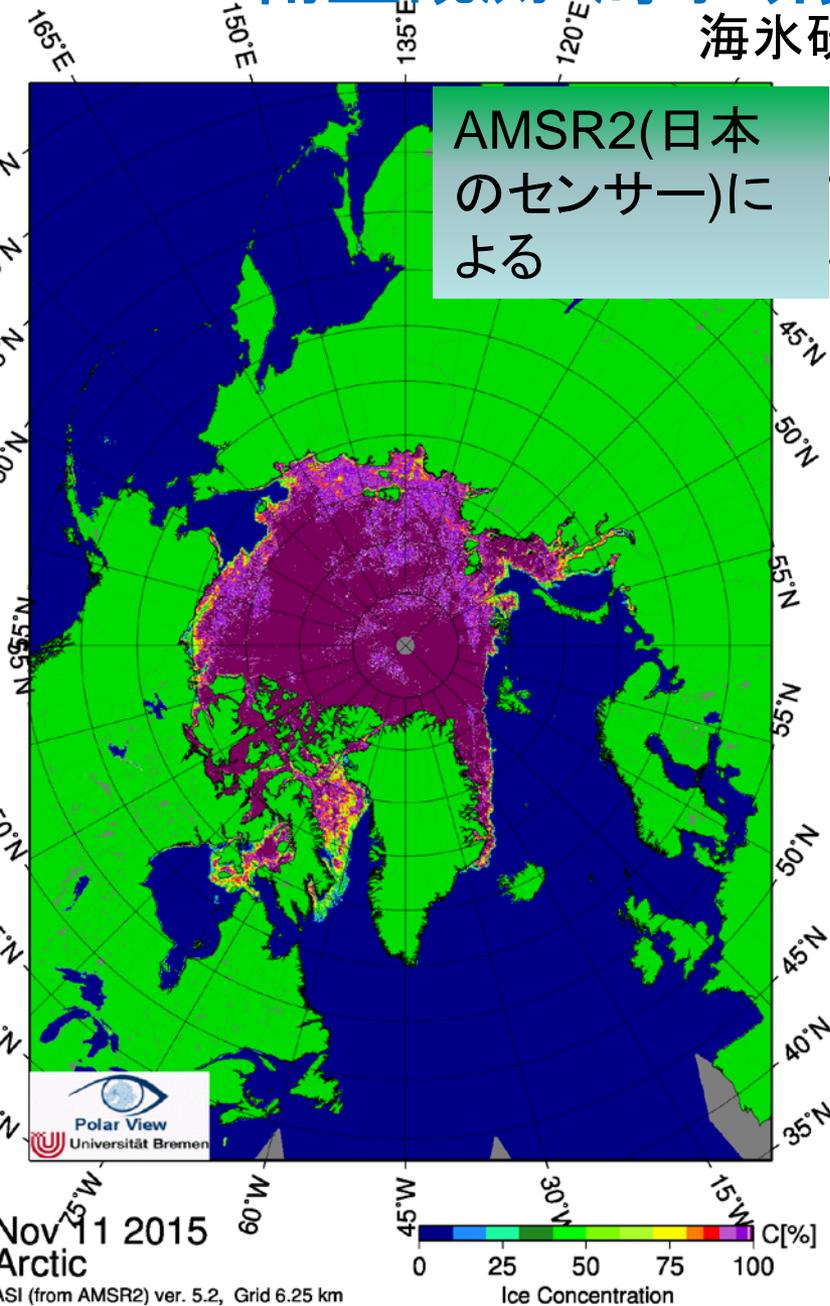


# 6. 衛星観測：海水研究の生命線

海水研究は衛星リモートセンシングにより進展してきた



1972年前 種々の沿岸観測データを収集して解析

1972

**ESMR**

マイクロ波放射計により、初めて  
全球での海水分布がわかるようになる

1978

**SMMR**

1987

**SSM/I**

分解能 25km  
現在も継続

2002

**AMSR, AMSR-E**

日本の衛星センサー  
分解能 6.3-12.5km

**AMSR2**

2012

日本の衛星センサー

日本のセンサー  
AMSRシリーズは  
今や海水研究  
の生命線

今後

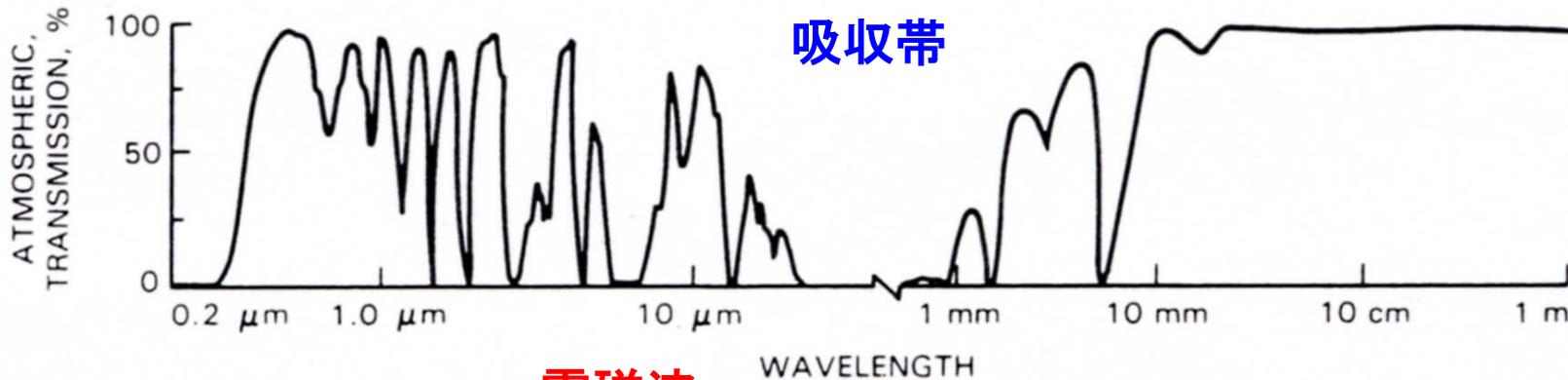
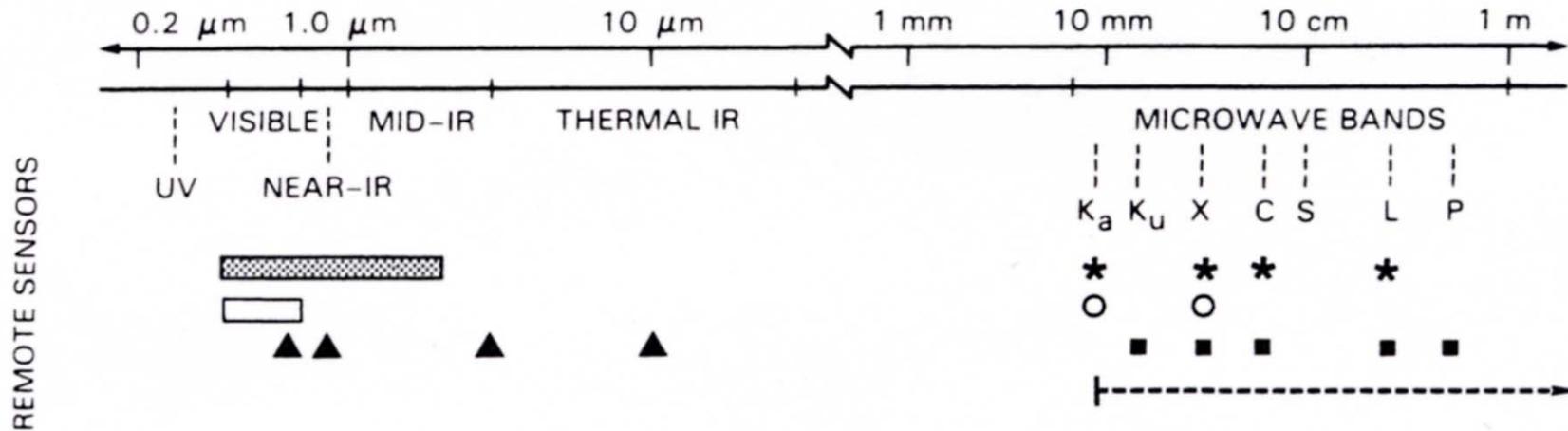
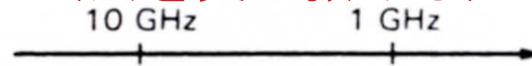
**AMSRの後継機 ?**



可視光  
太陽光の反射

赤外線  
地球放射：温度

マイクロ波  
(雲を突き抜ける)



電磁波

- ▲ Advanced Very High Resolution Radiometer
- Visible Photography
- ▨ Multi-Spectral Scanners
- Penetrates Through Clouds, Rain, and Snow

- SAR, RAR, and Scatterometers
- Radar Altimeter
- ★ Passive Microwave Radiometers

