

博 士 論 文

プレッシャーが運動スキルに及ぼす影響

平成 20 年 3 月

広島大学大学院生物圏科学研究科

田 中 美 吏

目 次

第1章 先行研究の動向と課題ならびに本研究の目的	
1. プレッシャーと「あがり」.....	1
2. 心理的, 生理的, および行動的特徴.....	2
2-1. 心理的特徴	
2-2. 生理的特徴	
2-3. 行動的特徴	
2-4. 心理的, 生理的, および行動的特徴とパフォーマンスの関係	
3. パフォーマンスの低下の原因.....	7
3-1. 身体運動に対する注意の増加によるパフォーマンスの低下	
3-2. 運動遂行に対して必要な注意の不足によるパフォーマンスの低下	
3-3. 2つの仮説間における論争	
4. 研究課題.....	12
5. 本研究の目的と概要.....	14
要 約.....	18
第2章 プレッシャー下における心理的, 生理的, および行動的特徴	
実 験 1	
1. 目 的.....	20
2. 方 法.....	21
2-1. 被験者	
2-2. 課題および装置	
2-3. 手続き	
2-4. 測定項目	
2-5. データ分析	
3. 結 果.....	26
3-1. プレッシャーの操作チェック	
3-2. パフォーマンス	
3-3. 運動学的変数	
3-4. 注意	
4. 考 察.....	30
4-1. プレッシャーの操作チェック	
4-2. 熟練者と初心者の行動的特徴	
4-3. 熟練者と初心者の注意の変化	
4-4. 注意の変化とパフォーマンスおよび行動的特徴の関係性	
4-5. 運動変位および運動速度の減少の原因	
4-6. 本実験の位置づけ	
要 約.....	36

第3章 プレッシャー下における運動パフォーマンスの低下を導く行動的特徴

実験 2

1. 目的.....	37
2. 方法.....	38
2-1. 被験者	
2-2. 課題および装置	
2-3. 手続き	
2-4. 測定項目	
2-5. データ分析	
3. 結果.....	45
3-1. ストレス	
3-2. パフォーマンス	
3-3. 運動学的変数	
3-4. 筋放電	
3-5. 注意	
4. 考察.....	53
4-1. ストレスの強度	
4-2. 行動的特徴	
4-3. パフォーマンスの低下を導く行動的特徴	
4-4. 力に関する行動的特徴	
4-5. 本実験の位置づけ	
要約.....	58

第4章 プレッシャー下における心理面、生理面、および行動面の変化の関係性

実験 3

1. 目的.....	59
2. 方法.....	61
2-1. 被験者	
2-2. 課題および装置	
2-3. 手続き	
2-4. 測定項目	
2-5. データ分析	
3. 結果.....	68
3-1. 心理面および生理面	
3-2. 行動面	
3-3. パフォーマンス	
3-4. 心理面および生理面の変化と行動面の変化の関係性	
3-5. 心理面および生理面の変化とパフォーマンスの変化の関係性	
4. 考察.....	72
4-1. 注意の変化とパフォーマンスの変化の関係性	
4-2. 注意の変化と行動面の変化の関係性	
4-3. 感情および覚醒水準の変化と行動面の変化の関係性	

4-4. 本実験の位置づけ

実験 4

1. 目的.....	76
2. 方法.....	77
2-1. 被験者	
2-2. 課題および装置	
2-3. 手続き	
2-4. 測定項目	
2-5. データ分析	
3. 結果.....	81
3-1. 心理面および生理面	
3-2. 行動面	
3-3. パフォーマンス	
3-4. 心理面および生理面の変化と行動面の変化の関係性	
3-5. 心理面および生理面の変化とパフォーマンスの変化の関係性	
4. 考察.....	86
4-1. 行動的特徴	
4-2. 注意の変化とパフォーマンスおよび行動面の変化の関係性	
4-3. 感情の変化と行動面の変化の関係性	
4-4. 本実験の位置づけ	
本章の全体考察.....	89
要約.....	92

