先進光学衛星：
衛星システムの概要と観測性能

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構
第一宇宙技術部門　先進光学衛星プロジェクトチーム
度會　英教

平成28年 7月28日
日経カンファレンスセンター
第2回先進光学衛星利用ワークショップ

ユーザニーズ・ミッション要求と衛星仕様との関係

【主なユーザニーズ】

- 被災地全体の詳細状況把握
- 迅速な初動対応
- 全球ベースマップ（センチネルアジア等への貢献）
- 基盤地図情報の整備・更新
- 「だいち」からの継続性

【主なミッション要求】

ベースマップ画像取得に対する要求

地理空間情報の整備・更新

- 広域観測（観測幅 50km以上）
  高分解能観測（分解能 1m以下）
- 画素地表位置決定精度の高精度化
- 観測波長
  可視、近赤外（4バンド以上）
- ベースマップ画像の収集・更新
  （国内 3年以内、全球 5年以内目標）

緊急観測に対する要求

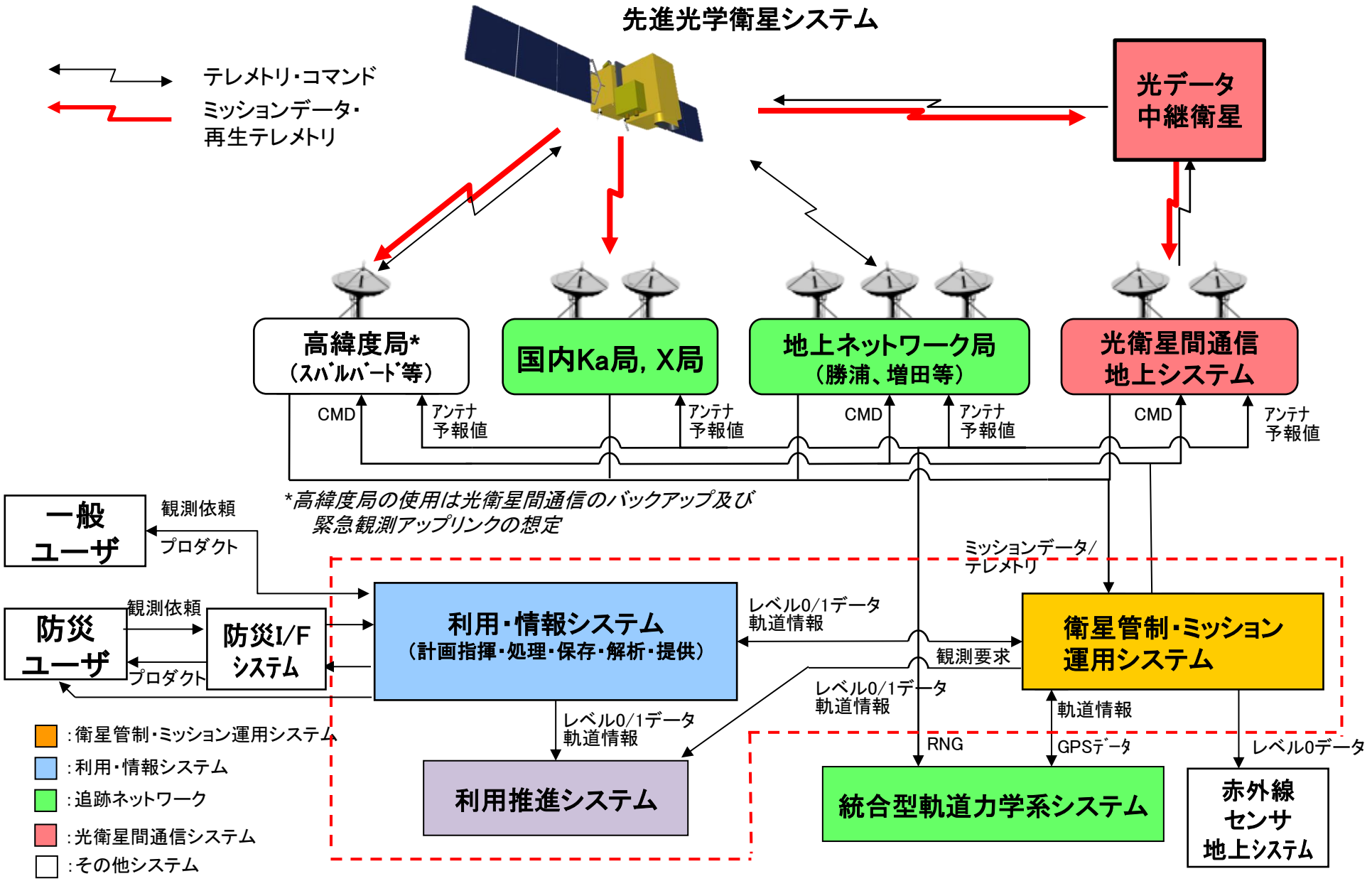
防災・災害時対応

- 1日以内の観測
  （国内、分解能5m以下）
- 速やかなデータ伝送

→ **総合システム要求仕様書・衛星システム開発仕様書へのブレイクダウン（仕様としての数値化）**

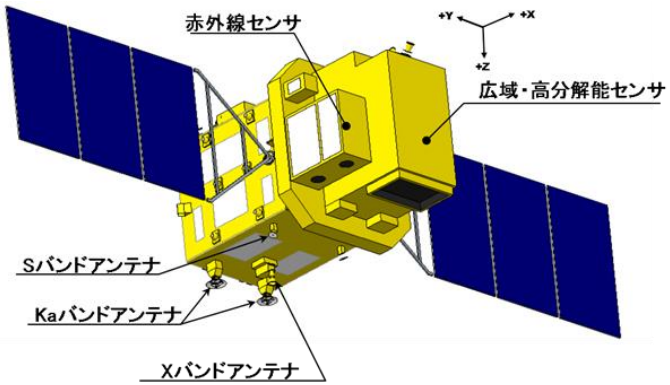
本講演では、総合システムのうち「衛星システム」について述べる

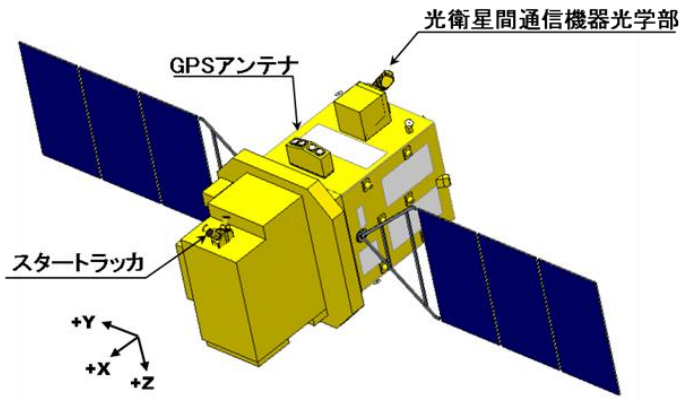
先進光学衛星総合システム



先進光学衛星の概要

項目		諸元
運用軌道	軌道種別	太陽同期準回帰軌道
	軌道高度	669 km（赤道上）
	降交点通過地方太陽時	10時30分±15分
	回帰日数	35日（1日の周回数 15-12/35周回）
センサシステム		広域・高分解能センサ 衛星搭載型2波長赤外線センサ（相乗りミッション）
地上分解能（GSD）		パンクロ：0.8m / マルチ ：3.2m （直下）
観測幅		70 km
画像圧縮方式および圧縮率		CCSDS拡張方式、Pa 1/4 Mu 1/3 （基本設定） *可逆圧縮、または非圧縮で出力する機能も有す
ミッションデータ発生レート		約4Gbps（Pa 1/4、Mu 1/3圧縮時）
データ伝送		直接伝送(Ka帯：1.6 Gbps以上 X帯：0.8Gbps以上)、 光データ中継
質量		2,700 kg （打上時）
衛星寸法		5 m×14 m×3.5 m （太陽電池パドル展開時）
観測時間		1周回あたり10分
設計寿命		7年以上（打上げ後10年の運用目標）



