GPM、GCOM-C等による水循環・気候変動の モニタリングと社会課題への貢献

2015年11月19日（木）

宇宙航空研究開発機構
石田　中

内容

1. 2015年主要国際枠組みとJAXAの対応
2. GPM計画の現状
3. GCOM計画の展望

1．2015年主要国際枠組みとJAXAの対応

2015年の主要国際枠組み

- 2015年は、地球の未来を左右する主要な国際枠組みが目白押し
  - 2015年3月　国連防災世界会議（仙台市）
  - 2015年9月　国連持続可能開発サミット（NY）
  - 2015年11月　GEO閣僚サミット（メキシコ）
  - 2015年12月　COP21（パリ）

2015年JAXAの対応

JAXAは、2015年（2014年10月～2015年11月）地球観測衛星委員会（CEOS）の議長として世界の地球観測衛星計画を主導

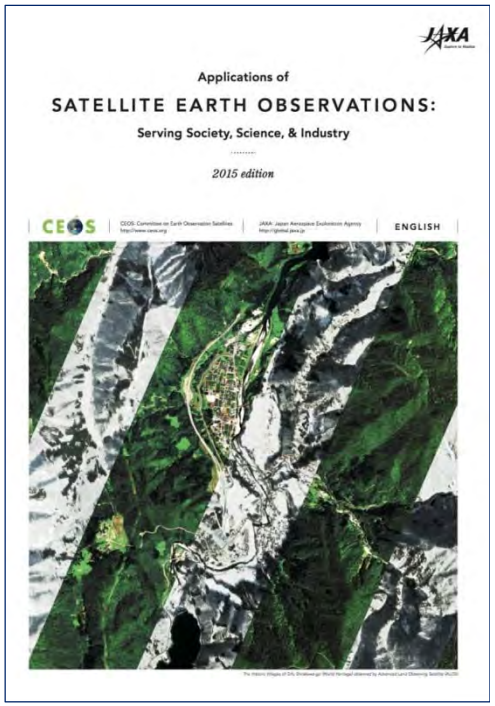
- 仙台防災枠組みにおいて、地球規模からローカルな地球観測衛星計画の利用を位置付け
- 持続可能開発目標（SDG）の進捗を評価するインディケータに衛星データ利用を検討中
- 次期GEO戦略計画との連携を強化
- COP21において衛星の役割に関する公式サイドイベント、関係機関との連携サイドイベントを予定

衛星データ利用事例書　概要

- JAXAが地球観測衛星委員会（CEOS）議長イニシャチブの一つとして、過去10年間の地球観測衛星データ利用の進捗を調査分析するために作成
- 世界の地球観測衛星データ事例49件と5件の参考事例を収集
- CEOS編集委員会が選んだ11件をデータ利用事例サマリとして印刷、配布。49件全ての事例をWeb上に掲載

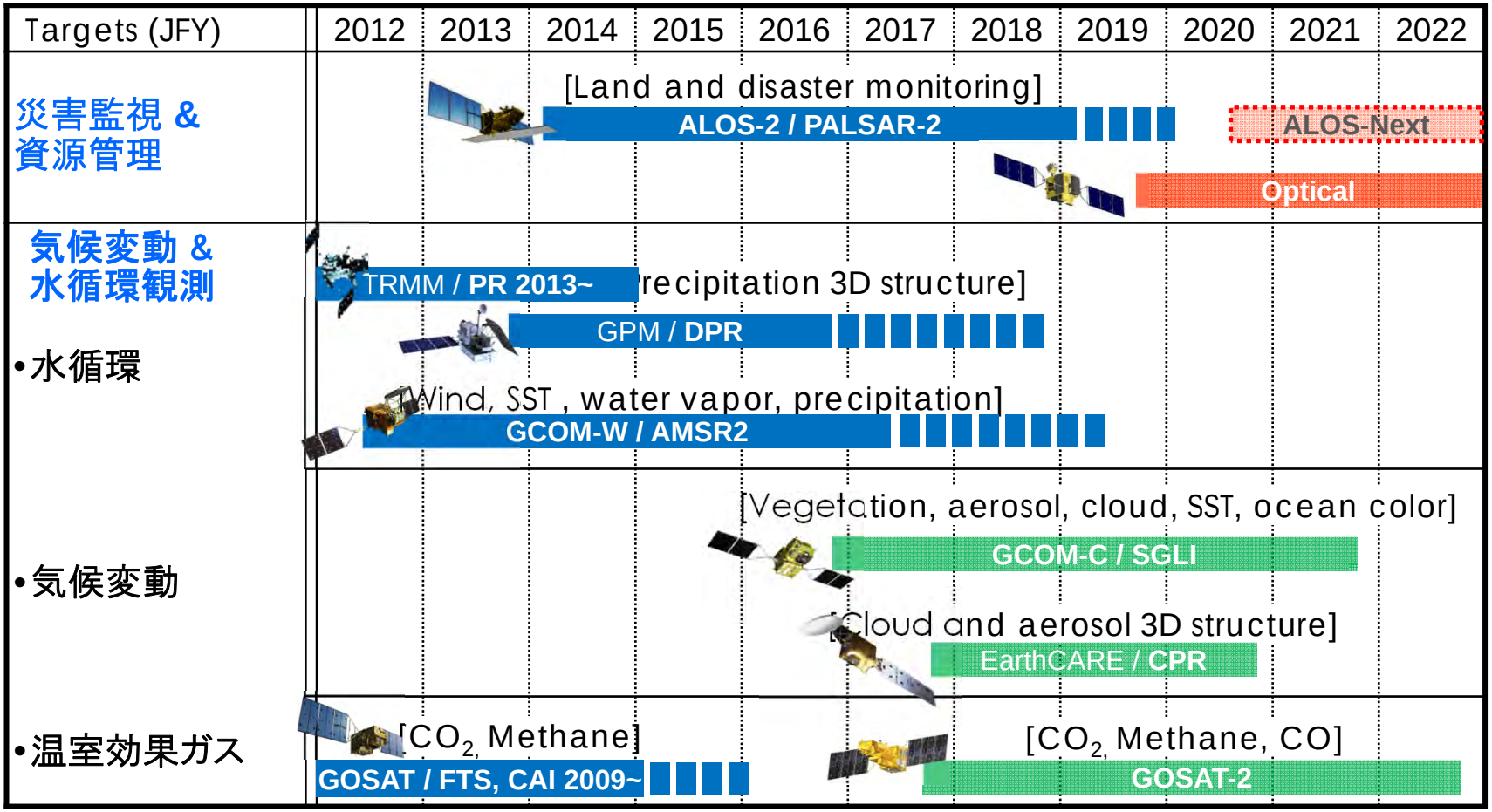
  http://www.ceos.org/dar2015

- 特にデータ利用のバリューチェーンを分析、データ統合、モデルの利用が進み、各国の政策決定に衛星データが利用されて現状が確認できた。



バリューチェーン

JAXAの地球観測衛星計画

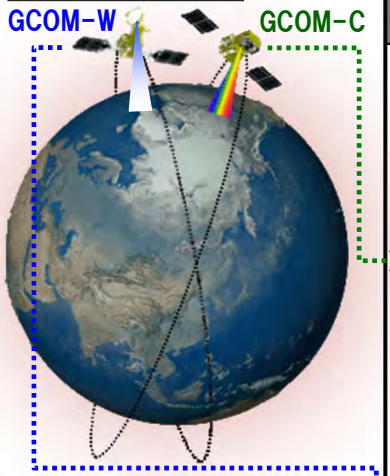


Mission status On orbit Development Study Pre-phase-A

環境変化予測の高精度化への貢献

衛星観測

GCOMによりJAXAが果たす役目



長期・継続（3世代）
全球・高頻度観測システム

GCOMの観測項目

放射収支
- 雲・エアロゾル特性
- 反射率（土地利用）
- 積雪面特性
- 地表面温度

炭素循環
- 陸域植物生産
- 土地被覆
- 海域植物生産
- 沿岸環境変化

水循環
- 水蒸気・雲・降水量
- 土壌水分
- 海氷・積雪
- 海面水温・風速

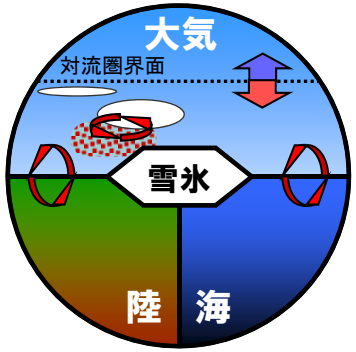
投入

比較

モデル予測

気候モデルを有する研究機関との連携

地球の気候数値モデル

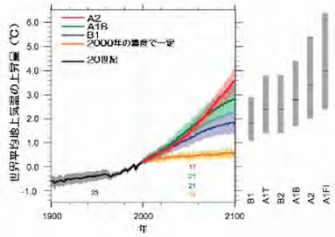


・モデル内の**放射収支**や**炭素循環**等に関するパラメータの高精度化。
・**水循環**を含む地球環境変動の予測精度検証と向上。

精度向上

気候モデル予測項目

地上気温
海面水位
積雪・海氷面積
環境変化
- 降水分布
- 極端気象発生頻度
- 土地被覆など



データ利用 → **現業利用**

成果の利用 → **地球環境変動の監視・解明**

成果の利用 → **政策立案**

国連持続可能開発目標（ＳＤＧ）

１７の持続可能開発目標の進捗を評価するインディケータを来年３月までに国連統計委員会が決定する。衛星の役割について関係機関と調整中。

２．GPM計画の現状

全球降水観測計画
(GPM: Global Precipitation Measurement)