第5章 総合考察

1. 行動的特徴.....	94
2. 運動の変化の原因.....	95
2-1. 注意散漫性の増加ならびに方略の変化	
2-2. 身体運動に対する注意の増加	
2-3. 情動反応	
2-4. ストレッサーの種類	
3. パフォーマンスの低下との関連.....	99
4. 「あがり」を説明するモデルの構築.....	100
5. 「あがり」の予防法および対処法に対する提言.....	104
要約.....	107

引用文献.....	109
-----------	-----

付記.....	117
---------	-----

謝辞.....	118
---------	-----

第1章 先行研究の動向と課題ならびに本研究の目的

1. プレッシャーと「あがり」

競技スポーツにおける重要な試合や人前でスピーチを行うときなど、我々は社会生活における様々な場面で「あがり」を経験する。スポーツの試合場面において「あがり」を経験しているスポーツ選手の割合は約 86%という報告(松田, 1961)や, 90%以上という報告(金本ほか, 2002)があり, その割合は非常に多い。そして, スポーツの試合場面における「あがり」は, 競技成績を左右する重要な問題であるため, 多くのスポーツ選手がその克服を課題としている。さらに監督やコーチなどのスポーツ指導者は, 選手に対して, その克服法や対処法を適切に指導することが求められるため, 「あがり」に対する詳細な知識を必要としている。

「あがり」をテーマとした学術研究は, 認知心理学, 社会心理学, スポーツ心理学, 生理心理学, および生態心理学など, 心理学研究の様々な領域において行われ, 「あがり」という用語以外にも「あがり」を導く要因として「プレッシャー」「心理的ストレス」などの用語が使用されている。また, “choking under pressure”という英語が日本語における「あがり」を意味するが, 壇上で何かを発表する状況に対する“stage fright”という英語表現も「あがり」を意味するものと考えられる。そこで始めに, 心理学研究における「あがり」という言葉の定義, ならびに関連する用語について整理したい。有光・今田(1999)は, 競技スポーツや社会生活などにおいて「あがり」が生じる状況を, 個人の当落, 社会的評価, 個人の非当落, および異性の4つに分類した。さらに, 自己不全感, 身体的不全感, 震え, 責任感, 生理的反応, および他者への意識という6つの因子で「あがり」が主観的に経験されることを示し, 「あがり」を自己経験の主観的言語報告によってなされる1つの情動状態と捉えた。また Baumeister(1984)は, 高いパフォーマンスを発揮することの重要性を高める因子をプレッシャーと呼び, さらにはプレッシャーによりパフォーマンスが低下する現象を“choking under pressure”と定義した。Lang(1971)によれば, 心理的なストレスに対する反応は心理, 生理,

および行動の3側面に表れるが、有光・今田(1999)が示した「あがり」が生じる4つの状況や Baumeister(1984)が定義したプレッシャーという用語は、Lang(1971)の説明における心理的ストレスを意味する。また有光・今田(1999)が示した「あがり」の主観的経験に関する6つの因子は、心理的ストレスに対する心理面や生理面の反応を意味する。本研究では Baumeister(1984)の定義を基に、高いパフォーマンスを発揮することの重要性を高める因子をプレッシャーと捉え、プレッシャーによりパフォーマンスが低下する現象を「あがり」と捉えた。また、プレッシャーにより心理、生理、および行動の各側面に生じる反応をストレスと捉えた。

スポーツや運動時の「あがり」に関する研究は、これまで国内外において数多く行われ、特に近年において多くの知見が得られている。そして Lang(1971)の説明と同様に、スポーツや運動時の「あがり」に関する多くの研究においても、プレッシャーの影響で心理、生理、および行動の各側面に様々な特徴が表れることが報告されている。

2. 心理的、生理的、および行動的特徴

2-1. 心理的特徴

プレッシャー下でスポーツや運動を行うときの心理的特徴は、不安などの感情の変化と、注意などの認知機能の変化の2つに分類できる。市村(1965)は、「あがり」の特徴を調べるためのアンケート調査を大学運動部に所属する100名のスポーツ選手を対象として行った。そして、回答に対して因子分析を行った結果、不安感情の増加ならびに劣等感情の増加という感情の変化に関する因子ならびに心的緊張力の低下(たとえば、注意力が散漫になる、スタンドにいる人の顔がよく見えなくなる)という注意の変化に関する因子を抽出した。

