

日本学術会議提言

「我が国の地球衛星観測のあり方について」

佐藤 薫^{*1}・高 薮 縁^{*2}・早坂 忠裕^{*3}

1. はじめに

人工衛星による地球の観測が気象学・気候学の研究の進展に大きく貢献していることは周知のとおりである。また、毎日の気象予報業務において多数の衛星データの同化は必須であり、台風や集中豪雨等に対する防災にもリアルタイムに貢献している。さらに地球温暖化やオゾンホール等、地球環境変動の長期監視においても大きな役割を果たしている。

1960年にアメリカが打ち上げた実験用気象衛星 TIROS 以来、気象分野における衛星観測の歴史は60年近くに及ぶ。我が国でも、1977年に打ち上げられた静止気象衛星 GMS (ひまわり) 以来40年にわたって実績を積み上げてきた。1996年には、我が国初の大型かつ国際共同の地球観測衛星 ADEOS が打ち上げられ、その後も熱帯降雨観測衛星 TRMM、水循環変動観測衛星 GCOM-W1、全球降水観測衛星 GPM 等、着実に成果を上げてきた。このような実績を踏まえて、現在、我が国は世界最高レベルの地球衛星観測技術を持つに至り、国際的にも日本の衛星観測への期待は大きい。衛星観測網や衛星コンステレーションへの参加等、国際社会の日本への期待に適切に応えることは、諸外国の観測データを享受する上でも重要である。また、未来に向けた技術開発も継続的に行っていくことが大切である。したがって、衛星観測計画は中長期的なグランドデザインを作りながら進めることが求められる。ところが、現在、日本の地球衛星観測に

は、計画策定と実現、データ利活用、人材育成のそれぞれで大きな問題が生じている。特に、持続的な地球環境維持のために必要な基本データを取得する地球観測衛星計画は、危機的な状況にあると言わざるを得ない。

一方で、国の財政事情もあり、我が国の地球観測衛星に関する計画の策定も見直されている。2015年1月の宇宙開発戦略本部決定による宇宙基本計画においては、「新たなリモートセンシング衛星の開発およびセンサ技術の高度化にあたっては、我が国の技術的優位や、学術・ユーザーコミュニティからの要望、国際協力、外交戦略上の位置づけ等の観点を踏まえ、地球規模課題の解決や国民生活の向上への貢献等、出口が明確なものについて優先的に進める」と記されている。学術的意義は考慮するが、最も重要視する点は「出口が明確なもの」でなければならないということである。すなわち、地球観測衛星であっても社会にどのように貢献するのか、ユーザーは誰か、ということを明確にする必要がある。また、この文言の中には、出口が明確であれば、各省庁でミッション計画の策定がなされ、予算措置がとられるはずであるという意味が込められている。例えば、静止気象衛星「ひまわり」は気象庁が、温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT は環境省が計画し、予算を獲得しているのでミッションの目的とユーザーが明確である。これに対して、JAXA 独自の予算によるミッションはユーザーがよく見えないということになる。その結果、宇宙政策委員会の工程表においては、2023年度以降、「ひまわり」と GOSAT 系列以外の気象・気候関係の観測衛星の具体的な計画が無い状況になっている。

以上のような状況を踏まえ、日本学術会議地球惑星科学委員会地球・惑星圏分科会では地球観測の将来構想に関する検討小委員会(委員長:佐藤 薫, 副委員

^{*1} Kaoru SATO, 東京大学大学院理学系研究科。

^{*2} Yukari TAKAYABU, 東京大学大気海洋研究所。

^{*3} (連絡責任著者) Tadahiro HAYASAKA, 東北大学大学院理学研究科。

tadahiro@m.tohoku.ac.jp

© 2017 日本気象学会

長：高菺 縁，早坂忠裕）を設置し，提言「我が国の地球衛星観測のあり方について」を取りまとめ，2017年7月14日に公表した。また，同年7月18日には日本学術会議講堂において公開シンポジウム「我が国の衛星地球観測計画」を開催した（主催：日本学術会議地球惑星科学委員会地球・惑星圏分科会，共催：今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会，後援：日本気象学会ほか）。以下に提言の内容およびシンポジウムの概要について簡単に報告する。なお，本提言の全文および要旨は以下の日本学術会議のホームページ

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t247-3.pdf>

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t247-3-abstract.pdf>

を参照されたい。

2. 提言の内容

提言の内容について，要旨から抜粋して以下に示す。(1)と(2)は日本の地球衛星観測の中長期計画とその実現の道筋に関するものであり，(3)はデータの管理と利活用に関するもの，そして(4)は人材育成に関するものである。