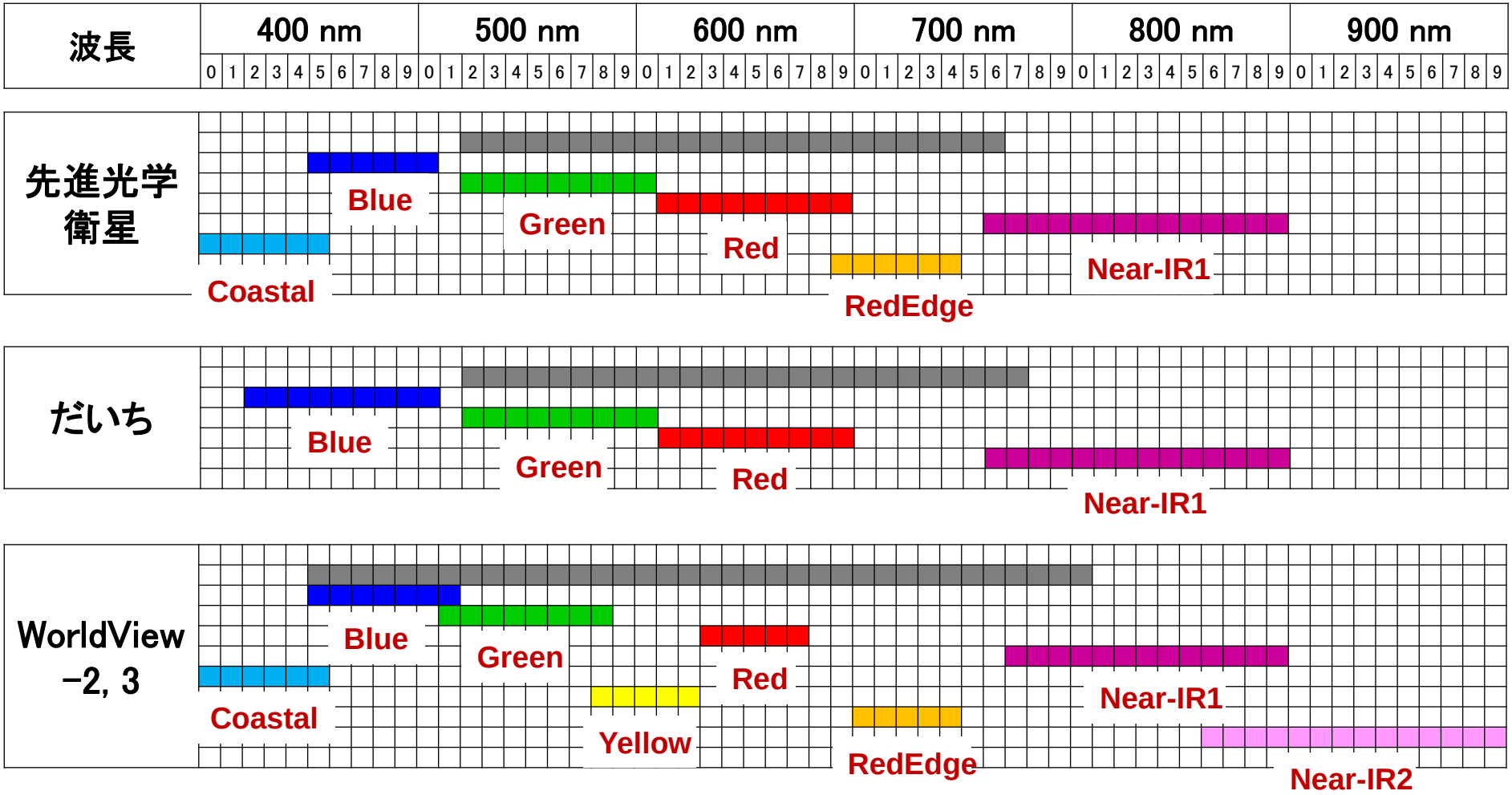


広域・高分解能センサの概要（1／2）

項目	性能	備考
光学系	軸外し4枚鏡タイプ	“だいち”搭載PRISMと基本的に同形式
観測波長帯	**パンクロ** 0.52～0.76 μm **マルチ** バンド1 0.40～0.45 μm (Coastal) バンド2 0.45～0.50 μm (Blue) バンド3 0.52～0.60 μm (Green) バンド4 0.61～0.69 μm (Red) バンド5 0.69～0.74 μm (RedEdge) バンド6 0.76～0.89 μm (NIR-1)	多種・多様なニーズへの対応のため、バンド1とバンド5の搭載を新たに仕様化した。 Coastal : 海洋（沿岸部）観測用途 RedEdge : 植生観測用途
