

樋 口 貴 広

学位の種類	博士(文学)
学位記番号	文博第123号
学位授与年月日	平成13年11月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	東北大学大学院文学研究科(博士課程後期3年の課程) 人間科学専攻
学位論文題目	正確性の課題要求が運動制御に及ぼす影響 ——心理的負荷を用いた検討——
論文審査委員	(主査) 教授 畑山俊輝 教授 大橋英寿 教授 仁平義明 教授 大淵憲一 教授 行場次朗 教授 海野道郎

論文内容の要旨

本論文の目的は、心理的負荷によって正確性の課題要求を高めることが運動制御に及ぼす影響について、運動軌道や動作スピードといった運動学的な指標を用いて検討することである。一般に正確性の課題要求を高める場合、物理的な要因を操作して課題の難易度を上げる方法を用いる。例えば、手元のターゲットに手を伸ばす、あるいは遠くのターゲットに上手くボールを当てるといった照準運動(aiming movement)の場合、ターゲットのサイズやターゲットまでの距離を操作して課題要求を高くする。これに対して本論文では、物理的要因は一切変えずに、ターゲットを逸脱した場合に罰刺激を与えるといった心理的負荷によって課題要求を高めた。運動制御の観点からいえば、ターゲットの属性に変更がなければ制御方略を変更する必要はない。しかしながら本論文で報告する一連の実験結果は、心理的負荷が物理的要因の操作と同様、課題をより正確に遂行するために制御方略の変更を促すことを示唆している。

本論文ではこのような実験結果について報告し、心理的負荷がもたらす運動制御方略の変更のメカニズムについて、特に感情系の機能の観点から考察を試みた。従来の心理学では、心理的負荷がもたらす影響は課題遂行の動機づけを高めて成績が向上する、あるいは過度の筋緊張などの理由で成績が低下する、といった課題の成績に及ぼす影響を扱ってきた。しかしながら本論文では、そのような成績に至ったメカニズムとして運動制御に及ぼす影響に注目し、心理

的負荷が感情系や自律神経系の調節機能の働きを促進し、運動制御の方略を変更させるという考えのもとに検討を行っている。

本論文の構成は以下の通りである。第1章では本論文に関連する先行研究をまとめた。前半は正確性の課題要求と運動制御について、後半は心理的負荷についてそれぞれ概観した。第2章から第4章では実験的検討の結果を報告した。3つの章で合わせて4つの実験結果を報告し、それぞれの結果に対する考察を行った。第5章では、4つの実験結果に基づき、運動制御に感情系がどう影響するかを検討した。以下に各章の概要を述べる。

第1章の前半では、正確性の課題要求と運動研究に関する先行研究をまとめた。まず、物理的属性の操作によって正確性の課題要求の影響を検討した研究をまとめた。これらの研究では照準運動の中でも、ターゲットに対して手を伸ばす到達運動や歩行運動など、日常場面で非常に正確に遂行可能な課題を用いている。

正確性の課題要求を高めることは、3つの運動学的な変化をもたらす。第1に、運動時間(movement time)の増加や動作スピードの低下が起こる。この現象はスピードと正確性のトレードオフと呼ばれ、多くの課題で頑健に見られる現象である。第2に、運動を開始する前の反応潜時が長くなり、同時に運動軌道の再現性が高くなる。この現象から、正確にターゲットに到達するためには、運動軌道そのものをより精緻にすること、また精緻な運動軌道のプログラミングには通常より時間を要するため、運動開始前の反応潜時が長くなることがわかる。第3に、運動の速度曲線のパターンが変化する。一般に、速度曲線は中央付近にピークを持った山型のパターンを描くが、正確性の課題要求を高めるとピーク速度以降の減速期が長くなる。これは減速期に動作結果のフィードバック情報を用いて運動軌道をオンラインに修正し、ターゲットに正確に到達するためと考えられる。

