

京都大学	博士（総合学術）	氏名	佐藤 啓明
論文題目	Toward a Multi-Perspectival Approach to Space Development: Ethical Reflections and Practical Applications of Earth Observation Technologies (宇宙開発に対する多角的アプローチ—地球観測技術の倫理的考察と実践的応用—)		
(論文内容の要旨)			
本論文は、人工衛星による地球観測（Earth Observation: EO）データを中核として、Monitoring（観測） - Modeling（モデル化） - Abstraction（抽象化）という一貫した方法論的経路を提示し、宇宙技術が地上の環境管理、災害対応、復旧・復興、さらには国際的意思決定にどのように接続され得るかを、倫理・制度・実証・実務の各側面から統合的に論じた研究である。本研究の中心的な問題意識は、EO技術が高度化・普及する一方で、その成果が必ずしも社会の意思決定や現場実務に十分活用されていないという点にある。そこで本論文では、EOデータを単なる「観測結果」や「解析事例」に留めるのではなく、数値モデルによる構造化、知識の整理・抽象化、制度・実務への翻訳を経て、社会の中で実際に“機能する知”へと転換することを明確な研究目的として設定している。特に、宇宙開発や地球観測技術が社会的正当性を問われる現在において、「地球観測を通じた人間生存基盤（human survivability）への貢献」という視座を明確に掲げ、環境・防災・復興といった具体的文脈の中でその意義を検証している点に、本研究の独自性がみられる。本論文は全7章から構成される。 第1章では、気候変動、自然災害の激甚化、資源制約といった地球規模課題を背景に、EO技術が果たす役割と同時に、その社会的説明責任の必要性を整理する。ここでは、宇宙技術を「先端技術」としてではなく、「地上社会の課題解決を支える公共的インフラ」として再定義し、本研究全体の方法論的立脚点を明確にしている。 第2章では、衛星産業の拡大、データ利用の偏在、軌道環境の有限性といった現代的課題を整理した上で、Lockean provisoを援用し、宇宙資源および観測データを公共的資源として管理・運用するための倫理的・制度的枠組みを提示している。本章は、後続する実証研究を社会実装へと接続するための理論的基盤を与える役割を担っている。 第3章では、GCOM-C/SGLIデータを用いた湖沼環境における沈水植物検出を対象とし、検出精度が水深に依存して変化すること、ならびに分光バンド選択が推定結果に与える影響を定量的に示した。本章は、特定地域の事例研究に留まらず、湖沼生態系の長期モニタリングにおける観測設計論という観点から、EO適用の可能性と限界を同時に示している。 第4章では、JORROモデルと衛星由来DEMを組み合わせ、熊本県白川流域を対象とした流動解析を行った。特にフルード数を指標として常流・射流の遷移を整理し、流域水文学と河川工学を単一の運動方程式のもとで扱う新たな解析視点を提示している。本章では、モデルの有効性と同時に適用限界を明示的に整理することで、統合型水循環モデリングの概念実証としての位置づけを明確にしている。 第5章では、UNESCO防災セクション（DRR）における国際実務経験を基に、地すべり分野に関する約600語の専門キーワードを体系化・可視化し、実務者が必要な情報へ迅速に到達できるknowledge accessibilityの設計思想を提示している。本章は、研究知を政策・実務判断へ接続するための具体的手法を示した点で重要である。 第6章では、能登半島地震を対象に、Sentinel-1/2データを用いて公費解体、仮設住宅整備、再建過程といった復旧・復興プロセスを衛星観測により把握可能であることを示した。自由かつオープンなEOデータが、復興の進捗把握やBuild Back Betterを支え			

る意思決定に資することを実証的に示している。

第7章では、以上の成果を統合し、地球観測技術を社会的価値へと転換するための条件と今後の展望を総括している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、地球観測衛星 (Earth Observation: EO) および数値解析技術を用いて、水資源管理、環境モニタリング、災害対応および復旧・復興といった複数分野にまたがる課題を対象とし、実際の人工衛星データを用いた複数のケーススタディを通じて、それらを単なる個別応用にとどめることなく、共通の方法論的枠組みのもとで整理・統合した地球観測技術に関する研究成果がまとめられ、評価できる点は次のとおりである。

1. 地球観測技術を単なる「観測手段」や「データ提供技術」として位置づけるのではなく、社会課題の解決に資する知識生成システムの中核要素として再定義している。特に、観測・モデル・倫理・実務を横断する **Monitoring-Modeling-Abstraction** という明確な方法論的経路を提示し、衛星観測によって得られたデータを、数値モデルによる構造化、知識の抽象化、さらには政策判断や国際協力の現場へと接続する理論的骨格を構築した点は、従来の分野横断研究に比しても整理度が高いと考えられる。
2. **GCOM-C/SGLI**を用いた沈水植物検出研究においては、センサ特性と水深との関係を定量的に整理し、地球観測データの適用可能性と限界条件を明確に示している点が評価できる。本研究は、単一の湖沼環境における事例解析に留まらず、湖沼生態系の長期モニタリングにおいて、どのような観測設計が必要となるかという実践的かつ一般性のある課題を提示しており、環境保全や資源管理分野における衛星データ利用の現実的指針を与えるものと位置づけられる。また、**Sentinel**などの衛星データとの比較を明らかにしており、定量的な評価も行なっている。
3. **JORRO**モデルによる白川流域解析は、水文学と河川工学を架橋する独創的な試みであり、通常は別個に扱われることの多い流域流出過程と河道内流況を、単一の支配方程式および評価指標 (フルード数) を用いて一貫的に整理した点が高く評価できる。本研究は、モデルの有効性だけでなく、その適用限界についても明示的に言及しており、統合型水循環モデリングの概念実証としての学術的価値を有している。
4. **UNESCO**における国際実務経験を研究成果へと昇華し、**knowledge accessibility**を明確な設計思想として位置づけた点は、本論文の大きな特徴の一つである。国際機関の実務現場において直面する「知識は存在するが、必要な人に届かない」という課題に対し、キーワード体系化と可視化という具体的手法を提示した点は、研究と実務を結びつける博士研究として成熟度が高い。
5. 能登半島地震への適用では、**EO**データを用いて公費解体や仮設住宅整備といった復旧・復興プロセスを時系列的に把握可能であることを示し、地球観測技術が災害対応の初期段階のみならず、中長期的な復興政策や意思決定にも貢献し得ることを実証している。この点は、本研究の社会的意義を具体的かつ明確に示すものである。

以上のように、本論文は、人工衛星や数値モデルを用いた地球観測技術と、その

実務への応用事例を結びつけたものであり、リモートセンシングをはじめとする地球観測技術の応用分野の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（総合学術）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和8年1月8日、論文内容とそれに関連した事項について試問した結果、合格と認めた。

なお、本論文は京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。