

宇宙利用促進調整委託費

事後評価

<p>研究開発課題名（研究機関名）：                  衛星データ利用のための技術開発プログラム                  (1)食料 - 環境インテリジェンスのための恒常的生態系資源観測システムと国際連携ネットワークの構築                  （独立行政法人農業環境技術研究所）                  研究機関及び予算額：平成21年度～平成23年度（3年計画） 77,500千円</p>	
項目	要約
1. 研究開発の概要	<p>国内及び国際的な食糧生産と環境保全に関する生態系情報の恒常的・広域的な監視システム構築を目指して、異種衛星センサの統合的利用法の開発、衛星データを補正する地上システムの開発、生態系情報プラットフォームの構築等を行う。</p>
2. 総合評価	<p><b>A</b></p> <p>研究内容が多岐に亘っており、予算に比較して研究者の数が多すぎたため、焦点が絞りきれないことが残念であるが、世界的な課題に挑戦しており、恒常的生態系空間情報プラットフォームが構築され、衛星データの利用環境が向上し、学術的成果も十分に得られており一定程度の成果が得られたと評価できる。</p> <p>研究グループはリモートセンシング学会においても活発な活動を展開し、周囲へのインパクトがあり、国内外のコンソーシアムが構築されている。</p> <p>これらの情報をより高精度化して産業／行政に生かすような世界的な体制構築が今後の課題となるが、この点で、今後の本研究に期待する。</p> <p>S) 優れた成果を挙げ、宇宙利用の促進に著しく貢献した。  <b>A) 相応の成果を挙げ、宇宙利用の促進に貢献した。</b>                  B) 相応の成果を挙げ、宇宙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、宇宙利用の明確な促進につながっていない。                  D) 成果はほとんど得られていない。</p>
3. その他	<p><b>【研究開発成果について】</b></p> <p>宇宙という公共性の高い空間から得られる農業行政に関わるデータを、有効に公開することを目指している研究であり、大変重要である。今後の世界でおこると予想される、より大きな食料問題と飲料水の枯渇の問題に対して、この事業結果が有効に利用できるような体制を早期に立ち上げていくことが必要である。</p> <p><b>【その他特記事項について】</b></p> <p>空間情報プラットフォームを継続的に保守・発展させ、広く活用されるようにするため、オープンソース化が望まれる。</p>

