

「社会サービスデザインに基づく持続的な宇宙利用連携研究教育拠点（IS4D）の構築」の成果の概要について

実施体制	主管実施機関	国立大学法人東京大学	実施期間	平成30年度～令和2年度（3年間）	実施規模	予算総額（契約額） 150百万円		
	研究代表者名	教授 中須賀真一				1年目	2年目	3年目
	共同参画機関	学校法人慶應義塾、国立大学法人東京海洋大学、国立大学法人山口大学、一般財団法人宇宙開発利用促進機構、株式会社バスコ				50百万円	50百万円	50百万円

背景・全体目標

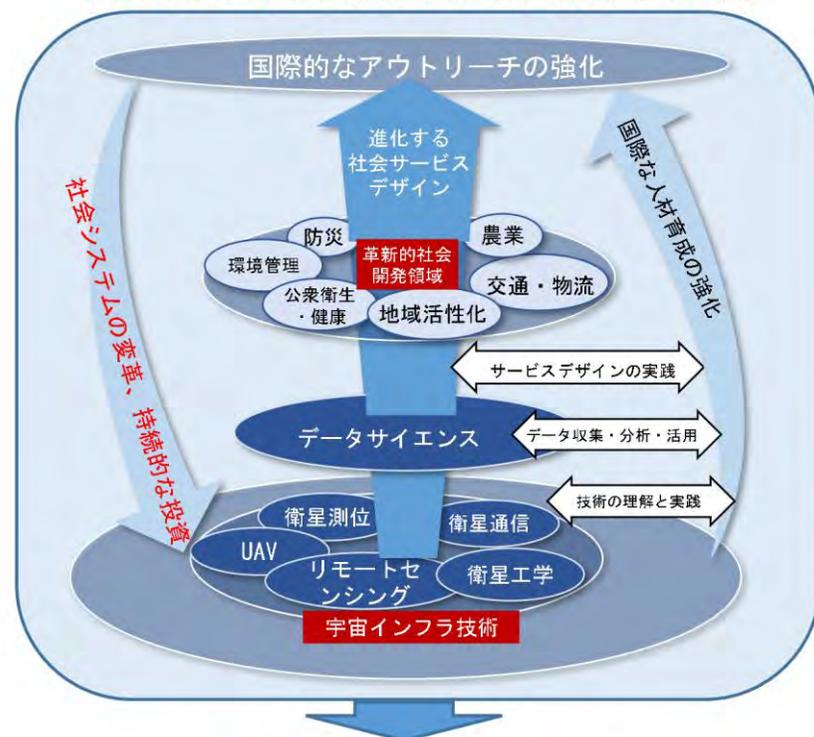
宇宙インフラをIoT、人工知能分野等と連携させつつ、農林業、都市開発、交通等の幅広い分野で新しい産業・社会サービスを実現しようとする世界的な競争が始まっている。利用者や社会の目線からサービスやシステムをデザインする「社会サービスのデザイン論」に基づき、宇宙インフラ技術を様々な分野での革新的利用につなげることを目的として宇宙連携拠点を構築する。

本事業は超小型衛星の製作・運用技術、高精度・高信頼性測位技術、衛星データ・地理空間情報の解析技術、さらに社会サービスのデザイン技術をコア技術として開発して他の技術コンポーネントを効果的に補完しつつ、複数の大学（国内・海外）、国際機関等と連携し、実証プロジェクトや国際的人材育成を進め、最終的に宇宙利用技術の研究・教育・実装支援組織を設立し、持続的な運用体制を確立する。

全体概要・主な成果

- 1) コア技術として、超小型IoT衛星技術、衛星画像等の解析技術、高精度・高信頼性測位技術、それを実利用アプリケーションに効果的につなげるためのサービスデザイン技術を体系的かつ効果的（すなわち、既存の技術資産をうまく補完するように）開発したことに加え、それらの効果・インパクトを有効に示す実験プロジェクト、人材育成・コミュニティ育成といったアウトリーチ活動を、国内外の大学や国際機関、民間企業等と共同して継続的に展開した。
- 2) 特に、上記のような活動を個々の大学・研究者の自発的な努力だけに委ねなくてもすむように支援を組織化し、しかもその組織の立ち上げを他のモデルとなり得るような持続的な形で実現した点、さらに大学発のスタートアップ企業を立ち上げ、その組織の中核メンバーとして位置づけ、社会実装や資金調達を加速した点が大きな成果である。

ビジョン： 社会的な課題の解決をターゲットとして、宇宙インフラ利用の総合的なシステムをデザインする



宇宙利用技術と実装に関する
研究開発・教育拠点を形成する

①コア技術の開発 「リモートセンシング技術」

実施内容・成果

【研究概要】

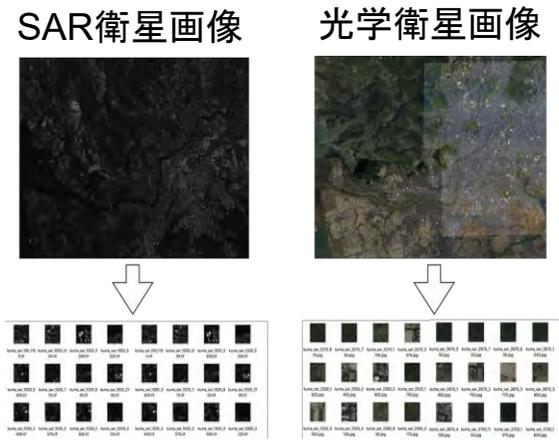
衛星画像（光学・SAR）からの情報抽出と利用技術を開発を実施した。

【成果】

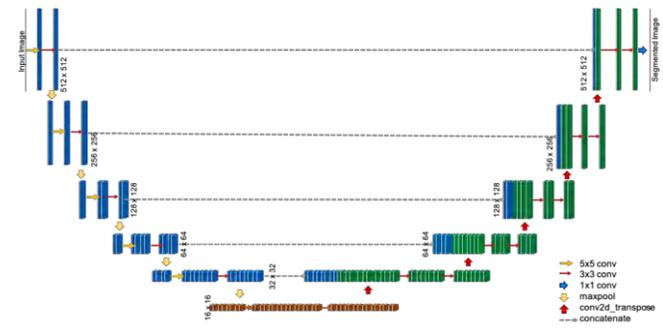
- AIを利用した衛星画像からの特徴抽出手法を目的とし、教師データを構築した。
- マイクロ波反射複素強等を利用し、CNN、U-Net等の特徴抽出等を検討し、地滑りや洪水など災害の教師データを構築した。
- AIを用いた情報抽出の検証を実施し、災害、環境等の分野における「社会実装（平成30年7月豪雨災害）」を実施した。
- AIを利用したマッピングシステムを構成する分類モデルについて基本的なものは、GeoVisionという名称で、Gethubを通じてオープンソース化された。

成果の詳細については、参考資料スライドをご参照ください。

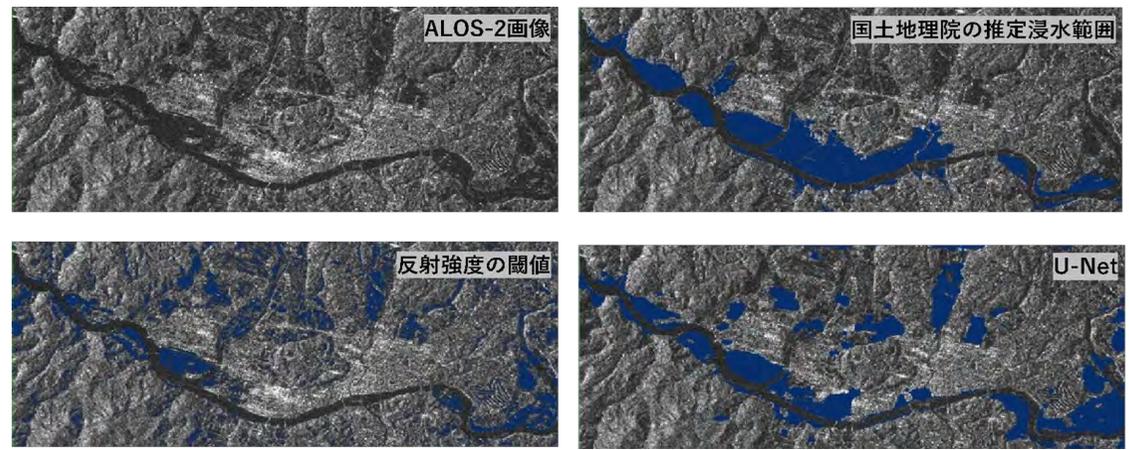
1) 教師データの構築



2) 機械学習による情報抽出手法の開発



3) U-NETによる機械学習の実装



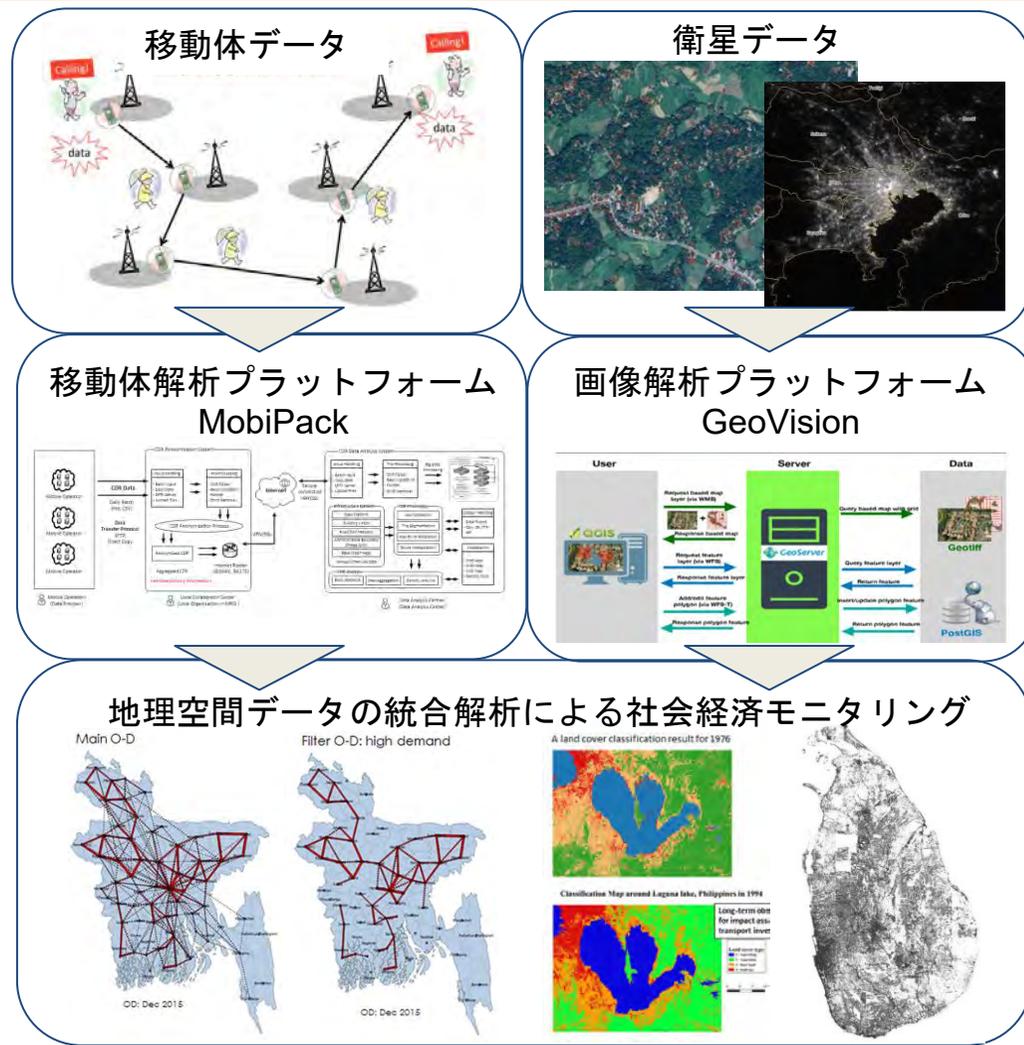
平成30年7月豪雨災害時のデータ（岡山県）の洪水検出結果

①コア技術の開発 「データサイエンス（衛星データ・地理空間データの統合解析技術）」

実施内容・成果

1. 携帯電話CDRによる移動体データ解析プラットフォーム「MobiPack」を開発した。さらに、オープンソースソフトウェアとして公開することで、通信事業者の能力開発を通じた移動体データ利活用の回転会を戦略的に進めるための体制を整えた。
2. MobiPackを世界銀行、アジア開発銀行、政府機関（ルワンダ、モザンビーク）、移動体データを扱う民間企業にデモンストレーションおよびセミナーを実施し、潜在的ユーザーのフィードバックを反映させることで、社会経済モニタリングにおける実用性に磨きをかけた。
3. 衛星データへの画像認識AI適用による建物マッピングシステムを構築し、建物の地理的分布という社会経済の一側面を広域にわたって観測する仕組みを構築した。これらの画像解析に用いるモデルアルゴリズムを集約したプラットフォームGeoVisionを構築した。
4. 夜間光衛星データを用いた社会経済モニタリングを試行し、災害やコロナ禍といった社会経済インパクトの推定に有用であることを確認し、NASAで公開されるデータを処理するシステムを構築した。
5. これらのシステム開発成果により、移動体データ解析と衛星データ解析が地理空間データとして管理され、マッピングと連携した社会経済モニタリングが実現できるように整備された。
6. コロナ禍のために国外研究協力者等、エンドユーザーとの連携が滞り、利用者登録向けサービスの構築は叶わなかったが、構想がアジア開発銀行によるTechnology Innovation Challengeに採択され、実装を進める予定である。

成果の詳細については、参考資料スライドをご参照ください。



アジア開発銀行Technology Innovation Challengeにて
エンドユーザー向けサービス展開（2022年予定）

①コア技術の開発「高精度・高信頼性測位技術」

実施内容・成果

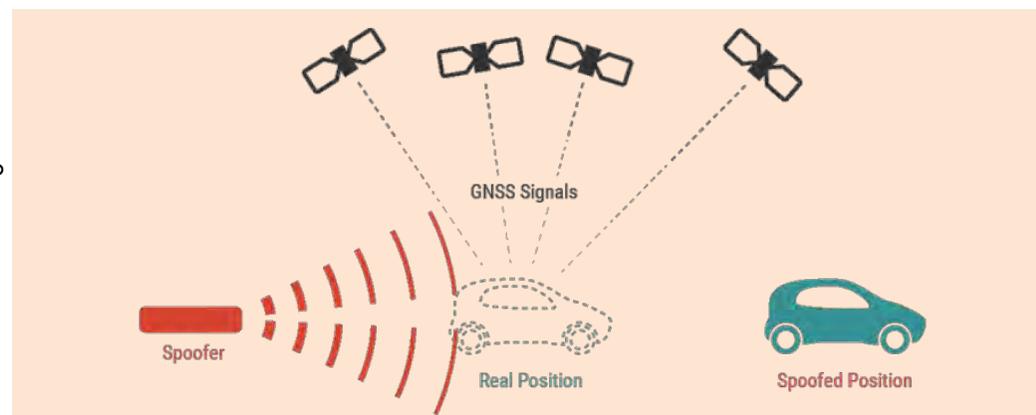
高精度測位のコモディティ化技術と、位置認証サービス技術を開発するため、低価格受信機による普及型高精度測位サービスの実現手法を開発した。また位置認証サービスの開発を行った。信号認証は次期準天頂衛星のサービスで利用される予定である。具体的には下記のような成果が得られた

1) 低コストMADOCA受信機（基準点を必要としない高精度測位受信機）をWindows、Android、RaspberryPi向けに開発し、20分以内に20cmの精度で測位できることを確認した。同様に、スマートフォンを利用してRTK測位のできる受信機（サーバも含む）を開発した。

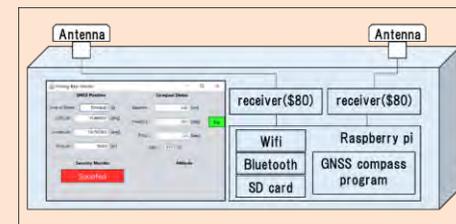
2) 低コストで欺瞞信号検知できる受信機を開発し、準天頂衛星システムと組み合わせたデモ（位置認証実験）を実施した。準天頂衛星からの欺瞞防止信号の信号にも成功しているが、定常的な送信とはなっていないため、定常的なサービス提供には至っていない。

3) 以上を利用したオンライントレーニング教材を開発し、最終年度にはセミナーを8回、実施した。

具体的な成果については、参考資料スライドをご参照ください。



高精度で高信頼な位置情報は、時刻同期なども合わせて、社会基盤サービスとして自動運転や道路課金（ダイナミックプライシング）を始めとする幅広い利用が期待されている。



これまで、高価であった高精度・高信頼性位置情報サービスを圧倒的に低廉化してコモディティ化することで、利用を大きく広げることが重要である。

①コア技術の開発 「社会・産業サービス・システムデザイン手法の開発」

実施内容・成果

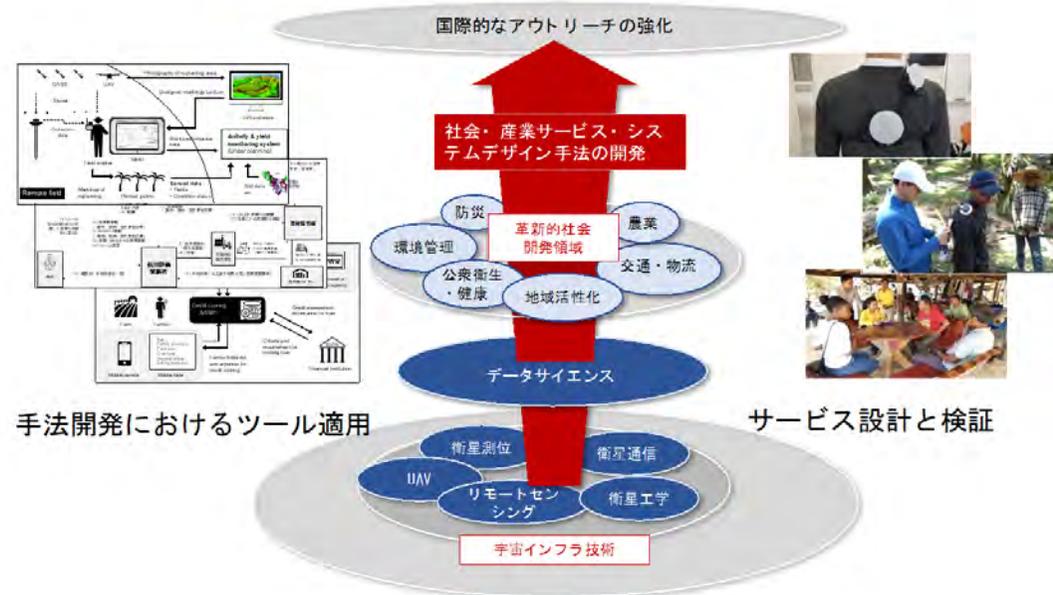
個々の技術要素をつないで、社会的な課題解決や社会サービスの実現に効果的につなげるため、社会・産業サービスのシステムデザイン手法を開発する。右図が全体を統合する柱、基本理念となる。多様な場面に適用できるシステムデザイン手法を開発し、人材育成へ適用するため、以下を実施した。

- 複数の社会課題を対象に、課題の分析から宇宙サービス・システムのデザインに至るまでのプロセスを開発
- コア技術の開発結果を適用しながら、複数事例で評価、システムデザイン手法の教授方法を検討
- システムデザイン手法を適用し、多様な場面に適用され、人材育成へと繋がるシステムデザインの一般適用の有効性について確認
- ケース教材の充実化

事例

- 「大規模農園での作業効率化サービス」高精度測位技術とプロダクトデザインによる農作業効率化支援
- 「小規模農家への金融サービス」地球観測データとモバイルデータを組み合わせた金融データに代わる新しい信用評価手法に基づく小規模農家への金融サービスの構築
- 「測位衛星の電子基準点の海外展開」海外の大学等に設置した電子基準点のデータを利用した高精度測位サービスの普及
- 「避難所支援供給サービス」危険地域情報や避難者の位置情報など衛星データを活用した健康確保のための災害ケアを提供するICTサービス運用

成果の詳細については、参考資料スライドをご参照ください。



②連携力・営業力の強化

実施内容・成果

産学連携プロジェクト

1. 地域活性化を念頭に地域産業との産学連携を実施するため、民間企業との産学研究プロジェクトを継続し、事業化を検討した。
 - a. ドローンとGRUS-1衛星によるヒヌマイトトンボの生息代替地モニタリング
 - b. 宇部市総合戦略局ICT・地域イノベーション推進グループと連携のもと、宇宙利用による地域産業強化やビジネスを目的とした宇宙利用的思考研究会立ち上げ
2. 南スマトラのユーカリ植林民間事業者と共同で、衛星測位、ドローン技術、長距離無線通信を組み合わせた高精度に林分材積を推定する手法を共同開発した。

基礎共同研究

1. 産業技術総合研究所（産総研）、東京大学・情報理工学研究所を通じて、AIによる画像処理や超解像技術などの研究を深めた。
2. アジア開発銀行およびJICAの事業において、衛星データへのAI適用に関する研究開発成果の利活用を進めた。この成果は2022年実施予定のアジア開発銀行Technology Innovation Challenge採択事業にも利用する予定である。

国際機関等との連携

1. 世界銀行PASET、同ACEプログラムで留学生・研修生を受け入れ、宇宙利用技術を教育したほか、国連ITUや国際機関の高等教育支援と連携して、オープンソースで公開するMobiPackを使った人材育成を検討・実施した。
2. アジア開発銀行（ADB）と東京大学で締結したMoUに基づき、衛星データ利活用の実証を実施した。アジア開発銀行とは衛星データを使った共同研究を継続している。
3. MGA（マルチGNSSアジア）にて毎年度Rapid Prototyping Development (RPD)を実施したほか、若手コミュニティの形成を目的としたワークショップを実施した。
4. Asian Disaster Preparedness Centerおよびタイ国政府機関に、高精度測位技術のニーズについて聞き取り調査を実施した。

投資機関等との連携

1. デロイトグループ等、投資家からもアドバイスを貰いながら、拠点形成の組織デザインや、大学発スタートアップ立ち上げの準備を進めた。最終的に本事業に参画する教員・研究者等が研究成果の社会実装を目的とした4件の起業を達成した。
2. アジア工科大学院・東京大学共同でS-Booster 2019に衛星データを用いた水産養殖アドバイザーサービスを提案し、アジア予選・最終選考に出場した。
3. アジア開発銀行（ADB）とインフラ投資効果の計量分析を実施した。

基礎共同研究

- 衛星データ×AI研究開発
- ADB、JICAの国際プロジェクトで利活用

産学連携プロジェクト

- 山口県の地域産業強化、環境モニタリング
- 南スマトラのユーカリ植林事業

国際機関等との連携

- 世銀PASET, ACE
- MobiPack人材育成
- MGAで若手育成
- ADBと共同研究
- ADPC等ニーズ調査

投資機関と連携

- 持続的な体制の在り方
- アジア開発銀行（ADB）とインフラ投資効果の計量分析

本事業成果による起業

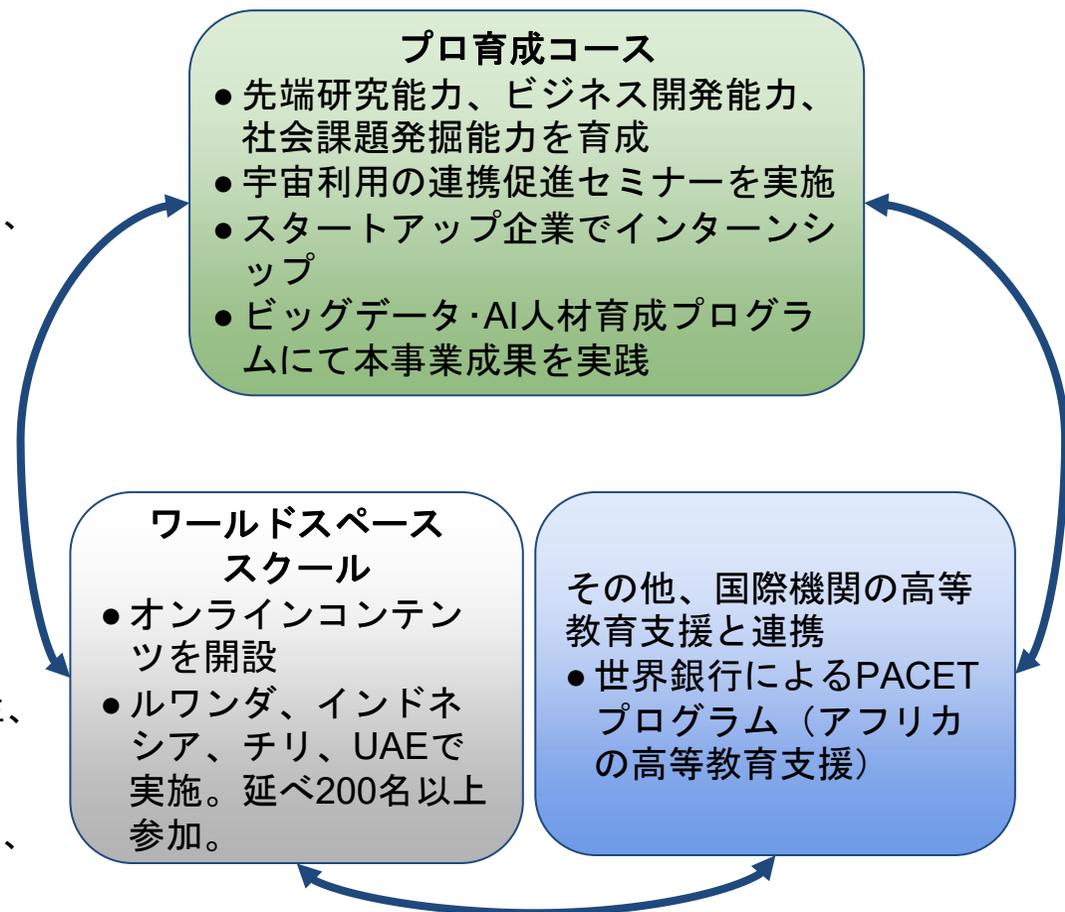
- S-Booster 2019
- 教員・研究員による起業

成果の詳細については、参考資料スライドをご参照ください。

③ 「国際的な人材育成力の強化」

実施内容・成果

1. 宇宙工学、宇宙利用、宇宙環境で構成されるワールドスペーススクール（WSS）を開設し、ルワンダ、インドネシア、チリ、UAEにおいて実施した。初年度約130名、2年度延べ200名以上が参加した。最終年度はコロナ禍につき実施できなかったが、2021年10月より再開しつつある。
2. プロ育成コースとして以下を実施した。
 - a. 初年度には、先端的研究能力、ビジネス開発能力、社会課題発掘能力を備えた宇宙利用のプロ育成を目的とした6回で構成されるコースを実施し20名が参加した。
 - b. 2年度には宇宙利用に関する研究や事業の連携促進を目的とした2回にわたるセミナーを開催し、延べ15名が参加した。
 - c. 最終年度には、位置情報サービスを扱うLocationMind社にてインターンシップを実施したほか、沖縄GIS協議会が実施するビッグデータ・AI人材育成プログラムにて本事業成果によるプログラムを実践した。
 - d. 毎年多少波はあったが、3年間で12名（修士学生、博士学生、ポスドク）名が修了した。
 - e. 上記の修了者のうち、3名は本プロジェクトから立ち上がったスタートアップ企業で活躍しており、プロとして歩み始めた。
3. その他、国際機関の高等教育支援と連携
 - a. Eric NIZEYIMANA（ルワンダ大学博士過程）世界銀行が実施するPASET（アフリカの高等教育支援）による人材育成支援



