

**令和6年度地球観測技術等調査研究委託事業**  
**“将来衛星システムにかかる技術調査分析”**  
**中間成果報告 技術調査・分析資料【詳細版】**  
**-センシング技術-**

---

アルサーガパートナーズ株式会社  
2024/10/11

# 目次

---

1. はじめに/調査方針
2. 調査報告

## はじめに

---

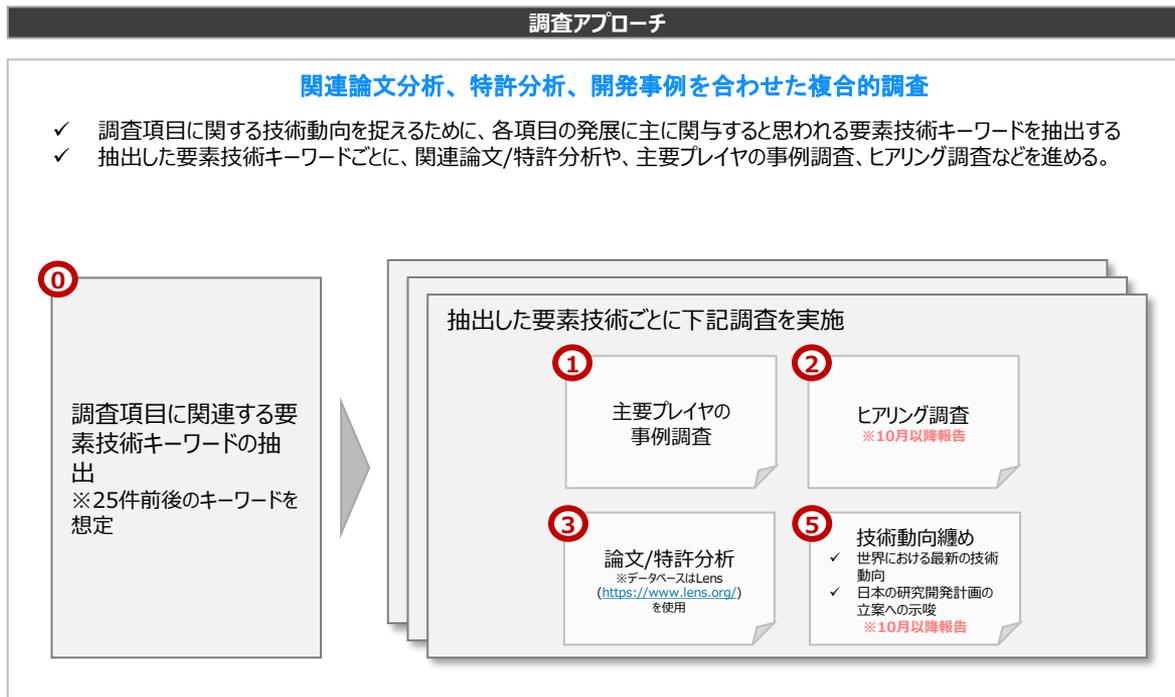
本資料は、文部科学省殿から委託された下記委託業務について、中間段階での成果を報告するものである

令和6年度 地球観測技術等調査研究委託業務  
将来衛星システムにかかる技術調査

# 調査方針：関連論文分析,特許分析,開発事例を合わせた複合的調査

下記調査項目については、まず関連する要素技術のキーワード抽出を行い、各要素技術について、web調査だけでなく、論文/特許分析、ヒアリング調査も含めて複合的に技術動向をリサーチしている

調査項目	
3-1	宇宙用部品に関する技術的な基準
	民生部品の宇宙転用に関する国内外の技術動向
	電気系基盤技術に係る国内外の最新動向
	機械系基盤技術に係る国内外の最新動向
3-2	多様な衛星システムに対応できる先進的地上局技術（アンテナ、データ受信装置等）
	地上局の仮想化及びAI/MLを含めた自動運用
3-3	オンボード処理技術の適用に必要なアーキテクチャやインターフェースに関する技術
	編隊飛行等の複数衛星協調運用の技術・技術動向・要素技術



# 目次

---

1. はじめに/調査方針
2. 調査報告

# センシング技術調査の要素技術キーワードと進め方

レーダー、LiDAR、RFセンシング、イメージセンサといった、観測の要となるセンシング技術の開発動向を調査・整理した

## 要素技術キーワード

- ✓ レーダー技術
- ✓ LiDAR技術
- ✓ RFセンシング技術
- ✓ イメージセンサ

主要プレイヤーの  
事例調査

論文/特許分析

## 調査の進め方

- Web調査をベースに、要素技術キーワードにおいて宇宙開発に関する企業や研究機関の事例を収集・整理
- 個々の事例をスライドに整理（詳細資料に記載）、さらに、いくつかの事例で共通の観点をまとめた動向資料を作成
- 主に、2020年以降に大きな動きが見られた事例を対象としている
- 論文/特許データベース\*を用いて、要素技術キーワードと宇宙開発の双方に関連する論文と特許を抽出
- 抽出した数百～数万件の文献について、自然言語処理AIを活用しながら、データ前処理、カテゴリズ、要約を行い、主要な開発動向の可視化を実施
- 要素技術キーワード分析は要素技術キーワードごとに実施

\*データベースはLens(<https://www.lens.org/>)を使用

---

主要プレイヤーの  
事例調査結果

# 宇宙向けレーダー技術の注目動向

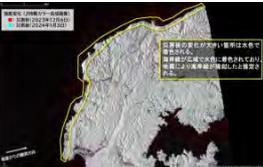
天候や時間に左右されないレーダー衛星の利便性をより高めるため、リアルタイム・24時間の観測実現に向けた開発や、雲や雨の動き、微小デブリを観測可能な高精度レーダー技術の開発が進められている

目的	背景	関連する開発動向	
<b>リアルタイム/24時間の地球レーダー観測の実現</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ レーダー衛星は、天候や時間帯に左右されずに観測が可能のため、災害状況の観測やインフラ監視などのソリューションに用いられているが、衛星の観測範囲の制限や、通信・データ処理のリードタイムが大きく、現状はリアルタイム観測や24時間の観測は難しい</li> <li>✓ そこで、多数の衛星からなるコンステレーションの構築や、オンボードでの信号処理による通信容量削減などの技術開発により、24時間対応かつリアルタイムでの観測を可能とするための開発が活発に進められている</li> </ul>	<b>SARとAIを活用した災害監視技術の進展</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ SAR衛星データとAI技術を組み合わせることで、広範囲かつ高精度な地表変動や被災状況の把握が可能となる</li> <li>✓ 天候や時間帯に左右されないSARの特性とAIの解析能力の融合により、従来困難であった広域的かつタイムリーな災害監視が実現しつつある</li> </ul>
	<b>AIを用いたオンボード処理によるリアルタイム解析や通信容量の削減</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ AIを活用した人工衛星上のオンボード処理によりリアルタイム解析や通信容量の削減を図る動きが進んでいる。これにより準リアルタイムでのデータ提供や即応性の高い観測サービスの実現が期待される</li> </ul>	
	<b>衛星コンステレーションを活用した高解像度・24時間対応の地球観測実現に向けた取り組み</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 衛星コンステレーションを活用し、高解像度で24時間対応の地球観測を実現するための取り組みが進んでいる</li> <li>✓ 衛星の自動化や高度な解析技術の導入により、ユーザーは必要なデータを迅速かつ効率的に取得できるようになっている</li> </ul>	
	<b>小型、軽量のレーダー衛星の製造</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 折り畳み式大型アンテナや高出力アンプ、高度な熱制御技術の活用により、従来の大型衛星と同等の性能を持つ100kg級の小型SAR衛星が実現され、コストも大幅に削減されている</li> </ul>	
<b>高精度レーダー技術による観測対象の拡張</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 多数の周波数帯の活用や、フェーズドアレイアンテナの活用などにより、これまで詳細な観測が困難であった雲や雨の詳細な分析や、微小なデブリの検出が可能になってきている</li> </ul>	<b>衛星を用いた雲や雪、雨の高精度観測技術の進展</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 二周波レーダーやKa帯・W帯などの高精度レーダー技術の進展により、雲や降水の三次元構造や動きを詳細に観測することが可能となっている</li> <li>✓ これにより異常気象の予測精度向上や気候変動の解明に貢献することが期待される</li> </ul>
	<b>宇宙の小さなデブリも高感度で検出する地上レーダーシステムの進展</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 位相配列レーダー技術や先進的な解析手法を用いることで、従来検出が困難だった小型デブリの追跡が可能になってきている</li> <li>✓ 近年の低軌道上のデブリ増加に伴い研究開発が活発化している</li> </ul>	

## SARとAIを活用した災害監視技術の進展

SAR衛星データとAI技術を組み合わせた災害監視技術が発展している。これにより、広範囲かつ高精度な地表変動や被災状況の把握が可能となり、迅速な防災・減災対策への貢献が期待される。具体的には、衛星SARを用いた土砂移動量のモニタリング、時系列干渉SARと地質情報の統合による斜面災害リスクの可視化、SAR画像とAIによる地表・建物被災状況の抽出など、多様な応用が進んでいる。特に、天候や時間帯に左右されないSARの特性とAIの高度な解析能力の融合により、従来困難であった広域的かつタイムリーな災害監視が実現しつつある。

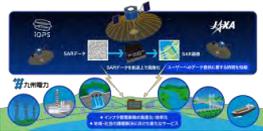
### 関連する開発事例

組織名	概要	発表年	出典
 <p>日本電気</p>	<p>オリエンタルコンサルタンツと日本電気は、衛星SARデータによる標高差分解析で土砂移動量をモニタリングする技術を開発した。土砂移動前後の標高データを取得し、差分解析で高さの変化を面的に把握。広範囲かつ周期的なデータ取得が可能で、流域治水の的確なマネジメントを支援する技術として、河川管理や砂防堰堤の計画的な除石計画にも貢献する。</p>	2022	<a href="https://jpn.nec.com/press/202211/20221101_01.html">https://jpn.nec.com/press/202211/20221101_01.html</a>
 <p>産業技術総合研究所</p>	<p>産業技術総合研究所は、時系列干渉SAR技術と地質情報を統合し、斜面災害リスク地域を可視化する技術を開発した。マイクロ波衛星画像の時系列解析でセンチメートル単位の微小変動を高解像度で検出し、地質図や地形情報と統合解析。地質的素因による斜面災害リスクを詳細に評価でき、防災・減災計画への活用が期待される。</p>	2024	<a href="https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240318/pr20240318.html">https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240318/pr20240318.html</a>
 <p>三菱電機</p>	<p>三菱電機は、レーダー（SAR）衛星画像とAIを用いて自然災害による地表・建物被災状況を抽出するシステムを開発した。災害前後のSAR画像をAIで解析し、浸水域の抽出や地盤変動、土砂災害を自動検出。天候や時間帯に影響されず、高精度な変化検出が可能で、行政機関や民間企業の迅速な被災情報取得と災害対策、インフラ復旧に貢献する。</p>	-	<a href="https://www.mitsubishielectric.co.jp/society/space/solution/disaster_monitoring/">https://www.mitsubishielectric.co.jp/society/space/solution/disaster_monitoring/</a>

## AIを用いたオンボード処理によるリアルタイム解析や通信容量削減

人工衛星において、AIを活用したオンボード処理によりリアルタイム解析や通信容量の削減を図る動きが進んでいる。例えばSAR衛星での軌道上画像化装置やFPGAを用いた高速処理により、データの地上伝送前に画像化・解析を行い、ダウンリンクデータ量を大幅に減少させることが可能である。これにより、準リアルタイムでのデータ提供や即応性の高い観測サービスが可能となり、インフラ管理や災害対応、海洋監視など多様な分野での活用が期待される。

### 関連する開発事例

組織名	概要	発表年	出典
 <p>QPS研究所、 JAXA</p>	<p>QPS研究所、JAXA、九州電力は、小型SAR衛星に軌道上画像化装置を搭載し、準リアルタイムデータ提供サービスの実現を目指している。衛星上でSARデータを高速に画像化することで、撮像からユーザーへのデータ提供時間を短縮し、ダウンリンクデータ量を削減する。これにより、電力設備の点検や災害時の被害状況把握など、インフラ管理業務の高度化・効率化に貢献する。</p>	2020	<p><a href="https://www.jaxa.jp/press/2021/06/20210623-2_j.html">https://www.jaxa.jp/press/2021/06/20210623-2_j.html</a>  <a href="https://www.jaxa.jp/press/2020/02/20200226-2_j.html">https://www.jaxa.jp/press/2020/02/20200226-2_j.html</a></p>
 <p>JAXA、アルウェット テクノロジー</p>	<p>JAXAとアルウェットテクノロジーは、SARデータを軌道上で画像化する衛星搭載装置を開発している。FPGAに適したアルゴリズムを用い、高速処理を実現している。これにより、従来は地上で行っていた画像化処理を衛星内で実施し、ダウンリンクデータ量を大幅に削減する。海域観測や船舶の動静把握などに活用され、AI技術との組み合わせで新たなミッションの実現が期待される。</p>	2020	<p><a href="https://www.jaxa.jp/press/2020/02/20200226-1_j.html">https://www.jaxa.jp/press/2020/02/20200226-1_j.html</a></p>
 <p>Capella Space</p>	<p>Capella Spaceは、革新的なSAR技術と自動化システムを組み合わせた衛星コンステレーションにより、全天候・24時間対応の高解像度地球観測サービスを提供している。自社開発の衛星と自動化されたデータ配信で、顧客はリアルタイムに信頼性の高い情報を取得可能としている。</p>	-	<p><a href="https://www.capellaspace.com/technology">https://www.capellaspace.com/technology</a>  <a href="https://www.capellaspace.com/solutions/applications">https://www.capellaspace.com/solutions/applications</a></p>

## 衛星コンステレーションを活用した高解像度・24時間対応の地球観測実現に向けた取り組み

衛星コンステレーションを活用し、高解像度で24時間対応の地球観測を実現する取り組みが進んでいる。特に、SAR衛星を用いることで、夜間や悪天候でも観測可能、かつ動的な被写体の詳細な解析や動画生成を可能とする開発が進められている。これにより、災害時のリアルタイム監視、軍事・安全保障分野での状況把握、環境監視など多様な用途での活用が期待される。

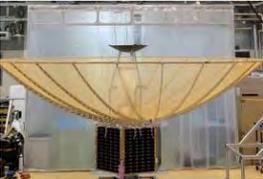
### 関連する開発事例

	組織名	概要	発表年	出典
	ICEYE	ICEYEは、自社のSAR衛星コンステレーションを用いて、単一の衛星パスからSAR動画を生成する技術を開発した。特定地点を20秒以上集中的に撮像し、取得データを複数の高解像度フレームに加工することで、動的な被写体の詳細な解析が可能となった。これにより、災害時の監視や軍事・安全保障分野での状況把握がより詳細に行える。今後は衛星の増強や解析技術の高度化を進め、高頻度・高精細な動画データの提供を目指している。	2020	<a href="https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-demonstrates-sar-video-capability-from-current-sar-satellite-constellation">https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-demonstrates-sar-video-capability-from-current-sar-satellite-constellation</a>
	Capella Space	Capella Spaceは、全天候・24時間の高解像度地球観測サービスを提供する。自社設計・製造の衛星コンステレーションと自動化されたデータ配信システムにより、顧客は必要な情報をリアルタイムで取得可能となる。展開式アンテナや高出力アンプ、大型リアクションホイールを搭載した衛星により、高品質な画像と迅速なターゲティングを実現。高速ダウンリンクと自動化されたタスキングAPIで低遅延のデータ提供を行う。	-	<a href="https://www.capellaspace.com/technology">https://www.capellaspace.com/technology</a> <a href="https://www.capellaspace.com/solutions/applications">https://www.capellaspace.com/solutions/applications</a> <a href="https://www.capellaspace.com/">https://www.capellaspace.com/</a>
	MDA SPACE	MDA SPACEは、革新的な新技術と運用コンセプトを取り入れた次世代地球観測衛星コンステレーション『CHORUS』を開発している。同一軌道上でCバンドとXバンドのSAR衛星を運用し、Cバンド衛星が広域監視を、Xバンド衛星が高分解能観測を担当する。機械学習やAIを活用したニアリアルタイムのデータ解析も可能となり、幅700kmからサブメートル級の高分解能イメージングまで対応する。2025年末にSpaceXのFalcon 9で打ち上げ予定で、今後新たなサービスの展開が期待される。	2022	<a href="https://mda.space/chorus">https://mda.space/chorus</a>

## 小型、軽量のレーダー衛星の製造

小型・軽量のレーダー衛星の製造が進展している。折り畳み式大型アンテナや高出力アンプ、高度な熱制御技術の活用により、従来の大型衛星と同等の性能を持つ100kg級の小型SAR衛星が実現され、コストも大幅に削減されている。これにより、多数の衛星を用いたコンステレーションの構築が進み、高頻度かつ全天候での地球観測が可能となっている。

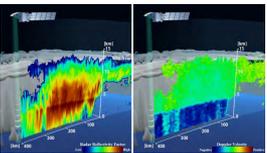
### 関連する開発事例

組織名	概要	発表年	出典
	<p>Synspectiveは、小型SAR衛星「StriX」を開発した。折り畳み式の展開型スロットアレーアンテナや1kW級の高出力アンプ、既製品の活用と小型化による低コスト化、高度な熱制御技術の特徴とする。大型衛星と同等の撮像能力を持ちながら、重量約100kg、コストは約1/20に削減している。30機の衛星コンステレーション構築を目指し、全球規模での高頻度観測を可能にする計画である。</p>	2024	<p><a href="https://synspective.com/jp/satellite/satellite-strix/">https://synspective.com/jp/satellite/satellite-strix/</a>  <a href="https://prtimes.jp/main/html/rd/p/00000054.000052943.html">https://prtimes.jp/main/html/rd/p/00000054.000052943.html</a></p>
	<p>QPS研究所は、高分解能小型SAR衛星「QPS-SAR」を開発している。軽量で収納性の高い折り畳み式大型アンテナを搭載し、質量を約100kg台、コストを約1/100に削減した。アンテナは宇宙空間で展開し、高分解能のSAR観測を可能にする。36機の衛星コンステレーションを構築し、平均10分以内に世界中のどこでも観測できる体制を目指している。</p>	2023	<p><a href="https://i-qps.net/project/">https://i-qps.net/project/</a>  <a href="https://i-qps.net/news/1255/">https://i-qps.net/news/1255/</a></p>
	<p>欧州宇宙機関は、キューブサット「Juventas」を開発し、小惑星Dimorphosの内部をレーダーで探査する。「JuRa」という低周波レーダーを搭載し、宇宙最小のレーダーシステムで小惑星内部構造の解明を目指す。小型探査機による深宇宙ミッションの技術基盤を築き、宇宙探査の小型化・低コスト化に貢献する。</p>	2024	<p><a href="https://www.esa.int/Space_Safety/Hera/Radar_journey_to_centre_of_Hera_s_asteroid_with_Juventas_CubeSat">https://www.esa.int/Space_Safety/Hera/Radar_journey_to_centre_of_Hera_s_asteroid_with_Juventas_CubeSat</a></p>

## 衛星を用いた雲や雪、雨の高精度観測技術の進展

人工衛星に搭載した高精度レーダー技術の進展により、雲や降水の三次元構造や動きを詳細に観測することが可能となっている。二周波レーダーやKa帯・W帯などの高周波数レーダーの開発・運用により、降水量や雲の上下運動を高解像度・高頻度で測定し、気象予報や気候研究、防災分野などでの活用が期待されている。さらに衛星コンステレーションの構築により全球規模でのリアルタイム観測が可能となれば、異常気象の予測精度向上や気候変動解明が進むと見られる。

### 関連する開発事例

	組織名	概要	発表年	出典
	JAXA	JAXAはGPM計画の主衛星に二周波降水レーダー（DPR）を搭載し、降水の三次元構造を高精度に観測する。Ku帯とKa帯の異なる周波数を用いることで、降水粒子のサイズや種類まで推定可能となる。気象予報や気候学の研究、豪雨・台風の監視、水資源管理、農業分野などへの応用が進んでいる。	2021	<a href="https://www.jaxa.jp/projects/sat/gpm/">https://www.jaxa.jp/projects/sat/gpm/</a>
	Tomorrow.io	Tomorrow.ioは次世代Ka帯レーダー搭載衛星「Tomorrow-R1」「Tomorrow-R2」を打ち上げ、高解像度・高精度な降水データを取得。全球の降水量を1時間ごとに取得する計画を進め、マルチセンサーコンステレーションの構築で気象予報を革新し、防災や産業分野での活用を目指している。		<a href="https://www.tomorrow.io/space/patfinder/">https://www.tomorrow.io/space/patfinder/</a>
	JAXA、NICT、ESA	JAXAとNICTはESAと共同開発した雲プロファイリングレーダ（CPR）を搭載したEarthCARE衛星で、世界初の宇宙からの雲の上下動観測に成功。W帯（94GHz）の衛星搭載ドップラーレーダで雲粒子の上昇・下降運動を捉え、雲の鉛直構造と運動を高感度・高分解能で計測。これにより、雲が気候システムに与える影響の解明や気象・気候予測の精度向上に貢献する予定。	2024	<a href="https://www.jaxa.jp/press/2024/06/20240627-1_j.html">https://www.jaxa.jp/press/2024/06/20240627-1_j.html</a> <a href="https://www.eorc.jaxa.jp/EARTHCARE/about/cpr_develop_j.html">https://www.eorc.jaxa.jp/EARTHCARE/about/cpr_develop_j.html</a> <a href="https://www.eorc.jaxa.jp/EARTHCARE/about/inst_cpr_j.html">https://www.eorc.jaxa.jp/EARTHCARE/about/inst_cpr_j.html</a>

## 宇宙の小さなデブリも高感度で検出する地上レーダーシステム

宇宙空間の小さなデブリも高感度で検出できる地上レーダーシステムの開発が進展している。位相配列レーダー技術や先進的な解析手法を用いることで、従来検出が困難だった小型デブリの追跡を可能にしている。具体的には、グローバルなレーダーネットワークの構築、プラズマ航跡の検出、移動可能なレーダーシステムの開発などが行われており、宇宙空間の安全性向上やミッションの最適化に貢献している。特に近年、低軌道上のデブリ増加に伴い、この分野の研究開発が活発化しており、宇宙インフラの保護において重要な役割を果たしている。

### 関連する開発事例

	組織名	概要	発表年	出典
	LeoLabs	LeoLabsは、独自の位相配列レーダーによるグローバルネットワークを開発・運用し、低軌道上の人工衛星やデブリを大規模に追跡している。電子的にビームを制御するレーダーを世界各地に配置し、連続的な観測を可能にしている。これにより、衛星運用者や政府機関に正確な軌道データを提供し、衝突回避やミッション計画の最適化に貢献している。	2023	<a href="https://leolabs.space/radars/">https://leolabs.space/radars/</a> <a href="https://leolabs.space/">https://leolabs.space/</a>
	SRI	SRIは、既存の地上レーダーと宇宙船搭載センサーを活用した「SOTERIA」を開発し、小型スペースデブリの追跡を可能にしている。複数のレーダーデータを高性能なアルゴリズムで解析し、デブリによる微弱なシグナルやプラズマ航跡を検出している。これにより、これまで見過ごされてきた小型デブリの追跡能力を大幅に向上させている。将来的には、宇宙搭載センサーの開発やデブリ除去技術との連携を図る計画である。	2024	<a href="https://www.sri.com/ja/press/story/sri%E3%81%AF%E9%9D%A9%E6%96%B0%E7%9A%84%E3%81%AA%E8%BF%BD%E8%B7%A1%E6%8A%80%E8%A1%93%E3%81%A7%E3%82%B9%E3%83%9A%E3%83%BC%E3%82%B9%E3%83%87%E3%83%96%E3%83%AA%E3%81%AE%E5%8D%B1%E9%99%BA%E6%80%A7/">https://www.sri.com/ja/press/story/sri%E3%81%AF%E9%9D%A9%E6%96%B0%E7%9A%84%E3%81%AA%E8%BF%BD%E8%B7%A1%E6%8A%80%E8%A1%93%E3%81%A7%E3%82%B9%E3%83%9A%E3%83%BC%E3%82%B9%E3%83%87%E3%83%96%E3%83%AA%E3%81%AE%E5%8D%B1%E9%99%BA%E6%80%A7/</a>
	Fraunhofer FHR	Fraunhofer FHRは、移動可能なフェーズドアレイレーダーシステム「GESTRA」を開発し、低軌道上の宇宙デブリや小型衛星を高精度で検出している。256個の個別素子を持つ送受信アンテナにより、アンテナ視野を数ミリ秒以内に変更可能である。さらに、コンテナ収容による柔軟な展開が可能である。今後はEUの宇宙監視追跡プロジェクト（EUSST）への統合が予定されており、国際的な宇宙安全保障アーキテクチャの一部として機能することが期待されている。	2023	<a href="https://www.dlr.de/en/latest/news/2023/04/gestra-space-radar-successfully-enters-final-test-phase">https://www.dlr.de/en/latest/news/2023/04/gestra-space-radar-successfully-enters-final-test-phase</a>

# 宇宙向けLiDAR/RFセンシング技術開発の注目動向

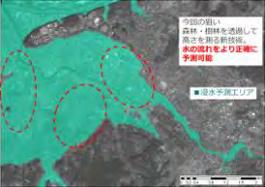
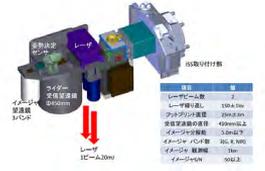
LiDARは地球の立体的な構造を捉えることで、マップ作成や森林の立体的な観測に用いられることが多い  
RFセンシングは温室効果ガス濃度や氷床変動などの状況、違法船舶の監視などにも用いられている

目的	背景	関連する開発動向	
<b>地球の3Dマッピング</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 都市計画や森林保全の高度化のために、地球上の3Dマッピングのニーズが高まっている</li> </ul>	<b>衛星LiDARを用いた地球の3次元地図作成と測量</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 衛星搭載のLiDAR技術を用いて、地球の3次元地図作成や測量の高精度化が進められている</li> <li>✓ 森林域や地形情報の詳細なデータ取得により、これまで観測が困難であった領域のデジタル化が可能となっている</li> </ul>
<b>地球環境の高精度な観測</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ カーボンニュートラルの実現に向けて、森林の健康度も含めた状態把握が重要となっている。また、CO2などの温室効果ガスの発生源の可視化も重要な観点である</li> </ul>	<b>LiDAR技術を用いた環境センシング技術</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ LiDAR技術を宇宙からの環境観測に適用することで、高精度なデータ取得と地球環境の理解が進んでいる</li> <li>✓ 植生の立体構造や森林バイオマスの把握、大気中の風速測定、温室効果ガスの排出源特定といった分野での活用が進んでいる</li> </ul>
		<b>RFセンシングを用いた地球環境測定技術</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 近年、RFセンシング技術を活用した地球環境測定が進展している。マイクロ波放射計やレーザー干渉計を用いることで、温室効果ガスの高精度観測や水循環・氷床変動の監視、海上の気象データ取得が可能となった</li> <li>✓ 特に小型・省電力なセンサの開発により、低コストで効果的な観測が期待される</li> </ul>
<b>国防やセキュリティの強化</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 国防やセキュリティの高度化のために、違法船舶やGPS妨害、航空機の監視などを広域で実現する技術が求められている</li> </ul>	<b>地球上のRF信号を監視することで違法船舶の発見や国防を行うシステム</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 地球上のRF信号を監視するために、小型衛星コンステレーションを活用する技術が注目を集めている</li> <li>✓ 複数の衛星を編隊飛行させ、高精度な無線周波数センシングにより、違法船舶の発見や国防に貢献している</li> </ul>
<b>宇宙活動でのナビゲーション</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 月面探査やデブリ除去など、宇宙空間での活動において、周辺の状態を立体的かつ正確にマッピングする技術は重要である</li> </ul>	<b>宇宙活動（月面探査など）におけるナビゲーション</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 宇宙空間でのSLAM（自己位置推定と環境地図作成）やナビゲーション支援にLiDAR技術を活用する動向が見られる</li> <li>✓ 特に、GPSが利用できない月面や宇宙環境において、高精度な位置情報と地形マッピングを実現するための技術が進展している</li> </ul>

## 衛星LiDARを用いた地球の3次元地図作成と測量

衛星搭載のLiDAR技術を用いて、地球の3次元地図作成や測量の高精度化が進められている。森林域や地形情報の詳細なデータ取得により、これまで観測が困難であった領域のデジタル化が可能となっている。この技術は、防災、環境モニタリング、都市計画など多様な分野への応用が期待され、特に気候変動対策や持続可能な社会の実現に寄与すると考えられる。

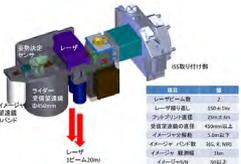
### 関連する開発事例

	組織名	概要	発表年	出典
	JAXA、株式会社 NTTデータ	JAXAとNTTデータは、人工衛星に搭載したレーザ高度計データを活用し、森林域での地盤面高さを正確に測定する技術を開発している。レーザ高度計データと3次元地図作成技術を組み合わせることで、森林域の3次元地図の精度向上を実現。防災分野での自然災害リスクの正確な把握や、開発途上国でのハザードマップ精度向上などに活用されている。	2021	<a href="https://www.jaxa.jp/press/2021/03/20210326-1_j.html">https://www.jaxa.jp/press/2021/03/20210326-1_j.html</a>
	NUVIEW	NUVIEWは、LiDARを搭載した商業衛星群を開発し、地球全陸地を毎年マッピングする技術を提供している。衛星ベースのLiDARにより、高解像度な3Dデータの効率的かつ包括的な収集が可能となる。取得データは都市成長の監視、インフラ開発、自然現象の観測などに活用され、特に森林バイオマスのマッピングや気候変動データ収集に貢献している。	2023	<a href="https://www.nuview.space/">https://www.nuview.space/</a> <a href="https://www.nuview.space/about">https://www.nuview.space/about</a>
	JAXA	JAXAは、国際宇宙ステーションに搭載する「MOLI」を開発し、ライダー技術を用いて森林バイオマスや地形情報を高精度に取得している。複数のフットプリントによる観測で地表面の傾斜を推定し、森林高さを高精度に推定可能。取得データは、気候変動予測に必要な二酸化炭素の流れの解明や、生物多様性の推定などに活用され、地球環境の理解と持続可能な社会の実現に寄与している。	2023	<a href="https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-index.html#mission">https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-index.html#mission</a> <a href="https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-science.html">https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-science.html</a> <a href="https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-instrument.html">https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-instrument.html</a> <a href="https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-product.html">https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-product.html</a>

## LiDAR技術を用いた環境センシング技術

LiDAR技術を宇宙からの環境観測に適用することで、高精度なデータ取得と地球環境の理解が進んでいる。植生の立体構造や森林バイオマスの把握、大気中の風速測定、温室効果ガスの排出源特定といった分野での活用が進んでおり、気候変動予測や環境保全に寄与している。

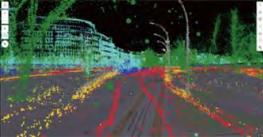
### 関連する開発事例

組織名	概要	発表年	出典
 <p><b>JAXA</b></p>	<p>JAXAは、宇宙から森林バイオマスや地形情報を高精度に取得するため、国際宇宙ステーションに「MOLI」を開発している。LiDAR技術を用いて、樹木や地面の立体構造を測定し、気候変動予測に必要なデータを提供する。これにより、二酸化炭素の流れの解明や生物多様性の推定などに貢献する。</p>	2023	<p><a href="https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-index.html#mission">https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-index.html#mission</a>  <a href="https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-science.html">https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-science.html</a>  <a href="https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-instrument.html">https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-instrument.html</a>  <a href="https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-product.html">https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-product.html</a></p>
 <p><b>ESA</b></p>	<p>欧州宇宙機関（ESA）は、紫外線レーザーLiDAR「ALADIN」を搭載した衛星「Aeolus」を用いて、地球規模での高精度な風観測システムを開発した。紫外線レーザーとドップラー効果を利用して大気中の風速を測定し、従来測定が困難だった地域のデータを取得。これにより、気象予報の精度向上や気候変動の理解に貢献している。</p>	2023	<p><a href="https://www.leonardo.com/en/news-and-stories-detail/-/detail/laser-technology-aeolus">https://www.leonardo.com/en/news-and-stories-detail/-/detail/laser-technology-aeolus</a></p>
 <p><b>AIRMO</b></p>	<p>AIRMOは、小型衛星搭載のLiDARベースセンサーを開発し、宇宙から温室効果ガス排出量を高解像度・高精度で観測している。独自のマイクロLiDARとSWIR分光計を組み合わせ、CH<sub>4</sub>とCO<sub>2</sub>の排出を検出し、個々の排出源を特定可能にした。これにより、気候変動対策のための詳細なモニタリングが実現している。</p>	2024	<p><a href="https://www.airmo.io/technology">https://www.airmo.io/technology</a></p>

## LiDAR技術を用いた宇宙活動におけるSLAM・ナビゲーション支援

宇宙空間でのSLAM（自己位置推定と環境地図作成）やナビゲーション支援にLiDAR技術を活用する動向が見られる。特に、GPSが利用できない月面や宇宙環境において、高精度な位置情報と地形マッピングを実現するための技術が進展している。具体的には、瞬時の速度と位置情報を同時に取得できる4D LiDARや、強い背景光下でも安定した動作が可能なセンサー技術、GPS信号なしで自律的な位置推定を可能にする先進的なSLAMソフトウェアなどが開発されている。これらの技術は、宇宙探査ミッションの安全性と効率性を向上させ、将来的な基地建設や他惑星の探査にも応用が期待されている。

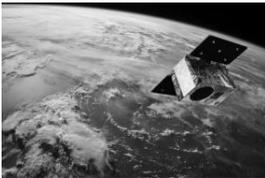
### 関連する開発事例

組織名	概要	発表年	出典
	<p>NASAの「KNaCK」は、Aeva社の4D LiDAR技術を採用し、GPSが利用できない月面での正確なナビゲーションとマッピングを実現している。FMCW技術により、瞬時の速度と位置情報を同時取得し、リアルタイムで詳細な地形マップを生成する。太陽光の干渉を受けず、過酷な月面環境でも安定した動作が可能であり、宇宙飛行士や月面車の安全な探索活動を支援している。</p>	2022	<a href="https://www.aeva.com/press/aeva-4d-lidar-helps-nasa-map-the-moon/">https://www.aeva.com/press/aeva-4d-lidar-helps-nasa-map-the-moon/</a>
	<p>Kudanは、NASAの「KNaCK」や次世代月面ローバーに対し、GPS信号のない環境でも高精度な3D点群マッピングを可能にするLidar SLAMソフトウェアを提供している。この技術は、自律的な位置推定と環境地図作成を実現し、未知の地形や過酷な月面環境でのリアルタイムなナビゲーションとマッピングを支援する。宇宙探査ミッションの安全性と効率性を向上させることに寄与している。</p>	2024	<a href="https://www.kudan.io/jp/archives/1494">https://www.kudan.io/jp/archives/1494</a> <a href="https://www.kudan.io/jp/our_technology">https://www.kudan.io/jp/our_technology</a>
	<p>Fondazione Bruno Kesslerは、CMOS SPADアレイ技術を用いた宇宙向けフラッシュLiDARセンサーを開発している。64×64ピクセルのアレイにより、高速・高解像度の3Dイメージングと高精度な距離測定を可能にする。強い背景光下でも誤検出を低減するスマートピクセルアーキテクチャを採用し、小型化と低消費電力化を図って宇宙機器への統合を目指している。</p>	2022	<a href="https://epic-photonics.com/wp-content/uploads/2022/04/2.3-Leonardo-Gasparini-Fondazione-Bruno-Kessler.pdf">https://epic-photonics.com/wp-content/uploads/2022/04/2.3-Leonardo-Gasparini-Fondazione-Bruno-Kessler.pdf</a>

## 地球上のRF信号を監視することで違法船舶の発見や国防を行うシステム

地球上のRF信号を監視するために、小型衛星コンステレーションを活用する技術が注目を集めている。複数の衛星を編隊飛行させ、高精度な無線周波数センシングにより、違法船舶の発見や国防に貢献している。広帯域のRF信号を検知し電波源の位置を高精度に特定することで、船舶の追跡、GPS妨害の検出、航空機の監視など、多岐にわたる応用が可能となっている。

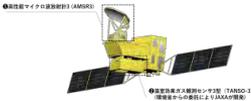
### 関連する開発事例

	組織名	概要	発表年	出典
	<b>Aerospacelab</b>	Aerospacelabは、0.1GHzから18GHzの周波数帯を検知可能なアンテナを搭載した衛星を開発している。2024年3月にRFSペイロードを搭載した3基の衛星を打ち上げ、三角編隊で飛行し、高精度な電波源の測位を実現している。これにより、地球表面の活動を詳細に把握し、電波妨害の検知や疑わしい船舶の追跡などに活用している。	2024	<a href="https://www.aerospacelab.com/blog/feature-insights-4/the-pioneering-technology-of-radio-frequency-sensing-satellites-19">https://www.aerospacelab.com/blog/feature-insights-4/the-pioneering-technology-of-radio-frequency-sensing-satellites-19</a> <a href="https://www.aerospacelab.com/document/share/45/a09d6c5e-beec-4696-990e-df2bbb9761bd">https://www.aerospacelab.com/document/share/45/a09d6c5e-beec-4696-990e-df2bbb9761bd</a>
	<b>HawkEye 360</b>	HawkEye 360は、地球低軌道上の小型衛星クラスターで広範なRF信号を検出・測位する技術を開発した。3機一組の衛星がRFスペクトル全体からの信号を収集し、高度な状況認識を提供している。これにより、タークベッセルの検出やGPS干渉の特定など、安全保障や監視分野で活用されている。	2023	<a href="https://www.he360.com/technology/">https://www.he360.com/technology/</a>
	<b>Sierra Nevada Corporation</b>	Sierra Nevada Corporationは、VHFからLバンドまでのRF信号を検知し、特定物体の位置を高精度に特定する低軌道衛星コンステレーション「Vindler」を開発している。4基の6Uサイズの衛星で構成され、AISを無効化した船舶やIUU漁業の対策、GPS妨害装置の追跡などに活用されている。	2024	<a href="https://www.sncorp.com/capabilities/vindler/C3%A9r-satellite-constellation/">https://www.sncorp.com/capabilities/vindler/C3%A9r-satellite-constellation/</a>

## RFセンシングを用いた地球環境測定技術

近年、RFセンシング技術を活用した地球環境測定が進展している。マイクロ波放射計やレーザー干渉計を用いることで、温室効果ガスの高精度観測や水循環・氷床変動の監視、海上の気象データ取得が可能となった。これらの技術は、気候変動の詳細把握、自然災害の予測・対策、環境政策の策定に貢献する。特に小型・省電力なセンサの開発により、低コストで効果的な観測が期待される。

### 関連する開発事例

	組織名	概要	発表年	出典
	JAXA	JAXAは、温室効果ガス観測センサTANSO-3と高性能マイクロ波放射計AMSR3を搭載したGOSAT-GW衛星を開発している。TANSO-3は二酸化炭素やメタン、二酸化窒素を高分解能で面的に観測し、AMSR3は降雪や上層水蒸気を観測可能である。これにより、温室効果ガスや水循環のデータを高精度かつ広範囲で取得し、気候変動の把握と対策に貢献する。	2024	<a href="https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/gosat-gw/index.html">https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/gosat-gw/index.html</a> <a href="https://www.satnavi.jaxa.jp/files/project/gosat-gw/en/">https://www.satnavi.jaxa.jp/files/project/gosat-gw/en/</a> <a href="https://gosat-gw.nies.go.jp/gosat-gw02.html">https://gosat-gw.nies.go.jp/gosat-gw02.html</a>
	NASA	NASAは、双子衛星によるマイクロ波測距とレーザー干渉計を用いた地球重力場観測衛星GRACE-FOを開発している。衛星間の距離変化をナノメートル精度で測定し、地球の質量分布の変化を追跡する。これにより、水循環の監視、地下水資源の管理、海面上昇の評価、氷床・氷河の質量変化の追跡などに活用される。	2022	<a href="https://grace.jpl.nasa.gov/mission/grace-fo/">https://grace.jpl.nasa.gov/mission/grace-fo/</a> <a href="https://gracefo.jpl.nasa.gov/news/126/twin-spacecraft-to-weigh-in-on-earths-changing-water/">https://gracefo.jpl.nasa.gov/news/126/twin-spacecraft-to-weigh-in-on-earths-changing-water/</a>
	NASA	NASAは、ISSに搭載可能な小型・省電力のマイクロ波放射計COWVRとTEMPESTを開発し、海上の気象データ取得技術を実現した。これらの装置は、嵐による大気中の雨量や氷粒子を観測し、ハリケーンなどの気象現象を捉える。従来大型機器と同等のデータ取得が可能で、低コストで効果的な宇宙ベースの気象観測センサー開発に寄与する。	2022	<a href="https://www.jpl.nasa.gov/news/nasa-built-weather-sensors-capture-vital-data-on-hurricane-ian/">https://www.jpl.nasa.gov/news/nasa-built-weather-sensors-capture-vital-data-on-hurricane-ian/</a> <a href="https://www.jpl.nasa.gov/images/pi-a25425-cowvr-and-tempest-image-hurricane-ian/">https://www.jpl.nasa.gov/images/pi-a25425-cowvr-and-tempest-image-hurricane-ian/</a>

# 宇宙向けイメージセンシング技術開発の注目動向

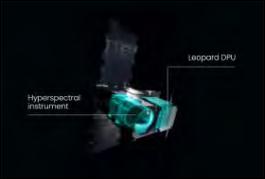
宇宙向けのイメージセンシング技術においては、多波長域の信号を分析するハイパースペクトルセンシング技術を用いて環境監視や資源探索を行う開発が活発である。また、こうした多波長域の信号を短時間で解析するためのAI技術の開発も活発に進められている

目的	背景	関連する開発動向	
地球環境の高精度な観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ カーボンニュートラルの実現に向けて、CO2などの温室効果ガスの発生源の可視化が求められている</li> <li>✓ また、サステナビリティの観点から、鉱物資源の探索をハイパースペクトルセンシングや特定波長域の電波を用いて行う技術も重要となっている</li> </ul>	ハイパースペクトルイメージング技術を用いた環境監視や資源探索	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ハイパースペクトルイメージング技術を用いて、衛星から地球の環境や資源を詳細に観測する動きが活発化している</li> <li>✓ AIや機械学習と組み合わせることで、膨大なスペクトルデータをリアルタイムに解析し、気候変動の影響分析、食料安全保障、環境モニタリング、資源管理など多様な分野での応用が期待される</li> </ul>
		ハイパースペクトルイメージング技術を用いた温室効果ガスの発生源可視化	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ハイパースペクトルイメージング技術を活用し、温室効果ガスの排出源を高精度に検出・追跡する取り組みが活発化している</li> <li>✓ 衛星やセンサーを用いてメタンや二酸化炭素の排出をリアルタイムかつ詳細に監視し、直接的な排出削減行動を支援することを目指している</li> </ul>
		紫外線・赤外線などの波長域を活用した地球観測技術の進展	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 紫外線や赤外線などの特定波長域を活用した地球観測技術が進展している</li> <li>✓ 従来困難だった地球磁気圏と荷電粒子の相互作用の解析や、鉱物資源の分布、植物の栄養状態、水質汚染、都市の熱分布などの詳細な観測が可能となっている</li> </ul>
AIを活用したセンシングデータ処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 高精細な衛星画像やハイパースペクトルセンシングデータはデータ量が大きく、通信負荷が大きくなるため、衛星上でのエッジ処理で解析や圧縮を行うことが求められる</li> </ul>	衛星画像をオンボード処理する技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 衛星上で衛星画像をオンボード処理する技術が注目されている。これにより、膨大なデータを地上に送信する前に衛星上で解析・圧縮し、データ伝送量の削減やリアルタイム性の向上が可能となる</li> <li>✓ 特に、AIやハイパースペクトルイメージングを用いた高度な画像処理技術が開発され、災害の早期検出や地球観測データの効率的な活用が期待されている</li> </ul>

## ハイパースペクトルイメージング技術を用いた環境監視や資源探索

ハイパースペクトルイメージング技術を用いて、衛星から地球の環境や資源を詳細に観測する動きが活発化している。AIや機械学習と組み合わせることで、膨大なスペクトルデータをリアルタイムに解析し、気候変動の影響分析、食料安全保障、環境モニタリング、資源管理など多様な分野での応用が期待される。オンボードデータ処理や衛星間通信、エッジコンピューティングの導入により、データ提供の高速化や精度向上が図られている。

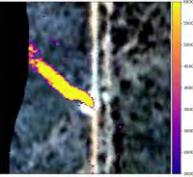
### 関連する開発事例

	組織名	概要	発表年	出典
	<b>Kuva Space</b>	<p>Kuva Spaceは、ハイパースペクトル衛星とAIを活用したリアルタイム地球観測サービスを開発している。特許取得済みのカメラ技術で450～2500nmの波長範囲をカバーし、約10メートルの解像度で物質のスペクトルデータを取得する。AIプラットフォームによりデータを自動解析し、気候変動、農業、環境モニタリングでの有用なインサイトを提供する。衛星間通信とIoT技術を活用し、リアルタイムのデータ解析と提供を実現している。</p>	2021	<p><a href="https://kuvaspace.com/">https://kuvaspace.com/</a>  <a href="https://kuvaspace.com/what-is-hyperspectral/">https://kuvaspace.com/what-is-hyperspectral/</a>  <a href="https://kuvaspace.com/kuva-space-expands-to-us/">https://kuvaspace.com/kuva-space-expands-to-us/</a></p>
	<b>Orbital Sidekick</b>	<p>Orbital Sidekickは、宇宙からのハイパースペクトルイメージングによる資源監視システムを開発している。高解像度のハイパースペクトルセンサーを搭載した衛星で、地表の物質のスペクトルサインを高精度に検出する。収集データは地上の解析プラットフォームでリアルタイムに処理され、機械学習アルゴリズムで異常検知や資源状態評価を行う。石油・ガス業界における漏洩検知や環境保護に貢献し、クラウドベースのインフラにより迅速な情報アクセスを可能としている。</p>	2024	<p><a href="https://www.orbitalsidekick.com/technology/">https://www.orbitalsidekick.com/technology/</a>  <a href="https://www.orbitalsidekick.com/products">https://www.orbitalsidekick.com/products</a>  <a href="https://www.orbitalsidekick.com/technology">https://www.orbitalsidekick.com/technology</a></p>
	<b>KP Labs</b>	<p>KP Labsは、AI搭載のハイパースペクトル衛星「Intuition-1」で初めてハイパースペクトル画像の取得に成功した。オンボードデータ処理能力を備え、膨大なハイパースペクトルデータを軌道上で解析し、地上へのデータ伝送量を削減している。ハイパースペクトルイメージングで物質固有のスペクトルを詳細に捉え、地球表面の物質、植生、鉱物を正確に識別・分析可能とする。</p>	2024	<p><a href="https://kplabs.space/blog/press-release-first-hyperspectral-images-processed-by-ai-on-board-intuition-1-satellite/">https://kplabs.space/blog/press-release-first-hyperspectral-images-processed-by-ai-on-board-intuition-1-satellite/</a>  <a href="https://kplabs.space/intuition-1/">https://kplabs.space/intuition-1/</a></p>

## ハイパースペクトルイメージング技術を用いた温室効果ガスの発生源可視化

ハイパースペクトルイメージング技術を活用し、温室効果ガスの排出源を高精度に検出・追跡する取り組みが活発化している。具体的には、衛星やセンサーを用いてメタンや二酸化炭素の排出をリアルタイムかつ詳細に監視し、直接的な排出削減行動を支援することを目指している。

### 関連する開発事例

組織名	概要	発表年	出典
 <p data-bbox="446 489 529 511">Planet</p>	<p data-bbox="625 437 1398 560">Planetは、メタンと二酸化炭素のスーパーエミッターを高解像度で検出・追跡するハイパースペクトル衛星「Tanager-1」を開発した。NASAのJPLが開発したイメージング分光計とPlanetの小型衛星技術を組み合わせ、小型かつ高性能な衛星を実現。温室効果ガスの排出源を詳細に監視し、気候変動対策のための直接的な排出削減行動を支援することを目的としている。</p>	2022	<p data-bbox="1559 467 1821 532"><a href="https://www.planet.com/pulse/planet-launches-first-tanager-1-hyperspectral-satellite-and-36-superdoves-with-spacex/">https://www.planet.com/pulse/planet-launches-first-tanager-1-hyperspectral-satellite-and-36-superdoves-with-spacex/</a></p>
 <p data-bbox="394 659 581 740">Esper Satellite Imagery, Spiral Blue</p>	<p data-bbox="625 639 1398 762">オーストラリアのEsper Satellite ImageryとSpiral Blueは、ハイパースペクトルイメージャ「Espresso」を開発し、宇宙環境試験を完了した。400～1000nmの波長で地球観測を行い、未検出の化学組成を特定可能。持続可能な開発を支援するため、リアルタイムデータ取得ネットワークの構築を目指している。石油・ガス、農業、鉱業などの業界におけるCO2排出量や炭素吸収源の追跡に活用される。</p>	2022	<p data-bbox="1559 658 1821 707"><a href="https://www.esperatelites.co/press-and-news/esper-satellite-imagery-spiral-blue-space-qualify/">https://www.esperatelites.co/press-and-news/esper-satellite-imagery-spiral-blue-space-qualify/</a></p> <p data-bbox="1559 713 1821 745"><a href="https://www.spiralblue.space/post/pushing-computing-to-the-edge">https://www.spiralblue.space/post/pushing-computing-to-the-edge</a></p>
 <p data-bbox="394 877 581 932">Orbital Sidekick (OSK)</p>	<p data-bbox="625 831 1398 975">Orbital Sidekick (OSK)は、ハイパースペクトルイメージングセンサーを搭載した衛星群「GHOST」を開発した。これにより、パイプラインのメタン漏洩などの環境問題を高精度に検出し、迅速に報告することが可能となった。センサーは400～2500nmの波長範囲を単一のセンサーでカバーし、500以上の波長帯域をキャプチャ。水、メタン、液体炭化水素などの物質を高精度に検出し、エネルギーインフラの監視、農業、鉱物探査、カーボンオフセットの検証、防衛など、多様な分野での応用が期待されている。</p>	2023	<p data-bbox="1559 805 1821 855"><a href="https://www.orbitalsidekick.com/news-blog/automated-methane-detection-from-space">https://www.orbitalsidekick.com/news-blog/automated-methane-detection-from-space</a></p> <p data-bbox="1559 860 1821 909"><a href="https://www.orbitalsidekick.com/news-blog/how-is-osks-hyperspectral-data-helping-the-energy">https://www.orbitalsidekick.com/news-blog/how-is-osks-hyperspectral-data-helping-the-energy</a></p> <p data-bbox="1559 915 1821 1002"><a href="https://www.corning.com/worldwide/en/the-progress-report/crystal-clear/corning-hyperspectral-imaging-technology-helps-fight-climate-change">https://www.corning.com/worldwide/en/the-progress-report/crystal-clear/corning-hyperspectral-imaging-technology-helps-fight-climate-change</a></p>

## 紫外線・赤外線などの波長域を活用した地球観測技術の進展

紫外線や赤外線などの特定波長域を活用した地球観測技術が進展している。これにより、従来困難だった地球磁気圏と荷電粒子の相互作用の解析や、鉱物資源の分布、植物の栄養状態、水質汚染、都市の熱分布などの詳細な観測が可能となっている。

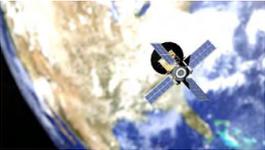
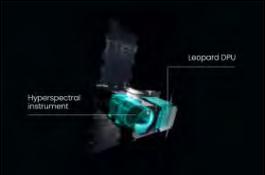
### 関連する開発事例

	組織名	概要	発表年	出典
	<b>エイブリック、東京工業大学</b>	エイブリックと東京工業大学は、紫外線高感度CMOSセンサを搭載した小型衛星用オーロラ観測カメラ「UVCAM」を共同開発した。宇宙から紫外線によるオーロラ観測を行い、地球磁気圏と荷電粒子の相互作用を調査することを目的としている。高耐光性技術を活用し、宇宙空間の厳しい環境下でも動作可能な設計となっている。	2021	<a href="https://www.titech.ac.jp/news/2021/061885">https://www.titech.ac.jp/news/2021/061885</a>
	<b>OHBA</b>	OHBAは、可視から短波赤外までの連続スペクトルを観測できるハイパースペクトル衛星EnMAPを開発し、運用を開始した。これにより、鉱物の分布、植物の栄養状態、水質汚染などを高精度で観測可能となった。	2022	<a href="https://www.ohb.de/en/news/all-tests-in-space-successfully-mastered-earth-observation-satellite-enmap-impresses-with-top-quality-data-sets">https://www.ohb.de/en/news/all-tests-in-space-successfully-mastered-earth-observation-satellite-enmap-impresses-with-top-quality-data-sets</a> <a href="https://www.enmap.org/data/1st_WS_Online/Session_I/2023_EnMAP_Us_er_Workshop_R.Feckl_OHBA.pdf">https://www.enmap.org/data/1st_WS_Online/Session_I/2023_EnMAP_Us_er_Workshop_R.Feckl_OHBA.pdf</a>
	<b>SatVu</b>	SatVuは、3.5 mの高解像度で昼夜を問わず地表や建造物内部の熱分布を観測可能な衛星赤外線熱画像システムを開発した。従来の低解像度熱画像では得られなかった詳細な熱情報を提供し、経済活動の監視、国家安全保障、都市の熱監視などでの応用が期待されている。今後、複数の衛星によるコンステレーションを構築し、観測頻度を高める計画である。	2024	<a href="https://www.satellitevu.com/">https://www.satellitevu.com/</a> <a href="https://www.satellitevu.com/news/atvu-empowers-urban-planning-and-climate-resilience-efforts-with-high-resolution-thermal-satellite-imagery">https://www.satellitevu.com/news/atvu-empowers-urban-planning-and-climate-resilience-efforts-with-high-resolution-thermal-satellite-imagery</a>

## 衛星画像をオンボード処理する技術

衛星上で衛星画像をオンボード処理する技術が注目されている。これにより、膨大なデータを地上に送信する前に衛星上で解析・圧縮し、データ伝送量の削減やリアルタイム性の向上が可能となる。特に、AIやハイパースペクトルイメージングを用いた高度な画像処理技術が開発され、災害の早期検出や地球観測データの効率的な活用が期待されている。

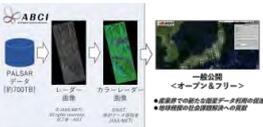
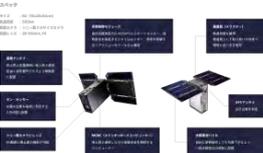
### 関連する開発事例

	組織名	概要	発表年	出典
	<b>サウスオーストラリア大学</b>	<p>サウスオーストラリア大学は、キューブサットにオンボードAIを搭載し、ハイパースペクトル画像を衛星上で処理・圧縮するシステムを開発した。これにより、大量のデータを軌道上で解析し、時間とエネルギーを節約しつつ、火災の煙を早期に検出することを目指す。AIモデルはオーストラリアの森林火災のシミュレーション画像で訓練され、煙と雲を正確に区別できる。将来的には商業化や衛星コンステレーションへの導入を計画している。</p>	2024	<a href="https://wired.jp/article/cubesat-ai-detects-bushfires/">https://wired.jp/article/cubesat-ai-detects-bushfires/</a>
	<b>福井大学、株式会社アークエッジ・スペース</b>	<p>福井大学と株式会社アークエッジ・スペースは、超小型衛星「OPTIMAL-1」を開発し、地球観測データのオンボード処理技術を実証する。衛星上でカメラ画像を評価・解析し、高質な画像のみを保存することで、データ伝送の効率化を図る。さらに、ハイパースペクトルデータを衛星上で生成・解析し、観測対象に合わせたデータ取得を可能にする。今後は複数のCubeSatへの搭載や機能拡充を目指す。</p>	2021	<a href="https://www.u-fukui.ac.jp/fukupre/69117/">https://www.u-fukui.ac.jp/fukupre/69117/</a> <a href="https://webpark2258.sakura.ne.jp/w_s_pdf/aoyanagi_ws3.pdf">https://webpark2258.sakura.ne.jp/w_s_pdf/aoyanagi_ws3.pdf</a>
	<b>KP Labs</b>	<p>KP Labsは、AIを搭載したハイパースペクトル衛星「Intuition-1」で初めて画像取得に成功した。衛星上でのデータ処理により、膨大なハイパースペクトルデータを軌道上で解析し、地上へのデータ量を削減する。ハイパースペクトルイメージングとAIによる自律的な検出・分類で、地球表面の詳細な分析が可能となる。農業、環境モニタリング、鉱物探査など多様な分野での応用が期待される。</p>	2024	<a href="https://kplabs.space/blog/press-release-first-hyperspectral-images-processed-by-ai-on-board-intuition-1-satellite/">https://kplabs.space/blog/press-release-first-hyperspectral-images-processed-by-ai-on-board-intuition-1-satellite/</a> <a href="https://kplabs.space/intuition-1/">https://kplabs.space/intuition-1/</a>

## 衛星データの民主化に向けた取り組み

衛星データの民主化に向けた取り組みが活発化している。無料公開された衛星データやプラットフォーム上の開発環境・アルゴリズムにより、衛星データ利用の参入障壁が低減し、産業界での新たな利活用が促進されている。大量データの高速処理と可視化技術の開発で、専門知識がなくても衛星データを活用できる環境が整いつつある。さらに、ユーザーが衛星を遠隔操作して撮影できるシステムが開発され、教育やエンターテインメント分野での新たな価値創出が期待される。

### 関連する開発事例

組織名	概要	発表年	出典
	<p>さくらインターネット株式会社</p>	2022	<p><a href="https://www.sakura.ad.jp/corporate/information/newsreleases/2022/10/12/1968210367/">https://www.sakura.ad.jp/corporate/information/newsreleases/2022/10/12/1968210367/</a></p>
	<p>産業技術総合研究所</p>	2020	<p><a href="https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2020/pr20200522/pr20200522.html">https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2020/pr20200522/pr20200522.html</a></p>
	<p>SONY</p>	2022	<p><a href="https://starsphere.sony.com/ja/artificial-satellite/">https://starsphere.sony.com/ja/artificial-satellite/</a>  <a href="https://starsphere.sony.com/ja/https://starsphere.sony.com/ja/">https://starsphere.sony.com/ja/https://starsphere.sony.com/ja/</a></p>

## SAR衛星コンステレーションを用いた高解像度レーダー動画生成技術の開発

### ICEYE

#### 概要

ICEYEは、自社のSAR衛星コンステレーションを用いて、単一の衛星パスから合成開口レーダー（SAR）動画を生成する技術を開発した。これにより、従来困難だったSAR衛星による動画生成が可能となり、動的な被写体の解析が実現できる。



#### 開発内容

この技術は、単一のSAR衛星パス中に特定の地点を20秒以上にわたり集中的に撮像し、その期間に取得したデータを複数の高解像度フレームに加工するものである。通常は単一の画像として処理されるデータを、独自の衛星ハードウェアと処理ソフトウェアを用いて動画として生成する技術であり、動体の詳細な解析が可能となる。さらに、複数の衛星で構成されるコンステレーションを活用することで、連続的なデータ取得が可能となり、動きのある被写体の動画化が実現される。

この技術により、単一の衛星パスから取得したデータを用いて、船舶の航行、空港での航空機の移動、道路上のトラックの走行など、動く対象物を高解像度で動画化することが可能となった。また、ビデオでは都市部の大きな建物が異なる撮像角度で電波を反射する様子も確認でき、建物の構造解析にも応用できる。具体的なデモンストレーションでは、20秒以上にわたる連続データから複数のフレームを生成し、従来の静止画像では困難だった動的な現象の観測を可能にした。

#### 目的/背景

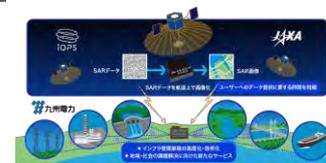
この技術の用途として、災害時のリアルタイム監視、軍事や安全保障分野での動的な状況把握などが挙げられる。夜間や悪天候でも撮像可能なSAR衛星の特性を活かし、従来困難だった動体の継続的な観測が可能となる。今後は、さらなる衛星の打ち上げによるコンステレーションの拡大や、解析技術の高度化を図り、より高頻度かつ高精細な動画データの提供が予想される。

## 軌道上画像化装置を搭載した小型SAR衛星コンステレーションによる準リアルタイムデータ提供サービス

### QPS研究所、JAXA

#### 概要

QPS研究所、JAXA、九州電力は、J-SPARC（JAXA宇宙イノベーションパートナーシップ）のもと、小型SAR衛星コンステレーションによる準リアルタイムデータ提供サービスの実現に向けて共同実証を開始した。軌道上画像化装置の搭載・実証により、データ提供の時間短縮を図る。



#### 開発内容

軌道上画像化装置は、QPS研究所の小型SAR衛星3号機に搭載され、軌道上でSARデータの高速度な画像化を実現する。これにより、撮像からユーザーへのデータ提供までの時間短縮を図り、準リアルタイムでのデータ提供を可能にする。また、衛星からのダウンリンクデータ量を削減し、即応性の高い観測サービスを実現する。軌道上画像化装置の搭載により、撮像からユーザーへのデータ提供までの時間が従来より大幅に短縮される。具体的には、データ提供までの遅延を平均10分以下に短縮することが可能となる。これにより、インフラ設備の巡視点検や災害時の被害状況把握などで、より迅速な対応が可能となる。また、衛星からのダウンリンクデータ量が従来比で大幅に削減され、通信コストの低減にも寄与する。

#### 目的/背景

軌道上画像化装置は、電力設備の巡視点検や災害時の被害状況把握など、インフラ管理業務の高度化・効率化に活用される。また、即応性の高い観測データを提供することで、地域・社会の課題解決につながる新たなサービスの創出が期待される。将来的には、軌道上画像化装置の性能向上や、さらなる衛星の追加により、準リアルタイムデータ提供サービスの拡大が予想される。

## 軌道上画像化装置を搭載した小型SAR衛星コンステレーションによる準リアルタイムデータ提供サービス

### QPS研究所、JAXA

補足  
情報

#### 「SARデータの軌道上画像化装置」

JAXAとアルウェットテクノロジー株式会社が共同開発したオンボード画像化装置。従来は地上の計算機で行っていたデータ処理を、FPGA（field programmable gate array）に適したアルゴリズムに書き換えてファームウェア化することで衛星搭載用の装置として実現した。これにより、SAR観測データを軌道上の衛星内で処理することで衛星からのダウンリンク量の大幅な圧縮が可能となった



SARデータの軌道上画像化装置

## 合成開口レーダー搭載の地球観測衛星「LOTUSat-1」の開発

### 日本電気

#### 概要

日本電気は、ベトナム向けに合成開口レーダーを搭載した地球観測衛星「LOTUSat-1」を開発している。同衛星は昼夜・天候を問わず観測が可能であり、自然災害の監視強化や被害低減、災害予測の高度化に貢献する。



#### 開発内容

「LOTUSat-1」は、合成開口レーダー（SAR）を搭載した地球観測衛星であり、NECの標準衛星システム「NEXTAR」をベースに開発されている。同衛星は地球の極軌道を周回し、高度数百kmで搭載レーダーにより昼夜・天候を問わず観測データを取得する。また、地上システムとして9mのパラボラアンテナや衛星管制センター、衛星データ処理センターを整備し、ホアアック宇宙センターに設置される。さらに、衛星開発プロセスに関する技術移転研修を日本で実施し、ベトナムの人材育成を支援している。

「LOTUSat-1」は、昼夜・天候に左右されない観測能力を活用し、自然災害の監視とデータ取得を行っている。これにより、ベトナムにおける災害発生時の迅速な対応や被害状況の把握が可能となり、被害の低減に貢献している。また、衛星からのデータを地上システムで解析することで、災害予測の精度が向上し、事前の備えや避難計画の策定に役立てられている。さらに、現地の技術者が衛星運用やデータ解析を担うことで、ベトナムの宇宙技術の発展にも寄与している。

#### 目的/背景

「LOTUSat-1」は、ベトナムにおける自然災害の監視強化や被害低減、災害予測の高度化に活用されている。今後は、衛星データを農業や環境監視、都市計画など幅広い分野で活用することで、国の持続的発展に寄与することが期待されている。また、衛星開発プロセスを通じた人材育成により、ベトナムの宇宙開発能力の向上と自律的な衛星運用体制の確立が目指されている。

## 小型化と低コストを実現した折り畳み式アンテナ搭載小型SAR衛星『StriX』

### Synspective

#### 概要

Synspectiveは、折り畳み式の展開型スロットアレーアンテナや高出力アンプ、高度な熱制御技術を搭載した小型SAR衛星「StriX」を開発した。同衛星は、従来の大型SAR衛星と同等の撮像能力を持ちながら、重量を約100kg級に小型化し、コストも開発・打上げ費用を合わせて約1/20に削減している。



#### 開発内容

「StriX」は、7枚の独立したパネルから構成される展開型スロットアレーアンテナを採用し、軌道上で5mの大きさに展開される。1kW級の高出力アンプを搭載し、太陽電池セルや大容量バッテリーを備えることで、高い出力と長時間の観測を可能にしている。また、既製品の積極的な活用や小型化を図ることで、製造容易性と低コスト化を実現している。さらに、高度な熱制御技術により、衛星の安定した運用を可能にしている。

「StriX」は、重量約100kgと従来の大型SAR衛星の約1/10の小型化を実現し、開発・打上げ費用を合わせて約1/20に削減した。また、1観測あたりの観測幅は他社比で5～6倍と大幅に広く、総合して2～10倍の観測可能面積を有している。これにより、広域での長期的なモニタリングや災害時の多地点観測が可能となった。これまでに3機の打ち上げ・運用を成功させ、画像取得にも成功している。

#### 目的/背景

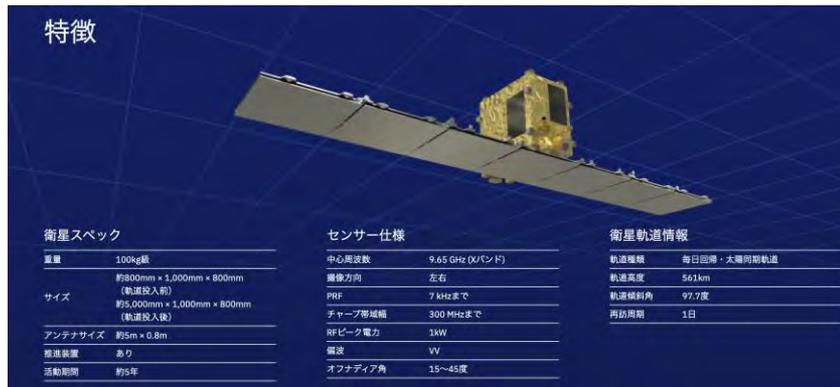
「StriX」は、平時での広域モニタリングや災害時の迅速な観測に活用される。また、2020年代後半に向けて30機の小型SAR衛星コンステレーションを構築する計画があり、多数機の安定的生産・運用体制を強化していく。これにより、全球規模での高頻度観測が可能となり、多様な産業や防災・減災分野での利用が期待される。

## 小型化と低コストを実現した折り畳み式アンテナ搭載小型SAR衛星『StriX』

### Synspective

#### 補足 情報

#### StriXの基本スペック



#### 宇宙空間で広がるアンテナ

StriXはSARアンテナとして7枚の独立パネルから構成される展開型スロットアレーアンテナを採用。軌道投入前は約80cm四方の立方体となっているが、軌道投入後、宇宙空間で折りたたんでいたパネルが展開される。

これにより、他方式と比較して軽量で部品点数が少なく、電子機器への依存性の低減や頑強な構造を実現している。



## 熟練検査員の目視作業を効率化する光学衛星データによる土砂崩れ自動検出AIシステム

### 株式会社Ridge-i

#### 概要

株式会社Ridge-iは、光学衛星データから土砂崩れ箇所を自動で検出するAIシステムを開発した。同システムは、物体検出AIと異常検知AIを組み合わせ、熟練検査員の目視確認作業を大幅に効率化することを可能にした。従来、1枚の画像あたり数十分かかっていた作業を1秒以内に処理し、約80%の高精度で土砂崩れ箇所を検出することを実現した。



土砂崩れ箇所の検出結果  
(左：入力画像、右：検出結果)

#### 開発内容

同システムは、光学衛星データを解析し、土砂崩れ箇所を自動で検出するAI解析システムである。物体検出AIと異常検知AIを組み合わせることで、少ない学習データでも高精度な検出を可能にしている。物体検出AIは、土砂の崩落や堆積などの災害箇所を学習し、異常検知AIは被災していない箇所を学習する。これらのAIモデルを組み合わせることで、熟練の検査員と同等の水準で土砂崩れ箇所を検出できる。高速な処理により、広範囲の被災状況を迅速に把握することが可能となった。

同システムにより、土砂崩れ箇所の検出精度が約80%に向上し、1枚の衛星画像を1秒以内で解析する高速処理を実現した。従来は熟練検査員が1枚あたり数十分を要していた作業が大幅に短縮された。実際に、北海道胆振東部地震の事例では、被災地全域を数秒で解析し、土砂崩れ地域の検出に成功した。検出結果は国土交通省の災害対策検討会などで活用され、災害対応の迅速化と効率化に貢献している。また、第4回宇宙開発利用大賞の経済産業大臣賞を受賞し、技術の有用性と先進性が評価されている。

#### 目的/背景

同システムは、即時性が求められる災害対応において、広範囲の被害状況を迅速に把握するために活用される。これにより、人手による目視確認の負荷を軽減し、災害対策の効率化が期待されている。今後は、雨天や夜間でも撮影可能なSAR衛星データや、過去の降水量や地形データを組み合わせ、土砂災害の予知・予測につながるシステムの開発が予定されている。

## 全球降水観測計画における二周波降水レーダー-DPR搭載衛星による高精度降水観測システム

### JAXA

#### 概要

宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、日米を中心とした国際協力の下で進められる全球降水観測計画（GPM計画）の主衛星に搭載する二周波降水レーダー（DPR）を開発した。このレーダーは、降水の立体構造を高い精度で観測でき、日々の気象予報や気候学の研究に役立てられている。



#### 開発内容

二周波降水レーダー（DPR）は、宇宙から降水の三次元構造を高解像度で観測するために開発された。Ku帯とKa帯の異なる周波数の電波を用いることで、降水粒子のサイズや種類を推定することが可能である。DPRは人工衛星に搭載され、地球全体の降水状況を観測する。これにより、従来の単一周波数レーダーでは困難だった詳細な降水構造の把握が実現した。また、マイクロ波放射計を搭載した副衛星群と連携し、約3時間毎の全球降水観測を可能にしている。DPRの開発には情報通信研究機構（NICT）との協力があり、最先端のレーダー技術が活用されている。