宇宙利用促進調整委託費 事後評価 調査票

<p>1. 研究開発課題名</p> <p>食糧-環境インテリジェンスのための恒常的生態系資源観測システムと国際連携ネットワークの構築</p>														
<p>2. 該当プログラム名</p> <p>衛星データ利用のための技術開発プログラム</p>														
<p>3. 研究開発の実施者</p> <p>機関名：(独)農業環境技術研究所 代表者氏名：井上 吉雄 担当事業：全体統括、サブ課題(2)(5)                  機関名：(社)日本リモートセンシング学会 代表者氏名：建石隆太郎 担当事業：サブ課題(1)                  機関名：(株)NTT データ 代表者氏名：筒井 健 担当事業：サブ課題(4)                  機関名：オランダ国際空間情報科学地球観測研究所 代表者氏名：Andrew Skidmore 担当事業：サブ課題(3)                  機関名：米国ミシガン州立大学地球環境変動観測研究センター 代表者氏名：Jianguo Qi 担当事業：サブ課題(6)</p>														
<p>4. 研究開発予算及び研究者数</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>研究開発予算</th> <th>研究・技術者</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平成21年度</td> <td>26,000 千円</td> <td>22人/年</td> </tr> <tr> <td>平成22年度</td> <td>26,000 千円</td> <td>28人/年</td> </tr> <tr> <td>平成23年度</td> <td>25,500 千円</td> <td>17人/年</td> </tr> </tbody> </table>				研究開発予算	研究・技術者	平成21年度	26,000 千円	22人/年	平成22年度	26,000 千円	28人/年	平成23年度	25,500 千円	17人/年
	研究開発予算	研究・技術者												
平成21年度	26,000 千円	22人/年												
平成22年度	26,000 千円	28人/年												
平成23年度	25,500 千円	17人/年												
<p>5. 研究開発の背景、目的・目標</p> <p>・本研究開発を行うことになった背景</p> <p>食糧生産に対する温暖化等災害因子の増大や食糧・燃料生産の競合等食糧安全保障にかかわる問題の解決、ならびに陸域炭素動態の解明と固定容量増大等環境施策の策定には、広域・長期にわたる生態系動態に関する情報が不可欠である。このような食糧-環境問題にかかわる生態系の計測には地球観測衛星がきわめて重要な役割を持つため、特に以下の5つの観点で技術開発や利用体制を展開することが重要と考えられた。</p> <p>食糧-環境インテリジェンス(食糧生産と環境資源に関する情報収集・分析・監視・予測・施策支援)にかかわる生態系の恒常的・定量的観測には、地球観測衛星の恒常的・体系的利用が不可欠。生態系の恒常的・定量的観測における多様なニーズを満たすには、異種波長域センサ、多様な運用形態の衛星(高頻度/高解像度/特定域集中等)を体系的に活用するための新たなデータ利用手法の開拓と利用技術情報の整理が必要。衛星データは「地上検証」によって利用価値が飛躍的に高まる場合が多く、特に食糧-環境にかかわる生態系動態(水、土壌、植物、大気)の定量評価には地上検証ネットワークの構築が必要。衛星データは他の空間情報と一体的に利用することでその有用性を発揮できることが多い。そのため、多様な空間情報を総合的に集積・共有し、解析・利活用するための空間情報プラットフォームの必要性が高い。食糧-環境にかかわる問題は国際性が高いため、食糧-環境問題に関する研究機関等をつなぐ国際連携ネットワークの形成が必要。</p> <p>・本課題の目的</p> <p>食糧生産と環境保全を支える生態系の恒常的監視に向け、衛星データを高度かつ体系的に利用するための技術的な基盤を構築する。これにより、農業生産の安定化と品質の向上、環境保全施策の戦略的展開等、食糧-環境安全保障のためのインテリジェンスに資する。</p> <p>・本研究開発で設定した目標</p> <p>多様な生態系における異種センサの利用場面とデータ要件を明らかにする。新規センサ等による生態系評価アルゴリズムを開拓するとともに異種センサの統合的利用法や衛星データと気象データ等を協働的に活用する手法等、生態系評価のための基本手法を構築する。衛星データを信頼性の高い有用情報に変換する上で必要な地上センサ網による新たな広域校正・検証方法を開発する。衛星データを他の広範な空間情報とともに集積・</p>														

分析・提供するための汎用的な空間情報プラットフォームを構築する。食糧-環境問題とその基盤である生態系資源ケアのための国際的な衛星利用連携ネットワークを形成する。

以上をもって、国内外の食糧-環境インテリジェンスに向けた衛星データを機軸とする恒常的・広域的な食糧生産・生態系観測評価の基盤システムを構築することを目標とする。

## 6. 研究開発の実施内容

本研究では、全体計画を6つのサブ課題で構成し、研究を進めた。全期間の実施内容をサブ課題ごとに以下に概説する。なお、全サブ課題成果の統合化ならびに国際的な利用促進に関しては、主にサブ課題〔4〕におけるデータプラットフォーム構築とサブ課題〔6〕における国際連携ネットワーク構築により進めた。

### 〔1〕生態系横断的リモートセンシング手法の最先端技術の統合化と衛星データ利用の Protokol 作成

農地、草地、林地、沿岸水域、荒漠地、淡水域、都市など主要なタイプの生態系を対象に、広範な専門分野研究者からの収集情報ならびに生態系の衛星観測に関するワークショップ等を行うことにより、多様な分野における地球観測衛星センサの衛星データ利用場面とセンサ要件、利用指針等に関する最新情報を横断的にとりまとめた。本成果は公的刊行物として公表され、衛星データを生態系観測に利活用する主要な専門研究分野やデータプロバイダ、データ利用促進プラットフォームの開発等の基礎情報として活用されつつある。

