

2004年1月7日

人間科学研究科委員長 殿

三家礼子氏 博士学位申請論文審査報告書

三家礼子氏の学位申請論文を下記の審査委員会は、人間科学研究科の委嘱を受け審査をしてきましたが、2003年12月17日に審査を終了しましたので、ここにその結果をご報告します。

記

1. 申請者氏名 三家礼子
2. 論文題名 ファジー推論を応用した椅子の座り心地予測システムの構築
3. 本文

本研究の特徴

本研究の特徴は、椅子の座り心地という心理量を、物理量を入力することで、座り心地の予測を可能にするシステムを構築したことにある。ファジー推論の応用であるファジー理論とニューラルネットワークを融合したニューロ・ファジィシステムを用いて、そのシステムは構築された。このような方法を用いたことも、本研究の特徴である。

座り心地とは多様な概念を内包する心の状態を表している。そこには物理的因子、心理的因子が影響する。人間の感覚的要素については、視覚的デザインの影響、体性感覚、そして時間的要素も見逃すことはできない。

座り心地とは人と椅子とのインターフェースにおける問題である。椅子の種類によっても要求される座り心地は異なる。身体部位の負担との関係も重要であり、人の性別・体格によっても異なる。このように極めて多様な概念を内包するために、座り心地の測定法は数多く、心理的評価手法も同様である。評価解析のための統計的手法も多い。

座り心地に関係する要因に時間的要素がある。これは長時間、座位姿勢を続けると臀部、腰部や背中に負担が生ずることより、時間的要素は、座り心地を論ずる際の最大要因であると言える。この問題を解決するために本人の先行研究として、長時間座位姿勢を続けた後の負担度あるいは負担部位予測モデルとして、時系列解析、正準

相関分析を用いてモデルを構築した。

一般に、座り心地を評価する場合には物理量と心理量との対応関係を探ることにある。この物理量の測定には、人体計測を始め、椅子の形状測定、シーツの硬さ測定、身体圧分布測定、骨盤傾斜角度測定、筋電計測等があげられる。また、心理量は快適度、負担度、疲労度、リラックス度、集中度など評価内容に応じてたくさんの質問項目が考えられる。このとき問題となるのは、両者の関係を表す解析方法が重回帰分析などの線形モデルが適当か否かである。なぜかという、ヒトの心の状態を反映する心理量は、線形モデルにはなり難いと考えられる。この問題を補正する目的で機械制御、最適化問題、認識問題等の分野では、ファジイ推論やニューラルネットワークの導入が試みられている。ファジイ推論は、既述の線形モデルでない非線形モデルの解決手法として効果的である。

また、ヒトと椅子との関係についても統計学的に興味深いものがあり、未解決な課題も多い。

これらの観点から、ヒトと椅子に関する統計学という新分野を開拓するべく行ったのが、本研究である。

座り心地の予測を可能にするシステムの入力データとしての物理量は、人体計測によりヒトの体型を身長、体重で表した。出力データとしてヒトの座り心地の主観評価結果がもっとも反映されたクッション材の硬さにあたるクッション厚さの変化率とする。つまり、ヒトの体型で個人が自分に適合していると考えるクッションの硬さが予測可能なシステムを構築した。さらに線形モデルにあたる重回帰分析にダミー変数を加え、ファジイ推論モデルと優位性を比較することにより、両モデルの有用性も確認した。

本論文の各章の概要

本研究の構成は以下の通りである。

まず1章では、座り心地の概念を記述し、本研究での物理量、心理量の定義を行う。各章の流れの説明と本論文の研究目的を記述する。

第2章では、従来行われてきた座り心地に関する様々な統計手法を記述する。これらを用いて特に心理量による評価(官能評価)と物理量からの座り心地予測(客観的評価)が行われている。官能評価の解析手法である対比較法、順序法、継次範疇法等では、質問項目ごとに評点を付け、その平均値や標準偏差を算出して結果を比較することが行われてきた。一方、客観評価には、身体圧分布、骨盤傾斜角、脳波、

心拍等の測定結果が用いられている。従来、身体圧分布測定では、得られたマップから負担が生ずる身体部位を経験的に予測し、マップ自体について実験者の主観で良否を判断している。しかし、これら解析手法が予測モデルとして最適か否かについては、未だ議論の余地がある。そこで、この章では、その解決策として、今までに提案してきた予測モデルを記述した。

第3章では、第2章で述べた問題部分の解決として、新たに提案する非線形モデルのファジイ推論を解析手法に用いる必要性を論じる。まず座り心地を評価する際、クッション性は重要な座り心地要因となる。

