

# 経済安全保障重要技術育成プログラム 高感度小型多波長赤外線センサ技術の開発

## 中間評価（2022年度～2024年度） プロジェクト報告資料（公開版）

2025年2月20日

株式会社ジェネシア  
株式会社アイネット  
一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構  
住友電気工業株式会社  
浜松ホトニクス株式会社

# 中間評価委員会に係る評価基準

評価項目	評価基準
<b>評価項目 1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた研究開発課題の達成目標や内容の妥当性</b>	
1-(1) <u>研究開発課題の達成目標の妥当性</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、引き続き妥当な達成目標となっているか。</li> <li>達成度を判定できる明確な目標となっているか。</li> </ul>
1-(2) <u>知的財産・標準化戦略</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>成果の社会実装を見据えて、研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針が適切に策定されているか。</li> </ul>
<b>評価項目 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況</b>	
2-(1) <u>研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況（国内外との比較を含む）</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究開発構想における中間評価実施年度（2024年度）の目標を達成しているか。</li> <li>成果は国内外の競合技術と比較して優位性があるか。</li> </ul>
2-(2) <u>今後の見通し（多様な分野における実現可能性含む）</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究開発構想におけるアウトカム達成の見通しがたっているか。</li> <li>多様な分野における研究成果の活用が見込まれるか。</li> </ul>
2-(3) <u>指定基金協議会において合意された内容の進捗状況</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指定基金協議会で合意された内容について、取り組んでいるか。</li> </ul> <p>※進捗状況を評価すべき内容について該当が無い場合は、本項目は評価対象とはしない。</p>
<b>評価項目 3. マネジメント</b>	
3-(1) <u>実施体制の構築状況</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実施者は、事業遂行に十分な技術力及び事業能力を有しているか。</li> <li>適切な研究開発体制となっており、指揮命令系統及び責任体制は明確であるか。</li> </ul>
3-(2) <u>研究資金の効果的、効率的な活用</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究開発費は効果的、効率的に活用されているか。</li> <li>目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費（研究開発項目ごとの配分を含む）となっているか。</li> </ul>
3-(3) <u>国民との科学・技術対話に関する取組</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>展示会、学会発表、論文等の対外的な発表を適切に行っているか。（または行う予定であるか。）</li> </ul>

# 高感度小型多波長赤外線センサ技術の開発

(50億円を超えない範囲／6年)

## 背景

- **多波長赤外線センサ**はその観測波長帯域の広さと波長分解能性能により、鉱物資源探査、農林水産業の効率化、そして環境に過度な負荷を与えない持続可能な社会経済活動を行う上で、**従来のセンサでは得られない利用性の高い情報を収集することができる。**
- 多波長赤外線センサを構成する要素技術である**赤外線検出器**は、その熱源探知能力や暗視センサとしての活用により安全保障用途でも使用することができるため、**世界的に輸出規制が掛けられているものもある。**
- 本事業では、「**小型で大画素の赤外線検出器を国産化**」し、「**分光デバイス・光学系についても柔軟な波長帯選択ができ高感度・小型でセンサとしてシステム化できる**」技術レベルまで到達することを目指す。さらに**ドローンと小型衛星による地上・空・宇宙での実証を行い、空間分解能だけでなく時間分解能も向上した多波長画像を得る**ことで、幅広く民生利用と公的利用につなげる。

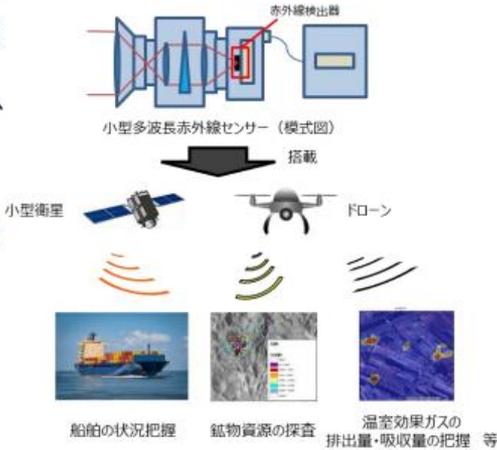
## 想定される利用ニーズ

- 民生利用分野ニーズに対応
  - 小型衛星・ドローンに搭載することで、時間分解能が高くユーザ・ニーズに応じた波長帯域を高感度に撮像した赤外画像が取得でき、利用用途として以下を見込む。
    - 温室効果ガスの高精度な空間分布、ブルーカーボンや泥炭地・森林バイオマスの実態等の環境計測データによる炭素クレジットへ展開
    - 重要鉱物資源探査に活用（例えば、ニッケルやコバルト等のレアメタル鉱床の発見）
- 経済安全保障分野のニーズに対応
  - 広い温度領域が計測可能である特徴を活かし、社会経済、安全保障のそれぞれの活動に必要なインテリジェンスを計測データから抽出することができるセンサとしての利用が期待される。

## 研究開発の内容

- 2026年度までに、赤外線を検知する「赤外線検出器」、分光してスペクトル画像を得る「分光デバイス」、及び「光学系」を開発する。
- 2027年度までに、これら要素技術を組合せ多波長赤外線センサとし、新たに開発する「小型衛星」、及び「ドローン」に搭載し、空間・波長分解能だけでなく時間分解能も高い多波長画像を取得する。多波長赤外線センサの性能は以下のとおり。

1. 検出できる赤外波長として1μm～5μmの広い感度波長域
2. 高いS/N比を維持しつつ、0.05nm～10nmの高い波長分解能、及び波長帯選択機能
3. 解像度として、衛星搭載の場合5m@swath 5km、ドローン搭載の場合5cm@swath 50mの高い空間分解能



## 想定スケジュール

～2023	～2024	～2026	～2027
システム設計	赤外線検出器 (小画素) 開発	赤外線検出器 (大画素)・分光デバイス・光学系統合しセンサ開発	多波長赤外線センサ 地上・空・宇宙実証

# 目次

- 0. 報告の要点 ..... 5
- 1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた  
研究開発課題の達成目標や内容の妥当性
  - 1-(1) 研究開発課題の達成目標の妥当性 ..... 10
  - 1-(2) 知的財産・標準化戦略 ..... 15
- 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況
  - 2-(1) 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 ..... 25
  - 2-(2) 今後の見通し ..... 32
  - 2-(3) 指定基金協議会において合意された内容の進捗状況 ..... 38
- 3. マネジメント
  - 3-(1) 実施体制の構築状況 ..... 41
  - 3-(2) 研究資金の効果的、効率的な活用 ..... 43
  - 3-(3) 国民との科学・技術対話に関する取組 ..... 46

# 本事業の概要

本事業は、**多波長赤外線センサ技術の要素技術の検討・開発**から、それらを組み合わせたセンサシステムの**技術実証**、そして、**アプリケーションの社会実装**という出口を見据えて、**戦略的かつ実用的なデータ解析プラットフォームの構築**を行うものである。

地球表面の土壌や植物、人工物体、それを覆う水や大気は、波長 1 $\mu\text{m}$  から 5 $\mu\text{m}$  にわたる赤外線波長域において、それぞれを構成する化学組成、状態、密度等に固有の吸収・反射・放射スペクトルを呈する。「多波長赤外線センサ技術」は**リモートセンシング技術を使って、複数の波長域での光強度比較をすることで、被写体の様相を把握する技術**を意味する。

(注：これはSWIR,MWIR,TIR相互という意味も含むが、たとえば SWIRに属する複数波長だけで足りるアプリケーションもある)

この技術は、環境監視や資源探査など将来の社会経済活動に必須であると同時に、不可視情報の可視化という特性上、安全保障における重要技術となっており、世界的に取引が制限されている。そこで本事業では、**世界水準の多波長赤外線センサ技術と観測データ等の取得や分析をする能力を日本として獲得すること**を目標に、次のとおり**国産の赤外線センサ技術の統括的な開発**を行う。

- ① 波長1~5 $\mu\text{m}$  域を分担してカバーする、低ノイズ高感度の赤外線検出器と、この波長域に適合する**分光デバイスとしてLVF(Linear Variable Filter)、LCFP(Liquid Crystal Fabry Perot Etalon)、LCTF(Liquid Crystal Tunable Filter)**、光学系を開発する。
- ① また、これらに読み出し回路と冷却システムを組み合わせた「**多波長赤外線センサ**」として統合する。
- ② 並行して開発する**ドローンや小型衛星に搭載して実際に多波長赤外画像を取得し、衛星用校正サイトやHISUIのデータをリファレンスとすることで、物理的な理解に立脚した大気放射伝達モデルを構築**する。

これらの知見は**赤外線分光計測に共通する基盤技術**であり、本事業で整備する解析・データプラットフォームに実装し、**継続的に公的・社会的な付加価値を引き出すべく、統合的なリモートセンシング環境**として整備する。**この観測技術の応用例**として、**熱帯泥炭地からのCO<sub>2</sub>放出量推定を掲げ、リモートセンシングデータから地下水位を推定するモデルの構築**等を行う。また、本技術を温室効果ガス取引きなどの市場活動とつなぎ、経済マーケットから外貨を獲得するための仕組み作りについても戦略的に検討する。

(注：本事業で開発されるいずれかのハードウェアが、特定のアプリケーションやビジネスと 1:1に特定の紐づくということではない)

