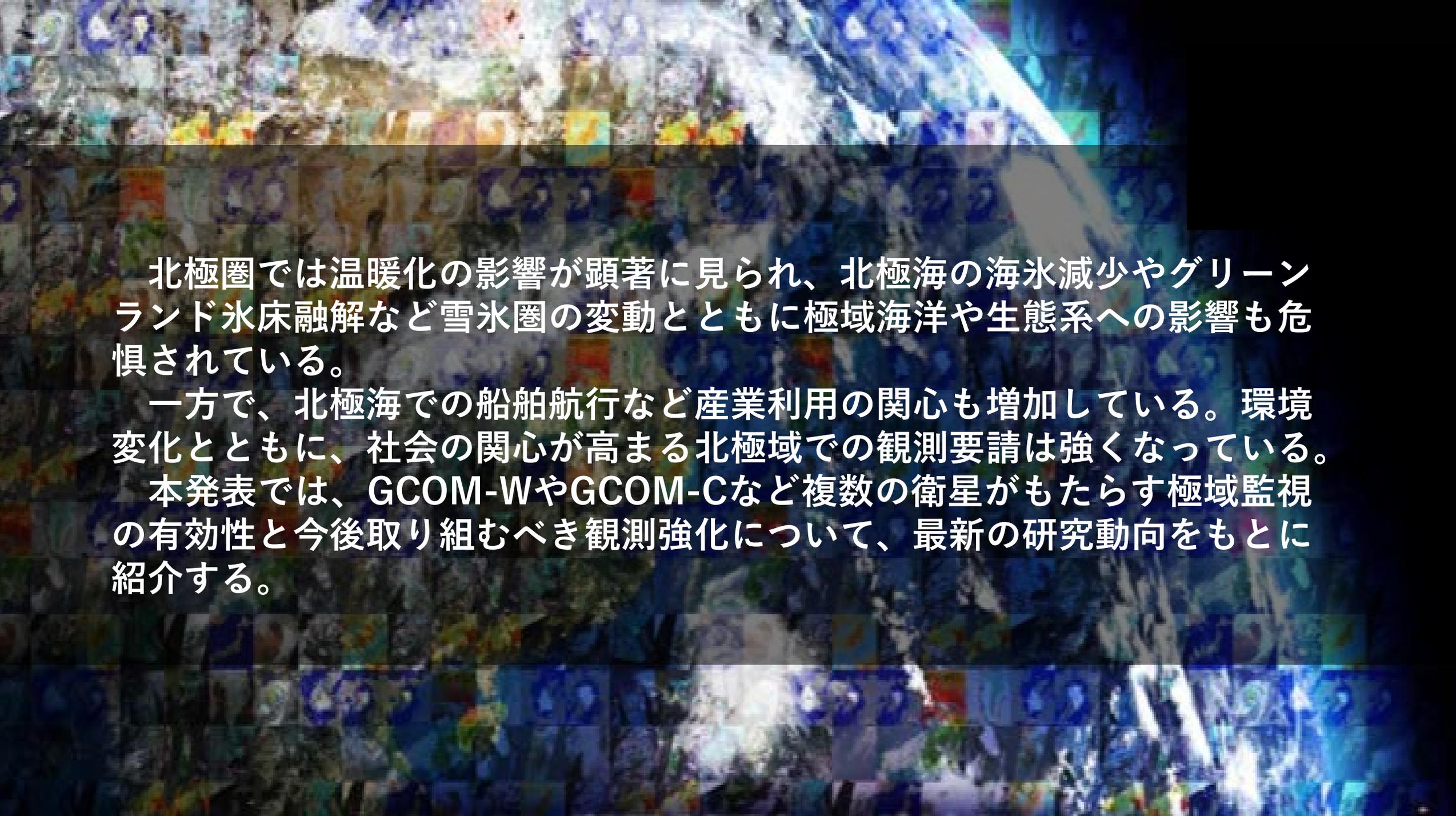


GCOM衛星利用シンポジウム  
「しきさい」と「しずく」がとらえた地球

# 衛星観測がもたらす極域環境変化情報と社会への影響

情報・システム研究機構国立極地研究所  
榎本浩之



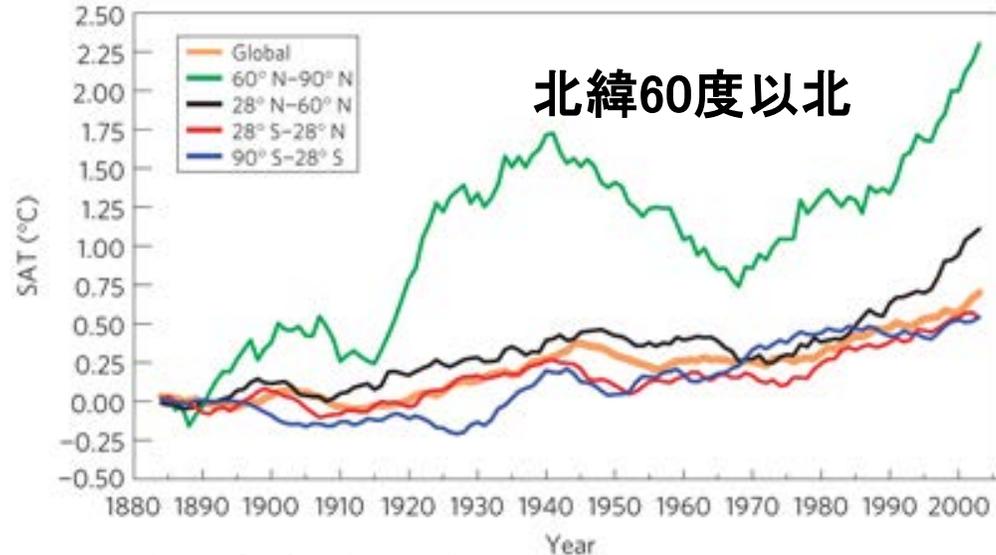
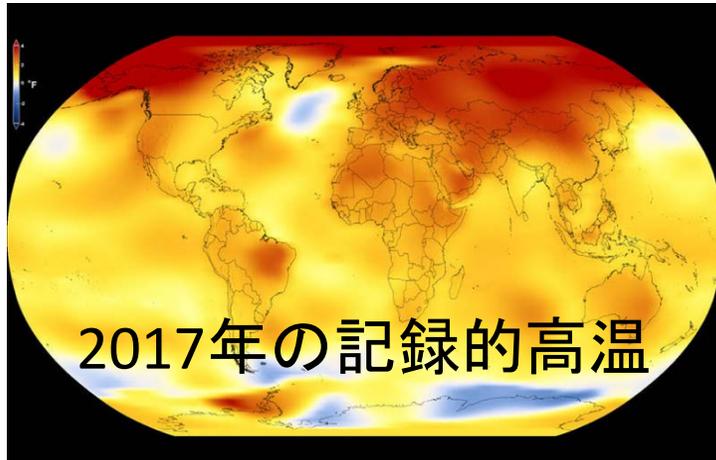
北極圏では温暖化の影響が顕著に見られ、北極海の海氷減少やグリーンランド氷床融解など雪氷圏の変動とともに極域海洋や生態系への影響も危惧されている。

