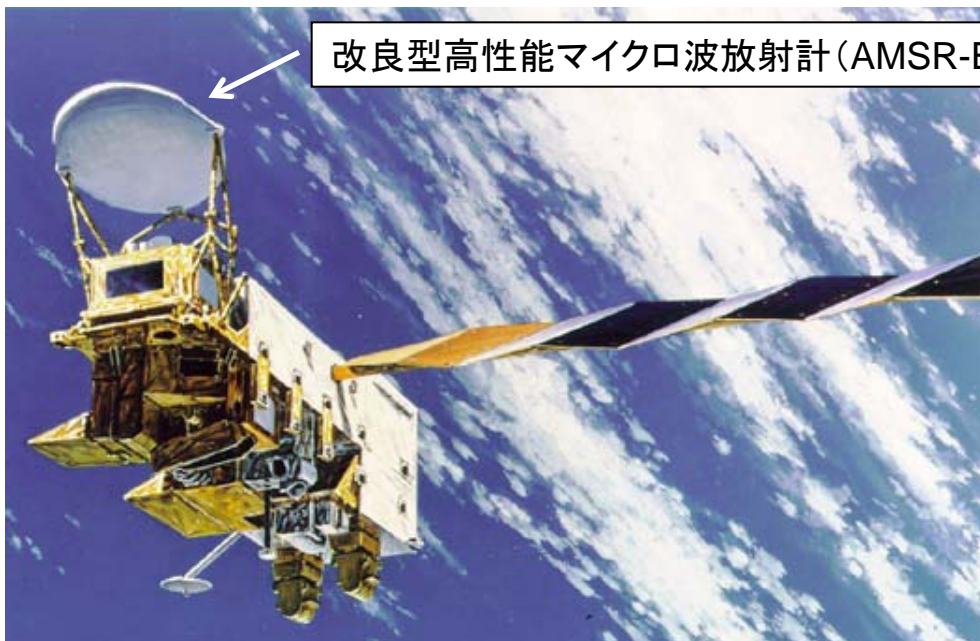


改良型高性能マイクロ波放射計(AMSR-E)の
現状とこれまでの成果について

平成23年10月12日

宇宙航空研究開発機構
執行役 道浦 俊夫

1. AMSR-Eの概要



改良型高性能マイクロ波放射計(AMSR-E)

経緯

- ・平成14年5月4日
Aqua打上げ
- ・平成17年5月3日
AMSR-E定常運用終了
(8月31日 SAC報告)
- ・平成20年5月3日
Aquaミッション期間終了

Aqua概観図

Aqua主要諸元

打上げ	デルタIIロケット	
衛星質量	約3.1t	
発生電力	約4860W	
設計寿命	6年	
軌道	高度	約705km
	傾斜角	約98.2度
	種類	円軌道
	周期	約99分
姿勢制御方式	三軸姿勢制御方式	
衛星運用	NASA	

AMSR-E主要諸元

中心周波数(GHz)	6.925	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0	89.0
						A系	B系
帯域幅(MHz)	350	100	200	400	1000	3000	
偏波	水平および垂直						
3dBビーム幅(°)	2.2	1.5	0.8	0.92	0.42	0.19	0.18
瞬時視野(km)	43x75	29x51	16x27	18x32	8.2x14.4	3.7x6.5	3.5x5.9
サンプリング間隔(km)	9x10					4.5x4	4.5x6
温度分解能(K)	0.34	0.7	0.7	0.6	0.7	1.2	1.2
入射角(度)	55.0						54.5
ダイナミックレンジ(K)	2.7 - 340						
走査幅(km)	約1450						
積分時間(ミリ秒)	2.5					1.2	
量子化ビット数(bit)	12	10					
走査周期(秒)	1.5						

2. 観測停止前後の運用経緯

- (1) AMSR-Eの回転摩擦の値は平成23年7月頃から比較的急激に増大に転じ、スパイク状の摩擦の増大の頻度も上がったため、集中的な監視を継続していた。(回転摩擦の長期トレンドは図1参照)
- (2) AMSR-Eの異常検知機能が作動してAMSR-Eが停止した場合、衛星に対する姿勢擾乱が大きいため、必要な状況になった場合、制御下でAMSR-Eの回転を落とせる様、Aqua衛星の異常検知機能により回転を40rpmから4rpmに落とす仕組み(40rpm TMON)(注1)を平成22年6月16日に、4rpmから停止させる仕組み(4rpm TMON)を平成23年4月19日に衛星側にセットした。
- (3) 平成23年10月4日(火)14時37分から14時47分(日本時間、以下同じ)のリアルタイムモニタにおいて、AMSR-Eの状態は正常であった。

(注1) TMONはAqua衛星がオンボードで実行できるプログラム可能な異常検知機能で、条件を満たすと指定したコマンドが発行される。

2. 観測停止前後の運用経緯(続き)

- (4) 同日15時48分～16時1分のリアルタイムモニタにおいて、AMSR-Eの回転速度が減速し始めたことを確認した。観測機器(House Keeping)データを詳細に確認したところ、同日15時51分52秒に、北極圏上空において、40rpm TMON が自動実行されたことが判明した。4rpmまで減速し、低速回転維持モード(注2)に移行することを期待していたが、40rpm TMON の実行完了時点でも摩擦は大きく、4rpmを維持できていなかったため、同日16時23分20秒に、南米チリ沖海上上空において、4rpm TMONが自動実行され、AMSR-Eは停止に至った。(図2参照)
- (5) ログやテレメトリの確認により、低速回転維持モードへの移行、停止による衛星姿勢への擾乱は、影響が大きいYaw角で最大0.758度であり、衛星の通常の姿勢制御モードで対応可能な範囲内であったことを確認した。衛星姿勢に擾乱が発生しているのは、摩擦による減速のトルクを印加トルクで相殺できず、実際のアンテナの回転速度が、制御目標回転速度を下回る状況が発生した部分のみで、その他の部分については、アンテナとモーメントムホイールのバランスにより、衛星への擾乱はほとんど出ていない。また、熱制御については定常運用時と同様に実施され衛星バスへの影響がないことを確認した。
- (6) 観測データは同日15時51分47秒まで取得され、処理は完了している。
現在はHouse Keepingデータ(センサハードウェアのモニターデータ)のみ受信している。

(注2) 回転摩擦の上昇により回転を維持するための力が大きくなり限界に達した場合、回転数を減少させ、低速回転を維持し回転摩擦の減少を待つためのモード。

図1 AMSR-E 打上げ以降の回転摩擦トルクの長期トレンド

May 4, 2002 – October 5, 2011 (DOYs 2002/124–2011/278)

