# GCOM-Wの成果及び AMSR2後継センサに向けた 期待と展望

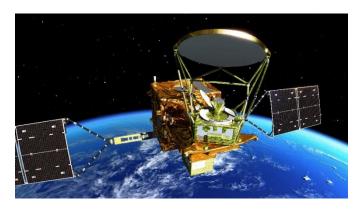
沖大幹GCOM-WプロジェクトサイエンティストJAXA/東京大学生産技術研究所



#### GCOM-W「しずく」衛星と

## SCOMWI SCOMWI

#### 高性能マイクロ波放射計2(AMSR2)の概要





AMSR2回転走査部

- ✓2012年5月18日に打上げ
- ✓2002年5月打上げのAMSR-Eの後継であり、継続的な観測により、気候研究への貢献、及び、現業利用が大きく進展
- ✓機械式コニカルスキャン(回転数40rpm)の多偏波・ 多周波マイクロ波放射計であるAMSR2を搭載
- ✓走査幅:約1600km@高度700km
- ✓水に関する様々な地球物理量を観測
- ✓口径2mのアンテナにより、高い空間分解能
- ✓オンボード校正源についてAMSR-Eから改善した結果、校正起源の輝度温度経年変化が小さくなり、輝度温度の安定性が改善

周波数 [GHz]	温度分解能	ビーム幅(-3dB幅)(地表分解能)
6.925/7.3	< 0.34 K	1.8° (35km x 62km)
10.65	< 0.70 K	1.2° (24km x 42km)
18.7	< 0.70 K	0.65° (14km x 22km)
23.8	< 0.60 K	0.75° (15km x 26km)
36.5	< 0.70 K	0.35° (7km x 12km)
89.0 A/B	< 1.20 K	0.15° (3km x 5km)

