

氏名(本籍)	やま もと ゆう じ 山 本 裕 二 (愛 知 県)		
学位の種類	博 士 (体育科学)		
学位記番号	博 乙 第 1760 号		
学位授与年月日	平成 13 年 7 月 25 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	打球動作における複合運動学習		
主査	筑波大学教授	博士(心理学)	吉 田 茂
副査	筑波大学教授	教育学博士	阿 江 通 良
副査	筑波大学教授	博士(文学)	佐 藤 臣 彦
副査	筑波大学助教授	博士(体育科学)	中 込 四 郎
副査	筑波大学教授	博士(教育学)	大 高 泉

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

〈第 1 章〉運動の制御や学習に関する研究を概観すると、サイバネティクスや機械工学などを祖とする情報処理論的に運動制御と、熱力学などの力学的な自己組織化を祖とする運動協応に関する研究とに大別される。前者は正確無比なコンピュータプログラムのような運動プログラムを獲得することによって、環境からの刺激に対してどのプログラムを用いるかを選択し、実行するという過程としてとらえられてきた。これを計算論的アプローチと呼ぶ。これに対して後者は、Gibson (1966, 1979) の生態学的アプローチとも関連が深く、Bernstein (1967) の自由度問題とも結びつけて論じられることが多い。すなわち、運動の協応構造が環境との相互作用によって自己組織化されるとするもので、数多くの身体の自由度が少数の秩序パラメータに圧縮され、環境からの制御パラメータによって自律的に組織化された結果が運動の協応構造であるとする立場である。こうした立場を、本論文ではダイナミカルシステムアプローチと呼ぶ。従来の運動制御・学習理論における運動課題はその協応構造や局面構造を十分考慮しておらず、また環境の持つ多様性と連続性に対応する運動、すなわち環境との相互作用については十分検討されてきていない。したがって、多様な運動が連続する複雑に見える複合運動の運動指導に有効な運動制御・学習理論はない。

〈第 2 章〉本研究の目的は、単純な離散運動から複雑に見える複合運動へとその運動制御を検討していくことによって、複雑に見える複合打球動作の学習方略への示唆を得ることである。そのために、運動の協応構造と局面構造、さらには環境との相互作用を含む運動課題として打球動作を対象とし、環境の連続性と多様性を操作することによって段階的にその運動抑制について検討し、打球動作の複合運動学習方法について提案する。

〈第 3 章〉まず、単離散運動(一定環境内での開始と終末が明確な単一運動)としての打球動作について、運動の協応構造と局面構造を検討することを目的とした、初心者の方のテニスのグランドストローク学習過程を映像分析によって検討した結果、学習によって変化するのは主動作の局面ではなく、導入動作の局面であることが明らかになった。これは、局面構造における準備局面の重要性が裏づけられるだけでなく、運動における構えといえる準備姿勢の重要性を支持する結果であった。このことは、打球動作の運動制御では、姿勢制御も含めた運動の協応構造と局面構造の問題が重要な要因となることを示唆している。さらに、準備姿勢が運動技能では重要な導入動作となる体幹の回旋動作に及ぼす影響について検討を加えた。その結果、準備姿勢、特に下肢の屈曲姿勢がその

後の体幹の回旋動作反応時間に影響を及ぼすことが明らかにされた。このことは単に神経系の促進によるだけではなく、解剖学的な関節可動域の増加によるものと考えられる。これらの結果は、打球動作の運動制御では、主要局面での上肢の運動制御だけを問題にするのではなく、準備局面での導入動作や姿勢制御も含めて検討しなければならないことを示すものであった。

〈第4章〉次に、複離散運動（環境の多様性が加わった複数の離散運動）としての打球動作の運動制御について、運動の協応構造や局面構造への多様性の影響を検討した。まず、時間的制約の中で2つの打球動作を選択的に切り替えながら一致タイミング反応を行う課題を設定した。その結果、環境の多様性に対応するために、動作開始後の連続的な動作遂行中に環境からの入力処理され、動作の変更がなされていることが明らかになった。これは、単一の処理過程の切り替えよりも、複数の処理モジュールの重層性を示唆している。さらに、環境の多様性が増した場合としてさまざまなコースに投げられたボールに対する打球動作の運動制御において、運動の協応構造と局面構造がどのような影響を受けるのかを検討した。その結果、環境の多様性と相互作用する打球動作においては、合目的であるがゆえに多様な運動が観察された。しかし複離散運動の局面構造は環境の多様性には影響を受けず、協応構造の時間的階層性が複雑に見える多様な運動を産出してた。さらに、連続的な姿勢制御がこの運動の協応構造に影響を及ぼしていることが明らかになった。これらの結果は、環境の多様性に対応し、合目的な運動を行うためには、姿勢制御を含めた協応構造を変化させて対応していると考えられ、計算論的には並列分散処理といえ、運動学的には主要局面の先取りが行われていることが示された。

〈第5章〉さらに環境の連続性と多様性を拡張し、連続・複合運動としての打球動作の運動制御を検討した。すなわち、フォアハンドあるいはバックハンドストロークを繰り返す連続運動とそれらのストロークを確率的に切り替える複合運動の運動制御を、ダイナミカルシステムのモデルに基づき検討した。その結果、環境の連続性と多様性を加味した場合の複合運動によって、複雑に見える運動の協応構造と局面構造が生ずることが明らかにされた。しかもこの複雑さは、連続運動による安定した運動の協応構造と局面構造を基礎に、身体システムと環境との相互作用によって規則的に生ずることが確認できた。これらの結果は、環境の連続性によって生ずる局面構造が離散運動の場合の局面構造とは異なり、準備姿勢の運動相が消失し、前の運動の終末局面と次の運動の準備局面が融合して中間局面となり、いわゆる3分節の運動から2分節の運動となることを示していた。ここまで、身体運動の複雑さを検討するために、単離散運動、複離散運動と連続・複合運動としての打球動作の運動制御を検討してきた。そして同一運動を繰り返す連続運動では、安定した運動の協応構造と局面構造が見られた。さらに環境の多様性と相互作用する複合運動では、この安定した運動を基に、新たな運動が回転のあるコントロール集合というフラクタル構造をもって規則的に生ずることが確認できた。これが複雑に見える身体運動の基本構造である。

