

2022年11月19日  
第9回京大知球会関東支部講演会

A photograph of a penguin standing on a rocky shore next to the ocean. The penguin is the central focus, with its white body and black head and wings. The background shows the blue water of the ocean and the grey rocks of the shore.

# 南極氷床変動 と海水準変動

**福田 洋一**  
国立極地研究所・外来研究員  
(1977年1講座卒)

# 内 容

- **この演題を選んだ理由**
- **地球史の中での氷床変動**
- **現在の南極氷床変動**

# 略 歴

- 1955年2月 兵庫県加古川市生まれ
- 1977年3月 京都大学理学部卒業（第1講座）**
- 1979年3月 京都大学大学院修士課程修了（地球物理学専攻）
- 1980年4月 弘前大学理学部・助手
- 1987年6月 東京大学海洋研究所・助手
- 1992年7月 京都大学理学部附属地球物理学研究施設・助教授
- 1996年9月 京都大学大学院理学研究科・助教授
- 2007年2月 京都大学大学院理学研究科・教授
- 2020年3月 京都大学定年退職**
- 2020年4月 国立極地研究所・特任教授
- 2022年4月 国立極地研究所・外来研究員

## 南極観測：

第27(1985)、28(1986)、33(1991)次、45(2003)次、55(2013)次

南極観測隊 (JARE)

2019年 韓国、イタリア南極基地



# 2017-2021

# GRAntarctic

## 新学術領域研究 (2017~2021)

### 熱～水～物質の巨大リザーバ

## 全球環境変動を駆動する南大洋・南極氷床

領域代表: 川村賢二 (総括班、国際活動支援班)

計画研究:

A01-1: 南極底層水を起点とする熱塩循環・物質循環のダイナミクス (大島慶一郎)

A01-2: 南大洋の古海洋変動ダイナミクス (池原実)

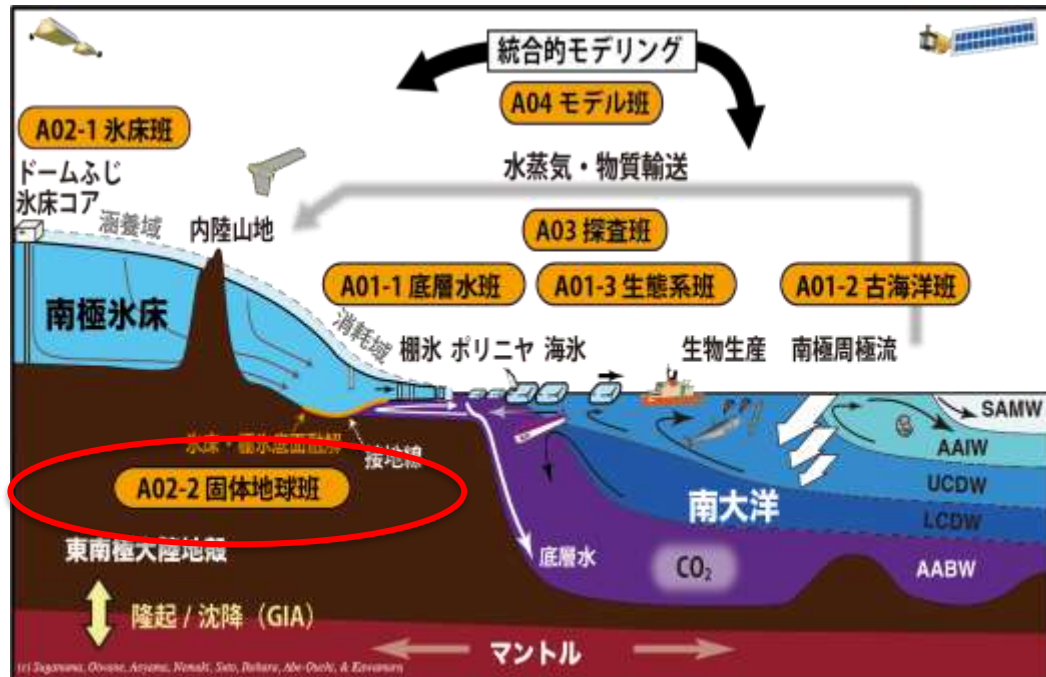
A01-3: 海氷下の生態系と物質循環の相互作用 (茂木正人)

A02-1: 南極氷床と気候の変動及び相互作用 (川村賢二)

A02-2: 固体地球と氷床の相互作用 (福田洋一)

A03: 未探査領域への挑戦 (野木義史)

A04: 南極氷床・海洋・気候の統合的モデリング (阿部彩子)







**Giant Reservoirs** 南極の海と氷床  
レクチャーシリーズ【応用編】

**氷床変動と固体地球の関係**

奥野淳一 (情報・システム研究機構)

14:42

氷床変動と固体地球の関係

73 回視聴・1 か月前

**Giant Reservoirs** 南極の海と氷床  
レクチャーシリーズ【応用編】

**南極の気候と大気循環**

百森正樹 (東京大学)

9:46

南極の気候と大気循環

55 回視聴・2 か月前

**Giant Reservoirs** 南極の海と氷床  
レクチャーシリーズ【応用編】

**氷床に刻まれた地球の歴史  
～アイスコアの研究～**

大森雅美 (国立極地研究所)

16:31

氷床に刻まれた地球の歴史  
～アイスコアの研究～

71 回視聴・2 か月前

**Giant Reservoirs** 南極の海と氷床  
レクチャーシリーズ【応用編】

**海水・ハダカイワシ・ハシボソミズナギドリの関係とは？**

大島謙一郎 (北海道大学 環境科学研究科)

南極海の食物  
ハダカイワシ

183 回視聴・1

**Giant Reservoirs** 南極の海と氷床  
レクチャーシリーズ【応用編】

**南極海から沈み込む海洋大循環**

大島謙一郎 (北海道大学 環境科学研究科)

**Giant Reservoirs** 南極の海と氷床  
レクチャーシリーズ【応用編】

**宇宙がつなぐ南大洋生態系と海水**

高尾啓太郎 (国立環境研究所)



## 南極の海と氷床 レクチャーシリーズ【応用編】

# 衛星が捉えた南極氷床融解の加速

福田洋一 (国立極地研究所)



**Giant Reservoirs** 南極の海と氷床  
レクチャーシリーズ【応用編】

**南極の雪と氷  
環境の歴史**

136 回視聴・1

南極の雪と氷  
環境の歴史

136 回視聴・1

南大洋

検索





# GRAntarctic

## 目次

### はじめに

|  |   |     |
|--|---|-----|
| 南極氷床と全球海洋千年循環                              | 藤又 敏博                                   | 1   |
| 南極沿岸域における海氷生成と氷架氷形成                        | 大高 雄一郎                                  | 13  |
| 南大洋における観測からみた海洋長期変動                        | 青木 茂                                    | 25  |
| 離散と海洋の相互作用とそのモデリング                         | 早田 創隆                                   | 33  |
| 海洋観測衛星データの考え方と基礎                           | 岡 謙                                     | 43  |
| 南大洋における人為的CO <sub>2</sub> 濃化影響の取り込み        | 田舎 美千代                                  | 57  |
| 南極海生態系研究の現状と気候-生態系間と気候変動者の視点から             | 浅水 正人, 高野 亮介, 高橋 勉太郎                    | 71  |
| 南極海環境変動のさらなる理解に向けて — 培養および高金色硫化石研究の現状と課題 — | 須藤 崇, 加藤 悠輝, 石野 沙季, 福岡 圭治, 高橋 啓佑, 真壁 亮介 | 95  |
| 全球気候変動を駆動する南大洋海洋循環 — プロダクサーゲージとリュウボウグワイヤ — | 成田 実                                    | 121 |
| 最終氷期の南極氷床変動と海面上昇                           | 岡 亨                                     | 135 |
| 南極のアイスクラから見た近年の気候変動                        | 田村 哲二                                   | 145 |
| アイスクラによる南極氷床変動の復元                          | 西海 亮徳                                   | 153 |
| 南極氷床 — その変動と海洋との相互作用 —                     | 朝山 博                                    | 169 |
| 氷床モデリングの基礎                                 | 藤原 孝樹, グレーブ サムエル                        | 170 |
| 衛星観測による南極氷床質量減少                            | 堀田 洋一                                   | 187 |
| 南極氷床変動と氷河性地殻均衡                             | 奥野 洋一                                   | 205 |
| 最終氷期最盛期以降の南極氷床融水史 — 衛星地質学から見た現状と課題 —       | 三浦 実樹                                   | 227 |
| 南大洋の形成                                     | 佐藤 暢, 青木 義史, 藤井 昌利, 赤澤 太一               | 243 |
| 自律型無人探査機 (AUV) による多探査領域調査                  | 香 俊史, 吉田 弘                              | 259 |
| 音波探査で海底を見る   南極地帯に記録された地球環境変動              | 藤井 昌利, 青木 義史                            | 269 |

Low Temperature Science

# 低温科学

2018 Vol.76

ISSN 1880-7593

## 巨大リザーバ：南大洋・南極氷床



北海道大学 低温科学研究所 編  
Edited by Institute of Low Temperature Science,  
Hokkaido University

