

地球観測グランドデザイン

C 改訂 第三回試行公募(2021-2022) 反映版

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 (TF リモセン分科会)

2024/12/19

我が国の地球観測が将来的に目指すべき姿と地球衛星観測の戦略的計画推進およびコミュニティの強化についての方策を提案するとともに、中長期的および短期的な視点に基づく地球観測衛星計画を提案する。

改訂記録

符号	承認年月日	改訂箇所	改訂内容，理由等
初版	2018/4/19	N/A	
A	2020/10/23	1 項 図 1	2020 年 10 月現在の情報へのアップデート
		3.2 項	TBD 部分への加筆
		3.4 項 図 7	2020 年 10 月現在の情報へのアップデート
		4.2 項	第 1 回試行公募結果の反映及びアップデート
		4.3 項	新規
		4.4.1 項	第 1 回試行公募結果の反映
B	2022/9/9	2 項	2022 年 9 月現在の情報へのアップデート
		4.1 項 図 8	公募・選定フローの 2 年サイクルへのアップデート
		4.2 項	宇宙基本計画工程表改訂及び第二回試行公募結果を反映し全面アップデート
		4.3 項	第二回試行公募結果を反映しアップデート
C	2024/xx/xx	4.2 項	宇宙基本計画工程表改訂及び第三回試行公募結果を反映しアップデート
		4.3 項	第三回試行公募結果を反映し全面アップデート

内容

1	はじめに.....	3
2	100 年先を見据えた長期ビジョン	5
3	中長期計画	5
3.1	気候変動問題への取り組み	7
3.2	地表面観測への取り組み.....	9
3.3	日本の衛星地球観測が取り組むべき課題	11
3.4	中長期計画の考え方	11
4	短期計画.....	14
4.1	ミッションの選定方法について.....	14
4.2	短期計画に含めるミッション	16
4.2.1	宇宙基本計画にすでに記載されている計画中のミッション	16
4.2.1.1	静止気象衛星（ひまわり 10 号）	16
4.2.1.2	次期光学観測事業構想および ALOS-4 後継機.....	17
4.2.1.3	降水レーダ衛星（PMM）	18
4.2.1.4	ISS 搭載ライダー実証（MOLI）（第 3 回公募では提案なし）	19
4.2.1.5	高性能マイクロ波放射計 3（AMSR3）及び後継ミッション.....	20
4.2.2	ミッション公募による提案ミッション	22
4.2.3	地球観測衛星ロードマップ（短期ロードマップ）	28
4.3	全体俯瞰図	29
4.4	その他の検討中のミッション	31
4.4.1	散乱計・測地	31
4.4.2	海面高度計.....	31
	参考文献.....	31
	付録 A.....	33

別冊 提案ミッション概要

1 はじめに

2017 年の日本学術会議からの提言「我が国の地球衛星観測のあり方について」[1]において、①地球衛星観測の戦略的計画推進の必要性、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、③観測データアーカイブ体制の構築と利活用の促進、④人材育成の体制強化と地球観測リテラシーの向上、の 4 つの項目が今後の日本の地球観測のあり方を考えるうえで重要な点として示された。この提言のフォローアップとして、提言「持続可能な人間社会の基盤としての我が国の地球衛星観測のあり方」が 2020 年に発出され[2]、「人間社会の持続可能性」のための基盤として我が国の地球衛星観測のあり方について、以下の 4 項目の提言が示された：①持続的な人間社会の基盤としての地球衛星観測計画の強化の必要性、②地球衛星観測の戦略的計画推進の仕組み、③観測データアーカイブ体制の構築と利活用の促進、④人材育成の体制強化と地球観測リテラシー（知識・知恵及びその活用能力）の向上。2023 年には見解「我が国の地球衛星観測に関する統合的戦略立案について」が発出され、① 気候変動対策の科学的基盤と国際協力の要としての地球衛星観測の必要性、②我が国の地球衛星観測の統合的戦略立案の必要性、③オープンサイエンスの推進、④統合的戦略の実現のための様々な視点での人材育成の推進、を掲げ、科学分野全体を見渡した上での衛星ミッションの推進の必要性を訴えている。

「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 (TF)」¹の下部委員会の一つである「地球科学研究高度化ワーキンググループ (WG)」は、2017 年の提言を受けて、地球観測に関わる学術コミュニティ・諸機関が一体となって日本学術会議の提言を実現する方策を示す「地球観測グランドデザイン」を作成し、TF 全体会議での議論を経て、日本学術会議地球惑星科学委員会などへの提案を開始した（図 1 参照）。「地球観測グランドデザイン」では、コミュニティ全体からボトムアップ的にミッション提案を募り、peer review のプロセスを経た上で短期的なミッション計画を策定している。

¹ 地球科学・リモートセンシングに関係する諸学協会（付録 A 参照）により学術・利用を中心としたユーザコミュニティの意見を宇宙政策へ反映する狙いで組織された。

2 100 年先を見据えた長期ビジョン

我が国の衛星による「地球観測グランドデザイン」を考える上で、衛星地球観測は最先端科学・技術を駆使して実現し、国を代表する活動であることから我が国の国家ビジョンは不可欠であると考えられる。国家ビジョンをここで論ずるには不適當であるが、我が国が環境分野で世界をリードすべきことは、過去の政府が「環境立国」を打ち出したこと [2]、地球温暖化等の気候変動対策にとりくむ世界的枠組みへ貢献が求められていること [3]からも妥当である。

個人の幸福の実現には安定した社会的・経済的基盤が必要であることは言うまでもないが、前提として地球環境がその全てを支えていることは、これまで当然のこととしてほとんど意識されていなかった。しかし気候変動によりその前提が揺らいでいる現在、複雑極まりない地球環境システムを把握し理解する有効な手段である地球科学の発展が、人類社会の幸福増進に貢献すると我々は信ずる。

これらの観点から本文書では、「我が国が環境分野で世界をリードする」ことによる経済発展と社会課題解決の両立という **Society 5.0** の実現とともに、国連の進める「持続可能な開発目標 (SDGs)」に結びつけることをゴールとする立場に立って議論を展開する。

今後起きる地球環境変動は全球規模で人類に影響を及ぼすと考えられる [4]。様々な環境変動の中でも、気候に関わる衛星観測項目は多く、「気候変動の影響への適応計画」 [5]、「水循環基本計画」「海洋基本計画」等でも衛星データを監視・予測・評価へ活用する旨が記述されている。

約 10 万年周期で繰り返される氷期・間氷期の移行期に訪れるとされる激しい気候変動に人類が常に晒されているのは事実である。しかし、二酸化炭素量で測ったとき、過去 100 年における人間活動による温暖化の外力の変動量は、過去 65 万年の自然変動幅をはるかに凌駕している。特に、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第 6 次評価報告書においても、「人間の活動の影響によって大気、海洋、陸地が温暖化していることは疑う余地がない」と述べられており、その根拠として、2011 年から 2020 年の 10 年間で、世界の地表温度は 1850 年から 1900 年の間に比べて 1.09℃上昇していること、人間活動に起因する温度上昇で見ると、2010 年から 2019 年と比べた場合に 1.07℃と評価されていることが示されている。上昇した 1.09℃のうち 1.07℃が人為的要因であることから、「疑う余地がない」と表現している [4]。このように人類は今までに経験したことのないスピードの気候変動に直面し、実際にその影響は極端気象の増加などを通じて人間生活に影響を及ぼし始めている。そのため、急激な環境の変化を捉える上で地球観測の重要性が増しており、これまでの継続的な観測データの蓄積を途切れされてはならない。

以上を踏まえ、次の 100 年における長期ビジョンは、人類が地球環境システムの理解を通して来るべき気候変動に適応しつつ、永続的に幸福な社会生活を享受するため、100 年先を見据えて日本が担うべき地球観測の役割を示すこととする。

3 中長期計画

2050 年代までの 20~30 年スパンの中長期計画においては、地球観測衛星による観測と数値モデルの相互発展による気候変動の理解に主眼を置く。長期継続モニタリングによる気候変動

の影響の検知と、気候変化を支配する個別過程（プロセス）の理解という2つの異なるアプローチで解析・研究を行う。そしてその成果を活用した行政利用などを通じて社会課題の解決への定常的な貢献を目指すことにより、過去ミッションの長期データセットの活用を含めた衛星観測の成果を最大化する。

表 1 に地球観測センサの種類を示した。地球観測センサは高分解能あるいは中・低分解能の周回軌道グローバルセンサおよび静止軌道センサに分けられる。このうち高分解能センサは更に光学センサと合成開口レーダ（SAR）に、中・低分解能センサは気候・気象分野でのシステム観測（監視）、すなわち主に必須気候変数（Essential Climate Variables : ECV）²を観測対象とするセンサと、プロセス研究を対象とするセンサに分かれる。

表 1 地球観測センサの種類

周回グローバルセンサ (高空間分解能)		周回グローバルセンサ (中・低空間分解能)		静止軌道センサ
光学 例 : ALOS PRISM	SAR 例 : ALOS PALSAR	気候システムモニタリング重視 例 : GOSAT TANSO-FTS	気候プロセス研究 例 : EarthCARE CPR GPM DPR	例 : ひまわり 可視・赤外センサ

地球観測センサは、社会的課題の解決等にむけた定常的な利用のための観測と、地球システムの未解明課題に挑戦する研究に資する科学的観測および技術開発実証を並行して実施してきた。よって商業化や採算性といった論点では評価されにくい性質を持っているが、計算機の発展、科学的知見の実学への応用、社会課題に対応するための定常的な利用を経て、インフラとして社会へ定着する道筋が見えつつある状況である。センサや物理量推定アルゴリズムの性能向上だけでなく、データ処理や配信技術の発展でデータ提供までの時間が短縮されたことも利用拡大につながっている。その動きをさらに推進しつつ、将来への布石として先進的な科学的観測も実行されなければならない。

地球観測衛星データの入手性の向上と利用の拡大と相まって、衛星データ複合利用が進むことにより、衛星プログラム間のシナジーを効率的に見出す動きが出てきている。個々の衛星ミッションにおいて、数値予報等へのインパクト予め評価する（Observing System Simulation Experiment: OSSE）を実施する流れや中長期的に戦略的に衛星観測計画を立案するプログラム化の考え方も進んできている。また、近年では、米国を中心に多数の（超）小型衛星による観測頻度の不足を補う動きが活発になり、これらは民間事業者による衛星地球観測の急速な増加ともリンクしている。このような流れは、日本でも進みつつあり、地球観測衛星の進め方（公的機関と民間事業者の棲み分けまたは協調、長期データの品質の保証）の議論を喚起している。

C

² ECV : GCOS (Global Climate Observation System) / WMO(World Meteorological Organization)で最初に定義された気候変動における基礎地球物理量