一方で、北極海での船舶航行など産業利用の関心も増加している。環境変化とともに、社会の関心が高まる北極域での観測要請は強くなっている。

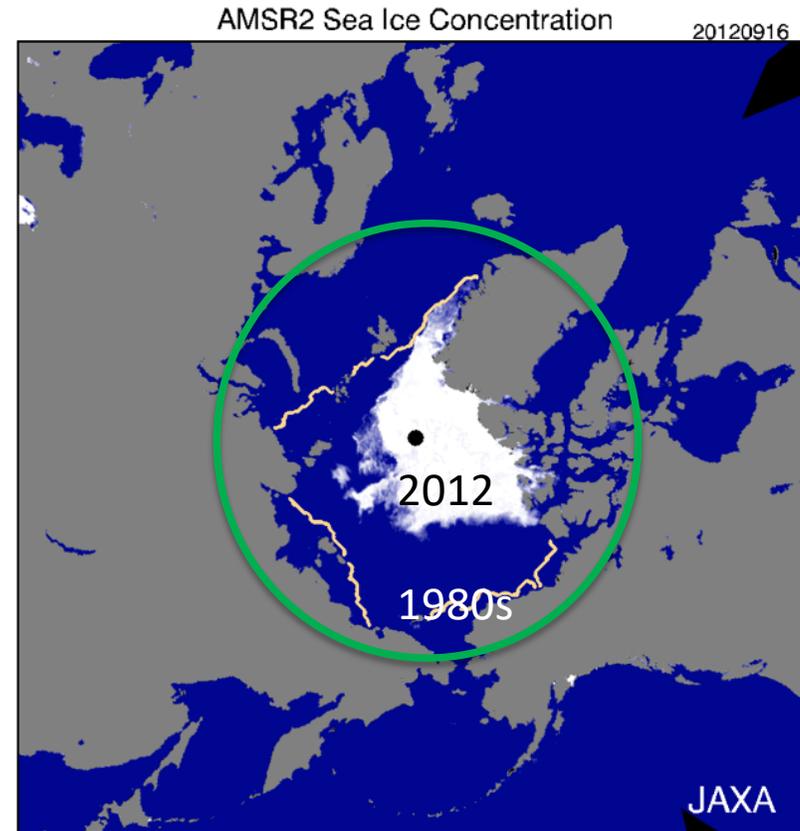
本発表では、GCOM-WやGCOM-Cなど複数の衛星がもたらす極域監視の有効性と今後取り組むべき観測強化について、最新の研究動向をもとに紹介する。

# 北極圏の温暖化と海氷減少

地球平均より2倍以上の速さで昇温。海氷減少と影響の連鎖



北半球の度帯ごとの気温変化(1880-1890の平均値からの差、9年移動平均) (Shindell and Faluvegi, 2009).



最小面積を更新した2012年9月の海氷分布。1980年代の半分となった (JAXA-ADS).

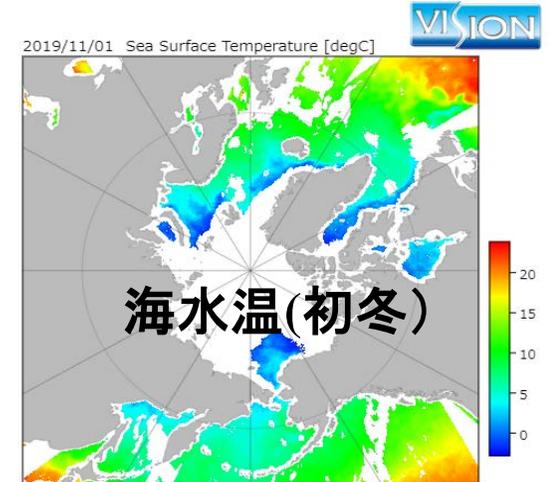
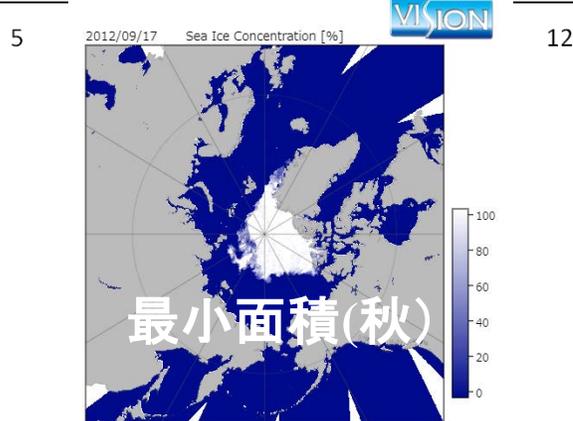
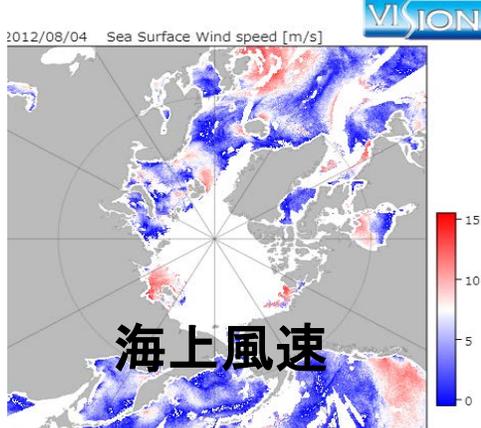
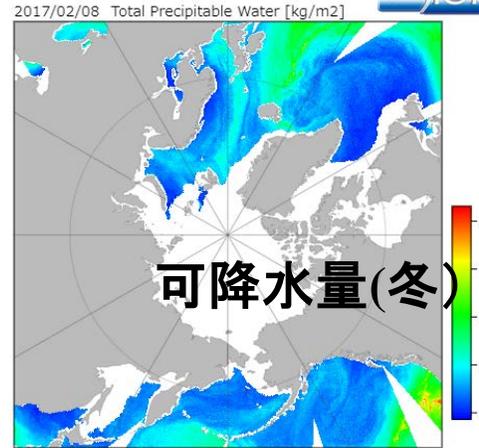
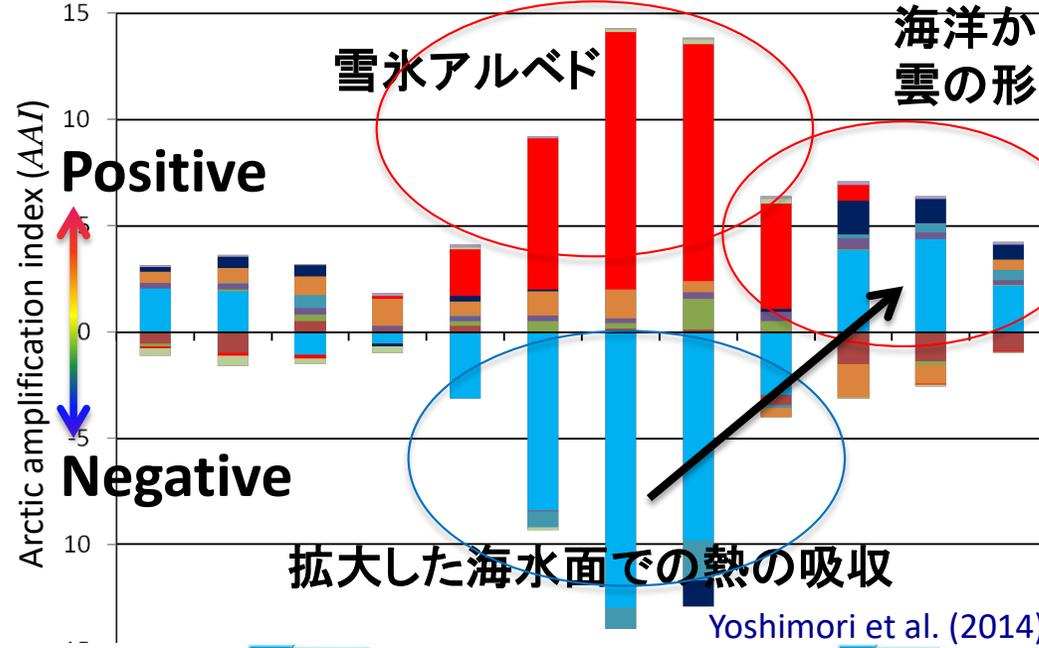
# 北極海の海水減少と温暖化増幅