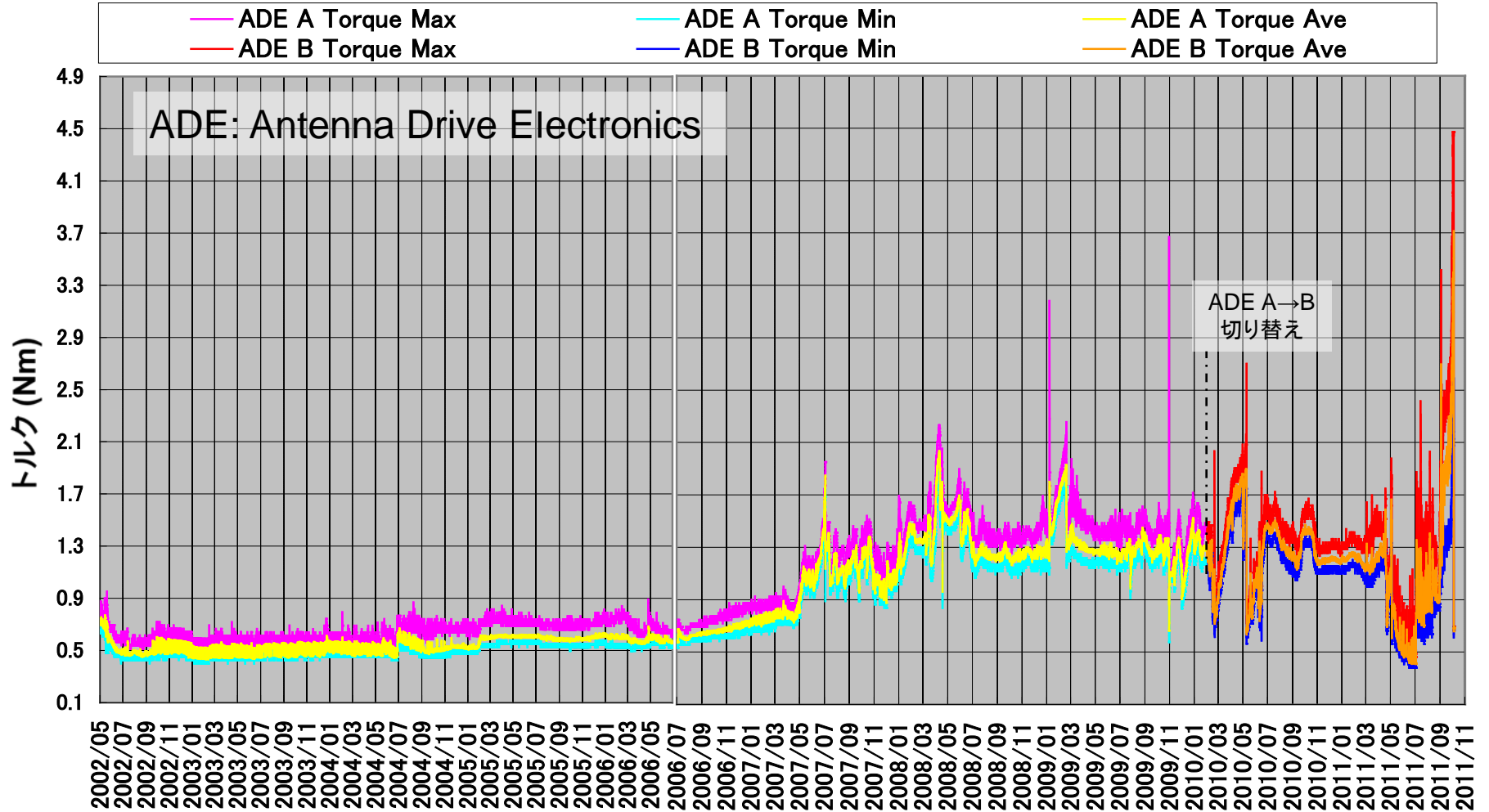
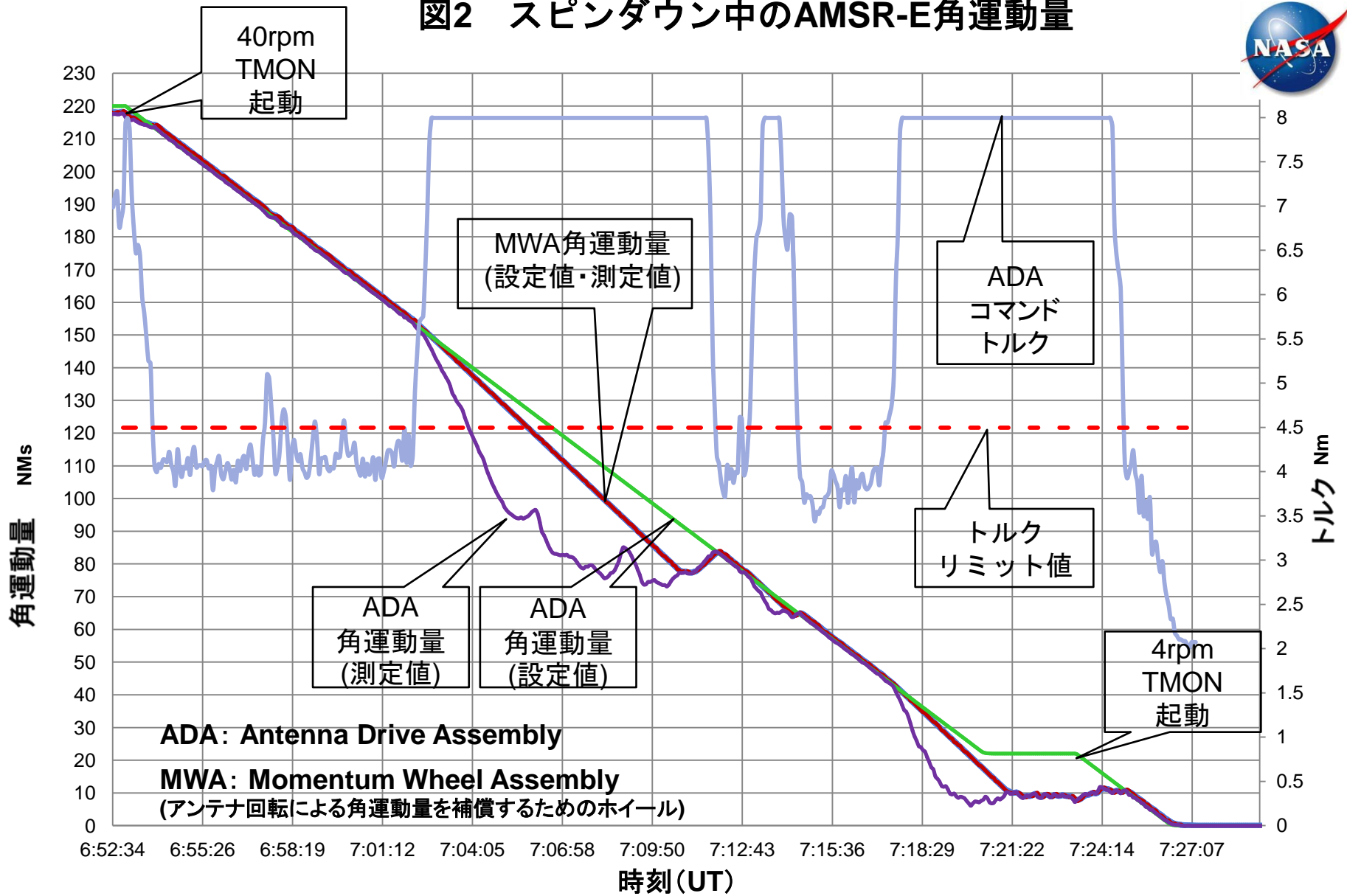
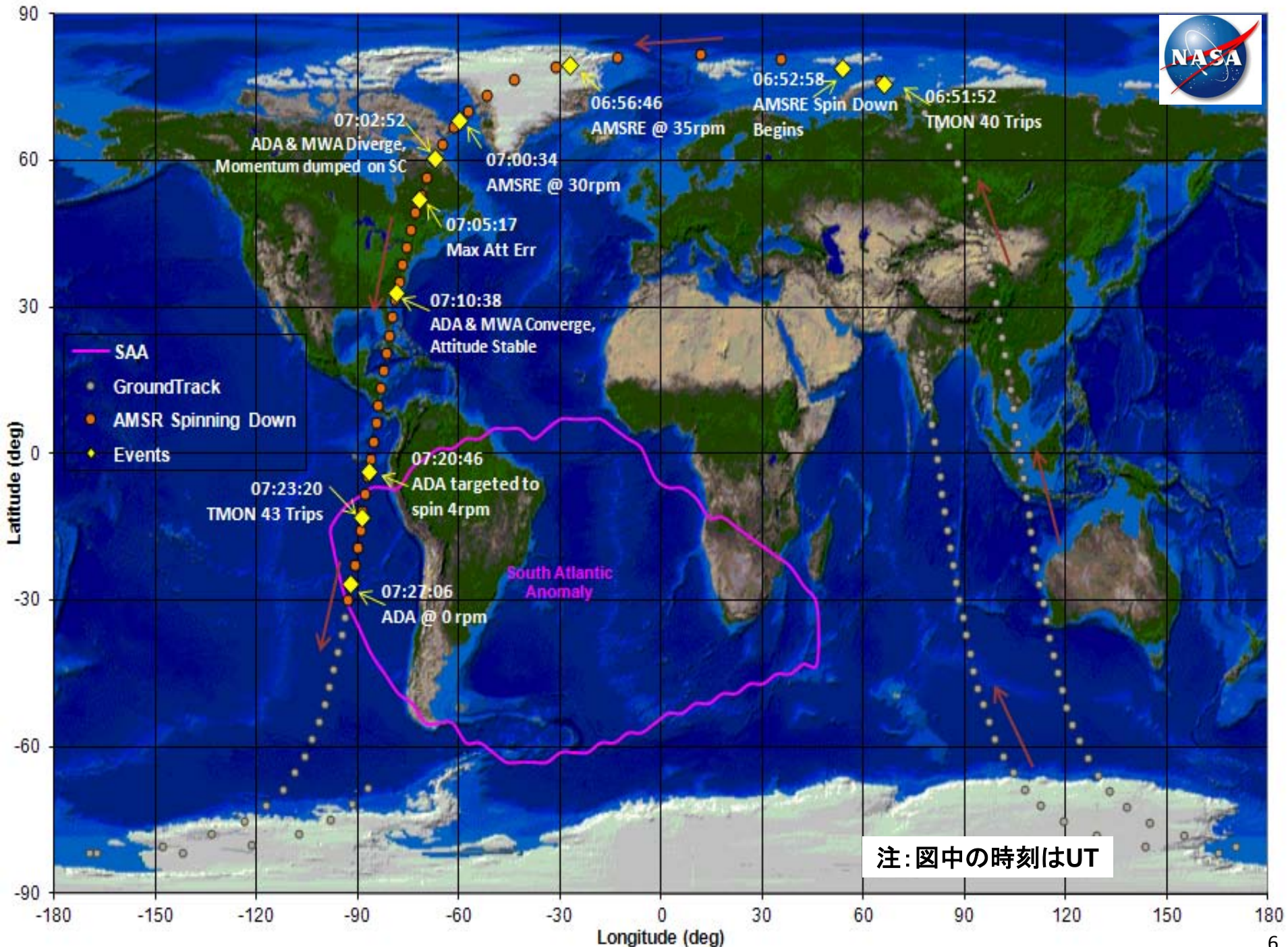




