

別冊 提案ミッション概要

目次

1 衛星地球観測の高価値化および活用を促進する提案（2件）	3
1.1 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	3
1.2 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	8
2 第一期短期計画（～2030年ごろまで）に含めるべきミッション（5件）	12
2.1 Ku帯ドップラー降水レーダミッション	12
2.2 ひまわり後継衛星計画	19
2.3 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）	22
2.4 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	27
2.5 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）	32
3 第二期短期計画（2030～）での実現に向けて道筋をつけるミッション（6件）	40
3.1 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）	40
3.2 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	48
3.3 アジア静止軌道からのGHGs/SLCFs測定と排出量評価	54
3.4 静止衛星搭載雷放電センサー	58
3.5 小型降水レーダコンステレーション	63
3.6 静止衛星海色ミッション	66
4 中期計画で考慮すべきミッション（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）（8件）	70
4.1 雲レーダ・ライダによるデュアルドップラー観測ミッション	70
4.2 次世代降水観測レーダの技術実証	75
4.3 静止常時観測衛星	81
4.4 THz水蒸気同位体比測定衛星ミッション	84
4.5 衛星搭載水蒸気観測用差分吸収ライダー（DIAL）の技術実証	87

4.6	高層大気の化学・力学場の動態把握のための FTS 衛星観測ミッション	92
4.7	THz 氷雲/水蒸気小型衛星ミッション	97
4.8	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	100

1 衛星地球観測の高価値化および活用を促進する提案（2件）

第三回試行公募では、当初、地球観測利用システム提案としてカテゴライズされていたが、その重要性から早期に実現すべき日本の地球観測活動促進に貢献する提案として識別することとし、2件を選定した。

C

1.1 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

提案者：三好 建正（理化学研究所）

ミッション概要：

本ミッションでは、天気予報、水文災害予測や水産資源の維持管理等の実応用のために、衛星によってどのような物理量をどの程度の頻度で観測することが有効か、データ同化技術により衛星計画の事前評価を行う仮想実験プラットフォームを提案する。提案者らは、主に気象学に関する数値計算シミュレーションと観測データを最適に繋ぐデータ同化研究で、スーパーコンピュータ「京」や気象衛星ひまわり8号などの最先端技術を駆使して世界をリードしてきた。これにより、ひまわり8号の10分毎の高頻度観測により台風や集中豪雨の大幅予測改善が得られ、30分毎では不十分であることが分かった。高頻度観測は、大気だけではなく海洋や陸面の予測にも有効だと期待できる。そこで、気象・海洋・陸面予測革新のため、準天頂軌道衛星や多数の小型低高度軌道衛星など日本域を高頻度に観測する衛星観測網の可能性を探るため、先端的データ同化技術を駆使した衛星計画事前評価のための仮想実験プラットフォームを提案する。他提案衛星計画との連携も図りつつ、我が国の費用対効果の高い衛星ミッションの実現に貢献する。さらには、地上観測も含め様々な観測データインパクトの事前評価ができるようプラットフォームを構築する

C

期待される科学の成果	<p>1. 高頻度衛星観測網の設計による科学成果</p> <p>搭載可能なセンサーとその有用性に関する知見を獲得することが可能である。観測システムシミュレーション実験や観測インパクト推定など先端的データ同化技術により、可視、赤外、マイクロ波、レーダ等の観測をある時空間的な密度で得られた場合の効果を定量化できる。また本研究では、衛星データをリアルタイムに処理して、地球環境予測に利用する。それに伴う、ビッグデータ処理技術の革新も期待できる。</p> <p>2. データ同化技術としての科学成果</p> <p>ビッグデータを有効に利用するための新手法の開発は必須であり、データ同化の理論研究として新たな発展が期待できる。また、新規衛星ミッションの事前評価手法の発展も科学的・経済的観点から重要である。</p>
アウトカム	<ul style="list-style-type: none">・ 天気予報、農業収量予測、水産資源分布の予測など、地球環境予測の改

	<p>善とそれに伴う社会的価値の創造</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高精度な気象予測による、人的・経済的被害の低減 ・ 実際の予測に役立つ観測技術を明らかにし、新規観測コストを削減 ・ 衛星ビッグデータの有効な活用によるスマート社会 Society5.0 の実現
技術の特色	<p>① 優位性：</p> <p>世界をリードする計算資源による豊富な計算能力、大規模計算に向けたプログラム開発実績、地球科学分野のデータ同化研究の最先端技術</p> <p>② 成熟度：</p> <p>既に衛星観測に関する観測システムシミュレーション実験の実績を多数有する。加えて、データ同化に必要な衛星観測シミュレータの利用開発実績を有する。また、これまでに利用されていなかった観測を有効に活用するための技術開発実績を有する。</p> <p>③ 人材確保と育成：</p> <p>研究代表者と共同研究者らにより十分に人材は確保されている。また、グループの主催するデータ同化スクールや研究会等によりデータ同化研究プロフェッショナルの人材育成・コミュニティの発展を図る。</p>
研究・開発体制	<p>研究体制</p> <p>理化学研究所計算科学研究センターにおいて、代表及び共同提案者らが実施する。また提案するプラットフォームは、シミュレーションデータから観測相当量を計算する観測演算子があれば、様々な種類の観測システムに適用可能であり、他の提案課題にも応用可能である。そのため、本課題では他プロジェクトへの応用を意識して汎用性の高いプラットフォーム開発を行う。実機開発を行う他の提案課題と連携をとり、相乗効果的な発展を図る。理研ではこれまでにも全球及び領域の大気データ同化システムについて十分な開発実績がある。既に全球システムを使った観測インパクト推定手法は実装されており、領域システムへの実装も可能である。本プラットフォームは、観測演算子を拡張することで様々な衛星ミッションに適用可能である。そして、既存の観測網に加えて新規データが得られることの付加価値を、予報精度改善の観点から定量化可能となる。</p>
関連団体	<p>これまでに共同研究を実施してきたパートナーと連携する。</p> <p>(JAXA, 情報通信研究機構、東京電力、(株) エムティーアイ)</p>
継続性/新規性	<p>提案者らは、既に打ち上げられた衛星として、全球降水観測計画主衛星(GPM)や、ひまわり8号を始めとした、地球観測衛星の同化技術開発を行ってきた。また、計画段階の衛星として、静止軌道降水レーダのミッション要求の事前検討を実施している。本研究はこれらの研究実績の延長として行う、継続性の高く、かつ、十分な研究実績を伴うものである。</p>

	<p>新規性：</p> <p>提案者らの研究成果により、世界で初めて、高頻度観測の有効性を示した。これに基づき、高頻度観測の多目的展開を主眼とした衛星観測計画は、衛星ミッションとしての新規性も高い。</p>
緊急性 タイムリーさ	<p>近年、気候変動とも関係して、激しい気象が増大傾向にあり、人類の生存環境が脅かされている。これに適応することは、喫緊の地球規模課題である。甚大化する気象・水象災害に対応するには、精度の高い気象予測情報を提供し、避難等対策のリードタイムを確保することが重要である。本提案による新たな観測を導入することで、予測精度の革命的な向上が期待できる。</p> <p>また、本研究で実施するデータ同化による新規衛星の事前検討は、ミッション全体のコストの効率化に貢献する。この技術は、多種多様な地球観測衛星ミッションにも応用可能であり、コスト削減効果を勘案すると、早期の技術確立が望ましい。</p>
国際的分担・ 日本の優位性	特に日本域の高頻度観測を主眼とするため、我が国のみならず、韓国・中国・台湾などの周辺各国との協力体制を模索する。
予算	研究体制を維持する上での人件費や研究費については研究グループ内で確保する。
低コスト化への取り組み	打ち上げ前に衛星から得られるデータの価値を評価することでミッション全体のコスト効率化に貢献する。なお、この技術は本ミッションだけではなく、他ミッション全体にも適用できるものであり、汎用性の高い技術開発となる。地球観測グランドデザインの評価過程にも十分に貢献可能なシステムであり、衛星ミッションの高付加価値化に資する研究開発である。
将来展望	<p>米国では、地球観測衛星の新規計画に観測インパクト推定による事前評価を必須にする動きが見られる。衛星観測に限らず、国家規模で行う計測技術開発ミッションには、計測データの価値を事前に示すことが今後スタンダードになると思われ、本研究はその嚆矢として位置付けられる。</p> <p>将来的には、複数モデルによる評価を行えるようにプラットフォームを拡張し、複数アンサンブルで観測価値を評価することが望ましい。これにより、単独モデルの固有のバイアスの影響を緩和することができる。生物・生態系のモデルには地球システムモデル等大型モデルへのデータ同化システム適用やそのモデルパラメータ推定も併せて必要となる。気象分野を超えて本プラットフォームを活用するには、更なる研究開発が必要であり、最先端の科学的研究となる。</p> <p>また、新規衛星の計画は、その設計や事前評価など長期に渡る検討が必要である。持続的な研究プログラムや枠組みや組織に関する検討も重要である。</p>
実利用の	・ 気象庁などの現業機関への技術移管による社会実装

可能性	<ul style="list-style-type: none"> 事業者へ向けた予測情報提供によるスマート社会の実現 <ul style="list-style-type: none"> 気象予報に基づく、小規模水力発電ダムの効率的な操作 水産資源分布予測に基づく、漁船の効率的な運用 市民へ向けた局地的な気象予報の提供 (スマートフォンアプリによる配信を想定)
前回公募との 関係	<ul style="list-style-type: none"> 前回申請時の提案名称 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 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 これまでに、ひまわり 8 号輝度温度データ同化による台風予測の改善や、次世代静止衛星搭載降水レーダ反射強度の観測システムシミュレーション実験による架空の観測データの価値の評価、データ同化による観測インパクトの推定手法について開発・検討を進めた。今後も引き続き、高頻度衛星観測網の設計事前評価プラットフォームの高度化を図る。 <p>【第二回試行公募 最終審査コメント①】</p> <p>早期に実現すべき提案である。地上計測についても範囲に含めてはどうか。 <コメントを受けた新たな検討></p> <p>地上観測データを範囲に含めた様々な観測データのインパクトを総合的に評価するプラットフォームに拡張した。（概要の 15 行目、期待される科学の効果の 4 行目に追記。）</p> <p>【第二回試行公募 最終審査コメント②】</p> <p>また、今後の検討において、日本の将来にとって有効と考えられる持続的な研究プログラムや枠組み・組織に関する提案なども期待する。 <コメントを受けた新たな検討></p> <ul style="list-style-type: none"> 新たな衛星観測網の設計において、その観測データの価値を事前に評価することは非常に重要である。衛星観測データの評価には、衛星観測の設計者との連携が、より有用な観測設計やコスト削減において必要不可欠であり、両者が共同して新たな衛星観測網の設計を行う枠組みや組織形成が重要である。（将来展望の 13 行目に追記。）

【第 3 回試行公募最終審査委員会による評価】

強く推奨できるミッション。期待される科学成果、アウトカム、技術的特色、将来展望等非常に高く評価できる。我が国の将来にとって有効な持続的な研究プログラムであり、重要な評価インフラであるため、組織提案も検討いただき、日本の静止衛星群の形成計画構築への貢献に発展す

ることを期待したい。TF として日本の地球観測活動促進に貢献する提案としてカテゴリを新設して評価した。

C

1.2 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

提案者：平山 英毅（千葉大学）

ミッション概要：

地球科学・実利用の両分野から地球観測光学センサデータはより高頻度かつより高解像度の観測データが望まれる。2022 年度には次期ひまわりの予算要求がなされ、現状以上のひまわりシリーズによる高精度・高頻度観測がさらに長期間実現する見通しである。しかし、この高頻度観測と高解像度観測は同時に実現するためには、一つの衛星では不可能で、超小型衛星の多数運用が実現されつつある。しかし、一般的に超小型衛星は設計寿命が短い、校正システムを有さないなどの問題がある。一方、静止衛星を含む中型以上の衛星は、設計寿命が長く、校正システムを有している。しかし、中型以上の規模の衛星で高頻度かつ高解像度を実現するため、衛星数を確保しようとするとその予算は莫大なもので現実的ではない。本提案は、我が国が打ち上げる衛星群(ひまわり、GCOM-C、ALOS などの後継機を想定)の中で比較的解像度の低い静止衛星の高頻度観測と解像度は高いが低頻度の周回衛星観測 から各衛星のセンサ仕様の一部を相互調整することと観測ジオメトリーの違いを調整するモデルを介して擬似高頻度高解像度観測データを製造することを目指し、このような高品質で長期に提供する枠組みを構築する。これにより地球科学および実利用分野での衛星光学センサデータ利用を拡大させ、科学の進展および実利用の拡大を目的とする。この枠組みは計画されている予算規模で、より大きな成果を得る一歩であり、実利用分野の拡大は、我が国における地球観測の継続性を担保することにも資する。さらに、新たに計画される他国 の衛星もこの枠組みに取り込むことにより、地球科学および実利用の分野における我が国の地球観測のプレゼンスを高めることを目指す。すでに、ひまわり 10 号の予算化が進む中、仕様が決まりつつあると想像でき、これまでの知見を生かしつつ実際の運用までに本提案でひまわり 10 号のデータ利用もより具体的に用意を進める。

期待される科学の成果	<p>擬似高頻度高解像度観測データは想定される生成過程の性質上、対象の変化の時定数が長いものに限られる。いわば、観測頻度間隔が長い周回高解像度衛星データの時間的内挿に低解像度高頻度データを補助データとして用いるものである。つまり、対象は植生や土地利用になる。</p> <p>高頻度の高解像度データによる陸上生態系分野の進展、さらには、土地被覆データによる社会科学の進展が期待できる。これらの地表面構成物に関する情報に高頻度の気象情報を組み合わせると、植物による炭素や水などの物質循環の解明などの生態系をはじめとする地球科学の進展や、山地崩壊などの危険把握などの防災科学にも役立つことが考えられる。</p> <p>2019 年 11 月 7 日に日本写真測量学会周期講演会にて現行ひまわりの AHI 高頻度観測データと GCOM-C/SGLI の隔日観測データに基づいたディリード NDVI データ導出手法による検討状況を報告することになっている</p>
------------	--

	(タイトル：NDVIに基づいた黔南州植生被覆変化の分析)。さらに、2019年、東日本の台風被害で提案する擬似高頻度 NDVI データで植生被害把握の可能性を調査している。
アウトカム	必要なときに被雲などの影響で撮像できずに、必要な日時の衛星データが確保できずに、大幅な利用が進まなかった林業、農業生産、 温室効果ガス排出量取引 、大型社会基盤施設（耐久消費財的施設）などへの衛星データ利用拡大が期待され、その延長上で、より詳しい解析のための補強データとして超高解像度商用衛星データへの需要も高まることが期待できる。
技術の特色	<p>① 優位性：SGLI の直下 (250m)・前後 (1km) 視観測データを利用した前後 (1km) 視の擬似 250m データの解析が進んでいる。</p> <p>② 成熟度：ひまわり、GCOM-C、ALOS などの利用実績がある。</p> <p>③ 人材確保と育成：ひまわり、GCOM-C、ALOS などのチームの協力が想定している。この 9 月初旬から TF 高度化 WG のミッション間調整の枠組みを利用して次期ひまわり検討会（非公式）を通して、データ利用のみならず、計画段階からのセンサ仕様調整が開始され、この調整活動はある程度長い期間続けられる予定である（現在：ひまわり、GCOM-C、GOSAT シリーズ間を含む）。</p>
研究・開発体制	<p>研究体制：ひまわり、GCOM-C、ALOS などの後継機を検討する段階で調整し、形成することを考えている。</p> <p>開発体制：ひまわり、GCOM-C、ALOS などの後継機のミッション立ち上げ過程から開発過程で形成することを考えている。</p>
関連団体	地球科学・実利用の両分野からの参画が想定される。 たとえば、植生にかかる生態系研究を始めとした地球科学、防災科学、林業、食料生産など。
継続性/新規性	ひまわり、GCOM-C、ALOS などは継続観測を前提されているが、相互の調整によって、地球科学・実利用の両分野の光学センサユーザーが切望している高頻度高解像度観測データが擬似的に取得できる。これは継続性と新規性の両方を持ち合わせている。
緊急性 タイムリーさ	ひまわりの後継機の検討が本格化し、5 年後には製造に着手する予定であり、さらに、様々な衛星計画の継続が検討されている今、それぞれの衛星ミッションが少しの仕様調整で大きな地球科学・実利用分野での利用拡大が期待できる。
国際的分担・ 日本の優位性	まずは我が国の衛星で擬似高頻度高解像度観測データの活用を実現させ、被雲率が比較的高い東南アジア諸国の衛星データ利用拡大を図るとともに海外の衛星の参画を模索する。
予算	ひまわり、GCOM-C、ALOS などの後継機予算獲得にそれぞれのミッション立ち上げの活動があり、今後、本格化される。

C

低コスト化への取り組み	本提案は、本来、それぞれのミッション予算範囲内で実現を目指す。しかし、各々のミッション独自での効果に比して複合調整の結果で得られる擬似高頻度高解像度観測データは地球科学・実利用の両分野で大きな効果が得られることが期待でき、コストパフォーマンスの向上が期待できる。
将来展望	まず、我が国の衛星の光学センサ領域で実績を積み、他の衛星の参画を促し、欧米の気象衛星の仕様にも影響を与え、世界標準になることを目指す。
実利用の可能性	光学センサの擬似高頻度高解像度観測データは、比較的変化が遅い植物が関係している農業や林業分野で利用されることが期待される。このデータは静止衛星の観測範囲に及ぶので、東南アジア、東アジア、オセアニアに展開している農林関係企業やそれに絡む投資、保険事業などに役立つことが期待される。

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

強く推奨できるミッション。アウトカム、実利用の可能性の観点から高く評価できる。既存の衛星を有効活用する解析システムの開発は重要な提案であるため、将来的には新規センサの提案と連携してソフトウェア的な限界とハードウェアの革新についての要求を整理すると良い。また、本手法の他チャンネルへの拡大や、ユーザの拡大を見据えて進めていただくとともに、静止常時観測衛星提案と協働して解析・アーカイブシステムを作ることなどを検討してはいかがか。

【RSSJ 実利用委員会及び BizEarth からのコメント】

環境省が2023年5月に公表した「自然環境保全基礎調査マスタートップラン 令和5~14(2023~2032)年度」によると、植生図の速報性を求める社会ニーズに対応するために新たに「衛星植生速報図」の整備を進めるとされており、実利用性は高いと思われる。

C

全球レベルでの気候変動向けデータ蓄積や GOSAT シリーズとのデータ同期等に利活用することは十分可能である。その為に、気候変動モデルや現況から将来予測へのキャリブレーションに十分活用できると考える。

一方、実利用的に考えると、農業や森林では既に LANDSAT 以上の分解能に加えて、PLANET衛星のような高頻度観測衛星も含めての利用をすでに実施しており、比較的頻度の少ない熱帯地域での森林の材積把握や変動モデルの構築でも、数メートルから 30 m 以内でのデータがグローバルで蓄積されている (Global Forest Watch 等)。実利用レベルでは、高頻度観測の特性を生かした「解像度は悪いが、日に複数回のデータが撮れる」事での利活用を探してみることもいいのではと考える。

あるいは、余り現在の実利用を考慮することから始めるのをせずに、地球科学的な視点及び衛星ミッションやデータ同化ミッションとしての研究を重ね、実機での試行することで、国際協調での課題や利活用が見えてくる可能性もあると考える。地球科学利用を中心に、データモデルの

高度化や高頻度化と多衛星データや地上データとのデータ同化を行う事で、植生域の詳細な時系列変化や大気中の二酸化炭素濃度の変化モデルに役立てる方向が良いと感じるが、どうしても実利用レベルとして社会活動の中で利用していくのであれば、さらなる社会課題の洗い出しと、利用シーンの検討をしていただきたい。それがさらに明確になることで、実現性が高くなると考える。

C

【第2回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザインB改訂での扱い)

新たな枠組みの提案

(最終審査コメント)

静止衛星と組合わせる高解像度衛星画像の分解能をどのあたりに置くか(サブメートル級～250m)で研究戦略が変わると考えられる。すぐに実現できるレベルであれば、JAXA-気象庁での新たなデータプロダクト提案などが良いだろう。まずは既存衛星を使った研究の発展とデータ利用促進を期待する。

2 第一期短期計画（～2030年ごろまで）に含めるべきミッション（5件）

グランドデザインにおいて、今後5年で着手あるいは実現すべき衛星観測ミッションである。後述する時間的な優先度などを考慮したロードマップに基づく実現を目指す。5件を選定した。その内2件は宇宙基本計画工程表に具体的に掲載され、2件は具体化に向けた検討を進めることで計画中のミッションとなっている。

C

2.1 Ku帯ドップラー降水レーダミッション

（TRMM, GPMに続く降水レーダミッション。宇宙基本計画の工程表に既掲載。）

提案者：高橋 暢宏（名古屋大学）

ミッション概要：

地球温暖化に代表される気候変動研究における重要課題としては、将来予測の精度向上や正確な影響評価（長期トレンド・現状把握）が挙げられる。ここでは、気候変動の、人間生活への影響が大きい降水や雲をターゲットに、内部構造を捉えることに優位性を持つアクティブセンサによる観測として、Ku帯ドップラー降水レーダによるミッションを提案する。本提案は、前回公募における「アクティブセンサによる雲降水観測ミッション」が、より具体的なフェーズに移行したためタイトルを改めた。

提案ミッションの特徴は、TRMM、GPMと継続してきた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。降水プロセスが研究の主題となるため、降水の観測のみならず降水形成プロセスにつながる、エアロゾルや雲のプロセスの観測も必要になるが、その部分はNASAのAOS(Atmospheric Observing System)*ミッションと連携することにより実現する。そのため、現状では2028年の打ち上げ、軌道傾斜角55度、軌道高度407kmとなっている。

本提案ミッションは、2021年10月にJAXAではMission Definition Review（ミッション定義審査、MDR）、2022年6月System Requirement Review（システム要求審査、SRR）に完了しており、System Definition Review（システム定義審査、SDR）を2023年3月に予定している。

*Decadal surveyではACCP（aerosol, cloud, convection and precipitation）としてNASAへ勧告され、それを受けたNASAではAOSとしてミッションを立ち上げている。

衛星・センサ仕様	衛星仕様（太字が更新情報） 衛星軌道：太陽非同期軌道（軌道傾斜角55度） 軌道高度：407km（暫定） 衛星質量：2500kg以下 搭載センサ：Ku帯ドップラー降水レーダ ・周波数：Ku帯（13.6GHz）
----------	--

C

	<ul style="list-style-type: none"> ・センサ質量 : 574 kg (最大) ・消費電力 : 739 W (最大) ・設計寿命 : 5 年 ・水平分解能 : 5 x 5 km (DPR と同じ) ・鉛直分解能 : 500 m (250 m 間隔でオーバーサンプリング) ・走査幅 : 250 km (ドップラー観測は直下のみ、直下付近で高密度観測) なお、打ち上げは NASA 側の分担 (日本側、衛星バスとレーダ) としている。 <p>第 2 回試行公募提案から更新されたことを以下にまとめます。</p> <p>衛星の軌道については軌道傾斜角 55 度の太陽非同期軌道、衛星高度 407 km で確定しました。</p> <p>センサについては、ドップラー速度観測を実現するために 2 m x 2 m のアンテナを 2 枚利用した Displaced Phase Center Antenna (DPCA) 方式を採用し、衛星速度に伴うドップラー速度誤差の低減を図り、最終的な速度誤差は 2m/s と見積もられます。そのため、フットプリントサイズは、2.5 km (衛星進行方向) x 5 km (衛星進行に直交する方向) から従来の GPM と同様な 5 km x 5 km のフットプリントになった。感度については、ドップラー速度観測を行う直下方向では数 dBZ の感度となり従来の GPM KuPR よりも 10dB ほどの大幅な改善が規定できる。またドップラー速度観測以外の走査においても GPM KuPR に対して数 dB の向上が見込まれます。</p> <p>降水レーダ以外の観測として、CNES が提供するマイクロ波放射計が相乗りする方向で検討が進められています。2023 年 2 月時点において、NASA は計画予算超過のため傾斜軌道の衛星へのレーダ搭載は断念しており、後方散乱ライダーと CNES 放射計の時間差観測とのシナジーを考える必要が生じています。さらに、NASA は傾斜軌道に衛星を集中させることの検討も始めています。その場合、雲レーダとのシナジーが可能になります。</p>
期待される科学の成果	<ul style="list-style-type: none"> ・これまで、TRMM/PR や GPM/DPR による降水の 3 次元観測に雲レーダ等との同時観測や鉛直ドップラー速度観測を付加することにより、気象学や気候学の課題である地球規模での雲・降水物理過程の理解が進む。即ち、動的な情報が追加されることにより、これまでのスカラー量の観測にもベクトル的な利用が可能になり、研究の幅が広がることが期待できる。 ・気候変動による降水システムやプロセス自体の変化と全球降水量を継続的に把握する。レーダによる降水観測は感度・精度が高く、わずかな降水システムの変化に対しても検出が可能であり、数値気候モデルと連携させることにより気候変動のメカニズムの理解の飛躍的進展や予測精度の向上が期待できる。

アウトカム	<p>雲や雨の形成プロセスや相互作用の地球規模での理解が進むことにより、数値モデル等の改良を通じて地球温暖化予測精度の向上による効果が期待でき、効果的な適応策や緩和策の立案に資することができる。</p> <p>実利用のためには、精度の向上に加え継続的にプロダクトを提供することが重要であり、このミッションは GSMaP に代表される全球降水マップを最大限に活用するための基盤となる。</p> <p>●衛星降水レーダの高度化による効果：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全球降水マップの精度が担保でき、実利用ユーザの拡大につながる。 ・GPM は、数値気象予報において DPR のデータ同化が実用化しており、さらなる活用が期待される。 <p>●地球全体の精度の良い降水マップを提供することによる効果：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・防災（各国現業機関）：気象情報、台風予測、洪水予測の精度が向上する。 ・温暖化対応（各国関係機関、国連、NGO）：公衆衛生（疫病の発生予測・医療物資の効率的配分）、農業生産・予測等において精度の高い情報が必要とされている。 ・水ビジネス：保険、コンサルタント業での活用が可能になる。 ・広義の安全保障：自国のリソースでグローバルな気象情報を取得可能である体制の継続。 <p>●全球水文モデル利用による効果：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全球降水マップを陸面水文シミュレーションモデルの入力値として用いることで、単なる降水情報に留まらず、水災害・食糧・エネルギー問題等に資するローカルな水情報の提供も可能となる。
技術の特色	<p>センサ技術：衛星搭載降水レーダとしては、TRMM/PR や GPM/DPR の開発を通じて日本がトップランナーであるが、さらにドップラー速度の観測技術を EarthCARE/CPR の技術をもとに発展させている。主な技術としては、導波管スロットアンテナによるアクティブフェーズドアレイレーダをベースとして、DPCA 方式を採用したドップラー速度観測技術が挙げられる。</p> <p>① 優位性：衛星降水レーダ（Ka 帯・Ku 帯）は現在世界で唯一である。</p> <p>② 成熟度：PR, DPR で経験が蓄積されている。長期間の安定稼働の実績がある。ドップラー速度計測機能については、EarthCARE での経験があるが、新らに DPCA 方式を導入したため技術開発を進める必要がある。</p> <p>③ 人材確保と育成：PR, DPR で設計製造を担ったメーカー技術者の世代交代の時期であり、継続できない場合はノウハウが失われる。</p>
研究・開発体	開発体制：