# (衛星)リモートセンシング

- 能動センサー(自ら電磁波を出し、そのはね返りを測定)  
レーダー (radar) : パワー大
  - 〔合成開口レーダー(SAR: Synthetic Aperture Radar)  
マイクロ波散乱計  
マイクロ波高度計
- 受動センサー(物体から射出される電磁波を測定)  
放射計 (radiometer) : パワー小
  - 〔マイクロ波放射計 (SSM/I, AMSR)  
可視・赤外放射計 (“ひまわり”などもそう)

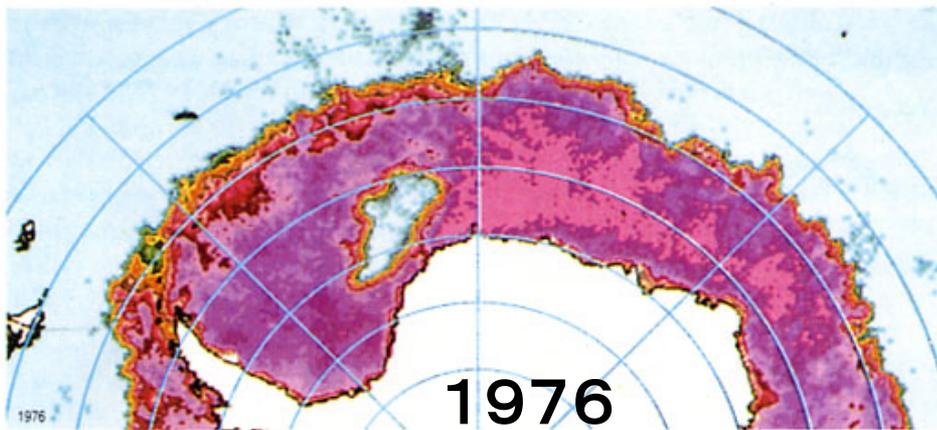
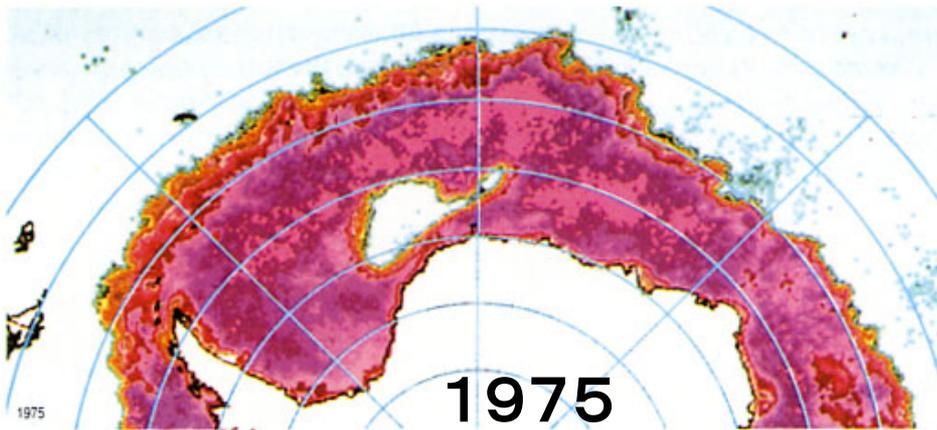
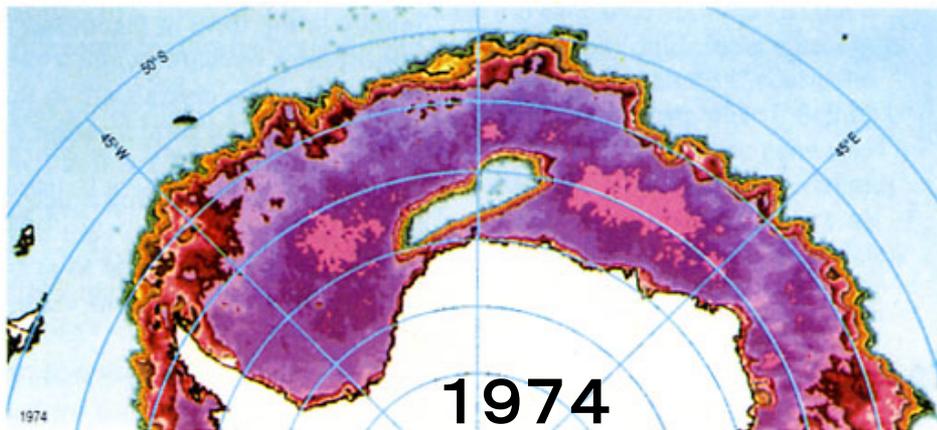
極軌道衛星: 全球の観測

静止衛星: ひまわり等

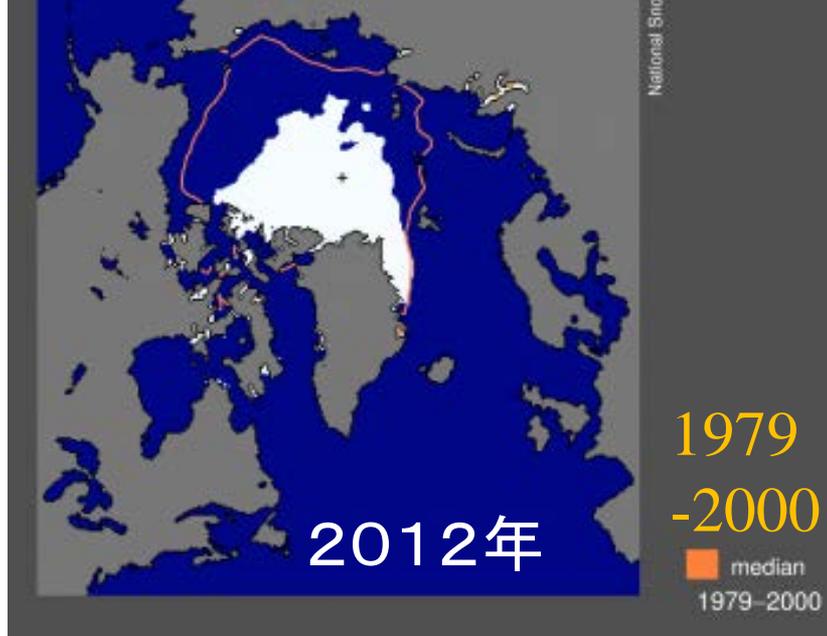
# ウェッデルポリニヤ

(冬季:9月)