二周波降水レーダー（DPR）は、地上分解能約5kmで降水の立体構造を観測し、降水の強度や種類（雨、雪など）を詳細に把握できるようになった。これにより、気象予報の精度が向上し、豪雨や洪水などの災害の早期警戒に貢献している。また、2021年7月にドイツやベルギーで発生した洪水災害において、DPRは高精度な降水データを提供し、被害状況の解析に役立った。さらに、過去21年分の降水統計データとの比較が可能となり、異常気象の評価や気候変動研究に寄与している。

#### 目的/背景

二周波降水レーダー（DPR）は、全球の降水観測を通じて気象予報の精度向上や気候学の研究に活用されている。具体的には、豪雨や台風の監視、水資源管理、農業分野での活用が期待されている。今後は、観測データのさらなる精度向上や解析技術の開発により、異常気象の予測や気候変動の解明に対する貢献が求められている。

# 全球降水観測計画における二周波降水レーダー-DPR搭載衛星による高精度降水観測システム

## JAXA

### 補足 情報

### 搭載パーツ

#### ①二周波降水レーダー (DPR)

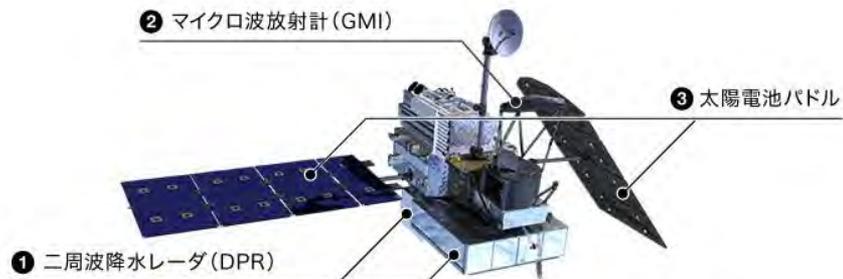
Ka帯とKu帯という2種類の周波数の電波を雨や雪に照射することで降水の分布を立体的に観測できる。

#### ②マイクロ波放射計 (GMI)

雨粒から放射されているマイクロ波を感知することで雨の強さを測定する。NASAが開発を担当している。

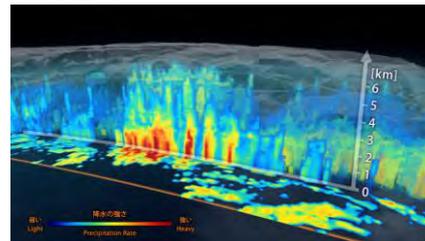
#### ③太陽電池パドル

太陽光発電により電力を供給する。



軌道	太陽非同期
軌道傾斜角	約65度
高度	約397 km ~ 約419 km
観測機器	二周波降水レーダー (DPR) Ku帯レーダー (KuPR) 観測幅 約245 km以上 Ka帯レーダー (KaPR) 観測幅 約125 km以上 (~2018年5月) ~ 約245 km以上 (2018年5月~) マイクロ波放射計 (GMI)
水平分解能	約5 km
距離分解能	KuPR: 約250 m以下, KaPR: 約250 m以下, 約500 m 以下 (高感度観測ビーム)
設計寿命	打上げ後、3年2ヶ月
打上げ年月日	2014年2月28日
打上げロケット	H-IIAロケット23号機

### 主な仕様



二周波降水レーダー (DPR) による降水の3D分布

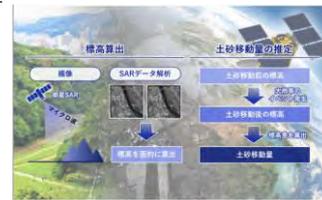


## 衛星SARデータによる標高差分解析を用いた土砂移動量モニタリング技術

### オリエンタルコンサルタンツ、日本電気

#### 概要

オリエンタルコンサルタンツと日本電気は共同で、衛星SARデータを用いて標高をモニタリングし、土砂移動量を算出する技術を開発した。近年の気候変動による水災害の激甚化・頻発化に対し、本技術は広範囲かつタイムリーなデータ取得を可能とし、流域治水の効果的な対策立案を支援する。



#### 開発内容

本技術は、衛星SARで撮影したデータを解析し、対象エリアの標高を面的に算出するものである。まず、土砂移動前の標高データを取得し、次に土砂移動後のデータを同様に取得・解析する。これら二つの標高データを差分解析することで、高さの変化を面的に把握し、土砂移動量を算出することが可能となる。従来の航空レーザー測量や縦横断測量に比べ、広範囲かつ周期的なデータ取得が可能であり、コストや労力を削減することができる。また、衛星SARは天候や時間帯に影響されずに撮像が可能であるため、タイムリーなデータ取得が可能である。これらの特徴により、流域治水のための的確な管理を支援する。

本技術の活用により、広範囲の土砂移動量を定量的に把握することが可能となった。これにより、河川における土砂堆積量の増加や河積阻害の程度を明確に評価できるようになった。また、砂防堰堤の土砂堆積速度を予測し、除石計画を計画的に立案することが可能となった。従来の手法と比較して、データ取得のコストを削減し、タイムリーにデータを提供することで、効果的な流域治水対策の立案に寄与している。

#### 目的/背景

本技術は、流域治水における的確な対策立案に活用され、河川管理者や自治体による土砂管理、河積阻害の解消、砂防堰堤の計画的な除石計画などに貢献する。また、降雨後の土砂移動量を予測する技術の開発に向けて、さらなる研究開発を進めており、流域全体の安全・安心の向上を目指している。

## 衛星SARデータによる標高差解析を用いた土砂移動量モニタリング技術

### オリエンタルコンサルタンツ、日本電気

#### 流砂系で一貫した総合的な土砂管理に向けた未来像

土砂災害のモニタリングだけでなく、流域内における土砂の経時変化を体積として把握することで、土砂堆積によって生じる河積阻害、土砂堆積速度の推定に基づく砂防堰堤の計画的な除石計画の立案など、一貫した総合的な土砂管理の実現を想定している。

#### 補足 情報



## 軽量折り畳み式大型アンテナ搭載の高分解能小型SAR衛星「QPS-SAR」

### QPS研究所

#### 概要

QPS研究所は、軽量で収納性の高い大型展開アンテナを搭載した高分解能小型SAR衛星「QPS-SAR」を開発した。これにより、従来は大型で高価だったSAR衛星の小型化と低コスト化を実現し、夜間や悪天候時でも地球を24時間観測できるようになった。QPS-SARは、高分解能でありながら質量を従来の約1/20の100kg台に、コストを約1/100に削減した。これにより、光学衛星では不可能だった全天候・全時間帯の地球観測を可能にし、新たな地球観測の可能性を拓いている。



#### 開発内容

QPS-SARは、軽量で収納性の高い折り畳み式の大型展開アンテナを搭載している。アンテナは直径3.6mでありながら、打ち上げ時には直径80cm、高さ15cmまで折り畳むことができる。宇宙空間でバネの力を使って展開することで、お椀型のアンテナを形成し、強力な電波を送信できる。これにより、高分解能のSAR観測を可能にしながら、小型衛星での運用を実現している。また、軌道上での画像生成装置や衛星間通信を導入し、観測後に高速でデータを配信することができる。さらに、9機の衛星を1つの軌道に投入し、4つの軌道で地球を取り囲むことで、36機の衛星によるコンステレーションを構築し、世界中のほぼどんな場所でも平均10分以内に撮影できる体制を目指している。

QPS-SARは、従来のSAR衛星に比べて質量を約1/20の100kg台に、コストを約1/100に削減した。また、高分解能でありながら、分解能70cm（2号機）や46cm（6号機）といった高精細な画像取得に成功した。さらに、夜間や悪天候時でも地球観測が可能となり、災害時の迅速な状況把握や移動体のデータ収集など、多様な用途で活用されている。

#### 目的/背景

QPS-SARは、災害時の被災地把握や船舶・車両の動態監視、地震や地すべりなどの地殻変動の観測など、様々な分野での活用が期待されている。今後、36機の衛星によるコンステレーションを構築し、世界中のどの地点でも平均10分以内に観測可能な体制を目指している。また、搭載機器の性能向上や新機能の追加により、更なる高分解能化やデータ処理の高速化を図り、地球観測の高度化に貢献することを目指している。

## 軽量折り畳み式大型アンテナ搭載の高分解能小型SAR衛星「QPS-SAR」

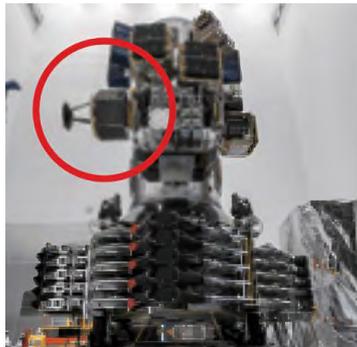
### QPS研究所

#### 大型展開アンテナ（特許技術）

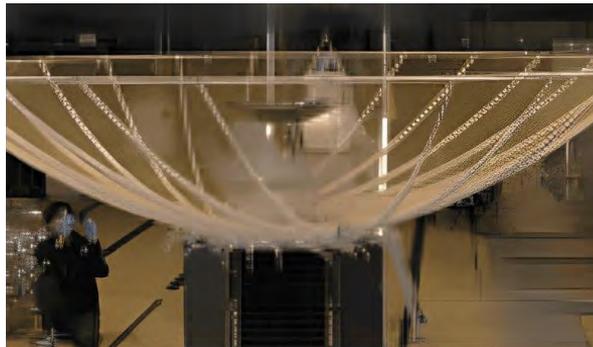
展開後は直径3.6mの大型のアンテナとなるが、直径80cm、高さ15cmほどに畳むことが可能。宇宙に打ち上げられた後はバネの力でたるみのないお椀型のアンテナに展開することで強い電波を出すことが可能となる。

アンテナのリブはバネメーカー「峰勝鋼機株式会社」、その他の構造部品の製作と組み立ては「円陣スペースエンジニアリングチーム」、金属メッシュの縫製は「カネクラ加工」との協力により実現した。

#### 補足 情報



2号機イザナミがファルコン9に  
組みつけられたときの状態



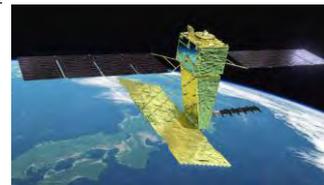
2号機イザナミのアンテナ展開試験の様子

## DBF-SAR技術で高解像度・広域観測を実現したLバンド合成開口レーダ衛星「だいち4号」

### JAXA

#### 概要

宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、新技術であるデジタルビームフォーミング技術（DBF-SAR）を搭載したLバンド合成開口レーダ衛星「だいち4号」を開発した。同衛星は、前号機「だいち2号」の性能を向上させ、世界最高レベルの解像度と広域な観測カバレッジを実現している。これにより、災害状況の迅速な把握や地殻変動の高頻度観測など、多様な分野での貢献を目指している。



#### 開発内容

「だいち4号」は、新開発のDBF-SARを採用したフェーズドアレイ型Lバンド合成開口レーダ（PALSAR-3）を搭載している。このレーダは、高速なデジタル処理により受信した電波を同時に最大4方向で観測可能としている。Lバンドの電波（波長約24cm）は植生への透過性が高く、高い干渉性を持つため、森林が多い地域でも安定して地面の動きを捉えることができる。さらに、新開発のAIS受信機「SPAISE3」を搭載し、船舶が混雑する海域でも船の種類や位置情報を正確に受信可能としている。また、光データ中継衛星との通信により、データの伝送効率を向上させ、緊急時の観測要請にも迅速に応えることができる。

「だいち4号」は、世界最高水準の解像度と観測幅を実現し、一度の観測で東西方向に最大700kmの広範囲をカバーしている。高頻度の観測により、火山活動による地面の隆起や地殻・地盤の変動を数cmから数mmオーダーで把握している。Kaバンド伝送システムにより、3.6Gbpsという高速データ伝送が可能で、従来の「だいち2号」の約4.5倍の速度でデータを地上に送信している。これにより、災害時の緊急観測にもタイムリーに対応し、多くのデータを迅速に取得・提供している。また、新開発のAIS受信機により、船舶の混雑した海域での情報収集が向上し、航行安全に貢献している。

#### 目的/背景

「だいち4号」は、地殻変動の監視や災害状況の迅速な把握、森林分布の把握や地球環境の変化の監視など、多様な用途で活用されている。干渉SAR技術により、日本全土の地殻・地盤変動を高精度に検出し、防災計画や災害対策に役立てている。また、熱帯雨林での違法伐採の監視や農業分野での作付面積の把握など、地球規模の環境問題の解決にも貢献している。

# DBF-SAR技術で高解像度・広域観測を実現したLバンド合成開口レーダ衛星「だいち4号」

JAXA

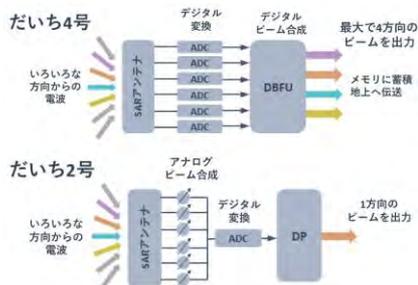
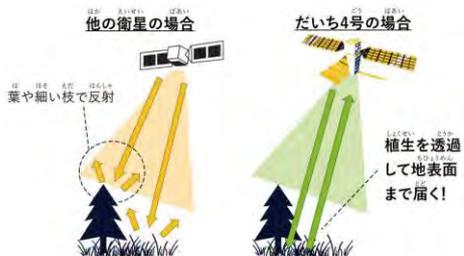
補足  
情報

## Lバンドの使用

Lバンド（波長24cm）は、他のSAR衛星が多く使うXバンド（波長3cm）やCバンド（波長6cm）とくらべて、植生への透過性が高く、高い干渉性を持つ。  
これにより、国土の3分の2が森林である日本においても安定して地面の動きをとらえることができる。

## DBF-SAR（デジタルビームフォーミング）による4方向観測

「だいち4号」は、受信した電波を高速にデジタル処理する新技術DBF-SARを採用した“フェーズドアレイ型Lバンド合成開口レーダ3（PALSAR-3）”を搭載することで、同時に最大4方向の観測を可能にした。



項目	仕様
ミッション機器	Lバンド合成開口レーダ ・スポットライト 分解能 1m×3m 観測幅 35km×35km  ・高分解能（ストリップマップ） 分解能 最高5m 観測幅 200km  ・広域観測（スキャン） 分解能 最高25m 観測幅 700km  船舶自動識別信号受信機 AIS（SPAISE3）
サイズ	10.0m × 20.0m × 6.4m（太陽電池/1ドルおよび各種アンテナ展開時）
質量	約5トン
設計寿命	7年
運用軌道	太陽同期準回帰軌道 高度628km
打上げ年月日	2024年7月1日
打上げロケット	H3ロケット3号機
プライムメーカー	三菱電機株式会社

主な仕様

## 次世代Ka帯レーダー搭載による高解像度・高精度な降水観測衛星コンステレーション

### Tomorrow.io

#### 概要

Tomorrow.ioは、次世代Ka帯レーダーを搭載した衛星「Tomorrow-R1」と「Tomorrow-R2」を2023年に打ち上げ、初期データが降水予測において高い精度を示したことを発表した。これにより、地球全体の降水量を高解像度かつ1時間ごとに取得する計画を進めている。



#### 開発内容

「Tomorrow-R1」と「Tomorrow-R2」は、35.5～36GHzの次世代Ka帯レーダーを搭載し、革新的な運用モードと綿密な機器キャリブレーションにより、高い感度と精度で降水量を測定する。垂直方向には250mの高解像度サンプリングを行い、水平解像度は5kmを実現している。また、衛星の姿勢制御により、地上400km以上の広視野で土地や大気の特定期域を指向できる。さらに、パルス間再構成可能なマルチモードレーダーサンプリング「ARENA」により、高帯域（400MHz以上）と低帯域モードを切り替え、大気や地表面の測定を最適化する。

これらの衛星は、高感度な降水検出と地表付近の降水量の正確な測定により、地表面の状況を明瞭に把握できる。事前のターゲットテストや高精度な送受信機のキャリブレーションループ、比較評価、専用の地上型アクティブキャリブレーションシステムを通じて、レーダーのキャリブレーションを網羅的に特性評価している。その結果、Tomorrow.ioの製品は、多くの統計カテゴリーにおいて、全球降水観測（GPM）計画のKa帯降水レーダー（KaPR）と同等かそれ以上の性能を示している。

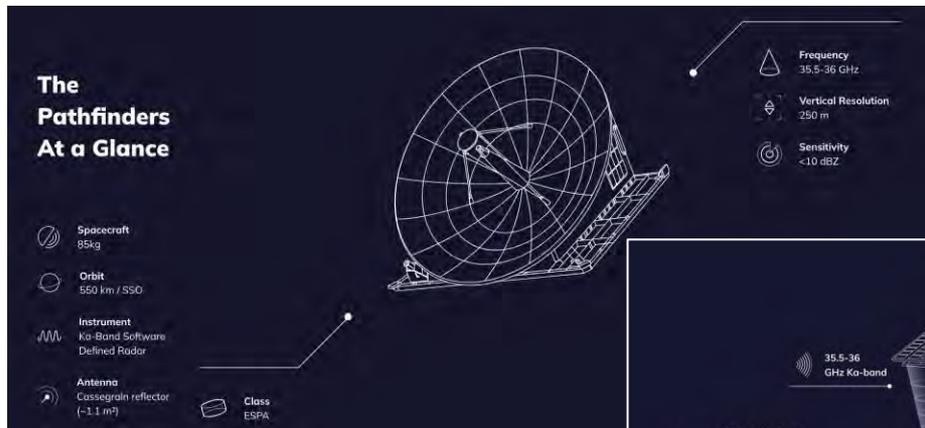
#### 目的/背景

この技術により、地上のセンサでは観測できない全球の降水量や大気パラメータを高解像度かつ1時間ごとに取得することが可能となる。今後、レーダーやサウンダーを搭載した衛星を組み合わせたマルチセンサーコンステレーションを構築し、気象予報を革新することを目指している。これにより、より正確でタイムリーな気象情報の提供が可能となり、各種産業や防災分野での活用が期待されている。

# 次世代Ka帯レーダー搭載による高解像度・高精度な降水観測衛星コンステレーション

## Tomorrow.io

補足  
情報



主な仕様

## 時系列干渉SAR技術と地質情報を統合した斜面災害リスク地域の抽出技術

### 産業技術総合研究所

#### 概要

産業技術総合研究所は、マイクロ波衛星画像の時系列干渉SAR解析により、北部九州の斜面のセンチメートル単位の微小変動を検知し、地質情報との統合解析により斜面災害リスク地域を可視化する技術を開発した。この技術により、従来は地形要素に基づいて行われていた斜面災害リスク評価に地質要素の重要性を示し、国や自治体の防災・減災計画に貢献することが期待されている。



#### 開発内容

この技術は、マイクロ波の時系列干渉SAR解析を用いて、複数時期の衛星データからセンチメートル単位の地表変動を高い空間解像度で検出するものである。検出された微小変動データを地質図や地形情報と統合解析することで、従来は把握が困難であった地質的素因による斜面災害リスクを可視化することが可能となった。地球観測衛星「だいち2号」のデータを活用し、広域的な監視が可能である。さらに、この技術では、多数の時系列データを統計的に処理してノイズを低減し、地表の微小な長期変動傾向を捉える。統合解析には、産総研が整備した高精度な地質図や地形データを使用し、地質構造や風化度、過去の地すべり履歴などの情報を考慮している。これにより、地質要因を含めた詳細な斜面災害リスク評価が可能となった。

本技術により、北部九州において過去7年間の斜面の長期変動マップを作成し、変動の大きな地域を合計42地点抽出した。現地調査において、アクセス困難な地域を除き約6割の地点で実際に人工物の割れなどの変動痕跡を確認した。また、抽出された地点の分布を地質図や地形図と比較することで、緩斜面地帯であっても過去の地すべり堆積物からなる斜面や、地質構造の傾斜方向と一致する北西向き斜面でリスクが高いことを明らかにした。従来は急傾斜地が高リスクと考えられていたが、本解析では緩斜面でも地質的要因によりリスクが高まることを示した。

#### 目的/背景

本技術は、国や自治体の防災・減災計画に貢献し、斜面災害リスクの高い地域の把握や対策立案に活用される。今後は、調査地域の拡大や解析結果データの公開を進め、AIを活用した斜面災害リスク推計マップの作成・公開、地質災害時の斜面災害発生推計システムの高度化などを目指している。これにより、災害に強い社会の実現に寄与することが期待されている。

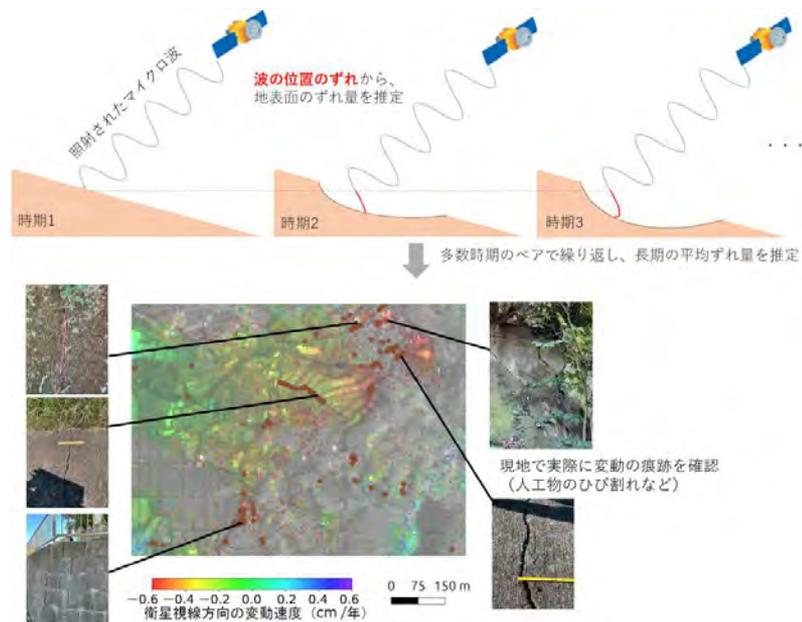
## 時系列干渉SAR技術と地質情報を統合した斜面災害リスク地域の抽出技術

### 産業技術総合研究所

#### 時系列干渉SARによる地質評価の例

図の黄色～赤色、または水色～青色のついた地域は長期変動が認められる箇所である。  
 緑色は変動なし、灰色は地形などの影響により解析結果が得られなかったことを表している。  
 茶色の点は現地調査地点（写真のGPS情報）である。  
 背景図には国土地理院の地理院地図を表示している。

#### 補足 情報



## 人工衛星搭載のFPGA処理装置によるSARデータ軌道上画像化システム

### JAXA、アルウェットテクノロジー株式会社

#### 概要

JAXAとアルウェットテクノロジー株式会社は、SARデータを軌道上で画像化する人工衛星搭載装置を共同開発した。FPGAに適したアルゴリズムで地上のデータ処理を衛星上で実現した。これによりダウンリンク量を大幅に削減し、海域観測や船舶の動静把握に活用できる。



#### 開発内容

本装置は、高速処理が可能なFPGAに適したアルゴリズムを用いて、従来は地上の計算機で行っていたSARデータの画像化処理を軌道上で実現する。アルゴリズムをファームウェア化し、衛星搭載用の装置として組み込むことで、世界で初めて軌道上でのリアルタイム処理を可能にした。これにより、SAR観測データを衛星内で準リアルタイム処理し、地上へのダウンリンク量を大幅に圧縮する。従来はデータレコーダ容量と送信速度の限界から観測域の拡大が困難であったが、本装置によりその課題を解決する。本装置により、SAR観測データを衛星内で処理することで、地上へのダウンリンク量を従来比で大幅に削減することが可能となった。これにより、陸域に加えて海域観測を行う場合でも、衛星のデータレコーダ容量とデータ送信速度の制約を克服し、観測域の拡大を実現する。また、SAR衛星による海洋観測データが安定的に利用可能となり、船舶等の人工物検出といったAI技術と組み合わせた新たなミッションの実現が期待される。小型のSAR衛星の需要増加にもつながる成果である。

#### 目的/背景

本装置は、海域観測や船舶の動静把握など、SAR衛星による海洋観測データの活用に貢献する。特に、船舶等の人工物検出といったAI技術と組み合わせることで、新たなミッションの実現が期待される。今後、AT社は小型衛星向けのコンポーネントとして本装置の製品化を進め、JAXAは本技術の大型衛星への実装を検討する予定である。

## ハイパースペクトル画像処理とオンボードAIを搭載した超小型衛星による早期火災煙検出システム

### 南オーストラリア大学

#### 概要

南オーストラリア大学は、超小型衛星キューブサットにオンボードAIを搭載し、衛星上でハイパースペクトル画像の処理とデータ圧縮を可能にするシステムを開発した。これにより、衛星が取得した大量のハイパースペクトル画像を地上に送信する前に軌道上で解析し、時間とエネルギーを大幅に節約できる。特に、火災発生時の煙を早期に検出することで、被害を最小限に抑えることを目的としている。



#### 開発内容

このシステムは、キューブサットに搭載されたオンボードAIを用いて、ハイパースペクトル画像をリアルタイムに解析する。センサーが捉えた地球の反射光を異なる波長で分析し、詳細な地表マップを生成する。軽量のAIモデルはキューブサットの限られた処理能力と消費電力、データストレージの制約内で動作し、煙と雲を正確に区別する。AIモデルはオーストラリアの森林火災のシミュレーション画像を用いてトレーニングされている。これにより、地上に送信するデータ量を削減し、エネルギー効率を向上させている。南オーストラリア初のキューブサット「カニーニ」に搭載され、火災監視や水質モニタリングなど多様な用途に応用される予定である。

このシステムにより、ハイパースペクトル画像のデータ量を元の16%まで圧縮して地上に送信し、エネルギー消費を69%削減した。また、火災発生時の煙を従来の地上処理よりも500倍速く検出できるようになった。南オーストラリアのクーロン地域での火災シミュレーションでは、煙の検出から地上局へのデータ送信まで14分以内で完了した。これらの成果は、火災の早期発見と被害の最小化に大きく貢献することを示している。また、オンボードAIによる画像処理の有用性が証明され、他の自然災害の早期警戒システムとしての活用可能性も示された。

#### 目的/背景

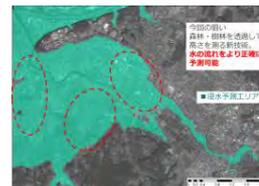
この技術は、宇宙から火災を早期に検出し、被害を最小限に抑えるために活用される。2025年を目処に、衛星軌道上でのオンボードAIによる火災検出の実証が計画されている。将来的には、技術の商業化と地球規模での衛星コンステレーションへの導入を進め、1時間以内に火災を検出できるシステムの構築を目指している。また、森林火災以外の自然災害への早期警戒システムとしての応用も検討している。

## レーザ高度計を搭載した人工衛星で森林域の3次元地図を高精度化する技術

### JAXA、株式会社NTTデータ

#### 概要

JAXAと株式会社NTTデータは、人工衛星に搭載したレーザ高度計を活用し、森林域での3次元地図の高精度化に関する共同研究を実施している。レーザ高度計データを用いて、地盤面の高さを正確に測定する技術を開発している。



#### 開発内容

本技術は、人工衛星に搭載されたレーザ高度計が取得したデータを用いて、地表の地盤面の高さを正確に測定する技術である。レーザ高度計は、レーザ光を地表に照射し、その反射光を検出することで高さ情報を取得する。樹木や植生に覆われた森林域でも、レーザ光が地面まで到達し、その反射を捉えることで、地盤面の高度を測定できる。取得したレーザ高度計データをNTTデータの3次元地図作成技術と組み合わせることで、高精度な地盤面高さモデルを作成している。また、この技術により、従来の衛星画像では観測が困難であった森林域の3次元地図の精度向上が可能となっている。

本技術の適用により、従来は樹木や植生によって観測が困難であった森林域において、地盤面高さモデルを正確に作成することが可能となった。これにより、森林域を含む地域でのハザードマップの高精度化が実現した。また、人工衛星データを利用することで、航空機による観測が難しかった開発途上国も含め、世界中の広範囲なエリアで高精度な3次元地図作成が可能となった。さらに、災害危険エリアの特定や被害予測の精度向上に寄与し、防災対策の強化が期待できる。

#### 目的/背景

本技術は、防災分野で洪水や地すべりなどの自然災害による危険エリアの正確な特定や把握に活用される。特に、開発途上国でもハザードマップの精度向上が期待できる。今後は、都市デジタルツインのスマートシティ分野や森林資源量の把握など、環境分野への応用も見込まれている。

## LiDAR搭載商業衛星による地球全陸地の年次マッピング技術

### NUVIEW

#### 概要

NUVIEWは、LiDARを搭載した商業衛星群を開発し、地球の全陸地を毎年マッピングしている。



#### 開発内容

同技術は、LiDARを搭載した商業衛星群を用いて、地球全陸地の高解像度な3Dデータを年間で取得するものである。デジタルサーフェスモデル（DSM）は、地形や人工構造物を含む地表面の詳細な3D表現を提供し、デジタルテレインモデル（DTM）は、植生や人工構造物を除いた地形データを提供する。衛星ベースのLiDARシステムは、航空機やドローンに比べて効率的かつ包括的なデータ収集が可能であり、遠隔地やアクセス困難な地域のデータも取得できる。データ処理と分析サービスも提供し、都市成長の監視、インフラ開発、自然現象の観測などに活用されている。

同技術により、地球全陸地の詳細なLiDARデータが年間で取得可能となり、従来困難であった地域のデータもカバーされる。高解像度の3Dデータ提供により、都市成長のモニタリング、インフラ開発支援、自然災害の予測や緩和策立案など、多岐にわたる分野での意思決定が可能となった。また、植生に覆われた地域の詳細な情報取得により、林業管理、環境研究、精密農業などでの資源管理と環境保全に寄与している。

#### 目的/背景

同技術は、環境モニタリング、都市計画、インフラ整備、災害管理など多様な分野での活用が期待されている。特に森林バイオマスのマッピングや気候変動データ収集など、持続可能な開発目標への貢献が見込まれる。今後、データの高精度化や解析サービスの拡充を進め、より広範な分野での利用を目指している。



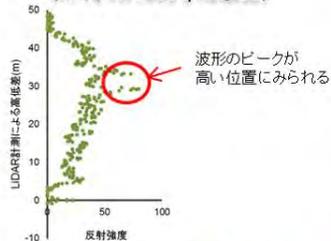
# 国際宇宙ステーション搭載マルチフットプリント植生観測ライダーシステム「MOLI」

JAXA

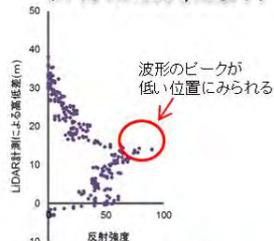
## Lidarを用いた森林の状態観測

森林の3次元構造、特に各階層の林冠からの反射強度を観測することで、森林劣化の度合いを評価することが期待されている。

成熟した森林  
(バイオマス: 400 t/ha以上)

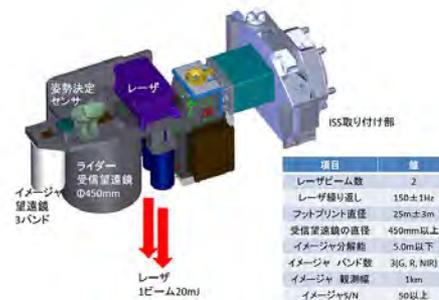


劣化した森林  
(バイオマス: 200 t/ha以下)



マレーシア国サバ州の熱帯低地林における、  
衛星Lidar (ICESat/GLAS) の観測波形と森林劣化の状況との比較結果

補足  
情報



項目	値
レーザービーム数	2
レーザー繰り返し	150±1Hz
フットプリント直径	25m±3m
受信望遠鏡の直径	450mm以上
イメージャ分解能	5.0m以下
イメージャバンド数	3(G, R, NIR)
イメージャ 観測幅	1km
イメージャ/N	50以上

## 構造概要

Item	Value	Notes
Laser Wavelength	1064nm	Nd:YAG Laser
Number of beam	2	
Laser Energy	> 20mJ	Total 40mJ
Pulse Repetition Frequency	150Hz	
Diameter of footprint	25m	
Number of receiver element	2	2 array detector
Total sensor system Power	400W	(TBD)
Total Weight	300kg	(TBD)
Mission life	> 1 year	> 2 year (target)
Altitude of ISS orbit	Around 400km	
Imager Spatial resolution	5.0m	
Imager Swath	1000m	
Imager Bandwidth	B1: 520 - 600 nm (Green) B2: 610 - 690 nm (Red) B3: 760 - 890 nm (NIR)	

## 主な仕様

- 出典 <https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-index.html#mission>  
<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-science.html>  
<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-instrument.html>  
[https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/wp-content/uploads/sites/3/2019/12/17\\_slatsMaterial-sakaisawa.pdf](https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/wp-content/uploads/sites/3/2019/12/17_slatsMaterial-sakaisawa.pdf)

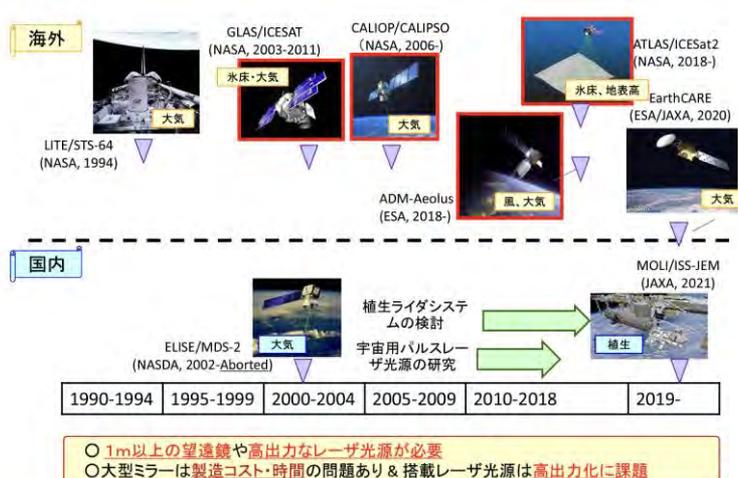
# 国際宇宙ステーション搭載マルチフットプリント植生観測ライダーシステム「MOLI」

JAXA

補足  
情報

	MOLI	ICESat	ICESat-2	GEDI
ミッション	植生	氷床	氷床	植生
プラットフォーム	ISS	衛星	衛星	ISS
質量、電力	/400W	970kg/730W	1580kg/1320W	450kg/1000W
軌道高度	400 km	586 km	481 km	400 km
状態		運用終了2003.1-2010.8	運用中 2018.9 -	運用中 2018.12 -
コスト	30億円(未定)	2.83億usd / 340億円 (120jpy/usd@2003)	10.63億usd/1170億円 (112jpy/usd@2018)	9000万usd/99億円 (112jpy/usd@2018)
搭載センサ	ライダー・イメージャ	ライダー	ライダー	ライダー
ペイロード電力	250W/200kg	350W/298kg	300W/298kg	516W/230kg
特徴・知見	傾斜地上の樹高精度改善 イメージャ同時観測による位置 同定精度の改善 高精度の樹高観測	氷床の標高マップ作成 世界初の衛星搭載ライダー 森林観測におけるフットプリント 怪、傾斜地、位置同定の問題 を明示	ICESatの後継器 レーザーの高出力高効率化 光子計数観測による氷床 DEMの実証	森林観測用に特化したライダー 事前に定められたコストのみ で実施

主なLidar搭載衛星との比較



Lidar搭載衛星の開発経緯

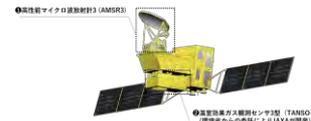
出典 <https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-index.html#mission>  
<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-science.html>  
<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/moli/moli-instrument.html>  
[https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/wp-content/uploads/sites/3/2019/12/17\\_slatsMaterial-sakaisawa.pdf](https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/wp-content/uploads/sites/3/2019/12/17_slatsMaterial-sakaisawa.pdf)

## 温室効果ガス観測センサTANSO-3とマイクロ波放射計AMSR3を搭載したGOSAT-GW衛星

### JAXA

#### 概要

JAXAは、気候変動の把握に貢献するため、温室効果ガスと水循環を観測する技術衛星GOSAT-GWを開発している。この衛星には温室効果ガス観測センサTANSO-3と高性能マイクロ波放射計3（AMSR3）の2つのセンサが搭載されている。



#### 開発内容

GOSAT-GWは、温室効果ガス観測センサTANSO-3と高性能マイクロ波放射計3（AMSR3）を搭載した衛星である。TANSO-3は回折格子型分光方式を採用し、二酸化炭素やメタン、二酸化窒素を面的に高分解能で観測することができる。また、観測幅911km以上を10kmの空間分解能で広域観測可能である。AMSR3は地表や海面、大気から自然に放射される微弱なマイクロ波を観測するセンサであり、新たに166GHz帯と183GHz帯の観測チャンネルを追加することで、降雪や上層の水蒸気の観測が可能となった。これらのセンサにより、温室効果ガスや水循環に関するデータを高精度かつ広範囲で取得することができる。

GOSAT-GWにより、降雪や上層の水蒸気の観測、二酸化窒素の観測が可能となった。AMSR3は新しい観測チャンネルの追加により、降水予測精度の向上や台風の進路予測の改善に寄与した。TANSO-3は空間分解能の向上により、従来より詳細な温室効果ガスの分布を観測し、排出源特定や排出量の推定精度が向上した。これらのデータは気象予報、漁業、航行支援、気候変動の把握など、幅広い分野で利用されている。

#### 目的/背景

GOSAT-GWは、異常気象による災害の激甚化に対し、気候変動の詳細な把握と対策に貢献することが期待されている。取得した観測データは、社会への影響予測や環境政策の策定に活用される。

## 温室効果ガス観測センサTANSO-3とマイクロ波放射計AMSR3を搭載したGOSAT-GW衛星

### JAXA

#### 補足 情報

#### 搭載パーツ

##### ① 高性能マイクロ波放射計3 (AMSR3)

(Advanced Microwave Scanning Radiometer 3)

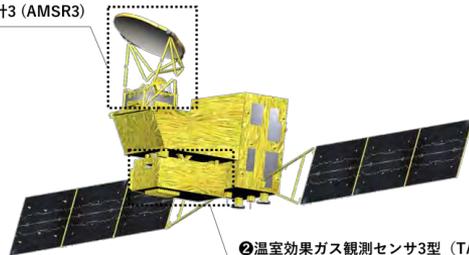
地表や海面、大気などから自然に放射されるマイクロ波を観測するセンサです。AMSR2から観測可能な波長帯(166GHz帯、183GHz帯)が増強され、降雪や上層の水蒸気の観測が可能となった。

##### ② 温室効果ガス観測センサ3型 (TANSO-3)

(Total Anthropogenic and Natural emissions mapping SpectrOmeter-3)

「いぶき2号」に搭載されたTANSO-FTS-2の後継センサ。TANSO-FTS-2で採用していたフーリエ干渉型分光方式から新たに回折格子型分光方式を採用することで、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) やメタン (CH<sub>4</sub>) 等を空間的に詳細化した観測が可能になる。また、新たに二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) の観測も行う。

① 高性能マイクロ波放射計3 (AMSR3)



② 温室効果ガス観測センサ3型 (TANSO-3)  
(環境省からの委託によりJAXAが開発)

衛星名	GOSAT-GW	<参考>	
		GOSAT-2 (いぶき2号)	GCOM-W (しずく)
ミッション 機器	高性能マイクロ波放射計3 (AMSR3) 温室効果ガス観測センサ3型 (TANSO-3)	温室効果ガス観測センサ2型 (TANSO-FTS-2) 雲・エアロゾルセンサ2型 (TANSO-CAI-2)	高性能マイクロ波放射計2 (AMSR2)
衛星質量	約2.6t	1.8t	約2t
発生電力 (EOL)	約5,300W	5,000W	3,880W以上
設計寿命	7年以上	5年	5年
軌道種別	太陽同期準回帰軌道	太陽同期準回帰軌道	太陽同期準回帰軌道
軌道高度	666km (GOSAT (いぶき) と同様)	613km	699.6km
回帰日数	3日	6日	16日
地方太陽時	昇交点通過地方太陽時: 13:30±15分 (GCOM-W (しずく) と同様)	降交点通過地方太陽時: 13:00±15分	昇交点通過地方太陽時: 13:30±15分
打上げ 年月日	2024年度 (予定)	2018年10月29日	2012年5月18日

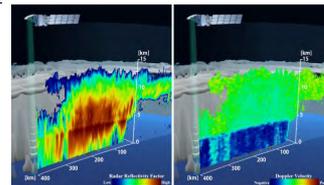
#### 主な仕様

## 衛星搭載ドップラーレーダ『CPR』による世界初の雲の上下動観測

### JAXA、NICT

#### 概要

JAXAとNICTは、ESAと共同開発した雲プロファイリングレーダ（CPR）を搭載したEarthCARE衛星により、世界初となる宇宙からの雲の上下の動きの観測に成功した。同CPRはW帯（94GHz）の衛星搭載ドップラーレーダであり、2023年6月12日・13日に初観測を実施した。現在、初期機能確認運用を行っている。



#### 開発内容

CPRは、W帯（94GHz）の電波を用いた衛星搭載ドップラーレーダで、パルス状の電波を下方に発信し、雲や雨からの反射波を受信して雲の鉛直構造を観測する。衛星搭載レーダとして初めてドップラー速度計測を可能にし、雲内部の雲粒子の上昇・下降運動を捉えることができる。高感度で厚い雲から薄い雲まで観測可能であり、直径2.5mの大口径アンテナを搭載している。CPRは直下方向のみを観測し、鉛直方向の分解能は500mである。

CPRは、2023年6月13日に日本の東海上にある梅雨前線上の雲域を観測し、上空約13kmに達する雲の鉛直構造を捉えた。また、高度約5km以下でドップラー速度が下向きに大きくなる特徴を確認し、これは雨滴の速い落下速度を示していると考えられる。宇宙から雲の上下動を測定することに成功し、従来は地上や航空機でしか得られなかったデータを世界規模で取得できるようになった。

#### 目的/背景

CPRは、雲の鉛直構造と上下運動を世界規模で計測し、雲が気候システムに与える影響の解明を目指している。雲粒が降雨へ成長するメカニズムの理解を深め、数値気象モデルや数値気候モデルの改良を通じて、予測精度の向上に寄与する。今後、大学や研究機関と共同で研究を進め、雲が気候変動に影響する仕組みの解明と気象・気候予測の精度向上に貢献する予定である。

## 衛星搭載ドップラーレーダ『CPR』による世界初の雲の上下動観測

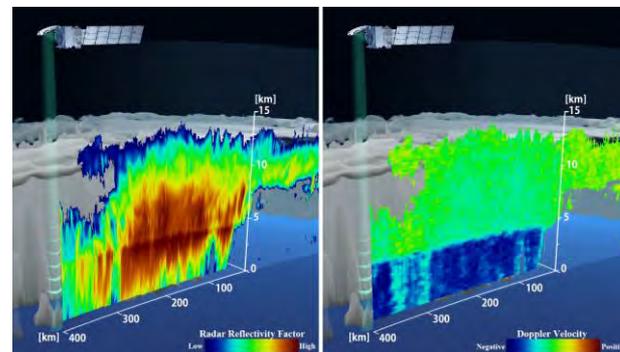
JAXA、NICT

補足  
情報

### ドップラー速度を用いた雪粒や雨粒の運動観測

雲粒や雨粒などの粒子が衛星方向から遠ざかる（＝下降）運動をしている場合は後方散乱の周波数は送信波より低くなり、衛星方向に近づく（＝上昇）運動をしている場合は後方散乱の周波数は送信波より高くなる。

CPRのドップラー速度計測機能は、アンテナで得られる後方散乱の周波数を精密に測定することで、雨粒や雲粒の上昇・下降運動の大きさ（ドップラー速度）を求めることができる。



CPRのレーダ反射強度（左）とドップラー速度（右）の高さ分布を3次的に示した図

## 衛星搭載ドップラーレーダ『CPR』による世界初の雲の上下動観測

### JAXA、NICT

#### 補足 情報

センサの種類 Sensor type	94GHz (Wバンド) ドップラー速度 計測機能つきパルスレーダ
開発担当 Developer	宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 情報通信研究機構 (NICT)
中心周波数 Center frequency	94.05 GHz
送信パルス幅 Pulse width	3.3 $\mu$ s
アンテナビーム幅 Antenna beam width	< 0.095 deg.
パルス繰り返し周波数 PRF	6100 ~ 7500 Hz (variable)
最小受信感度 Sensitivity	< -35 dBZ at 大気上端 (10 km 積分時)

ドップラー速度精度 Doppler accuracy	< 1.3 m/s (10 km 積分時)
探知範囲 (高度) Measurement range	-1 ~ 12/16/20 km (緯度帯に依存)
フットプリント径(*2) Footprint (IFOV)	< 750 m (衛星高度に依存)
水平サンプリング間隔 Horizontal sampling	約 500 m
鉛直分解能 Vertical resolution	約 500 m
鉛直サンプリング間隔 Vertical sampling	約 100 m (オーバーサンプル)

CPRのおもな観測諸元

## 紫外線高感度CMOSセンサ搭載オーロラ観測用小型衛星カメラ「UVCAM」

### エイブリック、東京工業大学

#### 概要

エイブリックと東京工業大学は、紫外線高感度CMOSセンサを搭載した小型衛星用オーロラ観測カメラ「UVCAM」を共同開発した。同カメラは、東工大の変形状実証衛星「ひばり」に搭載される。紫外線によるオーロラ観測を行うことで、地球磁気圏と荷電粒子の相互作用を調査することを目的としている。



#### 開発内容

「UVCAM」は、ABLICと東北大学が共同開発した紫外線高感度・高耐光性技術を用いたCMOSイメージセンサを搭載している。シリコンフォトダイオードの表面高濃度不純物層の構造や形成方法、パッシベーション膜の透過特性を工夫することで、190ナノメートルから可視光までの紫外線に感度を持たせている。車載用高信頼性半導体デバイスの開発実績を活かし、宇宙空間の厳しい環境にも耐えられる設計となっている。東工大は宇宙放射線の影響を確認するために、放射線耐性の検証や光学系のアライメント調整を行い、宇宙環境での動作を確保している。

「UVCAM」により、300～340ナノメートルの近紫外線帯で、衛星軌道上から北極・南極上空に現れるオーロラの紫外線発光を観測することが可能となった。大きさ118mm×65mm×60.3mm、重量433.5gと小型軽量化を実現し、超小型衛星への搭載を可能にした。環境試験では、打ち上げ時の振動・衝撃や宇宙空間の温度環境を模擬した試験をクリアし、宇宙環境下での正常動作が確認された。さらに、放射線耐性の検証により、宇宙放射線による影響を最小限に抑えることができた。

#### 目的/背景

「UVCAM」は、地球磁気圏と荷電粒子の相互作用や高層大気からの輝線放射の観測を目的としている。これにより、宇宙からの紫外線観測データを取得し、マルチメッセンジャー天文学の発展に寄与することが期待される。将来的には、紫外線天文衛星の開発や未知の天体現象の探索に繋げる計画であり、飛翔体搭載観測装置のさらなる研究開発を進めていく予定である。

## 宇宙実証用ハイパースペクトルセンサHISUIのデータを無料公開する衛星データプラットフォームTellus

### さくらインターネット株式会社

#### 概要

さくらインターネット株式会社は、経済産業省事業として開発・運用する衛星データプラットフォーム「Tellus」において、宇宙実証用ハイパースペクトルセンサ「HISUI」のデータを無料公開する。これにより、資源探査や環境、農業分野での衛星データ利用が促進されることが期待される。「HISUI」は185バンドを観測し、従来より精密に地表物質の特定が可能である。



#### 開発内容

「Tellus」は、さくらインターネット株式会社が開発・運用する日本発の衛星データプラットフォームである。衛星データや各種アルゴリズム、開発環境をクラウド上で提供し、衛星データの活用を促進する。また、今回無料公開される「HISUI」のデータは、宇宙実証用ハイパースペクトルセンサによって取得されたものであり、従来のマルチスペクトルセンサよりも細かい波長帯を観測できる。これにより、地表の物質をより精密に特定することが可能となり、資源探査や環境分野、農業分野での活用が期待される。さらに、「Tellus」は衛星データだけでなく、気象や人流などの地上データも順次搭載しており、さまざまなデータの一元的な利用を可能にしている。

「Tellus」は、これまでに登録者数が29,000人を超え、多くのユーザーに利用されている。また、「HISUI」のデータを無料公開することで、今年度中に運用開始から最新のものまで約19万シーンを提供予定である。これにより、従来はJ-spacesystemsから共同研究者へ限定的に提供されていた「HISUI」のデータを、一般の方も含め広く利用可能となった。「Tellus」を通じて提供される「HISUI」のデータは、資源探査や環境、農業などの分野で新たな活用が期待され、衛星データ利用のさらなる促進に寄与している。

#### 目的/背景

「Tellus」は、衛星データや地上データの産業利用を促進し、「宇宙アセットを民主化する」ことを目指している。今後も随時アップデートを行い、より魅力的なプラットフォームとするために尽力する。また、衛星データだけでなく、気象データや人流データなどを順次搭載し、多様なデータの一元的な利用を可能とすることで、多様な分野での利活用を推進する。

## 可視から短波赤外までの連続スペクトルを観測するハイパースペクトル衛星EnMAP

### OHB

#### 概要

開発組織であるOHBは、ドイツ初のハイパースペクトル地球観測衛星EnMAPを開発し、運用を開始した。EnMAPは、可視から短波赤外までの連続スペクトルデータを取得し、鉱物の分布や植物の栄養状態、水質汚染などを高精度で観測できる。



#### 開発内容

EnMAPは、2つのイメージングスペクトロメーターを搭載し、合計242の観測バンドで420ナノメートルから2,450ナノメートルまでの波長域をカバーしている。可視・近赤外域では6.5ナノメートル、短波赤外域では10ナノメートルのスペクトル分解能を持ち、地表からの反射光を連続スペクトルとして観測することができる。これにより、鉱物の種類や植物の健康状態、水質などの情報を取得できる。取得したデータは地上局で処理・解析され、提供される。

EnMAPは、テスト段階で高い性能を示し、地球表面の詳細なスペクトルデータを取得している。具体的には、可視・近赤外で6.5ナノメートル、短波赤外で10ナノメートルのスペクトル分解能で、242バンドのデータを取得し、鉱物の分布や植物の栄養状態、水質汚染などを高精度に観測している。

#### 目的/背景

EnMAPは、地球の状態と変化を長期的に記録し、科学者が様々な地域を詳細に研究するために利用される。鉱物資源の探査、農作物の健康状態のモニタリング、水質や土壌の汚染検出などが具体的な用途として挙げられる。

## ハイパースペクトル衛星とAI技術によるリアルタイム地球観測サービス

### Kuva Space

#### 概要

フィンランドのKuva Spaceは、ハイパースペクトル衛星とAIを活用したリアルタイム地球観測サービスを開発している。特許取得済みのカメラ技術により、地球上の物質やその状態を詳細に監視できる。この技術は、気候変動の影響分析や食料安全保障、セキュリティ向上などに貢献するものである。



#### 開発内容

このサービスは、特許取得済みのハイパースペクトルカメラを搭載した小型衛星コンステレーションと、AIによる解析プラットフォームから構成されている。ハイパースペクトルカメラは450～2500nmの波長範囲をカバーし、約10メートルの解像度で地球上の物質のスペクトルデータを取得できる。また、AIプラットフォームは取得データを自動的に処理し、気候変動や農業、環境モニタリングなどの分野で有用なインサイトを提供する。さらに、衛星間通信やIoT技術を活用し、リアルタイムでのデータ解析と提供を可能にしている。

この技術により、任意の場所を約10メートルの解像度で観測し、15分以内に分析結果を提供できるようになった。これにより、データ取得から解析までの時間が従来より大幅に短縮され、迅速な意思決定が可能となった。また、特許取得済みの2DスナップショットイメージャによりSN比が向上し、高品質な画像データの取得が可能となった。2030年までに最大100基の衛星を展開する計画を持っており、地球全体のモニタリングを目指している。

#### 目的/背景

この技術は、気候変動の影響分析、食料安全保障の確保、環境モニタリング、セキュリティ分野における状況認識の向上などに活用される。今後、エッジコンピューティング機能や衛星間通信、AIによるオンボード解析を統合し、さらなるリアルタイム性とデータ提供の高速化を図る予定である。2024年には2基のハイパースペクトル衛星を打ち上げ、サービスを開始する計画である。

## 高解像度マルチスペクトル・ハイパースペクトルカメラ搭載の小型地球観測衛星システム

### Satellopic

#### 概要

Satellopicは、自社で設計・製造した小型衛星を用いて、高解像度の地理空間データを低コストで提供するシステムを開発した。衛星にはマルチスペクトルおよびハイパースペクトルカメラを搭載し、さまざまな分野での意思決定を支援している。



#### 開発内容

このシステムは、Satellopicが自社で設計・製造する小型衛星で構成されている。衛星には高解像度のマルチスペクトルカメラとハイパースペクトルカメラが搭載され、可視光から近赤外線までの波長帯をカバーしている。カメラ、オンボードコンピュータ、電源系統、センサー、アクチュエータ、光学系、無線、推進システムなど全てのコンポーネントを自社で設計・製造することにより、コスト削減と開発サイクルの短縮を実現している。また、クリーンルームを備えた製造施設でリーン生産方式を採用し、高品質を維持しながら効率的な大量生産を可能にしている。

この技術により、従来の設計と比較して衛星の質量を削減し、1ユニットあたりの打ち上げコストを低減している。高度なデータ収集能力を持ち、高頻度・高解像度の地理空間データを提供している。マルチスペクトルカメラは波長450～900nmで1mのGSD、スワ幅5kmの画像を取得し、ハイパースペクトルカメラは波長460～830nmで25mのGSD、スワ幅125kmの画像を取得する。これらのデータはGISに対応し、高精度な解析を可能にしている。

#### 目的/背景

この技術は、産業、環境、政府などさまざまな分野での意思決定支援に活用されている。高解像度のマルチスペクトルおよびハイパースペクトル画像は、精密農業、資源管理、災害監視、インフラ管理など多岐にわたる用途に適用可能である。今後、衛星の増産により観測頻度のさらなる向上が見込まれ、地球規模での変化を詳細に把握することが可能となる。

## メタン・CO2排出源検知用ハイパースペクトル衛星「Tanager-1」

### Planet

#### 概要

Planetは、メタンとCO2のスーパーエミッターを高解像度で検知・追跡し、直接的な排出削減行動を支援するハイパースペクトル衛星「Tanager-1」を開発した。本衛星は、Carbon Mapper Coalitionの資金提供により実現し、NASAのJPLが開発したイメージング分光計とPlanetの小型衛星技術を組み合わせている。



#### 開発内容

「Tanager-1」は、ハイパースペクトルイメージング分光計を搭載し、メタンや二酸化炭素などの温室効果ガスの排出源を高精度に検知・追跡することができる。NASAのJPLが開発した最先端の分光計設計を、Planetの小型衛星バス技術と組み合わせ、小型かつ高性能な衛星を実現している。

「Tanager-1」は、世界中のメタンおよびCO2の排出源を高解像度で検知し、その特定と量的評価を可能にする。これにより、排出量が多い施設や地域を明確に特定し、直ちに排出削減策を講じることができる。また、1日にテラバイト級のデータを収集し、高速なデータ処理と解析により、関係者にタイムリーな情報を提供する。さらに、他の衛星データと組み合わせることで、包括的な環境モニタリングが可能となっている。

#### 目的/背景

「Tanager-1」は、温室効果ガスの排出源を詳細に監視し、気候変動対策のための具体的な排出削減行動を支援することを目的としている。今後、この技術を活用して、世界的な温室効果ガスの排出量を削減し、気候変動の進行を抑制することが期待されている。また、他の分野への応用として、生物多様性の評価、鉱物のマッピング、水質の評価などにも役立つ可能性がある。

## マルチミッション超小型衛星「OPTIMAL-1」による地球観測データのオンボード処理技術の開発

### 株式会社アークエッジ・スペース、福井大学

#### 概要

福井大学は、株式会社アークエッジ・スペースと共同で、マルチミッション超小型衛星「OPTIMAL-1」を開発した。同衛星は地球観測カメラや小電力通信装置など多様なミッション機器を搭載し、地球観測データのオンボード処理技術を実証することを目的としている。



#### 開発内容

地球観測データのオンボード処理技術は、超小型衛星「OPTIMAL-1」に搭載されたカラーカメラや超小型ハイパースペクトルカメラで取得した画像を、衛星上で評価・解析する技術である。被雲率の少ない良質な画像のみを保存し、ダウンリンクするデータ量を効率化する。また、ハイパースペクトルデータのオンボード生成・解析により、特定の波長帯を組み合わせた指数画像を生成し、観測対象に合わせたデータ取得が可能となる。さらに、オンボードでの画像処理により、地上で処理していた高負荷な解析を衛星上で実行することを可能にしている。

地球観測データのオンボード処理技術により、撮影画像の画質評価や被雲率の計算を衛星上でを行い、ダウンリンクするデータ量を削減した。これにより、通信速度に制限のある超小型衛星でも効率的なデータ伝送が可能となった。また、被雲率の少ない画像の取得頻度が向上し、観測データの質の改善につながった。ハイパースペクトルデータのオンボード解析により、観測対象の特徴的な波長を持つデータの抽出が可能となり、観測精度の向上が実現した。

#### 目的/背景

地球観測データのオンボード処理技術は、超小型衛星による効率的な地球観測データの取得と活用を目的としている。今後、複数のCubeSatに本技術を搭載し、観測頻度の増加やデータ取得の高度化を図る計画である。また、衛星上での高負荷な処理を可能とすることで、リアルタイム解析やデータ圧縮技術の向上を目指している。

## 宇宙からのハイパースペクトルイメージングによる資源監視システム

### Orbital Sidekick

#### 概要

Orbital Sidekickは、宇宙空間からの高解像度のハイパースペクトルイメージングシステムを開発している。同社の技術は、地球上の資源監視や環境モニタリングに応用され、石油・ガス業界における漏洩検知や環境保護に貢献している。



#### 開発内容

同システムは、軌道上に配置した衛星に搭載されたハイパースペクトルセンサーを活用している。このセンサーは、広範な波長帯域をカバーし、地表の物質のスペクトルサインを高精度に検出することができる。さらに、収集したデータを地上の解析プラットフォームでリアルタイムに処理し、機械学習アルゴリズムを用いて異常箇所の特特定や資源の状態評価を行っている。また、クラウドベースのインフラにより、ユーザーが必要とする情報に迅速にアクセスできるようになっている。

この技術により、石油やガスの漏洩箇所を従来よりも約10倍の精度で早期に検知することが可能となった。環境モニタリングでは、植生の健康状態や水質の変化を高解像度で追跡し、環境保護活動に有用なデータを提供している。さらに、データ取得から解析までの時間が大幅に短縮され、リアルタイムでの意思決定が可能になった。これらの成果は、資源管理の効率化や環境リスクの低減に寄与している。

#### 目的/背景

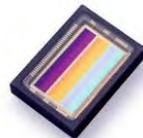
同技術は、エネルギー業界での資源管理や環境監視に広く活用されており、漏洩検知や設備の状態監視において重要な役割を果たしている。今後は、衛星群の拡充による観測頻度の向上や、センサー技術の進化による解像度のさらなる向上を目指している。また、解析アルゴリズムの高度化により、新たな産業分野への応用や予測モデルの精緻化にも取り組んでいる。

## 小型衛星向け、450-900nm広帯域96バンド、オンチップフィルター搭載、高SNR・低センサ間ばらつきのハイパースペクトルセンサー

### imec

#### 概要

imecは、450～900nmの96バンド広帯域に対応し、オンチップラインフィルターを搭載した高感度・高SNR・低センサ間ばらつきのハイパースペクトルセンサーを開発した。同センサーは、小型衛星からの地球観測に適しており、食料システム、農業、生物多様性、水質・大気質、鉱業などの分野で高品質な画像を提供することが可能である。さらに、最適化されたプロセス技術によりセンサー間のばらつきが非常に低く、衛星コンステレーションに理想的である。



#### 開発内容

本センサーは、特殊な薄膜スペクトルフィルターをCMV2000センサー（AMS製）上にモノリシックに集積している。これにより、オンチップラインフィルターを実現し、450～900nmの広帯域を96バンドに等間隔に分割している。また、フィルターの透過効率がスペクトル全域でより均一になっている。さらに、複数のROI（関心領域）をセンサー上に定義することが可能であり、ミッションに応じてフルスペクトル解像度での動作や特定のバンドの選択ができる。これにより、データ量を削減しつつ、フレームレートとSNRを向上させることが可能である。

本センサーは、フル解像度で最大340fpsのフレームレートを実現し、2/3インチの光学フォーマットで飛行方向に2048ピクセルの解像度を提供。各バンドあたり10段のデジタルTDI（時間遅延積分）を達成しており、前世代と比べてTDI性能を2倍に向上させている。これにより、全波長範囲で最大のSNRを提供し、特徴のより正確な検出が可能となっている。また、最適化された製造プロセスにより、センサー間のばらつきが低減され、分析の精度向上と処理時間の短縮が実現されている。さらに、薄膜フィルターをセンサー上にモノリシックに統合することで、フィルターと検出器の整合性が高まり、衝撃、振動、温度変動に対する耐性が向上している。

#### 目的/背景

本センサーは、食料システム、農業、生物多様性、水質・大気質、鉱業などの分野での地球観測に利用され、高品質なハイパースペクトル画像を提供することで、植物の病気の検出、沿岸地域の監視、森林管理のためのバイオマス指数の計算などに役立つ。また、センサー間のばらつきが低いいため、複数の小型衛星を用いたコンステレーションでの運用に最適であり、一貫したデータ取得と解析が可能である。

## ABCIを用いた衛星SARデータの全数処理とカラーレーダー画像の公開

### 産業技術総合研究所

#### 概要

産業技術総合研究所は、人工知能処理向け計算機ABCIを用いて、衛星マイクロ波センサーPALSARが取得した全てのSARデータを処理し、地表面の状態に応じて色分けされたカラーレーダー画像を作成・公開した。同画像はオープン＆フリーポリシーで公開され、衛星データ利用の参入障壁を低減し、新たな利活用を促進することが期待されている。



#### 開発内容

本技術は、産総研が保有する人工知能処理向け計算機ABCI上に、SAR画像処理環境を構築し、PALSARが取得した約200万シーン（700TB）の全てのSARデータを並列処理によって短期間で画像処理するものである。SARデータに対して散乱電力分解を施し、地表面の状態に応じて色分けしたカラーレーダー画像を生成する。具体的には、表面散乱を青、二回反射散乱を赤、体積散乱を緑で表現し、地表面の状態や時系列変化を一目で理解可能な画像を作成する。また、生成したカラーレーダー画像をオープン＆フリーポリシーで公開し、衛星データ利活用への参入障壁を低減する。

本技術により、5年3ヶ月間に取得された約200万シーン（1日平均約1,000シーン）のPALSARデータを、ABCIを用いた並列処理（300）によって約3ヶ月（1日平均約20,000シーン）で全数処理することに成功した。これにより、従来は困難であった衛星データのタイムリーな全数処理が可能となった。また、生成したカラーレーダー画像を用いて、南米の熱帯雨林における違法伐採の検知や、日本の稲作地域での発育状況の把握など、地表面のモニタリングが効率的に行えることを示した。

#### 目的/背景

本技術は、違法森林伐採の監視や農作物の生育管理など、地球規模の社会課題の解決に貢献することが期待される。また、カラーレーダー画像の公開により、産業界での新たな衛星データ利用を促進し、衛星データ利活用への参入障壁を低減する。今後は、他の衛星データやAI技術との連携を進め、全球の地表面変化を効率的に捉えるフレームワークの構築を目指す。

## 高度なSAR衛星コンステレーションと自動化システムによる高精度地球観測サービス

### Capella Space

#### 概要

Capella Spaceは、高度な合成開口レーダー（SAR）技術と革新的な運用コンセプトを組み合わせ、全天候・24時間対応の高解像度地球観測サービスを提供している。自社設計・製造の衛星コンステレーションと自動化されたデータ配信システムにより、顧客が必要ときにリアルタイムで信頼性の高い情報を得られるようにしている。



#### 開発内容

本サービスは、自社で設計・製造した先進的なSAR衛星コンステレーションを用いて、全天候・24時間の地球観測を可能にしている。衛星には、展開式の3.5メートルメッシュアンテナや最大1000Wの固体電力増幅器を搭載し、高コントラストで低ノイズの画像を取得している。また、大型のリアクションホイールにより、広い入射角範囲や左右両側、前後操作での迅速なターゲティングを実現している。高速ダウンリンクと自動化されたAPIにより、1周回あたり多くの画像を収集・ダウンリンクし、低遅延でのデータ提供を可能にしている。衛星運用と画像処理の自動化により、ユーザーは必要なデータを迅速かつ効率的に受け取ることができる。

本技術により、1周回あたり最大10分間のイメージング時間を実現し、他の商用SAR衛星と比較して最大5倍の観測能力を持つ。連続した最大5分間のイメージングにより、より大きな画像サイズと長い滞在時間を提供している。衛星の高い機動性により、さまざまな入射角や左右両側のターゲット間を迅速に切り替えることができる。高速ダウンリンクにより、1周回あたりより多くの画像を収集・ダウンリンクし、低遅延でのデータ提供が可能となっている。

#### 目的/背景

本技術は、地球観測データを必要とする多様な業界での意思決定や有意義な変化の実現を支援している。特に、全天候・24時間観測の特性を活かし、国家安全保障、災害対応、海上監視、採鉱活動のモニタリングなどに活用されている。今後は、コンステレーションの拡大やさらなる自動化により、より高頻度で高精度なデータ提供を目指している。また、開発中の第4世代衛星により、技術の一層の向上が期待されている。

## 低軌道物体を大規模に追跡するためのフェイズドアレイレーダーネットワーク

### LeoLabs

#### 概要

LeoLabsは、低軌道上の人工衛星やデブリを大規模に追跡するため、独自のフェイズドアレイレーダーによるグローバルネットワークを開発・運用している。これにより、衛星運用者や政府機関にリアルタイムの軌道情報を提供し、宇宙空間の安全確保に貢献している。



#### 開発内容

このグローバルネットワークは、独自のフェイズドアレイレーダーを世界各地に配置して構築されている。レーダーは電子的に制御され、太陽光、雲、雨、風の影響を受けずに連続的な観測を行う。電子的なビームステアリングにより、可動部品がなく、高い信頼性と数十年の運用寿命を実現している。現在、6か所に10基のレーダーが運用されており、さらに開発中のサイトもある。北半球と南半球、極域や赤道地域にレーダーを設置し、低軌道のグローバルなカバレッジを提供している。また、Sバンド技術を搭載し、1次元の位相配列システムで構成されている。これにより、中高度から高高度までの低軌道物体の優れた追跡と監視を可能にしている。

このグローバルネットワークにより、既存の追跡システムではカバーできなかった低軌道物体の96%を追跡することが可能となった。レーダーは、一時間あたり数千の物体を追跡し、直径10cmのデブリまで検出可能である。これにより、宇宙空間の状況把握が飛躍的に向上し、衝突のリスクを大幅に低減した。また、太陽光や気象条件に影響されない連続的な観測により、リアルタイムでのデータ提供が可能となり、衛星運用者や政府機関による迅速な意思決定を支援している。さらに、レーダーシステムは可動部品を持たないため、故障リスクが低く、長期にわたる安定した運用を実現している。これらの成果により、宇宙空間における持続的な活動と安全性の確保に貢献している。

#### 目的/背景

このグローバルネットワークは、衛星運用者や政府機関に対して、低軌道における衛星やデブリの正確な追跡データを提供し、衝突回避やミッション計画の最適化に活用されている。今後は、さらに多くのレーダーサイトを開設し、追跡能力とカバレッジの拡大を図る予定である。また、小型デブリの検出能力を向上させ、宇宙空間の安全性をさらに高めることが期待されている。残る課題としては、膨大なデータの効率的な処理と分析技術の向上が挙げられる。

## 低軌道での地球観測や宇宙状況認識に対応した高解像度150MPスナップショットマトリックスカメラiXM-SP150

### Phase One

#### 概要

Phase Oneは、低地球軌道での運用に適した150MPのスナップショットカメラ「iXM-SP150」を開発した。同製品は高解像度・高感度・低ノイズのイメージング性能を持ち、地球観測や宇宙状況認識向けに最適化されている。



#### 開発内容

「iXM-SP150」は、150MPのスナップショットカメラであり、高精細な画像取得を可能としている。小型のピクセルサイズのセンサーを採用し、コンパクトな望遠レンズを使用しても高品質な撮影が可能である。スナップショットマトリックス方式により、ラインスキャナに起因する精度誤差を排除し、画像取得の正確性を向上させている。また、複数の画像を同一地域で連続撮影し、4fpsの撮影速度でフルモーションビデオも取得可能である。放射線耐性のある電子部品を用い、システムの冗長性を確保しており、宇宙環境での信頼性と耐久性を実現している。

「iXM-SP150」は、150MPの高解像度を活かし、広範囲の高精細な画像を取得できる。小型ピクセルサイズ（3.76 $\mu$ m）により、コンパクトな望遠レンズでも高品質な撮影が可能となり、全体のシステムサイズやコスト削減に貢献している。2022年中頃から実際に宇宙で稼働し、高品質な地球観測画像の取得に成功している。10Gイーサネットの光ファイバーインターフェースにより、データ転送速度は500MB/sを達成し、高速で信頼性の高いデータ伝送を可能としている。

#### 目的/背景

「iXM-SP150」は、地球観測や宇宙状況認識といった分野での活用が期待されている。高解像度・高感度・低ノイズの特性により、詳細な地表情報の取得や宇宙ごみの監視などに有用である。また、コンパクトな設計により、衛星システム全体のコスト効率を高めることができる。

## 小型高効率宇宙用レーザーを用いたスペースデブリ除去技術と衛星ライダーサービス

### Orbital Lasers

#### 概要

Orbital Lasersは、小型高効率の宇宙用レーザーを搭載した衛星を開発し、スペースデブリの除去と衛星ライダーによる高精度測量を可能にする技術を開発している。これらの技術により、持続可能な宇宙環境の維持と地球上の社会課題の解決に貢献している。



#### 開発内容

この技術は、衛星に小型で高効率な宇宙用レーザーを搭載し、レーザーアブレーションによってスペースデブリの表面をプラズマ化・気化させて微小な推力を発生させ、デブリの軌道や回転運動を遠隔から安全に制御する。また、衛星ライダーは地表面にレーザーを照射し、その反射光の時間差を測定することで高度情報を精密に取得する。小型ライダー衛星の星座構築し、自動化されたデータ提供により、ユーザーにとって使いやすく低コストな高度情報サービスを実現している。

