

# メタンガス計測のための赤外吸収レーザー画像センサの開発

Development of infrared absorption laser image sensor for detecting methane gas leak

廣田智史、稲葉寛憲、今城勝治、小林喬郎

Satoshi Hirota, Hironori Inaba, Masaharu Imaki and Takao Kobayashi

福井大学 大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, University of Fukui

**Abstract:** As a compact infrared laser image sensor for methane gas leak, we have started to develop the beam-scanned long-pass absorption laser radar system. The single frequency optical parametric oscillator pumped by the fiber laser is used to generate the infrared wavelength beam at  $3.39 \mu\text{m}$ . With the pump fiber laser, it is estimated that the IR image of  $100 \times 100$  pixel with 1-frame/s rate is obtained from the target distance of 13m with 10% accuracy.

## 1. はじめに

現在、メタンガス( $\text{CH}_4$ )は都市ガスとして、家庭や産業用に広く使用されている。そのため、地震などの災害時には漏洩ガスによる爆発事故で大きな被害がもたらされることが多々あり、漏洩ガスの漏洩箇所を早期に発見するための小型センサの開発が要望されている。メタンガスの測定法としては、化学的なポイントサンプリング方式や、差分吸収ライダー(DIAL)法、地形物を反射体とする長光路吸収型レーザーレーダ法がある。<sup>1)</sup>サンプリング法はppbレベルの高精度計測が可能であるが、一点のみの固定計測となるため移動計測ができない。DIAL法はエアロゾルの散乱光を受信するため、高出力レーザーが必要となり、小型化するのは困難である。長光路吸収型レーザーレーダ法は、すでに日本ガス協会によりメタンガスの画像計測がパルスラインスキャン方式で開発されている。<sup>2)</sup>しかし、システムが複雑、高価などの理由から実用化には至っていない。

我々は、赤外2周波交互発振の光パラメトリック発振器(Optical Parametric Oscillator: OPO)で構成する長光路吸収レーザーレーダを開発した。<sup>3)</sup>本研究では、OPOの励起光源をファイバレーザーとすることによりシステムの小型化を行い、さらにビームを掃引してガスの2次元画像計測を行うことにより、漏洩箇所の特定が可能な赤外吸収レーザー画像センサの実用化を目指した技術課題について検討した。

## 2. 装置構成

赤外吸収レーザー画像センサの構成をFig.1に示す。励起光源としてシステムの安定化、小型化に有効なパルス動作の波長1064nmシングルモードYbファイバレーザーを用いた。パルス幅は100ns、ピークパワーは1kW、繰り返し周波数は10kHzである。OPOには、非線形結晶としてドメイン反転周期 $\Lambda = 30.4 \mu\text{m}$ の

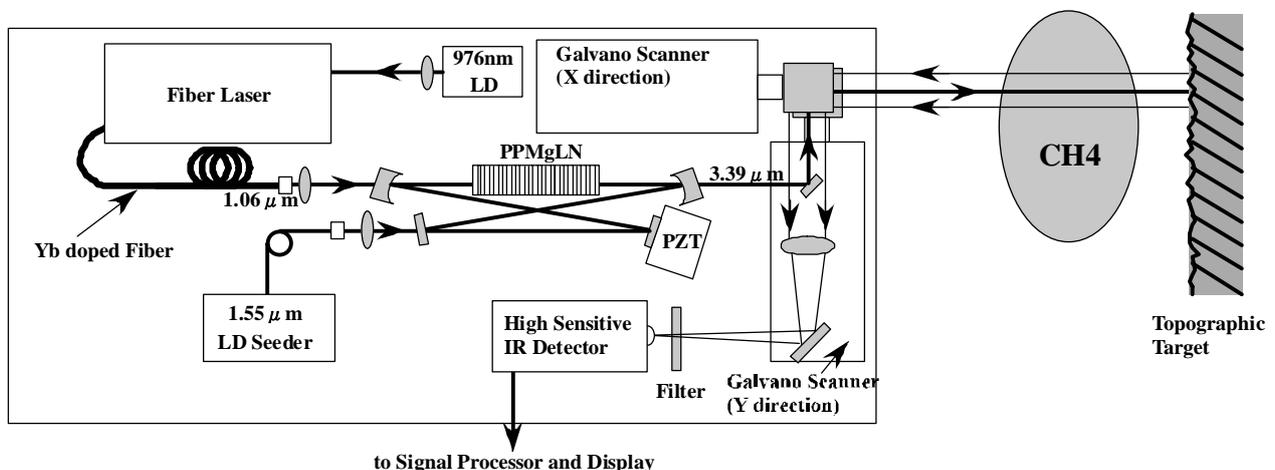


Fig.1 Schematic of the IR absorption laser image sensor.