これらの研究で用いられた到達運動や歩行運動は、腕や足などの効果器がターゲットに直接到達するという意味で、近くのターゲットに対する照準運動と言える。これに対し、バスケットのフリースローやゴルフのパッティングなどは、ボールを介してターゲットを狙うという意味で、遠くのターゲットに対する照準運動と言える。このような課題は難易度が高く、たとえ高度に熟達した人でも常に目的が達成されるとは限らない。従って、失敗が許されない状況を作り出すことは大きな心理的負荷となるため、本論文における目的の検証に適した課題といえる。

このような照準運動の場合、ボールを離す(リリースする)瞬間、あるいはボールをヒットする瞬間といった、ボールに対する最終的な働きかけの結果でボールの軌道が決定される。例えば投げ動作の場合にはリリース位置、投射角、リリース速度の3つでボールの軌道が決定される。従って、正確性の課題要求が高まった場合、リリース情報を以下に正確に再現するかが重要になる。

第1章の後半では心理的負荷に関する先行研究をまとめた。心理的負荷には単調な計算や睡眠不足など、様々なものが含まれる。このうち、課題要求を高める要因としての心理的負荷は、成績に対する報酬や罰の存在、観衆の存在、競争者の存在、及び課題に対する自我関与の4つに分けられる。従来、このような心理的負荷が運動に及ぼす影響を検討する場合、課題遂行の動機づけを高めて成績が向上する、あるいは過度の緊張により成績が低下する、といった成績

レベルでの影響を検討したものがほとんどである。

なぜ心理的負荷によって成績が低下するのかについては、筋緊張といった身体的なストレス反応を想定する理論、注意などの認知的処理資源の不足を想定する理論、過度の意識的制御を想定する理論、という3つの立場がある。第1の理論に基づけば、成績の低下は身体の震えなどが原因であり、運動制御のメカニズムに何ら変更は生じないはずである。第2の理論に基づけば、注意やワーキングメモリーといった処理資源が不足するため、意識的な制御が機能不全を起こしているはずである。これは2つの課題を同時に遂行する二重課題における成績低下と同様の現象である。第3の理論に基づけば、慎重に動作を遂行しようとして、練習によって獲得した自動的な制御から学習初期の意識的な制御へと、制御方略の変更が起こるはずである。

このような心理的負荷の影響を検討する場合、心拍変動を測定することは生体のストレス反応を知るために有効である。心臓の拍動の間隔は一見したところ安定しているが、実際には変動性が高く、その変動は自律神経系の活動を反映するといわれる。交感神経系の活動が亢進している時には心拍数（HR）が増加して心拍変動は小さくなり、副交感神経の活動が亢進している時にはHRが減少し、心拍変動が大きくなる。また、一般に心理的負荷は交感神経系の活動を亢進させ、HRの増加と心拍変動の減少をもたらす。このような反応はストレス反応と呼ばれ、本論文の第3章と第4章では心理的負荷がもたらすストレス反応について心拍変動を用いて検討している。

第2章では先行研究を踏まえて、最初の実験的検討を行った。実験課題は下手投げによるボールの的当て課題であった。この課題の目標は、被験者との距離3 m、中心の高さ1 mに設置した的の中心に、できるだけ正確にテニスボールを当てることであった。中心に上手く当てるためには、的に向って正しい方向に、かつ適切なスピードでボールを投げるのが要求される。下手投げであるという拘束条件はあるものの、様々な運動軌道でボールを的に当てるのが可能であり、運動の自由度が高い課題といえる。

150試行の練習後、被験者に対し心理的負荷を与える為の教示をした。教示では、この実験が複数の教授によって企画された重要な実験で、被験者の成績は企画者達の評価対象となっていること、この後の30試行（テストブロックとした）では直径28cmの的の外枠を1試行とも外してはならないことを伝えた。実験ではテストブロックにおける的当ての成績や運動軌道の変動性、さらに腕の軌道を生み出す3つの関節（肩、肘、手首）の角度変化の協応性について、練習時との比較を行った。