この技術により、直径1cm以上のスペースデブリを遠隔から安全に除去し、宇宙環境の安全性を向上させることが可能となった。衛星ライダー技術では、高さ分解能が数センチメートルの3次元地図を作成し、地球全域の高度情報を高頻度に更新できるようになった。これにより、土砂崩れリスクの早期検知やインフラモニタリングの効率化など、防災・減災や都市計画の分野で具体的な成果が得られている。

#### 目的/背景

この技術は、持続可能な宇宙開発を支えるスペースデブリ除去や、国土管理、防災・減災、都市開発、インフラモニタリングなど多岐にわたる用途に活用されている。今後は、より多くの小型衛星を打ち上げて星座を拡大し、データの精度と更新頻度をさらに向上させる予定であり、残る課題としては宇宙環境への影響を最小限に抑える技術開発が挙げられる。

## 双子衛星によるレーザー干渉計とマイクロ波測距技術を活用した地球重力場観測システム「GRACE-FO」

### NASA

#### 概要

NASAは、双子衛星によるマイクロ波測距とレーザー干渉計を用いた地球重力場観測衛星「GRACE-FO」を開発した。同システムは衛星間の距離変化を高精度に測定し、地球の重力場と質量分布の変化を追跡することで、水循環や氷床変動を監視している。



#### 開発内容

GRACE-FOは、2機の双子衛星間での高精度な距離測定を通じて地球の重力場を観測するシステムである。マイクロ波測距システムとレーザー干渉計を組み合わせ、衛星間の微小な距離変化をナノメートル精度で測定している。これにより、地球上の質量分布の変化を検出することが可能となっている。また、加速度計を搭載し、重力以外の力（大気抵抗や太陽放射圧など）を高感度で計測し、測定精度を向上させている。衛星は高度約490kmの極軌道を周回し、地球全体の重力場を定期的にマッピングしている。GRACE-FOは、レーザー干渉計による距離測定の実証も行っており、将来の重力観測衛星の精度向上に寄与することが期待されている。

GRACE-FOは、衛星間の距離変化をマイクロ波測距により1マイクロン以内の精度で測定している。また、レーザー干渉計を用いることで、将来的には測距精度を20倍向上させる可能性を実証している。これらの高精度な測定により、地球の重力場の変化を従来よりも詳細に把握することが可能となり、地下水の貯留量や氷床・氷河の質量変化、海面上昇量などの地球規模の質量移動を高い精度で観測している。

#### 目的/背景

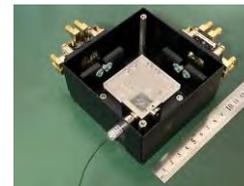
GRACE-FOの観測データは、水循環の監視や地下水資源の管理、海面上昇の評価、氷床・氷河の質量変化の追跡など、地球環境の変化を理解し適応するために活用されている。また、地球内部の質量変化を捉えることで、大地震による地殻変動の解析やマンツルの動きの研究にも貢献している。今後は、レーザー干渉計の技術を次世代の重力観測衛星に導入し、さらに高精度な観測を実現することが計画されている。

## 1.5 $\mu\text{m}$ 帯でレーザービームの光通信と受信ビーム方向検出を一体化した光受信器

### 三菱電機

#### 概要

三菱電機は、1.5 $\mu\text{m}$ 帯でレーザービームによる宇宙光通信と受信ビームの方向検出機能を統合した、世界初の光受信器のプロトタイプを開発した。この光受信器は、受信ビームの4つの位相変化とビーム方向を同時に検出することで、狭いレーザービームを高速で移動する衛星間で正確に合わせることを可能にし、従来の電波通信の10倍の速度、容量、距離での宇宙光通信を実現する。



#### 開発内容

この光受信器は、レーザービームを用いた1.5 $\mu\text{m}$ 帯の宇宙光通信と、受信ビームの方向を検出する機能を一体化している。受信したレーザービームの4つの位相変化を検出することで、ビームの方向を高精度に測定できる。この機能により、非常に狭いレーザービームでも、高速で移動する衛星間で正確なビーム追尾が可能となる。また、1.5 $\mu\text{m}$ 帯は一般的な地上光ファイバー通信で使用される周波数帯であり、既存の技術や部品を活用できる利点がある。さらに、空間光通信を実現することで、光ファイバーの敷設が困難な場所でも通信が可能となる。

この光受信器により、従来の電波通信と比較して、速度・容量・距離がそれぞれ10倍の宇宙光通信が可能となった。波長が短いため、アンテナの小型化が実現し、小型の通信ユニットを設置可能となった。その結果、建物間など光ファイバーの設置が困難な場所や、災害地域、発展途上国、遠隔地などインフラが整っていない地域においても、大容量・高速の無線通信が可能になった。さらに、受信ビームの方向検出により、レーザービームの正確な位置合わせが可能となり、衛星間通信の安定化に貢献した。

#### 目的/背景

この光受信器は、災害時の被害状況を迅速かつ正確に把握するための高解像度衛星画像のリアルタイム伝送に活用される。また、光ファイバーの敷設が困難な建物間や、インフラ未整備の災害地域、発展途上国、遠隔地において、大容量・高速の通信環境を提供することで、通信インフラの改善に寄与する。今後は、さらなる小型化や高性能化を進め、より多様な環境や用途での活用を目指す。

## 人工衛星で収集したRFデータを解析して海上活動を監視するインテリジェンスサービス

### Kleos

#### 概要

Kleosは、人工衛星でRFデータを収集・解析し、不法な海上活動を検知するインテリジェンスサービスを開発した。時間や天候、地形に関係なく、船舶の位置情報を提供し、海上の防衛・安全保障、密漁や海賊行為の対策などに活用される。



#### 開発内容

このインテリジェンスサービスは、人工衛星に搭載されたRFセンサーで海上の重要な地域から電波データを収集する。収集されたデータは、Kleosの地上局ネットワークを通じて安全なデータセンターに送信され、独自のアルゴリズムによって解析される。これにより、RF送信機の位置を特定し、船舶の活動を把握することが可能となる。また、クラウドベースのAPIを提供し、顧客は最新および過去のデータ製品にアクセスできる。データは海上の防衛・安全保障、密漁や海賊行為の監視、搜索救助、密輸や人身売買の監視など、さまざまな海事アプリケーションで利用される。

このインテリジェンスサービスは、広域かつ費用対効果の高い監視を可能にし、従来の地上ベースのシステムと比較して不法な海上活動の検出精度を向上させた。時間帯や天候、地形に関係なく船舶の位置を特定できるため、海上の防衛・安全保障機関や商業団体の監視能力を強化した。また、最新および過去のデータに継続的にアクセスできることで、迅速な意思決定と効果的な対応が可能となった。

#### 目的/背景

この技術は、海上の防衛・安全保障、密漁や海賊行為の対策、搜索救助、密輸や人身売買の監視に利用される。今後、さらなる人工衛星の打ち上げによりデータ収集能力を強化し、より広範囲の海域をカバーしてデータ精度を向上させる予定である。また、地上局ネットワークやデータ解析アルゴリズムの改良により、より迅速かつ高精度な情報提供を目指している。

## トリチウム電池で駆動する衛星用自律型無線イメージングセンサー

### City Labs

#### 概要

City Labsは、トリチウム電池で駆動する衛星用自律型無線イメージングセンサーを開発している。同センサーは衛星システムから独立して動作し、広い温度範囲で衛星寿命全体にわたり連続稼働が可能である。これにより、宇宙デブリや太陽電池パネルの角度などのパラメータを監視し、衛星の運用能力を向上させることが期待される。



#### 開発内容

同センサーは、20年以上の寿命を持つトリチウム電池であるModel P100を電源として使用し、衛星システムからの電力供給なしに自律的に動作する。オンボードの処理能力と無線通信機能を備えており、衛星の外部環境や姿勢を継続的に監視できる。広い温度条件下で、衛星の寿命期間中、連続的な運用が可能である。衛星システムから独立して動作するため、衛星自体の再設計を必要とせずに機能を追加できる。

同センサーにより、宇宙デブリの監視や太陽電池パネルの角度の測定などが可能となり、衛星の運用能力が向上する。トリチウム電池の使用により、20年以上にわたり継続的な監視とデータ収集が可能である。衛星システムからの電力供給が不要であるため、衛星の再設計を必要としないドロップインソリューションとして機能を提供できる。

#### 目的/背景

同センサーは、宇宙デブリの監視や太陽電池パネルの角度測定など、衛星の状態監視や運用最適化に活用される。今後は、さらなる機能拡張や他の衛星システムへの適用が期待される。トリチウム電池の長寿命性を活かし、長期的な宇宙ミッションにおいて高効率なデータ収集と監視を実現することを目指している。

## 衛星間の三角編隊飛行による高精度無線周波数センシング機能を搭載した地球観測衛星

### Aerospacelab

#### 概要

Aerospacelabは、無線周波数センシング（RFS）ペイロードを搭載した衛星を開発し、地球観測能力を強化した。この衛星は、0.1GHzから18GHzの周波数帯を検知可能な複数のアンテナを搭載し、無線周波数の識別と特性評価を行う。2024年3月にはRFSペイロードを搭載した3基の衛星を打ち上げ、三角編隊で飛行することで電波源の高精度な測位を可能にした。これにより、地球表面の活動を高精度に把握することが可能となった。



#### 開発内容

この衛星は、複数のアンテナを用いた無線周波数センシング（RFS）ペイロードを搭載している。アンテナは0.1GHzから18GHzの周波数を検知可能で、レーダー、衛星電話、航空機通信、緊急放送などの信号を捕捉する。アンテナは専用の増幅器、アナログ・デジタル変換器に接続され、無線周波数の増幅、デジタル化、その他の演算を行う。ペイロードはプラットフォームからのパルスパーセカンド信号に基づくローカルオシレーターで同期され、GPSディシプリノオシレーターにより高精度のクロックを生成し、データの品質とタイムスタンプを確保する。また、1TBを超えるデータをSSDに保存可能である。

この技術により、オペレーターは特定の周波数や地域を対象としたデータ収集や、継続的な周波数検出が可能となった。衛星は取得したデータにタイムスタンプや位置情報を付加し、信号源の位置や方向を特定する。1基の衛星では到来角（AOA）法による測位が可能であり、3基の衛星を編隊飛行させることで、到達時間差（TDOA）や到達周波数差（FDOA）を利用した高精度な位置決めが実現した。これにより、電波源の高精度な位置特定や異常な周波数の迅速な検出が可能となった。

#### 目的/背景

この技術は、陸上・海上・航空における人間の活動や通信パターンの把握に活用できる。例えば、電波妨害の検知、地上レーダーの位置特定、携帯電話基地局ネットワークの拡張、疑わしい船舶の追跡、環境保護区域の監視、航空機の検出などである。また、他の地球観測データと組み合わせることで、より包括的な情報を提供し、状況に応じた最適な対応策の策定に寄与する。

## 3.5 m解像度で昼夜の地球表面熱分布と建造物内部活動を観測する衛星赤外線熱画像システム

### SatVu

#### 概要

SatVuは、3.5 mの高解像度で昼夜を問わず地表や建造物内部の熱分布を観測可能な衛星赤外線熱画像取得システムを開発した。同システムは、従来の可視光画像や低解像度の熱画像（約100 m）では得られなかった詳細な熱情報を提供し、経済監視や国家安全保障、都市の熱監視など、幅広い用途での活用が期待されている。



#### 開発内容

同システムは、宇宙に配置された衛星「HotSat-1」により、地球表面の熱分布を3.5 mという高解像度で撮影する。これにより、昼夜を問わず、建造物の内部活動や都市の熱分布を詳細に観測できる。また、他の商用熱画像（約100 mの解像度）と比較して、はるかに高い解像度を持ち、経済活動や国家安全保障、気候レジリエンスに関するデータを提供する。さらに、ビデオ機能を備えており、最大60秒間の動画を取得することで、自然環境や都市環境における動きを追跡できる。衛星からのデータは、地球上のあらゆる地点から取得可能であり、アクセス困難な地域や制限区域もカバーする。

同システムは、2023年6月に打ち上げられた「HotSat-1」を通じて、世界各地で高解像度の熱画像を取得している。例えば、2023年7月31日にカリフォルニア州フレズノ市の熱データを収集し、高密度の植生がある地域（Fig Gardens）では、他の地域と比較して温度が低いことを明らかにした。この結果は、都市の緑地が熱を軽減する効果があることを示している。また、横浜市でも高解像度の熱画像を取得し、3.5 mの解像度で都市の熱分布や建造物内部の活動を詳細に観測できることを実証している。これらの成果は、都市計画や気候レジリエンスの向上に貢献すると期待されている。

#### 目的/背景

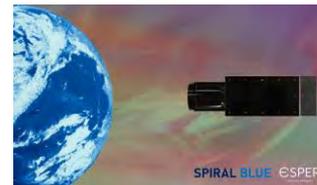
同システムは、都市の熱分布を詳細に把握することで、都市計画や気候変動への対策に活用される。具体的には、都市の熱島効果の分析や建物のエネルギー効率の評価、緑地の効果の測定などに役立つ。また、経済活動の監視や国家安全保障の分野でも応用が期待されている。今後、HotSat-2およびHotSat-3の打ち上げを2025年に予定しており、9機の衛星によるコンステレーションの構築を進め、1日に10～20回の再訪を実現する計画である。

## リアルタイムで地球表面の詳細データを取得するハイパースペクトルイメージャ「Espresso」

### Esper Satellite Imagery, Spiral Blue

#### 概要

オーストラリアのEsper Satellite ImageryとSpiral Blueは、ハイパースペクトルイメージャ「Espresso」を開発し、宇宙環境試験を完了した。この装置は400～1000nmの波長で地球観測を行う。



#### 開発内容

「Espresso」は、400～1000nmの波長範囲をカバーするハイパースペクトルイメージャであり、地球の表面からの反射光を多数の波長帯で撮影することで、詳細なスペクトル情報を取得する。これにより、通常のカメラでは検出できない化学物質の存在や分布を解析することが可能である。また、「Espresso」には、Spiral Blueが開発した「Space Edge One - Hyperspectral (SE-1H)」が搭載されており、データの制御や処理を行う。このコンピュータは、Jetson Xavier NXモジュールを採用し、大容量のオンボードストレージを備えている。さらに、直接イメージャと電力や通信のインターフェースを持ち、衛星通信のためのさまざまなインターフェースをサポートしている。

「Espresso」は、宇宙環境下での熱真空試験を完了し、宇宙での運用に必要な技術準備水準6（TRL6）を達成した。この試験では、真空状態と極端な温度変化を再現し、機器の性能と信頼性が確認された。また、「Espresso」は、数百の個別の波長帯域で地球のデータを収集する能力を持ち、400～1000nmのスペクトルデータを用いて化学組成を特定することができる。これにより、地球表面のより明確で正確、そして詳細な画像を提供できる。

#### 目的/背景

「Espresso」は、地球環境の詳細な観測を通じて、石油・ガス、農業、鉱業などの業界における二酸化炭素排出量や炭素吸収源の追跡に活用される。これにより、持続可能な開発目標の達成や環境保護に貢献する。また、今後、世界中にハイパースペクトルセンサーのネットワークを構築し、リアルタイムでのデータ取得を実現する計画である。「Over The Rainbow」ミッションとして、2023年5月に最初の2基のセンサーを打ち上げ、その後18基のセンサーを軌道の上に展開する予定である。

## ハイパースペクトルイメージング衛星群による地球規模のパイプライン漏洩検知システム

### Orbital Sidekick (OSK)

#### 概要

シリコンバレーのスタートアップ企業であるOrbital Sidekick (OSK)は、コーニング社の高度なハイパースペクトルイメージングセンサーを搭載した衛星群「GHOST (Global Hyperspectral Observation Satellite)」を開発した。同衛星群は、地球上の特定の物質を高精度に検出する能力を持ち、パイプラインのメタン漏洩などの環境問題を迅速に発見・報告することを可能にしている。



#### 開発内容

「GHOST」衛星群は、コーニング社のハイパースペクトルイメージングセンサーを搭載しており、400～2500ナノメートルの広い波長範囲を単一のセンサーでカバーしている。このセンサーは500以上の波長帯域をキャプチャし、他の衛星よりも100倍のスペクトル情報を取得することができる。これにより、水、メタン、液体炭化水素などの物質を持つ独自のスペクトルを高精度に検出する。センサーの支持部品にはアルミニウムを使用した軽量設計であり、衛星やドローンへの搭載において有利となっている。データは衛星から地上に転送され、OSKの解析チームが処理することで、特定の物質の検出などを行う。

「GHOST」衛星群は、従来は数週間を要していた大陸横断パイプラインの調査を数時間で完了する能力を持つ。2022年には、約20万キロメートル（124,000マイル）のパイプラインを監視し、メタン漏洩、液体炭化水素漏洩、漏洩を引き起こす可能性のある建設などの侵入を特定・報告し始めている。これにより、顧客は漏洩や脅威を迅速に対処することが可能となり、環境への影響を最小限に抑えることができる。

#### 目的/背景

「GHOST」衛星群のハイパースペクトル技術は、エネルギーインフラの監視だけでなく、農業、鉱物探査、カーボンオフセットの検証、防衛など、多様な分野での応用が期待されている。世界中の持続可能性と安全性の取り組みをサポートする洞察を提供することで、地球環境の改善に貢献している。

## 0.3メートル超高解像度を実現する商用地球観測衛星「SpaceEye-T」

### SI Imaging Services (SIIS)

#### 概要

SI Imaging Services (SIIS) は、自社技術と資本100%で開発した超高性能商用地球観測衛星「SpaceEye-T」を開発している。SpaceEye-Tは0.3メートルの高解像度を持ち、14kmの幅で地球観測を行う予定である。韓国の民間企業として初めて0.3メートル解像度を実現し、道路上の車種識別が可能となる。



#### 開発内容

SpaceEye-Tは、0.3メートルの解像度と1.2メートルのマルチスペクトル解像度を持つ超高解像度の電気光学衛星である。高度600kmの軌道上から、14kmの幅で地球を観測する。スペクトルバンドはバンクromaチックと4つのマルチスペクトルバンドを搭載し、12ビットのデータ量子化を行う。

SpaceEye-Tの導入により、0.3メートルという超高解像度での地球観測が可能となり、道路上の車両の種類を特定するなど、詳細な情報取得が実現する。1日あたり30万平方キロメートルの観測能力により、広範囲かつ高頻度なデータ収集が可能となった。AI解析基盤を活用し、1日あたり120万平方キロメートルのデータを解析できるため、農業、生産、インフラ監視など多様な分野での迅速な情報提供が可能となった。

#### 目的/背景

SpaceEye-Tは、地図作成、インフラ監視、石油・ガス施設のモニタリング、農業における作物の成長状態の把握など、多岐にわたる産業での利用が期待されている。また、違法船舶の検出、災害監視、軍事施設の特定など、安全保障や環境保全にも貢献する。2024年の打ち上げを予定している。

## 0.3メートル超高解像度を実現する商用地球観測衛星「SpaceEye-T」

### SI Imaging Services (SIIS)

補足  
情報



衛星のイメージ

Altitude	600Km
Spectral Bands	PAN + 4MS
Resolution	PAN 0.3M, MS 1.2M
Swath Width	14 KM
D/L Speed	1.6 Gbps
Weight	700 KG
Launch Date	In 2024

### 0.3m VVHR Electro-Optical Satellite

Manufacturer	•	SI
Operator	•	SIIS
Expected Launch Date	•	2024
Altitude	•	600 km
Spectral Bands	•	PAN / 4MS
Product Resolution	•	PAN 0.3 m / MS 1.2 m
Data Quantization	•	12 bit
Swath Width	•	14 Km
Collection Capability	•	300,000 km <sup>2</sup> / day

主な仕様

## 人工知能でオンボードデータ処理を実現したハイパースペクトル観測衛星「Intuition-1」

### KP Labs

#### 概要

KP Labsは、AI搭載のハイパースペクトル衛星「Intuition-1」でハイパースペクトル画像の取得に成功した。赤道地域の詳細な観測が可能となり、地球観測能力が向上する。



#### 開発内容

「Intuition-1」は、人工知能を搭載しハイパースペクトルイメージングを行う衛星である。同衛星はオンボードデータ処理能力を備え、膨大なハイパースペクトルデータを軌道上で処理することで地上へのデータ伝送量を削減する。ハイパースペクトルイメージングは、従来のRGB画像を超える数百のスペクトルバンドを取得し、物質のスペクトルの特徴を詳細に捉えることができる。これにより、地球表面の物質、植生、鉱物などを正確に識別・分析できる。さらに、人工知能による機械学習アルゴリズムを用いて、画像データの自律的な検出、分類、分析を可能にし、データの精度と関連性を向上させる。

「Intuition-1」は収集したデータを最低でも100分の1に圧縮しつつ重要な情報を保持することに成功した。これにより通信帯域の効率化とデータの迅速な提供が実現し、ユーザーは迅速に重要なデータへアクセスできるようになった。また、データ処理ユニットと機械学習アルゴリズムを活用し、地表のさまざまな現象を自律的に検出・分類・分析することで、提供されるデータの精度と関連性を向上させた。

#### 目的/背景

「Intuition-1」は、農業における作物のストレス検出、環境モニタリングでの生態系変化の追跡、鉱物探査など多様な分野での応用が期待される。オンボード処理により重要な情報を迅速に取得できるため、災害管理や資源管理においても有用である。

## ISS搭載の小型・省電力マイクロ波放射計「COWVR」と「TEMPEST」を用いた大気観測技術

## NASA

## 概要

NASAは、ISSに搭載可能な小型・省電力・簡素設計のマイクロ波放射計「COWVR」と「TEMPEST」を開発し、それらを用いて海上の気象データを取得する技術を開発した。これらの装置により、ハリケーン「イアン」を含む気象現象を観測し、従来の大型機器と同等のデータを取得することが可能となった。



## 開発内容

「COWVR」はミニ冷蔵庫程度のサイズで、海上の自然なマイクロ波放射を測定する装置である。大気中の雨の量に応じて放射の強度が増加し、強い雨が強い放射を生じる。「TEMPEST」はシリアル箱程度のサイズで、より短波長のマイクロ波を追跡し、嵐によって上層大気に押し上げられた雲域内の氷粒子を観測する。これらの装置はISSに搭載され、低軌道で地球の大気と地表を観測する。取得されたデータはNASAの追跡・データ中継衛星（TDRS）を介して地球に直接送信され、約2時間以内に予報士に提供される。これらのマイクロ波放射計は、小型・省電力・簡素な設計でありながら、現行の気象観測装置とほぼ同等の測定を行うことができることを実証している。

これらの装置を用いて、2022年9月27日にハリケーン「イアン」がキューバに接近する様子を観測し、そのデータを収集した。収集されたデータは、NASAのTDRS衛星を介して地球に送信され、約2時間以内に予報士に提供された。観測データは、雲の存在、降雨、空気と水蒸気の高速移動領域を示し、嵐の中心や影響範囲を詳細に把握することができた。

## 目的/背景

「COWVR」と「TEMPEST」は、気象予報士や科学者による海上気象現象の観測と予測精度の向上に貢献する。特に、ハリケーンなどの自然災害の早期検出と進路予測に活用される。今後は、これらの技術を活用して、より低コストで効果的な宇宙ベースの気象観測センサーの開発が進められ、全球規模での気象パターンの理解や気候変動研究に寄与することが期待されている。

## レーダー（SAR）衛星画像とAIを活用した自然災害による地表・建物被災状況抽出システム

### 三菱電機

#### 概要

三菱電機は、レーダー（SAR）衛星画像とAIを活用して、自然災害発生時の地表および建物の被災状況を抽出するシステムを開発した。同システムは、災害前後の衛星画像を解析し、浸水域の抽出や地盤変動、土砂災害の検出を可能にする。これにより、行政機関や民間企業が迅速に被災情報を取得し、災害対策や生活インフラの復旧に活用できる。



#### 開発内容

本システムは、レーダー（SAR）衛星から取得した災害前後の画像を用いて、高精度な変化検出を行う。AIによる画像解析技術を組み合わせることで、浸水域や地表変化、建物被害を自動的に抽出する。SAR画像の特性を活かし、夜間や悪天候時でも観測が可能であり、水面が暗く観測される特徴を利用して浸水域を検出する。また、時系列干渉解析により、長期間にわたる微小な地盤変動も検出可能である。さらに、IoT家電データとの融合により、検出精度の向上も図る。

本システムにより、地震や豪雨による被災地域の浸水域や地表変化を広域かつ迅速に把握できる。例えば、令和6年能登半島地震では、石川県内の地表変化や海岸線の隆起を推定し、被害が大きいと推定される建物を検出した。また、熊本地震や熱海市での土砂災害においても、土砂崩れや建物被害の抽出に成功している。これにより、被災情報の提供が従来よりも迅速化され、災害対応や復旧活動の効率化に寄与している。

#### 目的/背景

本システムは、行政機関や民間企業による迅速な被災情報の取得を支援し、災害対策やインフラ復旧の効率化に役立つ。今後は、AI解析技術の高度化やIoTデータとの連携強化により、検出精度や解析速度の向上を目指す。また、海外の災害対応やインフラ監視への適用も視野に入れ、国際的な防災・減災に貢献することを目標としている。

## 月面での高精度マッピングと精密なナビゲーションを可能にする4D LiDARセンサー「Aeva Aeries II」

### NASA

#### 概要

NASAは、GPSが利用できない月面での正確なナビゲーションとマッピングを可能にする4D LiDAR技術を用いた「KNaCK（Kinematic Navigation and Cartography Knapsack）」を開発した。この技術は瞬時の速度と位置情報を取得し、リアルタイムで詳細な地形マップを生成する。



#### 開発内容

「KNaCK」は、Aeva社の4D LiDAR技術を採用し、瞬時の速度データと3D位置情報を同時に取得できる。これにより、リアルタイムで高精度な3次元地形マップを生成し、GPSが利用できない月面での正確なナビゲーションを可能にしている。さらに、AevaのFMCW（周波数変調連続波）技術は太陽光の干渉を受けないため、低い太陽角度や暗所でも安定した動作が可能である。月面南極のような特殊な環境下でも、カメラや従来のLiDARセンサーでは困難なマッピングとナビゲーションを実現している。また、KNaCKは宇宙環境に耐える設計となっており、宇宙飛行士や月面車が安全に探索活動を行えるよう支援する。

「KNaCK」は、センチメートル単位の精度で月面の3D地形マップを作成し、リアルタイムで正確な位置情報を提供することで、宇宙飛行士や月面車の安全な移動を可能にしている。太陽光による光学的干渉を受けないため、昼夜を問わず安定したナビゲーションが可能である。また、従来のLiDARセンサーでは困難だった低角度の太陽光が差し込む環境や、影が長く続く地域でも高精度なマッピングを実現している。さらに、瞬時の速度データを取得することで、月面上の移動距離や目的地までの残り距離をリアルタイムで把握し、探索活動の効率化に寄与している。

#### 目的/背景

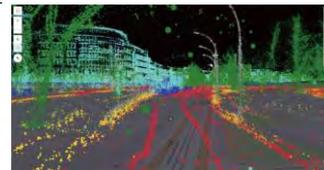
「KNaCK」は、月面での探査活動や資源調査、将来的な基地建設などにおいて重要な役割を果たすことが期待されている。GPSが使用できない環境での正確なナビゲーションと詳細な地形情報の提供により、探査ミッションの安全性と効率性を向上させる。また、ロケット噴射による月面物質の飛散状況の解析や、小規模な大気現象の観測にも応用が検討されている。

## 月面探査用先進的Lidar SLAMソフトウェアによる高精度3Dマッピング技術

### Kudan

#### 概要

Kudanは、NASAが開発する月面探査ソリューション「KNaCK」や次世代月面ローバーに対し、先進的なLidar SLAMソフトウェアの技術支援を行い、GPS信号のない環境下でも高精度な3D点群マッピングを可能にする技術を開発した。本技術は、未知の地形の探査ナビゲーションとマッピングを実現し、月面探査ミッションの成功と安全性の向上に寄与している。



#### 開発内容

本技術は、Lidarセンサーから取得したデータを用いて、高精度な3D点群マップを生成する先進的なLidar SLAMソフトウェアである。GPS信号が利用できない環境でも、自律的な位置推定と環境地図作成を可能にするアルゴリズムを搭載している。KNaCKや月面ローバーに組み込まれることで、未知の地形や過酷な月面環境でのリアルタイムなナビゲーションとマッピングを支援する。高度なSLAM技術により、宇宙飛行士やローバーの位置認識と環境理解を向上させ、安全で効率的な探査活動を可能にしている。

本技術により、月面環境での高解像度3Dマッピングが実現し、標準偏差数センチメートル以下の精度で環境地図を生成できるようになった。GPSが利用できない状況でも、ローバーや宇宙飛行士の正確な位置推定とナビゲーションが可能となり、未知の地形の詳細な情報を取得することで、探査ミッションの成功率が向上した。また、デモンストラーションにおいて、NASAの期待を上回る成果を示し、将来の飛行ミッションの成功と安全性確保に貢献することが実証された。

#### 目的/背景

本技術は、月面探査におけるローバーや宇宙飛行士のナビゲーションおよび環境地図作成に活用される。GPSのない環境での自律的な位置推定とマッピングにより、探査活動の安全性と効率性を向上させることを目的としている。将来的には、他の惑星や衛星の探査にも応用が期待されており、NASAは本技術をさらに強化し、将来の飛行ミッションの成功と安全を確保する計画である。

## 紫外線レーザーLIDAR「ALADIN」を用いた地球規模の高精度な風観測システム

### ESA

#### 概要

欧州宇宙機関（ESA）は、紫外線レーザーLIDAR「ALADIN」を搭載した衛星「Aeolus」を用いて、地球規模での高精度な風観測システムを開発した。同ミッションにより、従来の測定手段ではアクセスできなかった大気中の風のデータを取得し、気象予報の精度向上や気候変動の理解に貢献した。また、最も強力な宇宙用紫外線レーザーを備えたことで、革新的な技術の実証にも成功した。



#### 開発内容

この高精度な風観測システムは、紫外線レーザーLIDAR「ALADIN」と衛星「Aeolus」によって構成されている。「ALADIN」は、紫外線レーザーを用いて大気中に光パルスを送り、その散乱光を受信してドップラー効果により風の色度を測定する装置である。レーザー、望遠鏡、受信機の三つの主要な部品から成り立ち、80以上の光学素子がミクロン単位の精度で調整されている。また、レーザー内部の酸素化システムにより、ビームの歪みや内部部品の損傷を防ぐなど、これまでにない革新的な技術と材料が採用されている。衛星「Aeolus」は地球を一日16周し、一週間で全地球をカバーする軌道を持ち、「ALADIN」と組み合わせて全世界の風を観測することを可能にしている。このシステムにより、従来ではアクセスできなかった高度30kmまでの大気中の風のデータを取得することが可能となった。衛星は5年間にわたり軌道上を運行し、70億回以上のレーザーパルスを発射して、地球を一日16周することで、一週間で全地球の風データを収集した。その結果、気象予報の精度が向上し、気候変動や大気汚染の影響についての理解が深まった。また、運用終了後にはレーザー出力を約400万ワットから約1000万ワットにまで高める試験が行われ、宇宙用レーザーとしての新たな記録を達成した。

#### 目的/背景

この風観測システムは、気象予報の精度向上や気候変動の理解を深めることを目的としている。また、従来の手法では測定が困難であった地域の風データを取得することで、ハリケーンの予測や火山噴火による塵埃の移動の追跡・予測にも貢献する可能性がある。

## 小型衛星搭載のマイクロLiDARとSWIR分光計を用いた高精度温室効果ガス検出センサー

### AIRMO

#### 概要

AIRMOは、宇宙から高解像度・高精度で温室効果ガス排出量を観測する技術を開発している。同社は、小型衛星向けのLiDARベースセンサーを開発し、CH<sub>4</sub>とCO<sub>2</sub>の排出を検出し、個々の排出源を特定できる。



#### 開発内容

開発されたLiDARベースの小型衛星用センサーは、独自のマイクロLiDAR、短波赤外（SWIR）分光計、カメラで構成されている。この組み合わせにより、高精度で信頼性のある温室効果ガスのデータ取得が可能となっている。さらに、衛星コンステレーションを用いることで、全球かつほぼリアルタイムでの観測が可能である。独自のハードウェアとソフトウェアにより、地球上の任意の地点での排出源を特定し、気象条件（風、巻層雲）にも強い観測が実現されている。また、複数の光源を組み合わせた干渉パターンを形成し、個々のサイトからの排出を測定・特定することが可能である。小型衛星の設計やセンサー技術の進歩、オンボードのエッジコンピューティングとポストプロセッシングの活用により、大型衛星システムと比べてコストと時間を効率的に開発できる。

この技術により、従来にはない方法で排出量の観測が可能となった。複数の光源を組み合わせた干渉パターンを利用することで、全球の個々のサイトからの排出を測定・特定できるようになる。また、衛星コンステレーションの展開により、40分ごとの高頻度測定が可能となり、ほぼリアルタイムでのデータ更新が実現される。さらに、観測は天候条件（風、巻層雲）や夜間にも対応可能であり、地球上の任意の地点で信頼性の高いデータ取得が可能となっている。

#### 目的/背景

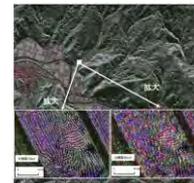
この技術は、地球上の温室効果ガス排出源を詳細に監視することで、気候変動対策に貢献することを目的としている。企業や政府機関などが排出量を正確に把握し、排出削減策の効果を評価することが可能となる。

## 世界最高分解能15cmを達成した航空機搭載合成開口レーダー「Pi-SAR X3」

### NICT

#### 概要

国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）は、世界最高分解能15cmを達成する航空機搭載合成開口レーダー「Pi-SAR X3」を開発した。このシステムは、広帯域の送受信機とアンテナ、高速・大容量の観測データ記録装置、機上処理装置を搭載し、従来比2倍の高精細画像取得に成功した。災害時の被災地状況の把握や海面監視などへの活用が期待されている。



#### 開発内容

「Pi-SAR X3」は、従来比2倍の帯域幅に対応する広帯域送受信機とアンテナを搭載し、高いレンジ方向の分解能を実現している。飛行方向の分解能を向上させる合成開口処理技術と、レンジ方向の分解能を向上させるパルス圧縮処理技術を組み合わせ、高精細な地表面画像を取得する。さらに、高速・大容量の観測データ記録装置により、広帯域の受信信号を効率的に記録し、機上処理装置で準リアルタイムにデータを処理・画像化することが可能である。これにより、天候や昼夜に関係なく高分解能の観測が実現された。

「Pi-SAR X3」は、2021年12月に能登半島上空で初の試験観測を行い、世界最高分解能15cmの高精細画像取得に成功した。従来比で2倍の分解能により、トラクターが田圃に残した轍を明瞭に確認できるほどの詳細な画像を得ることができた。観測データ記録装置の書き込み速度は従来比で10倍、容量は8倍に向上し、大容量データの高速記録が可能となった。

#### 目的/背景

「Pi-SAR X3」は、災害時の救助活動や復旧作業の支援において、高精細な被災地情報の取得に活用される。また、上空から広域を高精細に観測できるため、海面監視による船舶や漂流物の検出、環境モニタリングなどへの利用が期待されている。今後はシステムの最適化による高画質化を進め、2022年度からは自然災害のモニタリング、土地利用の把握、森林破壊の監視、海洋油汚染の検出、火口観測などの技術開発を実施する予定である。

## 小型スペースデブリの追跡を可能にするレーダーシステム「SOTERIA」

### SRI

#### 概要

SRIは、増加する小型スペースデブリの脅威に対処するため、レーダー統合と解析による宇宙物体追跡評価システム「SOTERIA」を開発している。同システムは、従来検出が困難であった小型デブリの追跡能力を拡大し、宇宙船や人工衛星を脅威から守ることを目的としている。



#### 開発内容

SOTERIAは、既存の地上レーダーと宇宙船搭載センサーを活用し、小型スペースデブリを効率的に追跡するシステムである。複数のレーダーからデータを収集・分析し、地上レーダーから発信されデブリに散乱して戻る微弱なシグナルを高度なアルゴリズムで解析する。また、デブリが大気圏上層や電離層を通過する際に生じるプラズマ航跡を検出し、これまで見過ごされてきた小型デブリの追跡を可能にしている。これらの手法により、地球の数千マイル範囲内に存在する微小なスペースデブリの検出能力を大幅に向上させている。

SOTERIAにより、1ミリメートル程度の小型スペースデブリの検出が可能となる可能性がある。これにより、追跡可能なデブリの数が従来の数百倍に増加し、宇宙船や人工衛星の衝突リスク評価がより正確になる。テストでは、微弱な散乱シグナルやプラズマ航跡の検出に成功し、追跡精度が大幅に向上した。

#### 目的/背景

SOTERIAは、宇宙空間における小型スペースデブリの追跡を可能にし、宇宙船や人工衛星の安全運用に貢献する。これにより、衝突リスクの低減やミッションの効率化が期待されている。今後は、宇宙搭載センサーの開発を進め、デブリ監視の精度と信頼性をさらに向上させる計画である。また、デブリ除去技術との連携により、宇宙環境の持続可能性向上にも寄与することを目指している。

## 高分解能・広域観測を実現する次世代地球観測衛星コンステレーション『CHORUS』

### MDA SPACE

#### 概要

MDA SPACEは、次世代地球観測衛星コンステレーション『CHORUS』を開発している。『CHORUS』は、CバンドとXバンドのSAR衛星を組み合わせ、全天候・昼夜を問わず高精度な地球観測を可能にする。



#### 開発内容

『CHORUS』は、同一軌道上でCバンドとXバンドのSAR衛星を運用する地球観測コンステレーションである。CバンドSAR衛星は広域のデータ収集を担当し、XバンドSAR衛星は高分解能のデータ取得を可能にする。これらの衛星は同じ地上軌道を追従し、先行するCバンド衛星による広域監視（ティッピング）と後続するXバンド衛星による詳細観測（キューイング）を組み合わせる。機械学習や人工知能を活用したニアリアルタイムのデータ解析も可能であり、迅速なタスク処理とデータ提供を行う。幅700kmの広域カバレッジからサブメートル級の高分解能イメージングまで対応し、全天候・昼夜を問わず高頻度・高精度な地球観測を提供する。海上監視では、船舶の正確な検出と追跡を実現し、違法漁業や海上安全保障問題への対処が可能となる。災害対応では、地震、ハリケーン、洪水などの被害状況を迅速に評価し、効果的な救援活動を支援する。環境監視では、土地利用の変化や森林破壊、気候変動の影響を追跡することができる。地理空間分析では、都市計画、資源管理、インフラ監視など幅広いアプリケーションをサポートする。

#### 目的/背景

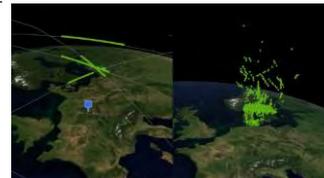
『CHORUS』は、海上監視、災害対応、環境監視、地理空間分析など多岐にわたる用途を持つ。高精度なデータを迅速に提供することで、政府機関や国際的な防衛・安全保障機関、環境モニタリング団体、商業企業など幅広いユーザーに価値を提供する。2025年末にSpaceXのFalcon 9ロケットで打ち上げ予定であり、今後さらなるデータ統合と分析能力の強化が期待される。

## 移動可能なフェーズドアレイ宇宙監視レーダーシステム「GESTRA」

### Fraunhofer FHR

#### 概要

Fraunhofer FHRは、宇宙空間の監視と追跡を目的とした移動可能なフェーズドアレイレーダーシステム「GESTRA」を開発している。同システムは低軌道上の宇宙デブリや小型衛星を高精度で検出する能力を持つ。



#### 開発内容

「GESTRA」は、送信アンテナと受信アンテナから構成され、それぞれ256個の個別素子を持つフェーズドアレイシステムである。送信アンテナは強力な増幅器により高出力を実現し、受信アンテナの各素子はデジタルで個別に読み出され、専用のプロセッサユニットでリアルタイムに統合される。この設計により、アンテナの視野方向を数ミリ秒以内に変更可能である。さらに、アンテナは回転台を用いて機械的に調整でき、コンテナに収容されているため異なる場所での柔軟な展開が可能である。

「GESTRA」は、1時間あたり平均200以上の物体を検出し、数百キロメートル離れた小型衛星や宇宙デブリの観測に成功した。高度約1,200キロメートルのOneweb-0240、約825キロメートルのNOAA 16-DEB、約1,300キロメートルのSentinel 6、そして20×20×10センチメートルの小型衛星CUTE1.7（約600キロメートル）などの追跡を実現した。これらの成果により、正式運用前にもかかわらずシステムが要求を満たしていることが証明された。

#### 目的/背景

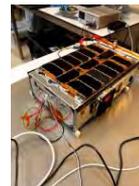
「GESTRA」は、宇宙空間の状況把握と宇宙インフラの保護を目的としており、低軌道上の宇宙デブリや他国の小型侵入衛星の検出と軌道追跡が可能である。今後、EUの宇宙監視追跡プロジェクト（EUSST）への統合が予定されており、国際的にネットワーク化された宇宙安全保障アーキテクチャの一部として機能することが期待されている。

## 宇宙最小のレーダー搭載キューブサット「Juventas」による小惑星内部探査

### ESA

#### 概要

欧州宇宙機関（ESA）は、Heraミッションにおいて、小惑星Dimorphosの内部をレーダーで探査するキューブサット「Juventas」を開発している。同機は、宇宙最小のレーダーを搭載し、初めて小惑星内部の構造を明らかにすることを目指している。



#### 開発内容

Juventasは、寸法37×23×10 cmの小型キューブサットであり、小型レーダーシステムを搭載している。フランスのグルノーブルアルプ大学とドレスデン工科大学で設計された低周波レーダー「JuRa」は、1.5 mのアンテナ4本から信号を送信し、小惑星の内部構造を探査する。また、可視光カメラ、ライダー、スター・トラッカー、コールドガス推進システム、そしてHeraとのデータ共有のための衛星間通信リンクを搭載している。Juventasは、小惑星の重力と太陽放射圧をバランスさせる独自の軌道で飛行し、低速で複数回同じコード信号を送信することで、信号対雑音比を向上させる。

Juventasは、レーダー探査により小惑星Dimorphosの内部構造を三次元的に明らかにし、太陽系の進化や惑星防衛に関する貴重なデータを提供する。また、低速（毎秒数センチメートル）の軌道で複数回信号を送信することで、信号対雑音比を向上させ、高解像度の内部画像を取得する。レーダー探査終了後は、小惑星表面への着陸を試み、搭載された加速度計とジャイロで表面特性を測定する。さらに、GRASS重力計により、小惑星表面での重力レベルを直接測定し、Dimorphosの軌道に沿った重力変化を記録する。

#### 目的/背景

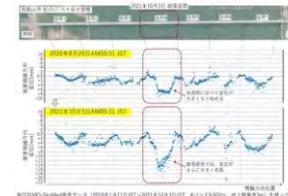
Juventasの技術は、小惑星の内部構造を理解することで、太陽系の起源や進化に関する知見を深める。また、将来的な地球への小惑星衝突を防ぐための惑星防衛戦略において、効果的な偏向方法の開発に役立つ。

## 衛星SARリモートセンシングとAIを活用した橋梁異常たわみ検知技術の開発

### NEC

#### 概要

NECは、衛星SARを用いたリモートセンシングと独自のAI技術を組み合わせ、橋の「異常なたわみ」をミリ単位の精度で検知し、崩落につながる重大損傷を発見する技術を開発した。本技術により、従来発見が困難であった目視では気づきにくい異常をまとめて検知することが可能になる。これにより、専門家不足が問題となっている橋梁点検業務の効率化と重大事故の未然防止に貢献する。



#### 開発内容

本技術は、衛星リモートセンシングで得られた橋の変位データと橋の構造情報や気温変化を組み合わせ、独自のAIが橋の変位予測モデルを作成するものである。このモデルにより、橋が通常どのように変位するかを予測し、実際の変位データと比較することで、予測から大きく外れる異常なたわみを検出する。特に、橋の長手方向の位置によって異なる変位値をまとめて扱うことで、橋全体に対する異常なたわみの閾値を簡単に設定することが可能になる。また、複数の橋に対して同時に解析が可能であり、近接での目視点検が困難な河川や海、谷などに架かる橋の異常検知にも有効である。さらに、定期点検の期間外でも継続的に遠隔監視が可能であり、異常がある橋を優先的に点検することで、点検業務の効率化につながる。

本技術は、2021年10月に崩落した和歌山県の六十谷水管橋に適用し、崩落前2年間の衛星SAR画像を解析した結果、崩落個所において崩落1年前から他の径間と比較して約1.5倍の大きさの変位が継続して観測されていたことを確認した。これは、崩落の前兆現象である可能性が高く、本技術により重大事故につながる異常なたわみを事前に検知できることを示している。また、本技術の活用により、ミリ単位の精度で橋の異常を遠隔から継続的に監視でき、全国72万の橋梁に対する点検業務の効率化と重大損傷の早期発見に寄与する。

#### 目的/背景

本技術は、橋梁管理者や点検従事者向けに、橋の異常なたわみを遠隔かつ継続的に監視し、優先的に点検すべき橋を特定するために活用される。これにより、専門家不足が深刻な橋梁点検業務の効率化と重大事故の未然防止が期待される。また、近接目視が困難な河川・海・谷に架かる橋の点検にも有効である。NECは、2025年度を目標に本技術の製品化を進め、橋梁を含むインフラ施設管理全般のDX推進に取り組む予定である。

## 超高感度CMOSセンサーを搭載し複数波長の光を高速検出可能な新観測システム「TriCCS」

### CANON

#### 概要

キヤノンは、0.0005ルクスという超低照度環境下での撮影を可能にする35mmフルサイズ超高感度CMOSセンサー「LI3030SAM」を開発した。このセンサーは、一辺19 $\mu$ mの大型画素により高感度とノイズ低減を両立し、最大98fpsの高速撮影も可能である。京都大学岡山天文台の新観測システム「TriCCS」に採用され、遠方の暗い天体や光度変化の速い天体の複数波長の光を同時に観測することを可能にしている。



#### 開発内容

「LI3030SAM」は、一辺19 $\mu$ mの大画素を採用した35mmフルサイズ超高感度CMOSセンサーである。大型画素により、0.0005ルクスの低照度環境下でも高感度撮影が可能で、画素大型化に伴うノイズを低減している。また、最大98fpsの高速撮影が可能で、明るさの変化が速い被写体の撮影にも対応している。近赤外領域の波長800nm付近でも高い感度を有し、可視光から近赤外までの広い波長範囲の光を検出できる。このセンサーは、複数の波長の光をダイクロイックミラーやフィルターを用いて3台のカメラに分光し、異なる波長の光を同時に高速撮像する「TriCCS」の検出器として採用されている。

「LI3030SAM」は、0.0005ルクスの超低照度環境での撮影を可能にし、一般的なCMOSセンサーよりも低ノイズで撮影できるため、遠方の暗い天体や光度変化の速い天体の観測が可能になった。最大98fpsの高速撮影により、中性子星やブラックホールなどの明るさが急激に変化する天体を高速で撮影できるようになった。また、波長800nm付近の近赤外領域でも高い感度を有することで、可視光から近赤外までの広い波長範囲での観測が実現した。これにより、未知の天体現象の発見や宇宙の解明に貢献している。

#### 目的/背景

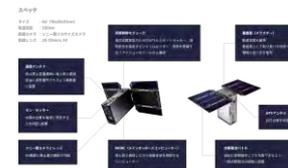
「LI3030SAM」は、遠方の暗い天体や光度変化の速い天体の観測に活用され、宇宙と生命の起源の解明に貢献することが期待されている。また、可視光から近赤外までの広い波長範囲での高感度観測が可能であるため、さまざまな天文現象の研究に役立つ。今後、さらなる高感度化や多画素化を進めることで、未知の天体現象の発見や宇宙の解明に寄与していくことが目指されている。

## 感度・絞り・シャッタースピード設定可能な超小型人工衛星『EYE』搭載フルサイズカメラによる宇宙撮影システム

### SONY

#### 概要

ソニーは、2023年に打ち上げた超小型人工衛星『EYE』にフルサイズカメラを搭載し、ユーザーが感度、絞り、シャッタースピードを設定して宇宙や地球を撮影できるシステムを開発した。同衛星と連携するアプリケーションにより、専門的な知識やスキルがなくても直感的に宇宙からの撮影体験が可能である。



#### 開発内容

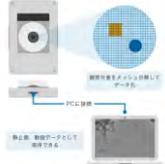
本システムは、超小型人工衛星『EYE』に搭載されたソニー製フルサイズカメラをユーザーが遠隔操作し、感度、絞り、シャッタースピードなどを任意に設定して宇宙や地球を撮影できるものである。『EYE』は地球を1日に約15周し、その軌道データを元に今後の軌道を予測し、Webアプリケーション『EYEコネクト』を通じて撮影シミュレーションや実際の撮影体験が可能である。専門的な知識やスキルがなくても、直感的な操作で宇宙からの写真・映像撮影を行える。

本システムにより、ユーザーは宇宙からの写真・映像撮影を直感的に体験できるようになった。『EYEコネクト』を用いて、『EYE』がいつ、どの場所を飛ぶのかを確認し、カメラアングルを事前にシミュレーションすることが可能である。

#### 目的/背景

本システムは、宇宙からの撮影体験を提供することで、生活や教育、アートやエンターテインメントに新たな変化をもたらすことを目的としている。ユーザーが未来を見つめ、新たな気付きや作品を生み出す手段となる。また、ソニーは東京大学・JAXAと連携し、人工衛星や地上システムの開発と運用、宇宙感動体験事業の事業化を進めている。

## ピント調整不要のメッシュ型光感知素子による革新的顕微観察デバイス「MID」

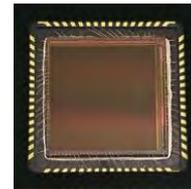
IDDK		
<p><b>概要</b></p>	<p>IDDKは、半導体技術を活用し、光感知素子をメッシュ状に配列した新しい顕微観察デバイス「MID」を開発した。この技術により、ピント合わせなどの複雑な操作を不要とし、対象物を簡単に顕微観察することが可能となった。</p>	
<p><b>開発内容</b></p>	<p>「MID」は、半導体技術を応用して、光感知素子をメッシュ状に配列した顕微観察デバイスである。対象物をこのメッシュ上に載せることで、メッシュの細かさに応じて高精度な顕微観察が可能となる。従来の光学顕微鏡と異なり、ピント合わせなどの複雑な操作を必要とせず、簡単に観察を行うことができる。また、デバイスの小型化・軽量化が可能であり、一般環境や水中、宇宙空間など様々な環境下での観察に適用できる。さらに、半導体プロセス技術の可能性を活かし、既存の光学技術の限界を超えた機能を発揮することができる。</p> <p>「MID」により、ピント合わせが不要となり、誰でも簡単に高精度な顕微観察を行うことが可能となった。従来の顕微鏡に比べ、操作時間を大幅に短縮し、観察効率を向上させた。また、デバイスの小型・軽量化により、携帯性が高まり、これまで観察が困難であった現場や環境での利用が可能となった。宇宙空間での実証実験では、微小重力下での細胞・微生物の観察に成功し、地上での研究のみでは解明できない現象の解明に寄与した。さらに、MIDを搭載した自動化実験装置の開発により、2025年から宇宙バイオ実験サービスの提供を開始する予定である。</p>	
<p><b>目的/背景</b></p>	<p>「MID」は、細胞や微生物の観察を必要とする教育・研究機関、医療・ヘルスケア分野などでの活用が期待されている。また、宇宙空間でのバイオ実験プラットフォームとして、宇宙での新たな研究・開発を支援する。今後は、次世代MIDの開発やオートメーション技術の向上を図り、より多様なニーズに対応する予定である。</p>	

## ガンマ線照射後も高解像度を維持する耐放射線CMOSイメージセンサー技術

### マッハコーポレーション

#### 概要

マッハコーポレーションは、JAXAとの共同開発により、ガンマ線照射後も高解像度を維持できる耐放射線CMOSイメージセンサーを開発した。この技術により、宇宙空間や放射線環境下での高精細なカラー画像の取得が可能となる。特に、放射線が問題となる宇宙開発や原子力施設での応用が期待されている。



#### 開発内容

耐放射線CMOSイメージセンサーは、放射線耐性を向上させたCMOSセンサーである。半導体プロセスにおいて、特別な材料や構造を採用することで、ガンマ線などの放射線による劣化を抑制している。また、回路設計においてもノイズ耐性を高める工夫が施されており、高解像度の画像取得が可能である。さらに、カラーフィルターやマイクロレンズの最適化により、カラー画像撮影での画質向上が図られている。

耐放射線CMOSイメージセンサーにより、ガンマ線照射後も高解像度の解像度チャート撮影画像を取得することができた。これにより、放射線による劣化が軽微であることが確認された。また、カラーカメラとしても良好な撮影結果が得られ、高精細なカラー画像を取得することが可能である。

#### 目的 /背景

耐放射線CMOSイメージセンサーは、宇宙開発における観測機器や人工衛星のカメラとしての活用が期待されている。また、原子力施設や放射線治療の現場など、放射線環境下でのモニタリングや撮影装置としても有用である。

## CMOS SPADアレイ技術を用いた宇宙向けフラッシュLiDARセンサー

### Fondazione Bruno Kessler

#### 概要

Fondazione Bruno Kesslerは、CMOS SPADアレイ技術を用いて、宇宙での使用に適した高分解能フラッシュLiDARセンサーを開発している。同センサーは、64×64ピクセルのアレイを搭載し、強い背景光下でも高精度な距離測定が可能である。また、小型化と低消費電力化を図り、将来の宇宙ミッションへの適用を目指している。



#### 開発内容

同センサーは、CMOS技術で製造されたSPAD（単一光子雪崩ダイオード）アレイを搭載している。各ピクセルには光子検出とタイムスタンプ機能を持つ回路が組み込まれており、直接飛行時間（DToF）法による高精度な距離測定を実現している。フラッシュLiDAR方式により、パルスレーザーの照射と並列な受光が可能で、高速かつ高解像度の3Dイメージングを実現している。さらに、強い背景光下でも誤検出を低減するスマートピクセルアーキテクチャを採用し、背景光の影響を抑制している。また、消費電力の最適化や小型化により、宇宙機器への統合が容易になっている。

同センサーにより、64×64ピクセルのアレイで25度×25度の視野角を持つ3Dデータ取得が可能となった。距離分解能は0.15メートル以内で、測定精度は0.03メートルから0.27メートルの範囲を達成している。また、毎秒25フレームのデータ取得が可能で、最大8.2メートル離れた対象物を検出できる。消費電力は205.7ミリワットと低く抑えられている。

#### 目的/背景

同センサーは、宇宙探査ミッションにおける地形の3Dマッピング、着陸支援、障害物検知などに応用できる。今後は、ピクセル数を増加させた高解像度センサーの開発や、放射線耐性の向上、AIプロセッサとの統合によるリアルタイムデータ処理の実現が予定されている。

## 400,000ピクセル高解像度超伝導単一光子カメラの開発

### NIST

#### 概要

NISTは、400,000ピクセルの高解像度超伝導単一光子カメラを開発した。このカメラは従来の同種デバイスと比較して400倍の画素数を持ち、極めて弱い光信号を高感度で検出できる。同技術により、遠方の宇宙天体の観測や人間の脳活動の解析など、さまざまな科学および生物医学研究への応用が期待されている。



#### 開発内容

このカメラは、極薄の超伝導ナノワイヤーを縦横に格子状に配置し、その交点でピクセルを形成している。ナノワイヤーは絶対零度近くまで冷却され、光子がピクセルに入射すると局所的に超伝導性が破壊され、電流が小さな抵抗素子に迂回される。このシグナルを検出することで単一光子の検出が可能である。また、多数のピクセルからの信号を少数の読み出し線に集約する新たなアーキテクチャを採用し、従来困難であった数十万ピクセル規模の高解像度化を実現した。各ピクセルは行列方式で配置され、交差する行と列によって位置を特定する。この配置により、ピクセルごとに個別の配線を必要とせず、大規模なピクセル数の実装が可能となっている。

この技術により、ピクセル数を400,000まで増加させた超伝導カメラの開発に成功した。これは従来の同種デバイスの400倍の解像度である。さらに、信号の到達時間差を50ピコ秒の高精度で測定でき、1秒間に最大100,000個の光子を検出可能である。実験では、複数のピクセルからの信号を限られた読み出し線で正確に解析できることが確認された。また、読み出し技術のスケールビリティにより、将来的には数千万ピクセル規模のカメラの実現も見込まれている。

#### 目的/背景

本技術は、極低光量下での天体観測において、遠方銀河や太陽系外惑星の高感度撮影に活用されることが期待されている。また、光子を用いる量子コンピュータにおける光信号の測定や、近赤外光を用いた生体組織の非侵襲的な観察など、生物医学分野での応用も見込まれる。今後はカメラの感度をさらに向上させ、入射する全ての光子を検出可能なシステムの開発を計画しており、より高度な科学研究や医療診断への貢献が期待されている。

## CMOSイメージセンサー上にスペクトルフィルターを直接集積した小型スペクトルイメージング技術

imec

### 概要

imecは、標準のCMOSイメージセンサー上にスペクトルフィルターを直接堆積・パターン化する技術を開発している。この一体化された技術により、小型で堅牢なスペクトルカメラを実現し、従来のプリズムや回折格子ベースのシステムと比較して極めて小型化が可能である。この技術は、小型衛星や宇宙探査機に搭載可能なスペクトルイメージングを実現している。



### 開発内容

この技術は、スペクトルフィルターを標準CMOSイメージセンサー上に直接堆積・パターン化することで、モノリシックなスペクトルイメージングセンサーを実現するものである。リソグラフィー技術を用いて高精度にフィルターをパターン化し、単一ピクセルレベルで個々のフィルターを配置できるため、空間的に変化するフィルターの設計が可能である。これにより、ラインスキャンやスナップショット、ビデオレートでのスペクトルイメージングが実現し、用途に応じた柔軟な設計が可能となる。また、デジタル時間遅延積分（TDI）技術を使用して、高スペクトル分解能においても信号対雑音比を向上させることができる。さらに、フィルターと検出器の高精度なアライメントにより、焦点面を効率的に利用し、高品質なセンシングが可能である。

この技術により、400nmから2500nm（可視、近赤外、短波赤外）の広いスペクトル範囲をカバーするコンパクトで軽量のスペクトルカメラが実現した。小型衛星や宇宙探査機に搭載することで、地球や他の惑星の水分含有量、特定の鉱物、植生の健康状態などのデータ取得が可能となった。また、長時間・空間・スペクトル分解能で地球を監視でき、精密農業、地質学、環境モニタリング、考古学、汚染監視、監視などの分野で有用な情報を提供している。さらに、ローバーやロボットに搭載することで、詳細な地図作成や大気の組成分析、特定の鉱物の検出、生命に必要な条件の調査が可能となっている。

### 目的/背景

この技術は、小型衛星や宇宙探査機、ローバー、ロボットなどでのスペクトルイメージングに活用されている。データ通信が制限される環境でも、スナップショットやリアルタイムのスペクトルデータ取得が可能である。今後は、フィルター設計のさらなる最適化や製造プロセスの改善により、性能向上とコスト削減を図っている。また、宇宙探査以外の分野への応用展開も検討しており、さまざまな産業での活用が期待されている。

## 広帯域RF信号を小型衛星クラスターで検出・測位する宇宙ベースのRFセンシングシステム

### HawkEye 360

#### 概要

地球低軌道上の小型衛星クラスターで広範なRF信号を検出・測位する技術をHawkEye 360が開発した。同社の衛星は3機一組で、RFスペクトル全体の信号を検出・地理的特定が可能である。これにより、人的活動の早期指標やRFエネルギーのマッピングを通じて、高度な状況認識を提供する。



#### 開発内容

同技術は、小型衛星を3機一組のクラスターとして地球低軌道に配置し、各衛星がRFスペクトル全体からの信号を検出・収集するものである。衛星は、高感度の受信システムと8つのアンテナを搭載しており、VHF、UHF、Lバンド、Sバンド、Cバンド、Xバンド、AIS、GPS干渉、KuバンドなどのRF信号を同時に収集することができる。集められたデータは、衛星間で時間差・周波数差を計測し、独自のアルゴリズムで解析することで、高精度な位置特定を可能にしている。さらに、高性能なオンボードコンピューティングとデュアルオンボードコンピュータ、チップスケールの原子時計を備えており、データ処理速度と精度を向上させている。衛星は小型でありながら強力で、マイクロ波オープン程度のサイズ（30×30×45cm）に収められている。

同技術により、衛星のコレクション能力は最初のクラスター以来4倍に増加した。高性能なオンボードコンピューティングにより、データ処理速度が向上し、より多くの測位データを高い精度で取得できるようになった。衛星は一度の通過で複数のRF信号を同時に収集・解析することが可能であり、VHFからKuバンドまでの広範な周波数帯域をカバーしている。さらに、地上局の増設と処理システムの改善により、データと解析結果を顧客に迅速に提供することが可能となった。

#### 目的/背景

同技術は、RF信号の検出・測位によって人的活動の初期兆候を把握し、RFエネルギーのマッピングを通じて高度な状況認識を提供する。これにより、海上でのダークベッセル（AISを送信しない船舶）の検出や、GPS干渉の特定など、安全保障や監視分野での活用が期待されている。今後も衛星の追加投入により周波数範囲を拡大し、再訪問速度を向上させ、データと解析の提供をより迅速かつ効率的に進める予定である。

## VHFからLバンドまでのRF信号を高精度に検知・位置特定する低軌道衛星コンステレーション「Vindlér」

### Sierra Nevada Corporation

#### 概要

Sierra Nevada Corporationは、VHFからLバンドまでのRF信号を検知し、特定物体の位置を高精度に特定できる低軌道衛星コンステレーション「Vindlér」を開発した。



#### 開発内容

「Vindlér」は、VHFからLバンドにわたるRF信号を検知し、その情報から特定の物体を検出・位置特定するための低軌道衛星コンステレーションである。4基の6Uサイズの小型衛星で構成されており、高精度なジオロケーションデータセットを提供する。各衛星は毎日4GBのデータをダウンリンクし、時間的に敏感な操作のための低遅延データ配信を実現する。

「Vindlér」は、VHFからLバンドまでのRF信号を収集することで、AISを無効化した船舶やGPS妨害装置を検出・追跡する能力を実現している。

#### 目的/背景

「Vindlér」は、RF信号の検知・位置特定能力を活用して、AISを無効化したダーク船舶や違法・無報告・無規制（IUU）漁業の対策に用いられている。また、GPS妨害装置の追跡や、敵対的環境における活動のベースライン設定など、安全保障や防衛分野での利用が期待されている。さらに、GPSが利用できない状況下での緊急対応や、野生生物および自然資源の保護にも応用されている。

---

論文/特許分析結果

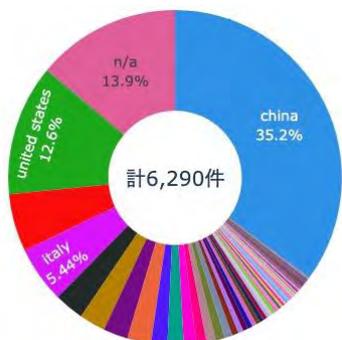
# レーダー技術調査

論文・特許調査

# 論文・特許数の推移

## レーダーセンサ技術に関する論文・特許の年次推移

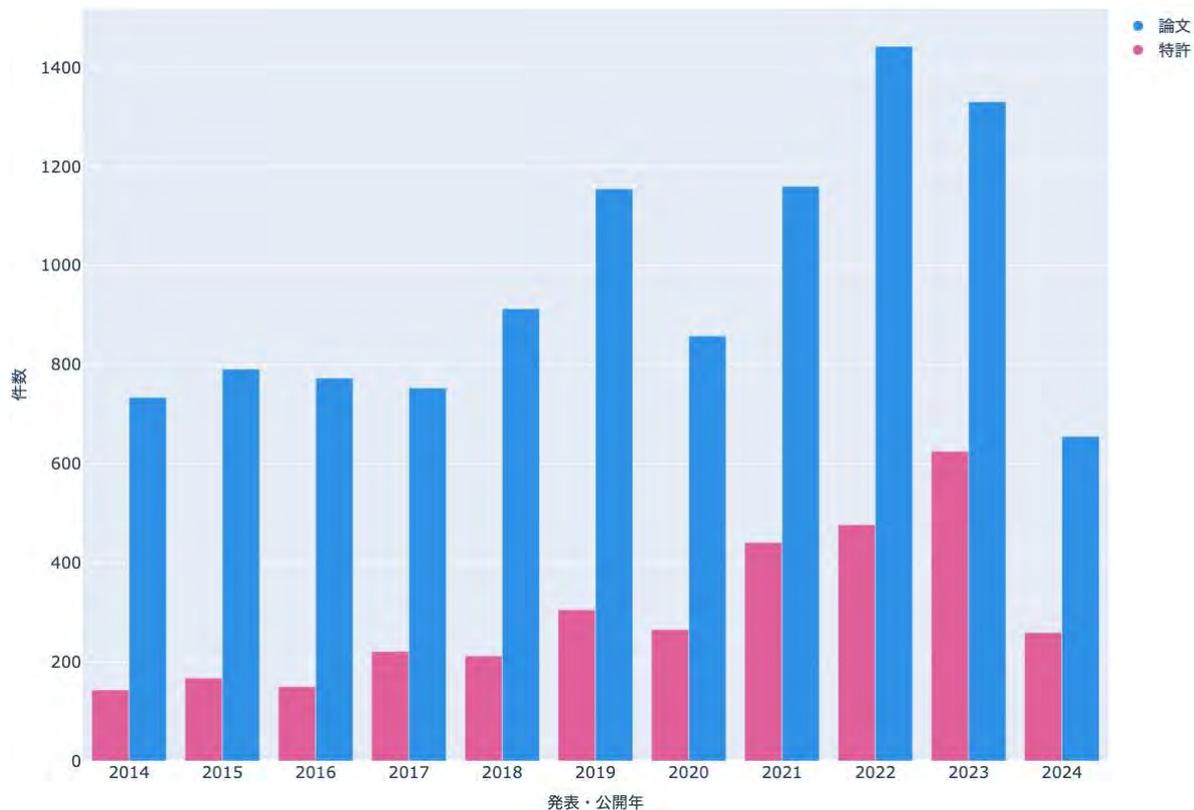
国別論文数



国別特許数



論文・特許数の推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で、特許の国は親特許の出願先の国で定義  
 ※ n/a:論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

## 技術カテゴリー 一覧

## カテゴリー

## 論文/特許数推移

## 論文数増加率\* 特許数増加率\*

レーダー技術と衛星観測に基づく高精度イメージング手法



13.0% 97.5%

SARデータ処理における空間時間適応処理技術



8.0% 30.0%

地下構造探査におけるレーダー技術の応用



40.0% na

SAR技術を用いた多様なリモートセンシング応用



58.8% 371.4%

海流測定におけるSARと干渉法の応用技術



-31.6% 170.0%

SAR技術を用いた森林バイオマス推定手法



32.0% 200.0%

合成開口レーダーを用いた地表変位の精密測定技術



18.9% 128.6%

深層学習を活用したSAR画像の解析と分類技術



67.9% 537.5%

SAR画像生成と補正のための高度なアルゴリズム



-15.0% 154.5%

デジタル標高モデルとSAR技術による地形解析



-24.5% 433.3%

宇宙ミッションにおける分散型SAR技術



-8.1% na

宇宙監視用の高性能アンテナとレーダー技術



20.7% 63.0%

SARによる海洋表面の風速と波の情報取得技術



23.8% na

降水観測における多周波数レーダー技術とその応用



11.8% 0.0%

ミリ波アプリケーション向けの高性能アンテナ技術



-7.3% 7.4%

\*2019年から2023年での増加率。

2019年,2023年何れかの文献数がゼロの場合はnaと表記している

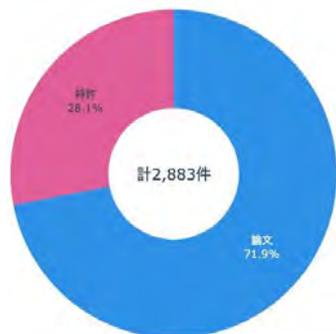
## レーダー技術と衛星観測に基づく高精度イメージング手法

## 概要

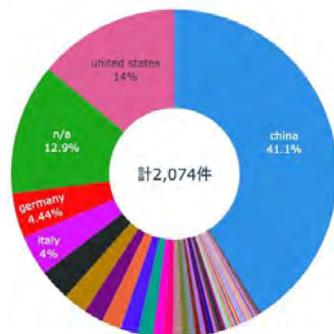
このカテゴリーは、レーダー技術や衛星観測に関連する様々な手法やモデルに関するものである。具体的には、電磁データの計算、光学フィルターの統合、時間から周波数領域への信号変換、MIMOレーダーによる高精度の角度推定、サブテラヘルツ技術を用いた高解像度イメージングなどが含まれる。また、衛星データの処理や、雪の微細構造のパラメータ化、動的ターゲットの検出精度向上に向けたアルゴリズムの開発も行われている。

。

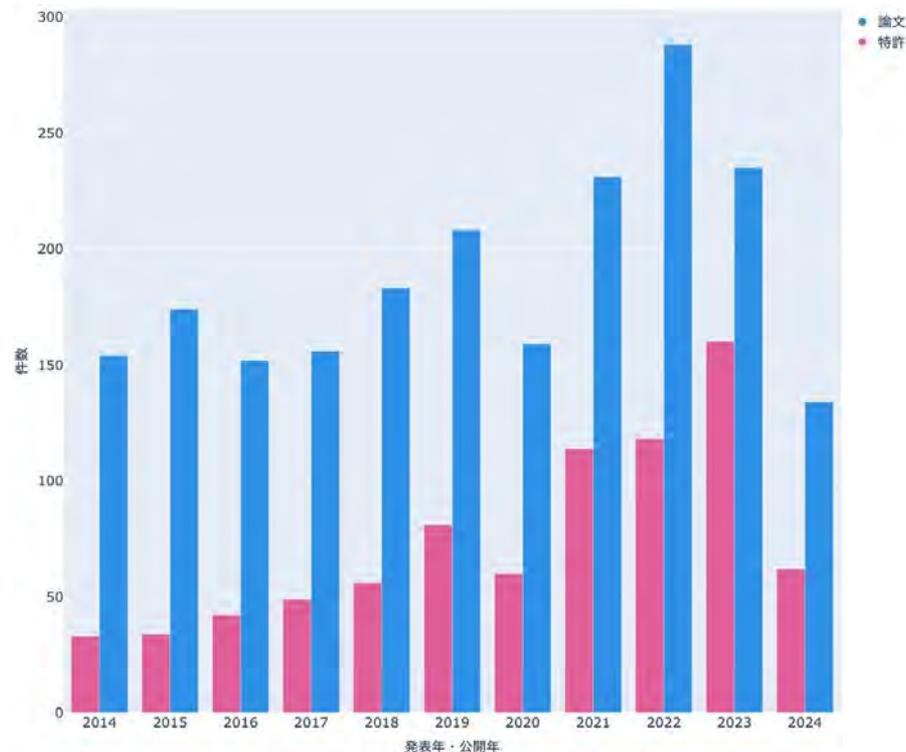
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で定義

