

2. H 次世代地球観測衛星利用基盤技術の 研究開発

製造産業局航空機武器宇宙産業課宇宙産業室
国立研究開発法人産業技術総合研究所
一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

2. H. 1.次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発の概要

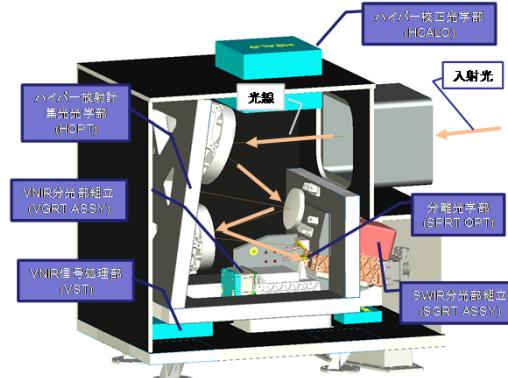
概 要	HISUIは、既に設計寿命を超えて運用中であるASTERの後継センサであり、ハイパースペクトルセンサとマルチスペクトルセンサから構成される。特に高精度なハイパースペクトルデータにより石油有望地域の抽出や金属資源鉱物等のより詳細な特定を可能とするなど様々な分野での解析技術を確立する。また、高品質なデータの継続提供を可能とするため、センサの校正・データ処理・運用計画の最適化等からなる地上データ処理システムを構築する。
実施期間	平成18年度～平成33年度（16年間）
予算総額	34.8億円(委託) (平成23年度:5.7億円 平成24年度:5.3億円 平成25年度:4.5億円 平成26年度:4.1億円)
実 施 者	(一財)宇宙システム開発利用推進機構 (国研)産業技術総合研究所 (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構
プロジェクト リーダー	六川 修一 東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻 教授

2. H. 2.事業の目的・政策的位置づけ

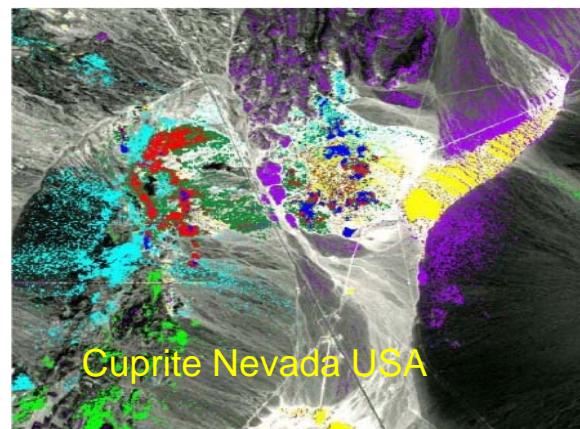
ハイパースペクトルセンサの利用技術の研究開発目的

高い波長分解能による識別能力の向上を可能とするハイパースペクトルセンサについて、資源探査・環境観測・災害監視等への応用および農林業等、今後地球観測データユーザのニーズの拡大が期待される分野における利用技術の研究開発を行う。

本技術の確立により、資源探査用将来型センサ(ASTER)が担ってきた石油資源等探査技術の高度化を初めとした地球観測データ利用の拡大を図ることにより、国民の安全・安心の実現にも資する。



センサによって
データを取得



AVIRIS

(米国航空機
Hyperセンサ)

<ハイパースペクトルセンサ>

- ①観測波長域: 400-2500nm
- ②バンド数: 185以上
- ③空間分解能: 30m以下
- ④観測幅: 30km

<次世代地球観測衛星利用基盤技術>

- ①エネルギー・資源分野、農林業分野、環境分野での利用手法確立
- ②センサの校正・データ処理・運用計画最適化等からなる地上データ処理システムの構築

2. H. 3. 目標(1／5)

HISUIデータを用いて、エネルギー・資源分野や農業・環境・防災等の分野において実利用化のための解析技術を確立することと、高品質・高精度かつユーザの実用に資するプロダクトを継続的に生産・提供可能とするために必要なセンサ校正・データ処理・運用計画最適化等、地上システムに必要となる技術を開発する。

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
実利用化のための 解析技術に共通す る基盤技術	HISUIシミュレータを開発 すること、およびスペクト ルデータベースに格納す る細かな波長分解能の鉱 物スペクトルライブラリを 作成する。	個別分野の開発手法をHISUI運用開始 前に実証するために、HISUIシミュレー ションデータを作成するシミュレータの開 発が必要である。また、運用後のHISUI ハイパスペクトルデータから物質を特 定するためには、鉱物等のスペクトルラ イブラリを整備しておく必要がある。

2. H. 3.目標(2／5)

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
個別分野における利用技術	エネルギー資源分野では、海域でのオイルスリック判定や植生地域でも利用可能な探鉱手法の開発のほか、農業、環境、防災等の分野も含め手法を5事例以上開発する。	エネルギー・資源、農業、環境や防災分野のユーザによる具体的な実利用のニーズに応える手法開発が必要である。 具体的には、資源分野のニーズとして、既存の陸域露岩地域の探鉱から、植生地域での探鉱やオイルスリック抽出への利用可能範囲の拡大、農業分野のニーズとして、国内農作物から海外農作物(小麦等)のモニタリングなど対象域の拡大、環境分野のニーズとして、農地塩害化の早期対応のための低塩分濃度土壤分布の把握や熱帯泥炭湿地林での温室効果ガスの排出量や炭素蓄積量の把握、防災分野のニーズとして、植生を含んだ土砂災害の脆弱性の評価。

2. H. 3. 目標(3/5)

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
校正・データ処理技術	HISUIの仕様に対し既存校正技術の適用評価、必要に応じた改良技術を開発し、校正検証計画および校正システムの開発に着手する。 また、幾何補正・波長補正・放射量補正、さらに、大気補正に必要な画像補正処理手法を開発し、アルゴリズム基準書の作成に着手する。	HISUIの各種プロダクトの品質を保証・高精度化させるためには、センサの校正技術を確立する必要があり、そのため、HISUI打上前および打上後校正の信頼性向上のための校正技術を開発する必要がある。 また、HISUIのデータが有効に活用されるためには、放射量・幾何的歪みの除去や大気の影響の除去を行い、ユーザにとって扱いやすいデータ(プロダクト)に処理することが必要である。

2. H. 3.目標(4／5)

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
地上システム(運用計画システムを含む)	地上システム(全体システム)の概念設計を行う。長期運用計画シミュレーションツールを開発する。短期観測計画の作成アルゴリズムを開発する。	最適化された観測計画に基づき取得されたデータを処理し、高品質なプロダクトとしてタイムリーにユーザへ提供するため、地上システム(全体システム)に求められる機能の検討・整理を行う必要がある。 また、HISUIはデータ量が膨大であるため、運用はデータダウンリンク量に制約される。一方、ハイパースペクトルセンサの観測幅は30kmであるため、その戦略的価値を最大限に生かすためには限られたリソースの中で、効率的にセンサを運用する必要がある。

2. H. 3.目標(5／5)

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
金属資源探査技術の研究開発 1)次世代衛星データ解析技術開発 2)金属鉱床タイプに応じた総合解析探査技術の開発	1)次世代衛星データ解析技術開発 鉱床に伴う岩石・鉱物の反射スペクトルデータを集積し、鉱物分類を高精度化するための解析技術を開発すること。 2)金属鉱床タイプに応じた総合解析探査技術の開発 鉱床タイプに応じた衛星データ等による解析技術を開発すること。また、ハイパースペクトルデータ解析評価用システムを開発すること。	1)ハイパースペクトルセンサにより得られるデータから、資源探査に有用な情報を効果的・効率的に抽出するためのハイパースペクトルデータ解析技術の開発を行い、金属資源探査分野における我が国の競争力確保を図る。 2)金属鉱床では、ベースメタルやレアメタルを産する鉱床タイプごとに固有の岩石・鉱物の産状を示すため、鉱床タイプに応じた解析技術を明らかにすることが必要である。また、ハイパースペクトルデータの高度利用のため、データ解析をサポートする解析評価用システムが必要となる。

2. H. 4.成果、目標の達成度(1／5)

要素技術	目標・指標	成 果	達成度
実利用化のための解析技術に共通する基盤技術	HISUIシミュレータを開発すること、およびスペクトルデータベースに格納する細かな波長分解能の鉱物スペクトルライブラリを作成する。	航空機ハイパースペクトルデータからHISUIシミュレーションデータを作成するためのHISUIシミュレータを開発し、各分野の研究開発で事前実証に使用した。また、ハイパースペクトルデータのライブラリとして整備すべき125鉱物、168標本のスペクトルを整備した。	達成

