

数値気候モデル開発改良のための 衛星観測の活用

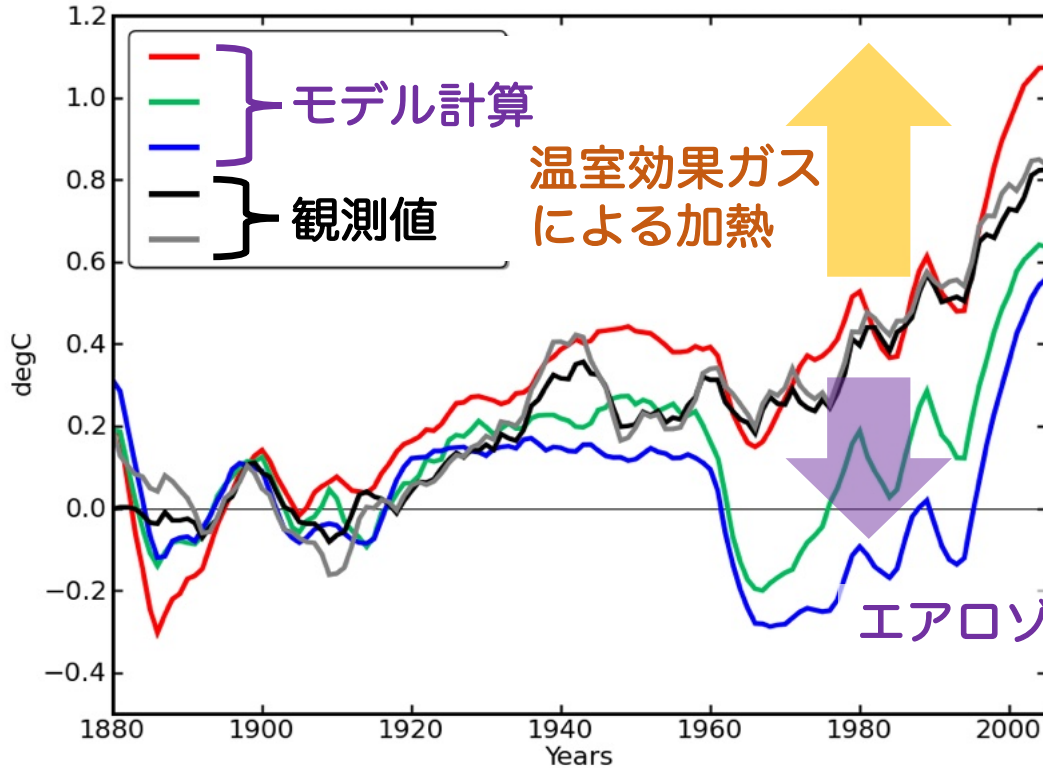
鈴木健太郎（東京大学大気海洋研究所）

2024/3/12

文部科学省地球観測推進部会ヒアリング @オンライン

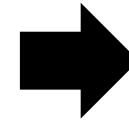
気候モデルの不確実性と衛星観測による拘束

20世紀の地表気温の変化



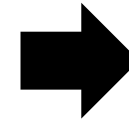
雲から雨を出す“蛇口”