図2 スピンドダウン中のAMSR-E角運動量



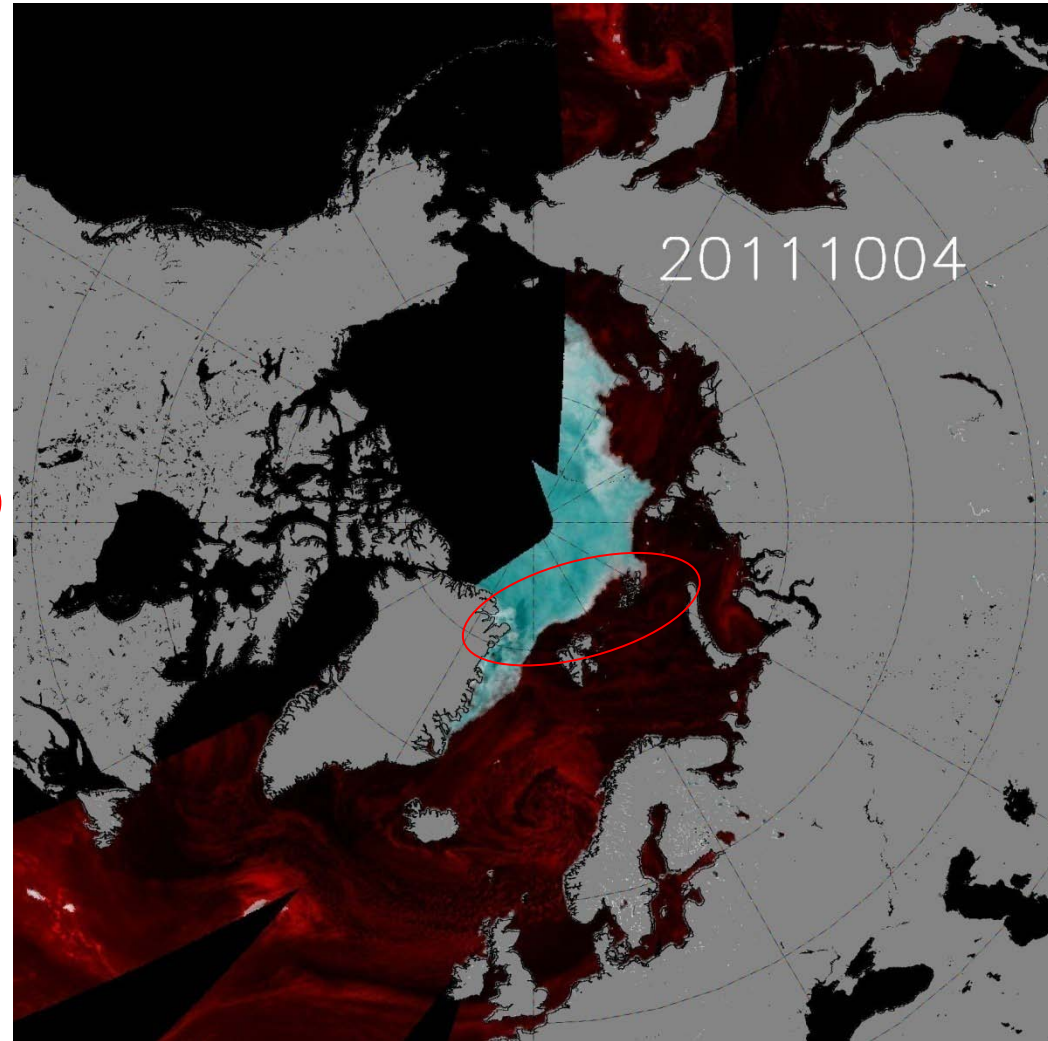
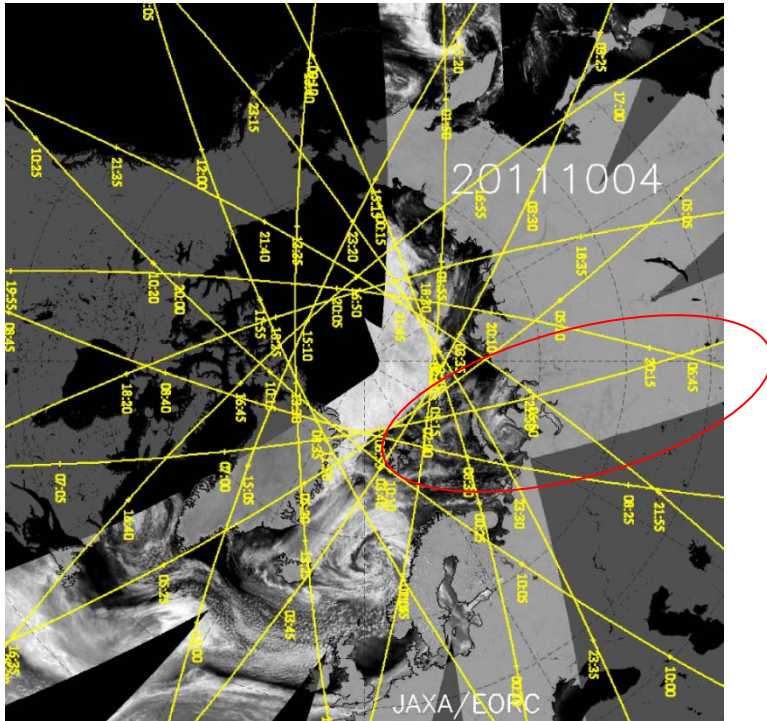
- MWA Commanded Momentum
- MWA Sensed Momentum
- ADA Commanded Momentum
- ADA Sensed Momentum
- ADA Commanded Torque
- TMON 40 Limit (4.4974 Nm)