2. H. 4. 成果、目標の達成度(2／5)

要素技術	目標・指標	成 果	達成度
個別分野における利用技術	エネルギー・資源分野では、海域でのオイルスリック判定や植生地域でも利用可能な探鉱手法の開発のほか、農業、環境、防災等の分野も含め手法を5事例以上開発する。	エネルギー・資源分野では、オイルスリックの解析手法、熱水性鉱床の鉱物同定手法、植生地域でも有効な酸化鉄型銅金鉱床の抽出、農業、環境、防災分野で、ユーザが利活用できる具体的な解析手法の研究開発／打上前の事前実証を行い、事例数として9事例を実施した。	達成

2. H. 4. 成果、目標の達成度(3／5)

要素技術	目標・指標	成 果	達成度
校正・データ処理技術	HISUIの仕様に対し既存校正技術の適用評価、必要に応じた改良技術を開発し、校正検証計画および校正システムの開発に着手する。また、幾何補正・波長補正・放射量補正、さらに、大気補正に必要な画像補正処理手法を開発し、アルゴリズム基準書の作成に着手する。	打上前校正・代替校正・相互校正および月校正のそれぞれの既存技術評価を行い、改良技術の開発を行った。また、校正アーカイブシステムの開発および校正パラメーターテーブル管理手順の策定に着手した。 幾何・放射量補正を行うためのアルゴリズム開発およびその基準書、ソフトウェア開発および試験を行った。大気補正については、太陽高度・大気状態の変動に強い反射率推定法開発、雲検知アルゴリズムの開発等を行った。	達成

2. H. 4.成果、目標の達成度(4／5)

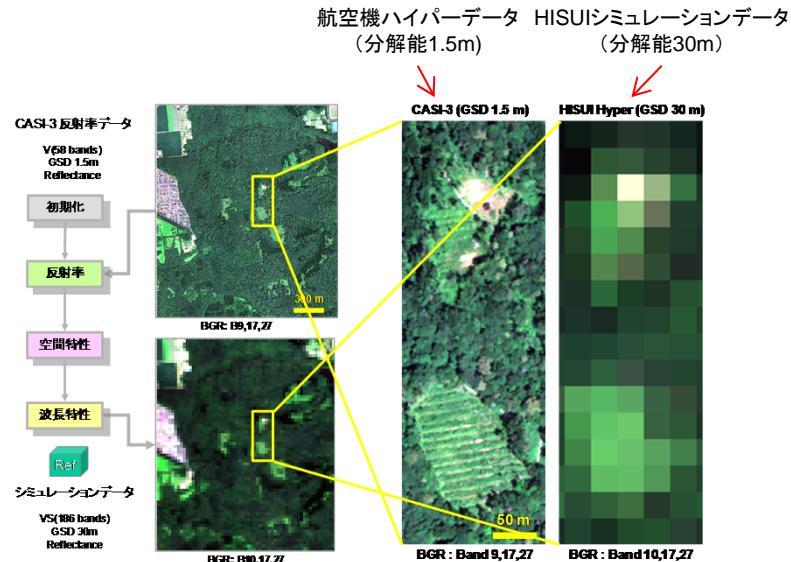
要素技術	目標・指標	成 果	達成度
地上システム（運用計画システムを含む）	地上システム(全体システム)の概念設計を行う。 長期運用計画シミュレーションツールを開発する。 短期観測計画の作成アルゴリズムを開発する。	地上システム(全体システム)の概念設計を行った。 長期運用計画を最適化に必要な計画策定システムを構築し、様々な条件のもとで長期観測シミュレーションを実施した。 短期観測計画作成アルゴリズムを開発した。	達成

2. H. 4. 成果、目標の達成度(5／5)

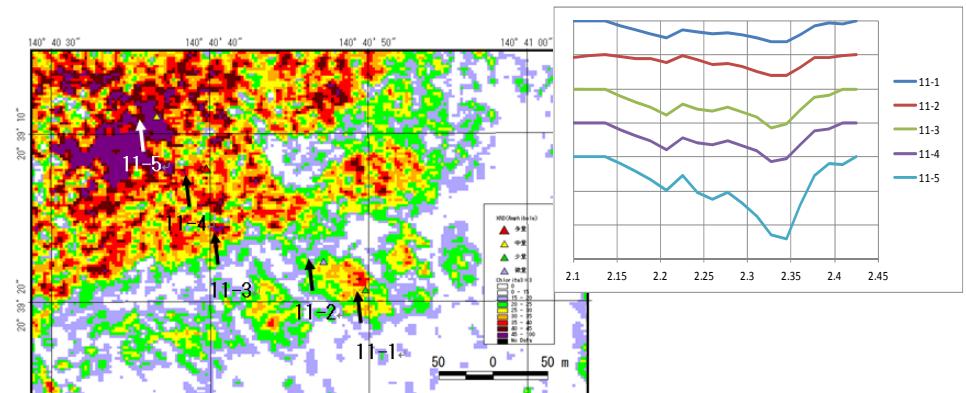
要素技術	目標・指標	成 果	達成度
金属資源探査技術の研究開発 1) 次世代衛星データ解析技術開発 2) 金属鉱床タイプに応じた総合解析探査技術の開発	1) 次世代衛星データ解析技術開発 鉱床に伴う岩石・鉱物の反射スペクトルデータを測定し、解析に利用可能なデータベースとして取りまとめた(512試料1,038スペクトル)。ハイパースペクトルデータ・スペクトルメータデータ等を用いて詳細な鉱物識別を行うとともに鉱物の化学組成、風化プロセスなどに対する解析技術を開発すること。 2) 金属鉱床タイプに応じた総合解析探査技術の開発 鉱床タイプに応じた衛星データ等による解析技術を開発すること。また、ハイパースペクトルデータ解析評価用システムを開発すること。	1) 鉱床に伴う岩石・鉱物の反射スペクトルデータを測定し、解析に利用可能なデータベースとして取りまとめた(512試料1,038スペクトル)。ハイパースペクトルデータ・スペクトルメータデータ等を用いて詳細な鉱物識別を行うとともに鉱物の化学組成、風化プロセスなどに対する解析技術を開発した。 2) 鉱床探査対象となる主要な15鉱床タイプに関する解析技術を開発し、その成果を解析手順書等として取りまとめた。また、解析評価用システムとして携帯型スペクトルメータ及びSQUID磁場偏差計の実機を開発した。	達成 達成

実利用化のための解析技術の成果例 (参考)

1) HISUIシミュレータの開発

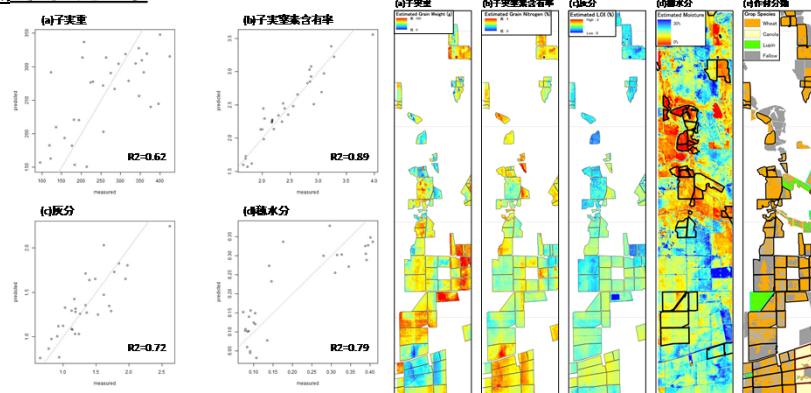


2) エネルギー・資源分野



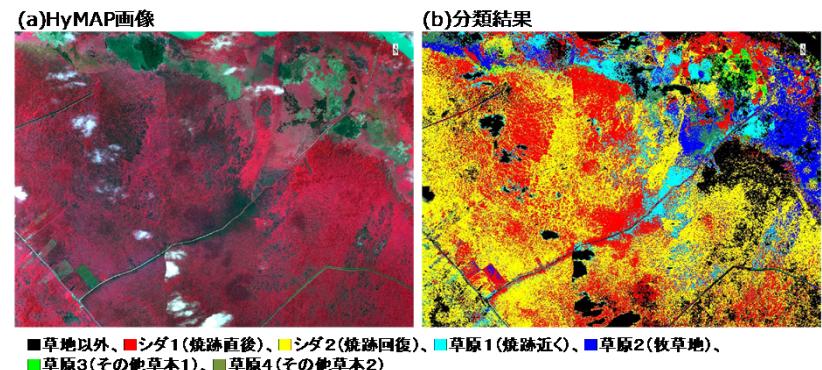
緑泥石推定分布図(左)と現地測定スペクトル(右)

