

深層学習を利用した自己結合型レーザーマイクロホンの判定精度に対して半導体レーザーの発振特性が与える影響の検討

[研究代表者] 水嶋大輔 (工学部電気学科)

研究成果の概要

光を用いた音波の検出は様々な方式のデバイスが提案されている。その中でも自己結合型レーザーマイクロホンは、音場と非接触で音波を検出できるため音場を乱さないなど、様々な利点がある。しかし、自己結合型レーザーマイクロホンは信号対雑音比が低く、音声録音や話者認識などの応用には適用が難しい。この課題を解決するため、深層学習を用いて自己結合型マイクロホンの信号対雑音比の改善に関する研究を進めている。

自己結合型レーザーマイクロホンにおいては、出射するレーザーパワーの二乗に比例して信号強度が大きくなることは知られている。しかし、出射光強度が大きくなることで帰還光の強度も大きくなるため、光ノイズの増大を招くことになる。レーザーパワーの増加は必ずしも信号対雑音比の改善に寄与しない可能性がある。そのため、分布帰還型(DFB)レーザーダイオードを用いて、出射パワー及び縦モードが、話者認識の判定精度にどの程度影響を及ぼすか検討する。

実験の結果より、レーザーダイオードの発振波長がサイドモードと競合し、頻繁に主波長が入れ替わるモードホップが発生している場合には、光雑音の時間変化が大きくなり、判定精度が低下することが分かった。

研究分野：レーザーセンサ

キーワード：半導体レーザー、マイクロホン、レーザーマイクロホン、深層学習、畳み込みニューラルネットワーク

1. 研究開始当初の背景

光を用いた音波の検出は様々な方式のデバイスが提案されている。それらの中でも自己結合型レーザーマイクロホンは、音場と非接触で音波を検出できるため音場を乱さない、周波数特性が超低周波から超音波まで平坦になるなど、様々な利点がある。

しかし、自己結合型レーザーマイクロホンは光の帰還に由来する光ノイズなどで信号対雑音比が低く、音声録音や話者認識などの応用には適用が難しい。この課題を解決するため、深層学習を用いて自己結合型マイクロホンの信号対雑音比の改善に関する研究を進めている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、畳み込み深層学習(CNN)を利用して話者認識を行う自己結合型レーザーマイクロホンにお

いて、半導体レーザーの発振特性が判定精度に与える影響を調査することである。自己結合型レーザーマイクロホンにおいては、出射するレーザーパワーの二乗に比例して信号強度が大きくなることは知られている。しかし、出射光強度が大きくなることで帰還光の強度も大きくなるため、光ノイズの増大を招くことになる。レーザーパワーの増加は必ずしも信号対雑音比の改善に寄与しない可能性がある。本研究では、市場で容易に入手可能な分布帰還型(DFB)レーザーダイオードである ROHM RLD78MZM7 を用いて、レーザーダイオードの出射パワー及び縦モードが、話者認識の判定精度にどの程度影響を及ぼすか検討する。

3. 研究の方法

(1) レーザーダイオードの発振特性の測定

恒温槽内で温度を 20℃一定とした状態でレーザーダイオードに任意の直流電流を注入し、出射するレーザーパワーと、その発振スペクトルを測定する。測定には光パワーメータ ADVANTEST Q8230 と光スペクトラムアナライザ ADVANTEST Q8347(いずれも本学総合技術研究所に設置)を使用した。

(2) レーザーマイクロホンの装置構成及び実験概要

自己結合型レーザーマイクロホンの装置構成及び実験概略図を図 1 に示す。

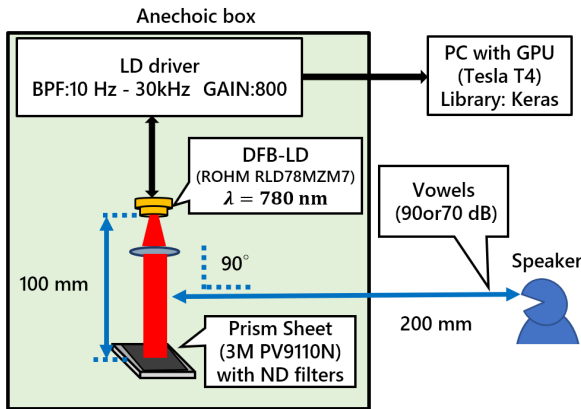


図 1 レーザーマイクロホンの装置構成及び実験概要

前節で特性を測定したレーザーダイオードを用いて装置を構成し、話者はマイクロホンから 200mm 離れたところから平均音圧が一定になるように会話を録音する。録音された音声波形を画像化し、PC 上に構築した CNN に学習させ、一定のエポックだけ学習させた後に改めて録音を行い、正しく話者が判定できる精度を求める。

4. 研究成果

(1) レーザーダイオードの発振特性

図 2 に測定した発振スペクトルを示す。注入電流 23 mA、33mA では主波長以外のサイドモードが見られるが、45mA では主波長以外に目立った発振波長は見られない。なお、図 2 中の注入電流において、出射するレーザーパワーは 23mA、33mA、45mA に対して順番に 5mW、10mW、15mW である。

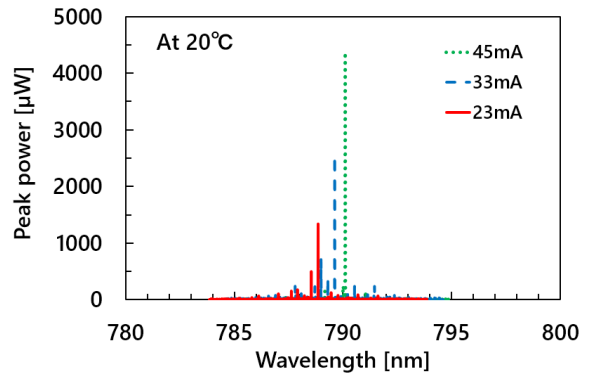


図 2 測定したレーザーダイオードの発振スペクトル

(2) 話者認識の判定精度に発振特性が与える影響

各レーザーパワーに対する判定精度を表 1 に示す。反射体の反射率は 11%、入射音声の音圧は 90dB である。

表 1 各レーザーパワーに対する判定精度

Laser power [mW]	Accuracy
5	0.94
10	0.50
15	1.00

表 1 より、レーザーパワーが 10mW の場合に精度が低下していることが分かる。これはレーザーダイオードの発振波長がサイドモードと競合し、頻繁に主波長が入れ替わるモードホップが発生し、光雑音の時間変化が大きくなることが影響していると考えられる。従って、モードホップが発生しない電流域で使用するることによって、CNN による音声認識に十分な信号対雑音比が得られることが示された。

5. 本研究に関する発表

- (1) Dasiuke Mizushima, “Speaker Identification by Self-coupling Laser Microphone Based on CNN”, OPIC OPTICS & PHOTONICS International Congress 2022, 2022 年
- (2) Dasiuke Mizushima, “CNN Technique for Speaker Recognition using Laser Microphone based on Self-coupling Effect of Laser Diode”, CLEO-PR2022, 2022 年