3.1 気候変動問題への取り組み

気候変動を把握・予測するための研究を推進することは、効率的かつ効果的に地球規模の社会課題の解決を進めるにあたって重要である。例えば、現在の水資源管理システムにおいて、水災害、渇水対応などの現行施策は気候が変化しないことを前提に整備されており、気候変動下の集中豪雨、渇水への対応に対しては課題を有している。あわせて、国土の高度利用に比して、概して治水整備水準が低く、かつ気候変動下の災害リスクの増大という二重苦が発生する可能性がある。

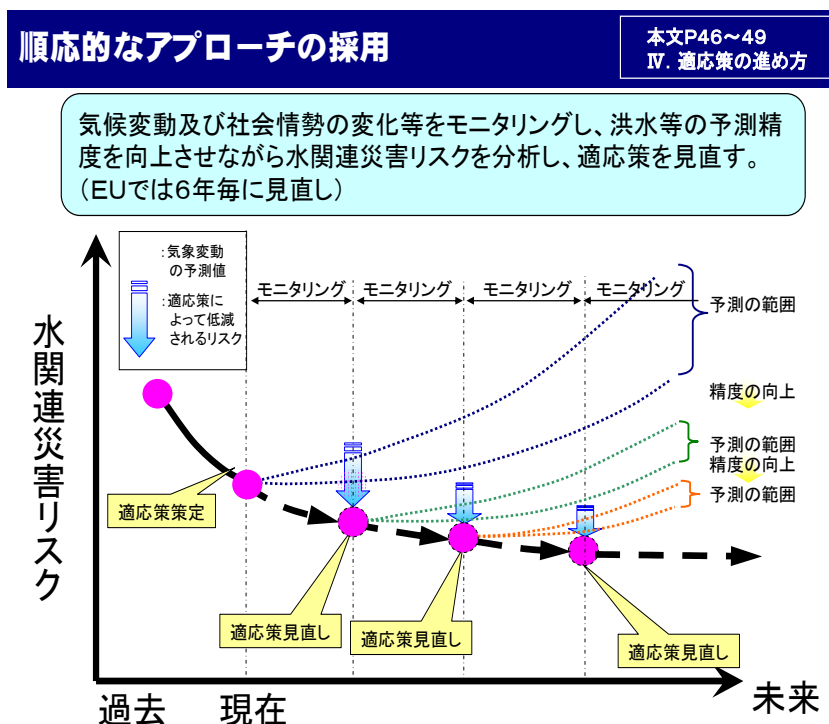


図 2 順応的なアプローチの採用 概念図
(出典 文献 [6] 56 ページ)

平成 20 年 6 月の「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について」国土交通省 社会資本整備審議会の答申 [6]において、イギリスなどの諸外国の事例を参考に、気候変動及び社会情報の変化等をモニタリングし、洪水等の予測精度を向上させながら水関連災害リスクを分析し、適応策を見直すことが言及されている。加えて、今後の水資源管理システムにおいては、水資源管理の施策オプションの拡充(治水計画の高度化)、災害リスク評価による被害低減(気候変動対応コストの削減)、ならびにハードだけに頼らないソフトによる柔軟な気候変動適応の必要性が「気候変動の影響への適応計画」「水循環基本計画」などにおいても示されている。このためには、高精度の長期データセットおよび高精度な水循環モデルによる豪雨・渇水などの予測精度の向上が必須とされている。

このように、気候変動の把握・予測の研究を推進し行政利用につなげていくためには、図

3における原因物質の観測（赤）と同時に、気候感度、つまり気候が外力に対してどのように応答するか（青）、そして人間社会へ及ぼす影響を正しく理解することが不可欠である。

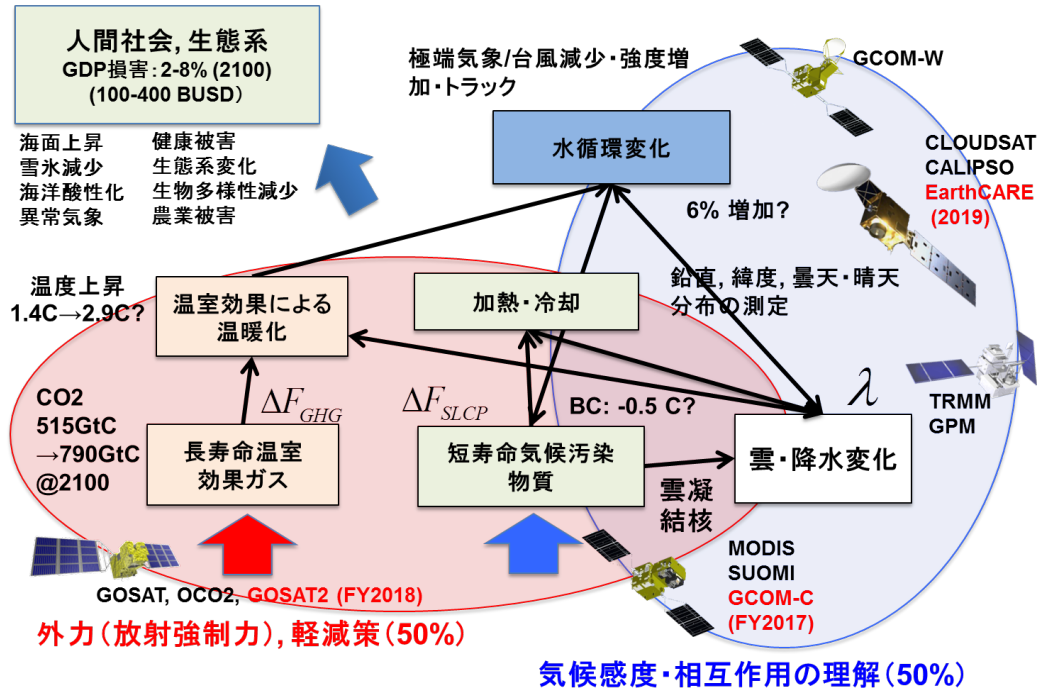


図 3 人為起源の気候変化要因と影響の関係性
(中島映至, 2017, 学術会議公開シンポジウム「我が国の衛星地球観測計画」資料)

気候システムが、外部から与えられた変化に対してどのように応答するかを表す概念を気候感度と呼び、気候変動の影響や程度を研究するうえで最も重要なキーワードの一つである。図 3 に温暖化の要因である温室効果ガス (GHG) と短寿命気候汚染物質 (SLCP) とこれらがもたらす気候への作用を示した。現在さまざまなモデルにより将来の気温上昇を予測する試みがなされているが、たとえば気温の上昇幅の試算については現時点ではモデル間でも 100 年で約 2°C という大きな不確定性がある。2015 年の COP21 で採択されたパリ協定は産業革命以降の気温上昇を 2°C 以内に収めるという目標を掲げているが、そのために削減すべき温室効果ガス量の見積もりはモデルの種類により数百ギガトンのばらつきを示している。

このようにモデルによる予測に不確定性が大きい理由は、前述した気候感度が、放射強制力に代表される単純な応答のみでは決まらず、図中に示したように複雑な相互作用を経た結果として現れるためである。GHG や SLCP の排出と、相互作用がそれぞれ気候変動に与える影響はほぼ等分と言われている。さらに、温暖化・水循環の変化によって起こる植生・土壌水分の変化や雪氷域の減少なども、長期的に気候に影響を与える。

温暖化の影響は、海面上昇・雪氷減少・海洋酸性化・異常気象の頻発といった形でもあらわれ、健康被害・生態系の変化・生物多様性の減少・農業被害など人間社会や生態系への深刻な影響が

予測されている。特にこれらは水循環の変化を通じて顕在化することが多い。これらによる経済的損失は 2100 年には GDP の 2～8%になるとの試算もある。人間活動そのものがグローバル化している昨今、日本の企業も海外の異常気象や災害による被害を受けているケースが増加しており、国益維持の観点からも気候変動に備えることは極めて重要だといえる。

そのため、複雑な気候変動とその影響を的確に捉える必要があり、複雑な地球表層環境を構成する各要素に対して、グローバルで長期継続的な衛星地球観測が重要となってくる（図 4）。

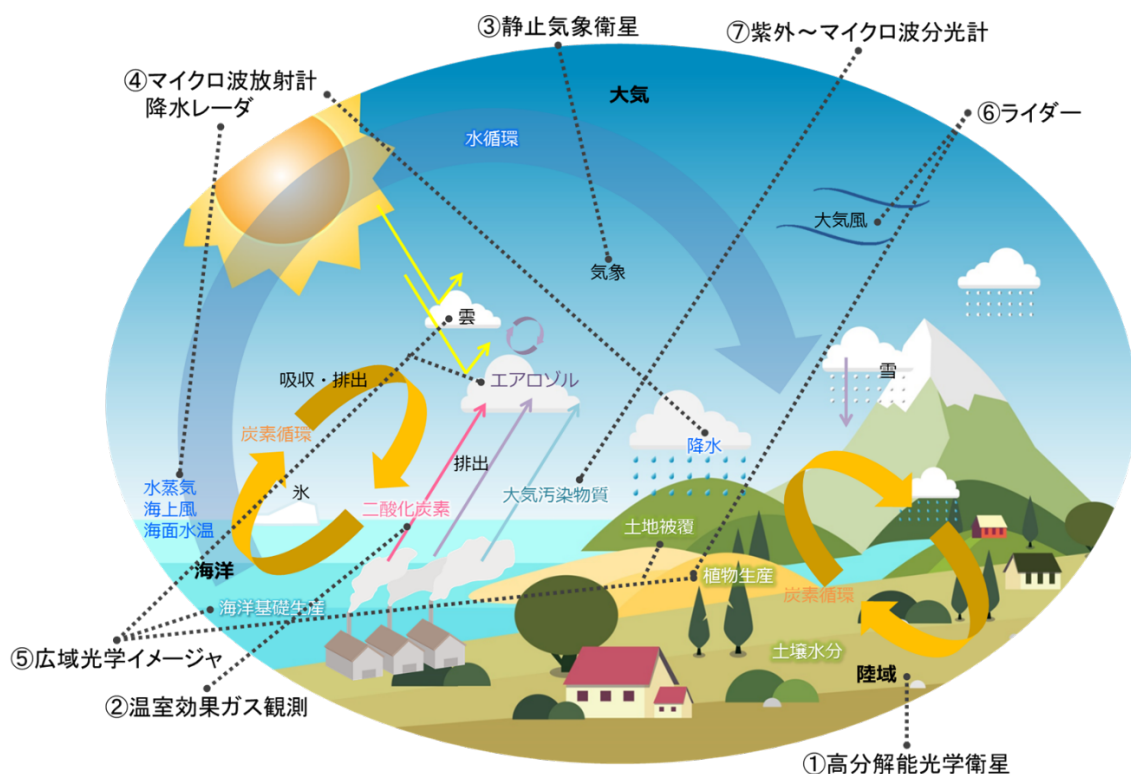


図 4 複雑な地球表層環境を構成する要素と衛星地球観測の対応

3.2 地表面観測への取り組み

図 3 の人為起源の気候変化要因と影響の関係性に示されるように気候変動は人間社会や生態系に大きな影響を与えて始めている。また、人間社会による活動は気候変動の要因の一部であることは IPCC でも認めているところである。炭素循環も土地利用や土地被覆の変化によるものについて不確実性が高いとされる。図 5 のような森林から農地への土地利用変化は人間活動によってもたらされ、炭素循環や生物多様性に大きな影響をあたえている。気候変動の軽減策を講じる上で、土地利用や土地被覆の監視が重要視されるべきである。土地利用の変化の他にも化石燃料の使用や様々な経済活動も大なり小なり気候変動へ影響を与えている。