※ n/a:論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

## SARを用いた高解像度地球観測技術の進化

合成開口レーダー（SAR）を用いた高解像度地球観測技術は、レーダー技術と衛星観測の進化により、地表の詳細なモニタリングが可能となり、環境監視や資源管理において重要な役割を果たしている。特に、非線形軌道に対応したリアルタイムイメージングアルゴリズムや、広帯域信号を用いた高解像度イメージング技術が開発され、災害時の迅速な対応やリアルタイム監視において有用である。

### 開発状況

SARを用いた高解像度地球観測技術の開発は、環境監視や資源管理の精度向上を目的とし、災害時の迅速な対応やリアルタイム監視の実現を目指している。

### 課題

SAR技術を地球観測に適用する際、非線形軌道や広帯域信号の特性を適正化するための技術開発が必要である。これにより、リアルタイムでの高精度な地表モニタリングが可能となる。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	IGARSS - Time-Domain SAR Processor for Sentinel-1 TOPS Data	Sentinel-1のTOPSデータに特化した時間領域SARプロセッサを紹介。IWとEWモードのデータに対応し、リアルタイムイメージングアルゴリズムの開発に寄与している。	politehnica university of bucharest	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss39084.2020.9324133">https://doi.org/10.1109/igarss39084.2020.9324133</a>
論文	A Satellite Synthetic Aperture Radar Concept Using P-Band Signals of Opportunity	Pバンド信号を利用した衛星SARの概念を探索。高解像度の地表リモートセンシングに有望で、広いスワ幅と高いSNRを実現している。	california institute of technology	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/jstars.2021.3059242">https://doi.org/10.1109/jstars.2021.3059242</a>
論文	Analysis and compensation of stop-and-go approximation in high-resolution spaceborne synthetic aperture radar	高解像度宇宙搭載SARにおけるストップアンドゴー近似の限界を分析し、誤差補償手法を提案。XバンドSARでの実験で有効性を示した。	chinese academy of sciences	2023	<a href="https://doi.org/10.1080/01431161.2023.2293477">https://doi.org/10.1080/01431161.2023.2293477</a>
論文	IGARSS - An Antenna Beam Steering Strategy for SAR Echo Simulation in Highly Elliptical Orbit	高楕円軌道でのSAREコーシミュレーションのためのアンテナビーム制御戦略を提案。連続観測を可能にし、広域イメージングの課題に対応している。	beihang university	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss39084.2020.9324398">https://doi.org/10.1109/igarss39084.2020.9324398</a>

## 分布型レーダーによる空間ターゲットの高精度追跡

分布型レーダー技術は、宇宙ターゲットの高精度追跡において重要な役割を果たしている。特に、複数のレーダーを協調して使用することで、追跡精度を向上させる手法が注目されている。これにより、低軌道の宇宙ターゲットの位置予測と推定がより正確になり、宇宙状況認識の向上に寄与している。最近の研究では、拡張カルマンフィルタや分布型MIMOLレーダーシステムの時間同期技術が開発され、これらの技術は宇宙ターゲットの高精度追跡において重要な役割を果たしている。

### 開発状況

宇宙ターゲットの高精度追跡を実現するために、分布型レーダーシステムの協調動作を最適化し、追跡精度を向上させることを目的としている。これにより、宇宙状況認識の向上を目指している。

### 課題

分布型レーダーを宇宙ターゲット追跡に適用する際、レーダー間の時間同期やデータ融合の精度を向上させる必要がある。これにより、追跡精度を高め、誤差を最小限に抑えることが求められている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	A Sequential Fusion Method of Multi-Radar Tracking Orbital Target Based on EKF	拡張カルマンフィルタを用いた多レーダー追跡手法を研究し、低軌道ターゲットの追跡精度を向上させることを目的としている。実験結果は、提案手法が軌道ターゲットの追跡精度を向上させることを示している。	nanjing research institute of electronics technology	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/icicsp59554.2023.10390857">https://doi.org/10.1109/icicsp59554.2023.10390857</a>
論文	Joint Power and Bandwidth Allocation with RCS Fluctuation Characteristic for Space Target Tracking	宇宙ターゲット追跡のためのレーダー資源配分を改善する研究を行い、動的RCS特性を考慮した適応配分手法を提案している。シミュレーション結果は、提案手法が追跡精度を向上させることを示している。	national university of defense technology	2023	<a href="https://doi.org/10.3390/rs15163971">https://doi.org/10.3390/rs15163971</a>
論文	Operational Angular Track Reconstruction in Space Surveillance Radars through an Adaptive Beamforming Approach	適応ビームフォーミングを用いて宇宙監視レーダーの角度追跡精度を向上させる研究を行っている。実運用シナリオでの性能検証により、角度測定精度の向上が示された。	politecnico di milano	2024	<a href="https://doi.org/10.3390/aerosp11060451">https://doi.org/10.3390/aerosp11060451</a>
論文	A Real-Time Correlation Method for Space Objects in Satellite-Based Coordinate System	衛星ベースの座標系を用いたリアルタイム相関手法を提案し、宇宙オブジェクトの追跡精度と信頼性を向上させることを目的としている。シミュレーション結果は、その有効性を示している。	beijing institute of technology	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/eltech.2019.8839380">https://doi.org/10.1109/eltech.2019.8839380</a>

## レーダーと衛星観測による高精度降水量推定

レーダー技術と衛星観測を組み合わせた高精度な降水量推定手法が注目されています。特に、地上レーダーと宇宙からのデュアル周波数降水レーダー（DPR）を用いた研究が進展しており、降水の微物理特性や降水強度の空間分布を高精度で把握することが可能です。これにより、気象予測や水資源管理の精度向上が期待され、極端な気象現象の予測精度向上や災害リスクの軽減に寄与しています。

### 開発状況

高精度な降水量推定を実現することを目的とし、レーダーと衛星観測を組み合わせた手法の開発が進められています。これにより、気象予測の精度向上や水資源管理の最適化を目指しています。

### 課題

レーダーと衛星観測を組み合わせた降水量推定において、降水の微物理特性を適正に把握するための技術開発が進められています。特に、異なる観測手法間のデータ統合や、観測精度の向上が課題となっています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Characteristics of ice over stratiform rain: Global statistics from the Dual-frequency Precipitation Radar and the proposed retrieval scheme	デュアル周波数降水レーダー（DPR）を用いて、層状降雨の氷の特性を解析し、新しいアルゴリズムを提案しています。この手法は、降水率の連続性を確保し、氷密度の推定を支援します。	University of Leicester	2023	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-15803">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-15803</a>
論文	Comparison of rainfall microphysics characteristics derived by numerical weather prediction modelling and dual-frequency precipitation radar	数値気象予測モデルとデュアル周波数降水レーダーを用いて、降水の微物理特性を評価しています。研究は、未観測地域での降水特性の理解を深めることを目的としています。	nanjing normal university	2021	<a href="https://doi.org/10.1002/met.2000">https://doi.org/10.1002/met.2000</a>
論文	Simulation and sensitivity analysis for cloud and precipitation measurements via spaceborne millimeter-wave radar	宇宙搭載ミリ波レーダーを用いた雲と降水の測定のためのシミュレーションフレームワークを紹介し、物理パラメータの影響を分析しています。結果は、観測データと良好に一致しました。	Nanjing University of Information Science and Technology	2023	<a href="https://doi.org/10.5194/amt-16-1723-2023">https://doi.org/10.5194/amt-16-1723-2023</a>
論文	Improved Prediction of Landfalling Tropical Cyclone in China Based on Assimilation of Radar Radial Winds with New Super-Observation Processing	中国の上陸熱帯低気圧の予測を改善するために、レーダーの放射状風データを同化し、新しい観測処理法を開発しました。これにより、予測精度が向上しました。	china meteorological administration	2020	<a href="https://doi.org/10.1175/waf-d-20-0002.1">https://doi.org/10.1175/waf-d-20-0002.1</a>

## 衛星レーダーによる氷床・雪氷観測技術の進化

衛星レーダー技術の進化により、氷床や雪氷の観測がより高精度になり、地球規模での気候変動の影響を詳細に把握できるようになっています。特に、合成開口レーダー（SAR）やミリ波レーダーを用いた観測が、氷床の動態や海面上昇への影響を理解するための重要なデータを提供しています。これにより、将来的な気候変動の予測精度が向上し、極地の環境変化に対する理解が深まっています。

### 開発状況

氷床や雪氷の観測精度を向上させることを目的とし、気候変動の影響をより正確に評価するためのデータを提供することを目指しています。これにより、地球環境の変化に対する適切な対策を講じるための基盤を構築します。

### 課題

衛星レーダーを用いた氷床観測では、地形や気象条件によるデータの不確実性が課題となっています。これを解決するために、データ処理技術や新しい観測手法の開発が進められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	British Antarctic Survey's Aerogeophysics Data: Releasing 20 Years of Radar, Magnetic and Gravity Data over Antarctica	英国南極調査が20年分の航空地球物理データを公開。レーダー、磁気、重力データを含み、南極の地質と氷床の理解を深める。特にレーダーデータは氷床の内部層と基盤地形のマッピングに有用で、地球科学の研究を促進する。	nerc british antarctic survey	2021	<a href="https://doi.org/10.1002/essoar.10509664.1">https://doi.org/10.1002/essoar.10509664.1</a>
論文	Sea Ice Remote Sensing—Recent Developments in Methods and Climate Data Sets	海氷リモートセンシング技術が進化し、気候監視や氷の予測に重要なデータを提供。合成開口レーダー（SAR）は高解像度の画像を提供し、氷の動態理解を深める。将来の衛星開発も視野に入れた研究が進行中。	Nansen Environmental and Remote Sensing Center	2023	<a href="https://doi.org/10.1007/s10712-023-09781-0">https://doi.org/10.1007/s10712-023-09781-0</a>
論文	Ice Sheet Topography from a New CryoSat-2 SARIn Processing Chain, and Assessment by Comparison to ICESat-2 over Antarctica	CryoSat-2の新しい処理チェーンがICESat-2と比較され、氷床の表面高度測定精度が向上。特に複雑な地形を持つ沿岸地域での改善が顕著で、将来的な研究の基盤を提供。	Collecte Localisation Satellites	2021	<a href="https://doi.org/10.3390/rs13224508">https://doi.org/10.3390/rs13224508</a>
論文	Arctic Freeboard and Snow Depth From Near-Coincident CryoSat-2 and ICESat-2 (CRYO2ICE) Observations: A First Examination of Winter Sea Ice During 2020–2022	CRYO2ICEキャンペーンでCryoSat-2とICESat-2の軌道を調整し、北極の雪深分布を高解像度で取得。これにより、雪氷間の相互作用や熱伝達の理解が進む。将来の観測ミッションに向けたデータを提供。	technical university of denmark (dtu)	2024	<a href="https://doi.org/10.1029/2023ea003313">https://doi.org/10.1029/2023ea003313</a>

## 異種データ融合による異常降水検出技術の進化

異種データ融合技術を用いた異常降水検出技術が進化しています。レーダーや衛星データを組み合わせることで、降水の発生と量を高精度で予測することが可能になり、短期的な気象予測や災害対策において重要な役割を果たしています。特に、機械学習やベイズ推定を活用した手法が注目されており、気象予測の精度向上に貢献しています。

### 開発状況

異常降水の早期検出と高精度な予測を実現することを目的としています。これにより、気象災害のリスクを低減し、社会的・経済的な影響を最小限に抑えることを目指しています。

### 課題

異種データを融合する際に、データの時間的・空間的な整合性を保つことが課題です。また、異常降水の検出精度を向上させるためには、データの不確実性を適切に評価し、モデルの精度を高める必要があります。

### 関連論文/特許

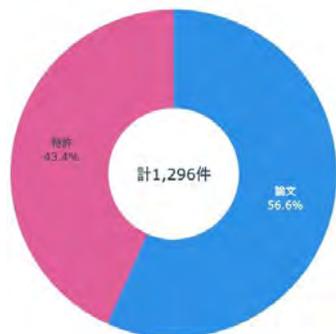
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	基于多编码器融合雷达和降水信息的降水预测方法及系统	この発明は、レーダーと降水情報を統合する降水予測方法及びシステムを提案しています。複数のエンコーダを用いて、過去のレーダーエコーと降水データをエンコードし、新たな隠れ状態を形成します。この手法により、短期的な気象予測と激しい気象現象の警報において重要な役割を果たします。	univ hunan normal	2022	CN115016042
論文	A Machine Learning System for Precipitation Estimation Using Satellite and Ground Radar Network Observations	本研究は、衛星と地上レーダーネットワークの観測を統合した機械学習システムを紹介しています。デュアルボリメトリック測定を用いて、降水量を高精度で推定し、都市規模での実証を行いました。このフレームワークは、将来の衛星リトリバルアルゴリズムの開発に役立つ可能性があります。	national oceanic and atmospheric administration	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2019.2942280">https://doi.org/10.1109/tgrs.2019.2942280</a>
特許	一种贝叶斯框架下的地基和星载测量降水数据融合算法	この発明は、地上と衛星で測定された降水データを融合するベイズフレームワークに基づくアルゴリズムを公開しています。多源観測を統合し、瞬時の衛星降水測定の精度を向上させることができます。水文学的モデルへの応用が期待されます。	univ nanjing information science & tech	2022	CN115204303
論文	Remote sensing of rainfall at high spatial-temporal resolution through soil moisture	本研究は、衛星由来の土壌水分データを用いて降水量を推定する手法を提案しています。高い空間・時間分解能での降水データを生成し、イタリアとオーストリアでの実証実験で有望な結果を示しました。水文学的応用において重要な役割を果たします。	National Research Council, Research Institute for Geo-Hydrological Protection	2020	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-20275">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-20275</a>

## SARデータ処理における空間時間適応処理技術

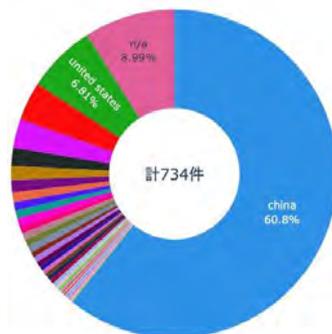
## 概要

このカテゴリーは、SARデータ処理やMIMOレーダーシステムにおける空間時間適応処理技術に関するものである。具体的には、クラッター抑制や目標追跡、3D構造再構築、信号復号化などの手法が含まれ、これにより画像品質や検出性能が向上する。さらに、スペクトル工学や圧縮センシング技術を用いた新しいアプローチが提案され、複雑な環境下でも高精度なターゲット検出が可能となる。

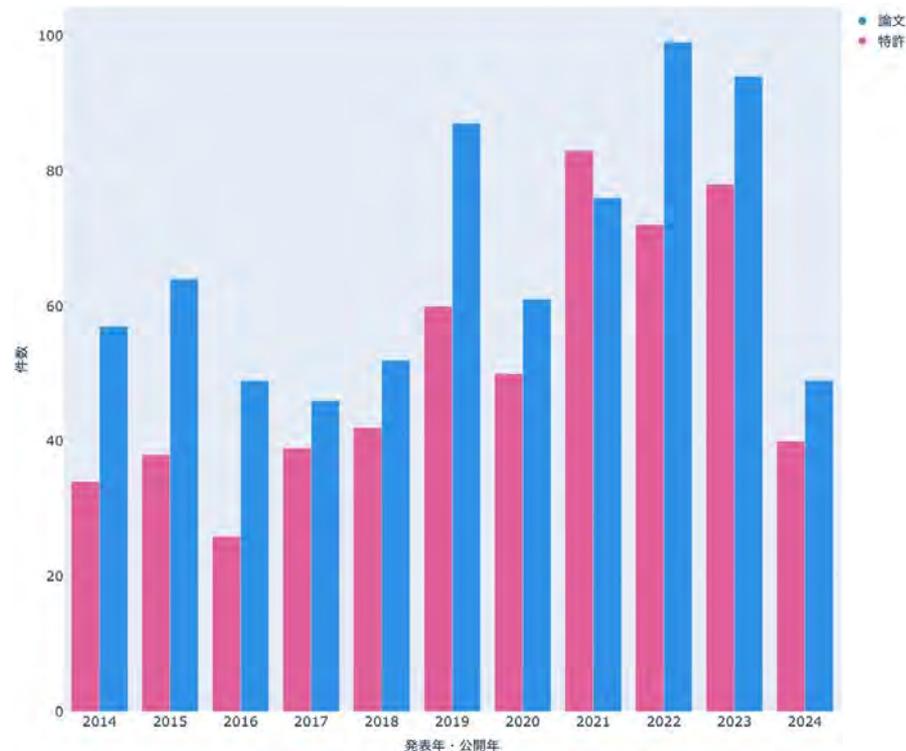
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## MIMOLレーダーによるSARデータ処理の高度化

MIMOLレーダーを用いたSARデータ処理技術の進化により、空間的および時間的な分解能が向上し、干渉抑制や目標検出の精度が高まっています。特に、空間時間ビームフォーミングやスペクトル前処理を活用したエコー分離技術が注目され、システムの複雑さを軽減しつつ効率的なデータ処理が可能となっています。これにより、将来的なSARミッションにおけるデータ処理の効率化が期待されています。

### 開発状況

SARデータ処理における空間的および時間的な分解能を向上させ、干渉抑制や目標検出の精度を高めることを目的とした技術開発が進められています。

### 課題

MIMOLレーダーをSARデータ処理に適用する際、複数の送受信アンテナを用いることで生じるシステムの複雑さを軽減しつつ、空間時間適応処理技術を最適化する必要があります。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Joint Incremental-Range, Angle and Doppler Estimation in FDA-MIMO Radars: Three Dimensional Decoupled Atomic Norm Minimization	FDA-MIMOLレーダーにおける距離、角度、ドップラー周波数の推定方法を提案。3D-DANMを用いて、目標パラメータを効率的に抽出し、計算コストを削減。シミュレーションで有効性を確認。	sharif university of technology	2024	na
論文	A Novel MIMO-SAR Echo Separation Solution for Reducing the System Complexity: Spectrum Preprocessing and Segment Synthesis	MIMO-SARシステムにおけるエコー分離の新技术を提案。スペクトル前処理とセグメント合成を用いてシステムの複雑さを軽減し、効率的な信号分離を実現。数値データで有効性を示す。	nanjing university of aeronautics and astronautics	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3264704">https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3264704</a>
論文	A Coherent Accumulation Resolving Range Ambiguity Algorithm Based on Chirp Rate Polarity Modulation with M-Sequence	中高軌道宇宙目標の距離曖昧性を解決する新アルゴリズムを提案。チャープレート極性変調とM系列を用い、レーダーエコー信号を圧縮し、効率的な距離曖昧性解決を実現。シミュレーションで有効性を確認。	beijing institute of technology	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/imceec55388.2022.10020022">https://doi.org/10.1109/imceec55388.2022.10020022</a>
特許	METHOD OF MEASURING ANGULAR COORDINATES OF TARGETS BY A RADAR STATION WITH A DIGITAL ANTENNA ARRAY	デジタルアンテナアレイを用いた目標の角度測定法を提案。サム差マルチビームDAPを形成し、目標検出時に角度を高精度で測定。空間監視の高速化と精度向上を実現。	aktsionernoe obshchestvo nauchno issledovatel'skij inst priborostroeniya imeni v tikhomirova	2019	RU2697662

## STAP技術によるクラッター抑制の進化

STAP技術は、レーダーシステムにおけるクラッター抑制の進化を牽引しています。特に、空間時間適応処理技術の改良により、レーダーのジャミング耐性が向上し、目標検出の精度が高まっています。最近の研究では、サンプルマトリックスインバージョン（SMI）や適応型位相中心アンテナ（ADPCA）アルゴリズムの進展が注目されており、これらの技術は干渉抑制能力を強化し、より正確な目標検出を可能にしています。

### 開発状況

レーダーシステムにおけるクラッター抑制能力を向上させ、より正確な目標検出を実現することを目的とした開発が進められています。これにより、ジャミング耐性の強化や、複雑な環境下での信号処理の効率化が期待されています。

### 課題

STAP技術をレーダーシステムに適用する際、クラッターの特性を適正化するために、空間時間適応処理技術の開発が進められています。特に、非定常クラッターや複雑な地形によるスペクトル拡散が課題となっています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	A Priori Knowledge Based Ground Moving Target Indication Technique Applied to Distributed Spaceborne SAR System	分散型宇宙搭載SARシステムを用いた地上移動目標指示技術を研究。事前知識を活用し、適応型クラッターキャンセラで移動目標のステアリングベクトルの不一致を最小化。シミュレーションで有効性を確認。	air force engineering university	2023	<a href="https://doi.org/10.3390/rs15092467">https://doi.org/10.3390/rs15092467</a>
論文	A Moving Target Detection Method for Airborne Multichannel Circular SAR Based on Post-Doppler STAP	多チャンネル円形SARを用いた移動目標検出法を提案。サブアパーチャ後ドップラーSTAPを使用し、クラッター共分散行列の精度を向上。実験で信号対クラッター比の向上を確認。	chinese academy of sciences	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/radar53847.2021.10028274">https://doi.org/10.1109/radar53847.2021.10028274</a>
特許	Space-based radar clutter suppression method based on bisymmetric structure and empowerment optimization	双対対称構造とエンパワメント最適化を用いた宇宙ベースレーダーのクラッター抑制法を開発。強い目標データ下でも頑健性を示し、データ不足時にも適用可能。	univ xidian	2021	CN112748404
特許	基于空时采样矩阵的机载MIMO雷达自适应杂波抑制方法	空時サンプリング行列に基づく機上MIMOレーダーの自適応クラッター抑制法を提案。空間時間スライディングウィンドウを用いてクラッターパワーを推定し、効果的な抑制を実現。	air force early warning college for chinese people liberation	2022	CN114527444

## レーダーと通信の統合によるスペクトル効率化

レーダーと通信の統合技術は、スペクトルの効率的な利用を目指し、6Gネットワークにおけるセンシングと通信の統合を促進しています。特に、デュアルファンクショナルレーダー通信（DFRC）システムは、レーダーセンシングと通信を同時に行うことで、通信性能とレーダー検出性能の向上を実現しています。最近の研究では、ビームフォーミングの最適化やスペクトル共有技術が進展しており、これらの技術は、将来的な通信インフラの基盤となることが期待されています。

### 開発状況

レーダーと通信の統合により、スペクトルの効率的な利用と高精度なターゲット検出を実現することを目的としています。これにより、次世代の通信ネットワークにおける新たなサービスの提供を目指しています。

### 課題

レーダーと通信の統合において、スペクトル効率を最大化しつつ、干渉を最小限に抑えることが課題です。特に、複雑な非凸最適化問題を解決するための技術開発が求められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	ICC Workshops - Rate-Splitting Multiple Access for Multi-Antenna Joint Communication and Radar Transmissions	RSMAを用いたマルチアンテナレーダー通信システムの統合戦略を提案。通信とレーダーの干渉管理を行い、従来のSDMA技術を上回る性能を示す。	national university of defense technology	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/iccworkshops49005.2020.9145168">https://doi.org/10.1109/iccworkshops49005.2020.9145168</a>
論文	Model-Based Online Learning for Joint Radar-Communication Systems Operating in Dynamic Interference	MBOLアルゴリズムを開発し、レーダーと通信システムの協調設計を強化。動的干渉を管理し、システム性能を向上させることを示す。	aalto university	2022	<a href="https://doi.org/10.23919/eusipco55093.2022.9909601">https://doi.org/10.23919/eusipco55093.2022.9909601</a>
論文	Optimal Joint Radar and Communications Beamforming for the Low-Altitude Airborne Vehicles in SAGIN	低高度航空機向けの最適なレーダーと通信のビームフォーミングを提案。SAGIN内での6Gモバイルシステムにおける重要な統合を実現。	tampere university	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/wcnc55385.2023.10119080">https://doi.org/10.1109/wcnc55385.2023.10119080</a>
特許	High-throughput wireless communications encoded using radar waveforms	レーダー波形を用いた高スループット通信チャネルのエンコード技術を紹介。レーダーと通信の協調スペクトル共有を可能にし、干渉を低減。	massachusetts inst technology	2021	US11181630

## 圧縮センシングによるSAR高解像度イメージング

圧縮センシング技術をSAR高解像度イメージングに適用することで、低サンプリングレートでのデータ取得を可能にし、計算コストを削減しつつ高精度な画像再構成を実現する研究が多く見られる。具体的には、従来の方法では困難だった広範囲の観測や複数ターゲットの同時監視を可能にしており、宇宙空間や海洋監視への応用が期待される。特に近年は、圧縮センシング技術に関する研究が増加しており、注目が高まっていると考えられる。

### 開発状況

SARイメージングにおける高解像度と低計算コストの両立を目的とした開発や、広範囲の観測と複数ターゲットの同時監視の実現を目指した開発が進められている。

### 課題

SAR高解像度イメージングに圧縮センシングを適用する際に、低サンプリングレートでのデータ取得と高精度な画像再構成を両立させるための技術開発が進められている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	Environmental statistical modeling-based ISAR (inverse synthetic aperture radar) high-resolution imaging method	非ガウス性の強干渉とノイズ環境下でのISAR高解像度イメージングを実現するための環境統計モデリングに基づく手法を提案。空間および空中ターゲットの監視に適用可能。	univ xidian	2019	CN109932717
論文	Photonic-assisted space-frequency two-dimensional compressive radar receiver for high-resolution and wide-range detection.	広範囲シナリオでの高解像度検出を実現するためのフォトニック支援空間周波数2次元圧縮レーダー受信機を紹介。21 km範囲内での高解像度距離検出を達成。	tsinghua university	2022	<a href="https://doi.org/10.1364/oe.460295">https://doi.org/10.1364/oe.460295</a>
論文	Sparse Superresolution Imaging for Airborne Forward-Looking Radar with Multiple Frames Space	全天候での地球観測に重要な航空機前方監視レーダーの画質向上を目指し、複数フレーム空間を利用したスパース超解像イメージングアルゴリズムを提案。	beijing institute of radio measurement	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss46834.2022.9884278">https://doi.org/10.1109/igarss46834.2022.9884278</a>
論文	Improving Sea Surface Height Reconstruction by Simultaneous Ku- and Ka-Band Near-Nadir Single-Pass Interferometric SAR Altimeter	海面高度測定の改善を目指し、Ku-およびKa-バンド近接単一パス干渉SAR高度計を用いた新技術を研究。実験によりその有効性を確認。	ocean university of china	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3281734">https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3281734</a>

## ベイズ推定によるSARスパースイメーシング技術

ベイズ推定を用いたSARスパースイメーシング技術は、ノイズや欠損データに対するロバスト性を高め、ターゲットの位置や速度の正確な推定を可能にする技術です。特に動的なシナリオでの高精度なイメーシングが求められる場面での応用が期待され、航空機や宇宙空間でのターゲット監視において重要な役割を果たしています。近年、この技術に関する研究が増加しており、注目が高まっています。

### 開発状況

SARスパースイメーシング技術の開発は、ノイズや欠損データに対するロバスト性を高め、ターゲットの位置や速度の正確な推定を実現することを目的としています。これにより、航空機や宇宙空間でのターゲット監視の精度向上を目指しています。

### 課題

SARデータ処理において、ノイズや欠損データの影響を最小限に抑えつつ、ターゲットの位置や速度を高精度で推定することが課題となっています。これに対処するために、ベイズ推定を用いたスパースイメーシング技術の開発が進められています。

### 関連論文/特許

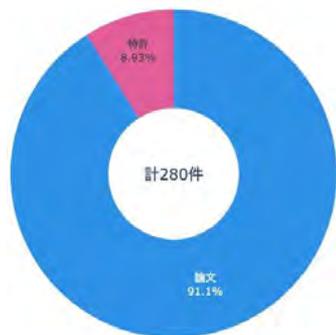
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	Distributed MIMO radar multi-target position and speed estimation method and device	分散MIMOレーダーを用いたマルチターゲットの位置と速度の推定方法を提案しています。この方法は、圧縮センシング技術を活用し、低計算複雑性と低データ通信量でターゲットパラメータの精度を向上させます。	nat univ defense technology pla	2024	CN117872345
論文	Radar Image Series Denoising of Space Targets Based on Gaussian Process Regression	高解像度レーダーで撮影された宇宙ターゲットの画像シリーズのノイズ除去に焦点を当て、ガウス過程回帰を用いて効果的なノイズ除去を実現しています。特に低SNRシナリオでの構造保持に優れています。	xidian university	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2019.2892183">https://doi.org/10.1109/tgrs.2019.2892183</a>
論文	Nonambiguous Image Formation for Low-Earth-Orbit SAR With Geosynchronous Illumination Based on Multireceiving and CAMP	GEO-LEOバイスタティックSARのための非曖昧な画像形成方法を提案し、GEO SARの広範なビームカバレッジと長時間観測を活用しています。圧縮センシングを用いて画像の焦点を合わせ、ドブラーの曖昧性を抑制します。	university of electronic science and technology of china	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2020.2992744">https://doi.org/10.1109/tgrs.2020.2992744</a>
論文	Multi-resolution dictionary-based sparse coding method for interferometric phase image denoising	インターフェロメトリック位相画像のノイズ除去のためのマルチレゾリューション辞書ベースのスパースコーディング方法を紹介し、従来の方法よりも高いピークSNRを達成しています。	space engineering university	2022	<a href="https://doi.org/10.1117/1.jei.31.3.033034">https://doi.org/10.1117/1.jei.31.3.033034</a>

## 地下構造探査におけるレーダー技術の応用

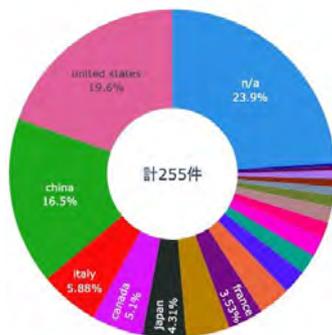
### 概要

このカテゴリーは、レーダー技術を用いて地球や他の天体の地下構造や大気の特徴を探査する方法に関するものである。具体的には、地中レーダー（GPR）を用いた溶岩チューブの地形マッピングや、ドップラーHFレーダーによる水文学の予測、さらには火星の地下構造の調査などが含まれる。また、イオン圏の研究においては、スーパーDARNや干渉散乱レーダー（ISR）を用いた観測が行われ、宇宙空間の物体やプラズマの不安定性の検出にも利用されている。これらの技術は、地球外探査や環境モニタリングにおいて重要な役割を果たしている。

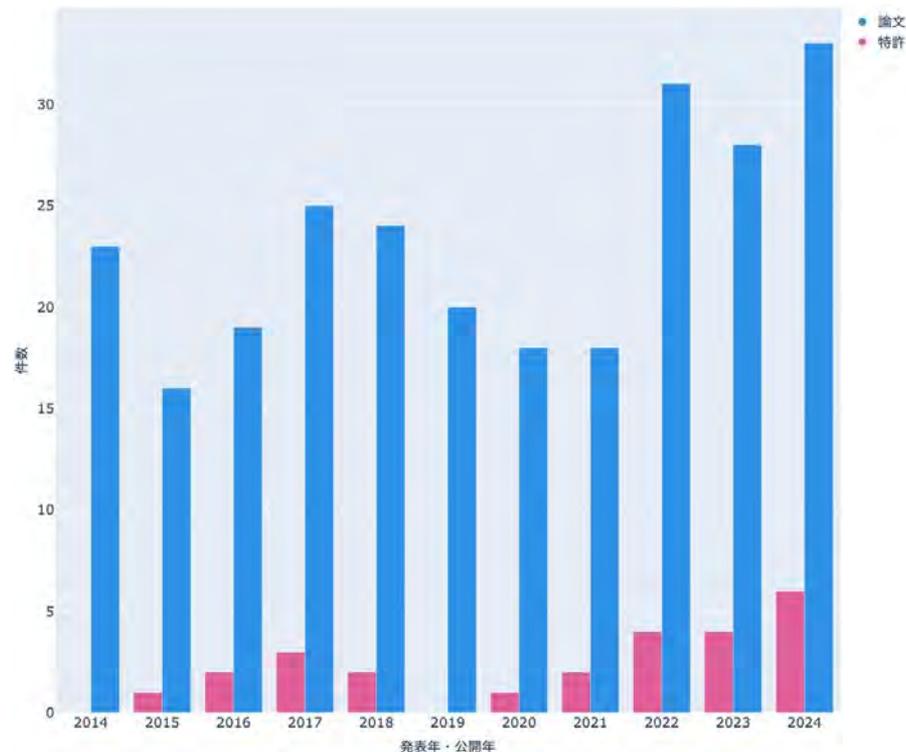
#### 特許・論文比率



#### 論文国別比率



#### 論文・特許数推移



## SARによる地下構造の高精度マッピング技術

合成開口レーダー（SAR）を用いた地下構造の高精度マッピング技術は、地震予知や資源探査において重要な役割を果たしています。特に、イオン層の影響を補正する技術が進展し、SAR画像の位相誤差を低減することで、地下の詳細な構造解析が可能となっています。これにより、地質構造の高精度なマッピングが実現され、今後の研究開発が期待されています。

### 開発状況

地下構造の高精度なマッピングを実現するために、SAR技術を用いてイオン層の影響を補正し、地質構造の詳細な解析を可能にすることを目的としています。

### 課題

SARを地下構造のマッピングに適用する際、イオン層の影響による位相誤差が問題となります。このため、イオン層の特性を適正化する技術の開発が進められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Correction of Ionospheric Artifacts in SAR Data: Application to Fault Slip Inversion of 2009 Southern Sumatra Earthquake	2009年の南スマトラ地震の断層すべり逆解析において、イオン層の影響を補正する技術を研究しています。特に、長波長のイオン層アーティファクトを効果的に軽減し、地震のすべり分布の正確な表現を実現しました。	hong kong polytechnic university	2018	<a href="https://doi.org/10.1109/lgrs.2018.2844686">https://doi.org/10.1109/lgrs.2018.2844686</a>
論文	TEC retrieval from spaceborne SAR data and its applications	VHF-UHF帯のSARデータからの全電子数（TEC）取得精度を向上させる研究です。三帯域経路遅延技術を提案し、イオン層の不規則性による誤差を軽減し、SAR画像の補正を改善しました。	xidian university	2014	<a href="https://doi.org/10.1002/2014ja020078">https://doi.org/10.1002/2014ja020078</a>
論文	Mitigation of Ionospheric Noise in Azimuth Offset Based on the Split-Spectrum Method	LバンドSARデータの方位オフセットにおけるイオン層ノイズを軽減する新しい方法を提案しています。熊本地震の際に、方位ストリークを大幅に削減し、地上移動の正確な抽出を可能にしました。	geospatial information authority of japan	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2021.3073511">https://doi.org/10.1109/tgrs.2021.3073511</a>
論文	Verification of high-resolution and precision TEC retrieval based on the PALSAR full-polarimetric data	ALOS PALSARの全偏波データを用いて、イオン層の影響を受けたTEC情報の信頼性と精度を検証しています。GPSデータと比較して、SARによるイオン層探査は精度と解像度で優れています。	china academy of space technology	2018	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2325061">https://doi.org/10.1117/12.2325061</a>

## 火星探査におけるレーダー技術の進化と応用

火星探査におけるレーダー技術の進化は、地下構造の詳細な把握を可能にし、特に氷や水の存在を明らかにすることで、地質学的な過去の解明に貢献しています。合成開口レーダー（SAR）や浅層レーダー（SHARAD）の応用により、火星の中緯度や極地域における氷の移動や気候変動に関する新たな知見が得られ、将来的な探査ミッションにおける着陸地点の選定や資源探査において重要な役割を果たすことが期待されています。

### 開発状況

火星の地下における氷や水の存在を詳細に把握し、地質学的な過去の解明や将来的な探査ミッションの計画に役立てることを目的としています。特に、着陸地点の選定や資源探査における情報提供を目指しています。

### 課題

火星の地下構造を探査する際、レーダー技術の解像度やデータ解析の精度を向上させる必要があります。特に、複雑な地形や氷の層を正確に識別するための技術開発が求められています。

### 関連論文/特許

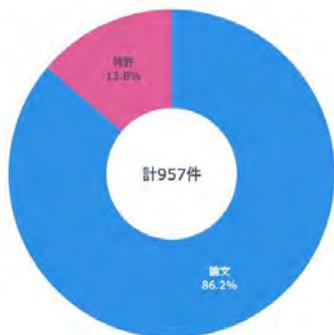
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	3D imaging of Mars' shallow subsurface with orbital radar data	NASAの火星偵察オービターに搭載されたSHARADは、火星の浅層地下の3Dイメージングを可能にし、特に北極地域の地下構造を明らかにしています。	freestyle analytical & quantitative services, llc	2024	<a href="https://doi.org/10.1190/iceg2023-024.1">https://doi.org/10.1190/iceg2023-024.1</a>
論文	A Fully Automatic Algorithm for Reflector Detection in Radargrams Based on Continuous Wavelet Transform and Minimum Spanning Tree	連続ウェーブレット変換と最小全域木を用いた新しいアルゴリズムにより、火星のレーダーグラムから反射体を自動検出し、解析の効率を向上させています。	peking university	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2022.3170036">https://doi.org/10.1109/tgrs.2022.3170036</a>
論文	Subsurface layer investigation of the glacial-like forms using SHARAD data	SHARADデータを用いて、火星の中緯度における氷河状地形の地下層を調査し、氷の移動と地質学的歴史を探っています。	University of Twente, The Netherlands	2022	<a href="https://doi.org/10.5194/epsc2022-382">https://doi.org/10.5194/epsc2022-382</a>
論文	The Global Search for Liquid Water on Mars from Orbit: Current and Future Perspectives.	MARSISを用いた火星の液体水探査は、特に極地域での氷下水の存在を示唆し、将来の探査に向けた重要な知見を提供しています。	istituto nazionale di astrofisica	2020	<a href="https://doi.org/10.3390/life10080120">https://doi.org/10.3390/life10080120</a>

## SAR技術を用いた多様なリモートセンシング応用

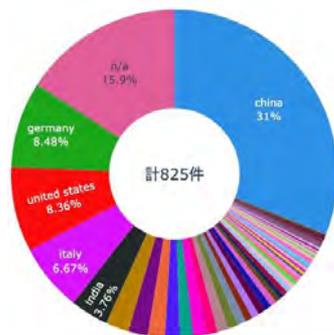
## 概要

このカテゴリーは、SAR（合成開口レーダー）技術を用いたリモートセンシングに関するものである。具体的には、船舶検出、油流出監視、農作物の面積推定など、多様な応用が含まれる。特に、マルチモーダルデータの融合や深層学習を活用した画像処理技術が進展しており、精度の高い情報取得が可能となっている。また、光学データとの統合や、無人航空機を用いた高解像度データ収集も注目されている。

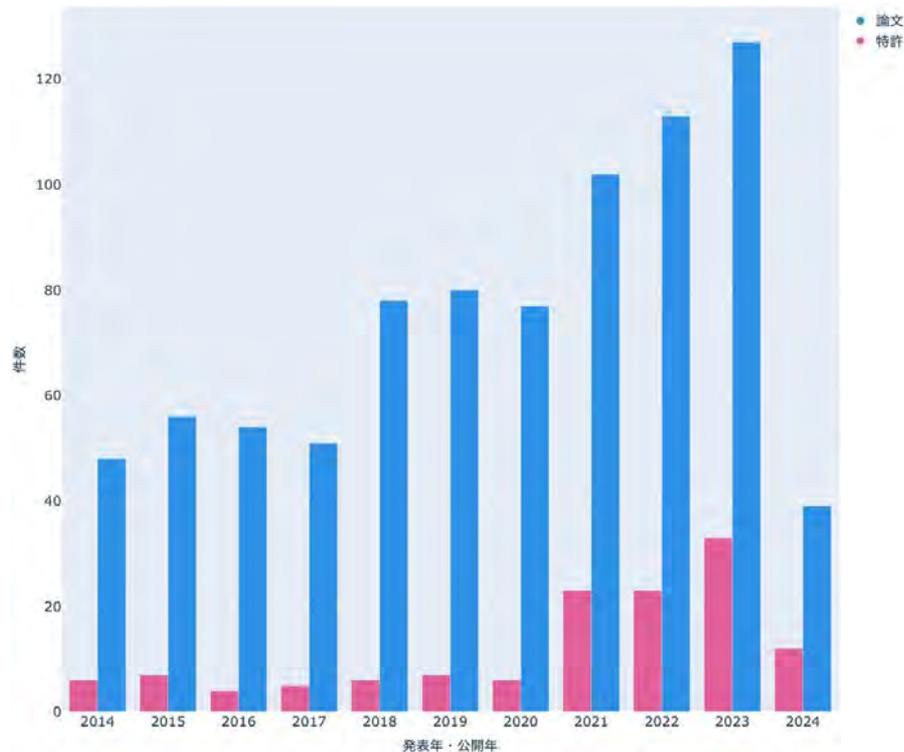
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## 多角度SAR画像融合による影とレイオーバーの解決

多角度SAR画像融合技術は、複雑な地形における影やレイオーバーの問題を解決するために進化しています。特に、低軌道メガコンステレーションを活用した多角度画像生成が進展し、影やレイオーバー領域をセグメント化するネットワークが開発されています。この技術は、単一角度のイメージング技術と比較して、ターゲット検出精度を大幅に向上させることが実証されており、都市部や山岳地帯でのSAR画像の解釈精度向上に寄与することが期待されます。

### 開発状況

多角度SAR画像融合技術の開発は、影やレイオーバーの影響を軽減し、複雑な地形でのターゲット検出精度を向上させることを目的としています。これにより、都市部や山岳地帯でのSAR画像の解釈精度を高めることが目指されています。

### 課題

多角度SAR画像融合を実現する際に、影やレイオーバーの特性を適正化するための技術開発が必要です。特に、複雑な地形でのターゲット検出精度を向上させるためのネットワーク設計が課題となっています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	A Novel Shadow and Layover Segmentation Network for Multi-Angle SAR Images Fusion	この研究は、複雑な地形における影とレイオーバーの問題を解決するための新しいアプローチを提案しています。特に、低軌道メガコンステレーションを活用した多角度画像生成が進展し、影やレイオーバー領域をセグメント化するネットワークが開発されています。	chinese academy of sciences	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/access.2022.3217510">https://doi.org/10.1109/access.2022.3217510</a>
論文	Design concepts for distributed synthetic aperture radar enabling innovative missions and imaging techniques by microsattellites	分散型合成開口レーダー（SAR）システムの新しい設計コンセプトを紹介し、革新的で高性能なミッションを可能にすることを目的としています。小型で機動性のある衛星プラットフォームを活用し、信号処理の課題を解決することで、コスト効率の高い運用が期待されます。	university of naples federico ii	2020	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2574009">https://doi.org/10.1117/12.2574009</a>
特許	Satellite-borne real-time processor supporting synthetic aperture radar satellite imaging and target detection	この発明は、合成開口レーダー（SAR）衛星画像とターゲット検出を強化するためのリアルタイムプロセッサを紹介しています。リアルタイム処理能力により、SAR画像からの重要なターゲット情報の抽出が迅速に行われ、ターゲット検出の精度が維持されます。	univ tsinghua	2023	CN116804743
論文	A Novel Feature-Level Fusion Framework Using Optical and SAR Remote Sensing Images for Land Use/Land Cover (LULC) Classification in Cloudy Mountainous Area	光学およびSARリモートセンシング画像を組み合わせた新しい特徴レベルの融合フレームワークを紹介し、曇りの多い山岳地帯での土地利用/土地被覆（LULC）分類を目的としています。高い分類性能を示し、森林や人工表面の識別精度を向上させます。	capital normal university	2020	<a href="https://doi.org/10.3390/app10082928">https://doi.org/10.3390/app10082928</a>

## SARと光学データの融合によるリモートセンシングの精度向上

SARと光学データの融合技術は、リモートセンシングの精度を向上させるために重要です。特に、異なるセンサーからのデータを組み合わせることで、クラウドカバーやスペクトル情報の欠如といった制約を克服し、より正確な地物分類や変化検出が可能となります。近年、Cycle-GANや深層学習を用いたデータ融合技術が注目されており、森林火災や農地分類、都市変化の監視において有効性が示されています。

### 開発状況

リモートセンシングにおけるデータの精度向上を目的とし、SARと光学データの特性を活かした高精度な情報取得を目指した開発が進められています。これにより、地物分類や変化検出の精度向上が期待されます。

### 課題

SARと光学データを融合する際、異なるセンサーの特性を適正化するための技術開発が必要です。特に、スペクトル情報の欠如やクラウドカバーの影響を最小限に抑えるための手法が求められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	CYCLE-GAN BASED FEATURE TRANSLATION FOR OPTICAL-SAR DATA IN BURNED AREA MAPPING	Cycle-GANを用いた光学-SARデータの特徴翻訳により、森林火災の監視精度を向上させる研究です。光学データのスペクトル特性とSARの全天候性を組み合わせ、焼失地域の正確な情報取得を実現しました。	istanbul technical university	2023	<a href="https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlviii-m-1-2023-491-2023">https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlviii-m-1-2023-491-2023</a>
論文	Sentinel-1 and Sentinel-2 data fusion system for surface water extraction	Landsat-8とSentinel-2の光学データとSentinel-1のRADARデータを融合し、表面水の抽出精度を向上させるシステムを開発しました。高解像度画像と水指数マップを用いて、分類精度を大幅に向上させました。	university of shahrood	2021	<a href="https://doi.org/10.1117/1.jrs.15.014521">https://doi.org/10.1117/1.jrs.15.014521</a>
論文	MSDF-Net: A Multi-Scale Deep Fusion Network with Dilated Convolutions for Cloud Removal from Sentinel-2 Imagery	MSDF-Netは、Sentinel-2の画像から雲を除去するためのマルチスケール深層融合ネットワークです。SARデータを統合し、雲のない画像の再構築を強化し、地球観測データの品質を向上させます。	national institute of technology puducherry	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/apsipa-asc58517.2023.10317471">https://doi.org/10.1109/apsipa-asc58517.2023.10317471</a>
論文	Damage Detection After the Earthquake Using Sentinel-1 and 2 Images and Machine Learning Algorithms (Case Study: Sarpol-e Zahab Earthquake)	Sentinel-1と2の画像を用いた地震後の被害検出手法を提案。光学とレーダー画像を融合し、都市部の変化マップを作成。ESAの被害マップと比較し、高い精度を示しました。	k. n. toosi university of technology	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/iccke57176.2022.9960127">https://doi.org/10.1109/iccke57176.2022.9960127</a>

## SAR技術による地震後の地形変動監視の進展

SAR技術を用いた地形変動監視は、地震や地滑りなどの自然災害の影響を迅速に評価し、管理するために重要です。特にInSAR技術の進展により、地震後の地殻変動の詳細なモデリングが可能となり、災害対応の効率化に寄与しています。今後、SARデータを用いた監視技術は、より広範な地域での適用が期待され、地形変動の早期検出とリスク管理において重要な役割を果たすでしょう。

### 開発状況

SAR技術を用いた地形変動監視の目的は、地震や地滑りなどの災害による地形変動を迅速かつ正確に把握し、被災地の早期復旧とリスク軽減を図ることです。また、広範囲にわたる地形変動の長期的な監視を通じて、災害予測と防災計画の策定に貢献することを目指しています。

### 課題

SAR技術を地形変動監視に適用する際、データの精度と解析速度を向上させるための技術開発が求められています。特に、広範囲かつ高精度なデータ取得と解析を実現するためのシステムの最適化が課題です。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	Reconfigurable space-based high-resolution SAR (Synthetic Aperture Radar) imaging and detection identification processing system	高解像度SARイメージングと多目標検出を可能にする再構成可能な宇宙ベースのSARシステムを紹介。空間放射線条件下での動作が可能で、システムの再構成が可能です。	shanghai aerospace measurement control & communication inst	2023	CN117250616
論文	InSAR validation based on GNSS measurements in Bucharest	ブカレストでの地殻変動をGNSSデータで検証。TerraSAR-Xの変位結果とGNSSデータを比較し、良好な一致を示しました。地上局の不足を補うための設計も行われました。	university of bucharest	2016	<a href="https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1244367">https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1244367</a>
論文	Development status of MetaSensing StarSAR-X: a multi-mode high-resolution spaceborne X-band SAR payload	MetaSensing StarSAR-Xは、地上インフラと自然災害の監視を目的とした高解像度XバンドSARペイロードです。インフラ監視と自然災害評価における応用が期待されます。	MetaSensing	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/apsar52370.2021.9687832">https://doi.org/10.1109/apsar52370.2021.9687832</a>
論文	A SAR Is Born: How a Cold War Era Technique Is Reinventing Deformation Monitoring from Earth's Orbit	SAR技術は、地球規模の変形監視に再発明されました。AIの統合により、インフラ監視のための強力なツールとしての可能性が強調されています。	ovela, llc	2020	<a href="https://doi.org/10.1061/geosek.0000091">https://doi.org/10.1061/geosek.0000091</a>

## SAR技術による海氷モニタリングの進展

SAR技術を用いた海氷モニタリングは、LバンドやCバンドのSARを活用した海氷分類や動態解析の進展により、より高精度な海氷情報の取得が可能となっている。特に人工知能技術を用いた自動分類システムの開発が進んでおり、航路の安全性向上や環境モニタリングへの応用が期待される。これにより、気候変動の影響をより詳細に把握することが可能となり、注目が高まっている。

### 開発状況

海氷モニタリングにおけるデータ精度と解析能力を向上させることを目的とし、特に自動化された分類システムの開発や、気候変動の影響を詳細に把握するための技術の実現を目指している。

### 課題

SAR技術を海氷モニタリングに適用する際、海氷の複雑な動態や分類の精度を向上させるために、より高度なデータ解析技術や機械学習アルゴリズムの開発が求められている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	A comparison of Backscatter Intensity of Icebergs in C- and L-band SAR Imagery	CバンドとLバンドのSAR画像を用いて氷山の後方散乱強度を比較し、特に海氷に囲まれた氷山の検出能力を評価した。LバンドSARは粗い海氷条件下で優れた性能を示した。	The Arctic University of Norway	2022	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-7013">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-7013</a>
論文	Seasonal assessment of the dynamics of sea ice based on aerospace data on Livingston Island, New Shetland Islands in Antarctica and Longyearbyen in the Arctic	リビングストン島とロングイェールビーン周辺の海氷動態を、2015年から2019年の航空宇宙データを用いて評価。SARデータは特に海氷の融解記録に効果的であることが示された。	space research and technology institute	2020	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2570829">https://doi.org/10.1117/12.2570829</a>
論文	Refining polarimetric classification methods for deriving sea ice labels from synthetic aperture radar data	SARデータから海氷ラベルを導出するための極性分類法を改良。機械学習を用いて、グリーンランド海やバレンツ海の海氷変化を観察し、分類精度を向上させた。	los alamos national laboratory	2022	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2633663">https://doi.org/10.1117/12.2633663</a>
論文	IGARSS - Towards Operational Sea Ice Type Retrieval Using L-Band Synthetic Aperture Radar	LバンドSARを用いた海氷タイプの運用的な取得を目指す研究。JAXAのALOS-2 PALSAR-2センサーを活用し、人工ニューラルネットワークを用いた分類手法を提案。	german aerospace center	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss.2019.8900458">https://doi.org/10.1109/igarss.2019.8900458</a>

## SAR技術による海洋風と波の高解像度観測

SAR技術を用いた海洋風と波の高解像度観測が進展しており、特に北極海域での気候変動の影響を受けた観測が注目されています。これにより、海洋と大気の相互作用を詳細に把握し、気候モデルの精度向上に貢献することが期待されています。SAR技術は高い空間解像度とカバレージを提供し、特に氷の少ない海域での観測に有効です。

### 開発状況

SAR技術を用いて海洋風と波の観測精度を向上させ、気候変動の影響を受ける地域でのデータ収集を強化することを目的としています。これにより、気候モデルの精度向上や海洋と大気の相互作用の理解を深めることを目指しています。

### 課題

SAR技術を海洋風と波の観測に適用する際、データの精度と空間解像度を向上させるための技術開発が必要です。特に、氷の少ない海域での観測において、従来のリモートセンシング技術の限界を克服することが課題です。

### 関連論文/特許

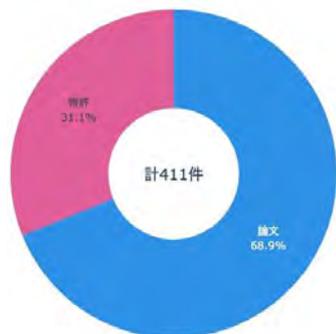
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Pan-Arctic ocean wind and wave data by spaceborne SAR	Sentinel-1 SARを用いて北極海の高解像度海洋風と波のデータセットを開発。気候変動の影響で氷の少ない地域が増加する中、SARデータは高い空間解像度とカバレージを提供し、気候モデルの精度向上に寄与する。	chinese academy of sciences	2021	<a href="https://doi.org/10.1080/20964471.2021.1996858">https://doi.org/10.1080/20964471.2021.1996858</a>
論文	Sea Ice Remote Sensing—Recent Developments in Methods and Climate Data Sets	海氷リモートセンシングは、気候監視や氷の予測に重要であり、SARは高解像度の地域観測を可能にする。SARデータは、海氷のプロセスと動態の理解を深め、将来の衛星開発に貢献する。	Nansen Environmental and Remote Sensing Center	2023	<a href="https://doi.org/10.1007/s10712-023-09781-0">https://doi.org/10.1007/s10712-023-09781-0</a>
論文	Eddy generation and variability of the marginal ice zone in the Fram Strait according to satellite radar measurements	Fram海峡の周辺でSARデータを用いて、氷縁の変動と渦の生成を分析。特に夏季における氷水境界の非均一な動きと渦の生成が観察され、海洋動態の理解に寄与する。	Marine Hydrophysical Institute RAS	2021	<a href="https://doi.org/10.1088/1742-6596/2057/1/012022">https://doi.org/10.1088/1742-6596/2057/1/012022</a>
論文	Detection and Velocity Measurement of Brash Ice in the Arctic Ocean by TerraSAR-X Quad-pool SAR	TerraSAR-Xを用いて北極海のプレッシュアイス速度を測定する新手法を提案。SARデータにより、氷の動きを高精度で検出し、海氷モデルの改善に貢献する。	pusan national university	2019	<a href="https://doi.org/10.2112/si90-001.1">https://doi.org/10.2112/si90-001.1</a>

## 海流測定におけるSARと干渉法の応用技術

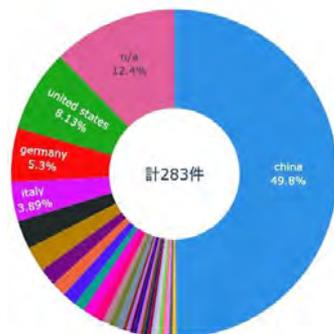
## 概要

このカテゴリーは、合成開口レーダー（SAR）や干渉法を用いた海流測定技術に関するものである。具体的には、ATI法による高精度な位相測定、ドップラー測定誤差の低減、空間適応処理（STAP）を用いた目標検出の向上、動き補償技術による画像のコレジストレーション精度向上などが含まれる。また、GNSS受信機の安定化や、マルチチャネルSARシステムにおける計算負荷の軽減手法も評価されている。これらの技術は、海洋観測や地表の動的変化の解析において重要な役割を果たす。

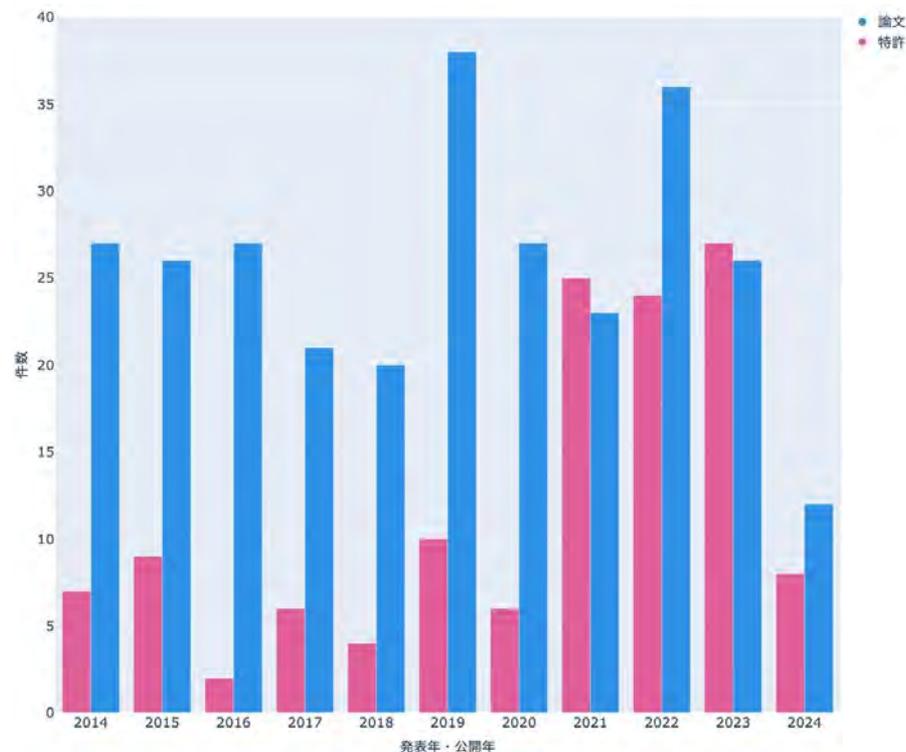
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## SAR技術による海洋監視の精度向上

SAR技術を海洋監視に適用することで、海洋の動態をより詳細に把握する研究が進んでいる。特に、SAR画像の高解像度化とデータ処理技術の進化により、海洋資源の管理や環境保護における応用が期待される。さらに、三次元変形の再構築技術が開発され、地形変動や災害予測への応用も注目されている。

### 開発状況

海洋監視におけるSAR技術の精度向上を目的とし、データの高解像度化と迅速な処理を実現することで、海洋資源の管理や環境保護を支援することを目指している。

### 課題

SAR技術を海洋監視に適用する際に、データの高解像度化とリアルタイム処理の両立が課題となっている。これにより、より正確な海洋動態の把握が求められている。

### 関連論文/特許

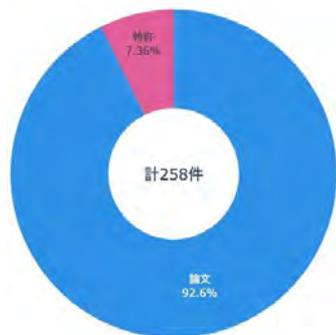
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Effective Association of SAR and AIS Data Using Non-Rigid Point Pattern Matching	SARとAISデータを統合し、船舶監視を改善する研究。非剛性点パターンマッチング法を用い、複雑な環境での精度向上を実現。	National University of Defence Technology	2014	<a href="https://doi.org/10.1088/1755-1315/17/1/012258">https://doi.org/10.1088/1755-1315/17/1/012258</a>
論文	Fusion of Spaceborne and Airborne SAR Images via Target Proposal and Polarization Information Exploitation for Vessel Detection	宇宙および航空機搭載SAR画像を融合し、船舶検出を行う新手法を提案。実験により、従来技術よりも高い検出性能を示した。	huazhong university of science and technology	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/radar53847.2021.10028255">https://doi.org/10.1109/radar53847.2021.10028255</a>
特許	DEM (Digital Elevation Model) extraction method based on joint correlation of circular SAR (Synthetic Aperture Radar) sub-aperture image sequences	円形SARサブアパーチャ画像列を用いたDEM抽出法を開発。幾何学的歪みを補正し、精度の高いDEMを取得することが可能。	univ xidian	2019	CN109270527
論文	Multichannel SAR-GMTI in Maritime Scenarios With F-SAR and TerraSAR-X Sensors	F-SARとTerraSAR-Xを用いた海上移動目標指示技術を研究。新しい適応手法を導入し、海上監視の性能向上を目指す。	polytechnic university of catalonia	2015	<a href="https://doi.org/10.1109/jstars.2015.2438898">https://doi.org/10.1109/jstars.2015.2438898</a>

## SAR技術を用いた森林バイオマス推定手法

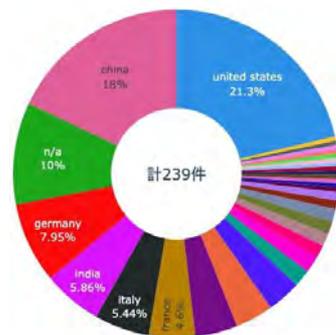
## 概要

このカテゴリーは、宇宙からの合成開口レーダー（SAR）技術を用いた地球科学的分析に関するものである。具体的には、LバンドやPバンドのレーダーを使用して森林の高さやバイオマスを推定する手法、マルチベースラインInSAR技術による高精度な標高推定、LiDAR技術を用いた地表面の詳細なデータ取得などが含まれる。また、光学画像とSARデータの統合による植生の評価や、土壌水分の測定、農作物の進化監視など、多様な応用が展開されている。

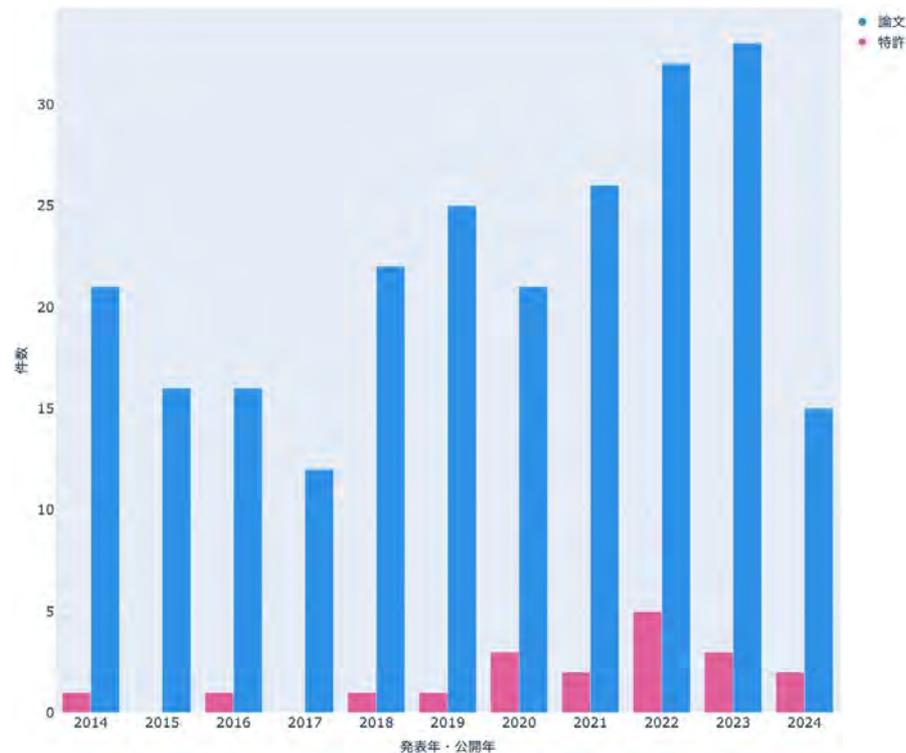
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## PバンドSARトモグラフィーによる森林構造解析

PバンドSARトモグラフィーは、森林の垂直構造を3次元的に解析する技術であり、森林バイオマスの正確な推定に寄与しています。この技術は、森林の上層部と下層部の詳細な構造を把握することが可能で、特にESAのBIOMASSミッションにおいて重要な役割を果たしています。今後のグローバルな森林バイオマスのマッピングにおいても期待されています。

### 開発状況

PバンドSARトモグラフィーを活用して、森林の垂直構造を詳細に解析し、バイオマスの正確な推定を実現することを目的としています。これにより、森林管理や気候変動対策に貢献することが期待されています。

### 課題

PバンドSARトモグラフィーを用いた森林構造解析において、データの取得や処理における技術的な課題が存在します。特に、森林の密度や地形の影響を受けやすく、正確なデータ取得と解析が求められます。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Potential of P-Band SAR Tomography in Forest Type Classification	PバンドSARトモグラフィーを用いた森林タイプ分類の可能性を探る研究です。ドイツ航空宇宙センターのF-SARセンサーを使用し、5つの森林タイプの垂直プロファイルを分析しました。	university of montpellier	2021	<a href="https://doi.org/10.3390/rs13040696">https://doi.org/10.3390/rs13040696</a>
論文	Measurements of Forest Biomass Change Using P-Band Synthetic Aperture Radar Backscatter	PバンドSARを用いた森林バイオマス変化の測定方法を研究しています。BioSARキャンペーンのデータを使用し、回帰モデルを開発しました。	chalmers university of technology	2014	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2013.2294684">https://doi.org/10.1109/tgrs.2013.2294684</a>
論文	Mapping above-ground biomass in tropical forests with ground-cancelled P-band SAR and limited reference data	CASINOアルゴリズムを用いて、PバンドSARデータで熱帯林の地上バイオマスを推定する研究です。ESAのBIOMASSミッションの一環として行われました。	university of tasmania	2021	<a href="https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112153">https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112153</a>
論文	The Impact of Temporal Decorrelation on BIOMASS Tomography of Tropical Forests	BIOMASSミッションのPバンドSARトモグラフィーにおける時間的デコヒーレンスの影響を研究しています。フランス領ギアナの熱帯林を対象にしています。	centre d'etudes spatiales de la biosphere (cesbio)	2015	<a href="https://doi.org/10.1109/lgrs.2015.2394235">https://doi.org/10.1109/lgrs.2015.2394235</a>

## マルチバンドSARデータによるバイオマス推定精度向上

マルチバンドSARデータを用いた森林バイオマス推定の精度向上が注目されている。特に、Pバンド、Lバンド、Cバンドのデータを組み合わせることで、単一バンドでは得られない詳細な情報を取得し、バイオマス推定の精度を向上させることが可能となっている。このアプローチは、ボレアール森林におけるバイオマスの正確な推定に寄与し、異なるバンドのデータを組み合わせることで、より高い精度の推定が実現されている。

開発  
状況

マルチバンドSARデータを活用して、森林バイオマスの推定精度を向上させることを目的としている。これにより、より正確な森林管理や気候変動の影響評価が可能となることが期待されている。

## 課題

マルチバンドSARデータを用いたバイオマス推定において、異なるバンドのデータを適切に組み合わせることが課題となっている。特に、各バンドの特性を理解し、最適な組み合わせを見つけることが求められている。

## 関連論文/特許

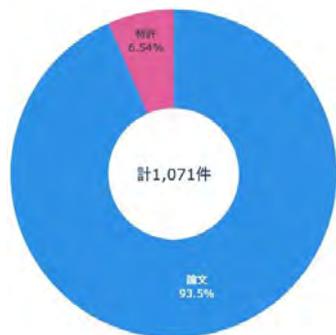
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Aboveground Forest Biomass Estimation Combining L- and P-Band SAR Acquisitions	LバンドとPバンドのSARを組み合わせることで森林バイオマスを推定する研究。スウェーデンの森林での実験により、特定のバンド組み合わせが単一バンドよりも高精度な推定を可能にすることが示された。	university of göttingen	2018	<a href="https://doi.org/10.3390/rs10071151">https://doi.org/10.3390/rs10071151</a>
論文	Benchmarking the Retrieval of Biomass in Boreal Forests Using P-Band SAR Backscatter with Multi-Temporal C- and L-Band Observations	PバンドSARとマルチテンポラルなCおよびLバンド観測を組み合わせることでボレアール森林のバイオマスを推定。Pバンド単独での精度が最も高く、他のバンドとの組み合わせでさらに精度が向上した。	gamma remote sensing	2019	<a href="https://doi.org/10.3390/rs11141695">https://doi.org/10.3390/rs11141695</a>
論文	Aboveground Biomass Mapping Using ALOS-2/PALSAR-2 Time-Series Images for Borneo's Forest	Borneoの森林でALOS-2/PALSAR-2の時系列画像を用いて地上バイオマスをマッピング。ランダムフォレストアルゴリズムを使用し、信号飽和問題を改善し、広範囲のバイオマス推定を実現。	japan aerospace exploration agency	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/jstars.2019.2957549">https://doi.org/10.1109/jstars.2019.2957549</a>
論文	Improving Forest Above-Ground Biomass Retrieval Using Multi-Sensor L- and C- Band SAR Data and Multi-Temporal Spaceborne LiDAR Data	LおよびCバンドSARデータとマルチテンポラルなLiDARデータを用いて、熱帯林の地上バイオマス推定を改善。ランダムフォレストを用いたモデルで高い精度を達成。	indian institute of technology bombay	2022	<a href="https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.822704">https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.822704</a>

## 合成開口レーダーを用いた地表変位の精密測定技術

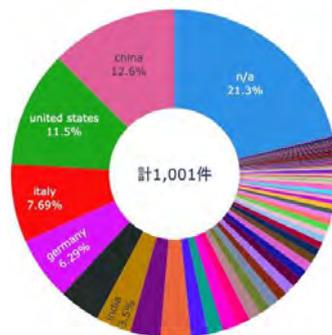
## 概要

このカテゴリーは、合成開口レーダー（SAR）技術を用いた地球観測に関するものである。SARは、衛星からの高解像度画像を取得し、地表の変位や変化を精密に測定するために使用される。特に、干渉SAR（InSAR）技術は、複数の時点からのデータを比較することで、地面の変形や災害リスクを評価するのに役立つ。また、SARデータは洪水の影響評価や生態系の動態分析にも利用されており、様々な環境モニタリングに貢献している。

