

# EarthCARE(アースケア)ミッション 報道関係者向け説明会資料

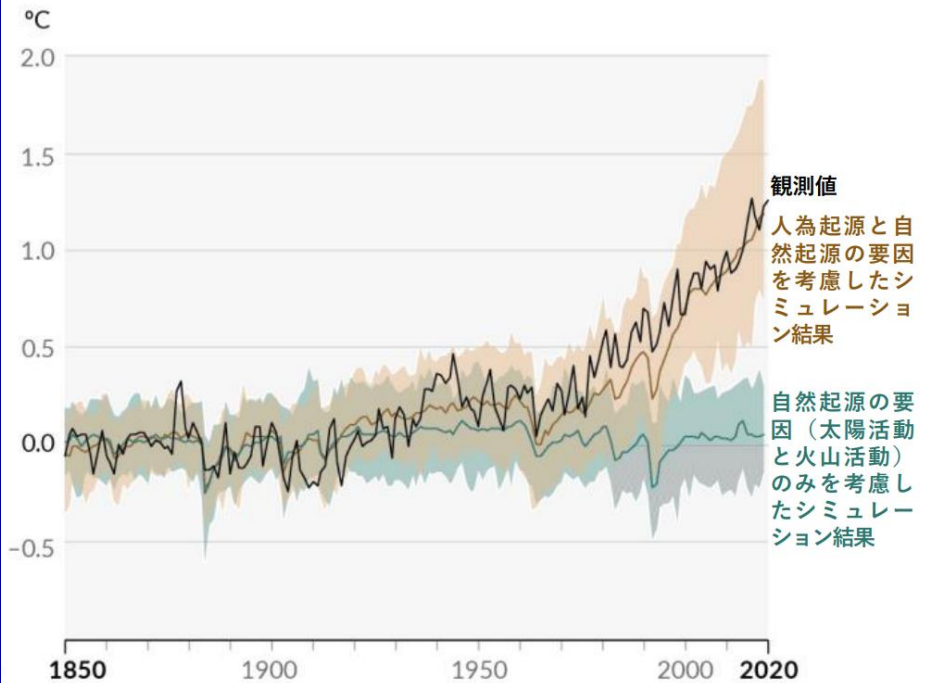
～EarthCAREミッションが目指す  
科学的成果～

第一宇宙技術部門 地球観測研究センター  
研究領域主幹  
久保田 拓志

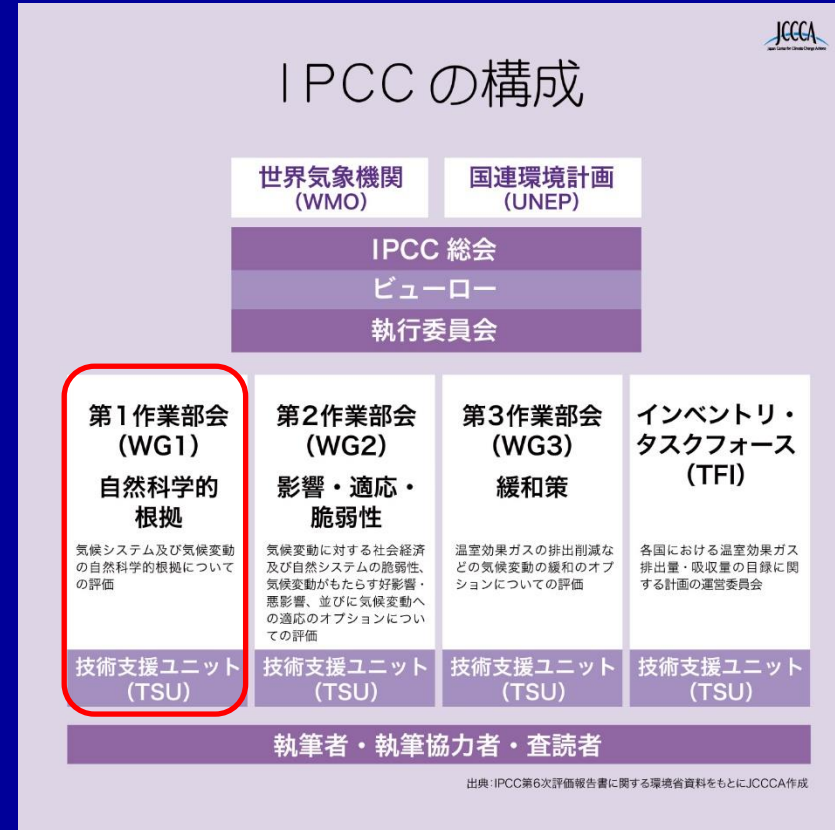
# 地球温暖化

“人間の影響が大気、海洋、及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない”