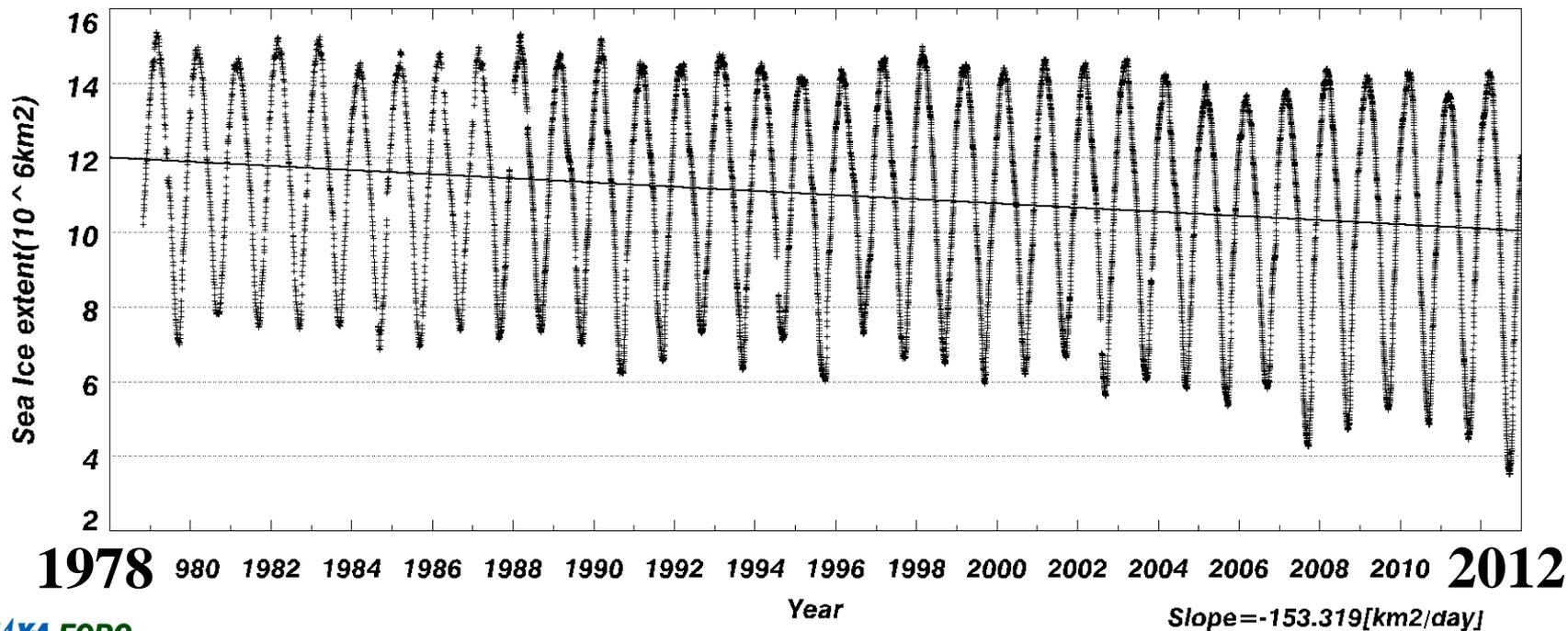
マイクロ波放射計による



# 北半球の 海水面積

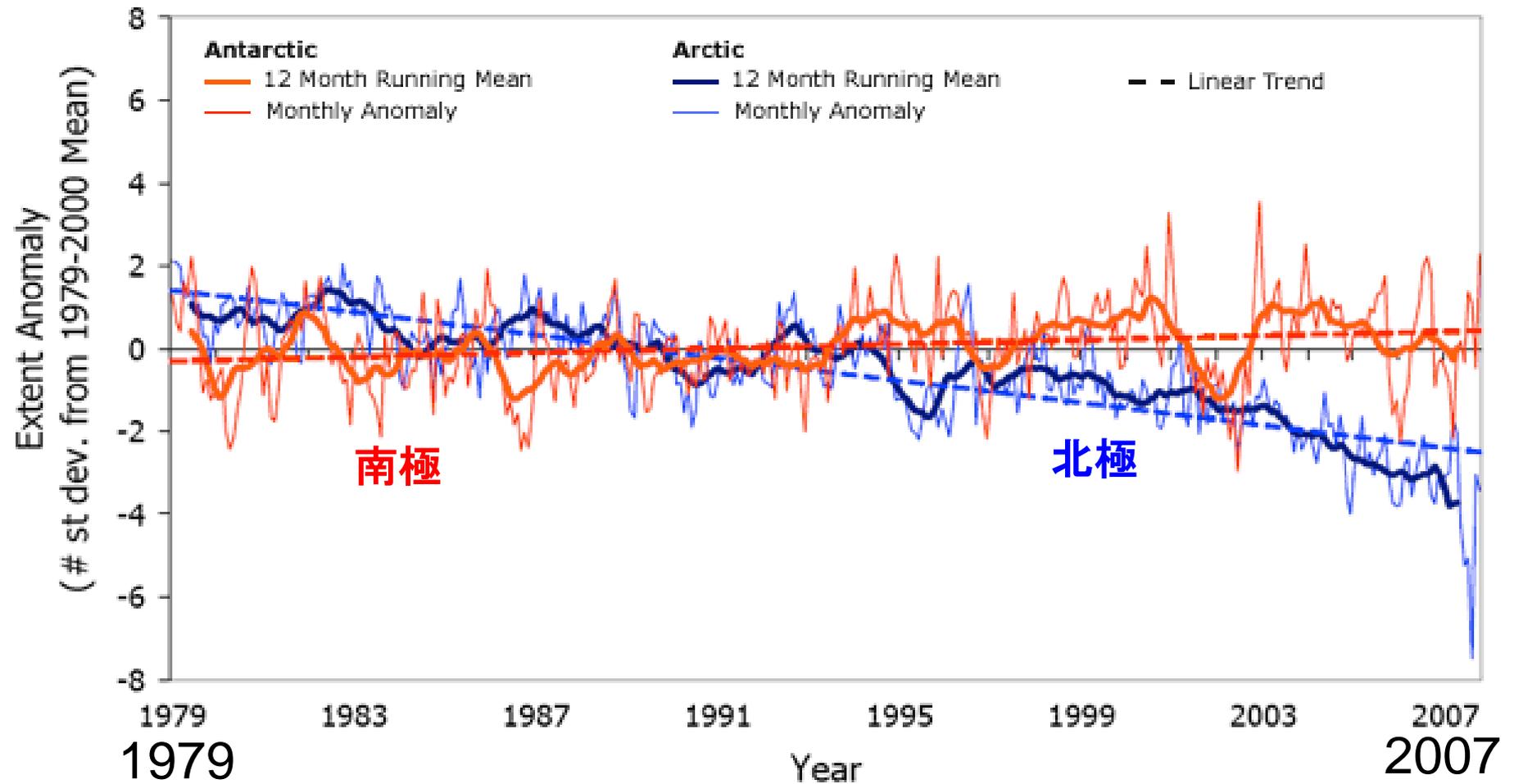


Daily Sea Ice Extent Trends (Northern Hemisphere) (197811-201212)