GPM主衛星

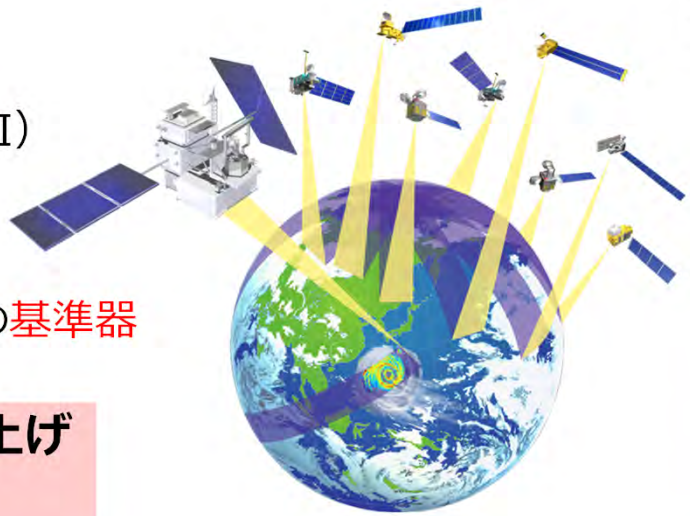
（JAXA, NASA）

- **二周波降水レーダ（DPR）**
- GPMマイクロ波放射計（GMI）

✧ 全球降水量の高感度・高精度観測

✧コンステレーション衛星群の基準器

H-IIAロケットによる打上げ（2014年2月28日）



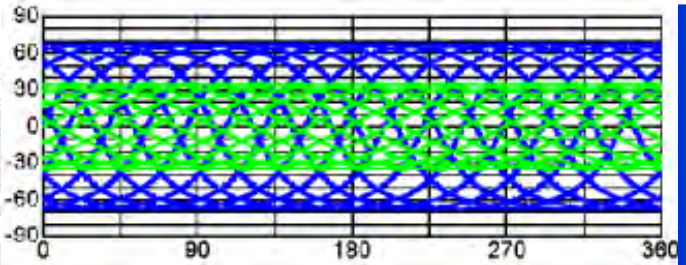
コンステレーション衛星群

- マイクロ波放射計を搭載した各国・各機関の極軌道衛星

✧ 全球降水量の広範囲・高頻度観測

GPMパートナー:
NOAA, JAXA(GCOM-W), CNES-ISRO, EUMETSAT等

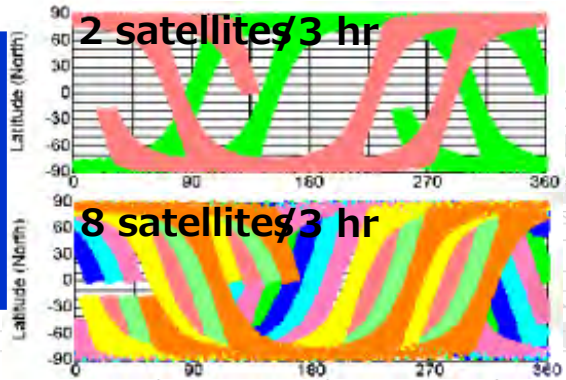
TRMMとGPM主衛星の観測領域の比較



青：GPM主衛星
緑：TRMM衛星

DPRプロダクト
GMIプロダクト
DPR/GMI複合プロダクト
全球合成降水マッププロダクト

観測領域の比較

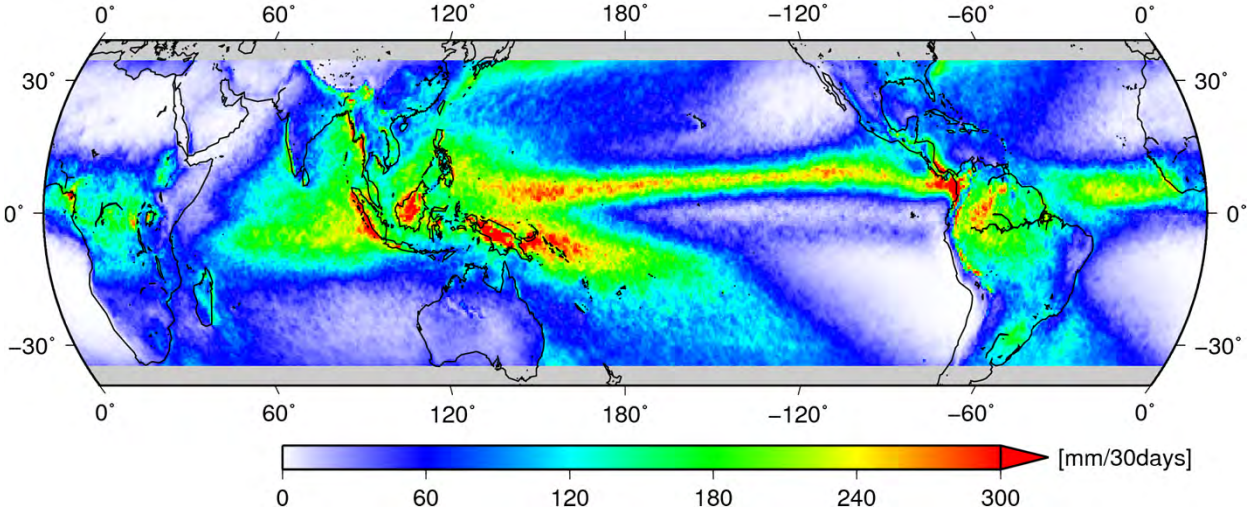


GPM/DPRで目指す成果

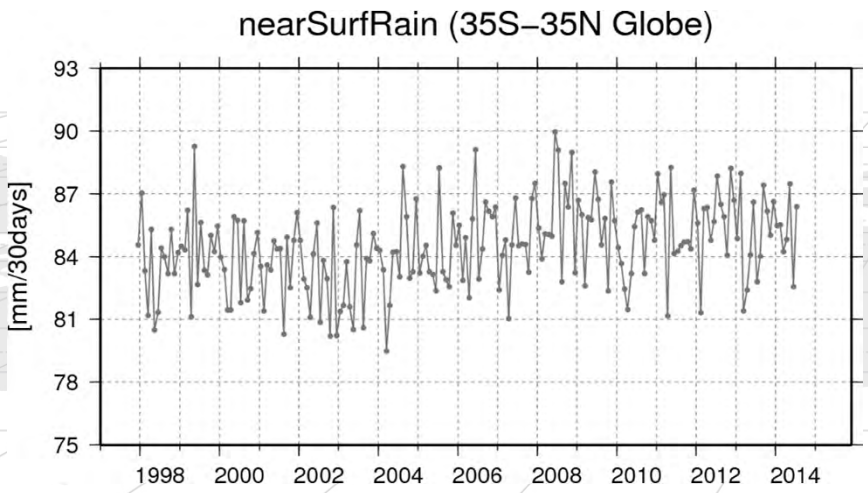
- 気候変化に関する知見の発信
  - TRMMからGPMへ継続する降水観測データ
  - 雨と雪を3次元で観測
- 降水の科学について信頼性の高い知見の発信
  - TRMMによる熱帯の積乱雲、台風、降水日周期の観測
  - →GPMによる中・高緯度前線帯の降水の観測
- 準リアルタイム降水情報の発信
  - 気象庁数値天気予報による利用
  - 洪水予測システムによる利用、など

