

氏名(本籍)	杉本光公(茨城県)		
学位の種類	博士(体育科学)		
学位記番号	博乙第1,290号		
学位授与年月日	平成9年3月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
審査研究科	体育科学研究科		
学位論文題目	曖昧性を考慮した運動パフォーマンスの評価法		
主査	筑波大学教授	医学博士	浅見高明
副査	筑波大学助教授	博士(心理学)	吉田茂
副査	筑波大学助教授	教育学博士	田中喜代次
副査	筑波大学助教授	工学博士	安信誠二
副査	筑波大学助教授		中田英雄

### 論文の内容の要旨

人間の運動は機械の運動などと違い、動作に巾がある。全く同じ動きを完全に正確に再現することは難しい。人間の運動が本質的に曖昧さを含んでいるためであり、この曖昧さは人間のような複雑なシステムを解析する上で避けられない問題である。複雑なシステムを扱う場合、そのシステムがある一定レベルの複雑さを越えるともはや厳密で意義のある解析が不可能になってしまうといわれている。その論拠は有名な L. A. Zadeh の不適合性の原理である。人間ほど複雑なシステムはないといえる。また、運動パフォーマンスを改善するためには、現状を評価し、改善点を指摘し、指摘された改善点について改良し、また評価を行うというサイクルが繰り返される。現実の場面でのこのようなサイクルにおいては、専門家の主観的判断が最も優れていると言え、それはすなわち監督・コーチなどの経験則が重要であることを意味している。しかし経験則は、個人個人で固有のものであり、またその運動のエキスパートになればなるほど、改善点の指摘は非線形であり、全く関係のないとみられる点を指摘することによって目的のパフォーマンスの改善を導くことが可能である。例えば、サッカーのキックにおいて足首が伸びていなければ、足指の拇指に力を入れるように指示をするなどである。これらの経験によって蓄積された知識は膨大で、非常に有用であるが、ほとんど再利用されているとは言えない。これは経験則を表現する方法が確立されていないためであり、また、従来の方法では表現することは不可能だからである。

本研究では、“運動パフォーマンスを改善する”という課題に対して、様々なアプローチを行い、最終的に運動パフォーマンスを改善するための支援システムを構築しその大きな目的を達成した。全ての研究課題に共通している概念は“人間の曖昧さをどうとらえるか”というものであり、本来誤差として処理されてきた人間の曖昧さに積極的に取り組むことによって、人間の運動の分析に新たな一面を導くことができた。本研究で重要な役割を担っているのがファジ理論である。これは1965年に MIT の L. A. Zadeh によって提唱された“曖昧さ”を取り扱う理論である。このファジ理論にのっとり、“運動パフォーマンスを改善する”という大きな問題を小さな各研究課題に分けて課題の達成に取り組んだ。

研究課題1では、専門家の主観的判断を定量化する方法として、ファジ理論を用いた方法の有効性を示すことを検討した(研究課題1-1)。そして、定量化した主観的な情報を用いて実際に運動を評価し、本手法の有効性を検討した(研究課題1-2)。対象とした運動パフォーマンスはサッカーにおけるインステップキックである。ま

た運動パフォーマンスの評価パラメータとしては、フォームに対して振り角、踏み込み位置、足首角、上体角、踏み込み幅を選択し、運動能力に対するパラメータとしては脚筋力、片足立ちを用いた。定量的に測定したこれらの値を用いて運動パフォーマンスを評価した結果、熟練者が行っているのと同様な評価が可能であった。更にファジィ推論を用いて評価を行っているので、フォームが多少変動してもその変動を吸収し、再現性の高い評価を行うことが可能であった。また、本研究で用いられた手法で運動パフォーマンスを評価するための熟練者の知識の蓄積が可能であることが示された。

