

学位被授与者氏名	藤井 泰憲 (Hironori Fujii)
学位の名称	博士 (工学)
学位番号	博 (一) 第 19 号
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 20 日
論文題目	室内電界強度分布の統計量に関する研究
論文題目 (英訳または和訳)	Statistics Analysis of Electric Field Distributions in Indoor Environments
論文審査委員	論文審査委員会 委員主査 : 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 内田 一徳 同審査委員: 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 松永 利明 同審査委員: 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 バロリオルト 同審査委員: 福岡工業大学大学院物質生産システム工学専攻教授 今村 正明
論文審査機関	福岡工業大学大学院工学研究科
論文内容の要旨 (和文)	<p>近年、携帯電話や無線 LAN の急速な普及により、ビルが乱立する都市部や住宅が建ち並ぶ市街地などの開いた空間や、地下街、トンネル、オフィス、住宅内などの閉じた空間における電波伝搬特性を解明することが安定した通信の確保のために重要となっている。これらの構造は一般に複雑であり、送信機から受信機まで伝搬する電磁波は、多数の複雑な経路を通りマルチパスの電磁波伝送を構成する。このとき受信波はフェージングを受け、受信機における性能低下の原因となる。</p> <p>この論文では無線 LAN の普及と関連して、特に木造の和風住宅とコンクリートを主とするオフィス内の電波伝搬特性を解明するために、数値計算シミュレーションおよび実験によって得られた電界強度分布について、その統計量の推定法を提案し、またその数値計算結果について考察している。屋外電波伝搬の理論によれば、室内無線 LAN は見通し内通信が支配的であると考えられる。壁を透過する電磁波が、電界強度分布の統計量に対して、見通し内あるいは見通し外通信としてどう影響するかについて検討している。</p> <p>この論文は第 1 章から第 5 章で構成している。第 1 章では、本研究の背景とその目的について述べ、人々のいつでもどこでも通信したいとの要求を満たすモバイル技術が情報化社会に果たす役割が大きいこと、さらに LAN の普及とともに室内やオフィス等の閉じた空間内電波伝搬に関する研究が重要となっていること述べている。</p> <p>第 2 章ではレイ・トレース法の概要を述べ、和風住宅内の電界強度分布の算出に応用している。この計算では、レイの探索においては壁の厚みを無視し、電磁界計算ではその効果を組み入れた近似計算を行っている。また、窓やドアの端部による回折の効果を無視した近似を行っている。数値計算結果はモデルハウスにおける実験値と比較し、両者が概ね一致することを示している。</p> <p>第 3 章では FVTD 法の概要を述べている。計算領域を有限にする吸収条件として、外挿吸収条件を用い、計算機容量の関係から計算は 2 次元の場合に限定している。また、コンクリートで囲まれた 2 次元の部屋について、電界強度分布の計算値と実験値との比較を行い、両者が比較的良く一致していることを示している。</p> <p>第 4 章では、電界強度分布の統計量として仲上・ライス確率分布のパラメータ決定法について述べている。仲上・ライス確率密度関数の摂動解と漸近解を使って、任意のデータの平均と分散から、その分布が仲上・ライス確率分布であるかどうかの判定法を提案している。和風住宅に対してはレイ・トレース法の計算結果と実験データの統計量について、コンクリートの部屋に対しては FVTD 法の計算結果と実験データの統計量について両者の比較を行っている。和風住宅内の電界強度分布については、仲上・ライス分布と良く一致することを示している。</p> <p>第 5 章では、マルチパスのモデル化についてシミュレーションを行っている。また、マルチパス環境下における無線 OFDM 方式の符号誤りについてコンピュータ・シミュレーションを行っている。</p> <p>第 6 章はこの論文のまとめである。また本研究に関連した諸問題に関して、今後に残された課題について述べている。</p>
論文内容の要旨	Recently, with the wide spread use of cellular phones and wireless LANs, it has

<p>(英文)</p>	<p>become important to investigate propagation characteristics of electromagnetic waves in the open spaces such as commercial areas with high-rise buildings and urban areas with dense residences as well as in the closed spaces such as undergrounds, tunnels, houses and offices. In these complicated spaces, radio waves are described by a multi-path propagation model which causes fading resulting in deteriorating the receiver efficiencies.</p> <p>In this thesis, the propagation characteristics of the radio waves in a Japanese house and a concrete room are investigated not only theoretically but also experimentally. A numerical method is proposed to estimate the statistics of electric field distributions in these closed spaces, and numerical results of the computed data are compared with those of the experimental data. Moreover, discussions are made for transmitted waves through walls of the house, since they seem to play an important role for the propagation in Japanese houses.</p> <p>This thesis consists of 6 chapters. Chapter 1 describes the backgrounds and the objectives of the present study with stress on the importance of the wireless communications in today's information-oriented society.</p> <p>In chapter 2, a ray tracing method (RTM) based on the imaging method is summarized, and the method is applied to the field evaluation in a Japanese model house. In the proposed method, the effects of walls are neglected when tracing rays, but they are included when computing field distributions. Moreover, diffractions at the edges of the doors and windows of the house are neglected assuming that the doors and windows are all closed. Numerical results are compared with the experimental data with a fairly good agreement.</p> <p>In chapter 3, a finite volume time domain (FVTD) method is summarized. In this FVTD method, extrapolated absorbing boundary conditions are assumed to realize a finite computational region. Numerical results based on the FVTD method are compared with the experimental data for a 2D concrete room with a fairly good agreement.</p> <p>In chapter 4, a parameters-estimation algorithm for the Nakagami-Rice distribution is described. A criterion to check whether arbitrary data follow the Nakagami-Rice distribution or not is introduced based on the perturbation and asymptotic solutions of the Nakagami-Rice density function. Comparisons of simulated data by the RTM with experimental data are made for a Japanese model house. On the other hand, a comparison of simulated data by the FVTD with experimental data is made for a 2D concrete room. It is shown that two results are in a fairly good agreement.</p> <p>In chapter 5, a computer simulation is performed for the multi-path propagation model. Moreover, another computer simulation is made for checking the bit error rates concerning a wireless OFDM system</p> <p>Chapter 6 is the conclusion of this thesis and some future problems are described.</p>
<p>論文審査結果</p>	<p>知能情報システム工学専攻博士後期課程3年「藤井泰憲」君が提出した学位論文を審査し、また最終試験を行ったのでその結果について報告する。</p> <p><学位論文審査の結果></p> <p>論文題目は「室内電界強度分布の統計量に関する研究」である。論文目録として学術論文2編、国際会議論文5編、研究会技術報告1編となっており、第1著者はそれぞれ1編、2編および1編であって、他はすべて第2著者である。本論文の主要な内容は、木造の和風住宅とコンクリートから成るオフィス内の電界強度分布について、その統計量に対する推定法を提案し、シミュレーション値と実験値の両面から検証を行うことである。</p> <p>この論文は第1章から第5章で構成している。第1章では、本研究の背景とその目的について述べている。第2章ではレイ・トレース法の概要を述べ、和風住宅内の電界強度分布の算出に応用し、実験値との比較を行っている。第3章ではFVTD法の概要を述べ、吸収条件として外挿吸収条件を用いることを提案し、コンクリートで囲まれた2次元モデルに対して電界強度分布の計算値と実験値との比較を行っている。第4章では、</p>