降水の長期変動はどうなっているか？

17年平均したTRMM/PRによる地表面降水強度（1997年12月～2014年7月平均）



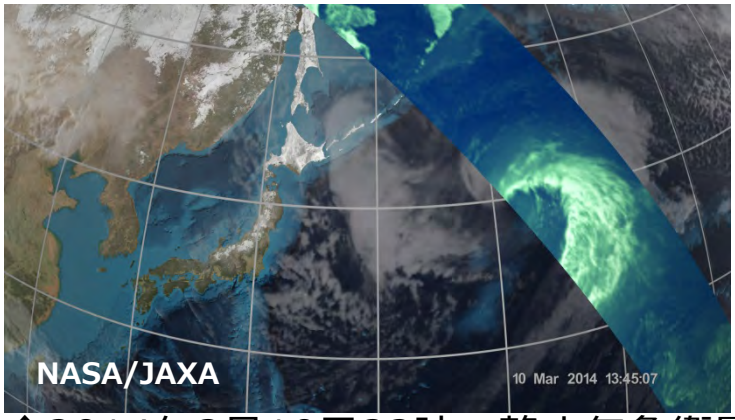
17年間のTRMM/PRによる地表面降水強度の時系列



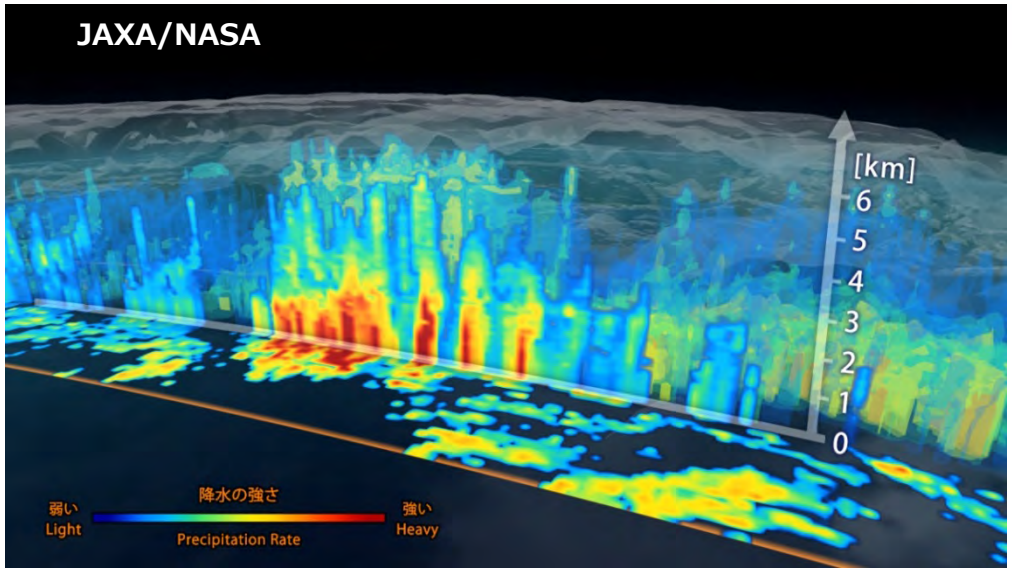
TRMM降雨レーダのバージョン7 プロダクト（2011年7月リリース）による、17年間の地表面降雨月平均値の時系列（衛星高度変更ならびにPR冗長系切り替えによる影響の補正済み）。