3. 今後の計画

- 今後、AMSR-Eが定常観測に復旧する可能性は極めて低いと考えられるが、TMONにより衛星バスへの影響を最小限に抑えながら自動停止できたことに鑑み、再起動についてNASAとの調整を開始する。
- 衛星バスへの影響を抑えるためAMSR-Eの熱制御は継続して行う。
- 平成23年度内打上げを目指している GCOM-W1/AMSR2 にミッションを引き継いでいく。
- AMSR2 の AMSR-E からの改良点は以下の通り：
 - 人工地上電波の6.9GHzチャンネルへの干渉対策として7.3GHzチャンネルを追加
 - 高温校正源の仕組みを改良し、輝度温度精度を向上
 - アンテナ径を1.6mから2mに拡大し、空間分解能を向上
 - モーメンタムホイールの冗長化により、信頼性を向上

AMSR-Eが最後に観測した北極圏のデータ (10月4日 15時51分頃まで)



4. AMSR-Eの成果

- トップクラスの空間分解能を有し、午後軌道に存在する唯一のマイクロ波放射計として、全世界を9年5カ月間継続的に観測。
- 広域・定量的な土壌水分分布、雲に影響されない全天候型の海面水温分布等、これまでにないデータセットを作成。
- 水循環・気候変動分野での貢献
 - ✓ 北極海氷面積の長期間の継続観測により、2007年夏季の観測史上最小面積や2011年夏季の観測史上2番目の面積縮小など、面積変動の把握により、温暖化の兆候となる状況を検知。
 - ✓ 複数衛星の観測データを用い、アジア・アフリカ諸国で利用されつつある全球降水マップ(GSMaP)や高分解能海面水温プロダクト作成において、中心的な観測データとして活用。
 - ✓ 米国航空宇宙局(NASA)との協力、統合地球水循環強化観測期間プロジェクト(CEOP)やデータ統合・解析システム(DIAS)を通じた全球地球観測システム(GEOSS)への貢献により陸面水文フラックスモデルへの土壌水分量、積雪深のデータ同化等、水循環・気候変動分野での研究を推進。

4. AMSR-Eの成果(続き)

• 実利用分野での貢献

- ✓ 気象庁における数値天気予報や台風の中心位置決定等に利用され、気象予測の精度が向上(2004年の福井豪雨のAMSR-Eを利用した予報実験では8%程度の精度向上)。また、気象庁における海洋状態監視のための全球日別海面水温作成でも、準リアルタイムで定常的に利用されるとともに、エルニーニョ、ラニーニャの兆候を検知。
- ✓ 漁業情報サービスセンター等の漁海況情報作成・配信に利用され、AMSR-Eの利用により配信の高頻度化(毎週から毎日)を図り、漁船の操業を効率化(燃料、時間等が10~15%程度改善)。
- ✓ 海上保安庁のオホーツク海流氷監視として、AMSR-Eを用いた流氷の密度分布や接近状況をモニターし、漁船、港湾関係へ流氷の状況を通達。また、農林水産省の世界の干ばつ状況把握による海外食料需給レポート作成時に、世界の主要な穀物の穀倉地帯の干ばつ状況の客観的な比較情報として、AMSR-Eを用いた土壌水分情報が掲載。
- ✓ 海外においては、米国海洋大気庁(NOAA)、ヨーロッパ中期予報センター(ECMWF)、カナダ国雪氷サービス(CIS)などにおいて、数値天気予報、気象・海象把握に定常的に利用。これらの実績も踏まえ、米国の次世代極軌道衛星システムJPSSとGCOMの協力体制が確立(GEOSS早期成果)。

5. ユーザへの対応

- AMSR-Eの観測及び回転の停止については、衛星を運用している米国NASAを始めとする、国内外の利用機関や研究者等に、プレスリリースと並行して連絡。
従前より、AMSR-Eの寿命については理解を得ていたが、観測停止について、大変残念であり後継機の第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1)に期待するとの意見をいただいている。
- AMSR-Eデータはこれまで幅広い分野で全世界のユーザに利用されており、世界中の2200を超えるユーザに対し、JAXAからはのべ862万シーン以上のデータを、NSIDC(注1)からは1400万シーン以上のデータを提供。今後は10万シーン(注2)のアーカイブデータを有効に活用していく。
- 後継機の「しずく」打上げ後は、AMSR2のデータ提供を進める。

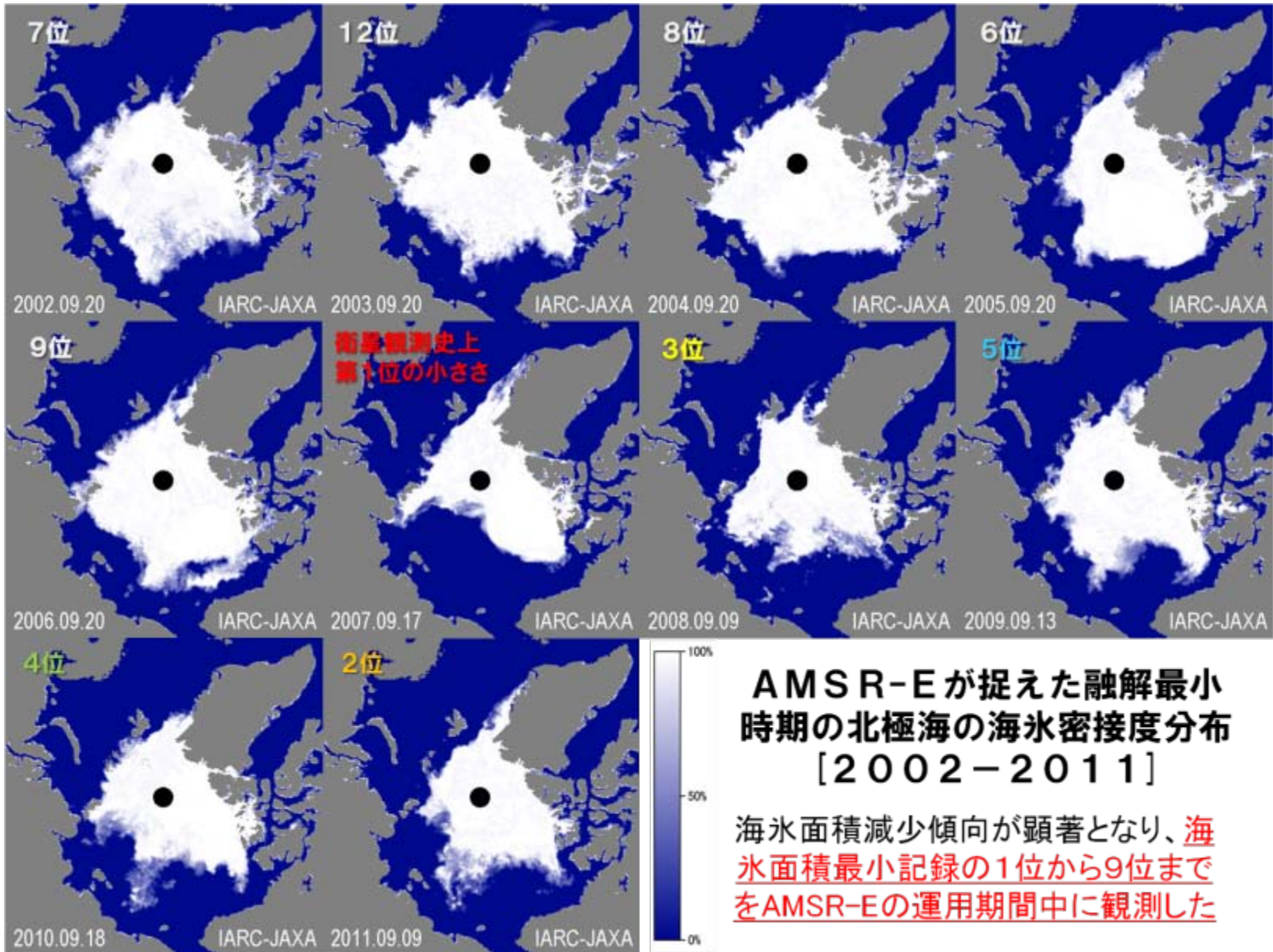
(注1) NSIDC: 米国立雪氷データセンター National Snow & Ice Data Center