### 〔2〕食糧と環境にかかわる生態系の恒常的監視に向けた異種衛星の協働的利用法の構築

本課題では、高解像度の光学センサ・マイクロ波センサを総合的に利用することにより、土地利用や生態系動態、農業生産に関わる情報を効率的に取得するためのアルゴリズムを検討するとともに、評価モデルを導いた。また、全波長域データを総合的に活用した生態系監視手順を策定した。具体的には、衛星観測ならびに地上同期調査に好適な観測サイト（津軽平野）を選定し、可視～近赤外～マイクロ波の波長域の地球観測衛星センサ（特に新規性の高い高解像度のCバンド SAR：RADARSAT-2 および X-バンド SAR：COSMO-SkyMed/ Terra-SAR、WorldView-2 等）を用いて新規観測データと地上での同期調査データセットを収集・整備した。また、近年中に利用可能となるハイパースペクトルセンサ利用法について検討するため、航空機センサを用いた観測実験も行った。これらの異種衛星データの解析によって、イネ収量と後方散乱係数の関係等に関する新たな知見や、植物群落の窒素分布等の評価アルゴリズムなど、新たな手法を探索・開発した。また、これらを、従来蓄積されてきた研究成果とともに整理して、陸域の食糧・環境問題に関わる生態系の恒常的監視のための全波長域衛星群の総合的利用指針を整理した。

### 〔3〕衛星データを統合利用した作物生産ストレス監視システムの開発

本課題では、衛星データ・気象データを統合利用した作物の生産性やストレスの広域的監視を、実用的レベルの高解像度で実現する上で不可欠な空間シミュレーションシステムの高速度化と機能の改良を進めた。また、予測モデルならびにシステムの有用性をアジアにおける実測データを用いて検証した。これにより、気象データ、地表面データ等を総合的に用いる汎用的な作物生産監視システムの基本型を構築した。今後、高頻度観測衛星データ等により LAI や作物表面温度の推定精度を向上させるとともに、また播種のような重要な作業情報を広域的に収集することや、プロセスモデルには高温による受精不良など温暖化影響をよりの確に組み込むこと等によって、より精度を向上させる必要がある。本システムが構築されたことにより、今後の広域的な作物生産性のモニタリングや予測に対する地球観測衛星データの利用が大きく進むものと考えられる。

### 〔4〕通信タワー網等を活用した衛星データの広域的地上検証システムの構築

本課題では、試作したマルチバンド画像センサを通信タワー等に搭載して、校正用の基礎データを連続的に取得するため、複数の生態系を対象に観測実験を行った。複数地点における遠隔センサをつないだ観測ネットワークによる連続計測データの電送・処理・蓄積手順を開発した。地球観測衛星センサによる検証用データを収集し、校正を試行した。これらをふまえて、衛星観測データの校正・検証と衛星データの動的な利用に向けた地上観測システムの基本型を構築した。今後は、本研究成果を基に、衛星観測データのリアルタイム校正を行い、生態系モニタリングにおける本システムの実利用を進める方針である。

#### 〔5〕衛星データの統合的利用に向けた農林草地生態系空間情報プラットフォームの構築

本課題では、地球観測衛星データを他の地理空間データとともに統合的に活用し、生態系の量・質・機能特性に関する情報を創生するための基盤となる空間情報プラットフォームを構築した。本システムには他のサブ課題の成果や情報を集約し、生態系の恒常的監視に向けて地球観測衛星の利用を支援するための Web アクセス可能な共通プラットフォームとして機能する。今後は、本成果を初期コンテンツとして、地球観測衛星データを用いた生態系の監視・診断のために必要なデータ・情報の集積および共有を行うプラットフォームとして拡充する方針である。その際、広くアジアにおけるデータと情報の集積と共同利用には、本課題で形成した国際連携ネットワークが重要な役割を果たす。

#### 〔6〕異種衛星の協働による生態系広域監視のための国際コンソーシアムの形成

本課題では、異種多様な地球観測衛星からのデータを他の空間情報とともに生態系監視に利用するため、生態系の性質や機能が同一な区画（生態系ポリゴン）を単位として情報を集積する方針のもと、高頻度観測衛星データによる生態系ポリゴンデータ作成手法を開発した。広域の多地点で検証を行い、東南アジアを主対象としたデータセットを試作した。これらは地球観測衛星を用いた生態系監視の基礎データとして Web 型衛星データ公開システムにより公開した。さらに、国際的な生態系ポリゴンの収集・整備および地球観測衛星による生態系広域監視に向け、東・東南アジア地域の 14 カ国の研究者等が参画する国際コンソーシアムを設立した。以上により、今回作成した Web 型空間情報プラットフォームの拡充と今後の広域的・体系的な生態系監視データの収集と共有を進めるための基盤が形成された。