GPM/DPRで中高緯度も含めた降水変動がどうなっているかを確認する必要がある。

GPM主衛星の初画像（2014年3月10日）

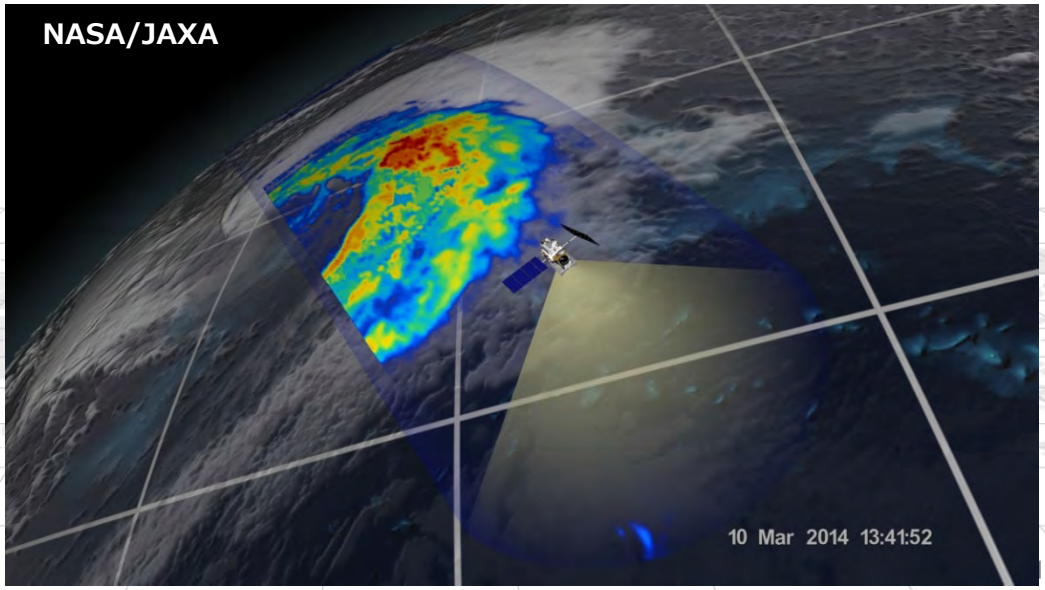


↑2014年3月10日22時の静止気象衛星の雲画像にGMIの36.5GHz水平偏波チャンネルの輝度温度観測を重ねた図



↑二周波降水レーダ（DPR）による降水の三次元分布

2014年3月10日22時頃にGPM主衛星が捉えた、日本の東海上にある発達した温帯低気圧による降水の強さの分布

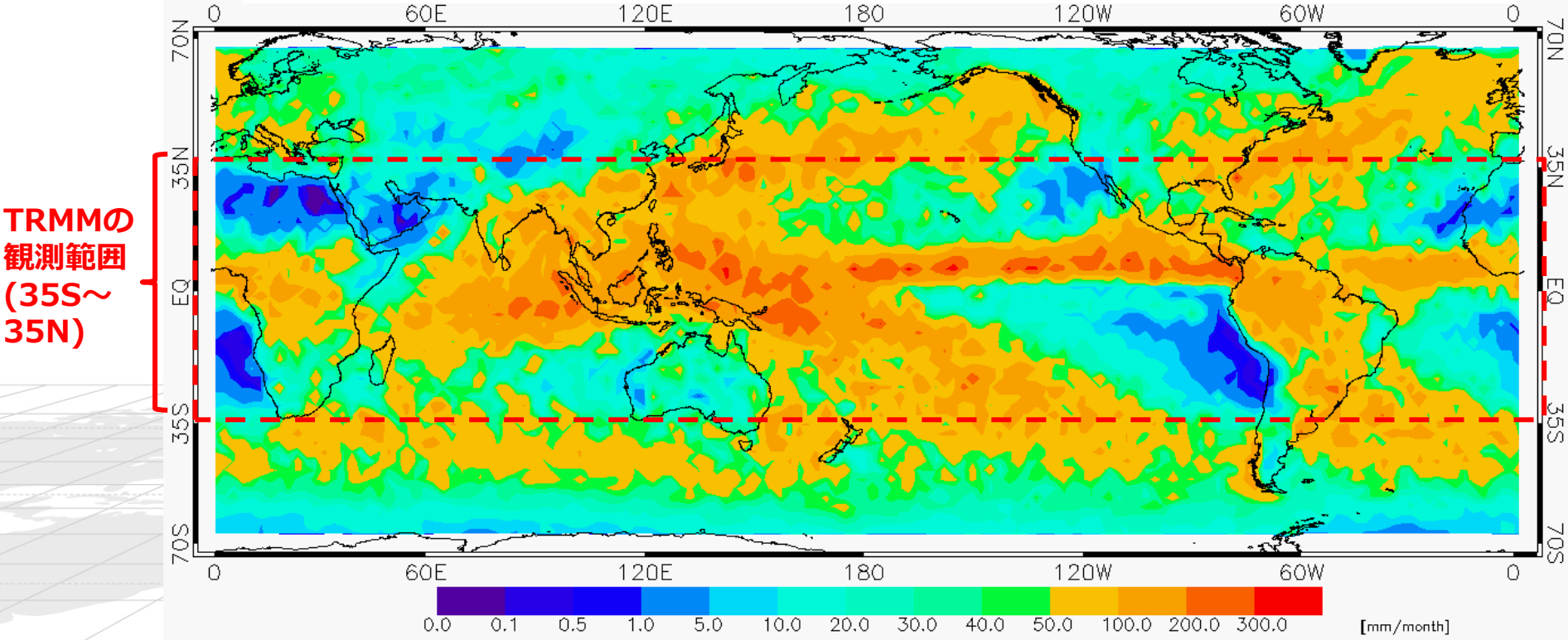


→GPMマイクロ波放射計（GMI）による降水の平面分布

熱帯から高緯度までの降水観測

- GPM/DPRでは、TRMM/PRでは観測範囲外であった中高緯度の降水も、順調に観測データを蓄積し続けている。

GPM/DPR地表降水強度の平均値（2014年3月～2015年1月）

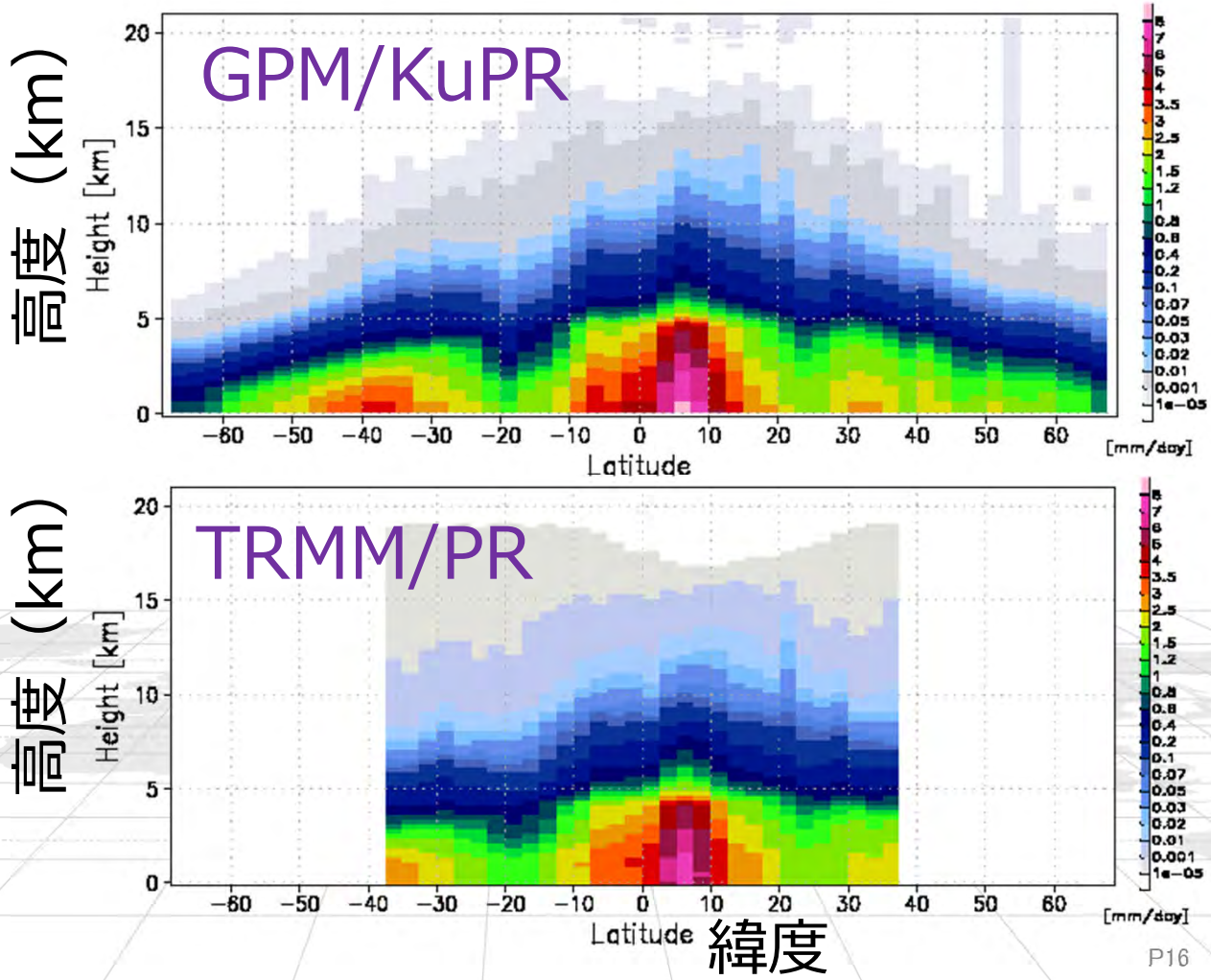


降水鉛直分布の緯度による違い

- 高緯度地域では熱帯と比べて降水頂の低い降水が降っている特徴はDPRで捉えられつつある。

海上での降水の緯度高度断面図：2014年4～8月
（衛星直下付近の観測データを使用）

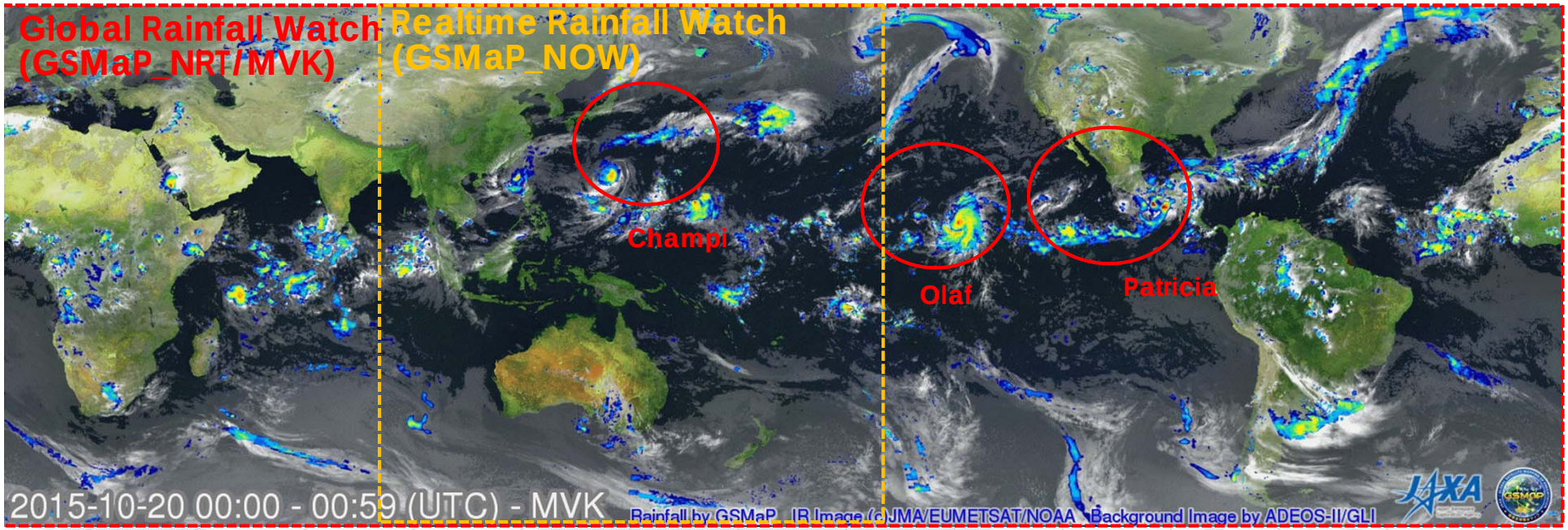
名城大学 広瀬正史 准教授提供



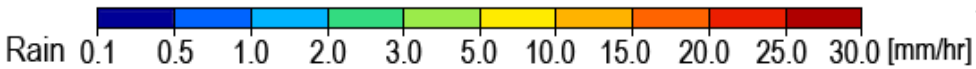
全球合成降水マップ（GSMaP）

http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/

- GPMを中心に、複数のマイクロ波放射計・静止気象衛星IR情報を複合した、「世界の雨分布速報」（GSMaP）を開発し、JAXA/GPM標準プロダクトとして公開中。0.1度格子、1時間ごとで、観測から約4時間後に提供
- 11月2日からひまわり8号の可視域を対象に、雲ベクトルを活用して実時間で降水量を推定するGsMAP_Nowを運用開始



GSMaP (Global) observed Hurricane Patricia and Olaf, and Typhoon Champi: 20-24 Oct. 2015, hourly animation