(注2) AMSR-E の1シーンは軌道最北点と最南点の間の1/2軌道周回分のデータのこと。1日約29シーン、9年5カ月のデータは約10万シーン(=29×365×(9+5/12))

參考資料

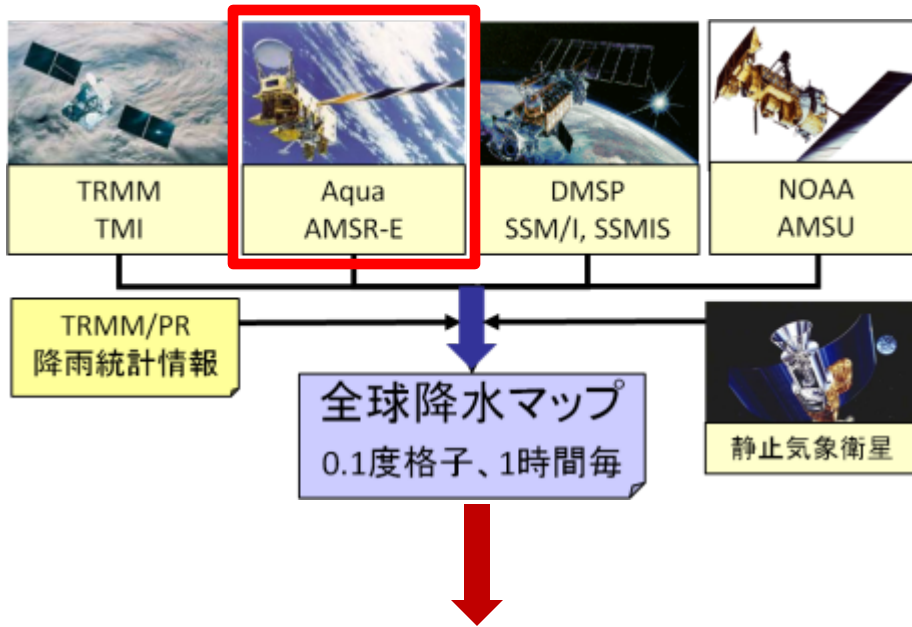
気候変動監視への貢献

北極海海水面積減少の把握

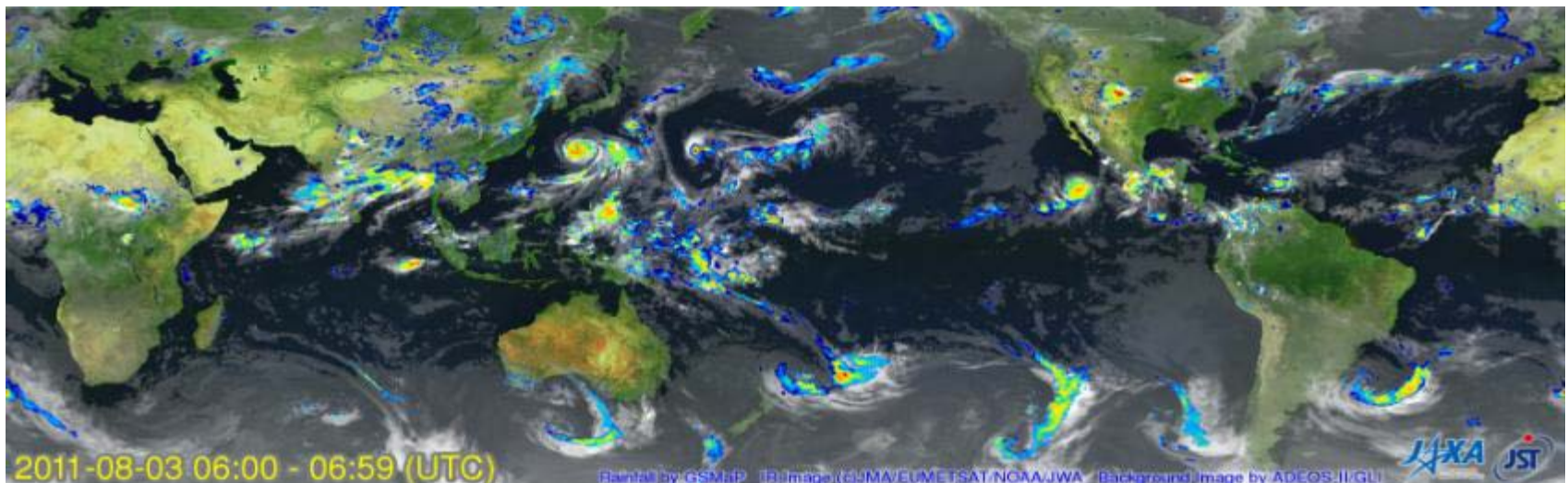


水循環変動観測への貢献

全球降水マップ(GSMaP)