制 研究体制 :	<p>JAXA が主体となって開発を行う。現在プリプロジェクトが立ち上がっており、GPM/DPR の開発および EarthCARE/CPR の開発を担当した技術者が参画しているほか、GPM や EarthCARE に参画している研究者も仕様の検討に参画しているアルゴリズム開発、校正・検証についても GPM や EarthCARE に参画している研究者・技術者が引き続き担当することを想定しており、JAXA の開発計画立案の一環として、プロダクトリスト等の作成に協力している。また、衛星と数値モデルとの連携（データ同化、モデル検証、モデルデータのリトリーバルへの活用）にも今後さらに注力する必要があるため、モデルコミュニティとの連携を強化する必要がある。また、NASA を中心とした国際協力による雲やエアロゾル観測を合わせたプロダクトの作成については、今後さらなる検討が必要である。</p> <p>従来の JAXA の RA による研究公募を想定している。また、GPM では日米の科学者会議（Joint GPM Science Team）において、研究の方向性やアルゴリズムの承認などを行ってきたが、AOS が実現した時の国際的な研究協力体制については今後の検討課題となる。</p>
関連団体	<p>日本気象学会、水文・水資源学会、土木学会、気象庁、国土交通省、海外の気象・水文機関、日本地球惑星科学連合、日本リモートセンシング学会、日本写真測量学会</p>
継続性 / 新規性	<p>気候変動による降水の変化を把握するためには、レーダによる全球の観測を継続していくことが必要。地球全体の軌道上の降水レーダによる降雨観測は現状世界で唯一であり、センサの交代にもかかわらず校正等の努力により 20 年間の均質なデータを提供している。次期ミッションで Ku 帯による同質の降水観測を継続する場合、データ期間がさらに拡大し、長期変動の観点での研究を促す効果がある。</p> <p>新規性として、新たにドップラー速度の観測を導入している。これにより降水システム発達のダイナミクスに関する新しい情報が得られ、EarthCARE/CPR の雲物理情報または、NASA AOS とのシナジーにより雲降水プロセスやそれらの相互作用の理解を深めることに資することができる。</p>
緊急性 タイムリーさ	<p>GPM は 2014 年 2 月打上げ、3 年 2 か月の設計寿命。約 8 年経過した 2022 年 1 月現在、バスのリアクションホイールに不具合が見つかっているが大きなインパクトはない。またレーダ本体についても機器異常は起こっていないが、設計寿命を鑑みると後継ミッションに着手するのに適当な時期である。現状、GPM の寿命は 2029 年 1 月頃と見積もられており、降水観測の継続性を考えると早期の開発・打ち上げが必要となっている。</p>

	<p>本ミッションの大目標である雲・降水プロセスの理解を人工衛星で実現するには日本単独のミッションでは予算的にも困難であり、国際協力で実現する必要がある。</p> <p>米国 NASA では、ナショナルアカデミーズによる 2018 年 1 月の Decadal Survey の報告において designated mission として Cloud-Convection-Precipitation (CCP) および Aerosol (A) に高いプライオリティがつけられたため、両者を合体させた AO ミッションとして検討がすすめられている。現在のところ、国際協力を前提とした、極軌道衛星（群）と傾斜軌道衛星（群）による観測ミッションが提案されている。そのうち傾斜軌道衛星は 2029 年の打ち上げ、極軌道衛星は 2031 年の打ち上げとしており、AOS との連携を図るために 2029 年に打ち上げる必要がある。</p>
国際的分担・日本の優位性	これまでの TRMM や GPM での日米分担では、日本側がレーダと打ち上げを担当し、NASA がそれ以外のセンサとバスを担当していたが、今回は日本側がバスとレーダ、NASA が打ち上げを担当する。
予算	文部科学省予算を想定（バスとセンサのコスト、打ち上げは NASA） 宇宙基本計画工程表（2022 年 12 月）では、降水レーダ衛星の開発（NASA が打上げ担当のプロジェクト）として 2023 年度からの開発 2028 年度打ち上げとして明記された。
低コスト化への取り組み	KuPR 単体としては、最新の技術導入により性能を維持しながら、システムの簡素化によるコスト削減は可能である。ドップラー計測を導入する場合は、コスト増となるが、DPR のコストよりは十分に下がる
将来展望	レーダの高度化を通じて技術の成熟を図る。スピノアウト技術として、安価なレーダのコンステレーション衛星（5～10 年以内）。社会的に最もインパクトを与えることが可能なのは静止軌道からの観測であり、現状での最終ゴールとなる（10～20 年後）。また、CubeSat タイプの超小型衛星搭載レーダについては、JPL が RainCube（Ka 帯、直下観測のみ）で実現しており、日本でもこのようなセンサ開発に着手する必要がある、または、このようなセンサ開発を進める体制づくりが必要である。
実利用の可能性	全球降水マップおよび降水レーダデータは現段階で数値気象予報、台風予測、洪水予測に使われ始めており、本ミッションによる安定したデータの継続提供を通してこれらの情報を活用する気象ビジネスを支援する。 公衆衛生、農業生産・予測等、水ビジネスにおいて長期の均質な降水データベース・各地のリアルタイムの降水データが活用される。
前回公募との関係	前回申請時の提案名称：アクティブセンサによる雲降水観測ミッション 前回からの変更・進捗：「衛星・センサ仕様」に示したようにレーダの設計について仕様が固まりつつある。またドップラー速度計測方法として DPCA 方式を導入したことが大きな変更点となっている。

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

迅速に進めていくべきミッション。研究・開発体制、継続性・新規性、日本の優位性、実利用の可能性の観点で非常に高く評価できる。GPM 後継や NASA/AOS ミッションへ貢献するだけでなく、サイエンス・実利用・技術開発・国際連携等、多くの点で強く推奨できる。着実に開発を進めていただきたい。

【RSSJ 実利用委員会及び BizEarth からのコメント】

GSMaP は、JICA の防災プロジェクトや農業プロジェクトで利用実績がある。

降水観測レーダーは、ODA はじめ新興国での利活用実績があること、また保険での適用も一部あることから実利用の観点として期待はある。

【第2回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン B 改訂での扱い)

短期計画

(最終審査コメント)

新規技術要素を取り入れたことは大きな前進となっている。NASA との協力のやり方をよく検討しコストパフォーマンスを含めた妥当な計画になるように調整した上で早期に準備を進めるのが望ましい。

【第1回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン A 改訂での扱い)

短期計画

(最終審査コメント)

TRMM、GPM から続く降水観測ミッションの継続・発展のため、NASA/ACCP (2028 予定) と協力するなど、国際共同で早期に実現することが望ましい。

【グランドデザイン初版での評価】(参考)

(総評)

現状世界で唯一の衛星搭載降水レーダであり、二世代続いた技術的な成熟度とデータの実利用への展開は特筆すべきである。実現には予算確保の面で課題が残る。

(実利用の観点から)

全球降水マップの情報は既に全世界の多くの国に配信され、利用されているところである。特に降雨状況の把握のみならず、斜面災害、浸水被害の予測に有用である。特に、斜面災害では、日本が得意とするシミュレーション技術と連動し、早期に被害の危険個所を評価することが可能となる。日本の先進的な防災技術は世界的にも注目されており、防災技術立国の我が国として

世界をリードすると共に、世界に貢献すべき技術と言える。また、日本の企業がグローバル展開している昨今では、世界の被害情報や予測情報を企業に配信することは、BCP の観点からも有用な情報である。

なお、昨今では途上国の農業インデックス保険の指標に採用され始め、民間の保険会社が採用するなど、ODA だけではない商業実利用でも効果を発揮している。

(議論：ミッションの方向性)

軌道上の降水レーダに求められていた第一のニーズである「全球の降水分布と降水システムを把握すること」が TRMM、GPM により実現されたとみると、今後の方向性は大まかに 2 つ考えられる。1 つは前述のミッション提案に示した降水現象の物理素過程を重視する「プロセス志向」に応える観測機能の向上と、もう 1 つは PR・KuPR の技術を用いて小型化・コストダウン（同時にスペックダウン）した機器の複数軌道投入による観測頻度の向上である。現在の衛星降水マップの精度の限界はマイクロ波放射計の観測頻度でほぼ決まっており、これをマイクロ波放射計よりも精度のよいレーダに置き換えた上で、投入軌道の適切な選択により重点観測地域の観測頻度を増加させることで対象地域での精度の底上げが可能となり、ユーザ数と利用用途の拡大が期待できる。また数値予報モデルの入力として用いる場合は、観測頻度とカバレッジがダイレクトに精度向上に寄与すると考えられる。こちらの案は国際協力によるコンステレーション実現にむけて、実利用ユーザを含めたステークホルダーへ働きかけていく考えである。

さらに小型化を進めたマイクロサット（6U クラス）への降水レーダ搭載が米国等で進んでいるが、それらの観測の精度を担保するには、DPR 相当のレーダの存在が前提となっている。静止軌道からのレーダ観測は技術的には最終的な到達点のひとつであり、台風の発生・発達段階から常時観測を行うことで、予報精度の大幅な向上が期待できる。温暖化に伴ってスーパー台風の発生件数が増加されると予想されており、台風の勢力、経路の正確な情報が社会に与えるインパクトは大きい。しかし静止軌道から実用に足るデータを取得するための観測システムは非常にチャレンジングで多くの技術上の課題があり、段階を追った研究開発が必要である。

2.2 ひまわり後継衛星計画

（宇宙基本計画の工程表に静止気象衛星（ひまわり 10 号）として既掲載。「ひまわり 10 号については、線状降水帯や台風等の予測精度を抜本的に向上させる大気の 3 次元観測機能等最新技術を導入し、2029 年度の運用開始に向けて着実に整備を進める」）

C

提案者：中島 孝（東海大学）

ミッション概要：

気象庁で運用している静止気象衛星ひまわり 8 号・9 号については、2029 年度頃に運用を終える予定である。ひまわりは気象庁の気象業務だけでなく、国内外で幅広く利用されており、宇宙からの気象観測体制を切れ目なく維持していくことが求められている。このため、わが国の宇宙基本計画でも、ひまわり 8 号・9 号の後継の静止気象衛星は、遅くとも 2023 年度までに製造に着手し、2029 年度頃に運用を開始することを目指す、とされている。

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。静止衛星であるひまわりには、その可視・赤外イメージャにより、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、ひまわりの後継衛星にハイパースペクトル赤外サウンダを導入することで、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喫緊の課題となっている。

気象庁では、2023 年にひまわり後継衛星の製作を始めることとしている。本提案では、ひまわり後継衛星計画を有識者諸氏に報告しつつ、その製作や運用、利用方法について、広く知見を求めるものである。

衛星・センサ仕様	衛星軌道：静止軌道 軌道高度：35800 km 搭載センサ：可視赤外放射計 ・周波数：可視・赤外 ・設計寿命：10 年 ・水平分解能：0.5 km（可視）、2 km（赤外） 搭載センサ：ハイパースペクトル赤外サウンダ ・周波数：赤外 ・設計寿命：10 年 ・水平分解能：4 km
期待される科学の成果	西太平洋及びアジア全体にわたる広域の連続した気象観測を実現。
アウトカム	台風・集中豪雨の監視・予測、航空機・船舶の安全航行、地球環境や火山監

	視等、国民の安全・安心の確保。防災気象情報の高度化を通じて自然災害からの被害軽減。
技術の特色	<p>①優位性： 世界最高性能のひまわり 8 号・9 号のイメージヤを維持・向上することを計画中。加えて、我が国として初めてハイパースペクトル赤外サウンダを静止衛星に搭載する。</p> <p>②成熟度： 既に欧米等の静止気象衛星に搭載または計画されている。</p> <p>③人材確保と育成： 気象庁気象衛星センターを中心に人材確保と育成に努める。</p>
研究・開発体制	気象庁にて製作・運用。
関連団体	
継続性/新規性	1977 年打ち上げのひまわり初号機以来、継続して運用。
緊急性	(次期短期計画で取り組むべき根拠)
タイムリーさ	ひまわり 8 号・9 号については 2029 年度頃に運用を終える予定。
国際的分担・日本の優位性	世界気象機関 (WMO) が立案した気象監視計画 (WWW) の中で、西太平洋及びアジア地区の観測のための静止気象衛星として運用。
予算	気象庁予算。
低コスト化への取り組み	ひまわりは、政府調達手続に従って調達される。
将来展望	
実利用の可能性	ひまわりは実用衛星として、その観測データは、すでに幅広い分野で利用されている。
前回公募との関係	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前回申請時の提案名称 「ひまわり後継衛星の検討」 ・ いただいたコメント 雷センサーの位置付けについて検討が進んだのは良い。現行のひまわり 8・9 号の AHI のエアロゾル・海色リモートセンシングも良好なので、 AHI の改良に注力してもらいたい。提案 04, 10, 14 については、 AHI の高精度化である程度、実現できるものがあるので、連携すべきである。スーパー 301 縛りによって商用製品の購入しかできないものか、 JAXA の協力の可能性が無いかを検討してもらいたい。 ・ コメントへの対応 雷センサは、検討の結果、後継衛星では搭載しないことになった。 後継衛星では、現行のイメージヤを維持するのが基本であるが、可能な範囲で性能向上を図り、他課題とも連携したい。 後継衛星では JAXA の協力による衛星・センサの製造は難しいが、将来の静

止気象衛星でその可能性がないか、引き続き検討していきたい。

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

早期に実現すべきミッション。アウトカム、継続性、緊急性、実利用の可能性から非常に高く評価できる。気象庁、政府、学界との連携は重要であり、搭載センサーの絞り込みとセンサー仕様の検討、特に1.3ミクロン追加、3.7ミクロンの1km化、赤外サウンダー搭載の提案は、改善を目指す水蒸気帯と対流活動の観測とモデル同化への貢献の側面から妥当である。他提案にもあるように、気象以外の静止衛星利用の要求も大きいため、引き続きユーザとの意見交換にも配慮しながら気象庁含め議論・検討を続けていただきたい。

C

【BizEarthからのコメント】

ひまわりの後継機については、詳細な気象予報という観点もさることながら、台風や線状降水帯予報及び大規模災害発生予測、及び監視のも十分に役立てられることから、今日の我が国の地球観測衛星としては最も重要であり、またアジア太平洋諸国での利活用、及び米国やEUとの連携による全球レベルでの観測・予測情報に活躍が期待される。

【第2回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザインB改訂での扱い)

実施段階：確実な実現を求める。10号・11号の予算要求がばらばらのため、11号が不確実な状況と言われている。

(最終審査コメント)

気象予報の国内、国際貢献で必須。継続性を担保するとともに、イメージの高度化だけではなく、赤外サウンダ等の追加による予測の高度化に期待する。更に気象庁業務だけではない静止軌道プラットフォームとしての在り方も検討するべき。

【第1回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザインA改訂での扱い)

実施段階：確実な実現を求める

(最終審査コメント)

気象予報の国内・国際貢献で必須。継続性を担保するとともに、気象予測の高度化を期待する。将来的に静止軌道プラットフォームを幅広く有効に使えるような方策を検討すべき。

他衛星などの複合利用による付加価値が高いデータ群の実現にむけて、具体的な活動を望む。

2.3 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）

（広域光学イメージヤ・ミッション）

提案者：本多 嘉明（千葉大学）

ミッション概要：

本提案の目的は長期・継続的な定量的モニタリングによる地球環境変動（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・解明である。光学（近紫外～熱赤外）イメージヤの技術は将来の新たな光学センサに発展しうる基盤的な技術であり、世界的優位を保つために継続する必要がある。すでに 2018 年より運用を開始し、2022 年度末に定常運用審査会を無事に終了し多大な業績を上げており、衛星本体はさらに 11 年運用可能な状態であり、今後、さらなる成果が期待されている。また、地球環境情報をもたらす衛星として社会インフラの立場を築き上げようとしている。

SGLI の系譜となる光学イメージヤは幅広い波長によって監視することにより、地球温暖化に伴って変わる気候システムの変動について現時点では予期していない変化も含め監視できる。また、予測されている気候変動の進行状況を正確に把握できることにより、温暖化抑制政策の効果の評価や、将来に向けた適応策の策定とその診断的な軌道修正を行っていくことができる。自国のセンサとして独自の情報源泉を持つことで、気候変動の状況把握に対して日本独自の判断材料を持てると共に、世界標準の情報として世界に発信することができ、気候変動における国際的な戦略を持つことができる。さらに、J トレイン型の複数の衛星群による観測（気象研究ノート第 234 号「地球観測の将来構想に関する世界動向の分析」P16～18 にある基幹衛星によることにより、日本の地球観測や宇宙産業の底上げに役立つ。JAXA における次期 GCOM-C 検討において J トレイン構想も含められており、さらに、JAXA 内の活動に協力する形で MetOP, JPSS などの諸外国の活動との連携・分担検討をすすめるかたちで GCOM-C で挙げられてきた目標の充実や重点化の議論を進めてきた。さらに、現行 GCOM-C の定常運用期間を終え、無事に後期運用が始まろうとしており、衛星本体の健全性や推薦残量などから 10 年以上の継続運用に高い可能性があるとされている。この様な状況を踏まえ、これからの地球観測衛星の寿命に対する考え方や単位観測時間コストなどの新しい概念も合わせて考える必要があると考えている。

衛星・センサ仕様	現行の GCOM-C に衛星間通信機能を付加する。詳細は検討が必要であるが、通信機能は、J トレイン構想に従い、複数の随伴衛星と静止衛星間で起こる。宇宙空間での通信なので高周波数電波や光通信を検討する。
期待される科学の成果	放射収支に関わる雲・エアロゾルや雪氷のアルベード、炭素循環に関わる陸と海の植生について、その量と気候変動による変化を全球規模で継続的に把握する。広い観測幅による高頻度な地球規模の物理情報を提供することにより、気候予測の誤差要因となっている地球規模の雲・降水物理過程や植

	生変動についての理解が進み、将来予測精度を改善させる。
アウトカム	<ul style="list-style-type: none"> 社会課題「地球温暖化とその対策」 温暖化やそれに伴う地球環境変動の予測精度を向上させ、地球温暖化対策（例えば、日本（地方公共団体は含まない）の地球温暖化対策関連予算は総額 8000 億円以上（平成 29 年度、環境省発表））のより早期の策定や診断的な軌道修正ができるることにより（例えば 0.5 度の予測精度の向上は数十年のアドバンテージに相当する）、将来の地球環境に対するリスクや国民の不安を軽減できる。日本のセンサとして独自の情報源泉を持つことで、気候変動の状況把握に対して日本独自の判断材料を持てると共に、世界標準の情報として世界に発信することができる。 ビジネス「地球環境情報の活用」 衛星で得られる光・温度・植生分布情報等を利用し、漁場予測・資源量評価、農作物の収量予測や最適耕作地の選定、それらの環境リスク評価等へ繋がる。 Jトレインの構築 基幹衛星からもたらされる観測条件等の情報を受け取ることで随伴衛星はその衛星本体のみでは成し得ない高付加情報を取得することができ、他国の追随を許さない衛星ビジネスを展開できる可能性がある。特に機能が限られる小型衛星には有効な観測システムといえる。先述の気象研究ノートの記載には静止衛星との連携利用も検討課題の一つにあがっており、別の申請課題「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」の中で最初の事例としてひまわりと GCOM-C の複合利用による新しい高付加価値データの創出の研究が進められている。」さらに、衛星から地上への通信が飽和状態を迎えることが予想されるので、随伴衛星群のデータを基幹衛星—静止衛星とリレーし、静止衛星からは光通信で地上にデータをダウンリンクすることで、小型衛星市場を拡大していく上でのダウンリンク飽和問題を解決できる。
技術の特色	<ol style="list-style-type: none"> ① 優位性：GLI や SGLI において近紫外波長や海外センサより細かい 250m 解像度の実績がある ② 成熟度：OCTS, GLI, SGLI の開発により技術的に十分成熟している ③ 人材確保と育成：GCOM-C から継続できれば、GCOM-C で培った技術を持つ人材を維持し、その次世代の育成に繋げることができる
研究・開発体制	<p>研究体制：GCOM-C で培った JAMSTEC や大学・研究機関等との共同研究体制</p> <p>開発体制：JAXA による開発</p>
関連団体	日本地球惑星科学連合、日本リモートセンシング学会、日本写真測量学会、海洋学会、雪氷学会、気象学会

継続性 / 新規性	GCOM-C の放射強制力や生態系変動の観測を継続する。気候変動の監視のためには更なる長期の継続が必要。
緊急性 タイムリーさ	GCOM-C の設計寿命が 5 年であるため、確実に継続するためには 2021 年度～2022 年度に打ち上げる必要がある。
国際的分担	ESA/EUMETSAT の Sentinel-3A/B/C/D や NOAA の VIIRS, NASA の PACE ミッション等の後継において連携・分担できる可能性がある。
予算	現在予算処置なし。GCOM-C/SGLI の発展型ハイパー波長センサ（可視+熱赤外）を想定して、波長数、波長分解能や解像度の向上で GCOM-C の観測を更に発展可能。
低コスト化への取り組み	先行センサの開発フェーズモデルの利活用や GLI、SGLI を通じた開発手法の確立により、大幅なコスト圧縮が可能になっている。
将来展望	低輝度から高輝度まで高精度でカバーできるセンサ技術等の開発が望まれる。午前極軌道で継続できれば、基幹ミッションとして国際的な午前極軌道のコンステレーションを構築・リードできる。将来的に、光学イメージの観測を長期継続するため、リソースとスペックのトレードオフを評価し最適化を図る。
実利用の可能性	SGLI の観測データからは、32 の標準プロダクトと 26 種類の研究プロダクトを予定しており、多くの分野への波及効果が期待される。Terra/MODIS データの実績から。SGLI のデータがオープン&フリー化されれば、ビッグデータの 1 つとして認識され、AI 技術と連携することで、多くの産業で発展的に利用されることが期待される。
前回公募との関係	継続提案

【第 3 回試行公募最終審査委員会による評価】

強く推奨できるミッション。期待される科学成果、アウトカム、研究・開発体制の観点から高く評価できる。継続性や小型衛星とのシナジー、人材育成などの観点から重要な意義を持ち、SGLI の実績を踏まえてミッションを形成していただきたい。また、偏光観測ミッションとの合流や、新しい観測機能の必要性・重要性についてもより具体的に検討いただきたい。

C

【RSSJ 実利用委員会及び BizEarth からのコメント】

水産関連以外では、森林、農業等で実利用の可能性があると思われる。

干ばつやそれに伴う、地域の被害評価等に利用できる可能性がある。わが国だけではなく、ODA を主体とした中進国や途上国での利用価値はあると考える。

【第 2 回試行公募最終審査委員会による評価】（参考）

(グランドデザイン B 改訂での扱い)

短期計画

(最終審査コメント)

日本のグローバルイメージヤの利用も含めた技術の維持発展を考慮すると実施するべきであるが、GCOM-C の状況を至急確認し可否を検討すること、及びひまわりなど気象衛星の環境観測への貢献もある中、それとの関係性を整理するのがよい。

【第 1 回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン A 改訂での扱い)

短期計画

(最終審査コメント)

日本のグローバルイメージヤの蓄積を踏まえて、ぜひ実施するべき。先行ミッション (GCOM-C/SGLI) の状況を確認しつつ実現する。ひまわりなどの気象衛星との融合を考えた上で仕様を決めていくとよい。

【グランドデザイン初版での評価】(参考)

(総評)

海外を見ても中分解能光学センサは観測頻度・分解能のバランスから効果的でニーズが高く、自国で持っておくべき基本的なセンサとしての期待は大きい。開発コストの圧縮が可能であることも評価できる。

(実利用の観点から)

SGLI の観測データからは、32 の標準プロダクトと 26 種類の研究プロダクトを予定しており、多くの分野への波及効果が期待される。Terra/MODIS データの実績から、SGLI のデータがオープン&フリー化されれば、ビッグデータの 1 つとして認識され、AI 技術と連携することで、多くの産業で発展的に利用されることが期待される。

(議論：ミッションの方向性)

広域光学イメージヤは、宇宙から地球を広域に観測するという利点を最大限生かす観測手段であると共に、基盤的な観測・データ解析・利用技術を用いたものであり、全球規模の植生被覆や変動の監視や海洋の水温・クロロフィル a を通じた漁業利用、年々変動する雪氷域や雲特性の変動監視など多くの利用用途がある。これらの利用のためにはそれぞれ必要な観測波長・時空間解像度（観測幅と空間分解能）・センサ校正精度の仕様があり、この仕様を他センサ相乗りや観測ターゲットの設定に従って効果的に設計することによって、ある程度のコスト削減が可能である。

コスト削減としてスペックダウンした 2 案を示す。

①AMSR-2 後継、TANSO、ライダー、光学高解像度センサ等との相乗りを想定した最小限継続

センサ（可視+熱赤外）. GCOM-C/SGLI の機能を絞ったもので新規性は無いが、最小限の GCOM-C 観測の継続と、相乗りセンサとの相乗効果（現象の識別精度の向上や広域化等）が得られる。

②相乗りを想定した簡易型センサ（可視波長のみ、視野を動かす機能などもなし）. 独自で観測精度を確保することが難しくなるため、海外を含めた他のセンサによって精度を確保する必要があるが、相乗りセンサとの相乗効果（現象の識別精度の向上や広域化等）が得られる。

2.4 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

(AMSR3 後継ミッション)

提案者：増永 浩彦（名古屋大学）

ミッション概要：

①長期・継続的かつ高頻度・高解像度・全天候観測に基づいた気候変動に伴う全球水循環変動のメカニズムの解明、②海水密接度・積雪深・海面水温・降水量・水蒸気量・土壤水分など長期モニタリングによる気候変動・全球水循環変動の監視、および③現業利用のさらなる拡大を目的として、衛星搭載マイクロ波放射計の観測を提案する。

日本のマイクロ波放射計は AMSR シリーズと呼ばれ、これまで世界をリードしてきたセンサである。性能と継続性の観点から海外の将来計画にも匹敵するものがなく、技術的な優位性も高い。気候変動・全球水循環変動のメカニズムを解明するために必要となる物理量を、世界トップの高解像度で観測・提供する。現在運用中の AMSR2 は、6-89 GHz の多周波・多偏波輝度温度観測を世界最高の空間分解能で実現している。

2024 年度打ち上げ予定の AMSR3 では、新規高周波チャネル帯 (166/183 GHz) とノイズ低減した低周波 (10.25GHz) チャンネルの追加により、AMSR2 の能力が増強される。AMSR3 後継機に向け、サブミリ波チャネル搭載の可能性や、アンテナの大型化によるさらなる高解像度化の

技術的実現性を検討し、AMSR シリーズの発展的継続を実現する。

現行 AMSR シリーズの観測データは、気象・水産業・船舶航行等の分野の現業利用にすでに組み込まれており、気象再解析データや全球海面水温マップ、全球降水マップ等の複合データに主要入力として利用されているため、現業利用ユーザからのミッション要求の声も大きい。

衛星・センサ仕様	マイクロ波放射計 (AMSR3 後継) (1) 基礎となる仕様 (AMSR3 実績に準ずる) ・周波数 : 7, 10, 19, 23, 37, 89, 166, 183±3, ±7 GHz (水平及び垂直偏波) ※AMSR3 では 166/183GHz 帯は垂直偏波のみだが、要検討 ・アンテナ開口径 : 2m ・軌道 : 高度 600 - 700km の極軌道 (2) 技術的新規性の高い仕様 (実現性を検討中) ・サブミリ波チャネル : 325, 448 GHz ・低周波 (40GHz 以下, L 帯含む) 広帯域観測 ・展開型フェーズドアレーアンテナ (PAA)
期待される科学の成果	気候変動に伴う全球水循環変動の実態を把握し、そのメカニズムを明らかにすることを通して、将来予測と対策に貢献する。世界トップレベルの観測