試合開始前に質問紙を用いて感情や注意の変化を測定した研究もいくつか見られ、de Mojá and de Mojá(1986)は、イタリアのナショナル・モトクロス競技に参加した32名の選手を対象に、試合開始30分前に状態-特性不安検査(STAI:Speilberger et al., 1970)を用いて状態不安を測

定し、状態不安が高い選手ほど試合の成績が悪かったことや、試合中にリタイアした選手が多かったことを報告した。さらに徳永ほか(1991)も、西日本年齢別水泳大会の決勝レースにおいて、状態不安が高い選手ほど順位が悪かったことを報告した。また Liao and Masters (2002, experiment 1) は、イギリスの大学のナショナル大会準決勝に参加した男女 21 名のホッケー選手を対象に、試合 2 日前、試合開始 1 時間前、試合 2 日後の 3 回にわたって競技状態不安目録 2 (CSAI-2: Martens et al., 1990) ならびに自己意識尺度 (PSC: Fenigstein et al., 1975) に回答させ、試合開始 1 時間前の認知不安ならびに自己意識が試合 2 日後に比べて高く、さらには試合開始 1 時間前の身体不安が試合 2 日前や 2 日後に比べて高いことを示した。さらに、実験室で運動課題を行わせた研究においても、プレッシャーによる状態不安の増加 (たとえば, Weinberg and Hunt, 1976) や自己効力感の低下 (Williams et al., 2002) という感情の変化や、課題遂行に対する心的努力の増加 (Mullen and Hardy, 2000; Williams et al., 2002) という注意の変化が報告されている。また Pijpers et al. (2006) は、高所でウォーククライミング課題を行うときに、周辺刺激に対する注意が減少することや、最大リーチング距離の自己評価が縮小することを示し、高所というプレッシャー下においても、注意や空間知覚という認知機能の変化が生じることを報告した。

2-2. 生理的特徴

プレッシャー下でスポーツや運動を行うときの生理的特徴は、自律神経系および内分泌系に生じることが示されている。プレッシャーによる自律神経系の変化について、市村(1965)は上述したアンケート調査の因子分析の結果から、スポーツにおける「あがり」の特徴として、喉がつまった感じがする、胸がどきどきするなどの自律神経系(特に交感神経系)の緊張という因子を抽出した。また山田・森井(2004)は、全日本代表の男子テニス選手 1 名を被験者とし、テニスのシングルスにおける公式試合と練習試合の心拍数を比べた結果、公式試合では練習試合に比べて心拍数が約 20bpm 増加したことを示した。実験室で運動課題を行わせた研究においても、プレッシャーによる心拍数の増加(たとえば, Beuter et al., 1989)、心拍変動の高周波帯域の割合の増加(Mullen et al., 2005)などの交感神経系の活動の亢進が示されている。

プレッシャーによる内分泌系の変化について Salvador et al. (2003) は、17名の柔道選手を被験者として、安静時と試合前において副腎皮質ホルモン的一种であるコルチゾールの分泌量を調べた。その結果、試合前は安静時に比べて分泌量が増加することや、勝利に対するモチベーションが高い選手ほど試合前の分泌量が多いことを示した。

2-3. 行動的特徴

プレッシャー下でスポーツや運動を行うときの行動的特徴は、眼球運動、運動学的変数 (kinematics)、および運動力学的変数 (kinetics) について調べられている。プレッシャーが眼球運動に及ぼす影響について Williams and Elliott (1999) は、空手において相手の動作を予測するときに、熟練者と初心者ともに相手の腕、手、骨盤に対する注視頻度が増加し、さらには注視点が身体部位の様々な箇所へ移動することを示した。また Williams et al. (2002) は、卓球課題を低難易度と高難易度の両条件で行うときに、プレッシャー下での両条件において注視点の移動回数が増加することを示した。また、プレッシャー下での高難易度条件ではボールに対する注視時間の割合が増加したことから、プレッシャー下では周辺視を利用する視覚探索方略が中心視を利用する視覚探索方略に変化することを示唆した。さらに Janelle and Singer (1999) は、ドライビングシミュレーターを用いた運転課題を行うときに、プレッシャー下では運転課題遂行時に呈示する二次課題の刺激ライトに対する視線移動回数が非プレッシャー下に比べて増加することを示した。

