The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	多モード光ファイバの伝送特性に関する研究
Author(s)	北山, 研一
Citation	大阪大学, 1981, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2657
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【64】

氏名・(本籍)	北山研一（きたやまけんいち）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 5447 号
学位授与の日付	昭和56年10月21日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	**多モード光ファイバの伝送特性に関する研究**
論文審査委員	(主査) 教授 熊谷 信昭
	教授 滑川 敏彦　教授 中西 義郎　教授 手塚 慶一

論文内容の要旨

本論文は，多モード光ファイバの伝送特性に関する研究の成果をまとめたもので，9章からなっている。

第1章は序論であって，本研究の背景について概説するとともに，本研究に関連する従来の研究の概要ならびに問題点を示し，著者が行った研究の目的と意義とを述べて，本論文がこの分野において占める地位を明らかにしたものである。

第2章では，多モード光ファイバの伝送特性に関する基本的事項について述べ，第3章以下で行う議論に必要な基礎を与えている。

第3章では，多モード光ファイバの伝送特性を実験的に解明するために必要不可欠なモード分析法について述べている。すなわち，従来適当な方法がなかった多モードグレーデッド形光ファイバのモド分析にも適用可能な新しいモードパワー分布測定法を提案し，その原理について述べるとともに，実際に試作したモード分析装置と，それを用いたモード依存性損失係数の測定結果を示して，その有用性を明らかにしている。

第4章では，種々の要因によって生ずる導波モード間の結合が多モード光ファイバの伝送特性に及ぼす影響について理論的ならびに実験的に詳細に検討している。すなわち，まず伝送方向に沿う線路構造等のランダムなゆらぎによって生ずるモード結合を電力結合方程式によって記述し，その厳密解を求める一方法について述べるとともに，電力結合方程式の厳密解から伝送帯域等を推定する方法を提案している。ついで，著者が開発したモード結合係数の新しい測定法について述べ，多モード光ファイバをケーブル化する場合の各工程におけるモード結合係数を測定して，モード結合の模様を定量

的に把握するとともに，その要因を分析し，ケーブル化工程の各段階における伝送帯域や伝送損失の変化とモード結合との関係を解明している。さらに，伝送帯域の距離依存性を実測し，モード結合が伝送特性に及ぼす影響を明らかにするとともに，電力結合方程式の厳密解から得られる推定値と比較して，著者の案出した伝送特性の推定法が実用上十分な精度を有するものであることを確かめている。

第5章では，多モード光ファイバの接続部で生ずるモード結合現象について詳細な考察を加え，接続部におけるモード結合の効果が多モード光ファイバの伝送特性に及ぼす影響を定量的に解明している。すなわち，多モード光ファイバの突き合わせ接続部および融着接続部で生ずるモード結合を幾何光学近似に基づいて解析するとともに，接続部の前後におけるモードパワー分布の変化を記述するモード伝達行列を導出し，これを用いて接続部を含む光ファイバの伝送特性を推定し得ることを示している。また，実験によってパルス応答波形および伝送帯域を測定し，接続部で生ずるモード結合と伝送特性との関係を明らかにしている。ついで，接続部に新たに提案したモードスクランブラを装荷することによって，接続部で生ずるモード結合を一定の状態に制御し得ることを見出し，実験によってその効果を確かめている。さらに，接続部の軸ずれによって生ずる漏洩モードについて検討し，ステップ形光ファイバの場合とグレーデッド形光ファイバの場合とでは漏洩モードの発生量が異なること等を示し，漏洩モードの存在が接続損失および伝送損失の評価に及ぼす影響を明らかにしている。

第6章では，多モード光ファイバを多数本接続した長距離光ファイバの伝送特性について考察している。すなわち，第4章および第5章で明らかにした光ファイバ内および接続部におけるモード結合に関する検討結果をもとにして，長距離多接続光ファイバの伝送特性を理論的ならびに実験的に解明し，屈折率分布が等しいグレーデッド形光ファイバを接続した場合には接続部におけるモード結合は伝送帯域の改善効果をもたらすのに対し，群遅延時間補償効果が得られるような屈折率分布の異なるグレーデッド形光ファイバを接続した場合には接続部におけるモード結合は逆に伝送帯域の劣化要因になること等を見出している。また，単長2 km，全長48kmのグレーデッド形光ファイバ伝送路を構成し，伝送特性の距離に対する変化を実験的に検討するとともに，接続部におけるモード結合を考慮に入れた簡便でかつ精度の良い伝送特性推定法を提案し，それに基づく理論推定値が実測値を良く説明し得ることを示して，この推定法が有効であることを検証している。さらに，各接続点に第5章で述べたモードスクランブラを装荷して接続部で生ずるモード結合を一定の状態に制御することによって，長距離多接続光ファイバ伝送路全体の伝送帯域を，接続される個々の光ファイバの伝達関数のみから一意的に決定し得ることを示し，実験によってこの決定法の妥当性を確認するとともに，モードスクランブラの装荷が伝送帯域の改善効果をも有することを見出している。最後に，ケーブル化の前後における伝送特性の変化を調べ，ケーブル化が伝送特性に及ぼす影響を明らかにしている。