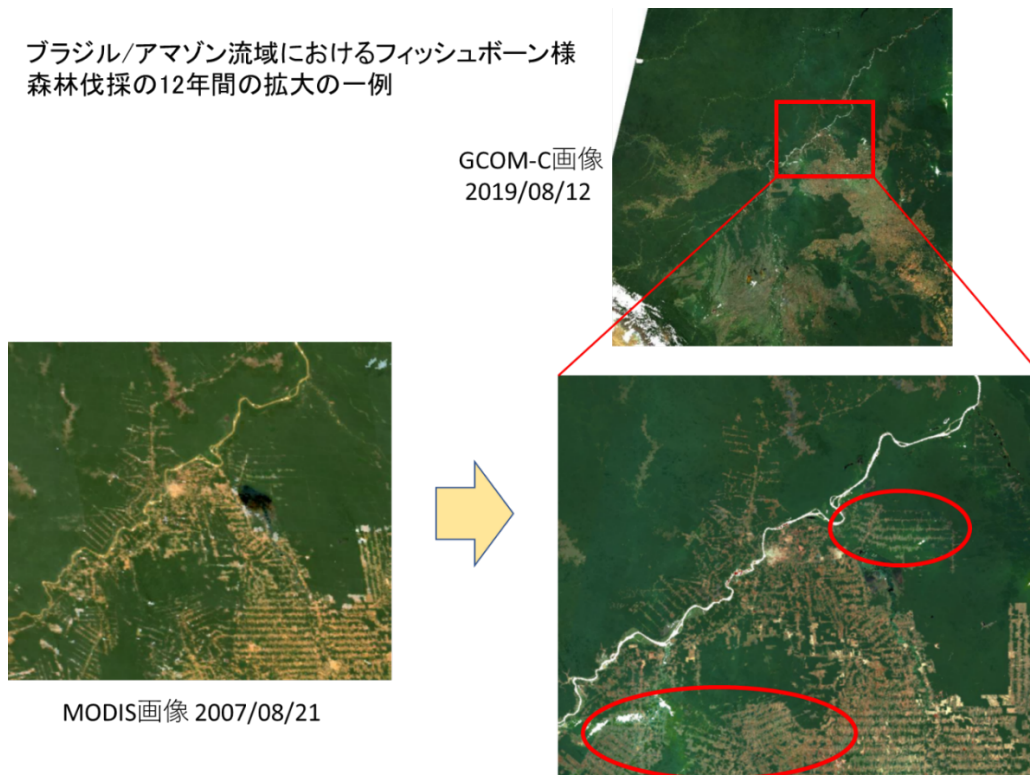


図5 ブラジルのフィッシュボーン・デベロップメント

また、現在、気候変動の影響は極端気象など顕在化しつつあり、毎年、我が国においても人々の生活に豪雨、台風などの被害が発生しており、この被害も直接、間接的に図6のように地表面の変化として捉えることができる。この観測は、新しい宇宙基本計画における宇宙技術の災害対策・国土強靱化や地球規模課題の解決への貢献に資するものといえる。

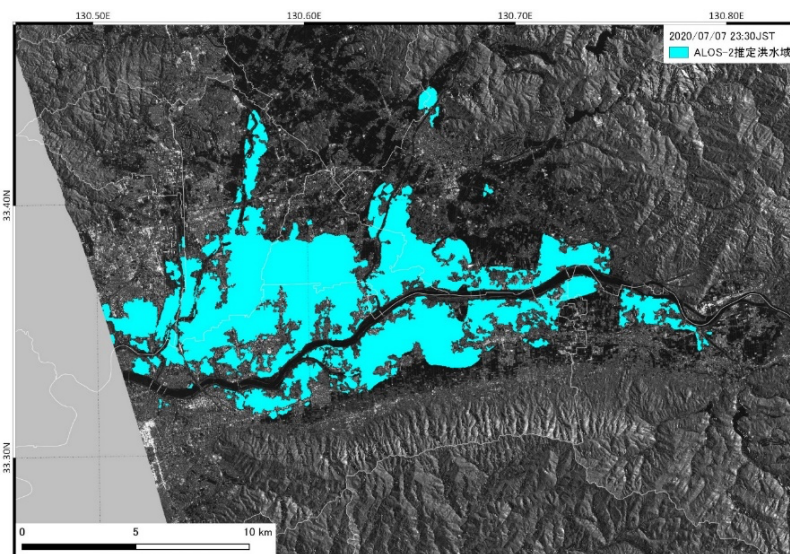


図6 2020年7月九州豪雨時の「だいち2号」PALSAR-2データから推定した浸水域（水色）
©JAXA/EORC

人為起源の気候変化要因と影響の両方を地表面観測の時系列変化で捉えることができる。そのため、気候変動の仕組みの理解のため、そして災害対応のために地表面観測を高頻度中程度解像度観測衛星、高解像度光学衛星、マイクロ波衛星、小型衛星などを用いて、衛星地球観測の複合的な利用を踏まえたトータルシステムとして実施することが重要であり、このような地表面観測は安定した国民生活の基盤情報を提供し、我が国の防災等の技術をアジア諸国に拡大することを支援し、国際社会への貢献にも資するものと考ええる。

3.3 日本の衛星地球観測が取り組むべき課題

現代の地球システム科学に期待されることは、第一に、気候変動の状況把握と予測をすること、そしてその精度を高めるための最新の知見を示すことである。これらを判断材料や根拠として、政策立案・実施がなされる。そして政策的な出口として、ECV となる気候変動における基礎地球物理量において、世界的な枠組みにおける根拠、あるいは基準値として使われる信頼性の高いデータを示し、日本の国際的なプレゼンスを高めることが戦略として考えられる。

この中で衛星地球観測の果たすべき役割は、一つにはモデルの初期値あるいは境界条件として有効なデータを供給し続けることである。また、もう一つ重要なのは、たとえば雲の分布や豪雨など現在の数値モデルでは十分表現できていない自然現象を精確に捉え、その仕組みの理解を通じてモデルをより現実在即したものに進化させるための新しい観測データを取得することである。

前述したような気候変動の予測と、気候変動が引き起こす災害の減災・防災のためには全球的な監視が必要であり、そのために様々な国際協定が作られている。国際的な枠組みの中で、我が国の地球観測衛星のこれまでの貢献は米欧とともに大きく、また、将来もリーダーシップを取ってゆく必要がある。基本的な観測量は国際協力の下で各国と分担して観測を継続してきており、日本が技術的優位性を有する、または、自国主導のもとデータを蓄積することが戦略的に有利と考えられるような観測テーマについては基幹ミッションとして位置付け、継続観測体制を維持することで効果的な研究がなされたいと考える。

3.4 中長期計画の考え方

本 WG では、世界の地球観測衛星の将来動向を分析し、わが国で将来にわたり実現すべき観測テーマ(陸域：植生・土地利用等、大気：温室効果ガス・雲・降水・風・大気微量成分等、海洋：海面水温・海色、極域)およびライダー等の新規開発センシング技術を決定し、日本気象学会の気象研究ノート「地球観測の将来構想に関わる世界動向の分析」[7]にまとめた。これらは日本が強みを持つ、あるいは新たな強みとなるべき観測分野として位置付けられている。

これらの観測テーマはおおまかに 9 種類のセンシング技術(高分解能光学、高分解能 SAR、全球光学イメージング、全球マイクロ波センサ、雲降水レーダ、ライダー、大気化学センサ、温室効果ガスセンサ、静止衛星)のシナジーにより実現可能である。

しかし 9 種類のセンサをそれぞれ個別の衛星に搭載することは費用や観測サイクルの面から非現実的である。限られた予算の中で上記のミッションを成立させるために、相乗り、500kg 以

下の小型衛星、多センサ共用の中規模プラットフォームの定期的打上げなど、2t 以上の専用衛星ミッション以外での観測実現機会も積極的に提案・活用していく。中長期計画の策定においては、低軌道衛星でのみ可能であった技術もその進展と効果を考慮したうえで静止衛星への移行も検討すべきである。センサの小型化は重要な技術課題であり、GPS のように多数の衛星に搭載することにより地球科学に貢献することは可能であるが、センサによっては原理的に小型化が不可能なものもある。センサの小型化をさらに進め 100kg 程度以下のマイクロサットに搭載するアイデアもある。軌道・姿勢制御、校正の面で適するミッションは限られるが、観測テーマや目指すサイエンスによっては有望である。小型化やフォーメーションフライト技術を活用したミッションは将来的に、中長期計画へ加わるものと想定している。最近では、さらに、民間事業者による（小型）衛星との連携も視野に入れる必要が生じてきた。

C

また前述のとおり、中長期計画では気候変動の理解を主たる目標に掲げるが、今後のわが国の地球観測をとりまく周辺状況を踏まえた適切な計画への見直しが必要である。このため、記載の個々のミッションについて、当該のミッション間や他国のミッションなどとの有機的つながりについても計画に反映・進化させていく予定である。

これらの考えのもと、基幹ミッションとして中長期的に取り組む観測テーマを元に、それらを観測するセンサを線表に表したのが図 7 である。ECV をもとに陸域・大気・海洋・極域に分け、13 の観測対象を挙げた。これらの観測対象を観測するセンサは高分解能光学センサ、高分解能 SAR、全球光学イメージングセンサ、全球マイクロ波放射計、雲降水レーダ、ライダー、大気分光計に集約される。また、気候変数を観測する現業の衛星として気象庁の静止気象衛星が存在する。これらのセンサの継続的運用により気候変動の理解・モニタリングを実現する。