## 7. 研究開発成果

### 【1】宇宙利用の促進への寄与（本研究開発事業がどれだけ宇宙利用の促進に寄与したのか。）

本課題の実施により、生態系変量評価のための全波長域データの効果的利用方法、異種衛星データの精度を確保するための地上キャリブレーション、ならびに地理空間情報等との統合的な利用を促進するカギとなるアルゴリズム、手法、プラットフォーム等が開発された。また、これらを生態系資源の広域的な監視・評価に活用するための国際的な連携ネットワークが構築された。これらにより所期の目標は達成された。なお本課題では、「1. 研究開発の背景、目的・目標」に記したような問題意識から、特に事業終了後の持続的な展開を想定して研究を進めており、本課題により構築した空間情報プラットフォームの機能拡張やデータ増殖、ならびに国際連携ネットワークを活用した研究展開等を進めることによって、今後の地球観測衛星利用の促進にも持続的に寄与するものと考えられる。

#### ・社会的な効果（公益性、実用性、インパクト等）について

本課題は国内外の広域的な食糧・環境問題に地球観測衛星を高度利用するための生態系観測手法の開拓と基盤情報の整備、国際連携ネットワークの構築等をめざすものであり、得られた成果は本来極めて公益性が高い。したがって、得られた手法や情報・知見は学会誌等公的な刊行物に公表しており、衛星データを農業や生態系問題に応用する際の基本情報として、衛星データ流通・配布機関で利用されつつある。また、成果の一部は、すでに国

内農業生産現場で米品質の評価や生育診断に活用されている。

・他機関、他地域への波及効果について

本課題の一部は、地方自治体の農業研究機関や JA 等との協力関係のもとに行っており、産地米のブランド化等実践的な場面に貢献することを通して、地方自治体の農業研究機関や JA 等で衛星データの有用性が認知され事業化されている。また、本委託事業の支援のもと東/東南アジア 14 か国および米国・オランダ等の研究者が参加する「食糧-環境インテリジェンスのためのリモートセンシングと空間情報に関するコンソーシアム (CoRGAA)」が構築されたことにより、本課題で得られた技術情報やデータの共有が進む予定。今後のアジア諸国との連携による衛星データの相互利用促進にも貢献する。なお、平成 23 年 3 月に当研究所が主催した「食糧-環境インテリジェンスのためのリモートセンシングと空間情報技術」に関する国際ワークショップには、広くモンスーンアジア各国と米国、オランダ、デンマーク等、内外 17 カ国の大学や民間機関等から約 100 名が参加し高い関心が寄せられた。

・研究開発成果の新規性・独創性について

本課題では可視～マイクロ波にわたる広範な波長域において、特にハイパースペクトルデータや高周波 SAR データ等新規性の高い信号を生態系変量評価に活用するアルゴリズムが開発された。また、NTT データとの協力による光学衛星データの精度を確保するためのキャリブレーションネットワークの技術的基礎は先駆的なものである。さらに衛星データを広範な空間情報と統合的に利用するための空間情報プラットフォームも国内外の連携利用を想定した先導的なもので、新規性・独創性がある。

・本委託事業終了後の継続性について

本課題により開発された生態系空間情報プラットフォームは、衛星データを多様な生態的空間データと統合的に解析するための機能を持ち、今後、国内外の連携によりデータ増殖を進める上で持続的に活用される。また、構築した国際連携コンソーシアム CoRGAA は今後持続的にそのネットワークを拡充し、特にアジアスケールで衛星データ利用に関する情報・データの交換や研究協力を展開する予定である。

【2】その他成果（もしあれば、参考のためお伺いします）

本課題の内容に密接に関係する国際ワークショップ「食糧-環境インテリジェンスのためのリモートセンシングと空間情報技術」(代表機関主催)を開催したところ、内外の大学、民間異業種機関等から多くの参加があった。地球観測衛星とその食糧-環境問題への応用についての関心は高く、今後のデータ利用展開や協力についても熱心な議論が行われた。国内外・多分野・多業種における衛星データ利用促進の面でも有益であったと考えられる。

