

# 地球環境観測ミッションの将来

---

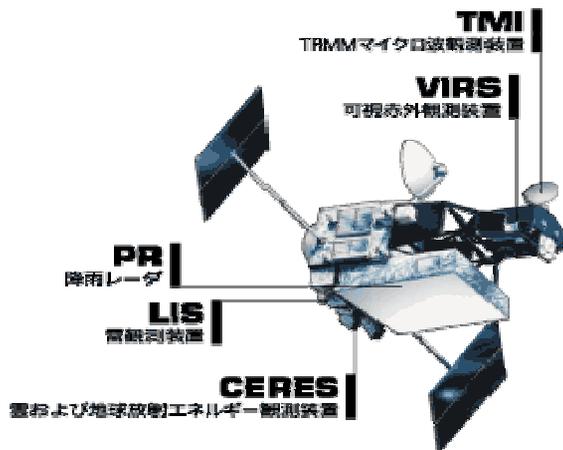
東京大学気候システム研究センター

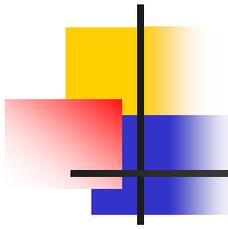
住 明正

(ADEOS-2 Program Scientist)

# 地球観測の歴史

- ADEOS(1996. 8-1997.6)
- TRMM(1997.12-
- ADEOS2(2002.12-2003.10)
- AMSR-E(Aqua)

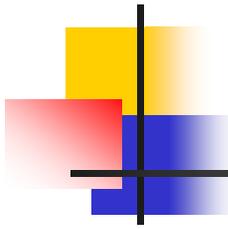




# 地球観測の目標

---

- ADEOS-2は、GLI,AMSRというセンサーを持ち
  - 水・エネルギー循環
  - 炭素循環
  - 長期的な気候変動
- 今後も、
  - 気候変動(ENSOや地球温暖化)
  - 水循環
  - 炭素循環
- が中心



# 地球観測ミッションの再構築

---

- 観測ミッションと開発ミッションの峻別
- 観測ミッションでは、確実な打ち上げ
- 衛星も規格化
- 中型衛星

# 我が国が取り組みを強化する分野における地球観測衛星計画

SAC地球観測特別部会報告書（平成17年6月）

主な貢献分野	主な観測パラメータ	平成年度											備考					
		センサ種類																
		15	16	17	18	19	20	21	22	より	24	25	26	27	28	29	30	31
災害の防止・軽減	地況変化・降灰域・浸水域等	<p><b>Terra/ASTER</b> PRISM : 観測波長 0.52~0.77<math>\mu</math>m、分解能 2.5m、観測幅 70km(直下) AVNIR-2 : 観測波長 0.42~0.89<math>\mu</math>m(4バンド)、分解能 10m、観測幅 70km</p> <p><b>ALOS / PRISM, AVNIR-2</b></p>											次期災害監視衛星ミッションの具体的な衛星・センサ計画については、引き続き検討。					
	地殻変動量・バイオマス・浸水域等	<p><b>ALOS / PALSAR</b> PALSAR : Lバンド1270GHz、分解能 10m、観測範囲 70km×70km</p>																
気候変動・水循環変動	降水・降雪の三次元分布・土壌水分等	<p><b>TRMM/PR</b></p> <p><b>GPM/DPR (2周波降水レーダ)</b> Kuバンド13.6GHz、Kaバンド35.5GHz、観測幅245km、水平分解能 5km、鉛直分解能 250m</p>											観測周波数の2周波化(Kaバンド及びKuバンド)による観測性能の向上					
	降水量・水蒸気量・海面水温等	<p><b>Aqua/AMSR-E</b></p> <p><b>ADEOS-II/AMSR</b></p> <p><b>ADEOS-II後継①/AMSR後継センサ</b> AMSR 6.9~89GHz (6ch)、観測幅 1600km、地上分解能 5~50km</p>											AMSR、AMSR-Eの仕様を継承するセンサ					
	海上の風向・風速	<p><b>ADEOS-II/SeaWinds</b></p> <p><b>ADEOS-II後継①/マイクロ波散乱計</b> 周波数 13.4GHz、観測幅 1800km、空間分解能 25km</p>											外部機関から提供されるセンサ					
	雲・エアロゾルの光学的厚さ・地上バイオマス等	<p><b>ADEOS-II/GLI</b></p> <p><b>ADEOS-II後継②/GLI後継センサ</b> 観測波長0.38~12<math>\mu</math>m(22ch、偏光多方向chを含む)、観測幅 150km、地上分解能 250m、500m、1km</p>											GLIをベースに新規要素を取り込んだセンサの開発					
	雲・エアロゾルの三次元分布等	<p><b>EarthCARE/CPR</b> 94GHzドップラレーダー、垂直分解能 500m、地表観測視野 650m</p>											レーダ技術の優位性を活かした独自センサ(94GHz帯レーダ)の新規開発					
	地球温暖化・炭素循環変化	二酸化炭素・メタン等	<p><b>ADEOS-II/IAS-II</b></p> <p><b>GOSAT / 温室効果ガス観測センサ(GOS)</b> 観測波長0.78~14.3<math>\mu</math>m(5ch)、観測幅 1000km程度、空間分解能 9km(直下)、観測精度 4ppmv(3ヶ月平均)</p> <p><b>次期温室効果ガス観測衛星</b></p>											観測精度の向上(4ppmv → 1ppmv)を実現する具体的なセンサについては引き続き検討				
		<p><b>EarthCARE/CPR</b> 94GHzドップラレーダー、垂直分解能 500m、地表観測視野 650m</p>																

