

# GOSAT における CO<sub>2</sub> 差分吸収ライダの利用について

The use of the CO<sub>2</sub> difference absorption LIDAR in GOSAT project

川上修司, 中島正勝, 浜崎敬, 城野隆, 塩見慶

S. Kawakami, M. Nakajima, T. Hamazaki, T. Jyono, K. Shiomi

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

## Abstract

According to the Summary for Policymakers of IPCC AR4 WG1 Final Report (February 2007), the understanding of global warming has improved since the third AR, and there is very high confidence that anthropogenic warming and cooling significantly influence our climate. The Greenhouse Gas Observing Satellite (GOSAT) will begin to monitor the global distribution of greenhouse gas concentrations (CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>) from space in 2008. Its continuing mission is to conduct long-term observation of these gasses. For the follow-on mission higher accuracy and precision will be needed for such CO<sub>2</sub> measurements. An active sensor, like a LIDAR system, is one of the candidates. This paper introduces the use of the CO<sub>2</sub> difference absorption LIDAR in the GOSAT project.

### 1. はじめに

2007年2月に公表された「気候変動に関する政府間パネル (IPCC)」の第1作業部会第4次評価報告書 (政策決定者向け要約) では、人為起源の温室効果ガスの増加が地球温暖化の原因であるとほぼ断定した表現になり、温暖化は疑う余地のないことが示された。このため、温室効果ガスの長期的、継続的観測の必要性はさらに増大すると考えられる。京都議定書第1約束期間 (2008~2012年) の初年度である2008年度に打上げ予定の温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) は、全球で二酸化炭素の気柱量を測定することにより、モデルによる導出される地表面での二酸化炭素の収支の推定誤差を半減することが目的である。その長期観測については、二酸化炭素の観測精度の向上 (4ppmv→1ppmv) が必要であると宇宙開発委員会 地球観測特別部会の報告書にて述べられている。その実現にあたっては、現行センサの性能向上の他に、ライダのような能動型光学センサがひとつの候補となる。本報告では、GOSAT 後継機に関連した JAXA の GOSAT プロジェクトにおけるライダの利用について紹介する。

### 2. GOSAT におけるライダの利用

#### 2. 1 ライダ検討状況

平成17年より衛星搭載用の二酸化炭素差分吸収ライダの概念検討を開始し、地表面からの散乱光を利用することを前提とした CO<sub>2</sub> 量を検出するための複数の方式 (コヒーレント (CW)、コヒーレント (パルス)、インコヒーレント (パルス)、マイクロ波変調方式) について検討を行い、マイクロ波変調方式<sup>1)</sup>を採用した場合の衛星システム構成案をまとめた。平成18年度以降は、GOSAT 後継機への搭載を意識し、マイクロ波変調方式を前提として要素技術のフィジビリティ調査などの検討を継続している<sup>2)</sup>。さらに、これまでの概念検討を受けて、平成18年度より地上実証モデルとして試作を開始した。

#### 2. 3 地上実証モデル

地上実証モデルのシステム全体構成を Fig. 1 に示す。基本的な構成等については、衛星搭載用 CO<sub>2</sub> 差分吸収ライダ<sup>1-2)</sup>と同様である。本構成は、2波長同時・同軸送受信を実現できるため、2波長間の計測ボリュームおよびフットプリント位置を完全に同一化できるため計測精度において優位であることは同様であるが、システム構成で異なる点は、当面、ターゲット間の測距をマイクロ波変調方式で行わない構成にし、レーザ測距装置を使用することとしている。また、ON 波長は、CO<sub>2</sub> 吸収線の中心を使用することとし、H<sub>2</sub>O による吸収が小さいこと、気温誤差感度が小さいことを考慮して、1.5729920 μm を選択した。誤差解析を行い、計測精度に及ぼす影響を評価した上で、目標精度 1ppm を目指した地上実証モデルに対する要求仕様を確定した。また、設計の結果、測定距離 2km で目標精度である 1ppm で測定できる見込みを得た。

この地上実証モデルは、実験室、屋外の実験により設計された性能及び CO<sub>2</sub> 計測の実力を確かめ、GOSAT BBM との比較検証を経た後、GOSAT の校正検証に利用する予定である。GOSAT は、SWIR バンドにて日中の CO<sub>2</sub> 気柱量を、TIR バンドにて、昼夜を問わず CO<sub>2</sub> 気柱量と高度分布を取得する予定である。なお、GOSAT

BBM は、SWIR バンドのみを有すフリー型赤外分光計であり、日中のみ計測可能である。よって、ライダーは、TIR バンドから導出される夜間の CO<sub>2</sub> 量の検証手段として有効に使用できるとともに、昼夜を問わず測定可能なので同一の測器でもって GOSAT データの検証を行うことができる利点がある。

評価計画案としては、実験室にて、受信光量と受信 S/N 比との関係や受信 S/N 比と CO<sub>2</sub> 計測精度との関係を、ガスセル等を用いて CO<sub>2</sub> を計測して評価する。また、屋外における受信 S/N 比評価として、計測距離を 500m~2km の間で距離を変えて、複数のターゲット（建造物、樹木等）における距離依存性を含めた受信 S/N 比確認やスペックル等による信号安定度の確認を行う。さらに、CO<sub>2</sub> 計測精度評価として、距離計測精度確認や、GOSAT BBM 及び現場測定との比較検証を行う。その比較でよい結果が得られれば、GOSAT の校正検証実験として衛星と同期した地上観測および航空機観測を実施する予定である。

