

## 論文内容要旨

報告番号	甲 先 第 1 474 号	氏 名	宮村 祥吾
学位論文題目	Study on dual-comb refractive index sensing and its applications in biosensing (デュアル光コム屈折率センシングとバイオセンシング応用に関する研究)		
<p>内容要旨</p> <p>本博士論文では、光周波数コムを用いた屈折率センシング（屈折率センシング光コム）の性能向上とそのバイオセンサーへの応用を目指し、屈折率センシングにおける温度ドリフトの問題を解決し、バイオセンシング応用に適したレベルまで性能を向上させることを目的に研究を行った。</p> <p>第一のテーマでは、マルチモード干渉（MMI）ファイバーセンサーとファイバー光コムを用いて、屈折率センシングの温度ドリフトを低減する方法を開発した。ひずみ測定の温度補償でよく利用されるアクティブ・ダミー補償法を屈折率センシング光コムに導入するため、機械共有型デュアル光コム配置を導入した（デュアル光コム・屈折率センシング）。具体的には、温度および屈折率に敏感なアクティブセンシング光コムと、温度のみに敏感なダミーセンシング光コムを用い、それらのセンサー信号である繰返し周波数の差周波数信号を抽出した。デュアル光コム・屈折率センシングの温度補償性能を評価するために、アクティブセンシング光コムと光コムダミーセンシングの間の共振器長の差（繰返周波数差に相当）が温度ドリフトに与える影響を調査した。共振器長の差が約 100mm（繰返周波数差 1000 kHz）の場合、温度補償は効果的でなかったが、共振器長の差が約 10mm 以下（繰返周波数差 110 kHz 以下）の場合、温度補償性能が顕著に向上した。このため、ファイバー光コムの共振器長加工精度を考慮すると、共振器長の差を約 10mm 以下（繰返周波数差 110 kHz 以下）に設定することが望ましいという結論を得た。</p> <p>第二のテーマでは、デュアル光コム・屈折率センシングを生体分子センシングに拡張した（デュアル光コム・バイオセンシング）。具体的には、MMI ファイバーセンサー表面に新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）のヌクレオカプシドタンパク質（NP）抗体を表面修飾し、アクティブ・ダミー温度補償法により温度ドリフトを効果的に低減した。これにより、SARS-CoV-2/NP 抗原を迅速かつ高精度に検知することに成功した。センシング性能の定量的解析から、計測可能モル濃度は 34 aM~2.1 pM、検出限界モル濃度は 38 aM であった。他の SARS-CoV-2 アッセイとの比較から、デュアル光コム・バイオセンシングは PCR よりも短時間かつそれに迫る検出限界で SARS-CoV-2/NP 抗原を検出できることを実証した。</p> <p>まとめとして、屈折率センシング光コムの性能向上とそのバイオセンサー応用を実現した。温度変動によるセンサー信号のドリフトを減少させる温度補償法の開発により、センシングの精度が向上し、その結果、バイオセンサーへの展開が可能となった。SARS-CoV-2/NP の迅速かつ高精度な検出に</p>			

成功したことは、この手法が SARS-CoV-2 だけでなく、他の感染症ウイルスの検出にも応用できる可能性を示している。将来的には、パンデミック発生時の迅速で高精度なウイルス検出が感染拡大の防止と早期治療に寄与することが期待される。さらに、様々なバイオマーカーに対する光コムセンシングを応用することにより、個別遺伝子、環境、ライフスタイルなどの要因を考慮した最適な医療戦略と治療法の提供に貢献することが期待される。

参考論文

主論文

- (1) "Rapid, high-sensitivity detection of biomolecules using dual-comb Biosensing"  
「デュアル光コムバイオセンシングを用いた生体分子の迅速かつ高感度な検出」  
Shogo Miyamura, Ryo Oe, Takuya Nakahara, Shota Okada, Shuji Taue, Yu Tokizane, Takeo Minamikawa, Taka-aki Yano, Kunihiro Otsuka, Ayuko Sakane, Takuya Sasaki, Koji Yasutomo, Taira Kajisa, and Takeshi Yasui  
Scientific Reports, Vol.13, article 14541, September, 2023, Published
  
- (2) "Reduction of temperature drift in refractive-index-sensing optical frequency comb by active-dummy compensation of dual-comb configuration"  
「デュアル光コム構成のアクティブ・ダミー補償による屈折率センシング光周波数コム温度ドリフトの低減」  
Shogo Miyamura, Masayuki Higaki, Shuji Taue, Yoshiaki Nakajima, Yu Tokizane, Eiji Hase, Takeo Minamikawa, and Takeshi Yasui  
Journal of Lightwave Technology, May, 2024, Published (early access)

副論文

なし

備考

- 1 論文題目は、用語が外国語のときは日本語訳を付けて、外国語、日本語の順に列記すること。
- 2 参考論文は、論文題目、著者名、公刊の方法及び時期を順に明記すること。
- 3 参考論文は、博士論文の場合に記載すること。