3) 農業分野



小麦の生育状況推定(子実重、子実窒素含有率、穂水分、作付け分類)
(左)推定値と測定値の比較 (右)広域分布推定図

4) 環境分野

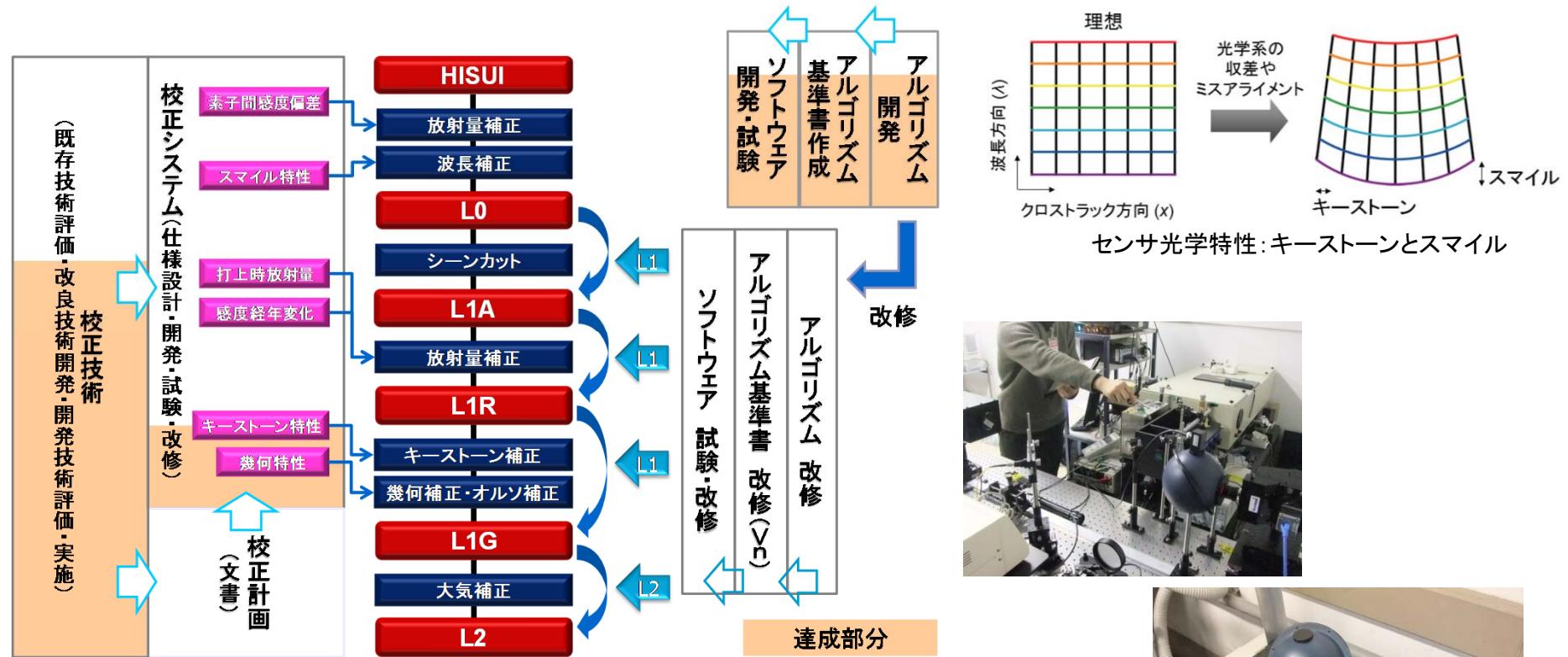


火災跡地の植生タイプ分類結果
(左)航空機ハイパー画像 (右)分類図

校正・データ処理技術の成果例

(参考)

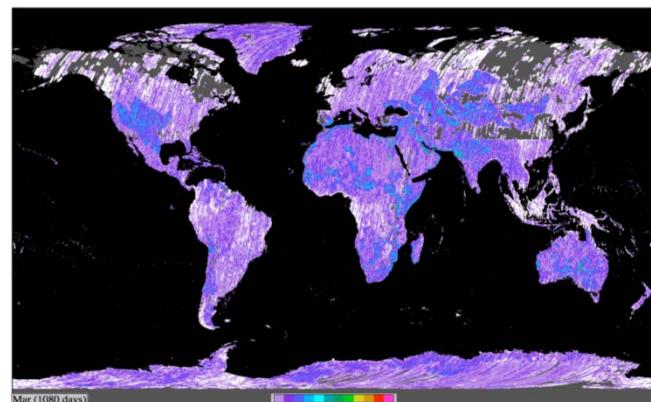
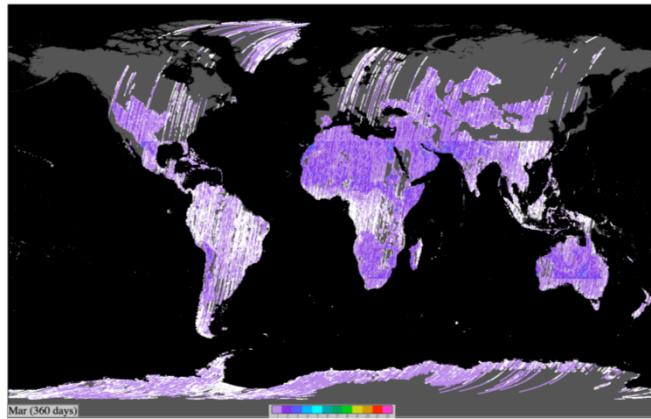
校正・データ処理の関係



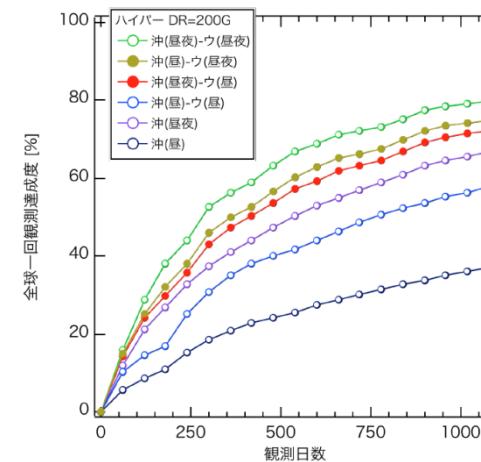
センサ校正・データ処理技術の成果例

(参考)

2)地上システム(運用計画システムを含む)



仮想観測対象地域による長期観測シミュレーション結果
(上:1年目 下:3年目)



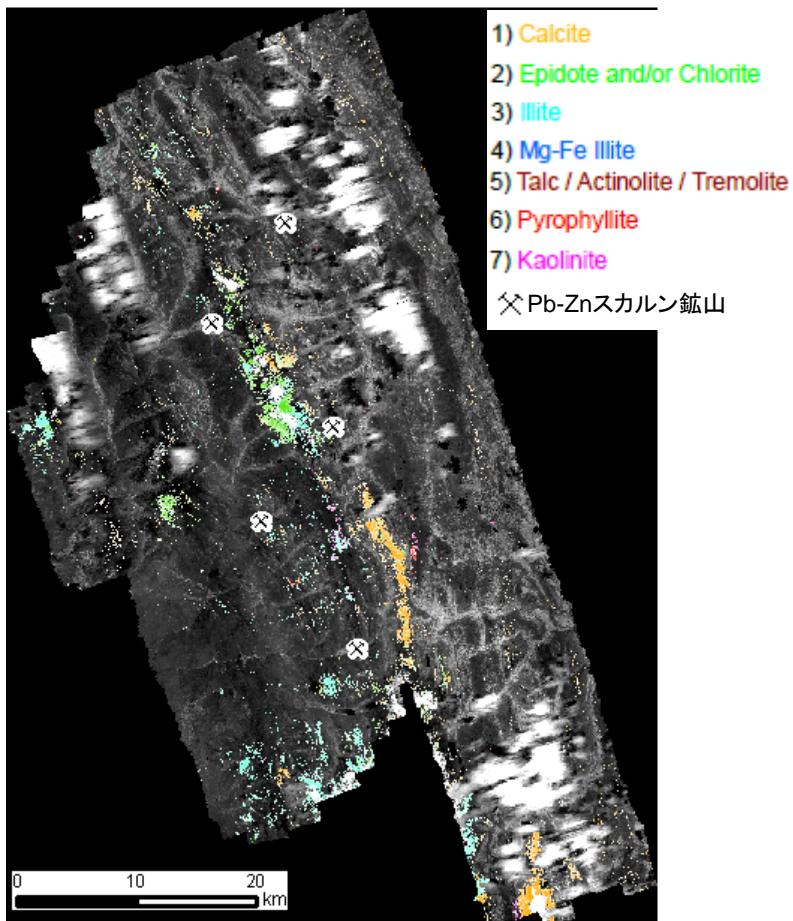
ダウンリンク基地局による
全陸域一回観測の達成度

金属資源探査技術の研究開発の成果例 (参考)

