



|                     |                                                                                                                                       |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | 構造が複雑なデータに対する統計モデルの性能比較：検査の診断性能とリスク比推定の評価への応用                                                                                         |
| Author(s)           | 稲尾, 翼                                                                                                                                 |
| Description         | 配架番号：2974                                                                                                                             |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                                                 |
| Degree Name         | 博士(医学)                                                                                                                                |
| Dissertation Number | 甲第16881号                                                                                                                              |
| Issue Date          | 2026-03-25                                                                                                                            |
| DOI                 | <a href="https://doi.org/10.14943/doctoral.k16881">https://doi.org/10.14943/doctoral.k16881</a>                                       |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/99726">https://hdl.handle.net/2115/99726</a>                                                     |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                                       |
| File Information    | INA0_Tasuku_review.pdf, 審査の要旨 <a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a> |



## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称      博士（医 学）      氏 名      稲尾 翼

主査      教授      上田 佳代  
審査担当者      副査      教授      伊藤 陽一  
副査      准教授      永井 利幸

## 学 位 論 文 題 名

構造が複雑なデータに対する統計モデルの性能比較： 検査の診断性能とリスク比推定の  
評価への応用

(Comparison of statistical model performance with complex data structure:  
Evaluating diagnostic accuracy and risk ratio estimation)

本研究では、複雑化した構造を持つデータに対する統計的手法の性能評価をテーマとして、特に臨床医学や公衆衛生の分野で重要となる疾患の有無を正確に判別する「検査の診断性能評価」と疾患の発症や予後を予測する「リスク推定値の評価」という二つの主要な応用領域に着目し、の統計モデルの性能を系統的に比較し、その知見の応用を目的とした。研究 1 では、疾患の有無を判定する検査の診断性能評価において、潜在変数を設定した確率モデルであるベイズ流潜在クラスモデルに着目し、特に陽性の頻度が稀な診断結果データに対する感度・特異度の推定性能について、事前分布の強さや有効サンプルサイズといった要因の影響を系統的に調査し、推定の安定性を評価し、Conditional independence (CI) が正しく成り立っている理想条件でも、事前分布の置き方次第で推定は大きく歪みうる、ことを示した。研究 2 では、国内 10 施設に登録された慢性心不全患者 146 名の栄養疫学コホートデータを用い組成が異なる動物性・植物性タンパク質に分けての関連性について検討するための回帰モデル(対数二項回帰, 修正ポアソン回帰)の性能比較シミュレーションを行い、修正ポアソン回帰が、対数二項回帰よりも収束割合や推定値のバイアス・RMSE (平均二乗誤差の平方根) の点で優れており、小標本かつ共変量間に相関がある状況でも頑健な性質を持つことを示した。

まず副査の伊藤教授から、研究 1 のシミュレーションについて、バイアスの変動することについて、CI を緩和しバイアス補正をすればよいのではないかと質問があり、申請者は、CI を緩和することにより、パラメータの仮定が増えてしまうため、本研究ではその検討は行っていないと説明した。また、研究 2 について、対数二項回帰と修正ポアソン回帰のシミュレーション結果だけでなく、心不全のデータ解析にも両回帰分析を適用した結果を比較してはどうか、との質問があった。これに対して申請者はシミュレーションの結果

ではイベント発生割合、共変量間の相関、リスク比の真値にかかわらず、バイアスや RMSE の点で修正ポアソン回帰が優れていることが示されていると回答した

次に副査の永井准教授から、研究 2 の心不全データを用いた解析についてどのような根拠で共変量を選択したかについて質問があり、申請者はタンパク質に関連する共変量を選択したと回答した。これに対して、心不全の予後に関係する要因について知見が数多くあるため、それらの知見をもとに選択してはどうかとの質問があった。申請者は、本検討ではサンプルサイズが限られているため、すべての共変量を含めることは現実的でないため研究目的に即してタンパク質に関連する共変量を選んだと説明した。また、モデルの安定性に関する評価についての質問に対して、AIC (Akaike Information Criterion) を用いるとともに、外れ値を除いた解析を行い結果の安定性について評価したと説明した。

最後に主査の上田教授から、研究 1 についてシナリオ 1-2 の場合は Se1 だけの事前情報のみある場合、有効サンプルサイズ (Ess) が大きくなっても絶対バイアスに変わりがないことに対して、直観に反するようにも思えるとの質問について、特異度や有病率に関する情報がなければ、そうなると回答した。研究 2 に対して、動物性たんぱく質と植物性たんぱく質の関係は相関があるとはいえ複雑であり、その意義について質問があった。これに対して、申請者は研究 2 では従来の総タンパク質摂取量の知見に対して、タンパク質の種類による方向性が異なる可能性を示したと説明した。また、体格が異なれば必要摂取量も異なるため、タンパク質摂取量を用いることの妥当性に関する質問について、共変量に BMI (Body Mass Index) を用いて考慮していると説明した。

本学位論文は、構造が複雑なデータ環境下での統計モデルの性能をシミュレーションで検討するとともに、実際のデータに適用した詳細な分析を行った点で高く評価される。2 つの研究で得られた結果は、複雑なデータからより信頼性の高い結論を得るための方法とその考え方を示すものであり、検査の診断性能評価や疾患発症や予後予測など臨床上の判断をする上で活用されることが期待される。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士 (医学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。