(1) 地球衛星観測の戦略的計画推進の必要性

我が国の地球衛星観測による科学の発展と社会的利益を持続的に享受できるよう，空白期間のない地球衛星観測ミッションの維持と持続的な技術開発を国家規模で行う必要がある。我が国に強みのある，高性能な降雨，陸面・海面のレーダやマイクロ波放射計観測，大気・海洋・陸域のイメージャ観測，温室効果気体やオゾン化学に関わる大気微量成分の分光放射計観測等は，災害や気候問題対策のインフラとして国際的な期待も大きい。これらは，国際学術計画や他国の宇宙機関との連携からも，適切なタイミングでトップダウン的に推進すべきものが多い。そのため，文部科学省においては，地球観測推進部会と宇宙開発利用部会をリエゾンする「地球衛星観測委員会（仮称）」を設け，衛星計画のグランドデザインと各ミッション案の審議を行うべきである。また，宇宙政策委員会の下に「地球観測小委員会（仮称）」を設けて，「地球衛星観測委員会（仮称）」の審議結果を受け，複数計測の相乗効果も加味した衛星観測に関する政策を議論し，宇宙基本計画に反映させて実現する場を確保するべきである。

(2) 地球衛星観測コミュニティの強化とピアレビューの導入

衛星観測に関する長期的戦略の議論の場として，大学・研究機関，関係省庁，民間企業等が有機的に協力する包括的地球衛星観測コミュニティの強化が必要である。このコミュニティは，公平性・透明性・客観性を担保しつつ衛星ミッションの具体的な立案とグランドデザインの「地球衛星観測委員会（仮称）」への提案を行う。立案には科学的研究成果を速やかに技術移転する方策も組込むこととする。コミュニティからの提案にはボトムアップ計画も含まれる。「地球衛星観測委員会（仮称）」においては，ピアレビューによる計画評価と，トップダウン計画との相乗効果も含む審議を行うべきである。

(3) 観測データアーカイブ体制の構築と利活用の促進

地球環境や気候の長期監視と変動メカニズムの解明を行い，高精度な将来予測につなげるため，「地球観測データ電子図書館（仮称）」を確立して，観測とデータアーカイブのリアルタイム連携が可能な計算機システム環境を構築するとともに，過去の衛星観測および関連データのアーカイブも効率化し，利活用の促進を図るべきである。これには，利用者の視点や要望を柔軟に取り込む仕組みと，高い永続性，堅牢性，国際性，可用性が求められ，また，データのオープン化に関する検討が必要である。

(4) 人材育成の体制強化と地球観測リテラシーの向上

地球衛星観測における技術力の維持と高度化を担う人材の育成強化のため，多様な研究者・技術者からなる産官学の英知を結集したチームを作り，若手人材の積極的参加を促すとともに，航空機や気球による検証実験を教育の場として活用する必要がある。また，社会基盤を支える衛星観測の仕組みと意義を正しく理解し情報活用能力を高めるために，初等・中等・高等教育での地球観測リテラシー教育の拡充を図るべきである。

3. シンポジウム

小委員会による成果を紹介するとともに，内閣府宇宙政策委員会による将来展望，関係省庁，学協会等からの意見とニーズを確認し，我が国の衛星地球観測の将来計画について多角的に検討することを目的とした公開シンポジウム「我が国の衛星地球観測計画」を開

催した。登壇者も含め、参加者は200名を超えた。第1表にシンポジウムのプログラムならびに登壇者を示す。また、以下に概要を示す。

第一部では、藤井良一・分科会委員長の挨拶、佐藤薫・小委員会委員長の趣旨説明の後、「宇宙基本計画・工程表について」という内容で、佐伯浩治・内閣府審議官から、我が国の宇宙開発全体の施策の進め方と現時点での工程表について説明があった。宇宙政策の推進にあたっては、科学技術・産業基盤・安全保障の三つを柱に、宇宙利用による価値の実現（出口戦略）、および予算配分に見合う政策効果の実現を重視することが示され、他の分野の衛星と同様に地球観測衛星も基本的にはこれらの政策に添う内容であることが求められている。次に福士謙介・東京大学教授から「UN 持続可能な開発目標」と題して、地球環境問題のより広い概念における問題のとらえ方の重要性が示された。続いて六川修一・東京大学教授による「我が国の地球観測の将来計画に関する提言」、本多嘉明・千葉大学准教授による「我が国の地球観測の将来計画に関する提言-科学技術側面」の講演があった。これら二つの講演は、タスクフォース会合・リモートセンシング分科会における検討結果の報告である。タスクフォース会合・リモートセンシング分科会には20以上の関連学会の研究者が参加し、そこでは我が国の地球

