

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	光ファイバの偏波に着目した分布センシングに関する研究
Title(English)	
著者(和文)	野田康平
Author(English)	Kouhei Noda
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12451号, 授与年月日:2023年3月26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,金子 寛彦,植之原 裕行
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12451号, Conferred date:2023/3/26, 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

(博士課程)

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	野田 康平		
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	植之原裕行	教授
	審査員	梶川浩太郎	教授			
		山口 雅浩	教授			
		金子 寛彦	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「光ファイバの偏波に着目した分布センシングに関する研究」と題し、和文全7章から構成されている。

第1章「緒論」では、インフラや工場設備の保守などに対応するために、広域にわたって空間的・時間的に連続した監視が可能な光ファイバ分布型センサが有効な技術であるとし、これまでに開発された手法を概観している。従来法は主に光ファイバの伸びの検出を行うものであるが、側圧に感度を有する手法が応用上必要とされていることを指摘し、光ファイバ中の偏波に着目して側圧の分布測定を可能とする手法を開発することを本論文の目的と定めている。

第2章「信号位置分解のための相関領域反射計の理論」では、偏波の分布測定を行うことに先立ち、光ファイバの長さ方向に沿った分布測定を行う手法のひとつである光相関領域反射計の一般化を行っている。まず、フレネル反射、レーリー散乱、ブリルアン散乱に対する相関ピーク形状を導出している。次に、光波コヒーレンス関数を周波数方向に拡張した概念である遅延干渉スペクトル関数を定義し正弦波変調の場合の解析解を求めている。

第3章「偏波と干渉の理論」では、光ファイバに沿って偏波状態を測定する手法を開発する準備として、光ファイバ中の偏波状態の記述方法について完全偏光の場合と部分偏光の場合に分けて整理している。また、それらを光ファイバ分布センサに応用するために完全偏光の干渉と部分偏光の干渉についてモデル化した考察を行っている。そして、得られたモデルと定式化が適切であることを実験により確認している。

第4章「偏波光相関領域反射計の提案」では、偏波分布を測定する光相関領域反射計の実現方法を提案している。まず、信号光と参照光の干渉信号のパワーが信号光と参照光のストークスパラメータ、偏光度(偏波の割合)、ポアンカレ球上でなす角により表わされることを示している。そこで、様々な偏波状態の参照光に対して測定した結果に対して最小二乗法を適用して偏波状態を推定する手法を考案している。この原理を検証するために、様々な既知の偏波状態をもった信号光と参照光を干渉させる実験を行い、参照光の数やポアンカレ球上での配置方法と偏波状態の推定誤差について論じている。次に、空間分解能について検証し、複屈折測定精度と空間分解能の関係について考察し、測定できる複屈折の範囲は7.7-1800 deg/m であると述べている。これは、光ファイバへの側圧0.1-1300 N/mに相当し、人が光ファイバを踏んだ際の側圧(約2 N/m)などが測定可能範囲に入ると説明している。

第5章「偏波光相関領域反射計の実装」では、参照光の偏波状態を、光パワーを変えずに高速に制御できる偏波コントローラとしてピエゾ素子駆動のスクイーズ型電圧制御偏波コントローラを採用している。そして、この偏波コントローラへの入力偏波状態の校正法を提案し、この実験系を用いていくつかの測定検証を行っている。すなわち全長12 mの光ファイバの中央2 mにバドル型偏波コントローラで偏波の遷移を与え、それを提案手法で測定し、その結果について考察を加えている。さらに提案手法を高速化するために、光相関領域反射計の検出系に電圧制御発振器を用いた高速掃引局部信号源を導入し、掃引周期で繰り返す検波波形の位相ずれを利用する方式を検討している。

第6章「複屈折測定への応用」では、光ファイバ中の複屈折現象について概観した後、ロールに巻かれた光ファイバの偏波ビート長を本研究で提案した偏波光相関領域反射計によって測定できることを実験的に示している。すなわち、直径210 mmのポピンに巻かれた200 mの光ファイバの中央部80 mに沿った300点の偏波状態を提案手法によって測定している。実験に用いた光ファイバのビート長の理論値31.4 mに対して、実測値は30.2 mであったと述べている。

第7章「結論」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、本論文は側圧を分布的に測定できる光ファイバセンサの実現をめざし、光の偏波状態を光ファイバの長さ方向に分布的に測定するための偏波状態の表現法を整理し、また、光相関領域位置分解法の高度化とあわせて偏波光相関領域反射計の基礎原理を提案・実証したもので、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。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。