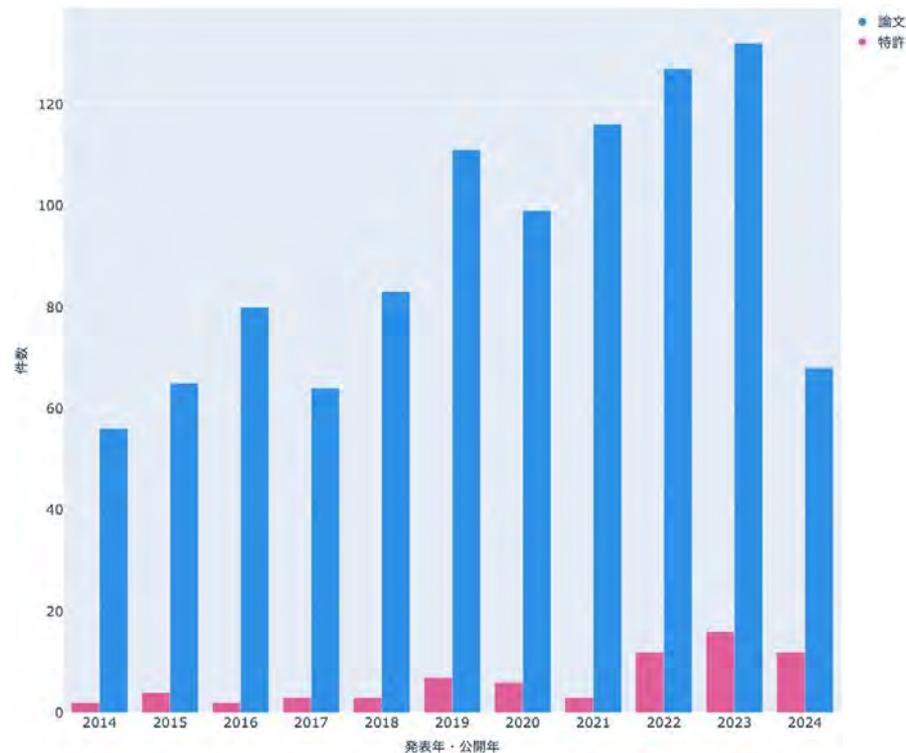
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## SAR技術による災害影響評価の高度化

SAR技術を災害影響評価に適用することで、迅速かつ正確な災害対応が可能となる研究が多く見られます。具体的には、洪水や地震による地表変位を検出するためにSARデータを活用し、災害管理や復旧計画の策定に貢献しています。

### 開発状況

SAR技術を用いて災害時の地表変位や水域の変化を迅速に把握することを目的とした開発が進められています。これにより、災害対応の迅速化と精度向上を目指しています。

### 課題

SAR技術を災害評価に適用する際に、データの精度や解析手法の最適化が課題となっています。特に、都市部や植生の多い地域での水域抽出の精度向上が求められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Synergic use of Sentinel-1 and Sentinel-2 data for automatic detection of earthquake-triggered landscape changes: A case study of the 2016 Kaikoura earthquake (Mw 7.8), New Zealand	この研究は、Sentinel-1とSentinel-2のデータを用いて地震による地形変化を自動検出する新しい手法を紹介しています。2016年のニュージーランドのカイコウラ地震に適用され、地震による地形変化を迅速にマッピングすることが可能です。	czech geological survey	2021	<a href="https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112634">https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112634</a>
論文	A CNN-BASED FLOOD MAPPING APPROACH USING SENTINEL-1 DATA	この研究は、Sentinel-1 SARデータを用いたCNNベースの洪水マッピング手法を提案しています。U-Netアーキテクチャを使用し、洪水地域と植生を分類することで、洪水の影響を高精度で把握することができます。	hacettepe university	2022	<a href="https://doi.org/10.5194/isprs-annals-v-3-2022-549-2022">https://doi.org/10.5194/isprs-annals-v-3-2022-549-2022</a>
論文	Inferring The Impact Of Vaia Storm On Slopes Stability Using Sentinel-1 Data.	この研究は、Sentinel-1データを用いてイタリアアルプスの斜面安定性に対するVaia嵐の影響を評価しています。レーダー干渉法を用いて地滑り活動の変化を検出し、将来のリスク軽減戦略の開発に貢献しています。	university of strathclyde	2023	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-9219">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-9219</a>
論文	Satellite-Based Flood Mapping through Bayesian Inference from a Sentinel-1 SAR Databcube	この技術は、Sentinel-1 SARデータキューブを用いたベイズ推論による衛星ベースの洪水マッピングシステムを紹介しています。グローバルな洪水シグネチャを用いて、約96%の精度で洪水をマッピングすることが可能です。	vienna university of technology	2022	<a href="https://doi.org/10.3390/rs14153673">https://doi.org/10.3390/rs14153673</a>

## SARによる土壌水分モニタリング技術の進展

合成開口レーダー（SAR）を用いた土壌水分モニタリング技術は、農業や水資源管理において重要な役割を果たしています。特に、Sentinel-1とSentinel-2のデータを組み合わせた高精度な土壌水分推定が進展しており、乾燥地帯や湿地のモニタリングに適しています。これにより、農業生産性の向上や水資源の効率的な利用が期待されています。

### 開発状況

SAR技術を活用して、土壌水分の高精度なモニタリングを実現し、農業や水資源管理の効率化を図ることを目的としています。これにより、持続可能な農業と水資源の管理を支援することが目指されています。

### 課題

SARを用いた土壌水分モニタリング技術の開発において、データの空間的および時間的解像度の最適化が課題となっています。特に、異なるデータセットの統合や、精度向上のためのアルゴリズム開発が求められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Open Source Soil Moisture Estimation From Spaceborne GNSS Reflectometry Data Fusion	GNSS-RとSARデータを融合し、オープンソースの土壌水分推定製品を開発。特に、災害リスク管理に限られる地域での利用が期待される。	na	2024	<a href="https://doi.org/10.33012/2024.19522">https://doi.org/10.33012/2024.19522</a>
論文	Development and assessment of the SMAP enhanced passive soil moisture product	SMAPの受動的土壌水分製品を開発し、9 kmグリッドでの高精度な土壌水分取得を実現。新しいデータ製品で観測能力を補完。	california institute of technology	2017	<a href="https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.08.025">https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.08.025</a>
論文	Development Of Algorithms For The Estimation Of Hydrological Parameters Combining Cosmo-Skymed And Sentinel Time Series With In Situ Measurements	COSMO-SkymedとSentinelデータを組み合わせ、土壌水分や植生特性を推定するアルゴリズムを開発。イタリアでの試験で有望な結果を得た。	instituto politécnico nacional	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/m2garss47143.2020.9105313">https://doi.org/10.1109/m2garss47143.2020.9105313</a>
論文	Machine Learning Methods for 1 km Soil Moisture Retrieval from Sentinel-1: An Evaluation with Limited Training Samples	機械学習を用いてSentinel-1データから土壌水分を取得。ランダムフォレストモデルが最も効果的で、異なるデータセットで良好な結果を示した。	hohai university	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/radar54928.2023.10371043">https://doi.org/10.1109/radar54928.2023.10371043</a>

## SARによる都市部地表変位モニタリングの進化

合成開口レーダー（SAR）技術は、都市部の地表変位モニタリングにおいて重要な役割を果たしています。都市インフラの維持管理や災害リスクの低減に貢献しています。SARは、微小な地表変位を高精度で検出できるため、橋梁や建物の構造健全性の監視に利用され、都市開発の計画にも役立っています。

### 開発状況

都市部におけるインフラの健全性を高精度で監視し、災害リスクを低減することを目的としたSAR技術の開発が進められています。また、都市開発計画の効率化を図るため、SARデータを活用した新たなモニタリング手法の確立が目指されています。

### 課題

SAR技術を都市部の地表変位モニタリングに適用する際、データ処理の精度向上や、環境条件による影響を最小化するための技術開発が求められています。特に、都市部の複雑な地形や建物密集地でのデータ解析が課題となっています。

### 関連論文/特許

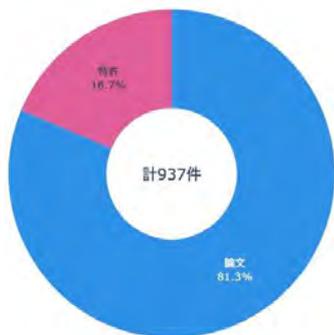
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Long-Term Subsidence Monitoring of the Alluvial Plain of the Scheldt River in Antwerp (Belgium) Using Radar Interferometry	ベルギーのアントワープにおけるシェルデ川の沖積平野の地盤沈下を、PSInSAR技術を用いて長期的にモニタリングした研究です。1992年からのデータを分析し、地盤沈下の速度が年々減少していることを報告しています。	university of liège	2021	<a href="https://doi.org/10.3390/rs13061160">https://doi.org/10.3390/rs13061160</a>
論文	Perspectives on the Structural Health Monitoring of Bridges by Synthetic Aperture Radar	合成開口レーダー（SAR）を用いた橋梁の構造健全性モニタリングに関する研究です。SAR技術は、広範囲のインフラを低コストで監視でき、特にモランディ橋の事例で異常振動を検出しました。	university of l'aquila	2020	<a href="https://doi.org/10.3390/rs12233852">https://doi.org/10.3390/rs12233852</a>
論文	The Maoxian landslide as seen from space: detecting precursors of failure with Sentinel-1 data	中国四川省の茂県地滑りを、Sentinel-1データを用いたInSAR解析で事前に検出した研究です。地滑りの前兆を捉え、最大27mm/年の変位率を報告しています。	university of florence	2017	<a href="https://doi.org/10.1007/s10346-017-0915-7">https://doi.org/10.1007/s10346-017-0915-7</a>
特許	Bridge deformation monitoring method	レーダーリモートセンシングを用いた橋梁変形モニタリング手法を提案しています。SBAS-InSAR技術を用いて、橋梁の詳細な変形情報を取得し、変形進展傾向を評価します。	guangdong mingyuan survey and design co ltd	2020	CN111174689

## 深層学習を活用したSAR画像の解析と分類技術

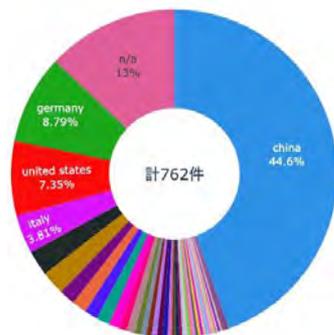
### 概要

このカテゴリーは、合成開口レーダー（SAR）画像の解析と分類に関する技術を扱っている。具体的には、深層学習を用いた特徴抽出や、ポリメトリックデータからの階層的特徴学習、変化検出のためのメタラーニングフレームワークなどが含まれる。また、ノイズに強いターゲット認識手法や、適応型クラスタリング手法、エッジフィールド画像を用いた精度向上技術など、多様なアプローチが提案されている。これにより、都市部の分類や雷雨の認識精度が向上し、SAR画像の情報を効果的に活用することが可能となる。

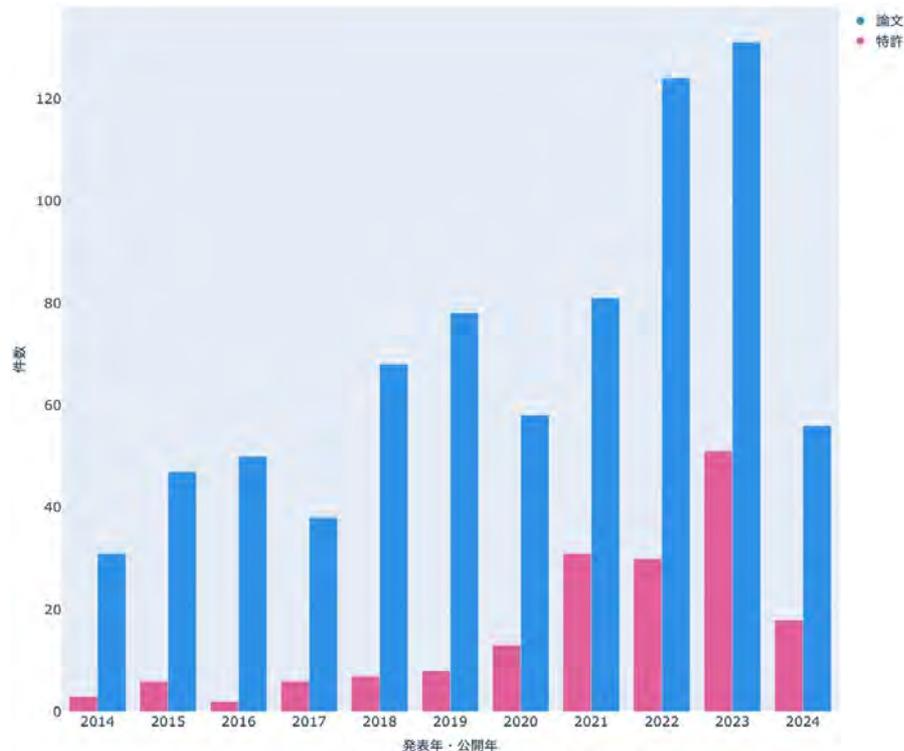
#### 特許・論文比率



#### 論文国別比率



#### 論文・特許数推移



## 少数ショット学習とクラスインクリメンタル学習の進展

少数ショット学習とクラスインクリメンタル学習は、SAR画像の自動ターゲット認識において重要な技術として注目されています。これらの技術は、限られたデータセットでのターゲット認識精度を向上させるために、Azimuth-Aware Subspace ClassifierやCosine Prototype Learningなどの手法を活用しています。これにより、既存のクラスと新しいクラスの識別を強化し、モデルの安定性を保ちながら新しいクラスへの適応を可能にしています。

### 開発状況

SAR画像の自動ターゲット認識における精度と効率を向上させることを目的とし、少数ショット学習とクラスインクリメンタル学習を活用した技術開発が進められています。これにより、限られたデータセットでのターゲット認識精度を向上させ、新しいクラスへの適応を可能にすることを目指しています。

### 課題

SAR画像の自動ターゲット認識において、少数ショット学習とクラスインクリメンタル学習を適用する際に、限られたデータセットでの認識精度を向上させることが課題となっています。特に、既存のクラスと新しいクラスの識別を強化し、モデルの安定性を保つことが求められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Transductive Prototypical Attention Reasoning Network for Few-Shot SAR Target Recognition	Transductive Prototypical Attention Reasoning Network (TPARN)は、限られた訓練サンプルでのSARターゲット認識を改善するために開発されました。特徴抽出とプロトタイプ推論を組み合わせ、分類精度を向上させることに成功しています。	university of electronic science and technology of china	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3271218">https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3271218</a>
論文	Few-Shot Class-Incremental SAR Target Recognition via Cosine Prototype Learning	Cosine Prototype Learning (CPL)フレームワークは、少数ショットクラスインクリメンタル学習を強化するために開発されました。クラス間の識別を強化し、モデルの安定性を保ちながら新しいクラスへの適応を可能にしています。	national university of defense technology	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3298016">https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3298016</a>
論文	Azimuth-Aware Subspace Classifier for Few-Shot Class-Incremental SAR ATR	Azimuth-Aware Subspace Classifier (AASC)は、SAR ATRシステムの少数ショットクラスインクリメンタル学習能力を向上させるために開発されました。モデルの安定性と柔軟性をバランスよく保ち、実際のSAR ATRシナリオで優れた性能を示しています。	national university of defense technology	2024	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2024.3354800">https://doi.org/10.1109/tgrs.2024.3354800</a>
論文	Zero-Shot Learning of SAR Target Feature Space With Deep Generative Neural Networks	深層生成ニューラルネットワークを用いたゼロショット学習フレームワークは、SAR ATRにおける限られた訓練サンプルの課題を解決します。未見のターゲットを効果的に特徴空間にマッピングすることが可能です。	fudan university	2017	<a href="https://doi.org/10.1109/lgrs.2017.2758900">https://doi.org/10.1109/lgrs.2017.2758900</a>

## コントラスト学習を用いたSAR画像分類の進展

コントラスト学習をSAR画像分類に適用することで、ラベル付きデータが限られている状況でも高精度な分類が可能となる研究が進んでいる。特に、デュアルダイナミックグラフ畳み込みネットワーク（DDGCN）やSimCLRフレームワークを用いた手法が注目されており、これらはSAR画像の構造的関係を捉え、ラベルなしデータを活用することで分類精度を向上させている。これにより、災害管理や環境監視などへの応用が期待される。

### 開発状況

SAR画像の分類精度を向上させることを目的とし、特にラベルなしデータを活用したコントラスト学習技術の開発が進められている。これにより、より効率的なデータ利用と高精度な分類を実現することを目指している。

### 課題

SAR画像分類において、ラベル付きデータが不足しているため、コントラスト学習を活用してラベルなしデータを効果的に利用する技術の開発が求められている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Contrastive Learning-Based Dual Dynamic GCN for SAR Image Scene Classification	コントラスト学習を用いたデュアルダイナミックグラフ畳み込みネットワーク（DDGCN）は、SAR画像のシーン分類においてラベル付きデータが限られている問題を解決するために開発された。ラベルなしデータを活用し、構造的関係を捉えることで分類精度を向上させている。	xidian university	2024	<a href="https://doi.org/10.1109/tnnls.2024.3174873">https://doi.org/10.1109/tnnls.2024.3174873</a>
論文	Utilizing contrastive learning for graph-based active learning of SAR data	SimCLRフレームワークを用いたコントラスト学習により、SARデータの自動ターゲット認識を改善する研究が行われた。MSTARデータセットでの実験により、従来の方法を上回る性能が確認された。	university of california, los angeles	2023	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2663099">https://doi.org/10.1117/12.2663099</a>
論文	FACTUAL: A Novel Framework for Contrastive Learning Based Robust SAR Image Classification	FACTUALフレームワークは、コントラスト学習を用いてSAR画像分類の堅牢性を向上させることを目的としている。特に、現実的な物理的攻撃に対する耐性を強化し、高い分類精度を実現している。	university of southern california	2024	<a href="https://doi.org/10.1109/radarconf2458775.2024.10549364">https://doi.org/10.1109/radarconf2458775.2024.10549364</a>
論文	Self-Supervised Feature Representation for SAR Image Target Classification Using Contrastive Learning	コントラスト学習を用いた二段階アルゴリズムにより、SAR画像のターゲット分類を改善する研究が行われた。MSTARデータセットでの実験により、ラベル付きデータが限られている状況でも優れた性能が示された。	southeast university	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/jstars.2023.3321769">https://doi.org/10.1109/jstars.2023.3321769</a>

## グラフベース手法によるSAR画像の高精度認識

グラフベースの手法をSAR画像認識に適用することで、ターゲットの識別精度を向上させる研究が進んでいます。特に、グラフ畳み込みネットワークを用いた散乱トポロジー特徴の構築や、空間ターゲット認識におけるグラフベースのアプローチが注目されています。これにより、SAR画像の持つ複雑な構造を効果的に捉え、より高精度な認識が可能となり、監視や防衛分野での応用が期待されています。

### 開発状況

SAR画像におけるターゲット認識の精度を向上させることを目的とした開発が進められています。これにより、監視や防衛分野での実用化を目指し、より信頼性の高い認識技術の実現を目指しています。

### 課題

SAR画像の高精度認識において、複雑な構造を持つ画像の特性を適正化するために、グラフベースの手法の開発が進められています。特に、限られたサンプル条件下でのロバスト性や特徴利用の向上が課題となっています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	基于图卷积的散射拓扑特征构建与空间目标识别方法	グラフ畳み込みを用いた散乱トポロジー特徴の構築と空間ターゲット認識手法を提案。ISAR画像のロバスト性と精度を向上させる。	peoples liberation army strategic support force aerospace engineering univ	2023	CN116400317
論文	Meta-Learner Based Stacking Network on Space Target Recognition for ISAR Images	メタラーナーを用いたスタッキングネットワークでISAR画像の分類精度を向上。回転不変注意機構とグラフ畳み込みを活用。	harbin institute of technology	2021	na
論文	Graph-based active learning for semi-supervised classification of SAR data	グラフベースのアクティブラーニングを用いたSARデータの半教師あり分類手法を提案。ラベルデータを減らしつつ汎化性能を向上。	university of california, los angeles	2022	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2618847">https://doi.org/10.1117/12.2618847</a>
特許	Radar moving target multi-frame joint detection method based on graph space-time network	グラフ時空間ネットワークを用いたレーダー移動ターゲットの多フレーム共同検出法を開発。誤警報率を低減し、信頼性を向上。	univ xidian	2020	CN111123257

## 異種データ融合によるSAR画像解析の進化

異種データ融合技術の進化により、SAR画像解析が大幅に改善されています。特に、光学画像とSAR画像の統合や、マルチモーダルデータを用いた分類技術が注目されています。これにより、異なるセンサーからの情報を統合し、より豊富な特徴を抽出することで、解析精度が向上しています。これらの技術は、SAR画像の限界を補完し、より包括的な解析を可能にしています。

### 開発状況

SAR画像解析における精度向上を目的とし、異種データの統合による特徴抽出の強化や、解析の包括性を高めるための技術開発が進められています。

### 課題

異種データをSAR画像解析に適用する際、異なるセンサーの特性を適正化するための技術開発が必要です。特に、データの統合や特徴抽出の精度向上が課題となっています。

### 関連論文/特許

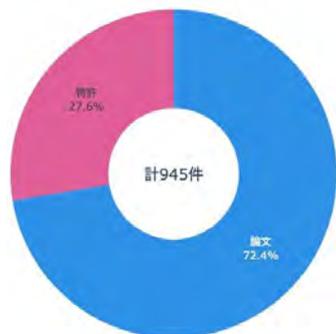
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	一种基于空频特征一致性的SAR图像到光学图像映射的方法	SAR画像を光学画像にマッピングする方法を提案。空間周波数の特徴を利用し、光学リモートセンシング画像がない場合でも高品質なマッピングを実現。SAR画像資源の活用を促進し、解釈を支援する。	univ nanjing aeronautics & astronautics	2021	CN112883908
論文	Optical and SAR Image Registration Based on Feature Decoupling Network	光学画像とSAR画像の自動登録方法を提案。特徴デカップリングネットワークを用い、スペックルノイズや非線形放射差を克服。公開データセットで優れた性能を示す。	beijing university of chemical technology	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2022.3211858">https://doi.org/10.1109/tgrs.2022.3211858</a>
論文	Adaptive Speckle Filter for Multi-Temporal PolSAR Image with Multi-Dimensional Information Fusion	マルチテンポラルPolSAR画像の適応的スペックルフィルタを開発。マルチ次元情報融合を用い、スペックル低減と詳細保持を強化。UAVSARとALOS/PALSARデータで有効性を確認。	national university of defense technology	2023	<a href="https://doi.org/10.3390/rs15143679">https://doi.org/10.3390/rs15143679</a>
特許	Multi-dimensional domain feature combined SAR vessel intelligent detection method	SAR船舶検出技術を改良。空間周波数特徴融合ネットワークを用い、回転不変な特徴を取得。スケール変換と回転行動を克服し、検出性能を向上。	univ chongqing	2021	CN112862748

## SAR画像生成と補正のための高度なアルゴリズム

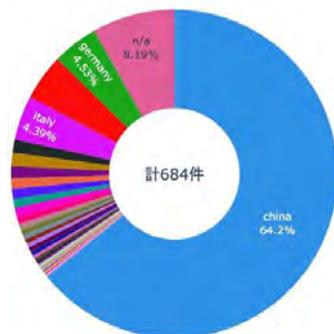
## 概要

このカテゴリーは、合成開口レーダー（SAR）画像の生成と補正に関する技術に焦点を当てている。具体的には、範囲ドップラー法による移動補正、位相誤差の補償、空間変動ドップラーの修正、そして高解像度の画像取得を実現するための様々なアルゴリズムが含まれる。これにより、SAR画像の精度向上やリアルタイム処理、複数の衛星からのデータを用いた位置精度の向上が図られている。さらに、深層学習を活用した動体イメージングや、位相キャリブレーション手法も取り入れられ、より高精度なリモートセンシングが可能となっている。

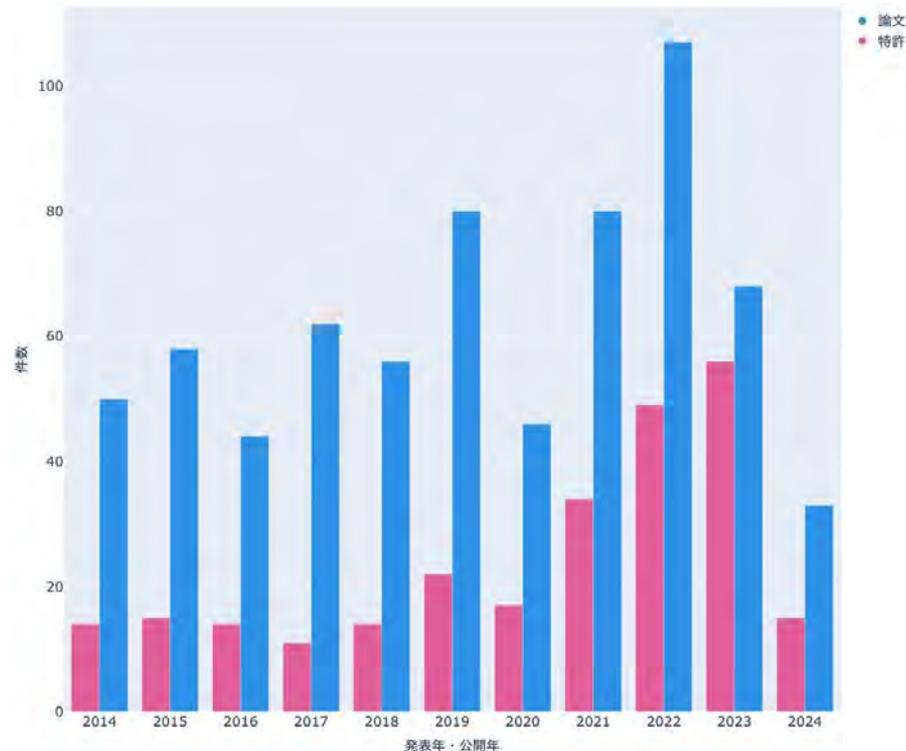
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## 高解像度と広帯域を両立するSAR画像生成技術

高解像度と広帯域を両立するSAR画像生成技術は、地球観測や災害監視において重要な役割を果たしています。特に、非線形チャープスケーリングや空間変動誤差補正などの高度なアルゴリズムを用いることで、SARシステムの性能を向上させています。これにより、スペクトルエイリアシングやドップラー変動の補正が可能となり、広帯域SARの画像生成における課題を解決しています。

### 開発状況

SARシステムにおける高解像度と広帯域の特性を改善することを目的とし、地球観測や災害監視の分野での応用を目指した開発が進められています。特に、スペクトルエイリアシングやドップラー変動の補正を実現することが重要です。

### 課題

SAR画像生成技術において、高解像度と広帯域を両立する際に、スペクトルエイリアシングやドップラー変動の補正が必要です。これらの特性を適正化するために、非線形チャープスケーリングや空間変動誤差補正技術の開発が進められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Focusing of Ultrahigh Resolution Spaceborne Spotlight SAR on Curved Orbit	この研究は、曲線軌道上での超高解像度宇宙搭載SAR画像を実現する方法を提案しています。曲線軌道や方位スペクトルエイリアシングの課題に対処するため、修正されたレンジマイグレーションアルゴリズムとデランピングベースのアプローチを使用しています。	nanjing university of aeronautics and astronautics	2019	<a href="https://doi.org/10.3390/electronics8060628">https://doi.org/10.3390/electronics8060628</a>
論文	An Improved Imaging Algorithm for HRWS Space-Borne SAR Data Processing Based on CVPRI	この研究は、HRWS宇宙搭載SARデータ処理のための改良されたイメージングアルゴリズムを提案しています。CVPRIを用いて方位変動を解決し、広帯域画像の生成を可能にしています。	beihang university	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/jstars.2022.3224194">https://doi.org/10.1109/jstars.2022.3224194</a>
論文	Fast Approach for SAR Imaging of Ground Moving Target With Doppler Ambiguity Based on 2-D SCFT and IRFCCF	この技術は、地上移動目標のSAR画像の焦点を合わせるための高速アプローチを提案しています。ドップラーの曖昧さを解決し、非均一な高速フーリエ変換を使用して効率的に処理します。	chongqing university	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/lgrs.2020.3035817">https://doi.org/10.1109/lgrs.2020.3035817</a>
論文	IGARSS - Unambiguous Signal Reconstruction Algorithm for High Squint Multichannel SAR Mounted on High Speed Maneuvering Platforms	この論文は、高速機動プラットフォームに搭載された高スキャン多チャンネルSARのための新しい信号再構成アルゴリズムを紹介しています。非線形軌道によるステアリングベクトルの時間変動を補正し、広帯域画像化を実現します。	xidian university	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss39084.2020.9323280">https://doi.org/10.1109/igarss39084.2020.9323280</a>

## 運動誤差補償技術によるSAR画像精度向上

運動誤差補償技術をSAR画像精度向上に適用することで、SAR画像のフォーカス精度を改善する研究が多く見られる。具体的には、UAV搭載SARや高機動プラットフォームにおける運動誤差を補正するために、サブアパーチャ相関アルゴリズムやランダムコンシステンシー法を用いることで高精度なドップラー周波数変調の推定を実現しており、地形観測や移動目標の追跡への応用が期待される。特に近年は高解像度が求められるシナリオでの応用が増加しており、注目が高まっていると考えられる。

### 開発状況

SAR画像におけるフォーカス精度を改善することを目的とした開発や、地形観測や移動目標の追跡の実現を目指した開発が進められている。

### 課題

SAR画像精度向上のために運動誤差補償技術を適用する際に、UAVや高機動プラットフォームの特性を適正化するために、ドップラー周波数変調の高精度推定技術の開発が進められている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	Motion compensation self-focusage method and device for unmanned aerial vehicle-mounted SAR imaging	UAV搭載SARの運動誤差を補正する技術を研究している。サブアパーチャ相関アルゴリズムを用いて高精度なドップラー周波数変調の推定を行い、運動誤差を効果的に補正することが示された。特に高解像度の画像取得が期待される。	univ southeast	2020	CN111551934
特許	一种改进的高轨SAR自适应误差估计与补偿方法	高軌道SARにおける自適応誤差推定と補償方法を研究している。SPECANアルゴリズムを用いて、振幅と位相誤差を効果的に補正し、フォーカス精度を向上させることが示された。特に広範囲の画像取得に有用である。	beijing institute tech	2023	CN116243258
論文	Sub-Nyquist SAR Imaging and Error Correction Via an Optimization-Based Algorithm.	サブナイキストSARイメージング技術を用いて、広いスワ幅を維持しつつ方位分解能を向上させる研究を行っている。最適化アルゴリズムを用いて、運動誤差によるデフォーカスを補正することが示された。	space engineering university	2024	<a href="https://doi.org/10.3390/s24092840">https://doi.org/10.3390/s24092840</a>
論文	Extended Polar Format Algorithm (EPFA) for High-Resolution Highly Squinted SAR	高解像度の高いスクイントSARにおける拡張ポーラフォーマットアルゴリズムを開発し、従来のアルゴリズムの限界を克服する研究を行っている。特に波面曲率誤差を補正し、フォーカス精度を向上させることが示された。	xi'an university of science and technology	2023	<a href="https://doi.org/10.3390/rs15020456">https://doi.org/10.3390/rs15020456</a>

## 位相誤差補正技術によるSAR画像精度向上

位相誤差補正技術は、SAR画像の精度向上において重要な役割を果たしています。特に都市部の3D再構築や高解像度画像生成において、位相誤差が画像の精度に大きく影響します。これを解決するために、位相勾配オートフォーカスやブロックビルディングネットワークなどの手法が開発されています。これらの技術は、位相誤差を効果的に補正し、3D情報の精度を向上させることができます。これにより、都市計画や災害評価などの分野での応用が期待されています。

### 開発状況

SAR画像の位相誤差を補正し、3D情報の精度を向上させることを目的とした技術開発が進められています。

### 課題

SAR画像の生成において、位相誤差が画像の精度に大きく影響するため、これを適正化するための技術開発が進められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	A Novel Phase Compensation Method for Urban 3D Reconstruction Using SAR Tomography	都市部の3D再構築における位相誤差を補正するために、BBN-PGA法を提案。これにより、3D情報の精度が向上し、実用化が期待される。	Qilu Aerospace Information Research Institute	2022	<a href="https://doi.org/10.3390/rs14164071">https://doi.org/10.3390/rs14164071</a>
論文	Compensation of Phase Errors for Spotlight SAR With Discrete Azimuth Beam Steering Based on Entropy Minimization	スポットライトSAR画像の位相誤差を補正するために、N-EMアルゴリズムを提案。実データでの処理により、画像品質の向上が示された。	shanghai jiao tong university	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/lgrs.2020.2986244">https://doi.org/10.1109/lgrs.2020.2986244</a>
論文	2-D Frequency Autofocus for Squint Spotlight SAR Imaging With Extended Omega-K	スクイントスポットライトSARのオートフォーカスアルゴリズムを改良し、EOKアルゴリズムを統合。シミュレーションと実データで効果を検証。	xidian university	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2021.3092060">https://doi.org/10.1109/tgrs.2021.3092060</a>
特許	机載微波光子SAR全孔径自聚焦方法	机上マイクロ波フォトニクスSARの全開口オートフォーカス法を開発。距離-方位結合誤差を効果的に補正し、大規模シーンの焦点品質を向上。	univ central south	2023	CN116500558

## デジタル標高モデルとSAR技術による地形解析

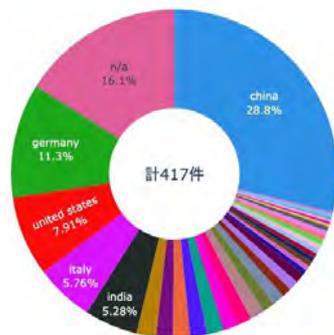
## 概要

このカテゴリーは、地球観測におけるデジタル標高モデル（DEM）や合成開口レーダー（SAR）技術に関するものである。具体的には、TanDEM-XやICESat-2などのミッションが提供する高精度な標高データ、ポリメトリック手法を用いた地形解析、SARデータの前処理や精度向上のための手法が含まれる。これにより、地形の詳細なモデリングや土地利用の特性評価が可能となり、環境監視や農業モニタリングなど多様な応用が期待される。

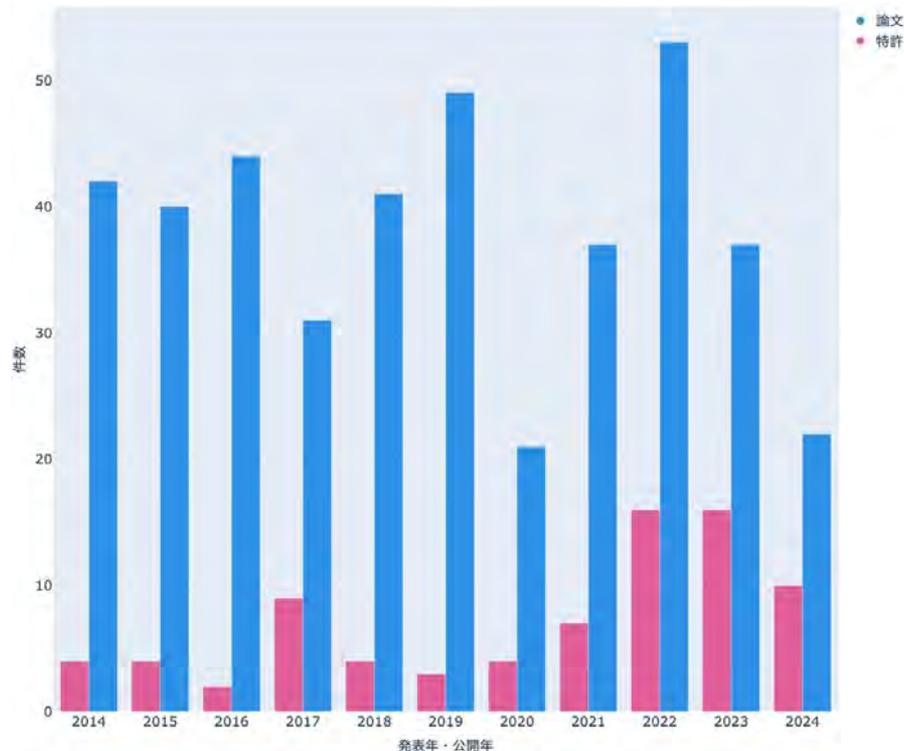
## 特許・論文比率



## 論文国別比率



## 論文・特許数推移



## DEMとSAR技術による高精度地形解析の進化

デジタル標高モデル（DEM）と合成開口レーダー（SAR）技術の組み合わせにより、地形解析の精度と効率が向上しています。特に、TanDEM-XやTerraSAR-Xなどの衛星を用いた高解像度DEM生成が注目され、火山活動や氷河の変動、地形変化のモニタリングが可能となっています。これにより、災害予測や環境保護に貢献する研究が増加しています。

開発  
状況

地形解析における精度と効率を改善することを目的とし、災害予測や環境保護の実現を目指した開発が進められています。特に、より高精度なDEM生成と新しいSAR技術の開発が注目されています。

## 課題

DEMとSAR技術を地形解析に適用する際、精度向上と効率化が課題となっています。特に、地形の複雑さや植生の影響を受ける地域でのデータ取得と解析の精度を高めるための技術開発が求められています。

## 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	A Surging Glacier Recognized by Remote Sensing on the Zangser Kangri Ice Field, Central Tibetan Plateau	中央チベット高原のZangser Kangri氷原での氷河の急激な流動をリモートセンシング技術で特定しました。DEMとLandsat画像を用いて、2012年から2014年にかけての氷河の動きを確認しました。	nanjing university	2021	<a href="https://doi.org/10.3390/rs13061220">https://doi.org/10.3390/rs13061220</a>
論文	Estimation of Building Heights and DEM Accuracy Assessment Using ICESat-2 Data Products	ICESat-2データを用いて建物の高さを推定し、DEMの精度を評価しました。TanDEM-Xは都市部での精度が高く、リモートセンシングの有効性を示しています。	indian institute of remote sensing	2021	<a href="https://doi.org/10.3390/ecsa-8-11442">https://doi.org/10.3390/ecsa-8-11442</a>
論文	High-resolution DEM generation from spaceborne and terrestrial remote sensing data for improved volcano hazard assessment — A case study at Nevado del Ruiz, Colombia	コロンビアのNevado del Ruiz火山での火山災害評価のため、高解像度DEMを生成しました。TanDEM-Xと地上レーダーを組み合わせ、精度の高いDEMを作成しました。	university of south florida	2019	<a href="https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111348">https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111348</a>
論文	Performance Assessment of TanDEM-X DEM for Mountain Glacier Elevation Change Detection	山岳氷河の高度変化を検出するため、TanDEM-X DEMを評価しました。非氷河地域での精度は高いが、急斜面では誤差が生じることが示されました。	polish academy of sciences	2019	<a href="https://doi.org/10.3390/rs11020187">https://doi.org/10.3390/rs11020187</a>

## InSAR技術による森林資源モニタリングの進展

InSAR技術を森林資源モニタリングに適用することで、森林の成長量や健康状態を高精度で把握する研究が進んでいる。特に、複数のデータソースを組み合わせることで、より正確な森林資源の評価が可能となり、森林管理や保全活動において重要な役割を果たす。これにより、森林の持続可能な管理が促進され、森林資源の保全や持続可能な利用が期待される。

### 開発状況

森林資源の持続可能な管理を実現するために、InSAR技術を用いて森林の成長量や健康状態を高精度でモニタリングすることを目的とした研究が進められている。

### 課題

InSAR技術を森林モニタリングに適用する際に、データの精度や一貫性を確保するための技術的課題が存在する。特に、異なるデータソースの統合やノイズの影響を最小限に抑えるための技術開発が求められている。

### 関連論文/特許

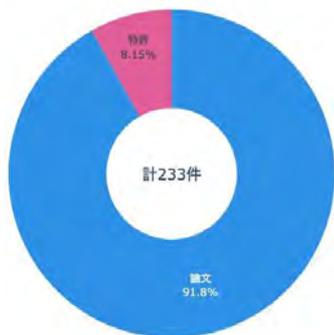
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	InSAR-based forest growing stock monitoring method	InSAR技術を用いた森林成長量のモニタリング手法を研究している。ALOSやSPOTなどの高解像度レーダー衛星データを使用し、森林の成長量を迅速かつ正確に検出することが可能である。	aerospace xinde zhitu beijing tech co ltd	2020	CN110794402
論文	Assessment of TanDEM-X DEM 2020 Data in Temperate and Boreal Forests and Their Application to Canopy Height Change	TanDEM-X DEM 2020データを用いて、温帯および亜寒帯林のキャノピー高さ変化を評価している。信号の浸透を補正することで、精度が向上し、森林の高さ変化の推定に有用であることが示された。	university of twente	2023	<a href="https://doi.org/10.1007/s41064-023-00235-1">https://doi.org/10.1007/s41064-023-00235-1</a>
論文	A Lidar-Radar Framework to Assess the Impact of Vertical Forest Structure on Interferometric Coherence	ライダーとレーダーデータを統合し、森林の垂直構造がレーダー干渉コヒーレンスに与える影響を評価する新しいフレームワークを提案している。カナダの森林での研究で有意な相関が確認された。	university of brighton	2016	<a href="https://doi.org/10.1109/jstars.2016.2527360">https://doi.org/10.1109/jstars.2016.2527360</a>
論文	A Heuristic Approach to Reduce Atmospheric Effects in InSAR Data for the Derivation of Digital Terrain Models or for the Characterization of Forest Vertical Structure	InSARデータにおける大気効果を低減するためのヒューリスティック手法を提案している。大気効果を効果的に除去し、デジタル地形モデルや森林の垂直構造の特性評価に貢献する。	beijing normal university	2014	<a href="https://doi.org/10.1109/lgrs.2013.2255579">https://doi.org/10.1109/lgrs.2013.2255579</a>

## 宇宙ミッションにおける分散型SAR技術

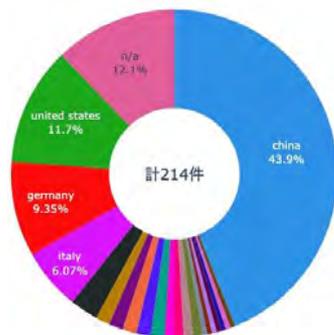
### 概要

このカテゴリーは、宇宙ミッションにおける合成開口レーダー（SAR）技術に関するものである。特に、分散型の協調制御や、地球静止軌道（GEO）と低軌道（LEO）を利用したビスタティックSARの構成が注目されている。これにより、高解像度の画像取得や、動的および静的ターゲットの同時イメージングが可能となる。また、GNSSを活用した局所監視や、マルチスタティック構成による地球観測の強化も含まれており、これらの技術は、宇宙デブリの追跡や環境モニタリングなど、さまざまな応用が期待されている。

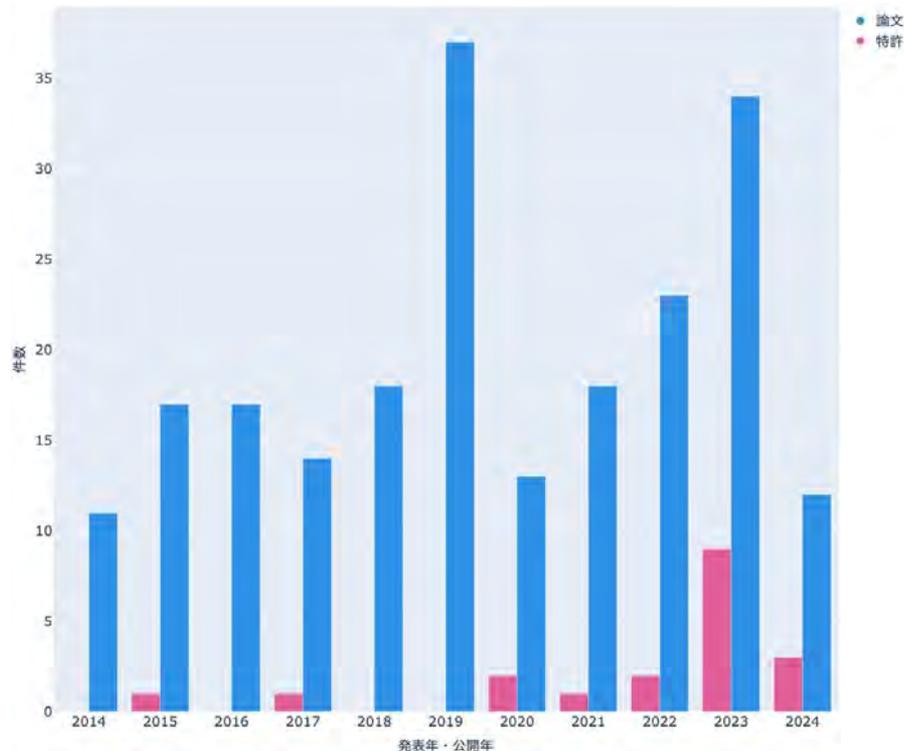
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で定義  
 ※ n/a:論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

## GEO-LEOバイスタティックSARの構成最適化

GEO-LEOバイスタティックSAR技術は、地球観測の分野で高解像度と広範囲の監視を実現するために注目されています。この技術は、地球静止軌道（GEO）と低軌道（LEO）の組み合わせにより、信号対雑音比の向上と大規模なエリアの監視を可能にします。近年、GEO-LEOバイスタティックSARの構成最適化に関する研究が進んでおり、地球観測技術の将来において重要な役割を果たすと期待されています。

### 開発状況

GEO-LEOバイスタティックSARの開発目的は、地球観測における高解像度と広範囲の監視を実現することです。これにより、地球環境の変化をより詳細に把握し、持続可能な開発や災害管理に貢献することを目指しています。

### 課題

GEO-LEOバイスタティックSARの開発において、複雑なバイスタティックジオメトリと異なる軌道特性が構成設計の課題となっています。これにより、画像化性能の最適化が難しく、システムの設計と実装において技術的なハードルが存在します。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	High-Resolution Wide-Swath Imaging of Spaceborne Multichannel Bistatic SAR With Inclined Geosynchronous Illuminator	この研究は、傾斜した地球静止軌道（GEO）照明装置と低軌道（LEO）受信機を用いた宇宙搭載バイスタティックSARシステムに焦点を当てています。高解像度の広域監視を提供し、将来の地球観測において有望です。従来の手法では空間変動残差位相誤差を正確に補正できないため、新しい加重バックプロジェクションアルゴリズムを提案し、シミュレーションでその有効性を確認しました。	xidian university	2017	<a href="https://doi.org/10.1109/lgrs.2017.2765675">https://doi.org/10.1109/lgrs.2017.2765675</a>
論文	Optimal configuration of spaceborne bistatic SAR with GEO transmitter and LEO receiver	この研究は、地球静止軌道（GEO）送信機と低軌道（LEO）受信機を利用した宇宙搭載バイスタティックSARシステムの最適構成に焦点を当てています。高い信号対雑音比、細かい解像度、大規模な監視エリアを提供するため、将来の地球観測技術において有望です。数学モデルを導出し、シミュレーションでその有効性を検証しました。	xidian university	2019	<a href="https://doi.org/10.1049/iet-rsn.2018.5215">https://doi.org/10.1049/iet-rsn.2018.5215</a>
論文	Unambiguous signal reconstruction for GEO-LEO bistatic SAR with azimuth multichannel	この研究は、傾斜した地球静止軌道（GEO）送信機と低軌道（LEO）受信機を用いたバイスタティック多チャンネルSARシステムに焦点を当てています。高い空間解像度と広範囲の監視能力を提供し、将来の地球観測において有望です。従来の手法では不明瞭なSAR信号の再構築が困難であるため、新しい手法を提案し、シミュレーションでその有効性を確認しました。	nanjing research institute of electronics technology	2019	<a href="https://doi.org/10.1049/joe.2019.0397">https://doi.org/10.1049/joe.2019.0397</a>
論文	Nonambiguous Image Formation for Low-Earth-Orbit SAR With Geosynchronous Illumination Based on Multireceiving and CAMP	この研究は、地球静止軌道（GEO）SAR照明を利用した低軌道（LEO）SARシステムの画像形成手法に焦点を当てています。GEO SARの広範囲のビームカバレッジと長時間の観測時間を活用し、コスト効率の高い画像形成を実現します。従来の伝播遅延モデルの限界を克服するため、新しいモデルを開発し、シミュレーションでその有効性を確認しました。	university of electronic science and technology of china	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2020.2992744">https://doi.org/10.1109/tgrs.2020.2992744</a>

## マイクロサテライトによる高解像度マルチスタティックSAR

マイクロサテライトを用いたマルチスタティックSAR技術は、宇宙ミッションにおける高解像度イメージングを実現するための重要な手法として注目されています。これにより、感度と解像度が向上し、従来のSARシステムの限界を克服することが期待されています。特に、分散型SAR技術の進化により、コスト効率の高い設計が可能となり、今後の宇宙ミッションにおける高性能なイメージング技術としての可能性が示されています。

### 開発状況

マイクロサテライトを活用したマルチスタティックSARシステムの開発は、宇宙ミッションにおける高解像度イメージングの実現を目的としています。これにより、地球観測の精度向上や新たな観測手法の確立を目指しています。

### 課題

マイクロサテライトを用いたマルチスタティックSARシステムの開発において、システムの感度と解像度を最適化するための技術的課題が存在します。特に、信号処理アルゴリズムの開発や、複数のプラットフォーム間での同期が重要な課題となっています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	IGARSS - Bistatic SAR image formation: A systematic approach	この論文は、様々なプラットフォーム軌道におけるバイスタティックSAR画像形成の包括的な概要を提供します。バイスタティックSARシステムは、モノスタティックSARシステムに比べて柔軟性、性能、コスト効率が向上しています。	german aerospace center	2014	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss.2014.6947348">https://doi.org/10.1109/igarss.2014.6947348</a>
論文	A Distributed Cooperative SAR Three-dimensional Imaging Method	分散協調SAR三次元イメージング法は、UAVクラスターを用いて高解像度3D SARイメージングを実現します。従来の3D SARに比べて、コストと時間を大幅に削減できます。	national university of defense technology	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/piers-spring46901.2019.9017355">https://doi.org/10.1109/piers-spring46901.2019.9017355</a>
論文	Multistatic Operation Concept for High-Resolution Microsatellite SAR Systems	高解像度マイクロサテライトSARシステムのマルチスタティック運用コンセプトは、感度と解像度を向上させるために提案されています。シミュレーションにより、その有効性が確認されています。	yonsei university	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss5.2108.2023.10281739">https://doi.org/10.1109/igarss5.2108.2023.10281739</a>
論文	Potential of Multi-Static SAR Systems for Earth Monitoring and Their Demonstration Using Swarms of Drones	マルチスタティックSARシステムの地球モニタリングへの可能性を探求し、ドローン群を用いたデモンストラーションを行っています。これにより、迅速なデータ収集が可能となります。	german aerospace center (dlr)	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss5.2108.2023.10282166">https://doi.org/10.1109/igarss5.2108.2023.10282166</a>



## 小型SAR衛星による高性能宇宙監視アンテナ技術

小型SAR衛星を用いた高性能宇宙監視アンテナ技術は、低コストで高解像度の地球観測を可能にし、宇宙監視の精度を向上させることを目的としています。特に、軽量で高精度な展開可能アンテナの設計が進められており、打ち上げコストの削減と観測効率の向上が期待されています。これらの技術は、地球観測だけでなく、宇宙空間の監視や災害監視にも応用が期待されています。

### 開発状況

小型SAR衛星を用いた高性能アンテナ技術の開発は、宇宙監視の精度向上とコスト削減を目的としています。これにより、地球観測や災害監視の効率を高め、より迅速で正確なデータ取得を実現することを目指しています。

### 課題

小型SAR衛星を宇宙監視に適用する際、アンテナの展開や高精度な観測を実現するための技術的課題が存在します。特に、軽量化と高精度化を両立させるための設計や材料選定が重要です。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Generalized Three-Dimensional Imaging Algorithms for Synthetic Aperture Radar With Metamaterial Apertures-Based Antenna	メタマテリアルを用いたSARアンテナの3Dイメージングアルゴリズムを開発。疑似ランダムな放射場を生成し、効率的な3Dシーン観察を実現。従来法よりも効率的。	xidian university	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/access.2019.2912169">https://doi.org/10.1109/access.2019.2912169</a>
論文	Development of the Romanian Radar Sensor for Space Surveillance and Tracking Activities.	ルーマニアのCHEIA SSTレーダーは、宇宙監視と追跡を強化するために開発されました。既存のパラボラアンテナを改造し、低軌道物体の測定に成功しました。	rartel s.a.	2022	<a href="https://doi.org/10.3390/s22093546">https://doi.org/10.3390/s22093546</a>
特許	Layout design method for formation satellite interference SAR (Synthetic Aperture Radar) integrated load new architecture	干渉SARの新しいアーキテクチャのレイアウト設計方法を提案。アンテナの展開を不要にし、システムの信頼性を向上させ、位相変化の問題を解決します。	cn elect tech no 14 res inst	2023	CN116980001
論文	Miniaturized Dual-Polarized Metasurface Antenna With High Isolation	デュアルポラリゼーションSAR用の小型化メタサーフェスアンテナを開発。高いアイソレーションと広い帯域幅を実現し、ポート間のアイソレーションは35dBを超えます。	harbin engineering university	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/lawp.2021.3049856">https://doi.org/10.1109/lawp.2021.3049856</a>

## デジタルアンテナアレイによる高感度宇宙監視レーダー

デジタルアンテナアレイ技術の進化により、宇宙監視レーダーの高感度化が進んでいる。特に、デジタル信号処理技術の進化により、レーダーシステムの小型化と高性能化が実現され、宇宙空間の物体の追跡や監視がより正確かつ迅速に行えるようになってきている。これにより、宇宙監視だけでなく、地球観測や気象予測への応用も期待されている。

開発  
状況

宇宙監視レーダーの高感度化と小型化を目的とした開発が進められており、これにより宇宙空間の物体の正確な追跡と監視を実現することを目指している。

## 課題

デジタルアンテナアレイを宇宙監視に適用する際に、低ノイズで高感度な検出を実現するための技術的課題が存在する。これに対処するために、信号処理技術の最適化が求められている。

## 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	A SPACE-BASED DISTRIBUTED RADAR SYSTEM FOR FACILITATING IMAGING OF AREAS	この技術は、宇宙からの領域イメージングを促進するための宇宙ベースの分散レーダーシステムである。衛星クラスターを用いて、各衛星がマイクロストリップアンテナアレイを搭載し、協調的にターゲット領域を撮影する。	peterson andrew	2023	WO2023049186
特許	Satellite-borne radar two-dimensional beam scanning control method and device	衛星搭載レーダーシステムにおける2次元ビームスキャン制御方法を紹介。方位と距離方向の角速度を決定し、観測斜角を計算することで、効果的な2次元波ビームスキャンを実現する。	yingsa tech jiangsu co ltd	2023	CN117239418
特許	Space-borne synthetic aperture radar phased-array antenna stacking and unfolding device	宇宙搭載合成開口レーダーのフェーズドアレイアンテナの積層および展開装置に関する発明。アンテナを積層して収納し、衛星の打ち上げコストを大幅に削減する。	shenzhen magic cube sat tech co ltd	2022	CN115395202
特許	부배열을 이용한 우주 감시 레이더의 신호 처리 장치 및 방법	宇宙監視レーダー用の信号処理装置と方法に関する発明。複数のサブアレイグループを形成し、宇宙の監視と潜在的な脅威の特定を効率的に行う。	hanwha systems co ltd	2023	KR102616731

## 低軌道衛星を用いたパッシブレーダー技術の進化

低軌道衛星を利用したパッシブレーダー技術は、宇宙ゴミの検出と追跡を効率化するために進化しています。これにより、既存の通信衛星を照射源として利用し、地上の受信機で反射信号を受信することで、コストを抑えつつ広範囲の監視が可能となっています。特に、宇宙状況認識の向上に寄与し、将来的には宇宙ゴミの衝突回避や除去技術の基盤となることが期待されています。

### 開発状況

宇宙ゴミの効率的な検出と追跡を目的とした技術開発が進められています。これにより、宇宙状況認識の向上や、将来的な宇宙ゴミの衝突回避・除去技術の実現を目指しています。

### 課題

低軌道衛星を用いたパッシブレーダー技術の適用において、信号の特性を最適化するための技術開発が進められています。特に、広帯域信号の利用や多様な信号源の活用が課題となっています。

### 関連論文/特許

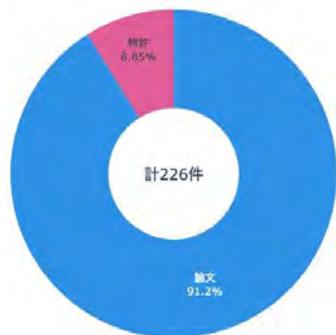
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Wideband DVB-S/DVB-S2 Passive Bistatic Radar for Resident Space Object detection	DVB-S/DVB-S2パッシブレーダーシステムを用いて低軌道の宇宙物体を検出する技術を開発しています。広帯域信号を活用し、検出能力を向上させることを目指しています。	national inter-university consortium for telecommunications	2022	<a href="https://doi.org/10.23919/irs54158.2022.9905003">https://doi.org/10.23919/irs54158.2022.9905003</a>
論文	The development of non-coherent passive radar techniques for space situational awareness with the Murchison Widefield Array	Murchison Widefield Arrayを用いた非コヒーレントパッシブレーダー技術の開発により、FM送信の反射を利用して衛星を検出・追跡しています。	curtin university	2020	<a href="https://doi.org/10.1017/pasa.2020.1">https://doi.org/10.1017/pasa.2020.1</a>
論文	Passive Bistatic Radar for Space Target Detection Using the GRAVES Radar as an Illuminator	フランスのGRAVESレーダーを照射源とするパッシブレーダーシステムを開発し、低軌道の物体を検出することを目指しています。コスト効率の良いセットアップを採用しています。	warsaw university of technology	2023	<a href="https://doi.org/10.23919/spsym57300.2023.10302693">https://doi.org/10.23919/spsym57300.2023.10302693</a>
論文	DVB-S2 Passive Bistatic Radar for Resident Space Object detection: preliminary results	DVB-S2パッシブレーダー技術を用いて低軌道の宇宙物体を検出する可能性を探っています。国際宇宙ステーションを対象にした実験を行っています。	university of pisa	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/radar42522.2020.9114746">https://doi.org/10.1109/radar42522.2020.9114746</a>

## SARによる海洋表面の風速と波の情報取得技術

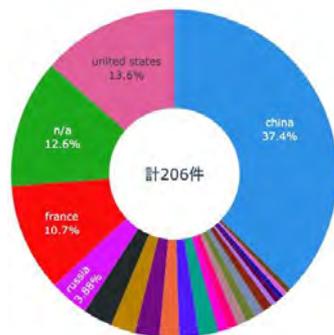
## 概要

このカテゴリーは、合成開口レーダー（SAR）を用いた海洋表面の風速や波の情報取得に関する技術に焦点を当てている。具体的には、CバンドのGF-3 SARを利用した風ベクトルの取得や、SARデータを用いた海洋の小規模現象の検出、風速や波の推定手法が含まれる。また、機械学習を用いた風向の逆推定や、SAR信号処理による海洋渦の抽出技術も重要な要素である。これらの技術は、海洋の動的な環境を高精度で観測するために不可欠である。

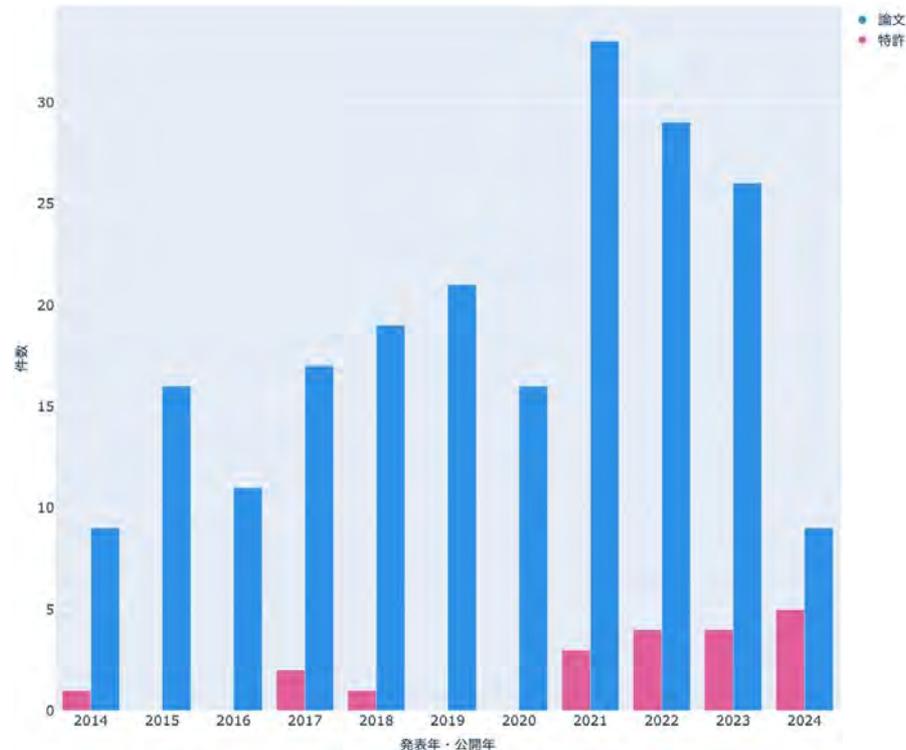
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## SAR技術による高解像度風場データ取得の進展

SAR技術の進化により、海洋表面の風速と波の情報を高解像度で取得する研究が進んでいます。特に、全天候型で昼夜を問わず観測可能なSARは、台風や熱帯低気圧の風速や波の構造を高精度で再現するための重要なツールです。これにより、気象予測や災害対策の精度向上が期待され、海洋の風波動態の理解が深まります。

開発  
状況

SAR技術を活用して、海洋表面の風速や波の構造を高精度で再現することを目的としています。これにより、気象予測の精度向上や災害対策の強化を目指しています。

## 課題

SAR技術を用いた高解像度風場データの取得において、風速や波の構造を正確に再現するためのモデル開発が必要です。特に、SARデータの処理や解析における精度向上が課題となっています。

## 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Estimating the Intensity of Tropical Cyclones from Spiral Signatures Acquired by Spaceborne SAR	この研究は、SAR画像を用いて熱帯低気圧の強度を推定する方法を探索しています。ハイパーボリック対数螺旋を用いた推定は、最大風速の高い相関を示し、実用化が期待されます。	nasa goddard space flight center	2024	<a href="https://doi.org/10.3390/rs16101750">https://doi.org/10.3390/rs16101750</a>
論文	Application of SAR Data for Tropical Cyclone Intensity Parameters Retrieval and Symmetric Wind Field Model Development	SARを用いて熱帯低気圧の風場を高解像度で観測し、風速や中心気圧の精度を向上させる新しいモデルを開発しました。これにより、従来のモデルよりも高精度なシミュレーションが可能です。	china university of petroleum	2021	<a href="https://doi.org/10.3390/rs13152902">https://doi.org/10.3390/rs13152902</a>
論文	Reexamining the Estimation of Tropical Cyclone Radius of Maximum Wind from Outer Size with an Extensive Synthetic Aperture Radar Dataset	SARデータを用いて熱帯低気圧の最大風速半径をより正確に推定するモデルを改良しました。これにより、風構造の理解が深まり、再解析や運用に役立つと期待されます。	ifremer	2023	<a href="https://doi.org/10.1175/mwr-d-23-0119.1">https://doi.org/10.1175/mwr-d-23-0119.1</a>
論文	Chasing Cyclones from Space	SAR技術を用いて熱帯低気圧をリアルタイムで観測し、詳細な画像を提供することで、気象予測の精度向上に貢献しています。特に、災害対策や応答において重要な役割を果たします。	na	2021	<a href="https://doi.org/10.1029/2021eo159148">https://doi.org/10.1029/2021eo159148</a>

## SARによる極域および荒天時の波高観測技術の進化

SAR技術の進化により、極域や荒天時の海洋波高観測が可能となり、気候変動の影響評価や海洋資源管理に新たな知見を提供しています。特に、SARは高緯度地域や悪天候下での詳細な波高データを提供し、海洋の波動ダイナミクスの理解を深めています。これにより、海氷の減少や海洋環境の変化を捉えるための重要な手段として注目されています。

### 開発状況

SAR技術を用いて、極域や荒天時における海洋波高の観測精度を向上させることを目的としています。これにより、気候変動の影響評価や海洋資源管理のためのデータを提供し、持続可能な海洋管理を支援することを目指しています。

### 課題

SARを用いた波高観測技術の適用において、極域や荒天時の観測精度を向上させるための技術開発が求められています。特に、SARデータの解像度や精度を高めることが課題となっています。

### 関連論文/特許

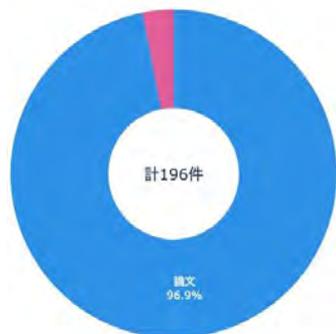
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Uncertainty of Arctic summer ice drift assessed by high-resolution SAR data	高解像度SARデータを用いて、北極の夏季氷流の不確実性を評価しています。SARデータから得られたラグランジュ氷運動を基に、月平均氷流の不確実性マップを作成し、夏季融解期の不確実性の増加を効果的に捉えています。	alfred wegenger institute for polar and marine research	2015	<a href="https://doi.org/10.1002/2015jc010810">https://doi.org/10.1002/2015jc010810</a>
論文	Generation of internal solitary waves by the Mackenzie River plume in the coastal Arctic Ocean	マッケンジー川のブルームによる北極海沿岸での内部孤立波の生成を調査しています。SAR画像を用いて、ブルーム侵入が孤立波の振幅に与える影響を数値シミュレーションで確認し、冬季条件でも生成が促進されることを示しています。	hebei normal university of science and technology	2024	<a href="https://doi.org/10.1016/j.dsr.2023.104229">https://doi.org/10.1016/j.dsr.2023.104229</a>
論文	Eddies in the Western Arctic Ocean From Spaceborne SAR Observations Over Open Ocean and Marginal Ice Zones	西部北極海における渦の観測をSARを用いて行い、氷のない海域と周縁氷域での渦の特性を初めて広範囲にわたり推定しました。渦の位置、直径、月ごとの分布を特定し、海洋観測とモデリングの重要性を強調しています。	russian state hydrometeorological university	2019	<a href="https://doi.org/10.1029/2019jc015113">https://doi.org/10.1029/2019jc015113</a>
論文	Wave Attenuation by Sea Ice in the Arctic Marginal Ice Zone Observed by Spaceborne SAR	SARを用いて、北極周縁氷域での海氷による波の減衰を調査しました。波高とピーク波周期との関係を分析し、氷厚が0.5mを超える地域で波の減衰が急速に進むことを示しています。	chinese academy of sciences	2023	<a href="https://doi.org/10.1029/2023gl105059">https://doi.org/10.1029/2023gl105059</a>

## 降水観測における多周波数レーダー技術とその応用

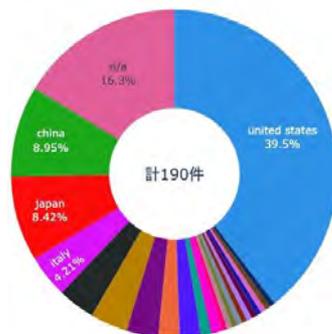
### 概要

このカテゴリーは、宇宙からの降水観測や気象データ収集に関する技術に焦点を当てている。具体的には、異なる周波数帯のレーダーや放射計を用いて、降水量や雲の特性を高精度で測定する技術が含まれる。TRMMやCloudSatなどの衛星ミッションは、降水データの長期的な収集や気象モデルの改善に寄与しており、特に多周波数レーダー技術が重要な役割を果たしている。また、ミリ波レーダーやデュアルポラリゼーション技術を用いることで、雲や降水の微物理特性の取得が向上している。

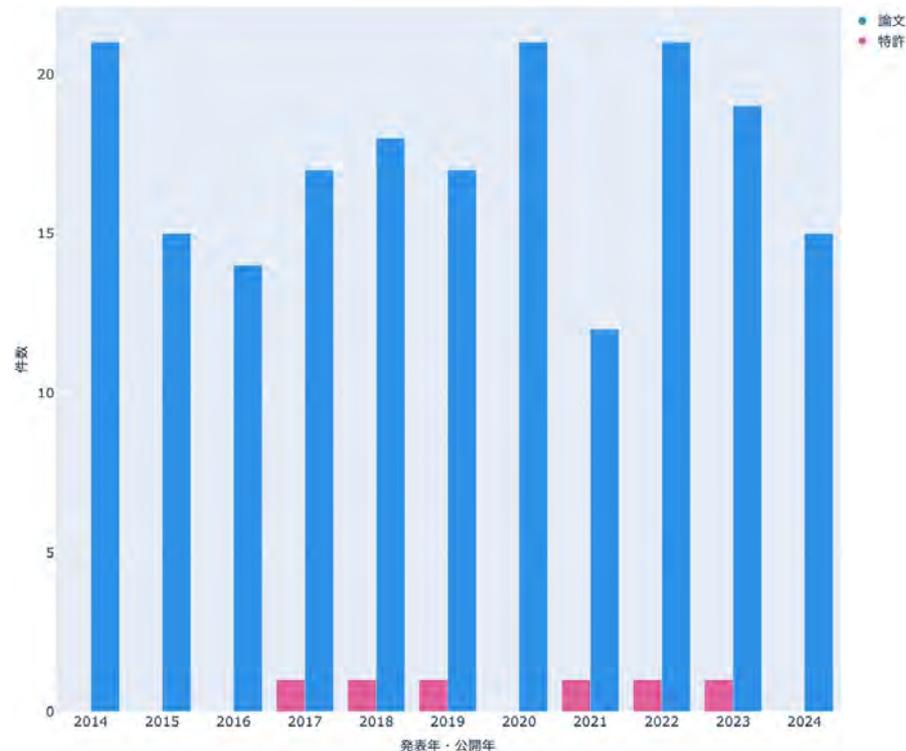
#### 特許・論文比率



#### 論文国別比率



#### 論文・特許数推移



## Ku/Kaバンドレーダーによる降水の空間解像度向上

Ku/Kaバンドレーダー技術の進展により、降水観測の空間解像度が向上し、降水の微細な空間分布や動態を詳細に把握することが可能となっている。これにより、気象予測の精度向上や気候変動の影響評価、防災対策において重要な役割を果たすことが期待される。特に、地上および航空機からの観測データと組み合わせることで、降水の立体的な構造を明らかにする研究が進んでいる。

開発  
状況

Ku/Kaバンドレーダーを用いて降水の空間解像度を向上させ、気象予測の精度を高めることを目的としている。また、気候変動の影響評価や防災対策における降水データの活用を目指し、降水の立体的な構造を明らかにすることを目指している。

## 課題

Ku/Kaバンドレーダーを降水観測に適用する際、降水の空間的変動を高精度で捉えるために、レーダーの感度や分解能の最適化が必要である。特に、地形や気象条件による観測データの不確実性を低減する技術の開発が求められている。