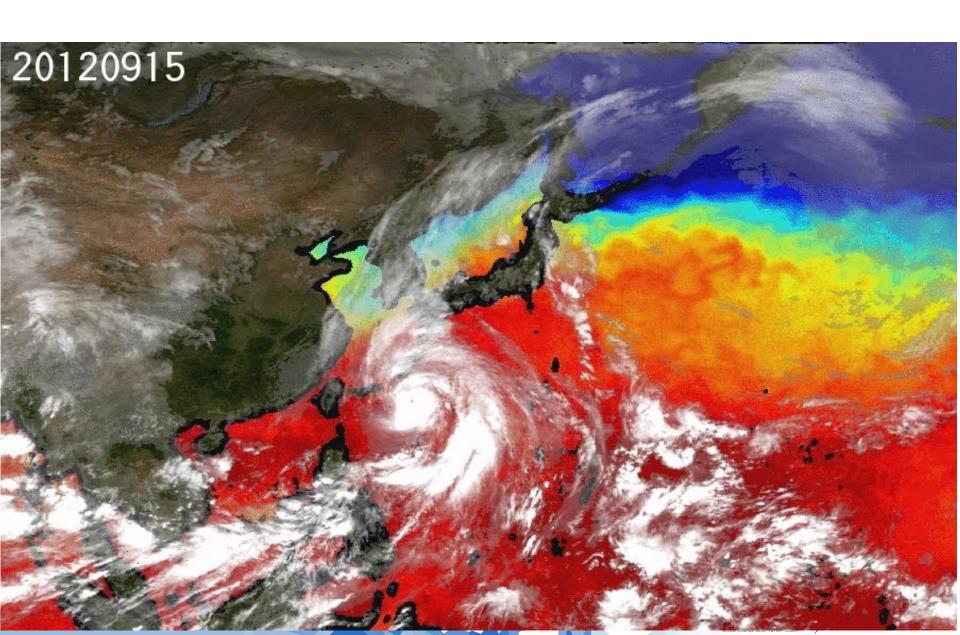
#### AMSR2の特徴



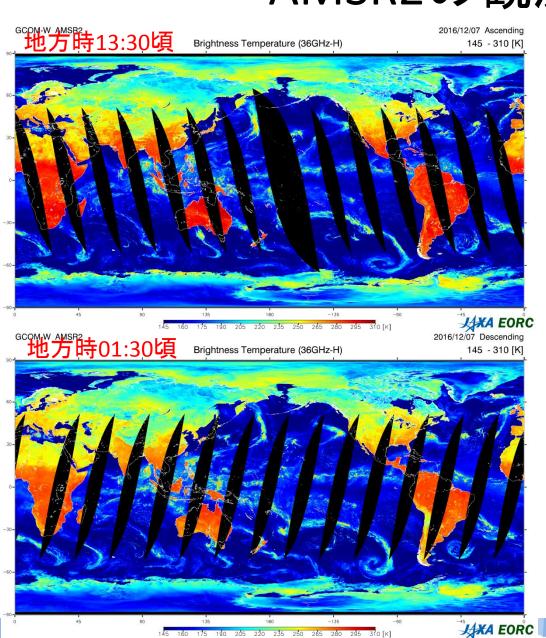
- 地表面や海面、雲の中の情報を、雲を透過して取得可能
- 他マイクロ波放射計に比較して、高解像度である
  - 空間分解能:7x12km@36GHz
    - 【他マイクロ波放射計】DMSP/SSMIS:31x41km@36GHz、GPM/GMI:9x14km@36GHz、FY-3/MWRI:18x30km@36GHz、HY-2/MWRI:18x30km@36GHz、HY-2/MWRI:
- 地表面に感度のある7GHz帯のチャネルを持つ
  - 周波数帯数:7~89GHzの16チャンネル(水平・鉛直偏波含む)
    - 【他マイクロ波放射計】DMSP/SSMIS:19~183GHz、GPM/GMI:10~183GHz、FY-3/MWRI:10~89GHz、HY-2/MWRI:7~37GHz
- 観測幅が広く、観測頻度が高い
  - 観測幅:1600km
    - 【他マイクロ波放射計】DMSP/SSMIS: 1700km、GPM/GMI:885km、FY-3/MWRI:1400km、HY-2/MWRI:1400km
  - 観測頻度:1日に1~2回(中緯度)、1日に3~7回(高緯度)



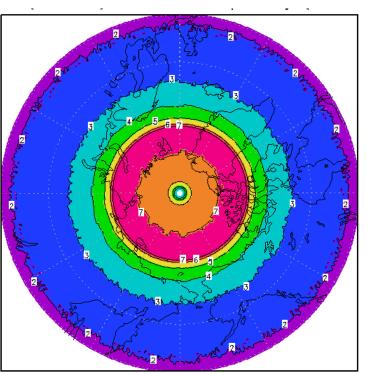
# 台風通過に伴う海面水温の低下



# AMSR2の観測頻度



#### 北極域の1日あたりの観測回数



# AMSR2標準プロダクトと精度

	6	
	GCOM-WI	
16		

	プロダクト	領域	分解能	リリース精度	標準精度	検証結果	計測範囲
	輝度温度	全球	5-50km	±1.5K	±1.5K	-	2.7-340 K
	積算水蒸気量	全球海上	15km	±3.5 kg/m²	±3.5 kg/m²	1.5 kg/m² (対GPS)	0-70 kg/m <sup>2</sup>
	積算雲水量	全球海上	15km	±0.10 kg/m <sup>2</sup>	±0.05 kg/m <sup>2</sup>	0.04 kg/m <sup>2</sup>	0-1.0 kg/m²
地	降雨量	全球(寒帯域を除く)	15km	海上 ±50 % 陸上 ±120 %	海上 ±50 % 陸上 ±120 %	海上 48% 陸上 84%	0-20 mm/h
球物理	海面水温	全球海上	50km	±0.8 °C	±0.5 ℃	0.5 °C	-2-35 ℃
理量	海上風速	全球海上	15km	±1.5 m/s	±1.0 m/s	1.0 m/s	0-30 m/s
	海氷密接度	高緯度海上	15km	±10 %	±10 %	8 %	0-100 %
	積雪深	陸域	30km	±20 cm	±20 cm	16 cm	0-100 cm
	土壌水分量	陸域	50km	±10 %	±10 %	3 %	0-40 %

