

氏名(本籍)	大 <sup>だい</sup> 黒 <sup>こく</sup> 將 <sup>まさ</sup> 弘 <sup>ひろ</sup> (東京都)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第4607号		
学位授与年月日	平成20年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	数理物質科学研究科		
学位論文題目	敷設光伝送路における超高速光信号の偏波モード分散抑圧技術		

主査	筑波大学教授	工学博士	伊藤雅英
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	長谷宗明
副査	筑波大学准教授	理学博士	服部利明
副査	筑波大学准教授	工学博士	片岸一起
副査	情報通信研究機構 グループリーダー	博士(工学)	宮崎哲弥

### 論文の内容の要旨

現在の光通信ネットワークでは、10Gbit/s までの容量の光伝送システムが用いられており、40Gbit/s のシステムの導入も計画されている。年々の情報量の増加に対処するためには、さらに大容量の通信システムが必要であり、本研究では、次の世代の光伝送システムに必要な 160Gbit/s を実現するために必要な基盤技術の開発をおこなった。

まず、この領域の伝送路における超高速光信号の劣化要因を精査し、特に、さまざまな変調方式の特性を比較検討することによって、帯域制限下における超高速光伝送のための光変調方式としては、RZ-DQPSK 光変調方式が最も優れていることを示した。

続いて、この領域で新たに大きな問題として浮上してくる偏波モード分散について詳しく調べた。偏波モード分散は、光ファイバーの断面形状が真円からずれることにより、直交する二つの偏波の伝搬速度が異なる現象であるが、特に架空区間を含む敷設光伝送路において、この影響が深刻になり、160Gbit/s 光伝送における最も大きな障害となることが分かった。そこで、この問題を解決することが、160Gbit/s 光伝送を実現する上での最重要な課題となる。

架空区間を含む敷設光伝送路において、偏波モード分散の状態が時間的に大きく変動することは知られているが、実際の架空区間を含む敷設光伝送路における偏波特性の時間変化を測定し、詳しい解析をおこなった。その結果、上記の伝送路を透過した光の偏波状態は、時間とともに変化し、その変化は、比較的激しく変化する時間帯と、あまり変動しない時間帯があることが分かった。また、偏波状態は完全にランダムではなく、弱い復元力があることを示唆する結果が得られた。

それらの知見をもとに、新たに考案した偏波制御器、偏光分波器、制御回路からなる偏波モード分散抑圧装置の動作原理、動作特性について理論的に詳しく調べるとともに、実験室における測定によって、その適用範囲を明らかにした。考案した偏波モード分散抑圧装置は、周波数・時間の両面から、信号劣化を抑える働きをすることが定性的に示された。また、適用可能な偏波モード分散の大きさの範囲が示された。エミュレー

タを用いて1次および2次の偏波モード分散を人工的に発生させ、それに対する偏波モード分散抑圧装置の効果を調べた。その結果、調べた分散量の範囲では、抑圧装置は常に効果があり、特に偏波モード分散が大きき、それによる信号劣化が大きいほど、抑圧装置による信号劣化抑圧の効果も大きいことが示された。また、偏波モード分散抑圧装置の応答速度は、実際の伝送路の変動速度と比較して十分に高速であることが分かった。

上で得られた最適な変調方式と、あらたな偏波モード分散抑圧装置の有効性を示すため、環境変動の激しい架空区間を含む敷設光伝送路における160Gbit/s超高速光信号伝送実験をおこなった。それにより、このような敷設光伝送路においても偏波モード分散抑圧装置が有効に働き、約1dBのQ値の上昇が得られた。抑圧装置を用いることにより、1波長あたり160Gbit/sの都市間光通信を世界で始めて実証した。さらに、8波長の多重化を行うことにより、1.28Tbit/sの都市間光通信を世界で始めて実証した。さらに、次世代イーサネットの規格を想定して、100Gbit/s光通信の実証実験をおこなった。

### 審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究では、最先端の超高速光伝送の分野において、世界に先駆けて、敷設光伝送路において160Gbit/sの超高速光伝送の実証をおこなった。その実現のために、各種の信号劣化要因について精査し、最適の光変調方式を選択するとともに、この伝送速度においてあらたに最も大きな障害となる偏波モード分散による信号劣化を抑圧するために新たに考案された偏波モード分散抑圧装置について、その機構と特性を理論および実験室での測定により明らかにした。また、架空区間を含む敷設光伝送路における偏波状態の長時間測定は他にあまり報告がなく、貴重なデータである。

これらをもとに、実際の架空区間を含む敷設光伝送路を用いて160Gbit/s光信号の伝送に成功し、また、そのときの偏波モード分散抑圧装置の効果についても明らかにした。これらの成果により、数回の招待講演、授賞、マスコミ報道などがなされており、これらの研究成果が大変にインパクトのあるものであったことが示されている。本研究の論文報告に続いて、ほぼ同じ方式による超高速光伝送の実証実験が多く報告されており、本研究の先進性が実証されている。

一連の緻密な技術の積み重ねと、それを支える基礎的な研究によって、最先端の成果を達成したことは、大変に評価される。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。