

カオス変調レーザーを用いた距離計測 および複数光路のモニタリング

Laser Ranging and Monitoring of Multiplex Optical Paths Using a Chaotically Modulated Laser

湊 淳、伊多波正徳、小澤 哲

Atsushi Minato, Masanori Itaba and Satoru Ozawa

茨城大学大学院理工学研究科

Ibaraki University

Abstract

We applied a chaotically modulated laser to ranging and monitoring of multiplex optical paths. In this paper we report the results of laser ranging experiment in the air using chaotically modulated laser diode. The estimated error in the distance was 10 cm. The monitoring of multiplex optical paths was also evaluated by numerical experiment using the measured signal of our chaotically modulated laser diode system. It was found that 10 optical paths can be multiplexed using our laser diode system.

1. はじめに

筆者らは、カオス的な信号で変調されたレーザー光を用いることにより、レーザー距離計測が可能であることを、数値実験（湊1998）および光ファイバによる室内実験（湊他，2001）により検証を行ってきた。本手法では、簡単かつ安定してカオス変調したレーザー光を得る方法として、抵抗、コイル、ダイオードからなる直列回路で電氣的にカオス信号を発生させ、これにより半導体レーザーを変調する方法を採用した。測定では、大気中を伝搬した受信信号と送信信号のパワーモニタ信号が記録される。カオス信号の自己相関関数がデルタ関数に近い性質を利用すると、受信信号とパワーモニタ信号の相関関数は、遅延時間に相当する位置にピークを持つことから、光路長を求めることができる。また単一の送受信系で複数の光路のモニタリングが可能となる。光路の遮断確認や、レーザー波長によってはガス漏洩のモニタリングなどの応用が考えられる。

2. 距離精度の評価

実験は、図1に示すように室内において距離を1 - 6 mの範囲で変化させながら行った。今回の実験では、デジタルオシロスコープに岩通DS-8812を使い、500 MHzのサンプリング速度、5120ワードのメモリ長で信号波形の記録を行った。図2は、本手法で求められた距離と検証用にレーザー距離計（DistoPro, Leica: 距離精度3 mm）で得ら

れた距離との関係を示している。図2のデータから評価した、本手法による往復の光路の精度は20cmとなった。つまり距離計測としては、10cmの精度となる。

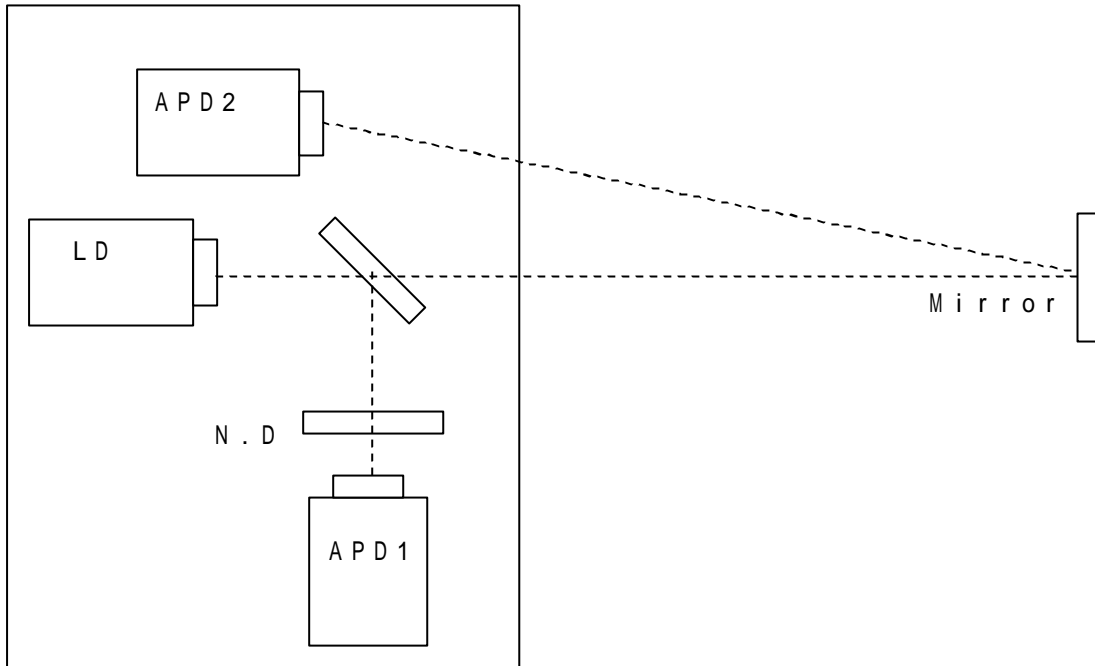


Fig.1 Concept of laser ranging using chaotically modulated laser.