※解像度は主で利用する周波数の輝度温度解像度に依存する。

2017年3月に海面水温、海上風速、海氷密接度、土壌水分量のバージョンアップを実施。

GCOM-W1データ提供システム: https://gcom-w1.jaxa.jp/auth.html

# AMSR2研究プロダクトと精度

	プロダクト	領域	分解能	目標精度	検証結果 (現状)	計測範囲
	全天候海上風速	全球海洋	60 km	±7 m/s (強風(17-40m/s)域)	4.18 m/s	0 - 70 m/s
	高解像度海面水温 (10GHz)	全球海洋 (9℃以上)	30 km	± 0.8 °C	0.55 °C	9 – 35 °C
地	陸面同化による土壌 水分量・植生含水量	アフリカ、オースト ラリア(当初)	25 km	土壌水分量: ±8% 植生含水量: ±1 kg/m²	検証中	0 – 100 % 0 - 2 kg/m <sup>2</sup>
球 物	地表面温度	陸域	15 km	森林域: ±3°C 密でない植生域: ±4°C	3.93~5.00 K	0-50 °C
理量	植生含水量	陸域	10 km	± 1 kg/m <sup>2</sup>	0.84~1.42 kg/m <sup>2</sup>	0 – 4 kg/m²
	高解像度海氷	高緯度海洋	5km	± 15 %	16~22 %	0 – 100 %
	薄氷域特定	オホーツク海 (当初)	15 km	± 80 %	検証中	N/A
	海氷移動ベクトル	高緯度海洋	50 km	2成分: 3 cm/s	検証中	0 - 40 cm/s

- ※赤字プロダクトは未公開(JAXAにおいて検証評価中)
- ※高解像度海面水温は、標準海面水温プロダクトに格納

研究プロダクト提供システム http://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM\_W/research/resdist\_j.html

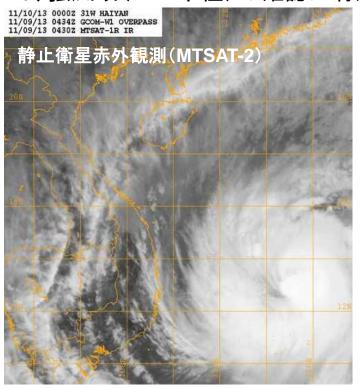
## 数値気象予報での利用

• 気象庁や欧州中期予報センター(ECMWF)では、AMSR2輝度温度データを全球数値 予報モデルに同化して、数値気象予報で利用。さらに、気象庁では、平成29年1月から輝度温度および土壌水分量の局地モデルでの利用を開始。

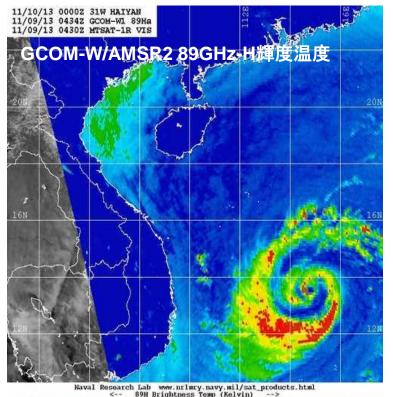
2012年7月11日9時からの21時間予報における 前3時間降水量予測分布。 九州の降水強度の予測が、しずくのデータを使 用することで、観測値により近い結果となった。 しずくデータなしの予測 しずくデータありの予測 実際の観測値 (mm/3hr) (気象庁提供)