プレッシャーが運動学的変数に及ぼす影響について Beuter et al. (1989) は、障害物を乗り越える課題を行うときに、股関節、膝関節、および足関節の屈曲角度が減少することを示した。プレッシャーによる運動変位の減少という知見は、コンピュータによるバッティングシミュレーション課題 (Higuchi et al., 2002)、ならびに腕の屈曲・伸展運動による波形再生課題 (Sekiya, 2007) においても得られている。さらに、プレッシャーが運動の協応性に及ぼす影響については、関節間協応の自由度が減少すること (Higuchi et al., 2002)、ならびに関節間の協応性が低下して効率的な運動連鎖が困難になること (Sekiya and Urimoto, 2007) が示されている。

また、プレッシャーにより運動学的変化が生じなかった研究も見られ、Mullen and Hardy

(2000)は、プレッシャーがゴルフバッティング課題の運動変位、運動速度、運動加速度、および運動時間に及ぼす影響を調べたが、これらの変数にプレッシャーによる変化は見られなかった。同様に Williams et al.(2002)は卓球課題を用いて、田中・関矢(2007)はダーツ投げ課題を用いて、プレッシャーが運動変位、運動速度、および運動時間に及ぼす影響を調べたが、これらの研究においてもプレッシャーによる運動学的変化は見られなかった。

さらに先行研究では、プレッシャー下で複数の試行の運動課題を行うときの試行間の運動の変動性についても調べられており、Higuchi(2000)は、下手ボール投げ課題を行うときに、リリース時のボールの位置の変動性が減少し、さらには運動変位と運動速度に関する関節間協応の変動性が増加することを示した。さらに Higuchi et al.(2002)は、コンピュータによるバッティングシミュレーション課題を行うときに、運動変位の変動性が減少し、さらには運動時間の協応の変動性が増加することを示した。その他の研究においても、プレッシャーが運動の変動性に及ぼす影響について調べられており、野球のバッティング課題を行うときに、足の踏み出しのタイミングの変動性が増加すること(Gray, 2004)や、両肘を回内・回外させることによる両腕の協応運動課題を行うときに、両腕の運動の位相のずれの変動性が減少すること(Court et al., 2005)が示されている。このように、プレッシャーが運動の変動性に及ぼす影響については、変動性の増加および減少という、各研究内および各研究間において相反する結果が得られている。

その他の心理的ストレスの影響についてもいくつかの研究があり、たとえば時間切迫状況下においてダーツ投げを行うときに、運動変位が減少し、運動速度が増加することが示されている(村山ほか, 2007)。また、高所における運動学的変化として、スキーシミュレーター課題を行うときの運動変位の減少(Deschamps et al., 2004)、ウォールクライミング課題を行うときの運動速度の減少、ならびに運動時間の増加(Pijpers et al., 2003, 2005)、歩行課題を行うときの下肢の関節間協応の自由度の凍結(Collins et al., 2001)が示されている。さらに Pijpers et al.(2003)は、高所でウォールクライミング課題を行うときに、身体重心の上下の移動振幅が減少し、重心移動の滑らかさが減少することを示した。

プレッシャーが運動学的変数に及ぼす影響について Weinberg and Hunt(1976)は、オーバ

一ハンドでボール投げ課題を行うときの筋放電を測定し、筋放電時間が増長することや、課題の運動に関わる主働筋と拮抗筋の同時収縮が生じることを示した。また Beuter et al.(1989)は、障害物を跨ぎ越える課題を行うときに、足部ならびに下腿部の運動エネルギーが増加することを示した。これらの結果から、プレッシャー下では、筋放電の増加が生じて、非効率的なエネルギー消費で運動を行うことが示唆される。