雨が降りやすい仮定:
低い雲が残りにくい



✓ 衛星観測に比べて雨が降りすぎ
✓ 気温変化は再現できる

雨が降りにくい仮定:
低い雲が残りやすい

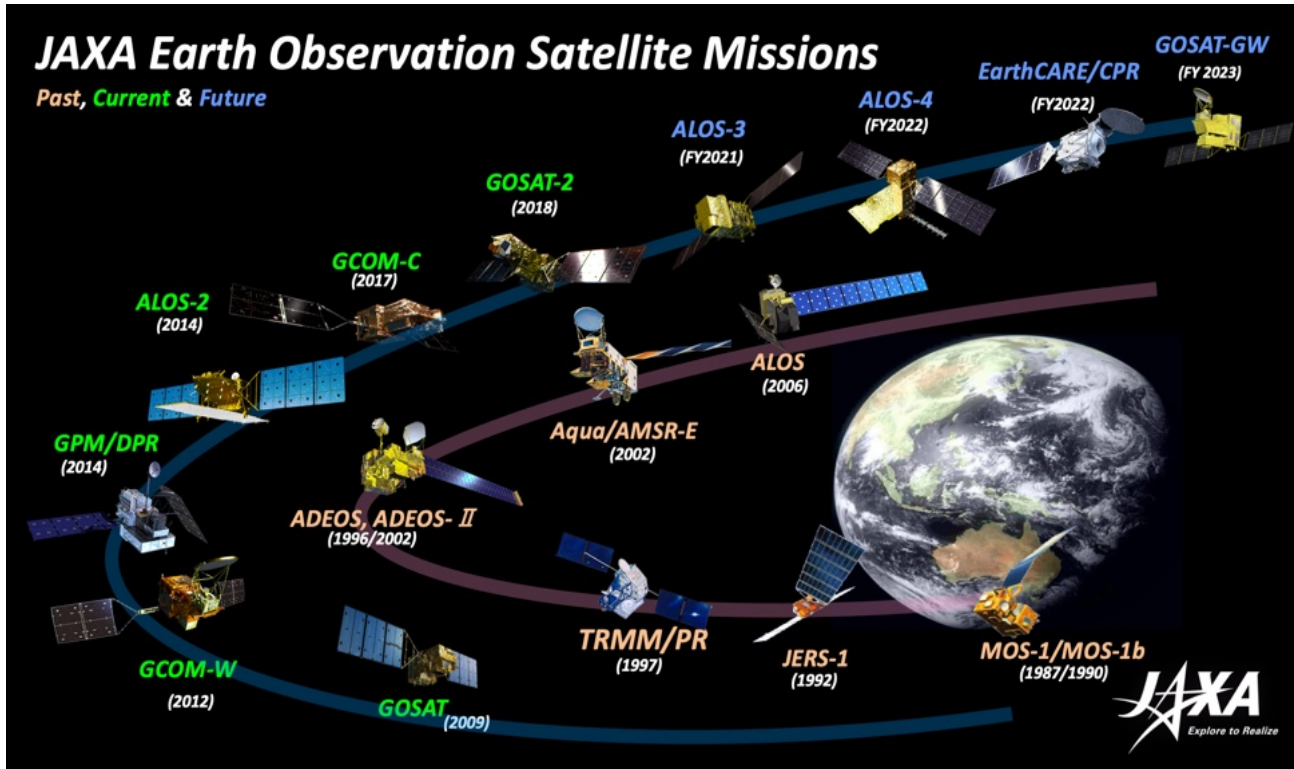


✓ 雨の降り方は衛星観測に近い
✓ 気温変化を再現できない

Golaz et al. ('13), Suzuki et al. ('13)

- モデルの雲の仮定はどれが正しいのか？ -> 衛星観測で検証できる
- 検証結果: モデルの“雨の降り方”(部品)と“気温変化の再現性”(性能)は矛盾
- 現在の気候モデルは、雲・降水の表現に大きな問題を抱えている