- 気象庁やNOAAでは、台風等の熱帯性低気圧の発生や発達の監視のために利用。
- マイクロ波放射計は、可視光や赤外観測による雲画像で把握できない台風の内部 構造を知ることができるので、台風の位置や台風内部の風の強さ、構造がわかることにより、台風予報の精度向上につながる。
- AMSR2の低周波帯を活かした全天候海上風速は、降水を伴う台風下でも算定可能で、強風域(30kt半径)の確認に有効であるため、気象庁からアジアへ配信。



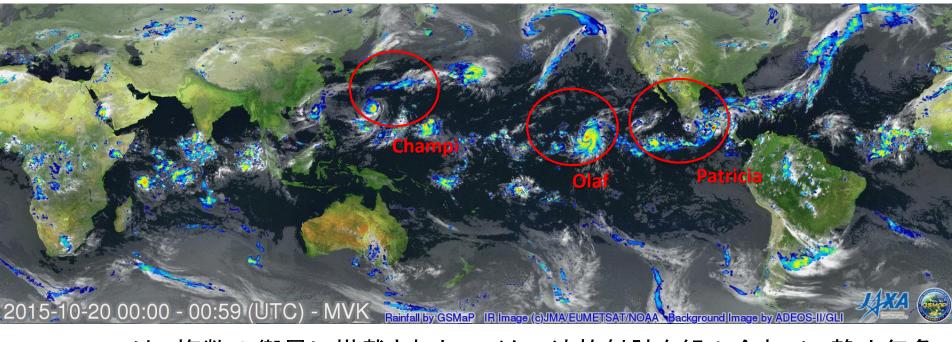
(**気象庁提供**)



## 全球の雨分布プロダクト作成での利用

GCOM-WI

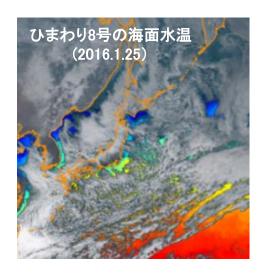
2015年10月20-24日の1時間毎のアニメーション



- JAXAでは、複数の衛星に搭載されたマイクロ波放射計を組み合わせ、静止気象衛星の情報も加えて、「世界の雨分布(GSMaP)」を作成・提供
  - 緯度経度0.1x0.1度格子、1時間毎の世界の雨データ
  - 「世界の雨分布速報」:全球を**観測から4時間後**に提供
  - 「世界の雨分布リアルタイム」: 静止衛星ひまわりの領域を実時間で提供
- AMSR2は、唯一の午後軌道のマイクロ波放射計として、重要なデータを提供
- 米国や欧州が作成する全球降雨マップ(IMERG、CMORPH、HSAF等)でも利用

## GCOM-

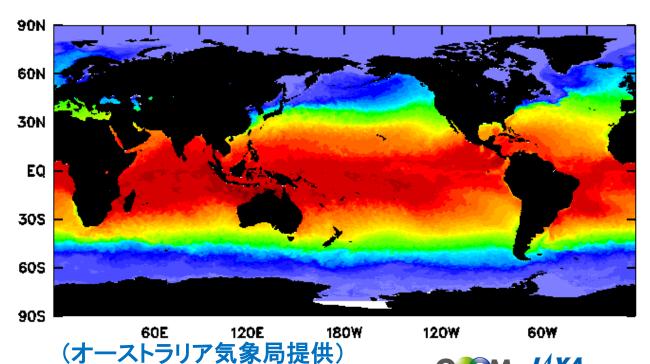
## 全球海面水温分布作成での利用



AMSR2の海面水温 (2016.1.25)