# 特徴と目的

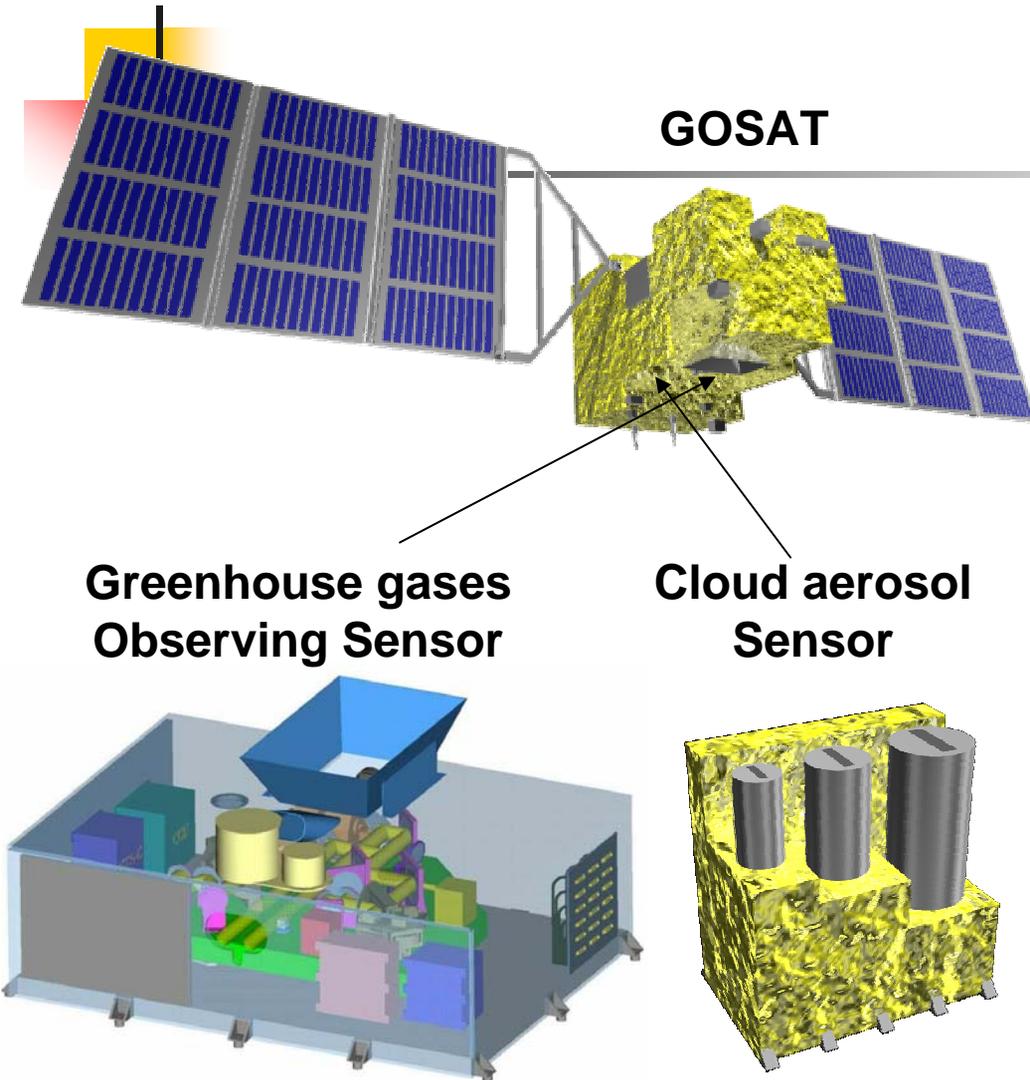
## ■ 特徴

- 全球・広範囲
- 高頻度(衛星1機あたり、2~3日で全球を網羅)
- 中分解能(1km~数10km程度)
- 継続観測

## ■ 観測目的と対応する衛星ミッション

水循環	TRMM ↓		
気候変動	GPM	ADEOS-II/AMSR-E ↓	
炭素循環		GCOM	
地球温暖化			GOSAT

# - 温室効果力入観測技術衛星 (GOSAT) 計画



CO<sub>2</sub> observing channels are available after the aerosol correction.