第7章では，グレーデッド形光ファイバの構造パラメータと種々の伝送特性との関係を明らかにしている。すなわち，コア径，ファイバ外径および比屈折率差等の構造パラメータと伝搬損失，曲り損失，側圧による損失，接続損失，入射効率等との関係を実験的に検討し，これらの関係を表す簡潔な評価関数を導いて，一中継区間の伝送路損失を最小にする最適設計値を求めている。また，この設計値は所要の機械特性および経済性をも満足するものであることを示している。さらに，高速ディジタ

ル伝送方式を例にとって，中継距離および中継可能率を具体的に検討している。

第8章では，著者が考案した，従来の広帯域単一モード光ファイバのもつ難点を緩和する新しい2モード光ファイバについて述べている。すなわち，伝送帯域がきわめて広く，しかもコア径が通常のの単一モード光ファイバの約2倍に拡大できる2モード光ファイバを提案し，動作原理ならびに設計原理を述べるとともに，その伝送特性について詳細な理論的検討を加え，最適設計条件等を導いている。ついで，このような2モード光ファイバを実際に試作してその特性を実測し，期待した特性が得られることを確かめるとともに，従来のステップ形単一モード光ファイバと比較して接続部の軸ずれ損失に対する軸ずれ量の許容値も約2倍に緩和されること等を明らかにし，広帯域伝送路実現の一方法として有望であることを示している。

第9章は結論であって，本研究によって得られた成果を総括して述べたものである。

論文の審査結果の要旨

本論文は，多モード光ファイバの伝送特性に関する理論的ならびに実験的研究の結果をまとめたものであって，その主要な成果を要約すると次のとおりである。

すなわち，多モード光ファイバの伝送特性を定める主な要因であるモード結合について詳細な検討を加え，種々の原因によって生ずる導波モード間のモード結合現象を理論的ならびに実験的に解明して，モード結合が多モード光ファイバの伝送特性に及ぼす影響を定量的に明らかにしている。

また，接続部におけるモード結合を制御して伝送路全体の伝送特性の変動を抑える新しい方法を考案するなど，多くの独創的な技術的考案・開発をも行っている。また，多モード光ファイバの伝送特性を実験的に解明するために必要不可欠な新しいモード分析法を考案し，実際に試作したモード分析装置を駆使して，多モード光ファイバをケーブル化する場合の各工程におけるモード結合の模様を定量的に把握し，これまで不明確であったケーブル化に伴なう伝送特性の変化とその要因をはじめて明らかにするなど，多モード光ファイバの特性解明に顕著な成果をおさめている。さらに，従来の単一モード光ファイバのもつ難点を改善した，全く新しい着想に基づく2モード光ファイバを提案し，その興味ある特性を理論解析ならびに試作実験によって明らかにしている。その他，多モード光ファイバの各種の伝送特性を精度よくしかも簡便に推定できる推定法の考案，長距離多接続光ファイバの伝送帯域を一意的に決定できる評価法の提案，モード結合係数の新しい測定法の開発，伝送特性，機械特性および経済性を総合的に評価した光ファイバの最適設計等を行い，多モード光ファイバを用いた長距離広帯域光通信系を実現するための伝送路設計に必要な各種の手法と貴重な指針とを与えている。

以上のように，本論文は多モード光ファイバの伝送特性に関する重要ないくつかの課題について理論的ならびに実験的研究を行い，学術上興味ある多くの新しい知見を得るとともに，独創性豊かな種々の工学的考案を行い，多モード光ファイバを用いた光通信系を実現するために必要な多くの基礎資

料と有用な設計の指針とを与えたものであって，通信工学の発展に寄与するところが多い。よって，本論文は博士論文として価値あるものと認める。