2-4. 心理的、生理的、および行動的特徴とパフォーマンスの関係性

ここまで、プレッシャーが心理、生理、および行動の各側面に及ぼす影響を概観したが、これらの研究の多くは、プレッシャー下における各側面の特徴を報告することに留まり、各側面の特徴とパフォーマンスの関係性までは言及されていない。プレッシャー下における各側面の様々な変化とパフォーマンスの関係性については、次のように、他のいくつかの先行研究で報告されている。たとえば、生理的覚醒水準とパフォーマンスは逆 U 字関係を示すことが Yerkes and Dodson(1908)により提唱されたが、腕による追跡運動課題(Martens and Landers, 1970)、ならびにオーバーハンドでのボール投げ課題(Weinberg and Ragan, 1978)など、プレッシャーによる生理的覚醒水準の変化と運動パフォーマンスの変化も逆 U 字関係を示すことが報告されている。さらに Burton (1988)は、競泳選手を対象に試合開始 1 時間前に CSAI-2 に回答させ、試合前の身体不安と試合におけるパフォーマンスが逆 U 字関係にあることを示した。さらに、この研究では、認知不安とパフォーマンスには負の相関があり、自信とパフォーマンスには正の相関があることも示されている。このように、認知不安、身体不安、および自信の 3 つの尺度とパフォーマンスの関係はそれぞれ異なるが、これらの関係を説明した多次元不安理論が Martens et al.(1990)によって提唱されている。また、認知不安と生理的覚醒水準の 2 要因の相互作用からパフォーマンスを推定するモデルとして、カタストロフィーモデル(Hardy, 1990; Hardy and Parfitt, 1991)が挙げられる。このモデルでは、認知不安が低い場合には生理的覚醒水準とパフォーマンスは逆 U 字の関係を示すが、認知不安が高い場合には生理的覚醒水準が比較的高いところでパフォーマンスが急激な落ち込みを示す。また、生理的覚醒水準が低い場合には認知不安の増加に伴いパフォーマンスが向上する傾向を

示し、生理的覚醒水準が高い場合には認知不安の増加に伴いパフォーマンスが低下すると説明されている。このように、いくつかの先行研究において、プレッシャー下における心理的特徴および生理的特徴とパフォーマンスの関係性が報告されている。また、プレッシャー下における行動的特徴とパフォーマンスの関係性を示した先行研究は数が限られているが、Vickers and Williams (2007) は、プレッシャー下で最大酸素摂取量の100%の強度の持久運動とともに射撃課題を行うときの射撃の正確性の低下が、ターゲットに対する注視時間の減少という眼球運動の変化から説明されることを示した。

3. パフォーマンスの低下の原因

先行研究では、プレッシャーによってなぜ運動のパフォーマンスが低下するのかという疑問に対して、注意の変化という認知機能から、その理由を説明する複数の仮説が提唱されてきた。これらの多くの先行研究では、プレッシャーによるパフォーマンスの低下の原因となる注意の変化には、身体運動に対する注意の増加と、運動遂行に対して必要な注意の不足という2つのタイプの変化があることが提唱されている。

3-1. 身体運動に対する注意の増加によるパフォーマンスの低下

Fitts and Posner(1967)は、運動スキルの学習には長期間にわたる練習が必要で、運動スキルの上達にもなう心理的な変化は認知段階(cognitive stage)、連合段階(association stage)、自動化段階(automatic stage)という3つの段階で捉えることができると述べている。認知段階とは、運動スキルの習得のために身体運動を意識しながら練習する過程を指す。連合段階とは、練習を繰り返すことで運動スキルを安定して遂行できるようになる過程を指す。そして、練習を繰り返すことで、最終的には自動化と呼ばれる無意識的に運動スキルを遂行することが可能な段階に移るが、Deikman(1966)は、自動化段階において身体運動に対して注意を向けながらスキルを遂行する

