

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	①／乙第 号	氏 名	王 敏真
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 清水 邦夫
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 柴田 里程
		慶應義塾大学教授	Ph. D. 南 美穂子
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 鈴木 秀男
(論文審査の要旨) 修士（理学）王敏真君提出の学位請求論文は「Extensions of Probability Distributions on Torus, Cylinder and Disc（トーラス、シリンダー及びディスク上の確率分布の拡張）」と題し、全4章より構成されている。 角度を含む観測値のモデル化や解析を扱う統計学の分野は方向統計学として知られている。本論文の著者は、方向統計学の文脈において、トーラス、シリンダー及びディスク上におけるいくつかの新しい確率分布を提案し、分布の持つ諸性質を調べている。 本論文の第1章は序章である。まず、円周上の分布における基本的な用語としての平均方向、平均合成ベクトル長、三角モーメントについて述べ、ハート型分布、von Mises 分布、巻き込み Cauchy 分布、Jones と Pewsey の分布を紹介している。次に、von Mises 確率変数に単位円から単位円への Möbius 変換を施して得られる分布の先行研究について述べ、新しい分布としてハート型確率変数に Möbius 変換を施して得られる分布を提案し、先行研究との相違について触れながら分布関数、三角モーメント、単峰性と対称性の条件について調べた結果を述べている。 第2章はトーラス上の分布を扱っている。トーラス上の分布とは2変量角度分布のことを言う。トーラス上の von Mises 分布、周辺分布を指定して結合分布を生成する方法、エントロピー最大化原理に基づく方法などの代表的な先行研究を概観し、関連文献をまとめている。次に、先行研究とは異なる方法によってトーラス上の分布を与えている。この部分が本章の主要な論点となっている。具体的には、観測されない2つの角度確率変数が Möbius 変換で関係づけられていて、それぞれの変数に誤差が加わり角度の対が観測されるモデルにおいて、Möbius 変換を行う方の変数と2つの誤差変数が互いに独立にハート型に従うことを仮定した場合を考察している。提案分布の結合確率密度関数、結合三角モーメント、角度変数間相関係数を求め、風向に関する解析例を与えている。 第3章は角度確率変数と実数値を取る確率変数の結合分布であるシリンダー上の分布についての考察である。まず、周辺分布を指定してシリンダー上の分布を構成する方法とその拡張の先行研究及びエントロピー最大化原理に基づく方法の先行研究をまとめている。本論文は、ハート型分布と変換された Kumaraswamy 分布を周辺分布に指定して von Mises 分布をリンクとする分布を提案している。また、巻き込み Cauchy 分布を正弦関数によって歪めた分布と Weibull 分布の組み合わせからなる分布を提案している。実例により、これらの提案分布の適合の良さが示されている。さらに、シリンダー上の分布から、条件付き平均を考えることによって回帰モデルを導いている。 第4章は非対称性を持つディスク上の分布の構成について述べている。回転対称性を持つディスク上の分布については数多くの研究がある。また、非対称分布については、ベータ型分布の先行研究や2変量回転対称ベータ確率変数に単位ディスクから単位ディスクへの Möbius 変換を施して得られる Möbius 分布の先行研究が知られている。Möbius 分布は、半径変数について非対称であるが、原点を通る一つの直線に関して対称である。本論文の著者は、Möbius 分布に従う確率変数に長さを保存する修正 Möbius 変換を更に施す方法により、非対称性を持つディスク上の分布を3種類構成して、周辺分布と条件付き分布を求めている。 以上、著者は角度の観測値を含むデータのための統計的依存関係を持ついくつかの新しい2変量モデルの生成に成功した。研究成果は方向統計学の進展に貢献しており、理学上寄与するところが少なくない。 よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。		