低温科学 vol. 76

検索



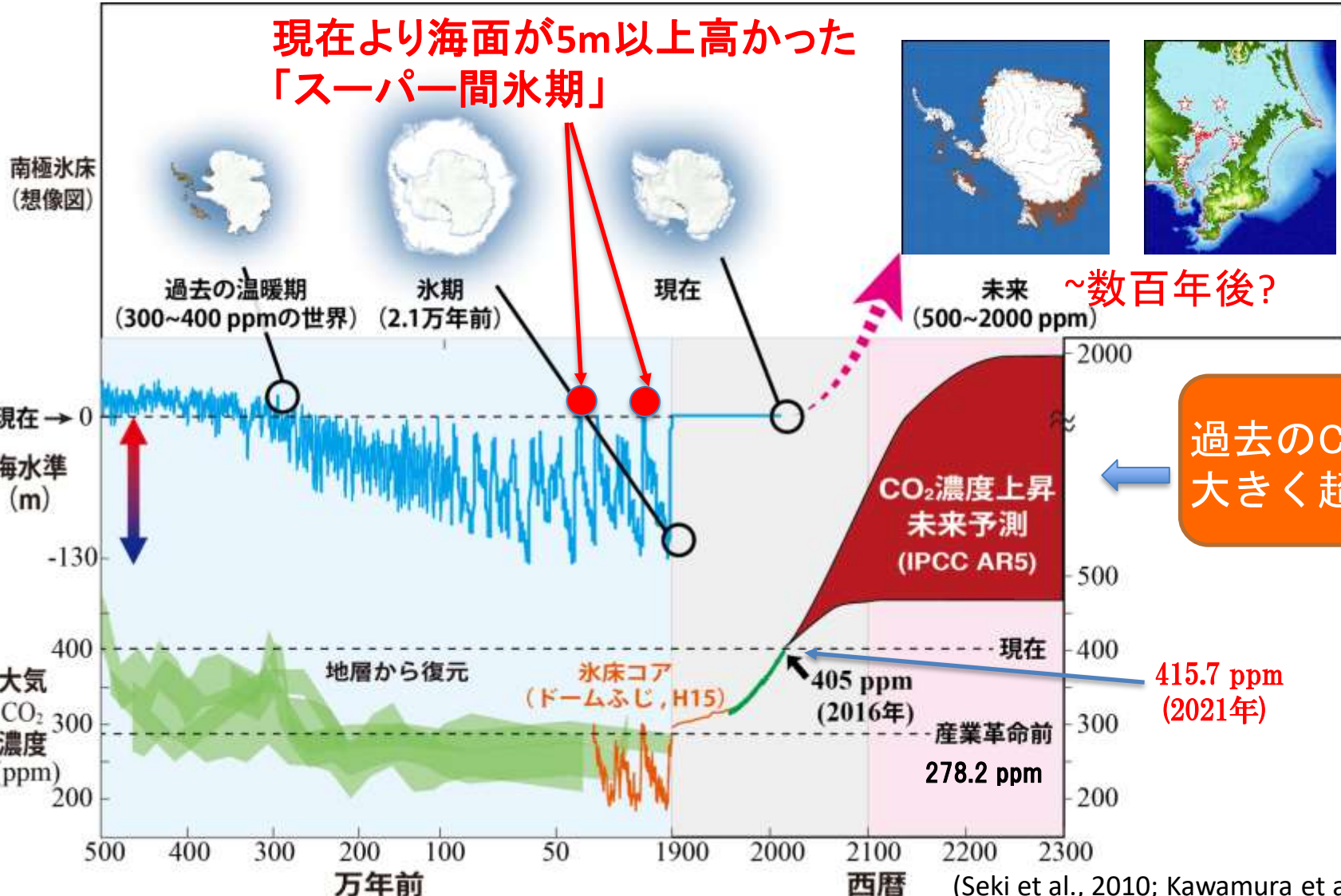




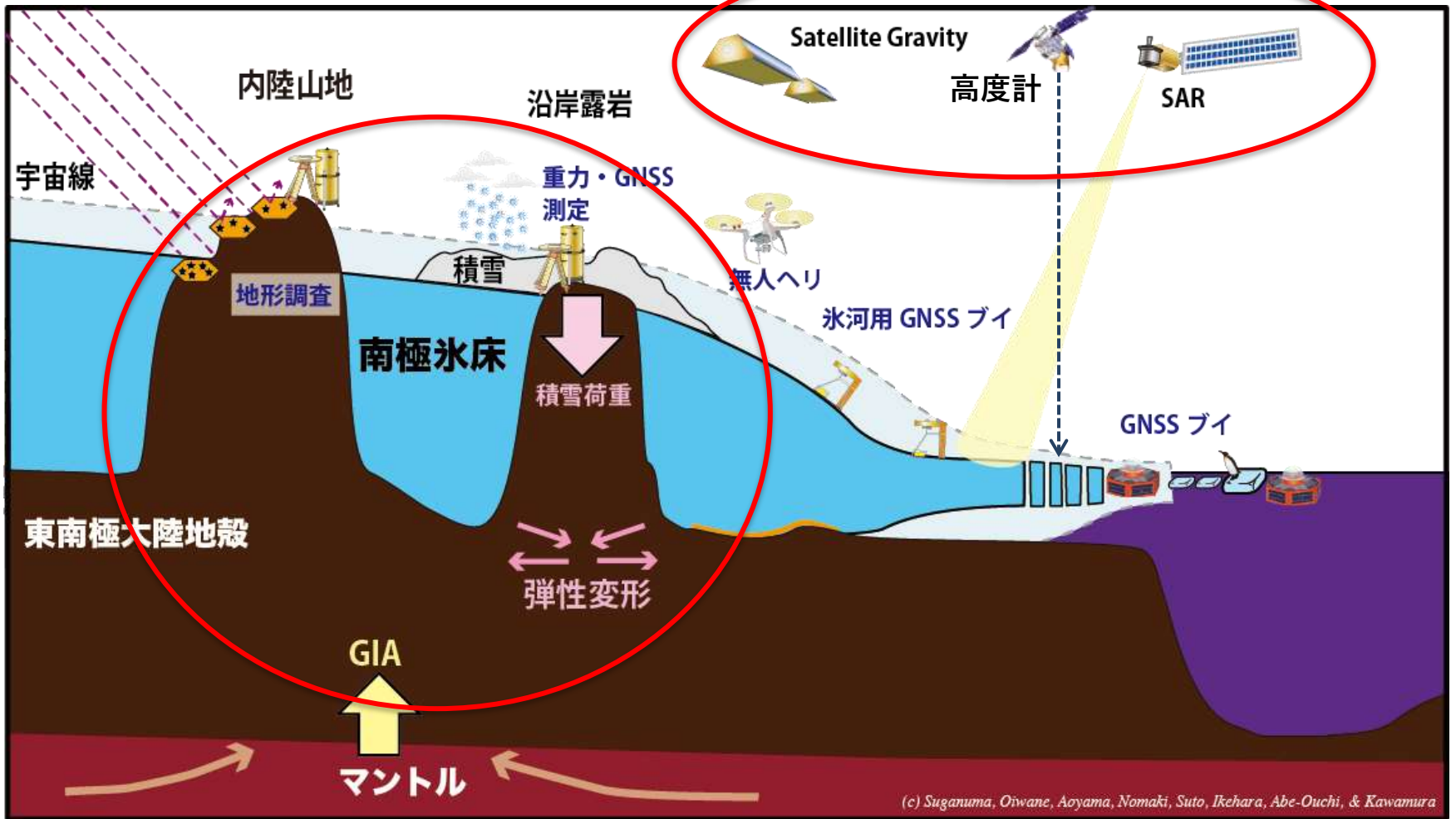
# 南極氷床の過去と将来予測

## 未来の海面上昇に大きく影響

現在より海面が5m以上高かった  
「スーパー間氷期」

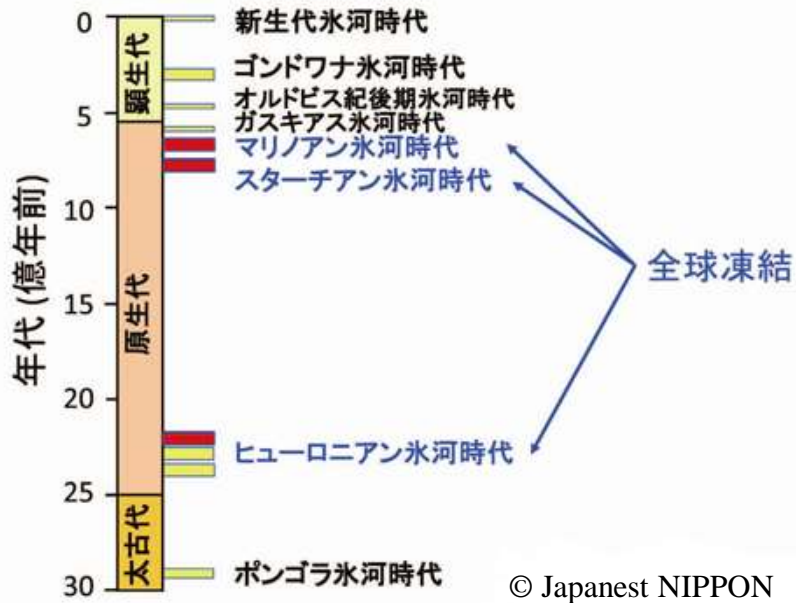


# 現場観測と衛星観測



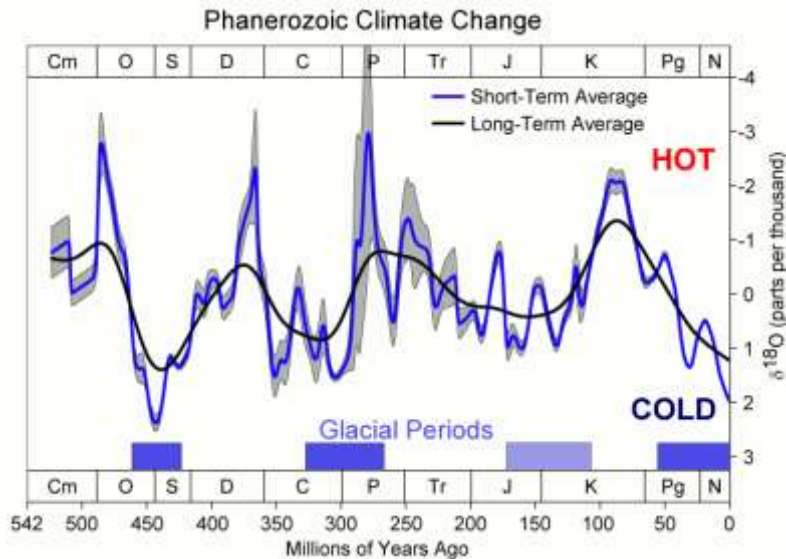


# 地球の環境変動史

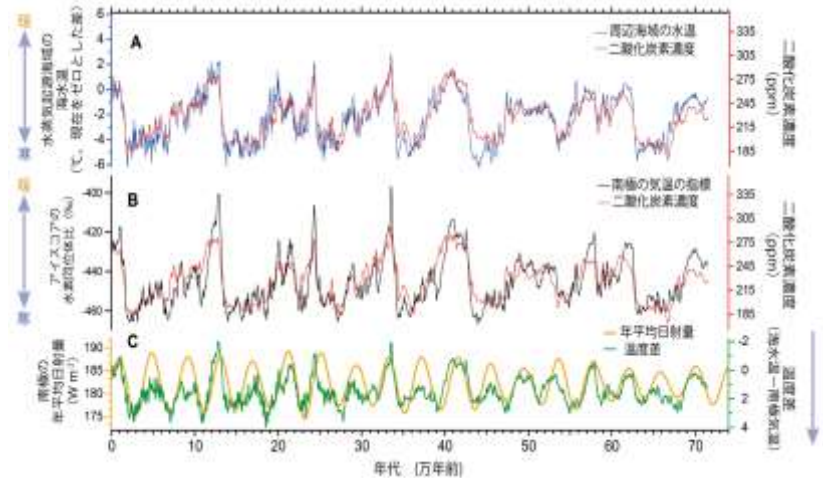


全球凍結

Snowball Earth Hypothesis:  
<http://zebu.uoregon.edu/2002/ph123/lec13.html>

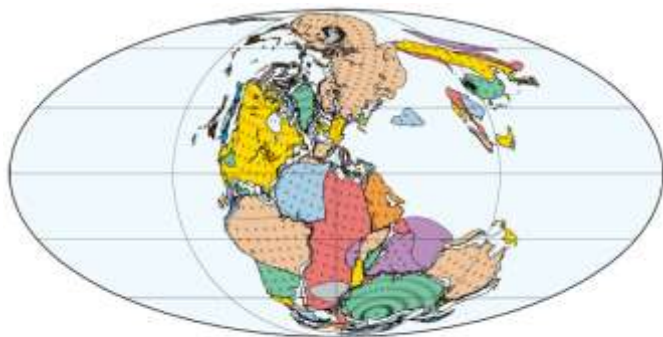


## ドームふじアイスコアによる古気候復元



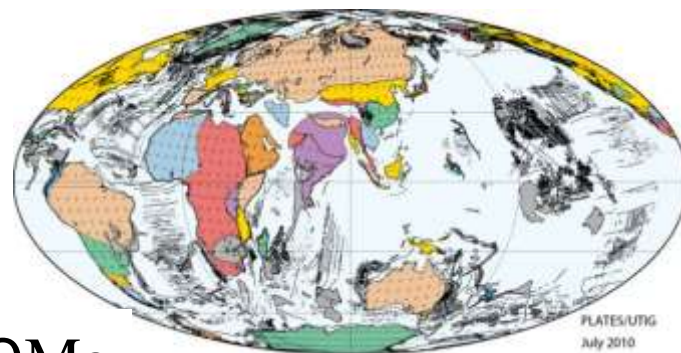
Uemura et al., 2018, Nature Communications より

