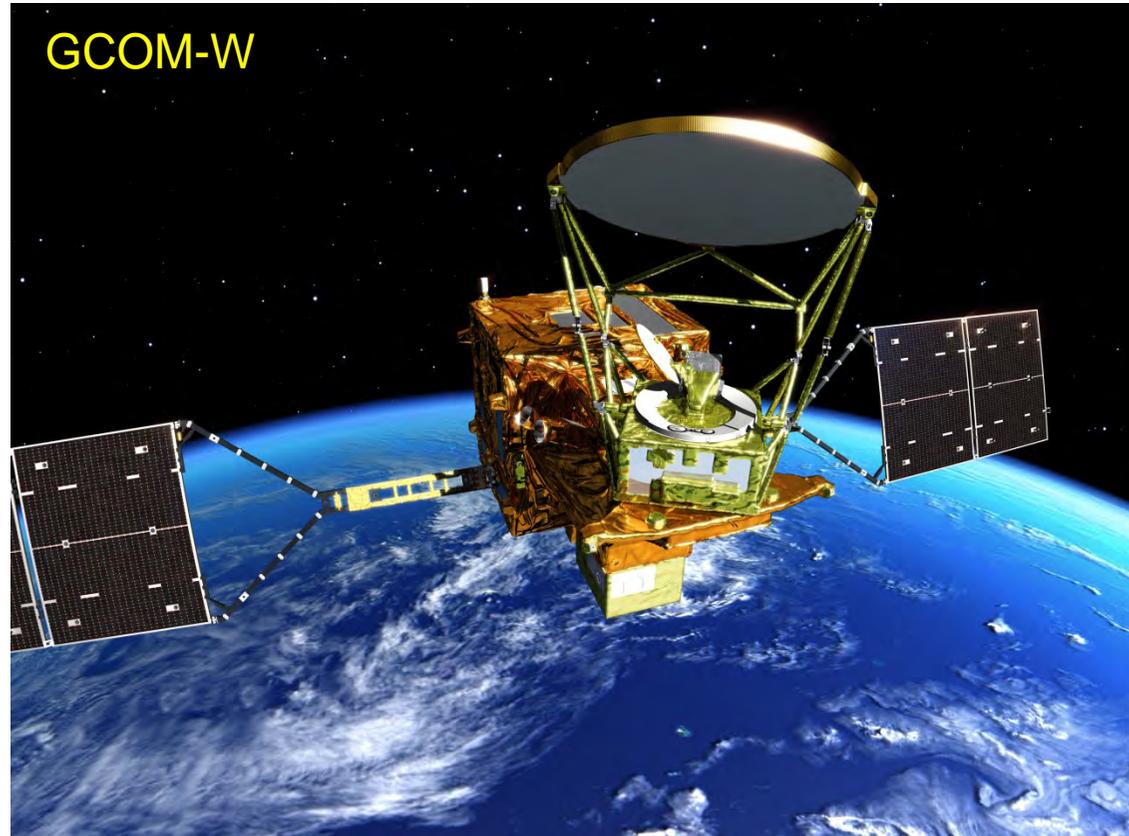


GCOM-W 観測データによる大気・海洋変動の モニタリング，メカニズム解明と社会貢献



江淵 直人

北海道大学 低温科学研究所

ebuchi@lowtem.hokudai.ac.jp



アウトライン

1. GCOM-W 衛星と AMSR2 マイクロ波放射計
2. 大気・海洋変動システムのモニタリング
3. 変動メカニズム解明へのアプローチ
4. 観測データを使った社会貢献
5. まとめと今後の展望

GCOM-W(しずく)衛星搭載 マイクロ波放射計 AMSR2



JAXA/EORC



- 2012年5月打ち上げ
- 現時点で世界最高性能のマイクロ波放射計
- 直径 2 m のアンテナを搭載(高地上分解能)
- 1450 km の広観測幅
- 高精度校正の実現
- 地球水循環に関するパラメータを観測
海水密度, 海面水温, 海上風速, 降水量,
積算水蒸気量, 雲水量, 土壌水分, 積雪深など

GCOM-W1/AMSR2 characteristics	
Scan and rate	Conical scan at 40 rpm
Antenna	Offset parabola with 2.0m dia.
Swath width	1450km (effective > 1600km)
Incidence angle	Nominal 55 degrees
Digitization	12bits
Dynamic range	2.7-340K
Polarization	Vertical and horizontal

AMSR2 Channel Set				
Center Freq. [GHz]	Band width [MHz]	Pol.	Beam width [deg] (Ground res. [km])	Sampling interval [km]
6.925/7.3	350	V and H	1.8 (35 x 62)	10
10.65	100		1.2 (24 x 42)	
18.7	200		0.65 (14 x 22)	
23.8	400		0.75 (15 x 26)	
36.5	1000		0.35 (7 x 12)	5
89.0	3000	0.15 (3 x 5)		

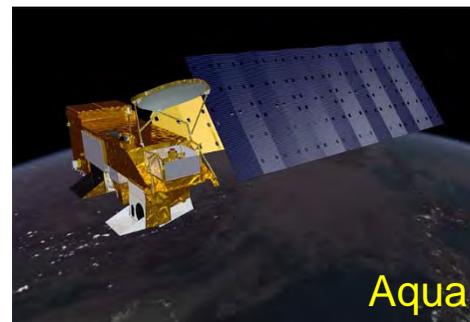
AMSR2 による地球観測

- マイクロ波放射計のメリット／デメリット
 - + 昼夜・天候(雲・霧・雨など)の影響を受けにくい
 - + 広範囲 (~ 1400 km) を繰り返し (2回／日) 観測可能
 - 可視・赤外に比べて空間分解能が低い
 - 標準データプロダクト
海上風速, 海面水温, 鉛直積算水蒸気量, 雲水量, 降水量,
土壌水分, 積雪深, 海氷密接度
- データは <https://gcom-w1.jaxa.jp/auth.html> から取得可能

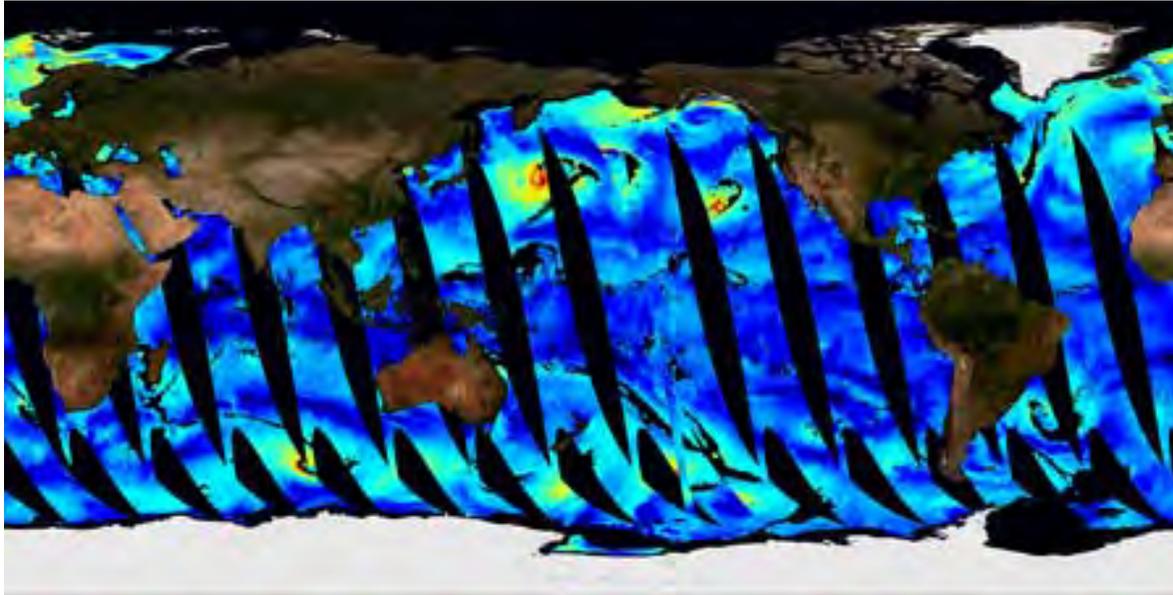
日本のマイクロ波放射計の歴史

- SMR on MOS-1/1b (1987-1995, 1990-1996)
- AMSR on ADEOS-II (2002~2003)
- AMSR-E on Aqua (2002~2011)
- AMSR2 on GCOM-W (2012~)