第1表 公開シンポジウム・プログラム。

公開シンポジウム「我が国の衛星地球観測計画」

第一部

司会：高藪 縁（東京大学大気海洋研究所教授）

開催挨拶

藤井 良一（日本学術会議第三部会員，情報・システム研究機構 機構長）

趣旨説明

佐藤 薫（日本学術会議連携会員，東京大学大学院理学系研究科教授）

宇宙基本計画・工程表について

佐伯 浩治（内閣府 宇宙開発戦略推進事務局審議官）

UN 持続可能な開発目標

福士 謙介（東京大学サステナビリティ連携研究機構教授）

我が国の地球観測の将来計画に関する提言

六川 修一（東京大学大学院工学系研究科教授，TF リモートセンシング分科会代表幹事）

我が国の地球観測の将来計画に関する提言-科学技術側面

本多 嘉明（TF リモートセンシング分科会科学研究高度化 WG 長）

第二部

司会：高藪 縁（東京大学大気海洋研究所教授）

地球科学における衛星観測の役割

中島 映至（日本学術会議連携会員，宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター（EORC）センター長）

我が国の地球衛星観測の現状と将来について-気候監視の側面から

早坂 忠裕（東北大学大学院理学研究科教授）

将来の我が国の衛星地球観測のあり方に関する提言

佐藤 薫（日本学術会議連携会員，東京大学大学院理学系研究科教授）

第三部

パネル討論

モデレータ：

安岡 善文（東京大学名誉教授）

パネリスト（五十音順）：

・省庁パネリスト

磯野賀瑞夫（環境省 地球環境局研究調査室室長補佐）

岡本 幸三（気象庁気象研究所 台風研究部第二研究室長）

笠井 康子（総務省 情報通信国際戦略局宇宙通信政策課長代理）

佐伯 浩治（内閣府 宇宙開発戦略推進事務局審議官）

轟田 将範（経済産業省 製造産業局航空機武器宇宙産業課宇宙産業室室長）

山之内裕哉（文部科学省 研究開発局宇宙開発利用課企画官）

・学界等パネリスト

館 和夫（宇宙航空研究開発機構 第一宇宙技術部門宇宙利用統括）

中村 尚（日本学術会議第三部会員，東京大学先端科学技術研究センター副所長・教授）

福田 洋一（日本学術会議連携会員，京都大学大学院理学研究科教授）

六川 修一（東京大学大学院工学系研究科教授）

（おわりに）Future Earth から期待すること

春日 文子（日本学術会議連携会員，国立環境研究所特任フェロー，フューチャー・アース国際本部事務局日本ハブ事務局長）

衛星観測の将来計画に関するボトムアップの議論や、提言・幹事会声明の発出がなされている。この分科会には、実利用 WG と科学研究高度化 WG があり、2015年9月には「我が国の地球観測の将来計画に関す

るボトムアップの議論や、提言・幹事会声明の発出がなされている。この分科会には、実利用 WG と科学研究高度化 WG があり、2015年9月には「我が国の地球観測の将来計画に関す

る提言」がまとめられた。ここでは、科学技術関係(a~f)と実利用(g~j)の面から次のような取りまとめがなされている。

(a) 我が国の優れた技術の展開

①マイクロ波放射計ミッション、②降水観測レーダミッション、③光学観測ミッション

(b) 複数衛星の有機的な運用

(c) 長寿命化、複数衛星データの有機的利用、および小型衛星開発・併用による観測の効率化

(d) 将来取り組むべき新しい技術の開発

①植生ライダー、②ドップラーライダー、③ハイパースペクトル光学センサ等

(e) 衛星観測データ利用促進と新産業創出のための高度なデータ解析力の強化

(f) ミッションの選定におけるレビュープロセス・競争性の明確化、開発予算の精査、および技術の民間移行スキームの検討を踏まえた新規ミッションの確立サイクルの構築

(g) 社会が求めるアウトカムの明確化

(h) 実利用の近未来像の具体化

(i) 日本の得意なリソースを活かした実利用展開

(j) 実利用展開に向けた具体的な方策

シンポジウムでは休憩をはさみ、第二部において、小委員会の成果に関するより学術的な側面からの三つの講演があった。「地球科学における衛星観測の役割」(中島映至・JAXA/EORC センター長)においては、2010年に取りまとめられた日本学術会議ロードマップ(大気水圏科学)を踏まえて、地球観測衛星は科学的発見と社会問題の解決の両面で大きく貢献していることが示された。特に複雑系としての地球システムの科学的理解なしには社会的課題の解決は難しいことや、我が国の地球観測衛星技術は世界をリードしているものがあり、今後も挑戦すべきであることについて指摘があった。次の講演「我が国の衛星観測の現状と将来について—気候監視の側面から」(早坂忠裕・東北大学教授)においては、まず初めに気候監視と気象予報業務における衛星観測の有用性が示された。そして、マイクロ波イメージャや降雨レーダ等、我が国の地球衛星観測の実績を示し、それが現在あるいは近い将来に計画されているミッションに継承されていることが報告された。最後の「将来の我が国の衛星地球観測のあり方に関する提言」(佐藤 薫・東京大学教授)の講演においては、前半でオゾンホール等の解明における衛星観測の貢献と監視継続の必要性や、地上観測・小

