

氏 名 SIEW HAI YEN

学位（専攻分野） 博士（統計科学）

学位記番号 総研大甲第 1148 号

学位授与の日付 平成 20 年 3 月 19 日

学位授与の要件 複合科学研究科 統計科学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Directional models with application to environmental
data

論文審査委員 主 査 准教授 南 美穂子
教授 馬場 康維
准教授 金藤 浩司
助教 志村 隆彰
教授 清水 邦夫(慶應義塾大学)

論文内容の要旨

本論文は、円周上の統計、球面上の統計として知られる方向統計学の研究結果をまとめたもので、全7章、107ページからなっている。この論文の主たる成果は第4章、第5章で提案している球面上、および、円周上の2つの分布であり、その有用性は第6章でも示されている。

最初の3章は準備であり、第1章は方向統計学の簡単な紹介と歴史を述べ、第2章は方向統計学特有の分布や統計量の説明にあてられている。第3章では円周上や球面上の分布の導出法、特に wrapping method と conditioning method について一般的な説明を行い、よく知られた代表的な方向分布を紹介している。

第4章では、 $p-1$ 次元単位球面上の generalized symmetric Laplace distribution を提案している。導出の方法は、 p 次元正規分布の分散パラメータの逆数の分布に inverse gamma distribution を仮定して混合分布を作り、動径方向の条件付分布を求め、最終的に球面上の分布を導くという方法である。提案した分布は4つのパラメータ α 、 β 、 ρ 、 τ を持っており、パラメータの極限を取った場合に、von Mises-Fisher distribution, cardioid distribution, Jones-Pewsey distribution等に近似するということが示されている。この意味で、提案の分布はこれらの分布を包含するものである。最尤推定値の計算にはEMアルゴリズムを用いた収束域が広く安定した方法を提案している。適用例として、マガモの飛び立つ方向の分布への適用が示されており、AIC、カイ2乗値などによる他の様々な分布との比較が示されている。

第5章では、円周上の generalized t -distributionが提案されている。提案された分布は、Jones-Pewsey distribution の拡張になっており、特殊ケースとして symmetric Jones-Pewsey distribution, generalized von Mises distribution, generalized cardioid distribution を含み、非対称な分布や二峰性分布も表すことのできる柔軟な分布であることも示されている。また、雷の発生時刻データに適用し既存の様々な分布よりあてはまりの良いことを示している。

第6章では、風向とオゾン濃度の関係についての解析を行っている。風向データの分布を月毎に見ると非対称であったり二峰性であったりと様々な形であるが、第5章で提案した generalized t -distribution はどの月の分布にもうまくあてはまり、多くの月で他の分布に比べてAICがかなり小さくなっている。また、オゾン濃度と気象の関係について議論し、直線上の変数-円周上の変数間の回帰モデルによってオゾン濃度に対する風向の影響を解析した結果を示している。

第7章はまとめである。

論文の審査結果の要旨

申請論文は、円周上の統計、球面上の統計として知られる方向統計学の研究結果をまとめたもので、主たる成果は第4章、第5章で提案している球面上、および、円周上の2つの分布であり、その有用性は第6章でも示されている。第4章で提案している *generalized symmetric Laplace distribution* は $p-1$ 次元単位球面上の分布で、パラメータの極限を取った場合に *von Mises-Fisher distribution*, *cardioid distribution*, *Jones-Pewsey distribution* といった代表的な方向分布を近似することが示され、最尤推定値の計算にはEMアルゴリズムを用いた収束域が広く安定した方法も提案されている。第5章で提案している円周上の *generalized t-distribution* は、*Jones-Pewsey distribution* の拡張になっており、特殊ケースとして *symmetric Jones-Pewsey distribution*, *generalized von Mises distribution*, *generalized cardioid distribution* を含み、非対称な分布や二峰性分布も表すことのできる柔軟な分布であることが示されている。適用例としてマガモの飛び立つ方向や雷の発生時刻データへの適用が示されており、また、非対称であったり二峰性を持つたりする月毎の風向データに対し、提案している *generalized t-distribution* は既存の様々な分布よりあてはまりが良くAICもかなり小さくなっていることが示されている。

これらの成果に関しては、第4章、第5章で提案した分布に関する2本の論文の学術雑誌への掲載が決まっている。

上記で述べたように申請論文は、球面上および円周上の新たな分布、*generalized symmetric Laplace distribution* と *generalized t-distribution* を提案し、それらが柔軟で適用範囲が広く、現実の問題に対しても有用であること示したものである。申請論文は学術的な意義も十分あり、実際のデータ解析に応用できる柔軟なモデルを提案したものと評価できる。よって博士論文審査委員会は、全員一致で申請者の学位請求論文が博士（統計科学）を授与するに十分な内容であると判断する。

（論文審査結果）[2008年1月31日実施]

総合研究大学院大学複合科学研究科における課程博士および修士の学位の学位授与に係る論文審査などの手続き等に関する規程第10条に基づいて口頭試問による試験を実施した。この結果、出願者は統計科学に関して学位を授与するに十分な学識を有するものと判断し、合格と判定した。