地上分解能(GSD)	パンクロ :0.8m / マルチ :3.2m	軌道高度669kmにおける直下撮像
観測幅	70 km	同上
MTF（変調伝達関数）* @ナイキスト周波数	パンクロ :0.1 / マルチ :0.2	視野全域および下記S/Nを満たす条件において
S/N（信号ノイズ比）	パンクロ :200 / マルチ :200	規定輝度は、北緯35°、春秋分、アルベド30%相当とする
量子化ビット数	11 bit	“だいち”8bitから向上

*ストリップマップ撮像および異なる2パスを用いた立体視観測時。その他の観測におけるMTFの仕様化については調整中。

広域・高分解能センサの概要（2／2）



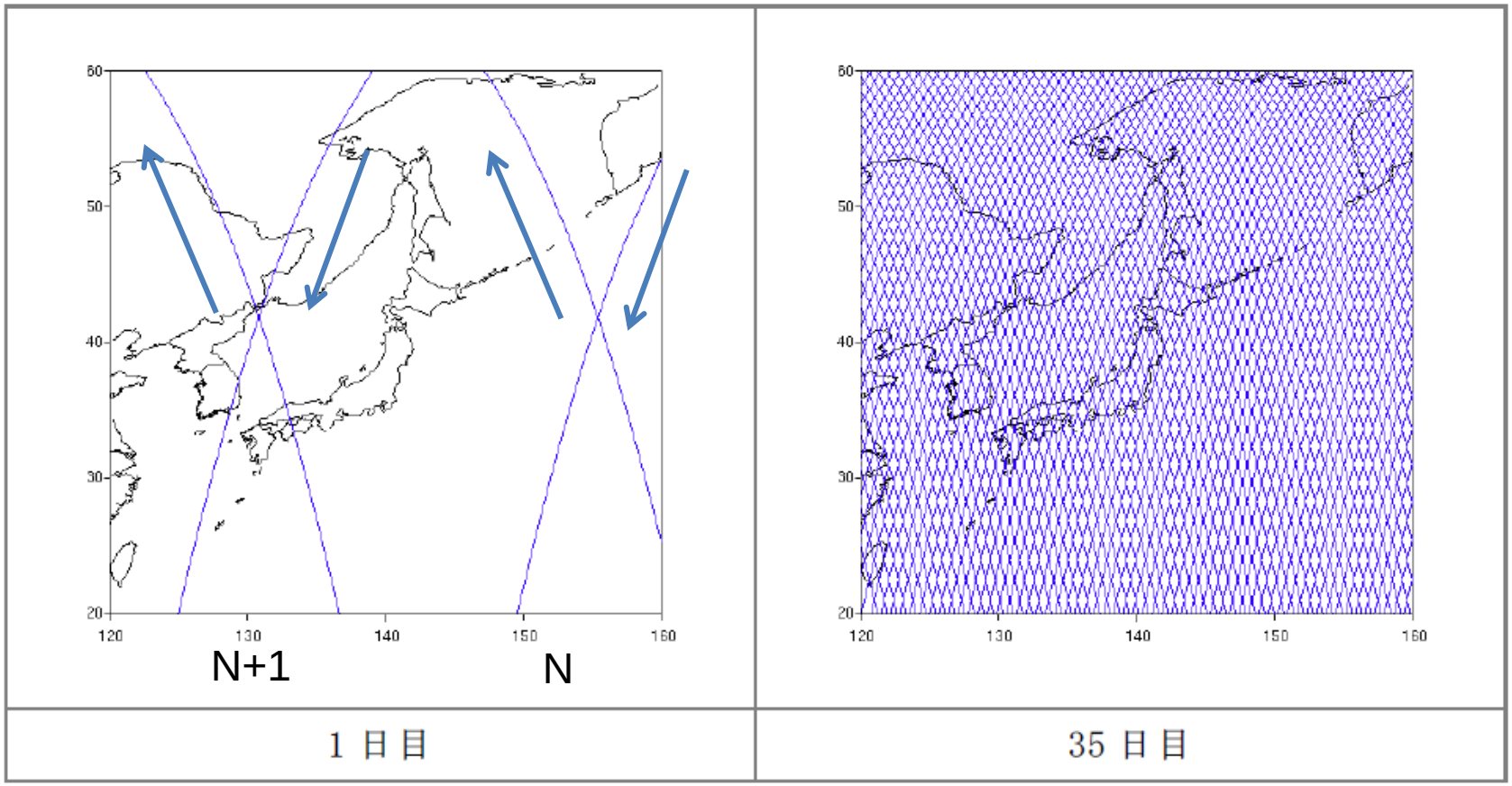
Coastalの採用に伴い、観測波長帯が重ならないようBlueバンドの短波長側を変更した。

