

超小型衛星搭載 NIR レーザーによる大気 CO₂ モニタリング Monitoring of atmospheric CO₂ using a nanosat-based NIR laser application

原山洋平¹、山本雅也¹、栗山健二²、眞子直弘²、久世宏明²
Y. Harayama¹, M. Yamamoto¹, K. Kuriyama², N. Manago², H. Kuze²

1. 株式会社ウェザーニューズ, 2. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター
1. Weathernews Inc., 2. CEReS, Chiba University,

Abstract

A nanosatellite of Weathernews Inc. "WNI-SAT" in collaborative development with Axelspace, Chiba Univ. and Univ. of Tokyo is equipped with two remote-sensing instruments. A fiber-laser instrument in NIR regime is meant for monitoring atmospheric CO₂ content. The mission is conducted together with ground-based laser detection systems. The other is an imager composed of a VIS and a NIR sensors, which will monitor sea ice coverage of the Arctic and other high latitude icy seas for supporting safe voyages of our customers' vessels. In this paper, we present this new idea of the atmospheric CO₂ monitoring, including the current status of the laser system and the satellite developments. The launch of WNI-SAT is planned in later 2011.

1. はじめに

ウェザーニューズがアクセルスペース、千葉大、東京大とともに開発を進める「WNI衛星」は、地球環境の変化をモニターする目的特化の2つミッションシステムを搭載する超小型衛星である。一つは近赤外線レーザーを用いた「大気CO₂モニタリングシステム」であり、もう一つは北極海をはじめとする地球上の海氷域における海氷分布をモニタリングし、船の安全航行を支援する「海氷モニタリングカメラ」である。

本発表では、軌道上と地上を繋ぎCO₂を測定するという新しいアイデアをもとにした大気CO₂モニタリングについて、2011年後半の打上げへ向け開発が進んでいるWNI衛星の現状とともに紹介する。

2. 超小型衛星による大気CO₂モニタリング

WNI衛星による大気CO₂モニタリングミッションは「軌道上と地上を繋ぎサポーターと共に測る」ことを目的としている。(ウェザーニューズではお客様である個人または企業を「サポーター」と呼んでいる)。

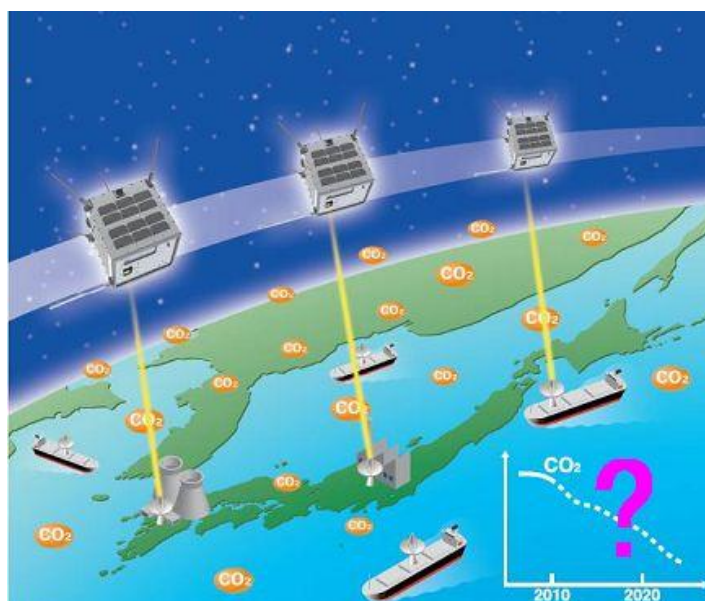


Fig. 1 Schematic view of the CO₂ monitoring mission

本ミッションでは、高度およそ 600-800km の極軌道を周回する WNI 衛星から近赤外線レーザービームを地上に向けて照射し、地上（または洋上の船舶上）に設置した検出器で受光することで、照射したレーザー光の減衰から大気 CO₂ 濃度の空間分布や時間変動を定性的・定量的に測定することを目標としている。Fig. 1 にミッションのイメージ図を示す。