〈第6章〉これらの知見に基づき、運動の局面構造の変化を手がかりに、環境の連続性と多様性がパフォーマンスに及ぼす影響を検討することによって、打球動作獲得に向けての新たな練習方略の示唆を得ることを目的とし、そこで得られた示唆に基づき新たな学習方法の有効性を検討した。これまでの実験を再分析した結果、連続運動条件よりも、フォアハンドとバックハンドの異なる運動類型に属する打球動作を切り替えながら行う複合運動条件の方がパフォーマンスが高くなることが明らかになった。これは、複合運動において前の運動の終末局面における体幹の回旋運動の慣性を、次の運動の準備局面での導入動作として利用できるという局面融合が生じたことによるものと考えられる。次に、こうした複合運動によって生ずる終末局面と準備局面の融合した複合打球動作がパフォーマンスに及ぼす影響を、連続打球動作と比較した結果、複合打球動作でもパフォーマンスの低下は認められず、逆にフォアハンドにおいてはパフォーマンスの有意な向上が認められた。さらに、初心者学習過程において、身体に働く物理則に従う運動の局面融合を利用した複合運動学習法と、従来の同一運動類型内の運動を繰り返す連続運動学習法との比較検討をした。その結果、複合運動学習法が連続運動学習法よりも打球動作の獲得には効果的であることが示された。さらに複合運動学習の効果が、連続運動条件下で確認されたことは、単一

の運動の獲得にも複合運動学習法が望ましいことを示すものであった。これらのことから、従来多くの運動技能学習において同一動作の反復練習によってその技能獲得の効率を上げようとしてきたことに対して、新たな学習方略が提案できた。すなわち、複数の異なる運動類型に属する運動を、環境からの要請に応じて切り替えて使い分けなければならない運動技能の獲得においては、異なる運動の局面融合を考慮し、練習環境の連続性と多様性を操作することによって、複雑に見える運動パターンを獲得することが容易になると考えられる。

〈第7章〉以上の結果を総括すると、単離散運動では運動の構えが問題となる。そして、環境の多様性が加味され、複離散運動になると、運動の先取りが要求される。さらに時間的制約が厳しい環境からの連続性に対応するために、連続運動では終末局面と次の準備局面が局面融合し安定した運動パターンを示す。連続運動にさらに環境の多様性が加わった複合運動では、終末局面から次の運動の準備局面への局面融合が身体に働く物理則に従い、流れるような新たな運動パターンが規則的に生じる。従来の計算論的アプローチでは、この単離散運動から複離散運動へ、そして連続運動に拡張して、最終的に複合運動を獲得するという学習方略であった、これは身体運動は複雑なので、複雑な技能を分解して単純な技能から複雑な技能へ統合するという学習方略であったといえる。しかしながら、拡張されたダイナミカルシステムアプローチによって、身体運動の複雑さは環境の多様性と連続性によって規則的に生み出されるということが明らかになった。そして、身体に働く物理則を利用した複合運動学習によって、連続運動や離散運動で要求される安定した運動パターンや運動の先取りや構えなどが獲得される。つまり、身体に働く物理則に従う局面融合を利用できるように環境の連続性と多様性を操作し、環境をデザインすることが、複雑に見える身体運動の学習には効果的であるといえる。今後、打球動作以外の身体運動にも複合運動学習をさらに発展させていくことが課題である。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、単純な離散運動から複雑な複合運動までの運動制御を検討し、複雑に見える複合打球動作の学習方略への示唆を得ることを目的としたものである。すなわち、多岐にわたる手法を駆使しながら、単離散運動（一定環境内での開始と終末が明確な単一運動）、複離散運動（環境の多様性が加わった複数の離散運動）、そして環境の連続性と多様性を拡張した連続・複合運動としての打球動作の運動制御に検討を加えた。その結果、単離散運動では運動の構えが必要となり、環境の多様性が加味された複離散運動になると運動の先取りが要求され、さらに時間的制約が厳しい連続運動では終末局面と次の準備局面が局面融合し安定した運動パターンが重要とされる。そして、連続運動に環境の多様性が加わった複合運動では、終末局面から次の運動の準備局面への局面融合が、身体に働く物理則に従って流れるような新たな運動パターンが規則的に生じることが示された。

結論として、拡張されたダイナミカルシステムアプローチによって、身体運動の複雑さは、環境の多様性と連続性によって規則的に生み出される、そして、身体に働く物理則を利用した複合運動学習によって、連続運動や離散運動で要求される安定した運動パターンや運動の先取りや構えなども同時に獲得されるといえる。つまり、身体に働く物理則に従う局面融合を利用できるように環境の連続性と多様性を操作して環境をデザインすることが、複雑に見える身体運動の学習には効果的であることが明らかになった。

本論文は、運動学習の根本問題について深く追究し、理論的基礎と実践的応用面に優れた知見を与え十分な成果をあげたものと評価できる。複合運動学習法を種々の打球動作および他の身体運動についても検討すべきとの指摘があるが、これらは本研究から発展すべきものであり、今後の課題として期待される。

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。