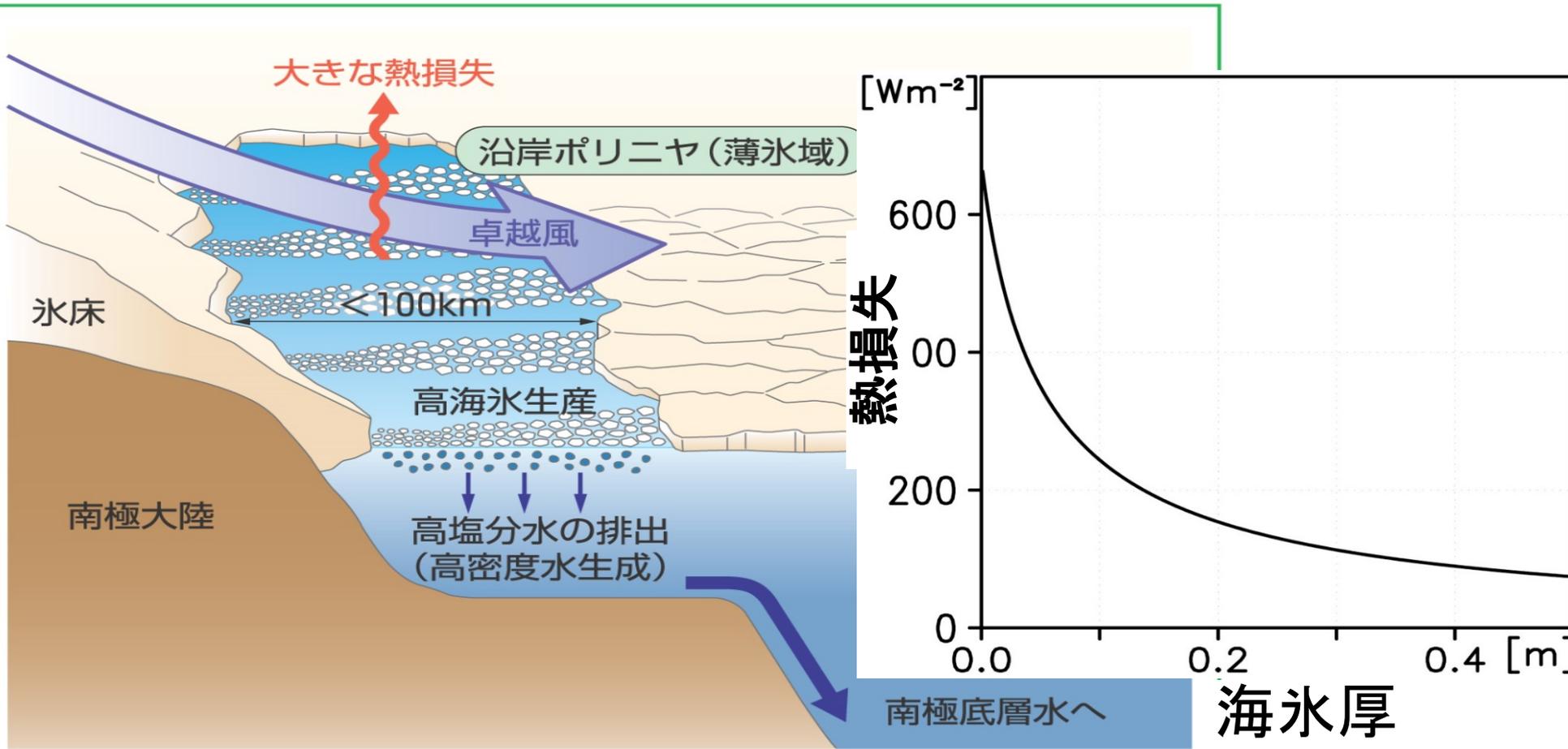


# 衛星マイクロ波放射計による海氷面積

## Arctic and Antarctic Standardized Anomalies and Trends Jan 1979 - Dec 2007



# 沿岸ポリニヤ → 海氷生産工場

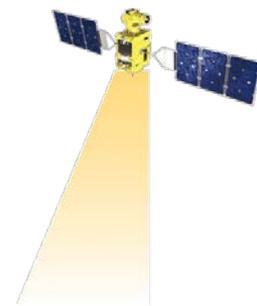


海氷がたくさんできるほど、塩分が排出され、重い水ができる

マイクロ波放射計による薄氷厚アルゴリズム

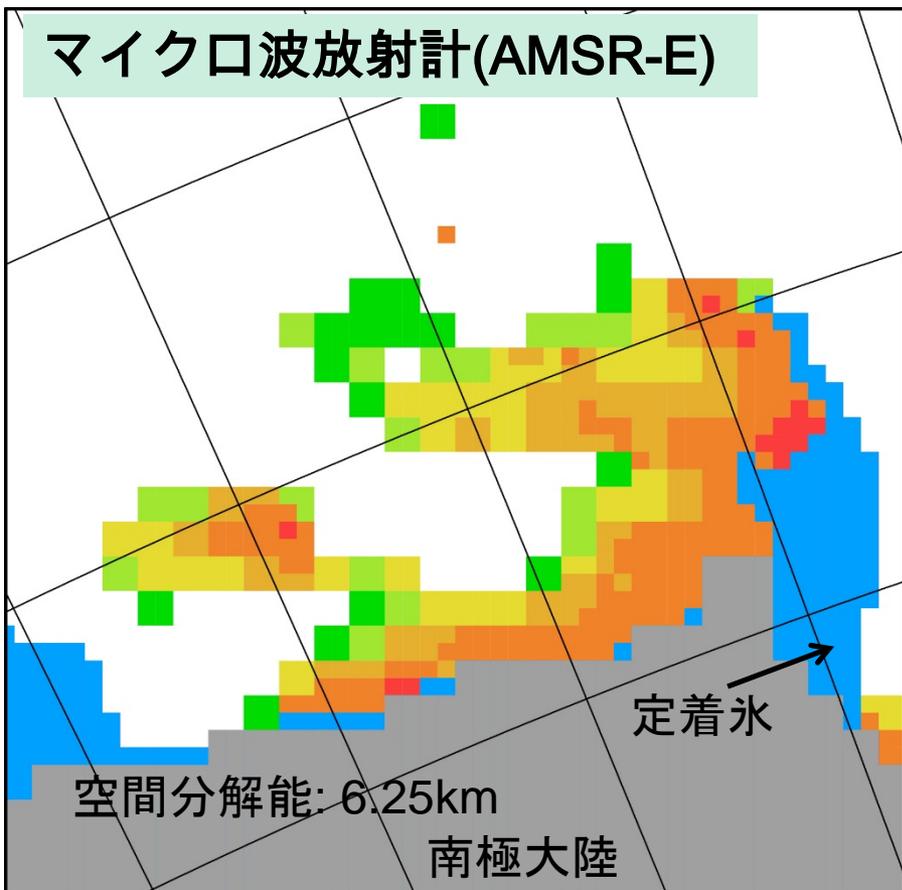
→ 熱収支計算による熱損失 = 海氷生産量

- マイクロ波放射計(AMSR)により薄氷厚検出(アルゴリズム)
- 熱収支計算←氷厚データ+大気データ
- 奪われる熱はすべて海氷生産に使われると仮定



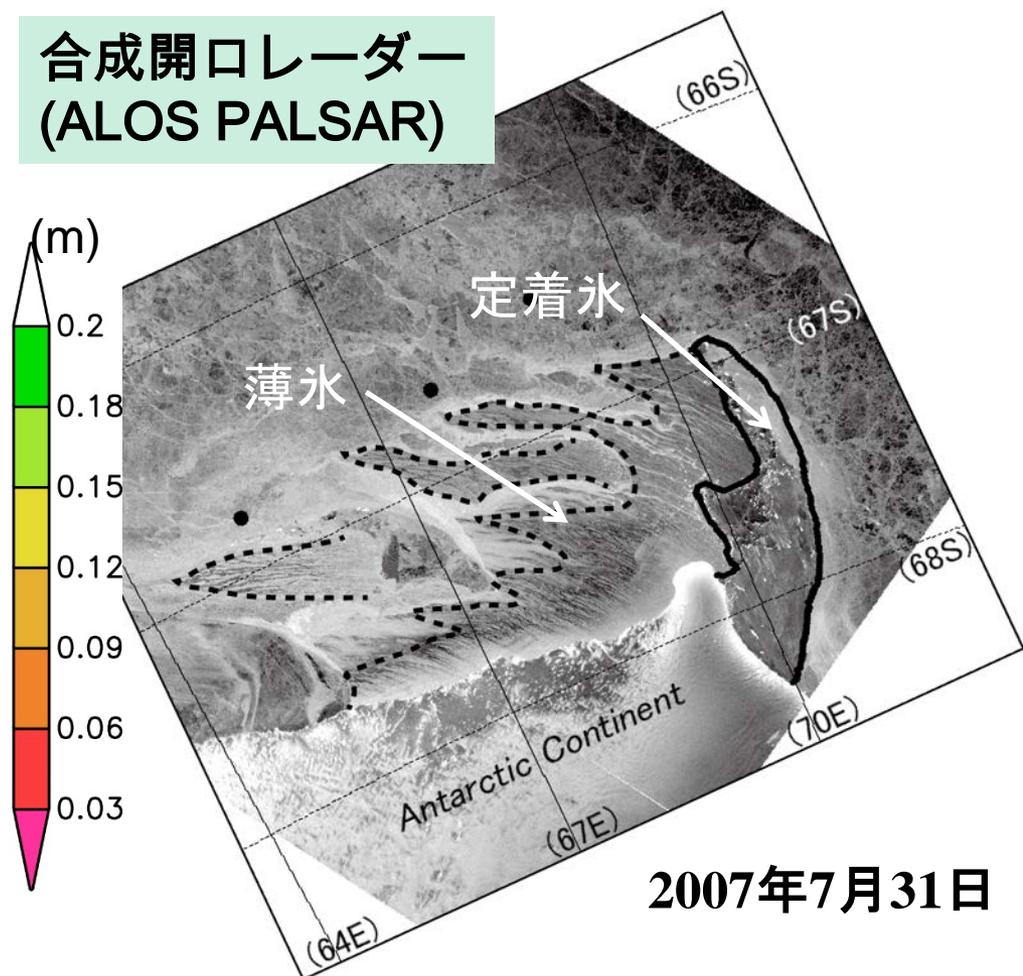
海氷生産量を全球で毎日見積もることができる

マイクロ波放射計(AMSR-E)