# 大陸の移動



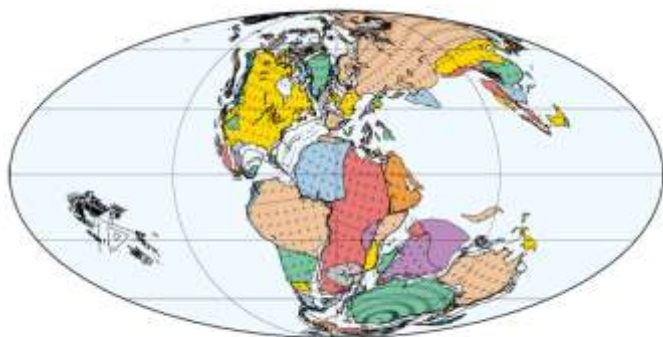
220Ma

PLATES/UTIG  
April 2009



40Ma

PLATES/UTIG  
July 2010



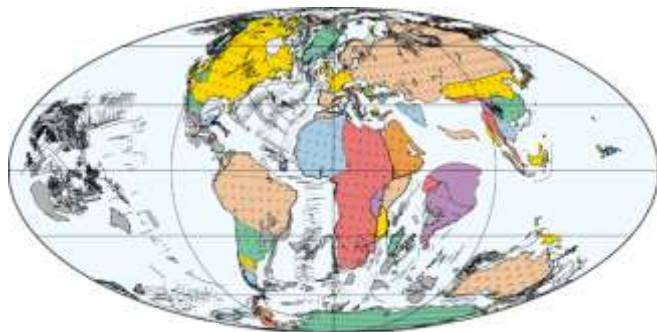
140Ma

PLATES/UTIG  
April 2009



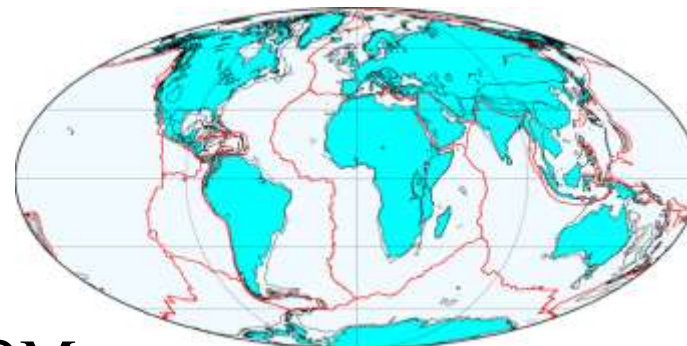
30Ma

PLATES/UTIG  
April 2009



65Ma

PLATES/UTIG  
March 2007



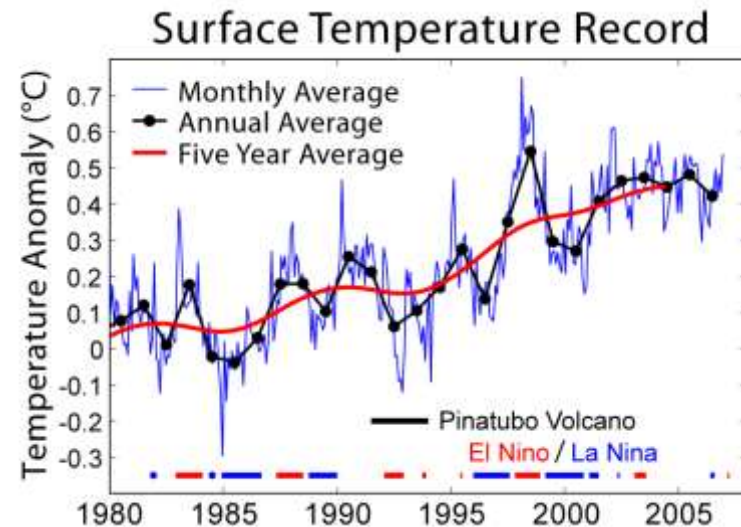
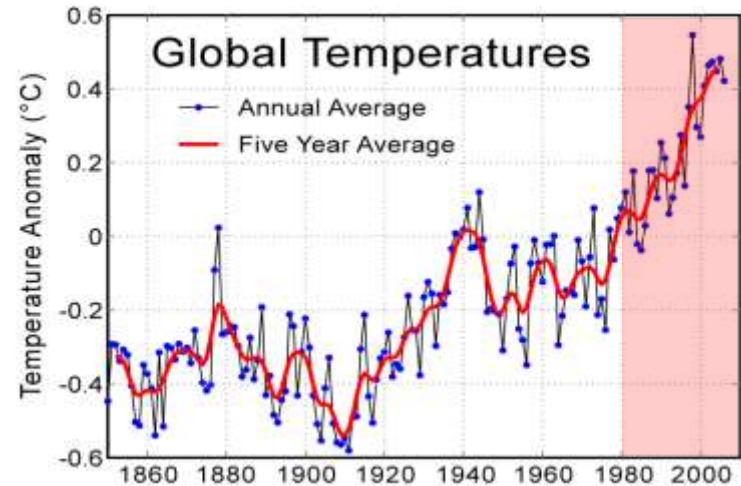
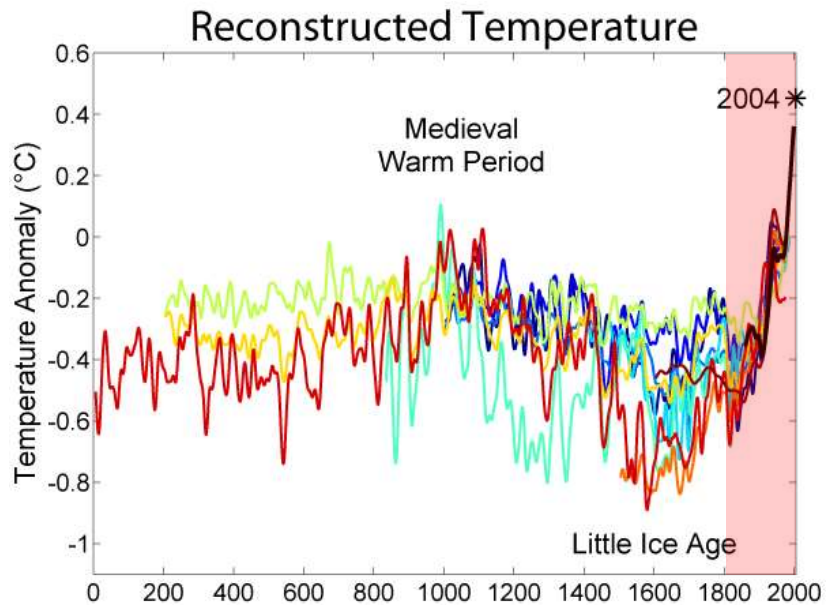
0Ma





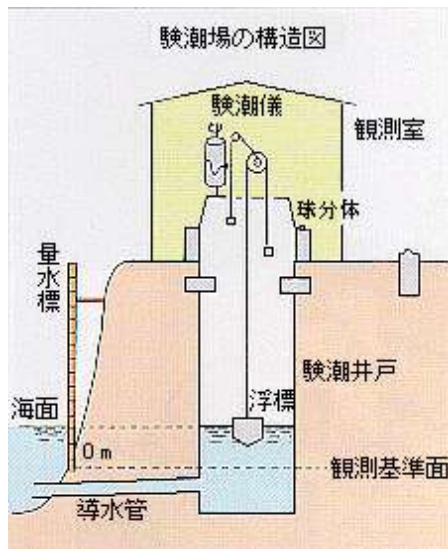


# 近代～現代の気温・海水温変動

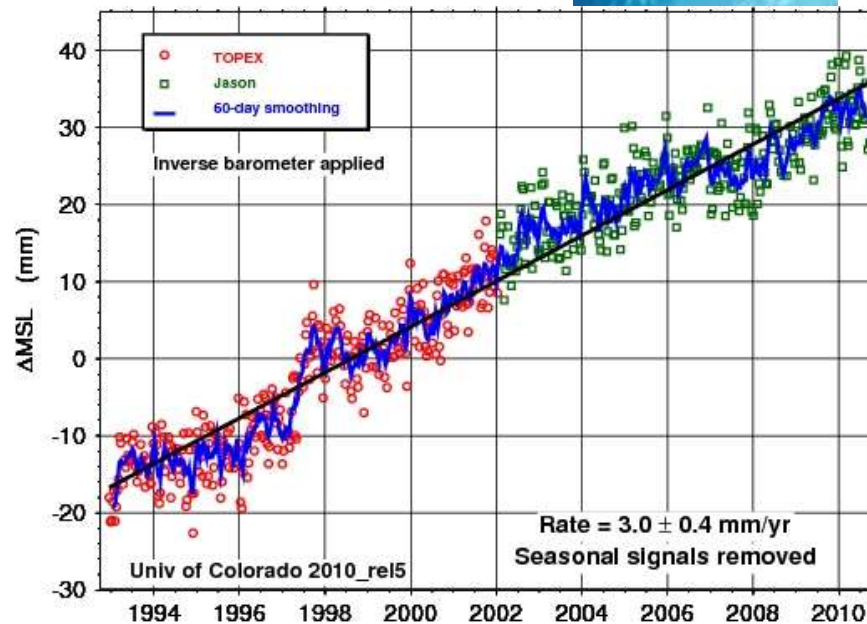
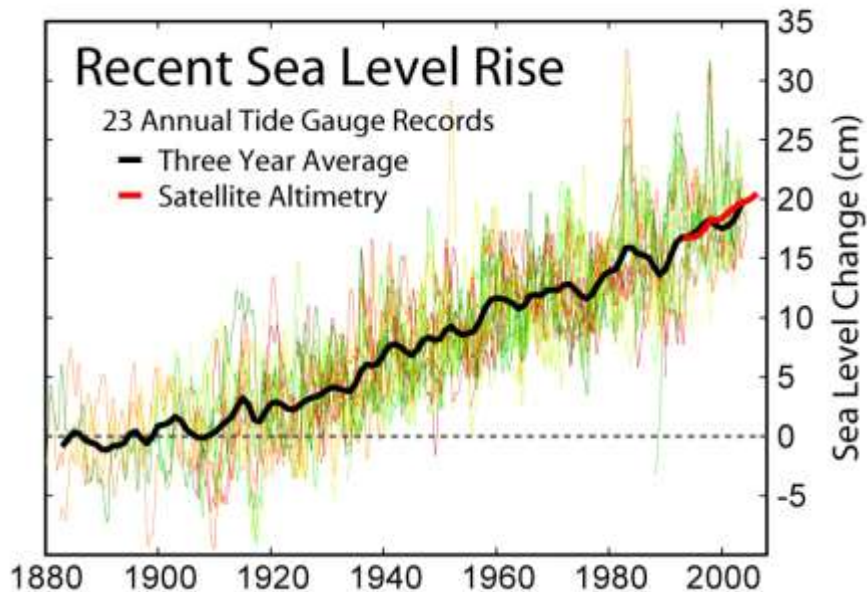