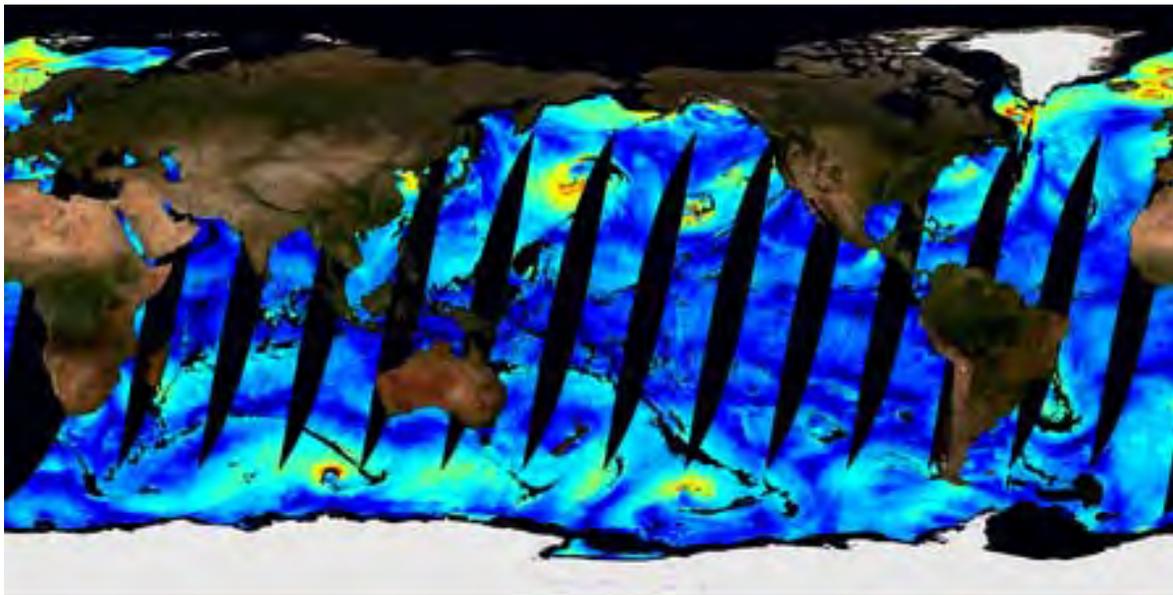
AMSR シリーズは、現在では、世界最高性能のマイクロ波放射計



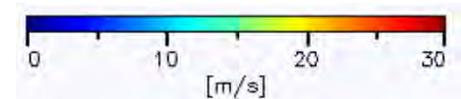
AMSR2 の観測例(1) — 海上風



2015年2月7日
Ascending

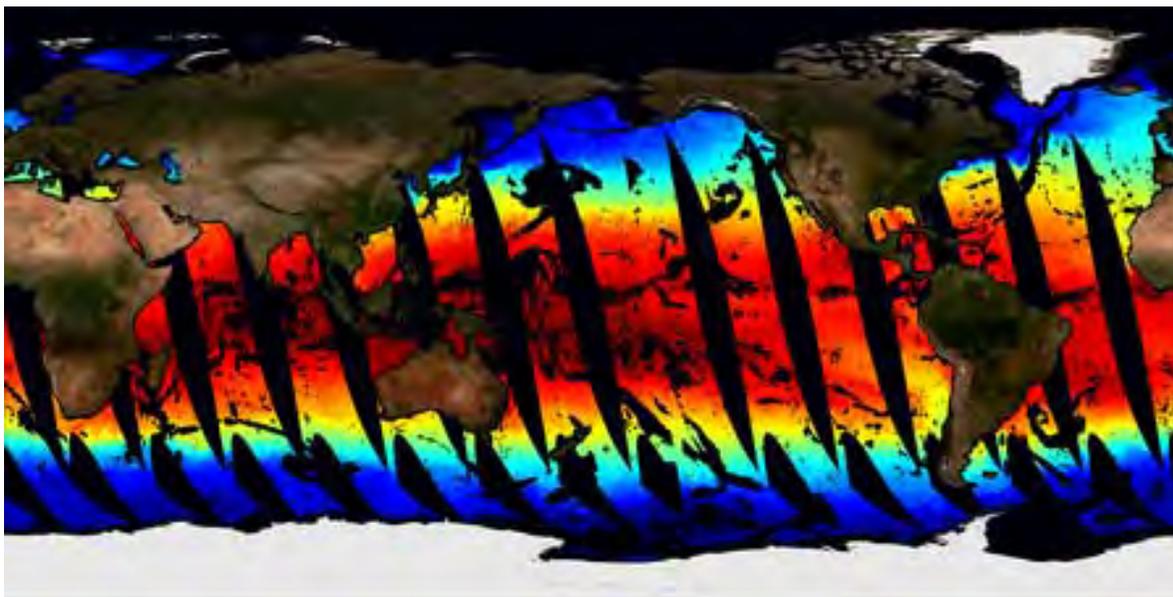


2015年2月7日
Descending

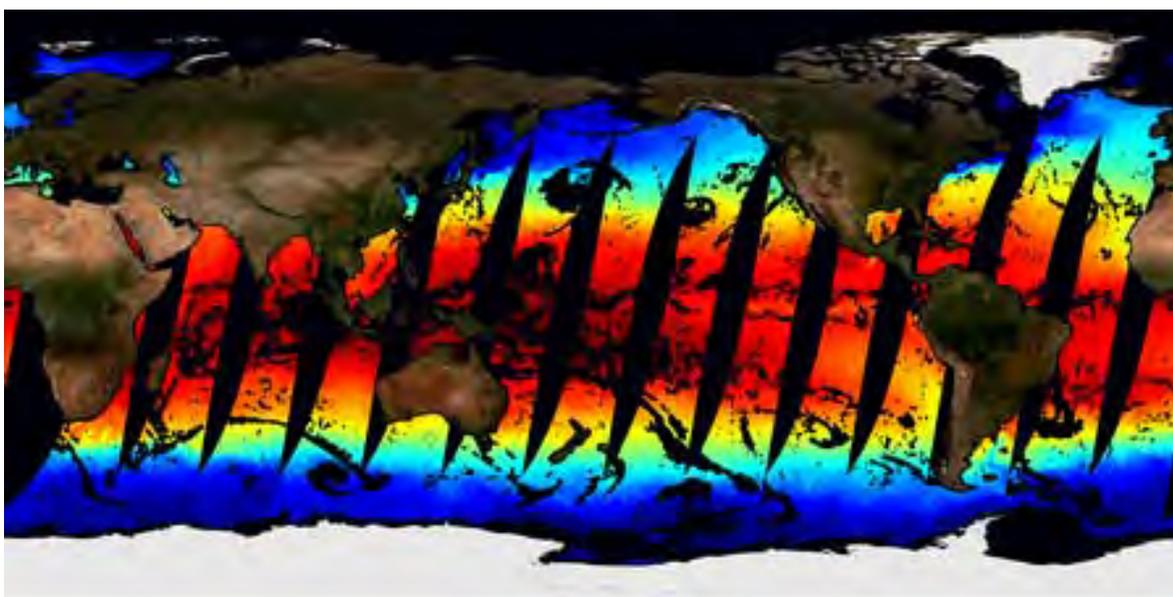


JAXA/EORC ウェブサイトより

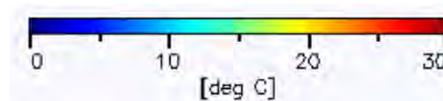
AMSR2 の観測例(2) — 海面水温



2015年2月7日
Ascending

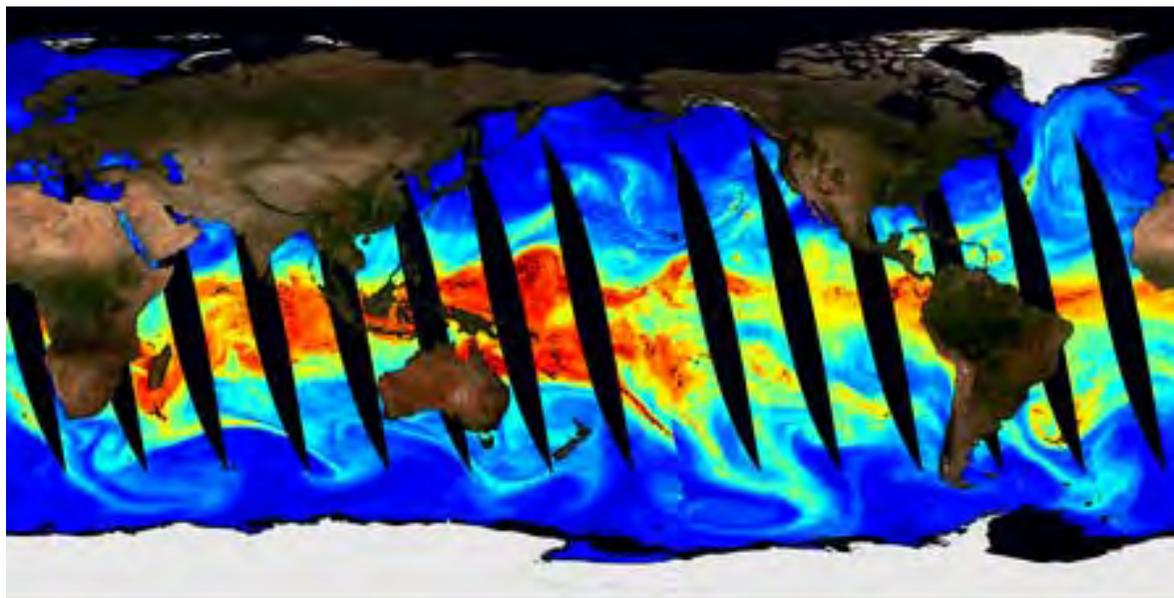


2015年2月7日
Descending

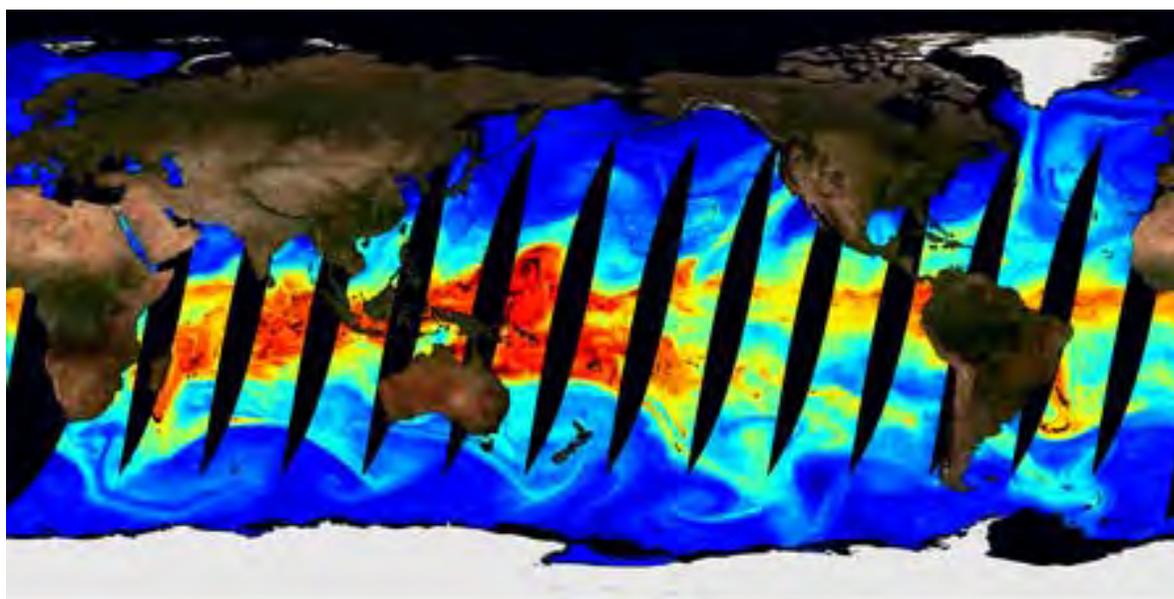


JAXA/EORC ウェブサイトより

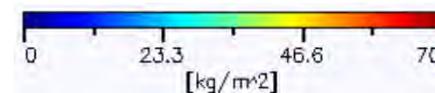
AMSR2 の観測例(3) — 積算水蒸気量



2015年2月7日
Ascending

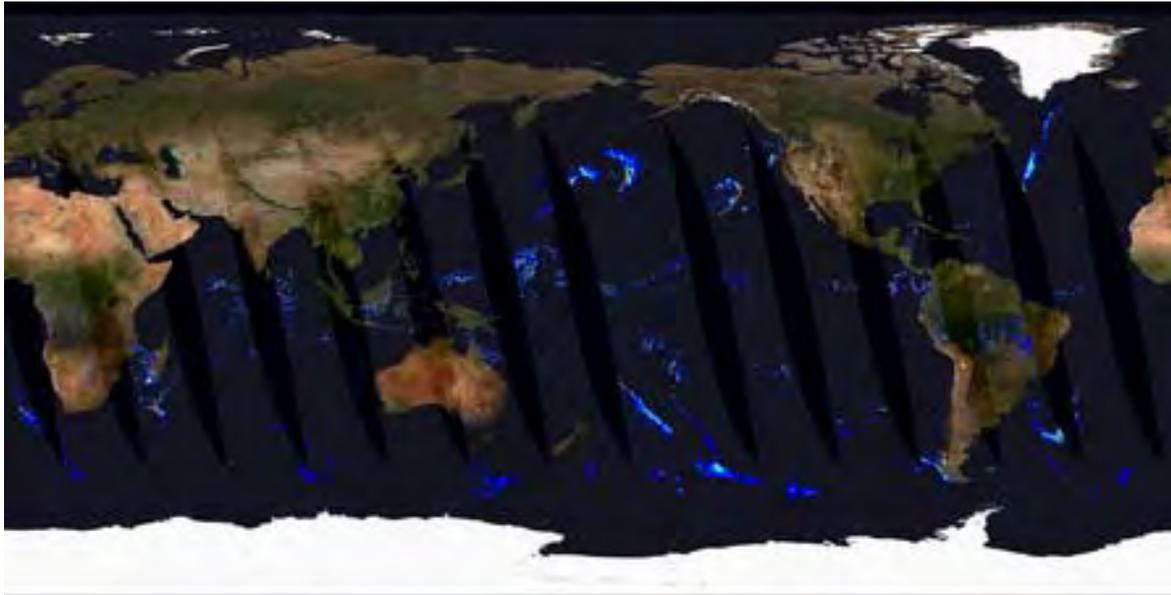


2015年2月7日
Descending

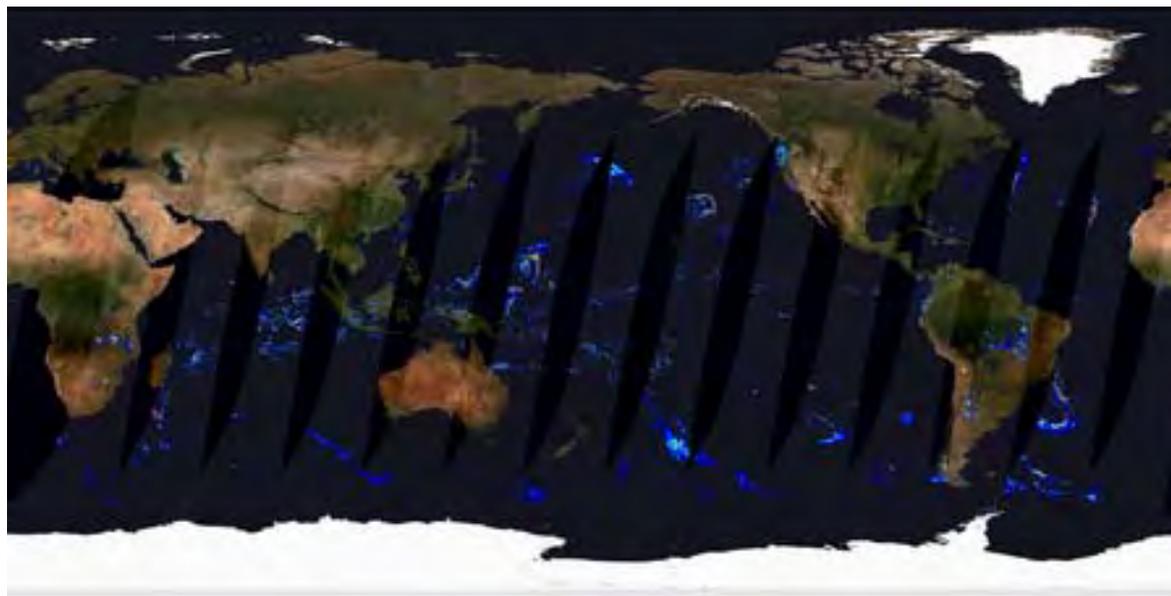


JAXA/EORC ウェブサイトより

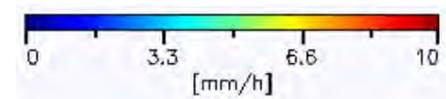
AMSR2 の観測例(4) — 降水量



2015年2月7日
Ascending

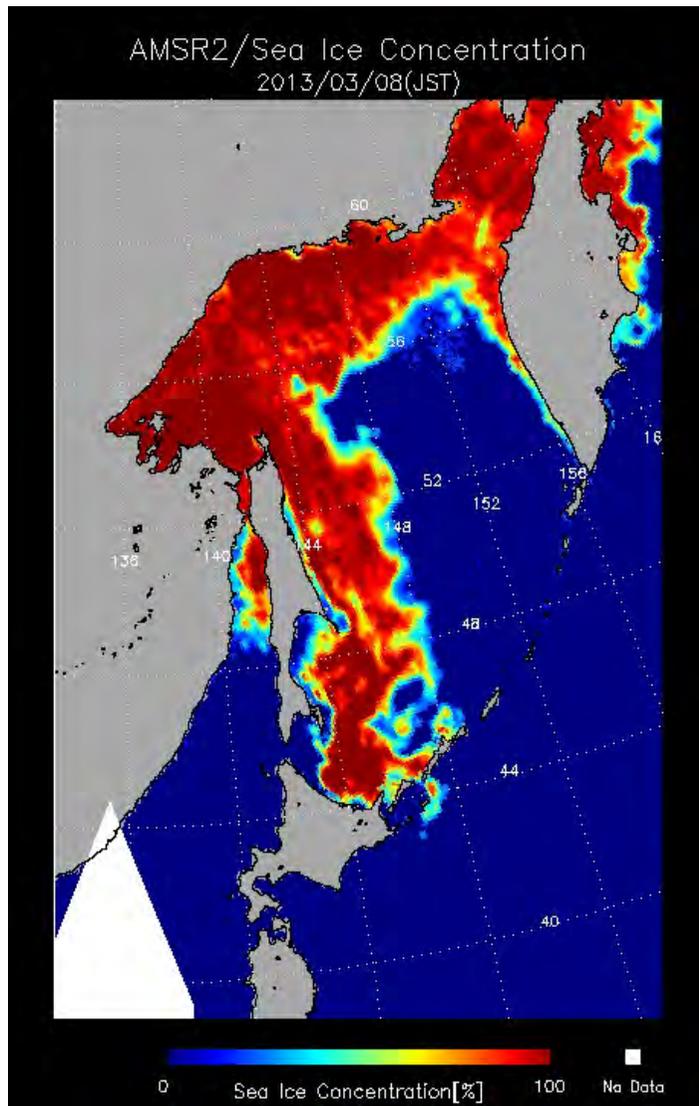


2015年2月7日
Descending

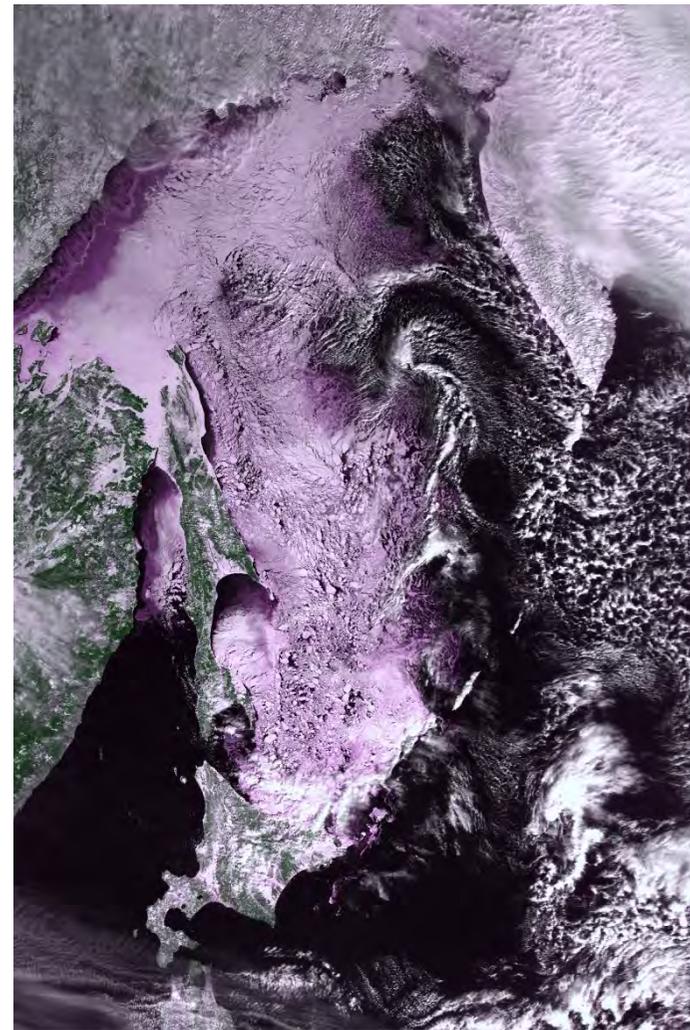


JAXA/EORC ウェブサイトより

AMSR2 の観測例(5) — 海氷密接度



AMSR2 マイクロ波放射計で観測したオホーツク海の海氷密接度 (= 海氷が占める面積の割合)
JAXA/EORCウェブサイトより



可視放射計が捉えたオホーツク海の海氷分布(左図と観測日は異なる, 北見工大提供)

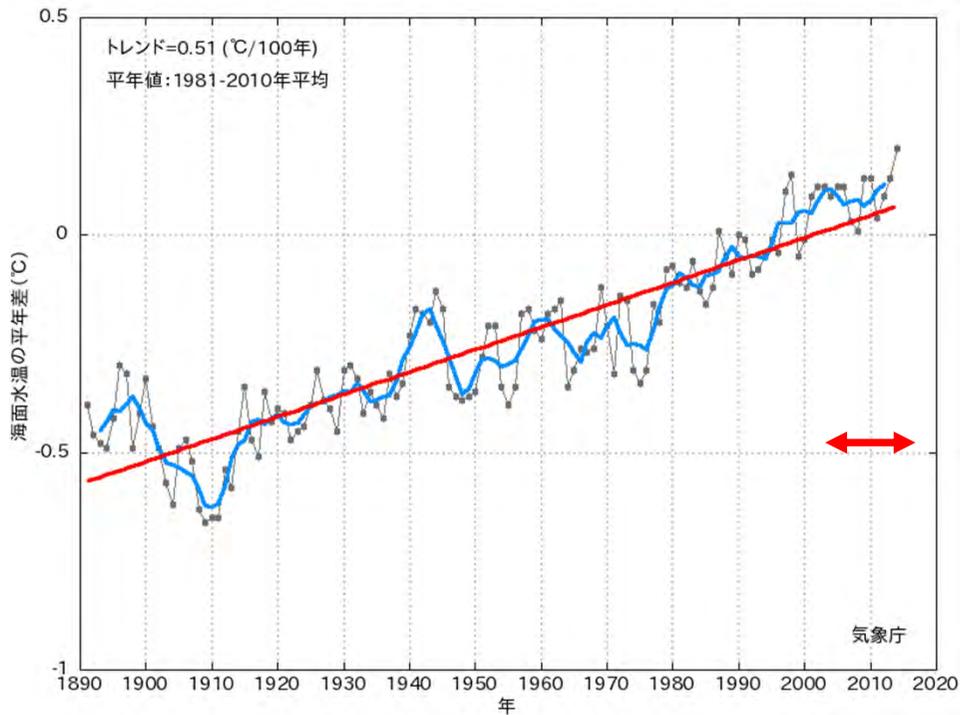
気候変動モニタリングと ECVs

GCOS Essential Climate Variables (ECVs)

Domain	GCOS Essential Climate Variables
Atmospheric (over land, sea and ice)	<p>Surface:^[1] Air temperature, Wind speed and direction, Water vapour, Pressure, Precipitation, Surface radiation budget.</p> <p>Upper-air:^[2] Temperature, Wind speed and direction, Water vapour, Cloud properties, Earth radiation budget (including solar irradiance).</p> <p>Composition: Carbon dioxide, Methane, and other long-lived greenhouse gases^[3], Ozone and Aerosol, supported by their precursors^[4].</p>
Oceanic	<p>Surface:^[5] Sea-surface temperature, Sea-surface salinity, Sea level, Sea state, Sea ice, Surface current, Ocean colour, Carbon dioxide partial pressure, Ocean acidity, Phytoplankton.</p> <p>Sub-surface: Temperature, Salinity, Current, Nutrients, Carbon dioxide partial pressure, Ocean acidity, Oxygen, Tracers.</p>
Terrestrial	River discharge, Water use, Groundwater, Lakes, Snow cover, Glaciers and ice caps, Ice sheets, Permafrost, Albedo, Land cover (including vegetation type), Fraction of absorbed photosynthetically active radiation (FAPAR), Leaf area index (LAI), Above-ground biomass, Soil carbon, Fire disturbance, Soil moisture.