と、自動化したスキルが意識的に遂行する段階のスキルに逆戻りすることを指摘し、この現象を脱自動化 (deautomatization) と呼んだ。

そして Baumeister(1984)は、非プレッシャー下で運動課題を行うときに、身体運動に対する注意が増加するとパフォーマンスが低下することを実験的に確認した。そして、プレッシャーによるパフォーマンスの低下も、身体運動に対する注意の増加による運動スキルの脱自動化が原因となって生じることを指摘し、後に、多くの研究者が、この指摘を自己焦点化モデル (self-focus model: Lewis and Linder, 1997; Mullen and Hardy, 2000; Beilock and Carr, 2001) と呼んだ。そして、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下が身体運動に対する注意の増加によって生じることを実験的に初めて確認したのが Masters (1992) である。この実験では、ゴルフパッティング課題の練習を行うときに、身体運動に対して注意が向かないようにアルファベットを発話しながら練習する二重課題練習群と、身体運動に対して注意が向くようにパッティング技術に関する知識の教示を受けながら練習する知識教示練習群の2群が設けられた。そして練習後に、パッティングの成功率次第で賞金を獲得でき、さらには他者評価されるというプレッシャー下でテストを行った。その結果、練習後期に比べて、二重課題練習群はテストにおいてパッティングのパフォーマンスを向上させたが、知識教示練習群にパフォーマンスの向上は見られなかった。さらに、テスト中に意識したパッティング技術に関する知識の数を調べた結果、知識教示練習群は二重課題練習群に比べて多くの知識を報告した。Masters (1992) は、この実験結果に基づき、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下は身体運動に対する注意の増加が原因であると説明した。この説明に関しては、その後いくつかの追試実験が行われ、同様な結果が報告されており (Hardy et al., 1996; Liao and Masters, 2002; Jackson et al., 2006), 多くの研究において意識的処理仮説 (conscious processing hypothesis: Hardy et al., 1996; Mullen and Hardy, 2000; Liao and Masters, 2002; Mullen et al., 2005) と呼ばれている。また、一部の研究では顕在知識仮説 (explicit knowledge hypothesis: Hardy et al., 1996), 意識的制御仮説 (conscious control hypothesis: Higuchi, 2000), 顕在モニタリング理論 (explicit monitoring theory: Beilock and Carr, 2001), および再意識化仮説 (reinvestment hypothesis: Liao and Masters,

2002)と呼ばれている。

3-2. 運動遂行に対して必要な注意の不足によるパフォーマンスの低下

Norman and Bobrow (1975)によれば、処理資源とは、認知活動に関わる注意、努力、および思考などの心的な機能の総体を指す。この処理資源には一定の容量があり(Kahneman, 1973)、その容量内で種々の処理に処理資源を配分しながら運動課題や認知課題は遂行される。つまり、難易度が低い課題では課題遂行に必要な処理資源は少なくて済むため、課題以外のことに多くの処理資源が配分されても課題遂行に支障は生じない。しかし、難易度が高い課題では課題遂行に多くの努力をはたらかせるため、多くの処理資源が必要とされる。そして、課題以外のことに多くの処理資源が配分されて、課題遂行に対して必要な処理資源が不足する場合には、エラーの増加などの課題遂行上の支障が生じる。

そして Wine (1971)と Eysenck (1979)は、プレッシャー下で運動課題や認知課題を行うときには、不安が高い者ほど自己評価や自己非難、さらには自律神経系の活動亢進の知覚などに処理資源が配分されて、課題遂行に対して必要な注意の処理資源が不足し、パフォーマンスが低下すると説明した。Wine (1971)の説明は、Mullen and Hardy (2000)と Beilock and Carr (2001)により注意散漫説 (distraction theory)と呼ばれ、Higuchi (2000)は Wine (1971)と Eysenck (1979)の説明を総称して処理資源不足仮説 (processing resource shortage hypothesis)と呼んだ。