1) 次世代衛星データ解析技術開発(変質帯・鉱物分類の高精度化)

→ HISUIの波長特性を利用して、鉱床周辺の詳細な鉱物識別(イライトの化学組成変化等)を実施

航空機ハイパースペクトルデータ解析結果
(南米)



2) 金属鉱床タイプに応じた総合解析探査技術の開発

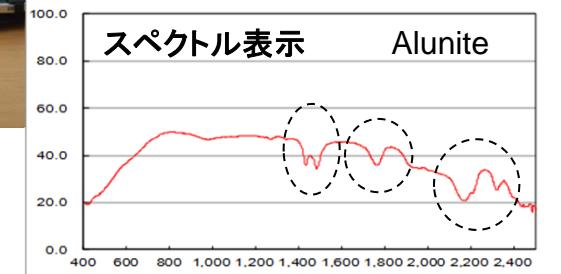
→ 野外調査で鉱物の測定から同定まで可能な地上評価用システムを開発

ハイパースペクトルデータ解析評価用システム開発

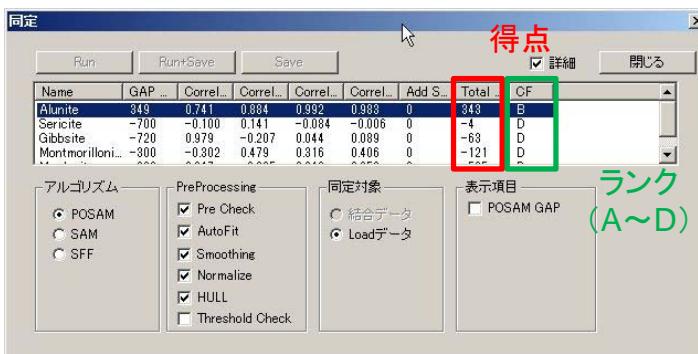


携帯型スペクトルメータ実機の概要

大きさ: 33 × 16 × 24cm
重量: 約6kg
測定波長域: 400-2500nm



鉱物同定結果の一例



2. H. 5.事業化、波及効果(1／3)

【事業化の見通し】

(1)観測データや付加価値情報の販売事業

エネルギー・資源分野では、これまで以上に多くの鉱物識別が可能となることで、既存の事業にハイパースペクトルデータを利用したい意向がある。例えば、概査の段階では一地域で数百km四方の広範囲の対象地域での利用を想定しており、ASTERと同等以上のデータ配付数(年間平均18,000シーン)が期待される。また、付加価値情報の販売事業について日本やオーストラリアで行ったヒアリング結果では、多頻度観測可能な衛星データをベースにハイパースペクトルデータで小麦生育状況に関する付加情報を加えることで、政府機関向けの広域モニタリングサービスや特定ユーザ向けのモニタリングサービス事業が期待される。

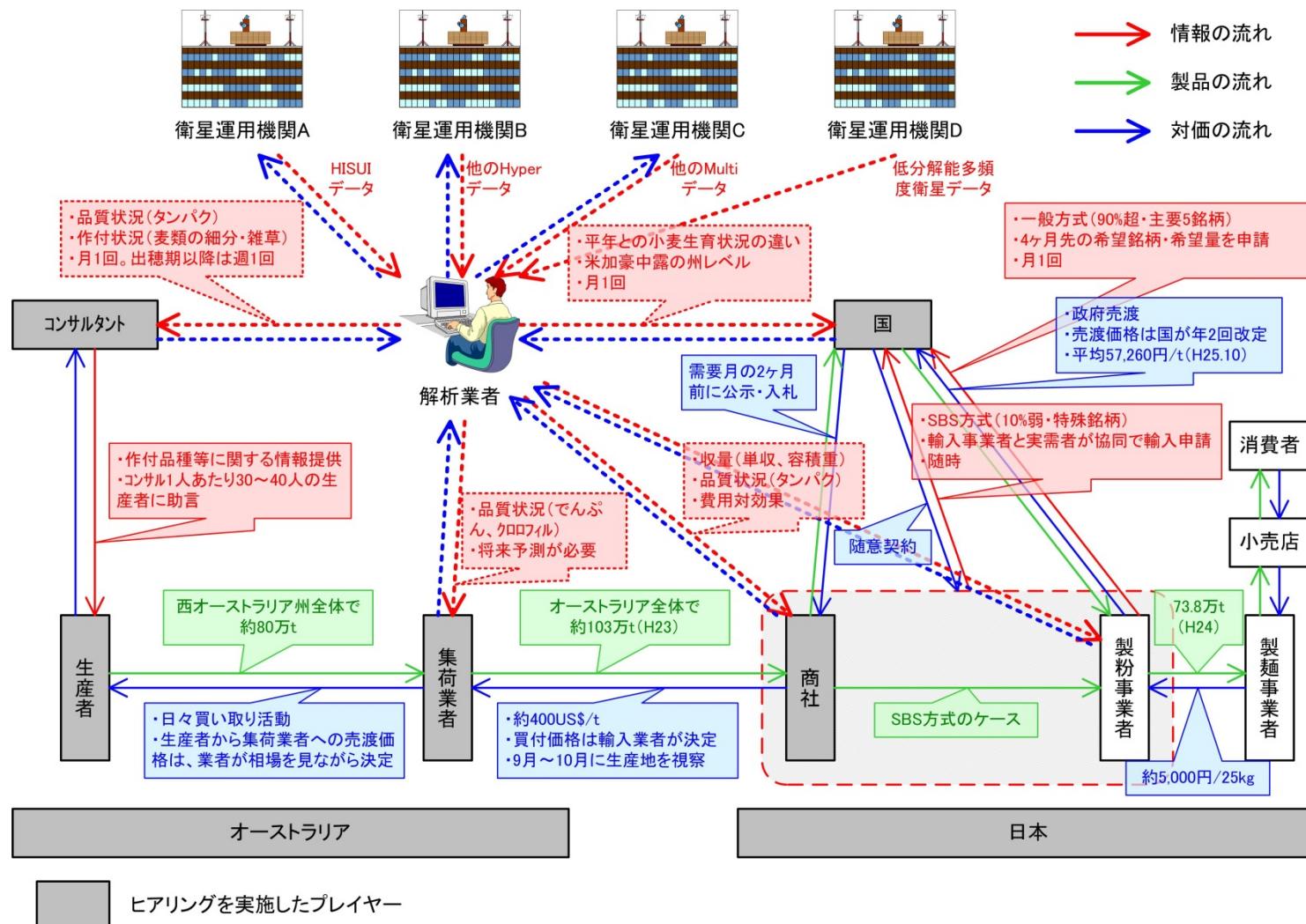
【波及効果】

エネルギー・資源分野においては、鉱物識別が精度良くできることで、対象地域に油田かガス田かあるいはどちらも期待できないかという推定が可能となり、石油探鉱の成功確率が高めることが期待できる。すなわち、開発投資を集中させ経費の効率化が図れるという波及効果は大きい。