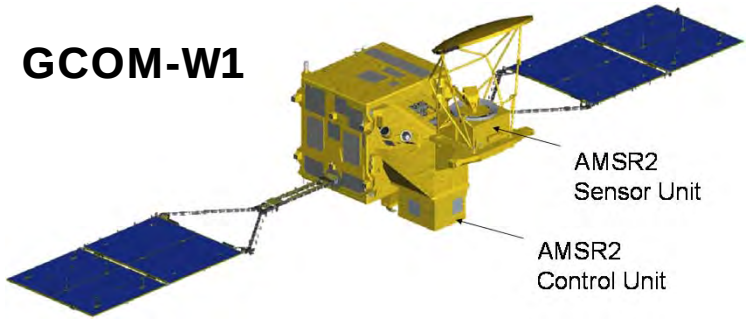


３．GCOM計画の展望

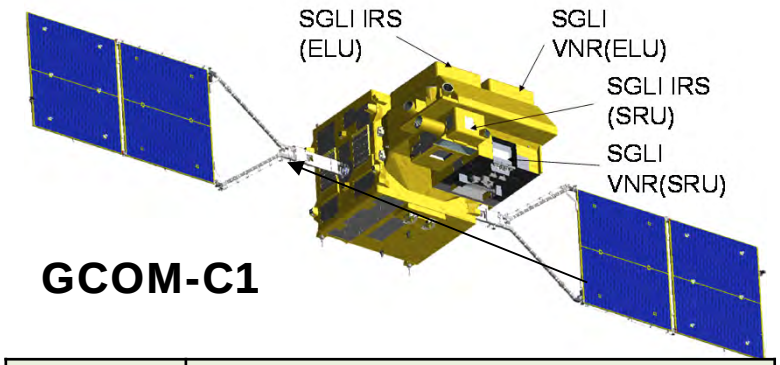
GCOM衛星システムの概要

- 地球規模での気候変動・水循環メカニズムを解明
- ２衛星（GCOM-W and C）を３世代継続
- GCOM-Wは、全球水循環の変動に注目し、AMSR-Eの観測を継承する。 GCOM-Cは、放射収支ならびに炭素循環の変動に注目し、GLIの観測機能を継承するとともに、偏光・多方向観測を行う新たな機能を備えている。

GCOM-W1



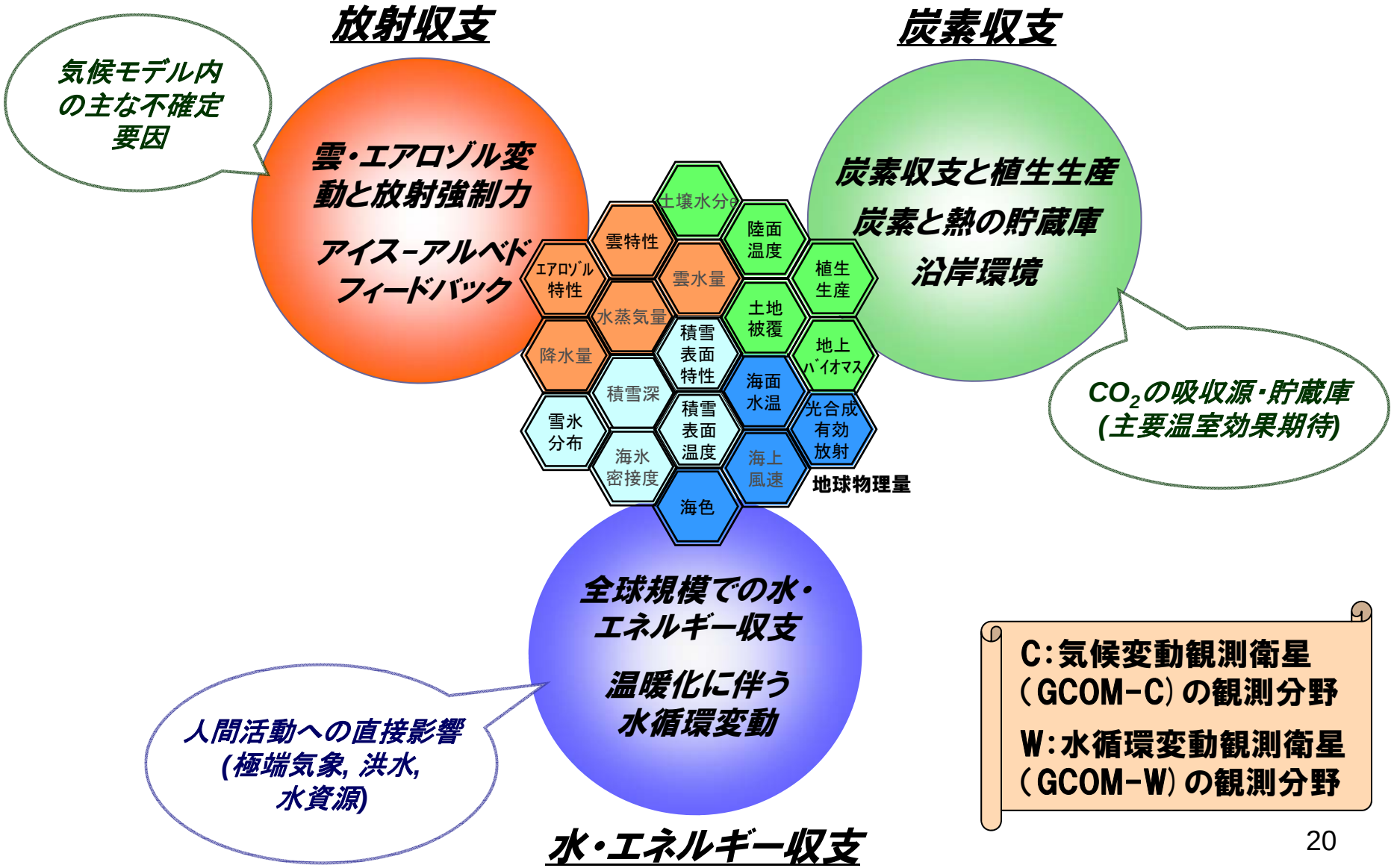
観測センサ	高性能マイクロ放射計2（AMSR2） （マイクロ波帯による観測 水蒸気量、土壌水分等を検出）
観測軌道	太陽同期準回帰軌道　　高度：約700km
外形寸法	5.1m（X）×17.5m（Y）×3.4m（Z）
衛星質量	1880kg
発生電力	4050W以上
打上	H-IIAロケットにより平成24年5月18日打上げ
設計寿命	5年



GCOM-C1

観測センサ	多波長光学放射計（SGLI） （近紫外～熱赤外の波長帯による観測 雲・エアロゾル、海色、植生等を検出）
観測軌道	太陽同期準回帰軌道　　高度：約800km
外形寸法	4.6m（X）×16.3m（Y）×2.8m（Z）
衛星質量	1950kg
発生電力	4250W以上
打上	H-IIAロケットにより　平成28年度　打上げ予定
設計寿命	5年