## 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Observation strategy of the INCUS mission: retrieving vertical mass flux in convective storms from low-earth-orbit convoys of miniaturized microwave instruments	INCUSミッションは、低地球軌道に小型マイクロ波機器を配置し、対流性嵐の観測を強化することを目的としている。これにより、雲の3次元的な水分分布を捉え、対流性嵐の垂直質量流を低不確実性で取得することが可能となる。	California Institute of Technology	2022	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-2124">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-2124</a>
論文	Mind the gap - Part 2: Improving quantitative estimates of cloud and rain water path in oceanic warm rain using spaceborne radars	海洋性温暖雨の雲と雨の水路を改善するため、宇宙搭載レーダーを用いた研究が行われた。KaおよびWバンドの明るさ温度を利用することで、雲と雨の水路の取得精度が向上することが示された。	university of leicester	2020	<a href="https://doi.org/10.5194/amt-13-4865-2020">https://doi.org/10.5194/amt-13-4865-2020</a>
論文	Assessing Synergistic Radar and Radiometer Retrievals of Ice Cloud Microphysics for the Atmosphere Observing System (AOS) Architecture	NASAのAOSアーキテクチャは、氷雲の微物理特性を評価するために、複数周波数レーダーとサブミリ波放射計を統合している。これにより、氷雲の水路取得精度が大幅に向上することが期待される。	the university of utah	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2022.3165578">https://doi.org/10.1109/tgrs.2022.3165578</a>
論文	Simultaneous Observations from In Situ Ground-Based and Airborne Radars at Multiple Frequency Bands Over Winter Storms	冬季降水の観測において、地上および航空機搭載レーダーを用いた研究が行われた。Ku/Kaバンドのデュアル周波数レーダーを使用し、雪嵐の観測を行い、異なる氷晶の特性を評価した。	colorado state university	2024	<a href="https://doi.org/10.1109/radarcnf2458775.2024.10548955">https://doi.org/10.1109/radarcnf2458775.2024.10548955</a>

## 多周波数レーダーによる降水の時間的変動観測

多周波数レーダー技術の進化により、降水の時間的変動を高精度で捉えることが可能となっている。特に、KaバンドやKuバンドを用いたレーダーが、降水の時間的な変動を詳細に観測することができ、降水の発生頻度や強度の変化をリアルタイムで把握することが可能となっている。これにより、降水の予測精度が向上し、気象災害の早期警戒システムの構築に寄与している。今後、これらの技術は、気候変動の影響を受けやすい地域における降水パターンの変化を監視するために重要な役割を果たすと期待される。

### 開発状況

多周波数レーダー技術を用いて降水の時間的変動を高精度で観測し、気象予測の精度を向上させることを目的としている。また、気候変動の影響を受けやすい地域での降水パターンの変化を監視し、気象災害の早期警戒システムの構築を目指している。

### 課題

多周波数レーダーを降水観測に適用する際に、異なる周波数帯の特性を適正化するための技術開発が進められている。特に、異なる周波数のレーダーを組み合わせた際のデータ統合や、観測精度の向上が課題となっている。

### 関連論文/特許

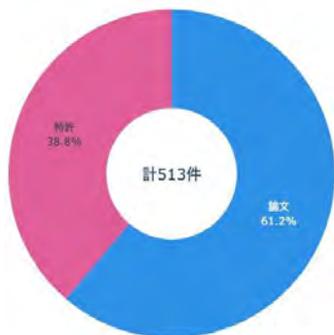
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Assessing Synergistic Radar and Radiometer Retrievals of Ice Cloud Microphysics for the Atmosphere Observing System (AOS) Architecture	NASAのACCPチームが開発した大気観測システム（AOS）アーキテクチャを用いて、氷雲の微物理特性を解析する研究。多周波数レーダーとサブミリ波放射計を組み合わせ、氷雲の微物理量を不確実性を伴いながらも高精度で取得することを目指している。	the university of utah	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2022.3165578">https://doi.org/10.1109/tgrs.2022.3165578</a>
論文	Correction of Path-Integrated Attenuation Estimates Considering the Soil Moisture Effect for the GPM Dual-Frequency Precipitation Radar	GPMデュアル周波数降水レーダーの経路統合減衰（PIA）推定精度を向上させるため、土壌水分の影響を考慮した補正手法を開発。これにより、地表降水率推定がKuPRで約18%、KaPRで約15%向上した。	nagasaki university	2022	<a href="https://doi.org/10.1175/jtechd-21-0111.1">https://doi.org/10.1175/jtechd-21-0111.1</a>
論文	Simultaneous Observations from In Situ Ground-Based and Airborne Radars at Multiple Frequency Bands Over Winter Storms	NASAのIMPACTSプロジェクトの一環として、地上および航空機搭載レーダーを用いて冬季降水を観測。Ku/Kaバンドのデュアル周波数デュアル偏波ドップラーレーダーを使用し、雪嵐イベントの観測を行い、異なる氷晶の特性を評価した。	colorado state university	2024	<a href="https://doi.org/10.1109/radarconf2458775.2024.10548955">https://doi.org/10.1109/radarconf2458775.2024.10548955</a>
論文	Spatial Variability and Linkage Between Extreme Convections and Extreme Precipitation Revealed by 22-Year Space-Borne Precipitation Radar Data	TRMMとGPMの降水レーダーを用いて、極端な対流と降水の空間分布と関連性を探る研究。極端な降水は熱帯海洋で多く観測され、対流は陸地でより一般的であることが示された。	peking university	2020	<a href="https://doi.org/10.1029/2020gl088437">https://doi.org/10.1029/2020gl088437</a>

## ミリ波アプリケーション向けの高性能アンテナ技術

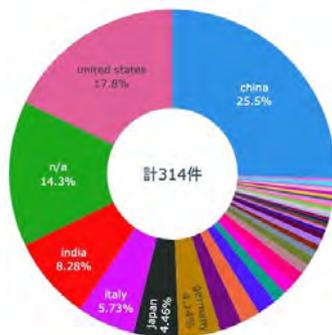
## 概要

このカテゴリーは、ミリ波およびサブミリ波アプリケーションにおける高性能なアンテナおよびレーダーシステムに関する技術を扱っている。具体的には、改良された周波数選択表面や金属パッチを用いた吸収体構造、デジタルステップアッテネーター、モリシックな広帯域低雑音増幅器などが含まれ、これらは通信速度の向上や高解像度観測を実現するために設計されている。また、空間モジュレーションやサブアパーチャ技術を用いたビームフォーミングの改善も重要な要素である。

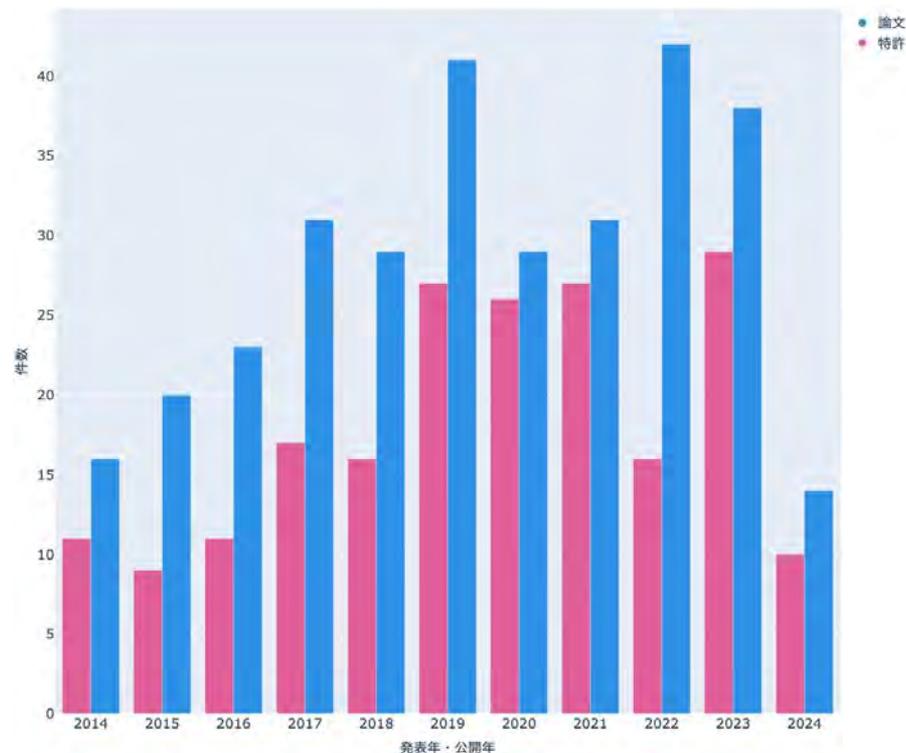
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## コンパクトで高効率なミリ波アンテナ設計

ミリ波アプリケーションにおけるコンパクトで高効率なアンテナ設計は、システム全体のサイズと重量を削減し、コスト効率を向上させるために重要です。特に、モノリシックマイクロ波集積回路（MMIC）を用いた設計が進められ、送受信アンテナユニットの一体化により構造を簡素化し、サイズを縮小しています。この技術は、ミリ波レーダーシステムの性能向上と製造コストの削減に寄与しています。

## 開発状況

ミリ波レーダーシステムにおけるアンテナの小型化と高効率化を実現し、システム全体の性能を向上させることを目的としています。また、製造コストの削減と新しいアプリケーションへの適用を目指しています。

## 課題

ミリ波アンテナを小型化しつつ高効率を維持するためには、熱管理や材料選定、集積技術の最適化が必要です。これにより、出力の向上と熱放散の問題を解決することが求められています。

## 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	一种Ka频段TR组件SIP芯片结构及其设计方法	Ka帯TRモジュールSIPチップ構造は、フェーズドアレイレーダーのRFフロントエンドに関連し、マイクロシステム技術を用いて多チャンネルSIPチップに統合されています。新素材と3Dパッケージ技術を活用し、限られたスペースでの出力向上と熱放散問題を解決します。	casic microelectronic system res institute co ltd	2022	CN115458517
特許	Four-channel microwave T/R module	4チャンネルマイクロ波T/Rモジュールは、共通キャビティ構造内に4つの独立したT/Rチャンネルを統合したコンパクトなシステムです。高い信頼性と低消費電力を特徴とし、空中、船舶、宇宙のフェーズドアレイレーダーに適しています。	nanjing jikai microwave tech co ltd	2019	CN109239672
論文	GaAs MMICs based High Power Ku-band T/R chain using in-house processed PCB and Assembly	GaAs MMICを用いた高出力Ku帯T/Rモジュールチェーンは、宇宙ベースのフェーズドアレイシステム向けに設計され、監視やSAR、AESALレーダーに応用されます。高出力と低ノイズ性能を提供し、航空宇宙および防衛用途でのレーダーシステムの能力を向上させます。	research centre imarat, drdo	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/mapcon56011.2022.10047823">https://doi.org/10.1109/mapcon56011.2022.10047823</a>
特許	Miniaturized millimeter wave imaging radar device	ミニチュア化されたミリ波イメージングレーダーデバイスは、MMICとアンテナ放射ユニットを含み、構造を簡素化し、サイズを縮小します。送信システムと受信システムを統合し、効率的な信号処理を実現します。	univ xidian	2019	CN110471059

## 広帯域高出力ミリ波フェーズドアレイ技術

広帯域高出力ミリ波フェーズドアレイ技術は、ミリ波レーダーシステムの性能を向上させるために進化しています。特に、広範囲の電子ビームスキャンと同時多目標観測を可能にする技術が注目されています。空間給電方式を用いたアンテナアレイの開発により、アンテナ損失を低減し、開口効率を向上させることが期待されています。この技術は、航空宇宙や防衛分野での応用が期待されており、近年の研究の増加が見られます。

### 開発状況

ミリ波レーダーシステムにおける広範囲の電子ビームスキャンと同時多目標観測を実現することを目的とし、アンテナアレイの効率を向上させる技術開発が進められています。

### 課題

広帯域高出力ミリ波フェーズドアレイ技術を実用化する際に、アンテナの損失を低減し、開口効率を向上させることが課題となっています。これにより、システムの性能を最大限に引き出すことが求められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	High-power large-aperture broadband millimeter wave space-fed phased array radar system and imaging method thereof	高出力大口径広帯域ミリ波空間給電フェーズドアレイレーダーシステムは、広範囲の電子ビームスキャンと同時多目標観測を可能にし、アンテナ損失を低減し、開口効率を向上させることを目指しています。	univ electronic sci & tech china	2021	CN112526512
特許	Novel high-isolation high-power radar front end	新しい高絶縁高出力レーダーフロントエンドは、キャビティデュプレクサ構造を採用し、送信と受信チャネルの同時動作を可能にし、レーダーの性能を向上させます。	wuxi huace electronic system co ltd	2019	CN110297216
論文	Development of an Uplink Array Radar System for Cis-Lunar and Planetary Observations	アップリンクアレイレーダーシステムは、月周辺および惑星観測のために設計されており、広帯域フェーズドアレイ送信機の実証し、科学的および防衛的ニーズに応えます。	california institute of technology	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/aero55745.2023.10115810">https://doi.org/10.1109/aero55745.2023.10115810</a>
特許	Millimeter wave radar transmitting and receiving same-beam antenna	ミリ波レーダー送受信同一ビームアンテナは、単一のマイクロストリップアンテナを使用して電磁波を送受信し、レーダーの解像度と精度を向上させます。	wuxi zhengxian tech co ltd	2024	CN117748100

## メタマテリアルと積層構造によるアンテナ小型化

メタマテリアルと積層構造を用いたアンテナ小型化技術は、ミリ波アプリケーションにおけるアンテナの高性能化を実現するために注目されています。これにより、限られたスペースでの高集積化が可能となり、宇宙や航空機搭載のレーダーシステムにおいて重要な役割を果たしています。特に、これらの技術は高効率で小型のアンテナ設計を可能にし、今後の技術革新に寄与することが期待されています。

### 開発状況

アンテナの小型化と高性能化を目的とし、メタマテリアルや積層構造を活用した設計が進められています。これにより、宇宙や航空機搭載のレーダーシステムにおける限られたスペースでの高効率なアンテナの実現を目指しています。

### 課題

メタマテリアルや積層構造をアンテナ設計に適用する際、電磁波の伝播特性を最適化する必要があります。これにより、アンテナの性能を最大限に引き出すための技術開発が進められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Miniaturized Dual-Polarized Metasurface Antenna With High Isolation	この研究は、極小化されたデュアルポラライズドメタサーフェスアンテナを用いて、ポラリメトリック合成開口レーダーにおける高いアイソレーションを実現することを目的としています。シミュレーションと測定結果により、優れた性能が確認されました。	harbin engineering university	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/lawp.2021.3049856">https://doi.org/10.1109/lawp.2021.3049856</a>
論文	A Wideband High Gain Differential Patch Antenna Featuring In-Phase Radiating Apertures	広帯域高利得差動パッチアンテナの開発により、通信システムとイメージングレーダーの性能向上を目指しています。独自の構造により、広帯域での高利得を実現し、長距離通信や高解像度レーダーに適しています。	south china university of technology	2024	<a href="https://doi.org/10.3390/s24144641">https://doi.org/10.3390/s24144641</a>
論文	Hexagonal Fractal Multiband Antenna for Wireless Communication	ヘキサゴナルフラクタルマルチバンドアンテナは、無線通信における小型化とマルチバンド機能を実現するために設計されました。5Gや衛星通信、レーダーアプリケーションに適用可能です。	ifet college of engineering	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/mysurcon55714.2022.9972610">https://doi.org/10.1109/mysurcon55714.2022.9972610</a>
論文	Compact High Gain Elliptical Patch Antenna for Satellite Synthetic Aperture Radar	コンパクトな高利得楕円パッチアンテナは、衛星合成開口レーダー（SAR）アプリケーション向けに設計されています。高効率と広帯域を実現し、航空機や宇宙でのSARシステムに適しています。	ho technical university	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/icast52759.2021.9682001">https://doi.org/10.1109/icast52759.2021.9682001</a>

## 周波数選択性と再構成可能なアレイアンテナ技術

周波数選択性と再構成可能なアレイアンテナ技術は、ミリ波アプリケーションにおけるビーム操作の精度と効率を向上させるために進化しています。これにより、レーダーや通信システムでのターゲット検出やデータ伝送がより精密かつ効率的に行えるようになり、特に高精度が求められる用途での応用が期待されています。

### 開発状況

ミリ波アプリケーションにおけるアンテナのビーム操作技術を改善し、レーダーや通信システムの精度と効率を向上させることを目的とした開発が進められています。これにより、より精密なターゲット検出やデータ伝送の実現を目指しています。

### 課題

周波数選択性と再構成可能なアレイアンテナ技術を適用する際に、アンテナの指向性や制御性を最適化するための技術開発が必要とされています。特に、異なる周波数帯での性能向上が課題となっています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Tri-band, Dual-polarized Antenna with Shared Aperture for TT&C and Data Transmission	この文献は、深宇宙探査とデータ伝送のために設計されたトライバンド、デュアル偏波アンテナを紹介しています。X/Ku/Kaバンドで動作し、合成開口レーダーシステムへの応用が期待されます。	xidian university	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/apsar46974.2019.9048500">https://doi.org/10.1109/apsar46974.2019.9048500</a>
論文	Planar Lens Antenna with Enhanced Directivity Based on Miniaturized Element Frequency Selective Surface	ミニチュア化された要素周波数選択性表面を用いた平面レンズアンテナを紹介し、2.5 GHzでの利得増加を実現しています。レーダーや通信システムへの応用が可能です。	harbin institute of technology	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/iceic.2019.8846417">https://doi.org/10.1109/iceic.2019.8846417</a>
論文	Miniaturized Dual-Polarized Metasurface Antenna With High Isolation	極性合成開口レーダー用に設計された小型デュアル偏波メタサーフェスアンテナを紹介し、ポート間の高いアイソレーションを実現しています。	harbin engineering university	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/lawp.2021.3049856">https://doi.org/10.1109/lawp.2021.3049856</a>
論文	An FSS-Backed Reflection/Transmission Reconfigurable Array Antenna	反射と透過の両方を実現する再構成可能なアレイアンテナを紹介し、11 GHzでのピーク利得を達成しています。レーダー検出システムや衛星通信に応用可能です。	xidian university	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/access.2020.2970611">https://doi.org/10.1109/access.2020.2970611</a>

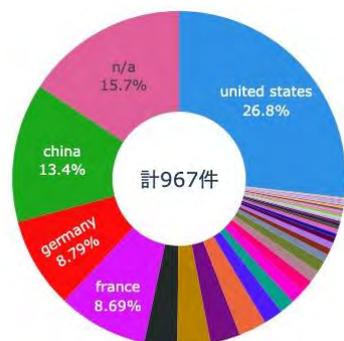
# LiDAR技術調査

論文・特許調査

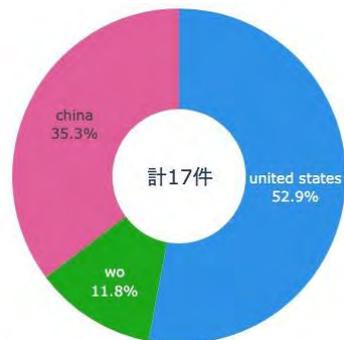
## 論文・特許数の推移

## LiDAR技術に関する論文・特許の年次推移

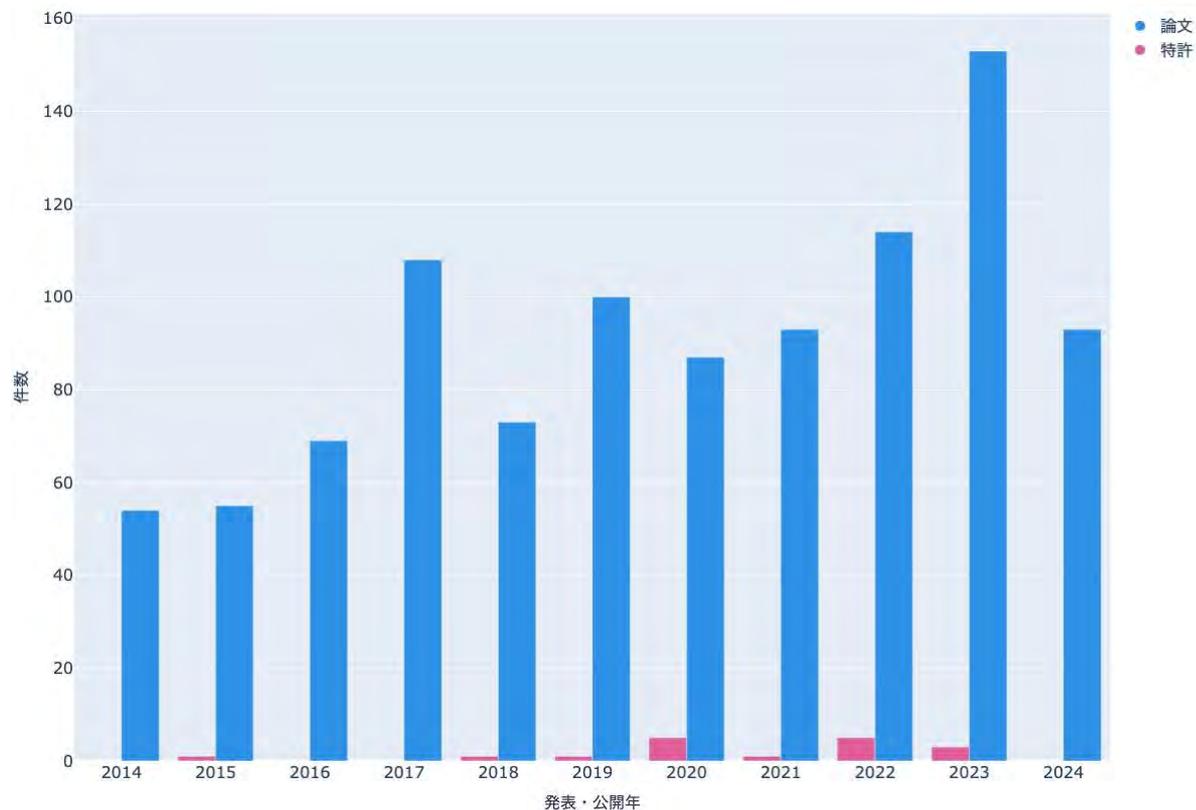
国別論文数



国別特許数



論文・特許数の推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で、特許の国は親特許の出願先の国で定義  
 ※ n/a:論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

## 技術カテゴリー 一覧

## カテゴリー

## 論文/特許数推移

## 論文数増加率\* 特許数増加率\*

自律ナビゲーションにおけるLiDAR技術の重要性



144.4%

-100.0%

Doppler風ライダーによる宇宙からの風観測技術



250.0%

na

地球観測におけるLiDARセンサーのデータ活用法



175.0%

na

雲とエアロゾル観測におけるCALIPSO技術の役割



-50.0%

na

光子カウントLiDARによる環境モニタリング技術



-14.3%

na

メタン観測のための宇宙LiDAR技術の革新



-57.1%

na

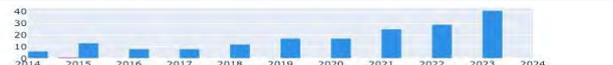
宇宙からの大気観測におけるLiDAR技術の応用と進展



5.3%

na

宇宙におけるLiDAR技術の森林観測への応用



141.2%

na

宇宙におけるLiDAR技術の応用と性能向上



-9.5%

na

\*2019年から2023年での増加率。

2019年,2023年何れかの文献数がゼロの場合はnaと表記している



## 宇宙空間でのLiDARを用いた高精度相対ナビゲーション

宇宙空間でのLiDAR技術の進化は、非協力的な宇宙目標に対する高精度な相対ナビゲーションを可能にし、オンオービットサービスやデブリ除去ミッションにおいて重要な役割を果たしています。特に、深層学習を活用した新しいアルゴリズムが開発され、LiDARデータを用いた高精度なポーズ推定が実現されています。これにより、宇宙船の相対位置や姿勢を高精度で測定し、ミッションの成功率を向上させることが期待されています。

### 開発状況

宇宙空間でのLiDARを用いた相対ナビゲーション技術の開発は、オンオービットサービスやデブリ除去ミッションの成功率を向上させることを目的としています。これにより、宇宙船の安全性と効率性を高め、将来的な宇宙ミッションの実現を目指しています。

### 課題

宇宙空間でのLiDARを用いた相対ナビゲーションにおいて、非協力的な目標に対する高精度なポーズ推定を実現するために、データの処理速度や精度を向上させる技術の開発が求められています。特に、低フレームレートやデータのスパース性が課題となっています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Hardware in the Loop Performance Assessment of LIDAR-Based Spacecraft Pose Determination.	この研究は、LiDARを用いたポーズ決定アルゴリズムのハードウェアインザループ性能評価のための新しい半解析的キャリブレーション手法を紹介しています。これにより、非協力的な宇宙目標に対する高精度なポーズ推定が可能となり、オンオービットサービスやデブリ除去に応用されます。	university of naples federico ii	2017	<a href="https://doi.org/10.3390/s17102197">https://doi.org/10.3390/s17102197</a>
論文	MSR-ERO Rendezvous Navigation Sensors and Image Processing	ESAとNASAの共同プロジェクトである火星サンプルリターンキャンペーンでは、LiDARを用いた自律的なランデブーとサンプル回収が行われます。LiDARは、火星軌道上のサンプルコンテナの位置を高精度で測定し、地球への帰還を支援します。	na	2023	<a href="https://doi.org/10.5270/esa-gnc-icatt-2023-079">https://doi.org/10.5270/esa-gnc-icatt-2023-079</a>
論文	Imaging Flash Lidar for Autonomous Safe Landing and Spacecraft Proximity Operation	イメージングフラッシュLiDAR技術は、月や火星での安全な着陸や宇宙船の接近操作に利用されます。NASAラングレイ研究所が開発したこのシステムは、地形の3D画像を生成し、障害物を特定して安全な着陸を可能にします。	langley research center	2016	<a href="https://doi.org/10.2514/6.2016-5591">https://doi.org/10.2514/6.2016-5591</a>
論文	LiDAR based pose tracking of an uncooperative spacecraft using the smoothed normal distribution transform	この研究は、非協力的な宇宙船のポーズ追跡にLiDARセンサーを使用することに焦点を当てています。スムーズな正規分布変換アルゴリズムを用いて、初期ポーズ推定誤差に対するロバスト性を向上させ、迅速な収束を実現しています。	na	2023	<a href="https://doi.org/10.5270/esa-gnc-icatt-2023-078">https://doi.org/10.5270/esa-gnc-icatt-2023-078</a>

## 惑星探査におけるLiDARを用いた安全な着陸技術

LiDAR技術は惑星探査における安全な着陸を実現するために重要な役割を果たしています。特に、地形相対ナビゲーションや危険回避のためのLiDARセンサーの利用が進んでおり、未知の環境での安全な着陸が可能となっています。LiDARを用いた地形の詳細なマッピングや障害物の検出は、着陸地点の安全性評価において不可欠であり、ミッションの成功に寄与しています。これにより、将来の惑星探査ミッションにおける安全性と効率性が向上しています。

### 開発状況

惑星探査ミッションにおける安全な着陸を実現するため、LiDAR技術を用いて地形の詳細なマッピングや障害物の検出を行い、着陸地点の安全性を評価することを目的としています。これにより、ミッションの成功率を高めることを目指しています。

### 課題

惑星探査におけるLiDAR技術の適用には、未知の地形や環境条件に対応するためのセンサーの精度向上やデータ処理技術の開発が必要です。特に、リアルタイムでの障害物検出や地形マッピングの精度を高めることが課題となっています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	LIDAR Based Landing Site Identification and Safety Estimation For Inter Planetary Missions	この研究は、惑星間ミッションにおける着陸地点の特定と安全性評価のためのLiDAR技術を提案しています。LiDARの高精度な物体検出と距離推定能力を活用し、着陸の安全性を評価します。	college of engineering trivandrum	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/iccc57789.2023.10165199">https://doi.org/10.1109/iccc57789.2023.10165199</a>
論文	A scanning LIDAR system for active hazard detection and avoidance during landing on Europa	このスキャンLiDARシステムは、木星の月エウロパへの着陸時における危険検出と回避を目的としています。リアルタイムでの危険検出が可能で、着陸の安全性を向上させます。	ball aerospace & technologies corporation	2018	<a href="https://doi.org/10.1109/aero.2018.8396503">https://doi.org/10.1109/aero.2018.8396503</a>
論文	Imaging Flash Lidar for Safe Landing on Solar System Bodies and Spacecraft Rendezvous and Docking	NASAは、太陽系天体への安全な着陸と自動ランデブーを可能にするフラッシュLiDAR技術を開発しました。地形の3D画像を生成し、着陸地点の安全性を評価します。	langley research center	2015	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2178410">https://doi.org/10.1117/12.2178410</a>
論文	Terrain relative navigation for precise lunar landing using crater matching algorithm	月面着陸の精度を高めるために、クレーター照合アルゴリズムを用いた地形相対ナビゲーション技術をシミュレーションしています。安定した特徴を持つクレーターを参照点として使用します。	korea advanced institute of science and technology	2016	<a href="https://doi.org/10.1109/iccas.2016.7832378">https://doi.org/10.1109/iccas.2016.7832378</a>

## LiDARによるスペースデブリ管理と追跡技術の進化

LiDAR技術の進化により、宇宙空間でのスペースデブリの管理と追跡が大幅に改善されています。特に、LiDARを用いた3Dマッピングや動的パラメータの推定が進展し、デブリの追跡精度が向上しています。これにより、宇宙ミッションの安全性が高まり、デブリ衝突のリスクが低減されるとともに、効率的なデブリ管理が可能となっています。

### 開発状況

宇宙空間におけるスペースデブリの追跡精度を向上させ、衝突リスクを低減することを目的とした技術開発が進められています。また、効率的なデブリ管理を実現するための新しいLiDAR技術の応用が期待されています。

### 課題

LiDAR技術をスペースデブリ管理に適用する際、デブリの動的特性を正確に把握するための技術開発が求められています。特に、デブリの不規則な動きや形状に対応するための高精度なデータ取得と解析が課題です。

### 関連論文/特許

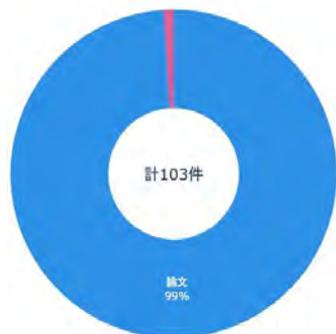
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Spacecraft depth completion based on the gray image and the sparse depth map	SDCNetは、宇宙船の3D構造を正確に把握するためにLiDARと単眼カメラを組み合わせ、グレイ画像とスパース深度マップから密な深度マップを生成します。これにより、宇宙船の姿勢推定などのビジョントaskに有効です。	harbin institute of technology	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/taes.2023.3286387">https://doi.org/10.1109/taes.2023.3286387</a>
論文	Detumbling large space debris via laser ablation	レーザーアブレーションを用いて大型スペースデブリの回転運動を制御する方法を提案しています。LiDARとナビゲーションカメラを組み合わせ、デブリの回転運動を最適に制御します。	university of strathclyde	2015	<a href="https://doi.org/10.1109/aero.2015.7119051">https://doi.org/10.1109/aero.2015.7119051</a>
論文	6-DoF Pose Estimation from Stereo LiDAR of Actual Machine using Deep Learning	ステレオLiDARを用いた6自由度の姿勢推定を目指し、シミュレーターとハードウェアエミュレーターを開発しました。ドメインシフトを抑制し、精度を向上させる手法を提案しています。	japan aerospace exploration agency	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/aero55745.2023.10115618">https://doi.org/10.1109/aero55745.2023.10115618</a>
論文	Sparse Unorganized Point Cloud Based Relative Pose Estimation for Uncooperative Space Target.	CTAアルゴリズムは、追跡宇宙船と非協力的な宇宙ターゲット間の相対姿勢を推定するために設計されました。LiDARセンサーから得られるスパースな3D点群を利用し、初期姿勢を提供します。	beihang university	2018	<a href="https://doi.org/10.3390/s18041009">https://doi.org/10.3390/s18041009</a>

## Doppler風ライダーによる宇宙からの風観測技術

## 概要

このカテゴリーは、宇宙からの地球観測におけるDoppler風ライダー技術に関するものである。具体的には、AeolusミッションがDoppler風ライダーを用いて風のプロファイルを測定し、気象予測や大気の状態理解に寄与している。また、MOLIミッションでは森林のバイオマス評価や森林冠高さの測定にライダー技術が活用されている。これらの技術は、宇宙からの大気観測やエアロゾルの特性評価にも応用されており、未来の衛星ミッションにおいても重要な役割を果たすと期待されている。

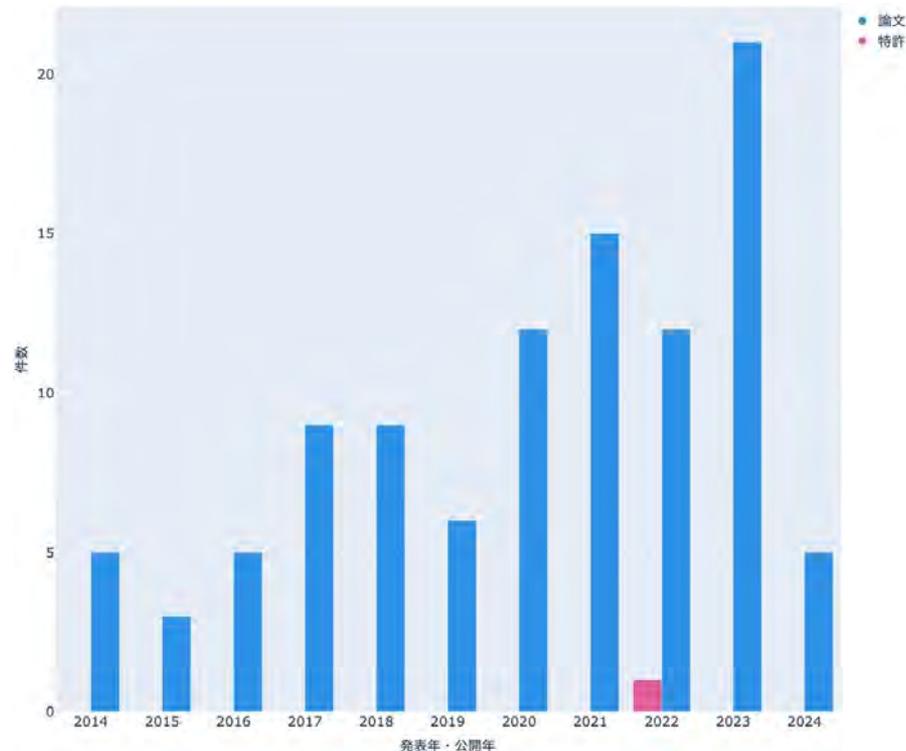
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## Aeolusミッションによる風観測技術の進展

宇宙からの風観測技術において、Doppler風ライダーの活用が進んでおり、特にESAのAeolusミッションが注目されている。このミッションは、地球の大気中の風のプロファイルを提供し、気象予測の精度向上に寄与している。Aeolusは、短期および中期の天気予報を改善するために、対流圏および下部成層圏のグローバルな風プロファイルを提供し、空気質モデルや気候モデルの検証にも利用されている。

### 開発状況

Aeolusミッションの目的は、地球の大気中の風のプロファイルを提供し、気象予測の精度を向上させることにある。また、空気質モデルや気候モデルの検証を通じて、気候変動の理解を深めることを目指している。

### 課題

宇宙からの風観測において、Doppler風ライダーの精度向上とデータの信頼性確保が課題となっている。特に、観測データのバイアス補正や、異なる観測手法とのデータ統合が求められている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	ESA's spaceborne lidar mission ADM-Aeolus; project status and preparations for launch	ESAのAeolusミッションは、Doppler風ライダーを用いて風のプロファイルを測定し、気象予測と気候研究を強化することを目的としている。ALADINという革新的な機器を搭載し、雲やエアロゾルの光学特性のプロファイルも生成する。	european space agency	2018	<a href="https://doi.org/10.1051/epjconf/201817604007">https://doi.org/10.1051/epjconf/201817604007</a>
論文	Impact of the Aeolus Level-2B horizontal line-of-sight winds in the Environment and Climate Change Canada global forecast system	AeolusミッションのHLOS風データは、カナダの気象予測システムにおいて予測精度を向上させることが確認された。特に、熱帯および極地での予測において顕著な効果が見られた。	environment and climate change canada	2022	<a href="https://doi.org/10.1002/qj.4300">https://doi.org/10.1002/qj.4300</a>
論文	Aeolus Data Validation for an Extreme Precipitation Event in Greece with the COSMO NWP Model	Aeolusデータは、ギリシャでの極端な降水イベントの予測精度を向上させることが示された。COSMOモデルを用いた研究で、Aeolusデータの統合が降水予測を改善した。	hellenic national meteorological service	2023	<a href="https://doi.org/10.3390/w15213820">https://doi.org/10.3390/w15213820</a>
論文	Aeolus first light: first glimpse	Aeolusミッションは、対流圏と下部成層圏のグローバルな風プロファイルを提供し、短期および中期の天気予報を改善することを目的としている。初期の結果が発表されている。	european space agency	2019	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2535982">https://doi.org/10.1117/12.2535982</a>

## 単一周波数レーザーによる風観測精度の向上

単一周波数レーザー技術の進化により、宇宙からの風観測の精度が向上している。特に、Doppler風ライダー技術の進展により、大気中の特定のガス濃度や風プロファイルの精密な測定が可能となり、気候モニタリングや環境研究において重要な役割を果たしている。これにより、気候変動の予測や環境保護における新たな知見が得られる可能性がある。

### 開発状況

単一周波数レーザーを用いた風観測技術の開発は、気候変動の予測精度を向上させることを目的としており、これにより環境保護や災害予測の精度向上を目指している。

### 課題

単一周波数レーザーを用いた風観測技術の開発において、レーザーの安定性や精度を向上させることが課題となっている。特に、宇宙環境での長期的な運用に耐える技術の確立が求められている。

### 関連論文/特許

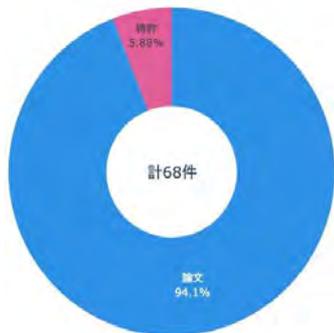
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	ESA's spaceborne lidar mission ADM-Aeolus; project status and preparations for launch	ESAのADM-Aeolusミッションは、Doppler風ライダーの運用風プロファイル測定の可能性を示すために設計された宇宙ベースのライダーミッションである。正確な風データを提供し、数値気象予測と気候研究を強化することを目的としている。	european space agency	2018	<a href="https://doi.org/10.1051/epjconf/201817604007">https://doi.org/10.1051/epjconf/201817604007</a>
論文	IGARSS - Recent Research and Development of 2- $\mu$ M Laser for Future Space-Based Doppler Wind Lidar in Japan	日本における将来の宇宙ベースDoppler風ライダーシステムのための2 $\mu$ mレーザーの開発に焦点を当てている。これにより、気象予測や気候研究におけるグローバルな三次元風測定が可能となる。	national institute of information and communications technology	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss.2019.8897972">https://doi.org/10.1109/igarss.2019.8897972</a>
論文	Spectral performance analysis of the Aeolus Fabry-Pérot and Fizeau interferometers during the first years of operation	ESAのAeolusミッションは、水平視線風成分の連続的なグローバルプロファイルを提供し、数値気象予測モデルに組み込まれ、天気予報を改善している。Fabry-PérotとFizeau干渉計のスペクトル性能分析に焦点を当てている。	german aerospace center	2022	<a href="https://doi.org/10.5194/amt-15-1465-2022">https://doi.org/10.5194/amt-15-1465-2022</a>
論文	Application of Doppler wind lidar observations to hurricane analysis and prediction	宇宙ベースのDoppler風ライダー技術の適用は、特にハリケーンの分析と予測において、大気解析と天気予報を強化することを目的としている。DWLデータが予測精度を向上させる可能性が示されている。	national oceanic and atmospheric administration	2017	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2270285">https://doi.org/10.1117/12.2270285</a>

## 地球観測におけるLiDARセンサーのデータ活用法

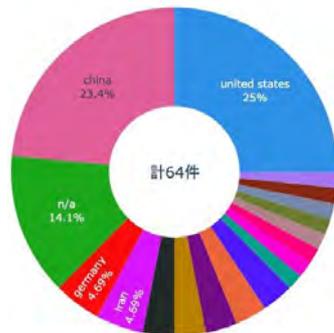
### 概要

このカテゴリーは、地球観測におけるLiDARセンサー技術の応用に関するものである。LiDARセンサーは、地表の高精度なデジタル標高モデル（DEM）を作成し、地形の変化や土地利用の分類、洪水モデルの改善、地滑りの検出などに利用される。また、航空機や衛星に搭載されたLiDAR技術は、地球や惑星の科学研究において重要な役割を果たしている。さらに、LiDARデータは、環境モニタリングや都市の交通シーン分析にも活用されている。

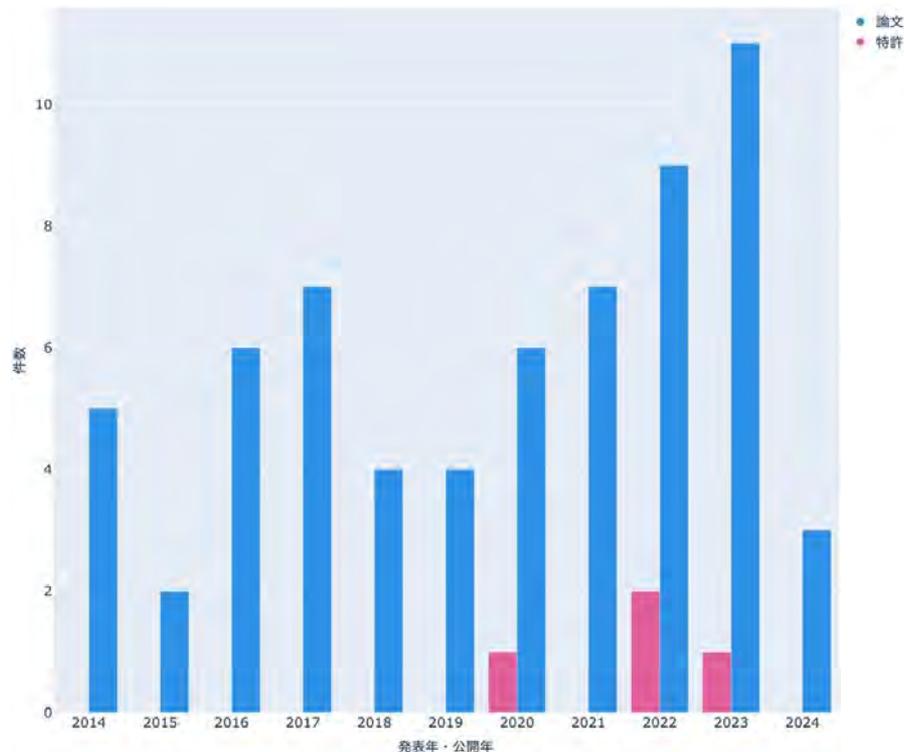
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で定義  
 ※ n/a:論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

## LiDARと他センサーのデータ融合による地表分類

LiDARと他のセンサー（光学、レーダーなど）のデータ融合技術は、地表分類の精度向上に寄与しています。特に、都市環境や自然環境における詳細な地形情報の取得が可能となり、災害管理や環境モニタリングにおいて重要な役割を果たしています。近年、3Dオブジェクト検出や地表分類の精度向上に関する研究が増加しており、注目が高まっています。

### 開発状況

LiDARと他センサーのデータ融合による地表分類の精度向上を目的とした開発が進められています。これにより、都市計画や環境保護、災害対策などの分野での応用が期待されています。

### 課題

LiDARと他のセンサーのデータを融合する際に、異なるデータ形式や解像度の違いを適正化するための技術開発が進められています。これにより、データの統合と解析の精度を向上させることが求められています。

### 関連論文/特許

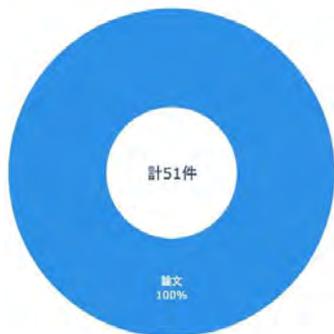
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Fusion of hyperspectral and lidar data based on dimension reduction and maximum likelihood	都市部での分類精度向上を目的に、LiDARとハイパースペクトルデータの融合を研究。GLCMやPCAを用いた特徴抽出後、最大尤度法で分類し、精度88%を達成。	university of tehran	2015	<a href="https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-7-w3-569-2015">https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-7-w3-569-2015</a>
特許	Multi-modal remote sensing image classification method based on model compression	冗長情報と低精度の問題を解決するため、ハイパースペクトルとLiDAR画像のマルチモーダルデータ融合を提案。バイナリ量子化を用いたモデル圧縮で分類精度を向上。	univ xidian	2022	CN114972885
論文	Development of Volumetric Image Descriptor for Urban Object Classification Using 3D LiDAR Based on Convolutional Neural Network	3D LiDARデータを用いた都市物体分類のためのボリュームメトリック画像記述子を開発。CNNを用いて、天候や照明の影響を受けない高精度な分類を実現。	kongju national university	2022	<a href="https://doi.org/10.23919/iccas55662.2022.10003958">https://doi.org/10.23919/iccas55662.2022.10003958</a>
論文	High resolution multisensor fusion of SAR, optical and LiDAR data based on crisp vs. fuzzy and feature vs. decision ensemble systems	SAR、光学、LiDARデータの融合による地表分類を研究。決定と特徴のアンサンブルシステムを用い、サンフランシスコのデータセットで分類精度を向上。	university of tehran	2016	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.06.008">https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.06.008</a>

## 雲とエアロゾル観測におけるCALIPSO技術の役割

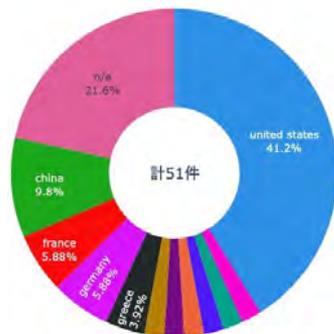
### 概要

CALIPSOおよびCALIOPライダー技術は、宇宙からの地球観測において重要な役割を果たしています。これらのライダーセンサーは、雲やエアロゾルの特性を観測し、特に雲の種類やエアロゾルの分布を把握するために使用されます。CALIOPは、海洋の表層特性やPM2.5の推定、火山灰雲の観測など、さまざまな環境データを提供します。また、これらの技術は、宇宙からの大気の状態を評価し、気象予測や環境モニタリングに貢献しています。

#### 特許・論文比率



#### 論文国別比率



## CALIPSO技術による雲とエアロゾル観測の精度向上

CALIPSO技術は、雲とエアロゾルの観測精度を向上させるために重要な役割を果たしています。特に、異なるデータソースを統合することで、雲の分類精度やエアロゾルの識別能力が向上しています。これにより、気候モデルの精度向上や大気中のエアロゾルの動態解析が期待され、気候変動の理解が深まると考えられます。

### 開発状況

雲とエアロゾルの観測精度を向上させることを目的とし、気候モデルの精度向上や大気中のエアロゾルの動態解析を実現するための技術開発が進められています。

### 課題

CALIPSO技術を用いた観測では、異なるエアロゾルや雲の特性を正確に識別するための技術開発が進められていますが、特に大規模な火山噴火や複雑なエアロゾル混合物の分類において課題が残っています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Depicting the regime of different aerosol types in NAMEE (North Africa - Middle East - Europe) based on CALIOP-CALIPSO retrievals	CALIOP-CALIPSOのデータを用いて、砂塵、海洋、清浄大陸、煙、都市/煙粒子などのエアロゾルタイプを識別する簡易分類スキームを開発しました。これにより、エアロゾルの光学特性の精度が向上し、地球-大気システムにおける放射効果の推定が可能となります。	national observatory of athens	2023	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-11608">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-11608</a>
論文	Characterization of dust aerosols from ALADIN and CALIOP measurements	ALADINとCALIOPの測定を用いて砂塵エアロゾルの特性を評価しました。特に、2020年のサハラ砂塵イベントにおいて、観測された後方散乱と消散係数の一貫性が示され、エアロゾル光学特性の不確実性を低減する可能性が示されました。	University of Oxford	2024	<a href="https://doi.org/10.5194/amt-17-2521-2024">https://doi.org/10.5194/amt-17-2521-2024</a>
論文	Evaluation of aerosol number concentrations from CALIPSO with ATom airborne in situ measurements	CALIOPのエアロゾル数濃度推定アルゴリズムをATomキャンペーンの航空機搭載測定と比較しました。結果、CALIOPとATomの測定間でSpearmanの相関係数0.715の合理的な一致が見られました。	leipzig university	2022	<a href="https://doi.org/10.5194/acp-22-7143-2022">https://doi.org/10.5194/acp-22-7143-2022</a>
論文	IEEE BigData - Deep Domain Adaptation based Cloud Type Detection using Active and Passive Satellite Data	CALIOPとVIIRSのデータを用いた深層領域適応技術を開発し、雲タイプの分類精度を向上させました。DAMAとDAMA-WLは、雲タイプ予測の分類精度を向上させることが示されました。	university of maryland, college park	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/bigdata50022.2020.9377756">https://doi.org/10.1109/bigdata50022.2020.9377756</a>

## CALIPSO技術による海洋観測の新展開

CALIPSO技術を海洋観測に適用することで、海洋の光学特性やプランクトンの特性をより詳細に把握する研究が進んでいる。特に、CALIOPセンサーを用いた新しい観測手法が、従来の受動的な観測の限界を克服し、海洋生態系や気候変動の影響を深く理解することに寄与している。これにより、海洋科学の発展が期待される。

### 開発状況

海洋における光学特性やプランクトンの特性を詳細に把握することを目的とし、これにより海洋生態系の理解を深め、気候変動の影響を評価するための新しい観測手法の開発が進められている。

### 課題

CALIPSO技術を海洋観測に適用する際に、海洋の光学特性を正確に測定するための技術的な課題が存在する。特に、センサーのキャリブレーションやデータの精度向上が求められている。

### 関連論文/特許

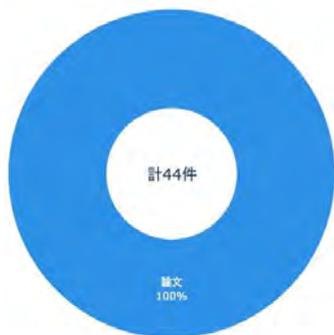
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Seasonal Variability in the Relationship between the Volume-Scattering Function at 180° and the Backscattering Coefficient Observed from Spaceborne Lidar and Biogeochemical Argo (BGC-Argo) Floats	本研究は、宇宙搭載ライダーと生物地球化学アルゴフロートを用いて、180°の体積散乱関数と後方散乱係数の季節変動を調査している。特に、夏にピークを迎える季節的な違いが明らかになった。	southern marine science and engineering guangdong laboratory	2024	<a href="https://doi.org/10.3390/rs16152704">https://doi.org/10.3390/rs16152704</a>
論文	Concept Design of the "Guanlan" Science Mission: China's Novel Contribution to Space Oceanography	中国の新しい宇宙海洋学ミッション「Guanlan」は、宇宙搭載レーザー海洋観測の課題に取り組む。デュアル周波数干渉計と海洋ライダーを組み合わせ、海洋の変動を高精度で解決することを目指している。	ocean university of china	2019	<a href="https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00194">https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00194</a>
論文	Overview of inversion methods of ocean subsurface particulate backscattering coefficient by using CALIOP data	CALIOPデータを用いた海洋の粒子後方散乱係数の反転手法に焦点を当てた研究。CALIOPのシステム原理とデータ製品レベルを詳述し、反転プロセスのアルゴリズムを開発した。	zhejiang university	2021	<a href="https://doi.org/10.3788/irla20211037">https://doi.org/10.3788/irla20211037</a>
論文	Validation protocol for the evaluation of space-borne lidar particulate back-scattering coefficient bbp	宇宙搭載ライダー測定の見直しに焦点を当てた研究。特に、CALIOPを用いた海洋の粒子後方散乱係数の検証プロトコルを提案し、現行および将来のライダーに適用可能な基準を示している。	university of the littoral opal coast	2023	<a href="https://doi.org/10.3389/frsen.2023.1194580">https://doi.org/10.3389/frsen.2023.1194580</a>

## 光子カウントLiDARによる環境モニタリング技術

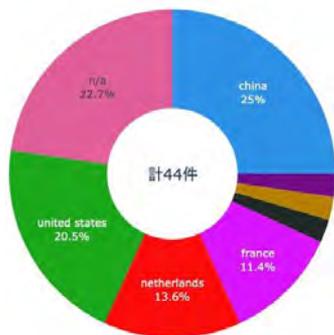
## 概要

このカテゴリーは、宇宙からの地球観測における光子カウントLiDAR技術に関するものである。ICESat-2やATLIDなどのシステムは、地球の高度変化、雲やエアロゾルの構造、植生の高さを高精度で測定するために使用されている。これにより、環境モニタリングや気候変動の研究に貢献している。特に、光子カウントLiDARは、空中および宇宙での応用が可能で、長距離のターゲット検出や表面分析にも利用されている。

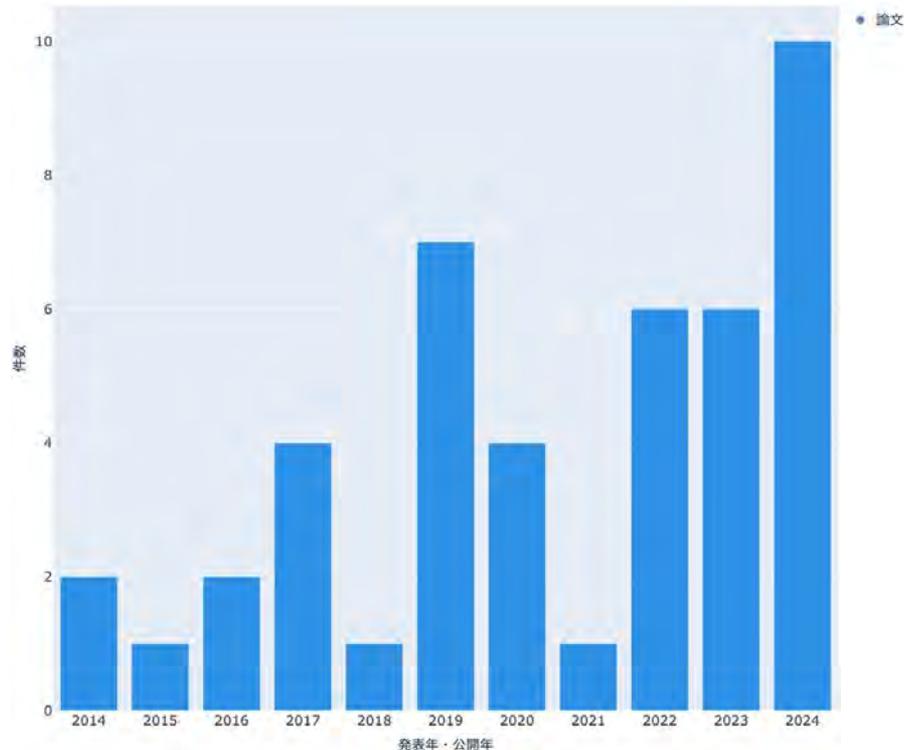
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## 光子カウントLiDARによる森林信号検出の進化

光子カウントLiDAR技術は、森林の信号検出において重要な進化を遂げています。特に、NASAのICESat-2ミッションを活用した研究では、機械学習アルゴリズムを用いて、森林信号とノイズを高精度で区別することが可能となり、森林の動態や炭素貯蔵の理解が深まっています。この技術は、気候変動モデルや環境モニタリングの精度向上に寄与し、森林測定の信頼性を高めることが期待されています。

### 開発状況

光子カウントLiDAR技術を用いて、森林の動態や炭素貯蔵の特性をより正確に把握することを目的としています。これにより、気候変動モデルの精度向上や環境モニタリングの実現を目指しています。

### 課題

光子カウントLiDARを森林信号検出に適用する際、ノイズと信号の区別が難しいという課題があります。このため、ノイズを効果的に除去し、信号を正確に検出するための技術開発が求められています。

### 関連論文/特許

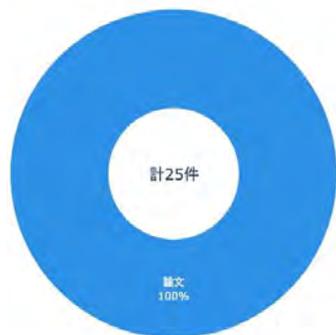
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Feasibility of Burned Area Mapping Based on ICESAT-2 Photon Counting Data	NASAのICESat-2ミッションの光子カウントLiDARデータを用いて、焼失地域の植生構造を区別し、焼失地域のマッピングの可能性を探る研究です。高い分類精度を達成し、焼失バイオマスと炭素排出の推定に貢献しています。	texas a&m university	2019	<a href="https://doi.org/10.3390/rs12010024">https://doi.org/10.3390/rs12010024</a>
論文	Improved Forest Signal Detection for Space-Borne Photon-Counting LiDAR Using Automatic Machine Learning	NASAのICESat-2光子カウントLiDARセンサーを用いて、森林信号検出を改善する研究です。自動機械学習アプローチを提案し、ノイズを除去し、データの利用可能性を向上させることに成功しました。	chinese academy of sciences	2024	<a href="https://doi.org/10.1109/jstars.2023.3290680">https://doi.org/10.1109/jstars.2023.3290680</a>
論文	Ground and Top of Canopy Extraction From Photon-Counting LiDAR Data Using Local Outlier Factor With Ellipse Searching Area	光子カウントLiDARデータから地面と樹冠の情報を抽出するために、楕円探索領域を用いた局所外れ値因子を使用する研究です。ノイズと信号の区別において高い精度を示しました。	chinese academy of sciences	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/lgrs.2019.2899011">https://doi.org/10.1109/lgrs.2019.2899011</a>
論文	Extraction of Ground Photon for Photon Counting Lidar Over Rugged Mountainous Area Based on Wavelet Transform With Adaptive Window	険しい山岳地帯での地面光子抽出を改善するために、適応ウィンドウを用いたウェーブレット変換を提案する研究です。分類誤差を減少させ、抽出精度を向上させました。	kunming university of science and technology	2024	<a href="https://doi.org/10.1109/lgrs.2023.3344873">https://doi.org/10.1109/lgrs.2023.3344873</a>

## メタン観測のための宇宙LIDAR技術の革新

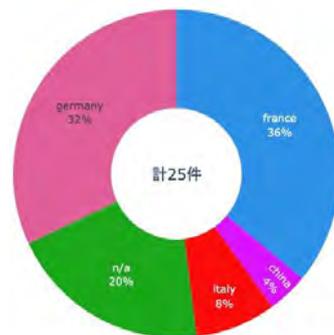
## 概要

MERLINミッションは、宇宙からのメタン観測を目的としたLidar技術を活用している。このプロジェクトでは、極端なオフ軸光学系やOPO/OPAシステムが使用され、IPDA Lidarを用いて大気中のメタンを高精度で測定する。CHARM-Fは、将来の衛星ミッションのデモンストレーターとして機能し、北極地域の温室効果ガス観測にも寄与している。MERLINのLidar機器は、全緯度および季節にわたって正確なデータを提供し、地球観測における重要な役割を果たしている。

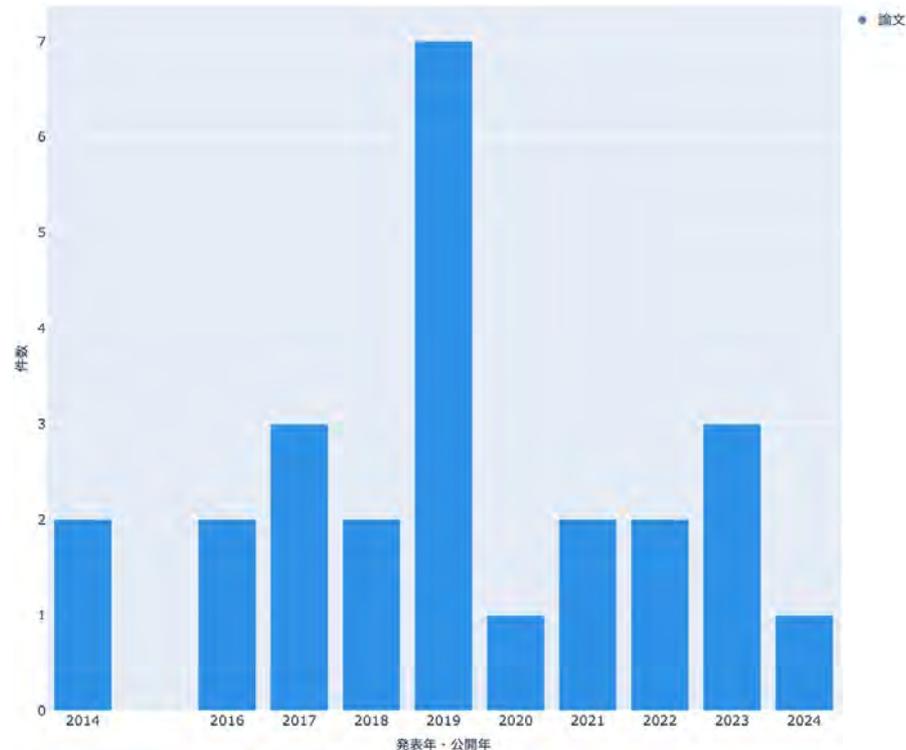
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## 宇宙からの大気観測におけるLiDAR技術の応用と進展

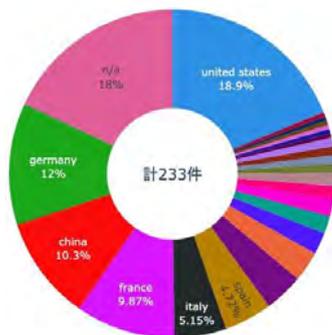
## 概要

このカテゴリーは、宇宙からの観測や地球の大気に関するデータ収集におけるLiDAR技術の応用と進展に関するものである。具体的には、宇宙ベースの衛星によるCO2測定、雲の凝結核や氷粒子のデータ取得、風速や水蒸気、エアロゾルのプロファイリングを行う技術が含まれる。これらの技術は、地球の気象や気候の理解を深め、将来の宇宙ミッションに向けた新しいLiDAR技術の開発にも寄与している。

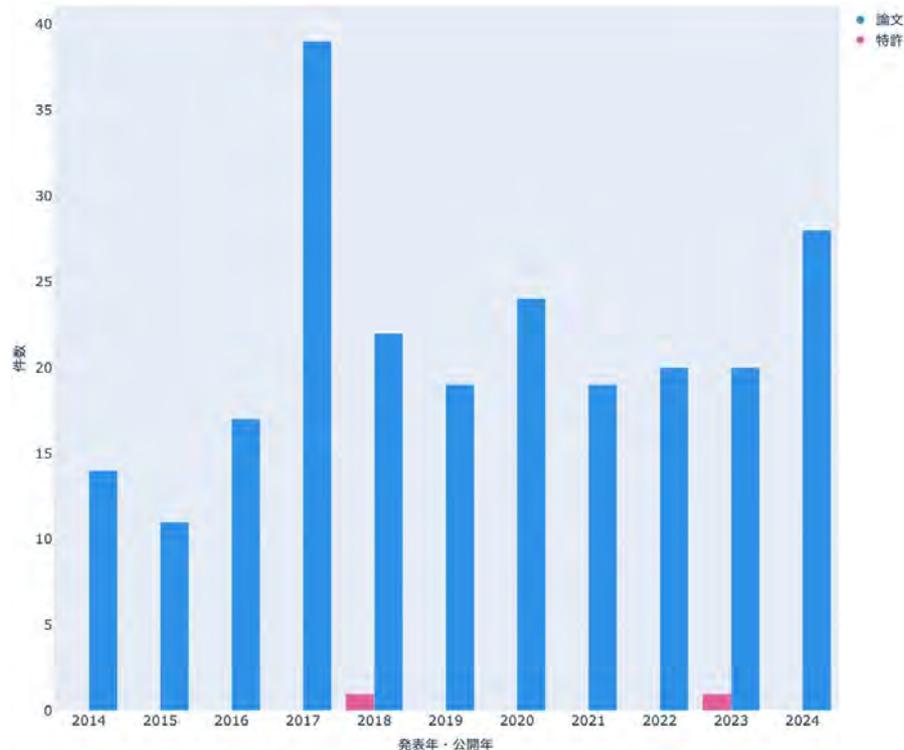
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## 宇宙LiDARによる砂塵予測の精度向上

宇宙からのLiDAR技術を砂塵予測に適用することで、予測精度の向上が期待されている。従来のエアロゾルモデルの限界を克服するために、垂直砂塵プロファイルを取り入れる研究が進んでおり、特にLIVASとDeep Blueデータの同時同化が有効であることが示されている。将来的には、偏光LiDARチャンネルを持つ宇宙ミッションが砂塵予測をさらに改善する可能性がある。

### 開発状況

砂塵予測の精度を向上させることを目的とし、宇宙からのLiDARデータを活用した新しい予測モデルの開発が進められている。これにより、気候モデルや環境影響評価の精度向上が期待される。

### 課題

宇宙LiDARを砂塵予測に適用する際に、砂塵と他のエアロゾルタイプを区別するための技術開発が必要である。特に、偏光LiDARチャンネルを用いたデータの同化が課題となっている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Assimilating spaceborne lidar dust extinction can improve dust forecasts	宇宙からのLiDARデータを用いて砂塵予測の精度を向上させる研究。LIVASとDeep Blueデータの同時同化により、砂塵光学的厚さの誤差が大幅に減少することが示された。	universitat politècnica de catalunya	2022	<a href="https://doi.org/10.5194/acp-22-535-2022">https://doi.org/10.5194/acp-22-535-2022</a>
論文	Lidar methods for observing mineral dust	鉱物砂塵の観測におけるLiDAR手法をレビュー。地上および宇宙からの観測が、砂塵の放射効果評価に重要であることを示している。	national institute for environmental studies	2014	<a href="https://doi.org/10.1007/s13351-014-3068-9">https://doi.org/10.1007/s13351-014-3068-9</a>
論文	ATLID, ESA atmospheric LIDAR: integration of instrument and tests	ESAのEarthCAREミッションの一環として、ATLIDの統合とテストが行われている。光学および電氣的性能の確認が進行中で、砂塵予測への応用が期待される。	airbus defence and space	2019	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2535983">https://doi.org/10.1117/12.2535983</a>
論文	Lidar instruments for ESA Earth observation missions	ESAの地球観測ミッションにおけるLiDARシステムの展開を探る。これらのシステムは、気候学や大気科学において重要な役割を果たす。	european space agency	2017	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2308005">https://doi.org/10.1117/12.2308005</a>

## LiDAR技術による雲とエアロゾル観測の進展

LiDAR技術を雲とエアロゾルの観測に適用することで、気候モデルの精度向上や気候変動の理解を目指す研究が進展している。特に、地上と宇宙からのLiDAR観測を組み合わせることで、雲の氷晶サイズやエアロゾルの特性を詳細に把握し、雲の放射特性やエアロゾルの気候への影響を正確に評価する手法が開発されている。これにより、気候変動の予測精度が向上し、持続可能な環境管理への貢献が期待される。

### 開発状況

LiDAR技術を用いて雲とエアロゾルの特性を高精度で解析し、気候モデルの精度向上を図ることを目的としている。また、これにより気候変動の理解を深め、持続可能な環境管理に寄与することを目指している。

### 課題

LiDAR技術を雲とエアロゾルの観測に適用する際に、データの精度と一貫性を確保するための技術的課題が存在する。特に、地上と宇宙からの観測データを統合する際のデータ処理や解析手法の開発が求められている。

### 関連論文/特許

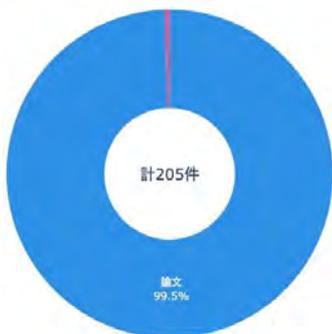
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	How lessons learned during previous validation campaigns are guiding our airborne validation of EarthCARE	EarthCAREミッションは、ESAとJAXAの共同プロジェクトで、レーダーとライダーを用いて全球の水雲特性を評価することを目的としています。航空機を用いた検証戦略が重要な役割を果たしています。	Institute of Atmospheric Physics	2024	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-12971">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-12971</a>
論文	Utilizing surface-based observations from the Micro Pulse Lidar Network (MPLNET) for validation of space-based satellite missions	MPLNETを利用して、宇宙ベースの衛星ミッションの検証を行う研究です。地上と航空機のライダー観測を組み合わせ、雲とエアロゾルの垂直構造を詳細に解析しています。	University of Maryland Baltimore County	2024	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-15137">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-15137</a>
論文	The Aerosol Characterization from Polarimeter and Lidar (ACEPOL) airborne field campaign	ACEPOLキャンペーンは、NASAとオランダのSRONが主催し、エアロゾルと雲のリモートセンシングを強化するために実施されました。多角度偏光計とライダーを使用しています。	goddard space flight center	2020	<a href="https://doi.org/10.5194/essd-12-2183-2020">https://doi.org/10.5194/essd-12-2183-2020</a>
論文	Use of EarthCARE products within the EUMETSAT validation facility for Level 2 Cloud products	EUMETSATの中央施設は、地上と宇宙のライダーとレーダー測定を用いて、雲製品の品質と精度を検証しています。これにより、気候モデルの改善が期待されています。	EUMETSAT	2024	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-18904">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-18904</a>

## 宇宙におけるLiDAR技術の森林観測への応用

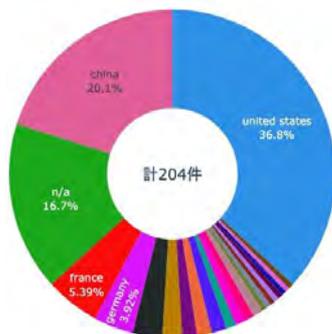
## 概要

このカテゴリーは、宇宙におけるLiDARセンサー技術を活用して森林の特性や機能的多様性を観測することに関するものである。具体的には、NASAのGEDIやICESat-2などの技術を用いた森林構造やバイオマスの測定、空中および宇宙からの森林データ推定、さらには詳細な樹冠構造の再構築が含まれる。これにより、森林の構造や生物多様性のモニタリングが可能となり、地球観測における重要なデータを提供する。