7. 研究開発成果の発表状況

(1) 研究開発成果の製品化の状況

現時点での該当なし。本課題で開発した耐候性の高い連続計測用マルチスペクトル監視画像システムについては、今後製品化の可能性はある。

(2) 研究発表件数

査読付き論文：18件

査読無し論文等：4件

口頭発表：23件（国内：13件、国際：10件）

(3) 知的財産権等出願件数(出願中含む)

0件（国内：0件、外国：0件）

(4) 受賞等

4件（国内：4件、国際：0件）

日本リモートセンシング学会・学会賞（論文賞）：井上吉雄 他4名、「ハイパースペクトル計測に基づく正規化分光反射指数NDSIマップおよび波長選択型PLSによる植物・生態系変量の評価 米

粒タンパク含有率、クロロフィル濃度、バイオマス推定を事例として」,平成21年11月.  
日本リモートセンシング学会優秀論文発表賞: 境谷栄二・井上吉雄,「津軽中央地域における米  
収穫管理へのリモートセンシングの実践的利用」,平成21年5月.  
日本リモートセンシング学会優秀論文発表賞: 井上吉雄 他3名,「ハイパースペクトル計測によ  
る植物情報の抽出・計量化 - イネ群落窒素含有量を対象とした比較検証 - 」,平成22年5月.  
平成23年度文部科学大臣賞(科学技術賞研究部門): 井上吉雄,「植物生理生態情報及び生態系動  
態の遠隔計測手法に関する研究」,平成23年4月.

## 8. 今後の展望と課題

本課題を提案した5つの背景・動機に対応して得られた研究成果は、今後の国内および国際的な食糧-環境インテリジェンスにおける衛星データの先導的かつ実践的な活用の促進に着実に寄与すると考えられる。特に、国内農業生産現場での実践的利用や地上検証ネットワークの試み、生態系監視のための国際コンソーシアムと空間情報プラットフォーム等は、今後の地球観測衛星利用のカギとして重要な役割を担うものと考えられるため、持続的に拡充・展開することを想定している。

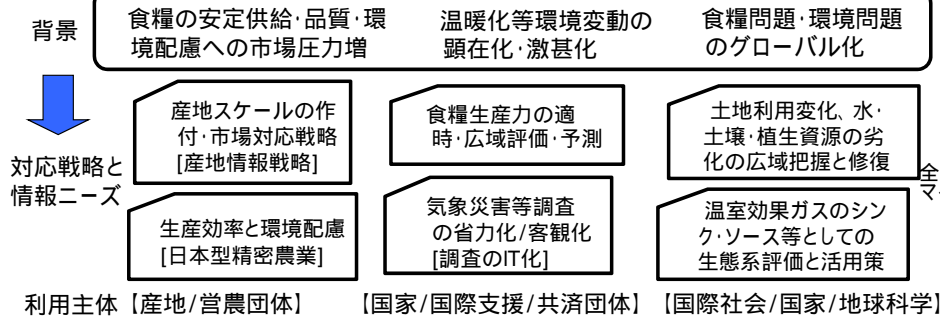
## 9. その他特記事項

研究体制については、当該分野に関する国内の主要学術団体である日本リモートセンシング学会および有数の国際研究機関であるオランダ国トゥエンテ大学空間情報科学・地球観測研究所および米国ミシガン州立大学地球環境変化監視研究センターの再委託先として組み込むことにより、国際的プロジェクトとして研究を進めた。運営面では初めて直面する点多かったが、これら機関を含む全機関を一体的かつ円滑に運営することにより当初の研究計画を効果的に進めることができ有益であった。

本課題内容に密接に関連する国際ワークショップを適時に開催したことは、本課題等による先導的な成果や情報の国内外の関連機関への普及伝達と利用の励起、ならびに国際連携のためのコンソーシアム構築をリードする上できわめて効果的であった。