実験の結果、テストブロックではボールの軌道に大きな影響を与えるリリースポイントの変動性が低くなることがわかった。この結果は、正確性の課題要求を高めた場合に、運動軌道の再現性が高まるという先行研究と同じ現象である。従って、心理的負荷は正確に課題を遂行するための制御方略の変更を促したといえる。

しかしながら、リリースポイントの再現性が高くなったにもかかわらず、的当ての成績が低下することがわかった。1つの解釈として、リリースの再現性を高める方略に、的当てのパフォーマンスを低下させる要因が存在することが考えられた。的当て課題では、ボールのリリース時に適切な力を発生させる必要がある。従って、再現性を高める方略の選択によって力の発生を妨害する要因が生じたとすれば、このことが逆に成績を低下させる可能性がある。関

節協応の変動性について検討したところ、テストブロックではその変動性が練習初期と同程度に高くなることがわかった。この結果から、リリースを安定させようと身体の一部に注意を向けることで身体全体の協応構造が崩れてしまい、ボールに対する適切な力の発生が妨げられたのではないかと結論づけた。

第2実験では、リリースの再現性を高める方略が、動きを正確に繰り返そうとする意識上の方略変更によるのかについて、第1実験と同じボールの的当て課題を用いて検証した。150試行の練習後、被験者に対して腕の軌道を毎試行繰り返しながらボールを的に当てるように要求し、第1実験と同様の現象が得られるか検討した。その結果、腕の動きを繰り返すことによる的当ての成績が大きく低下した。しかしながら、意図に反して腕の軌道の変動性は低下せず、逆に振りかぶり動作 (Backward Swing; BS) の終点位置については変動性が大きくなる結果が得られた。従って、第1実験で腕の軌道の再現性が高まったことが、必ずしも被験者が腕の軌道を繰り返すことを意図したからではない、ということが明らかになった。

考察では、腕の軌道の再現性が高まるその他のメカニズムとして3つの可能性をあげ、第3実験以降の検討課題とした。第1に、やはり意識上の方略変更があったとする。しかしそれが腕の軌道全体ではなく、リリースポイントだけを安定させる方略であった可能性がある。第2に、意識下のメカニズムとして、フィードバック情報に基づいて動作遂行中に運動軌道の修正があった可能性がある。第3に、やはり意識下のメカニズムとして、事前の運動のプログラミングが精緻化された可能性がある。

第3章では第3実験として、心理的負荷が運動軌道の再現性を高めるという解釈の妥当性について、実験課題を変えてより厳密に検討した。特に、軌道の再現性が高まった場合にそのメカニズムの同定を容易にするため、運動学的な測定指標を増やして実験を行った。実験課題はコンピュータ上で再現した、バッティングによるボールの的当て課題であった。この課題は、遠くのターゲットを狙う照準運動であること、ボールが飛ぶ方向はヒットした瞬間の情報 (バットの位置と速度) で決定されること、振りかぶり動作 (BS) と振り出し動作 (Forward-swing; FS) の2つの下意動作で構成されること、という3つの点で、第2章で用いたボールの的当て課題と共通している。

運動軌道の再現性を高めるメカニズムについて、第2章で示した3つの可能性の観点から検証を行うため、被験者の動作方略に対する主観評定、運動速度の分析、及び動作を開始するまでの反応潜時 (運動開始時間) などについて分析を行った。もし意識上の方略の変更があるなら、動作の繰り返しに関する主観評定の得点が高くなるはずである。また、運動軌道のオンラインの修正がなされるなら、速度の減速期が通常よりも長くなるはずである。一方、事前の運動のプログラミングが精緻になるなら、運動開始時間が長くなるはずである (これらの根拠については第1章前半の要約を参照のこと)。

120試行の練習後、被験者に対して、次の30試行 (テストブロックとした) では3回連続して的を外すと電気刺激を呈示すると教示した。なおテストブロックでは、3回連続して失敗するたびに、実際に電気刺激を呈示した¹。