中長期計画では前述の観測テーマを実現するべきおおまかな時期を想定しておき、具体的なミッション内容については短期計画において策定する。

尚、本グランドデザインについては適宜議論の上、改訂を重ねるものとする。

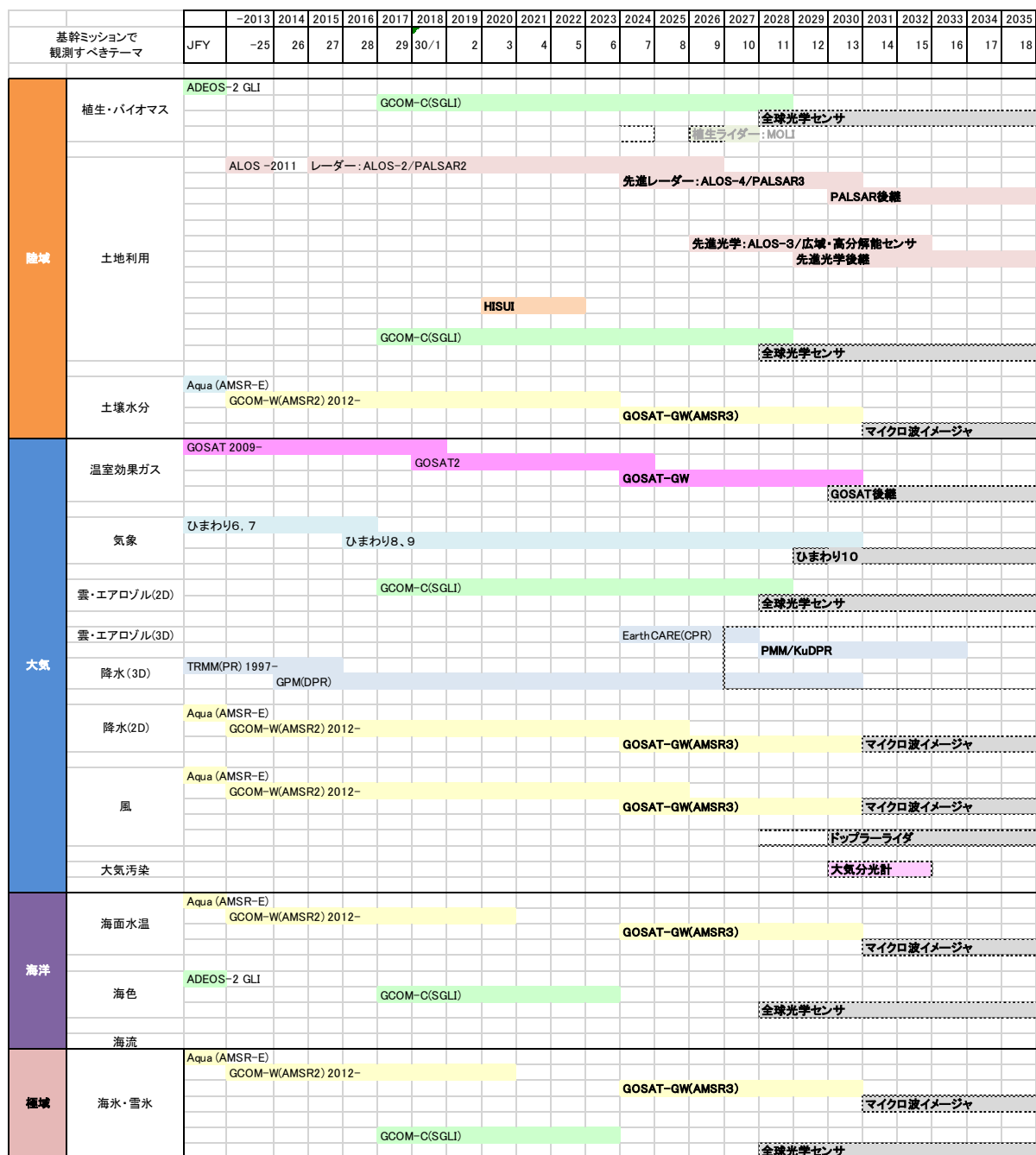


図 7 中長期計画線表

4 短期計画

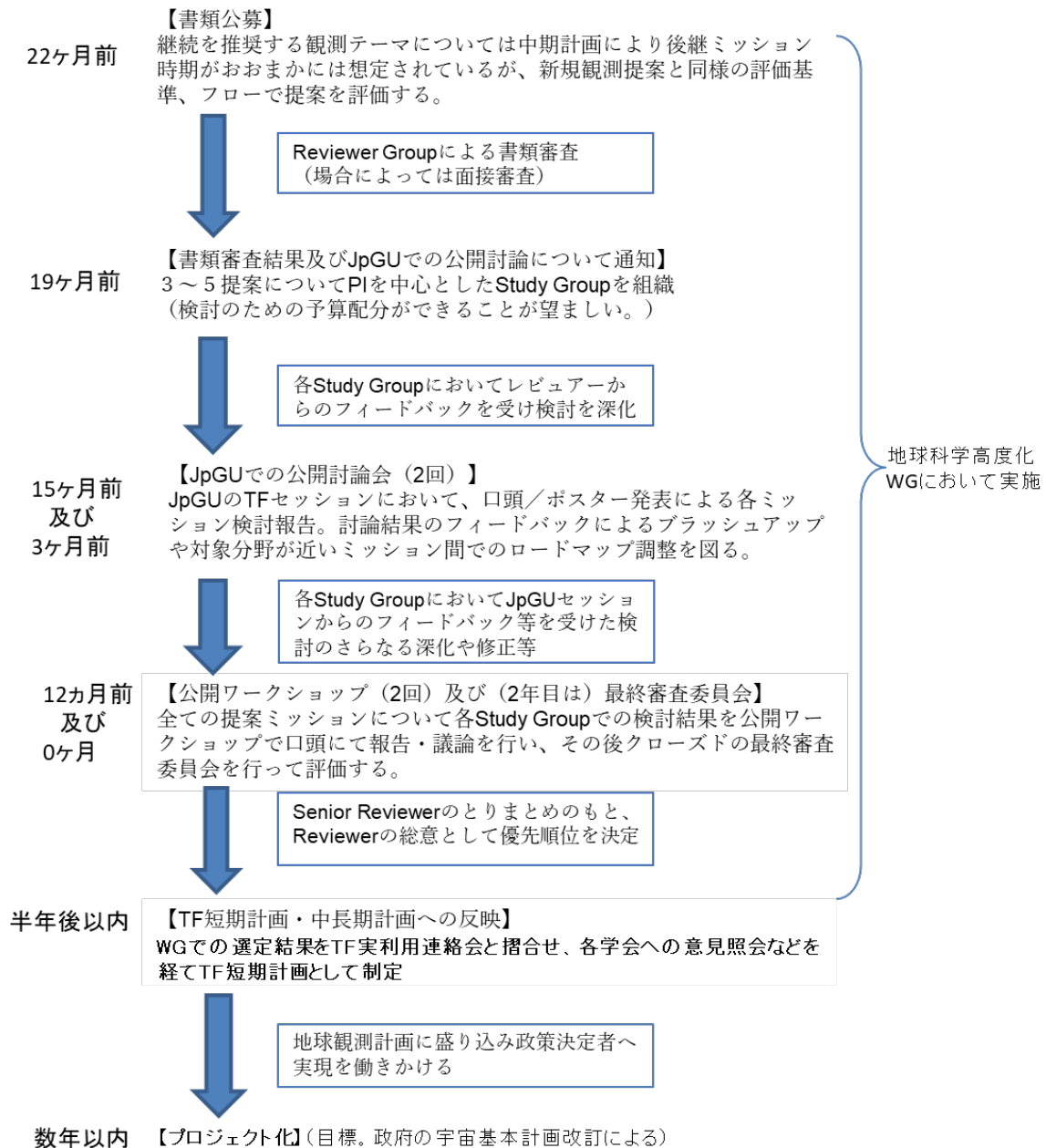
4.1 ミッションの選定方法について

地球観測ミッションを、科学的な見地からの意見をまとめ、コミュニティの総意のもと政策提案者や関係省庁へ提案するため、本 WG においてピアレビューを導入し、時間的な優先度などを考慮した短期計画案を作成する。当該の案を TF 実利用連絡会側からのインプットを踏まえ、TF 幹事会に付議、調整の上、短期計画の見直しを行う。

中長期計画で想定されている観測テーマを実現するスケジュールに従い、短期計画策定時に具体的なミッション提案を募集し、各分野の有識者・WG メンバーと提案者間での議論および評価を経て、その後数年で実現を目指すミッションを選定する。これにより分野横断的な研究を促進し地球観測コミュニティを涵養するとともに、ミッション提案の科学的要求と実現性のフロントローディングな検討を行う。

提案されるミッションは効率化と新技術による高度化の検討が十分なされたものであることを要求する。評価は 技術評価、研究体制、開発体制、関連学会・団体、継続性/新規性、緊急性・タイムリーさ、国際的分担、予算状況、コスト削減策、期待される科学の成果、アウトカム、将来展望 の各項目について行う。科学的な見地からの選定について地球科学のコミュニティ内で最大限の合意に至るよう、選定は日本地球惑星科学連合大会等の機会を活用し、全工程での透明性・公平性に留意する。あわせて、短期計画ミッション選定の際には、宇宙基本計画の工程表に継続されると記載されている観測ミッションに対しても、科学のおよび実利用の観点からの TF としての要求の提案も行うとともに、観測ミッションや他の地球観測などの統合利用によるリモートセンシングの利用拡大につとめる。

この過程を経て決定された本WGによる短期計画案に、行政利用などの実利用の観点での議論を踏まえた実利用連絡会の提言を統合し、TF 幹事会においてTFとしての短期計画案を取りまとめる。なお、TF 短期計画案は、TF 参加学会への意見招請、日本学術会議などへの意見照会およびTF全体会議における議論を踏まえて、TF 短期計画として制定される。そして、このTF 短期計画（宇宙基本計画の工程表に対応）を CONSEO や文部科学省宇宙開発利用部会、内閣府宇宙政策委員会および宇宙関係各省やJAXAなどの宇宙関係機関へ提案するというプロセスを想定している。



※Reviewerグループ: Senior Reviewer5～10人含む20～30人の地球観測分野の有識者で構成。他薦・自薦により観測テーマ・分野にばらつきのない人員構成とする。

図 8 地球観測短期計画へのミッション反映までのフロー

4.2 短期計画に含めるミッション

4.2.1 宇宙基本計画にすでに記載されている計画中のミッション

宇宙基本計画にすでに記載されている計画中のミッションとしては、静止気象衛星、次期光学観測事業構想、ALOS-4 後継機（新たなレーダ観測衛星）、降水レーダ衛星（PMM）、温室効果ガス観測衛星後継機などが挙げられる。また、新たなセンサ技術であるライダー観測技術については、基盤技術実証に向けた開発（MOLI）に進むこととされた。さらに、以前のグランドデザインの短期計画において推奨した AMSR3 については、開発を着実に進めるとともに、その後継ミッションの検討も進めることとされ、加えて、超広帯域電波デジタル干渉計の開発も進めることとされた。