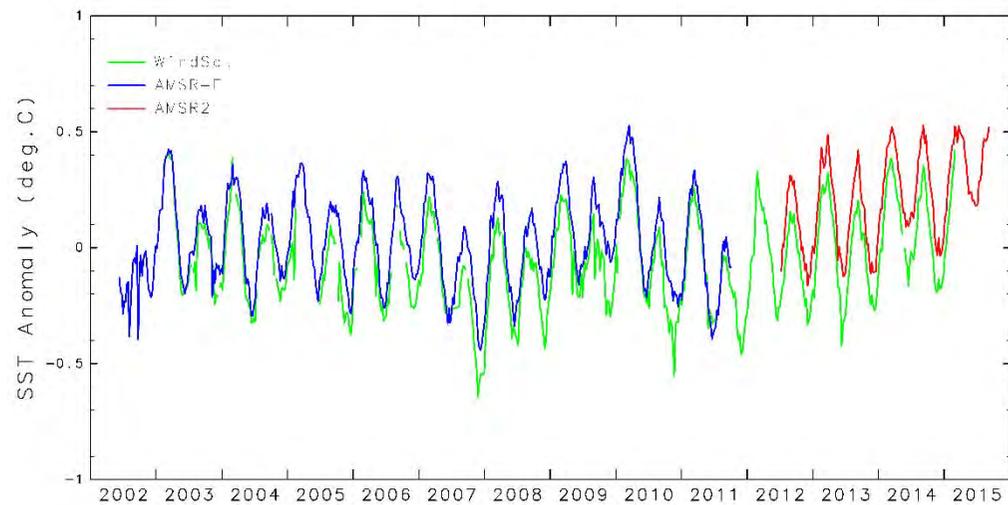
○ AMSR2 で観測可能もしくは推定可能

全球海面水温の上昇(1)



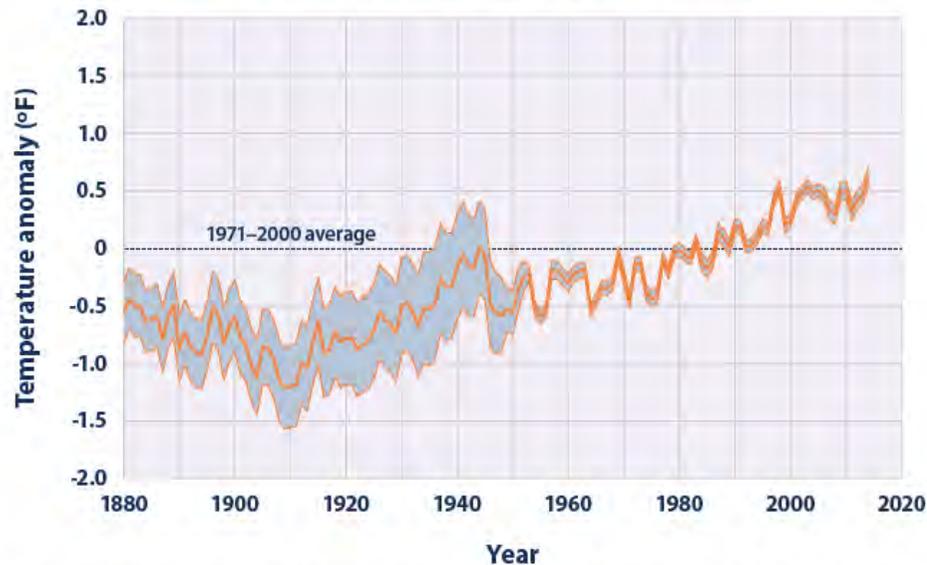
3基のマイクロ波放射計による
全球海面水温偏差の時系列
(60°S-60°N)

気象庁 ウェブサイトより



全球海面水温の上昇(2)

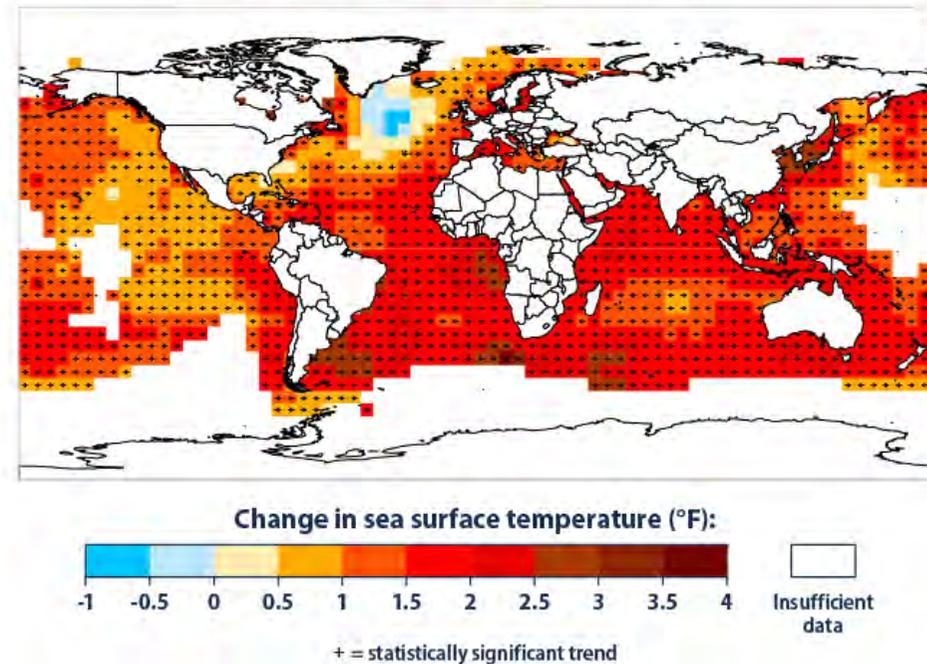
Average Global Sea Surface Temperature, 1880–2014



Data source: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2015. Extended reconstructed sea surface temperature (ERSST.v3b). National Centers for Environmental Information. Accessed April 2015. www.ncdc.noaa.gov/ersst.

For more information, visit U.S. EPA's "Climate Change Indicators in the United States" at www.epa.gov/climatechange/indicators.

Change in Sea Surface Temperature, 1901–2014



Data sources:

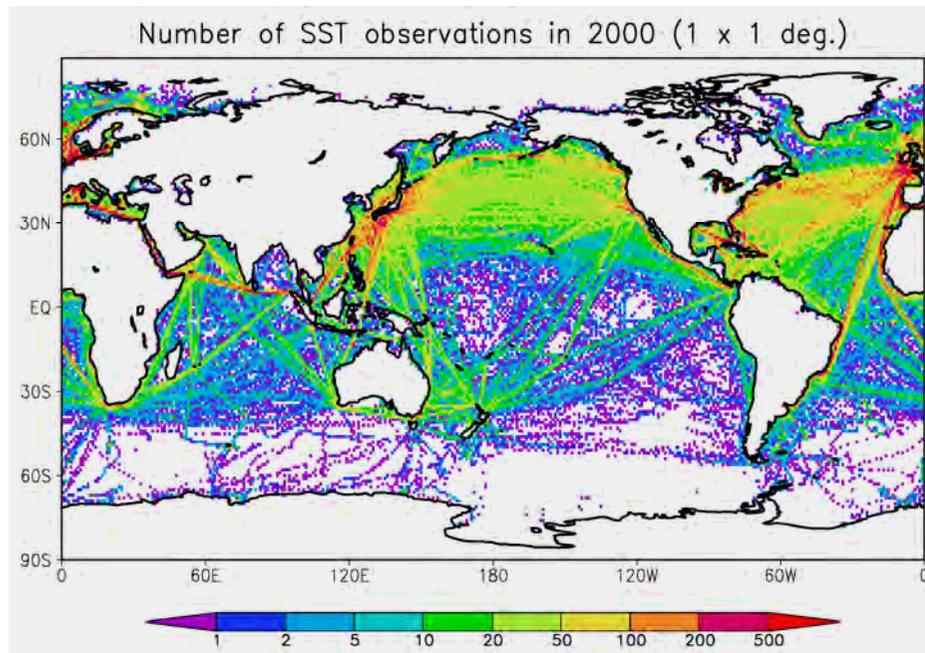
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. Climate change 2013: The physical science basis. Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. www.ipcc.ch/report/ar5/wg1.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2015. Merged Land–Ocean Surface Temperature Analysis: Global gridded 5° x 5° data. National Centers for Environmental Information. Accessed May 2015. <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/mlost/operational/>.

For more information, visit U.S. EPA's "Climate Change Indicators in the United States" at www.epa.gov/climatechange/indicators.

海面水温観測データ数の比較

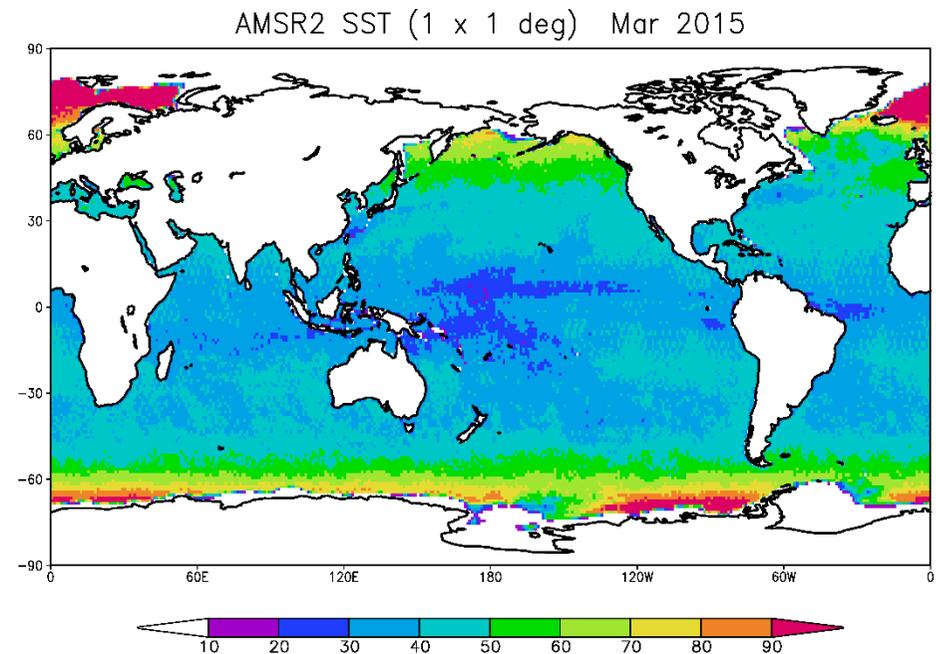
船舶観測

1年間, 1 × 1 度格子の観測数
2000年

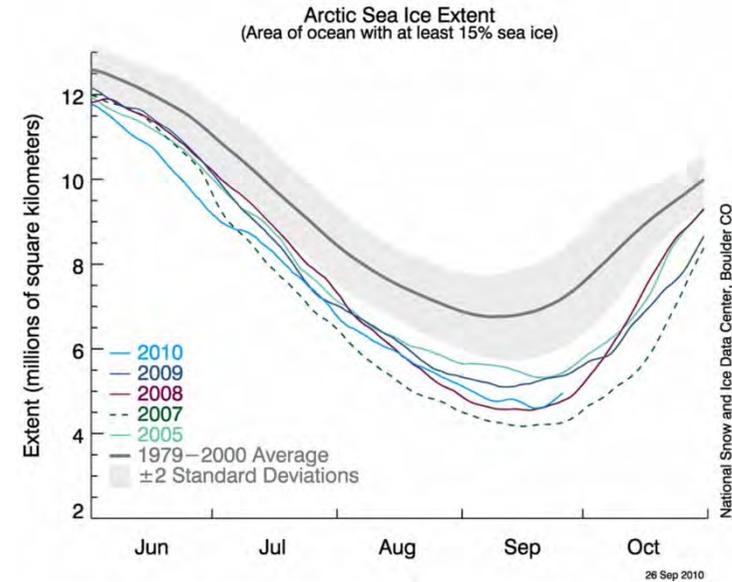
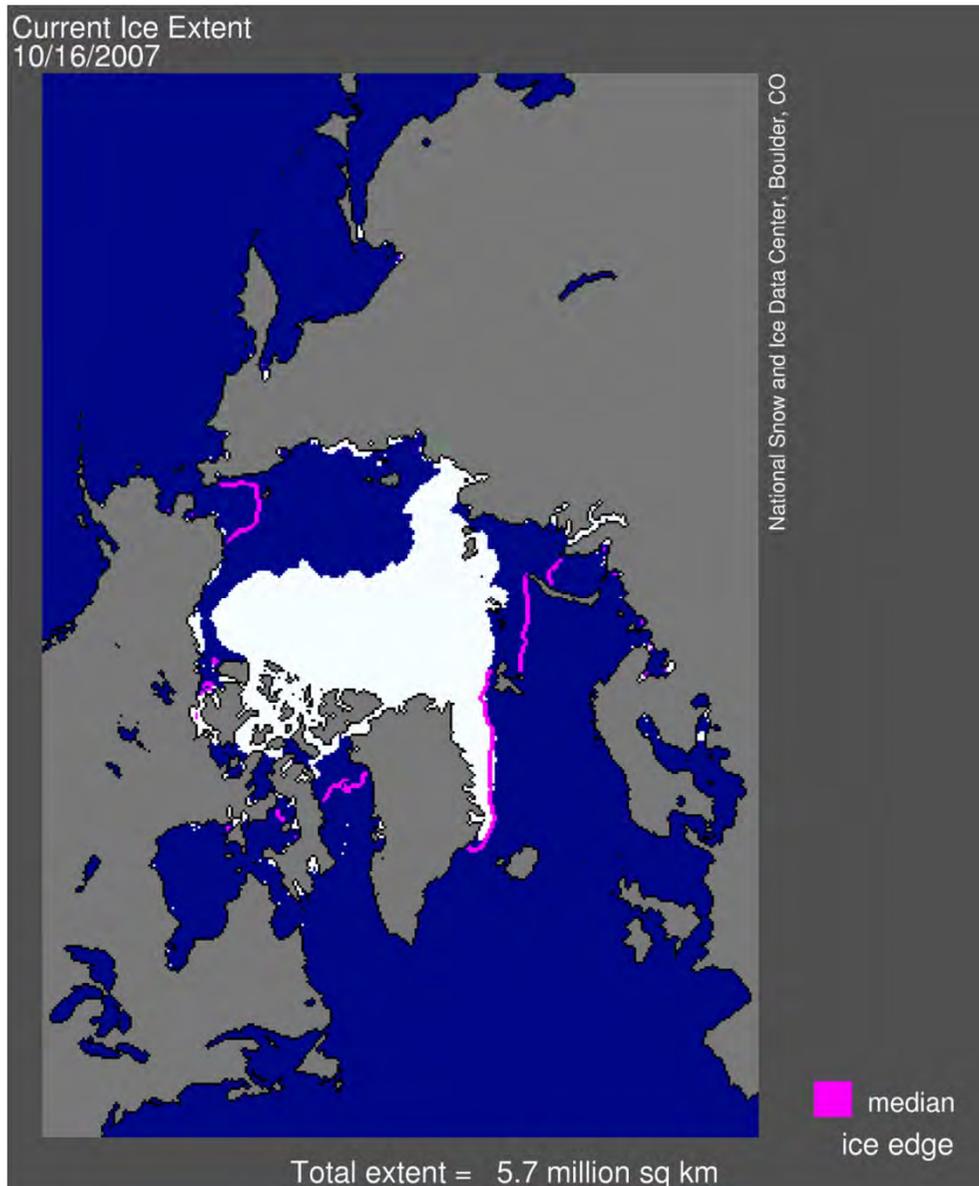


AMSR2 観測

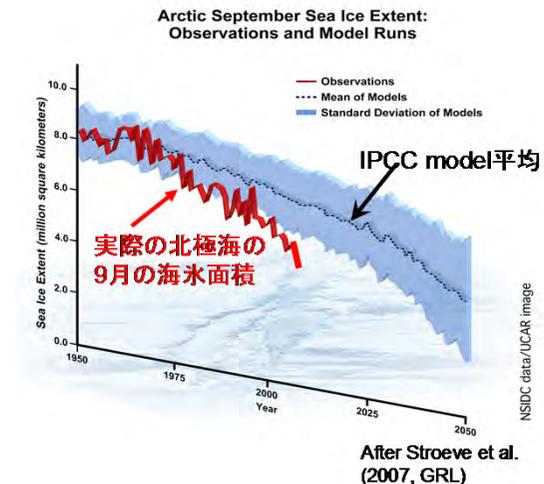
1ヶ月, 1 × 1 度格子の観測数
2015年3月



夏季北極海の海氷の減少 (1)