また、小麦での付加価値情報提供事業のように、営農管理・森林管理・環境管理の効率化が期待できるなど波及効果は大きい。

2. H. 5.事業化、波及効果(2/3)

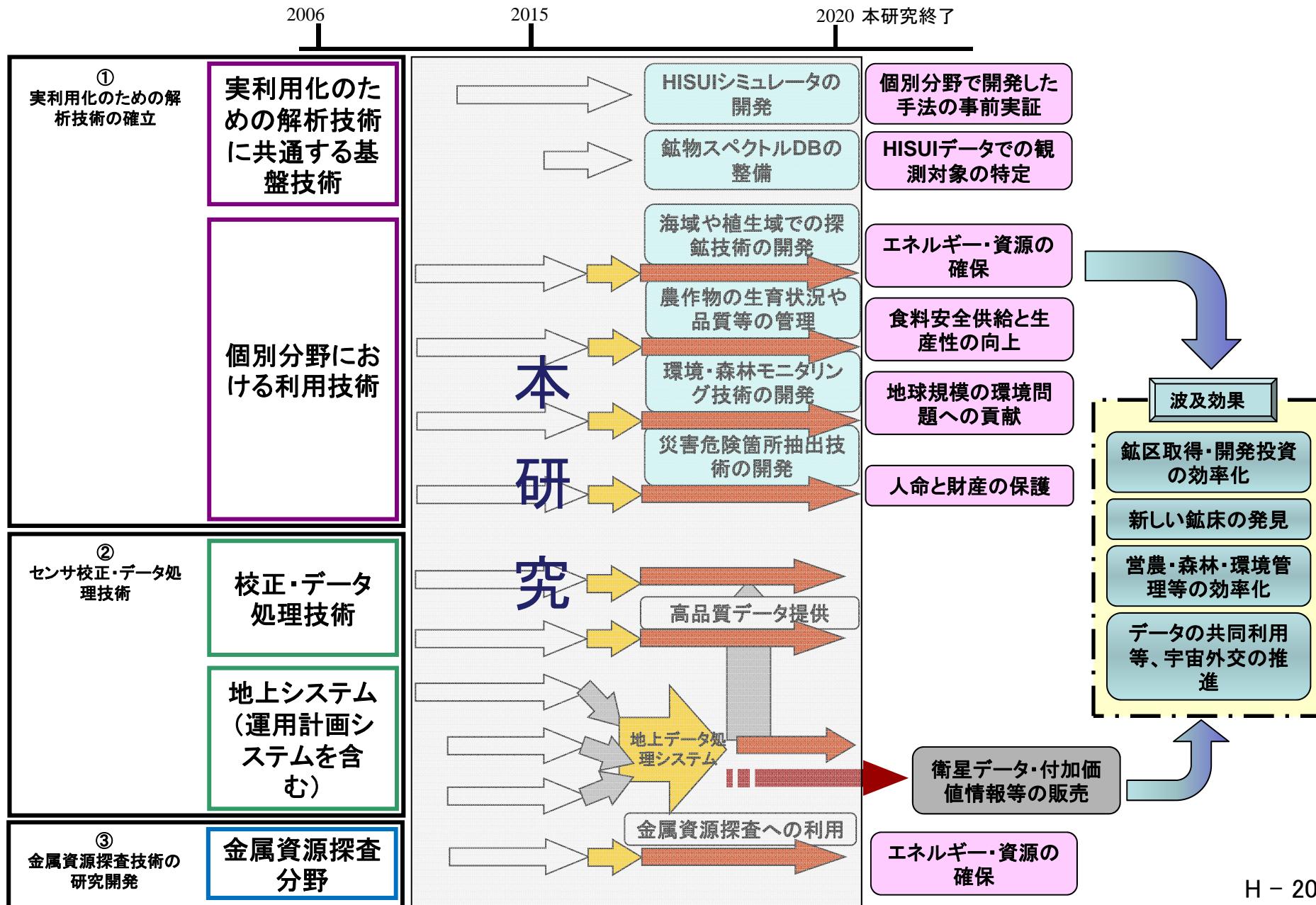
(参考)



オーストラリア小麦に関する情報提供事業化の構想

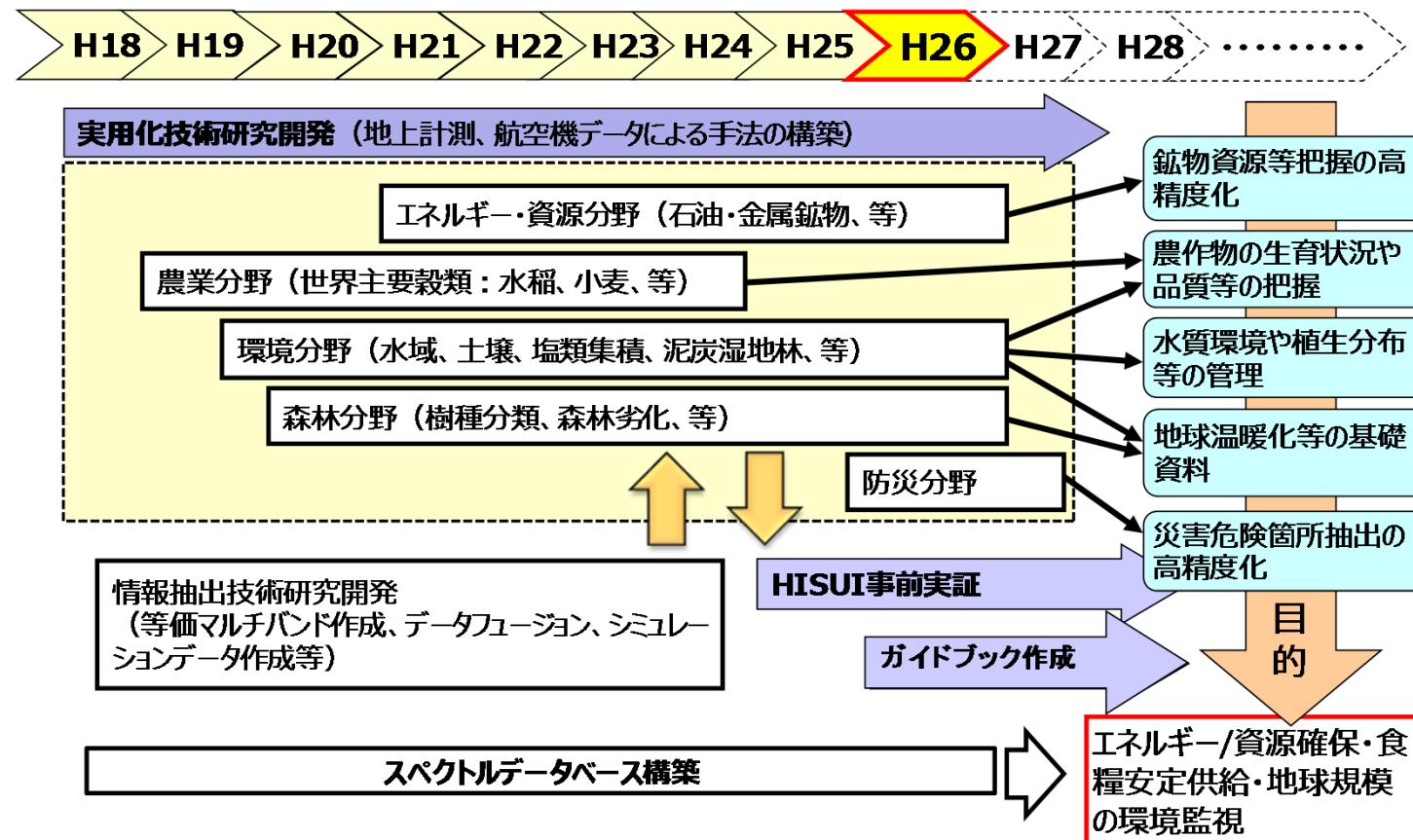
2. H. 5.事業化、波及効果(3／3)

(参考)