研究開発構想の  
アウトカム目標に  
対応づけられる

研究開発構想の  
アウトプット目標に  
対応づけられる

研究開発構想の  
アウトカム目標に  
対応づけられる

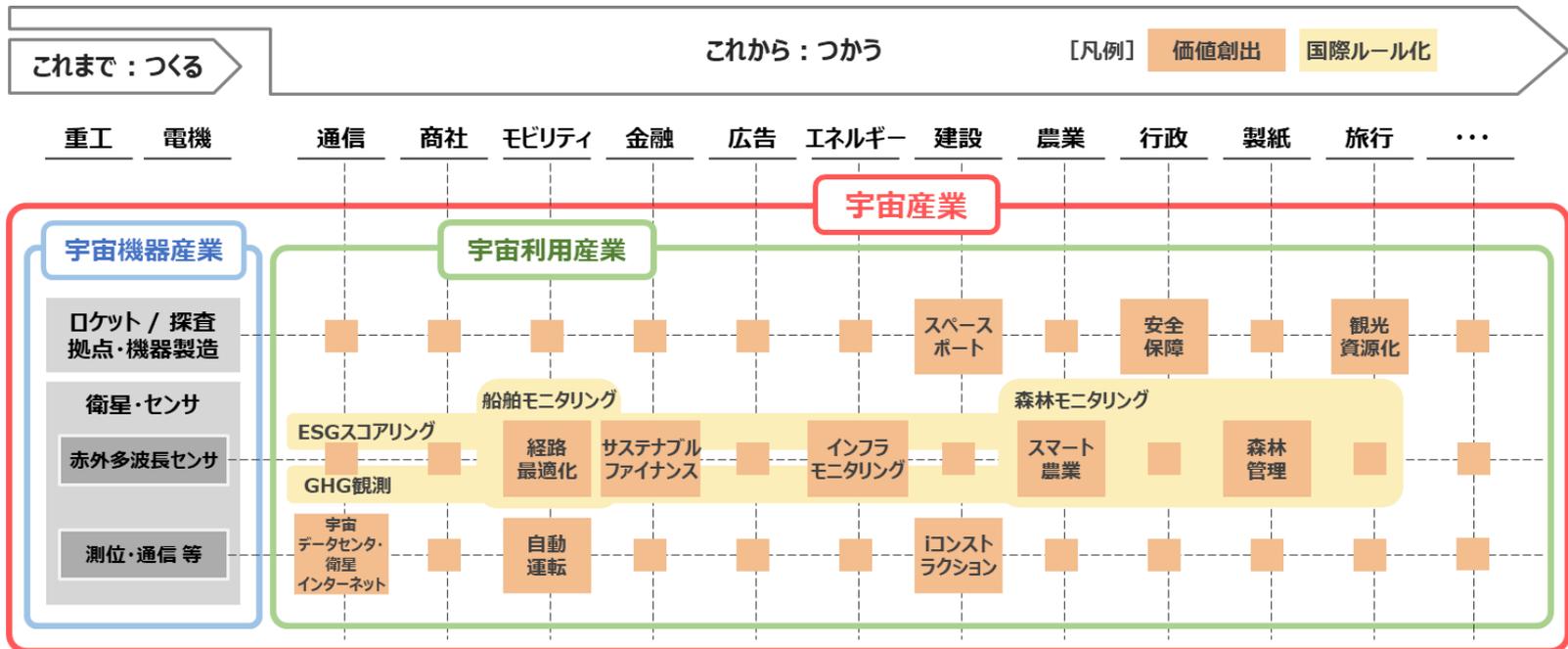
0. 報告の要点

# Kプロ多波長が俯瞰する、【目指すべき宇宙産業】の姿。

従来の概念によれば、宇宙産業といえば専ら「宇宙機器産業」のことを指していた。

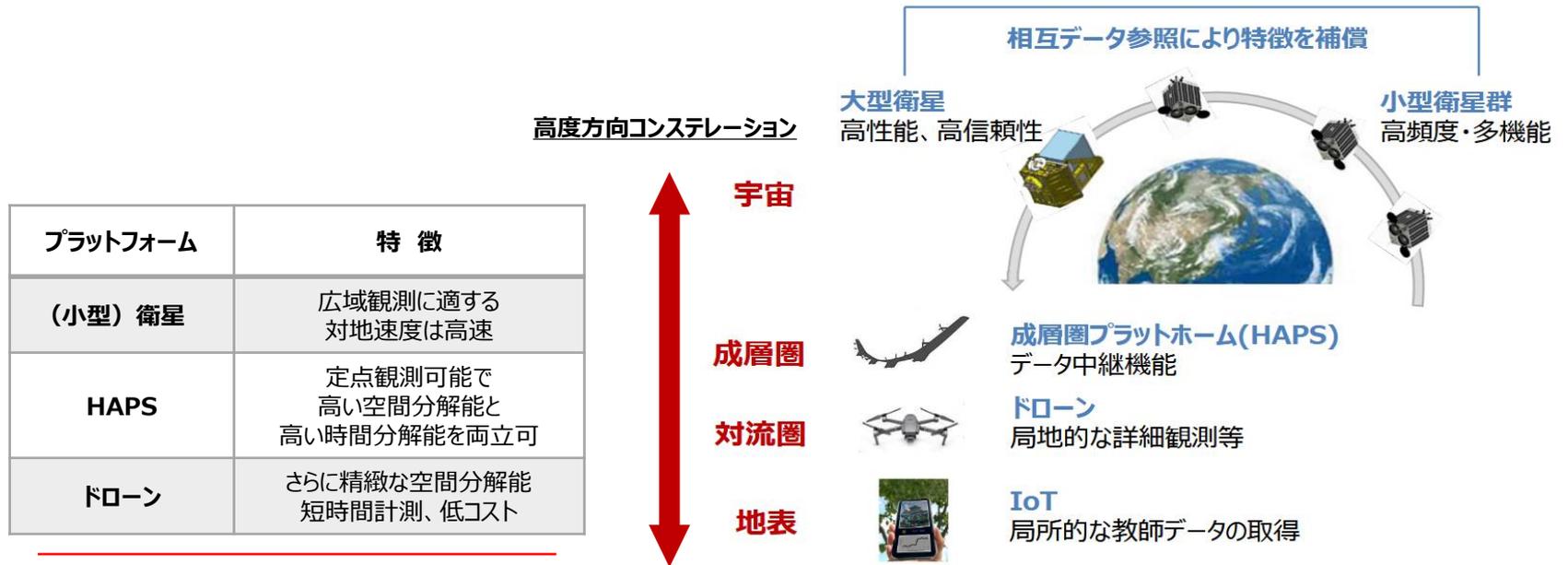
一方現代では、地上に住まう人々の安寧な生活を支え、あるいはビジネスを興隆させるための手段として宇宙機器産業を活用するという発想の転換が求められており、この点に着目した「宇宙利用産業」を意識することが肝要であると考えられる。

横軸に宇宙機器産業が生み出す社会的付加価値を取り、縦軸に地上で発展する各産業セクタが元来有する付加価値をとったとき、その交点には必ずや新しい産業が導かれるであろう。本事業は、宇宙機器産業と宇宙利用産業の総体からなる「宇宙産業」を新たな存在価値として見つめて、これを創出・発展させ得る、テンプレートを具体的に提示しようとしている。



# Kプロ多波長が想定するデータ取得プラットフォームのイメージ

前ページに記載した「宇宙産業」を充実たらしめるには、その価値創出と消費の場である「地表面における人の営み」に極力近づけたマイクロな世界と、地球全体を俯瞰するマクロな世界との統合を推進する必要がある。そのためには、宇宙軌道上の衛星コンステレーションのみならず、軌道高度方向のバーティカルなプラットフォームを連成させた、**高度方向コンステレーション**を構築し、そこに我が国が世界をリードする新技術を導入、これを活用する理学的アイデアを社会実装しながら「人の営み」から生まれる市場要求に応えられる経済価値循環の仕組みを構築する必要がある。本事業はこのことに着目して推進しようとしている。

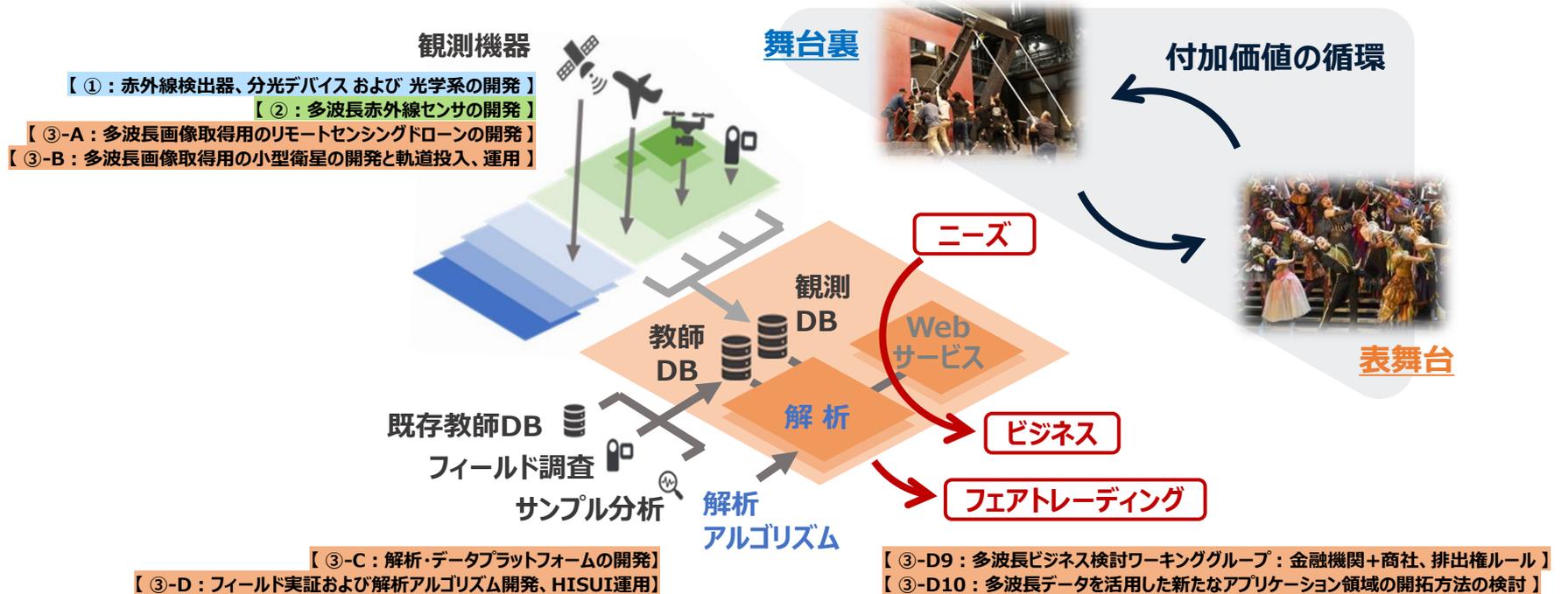


これらの組み合わせが、赤外観測データをベースとする新領域のビジネス創出や、安保ニーズを支えていく

0. 報告の要点

# 衛星データビジネスの、サステナブルな利益創出プラットフォームの構造

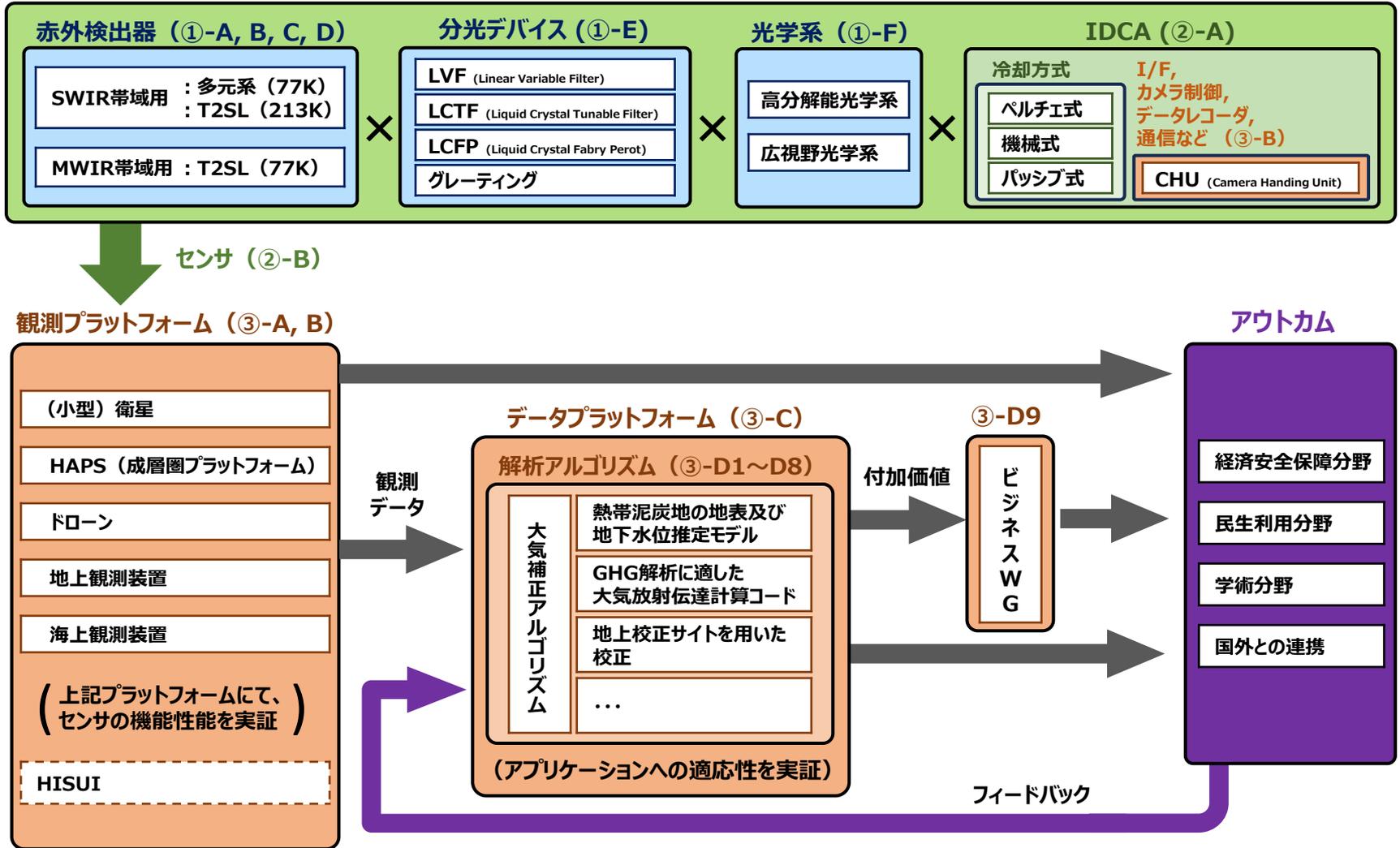
宇宙機器産業は、「地上に住まう人々の安全が保障され、安寧に経済を循環」させるための「裏舞台的な基礎基盤」ではあるが、現実には人々が生み出す経済価値は、宇宙軌道そのものではなく、あくまでも「表舞台としての地上」で生じ、消費されるものである。しかし現状において宇宙産業は、基礎基盤と価値創出・消費の循環および価値の分かち合いにおいて改善の余地がある。本事業は、赤外多波長をテーマとして、この点についての解を例示しようとしている。



社会的な各役割と本事業項目との関係

0. 報告の要点

# 本事業の全体像



## ＜評価項目 1＞

### 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた 研究開発課題の達成目標や内容の妥当性

#### (1) 研究開発課題の達成目標の妥当性

## 1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (1) 達成目標の妥当性

### 事業全体に渡る視点から

#### 【審査にあたっての評価基準について】

その評価基準に示されているとおり、  
評価項目1-(1)「研究開発課題の達成目標の妥当性」においては、国内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、引き続き妥当な達成目標となっているか、達成度を判定できる明確な目標となっているかを問われている。

#### 【本項記載にあたっての説明】

研究開発構想は、政府によって作成・記載されているものであるところ、当初からの研究開発構想に記載されたベンチマークが「国内外の技術動向、市場動向等を踏まえて引き続き妥当」であるかを実施者に明らかにするように求めているとの主旨と読み取れる。