季節を越え、要素を跨ぎ、異なった地域でおきる影響の連鎖  
⇒ GCOM-Wプロダクトによる追跡が可能

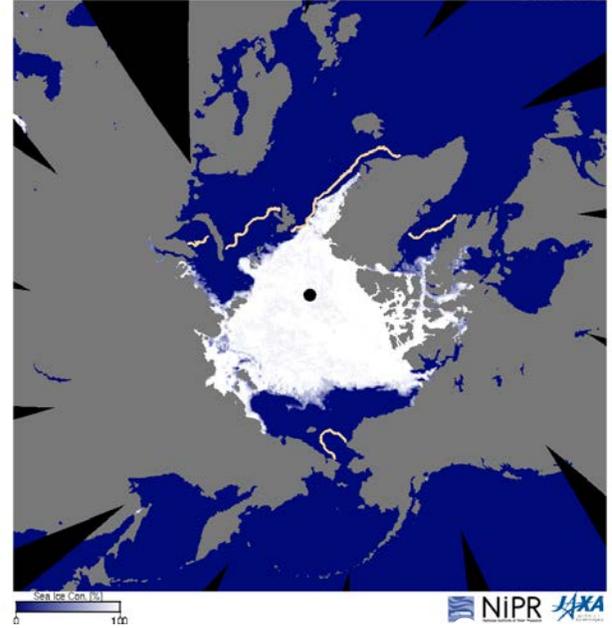
Spring Summer Autumn Winter



- 6～8月は昇温は少ない。雪氷の反射・融解、海洋による熱の吸収がある。
- 秋以降も、熱は海洋に蓄積されている。北極海の結氷が遅れ、海洋からの熱の放射、蒸発が続く。
- 発生した雲により昇温が維持される。降雪増加、降雨(ROS)も生じる。

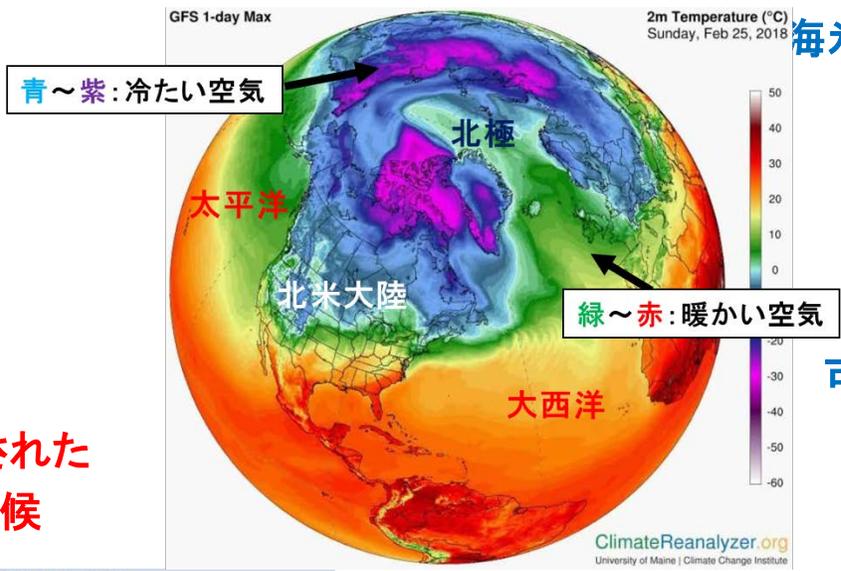


AMSR2 Sea Ice Concentration 20161101D



北極域の初冬の状態  
(2016年11月1日)。  
(実線は1980年代の  
同じ日の平均海氷縁。  
データ及び表示:  
JAXA, NiPR)

**結氷しない冬:  
夏の縮小状態が維持された  
影響連鎖 → 日本の天候**

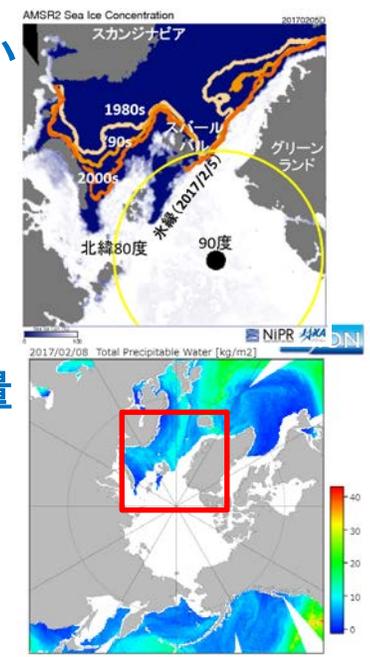


青～紫: 冷たい空気

緑～赤: 暖かい空気

海氷域縮小

可降水量

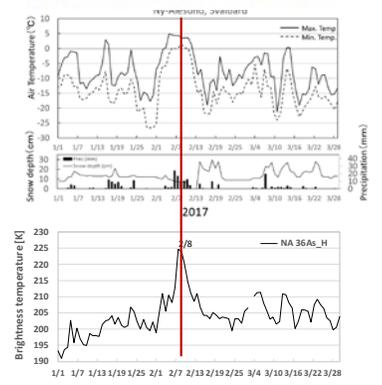


**ARCTIC CHANGES AFFECT MID-LATITUDE WEATHER**  
One of the major new areas of research since 2011 is on connections between Arctic changes and mid-latitude weather. Some studies have linked the loss of land and sea ice, along with changes in snow cover, to changes in Northern Hemisphere storm tracks, floods, and winter heating patterns. We have found evidence that the loss of sea ice has the onset and track of the monsoon.