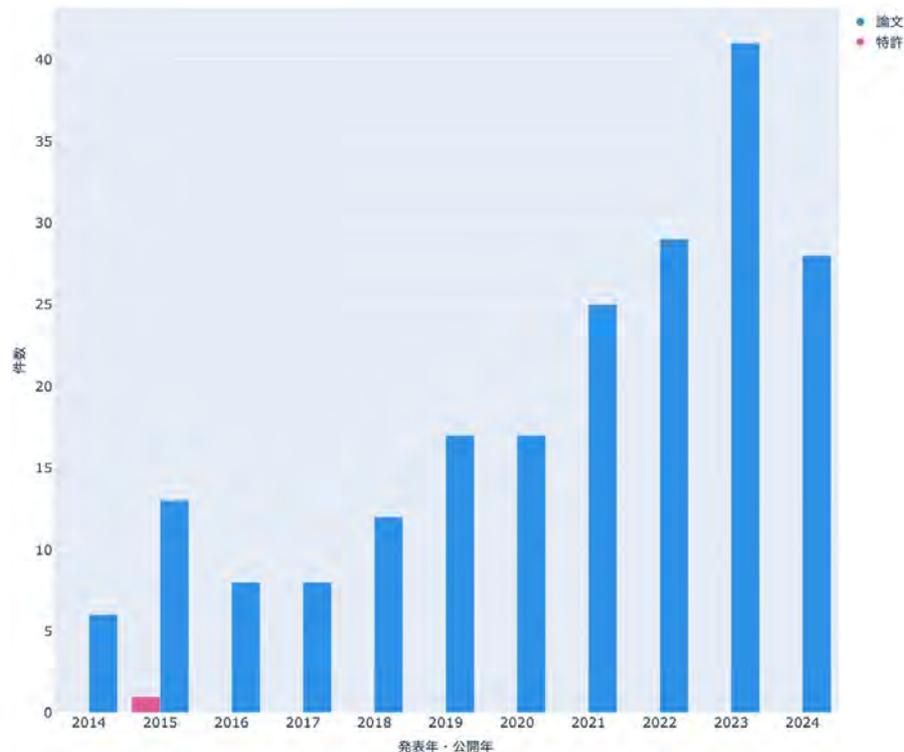
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## 宇宙LiDAR技術による森林バイオマス推定の精度向上

宇宙LiDAR技術の進展により、森林の垂直構造の観測が可能となり、森林バイオマスの正確な推定が実現されている。特に、ICESAT-2やGEDIミッションを通じて得られるデータは、森林の高さやバイオマスの推定において重要な役割を果たしている。これにより、森林の炭素貯蔵量の評価がより精密になり、気候変動対策に貢献することが期待される。今後は、これらの技術を用いた森林観測の精度向上が求められており、特に地形の影響を考慮したデータ処理技術の開発が進められている。

### 開発状況

宇宙LiDAR技術を用いて森林の垂直構造を詳細に観測し、森林バイオマスの正確な推定を実現することを目的とした開発が進められている。これにより、気候変動対策における森林の役割をより正確に評価することが目指されている。

### 課題

宇宙LiDAR技術を森林バイオマス推定に適用する際に、地形や植生の多様性がデータの精度に影響を与えるため、これらの特性を適正化するためのデータ処理技術の開発が進められている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Spatial heterogeneity of global forest aboveground carbon stocks and fluxes constrained by spaceborne lidar data and mechanistic modeling.	この研究は、宇宙LiDARデータと機械的モデリングを用いて、全球の森林地上炭素ストックとフラックスの空間的不均一性に焦点を当てている。NASAのGEDIとICESAT-2のデータを活用し、森林構造と炭素動態の詳細なモデリングを行い、宇宙LiDARの可能性を示している。	university of maryland	2023	<a href="https://doi.org/10.1111/gcb.16682">https://doi.org/10.1111/gcb.16682</a>
論文	Model-Based Estimation of Forest Canopy Height and Biomass in the Canadian Boreal Forest Using Radar, LiDAR, and Optical Remote Sensing	カナダのボREAL森林における森林キャノピーの高さとバイオマスを、レーザー、LiDAR、光学リモートセンシングを組み合わせて推定する研究。物理モデルを用いて高精度な推定を実現し、森林構造の正確な評価を可能にしている。	university of michigan	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2020.3018638">https://doi.org/10.1109/tgrs.2020.3018638</a>
論文	Characterizing global forest canopy cover distribution using spaceborne lidar	宇宙LiDAR技術を用いて、全球の森林キャノピーカバー分布を正確に特徴付ける研究。従来の光学リモートセンシングの限界を克服し、ICEST-1のデータを活用して、密集した森林でもキャノピーカバーの動態を捉えることができる。	university of maryland, college park	2019	<a href="https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111262">https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111262</a>
論文	Forest Biomass Observation: Current State and Prospective	この研究は、全球の森林バイオマス観測方法を包括的にレビューし、リモートおよび現地観測の利点と限界を強調している。特に、LiDAR技術の役割と将来の観測ミッションの可能性について議論している。	na	2017	<a href="https://doi.org/10.15372/sjfs20170401">https://doi.org/10.15372/sjfs20170401</a>

## LiDARとハイパースペクトルデータによる森林多様性の予測

LiDARとハイパースペクトルデータの統合により、森林の多様性や機能の詳細なマッピングが可能となり、樹種の多様性や機能的多様性の予測に高い精度を示している。これにより、森林の生態系サービスの評価や保全計画の策定がより効果的に行えるようになり、持続可能な森林管理に寄与することが期待される。特に、これらの技術を用いた大規模な森林観測の実現が求められている。

### 開発状況

森林の多様性や機能を高精度で予測することを目的とし、LiDARとハイパースペクトルデータを統合した技術の開発が進められている。これにより、森林の生態系サービスの評価や保全計画の策定を支援し、持続可能な森林管理を実現することを目指している。

### 課題

LiDARとハイパースペクトルデータを森林多様性の予測に適用する際、データの解像度や処理の複雑さが課題となっている。これにより、データの統合や解析における技術的なハードルが存在し、精度の向上とコストの削減が求められている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Mapping multi-scale vascular plant richness in a forest landscape with integrated LiDAR and hyperspectral remote-sensing	この研究は、LiDARとハイパースペクトルリモートセンシングを統合して、森林景観における維管束植物の豊かさをマッピングし、モニタリングする方法を探求している。予測モデルは植物の豊かさの15-70%の変動を説明し、リモートセンシングによる生物多様性のマッピングの可能性を示している。	university of north carolina at chapel hill	2018	<a href="https://doi.org/10.1002/ecy.2109">https://doi.org/10.1002/ecy.2109</a>
論文	Towards mapping biodiversity from above: Can fusing lidar and hyperspectral remote sensing predict taxonomic, functional, and phylogenetic tree diversity in temperate forests?	この研究は、LiDARとハイパースペクトルリモートセンシングを統合して、温帯林の樹種多様性を予測する方法を探求している。NEON AOPを用いて、複数のサイトで生物多様性を評価し、キャノピー構造の多様性が予測に重要であることを示している。	michigan state university	2022	<a href="https://doi.org/10.1111/geb.13516">https://doi.org/10.1111/geb.13516</a>
論文	Geostatistical modeling using LiDAR-derived prior knowledge with SPOT-6 data to estimate temperate forest canopy cover and above-ground biomass via stratified random sampling	この研究は、LiDARとSPOT-6データを統合して、温帯林のキャノピーカバーと地上バイオマスを推定する方法を探求している。回帰クリキングモデルが最も優れた精度を示し、将来の森林成長モニタリングと炭素ストック評価に役立つことが示された。	chinese academy of sciences	2015	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.04.020">https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.04.020</a>
論文	Prediction of Macronutrients at the Canopy Level Using Spaceborne Imaging Spectroscopy and LiDAR Data in a Mixedwood Boreal Forest	この研究は、スペースボーンイメージングスペクトロスコープとLiDARデータを用いて、混合木材ポリアル森林のキャノピーレベルでのマクロ栄養素を予測することに焦点を当てている。LiDARデータの追加により、キャノピーCa濃度の予測精度が向上した。	virginia tech	2015	<a href="https://doi.org/10.3390/rs70709045">https://doi.org/10.3390/rs70709045</a>

## GEDIによる森林生物多様性の新たな推定手法

GEDI技術を森林生物多様性の推定に適用することで、より精緻な生態系の理解が進んでいる。特に、樹冠の高さの不均一性を指標として生物多様性を推定する研究が進展しており、従来の気候や地形に基づく予測を補完する役割を果たしている。これにより、地球規模での生物多様性の予測が可能となり、森林管理や保全における応用が期待される。

### 開発状況

GEDIデータを用いて森林の生物多様性をより正確に推定し、地球規模での生態系の変化を追跡することを目的としている。これにより、森林管理や保全活動の効果を高め、持続可能な生態系の維持に貢献することを目指している。

### 課題

GEDIを森林生物多様性の推定に適用する際に、データの地理的な不均一性やセンサーの精度に起因する垂直精度の課題が存在する。これにより、特に小規模な地域での推定精度が低下する可能性があるため、データの補完や精度向上が求められている。

### 関連論文/特許

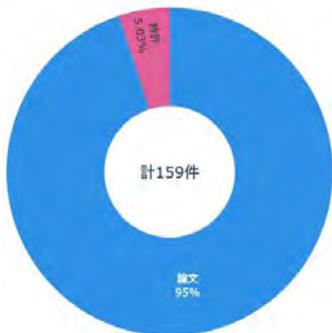
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Canopy structure from space using <sc>GEDI</sc> lidar	GEDIミッションは、国際宇宙ステーションから森林の樹冠構造を測定するために設計され、地球規模での生態系研究に貢献している。特に、植物面積指数や樹冠の高さの多様性を提供し、従来の航空機や地上ライダーシステムの限界を克服している。	northern arizona university	2023	<a href="https://doi.org/10.1002/fee.2585">https://doi.org/10.1002/fee.2585</a>
論文	GEDI waveform metrics in vegetation mapping—a case study from a heterogeneous tropical forest landscape	カンボジアの多様な熱帯林でGEDI波形ライダーを用いた植生マッピングを行い、81%の精度で植生タイプを識別した。GEDIデータは、光学・レーダーデータと組み合わせることで、政策に関連する森林分布図の作成に貢献している。	university of british columbia	2023	<a href="https://doi.org/10.1088/1748-9326/acad8d">https://doi.org/10.1088/1748-9326/acad8d</a>
論文	Detecting Change in Forest Structure with Simulated GEDI Lidar Waveforms: A Case Study of the Hemlock Woolly Adelgid (HWA; <i>Adelges tsugae</i> ) Infestation	GEDIライダー波形を用いて、アメリカ北東部の森林構造変化を検出し、ヘムロックウーリーアデルギッドの影響を評価した。中層植物面積と樹冠透過性の変化が、ヘムロックの死亡率の60%の変動を説明することが示された。	university of massachusetts	2020	<a href="https://doi.org/10.3390/rs12081304">https://doi.org/10.3390/rs12081304</a>
論文	A high-resolution canopy height model of the Earth.	GEDIライダーとSentinel-2のデータを融合し、地球規模の樹冠高さモデルを開発した。このモデルは、30メートル以上の樹木が地球の5%の陸地を覆っていることを示し、森林保全に役立つ技術を提供している。	eth zürich	2023	<a href="https://doi.org/10.1038/s41559-023-02206-6">https://doi.org/10.1038/s41559-023-02206-6</a>

## 宇宙におけるLiDAR技術の応用と性能向上

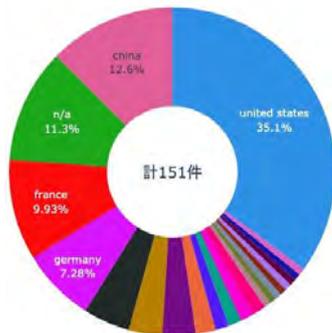
## 概要

このカテゴリーは、宇宙におけるLiDARセンサー技術の応用と性能向上に関するものである。具体的には、地球観測や大気測定、森林マッピングのための空中データ取得や処理、ミリメートル単位の距離測定やピコ秒単位の時間転送、さらにはMEMSミラーやHgCdTe APDを用いた大気測定、SPADアレイや光位相配列を利用した新しい測定手法が含まれる。これにより、宇宙ミッションにおけるリモートセンシングや重力波検出など、さまざまな先進的な応用が期待されている。

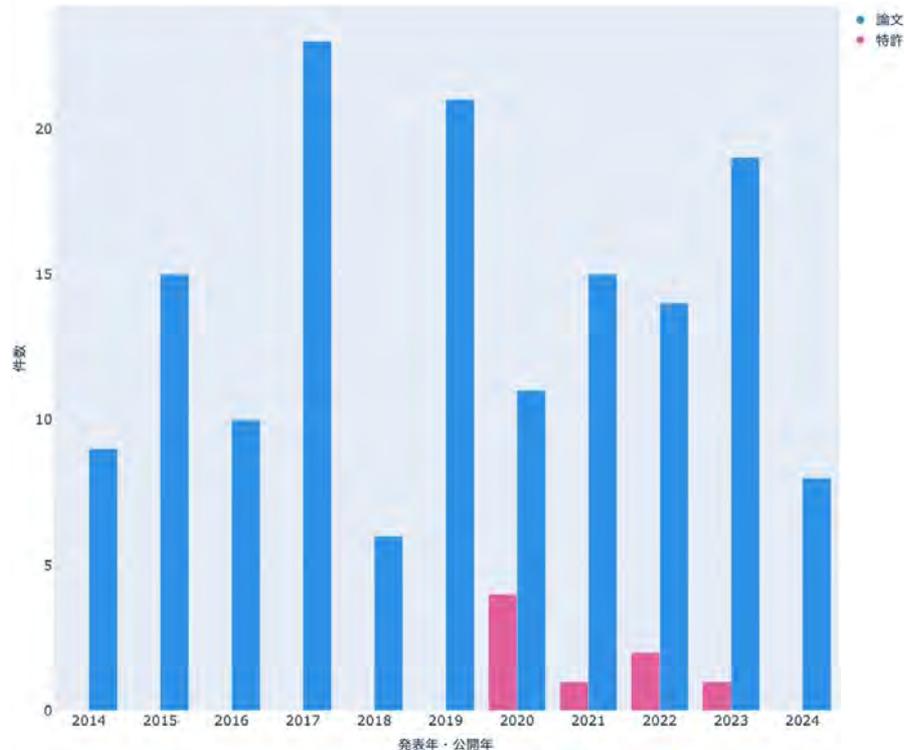
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で定義

※ n/a:論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

## 光源技術の進化による宇宙LiDARの性能向上

宇宙LiDAR技術の進化は、新しい光源技術の導入により大きく進展しています。特に、光ファイバーレーザーや半導体レーザーの利用が、LiDARシステムの効率と精度を向上させ、小型化と軽量化を実現しています。これにより、宇宙ミッションでのLiDARの適用範囲が拡大し、耐久性と信頼性の向上が期待されています。近年は、これらの技術に関する研究が増加しており、注目が高まっています。

### 開発状況

宇宙におけるLiDAR技術の性能を向上させることを目的とし、特に光源技術の進化を通じて、システムの小型化、軽量化、耐久性の向上を目指した開発が進められています。

### 課題

宇宙LiDAR技術を宇宙ミッションに適用する際、宇宙環境での耐久性と信頼性を確保するために、光源技術の特性を適正化する必要があります。これにより、システムの効率と精度を向上させることが求められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Terahertz photon counting: large-format SPAD arrays for lidar remote sensing of the atmosphere and ocean from space	テラヘルツフォトンカウント技術を用いた大規模SPADアレイの開発により、宇宙からの大気および海洋のリモートセンシング能力を強化することを目的としています。これにより、CALIOPの限界を超えた深度分解能と検出効率を実現され、将来の宇宙ベースのLiDARミッションにおける雲やエアロゾルの取得が向上します。	langley research center	2020	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2557683">https://doi.org/10.1117/12.2557683</a>
論文	Geiger-mode Avalanche Photodiode (GmAPD) arrays for single photon non-conventional imaging	Geigerモードアバランシェフォトダイオード (GmAPD) アレイは、商業および政府プラットフォームでの単一フォトン非従来型イメージングのために開発されました。この技術は、長距離ターゲット検出や3Dマッピングなどに利用され、LiDARシステムの性能を向上させます。	ball aerospace	2021	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2599081">https://doi.org/10.1117/12.2599081</a>
論文	Window size dependence of gain and bandwidth in avalanche photodiodes with multiple multiplication layers under near Geiger-mode operation	アバランシェフォトダイオード (APD) の研究は、LiDAR受信機での非常に弱い光の検出を目的としています。多重増幅層を用いることで、ゲイン帯域幅製品の制限を克服し、LiDARアプリケーションに適した特性を実現しています。	national central university	2024	<a href="https://doi.org/10.1364/oe.519504">https://doi.org/10.1364/oe.519504</a>
論文	Photon counting LIDAR at 2.3μm wavelength with superconducting nanowires	2.3μm波長でのフォトンカウントLiDARの研究は、超伝導ナノワイヤーを用いて中赤外域でのフォトンカウント性能を向上させることを目的としています。この技術は、将来の自由空間フォトンカウントアプリケーションにおいて、精密な深度イメージングを可能にします。	university of glasgow	2019	<a href="https://doi.org/10.1364/oe.27.038147">https://doi.org/10.1364/oe.27.038147</a>

## フォトンカウンティング技術による宇宙LiDARの感度向上

フォトンカウンティング技術の進化により、宇宙LiDARシステムの感度が大幅に向上しています。この技術は、単一光子検出を可能にし、低出力レーザーでも高精度な測定を実現します。特に、宇宙環境でのノイズ耐性が強化され、詳細なデータ取得が可能となり、今後の宇宙ミッションで重要な役割を果たすと期待されています。

### 開発状況

宇宙LiDARの感度とノイズ耐性を向上させることを目的とし、フォトンカウンティング技術を活用した新しい観測手法の開発が進められています。これにより、宇宙での観測精度を高めることが目指されています。

### 課題

フォトンカウンティング技術を宇宙LiDARに適用する際、宇宙環境でのノイズ耐性や感度の最適化が課題となっています。これにより、より高精度なデータ取得が求められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Photon-Counting Lidar: An Adaptive Signal Detection Method for Different Land Cover Types in Coastal Areas	フォトンカウンティングLiDAR技術を用いて、沿岸地域の多様な地表タイプにおける信号フォトンを検出する手法を研究しています。この手法は、ノイズフォトンを実効的に排除し、植生セグメントでの信号フォトン検出を改善します。	wuhan university	2019	<a href="https://doi.org/10.3390/rs11040471">https://doi.org/10.3390/rs11040471</a>
論文	Toward high-performance SPAD arrays for space-based atmosphere and ocean profiling LiDARs	高性能SPADアレイの開発により、地球の大気や海洋のプロファイリングを行う宇宙ベースのLiDARセンサーの感度が向上します。これにより、レーザー出力と望遠鏡サイズの削減が可能となります。	polytechnic university of milan	2021	<a href="https://doi.org/10.1117/1.jrs.15.017501">https://doi.org/10.1117/1.jrs.15.017501</a>
論文	Theoretical background noise rate over water surface for a photon-counting lidar and its application in land and sea cover classification.	水面上のフォトンカウンティングLiDARの理論的背景ノイズ率を研究し、地表分類に応用しています。この手法は、海氷地域での水と陸の区別に有効です。	wuhan university	2019	<a href="https://doi.org/10.1364/oe.27.0a1490">https://doi.org/10.1364/oe.27.0a1490</a>
論文	Applicability of an automatic surface detection approach to micro-pulse photon-counting lidar altimetry data: implications for canopy height retrieval from future ICESat-2 data	マイクロパルスフォトンカウンティングLiDARデータを用いた自動表面検出手法を開発し、将来のICESat-2データからのキャノピー高さの取得に応用しています。	cooperative institute for research in environmental sciences	2014	<a href="https://doi.org/10.1080/01431161.2014.939780">https://doi.org/10.1080/01431161.2014.939780</a>

## シリコンフォトニクスによる宇宙LiDARの効率化

シリコンフォトニクス技術を宇宙LiDARに適用することで、システムの小型化と効率化が進んでいる。これにより、宇宙ミッションでのLiDARの柔軟性と性能が向上し、耐久性と信頼性も高まる。特に、シリコンフォトニクスは、宇宙環境での厳しい条件に耐えるための重要な技術として注目されている。近年はこの技術に関する研究が増加しており、宇宙探査や観測への応用が期待されている。

開発  
状況

宇宙におけるLiDARシステムの効率と性能を向上させることを目的とし、シリコンフォトニクス技術を活用した開発が進められている。

## 課題

シリコンフォトニクスを宇宙LiDARに適用する際に、宇宙環境での耐久性と信頼性を確保するために、技術の最適化が求められている。

## 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Optical leaky fin waveguide for long-range optical antennas on high-index contrast photonic circuit platforms	光漏れフィンアンテナは、長距離LiDAR用途のために設計された新しい波導アンテナで、約30mmの開口サイズで200-300mを投影する。高インデックスコントラストプラットフォームでのスケーラブルな製造方法を示す。	ghent university	2023	<a href="https://doi.org/10.1364/prj.490085">https://doi.org/10.1364/prj.490085</a>
論文	Pump tunable mirrorless OPO: an innovative concept for future space IPDA emitters	ミラーなしOPOは、未来の宇宙IPDAエミッタ向けに開発された革新的な概念で、2μmの中赤外域で高効率な周波数変換を実現する。宇宙LiDARにおける応用が期待される。	royal institute of technology	2023	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2690306">https://doi.org/10.1117/12.2690306</a>
論文	Reconfigurable metasurface optics at NASA LaRC towards space image sensing	NASA LaRCでの再構成可能なメタサーフェス光学は、宇宙での画像センシングを向上させるために開発されており、LiDARを含む様々なセンシング技術の性能を向上させる。	langley research center	2024	<a href="https://doi.org/10.1117/12.3011685">https://doi.org/10.1117/12.3011685</a>
特許	Self-Calibration Adaptive Lidar Aperture Building-block Light Engine	自己校正適応型LiDARアパーチャは、シリコンフォトニックチップに統合された蛇行遅延線波導を用い、ビームステアリングを可能にする。宇宙での高解像度イメージングに貢献する。	wagner kelvin	2020	US20200225332

# RFセンシング技術調査

論文・特許調査

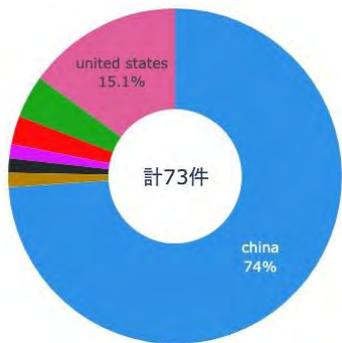
## 論文・特許数の推移

## RFセンシング技術に関する論文・特許の年次推移

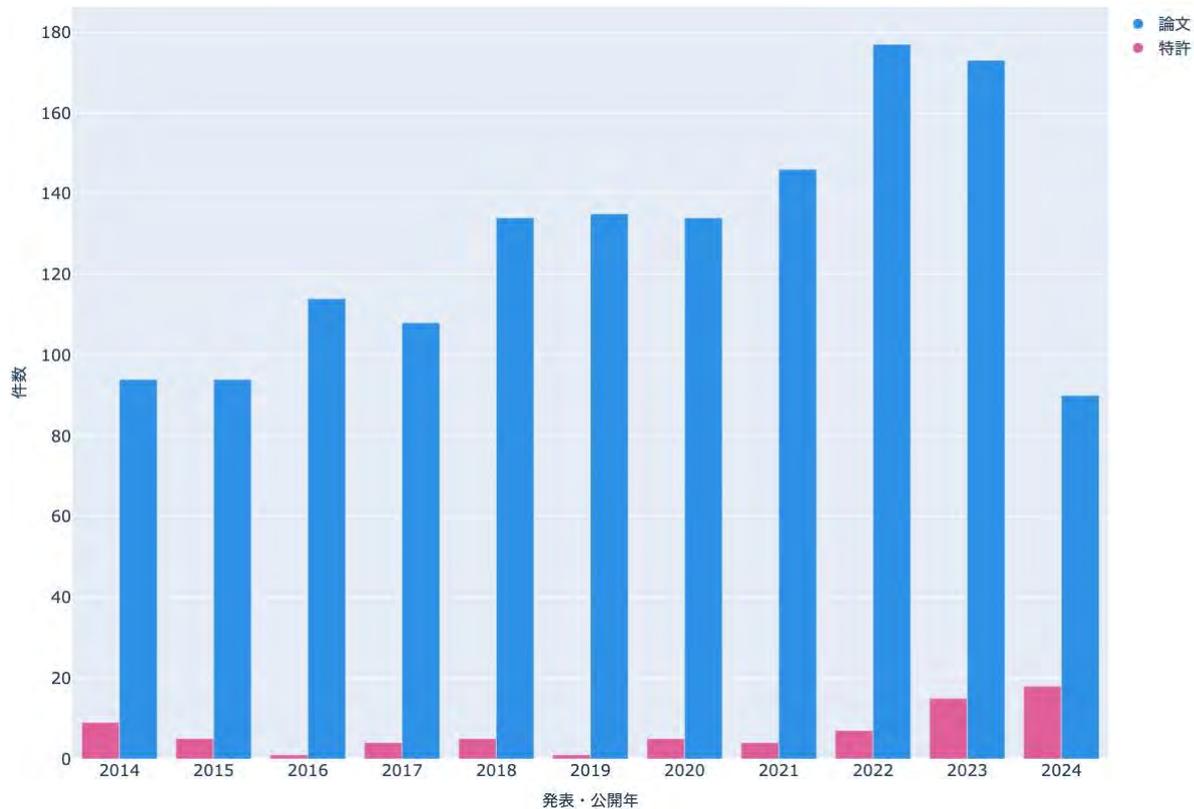
国別論文数



国別特許数



論文・特許数の推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で、特許の国は親特許の出願先の国で定義  
 ※ n/a:論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

## 技術カテゴリー 一覧

## カテゴリー

## 論文/特許数推移

## 論文数増加率\* 特許数増加率\*

宇宙からの地球観測におけるRFセンサー技術の応用



19.2%

na

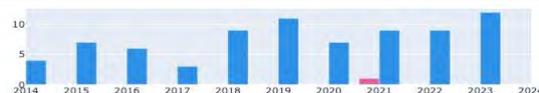
Sentinel衛星による降水量と風速の観測



na

na

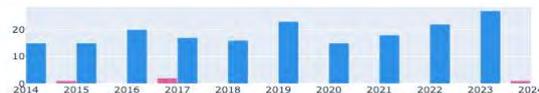
LバンドとCバンドによる土壌水分と植生観測



9.1%

na

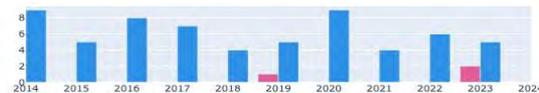
RFセンサー技術を用いた地球観測と環境モニタリング



17.4%

na

SARとマイクロ波での海面塩分と氷観測



0.0%

100.0%

宇宙環境でのRFセンサーによる放射線測定



200.0%

na

\*2019年から2023年での増加率。

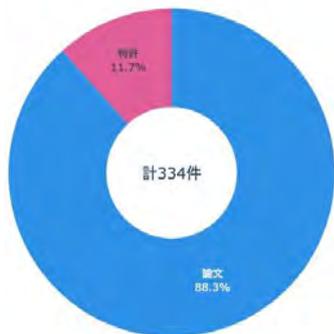
2019年,2023年何れかの文献数がゼロの場合はnaと表記している

## 宇宙からの地球観測におけるRFセンサー技術の応用

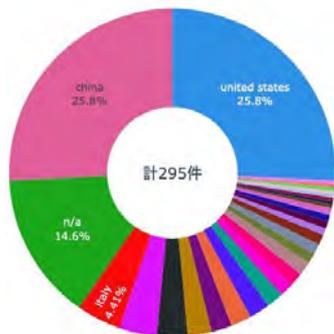
## 概要

このカテゴリーは、RFセンサー技術を用いた宇宙からの地球観測に関するものである。具体的には、小型衛星による放射測定、スペクトルセンシング、先進的なリモートセンシング技術の応用が含まれる。RFセンサーは、地上の状況分析や宇宙プラズマ診断、海面温度測定、ナビゲーションパラメータの決定など、多岐にわたる用途で利用されており、特に高精度なデータ収集が求められる。これにより、地球環境の監視や宇宙物体の追跡が可能となり、RF通信技術との統合も進められている。

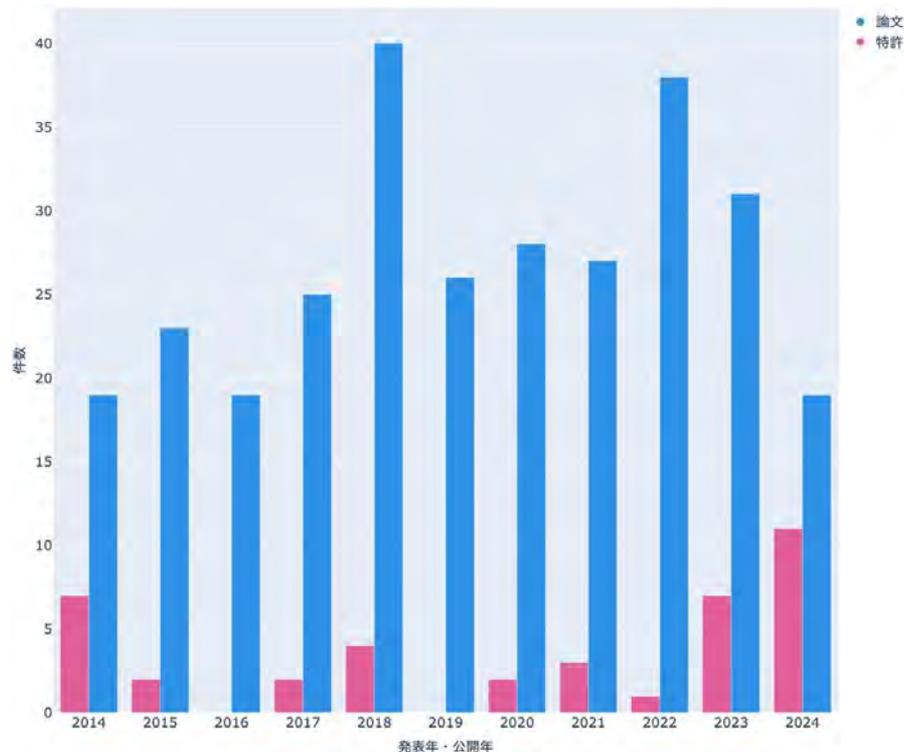
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## 通信とセンシングの統合を目指すRF技術の新展開

通信とセンシングの統合を目指すRF技術は、宇宙からの地球観測において新たな展開を見せています。特に、衛星を用いた大規模MIMOシステムが注目され、通信とターゲット検出を同時に行う技術が進化しています。この技術はスペクトル資源の最適化を可能にし、通信性能とレーダー解像度の向上を実現します。これにより、宇宙、空中、地上、海上をカバーする統合ネットワークの構築が進められています。

### 開発状況

通信とセンシングの統合を通じて、スペクトル資源の最適化と通信性能の向上を目指した開発が進められています。これにより、グローバルなカバレッジを実現し、宇宙から地上までの統合ネットワークの構築を目指しています。

### 課題

通信とセンシングを統合する際に、スペクトル資源の最適化や通信性能の向上を図るために、RF技術の開発が進められています。特に、衛星を用いた大規模MIMOシステムにおけるビームスキント効果の解決が課題です。

### 関連論文/特許

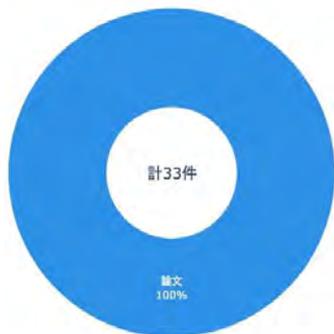
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
特許	TRANSMIT METHOD BASED ON SATELLITE MASSIVE MIMO INTEGRATED SENSING AND COMMUNICATION	衛星を用いた大規模MIMOシステムで通信とセンシングを統合する技術を研究。通信信号を送信しつつターゲットを検出し、スペクトル資源を最適化。通信性能とレーダー解像度を向上させる。	univ southeast	2024	US20240195462
論文	New Technologies for Intelligent High-Resolution Sensing from Small Satellite Platforms: CREWSR and Video	小型衛星プラットフォーム向けの高解像度センシング技術を開発。CREWSRとVIDEOシステムを用い、低コストで柔軟な観測システムを実現。風や土壌水分、海面温度の測定を改善。	mit lincoln laboratory	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss52108.2023.10283300">https://doi.org/10.1109/igarss52108.2023.10283300</a>
論文	MilCIS - Doppler Estimation for Passive RF Sensing Method in Space Domain Awareness	宇宙領域認識のための受動RFセンシング技術を研究。ドップラー推定アルゴリズムを導入し、LEO衛星の軌道を特定。連続的かつ天候に左右されない運用が可能。	clearbox systems pty ltd	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/milcis49828.2020.9282378">https://doi.org/10.1109/milcis49828.2020.9282378</a>
論文	Moving Target Detection and Parameter Estimation via a Modified Imaging STAP with a Large Baseline in Multistatic GEO SAR	マルチスタティックGEO SARを用いた移動目標検出技術を研究。大規模な基線を持つSARでの空間適応処理を改善し、移動目標のパラメータを高精度で推定。	beijing institute of technology	2021	<a href="https://doi.org/10.3390/rs13030346">https://doi.org/10.3390/rs13030346</a>

## Sentinel衛星による降水量と風速の観測

## 概要

このカテゴリーは、RFセンサー技術を用いた地球観測に関するものである。具体的には、Sentinel-1やSentinel-2衛星がRFセンサーを利用して地表の変化や降水量、雪の特性を観測する技術が含まれる。また、RapidScatやSCATSAT-1などのセンサーも、風速や海氷の範囲を測定するためにRFセンサーを活用している。これらの技術は、宇宙からの観測を通じて、気象予測や環境モニタリングに寄与している。

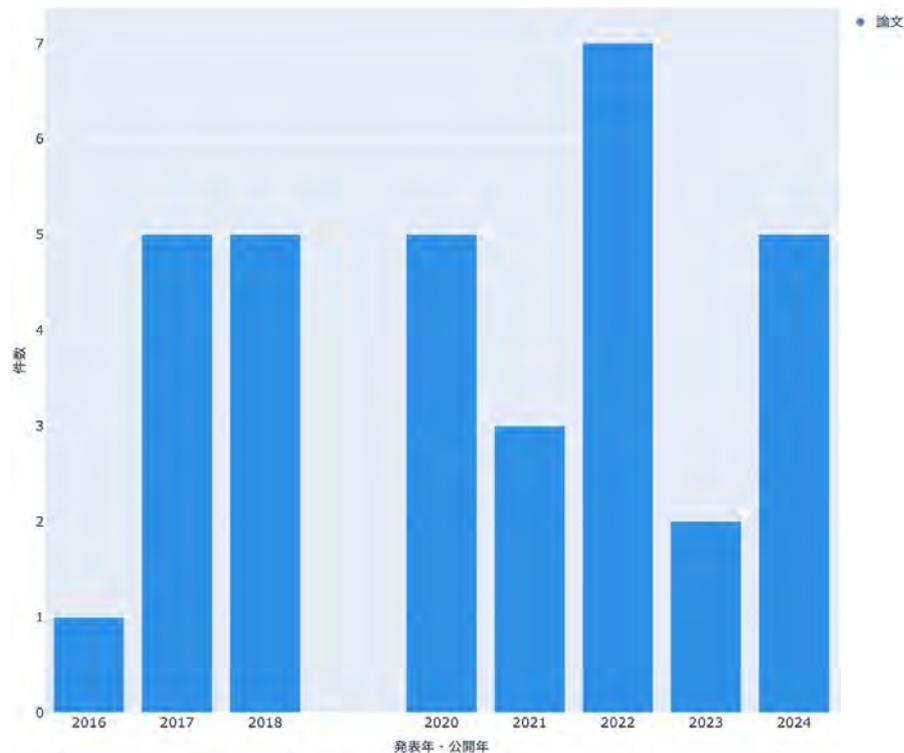
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移

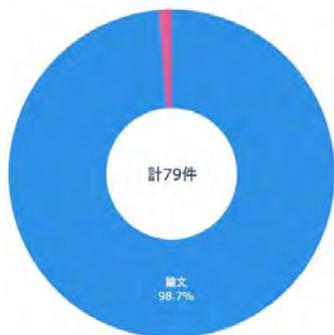


## LバンドとCバンドによる土壤水分と植生観測

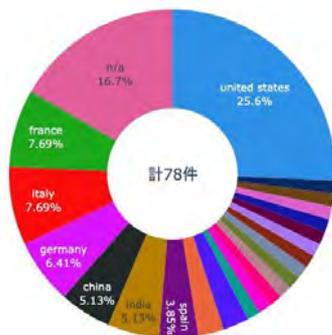
## 概要

このカテゴリーは、RFセンサー技術を用いた地球観測に関するものである。具体的には、LバンドやCバンド、Pバンドのレーダーおよびラジオメーターが、土壤水分、植生の水動態、森林構造、作物の成長などの環境パラメータを観測するために利用されている。これにより、気候変動や環境変化のモニタリングが可能となり、農業や森林管理における重要なデータを提供する。

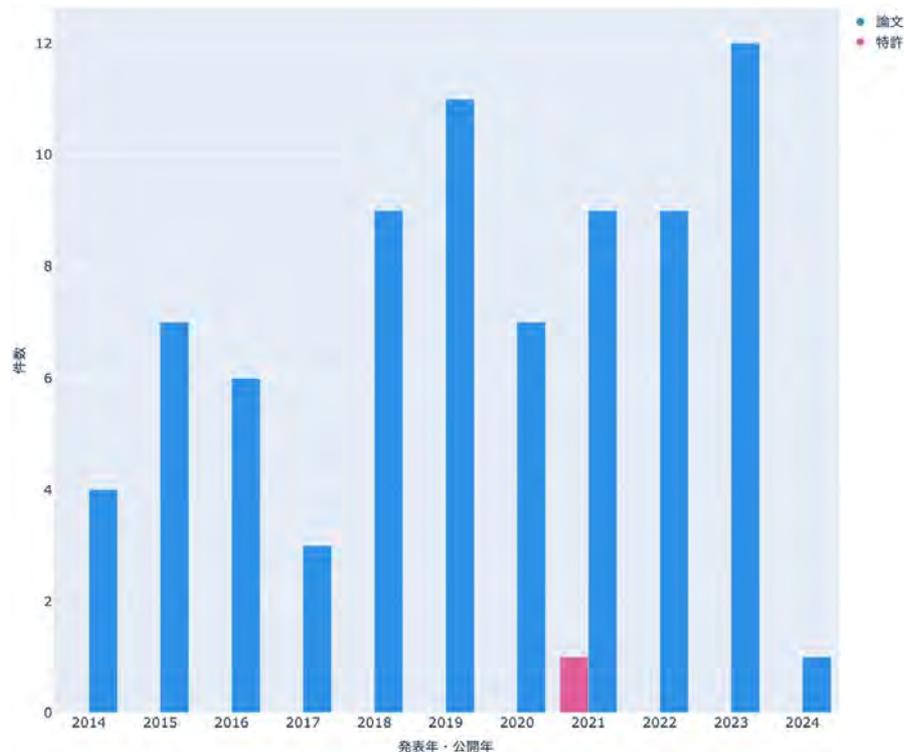
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## LバンドとCバンドによる土壌水分観測技術の進化

LバンドとCバンドを用いた土壌水分観測技術は、農業や環境モニタリングにおいて重要な役割を果たしている。これらの技術は、浅い層から深い層までの土壌水分動態を高精度で把握することが可能であり、灌漑管理の効率化や水資源管理の改善に寄与する。特に、SMOSやSMAPといったミッションがLバンドを活用しており、これらの技術の進捗が注目されている。

### 開発状況

土壌水分観測技術の進化を通じて、農業における灌漑管理の効率化や、気候変動に伴う水資源管理の改善を目指している。これにより、持続可能な農業と環境保護を実現することが目的である。

### 課題

LバンドとCバンドを用いた土壌水分観測技術の適用において、異なる土壌層の水分動態を正確に把握するための技術開発が求められている。特に、深層の水分動態を高精度で観測することが課題となっている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Integrating satellite remote sensing data and hydrological models by data assimilation for a near real time estimation of the soil water content at local scale.	この研究は、衛星リモートセンシングデータと水文学モデルを統合し、根域土壌水分を予測することを目的としている。これにより、灌漑管理の効率化が期待される。	forschungszentrum jülich	2022	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-9755">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-9755</a>
論文	A new SMAP soil moisture and vegetation optical depth product (SMAP-IB): Algorithm, assessment and inter-comparison	SMAP-IB製品は、Lバンドを用いた新しいアルゴリズムで、地表土壌水分と植生光学深度を高精度で推定することを目的としている。	interactions sol plante atmosphère	2022	<a href="https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.112921">https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.112921</a>
論文	Evaluating the Accuracy of Passive Microwave Emission Models for Estimating Brightness Temperature	受動マイクロ波放射モデルの精度を評価し、土壌水分の推定におけるLバンドとPバンドの有効性を比較している。Pバンドはより深い層の水分を検出可能である。	monash university	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss52108.2023.10282821">https://doi.org/10.1109/igarss52108.2023.10282821</a>
論文	IGARSS - Sarsense: Analyzing air- and space-borne C- and L-band SAR backscattering signals to changes in soil and plant parameters of crops	Sarsenseキャンペーンは、CバンドとLバンドSARを用いて作物の土壌と植物パラメータの変化を監視することを目的としている。	forschungszentrum jülich	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss47720.2021.9553399">https://doi.org/10.1109/igarss47720.2021.9553399</a>

## LバンドとCバンドによる植生観測技術の進化

LバンドとCバンドを用いた植生観測技術は、森林や農作物のモニタリングにおいて重要な役割を果たしている。これらの技術は、植生の構造や動態を詳細に把握することを可能にし、森林のバイオマス評価や農作物の成長分析を精緻化する。特に、NISARやBIOMASSといったミッションがこれらの技術を活用しており、持続可能な資源管理や生態系の保全に寄与することが期待される。

### 開発状況

LバンドとCバンドを用いた植生観測技術の開発は、森林や農作物のモニタリング精度を向上させ、持続可能な資源管理や生態系の保全を実現することを目的としている。これにより、地球環境の変動に対する理解を深めることが期待される。

### 課題

LバンドとCバンドを用いた植生観測技術の適用において、データの精度や一貫性を確保するための技術的課題が存在する。特に、異なるセンサー間でのデータ統合や、観測条件の変動に対する対応が求められている。

### 関連論文/特許

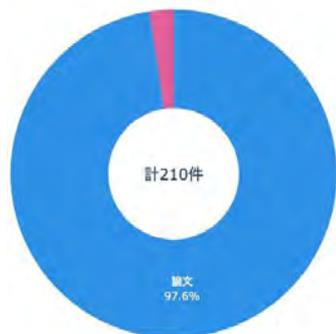
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	SMOS-IC data record of soil moisture and L-VOD: Historical development, applications and perspectives	SMOS-ICデータは、Lバンド観測に基づく地表土壌水分と植生水分量の情報を提供し、地球の水と炭素循環の理解に貢献している。特に、気候変動や人間活動の影響を評価するために重要である。	international sleep products association	2021	<a href="https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112238">https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112238</a>
論文	A new SMAP soil moisture and vegetation optical depth product (SMAP-IB): Algorithm, assessment and inter-comparison	SMAP-IB製品は、Lバンドを用いた新しいアルゴリズムで、地表土壌水分と植生光学的深度を高精度で推定する。補助データに依存せず、長期的な地球観測に貢献することが期待される。	interactions sol plante atmosphère	2022	<a href="https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.112921">https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.112921</a>
論文	Analyzing the Uncertainty of Biomass Estimates From L-Band Radar Backscatter Over the Harvard and Howland Forests	Lバンドレーダーを用いたバイオマス推定の不確実性を分析し、森林の生態系プロセスと炭素循環の理解に寄与する。特に、地上データとレーダーデータの比較により精度を評価している。	california institute of technology	2014	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2013.2273738">https://doi.org/10.1109/tgrs.2013.2273738</a>
論文	Assessment of Aboveground Woody Biomass Dynamics Using Terrestrial Laser Scanner and L-Band ALOS PALSAR Data in South African Savanna	南アフリカのサバンナにおける地上レーザースキャナーとLバンドALOS PALSARデータを用いたバイオマス動態の評価を行い、長波マイクロ波データの有効性を示している。	university of jena	2016	<a href="https://doi.org/10.3390/f7120294">https://doi.org/10.3390/f7120294</a>

## RFセンサー技術を用いた地球観測と環境モニタリング

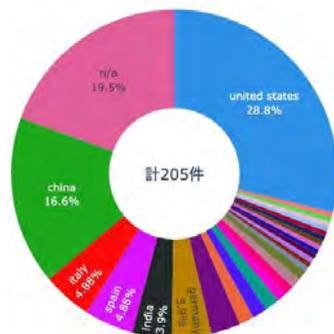
## 概要

このカテゴリーは、RFセンサー技術を用いた地球観測に関するものである。具体的には、GNSS-R技術やパッシブマイクロ波センサーを利用した土壌水分や雪水量の観測、さらには衛星からの大気条件や海面風速の測定などが含まれる。これらの技術は、宇宙からのリモートセンシングにおいて重要な役割を果たし、環境モニタリングや気候変動の研究に貢献している。

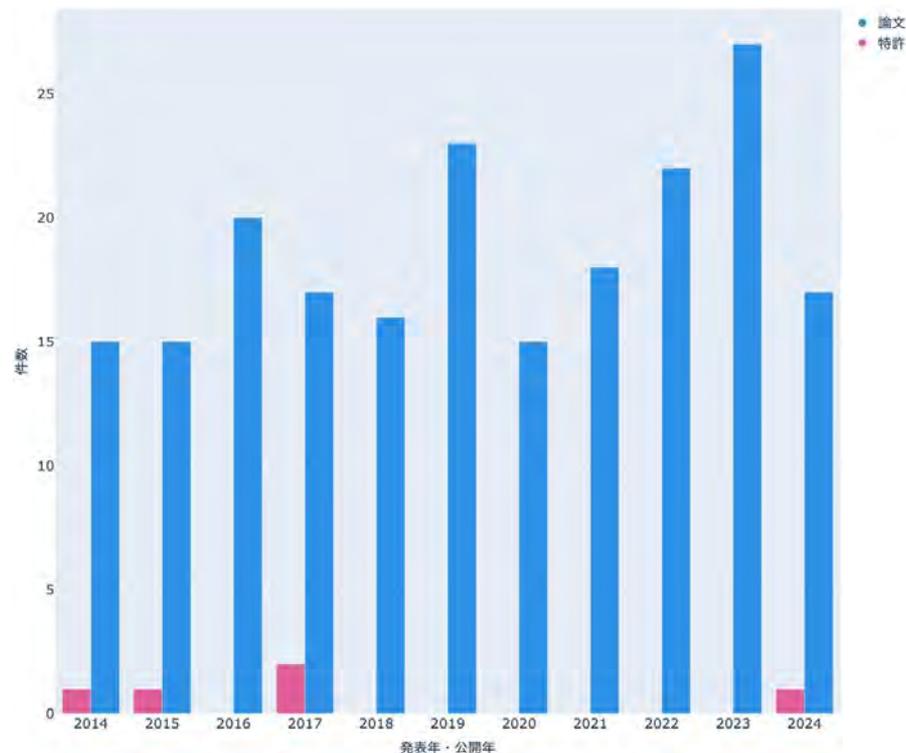
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## RFセンサーによる氷床モニタリングの進展

RFセンサー技術を氷床モニタリングに適用することで、地球温暖化の影響を評価するためのデータが得られる。特に、マイクロ波リモートセンシングを用いて氷床の安定性や融解プロセスを解析し、フィルムの特性や水分動態を理解する研究が進んでいる。これにより、氷床崩壊の予測精度が向上し、地球環境の変化に対する適応策の策定に貢献することが期待される。

開発  
状況

氷床の安定性や融解プロセスをより正確に把握することを目的とし、RFセンサー技術を用いた新たなモニタリング手法の開発が進められている。

## 課題

RFセンサーを氷床モニタリングに適用する際、雪氷の複雑な構造がマイクロ波の相互作用に影響を与え、正確なデータ取得を妨げることが課題となっている。

## 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Spectral features of microwave radiation of coarse-grained and layered snow, limiting the capabilities of modern algorithms for snow depth estimations by the method of passive remote sensing from space	粗粒雪と層状雪のマイクロ波放射のスペクトル特性を研究し、現行のアルゴリズムが雪深推定において直面する限界を明らかにした。特に、雪の構造によるマイクロ波の複雑な相互作用が課題である。	na	2021	<a href="https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-6-57-72">https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-6-57-72</a>
論文	Microwave Signatures of Snow Cover Using Numerical Maxwell Equations Based on Discrete Dipole Approximation in Bicontinuous Media and Half-Space Dyadic Green's Function	離散双極子近似を用いた三次元雪バック散乱・放射モデルを開発し、マイクロ波リモートセンシングにおける位相情報の保持を実現。特に、Kuバンドでの雪の散乱特性を解析した。	university of michigan	2017	<a href="https://doi.org/10.1109/jstars.2017.2703602">https://doi.org/10.1109/jstars.2017.2703602</a>
論文	Passive Microwave Remote Sensing of the Antarctic Ice Sheet: Retrieval of Firn Properties Near the Concordia Station	南極のフィルム特性を宇宙からのマイクロ波放射計測で解析し、内部層の密度変化や季節的溫度変化を正確に推定。フィルムの密度と溫度の深度変化を明らかにした。	university at albany, state university of new york	2024	<a href="https://doi.org/10.1109/lgrs.2023.3343594">https://doi.org/10.1109/lgrs.2023.3343594</a>
論文	Firn aquifer properties of Wilkins ice shelf from multi-source spaceborne microwave observations	ウイルクス氷棚のフィルム帯水層を多源宇宙マイクロ波観測で調査し、雪解けと水力学的プロセスが氷床安定性に与える影響を解析。特に、液体水の動態が氷棚崩壊に寄与することを示した。	Beijing Normal University	2024	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-8534">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-8534</a>

## RFセンサーによる洪水・土壌水分モニタリング

RFセンサー技術を用いた環境モニタリングは、洪水や土壌水分の観測において重要な役割を果たしている。特に、パッシブマイクロ波リモートセンシングを活用することで、洪水の検出や土壌水分の変動を高精度で把握することが可能となり、農業や災害管理におけるリスク評価が向上している。これにより、迅速な対応が可能となり、特に洪水予測の精度向上や農業干ばつのモニタリングにおいて、RFセンサー技術の有用性が示されている。

開発  
状況

RFセンサー技術を用いて、洪水や土壌水分のモニタリング精度を向上させることを目的としている。これにより、農業や災害管理におけるリスク評価を改善し、迅速かつ効果的な対応を実現することを目指している。

## 課題

RFセンサーを洪水や土壌水分モニタリングに適用する際、センサーの精度やデータの空間解像度を向上させる必要がある。特に、植生や地表面の粗さがデータの正確性に影響を与えるため、これらの特性を適正化する技術の開発が求められている。

## 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	ADVANCES IN SOIL MOISTURE RETRIEVAL FROM NEAR-SURFACE MEASUREMENTS USING SATELLITE REMOTE SENSING	この研究は、衛星リモートセンシングを用いた土壌水分の取得技術の進展に焦点を当てている。特に、土壌と作物の相互作用が表面土壌水分の取得に与える影響を探り、地域的な土壌水分マッピングにおいて満足いく結果を得た。	indian agricultural research institute	2018	<a href="https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-5-861-2018">https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-5-861-2018</a>
論文	Physics-Based Modeling of Active and Passive Microwave Covariations Over Vegetated Surfaces	植生表面上のアクティブおよびパッシブマイクロ波の共変動を物理ベースでモデル化し、土壌水分を推定する研究。植生と土壌の相互作用が共変動に影響を与えることを示した。	german aerospace center	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2018.2860630">https://doi.org/10.1109/tgrs.2018.2860630</a>
論文	Evaluating the Accuracy of Passive Microwave Emission Models for Estimating Brightness Temperature	パッシブマイクロ波放射モデルの精度を評価し、土壌水分の推定における明るさ温度の重要性を示した。Pバンド放射計が植生水分含量に対してより低い感度を持つことを明らかにした。	monash university	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss52108.2023.10282821">https://doi.org/10.1109/igarss52108.2023.10282821</a>
論文	Exploring the merging potential of high temporal resolution and high spatial resolution microwave remote sensing data	高時間分解能と高空間分解能のマイクロ波リモートセンシングデータを統合し、凍結/融解動態を効果的にモニタリングする可能性を探る研究。異なる波長のデータを組み合わせることで、永久凍土関連現象のモニタリングを強化できる。	Ludwig-Maximilians University	2023	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-8999">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-8999</a>

## GNSS-R偏波特性を活用した大気観測技術の進化

GNSSリフレクトメトリー（GNSS-R）技術は、地球物理パラメータの検出精度を向上させるために進化しています。特に、偏波特性を活用した新しい手法が開発され、気象予測や環境モニタリングにおいて重要な役割を果たすことが期待されています。これにより、洪水検出や海洋監視、土壌水分の測定など、さまざまな応用が可能となり、今後の研究開発が注目されています。

開発  
状況

GNSS-R技術を用いて、地球物理パラメータの検出精度を向上させることを目的としています。特に、気象予測や環境モニタリングの精度向上を目指した開発が進められています。

## 課題

GNSS-R技術を大気観測に適用する際、信号の偏波特性を適正化する必要があります。これにより、観測精度を向上させるための技術開発が進められています。

## 関連論文/特許

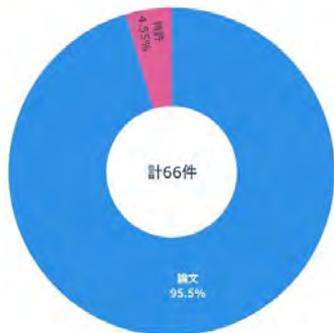
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Evaluation of CYGNSS Observations for Flood Detection and Mapping during Sistan and Baluchestan Torrential Rain in 2020	2020年のシスタン・バルチスタンでの豪雨時に、CYGNSS観測を用いて洪水検出とマッピングを評価しました。GNSS-R技術を活用し、洪水地域の反射率を分析して浸水面積を推定しました。	norwegian university of science and technology	2020	<a href="https://doi.org/10.3390/w12072047">https://doi.org/10.3390/w12072047</a>
論文	Ship detection using GNSS-reflectometry in backscattering configuration	GNSS-Rを用いた船舶検出の研究では、従来の前方散乱ではなく、後方散乱構成が船舶検出に有効であることを示しました。信号対雑音比の向上が確認されました。	nato	2018	<a href="https://doi.org/10.1109/radar.2018.8378804">https://doi.org/10.1109/radar.2018.8378804</a>
論文	The NASA CYGNSS mission: a pathfinder for GNSS scatterometry remote sensing applications	NASAのCYGNSSミッションは、GNSSベースの散乱計測を利用して、海洋波、風、氷、土壌水分のリモートセンシング能力を向上させることを目的としています。特に熱帯低気圧の強度予測に貢献しています。	southwest research institute	2014	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2068378">https://doi.org/10.1117/12.2068378</a>
論文	Spaceborne GNSS-R Soil Moisture Retrieval: Status, Development Opportunities, and Challenges	GNSS-R技術を用いた土壌水分の取得は、時空間解像度が高く、観測ジオメトリや偏波、散乱の限界を克服するための新しいモデルが提案されています。	chifeng university	2020	<a href="https://doi.org/10.3390/rs13010045">https://doi.org/10.3390/rs13010045</a>

## SARとマイクロ波での海面塩分と氷観測

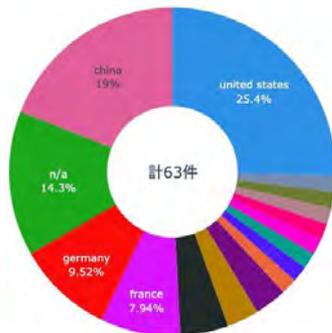
## 概要

このカテゴリーは、RFセンサー技術を用いた宇宙からの地球観測に関するものである。具体的には、SAR（合成開口レーダー）やマイクロ波放射計を利用して、海面塩分、氷の動態、海流、油膜、氷床の厚さなどを観測する技術が含まれる。これにより、環境変化のモニタリングや気候変動の影響を評価することが可能となる。特に、LバンドやCバンドのセンサーが多く使用され、広範囲なデータ収集が行われている。

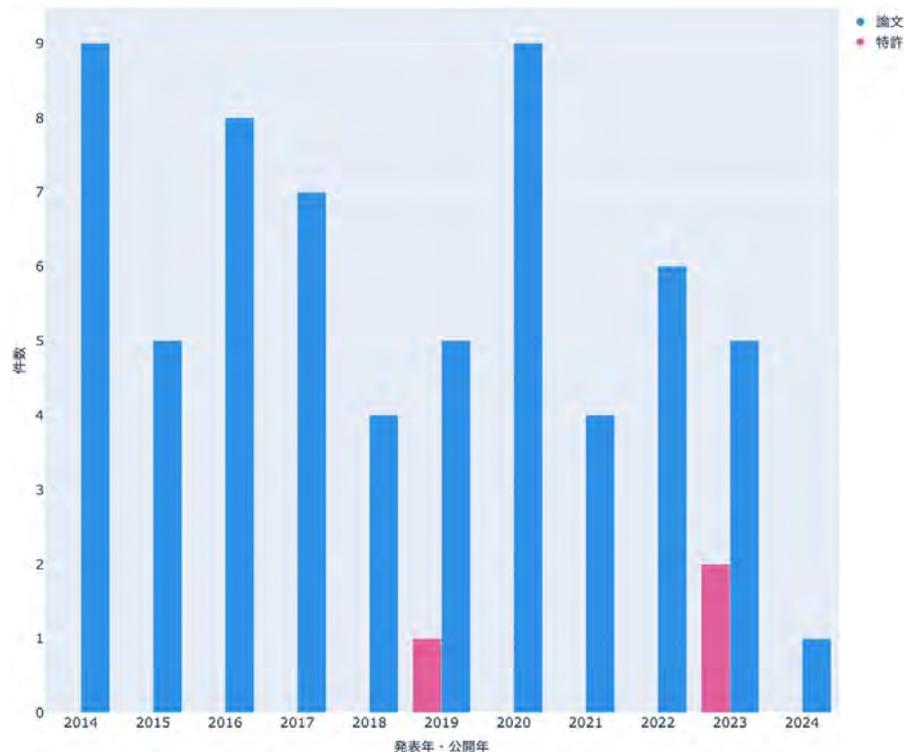
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で定義

※ n/a:論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

## SAR技術による海面塩分リモートセンシングの進化

SAR技術を海面塩分のリモートセンシングに適用することで、海洋のメソスケールおよびシノプティックスケールの塩分変動を監視する研究が進んでいる。特にLバンドのマイクロ波を用いた観測は、SMOSやAquariusといったミッションにより大きな進展を遂げており、気候変動や水循環の理解に貢献している。今後は、寒冷水域での観測精度向上が求められる。

### 開発状況

海面塩分のリモートセンシングにおける観測精度を向上させ、気候変動や水循環の理解を深めることを目的として、特に寒冷水域での精度向上を目指した技術開発が進められている。

### 課題

SAR技術を海面塩分のリモートセンシングに適用する際、寒冷水域での観測精度向上が課題となっている。特に、海氷や降水による干渉を除去する技術の開発が必要である。

### 関連論文/特許

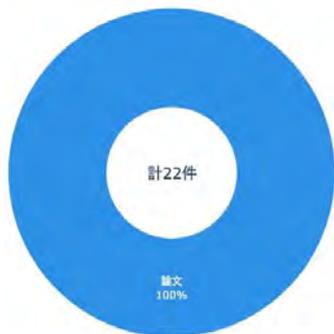
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	SMAP Salinity Retrievals near the Sea-Ice Edge Using Multi-Channel AMSR2 Brightness Temperatures.	SMAP Lバンド放射計を用いた海面塩分の取得における海水汚染の課題を解決するため、AMSR2の明るさ温度を利用して海水汚染を除去する手法を開発し、精度を向上させた。	Remote Sensing Systems	2021	<a href="https://doi.org/10.3390/rs13245120">https://doi.org/10.3390/rs13245120</a>
論文	Aquarius Active/Passive RFI Environment at L-Band	Aquariusミッションは、Lバンドでのアクティブ/パッシブ機器を用いて海面塩分と土壌水分のリモートセンシングを行い、RFI環境の理解と緩和の重要性を示した。	goddard space flight center	2014	<a href="https://doi.org/10.1109/lgrs.2014.2307794">https://doi.org/10.1109/lgrs.2014.2307794</a>
論文	Relationship between sea surface salinity from L-band radiometer and optical features in the East China Sea	東シナ海でのLバンド放射計を用いた海面塩分の観測により、雲の影響を受けずにCDOMの分布を推定する手法を開発し、光学リモートセンシングの課題を克服した。	university of southern mississippi	2014	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2052951">https://doi.org/10.1117/12.2052951</a>
論文	Accurate Measurements of the Dielectric Constant of Seawater at L Band	Aquariusミッションのために、Lバンドでの海水の誘電率を精密に測定し、海面塩分のリモートセンシングの精度向上に寄与するモデルを改良した。	george washington university	2016	<a href="https://doi.org/10.1002/2015rs005776">https://doi.org/10.1002/2015rs005776</a>

## 宇宙環境でのRFセンサーによる放射線測定

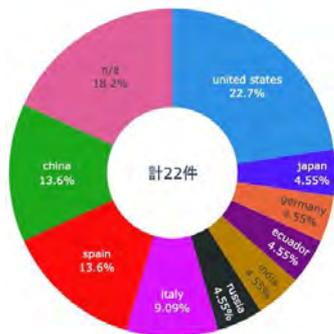
## 概要

このカテゴリーは、RFセンサー技術を用いた宇宙における地球観測や環境測定に関するものである。具体的には、月面からのマイクロ波放射の測定、地球の表面温度の観測、宇宙通信システムにおける放射線劣化の検出と補正、さらには大気温度や湿度の測定など、多岐にわたる応用が含まれる。RFセンサーは、宇宙環境でのデータ収集や干渉源の特定、さらには海洋監視や津波早期警戒システムにも利用されており、宇宙探査における重要な技術となっている。

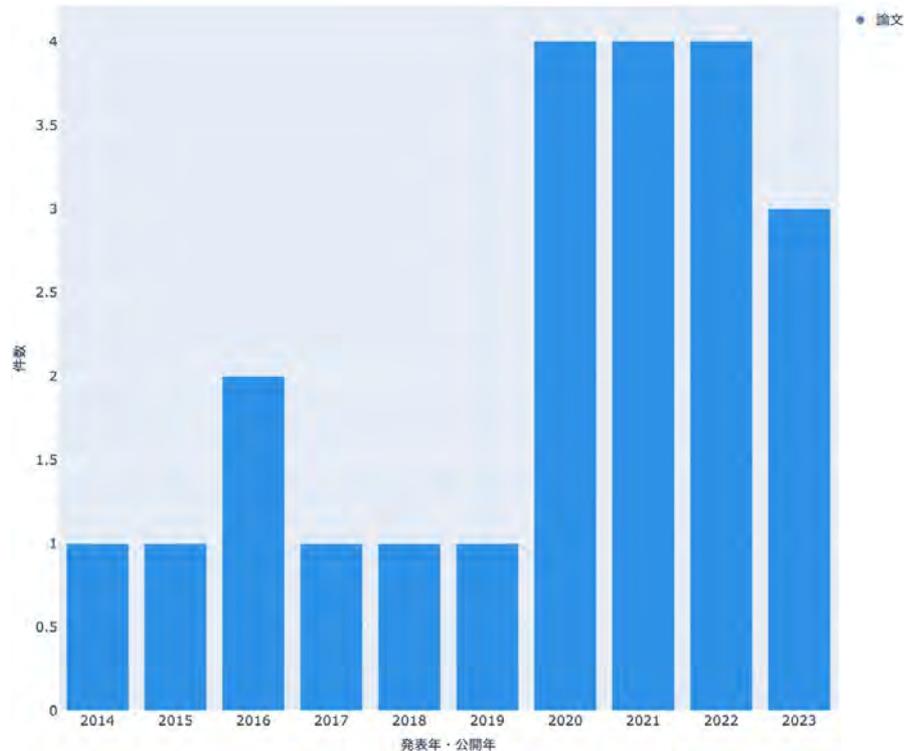
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



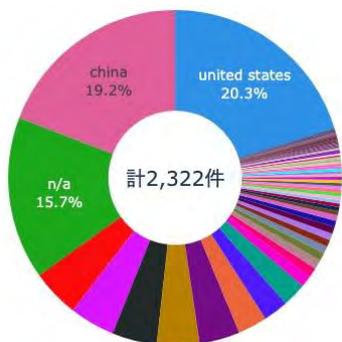
# イメージセンサ技術調査

論文・特許調査

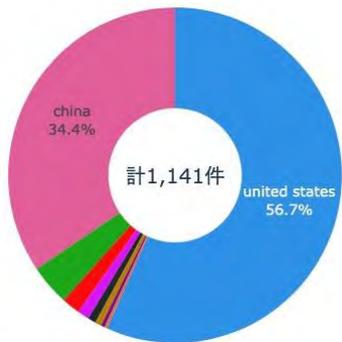
## 論文・特許数の推移

### イメージセンサ技術に関する論文・特許の年次推移

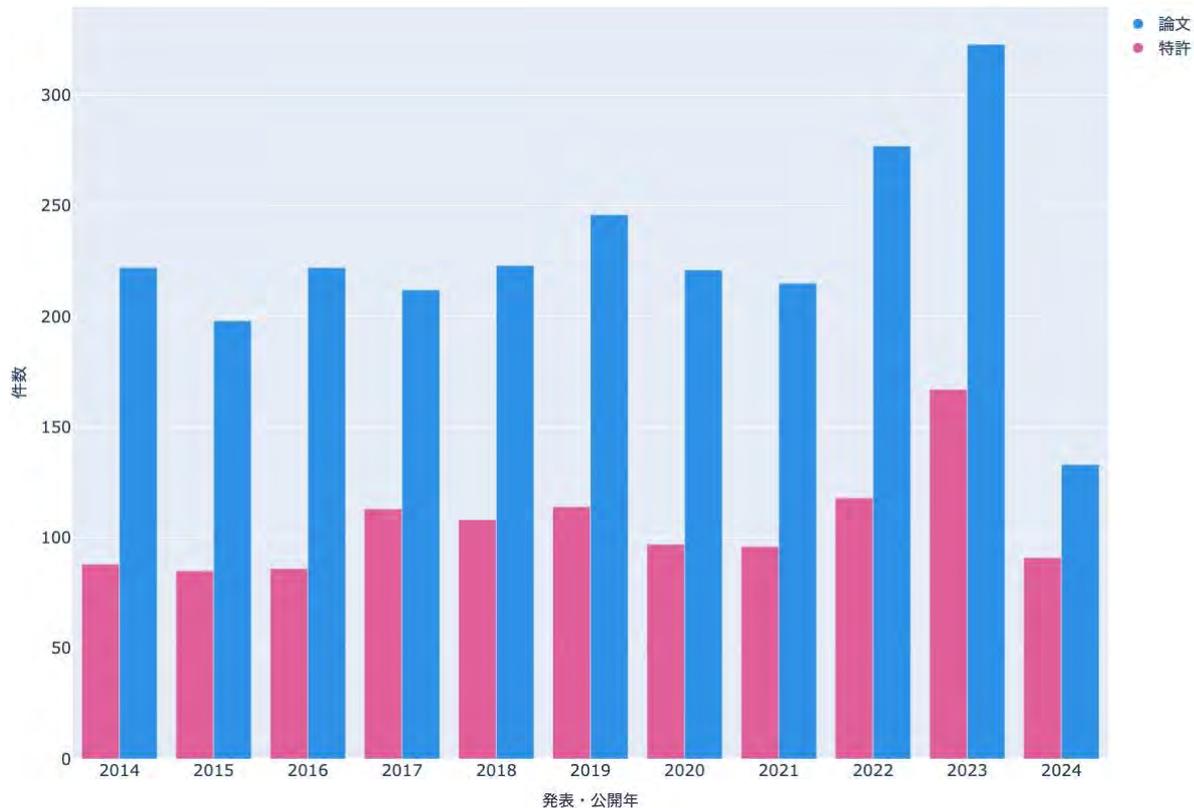
国別論文数



国別特許数



論文・特許数の推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で、特許の国は親特許の出願先の国で定義  
 ※ n/a: 論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

# 技術カテゴリー 一覧

## カテゴリー

## 論文/特許数推移

## 論文数増加率\* 特許数増加率\*

宇宙航法における光学センサーと衛星イメージング技術



93.1%

60.0%

赤外線センサーによる地表温度分析技術



38.5%

0.0%

気象監視のためのマイクロ波イメージセンサー技術



22.2%

na

雷現象観測のためのイメージセンサー技術



137.5%

na

夜間観測に特化したイメージセンサー技術



-50.0%

na

宇宙ミッション向けの高解像度・高品質イメージセンサー技術と最適化技術



18.4%

34.5%

地球観測および大気成分分析における高スペクトルおよびハイパースペクトルセンサー技術



35.1%

na

\*2019年から2023年での増加率。

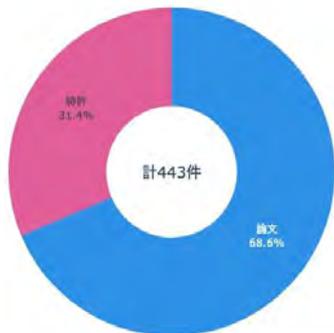
2019年,2023年何れかの文献数がゼロの場合はnaと表記している

## 宇宙航法における光学センサーと衛星イメージング技術

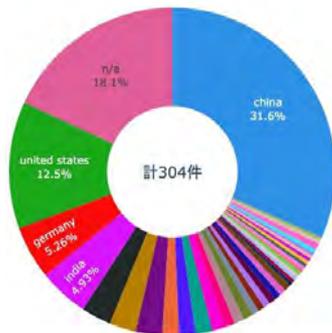
### 概要

このカテゴリーは、宇宙におけるイメージセンサー技術に関するものである。具体的には、光学センサーや高解像度衛星イメージングセンサーが地球表面の詳細な画像を取得するために使用され、環境モニタリングや災害監視にも応用されている。また、星センサーは宇宙での航法や姿勢測定に利用され、ナビゲーション精度の向上に寄与している。さらに、ナノ衛星や遠隔センシングシステムも、地球観測や天体の詳細な観察に重要な役割を果たしている。