	<p>精度・空間分解能を持つ AMSR シリーズでのみ可能となるサイエンスが期待される。例えば</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水蒸気量、降水量、海面水温、海上風速、土壤水分、海氷密接度などの主要物理量の高精度継続観測による Climate Data Record の作成とそれを用いた気候変動・水循環変動のメカニズムの研究 ・海洋深層循環変動の解明につながる海水の研究 ・短期予測モデルへのデータ同化（輝度温度、水蒸気量、降水量、土壤水分、海面水温、海氷密接度など）、境界条件としての利用 ・気候予測モデルの初期値・境界条件、検証評価への利用
アウトカム	<ul style="list-style-type: none"> ・気象予報、防災分野における現業利用の継続および高度化 ・全球水循環変動・気候変動の予測精度向上 ・水資源管理、洪水・旱魃予測、農業への応用 ・沿岸域への漁場予測の拡張、水産資源管理：AMSR2 を含めた衛星データの利用により、約 16 %の燃油節約が報告されている他、AMSR の観測データが停止すると、漁海況分布の精度が落ちることが利用者から報告されている。 ・極域航行支援：極域全域を 10 km 解像度で毎日モニタ可能なセンサとしては世界唯一であり、近年急速に増加している北極海航路（6000 万トン以上の輸送量を見込む）の最大の課題である海氷予測の精度向上に貢献できる。AMSR2 による短期の海氷予測情報の精度の向上や、現在は精度が低く実用に至っていない中・長期の海氷予測精度向上に向けた海氷モデルの改良に貢献することで、北極海航路の開拓・運用に対する我が国の存在感を後押しする。
技術の特色	<ol style="list-style-type: none"> ① 優位性：衛星搭載マイクロ波放射計としては世界最大である 2 m 径のアンテナにより可能となる 6 GHz 帯チャンネルは海面水温と土壤水分量の推定に用いられる。打ち上げ間近の AMSR3 では 166/183 GHz 帯のチャンネルを加えることで、水蒸気推定精度向上や降雪観測を実現し、また高解像度の海面水温推定が可能な 10GHz 帯のノイズ低減のために温度分解能の良いチャネルを追加し、ソフトウェア的（超解像技術等）なプロダクトの高解像度化を実施する。AMSR3 後継機ではユーザの要望の高い「観測周波数帯の拡張」と「高解像度化」をさらに発展させ、雲降水システムの計測や高解像度海洋観測の優位性をさらに向上させる。 ② 成熟度：AMSR-E, AMSR, AMSR2, AMSR3 の開発により十分成熟している。 ③ 人材確保と育成：AMSR2, AMSR3 以前の設計製造を担ったメーカー技術者の世代交代の時期であり、継続できない場合はノウハウが失われ

	る。
研究・開発体制	JAXA 研究公募を基本とした科学者コミュニティ, 米国 NOAA を中心とした米国 AMSR2, AMSR3 サイエンスチームとの連携, EUMETSAT をハブとした欧州気象機関との連携などの連携体制が整っている。
関連団体	水産海洋学会, 水文・水資源学会, 日仏海洋学会, 日本海洋学会, 日本気象学会, 日本雪氷学会, 日本地球惑星科学連合, 日本リモートセンシング学会, 日本写真測量学会, 漁業情報サービスセンター, 水産庁, 気象庁, 海上保安庁, 北極環境研究コンソーシアム, 北極域研究加速プロジェクト ArCSII, 気候変動予測先端研究プログラム SENTAN など
継続性/新規性	継続性: AMSR-E, AMSR2 で約 20 年間のデータを蓄積済み. AMSR3 によって 6/10 GHz 帯の全球観測データは世界最長のデータレコードとなり, 後継機の実現で記録更新が期待される. 特に極域の海水監視については信頼性の高いデータとして世界的に評価されている. 新規性: AMSR3 で実現する高周波化を拡張し, サブミリ波帯 (325, 448GHz) の実装を検討している. サブミリ波チャンネルにより従来のマイクロ波放射計では不可能であった雲氷観測への道が拓かれ, 雨雲・雪雲の雲物理量計測能力の大幅な向上により降水推定精度の改善が期待される. また, 低周波帯 (1~40GHz) を分光計測する広帯域観測技術の導入を検討しており, 人工電波干渉 (RFI) 除去能力が飛躍的に高まる. さらに, 展開式の大型フェーズドアレーランテナの利用など大口径アンテナの実現により, 高解像度化実現の可能性を精査している.
緊急性 タイムリーさ	AMSR3 は 2024 年度打ち上げの予定であるが, 技術的新規性が高い要素の導入に当たって慎重な事前検討が不可欠であり, 継続観測の重要性を鑑み AMSR3 後を見据えた後継機の検討を開始するタイミングに来ている.
国際的分担・ 日本の優位性	マイクロ波放射計の将来計画は少なく、海面水温を観測可能な 6GHz 帯を持つものはさらに少ない。NOAA は JPSS 計画にマイクロ波放射計を持たず、また 2020 年代末から 2030 年にかけて打ち上げが予定されている NASA 主導の大型地球観測衛星ミッション AOS でも、低周波チャンネルを実装したマイクロ波放射計は計画されていないことから、POR (既存ミッション) として AMSR3 後継機と AOS との綿密な連携が期待される。WMO/CGMS の国際洪水ワーキンググループの提言においても、AMSR 型の低~高周波をカバーしたマイクロ波放射計の必要性が言及されている。 欧州が開発中の大型マイクロ波放射計 CIMR (1.2~36GHz 帯) は 2020 年代後半の打上げを予定しており、AMSR シリーズと異なる午前軌道であることから相補連携が期待されている。AMSR シリーズの継続的な開発・運用は、日本が誇るマイクロ波観測の技術的優位性の維持のみならず、国際的

	な研究・実利用コミュニティのニーズにとって極めて重要である。
予算	検討中
低コスト化への取り組み	AMSR-E, AMSR2, AMSR3 で培った技術や知見を活用することで開発費用を抑える。また、TANSO3 との合同ミッション (GOSAT-GW) である AMSR3 と同様、AMSR3 後継機においても予算の効率的運用を見据え複数観測装置との相乗りミッションの可能性を積極的に見据える。
将来展望	「国際的分担・日本の優位性」欄で述べたとおり、国際動向としては低周波チャンネルを搭載したマイクロ波放射計ミッションは減少傾向にある。AMSR シリーズの長期的な継続的運用は国際的なニーズも高く、AMSR3 後継機後も引き続き次世代ミッションの立案が望まれる。さらに、現在進んでいる衛星地球観測コンソーシアム (CONSEO) での議論や提言などの利用ニーズに応えるよう、戦略的な衛星地球観測プログラムの下でのミッションの検討・設計を行っていく。
実利用の可能性	<p>一般社団法人漁業情報サービスセンターでは、NOAA 衛星等の赤外センサと AMSR シリーズのマイクロ波放射計で観測したデータを用いて表面水温の情報を提供している。この利用事例については、平成 25 年度宇宙開発利用大賞を受賞しており、燃油が 16 % 節約できた、漁業の ICT 化に大きく貢献した、等の効果が評価された。我が国が漁業技術先進国として存在感を示すためには必要不可欠なセンサといえる。</p> <p>気象予報分野では、気象庁の数値予報システムで、AMSR シリーズのデータが継続して利用されており、気象予報の精度維持・向上のためには、AMSR3 とその後継機の利用が必須である。AMSR シリーズのデータは NOAA や ECMWF、豪州気象局、インド気象局などの 10 以上の海外気象水文機関でも現業で利用されている。</p> <p>北極海航路の利活用の分野では、すでに、AMSR2 の海水観測データが、現状把握および短期・中長期の予測において利用されている。シベリア沿岸域の資源開発にともない北極海航路の利用が進めば、今後さらにこの分野での利用は拡大すると期待できる。そのためには、AMSR3 から後継機以降のミッションへ安定・継続したデータ提供が必要不可欠である。</p> <p>土壤水分量のデータは既に農業モニタリングの一指標として、欧米の企業は利活用を始め、情報提供まで行っている企業も存在する。我が国のリモセン関連事業者でも、途上国の流域水循環モデルの構築にあたり AMSR2 データを利活用している事例がみられることから、途上国支援という位置づけからもデータの継続性は重要であると考えられる。</p>
前回公募との関係	新規課題である

C

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

強く推奨できるミッション。期待される科学成果、アウトカム、継続性・新規性、丁寧にニーズや他機関の動向を見ながら検討されている点が高く評価できる。AMSR 3 後継ミッション提案は必要であるので、引き続き、他センサや他機関同種センサ、小型センサとのシナジーも含めて検討を進めていくべきである。高周波については幅広い選択肢があるため、大型センサおよび小型センサの両方について、NASA/AOS 後頃を目標により深く検討を進めると良い。

【RSSJ 実利用委員会及び BizEarth からのコメント】

空間分解能が 10km 程度なので、グローバルな利用場面に限定されると思われます。海水は北極海航路関連で実利用の可能性があるかもしれません。

AMSR シリーズは、気候変動の予測等に有用であることから継続は重要です。その上で、例えば新たに L 帯を追加することで、どの程度の海水厚や塩分濃度の精度向上が図られるのか、またこれにより極域航行支援等にどの程度の効果と経済的価値が見込まれるのか、一例を示せるとよりインパクトが高い提案になるのではと思います。

C

2.5 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）

（ALOS-3、ALOS-4 の後継機に関するミッション）

提案者：渡邊 知弘（日本リモートセンシング学会）

ミッション概要：

本提案の目的は、高分解能光学・SAR およびライダーを用いた継続的な大規模災害時の観測およびベースマップ作成、ならびに長期にわたる定量的モニタリングによる地球資源の監視・解明である。ALOS シリーズの光学および SAR センサは広い範囲を高い空間分解能で観測することにより、基盤情報（土地被覆、地形、標高）、防災・減災（変化抽出、地盤変動、浸水、不法投棄）、農林水産業（精密農業、食料安全保障、森林、漁業）、エネルギー（地質、埋蔵量、資源管理、汚染監視）、気候変動（氷河、流水、洪水）、環境（沿岸環境、炭素ストック）など、昨今注目されている都市観測ビジネスやカーボンニュートラルの実現に向けたビジネスを含めた実利用的なものから、地球科学にいたるまで多岐にわたる分野で利用されてきている。米国 Landsat シリーズが高く評価され、欧州が Sentinel シリーズを長期的に計画・運用していることからも、継続的なモニタリングという観点から、ALOS シリーズの高分解能センサの継続観測及びオープン＆フリーでの提供が、小型コンステレーションとの連携により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。

また、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向て計測可能なイメージヤーの併用や 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。

衛星・センサ仕様	衛星軌道：太陽同期準回帰軌道 軌道高度：約 600 km 衛星質量：2000–3000 kg 搭載センサ 1：広域高分解能光学センサ ・設計寿命：7 年 ・分解能：パンクロ 0.5m、マルチ 2-3m ・波長帯：先進光学と同等（6 バンド） ・ステレオ観測機能：パンクロ 直下・前方視・後方視 ・走査幅：70 km
----------	---

	<p>搭載センサ2：広域高分解能 SAR センサ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設計寿命：7年 ・観測モード（分解能）& 観測幅： <ul style="list-style-type: none"> スポットライトモード（1x3m & 30km） 高分解能モード（3-10m & 200km） 広域モード（10-100m & 700km） ・周波数：L バンド <p>搭載センサ3：レーザー&イメージヤーセンサ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設計寿命 5年 ・軌道 極軌道衛星 ・レーザー <ul style="list-style-type: none"> フットプリント 10m レーザービーム数 5点以上 波長 1064nm/532nm ・イメージヤー <ul style="list-style-type: none"> 分解能 マルチ 3m 以下 波長帯 R/G/B/IR 観測幅 1km 程度
期待される科学の成果	<p>広い観測幅（数十～200km）での高解像度（数m以下）の地球規模の物理情報を探査することにより、Landsat や Sentinel シリーズのような中分解能衛星では限界がある、安全保障での利用の他、詳細な災害時の災害状況把握や平時利用における地理空間情報、カーボンニュートラルの実現に向けた沿岸環境監視、生態系や農業分野等での活用が可能となる。これにより、気候変動による影響シミュレーションなど、各種シナリオにもとづいたモデル計算の際の境界条件を精緻なものにすることも可能であり、将来予測精度の改善が期待される。また、干渉解析による地表面変位計測が可能な SAR データの中で、C バンド・X バンドと比較して植生下の変位検出に優位性がある L バンド SAR を用いることで、面的かつ広域に地表面変位のメカニズムが把握できることを活用し、各種データと組み合わせることで様々な成果を挙げることが期待できる。更に、パリ協定以降、森林の気候変動に対する緩和能力が再注目されており、森林の地上バイオマス量を全球かつ均一な精度で推定することが求められている。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、バイオマス量を推定する際の重要な変数である樹冠高を DSM と DEM から計測できるセンサである。レーザーセンサにイメージヤーとの併用や ALOS/SAR シリーズとの融合によ</p>

	り、高い位置精度でバイオマス推定が可能になる。レーザー&イメージヤーセンサを開発および運用することで、例えば、宇宙空間上での排熱設計技術、532nm のフォトンレーザー計測技術、海岸付近での測深技術、レーザーセンサの耐久技術、レーザーとイメージヤーとの融合解析技術など、発展途上であり我が国の宇宙レーザー技術の向上が期待される。
アウトカム	<p>本提案における広域高分解能の光学・SAR データが全球スケールで整備されることにより、いつ発生するか予測の難しい災害対策における、網羅的なベースマップからの差分としての被害域抽出といった活用がまず着目される。国内では内閣府による戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期において、「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」が開始されており、発災時の被害状況の早期把握など広域高分解能衛星がその中で果たす役割は大きく、活用が期待されている。また、国際的にも災害時の対策における基盤地理空間情報の整備は急務・不可欠であり、定期的な広域高分解能衛星データの整備が求められている。防災・減災以外にも、地理空間情報活用の観点では、地理空間情報活用推進基本法や地理空間情報活用推進基本計画が定められている中で、国土地理院「電子国土基盤図」等の整備や更新に有用であり、国際社会における SDGs への取り組みを考えた際にも、災害による被害の低減、安定的な食料生産や水資源の確保、公衆衛生分野などにおいて、基幹となるベースマップの維持更新や、詳細な変化の監視に定期的な観測が役立てられることが期待されている。また、国内における Society5.0 に示される将来の社会や、世界的なスマートシティを実現させる流れの中でも、広域高分解能衛星データによる基盤データが着目され、活用が期待されている。また、沿岸環境監視においては、沿岸生態系・マングローブ林マッピングからの炭素貯留量の推定、津波や台風による沿岸域被害の分析や海底地形変形の把握、干潟保全、海図更新等への活用のほか、生態系・農業における土地被覆変化、農地管理（耕作放棄地把握、スマート農業）等への活用が期待される。更に、国連の枠組みでの気候変動評価において、我が国から高精度な森林バイオマス量等を報告することにより、対策のための基礎情報になるだけでなく、施策の効果を評価する際に活用することが期待される。</p> <p>加えて、内閣府による「宇宙基本計画」において、衛星データの利用拡大に向けた“政府衛星データのオープン＆フリー化”や“衛星データの安定的かつ恒常的な提供”を目的とした政府衛星データプラットフォーム（Tellus）等の活用により、新たなビジネスを創出する民間事業者の取り組みの後押しが期待されている。</p>
技術の特色	① 優位性：光学に関しては、数m～サブメートル級の高分解能画像を数十km という広範囲で観測する技術について優位性がある。L バンド

	<p>SAR の開発・運用に対しては他国に対する優位性が高い。さらに、光学データと SAR データが同時に運用され、融合的に利用されることにより、それぞれ単独での利用に比べて、相互補完のメリットや得られる情報の精度向上など多様な効果が期待される。また、高さを計測するレーザーセンサと空間を計測するイメージャーセンサとを融合し解析することにより、レーザービームの照射地点を高精度に推定した後、イメージャーセンサより樹種判別を、レーザーセンサの複数のフットプリントより地盤面傾斜補正項を推定し、高精度なバイオマス量の推定を可能とすることが特色である。</p> <p>② 成熟度：ALOS シリーズおよび情報収集衛星の開発により、現行技術については技術的に十分成熟している。ALOS/PRISM で実現した衛星進行方向のステレオ観測技術に加え、ALOS-3 で開発された方向変更観測技術は、緊急性の高い観測にも迅速に対応可能である。SAR におけるデジタルビームフォーミング (DBF) についても国内メーカーの技術を用いて広域高分解能観測が実現可能である。また、Tellus 等のプラットフォームにおいても ALOS シリーズのアーカイブや更なる利用拡大にむけたツール（干渉処理ツール等）の整備が進められている。一方、レーザーセンサに関して、我が国として成熟した技術を有する必要がある分野であるが、現在、JAXA が打ち上げを計画している MOLI センサが我が国にとって初の宇宙用レーザーセンサであるため成熟度は低いと言える。</p> <p>③ 人材確保と育成：ALOS-4 に至るまでの ALOS シリーズで培った技術を持つ人材を確保し、新しい ALOS 後継シリーズにレーザーセンサ技術の融合を図ることで、今後も人材を維持し、その次世代の育成に繋げができる。</p>
研究・開発体制	ALOS 後継シリーズに関しては、JAXA による開発 レーザーに関しては、JAXA を中心に我が国のレーザー分野の研究者および利用を想定した民間企業による開発
関連団体	ALOS で培った JSS, METI や大学・研究機関等との共同研究体制 アウトカムに関連する、環境省や森林コンサル
継続性/新規性	ALOS-1,2 の成功があり、ALOS-3 が今年度以降、ALOS4 が次年度以降に打ち上げられる準備がされている状況。宇宙開発戦略本部による工程表には、先進光学衛星後継機①②、先進レーダ衛星後継機①②の記載があるとともに、「●継続的に開発・運用等」との記載もされている。複数機に渡りベースマップとして途切れることなく長期間継続したデータが整備されることで、過去から将来を見通す情報としての利用価値の向上や解析技術の継承・発展が図られ、ALOS シリーズのプレゼンスを向上させることができる

	ため、途切れずに継続することが必須。 また、極軌道用の宇宙レーザーセンサ開発は、我が国にとって初めてであり、新規性はとても高い。
緊急性 タイムリーさ	ALOS の運用停止以降、光学系の高分解能センサに関しては ALOS-3 の運用が切望されている状況。シリーズとしての継続性を担保するためには、ALOS-3 の設計寿命（7 年）及び確実な継続を考慮し、宇宙開発戦略本部の工程表（令和 4 年度改訂案）にある通り、2028 年中の打ち上げを望む。 また、SAR についても、ALOS-4 の設計寿命（7 年）を考慮し、ALOS-3 同様確実に継続するためには 2029 年度中の打ち上げを期待する。 また、レーザーの後継機に関しては MOLI の打上予定年度は未確定であるが、同様に MOLI 運用期間内の打ち上げが重要である。
国際的分担	災害については、これまで同様に国際災害チャータや、センチネルアジアの枠組みにおける分担体制が構築されている。国際協力の観点からも、各国の衛星と組み合わせて利用するためには、相互にデータ・解析結果を提供しあう関係を築いておく必要があり、日本側から観測データを提供できる状態を維持することが重要である。また、L バンド SAR データは X や C バンドに比べて波長が長く森林等を透過して地表面を計測できる特徴をもち他国にない有用な情報を提供できることから、他国の X、C バンド SAR との協力体制を構築しやすい。 陸域用の宇宙レーザーセンサを運用する経験を有している国は、現状、米国しかない。そのため、極軌道での宇宙用レーザー＆イメージャーセンサが打ち上げられ運用された場合、我が国は、米国および欧州に対して技術的な能力を示すことができることから、有意性を確保できることが期待される。
予算	現在予算処置なし
低コスト化への取り組み	今までの ALOS シリーズのノウハウの利活用や情報収集衛星で培った技術の流用などにより、コスト圧縮の可能性がある。 レーザーセンサに関して、できる限り民生用の部材を利用して低コスト化へ取り組むことができる。
将来展望	これまで実利用化における課題となっていた観測頻度の向上・確保に対して、近年増えてきている民間企業などによる小型衛星によるコンステレーション観測のアプローチが、一つの解決策を示している。一方で、これら小型衛星による観測のみでは継続的な観測における値の信頼性の担保が現状不十分となる可能性があり、Planet 衛星が Landsat などの観測結果を元に校正検証しているように、ALOS シリーズのような広域高分解能観測が可能な大型衛星をデータの基盤として、小型衛星のデータも価値を増すような相乗効果を狙うことが期待できる。 また、広域高分解能センサはデータ量が増大する傾向方向にあるため、要素

	<p>技術としてのデータ伝送の高速化、データオンボード処理、データ中継衛星などデータダウンリンク環境も含めた宇宙システムのさらなる効率化の検討も必要である。</p> <p>レーザー＆イメージャーセンサ、特に、レーザーセンサは、樹冠の下の地盤高を計測可能な唯一のセンサであるため、既存の方法による DSM/DEM の作成や森林バイオマスの推定を劇的に精度向上させる可能性を有している。そのため、継続的な提供が求められている情報であるので将来展望は明るい。</p>
実利用の可能性	<p>必要な時の観測データが必要なタイミングで入手できることが小型衛星とのコラボレーションやプラットフォームの整備で進むこと、また、その上で深層学習などの AI 解析技術と組み合わせて人手を解さずとも必要な情報に変換できるようになることにより、更なる実利用化が進むことが期待される。上記のような環境要因は現状の ICT の発展に伴って整備されつつある。事例としては、安全保障での利用の他、ALOS から得られた地形データ (AW3D) を用いた都市デジタルツインやメタバース等様々な都市観測ビジネスでの利用、災害時における ALOS シリーズ衛星の発災前ベースマップを活用した被害域の広域把握および小型衛星を組み合わせた詳細な被害状況の特定での活用がある。また、スマート農業における高品質な作物をより多く収穫するための実証、道路・鉄道や様々な設備などの社会インフラのモニタリングにおいて SAR データによる干渉解析結果の利用が注目されはじめていること、高分解能衛星の多波長観測結果による深浅測量・詳細な土地被覆／土地利用の把握などが、実利用またはその兆しとして捉えられる。本提案の広域高分解能衛星の今後の実現と前述の環境の整備がタッグを組むことで、これらの実利用がさらに広がる可能性がある。</p> <p>また、上記に加えレーザー＆イメージャーセンサに関して、カーボンニュートラルの実現に向けた樹高やバイオマス量を高精度に推定しているコンサルタントから、有用性と利用例が挙げられている。そのため、実社会のビジネスでの利用の可能性はとても高い。</p>
前回公募との関係	<ul style="list-style-type: none"> 前回申請時の提案名称 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2） 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 <p>提案内容においては、主に下記の点を新たに追記しております。</p> <p>民間の高解像度観測は増加しておりますが、特に SAR 卫星による広域かつ高頻度でのベースマップ目的の観測は行われていないため、政府主体の国内基幹衛星の継続的な観測が必要です。また、災害以外にも地理空間情報、</p>

	沿岸環境監視、生態系や農業分野等でも活用が期待される点とそのためにベースマップとして蓄積されたデータについてプラットフォーム等を活用したオープン&フリーでの提供により、更なるビジネス拡大が期待されます。
--	---

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

強く推奨できるミッション。実利用の可能性やアウトカムの観点で高く評価できる。ベースマップの仕様が示された点は評価できるが、その仕様の根拠や仕様要求などを明確に示されるとよい。また、ライダーの有無により、予算や実現目標がどの程度変わるかなども検討していただきたい。

【RSSJ 実利用委員会及び BizEarth からのコメント】

実利用面からも強く推奨できる。

広域高分解能については、光学衛星及び SAR 衛星で実現化していること、さらに光学センサーでは立体視の機能を ALOS1 の時と同様持たせている点、さらに極軌道での全球 Lidar データ取得ミッションを提案していることから、極めて実用的であり、かつ近年の大規模災害観測や気候変動対策ミッションにも効果的と考える。

なお、実現性への評価については、過去の技術を踏襲する点と新しく開発要素がある点を組み合わせることになることから、しっかりととした技術開発が必要である点と、実現するための更なる低コスト化が必要であり、アジャイル的な開発手法も考慮に入れた衛星開発を望みたい。

なお、地上システムによる AI 等の技術を取り入れた付加価値製品についての開発も求められると考えており、地理空間系の視点や利活用について、社会課題解決に資する民間技術の活用も視野に入れておきたい。

技術的な観点や社会課題の要求観点からはぜひ実現してほしい内容です。一方、更なる低コスト化と技術開発をセットで考えていくことで実現性が高くなると考えますので、その点を開発者に要求したいし、産業界のものとしては支援していきたい。

ALOS3 の喪失により、現在 CONSEO でも議論を続けている分野だと認識しています。単なるリプレースではなく、立体視や Lidar 等のセットで衛星開発を進めて頂きたい。

また、沿岸域の海洋観測（汀線、藻場、深浅測量など）のキャパビリティについても検討範囲に入れることで、安全保障やブルーカーボンのニーズに対して応えられると考える。

【第2回試行公募最終審査委員会による評価】（参考）

（グランドデザイン B 改訂での扱い）

実施段階

（最終審査コメント）

提案の衛星データが政府方針で販売ということを考えると、民間の高解像度の光学衛星や SAR からのデータが増加している現在において、それらの衛星との差別化はかなり難しい

と思われる。ユーザーからの意見をさらに集約すると共に、ベースマップを基本とするミッションの価値を高める努力を期待する。

【第1回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン A 改訂での扱い)

短期計画

(最終審査コメント)

ALOS-5 および 6 にむけて、デュアルユースや潜在ニーズの掘り起こしによってさらにミッション価値を高めることができる。実利用の観点からのコメントが加えられるべき。

3 第二期短期計画(2030~)での実現に向けて道筋をつけるミッション（6件）

グランドデザインにおいて、5年後以降に着手、10年後までに打上げできるよう、必要な道筋をつけていきたいミッションとして以下の6件を推奨する。

3.1 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）

提案者：石井 昌憲（東京都立大学）

ミッション概要：

風は大気の流れを直接表す重要な気象変数であり、総観規模から局所的なスケールの大気物理、雲対流・大気循環の総合作用等の理解に不可欠である。数値予報、環境監視・予測や気候変動予測の精度向上のためには、風観測が重要である。様々な風観測が利用されているが、ゾンデやウインドプロファイラーなどは高精度で鉛直分布を観測できるが、陸域に局所的に存在している。現在の衛星観測システムは、風観測に比べて、温度や水蒸気に関連した観測に偏重している。全球風観測の難しさは、3次元構造の取得と風観測精度にある。

近年の衛星風観測は、複数の観測チャンネルを用いて大気を追跡することで実現している（衛星大気追跡風AMV）。AMVは、広域・高頻度で観測できるが高度推定が悪い・高度分解能が十分ではない、観測精度が十分ではない、晴天・乾燥域や中層は算出しにくい、といった課題がある。静止気象衛星に搭載したハイパー赤外サウンダからAMVを算出することにより、これらの課題がある程度改善することが期待されている。ただしパッシブセンサによる限界があり、さらに高精度・高鉛直解像の観測も必要である。レーザを用いるドップラー風ライダー（Doppler Wind LiDAR、以下DWL）は、衛星軌道に沿った狭い範囲の観測ではあるものの、高精度かつ高い分解能で風の高度分布が得られる能動型光センサーである。DWLは、現在の衛星観測システムの問題点を解決する有望な手法の一つである。

本提案の衛星搭載DWLは、日本初となる宇宙用ライダーMOLIの技術を発展させるばかりでなく、日本が得意とする光コヒーレント技術・高精度光周波数制御技術を用い、新たな周波数資源開拓にも資する世界に類を見ないセンサである。そして、将来計画されている赤外サウンダによるAMV等の風観測と統合して、欧州・米国との緊密な国際協力の下で、全球規模で高解像度に4次元（3次元+時間）風観測を実現する。目標とする観測精度や頻度は、世界気象機関（WMO）ユーザー、特に数値予報ユーザーからの要求を満足するように設定する。

地球規模で直面する気候変動（豪雨、台風の大型化や増加、洪水、熱波等）の影響に対応・適応するために、安全で強靭な活力ある社会を持続的に実現する事、気候変動に対する緊急対策を取る事等が求められている。これらを実現していくために、交通政策審議会気象分科会による提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」は、様々な気象現象の発生メカニズムから予測までを総合的に取組むことの重要性と、気象観測と予測精度向上のための技術開発の必要性を述べている。このような社会的要請に応えるために、複合衛星風観測システムによる風観測は、①数値予報データ同化システムを用いて同化することにより、数値予報精度の向上、②数値

C

予報精度の向上による台風や豪雨などへの防災情報の高度化, ③風予報精度の向上を通じ, 航空機や船舶の運航計画の最適化に応用し, 燃料・CO₂ 排出量の削減に貢献, ④データ同化処理で作成される高精度な全球風プロダクトにより, 気候変動の監視, 大気・物質循環メカニズムの理解の深化等への利用, を実現する. 衛星複合風観測システムによる風観測を実現する事により「宇宙を活用した地球規模課題の解決と安全・安心で豊かな社会の実現」に資する.