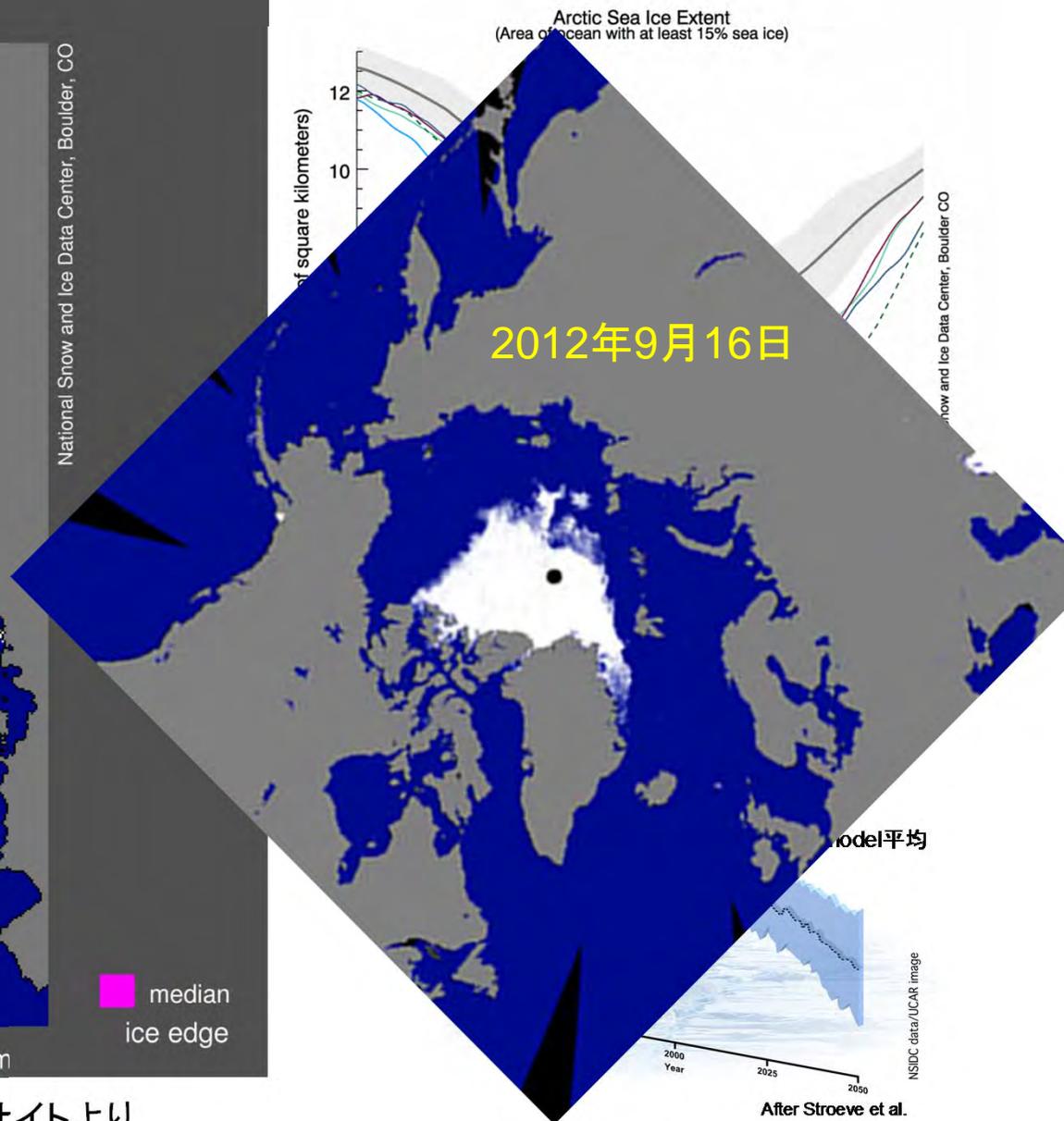
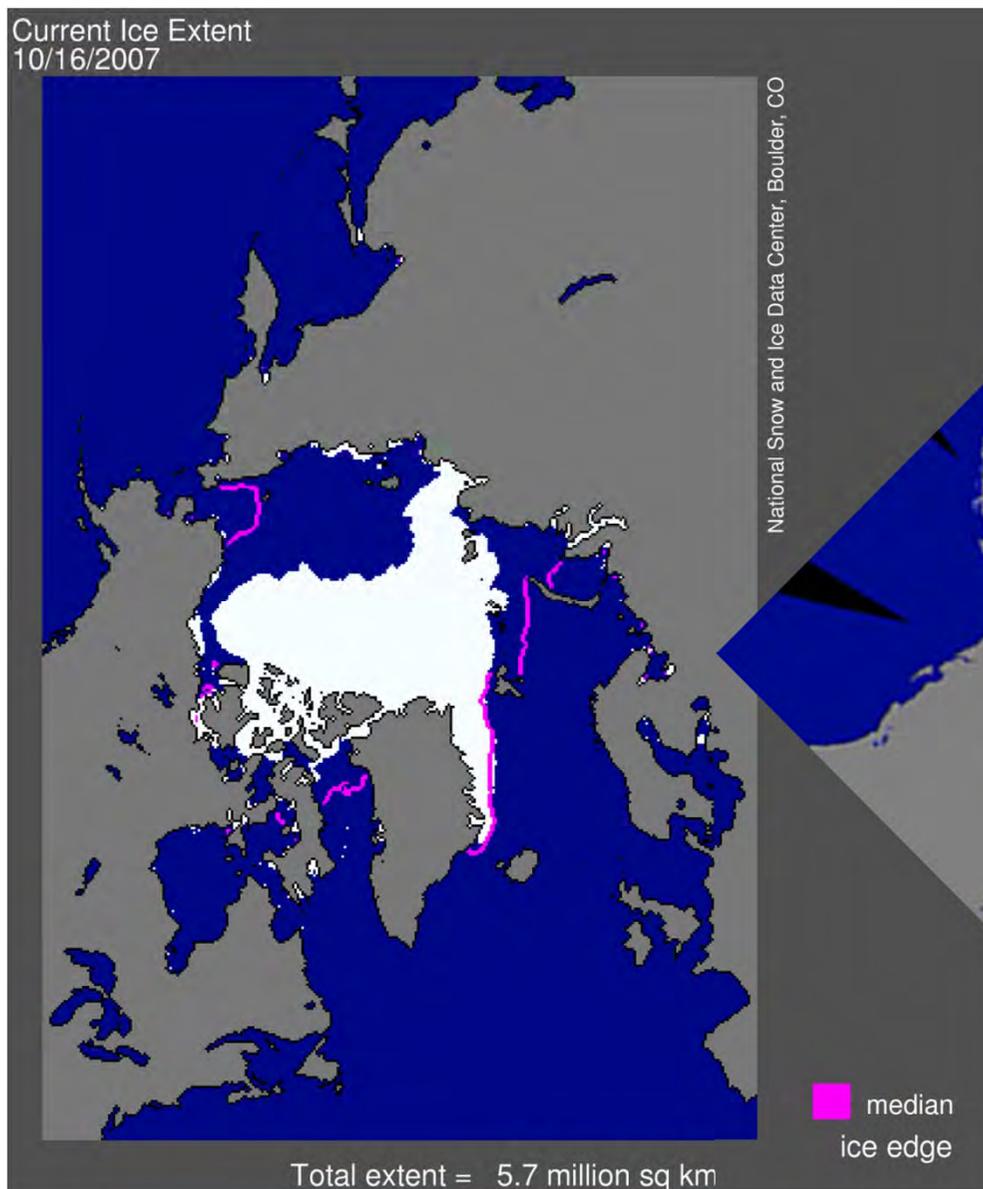


2007夏季の海氷域面積は
それまでの最小



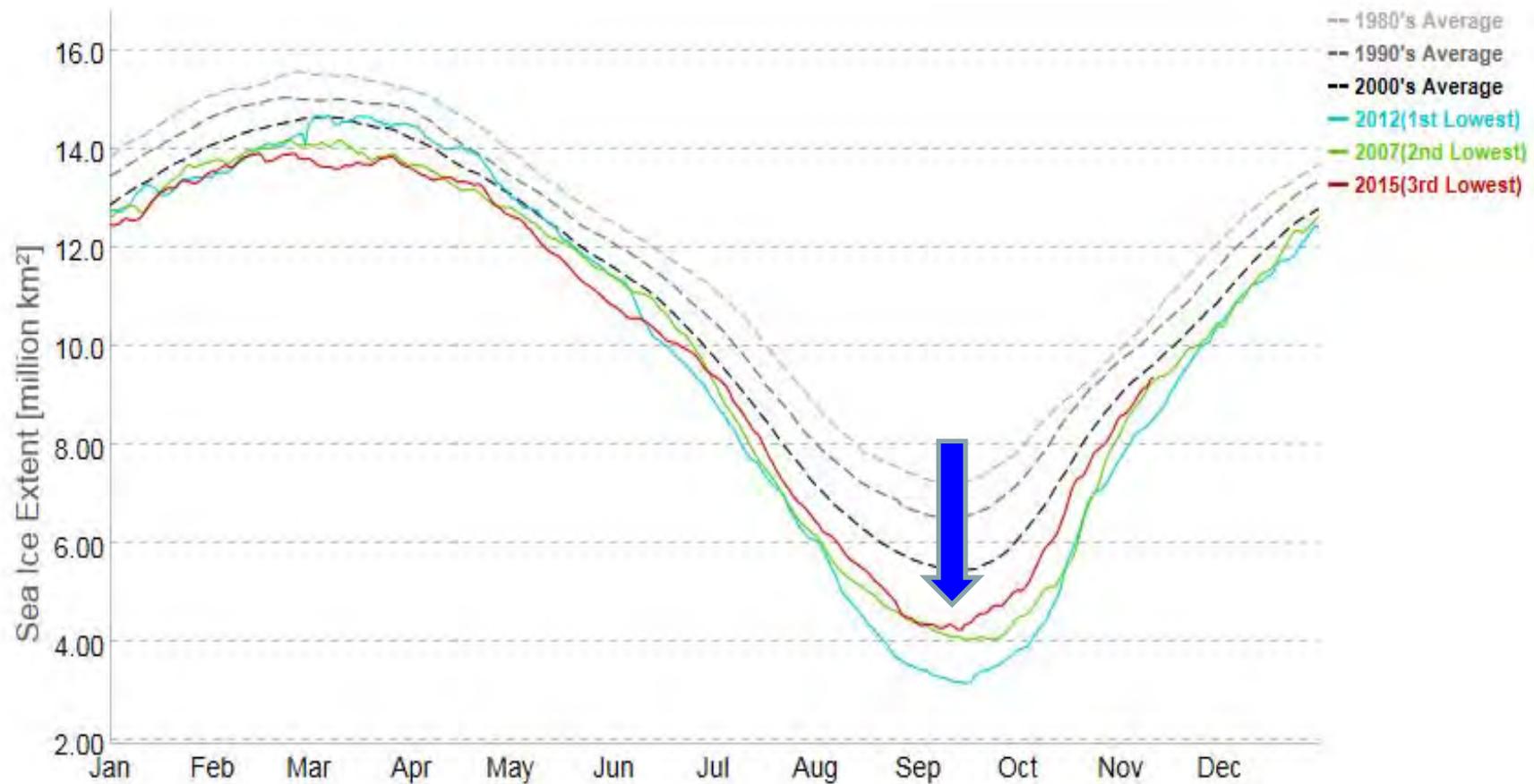
NOAA/NSIDC, JAXA/EORCのウェブサイトより

夏季北極海の海氷の減少 (1⁺)

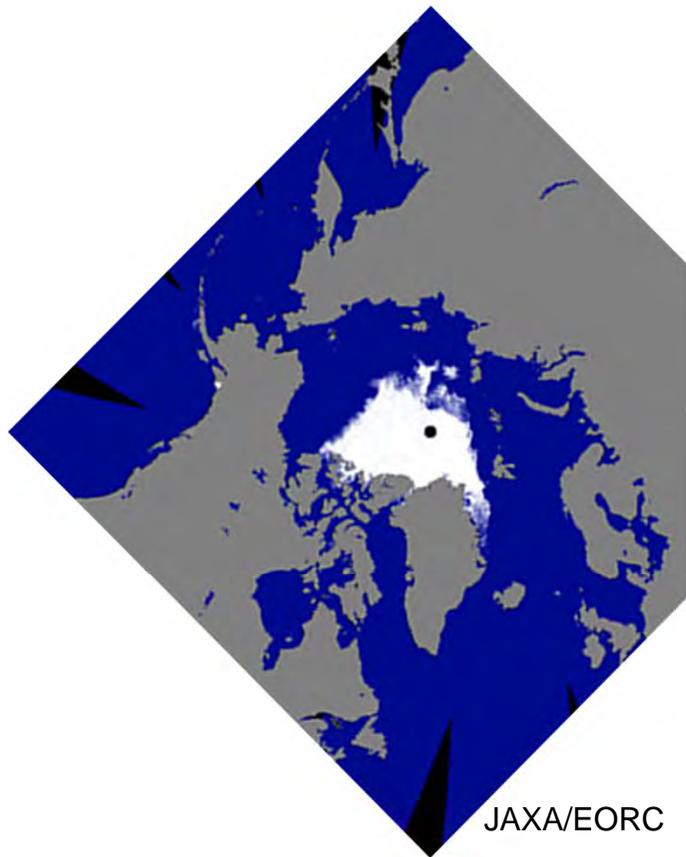


NOAA/NSIDC, JAXA/EORCのウェブサイトより

夏季北極海の海氷の減少 (2)

