

氏 名 加藤 直広

学位（専攻分野） 博士（統計科学）

学位記番号 総研大甲第 1504 号

学位授与の日付 平成 24 年 3 月 23 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 多項式回帰モデルにおける正値性の検定に関する研究

論文審査委員 主 査 准教授 藤澤 洋徳  
教授 江口 真透  
教授 栗木 哲  
教授 土谷 隆 政策研究大学院大学

## 論文内容の要旨

論文題目「多項式回帰モデルにおける正值性の検定に関する研究」

論文は全6章、72ページからなり、日本語で書かれている。本論文は、多項式回帰モデルにおいて、回帰曲線が与えられた説明変数の範囲  $T$  で常に非負であるという仮説を正值性の仮説と名付け、その仮説に対する尤度比検定についての研究を行ったものである。チューブ法による検定統計量の帰無分布の導出、対称錐計画を用いた統計量の数値計算、ならびに実データへの適用を行っている。

第1章は導入部である。第2章はチューブ法の概説である。チューブ法は、ガウス分布に従うランダムベクトルの錐への射影の長さの分布を求めるための積分幾何学的手法である。正值性の仮説に対応する錐（正多項式錐）とその双対錐（モーメント錐）を導入し、それらに関する幾何量（体積）を計算することによって、尤度比検定の帰無仮説の分布が導出できることが述べられている。第3章はチェビシェフ系 (Tchebycheff System) の概説である。チェビシェフ系は多項式、三角関数などを含むある性質を持つ関数系の総称であり、それを用いた関数近似の性質がよく調べられている。特にモーメント錐とその境界が一意的なパラメータ表現を持つことが知られている。次章以降で用いるため、この表現について知られている事実を要約している。

第4章と第5章が本論文のオリジナルな部分である。第4章では、2次多項式回帰曲線モデルで説明変数の範囲  $T$  が複数区間の和集合である場合を扱っている。この問題設定で  $T$  が離散点集合である場合は、従来は多重比較として扱われてきたものである。ここでは正多項式錐、モーメント錐、ならびにそれらの境界の一意的な表現を与え、それらの体積を計算し、それによって尤度比検定統計量の帰無分布を計算している。またパラメータ表現を緩和することによって、対称錐問題が適用できることを指摘している。さらにこれらの手法を、2標本成長曲線モデルの優越性仮説に適用し、データ解析を行っている。第5章は、4次以下の多項式回帰モデルにおける正值性の尤度比検定を論じたものである。ここでは  $T$  として単一区間の場合だけを考える。そのために、チェビシェフ系の一般論として知られている正多項式錐、モーメント錐のパラメータ表現が適用可能である。それらの錐および境界の一意的な表現を与え、体積を計算することによって尤度比検定統計量の帰無分布を求めている。また表現の緩和によって、対称錐問題が適用できることを指摘し、データ解析例を与えている。第6章では現在進行中の研究の展望を述べている。Bスプライン関数は、弱い意味でのチェビシェフ系であり、同様の正值性検定が考えられることが述べられている。

## 博士論文の審査結果の要旨

論文題目「多項式回帰モデルにおける正值性の検定に関する研究」

4章と第5章が本論文のオリジナルな部分である。正值性の仮説は回帰モデルの設定では自然な仮説であるにも関わらず、それに関する検定問題はあまり研究されてはいなかった。このような有用な問題を解決したことは、評価できる。本論文はチューブ法の良い適用例であり、チューブ法自体に興味を持つ研究者にとって、有益な論文となっている。また対称錐問題が適用できることを示し、その実用性を明らかにしたことも評価できる。以上より、本論文は、多項式回帰モデルにおける正值性の検定に関する研究に有益な新たな知見を与えており、学位を授与するに値するものと判断する。なお、第4章の内容は「応用統計学」に採択されており、第5章の内容は英文論文としてプレプリントサーバ arXiv に公開され、投稿中である。

総合研究大学院大学複合科学研究科における課程博士及び修士の学位の学位授与に係る論文審査等の手続き等に関する規程第10条に基づいて、口述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。