

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 17 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2016

課題番号：24500339

研究課題名(和文) ネットワーク上のノンパラメトリック統計理論の構築

研究課題名(英文) Construction of nonparametric statistical theory on Network

研究代表者

寒河江 雅彦 (SAGAE, Masahiko)

金沢大学・経済学経営学系・教授

研究者番号：20215669

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：我々はネットワーク上で定義されたデータを取り扱う統計的理論を構築する。ネットワークデータは、分岐、閉路や開路等をもち、ユークリッド空間上の統計理論を適用できない。我々は、閉路や分岐のある場合も適用できる方向統計学を応用する。パラメトリックな統計理論では取り扱える問題が極めて限定されることから、ノンパラメトリック統計理論を方向統計学に導入した。先行研究では未整備であった理論的性質に関する結果を導いた。具体的には、巻き込みコーシーカーネルの漸近的性質、カーネル方向密度関数の新しいクラスの提案とその漸近的性質を導いた。方向カーネル関数のバンド幅推定法(CV法とプラグイン法)の収束レートを導いた。

研究成果の概要(英文)：We construct a statistical theory that can deal with data defined on the network. Network data has branches, closed circuits, etc. Therefore, we can not simply apply statistical theory on Euclidean space. We applied the directional statistical theory applicable to both closed and branched cases to this problem. Since parametric statistical theory is extremely limited in handling problems, we introduced nonparametric statistical theory to directional statistics. We led to a theoretical properties on directional density estimation that previous researches in this area were theoretically undeveloped. Specifically, we derive the asymptotic property of the wrapped Cauchy kernel. We proposed a new class of kernel directional density function and derived its asymptotic properties. The convergence rate of the bandwidth estimation method (CV method and plug-in method) of the direction kernel function was derived.

研究分野：ノンパラメトリック統計学

キーワード：ノンパラメトリック統計学 方向統計学 ネットワーク統計学

1. 研究開始当初の背景

ネットワーク上の確率現象として、交通渋滞や事故、インターネット等の通信網の呼損やトラフィック障害、河川災害等がある。我々はネットワーク上のデータ解析への社会的な要請が非常に強くなったことを実感している。この需要に応える統計学の道具は未整備な状況にあり、申請者はネットワーク上で起こる様々な問題に対する統計学の貢献が極めて少ないことに常々、問題意識を持ってきた。そこでこのネットワーク上の統計理論と統計モデルの構築に着手することにした。

2. 研究の目的

本研究では、次の主な3点に研究目的はまとめられる。

(1) ネットワーク空間と統計学の問題点の列挙： ノード間の距離は必ずしも距離の定義を満たさないこと、有向性、循環性、分岐が発生することから、ネットワーク上で定義された確率変数に対して、ノンパラメトリック統計モデルを構築し、その理論と解析手法を開発する。ノンパラメトリックアプローチを用いる理由はネットワーク構造と既存の確率分布の整合性が取れないこと、観測データに基づいて柔軟に統計モデルを構築する方が望ましいこと、様々な構造に適用しやすいからである。

(2) 高次元データの縮約化：

高次元データを高次元統計モデルで解析するのではなく、有効な情報をロスしないような低次元空間で統計解析を行うためのアプローチを検討する。分析手法に適應するために主成分分析、非負値行列分解、を用いた次元縮約化を行い、それぞれの方法に対応した特徴データ空間を構成し、カーネル密度推定法を適應する方法を提案し、それぞれの次元縮約化の特徴を調べる。その推定結果を利用して、「特徴抽出データに基づくカーネル密度推定による非線形判別」を構築する。

(3) 方向統計におけるノンパラメトリック理論の構築：

ネットワーク構造はユークリッド空間で定義された統計理論では扱えない構造が多いため、方向統計学に基づいたノンパラメトリック統計理論を構築することで閉路型のネットワークや分岐や周期性にも対応できる統計モデルが可能となる。

3. 研究の方法

(1) 方向統計学ではノンパラメトリック統計学の先行研究は、理論的な性質が未解決のまま残されている。そこで我々は、理論的な問題、具体的には、カーネル関数の新しい族の定義、そのカーネル族に基づいたカーネル密度推定の理論的な性質、バンド幅推定における理論など未解決な問題に取り組む。