Greenhouse gases Observing Sensor (GOS)	
Sensor	FTS
Band	SWIR-0.78, 1.6, 2.0um band (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> -A band)
	TIR-5.5~14.3um (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , O <sub>3</sub> band)
Spec. Res.	0.2cm <sup>-1</sup>
Swath	750km ex: 5 points / every 180km
Footprint	10.5km

Cloud aerosol Sensor (CS)	
Sensor	Imager
Band	0.38, 0.67, 0.87. 1.61um band
Swath	750-1000km
Footprint	0.5-1.5km

# 7. 将来計画: 水循環観測

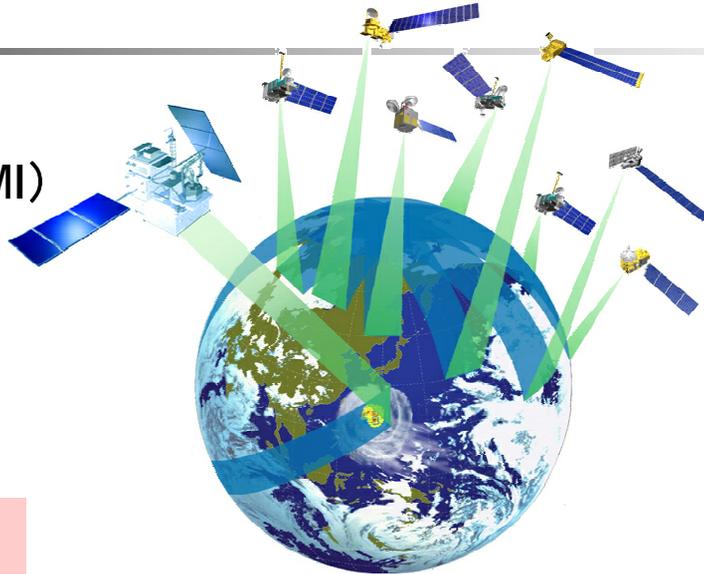
## - 全球降水観測計画 (GPM)



### GPM主衛星

- 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
- ✧ 副衛星マイクロ波放射計による推定降水量の校正

JAXA, NICT(日本):  
DPR開発、打上げ(TBD)  
NASA(米国):  
衛星バス開発、  
GMI開発、衛星運用



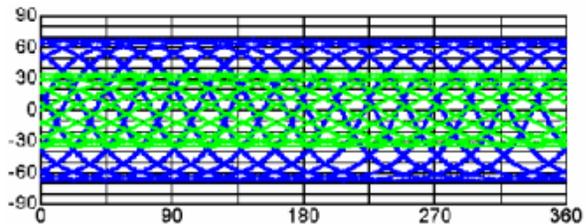
### GPM副衛星群

- マイクロ波放射計を搭載した各国・各機関の極軌道衛星(8機)
- ✧ 全球降水量の高頻度観測

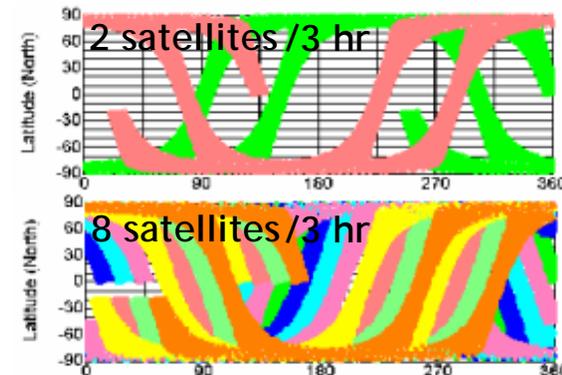
GPMパートナー:  
NOAA, NASA (US),  
ESA (EU), China,  
CNES-ISRO, others

**3時間全球  
降水マップ**

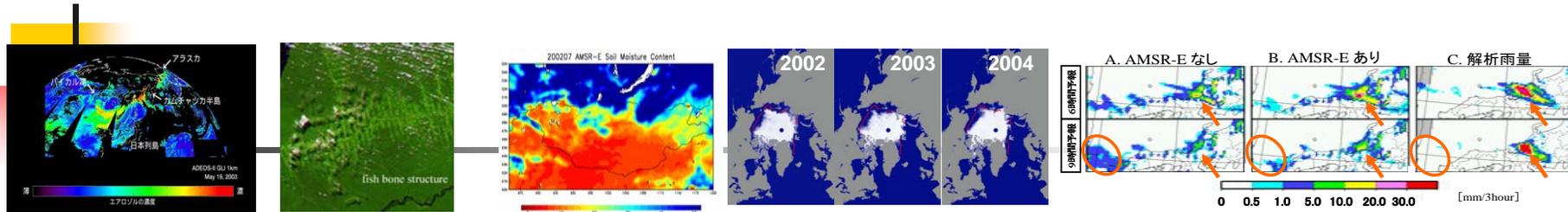
- 天気予報精度の改善
- 洪水予警報 (IFnet)
- 水資源管理



Blue: Inclination ~65° (GPM core)  
Green: Inclination ~35° (TRMM)