2. H. 6.研究開発マネジメント・体制等(1／9)

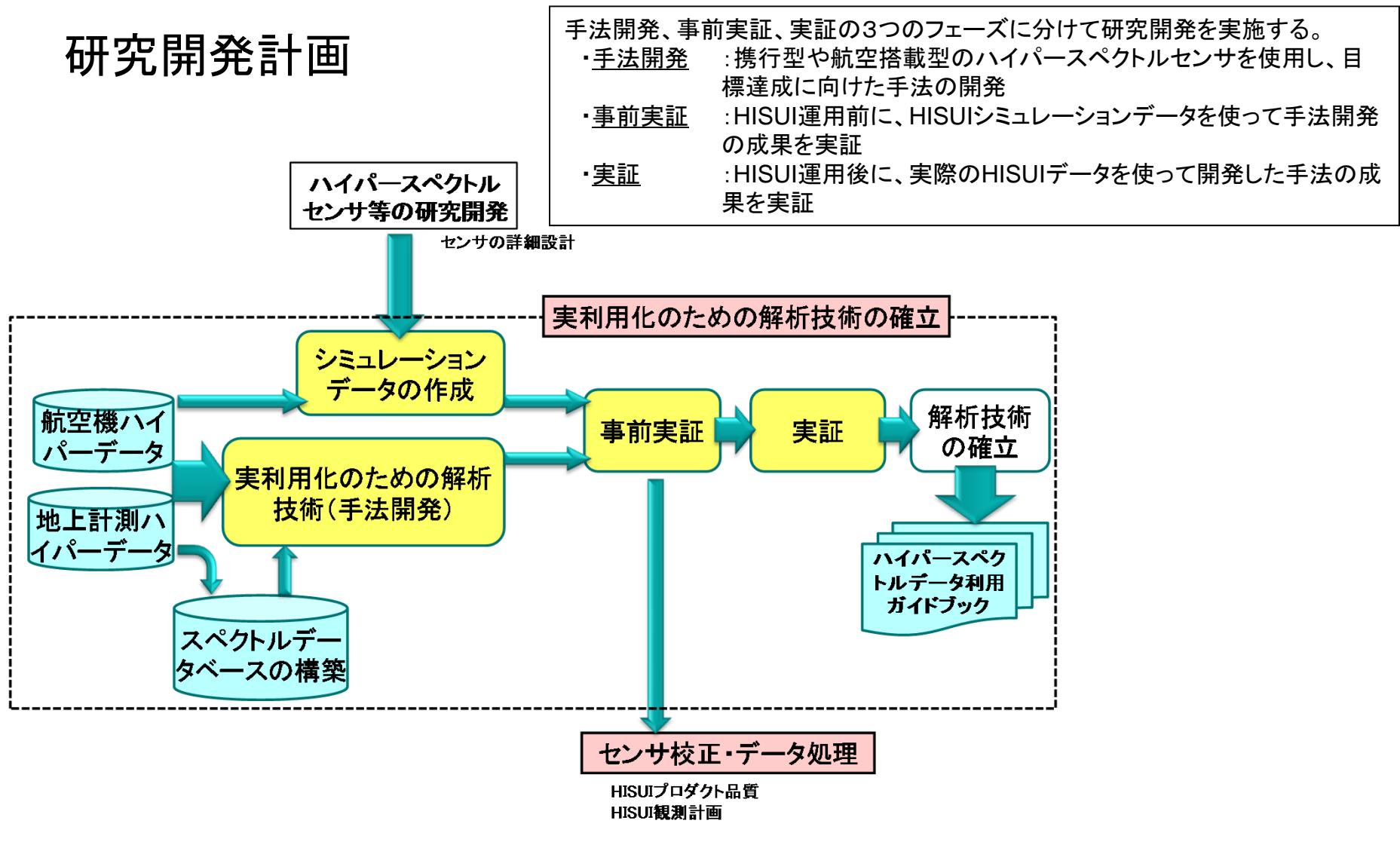
研究開発計画



実用化のための解析技術の研究開発の目標

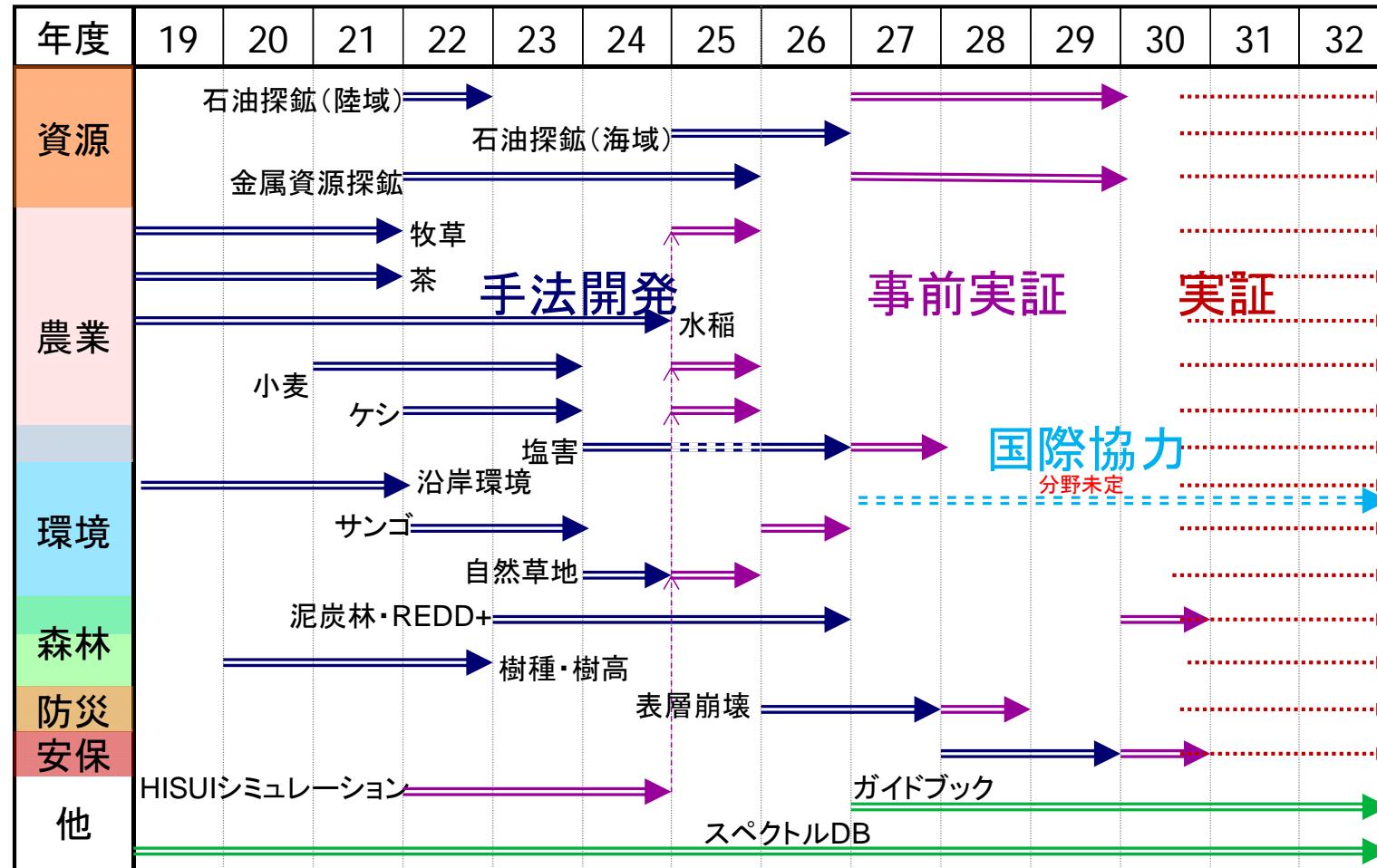
2. H. 6.研究開発マネジメント・体制等(2／9)

研究開発計画



2. H. 6.研究開発マネジメント・体制等(3／9)

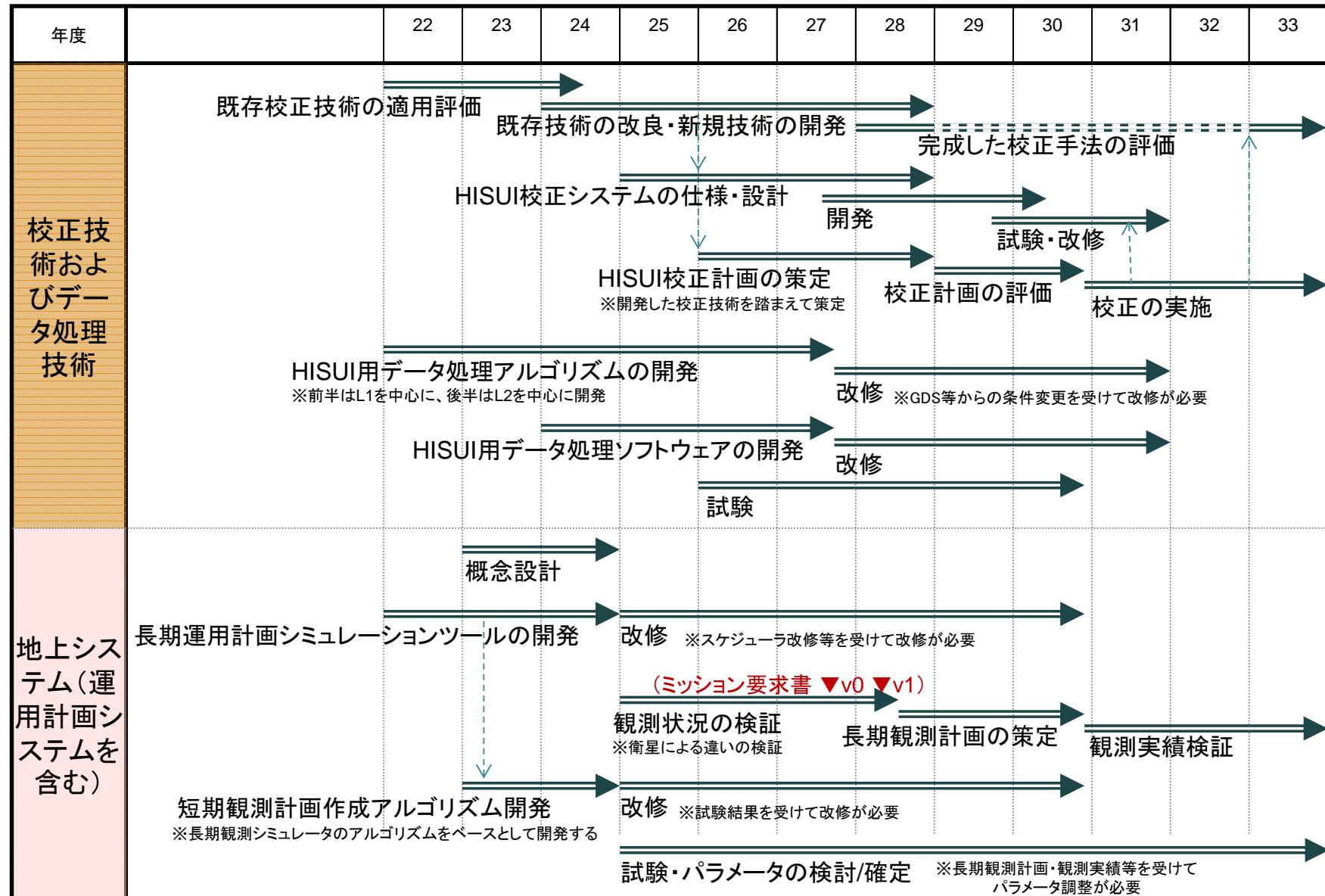
研究開発計画(平成26年度時点)