3. CO₂ コラム量の測定

本システムでは CO₂ 分子の吸収線が多数存在する 1.5-1.6μm 帯の近赤外線レーザーを使用する。

照射ビームは、CO₂ 分子の吸収線帯において 1570nm 付近に存在する透過率 40-60%の吸収線をターゲットとした ON 波長、およびリファレンスとして 1556nm 付近において水の吸収等の影響が小さい領域を OFF 波長、とする 2 波長のレーザー光で構成される。透過ビームを地上で受光し、2 波長の比較から CO₂ の吸収による ON 波長光の減衰を評価し、CO₂ コラム量を算出する。Fig. 2 に測定のイメージ図を示す。また、Fig. 3 に ON 波長である 1570nm 付近の CO₂ 吸収線帯、および OFF 波長である 1550nm 付近の大気吸収スペクトルを示す。

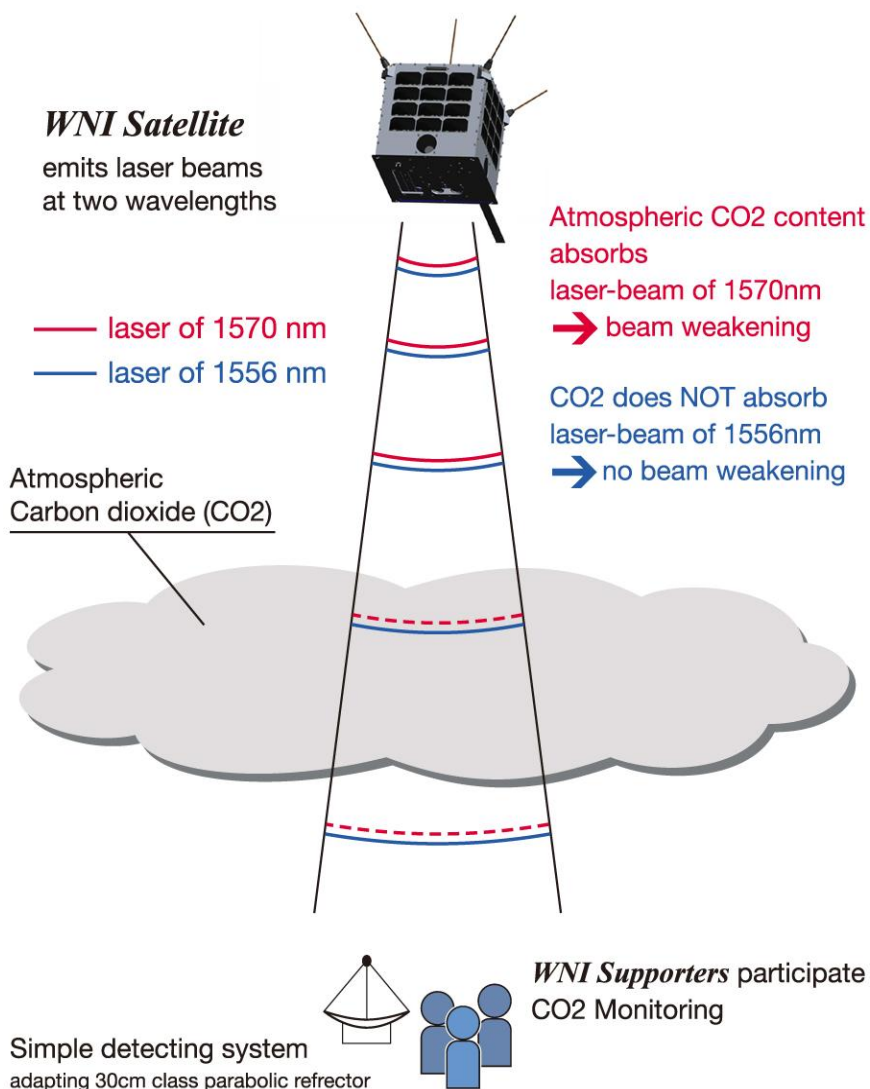


Fig. 2 Schematic image of the CO₂ measurement

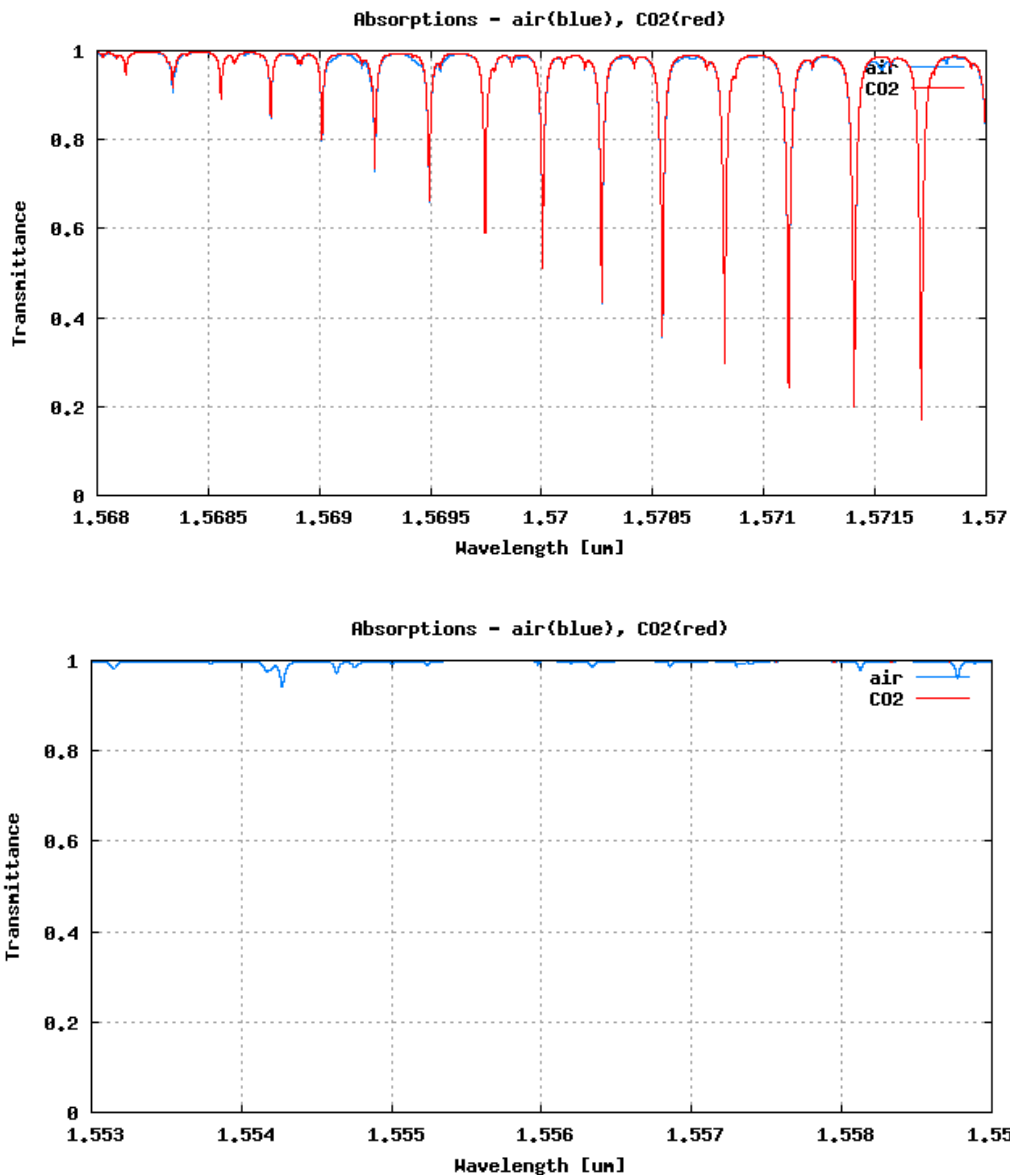


Fig. 3 The target wavelength with CO2 absorption lines (top) and the reference wavelength (bottom) in 1.55um NIR regime

4. 光ファイバ増幅を用いたレーザーシステム

レーザー照射システムは主に信号用 DFB レーザーモジュール (CO₂/Ref.)、パルス増幅のための EDFA (エルビウム添加光ファイバ増幅器)、励起用レーザーモジュール (1480nm)、ビーム生成のためのコーリメートレンズ等で構成される。

システム全体および EDFA 部の現状の構成案を以下に示す (Fig. 4)。信号パルス (CO₂/Ref.) は一本化された後 EDFA で増幅され、同一の光学系より一本のビームとして照射される。2 つの励起用レーザー (1480nm) は偏光合成され、前方励起として EDFA に送られる。

また、本システムで目標としているビームのパルス特性を Tab. 1 に示す。

Wavelength	1570 nm (CO ₂), 1556 nm (reference)
Pulse peak power	500 W (average < 1 W)
Pulse width	100 ns - 10 us
PRF	100 - 10 kHz
Duty cycle	TBD