	<p>電界強度分布の統計量として仲上・ライス確率分布のパラメータ決定法について述べ、電界強度データの平均値と分散からこのデータが仲上・ライス分布であるかどうかの判定法を提案している。和風住宅に対しては、レイ・トレース法の計算結果と実験データの統計量について、コンクリートオフィスに対してはFVTD法の計算結果と実験データの統計量について比較を行っている。第5章では、マルチパスのモデル化に対するシミュレーションとマルチパス環境下における無線OFDM方式の符号誤りについてコンピュータ・シミュレーションを行っている。第6章は論文のまとめと今後の課題について述べている。</p> <p>この学位論文の成果は次の2点にまとめられ、その結果に対し審査委員会は学位論文としての価値を認めた。第1点は、送受信点がそれぞれ異なった部屋にあつて視覚的に見通し外通信であっても、電界強度分布データは見通し内通信に特有な仲上・ライス確率分布を示すことを計算と実験値から明らかにしたこと、第2点は電界強度データの平均と分散を用いて、データが仲上・ライス確率分布を示すかどうかの判定法を提案したことである。</p> <p>以上の理由により、審査委員会は提出論文が学位論文に適合すると判定した。</p> <p><最終試験の結果></p> <p>学位論文公聴会においては、論文内容に関連する種々の理論的および応用に関する質問があったが、それらの質問に対して概ね適切な回答を行うことができた。また公聴会後の最終試験において、学位論文に関連する基本的な知識を有しており、研究を進めていくための研究能力と語学（英語）の基礎学力も備えていると判断した。</p> <p>以上の理由により、学位審査委員会は「藤井泰憲」君の最終試験結果を合格と判定した。</p>
<p>主な研究業績</p>	<p><学術論文></p> <p>1 "Propagation Characteristics over Random Rectangular Surfaces and Bit Error Rate of OFDM Signals", International Journal of Microwave and Optical Technology, vol.1, no.2, pp.743-749 (2006-08). Authors: <u>H. Fujii</u>, M. Nakagawa, W. Adachi and K. Uchida</p> <p>2 “ランダム粗面に沿う電波伝搬特性のFVTD解析” 電子情報通信学会論文誌、vol.J90-B, no.1, pp.48-55 (2007-01). 著者：内田、<u>藤井</u>、中川、李、前田</p> <p><国際会議></p> <p>3 " Propagation Characteristics over Random Rectangular Surfaces and Bit Error Rate of OFDM Signals", Proceedings of 10-th ISMOT, pp.219-222, (2005-08). Authors: <u>H. Fujii</u>, M. Nakagawa, W. Adachi and K. Uchida</p> <p>4 "Parameter Estimation of Nakagami-Rice Distribution for Propagation Characteristics in House", 2006 Korea Japan Joint Conference on AP/EMC/EMT, pp.169-172 (2006-09). Authors: K. Uchida, <u>H.Fujii</u>, M. Nakagawa and T. Matsunaga</p> <p>5 "Parameter Estimation of Nakagami-Rice Distribution for Propagation Characteristics in Closed Space", Book of Proceedings 11th International Symposium on Microwave and Optical Technology, pp.591-594 (2007-12). Authors: K. Uchida, <u>H. Fujii</u>, M. Nakagawa and T. Matsunaga</p> <p>6 "Analysis of Electromagnetic Wave Propagation along Rough Surface by Using Discrete Ray Tracing Method", Proceedings of ISAP 2008, TP-A10, pp.939-942, (2008-10). Authors: K. Uchida, <u>H. Fujii</u>, M. Nakagawa, J. Honda and K.Y. Yoon</p> <p>7 "On Estimation Algorithm for Radio Communication Distance along Random Rough Surface", Proceedings of CISIS, (2009-03) to appear. Authors: <u>H. Fujii</u>, K. Uchida, M. Nakagawa, J. Honda and K.W. Yoon</p>

<研究会技術報告>

8 ”ランダム粗面上通信距離の推定について” 電気学会電磁界理論研究会資料,
EMT-08-121, pp.43-47, (2008-11). 著者：藤井, 内田, 中川, 本田、尹