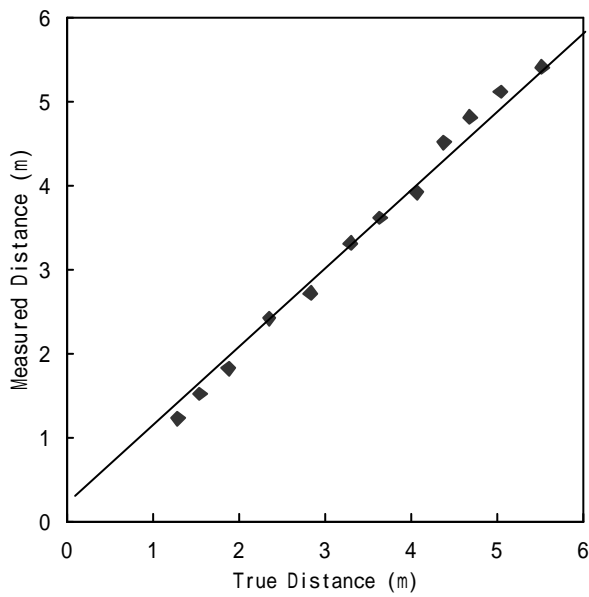


Fig.2 Measured distances by our method and distances for calibration.

アバランシェフォトダイオードの周波数帯域が 1 5 0 M H z (片道の距離に換算して 1 m) , デジタルオシロスコープの時間分解能が 5 0 0 M H z (片道の距離に換算して 0 . 3 m) であるから , 今回の実験における距離の精度は , 信号処理系のほぼ限界の精度が得られている . 信号処理系の時間分解能を向上させれば , 本手法による距離の精度はさらに向上するものと考えられる .

3 . 光路の多重化に関する評価

続いてカオス変調レーザを複数の光路のモニタリングに応用した場合の評価を行った .

