

科学技術イノベーション政策のための科学 研究開発プログラム
「環境政策に対する衛星観測の効果の定量的・客観的評価手法の検討」

研究開発成果報告書（特別枠）

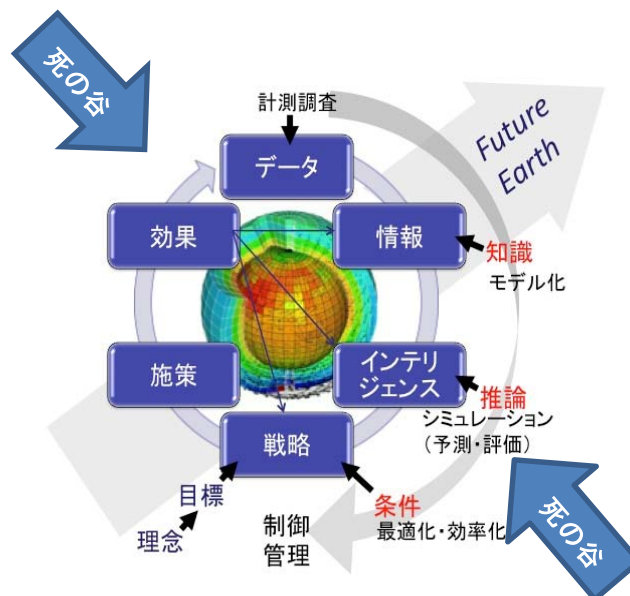
（研究開発期間 平成 25 年 10 月～平成 28 年 9 月）

研究代表者： 笠井康子（国立研究開発法人 情報通信研究機構）

1. 設定した課題と目標

近年、人口増加による人為的起源放出物による地球規模の環境問題（オゾン層破壊、地球温暖化、大気汚染等）が深刻化している。いずれの環境問題においても、その実態と政策順守の把握のために衛星観測が実施されてきた。しかし、これら衛星観測が具体的にどのようなプロセスで政策決定に活用されているのかを定量的に明らかにする手法は確立されていない。地球環境施策に対する衛星観測の定量的評価は、様々なファクターが非線形にからむためにその道筋をつけるのが非常に困難である。我々は H25 年度に過去の事例を含めた検討を行い、過去の政策ではあるが科学観測が施策締結に対して成功した事例として「オゾン層保護のためのウィーン条約（1985 年採択、以下「ウィーン条約」）」に注目した。オゾン層保護の事例では、科学的な指摘から問題が社会化し、議定書の早期締結が実現され、衛星画像が定性的には一定の効果と及ぼしたと思われ、また、その改訂のプロセスにも衛星観測が影響を及ぼしている可能性があるためである。

このプロセスの解明は、Future Earth 実現のロードマップの中でひとつの鍵となり得る重要な課題である「政策のための衛星観測イノベーションサイクル」（右図）の実現の観点からも重要である。本プロジェクトの先にある最終的な目標は、「政策のための衛星観測イノベーションサイクルが回る」社会を作ることである。



2. プロジェクトの成果

- (1) 【環境政策への衛星観測の効果分析手法の調査検討と評価】
- (2) 【データマイニングによる定量的評価手法の開発】
- (3) 【政策と科学のイノベーションサイクルを確立するための提案】

3. 各成果の概要

(1) 【環境政策への衛星観測の効果分析手法の調査検討と評価】

衛星観測の政策・社会への影響に関する評価手法の先行研究調査を行い、評価手法の適用可能性を検討した。その結果、先行事例では、衛星地球観測が具体的な政策にいかに関与を及ぼすかというよりも、それがもたらす社会経済的な便益に焦点を当てる傾向があった。また、文書解析（データマイニング）の手法は、部分的には可能であるが、解析の対象となりうる関連文書のサンプル数が豊富ではないこと、衛星データと科学との相関を分析することは可能であったと

しても、科学と政策との関係を分析するのは、定量化の難しい相当に複雑な作業であることが判明した。これらの制約を考慮しつつ、本研究で用いる分析手法として、以下の①を主として②及び③を補助的に試行することとした。①政策文書データベース（データマイニング）を用いた分析、②データ利用量の観点からの調査・分析、③科学論文及び新聞等データベースを用いた分析。以下①に関する成果について述べる。（②、③は論文等にて発表）