Table 1 Beam specification

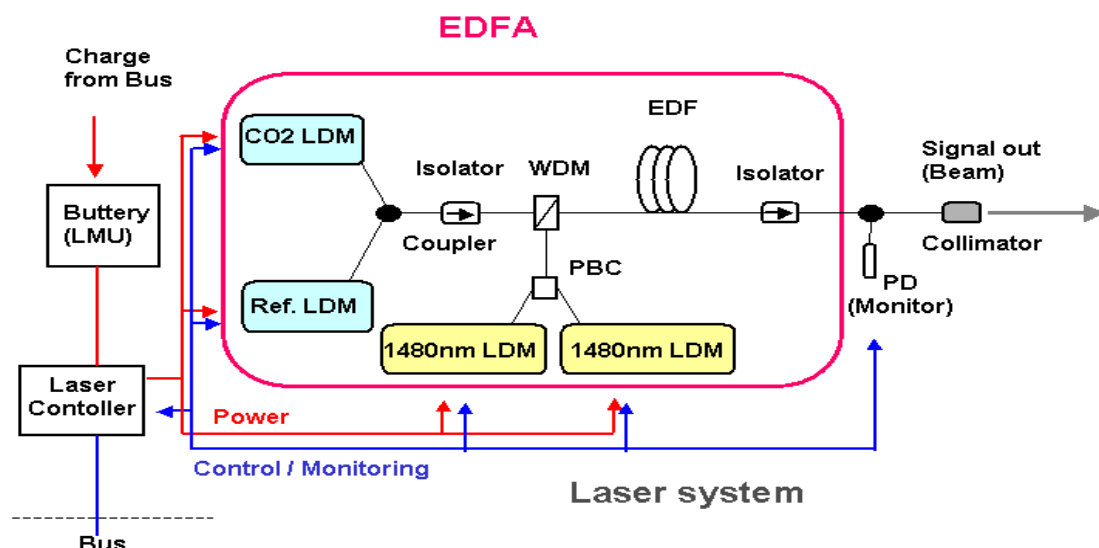


Fig. 4 Schematic configuration of the laser system using an EDFA application

5. 地上受光システム

地上側には小型で可搬式の受光システムの開発を検討している。主には 30cm クラスのパラボラミラーと集光系、InGaAs PD を用いた受光回路、信号検出のためのオシロスコープやデータ保存・可視化のための PC などで構成される。Fig. 5 にその構成イメージを示す。

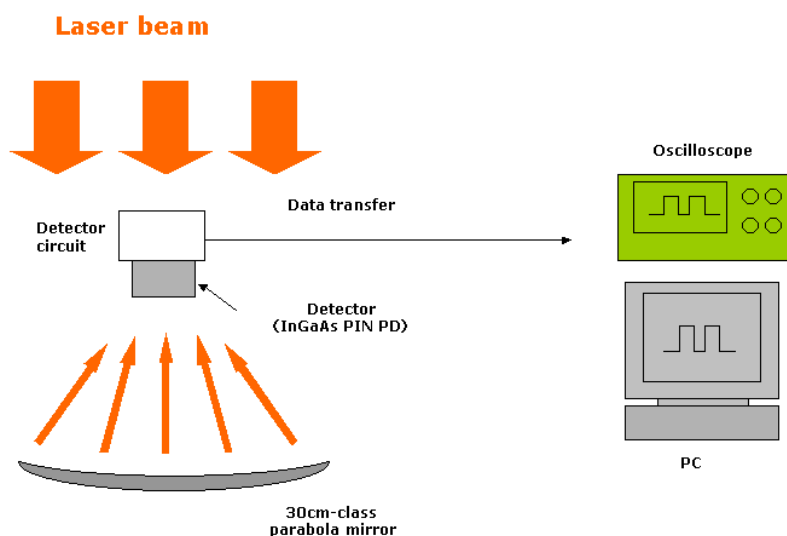


Fig. 5 Schematic configuration of the ground-based detection system

6. 開発状況、共同地上実験

現在、我々はレーザーシステムのエンジニアリングモデル (EM) の開発を終え、今秋より実機であるフライトモデル (FM) の開発を進めている。また、ウェザーニューズは千葉大 CEReS 久世研究室と共同での地上照射実験の準備を進めており、本システムを用いた実験に先立ち、前段階として久世研究室の長光路差分吸収分光法 (DOAS) システムを用いた 1.55 μm 帯 CO₂ 吸収線測定実験をすでに開始した。今後、開発を進めて本レーザーシステムを光源とした地上照射実験を実施していく予定である。

また、レーザーシステム以外の衛星バス系やカメラシステムについても、アクセラスペースにより各種環境試験を含めた EM の開発が完了し、FM の開発が進められている。