

【4】

氏名(本籍)	ひだひであき 肥田英明(埼玉県)		
学位の種類	博士(システムズ・マネジメント)		
学位記番号	博甲第3836号		
学位授与年月日	平成17年6月30日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	ビジネス科学研究科		
学位論文題目	ノンパラメトリック回帰モデルのあてはめによる交互作用と外れ値の検出		
主査	筑波大学教授	工学博士	椿 広 計
副査	筑波大学助教授	博士(経済学)	桑 嶋 健 一
副査	筑波大学助教授	博士(理学)	牧 本 直 樹
副査	筑波大学助教授	博士(工学)	山 田 秀
副査	統計数理研究所教授	理学博士	中 野 純 司

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、加法的ノンパラメトリック回帰モデル当てはめの残差分析を用いた交互作用と外れ値の検出方法並びに外れ値の存在に対して頑健な回帰分析を提案し、その性質を数値的に検討したものである。論文は、6章から構成される。第1章は、著者が研究着想に至った背景と研究方針の概略、第2章は、先行研究のレビューと研究課題の設定に当てられている。論文の内容は、概ね第3、4と第5章の2つの部分に分けられる。第3章、第4章は、交互作用・外れ値などを検出する統一的方法を扱っている。これに対して第5章は、外れ値検出を扱ってはいるものの、与えられた回帰分析手法をロバストなものにする一般的方法の提案とみなせる。なお、第6章には、まとめと今後の課題が記されている。

第1、2章では、著者の本務である医薬品開発における交互作用探索・外れ値検出の実務的課題・問題意識を明らかにしたうえで、交互作用の定義と分類、交互作用検出という観点からのノンパラメトリック回帰分析の現状についてサーベイを進めている。第2章のサーベイの結果、多くの研究が既になされている交互作用モデルの表現ではなく、既存研究が少ない加法モデルからの残差分析という方法論を用いて、交互作用探索と外れ値検出の双方に適用可能な統一的方法を提案すること、並びに外れ値検出とロバスト回帰モデル同定を同時達成することの2点に、学位論文の研究領域が絞込まれている。

第3章前半では、加法モデルの説明変数を2層別することで交互作用を探索するという基本原理が提示され、その実現方法としてグラフィカルな方法と分散分析(近似F検定)に基づく方法が提唱されている。第3章後半では、層別方法の恣意性を排除するために累積法型の統計量が開発され、モンテカルロ・シミュレーションと諸先行研究で利用されたモデルケースへの適用を通じて、この統計量のF近似の妥当性と優れた交互作用検出性能が示されている。更に、我が国不動産産業の財務データへ提案手法を適用し、実際に解釈可能な交互作用を検出できることを示している。第4章では、局所的データ構造という概念と、これに関連して交互作用が大域的であるか局所的であるかという分類が導入されている。この概念整理によって、外れ値抽出を第3章で提案した交互作用探索方針を拡張し、統一的に処理することが提唱されている。実際、典型的なデータへの適用結果から、交互作用が大域的であるか局所的であるかが、提案された残差

プロット形状から推測できることが示唆されている。統計量に基づく外れ値検出についても第3章類似の方法で性能評価並びに経営データへの適用がなされ、提案方法の実用性が主張されている。

第5章では、外れ値候補となるデータを回帰予測値方向に縮小した擬似応答値とそれに付随する重みという概念が導入される。この擬似応答値を逐次算出し、形式的に荷重回帰分析の応答変数として適用することで、ロバスト化の対象となる回帰分析手法に依存しないロバスト化手法が確立されている。特に、この方法が従来あまりロバスト化の必要性並びに方法論が意識されていなかったノンパラメトリック回帰に適用し、提案手法は、これまで実用性が確立していると考えられているロバスト回帰手法と比べても遜色ない性能が得られるとしている。

第6章では、一連の研究を総括し、特に残された課題を明示している。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、交互作用・外れ値の探索的データ解析を可能な限り統一的な様式で行うのに必要な基本的考え方と方法の開発に一定の成果を得たものと評価できる。この中で、第3, 4章の新規性は開発された方法自体というよりは、既存技術を組み合わせ構成したデータ解析方針にあるものと考えられる。特に、第3章前半で著者が提唱した基本原理は、極めて単純かつ素朴なもので分散分析のアナロジー以外の何者でもなく、古くからデータ解析の実践のなかでは意識せずに適用されてきた。しかし、逆にその古典的原理を一貫したデータ解析原理に据えることで、多くの有用な計算機統計技法を開発可能であることを示したのが、第3, 4章の貢献と考えられる。特に、第4章の外れ値を局所的交互作用と捉えて、ある程度統一的処理を行えるというアイデアは発展性のあるものと評価できる。また、第3章後半の累積法型統計量開発は、この基本原理の問題点を解消する合理的な方法として評価できる。

第5章の回帰分析手法に依存しない統一的ロバスト化のアイデアについては、その狙い自体がユニークであり、その実現のために導入された擬似応答という方法論も併せて、新規性を評価できる。

本論文には、次のような批判がある。論文は探索的データ解析の立場によるものと見なされる。すなわち、まずグラフィカルな方法の開発があり、それを補足する形で統計量開発がなされている。そのため、検証的データ解析の立場からの統計量の従う分布の数理的検討については、シミュレーションなどによる確認に留まっている。また、第5章の擬似応答と重みの決定方法も特定のシミュレーションに基づくものとなっている。提唱されている基本原理の簡明さから、提案された方法の一般的有用性は予期できる。しかし、著者自身が認めているように、提案方法の分布論に基づく妥当性や擬似応答の最適化に関する数理的検討並びに、より広い適用に基づく有用性の保証が今後の課題として残されていると言わなければならない。

以上、一連の数理的課題は残されているものの、本学位論文は著者の統計実務家としての経験に裏づけされたものであり、計算機統計学領域における学術的意義ならびに、提唱した方法論の広範な適用可能性は、博士（システムズ・マネジメント）を授与するに十分なものと判断する。

よって、著者は博士（システムズ・マネジメント）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。