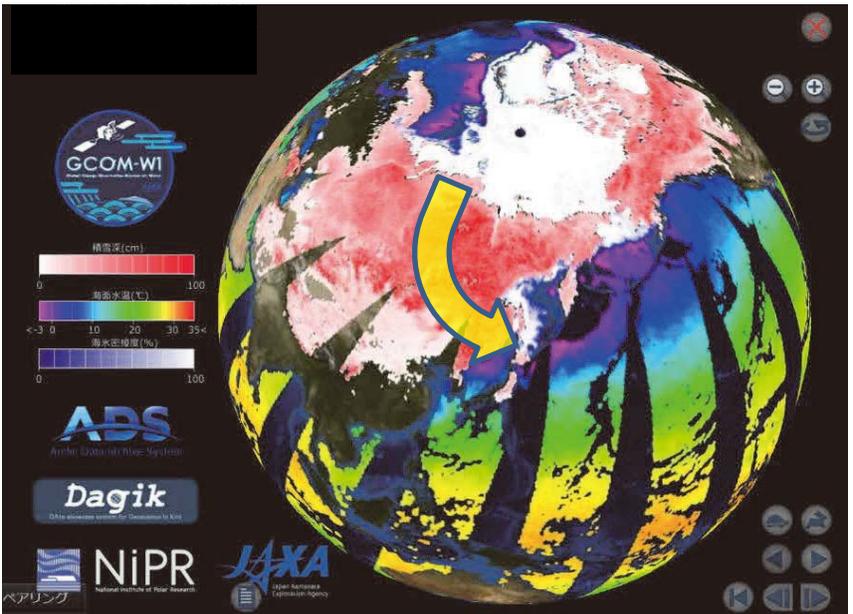
**北極が中緯度のアジアの気象  
や食料に影響している**

北極評議会WGLレポート、2017

**北極圏での  
冬季の降雨の発生  
Rain-on-Snow**



Ice crust on the ground

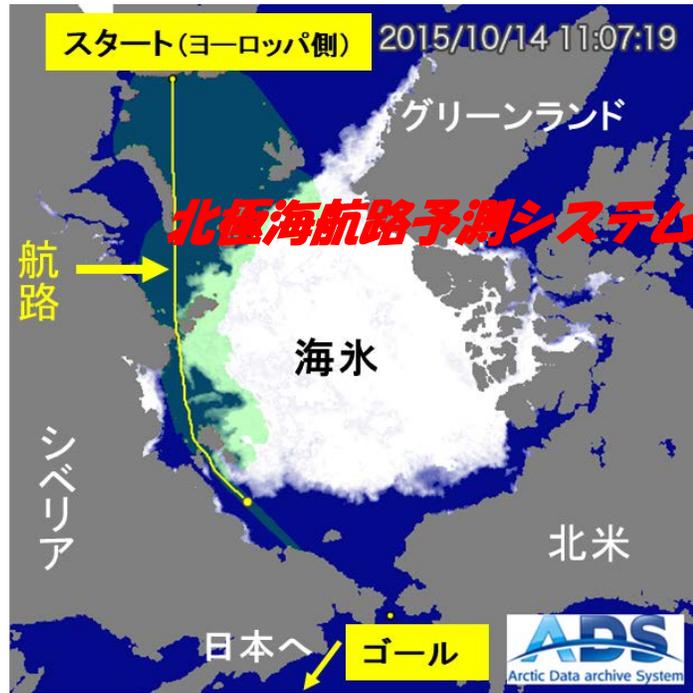


**日本: 記録的な低温、豪雪 2018年**  
・1月26日 さいたま市で氷点下9.8℃  
・2月2日 岩手県雫石で氷点下20.8℃  
・2月8日 山口市で氷点下16.0℃ 等  
いずれも観測史上最低気温を記録



Enomoto and Alimasi (2018)

- ◆ 海氷の減少により、北極海の航路としての商業利用が可能に
- ◆ ヨーロッパ～日本の海上輸送の日数、運行コストが大幅(3～4割)に縮減へ



国立極地研究所が開発している北極域データアーカイブシステム(ADS)による北極海航路シミュレーション

## 北極海航路に関する課題

海氷の減少の長期傾向

気候変動

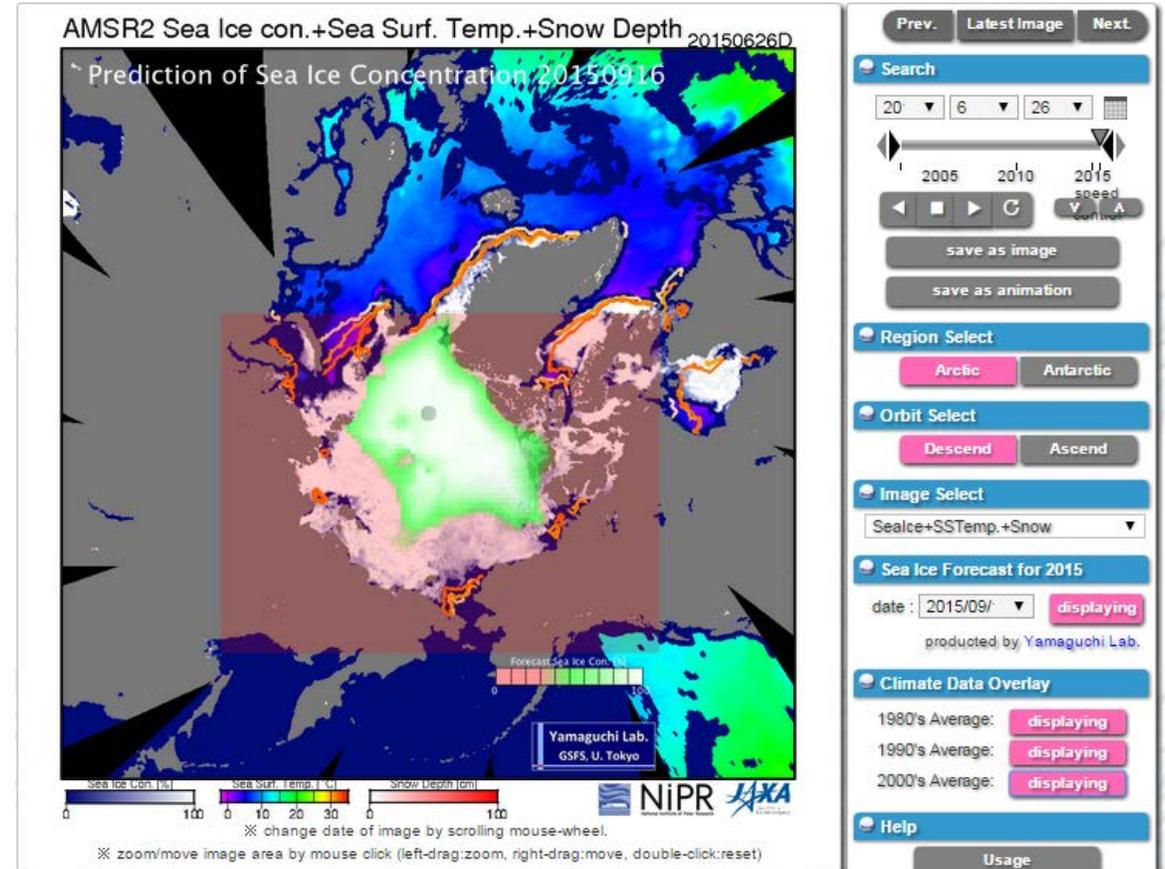
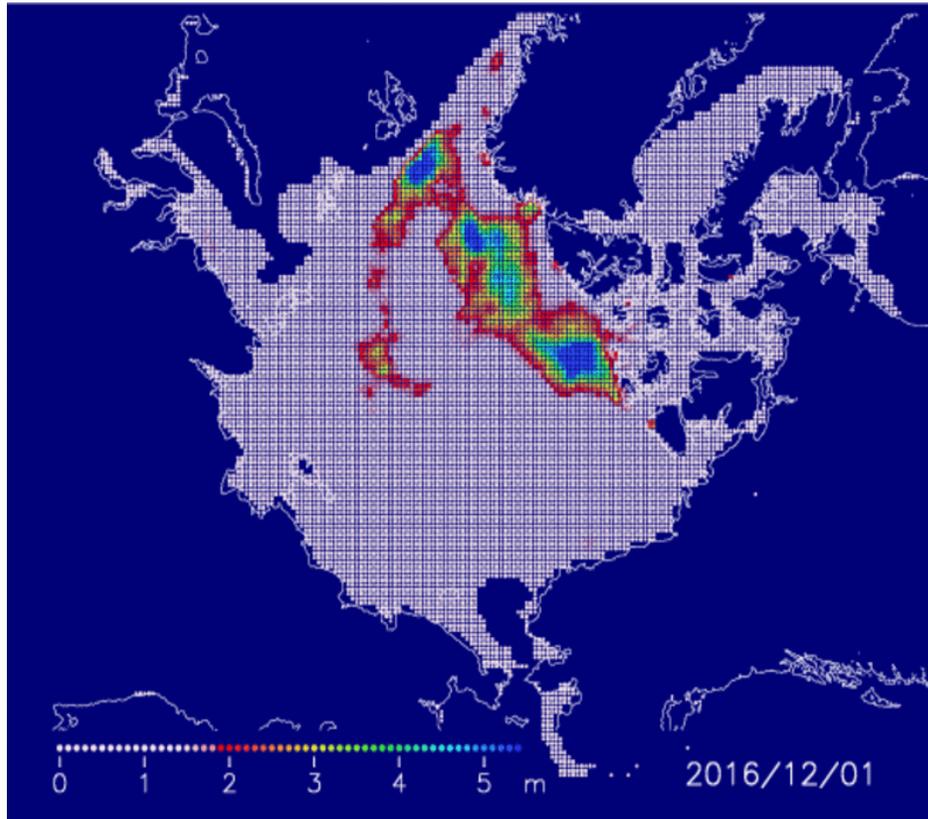
年間航行可能性

