

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	傾斜利用ブリルアン光相関領域反射計の提案および性能向上
Title(English)	Proposal and performance improvement of slope-assisted Brillouin optical correlation-domain reflectometry
著者(和文)	李熙永
Author(English)	Heeyoung Lee
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11311号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中村 健太郎,梶川 浩太郎,山口 雅浩,植之原 裕行,宮本 智之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11311号, Conferred date:2019/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名	李 熙永	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	中村健太郎	教 授	審査員	宮本 智之	准教授
	審査員	梶川浩太郎	教 授			
		山口 雅浩	教 授			
		植之原裕行	教 授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は“Proposal and performance improvement of slope-assisted Brillouin optical correlation-domain reflectometry”と題し、英文 6 章から構成されている。

第1章“Introduction”では、社会インフラの健全性診断の手法として、光ファイバに沿った任意の位置の歪や温度を測定できる分布型光ファイバセンサの概要を述べ、これに利用する光ファイバ中のブリルアン散乱について説明している。また、空間位置分解の手法のひとつである光相関領域法に注目し、その従来手法では、測定速度と空間分解能の両立が困難であることを述べている。そして、これらの課題を克服する手法の提案とその性能向上を本研究の主題に定めている。

第2章“Proposal of slope-assisted (SA-) BOCDR”では、第1章で掲げた目的を達成するために、連続光を光ファイバの片端から入射することで動作し、高空間分解能、ランダムアクセス性、低コストなどの長所を有するブリルアン光相関領域反射計(BOCDR)に着目し、ブリルアン散乱スペクトルの傾斜部分を活用することで BOCDR の利点とリアルタイム動作を両立できる傾斜利用 BOCDR を提案している。従来法では、スペクトル全体を観測して歪や温度変化の情報をもつピーク周波数のシフト量を求めるために比較的長い測定時間が必要であった。これに対し、提案手法では、スペクトルの傾斜部分のある特定周波数でのパワー変化を抽出することで高速な測定を可能としている。また、周波数ではなくパワー情報に基づいて動作するため、従来法では測定が難しかった光損失分布も同時に得ることができると述べている。さらに、歪・温度・損失の分布をリアルタイム測定する動作実験を行って、これらを実証している。

第3章“Characterization”では、(1) 従来の BOCDR と傾斜利用 BOCDR の出力の理論および実験による比較、(2) 傾斜利用 BOCDR 特有の超理論空間分解能効果の上限の解明、(3) 設定空間分解能および入力パワーなどの実験条件に対する測定感度の依存性検討、(4) 10 km を超える長距離での動作実証など、多方面から傾斜利用 BOCDR の特徴を解明している。その結果、従来手法の理論空間分解能の約 1/50 程度までのホットスポットの検出が可能で、これまで報告されているブリルアン分布センシング手法の世界記録を超える 2 mm のホットスポットの検出に成功している。また、10 km 遠方の 3 m のホットスポットの検出が可能であることを示している。

第4章“Performance improvement”では、提案手法の様々な性能向上を行っている。(1) 曲げに強い特殊光ファイバによる曲げ損失の影響の除去、(2) 偏波保持光ファイバの導入による動作安定性および測定感度の向上、(3) 空間分解能と歪ダイナミックレンジのトレードオフに基づいた背景光雑音の一部成分を歪に依存させることによる歪ダイナミックレンジの向上、(4) プラスチック光ファイバに提案手法を適用することによるロバスト性および温度測定感度の向上などを行い、約 1.4 倍の測定感度、約 3 倍の歪ダイナミックレンジ、ガラス光ファイバでは測定困難であった大歪の測定および約 3 倍の温度感度が達成できたとしている。

第5章“Pseudo-field test”では、実際の構造物を模擬した複合構造に埋め込んだ光ファイバに沿った歪分布および破断点をリアルタイムで検出する実験を行っている。炭素繊維強化プラスチックと鉄材の境界に光ファイバを埋め込んだ試験体の三点曲げによる圧縮歪と引張歪の印加実験において、実際の歪分布とおおよそ一致する測定結果を得ている。また、構造物が破壊に至るまでの大歪を印加した実験により、構造物の変形に伴ってある荷重で生じる急激な光損失や光ファイバの破断の様子の観測にも成功している。

第6章“Conclusions”では、本研究で得られた成果をまとめるとともに、今後の課題について述べている。

以上を要するに本論文は、光ファイバ中のブリルアン散乱に基づく分布センシング技術に関して、従来のこの手法では困難であった光の片端入射による動作、リアルタイム動作、高空間分解能などの特徴を併せもつ傾斜利用 BOCDR を提案し、実用化を視野に入れた性能向上に取り組んだものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値のあるものと認められる。