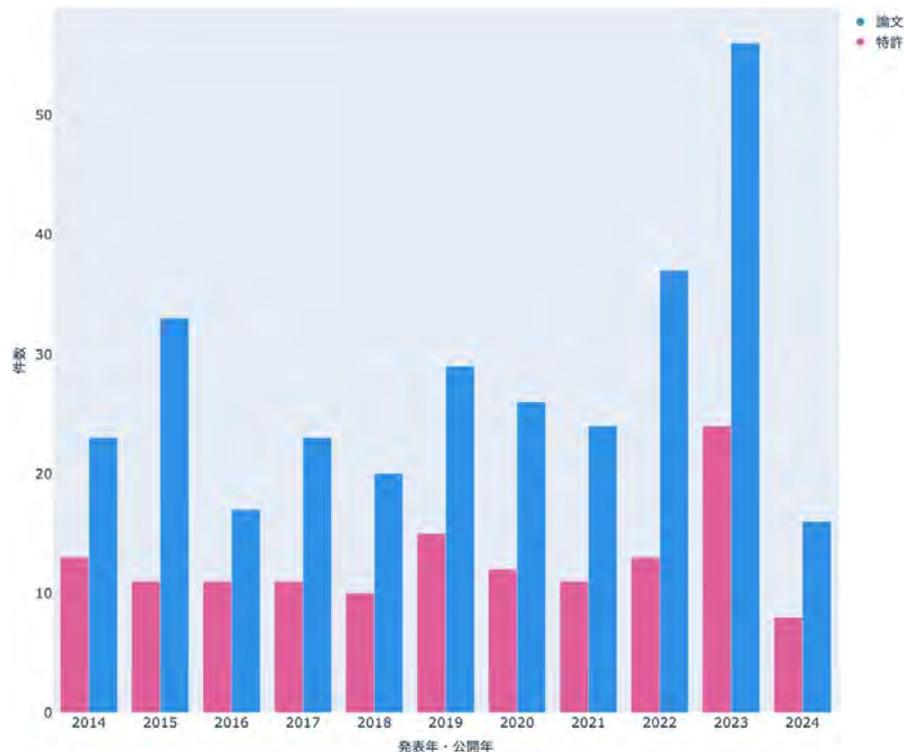
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で定義  
 ※ n/a:論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

## 深層学習による非協力的宇宙物体の高精度検出

深層学習技術を宇宙物体の高精度検出に適用することで、非協力的な宇宙物体の検出精度が向上しています。特に、合成画像と実画像のドメイン差を克服する技術が注目されており、宇宙でのランデブーやドッキング、軌道上サービスの実現が期待されています。これにより、宇宙ごみの除去や宇宙環境での光の変動や遮蔽、画像スケールの違いといった課題を克服するための新たな手法が開発されています。

### 開発状況

宇宙での非協力的物体の高精度検出を目的とした技術開発が進められており、特に宇宙ごみの除去や軌道上サービスの実現を目指した取り組みが行われています。

### 課題

宇宙環境での非協力的宇宙物体の検出において、光の変動や遮蔽、画像スケールの違いが課題となっています。これらの特性を適正化するために、マルチスケールのドメイン適応技術の開発が進められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	High-Precision Domain Adaptive Detection Method for Noncooperative Spacecraft Based on Optical Sensor Data	光学センサーを用いた非協力的宇宙機の高精度検出手法を提案。CycleGANを用いて合成画像と実画像のドメイン差を克服し、YOLOv5と組み合わせたマルチスケールドメイン適応モデルを開発。実験により、宇宙でのランデブーやドッキング、軌道上サービスへの応用が期待される。	chinese academy of sciences	2024	<a href="https://doi.org/10.1109/jsen.2024.3370309">https://doi.org/10.1109/jsen.2024.3370309</a>
論文	Visible and Infrared Image Fusion-Based Image Quality Enhancement with Applications to Space Debris On-Orbit Surveillance	可視および赤外線画像融合アルゴリズムを用いて、宇宙ごみの軌道上監視のための画像品質を向上。暗い環境での視覚センサーの限界を克服し、信号対雑音比を改善。実験結果は、他の最先端アルゴリズムを上回る性能を示す。	nanjing university of aeronautics and astronautics	2022	<a href="https://doi.org/10.1155/2022/6300437">https://doi.org/10.1155/2022/6300437</a>
論文	Vision-Based Object Recognition and Precise Localization for Space Body Control	宇宙ロボットやランデブー、ドッキングにおける視覚ベースの物体認識と精密な位置特定システムを開発。深層学習を用いて複雑な背景での物体検出を行い、実験で99.8%の認識精度と1.5メートル以内での位置精度を実現。	chinese academy of sciences	2019	<a href="https://doi.org/10.1155/2019/7050915">https://doi.org/10.1155/2019/7050915</a>
論文	SpaceDrones 2.0—Hardware-in-the-Loop Simulation and Validation for Orbital and Deep Space Computer Vision and Machine Learning Tasking Using Free-Flying Drone Platforms	自由飛行ドローンプラットフォームを用いた軌道および深宇宙コンピュータビジョンと機械学習のハードウェアインザループシミュレーションを提案。合成訓練モデルを使用し、動的な宇宙環境での機械学習性能を向上。軌道上サービスや組立に必要な物体分類、追跡、操作を可能にする。	virginia tech	2022	<a href="https://doi.org/10.3390/aerospace9050254">https://doi.org/10.3390/aerospace9050254</a>

## 光学センサーとISARによる宇宙機の瞬時姿勢推定

光学センサーとISAR技術を宇宙機の姿勢推定に適用することで、宇宙での自律的なナビゲーションが大幅に改善されています。特に、光学およびISAR画像を用いた瞬時姿勢推定技術は、宇宙機の構成要素の方向と長さを高精度で推定し、ドップラー効果を考慮して回転ベクトルを計算することで、宇宙での状況認識を向上させています。これにより、宇宙での安全性と効率性が高まることが期待されます。

### 開発状況

宇宙機の姿勢推定精度を向上させることを目的とし、光学センサーとISAR技術を活用した新しい推定手法の開発が進められています。これにより、宇宙での自律的なナビゲーションの実現を目指し、宇宙での安全性と効率性を高めることが期待されています。

### 課題

光学センサーとISARを組み合わせた姿勢推定技術の開発において、宇宙環境特有の光条件や画像スケールの違いを克服する必要があります。これにより、より正確な姿勢推定が可能となり、宇宙での自律的なナビゲーションの信頼性が向上します。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	High-Precision Domain Adaptive Detection Method for Noncooperative Spacecraft Based on Optical Sensor Data	非協力的な宇宙機を光学センサーデータで高精度に検出する手法を提案。CycleGANを用いて合成画像と実画像の変換を行い、YOLOv5と組み合わせたモデルで新たな宇宙応用を可能にする。	chinese academy of sciences	2024	<a href="https://doi.org/10.1109/jsen.2024.3370309">https://doi.org/10.1109/jsen.2024.3370309</a>
論文	Vision-Based Object Recognition and Precise Localization for Space Body Control	視覚ベースのシステムで宇宙ロボットの運動制御を実現。深層学習を用いた物体検出と精密な位置特定により、宇宙での実用性を高めることを目指す。	chinese academy of sciences	2019	<a href="https://doi.org/10.1155/2019/7050915">https://doi.org/10.1155/2019/7050915</a>
論文	Positionless Attitude Estimation with Integrated Star and Horizon Sensors	星と地平線センサーを統合した新しい方法で、衛星の位置と姿勢を自律的に決定。地上からの更新を不要にし、計算コストを削減する。	instituto mauá de tecnologia	2024	na
論文	On-orbit autonomous navigation of geosynchronous satellite using novel infrared imaging Earth sensor	静的赤外地球センサーを用いて、地球軌道衛星の高精度な自律航法を実現。地球の赤外放射を測定し、地球の方向を慣性座標系で確立する。	Beijing Institute of Control Engineering	2023	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2666644">https://doi.org/10.1117/12.2666644</a>

## 低SNR条件下での星抽出精度向上技術

低SNR条件下での星抽出精度向上技術は、宇宙航法やリモートセンシングにおける高精度な姿勢決定を実現するために重要です。特に、光学フローや動的フィルタリングを組み合わせた手法が注目されており、星の動きの特徴を解析しノイズを軽減することで、従来の方法に比べて星抽出精度を大幅に向上させています。これにより、宇宙探査や地球観測衛星の精度が向上し、今後の技術発展が期待されます。

### 開発状況

宇宙航法やリモートセンシングにおける高精度な姿勢決定を実現するため、低SNR条件下での星抽出精度を向上させることを目的とした技術開発が進められています。

### 課題

低SNR条件下での星抽出において、ノイズの影響を最小限に抑えつつ高精度な星の位置を特定することが課題です。これにより、宇宙航法やリモートセンシングにおける姿勢決定の精度が向上します。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	A star extraction method of dynamic star image for low signal-to-noise ratio based on joint probability estimation of optical flow-trajectory	IOFM-DF法は、低SNR条件下での星抽出精度を30%以上向上させる手法です。光学フローと動的フィルタリングを組み合わせ、星の動きの特徴を解析しノイズを軽減します。	beijing information science & technology university	2022	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2642215">https://doi.org/10.1117/12.2642215</a>
特許	Common-light-path and multi-view-field star sensor and star attitude measurement method thereof	共通光路と多視野星センサーは、三軸高精度測定を実現し、従来の多視野星センサーの重量や消費電力を削減します。これにより、複数の衛星プラットフォームの高精度姿勢測定ニーズに応えます。	shanghai xinyue meter factory	2014	CN104061929
論文	Star centroid extraction in a single-line detector array	単一ライン検出器アレイを用いた星のサブピクセル重心抽出法は、地球観測衛星の画像登録精度を向上させます。高い時間分解能を持ち、星の位置を迅速かつ正確に検出します。	beihang university	2022	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2636242">https://doi.org/10.1117/12.2636242</a>
論文	On-Orbit Calibration Method for Star Sensors Based on Microvariation in Intrinsic Parameters	IPV法は、宇宙環境変化による星センサーの内部パラメータ微小変動を補正し、姿勢精度を35%向上させます。小視野星センサーに特に適しています。	changchun university of technology	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/jsen.2023.3298709">https://doi.org/10.1109/jsen.2023.3298709</a>

## 星センサーの高精度キャリブレーション技術

星センサーの高精度キャリブレーション技術は、衛星の姿勢決定精度を向上させるために重要な役割を果たしています。特に、宇宙空間での環境変化に対応するための新しいキャリブレーション手法が開発されており、これにより高精度な姿勢決定が可能となっています。これらの技術は、リモートセンシングや宇宙探査などの分野での応用が期待されており、近年の研究の増加により注目が高まっています。

### 開発状況

星センサーのキャリブレーション技術の開発は、宇宙空間での姿勢決定精度を向上させることを目的としています。これにより、リモートセンシングや宇宙探査における高精度なデータ取得を実現することを目指しています。

### 課題

星センサーを宇宙空間で使用する際に、打ち上げ時の振動や温度変化による内部パラメータの変動が問題となります。これにより、姿勢決定の精度が低下するため、これを補正する技術の開発が進められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	On-Orbit Calibration of Installation Parameter of Multiple Star Sensors System for Optical Remote Sensing Satellite with Ground Control Points	この研究は、打ち上げ時の振動や熱衝撃による星センサーの設置パラメータの不一致を解決するため、地上制御点を用いた軌道上キャリブレーション手法を提案しています。これにより、光学軸のキャリブレーションが可能となり、姿勢決定の一貫性とリモートセンシング画像の幾何学的精度が向上します。	wuhan university	2020	<a href="https://doi.org/10.3390/rs12071055">https://doi.org/10.3390/rs12071055</a>
論文	On-orbit calibration techniques for optical payloads onboard remote-sensing satellites	リモートセンシング衛星の光学ペイロードの軌道上キャリブレーション技術を紹介します。自己キャリブレーションと相互キャリブレーションの2つの手法を用い、光学ペイロードと星センサーの設置誤差を補正し、軌道上の方向精度を向上させます。	chinese academy of sciences	2021	<a href="https://doi.org/10.1063/5.0060286">https://doi.org/10.1063/5.0060286</a>
論文	On-orbit calibration of domestic APS star tracker	国内のAPS星センサーの新しい軌道上キャリブレーション手法を提案し、ZY-3衛星での実験結果を示します。この手法は、レンズ歪みの変化を分析し、星センサーのキャリブレーション精度を向上させ、姿勢測定精度を改善します。	Satellite Mapping Application Center	2014	<a href="https://doi.org/10.1109/eorsa.2014.6927886">https://doi.org/10.1109/eorsa.2014.6927886</a>
論文	On-Orbit Calibration Method for Star Sensors Based on Microvariation in Intrinsic Parameters	IPV法を用いた星センサーの軌道上キャリブレーション手法を提案します。この手法は、環境変化による内部パラメータの微小変動を補正し、姿勢精度を35%向上させることができます。	changchun university of technology	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/jsen.2023.3298709">https://doi.org/10.1109/jsen.2023.3298709</a>

## 赤外線センサーによる地表温度分析技術

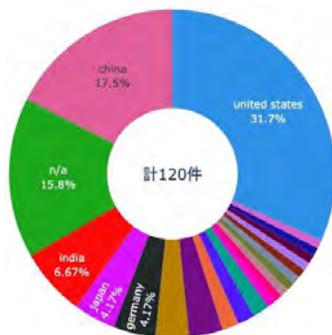
## 概要

このカテゴリーは、宇宙における赤外線センサー技術に関するものである。赤外線イメージングシステムは、地上目標の検出や衛星からの地球観測に利用され、熱画像センサーは地表温度の分析や環境モニタリングに重要な役割を果たす。また、赤外線センサーは、宇宙探査や惑星間ミッションにおいても高解像度の画像を取得するために使用されている。これにより、宇宙の詳細な観測やデータ収集が可能となり、様々な科学研究に寄与している。

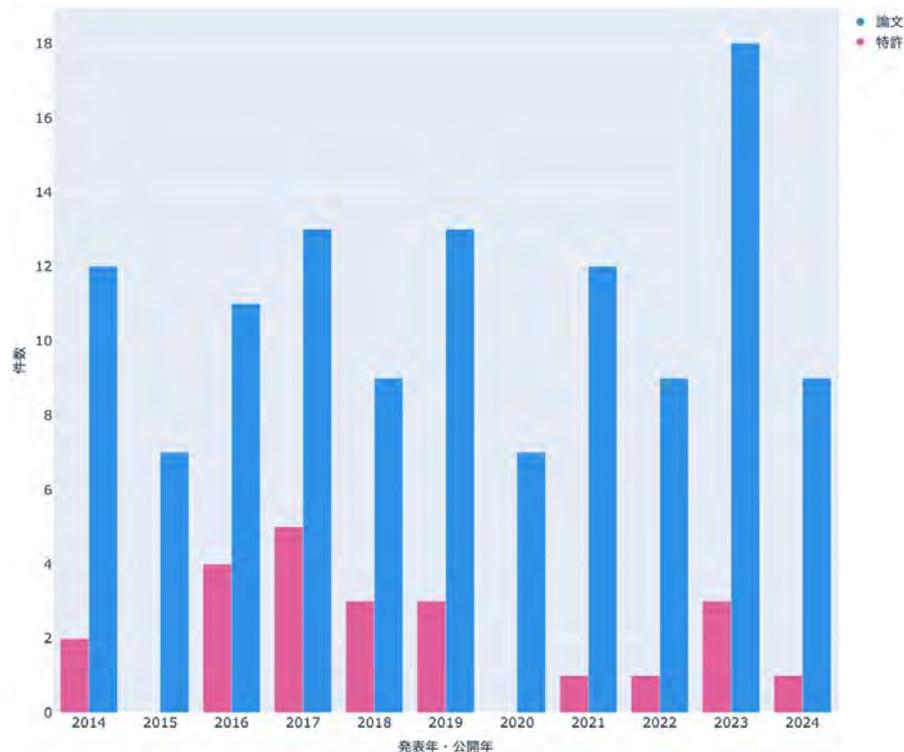
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## Landsat 9による地表温度測定技術の進化

Landsat 9のTIRS-2センサーを用いた地表温度測定技術は、農業や都市計画における温度管理の改善に寄与している。特に、新しいアルゴリズムの開発により、地表温度の変動をより正確に把握することが可能となり、地球環境のモニタリングや気候変動の影響評価において重要な役割を果たすと期待される。

### 開発状況

Landsat 9を用いた地表温度測定技術の開発は、地球環境のモニタリング精度を向上させ、気候変動の影響をより正確に評価することを目的としている。

### 課題

Landsat 9の地表温度測定技術を活用する際、センサーの特性を最適化するために、放射計測の精度向上やデータ処理アルゴリズムの開発が必要とされている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Land Surface Temperature Retrieval From Landsat 9 TIRS-2 Data Using Radiance-Based Split-Window Algorithm	Landsat 9のTIRS-2データを用いた放射ベースのスプリットウィンドアルゴリズムを開発し、地表温度を高精度で取得する方法を研究。結果、入力パラメータの不確実性を考慮しても、地表温度の誤差が1.75K未満であることが示された。	china university of geosciences	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/jstars.2022.3232621">https://doi.org/10.1109/jstars.2022.3232621</a>
論文	Landsat 9 Thermal Infrared Sensor 2 Pre-Launch Characterization: Initial Imaging and Spectral Performance Results	Landsat 9のTIRS-2センサーの事前打ち上げ特性評価を行い、放射計測、空間、スペクトル性能が要求を満たすことを確認。NASAゴダード宇宙飛行センターでの包括的なテストプログラムにより、性能要件を最小限の逸脱で達成することが期待される。	geothinktank llc	2018	na
論文	Landsat 9 TIRS-2 prelaunch calibration approach (Conference Presentation)	Landsat 9のTIRS-2センサーのキャリブレーションアプローチを紹介。設計変更により、迷光の最小化を図り、性能を向上。NASAと独立チームによる光学モデリングで設計変更の性能を予測し、テスト結果とLandsat 8の軌道上性能と比較して検証。	goddard space flight center	2017	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2278871">https://doi.org/10.1117/12.2278871</a>
論文	Landsat 9 Thermal Infrared Sensor-2 (TIRS-2) Pre- and Post-Launch Spatial Response Performance	Landsat 9のTIRS-2センサーの空間応答性能を評価。打ち上げ前と打ち上げ後のテストで、TIRS-2の空間応答が前任機と一致し、科学目的に影響を与える画質の低下がないことを確認。	rochester institute of technology	2024	<a href="https://doi.org/10.3390/rs16061065">https://doi.org/10.3390/rs16061065</a>

## 赤外線センサーによる地表温度の高解像度化

赤外線センサーを用いた地表温度の高解像度化技術が進展しており、Landsat 9やSentinel-2、VIIRSのデータを融合することで、都市部や農地の詳細な温度分布が把握可能になっている。この技術は都市のヒートアイランド現象の分析や農地の温度管理に応用され、都市計画や農業の効率化に寄与することが期待されている。特に近年は、これらの技術に関する研究が増加しており、注目が高まっている。

### 開発状況

地表温度の高解像度化を通じて、都市部のヒートアイランド現象の詳細な分析や農地の温度管理の精密化を実現することを目的としている。これにより、都市計画や農業の効率化を図ることが目指されている。

### 課題

赤外線センサーを用いた地表温度の高解像度化において、データの精度向上とセンサーの特性最適化が課題となっている。特に、異なるセンサー間のデータ統合や、環境条件に応じた温度推定の精度向上が求められている。

### 関連論文/特許

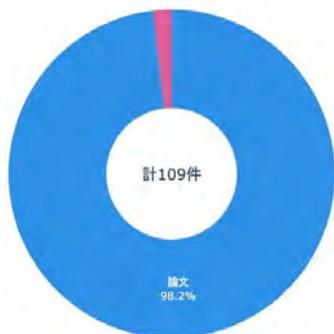
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Urban Land Surface Temperature Retrieval From High Spatial Resolution Thermal Infrared Image Using a Modified Split-Window Algorithm	都市部の地表温度を高解像度で取得するために、改良されたスプリットウィンドウアルゴリズムを開発。高密度建物地域での精度向上が期待される。	yunnan university	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3291708">https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3291708</a>
論文	Land Surface Temperature Retrieval From Landsat 9 TIRS-2 Data Using Radiance-Based Split-Window Algorithm	Landsat 9のデータを用いた放射ベースのスプリットウィンドウアルゴリズムを開発し、地表温度の高精度な取得を実現。大気水蒸気の推定精度も向上。	china university of geosciences	2023	<a href="https://doi.org/10.1109/jstars.2022.3232621">https://doi.org/10.1109/jstars.2022.3232621</a>
論文	On-Orbit Spatial Performance Characterization for Thermal Infrared Imagers of Landsat 7, 8, and 9, ECOSTRESS and CTI	Landsat 7, 8, 9の熱赤外線イメージャーの空間性能を評価し、地表温度と蒸発散のモニタリングにおける解像度の向上を確認。データ融合の改善に寄与。	nasa goddard space flight center	2024	<a href="https://doi.org/10.1029/2023jg007506">https://doi.org/10.1029/2023jg007506</a>
論文	A Satellite-Based Imaging Instrumentation Concept for Hyperspectral Thermal Remote Sensing	HiTeSEMミッションは、地表温度とスペクトル放射率の高解像度マッピングを目的とした衛星コンセプト。食料安全保障や人間の健康に関するグローバルな課題に対応。	university of trier	2017	<a href="https://doi.org/10.3390/s17071542">https://doi.org/10.3390/s17071542</a>

## 気象監視のためのマイクロ波イメージセンサー技術

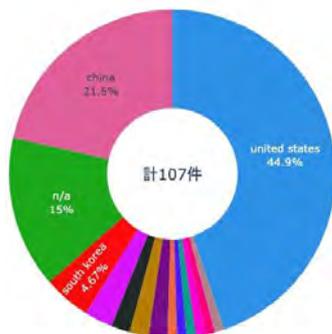
### 概要

このカテゴリーは、宇宙における地球観測や気象監視のためのイメージセンサー技術に関するものである。具体的には、マイクロ波イメージャーやDPRセンサー、POLDERセンサーなどが、降水量の推定や雲の動態、エアロゾルの観測に利用されている。また、これらのセンサーは、気象データの収集や大気成分のモニタリングにも重要な役割を果たしている。さらに、これらの技術は、地球の反射率や大気中のメタン観測など、さまざまな環境データの取得にも寄与している。

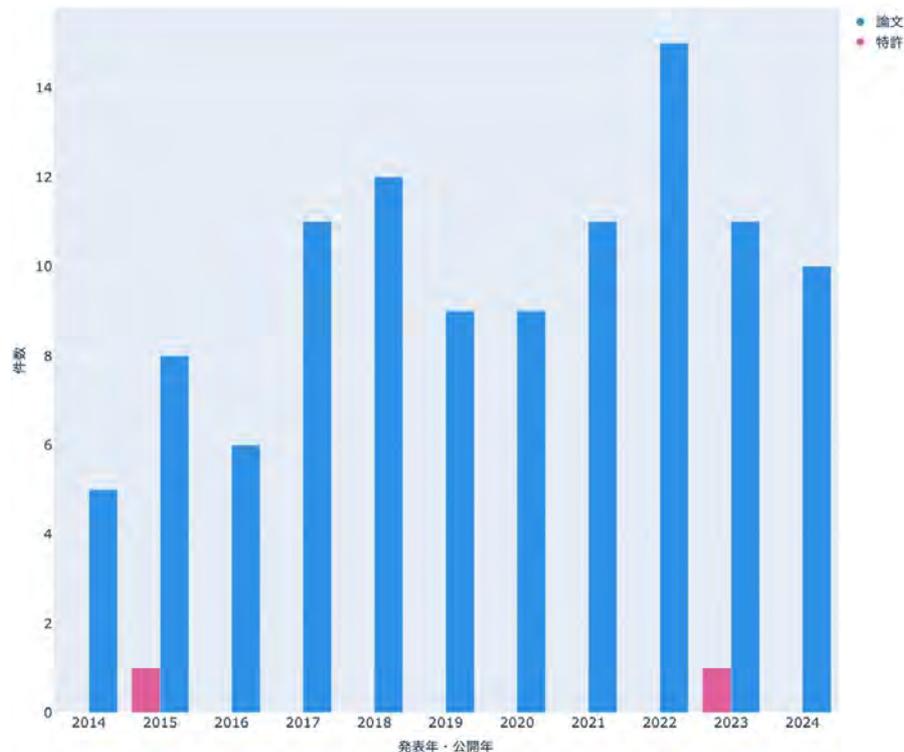
#### 特許・論文比率



#### 論文国別比率



#### 論文・特許数推移



## マイクロ波センサー技術による気象監視の精度向上

マイクロ波センサー技術の進化により、気象監視の精度が向上しています。特に、Special Sensor Microwave Imager/Sounder (SSMIS)の更新により、降水量や雪の深さの測定が改善され、気候変動の研究において重要な役割を果たしています。これらの技術は、地球温暖化や異常気象の予測にも応用が期待され、近年はマイクロ波センサー技術に関する研究が増加しています。

### 開発状況

気象監視におけるデータの精度と一貫性を向上させることを目的とした開発が進められています。これにより、気候変動の研究や異常気象の予測において、より信頼性の高いデータを提供することを目指しています。

### 課題

マイクロ波センサー技術を気象監視に適用する際に、データの一貫性と精度を確保するために、センサー間の較正やデータの統合が必要です。これにより、異なるセンサーからのデータを統合的に利用できるようにすることが求められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	A multi-sensor data-driven methodology for all-sky passive microwave inundation retrieval	この研究は、複数のセンサーを用いたベイズ推定アルゴリズムを開発し、洪水浸水域の高精度なマッピングを実現しています。特に、メコンデルタでの評価により、地上水位観測との強い相関が示されました。	university of minnesota	2017	<a href="https://doi.org/10.5194/hess-21-2685-2017">https://doi.org/10.5194/hess-21-2685-2017</a>
論文	Inter-Calibrating SMMR, SSM/I and SSMIS Data to Improve the Consistency of Snow-Depth Products in China	中国における雪深製品の一貫性を向上させるため、異なるマイクロ波センサーのデータを較正しました。これにより、雪深と雪水量の製品の時間的連続性が改善されました。	chinese academy of sciences	2015	<a href="https://doi.org/10.3390/rs70607212">https://doi.org/10.3390/rs70607212</a>
論文	The Precipitation Retrieval and Profiling Scheme for the Special Sensor Microwave Imager/Sounder	SSMISを用いた降水量の推定手法を開発し、NASAのGPROFと比較可能な結果を得ました。特に、軽い降水のデータが詳細に取得できることが示されました。	Deutscher Wetterdienst	2024	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-7336">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-7336</a>
論文	Special Sensor Microwave Imager/Sounder Updates for the Global Precipitation Measurement V07 Data Suite	SSMISのデータを用いたGPM V07データセットの更新により、データの品質と長期的一貫性が大幅に向上しました。これにより、降水量の測定精度が改善されました。	university of maryland	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2022.3162529">https://doi.org/10.1109/tgrs.2022.3162529</a>

## 静止気象衛星センサーによるリアルタイム気象監視

静止気象衛星に搭載された先進的なセンサー技術により、気象現象のリアルタイム監視が可能となり、気象予報の精度向上や災害の早期警戒システムの構築に貢献しています。特に、Advanced Meteorological Imager (AMI)やAdvanced Baseline Imager (ABI)は、短時間での高頻度観測を実現し、雲の動きや降水の変化を詳細に捉えることができます。これにより、気象予報の精度が向上し、災害の早期警戒システムの構築に貢献しています。

### 開発状況

静止気象衛星センサーを用いて、気象現象のリアルタイム監視を実現し、気象予報の精度向上や災害の早期警戒システムの構築を目指しています。これにより、社会の安全性と持続可能性を高めることを目的としています。

### 課題

静止気象衛星センサーを用いたリアルタイム気象監視において、センサーのキャリブレーションやデータの精度を確保するための技術開発が必要です。特に、観測データの信頼性を高めるための継続的な検証と校正が求められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Earth Observing Systems - Towards post-launch validation of GOES-R ABI SI traceability with high-altitude aircraft, small near surface UAS, and satellite reference measurements	GOES-Rのフィールドキャンペーンは、Advanced Baseline Imager (ABI)とGeostationary Lightning Mapper (GLM)の打ち上げ後の性能を検証するために行われました。高高度航空機や地上の無人航空機を用いて、ABIのスペクトル放射観測のSIトレーサビリティを確認しました。	geothinktank, llc	2016	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2238181">https://doi.org/10.1117/12.2238181</a>
論文	Introduction of the Advanced Meteorological Imager of Geo-Kompsat-2a: In-Orbit Tests and Performance Validation	Geo-Kompsat-2AのAdvanced Meteorological Imager (AMI)は、従来のCOMSと比較して、放射、スペクトル、空間解像度が向上しています。これにより、急速に変化する気象現象の特定と追跡が可能となり、短期予報システムの改善が期待されます。	korea meteorological administration	2021	<a href="https://doi.org/10.3390/rs13071303">https://doi.org/10.3390/rs13071303</a>
論文	Recent progress of infrared remote sensors for Chinese FY-4 Meteorological Satellite (Conference Presentation)	中国のFY-4気象衛星は、Advanced Geostationary Radiometric Imager (AGRI)とGeostationary Interfering InfraRed Sounder (GIIRS)を搭載し、気象観測能力を強化しています。これにより、気象と海洋の観測が向上し、WMOの枠組みの下での国際的な気象衛星コンステレーションに貢献しています。	chinese academy of sciences	2018	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2305252">https://doi.org/10.1117/12.2305252</a>
論文	Approximation of a Convective-Event-Monitoring System Using GOES-R Data and Ensemble ML Models	GOES-RシリーズのAdvanced Baseline Imager (ABI)データを用いて、メキシコの深い対流雲を機械学習モデルで識別する枠組みが開発されました。これにより、厳しい気象災害の早期警戒システムの構築に貢献しています。	instituto potosino de investigación científica y tecnológica	2024	<a href="https://doi.org/10.3390/rs16040675">https://doi.org/10.3390/rs16040675</a>

## GPMによる降水観測技術の進化

GPMによる降水観測技術は、地球規模での降水パターンの理解を深めるために進化しています。特に、デュアル周波数降水レーダーとマイクロ波イメージャーを用いることで、降水システムの三次元的な洞察が得られ、気象予報や気候モデルの精度向上に寄与しています。これにより、極端な気象イベントのリアルタイム追跡が可能となり、社会的応用が期待されています。

### 開発状況

GPM技術の開発目的は、降水観測の精度を向上させ、気象予報や気候モデルの改善を図ることです。また、極端な気象イベントの追跡を通じて、災害予防や水資源管理に貢献することを目指しています。

### 課題

GPM技術を用いた降水観測では、異なる周波数帯のデータを統合し、地球規模での降水パターンを正確に捉えるための技術的課題が存在します。特に、観測データの精度向上とリアルタイム性の確保が求められています。

### 関連論文/特許

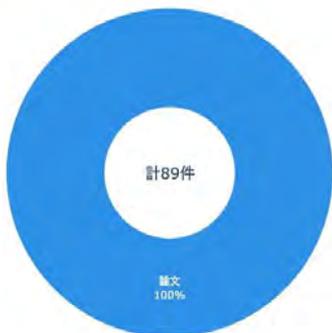
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	The NASA-JAXA Global Precipitation Measurement mission – part II: New frontiers in precipitation science	NASAとJAXAの共同ミッションであるGPMは、降水科学の進展を目指し、デュアル周波数降水レーダーとマイクロ波イメージャーを活用して、降水システムの三次元的な洞察を提供しています。これにより、気象予報や気候モデルの改善に寄与しています。	university of leicester	2020	<a href="https://doi.org/10.1002/wea.3869">https://doi.org/10.1002/wea.3869</a>
論文	Unprecedented observations of Mediane precipitation structure from the GPM Core Observatory	GPMコア観測所のデータを用いて、地中海ハリケーンIanosの降水構造を分析しました。これにより、発達段階と成熟段階での降水構造の違いが明らかになり、気象予報の精度向上に貢献しています。	institute of atmospheric sciences and climate	2022	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-12649">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-12649</a>
論文	The Global Precipitation Measurement (GPM) mission's scientific achievements and societal contributions: reviewing four years of advanced rain and snow observations	GPMミッションは、降水パターンの理解を深めるために、雨や雪の観測を高精度で行っています。これにより、気象予報や災害対応におけるデータの信頼性が向上し、社会的貢献が期待されています。	nasa goddard space flight center	2018	<a href="https://doi.org/10.1002/qj.3313">https://doi.org/10.1002/qj.3313</a>
論文	Rain-Type Classification From Microwave Satellite Observations Using Deep Neural Network Segmentation	GPM衛星のデータを用いて、深層学習技術を活用した降水タイプの分類を行いました。これにより、降水タイプの特性をデータから抽出し、気象予報の精度向上に寄与しています。	si-analytics	2020	na

## 雷現象観測のためのイメージセンサー技術

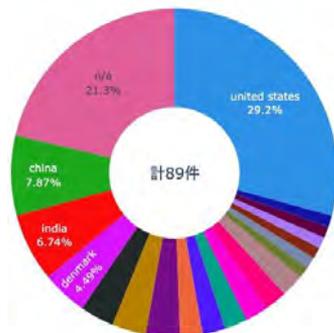
### 概要

このカテゴリーは、宇宙から雷現象を観測するためのイメージセンサー技術に関するものである。具体的には、LIS（Lightning Imaging Sensor）やGLM（Geostationary Lightning Mapper）、ASIM（Atmospheric Space Interactions Monitor）などのセンサーが使用され、雷の発生や活動を高精度で捉えることができる。これらの技術は、国際宇宙ステーション（ISS）や他の宇宙ミッションにおいて、雷のパターンやエネルギーを観測し、気象現象の理解を深めるために重要な役割を果たしている。

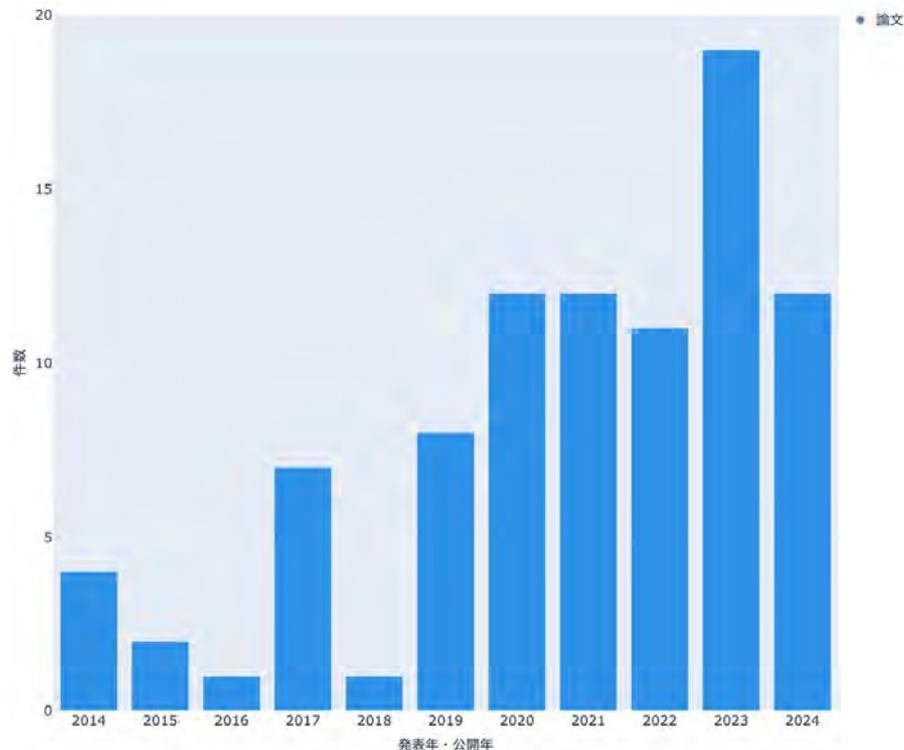
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で定義  
 ※ n/a:論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

## 地上と宇宙のデータ統合による雷観測技術の進展

地上および宇宙からのデータを統合することで、雷観測技術が進化しています。特に、国際宇宙ステーションのLightning Imaging Sensor (LIS) と地上ネットワークのデータを組み合わせることで、雷の空間的および時間的な一致度が向上し、雷の高度情報の取得が可能となりました。これにより、気象予測や災害管理における応用が期待され、雷の検出効率が高まっています。

### 開発状況

雷の空間的および時間的な一致度を向上させることを目的とし、地上と宇宙のデータを統合する技術の開発が進められています。これにより、気象予測の精度向上や災害管理の効率化を目指しています。

### 課題

地上と宇宙のデータを統合する際に、観測データの一致度を高めるための技術開発が必要です。特に、異なる観測システム間のデータの整合性を確保することが課題となっています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Comparison of ground-based and satellite data on spatiotemporal distribution of lightning discharges under solar minimum	太陽活動極小期における雷放電の時空間分布を地上と衛星データと比較。地上データはWWLLN、衛星データはLISを使用。空間分布と季節変動は一致するが、日変化は異なる。	institute of computational modelling ras sb	2021	<a href="https://doi.org/10.12737/stp-74202112">https://doi.org/10.12737/stp-74202112</a>
論文	Lightning Development over the Distinct Climate Regions of Uttarakhand, India	インドのウツァラーカンド州における雷活動をISSのLISデータで調査。雷活動と気象パラメータの相関は低く、前モンスーン期に活動がピークに達することが判明。	dr. bhim rao ambedkar university	2023	<a href="https://doi.org/10.17485/ijst/v16i9.1886">https://doi.org/10.17485/ijst/v16i9.1886</a>
論文	The Modular Multispectral Imaging Array (MMIA) of the ASIM Payload on the International Space Station	国際宇宙ステーションのASIMミッションの一部であるMMIAは、雷やTLE、TGFを観測するための光学センサー。UVからガンマ線までのスペクトル帯での観測が可能。	national space institute	2019	<a href="https://doi.org/10.1007/s11214-019-0593-y">https://doi.org/10.1007/s11214-019-0593-y</a>
論文	Exploring the Scientific Utility of Combined Spaceborne Lidar and Lightning Observations of Thunderstorms	宇宙からのライダーと雷観測を組み合わせることで雷雨を理解する研究。LISとCATSライダーのデータを分析し、雷観測がライダーの特徴マスクの検証に有用であることを示す。	nasa marshall space flight center	2022	<a href="https://doi.org/10.1029/2022ea002400">https://doi.org/10.1029/2022ea002400</a>

## 光学センサーによる雷の詳細解析と気候変動への寄与

光学センサー技術の進化により、雷の空間的分布や特性の詳細な解析が可能となり、気候変動の理解に寄与している。特に、国際宇宙ステーション（ISS）やFengyun-4Aの光学センサーは、雷の発生頻度や分布の地域的・季節的な変動を詳細に把握することを可能にしている。これにより、雷活動が気候システムに与える影響をより深く理解するためのデータが提供されている。

### 開発状況

光学センサーを用いて雷の詳細な特性を解析し、気候変動への影響を評価することを目的としている。これにより、雷活動が気候システムに与える影響をより正確に把握し、気候モデルの精度向上に寄与することを目指している。

### 課題

光学センサーを用いた雷観測では、センサーの干渉や誤検出が課題となっている。特に、南大西洋異常帯（SAA）による干渉がセンサーの処理能力を圧迫し、観測時間の短縮を引き起こすことがある。

### 関連論文/特許

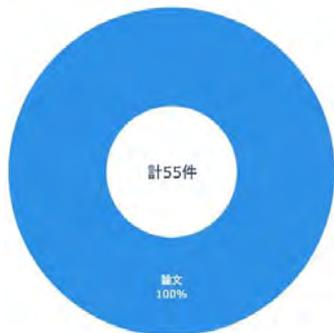
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	The Role of Global Thunderstorm Activity in Modulating Global Cirrus Clouds	国際宇宙ステーションの光学センサーを用いて、雷活動と巻雲の関係を調査。雷活動が巻雲の光学的厚さの変動の70%を説明し、気候システムにおける放射強制に重要な役割を果たすことを示した。	tripura university	2023	<a href="https://doi.org/10.1029/2022gl102667">https://doi.org/10.1029/2022gl102667</a>
論文	Spatio-temporal variability of lightning climatology and its association with thunderstorm indices over India	インドにおける雷の時空間変動を調査。雷活動は主に午後から夕方に発生し、5月に最も頻繁であることが判明。雷フラッシュ密度と雷嵐指数の相関も分析された。	central university of rajasthan	2022	<a href="https://doi.org/10.1007/s00704-022-04032-5">https://doi.org/10.1007/s00704-022-04032-5</a>
論文	Influence of the South Atlantic Anomaly on Low-Earth Orbit Lightning Observations	南大西洋異常帯が低軌道の雷観測に与える影響を調査。異常帯内でのセンサー干渉が誤検出を引き起こし、観測時間を最大80%短縮することが明らかになった。	University of Alabama in Huntsville	2024	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-13724">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-13724</a>
論文	A Technique for Automated Detection of Lightning in Images and Video From the International Space Station for Scientific Understanding and Validation	国際宇宙ステーションからの画像とビデオを用いた雷の自動検出技術を開発。約14,000フレームで雷フラッシュを正確に識別し、空間解像度の違いによるフラッシュ面積の差異を指摘。	marshall space flight center	2021	<a href="https://doi.org/10.1029/2020ea001085">https://doi.org/10.1029/2020ea001085</a>

## 夜間観測に特化したイメージセンサー技術

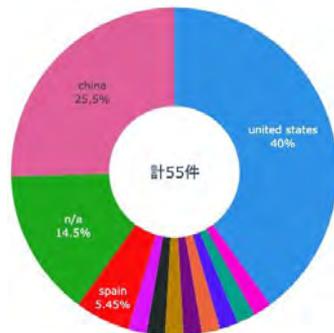
### 概要

このカテゴリーは、夜間の地球観測や都市の光の観察に特化したイメージセンサー技術に関するものである。具体的には、DMSPやVIIRSのデナイトバンド（DNB）センサーが、低照度環境下での雲や人工光の観測、都市化のパターン分析、海洋活動の監視などに利用されている。これらのセンサーは、夜間の環境を高解像度で捉え、都市の人口分布や光害の評価、さらには人間の活動の変化を追跡するための重要な技術である。

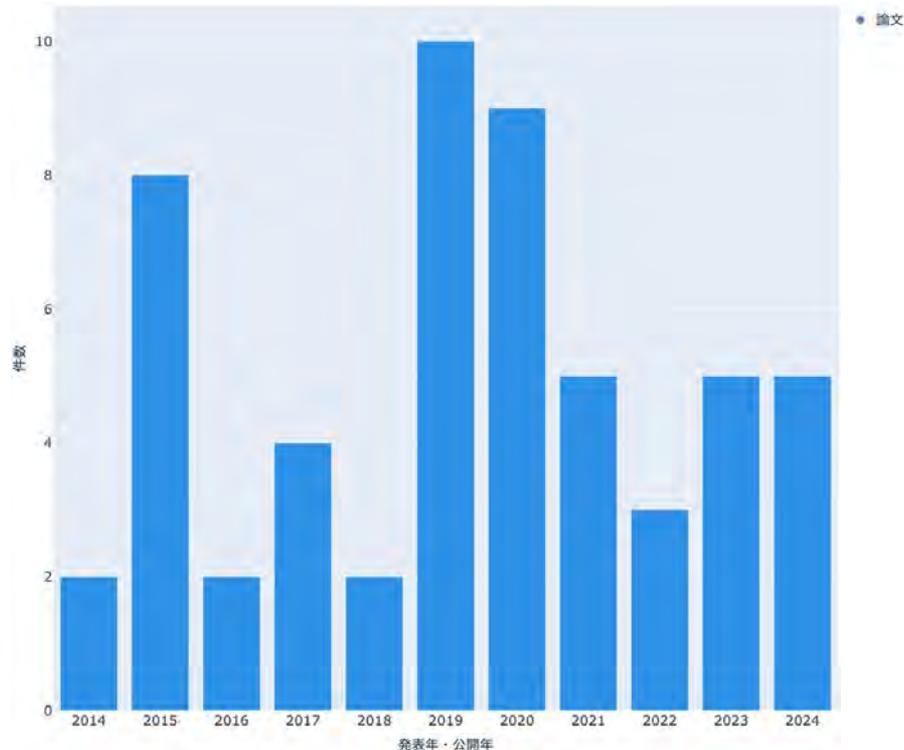
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



※ 論文の国は第一著者の所属組織で定義  
 ※ n/a:論文DBの登録情報から国名が特定できなかったもの

## VIIRS DNBによる夜間観測技術の進化

VIIRS DNB技術の進化により、夜間観測の精度が向上し、都市の光汚染や違法漁業の監視に役立っている。特に、データのキャリブレーションやノイズ除去技術の改善が進み、より正確なデータ取得が可能となっている。これにより、都市計画や環境モニタリングへの応用が期待され、夜間の海洋活動の監視にも貢献している。

### 開発状況

VIIRS DNBを活用して、夜間の都市光や海洋活動をより正確に観測することを目的としている。これにより、都市計画や環境保護、違法漁業の監視などに貢献することを目指している。

### 課題

VIIRS DNBを用いた夜間観測では、データのキャリブレーションやノイズ除去が課題となっている。特に、低光量環境での観測精度を向上させるための技術開発が求められている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Comparison between the Suomi-NPP Day-Night Band and DMSP-OLS for Correlating Socio-Economic Variables at the Provincial Level in China	中国の省レベルでの社会経済変数との相関を調査するため、Suomi-NPP DNBとDMSP-OLSセンサーを比較した。VIIRS-DNBIは、より高い相関を示し、特に建築面積や地域総生産、電力消費との関連が強かった。	university of maryland	2015	<a href="https://doi.org/10.3390/rs8010017">https://doi.org/10.3390/rs8010017</a>
論文	A comparative study of NPP-VIIRS and DMSP-OLS nighttime light imagery for derivation of urban demographic metrics	都市の人口や社会経済活動を分析するため、NPP-VIIRSとDMSP-OLSの夜間光画像を比較した。NPP-VIIRSは小規模な都市クラスターをより明確に描写し、社会経済活動をより良く示した。	indiana state university	2014	<a href="https://doi.org/10.1109/eorsa.2014.6927907">https://doi.org/10.1109/eorsa.2014.6927907</a>
論文	Turning Night Into Day: The Creation and Validation of Synthetic Night-time Visible Imagery Using the Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Day-Night Band (DNB) and Machine Learning	VIIRS DNBセンサーを用いて、夜間の気象衛星画像を強化する研究を行った。機械学習を活用し、月周期にわたるDNB画像の一貫性を向上させ、夜間の雲検出能力を高めた。	colorado state university	2024	<a href="https://doi.org/10.1175/aies-d-23-0002.1">https://doi.org/10.1175/aies-d-23-0002.1</a>
論文	Radiometric calibration of DMSP-OLS sensor using VIIRS day/night band	DMSP-OLSセンサーの放射計校正をVIIRS DNBを用いて行った。月光下での校正により、DMSP-OLSのデジタル数値を放射輝度に変換し、夜間画像データの応用を強化した。	university of maryland, college park	2014	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2068999">https://doi.org/10.1117/12.2068999</a>

## 機械学習による夜間観測技術の向上

機械学習技術を夜間観測に適用することで、観測精度の向上が進んでいる。特に、VIIRS DNBデータを活用した人工知能モデルの開発により、夜間の雲検出や光源識別がより正確になり、気象観測や都市の光環境モニタリングが改善されている。これにより、環境保護や都市計画における新たな可能性が広がり、持続可能な開発への貢献が期待される。

### 開発状況

夜間観測におけるデータの精度と一貫性を向上させることを目的とし、より正確な気象観測や都市モニタリングを実現するための技術開発が進められている。

### 課題

夜間観測に機械学習を適用する際、データの精度と一貫性を確保するために、センサーのキャリブレーションやデータ処理技術の開発が必要とされている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Assessment of VIIRS DNB on-orbit calibration performance using Dome C observations	VIIRS DNBのキャリブレーション性能をDome C観測を用いて評価する研究。長期的なキャリブレーションの安定性とセンサー間の一貫性を確保することを目的としている。	science systems and applications (united states)	2022	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2633074">https://doi.org/10.1117/12.2633074</a>
論文	IGARSS - Day/Night Band Provides Critical and Unique Support Capabilities to Natural Hazards	VIIRS DNBは自然災害の監視において重要な役割を果たす。特に夜間の低光量環境での観測能力が向上し、災害対応の可能性が広がっている。	colorado state university	2019	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss.2019.8900209">https://doi.org/10.1109/igarss.2019.8900209</a>
論文	Reducing Variability and Removing Natural Light from Nighttime Satellite Imagery: A Case Study Using the VIIRS DNB.	夜間の人工光源検出における自然光の影響を軽減するためのグローバル補正法を開発。データの標準偏差を半減させ、観測精度を向上させた。	university of potsdam	2020	<a href="https://doi.org/10.3390/s20113287">https://doi.org/10.3390/s20113287</a>
論文	Cross-Sensor Nighttime Lights Image Calibration for DMSP/OLS and SNPP/VIIRS with Residual U-Net	異なるセンサー間での夜間光画像のキャリブレーションを行う研究。残差U-Netを用いて、異なるセンサーからのデータを一貫性のある形で統合する方法を提案している。	moscow institute of physics and technology	2021	<a href="https://doi.org/10.3390/rs13245026">https://doi.org/10.3390/rs13245026</a>

## 高解像度イメージング技術による都市化分析

高解像度イメージング技術の進化により、都市化の詳細な分析が可能となり、都市の成長や光汚染の影響をより正確に把握できるようになった。特にLuoJia 1-01やVIIRSセンサーのデータを用いた研究が進展しており、都市計画や環境保護におけるデータ駆動型の意思決定が促進されている。これにより、都市の持続可能な発展に向けた新たなアプローチが期待される。

### 開発状況

都市化の詳細な分析を通じて、都市の持続可能な発展を支援することを目的としている。これにより、都市計画や環境保護におけるデータ駆動型の意思決定を実現し、より効果的な政策立案を目指している。

### 課題

高解像度イメージング技術を都市化分析に適用する際、データの精度や解像度の向上が求められる。特に、異なるセンサー間のデータの一貫性や、光汚染の影響を除去する技術の開発が課題となっている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	The extraction of urbanized areas through images of high resolution nighttime lights	高解像度の夜間光画像を用いて都市化地域を抽出する研究。LuoJia 1-01のデータを用い、都市の景観タイプを識別する能力を分析し、都市化の詳細な把握を目指している。	polytechnic university of catalonia	2020	<a href="https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xxiii-b3-2020-649-2020">https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xxiii-b3-2020-649-2020</a>
論文	Comparison between the Suomi-NPP Day-Night Band and DMSP-OLS for Correlating Socio-Economic Variables at the Provincial Level in China	中国の省レベルでの社会経済変数と夜間光データの相関を比較。VIIRS-DNBのデータがDMSP-OLSよりも高い相関を示し、社会経済活動の分析に有用であることが示された。	university of maryland	2015	<a href="https://doi.org/10.3390/rs8010017">https://doi.org/10.3390/rs8010017</a>
論文	A comparative study of NPP-VIIRS and DMSP-OLS nighttime light imagery for derivation of urban demographic metrics	DMSP-OLSとNPP-VIIRSの夜間光画像を比較し、都市人口や社会経済活動の指標を導出。NPP-VIIRSが小規模な都市クラスターの描写に優れていることが確認された。	indiana state university	2014	<a href="https://doi.org/10.1109/eorsa.2014.6927907">https://doi.org/10.1109/eorsa.2014.6927907</a>
論文	IGARSS - Translating Multispectral Imagery to Nighttime Imagery via Conditional Generative Adversarial Networks	cGANを用いてマルチスペクトル画像を夜間画像に変換する研究。Landsat 8とVIIRSのデータを使用し、夜間リモートセンシングの課題に対処する新しい方法を提案している。	university of south carolina	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss39084.2020.9323669">https://doi.org/10.1109/igarss39084.2020.9323669</a>



## 背面照射型ピクセルの放射線耐性強化技術

背面照射型ピクセルの放射線耐性強化技術は、宇宙ミッションにおける高解像度イメージセンサーの性能向上を目指す。特に、放射線耐性を高めるための小型化されたピクセル回路構造の設計が進められており、これにより宇宙環境での高精度なデータ取得が可能となる。近年、この技術に関する研究が増加しており、宇宙探査や地球観測への応用が期待されている。

### 開発状況

宇宙環境における高解像度画像取得の精度と信頼性を向上させることを目的とし、放射線耐性を強化したイメージセンサーの開発が進められている。これにより、宇宙探査や地球観測のデータ精度向上を目指している。

### 課題

背面照射型ピクセルを宇宙環境で使用する場合、放射線による劣化を防ぐための技術開発が必要である。特に、放射線による電荷トラップや画質劣化を最小限に抑えることが課題となっている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	First characterization results of ARCADIA FD-MAPS after X-ray irradiation	ARCADIAプロジェクトでは、放射線耐性を持つ完全空乏型モリブデンアクティブピクセルセンサー（FD-MAPS）の開発が進められている。高エネルギー物理学や宇宙、医療、産業分野での応用が期待されている。	trento institute for fundamental physics and applications	2023	<a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/18/01/c01066">https://doi.org/10.1088/1748-0221/18/01/c01066</a>
論文	Total Ionizing Dose effects on CMOS image sensor for the ULTRASAT space mission	ULTRASATミッションのカメラは、背面照射型ピクセルセンサーを使用し、放射線耐性を評価するための試験が行われた。これにより、宇宙環境でのセンサーの劣化を防ぐ技術が検証された。	deutsches elektronen-synchrotron desy	2023	<a href="https://doi.org/10.1016/j.nima.2023.168463">https://doi.org/10.1016/j.nima.2023.168463</a>
論文	Radiation qualification and optical performance of the InGaAs type imaging sensor for the vSWIR spectral range in the VEM instrument on the VERITAS mission	VERITASミッションのために開発されたInGaAs型イメージセンサーは、放射線耐性試験をクリアし、金星の表面を観測するための高性能を実現している。NASA/JPLとESAの基準を満たしている。	german aerospace center	2023	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2677393">https://doi.org/10.1117/12.2677393</a>
論文	Cryogenic irradiation of an EMCCD for the WFIRST coronagraph: preliminary performance analysis	WFIRSTコロナグラフ用のEMCCDの低温放射線試験が行われ、放射線による性能劣化の影響が評価された。これにより、宇宙ミッションでの最適なセンサー性能が追求されている。	open university	2016	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2234628">https://doi.org/10.1117/12.2234628</a>

## 高解像度リモートセンシング画像の大気補正技術

高解像度リモートセンシング画像の大気補正技術は、画像の明瞭度とコントラストを向上させるために進化している。特に、Gao Fen Duo Mo衛星のような新しい技術は、時間同期された大気パラメータを取得することで、画像の定量的精度を向上させる。この技術は、地球観測や環境モニタリングにおけるデータの信頼性を高めることが期待される。

### 開発状況

高解像度リモートセンシング画像の大気補正技術の開発は、地球観測や環境モニタリングにおけるデータの信頼性を向上させることを目的としている。特に、画像の明瞭度とコントラストを改善することが目指されている。

### 課題

高解像度リモートセンシング画像の大気補正において、画像センサーと大気パラメータの時間同期が課題となっている。これにより、画像の定量的精度を確保するための技術開発が求められている。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Synchronous Atmospheric Correction of High Spatial Resolution Images from Gao Fen Duo Mo Satellite	Gao Fen Duo Mo衛星のSMACは、画像センサーと同じ視野で大気パラメータを取得し、Syn-AC法を用いて画像の明瞭度とコントラストを向上させる。実験では、Syn-ACがFLAASHよりも高精度であることが示された。	university of science and technology of china	2022	<a href="https://doi.org/10.3390/rs14174427">https://doi.org/10.3390/rs14174427</a>
論文	GEOSAT 2 Atmospherically Corrected Images: Algorithm Validation	GEOSAT 2の大気補正アルゴリズムは、6Sモデルを用いて真の地表反射率を取得する。Sentinel-2 L2A製品との比較で、BOA反射率の推定が満足できる結果を示した。	R&D&I Geosat Team	2023	<a href="https://doi.org/10.3390/ecrs2023-16296">https://doi.org/10.3390/ecrs2023-16296</a>
論文	Preliminary On-Orbit Performance Test of the First Polarimetric Synchronization Monitoring Atmospheric Corrector (SMAC) On-Board High-Spatial Resolution Satellite Gao Fen Duo Mo (GFDM)	GFDM衛星のSMACは、偏光検出機能を持ち、同一視野で大気補正パラメータを取得する。初期テストでは、AERONETとの比較で高い精度が確認された。	chinese academy of sciences	2022	<a href="https://doi.org/10.1109/tgrs.2021.3110320">https://doi.org/10.1109/tgrs.2021.3110320</a>
論文	Automatic Near-Real-Time Image Processing Chain for Very High Resolution Optical Satellite Data	STORM画像処理チェーンは、センサー補正済みの光学画像を自動で地図化可能な画像に変換する。高解像度の光学衛星データにおいて、ピクセル精度を達成するための改良が行われた。	slovenian academy of sciences and arts	2015	<a href="https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-7-w3-669-2015">https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-7-w3-669-2015</a>

## 宇宙ミッション向けCMOSセンサ技術の進化

宇宙ミッションにおけるCMOSセンサ技術の進化は、低ノイズ化やデータ統合の効率化を通じて高精度な画像取得を可能にし、観測データの質を向上させています。これにより、商業市場や産業市場での技術革新が進み、研究開発期間の短縮とリスクの低減が実現されています。特に、宇宙環境での高解像度イメージングが可能となり、将来的にはより複雑なミッションへの応用が期待されています。

### 開発状況

宇宙環境での高精度な画像取得を目的とし、CMOSセンサの性能向上を図る開発が進められています。これにより、より複雑な宇宙ミッションの実現を目指し、観測データの質を向上させることが期待されています。

### 課題

宇宙ミッションにCMOSセンサを適用する際、放射線耐性や高精度なデータ取得のための技術開発が必要です。特に、宇宙環境での放射線によるセンサの劣化を防ぐための対策が求められています。

### 関連論文/特許

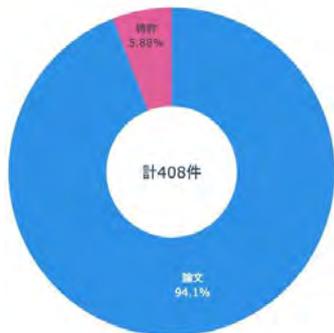
	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	High-Efficiency Microsatellite-Using Super-Resolution Algorithm Based on the Multi-Modality Super-CMOS Sensor.	マイクロサテライトの空間解像度を向上させるため、マルチモダリティスーパーCMOSセンサに基づく超解像アルゴリズムを研究しています。この方法により、画像の空間解像度を倍増させることが可能で、特にマイクロサテライトでの実用化が期待されます。	capital normal university	2020	<a href="https://doi.org/10.3390/s20144019">https://doi.org/10.3390/s20144019</a>
特許	一种单粒子效应防护装置及方法	宇宙応用におけるCMOSイメージセンサの単一イベント効果（SEE）からの保護装置と方法を開発しています。この技術は、宇宙カメラの高い信頼性と柔軟性を実現し、SEEからの保護を強化します。	inst optics & electronics cas	2021	CN113363933
論文	Effect of proton radiation on 8T CMOS image sensors for space applications	宇宙応用における8T CMOSイメージセンサへのプロトン放射線の影響を研究しています。放射線がセンサの画像品質と動作安定性に与える影響を評価し、耐放射線性を向上させる設計改善を提案しています。	chinese academy of sciences	2021	<a href="https://doi.org/10.1080/10420150.2021.1898391">https://doi.org/10.1080/10420150.2021.1898391</a>
論文	Development of an FPGA-based Readout System of CMOS Image Sensor toward Future Satellite Missions	将来の衛星ミッション向けに、CMOSイメージセンサのFPGAベースの高速読み出しシステムを開発しています。このシステムは、低エネルギーX線検出能力と強い放射線耐性を備え、データサイズを削減するためにX線イベントのみを抽出します。	kanazawa university	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/nss/mi44867.2021.9875480">https://doi.org/10.1109/nss/mi44867.2021.9875480</a>

## 地球観測および大気成分分析における高スペクトルおよびハイパースペクトルセンサー技術

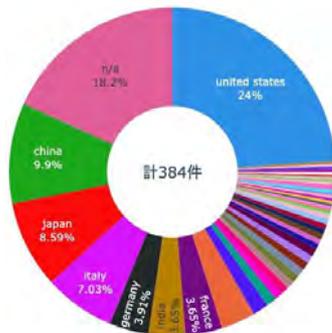
## 概要

このカテゴリーは、宇宙における高スペクトルおよびハイパースペクトルセンサー技術に関するものである。具体的には、HISUIやNIRISS、SGLI、EO-1のHyperionセンサー、GHGSat、Sentinel-2センサーなどが含まれ、これらは地球観測や大気成分の観測、水質のリモートセンシング、土壌のテクスチャ分析、植生マッピング、鉱物探査に利用されている。これらの技術は、環境モニタリングや資源管理、気候監視において重要な役割を果たしている。

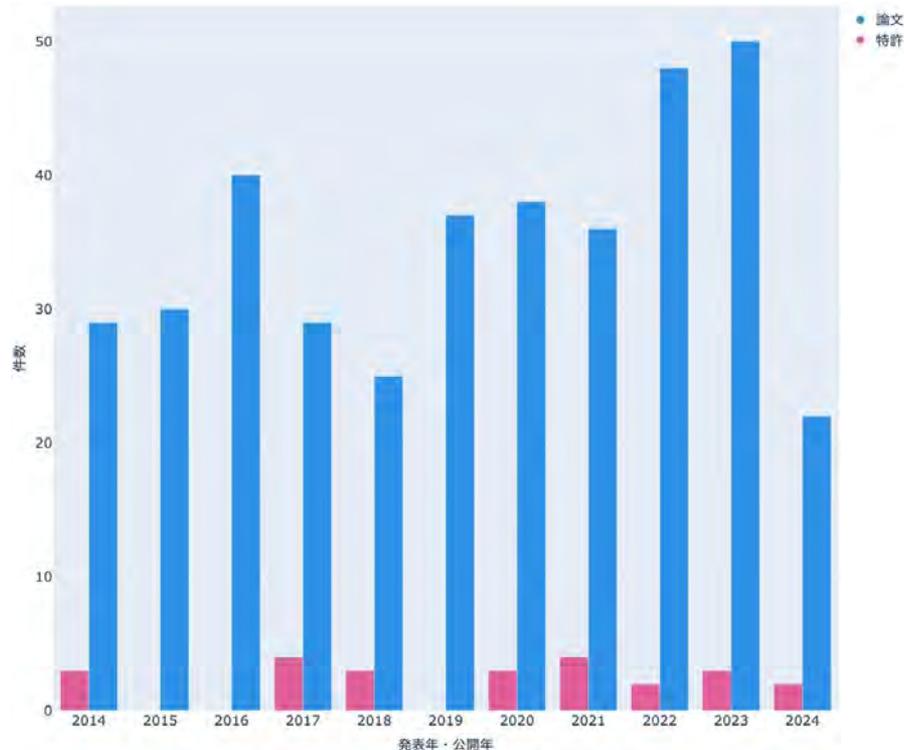
特許・論文比率



論文国別比率



論文・特許数推移



## メタン排出量の高精度定量化技術の進化

メタン排出量の高精度定量化技術は、地球観測における重要な進展を遂げています。特に、短波赤外（SWIR）スペクトルを用いた衛星観測技術の進化により、地域からグローバルスケールまでのメタン排出量を詳細に把握することが可能になっています。これにより、メタン排出源の特定や排出量の推定がより正確に行えるようになり、温室効果ガスの管理や気候変動対策に貢献しています。今後は、MethaneSATやGOSAT-GWなどの新しい観測機器の導入により、さらに高解像度での排出量の定量化が期待されています。

### 開発状況

メタン排出量の高精度定量化を通じて、温室効果ガスの管理や気候変動対策を強化することを目的としています。これにより、メタン排出源の特定や排出量の正確な推定を実現し、地球環境の保護に貢献することを目指しています。

### 課題

メタン排出量の高精度定量化には、観測技術の精度向上とデータの統合が必要で、特に、異なる観測機器間のデータの整合性や、観測精度の向上が課題となっています。これにより、メタン排出源の特定や排出量の推定がより正確に行えるようにする必要があります。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Quantifying methane emissions from the global scale down to point sources using satellite observations of atmospheric methane	この研究は、短波赤外（SWIR）スペクトルを用いた衛星観測により、メタン排出量をグローバルから個別の点源まで定量化する能力をレビューしています。特に、MethaneSATやGOSAT-GWなどの将来の機器が高解像度での排出量定量化を強化することが期待されています。	harvard university	2022	<a href="https://doi.org/10.5194/acp-22-9617-2022">https://doi.org/10.5194/acp-22-9617-2022</a>
論文	Multi-Order Carbon Spectral Imager: A Sensor Concept for Carbon Cycle Investigations	Multi-Order Carbon Spectral Imager (MOCASI)は、メタンや二酸化炭素などの温室効果ガスの不確実性を解消するために設計されたセンサーです。高いスペクトル分解能と空間分解能により、排出源の特定と排出量の定量化が可能です。	the aerospace corporation	2019	<a href="https://doi.org/10.1029/2018ea000419">https://doi.org/10.1029/2018ea000419</a>
論文	Miniaturized Multispectral VNIR/SWIR Imager for Small Satellites - System Design	小型衛星用に設計されたミニチュア化された多波長VNIR/SWIRイメージャーの開発について述べています。このイメージャーは、地球上の植生や環境プロセスを監視するために最適化されています。	skylabs d.o.o.	2015	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jifacol.2015.08.100">https://doi.org/10.1016/j.jifacol.2015.08.100</a>
論文	The Space Carbon Observatory (SCARBO) concept: assessment of XCO <sub>2</sub> and XCH <sub>4</sub> retrieval performance	Space Carbon Observatory (SCARBO)プロジェクトは、小型衛星コンステレーションを用いて温室効果ガスの観測頻度を増やし、精度を維持することを目指しています。NanoCarbセンサーとSPEXoneを組み合わせることで、システムティックな誤差を削減します。	école polytechnique	2022	<a href="https://doi.org/10.5194/amt-15-4835-2022">https://doi.org/10.5194/amt-15-4835-2022</a>

## ハイパースペクトル技術による鉱物探査の効率化

ハイパースペクトル技術は鉱物探査の効率化に大きく貢献しています。特に、衛星データを用いた鉱物分布の解析が進み、地表の鉱物組成を高精度で特定することが可能になっています。これにより、鉱物資源の効率的な探査や環境保護地域での非破壊的な調査が実現しています。今後は、さらなるデータ処理技術の進化が期待されます。

### 開発状況

ハイパースペクトル技術を用いて鉱物探査の精度と効率を向上させることを目的としています。特に、非破壊的な方法で鉱物資源を特定し、環境への影響を最小限に抑えることを目指しています。

### 課題

ハイパースペクトル技術を鉱物探査に適用する際、データの大容量化や処理の複雑さが課題となっています。これに対応するための効率的なデータ処理技術の開発が求められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	High-Performance COTS FPGA SoC for Parallel Hyperspectral Image Compression With CCSDS-123.0-B-1	この研究は、次世代ハイパースペクトルイメージングシステムによる大量データの管理を目的とし、SRAM FPGA技術を用いたCCSDS-123.0-B-1圧縮アルゴリズムの高性能並列実装を論じています。	national and kapodistrian university of athens	2020	<a href="https://doi.org/10.1109/tvlsi.2020.3020164">https://doi.org/10.1109/tvlsi.2020.3020164</a>
論文	IGARSS - Learning Based Atmospheric Compensation: Results on Prisma Data	PRISMAデータを用いた学習ベースの大気補正手法を拡張し、可視近赤外および短波赤外領域での大気補正技術の向上を目指しています。	university of pisa	2021	<a href="https://doi.org/10.1109/igarss47720.2021.9553419">https://doi.org/10.1109/igarss47720.2021.9553419</a>
論文	Hyper-Spectral (HS) image classification based on hierarchical tree approach with neural networks	衛星リモートセンシングにおけるハイパースペクトル画像の分類アルゴリズムを提案し、画像融合、クラスタリング、テクスチャ解析を通じて高精度な分類を実現しています。	na	2019	na
論文	Hyperspectral Mixture Models in the CHIME Mission Implementation for Topsoil Texture Retrieval	CHIMEミッションにおけるハイパースペクトル混合モデルを用いて、表土のテクスチャ特性を取得する研究を行い、土壌テクスチャ成分との空間的關係を明らかにしています。	national research council of italy	2023	<a href="https://doi.org/10.1029/2022jg007272">https://doi.org/10.1029/2022jg007272</a>

## 農業におけるハイパースペクトル技術の応用

ハイパースペクトル技術は農業において、植物の健康状態や栄養状態の詳細なモニタリングを可能にし、持続可能な農業管理に貢献しています。特に、機械学習や放射伝達モデルと組み合わせることで、より精度の高いモニタリングが期待されています。これにより、農作物の成長環境の最適化やストレスの早期検出が実現され、農業の効率化と環境保護に寄与しています。

### 開発状況

農業におけるハイパースペクトル技術の目的は、植物の健康状態や栄養状態を高精度でモニタリングし、持続可能な農業管理を実現することです。これにより、農作物の品質向上と生産性の向上を目指しています。

### 課題

ハイパースペクトル技術を農業に適用する際、データの大容量と高次元性が課題となっています。これに対処するため、データ処理技術や機械学習アルゴリズムの開発が進められています。

### 関連論文/特許

	タイトル	概要	組織名	発表年/公開年	URL/特許公開番号
論文	Crop nitrogen monitoring: Recent progress and principal developments in the context of imaging spectroscopy missions	ハイパースペクトルセンサーを用いた作物の窒素モニタリングに関する研究。窒素の質量ベースと面積ベースの推定方法を検討し、機械学習や放射伝達モデルの利用が進んでいることを示しています。	ludwig maximilian university of munich	2020	<a href="https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111758">https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111758</a>
論文	Recent Advances of Hyperspectral Imaging Technology and Applications in Agriculture	農業におけるハイパースペクトル技術の進展をレビュー。小型化されたセンサーの開発により、農業分野での利用が進んでおり、作物の生物物理的特性のマッピングに役立っています。	university of toronto mississauga	2020	<a href="https://doi.org/10.3390/rs12162659">https://doi.org/10.3390/rs12162659</a>
論文	Assessment of maize nitrogen uptake from PRISMA hyperspectral data through hybrid modelling.	PRISMAハイパースペクトルデータを用いてトウモロコシの窒素吸収を評価する研究。放射伝達モデルと機械学習を組み合わせ、窒素吸収の推定精度を向上させています。	national research council of italy	2022	<a href="https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2117650">https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2117650</a>
論文	Regional mapping of soil organic matter and particle size in Northeast China using hyperspectral satellite images	中国東北部での土壌有機物と粒子サイズのマッピングにハイパースペクトル衛星画像を使用。土壌パラメータの予測モデルを構築し、高精度な地域土壌調査を実現しています。	Ministry of Natural Resources	2024	<a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-19458">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-19458</a>