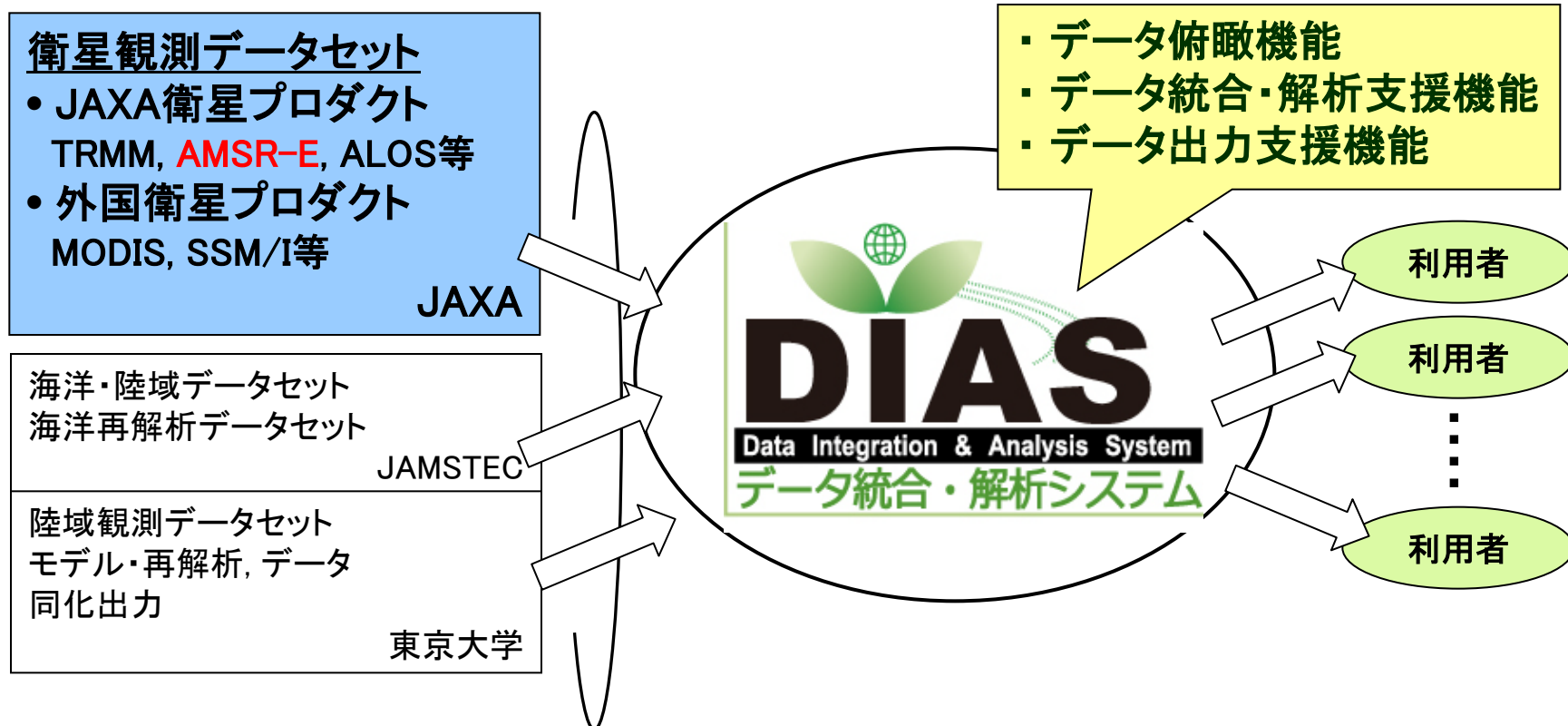


- 複数のマイクロ波放射計及び静止気象衛星を複合した全球降水マップ(GSMaP)を作成・提供。AMSR-Eは高分解能、かつ唯一の午後観測のマイクロ波放射計として、時間変化の大きい降水量の観測において重要な役割を担った。GSMaPは、洪水予測、気象サービスや作物予測等の実用分野での利用実証が進んでいる。
- NASA、NOAA、カリフォルニア大学等の各機関も、全球合成降水マップの入力データのひとつとして、AMSR-Eデータを利用。



データ統合・解析システム (DIAS)

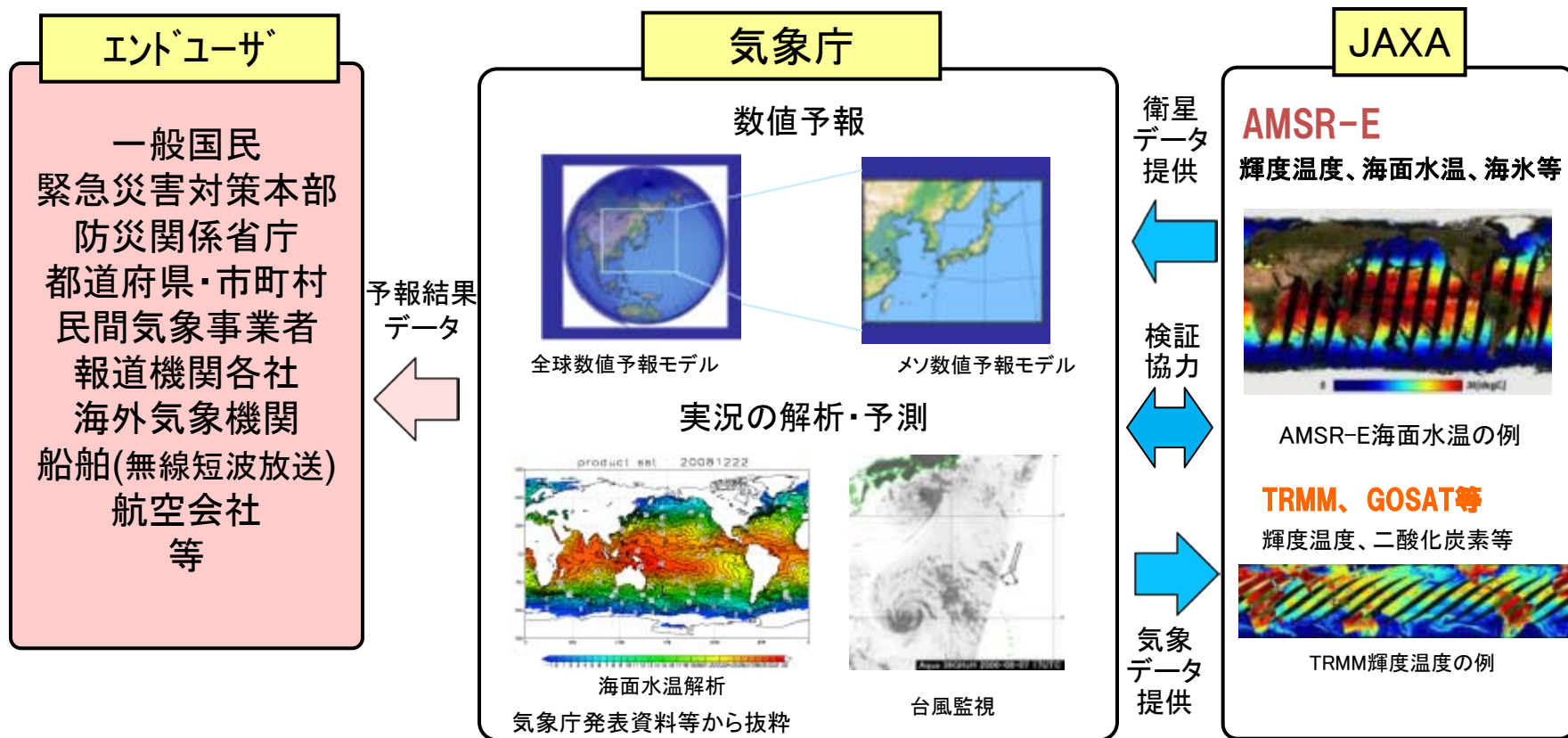
- データ統合・解析システム (DIAS) とは、衛星観測、海洋観測、陸上観測などの様々な手段で得られた観測データを、科学的・社会的に有用な情報に変換し、その結果を社会に提供するシステムであり、データ俯瞰、データ統合・解析支援、データ出力支援の各機能を持つ解析空間を有する。水循環、気象、海洋、農業、生態系、情報科学の分野の研究に貢献 (150名以上の研究者が参加)。
- JAXAはユーザの要求に基づいて衛星観測データセットを適宜、切り出し、リサンプリング、モザイク処理、フォーマット変換等の高次処理を施し、DIASに提供。その1つとして、AMSR-Eのデータを提供し、DIASの研究に貢献