# - 地球環境変動観測ミッション (GCOM)



## GLIによる多波長全球観測

- エアロゾルの全球観測による気候変動研究への寄与
- 250m分解能による人間活動の影響の把握
- 気候変動の状況把握

## AMSR/AMSR-Eによるマイクロ波観測

- 水蒸気、降水、海面水温、土壌水分等の観測による水・エネルギー循環の理解
- 気候変動の状況把握

## AMSR-Eによる3年間のデータ蓄積

- 継続観測による気象、漁業、海況監視での利用の拡大
- 気候変動の傾向把握

## 後継ミッション(GCOM)による長期継続観測の実現

### 全球観測データの長期蓄積

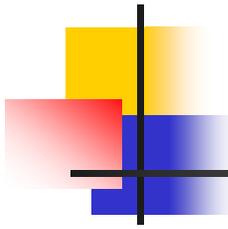
- 気候変動・温暖化のプロセス研究、影響評価での利用 (炭素循環、放射収支、雪氷変動、エルニーニョ現象、土壌の乾燥・湿潤化など)
- 数値モデルの改善による予測精度の向上
- 政策判断ツール(国際勧告、条約、規制など)としての利用

### 現業利用の社会インフラ化

- 気象、漁業、流水監視、資源管理、防災など

## 全球地球観測システム構築への貢献

GEOSS10年実施計画(58カ国、43機関の国際合意)による、国際協調による地球観測の推進

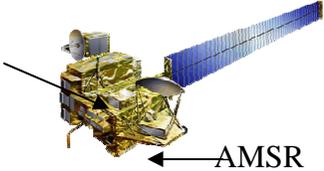
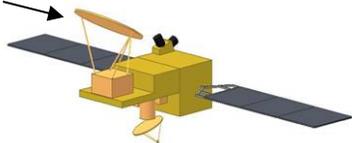
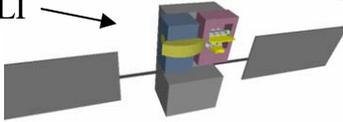


# GCOM—Mission

---

- GCOMではADEOS-IIのミッションを2衛星に分割
- GCOM-WはAMSR後継センサを搭載し、主に水循環変動に関する観測を継続的に実施
- GCOM-CはGLI後継センサを搭載し、主に気候変動に関する観測を継続的に実施

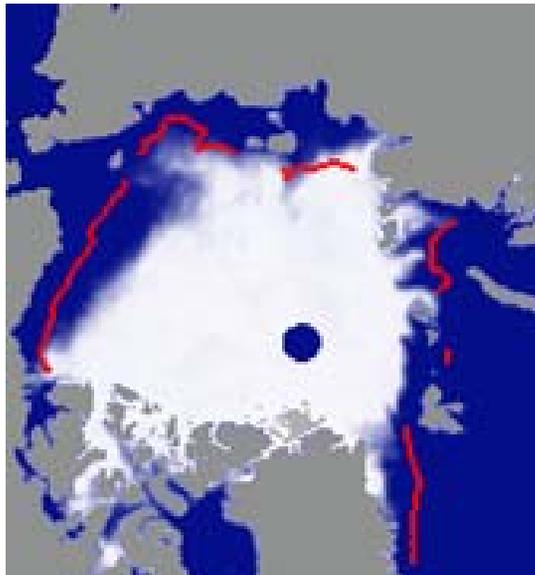
# 「みどり2」の後継ミッションとしての GCOM

項目	ADEOS-II	GCOM-W	GCOM-C
	GLI  AMSR2 AMSR	 AMSR2	SGLI  SGLI
軌道	太陽同期準回帰 高度( : 98.7deg 昇交点地方時 : 10:30	太陽同期準回帰 高度(赤道上) : 699.6km 傾斜角 : 98.19deg 昇交点地方時 : 13:30	太陽同期準回帰 高度(赤道上) : 798km 傾斜角 : 99.36deg 降交点地方時 : 10:30
形状			
ミッション寿命	3年	5年	
打上げ手段	H2Aロケット	H2Aロケット	
衛星質量	3.68トン	約2トン	約2トン
観測センサ (斜体字は他 機関のセン サ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 高性能マイクロ波放射計(AMSR)</li> <li>■ グローバルイメージャ(GLI)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 高性能マイクロ波放射計後継機(AMSR2)</li> </ul> (マイクロ波散乱計)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ グローバル・イメージャ後継機(SGLI)</li> </ul>

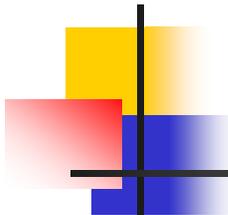
# みどり2の成果を踏まえた GCOM-W/AMSR2のミッション

## AMSR/AMSR-Eの成果

- 全天候型の海面水温観測、広域で均一な土壌水分観測、降水や海氷の精緻な観測の達成により、大口径・多周波マイクロ波放射計の有効性を実証
- AMSR-Eの継続観測により、海氷面積変動(例:下図)、エルニーニョ検出などの気候変動観測への貢献を確認
- AMSR-Eデータの数値天気予報モデルへの定常利用(気象庁)、漁海況情報作成における定常利用(漁業情報サービスセンター)などによる実利用実証