するとこれは実質的には、事業開始年度から今年度末までの本事業における研究開発の実績に基づいて、事業者の立場で、研究開発構想における達成目標の妥当性について考察し、申告や提案、提言をするように求められているものと考えられる。

そこで事業者としてはこの視点にたって、研究開発構想に記載された「達成目標」についてアップデートされ得ると考えられる事項について抽出した結果を、次ページより示す。

# 1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (1) 達成目標の妥当性

## 事業全体に渡る視点から

評価基準：国内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、引き続き妥当な目標となっているか。達成度を判定できる明確な目標となっているか。

【アップデートされ得ると考えられる研究開発構想記載の達成目標】

### 1(2)/①/A/A に記載の“動作環境温度”

現 状 : 77K

改定案 : 77Kまたは77K以上において、センサS/Nが最大となる温度

理 由 : より高温環境において、より高いセンサS/N が得られることが好ましいため

参 考 : 77Kに特定する絶対的な理由がないため。世界の最新の潮流も、高温側に進んでいる。

赤外線検出器の動作環境温度は、伝統的に液体窒素温度である77Kが広く採用されてきているところ、これが採用される理由は、多元系の赤外線検出部なるデバイスの主たるノイズ要因である「暗電流」の程度が、動作環境温度に相関を持って下がっていくという実情に関連していた。現代においても、この事情は少なくとも多元系検出部については変化のないところ、一方では近年、国際的に発展がみられ、本事業においても住友電工が取り組んでいる Type2超格子(T2SL:Type 2 Super Lattice) 型の赤外線検出部においては、多元系検出部が 77Kで呈する暗電流の発生量と同等かそれよりも少ない程度の暗電流特性を示し、かつ77Kよりも高温側で受光感度のピークを示すという特性が認められる。

検出器の良質性は、暗電流も支配的要因となっているノイズレベル(N) と受光感度(S) との比率 S/N で評価されるのが妥当であり、この観点にたつならば77Kよりも十分に高温側で高いS/Nが発揮されることは技術的にも、応用製品への適性の観点からも好ましい。とりわけ、その温度が 200Kほどまで高まれば、77Kで動作をさせることに要する、たとえば液体窒素であるとか、メカニカルクーラー（機械式冷凍機）に代えて、ベルチェ型冷凍機のような小型で軽量、低動作電力で機械振動のないデバイスとの組み合わせを発揮できる可能性が高まり、これは本事業で創出される赤外線検出器の機能性能と向上や、技術面およびビジネス面に国際競争力を高めることとなる。

ただし、そうであっても、77Kを否定することまでは要しない。

### 1(3)/②/U に記載の“動作環境温度”

現 状 : 77Kで動作できること

改定案 : 77Kまたは77K以上で、センサS/Nが最大となる温度

理 由 : より高温環境において、より高いセンサS/N が得られることが好ましいため

参 考 : 上記記載に同様

1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (1) 達成目標の妥当性

事業全体に渡る視点から

評価基準：国内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、引き続き妥当な目標となっているか。達成度を判定できる明確な目標となっているか。

【アップデートされ得ると考えられる研究開発構想記載の達成目標】 (前ページからの続き)

1(3)/①/ウにおける計測環境温度に関する記載

- 現 状 : “77Kで動作をさせたとき、1ミリ秒の露出時間において”  
“77K動作にて毎秒100フレーム以上のフレームレートで駆動したとき”
- 改定案 : “77Kまたは77K以上においてセンサS/Nが最大となる温度で動作をさせたとき、1ミリ秒の露出時間において”  
“77Kまたは77K以上においてセンサS/Nが最大となる温度で、毎秒100フレーム以上のフレームレートで駆動したとき”
- 理 由 : 基本的に前項同様。  
ここでは77Kという温度自体に意味があるのではなく、これは実験的に実現しやすい液体窒素温度まで動作環境温度を低減させることで赤外線センサの S/Nを最善に整えやすいとの伝統的な概念によるものに基づいていると察せられる。  
しかしながら、近年のT2SL型素子は 最善のS/Nを得られる動作温度が 77Kよりも高温側であることも多く、試験条件を改定案記載のとおりとすることが合理的である。  
そのうえで、当該の S/Nについて(77Kを最適動作温度とする)競合のセンサと比較することが望ましいため。

1(2)/①に記載の“解像度”、1(2)/①/ウ/Aに記載の“空間分解能”、1(3)/②/ウに記載の“空間分解能”

- 現 状 : 5m
- 改定案 : 10m以下
- 理 由 : ポテンシャルユーザへのインタビューより、技術的トレードオフ関係にある解像力と S/N の関係を鑑みる時、分光イメージングにおいては空間解像力を 5m 限定することは好ましくなく、むしろ 10m程度にまで緩和する結果として S/Nを 2 倍余計に確保することが望ましいのではないかと等との意見が多いため。これはとりわけ、海洋観測であるとか、森林や泥炭地観測であるとか、CO2を大量に排出する船舶や工場の観測において顕著なアプリケーション上の要請であると認識される。しかしながら、観測対象物のアルベドが十分に高い場合には引き続き、必要十分な S/Nを確保したうえで、5m 程度の空間解像度が適当とされる場合も十分に考えられるので、これを一義的に特定するのではなく、アプリケーションによって変更できる余地を残した規定とすることで、事業競争力や、多様な安保事案等に柔軟に対応しやすくなり、好ましいと考えられるため。

# 1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (1) 達成目標の妥当性

## 事業全体に渡る視点から

評価基準：国内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、引き続き妥当な目標となっているか。達成度を判定できる明確な目標となっているか。

【アップデートされ得ると考えられる研究開発構想記載の達成目標】 (前ページからの続き)

### 1(2)/①/ウ/B に記載の“瞬時視野の広さ”、1(3)/②/ウ に記載の“瞬時視野の広さ”

現 状 : 500m × 500m

改定案 : 250m × 250m (飛行高度 150mにおいて)

理 由 : 本項は、ドローンに搭載して地表を観測するセンサに関するものであるところ、ドローン高度に依存して変化する瞬時視野の広さの規定について飛行高度の特定のないままに、瞬時視野が単独で規定されていた。このことについては、航空法における特段の許可のない場合の飛行高度上限である150m と、その代表地を明示的に規定し、このとき視野内で 2画素を超えない歪曲収差量を実現できことが設計計算として確認済である全面角 80°と想定して、上記のとおり規定することが好ましいと判断できるため。ただし、係る航空法の規定によらず、飛行高度を 300m とみなすことを暗示的であれ、可とするのであれば、あえてアップデートしないという判断もあり得る。

### 1(2)/①/3 に記載の“解像度”と Swath、1(2)/①/ウ/A に記載の“空間分解能”、1(3)/②/ウ に記載の“空間分解能”

現 状 : 5cm@swath 50m

改定案 : 3cm@ swath 30m (飛行高度 150mにおいて)

理 由 : 本項は、ドローンに搭載して地表を観測するセンサに関するところ、ドローン高度に依存して変化する解像度と swathの規定について飛行高度の特定のないままに、規定されていた。そこで、航空法における特段の許可のない場合の飛行高度上限である150m と明示的に規定し、このとき 3cm@ swath 30m と再定義することを提言する。ただし、係る航空法の規定によらず、飛行高度を 250m とみなすことを暗示的であれ、可とするのであれば、本定義についてあえて変更なしとの判断もあり得る。

### 1(3)/①/ウ に記載の、“デジタルアウトプット型のROIC”

現 状 : “赤外線受光部およびADコンバータ付きのデジタルアウトプット型のROIC…” との記載

改定案 : “赤外線受光部およびROICとADコンバータを組み合わせた赤外線検出器…”

理 由 : オリジナルの記載は、低温環境におかれるROICに必ずADコンバータを内蔵すべきと限定した表現とみなされ得るところ、現実には、低温部ROICに常温部ADコンバータが一体として提供されるとしても問題はない。むしろADコンバータは常温部におくほうが安定動作を期待することができる。また、ADコンバータまでがROICと整合良くひとつのシステムとして提供されるのであれば、機能的にROIC本体にADコンバータが内蔵されているのと同様の扱いを、赤外線検出器ユーザは為すことができる。これらのことから、過度な制約を課しているとも解釈されかねない懸念される現行の表現はアップデートすることが望ましい。

**<評価項目 1>**  
**研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた**  
**研究開発課題の達成目標や内容の妥当性**

(2) 知的財産・標準化戦略

## 1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (2) 知的財産・標準化戦略

### コンソーシアム全体に適用される共通の指針

評価基準：成果の社会実装を見据えて、研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針が適切に策定されているか。

#### 【知的財産に関する取扱い】

成果の社会実装を見据えて、本事業の研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針は、「研究開発成果取扱い方針及び取扱い等報告書」（2023年10月12日）にあるとおり全実施者共通に、下記の通り策定している。

##### 権利化すべき成果：

本件開発項目に関わる差別化の源泉とされる成果のうち、将来に渡り保護が必要とされるものであって、権利侵害を受けた場合に何らかの手段にて侵害された現物からそれを検知可能なものとする成果について、その対象とする。

##### 秘匿化すべき成果：

本件開発項目に関わる差別化の源泉とされる成果のうち、権利化しない成果および成果を創出した製品について、成果を創出した者および成果を利用する関係者限りのノウハウとして秘匿する。

##### 公表すべき成果：

本件開発項目に関わる研究成果のうち、とくに社会に告知あるいは還元すべき成果は、論文や公刊等の手段により広く公開し、成果のより良い進化、より深い発展を目指す。

#### 【標準化戦略】

コンソーシアム全体に適用される共通の標準化戦略は定めていない。

注記1) NEDO殿文書「NEDOプロジェクトにおけるデータマネージメントに係る基本方針（29年度新エネ技戦032201号）」に基づいて、各委託先からNEDO殿に差し入れをしている“データマネージメントプラン”が存在しているところ、その細目に関する表記は省略する。

注記2) 事業者の合意に係る上記合意の他、独自の方針等も有する組織については、次のページ以降に組織単位に、その内容について示す。

## 1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (2) 知的財産・標準化戦略

### 浜松ホトニクス

評価基準：成果の社会実装を見据えて、研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針が適切に策定されているか。

#### 事業項目：①-AH「赤外線受光部の材料成長、成膜技術の開発及び材料選定(多元系)」

当事業内の試作結果より取得した赤外線フォトダイオード（InGaAs および InAsSb）を作成するためのエピウエハ設計データについては、これを当社内で秘匿する。この方針はデータマネジメントプランで規定している。この方針については、事業化に向けて市場の競争力を確保するため、必要であると考え。ただし、安全保障の関係上、特に重要と考えられる点については特許出願をしていくこととする。

#### 事業項目：①-BHc「64x64画素の赤外線受光部の試作(多元系)」

当事業内の試作結果より取得した赤外線フォトダイオード（InGaAs および InAsSb）を作成するためのウエハプロセス条件については、これを当社内で秘匿する。この方針はデータマネジメントプランで規定している。この方針については、事業化に向けて市場の競争力を確保するため、必要であると考え。ただし、安全保障の関係上、特に重要と考えられる点については特許出願をしていくこととする。

#### 事業項目：①-BH2「64x64画素の試験用ROICの試作(多元系)」

当事業内で検討する、低温動作、低消費電力、高速駆動、デジタル出力を実現するためシミュレーションによって得られた読出し回路（ROIC）データとその回路の情報、および、64x64画素試作を行うにあたり赤外線フォトダイオードとROICを接合するための接合装置ならびに接合条件は、これを当社内で秘匿する。また、事業内で試作したセンサより取得された特性データは、プロジェクト参加者間のみで共有・利活用する。これらの方針はデータマネジメントプランで規定している。この方針については、事業化に向けて市場の競争力を確保するため、必要であると考え。ただし、安全保障の関係上、特に重要と考えられる点については特許出願をしていくこととする。

## 1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (2) 知的財産・標準化戦略

### ジェネシア

評価基準：成果の社会実装を見据えて、研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針が適切に策定されているか。

事業項目：①-E「分光デバイスの開発」

事業項目：①-F「光学系の開発」

#### 【社会実装の方針】

本事業により開発される分光デバイスや光学系が、様々なアプリケーションに適用され、社会的価値の創成に寄与できるように貢献することは肝要である。本事業で開発される分光デバイスをカメラシステムとして組み付けてシステム化することが検討されるほか、分光デバイス単体として供給を求められることも考えられる。いずれの場合であれ、安全保障ルールに適合する限り、より広く、深く社会実装されるべく必要とされる判断を適切に行っていく方針である。

#### 【権利化】

基本的に、コンソーシアム全体に渡る合意事項どおりと考えている。

#### 【標準化戦略】

- 一般の可視光学系においては、“〇〇マウント”などと称する機械的I/Fについて標準化が進んでいる。
- 赤外分野においては、米国系の赤外カメラメーカーの独自マウントが事実上の標準とみなされており、サードパーティ品もこれに準拠していることが多い。
- このことに鑑みてジェネシアとして、現状においては光学ハードウェアについて、独自の標準化戦略までを策定してはいない。今後必要に応じて検討する。
- 一方で、赤外アプリケーションごとに光学系を独自開発しようとする顧客の増加を見据え、それらに伴う技術的な仕様策定段取りについては標準的段取りを提示していく必要を感じている。しかしまだ、具体的なアプローチにまで踏み出せていない状況。

