

# 1. 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進： 気象学会の研究計画

小池 真\*

## 1. はじめに

日本気象学会は日本学術会議の大型研究計画に関するマスタープラン2014および2017に、地球観測専用の航空機を導入して大気科学および気候・地球システム科学研究を推進するという計画提案を行いました。しかし、残念ながらこの計画は重点計画には採用されませんでした。この計画は、気象学会の学術委員会の下の「航空機観測に関する検討部会」(部会長：小池)が中心となって準備されました。本講演では、気象学会を含む複数の学会の多くの研究者とともに準備したこの計画の概要について説明しました。また、本シンポジウムを今後の航空機観測計画をより良いものにしていくための建設的な意見を得る機会とさせていただきます。

## 2. 背景

地球温暖化を含む地球環境の変化が急速に進行し、人間の経済社会活動や水・食糧供給など生活の基盤に大きな影響を与えつつあります。しかし、環境変化に重要な役割を果たす温室効果気体や雲・エアロゾルの挙動の解明、あるいは台風・集中豪雨の予測研究などに必要な航空機からの直接観測が、世界的に不足しています。特に日本には地球観測専用の航空機が存在しないため、これまで個々の研究プロジェクトにおいて民間航空機をレンタルした観測しかできませんでした。このためそれぞれの研究では成果が得られつつも、アジアでは気候・地球システム科学研究に不可欠な体系的な航空機観測は実施されてきませんでした。一方、欧米では、航空機は地球観測に不可欠な手段と

して確立されており、多くの航空機を所有・活用することにより、大きな成果をあげてきています。

## 3. 研究目的と必要性

本研究の目的は、日本で初めてとなる地球観測専用の航空機を導入し、大気科学・気候システム研究と、それらの研究を含む地球システム科学研究を強力に推進することです。地球環境・気候変化プロセスは、温室効果気体やエアロゾル・雲の濃度や粒径分布・化学組成などのマイクロ量に依存しています。気候変化を予測する数値モデルは、これらのマイクロ量の方程式系で表されています。これらのマイクロ量とその高度分布は、航空機からの直接測定が最も信頼のおける観測手段です。人工衛星は全球を効率的に観測しますが、多くの場合は大気の高高度方向の積分量(マクロな物理量)しか測定できませんし、高度分布が測定できたとしても分解能は粗いものになります。例えば、アジアは二酸化炭素の巨大発生源であるとともに、その排出量推定には大きな不確定性があることが報告されています。地上で排出された二酸化炭素は、上空に運ばれるとグローバルに拡散するため、地上観測だけではその全容を把握することができません。人工衛星観測は、地上から大気上端までの積分量が大き過ぎる高度分布しか観測できないので、地上で放出または吸収された二酸化炭素がどのように上空に運ばれているのか判断できません。大気中の二酸化炭素濃度(マイクロ量)の高度分布の高精度観測は、航空機でのみ可能です。実際に、航空機を使った二酸化炭素の高度分布測定により、放出量の推定精度が大きく向上したことが報告されています。さらに航空機観測は、必要に応じて観測の場所、高度、時期を選ぶことが可能な機動性を持ち、自動化されていない装置も含めて幅広い測定器を複数搭載可能な共通プラットフォームとしての機能も

\* 東京大学大学院理学系研究科。

koike@eps.s.u-tokyo.ac.jp

© 2018 日本気象学会

持っています。

このように航空機観測は既存の観測の精度を上げるのではなく、全く新しい観測量を得る手段です。言い換えると、これは地球科学が「新しい眼」を持つということです。

本研究では、環境変化が顕在化しつつあるにも関わらず、航空機観測の空白域となっているアジアを中心に航空機観測を実施します。そして鍵となるマイクロ量の正確かつ体系的な観測により、地球環境・気候変化の解明・予測に必要な重要なプロセスの解明を目指します。このようなプロセス解明と検証データの提供を通じて地球環境変化予測モデルの高精度化に貢献するとともに、人工衛星観測の高精度化や検証のための正確な観測データを提供します。

日本は、これまで科研費などにより、ごく限られた機会しか航空機観測を実施できませんでした。しかし、その観測技術は世界のトップレベルにあります。本研究では、このような日本の強みを生かした航空機観測－人工衛星観測－数値モデルを統合した研究を推進します。

また将来的には無人航空機を使った地球観測の重要性が増していくものと思います。本研究はこのような「地球科学の新しい眼」を広域展開していく原動力としての役割も果たします。