④「国際的なアウトリーチ力の強化」

実施内容・成果

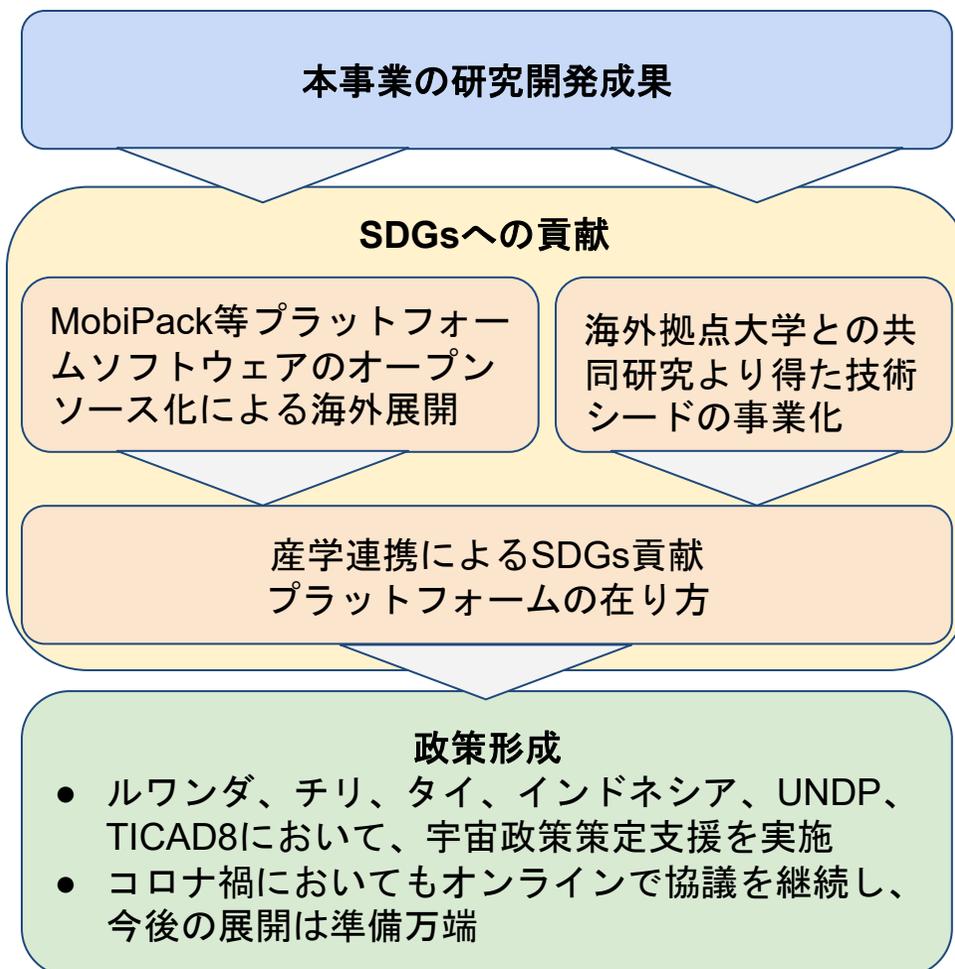
SDGsへの貢献：

1. 2年度目には、文部科学省宇宙開発利用課と協力し、Space for SDGs会合を開催し、今後の産学官連携によるSDGs貢献のプラットフォームの在り方について議論したほか、世界銀行等への優良事例の提示を通じて国際機関SDGs向けの技術やデータプラットフォームについて検討した。
2. 本事業で開発した移動体データ解析プラットフォーム「MobiPack」をオープンソースとして公開し、通信事業者の能力開発を通じた海外展開の体制を、ルワンダ、モザンビークにて整えた。衛星データ解析についてもGeoVisionプラットフォームによりアルゴリズムやモデルをすぐに引き出せるように整えることで海外展開への足がかりを整えた。
3. アジア・アフリカ等の拠点大学、共同研究等から得られた技術シードの事業化を検討した。成果をもとに、フィリピン大学およびウダヤナ大学と連携し、「e-ASIA共同研究プログラム(e-ASIA JRP)2020年度」に「海洋大陸における沿岸の脆弱性の評価とモデリング」を提案した。結果は不採択であったが、引き続き連携を強化し提案していく。

政策形成：

1. 本事業ではまず、初年度は世銀とアフリカ教育支援を検討し、ERIAと海洋連結性の強化などの政策材料を検討した。その後、ルワンダ、チリ、タイ、インドネシア、エジプト、UNDP、TICAD8のほか、2020年にギニアにて開催予定だったSmart Africaを目標に検討・実施してきた。
2. 最終年度はコロナ禍につき現地カウンターパートが対応できず、政策アクションという面では進捗を得られなかった。しかしながら、上記の国々とのオンライン協議や国際機関（国連、アフリカ開発銀行、アジア開発銀行、世界銀行、ERIA等）との議論を通じて、情報共有等は進んでおり、今後の展開が大いに期待できる。

成果の詳細については、参考資料スライドをご参照ください。



⑤ 「宇宙利用連携研究・教育機構の運営方法・体制の検討」

実施内容・成果

1. 「宇宙利用連携研究・教育機構」の組織デザイン（ガバナンス）

大学発スタートアップ（本プログラム期間中に立ち上がった4社を含む）と大学が連携する形で**事業協同組合（宇宙サービスイノベーションラボ（SSIL））**を立ち上げた。

これは事業協同組合という既存のスキームに、大学発スタートアップの連合チームをあてはめ、大学とのアドバイザー関係を加えるというアプローチである。

本プロジェクトでは、実際に東京都知事の認可を得て、事業協同組合・宇宙サービスイノベーションラボを、5大学と4つのスタートアップの連合として2021年5月に立ち上げた。

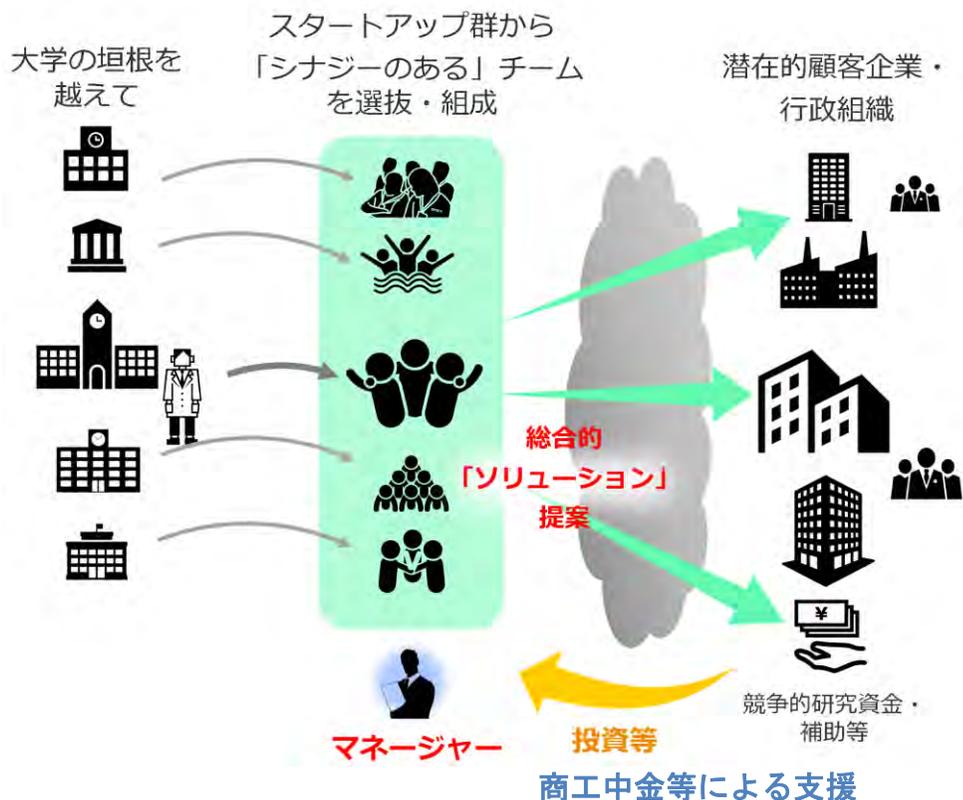
2021年11月時点では、スタートアップは7社となっている。中小企業担当の政府金融機関である商工中金も事業協同組合を利用する流れを金融面から支援することを決めており、今後それに倣う事例が登場することが大いに期待されている。

2. 組織デザイン（ファイナンス）

上記の宇宙サービスイノベーションラボは、5社程度の民間企業と実証実験や実験的開発事業を実施する契約を結ぶなどして、資金確保の目処を付けており、持続的な拠点の基礎が築かれたと言える。

3. 教育・人材育成

大学とスタートアップ企業が連携することで、事業化を題材としたCEOやCTO、PM等の育成教育を、研究・実践・教育の三位一体で進めることができる。



事業協同組合（宇宙サービスイノベーションラボ（SSIL））の狙い
スタートアップ企業群によるチーム組成と大学との連合

成果の詳細については、参考資料スライドをご参照ください。

⑥「本事業成果の情報発信と啓蒙普及」

実施内容・成果

初年度：

- 成果報告会：
 - 日時: 平成31年3月15日(金)
13:00 – 16:30
 - 場所: TKP市ヶ谷
 - 参加人数：36名
- IS4D 一般セミナー：
 - 日時: 平成31年3月15日(金)
18:00 – 16:30
 - 場所: JICA地球ひろば
 - 参加者: 47名

2年度目：

- コロナ禍による感染症対策のため成果報告会中止
- ウェブサイト掲載で代替

最終年度：

- コロナ禍による感染症対策のため成果報告会中止
- ウェブサイト掲載で代替

本事業終了後：

- 宇宙イノベーションラボ事業協同組合設立シンポジウム
- 日時：2021年5月18日(火) 13:00 – 15:30
- 場所：オンライン



初年度 成果報告会



IS4D一般セミナー 参考：<https://sorabatake.jp/4595/>

IS4D.ORG

EVENT ABOUT



その他の成果

これまで得られた成果 (特許出願や論文発表数等)	特許出願	査読付き 投稿論文	その他研究発表	実用化事業	プレスリリース・取材対応	展示会出席
	国内 : 0 国際 : 0	国内 : 5 国際 : 8	国内 : 21 国際 : 13	国内 : 4 国際 : 0	国内 : 1 (2021. 5. 18) 国際 : 0	国内 : 0 国際 : 1
	受賞・表彰リスト		S-Booster 2019 Finalists (Bluewatch by Mr. G. DADHICH)			

成果展開の状況・期待される効果

(事業協同組合) 宇宙サービスイノベーションラボ (SSIL) を設立

宇宙サービスイノベーションラボ (SSIL) を中心に大学や企業、政府・自治体等の連携を促進して成果を展開し効果を波及させる。

特に、SSIL事業のポイントは、単独では社会課題解決に繋がりにくい先端的なスタートアップ企業や大学の技術資産や研究開発成果を、うまくアレンジ・プロデュースすることで、効果的な課題解決につなげつつ、同時に事業化の可能性を探ることである。そのため、既存の企業や政府・自治体等と連携して社会課題解決に資するプロジェクトや事業に関連して、さまざまな技術開発や事業化検討提案を行う予定である。

同時に宇宙利用コミュニティを拡大すべく、アカデミアや産業界と連携をしてアウトリーチ活動を強化する。特に、国際機関や海外政府海外企業へのアプローチも重点的に行う。これは、宇宙利用システムは海外においても様々な利活用が考えられるためである。

一方で、個々のスタートアップ企業による民間資金の調達を支援すべく、VCやその他投資機関との連携を強める。なお現時点でも、SSILには大学発スタートアップへの投資をビジネスとする企業が参加しており、こうした投資支援機能を担っている。また商工中金との連携を強化することで、公共的な金融支援を加速する。



今後の研究開発計画

宇宙インフラの進化を、地上での革新的なサービスの開発・展開に効果的に繋ぐための技術開発を、他企業や機関との共同プロジェクトとして推進する。下記に例を挙げる

- 1) 多様なリモートセンシング衛星のタイムリーで最適な組合せ利用 (災害対応等)
- 2) IoT利用や新しい測位サービスを念頭に置いた超小型衛星コンステレーションの構築
- 3) 高性能ドローンの高度利用 (宇宙インフラ等との連携や地上IoTとの連携)
- 4) データプラットフォーム間の連携や大規模シミュレーション連携技術の開発
- 5) 屋外フィールドIoTサービス (建設現場やスポーツフィールドなど)
- 6) モバイルデータや衛星画像を組み合わせた人間活動分析・貧困調査
- 7) 防災を念頭に置いた社会インフラのスマート化技術
- 8) 宇宙インフラとIT技術 (データ解析等) を組み合わせたSDGsの達成状況モニタリングシステム

宇宙サービスイノベーションラボの事業展開領域
宇宙インフラを中核としたインテリジェントなサービスのグローバル展開

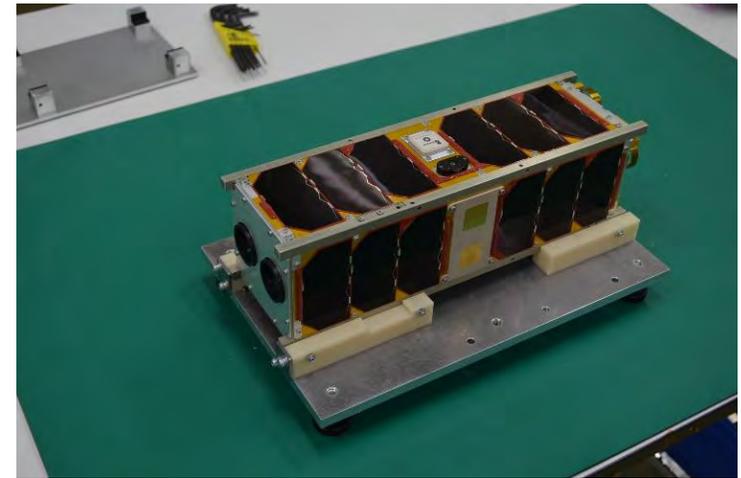


参考資料

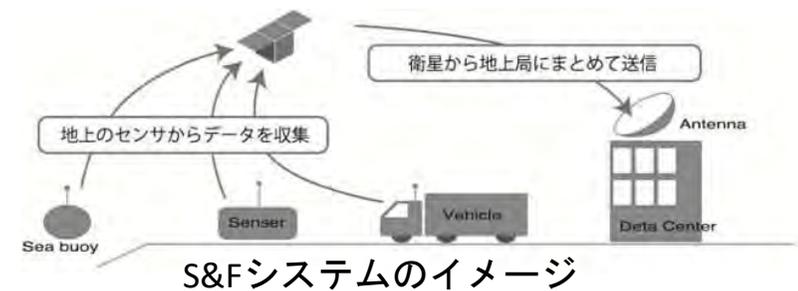
様式2 タイトル		参考資料 該当ページ
①コア技術の開発	2～	2～29
②連携力・営業力の強化	6～	30～37
③国際的な人材育成力の強化	7～	38～39
④国際的なアウトリーチ力の強化	8～	40
⑤宇宙利用連携研究・教育機構の運営費方法・体制の検討	9～	41

1-1 超小型衛星を利用した宇宙インフラ技術

- 超小型衛星技術については、リモートセンシング衛星群がすでに構成されつつあることから、それらとのシナジー効果を考慮して、衛星通信に重点を置いている。
- 超小型衛星RWASAT-1は、2019年11月にISSから放出された本事業で開発したS&Fシステムを搭載している衛星であり、東京大学とルワンダ国、アークエッジ・スペース（旧スペースエッジラボ）社で開発した衛星である。
- 本事業で開発を行った衛星搭載S&F受信機は、GPSの情報を直接S&F受信機に接続できるように改良し、GPS情報からドップラーを自動計算させ、受信機の周波数を変更できる仕組みとなっている。
- RWASAT-1衛星に搭載したものはソフトウェア的に未対応になっているが、GPS情報を直接接続していることから、国ごとに周波数を変えられる機能の追加は可能であり、今後ソフトウェアの追加を行う予定である。



RWASAT-1



1.コア技術の開発



「こうのとりのこり」8号機によるTRICOM衛星（RWASAT-1）の宇宙ステーションへの打上げ
（令和元年9月25日）

1-1 超小型衛星を利用した宇宙インフラ技術

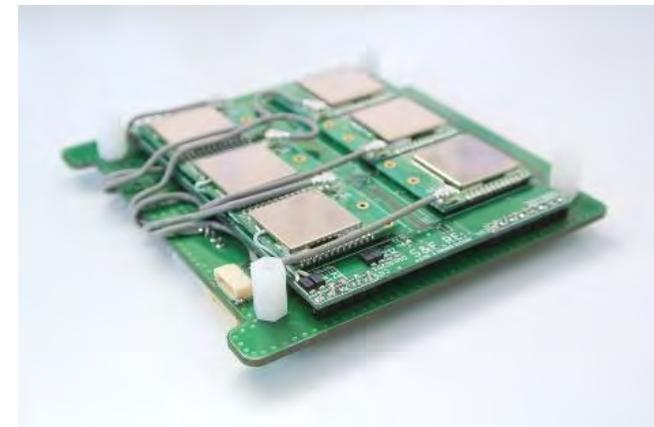
機能向上衛星搭載Store & Forward (S&F) 受信機

本事業での改善点

- 衛星搭載GPSの情報を直接S&F受信機に接続できるように改良し、軌道上での動作を確認
- GPS情報からドップラーを自動計算する機能を追加

改良版衛星搭載受信機 (赤字が変更点)

項目	仕様
受信感度	-132~ -145dBm (ビットレートにより可変)
複数同時受信	6波
ドップラー追従機能	有
GPSデータ入力機能	有
ビットレート	45,146,293,488 bps
サイズ	89mm×90mm



改良版衛星搭載受信機

1-1 超小型衛星を利用した宇宙インフラ技術

実用化への問題点

- 衛星との通信用アンテナは、アンテナ1個の値段が高価（特殊材料を使用しているため）
- 特殊材料のため、量産が難しい

本事業での改善点

- 材料を一般的なものに変更して、低価格化・量産化に成功

RWASAT-1との通信実験

- 本事業で開発したアンテナにて、RWASAT-1衛星との通信試験を実施し、通信に成功。
- 海外と連携した実験を実施し、通信に成功。



送信機と開発したアンテナ

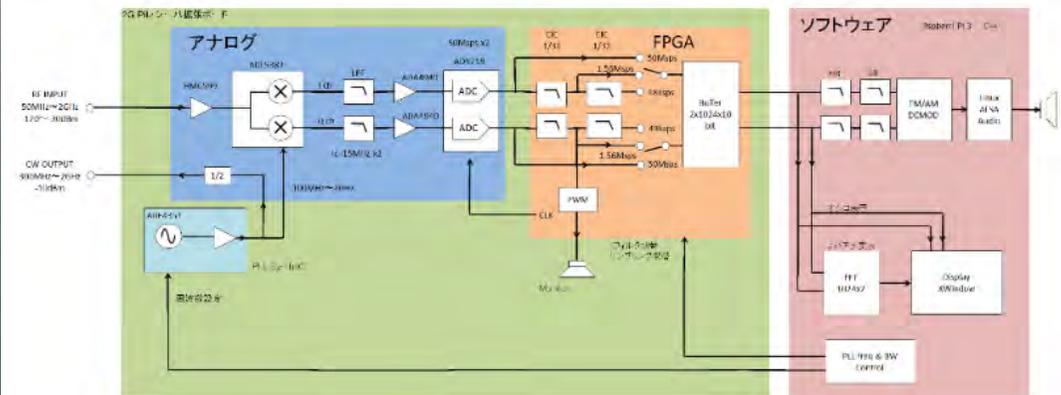


開発したアンテナ

アンテナ固定実験

1-1 超小型衛星を利用した宇宙インフラ技術

- SDRはソフトウェアで信号を処理する事で、無線機性能の向上が見込まれる新たな無線技術として期待されている
- 衛星搭載受信機は専門家と協議し、SDR (Software Defined Radio) を用いることで、高度化・性能向上につながる事が分かり、衛星搭載可能なサイズでの試作機を作成
- ソフトウェアで処理をすることで、ドップラーシフトの推定も容易
- 卓上実験の結果、販売されている無線モジュールの感度よりも、約2dB感度が良くなる結果を得られた。
- 今後、軌道上実証予定。



作成したSDR (URL:<http://radiun.net/index.html>)

1. コア技術の開発

1-2 リモートセンシング技術

本研究は、衛星画像データからAI技術を用いて有用な情報を抽出することを目的とし、まず、対象の状態推定や同定に有効な様々なトレーニングデータを構築し、機械学習による情報抽出を検討した。

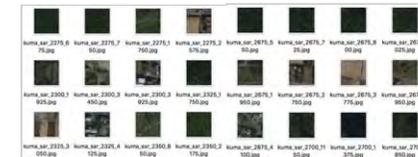
トレーニングデータの効果を評価するために、 256×256 ピクセルのタイル状のトレーニングデータ、大きさの違うグリッド状のトレーニングデータ、特徴物を形状で囲んだ（ポリゴン状の）トレーニングデータをそれぞれ構築した。

フォアショートニング、レイオーバー、レーダーシャドウなどSAR特有の現象を考慮し、マイクロ波反射複素強度等を利用しながらトレーニングデータを進めた。

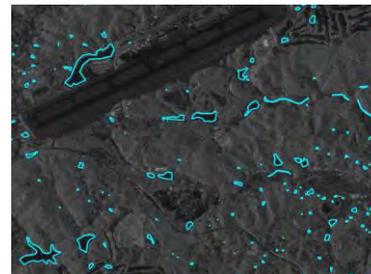
SAR衛星画像



光学衛星画像



タイル状のトレーニングデータ



ポリゴン状のトレーニングデータ

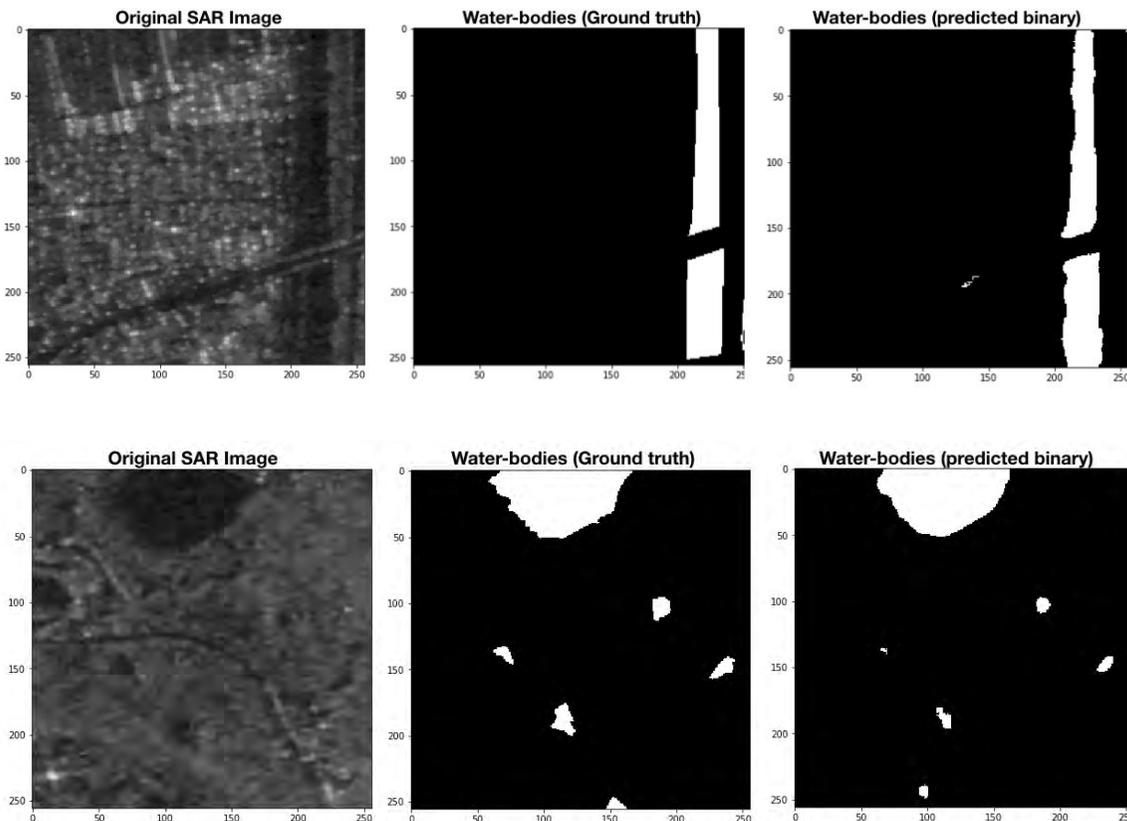
1. コア技術の開発

1-2 リモートセンシング技術

U-netを利用したSAR画像からの地物（水域）抽出技術の開発

画像からの情報抽出には、U-Netと呼ばれるネットワークを利用している。U-Netは、全層畳み込みネットワーク (Fully Convolution Network) の一種で、物体の局所的特徴と全体的位置情報の両方を学習させて検出することができる。