(2) 次元縮約は、高次元データを低次元に落として解析するための方法である。我々は高次元ネットワークデータの次元縮約のために、まず、ユークリッド空間における次元縮約とノンパラメトリック判別分析法を組み合わせた方法に取り組む。具体的には主成分分析と非負値行列分解に非線形判別分析法を用いて、文字判別の問題でその性能と問題点を調べる。

4. 研究成果

(1) 方向統計学ではノンパラメトリック密度推定、

巻込みコーシー分布を用いた密度推定の漸近的性質の導出

方向統計学における新しいカーネル関数族の提案とそれを用いた漸近的性質

方向統計学におけるカーネル密度のバンド幅推定法 (CV法、Plug-in法) の理論的な性質の導出

(2) 方向統計学ではノンパラメトリック回帰分析法

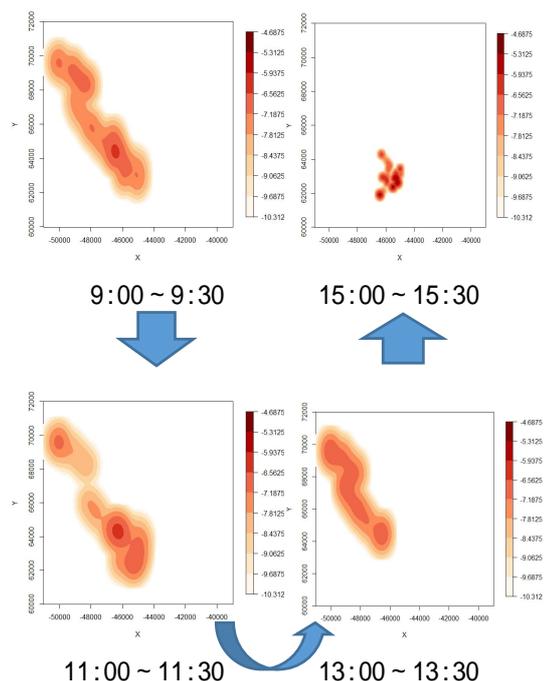
方向統計学におけるノンパラメトリック回帰分析法の構築

(3) 次元縮小と判別分析

次元縮小とカーネル非線形判別法による手書き数字の判別分析法の構築

(4) 地図上のカーネル密度推定の応用

位置センサーデータを用いた観光客の移動解析と集中と拡散の推定



観光客のGPSデータによる移動予測分析

5. 主な発表論文等  
(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 11 件)

山本けい子、寒河江雅彦、産業連関表に対する次元縮約化法とクラスター分析 ~ 都道府県クラスターと産業構造水位の可視化 ~、第 18 回ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計 報告集、2017、巻: 1、ページ 199-201、査読無.

鶴田靖人、寒河江雅彦、方向統計学におけるノンパラメトリック回帰、第 18 回ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計 報告集、2017、巻: 1、ページ 37-47、査読無.

大澤脩司、藤生慎、松田耕司、寒河江雅彦、鶴田靖人、高山純一、中山晶一郎: GPS ロガーを用いたクルーズ旅客の観光行動分析手法に関する研究、日本クルーズ&フェリー学会論文集、Vol.7、2017、(査読有)、掲載決定

森崎裕磨、藤生慎、高山純一、中山晶一郎、西野辰哉、寒河江雅彦、柳原清子、平子紘平: 大規模地震を想定した重大な疾患を持つ災害時要援護者の利用可能な避難施設に関する考察 - 鳩山町の国民健康保険データベースを活用して -、日本地震工学会論文集 (査読有)、2016、掲載決定

Y. Tsuruta and M. Sagae, Asymptotic property of wrapped Cauchy kernel Density estimation on the circle, Bulletin of Informatics and Cybernetics、2016、(査読有)、掲載決定

鶴田靖人、寒河江雅彦、方向統計学のカーネル密度推定量について-高次オーダーカーネルの漸近的性質-、Proceedings on 研究集会「第 17 回 ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計」、2016、巻 1、ページ 5-22、査読無