気候変動予測先端研究プログラムでの取組み



気候モデル開発3+1の軸



- 複数の人工衛星が地球の様々な側面を観測
- 観測情報を用いてモデルを“部品”から高度化
- 先端プロ各課題機関とJAXAでMOU締結

気候モデルにおける雲の高度化

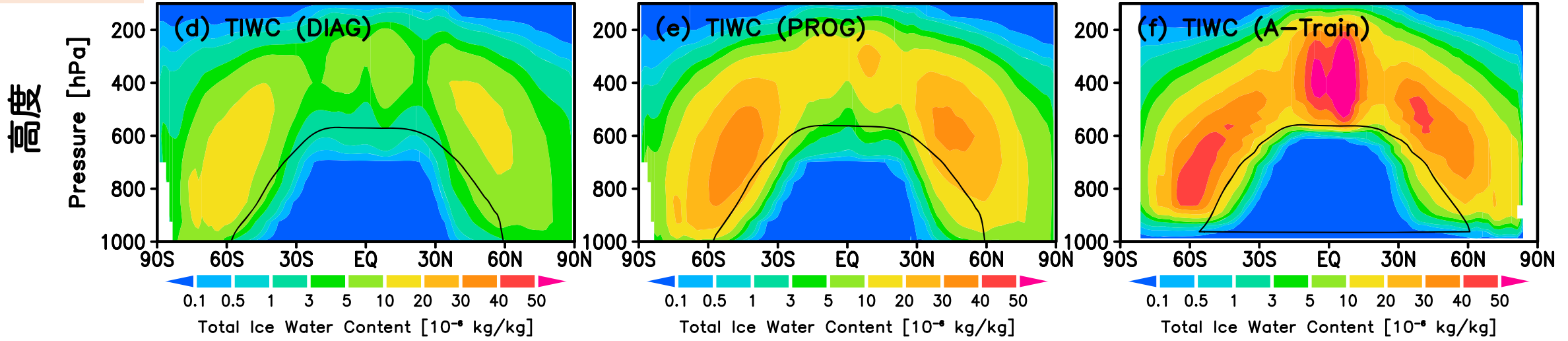
衛星観測はモデル改良の指針

雲氷の質量

改良前のMIROC

改良後のMIROC

衛星観測

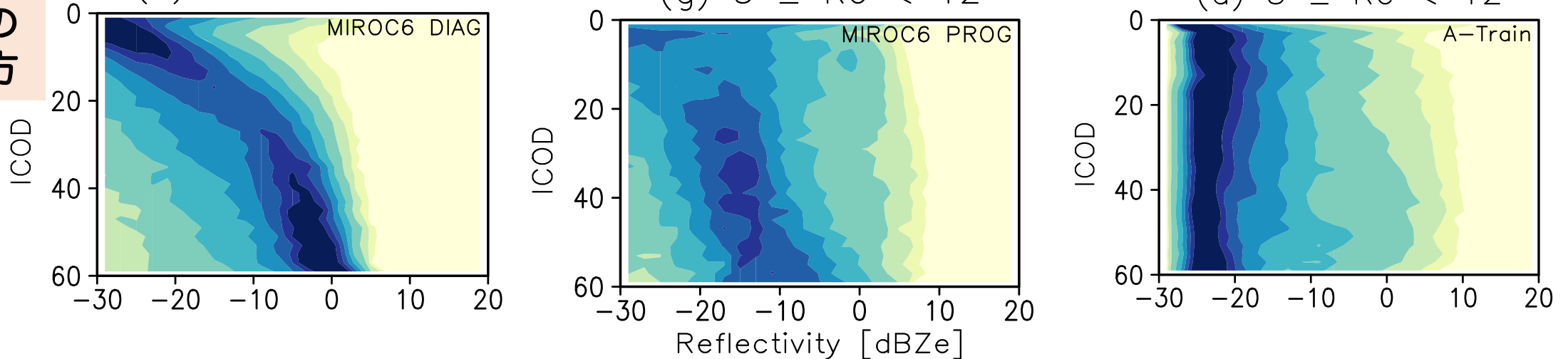


(d) $5 \leq Re < 12$