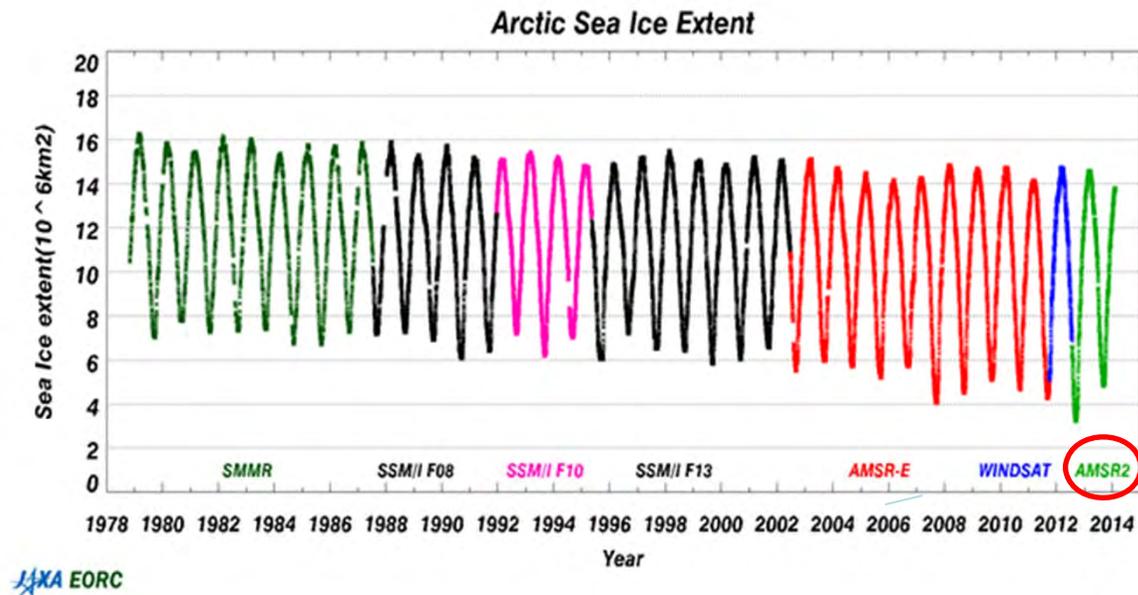


北極海の海氷域面積のモニタリング



観測史上最小を記録した 2012年9月16日のAMSR2による海氷分布

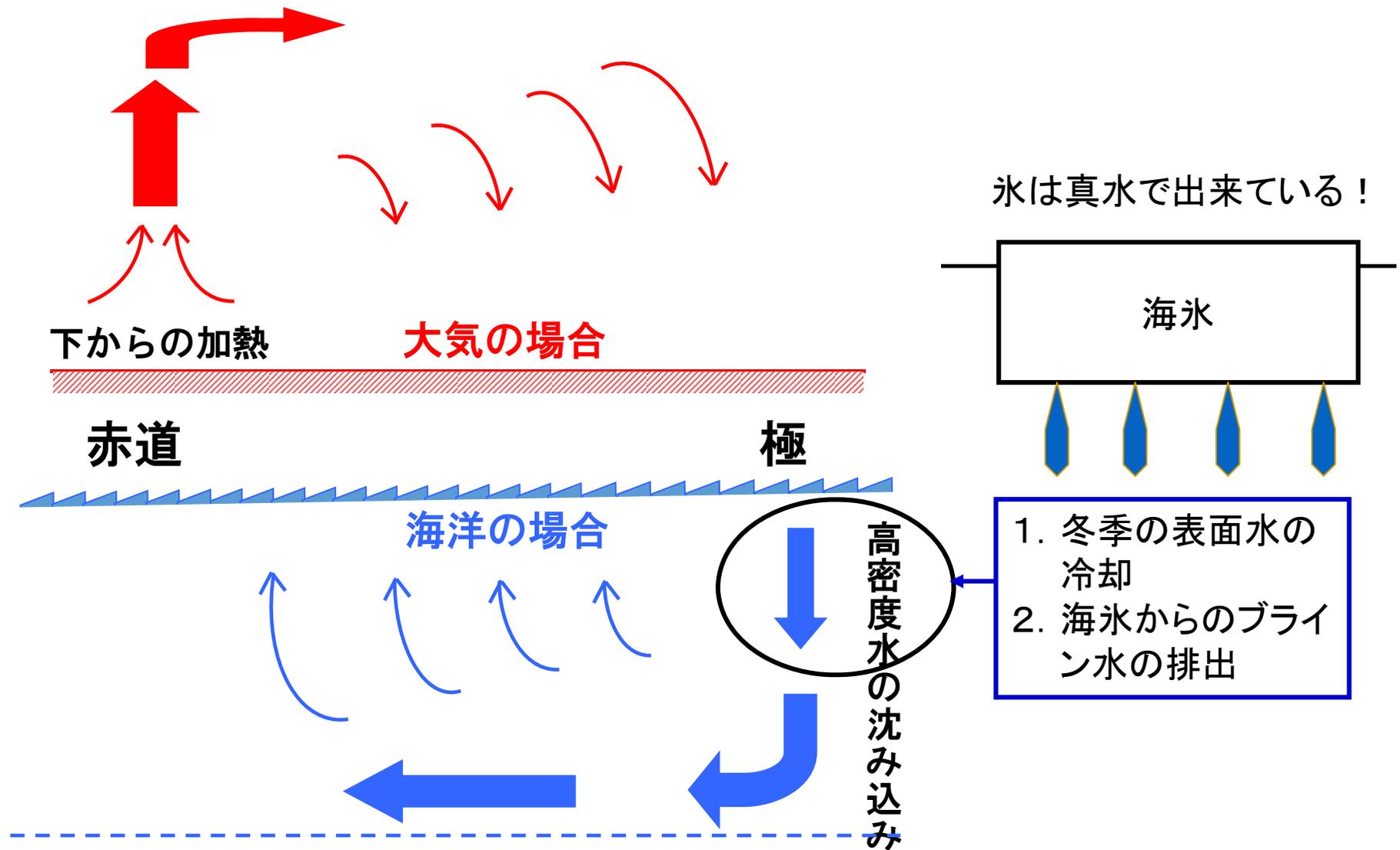
JAXA/EORC のウェブサイトより



北極海の海氷域面積の経年変動

日本のマイクロ波放射計は極域監視や気候変動モニタリングに貢献大

大気・海洋の地球規模鉛直循環の特徴

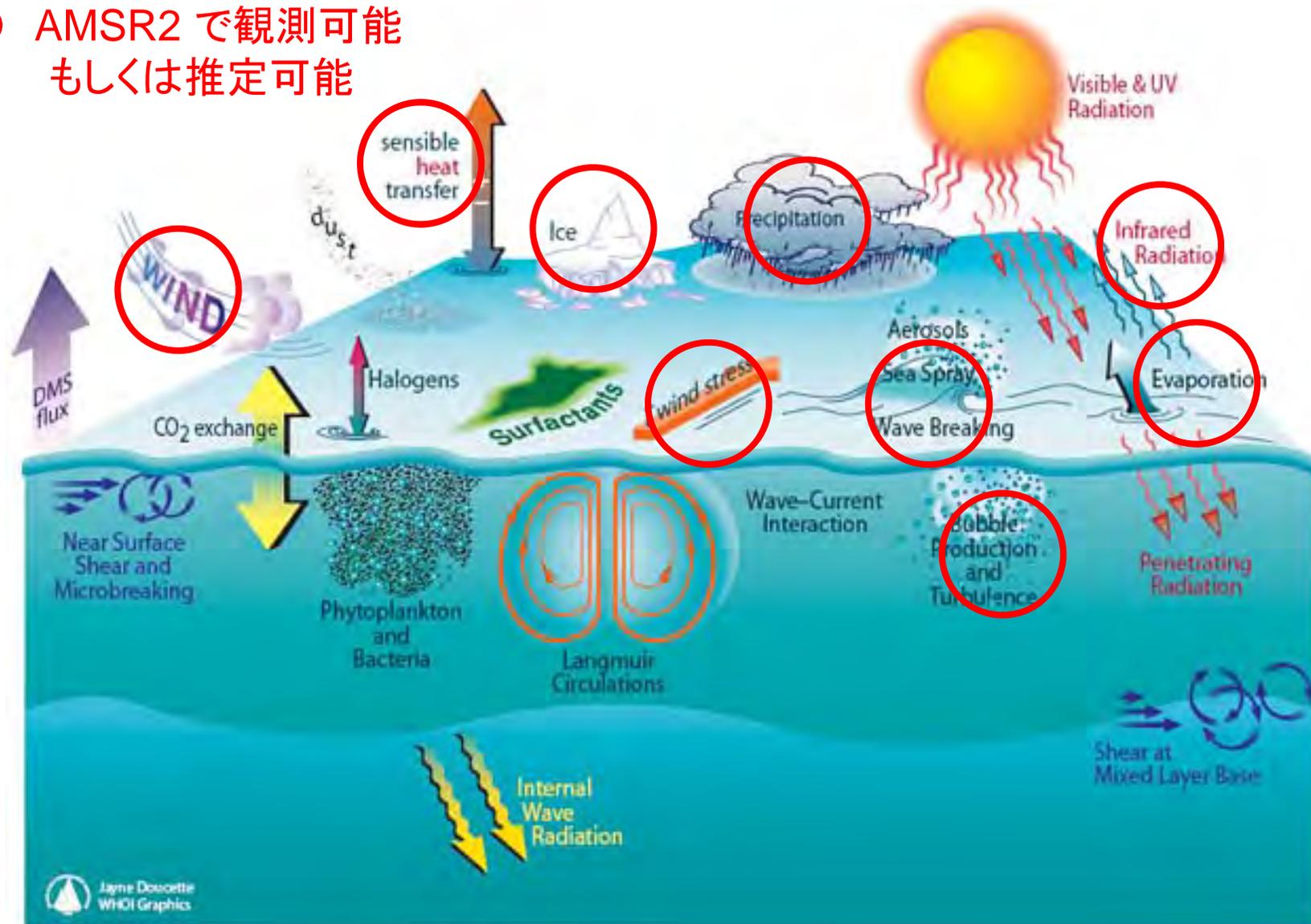


マイクロ波放射計観測データを用いた 大気・海洋システムの変動メカニズムの研究

- 全球水循環システムとその変動
- エルニーニョ・南方振動 (ENSO)
- 大気－海洋結合系の変動メカニズム
- 海上風変動と海洋表層循環の応答
- 黒潮流路の蛇行と中規模渦
- モンスーンと降水
- 熱帯低気圧のダイナミクスと海洋の応答
- 海洋大循環モデルへのデータ同化
- 海氷変動のメカニズム

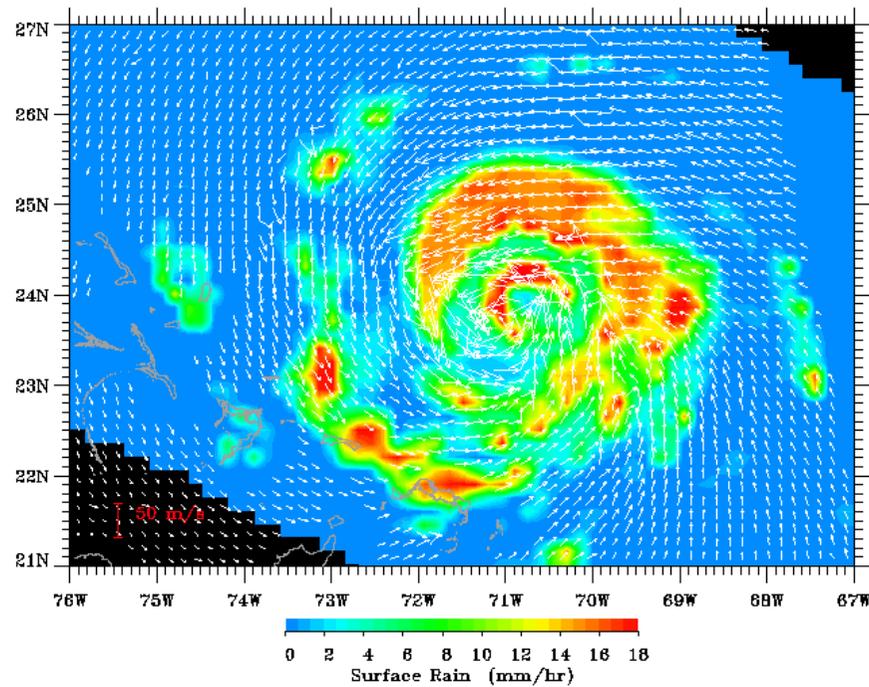
大気海洋相互作用の模式図

- AMSR2 で観測可能
もしくは推定可能

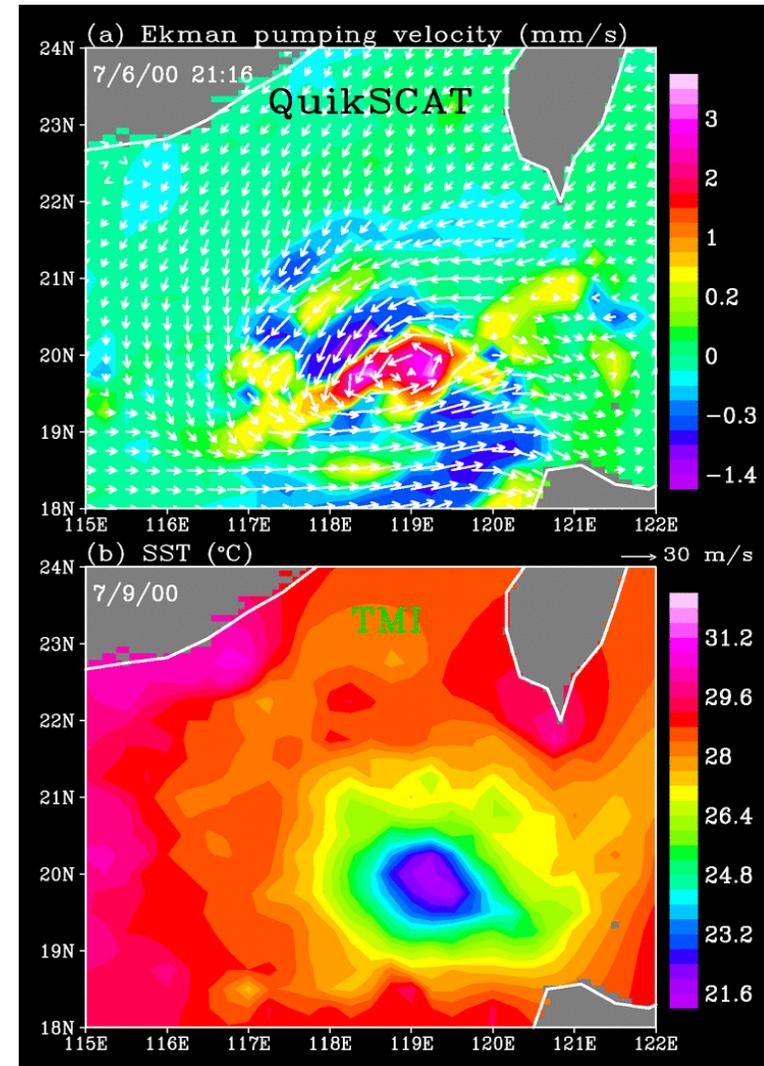


(Illustration by Jayne Doucette, Woods Hole Oceanographic Institution)

熱帯低気圧に対する海洋の応答(1)

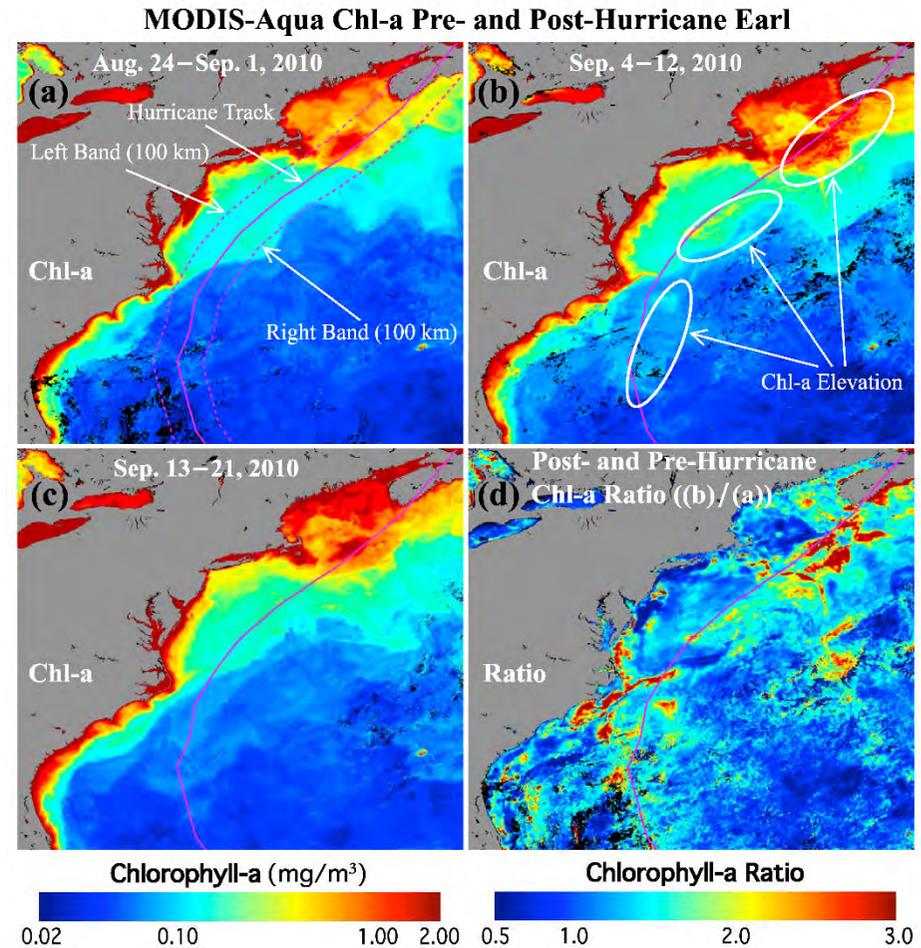
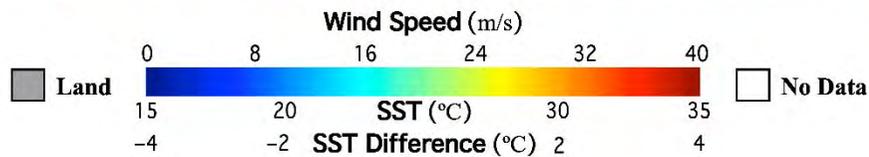
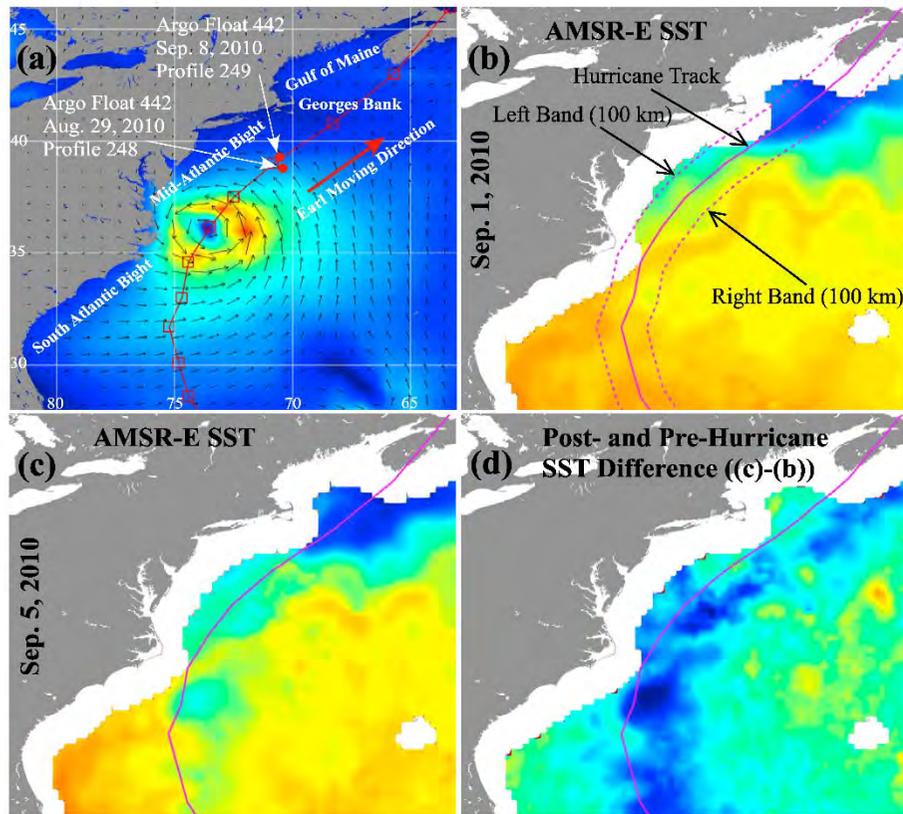


Liu et al. (*EOS*, 2000)



Liu et al. (*Proc. TRMM Conference*, 2004)

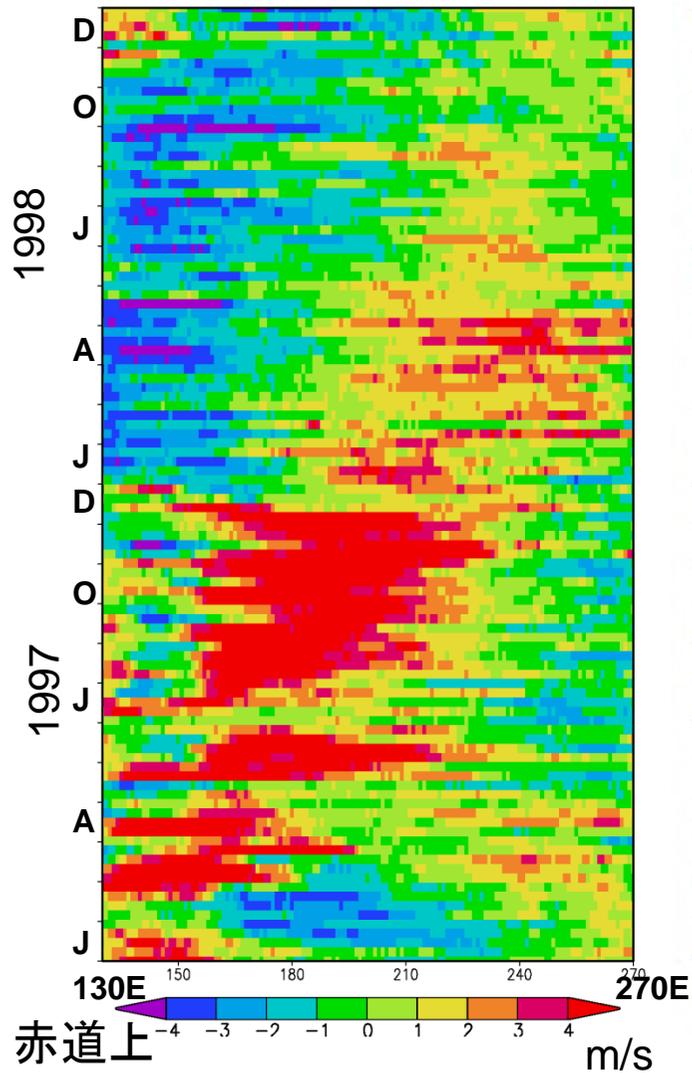
熱帯低気圧に対する海洋の応答(2)