#### 【秘匿化・公表】

デバイスあるいは光学系に関する設計パラメータについては基本的に非開示の方針。光学特性については設計計算値または実測値で対応する。ただし、科学系研究者の場合は、その研究テーマによって設計パラメータの開示を必要とする場合がある。この場合はNDAを締結のうえ開示を検討する。

## 1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (2) 知的財産・標準化戦略

### AstraSens

評価基準：成果の社会実装を見据えて、研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針が適切に策定されているか。

#### 事業項目：②-A「IDCA (Integrated Detector Cooler Assembly) の開発」

##### 【社会実装の方針】

本事業により開発される赤外線検出器が様々なアプリケーションに適用され、社会的価値の創成に寄与できるように貢献することは肝要である。IDCAの開発は、赤外線カメラや計測機を開発しようとする誰にでも簡単に為せることではない。AstraSensとしては、それらカメラシステム等を立ち上げようとする事業者を代表して、本件実施しているものと自覚している。

- 安全保障ルールを順守しながら、本事業により開発した成果に対して積極的に社会実装を図る方針である。
- IDCA (ICHU含む) とシステム機器との電氣的I/Fには、すでに国際標準化されているSpaceWireの採用を図る方針。随伴する独自のカメラI/F、データレコーダ仕様についても、既設の国際標準への準拠および拡張を図っていく方針。拡張にあたっては、国内外の衛星事業者、ドローン事業者、大学や機関、その他、ポテンシャル・ユーザ等へのインタビューを行うなどして、社会基盤として実効性のあるシステムの成立に向けて努力する方針。

##### 【権利化】

- 独自に定める機械的、熱的、電氣的I/F等について、知財保護の観点のみならず、標準化する規格の侵害排除のため、知財化について専門家等とも相談のうえ適切に取り扱っていく。
- 知財化した規格については、その内容ごとに、有償・無償のライセンス条件を検討する。
- 量産化を希望する企業等があれば協議に応じる。

##### 【秘匿化・公表】

- IDCAの内部情報については、基本的に秘匿する。  
しかし内部情報がユーザ固有の業務に不可欠と判断されれば、NDAを締結のうえで、開示することを検討する。

## 1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (2) 知的財産・標準化戦略

### 仙台高等専門学校

評価基準：成果の社会実装を見据えて、研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針が適切に策定されているか。

事業項目：①-E2「分光デバイスLCFP(Liquid Crystal Fabry Perot Etalon)設計および計測評価」

事業項目：①-E3S「分光デバイス LCTF(Liquid Crystal Tunable Filter)の開発」

仙台高等専門学校においては本事業の実施者共通に約定されている「本事業の研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針」に加え、下記に示す規則や要領にも準拠することとしている。

■ 独立行政法人国立高等専門学校機構受託研究実施規則

(独立行政法人国立高等専門学校機構規則第47号)

- ・ 第3条第2項五、七、八
- ・ 第10条
- ・ 第12条

■ 仙台高等専門学校受託研究取扱要項

(標準様式) 受託研究契約書

- ・ 第1条
- ・ 第3条
- ・ 第22条
- ・ 第23条

本事業において仙台高専が担当するプロダクト(LCTF, LCFP) は、それ自体の外販を目指すものでなく、分光カメラに組み込んだ状態として社会実装されていく。このことに鑑みて、両プロダクトに関する標準化戦略をとるのではなく、むしろ適切に知財化することと定めるか、またはノウハウとして秘匿する方針。

1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (2) 知的財産・標準化戦略

東京科学大学

評価基準：成果の社会実装を見据えて、研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針が適切に策定されているか。

事業項目：③-B1「多波長画像取得用の小型衛星仕様の検討ワーキンググループ」

【社会実装の方針】

本事業は様々な観測プラットフォームを総動員した多波長観測ネットワークを実現することが目的であり、衛星バスはその手段の一つである。このため、本事業で検討した衛星の仕様は、適切な契約の下で公開し、多くの企業がペイロードを提供できるようにする。

【権利化】

- 衛星の仕様自体は衛星事業者との合意の下でライセンス化を検討する（標準化戦略）  
量産化を希望する企業等があれば協議に応じる。

【秘匿化・公表】

- ミッション要求はユーザーの観測ノウハウであるため秘匿化する。
- ミッションからシステムへの要求、各種IF情報（ICD）は適切な機密保持契約の下で公開する。

事業項目：③-B2「赤外線センサ搭載衛星の開発と打ち上げ、運用」

【社会実装の方針】

本事業で開発した赤外線センサが広く世界で利用されることが目標であり、本センサの利用を希望する事業者が円滑かつスピーディに宇宙機を開発できる様に、オープンな知財戦略（標準化戦略）を目指す。

【権利化】

ホステッドペイロード（特にデータレコーダから赤外線センサまで）の搭載環境情報、フライトソフトウェア・解析アルゴリズム、運用（撮影）方法、取得データ等を権利化する。

【秘匿化・公表】

- フライトソフトウェア・運用（撮影）方法・解析アルゴリズムは観測ノウハウに直結するため秘匿化する。
- 搭載環境情報や取得データ等は、衛星事業者との合意の下、外為法の範囲内で公表する。

1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (2) 知的財産・標準化戦略

一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構

評価基準：成果の社会実装を見据えて、研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針が適切に策定されているか。

- 事業項目：③-D1「熱帯泥炭地の地表及び地下水位推定モデルの研究開発」
- 事業項目：③-D2「HISUIデータとドローン搭載センサが創出する画像の対応づけ」
- 事業項目：③-D10「多波長データを活用した新たなアプリケーション領域の開拓方法の検討」

- 弊機構は、公共性の高いプロジェクトの研究開発・利用実証を主たる事業として実施しており、研究開発成果を用いた収益事業は実施していない。
- 本事業のコンソーシアム間で定められている、“Kプロ事業に関する知的財産合意書”の規定に準拠する。
- なお、研究開発の成果について、必要に応じて特許を取得するなど産業財産として資産化する手続きスキームは有している。

# 1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (2) 知的財産・標準化戦略

## 山口大学

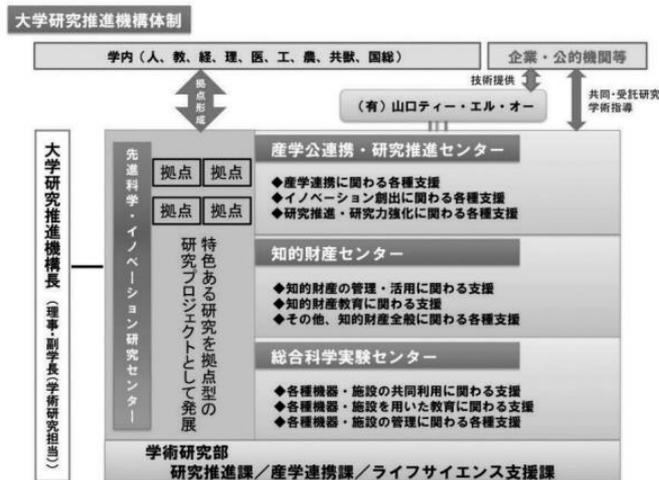
評価基準：成果の社会実装を見据えて、研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針が適切に策定されているか。

### 事業項目：③-D5「軌道投入された多波長赤外センサの、地上校正サイト構築および校正手法に関する研究」

山口大学は大学研究推進機構を有し、産学連携に関わる各種支援、研究推進・研究力強化に関わる各種支援、知的財産管理・活用に関わる支援等、研究代表者の研究活動を支援する体制を構築している。また、大学研究推進機構では、広報室、国際交流課や人事課等、他部署とも連携をして様々な方面から研究代表者の活動を支援する。

特に、山口大学は知的財産センターを有しており、知財教育の専門教員に加え、研究成果の知財化を担当するディレクタが研究分野ごとに配属されており、その知財ディレクタが発明の相談、知財の発掘を行い、知的財産審査委員会の審査を経て出願・管理を行っている。また、産学連携課研究契約係が、受託研究や共同研究等の契約業務を行っている。

本事業では、山口大学以外の機関に属する研究者の参加により、外部研究者が発明に関与したと認められる場合が想定されるため、本事業の契約時には、知的財産センターが、産学公連携・研究推進センターと協力して、権利化の基本方針の取り決め等を支援する。



1. 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた達成目標や内容の妥当性 (2) 知的財産・標準化戦略

北海道情報大学

評価基準：成果の社会実装を見据えて、研究開発成果の権利化／秘匿化／公表等の取扱い方針が適切に策定されているか。

事業項目：③-D8「LCTF搭載型分光カメラの運用技術開発および、これを用いて取得した多波長データ解析技術の研究」  
研究開発成果の取扱い方針は、本学の「受託研究取扱規程」に基づいている。

## <評価項目2> 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況

(1) 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況（国内外との比較を含む）

## 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (1) 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (国内外との比較を含む)

### 事業全体に渡る視点から

評価基準：研究開発構想における中間評価実施年度（2024年度）の目標を達成しているか。成果は国内外の競合技術と比較して優位性があるか。

本事業における研究開発構想には、中間評価実施年度(2024年度)における外部評価用のサクセスクライテリアとして

- 64×64画素程度の受光部を持つ小規模検出器が製作され、1000×1000画素赤外線検出器の実現可能性が確認されていること
- 分光デバイス、光学系においても実現可能性が確認されていること

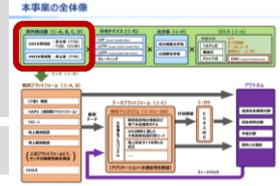
と記されている。

上記に関する実現性検討の概要を次ページ以降に示す。

## 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (1) 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (国内外との比較を含む)

### 「研究開発項目① 赤外線検出器、分光デバイス及び光学系の開発」

担当：浜松ホトニクス, 住友電工



評価基準：研究開発構想における中間評価実施年度（2024年度）の目標を達成しているか。成果は国内外の競合技術と比較して優位性があるか。

研究開発構想の 1. (3)「事業の内容」「研究開発項目① 赤外線検出器、分光デバイス及び光学系の開発」「ウ. 達成目標」には次のような規定が示されている。

2024年度までに、ADC分解能が12ビットであり画素サイズが64×64画素級の赤外線受光部およびADコンバータ付きのデジタルアウトプット型のROICを試作し、これを組合わせた赤外線検出器を完成させて、その受光波長域において感度が1.2A/W以上(感度ピーク波長が2μmの場合)あるいは1.5A/W以上(感度ピーク波長が4μmの場合)であることを確認する。また、この赤外線検出器を77Kで動作させたとき、1ミリ秒の露出時間において入力換算雑音電力(NEP)を計測する。受光波長帯が2μmよりも長波長側となる受光部試作品については多元系光半導体による受光部とT2SLによる受光部との間で上記データの比較を行い、その後の画素拡大版に発展させるべき材料および構成を特定する。さらに、77K動作にて毎秒100フレーム以上のフレームレートで駆動したときの光・熱・電気的特性を評価し、1000×1000画素への展開したときの課題及びその対策に関して整理し、本研究開発で目標とする赤外線検出器の実現可能性を確認する。(TRL3相当：コンセプト実証のための機能モデル) 」

研究開発構想の 2. (3)【アウトプット視点】「(ア)フルサクセス (中間評価 ①) (2024年度)」に設定された外部評価用のサクセスクライテリア

重要要素技術である赤外線検出器において、64×64画素程度の受光部をもつ小規模の検出器が製作され、必要な機能・性能及び諸特性の計測が行われて本研究開発で目標とする1000×1000画素の赤外線検出器の実現可能性が確認されていること。

#### ①-A,B：赤外線検出器の開発

ADC分解能が12ビットであり画素サイズが64×64画素級の赤外線受光部（多元系受光部および T2SL型） およびADコンバータ付きのROICを試作し、これを組合わせた赤外線検出器を完成させた。動作試験の結果、受光波長範囲、受光感度はともに達成目標を満たした。また指定された試験条件において性能特性を計測できた。2024年度に達成すべき、研究開発構想上のサクセスクライテリアにおいて【フルサクセス】として評価できる。

