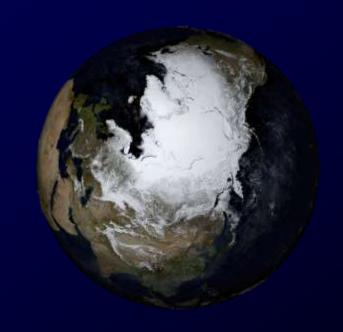


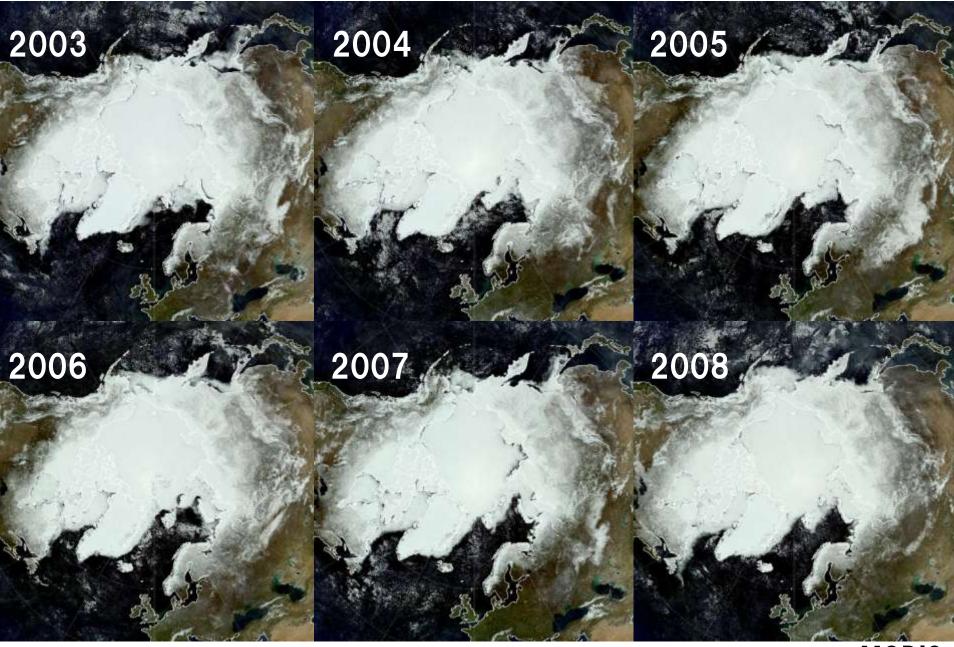
目 次

- ■本日登場の人工衛星紹介
 - ■電波と光の眼
- ■変わりゆく北極圏と海氷
 - 海氷は冬に薄くなる
 - ■夏に融けだし、吹き寄せられる
- ■衛星観測情報の検証
- ■北極海氷の最新状況
- 更なる長期観測への挑戦:GCOMミッション





春期の北極海の様子



4月7日-22日の晴天域合成(トゥルーカラー)

環境観測衛星とその軌道

人口衛星の軌道は、搭載センサの性能と目的により選択される。

極軌道衛星

- ・南北方向の軌道を通るように設定
- ・地球の自転を利用して、一定期間の観測 後に地球上のほぼ全域を観測可能(太陽 同期軌道では常に同一地方時で観測)
- ・地球の片側(昇交パス)では北向きに、もう片側(降交パス)では南向きに進行する
- · 高度が低く(700-900km程度)地球に近接しているため、より詳細な観測が可能

「ADEOS/-II」 「ALOS」など



静止軌道衛星

- · 軌道高度が非常に高い(22000-36000km)
- ・地球表面の同じ場所を観測する
- ・地球の自転速度と同じ速度で周回する
- ·特定エリアの情報を連続的に観測·収集 することが可能
- ・気象観測や通信に用いられる

「ひまわり」 「きずな」など © CCRS/CCT





AMSR/AMSR-Eセンサ



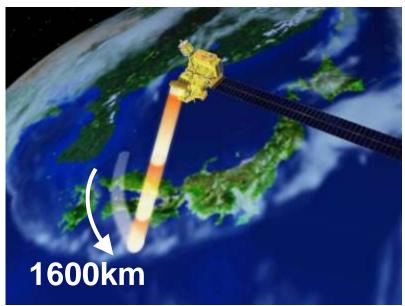
(AMSR: Advanced Microwave Scanning Radiometer)

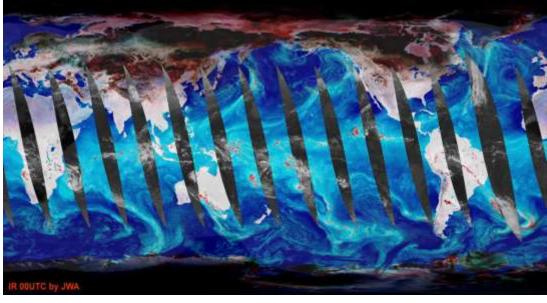
(AMSR-E: Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS)

AMSR/AMSR-Eは、JAXAが開発した多周波の受動型マイクロ波放射計で、全球の水循環やエネルギー循環に関係する地球物理量を観測する。

AMSRの観測概念図

AMSRの一日の観測範囲





- -周波数範囲: 6.9-89GHz
- -55度の角度で地球表面を走査
- -走査幅: 1.600km
- -地上分解能: 5-50km

-AMSR 1-day ascending coverage

- 1シーン: 半周



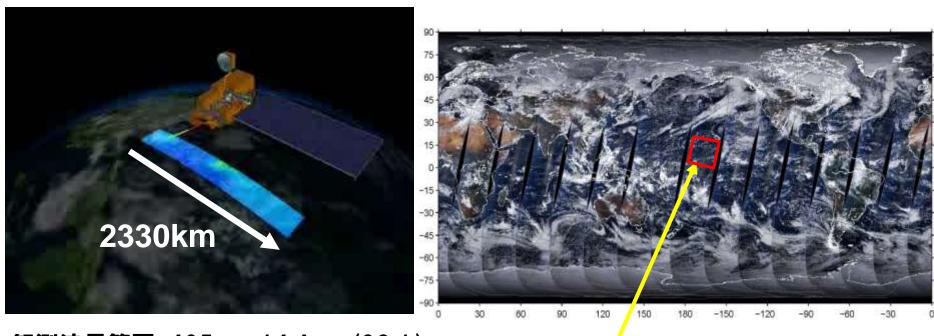
MODISセンサ (MODIS: MODerate resolution Imaging Spectroradiometer)