¹ 被験者には、実験を開始する前に、電気刺激が呈示される可能性があること、またその刺激は皮膚を傷つける心配のないことを説明した上で、実験参加に同意してもらった。

実験の結果、運動軌道の再現性が統計的に有意には高まらなかったものの、ボールのヒット位置の再現性を高くするためと思われるいくつかの運動学的な変化が確認された。まず、BSの終点位置が高くなることにより、振り出し動作（FS）の振幅が小さくなることがわかった。運動の振幅が小さくなることは、ヒット位置への正確な到達を容易にする。従ってBSの終点位置が高くなったのは、同じ位置で正確にボールをヒットするための運動制御の変更ではないかと推察される。次に、テストブロックでは運動開始時間が長くなることがわかった。この結果は、通常よりも精緻な運動軌道のプログラミングが行われたという第3の可能性を支持する。動作方略の主観評定や速度曲線のパターンに変化が見られなかったことから、第1、第2の可能性のいずれも認めることができなかった。

課題の成績を見ると、テストブロックにおける有意な成績の低下は見られなかった。分析の結果、これは電気刺激呈示がもたらすストレス反応が弱いからではなく、その影響の個人差が大きいためであることがわかった。テストブロック30試行で的にヒットした回数を、その直前の第4ブロック30試行と比較したところ、ヒット数が6回以上低下した被験者が4名、逆に6回以上増えた被験者が1名いることが明らかになり、個人差の大きさが伺えた。また、テストブロックにおけるストレス反応について主観評定と心拍変動で検討した結果、主観評定では安静時と比べて不安傾向が高くなること、また心拍変動では、成績が低下した被験者がブロックの前半に高いストレス反応のパターンを示すことが確認された。しかしながら成績が低下しなかった被験者の心拍変動を見ると、副交感神経系の活動が亢進されるケースも見られたことから、心理的負荷が必ずしもストレス反応を喚起させるわけではなかった。従って、ストレス反応の高まりが運動軌道を安定させるための必要条件ではなく、心理的負荷がもたらすより複雑な影響が軌道の安定に寄与していると言える。

以上の結果から、やはり心理的負荷は制御方略の変更を促し、運動軌道の再現性を高くする機能を果たしていると考えられた。にもかかわらず、実際にはボールのヒット位置の再現性が高まらなかった。その理由として考えられるのは、本実験課題ではボールを的に当てるためのヒット位置が限定されていたため、練習時からヒット位置を安定させる必要があり、プラトーに達していた、などの要因である。

第4章では決められた運動軌道の正確な再生を目的とする、運動パターン再生課題を用いて、心理的負荷がその正確性に及ぼす影響について検討した。もし第2章や第3章で見られたように、心理的負荷が運動軌道の再現性を高めるならば、心理的負荷を与えたほうがより正確なパターンを再生可能と考えられる。そこで第4実験としてこの問題を検討した。

さらに第4実験では、このような条件下で運動パターンを再生することが、そのパターンの学習に及ぼす影響についても検討した。これまでの実験結果から、心理的負荷は身体の動きに対する注意を促進するため、必然的に筋運動感覚フィードバックの処理を促進すると推定できる。運動学習に関する先行研究によれば、筋運動感覚フィードバックの処理を促進する練習は、別の運動パターンへの学習の転移や、練習パターンの保持に良い影響をもたらす。従って、心理的負荷が与えられた条件下で運動パターンを習得することは、運動の転移や保持を促進させるはずである。第4実験では、心理的負荷がもたらすこのような学習効果についても検討した。

実験では回転レバーを用いて、肘関節の屈曲－伸展－屈曲－伸展の4系列で構成される運動パターンを再生した。実験条件は心理的負荷（あり、なし）と、パターンが正確だったかどうか

かの情報 (Knowledge of results; KR) を知らせる頻度 (100%、60%) を組み合わせた4つの条件であり、48名の被験者がいずれかの条件で実験を行った。一般にKR頻度が低いと、筋運動感覚フィードバックの処理が促進され、学習に良い影響をもたらす。