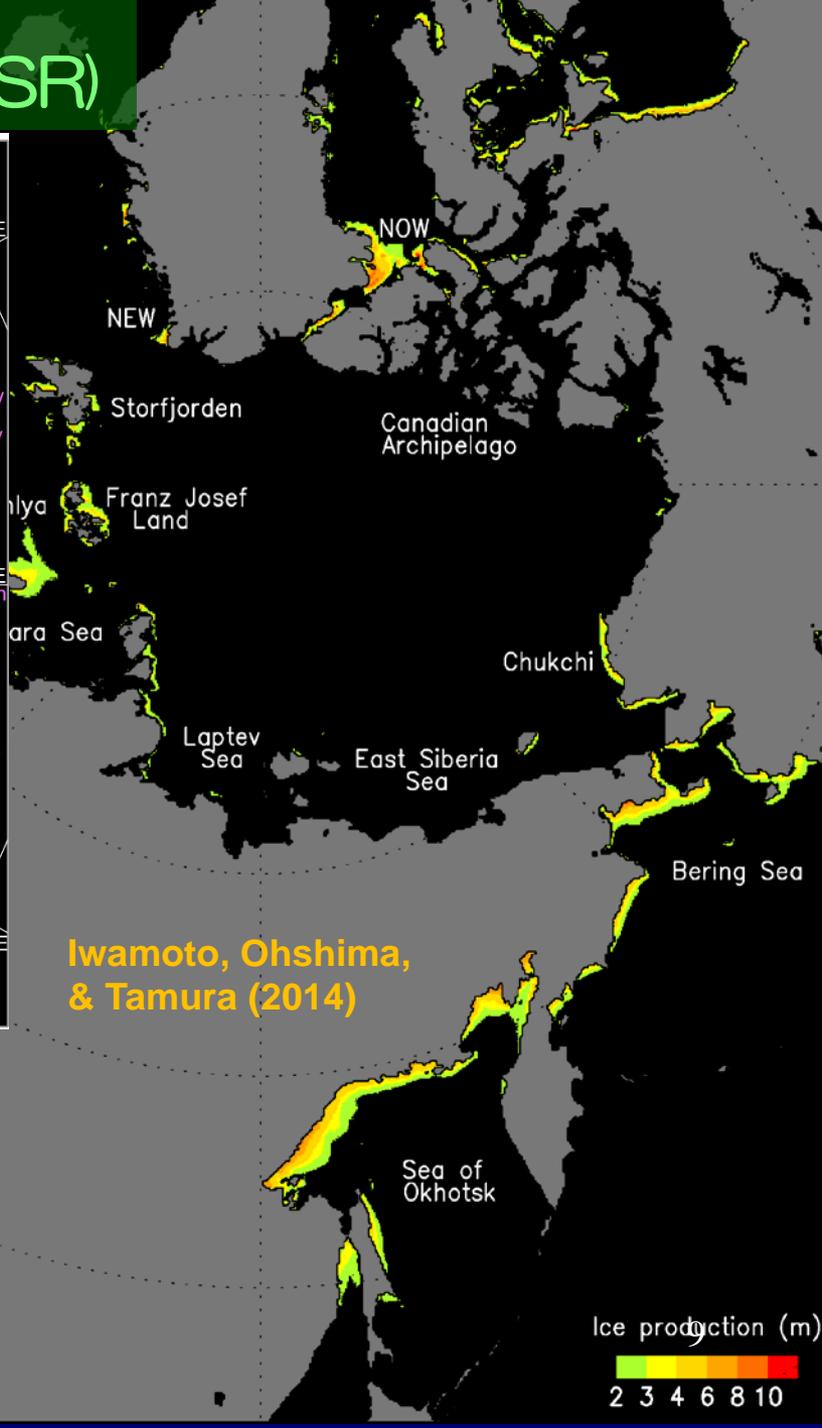
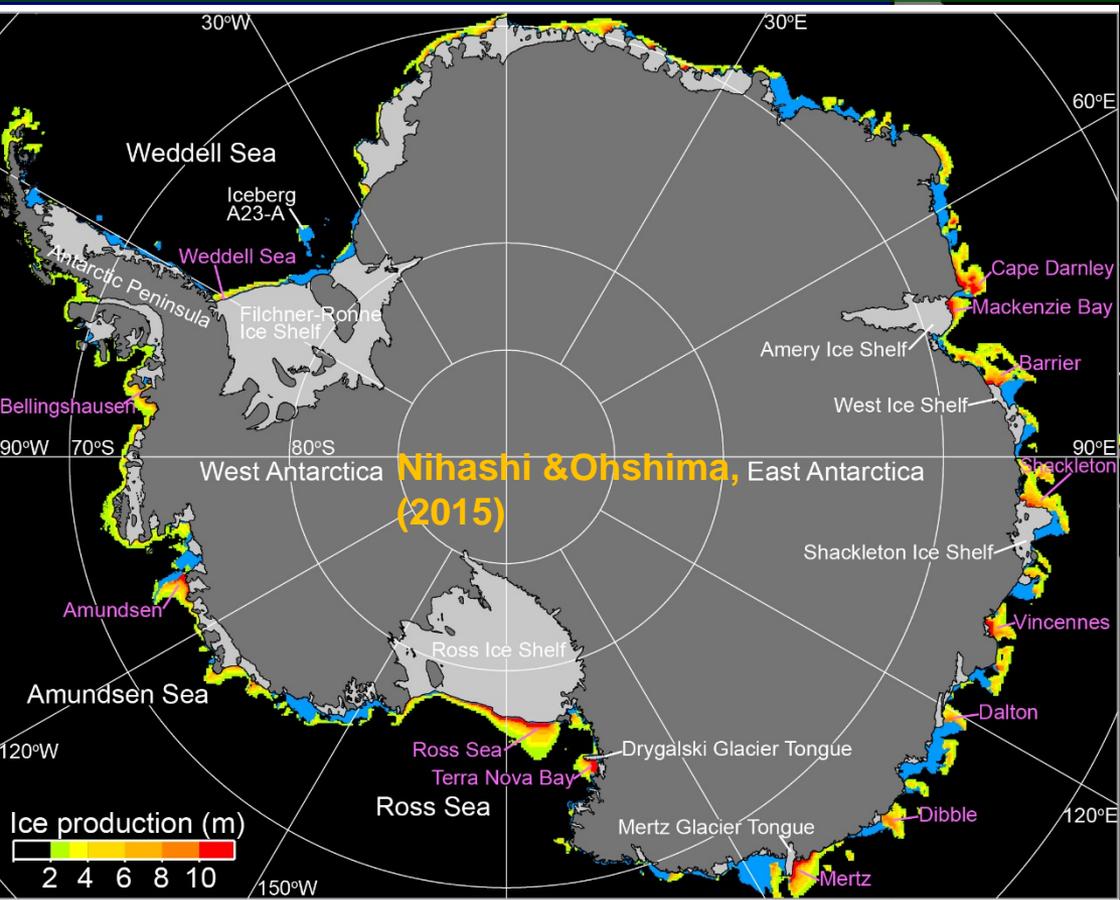
ケープダンレーポリニヤ, 東南極

合成開口レーダー  
(ALOS PALSAR)



2007年7月31日

# 海氷生産量のグローバルマッピング (by AMSR)

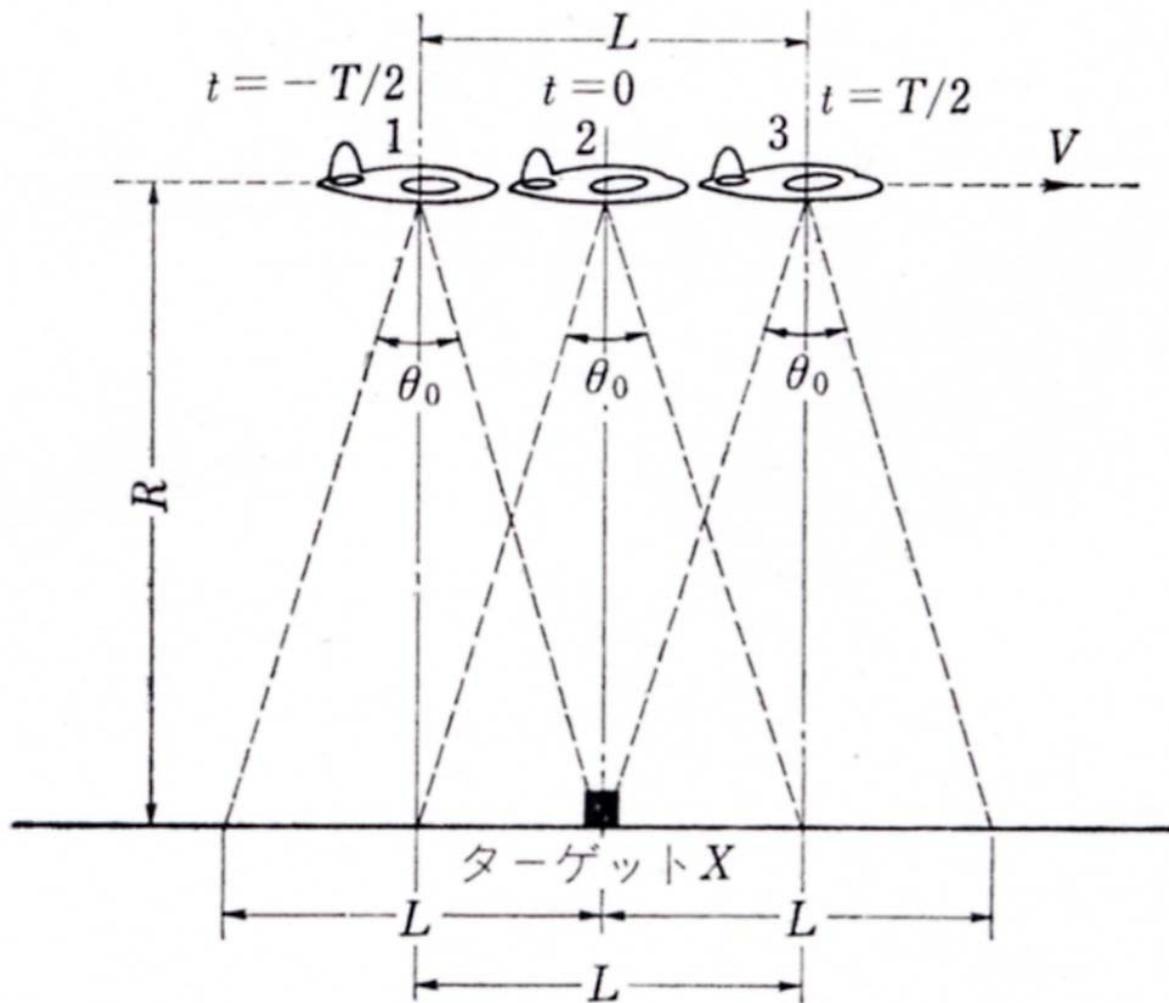


南極海: 高海氷生産  
 → 底層水生成  
 北極海: 低海氷生産  
 林-ツ海: 北半球で最大

Iwamoto, Ohshima, & Tamura (2014)