AMSR-Eによる2004年9月の北極域海氷分布。過去の平均面積(赤線)より狭い傾向が観測されている。



## 期待されるAMSR2の成果

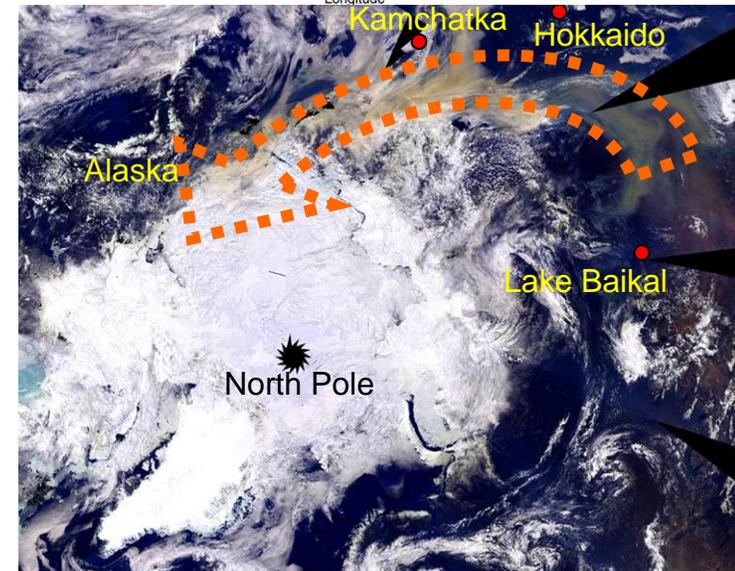
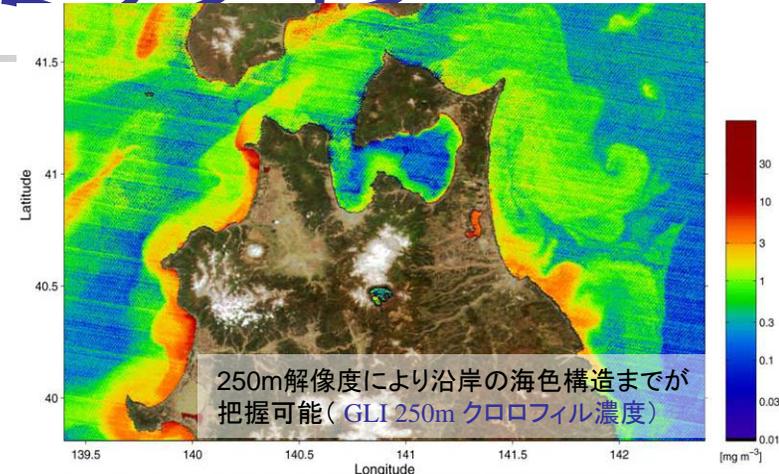
- AMSR/AMSR-Eの全球・高解像度マイクロ波観測・解析技術の継承、並びにセンサ特性(校正精度など)や物理量導出アルゴリズムの改良等によるプロダクト精度向上
- AMSR-Eとの継続を考慮した長期データの取得により、気候変動に影響の大きい水収支変化の検出。数値モデルの改善により長期気候変動の予測精度向上
- 全天候で安定した観測と、準リアルタイムデータ配信の継続による実利用実績の定着および新規開拓。気象予報利用における集中豪雨や台風進路等の予測精度向上
- マイクロ波散乱計との複合利用による精度向上。水循環を中心とした大気・海洋相互作用の解明推進

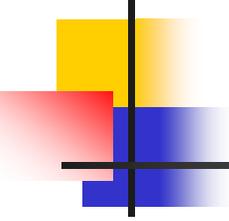
# みどり2の成果を踏まえた GCOM-C/SGLIのミッション

## GLIの成果

- エアロゾル、雲、海洋クロロフィル、陸植生、積雪分布などの物理量を導出・精度検証し、近紫外～熱赤外の全球観測が気候変動の検出に有効であることを実証（例:下図）。
- 6チャンネルの250mデータで、250m解像度が陸・沿岸モニタにより有効であることを実証（例:左図）。
- OCTSやGLIのミッションにおいて漁業・気象・沿岸監視などの実利用の仕組み（処理アルゴリズム、準リアルデータ提供の流れ）を構築。現在もMODISデータを代替として運用中。

GLIの近紫外～可視で捉えた、アジアの火災によるエアロゾルが極域まで輸送される様子（2003年5月19日）

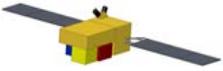
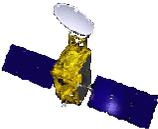