鶴田靖人、寒河江雅彦、ネットワーク上のフォンミーゼス型カーネル密度推定法、Proceedings 第 16 回ノンパラメトリック統計解析とベイズ推定、2015、巻: 1、ページ 219-230、査読無

寒河江雅彦、確率変動を含む産業連関表分析に関する考察 - 金沢大学の地域経済波及効果の分析 -、金沢大学経済論集、2014、巻 34、ページ 347-400、査読無

山本けい子、寒河江雅彦、特徴抽出データを用いたカーネル密度推定法による非線形

判別、第 14 回ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計 報告集、2014、巻: 1、ページ 89-102、査読無.

山本けい子、寒河江雅彦、特徴データを用いたカーネル密度推定法による非線形判別、Proceedings on 第 14 回ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計、2013、1 巻、89-102、査読無

山本けい子、寒河江雅彦、カーネル密度推定法に用いた数字認識法の検討、Proceedings on 第 13 回ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計、2012、巻: 1、ページ: 93-104、査読無

[学会発表](計 12 件)

山本けい子、寒河江雅彦、産業連関表に対する次元縮約化法とクラスター分析 ~ 都道府県クラスターと産業構造水位の可視化 ~、研究集会「第 18 回ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計」、慶應義塾大学(東京都) 2017-03-28 -2017-03-29

鶴田靖人、寒河江雅彦、方向統計学におけるノンパラメトリック回帰、研究集会「第 18 回ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計」、慶應義塾大学(東京都) 2017-03-28 -2017-03-29

鶴田靖人、寒河江雅彦、方向統計学のカーネル密度推定量について-高次オーダーカーネルの漸近的性質-、研究集会「第 17 回ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計」、慶應義塾大学(東京都) 2016-03-29 -2016-03-30

鶴田靖人、寒河江雅彦、ネットワーク上のフォンミーゼス型カーネル密度推定法、研究集会「第 16 回 ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計」、慶應義塾大学(東京都) 2016-03-25 -2016-03-26

鶴田靖人、寒河江雅彦、方向データのノンパラメトリック密度推定とその漸近的性質、日本統計連合大会、岡山大学(岡山市) 2015-09-06 -2015-09-09

鶴田靖人、寒河江雅彦、ネットワーク上のフォンミーゼス型カーネル密度推定法、「第 16 回ノンパラメトリック統計解析とベイズ推定」、慶應義塾大学日吉キャンパス(神奈川県横浜市) 2015-03-25-2015-03-26

寒河江雅彦、「統計的非線形判別分析法とその周辺」、日本 OR 学会 中部支部研究会、金沢学院大学 サテライト教室(石川県金沢市) 2014-11-29-2014-11-30

山本けい子、寒河江雅彦、カーネル密度推定法とk-means法を用いたハイブリッド非線形判別法、2014年度統計関連学会 連合大会、東京大学本郷キャンパス(東京都文京区)、2014-09-13 -2014-09-16

山本けい子、寒河江雅彦、カーネル密度推定法を用いた手書き文字の非線形判別法、研究集会「第15回ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計」、慶應義塾大学(東京都)、2014-03-19-2014-03-20

山本けい子、寒河江雅彦、カーネル密度推定法を用いた非線形判別手法の提案、科研費シンポジウム「統計科学の新展開」、金沢大学(金沢市)、2013-11-27-2013-11-29

山本けい子、寒河江雅彦、特徴抽出データを用いたカーネル密度推定法による非線形判別、研究集会 第14回ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計、慶應義塾大学(東京都)、2013-03-15-2013-03-16

山本けい子、寒河江雅彦、カーネル密度推定法による非線形判別への応用、2012年度統計関連学会連合大会、北海道大学(北海道)、2012-09-09-2012-09-12

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

寒河江 雅彦 (SAGAE, Masahiko)  
金沢大学・人間社会研究域・教授  
研究者番号：20215669

### (2)研究分担者

藤生 慎 (FUJII, Makoto)  
金沢大学・環境デザイン学系・助教  
研究者番号：90708124

### (3)連携研究者

( )  
研究者番号：

### (4)研究協力者

SCOTT, Warren, David ( )  
Rice University Department of Statistics