# 近年の海面上昇

## 験潮儀

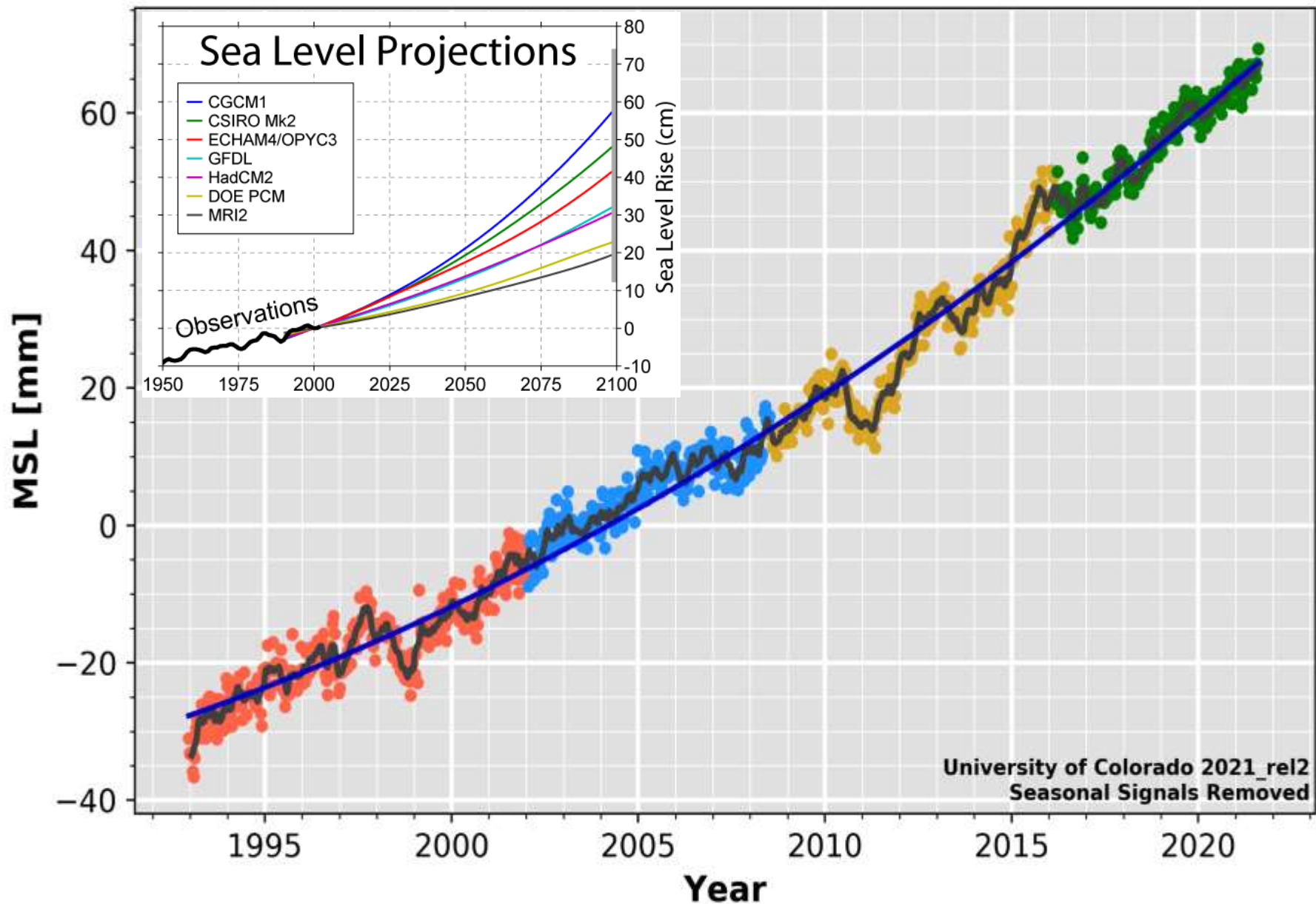


## 衛星高度計



# Most Recent GMSL Release 2021\_rel2

<http://sealevel.colorado.edu/>



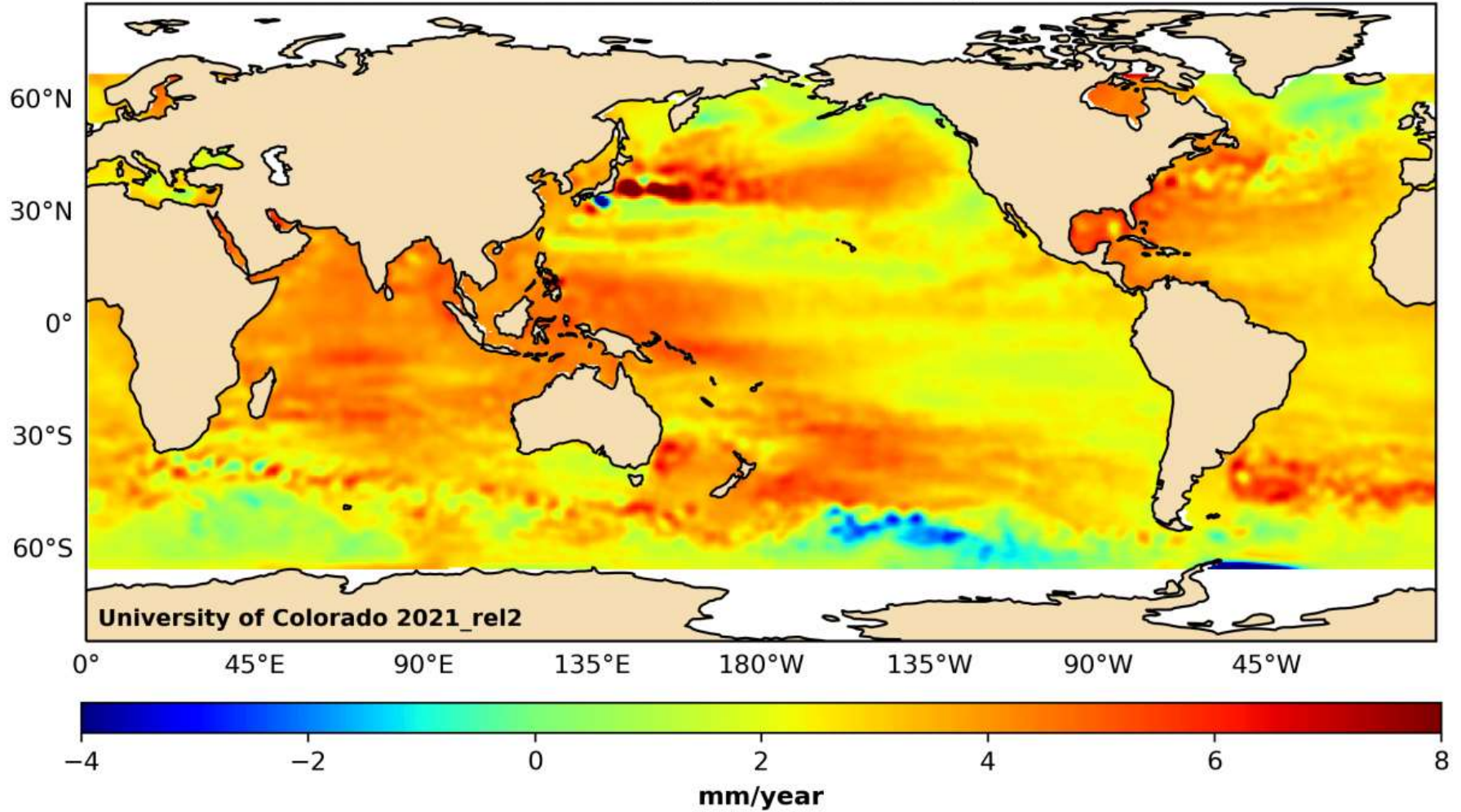
University of Colorado 2021\_rel2  
Seasonal Signals Removed



# Sea Level Trends

1992.96 - 2021.64

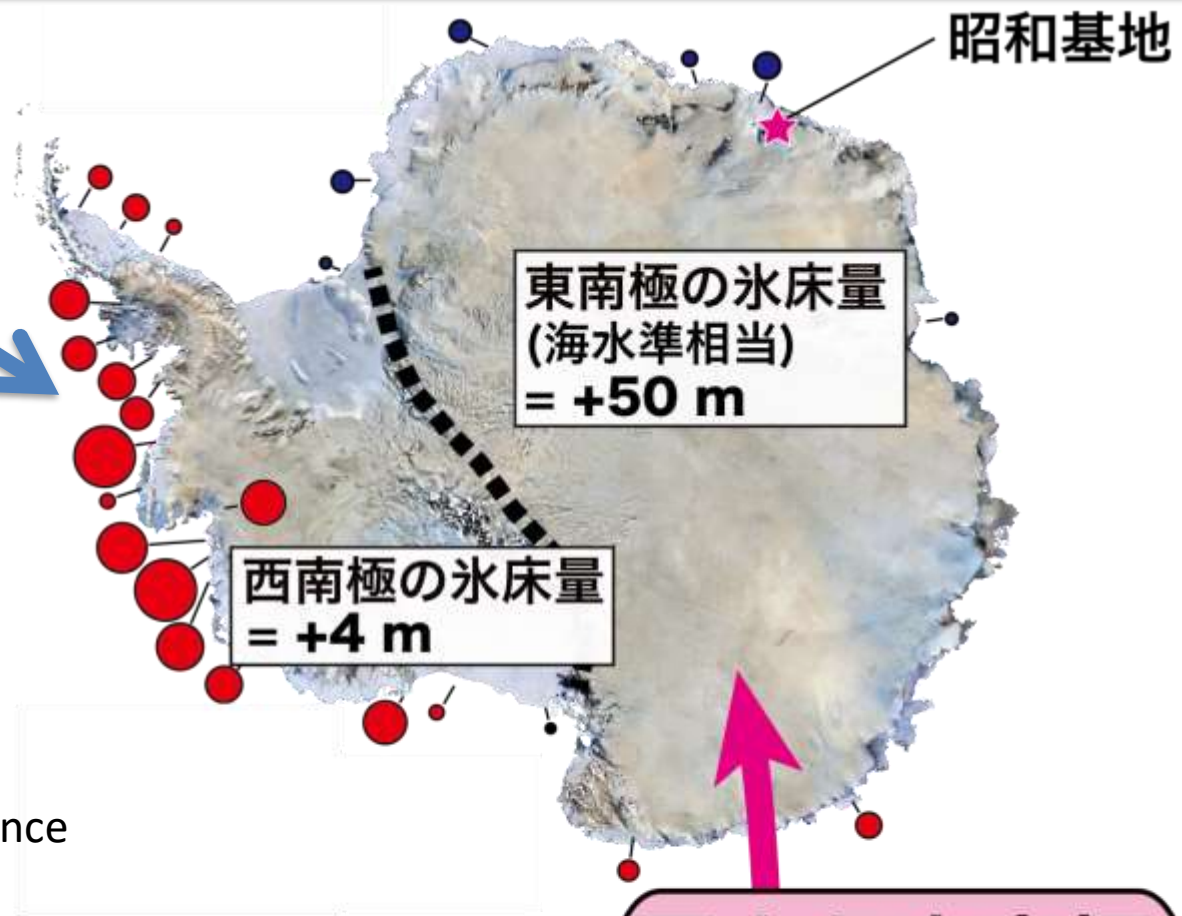
TOPEX/Poseidon, Jason-1, Jason-2, Jason-3





# 南極氷床の融解が加速

2000年代以降、顕著に！ 東南極は未解明。



氷床厚変動  
(1994~2012)

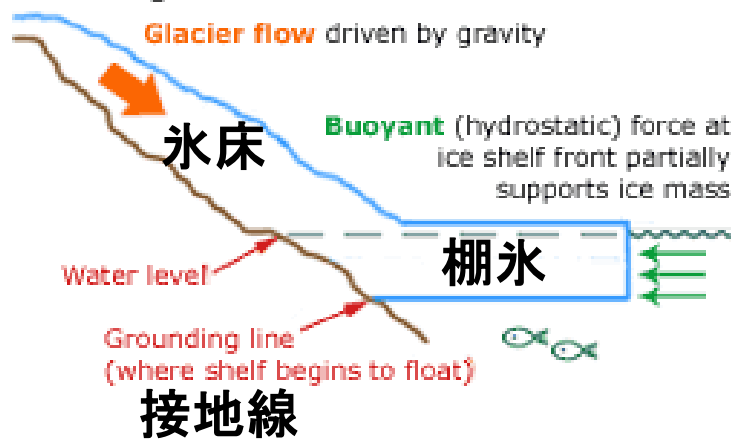
- 減少
- 増加

Paolo et al., 2015 Science

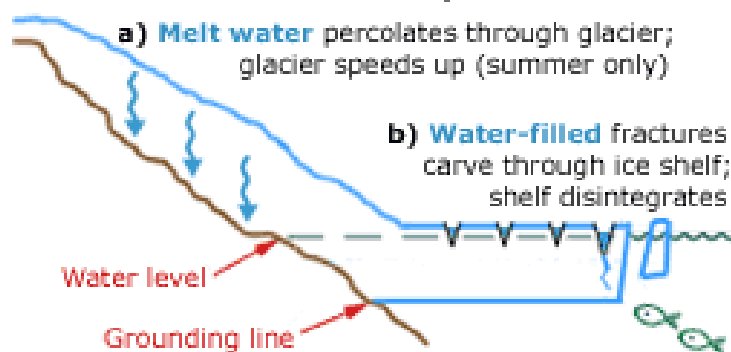
巨大な東南極も融解加速？

# 氷床融解のメカニズム

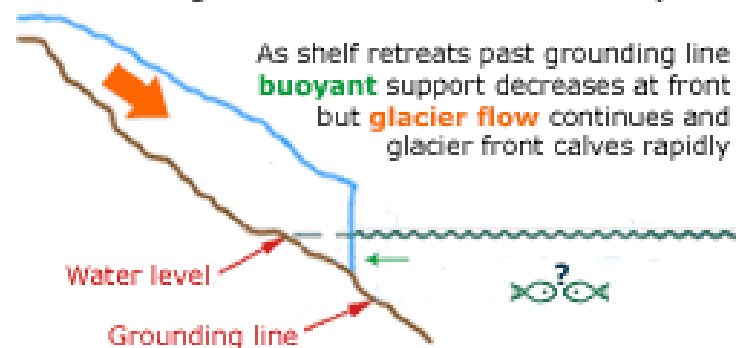
## 1. Stable glacier and ice shelf



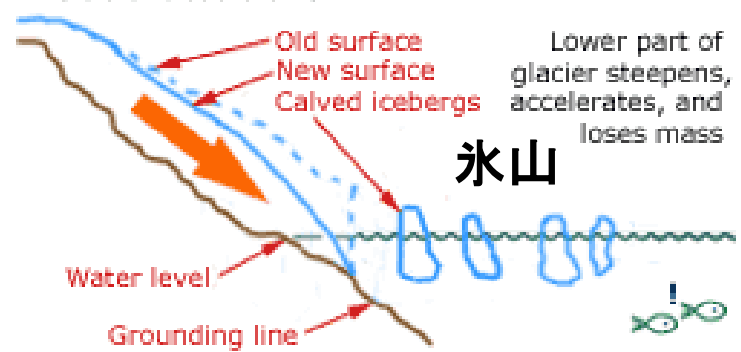
## 2. Two effects of warmer temperatures