(b) 観測あるいは人為起源と自然起源の要因又は自然起源の要因のみを考慮してシミュレーションされた世界平均気温（年平均）の変化（いずれも1850～2020年）



## 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)



出典: 気候変動に関する政府間パネル(IPCC) 第6次評価報告書 (AR6) 第1作業部会 (WG1) 報告書 政策決定者向け要約 (SPM) 暫定訳 (2022年12月22日版)  
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>

出典: 全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト (<https://www.jccca.org/>) より

# 衛星データが気候研究に果たす役割

## 地球環境の監視と予測

- 気候の監視・予測
- 大気環境の監視
- 水資源の予測
- 極端現象の監視・予測

## 衛星データの果たす役割

地球環境にかかる4次元のプロセス理解が必要  
“過去を理解し、現在を知り、未来を予測”

過去：全球均一な観測データの蓄積

現在：地球環境の監視

未来：短期/気象や大気環境の予測改善（データ同化・初期値改良）

長期/気候変動メカニズムの解明、気候モデル検証・改良



## EarthCAREミッションによる貢献

### 気候変動メカニズムの解明

- EarthCAREでは、**世界初の衛星からのドップラー雲観測や4種類のセンサ**より、雲・エアロゾルに関する気候変動メカニズム（雲から降雨への過程、エアロゾルの雲への影響や放射効果等）の科学的根拠を追究できる。

→ 国内外の研究者との連携による研究活動の実施中。

### 気候モデルの検証・改良

- 気候モデルが現在の気候を再現できているか確認し、**気候モデルの性能を評価**する。さらに**気候モデルを改良**し、その評価をすることで、気候モデル改良がさらに促進される。

→ 東京大学大気海洋研究所に「EarthCARE気候モデル連携Office」を設置し、文部科学省受託事業「気候変動予測先端研究プログラム（SENTAN）」領域課題1とも連携して、気候モデルの検証・改良に関する研究活動の実施中。

### 気象や大気環境の予測改善

- データ同化と呼ばれる手法で、数値モデルに実際の観測データを入力して初期値を改良し、**短期の予測精度を向上**させる。

→ 気象予報について、JAXAは気象庁気象研究所との共同研究を進めている。

→ 黄砂・大気汚染予測や火山灰監視について、JAXAは、国立環境研究所、気象庁気象研究所、九州大学との共同研究を進めている。

# 雲による気候変動予測の不確かさ



- 雲には、太陽放射を宇宙へ反射して地表への到達エネルギーを減らす「**日傘効果 (冷却効果)**」と、地表から宇宙への熱の放射をさまたげてエネルギーを地球大気にたくわえる「**毛布効果 (温室効果・加熱効果)**」の両方がある。
- どちらの効果がどのくらい作用するのは実際は単純でなく、雲の高さや重なり方、それぞれの雲の光学的な性質などによって大きく影響を受けるため、**雲の鉛直方向の情報**を、**雲内の鉛直運動**も含めて、計測できることが求められている。
- 「**雲とエアロゾル (大気中に浮遊する微粒子) の相互作用**」は、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 評価報告書において、**最大の不確実性**であり、2021年8月に公開された最新の報告書であるIPCC AR6 WG1報告書でも依然として**最大の要因**のままである。

# 気候変動メカニズムの解明

## 現在の状況 (Before)

- **雲とエアロゾルは気候変動予測に最も大きな不確実性**をもたらしており、地球の放射収支に対して影響を与える雲/エアロゾルに関する気候変動メカニズムの理解に必要な全球の観測データが求められている。
- NASAのCloudSat衛星（2006年打上げ、2023年末頃に運用終了予定）搭載CPRは**ドップラ計測機能がなく**、雲粒子の落下速度や鉛直風速度を計測できない。
- またCloudSat衛星は、ライダ、イメージャ、放射収支計が別衛星となっており、観測同時性が劣る。