以下、個別のミッションの概要と、地球科学的な観点での可能性について記述する。WG としては、これらの衛星へのセンサ相乗り、デュアルローンチ等の手段で地球観測ミッション実現を検討する。また、実利用の観点からは、高分解能光学や SAR、ひまわり、地球温暖化観測などのこれらのミッションとの統合利用も含めたりリモートセンシングの裾野などの重要性を認識し、これらのミッションの実施機関および TF の関係学協会との議論をさらに行っていく。あわせて、新規ミッションに対するミッションの評価項目と詳細を示した表の書式を参考にし、TF としての当該ミッションへの科学的、実利用の観点からのニーズを検討し、ユーザコミュニティとしてのミッションへの提案などもあわせて行っていく。なお、今後の検討を進めるにあたっては実利用 WG での検討の反映とあわせて、2019 年度に日本リモートセンシング学会が JAXA から受託した「海外における衛星地球観測ミッション計画の調査分析」の報告書の有効利用についても JAXA との調整の上で適切に利用し、最新の海外動向、特に米国のディケーダルサーベイおよび欧州のコペルニクスも踏まえた上での検討を進めていく必要がある。

4.2.1.1 静止気象衛星（ひまわり 10 号）

静止衛星は、広範囲を常時観測できるという周回衛星にはない特性を有している。気象観測に関しては、2040 年頃の静止気象衛星に求められる機能について世界気象機関（WMO）が WMO 統合全球観測システムビジョン 2040 の一つとしてまとめており、その中では、運用中のひまわり 8・9 号にすでに搭載されているイメージャに加え、ハイパースペクトル赤外サウンダ、雷光センサ、紫外・可視・近赤外サウンダが挙げられている。このうち、ハイパースペクトル赤外サウンダについては、ひまわり 8・9 号の後継機であるひまわり 10 号への搭載が決定された。また、静止軌道における宇宙環境をモニタする宇宙環境センサも搭載されることとなった。なお、搭載を見送られた雷光センサについては、引き続き学会等の機会を利用して、気象庁と研究者との間で議論が行われることとなろう。宇宙基本計画では、2029 年度めどのひまわり 10 号の運用・利用の開始に向けて、気象庁において 2023 年度からその整備に着手されたところである。

近年の気象災害は、台風のみならず、線状降水帯に伴う集中豪雨など極端な気象現象が顕著に現れるようになってきている。これらの監視・予測のためには大気の気温や水蒸気の状態を常時、広範囲かつ立体的に観測することが重要である。上述のように静止衛星であるひまわりには、日本を含む広く西太平洋を常時監視できるという極軌道衛星などの周回衛星にはない長所がある。この強みを活かしつつ、ひまわり 10 号にハイパースペクトル赤外サウンダという最新の技術を

導入することで、その気象観測・予測能力を飛躍的に向上させて、自然災害の防止に寄与していくことが期待されている。

また、将来の静止軌道利用について気象以外の分野では、高分解能光センサ、マイクロ波イメージャ、ミリ波・サブミリ波センサ、降水レーダ、大気化学センサ、海色センサ等で、静止衛星への搭載の要望が研究者から挙がっている。広範囲・常時観測の特性をさらに活用する観点から、将来的には静止衛星を共通のプラットフォーム化し、多用途のセンサの相乗りが可能である体制を構築することが望ましい。これにより防災や気候変動の監視など、衛星データの多方面での活用に飛躍的な進展が見込まれる。

4.2.1.2 次期光学観測事業構想および ALOS-4 後継機

高分解能光学センサでは、分解能と観測幅がトレードオフの関係にある。観測頻度を上げようとする、観測幅を広げることになるが、データ伝送レートの制約などから分解能はそれほど上げられない。また、この分野では国（地域）が開発するセンサと商業衛星が存在する。商業衛星が主として高分解能に特化して価値を高めようとしているのに対して、国が担当する分野は、商業化が難しい広観測幅や高頻度機能を提供する必要がある。先進光学衛星（ALOS-3）は効率的なベースマップ画像の更新や災害発生時に被災域を効率的に広域観測を行う等を目的として計画されていたが、H3 ロケット試験機 1 号機による打上げの失敗により失われることとなった。このため、防災・減災や、地理空間情報の整備、沿岸域や植生域の環境保全への利用・研究等、先進的な光学データ利用の促進への影響が想定されるところ、ユーザー官庁を含めた関係府省庁や民間事業者等との対話が進められ、次期光学観測事業の必要性が確認され、官民連携による光学観測事業構想の共同概念検討が進められることとなった。－

SAR に関しては、他国の SAR が C あるいは X バンドであるのに対し、現在 L バンド SAR は我が国の ALOS-2 搭載の PALSAR-2 およびアルゼンチンの SAOCOM のみである。したがって日本のみならずアジア・アフリカ等の植生に覆われた地域の地表変動を早期に検出できるのは ALOS-2 のみで、この点で広く世界に貢献し得る。ALOS-2 の干渉 SAR 観測による箱根山大涌谷・桜島の火山活動活発化に伴う地殻変動の観測では警戒レベル判断や自治体の立ち入り規制判断に活用されたが、日本全土の活火山すべてを高頻度で観測することができず、活動が活発化した後の観測にならざるを得ない。このため、先進レーダ衛星（ALOS-4）では観測頻度を ALOS-2 より向上させ（年 4 回→2 週に 1 回）、地殻・地盤変動による異変（火山、地盤沈下、地すべり等）を防災関係機関が早期に発見、危険度の判断を行い、国民・社会に注意喚起を行う体制を構築する。また前駆的な時系列変化を捉えることを狙って、ALOS-2 と ALOS-4 の干渉を可能にするなど、より速度の遅い変動の検出も可能とするべきである。海外の地震・火山活動に伴う地殻・地盤変動や極域の氷河・氷床、海氷の高頻度監視は固体地球科学や気候システムモニタリングとしても重要で、国際的な地球観測体制への日本からの貢献として位置づけられるべきである。ALOS-2 に比べて ALOS-4 は、Spotlight モードの分解能 1×3 m（観測幅：25km から 35km）、Stripmap モードの分解能 3/6/10m（観測幅：70km から 200km）、ScanSAR モードの分解能 100m から 25m（観測幅：490km から 700km）への向上を目標としている。なお、欧米

C

はALOS-4とほぼ同時期にNASA-ISRO ミッションであるNISARと2020年代中盤にSentinel-1を補完するROSE-Lが検討されている。

高分解能光学観測及びレーダ観測において、10～15年後の後継衛星ミッションでは、地上データやモデルと組み合わせて利用することで災害状況の把握のみならず、避難活動などによる被害の軽減対策にも衛星が組み込まれることを目指す必要がある。このため、サブメートル級の高分解能光学データによる3Dデジタル地図によるハザードマップの作成を可能とするとともに、静止からの超高解像度化などによる高分解能光学センサによる常時観測や、さらに、レーダにおいては1日1回程度に観測頻度の向上を目指すための大型アンテナ等による高感度なLバンドSAR技術の開発、Sバンド等の追加によるSARの分解能向上(3m→1.5m)などを検討していく必要がある。また、これらの後継機の観測及びオープン&フリーでの提供が、アプリケーションも含めた民間事業者によるビジネスでの利用拡大や我が国の地球観測におけるプレゼンスを上げることにつながると期待される。加えて、森林の気候変動に対する緩和能力が再注目されている中で、レーザーセンサは、唯一、森林の樹冠下の地盤高計測できるセンサであり、バイオマス量推定の際の重要な変数である樹冠高をDSMとDEMから計測できる。このレーザーセンサに面的に計測可能なイメージャーの併用およびALOS/SARシリーズとの融合により、我が国から高精度な森林バイオマス量等を報告でき、対策のための基礎情報や施策の効果を評価する点においてもプレゼンスを上げることが期待される。

なお、この検討においては、2023年6月に改訂された新しい宇宙基本計画工程表で記載されている「官民連携による光学観測事業構想について、官民連携でアジャイルかつ段階的に成果創出しながら、ビジネス創出・政府利用・学術利用等のニーズに対応するための、衛星搭載高度計ライダーと小型光学衛星コンステレーションを活用・高度化した衛星三次元地形情報生成技術の開発・実証等に取り組むミッション実現を軸に置いた詳細検討やフロントローディングを実施する」、「我が国が強みを有し、地盤の変化等の観測に役立つLバンドSAR技術及び衛星システムの高度化に関するプロジェクトの検討を進める」と記載されている。これらを踏まえ、文部科学省等へ対応した提案を行っていく必要がある。

C

4.2.1.3 降水レーダ衛星 (PMM)

本ミッションは第1回試行公募において「衛星搭載アクティブセンサによる降水観測」としてグランドデザインの短期計画に選定されたものであり、第3回試行公募では「Ku帯ドップラー降水レーダミッション」として提案されている。

このミッションの最終的な目標は、気象・気候システムの正確な理解に基づく将来予測の精度向上に貢献することである。特に、雲・降水過程の理解は気象・気候システムにおいて熱輸送や地球の放射収支の見積りにおいて重要な役割を果たすだけでなく、人間生活に重要な淡水資源の把握にも必須である。これまでの人工衛星観測では、雲や降水の観測を独自に実施してきたが、本ミッションでは両者を同時に観測する。その中心的な役割を果たすものは雲・降水内の鉛直方向の動的な情報を与えるドップラー速度観測である。これにより、衛星観測の瞬時的な雲・降水物理量に動的な情報を付加することができ、雲・降水形成過程の理解につなげることが可能になる。なお、本ミッションは、米国NASAのACCP (Aerosol and Cloud,

Convection and Precipitation) ミッションに参画し、雲と降水の観測を国際分担することにより過大なコスト増を回避する。

本ミッションでは、さらに TRMM/PR および GPM/DPR の観測を継続することにより、同じタイプの降水レーダによる 30 年超の降水データの蓄積を実現し、気候システムの長期変動のモニタリングにも寄与する。

実利用の側面では、全球降水マップ (GSMaP) は、すでに洪水予測や一部の気象機関において気象情報として利用されるなどの実利用が進んでいる。本ミッションでは、GSMaP の降水推定の基盤となるレーダ観測を継続させることにより、GSMaP の高精度化にも寄与する。

開発センサは、これまで世界のトップランナーとして技術を牽引してきた GPM/DPR をベースとして、新たにドップラー速度観測のための DPCA (Displaced Phase Center Antenna) 方式を導入する。そのため、2 x 2 m のアンテナを 2 つ有することとなる。搭載性とコストの観点から Ka 帯のレーダは搭載しないこととした。このレーダでは、直下方向にドップラー速度観測を 1 km 間隔で行うとともに DPR と同様な走査幅 250 km の反射強度の観測を行う。レーダの感度はドップラー観測時でおよそ 3 dBZ、通常走査時で 11 dBZ となっており、直下観測でこれまでよりも 12 dB の大幅な感度向上が可能である。通常走査でも 4 dB の感度向上が期待できる。

本ミッションに関連して、宇宙基本計画工程表令和 5 年度改定案においては、「降水レーダ衛星 (PMM) について、NASA・CNES との協調を継続し、Ku 帯ドップラー降水レーダ (KuDPR)、衛星バス及び地上システムの基本設計、詳細設計を実施する。」とされている。上述のとおり、本ミッションは NASA の AOS (Atmospheric Observing System) ミッションに参画して国際連携により実施するものであり、TRMM、GPM と継続されてきた Ku 帯レーダによる降水観測を継続させて気候変動のモニターに供するデータを提供することに加え、直下方向のドップラー速度観測を加えることにより、従来の量的な観測に加えて発生プロセスを追求できるミッションとなる。

