

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Directional Radio Channel Modeling by Using Spherical Vector Waves
著者(和文)	MIAOYANG
Author(English)	Yang Miao
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9984号, 授与年月日:2015年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高田 潤一,山下 幸彦,秋田 大輔,青柳 貴洋,阪口 啓
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9984号, Conferred date:2015/9/25, 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

## 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	MIAO Yang		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	高田潤一	教授	審査員	阪口啓	准教授
	審査員	山下幸彦	准教授			
		秋田大輔	准教授			
		青柳貴洋	准教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Directional Radio Channel Modeling by Using Spherical Vector Waves”と題し6章よりなる。第1章“Introduction”では、MIMO（多入力多出力）無線伝送方式を概観し、同方式の特性が無線通信路の空間的な性質に強く依存することを述べている。次に、無線通信路がアンテナと電波伝搬路から構成され、前者が設計・制御可能なデバイスであるのに対して、後者は制御が困難な環境であるとし、MIMO 無線通信路特性の測定結果からアンテナ特性と電波伝搬路特性を分離する方法がアンテナ系の適切な設計のために必要であるとしている。そして、平面波スペクトルで表現される既存の電波伝搬路特性の表現法の欠点として、モデル自体には無限の分解能が要求される一方、現実には測定アンテナにより制約される有限の分解能の離散平面波の和として表現される制約にあることを挙げ、本研究の目的を、電波伝搬路を測定アンテナに応じた有限個のSVW（球ベクトル関数）で表現する新しいモデル化手法の構築にあると述べている。

第2章“Antenna Radiation Pattern Modeling by Using Spherical Vector Waves”では、SVWを用いたアンテナ指向性の表現方法を述べ、広い間隔や限られた範囲で測定された不完全なアンテナ指向性データから、SVWを用いて全立体角の連続的なアンテナ指向性を再構成する方法を提案している。特にアレーアンテナにおいては測定における回転中心とアンテナ素子の位相中心がずれていることに着目し、測定結果を位相中心で定義される極座標系に変換してSVWの和として表現する方法を提案し、連続的な内挿及び外挿が可能となることをシミュレーションにより明らかにしている。

第3章“Antenna De-embedding of MIMO Radio Channel with Truncated Spherical Vector Wave Modes”では、電波伝搬路の空間特性をSVWによりモード結合行列として表現する方法を提案し、従来法である平面波による表現法との比較を行っている。次に理想的な直交偏波球面アレーアンテナを用いてモード結合行列を取得する場合について、アレーアンテナの素子配置・間隔の要件及びアレー径とSVWの次数の関係を示している。さらに、より現実的な偏波共用誘電体アンテナを球面走査して実現できる仮想アレーアンテナを想定し、電波伝搬路の測定を模擬したシミュレーションを行って、提案したモード結合行列が前述したSVWの次数の範囲で正確に測定可能であることを明らかにしている。

第4章“Analytical Modeling of Propagation Channel in Spherical Vector Wave Domain”では、仲上ライズ環境下におけるモード結合行列の統計的性質について議論している。平均、分散、相互相関について検討を行い、各モードを個別アンテナとみなしたときに、既存の見通しMIMO無線通信路モデルと同型の表現となることを明らかにし、現実的なアレーアンテナを用いたシミュレーションによりその妥当性を確認している。さらに離散平面波での表現が困難な拡散散乱環境における提案モデルの優位性を、物理光学法による電波伝搬シミュレーションを用いた評価により明らかにしている。

第5章“Preliminary Radio Channel Measurement”では、ベクトルネットワークアナライザを用いた提案法検証のための測定実験について述べている。提案システムは仰角・方位角方向に回転できる治具に偏波共用誘電体アンテナを搭載して仮想アレーアンテナとするもので、アンテナ複素指向性の測定結果と、新たに設計した治具の構成を示している。次に、送信側にパッチアンテナを使用した場合の通信路応答を、提案法により仮想アレーアンテナでの測定結果のSVW表現を用いて再構成した結果と、直接測定した結果とで比較して、両者が概ね一致したとし、さらに実験で発生した誤差の要因について分析している。

第6章“Conclusion”では本研究を総括し、さらに検討が必要な課題、今後の展開について述べている。以上を要するに、本論文は、MIMO無線通信路特性の正確なモデル化のために必要となる、アンテナ特性と電波伝搬路特性の分離表現されたモデル化手法を構築し、その有効性を検証したもので、工学上並びに工業上寄与するところが大きい。よって本論文が博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認める。