次に、ファジイ推論モデルのアルゴリズムを概説する。この推論モデルは、ファジイ推論のファジイ理論と、ニューラルネットワークを融合させたニューロ・ファジイシステムを用いている。本章で、この融合化技術であるニューロ・ファジイシステムを用いて予測モデル構築することを述べる。

第4章では、本研究のために2回にわたって行なわれた実験のうち、最初の実験について記述する。この第1実験は、ファジイ推論モデルの初期段階のもので、検証実験も行い妥当性は得られているが、実験条件の拡張とシステム自体の最適化を目指して、次章の実験2へと続く。

第5章の実験2では、第1実験から抽出された課題を解決するために、初期システムの前段階で、ファジイクラスタリングを行い、メンバシップ関数の数やルール数を決定した。また、第1実験の評価対象であったベッドクッションではなく、オフィスチェアのクッション材を用いて実験を行い、システムは男性女性別に構築して検証実験も行った。この章で、最終予測モデルの提案となる。

第6章では、第5章で構築された予測モデルと同じファジイ推論を用いた応用例として、身体寸法を用いた適正座面高予測モデルを示す。また、官能評価モデルへのファジイ推論の応用も今後のファジイ推論を用いる研究として論じる。

第7章では、椅子の座り心地評価において未知なる部分を開拓した本研究の行程を再度たどり、さらなる研究として座り心地に関する応用統計学体系化への端緒を提示する。

本論文で得られた知見の概要

本研究では、座り心地に関する重要な因子であるクッション性に焦点をあて、短時間において個々人に適合した椅子のクッション材の硬さを予測するモデルを構築した。

予測のための評価手法にはファジイ推論を用い、さらにファジイ推論の中でも現在研

究が盛んに行われているニューロ・ファジィシステムを適用した。

これまで、椅子の座り心地に関する評価にニューロ・ファジィシステムを用いて予測モデルを構築した研究は行われていない。本来、ファジィ推論は、エキスパートシステムなどにより人間の知識、経験に基づく制御や病理診断などの支援システム構築に応用された。しかし、本研究は、一般人の感性情報でファジィルールを作成するという、ノンエキスパートシステムであり、まさに「ヒトこやさしいシステム」ということができる。

本研究の予測モデルにより、入力データが身長と体重のみで、出力データは、個々人が自分に適していると考えられるクッション材の硬さとい簡易システムが構築できた。予測モデルの最適化を目指すために、推論結果の不正出力値の原因をつきとめ、ファジィ推論のチューニング方法の確認をした。検証実験を重ね、構築した予測モデル自体の妥当性を得ることができた。

さらに、このシステムと他の統計的解析手法との比較検討を行い、応用事例を実践し、当該予測モデルの有用性も確認できた。

審査の結果

現代社会において、様々な生活場面において、座ることは、人間にとって欠かせないものである。近年、コンピュータの普及などにより、座ることは長時間に及ぶことが珍しくなくなった。座位姿勢は、ときとして苦痛を伴うものでありこれをいかに防止して、快適に過ごすことは、社会的な要請である。ここに、椅子の座り心地の社会的な重要性がある。従来、とかく観念的に扱われていた座り心地であった。本論文は、座り心地に関する重要な因子であるクッション性に焦点をあて、短時間において個々人に適合した椅子のクッション材の硬さを予測するモデルを構築した。とくに、ニューロ・ファジィシステムの適用は、この研究において、本質的な追求を可能とした画期的なものといえる。

また、長時間の座位姿勢における座り心地の研究についても既に、先行研究として長時間座位による負担度の予測モデル、負担解消法を提案している。

本研究は、学術誌への投稿・掲載についても、十分なものがある。すなわち、本研究の前提となった学術誌の本人を第一著者とする原著論文は、以下の通りであった。

1) 時系列解析による身体圧分布の評価尺度の提案、日本人間工学会人とシステム誌、2002年

2) Prevention of the Deep Vein Thrombosis on the VDU work, Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 2003

3) 体型による適合クッションの推定? ファジィ推論モデルと重回帰モデルによる検討?
日本人間工学会誌、2003

以上により、本論文は、その社会的な意義・必要性・研究内容からみて、博士学位授与にふさわしいものと結論する。

4. 三家礼子氏 博士学位申請論文審査委員会

主任審査員 早稲田大学 教授 工学博士(慶應義塾大学) 野呂影勇
審査委員 早稲田大学 教授 工学博士(東北大学) 比企静雄
審査委員 早稲田大学 教授 博士(人間科学 大阪大学) 野嶋栄一郎
審査委員 統計数理研究所 教授 理学博士(東京工業大学) 田村義保

以上