夏季融解予測／冬季成長予測

安全航行支援

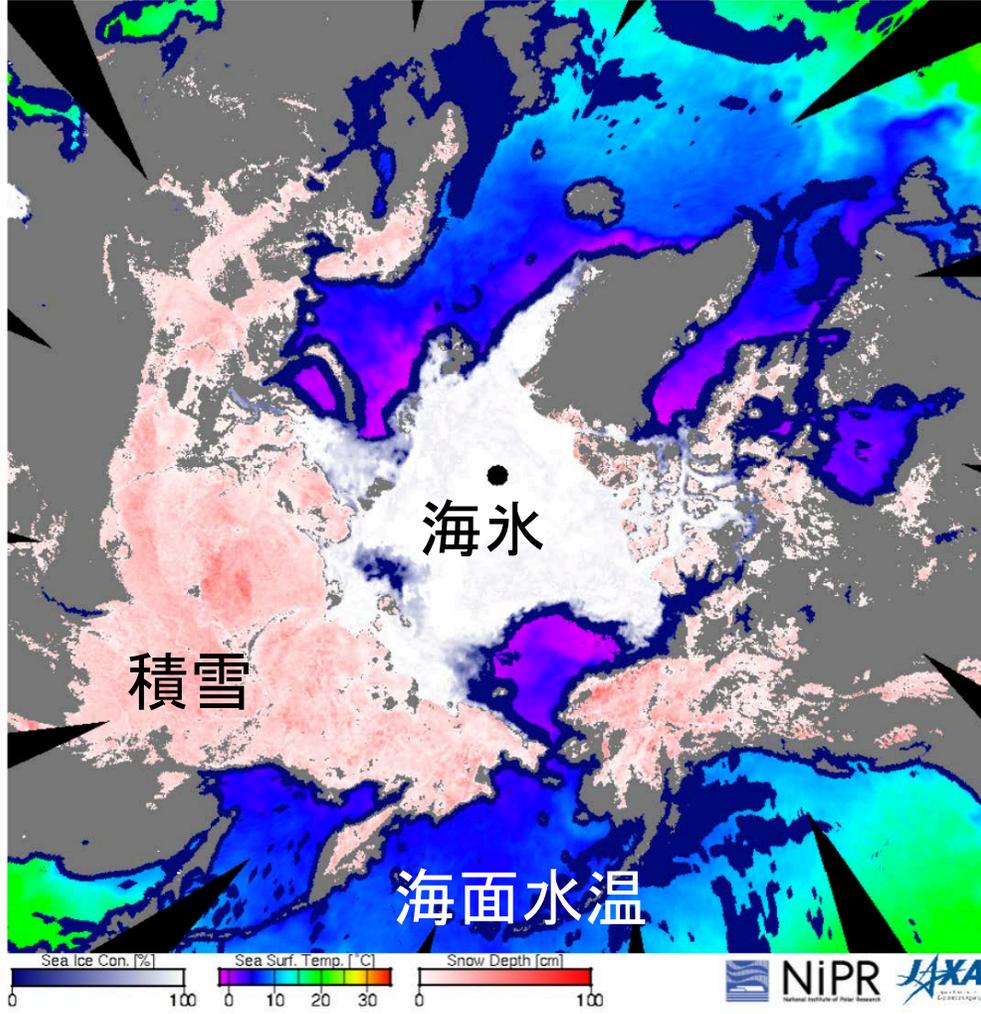
リアルタイム海氷・気象情報、  
ルート検索

AMSR2による冬季海氷移動観測から成長計算→ 春の海氷初期値、夏の縮小予測  
航路利用可能な時期や地域の情報

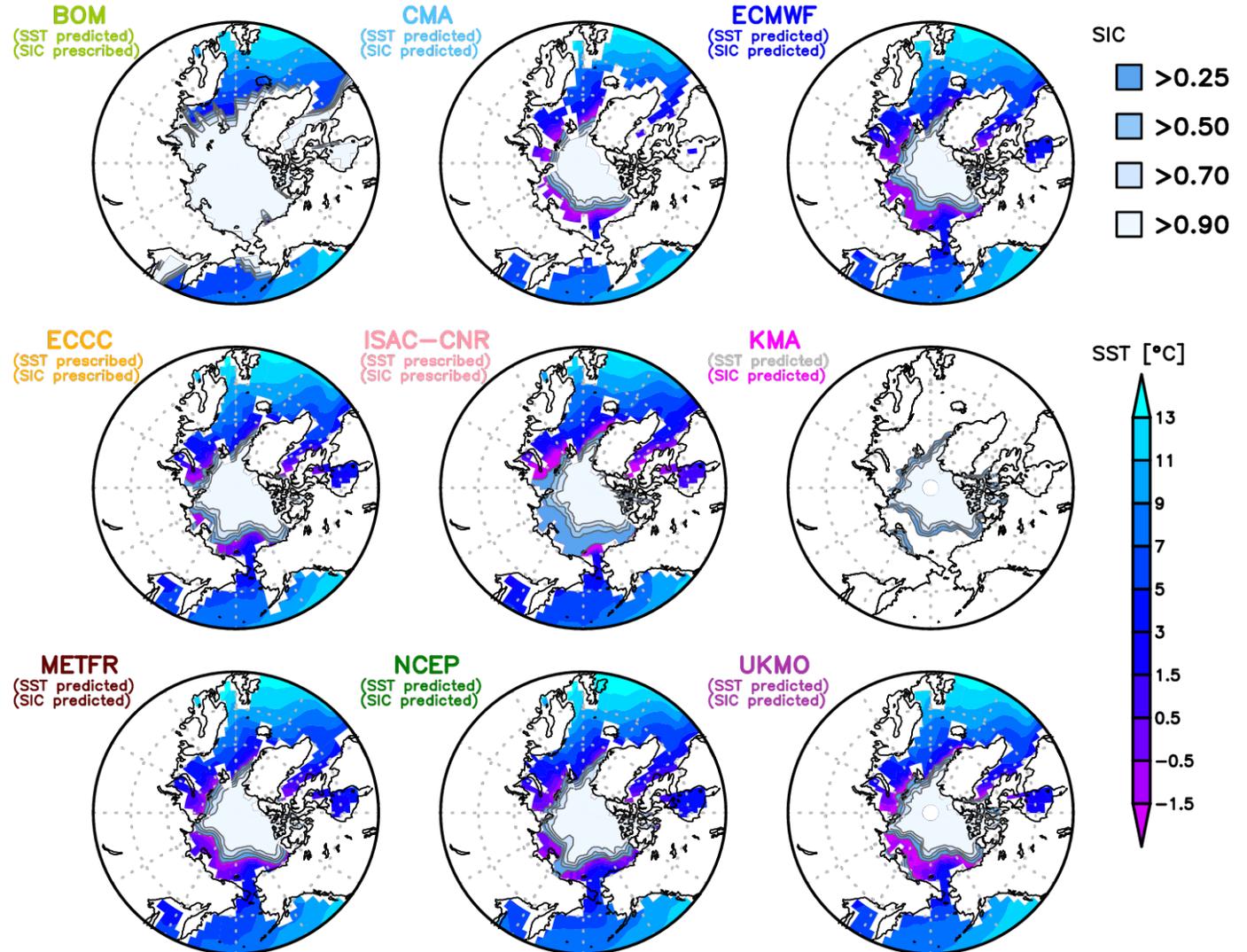


東京大学 木村詞明氏、山口一研究室 提供

AMSR2 Sea Ice con.+Sea Surf. Temp.+Snow Depth 20191031D

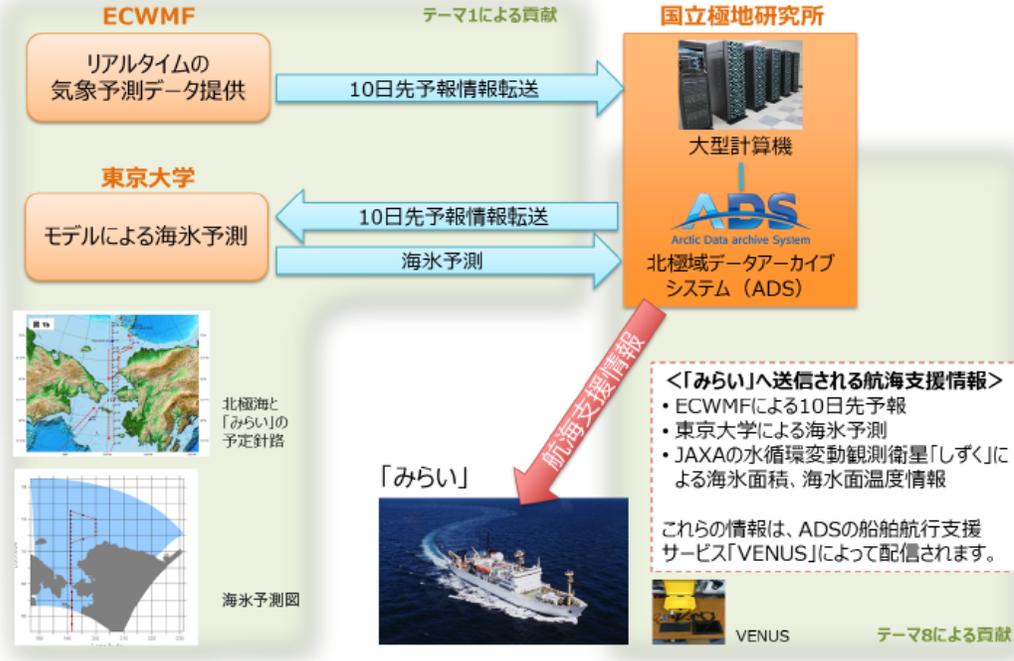


Arctic SST & SIC ensemble mean  
Initial: 2019.10.03(Thu), Valid: Week4(2019.10.25-2019.10.31)

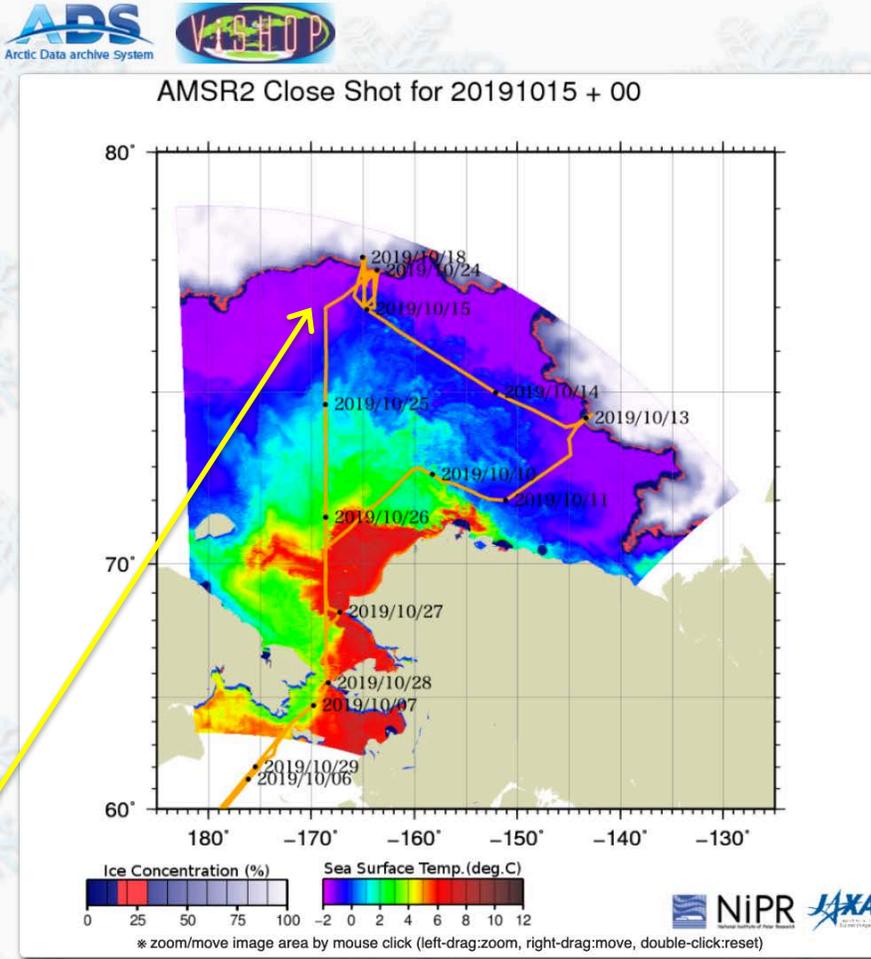


<https://ads.nipr.ac.jp/vishop/#/monitor>

## Vessel Navigator by Unitized Systems



極地研 猪上他



This service is partly based on data and products of the European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF).

This is a contribution to the Year of Polar Prediction (YOPP), a flagship activity of the Polar Prediction Project (PPP), initiated by the World Weather Research Programme (WWRP) of the World Meteorological Organisation (WMO).



Date setting

PREV. LATEST NEXT

2019/10/15

Base Image setting

Overlay Layers setting

- [SHIP] POSITION FROM GPS
- [GPV] WAVE DIR & PERIOD
- [GPV] WAVE HEIGHT
- [ICEPOM] SEA ICE CONCENTRATION
- [ICEPOM] SEA SURFACE TEMPERAT...
- [ICEPOM] ICE PRESSURE
- [ICEPOM] SEA ICE THICKNESS
- [ECMWF] SEA SURFACE PRESSURE
- [ECMWF] WIND DIR & SPEED @ 10M
- [ECMWF] AIR TEMPERATURE @ 2M
- [ECMWF] SEA ICE CONCENTRATION
- [ECMWF] SEA SURFACE TEMPERAT...

