

Title	Semiparametric Transformation for Non-Linear Regression Model
Author(s)	伊藤, 雅憲
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/2034">https://hdl.handle.net/11094/2034</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【131】

氏 名	伊 藤 まさ 雅 のり 憲
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 3 0 2 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 21 年 3 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科システム創成専攻
学 位 論 文 名	Semiparametric Transformation for Non-Linear Regression Model (非線形回帰モデルに対するセミパラメトリック変換)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 白 旗 慎 吾 (副査) 教 授 狩 野 裕 教 授 長 井 英 生

## 論 文 内 容 の 要 旨

自然界におけるあらゆる現象は、背後に潜む幾多の要因が絡みあって生起する。現象の解明には、近似的な簡

素化を行い、システムを構築することが試みられる。システムは入力から出力への変換の過程であり、これら二つのシグナルの関係は定式化したものがモデルである。既往の理論と知識に基づいて構築される「理論モデル」の適合推測において、ある状況では既往の方法論では対処できない難点がある。その難点とは、理論モデルがデータの観測機構と無関係に想定されることから生じるモデルとデータ間の特有の乖離、すなわち誤差にある。本研究の目標は、理論モデルの誤差を統計的に設計すること、すなわち、誤差分布の正規性および分散均一性を充足させることである。

非線形回帰モデルの枠組みでは、両辺ベキ変換接近法を用いることができる。この接近法は、誤差分布の正規性および分散均一性の充足を目的としている。ただし、一つの変換パラメータを伴う接近法によって二つの目的を充足させることは困難である。とくに、両辺ベキ変換接近法は、分散均一性の充足が不十分な場合があるとの報告がある。そこで、本研究では、両辺ベキ変換接近法にベキ加重化接近法を実装させた、ベキ加重化両辺変換接近法を提示した。ただし、パラメトリック変換はデータに対して頑健でない性質をもっている。そこで、本研究では、両辺ベキ変換接近法の代替として、変換関数を3次平滑化スプライン曲線で表現するノンパラメトリック両辺変換接近法を提示した。スプライン関数の推定は、罰則付きの最尤推定量を最大化することで実行される。

さらに、両辺変換接近法の分散安定性を強化し、かつパラメトリック変換のデータに対する過敏性を克服する接近法として、ノンパラメトリック両辺変換接近法とベキ加重化両辺変換接近法を融合させたセミパラメトリック接近法を提案した。両辺変換関数として用いられるスプライン関数の推定に伴う平滑化パラメータの選定にあたっては、周辺尤度最大化接近法を用いた。モデル・パラメータ、ベキ加重化パラメータ、平滑化パラメータ、分散のすべてのパラメータについて、ラプラス近似法により周辺尤度を最大化することによって推定した。幾つかの事例検討、1-コンパートメント・モデルに基づく数値実験、およびこれらの結果から3つの仮説を設定してシミュレーション実験を行い、本研究で提案したベキ加重化ノンパラメトリック両辺変換接近法が他の接近法に比べて誤差の非正規性および分散不均一性を改善することを示した。

## 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

自然界のあらゆる現象は、背後の多くの要因が絡み合って生起する。この複雑な現象に対し、近似的な簡素化されたシステムを構築して解明を試みる。システムとは入力から出力に向けての変換の過程であり、この二つのシグナルの関係は定式化したものがモデルである。既存の理論と知識に基づいて構築される「理論モデル」の適合度を推測する場合には既存の方法論では対処できない部分がある。それは、理論モデルがデータの観測機構と無関係にそういわれることから生じるモデルとデータの乖離、すなわち誤差である。本研究の目的は、非線形回帰モデルにおける理論モデルとの誤差を統計的に扱いやすく変換すること、すなわち誤差分布の正規性と分散均一性の要求を実現させることである。

非線形回帰モデルでは両辺ベキ変換法を用いることができる。この接近法は誤差分布の正規性および分散均一性を目的としているが、一つの変換パラメータによって二つの目的を果たすことは困難である。そこで両辺ベキ変換接近法にベキ加重化接近法を加えた加重両辺変換接近法が開発されている。ただし、パラメトリック変換はデータに対して頑健でない性質を持っている。そこで、本研究では両辺変換接近法の代替法として3次平滑化スプライン曲線で表現するノンパラメトリック両辺変換接近法を提案している。スプライン関数の推定には、罰則付き尤度を最大化することで実行している。

さらに、本論文では、両辺変換接近法の分散安定性を強化し、かつパラメトリック変換のデータ過敏性を克服する接近法として、ノンパラメトリック両辺変換接近法とベキ加重化両辺変換法を融合させたセミパラメトリック接近法を提案している。両辺変換関数として用いられるスプライン関数の推定に伴う平滑化パラメータの選定にあたっては、周辺尤度最大化法が用いられている。モデル・パラメータ、ベキ加重化パラメータ、平滑化パラメータ、分散のすべてのパラメータについて、ラプラス近似により周辺尤度を最大化することにより推定されている。

本論文では、いくつかの実例事例の検討、1-コンパートメント・モデルに基づくコンピュータ・シミュレーション、およびこれらの結果から仮説を設定してコンピュータ・シミュレーションを行い、本研究で提案されたベキ加重化ノンパラメトリック両辺接近法が他の方法に比べて誤差の非正規性および分散不均一性を改善することを示している。

以上の結果から本論文は統計科学への貢献が大であり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。