# 食糧-環境インテリジェンスのための恒常的生態系資源観測システムと国際連携ネットワークの構築

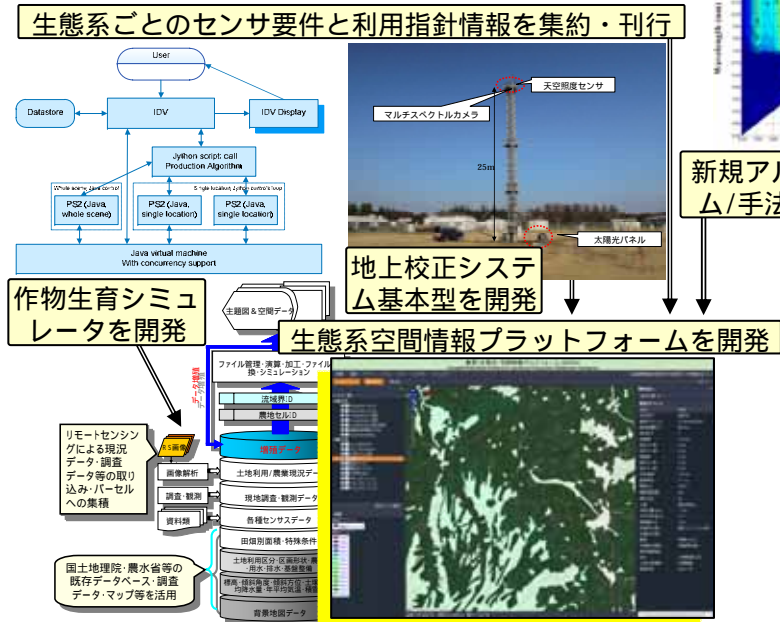
## 1. 研究開発の背景、目的・目標



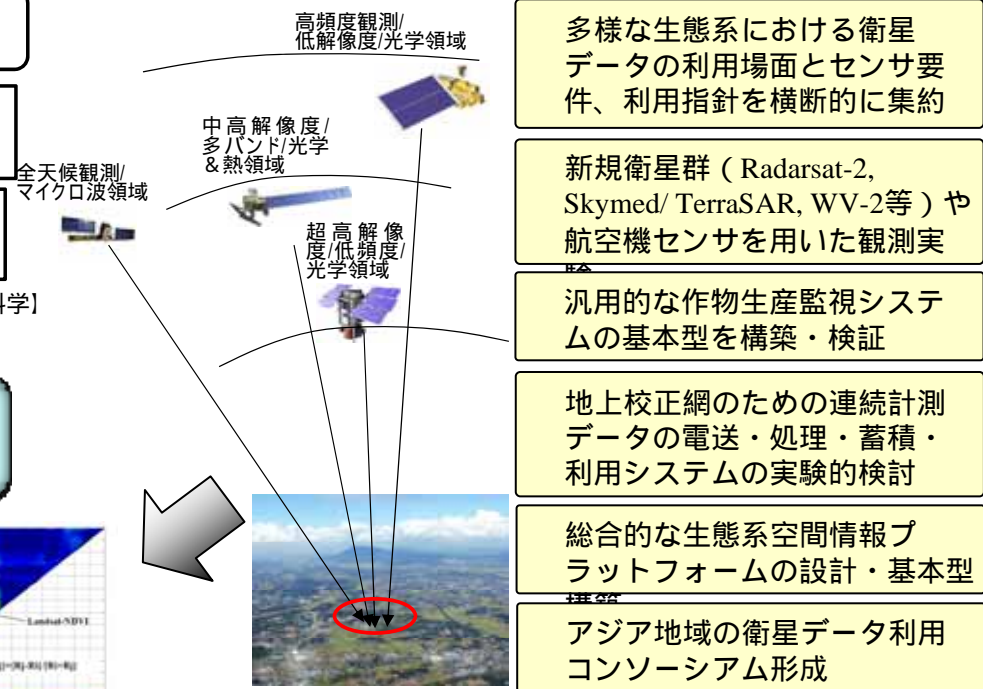
**【目的】** 広範な利用を支える情報基盤

食糧生産と環境資源に関する情報収集・分析・監視・予測・施策支援 (食糧-環境インテリジェンス) のための地球観測衛星による生態系観測・評価技術基盤の構築

## 3. 研究開発成果



## 2. 研究開発の実施内容



## 4. 今後の宇宙利用促進に向けた展望と課題

本課題成果である下記の基本システム/情報基盤をさらに拡充・展開することが必要。

- 国内農業生産現場での実践的利用
- 地上校正/検証ネットワーク
- 生態系空間情報プラットフォーム
- 生態系監視のための国際コンソーシアム

国内および国際的な食糧-環境インテリジェンスにおける衛星データの先導的かつ実践的な活用

## 食糧-環境インテリジェンスのための恒常的生態系資源観測システムと国際連携ネットワークの構築

### 1. 研究開発の背景、目的・目標

**背景** 食糧-環境問題にかかわる生態系計測に地球観測衛星を活用する上で重要な課題は？ 異種センサの体系的利用、新規データ利用手法の開拓と利用技術情報の整理提供、地上検証ネットワーク、多様な空間情報を一元的に集積・共有するためのプラットフォーム、国際連携ネットワークの形成

**目的** 食糧-環境問題に関わる生態系の恒常的監視に向け、衛星データを高度かつ体系的に利用するための技術基盤を構築

**目標** 多様な生態系での利用場面とデータ要件を明らかにする。新規センサ等による生態系評価アルゴリズムの開拓と統合的利用のための基本的手法を構築する。地上センサ網による新たな校正/検証方法を開発する。汎用的な空間情報プラットフォームを構築する。生態系資源ケアに向けた国際連携網を形成する。以上により、衛星データを機軸とする恒常的・広域的な食糧生産・生態系観測評価基盤の構築をめざす。

### 2. 研究開発の実施内容

農・草・林・沿岸・荒漠地・淡水域・都市等の生態系における衛星データの利用場面とセンサ要件、利用指針を横断的に集約・刊行。新規衛星群(RADARSAT-2, Skymed/ TerraSAR, WV-2等)や航空機センサを用いた観測実験を行い、新手法を探索・開発。