多元系およびT2SL型の特性比較結果は次のとおり（実測値は省略）。

感度（77Kにおいて）：

SWIR帯域(受光波長域 1.0μm～ 2.5μm)用の検出器については 多元系のほうが高かった。

MWIR帯域(受光波長域 2.0μm～ 5.0μm)用の検出器については T2SL型の方が高かった。

入力換算雑音電力(NEP)（露出時間1ミリ秒）：

SWIR帯域(受光波長域 1.0μm～ 2.5μm)用の検出器については、多元系(77K) よりも T2SL(213K)のほうが低かった

MWIR帯域(受光波長域 2.0μm～ 5.0μm)用の検出器については、多元系(77K) よりも T2SL( 77K)のほうが低かった

赤外線検出器の性能指標の1つである D\* (比検出能力) は性能が良いほど大きな値を取る。

本事業開発品は既存の国内外製品と比較して D\* が1桁程度以上高い結果であった。

D\*：センサ受光部面積1cm<sup>2</sup>あたり、信号帯域幅1Hzあたりの検出能

$$D^* = \frac{\sqrt{A \cdot \Delta f}}{NEP} \quad \left[ \frac{\text{cm} \cdot \sqrt{\text{Hz}}}{\text{W}} \right]$$

A：素子受光面積 [ cm<sup>2</sup> ]  
 Δf：増幅器の帯域幅 [ Hz ]  
 NEP：Noise Equivalent Power

上記評価に加え、77K動作にて毎秒100フレーム以上のフレームレートで駆動したときの光・熱・電気的特性を評価した。1000×1000画素に展開する材料と構成の特定、およびこのフォーマットに展開した際の課題及びその対策については別記。

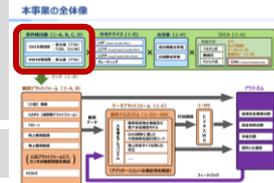
#### 特記事項：

T2S型のSWIR検出部は77Kはより高温側であり機械式冷凍機でなくペルチェ冷却が可能な213Kにおいて高感度・低雑音を示した。この特性は近年の国際的な先端市場で注目を集める、“HOT Core型”の特性を発揮しているといえ、最新の市場ニーズへの高い適合性を示すものと評価できる。

## 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (1) 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (国内外との比較を含む)

### 「研究開発項目① 赤外線検出器、分光デバイス及び光学系の開発」

担当：浜松ホトニクス, 住友電工



評価基準：研究開発構想における中間評価実施年度（2024年度）の目標を達成しているか。成果は国内外の競合技術と比較して優位性があるか。

研究開発構想の 1. (3)「事業の内容」「研究開発項目① 赤外線検出器、分光デバイス及び光学系の開発」「ウ. 達成目標」には次のような規定が示されている。

2024年度までに、ADC分解能が12ビットであり画素サイズが64×64画素級の赤外線受光部およびADコンバータ付きのデジタルアウトプット型のROICを試作し、これを組合わせた赤外線検出器を完成させて、その受光波長域において感度が1.2A/W以上(感度ピーク波長が2μmの場合)あるいは1.5A/W以上(感度ピーク波長が4μmの場合)であることを確認する。また、この赤外線検出器を77Kで動作させたとき、1ミリ秒の露出時間において入力換算雑音電力(NEP)を計測する。受光波長帯が2μmよりも長波長側となる受光部試作品については多元系光半導体による受光部とT2SLによる受光部との間で上記データの比較を行い、その後の画素拡大版に発展させるべき材料および構成を特定する。さらに、77K動作にて毎秒100フレーム以上のフレームレートで駆動したときの光・熱・電气的特性を評価し、1000×1000画素への展開したときの課題及びその対策に関して整理し、本研究開発で目標とする赤外線検出器の実現可能性を確認する。(TRL3相当：コンセプト実証のための機能モデル) 」

研究開発構想の 2. (3)【アウトプット視点】「(ア)フルサクセス (中間評価 ①) (2024年度)」に設定された外部評価用のサクセスクライテリア

重要要素技術である赤外線検出器において、64×64画素程度の受光部をもつ小規模の検出器が製作され、必要な機能・性能及び諸特性の計測が行われて本研究開発で目標とする1000×1000画素の赤外線検出器の実現可能性が確認されていること。

#### ①-A,B：赤外線検出器の開発 (続き)

SWIR、MWIR のそれぞれについて1000x1000画素検出器に向けて発展させる受光部構成の選定を行った。

**SWIRは、多元系を採用する。**

研究開発構想における 77K動作要件を満たしている。受光部製作者（浜ホト）がROICも製作することから**受光器全体を国産化**でき安保上好ましい。

**MWIRは、T2SLを採用する。**

感度および暗電流の両面においてより高いS/Nを得られている。本事業については**受光部製作者（住電）に対して浜ホトが国産の専用ROICを供給**する。

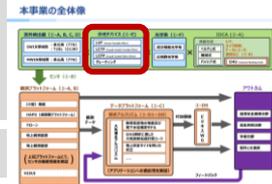
**注）** SWIR波長域において、T2SLは、研究開発構想が要求する 77Kにおける動作を達成できていない。しかし 213Kにおいて多元系の77K動作に迫るピーク感度を実現しており、かつ、高温動作にも関わらず77K動作の多元系受光部の半分しか暗電流を発生しておらず、カメラシステムとして完成させるにあたり、技術的に好ましい。最近の**国際的動向として、検出器のクーリングをより簡便に行え、冷却電力を抑制できる高温動作品が好まれてきており、SWIR用T2SLはこの流れに整合している。**

研究開発構想は 77K動作を要求しているが、これは「低温で動作させるほど、暗電流密度を低減できる傾向がある」との従来概念によるものと察せられる。ただし、この概念をT2SLにそのまま適用することは好ましくないと判断できる。T2SLは、より高温環境において S/N比に対応づけられ得る “感度/暗電流”比 を得られることが明らかとなったからである。この主旨から本事業として、SWIR用T2SLについても開発を継続することが望ましいと整理した。これについては、総事業予算の範囲でやりくりするが、リソース全体の制約から、ROICは既成の海外製の中規模フォーマット(640x512画素)を前提とせざるを得ないと考えている。

## 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (1) 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (国内外との比較を含む)

### 「研究開発項目① 赤外線検出器、分光デバイス及び光学系の開発」

担当：ジェネシア



評価基準：研究開発構想における中間評価実施年度（2024年度）の目標を達成しているか。成果は国内外の競合技術と比較して優位性があるか。

研究開発構想の(3)「事業の内容」の、研究開発項目①「赤外線検出器、分光デバイス及び光学系の開発」には2024年度に向けた規定は示されていない。

研究開発構想 2(3)【アウトプット視点】(ア) フルサクセス（中間評価 ① 2024年度）に設定された外部評価用のサクセスマイラリア 分光デバイス・光学系においても実現可能性が確認されていること。

#### ①-E1：LVF (Linear Variable Filter) の開発

高い輝度分解能を獲得に重点を置くデバイスである。単一のエリア型赤外線検出器に対する対応波長幅が広い画期的なLVFを、SWIRおよびMWIR域向けに実現することを見込んでいるのは世界的に見ても本事業のみとみられる。海外製品は事実上ライセンスにのみ対応。本事業開発品は海外競合と比較して、フィルタ面の位置に対する透過波長勾配を5～10倍急峻に設定できている点で画期的。競争力あるデバイスを完成させるために特徴ある専用の蒸着機を導入。

大気の水蒸気由来の透過波長シフトを排除した条件でバンドパスフィルタの成膜と1次評価を完了。その特性がLVF成膜に進むことのできる品位であることをこれまでに確認できている点で目標を達成できており、また国際的な技術優位性・マーケット優位性の高さを確認できているといえる。

2024年度中に最初のLVF試作品を製造する。製品性能の検査技術においてLCFP用に構築したノウハウを活かせることも確認できてきた。事業の開発速度の加速を見込める状況。

#### ①-E2：LCFP (Liquid Crystal Fabry Perot Etalon) の開発

波長分解能 $R=30000$ にも達する高い分散デバイスである。メタン検出と比較して圧倒的に難度の高い $CO_2$ の大気中の分布濃度計測を、宇宙軌道上から高度方向にも計測可能とする世界的にも未踏のチャレンジに適合する。海外メーカーにKプロ仕様を焼きなまして開発・製造可否を照会した際、“まったく無理、非常識”との回答があった内容について本事業では2024年までに試作を完了している。現状において設計想定どおりに波長間隔で櫛歯状の透過特性を得られていること、ならびに印加電圧に対応した波長スキャンが想定どおりに行えていることを確認できていることから実現可能性が確認できており、目標を達成したといえる。詳細な特性計測に必要な測定器具は整った。光学特性試験と耐放射線性試験を2024年度中に完了見込み。

#### ①-E3：LCTF (Liquid Crystal Tunable Filter) の開発

観測対象にあわせて透過波長とバンド幅を電子的にチューニング可能な世界に類をみない独自の分光フィルタである。本事業ではSWIR全域に渡る適応を目指している。これまでに波長 $2.5\mu m$ までを透過する液晶セルの設計と製作を完了できたこと、当該セルの実測の光学特性を前提としたバンド幅 $10nm$ (@波長 $2\mu m$ )のLCTF設計を完了できたこと、さらにはバンド幅の変要素を組み込んだ設計指針も確保できたことより目標を達成していると確認できている。取得済の知財権にも守られて、他に類をみない赤外LCTFを実現できる国際的に圧倒的に優位な状況にある。

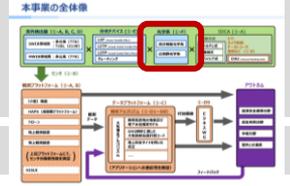
#### ①-F3：グレーティング分光光学系の開発

SWIR用について光学系の後段に Cold Stopを配置できる超小型の赤外域用のグレーティング分光器の設計まで完了できており、目標を達成できている。コンベンショナルな透過グレーティングを用いた赤外用として世界最小サイズ級。2024年度中に試作を完了させ、既成のSWIRカメラ(波長 $1\sim 2.5\mu m$ )との結合試験を実施する。MWIR用は、2024年度中に設計完了させ、実現性の確認を完了させる。

## 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (1) 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (国内外との比較を含む)

### 「研究開発項目① 赤外線検出器、分光デバイス及び光学系の開発」

担当：ジェネシア



評価基準：研究開発構想における中間評価実施年度（2024年度）の目標を達成しているか。成果は国内外の競合技術と比較して優位性があるか。

研究開発構想の(3)「事業の内容」の、研究開発項目①「赤外線検出器、分光デバイス及び光学系の開発」には2024年度に向けた規定は示されていない。

研究開発構想 2(3)【アウトプット視点】(ア)フルサクセス（中間評価①2024年度）に設定された外部評価用のサクセスクラITERIA  
分光デバイス・光学系においても実現可能性が確認されていること。

#### ①-F1：高分解光学系（衛星搭載用）

100kg級衛星への搭載を想定した光学系である。望遠鏡自身による赤外輻射の影響を受けずに広視野を獲得できる「純反射型のオフセットコルシユ型望遠鏡」に取り組んでいる。これまでに、光学部品の製造性、組み立て性、振動および放射線耐性と軌道上安定性を考慮したFM実装用の光学設計解を得ている。

望遠鏡の設計にあたっては、FM相当のCFRP構造設計案を複数用意してその実現性を担保した。この望遠鏡は反射系であるから赤外のみならず紫外線や可視域用の望遠鏡としても利用可能となる点においても量産時のロット拡大性に富んでいる。そこに屈折型レンズによるレデューサやエクステンダや分光デバイスを組み込めるようなマルチファンクション性を組み込んだことから、様々なアプリケーションに対して光学機械的にシステムティックでアジャイルな対応力を発揮できる。

国内外を見渡しても同種のコンセプトを表明している例は見当たらない。本設計解は技術的な独創性と、ビジネス展開上、優位性に富んでいる。担当実施者（ジェネシア）のヘリテージを前提として、**試作に向けた実現可能性が確保できた状況にあり、目標は達成できているといえる。**

#### ①-F1：高分能光学系（ドローン搭載用）、および①-F2：広視野光学系（衛星搭載用）

キューブサットおよびドローンへの搭載を想定した光学系である。複数の光学結晶を非球面加工して組み合わせることにより、1台のレンズで1.25μm(SWIR領域)から5.0μm(MWIR領域)までを包絡的にカバーする宇宙軌道投入可能な屈折型のレンズ設計を完了した。

海外には地上用レンズとして1.5μm～5.0μmまでの対応品があるところ、本事業の設計解は、それよりも0.25μmも短波長側にまで対応できるものとなっており画期的。**担当実施者の光学系開発のヘリテージとの組み合わせにより、試作品にむけた実現可能性が確保されたと判断できており、目標は達成できているといえる。**

#### ①-F2：広視野光学系（ドローン搭載用）

ドローン搭載を想定した光学系である。ポテンシャルユーザーへのインタビューに基づき歪曲収差の極小化を狙った**SWIRおよびMWIRのどちらにでも適合させられる視野対角80°の広角カメラの設計に成功しており、目標は達成できている。**歪曲収差量が視野全面に渡り1画素以下であり、世界的に他に競合品は見当たらない。SWIRの検出器を使うセッティング時には光学系の内部にLCTFを組み込みこんで多波長カメラとしても運用できるなど、高い実用性を担保できている。ここまでの成果は、2025年度の第1四半期に国産既成InGaAsカメラ(～1.6μm)との組み合わせでフィールド実証、2025年末までに本事業で試作されている、64x64画素と組み合わせる撮像試験を予定できると見込める状況にまで到達できている。