#### 4. 気候・地球システム科学研究に関わる重要課題

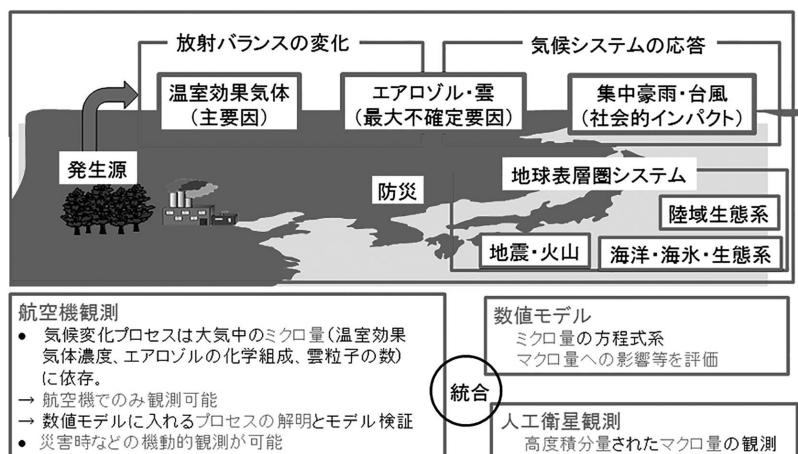
本研究では、これまで日本の研究者が航空機を用いて成果をあげてきた気候システム科学研究に関わる以下の3課題を、重要課題として位置づけます(第1図)。

- 地球温暖化の原動力となる「温室効果気体」
- 放射強制力や気候応答の最大不確定要因である「エアロゾル・雲・降水」
- 気候変化に伴う影響の増大が危惧され、社会的インパクトの大きい「台風・集中豪雨」

「温室効果気体」では、世界最大の二酸化炭素の発生源である中国を含む、アジア域における温室効果気体の放出量・吸収量の高精度な推定が、全球濃度の将来予測や排出抑制対策に必須です。日本も参加しているCOP21(国連気候変動枠組条約第21回締約国会議; Conference of the Parties 21)で採択されたパリ協定では、放出量の報告と検証が国際公約となっています。これまでの研究から、航空機による温室効果気体濃度(マイクロ量)の立体観測は、その放出量・吸収量の推定精度を確実に向上させることが報告されています。アジアに特化した高頻度観測は、現状把握と将来予測の精度向上に大きく貢献できます。

「エアロゾル・雲・降水」では、二酸化炭素とメタンに次いで3番目に大きな正の放射強制力をもつ、光吸収性エアロゾルであるブラックカーボンの濃度や粒径などのマイクロ量の時空間変動と、その変動を支配するプロセスの解明を目指します。また気候影響で重要な役割を果たしていると考えられているにも関わらず、ほとんど観測されてこなかった西部北太平洋の下層雲などの変動要因を、航空機からの直接観測とリモートセンシングの同時観測などにより明らかにします。特にアジアはPM2.5に代表されるように世界的

### 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進



#### 高度な観測技術など日本の強みを生かした統合的な研究を推進

アジアはエアロゾル(PM2.5)・温室効果気体のホットスポット。台風・地震の多発地帯。大型のインフラ整備とそれを使った大型研究により、気象学会の発展と人材育成に貢献

第1図 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進計画の全体像。

に見てもエアロゾルの高濃度領域であり、放射や雲・降水への影響に関する普遍的なプロセスの解明が期待されます。

「台風・集中豪雨」では、観測データがきわめて限られているため、従来のドロップゾンデ観測に加えて新しいレーダ観測や雲微物理量の観測を組み合わせることにより、甚大な被害を与える台風の急発達や集中豪雨のメカニズム解明を目指します。特に北西太平洋は世界で最も熱帯低気圧の発生が多く、地球温暖化によるスーパー台風の増加も懸念されているため、防災の観点からも重要な研究となります。

航空機からの地球観測は、陸上生態系や海洋・海水、火山・地殻変動などの幅広い気候・地球システム科学分野においても、大きな研究の進展が期待されています。例えば、気候に関わる重要なプロセスや生態系サービスに関わる、陸上植生の個々の森林の情報や樹冠と林床の区別などのマイクロ観測は航空機でのみ可能です。季節海水域の形成・融解過程の鍵となる氷盤の大きさの分布や形態の把握においては、航空機観測により氷盤の大きさが100 mよりも小さいものが大部分を占めていることが分かっています。このように航空機観測は100 m から 1 cm を観る「地球科学の新しい眼」を提供することにより、地球表層システム研究を飛躍的に推進することが期待されています。また航空機という共通のプラットフォームにより、例えば陸上植生と大気、あるいは海洋と大気の同時観測を通じ、研究分野を横断する新しい分野の創生が期待できます。