また合わせて、深層学習手法のライブラリーも整備し、多様な方法の適用と比較かつ容易に行える環境を構築した。今後は、洪水以外の特徴的な地物の検出を検討した。AIを用いた情報抽出の検証を実施し、環境や災害等の分野における「社会実装」を実施した。



SAR画像（左）、グランドトゥルース（中央）、検出された水域（右）

1. コア技術の開発

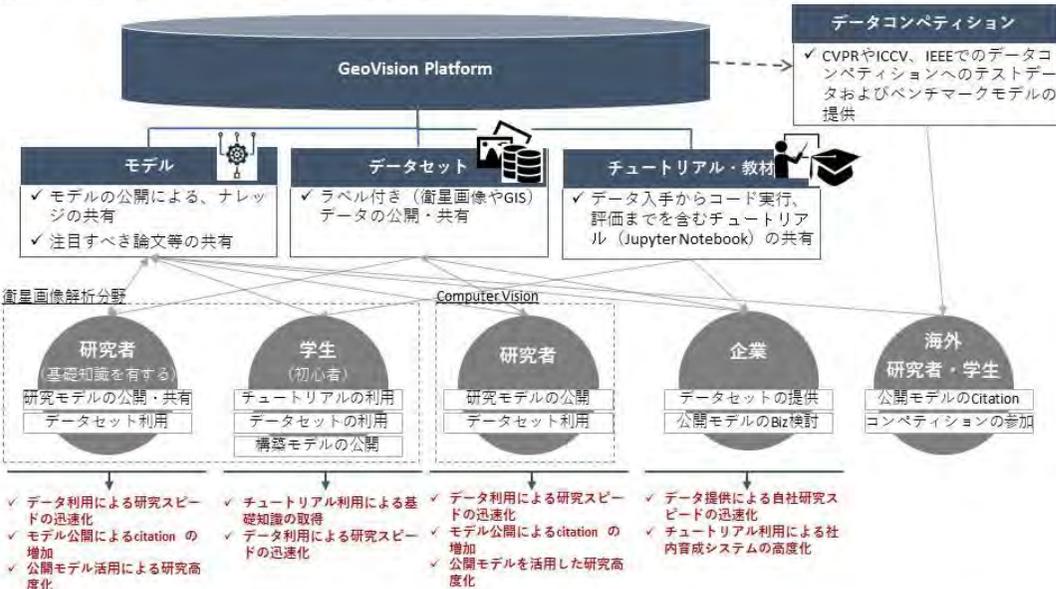
1-2 リモートセンシング技術

GeoVisionのコンセプトと実装

衛星画像データを用いた地物マッピング等に必要モデル学習のアルゴリズムを集約し、モデルやアルゴリズム間の比較分析を効率的にするプラットフォームGeoVisionを構築した。

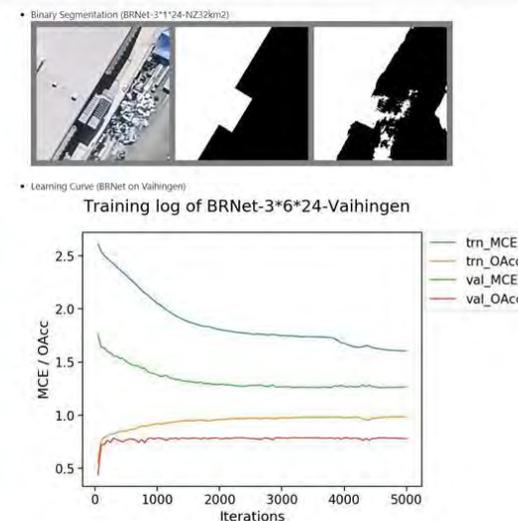
GeoVision Platformの青写真

- 手法やデータセットの共有により、衛星画像分野以外にも魅力的な「場」を創出
- オープンな環境を生かした人材育成、コラボレーションによる研究の活性化



Organization

```
Geoseg
├── data/
│   ├── original image tiles
│   ├── dataset/
│   │   ├── image&mask slices from data
│   │   └── checkpoint/
│   │       ├── pre-trained models
│   └── logs/
│       ├── curve
│       ├── raw
│       ├── snapshot
│       └── speed.csv
├── result/
│   └── quantitative & qualitative result
├── src/
│   ├── __init__.py
│   ├── models
│   │   └── network archs. FCNs, UNet, etc.
│   ├── estrain.py
│   ├── losses.py
│   ├── metrics.py
│   ├── runner.py
│   ├── test.py
│   ├── train.py
│   └── vision.py
```



GeoVisionのコンセプト

GeoVisionにおける手法の比較・検証結果等の共有画面の実例

1. コア技術の開発

1-2リモートセンシング技術

本事業の研究成果を用いた令和3年8月豪雨災害（佐賀県） 洪水被害の検出

Detected Water Area using TerraSAR-X in Ohmachi, Saga

33° 13'0.28"N, 130° 3'28.50"E

33° 13'0.28"N, 130° 12'37.04"E

Map Information

 Detected possible flood area on 17 August 2021

Accuracy is not validated

Map produced by Yamaguchi University

Data Source

Image: TerraSAR-X

Image date: 2021/8/15 21:28:30(UTC)

Image copyright:

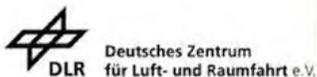
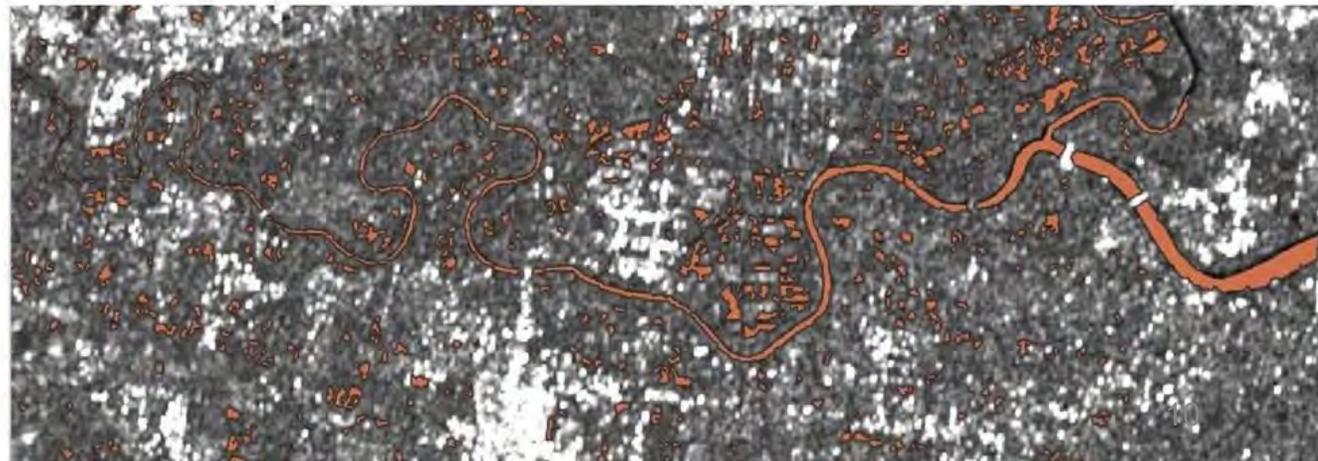
TerraSAR-X/TanDEM-X © DLR e.V. 2021

Distribution Airbus DS Geo GmbH



33° 10'0.27"N, 130° 3'28.50"E

33° 10'0.27"N, 130° 12'37.04"E



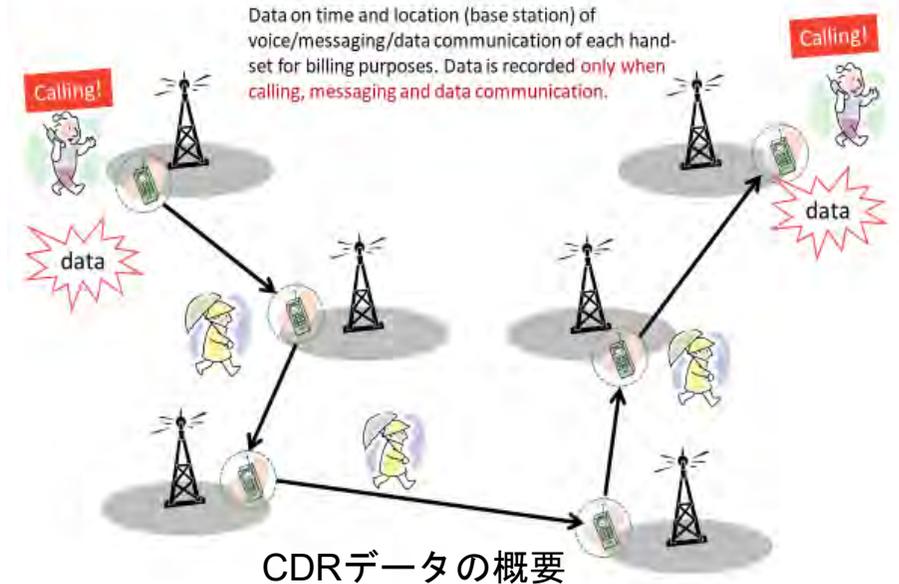
携帯電話位置情報（CDRデータ）による移動体解析ソフトウェアの開発

衛星観測データと地上観測データ、地理情報、その他の複合的情報を組み合わせた解析を可能とする。

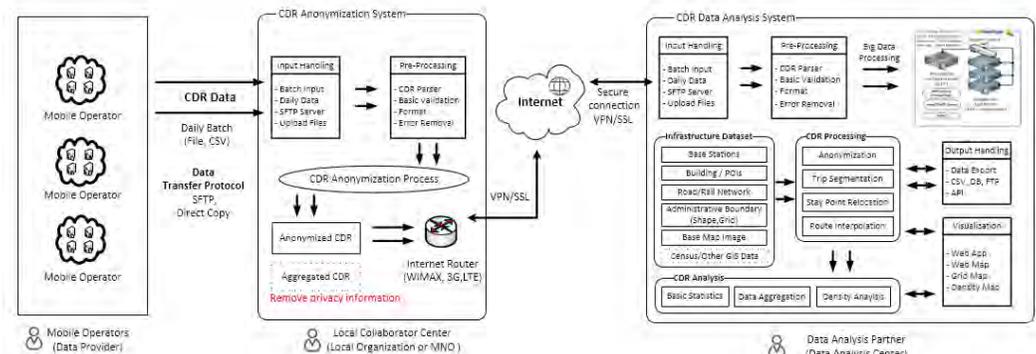
特に、衛星データと他データ（モバイルデータ等）との統合解析技術を開発するため、まず携帯から大量の位置データをマッピングするプラットフォームを構築した。

具体的には、携帯電話から得られるさまざまなデータのうち、CDR（Call Detail Record）と呼ばれるデータに着目し、そのデータから人の流動や滞留などの情報を推定するプラットフォームを構築した。

CDR(Call Detail Record) data



CDRデータの概要



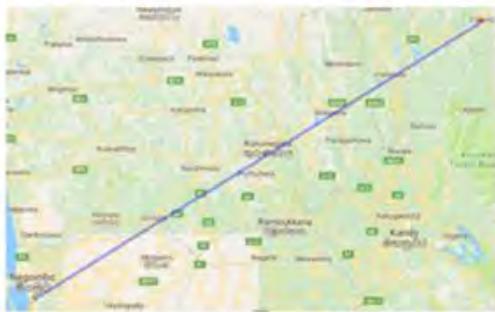
CDRデータ解析システムの概要

携帯電話位置情報（CDRデータ）による移動体解析 オープンパッケージ「MobiPack」

携帯電話位置情報（CDRデータ）による移動体データ解析プラットフォーム「MobiPack」を開発した。さらに、オープンソースソフトウェアとして公開することで、通信事業者の能力開発を通じた移動体データ利活用の海外展開を戦略的に進めるための体制を整えた。MobiPackは、ルワンダ、モザンビークにて実運用されている。

CDR Interpolation

CDR data are generated according to the usage of mobile phone such making a call, sending SMS, use internet. Hence, there is **no data when no activity** with mobile phone and resulting in **missing movement information** during those period.



Raw CDR



After Route Interpolation

The route interpolation help to recover those missing part by accommodate road network with interpolation technique.

O-D Map (Example Use case)

Main O-D

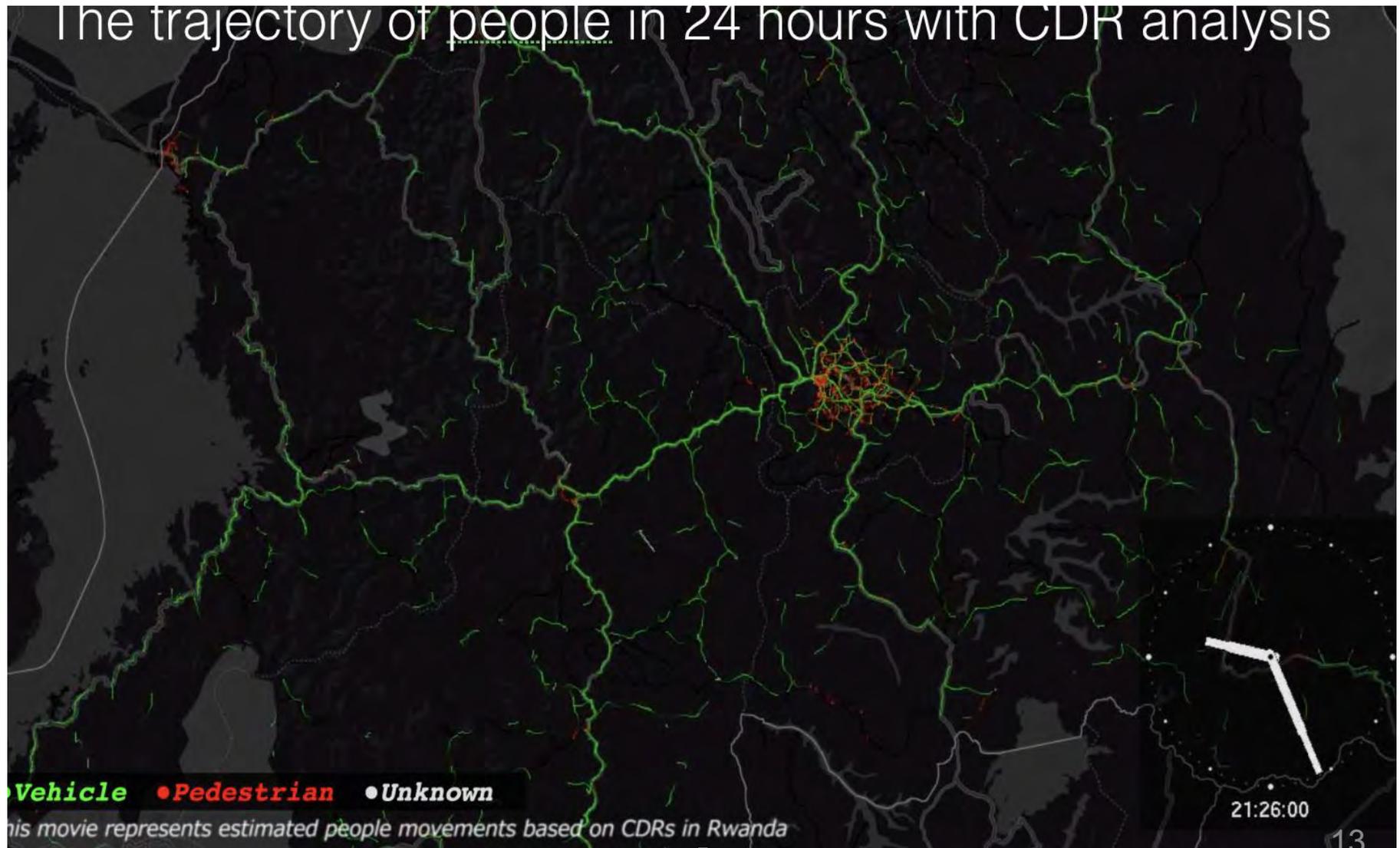


Filter O-D: high demand



ルワンダにおいてCDRデータの実験的な利用を開始（2019～）

隣国のコンゴで発生しているエボラ熱がルワンダ国内に波及したときの支援情報として期待されている。その後、新型コロナウイルス対策支援として利用が拡大した。

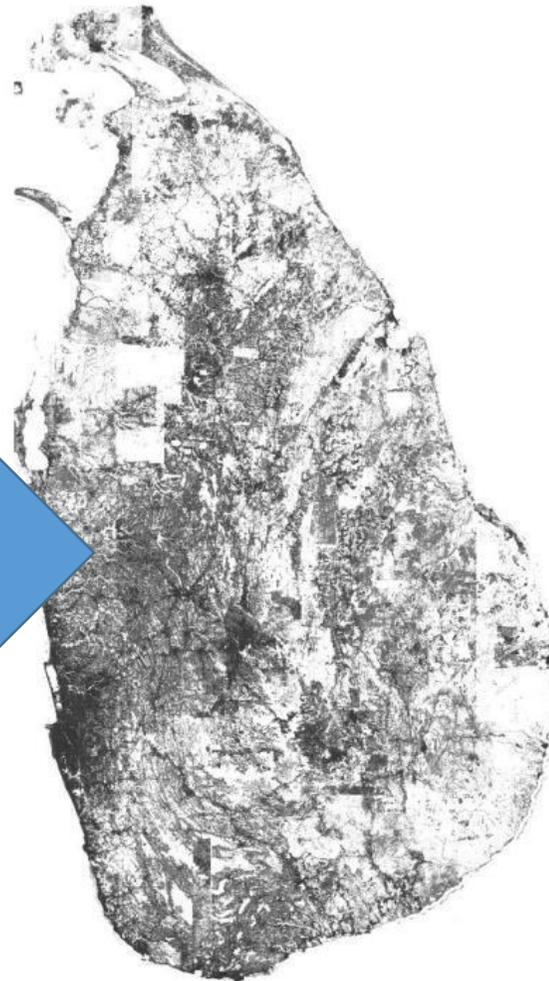
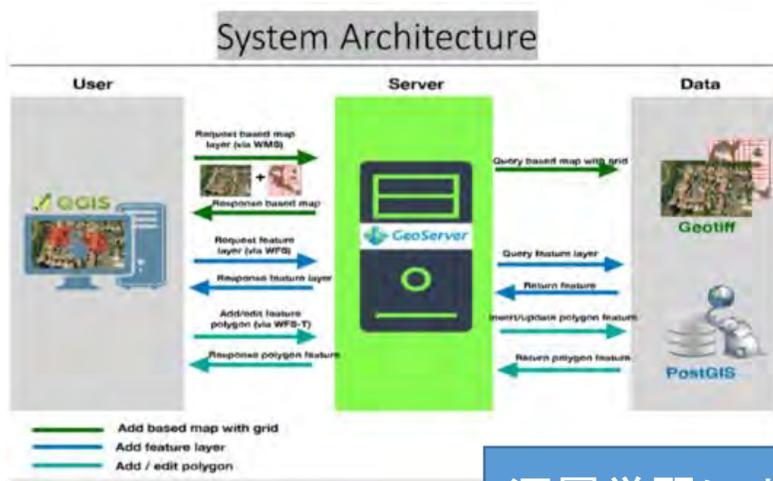


衛星データを用いた建物マッピングのシステム構築

衛星データへの画像認識AI適用による建物マッピングシステムを構築し、建物の地理的分布という社会経済の一側面を広域にわたって観測する仕組みを構築した。

学習データ作成・管理オンライン化

広域建物マッピング（スリランカ全土の例）



深層学習による
画像認識

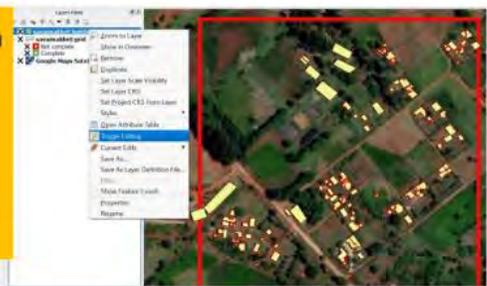
Digitizer's Role

STEP 7:
Once all the buildings in the assigned grid has been digitized, Turn off Toggle Editing on the building layer.

STEP 8:
In the tool bar menu



And Save Project by clicking on the main tool bar.

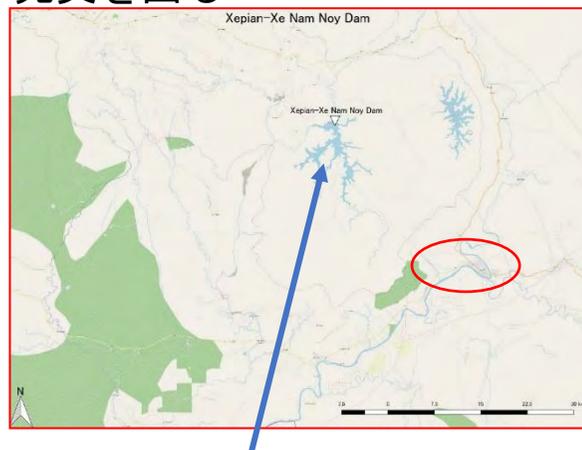


Note: You need to remain connected to the internet at all times.

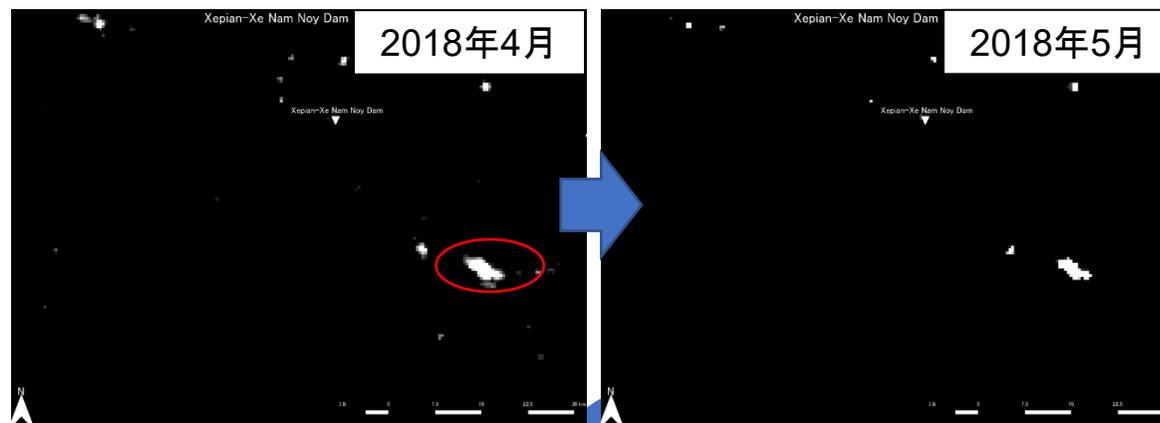
1.コア技術の開発
1-3.データサイエンス

ラオスにおけるダム決壊事故による被害を衛星画像（夜間光）から把握した事例

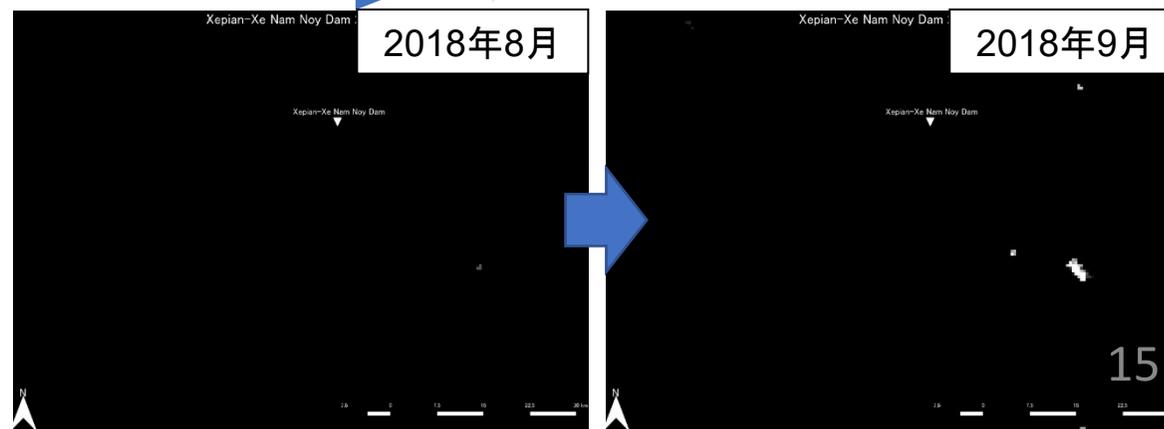
衛星観測データと地上観測データ、地理情報、その他の複合的情報を組み合わせた解析の準備として、災害を事例に解析実験を開始した。今後、典型的事例を選びながら、解析ツールや方法論（レシピ）の充実を図る



Xe Namnoy Xe Pian ダム
(ラオス)



Xe Namnoy Xe Pian ダムの決壊
(2018年7月)