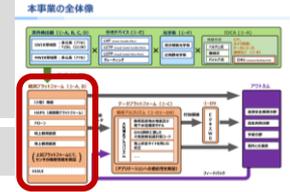
#### ①-F3：グレーティング分光系（ドローン搭載用）

環境変動に対して安定した性能を維持できる光学設計および機構設計を完了しており、目標は達成できている。2024年度中に既製のSWIRカメラと結合試験を実施すべく実機を試作中。

2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (1) 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (国内外との比較を含む)

「研究開発項目③ 多波長センサの実証」

担当：ジェネシア



評価基準：研究開発構想における中間評価実施年度（2024年度）の目標を達成しているか。成果は国内外の競合技術と比較して優位性があるか。

研究開発構想の 1-(3) 「事業の内容」に記載の地上・空・宇宙での実証に関する記載

「本事業では…(中略)…小型衛星による実証を行い、空間分解能だけでなく時間分解能も向上することで幅広く民生利用と公的利用につなげることを想定する」とある。

研究開発構想の 1-(1) 事業の目的、①「政策的な重要性」に関する記載

「小型多波長赤外線センサがあれば、…(中略)… HAPS等にこれを搭載し、高頻度、高精度でのスペクトルデータを得られるようになる」

③-B1：宇宙実証用の衛星バス

東京科学大学が開発中の 60kg級バス(GRAPHIUM：グラフィウム)によるホステッド・バイロードとして、本事業で開発する赤外線検出器および分光デバイス、光学系からなるセンサ 2機種を搭載できる見込み。ジェネシアや東京科学大学等が、本Kプロ赤外事業に先行する別事業において獲得した カメラ/衛星バスインターフェースに関するヘリテージをここに発展させて、概ね2026年度末までに衛星側へのセンサ引き渡しを完了する見通しが立ってきている。

③-B2：宇宙実証用の打ち上げ機会

2027年夏頃に見込まれるIHIEアロスペース社のイブシロンSへの搭載を見込んだ予備協議を同社との間で開始している。そのなかで打ち上げに要する費用、契約を締結すべき時期についてのやりとりを行っている。概ね2025年夏頃までに契約に目途をつけるべく協議できる見込み。当該実証を確実なものとするために、東京科学大学が本Kプロ赤外事業に対して時期的に先行するJAXA革新3号衛星の軌道投入に関連してIHIEアロスペース社との間で丁寧を実施してきているところの“衛星バス/ロケット間の各種のインターフェース情報や設計実績等のヘリテージ”を本事業に有効に展開すべく検討を深めている。

【参考】

上記計画は、元来は本Kプロ事業で開発されるハードウェアを宇宙軌道に投入して、それらの宇宙耐性や有用性について実証・検証しようとするものであるところ、この機会によって実証される各システム間I/F情報については、まずはKプロ事業者間、次に国内の衛星事業者やコンステレーション構築事業者等のうち希望者に対して展開し、活用頂ける様に努めることとしている。

そのうえで近未来において海外の衛星事業者等にも情報展開することも想定している。これはカメラI/Fやデータレコーダの標準化事業としての意味を持つ。そのための具体的な実施段取りなどにつき、既存の可視センサを題材に、候補のひとつとなる海外相手方（インド企業）とのコンタクトを始めている。また宇宙軌道への展開可能性について検討を深める意味や、あるいはより広範に効率的に赤外センサのPoCを実施すべく、並行してHAPS事業者との協議も初めている。

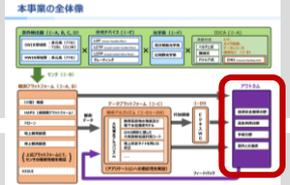
上記一切については、本事業における理学的アプローチ(赤外データ解析、赤外光の大気吸収補正など)に係る成果をプラットフォームに実装することまでを俯瞰した姿勢で取り組み、本Kプロ事業の本旨をより充実して国内外に発揮できるよう留意している。

## <評価項目2> 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況

(2) 今後の見通し（多様な分野における実現可能性含む）

## 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (2) 今後の見通し (多様な分野における実現可能性含む)

### 事業全体に渡る視点から



評価基準：研究開発構想におけるアウトカム達成の見通しがたっているか。多様な分野における研究成果の活用が見込まれるか。

#### 【審査にあたっての評価基準】

研究開発構想におけるアウトカム達成の見通しがたっているか。多様な分野における研究成果の活用が見込まれるか。

#### 【研究開発構想におけるアウトカム目標】

アウトカム目標について、研究開発構想には次のとおりに記載されている。

本事業で開発した多波長赤外線センサにより、これまで開拓がされていない安全保障分野を含む様々な分野における多波長画像利用の実証を進め、新たなリモートセンシング市場を開拓する。具体的な成果として以下の3つを想定する。

#### A) 経済安全保障分野

熱源探知によるサプライチェーンの稼働率を計測する手段として活用する、安全保障用途に本事業で開発した赤外検出器が採用される等、広い温度領域が計測可能である特徴を活かし、社会経済、安全保障のそれぞれの活動で必要なインテリジェンスを計測データから抽出することができるセンサとして利用されること。

#### B) 民生利用分野

温室効果ガスの高精度な空間分布、海洋生態系によるブルーカーボンや泥炭地・森林バイオマスの実態等の環境計測データを炭素クレジットへ展開し、金融系事業者との連携からなる新事業の創出を見込み、Zeroエミッション実現経費を半減できるだけの国際ルールの策定に貢献すること。

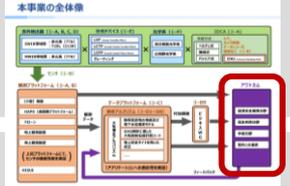
#### C) 学術分野

赤外多波長の我が国独自のスペクトルデータを持つことで国内の解析・データプラットフォームに魅力を持たせ、プラットフォーム上でアカデミア（大学および研究機関等）と産業界が連携し、リモートセンシングの学術的成果を社会実装するダイナミズムを生み出すこと。

上記 3分野のそれぞれについて、本事業がアウトカム達成への見通しをどのように立てているか、次ページ以降に例示する。

## 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (2) 今後の見通し (多様な分野における実現可能性含む)

### 事業全体に渡る視点から



評価基準：研究開発構想におけるアウトカム達成の見通しがたっているか。多様な分野における研究成果の活用が見込まれるか。

【アウトカム目標 A に対する達成見通し、多彩な分野における研究成果の活用性、実現可能性について】 (前ページからの続き)

#### アウトカム目標 A)：経済安全保障分野

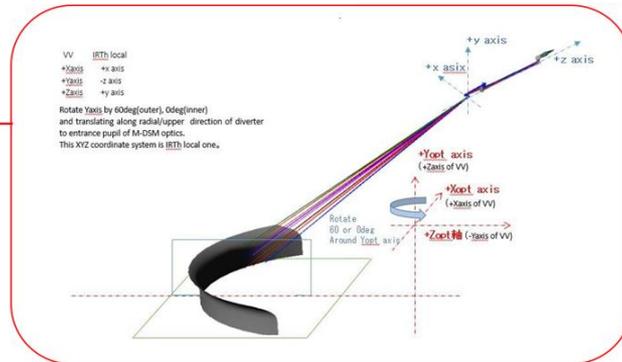
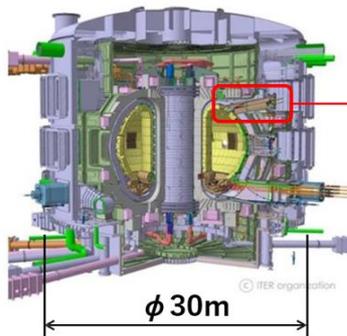
熱源探知によるサプライチェーンの稼働率を計測する手段として活用する、安全保障用途に本事業で開発した赤外検出器が採用される等、広い温度領域が計測可能である特徴を活かし、社会経済、安全保障のそれぞれの活動に必要なインテリジェンスを計測データから抽出することができるセンサとして利用されること

経済安全保障分野における比較的高温体として、次に例示できるのは、ジェットエンジンの排気温度である。これは、巡航中で650℃、離陸推力においては1000℃程度とされている。これをプランク輻射に対応づけるならば、その赤外放射波長は、5μm～3μm程度であるところ、この波長帯は本事業におけるMWIRセンサ波長域に対応しており、本事業における開発センサは同分野への応用も期待されるところである。

これと同様の温度波長域が対象となる経済安全保障（エネルギー安全保障）分野の事例としては、トカマク型の核融合炉の内壁に対する精密温度計測アプリケーションがある。トカマク型核融合炉については、平和目的のための核融合エネルギーが科学技術的に成立することを実証する為に、人類初の核融合実験炉を実現しようとする超大型国際プロジェクト“ITER”に我が国も参加しているところ、我が国は同核融合炉にむけて物納することとなっている炉面内壁の温度のリアルタイム高精度2次元検出装置はジェネシアの設計によるものである。

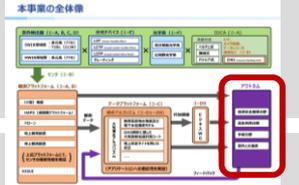
現状としてこの装置には、アメリカ製の赤外線カメラが用いられているところ、将来的にはQST（量子科学研究開発機構）が開発中のJT60SA核融合炉の発展系等が国産機として量産される頃には、その赤外線計測装置は純国産であることが望まれる。**本Kプロ事業の成果は、将来的に我が国のエネルギー安全保障にも貢献していけるものと考えている。**

International Thermonuclear Experimental Reactor  
(ITER: 国際熱核融合実験炉)



## 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (2) 今後の見通し (多様な分野における実現可能性含む)

### 事業全体に渡る視点から



評価基準：研究開発構想におけるアウトカム達成の見通しがたっているか。多様な分野における研究成果の活用が見込まれるか。

【アウトカム目標 A に対する達成見通し、多彩な分野における研究成果の活用性、実現可能性について】 (前ページからの続き)

#### アウトカム目標 A)：経済安全保障分野

熱源探知によるサプライチェーンの稼働率を計測する手段として活用する、安全保障用途に本事業で開発した赤外検出器が採用される等、広い温度領域が計測可能である特徴を活かし、社会経済、安全保障のそれぞれの活動に必要なインテリジェンスを計測データから抽出することができるセンサとして利用されること

研究委開発構想に示されている「熱源探知によるサプライチェーンの稼働率計測」については、人間の活動環境温度である 300K 付近に対応する赤外輻射波長、10μm 程度に着目した観測となるところ、本事業で開発するセンサの受光波長域は、最長でも 5μm であることから、そのままサプライチェーンの稼働率計測に適合するものとはいえない。

しかし本事業においては、別事業で開発された国有の TIR センサ (Thermal InfraRed : ビジョンセンシング社製 マイクロボロメータカメラ ATTO640D) を正規に借用しているところ、その受光感度範囲は、8μm~14μm である。すなわち、このカメラによるならサプライチェーンの稼働率計測に関わる 300K±100K 温度範囲の計測に適合することから、本事業の観測波長範囲である、1μm~5μm (黒体温度に換算して 3000K~600K) の観測データとの統合 (すなわち多波長データとしての活用) を見込むことができる。

本事業はその一部に、上記 TIR センサの活用実験に取り組もうとする項目を含んでいる。これはハードウェア系に対する取り組みではなく、利用系に係る PoC を行おうとするものである。

## 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (2) 今後の見通し (多様な分野における実現可能性含む)

### 事業全体に渡る視点から



評価基準：研究開発構想におけるアウトカム達成の見通しがたっているか。多様な分野における研究成果の活用が見込まれるか。

#### 【アウトカム目標 B に対する達成見通し、多彩な分野における研究成果の活用性、実現可能性について】

##### アウトカム目標 B) 民生利用分野

温室効果ガスの高精度な空間分布、海洋生態系によるブルーカーボンや泥炭地・森林バイオマスの実態等の環境計測データを炭素クレジットへ展開し、金融系事業者との連携からなる新事業の創出を見込み、Zeroエミッション実現経費を半減できるだけの国際ルールの策定に貢献すること。

本事業においては、ここで開発される赤外線センサの実証研究の一環として、環境計測データを取得するためのハードウェアおよびソフトウェアの開発に取り組んでいる。

具体的にはこれは、

- ・ 事業項目「①-A, B：赤外線検出器の開発」を来年度以降発展させることで得られる赤外線センサと、
- ・ 「①-E2：LCFPの開発」で開発されるCO<sub>2</sub> 検知フィルタ（温室効果ガスのうち特にリモートセンシングによる観測が困難とされるCO<sub>2</sub> の、分子振動吸収バンド群（Qブランチ、およびRブランチ）に着目し、その透過波長間隔に一致する櫛歯状の分光透過特性を持ち、かつ波長方向に透過特性をスキャン可能とする 液晶フィルタ（LCFP：Liquid Crystal Fabry Perot）
- ・ 「②-B2G：GHG モニタリング用のセンサシステムの設計および製造、試験」を統合することによって得られるセンサシステムのことである。