先進光学衛星の観測方式

1	ストリップマップ観測	衛星直下軌跡と平行に連続的な観測を行う（1周回あたり連続最大10分間（約4,000km））。観測中の観測姿勢は一定で、直下姿勢を基本とし、必要に応じ分解能1.0m以内（パンクロ）となる範囲での姿勢（ポインティング角約25°以下）での観測も行う。
2	地点観測	指定地点が観測中心となるよう全方角60°の範囲で衛星をポインティングさせ、3シーン※以下の観測を行う。なお、分解能は観測姿勢に応じた値となる。※1シーン　70km×70km
3	方向変更観測	衛星直下軌跡と異なる方向へ連続的な観測を行う（衛星直下軌跡に対し最大50度をなす方向（観測中は固定）へ1100km以上）。この時、観測姿勢は連続的に変化し、それに応じ分解能も変化する。
4	広域観測	1度の衛星通過（パス）中に同一エリアを複数回走査（ストリップマップ観測）することにより、一度に200km×200km以上の地表面の観測を行う。分解能は各走査毎に異なる。
5	立体視観測	• 1度のパスで2つの異なる観測方向から、1シーン以上の同一地点のステレオペア画像（B/H比は1.7程度）を取得する。 • 異なる2つのパスを利用して、連続最大10分間、B/H比0.5程度で直下視/後方視のステレオペア画像を取得する。

赤字が平時の基本観測方式

平時の基本観測方式（ベースマップ画像取得）

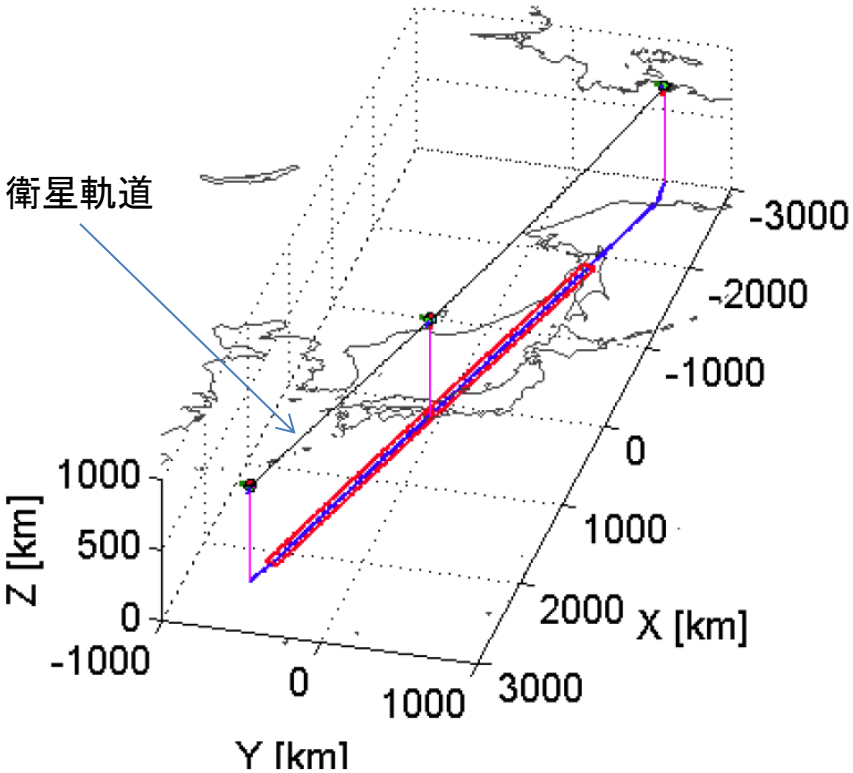


1日および回帰日数（35日）分のグランドトレース（直下軌道軌跡）
0.8mのGSDで、日本全域を含む中高緯度地域を隙間なく観測可能

ベースマップ作成にかかる衛星運用計画については今後詳細化していく

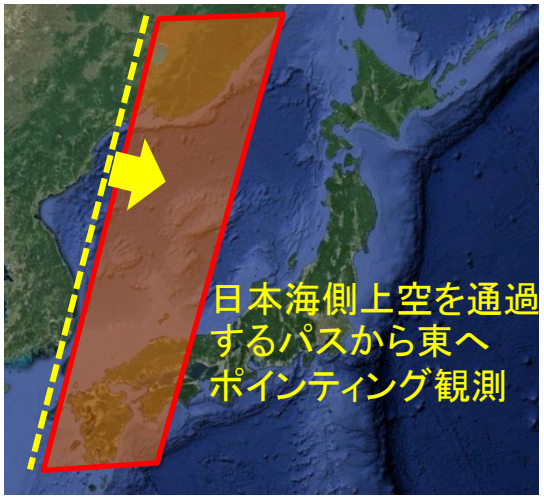
平時の基本観測方式（ベースマップ画像取得）

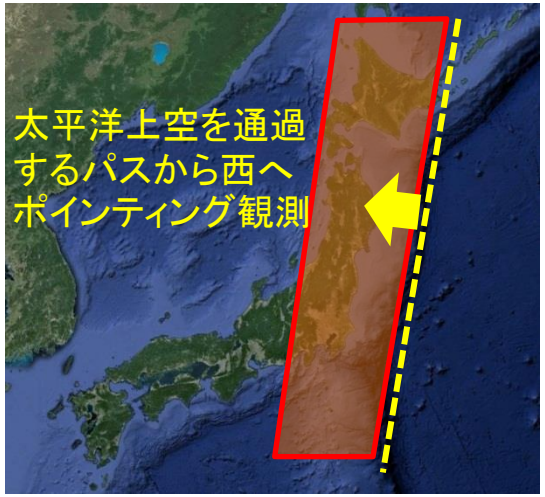
ストリップマップ観測



直下観測の例
70km×4000km（連続10分間）

直下観測に加えて、海上上空を通るパスから～25°程度のポインティング観測を加えることにより、GSD～1.0m程度で1回帰に2回観測することも可能（一部エリアを除く）