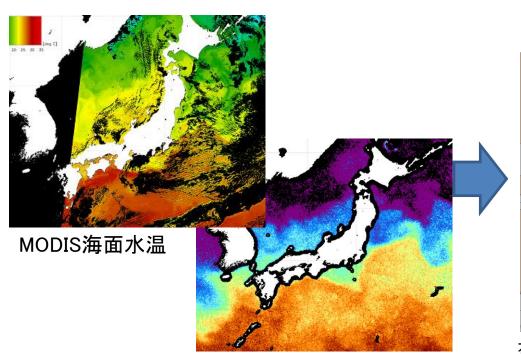
赤外放射計(上段)では雲の下を観測できないが、 AMSR2(下段)では可能。

- 気象庁、英国気象局、オーストラリア気象局、米国 NOAA等では、さまざまな衛星海面水温を複合した 全球海面水温データを作成し、数値予報の入力や、 海況情報作成等に利用している。
- AMSR2による全天候の海面水温は、静止衛星や極 軌道衛星に搭載されている熱赤外放射計で雲の下 が観測できない場合に、重要な役割を果たす。



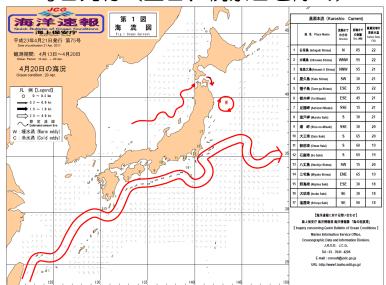


- 海上保安庁では、船舶の航行安全及び経済運航に資するために、船舶や短波レーダ 等による観測値のほか、衛星画像(海面水温)を海況リアルタイムデータベースに収 集し、これらのデータを客観解析することにより海流を把握し、海洋速報として公表。
- また、海難防止及び船舶の航行安全に資するために、冬季オホーツク海及び北海道 周辺において海氷分布を詳細に把握し、情報発信。
- 2013年以降、AMSR2 10GHz海面水温、海氷密接度を利用。



海洋速報

毎日発行(土日、祝祭日を除く)

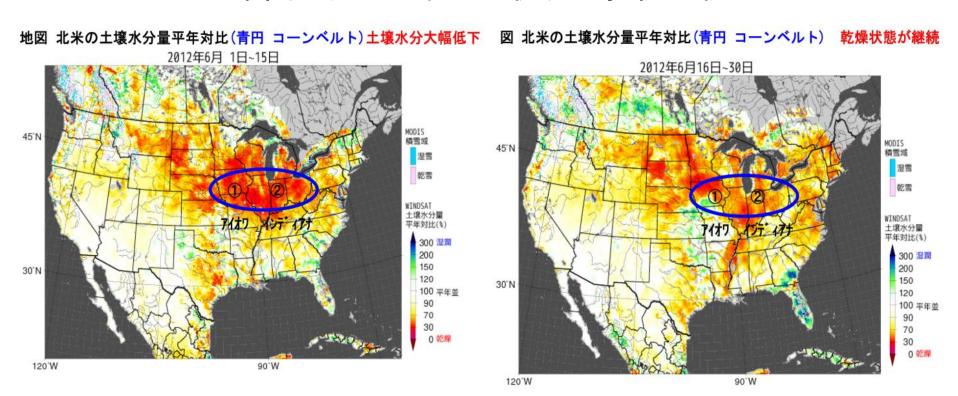


被雲等により可視画像が取得できない場合の黒潮流路の把握に役立っている。

(海上保安庁提供)

## 食糧安全保障での利用

#### 米国における干ばつ状況の把握の例



[農林水産省 海外食料需給レポート2012年6月、7月より]