GCOM（WとC）の観測対象



C:気候変動観測衛星（GCOM-C）の観測分野

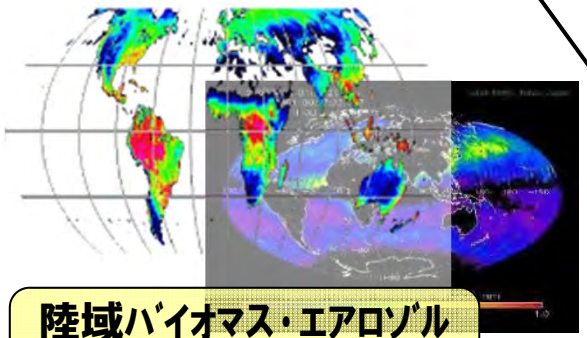
W:水循環変動観測衛星（GCOM-W）の観測分野

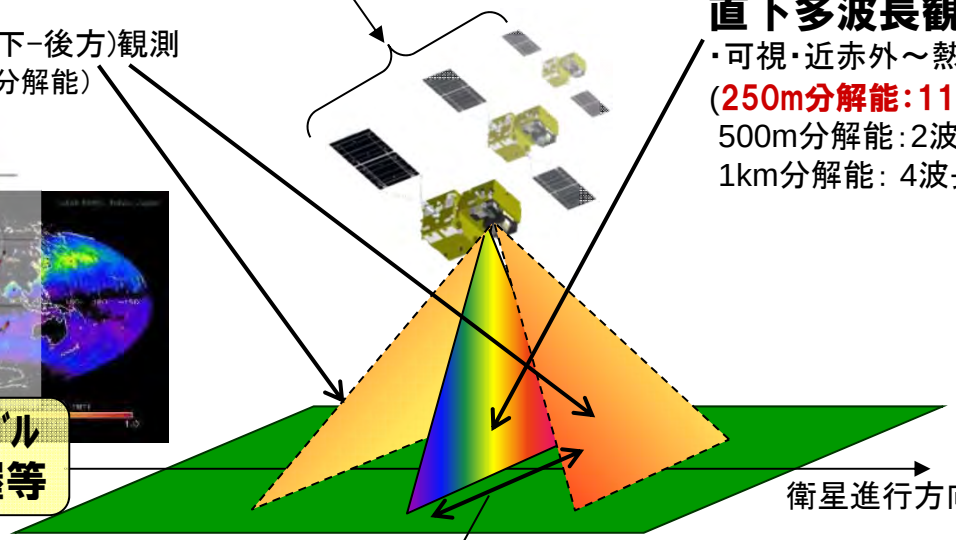
GCOM－Cの主なターゲット

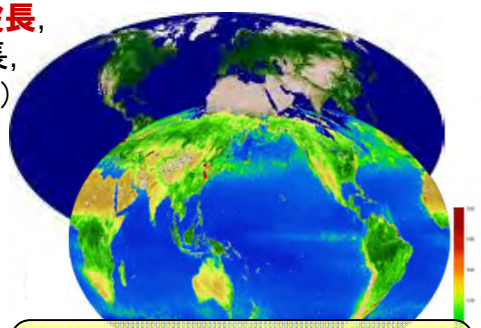
GCOM-C1,C2,C3三世代観測
⇒長期継続全球観測

偏光・二方向観測機能
・前方 or 後方偏光観測
・二方向(直下-前 or 直下-後方)観測
（前方・後方は2波長 1km分解能）

直下多波長観測
・可視・近赤外～熱赤外域の17波長
(250m分解能：11波長,
500m分解能：2波長,
1km分解能： 4波長）







陸域ﾊﾞｲｵﾏｽ・エアロゾル
土地被覆変化の把握等

陸上植生，海洋生産の
見積り,雲,流氷,海流等

観測幅： 1150km（可視・近赤外域、偏光）
1400km（短波長赤外・熱赤外域）
⇒最低2日に一度の頻度で全球を観測

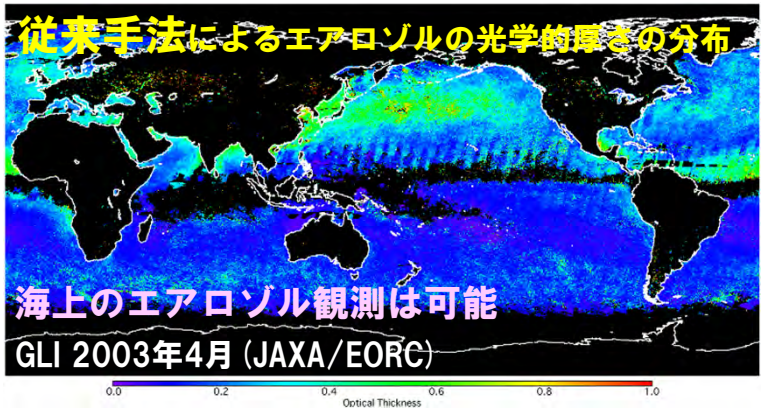
二方向観測から植生バイオマスの長期変動をモニタリングし、植物生産量の計測精度を向上。また、偏光観測により陸上エアロゾルを観測し、エアロゾルや雲による放射収支への影響を見積る。⇒ 気候数値モデルの生態系過程や大気微物理過程の改良に貢献

全球エアロゾル観測性能の向上（観測機能追加）

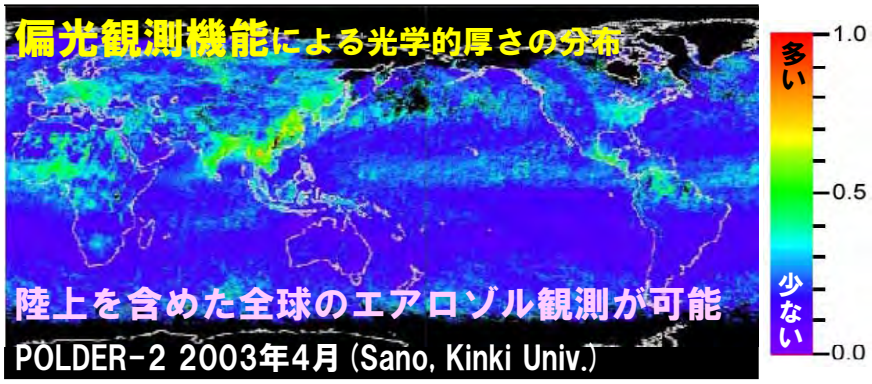
従来手法では精度良く観測できなかった陸上エアロゾルの観測機能を強化

SGLIの観測機能	海上エアロゾル			陸上エアロゾル			備　考
	厚さ※	粒径※	色※	厚さ※	粒径※	色※	
従来手法（e.g. ,OCTS） **近赤外観測**	○	○	○	×	×	×	海上エアロゾルの観測ができる
GLIで世界初搭載。日本独自。 **近紫外観測**	○	×	○	○	×	○	陸上エアロゾルの分布と吸収が分かる
SGLIでの新機能 **偏光観測**	△	△	×	○	○	×	陸上エアロゾルの分布と粒径が分かる（ただし、海上ではセンサ視野内に太陽光の鏡面反射が写りこみ欠損域が多くなる見込み）

※エアロゾルによる放射収支への影響を評価するには、大気に含まれるエアロゾル量の目安となる「光学的な**厚さ**」、日傘効果の強さと質を決める粒子の「大きさ（**粒径**）」と「**色**（黒いと日射を吸収し大気を加熱、白いと冷却）」の**三つの情報**が必要となる。