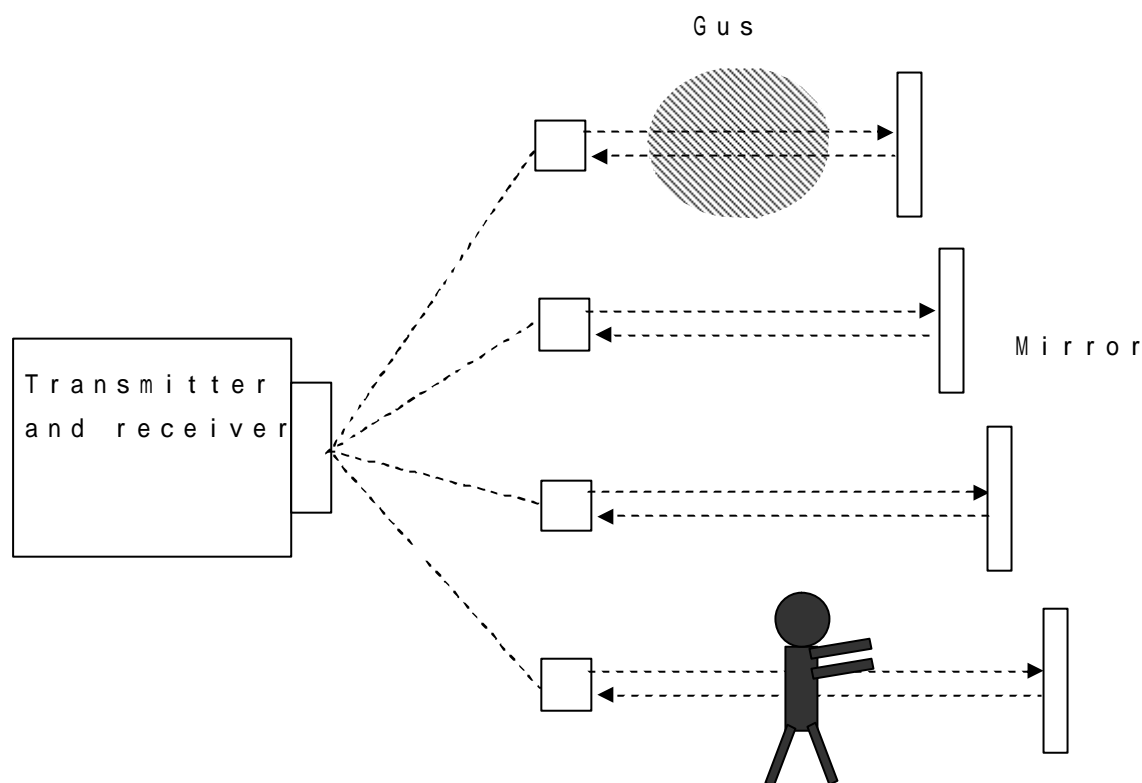


Fig.3 Concept of monitoring of multiplex optical paths using chaotically modulated laser .

図 3 に示すように , 異なる長さの光路をモニタリングする場合 , 各光路のレーザ光が重ねあって検出される . ここでは異なる光路の差は , レーザのコヒーレンス長よりも十分長く光路間の干渉は生じないものとして議論を進める . モニタリングの多重化を実現するには , 送信信号との相関関数が分離できなくてはならない . 前節の実験で得られた送受信信号を用いて , 数値実験により相関関数の分離を評価した . 図 4 は , 光路差を変えた 2 つの近接する光路長のレーザ光を重ね合わせた受信信号に対する相関関数を示したものである . 各光路を通過するレーザ光の強度をモニタする場合には , 他の光路の信号によって相関関数のピークの高さが変動しないことが重要である . 2 光路の時

間差が 20 ns の場合には，2つの相関関数が重なっていて分離は難しいが，時間差が 100 ns の場合には，相関関数は完全に分離している．時間差が 50 ns の場合，各相関関数のすそ野は重なっているが，相関関数のピークの高さは他の光路の影響が無い場合に比べて千分の1以下の増加にとどまっている．隣接するピークの間隔が 44 ns の場合に，ピークの高さが1%増加することが分かった．

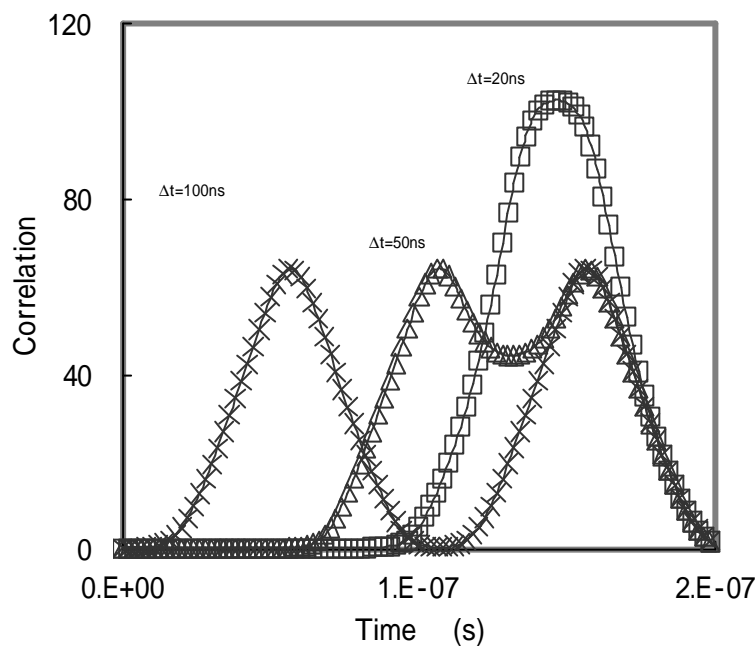


Fig. 4 Correlation functions of double paths measurement .

今回の実験で用いたカオス変調レーザーでは，パルス間隔が 500 ns であるから， 50 ns (15 m) の差で光路を多重化した場合，10本の光路の多重化が可能となる．

ガス濃度などのモニタリングにおいては，相関関数のピークの変動が重要となるので，光路差を十分に離して，他の光路の干渉をできるだけ抑える必要がある．一方光路の遮断をモニタリングする場合であれば，信号の有る，無し，を判断できれば良いわけで，他の光路の干渉がある程度あっても構わない．

引用文献

湊淳，“カオス変調を用いたレーザー遠隔計測手法の提案”，計測自動制御学会論文集，vol.34，pp.1316-1320，1998．

湊淳，伊多波正徳，若狭雅哉，小澤哲，“カオス変調レーザーダイオードを用いた測距手法の基礎実験”，計測自動制御学会論文集，vol.37，pp.1-5，2001．