生態系監視のための全波長域衛星群の総合的利用指針を策定。気象データ、地表面データ等を統合的に用いる汎用的な作物生産監視システムの基本型を構築し検証した。地上設置用MSS画像センサを開発し、通信タワー等観測ネットワークによる連続計測データの電送・処理・蓄積・利用手順を策定。生態系関連データの収集と管理・利用機能をもつ汎用的な生態系空間情報プラットフォームの基本型を構築。MODIS衛星データによる生態系ポリゴンデータ作成手法を開発・検証し、東南アジアを主対象としたデータセットを試作。アジア地域等の17カ国研究者が参画するコンソーシアムを設立。

### 3. 研究開発成果

生態系評価のための全波長域データの効果的利用法、衛星データの精度を確保するための地上校正技術、ならびに地理空間情報等との統合的な利用を促進するカギとなるアルゴリズム、手法、プラットフォーム等が開発された。生態系資源の広域的な監視・評価を促進するための国際連携ネットワークを構築した。

**社会的な効果** 得られた手法や情報は学会誌等公的刊行物に公表され、衛星データを農業や生態系に応用する際の基本情報として衛星データ流通・配布機関等で活用されつつある。また、成果の一部は農業生産現場での米品質評価や生育診断に活用されている。

**他機関、他地域への波及効果** 産地米のブランド化等実践的な場面に貢献することを通して、地方自治体の農業研究機関やJA等で衛星データの有用性が認知され事業化されている。東/東南アジア14か国等の研究者が参加するコンソーシアムは、本課題で得られた技術情報・データの共有と拡張に貢献する。

**研究開発成果の新規性・独創性** 高波長解像度データや高周波SARデータ等新規性の高い信号を生態系評価に活用する手法が開発された。また、衛星データの精度確保に向けた地上校正網の技術的基礎や、衛星データ利用のための空間情報プラットフォームは、国際連携ネットワークとともに衛星データ利用の促進を持続的に支えるものである。

### 4. 今後の宇宙利用促進に向けた展望と課題

今後の国内および国際的な食糧-環境インテリジェンスにおける衛星データの先導的かつ実践的な活用を進めるには、本課題の成果を基盤としてさらに展開する必要がある。特に、国内農業生産現場での実践的利用や地上校正/検証ネットワーク、生態系監視のための国際コンソーシアムと生態系空間情報プラットフォーム等は、今後の地球観測衛星利用促進のカギとして重要な役割を担うものであり、持続的に拡充・展開されることが期待される。