エルニーニョ・南方振動 (ENSO)

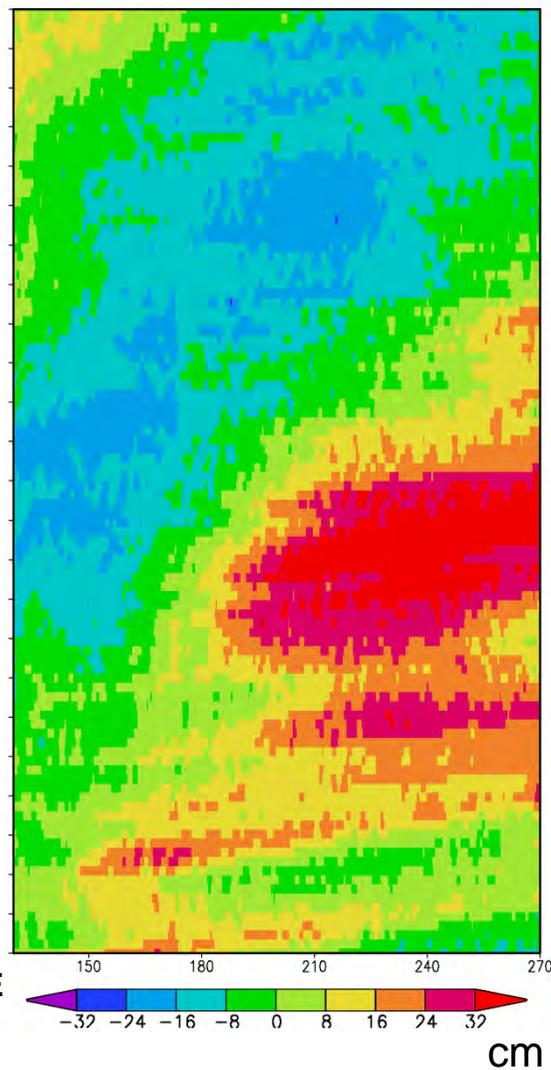
東西風偏差(散乱計)

Zonal Wind Velocity Anomaly



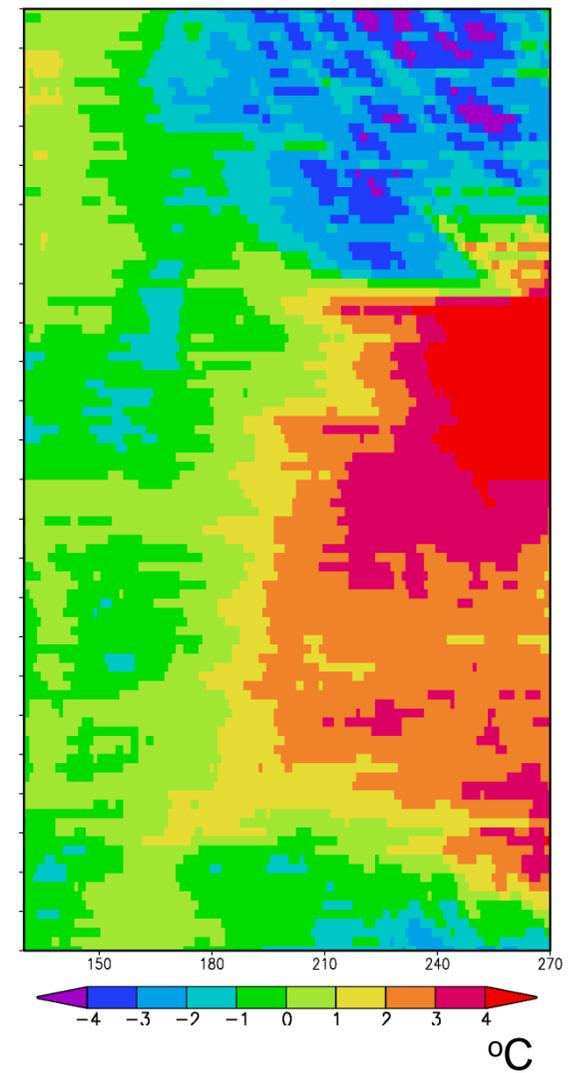
海面高度偏差(高度計)

Sea Surface Height Anomaly



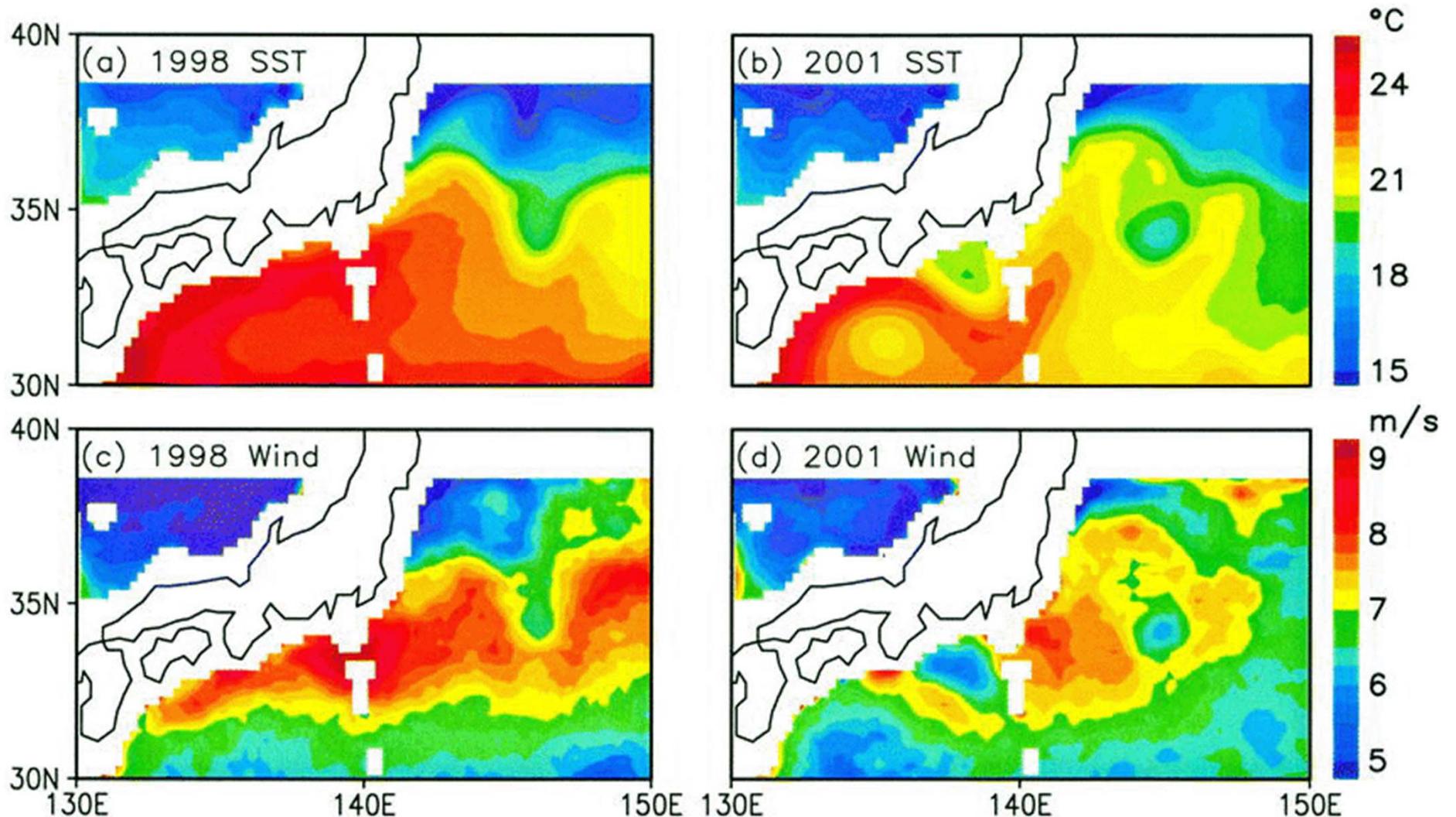
海面水温偏差(放射計)

Sea Surface Temp. Anomaly



中緯度域における大気海洋相互作用(1)

4~6月の3ヶ月平均の海面水温 (SST) と海上風速 (Wind)



中緯度大気海洋相互作用に対する 従来の理解

海上風の強化(弱化)



潜熱放出(蒸発)の強化(弱化)

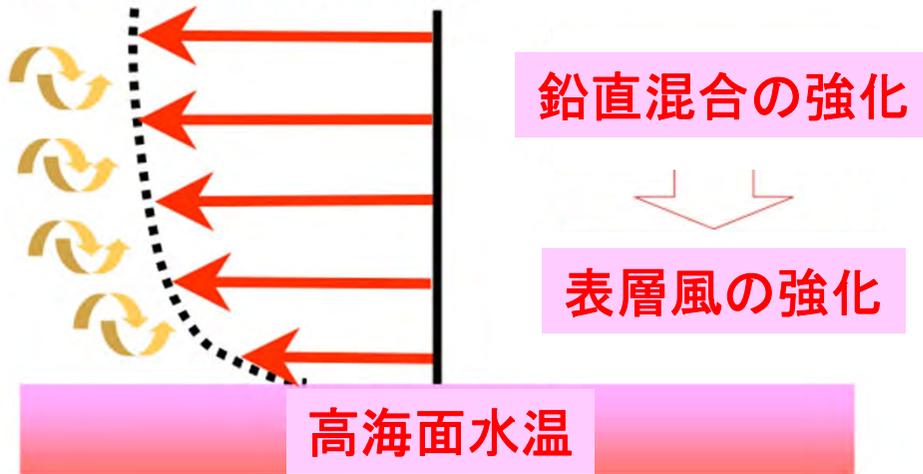


海面水温の低下(上昇)

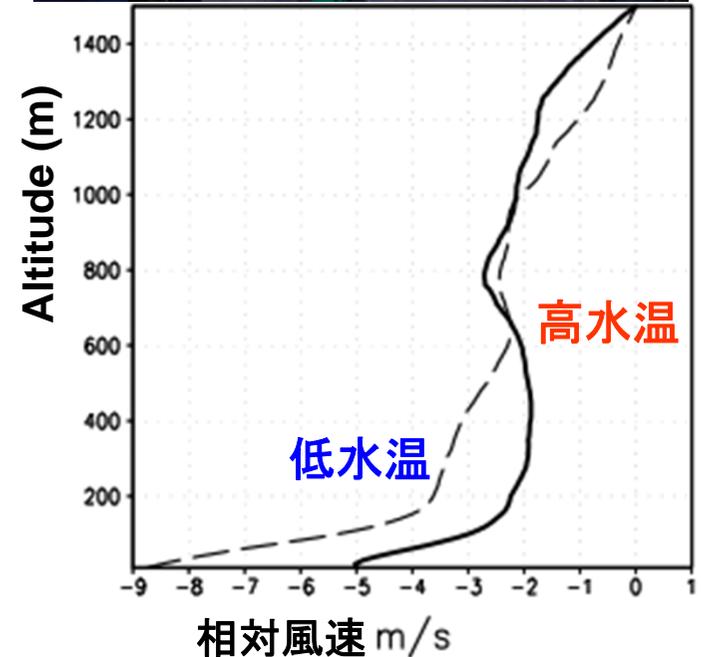
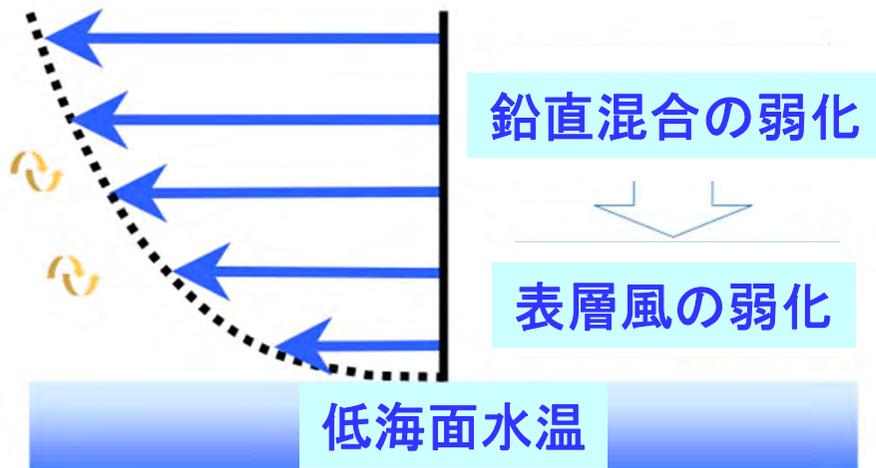
- 大気を主, 海洋を従とする変動メカニズムが考えられてきた
- このメカニズムでは, 海上風速偏差と海面水温偏差の間には負の相関が期待される

海洋が駆動する変動メカニズム

In phase SST-wind relationship



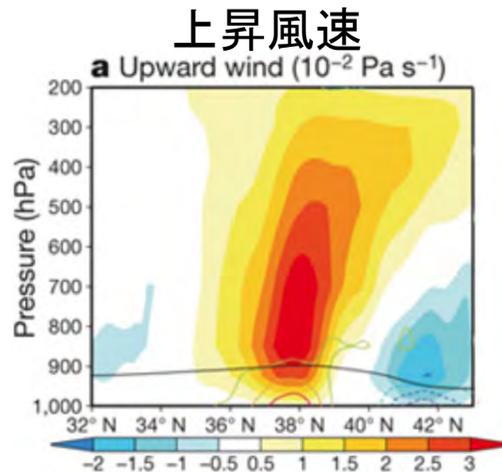
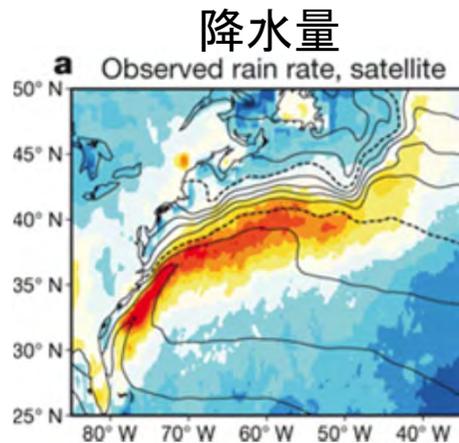
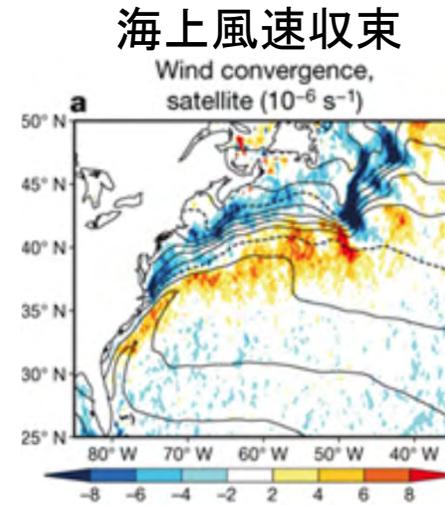
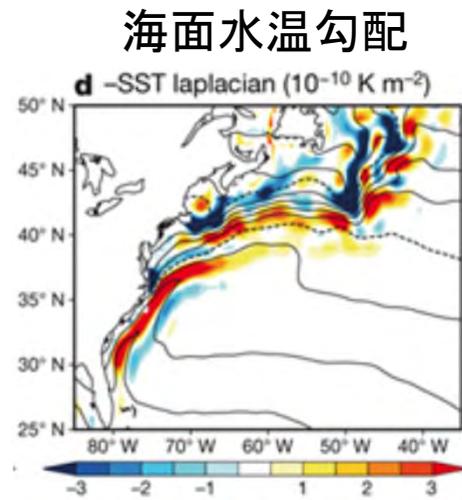
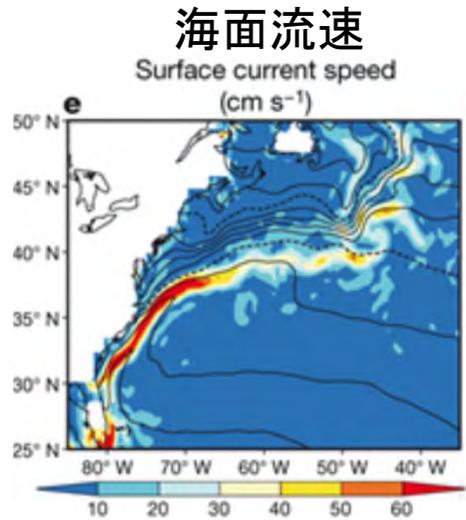
In phase SST-wind relationship



(Courtesy, Y. Tanimoto)

中緯度域における大気海洋相互作用(2)