夜間光衛星データに見られるコロナ禍の社会経済インパクト

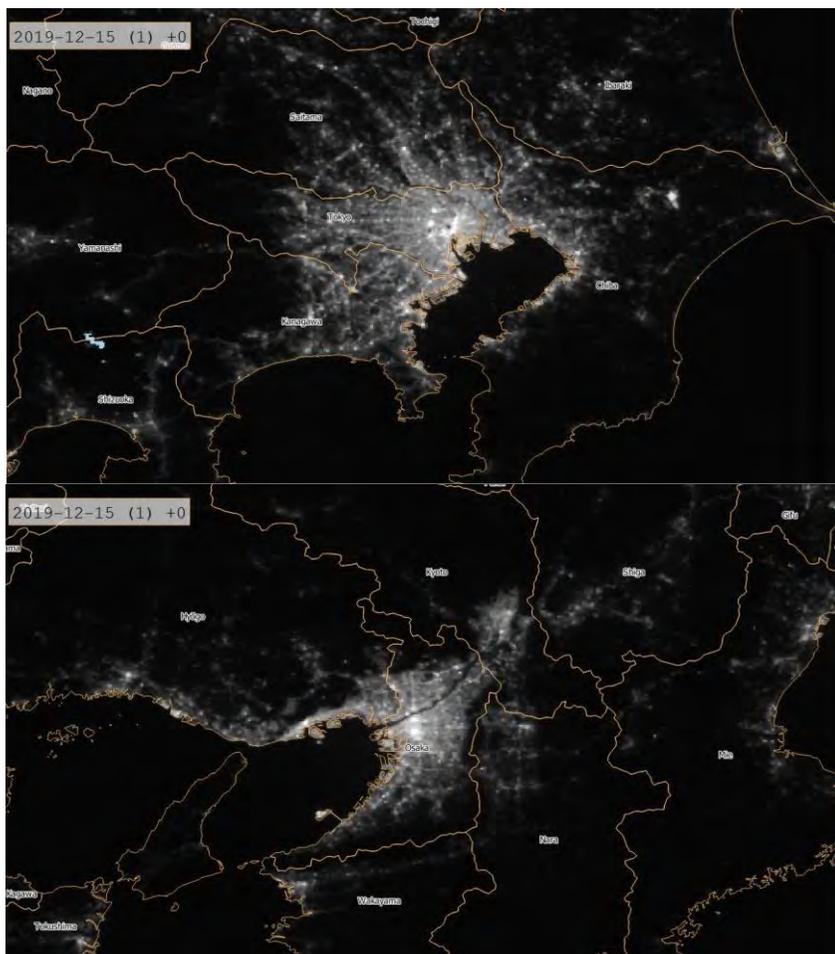
夜間光衛星データを用いた社会経済モニタリングを試行し、災害やコロナ禍といった社会経済インパクトの推定に有用であることを確認し、NASAで公開されるデータを処理するシステムを構築した。

2019年12月

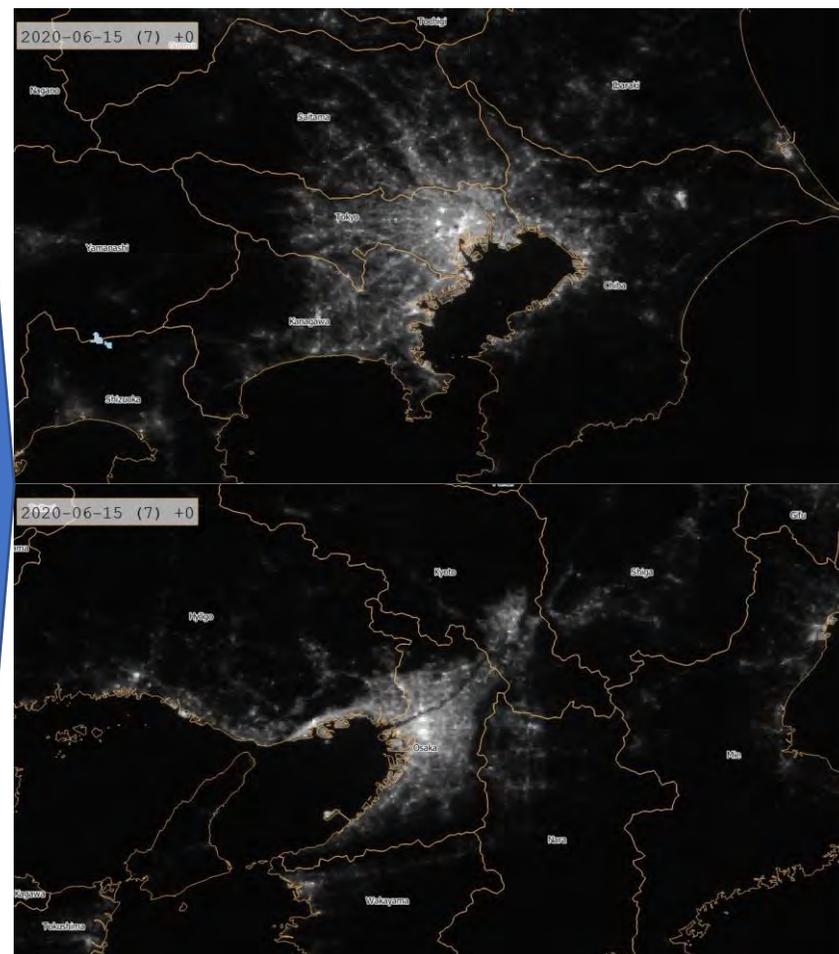
2020年6月

東京

大阪

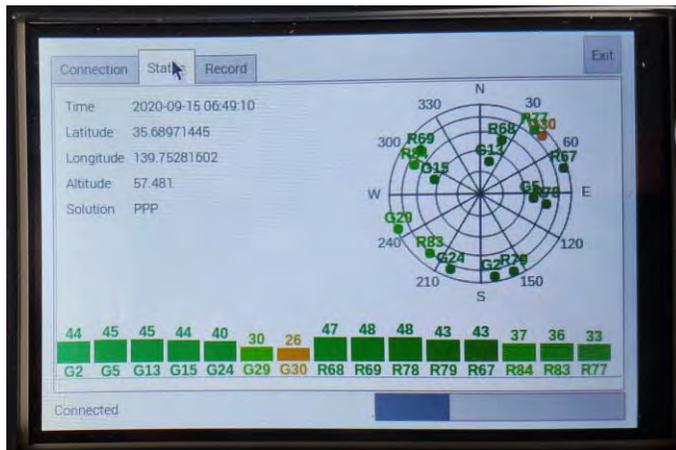
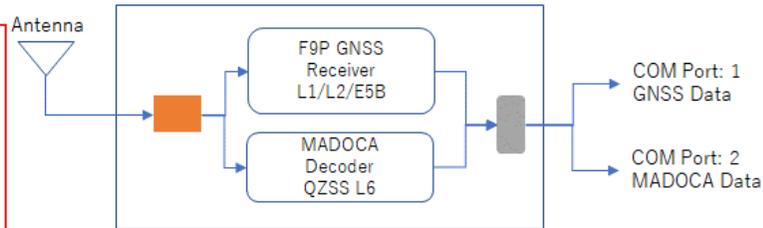


コロナ禍による夜間光輝度値減少

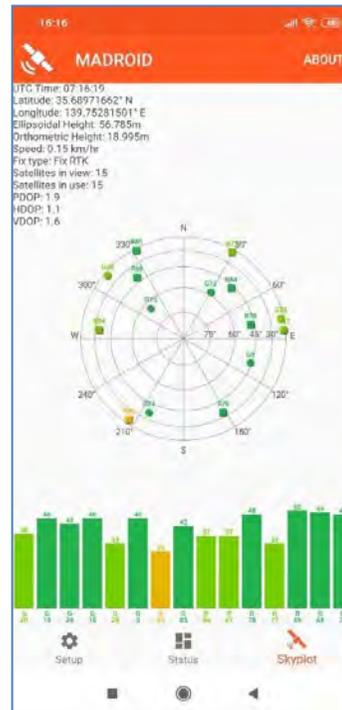


低コストのMADDOCA受信機システムの開発

3種類の低価格MADDOCA受信機システムを開発しました。これらは、Windows PC用のMAD-WIN、RaspberryPiデバイス用のMAD-PI、およびAndroidデバイス用のMADROIDです。



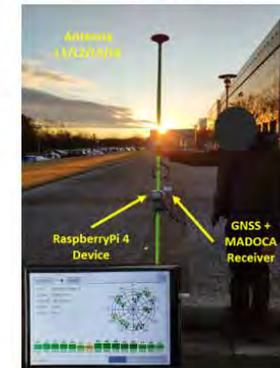
GUI for MAD-WIN and MAD-PI



MADROID Screen Display

MADDOCA-PPP User's Manual

MAD-WIN, MAD-π, and MADROID
Version 1.0



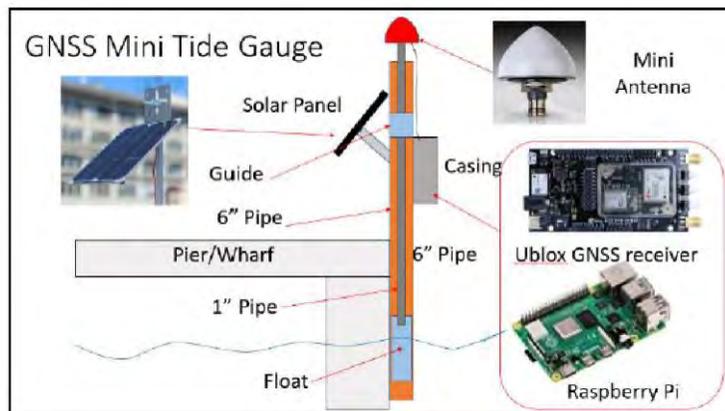
Center for Spatial Information Science (CSIS)
The University of Tokyo
空間情報科学研究センター
東京大学
November 2020

MADDOCA System User Manual

小型MADDOCA端末の開発 (2020年)

前述の汎用端末を用いた海面高度測定 (フィリピン大学と共同研究)

MAD-PI is deployed in Buoy and Tide-gauge to study possibility of sea-level rise measurement. MADOCA performance is good but problems related with data transfer, power and heat dissipation have to be solved.



GNSS antenna

Solar power

TiBox enclosure containing the battery, raspberry pi and Ublox and MADOCA decoder



小型MADOCA端末を利用した海外大学との連携 (2020年)

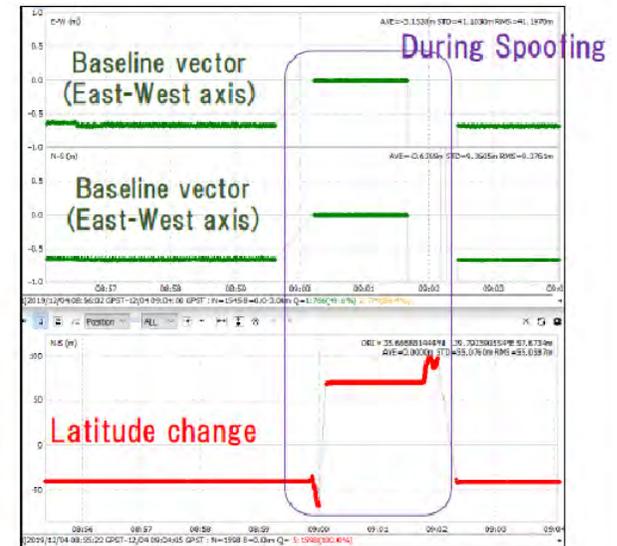
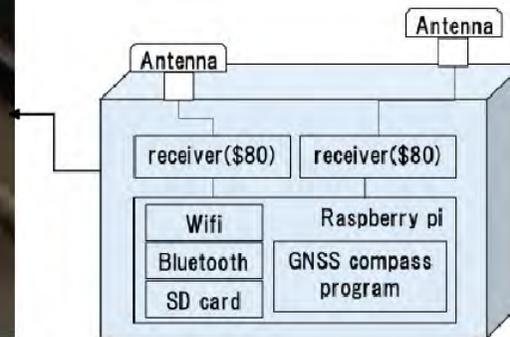
欺瞞信号検知端末の開発

We developed GNSS compass includes spoofing detection alert.

The system supports consumer receiver that output raw observation (ublox, septentrio, etc...) and moving-base RTK engine support GPS, Galileo, BDS, QZSS L1 band.



Monitor



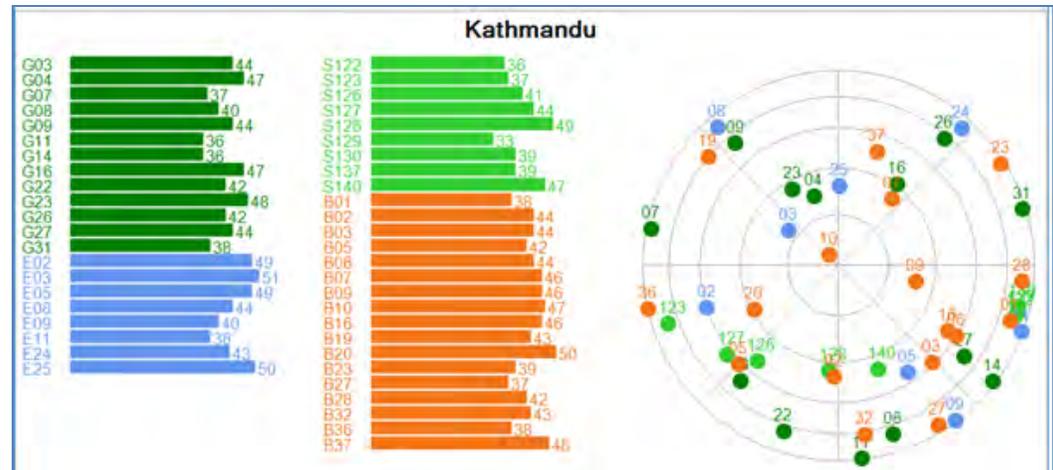
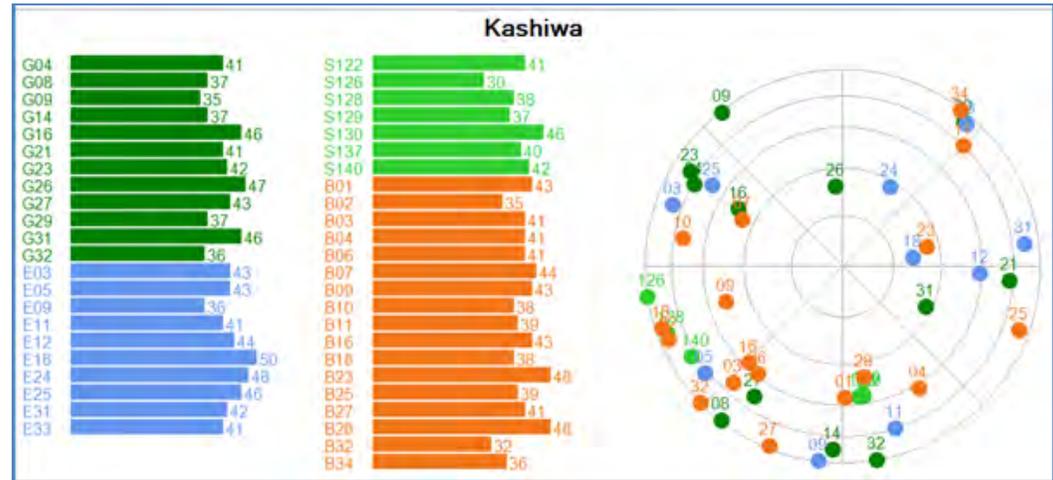
4-5万円程度の小型端末で、単一方向からの欺瞞信号を確実に検知可能（2020年）

Global Authentication Monitoring System

GNSS認証には、世界のいくつかのGNSS信号監視ステーションが必要です。右図は、柏とカトマンズの監視ステーションを示しています。

これらのステーションからのGNSSナビゲーションデータは、信号認証用のデジタル署名を生成するために使用されます。

ガリレオも同様のことを開始しているが、ガリレオ衛星以外の認証をするために、このようなシステムが必要。



GNSSの位置認証用のシステム開発（GUI）

GNSS Authentication v20190615

Lat: 35.90304333 GPS Week: 2074 CHIP ID: 00 00 00 00 00 TTF: -
 Lon: 139.93929933 GAL Week: 1050 PSM: 0 Active Time: 0ms
 Elv: 94.800 BDS Week: 718 SPF: 0

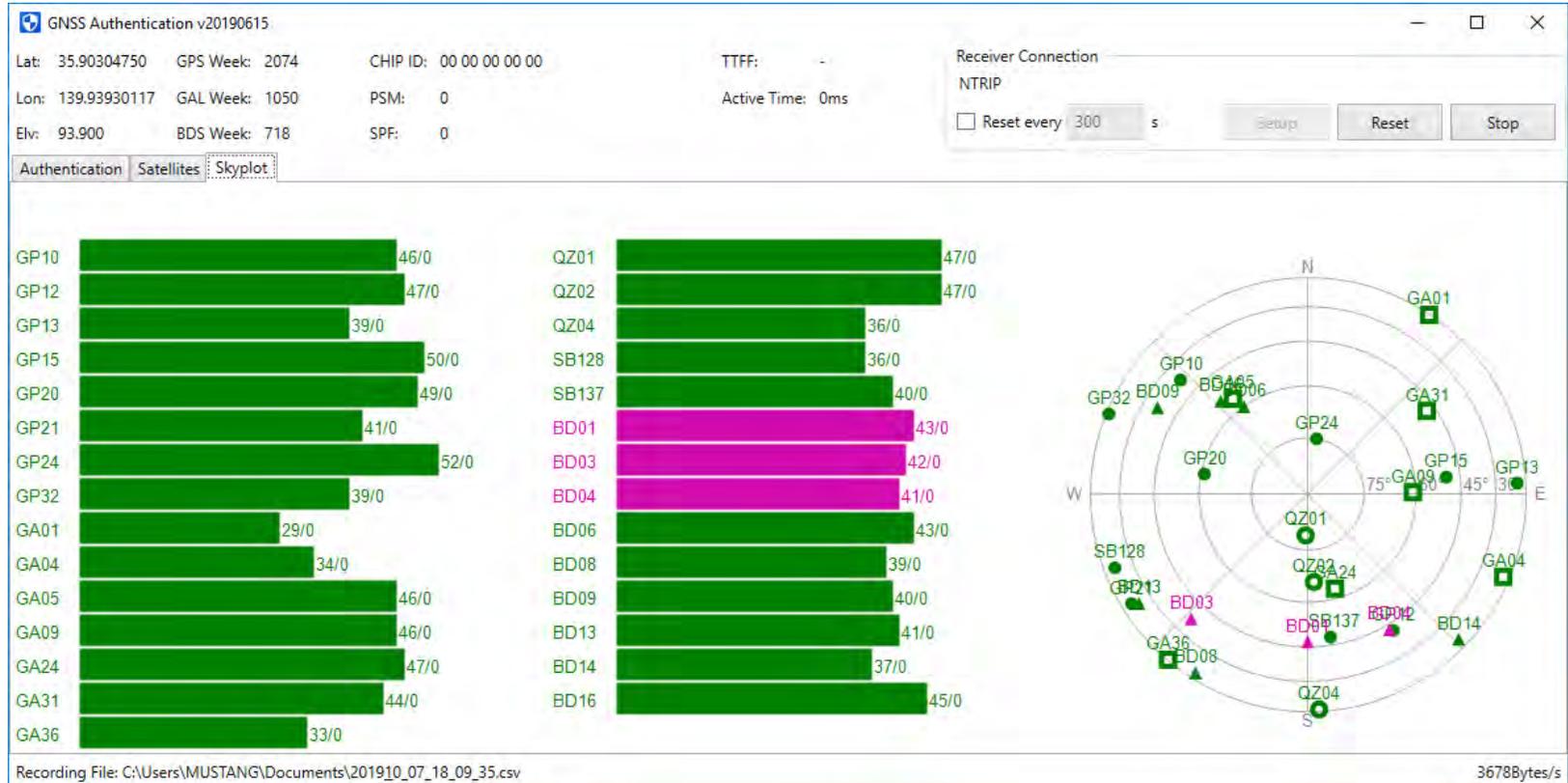
Receiver Connection
 NTRIP
 Reset every 300 s Setup Reset Stop

Authentication | Satellites | Skyplot

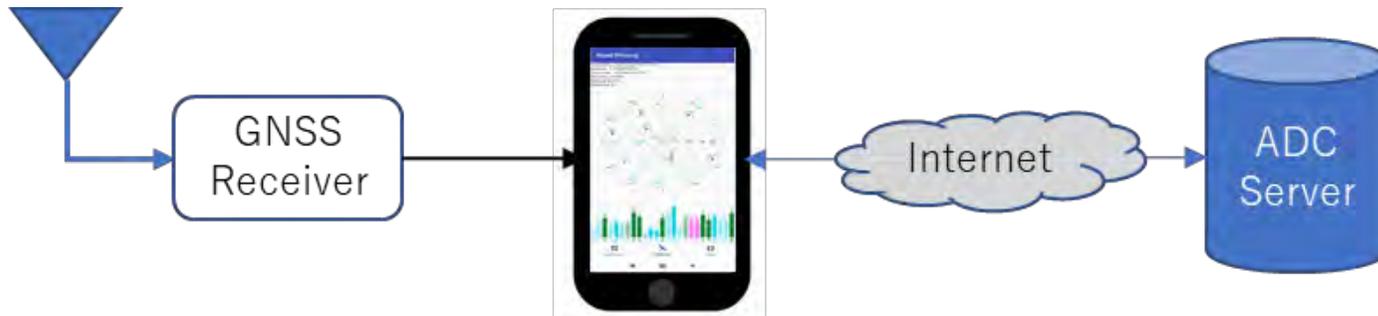
GPS/QZSS								Galileo								BeiDou								SBAS							
Satellit	TOW	Az	EI	CNO	Status	BE	PF	Satellit	TOW	Az	EI	CNO	Status	BE	PF	Satellit	TOW	Az	EI	CNO	Status	BE	PF	Satellit	TOW	Az	EI	CNO	Status	BE	PF
GP05	203754	143	9	42	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	GA01	203755	185	33	43	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BD06	203736	317	58	44	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SB129	203757	171	48	39	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
GP12	203754	157	28	45	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	GA12	203755	246	13	34	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BD08	203736	213	21	38	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SB137	203757	171	48	41	OK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GP13	203754	76	24	40	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	GA19	203755	17	71	43	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BD09	203736	294	35	41	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
GP15	203754	62	58	50	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	GA21	203755	112	63	47	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BD13	203736	240	30	41	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
GP20	203754	303	52	48	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	GA27	203755	46	29	40	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BD14	203736	44	84	47	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
GP21	203754	251	26	44	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>									BD16	203736	310	52	45	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
GP24	203754	288	82	52	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>									BD21	203736	127	9	38	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
GP28	203754	34	6	34	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>									BD24	203736	177	76	50	OK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
QZ01	203754	175	83	47	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>									BD26	203736	48	46	46	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
QZ02	203754	172	60	47	OK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																								
QZ04	203754	180	4	38	OK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								

Recording File: C:\Users\MUSTANG\Documents\201910_08_17_20_08.csv 3976Bytes/s

GNSSの位置認証用のシステム開発（GUI）



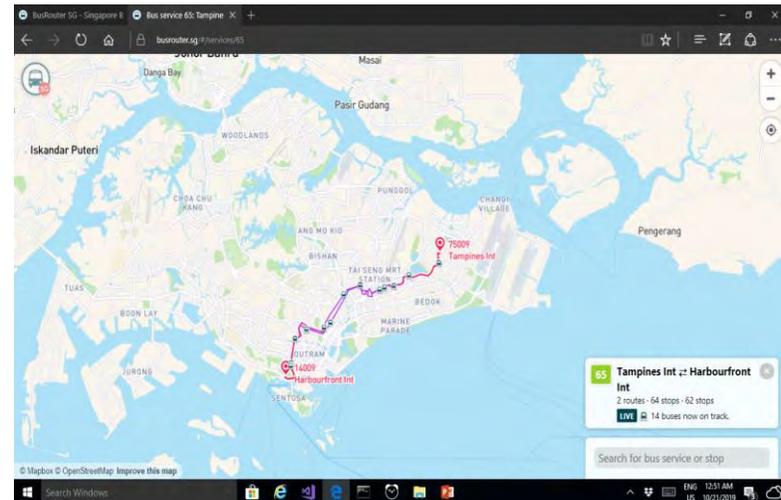
シンガポールで実施した位置認証実験例 (ロードプライシング用フィールドテスト)



Prototype System for Road Pricing Demo



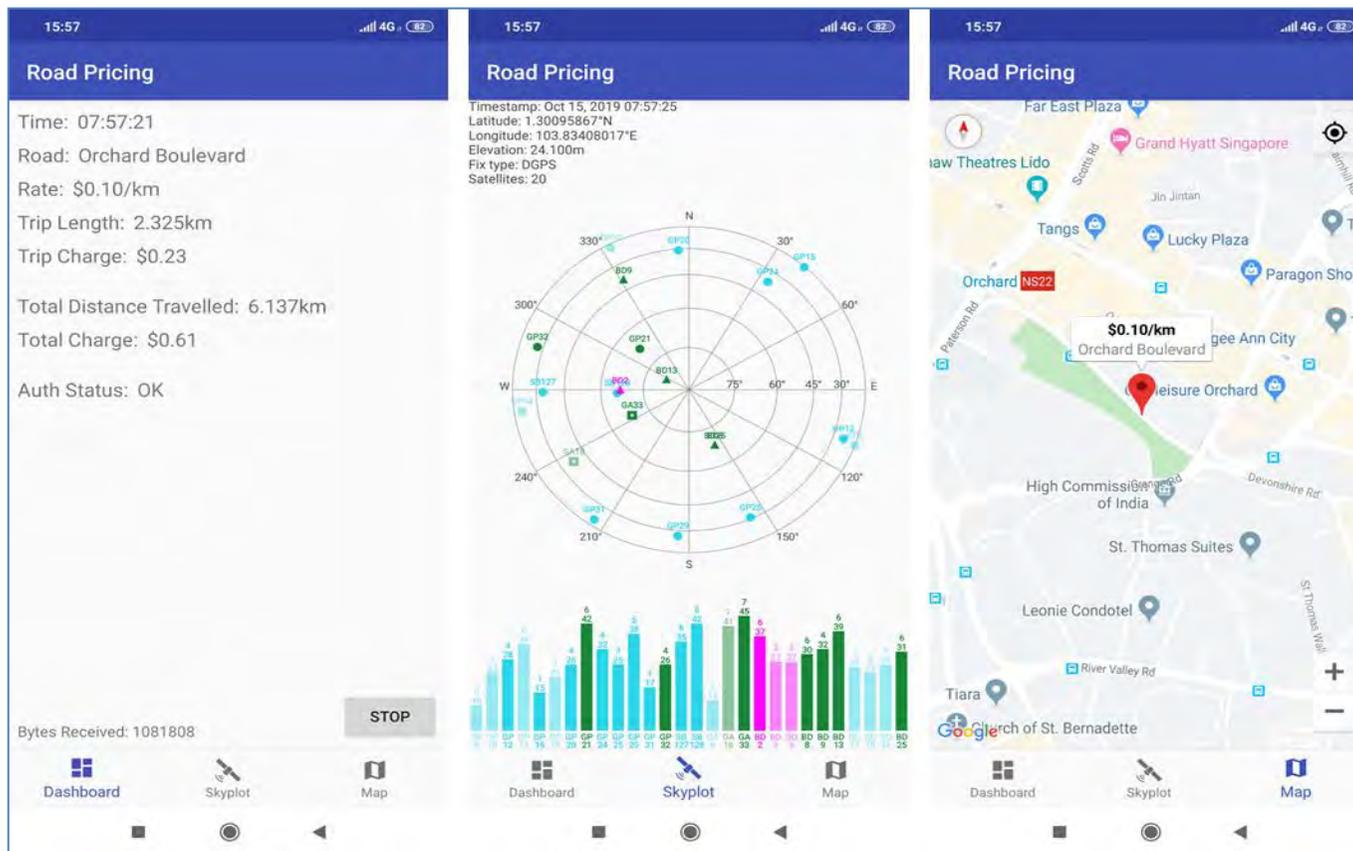
ERP (Electronic Road Pricing) Gate in Singapore