MODISは、NASAが開発した多チャンネルの光学放射計で、気候変動に 関係する全地球規模の海洋プランクトン、海面水温、植生、雲・エアロ ゾルそして積雪・海氷などを観測する。

MODISの観測概念図(Terra衛星)

MODISの一日の観測範囲



観測波長範囲: 405nm-14.4um (36ch)

-走査幅: 2330km

-地上分解能:2ch:250m. 4ch:500m. 30ch:1km

 $1 - 2 : 2330 \text{km} \times 2030 \text{km}$ (1354 pixel x 2030 line)

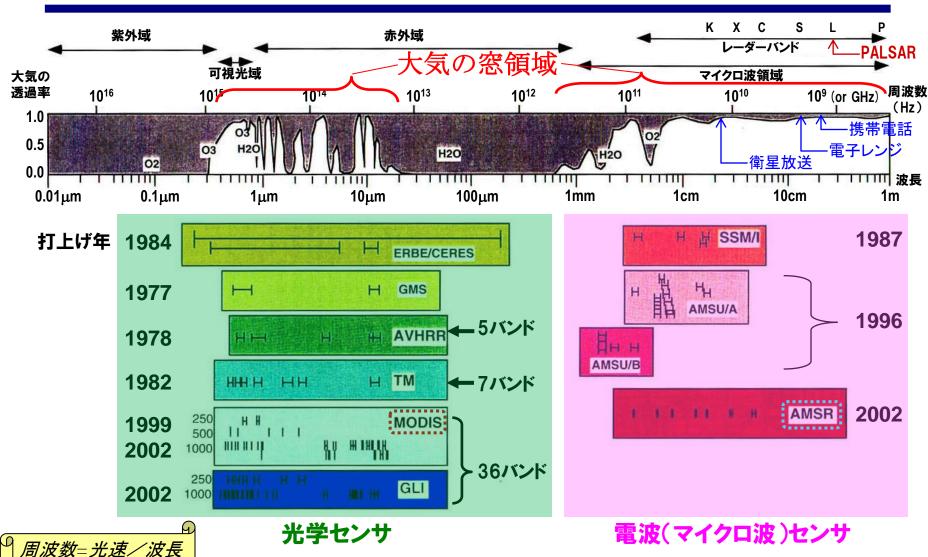


光速=3×10⁸ m/s

1秒間に地球7周半)

地球大気の透明度と衛星センサのバンド





衛星センサのバンド設定位置



光学センサとマイクロ波センサの長所・短所・スパイ



光学 (MODIS)

マイクロ波 (AMSR-E)

■ 画像の理解:

人間の見た目に近い

直感で理解しにくい

■ 空間分解能:

細かい

粗い

 $250m \sim 1km$

5~50 km

■ 雲の下の観測:

不可能(雲が見える!)

可能

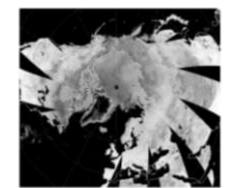
■ 夜間の観測:

中-熱赤外域のみ可

可能

■ 見えている雪氷面 の深さ: 浅い ~10 cm 深い(氷床) ~10 m







マイクロ波センサによる海氷の見え方

JAXA

海氷の見かけの温度

マイクロ波センサ (AMSR-E) の輝度温度画像

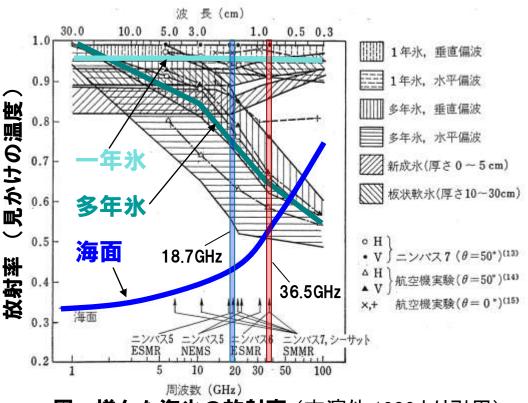
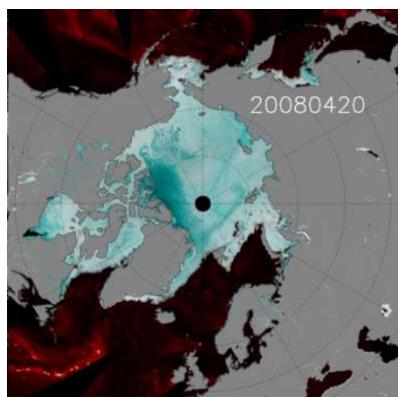


図 様々な海氷の放射率(古濱他,1986より引用)

海氷は海面よりも明るく見え、また、同じ海氷でも一年氷と 多年氷*では、含まれる塩分濃度の差から、見かけの温度 (輝度)が大きく異なる。

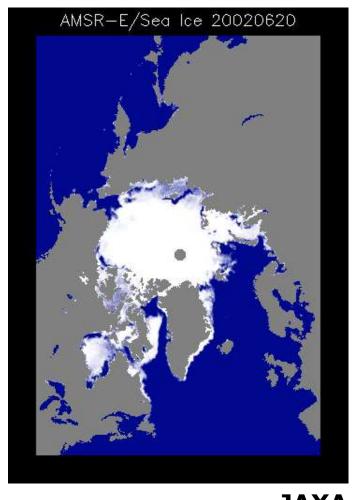


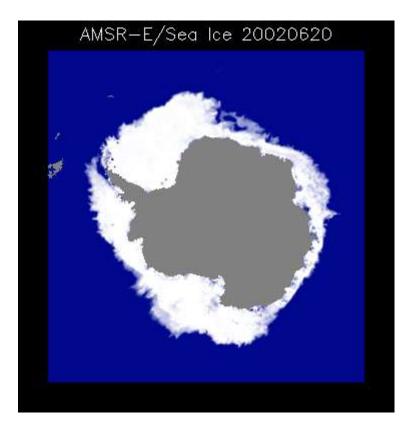
AMSR-Eの36.5GHz帯および18.7GHz帯(垂直偏波)の輝度温度データを合成したRGB画像(R:36GHz, G・B:18GHz)