研究課題2では、可能性線形回帰分析をもちいて目標パフォーマンスの向上可能性を定量化することを目的とした(研究課題2-1)。また全体評価の指標としてファジィ主成分分析を定式化し、曖昧な情報を含む場合の総合評価の方法を検討した(研究課題2-2)。問題解決の重要な特徴には、目標が必要であるという点が示されている。研究課題2-1では対象の運動パフォーマンスを剣道の素振り動作(面打ち)の剣先の打突速度とした。これは剣先のスピードが剣道のパフォーマンスに大きなウエイトを占めるからである。そして、剣道の打突速度の向上の可能性を、上体の上下動、移動距離から推定する方法を可能性線形回帰分析を用いて定式化した。その結果、可能性線形回帰を用いて、打突速度を個人々のデータのばらつきを考慮して、推定範囲を求めることができた。また研究課題2-2では、曖昧さを含んだ情報を処理するために被験者を知的障害者とし、彼らの就労や社会復帰の可能性を推定する上で非常に重要な体力・運動能力の総合評価をファジィ主成分分析をもちいて定式化し、その有効性を検討した。その結果、曖昧性を考慮しながら知的障害者の運動能力を総合的に評価することが可能であり、研究課題2-2の手法の有効性を確かめることができた。

研究課題3-1では総合的な運動パフォーマンスを改善するための、支援システムを提案した。これは人間の曖昧性に着目し、運動の評価、言語的指導、改善点の言語的表現、総合評価からなるものであった。その結果、研究課題1-1、研究課題1-2で明らかにされた熟練者の主観的評価の利用はもとより、研究課題2-1で示された運動パフォーマンスの向上の可能性や、研究課題2-2で検討された曖昧さを考慮した総合評価の各々の方法を有機的に結合し、さらに動作の分析を2次元から3次元の動作分析に拡張した運動評価支援システムを構築することができた。また可能性指標を設定し、現状を具体的な数値として示し向上の目安とした。さらに研究課題3-2として、評価知識のネットワークによる共有と分散管理を検討した。研究課題3-2はコンセプトとプログラムだけであるのでその有効性を確かめたわけではないがこのような試みは全く初めてであり、他の分野での応用も可能なので今後の課題として発展させていく必要があることが示唆された。

研究課題4-1および研究課題4-2は、曖昧性を考慮した評価法の有効性を確かめるために、体力評価問題として検討した。そのため知的障害者の体力を分析し、分布によらない評価が可能であることを示した(研究課題4-1)。その結果知的障害者の運動能力は、一般人に比べると値が低い項目が多く、知的障害者の運動能力の分布特性は、正規分布をしているとは言えないということが明らかになった。また知的障害者の運動能力を分析するには、ファジィ理論を用いた方法が有効であり、評価する場合もファジィ理論を用いた方法が有効であることが示された。そして可能性線形回帰分析という手法を用いて、知的障害者に具体的な到達目標を設定する方法を検討した(研究課題4-2)。その結果、可能性線形回帰による1500 m 走のタイムの推定範囲は、個人々のデータばらつきを考慮されたものとなった。また求められた推定範囲の内最も良い記録を“パフォーマンス向上の可能性”と定義し、具体的な到達目標として設定できた。この到達目標は、20人中18名について妥当な推定を行っており、具体的な到達目標としては十分利用可能であることが示された。

これらのことから、人間の運動パフォーマンスの改善や体力の評価分析には本研究でもちいられた手法が有効であることが確かめられた。

## 審査の結果の要旨

メンバーシップ関数における0.5と確率論における0.5の意味が違うことを明確に認識するように、剣道、サッカー、障害者とファジィ推論を適用しているのだが、全体の構成に論理的流れがみえない。また、1500 m 走の向上の可能性を検討しているが従来の統計法でも推定可能ではないか。指導者の指導のコツの曖昧さを明らかにしようという意図は分かるが、受手側の曖昧さの検討も必要ではないか、等の疑問が副査から出されたが、発表者は従来の統計法とちがうフェジィ理論の利点、欠点について適切に判断し、正規分布をしないデータの処理に新局面を開いたこと、人間の動作に見られる「Human error」の可能性をどこまで許容されるかといった点にまで適切に応答していた。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。