衛星・センサ仕様	<p>衛星軌道: 太陽同期軌道 軌道高度: 200-300 km (TBD) 衛星質量: 800 kg (TBD) 搭載センサ: ドップラー風ライダー</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 周波数: 150 ないし 200 THz ● センサ質量: <400kg (TBD) ● 消費電力: 800 W (TBD) ● 設計寿命: 5 年 ● 鉛直分解能: 0.5 (高度: <2km) , 1 (高度: 2-12 km) ● 水平分解能: <100 km
期待される科学の成果	<ul style="list-style-type: none"> ● 数値予報データ同化システムを用いて, DWL の詳細かつ高精度な風の全球高度分布データと, 赤外サウンダ等による高頻度な風の全球データを同化することにより, 従来にない高精度な全球風解析場を作成する. これにより, 総観規模や領域規模の大気物理現象(台風, Madden-Julian 振動, 雲の発生, 乱流, 風のシア等)のメカニズムの分析・解明することが貢献することが期待される. ● DWL データを現業数値予報システムで同化することにより, 数値予報精度の改善が期待される. ● エアロゾル・雲の空間分布が得られることが期待される. ● 植生ライダーMOLI 用宇宙レーザの研究開発の研究知見・技術を継承し, さらに高度化することで, 将来のより高性能なレーザ技術が要求されるライダー分野への展開が期待される. ● DWL によって観測される雲・エアロゾルを, Aeolus 後継機, AOS のライダーと組合せることで, 全球で多波長ライダーによるエアロゾル観測を実現することが出来る. 全球で風と雲・エアロゾルの 4 次元(3 次元+時間)分布, 水蒸気の時間発展が得られるため, 雲・エアロゾルのプロセス研究, 気候変動予測の研究に大きな進展が見込まれる.
アウトカム	<ul style="list-style-type: none"> ● 観測精度が担保された全球 3 次元風マップ(例えば GSMAp のような)が作成され, 風データを必要とするステークホルダーへ公開されることで, データを利用数が増加する. ● 衛星データを解析する人材の育成が促進され, デジタル人材数やデー

C

	<p>タサイエンティスト数が増加する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 航空路や航路の安全、最適なルート選定による燃料の削減が期待され等、航空ビジネス、海運ビジネス、農業ビジネスにおいて衛星データの利活用が促進され、再生可能なエネルギー産業や宇宙ビジネス産業の創出数が増加する。 全球の雲・エアロゾルの分布観測により気候変動予測の予測精度が向上され、気候変動の影響把握に基づく行動が促進できる、ESG 投資が促進される。 温暖化物質や越境汚染物質の輸送等の予測精度の向上により、アレルギーや感染症等、様々な疾患に対するリスク低減が期待され、健康被害を受ける機会が減る。 極域における気候変動研究、大気-海洋結合研究への寄与が期待され、極域における新たな産業の創出につながる。 短期・長期の気象変化に対する農作物の生育・出荷量、再生可能エネルギーの効率的な運用の分析が可能となる。（SDGs 1,2: 食料需給予測と貧困、SDGs 3,6: 健康と平和、SDGs 7:エネルギー） 客観解析・予測プロダクトの精度向上により、気候変動予測精度の向上により安全で強靭な社会の実現、早期・詳細な防災情報に貢献（SDGs 13: 気候変動対策、SDGs11:安全・強靭なまちづくり）
技術の特色	<p>①優位性：</p> <ul style="list-style-type: none"> 単一波長発振かつ高出力な衛星搭載パルスレーザ光源技術の確立 宇宙用レーザ技術における中赤外波長領域の開拓 衛星搭載向け高出力パルスレーザの排熱について、技術の確立と高度化 光アクティブセンサーに対する熱歪み/機械的歪み抑止技術の確立と高度化 超低高度衛星技術の採用により、ライダーシステムへの要求仕様を大幅に緩和することで、野心的なライダーミッションを実現 ESA の衛星搭載ドッpler風ライダー Aeolus（以下、Aeolus）は、背景光雑音に弱いのに対し、本提案は日照領域に置いてもライダー観測が可能である。すなわち、観測域の自由度が飛躍的に向上する。 Aeolus は口径の大きな望遠鏡が使用しているのに対し、本提案は口径の小さな望遠鏡が使用できるため、衛星への搭載性、複数方向観測の実現性において優位性がある。また、Aeolus は、バイアス（約 1m/s）・測定精度（レイリーチャンネル：6-7 m/s; ミーチャンネル 3-4 m/s）と大きいのに対し、本提案の DWL は、エアロゾル濃度に依存するけれども、バイアス（約<0.2m/s）、測定精度（1-2m/s）と高い測定精度

	<p>で観測が行える優位性がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 赤外サウンダによる AMV には高度推定において課題があるため、高度推定向上に資するシステムとなる。 ● 国際協力によるシステムとして実現することで、想定するパートナーである NASA, ESA の赤外サウンダの AMV の高度推定や Aeolus 後継機の風プロダクトの検証システムとなる。 <p>② 成熟度：</p> <p>代表提案者は、2000 年より 2020 年まで情報通信研究機構においてコヒーレントライダーに必要なレーザ技術、光検出技術、データ解析技術等の基盤技術の研究開発を行ってきており、研究知見と光基盤技術の確実な積み上げがある。この間、代表提案者は、2013 年に JAXA、気象研究所とともにシステム検討を実施し、大凡衛星システムとして成立性確認している。また、この検討を進めるために、2018-2020 年度に概念検討を実施した。JAXA では、2021 年度より要素技術の実証に着手をしている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 送信機開発状況 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 要求仕様を満足する出力 90 mJ 超・繰返し周波数 30x2 Hz で動作する 2 μm パルスレーザを開発 ➢ パルスエネルギー安定度 1% を実現 ➢ 出力 15 mJ 超・繰返し周波数 500 Hz で動作する 1.5 μm パルスレーザを開発 ➢ 単一波長・マルチパルス発振方式によるレーザ発振技術の確立 ● 受信機開発状況 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 光ヘテロダイインシステム (1/5 スケール受光望遠鏡、光検出器等) を開発 ➢ 地上設置や航空機搭載型 DWL 用風データ抽出アルゴリズムの開発 ● 観測システムシミュレーション実験 (OSSE) による数値予報へのインパクト調査 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 衛星シミュレーターによる疑似衛星風観測シミュレーション ➢ OSSE による数値予報へのインパクト調査 <p>同上 2 項目について論文化 (Ishii et al., 2016, 2017; Baron et al., 2017; Okamoto et al., 2018) (資料 1 : 省略)</p> <p>③人材確保と育成：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 2010 年より DWL 検討会 (登録者 : 50 名超) を発足、検討会を年 1-数回開催してきている
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> ● 人材育成を想定し、本提案の共同提案者は 40 代で構成 ● シンポジウムやワークショップを通し、国内外の技術者と交流を実施 ● 気象ビジネス、航空ビジネス、衛星会社、大学や国研から人材を確保 ● 衛星搭載ライダーについての技術研究者は国内少なく、分散している研究者を JAXA に集めて知見の集積を行う ● 國際協力の下で衛星搭載ライダーの開発実績のある NASA LaRC や ESA の研究者と積極的に交流し、人材を確保する
研究・開発体制	<p>JAXA、航空会社等の風データ利用者の協力のもとで DWL 開発を想定している。海外宇宙機関との国際協力による開発も想定される。</p> <p>DWL 検討会に参加する大学関係者や研究者。また、日米欧の大学研究者、研究者と協議することにより、さらに高いレベルでの研究を実現することが可能。</p>
関連団体	日本気象学会、日本リモートセンシング学会、レーザセンシング学会他（資料 2 参照）
継続性/新規性	<p>Aeolus は設計寿命を超え、運用終了も近くなっています。全球での風の高度分布観測の継続が望まれています。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● コヒーレント方式のライダーは日本独自かつ世界初 ● 単一波長高出力 IR パルスレーザセンサとして世界初 ● 日本初となる力赤外パルスレーザ、パルス形状の高度制御技術の確立 ● MOLI 用近赤外波長レーザから中赤外波長レーザへの展開 ● 新しい衛星バスによる衛星姿勢制御の確立 <p>衛星搭載 DWL は ESA の Aeolus のみであり、使用する波長、レーザー光源が異なる予定であるため一部で世界初となる（資料 3 参照）</p>
緊急性 タイムリーさ	<p>Aeolus は設計寿命 3 年を超えており、現在、後期運用期間である。提案の DWL は、Follow-On ミッションとしても位置づけられる。Aeolus の観測精度は、バイアス、測定精度において、WMO ユーザーによる風観測要求を十分に満足していない（特に、下部・中部対流圏）。そのため、風観測性能向上が求められており、タイムリー生、緊急性を要する。</p> <p>MOLI に引き続き応用ライダーとして研究着手時期として適切。</p>
国際的分担・ 日本の優位性	<ul style="list-style-type: none"> ● NASA、ESA と今後の風観測の在り方の協議が開始されており、Aeolus 後継機との共同観測を通して国際協力となる。 ● 全球的な風観測システムの連携。詳細だが観測範囲が限られるラジオゾンデなどの直接観測やドップラーレーダなどの地上観測、海面だけを観測する衛星搭載のマイクロ波散乱計、広域・高頻度だが高度分布及びその推定精度が限定的な衛星搭載可視・赤外イメージヤ（パッシブセンサー）に対し、DWL は観測領域・頻度は限定的だが風速・風向・高

	<p>度が高精度に得られるという特徴がある。これらの観測は、データ同化システムを利用することにより、うまく補完し合うことができる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● NASA Langley 研究所から共同研究の要請があり、調整中。ESA とも NASA を通じて検討中。また JMA を通じ各国気象衛星からのサウンダデータ提供を受ける。
予算	予算規模は 175 億円程度（目標）（イプシロンロケット 50 億円、衛星バス 50 億円、DWL60 億円、地上システム 15 億円）
コスト削減策	DWL ディグレード廉価版 1 視線方向のみ）などによるコスト削減、单一波長レーザ発振の発振効率化と冷却方式の検討
将来展望	<ul style="list-style-type: none"> ● 國際協力として DWL と気象衛星による定的な風観測体制を維持する。 ● MOLI 用宇宙用レーザ技術の開発知見を継承し、单一波長レーザを用いる高スペクトル分解ライダーへの展開（2030 年代） ● 単一波長レーザ・同時マルチフットプリント観測が必要な水蒸気や温室効果ガス用差分吸収ライダーへの発展（2030 年代後半） ● レーダ等や廉価版 DWL によるコンステレーション衛星観測の展開が期待される（2030 年代）。 ● XCO₂ 観測用差分吸収ライダーは、DWL 用レーザを高度化することにより、レーザ高度計の機能も併せ、炭素循環の理解に資する多機能ライダーへの展開も期待される。
実利用の可能性	<p>風の予測精度向上により、航空産業や開運産業等において可能性があり、気象観測・空路航路安全管理システムとして社会インフラとなりうる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 飛行経路並びに飛行高度の精度が向上し、航空機搭載燃料量適正化 ● 搭載燃料量が適正化されることにより、CO₂ 排出量削減効果や経済効果 ● 晴天乱気流や火山灰拡散予測の精度向上による航空機の安全運航 ● 台風の進路予測精度向上に伴う、高精度な計画運休の立案 ● 海洋上の船舶の安全な航路計画の立案

資料 2 関連団体一覧

● 学術団体

日本気象学会、日本風工学会、エアロゾル学会、日本大気化学会、日本農業気象学会、水文・水資源学会、日本地球惑星科学連合、米国気象学会、欧州気象学会、アメリカ地球物理学連合、欧州地球科学連合

レーザセンシング学会、日本リモートセンシング学会、計測自動制御学会、レーザ学会、応用物理学会、日本赤外線学会、日本光学会、電気学会、電子情報通信学会、写真測量学会、日本分光学会、日本航空宇宙学会、日本機械学会、日本伝熱学会、日本材料学会、他の海外の学術団体

● 各国関連機関、政府機関等

気象庁、世界気象機関、欧州中期予報センター、米国海洋大気庁、欧州気象衛星開発機構、その他の海外の気象・水文機関

● 関連省庁

文部科学省、国土交通省、総務省、経済産業省、環境省、農林水産省

● 国内関連研究機関

気象研究所、宇宙航空研究開発機構、情報通信研究機構、国立環境研究所、海洋研究開発研究機

資料3 表 世界のライダーミッションとの比較

	提案 ライダー	MERLIN	ISS-MOLI	EarthCARE	Daqi-1	GEDI	ATLAS	Aeolus	ISS-CATS	CALIPSO	GLAS	ELISE
国	日本	欧州	日本	欧州	中国	米国	米国	欧州	米国	米国	米国	日本
打上げ年	2030-2035	2025	2026	2024	2022	2018	2018	2018	2015	2006	2003	中止
高度	200-300 km	500 km	400 km	400 km	705 km	400 km	480 km	320 km	400 km	705 km	590 km	550 km
観測 ミッション	大気風 雲 樹冠高 エアロゾル	メタン 植生 雲 エアロゾル	雲 エアロゾル	雲 エアロゾル	植生 樹冠高 CO ₂	植生 樹冠高 地表面高度	水床 地表面 植生	大気風 地表面 雲 エアロゾル	雲 地表面高度 樹冠高	雲 地表面高度 植生	水床 地表面 雲	雲 樹冠高
複数視線 方向観測	○	○	○			○	○					
単一波長 レーザ発振	○	○	○					○	○			
レーザ結晶	Tm:Ho:YLF >90 mJ @2051 nm x 2 x 30 Hz Or	Nd:YAG 75 mJ @1064 nm x 150 Hz	Nd:YAG 40 mJ @1064 nm x 51 Hz	Nd:YAG >38 mJ @355 nm x 40 Hz	Nd:YAG ○○ mJ @1064 nm x 242 Hz	Nd:YAG 10 mJ @1064 nm x 10000 Hz	Nd:YVO ₄ 1.3 mJ @532 nm x 50 Hz	Nd:YAG 80 mJ @355 nm x 1064 nm	Nd:YAG 2.5 mJ @532 nm x 1064 nm	Nd:YAG Nd:YAG 110 mJ @532 nm x 22 Hz	Nd:YAG 60 mJ @532 nm x 1064 nm	Nd:YLF 84 mJ @1053 nm x 120 mJ @527 nm x 40Hz 100Hz
出力・繰返し周波数	55 mJ 非線形結晶による波長変換 @1550 nm x 150 Hz	55 mJ 非線形結晶による波長変換 @1550 nm x 150 Hz	55 mJ 非線形結晶による波長変換 @1550 nm x 150 Hz	55 mJ 非線形結晶による波長変換 @1550 nm x 150 Hz	55 mJ 非線形結晶による波長変換 @1550 nm x 150 Hz	55 mJ 非線形結晶による波長変換 @1550 nm x 150 Hz	55 mJ 非線形結晶による波長変換 @1550 nm x 150 Hz	55 mJ 非線形結晶による波長変換 @1550 nm x 150 Hz	55 mJ 非線形結晶による波長変換 @1550 nm x 150 Hz	55 mJ 非線形結晶による波長変換 @1550 nm x 150 Hz	55 mJ 非線形結晶による波長変換 @1550 nm x 150 Hz	
基本波	2051 nm / 1550 nm	1064 nm	1064 nm	—	1064	1064 nm	—	1064 nm	1064 nm	1064 nm	1064 nm	1053 nm
第2高調波	—	—	—	—	532	532 nm	532 nm	532 nm	532 nm	532 nm	532 nm	527 nm
第3高調波	—	—	—	355nm	—	—	—	355nm	355nm	—	—	—
波長変換	1645.6 nm / 1645.8 nm	—	—	—	1572	—	—	—	—	—	—	—
望遠鏡口径	0.7 m	0.7 m	0.5 m	0.6 m	1 m	1 m	0.8 m	1.5 m	0.6 m	1 m	1 m	1 m

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

推奨できるミッション。実利用の可能性やアウトカムの観点で高く評価できる。Aeolus の観測はあるものの、特に Aeolus では弱い、境界層付近での風の場は、台風予測、気象予報のみならず、CO₂ フラックスや植生の研究にも重要だが欠落している観測項目である。一層の技術検

討を進めるとともに、Aeolus や気象衛星の赤外サウンダー、また航空機観測などにより、サイエンスを進める一方で、要素技術研究開発を進め、また NASA/ESA などとの議論で国際協力を確立していくはどうか。

【RSSJ 実利用委員会及び BizEarth からのコメント】

数値気象予報精度向上の観点で、ドップラー風ライダーの全球観測は有用な技術と思われます。災害被害予測の高度化や迅速な被災状況把握のための衛星運用に役立ち、実利用面でも大変重要。特に、本提案は鉛直方向の風速を計測できる技術があることで、情報の少ない海上の風分布を立体的に計測できるため、例えば海面だけでなく風車のハブ高（羽がついている位置）も計測できるのではと思われ、情報の少ない海上（特に沖合）の洋上風力適地選定に資する情報として、ビジネス面でも役立つ技術ではないかと推察されます。こうしたビジネス面での活用にも踏み込んでアウトカムの一つに加えられると経済的価値向上の面から、より注目される提案になるのではないかと思います。

【第2回試行公募最終審査委員会による評価】（参考）

（グランドデザイン B 改訂での扱い）

第二期短期計画

（最終審査コメント）

気象予報や航空機航路の点からの実用ニーズを背景に既に JAXA での DWL の検討が始まっていることもあり、計画を進めることが適当である。他のライダー風観測提案（「雲レーダ・ライダによるデュアルドップラー観測ミッション」、「全球風観測プログラム」）と共同するなどライダー間での調整は必要である。

【第1回試行公募最終審査委員会による評価】（参考）

（グランドデザイン A 改訂での扱い）

将来に向けた要素技術開発・技術実証

（最終審査コメント）

航空機航路の点からも要請があり、進めることが適当。大気システムの研究のためにも重要である。MOLI の経験を生かして、さらに高度な LIDAR 技術を確立して頂きたい。

3.2 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

(第2回試行公募でのタイトルは、Role of Japan on polarization observations from space)

提案者：日置 壮一郎 (Université de Lille, France)

ミッション概要：

今後 10-20 年のうちに、先進国の脱炭素化とアジア・アフリカの工業化・都市化が進行し、気候変動の影響はいっそう深刻になる見込みである。こうした過去に例を見ない社会変化によって、気候変動に影響を与える温室効果ガスとエアロゾルの排出量と分布が大きく変化する。衛星観測に基づくこれらの全球規模での定量化と社会および気候影響評価は不可欠と言える。本提案は気候変動や社会的要因によって刻一刻と変化するエアロゾルの定量把握、エアロゾルブルームや雲の高度を測定することによる気象現象・エアロゾルのモニタリング、さらに雲・エアロゾル相互作用を含む雲物理過程の解明を目的とした偏光イメージングセンサを提案するものである。

本センサの特色は、①多方向偏光観測、②高空間分解能、③広い観測幅である。多方向偏光観測と高空間分解能は、従来観測が難しかった都市域や山岳域でのエアロゾルの定量化や、雲・エアロゾルブルームの高度推定に効果を発揮する。広い観測幅は火山噴火や森林火災等のイベント解析に必須であり、米国の AOS および欧州の MetOp-SG プログラムと連携した軌道の選択によって、全球的なリアルタイム観測に貢献できる。また、多方向観測と広い観測幅によって雲の側面を高空間分解能で観測でき、雲の 3 次元微物理特性の観測、雲物理過程の解明が期待される。

衛星・センサ仕様	衛星軌道：太陽同期極軌道 (10:30AM/PM 昇降交) 軌道高度：600 – 750 km 衛星質量：1500 kg 搭載センサ：可視・近赤外 多方向偏光イメージングセンサ ・観測幅：1200 km ・空間分解能：250 m ・チャンネル数：5 (0.44 μm, 0.55 μm, 0.67 μm, 0.87 μm, 1.6 μm) ・観測方向数：3 (直下 + 前後 2 方向) ・設計寿命：5 年
期待される科学の成果	本提案センサの特色である、高空間分解能・多方向偏光観測を広い観測幅にわたって実施することによって期待できる成果は、(1) 都市や山岳地域、まだらな植生域など、直下視のパッシブセンサでは観測が難しい領域での面的なエアロゾルの観測、(2) エアロゾルブルームや雲の高度の推定、(3) 雲表面の 3 次元的な微物理特性の把握、である。 従来のセンサ解像度では都市や山岳地域において、建物や起伏による画素内不均質や地形による影などの効果が地表面反射率へ影響を与え、エアロ

	<p>ゾルの定量化の不確定要素となる。空間分解能の向上で不均質な画素を減らし、多方向観測で影の効果を取り入れることで、より精密な定量化が可能になる。また、地表面の偏光反射率は空間的变化が小さいため、偏光が強いエアロゾル粒子（小粒子）については、地表面の影響を受けずに定量化することができる。また、雲やエアロゾルブルームの表面の細かな凹凸を多方向から観測することで、ステレオ法や Rayleigh 散乱法を利用して高度推定が実現する。特にステレオ法については空間分解能の向上で推定高度の信頼性が向上し、応用範囲が拡大すると見込まれる。たとえば、ダストやバイオエアロゾルなどの一次粒子の鉛直輸送の解明は、雲エアロゾル相互作用の研究に欠かせない。また、対流圏界面を越える火山灰の高度推定には熱赤外チャンネルに比べてステレオ法が優れており、火山活動の解析や対流圏上部・成層圏下部の研究に活用できる。</p> <p>さらに、観測幅を大きくとることで、より多くの雲の側面を高い空間分解能で観測することができる。偏光観測による氷雲・水雲判定や粒径測定は吸収差を利用する手法に比べて放射の 3 次元効果を受けにくく、高い空間分解能での観測に向く。エアロゾル・雲・降水相互作用の解明には実験室、観測、数値シミュレーションの統合的な活用が不可欠であり、数値モデルの空間分解能が向上し、微細な物理過程がモデルに組み込まれる現在、雲の微細構造の観測の必要性は高まっている。</p>
アウトカム	<p>打ち上げ時期として想定する 2030 年代には、地球温暖化の影響が地球観測の多様な側面で明確になると同時に、人間活動の面ではアジア・アフリカの都市化・工業化や、先進国の脱炭素化が進むと見込まれる。つまり、気候条件や人為活動によるエアロゾル排出分布が現在とは異なる可能性が考えられ、エアロゾル分布が変化するだけでなく、雲分布やその微物理特性も影響を受けると考えられる。本提案を通して得られる、都市域エアロゾルの定量化や輸送、質的・量的变化、雲頂高度の統計、雲の微細構造などの科学的な知見は、ダイナミックに変化する気候と社会の現状を俯瞰し、将来計画への指針を与えるものである。また、エアロゾルのモニタリング・予報は市民生活や公衆衛生の改善につながるほか、関連体制の強化は火山噴火や森林火災などの大規模なエアロゾル放出イベントが国内や近傍で発生した際への災害対応・防災行動にも効果を発揮する。</p>
技術の特色	<p>①優位性：</p> <p>本提案は、GCOM-C/SGLI センサによる実績ある偏光観測部に基づき、高空間分解能化・高精度化・多方向化したセンサを開発することによって、新たな科学的成果を得ることを目指す。2022 年現在、SGLI センサは軌道上で定常運用されている唯一の偏光イメージングセンサであり、過去だけではなく近未来のセンサ計画と比較しても、最も空間分解能が高い。SGLI の継</p>

	<p>統的な改良・発展によって、2030 年代においても引き続き国際的な優位性を持った偏光イメージングセンサを実現することができる。</p> <p>②成熟度：</p> <p>SGLI センサの開発・運用によって、プッシュブルーム・オンボード加算型の偏光イメージング技術は大きく進展した。本提案はこの技術をもとに空間分解能を向上し、オンボードのデータ処理を改善することで、さらに観測誤差を小さくすることを目指す。同時期に打ち上げを目指す NASA の AOS プログラムのセンサは、新しい観測原理を基にした研究開発段階であり、既に 4 年間の軌道上での運用実績がある SGLI センサの成熟度は十分である。</p> <p>③ 人材確保と育成：</p> <p>今般、世界気象機関の気象衛星の将来計画に偏光センサが盛り込まれ、エアロゾル観測のデータ同化や、地上・衛星観測の気象現業化が将来的に進展すると見込まれる。各国で提案されている偏光センサのなかでも、SGLI センサは精度が良く、実績のあるセンサであり、この観測技術の維持・発展を担う人材の育成は急務である。また、東アジアでは、春の風物詩となった黄砂や、インド・中国の工業生産に伴う PM2.5 が市民生活や公衆衛生の関心事項であり、諸外国が取得して公開する偏光イメージング観測のデータを適切に処理して利用につなげる人材のニーズが大きい。さらに、高い空間分解能での雲の微物理特性の解明は、気候変動研究や数値モデルの高度化に資する。本提案の実施によって、機器開発から気象現業、気候変動観測研究までを含む広範な人材の育成が期待できる。</p>
研究・開発体制	JAXA 第 3 回地球観測研究公募に「SGLI による偏光・多波長同時観測データの統合利用による大気粒子特性の解明」に採択 (PI: 向井, CIs: 日置, 中田, 佐野) され、共同研究体制は出来ている。ここ数年、少なくとも年 1 回の対面、適時オンラインにて研究打ち合わせを実施している。
関連団体	該当なし
継続性 / 新規性	本提案に直接的な科学的・技術的な継続性があるのは GCOM-C/SGLI であるが、衛星搭載の偏光イメージングセンサは、1996 年の ADEOS/POLDER を筆頭に 4 機あり、観測機器、解析手法とともに過去の成果を生かすことができる。さらに、本提案はこれまでに例がない 250 m 空間分解能での全球規模の偏光多方向観測を目指す。類似の高空間分解能偏光センサとしては 2023 年に NASA が MAIA を打ち上げる計画であるが、MAIA は都市域など事前に設定した領域のデータのみを取得する設計である。また、EUMETSAT の MetOp-SG に搭載される 3MI センサ (2024 年打ち上げ予定) は、全球多方向偏光観測を実施するものの、空間分解能は 4 km である。したがって 2030 年代においても、本提案の 1200 km 観測幅、

	250 m 空間分解能の偏光観測は他に例がない観測となる。
緊急性 タイムリーさ	<p>本提案で取得されたデータは気候変動観測研究（雲・エアロゾル物理過程や相互作用の研究）および気象現業（エアロゾル監視・予報・データ同化）での利活用が見込まれる。</p> <p>地球温暖化の影響が現在よりも明確になるとされている 2030 年代には、過去の観測との比較参照を通し、気候システムが変動するメカニズムの解明や将来予測の精度向上が一層進むと考えられる。また、脱炭素化への取り組みとエネルギー源の変化によって、排出される人為起源エアロゾルの量・質ともに変化することが見込まれる。このようなタイミングで精度が良く、技術的に成熟した人工衛星からのデータが手元にあることは、気候変動研究を推進する上で意義が大きい。</p> <p>気象現業の側面では、アジア・アフリカ諸国の工業化が進むと考えられている 2030 年代に、刻一刻と変わる人為起源エアロゾルの排出をとらえ、市民生活や公衆衛生への影響評価をリアルタイムで実施することは重要である。特に、発展途上国では都市への人口流入が著しく、250 m という高い空間分解能を生かして、都市域からのエアロゾル排出を定量化することは、精度の高いエアロゾル監視・予報の実現に欠かせない。</p>
国際的分担・ 日本の優位性	<p>2030 年代には、米国の NASA による AOS プログラムや欧州の EUMETSAT による MetOp-SG プログラムによって、多方向偏光イメージング観測が実施される見込みである。本提案の観測計画は、AOS 及び MetOp-SG と相補的であり、データの統合利用によってさらなる価値を生むと期待できる。</p> <p>AOS プログラムの極軌道衛星は昇降交時 1:30 AM/PM で計画されており、本提案（昇降交時 10:30 AM/PM）によって、2000 年代に活躍した Aqua 衛星と Terra 衛星の組み合わせと同様な観測体制が実現する。AOS の偏光センサーの仕様は空間分解能 1 km 以上、観測波長 6 以上、観測方向 5 以上、観測幅 100 km 以上となっており、狭い観測幅での多波長・多方向観測により物理過程の解明を目指す構成である。本計画は空間分解能と観測幅で優位性があり、雲・エアロゾルの面的な高度推定や雲側面観測により適しているため、観測時刻だけでなく質的にも相補的な役割を担うと期待できる。</p> <p>欧州 MetOp-SG プログラムの衛星は昇降交時 9:30 AM/PM で計画されており、本計画と組み合わせることで、毎日ほぼ定時に極軌道衛星による多方向偏光全球観測が実現する。これは MetOp-SG の観測幅が 2200 km、観測方向が 14、観測波長が 12、空間分解能 4 km と全球モデルへのエアロゾル同化を重視する構成であるためである。本計画には広い観測幅により MetOp-SG のギャップを埋める役割が期待できる。また、空間分解能では</p>

