

# 航空機搭載用CO<sub>2</sub>DIALの開発(2)

## Development of airborne CO<sub>2</sub>DIAL II

今奥貴志<sup>1)</sup>, 石井昌憲<sup>2)</sup>, 加瀬貞二<sup>3)</sup>, 川原章裕<sup>3)</sup>, 椎名哲男<sup>1)</sup>, 菱沼孝穂<sup>4)</sup>,  
フィリップ・バロン<sup>2)</sup>, 水谷耕平<sup>2)</sup>, 青木誠<sup>2)</sup>, 落合啓<sup>2)</sup>  
T.Imaoku<sup>1)</sup>, S.Ishii<sup>2)</sup>, T.Kase<sup>3)</sup>, A.Kawahara<sup>3)</sup>, T.Shiina<sup>1)</sup>, T.Hishinuma<sup>4)</sup>,  
Philippe Baron<sup>2)</sup>, K.Mizutani<sup>2)</sup>, M.Aoki<sup>2)</sup>, and S.Ochiai<sup>2)</sup>

NEC エンジニアリング(株)<sup>1)</sup>, 情報通信研究機構<sup>2)</sup>, 日本電気株式会社<sup>3)</sup>, 日本電気航空宇宙システム(株)<sup>4)</sup>  
NEC Engineering Ltd.<sup>1)</sup>, NICT<sup>2)</sup>, NEC Corp.<sup>3)</sup>, NEC Aerospace Systems Ltd.<sup>4)</sup>

**ABSTRACT** A new airborne CO<sub>2</sub> Differential Absorption Lidar (DIAL) has been developing. This airborne CO<sub>2</sub>DIAL is compact and portable, which is suitable for the airplane system. We have adjusted the airborne CO<sub>2</sub>DIAL for observation in the airplane, and found out that laser output has two fluctuations. We speculated about the cause, and improved this matter. This paper reports the fluctuation and cause.

### 1. はじめに

情報通信研究機構(NICT)では、地上設置型 CO<sub>2</sub> 濃度計測用差分吸収・風ライダー[1, 2]をベースにした航空機搭載用ライダーを開発している[3, 4]。本ライダーは単一波長の 2 $\mu$ m CW レーザ発振器、2 $\mu$ m パルスレーザ発振器、送受同軸望遠鏡、光検出器、リレー光学系、制御装置から構成され、それぞれ航空機搭載を想定した耐環境性と可搬性を備えている。航空機内での計測のため、4 時間程度安定動作させることを目標にしており、地上にて 2 $\mu$ m パルスレーザ発振器の安定化を行ってきた。本経過について報告する。

### 2. レーザ安定度

#### 2.1. 現状

2 $\mu$ m パルスレーザ発振器を除振台上に載せ、クリーンブース内に設置した。実験室内の温湿度はコントロールされており、クリーンブース内の雰囲気温湿度は安定していた。

本構成にて 2 $\mu$ m パルスレーザ発振器の発振器出力をモニタすると、短時間で大きな出力変動を持つことがわかった。本出力変動により、計測中のデータ抜けや CO<sub>2</sub> 濃度誤差への影響が懸念される。

#### 2.2. 安定化のための調査分析

我々は原因を調査するため、まず出力変動の原因となりうる要素を洗い出した(Figure -1)。次に上記と同じ構成で各モニタ値(発振器出力、シーダ光源波長、LD スタック温度、レーザロッド冷却用冷媒管温度、筐体温度、クリーンブース内雰囲気温湿度、ピエゾ素子変位、LD 駆動電流、AOM 用 RF 出力、Q スイッチ発振タイミング)をデータ

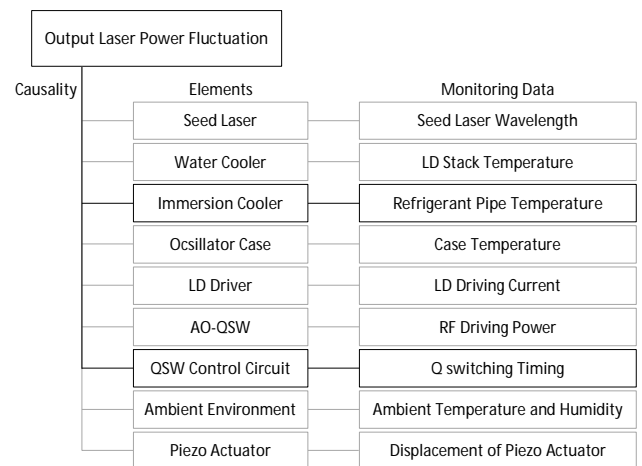


Figure -1 Some elements of the system and monitoring data

収集し、洗い出した要素に対して出力変動との相関を分析した。

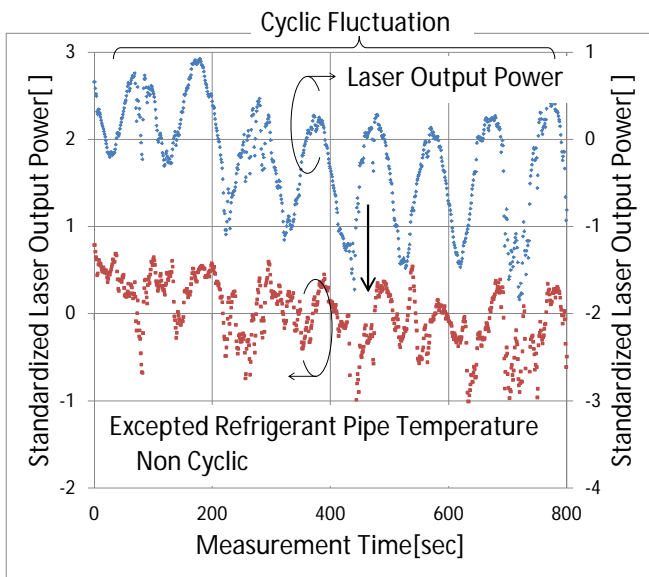
分析の結果、出力変動には周期変動と不規則変動の、2 種の変動があり、それぞれレーザロッドの排熱、Q スイッチ発振タイミングを制御する QSW 演算回路のパラメータに主原因があることが判明した。