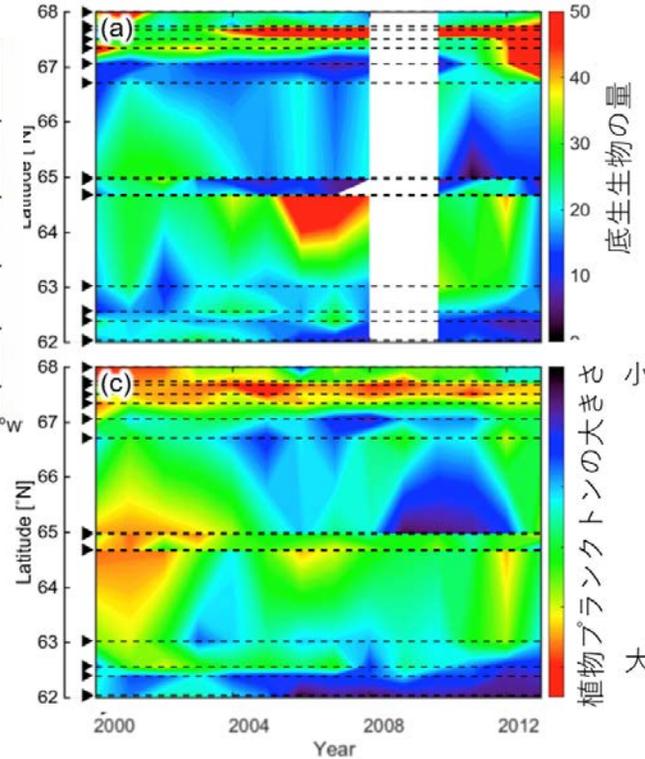
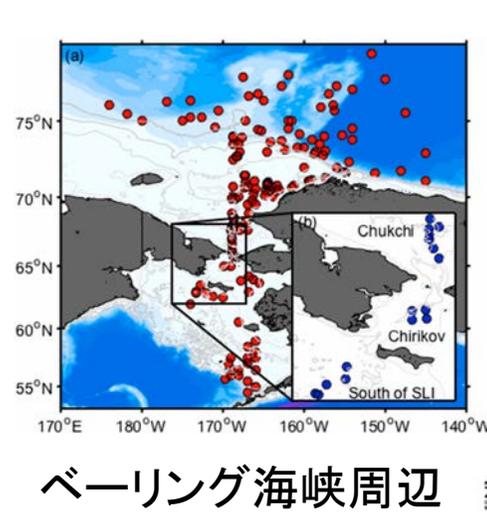
IcePOM Forecast setting

Time [hour]

## 海水域縁辺部の

生態系の北方シフト  
鉛直方向の変化

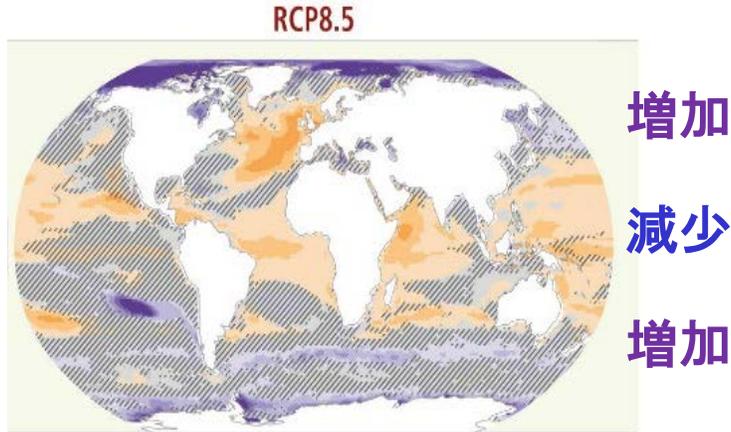
GCOM-Cによる観測計画  
生態系の構造変化予測  
⇒ 漁業、社会へ



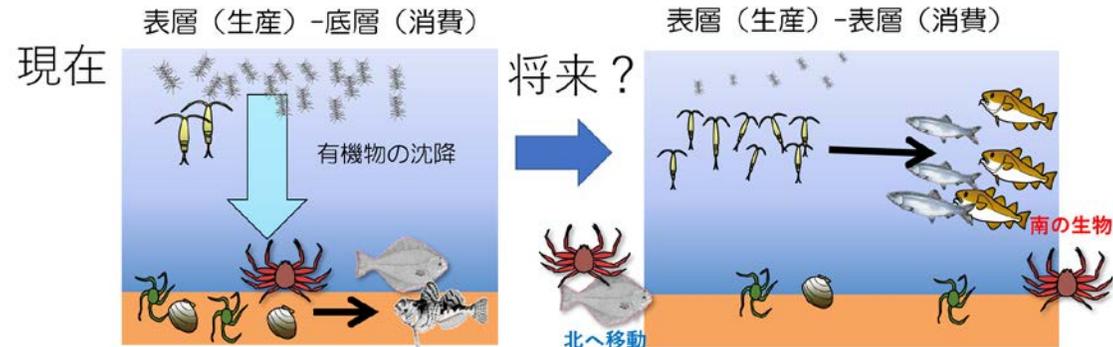
衛星による植物プランクトンの大きさの観測

海面付近に大きな植物プランクトンが沢山いる  
= 底生生物の量が多い  
= 上から餌が落ちてくる

Waga, H., et al., (2018)  
Deep-Sea Research II,  
162, 114-126

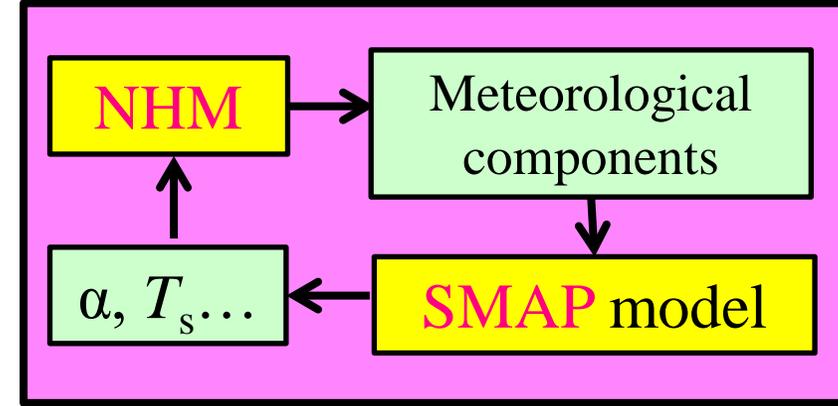


純一次生産の予測  
(IPCC, 2019)