マイクロ波画像は海氷の「レントゲン写真」

今、北極海で何が起こっているか

北極・南極域の海氷分布の推移(2002-2006)





JAXA

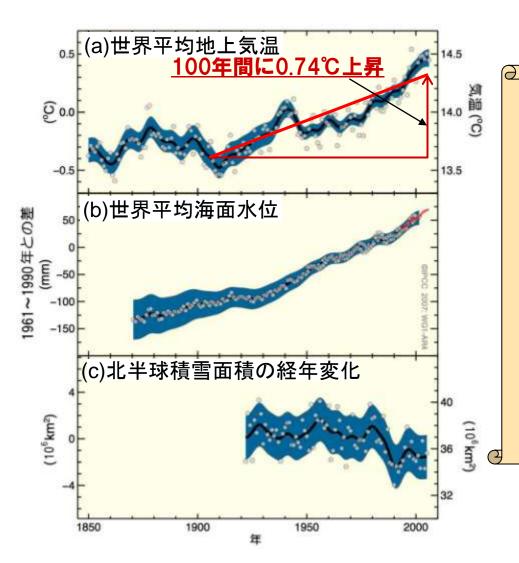
JAXA



「気候システムの温暖化には疑う余地がない」



IPCC第4次評価報告書(2007)



IPCC第4次評価報告書(気象庁訳)

「気候システムの温暖化には疑う 余地がない。このことは、

大気や海洋の世界平均温度の上昇、

雪氷の広範囲にわたる融解、

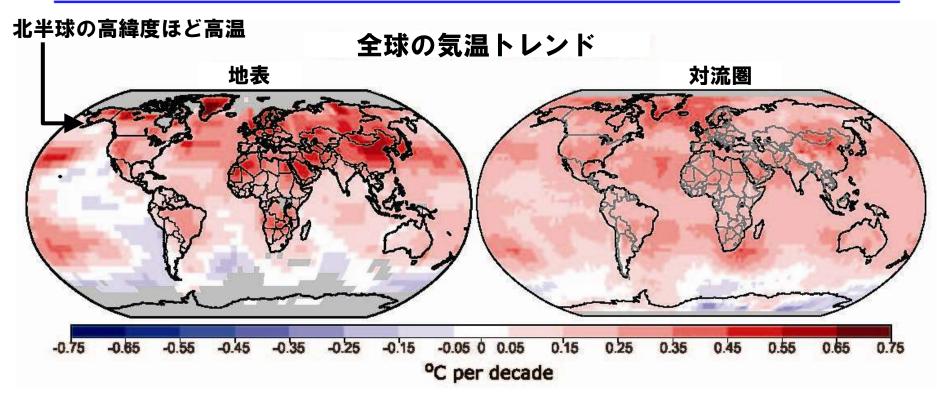
世界平均海面水位の上昇

が観測されていることから 今や明白である」

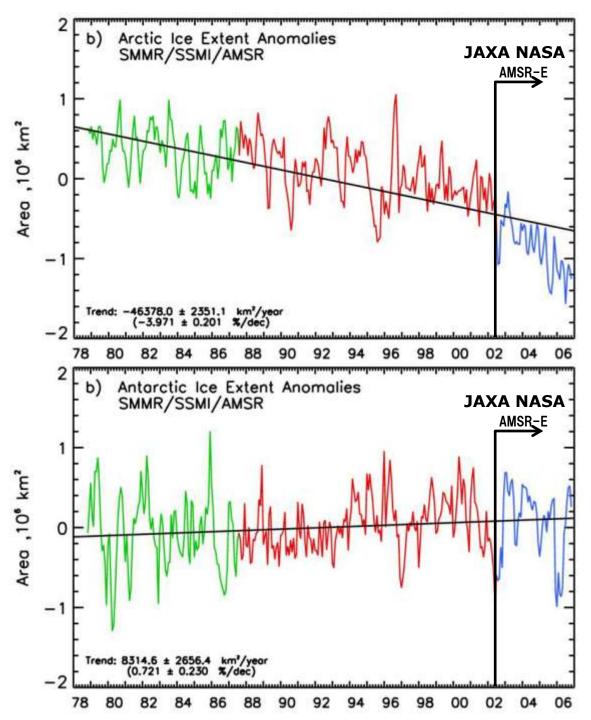


気温上昇は北半球の高緯度ほど顕著





北極域の過去100年間の気温上昇は、北極以外の地球全域平均のほぼ2倍の速度で進行しており、温暖化に伴うグリーンランド氷床や北極海に浮かぶ海氷の融解・縮小が懸念されている