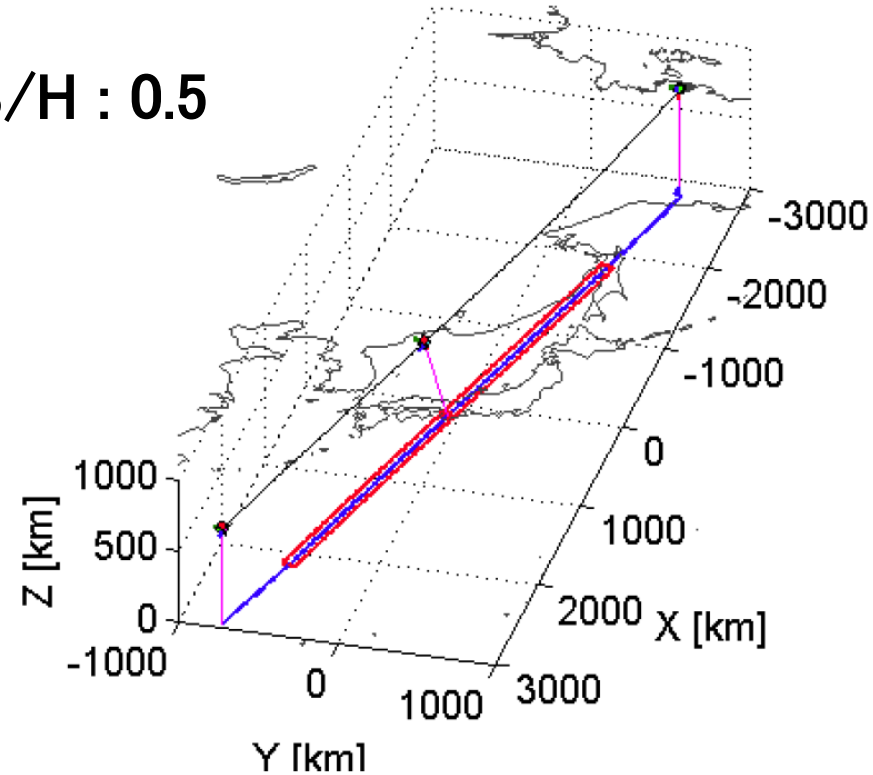


平時の基本観測方式（ベースマップ画像取得）

立体視観測

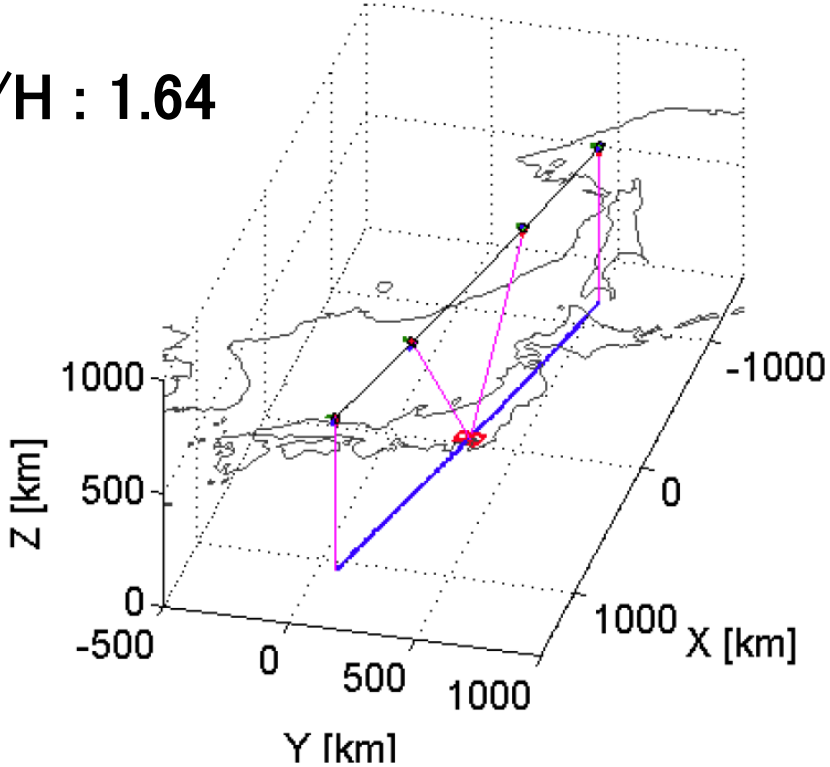
異なる2パスによる立体視観測

B/H : 0.5



同一パスによる立体視観測（参考）

B/H : 1.64

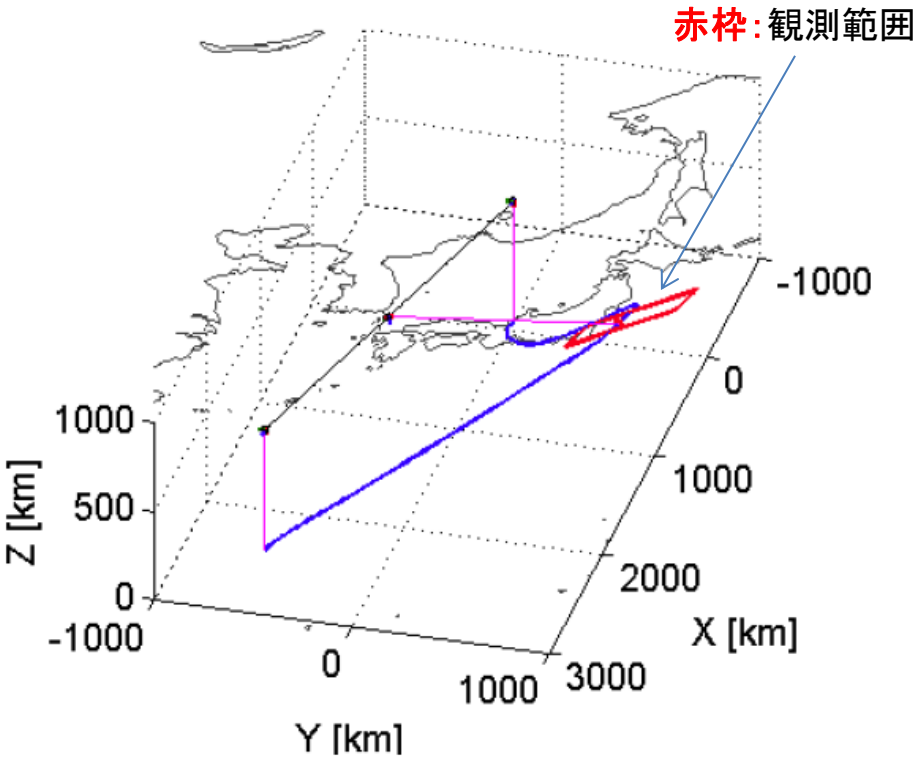