## EarthCARE打上げ後 (After)

- 世界初の衛星からのドップラー観測やより精緻な観測データにより、**エアロゾルや雲に関する気候変動メカニズムの科学的根拠を追究**できる。
- EarthCARE衛星搭載CPRは世界初のドップラー計測機能を有し、雲の発達や消滅と関連するが全球的な観測が不足している**雲粒の落下速度や鉛直風速度、雲粒が降雪や降雨へ成長するメカニズムの理解**が進む。さらにCloudSatより高感度であり、**薄い雲や下層雲の検知性能が向上**し、雲に関わる放射効果をより高精度で定量化できる。
- EarthCAREでは4つのセンサが同一プラットフォームに搭載され、**観測同時性が高い**。



→ **国内外の研究者との連携による研究活動の実施中。**

ESA-JAXA Pre-Launch EarthCARE Science and Validation Workshop  
(日時：2023年11月13日～17日、場所：イタリアESA/ESRIN)

日欧科学コミュニティ間の交流やEarthCARE関連のサイエンス促進を目的に、2002年以降、数年に1度の頻度でワークショップを、8回開催してきた。2023年11月には、打上げ前最後のワークショップとして、本WorkshopをESA/ESRINで開催し、参加者約220名、発表198件（内口頭134件、ポスター64件）により、国際的な科学的な連携を深めた。

# 気候モデルの検証・改良

## 現在の状況 (Before)

- 雲・エアロゾルは気候変動予測に最大の不確実性をもたらしているが、**特に、雲内の鉛直運動（雲粒子の落下速度等）**は、科学的知見がいまだ不足している。

→既存の観測データに見られる範囲で気候モデルMIROCの雲氷落下速度を変化させると、雲の分布が変化し、地表気温は年平均の平衡応答で **1-2°C程度、変化することを確認**（国立環境研究所 小倉 知夫 室長）

## EarthCARE打上げ後 (After)

- EarthCARE観測データにより、現状の気候を再現できているか確認し、**気候モデルの性能を評価**する。
- さらに、雲粒子の落下速度を含む**気候変動メカニズムの理解に基づき、気候モデルを改良**し、その改良後の性能を評価することで、気候モデル改良がさらに促進される。

## ・気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 評価報告書に参加する国内の気候モデル

- ✓ MIROC：東京大学/国立環境研究所/海洋研究開発機構を中心に開発されている気候モデル
- ✓ MRI-ESM：気象庁気象研究所で開発されている気候モデル
- ✓ NICAM：東京大学/海洋研究開発機構/理化学研究所を中心に開発されている高解像度気候モデル

→ 東京大学大気海洋研究所に「EarthCARE気候モデル連携Office」を設置し、文部科学省委託事業「気候変動予測先端研究プログラム (SENTAN)」領域課題1とも連携して、MIROC, MRI-ESM, NICAMのような気候モデルの検証・改良に関する研究活動の実施中。



### EarthCARE モデリングワークショップ

モデルコミュニティとの連携を深めるため、これまで2回開催(第1回:2022年2月、第2回:2023年3月)。  
第2回モデリングワークショップ(左写真)には、日・米・欧からモデル関係者約110人参加(うち現地参加約60名)。

# 気象や大気環境の予測改善

## 現在の状況 (Before)

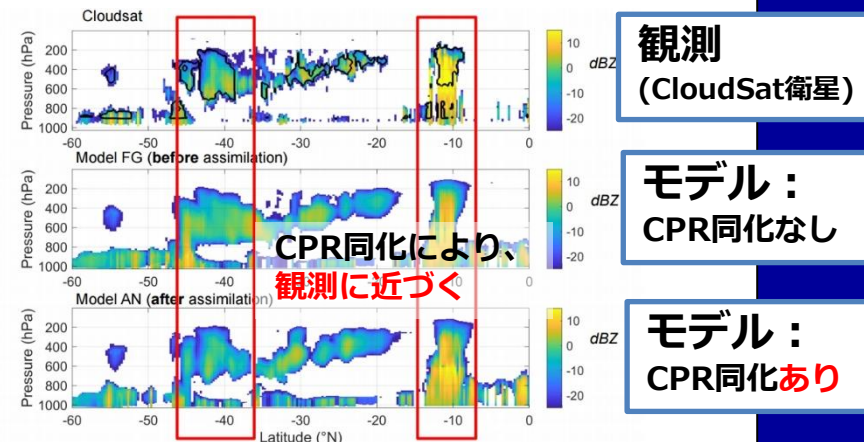
- 【**気象予報**】 CPRのデータ同化手法は欧州中期予報センター (ECMWF) にて近年、技術が確立。しかし、CloudSat衛星の故障により定常的には利用できず、現業化に至っていない。
- 【**黄砂・大気汚染予測や火山灰監視**】 以下に示すとおり、**現状は観測データが不足**している。
  - 気象衛星ひまわりの黄砂予測は、鉛直分布は観測できず、黄砂発生源である砂漠で観測精度が落ちる等、**観測が不足**する。火山灰がどの高度で拡がるか等の火山灰の鉛直分布も**観測できない**。
  - 既存ライダー衛星であるNASAのCALIPSOでは、エアロゾル種の分類において**不確かさ**がある。