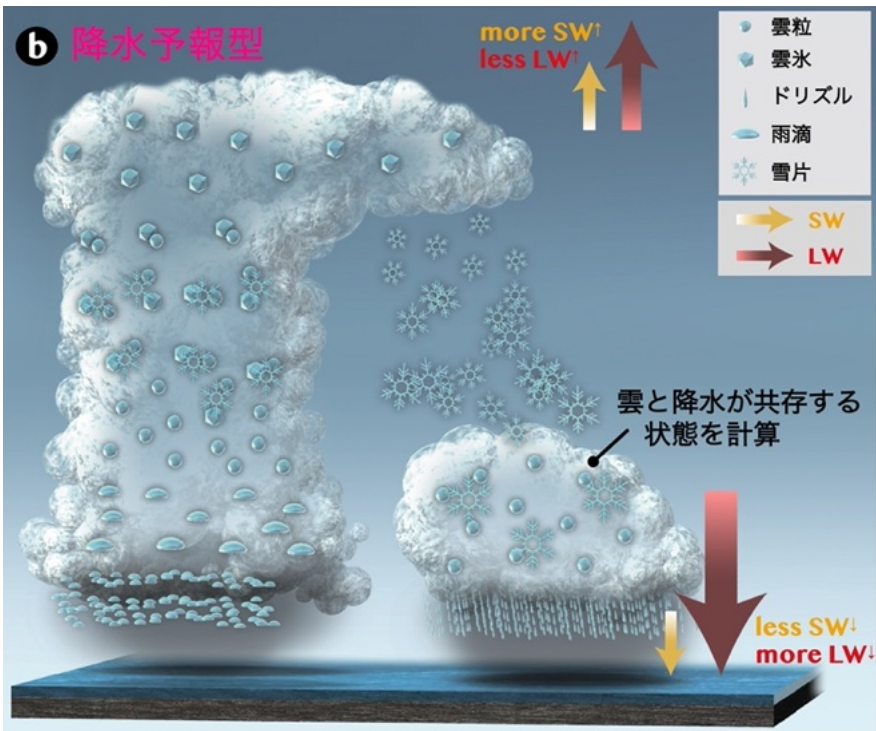
(g) $5 \leq Re < 12$

(a) $5 \leq Re < 12$

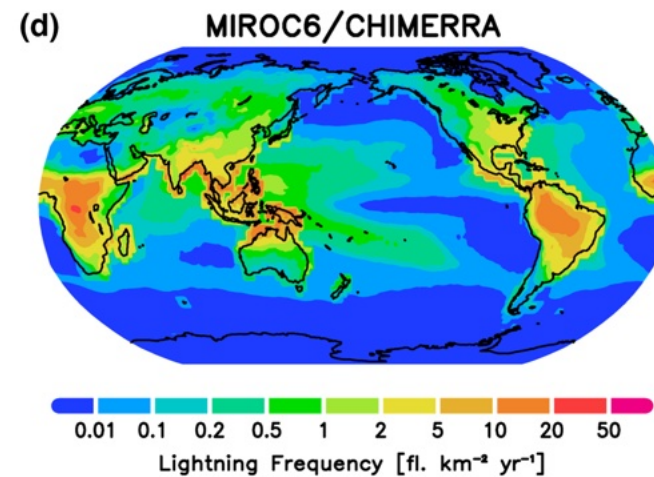
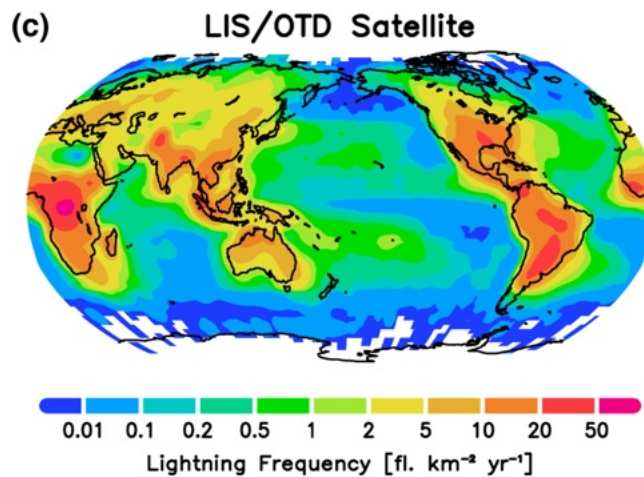
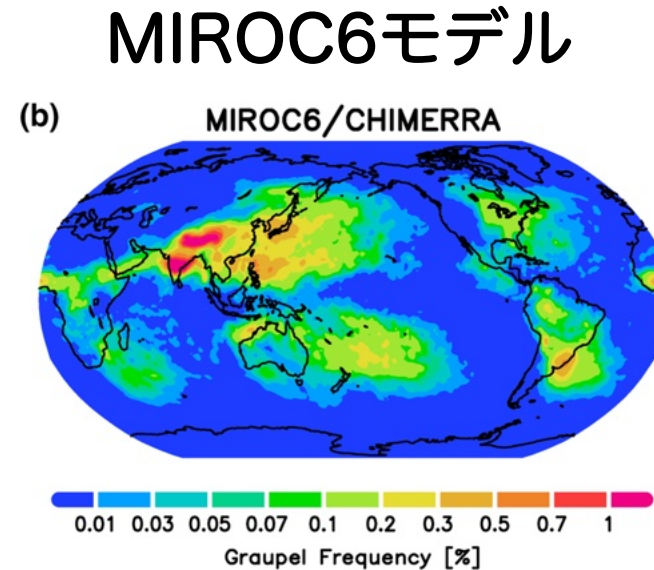
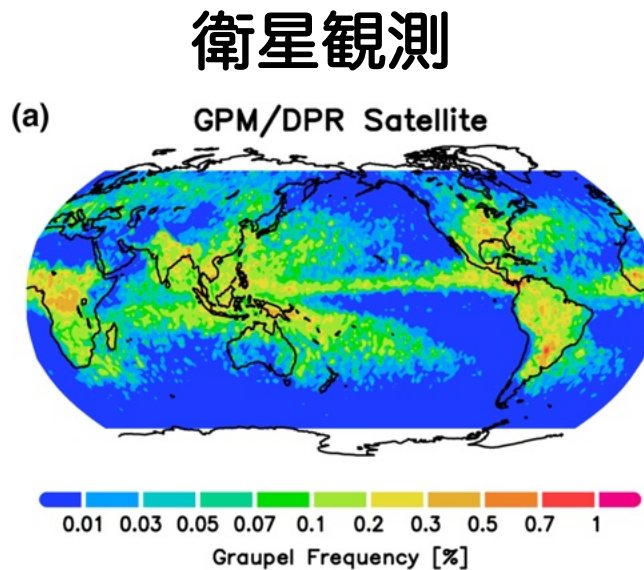
雲内部での
雨の降り方



