

氏名(本籍)	唐 恒進		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第 7276 号		
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 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	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Sequential Extraction of Clusters in Regression Models using Noise Clustering (ノイズクラスタリングを用いた回帰モデルにおけるクラスタ逐次抽出)		
主査	筑波大学 教授	工学博士	宮本 定明
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	遠藤 靖典
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	イリチュ 美佳
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	亀山 啓輔
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	延原 肇

## 論文の要旨

入力変数と出力変数が組み合わされた標本データから出力の予測式を求める回帰分析の問題は古くから知られている。また、同じ入力変数と出力変数の組み合わせに対して、いくつかの回帰式を同時に求める問題はスイッチング回帰と呼ばれ、比較的歴史は浅いが、盛んに研究されている。一般に回帰モデルの考察では、外れ値の影響を抑制する方法、非線形回帰式を求める方法、事前知識を利用する方法などが問題となり、それぞれノイズ除去、カーネル回帰モデル、半教師付分類などの概念がこれらに関係している。さらに、回帰式をいくつ取りだせば良いかは事前にわからないことが多く、スイッチング回帰における根本的な問題である。

本論文では、ファジィc-回帰モデルをスイッチング回帰の主要な技法として位置付けている。また、上記の問題点について、ファジィc-回帰モデルとノイズクラスタリングのアイデアを組み合わせ解決をはかっている。ノイズクラスタリング技法はファジィクラスタリングの一技法として既に研究されているが、ここでは、ノイズクラスタリングにカーネル関数や対制約付きクラスタリングを利用することによって、上に述べた外れ値の影響抑制、非線形回帰、事前知識導入の問題を考察している。さらに、回帰式を一つずつ抽出する逐次抽出技法をノイズクラスタリングと組み合わせることによって、適切な回帰式の本数を推定する問題を解決しようとしている。

本論文の第1章では、上記のような背景を述べた後、これらの問題点と解決のためのアプローチが述べられている。第2章では、回帰分析とクラスタリングとの関係を考察し、最小二乗法と最小絶対偏差による回帰、カーネル回帰、ファジィc-平均クラスタリング、ハードc-回帰モデル、ファジィc-回帰モデルなどの基本技法を概観している。第3章では、ノイズクラスタリング技法と、それ

を利用した回帰式逐次抽出技法について述べ、既存技法では逐次抽出結果がノイズに影響されることを示している。第4章では、回帰式逐次抽出法に対制約付きクラスタリング技法を組み合わせる方法を提案し、数値例を用いてその効果について調べている。第5章では、カーネル回帰モデルを回帰式逐次抽出技法に利用する手法を提案し、更に対制約を用いる方法を示している。数値例によって、これらの提案法の効果を示している。第6章では、ノイズに強いとされる最小絶対偏差基準を $c$ -回帰モデルと回帰式逐次抽出に利用した場合のアルゴリズムを二種類提案している。複数の入力変数を含む一般的な場合、線形計画問題の解に帰着されるが、入力変数が一つの場合は、より高速のアルゴリズムが提案されている。数値例によって、最小二乗偏差よりも最小絶対偏差を用いた方法が優ること、入力変数が一つの場合の提案アルゴリズムの実行時間は他の方法より短いことなどが示されている。最後の第7章では、ここで提案した手法の意義についてまとめるとともに、今後の展望について述べている。

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

大量のデータが流布し、回帰モデルやクラスタリング技法の必要性がますます強く認識されている現在、本論文におけるノイズクラスタリングのアプローチは回帰モデルについての研究を新たな視点から推し進めており、意義深いものである。本論文で提案された回帰式逐次抽出の方法とそれに基づく各技法には新規性が認められ、数値例における効果も明らかである。また、複数の回帰式の間で分離が良いデータについては、逐次抽出で適切な本数の回帰式が得られることが示されている。これらのことから、当該分野における方法論的寄与は顕著であると認められる。その一方で、扱われた数値例は入力変数が一つの比較的簡単なものに留まっている。従って、より複雑な現実のデータに対して提案技法がどの程度有用であるかについては、より多くの解析例を積み重ねる必要があり、近い将来の研究課題であろう。

### 【最終試験の結果】

平成27年1月28日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。この結果とリスク工学専攻における達成度評価による結果に基づき、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。