実験開始の直前に、心理的負荷あり条件の被験者に対し、これから行う75試行の成績が悪いと練習終了後に電気刺激を呈示すると教示し、6mAの刺激を体験してもらった。負荷なし条件の被験者は何も教示されず、すぐに練習を開始した。75試行の練習のうち、KR頻度が100%の群には全ての試行で再生したパターンの正確さを被験者にフィードバックした。一方60%の群には、45試行でのみ結果がフィードバックされた。練習終了の5分後に、被験者は転移課題を行い、さらに1日後に転移課題と保持課題を行った。転移課題と保持課題では心理的負荷は与えられず、全ての被験者が同一の条件で運動パターンを再生した。

実験の結果、心理的負荷を与えられた条件下では時間的に正確で、空間的に再現性の高い運動パターンが再生されることが示唆された。従って、やはり心理的負荷は運動軌道の再現性を高めるのに有効であるといえる。またその直後におこなった直後転移では、電気刺激呈示の可能性がないにもかかわらず、練習中と同様にパターンの時間的な正確性が高いことがわかった。従って、運動軌道に見られた影響はストレス反応が低くなると同時に消失するのではなく、少なくとも5分程度は継続すると言える。

また1日経過後の転移課題では、KR頻度が100%の場合にのみ、心理的負荷の学習効果を確認した。一般にKR頻度が100%の場合、筋運動感覚フィードバックの処理を妨げられるため学習に悪影響を及ぼす。ところが心理的負荷を与えると筋運動感覚フィードバックの処理が促進され、学習への悪影響を補償したのだろうと結論できる。このような効果がKR頻度60%の場合に見られないのは、KR頻度を低くすることで既に筋運動感覚フィードバック情報の処理が促進されており、冗長な操作であるためと考えられる。

第5章では、これまでに報告した4つの実験結果に対する総括を行った。一連の実験で明らかになったことは、心理的負荷によって正確性の課題要求を高めると、運動軌道の再現性が高くなるということである。第2章と第3章で用いた2つの的当て課題の場合、ボールを的に当てるための運動軌道は無数に存在するため、成績を向上させるために必ずしも運動軌道の再現性を高める必要はない。しかしながら、1つの正しい運動軌道を正確に再現することは目標達成の十分条件であり、失敗の許されない状況ではその十分条件を満たすことで目標達成を目指すのだろうと推定できる。

従来、心理的負荷の影響については課題遂行の動機づけを高めること、あるいは成績を低下させることといった観点の研究がほとんどであった。特に、成績低下の理由として過度の筋緊張を想定する理論に基づけば、心理的負荷がもたらす動きの変化は、身体の震えに依存したランダムな変化であり、その動きの分析に運動制御研究としての面白さは存在しない。しかしながら本論文における一連の実験結果は、その動きの変容に運動制御の方略変更が反映されていることを示唆するものである。前述のように、従来の理論においても、慎重な動作遂行のために学習初期の制御方略への変更が起きることを予測する理論が存在する。しかしながら本論文の結果は、それが学習初期の未熟な状態への回帰ではなく、正確な動作遂行へと導く機能的な変更であることを示唆する。以上のことから、心理的負荷がもたらす影響について運動学的に分析することは、正確性の課題要求を実現するための運動制御のメカニズムを知る上で、有益

な知見を与えうると考えられる。

運動制御研究において正確性の課題要求の影響を検討する場合、その操作にはターゲットに関する物理的属性を変える方法が一般的であった。この場合、我々の運動制御系はそれに合わせて軌道計画を変更する必要がある。しかしながら本論文では物理的属性を変更していないため、通常と同じ軌道計画で目的を達成可能なはずである。それにもかかわらず、運動制御に変更が生じるのは、ここでの課題遂行の重要性が認識されることで感情系の働きが活発になり、より正確な動作遂行を促すためと考えられる。従って、心理的負荷によりストレス反応が高まった特殊な事態では、感情系の機能が運動制御の調節に無視できない役割を果たしていると言えよう。

