

2024 年度 若手・女性研究者奨励金 レポート

研究課題	高次元小標本における非線形情報を活用した分類法の数学的表現
キーワード	①高次元小標本、②クラスタリング、③カーネル法

研究者の所属・氏名等

フリガナ 氏 名	エガシラ ケント 江頭 健斗
配付時の所属先・職位等 (令和6年4月1日現在)	東京理科大学 創域理工学部 情報計算科学科 嘱託助教
現在の所属先・職位等	東京理科大学 創域理工学部 情報計算科学科 嘱託助教
プロフィール	2014年に筑波大学理工学群数学類へ入学。学部では幅広く数学を学び、研究室配属を機に統計学を専門として、2023年に博士（理学）を取得。同年4月より、東京理科大学創域理工学部情報計算科学科に助教として着任し、統計学・データサイエンスの研究と教育に従事している。

1. 研究の概要

現代の情報社会においては、医療・金融・バイオロジーなど多くの分野で、膨大な変数をもつデータが得られるようになった一方で、標本の大きさが限られることも少なくない。このようなデータを一般に高次元小標本という。高次元小標本は大標本とは様相が極めて異なり、大標本を想定した従来の分類手法は、高次元小標本に対してバイアスを有することがある。つまり、大標本を想定した多くの分類手法は、高次元小標本に対し、誤った解をもたらしかねない。近年、高次元小標本における理論基盤の構築と発展により、各手法に対するバイアス補正法が提案され、精度保証が可能な範囲が拡大されている。しかし、高精度な分類技術の開発は発展の余地があり、これは極めて重要な課題である。

本研究では、教師無し分類手法であるクラスタリングの階層的クラスタリングに着目し議論を行った。

2. 研究の動機、目的

階層的クラスタリングでは、連結関数を定め、樹形図を作成することでクラスタリングを実行する。高次元小標本の枠組みにおいて、その樹形図の形は幾つかに種別できることが知られており、その中の一つがクラスタリングに好ましい形と認識することができる。申請者の先行研究において、使用した連結関数に依存して定まる母集団に関するある条件が成立するとき、生成した樹形図が、漸近的にその好ましい形に種別されることを明らかにしている。

非線形情報の活用が可能となるカーネル法は、高次元小標本の枠組みであっても、その有効性は報告されている。従って、連結関数にカーネル法を適応することで、樹形図がこの好ましい形に種別される条件が緩くなることが期待される。

本研究では、連結関数ごとに母集団のどのような条件のもと好ましい樹形図が作成されるか理論的に調査することが目的である。特に、その条件がカーネル法を施すことでどのような変化が生じるのかを明らかにする。

3. 研究の結果

カーネル法を適応した連結関数に対し、樹形図の好ましい形を引き起こす条件を明示的に明らかにした。ある連結関数については、カーネル法を適応することで条件がゆるくなることを示せた。一方、一部の連結関数についてはカーネル法の適応前後で、その条件が全く変わらない場合があることを確認できた。これは、カーネル法を適応しても、非線形情報を有効に活用できず、性能が変わらないことを表している。また、カーネル法を適応する際には、一般にハイパーパラメータを事前に選択する必要があるが、その最適なハイパーパラメータの選択についてもある結果を与えることができた。数値実験により、得た理論の検証も行っている。

4. 研究者としてのこれからの展望

本研究では、高次元小標本を対象とし、階層的クラスタリングに関する理論の構築とカーネル法を適応した際の理論的側面を発展させた。今後は、本研究で得られた理論成果をさらに発展させ、より高精度な分類が可能な連結関数の開発を行う。また、医療データへの応用に留まらず、社会科学や工学など多様な分野のデータにも応用を広げていく予定である。こうした分野横断的な展開を通じて、実データの特性や現場のニーズに応じた、精度保証のある柔軟な分析手法の開発を進め、社会に資する研究者としての道を歩んでいきたい。

5. 支援者（寄付企業等や社会一般）等へのメッセージ

このたびは、若手研究者奨励金という貴重なご支援を賜り、心より感謝申し上げます。本奨励金により、複数の国際学会招待講演の旅費、そして研究の深化に必要な人的ネットワークの構築が可能となりました。いただいた支援は、単なる金銭的援助にとどまらず、若手研究者としての自信と成長の糧となりました。今後も、学術的貢献のみならず、社会的課題の解決にも資する研究活動を続けてまいります。引き続き温かいご支援を賜れますと幸甚です。



図：申請者が国際招待講演を行ったThe 2nd Joint Conference on Statistics and Data Science in Chinaの開会式の様子