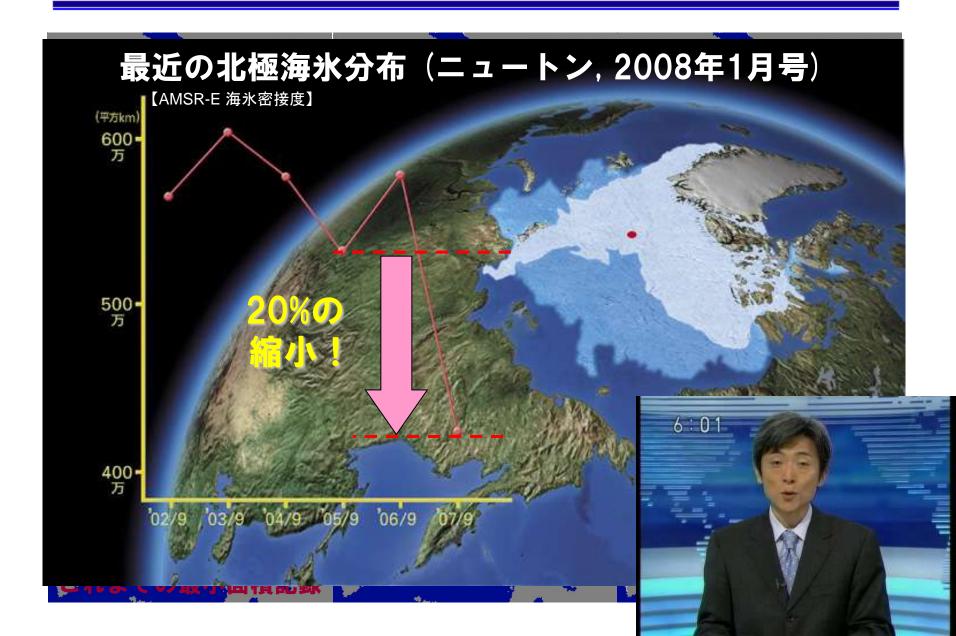
北·南半球の海氷面積 偏差の経年変化 1978 to 2006

北半球: 海氷面積は減少傾向

南半球: 一定 or 微増傾向



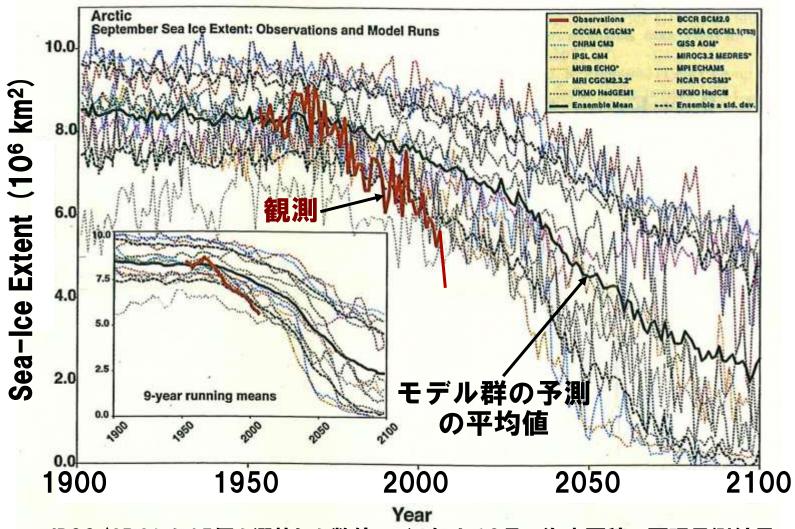






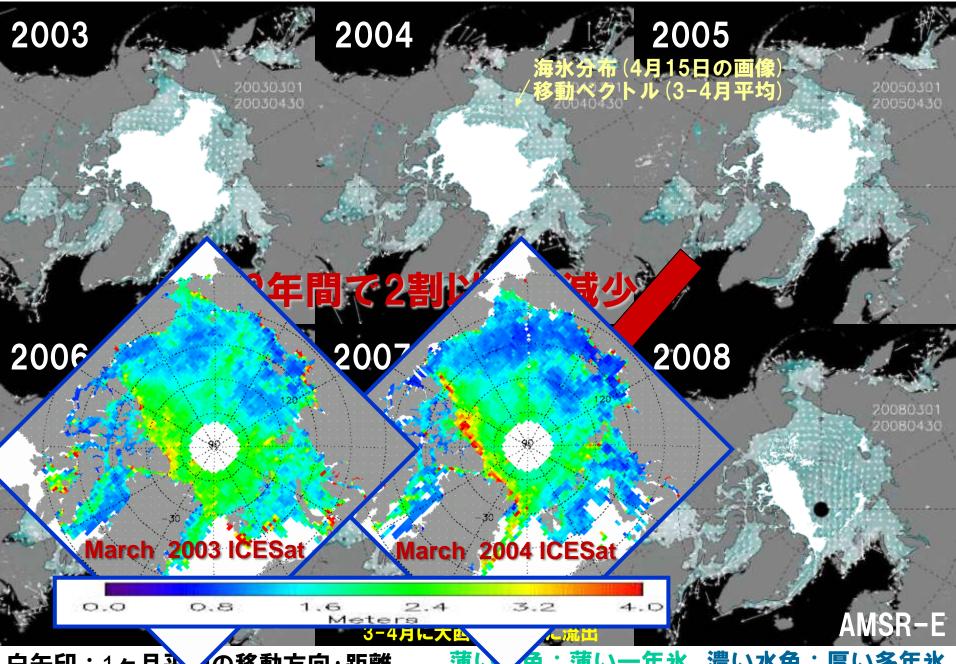
IPCCのモデル予測と現実



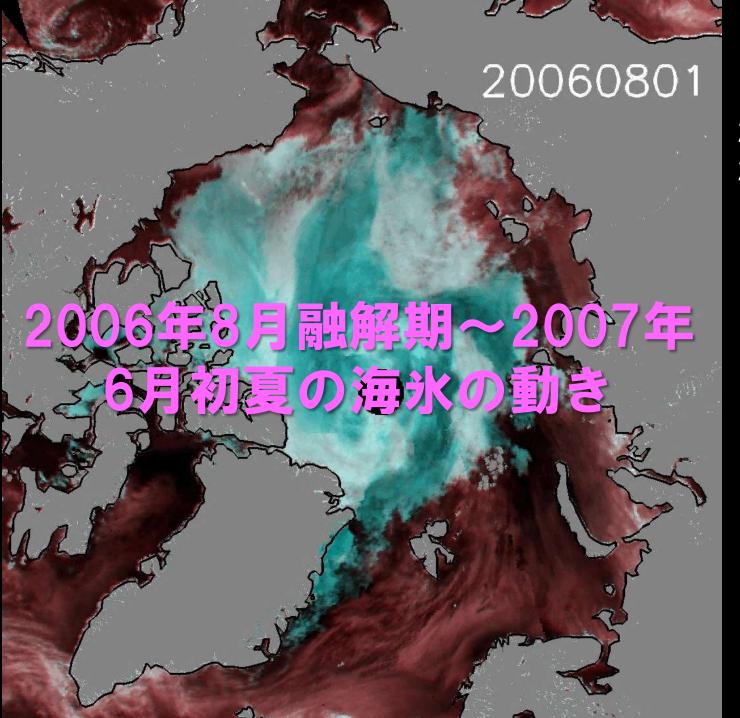


IPCC/AR4から15個を選抜した数値モデルによる9月の海氷面積の再現予測結果 (点線、黒太線はアンサンブル平均)と衛星等による観測結果(赤線)