(2) 【データマイニングによる定量的評価手法の開発】

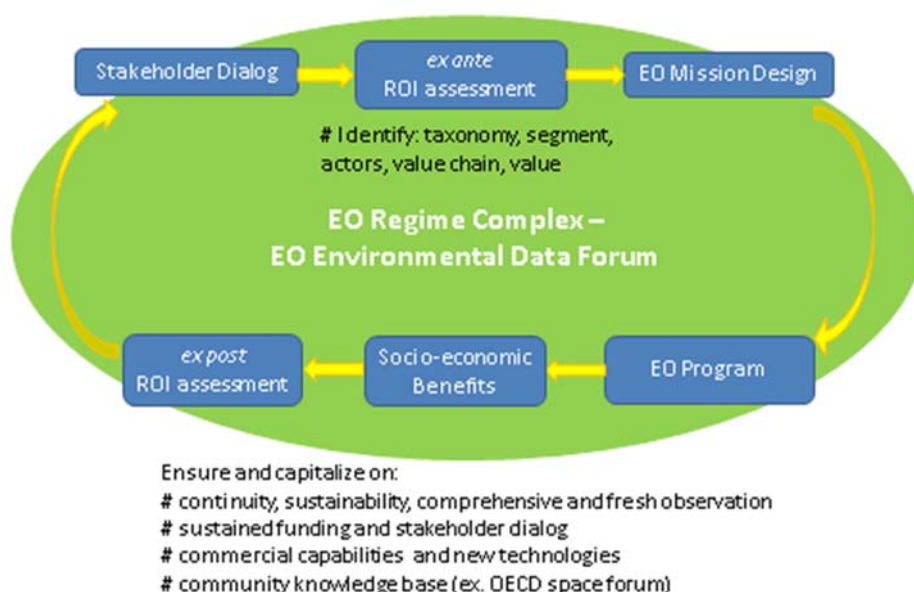
オゾン層の保護に関する事例研究を行い、オゾンの長期モニタリングという点で衛星観測は環境政策決定の場で重要であることを定量的に見出し、これまで困難と思われていた衛星による大気観測の政策への定量的な寄与の見積もり方の先鞭をつけた。2014年5月に開催されたオゾン研究管理者（Ozone Research Managers, ORM）の報告書がオゾン層保護のための地上観測と宇宙からの観測がオゾン層の回復のために有用な道具として成功しつつあると断言しているように、衛星観測が環境政策に影響をもたらしたと定性的に認められているオゾン層破壊問題とモントリオール議定書を例に取り、テキストマイニングという定量的手法で衛星観測の環境政策への影響を見積もった。政策の代表文書には、ORM報告書およびモントリオール議定書の改正と調整を議論するMeeting of the Parties (MOP) の報告書、衛星観測を含めた科学研究の代表文書には国連環境計画 (UNEP) のオゾン事務局に置かれた Scientific Assessment Panel (SAP) の報告書を使用した。ORM報告書とSAP報告書の引用文献比較 (Citation analysis) を行った結果、SAP報告書中の30%の引用文献がORM報告書でも引用されていた。また、2009年にMOPの中で初めてHFC削減が提案され、2016年にはモントリオール議定書の改訂がなされた代替フロン（ハイドロフルオロカーボン (Hydrofluorocarbon, HFC)）に注目し、「HFC」という単語の出現数推移をMOP報告書とSAP報告書とで比較した。単語出現確率で相関を取ったところ、相関係数0.75という高い正相関を示した。この結果は両者の関連性を定量的に示している。

(3) 【政策と科学のイノベーションサイクルを確立するための提案】

現在実施されている評価手法の最先端の内容をまとめ、類型化したうえで、新たにガバナンス論の考え方に展開させ、政策と融合した科学としての衛星地球観測の立案・評価の手法をモデル化・提案した。さらに、「地球観測レジーム・コンプレックス」の可能性を示唆しつつ、「地球観測環境データフォーラム」の提案をまとめた。

図：「政策と社会のための地球観測のモデル」

A model for Earth observation for society and policy



4. その他の観点からの成果

地球観測分野へのガバナンス論の適用

宇宙開発プログラムや、衛星プログラムの社会経済的便益については、経済的な手法や、その他の様々な定性的な検討はなされてきたものの、国際政治（ガバナンス論）の観点からこれをとらえた検討は、世界でも初めてである。

国際的なアウトリーチ及び知識共有

世界から各分野の第一人者の参加を得、ワークショップのみならず前後のテレコンやメールを通じた共同作業をプロジェクト後半の1年半にわたって実施、相乗効果による研究成果をあげ、当該分野の国際コミュニティの発展拡大に寄与した。国際的なチームによる学際的・分野横断的に行った例はこれまでなく、同分野の最新研究の発信を目的とした著作出版も世界で初めてである。

