

# 自己結合信号の信号処理に関する研究

[研究代表者] 津田紀生 (工学部電気学科)

## 研究成果の概要

自己結合信号の信号処理として、FFT 信号処理だけでなく移動平均処理した結果について研究を行い、自己結合信号の信号処理に最適なサンプリング周波数とデータ点数及び、FFT で信号処理した結果の移動平均処理について検討し実験を行った。その結果、自己結合信号にノイズが多い場合、FFT を用いた信号処理だけでは自己結合信号かノイズかの判定が難しかったが、移動平均処理を行う事により、比較的容易に自己結合信号のみ求める事が可能である事が分かった。

**研究分野：** レーザ工学、計測工学、信号処理

**キーワード：** 自己結合信号、移動平均、FFT

## 1. 研究開始当初の背景

半導体レーザの自己結合信号を利用したセンサは、光の干渉を利用したセンサであるが、レーザ光の戻り光を利用する事により、高価で調整の難しい干渉計を必要としない。その為センサ部は、半導体レーザとレンズのみで構成でき、小型で安価なセンサが実現できると考えられている。しかしながら、対象物で反射したレーザ光を半導体レーザの活性層に戻すという事は、半導体レーザの内部共振器と外部共振器が同時に存在する事となり、対象物までの距離や速度に関する自己結合信号が得られる代わりに、戻り光ノイズが増え、信号処理に時間がかかる欠点があり、安価にリアルタイム信号処理を実現する事が難しかった。

FPGA を用いた信号処理は、安価な FPGA (field-programmable gate array) でも処理能力が高く可能であるが、安価な FPGA ボードには外部信号を取り込むための高速な ADC (Analog-to-digital converter) は存在せず、高速な ADC は高価な外付けタイプしか存在しなかった。その為、安価な FPGA を用いた自己結合信号のリアルタイム信号処理は難しかった。

そこで、今回はオシロスコープ上の自己結信号を CSV データで PC に取り込み、自己結合信号の信号処理に最適なサンプリング周波数とデータ点数を調べた。

## 2. 研究の目的

自己結合信号のリアルタイム信号処理に関する研究は、統計的な信号処理などデータ量を少なくし、自己結信号の周波数を求める方式があるが、測定精度に問題があった。そこで、自己結合信号の信号処理で一般的な FFT (Fast Fourier Transform) を利用し、移動平均を利用して測定精度の向上を目指し基礎的研究を行った。

## 3. 研究の方法

### (1) サンプリング周波数とデータ点数の決定

今回の測定での FFT を行ううえで、どのくらいのサンプリング周波数、データ点数で MHP 周波数を算出するのがよいかを、まず検証した。検証を行う際に、サンプリング周波数 5MHz、10MHz、25MHz、データ点数 1024 点、2048 点、4096 点で測定を行った。まず、実験に最適なサンプリング周波数を決める為に実験を行ったところ、サンプリング周波数 25MHz で、データ点数 2048 点の時が取得できたデータ数が最も多かった。この時の分解能を距離換算すると、約 4.4mm であった。この分解能だと正確な MHP 周波数を取得できない。そこで、サンプリング周波数はそのままとし、データ点数を 4096 点として実験を行った。この時の分解能は、距離換算すると約 2.2mm である。次に多かったものは、サンプリング周波数 10MHz で、

データ点数 4096 点であり、この時の分解能の距離換算は約 0.9mm であった。

今回の測定では 2mm 間隔で測定を行う為、サンプリング周波数 10MHz とし、データ点数 4096 点と決め、FFT による信号処理を行うことにした。

## (2) 移動平均法を用いた FFT の精度向上

移動平均法とは、時系列データにおいて、ある一定区間ごとの平均値を区間でずらしながら求めたものである。移動平均を用いてグラフを作成すると、長期的な傾向を表す滑らかな曲線が得られ、変化をより滑らかにしてデータを俯瞰できる。

## 4. 研究成果

移動平均処理を行う前の距離 9cm の自己結合信号を FFT したデータものを図 1 に示す。図より距離 9cm の MHP 周波数の理論値は約 230kHz であるが、200kHz と 400kHz 後半あたりに大きな強度が確認でき、全体的にノイズ成分が多くみられるため、MHP 周波数かノイズかの確認が困難な事が分かる。そこで移動平均処理を行いノイズの低減を図った結果を図 2 に示す。

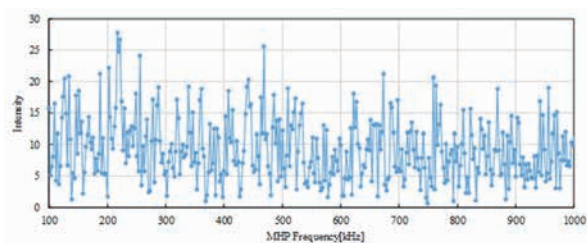


図 1.自己結合信号を FFT 処理した結果

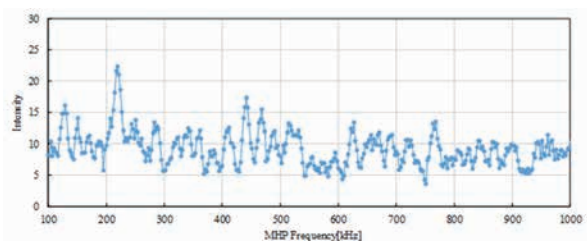


図 2. 自己結合信号を FFT 処理後に移動平均処理した結果

図 2 より、自己結合信号を FFT 処理後に移動平均処理した結果、ノイズ成分が取り除かれ、距離 9cm に対する 1 つの周波数成分、すなわち自己結合信号成分だけ強度が高くなっていることが確認できた。この結果から、移動平均処理を行うことで、周期的な信号である MHP 周波数が残り、ランダムに発生するノイズは低減するため、MHP 周波数とノイズの区別が可能な事が確認できた。

## 5. 本研究に関する発表

(1) 大羽 達也, 津田 紀生, 山田 諄, 自己結合効果によるレーザー端子電圧変動を利用した距離センサの分解能向上に対する取り組み, レーザー学会学術講演会第 39 回 年次大会, 14-11, 東海大学高輪キャンパス, 2019.

(2) Tatsuya Ohba, Norio Tsuda, Jun Yamada, Research for improvement of resolution of distance sensor using fluctuation of laser terminal voltage due to self-coupling effect, The Fourth International Conference on Advances in Sensors, Actuators, Metering and Sensing ALLSENSORS 2019, 70071, Athens, Greece, 2019.