

別紙1-1

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名

論 文 題 目

論文審査担当者

主 査

別紙 1 - 2

論文審査の結果の要旨

本論文は、複数の打動作を連続して切り替えながら行う連続切替打動作を対象として、力学系理論、特にフラクタル構造から検討を加え、時間的制約下でも秩序あるゆらぎで対応できることが打動作の熟達であることを明らかにしたものである。テニスや卓球といった打動作においては、ボールの飛来位置や飛来間隔という時空間的制約に応じて複数の運動パターンで適切に対応することが要求される。この時空間的制約下での複雑に見える連続切替打動作はフラクタル構造を有することが切替ダイナミクス理論から示唆されている。しかしながら、打動作におけるフラクタル構造は定量化されておらず、また熟達化と時間的制約との関連は未解明であった。そこで、本論文では、1) 複雑に見える打動作に潜むフラクタル構造を定量化するための解析方法を開発すること、2) 切替ダイナミクス理論において、異なるフラクタル構造を生み出すと考えられるシステムの内部構造の違いは、打動作では熟達差に相当すること、さらに、3) 異なる時間的制約が熟達の異なる打動作の振る舞いに及ぼす影響を定量化することを通して、打動作の熟達に及ぼす時間的制約の影響を切替ダイナミクス理論から明らかにすることを目的として行われた。

目的 1) に対して、第 3 章では独自の定量化方法を開発した。フラクタル構造はフラクタル次元によって定量化できるが、解析に用いるサンプル数によってその推定精度には問題があることが指摘されている。そこで、打動作のような少数実データからフラクタル次元を正確に推定するために、傾斜差分法というアルゴリズムを開発し、従来の **Most Probable Dimension Value** 法よりも正確に推定できることを示した。

目的 2) に対して、第 4 章では卓球打動作の熟達差によって、フラクタル構造が異なることを実験的に示し、切替ダイナミクス理論において異なるフラクタル構造を生み出すシステムの内部状態の違いは、熟達差に相当することを示した。すなわち、同じ時間的制約下で、フォアサイドとバックサイドという二種の空間的制約に対し、フォアハンドとバックハンドという二種の運動パターンを切り替えながら対応する連続切替打動作において、上級者のフラクタル次元は初心者よりも低く、明らかにフラクタル構造が異なることを定量的に示した。これは、上級者と初心者の熟達の違いが、切替ダイナミクス理論におけるシステムの内部状態に相当し、その結果、フラクタル構造が異なったことを示している。

目的 3) に対して、第 5 章では卓球打動作の熟達による違いが、異なる時間的制約下での連続切替打動作の振る舞いに及ぼす影響を実験的に検証した。その結果、時間的制約の変化に対する振る舞いにおいて熟達にかかわらない共通性と、熟達によって異なる時間的制約の影響が明らかになった。すなわち、熟達にかかわらず、時間的制約が高くなるに従い、フラクタル次元は上昇し、秩序あるフラクタル構造から無秩序に近い振る舞いに変化した。他方、上級者は初心者よりも、無秩序に近い振る舞いを見せる時間的制約が高く、より厳しい時間的制約下でも秩序あるフラクタル構造を維持することができた。

別紙 1 - 2

論文審査の結果の要旨

これらのことから、テニスや卓球といった打動作においては、時間的制約下でも秩序あるフラクタル構造を維持できることが熟達であるといえる。言いかえれば、多様な環境、特に時空間的制約に秩序あるゆらぎで対応できることが、打動作の熟達と考えられる。

以上の内容から、本論文の意義は以下のようにまとめられる。

- 1) 連続切替打動作という複雑に見える身体運動の熟達という問題に、フラクタル構造という視点を導入し、環境の時間的制約との関連で運動のダイナミクスだけでなく、熟達のダイナミクスを明らかにしたこと。
- 2) 身体運動の少数実データから、精度よくフラクタル次元を推定するアルゴリズムを開発したこと。
- 3) 連続切替打動作は、時間的制約に応じて秩序あるフラクタル構造から無秩序に近い構造に変化するという熟達にかかわらない共通性を見出したこと。
- 4) 連続切替打動作の熟達の違いによって、無秩序に近い打動作の構造を導く時間的制約が異なることから、より高い時間的制約下で秩序あるフラクタル構造を維持することが連続切替打動作における熟達であることを示したこと。

一方、論文審査委員からは以下のような指摘や質問がなされた。

- 1) フラクタル構造、あるいはフラクタル次元は、実際にはどのような運動としてとらえられるのか。
- 2) 他の変数を用いた時に、フラクタル次元やフラクタル構造に違いは見られるのか。
- 3) より単純な課題を用いても、今回と同様の結果は得られるのか。
- 4) 規則性が崩れるということは、どういった現象なのか。そこに熟達差は見られるのか。
- 5) 最終的にわかった現象は何で、現場への提言としては何が言えるのか。

こうした指摘や質問に対し、学位申請者からはおおむね適切な回答が述べられ、研究方法の問題点も十分に理解し、今後の研究課題と結び付けていく旨述べられた。以上の結果、本論文は連続切替打動作の熟達の検討にフラクタル構造を導入し、そのダイナミクスを解明しようとした意欲的な内容で、重要な知見をもたらしたと認められた。

よって、審査委員は、全員一致して本論文を博士(心理学)の学位に値するものと判断し、論文審査の結果を「可」と判定した。