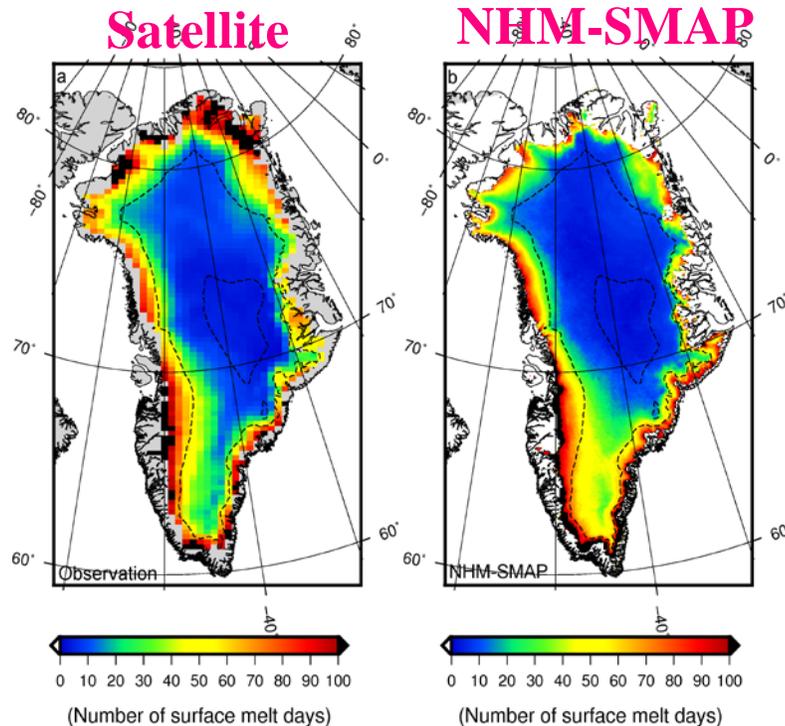


# グリーンランド氷床領域気候モデルNHM-SMAP

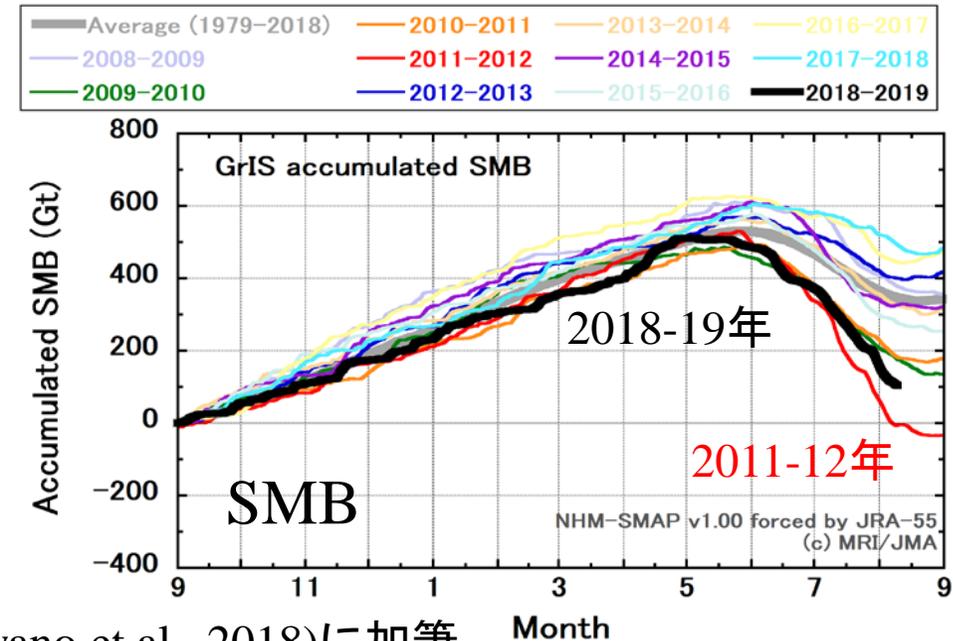
- ✓ 水平解像度5kmの非静力学領域モデルと積雪変質モデルを結合
- ✓ 地上気象、積雪構造、表面質量収支、熱収支計算が可能
- ✓ 高精度海水準予測に寄与
- ✓ 衛星プロダクトで検証、高度化



## 2012年夏季の顕著な表面融解再現



## 各年の表面質量収支計算結果

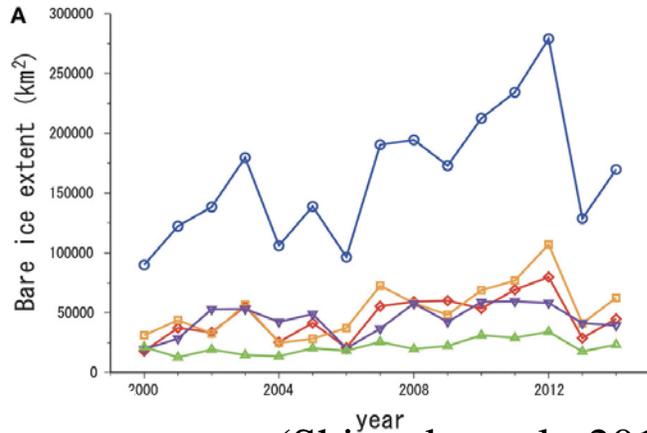
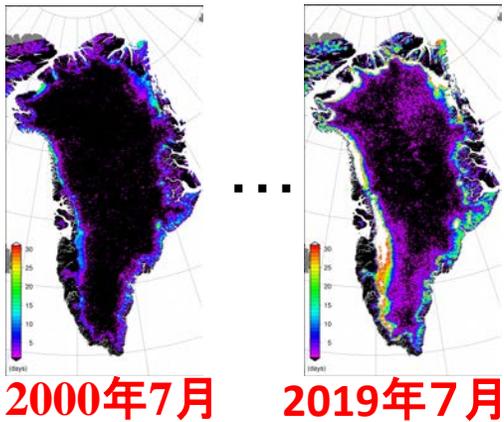


(Niwano et al., 2018)に加筆

Month

# 衛星プロダクト、数値モデル、地上観測の関係

MODISデータから求めた裸氷日数(2000年～)



(Shimada et al., 2016)

**雪氷圏変動監視の重要衛星プロダクト**

- ✓ 積雪面積
- ✓ 裸氷域・暗色域面積
- ✓ 表面融解面積
- ✓ 積雪粒径
- ✓ アルベド
- ✓ 表面温度 ....



AWS, Ice core,  
Spectrometer...

**地上観測**

検証

**MODIS衛星  
プロダクト  
(2000年～)**

継続

**GCOM-C衛星  
プロダクト**

(2018年) 検証

比較・検証

検証      物理過程改良

**地球システムモデル (ESM)**

- ✓ 衛星と同じ物理量の長期予測
- ✓ 積雪不純物による放射強制力
- ✓ 温暖化と海水準予測

雪氷物理  
過程の共  
通化

**領域モデル(NHM-SMAP)**

- ✓ 衛星と同じ物理量の準リアルタイム計算
- ✓ 氷床表面の物理状態監視

## IPCC SROCC Polar regions “Key Knowledge Gaps and Uncertainties”

- 南大洋の海洋循環
  - 海氷上の積雪
  - 北極域の陸上の積雪水量の長期傾向
  - 極域生態系と生物多様性の知識の地域的不足
  - 氷床氷河の変化と海水準への影響
  - 海洋に接する氷床不安定性システム
  - 極域生態系と人々のリスク減少とレジリエンス強化の効果と限界
- ⇒ **複合(compound)および連鎖(Cascading)影響の把握と対処**

- 北極における海氷、氷床、積雪、生態系など急速な変化。
- 気候要素、時期、地域を超えた変化の連鎖。その各過程の把握に衛星観測が利用される。
- 極域で起きている変化：遠隔・地域的からグローバルな影響。
- 北極海の海氷減少を機に、船舶航行や産業への関心／信頼性の高い気象・海象情報・予測の必要性。
- 気候の影響の現れ方：地域、時期、要素をまたぎ複雑。現地観測、モデル、そして広域で持続的な衛星観測が支える。
- 研究データ提供と社会に向けての情報発信（知識と意識の共有）。環境、防災、産業に有効。衛星データは、広範性、観測と情報入手の安定性、可視という特長がこれに大きく貢献する。