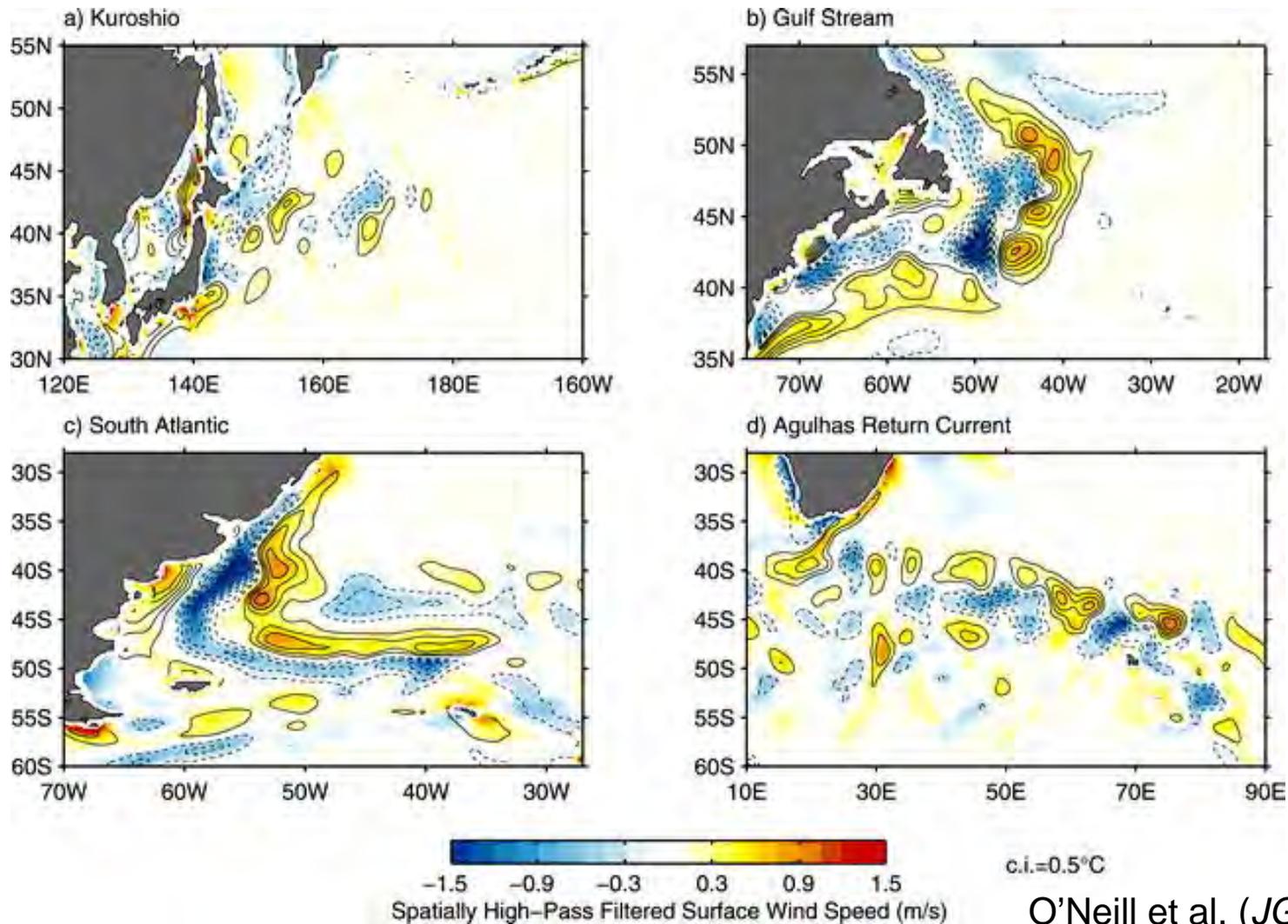
— 湾流域の降水と海洋 —



Minobe et al. (*Nature*, 2008)

中緯度域における大気海洋相互作用(3)

同様の現象が世界中の西岸境界流域で見つかった



O'Neill et al. (JGR, 2010)

文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究 (H22-26) 「気候系のホットスポット」

文部科学省科学研究費補助金「新学術領域研究」平成22年度～26年度

気候系のhot spot:

熱帯と寒帯が近接するモンスーンアジアの大気海洋結合変動
(略称)中緯度海洋と気候

最先端の数値モデリングと観測の融合



出典：JAMSTEC「地球シミュレータ」、JAXA「熱帯降雨観測衛星 (TRMM)」、気象庁「雷鳥丸」

領域概要 研究組織・メンバー ワーキンググループ 公募研究 会議・シンポジウム 業績一覧

English

- ▶ 研究成果紹介
- ▶ アウトリーチ
- ▶ 気象・海洋・気候に興味を持つ方へ
- ▶ 用語集

本課題の目的

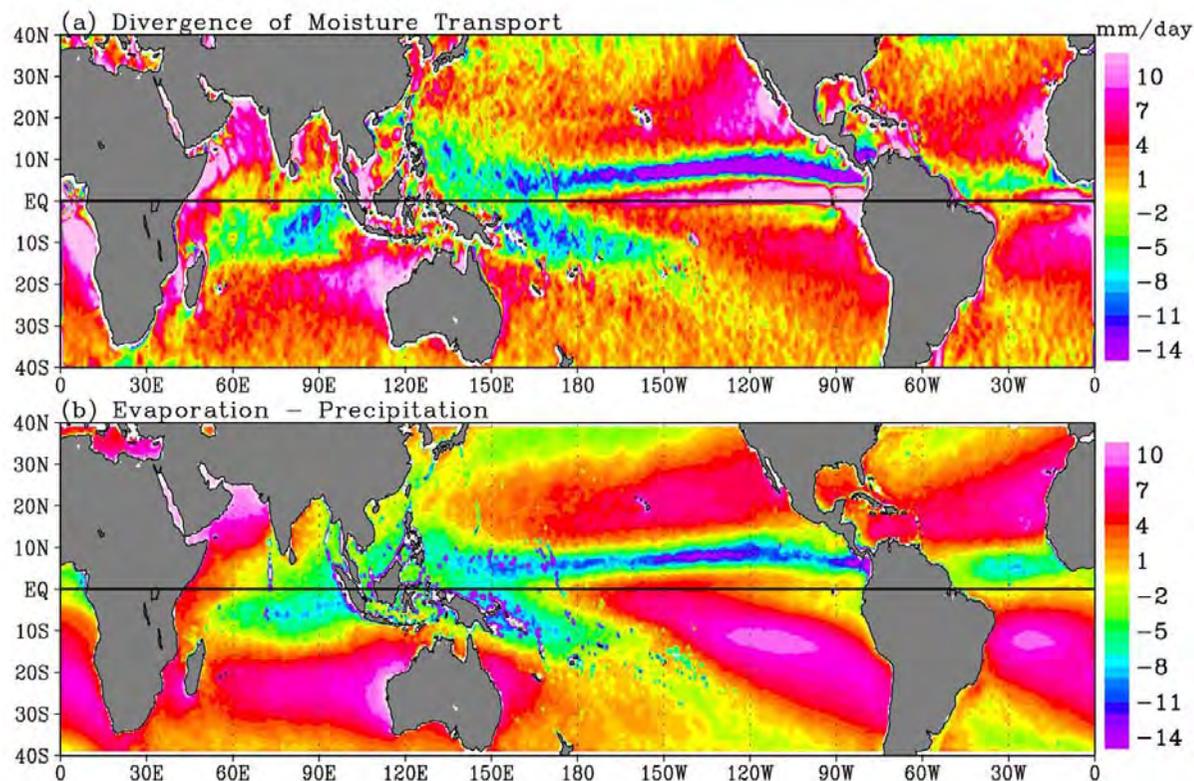
本課題では、中緯度気候系の随一の“hot spot”である極東・北西太平洋域に焦点を当て、アジアモンスーンと黒潮・親潮の強い熱輸送による「熱帯と寒帯とのせめぎ合い」の下で、海洋から大気への莫大な熱・水蒸気の放出をもたらす大気海洋（海水）間の多様な相互作用現象の実態とメカニズムの解明を目指す。気候関係の異分野の研究者が共同し、黒潮続流域での現場観測と地球シミュレータでの数値モデリングや最新の人工衛星観測データ等の解析を有機的に融合することで、中緯度海洋が大気循環や表層環境の形成・変動に果たす役割を同定し、我々が萌芽させた気候研究の新概念の確立を目指す。

News & Topics



研究代表者
東京大学
先端科学技術センター
中村 尚 教授

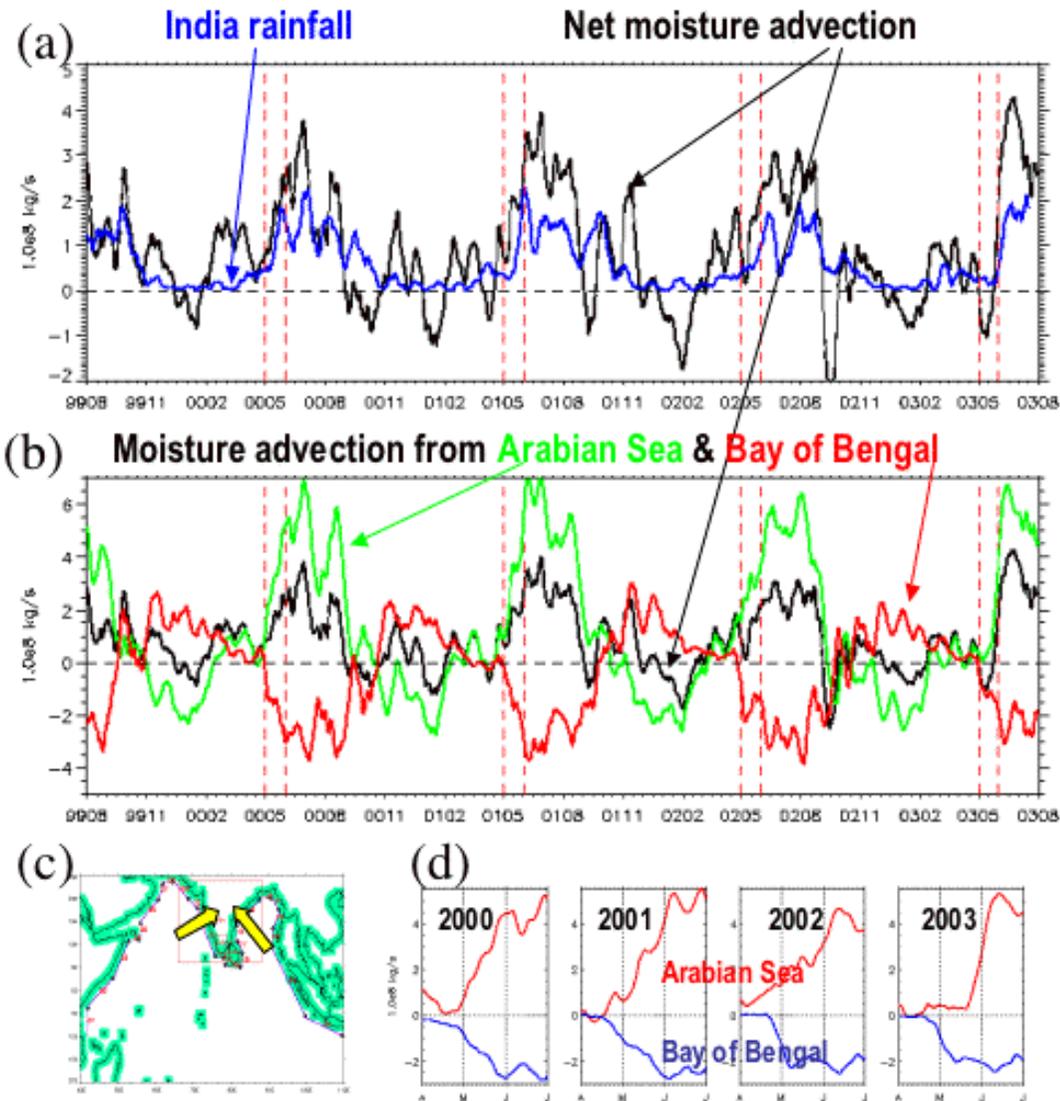
水循環システムにおける海洋の役割



海上風ベクトル(散乱計)と積算水蒸気量(放射計)から経験的方法によって見積もった水蒸気輸送量の収束・発散

マイクロ波放射計観測データから見積もった海面淡水フラックス(蒸発量-降水量)

インドモンスーンによる水蒸気輸送と降水



During the summer monsoon, from May to November, moisture is transported into India from the Arabian Sea and transported out to the Bay of Bengal. The transport is reversed for the rest of the year.

The total moisture advected from the near-by oceans is in phase with the total rainfall integrated over land.

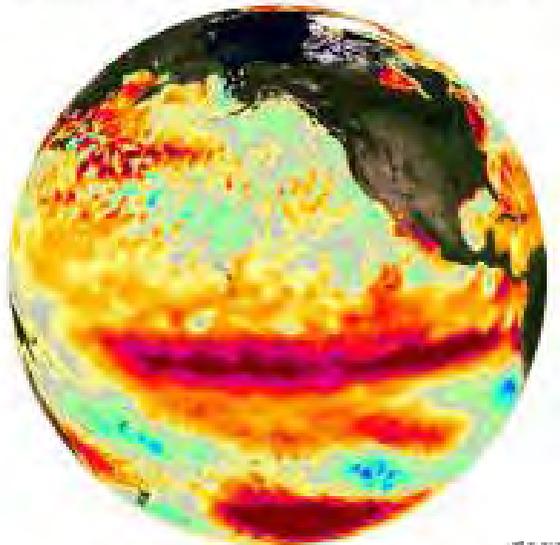
観測データを使った社会貢献

- 気象予報・災害監視
- 沿岸・沖合海況監視
- 海上交通の安全性・経済性の確保
- 北極航路の開拓・運用
- 漁場環境のモニタリング
- 水資源のモニタリング
- 気候変動監視

気候変動監視

- 気象・海洋災害監視と予測
- 気候変動の海洋環境への影響把握
- 海洋変動が気候変動に与える影響評価
- 海面水位上昇の監視と予測
- 極域気候変動監視

December 2009
Blended AMSR-E and MODIS SSTA



NASA/JPL PO.DAAC

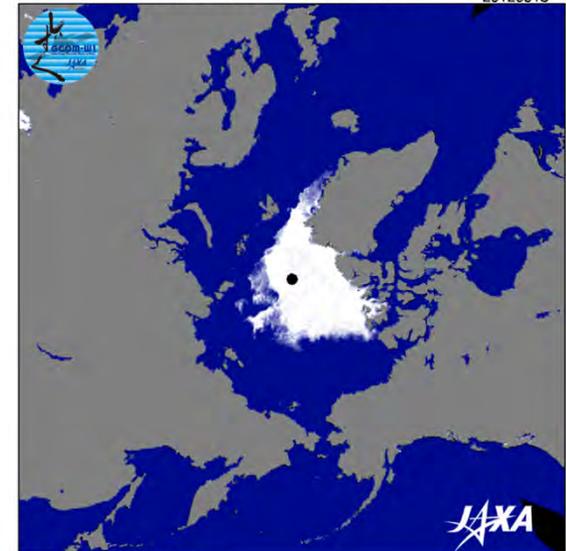
OPeNDAP



Photo credit: Masaaki Nakajima

全国地球温暖化防止活動推進センター

AMSR2 Sea Ice Concentration 20120915



Sea ice data validation is in progress.
The value of sea ice concentration may change after the validation process in future.