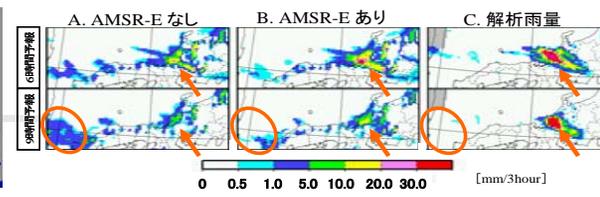
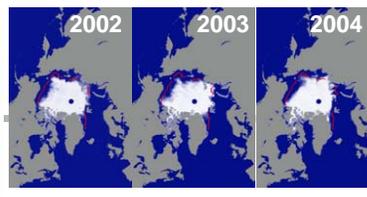
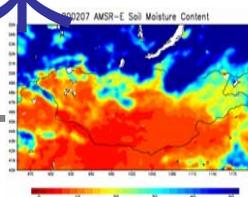
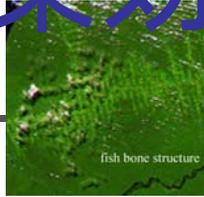
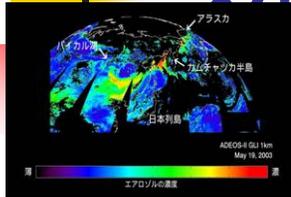
## 期待されるGCOM-C/SGLIの成果

- GLIにおける全球観測と解析検証技術を継承し、プロダクトとしての継続性を維持
- 長期継続観測により、気候変動の観測的検出や数値モデルとの協力による将来予測精度向上へ中心的寄与
- 1km 偏光・多方向観測により、陸域エアロゾルの微物理的特性評価までを実現
- 250mの多チャンネルにより、気候変動に対する人間活動の影響についての見積もり精度を向上させる
- 1km 陸域多方向観測により、新たな植生指数等による土地被覆情報量の拡大

# 地球観測シナリオ・センサ 開発研究(地球環境監視システム)

衛星	GOSAT	GOSAT後継	GPM	ADEOS-II後継 (GCOM-W)	ADEOS-II後継 (GCOM-C)	EarthCARE
						
衛星質量	1.65トン	TBD	3.2トン	2トン	1.8トン	1.2トン
軌道高度	666km	TBD	407km	約800km	約800km	約400km
設計寿命	5年	5年	3年2ヶ月	5年	5年	2+1年
センサ	温室効果ガス 観測センサ	TBD	DPR	AMSR後継センサ	GLI後継センサ	CPR
観測波長 ／周波数	0.75～14.3μm (4ch)	TBD	Ku : 13.6GHz Ka : 35.5GHz	6.9GHz～89.0GHz (6ch)	0.38～12μm (22ch、偏光バ ンド6chを含 む)	94GHz
観測幅	1000km程度	TBD	245km	1600km	1150km	クロストラック走査 無
分解能	10.5km (直下)	1km (直下)	鉛直分解能 250m 水平分解能 5km	5km～50km	250m、500m、 1km	垂直分解能 500m 地表面視野 650m
観測頻度	3日		—	2日	2日	11日
備考	4ppmv精度	1ppmv精度		マイクロ波散乱計 (SeaWinds) 搭載		