- コーンベルトにおける受粉期の干ばつを検出(2012年6、7月)
- 同年の米国のトウモロコシ輸出量は前年から40%以上減少

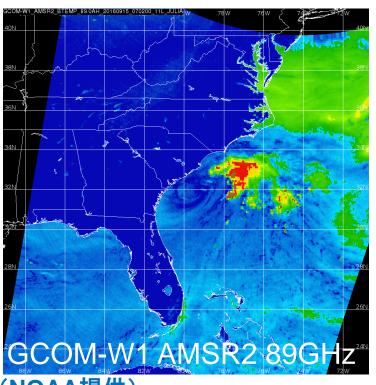
## 米国でのAMSR2データの利用

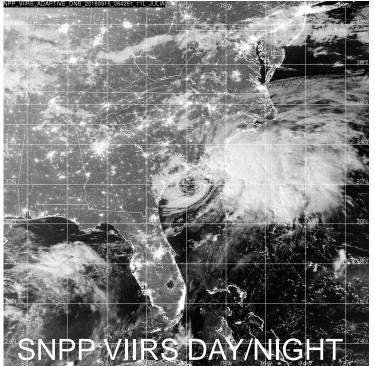
 米国大気海洋庁(NOAA)はJAXAとの協力の下で、米国のハブとして、AMSR2輝度 温度及び独自作成の地球物理量プロダクトを作成し、傘下の機関・気象予報センターや、米国防省(海軍、空軍の気象・海象関係部局)、米国立氷センター等に準リアルタイムでデータを配信している。

利用プロダクト	利用目的
画像	熱帯低気圧の追跡と予報
積算水蒸気量 積算雲水量 降水タイプ・降水量	降雨イベントや洪水に関する水文予報
海氷密接度 積雪範囲·積雪深 積雪当水量	航行・調査・救助に必須の海氷の監視と追跡
海面水温	季節予報への入力、熱帯擾乱強化の予測、珊瑚礁の監視、海上気象予報での直接的な利用
輝度温度	2-10日予報のために数値気象予報モデルへの同化
海上風速	気象予報モデルでの利用、海上気象予報での直接利用
土壌水分量 地表面タイプ	気象予報モデル、農業、干ばつ評価での利用、水資源管理及び食糧安 全保障立案者に必須.



- NOAAは、自らの利用だけでなく、米国内の他機関へのハブとしても機能。
- 全米5局で直接受信局を運用し、極端気象現象の予報を行う上で重要な、米国領土内の観測データ入手時間の大幅な削減を実現(2時間程度→数分)。
- NOAAが運用するJoint Polar Satellite System(JPSS:2017年JPSS-1打上げ予定)では、マイクロ波放射計を搭載せず、同じく午後軌道のGCOM-W/AMSR2及びその後継機を利用する計画。



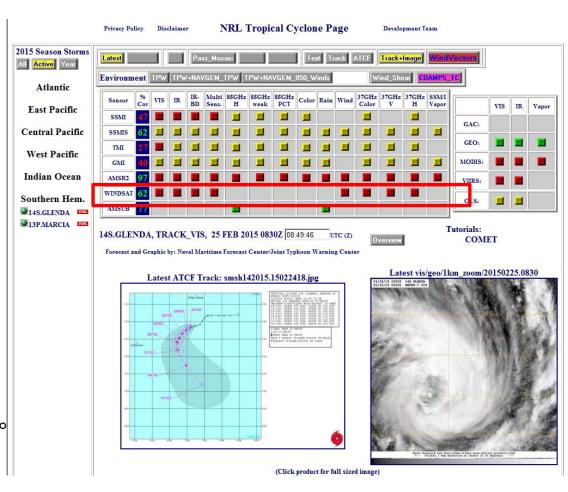


マイアミ受信 局での直接受信を利用した 擾乱中心位置 の特定の例

(NOAA提供)

#### 米国防省でのAMSR2定常利用例

- 米国防総省の安全保障に関わる 行動支援において意思決定上必 須の情報であり、米国政府は GCOM-W/AMSR2の観測継続を 強く要望。
- 空軍気象局(AFWA)はAMSR2 のデータを気象モデルの入力に 利用。
- 海軍研究所(NRL)ではAMSR2 データを熱帯低気圧監視のため 定常利用。
- 海軍海洋室(NAVO)は、北極域における船舶航行のための予測 モデル開発に海氷密接度を利用。 海面水温および海面フラックスの 利用を計画。
- 海軍数値気象海洋センター (FNMOC)では数値モデルへの データ同化及び熱帯低気圧監視 に定常利用を計画。



NRLの熱帯低気圧監視WEBページ http://www.nrlmry.navy.mil/sat\_products.html

(NRL提供)