JAXA/EORC

沿岸・沖合海況把握

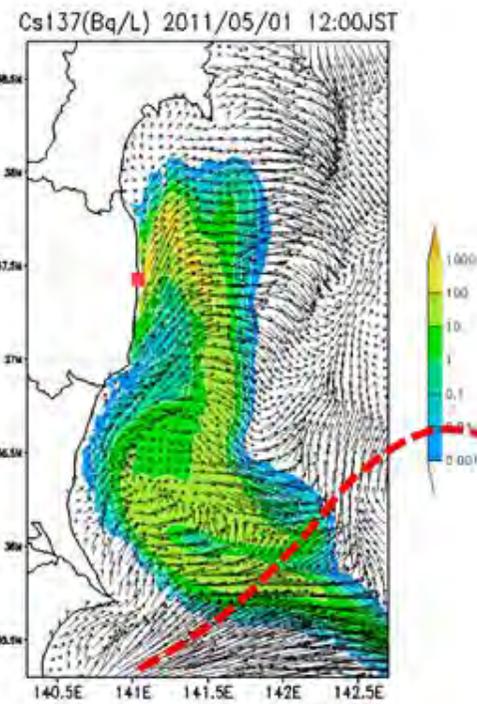
- 日本沿岸・近海域 (EEZ) の海洋環境監視・予測
- 越境汚染, ゴミ漂流, クラゲ, 放射性物質, 油汚染...
- 海底資源開発活動の支援
- 海難救助, 海洋レジャー



海上保安庁



山形新聞



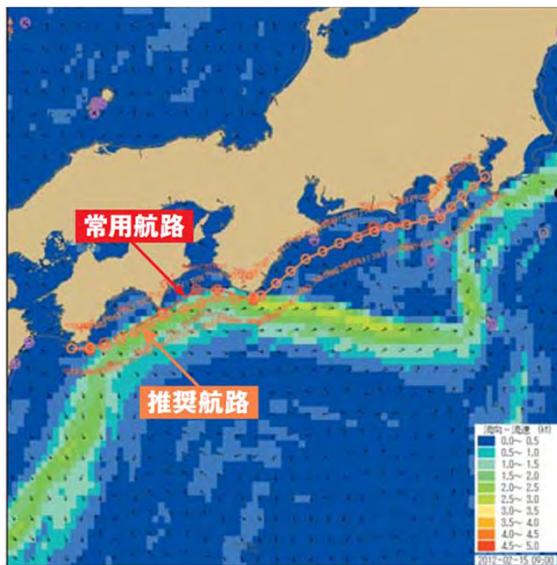
日本海洋学会



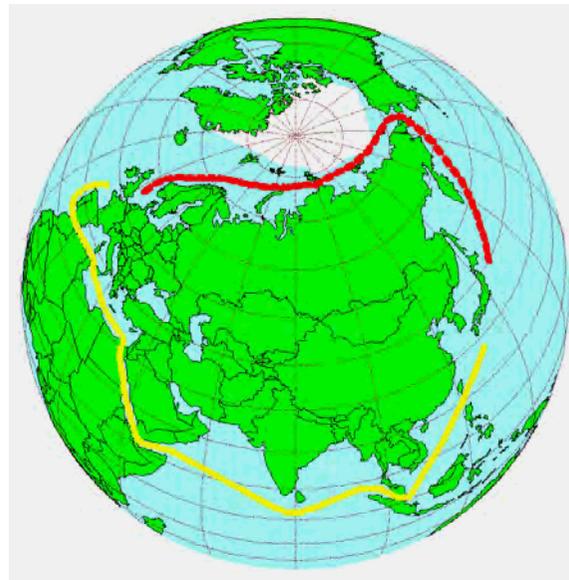
中国新聞

海上交通の安全性・経済性の確保

- ウェザールーティング
 - 燃油価格の高騰（現在は沈静化？）
 - CO₂ 排出量削減に関する国際的規制
- 北極航路の開拓と運用
 - 日本－欧州間の距離を4割短縮



日本気象協会



ROSATOMFLOT



©Tshudi Shipping Company, and Tshudi Arctic Transit AS

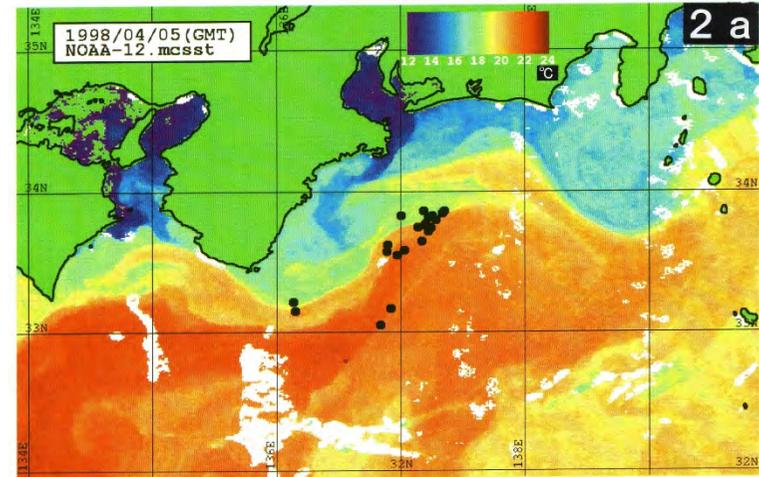
Tshudi Shipping Co.

漁場予測

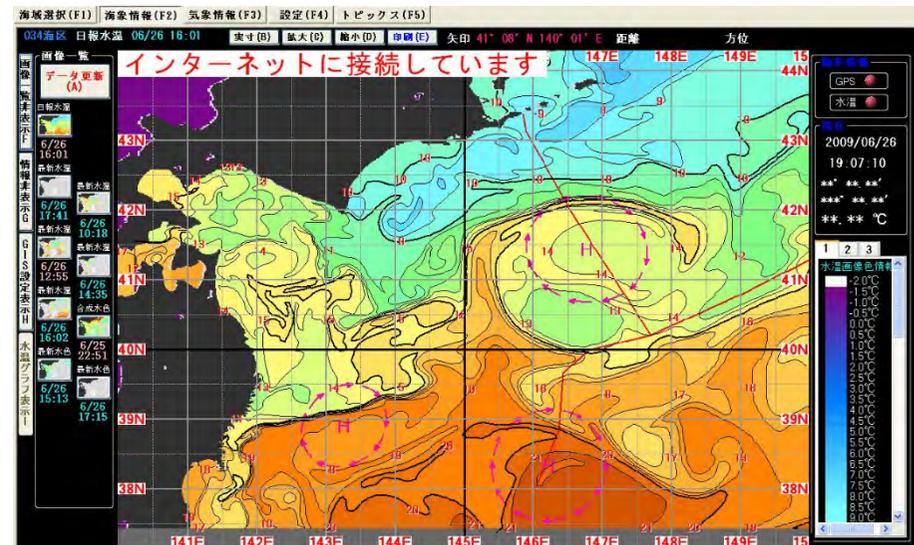
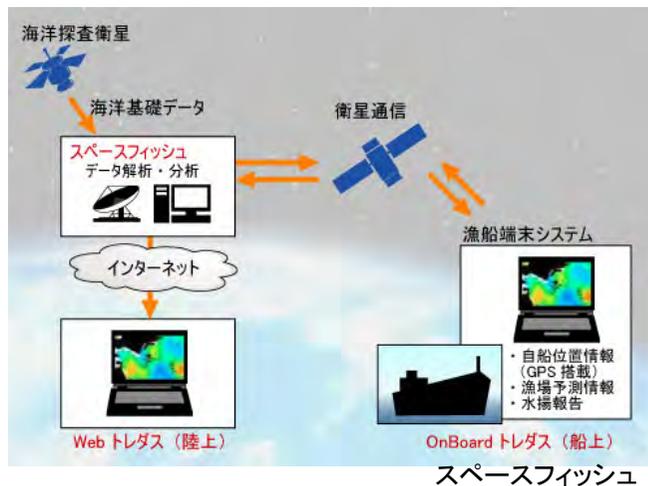
- 水産資源環境のモニタリング
- 漁場推定
- 卵稚子の輸送
- 藻場, サンゴなどのモニタリング
- 養殖漁場立地評価
- 赤潮対策

=> 海の食糧戦略への貢献

かつお引縄漁場と海面水温分布



漁業情報サービスセンターによる情報配信



漁業情報サービスセンターが平成25年度 宇宙開発利用大賞 内閣総理大臣賞を受賞

平成25年度宇宙開発利用大賞
内閣総理大臣賞 内閣府

事例名 宇宙を利用した漁場探索技術の確立と
衛星利用海況情報の提供

受賞者 一般社団法人 漁業情報サービスセンター

事例の概要
受賞者は、1985年以来、衛星情報を利用した漁場の探索技術を確認し、衛星利用海況情報を広く漁業者へ提供することにより、科学と経験の「勘と経験の漁業」と「先端技術の宇宙開発」とを結びつけ、漁業の近代化をもたらした。この結果、①高騰する燃油が16.1%節約できた。②衛星情報を得るためにパソコンを搭載する漁船が増加した。③漁業の近代化により若い船頭が増加し、漁業の最大の課題である後継者の育成に寄与した。

選考委員会講評 / 受賞のポイント

- ▶衛星データと漁業関係者の加見を合わせた、優れた情報サービス。利用中心の平の根拠的な活動が次第に利用拡大につながった点を評価。「勘と経験の漁業」と「先端技術の宇宙開発」とを結びつけることによって、効果的、効率的な「宇宙漁法」を構築している点は、今後の発展も期待できる。
- ▶約30年にわたる漁業における具体的な利用実績と、普及に必要な実践的な技術開発が進められていることが高評価。
- ▶一つのリモセンの利用分野が成熟されつつあり、今後もさらなる発展が期待できる。

ポイント・具体的成果等

1.市場拡大への貢献
海況情報利用台数は、平成23年度から2年前で413隻（パソコン搭載可能な漁船1,218隻に対し占有率34%）になった。今後、3年で約700隻に達すると予測され、その占有率は60%を超える見込みである。

2.産業、生活、行政の高度化及び効率化への貢献
日本国民が好む高学歴者の多くは衛星情報を利用した漁業によって効率的に漁獲されており、熱食を通して国民は衛星情報の恩恵を受けている。また、衛星利用海況情報を利未することにより、情報利用前後で平均16.1%の燃料の節約になっており、漁業の効率化に貢献した。

3.技術への貢献
1976年より、研究開発として衛星水産の漁業への利用に着手した。1990年には水産省に利用した基礎生産量算出方法を提案し、食品が資源管理に貢献する用途を定めた。2001年よりマイクログラの海面高度画像を利用した200~300mの下の水温分布を推定する新技術及びメバチ漁獲予測手法を世界で初めて開発し、平成24年度から実用化した。

4.普及啓発への貢献
漁船数の多い日本において衛星利用海況の欠利用システムを定常的に運用し、約30年たった実証的、情報提供を継続している。この継続性は、漁船が衛星情報を利用する時代を切り開き、漁業者に対する衛星利用の普及啓発に貢献した。



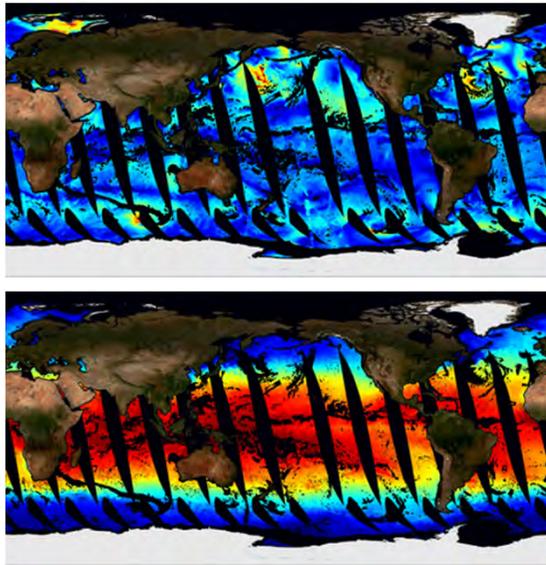

漁業情報サービスセンター (JAFC) の衛星データ処理解析提供システム

一般社団法人 漁業情報サービスセンター
問合せ先 千104-0055 東京都中央区豊洲4-6 豊海泰興ビルB
03-5547-6888 (代表) <http://www.jafic.or.jp/>



“海の天気予報”

衛星観測データ



現場観測データ



スーパーコンピュータ
海洋大循環モデル



入力

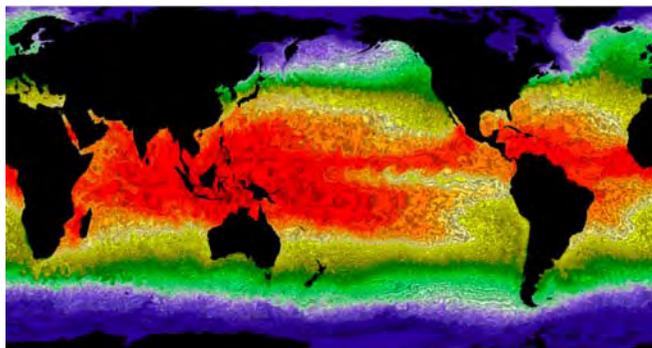
入力

海洋データ同化・予報システム

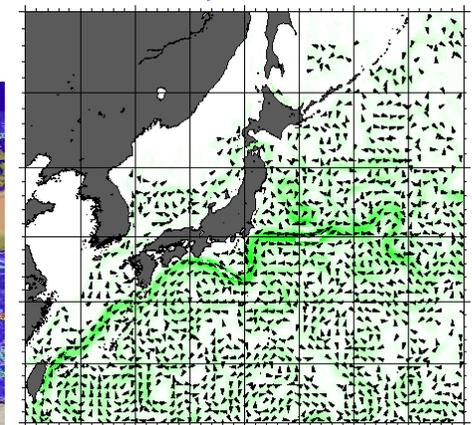
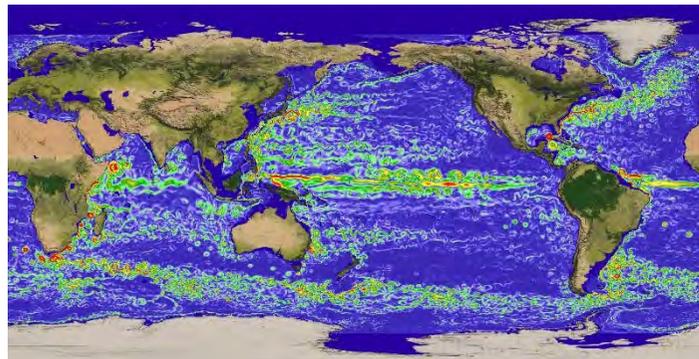
出力

出力

海面水温

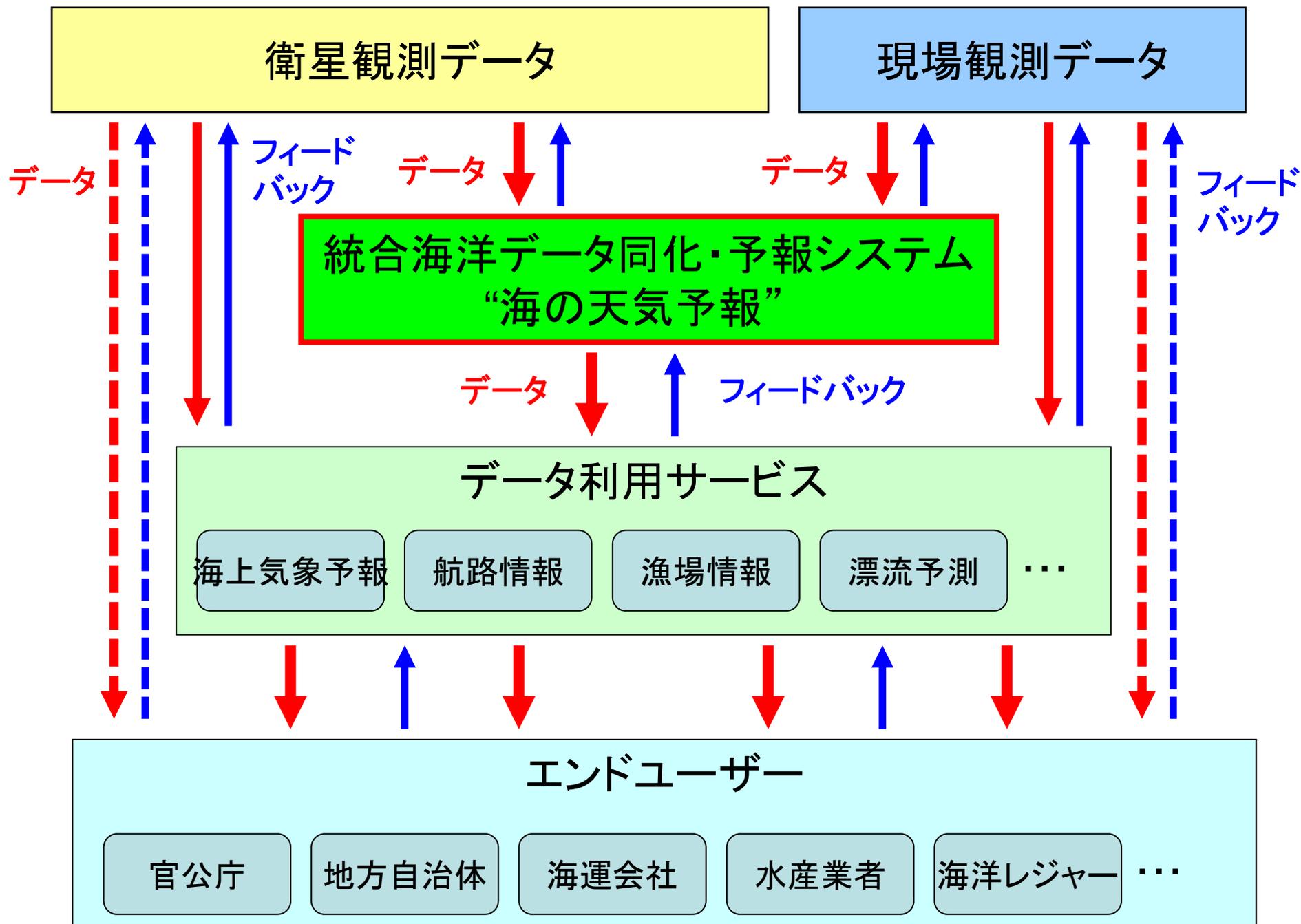


海流



Sasaki et al. (2006)

気象庁



まとめと今後の展望

- AMSR2 は地球観測衛星搭載マイクロ波放射計として、現時点での世界最高性能を誇り、大気・海洋変動のモニタリング、メカニズム解明・プロセス研究、および観測データを用いた社会貢献のための極めて重要なツールと認識されている。
- 特に、気候変動モニタリングや実利用を通じた社会貢献には、ミッションの継続性が重要である。
- 現時点では、GCOM-W 衛星の後継機の具体的な見通しは立っていない。早急な対応が望まれる。
- グローバルな気象予報、災害監視、気候変動、水資源管理などに対して、国際的な期待も大きい。

たとえば、2015年4月の日米首脳会議の際の「より繁栄し安定した世界のための日米協力に関するファクトシート」には、「我々の未来のための科学、技術及びイノベーションの活用」の「宇宙」の項には、「**グローバルな気象予測のために必要なデータの利用に空白が生じることを回避するため、地球環境変動観測ミッションの後継ミッションにおいて協力。**」との記述がなされた。