# GCOMによって得られる社会的 効果効果



## GLIによる多波長全球観測

- 陸域を含むエアロゾルの全球観測
- 250m分解能による人間活動の影響の把握
- 気候変動観測

## AMSR/AMSR-Eによるマイクロ波 観測

- 水・エネルギー循環の理解
- 地球温暖化の予兆の把握

## AMSR-Eによる3年間のデータ蓄積

- データの継続性による気象、漁業等での利用の拡大
- 微小な変動の傾向把握

## GCOMシリーズ(AMSR2・SGLI)による成果の継承と長期継続観測の実現

気候変動研究の成果に基づく政策判断での利用

現業利用による社会インフラ化

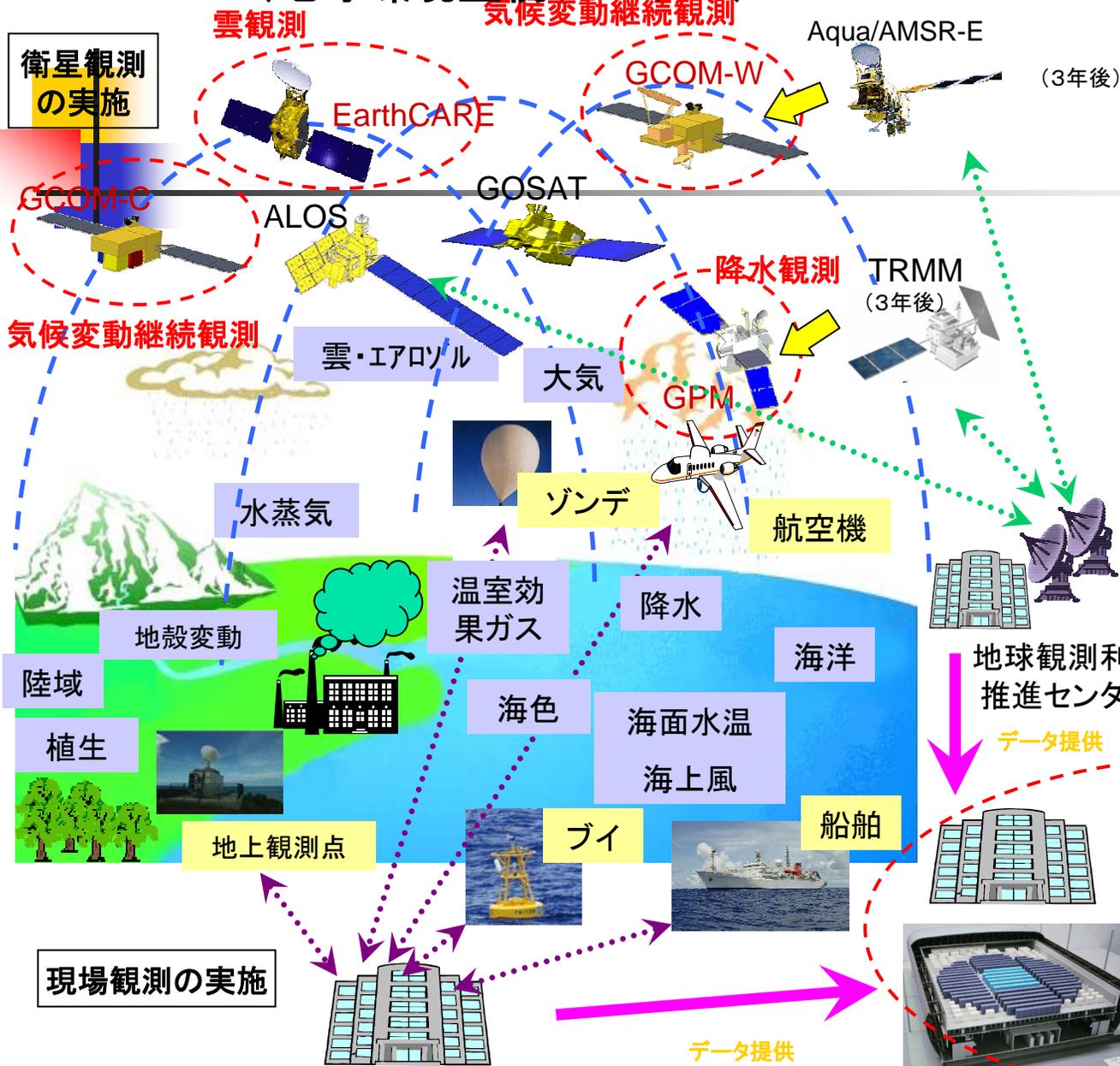
## 地球観測サミットによる地球観測10年実施計画への貢献

- 国際合意による全球地球観測システム(GEOSS)の構築に対し、気候変動・水循環分野、地球温暖化・炭素循環変化分野の長期継続的な観測で貢献
- GCOMは可視赤外からマイクロ波までの広範な情報を収集することにより、GEOSSが目指す9つの社会利益分野のうち気候、水循環、気象、農業、生態系、生物多様性等に対応

# 地球観測シナリオ・センサ 開発研究【3年後、7年後のイメージ】

(地球環境監視システム)