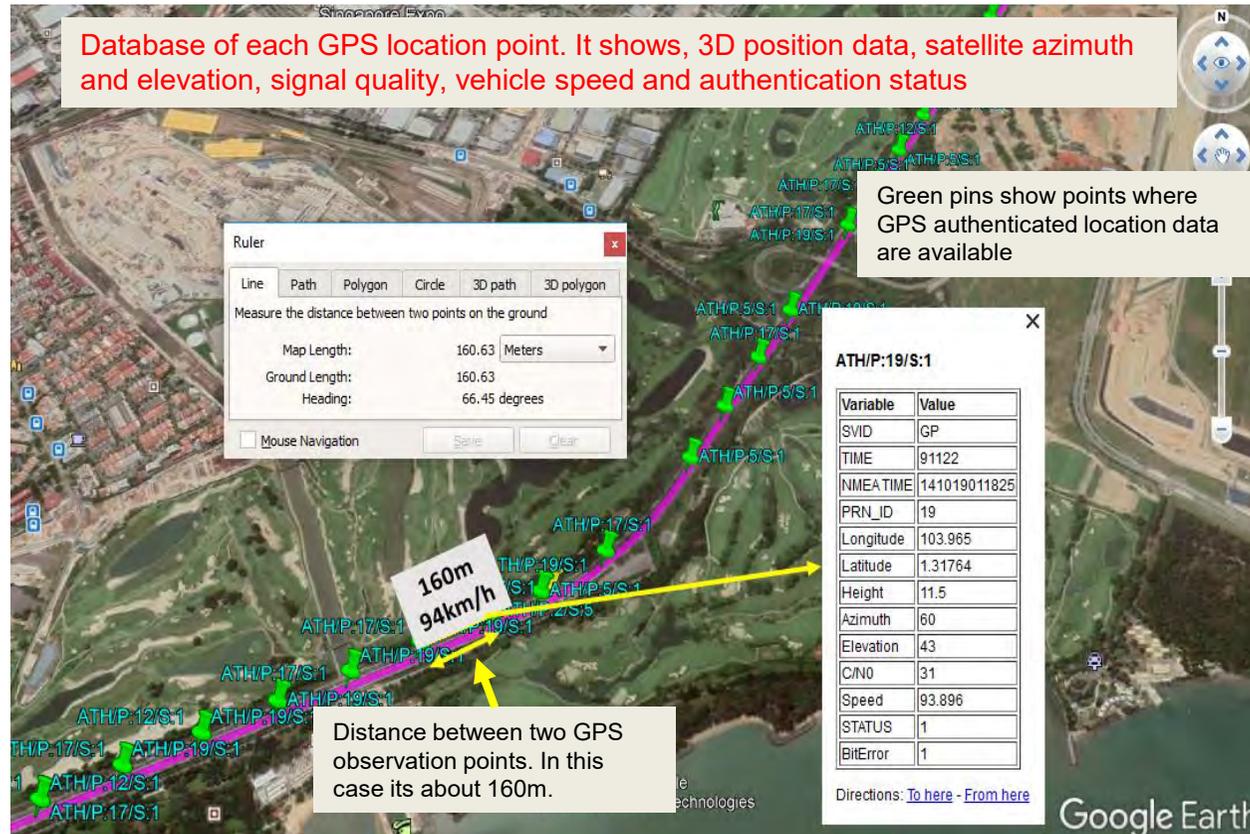
One of the routes for PoC Demo
PoC : Proof of Concept

シンガポールで実施した位置認証実験例

シンガポールにて実施したGNSS信号認証に基づくロードプライシングアプリケーションの概念実証デモ。

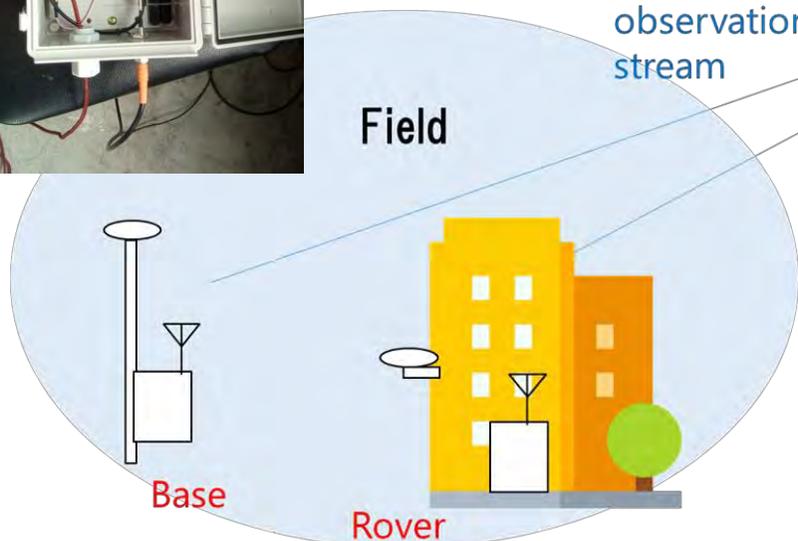


シンガポールで実施した位置認証実験例

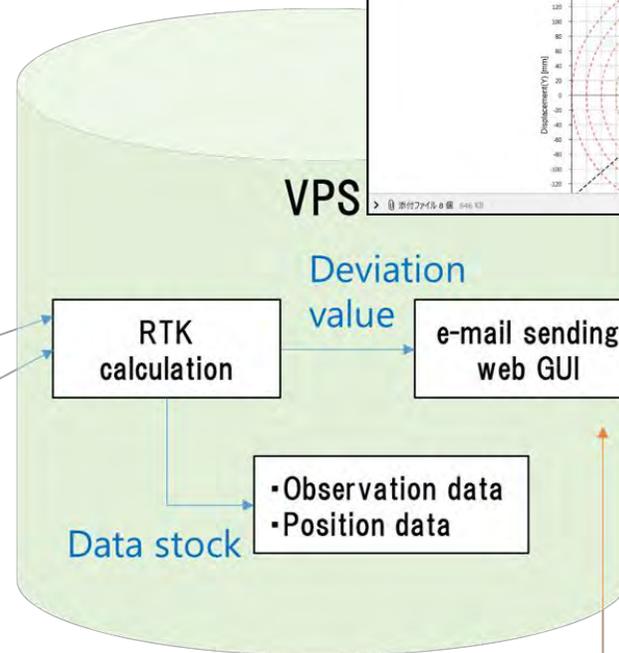


IoT端末の開発 (サーバ型RTK)

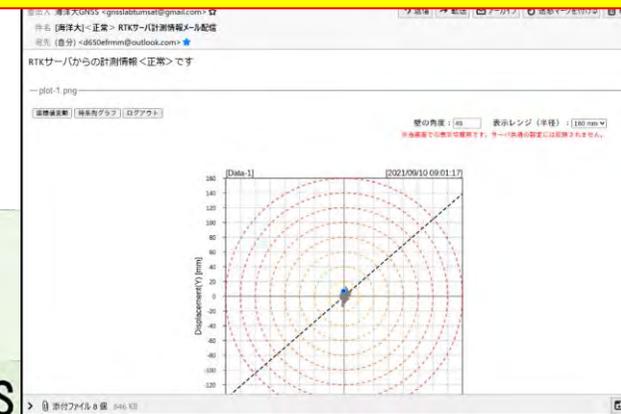
汎用端末の開発
(受信機+ラズパイ+SIM)



GNSS
observation
stream



観測結果の自動メール配信

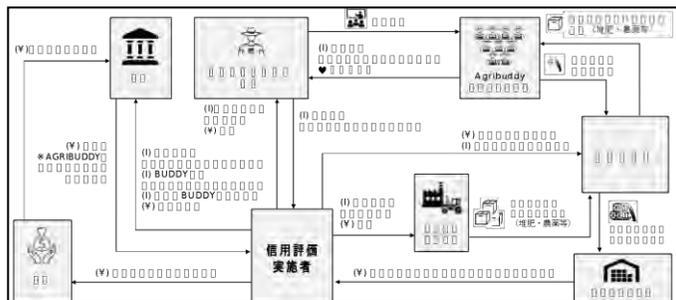


サーバ型小型RTK端末の開発→現在も運用中で性能向上を継続 (2020年)

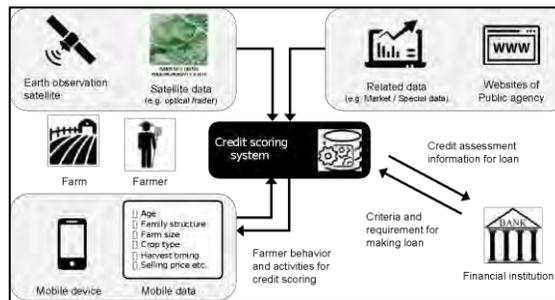
課題の分析から宇宙サービス・システムのデザインに至るまでのプロセスを整理

1. デザインチームの作成	7. データの分析および情報への変換
デザインチームのリーダーおよび背景や所属、経験が異なるコアメンバーを中心としてデザインのゴール期間を定めて議論を開始	収集したデータから対象とする人や組織のニーズや特徴的な課題を明らかにし、現状のサービスやシステムで変えるべきポイントを特定
2. デザイン目的の決定	8. 利用シナリオの記述および実現に向けた評価方法の設定
明確に決まっていな段階でもその時点での目的を文字化し、プロセスの途中で理由をもって修正	サービスが利用された理想の未来のシナリオを具体的に記述。実現すべきサービス・システムのコンセプトや要求事項を決定し、システムズエンジニアリングにつなげ設計と検証を実施
3. 問いの設定	9. デザインがうまくいった際の理想のシナリオを描写
デザインプロセスへの参加者や取り組む問題に関わる利害関係者から共感される問いを設定	サービスを実現するためにシステムが満たすべき要求事項の決定
4. デザインテーマの動向や利害関係者の関係を俯瞰した仮説の設定	10. 実現したいシステム・サービスの要求作成
デザインの目的に関する動向を把握し、問いに対する仮説を設定	システムのコンセプト、スコープ(範囲)、要求の優先順位の決定
5. サービス・システムを適用する現地データの収集	11. プロトタイプによる有効性評価
対象地を自ら体験して新たな気づきを得るために現地観察や調査を実施	デザインのコンセプト、特徴を検証することを念頭にしてプロトタイプを実行
6. 集めたデータの保存と理解	12. 評価結果をもとにした考察
収集データを整理・保存し、システムやサービスの構成要素を抽出	デザインの実現を進めてみたからこそ得られた知見を考察

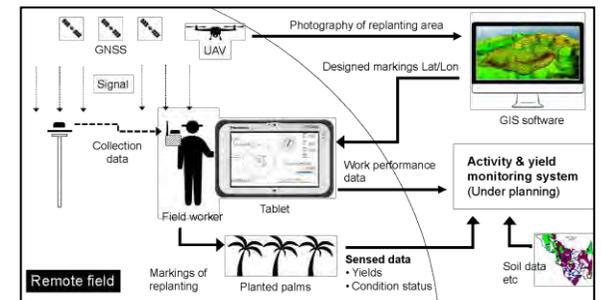
プロセス運用を支援する各ツール活用や介入方法適用



利害関係者間の価値連鎖分析



サービスコンセプト記述



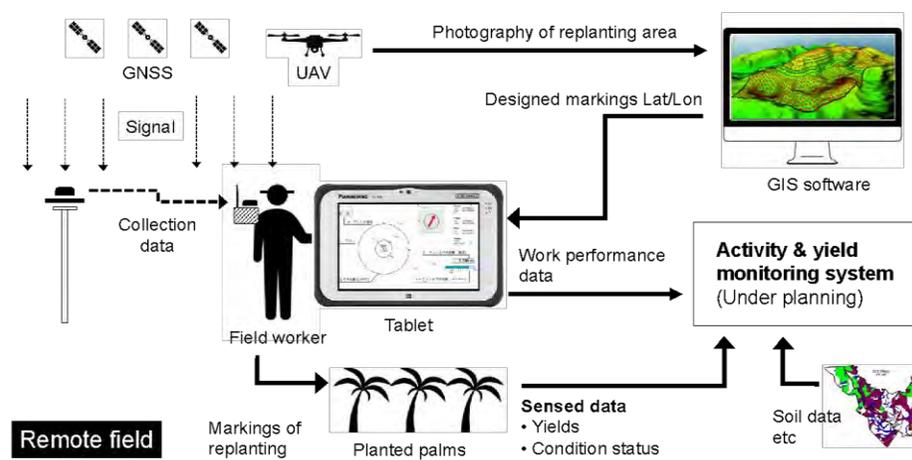
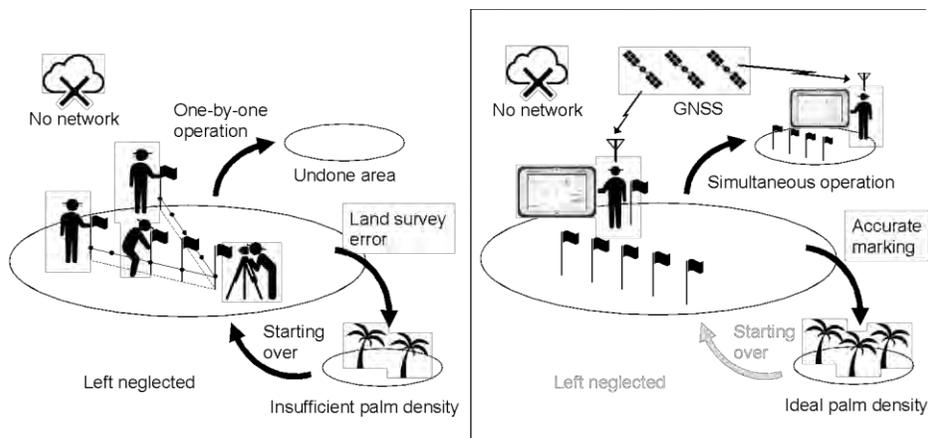
物理設計記述

事例1:「大規模農園での作業効率化サービス」(対象国:マレーシア)



デザイン目的設定に向けた、観察や聞き取り調査による現地の課題分析

現地の状況からサービスをデザイン



サービスの共通認識情勢のための利用シナリオの可視化

物理的な構成を含むサービスのイメージ

サービス設計の検証



ニーズに基づく作業
者位置計測システム
のデザインと試作



現地(プランテーション農場)での試験

事例2:「小規模農家への金融サービス」(対象国:カンボジア)

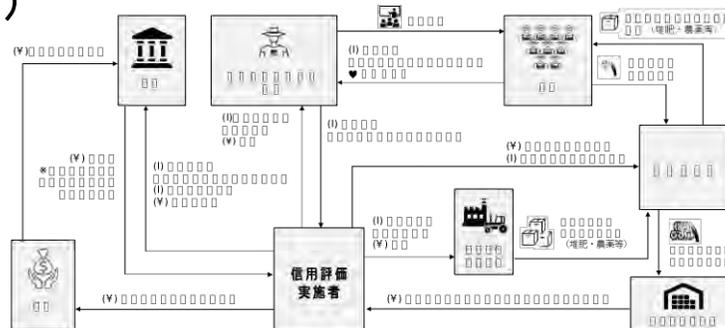


農家などの利害関係者とのワークショップや聞き取り調査

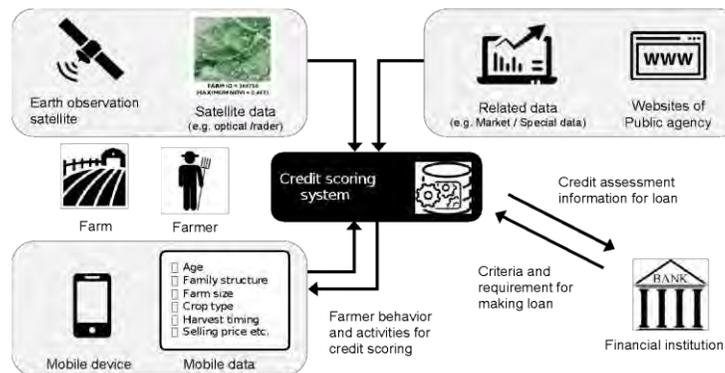


宇宙インフラ技術を活用した現状課題の調査

現地の状況からサービスをデザイン



金融サービス活用に関する利害関係者の分析

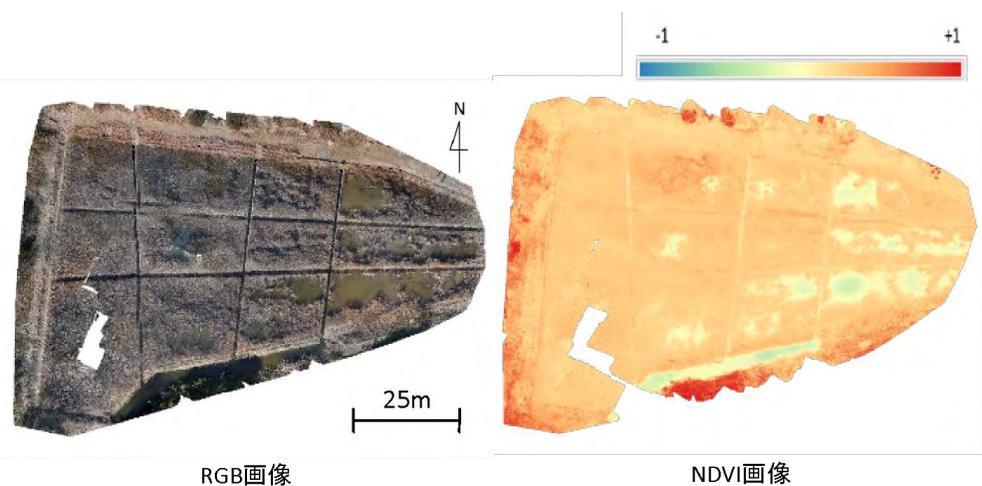


信用評価モデルを活用したサービスの記述

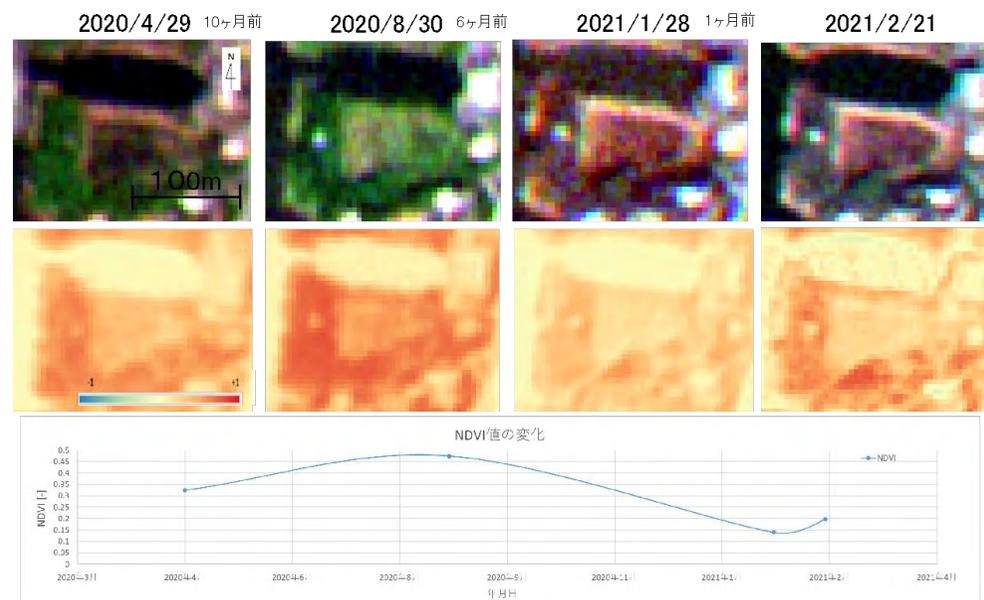


ダッシュボード形式による小規模農家の信用評価情報のUI(試作)

山口県における民間企業との 産学研究プロジェクト事例



ドローン空撮画像によるヒヌマイトトンボの調査



ヒヌマイトトンボの生息代替地
(GRUS-1により撮影)

宇宙利用的思考研究会の立ち上げ（山口県宇部市）



宇宙利用的思考研究会
うしかい
(略称：宇思会)

宇宙の利用について、一緒に考えてみませんか？

様々な課題の解決方法を、「宇宙を利用する」という視点から考えてみませんか？
衛星データを利用することで、わからなかった過去や未来が見えてきます。
宇宙は想像するよりはるかに身近で、衛星データは誰でも使える宝の山です。

山口大学応用衛星リモートセンシング研究センター
センター長・教授 長井正彦

■日時
3月25日（木）18:00～20:00

■場所
ラベスタートアップ
宇部市中央町三丁目10番12号

■話題提供者
山口大学応用衛星リモートセンシング研究センター
センター長・教授 長井 正彦
株式会社 アクセルスペース
代表取締役社長 中村 友哉

■お申し込み
3月22日（月）までに、E-mail
件名「宇宙利用的思考研究会参加」で氏名をご連絡ください。
E-mail itu@city.ube.yamaguchi.jp (宇部市ICT・地域イノベーション推進グループ)

発 起 人：山口大学応用衛星リモートセンシング研究センター センター長・教授 長井正彦
お問い合わせ：宇部市総合戦略局 ICT・地域イノベーション推進グループ 弘中、奥嶋

宇宙利用的思考研究会の開催案内



宇部市における宇宙利用的思考研究会の立ち上げ

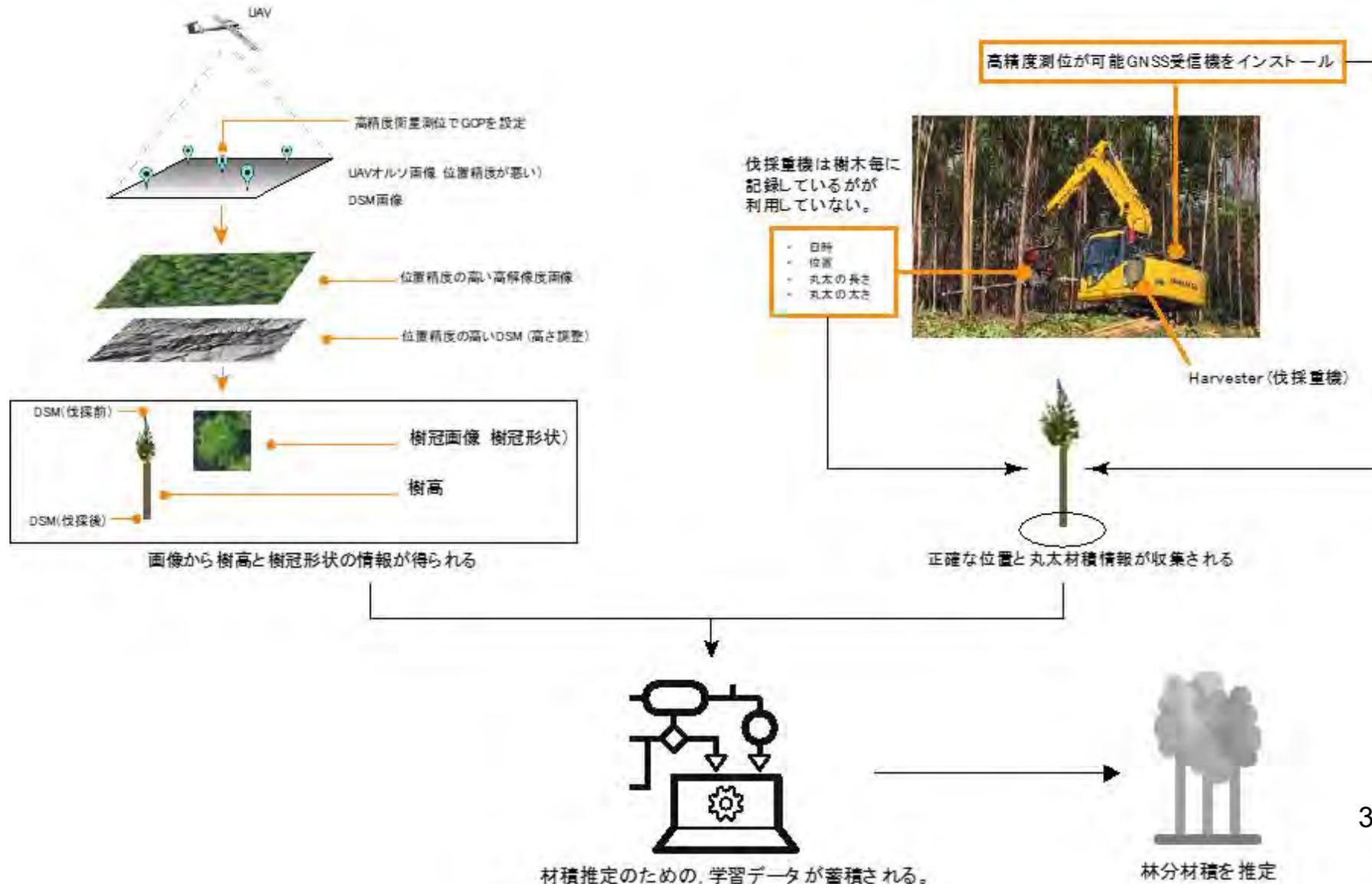
左：長井教授（山口大）
中央：篠崎市長（宇部市）
右：中村社長
（アクセルスペース）



宇宙利用的思考研究会の様子（2021年3月25日）

うべスタートアップ
参加者15人

マレーシア企業との連携による衛星測位による 植林事業支援



2. 連携力・営業力の強化

国際的なGNSS技術普及支援組織である MultiGNSS Asia (MGA)との活動連携による国際展開

(高精度測位デバイスを使ったラピッド・プロトタイピング・チャレンジを実施)