## 3. Unstable glacier front after ice shelf collapse



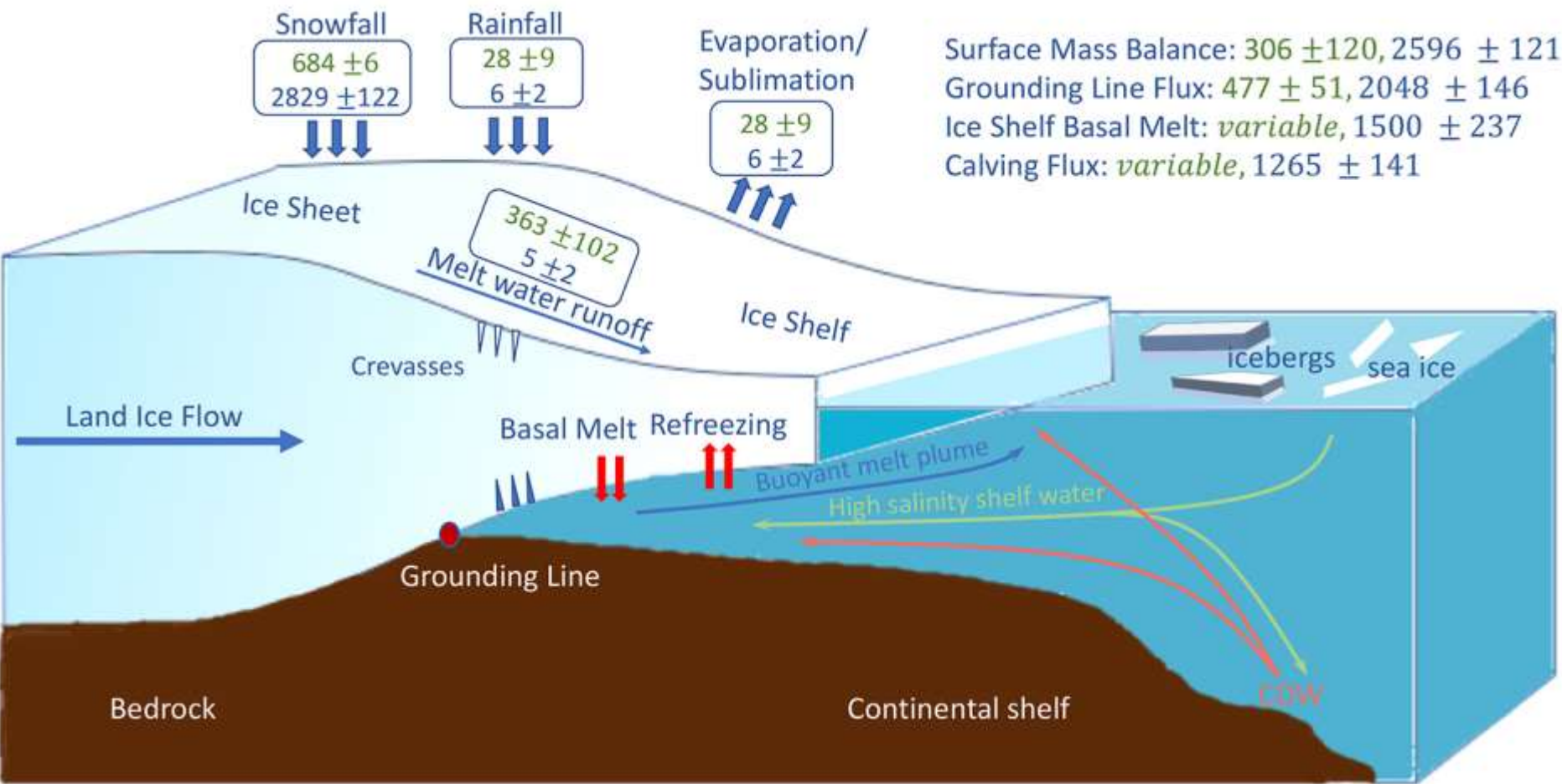
## 4. Glacier acceleration



“Antarctic Glacier Accelerate in Wake of Ice Shelf Breakup”

[https://nsidc.org/news/newsroom/20040921\\_acceleration.html](https://nsidc.org/news/newsroom/20040921_acceleration.html)より



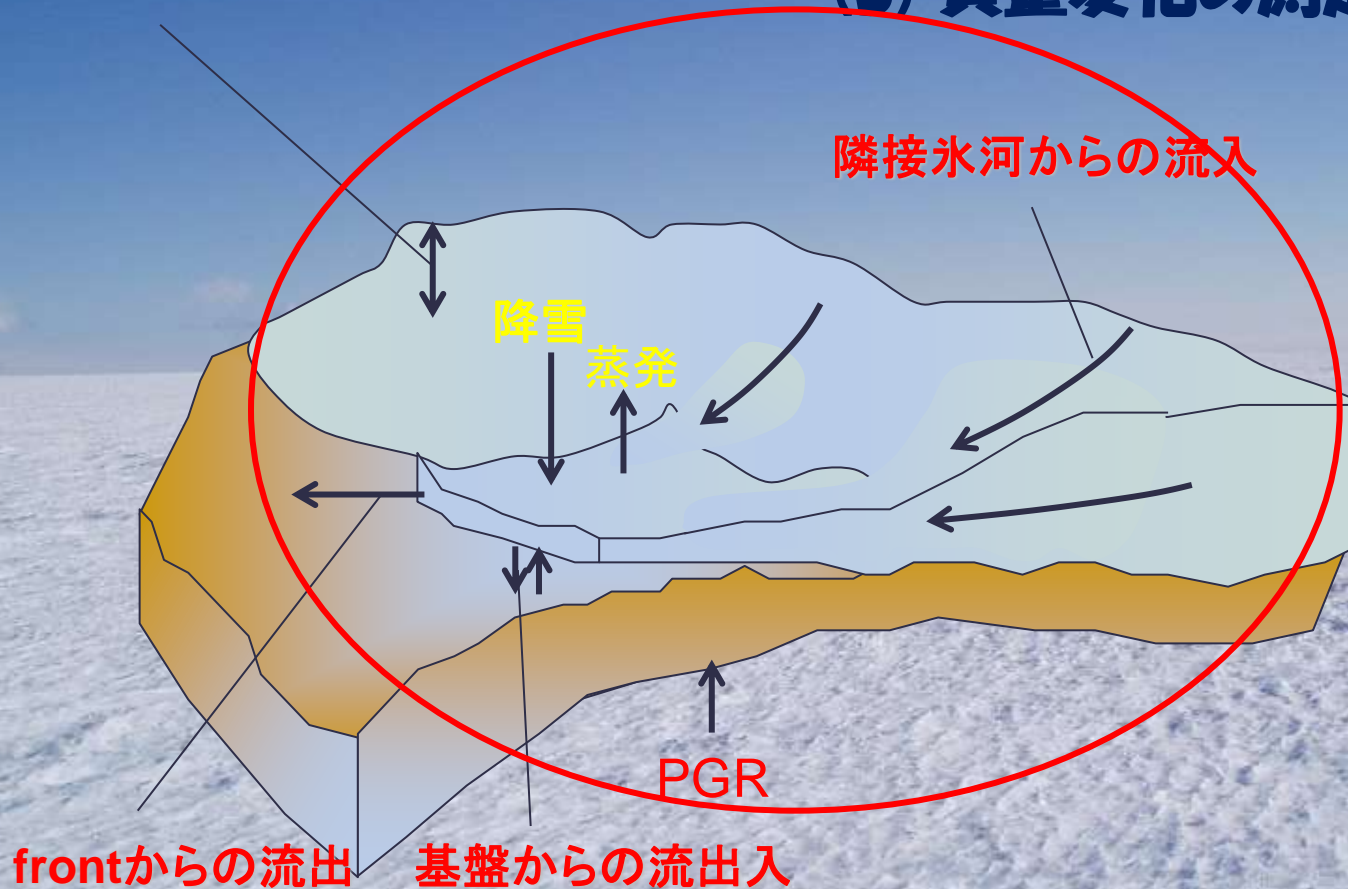


(Nowicki et al., 2018)

# 氷床変動のモニタリング

(2) 氷床高度変化の測定

(3) 質量変化の測定



(1) 質量収支法(I/O method)



# 氷床変動のモニタリング

## (1) 質量収支法(I/O method)

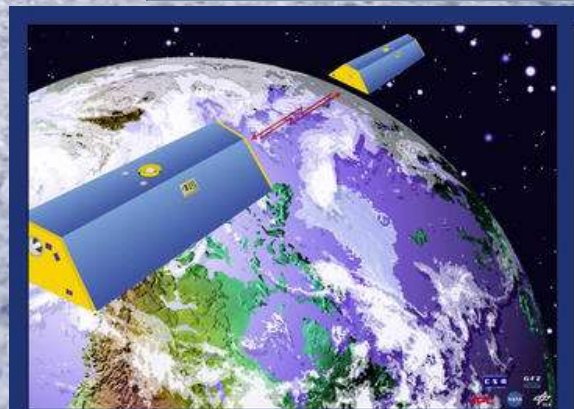
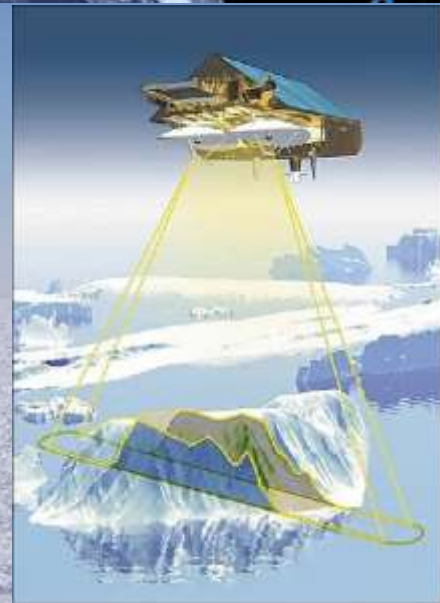
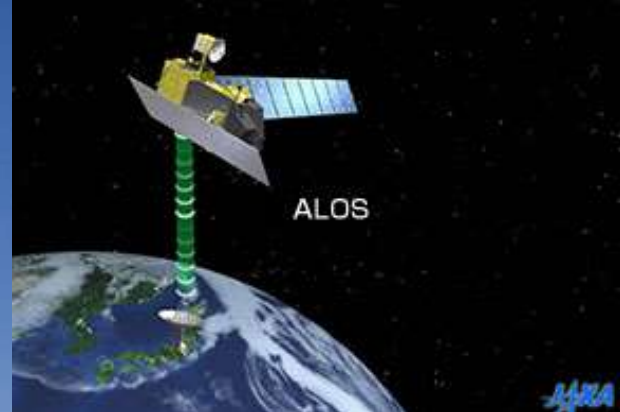
- ・降雪(水) - 昇華・蒸発 - 流出
- ・SMBモデル(領域大気氷床数値モデル)
- ・流動速度(GNSS, InSAR)