	<p>本計画が著しく優れており、地域モデルへの応用という面でも相補的である。</p> <p>日本の国際的な優位性は、精度がよく実績のある GCOM-C/SGLI センサの観測原理を応用し、観測精度とコストのバランスの良いセンサを開発できるという点にある。SGLI で採用されたプッシュブルーム型センサは、迷光が少なく、偏光データを取得する際に必要なサブチャンネル観測間の視差が小さい。また、NASA が AOS に向けて開発中のセンサと比較しても技術的に成熟しており、研究開発費を抑えつつ、安定的な運用が見込まれる。</p>
予算	JAXA 第 3 回地球観測研究公募 FY2022-2024 に採択： (PI : 向井, CIs:日置, 中田, 佐野)
低コスト化への取り組み	<ul style="list-style-type: none"> センサの開発にあたっては GCOM-C/SGLI での知見を活用する 直下視と前後方視の光学系・イメージングセンサには同一のものを採用し、設計コストを低減する
将来展望	2040 年代以降には、3 次元の雲イメージングや複雑な地形上でのエアロゾル観測が実施すべき研究課題として考えられる。走査型ライダーや分光計と同一のプラットフォームに本提案ミッションの後継センサを搭載することで、これらの課題に挑戦することができる。イメージング観測は対象物の表面をよく調べることができる一方、各画素がどの程度の距離まで見通せているかは明らかにできない。補完的である測距機能と撮像機能を複合的に活用する観測システムの構成が、将来的に必須になると考えられる。
実利用の可能性	単独での打ち上げによって、雲・エアロゾル解析成果の気象業務への活用が可能になる。また、海色計と同一のプラットフォームに搭載することによって、精度の高い大気補正を提供でき、漁業等の支援に活用できる。
前回公募との関係	<p>(第三回公募との関係)</p> <p>NASA の AOS, EUMETSAT の MetOp-SG との比較をさらに詳細に行い、欧米のセンサー点に勝る点をまとめ、期待できる本計画に特有な研究成果を加えた。</p>

【第 3 回試行公募最終審査委員会による評価】

推奨できるミッション。アウトカム、将来展望の観点で高く評価できる。SGLI 後継機の開発に役立つ提案であることから、具体的な利用技術の検討を進めることで、他の SGLI 後継提案と連携するとともに、他の光学観測・POLDER 系センサーとのシナジー・トレードオフを検討しながら連携研究を進めていただきたい。

【第 2 回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン B 改訂での扱い)

将来に向けた要素技術開発・技術実証

(最終審査コメント)

高解像度の偏光情報（250m）が何をもたらすのかを具体的に示され、初期段階は GCOM-C 後継ミッション提案と協調し、長期偏光観測が科学的に何をもたらすのかを示されると良い。

3.3 アジア静止軌道からの GHGs/SLCFs 測定と排出量評価

(第2回試行公募でのタイトルは、キロメートル級 SLCP イメージング分光観測：地球温暖化・大気汚染の同時軽減対策効果に関する静止衛星診断。)

提案者：笠井 康子（東京工業大学）

ミッション概要：

地球温暖化と全球大気汚染はますます深刻になり喫緊に解決が求められる課題である。本提案では、互いに非線形に関係し合う大気中の「CO₂ 等の長寿命温室効果気体(GHGs)と、大気汚染物質である短寿命気候強制因子(SLCFs)」の大気中濃度分布や変動を同時に準リアルタイムで観測し、大気化学輸送モデルやデータ同化などを活用することで発生源や地域の「排出量」を即時評価することを目的としている。これにより、削減政策の効果を実濃度の変化から評価し、ステークホルダーに提供を行う。

アジアの個別発生源から地域規模の濃度拡がりを連続的にとらえるために、静止軌道からの計測で時間的密度を高めること、またハイパースペクトル観測では比類のないキロメートル級分解能を達成することを目指す。パリ協定・グローバルストックテイクの1.5度目標達成には長寿命成分と SLCFs の両者の実態把握が重要である。SLCFs ホットスポットともいえるアジア地域上空からの静止衛星観測に取り組むものである。さらに IPCC AR7 サイクルで始まる SLCF インベントリ、SDGs 等にも貢献する。

衛星・センサ仕様	衛星軌道：静止軌道； 軌道高度：36000km； 衛星質量：TBD； 搭載センサ：紫外可視・近赤外回折格子型分光イメージヤ、 センサ重量：100kg～(TBD)； 消費電力：100W～(TBD)； 設計寿命：5年(TBD)； 水平（鉛直）分解能：1-4km程度（対流圏カラム/全カラム）； 走査幅：10S-60N, 80-150E (TBD)
期待される科学の成果	ホットスポットと言えるアジア局所発生源から全球に広がる大気汚染・GHGs とその排出源別の温暖化影響の確定的評価と緩和指針 対流圏オゾン非線形光化学反応プロセス、光合成など自然プロセスの日変化摂理
アウトカム	パリ協定・グローバルストックテイク、大気汚染抑制戦略に資する合理的な排出削減政策とその効果の評価 IPCC インベントリタスクフォース主導の SLCF 排出インベントリの方向性での主導権

C

	SDGs (3: 健康、13:気候、7:エネルギー、11:都市)の達成
技術の特色	<p>① 優位性: 日変化観測かつ高分解能観測(キロメートル級)は世界初。局所的である SLCF/GHG 排出源の特定や反応性が高く局在化しやすい SLCF 挙動の解明が可能。</p> <p>② 成熟度: UV/VIS は ODUS/OPUS、GOSAT-GW 開発のヘリテージを生かせる。差分吸収アルゴリズムも含め世界的に成熟度は高い。</p> <p>③ 人材確保と育成: 大学や国研での先進的衛星開発人材の育成と確保。気象ビジネスや環境データサイエンス分野等と連動し、ビジネス界とも人材を流通。</p>
研究・開発体制	<ul style="list-style-type: none"> 開発体制: 各省+情報通信研究機構、国立環境研、海洋研究開発機構を想定 研究体制: 日本・海外の研究機関と大学による国際協力体制。
関連団体	日本大気化学会・大気環境衛星検討委員会、大気環境学会、日本気象学会、日本リモートセンシング学会、JpGU など
継続性/新規性	従来の 7-20km 規模での回折格子型分光イメージャのレガシーを活用(継続性)。 1km 分解能+日変化観測、および静止からの GHG/SLCF シナジー計測とともに史上初(新規性)。
緊急性 タイムリーさ	緊急性・タイムリーさ: 脱炭素とその合理化は世界共通の喫緊課題。新興国に加え我が国でも越境流入で深刻な大気汚染による死亡数の軽減は喫緊課題。
国際的分担・ 日本の優位性	国際的分担: 米国の GeoCarb+TEMPO、欧州の Sentinel 4+IRS と本ミッションを合わせて全世界の主要発生地域を網羅する。韓国 GEMS の知見も活用し地域連携。
予算	予算規模 100 億円 (TBD)
低コスト化への取り組み	低コスト化の取り組み: 既存技術の活用、民間通信衛星の利用
将来展望	赤外バンドによる O3, CO, アンモニア計測や高度層分離。ひまわり 10,11 号以降の静止衛星に搭載する分光センサを開発し、韓国 GEMS 後継機としてシリーズ国際継続。
実利用の可能性	超高解像度データ同化による化学天気予報の高度化(オゾン、PM2.5)、健康ツーリズムなどの新産業創出、世界経済動向の実時間把握による国際動向分析・国家戦略構築
前回公募との関係	継続提案である。

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

C

推奨できるミッション。期待される科学成果、アウトカムの観点から高く評価できる。GEMS の運用、GOSAT-GW ミッションの立上げを受け、具体的なデータに基づく提案の精緻化が見られた。静止衛星搭載のハイパースペクトルイメージャの開発は日本の強みを活かす点で良い提案であるが、実利用とサイエンスでは必要な精度や解像度が異なることから、これらを考慮しながら検討を進めるとともに、静止海色ミッションや、韓国・中国・インド等の他の国とのミッションとの協働体制を構築されると良い。

C

【RSSJ 実利用委員会及び BizEarth からのコメント】

カーボン取引には分解能が粗すぎますが、特定の地域や工場の排出量常時監視という点では使える可能性がある。

GOSAT-GW の後継機ミッションと連携した、工場レベルでの GHG 排出の特定が可能になるようであれば、今後開示されていく企業の TCFD やゼロカーボンのエビデンスに寄与すると考えられる。一方、ハイパースペクトル衛星についても、GHG の観測に加えて農業の生育診断や収量予測に寄与できる可能性はあるが、その場合の他の衛星との連携及び解像度を考慮することで、実利用としての価値は広がると考えられる。

【第 2 回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン B 改訂での扱い)

第二期短期計画

(最終審査コメント)

米欧の進展を考慮し、日本での早期実現のため、フィージビリティ検討をさらに進めるとともに、ひまわり後継や GOSAT-GW 後継など具体的な枠組みの検討を進めることを望む。一方で、韓国 GEMS との具体的な連携の方策の検討も望む。

【第 1 回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン A 改訂での扱い)

短期計画

(最終審査コメント)

提案の分光計と諸外国を含めた他のセンサー・ミッションとのシナジーについてさらに検討を望む。例として GOSAT シリーズ連携または相乗りを提案する。

【グランドデザイン初版での評価】(参考)

(総評)

この提案の背景にあるミッション (APOLLO) は ISS 搭載にむけ、技術・科学の成立性の検討は実施済み。

(実利用の観点から)

衛星データを利用した健康被害を及ぼす物質のモニタリングは、需要があり、近年の新しい学際分野である生気象学においても、衛星データへの期待は大きい。日本海側の自治体では、大陸起源の PM2.5 等の大気汚染物質のモニタリングやその情報配信を行っている。健康大国を目指す我が国としては、生気象学等の予防医療分野と連携し SLCP を利用した大気汚染情報の配信を促進すべきである。

(議論：ミッションの方向性)

UV-VIS 分光観測は ISS のような低軌道からの観測のみならず、静止衛星や小型衛星搭載についても大気環境観測衛星検討会において詳細な検討が行われ、その結果が報告書や論文として出版されており、いずれも実現可能性がある [10]。

観測対象である O₃, N₀₂, S₀₂, HCHO などの化学種は大気中での寿命が短いため、高い時空間分解能が要求されるが、静止衛星を用いることで高い時間分解能担保しつつ広いバンドでの観測が実現する。また小型衛星搭載では、N₀₂ に特化した形の観測が可能である。我が国の環境監視を優先するのであれば、静止衛星観測を中心とし、小型衛星を補助的に活用する戦略も考えられる。このようなさまざまな観測オプションをもつプラットフォームとそれに適したセンサを搭載するミッションを同時に実現することで SLCP の常時高分解能観測が可能となり、ISS 搭載の APOLLO はその一端を担うミッションである。

3.4 静止衛星搭載雷放電センサー

提案者：牛尾 知雄（大阪大学）

ミッション概要：

静止衛星搭載の雷センサは、世界気象機関（WMO）が定める、観測システムの 2040 年ビジョン（Vision for WIGOS in 2040）に、全球的な観測体制を構築すべきセンサとして掲げられており、米国や中国の新世代の静止気象衛星で運用が開始されるとともに、欧州の次世代静止気象衛星でも搭載が予定されている。こうしたことから今後、雷放電は必要不可欠なデータとなっていくことが予想される。

これまで我が国では国際宇宙ステーション「きぼう」暴露部へ雷放電センサー（GLIMS）が提案者らのグループによって開発、搭載され、科学的研究が行われてきた。その中で、対地放電と雲放電を区別する多波長観測等の検討が行われ、その可能性が示されてきた。

本提案書では、雷放電データに関するこのようなニーズを背景に、これまでの実績に基づき、対地放電と雲放電を区別出来る我が国独自の静止衛星搭載の多波長雷放電観測センサーの研究開発を提案する。

衛星・センサ仕様	衛星軌道：静止軌道(東経 140 度付近を想定) 搭載センサ：雷センサ <ul style="list-style-type: none">・波長：777.4 および 337 nm の 2 波長・センサ質量：100 kg・消費電力：300 W・設計寿命：10 年・水平（鉛直）分解能：5 km（水平）・観測範囲：衛星から見た地球全域の 80%
期待される科学の成果	・データ同化での利用 以下の点で数値予報の改善に雷放電データが有用である。 <ol style="list-style-type: none">1. Radar reflectivity（雲の分布）の予報2. 積算降水量の予報3. Convection allowing model（積雲スキームなしのモデル）の雷警戒情報の精度向上 ・降水量推定 雷放電データを用いることによって、衛星推定降水量を改善することができる。特に適切なレーダーカバレッジがない島々のかなりの部分で Flash Flood(FF)予測に役立つ。洪水予測のリードタイムと精度も向上させることが可能と考えられる。

C

	<ul style="list-style-type: none"> ・台風強度予測 <p>台風の強度予測に、雷放電データは有用であり、National Hurricane Center では台風急発達予測アルゴリズムに雷放電データを利用することが検討中である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気候学 <p>雷放電は温室効果ガスの一つである O_3 を発生させる NOx (LNOx) の発生源であるため、雷放電のデータは LNOx に関連して温室効果ガスや気候予測の精度向上のために有益である。また、雷放電と対流雲がよく相関するので、雷放電データは気候モデル・全球雲解像モデルの雲の表現向上のために有益で、気候変動の監視や気候予測の不確実性の低減に寄与する。</p>
アウトカム	<ul style="list-style-type: none"> ・航空機運航 <p>雷放電の観測情報は、航空機運航に対して、有效地に活用することができる。航空機運航の中でも特に、駐機場での運用と、飛行における巡航及び離着陸フェーズに、以下のような効果がある。（1）駐機場での運用においては、雷放電情報によって Ramp closure の効率化および作業員の安全性向上が期待でき、それぞれ年間\$3.5 million (3.8 億円相当) および\$17.5 million (18.4 億円相当) の（米国での）経済効果が見込まれる。（2）巡航及び離着陸フェーズにおいては、雷放電情報によって Offshore の thunderstorm を回避することができ、（米国で）年間\$5 million (5.3 億円相当) の経済効果が実現しているとされている。また雷放電情報によって NWS AWC の予測情報が改善することによって、（米国で）年間\$5 million (5.3 億円相当) の経済効果が見積もられる。なお、近年航空機の機体に複合材を用いるようになっているため、航空機被雷が発生した時の被害額は増加しており、これらの経済効果はさらに今後大きくなることが見込まれる。（3）雷放電の観測情報によって、地上の雷観測では検出できない雷雲を、同定することができる。そのことによって、衛星からの雷放電情報は航空機被雷を削減するという、他にはない能力を有している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・レーダ補完 <p>レーダデータと雷放電データを併用することによって、特にレーダが十分観測できない遠方や疎な領域において、雷放電データはレーダデータを補完する意味がある。こうしたことによって、危険な範囲や避難を要する緊急事態を、より容易に特定することが可能である。そして、その経済的な効果は数百億円に相当するとの試算もある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・雷予知・警報 <p>衛星からの雷放電情報は、点情報ではなく広がりを持った面情報として、その危険域を示すことができる所以、これまでよりもより実質的な雷警報を発することが出来る。またこれまで、有償の地上からの雷観測データにはア</p>

	<p>アクセスすることが出来なかった様々な機関においても用いることが出来る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・竜巻警報 <p>雷放電の放電頻度に関して、その位置と時間を解析することによって、竜巒や被害をもたらすような積乱雲の警報をいち早く、発出することが出来る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気候予測の不確実性の低減 <p>気候予測の不確実性を低減させ、それにより計算されるより確からしい気候予測の情報を政策決定などに利用できる</p>
技術の特色	<p>① 優位性：</p> <p>地上の雷観測ネットワークでは得ることの出来ない雲放電および雷放電の拡がりに関する情報を、衛星観測では得ることが出来る優位性がある。また、アメリカ、欧州で計画されている地球静止衛星搭載雷放電センサーでは、対地放電と雲放電の識別が出来ないが、本提案は、識別が可能である優位性も有している。</p> <p>② 成熟度：</p> <p>衛星軌道からの雷観測センサーは、国際宇宙ステーションでの GLIMS ミッションによって、既に技術実証済である。また、GLIMS での検討結果から、対地放電と雲放電の識別が可能であることが、実験的にも明らかとなっており、技術の成熟度は高い。さらに、欧米および欧州では、同種のミッションが既に実現あるいは実施中であり、技術的な可能性は既に実証済である。</p> <p>③ 人材確保と育成：</p> <p>GLIMS ミッションは、大学間の手作りセンサーであり、そのノウハウは関係者間で共有されている。こうした知見を本提案を実現していく過程において、若手に提供し、人材確保および育成を行っていく。また、先行ミッションを進めているアメリカ NASA/MSFC は、提案者がそのグループに所属して勤務していた経験があり、共同開発あるいは知見の共有も比較的容易である。</p>
研究・開発体制	GLIMS を遂行してきた北海道大学、大阪大学を始めとする大学が中心となり、気象庁や JAXA 等の機関と議論を深めながら、三菱電機等のメーカーと協力して研究開発を実施する。
関連団体	気象情報サービス会社、JAL、ANA、電力会社、空港、自治体等
継続性/新規性	<p>1. 継続性</p> <p>これまで GLIMS ミッションによって雷放電データは取得されてきているが、我が国ではそれ以降雷放電に関するミッションは計画されておらず、本提案によって継続性を確保したい。また、OTD、TRMM/LIS、GOES によって米国においては、継続的に雷放電ミッションが実現しており、これらの一連の衛星シリーズに加えて、本提案が実現すれば、欧米、アジア域の空間</p>

	<p>的に隙間の無い、観測が実現する意義は大きい。</p> <p>2. 新規性</p> <p>対地放電と雲放電を区別することができる、実際に被害をもたらす対地放電に関する情報を取り出すことが出来る。</p>
緊急性 タイムリーさ	欧米や中国が計画を進める中、我が国でも可及的速やかに開発に着手する必要がある。
国際的分担・ 日本の優位性	米国、欧州、中国及び日本の静止衛星によって、全球的な観測体制を構築することが可能となる。こうした中で、日本はアジア域における観測を分担するとともに、対地放電/雲放電の識別を行い、優位性を確保する。
予算	未定（気象庁もしくは JAXA でのミッションを想定）
低コスト化への取り組み	GLIMS による知見を無償で提供することにより、Lockheed Martin 等から購入するコストを抑え、トータルの開発コストを大きく削減することが出来る。
将来展望	日本を含めた全球的な観測網が構築・維持されることで、雷放電の常時観測がグローバルに実現される。
実利用の可能性	空港での運用、航空機運航での実利用、雷放電警報・注意報、竜巻警報、データ同化による利用等、幅広い利用が見込まれている。
前回公募との関係	<ul style="list-style-type: none"> 前回申請時の提案名称：静止衛星搭載雷センサ 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： <p>ひまわり 11 号への搭載を後押しする意味の提案もあるが、その次のミッションとして、放電識別が可能な技術を検討した提案もある。</p>

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

推奨できるミッション。アウトカム、実利用の可能性の観点とともに、ISS 実験等による実証努力や技術的な新規性を高く評価できる。日本では地上観測網が発達しているが、全世界的に見た場合に、衛星への搭載による経済便益的なメリットを評価するとともに、海外での利用価値をアピールする上で広域・高頻度観測の技術や、静止衛星搭載に向けた仕様やリソース検討をさらに詳細に詰めていくと良い。

【RSSJ 実利用委員会及び BizEarth からのコメント】

気象以外の実利用可能性があるのはイメージャー (LSI) だが、観測波長が近赤外のみで空間分解能が 400m である。静止衛星搭載という特徴があるので、GCOM-C を補完する位置づけとして利用できる可能性がある。

GLIMS の観測情報が航空機運用や駐車場での運用効率化や作業員の安全性向上に期待できる点は非常に価値が高い技術と理解しました。一方、これによる経済価値も算出されていますが、誰

C

がこの情報に対価を支払うのか（国なのか民間なのかも含め）具体的な記載があるとなお高い価値を示せて良いのではと思われます。 | C

【第2回試行公募最終審査委員会による評価】（参考）

（グランドデザインB改訂での扱い）

短期計画

（最終審査コメント）

新規開発を行わない場合は第一期短期計画となるが、行う場合は第二期短期計画にもなり得る。現業利用の気象庁と密接に協調して観測センサ導入を推進するべきと考える。

3.5 小型降水レーダコンステレーション

提案者：金丸 佳矢（情報通信研究機構）

ミッション概要：

これまでの衛星地球観測ミッション公募では、宇宙航空研究開発機構が提供し様々な面で利用が進んでいる衛星全球降水マップ(GSMaP)の高精度化のために、降水レーダを搭載した小型衛星(バス質量 300 kg 程度)を複数機運用するミッションを提案した。降水レーダは海陸を問わず降水の鉛直分布が観測可能で、マイクロ波放射計では推定が難しい陸上の地表面付近の降水を精度よく観測することが出来る。降水レーダは JAXA と情報通信研究機構(NICT)によって開発された全球降水観測計画主衛星二周波降水レーダの Ku 帯走査型降水レーダをベースとして観測頻度の向上や開発コストの軽減を目指している。本提案を実現するには更なるコストダウンの検討が必要で、それに応じた降水観測の精度劣化を受け入れる必要がある。また、走査幅は衛星高度や走査角度に依存し、それら条件の違いによる降水観測の精度劣化も詳細な検討が必要である。本提案では、降水レーダの小型化省電力化の可能性がある Ka 帯降水レーダの机上検討を新たに追加しつつ、衛星高度や走査幅によって異なる降水観測への影響を調査する。

衛星・センサ仕様	周波数：13.6 or 35.5 GHz アンテナ方式：アクティブフェーズドアレイアンテナ アンテナ素子数：128、観測幅：300-800 km (Cross-Track 方向に電子走査)、 空間分解能：約 10 km (衛星高度 800 km) or 約 6 km (衛星高度 500 km) 距離分解能：250 m or 500 m 観測高度範囲：1-19 (4-19) km@Nadir(走査端) (周波数や衛星高度に依存) 最小測定降雨強度：1 mm/h 以下 衛星高度：500-800 km 軌道傾斜角：日本本土を観測可能とする、衛星機数：2 軌道面に各 2 機を投入 (合計 4 機)、観測頻度：同一地点を平均 6 時間間隔以下で観測可能
期待される科学の成果	2014 年に全球降水観測計画主衛星搭載二周波降水レーダ (GPM DPR) が打ち上げられて以降、様々な科学的成果が創出されている。降水レーダでは、マイクロ波放射計ではとらえられない降水の鉛直分布などの詳細な降水観測情報が取得可能であり、様々な分野で利用が拡大している衛星全球降水マップ(GSMaP)を開発する上で欠かせない基準器となっている。一方で、GPM DPR は観測幅が比較的狭く、かつ 1 機しか運用されていないことから、同一地点の観測頻度の少なさが課題である。本提案では GPM 主衛星搭載 Ku 帯あるいは Ka 帯降水レーダをベースとして、小型衛星に搭載可能な降水レーダを開発する。運用機数を増やすことにより同一地点の観測間隔を約 6 時間程度に短縮することで、GSMaP の高度化が期待でき

	る。
アウトカム	天気予報の精度向上、台風や集中豪雨による水害発生予測など防災面での活用が想定される。本降水レーダの観測データは東南アジア諸国でも活用可能であり、関心のある国々に開発・打上げを分担してもらうことで、衛星コンステレーションを構築することを想定(ODA 等による実現)している。
技術の特色	<p>① 優位性：日本は、世界初の衛星搭載降水観測レーダ (TRMM/PR)、その後継機である、二周波降水レーダ (GPM/DPR) の開発実績があり、優位性がある。</p> <p>② 成熟度：降水レーダおよび衛星バスとも既開発品を活用するので、成熟度は高い。</p> <p>③ 人材確保と育成：1 機目の開発を日本の機関で実施し、2 機目以降は関心のある国々に開発を分担してもらうことで、他の宇宙開発人材の育成につながる。</p>
研究・開発体制	1 機目の開発を日本の機関で実施し、2 機目以降は関心のある国々に開発を分担してもらうことを想定。データ処理は、DPR の観測によって確立された降水強度推定手法を流用できる。
関連団体	東南アジア諸国気象・防災関連機関
継続性/新規性	TRMM/PR、GPM/DPR の観測を継続できる。 降水レーダコンステレーションによる高頻度観測は新規性がある。
緊急性 タイムリーさ	東南アジア諸国の洪水被害は深刻であり、緊急性は高い。 GPM/DPR の運用中にタイムリーに実現すれば、DPR データの活用も可能となり、観測頻度が更に向上する。
国際的分担・ 日本の優位性	1 機目の開発を日本の機関で実施し、2 機目以降は関心のある国々に開発を分担してもらうことを想定。世界の中で日本独自である走査型降水レーダ技術を活かしつつ、東南アジア諸国と水害監視網の構築を主導できる。
予算	ODA 等による実現を想定。
低コスト化への取り組み	1 機目の開発コストは 100 億円以下を目指すが、複数機製作のコストダウン効果について検討が必要。また、更なるコストダウンのためには観測性能の劣化を受け入れるなど、コストと精度のトレードオフを定量化するような調査が必要である。
将来展望	2 機目以降は、東南アジア諸国で関心のある国々に開発を分担してもらうことを想定。更に、機数を増加できると観測頻度の更なる向上につながる。
実利用の可能性	東南アジア諸国での、天気予報の精度向上、台風や集中豪雨による水害発生予測など防災面での活用が想定されるが、これらの国のユーザニーズの把握が必要。
前回公募との関係	<p>小型降水レーダコンステレーション</p> <p>1) 更なるコストダウンの案として、降水レーダの小型化省電力化の可能性</p>

	<p>がある Ka 帯降水レーダを想定した机上検討を新たに追加した。</p> <p>2) 降水観測としての実現性をより具体化するため、衛星高度 800 km を 500 km にしたケースを加えつつ、Cross-Track 走査の降水観測への影響を新たに見積もった。</p>
--	---

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

推奨できるミッション。アウトカム、期待される科学成果、実利用の可能性で評価できる。コンステレーションの実現が可能なレベルまで小型化・コスト低減できるかどうかを明示することが重要である。外国機関との競争・共創の検討・情報共有を引き続き進めていただけると良い。

C

【RSSJ 実利用委員会及び BizEarth からのコメント】

GSMP は、JICA の防災プロジェクトや農業プロジェクトで実利用実績がある。

降水観測レーダーは、ODA はじめ新興国での利活用実績があること、また保険での適用も一部あることから実利用の観点として期待はある。

【第2回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン B 改訂での扱い)

第二期短期計画

(最終審査コメント)

成熟した技術をもとに小型化し、複数機を運用するためには、日本以外の国にも参画してもらう必要性を感じる。そのためにもコストを抑える努力がさらに必要と考える。

【第1回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン A 改訂での扱い)

短期計画

(最終審査コメント)

科学ミッションにより成熟した技術を小型転用・廉価版で産業化する新しい試みで、ユーザ開拓に期待する。TF としてどのように支援をするかは検討する必要がある。

3.6 静止衛星海色ミッション

提案者：石坂 丞二（名古屋大学）

ミッション概要：

気候変動によって海水温や淡水流入が大きく変化する状況で、もともと人為的影響を大きく受けってきた沿岸の海洋生態系は更に大きく変化しつつあると考えられる。海色の観測によって植物プランクトン、懸濁物、塩分、藻場など沿岸の生態系の状況の連続的把握が可能になりつつある。