### 3. GOSAT 後継機におけるライダーについて

継続的に衛星観測を実施することで、GOSAT のユーザコミュニティに対してデータを提供し、環境行政へ貢献を行うことが重要だと考える。このため、GOSAT の寿命を考慮した場合の後継機の打上げ時期でもある京都議定書第 2 約束期間（2013~2017 年）において、全球の温室効果ガスを継続的に観測する衛星システムが必要である。搭載センサ検討に当たっては、2013 年以降の温室効果ガス観測に対する科学および政策的要求をふまえた上で、国際的な動向も考慮しつつ、後継機に最適なセンサ方式を選択しなければならない。

現時点で世界各国における温室効果ガス専用の観測衛星の開発は、GOSAT と NASA の OCO の 2 つの計画のみである。OCO の後継機については現時点では計画はないが、下記のようなライダーの計画が発表されている。NASA が現在取り組もうとしている米国地球観測 10 カ年計画には、ライダーによる CO<sub>2</sub> 観測ミッションとして ASCENDS があり、打上げ時期 2013~2016 年を目指し、フィージビリティスタディが行われている<sup>3)</sup>。また、ESA では、2006 年に 6 つの新しい Earth Explorer missions を採択し、そのうちの 1 つにライダーによる CO<sub>2</sub> 観測ミッションとして A-SCOPE があり、打上げ時期 2015 年頃を目指し、アセスメントスタディが行われている<sup>4)</sup>。

以上のようなことから、GOSAT 後継機ではライダーを含めたセンサ方式を検討することが必要と考える。現行センサの性能向上を考慮し、その優位性が得られるようなライダーシステムの仕様案を明らかにし、開発へとつなげていく必要がある。一方、超低高度衛星（高度 200km 程度）という構想もあり、ライダーの特徴を生かし、現行の技術（比較的に低送信パワー）で衛星搭載ライダーの技術実証を行うという選択肢も考えられる。様々な可能性を考慮しつつ、衛星搭載ライダーの実現にあたっては、そのフィージビリティ検討、試作試験、航空機等を用いたフィールド実験を着実に実施してはならない。

#### 4. 参考文献

- 1) S. Kameyama et al., Proc. of 23rd International Laser Radar Conference, 9P-12, 2006.
- 2) 亀山他, 第 25 回レーザーセンシングシンポジウム(2007).
- 3) J. Abshire et al., 4th International Working Group on Greenhouse Gas Measurements from Space, CNES/Paris, 2007.
- 4) P. Flamant et al., 4th International Working Group on Greenhouse Gas Measurements from Space, CNES/Paris, 2007.

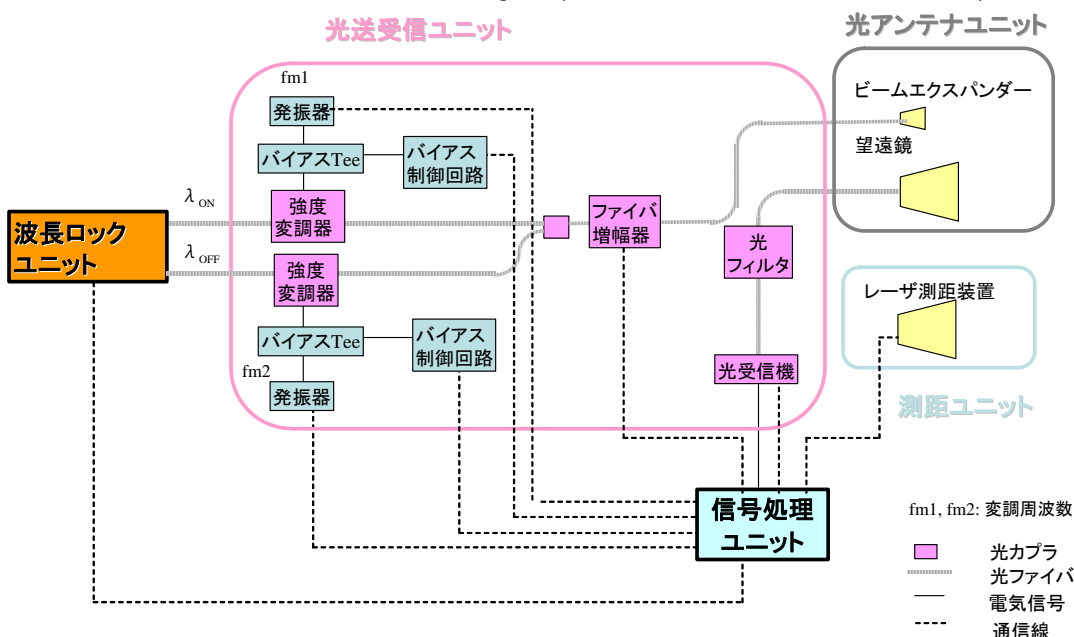


Fig. 1 System configuration