夏期海氷融解の下準備:春期における多年氷域の急激な縮小傾向



濃い水色:厚い多年氷 白矢印:1ヶ月平人の移動方向・距離



マイクロ波

20060801~ 20070614

水色部分が 海氷域

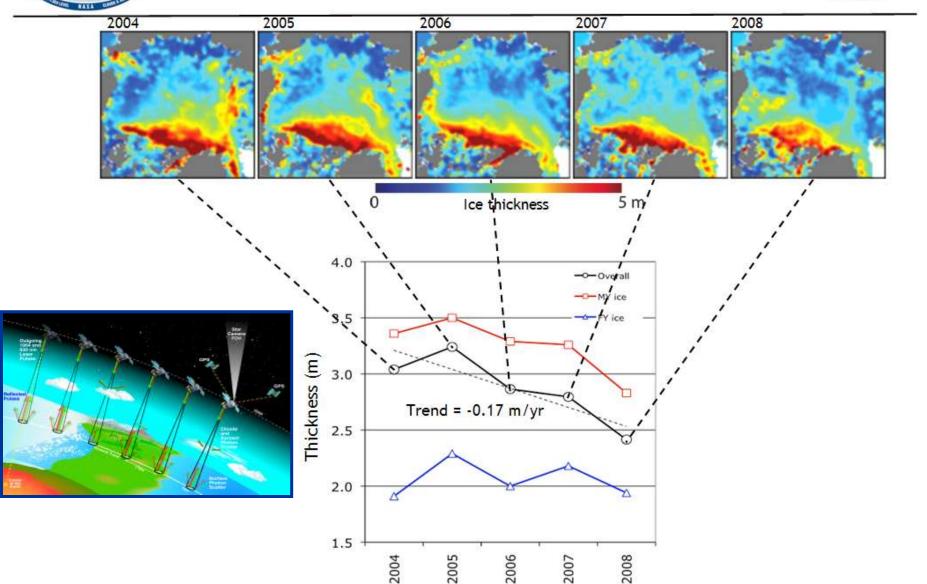
AMSR-E
JAXA/EORC

NASA ICESAT (レーザー光度計) による冬期の北極海氷厚の推移(2004-2008)

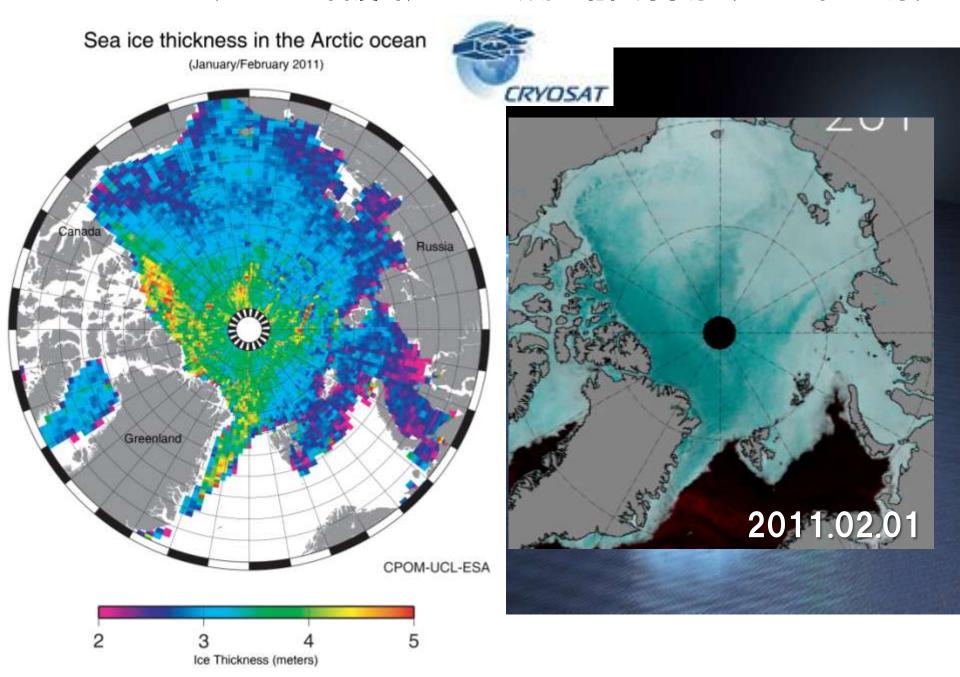


Trend in winter sea ice thickness



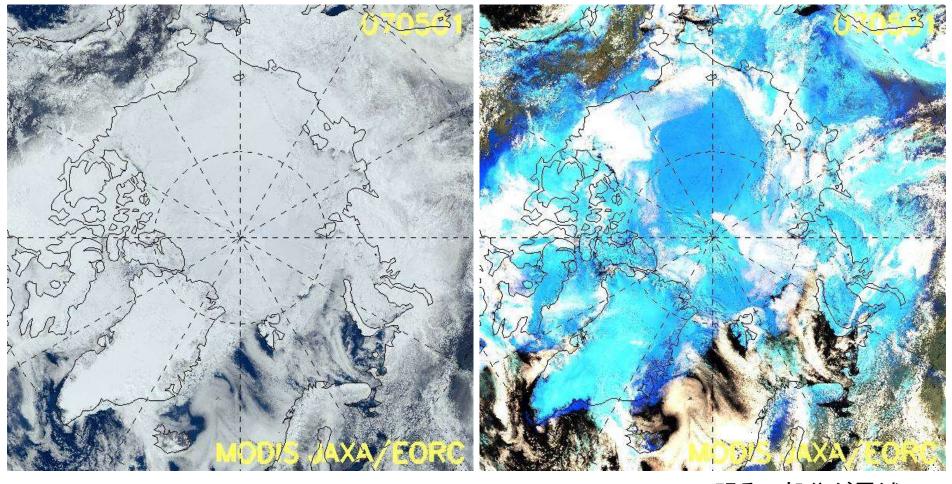


ESA CRYOSAT2 (レーダー高度計) による冬期の北極海氷厚(2011年1-2月)