しかし、雲によって妨害される可視域観測では、河川水や潮汐など短期間に変化が起こりやすい沿岸域において、特に雲の多い時期・場所で十分なデータが得られない。「ひまわり」の時間単位の高頻度な観測によって、短期間の変動とともに、雲の多い時期・場所での観測が可能になることが明らかとなった。一方で、十分な海色の情報を取得するには波長数や放射輝度分解能が不足している。そこで、海色バンドを更に加えた静止衛星海色センサによる高頻度・高解像度・高輝度分解能の観測をここに提案する。これによって、赤潮や河川水な沿岸漁業・養殖業等に影響を与える現象のモニターや沿岸の物質循環に関わる観測が可能である。

また、日本だけではなく、人間活動と気候変動の影響を大きく受け、雲が比較的多い東南アジア域の沿岸域においても、環境の把握に貢献することが可能である。さらに海洋だけではなく、大気（エアロゾル粒子）や陸域（植生）の観測にも有効と考えられる。

衛星・センサ仕様	静止衛星 搭載センサ：可視・近赤外・熱赤外センサ ・可視（色素）：380, 412, 443, 460, 490, 510, 530, 565 (± 10) nm ・可視（蛍光）：665, 681, 709 (± 10 、665 と 681 は ± 5) nm ・可視（大気補正）：749, 868 (± 10) nm ・近赤外（大気補正）：1630 (± 100) nm ・熱赤外（水温）：10.8, 12.0 (± 0.4) μ m ・S/N：>600@海洋平均輝度、>800(665 と 681nm)、0.1K@300K（熱赤外）； (1 時間内の時間積算による達成でも可) ・水平分解能：250 m ・時間分解能：1 時間
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) 海水温上昇、極端気象現象、陸水流入などの変化による海洋生態系の応答と生物多様性の変化 海洋生態系の変化による物質循環の変化 海水温上昇、極端気象現象、陸水流入などの変化による海洋物理過程の変化 気候変動と同時に起きている人為的汚染による沿岸環境の変化

	沿岸環境予報のための数値モデリングの精度向上 越境大気・海洋汚染の動態とそれに対する海洋生態系の応答
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) 赤潮などによる水産業の被害軽減および沿岸・沖合漁業情報サービス 水産資源の保全と持続的管理計画 沿岸環境変化のモニタリングと管理 洋上風力発電や海底資源開発等のための環境アセスメントとモニタリング 越境大気汚染（大気エアロゾル粒子）のモニタリング
技術の特徴	① 優位性：極軌道衛星では、みどり I, II の OCTS と GLI, しきさいの SG LI で海色観測の実績がある。また静止衛星センサでは、海色に特化したセンサではないが、ひまわりの AHI を利用して、試験的にクロロフィル a の推定と配信も行われている。 ② 成熟度：基本的な技術は OCT, GLI, SG LI, AHI で蓄積されているが、静止軌道から高解像度、高感度（高 SNR）で測定する技術は確立する必要がある。 ③ 人材確保と育成：OCTS-GLI-GLI と続いたプロジェクトによって研究者が育っており、国際的な認知も高い。OCTS や GLI が短寿命で終わったことによって離れていた研究者の興味が、SG LI のデータ配信が継続されることによって戻ってきていている。
研究・開発体制	ひまわり後継機として位置づける。あるいは大気・陸域等の分野と共同で新たな科学ミッションとして位置付ける可能性がある。水産関係、沿岸環境、海岸工学関係の研究者での研究体制が期待される。また、海洋のみならず、陸域・大気の研究にも利用できる。開発体制に関しては、これまで MInT イメージ分科会等にも参加しているが、他の地球観測や通信など協力して検討していきたい。
関連団体	利用者として、水産庁や水産研究所、水産試験場、海岸工学や沿岸環境関連分野での利用が期待される。研究面では海洋科学技術センターや大学などの研究者の利用が想定される。
継続性/新規性	極軌道衛星で極域を含んだ全球をカバーする SG LI およびその後継機との連携が期待される / 高頻度・高効率の観測
緊急性 タイムリーさ	気候変動による沿岸環境の変化は急速に進んでいると考えられ、また赤潮等水産業での被害も毎年のように起こっており、緊急性がある。
国際的分担	静止海色衛星に関してはすでに韓国が GO CI-I, II で、韓国・日本周辺域の観測を行っているが、日本の現業機関やビジネスでの利用や自然災害時のリアルタイムの利用は現状では困難である。また、GO CI-I は韓国・日本海域外はカバーされておらず、GO CI-II でも韓国・日本以外は 1 日 1 回の観

	測である。本提案では、ひまわり8・9号での観測域を継続し、アジア・オセアニア域を1時間解像度でカバーする。
予算	現状では予定はない。
低コスト化への取り組み	ひまわり8・9号で可視センサが搭載され、すでに植物プランクトン量であるクロロフィルa推定の実証試験が行われている。本提案では、AHIの仕様をさらに向上したもので、十分に達成が可能である。
将来展望	さらに100m程度の高解像度化が期待される。夜間画像を取得できるようすることにより、MDAの一環として不審船等の監視にも利用が可能である。
実利用の可能性	水産分野での養殖環境監視や水産資源評価、漁場探査など、環境分野での水質監視や越境大気・海洋汚染監視などでの利用の可能性が想定される。
前回公募との関係	前回申請時の提案名称：静止衛星海色ミッション 本提案自体はほとんど前回と変わっていないが、他の圏の地球観測グループ等と協力して検討していきたい。波長やセンサの仕様に関しては、さらに優先順位をつけつつ検討している。

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

推奨できるミッション。アウトカム、実利用の可能性の観点で高く評価できる。コストも考慮しながら検討が進んでいるが、ひまわり8号、GOCIでも成果が出ているので、海面以外の陸域や大気での科学・実利用での利用を盛り込みながら、観測エリアと観測項目を整理するとさらに魅力的な提案になる。また、他の静止衛星ミッション提案との機能面での合流・協働を併せて検討すると良い。

【BizEarthからのコメント】

現在既に、水産業における海色・海流・海面温度の状況把握と漁業者へのサービスは開始している。一方陸域でも湖沼等のアオコの発生モニタリングが欲しいとのニーズはあることら、更なる詳細検討を頂き、実利用化を目指す方向性はある。課題はコストと収益のバランスが取れるかどうか及び他衛星での利活用との差異を明確にすることと考えられる。

また、沿岸域の海洋観測（汀線、藻場、深浅測量など）のキャパビリティについても検討範囲に入れることで、安全保障やブルーカーボンのニーズに対して応えられると考える。

【第2回試行公募最終審査委員会による評価】（参考）

（グランドデザインB改訂での扱い）

将来に向けた要素技術開発・技術実証

（最終審査コメント）

実利用面での期待はかなり大きいと考えられる。提案に対応するには、ひまわりの光学センサは製品調達ではなく、開発ということになり、ハードルが高くなるため、将来のひまわり

光学センサの改良という形で検討を進めると良いと考える。

4 中期計画で考慮すべきミッション（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）（8件）

4.1 雲レーダ・ライダによるデュアルドップラー観測ミッション

提案者：岡本 創（九州大学）

ミッション概要：

ドップラー機能を搭載する 94GHz 雲レーダとライダの同時観測により、雲・エアロゾル微物理特性観測と晴天域・雲内部の風速の同時観測を行う。雲レーダとライダの双方が真下向きもしくは真下及び斜めの 2 方向の最大 3 方向で視線方向のドップラー速度の 3 次元観測を行う。

ライダは 532nm, 1064nm の 2 波長での観測をベースとする（最大で 355nm を加えた 3 波長）。高スペクトル分解ライダー(HSRL)は波長 532nm の 1 波長（最大で 355nm を加えた 2 波長）で実現し、偏光解消度は 2 波長（最大で 3 波長）とも有するものとする。ドップラー観測は波長 532nm のドップラーライダと 94GHz ドップラー雲レーダで実施する。ライダのドップラー観測用では狭い視野角と、光学的に厚い雲域の観測を可能とする大きな視野角の多視野角偏光ドップラーライダ(multiple-field-of-view lidar)とする。ここで雲レーダは 2006 年打ち上げのレーダ反射因子の観測に成功している CloudSat 衛星と、2021 年打ち上げ予定の EarthCARE 衛星搭載のドップラー機能を持つ雲レーダの後継として、またライダは 2006 年打ち上げの CALIPSO 衛星搭載の 2 波長偏光ライダ、2018 年打ち上げ成功の ADM-Aeolus 衛星の波長 355nm の偏光と HSRL 技術を用いた直接検波方式のドップラーライダの後継としての役割を担う。これらの測器によって、雲とエアロゾルの微物理特性と晴天域と雲内部の風速観測の役割を担う。衛星軌道は極軌道とする。

衛星・センサ仕様	衛星軌道：極軌道 軌道高度：400 km (1) ドップラー雲レーダ W バンド (94GHz)、設計寿命：3 年、計測方向：鉛直下 (+斜下方向)、 ドップラー計測 (2) ライダ 532nm および 1064nm (+355nm)、設計寿命：3 年、計測方向：鉛直下 (a) 波長 532nm (+355nm) での高スペクトル分解ライダ (HSRL) 測定 (b) 波長 532nm での鉛直下 (+斜下) 多視野角直接検波式ドップラー風測定 (c) 波長 532 および 1064nm (+355nm) での偏光測定
期待される科学の成果	雲レーダとライダの両センサを用いた雲域、晴天域、雲頂上での鉛直方向のドップラー観測を行うことで、雲・エアロゾル・降水・降雪の微物理特性と鉛直流の同時観測を実現する。多視野角の多重散乱ライダでは、従来のライ

	<p>ダよりも光学的に厚い雲の情報が取得可能になる。雲レーダとライダの同時観測が光学的に厚い雲でも行えること、そして HSRL による消散係数観測とドップラー速度の情報から、雲微物理特性と雲落下速度、対流特性として鉛直流を格段に精度良く求めることができになる。これによって、雲の微物理特性と対流に関する全球データセットを初めて構築することが可能となる。この観測情報は雲の微物理過程および力学過程に関する理解を飛躍的に促進し、数値モデルにおいて不確実性の大きいこれらの表現を素過程レベルで改善する。これは、気象・気候モデリングの質的向上を促す。また、HSRL からは多種多様にわたる大気粒子の光学・微物理特性の情報も得られる。特に NASA decadal survey の ACCP (Aerosol, Cloud, Convection, and Precipitation) で重要な観測項目としても選定されている消散係数、粒子種や有効半径の高度分布の抽出も包括しており、世界に類を見ない確かな大気粒子情報の獲得が可能となる。</p>
アウトカム	<p>雲の微物理特性、エアロゾルの種類とそれらの微物理特性、晴天域と雲域両方の風速 3 次元分布、雲微物理および対流パラメタリゼーションの素過程レベルでの検証と改善による、気候変動予測精度の質的向上、極端現象予測精度の向上が見込まれる。また、気候変動だけではなく、エアロゾルによる大気環境影響の評価（健康・植生への影響等）の質的向上も見込まれる。これらの科学的知見の向上は、地球温暖化問題の解決に向けた国際的な合意形成や国内外での環境施策の高度化を促進する。</p>
技術の特色	<p>① 優位性:EarthCARE 衛星で日本が開発した 94GHz 雲レーダのドップラー観測技術を利用。干渉計を用いた HSRL 技術の実現。MOLI で培われたレーザー技術をベースに発展可能。</p> <p>② 成熟度:衛星搭載ドップラー雲レーダ技術はすでに確立。HSRL は干渉計等を用いた手法で実現可能（地上で走査型干渉計による HSRL 技術を確立し、多波長化 (355, 532nm) 技術の開発を進行中）。多視野角ライダと解析手法は開発済みである。地上の 355nm 直接検波方式ドップラーライダの開発を進めている。これらの技術を統合し衛星化をねらう。また、CloudSat/CALIPSO/EarthCARE で培った解析アルゴリズムの資産もある。</p> <p>③ 人材確保と育成:雲レーダについては JAXA と NICT が、ドップラーライダは東京都立大が、高スペクトル分解ライダは国立環境研究所が担当可能。大学・NIES・JAXA・NICT で若手を育成する。</p>
研究・開発体制	<ul style="list-style-type: none"> 九州大学応用力学研究所: レーダ・ライダ開発統括、アルゴリズム開発 NIES: HSRL 開発、多視野角多重散乱ライダ開発 JAXA・NICT: ドップラー雲レーダ開発

	<ul style="list-style-type: none"> 東京都立大：ドップラーライダ開発 国内では他の衛星ライダーミッションとして、植生ライダ、風測定ライダ、水蒸気測定ライダが提案されている。レーザ、オプティクス、排熱技術等の衛星ライダ基盤技術の技術共有や共同開発を想定している。
関連団体	JAXA, NASA/JPL(CloudSat グループ)、NASA-Langley(CALIPSO ライダグループ)、ESA(EarthCARE ATLID ライダグループ、ADM-Aeolus ライダグループ)、環境省、気象庁、日本気象学会、日本エアロゾル学会、レーザセンシング学会、など
継続性 / 新規性	<p>【新規性】</p> <p>晴天域と雲域における鉛直流・雲・エアロゾル微物理量の観測により、エアロゾルと雲・降水の微物理特性と対流特性をシームレスに観測する点。これにより、数値モデルにおける最大の不確実要因であるエアロゾルと雲の相互作用及び対流その相互作用を素過程レベルで明らかにでき、モデルにおける当該プロセスの表現を高度化し、エアロゾル・雲・降水に関わる現象のモデル予測精度を質的に向上させる。また、可視・近赤外波長域におけるHSRL 測定や近赤外波長域での偏光測定は衛星観測からは未だ無く、得られる大気粒子パラメタも世界初となる。</p> <p>【継続性】</p> <p>本ミッションは、アクティブセンサを導入した CALIPSO、CloudSAT、EarthCARE ミッションによる国際的な全球大気粒子観測ミッションの後継としての役割を担い、将来の衛星搭載アクティブセンサによる全球大気粒子の国際観測ミッションを牽引するものとなる。</p>
緊急性 タイムリーさ	EarthCARE 衛星後の確定された雲レーダ・ライダ衛星計画はないため、雲の気候変動のデータを継続して取得する計画の実現は急務である。2020 年代末の打ち上げを目指した米 AOS ミッションが進行しているが、それと同時期ないしそれに継ぐ（後継）計画として本提案を掲げる。また豪雨や台風などの極端降水現象が頻発している昨今、その雲物理・力学的な理解を早急に進展させ、それに基づいて予測精度を向上させることは社会的にも喫緊の課題である。
国際的分担・ 日本の優位性	<p>国際的分担：NASA との共同分担開発の可能性が有り得る（雲レーダを NASA/JPL で日本側がライダ、もしくは、雲レーダを JAXA、ライダを NASA-Langley）。また、ESA との共同分担開発（たとえば雲レーダを JAXA、ライダを ESA）の可能性もある。</p> <p>日本の優位性：EarthCARE での雲レーダー、ISS での植生ライダによる宇宙からのレーダ・ライダ観測の実績。独自開発された HSRL や多重散乱ライダー計測技術。CloudSat/CALIPSO/EarthCARE で開発された雲・エアロゾル解析アルゴリズム。</p>

予算	JAXA 予算による施行を想定している
低コスト化への取り組み	<ul style="list-style-type: none"> 風ライダ衛星計画が立ち上がった場合、本ミッションの 532nm のドップラー風ライダーを代替し、ドップラー雲レーダとの複合観測とする。 AOS ミッションの進展具合により、AOS と同軌道観測による本提案の部分的代替（雲レーダもしくはライダの一部機能）も検討する。雲レーダは固体素子も検討。 国内で計画されている他の衛星ライダーミッションとの共同開発や技術共有しコスト削減を行う。
将来展望	<ul style="list-style-type: none"> エアロゾル・雲・降水の微物理・力学特性をシームレスに観測できるセンサ技術およびリトリーバルアルゴリズムの開発を、数値モデリングとの密な連携のもとで継続的に実施する。雲と降水を同時に計測するためにドップラー降雨レーダ搭載衛星との複合観測も視野に入る。 植生ライダ MOLI ミッションで確立されたレーザ・ライダ技術を基に、より高度なレーザ・HSRL 技術を確立する。これらの技術は、ライダによる気象要素測定（気温、風速、水蒸気など）の根幹技術へと繋がる。 宇宙からの大気粒子・気象要素の同時測定への発展により、大気粒子の気候・大気環境影響評価だけではなく、台風進路や火山灰拡散を含めた気象予測精度向上や防災にも活用できる。
実利用の可能性	<ul style="list-style-type: none"> 衛星搭載の雲レーダとライダの 3 方向ドップラー計測から得られる鉛直流（最大で 3 次元風速）と雲・エアロゾル微物理特性（もしくは観測量そのもの）により雲対流プロセスを改良すると共に、数値予報モデルへ同化し予測スコアを改善させる。また、極端現象の再現性の向上に貢献する。 数値モデルとの結合利用（同化等）により、大気環境質を悪化させる粒子（大気汚染粒子、火山噴火に伴う噴煙、黄砂、バイオマス燃焼粒子など）の拡散・輸送に関する予測・監視に貢献する。
前回公募との関係	<p>レビュワーからの指摘を念頭にし、順次検討を進めている。</p> <ul style="list-style-type: none"> 静止衛星との同期観測：静止衛星解析の検証と改良が期待できる。またこれだけではなく、本衛星ミッションで検出されたものが、静止衛星で捉えられた雲降水エアロゾルのライフサイクルの中のどの段階に相当するのかの解釈が可能にもなると考えている。これらの観点を考慮し、両衛星の複合解析の具体的な検討を進めている。 他衛星・他センサーとの連携：静止パッシブと共に極軌道パッシブなどの他のパッシブセンサーとの複合を検討している。これまでの実績として CloudSAT-CALIOP-MODIS や EarthCARE において解析技術の開発が進んでいる。他衛星との連携や当ミッションへの導入についても検討を深め

	<p>ていく。</p> <p>・衛星搭載の実現に向けたハードウェア検討（コスト、電力、スペース、重量など）は装置のコア技術開発を優先しているため検討が遅れている。今後、関連研究者との協議や情報収集を進め、より検討を進めていきたい。</p>
--	---

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

検討を継続すべきミッション。期待される科学成果、技術の特色の観点で高く評価できる。長い経験と科学・技術蓄積を持つグループによる提案であり、仕様等の提案内容は妥当である。また、本提案を裏付ける地上測器の開発や地上観測データなどの成果が多く、期待度・信頼度が高いミッション提案である。今後は航空機を用いた実証や予算的な観点の検討や情報の共有を進めつつ、目標の優先順位付けや、阿保氏の提案（水蒸気ライダーミッション）とのマージも検討していただけだとよい。

【第2回試行公募最終審査委員会による評価】（参考）

（グランドデザインB改訂での扱い）

第二期短期計画

（最終審査コメント）

科学的には重要なミッションと考えられるが、EarthCARE や ACCP との関係をどのように考えるのかの明快な説明が必要となろう。また全てを実現するより、他ミッションとの協力の中に上手く位置付けて実現を目指すのはどうか。他提案のライダー間での調整は必要である。

【第1回試行公募最終審査委員会による評価】（参考）

（グランドデザインA改訂での扱い）

将来に向けた要素技術開発・技術実証

（最終審査コメント）

大気科学の今後の展望において、重要な観測が複数盛り込まれているため、すべてを実現するためには観測アーキテクチャの検討が必要。また、例えば NASA/ACCP への積極的な参加により一部を実現させることを検討してはどうか。

4.2 次世代降水観測レーダの技術実証

(HTV-X を利用した技術実証ミッション)

提案者：高橋 暉宏（名古屋大学）

ミッション概要：

本提案は、前回公募から引き続き将来の静止軌道からの降水レーダ観測に関する技術実証を目的とするものである。これまでに、基礎技術として展開型平面アンテナを検討し、アンテナ展開機構についてプロトタイプを制作し地上試験において性能を確認している。さらに、軌道上でのアンテナ展開機構の実証を目的としたミッションとして、HTV-X 1 号機を利用した、展開型軽量平面アンテナ軌道上実証 (DELIGHT: DEployable LIGHTweight planar antenna Technology demonstration) が計画されている。DELIGHT は、このアンテナを HTV-X 1 号機 (H3 3 号機で打ち上げ) へ搭載するものであり、宇宙基本計画工程表 (2022 年 12 月) では 2024 年度初めの打ち上げとなっている。

また、理化学研究所、JAXA、弘前大学等の国際共同研究グループによるスーパーコンピュータ「京」および Oakforest-PACS を使った OSSE では、静止気象衛星に気象レーダを搭載することで、台風による強風の予測が改善できることを定量的に確認しており、地球規模の温暖化により脅威を増す台風の予測精度向上や被害軽減につながるミッションである。

今後さらに、現在検討が進んでいる Ku 帯でドップラーレーダの開発の知見をどのように生かすかの議論を進める。

衛星・センサ仕様	静止軌道からの降水観測が可能なレーダ（以下「静止降水レーダ」という）への適用を見据え、面積 30m × 30m 以上、面密度 3kg/m ² 以下の大型平面アンテナを実現することを当面の目標としている。静止降水レーダのイメージを図 1 に示す。
----------	---

C

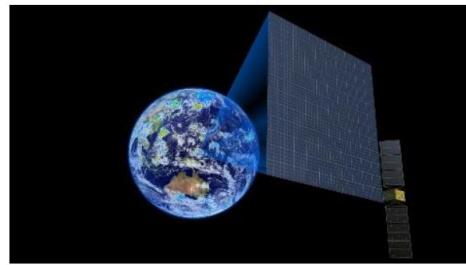


図 1 静止降水レーダのイメージ

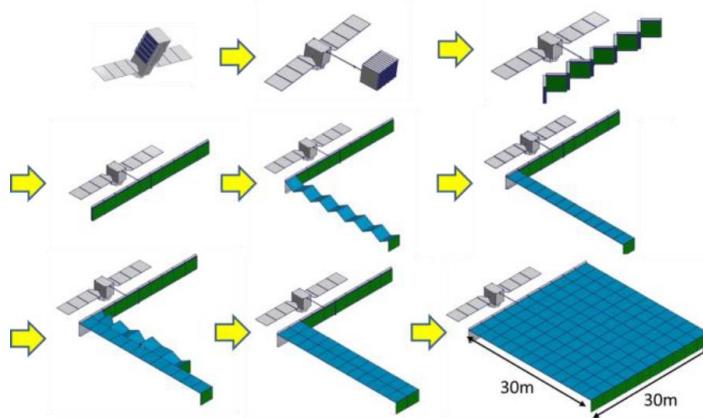
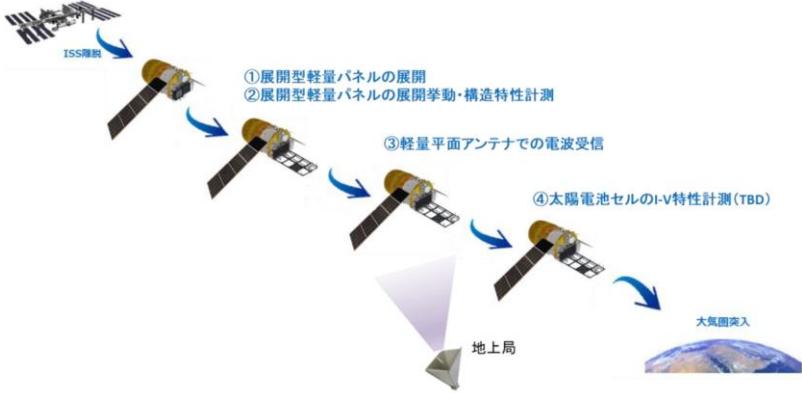
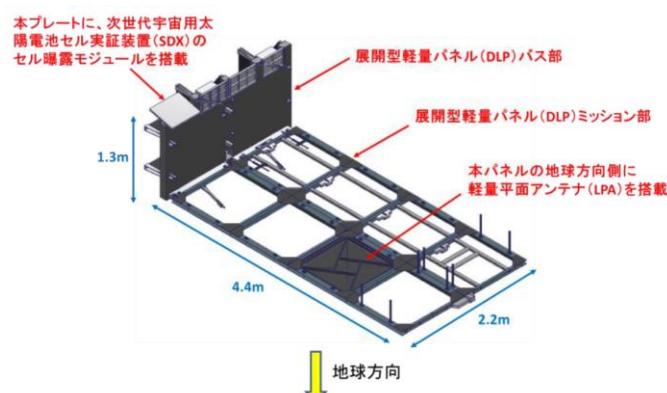
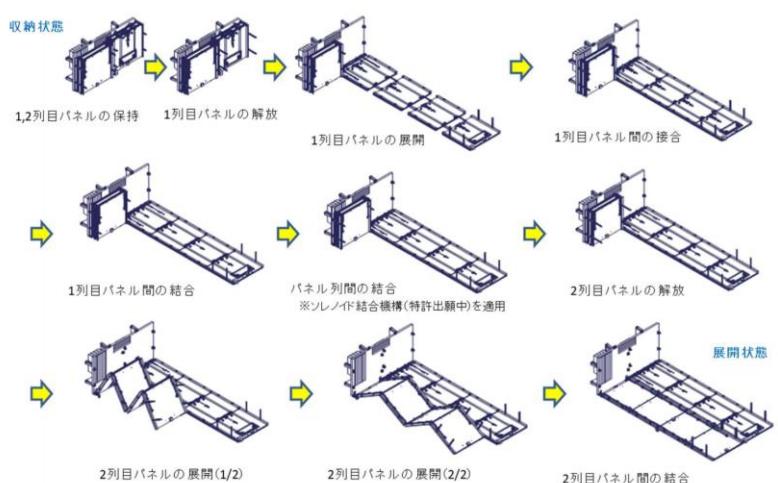


図 2 30m 級大型平面アンテナの構築シーケンス

提案するパネル展開・結合機構と軽量平面アンテナの研究開発において、解析や地上実験を実施しているが、無重力環境を模擬した展開実験を地上で実施することは極めて困難であり、また、解析だけでは 30m 級大型平面アンテナの実現に向けたリスクを十分に低減できないため、数 m 規模の軌道上実験が不可欠である。そのため、HTV-X1 号機を利用した、展開型軽量平面アンテナ軌道上実証 (DELIGHT: DEployable LIGHTweight planar antenna Technology demonstration) の計画を立案した。開発計画 (仕様) は以下のとおりである。

- ・ 寸法：下図参照
- ・ 質量：250kg 以下
- ・ 最大消費電力：
 - 往路 100W以下
 - ISS 係留中 100W以下
 - 実験中 450W 以下 (実験機器：350W 以下、ヒータ 100W 以下)
- ・ パネル展開時間：20 分以下
- ・ 固有振動数：
 - パネル展開前 100Hz 以上
 - パネル展開後 0.3HZ 以上
- ・ 受信電力：軌道高度 380km で-78dBm 以上

C

	 <p>図 4 DELIGHT の全体イメージ</p>  <p>図 5 実証システムの外観</p>  <p>図 6 展開シーケンス</p>
期待される科学の成果	<p>静止降水レーダでは、静止軌道から常時・機動的な降水観測を行うことを想定している。これが実現すれば、台風の発生メカニズムの解明や気象予報・洪水予測の精度向上等が期待できる。理化学研究所、JAXA、弘前大学等の国際共同研究グループによるスーパーコンピュータ「京」および Oakforest-PACS を使った OSSE では、静止気象衛星に気象レーダを搭載することで、</p>

