

氏名	吉里 雄伸		
学位の種類	博士 (情報工学)		
学位記番号	生工博甲第490号		
学位授与の日付	令和6年3月25日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	判別モデルを使用した小児前・後屈時腰痛の原因推定		
論文審査委員会	委員長	教授	和田 親宗
		〃	夏目 季代久
		〃	我妻 広明
		〃	永崎 孝之

## 学位論文内容の要旨

本論文は、近年問題となっている、小児腰痛 (low back pain: LBP) の原因を明らかにするために機械学習判別モデルを用いた研究である。成人 LBP には、前屈時 LBP (LBP during anteflexion : LBPAF) と後屈時 LBP (LBP during postflexion : LBPPF) があり、それらは痛みの発生部位や原因が異なると考えられている。しかし小児 LBP に関して 2 種の LBP に分け原因を調べた研究はまだない。また先行研究では単一原因のみが考えられており複数要因からなる発生機構も分かっていない。本論文では、2 種 LBP の原因を明らかにするため、小児に対してアンケートおよび小児施設での身体計測を実施し、判別モデルを用いて原因推定を試みた。従来から医療分野で用いられている全データを用いた統計解析手法要因分析では、取得データに対する過学習が危惧されるため、機械学習手法である判別モデルを交差検証法を用いて構築し、汎用的モデルを構築することで LBPAF と LBPPF の原因推定を試みた。従来の統計解析手法と判別モデルから得られた結果を比較し、判別モデルを用いた原因推定の有用性についても考察している。

本論文は 7 章から構成されている。

第 1 章では序論を述べている。まず、LBP の疫学的知見、社会的な問題、LBP の分類について述べている。成人 LBPAF と LBPPF では痛み発生部位や原因が異なるので、それらを分けて原因を調べる事で異なる治療法の探索が可能となる事を述べている。またこれまで小児 LBP を 2 種に分けて原因を推定した研究が無い事も述べている。

第 2 章では、目的について述べている。本研究の目的は、小児 LBPAF と LBPPF の原因を判別モデルを用いて明らかにすることである。従来からの統計解析手法要因分析と、機械学習手法である判別モデルに着目し、交差検証を行い、汎用的で過学習性の少ないモデルを構築し、それらの入力変数を比較する事で、取得データにとらわれない LBPAF と LBPPF の原因推定を目指すことを述べている。

第3章では実験方法について述べている。小児に対して行った、LBPAFとLBPPFおよび基本的な情報に関するアンケート、小児施設で行った柔軟性や筋力の検査・測定について、その内容や方法を述べている。それらの調査項目を後述するモデルの変数としている。取得されたアンケート結果から、LBPAFは10歳以降の小児でみられ、保有率は全体の6%であること、LBPPFは、7歳以降の小児でみられ保有率は全体の12%であることを述べている。この結果も本研究が初めて明らかにした。そして、全LBPAFとLBPPF保有者、無作為に抽出した非保有者からなるデータを用い、上記アンケートと検査項目を含む15変数を入力変数とし、ステップワイズ法を用いた変数削減によるmultiple logistic regression (MLR\_all)を構築した。この過程を50回繰り返し、高い判別性能のモデルの入力変数の選択頻度を調べた。また交差検証法を使用し、ステップワイズ法及びElastic Net (ENET)を用いた変数削減法により2つのMLR (MLR\_CV、ENET-MLR\_CV)と、Conditional Inference Forests (CIF\_CV)の判別モデルを構築し判別性能と過学習性を評価した。この過程を50回繰り返し、3種のモデルから判別性能が高く、過学習性の無いモデルを選択し、そのモデルの入力変数の選択頻度を調べ、MLR\_allの変数と比較する事で、2種のLBPの原因に関わる変数を推定している。

第4章では結果を述べている。まずMLR\_allの結果から、LBPAFではスポーツ実施時間の増加、大腿前面筋の柔軟性増加、大腿後面筋の柔軟性と脊柱の可動性低下を示す3つの変数が、LBPPFにおいては、LBP歴をもつこと、大腿前面筋の柔軟性増加、大腿後面筋の柔軟性と脊柱の可動性増加を示す3つの変数が要因として重要な変数だと考えられた。本研究で構築した3つの判別モデルでは、判別性能や過学習性の観点から、LBPAFではMLR\_CVが、LBPPFではENET-MLR\_CVが最良の判別モデルだと考えられた。LBPAFのMLR\_CVは、前述した3つの変数にLBP歴を含む4つの変数が、LBPPFのENET-MLR\_CVは、MLR\_allと同じ3つの変数が判別に重要だと示した。

第5章では考察を行っている。第4章で求めた小児LBPAF、LBPPFの変数を元に以下のような発生機構を考察している。小児LBPAFでは、LBP歴をもつことが原因と考えられ、すでに椎間板に変性を持つ可能性がある。また大腿後面筋の柔軟性が低下し、大腿前面筋の柔軟性が増加することで、活動中に骨盤は後傾、腰椎前弯角度が低下し、椎間板内圧が増加すると考えられる。さらに脊柱の可動性低下ももつため、スポーツ活動における衝撃吸収能力も低下すると考える。このような特徴を持つ小児がスポーツを長時間行うことで、椎間板にストレスが蓄積して小児LBPAFが発生すると考えられる。小児LBPPFでは、前述の通りLBP歴をもつ者は椎間板に変性を持つ可能性があり、上位と下位の椎体は接近して脊柱後方への負担が増加する。また大腿前面と後面筋の過度な柔軟性は、後屈時の骨盤の安定性を低下させる。さらに脊柱の可動性が高いため、後屈動作時に脊柱の過可動性が生じ、脊柱後面へのストレスが増大し、LBPPFの発症につながると推測される。

第6章では本研究の結論をまとめている。小児LBPAFにおいては、スポーツ実施時間の増加、

大腿前面筋の柔軟性増加、大腿後面筋の柔軟性と脊柱の可動性低下、LBP 歴をもつことなどが小児 LBPAF の原因だと考えられ、小児 LBPPF においては、LBP 歴を持つこと、大腿前面筋の柔軟性増加、大腿後面筋の柔軟性と脊柱の可動性増加が小児 LBPPF の原因だと考えられた。加えて、一般的な原因を明らかにしようとする際には、判別モデルの使用が有用だと推察されたことを述べている。

第 7 章では本研究の今後の方向性を述べている。今後の方向性に関して、本論文で推定した LBPAF や LBPPF の原因が正しいかを明らかにするため、縦断的な研究の実施が必要であることや、縦断研究を元に、発症予防を目的とした予測モデルを構築していく必要があると述べている。

## 学位論文審査の結果の要旨

本論文は、近年問題となっている小児 LBP に着目し、中でも LBPAF と LBPPF に分類して 2 つの LBP の有病率の違いを初めて報告した研究である。さらに機械学習手法である判別モデルを用いて、より一般的な小児 LBPAF と LBPPF の原因を推定し、判別モデルを用いた原因推定の有用性を示しており、その新規性が認められる。

また、公聴会においても多数の出席者があり、出席者から、発生機構から考える対処について、今後追加すべき評価はあるか、推定した発生機構を証明していく方法について等の種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文審査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した。