2007年5月1日~8月25日の海氷上の雲の動き

光学



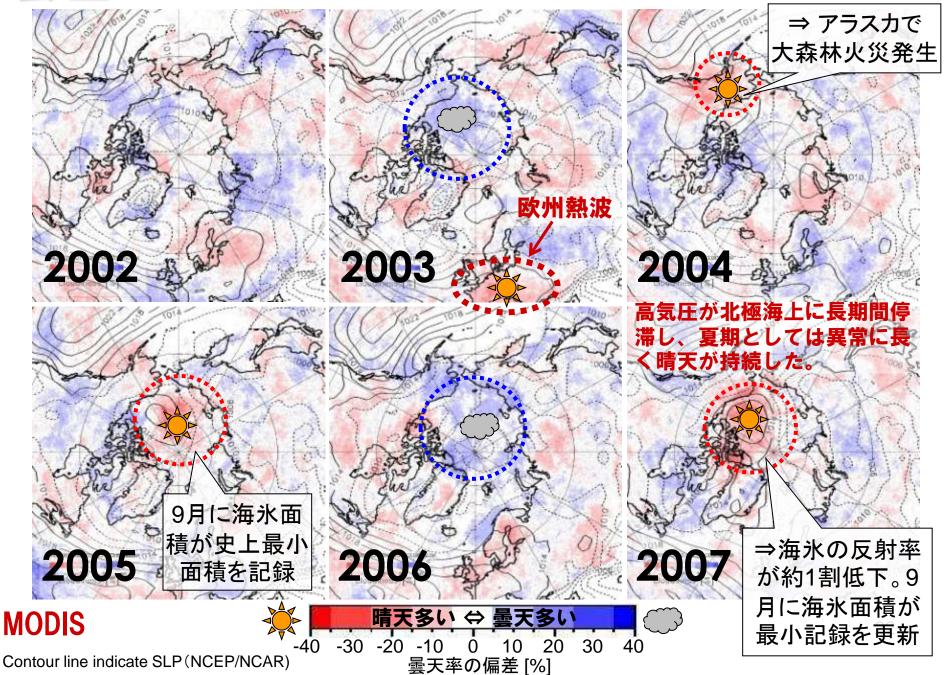
20070501 ~ 20070825

↑明るい部分が雲域

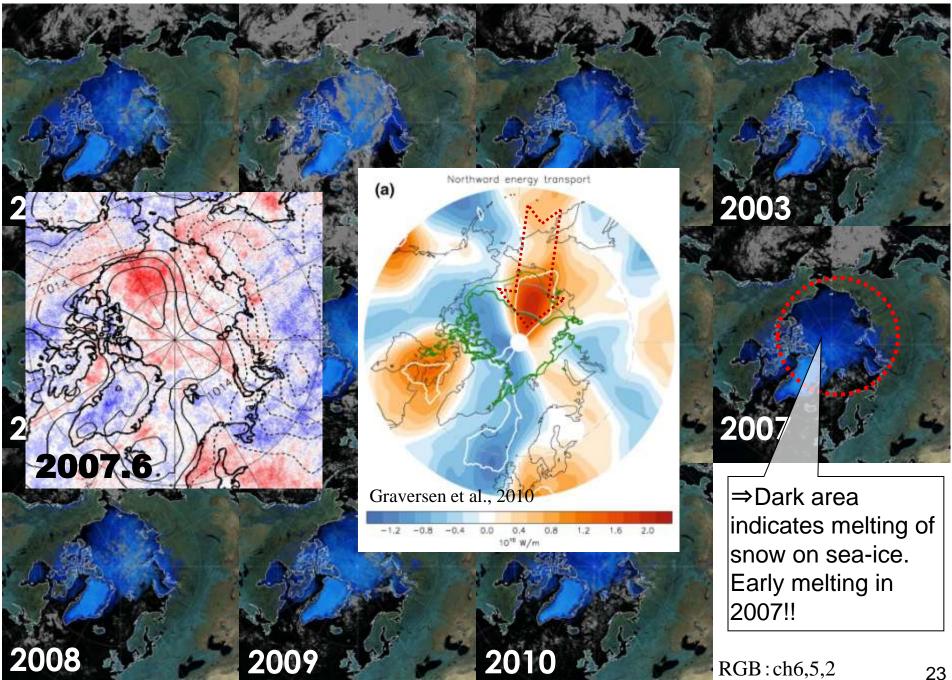
「光学センサの利点:雲が見えること」



夏期(6-8月)北極域雲量(8年平均からの偏差)



NIR-SWIR reflectance of the Arctic sea-ice (June 10-25, 2000-2010) MODIS



海面水温 9月の海氷融解最小時期の周辺海面水温

2003年9月18日 (2002年以降の融解期では最大面積)

海氷分布:AMSR-E 海氷密接度

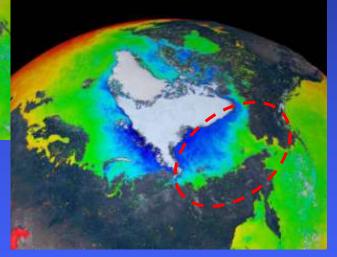
海洋部分:MODISの輝度温度※

陸域部分:MODISの反射率

2005年9月22日 (一つ前の最小面積記録)

265 270 275 280 285 290 295 300 Surface Temperature [K]