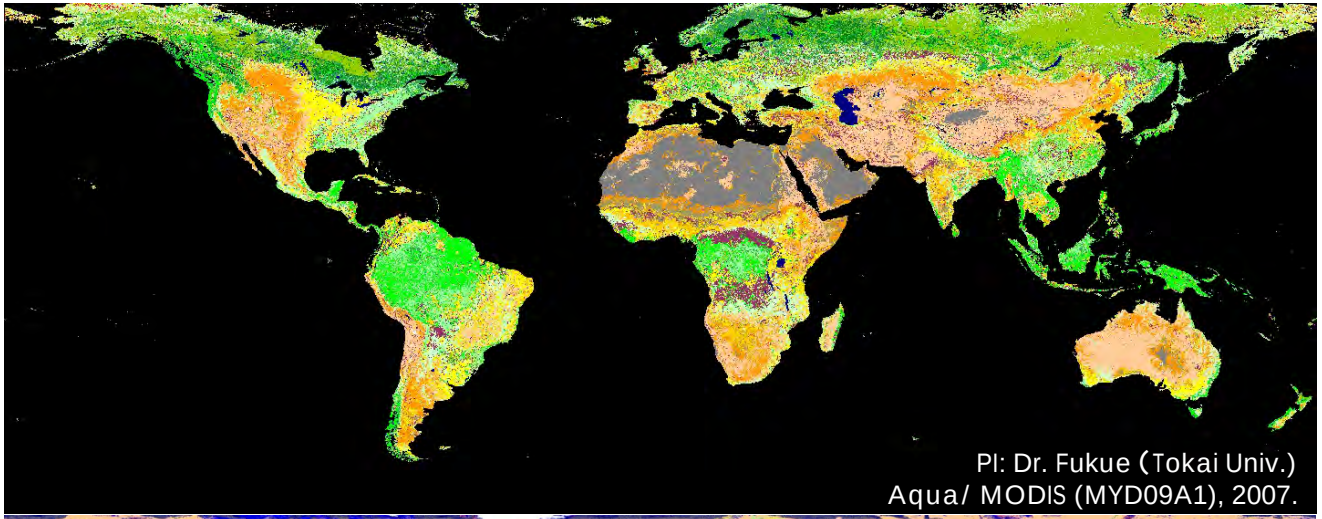
＋

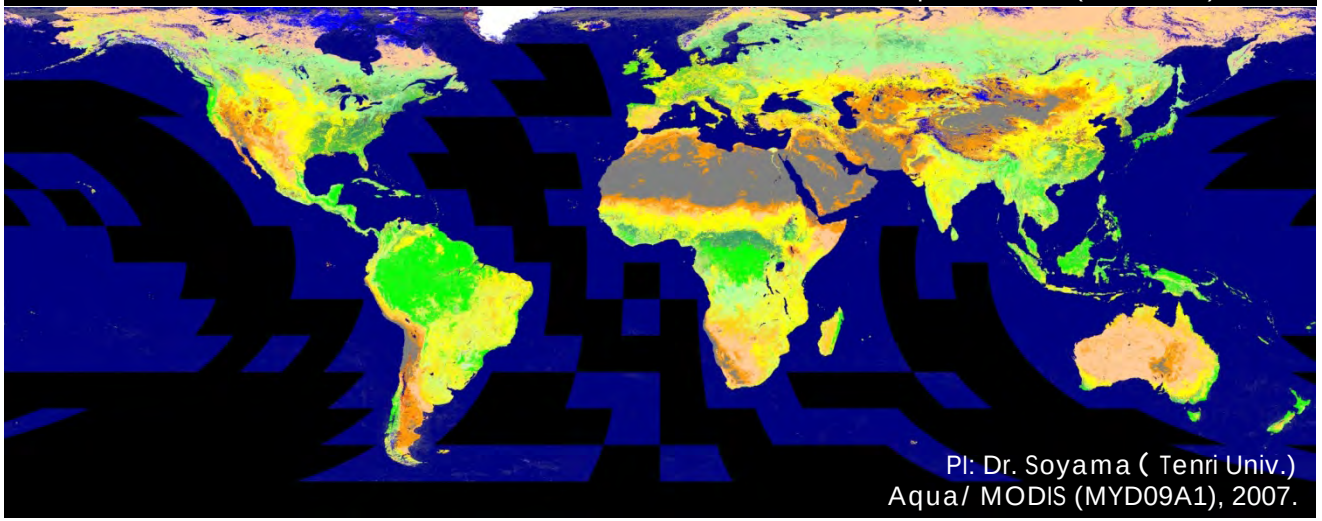


SGLIでは複数の観測機能を用いて、エアロゾルの観測性能を向上させ、日傘効果による冷却作用の見積り精度向上に貢献する。

SGLI用土地被覆分類アルゴリズムの開発

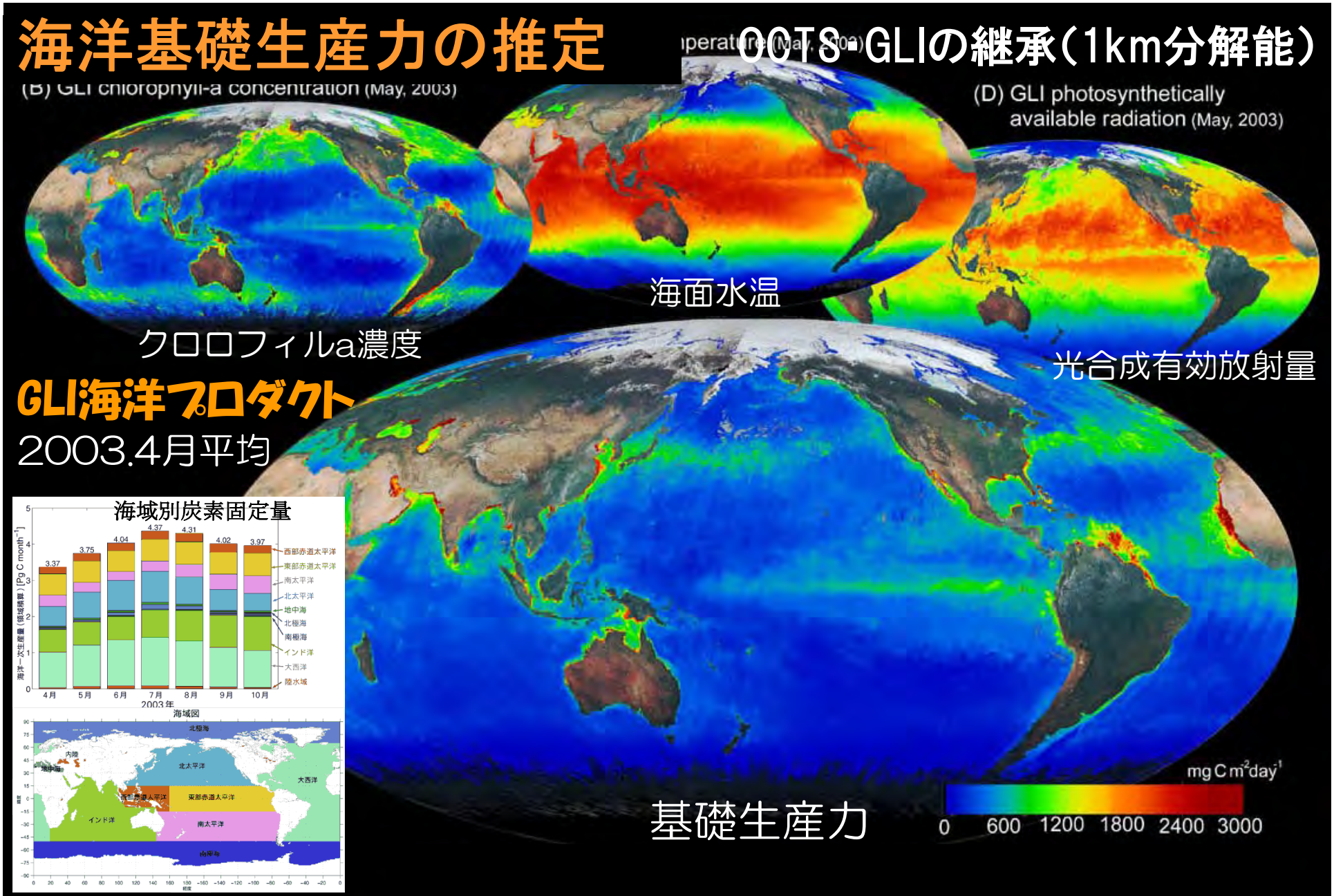
- GCOM-C1/SGLI用土地被覆分類アルゴリズムを開発中





海洋基礎生産力の推定

OCTS・GLIの継承（1km分解能）

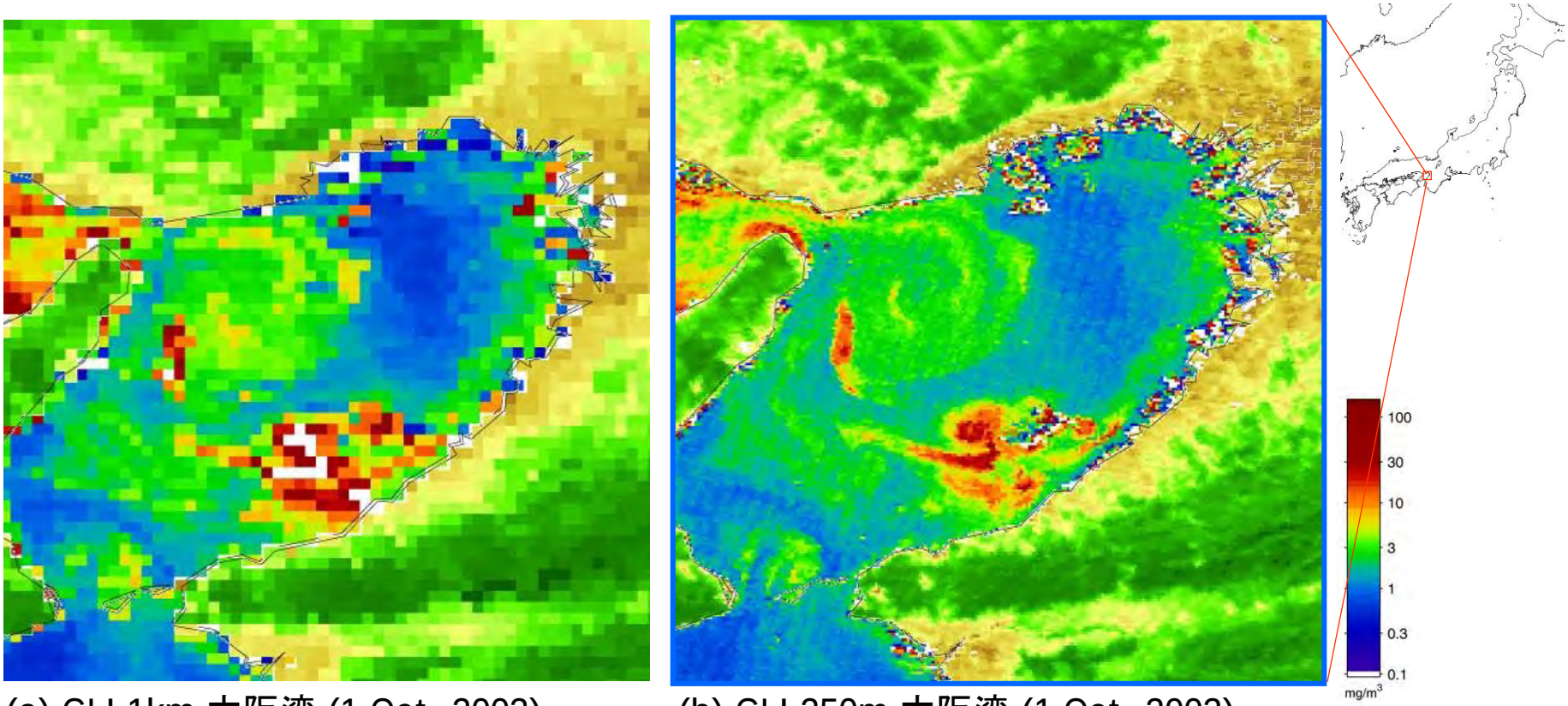


GLI海洋プロダクト

2003.4月平均

海域別の海洋基礎生産力（炭素固定量）の見積りに貢献

250m分解能観測による沿岸観測の高精度化

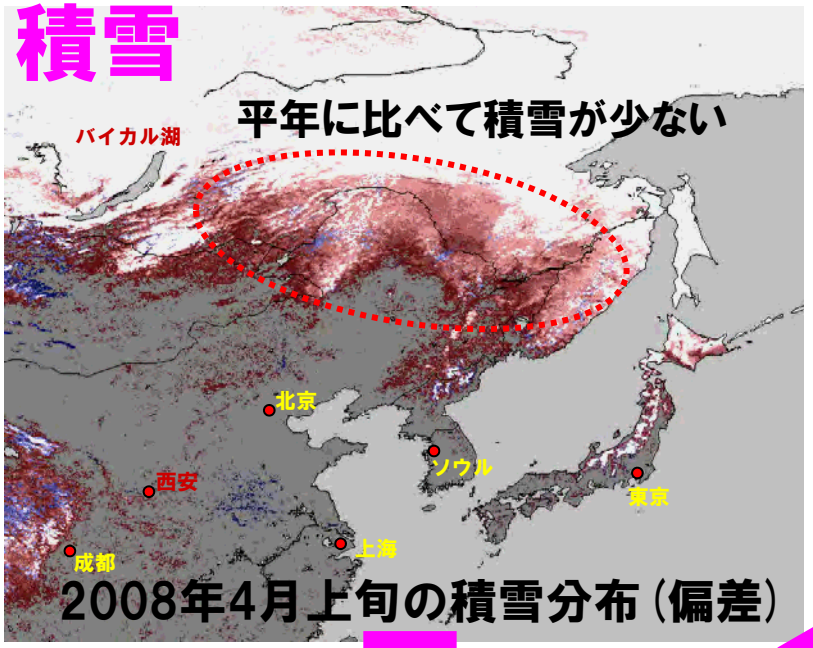


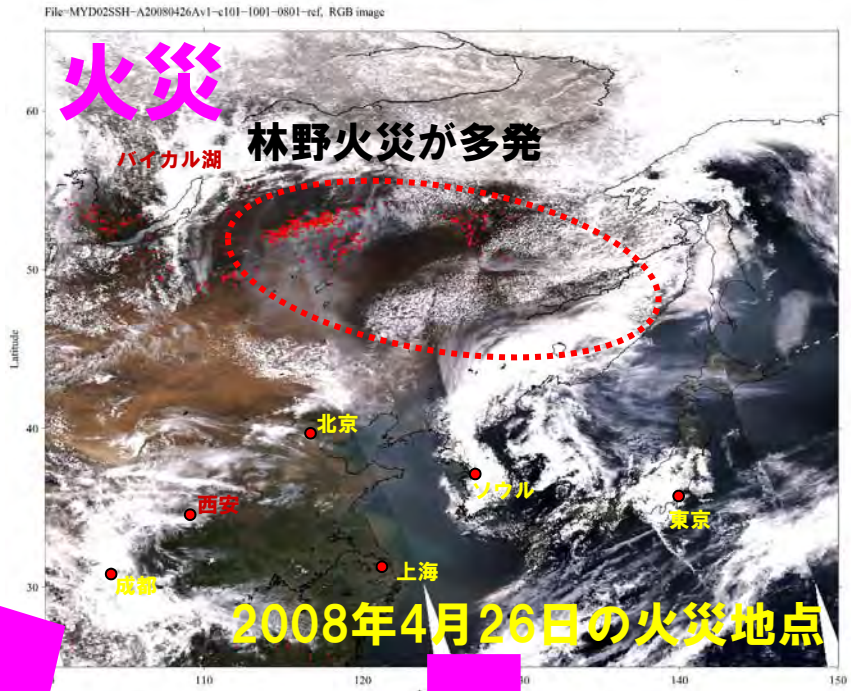
(a) GLI 1km 大阪湾 (1 Oct. 2003)　　(b) GLI 250m 大阪湾 (1 Oct. 2003)

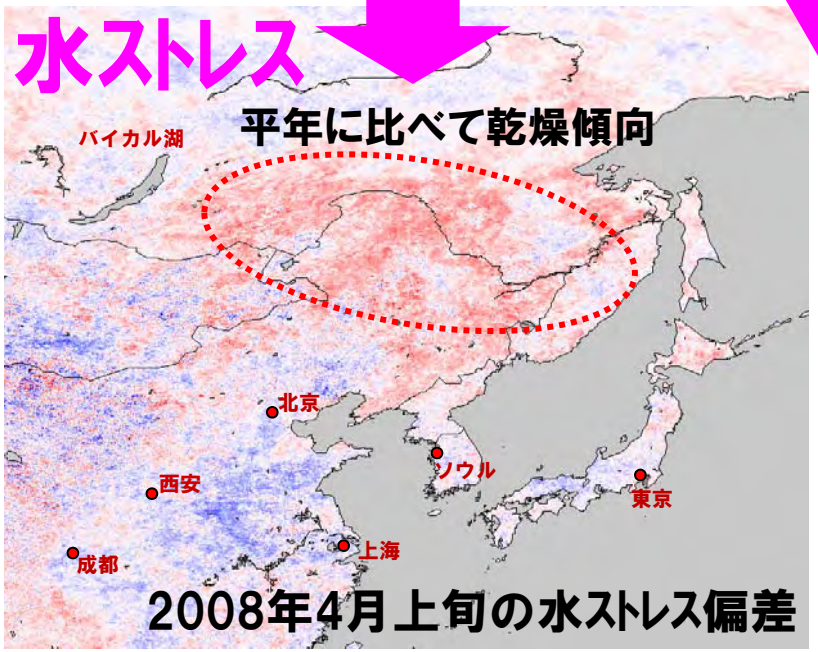