## EarthCARE打上げ後 (After)

- 【**気象予報**】 雲・降水過程を評価し改良し予測システムへ**EarthCAREデータを同化する技術を研究開発**することにより、現業機関の数値気象モデルでの実利用を実現する。
- 【**黄砂・大気汚染予測や火山灰監視**】 鉛直分布の観測が可能で、**エアロゾル種の分類に長けた高スペクトル分解ライダーであるATLIDのエアロゾルの観測情報**を、黄砂予測、火山灰監視、健康への影響が懸念されるPM2.5等の大気汚染予測に使用されている現業機関のシステムでの実利用を実現する。

- 気象予報について、JAXAは気象庁気象研究所との共同研究を進めている。ESAは欧州中期予報センター (ECMWF) との共同研究を進めている。
- 黄砂・大気汚染予測や火山灰監視について、JAXAは、国立環境研究所、気象庁気象研究所、九州大学との共同研究を進めている。

### 雲の鉛直分布に関する観測とモデルの比較



# まとめ

- **EarthCAREミッションが目指す科学的成果**
  - **気候変動メカニズムの解明**
    - → 国内外の研究者との連携による研究活動の実施中。
  - **気候モデルの検証・改良**
    - → 東京大学大気海洋研究所に「EarthCARE気候モデル連携Office」を設置し、文部科学省受託事業「気候変動予測先端研究プログラム（SENTAN）」領域課題1とも連携して、気候モデルの検証・改良に関する研究活動の実施中。
  - **気象や大気環境の予測改善**
    - → 気象予報について、JAXAは気象庁気象研究所との共同研究を進めている。ESAは欧州中期予報センター（ECMWF）との共同研究を進めている。
    - → 黄砂・大気汚染予測や火山灰監視について、JAXAは、国立環境研究所、気象庁気象研究所、九州大学との共同研究を進めている。

# (参考) IPCC 報告書



## 温暖化と人間活動の影響の関係について これまでの報告書における表現の変化

<b>第 1 次報告書</b> <small>First Assessment Report 1990</small>	1990 年	<b>「気温上昇を生じさせるだろう」</b> 人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせる恐れがある。
<b>第 2 次報告書</b> <small>Second Assessment Report: Climate Change 1995</small>	1995 年	<b>「影響が全地球の気候に表れている」</b> 識別可能な人為的影響が全球の気候に表れている。
<b>第 3 次報告書</b> <small>Third Assessment Report: Climate Change 2001</small>	2001 年	<b>「可能性が高い」(66%以上)</b> 過去 50 年に観測された温暖化の大部分は、温室効果ガスの濃度の増加によるものだった可能性が高い
<b>第 4 次報告書</b> <small>Fourth Assessment Report: Climate Change 2007</small>	2007 年	<b>「可能性が非常に高い」(90%以上)</b> 20 世紀半ば以降の温暖化のほとんどは、人為起源の温室効果ガス濃度の増加による可能性が非常に高い。
<b>第 5 次報告書</b> <small>Fifth Assessment Report: Climate Change 2013</small>	2013 年	<b>「可能性がきわめて高い」(95%以上)</b> 20 世紀半ば以降の温暖化の主な要因は、人間活動の可能性が極めて高い。
<b>第 6 次報告書</b> <small>Sixth Assessment Report: Climate Change 2021</small>	2021 年	<b>「疑う余地がない」</b> 人間の影響が大気・海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない。

出典: IPCC 第6次評価報告書