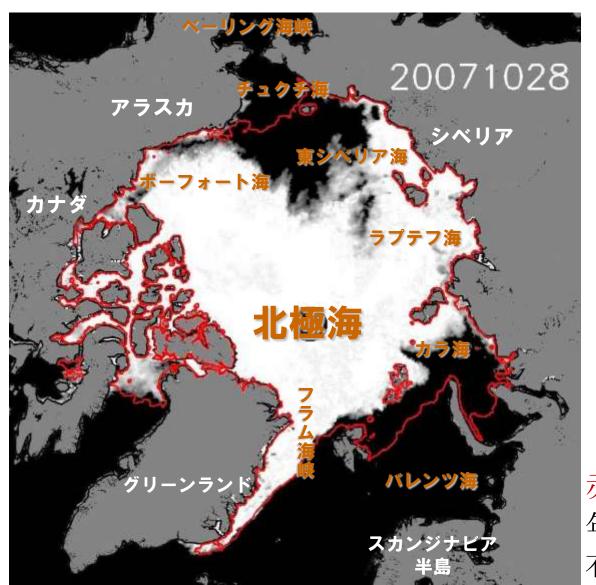
※海面の温度には8月15日-9月15日のデータを使用



2007年9月24日 (衛星観測史上最小面積)

海面温度が高温(10℃付近) に保たれていた。

2007年初冬(10月28日)の北極海氷の結氷の遅れ

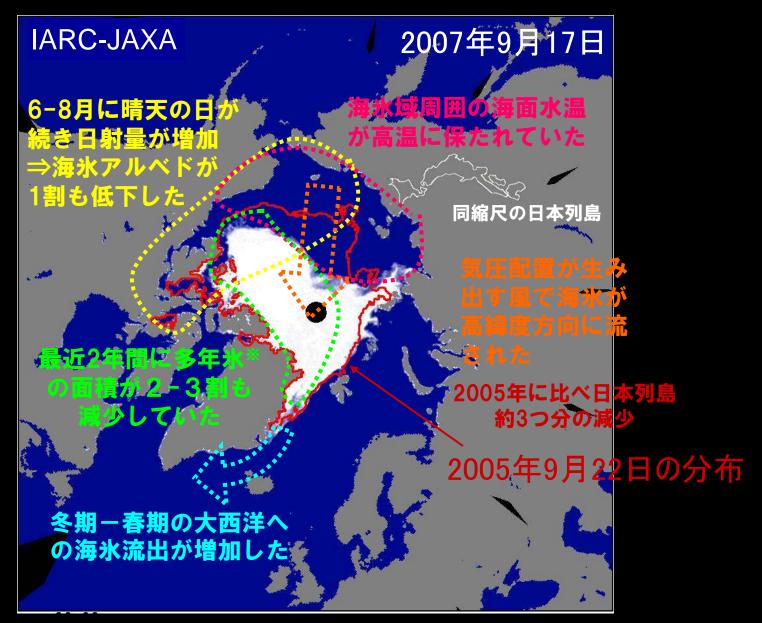


2007年の初冬は、 太平洋側では、チュ クチ海、東シベリア 海で、また、大西洋 側でも、カラ海の結 氷が大幅に遅れた。

カラ海側の結氷の遅 れは大西洋から流れ 込む暖流の影響か。

赤線は2002-2006年の6 年間の平均的な海氷分 布を示す。 25

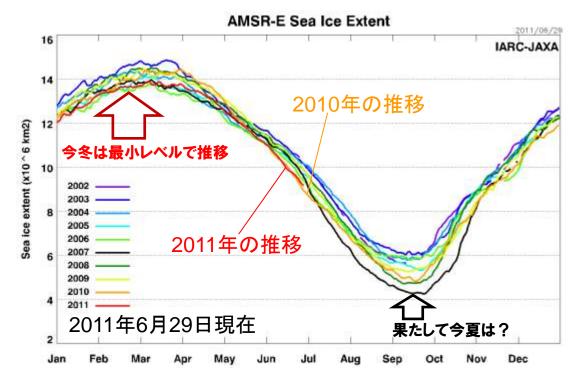
2007年の北極海氷縮小の主な要因:まとめ



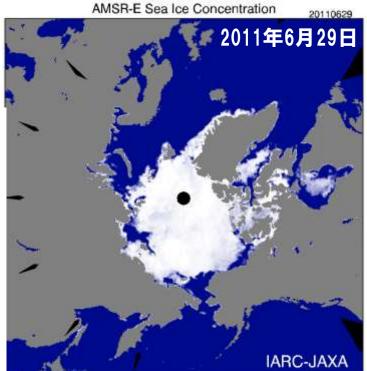
多年氷※:できて1年以上経った古くて分厚い(2-4m)海氷

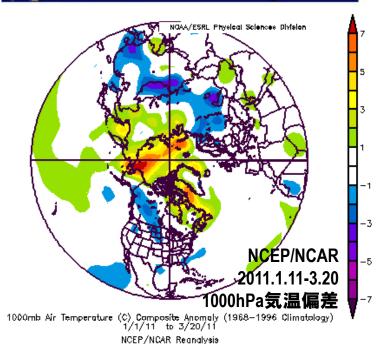


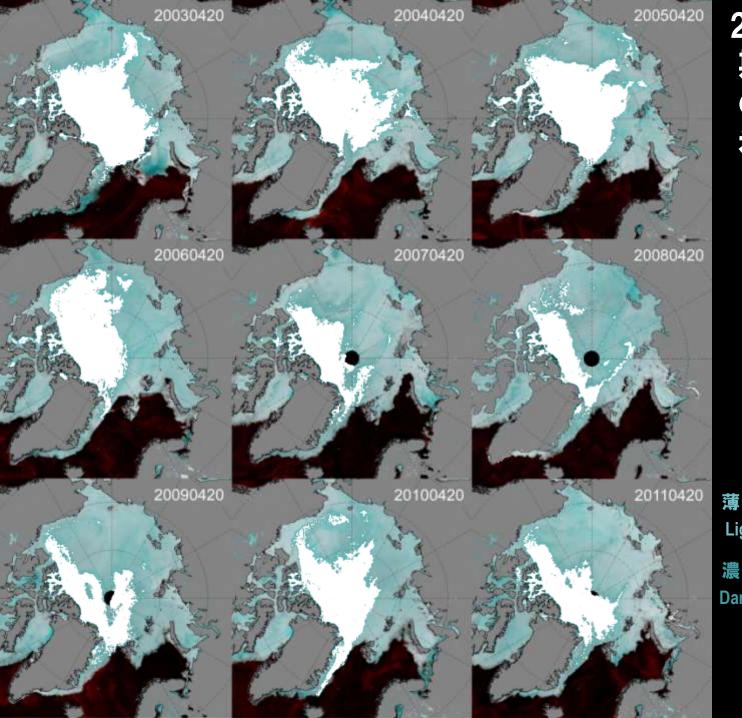
2011年の北極海氷状況



2010-2011年冬期は、北極域に限れば暖冬傾向にあり、1-2月期はAMSR-E運用中で最小クラスの面積で推移した。7月に入り海氷表面融解の進行も進んでいるが、現在も2002年以降で最小クラスの面積で推移し続けている(赤線)。