また、波及的な成果として以下があげられる。

- － 本検討内容を受け、JAXAにおいて、地球観測オープンデータの経済効果についての内部勉強会を実施、地球観測衛星の社会経済便益に関する検討を開始することとなった。
- － 内閣府 科学技術イノベーション総合戦略 2015 のうち「地球環境プラットフォーム」の会議参考資料としてとりあげられ、実際に政策立案執行に役に立った。
- － また、本研究によって得られた知見をもとに、総務省情報通信国際戦略局において副大臣主催の「宇宙 x ICT に関する懇談会」の設置を実現した。

5. 発展の可能性

本研究においては、テーマ名のとおり「評価手法の検討」を目的としており、ツールボックスとしてこれまで実施されている様々な手法を示したうえで、特定の政策レジーム（オゾン層の保護）について特定の手法（文書解析）を試みたものである。この成果にもとづき、今後他の政策分野（気候変動・温暖化・汚染・災害等）において、適切な手法を選択してさらに進化した分析評価を行い、実際の衛星計画・利用計画に反映させることが可能である。

また、上記 3-2-2 にも提案しているように、「政策と社会のための地球観測のモデル」（図）のようなプロセスを経て地球観測ミッションを立案・運用・利用していく必要性を、内閣府・経済産業省・文部科学省・総務省・国土交通省・農林水産省等の宇宙政策決定機関はじめ、NICT, JAXA, IGES, NIES 等の研究開発機関及び一般国民に判断材料として提示し、長期的に社会実装へとつなげることを目指したい。

さらに、GEO やフューチャーアースといった国際コミュニティと協働して、「地球観測環境データフォーラム」構想の立ち上げを 2018 年の GEO 京都本会合を機会に実現すべく、内外から働きかけていきたい。

なお、本研究を国際的に進めたことから成果の発信が英語中心であったため、特に著書の和訳に関してはタイミングを逸しないうちに実施したく、資金面・アウトリーチ面等のサポートを望む次第である。

6. 主な成果発表

- Onoda, Masami, Oran Young Eds. in collaboration with Yasuko Kasai, “Satellite Earth Observations and Their Impact on Society and Policy”, Springer, 2017 (in printing).
- 国際セミナー「社会と政策のための革新的な地球観測」（2015 年 11 月 9 日、於：一橋講堂）開催（一般公開、参加者：約 100 名）
URL: http://www.iges.or.jp/jp/natural-resource/20151109_2.html
URL: <http://www.symbioscomms.com/peoic/>
- 笠井 康子, 栗林 康太, 鈴木 尚, 山田 崇貴, 平川 貴士, 佐藤 知紘, ” What we learned from SMILES observation of atmospheric compositions in middle atmosphere”, 8th International Atmospheric Limb Workshop, Gothenburg, Sweden, 9 月 (2015)

- 小野田勝美 (2015 年) 「地球観測データポリシー」『地球観測衛星委員会 地球観測衛星データ利用事例集～行動判断のための地球観測～ 2015 版』(日本語版サマリ) p. 9
http://www.sapc.jaxa.jp/work/international/PDF/CEOS_20151013_fix_jp.pdf
- Masami Onoda, "Earth Observation Data Policy" in *Applications of Satellite Earth Observations: Serving Society, Science, & Industry [Full Report] 2015 edition*, pp.6-7.
http://ceos.org/document_management/Publications/Data_Applications_Report/DAR_All-Chapters-Final_27_Oct2015.pdf
- Setsuko Aoki, "II. Practical Background for the 2013 National Legislation Resolution", in Hobe・Schmidt-Tedd・Schrogl (eds.), *Cologne Commentary on Space Law*, vol. III (Carl Heymanns Verlag, 2015), pp.503-535
- Onoda, Masami, Yasuko Kasai et. al., "A Study on Methods for Assessing the Impact of Satellite Observations on Environmental Policy", presented at the 5th International Astronautical Congress, Toronto, Canada.
- Johnson, Brian, H. Scheyvens, H. Samejima and M. Onoda, "Characteristics of the remote sensing data used in the proposed UNFCCC REDD+ Forest Reference Emission Levels (FRELs)" to be presented at the XXIII ISPRS Congress in Prague, Czech Republic, 2016.