### 3. 安定化のポイント

#### 3.1. レーザロッド温度の安定化

周期変動は、繰り返しを上げる等してレーザロッドへの熱負荷が大きくなると現れた。本変動はレーザロッド冷却用の冷媒管温度と相関が強いことが判明した。参考として、重回帰分析の結果を元に、特に相関が強かった出口側冷媒管温度の重回帰係数項を発振器出力から減算したグラフを描くと、特徴的な周期が失われることがわかる(Figure -2)。そのため、周期変動はレーザロッド

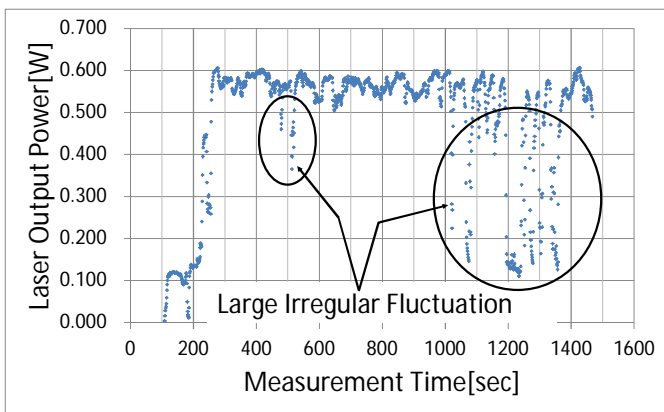
の排熱と相関が強く、本変動がそのまま出力変動に現れていると推定できる。



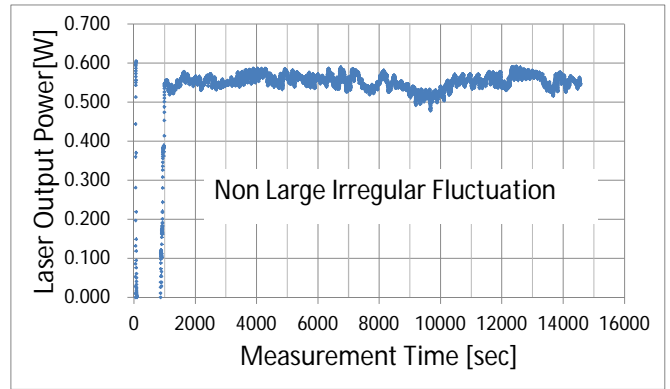
**Figure -2 (top) A graph of standardized laser output power and (bottom) a graph of standardized laser output power excepted refrigerant pipe temperature**

### 3.2. QSW 演算回路の最適化

不規則変動は、QSW 演算回路を調整することでほぼ改善できた。本回路は 2 $\mu$ m パルスレーザー発振器の共振器長を変え、シード光の共振タイミングで Q スイッチ発振させる制御ユニットである。信号検知禁止期間やタイミング演算用のパラメータを調整することで、Figure -3とFigure -4に示すとおり、大きな不規則変動がなくなったことがわかる。



**Figure -3 Before adjusting the circuit**



**Figure -4 After adjusting the circuit**

## 4. まとめ

NICT では、地上設置型 CO<sub>2</sub> 濃度計測用差分吸収・風ライダーをベースにした航空機搭載用ライダーを開発している。本装置の発振器の出力変動について調査分析し、主原因はレーザロッドの排熱と QSW 演算回路のパラメータであると推定した。また、QSW 演算回路のパラメータ調整によりレーザ安定度を大幅に改善した。更なる改善のため、調整を続ける。

## 文 献

- [1] S. Ishii, K. Mizutani, H. Fukuoka, T. Ishikawa, B. Philippe, H. Iwai, T. Aoki, T. Itabe, A. Sato, and K. Asai, "Coherent 2 $\mu$ m differential absorption and wind lidar with conductively cooled laser and two-axis scanning device" Appl. Opt., 49, 1809-1817 (2010).
- [2] S. Ishii, K. Mizutani, P. Baron, H. Iwai, R. Oda, T. Itabe, H. Fukuoka, T. Ishikawa, M. Koyama, T. Tanaka, I. Morino, O. Uchino, A. Sato, and K. Asai, "Partial CO<sub>2</sub> Column-Averaged Dry-Air Mixing Ratio from Measurements by Coherent 2- $\mu$ m Differential Absorption and Wind Lidar with Laser Frequency Offset Locking" J. Atmos. Oceanic Technol., 29, 1169-1181 (2012).
- [3] 今奥貴志, 石井昌憲, 椎名哲男, 倉田賢一, 加瀬貞二, 村山勉, 浅川義博, 水谷耕平, 安井元昭, 落合啓: 航空機搭載 CO<sub>2</sub>DIAL 用 2 $\mu$ m レーザ発振器の開発, 第 31 回レーザセンシングシンポジウム予稿集, pp.6-7, 2013.
- [4] 今奥貴志, 石井昌憲, 椎名哲男, 倉田賢一, 菱沼孝穂, 加瀬貞二, 村山勉, 川原章裕, フィリップ・バロン, 水谷耕平, 青木誠, 落合啓: 航空機搭載 CO<sub>2</sub>DIAL の開発, 第 32 回レーザセンシングシンポジウム予稿集, pp.114-115, 2014.