実用化のための解析技術に係る研究開発計画

2. H. 6.研究開発マネジメント・体制等(4/9)

研究開発計画(平成26年度時点)



センサ校正・データ処理技術に係る研究開発計画

2. H. 6.研究開発マネジメント・体制等(5／9)

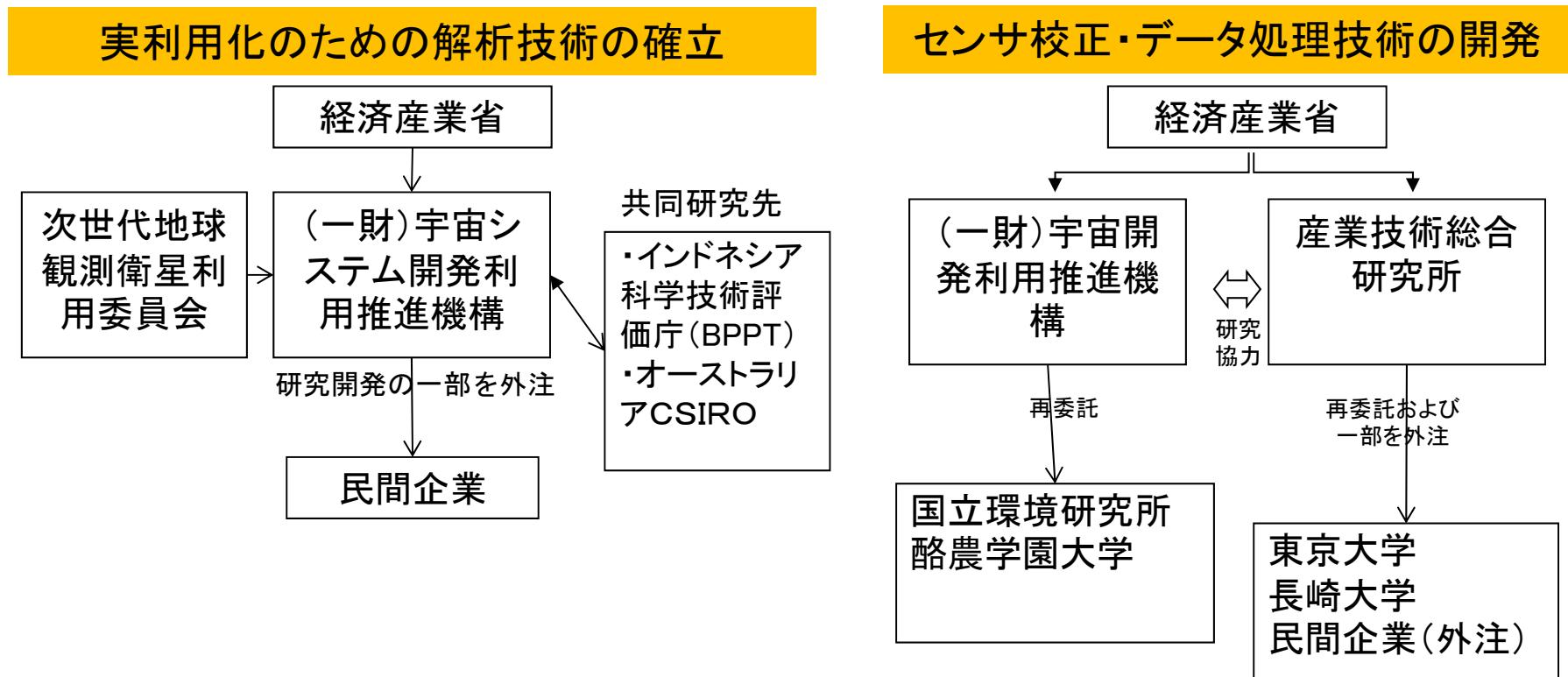
研究開発計画(平成26年度時点)

年度	20	21	22	23	24	25	26
金属資源探査技術の開発	1)次世代衛星データ解析技術開発 ・岩石・鉱物の反射スペクトル解析技術の開発 ・岩石鉱物の反射スペクトルデータの集積						→
							金属鉱床タイプに応じて実施
							→
	2)金属鉱床タイプに応じた総合解析探査技術の開発 ・ハイパースペクトルデータ解析評価システムの開発 ・衛星データ等による解析技術の開発						
					→		→
							金属鉱床タイプに応じて実施

金属資源探査技術の研究開発計画

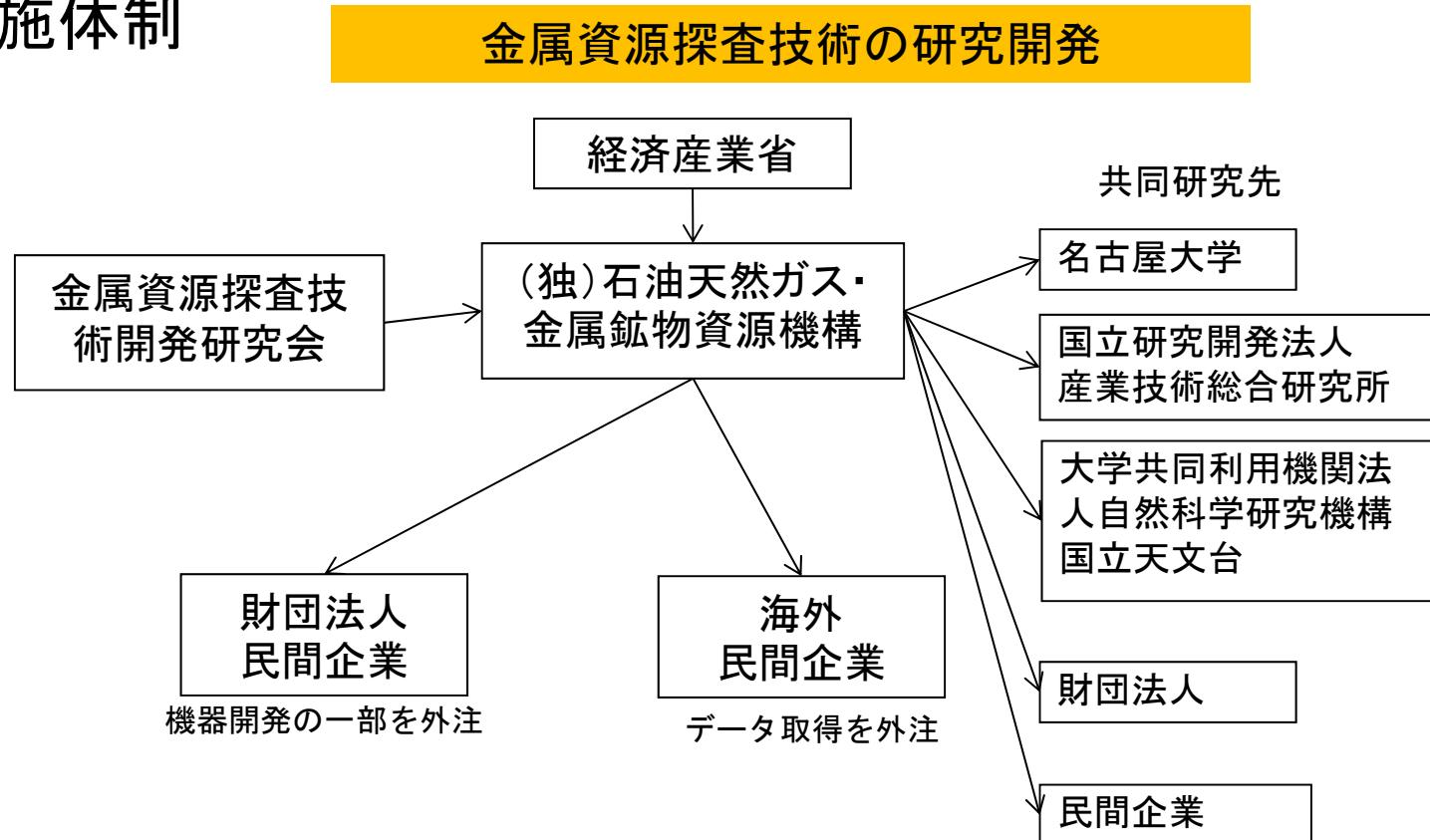
2. H. 6.研究開発マネジメント・体制等(6／9)