2002年10月から2011年3月までで、AMSR-Eのデータを138万シーン提供

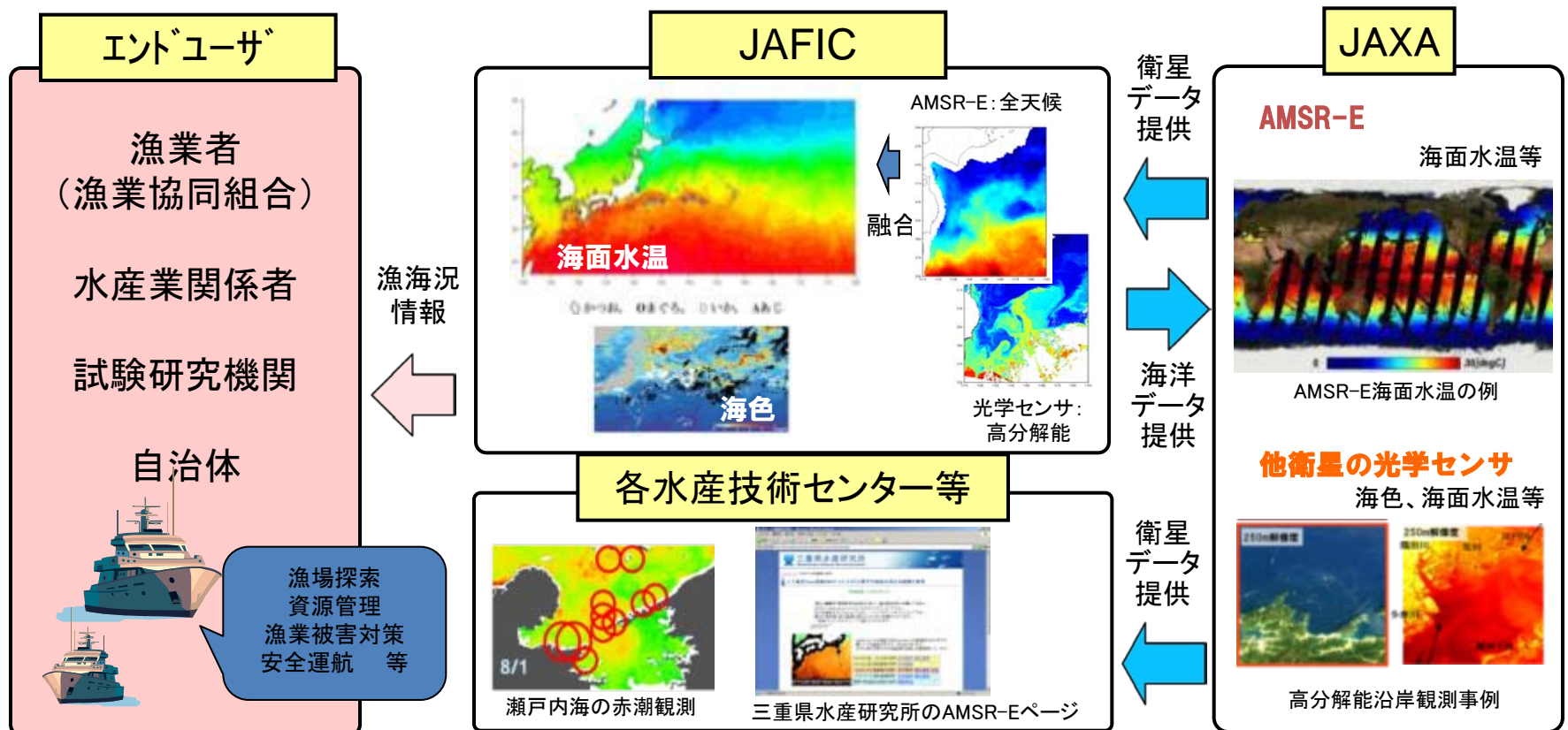
気象分野の利用

- 気象庁では、数値予報、台風・海氷・エルニーニョ監視等にAMSR-Eデータが幅広く利用され、豪雨等の予測精度向上に貢献している。
- 世界の主要気象機関として、ヨーロッパ中期予報センター(ECMWF)では、AMSR-E輝度温度データを数値天気予報に現業的に利用。米国海洋大気庁(NOAA)では、AMSR-E輝度温度データをハリケーン的位置・強度解析や、海象のモニタリング等に現業的に利用。



漁業・水産分野の利用

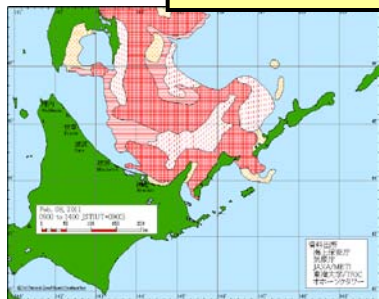
- 漁業情報サービスセンター(JAFIC)では、漁場把握による操業効率向上・コスト削減、計画的操業等を目的とし、AMSR-E等の衛星データを用いた漁海況情報を毎日作成・提供している。AMSR-Eの全天候海面水温は、漁海況情報発信の高頻度化と高精度化に大きく貢献。
- JAFICや各水産技術センター等の配信情報には、沿岸・遠洋漁業者、漁業組合などを中心にエンドユーザが多数存在する。



海洋分野の利用

- 海上保安庁では、冬期のオホーツク海における海難防止を目的として、AMSR-Eを含む各種衛星データや現地観測データ等様々な情報を活用した海水速報図を毎日作成・提供している。
- 北極海氷の減少に伴い北極海航路の活用が注目されており、海水状態予測事業等への活用が期待され、共同研究を進めている。
- 東北大学、気象庁、NASA、NOAA、英国気象局(UK MetOffice)等では、全球合成海面水温データセットの入力データのひとつとしてAMSR-E海面水温を利用。雲の下の海面水温を測定できる衛星搭載センサは希少であり、データセットの高頻度化に本質的な役割を果たした。