さらに Eysenck and Calvo (1992)は、課題の処理効率性 (processing efficiency)とパフォーマンス有効性 (performance effectiveness)の関係を基に、プレッシャーがパフォーマンスに及ぼす影響を説明した。課題の処理効率性とは、一定容量の処理資源の中で課題遂行に配分される処理資源の割合を表し、同じ課題を行うときでも、配分される割合が多い場合には処理効率は低く、配分される割合が少ない場合には処理効率は高いことを意味する。またパフォーマンス有効性とは、配分された処理資源のパフォーマンスに対する効果を表し、有効性が高いということはパフォーマンスが高いことを意味し、有効性が低いということはパフォーマンスが低いことを意味する。Eysenck

and Calvo (1992)の説明によると、プレッシャー下において不安などにある程度の処理資源が配分されても、処理資源の容量内に課題遂行に対して必要な注意の処理資源が存在すれば、課題遂行にさらなる注意の処理資源を配分できるため、パフォーマンスは維持もしくは向上する。しかし不安などに多くの処理資源が配分されて、課題遂行に対して必要な注意の処理資源が不足する場合にはパフォーマンスが低下する。Eysenck and Calvo (1992)は、この説明を処理効率性理論 (processing efficiency theory)と名付け、プレッシャー下においてパフォーマンスは低下するのみではなく、維持される場合や向上する場合があることを示した。前述した注意散漫説と処理資源不足仮説は、処理効率性理論における処理資源不足によるパフォーマンスの低下の説明部分に該当する。

以上において、プレッシャーによるパフォーマンスの低下の原因を説明する複数の先行研究を2つに大別した。以下においては、身体運動に対する注意の増加が原因であるという諸説を意識的処理仮説と総称し、運動課題に対して必要な注意の減少が原因であるという諸説を処理資源不足仮説と総称して議論を進める。

3-3. 2つの仮説間における論争

意識的処理仮説は、身体運動に対して過剰に注意の処理資源が配分されることによってパフォーマンスが低下することを表す。一方、処理資源不足仮説は、運動遂行に対して十分に注意の処理資源を配分できずにパフォーマンスが低下することを表す。このように注意の処理資源という視点から両仮説を捉えると、2つの仮説は対照的なメカニズムを表している。そのため先行研究では、この2つの仮説のどちらが正しいかについての議論がなされてきた。

意識的処理仮説を支持する研究として、Lewis and Linder (1997)と Beilock and Carr (2001)の研究が挙げられる。Lewis and Linder (1997)は、ゴルフパッティング課題を用いて、プレッシャー下で100から2ずつ引いた数字を順に発話するという二次課題を行うことでパフォーマンスの低下が抑制されることを示した。さらには、練習時にビデオカメラで撮影されながら練習した群も、プレッシャー下におけるパフォーマンスの低下が抑制されることを示した。さらに Beilock and Carr

(2001, experiment 4)は、運動スキルの習得の初期段階におけるプレッシャーによるパフォーマンスの低下は処理資源不足仮説で説明でき、熟練段階においては意識的処理仮説で説明できるといふ仮説を、ゴルフパッティング課題を用いて検証した。しかし、運動スキルの習得の初期段階と熟練段階のどちらにおいても、プレッシャー下においてパフォーマンスの低下が抑制されたのは、練習中に身体運動に対して注意を向けながら課題を行った群で、練習中に発話しながら課題を行った群はプレッシャー下でパフォーマンスが低下した。これらの実験結果は、前述した Masters (1992) の実験結果とは正反対ではあるが、プレッシャー下で二次課題を行うことや、練習中に身体運動に対して注意を向けることに慣れることで、プレッシャー下での身体運動に対する過剰な注意に基づくパフォーマンスの低下が抑制されたと考えられ、意識的処理仮説を支持している。

