

# 論文審査の結果の要旨

氏名 柏木 正浩

本論文は、「光波コヒーレンス関数の合成法によるリフレクトメトリの広範囲化に関する研究」と題し6章よりなり、今後急速に導入が進む光ファイバ加入者系等の光ファイバシステムにおける故障診断技術を提供することを目的に、光ファイバに沿う反射光分布を、10cm程度の空間分解能で数kmにわたり測定することを可能にする新しい技術を提案し、その特性向上を図った研究成果について述べたものである。

第1章は「序論」であり、光ファイバを活用したセンシング技術を概観し、本論文で研究対象とする光リフレクトメトリ（反射光分布測定技術）の各種方式について述べている。つづいて、所属研究室で発案され、本研究において新たな機能が付加される「光波コヒーレンス関数の合成法によるリフレクトメトリ」について、その概略を述べ、本論文の目的と構成を説明している。

第2章は「光波コヒーレンス関数の合成法」と題し、光の干渉を定性的に概観した後に、光波を解析的に取り扱い、光波コヒーレンス関数を導出する。その後、光源のスペクトル特性と光波コヒーレンス関数との関係について説明し、光波コヒーレンス関数形状の例をあげる。さらに、光波コヒーレンス関数の合成法の具体例について述べる。すなわち、最も簡単な合成コヒーレンス関数形状である余弦関数的な形状の合成法を説明し、さらに、本研究にて活用するデルタ関数的な形状のピークを有する光波コヒーレンス関数を合成するための複数の方法についても説明する。そして、位相変調を併用することで、デルタ関数的ピークを持つ光波コヒーレンス関数を空間的にシフトすることも可能であることを示す。

第3章は「光ファイバ遅延ループを用いた光波コヒーレンス関数の合成法による遠方監視用リフレクトメトリ」である。まず、矩形波的な光周波数変調によってデルタ関数的なピークを持つ光波コヒーレンス関数を合成する方法によるリフレクトメトリシステムについて述べる。その後、この手法を遠方監視用リフレクトメトリに適用するために提案した、光ファイバ遅延ループを含むシステム構成によるリフレクトメトリについて説明し、その特性を理論的に評価した結果に基づき構築した実験系による基礎実験結果を報告している。空間分解能11cmにて、従来システムでは不可能であった1kmにおよぶ広い範囲での反射光分布測定に成功している。

第4章は「光ファイバ遅延ループを用いた光波コヒーレンス関数の合成法による遠方監視用リフレクトメトリにおけるシステム性能評価」と題し、第3章で実現したリフレクトメトリシステムの各種性能について議論している。ダイナミックレンジ、空間分解能、測定範囲、そして測定時間の各項目について、どのような要因でこれらが制限されるかについて考察し、具体的な数値により実現可能な性能をシミュレーションした。第3章での実験に対応したシステムでは、約20dBのダイナミックレンジが達成できることが示された。

第5章「コヒーレンス長を超えた領域における光波コヒーレンス関数の合成法によるリフレクトメトリ」では、まず第2章において説明したデルタ関数形状のピークを持つ光波コヒーレンス関数の合成法のうち、正弦波的な変調を用いた方法をリフレクトメトリへ応用する技術について述べている。ここでは、コヒーレンス長を超えた遠方領域においても、光波コヒーレンス関数の合成法によるリフレクトメ

トリが可能であることを示し、具体的なシステム構成法を新たに提案した。コヒーレンス長を超えた領域からの反射光と参照光との干渉を測定することによる影響を、従来の光波コヒーレンス関数の合成法を記述する定式の中に取り込み、新システムの特性を解析的に評価した。そして、具体的なシステムパラメータを考慮しつつ、数値シミュレーションを実行した。さらに、実験系を構築して基礎実験を行い、5km 遠方において 19cm の空間分解能で、1km におよぶ範囲での反射光分布の測定に成功している。また、本手法における空間分解能ならびにダイナミックレンジについて議論するとともに、従来技術と本論文で研究した 2 つの新しい手法について、性能を比較・検討している。本研究により、従来技術では実現不可能であった測定範囲ならびにダイナミックレンジの拡大が図られている。

第 6 章は「結論」であり、本論文で明らかになった知見をまとめている。

以上のように、本論文は、光波コヒーレンス関数の合成法を活用した新しいリフレクトメトリシステムを 2 種類提案し、それぞれの特性を理論的ならびに実験的に検討して、従来技術では実現が不可能であった高い空間分解能、広いダイナミックレンジ、ならびに広い測定範囲を実現することに成功したものであって、今後急速に導入が進む光ファイバ加入者系等の光ファイバシステムのための新しい診断技術を提供するものであり、フォトニクス、特にフォトニックセンシング技術に貢献するところ大である。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。