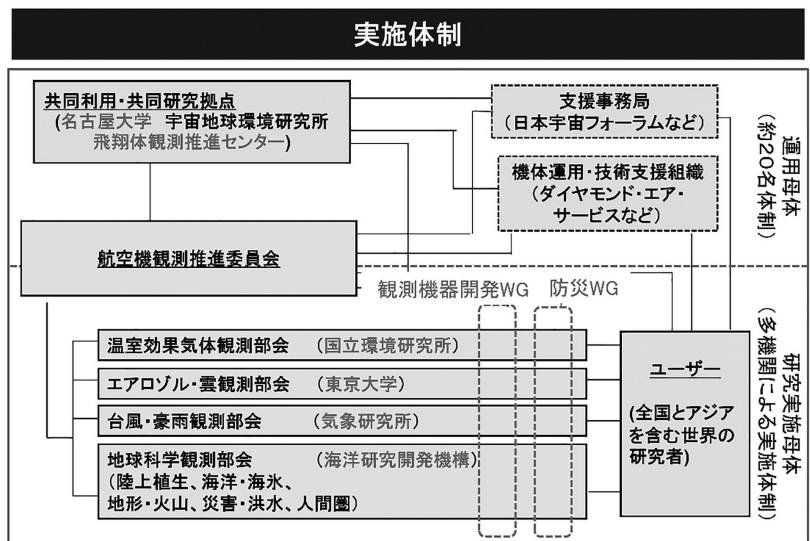
5. 実施体制など

本研究では、地球観測のニーズに適した航空機を導入し、幅広い分野の研究者が長期的な視点から利用できる共同利用体制を作ります(第2図)。従来の個別の研究費の研究とは異なり、長期的な運用(10年間)により地球科学の重要な課題に対して計画的に観測・研究を実施して、大き

な成果を目指します。観測プロジェクトは長期計画に基づいて公募により実施します。これまで航空機観測の経験がない幅広い研究者も取り込むとともに、新しい機器の開発や若手人材の育成を行い、日本の地球科学研究のレベル向上にも貢献していきます。またアジアや世界の研究者と連携していきます。本研究で得られる科学的知見は、各種予測モデルの改善などを通じて、日本や世界の国々の社会貢献となることが期待されます。

2015年10月に創立された名古屋大学宇宙地球環境研究所(共同利用・共同研究拠点)には、航空機観測の中核拠点を担うために飛翔体観測推進センターが設置されました。本研究ではこの飛翔体観測推進センターが中心機関となり、同研究所内に設置される全国の専門家からなる航空機観測推進委員会と連携して、長期的な視点から航空機観測研究全体を統括・推進していく予定です。

推進委員会の下には、研究課題ごとに実績のある研究者を代表とした観測部会を設けます。温室効果気体は国立環境研究所、エアロゾル・雲は東京大学、台風・豪雨は気象研究所、その他の地球科学(陸域植生、海洋、火山、災害・洪水、人間圏)は海洋研究開発機構(JAMSTEC)の研究者がそれぞれ責任をもって観測研究を推進していきます。



50年にわたる観測船の運用・共同利用の実績がある、東大の大气海洋研の体制を参考に構築ハード・ソフトを一体化した体制で10年間実施 ⇒ 戦略的な測器開発と若手研究者の育成が可能

第2図 実施体制。

機体の整備・運用やユーザーの技術支援は、航空機観測実験に実績のある民間企業に委託する予定です。また、一般ユーザーの航空機実験のサポート実績のある組織などを研究支援事務局とする予定です。これらの飛翔体観測推進センター、推進委員会、観測部会、支援組織からなる20数名の体制で航空機の運用と共同利用・共同研究を推進していきます。このような体制により、継続的・戦略的な測器開発と若手研究者の育成が可能となり、航空機観測研究のための高度技術が蓄積されると期待されます。

## 6. おわりに

次の日本学術会議の大型研究計画に関するマスタープランは、2020年（申請は2019年3月）に予定されています。それまでの2年間に、気象学会の会員の皆さま、および広く地球惑星科学の研究者とともに、より良い計画にしていきたいと思えます。

これまで述べてきた通り、本研究計画には学問的価値と社会的価値の2つの価値があると思えます。学問的な価値を高めるためには、気象学会が航空機という大型のインフラを持つことにより初めて可能となる大

型研究を、戦略的に検討・実施していくことが必要です。このためには、新しい測定原理・装置の開発・導入により、新しいサイエンスを切り開いていくことが重要です。同時に、航空機に測定器を搭載して観測する研究者のみならず、得られたデータを利用するユーザーとそのニーズを開拓し、より多くの研究者の研究に資することが重要です。

また、社会的な価値としては、温暖化メカニズムの解明や大気汚染（PM2.5）の実態把握、台風などの自然災害の予測精度の向上など、気象学会が国民から期待されている課題への貢献が重要です。

「航空機観測に関する検討部会」では、皆さまからの建設的な提言をお待ちしております。

最後に、本計画の作成にご尽力いただいた気象学会の皆さま、気象学会以外の地球惑星科学連合所属学会の皆さま、さらには民間企業を含む多くの皆さまに、改めて感謝申し上げます。特に、これまで一貫して本計画を強く支えてくださった新野 宏前気象学会理事長には、この場をお借りして感謝申し上げます。ありがとうございます。