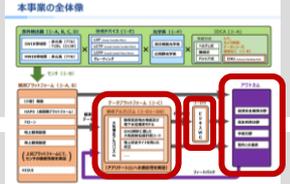
本事業においては、③-A「多波長取得用のリモートセンシングドローンの開発」によって実現するドローンに搭載することを見込んでおり、そこから得られる観測データは、

- ・ ③-D4「GHG 解析に適した大気放射伝達計算コードの開発と CO2 柱密度の導出」によって開発される他国にみられない高度な CO2 柱密度データ導出アルゴリズムによって解析され、また、そのプロセスは
- ・ ③-C「解析・データプラットフォームの開発」で形作られるプラットフォームに実装されます。

その結果は、事業実施項目 ③-D9 「ビジネスワーキンググループ」において、国際的にCO2排出権取引ルールの作成に影響力を有する金融系事業者との連携によって、ワールドワイドな貢献を実施していくこととする。

## 2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (2) 今後の見通し (多様な分野における実現可能性含む)

### 事業全体に渡る視点から



評価基準：研究開発構想におけるアウトカム達成の見通しがたっているか。多様な分野における研究成果の活用が見込まれるか。

【アウトカム目標 C に対する達成見通し、多彩な分野における研究成果の活用性、実現可能性について】

#### アウトカム目標 C) 学術分野

赤外多波長の我が国独自のスペクトルデータを持つことで国内の解析・データプラットフォームに魅力を持たせ、プラットフォーム上でアカデミア（大学および研究機関等）と産業界が連携し、リモートセンシングの学術的成果を社会実装するダイナミズムを生み出すこと。

本事業は、我が国独自の赤外線検出器の開発(事業項目①-A/B)に邁進しているところ、これを活かした独自の IDCA の開発 (②-A) や さまざまな波長分解能 R を持つ独自の分光デバイスおよびグレーティング分光器 (右表) を、さまざまな光学系 (①-F) と組み合わせた赤外線分光イメージャ群を構成することにより、我が国独自のスペクトルデータを取得しようとするものである。

アカデミアにおいては、例えば海外の衛星データのアーカイブを用いて独自性に到達する方法もあり得るが、その対極としての別の手段もある。それは上記に示すとおり我が国独自の分光観測装置から得られるユニークなスペクトルデータを、独自のアルゴリズムで処理して、他の追随を許さない先行性を発揮するものである。ここで独自のアルゴリズムというのは、本事業における

- ・ ③-D3: 海色および湿地帯における大気補正アルゴリズムの開発
- ・ ③-D4: GHG解析適した大気放射伝達計算コードの開発と CO<sub>2</sub>柱密度の導出

によって得られる知見やアルゴリズムのことであり、その実行プロセスについては

- ・ ③-C: 解析・データプラットフォームの開発

に実装することにより、リモートセンシングの学術的成果を社会実装するダイナミズムにつないでいこうとするものである。

分光デバイス	事業項目	波長分解能R	備考
LVF (Linear Variable Filter)	①-E1	30~100	プッシュブルーム型のハイパー/多波長センサに適する
LCFP (Liquid Crystal Fabry Perot Etalon)	①-E3	10~200	スナップショット型のハイパー/多波長センサに適する
グレーティング分光器	①-F3	~ 2000	プッシュブルーム型のハイパー/多波長センサに適する
LCTF (Liquid Crystal Tunable Filter)	①-E2	~30000	スナップショット型のハイパー/多波長センサに適する

※  $R = \lambda / \Delta\lambda$  (ここで $\lambda$ は透過中心波長、 $\Delta\lambda$ は透過バンド幅)

## <評価項目2> 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況

(3) 指定基金協議会において合意された内容の進捗状況

2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (3) 指定基金協議会において合意された内容の進捗状況

事業全体に渡る視点から

評価基準：指定基金協議会で合意された内容について、取り組んでいるか。

2023年度の協議会においては、活動に反映すべき特段の合意事項等はない。

2024年度は本資料作成現在で協議会は開かれておらず、現段階において記載すべき事項はない（協議会の開催は2025年 2月5日に予定されている）。

## <評価項目3> マネジメント

- (1) 実施体制の構築状況
- (2) 研究資金の効果的、効率的な活用
- (3) 国民との科学・技術対話に関する取組

### 3. マネジメント (1) 実施体制の構築状況

評価基準：実施者は、事業遂行に十分な技術力及び事業能力を有しているか。適切な研究開発体制となっており、指揮命令系統及び責任体制は明確であるか。

本事業は、国産の赤外線検出器を開発して、これを活かした光学系（分光デバイスを含む）や冷却ユニットと組み合わせて多岐にわたるアプリケーションに対応した赤外多波長イメージングシステムを構築するばかりか、赤外波長域における大気特性やガス特性まで踏まえた解析技法を構築し、これをパイプライン化したクラウドまで構築することにより、民生アプリケーション（すなわちビジネス）の創成を達成しようとするものである。

ここで赤外線検出器については、我が国の同分野をリードする**浜松ホトニクス**（多元系）と**住友電工**（T2SL系）が、両社それぞれの強みを活かしてひとつの赤外線検出器の完成に協働するという、かつてない研究開発体制が構築されており、これは特筆すべきこととして強調できる。

分光光学系については、これまでに20機以上の衛星に数十あまりの光学系を提供してきた**ジェネシア**の技術がふんだんにつぎこまれているのみならず、他のどの国も実現できていない、スナップショット側の分光デバイスの開発を液晶分光デバイスの宇宙実績を有する**仙台高専**との協働により実現しており、さらにJAXAにおいて大型地球観測衛星の可視赤外望遠鏡の開発を取りまとめた経歴を有する代表者のもとで赤外線検出器をカメラシステム化する**アストラセンス**との連携により、国内最高峰のIDCA(Integrated Detector Cooler Assy)を完成させられる見込みとなっているし、独自に光検出器を開発して高いS/Nでデータ解析を行う能力を持つ**国立天文台**が体制内部に存在していることの意義も大きい。これらの点においても適切な研究開発体制が構築されていると見て間違いはない。

開発した装置を使って、宇宙軌道から観測するための衛星プラットフォームとしては、既に50kg級衛星の軌道投入と精緻な観測実績で定評のある**東京科学大学**等や、ドローンの開発と観測に実績と造詣が深い**ソラビジョン**がそれぞれ衛星やドローンの開発に取り組める状況にあることも強みである。

さらに強調すべきこととして、当コンソーシアムは宇宙軌道あるいはUAVやドローン等から地表を観測する際に問題となる大気吸収由来の分光背景ノイズの除去方法を確立するため、**東北大学**、**京都産業大学**、**横浜国立大学**において関連技術を有する研究者を当コンソーシアムの中核メンバに迎えている他、宇宙軌道やドローンより、スナップショット多波長データを取得、解析して農学や海洋学への貢献実績のある研究者（**北海道情報大学**）などが、相互に連携しあって解析アルゴリズムの理学的開発に努めており、これを上述のハードウェア特性との組み合わせのもとで一貫した取り扱いができるように整えていること、また、その妥当性を実験的に確認する技術を有する**山口大学**の存在も大きい。ここでの成果が単に“研究”に終わることなく社会実装されるためのプラットフォーム開発に取り組む**アイネット**が、理学研究者の成果の社会化を図っていく。これらの体制は、本事業の目的に対して「直球」の取り組みであると認められる。

本事業が生み出す成果は、これまでに経済産業省が取り組んできている HISUIプロジェクトの運用者である **宇宙システム開発利用推進機構(JSS)**が、これまでの実績を活かして泥炭地からの炭酸ガス放出の抑止のための赤外分光技術の開発に努めるなど、本事業のアウトカム創出への取り組みも行えており、本事業の研究体制は万全といえる。

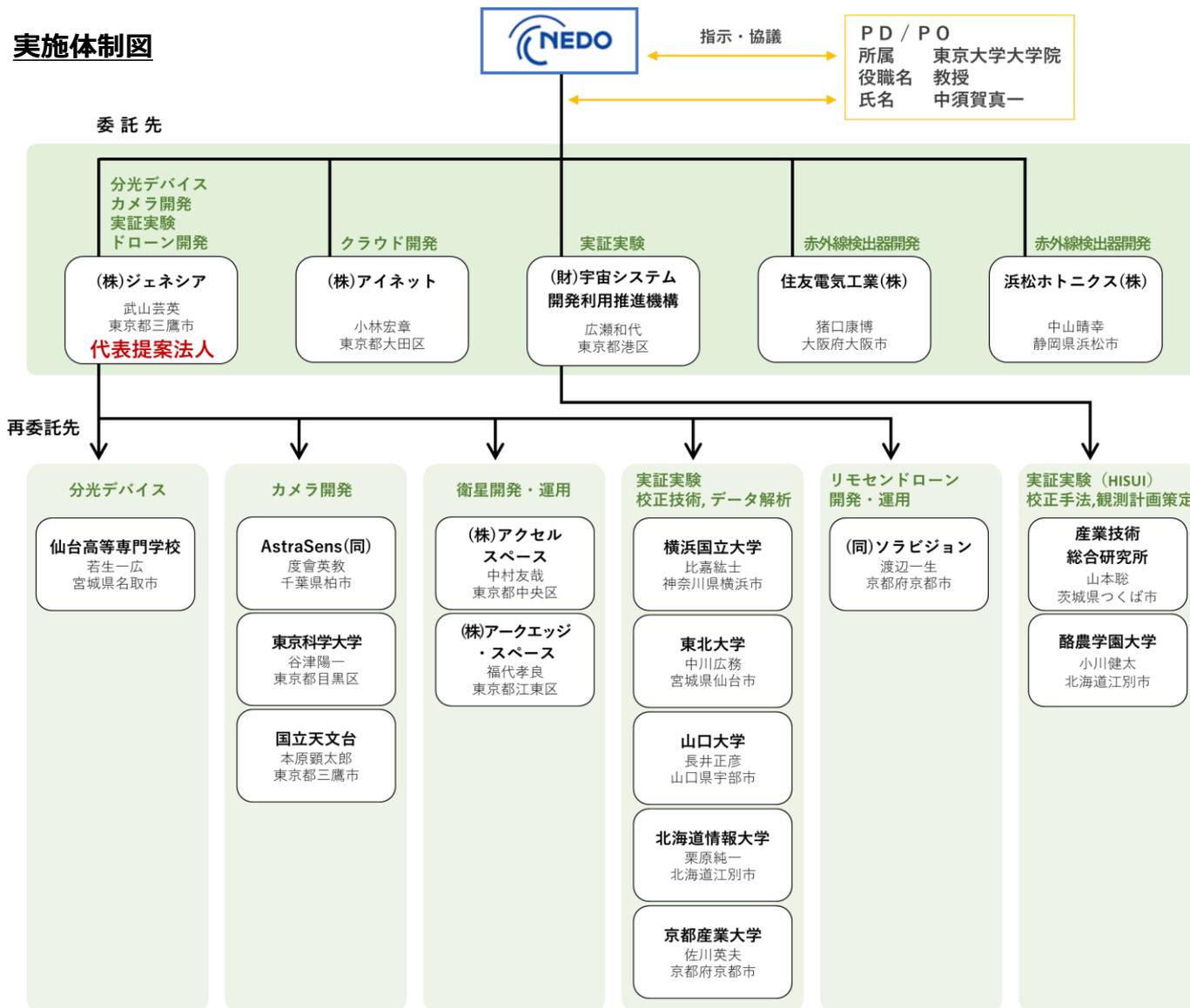
ただし、以上をもってしても、これらがビジネス展開にまで発展することを保証できるものではない。そこで本事業においては、ビジネスワーキンググループを構成して、本事業コンソーシアム外部のビジネスプレーヤとの交流を頻繁に計っている。現在もっとも活発に活動しているのは、世界的にみても難度が高いといわれている炭酸ガス計測に向けて本事業が取り組み、かつ世界でもいまだ類例をみない、CO<sub>2</sub>の柱密度検出技術を、CO<sub>2</sub>の排出権取引ルールを策定する立場にある金融機関や、グリーンウォッシュ（炭酸ガス固定量の不正申告行為）の防止に取り組む方々との交流を図ることのできるのも、本コンソーシアムの力量の高さを表しているといえる。