MGA2018@メルボルン

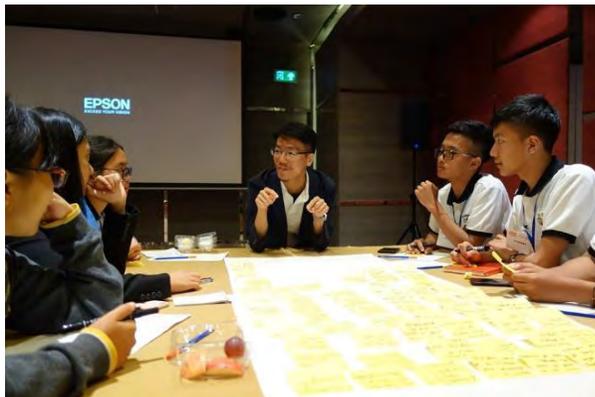


Rapid Prototyping Development Challenge
にて屋外で測位信号受信の実習



Rapid Prototyping Development Challenge
にて屋内での信号解析の実習

MGA2019@バンコク



Young Professional Forumの様子

MGA2020@オンライン

RPD Challenge 2020 – Extended to 2021



MGA GNSS101 Online Lectures



MGA RPD Challengeの開催案内



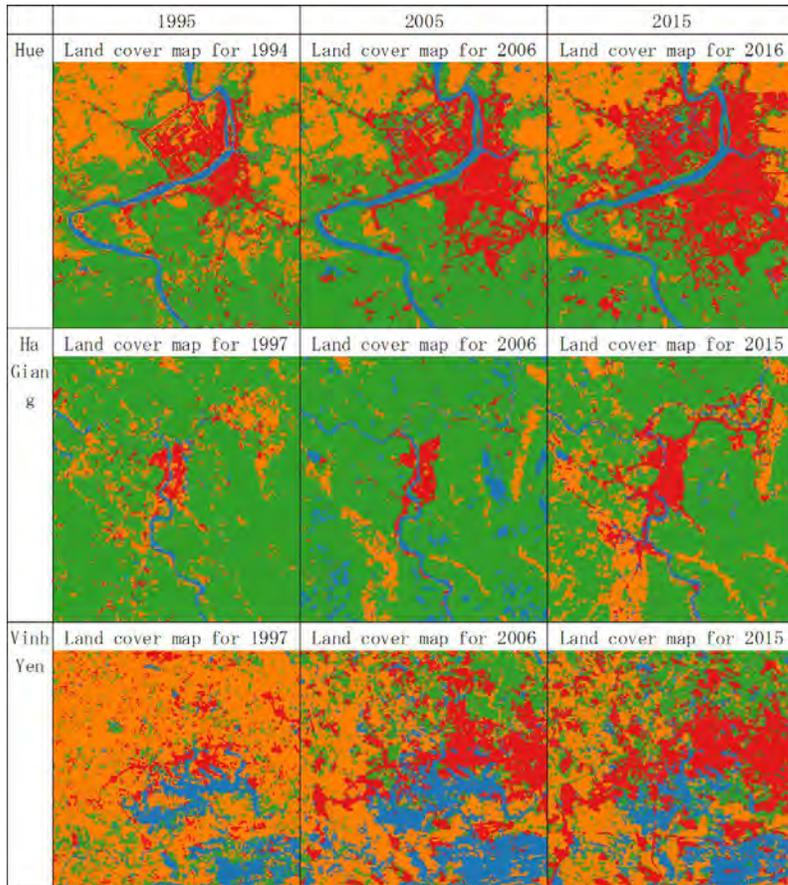
参加者各国での実習の様子

2. 連携力・営業力の強化

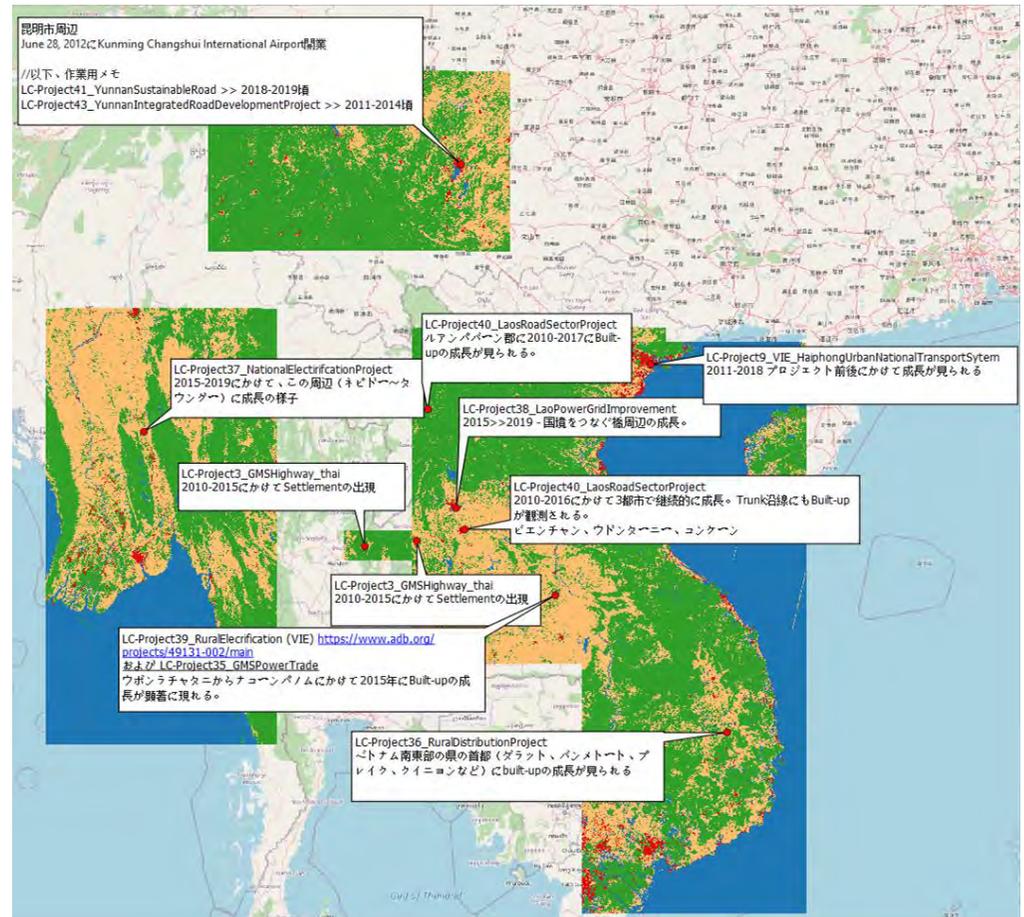
アジア開発銀行のプロジェクトにて衛星データ利活用のデモンストレーション

アジア開発銀行と空間情報科学研究センターの間で締結されたKnowledge Partnership Agreementの枠組みを用いて、アジア開発銀行のベトナム政府に対するTechnical Assistance Projectにおいて、気候変動下におけるアジア都市の強靱化に向けた地球観測技術の利活用をアジア開発銀行職員とベトナムの地方政府職員に対しデモンストレーションしたほか、インフラ投資効果と計量と経済分析に向けた衛星データ利活用のデモンストレーションを実施した。

衛星データを用いた気候変動下の都市成長モデリング



衛星データで観測されたインフラ投資による経済成長の分布



アジア工科大学院・東京大学共同で S-Booster 2019アジア予選・最終選考出場



S-Booster 2019 - Finalists -

Team Name/Team Rep.	Business Idea Name
Sensinood Lab./Mr. Whitaru CHINO	ASHRASE -Walking support senseware for people with visual impairment using MICHEBIKI (QZSS)
Iwaya Giken inc./Mr. Keisuke IWAYA	Space Balloon Travel Project
Mrs. Chiaki ICHIKAWA	Satellite Re-use Market
Mr. Ryohji NAGANO	Shorten the Time! Explore the groundwater -We provide safe and quality water-
ABLAb/Mr. Kazuhisa TANADA	Sharing Environmental Experiment Space on the Earth (SEESE)
TOMINO/Mr. Kohei NISHIDA	*SORAND* Space agriculture project using Designer Soil
Be-SMAC/Ms. Yumika YAMAKAWA	Wellnesskin Tourism
Mr. Masaru KOGA	Space Spice factory (Manufacturing services for high value-added materials in space factory)

Japan

Team Name/Team Rep.	Business Idea Name
Manastu Space/Mr. Tushar JADHAV (India)	Green fuel for propulsion of spacecraft, to produce oxygen, water and heat on other planet.
Adarna Aerospace/ Mr. Ariston GONZALEZ (Philippines)	RS-AR: Remote Sensing Data Visualized in Augmented Reality
BlueWatch/Mr. Gautam DADHICH (Thailand)	BlueWatch: Spatial Aquaculture Advisory System for Smart AquaFarms
AI Traffic Light/ Ms. Kanchani THUMRONGBONKATE (Thailand)	Smart Traffic Light: Traffic Light Management for Smart City by QZSS & 4G/5G Platform

Asia

* Name of finalists are in order of Entry Number.
* Business idea and team name are subject to change without notice.

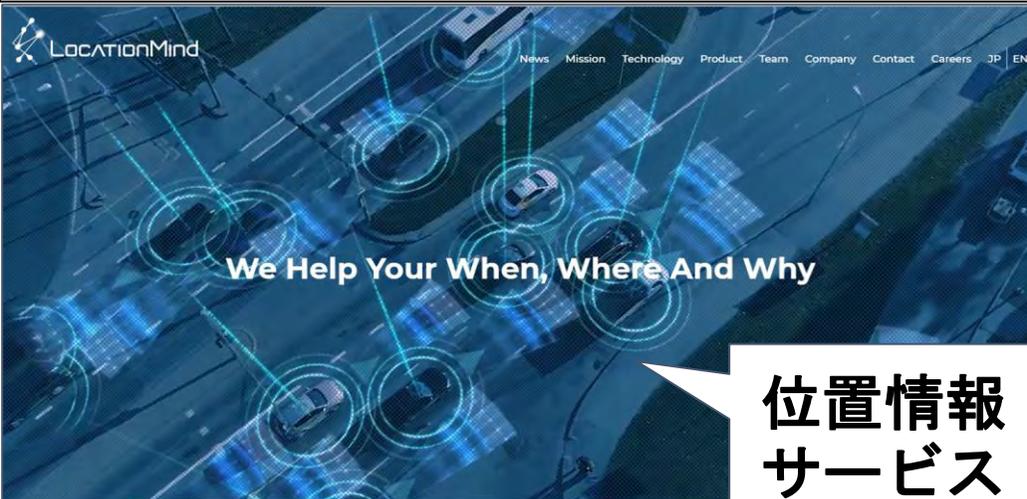


本事業成果の社会実装を目的とした起業

- **LocationMind株式会社：**
位置情報のAI解析サービスと高精度測位（CTO、CDO、エンジニアが本プロジェクトメンバー）
- **株式会社アークエッジ・スペース：**
小型衛星開発製造・運用（CEOが本プロジェクトメンバー）
- **株式会社イティサス：**
衛星測位によるスポーツDX（CEOが本プロジェクトメンバー）
- **株式会社GLODAL：**
衛星データ×AI人材育成（CEOが本プロジェクトメンバー）
- **（株式会社New Space Intelligence）**
衛星データサービス（令和3年11月2日設立）（エンジニアが本プロジェクトメンバー）

LocationMind株式会社

<https://locationmind.com>



位置情報
サービス

株式会社アークエッジ・スペース

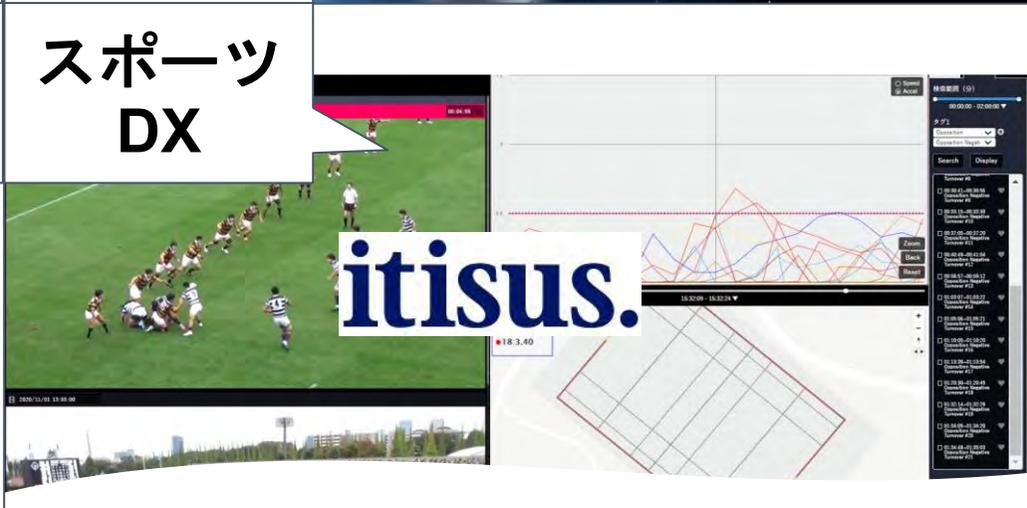
<https://arkedgespace.com/>



小型衛星
開発製造



データ・AI
人材育成



スポーツ
DX

株式会社GLODAL

<https://glodal-inc.com>

株式会社イティサス

3. 国際的な人材育成力の強化

ワールドスペーススクール (WSS) 実施内容

ワールドスペーススクールの実施内容：

- 初年度、ルワンダにおいて約30名の大学生、大学院生、教員を対象にハンズオンワークショップを試験的に実施するとともに、インドネシアにおいても政府関係者向けワークショップにて紹介し、オンライン教育はユニーク数で約100名程度が利用した。
- 次年度令和元年度においては、宇宙情報の活用に必要なIT基礎講座プログラムの追加検討を行った上で、エジプトにおいて宇宙利用のハンズオンプログラム実施において、コンテンツを提供するとともに解説を行った。さらに、チリ、アンゴラ、コートジボワールへのプログラムの紹介を行った。延べ利用者は200名を超えた。
- 本WSSプログラムは、オンラインコンテンツのみならず、ハンズオントレーニング等のプログラムの拡充とモデル的なプログラム形成を前提としていることから、最終年度において、実際のワークショップをエジプト、ルワンダ、UAE、インドネシア、チリ等におけるワークショップとプログラムの拡充、実利用化を想定していたものの、軒並み対象国において、海外出張等が不可能になるのみではなく、各地域ロックダウンとなり、想定計画が困難な状況となった。そのため当初想定したような総合的なプログラムが困難な状況下で、各大学においてビデオ教材等の活用を行う程度に留まっている状況。
- 他方、事業終了後、2021年度に入り、各大学、各国との活動が再開しつつあり、チリ大学、ルワンダ大学及びルワンダ政府、ハリファ大学等との共同プログラムの再開しつつある。
- 約200名以上が同プログラムに参加し、最終年度はCOVID19により、中断等余儀なくされたものの、概ね目標は達成し、コロナが収束しつつある現在、継続的な活動が再開されようとしている。

以下の教材を中心に、ルワンダ、インドネシア、チリ、UAEにおいて実施した

- 宇宙工学（東京大学；宇宙工学基礎軌道設計、熱デザイン、姿勢制御等々）
- 宇宙利用分野（山口大学；衛星リモートセンシング基礎、光学・SAR・利用分野等）
- 宇宙環境（JAXA；ISSの活用等）



3. 国際的な人材育成力の強化

プロ育成コース



プロコース受講生（一部）のプロフィール写真



プロ育成コースは、修士・博士や若手研究員のうち希望するものが、複数大学や企業にまたがる何人かの専門家・教員から、研究・開発だけでなく、事業化アイデアやその実現の方法について議論し、具体例を通じて実践的な学びを得ていくというものである。

- 1) 年多少波はあったが、3年間で12名（修士学生、博士学生、ポスドク）名が修了した。
- 2) 上記の修了者のうち、3名は本プロジェクトから立ち上がったスタートアップ企業で活躍しており、プロとして歩み始めた。



2年度目 プロコースセミナー第1回目



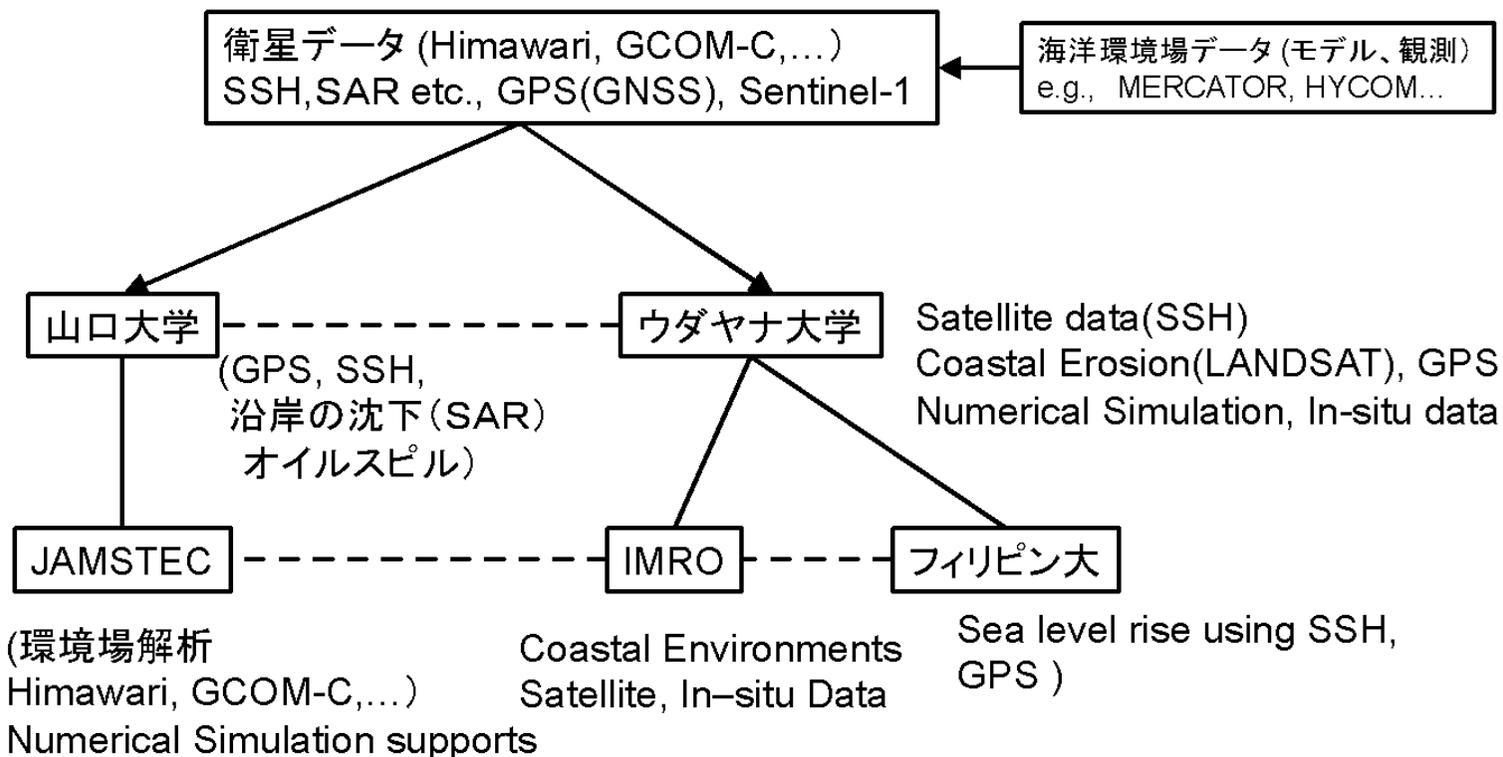
2年度目 プロコースセミナー第2回目

人材育成を通じた 国際アウトリーチ力の強化事例

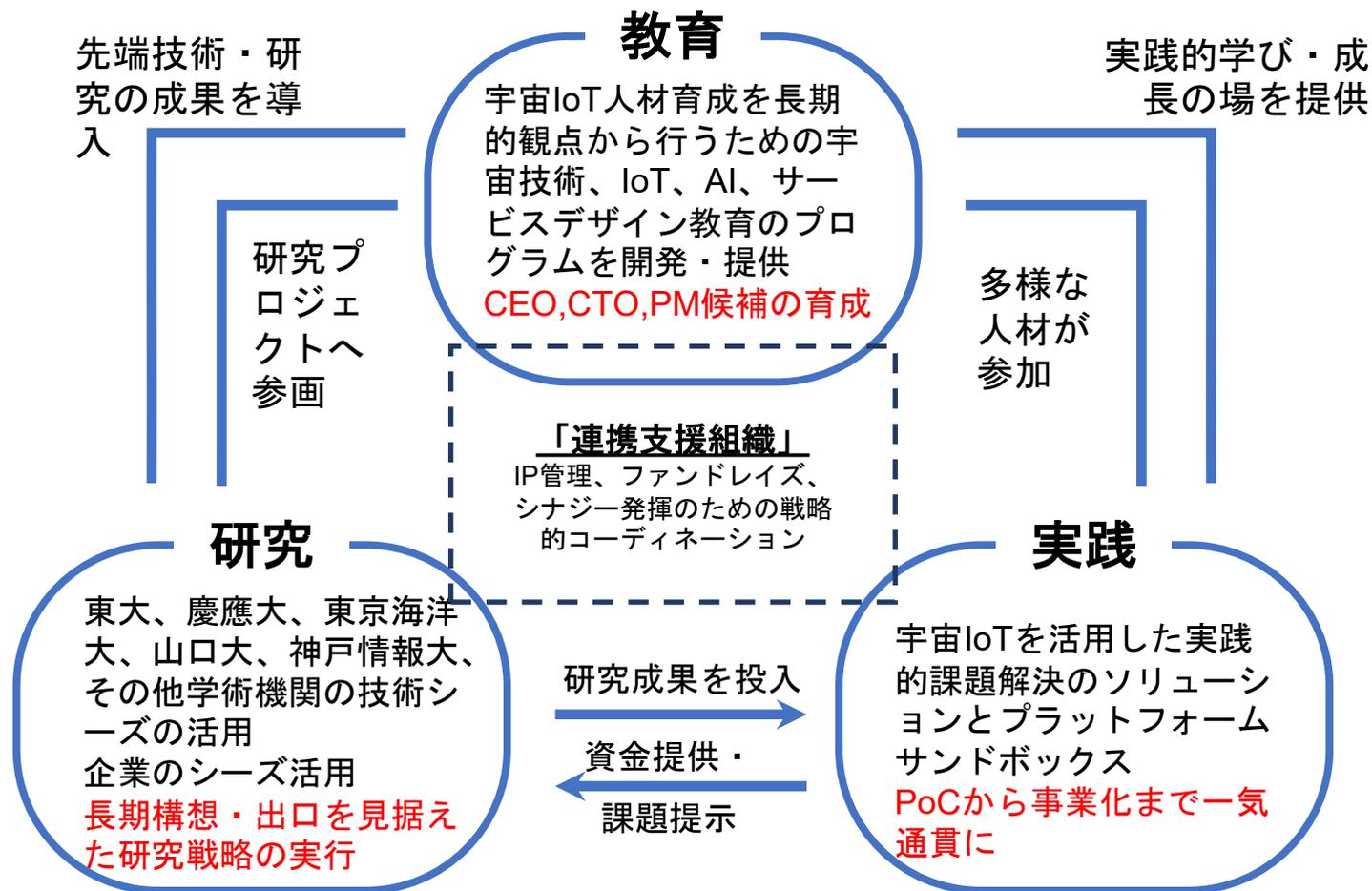
1. ルワンダにおいては、本事業によって、進展した宇宙協力によって、人材育成が進み、ルワンダに宇宙庁が2021年に設立された。宇宙庁CTO、CSOは本プログラム参加者が就任しているほか、WSSや共同事業参加者がルワンダ政府教育閣外大臣に就任した。
2. これらの宇宙協力事業の成果に基づき、JICA事業としてルワンダ宇宙政策策定支援事業が実施された。ただし、同事業は、専門家派遣等が中心となっていたところ、COVID19のため、派遣中止となっていたところ、本事業関係者たちのネットワークにより、継続して宇宙政策策定支援や共同研究事業を実施した。
3. チリ大学では、本事業によってWSSやプログラムに参加したグループによって、3U衛星事業が計画されている。そのための実証試験として、ルワンダ衛星RWASAT 1を活用した地上試験が行われており、気候変動対策や防災プログラムとしての活用が検討されている。
4. UAEハリファ大学では、3U, 6Uの人材育成事業が進められている。COVID19の影響により、当初最終年度を目指していた事業が、2021年10月以降、再スタートにむけた動きとなりつつある。

アジア・アフリカ等の拠点大学との 共同研究等から得られた技術シードの事業化

国外の共同研究機関との共同研究をもとに「e-ASIA共同研究プログラム(e-ASIA JRP)2020年度」に応募。
「海洋大陸における沿岸の脆弱性の評価とモデリング」と題し、インドネシア、フィリピンの沿岸環境の気候変動における影響、環境問題を衛星データ、GPS、数値モデル等を用いて、これら地域の環境、脆弱性を評価することを提案した。結果は不採択であったが、引き続き連携を強化し提案していく。



三位一体型の人材育成システムの概念



事後評価票

令和3年3月末現在

1. プログラム名 宇宙連携拠点形成プログラム
2. 課題名 社会サービスデザインに基づく持続的な宇宙利用連携研究教育拠点 (IS4D) の構築
3. 主管実施機関・研究代表者 国立大学法人東京大学・教授 中須賀真一
4. 共同参画機関 学校法人慶應義塾、国立大学法人山口大学、国立大学法人東京海洋大学、一般財団法人宇宙開発利用促進機構、株式会社パスコ
5. 事業期間 平成30年度～令和2年度
6. 総経費 150 百万円
7. 課題の実施結果
(1) 課題の達成状況
「所期の目標に対する達成度」 ◆ 所期の目標（提案書よりの抜粋） 宇宙インフラをIoT、人工知能分野等と連携させつつ、農林業、都市開発、交通等の幅広い分野で新しい産業・社会サービスを実現しようとする世界的な競争が始まっている。利用者や社会の目線からサービスやシステムをデザインする「社会サービスのデザイン論」に基づき、宇宙インフラ技術を様々な分野での革新的利用につなげることを目的として宇宙連携拠点を構築する。 応募者らは超小型衛星の製作・運用、観測・通信・測位システムの構築、衛星データ解析、社会サービスのデザイン論に基づく国際的な人材育成などで大きな成果を挙げており、この蓄積をコアとして多くの大学（国内・海外）、国際機関、開発銀行等と連携し、宇宙利用連携研究・教育機構を設立し、持続的な運用体制を確立する。 ◆ 達成度 実施項目ごとの達成状況を下記に整理する。 細分化された実施項目毎の達成状況とその根拠については、中間評価時に提案した評価指標とその目標値と比較しながら表1に整理した。 1. コア技術の開発 「コア技術開発」については、下記の5つの項目からなるが、全てにおいて、「目標は達成された」ないしは「目標は概ね達成された」と評価した。特に1.4 高精度測位・高信頼性測位については技術開発のみならず、低価格受信機の開発と配布、それらを利用したハッカソン（ラピッド