PPMgLN結晶を用い、結晶には温度調節を行う。これによりOPOでは、シグナル光(1550nm)とアイトラ光(3392nm)が発生する。さらに、1550nmシングルモードLDによりシーディングを行い、アイトラ光の線幅を狭窄化し単一周波数動作としている。

メタンガスは、1550nmLDの発振周波数変調を行い、メタン吸収周波数  $\nu_{on}$  と非吸収周波数  $\nu_{off}$  の2周波のアイトラ光を交互に発生させ、その吸収差を利用してメタンガス濃度の空間積分値を測定する。また、ビームを掃引することにより2次元画像での計測を行い、信号処理することにより100x100画素の画像を1frame/sで表示する。

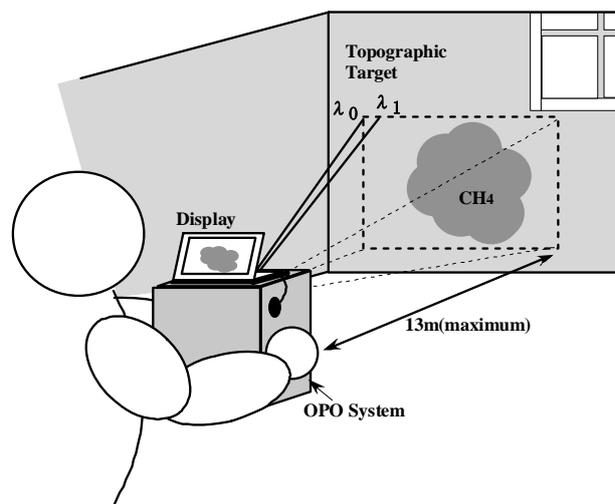


Fig.2 Scheme of measurement of methane gas leak.

### 3. メタンガス計測方法と赤外検出感度の検討

本システムの動作法を図2に示す。システムをコンパクトにして携帯型として計測を行う。図3にターゲットの距離に対する受信パワーの信号対雑音比SNRと測定精度を示す。本システムは、アイトラ光の変換効率を10%とした場合、反射率10%の地形物ターゲットに対してSNR=10(相対誤差10%)、ショット数1で最大13mの画像計測が可能なが予測される。

### 4. まとめ

本研究では、メタン計測のための赤外吸収画像センサとして、単一モードファイバレーザを用いたOPOの設計試作を行った。その結果、最大距離13mで100x100画素の画像を1frame/sで検出可能であることが予測された。また、ファイバレーザを使用することによりシステムの小型化、簡易化が可能となり、実用性が期待できることが分かった。このシステムの応用として、防災のための漏洩ガス分布の検出だけでなく、化学プラントでの有毒ガスや温暖化ガスの調査などへの利用が可能である。

### 参考文献

- 1) 小林喬郎, 杉本伸夫, 久世宏明, “漏洩ガスのレーザーリモートセンシング技術”, レーザ研究, Vol.33, No.5, pp.295-299 (2005)
- 2) R. P. Bamha, T. A. Reichardt, R. Schmitt, R. Sommers, S. Birtola, G. Hubbard, T. J. Kulp, M. Tamura, and K. Kothari, “Development and Testing of a Portable Active Imager for Natural Gas Detection”, レーザ研究, Vol.33, No.5, pp306-310 (2005)
- 3) 多田友行, 林昭弘, 今城勝治, 小林喬郎, “温室効果ガス計測用長光路吸収型レーザーレーダのための赤外2波長発振OPOの開発”, 第22回レーザーセンシングシンポジウム予稿集, O-5-02, pp.3-4 (2003).

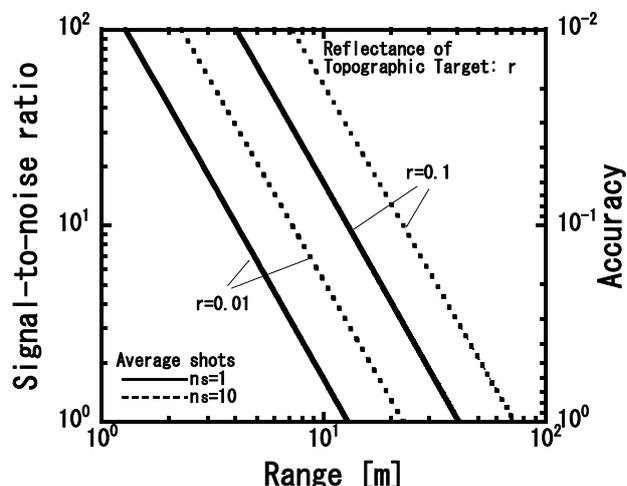


Fig.3 Signal-to-noise ratio and measurement accuracy vs topographic target range.