本事業は、NEDO殿からの指揮を受ける代表幹事企業が、コンソーシアム各組織に対して随時、適切な業務指示を展開していることはもちろん、本事業が経済安保プロジェクトであることについて常時リマインドをしてコンソ内の高い意識の維持につとめ、かつ、コンソ各組織が相互に自律的に連携をとって本来目的に邁進する状況を代表幹事がモニタリングしたり必要に応じて軌道修正のメッセージ創出や協議を実施したりしており、その責任体制も明確であると言える。

### 3. マネジメント (1) 実施体制の構築状況

評価基準：実施者は、事業遂行に十分な技術力及び事業能力を有しているか。適切な研究開発体制となっており、指揮命令系統及び責任体制は明確であるか。

実施体制図



### 3. マネジメント (2) 研究資金の効果的、効率的な活用

評価基準：研究開発費は効果的、効率的に活用されているか。目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費（研究開発項目ごとの配分を含む）となっているか。

研究開発費は、本事業に参画する各コンソーシアム・メンバが担当することとされているタスク（研究開発項目）に対して、各メンバからの提出される見積もりについてヒアリングおよび精査することをもって、その効果や妥当性について評価しており、本事業における研究開発費は、その内容に対して効果的かつ合理的に活用されていると言える。ただし、一部の大学については、費用配分が僅少となっており、今後の動向によっては配分の見直しが必要となる場面もあり得ると考える。

目標達成のためのスケジュールについては、その策定時点における最善を尽くして妥当性の担保につとめているものの、アジャイル開発の実現のために、潜在的な不確定要素の存在可能性を踏まえながらも、あえて各研究開発項目を並走されていることから、時として不整合（いずれかの開発項目の結果の確定のないままに、別の開発項目について、仕様を仮定しながら先行的に設計等を行うなど）が顕在化することもあるところ、このような場合には関連メンバ間で相互に連携をして当該不整合の程度の軽減に努めたり、業務の順序を実質的に入れ替えたりもしている。

これらのことから、年度単位で区切るとスケジュール遅延が発生したり年度をまたいだ予算の繰り越しなどが発生したりしている現状もあるが、本事業の最初の2年を経て、本事業で開発される赤外線検出器の特性が確からしく明らかになってきていたり、64x64画素検出器（当初の2年）から1000x1000画素検出器（3年目以降）への発展形態が具体化してきていることや、観測センサのプラットフォームであるドローンの開発が順調に推移していることや、あるいは宇宙実証機会の具体化が進んできているなどから、事業推進上の不確定要素が減少してきており、今後、アジャイル開発性が発揮されてくるものと見込んでいるところである。

### 3. マネジメント (3) 国民との科学・技術対話に関する取組

評価基準：展示会出展、学会発表、論文等の対外的な成果発表を適切に行っているか。(又は行う予定であるか。)

#### 【論文出版】

##### 住友電気工業 (株)

T. Kato, M. Murata, Sundararajan B, Y. Iguchi, Y. Nakayama, and S. Souma, "(GaAs/InAs)-GaAsSb digital alloy type-II superlattice for extended short-wavelength infrared detection", Appl. Phys. Lett. 125, 161103 (2024)

##### (株) ジェネシア、北海道情報大学

M. Shirahata, K. Wako, J. Kurihara, D. Fukuoka, and N. Takeyama, "Development of liquid crystal tunable filters (LCTFs) for small satellites", Proc. SPIE 13092, Space Telescopes and Instrumentation 2024: Optical, Infrared, and Millimeter Wave, 130922V (23 August 2024); <https://doi.org/10.1117/12.3019433>

##### 横浜国立大学

Higa, H., Muto, M., Salem, S. I., Kobayashi, H., Ishizaka, J., Ogata, K., Toratani, M., Takahashi, K., Maupin, F. and Victori, S.: Optical Characterization of Coastal Waters with Atmospheric Correction Errors: Insights from SGLI and AERONET-OC. *Remote Sensing*, 16(19), 3626, 2024

Higa, H., Ideno, R., Salem, S. I., & Kobayashi, H.: Uncertainty Analysis of Particle Backscattering Coefficient Measurement for Multiple Highly Turbid Water Areas in Ocean Color Remote Sensing. *Sensors & Materials*, 35, 2023.

#### 【学会発表】

##### 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構

S. Nakamura, "Idea for Estimating Underground Water Levels at Peatlands in Sarobestsu, Hokkaido and Central Kalimantan, Indonesia by Using Multi-spectral Sensors for Development Small Satellite Observation System", Small Satellite Conference 2024.

##### 山口大学

V. Katiyar, "Mirror-Array Development for Remote Sensing Image Calibration and Correction", 8 SYMPOSIUM Human Resource Development and Space Data Utilization for Disaster, January 2025.

江口毅, 長井正彦, "マルチスペクトルドローンと光学衛星データの簡易相互校正手法の開発", 日本リモートセンシング学会, 第77回 (令和6年度秋季) 学術講演会 2024年11月.

V. Katiyar, D. Ichikawa, N. Tamkuan and M. Nagai, "The Transfer Learning For the LULC Classification and the Effect of Satellite Data Harmonization Over It," IGARSS 2023 - 2023 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Pasadena, CA, USA, 2023, pp. 4860-4862, doi: 10.1109/IGARSS52108.2023.10281497.

### 3. マネジメント (3) 国民との科学・技術対話に関する取組

評価基準：展示会出展、学会発表、論文等の対外的な成果発表を適切に行っているか。(又は行う予定であるか。)

#### 【学会発表】

##### 横浜国立大学

Higa, H., Watanabe, K. and Salem I.S.: Validation of an Atmosphere-Ocean Coupled Radiative Transfer Model (R-Pstar3) in Turbid Waters, The 12th AWOC/21th KJWOC, Poster presentation, October 21 to 25, 2024

Higa, H., Ideno, R., Salem I.S., Kobayashi, H. and Komorita, T.: A Correction Method for Multiple Scattering Effects on In-Situ Backscattering Coefficient Measurement in Highly Turbid Waters, The 12th AWOC/21th KJWOC, Oral presentation, October 21 to 25, 2024

Aburadani, S., Higa, H., Ishizaka, J., Kuwahara, V.S., and Salem I.S.: Evaluation of IOP algorithms by SGLI bands based on water mass classification in coastal areas, The 12th AWOC/21th KJWOC, Oral presentation, October 21 to 25, 2024

Higa, H., Amano, T., Salem I.S. and Toratani, M.: Preliminary Study on the Effectiveness of an Atmospheric Correction Model for SWIR Wavelengths, The 12th AWOC/21th KJWOC, Poster presentation, October 21 to 25, 2024

Ichimura, N., Higa, H. and Salem I.S.: Optimization of QAA Algorithm and its Application to Spatio-Temporal Analysis using GCOM-C Data in Tokyo Bay, The 12th AWOC/21th KJWOC, Oral presentation, October 21 to 25, 2024

Higa, H., Salem I.S., Ishizaka, J., and Kuwahara, V.S.: Assessment of algorithms for estimating inherent optical properties (IOPs) based on water mass classification in highly turbid water regions, Ocean Optics XXVI Conference, Poster presentation, October 6 to 11, 2024

Amano, T. and Higa, H.: Analysis of High Turbidity Effects on SWIR Wavelength using Hyperspectral Data from HISUI, The 6th ISEE Symposium: Workshop for Interaction of Ocean, Atmosphere, and Land by Remote Sensing and Numerical Model, Poster presentation, December 17 to 21, 2023

##### 東北大学

H. Nakagawa, M. Inoue, K. Watanabe, T. Takeda, L. Terada, M. Shirahata, N. Takeyama, H. Kasahara, Y. Murata, H. Sagawa, J. Kurihara, T. Sato, H. Kitamura, I. Murata, T. Nagayoshi, M. Nagai, T. Hashizume, Y. Shimura, T. Fukuyo, "Diurnal variation of atmospheric CO2 profiles in Hokkaido's forest: Development and field demonstration of high-sensitive multi-wavelength IR sensor", Japan Geoscience Union Meeting 2024

#### 【特許出願】

##### 住友電気工業(株)

出願番号2024-066314 (出願日2024年4月16日)受光素子およびその製造方法

#### 【雑誌寄稿】

##### (株) ジェネシア

月間オプトロニクス 2023年07月号「小型衛星搭載に向けた赤外線センサー」



### 3. マネジメント (3) 国民との科学・技術対話に関する取組

評価基準：展示会出展、学会発表、論文等の対外的な成果発表を適切に行っているか。(又は行う予定であるか。)

#### (株) ジェネシア、東京科学大学

「国立高専スペースキャンプ2023」において、講演を行った。

講演タイトル：  
「地球観測、その装置、世界と戦える日本の勝ち筋」他



「スペースキャンプin東京」を実施した。全国の国立高専から50名ほど、学生を東京に招待し、宇宙に関わる技術者・研究者の話の聞いたり、宇宙関連企業・研究機関を見学したりする機会を提供した。開催経費はKプロ事業費ではなく、協賛企業の協力によりボランティアベースで賄った。

R5年度 宇宙航空科学技術推進委託費「全国高専宇宙工学コース設立による実践的宇宙人材育成の展開」 「宇宙航空人材育成プログラム」における、通年講義 “宇宙×社会課題解決人材育成講座” との連携的取り組みとして将来的に赤外多波長に従事し得る若手エンジニアの育成に協力する形で、国立高専生 80名ほどに対して、下表のとおり全15回の連続講座を企画し開催実施した。

全15回の講義内容および担当講師の一覧

回数	開催日	実施方法	講義タイトル(課題)	講師(敬称略)/組織
1	2024年4月8日	新居浜対面	世界の衛星事情、その最新動向	金岡 充晃 / CSP-Japan シニアアナリスト
2	2024年4月19日	オンライン	我が国の衛星事情、その動向	平松 崇 / 経済産業省 宇宙産業室 室長補佐 此上 一也 / JAXA 第一宇宙技術部門
3	2024年4月26日	オンライン	衛星開発と利用 大学における実践例 ①	谷津 陽一 / 東京工業大学 准教授
4	2024年5月10日	オンライン	衛星開発と利用 大学における実践例 ②	栗原 純一 / 北海道情報大学 教授 鶴田 佳宏 / 帝京大学 講師
5	2024年5月13日	オンライン	衛星開発と利用 50kg級から小型・中・大型衛星	中野 徹 / アイネット
6	2024年5月16日	新居浜対面	衛星コンステレーションがもたらす価値、そして挑戦	永野 博之 / NEC 執行役 Corporate EVP 三好 弘晃 / NEC フェロー
7	2024年6月3日	新居浜対面	A: 衛星を宇宙軌道に投入する技術、ロケット開発 B: 新時代にむけた「有人宇宙開発」 C: 衛星やロケットの開発を支える要素技術 ~材料工学~ 熱制御材料	A: 永山 隆司 / IHIエアロスペース 取締役 B: 高田正治 / IHIエアロスペース 経営企画部 C: 久保田勇希 / IHIエアロスペース 基板技術部
8	2024年6月14日	A: 新居浜対面 B: オンライン	衛星やミッション機器の開発を支える要素技術~材料工学~ A:宇宙天文とガラス, B:電源および電池系材料)	A: 南川 弘行 / オハラ 上級執行役員 研究開発センター長 B: 鶴田 佳宏 / 帝京大学 講師
9	2024年6月27日	オンライン	衛星に搭載する地球観測装置 ~高専と企業との共同開発例から~	武山 芸英 / ジェネシア 代表取締役 若生 一広 / 仙台高専 教授 (副校長)
10	2024年6月21日	新居浜対面	衛星の運用	坂本 祐二 / 東北大学 特任教授
11	2024年7月1日	オンライン	衛星リモートセンシング実習 ①	武田 知巳 / 宇宙システム開発利用推進機構
12	2024年7月2日	オンライン	衛星リモートセンシング実習 ②	武田 知巳 / 宇宙システム開発利用推進機構
13	2024年7月12日	新居浜対面	衛星観測データプラットフォーム	山崎 秀人 / Tellus 代表取締役 菅谷 智洋 / Tellus
14	2024年7月16日	オンライン	宇宙を活用した社会経済へのアプローチ	笠原 寛史 /三菱UFJ銀行 サステナブルビジネス部 宇宙イノベーション室 調査役
15	2024年7月19日	オンライン	大学・大学院で宇宙について学ぶ・研究する。 それを実践した人、している人、 チャレンジしている人の事例に学ぶ	渡邊 室 / 東京工業大学 特任助教 小林 寛之 / 東京工業大学 博士課程 3年 小野寺 莉那 / 一関高専 3年



また、全国の高専から選抜された学生9名を、イタリア・ミラノで開催されたカンファレンス “The 75th International Astronautical Congress (IAC)” に招待した。経費はKプロ事業費ではなく、協賛企業の協力によりボランティアベースで賄った。

国立高専の学生諸氏には、一連の企画を通して、Kプロ事業の存在や、意義、内容をつづさに説明するなどした。その成果として、宇宙産業やビジネス、経済安保に対する意識や知見の高まりや広がりを獲得頂いた。