MIROCモデルの精緻化: 最近の取組みの例



霰の頻度



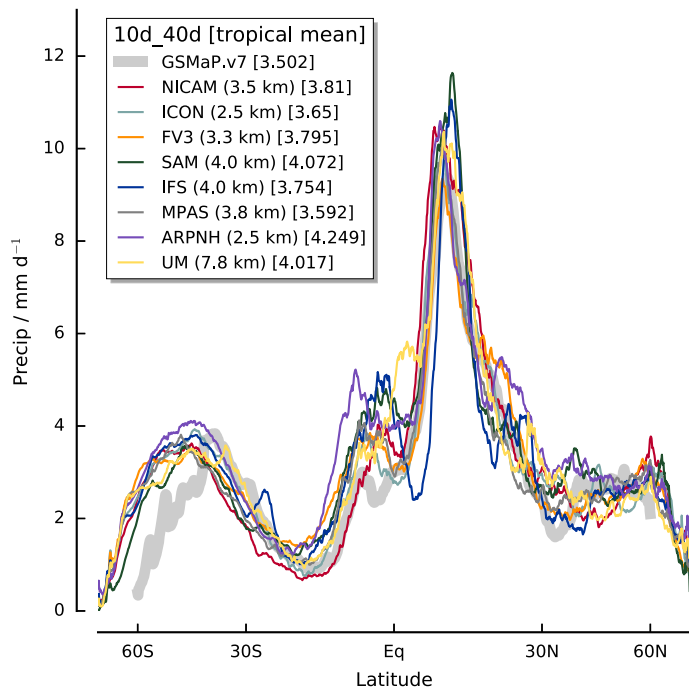
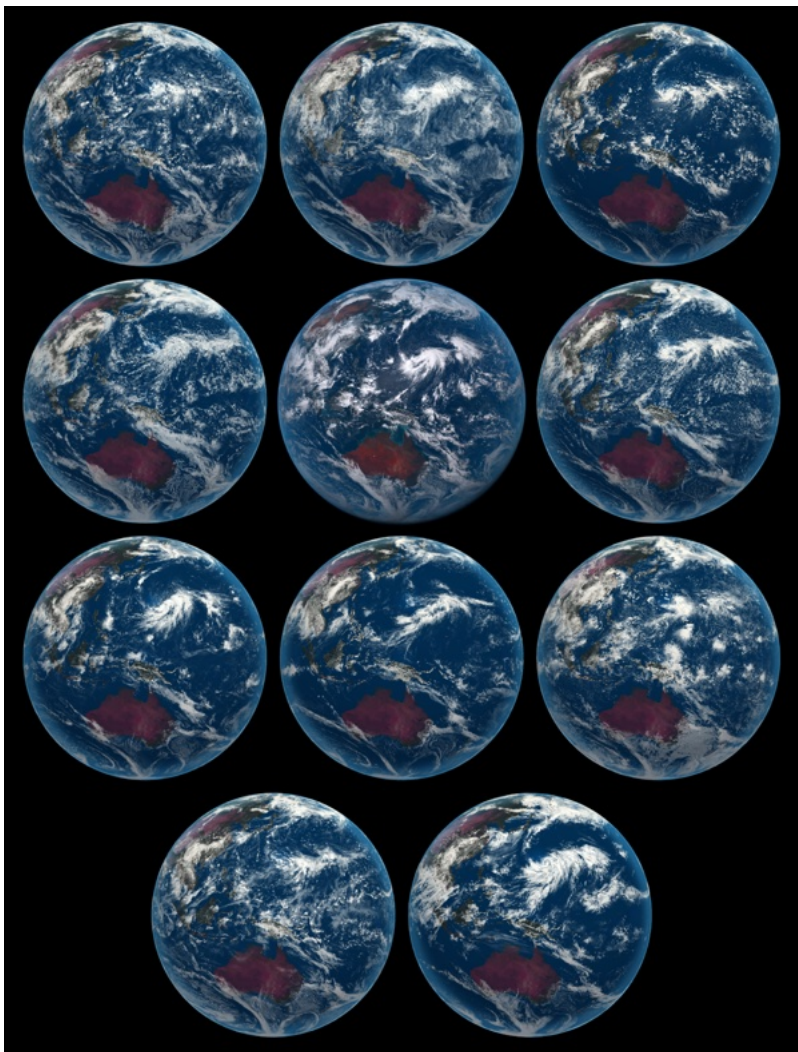
雷活動