# 合成開口レーダー

飛行方向にデータを合成することで、  
アンテナ幅を大きくする効果を生む。  
→ 分解能がよくなる



分解能  $\rho$   
resolution

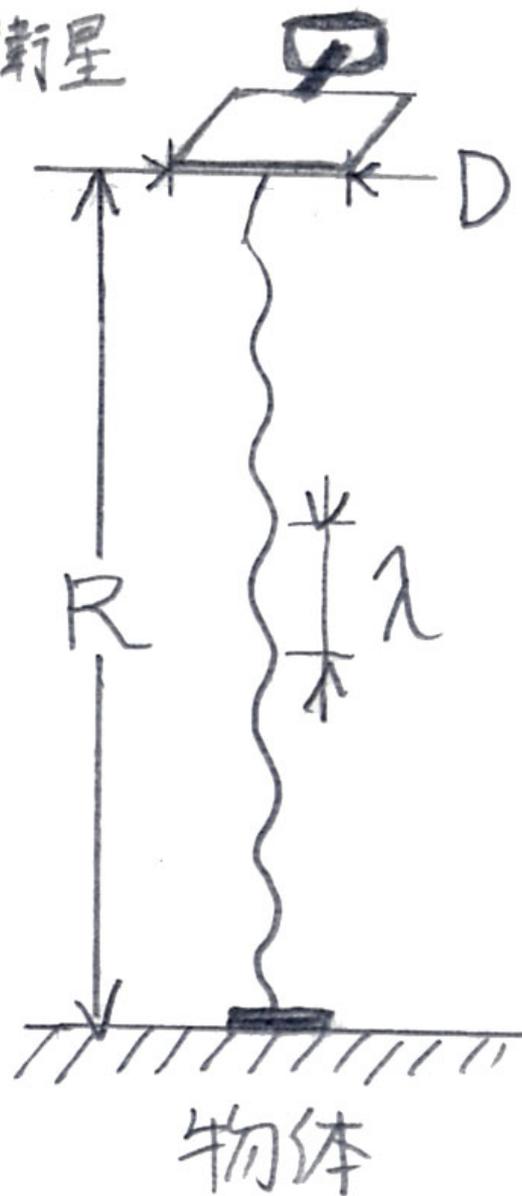
$$\rho = \frac{\lambda}{D} R$$

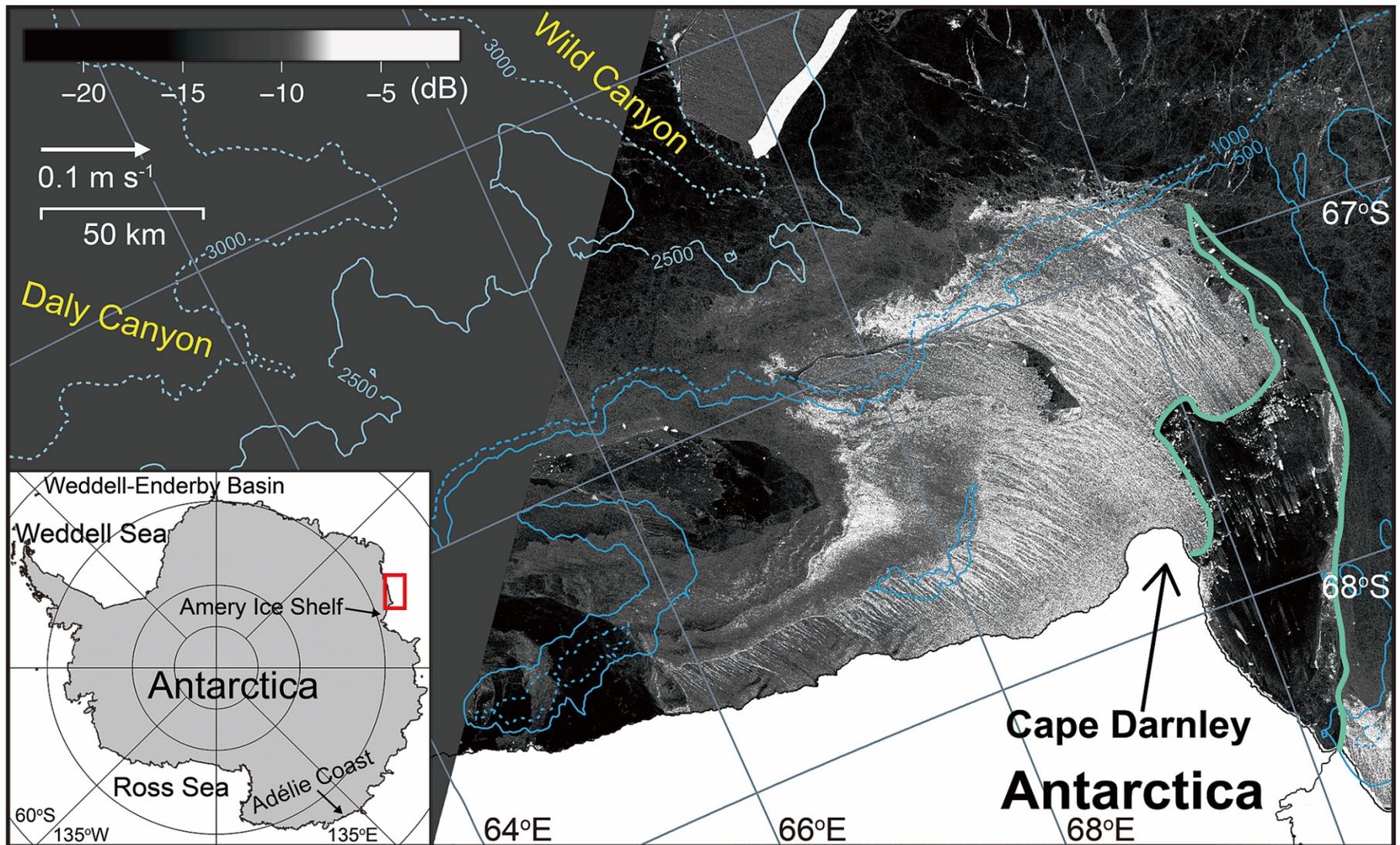
$\lambda$ : 電磁波の波長

$D$ : アンテナの長さ

$R$ : 物体までの距離

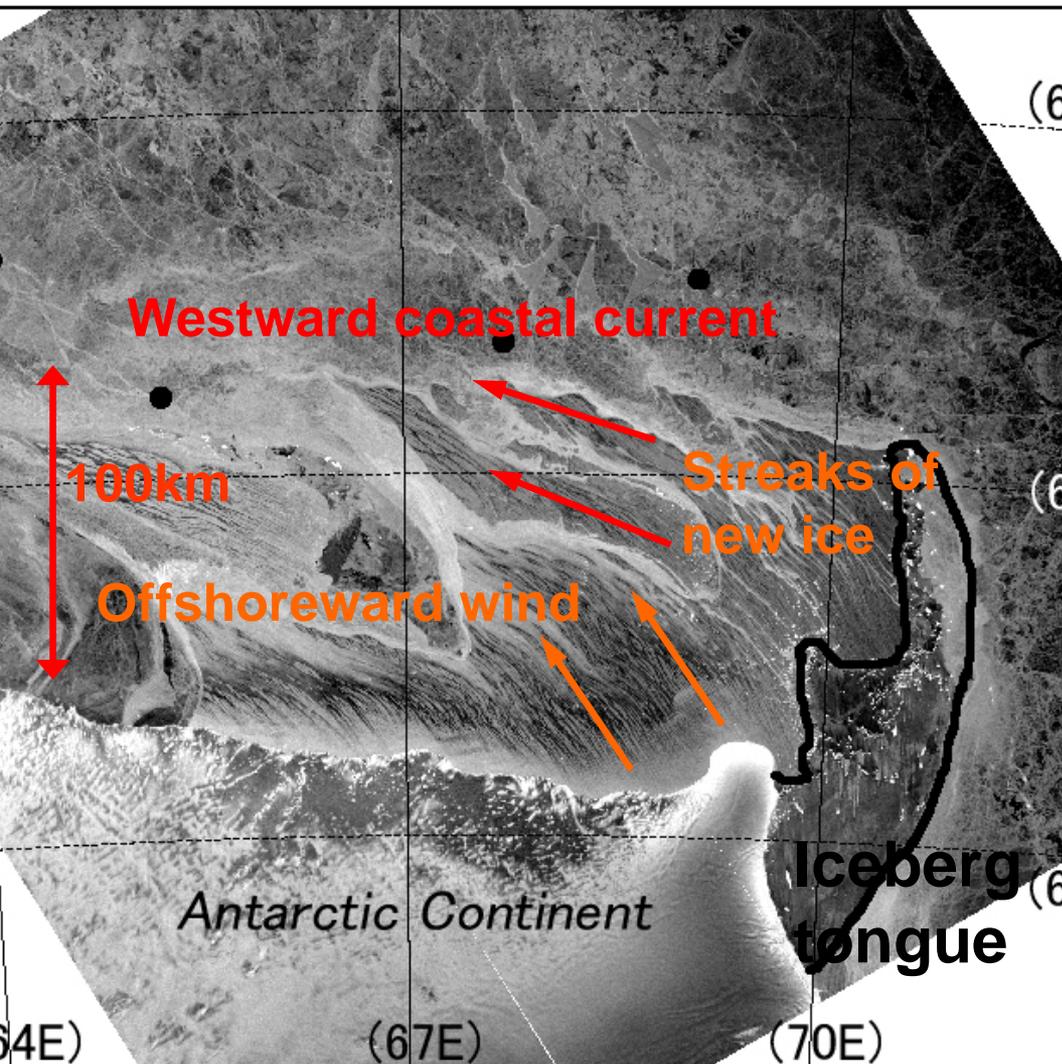
人工衛星



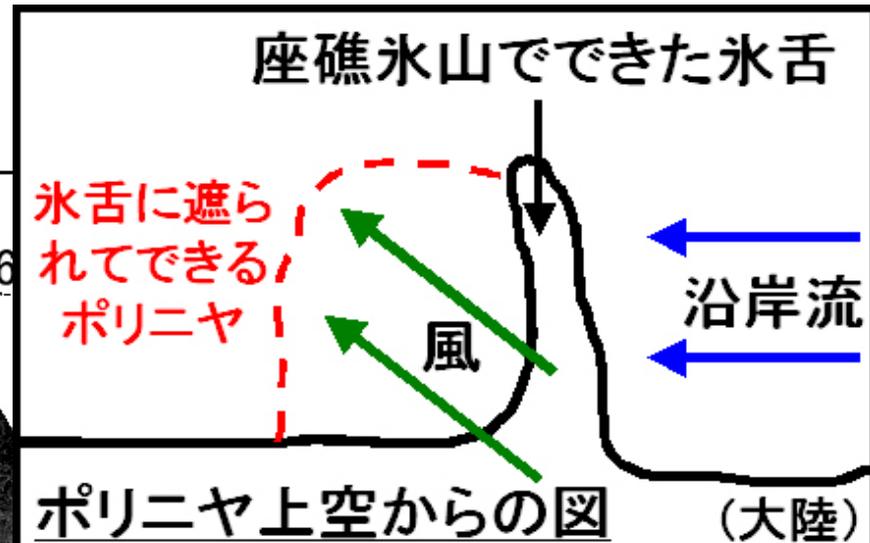