## (2) 氷床高度変化の測定

- ・衛星高度計(ERS1 & 2, Envisat, ICESat, ...)
- ・氷(雪)密度

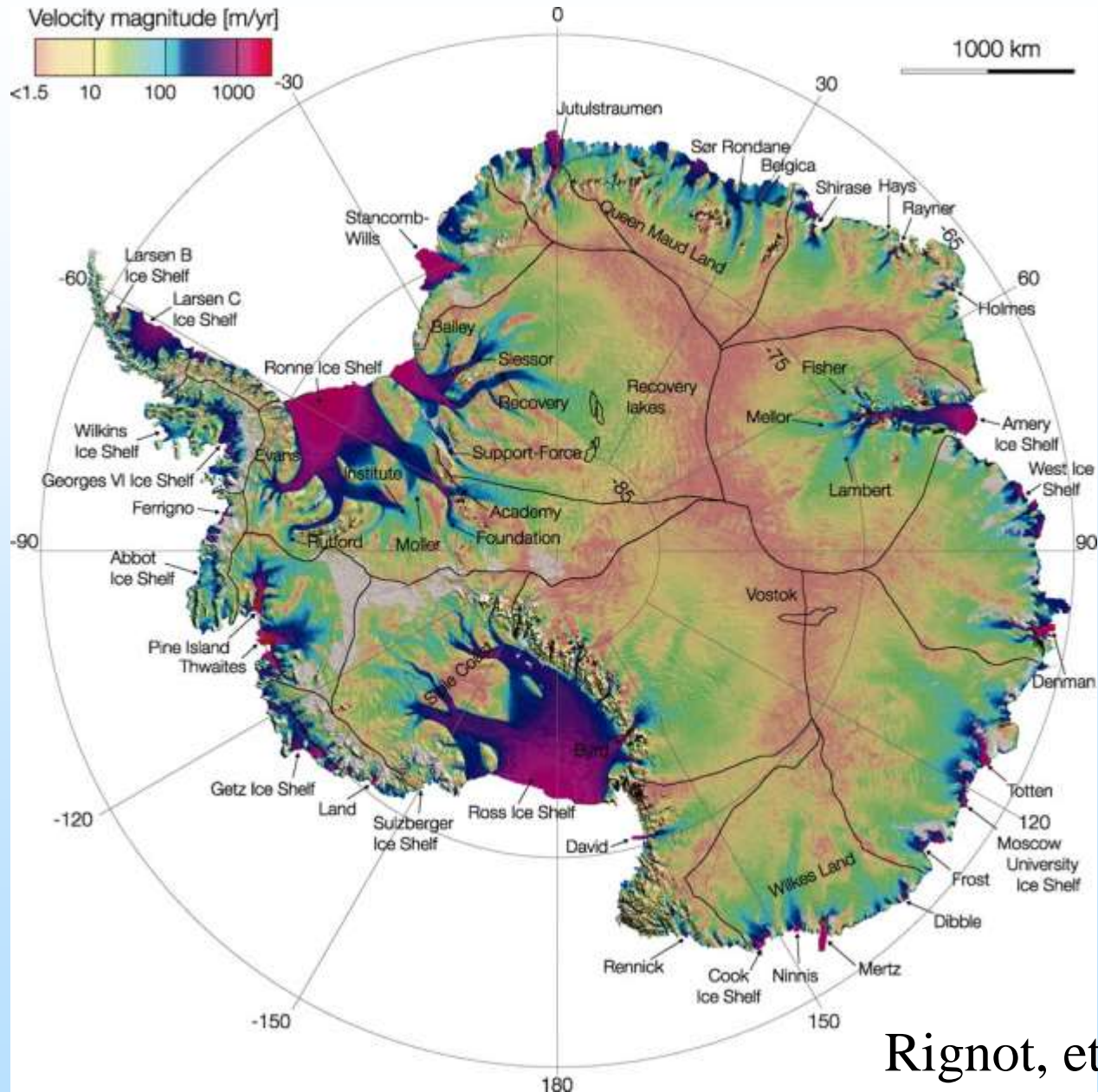
## (3) 質量変化の測定

- ・衛星重力測定 GRACE (2002 - 2017)  
GRACE-FO (2018 -)
- ・GIAモデル





# (1) 質量収支法(I/O method)



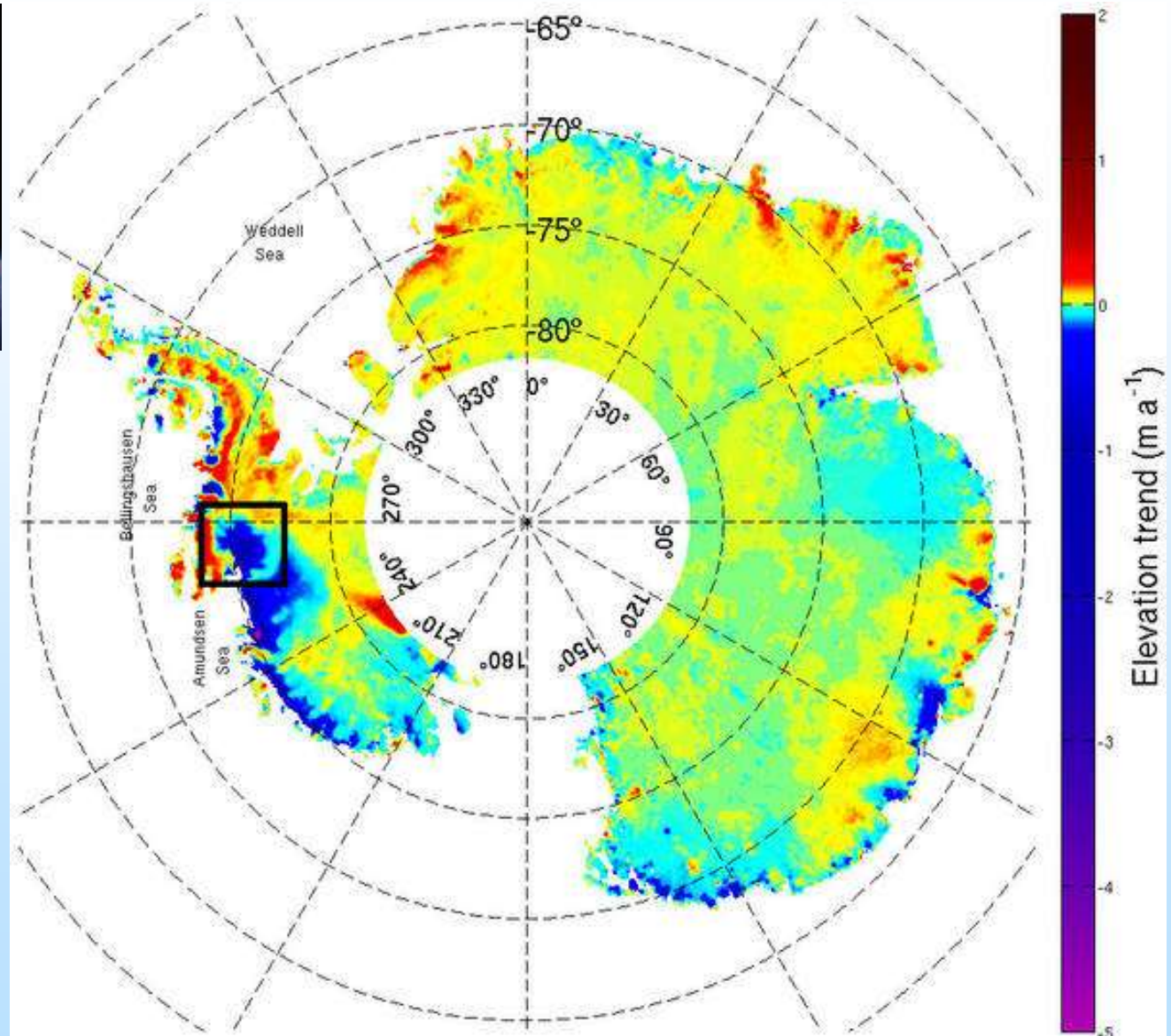
Rignot, et al., 2011

## (2) 氷床高度変化の測定

### Antarctica thinning seen by Envisat

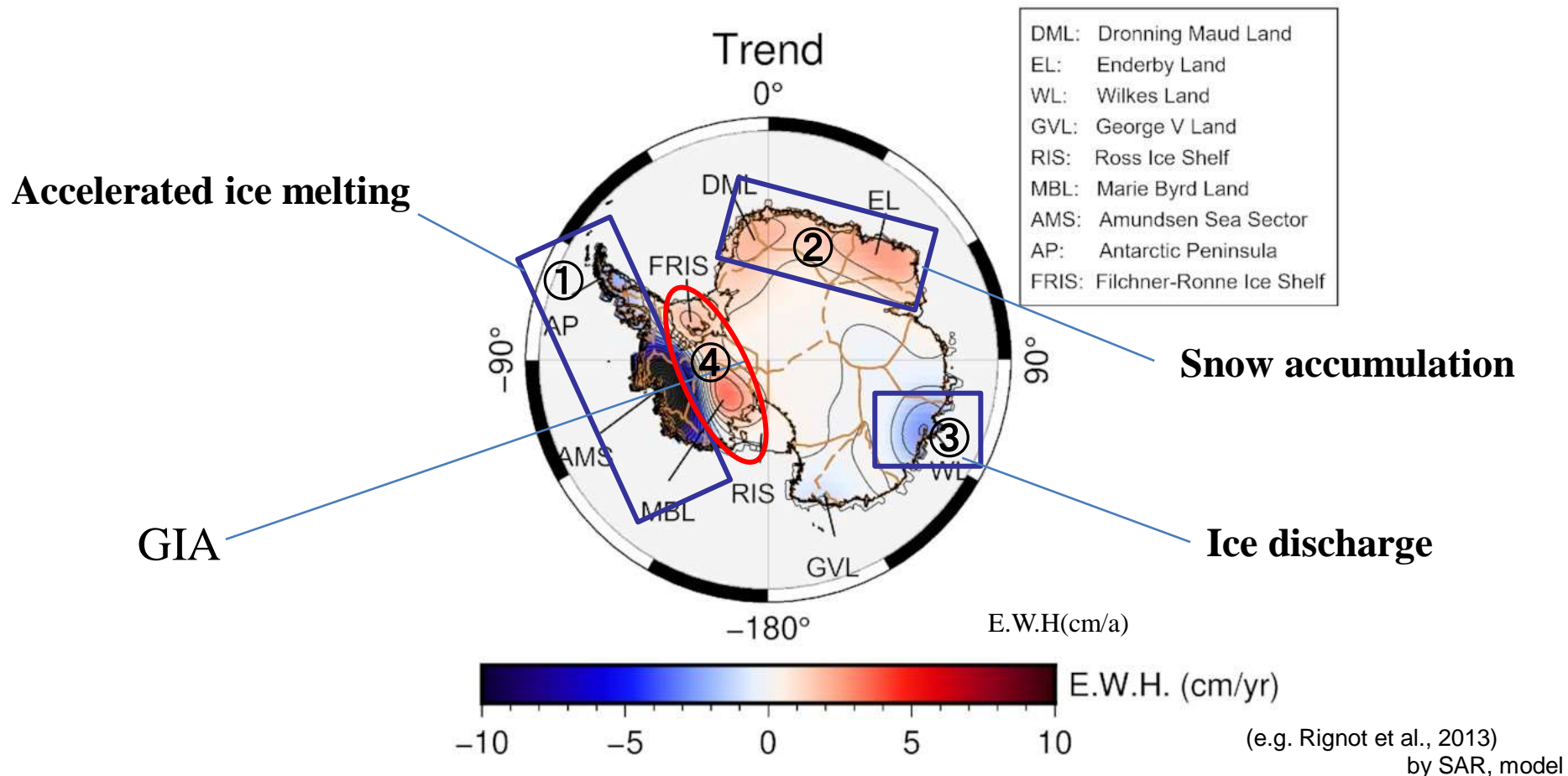


Envisat  
(2002/3-2012/4)



# (3) 質量変化の測定

## GRACE/GRACE-FO OBSERVATION

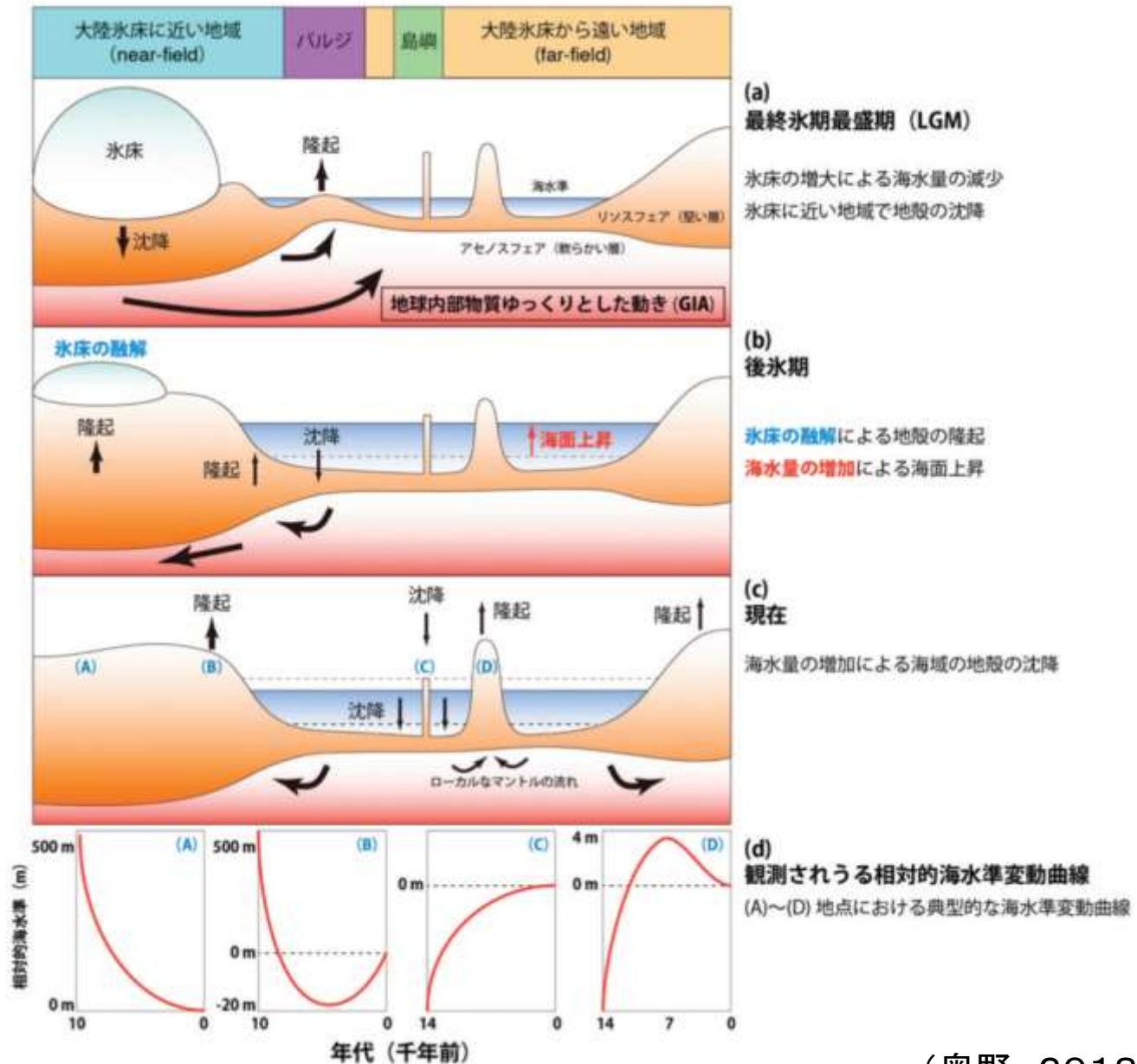


Regression trend of AIS mass change via a linear model of the April 2002–June 2020 GRACE/GRACE-FO data.