2003年以降春 期(4月20日) の北極海多年 氷分布の推移

薄い水色:一年氷(薄い)

Light blue: first-year ice (thin)

濃い水色:多年氷(厚い)

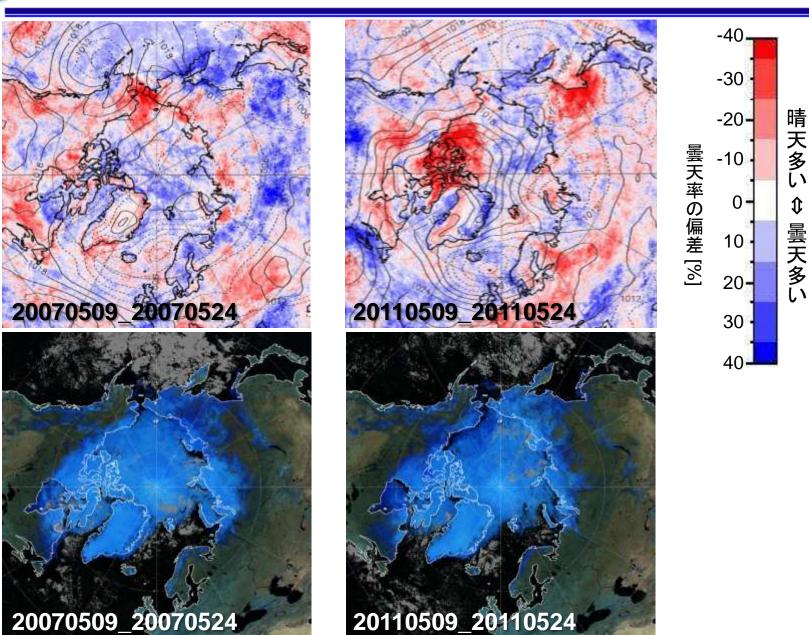
Dark blue: multi-year ice (thick)

AMSR-E



気象状況と海氷状態(春期:5月9-24日)





GCOM-W1衛星:平成23年度打上げ予定





2011年6月27日電波試験棟にて 保管中のGCOM-W1衛星

GCOM-W1 フライトモデル(プロトフライト試験中)



MANSR2 (AMSR-E後継センサ)を搭載



· GCOM-W1衛星は、AMSR2センサを搭載し、地球の水・エネルギー循環に関係する9つ の物理量(水蒸気、雲水量、降水量、海面水温、海上風速、海氷密接度、土壌水分) を観測する

· AMSR2は、AMSR-Eの後継機で、2002年以降観測されてきた物理量の観測を引き継

ぎ、長期観測データを蓄積していく



センサ	Advanced Microwave Scanning Radiometer-2 (AMSR2)
軌道	太陽同期軌道 Altitude:699.6km (over the equator)
大きさ	5.1m (X) * 17.5m (Y) * 3.4m (Z)
質量	1880kg
電力	4050W以上
打上げ	2011年度 (2012年冬期)
設計寿命	5-years

センサ仕様はほ ぼAMSR-Eと同一

⇒継続性を重視



3世代による13年以上の長期観測



GCOM-W/Cシリーズ衛星は、5年寿命の衛星を3世代にわたり打上げる(前後1年間重複)ことで、13年間以上の長期観測を実施する



※2号機打ち上げ後、1号機が安全に運用できる期間中は、2機の衛星により頻度の高い観測を行う計画です。

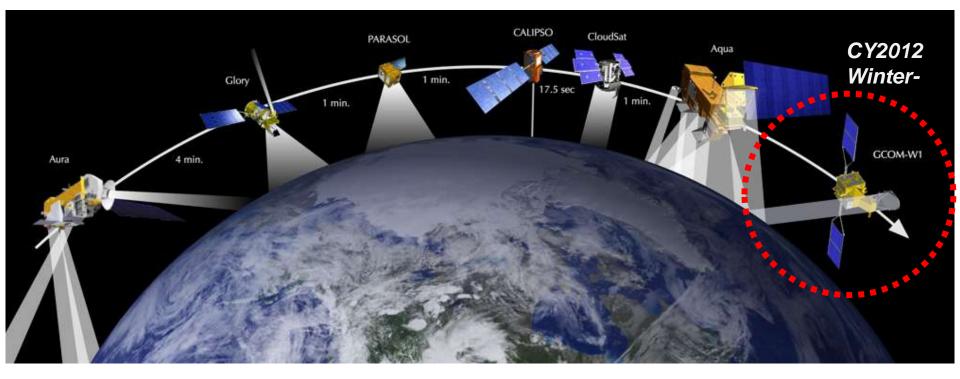
^{*}More frequent observation is planned to be conducted when the previous satellite can be operated safely with the succeeding one.



欧米の地球観測衛星が連なる軌道 A-Train (Afternoon constellation) に参加



A-Trainとは、高度約700km、昇交点通過地方時13時30分付近を観測軌道とする複数の衛星から構成される、NASA主導の地球観測プロジェクト



複数の衛星が同じ軌道を取ることにより、異なるセンサ間の データ比較が容易となり、より詳細な解析が可能となる GCOM-W1は平成23年度冬期、種子島宇宙センターから H-IIAロケットにより打ち上げ予定

