

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	金岡 泰弘
論文題目	光ファイバを用いた電力通信網の高度化の研究		
(論文内容の要旨)			
スマートグリッドに代表される将来の電力供給システムにおいては、太陽光発電や風力発電等、いわゆる多数の小規模な再生可能エネルギーが組み込まれることになると予想される。安定して電力の供給を維持するためには、これらの発電制御や運転状況の把握等を行う必要がある。そのためには、既存の電力通信網に加えて、広範囲に分布する機器と、電力供給システムの制御拠点間での通信が必要となる。さらにこの新たな通信需要の発生は、現在の電力供給システム用の拠点間の通信網におけるトラヒックの増大をもたらす。 ちなみに、電力会社における大規模な発電所や変電所等、電力供給のための重要拠点間は電力会社に固有の光ファイバ設置形態であるOPGW (Optical Ground Wire) で結ばれることが多い。しかしOPGWは送電線と同じルートに敷設されるため、通信拠点として利用できる変電所等の数が少ない上に、比較的距離をおいて存在している。また、中継を行うために送電線ルートの途上に局舎を設置して維持することは難しい。さらに、トラヒックの増大にあわせてOPGWを張替えて芯線数を増加させることは容易ではない。 そこで、本論文では主として、変電所や発電所等の電力供給拠点間の既存通信網におけるトラヒックの増大に対応するための波長分割多重伝送(WDM)を用いた光ファイバ伝送の大容量化、ならびに、新たに発生する多数の小規模発電機器等との通信を収容可能な、無線伝送と光ファイバ伝送を組み合わせた光電波融合技術に基づく無線システムに関する研究成果を取りまとめている。 本論文は全5章から構成されている。 第1章は序論であり、電力供給システムにおける電力通信網の役割、構成、特徴と今後の電力供給システムの変遷に伴い電力通信網側に求められる要求事項について説明するとともに、本論文の位置づけ、概要について述べている。 第2章は変電所や発電所等の電力供給拠点間の既存通信網におけるトラヒックの増大に対応するため、波長分割多重伝送を用いた光ファイバ伝送の大容量化について検討し、波長分割多重伝送に関する基礎的事項について説明するとともに、電力会社の通信網の特徴を考慮した伝送モデルを用いて、波長間隔や光ファイバ入力強度を伝送実験により明らかにした。また、分散シフトファイバ(DSF)を仮定して、波長配置を等間隔とした8波長多重伝送、および不等間隔とした場合の10波長多重伝送の伝送特性を明らかにするとともに、実際に敷設されているOPGWを用いた伝送実験により、不等間隔波長配置による伝送特性を明らかにした。次にシングルモードファイバ(SMF)を仮定して、分散補償に着目した20波長多重伝送について検討し、その伝送特性を明らかにするとともに、経済的に優れた受信端一括分割補償方式で、スパン毎に分散補償を行う方式とほぼ同じ伝送特性が得られることを明らかにした。 第3章は、将来新たに発生する可能性のある小規模発電装置等の数多くの通信対象を前提として、足回り部分を無線で伝送し、光ファイバで拠点へ情報を集約する光電波融合技術について、その基礎概念を説明するとともに、実際に2.4GHz帯と5GHz帯の			

無線装置を試作して基本特性を確認するとともに、低コスト化の検討を行った。従来、電気－光変換部にはアナログ伝送用に設計された高価なDFB-LD (Distributed Feed Back Laser Diode) を用いることが一般的であったのに対して、安価なFP-LD (Fabry Perot Laser Diode) を用い、さらにこれと光検出器を一体化した双方向モジュールの開発を行った。その結果、伝送特性は従来方式に比べてわずかな劣化にとどまり、FP-LDを組み込んだ双方向モジュールを使うことが実用的であることを明らかにした。

第4章は光電波融合技術を利用して無線システムを効率的に構築できるマルチセルシステムの検討を行った。1台の無線機に複数の子局を接続して、無線機当たりのサービスエリアを拡大する場合のセルの重なり部分での干渉問題を解決するためMIMO (Multi-Input Multi-Output) 技術を適用する手法を提案した。次に、市販のMIMO対応無線LANを用いて、光電波融合技術を用いた伝送装置により隣接セルを無線機の異なるアンテナポートと結んだマルチセル環境を構成し、1つのアンテナポートを分岐した場合と比較評価を行った。実際に野外伝送実験を行い、複数子局からの電波で干渉が生じるエリアにおいてMIMOを適用することにより特性が改善されることを明らかにした。

第5章は結論であり、本論文で得られた主要な成果について要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は将来の高度電力通信網への適用を想定して実施した、電力供給システムの拠点間を結ぶ光ファイバ伝送路の容量拡大と、新たに発生する可能性のある小規模発電装置等の数多くの通信対象の収容を狙いとした光電波融合技術に基づく無線システムの開発に関する研究成果を取りまとめたものであり、得られた主な研究成果は次の通りである。

(1) 電力会社の通信網の特徴を考慮し、波長を $1.5\mu\text{m}$ 帯とする3スパン光ファイバ伝送(1スパンは120km)モデルを中心に実験的検討を行った。分散シフトファイバを用いた等間隔波長配置の8波長伝送では200GHz間隔で非線形効果の影響を回避可能であり、波長数の高密度化には波長間隔を交互に100GHz、200GHzとする不等間隔波長配置が有効であること等を明らかにした。不等間隔波長配置の有効性については実フィールドのOPGW(Optical Ground Wire)を用いた伝送実験においても確認した。

(2) 伝送路にシングルモードファイバを用いる場合、累積分散の補償が必須となる。3スパン伝送(1スパンは120km)モデルにおいて、100GHz間隔20波長多重伝送を行った場合、経済的に優れる受信端一括分割補償方式で、分散補償率の余裕は8%であった。また、伝送スパン毎に補償を行う通常方式との比較を行った結果、ほとんど同じ伝送特性が得られ、分散補償位置に対する制約は緩やかであることを明らかにした。

(3) 光電波融合技術を用いて、2.4GHz帯と5GHz帯を用いる無線装置の基本設計と性能確認を行うとともに、装置の低コスト化について検討した。光-電気変換部について、安価なFP-LD(Fabry Perot Laser Diode)の活用や双方向モジュールの採用を検討し、高価なDFB-LD(Distributed Feed Back Laser Diode)を用いた場合や双方向モジュール化しない方式との性能の差異を実験的に評価した。その結果、伝送特性の劣化が僅かであり、FP-LD化、双方向モジュール化が実用的であることを明らかにした。

(4) 光電波融合技術を利用したマルチセルシステムにおいて、セルがオーバーラップする部分で複数子局からの電波が原因で発生する干渉を解決するため、MIMOを適用する手法を提案した。提案手法の有効性を確認するため、実験局免許を取得して屋外伝送実験を行い、複数子局からの電波で干渉が生じるエリアにおいてMIMOを適用することにより伝送特性が改善されることを明らかにした。

以上要するに本論文は、将来の高度電力通信網への適用を前提として、電力供給拠点を結ぶ光ファイバ伝送の波長分割多重伝送による容量増大と、新たに発生する小規模発電装置等の数多くの通信対象を収容可能な光電波融合技術を用いた無線システムに関する検討を行い、将来の高度電力通信網構築に向けて有用ないくつかの知見を与えものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成23年2月17日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。