Shi, et al., 2022



# GIAのメカニズム



# 氷床変動のモニタリング

## (1) 質量収支法

- ・降雪(水) - 昇華・蒸発 - 流出
- ・SMBモデル(領域大気氷床数値モデル)
- ・流動速度(GNSS, InSAR)

## (2) 氷床高度変化の測定

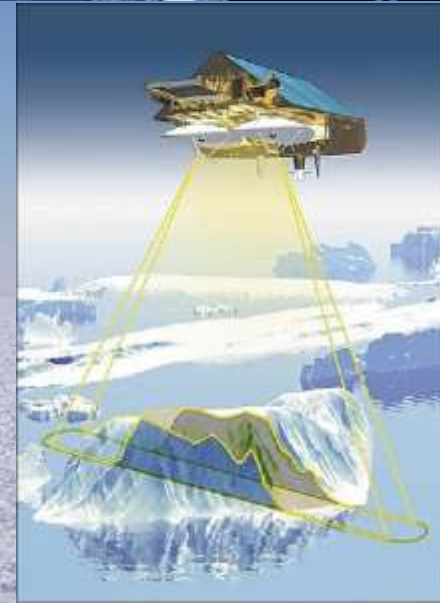
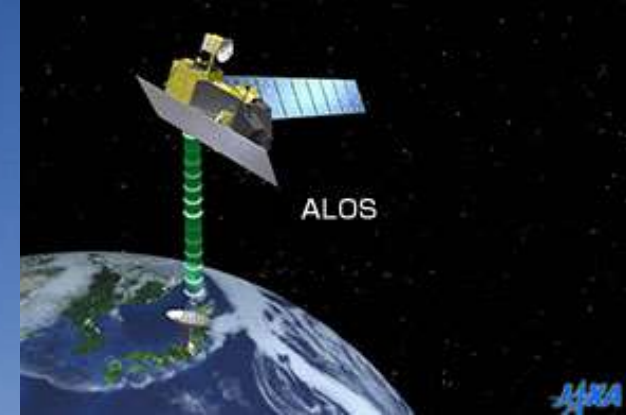
- ・衛星高度計(ERS1 & 2, Envisat, ICESat, ...)
- ・氷(雪)密度

## (3) 質量変化の測定

- ・衛星重力測定 GRACE (2002 - 2017)
- ・GIAモデル

これらの結果に矛盾はないのか？

The ice sheet mass balance  
inter-comparison exercise (IMBIE)







imbie



HOME

ABOUT IMBIE

NEWS

IMBIE 3

PAST ASSESSMENTS

PUBLICATIONS

DATA DOWNLOADS

IMBIE is an international collaboration of polar scientists, providing improved estimates of the ice sheet contribution to sea level rise. [Read more...](#)

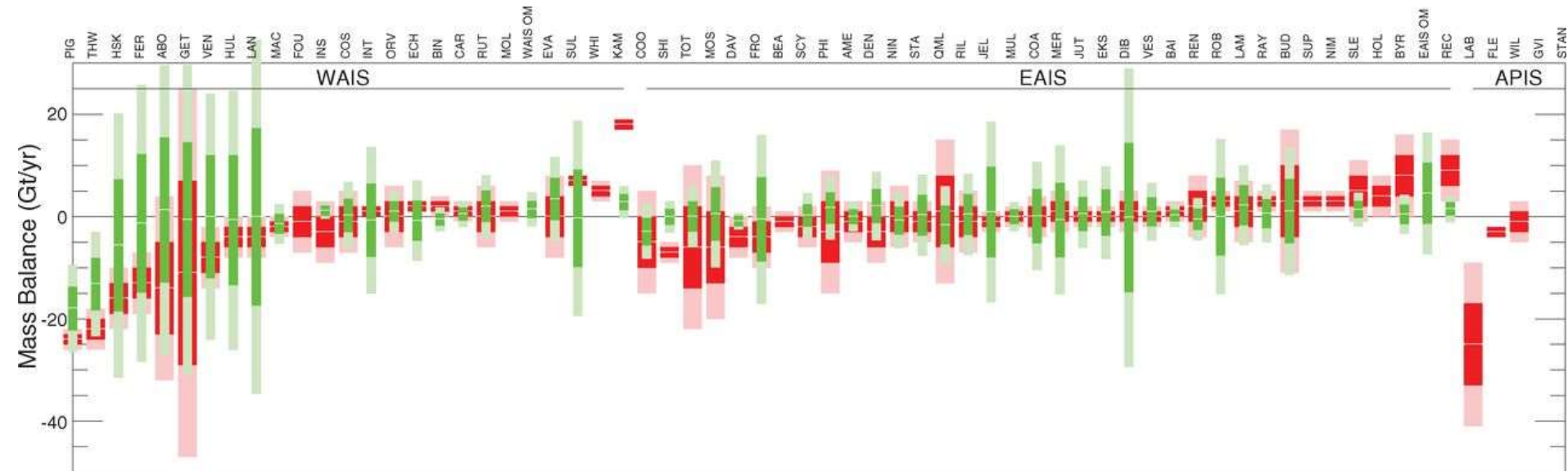


<http://imbie.org/>



# A Reconciled Estimate of Ice-Sheet Mass Balance

Shepherd et al., Science, 2012



**Fig. 1 Comparison of ice sheet mass balance estimates derived from satellite RA (green) and the IOM (red) over the period 1992 to 2011, with 1-sigma and 2-sigma error bars in dark and light shading, respectively, and mean values are shown in white.**

# A Reconciled Estimate of Ice-Sheet Mass Balance

Shepherd et al., Science, 2012

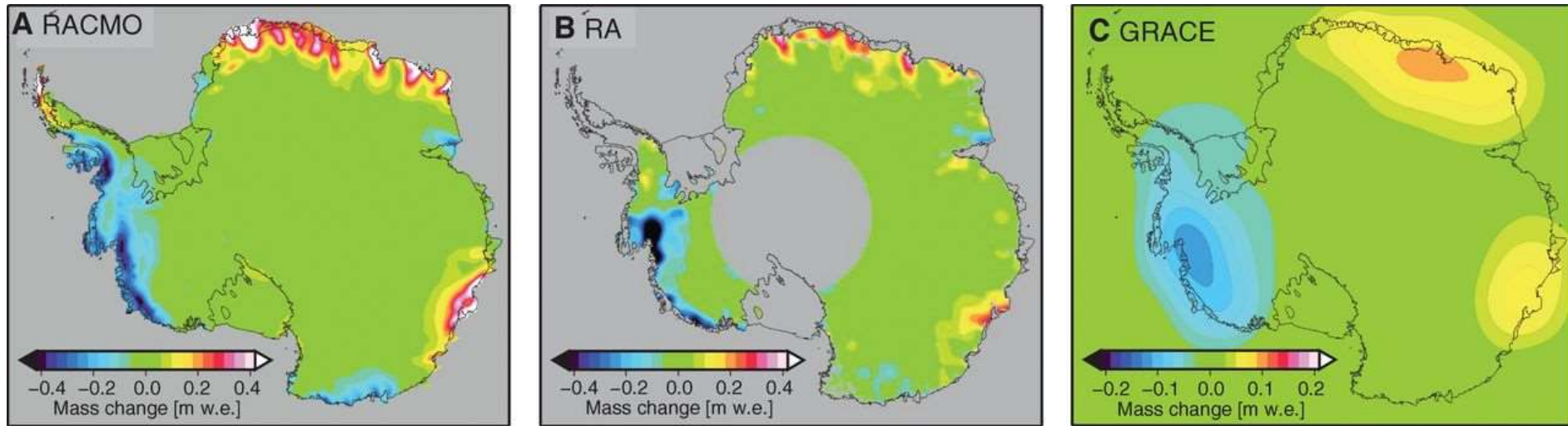
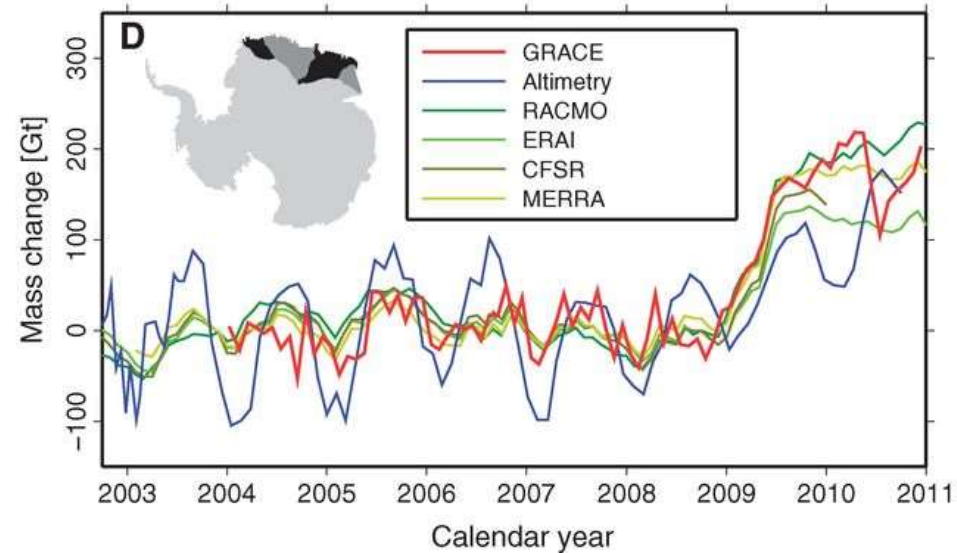
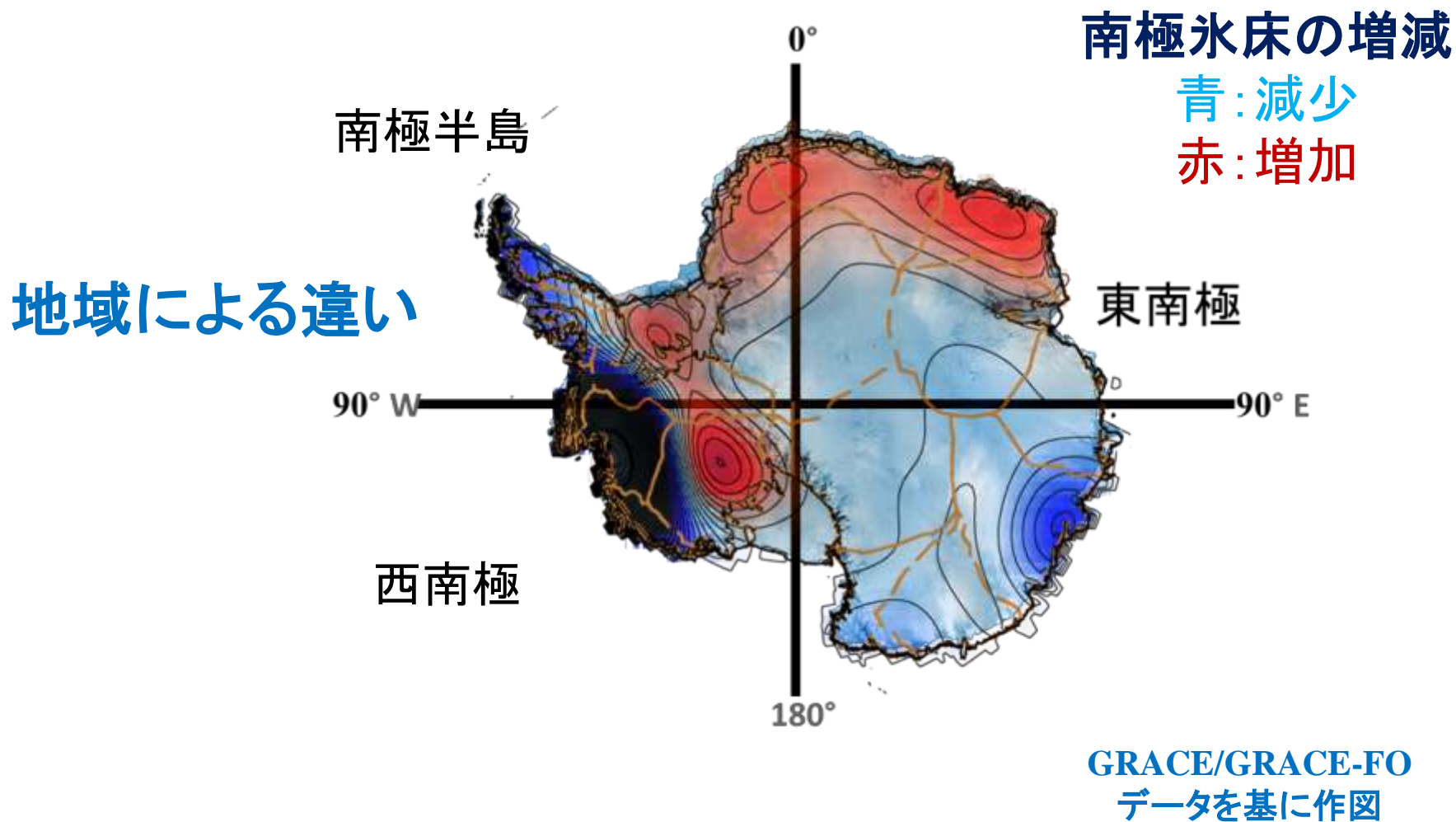


Fig. 2 Estimated anomalies in cumulative ice-sheet firn mass (A), and mass (B and C), derived from the RACMO regional climate model, satellite RA, and GRACE satellite gravimetry, respectively, over a period of anomalously high snowfall in East Antarctica. Anomalies were computed over the period July 2009 to July 2010 relative to July 2008 to July 2009.