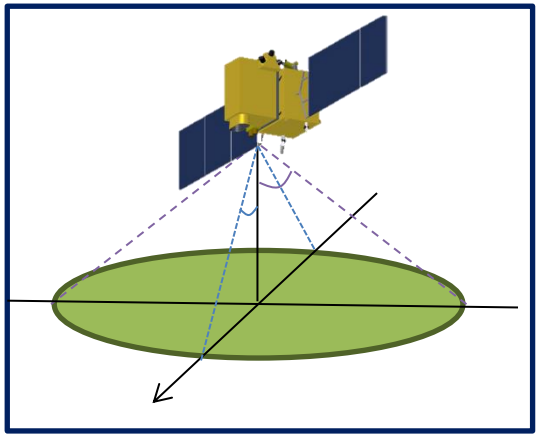
直下撮像の3日後に、隣接するパスから後方ピッチポインティング（+ロール）によるB/H=0.5の立体視撮像が可能

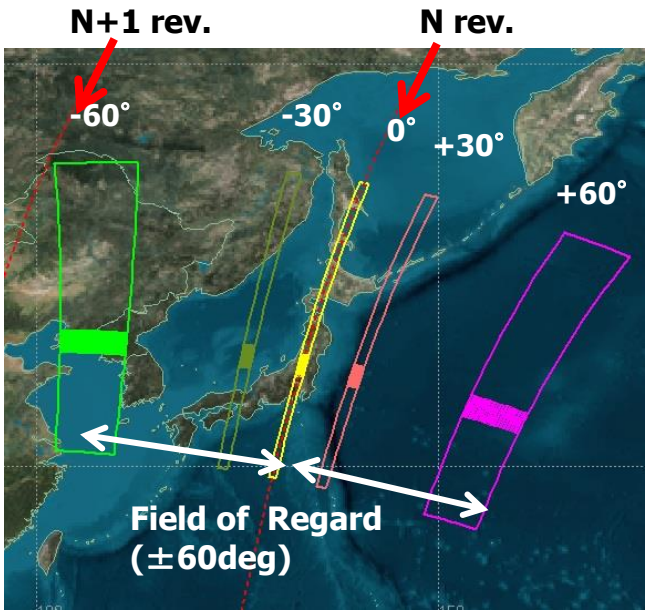
B/H（ベースハイト比）：立体視を行う上での、各視線方向間の距離（B）とその基線高度（H）との比。“だいち”ではB/H=1.0（前方視・後方視間）

