

1.57 μm CO₂ LAS-DIAL を用いた航空機搭載試験の初期成果 Initial airborne flight result of a weighted CO₂ column measurement using the 1.57 μm CO₂ LAS-DIAL

境澤 大亮、川上 修司：宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター

中島 正勝：宇宙航空研究開発機構 GOSAT プロジェクトチーム

Daisuke SAKAIZAWA, Shuji KAWAKAMI: Earth Observation Research Ctr., JAXA

Masakatsu NAKAJIMA: GOSAT Project Team

Abstract: We developed the 1.57 μm laser absorption spectrometer to observe the variation of the atmospheric CO₂; and have indicated the properly validated performance less than 0.5% without no bias with the ground-based & airborne measurement. Preliminary ground-based measurements indicate the high accurate CO₂ measurement within 0.5%. Then, we have a plan to conduct the airborne measurement in Hokkaido, and will present the principals of its operation and other simultaneous in-situ measurement in the framework of the GOSAT cal/val. The modeled performance and the measured performance will also be discussed in the conference.

はじめに

衛星軌道から大気環境を測定し全球分布得ることは、数値予測の不確定性低減や気候変動に関する諸問題の検証に重要な観測量を与える。特に微量気体の全球にわたる経年変動を高精度な遠隔計測器により連続観測を実施することで現在 CO₂ 吸排出量推定で問題となっているミッシングリンクの解消に有意であると期待されている[1,2]。それを背景に GOSAT は相対精度1%以下で CO₂ カラム量を観測すべく2009年1月に打ち上げられた。搭載されているセンサは受動光学センサであり、1.6 μm 帯の観測波長帯で地表から大気上端までの鉛直カラム量を観測し、10 μm の赤外チャンネルにより 800hPa の気圧高度よりも上層のカラムおよびプロファイルを取得する。

一方、NASA, ESA では能動型のレーザセンサを用いて地表面散乱光から気圧で重み付けされた CO₂ カラム量の全球観測が計画されている。受動観測センサと比較して北半球冬季の高緯度帯観測や日中夜を同じ観測量で比較することができる。しかし現在 NASA, ESA で開発が進められているシステムも含め、吸収分光(Laser absorption spectrometry: LAS)や長光路差分吸収法(Integrated path differential absorption: IPDA)を用いたライダーシステムによる CO₂ 観測は現在、高精度測定(0.3%-0.5%)を実証する過程にある。JAXA では GOSAT 校正検証のフレームワークで LAS をベースにした CO₂ DIAL システムの開発を実施し、航空機搭載により方式の実証や重み付けされた CO₂ 混合比の取得を計画している。本稿では2009年8月末に実施を予定している航空機搭載試験計画について記す。

航空機搭載システムによる weighted column CO₂

地上観測では水平方向の観測パスを用いるため、吸収線波形は経路上ではほぼ等しいが、航空機観測では地表から巡航高度までに気圧に伴い吸収線波形が変化するため、得られる観測量は気圧で重みづけられた値となる。地上試験と同様に本システムで得られる観測量は経路中の CO₂ 濃度に対応した光学的厚さ(Differential absorption optical depth: DAOD)とシステムターゲット間の距離 L である。これらデータの取得後に経路中の大気圧、気温、水蒸気プロファイルを用いて外挿し、 $\langle X_{\text{CO}_2} \rangle$ を求める。

$$\langle X_{\text{CO}_2} \rangle = \frac{DAOD}{\int_{P_{\text{airplane}}}^{P_{\text{gr}}} wf(p,t) dp}, \quad wf(p,t) = \frac{\Delta\sigma(p,t)}{gm}$$

CO₂ の混合比は上記の式より DAOD とウェイトイングファンクション $wf(p,t)$ を地表面気圧から航空機の巡航高度まで積分した値の比として求める。 $\Delta\sigma$ は On 波長 Off 波長における CO₂ の差分吸収断面積を表し、気温気圧の関数として求める。 g は重力加速度、 m は着目気体の平均分子質量である。 $wf(p,t)$ の高度プロファイルは On 波長の安定化位置に大きく依存し、本試験で使用する航空機の巡航高度7kmを仮定すると規格化した $wf(p,t)$ は On 波長の動作波長により異なる高度プロファイルを持つ。この規格化 $wf(p,t)$ は観測値に寄与している気圧高度はどこかを示す指標であり、図 1 に示す通り吸収線中心よりも wing 方向に On 波長を選択すると地表面を含む下層の CO₂ 濃度の情報量が増加する。我々のシステムでは波長オフセット量は分光パラメータである圧力拡がり係数 γ 、および $\gamma/2$ で設定することができる。