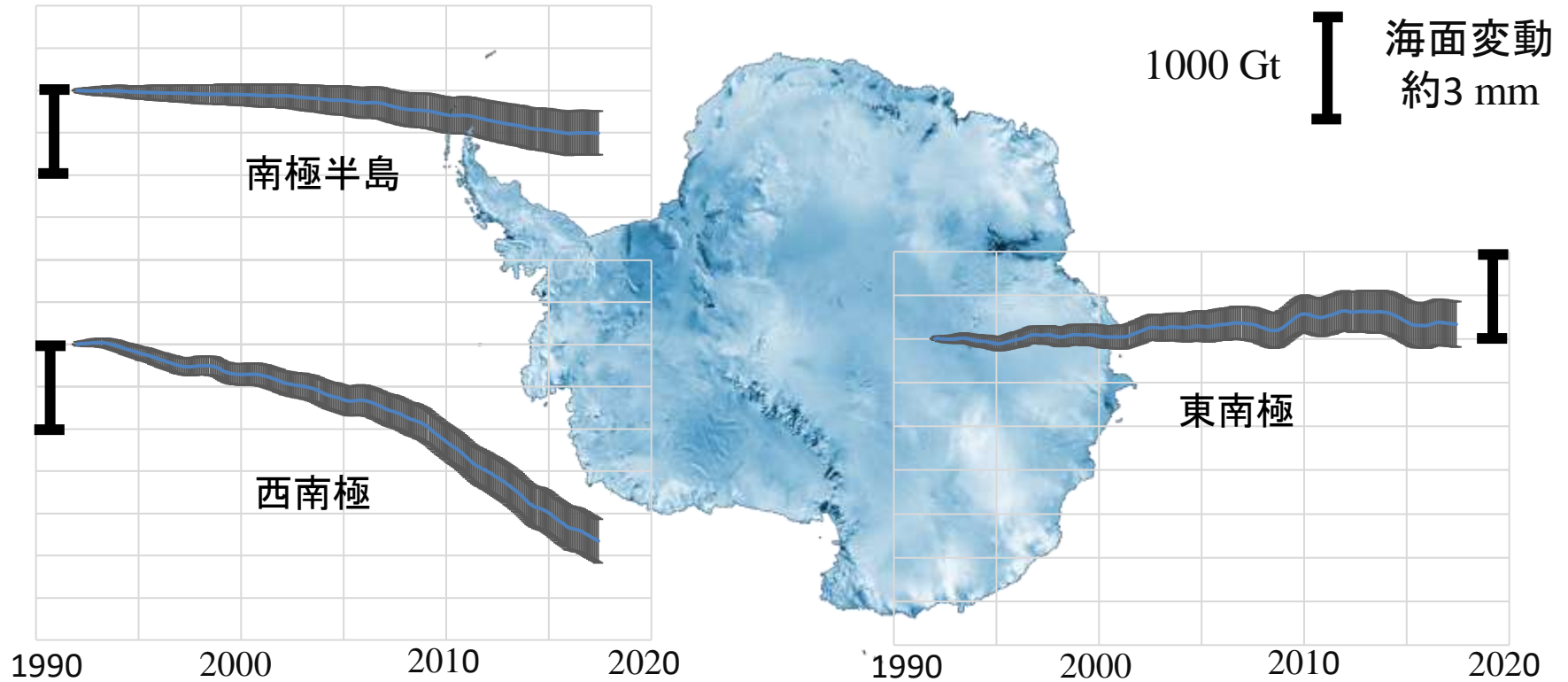


# 南極の氷床は本当に減っている？



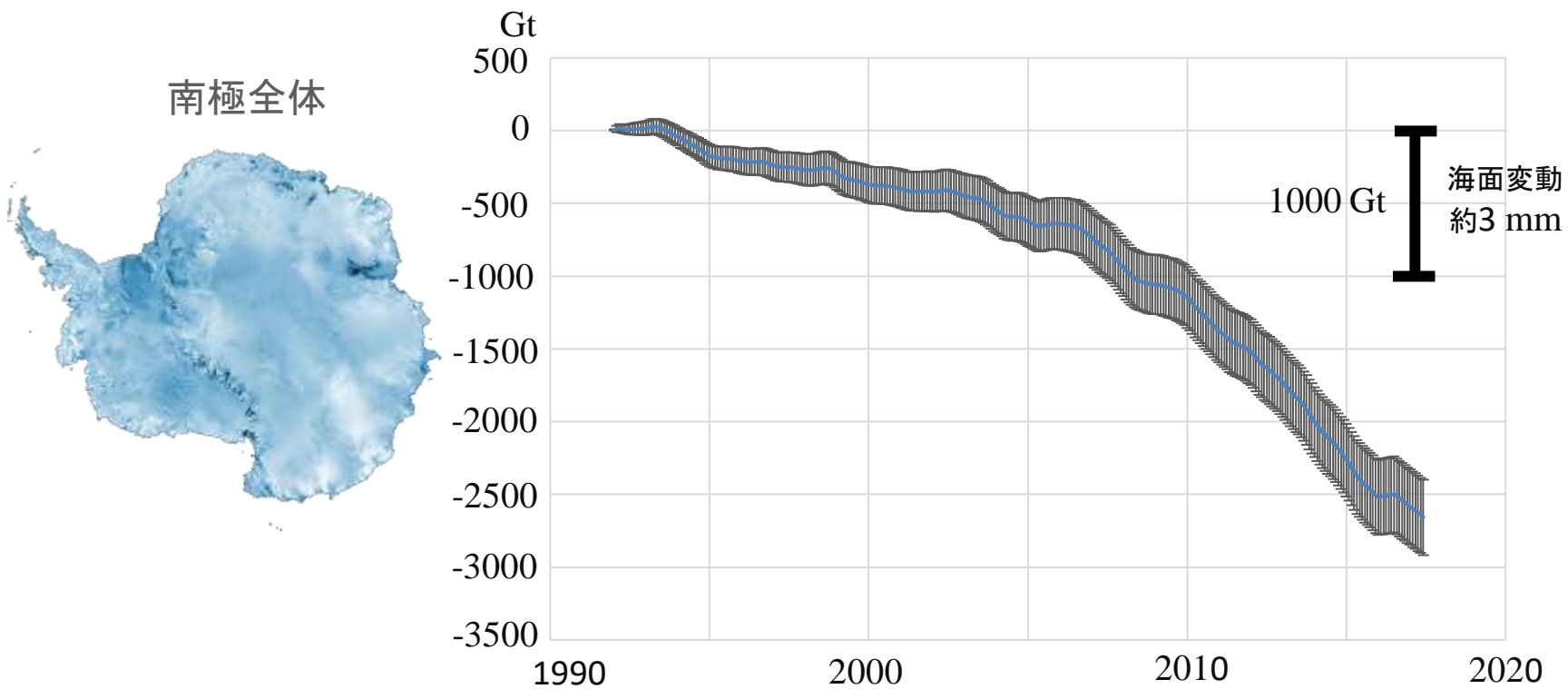


# 南極の氷床は本当に減っている？



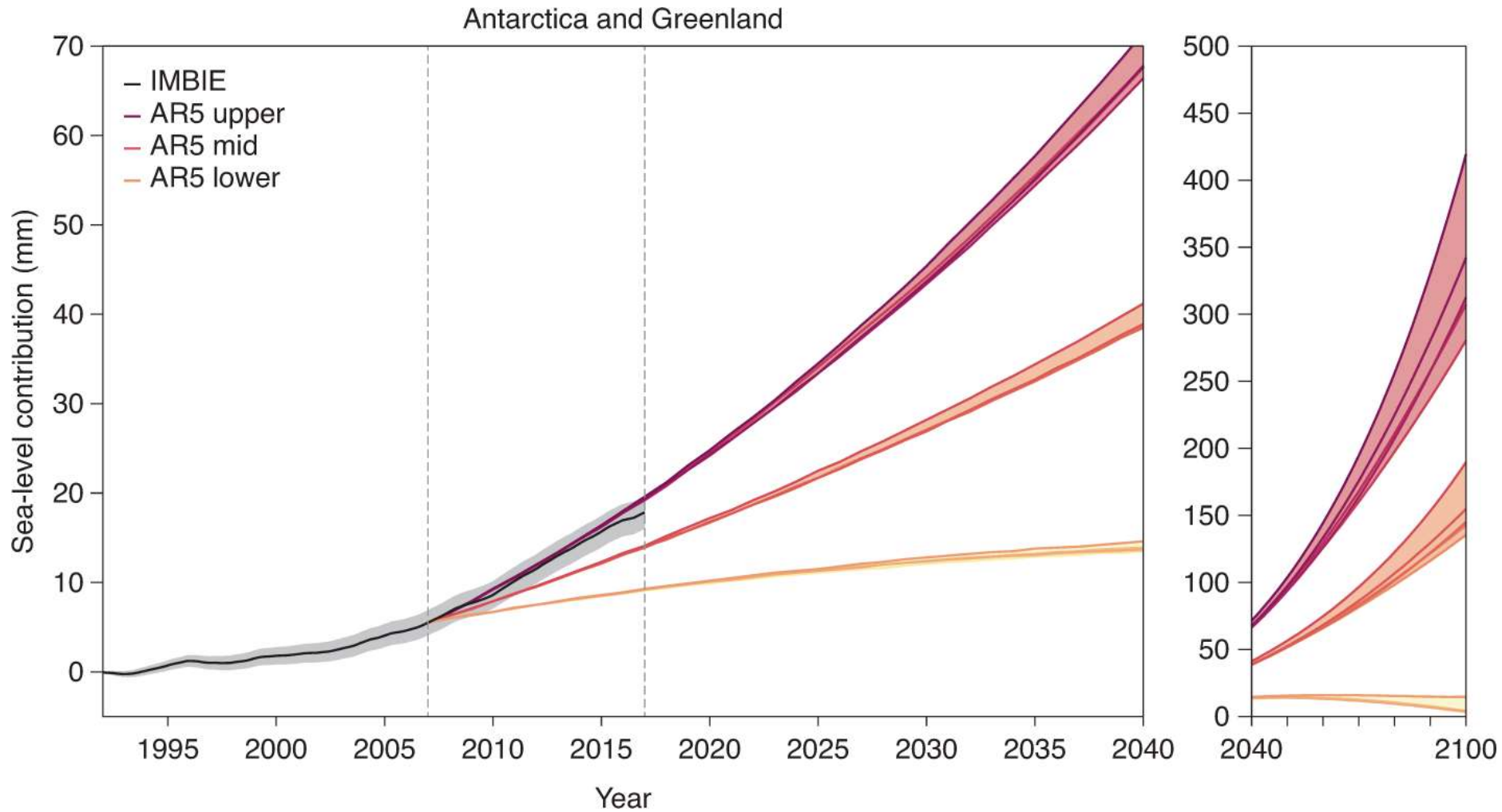
imbie datasetを基に作図

# 南極の氷床融解は加速している！



imbie datasetを基に作図

# 将来の海水準予測



**Observed and predicted sea-level contribution from Antarctic and Greenland ice-sheet mass change.**

**(Slater et al., 2020)**



氷のない南極？