C

4.2.1.4 ISS 搭載ライダー実証 (MOLI)

第 1 回及び第 2 回試行公募では提案されていたが、工程表への掲載を踏まえて第 3 回試行公募へは提案が見送られた。提案当初の植生ライダーミッション (MOLI) は、高精度グローバル森林観測及び将来の地球観測用宇宙ライダー技術確立の二課題であった。本ミッションの実現性、実用性、更なる学術的寄与・社会貢献などについては毎年開催の国際ワークショップを通して継続的に確認が行われてきたが、科学研究および商業・森林管理・防災などに対して重要なデジタル地形モデル (DTM/DEM) は陸域の 3 割・日本国土の 6 割を占める森林 (特に高密度な林冠) によりデータ欠損 (空白) 域が出現したり、地盤面高さが 10m 以上の誤差または精度保証なしなど実利用の観点から喫緊の改善課題が明らかになった。

そこで、新たに MOLI フットプリントを積極的に地上基準点 (GCP) に利活用した高精度三次元地図作成手法を確立し、高機能地図の利用による社会の利便性の向上、防災マップの精度向上による防災・減災に貢献する「三次元地図高精度化の実証」ミッションが追加された。追加ミッションの目的/目標は、現在官民で進められている地理空間情報の活用推進に関する行動計画

「G空間行動プラン 2020」，政府推進の統合型 G 空間防災・減災システムに対する三次元デジタル地図整備等の要望とも方向性が合致するものである。

目的：空白域のないより高精度な DTM の構築技術を実証する。

目標：フットプリント単位の地盤面高さ精度<3m(RMSE) (地表被覆率<95%，地盤面傾斜角<30°)，精度<5m(RMSE) (地表被覆率>95%，地盤面傾斜角>30°)。また，森林の地表被覆率が 95%以下となるエリアにおいては DTM を製作実証し，5m 以下の精度を確認する。

なお本ミッションに関連して，宇宙基本計画工程表（令和 2 年 12 月 15 日，戦略本部決定）にライダー観測技術が位置付けられ，令和 3 年度工程表改訂では「MOLI」が初めて記載され，令和 5 年度工程表改訂では「基盤技術の実証に向けた開発（MOLI）を進める」とされた。また，2021 年 10 月 1 日より JAXA 研究開発部門内に「ISS 搭載ライダー実証（MOLI）プロジェクトチーム」が発足し，2024 年度のプロジェクト移行を目指した準備が進められている。打ち上げ時期は 2027 年頃を目標とされている。

C

4.2.1.5 高性能マイクロ波放射計 3（AMSR3）及び後継ミッション

第 1 回試行公募において短期計画として採択された高性能マイクロ波放射計（AMSR3）については，GOSAT-GW として開発に進んでいる。（「2023 年度に打ち上げを目指す温室効果ガス・水循環観測技術衛星（GOSAT-GW）及び降水レーダを始め，我が国が強みを有するレーダやマイクロ波放射計等の技術については，地球規模課題解決に向けたルール作り・政策決定及び SDGs 達成に貢献する ESG 投資判断等の重大な経営判断等に不可欠な地球観測データ等の継続的な確保の観点から，基幹的な衛星技術として継続的に高度化を推進する。（文部科学省）（宇宙基本計画 令和 2 年 6 月 30 日）」）。

また，宇宙基本計画工程表令和 5 年改定案においては，

「■世界の温室効果ガス濃度の分布状況とその時間的変動を継続的に監視するとともに，海面水温等を効率的に把握することでスマート水産業等に貢献できる温室効果ガス・水循環観測技術衛星（GOSAT-GW）を 2024 年度に打ち上げるべく，温室効果ガス観測センサ 3 型（TANSO-3），高性能マイクロ波放射計 3（AMSR3）及び両センサを搭載する衛星バスについて，引き続き維持設計を行うとともに，プロトフライトモデルの製作・試験及び地上システムの整備等を推進し，開発を着実に進め，打ち上げ・運用を実施する。

C

■AMSR3 の後継にあたるマイクロ波放射計の技術については，継続的な高度化に向け，ユーザコミュニティとの連携を強化し，最新のユーザーニーズや技術動向（新たなセンサ技術等）・海外動向も踏まえつつ，ミッション要求の整理に向けて，将来ミッションの検討を進める。また，従来のマイクロ波放射計の課題やユーザーニーズを踏まえた超広帯域電波デジタル干渉計の開発に着手する。」と記載されている。

GOSAT-GW は GCOM-W（しずく）と比べると衛星高度がやや低くなった（700 km→666 km）ほか，回帰日数が GCOM-W の 16 日から 3 日になったほかは，たとえば，昇交点通過地方太陽時は 13：30±15 分と GCOM-W と同様である（JAXA HP より）。AMSR-3 では，166GHz と 183GHz チャンネルを追加し解析精度の向上に加え，降雪や陸上での水蒸気観測の

実現を目指しているほか、AMSR-2 よりも高分解能化を図っている。

4.2.2 ミッション公募による提案ミッション

TF リモセン分科会では、科学者・実利用者コミュニティからのニーズやシーズを衛星ミッションに結びつけるために衛星ミッション提案を公募してきている。この公募では、アイデアベースの提案も含め、我が国において戦略的に重要または必要となる提案を選定するだけでなく、アイデアベースの提案の科学・技術面でのブラッシュアップを図ることを目指している。ミッション提案の評価プロセスにおいては、我が国において戦略的に重要度や必要性の観点で、すぐに実現すべき「第1期短期計画」と「第2期短期計画」ミッション、中長期的観点で科学・技術的な検討を進めるべきミッションに選別する。短期計画では、科学的目的が成熟し、技術的にもフィージビリティがあり、緊急性の高いミッションを選ぶことになる。中長期的観点で検討を進めるべきミッションでは、科学的目的・価値の深化を進めるとともに、技術的フィージビリティの検討を継続して実施することになる。このようにミッション公募による活動は通常衛星開発フェーズにおけるミッション定義フェーズを先取りするものである。

2018年に衛星地球観測ミッション第一回試行公募を実施し、2019年秋にミッション選定を行った。この後、第二回試行公募については2019年10月～12月に公募を実施し、22件の提案が提出された。当初2020年度に選定を行う予定であったが、新型コロナウイルス流行の影響により選定を2021年度に延期することとし、一方、地球観測ミッションの選考プロセスをさらに進化させるため、新たな提案に対する門戸を広げておく必要があると考え、第二回試行の追加公募をJpGUの投稿期間に合わせて2020年1月～2月に実施した。また、この追加公募実施のタイミングで、試行公募の提案の募集・選定プロセスを従来の1年サイクルから2年サイクルに移行することとした。ただし、公募機会提供については、追加公募も含め毎年実施することとした。第三回試行公募は2022年1月～2月に公募を実施し、18件の提案が提出された。また、2023年1月～2月に追加公募を実施したところ、新たに3件の提案が提出され、計21件となった。

第三回試行公募は追加公募を含め、2022年度改訂版地球観測グランドデザインの「短期計画（第1期及び第2期）」にあたる衛星地球観測ミッション（2023年度から10年程度でプロジェクト化あるいは打ち上げに至るべきミッション）と、それらのミッションの価値を最大化するであろう基盤技術整備を目的とした計画について、科学研究・実利用の両面から提案を募集した。応募カテゴリとその内容については以下とした。

A. 衛星観測ミッション

衛星という軌道上プラットフォームを最大限有効活用し、グランドデザインの目的とする気候変動への適応とその理解に資する観測計画。継続または新規に開発すべき単一の衛星・センサによる観測ミッションや、種類の異なる衛星・センサの複合利用により実現可能となる大規模な観測ミッション計画、さらには将来の衛星地球観測に進展をもたらすと考えられる、実証段階の観測手法や技術など、アイデアベースの提案も可とする。

B. 地球観測利用システム

衛星観測ミッションそのものではないが、衛星による観測の意義と価値を最大化するシステムの提案として、衛星データを複合的に利用するものや、数値モデルや地上観測、その他関連分

C

野との融合提案など、地球観測衛星に関するものであればジャンルは問わない。アイデアベースの提案も可とする。

C

提案書には以下の項目を可能な範囲で記載することとした。

No.	項目	備考
1	応募カテゴリ	☐ A.衛星観測ミッション ☐ B.地球観測利用システム
2	衛星・センサ仕様 ※「地球観測利用計画」に該当する提案の場合は記入不要	【記入例】 衛星軌道：太陽非同期軌道 軌道高度：400 km 衛星質量：3000 kg 搭載センサ：二周波降水レーダ ・周波数：Ku/Ka 帯 ・センサ質量：200 kg ・消費電力：500W ・設計寿命：3 年 ・水平（鉛直）分解能：5 km（水平），250 km（鉛直） ・走査幅：250 km （複数衛星・センサを想定する場合は必要に応じて項目を増やすこと）
3	期待される科学の成果	（地球科学・気候変動問題に対する貢献）
4	アウトカム	（提案ミッション・計画で得られる成果が社会課題あるいはビジネスにどのような効果を与えるか）
5	技術の特色	（技術的な特徴を以下の3項目でまとめてください） ① 優位性，②成熟度，③人材確保と育成
6	研究・開発体制	提案ミッション・計画を実現するにあたってのチーム体制や役割分担（組織単位でも可） カテゴリ A.衛星観測ミッションの場合は，開発体制に関して記載推奨
7	関連団体	
8	継続性/新規性	
9	緊急性・タイムリーさ	（次期短期計画で取り組むべき根拠）
10	国際的分担	（ミッション・計画の国際的分担）日本の優位性があれば記載して下さい
11	予算	（直近の予算状況と想定されるスポンサーシップ）

12	低コスト化の取り組み	
13	将来展望	(提案ミッション・計画の後継に関する研究テーマ時期およびその計画・センシング技術の進むべき方向性等)
14	実利用の可能性	
15	前回公募との関係 ※新規提案の場合は記入不要	・ 前回申請時の提案名称 ・ 前回申請時の評価コメントを受けて、新たに検討したところ、進捗したところがあれば、記載して下さい

追加公募を含め応募された各提案に対する査読および JpGU セッションでの提案発表および質疑応答の結果をもとに、これらの提案を TF リモセン分科会が提案する「地球観測グランドデザイン」でどのように扱うべきかを最終審査委員会（2023 年 9 月 29 日開催，委員長：中村健治）において議論し、あわせて第四回試行公募にむけた改善点についても意見を求めた。

最終審査委員会の結果、以下の判定が得られた。

[判定]

「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（TF リモセン分科会）」の実施する衛星地球観測ミッション第三回試行公募の最終審査委員会を開催した。公募に応じた各提案について、提示された資料、JpGU 2023 での報告、また令和 5 年 8 月 31 日に開かれた衛星地球観測ワークショップでの報告に基づき、今後の推進すべきミッションを、革新的な技術とそれによる衛星地球観測の利用拡大の見地から評価し、下表の判定となった。