プロトタイプ・チャレンジ)の開催、国際的なGNSSネットワーク組織(MGA:MultiGNSS Asia(事務局は測位航法学会))との連携など、教育的・知識共有的な観点から見ても、大きな成果を上げた。

- 1.1 超小型衛星を利用した宇宙インフラ技術
- 1.2 リモートセンシング技術:
- 1.3 データサイエンス(衛星データ・地理空間データの統合解析技術)
- 1.4 高精度・高信頼性測位技術
- 1.5 社会・産業サービス・システムデザイン手法の開発

2. 連携力・営業力の強化

「連携力・営業力の強化」は、下記の4つの項目からなるが、全てにおいて、「目標は達成された」ないしは「目標は概ね達成された」と評価した。特に、2.1産学研究プロジェクトについては山口県を中心に県や宇部市、地元企業グループの協力があり、特色ある産学連携が達成できた。

- 2.1 産学研究プロジェクト
- 2.2 関連分野との基礎共同研究プロジェクト
- 2.3 国際機関等との連携
- 2.4 投資機関等との連携

3. 国際的な人材育成力の強化

「国際的な人材育成力の強化」については、新型コロナによる活動制限によりワールドスペーススクールにおいては一部活動が制限されたものの、下記の全ての項目において「目標は概ね達成された」と評価した。

- 3.1 プロ育成コース
- 3.2 ワールドスペーススクール(WSS)

4. 国際的なアウトリーチ力の強化

「国際的なアウトリーチ力の強化」については、新型コロナにより海外に渡航活動が制約され、国際会議等もキャンセルされるなどの障害はあったものの、既に繋がりのある国連組織(統計局、UNDP、ITUなど)やアジア開発銀行、世界銀行などとの情報交換等は継続され、プロジェクトの実施とそれによるSDGsへの貢献を具体化できた。そのため、下記の全ての項目について「目標は達成された」「目標は概ね達成された」と評価した。

- 4.1 SDGsへの貢献
- 4.2 政策形成等

5. 宇宙利用連携研究・教育機構の運営方法・体制の検討

「宇宙利用連携研究・教育機構の運営方法・体制の検討」については、本プログラムから立ち上がった4社を中心にスタートアップ企業と大学が連携する形で組織(宇宙サービスイノベーションラボ(SSIL))を立ち上げた。具体的には、事業協同組合の形態を取り、商工中金や民間VC等

の支援を受けて、2021年5月には都知事の認可を得て登記を完了した。これは大学と企業の長所を組み合わせつつ、教育から研究開発、さらにスタートアップなどを通じた社会実装や新しい経済活動の促進を実現する機能をカバーしている。同時に事業協同組合という既存の仕組みを利用することで、商工中金などの既存の金融組織の支援も引き出すことができた。こうした観点から事業協同組合を利用した例は皆無であり、今後のモデルとなり得る。民間大手企業との実証実験による収入を得つつ、競争的研究資金の獲得活動などを進めており、自立的なファイナンス基盤も築きつつあることから、下記の全ての項目について「目標は達成された」と評価した。

5.1 ガバナンス

5.2 ファイナンス

6 本事業成果の情報発信と啓蒙普及

オフラインで十分な討議時間が取れないケースもあったが、毎年成果の公開や潜在的な連携機関の募集などをワークショップ、シンポジウムなどの形で行い、成果の発信と共有を行った。なお、2021年3月以降も宇宙サービスイノベーションラボ（SSIL）としてシンポジウム等を実施している。また、2021年12月には、日本を代表するスタートアップ企業(群)として三井不動産による宇宙ビジネスウィークにも出展する。以上から「目的は概ね達成された」と評価した。

表1 実施項目ごとの評価指標

実施項目	目標	評価指標 (中間評価時)	達成状況 (2021年3月末)
1.1 超小型衛星を利用した宇宙インフラ技術	S&Fの実用化の目処を立てる。	・S&Fの受信成功率40%以上、通信ができた回数10以上、システム全体として実用化の目処を立てること。	<p>■目標は概ね達成できた。</p> <p>1) S&F実用化のためのアンテナコストダウンに成功し、作成物による衛星との通信に成功した。</p> <p>2) 衛星の姿勢制御の問題などもあり、実験衛星との通信成功率はまだ低いものの、S&Fを実現する超小型IOT衛星によるコンステレーションを技術的にも事業的に実現できる見通しがあった。</p> <p>3) コロナの影響もあり、海外展開は難しかったものの、チリにおいて通信実験を実施し、衛星との通信に成功した。</p> <p>4) Ark Edge Space社として事業を開始できる(2021年3月に事業開始)ところまで到達した。</p>
1.2 リモートセンシング技術	マッピングシステムの提供。	・AIを利用したマッピングシステムを提供すること(登録利用者対象)。	<p>■目標は概ね達成できた。</p> <p>1) AIを利用したマッピングシステムを構成する基本的な分類モデルについては、GeoVisionという名称で、Githubを通じてオープンソース化された。</p> <p>2) それらを組み合わせたマッピングシステムは災害時の被害の迅速把握などで利用できるようになった。システム利用者の登録制度などの確立には至らなかったが、実際の災害対応で用いられるなど社会実装はできた。</p> <p>3) 種類の異なる衛星センサデータの統合利用について検証を行い、様々な手法による多種衛星画像を組み合わせたマッピングが可能になった。</p>
1.3 データサイエンス(衛星データ・地理空間データの統合解析技術)	マッピングと連携した社会経済モニタリングシステムの開発。	・マッピングと連携した社会経済モニタリングシステムを提供すること(登録利用者対象)。	<p>■目標は概ね達成できた。</p> <p>1) 携帯電話から得られる位置データを利用して人流解析を実施し、統計化できるソフトウェアをオープンソース化できた。Mobipackとして公開した。</p> <p>2) Mobipackによる人々の生活状況推定データと、衛星画像による市街地の広がりや密度変化マップを組み合わせ、人々の活動状況をマッピングできるようになった。その成果は、アジア開発銀行によるテクノロジーイノベーション・チャレンジに提案された。(その後、2021年10</p>

			<p>月には採用されたことが判明した。)</p> <p>3) 上記システムは利用者を登録し利用させるところには至っていないが、ソースコードの提供やトレーニングを通じて、新型コロナ対策立案に利用できる人流統計作成に定常的に利用されている (ルワンダ・モザンビーク)。</p>
1.4 高精度・高信頼性測位技術	高精度測位のコモディティ化。 位置認証サービスの開発。	<ul style="list-style-type: none"> 高精度測位のコモディティ技術をオープン化すること。 位置認証サービスの実験的に提供すること。 	<p>■目標は達成できた。</p> <p>1) 低コスト MADOCA 受信機 (基準点を必要としない高精度測位受信機) を Windows、Android、RaspberryPi 向けに開発し、20 分以内に 20cm の精度で測位できることを確認した。同様に、スマートフォンを利用して RTK 測位のできる受信機 (サーバも含む) を開発した。</p> <p>2) 低コストで欺瞞信号検知できる受信機を開発し、準天頂衛星システムと組み合わせたデモ (位置認証実験) を実施した。準天頂衛星からの欺瞞防止信号の信号にも成功しているが、定常的な送信とはなっていないため、定常的なサービス提供には至っていない。</p> <p>3) 以上を利用したオンライントレーニング教材を開発し、最終年度にはセミナーを 8 回、実施した。</p>
1.5 社会・産業サービス・システムデザイン手法の開発	社会・産業サービス・システムデザイン手法の開発	<ul style="list-style-type: none"> ワークショップ等を駆使したシステムデザイン手法の教授方法を確立。ケース教材を充実化すること。 上記の教材を提供すること (一部オープン、一部登録利用者のみ)。 	<p>■目標は概ね達成できた。</p> <p>1) 利用者の課題を理解し、その解決に資する技術ソリューションと実装方法をデザインする手法を「デザインプロセス」として開発した。</p> <p>2) 小農へのファイナンスサービスなどをいくつかの事例を対象にデザインプロセスの適用事例を作成した。</p> <p>3) これらの成果は論文出版を行い、成果を公開した。教材としての公開までには至らなかった。</p>
2.1 産学研究プロジェクト	産学研究プロジェクトの実施。	<ul style="list-style-type: none"> 毎年、5 件以上の産学研究プロジェクトを実施。 終了時には IS4D が企業 10 社以上からの共同研究実施窓口となる。 5 つの中の一つは地方発のプロジェクトを実施。 	<p>■目標は達成できた。</p> <p>1) 初年度より、山口県庁、山口県産業技術センターとメンバー企業からなる「衛星データ解析技術研究会」を組織し、衛星データや測位システムの利用に関する (5 件以上の) 共同研究プロジェクトを地方発プロジェクトとして実施した。</p> <p>2) 終了時 (2021 年 3 月) には、山口県宇部市と連携し、宇宙利用的思考研究会を立ち上げ、共同研究の具体化を進めたほか、別途、測量機器メーカー、建設システムレンタル企業、建設機器メーカー、交通サービス企業、農業企業等と共同研究の計画を開始し、IS4D を媒介として 10 社以上とつながった共同研究検討の窓口を立ち上げた。そのうち少なくとも 1 件が山口県発となっている。</p>
2.2 関連分野との基礎共同研究プロジェクト	研究成果の技術開発への取り組み	<ul style="list-style-type: none"> AI や IoT 分野の研究者の成果を「コア技術開発」へ取り込むこと。 	<p>■目標は概ね達成された。</p> <p>1) 産業技術総合研究所 (産総研)、東京大学・情報理工学研究所を通じて、AI による画像処理や超解像技術などの研究を深めた。それらの成果は、Geovision という名称でオープンなプラットフォームに反映されている。IoT 分野については東京電機大学の専門家から支援を得た。</p>
2.3 国際機関等との連携	国際機関とのプロジェクトの実施	<ul style="list-style-type: none"> 国際機関 (開発銀行を想定) とのプロジェクトを毎年 1 つ以上実施。 終了時には複数機関との協力 MOU を締結。 インド・中国・アフリカ・中南米・東南アジアの各地域で初年度から各一カ所の拠点大学を選び、共同プロジェクトを実施 (全体で 5 プロジェクト)。 終了時まで 8 プロジェクトに増加。 	<p>■目標は概ね達成された。</p> <p>1) アジア開発銀行、MGA (マルチ GNSS アジア: GNSS の専門家による国際ボランティア団体)、世界銀行、ERIA (東アジア・アセアン経済研究センター) との共同調査・研究プロジェクトを毎年合計 1 つ以上立ち上げた。</p> <p>2) MOU についてはアジア開発銀行、アジア工科大学院、南方科技大 (中国・深セン) とは締結したものの、その他の組織については新型コロナによる渡航制限等もあり、締結には至らなかった。しかし、エジプト宇宙庁とは LOI を締結した。</p> <p>3) インド (IIT ボンベイ)、中国 (南方科技大)、アフリカ (ルワンダ大学、ガストン・ベルジェ大学)、東南アジア (アジア工科大学院、ダッカ大学、フィリピン大学)、中南米 (チリ大学)、中東 (UAE 大学) と連携をし、それぞれ共同研究あるいは教育プロジェクトを立ち上げた。中南米はコンタクトを試みたが、共同プロジェクトの立ち上げに至らなかった。</p> <p>4) インド 1、中国 2、アフリカ 2、東南アジア 3 のプロジェクトを立ち上げた。</p>
2.4 投資機関等との連携	投資機関と連携する。	<ul style="list-style-type: none"> 拠点で育成される学生・若手研究者・エンジニア等が、ビジネスコンテスト等で毎年確実に成果を披露。 	<p>■目標は概ね達成された。</p> <p>1) 2 年度目には S-Booster (内閣府主催の宇宙ビジネスコンテスト) で、アジア工科大学院・東京大チームがファイナリストとなった。</p> <p>2) 最終年度までに東大 3 社、慶應義塾大学 1 社が起</p>

		<ul style="list-style-type: none"> ・終了時までには3社が起業。 	<p>業した。(位置情報解析、超小型衛星製造、AI人材育成・教育、スポーツ分野のDX技術開発)うち2社は合計8億円程度の資金調達に成功した。特に教育を事業化する起業があったことは本事業の成果として意義深い。(なお、さらに1社が2021年11月に登記予定である。)</p>
3.1 プロ育成コース	プロ育成コースを実施する。	<ul style="list-style-type: none"> ・毎年5名以上がトレーニングを受け、終了時までには10名以上が修了する。 	<p>■目標は概ね達成された。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 毎年多少波はあったが、3年間で12名(修士学生、博士学生、ポスドク)名が修了した。 2) 上記の修了者のうち、3名は本プロジェクトから立ち上がったスタートアップ企業で活躍しており、プロとして歩み始めた。
3.2 ワールドスペーススクール(WSS)	ワールドスペーススクール(WSS)を実施する。	<ul style="list-style-type: none"> ・初年度100名、2年度200名、3年度300名以上の受講者を国内・国外から集める。 	<p>■目標は概ね達成された</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) WSSは初年度からコンテンツが整備され初年度100名(和井田大学を中心)を皮切りに2年度目からはエジプトも加わり、概ね数百人の受講者を得た。 2) WSSのコンテンツは対面を要する演習等の授業との組み合わせを前提とした構成につき、最終年度はコロナ禍のため実施できなかった。
4.1 SDGsへの貢献	SDGsに貢献するプロジェクトの実施。	<ul style="list-style-type: none"> ・国際機関(開発銀行を想定)とSDGsに貢献するプロジェクトを毎年1つは確実に実施。 ・終了時までには国際機関との定期会合を実現。 	<p>■目標は達成された。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 国際機関(UN統計、UNDP、ADB、WB等)との共同プロジェクトは、交通サービス、都市環境改善、農業支援、貧困対策・スラム対策などほぼ全てSDGsに直接貢献するものとなった。 2) アジア開発銀行とは宇宙技術・地理情報技術の利活用の観点から、いくつかの部署とほぼ定期的な会合を実現するに至った。いくつかは具体的なプロジェクト実施につながっている。(そのうち、2プロジェクトについては、ADBからの競争的開発ファンドが得られた。)
4.2 政策形成等	宇宙インフラ政策やデータ政策をハイレベル会合へ打ち込む。	<p>毎年、ハイレベル国際会議・首脳級会合等での宇宙インフラ政策やデータ政策を打ち込み、ロビー活動を行うこと。</p>	<p>■目標はおおむね達成された。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 初年度は世銀とアフリカ教育支援を検討し、ERIAと海洋産業性の強化などの政策材料を検討した。 2) 二年目には、TICAD7におけるアフリカ宇宙フォーラム、エジプト科学技術大臣と東大のLOI署名、国連宇宙平和利用委員会などにおいて、宇宙人材育成やデータ活用政策などの提案を行った。 3) 最終年度は主な国際会議等は開かれなかったものの、新型コロナ対応支援のために、アフリカ開発銀行、ナイジェリア、アンゴラ等と支援方法について協議をした。ルワンダ、モザンビークについては本グループの支援によりモバイルデータ解析等が実施された。
5.1 ガバナンス	拠点を立ち上げる。	<ul style="list-style-type: none"> ・拠点を持続的な形で立ち上げる。 	<p>■目的は達成された。</p> <p>大学発スタートアップ(本プログラム期間中に立ち上がった4社を含む)と大学が連携する形で組織(宇宙サービスイノベーションラボ(SSIL))を立ち上げた。事業協同組合の形態を取り、商工中金や民間VC等の支援を受けて、2021年5月には都知事の認可を得て登記を完了した。</p>
5.2 ファイナンス	拠点を立ち上げる。	<ul style="list-style-type: none"> ・拠点を持続的な形で立ち上げる。 	<p>■目的は達成された。</p> <p>上記の宇宙サービスイノベーションラボは、5社程度の民間企業と実証実験や実験的開発事業を実施する契約を結ぶなどして、資金確保の目処を付けており、持続的な拠点の基礎が築かれたと言える。</p>
6 成果報告会等	報告会の実施。	<ul style="list-style-type: none"> ・毎年、成果報告会やシンポジウムを開催する。 	<p>■目的は概ね達成された。</p> <p>オフラインで十分な討議時間が取れないケースもあったが、毎年成果の公開や潜在的な連携機関の募集などをワークショップ、シンポジウムなどの形で行い、成果の発信と共有を行った。なお、2021年3月以降も宇宙サービスイノベーションラボ(SSIL)としてシンポジウム等を実施している。</p>

「必要性」

超小型衛星のコンステレーションを中核とした宇宙技術の革新が急速に進み、政府による投資や利用促進、さらに民間による資金投入などによって技術の社会実装は大きく加速されつつある。近い将来、豊富で多様な宇宙アセットを利用して、様々な地球的・社会的課題を解決する社会サービスが大きく進化し、包摂的開発が加速すると期待される。本提案は、こうしたトレンドを予想し、「宇宙インフラの革命を地上のサービスイノベーションにつなげる仕組み」として、コア技術の体系的な開発や人材育成、国際的なアウトリーチなどを構想した。そこで、「科学的・技術的意義」と「社会的・経済的意義」に焦点を当てて必要性について評価する。

■1. 「科学的・技術的意義」からの必要性の評価

宇宙インフラ技術については、今後グローバルに普及するIoTシステムを対象とした超低廉・ワイドカバレッジな宇宙通信システムが比較的開発の遅れている点に着目して、それを支える超小型衛星製造技術や運用技術に着目して開発を進めた。この技術は2021年には東大発スタートアップとして事業化につながり、エンジェルラウンドにおいて4億円を超える資金調達に成功するなど、技術的な必要性・意義に加え、社会的な意義や期待も高かったことがわかる。

一方、宇宙インフラを地上での様々なサービスにつなげるための要素技術として、高精度・高信頼性衛星測位のコモディティ化技術、多種多様な衛星画像を組み合わせる解析できる基盤技術、モバイル位置データなどを衛星画像と組み合わせた統合的解析技術(社会経済状況の推定なども含んだ解析技術)などを開発した。これらは現在、個別技術としても非常にホットになっており、本プロジェクトはさらにそれを統合してサービスにつなげられる枠組みまで提供していることから、技術的な必要性という観点で十分高いと評価できる。これらの技術分野からも、4億円以上の資金調達を経て、スタートアップが3社立ち上がっている。

■2. 「社会的・経済的意義」からの必要性の評価

社会的・経済的意義については、開発された技術システム群を本プロジェクトが国際的にアウトリーチし、開発途上国における持続的開発(SDGs 達成)支援などに試験的に適用する事例をいくつも実現したこと、活動内容がTICAD等のハイレベル政策会議の俎上にも取り上げられたことなどを考えると、本プロジェクトの目指した目標は、社会的・経済的な必要性に十分応えたものとなっていると評価できる。

さらに、本プロジェクトに参加した大学メンバーから4社のスタートアップが起業し資金調達にも成功した点、さらスピード感のある社会実装や経済の活性化、さらに国際競争力の強化(例えば、スタートアップ企業はすでに国際的なプロジェクトにも進出している。)にも繋がっている点などを考慮すると、スタートアップ立ち上げをミッションの一つとした本プロジェクトの必要性は非常に高いと評価できる

なお本プロジェクトは、大学で長年育まれてきた技術資産が、競争的研究資金を得て大きく花開いたものであり、しかもプロジェクト期間終了後、その成果実装を持続的に維持・拡大できる産学連携の拠点組織の立ち上げにも成功していることから、国費を用いた研究開発ブーストが持続的な社会実装につながりつつあるという意味でも、成功例として評価できる。

「有効性」

■1. 「実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組」の観点からの有効性の評価

本プロジェクトにおけるコア技術開発により、IoT 衛星の開発・実装技術から多様な衛星データ・地上データの統合的な解析技術、高精度測位サービスのコモディティ化技術から、実際のアプリケーション開発まで、ユーザー視点のサービスデザインという考え方で連結することが可能となった。すなわち、技術的な側面について、課題の拾い出しからサービスやアプリのデザインの実現まで、End to end な全段階を通じた取り組みが完成していると言える。

実用化・事業化や社会実装については、大学と民間企業による共同研究に加え、大学からスタートアップ企業を立ち上げることで、直接的かつ迅速に社会実装を促進することが有効である。これについても本プロジェクト期間中に4社が起業し、2021年11月にはさらにもう1社が起業する予定である。

企業を行った企業はなど四者であるが、衛星技術に止まらずデータ解析技術やサービスの分野でも2社が起業している点が重要である。ロケーションマインド社はAIによる人流解析や移動の最適化、さらに高精度測位・高信頼性即位のコモディティ化技術を中核的なサービスとしており、経緯者は位置情報を利用したスポーツトレーニングの支援という事業を展開しつつある。このように分野が多様であることに加え、4尺OKでエンジェルラウンドにおいて合計約8億円の資金調達を成功させている電話、有効性の観点から高く評価できると考えられる。

また4社とも本プロジェクトで育った学生や研究者が中核メンバーを占めており、人材育成という観点でも極めて高く評価できる。

■2. 「知的基盤の整備への貢献(拠点組織の立ち上げによる波及効果も含む)」の観点からの有効性の評価

本プロジェクトではオープンな知的資産として、教材やサービスデザインガイドラインに加え、低廉な高精度測位デバイスと位置情報解析ソフトウェア(オープンソース)を開発した。高精度測位デバイスはAndroid、Windows、Raspberry Piといった一般的なデバイスの上に実装できるようになっており、誰でも容易に利用できる。また中核となるソフトウェアはRTK-Libといったオープンソースを採用しており、追加的な改良も容易である。それらに加え、位置情報解析ソフトウェアもオープンソース化したが、これは大量の携帯電話位置データから人流統計マップを生成することができるものであり、オンライントレーニングの教材と合わせて整備された。その結果、アフリカの2カ国(ルワンダとモザンビーク)で実用されている。各政府が直接、新型コロナ対策の支援ツールとして実用している。

こうした知的資産に加え、大学連合とスタートアップ企業チームが連携して、宇宙技術の開発や利活用人材の育成、技術の開発と実装・事業化を目指す拠点組織を、横展開が容易な形でデザインできることを示した点も意義深い。具体的には、事業協同組合という既存のスキームに、大学発スタートアップの連合チームをあてはめ、大学とのアドバイザー関係を加えるというアプローチである。本プロジェクトでは、実際に東京都知事の認可を得て、事業協同組合・宇宙サービスイノベーションラボを、5大学と4社のスタートアップの連合として2021年5月に立ち上げた。2021年11月時点では、スタートアップは7社となっている。中小企業担当の政府金融機関である商工中金も事業協同組合を利用する流れを金融面から支援することを決めており、今後それに倣う事例が登場することが大いに期待されている。すなわち新しい組織の立ち上げ方式・デザインについて、新しい社会的知的資産を増やしたと言える。

以上のことから本プロジェクトは有効性という観点からも高く評価できる。

「効率性」

効率性の中で「費用構造や費用対効果向上方策の妥当性」という側面に着目し、「研究開発の手段やアプローチの妥当性」という評価項目に対して、評価を行った。

コア技術の開発においては、一部に衛星設計や製造、打ち上げなど多額の費用を要するものがある。しかし、これらについては外部の研究開発資金を充てるのと同時に、成果の役割分担を明確に行うことで、本プロジェクトではピンポイントに有効な投資を行った。例えば、超小型 IoT 衛星については、IoT 機器との通信を支配するアンテナ設計、送受信機設計・実験に焦点を当て、高い投資効率を達成した。

そのほかの研究成果物の大半はソフトウェアやデータ、教材等の資料であるため、その作成に必要な人件費に研究予算を投入した。なお、新型コロナの影響により一部の旅費は執行できなかったため、それらについては返納処理を行った。

また、効果的な社会実装を進めるためにスタートアップ企業を4社立ち上げているが、それらが調達した資金は本プロジェクトの成果を社会実装するためのものであるとも言え、その意味で「国費による研究開発成果の社会実装を、民間資金を集めて加速することに成功した」わけであり、その点でも非常に効率性は高い。

さらに、宇宙サービスイノベーションラボ（SSIL）結成後は、大手民間企業との POC（実験的検証プロジェクト）を有償で行っているほか、競争的な国際的研究開発資金（アジア開発銀行によるテクノロジーイノベーション・チャレンジ）の獲得を目指していることなど、国費投入という観点から効率性は非常に高いと評価できる。（なお、2021年10月段階で、提案受理の連絡を受け、現在契約手続き中である。）

（2）成果

「アウトプット」

■1-1. アウトプットに関する事後自己点検の実施方針

中間報告では、成果（アウトプット）の自己点検にあたっては、表・1に示したような「実施項目ごとの評価指標」と対比することで、実施項目ごとの達成状況を定量的に評価するとしていた。

本事業では個別の技術開発にとどまらず、技術要素を組み合わせる様々なソリューション等を幅広く検討・実験することで、宇宙システムが幅広く社会インフラとして利用されることを示し、かつそれを促進する研究・教育拠点が立ち上がることが重要なポイントである。そのため、持続的な形での拠点立ち上げを最大の目標とし、その過程において、コア技術の開発が進み、実証プロジェクトが国内外で実施されること、それらを通じて起業人材などの多様な人材育成の目処がつくことを次の順位の目標としていた。

表・1の達成状況にまとめられたように、この点において、持続的な拠点組織が大学やスタートアップ企業を横断する形で立ち上がったことから、全体としてほぼ「もっとも成功したケース」（中間報告時に定義済み）を達成できたと考える。