	台風による強風の予測が改善できることを定量的に確認している（ https://www.jaxa.jp/press/2021/07/20210707-1_j.html ）。
アウトカム	地球規模の温暖化により脅威を増す台風の予測精度向上や被害軽減につながる。また本実証のアンテナ展開・結合機構は、次世代降水観測レーダだけではなく、通信用アンテナ、電波天文用アンテナ、災害監視・安全保障分野のレーダ用アンテナ、SSPS用送電アンテナ等への応用が期待できる。
技術の特色	<p>① 優位性：</p> <p>軌道上からの雲・降水レーダ観測は TRMM/PR・GPM/DPR、打ち上げ予定の EarthCARE/CPR、さらには NASA 中心に検討が進んでいる ACCP (Aerosol, Cloud, Convection and Precipitation) 観測ミッションで実現予定の Ku 帯ドップラ降水レーダなど、日本が大きな優位性を持つ技術である。</p> <p>② 成熟度：</p> <p>衛星搭載用合成開口レーダを一次元展開により構築する技術は確立しているが、30m 級大型平面アンテナを二次元展開により構築する技術は未だ確立していない。また、太陽電池パドルを二次元展開により構築する技術は確立しているが、平面アンテナは太陽電池パドルよりも面精度や剛性の要求が厳しいため、太陽電池パドルの二次元展開技術では 30m 級大型平面アンテナの構築に対応できない。平面アンテナの構築シーケンスにおいて、最初の一次元展開は既存技術で対応可能と考えられるため、クリティカルとなる 1 列目パネルの展開開始から 2 列目パネルの展開終了までのシーケンスについて DELIGHT ミッションにて検証予定である。なお、実証する機構のうち、新しい概念の結合機構である、「ソレノイドを用いた結合機構」については、JAXA が特許出願中である。</p> <p>③ 人材確保と育成：</p> <p>しばらくは現在のメンバーを中心に活動する。可能であれば、大学等の人材育成プログラムと協力して育成に取り組む。</p>
研究・開発体制	降水レーダ観測については、TRMM および GPM で培った科学者コミュニティが幅広い世代で醸成されている。日米合同の科学者会議で協議することにより高いレベルでの研究を実現してきた。また展開機構の検討は JAXA の研究開発部門が中心となって外部有識者とともに実施しており、研究・開発体制は整っている。
関連団体	日本気象学会、水文・水資源学会、土木学会、気象庁、国土交通省、海外の気象・水文機関、日本地球惑星科学連合、日本リモートセンシング学会、日本写真測量学会
継続性/新規性	本提案は、第一回試行公募時から継続して提案を続けているミッションであり、2017 年度に実証機の 1/2 サイズで、アンテナ展開・結合機構が正

	常に動作することを地上実験により実証している。2018 年度は、1 列目アンテナパネルが展開しなかった場合でも 2 列目アンテナパネルが自立展開できる機構を考案し、同機構試作モデルによる地上実験を実施した。その結果、1.3kg 程度の質量追加で、2 列目アンテナパネルの自立展開機能が実現可能なことを確認した。2019 年度からは、HTV-X1 号機への搭載を想定した、展開型平面アンテナの予備設計を実施しており、その一環として、HTV-X 側とのインターフェース調整、パネル展開挙動解析、部分試作・試験等を継続して実施している。また上述の通り、2021 年には理化学研究所、JAXA、弘前大学等の国際共同研究グループによる OSSE の結果が共同プレスリリース発表されている (https://www.jaxa.jp/press/2021/07/20210707-1_j.html)
緊急性 タイムリーさ	
国際的分担・ 日本の優位性	上述の通り、軌道上からの雲・降水レーダ観測は実績も多く、日本の維持発展すべき基幹技術であり、世界と比べても多くの周波数において JAXA が優位性を保持しているといえる。静止降水レーダを世界に先駆けて開発することは非常に意義がある。
予算	
低コスト化への取り組み	技術実証後に検討を開始する
将来展望	電波センサの高分解能化にはアンテナサイズの拡大は避けられないため、アンテナ展開技術は必要不可欠な技術となる。
実利用の可能性	ACCP での議論を踏まえて、降水や降水中のドップラー速度の同化による予測精度の改善の可能性を見極める
前回公募との関係	第二回試行公募時の提案名称： 「次世代降水観測レーダの技術実証」 最終審査コメント： 「HTV による展開実験手始めとするが、検証するべき技術は複数残っているので、長期に取り組むべき課題と認識する。」 DELIGHT ミッション検討を始めとした H/W 開発検討や、OSSE 等のミッションの意義価値の検討を継続して実施していく予定である。

【第 3 回試行公募最終審査委員会による評価】

検討を継続すべきミッション。技術の特色、期待される科学成果、将来展望の観点で高く評価できる。実用性が高い技術なので、技術実証に期待している。技術的な検討は既に多くされているため、さらに低コスト化への取り組みについても進めて頂きたい。

C

【RSSJ 実利用委員会及び BizEarth からのコメント】

GSMaP は、JICA の防災プロジェクトや農業プロジェクトで利用実績がある。

C

降水観測レーダーは、ODA はじめ新興国での利活用実績があること、また保険での適用も一部あることから実利用の観点として期待はある。

【第 2 回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン B 改訂での扱い)

技術実証ミッション

(最終審査コメント)

HTV による展開実験手始めとするが、検証するべき技術は複数残っているので、長期に取り組むべき課題と認識する。

【第 1 回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン A 改訂での扱い)

将来に向けた要素技術開発・技術実証

(最終審査コメント)

大型アンテナは今後必要性が高まると考えられるので、技術実証案件として重要である。

JAXA 実施の技術実証実験として実現を望む。

4.3 静止常時観測衛星

提案者：沖 一雄（東京大学）

ミッション概要：

本ミッションの目的は災害時の即時概況把握を目的とする 100km 四方を視野とした中分解能（10m 以下）の光学観測を観測 30 分以内で幾何補正済みデータ配信する要求を実現することである。また平時においては、マルチバンド観測(RGB, NIR および IR)による農業/森林/海洋分野における高時間分解能観測や、航空機、大型船などの交通監視等、時間分解能を要求する観測対象に対して、動態観測を実現し、衛星観測が社会インフラとなる技術開発を実施する。本衛星では性能拡張性の高い分割大型光学系を採用し、最新の Active/Adaptive optics を衛星上で確立することが技術研究上の目的である。初号機では直下 7m 程度@パンクロの分解能を持つ直径 3.6m 光学系を想定するが、将来主鏡分割を二重列に改良するなどにより飛躍的な性能向上の基本技術を獲得する。

衛星・センサ仕様	衛星軌道：静止軌道（高度 36,000km） 衛星質量：約 4t（ドライ）、衛星電力：TBD W 設計寿命：10 年 搭載センサ：静止イメージヤ センサ質量：約 2t 観測視野: 100kmx100km 地表面分解能: パンクロマチック 7m@NADIR (3-4m 超解像処理後) 観測バンド: パンクロバンド、マルチバンド (RGB+NIR), IR SNR:>150 (パンクロマチック) 動画モード: 1fps
期待される科学の成果	これまで観測できなかった高時間分解能の観測を陸域観測レベルの解像力で実現することにより、植生変化、火山噴火や津波など急激な環境変化の観測を実現し、従来観測できなかった新しい自然現象の観測を捉えることにより、多様な科学に対して新しい知見の掘り起しが期待される。また、動画観測による動きを捉えることによる対象物の識別精度の検討をおこなった結果、車、船舶、列車など従来では識別不可能な空間分解能でも動画観測により識別できること、さらに、動画および赤外チャンネルにより、発達した積乱雲をタイムリーに観測できれば線状降水帯の識別などの可能性もあると考えられ、ゲリア豪雨などへの予防にも期待できる。
アウトカム	防災に関連し、これまで発災時から被災状況確認まで、数時間から十数時間かかっていたものが、30 分以内に観測データを供給することで、避難計画や救援計画など、派生する行動に対して速やかに対処が可能となり、多くの

	<p>人命や資産を保護できる、世界初のシステムとなる。</p> <p>さらに、災害分野ばかりでなく、都市、森林、農業、水（河川・海）などにおいて従来なかった様々な社会サービスが提供されることが期待され、科学・実利用分野で多くのユーザーが生まれると考えている。例えば農業においては収穫時期の判断のために日毎の観測が必須となる時期があり、そうしたものについてこれまでの衛星観測では実現できていない。本システムにおいて雲を避けつつ日毎の観測がある程度実現すると大規模な農業管理が実現していく事となる。</p>
技術の特色	<ul style="list-style-type: none"> ① 優位性：直径 3.6 m の主鏡を持つ地球観測光学センサはこれまでに例がなく、世界で初めて実現する。 ② 成熟度：地上における分割式望遠鏡の開発実績（京都大学・国立天文台せいめい等） ③ 人材確保と育成：本技術を展開することで、更に大型の光学系を製作する基礎技術の獲得がなされ、新規技術の基礎が確立すると共に、このようなセンサを前提とした新しい科学や利用の発展を促すことで若い世代を育てていく必要がある。
研究・開発体制	<p>研究体制：JAXA の他、東京大学、京都大学（国立天文台）、京都先端科学大学</p> <p>開発体制：JAXA による開発。また民間との共同事業としても検討中。</p>
関連団体	日本リモートセンシング学会、写真測量学会、日本地球惑星科学連合
継続性/新規性	地球観測目的の分割式望遠鏡、特に可視域のものは世界初
緊急性 タイムリーさ	低軌道高分解能ミッションである ALOS-5,6 や実用 SLATS の検討と併せ、総合システムとして検討を早急に進めることが重要
国際的分担・ 日本の優位性	静止軌道からの地球観測衛星については、公式には中国が 15m 級を既に打ち上げており、南シナ海上空で運用中。欧州については検討中。本提案は技術的には可視として世界初の大型分割望遠鏡となり、不連続的な技術的優位性を獲得する。欧州などとの国際協力については以前より話があるが、具現化はしていない。
予算	<p>2018-2022 年まで JAXA にて先導する研究を実施</p> <p>今後外部予算研究への応募を検討中(JAXA)</p>
低コスト化への取り組み	Dual Use による官民利用費用負担
将来展望	世界初の衛星であるため、観測結果利用促進により後継機を目指す。
実利用の可能性	日変化に対応する観測、および即時性からこれまでの観測衛星で不可能であった観測（農業における繁忙期の日観測、港の観測による輸出入状況把握など）を実現し、経済効果を得る予定

前回公募との 関係	動画観測による動きを捉えることによる対象物の識別精度の検討をおこなった結果、車、船舶、列車など従来では識別不可能な空間分解能でも動画観測により識別できることを示された。
--------------	--

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

検討を継続すべきミッション。アウトカム、実利用の可能性の観点から高く評価できる。検討が着実に進んでいるが、このような提案は世界のトレンドになりつつあることから技術開発で先行するとともに、予算に関する材料の提示、国民のための広い活用法を成立させる工夫が必要である。

C

【RSSJ 実利用委員会及びBizEarth からのコメント】

災害時や都市モニタリング等において、静止光学衛星は実利用性が高いと思われる。

東海・東南海・南海連動地震のように、国難に近い大規模地震災害のような場合での実利用は大いに効果があると感じている。これは国内・海外を含むと考えている。観測精度や費用対効果の問題はあるが、時間単位やデイリーでの観測は、GEOINT 含め効果は高いと考える。

【第2回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン B 改訂での扱い)

将来に向けた要素技術開発・技術実証

(最終審査コメント)

実利用面で利用価値が高いと考えられるが、他の方法（光学や SAR などの衛星の複数運用など）とのコスト比較も必要である。また、狭義の安全保障からのデータ利用の引き合いもあると思われ、その辺りとの調整をいかにこなすかも念頭に置いてユーザー調整が必要と考える。

【第1回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン A 改訂での扱い)

将来に向けた要素技術開発・技術実証

(最終審査コメント)

農業・災害・安全保障など幅広い用途が想定される。アンテナ設計、打ち上げ方法など、非常に難しい技術であるため、システムコンセプトを詰めるのが重要。

実利用の観点からのコメントが加えられるべき。

4.4 THz 水蒸気同位体比測定衛星ミッション

(第三回試行公募での新規提案ミッション)

提案者：芳村 圭（東京大学）

ミッション概要：

水蒸気の同位体比（ $\delta 2H$ ）は、水の相変化に明瞭な感度があるため大気水循環過程を理解することに使用してきた。近年水蒸気同位体比の観測情報がデータ同化を通じて大気水循環過程を拘束できることが示され、大気状態の解析精度の向上、それを受けた気象予測精度の向上に寄与可能であることが示されてきている。これまで Nadir 観測では、近赤外 FTS を用いて対流圏下層水蒸気同位体比を調べた SCIAMACHY や GOSAT、赤外 FTS を用いた対流圏中層水蒸気同位体比を調べた TES や IASI があるが、対流圏上層の Nadir 観測はされたことがない。本ミッションでは、THz 帯の波長を用いた対流圏上層の水蒸気同位体比の観測を行い、大気水循環過程のさらなる詳細理解を進め、実時間観測にも使用することで気象予測精度向上につなげることを目的とする。本ミッションで観測されるパラメータは、高度 7km 以高の水蒸気量[H2O]及び同位体水蒸気量[H2HO]であり、[H2HO]/[H2O]から同位体比 $\delta 2H$ が求められる。対流圏上層の水蒸気同位体比は、対流セル内の上昇流でどれほどの凝結が生じたのかを示す良い指標であり、落下する雨滴からの再蒸発による同位体分別の影響を受ける下層中層の水蒸気同位体比と合わせて、大気中の水蒸気凝結・雨滴蒸発の正味の割合、すなわち降水効率が推計される。大気中の降水効率の大小は大気大循環に大きく影響する。

衛星・センサ 仕様	<p>衛星：</p> <p>軌道：太陽非同期（non sun-synchronous）</p> <p>軌道高度：300 km (TBD)</p> <p>軌道傾斜角：38 度 (TBD)</p> <p>搭載センサ：多周波チャンネル搭載テラヘルツイメージング分光計（多波長イメージング放射計）</p> <ul style="list-style-type: none">周波数：THz 帯 (180~800GHz)センサ質量：50kg 以下 (38kg 程度)消費電力：100 W 以下 (40W 程度)設計寿命：1 年分解能：水平分解能 5x5km-10x10km、鉛直分解能 3-10km観測領域(Swath)：1000km 四方を目指す <p>注：当該センサにより鉛直分解能と水平分解能、そして広域観測の三者を同時に実現する。衛星は経済産業省などの予算で開発しているアクセラスペ</p>
--------------	---

	<p>ース社のアクセルライナー汎用衛星 BusN（衛星質量 150kg 級）搭載、及び氷雲観測に効果的な相乗りセンサを前提とする。</p> <p>なお、軌道は可能な限り既存の赤外熱放射観測と同期するもしくは既存の赤外放射計を相乗り搭載することで対流圏中部から下部成層圏までの水蒸気同位体の観測を実現する。</p>
期待される科学の成果	<p>世界で初めて対流圏上層の水蒸気同位体比を衛星から観測する。中層より上層での水蒸気の流れやその相変化の様子（降水効率）を定量的に明らかにすることは、これまでの大気水循環過程の理解で欠けていた部分であり、大気モデルの降水過程のパラメタの拘束に役立ち、ひいては気候予測の精度向上に資する。水蒸気同位体比をデータ同化することは、降水の特に強い雨の予測精度の改善が大きいことが事前研究から明らかになっていることから、実時間で行われている現業の気象予測の精度向上にも資する。また、テラヘルツ帯の衛星観測はまだ実例が少なく、Nadir 方向の水蒸気同位体比の観測は皆無である。実際に H₂HO を吸収する波長を用いたとしても、水蒸気の同位体比を精度良く求められるだけの感度があるのかということもまだわかっておらず、科学的価値の有無という意味では、あたり一帯ブルーオーシャンである。</p> <p>また、世界的に気候変動対応は一刻を争う事態であることを鑑み、シミュレーションと衛星観測の融合による新たな適応策の一環として進める研究は、社会のための科学としての価値も大きい。</p>
アウトカム	<p>科学の成果でも述べられているが、大気モデルの予測性能向上と、データ同化を通じた豪雨予測の精度向上が期待できる。とりわけ、リアルタイムな衛星観測をシミュレーショングループにわたすことで、自然災害被害の軽減に役立つ。アクセルスペース社のバスに載せることができれば、他の競争相手やビジネスチャンスを提供してくれる企業とも繋がりができる。</p> <p>アクセルライナーに搭載することにより、我が国の小型～中型衛星ビジネスの促進を図る。</p>
技術の特色	<p>①優位性：</p> <p>前例となる類似論文が全く存在しない。センサー開発から独自のものとなる。水同位体研究分野としては、芳村研では特にシミュレーションやデータ同化に強く、技術的・世界をリードしている。テラヘルツ波長帯を利用した衛星観測そのものが世界的にみて未開拓の分野であるが、日本は本分野を部分的にリードしている。</p> <p>②成熟度：</p> <p>新規技術であるので、成熟度は未熟である。</p> <p>③人材確保と育成：</p> <p>学生および博士号取得予定者をメンバーに加え、近い将来の本分野の技術</p>

	面、科学面での国際的に競争力を持つ人材育成を担う。
研究・開発体制	センサー、衛星開発：田村、西堀（JAXA） アルゴリズム開発：田村（JAXA）、笠井（NICT）、今須（東大）、江口（九大） モデル開発・データ同化：芳村（東大）、取出（NOAA）、Schneider（KIT）
関連団体	
継続性/新規性	継続性・新規性ともに十分。
緊急性 タイムリーさ	洪水予報について日本域政府は、2023 年のうちに洪水予報の規制を緩和することを計画している。それに合わせるようなタイミングでシステムのプロトタイプを整理したい。
国際的分担・日本の優位性	純国産で勝負するが、必要な技術や情報は本分野の先進国に協力を求める。
予算	2 億円
低コスト化への取り組み	コストカットのため、センサーを打ち上げる際にはアクセルスペース社のアクセルライナー汎用衛星 BusN を用いる。また、氷雲観測に効果的な相乗りセンサを前提とする。これにより、短期・安価・通信の確保・大電力の確保などを実現し、本チームはセンサに研究開発に注力できる。
将来展望	衛星打ち上げの前に、OSSE などを使って十分な性能評価を行う。本提案ミッションの後継としては、本提案と同じく THz 帯を用いた水蒸気同位体比の実時間測定を主として行い、より多くの衛星や他のセンサーとの比較検討をよく行っていく。
実利用の可能性	気象予測の精度向上に関しては、実時間利用の可能性が大いにある。本ミッションの技術的成功により通信分野等への応用が期待される。
前回公募との関係	新規提案である。

C

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

検討を継続すべきミッション。技術の特色や期待される科学成果の観点で高く評価できる。利用については多くの検討をされている点が評価できるが、limb による大気観測と nadir による高分解能のどちらを取るかまたは、両方を追求するかを、江口氏提案（THz 小型）と合同でさらに検討してもらいたい。その他、センサ・衛星に関する技術的検討をさらに進めていただきたい。

【RSSJ 実利用委員会からのコメント】

実利用からは少し遠い印象。

4.5 衛星搭載水蒸気観測用差分吸収ライダー(DIAL)の技術実証

提案者：阿保 真（東京都立大学）

ミッション概要：

全地球の水・エネルギーサイクルにおける水蒸気の役割、主な物理プロセス（例えば対流、放射、降水、大気化学と関連した対流圏-成層圏交換）についての理解の向上を目的として、グローバルに高い高度分解能で対流圏および下部成層圏の水蒸気の観測を行うとともに、豪雨や台風予測精度向上による防災面への貢献を目的として、情報の不足している特に海上における下部対流圏の高分解能水蒸気観測を行う、衛星搭載水蒸気観測用差分吸収ライダー(DIAL)の技術実証を行う。

今回は以前から提案している水蒸気観測ライダーミッションの仕様は変えずに、地表面（海面または地面）のレーザ反射拡散光と大気散乱光を併用した低層水蒸気のDIAL観測可能性を検討した。誤差シミュレーション結果より、従来のDIALよりも低高度領域の測定範囲と測定精度が向上することが分かった。

衛星・センサ仕様	太陽非同期準回帰軌道の衛星を用い、高度 250km、傾斜角 35°、ビーム天底角 22° の 2 ビーム測定を想定している。 センサである水蒸気差分吸収ライダー (DIAL) の主な仕様は、望遠鏡口径 0.8m、レーザ出力 20mJ、波長 1336nm、繰返し周波数 500Hz (on/off ペア)、電力 240W である。夏季日本水蒸気モデルを用いた誤差シミュレーションより、水平分解能 20km、高度分解能 300m で高度 2.1km まで誤差 10% 以下、600m で 3.2km まで 10% 以下、1000m で 5.6km まで 20% 以下で水蒸気の測定が可能である。 WMO の水蒸気観測要求分解能で熱帯水蒸気分布モデルを用いると、3 つの吸収線で高度 20km の下部成層圏まで誤差 20% 以下で計測可能である。
期待される科学の成果	気温上昇により飽和水蒸気量が増加することによって、大気中の水蒸気量が増加し温室効果が加速される水蒸気フィードバックが起こり、温暖化が顕著になる可能性がある。一方、水蒸気の増加が雲の発生量を高める日傘効果による温暖化の抑制（雲フィードバック）は主に下層雲に対して不確実性が指摘されている。しかし、現状では温暖化の議論に耐える地球全域に亘る水蒸気分布の観測データが不足しており、精度の高い議論はできていない。さらに水蒸気は、OH ラジカルの生成を通して、メタンの酸化など対流圏・成層圏の重要な化学プロセスにも関与している。これら水蒸気の重要性から、世界的な水蒸気分布データの質の向上が必要である。これは、長期の気候変動解析と短期の数値予報どちらにも有用である。衛星搭載ライダーで全球的な水蒸気観測を行い、水蒸気のフィードバックプロセスの理解を進

	めることにより、地球温暖化シナリオで現実的な水蒸気の増加レベルをシミュレーションすることが可能となる。
アウトカム	近年日本では線状降水帯による豪雨の発生や台風の大型化が防災面から大きな社会問題となっている。これらの災害は予測精度を上げることにより減災が可能であるが、予測には特に海上の下部対流圏の水蒸気分布情報が重要であることが指摘されている。衛星搭載ライダーは日本周辺海上の水蒸気観測が可能であり、数値予報モデルへのデータ同化により予測精度の向上が期待できる。
技術の特色	<p>① 優位性：</p> <p>現在の水蒸気観測は、ラジオゾンデ、地上リモートセンシング、衛星赤外線／マイクロ波センサにより行われているが、空間及び時間分解能に問題がある。さらに上部対流圏・下部成層圏の境界領域に空白域がある。また、受動的衛星観測は水平方向のカバー領域は広いが、鉛直分解能が不十分である。グローバルな水蒸気循環を定量的に評価するためには、精度、鉛直分解能及びカバーレンジが不足している。衛星搭載ライダーは、全球域の高分解能・高品質水蒸気データを提供するとともに、バイアス誤差が無いためパッシブリモートセンシング機器の校正にも利用できるとともに、衛星搭載センサによる面的な観測とのシナジー効果が期待できる。</p> <p>② 成熟度：</p> <p>これまでに、航空機搭載水蒸気 DIAL を大学、研究所、JAXA (NASDA) で開発し、試験観測に成功した実績がある。衛星搭載と対流圏界面高度の水蒸気観測を考慮した場合、DIAL では 1350nm 付近の吸収線の利用が有効であるが、この波長は CO₂ ライダー開発により実績がある QPM-OPA 方式で容易に得ることが可能である。すでに航空機搭載を目指した本方式の水蒸気 DIAL 開発に着手している。</p> <p>③ 人材確保と育成：</p> <p>水蒸気ライダーは 2022 年度より気象庁が船舶搭載を目指した組をはじめ、複数の民間企業も開発に取り組んでおり、ハードウェアの人材は増えつつあるが、データ解析の人材育成が課題である。</p>
研究・開発体制	衛星観測水蒸気データ同化によるインパクトの検討を目指して、気象研究所の有識者と気象分野における水蒸気観測の必要性について意見交換会を行っている。また本提案に関してはレーザセンシング学会の衛星搭載ライダーに関するプロジェクト調査委員会において議論、提案間の調整を行っている。
関連団体	レーザセンシング学会 気象研究所
継続性 / 新規	衛星搭載の水蒸気 DIAL は航空機搭載水蒸気 DIAL を大学、研究所、JAXA

性	(NASDA) で開発したころから継続している。レーザ技術に関しては QPM-OPA 方式の開発に新規性がある。
緊急性 タイムリーさ	日本における豪雨災害は年々増加しており防災・減災、国土強靭化のための対策は緊急性が高い。
国際的分担・ 日本の優位性	NASA は LASE として航空機搭載水蒸気 DIAL を実用化し多くの成果を得ている。ESA では WALES と呼ばれる衛星搭載水蒸気差分吸収ライダーが提案されたが、現時点では具体的な計画はない。その要因の一つとして波長可変レーザの安定性への疑念が考えられる。我々が提案している QPM 結晶を用いた OPA システムは世界トップクラスの技術で、one path amplifier は位相整合 OPO より制約条件が緩和されるため宇宙利用での安定動作には有利であり優位性がある。
予算	励起用レーザは、植生ライダー (MOLI) 用に開発された宇宙用レーザ技術の応用が出来る。実証用 DIAL 装置の開発、航空機搭載検証実験までの開発コストは数億円程度、最終的な衛星搭載システム開発までは百億円程度と見積られる。当面は TRL のクリアを目指したスケジュールを検討していく必要がある。
低コスト化へ の取り組み	可能な限り電気一光変換効率を上げシステムの軽量化を図るとともに、他の衛星搭載ライダーミッションとの共通化を図る。
将来展望	水蒸気ライダーだけでは無く、他の衛星観測との同期観測などが想定される。
実利用の 可能性	豪雨予測については、現在九州で行われている地上設置水蒸気ライダーの観測データのデータ同化実験が行われており、衛星ライダーデータの実利用はスムーズに行われると考えられる。
前回公募との 関係	広範囲な水蒸気の衛星観測計測手法の一つとして GNSS 掩蔽観測、マイクロ波サウンダー、赤外サウンダーがある。これらに対してライダー観測の Advantage は低層の高分解観測である。豪雨予測の下層水蒸気の流入や海洋-大気間のフラックス観測のためには海面近傍の水蒸気量の観測が重要である。そこで、提案している水蒸気観測ライダーミッションの仕様は変えずに、地表面（海面または地面）のレーザ反射拡散光と大気散乱光を併用した低層水蒸気の DIAL 観測可能性を検討した。地表面の反射光を利用する DIAL は一般に IPDA (Integrated Path Differential-Absorption Lidar) と呼ばれており、高度分解しない大気成分の気柱量を計測する装置が航空機搭載型として用いられている。水蒸気は下層ほど濃度が濃いのが一般的であるが、その高度分布は時間的にも空間的にも変動が大きいため、一般的な IPDA のパッシブセンサに対する Advantage は低い。今回の提案は大気散乱光に比べて強い信号が得られる地表面の反射光強度と、大気散乱光強度を利用して差分吸収を求める方法で、従来の DIAL より精度良く地表面か

	<p>ら高度数 100m の範囲の水蒸気を計測が可能である。誤差シミュレーション結果より、地表から 200m までの水蒸気量を誤差 10%、地表から 600m までを誤差 3% で観測可能であり、従来の DIAL よりも低高度領域の測定範囲と測定精度が向上することが分かった。</p> <p>(以下 2023 年追記)</p> <p>さらに、従来提案した DIAL から 1 ビーム方式にし、衛星軌道高度を 250km から 400km としプラットフォームに柔軟性を持たせた仕様で計算した IPDA-DIAL の水蒸気密度のランダム誤差は、水平分解能 20km で、海面から高度 300m までの水蒸気積算量を誤差 10%、海面から高度 600m までの水蒸気積算量なら誤差 5% で観測することができる。このシミュレーションは夜間を想定しているが、この波長域は水蒸気の吸収により背景光量が少ないため、昼間の観測にも有利である。例えば昼間観測でも海面から高度 500m までの水蒸気積算量を誤差 10% で測定可能である。さらにすでに提案されている海面散乱係数から wave slope variance を求め海上の風速を推定する方法を IPDA-DIAL の off 信号に適用することにより、衛星搭載ライダーで大気混合層（熱帯では海面から高度 500m 前後）の水蒸気量と同時に、海面付近の風速が計測できることになり、客観解析データなどの気温情報と合わせると、潜熱・顕熱フラックスのスナップショット毎の計算が可能になる。現在 IPDA 実証実験のための、飛翔体搭載型 IPDA-DIAL の検討を行っている。</p>
--	--

【第 3 回試行公募最終審査委員会による評価】

検討を継続すべきミッション。技術の特色、期待される科学成果の観点で高く評価できる。航空機搭載実験等、丁寧に検討され、発展させている点も評価できるが、日本の独自性が示されるとさらに良い。これまで衛星実証の実績がないので、衛星搭載までのマイルストーンが示されると良い。その際には、雲、水蒸気、エアロゾルの鉛直分布が得られる恩恵は大きいので、西澤氏 (EarthCARE 後継) の提案とのマージも検討していただきたい。