衛星合成開口レーダー（SAR）で観測されたケーブダンレーポリニヤ

# 大きな海氷生産量はなぜ？ なぜ巨大なポリニヤができるか？

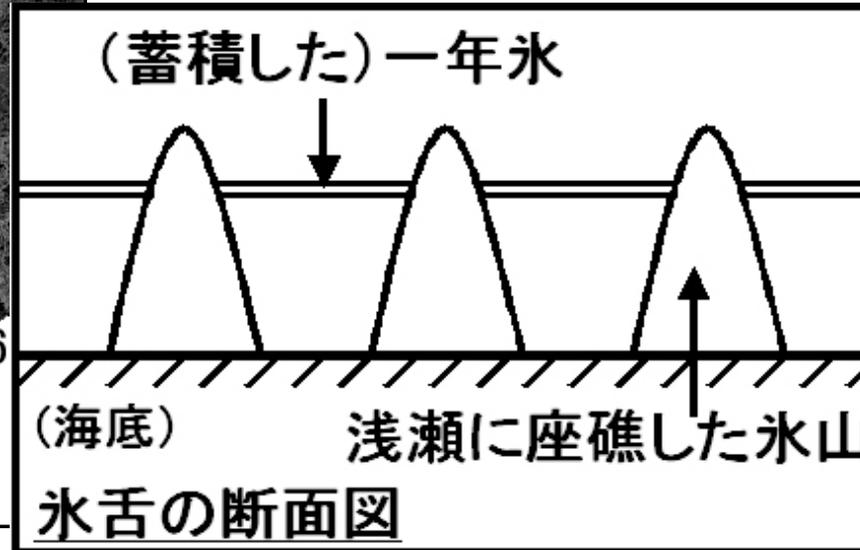


合成開口レーダ



ポリニヤ上空からの図 (大陸)

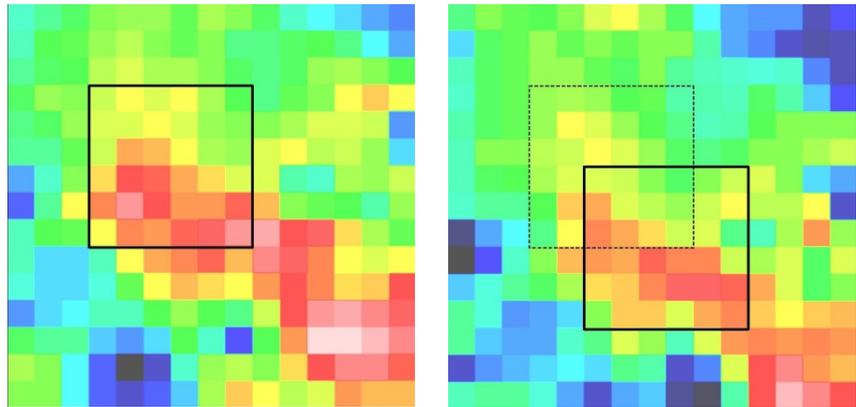
冰山舌による  
フィルター効果



氷舌の断面図

2003/03/10

# 海水漂流速度の計算方法 (AMSR-E)



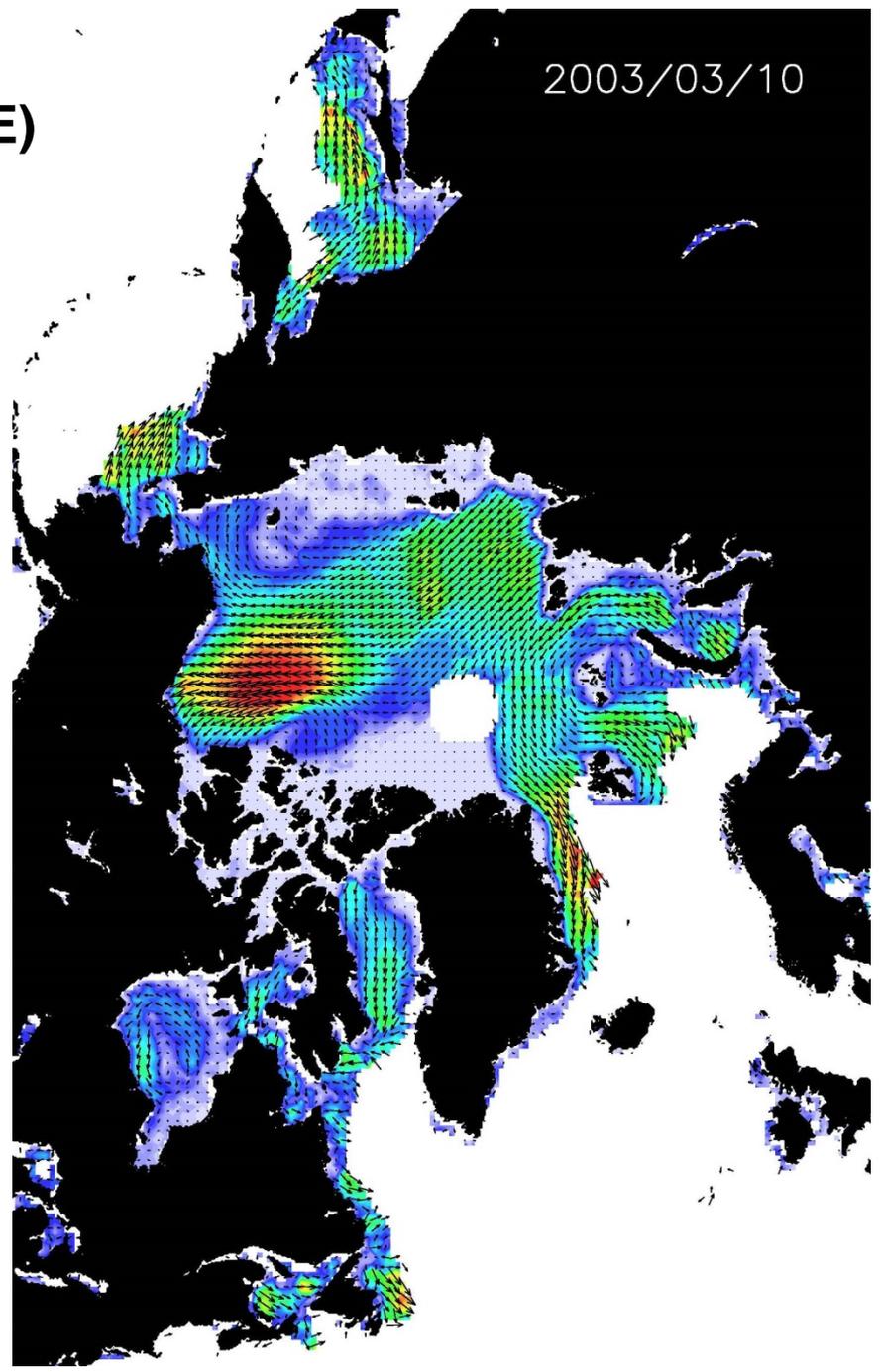
面相相関法を用いて計算

窓画像の大きさ:  $37.5 \times 37.5$ km

画像の時間間隔: 24時間  
(ascendingどうし、descendingどうしを用いる)