○ は3~7年後の間に新規追加になる要素



人間活動の影響評価とその適応

- ・ 人の健康への影響
- ・ 生態系への影響
- ・ 農業への影響
- ・ 水資源への影響
- ・ 経済への影響

地球観測利用  
推進センター

データ提供

情報の  
政策での活用

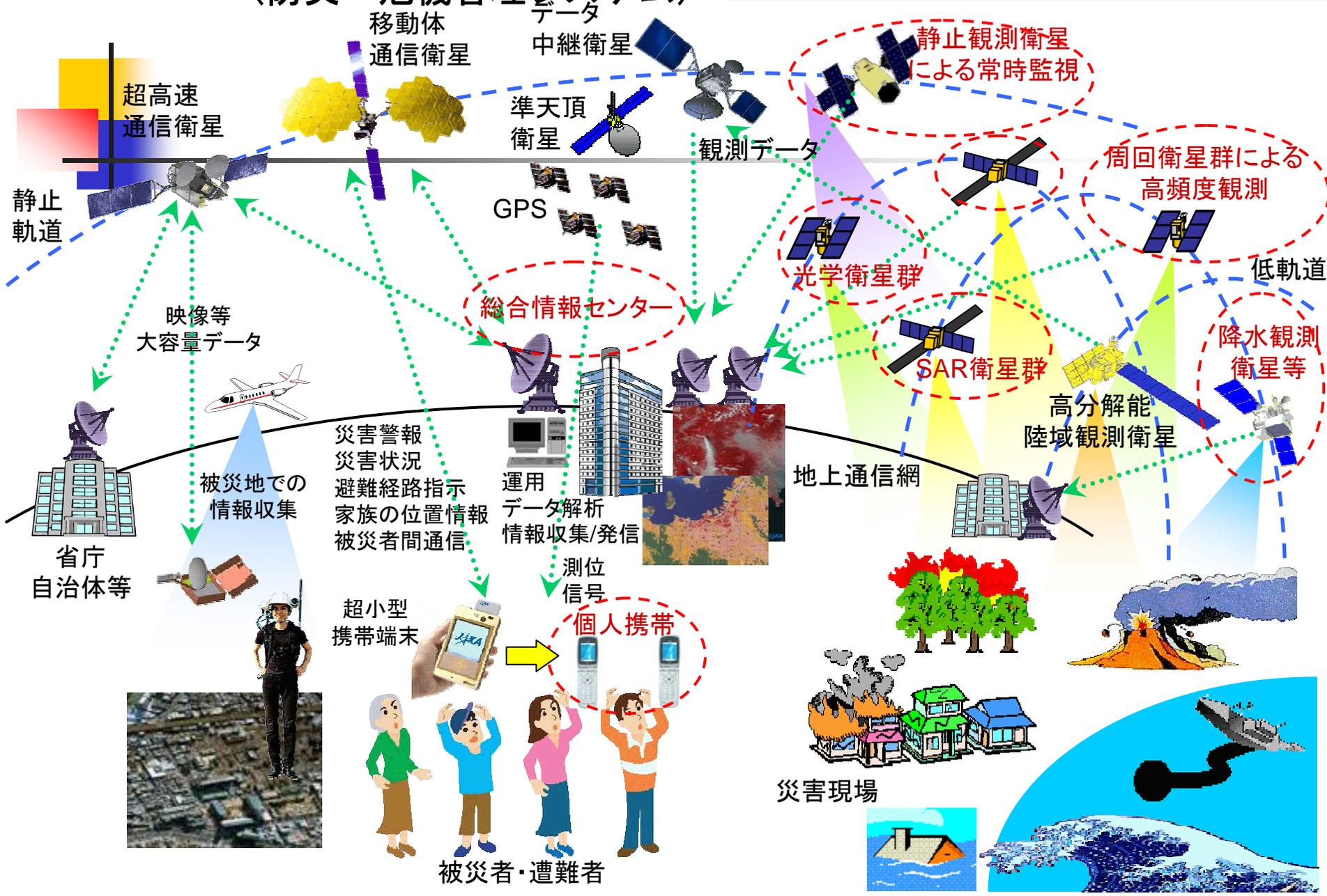
政策策定への入力となる地球環境情報の提供

- ・ 衛星観測と現場観測のデータ統合
- ・ 観測データを用いたモデルによる予測シミュレーション

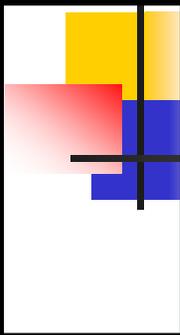
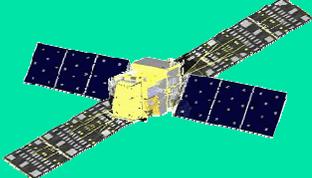
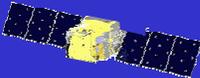
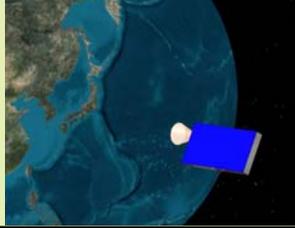
# 地球観測シナリオ・センサ 開発研究【3年後、7年後のイメージ】

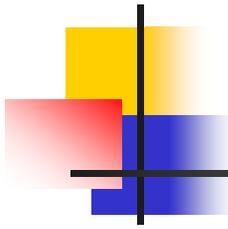
(防災・危機管理システム)

は3~7年後の間に新規追加になる要素



# 地球観測シナリオ・センサ 開発研究（防災・危機管理システム）

	低軌道周回衛星 (SAR) 	低軌道周回衛星 (光学) 	小型コンステレーション 	静止衛星システム 
衛星数	4	4	16	1
衛星質量	1.5トン	同左	250kg	2トン以下
軌道高度	700km程度	同左	800km程度	36000km（静止）
設計寿命	5年	5年	3年	5年
搭載 センサ	SAR (ALOS/PALSARをベース に小型化、データ圧縮)	可視～近赤外、熱赤外 (ALOS/AVNIR2、PRISMを ベースに小型化)	可視～近赤外 (民生デジタルカメラを ベース)	可視～近赤外：4バンド、 熱赤外：2バンド (新規：大口径ミラー)
空間分解 能	SAR：10m	パンクロ：2m以下 可視：5 m以下 熱赤外：20 m	パンクロ：20 m 可視：20 m	可 視：100m 熱赤外：200m
1 シーン	100km × 100km	100km × 100km	90km × 60km（パンクロ） 45km × 30km（可視）	60km × 60km（可視）
観測 頻度	4機を効率的に配置する ことでSARの3時間観測を実現	4機を効率的に配置することで 光学の3時間観測を実現	16機を効率的に配置・運用する ことで45分毎観測を実現	通常：日本全域常時観測 海外要請時：対象地域



## まとめ

---

- 地球の将来、Sustainableな社会を実現するためには、地球観測ミッションはますます重要になる
- 情報化社会に伴い機能が変化
- 新しいアイデア、新しい使い方を考えるとき