海上保安庁



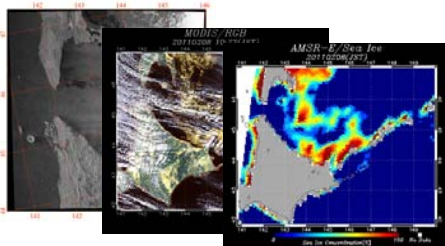
海上保安庁海水情報センターが発信する海水速報。冬期間、毎日17時に発行

平成23年2月8日発行

JAXA



衛星データ提供

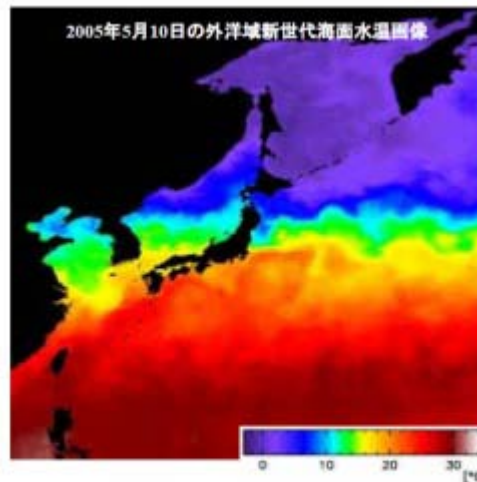


AMSR-E等衛星情報

海水分布

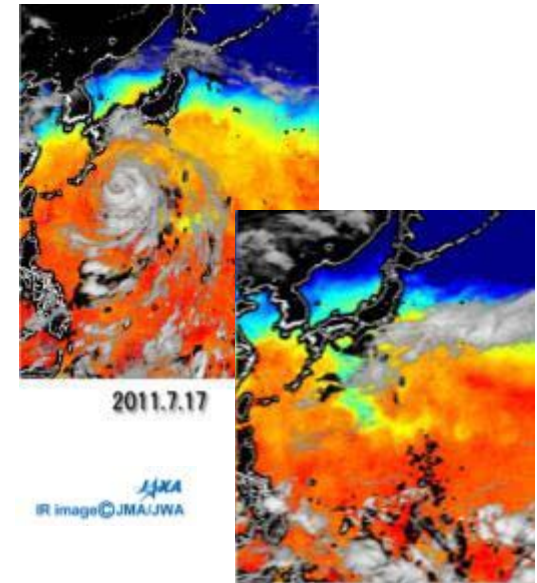
オホーツク海等の領海海水監視

ALOS MODIS AMSR-E



新世代海面水温開発グループ(代表 東北大学川村宏教授)は、AMSR-Eのマイクロ波海面水温とAVHRRやMODISなどの赤外線海面水温を客観的な手法で融合することにより、雲無し、高解像度、広域の海面水温データを作成し、日々公開を行っている(上図)。

融合海面水温の例(東北大学)



台風通過時に低下する海面水温。雲の影響を受けないマイクロ波の特徴を活かした観測事例。

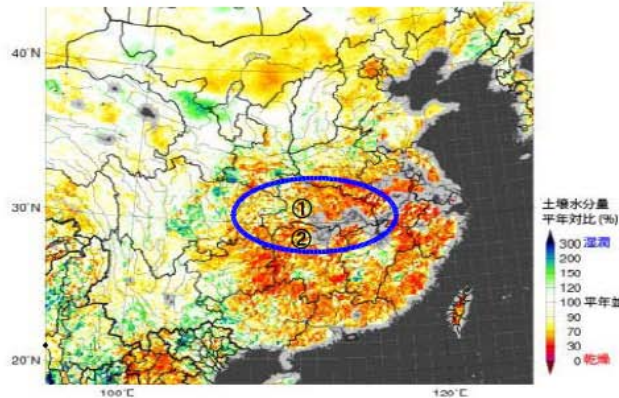
農業分野の利用

- 食料安全保障の観点から農林水産省が作成・公開する海外食料需給レポートに、AMSR-E土壌水分の情報が利用されている。主要な食料生産国である米国・中国・欧州・豪州等における小麦、とうもろこし、大豆等の収量との関係を示す情報として毎月のレポートに掲載。
- 今後、世界の主要穀倉地帯の穀物生育予測・作付面積の把握に、降水量・土壌水分量・日射量・地表面温度・植生指数等、様々な衛星情報を活用すべく検討が進められている。

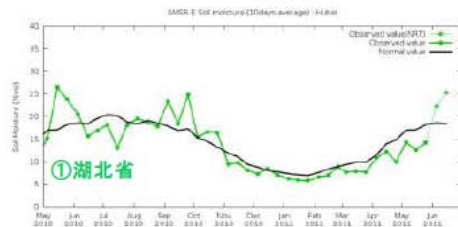
図 最近の揚子江中・下流域の土壌水分の推移

図1 揚子江中・下流域 (①湖北省、②湖南省)
土壌水分が平年より非常に少ない。
(青色円は揚子江中・下流域)

本年5月11日～20日



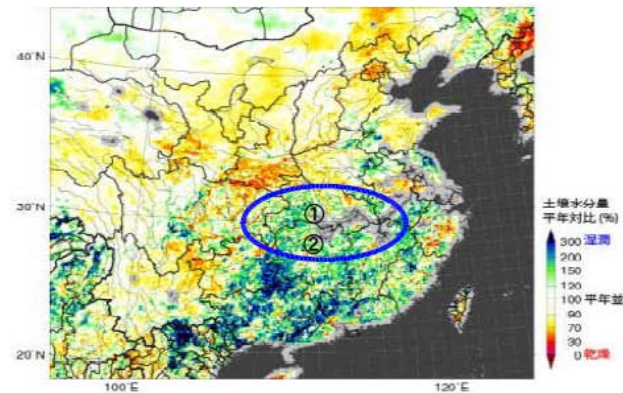
グラフ1 最近の湖北省の土壌水分量の変化
(黒色が平年、緑色が本年)



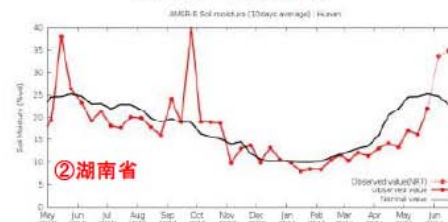
資料：JAXA提供「AMSR-E土壌水分プロダクト」

図2 揚子江中・下流域 (①湖北省、②湖南省)
6月上旬の降雨により土壌水分過多になった。
(青色円は揚子江中・下流域)

本年6月1日～10日



グラフ2 最近の湖南省の土壌水分量の変化
(黒色が平年、赤色が本年)



農林水産省 「海外食料需給レポート(Monthly Report: 6月)」から抜粋

Aqua 衛星の運用状況

- 衛星バスは設計寿命6年を超えて健全な状態で運用中
- NASAの衛星運用の予算は2013年まで確保されている
- 定常運用に必要な燃料は2020年分までは確保されている

センサ	開発機関	概要	観測対象	状況
改良型マイクロ波放射計 (AMSR-E: Advanced Microwave Scanning Radiometer Enhanced)	JAXA	6.9-89GHz帯までの6周波数帯を、各々垂直偏波及び水平偏波で観測するマイクロ波放射計で、アンテナ等を機械的に回転させ走査することにより、地表等の放射輝度データを取得する。	水蒸気量、降水量、雲、海面水温、海上風、海水、放射エネルギーフラックス、等	2011年10月4日 停止
大気赤外サウンダ (AIRS: Atmospheric Infrared Sounder)	NASA/ジェット推進研究所	0.4-15.4mmの範囲を2300以上のチャンネルで同時に観測する。気象の各種パラメータを取得する。	大気温度、大気湿度、地表面温度、海面温度、雲、放射エネルギーフラックス、等	観測運用中
高性能マイクロ波サウンダ (AMSU: Advanced Microwave Sounding Unit)	NASA/ゴダード宇宙飛行センター	50-80GHzに15チャンネルを有する走査式マイクロ波放射計であり大気温度の高度分布を観測する。	大気温度、大気湿度、等	観測運用中
雲地球放射エネルギー観測装置 (CERES: Clouds and the Earth's Radiant Energy System)	NASA/ラングレー研究所	クロストラック方向及びアジマス方向を走査する2台の広帯域走査式放射計から構成される。地球表面及び大気から放射・反射されるエネルギーを観測する。	放射エネルギーフラックス、等	観測運用中
マイクロ波水蒸気サウンダ (HSB: Humidity Sounder for Brazil)	ブラジル国立宇宙研究所	150-183GHzに4チャンネルを有する走査式マイクロ波放射計。	大気湿度、等	2003年2月5日 運用終了
中分解能撮像分光放射計 (MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)	NASA/ゴダード宇宙飛行センター	クロストラック地球表面及び雲を36チャンネルで観測する。	雲、放射エネルギーフラックス、エアロゾル、土地被覆、土地利用変化、植生動体、地表面温度、海面温度、海色、積雪、大気気温、大気湿度、海水、等	観測運用中