- ✓ 霰(速く落下する氷)を新たに導入
- ✓ 対流と微物理の指標である雷を診断

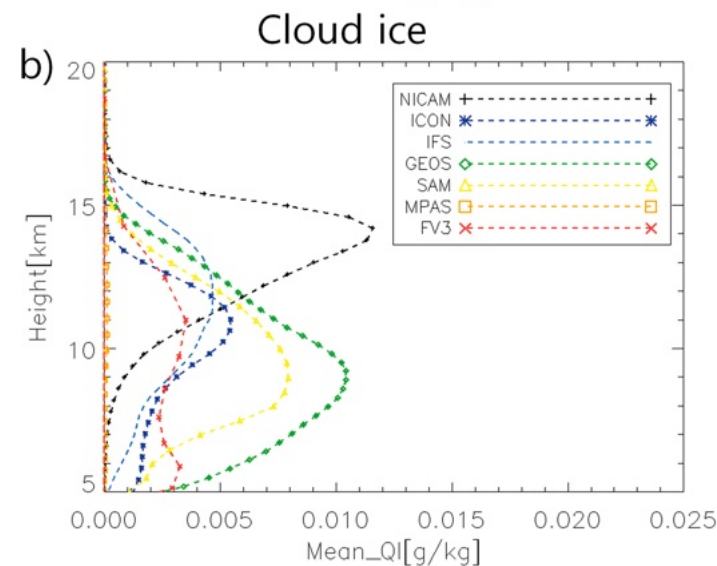
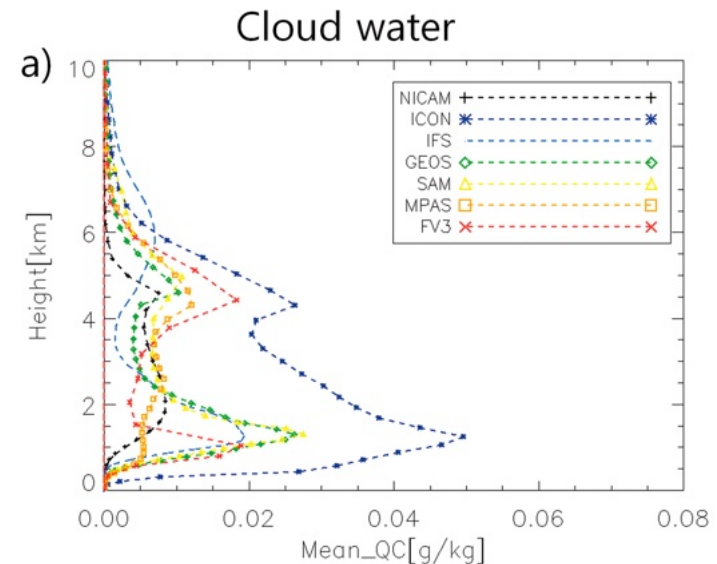
- 自前でのモデル開発が重要
- 複数衛星の組合せが有効

次世代の全球雲解像モデルとその不確実性

The DYAMOND project (Stevens et al. PEPS '19)



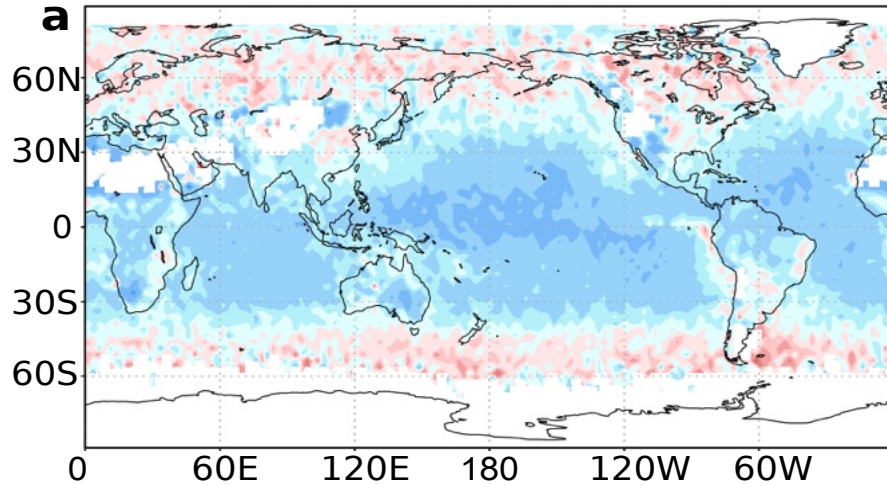
- 写実性の高いモデルでも雲の再現性にはばらつき
- 観測情報による雲の拘束が必要