## 欧州でのAMSR2データの利用

欧州気象衛星機構(EUMETSAT)はJAXAとの協力の下で、欧州のハブとして、EUMETCastを通じて、輝度温度や海面水温等の物理量をメンバー国の気象機関や関連機関に配信している。さらに、各国や関連機関において、降水量や海氷分布などの独自のプロダクトが定常的に作成され、各国の利用者に提供されている。

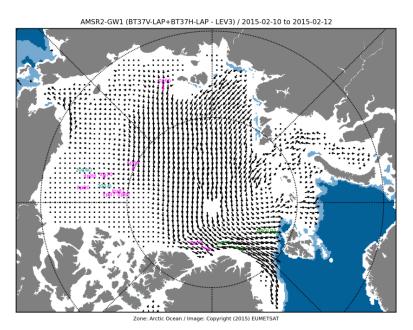
利用機関	利用プロダクト	利用目的
欧州中期予報センター (ECMWF)	輝度温度	数値気象モデルへのデータ同化
英国気象局(UK MetOffice)	輝度温度、海面水温、積雪深(計画中)	輝度温度の数値気象モデルへのデータ同化、海面水温の全球海面水温プロダクト(OSTIA)での利用、積雪深の数値気象モデルへの同化を計画中
フランス気象局 (Meteo France)	輝度温度	数値気象モデルへのデータ同化を計 画・試験中
H-SAF (Hydrology)(イタリア気象局がリード)	輝度温度	降水量の推定および、複数衛星を利用 した降水量プロダクトの作成
OS-SAF (Ocean/Sea Ice)(デンマーク気象研究所がリード)	輝度温度	海氷密接度・海氷温度プロダクトの作成、海氷密接度気候データの作成

Global Change Observation Mission

## ノルウェー気象局・ デンマーク気象研究所による利用

#### ノルウェー気象局

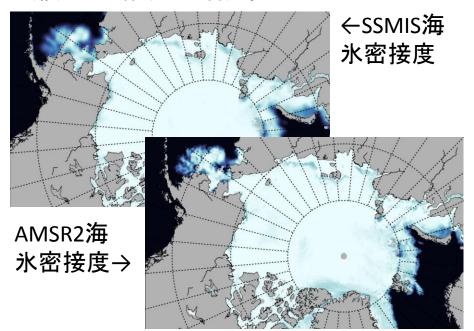
海 氷 密 接 度 を 算 出 し、Norwegian Ice Serviceで海 氷 図 作 成 支 援 に 定 常 利 用 。 AMSR2海 氷 移動 ベクトルプロダクトの 作成 と現業利用者・研究者への提供を実施。



(ノルウェー気象局提供)

#### デンマーク気象研究所

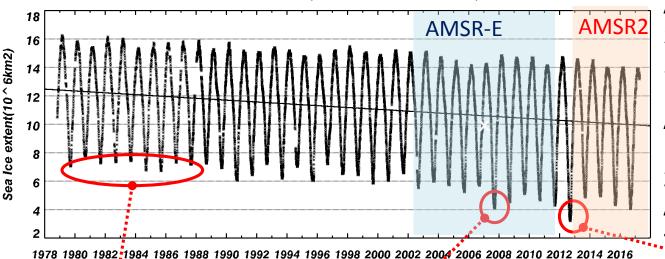
海氷密接度、海氷温度プロダクト作成に AMSR2データを定常利用。従来から提供の SSM/I海氷プロダクトに比較して、AMSR2の 解像度が非常に高く詳細がわかる。ESAの 気候データ作成でも利用。



(デンマーク気象局提供)

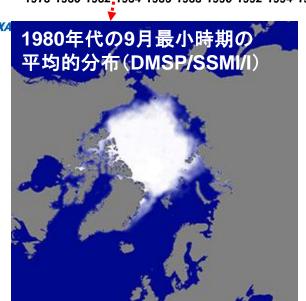
## 継続利用における観測ギャップ

北極海海氷面積の日変動 (1978/11~2017/4)

