

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19700258

研究課題名（和文） 勾配写像を利用した非ガウス型時空間モデルの設計法と評価法

研究課題名（英文） Construction and evaluation of non-Gaussian time-spatial models by gradient maps

研究代表者

清 智也（SEI TOMONARI）

東京大学・大学院情報理工学系研究科・助教

研究者番号：20401242

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・統計科学

キーワード：勾配写像、時空間モデル、凸関数、非ガウスモデル、輸送問題

### 1. 研究計画の概要

本研究の目的は、時空間依存性を持つ統計データに対して、確率分布の勾配表現という観点から非ガウス型モデルの具体的な設計法および評価法を与えることである。大まかな課題を以下に4つ挙げる。

（1）勾配写像に基づく非ガウス型モデル（以下「勾配モデル」と略す）と既存の時空間モデルとの性能比較

（2）勾配モデルを用いた近似的なグラフィカルモデリングの構築

（3）安定かつ高速な統計推測アルゴリズムの構築と実装

（4）最適輸送問題との関連性の検討

以上の課題を解決し、時空間データ解析への貢献を図る。

### 2. 研究の進捗状況

本研究課題では、勾配モデルの枠組みで、様々な統計モデルを構築した。勾配モデルとは、ガウス型分布を凸関数の勾配写像で引き戻してできる連続変量確率分布であり、最尤法が凸最適化問題に帰着されることや、独立性が線形部分モデルとして記述可能であるなどの利点を持つ。初年度は、特に勾配モデルをグラフィカルモデリングに役立てる方法を研究した。グラフィカルモデリングとは多変量の統計データの交互作用を、視覚的かつ統計的に表現するための一連の方法論である。従来、連続変量データに対して適用さ

れるグラフィカルモデルはガウス分布に基づくものが主だったが、本研究で提案したモデルにより、非ガウス型のグラフィカルモデルを近似的に実現できた。2年目の成果として、立方体上の多変量データに対する構造的なモデルを提案した。ここでは、立方体上の関数がフーリエ級数を用いて表されるという一般的な事実を利用し、従来のガウスモデルでは到底検出できないようなデータの依存関係を検出できるようにした。また、パラメータ空間にうまく制約を入れ、近年注目を浴びているラッソ型の推定量を構成した。その結果、実データに対して、ガウス型モデルよりも良い予測性能を持つモデルを選択できるケースがあることを指摘した。3年目の成果として、球面上に値をとるデータに対するモデルを提案した。球面上のデータは、方向統計学と呼ばれる分野で扱われており、扱いやすいモデルの構築が急がれている。本研究で提案したモデルは、最適輸送理論で発展している多様体上の輸送写像を利用したものであり、尤度が陽に書け、最尤法が凸最適化問題になることが示された。数学的には、最適輸送理論の最新の成果を用いており、関連分野にもインパクトを与えている。

### 3. 現在までの達成度

おおむね順調に達成している

理由：これまで得られた研究成果から、既存の時空間モデルと比較するための準備が整ってきている。最終年度にこの性能比較をすれば、目標が達成されると考えられるため。

#### 4. 今後の研究の推進方策

(1) 勾配モデルを時空間データ解析に使えるよう拡張し、既存のモデルと比較する。特に、近年盛んに研究されている階層的ベイズモデルとの違いを明らかにする。どのようなデータ例・モデル例において勾配モデルが優れているのか、また勾配モデルが劣るケースにはどのように対処すべきかを考察する。大量な数値計算が必要となることが予想されるので、計算機環境を整える。

(2) 昨年度までに得られている個別の研究成果の拡張、特に多様体上の勾配モデルのさらなる拡張を行う。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

Sei, T. A structural model on a hypercube represented by optimal transport, *Statistica Sinica*, 2010, 掲載決定, 査読有.

Sei, T. Gradient modeling for multivariate quantitative data, *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 2009, 掲載決定, 査読有.

〔学会発表〕(計4件)

清 智也, 球面上の勾配写像で表される分布族, 統計関連学会連合大会, 2009年9月8日, 同志社大学, 京都.

清 智也, 凸関数のフーリエ級数表示と勾配モデル, 統計関連学会連合大会, 2008年9月10日, 慶應義塾大学, 神奈川.

Sei, T. Gradient modeling for multivariate analysis, *The Pyrenees International Workshop on Statistics, Probability and Operations Research (SPO 2007)*, September 12--15, 2007, Jaca, Spain.

清 智也, Brenier 写像を利用した近似的グラフィカルモデリング, 統計関連学会連合大会, 2007年9月8日, 神戸大学, 神戸.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