



Title	Exploratory Analysis of Multivariate Functional Data Using Dimension-Reduction and Clustering Approaches
Author(s)	山本, 優生
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59851">https://hdl.handle.net/11094/59851</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	山 本 倫 生
博士の専攻分野の名称	博士 (理学)
学 位 記 番 号	第 26109 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 25 年 3 月 25 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	Exploratory Analysis of Multivariate Functional Data Using Dimension-Reduction and Clustering Approaches (次元縮約及びクラスタリングによる多変量関数データの探索的解析)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 狩野 裕 (副査) 教授 内田 雅之 教授 下平 英寿

関数データ解析法において、特に、関数データの次元縮小と関数オブジェクトのクラスタリングに関して新たな解析方法を提案し、その有効性を実証した。

関数オブジェクトのクラスタリングにおいて、次元縮小を行った後にクラスタリングを行う方法が存在する。しかし、この方法では真的クラスター構造を推定できないことを指摘し、新たな方法として、クラスター構造の探索と次元縮小を同時にを行う Functional Principal Component K-means (FPCK) 法を提案した。さらに、それを Functional Factorial K-means (FFKM) 法へと発展させた。数値実験と実データ解析によって、これらの新しい方法は従来法と比較してより高い精度で推定できることを示した。また、両手法の使い分けに関する基準を導出し、基底関数展開で得られるクラスター構造に関連する行列が鍵になることを示した。

多くの多変量解析法は回転に関する不定性を持ち、これまでに多くの因子回転法が提案されている。関数データの次元縮小においても、関数主成分分析によって得られる主成分カーブの回転により、解釈のしやすい解が得られることがある。本論文では、一般的な回転問題にクラスター分析の考え方を取り入れ、因子負荷量のまとまりの良さを回転基準に導入した。そして、この新しい回転方法が既存の方法では実現できないような解をも得ることができることを示した。さらに、主成分カーブの導関数に単純性の新たな概念を定義し、関数主成分分析における主成分カーブの回転に特化した方法を提案した。

申請者による「多変量関数データに内在する構造の有効な探索法の開発」は統計学における有意な貢献であり、博士 (理学) の学位論文として価値のあるものと認める。

### 論 文 内 容 の 要 旨

近年、データ収集に関する技術の発達により、曲線や画像、3D グラフィックスなどで表現される関数データの重要性が高まっている。本論文では、探索的な関数データ解析法の内、関数オブジェクトのクラスタリング及び関数データの次元縮約という 2 つのテーマに関して新たな解析方法を提案する。

関数オブジェクトのクラスタリングを行う際に、低次元部分空間上でクラスター構造を把握することで、データに対する有益な知見を得ることができる。既存の方法として、次元縮約を行った後にクラスタリングを行う方法があるが、この方法では真的クラスター構造を推定できない可能性がある。そこで、新たな方法として、クラスター構造の探索と次元縮約を同時にを行う Functional Principal Component K-means (FPCK) 法を提案した。人工データを用いたシミュレーション及び実データ解析の結果から、提案方法はデータに内在する真的クラスター構造を、既存の方法に比べて高い精度で推定できることがわかった。一方、FPCK 法が良い結果を与えるためには、基底関数展開で得られる係数行列の内、クラスター構造に関連する部分が高い相間を持つ必要がある。しかし、実際には必ずしもこの条件が満たされるとは限らない。そこで、FPCK 法を補完する方法として、クラスター構造の探索と次元縮約を同時にを行う新たな方法として、Functional Factorial K-means (FFKM) 法を提案した。シミュレーション及び実データ解析の結果から、FPCK 法がうまく機能しない場合でも、FFKM 法が良い結果を与えることがわかった。

関数データの次元縮約において、関数主成分分析によって得られる主成分カーブの回転により、解釈のしやすい解が得られることが多い。関数主成分分析に限らず、多くの多変量解析法は回転に対する不定性を持ち、これまでに様々な因子回転法が提案されてきている。本論文では、因子負荷量のまとまりの良さを回転基準に導入することにより、既存の回転法では再現できないような解が得られる方法を提案した。また、主成分カーブの導関数に単純性を定義し、関数主成分分析における主成分カーブの回転に特化した新たな回転法を提案した。さらに、回転後の主成分カーブの信頼領域の導出方法を提案した。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

多変量解析では観測変数の次元を縮小し目的の解析を行うことが典型的である。次元縮小と解析とを同時に連動させて行うべきか、独立に行うべきかは立場の分かれるところである。申請者は前者の立場を取り、近年注目されている