さらに第4実験における転移課題の結果から、感情系が運動制御の調節を行っているのはストレス反応が高まった特殊な条件下に限定されず、正確性の課題要求の高まりが契機となって、日常的に運動制御を調節しているのではないかということが示唆された。第4実験では心理的負荷条件での練習直後に、心理的負荷を与えない条件下で直後転移を行ったが、ここでも時間的に正確な運動パターンが再生されることが明らかになった。従って、軌道の正確性はストレス反応が低くなると同時に消失されるわけではないと言える。このような結果を考慮すると、感情系の調節機構は特殊な事態以外でも運動制御を調節している可能性が考えられる。この問題については議論の余地があると思われるが、神経経路の観点から運動制御に感情系が直接的な制御をかけている可能性を指摘する研究者も見られる。

これまで運動制御の研究と感情系の研究には‘乖離’があり、その関連性について本質的な議論はなされてこなかった。このことは知覚研究と感情研究の関連性についても同様である。しかしながら近年「感性情報処理」に対する関心が高まり、知覚研究と感情研究との関連についての議論が活発になりつつある。これに対して運動制御の研究の場合、感情系との関連性を論じる研究はほとんど見られない。本論文は感情系の働きによって運動軌道の計画に変更が生じることを示し、両者の関連性を詳細に検討することに努めた。本論文の成果は主として、運動制御を支える意識下のメカニズムの1つとして、感情系の調節機能の重要性を指摘した点にあると言える。

論文審査結果の要旨

本論文は、正確な動作遂行の基礎にある運動制御の機構に、感情系機能がどのような影響を及ぼすのかを実験心理学的に明らかにしようとしたものである。全体は5章で構成されている。第1章では本論文に関連する先行研究を要約した。正確性の課題要求と運動制御、および心理的負荷についてそれぞれ概観している。第2章から第4章では実験的検討結果を詳述した。第5章では、実験結果および先行研究を踏まえて、感情系が運動制御の機構にどう影響するかを総括した。

第1章では、まず、課題要求の水準と動作の正確性との関連に着目した。ここでは、運動速度と正確性、運動開始までの時間遅れ、さらには運動の速度曲線について逐一詳細な検討を行っている。特に、照準運動課題を取り上げ、投げ動作の際のリリース情報について問題点を整理した。次いで、心理的負荷およびその効果について先行研究の知見を踏まえた検討を行っ

た。論者が留意したのは、課題要求を高める要因についてであり、その効果は作業成績の低下に現れることである。この効果を招来する原因については、身体症状として現れるストレス反応、注意やワーキングメモリーなどの認知機能低下、さらには意識的制御などが考えられるとした。このような考察をとおして、感情要因が運動制御に及ぼす効果を調べるために、運動軌道や動作スピードといった運動学的な指標の操作は一定にして、意識的制御を喚起し動作の正確性を低下させることを意図した心理的負荷法を導入する一連の実験計画を構想することとなった。

第2章では、ボールの的当て課題を用いた実験の報告を二つ行っている。

最初の実験は、正確性の課題要求を高めた場合に、運動軌道の再現性が高まるかどうかを検討するものである。課題は、被験者との距離3 m、中心の高さ1 mに設置した的の中心に、できるだけ正確にテニスボールを下手投げで当てることであった。150試行の練習後、被験者に対し教示により心理的負荷を与えた。実験の結果、テストブロックではボールの軌道に大きな影響を与えるリリースポイントの動揺が少なくなった。つまり、正確性の課題要求を高めると、運動軌道の再現性が高まるという推定を確認し、心理的負荷が正確に課題を遂行するための制御方略の変更を促すとした。しかし、的当ての作業成績は低下したため、このようになる理由を実験的に検索する必要が生じた。