今後、この結果を、地球観測グランドデザインに反映させ、特に科学的な見地から見たミッション実現の時間的な優先度付けに利用するとともに、TF リモセン分科会の行う地球観測ミッション実現への働きかけに利用することを求めたい。また、本活動におけるミッションの提案・具現化を通じた次世代の衛星地球観測人材の育成およびコミュニティの発展を期待する。

ライダー提案については、提案の協力・統合も見られており、迅速に次のライダーミッションに繋がられるよう、さらに検討を深めることを期待する。静止軌道衛星をプラットフォームとする提案が複数あり、「ひまわり」シリーズの将来計画と合わせて検討することを期待する。長期継続を視野に入れた全球規模の地球観測提案は、小型衛星とのシナジーをはじめ新機軸の提案が見られ、その実現のための検討を加速させることを期待する。また、小型衛星の活用など、新規技術の提案が増えたことは良好な傾向であり、さらなる推進を期待する。一方で、打ち上げ機関等によるデブリ増加対策を推進する必要がある。衛星データの利活用や総合的解析の提案は有意義かつ重要であるため、日本の地球観測活動促進に貢献する提案として識別し、引き続き本委員会で検討する。

なお今後の公募については、TF 高度化 WG において、本委員会と関係者のフィードバックをもとに、応募様式、カテゴリ分けや評価基準の改訂・見直しを行うこと。

C

表 判定結果一覧（提案件名は応募当初のもの）

日本の地球観測活動促進に貢献する提案

衛星地球観測の高価値化および活用を促進する提案
・ 気象・海洋・陸面予測を革新する高頻度衛星観測網の設計事前評価プラットフォーム ・ 静止衛星と周回衛星複合観測による擬似高頻度高解像度観測の実現

衛星観測ミッション提案

ア) 第一期短期計画（～2030 年ごろまで）に含めるべき提案ミッション
・ Ku 帯ドップラー降水レーダミッション ・ ひまわり後継衛星の検討 ・ 地球環境変動（地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動）の監視・解明に関するミッション（GCOM-C 後継） ・ AMSR3 後継マイクロ波放射計による気候変動・全球水循環のモニタリングとメカニズム解明 ・ 災害対応・ベースマップおよび環境モニタリングに関するミッション（その 4）

イ) 第二期短期計画(2030～)での実現に向けて道筋をつける提案ミッション
・ ドップラー風ライダー(気象予測精度向上のための全球風観測ミッション) ・ 高空間分解能・偏光多方向観測による雲・エアロゾルモニタリングと物理過程解明 ・ アジア静止軌道からの GHGs/SLCFs 測定と排出量評価 ・ 静止衛星搭載雷放電センサー ・ 小型降水レーダコンステレーション ・ 静止衛星海色ミッション

ウ) 中期計画で考慮すべき提案ミッション（技術の研究開発・実証，データのニーズを育てる等の活動を継続し，ミッションの成立性を考える提案ミッション）
・ 雲レーダ・ライダーによるデュアルドップラー観測ミッション ・ 次世代降水観測レーダの技術実証 ・ 静止常時観測衛星 ・ THz 水蒸気同位体比測定衛星ミッション ・ 衛星搭載水蒸気観測用差分吸収ライダー(DIAL)の技術実証 ・ 高層大気・化学・力学場の動態把握のための FTS 衛星観測ミッション ・ THz 氷雲/水蒸気小型衛星ミッション ・ FTS 小型衛星コンステレーションによる水蒸気・同位体・氷雲・放射収支観測ミッション

C

エ) 現時点では実現性が薄く再検討を要する提案ミッション
該当なし

以上

C

令和5年9月29日
委員長 中村健治

なお、各提案の査読評価においては、日本学術会議の2017年の提言「我が国の地球衛星観測のあり方について」で示されている「科学的観点からの審査」・「技術的観点からの実現性確認」について、そのプロセスの一部（地球衛星観測コミュニティからの提案時の評価プロセス）を試行するのが今回の試行公募の目的となっていること、また、「コミュニティの担う一連の流れの最初のプロセスは、国際的な視野に立った科学的意義や社会ニーズと継続性を考慮しながら、長期戦略に基づく課題の設定を行うこと」との記述もあることから、これらの観点での評価が得られるように、以下の評価項目と評価基準（以下では概要のみを示す）を設定して行った。

- 科学的意義： ミッションが達成すべき本質的な科学的要求の明確性、得られる科学成果の先鋭性、国際的に見て観測データの継続性確保が極めて重要か、長期継続モニタリングによる気候変動の影響検知あるいは気候変化を支配する個別過程（プロセス）の理解にマッチするか等
- コア技術やその優位性、ならびに成熟度： 技術的な成熟度、成立性、宇宙からの観測の有効性等
- 実利用の可能性： 実利用・商用ニーズの顕在性等
- 国際的分担： 国際的枠組みでのミッションの協働体制構築状況
- 予算： 想定する予算規模
- 準備状況： ミッション要求から具体的な観測要求・システム要求へブレイクダウンできているか、国際分担でのミッションの場合相補性が担保できているか、予算獲得状況等

TF 高度化 WG での判定結果について、TF 内の実利用連絡会に付議し、以下のコメントを得た。

高度化 WG の方で判定された内容について、実利用連絡会から民間での事業での利用も含めた実利用に向けた観点から、議論を行った。結果として、TF 高度化 WG の提案の優先度などについては異論はない。ただし、実利用を進める上では、個別のミッションでの評価に加えて、継続性、抗たん性および発展性、ならびに統合的な利用のためのアップストリームからダウンストリームなどの一気通貫のシステム OF システム（あるいは地球観測衛星プログラム）としての議論をひきつづき、CONSEO などとも連携しながら進めていくことが重要と考える。

C

以上の結果について令和6（2024）年3月にTF幹事会に諮り，了承を得た．
なお、判定結果に基づく各提案ミッションの概要及び評価は別冊に掲載する。

4.2.3 地球観測衛星ロードマップ（短期ロードマップ）

4.2.1 及び第一期短期計画を考慮し、地球観測衛星ロードマップ（短期ロードマップ）を次のとおり提案する（図9）。この際には、日本学術会議ならびに現在の国内外の動向も踏まえ、日本の地球観測衛星はSDGs 実現のための社会基盤となるべきという視点にたち、防災（地震・火山・台風・水災害（洪水、土砂崩れ）等）、地球規模課題解決（地球温暖化・温室効果ガス・越境大気汚染）への活用を推進する。

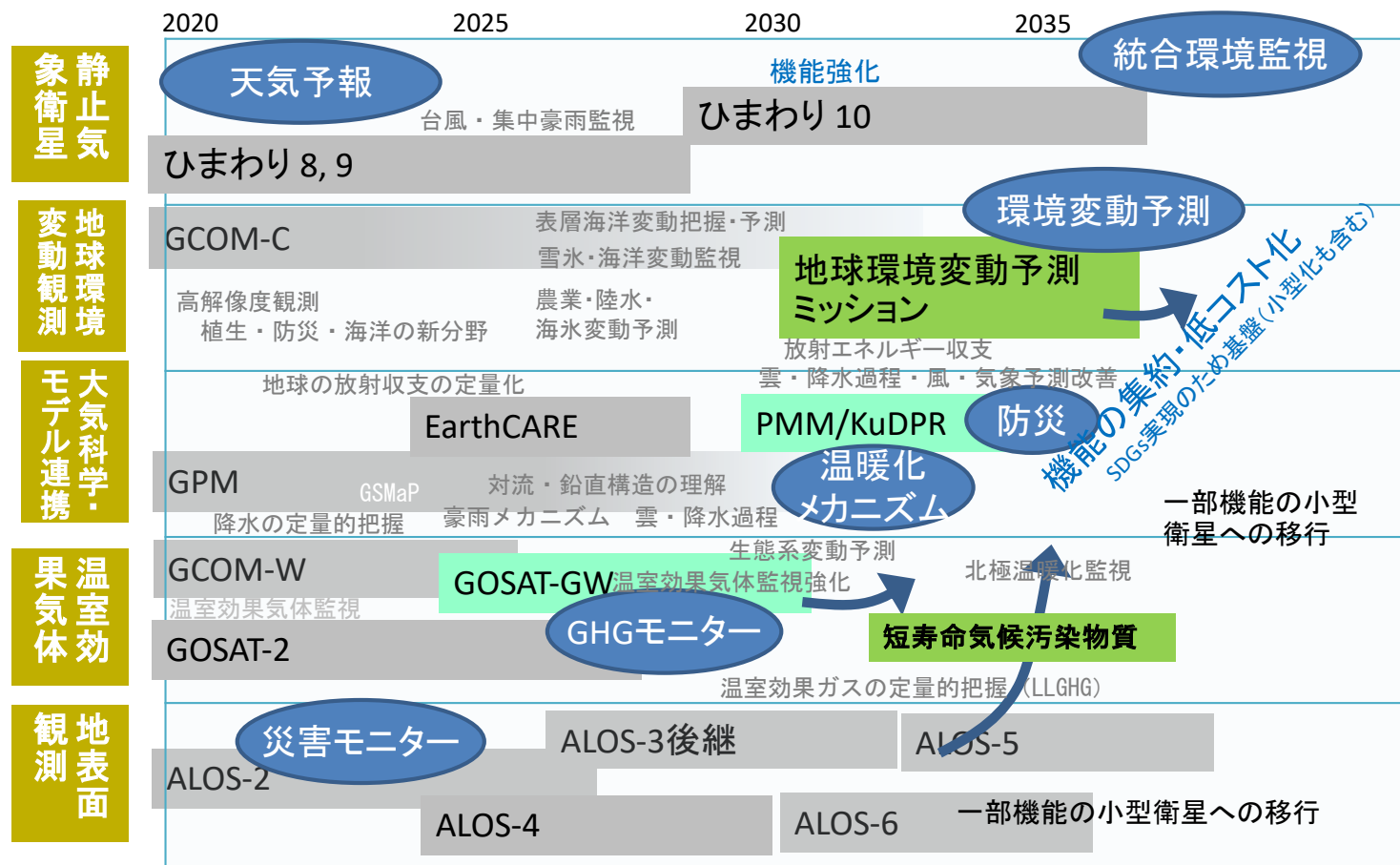


図9 地球観測衛星ロードマップ（短期ロードマップ）

4.3 全体俯瞰図

TF リモセン分科会において実施した第一回から第三回試行公募の結果、短期計画についてはその実現性と優先度の観点から、第1期（2030年頃まで）、第2期（2030年頃以降）と分けたうえで実現すべき衛星観測ミッション提案、その先の中期計画に含めるべき衛星観測ミッション提案、さらには、衛星データの利活用や総合的解析の提案として日本の地球観測活動促進に貢献する提案といった、当初想定していた以上に広範なミッション提案が挙げられることとなった。