型衛星観測と中型地球観測衛星のそれぞれの特徴と相補性、さらに国際協力の重要性について報告があった。後半では、今回の日本学術会議からの提言について詳しい解説がなされた。

第三部では、安岡善文・東京大学名誉教授がモデレータを務め、官界、学術界の面々によるパネル討論が行われた。なお、パネリストは次のとおりである。政府関係者として、磯野賀瑞夫(環境省)、岡本幸三(気象庁)、笠井康子(総務省)、佐伯浩治(内閣府)、鶴田将範(経済産業省)、山之内裕哉(文部科学省)、学術関係者として、館 和夫(JAXA)、中村 尚(東京大学)、福田洋一(京都大学)、六川修一(東京大学)(いずれも五十音順)。たとえば、地球観測衛星を推進している気象庁、環境省等と我が国の宇宙政策を担っている内閣府ではかなり温度差があるものを感じた。今後さらに協議を進めつつ、プロセスの具現化を行い、我が国の地球観測衛星計画を空白期間が生じぬよう推進していく必要がある。また、モデレータの安岡氏は取りまとめで、地球観測は外交や安全保障の面からも重要であるという点を強調し、さらに広く、宇宙から地球を観測することの人類の意義、哲学までも視野に入れた議論が今後必要になってくるかも知れないと述べた。

シンポジウム全体の最後に、フューチャー・アース国際本部事務局日本ハブ事務局長の春日文子・国立環境研究所特任フェローから「Future Earth から期待すること」という題でコメントがあり、地球科学、地球環境、社会環境に関する多様な分野における科学的知見の統合、さらには国やビジネスにおける中長期的将来目標設定のために、地球衛星観測は時間的・空間的に変化する基盤情報の提供源として重要であるとの期待が寄せられた。

4. 今後に向けて

今回の学術会議の提言では、地球衛星観測に関して、国際協力を視野に入れたトップダウン計画と未来技術開発としてのボトムアップ計画の両方の重要性がうたわれた。また、グランドデザイン立案に関しては複数衛星の同時搭載による相乗効果も含める必要性について、グランドデザインやミッション提案の審議および実施(宇宙基本計画工程表への記述)に関しては具体的な体制の提案、データアーカイブおよび人材育成について書かれている。この提言は3年以上にわた

る改訂を積み重ね、関係機関とも議論をして作り上げたものであり、これが学術会議から公表されたことは、現在の地球衛星観測体制の改善に向けた第1歩ととらえることができる。実際すでに、文部科学省は科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の宇宙開発利用部会に、宇宙政策委員会は宇宙民生利用部会にそれぞれ地球衛星観測の専門家を入れる等、少しずつ対応がなされている。次に進むためには、衛星観測コミュニティによるグランドデザインの早期策定がいよいよ重要であり、そして、関係省庁、関連委員会等に対し理解を求める努力を今後も続ける必要がある。また、日本気象学会をはじめ、様々な分野の学術研究において衛星観測による研究成果を着実に上げるとともに、衛星観測データを直接利用しない研究者や一般社会からも支援してもらえるようなアウトリーチの努力も重要であろう。

略語一覧

ADEOS : Advanced Earth Observing Satellite 地球観

測プラットフォーム技術衛星「みどり」

EORC : Earth Observation Research Center 地球観測
研究センター

GCOM-W1 : Global Change Observation Mission -
Water Satellite 1 第一期水循環変動観測衛星「しずく」

GMS : Geostationary Meteorological Satellite 静止気
象衛星「ひまわり」

GOSAT : Greenhouse gases Observing SATellite 温室
効果ガス観測技術衛星「いぶき」

GPM : Global Precipitation Measurement 全球降水観
測衛星

JAXA : Japan Aerospace Exploration Agency 宇宙航
空研究開発機構

TIROS : Television Infrared Observation Satellite タ
イロス (米国の気象衛星プロジェクト)

TRMM : Tropical Rainfall Measuring Mission 熱帯降
雨観測衛星

UN : United Nations 国際連合