実施体制



2. H. 6.研究開発マネジメント・体制等(7／9)

実施体制



2. H. 6.研究開発マネジメント・体制等(8／9)

変化への対応

搭載衛星計画の変更

HISUIセンサは、開発の検討着手時から文部科学省が研究開発を計画していた「ALOS-3（だいち3）」に搭載することを想定していた。しかし、平成23年8月の「宇宙開発利用の戦略的推進のための施策の重点化及び効率化の方針」において、以下のような指摘があり、「ALOS-3」の開発計画は中止となった。

だいち3（文部科学省（JAXA）、分解能80cm、観測幅50km）は（中略）緊急性等との観点で他のプロジェクトより優先度が低いため、宇宙政策全体の中で他の優先度の高いプロジェクトを実施した上で宇宙予算上可能であれば実施することとすべきである。

搭載衛星（JAXA）の中止に伴い、新たなセンサの宇宙実証機会の模索とともに、ハイパースペクトルデータの共同利用や共同研究の機会についても模索をし、搭載機会拡大のための典型的な衛星を想定して観測されるデータの仕様・性能等を鑑み、開発した手法の汎用化の検討を実施している。

2. H. 6.研究開発マネジメント・体制等(9／9)

前回評価時指摘事項への対応

(指摘事項の要点)

- ・解析技術が実用化にどうつながるか、ユーザにどう活用できるかが課題
- ・解析事例を増やすことで、ユーザに魅力的で、とりつきやすいシステムとなるよう今後の進展に期待
- ・データ販売および利用に関して、より定量的な試算が必要。

(対応)

- ・ユーザや関係者へのヒアリングを行い、ニーズや事業の実情を確認しつつ将来の事業化の見通しを具体的に検討している。
- ・ユーザに分かりやすくデータ利用が魅力的となるよう、技術開発の成果をとりまとめ、ハイパースペクトルデータの利用促進に寄与するべくハイパースペクトルデータの利用事例を掲載したガイドブックを作成している。
- ・「ハイパースペクトルセンサ等の研究開発」事業と連携して調査・検討を進め、ロードマップを作成している。(次ページ)

今後のハイパースペクトルセンサのロードマップ

- ハイパースペクトルセンサの開発について、日本が世界をリード
- 安全保障・農業管理・森林監視・資源探査に広く活用される

さらなる研究開発による①、②を実現

①センサの高空間分解能化、小型軽量化、②応用分野の拡大

軌道上データに基づく、高空間分解能化・小型軽量化

光学高精度アライメント技術の向上

オンボードデータ圧縮補正処理技術の向上

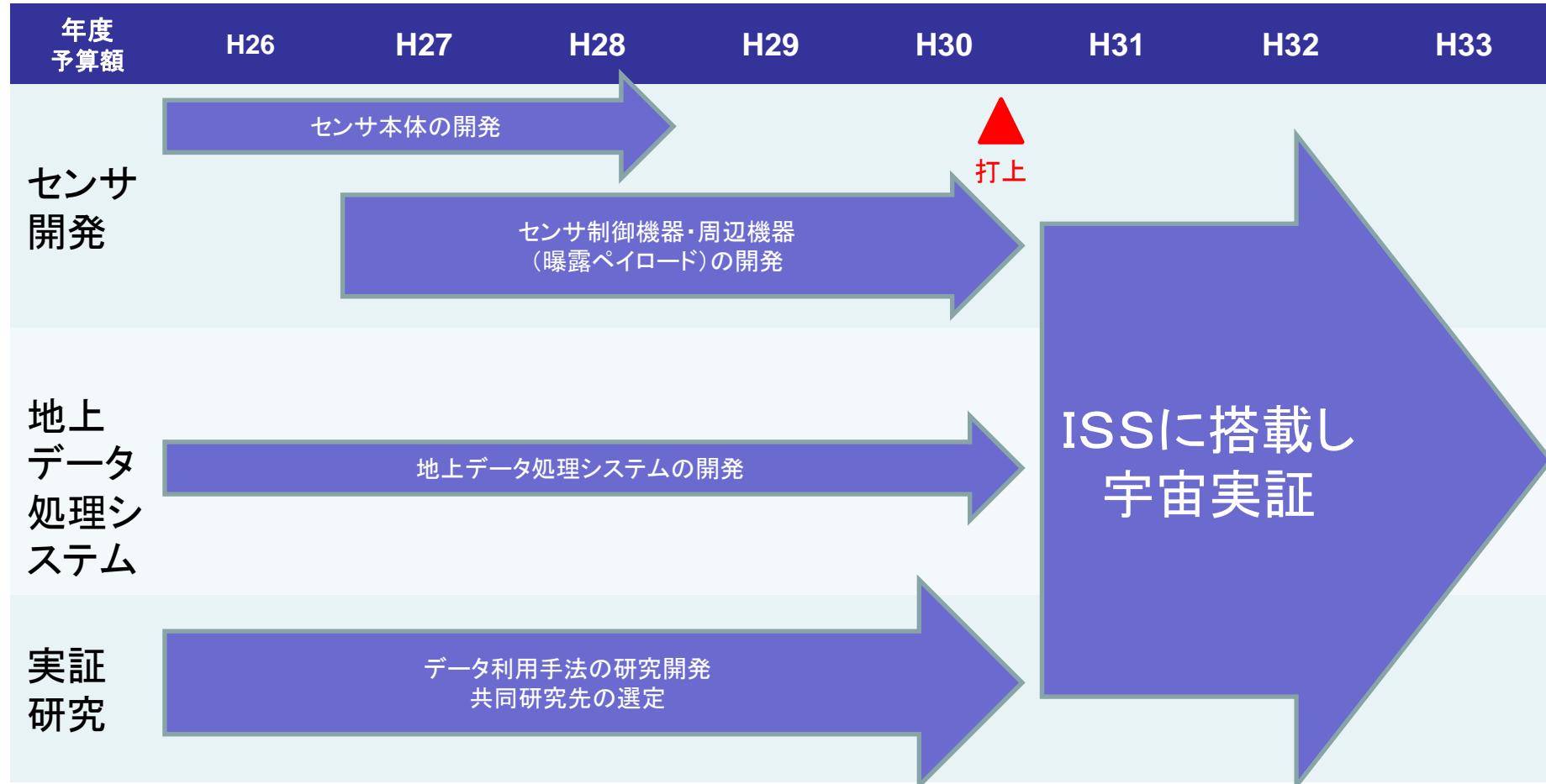
実証データを使った、新規利用ニーズ発掘・ユーザーの拡大

新分野(安全保障分野 等)への適用可能性の評価

データの利用技術の国際共同開発

HISUI-ハイパーセンサ
の宇宙搭載に向けた開発

今後の研究開発スケジュール



2. H. 7. 前回の中間評価(平成23年度)の結果

【今後の研究開発の方向等に関する提言】

- 事業(プロジェクト)によっては、既に確立されつつある技術の実用化と長期的な観点から技術レベルの向上を図るものがある。両者とも全体としての目標と、それを具体化するための個別要素技術の達成目標を立てて事業化してゆくのが望ましい。(全事業共通)
- 目標設定が必要性によって決定されることが重要であり、達成可能見込みから判断して目標設定が付けられることがないかを注視する必要がある。(全事業共通)

【対応方針】

- 全体目標とそれを達成するための個別要素技術の目標を立てて実施しており、引き続き事業化に向けて取り組んでまいりたい。なお、本事業においては、実用化に向け、ユーザー側の意見を反映しつつ全体目標を設定し、それに基づいて個別要素技術の達成目標を立ててまいりたい。
- 目標を設定する際には、事業者側からのみならず、利用者の視点も踏まえた目標となるよう努めているところである。なお、本事業においては、本事業で設置している次世代地球観測衛星利用委員会等を活用し、ユーザ側からの意見に基づいて目標を適切に設定してまいりたい。