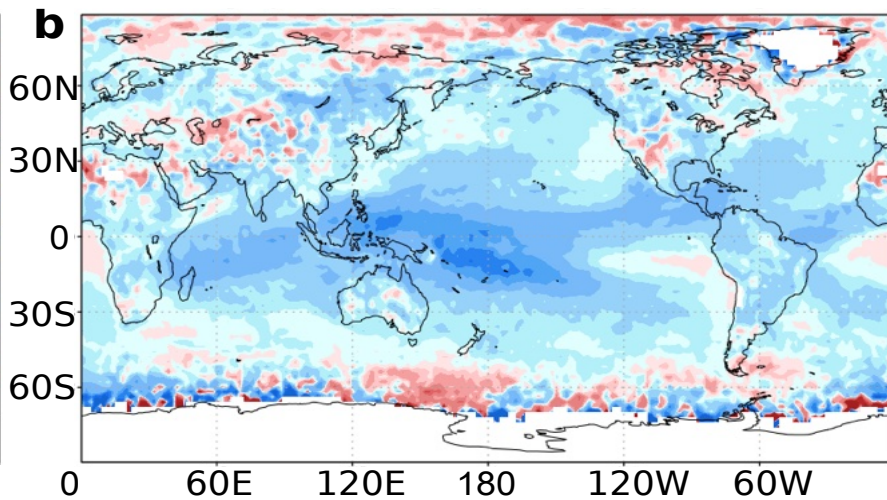
Roh et al. (JMSJ '21)