緊急観測への対応

地点観測



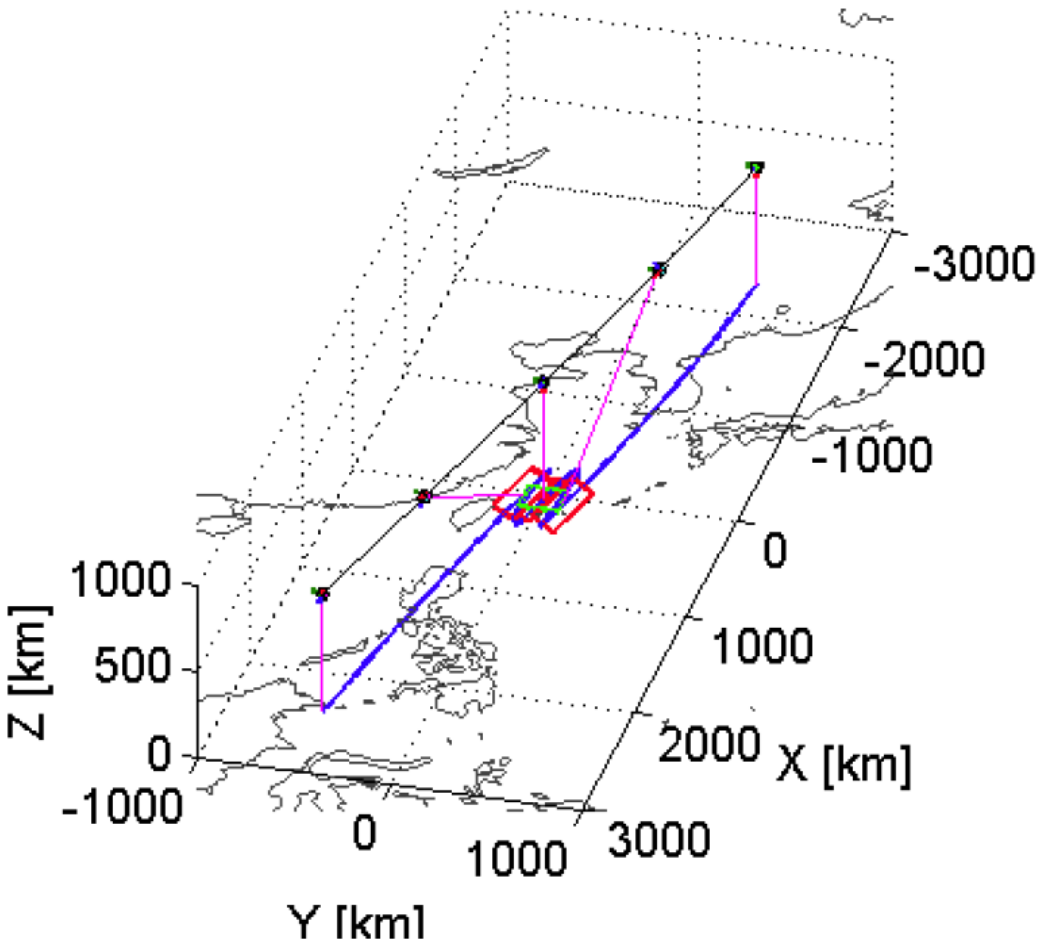


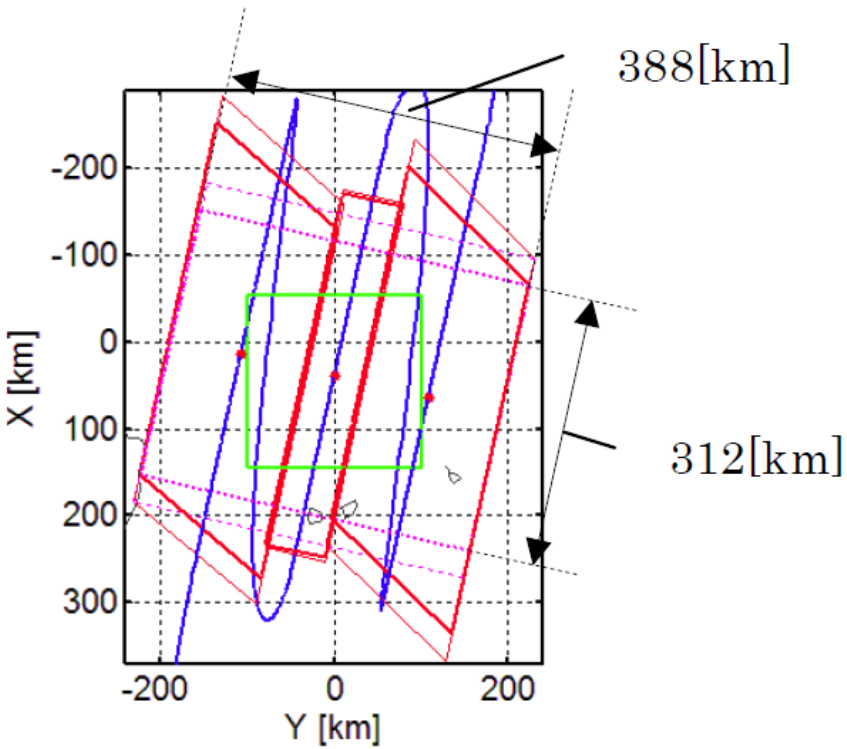


60°までの大角度ポインティング機能により
全世界を一日に一回観測可能

緊急観測への対応

広域観測

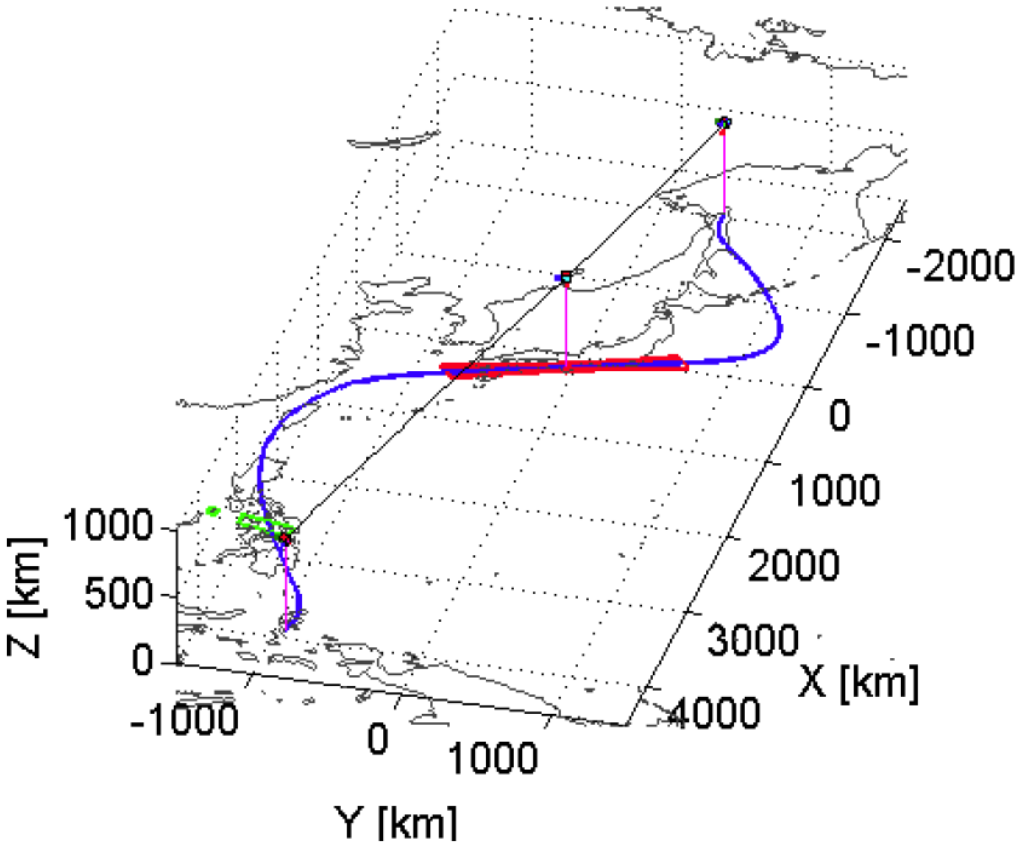


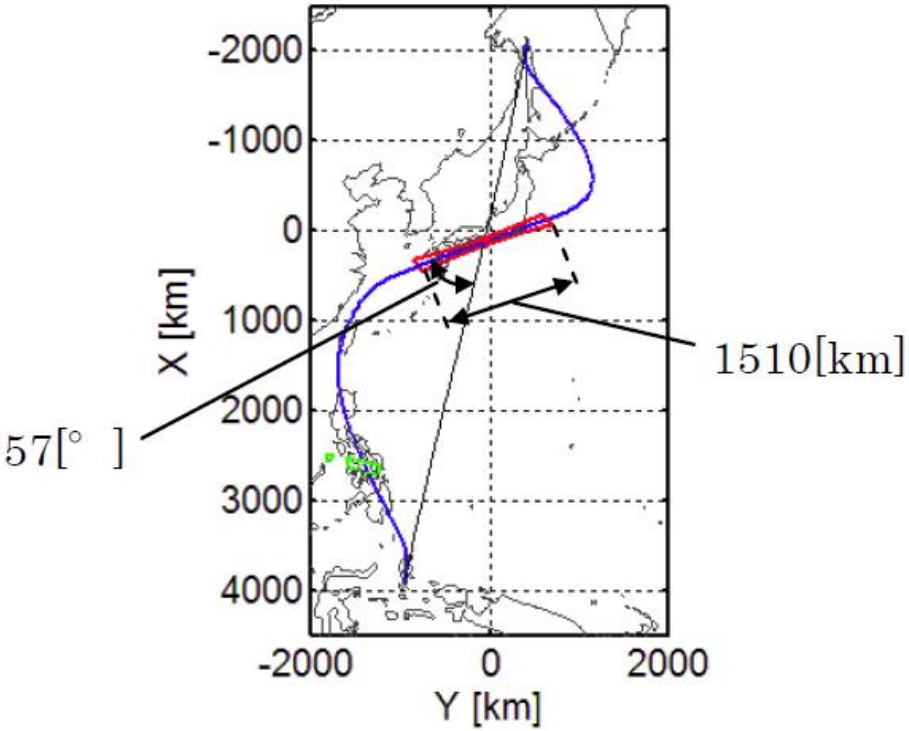


3回の走査で広域観測を実現

緊急観測への対応

方向変更観測





南海トラフ地震を想定し、湾岸部に沿った方向変更観測が可能

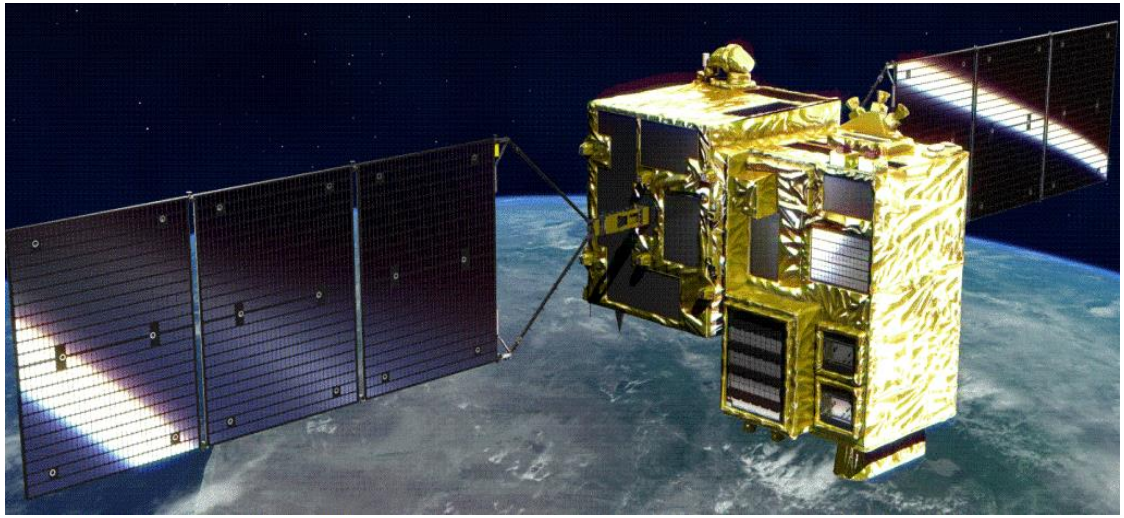
圧縮方式について

- 圧縮方式には、JPEG2000と同様に離散ウェーブレット変換（DWT）を用いた圧縮方式であるCCSDS*122.0.B-1（衛星搭載用標準規格）をベースとし、独自のセンサ補正・レート制御アルゴリズムを具備したCCSDS拡張方式を採用。JPEG2000と比較して画質に遜色なく、大幅なリソース減を実現。DWTを持ちいた方式では、“だいち”の運用初期に問題となったJPEG圧縮によるブロックノイズは原理上発生しない。

* CCSDS : 宇宙データシステム諮問委員会

- 実際の軌道上での圧縮性能（画質）は、瞬間瞬間の圧縮単位画像に含まれる撮像対象物の複雑度（エントロピー）に影響を受けるが、画質保証型レート制御（データサイズではなく、画質をターゲットとして圧縮を行う）を採用することにより、圧縮による画質劣化を最小限に抑える。サブシステム開発の中で様々な模擬画像を圧縮器に入力し、圧縮の影響を評価する予定である。

まとめ

- 現時点までに確定している先進光学衛星システムおよび広域・高分解能センサの仕様、観測方式等を紹介した。この仕様をもとに、現在システム・サブシステム基本設計審査（PDR）を実施中である。

- 第一回ワークショップ以降の主要な決定事項として、広域・高分解能センサの観測幅を70kmに確定した。またマルチバンドに新たにCoastalバンド、RedEdgeバンドを追加した。