第三回試行公募結果を踏まえた公募結果の俯瞰図を図10以下に示す。以前から工程表に示されているひまわり後継ミッション、GOSAT後継ミッション、ALOSシリーズミッション以外に新しく立ち上げをしていくべきミッションとして、茶色の太線で囲ったミッションを提案している。

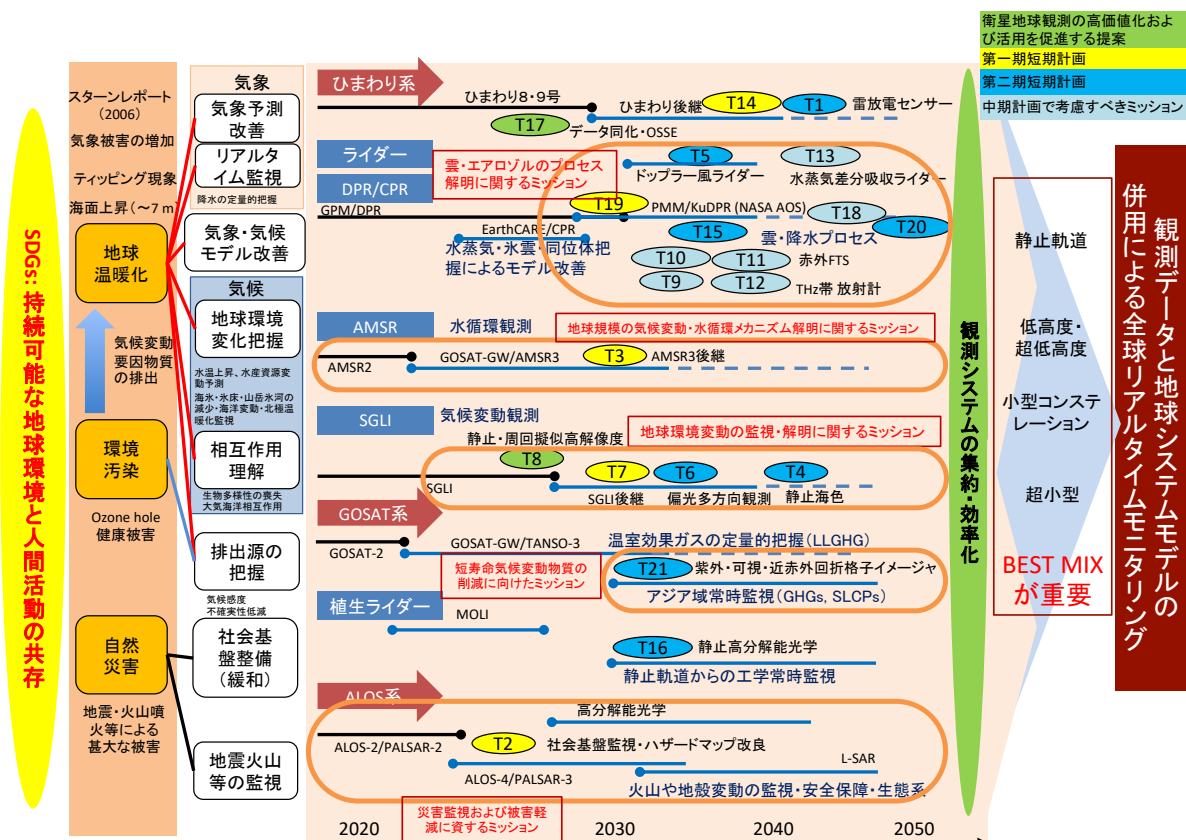


図10 第三回ミッション試行公募結果を反映した全体俯瞰図

なお、図中に示されたT1～T21は、第三回試行公募において提案された下記の案件となる(表2)。また、これらの提案に対して、時間的な優先度に基づく議論をTFとして実施し、その結果を地球観測衛星ロードマップ（短期ロードマップ）等）に反映し、ミッション提案を関係府省などに行っていく。

表2 第三回試行公募における提案ミッション

番号	ミッション名	代表提案者	所属
T1	静止衛星搭載雷放電センサー	牛尾知雄	大阪大学
T2	災害対応・ベースマップ、環境モニタリングに資する高分解能光学・SARおよびライダーミッション（その4）	今井靖晃	日本リモートセンシング学会
T3	AMSR3 後継マイクロ波放射計による気候変動・全球水循環のモニタリングとメカニズム解明	増永浩彦	名古屋大学 宇宙地球環境研究所
T4	静止衛星海色ミッション	石坂丞二	名古屋大学宇宙地球環境研究所
T5	ドップラー風ライダー（気象予測精度向上のための全球風観測ミッション）	石井昌憲	東京都立大学
T6	高空間分解能・偏光多方向観測による雲・エアロゾルモニタリングと物理過程解明	日置壮一郎	Université de Lille
T7	地球環境変動（地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動）の監視・解明に関するミッション（GCOM-C後継）	本多嘉明	千葉大学環境リモートセンシング研究センタ
T8	静止衛星と周回衛星複合観測による擬似高頻度高解像度観測の実現	平山英毅	千葉大学環境リモートセンシング研究センタ
T9	THz水蒸気同位体比測定衛星ミッション	芳村 圭	東京大学・生産技術研究所
T10	高層大気・化学・力学場の動態把握のためのFTS衛星観測ミッション	江口菜穂	九州大学・応用力学研究所
T11	FTS小型衛星コンステレーションによる水蒸気・同位体・氷雲・放射収支観測ミッション	江口菜穂	九州大学・応用力学研究所
T12	THz氷雲/水蒸気小型衛星ミッション	江口菜穂	九州大学・応用力学研究所
T13	衛星搭載水蒸気観測用差分吸収ライダー（DIAL）の技術実証	阿保 真	東京都立大学
T14	ひまわり後継衛星計画	中島 孝	東海大学情報技術センター
T15	雲レーダー・ライダーによるデュアルドップラー観測ミッション	岡本 創	九州大学・応用力学研究所
T16	静止常時観測衛星	沖 一雄	京都先端科学大学工学部/東京大学生産技術研究所
T17	気象・海洋・陸面予測を革新する高頻度衛星観測網の設計事前評価プラットフォーム	三好建正	理化学研究所 計算科学研究センター
T18	次世代降水観測レーダーの技術実証	高橋暢宏	名古屋大学宇宙地球環境研究所
T19	Ku帯ドップラー降水レーダーミッション	高橋暢宏	名古屋大学宇宙地球環境研究所
T20	小型降水レーダーコンステレーション	金丸佳矢	情報通信研究機構
T21	アジア静止軌道からのGHGs/SLCFs測定と排出量評価	笠井康子	東京工業大学

C

4.4 その他の検討中のミッション

4.4.1 散乱計・測地

マイクロ波散乱計は海上風ベクトルを測定するセンサとして長年運用されてきたが、近年、植生や土壌水分、海氷などの観測にも使われ始めている。日本は海外機関からの提供を受けて ADEOS, ADEOS-2 に搭載した経験はあるが、独自開発・運用の実績はない。しかしながら海面粗度の影響を除く補正はマイクロ波放射計、あるいは海面塩分濃度計等との同時観測の意義がきわめて高い。海外機関で蓄積された技術と長期データについて、今から日本独自のセンサを得るというよりも、海外機関との協力で実現を目指すべきである。

地球の形・回転・重力を測定する測地学ミッションは、測地基準座標系や高精度ジオイドといった地球観測の基盤を与えるものであり、また、表層下を含めたリモートセンシングという面でも今後も重要性を増していくと考えられる。現状、重力計などの測地を目的とした将来計画は日本には存在していないが、要素技術であるレーザー干渉技術・光衛星間通信・原子干渉計・光格子時計等については研究が進められているため、将来において、国際協力を含めて日本の地球観測の可能性を探るべきと考える。

4.4.2 海面高度計

海面高度計は、観測点が衛星直下に限定されるものの、海流変動・波浪分布・平均海水位上昇などの観測に加え、低気圧の発達に重要な海面貯熱量や海上ジオイド取得など、様々な分野で重要な役割を果たしている。日本での独自開発・運用の実績はないが、日本の得意とする干渉 SAR 技術を用いることで、これまで得られたことのない面的な海面高度分布を取得する新型高度計を開発できる可能性がある。この情報は、水産業や海運、海底探査などにも有益なため、将来において、国際協力を含めて日本の地球観測の可能性を探るべきと考える。

謝辞

本グランドデザインの取りまとめにおいては、千葉大学環境リモートセンシング研究センター共同利用研究および名古屋大学宇宙地球環境研究所共同利用・共同研究のサポートを受けました。

参考文献

- [1] 地球惑星科学委員会 地球・惑星圏分科, “我が国の地球衛星観測のあり方について,” 日本学術会議, 平成 29 年 7 月 14 日.
- [2] 環境省, “21 世紀環境立国戦略,” 平成 19 年 6 月 1 日.
- [3] “日本の気候変動対策支援イニシアティブ 2017” .
- [4] 気候変動に関する政府間パネル, “第 6 次評価報告書,” IPCC, 2021-2022.

- [5] 閣議決定, “気候変動の影響への適応計画,” [オンライン]. Available: <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/tekiou/siryo1.pdf>.
- [6] “「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について」 国土交通省 社会資本整備審議会の答申 参考資料 P56 から引用,” [オンライン]. Available: http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/kikouhendou/pdf/toshinref.pdf.
- [7] TF 地球科学研究高度化ワーキンググループ, “地球観測の将来構想に関わる世界動向の分析,” 日本気象学会 気象研究ノート, 第 234, 2017 年.
- [8] National Research Council, “Climate Data Records from Environmental Satellites:,” 2004.
- [9] 世界保健機関 (WHO) , “報告書,” 2014.
- [10] 大気化学研究会, 静止大気環境衛星の実現を目指して, 海洋研究開発機構 地球環境フロンティア研究センター.

付録 A

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 参加学協会一覧

- ・ 地球観測データ利用ビジネスコミュニティ (BizEarth)
- ・ 計測自動制御学会
- ・ システム農学会
- ・ 水産海洋学会
- ・ 水文・水資源学会
- ・ 地球電磁気・地球惑星圏学会
- ・ 地理情報システム学会
- ・ 日仏海洋学会
- ・ 日本海洋学会
- ・ 日本活断層学会
- ・ 日本気象学会
- ・ 日本航空宇宙工業会 (連携団体)
- ・ 日本砂漠学会
- ・ 日本地震学会
- ・ 日本写真測量学会
- ・ 日本情報地質学会
- ・ 日本森林学会
- ・ 日本雪氷学会
- ・ 日本測地学会
- ・ 日本大気化学会
- ・ 日本地球化学会
- ・ 日本地球惑星科学連合
- ・ 日本地理学会
- ・ 日本農業気象学会
- ・ 日本リモートセンシング学会
- ・ レーザセンシング学会
- ・ 特定非営利活動法人 宇宙からの地球観測を考える会

| C