エアロゾル増加への雲の応答

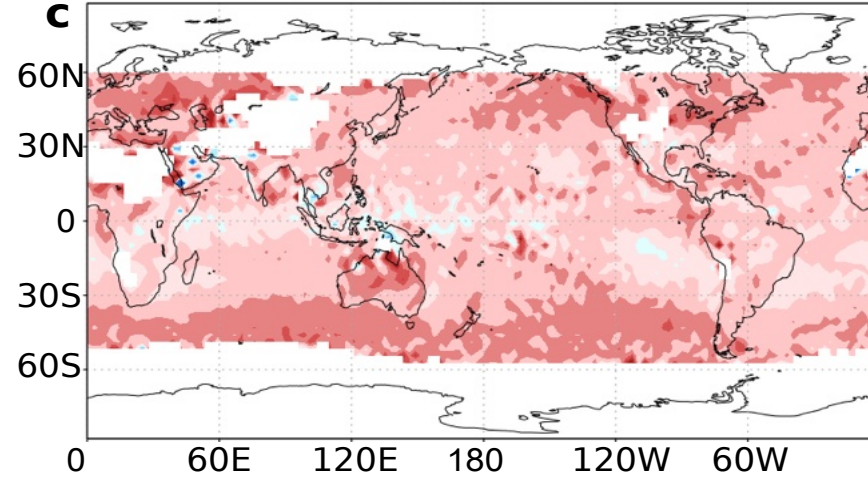
衛星観測



NICAM全球雲解像モデル



MIROC気候モデル



- 従来型気候モデル:
エアロゾルによって雲は常に湿る
- 全球雲解像モデル:
雲の多様な応答を再現
- 衛星観測が「真値」として重要

雲が乾く

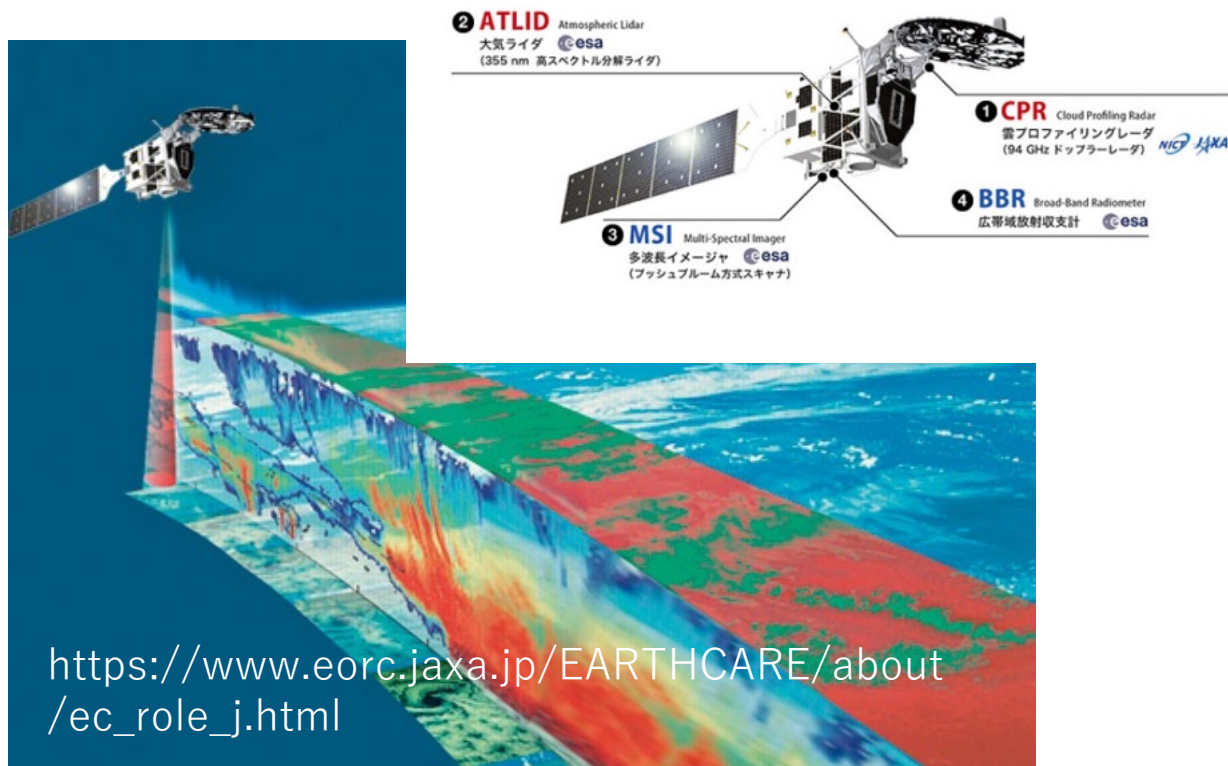


雲が湿る

Y. Sato et al. (Nature Comm. '18)

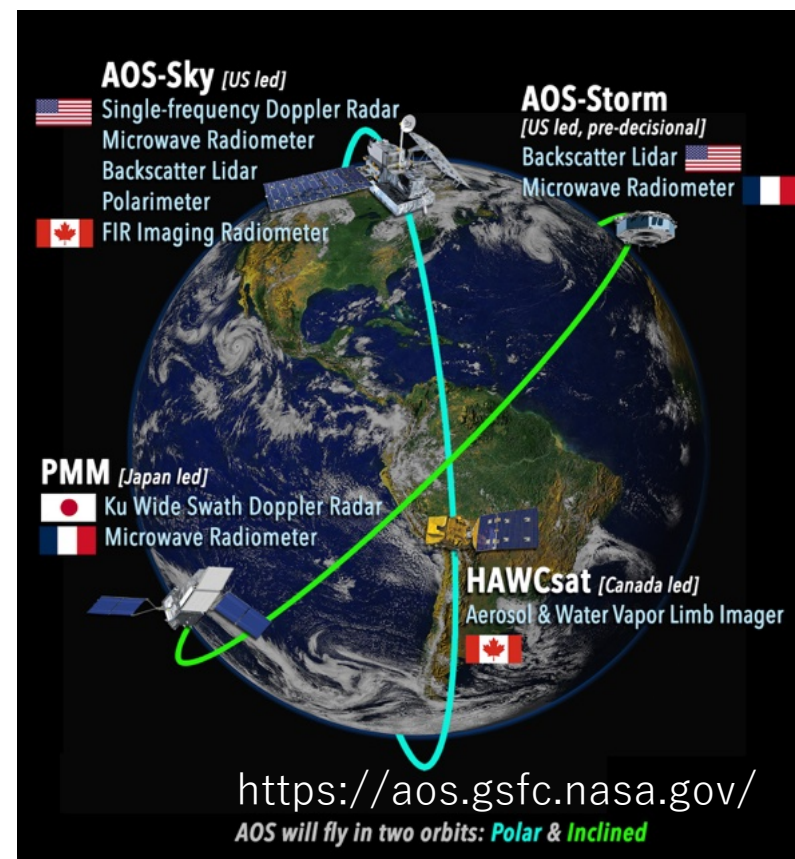
雲・降水に関する(近)未来の衛星計画

ESA-JAXA EarthCARE衛星 ('24年打上げ)



雲粒の鉛直運動を新たに観測
-> 雲の対流と微物理の知見

NASA AOS計画 ('30年頃打上げ)



エアロゾル・雲・降水・対流
を初めて統合的に観測

メッセージ

- 気候変動の理解と予測に用いられる数値気候モデルは、特に雲・降水の表現に不確実性を抱えている
- 先端プロでは気候モデルを“部品”から高度化するために、近年急速に発達している雲・降水の衛星観測情報を活用している
- 衛星観測によって
 - モデルの不確実な仮定/定式化を検証・拘束できる
 - モデルの“部品”を高度化するための指針が得られる
- 気候モデリングに衛星観測を有効に活用するには
 - 複数の衛星を組み合わせて、システム/プロセスの観測情報を得る
 - 衛星観測の知見をモデルに“貯蔵”する
- モデル開発も衛星データ解析も自前でやることが重要