■1-2. 実施項目毎のアウトプット

実施項目毎のアウトプットを、表・2に整理する。成果の詳細は様式②各課題の成果の概要と参考資

料にまとめた。

表 2 実施項目ごとのアウトプット

実施項目	小項目	アウトプット
1. コア技術の開発	1.1 超小型衛星を利用した宇宙インフラ技術	<ol style="list-style-type: none"> 1) 衛星搭載 S&F 受信機の高度化 <ul style="list-style-type: none"> ・ 衛星搭載 GPS の情報を直接 S&F 受信機に接続できるように改良し、ドップラー周波数を計算可能な仕組みを開発 ・ 開発した S&F システムは、RWASAT-1 衛星に搭載し、軌道上実証を実施 2) 地上アンテナの高度化 <ul style="list-style-type: none"> ・ これまで用いていたアンテナは、非常に高価であったが、本事業で安価・小型なアンテナを作成することに成功 ・ 本件で開発した衛星搭載 S&F 受信機と地上アンテナシステムを用いた、RWASAT-1 衛星との通信実験に成功 <p>コロナの影響で海外との実験はチリのみ実施し、通信実験に成功</p> <ol style="list-style-type: none"> 3) 衛星搭載 S&F SDR 受信機による高度化 <ul style="list-style-type: none"> ・ 衛星搭載 S&F 受信機の SDR 化を実施し、受信感度の向上を目指した ・ 試作機を作成した結果、受信感度を上げることに成功 4) S&F の実用化 <ul style="list-style-type: none"> ・ 衛星の姿勢制御の問題などもあり、実験衛星との通信成功率はまだ低いものの、S&F を実現する超小型 IOT 衛星によるコンステレーションを技術的にも事業的に実現できる見通しがついた ・ Ark Edge Space 社として事業を開始できる(2021 年 3 月に事業開始)ところまで到達
	1.2 リモートセンシング技術	<ol style="list-style-type: none"> 1) AI を利用した衛星画像からの特徴抽出手法を目的とし、教師データを構築した。 2) マイクロ波反射複素強等を利用し、CNN、U-Net 等の特徴抽出等を検討し、地滑りや洪水など災害の教師データを構築した。 3) AI を用いた情報抽出の検証を実施し、災害、環境等の分野における「社会実装(平成 30 年 7 月豪雨災害)」を実施した。 4) AI を利用したマッピングシステムを構成する分類モデルについて基本的なものは、GeoVision という名称で、Github を通じてオープンソース化された。
	1.3 データサイエンス(衛星データ・地理空間データの統合解析技術)	<ol style="list-style-type: none"> 1) 携帯電話 CDR による移動体データ解析プラットフォーム「MobiPack」を開発した。さらに、オープンソースソフトウェアとして公開することで、通信事業者の能力開発を通じた移動体データ利活用の回転会を戦略的に進めるための体制を整えた。 2) MobiPack を世界銀行、アジア開発銀行、政府機関(ルワンダ、モザンビーク)、移動体データを扱う民間企業にデモンストレーションおよびセミナーを実施し、潜在的ユーザーのフィードバックを反映させることで、社会経済モニタリングにおける実用性に磨きをかけた。 3) 衛星データへの画像認識 AI 適用による建物マッピングシステムを構築し、建物の地理的分布という社会経済の一側面を広域にわたって観測する仕組みを構築した。これらの画像解析に用いるモデルアルゴリズムを集約したプラットフォーム GeoVision を構築した。 4) 夜間光衛星データを用いた社会経済モニタリングを試行し、災害やコロナ禍といった社会経済インパクトの推定に有用であることを確認し、NASA で公開されるデータを処理するシステムを構築した。 5) これらのシステム開発成果により、移動体データ解析と衛星データ解析が地理空間データとして管理され、マッピングと連携した社会経済モニタリングが実現できるように整備された。 6) コロナ禍のために国外研究協力者等、エンドユーザーとの連携が滞り、利用者登録向けサービスの構築は叶わなかったが、構想がアジア開発銀行による Technology Innovation Challenge に採択され、実装を進める予定である。
	1.4 高精度・高信頼性測位技術	<ol style="list-style-type: none"> 1) 低コスト MADOCA 受信機(基準点を必要としない高精度測位受信機)を Windows、Android、RaspberryPi 向けに開発し、20 分以内に 20cm の精度で測位できることを確認した。同様に、スマートフォンを利用して RTK 測位のできる受信機(サーバも含む)を開発した。 2) 低コストで欺瞞信号検知できる受信機を開発し、準天頂衛星システムと組み合わせたデモ(位置認証実験)を実施した。準天頂衛星からの欺瞞防止信号の信号にも成功しているが、定常的な送信とはなっていないため、定常的なサービス提供には至っていない。 3) 以上を利用したオンライントレーニング教材を開発し、最終年度にはセミナーを 8 回、実施した。

	1.5 社会・産業サービス・システムデザイン手法の開発	<p>1) 複数の社会課題を対象に、課題の分析から宇宙サービス・システムのデザインに至るまでのプロセスを開発</p> <p>2) コア技術の開発結果を適用しながら、複数事例で評価、システムデザイン手法の教授方法を検討</p> <p>3) システムデザイン手法を適用し、多様な場面に適用され、人材育成へと繋がるシステムデザインの一般適用の有効性について確認</p> <p>4) ケース教材の充実化</p> <ul style="list-style-type: none"> 「大規模農園での作業効率化サービス」高精度測位技術とプロダクトデザインによる農作業効率化支援 「小規模農家への金融サービス」地球観測データとモバイルデータを組み合わせた金融データに代わる新しい信用評価手法に基づく小規模農家への金融サービスの構築 「測位衛星の電子基準点の海外展開」海外の大学等に設置した電子基準点のデータを利用した高精度測位サービスの普及 「避難所支援供給サービス」危険地域情報や避難者の位置情報など衛星データを活用した健康確保のための災害ケアを提供する ICT サービス運用
2. 連携力・営業力の強化	2.1 産学共同研究プロジェクト	<p>1) 地域活性化を念頭に地域産業との産学連携を実施するため、民間企業との産学研究プロジェクトを継続し、事業化を検討した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ドローンと GRUS-1 衛星によるヒマヤイトンボの生息代替地モニタリング 宇部市総合戦略局 ICT・地域イノベーション推進グループと連携のもと、宇宙利用による地域産業強化やビジネスを目的とした宇宙利用的思考研究会立ち上げ <p>2) 南スマトラのユーカリ植林民間事業者と共同で、衛星測位、ドローン技術、長距離無線通信を組み合わせた高精度に林分材積を推定する手法を共同開発した。</p>
	2.2 関連分野との基礎共同研究プロジェクト	<p>1) 産業技術総合研究所(産総研)、東京大学・情報理工学研究所を通じて、AI による画像処理や超解像技術などの研究を深めた。それらの成果は、Geovision という名称でオープンなプラットフォームに反映されている。IoT 分野については東京電機大学の専門家から支援を得た。</p> <p>2) 経済分野での専門機関としてアジア開発銀行(担当:チーフエコノミスト・澤田教授)および JICA の事業において、衛星データへの AI 適用に関する研究開発成果の利活用を進めた。この成果は 2022 年実施予定のアジア開発銀行 Technology Innovation Challenge 採択事業にも利用する予定である。</p>
	2.3 国際機関等との連携	<p>1) アジア開発銀行、MGA(マルチ GNSS アジア:GNSS の専門家による国際ボランティア団体)、世界銀行、ERIA(東アジア・アセアン経済研究センター)との共同調査・研究プロジェクトを毎年合計 1 つ以上立ち上げた。</p> <p>2) MOU についてはアジア開発銀行、アジア工科大学院、南方科技大(中国・深セン)とは締結したものの、その他の組織については新型コロナによる渡航制限等もあり、締結には至らなかった。しかし、エジプト宇宙庁とは LOI を締結した。</p> <p>3) インド(IIT ボンベイ)、中国(南方科技大)、アフリカ(ルワンダ大学、ガストン・ベルジェ大学)、東南アジア(アジア工科大学院、ダッカ大学、フィリピン大学)、中南米(チリ大学)、中東(UAE 大学)と連携をし、それぞれ共同研究あるいは教育プロジェクトを立ち上げた。中南米はコンタクトを試みたが、共同プロジェクトの立ち上げに至らなかった。</p> <p>4) インド 1、中国 2、アフリカ 2、東南アジア 3 のプロジェクトを立ち上げた。</p>
	2.4 投資機関等との連携	<p>1) 2年度目には S-Booster(内閣府主催の宇宙ビジネスコンテスト)で、アジア工科大学院・東京大チームがファイナリストとなった。</p> <p>2) 最終年度までに東大 3 社、慶應義塾大学 1 社が起業した。(位置情報解析、超小型衛星製造、AI 人材育成・教育、スポーツ分野の DX 技術開発)うち 2社は合計 8億円程度の資金調達に成功した。特に教育を事業化する起業があったことは本事業の成果として意義深い。(なお、さらに 1 社が 2021 年 11 月に登記予定である。)</p>
3. 国際的な人材育成力の強化	3.1 プロ育成コース	<p>1) 毎年多少波はあったが、3 年間で 12 名(修士学生、博士学生、ポスドク)名が修了した。</p> <p>2) 上記の修了者のうち、3 名は本プロジェクトから立ち上がったスタートアップ企業で活躍しており、プロとして歩み始めた。</p>
	3.2 ワールドスペーススクール(WSS)	<p>1) WSS は初年度からコンテンツが整備され初年度 100 名(る和井田大学を中心)を皮切りに 2年度目からはエジプトも加わり、概ね数百人の受講者を得た。</p> <p>2) WSS のコンテンツは対面を要する演習等の授業との組み合わせを前提とした構成につき、最終年度はコロナ禍のため実施できなかった。</p>
4. 国際的なアウトリーチ力の強化	4.1 SDGs への貢献	<p>1) 2年度目には、文部科学省宇宙開発利用課と協力し、Space for SDGs 会合を開催し、今後の産学官連携による SDGs 貢献のプラットフォームの在り方について議論したほか、世界銀行等への優良事例の提示を通じて国際機関 SDGs 向けの技術やデータプラットフォームについて検討した。</p> <p>2) 本事業で開発した移動体データ解析プラットフォーム「MobiPack」をオープンソースとして公開し、通信事業者の能力開発を通じた海外展開の体制を、ルワンダ、モザンビークにて整えた。衛星データ解析についても GeoVision プラットフォームによりアルゴリズムやモデルをすぐに引き出せるように整えることで海外展開への足がかりを整えた。</p>

		3) アジア・アフリカ等の拠点大学、共同研究等から得られた技術シードの事業化を検討した。成果をもとに、フィリピン大学およびウダヤナ大学と連携し、「e-ASIA 共同研究プログラム(e-ASIA JRP)2020 年度」に「海洋大陸における沿岸の脆弱性の評価とモデリング」を提案した。結果は不採択であったが、引き続き連携を強化し提案していく。
	4.2 政策形成等	1) 本事業ではまず、初年度は世銀とアフリカ教育支援を検討し、ERIA と海洋連結性の強化などの政策材料を検討した。その後、ルワンダ、チリ、タイ、インドネシア、エジプト、UNDP、TICAD8 のほか、2020 年にギニアにて開催予定だった Smart Africa を目標に検討・実施してきた。 2) 最終年度はコロナ禍につき現地カウンターパートが対応できず、政策アクションという面では進捗を得られなかった。しかしながら、上記の国々とのオンライン協議や国際機関(国連、アフリカ開発銀行、アジア開発銀行、世界銀行、ERIA 等)との議論を通じて、情報共有等は進んでおり、今後の展開が大いに期待できる。
5. 宇宙利用連携研究・教育機構の運営方法・体制の検討	5.1 ガバナンス	1) 大学発スタートアップ(本プログラム期間中に立ち上がった 4 社を含む)と大学が連携する形で組織(宇宙サービスイノベーションラボ(SSIL))を立ち上げた。事業協同組合の形態を取り、商工中金や民間 VC 等の支援を受けて、2021 年 5 月には都知事の認可を得て登記を完了した。 2) なお、人材育成については、大学とスタートアップ企業が連携することで、事業化を題材とした CEO や CTO 等の育成教育を、研究・実践・教育の三位一体で進める計画である。
	5.2 ファイナンス	3) 上記の宇宙サービスイノベーションラボは、5 社程度の民間企業と実証実験や実験的開発事業を実施する契約を結ぶなどして、資金確保の目処を付けており、持続的な拠点の基礎が築かれたと言える。
6 本事業成果の情報発信と啓蒙普及	6.1 報告会の実施	オフラインで十分な討議時間が取れないケースもあったが、毎年成果の公開や潜在的な連携機関の募集などをワークショップ、シンポジウムなどの形で行い、成果の発信と共有を行った。なお、2021 年 3 月以降も宇宙サービスイノベーションラボ(SSIL)としてシンポジウム等を実施している。

なお、共同研究数等、拠点として機能した主な実績については、以下の通りである。

1. 途上国に対する新型コロナ対応支援：実験を実施した国（4カ国）、実利用に至った国（2カ国）
2. 高精度測位に関するハッカソン開催（RPD）：3回（2018年から2020年）
3. 国際機関への技術開発提案（総額が10万ドルを越えるもの）：2件（2021年10月に採択決定）
4. 拠点から起業したスタートアップ企業：4社

「アウトカム」（令和3年10月末時点）

■2-1. アウトカムに関する事後自己点検の実施方針

中間報告時には、本事業の目的となるアウトカム（効果・効用）とインパクトは、下記を提案した。この方針に沿って、自己点検を行った。

- 1) 宇宙システム（観測・測位・通信）を利活用するためのコア技術が、本事業参加者以外にもオープンソースソフトウェアやオープンな知識の形で広まること。特に実証実験等を組み合わせることで拡大が加速すること。（コア技術開発によるアウトカムやインパクト）
- 2) 産学官が参加する拠点が大学の枠を超えてコンソーシアムのような組織として立ち上がり、海外の大学・研究機関、国際機関・開発銀行、各国政府等にも知名度・認知度が広がること。（組織デザインと国際的な知名度やアウトリーチ力の向上というアウトカムやインパクト）
- 3) 研究成果ばかりではなく、ハイレベルな専門人材・起業人材などが本拠点と各大学との連携を通じて継続的に排出され、その人材のネットワークが広がること。（人材育成に関するアウトカムやインパクト）

■2-2. アウトカムやインパクト

1) コア技術開発によるアウトカムやインパクト

コア技術開発のアウトカムやインパクトは、大きく、技術開発成果をオープン化することで利用コミュニティや開発コミュニティを大きく拡げることで実現するものと、先端技術としてクローズしながらも事業化を諮ることで、資金調達などを経て大きな社会実装を目指すというものにわけられる。

(1) オープン化によるアウトカム

本プロジェクトでは高精度測位サービスや高信頼性測位サービスを低廉で普及が進んでいるデバイス上で実現する技術を開発し、それをオープン化しつつ、RPD（ラピッドプロトタイプ・チャレンジ）などのイベントを MGA（Multi-GNSS Asia）と言った国際ネットワーク組織と連携して実現することで、アジアに広がる大きなインパクトを生んでいる。2018年の第1回より毎年30名程度の参加を得ており、日本企業からも資金や機材の寄附を受けるなど、イベントとしても持続可能となっており、今後も継続される見通しである。

その他、携帯電話位置情報を利用した移動体解析ソフトもオープン化され、2カ国で継続的に実用された。新型コロナ対策支援に定常的に人流情報を提供しており、こうした例は世界初である。現時点で、アフリカの3カ国、アジア2カ国程度の地域で実施に向けた検討が進んでおり、衛星画像解析などの統合解析なども含め、継続的に拡大する努力を続けている。

(2) クローズドな先端技術によるアウトカム

一方、クローズドな先端技術は、それぞれ超小型 IoT 衛星の製造・運用企業や位置情報の AI 解析企業、位置情報を利用したスポーツトレーニングサービス企業、AI 人材育成企業などの形で、民間資金を集め（2021年3月時点で既に8億円程度の規模）、社会実装を加速している。SSIL と連携して国内・海外で競争的研究資金を得たり、国際的なコンテストで入賞したり、企業や公共機関との事業を開始するなど、大きなアウトカムやインパクトを生み出しつつある。

2) 組織デザインと国際的な知名度やアウトリーチ力の向上というアウトカムやインパクト

大学発スタートアップ（本プログラム期間中に立ち上がった4社を含む）と大学が連携する形で**事業協同組合（宇宙サービスイノベーションラボ（SSIL））**を立ち上げたが、これは事業協同組合という既存のスキームに大学発スタートアップの連合チームをはめ込み、さらに大学とのアドバイザー関係により支えるという構造を採用している。事業協同組合の形を取ったことで、中小企業担当の政府金融機関である商工中金の金融支援も得やすくなっており、単独ではビジネスを立ち上げにくいスタートアップ企業群をチームとしてワークさせるという合理的なビジネス戦略と相まって、今後それに倣う事例が登場することが大いに期待されている。イノベーションを加速する新しい取り組みとして大きなアウトカムであり、インパクトを生み出せる可能性がある。

なお、2021年5月の立ち上げ当初は、5大学と4つのスタートアップの連合であったが、その後11月には、スタートアップは7社となり、また大型の競争的研究資金の獲得活動も順調に動いているなど、好調な立ち上がりを見せている。また、2021年10月には経団連から今後の宇宙分野での新しいイノベーション加速方策として取り上げられ、ヒアリングを受けた。

3) 人材育成に関するアウトカムやインパクト

博士課程の学生や若手研究者（特任研究員等）を対象に、研究開発成果や知見をどのように社会課題の解決に活かしていくか、逆に社会課題の解決という観点からどのような研究開発戦略を持つべきかについて、各大学の教員に外部の実務家を入れて議論をする「プロ育成コース」を実施してきたが、その過程を経て育った人材が、4社のスタートアップに入社し中核人材となっている。起業した4社のうち3社のCEOは本事業の出身者であり、残り1社もCTO、CDOが共に本事業の参加者である。

その他、本事業で立ち上げた研究課題に取り組んで博士の学位を取得したもの（修了見込みを含む）も、6名（東大3名、慶應義塾大学1名、山口大学2名）いるが、研究開発が事業化につながるというエコシステムのなかで、実際に活躍する人材を輩出したことは特筆に値する。

（3）今後の展望

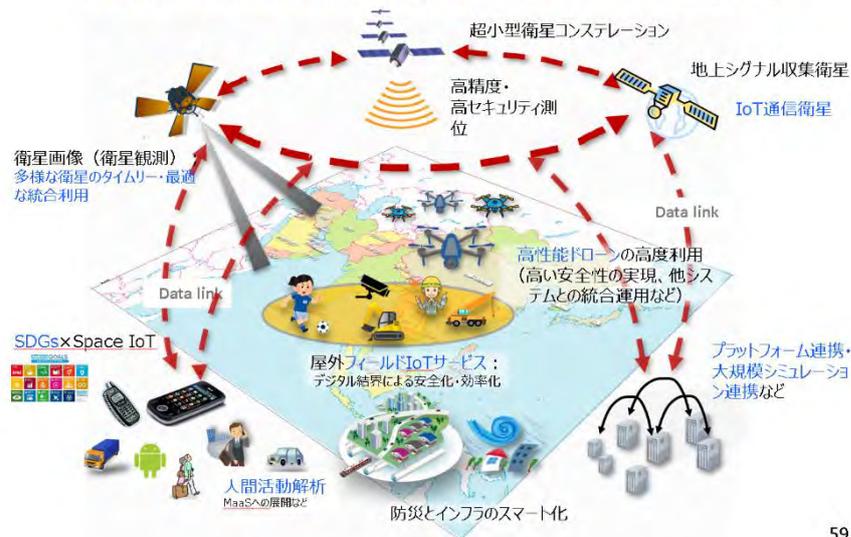
宇宙サービスイノベーションラボ(SSIL)が設立されたことから今後の展開、また効果やインパクトの一層の拡大については、SSILの事業拡大が欠かせない。そこで今後の展望は、SSILの事業・活動拡大、そこを中心とした研究開発計画という形で整理する。

SSIL事業のポイントは、単独では社会課題解決に繋がりにくい先端的なスタートアップ企業や大学の技術資産や研究開発成果を、うまくアレンジ・プロデュースすることで、効果的な課題解決につなげつつ、同時に事業化の可能性を探ることである。そのため、既存の企業や政府・自治体等と連携して社会課題解決に資するプロジェクトや事業に関連して、さまざまな提案を行う予定である。

具体的には、下図にあるように宇宙インフラの進化を、地上での革新的なサービスの開発・展開に効果的に繋ぐための技術開発を、他企業や機関との共同プロジェクトとして推進する。下記に例を挙げる

- 1) 多様なリモートセンシング衛星のタイムリーで最適な組合せ利用(災害対応等)
- 2) IoT利用や新しい測位サービスを念頭に置いた超小型衛星コンステレーションの構築
- 3) 高性能ドローンの高度利用(宇宙インフラ等との連携や地上IoTとの連携)
- 4) データプラットフォーム間の連携や大規模シミュレーション連携技術の開発
- 5) 屋外フィールドIoTサービス(建設現場やスポーツフィールドなど)
- 6) モバイルデータや衛星画像を組み合わせた人間活動分析・貧困調査
- 7) 防災を念頭に置いた社会インフラのスマート化技術
- 8) 宇宙インフラとIT技術(データ解析等)を組み合わせたSDGsの達成状況モニタリングシステム

宇宙サービスイノベーションラボの事業展開領域
宇宙インフラを中核としたインテリジェントなサービスのグローバル展開



59

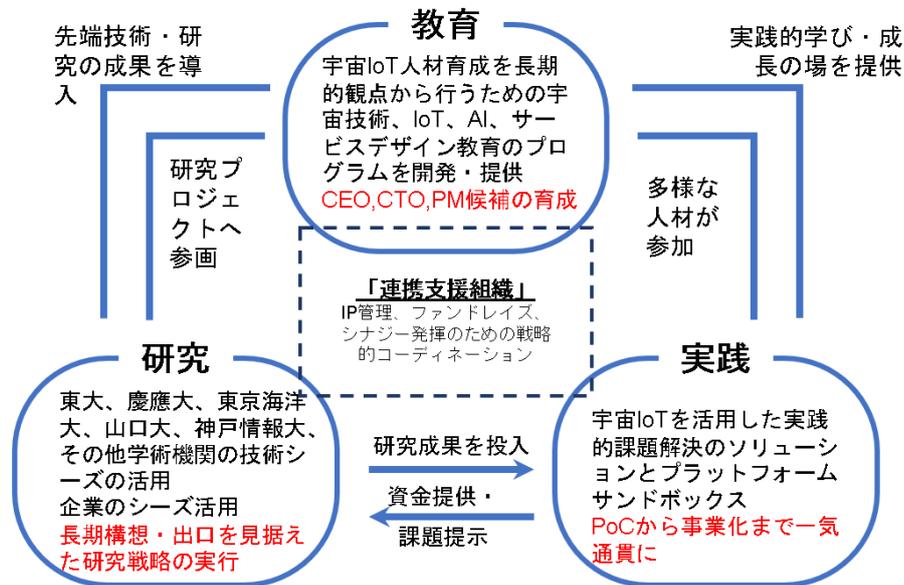
同時に宇宙利用コミュニティを拡大すべく、アカデミアや産業界と連携をしてアウトリーチ活動を強化する。特に、国際機関や海外政府海外企業へのアプローチも重点的に行う。これは、宇宙利用システムは海外においても様々な利活用が考えられるためである。

上記のような事業を拡大活動に合わせて、大学やスタートアップ企業の新規加入を進め、チームとしての規模拡大とカバーできる領域の拡大、技術蓄積の進化などを達成する。

一方で、個々のスタートアップ企業による民間資金の調達を支援すべく、VC や CVC、その他投資機関との連携を強める。なお現時点でも、SSIL には大学発スタートアップへの投資をビジネスとする企業が参加しており、こうした投資支援機能を担っている。また商工中金との連携を強化することで、公共的な金融支援を加速する。

なお SSIL は、大学での研究開発がスタートアップを通じて社会実装に繋がるエコシステムの拡大・強化を効果的に支援する仕組みである。そこで、その環境を利用して、研究成果の事業化の促進や新しいキャリアパスの開発という観点から学生や若手研究者の育成を支援する。これは研究と教育そして実践が三位一体となった新しい人材育成のシステムの実現につながる。

三位一体型の人材育成システムの概念



8. 評価点

S

評価を以下の5段階評価とする。

- S) 優れた成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に著しく貢献した。
- A) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献した。
- B) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献しているが、一部の成果は得られておらず、その合理的な理由が説明されていない。
- C) 一部の成果を挙げているが、宇宙航空利用の明確な促進につなげていない。
- D) 成果はほとんど得られていない。

9. 評価理由

本課題は、非常に広い領域にわたり宇宙データの活用ができており、素晴らしい事業になっている。本当に必要な行政的な施策に対して宇宙データの活用を生かす手法の確立がすすめられ、日本でも持続的に技術やサービスを作り出し、世界に送り出すためのニュースペースの企業も含めた事業協同組合が構築されており、資金調達も含め社会実装への道筋を示すなど本プログラムの目的を全方位で作り込んでいる。コア技術の開発、連携力・営業力の強化、国際的な人材育成力の強化、国際的なアウトリーチ力の強化、宇宙利用連携研究・教育機構の運営方法・体制の検討、本事業成果の情報発信と啓蒙普及と、きわめて多岐にわたりかつ個々に大きなテーマに関して精力的かつ計画的に取り組み、それぞれ高いレベルの成果を創出した点や、宇宙を社会サービスに活かすためのレベルの高い技術がたくさん蓄積され、研究者のネットワークをフルに活用することで国際的にサービス開発拠点が形成されている点や人材育成ネットワークが出来ている点、スタートアップなど目に見える様々な具体的成果が挙がっており、課題解決型を志向して自律性、持続性の確保がはかられている点なども高く評価される。

以上より、本課題は、優れた成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に著しく貢献していると認められる。

今後は、以下の点が期待される。

- 本事業による成果だけではないことを十分理解しているが、この事業下で何ができたのかを明確にしておくことは、今後のさまざまな事業における成果の切り分けを明確にするためにも有効である。
- 本プログラムで組み立てられた仕組みは、今後の宇宙利用推進の中核を占めるファシリテータとして、さらなる進展と成果創出も展望され、近い将来に宇宙開発利用分野において規模感のある事業収益の創出につながることを期待する。