第2実験では、リリースの再現性を高める方略が、動きを正確に繰り返そうとする意識上の方略変更によるのかどうかを調べた。課題や手続きは第1実験と同様であるが、練習後、腕の軌道を毎試行繰り返させたところが異なった。結果は、的当ての成績が大きく低下したものの、腕軌道の変動性は低下しなかった。しかし、振りかぶり動作の終点位置の変動性が大きくなったことから、腕軌道の再現性向上は、被験者が腕軌道を繰り返そうと意図したためではないことが判明した。なお、考察では、腕の軌道の再現性が高まるその他の可能性について言及した。これらは第3実験以降でその検証が試みられることとなった。

第3章では、第1実験で得た知見を確認するため、実験課題を変えて心理的負荷が運動軌道の再現性を高めるかどうかを調べている(第3実験)。実験課題はコンピュータ上でのバッティングによるボールの的当て課題であった。ここでは心理的負荷刺激はテストブロックでの電気刺激であった。分析の対象としたのは、運動学的指標のほか心拍も含めた。実験の結果、運動軌道の再現性が統計的に有意には高まらなかったものの、ボールのヒット位置の再現性を高くするためと思われるいくつかの運動学的な変化を認めた。この結果から論者は、心理的負荷が制御方略の変更を促し、運動軌道の再現性を高くする機能を果たしていると推定する。

第4章では、これまで得てきた知見をさらに検証する実験を行った。用いたのは運動パターン再生課題であり、決められた運動軌道の正確な再生を求め、心理的負荷がその正確性に及ぼす影響についてさらに検討を加えた。ここでは、心理的負荷を与える方がより正確なパターンを再生できると予測し、その検証を試みるとともに、心理的負荷が与えられた条件下で運動パターンを習得した結果、運動の転移や保持が促進するかどうかについても検討した。実験では回転レバーを用いて、肘関節の屈曲-伸展-屈曲-伸展の4系列からなる運動パターンを再生するように求めた。実験条件は心理的負荷(あり、なし)と、パターンが正確だったかどうかの情報を与えるKR頻度(100%、60%)を組み合わせた4つの条件であった。実験の結果、心理的負荷を与えられた条件下では時間的に正確で、空間的に再現性の高い運動パターンが再生されると推定できた。また直後転移では、電気刺激呈示の可能性がないにもかかわらず、練習

中と同様にパターンの時間的な正確性は損なわれないことを見出した。1日経過後の転移課題では、KR頻度が100%の場合にのみ、心理的負荷の学習効果を確認した。

第5章は最終章であり、ここでは先行研究を踏まえながら前記4実験の結果について総合的な考察を行っている。得られた主要な成果は、運動課題の物理的属性を変更しないにもかかわらず、運動制御は心理的負荷の影響を受け動作遂行が正確さを増すとした点にある。ここでの影響は、心理的負荷により生じたストレス反応の働きに依存すると考えられるところから、感情系も運動制御の調節に重要な役割を果たすことを論者は指摘した。これは心理的負荷が、感情体験や自律神経系の調節機能の働きを高めて運動制御の方略を変更させることを示唆するものである。

以上から本論文が示唆する興味深い点は、心理的負荷がもたらす運動制御への影響を運動学的に分析する意義であり、従来等閑視されてきたこのような問題に注目し、運動制御の様態を感情面も含めた統合的観点から捉えようとしたところにある。その結果、運動課題のターゲットに関する物理的属性を変えずに感情要因を操作するという、従来の運動制御研究からみてやや変則的な実験計画を設定することになった。ところがこの試みは、感情系の機能が運動制御の調節に無視できない役割を果たしていることを推定可能にしたわけで、論者の研究遂行能力の高さを示すものである。また、感情系機能の理論的検討やその実験的操作などには、さらに検討を要する部分が残されていることも指摘せざるを得ないものの、従来の運動制御に関する認知心理学的アプローチに留まらない新しさを併せ持っている点で本研究を高く評価できる。得られた研究成果は、動作の発現と実行に関わる心理学的機構の一層の解明に寄与するところ大である。

よって、本論文の提出者は、博士（文学）の学位を授与されるに十分な資格を有するものと認められる。