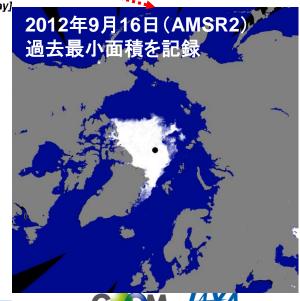


AMSR-EとAMSR2の間の観 測ギャップは、Windsatを利 用。

AMSR-E以前は、SMMR (1978-1987)、SSM/I(1987-2002)を利用しているが、 AMSR-E/AMSR2に比べて解 像度が低い。

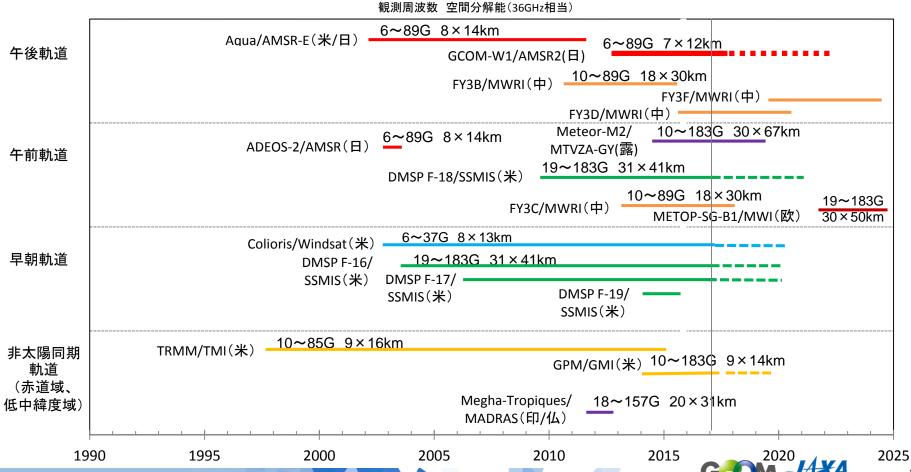






#### マイクロ波放射計の打上げスケジュール

- 米計画のDMSP-20はキャンセルとなり、以降の計画は白紙。
- 午後軌道の高解像度(大口径型)マイクロ波放射計はAMSRシリーズのみ。
- 全球海面水温観測(Windsatは設計寿命3年を大幅に超えて運用中)、極域(海氷)の高分解能 観測(AMSR2はSSMISの約3倍の解像度)を行うマイクロ波放射計はAMSRシリーズのみ。



#### まとめ



- AMSR2は、マイクロ波放射計としては世界トップの性能と機能を持つ
  - 2mの大口径のアンテナによる高空間解像度
  - 地表面に感度のある7GHz帯を持ち、海面水温や土壌水分量観測が全球で可能
- AMSR-Eによる9.5年の観測を継続
  - 長期にわたる海氷密接度等の気候データセット作成による気候研究への貢献
  - 気象や台風解析、海況監視、食糧安全保障などの現業利用が速やかに開始
- 海外においても、AMSR2は現業で必須のデータ
  - 米国ではNOAAがハブとなって、AMSR2データを米国のさまざまな機関に提供、気象や 海況等の分野で現業利用が拡大
  - 欧州ではEUMETSATがハブとなって、欧州の気象機関や関係機関への配信を、気象や海氷監視、気候データ作成等の利用が拡大。
- AMSR2から後継機の間にギャップが発生した場合、代替がない可能性
  - AMSR-E~AMSR2間の約10ヶ月のギャップは、米国のWindsatを代替として利用。
  - Windsatはすでに14年以上運用している上に後継機の計画がなく、他に7GHz帯を持ち 解像度の高いマイクロ波放射計の計画は存在しない。
- ・ 現業利用を継続し、気候研究に貢献する長期データの維持のためには、 AMSR2から後継機へのギャップのない移行が、利用者の最大の要求