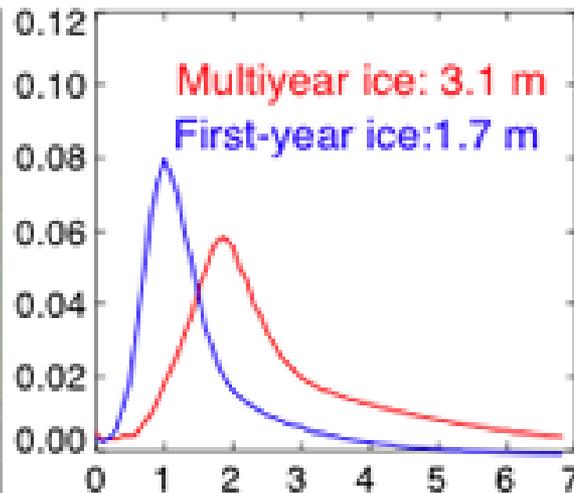
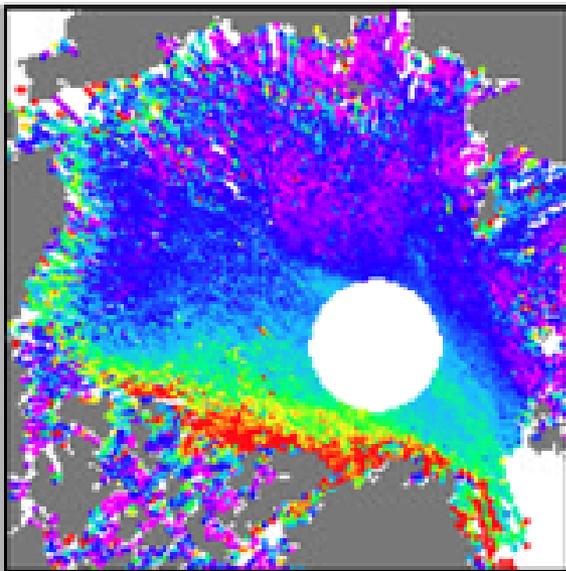
→ $37.5 \times 37.5$ kmグリッドの日平均データを作成

北半球全域の海氷域でほぼ欠測なく結果が得られる

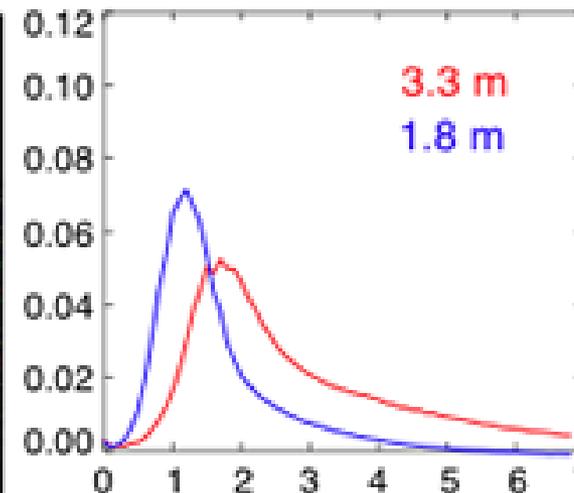
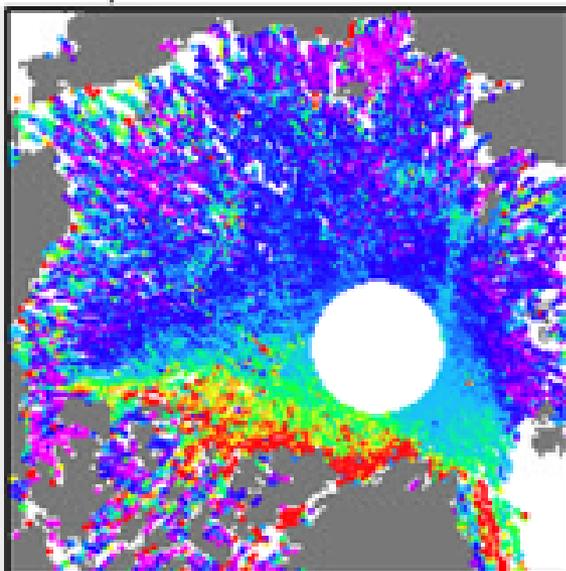


# ICESat Thickness Estimates

Feb-Mar 06



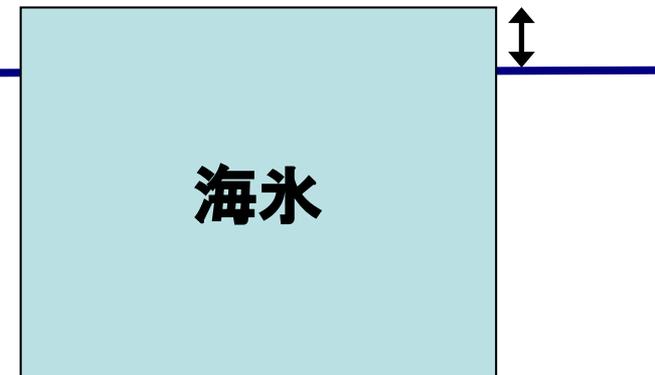
Mar-Apr 07



Feb-Mar 08

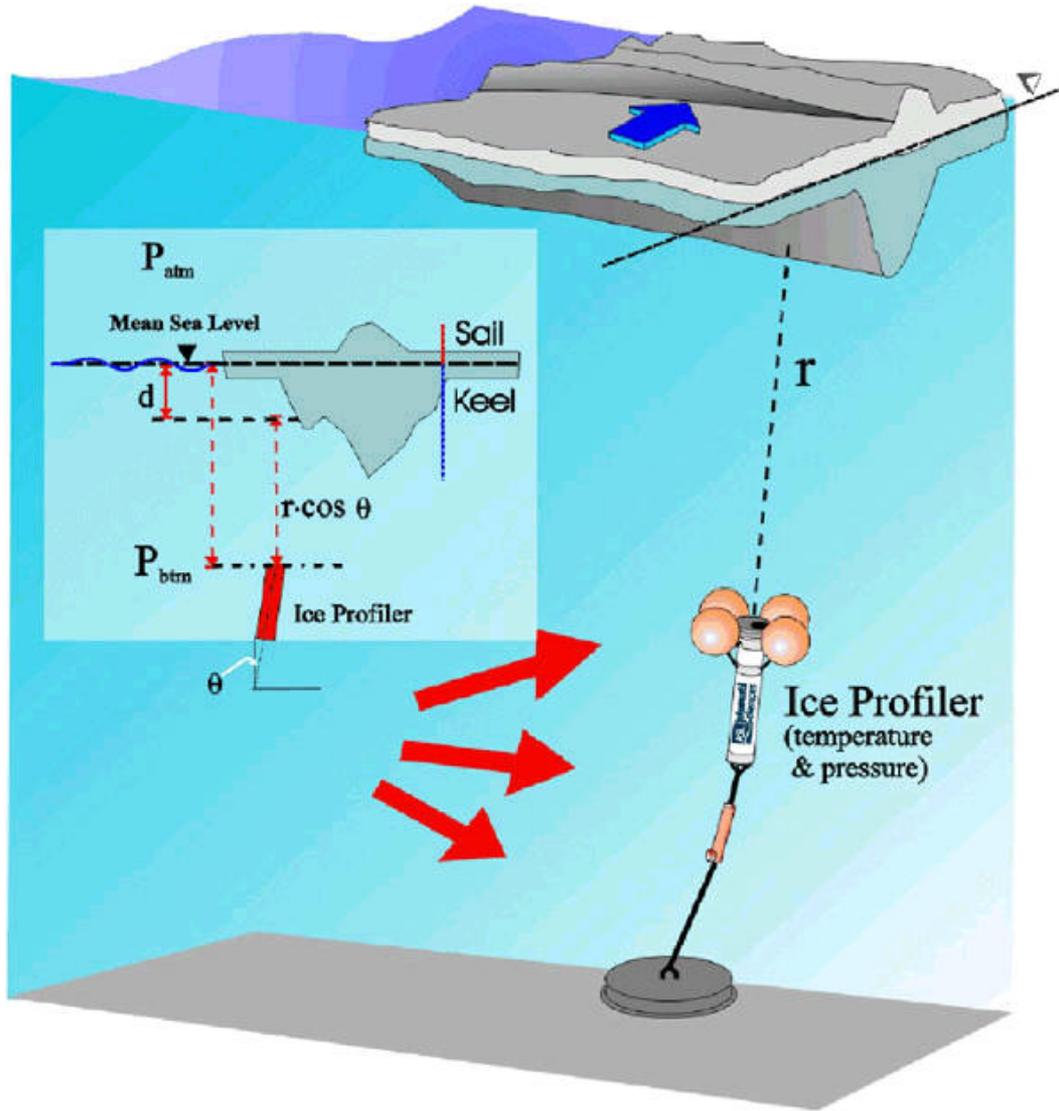
## ICESat による氷厚観測

レーザーを用いて、海面から出ている氷の高さを計測し、アイソスタシーを仮定して、下に沈んでいる分（氷の厚さ）を推定する。



center courtesy Ronald Kwok, NASA Jet Propulsion La

## 海氷を測る 一係留観測から一



海氷の密接度や漂流といった量は人工衛星で観測可能であるが、最も基本的な物理量である「海氷の厚さデータ」は、衛星の観測からでは正確な値を得ることが（将来とも）難しいものである。氷厚データに関しては、その平均的分布（気候値）さえもよくわかっていない状況にある。長期連続した客観性の高い海氷厚データを得るには、超音波氷厚計（Ice Profiling Sonar）を長期係留する方法が現在もっとも有効な方法である。これは海水中に係留された測器より発信した音波のエコー時間を用いて海氷の厚さを測定するもので、データ取得・データ処理ともに簡単ではないので、国際的にもまだ限られた研究者にしか使われていない。

Courtesy of ASL Environmental Sciences Inc.

### 氷厚計の計測原理