

博士論文の内容の要旨

氏名	小川 顕
学位名	博士 (工学)
学位授与年月日	2020年3月20日
論文題目	装着型デバイスを目指した分散型光ファイバセンサシステムに関する研究

(博士論文の内容の要旨)

光ファイバは、当初から通信用途を目的として開発され、現在広く利用されている。一方、電磁ノイズの影響を受けない (EMI) 等のユニークな性質から、従来の電気式のセンサでは測定できない場面を中心に、センサ素子としても広く使用されている。また光ファイバは細径・軽量であるため、バイタルサインモニタリング等を測定する装着型 (ウェアラブル) センサとしての応用が期待されている。

本研究では、まずバイタルサイン測定への応用として、分散型光ファイバセンサの一種であるファイバブラッググレーティング (FBG) を用いた心音・心尖拍動・呼吸の同時測定が可能であることを検証した。心音・心尖拍動・呼吸はそれぞれ異なる周波数の振動として測定されるため、単一の FBG センサで測定した波形データにバンドパスフィルタを適用することで、同時に読み出すことが可能であることを示した。一方、従来の光ファイバセンサ測定装置 (インテロゲータ) は測定系が複雑な分光 (波長掃引) 方式や干渉計方式を用いているため、大型で振動に弱く、装着型用途に向いていなかった。そこで、よりシンプルな光学系で FBG センサを測定する方法として、パッシブフィルタ方式を検討し、その理論上の測定精度 (クラメル・ラオの下限) が従来の干渉計方式と同程度となることを示した。さらに、パッシブフィルタ方式の一種である傾斜フィルタを用いて装着可能なサイズの FBG インテロゲータを開発し、脈波波形の測定を行った。この方式では、センサの波長付近でリニアに反射・透過率が変化する光学フィルタ (傾斜フィルタ) を用い、その反射・透過光強度を測定することでセンサの波長を算出する。その結果、従来の方式と同程度以上に高精度な測定 (FBG センサの反射波長測定値の標準偏差 0.8pm) ができ、脈波の測定も可能であることを確認した。また製作したプロトタイプインテロゲータはサイズ 74×57×90mm、質量 230 g と、着用して使用することが可能な程度のサイズとなった。

また、分散型光ファイバセンサの別の応用として、直列接続された 2 種類の複屈折ファイバ (PANDA ファイバ、偏波保持フォトニック結晶ファイバ) による 2 つの物理量の同時測定を検討した。これは、複屈折ファイバの偏波の向き (fast/slow 軸) によって光路長が異なるために反射光に生じる干渉波形を用い、ファイバに加わった圧力・温度・回転・張力・歪み等の物理量を測定する方式である。ここでは、このうち圧力と温度の測定を試みた。結果、各複屈折ファイバで得られる干渉波形をバンドパスフィルタで切り出すことで、圧力・温度の同時測定ができることを確認した。