【RSSJ 実利用委員会及び BizEarth からのコメント】

下部対流圏の水蒸気観測による線状降水帯や台風の予測精度向上は、災害被害予測の高度化や迅速な被災状況把握のための衛星運用に役立ち、実利用面でも大変重要。

単独での実利用は難しいと考えるが、気象予測・再現モデルの一役として、地上レーダーとの連携等も含めた提案としていただきたい。

【第 2 回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン B 改訂での扱い)

将来に向けた要素技術開発・技術実証

(最終審査コメント)

水蒸気観測全体としての比較がなされ、計画検討としてはかなり充実してきた。今後は OSSE 実験など観測の数値モデルに対するインパクトなどの検討を進め、技術とともに利用優位性評価を進めていくのがよい。中程度の時間が必要と予想される。

【第1回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザイン A 改訂での扱い)

将来に向けた要素技術開発・技術実証

(最終審査コメント)

水蒸気分布計測の他の手法との比較を行い、優位性を示す必要がある。また各段階に要するコストについても具体的な検討が必要。航空機での実証を再度行ったうえで、小型ミッションで QPM-OPO 方式の実証を早くやるべきである。

4.6 高層大気の化学・力学場の動態把握のための FTS 衛星観測ミッション

提案者：江口 菜穂（九州大学）

ミッション概要：

成層圏のオゾン層破壊や人為起源温室効果ガスの大気中濃度の増加による対流圏の温暖化および成層圏の寒冷化は現在進行形の気候変動現象である。現在の気候の理解および将来の気候変動の予測には、全球規模での大気微量成分、雲の継続的な観測が必要不可欠である。

本ミッションでは FTS (Fourier Transform Spectrometer) を用いて、近赤外から熱赤外域の波長 $4\sim14 \mu\text{m}$ 、分解能 0.02cm^{-1} の太陽掩蔽 観測を実施する。本手法により中部対流圏から下部熱圏 $8\sim100 \text{ km}$ における多種類の大気微量成分（同位体含む）と氷雲の高鉛直分解能（ 1.5 km の観測が可能である。

本ミッションによって、成層圏内の化学過程の精緻化や新しい機構の解明、また対流圏上層の水蒸気、HDO の情報により数値モデルによる予報精度の向上が期待される。さらに成層圏の化学過程を詳細に再現することにより、成層圏の力学場の再現性の向上、それによる中層大気の大気変動が対流圏に与える力学的効果がより現実的に再現が可能となり、気候変動予測の精度向上を介して、社会生活や政策への貢献が期待される。

衛星・センサ仕様	<p>衛星：</p> <p>軌道：太陽非同期 (non sun synchronous), solar occultation</p> <p>軌道高度：650km</p> <p>軌道傾斜角：65度</p> <p>搭載センサ：FTS</p> <p>観測波長：$4\sim14 \mu\text{m}$</p> <p>分光分解能：0.02 cm^{-1}</p> <p>鉛直分解能：$1.5\sim4 \text{ km}$</p> <p>Line of sight : 200 km</p> <p>積分時間：2秒</p> <p>測器質量：50kg</p> <p>消費電力：65 W</p> <p>設計寿命：5年</p>
期待される科学の成果	<ul style="list-style-type: none">- 中部対流圏から下部熱圏までの温室効果ガス、水蒸気とその同位体およびオゾン関連気体成分や氷雲の全球規模かつ高鉛直分解能の観測から、地球大気の化学、放射過程および圈をまたいだ水循環や物質循環の動態を把握する。（導出可能な微量気体成分は参考資料表 1 に記載）- 気候モデルが不得意とする圏間の相互作用および大気上層の微量気体

	<p>成分や力学過程の情報のインプットによる気候予測精度の向上</p> <ul style="list-style-type: none"> - 成層圏オゾンに関連する成分の観測によって、成層圏化学・力学モデルの精度向上、および水蒸気とその同位体の観測によって、気象予報モデルの精度向上が図られる。
アウトカム	<ul style="list-style-type: none"> - 対流圏の温暖化による成層圏気候への影響、およびオゾン層を介した成層圏からの対流圏への気候影響の評価。成層圏の化学・力学過程を精緻化することにより気候モデルの低温バイアス（数度）の軽減が期待される [例えば、Yook et al.,2019]。 - 水蒸気同位体を用いることによる気象場の予報精度の向上。それによる極端現象の予報精度向上が期待される。IASI の水蒸気同位体を用いた結果、10%の気象場（風場、湿度場）の予報の精度向上が確認された [Toride et al.,2019]。 - 温室効果ガスの成層圏シンクの絶対量の評価が可能となり、炭素インベントリー（排出量）の不確定性量の削減により、より正確な気候予測や排出量にかかる政策を介して社会に貢献する。
技術の特色	<p>① 優位性：</p> <ul style="list-style-type: none"> - FTS によって赤外域波長を高波数分解能で広範囲に観測することで、多成分の微量気体成分（同位体含む）を同時に取得できる。それによって、上層大気の化学・力学過程の理解が進む。 - 高緯度範囲（±80 度；軌道傾斜角 65 度の場合）、高高度範囲（雲頂高度～100 km）を高鉛直分解能（1.5～4 km）で測定することで、中部対流圏から熱圏下部の圏間の連続した物質交換過程の詳細な議論が期待できる。 <p>② 成熟度：</p> <p>ACE-FTS, GOSAT シリーズによる近赤外から熱赤外域の FTS 観測経験あり。</p> <p>③ 人材確保と育成：</p> <p>既存の技術を応用することで人件費の削減を図るが、人材育成および科学技術発展のため、各国の研究者に数名ずつ若手研究者を配置し、シニア世代から培ってきた知見、技術の継承と次世代の衛星分野の人材育成、分野の活性化と衛星ミッションの国際的競争力の強化を目指す。</p>
研究・開発体制	<p>ハードウェア：カナダ、JAXA (TBD)</p> <p>ソフトウェア：千葉大（齋藤）、環境研（吉田）、九大（江口）、Environmental Canada (Nassar)</p> <p>データ提供：(案) Tellus、または、JAXA G-portal</p> <p>解析：九大（江口）、千葉大（齋藤）、東大（芳村）、University of Toronto (Walker, Strong)</p>

	<p>検証：北大（藤原）（TBD）</p> <p>数値モデル：JAMSTEC（河谷、山下）、University of Toronto（Jones）、Environmental Canada（Plummer）</p> <p>測器開発は主に Canadian Space Agency。案が採用になった場合、JAXA の関わり方を調整する。</p>
関連団体	日本気象学会、日本大気化学会、日本リモートセンシング学会、日本地球惑星科学連合、Canadian Meteorological and Oceanographic Society、Canadian Space Agency
継続性 / 新規性	<p>新規性： 高鉛直分解能で、中部対流圏から下部熱圏の同位体を含む多種類の微量大気成分同時観測は初の試みである。また水蒸気同位体を得ることで、上層大気を含む水循環の全球的な理解を得ることができる。</p> <p>継続性： ACE-FTS での高高度の微量大気成分の観測実績や GOSAT シリーズでの近赤外から熱赤外の高スペクトル分解能の導出手法の継続と発展を期待する。また MLS、ACE-FTS、MIPAS 等との連続的な長期観測によって気候変動に寄与する高層大気の微量気体成分の全球規模観測データの蓄積が期待される。</p>
緊急性 タイムリーさ	<p>温暖化対策は世界規模での喫緊の課題である。オゾン層破壊も気候変動によってどのように変化するか不明な点が多い。</p> <p>国際的にみて大気上層の大気微量成分をターゲットとした地球観測衛星の実行段階にあるプロジェクトは皆無である。NASA、ESA 主導の地球観測衛星の寿命を考慮すると早急に次期衛星の打ち上げを検討すべきである。</p>
国際的分担・ 日本の優位性	<p>測器開発は CSA が担当、打ち上げ、運用に関しては日本側が担当。ただし、案が具体的になった時点で JAXA 等の調整を行う。</p> <p>ソフトウェア開発を CSA と共同で実施する。データ提供を日本側が担当する。</p> <p>GOSAT による FTS 観測のソフトウェア開発およびデータ提供等の運用実績の点で優位性がある。</p>
予算	予算規模 150 億円
低コスト化への取り組み	<ul style="list-style-type: none"> - 測器およびソフトウェア共に既存の技術を応用することでコストカットを目指す。 - ACE-FTS の研究チームの協力を仰ぐことで人件費及び開発期間短縮によるコストカットが期待できる。 - 他の測器との打ち上げおよびプラットフォームの相乗りによる打ち上げ、運用コストのカットを図る。
将来展望	同位体を含む多種類の微量気体成分の導出から、特に成層圏化学過程の精緻化やさらなる未知の化学機構の発見が期待される。

C

実利用の可能性	中層大気を含めた全球規模での温室効果ガスの観測および圈間の相互作用の理解の進展から気候変動予測モデルの精緻化を通じて、異常気象や極端現象の予測の高精度化によるリスク管理等の政策への提言が期待できる。
前回公募との関係	前回申請時の審査コメント受けて、国際共同の役割分担について再協議するとともに、現業機関のコミットメントを得る方策を検討する。

C

[参考資料]

表 1：観測分子種

Science Goal	Measurement	CASS-FTS Role
Climate and Ozone Balance Monitoring: Ozone	O ₃ , HCl, ClONO ₂ , CFC-11, CFC-12, CH ₃ Cl, CCl ₄ , CFC-113, HCFC-142b, HCFC-22, HFC-134a, COClF, COCl ₂ , NO, NO ₂ , N ₂ O ₅ , HNO ₃ , HNO ₄ , HF, CH ₄ , N ₂ O and H ₂ O	Measurements of ozone and suite of molecules involved in ozone depletion processes as well as tracers of atmospheric dynamics
Climate and Ozone Balance Monitoring: Climate	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , H ₂ O, O ₃ , CFC-11, CFC-12, CH ₃ Cl, SF ₆ , CF ₄ , CCl ₄ , CFC-113, HCFC-142b, HCFC-22, and HFC-134a	Profiles of all major greenhouse gases including halocarbon species
Understanding the role of the UTLS in coupling the atmosphere and surface climate	H ₂ O, HDO, H ₂ ¹⁸ O, O ₃ , CO, HNO ₃ , HCl, CH ₄ , N ₂ O, HCN, NO, and NO ₂	High vertical resolution profiles of large suite of molecules including isotopologues
Understanding the role of aerosols	N/A	N/A
Improving estimates of CO ₂ sources and sinks	CO ₂	Profiles of CO ₂ to improve vertical distribution of this greenhouse gas in model simulations
Investigating mesosphere and lower thermosphere	O ₃ , H ₂ O, NO, CO	Extended profile retrievals from key species.

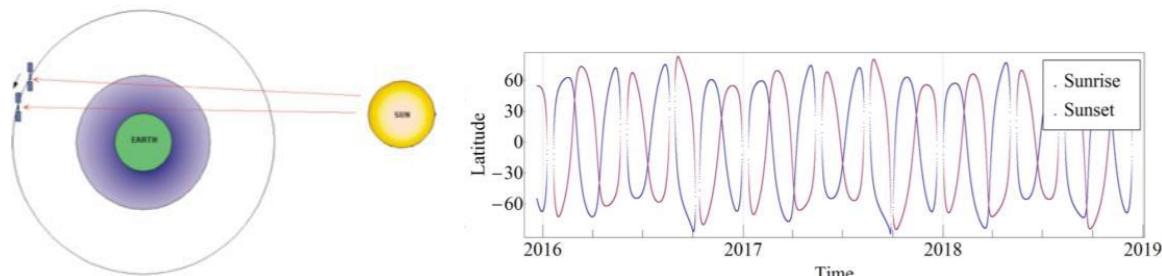


図 1：(左) 太陽掩蔽法と (右) 観測軌道 (軌道傾斜角 65 度 C 合)

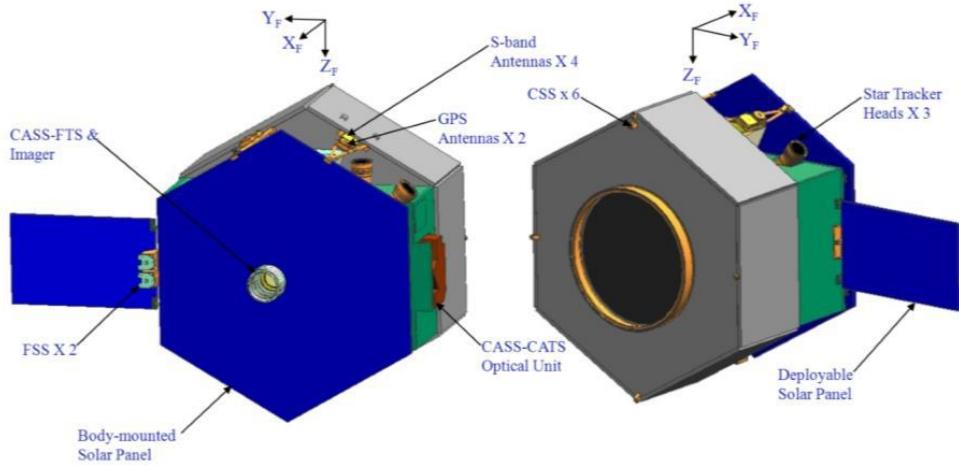


図2：FTSイメージ (CASS-ACE, credit: ABB Bomen)

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

検討を継続すべきミッション。期待される科学成果、アウトカムの観点から高く評価できる。様々な物質を対象とした重要なミッションであり、我が国の技術開発と国際貢献のために役立つ提案であるため、日本の優位性を明確にするとともに、国際共同ミッション提案として進めてはいかがか。

C

【第2回試行公募最終審査委員会による評価】(参考)

(グランドデザインB改訂での扱い)

第二期短期計画

(最終審査コメント)

観測が少ない成層圏・中間圏での大気化学的な観測は意義深く、また、現業化の道筋もあるので、ぜひ推進すべきである。一方で、国際分担とその理由付け、日本が実施するための意味付け、現業機関のコミットメントを得る方策等についてTFと協力して検討すべきである。

4.7 THz 氷雲/水蒸気小型衛星ミッション

(第三回試行公募での新規提案ミッション)

提案者：江口 菜穂（九州大学）

ミッション概要：

氷雲は、放射過程および成層圏に流入する水蒸気を介して気候形成に大きく影響し、時空間変動が大きいため全球規模での観測が必要不可欠である。しかしこれまでの衛星観測の測器、波長の限界から(例えば、受動型センサの場合、光学的に薄い雲は検出が難しい等)、その巨視的、微視的な動態の全貌は、いまだ把握されていない。

本ミッションはこれまで技術的にも科学的にも未開拓であるテラヘルツ THz 帯の波長を用いて、対流圏中・上層に存在する氷雲内の微物理過程の詳細を明らかにすることを目的とする。本ミッションで導出するパラメーターは氷雲の有無、存在高度、雲内部の粒子サイズや粒子種(TBD)である。THz 帯の特徴として、高度 7 km 以高の数 10～数 100 μm の粒子サイズの雲粒に感度がある。この粒子サイズ域は、従来の雲・雨レーダーやマイクロ波イメージヤ(10～100GHz)にとっては比較的小さく、可視・赤外イメージヤ観測にとっては粒径が大きすぎて見逃されている中間領域であり、雲粒子の成長を包括的に観測するには不可欠である。得られるデータによって、雲内に踏み込んだより詳細な微物理過程の把握だけでなく、雲周辺の水蒸気と併せて観測することで、雲内外の水蒸気フラックスを介した雲のライフサイクルを理解することが可能となる。

他方、小型衛星による THz 帯の地球大気観測への技術開発により、これまでの高周波および低周波の狭間の未開拓な波長帯への測器技術の進展/応用だけでなく、これら既存の測器との統合的な衛星観測システムの構築に寄与することが期待される。

衛星・センサ仕様	衛星： 軌道：太陽非同期 (non sun-synchronous) 軌道高度： 300 km (TBD) 軌道傾斜角：38 度 (TBD) 搭載センサ：多周波チャンネル搭載テラヘルツ放射計 ・周波数：THz 帯 (180～400GHz) ・衛星サイズ：5～10 kg (3U) (TBD) ・消費電力：30 W (TBD) ・設計寿命：1 年 (TBD) ・水平分解能：9 km (水平) @ 300GHz (TBD)
期待される科学の成果	科学面：気候変動の不確定性要因の一つである上層の氷雲の動態把握を主目的とする。特にこれまで観測が困難であった雲内の微物理パラメーターの全球規模観測により、把握しきれていなかった上層雲を伴う積乱雲等の

	<p>雲のライフサイクル過程の理解に貢献する。対象とする氷雲は、存在高度 7 km 以高、粒子サイズ数 10～数 100 μm、光学的厚さ > 1 (TBD)、粒子種 (平板状か否か)(TBD) で、熱帶域から中緯度域をカバーする。</p> <p>技術面: 人工衛星を用いた地球観測分野において未開拓な THz 帯の新規技術の実証ミッションである。</p>
アウトカム	<p>上層雲内の微物理特性の理解や動態把握を通じて、数値モデル内の雲の扱いの精緻化に貢献し得る。</p> <p>未開拓の THz 帯の地球観測への発展: 小型衛星を用いた新規技術によって、将来的にこれまで未開拓であった周波数域の地球環境科学観測分野への応用が期待できる。さらに新たなサイエンスの創出が期待される。</p>
技術の特色	<p>① 優位性 :</p> <p>InP-HEMT を用いた (Low Noise Amplifier; LNA) による直接検波方式の放射計が開発でき、小サイズ、省電力そして広帯域のセンサを実現できる。</p> <p>② 成熟度 :</p> <p>放射計の新規開発が必要で、InP-HEMT を用いた LNA の性能評価が必要である点で未熟。</p> <p>③ 人材確保と育成 :</p> <p>人工衛星観測の高周波帯と低周波帯の雲、降水の専門家だけでなく、数値モデル内の雲微物理過程の専門家および衛星軌道工学の専門家を集結した。また学生および博士号取得予定者をメンバーに加え、近い将来の本分野の技術面、科学面での国際的に競争力を持つ人材育成を担う。</p>
研究・開発体制	<p>センサー、衛星開発: 田村、西堀 (JAXA)、花田(九大)、今岡 (山口大)</p> <p>アルゴリズム開発: 田村 (JAXA)、増永 (名大)、笠井 (NICT)、今須 (東大)、岩渕、早坂 (東北大)、江口 (九大)</p> <p>検証: 鈴木 (JAMSTEC)</p> <p>データ解析/利用: 清木 (JAMSTEC)、小原 (JAXA EORC)、芳村(東大生産)</p>
関連団体	TBD
継続性/新規性	地球大気の波長範囲内で主に降水/降雪粒子を検出する高周波帯と微量成分や雲を検出する低周波帯の技術を発展させ、未開拓である THz 帯への新規参入ミッションである。高低周波双方の技術およびソフトを活かし、その応用分野への発展を図る。
緊急性 タイムリーさ	<p>氷雲と上層の水蒸気による気候変動予測の不確実性の低減は気候の将来予測精度向上に大きく貢献し、温室効果ガス排出量政策や適応策へ直結する喫緊の課題である。また、放射、熱力学過程を介した氷雲と上層水蒸気の微物理過程の精緻化は、日々の数値予報の高精度化だけでなく、大循環モデルの上層雲のバイアス問題への解決の糸口となると考えられる。</p> <p>小型衛星時代に突入し、地球環境衛星の小型化が加速している。今後の国際</p>

	的な競争において、国産技術を発展させ、技術的にも科学的にも競争力を蓄え、科学技術力を高めていく必要がある。 海外では、小型衛星による地球環境分野の開拓は既に始められており、日本は後れを取っている。技術面で後れを取り戻す必要があると同時に、関連する人材の育成が急務である。
国際的分担・日本の優位性	純国産で勝負するが、必要な技術や情報は本分野の先進国に協力を求める(例えば、IceCube@NASA)。
予算	2億円
低コスト化への取り組み	短期間でのセンサー開発およびアルゴリズム開発を目標とする。軌道投入を相乗り衛星の打ち上げとして、コストカットする。
将来展望	降水に関する高周波衛星ミッションとの親和性を将来的に構築し、雲内の微物理過程把握を介した雲のライフサイクルの描像を描く。 上層水蒸気を定量的に得ることで、兄弟ミッションである水蒸気同位体の衛星観測ミッションへの実現性の可能性を示す。将来的には氷雲～水蒸気～水同位体の相互作用を介したシームレスな微物理過程を数値モデル化することを目標とする。
実利用の可能性	得られるデータは静止衛星等、他衛星の検証にも用いることで、数値予報精度の向上に資する。 本ミッションの技術的成功により通信分野等への応用が期待される。
前回公募との関係	新規課題である。

【第3回試行公募最終審査委員会による評価】

検討を継続すべきミッション。期待される科学成果、新規性の観点で評価できる。テラヘルツ帯技術は我が国の強みであるので進めるべきミッションであるが、大型の低周波放射計にまとまるよりも、芳村氏の提案とのマージを検討しつつ、独立プラットフォームを目指した方が、コンステレーション等もできるので将来性があるかもしれない。

【RSSJ 実利用委員会からのコメント】

実利用からは少し遠い印象。

C

4.8 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

提案者：江口 菜穂（九州大学）

ミッション概要：

地球大気中における水蒸気および雲の全球規模での観測は、より定量的な放射収支の理解とそれを介した気候の維持と変動の理解を深めるだけでなく、特に上部対流圏の水蒸気と氷雲の情報を含めることで台風の予報精度が向上することが指摘されている。さらに、高頻度な水蒸気分布から導出された大気追跡風（Atmospheric Motion Vectors: AMV）や水蒸気同位体を入力値として用いることで数値予報精度の向上が報告されている。

このような背景から、本ミッションでは、対流圏と成層圏における水蒸気とその同位体並びに氷雲を高頻度で観測することで、地球放射収支の定量的な理解だけでなく、降水過程や大気上層擾乱の理解を介した気象災害に対する予報精度の向上を図ることを目的とする。

観測では Fourier-Transform Spectrometer (FTS) 小型機 (100kg 級) を複数台（将来的には 40 機）用い、日本を含む東アジア域を連続的に観測することを目標とする。観測波長範囲は遠赤外域 (100~670 cm⁻¹ ; 15~100 μm) で、分解能 0.1 cm⁻¹ を想定している。また衛星は大気直下視で軌道傾斜角 38 度、衛星高度 200~300 km、鉛直分解能 3 km、Swath 40 km 程度を想定している。

衛星・センサ仕様	<p>衛星：</p> <p>軌道：太陽非同期 (non sun-synchronous)</p> <p>軌道高度：200 ~ 300 km (TBD)</p> <p>軌道傾斜角：38 度 (TBD)</p> <p>機数：30 ~ 50 機 (TBD)</p> <p>搭載センサ：Fourier-Transform Spectrometer (FTS)</p> <p>観測波長：遠赤外域 15~100 μm (100~670 cm⁻¹)</p> <p>分光分解能：0.1 cm⁻¹ (TBD)</p> <p>鉛直分解能：3 km~ (TBD)</p> <p>観測幅：30 ~ 50 km (TBD)</p> <p>積分時間：2 秒</p> <p>測器質量：100 kg 以内</p> <p>消費電力：50 W (TBD)</p> <p>設計寿命：5 年</p>
期待される科学の成果	<ul style="list-style-type: none">地球の放射収支の約 50%を占める遠赤外域の特に寄与率が高い水蒸気と氷雲を定量的に得ることで、放射収支の定量評価が可能となる。こ

	<p>れにより気候の維持過程および将来気候予測への不確定性の低減が期待される。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 水蒸気同位体を得ることで、水循環を定量的に明らかにできるだけでなく、数値予報精度の向上を介して、豪雨、台風被害の低減につながる。 - 高頻度水蒸気観測によって、大気追跡風 (Atmospheric Motion Vectors: AMV) の算出が可能で、特に上層の風場のデータは数値予報精度の向上が期待される。
アウトカム	<ul style="list-style-type: none"> - 放射収支の定量的な導出により、不確かな放射収支項 (特に成層圏の水蒸気、氷雲) を低減でき、将来気候へのより正確な予測に貢献できる。 - 得られる水蒸気の同位体および風の情報を数値予報精度向上に貢献する。数値予報だけでなく、日照等、気象ビジネスの観点でも飛躍が期待される。 - 小型 FTS 測器の地球環境観測目的の実利用の可能性を実証するによって、地球衛星観測の新展開が期待される。
技術の特色	<p>① 優位性 :</p> <p>FTS によって遠赤外域波長を高スペクトル分解能で観測することで、地球の放射収支に寄与する水蒸気とその同位体を同時に取得するミッションは現時点では計画されていない。</p> <p>遠赤外域を対象とするので、昼夜観測が可能である。コンステレーションを組むことで、複数台の衛星からのデータを統計的に処理ができ、科学的に有効なデータの取得が見込まれる。</p> <p>② 成熟度 :</p> <p>ACE-FTS, GOSAT シリーズによる近赤外から熱赤外域の FTS 観測経験あり。遠赤外域においては、FIRST、PREFIRE によるフィージビリティスタディの実例がある。</p> <p>③ 人材確保と育成 :</p> <p>既存の技術を応用することで人件費の削減を図る。人材育成および科学技術発展のため、官民より若手研究者・技術者を配置する。</p>
研究・開発体制	<p>ハードウェア : (TBD)</p> <p>ソフトウェア : 九州大学、情報通信研究機構、東京大学 (TBD)</p> <p>データ提供 : (TBD)</p> <p>数値モデル : 東京大学、気象研究所 (TBD)</p> <p>データ導出等、ソフトウェア開発は研究者によって、開発、運用する。測器開発等、ハードウェアにおいては研究者および民間企業と共同で実施する。案が採用になった場合、JAXA の関わり方を調整する。</p>

関連団体	TBD
継続性 / 新規性	<p>新規性：技術面では遠赤外域の FTS 小型測器の開発、科学的には、気候変動の理解に必要不可欠な放射収支の定量的な観測に寄与するとともに、気象災害の予測精度向上に寄与する水蒸気とその同位体に特化した観測である。</p> <p>継続性：既存の高層大気微量気体成分の観測の継続性という観点で重要である。特に ACE-FTS による FTS による微量気体成分観測の継続性に貢献する。</p>
緊急性 タイムリーさ	<ul style="list-style-type: none"> 世界的に見て、上層大気の微量気体成分を主とした衛星観測の計画はなされていないため、ACE-FTS、Aura MLS 後の継続的な全球観測は喫緊の課題である。 昨今、激甚化する降雨を伴う気象災害による影響の低減には数値予報精度の向上が必要不可欠である。 小型衛星の開発は地球観測衛星にも有益な機会と情報を与える。今は小型衛星の開発が加速しており、各国がしのぎを削っている状況である。
国際的分担・ 日本の優位性	国内の小型 FTS 開発の実証、有効性を検証する。国際的には欧米で FIRST、PREFIRE 等の類似の測器開発が進行中であるが、どれも実用段階には至っていない。また遠赤外域の放射収支研究に力点が置かれ、同位体導出および、それを有効に利用した数値予報精度の向上を目的としていない。FTS の導出アルゴリズム開発でも優位性を持つが、国内で同位体を含めた数値予報モデルの構築があり強みである。
予算	予算規模 100 億円 (TBD)
低コスト化への取り組み	既存のソフトウェアを用いる点と、FTS 測器を小型化し、省開発費および省打ち上げコストを図る。測器は民生製品を利用もしくは応用することで開発費と人件費の大幅削減につなげる。
将来展望	本ミッションを通じて FTS の小型化の地球観測衛星の実現により、静止軌道衛星への実用を目指す。
実利用の 可能性	得られるデータは即時実利用が可能である。特に数値予報精度向上に貢献が期待される。
前回公募との 関係	<p>継続課題である。</p> <p>若干の修正をしたが、前回と同様の内容である。</p>

【第 3 回試行公募最終審査委員会による評価】

検討を継続すべきミッション。期待される科学成果、アウトカムの観点から評価できる。我が国の技術開発と国際貢献のために役立つ提案であるため、センサー小型化の技術開発プロジェクトとして検討を進めてはいかがか。

C