250m（右）および1km（左）分解能によるクロロフィル-a（海域）と植生指数（陸域）

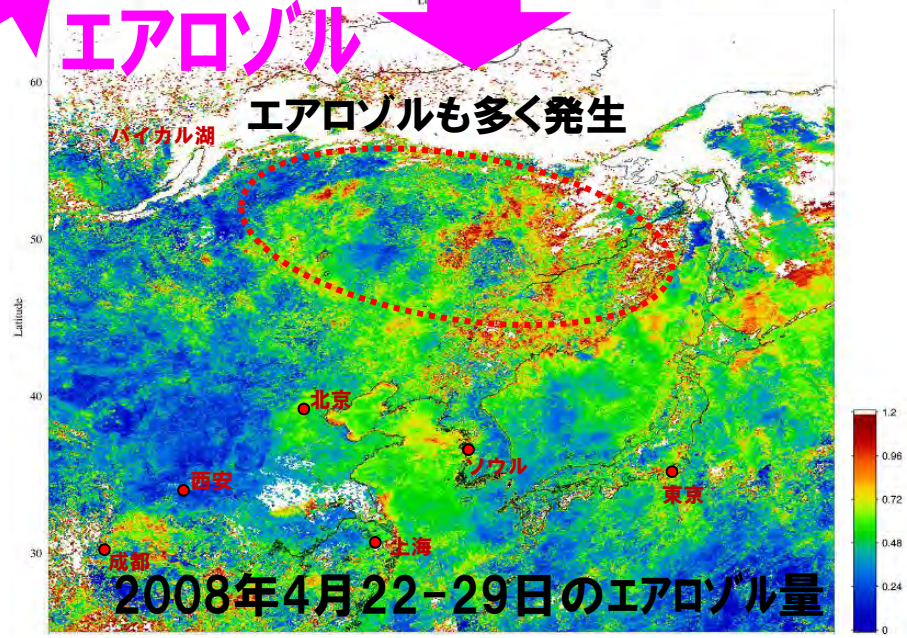
SGLIの250m分解能観測により、沿岸域に見られる河川流出物やブルーミング、小さな渦構造などをより詳細に検出することが可能になると期待される。

物理量間の複合解析事例（東アジア，2008年春）









GCOM-Cの現業分野への応用範囲

1. 気象予測（海面水温、エアロゾル（大気汚染）他）
   - 気象庁、気象協会、WNI等
2. 地理（地球地図、土地被覆）
   - 国土地理院
3. 農業（作付け、収量把握・予測）
   - 農水省、穀物商社等
4. 漁業（漁場推定、赤潮発生監視等）
   - 水産庁、JAFIC等
5. 健康（感染症が発生しやすい環境情報の把握等）
   - 国立感染症研究所
6. 航路（氷海航路の把握・予測等）
   - 海上保安庁、WNI、JOGMEC等

まとめ

1．2015年主要国際枠組みにおいて地球観測衛星の役割を位置付けた。

2．持続可能開発目標（SDG）の進捗を評価するインディケータに衛星の役割を位置付けることを関係機関と協力して検討中。

3．GPM計画、GCOM-C計画は、水循環、気候変動のモニタリング、社会課題へ本格的な貢献を目指す。