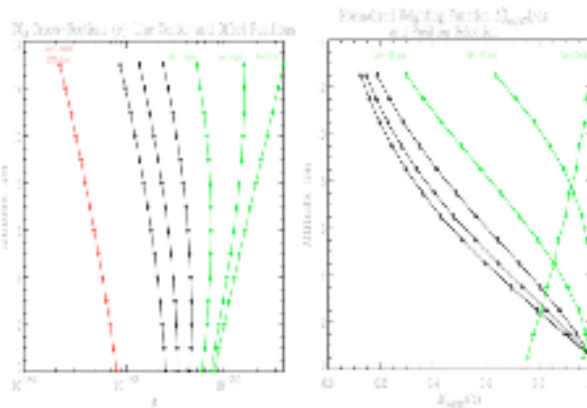


図1ー CO2 Absorption cross section & wf(p,t) as the function of the on-line position

航空機観測計画

本航空機試験は GOSAT 構成検証のワークフレームで実施し、期間は表1に示す通り、200/8/24～8/30 を予定している。航空機はビーチクラフト式 King air 200T 型 (ダイヤモンドエアサービス(株)) を使用し、観測飛行として北海道帯広市大樹町周辺、および母子里周辺とフェリー観測時には八丈島沖の海域にも設定している。

機体には本システムと同時に国立環境研究所の CO2 連続測定装置と、採取した大気を封入するフラスコが搭載されている。連続測定装置は全飛行時間にわたって CO2 濃度を取得し、フラスコサンプリングはスパイラル飛行時に各飛行高度で大気を採取する。飛行試験終了時速やかに国立環境研究所に送付され成分分析により CO2 濃度を取得する。本システムでは航空機内にシステムを搭載し、AR コーティングを施した観測窓から航空機直下にレーザを照射し地表面散乱信号から DAOD の観測を実施する。送信光信号に施した強度変調の位相差から航空機巡航高度も同時に取得する。システムの光アンテナ脇には直下視用 CCD カメラ(Artray, model:Artcam-150PIII)により航空機よりも下層の様子を撮像する。航空機には GPS が搭載されており、位置情報(緯度、経度、高度)と時刻が取得できる。また機外に取り付けたセンサにより飛行中の気温、露天温度、気圧を1秒ごとに記録される。

飛行スケジュールは表1に示す通り、8/24 から観測飛行を開始、名古屋小牧空港から八丈島沖の空域を經由して北海道大樹町へ向かう。大樹町付近には GOSAT の特定点観測(校正検証点)が予定されている平野が存在し、帯広空港を基地として運用を行う。期間中24日27日30日に GOSAT のオーバーパスが予定されており、観測飛行ではこの直近の時間にスパイラル観測を実施する。GOSAT の検証の観点から航空機高度よりも上層の CO2 観測値も重要となる。この観測データは校正検証点近くに位置する大樹町の実験施設から大気球が放球され、高度 50~60km の成層圏のデータが取得される。したがって、今回の航空機観測では地表面から成層圏付近にわたって CO2 濃度の測定が可能となる。

観測の詳細や得られたデータの初期解析値は、講演で報告する。

表1 航空機観測日程表

Date	8/24		8/25	8/26	8/27		8/28	8/29	8/30
GOSAT	オーバーパス				オーバーパス				オーバーパス
飛行種類	フェリー、	観測飛行 (3H)	24日予備						
飛行区域	名古屋 -> 帯広	大樹町 周辺			母子里 周辺				

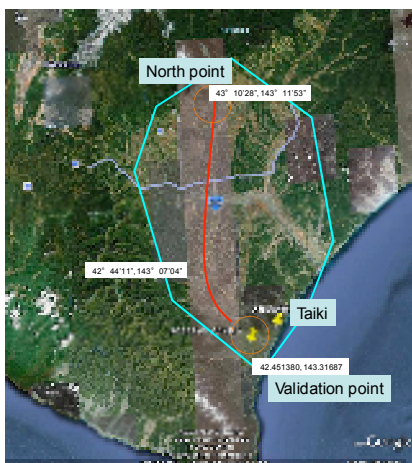


図 2- Location around Taiki, Hokkaido & validation points for airborne measurement



図 3- Aircraft for airborne measurement. Beachcraft Kingair T200 at Komaki-works