また Beilock et al. (2004a)は、時間切迫の有無という2つの条件下でゴルフパッティング課題を行わせて、そのパフォーマンスを比べた。その結果、時間切迫条件において熟練者はパフォーマンスを向上させたが、初心者は時間切迫により処理資源の不足が生じてパフォーマンスを低下させた。さらに Beilock et al. (2004b)は、暗算という認知課題におけるプレッシャー下でのパフォーマンスの低下は、難易度の高い課題を行う時においてのみ生じることを示した。そして、プレッシャー下での注意の焦点を質問紙に自由記述させて調べた結果、解答プロセスに対する注意の割合がその他の注意に比べて小さかったことから、プレッシャー下における認知課題のパフォーマンスの低下は処理資源不足仮説で説明できることを示した。Beilock et al. (2004a, b)によるこれらの一連の研究結果から、プレッシャーによるパフォーマンスの低下は、多くの場合、認知課題においては処理資源不足仮説によって説明でき、運動課題においては意識的処理仮説によって説明できると考えられる。しかし初心者に時間切迫という心理的ストレスを与えた場合のパフォーマンスの低下は処理資源不足仮説によって説明できることなど、学習者の熟練度やストレスの種類によっても異なることが示唆される。また、プレッシャーが運動スキルを遂行するときの眼球運動に及ぼす影響を調べた研究で示されている、注視頻度の増加 (Williams and Elliott, 1999; Williams et al., 2002)ならびに二次刺激に対する視線の移動回数の増加 (Janelle and Singer, 1999)という結果も、注意散漫性の増加に関連した眼球運動が生じているという点で処理資源不足仮説を支持し

ている。

さらに Mullen et al.(2005)は、同じ運動課題を行う場合においても意識的処理と処理資源不足の両方が生起することを示唆する実験結果を報告している。この実験では、主課題条件(主課題のみを行う)、身体運動意識条件(主課題のゴルフパッティングをフォームや力量調節に対するコーチングポイントを意識しながら行う)、および二次課題条件(主課題と同時に二次課題として音弁別課題を行う)の3つの条件におけるゴルフパッティング課題を、非プレッシャー下とプレッシャー下において行わせ、そのパフォーマンスを比べた。その結果、主課題条件においてはプレッシャーの有無によるパフォーマンスの差は見られなかったが、身体運動意識条件と二次課題条件においてはプレッシャー下のパフォーマンスは非プレッシャー下に比べて低かった。つまりプレッシャー下において、身体運動意識条件では身体運動に対する意識的処理を行うことでパフォーマンスが低下し、二次課題条件では音弁別課題を行うことで課題に対して必要な注意の処理資源が不足してパフォーマンスが低下した。これは、意識的処理と処理資源不足のどちらもパフォーマンスの低下の原因となり得ることを意味する。

4. 研究課題

以上の議論を基に、プレッシャーおよび「あがり」に関する研究における3つの課題を指摘する。第1に、プレッシャー下における心理、生理、および行動の3側面の相互作用を調べて、さらにはこれらの相互作用とパフォーマンスの関係を調べることが必要である。先行研究においてはカタストロフィーモデルのように、心理面と生理面の相互作用とパフォーマンスの関係を示す研究は見られるが、心理面と行動面、ならびに生理面と行動面のように、行動面を含めて相互作用を調べた研究は非常に少ない。複雑なふるまいである人間の運動は、心理、生理、および行動の3側面の相互作用を通して、そのパフォーマンスが規定されるため、プレッシャーおよび「あがり」に関する研究においても注意や感情などの心理面、自律神経系などの生理面、ならびに運動学的変数などの行動面の

相互作用を考慮することが必要である。

また、プレッシャーによるパフォーマンスの低下の原因に関しては、先述したように、注意という認知機能の変化から複数の仮説が提唱され、さらには意識的処理仮説と処理資源不足仮説のどちらが正しいかについての議論がなされてきた。しかし、これらの先行研究では、注意の変化とパフォーマンスの関係を調べることに留まっており、運動パフォーマンスを規定する大きな要素の1つである行動面の影響について言及されていないことが問題点として挙げられる。そこで、プレッシャーによる注意の変化とパフォーマンスの変化の間に介在する行動的特徴を詳細に調べる研究を行うことが必要である。このような研究を行うことで、諸仮説を支持する行動的特徴が明らかとなり、意識的処理仮説と処理資源不足仮説に関する議論のさらなる進展が期待できる。また先行研究では、プレッシャーによるパフォーマンスの低下の原因について、注意の変化という心理面の中の認知機能のみからの説明がなされてきたが、パフォーマンスの低下を導く行動的特徴を明らかにすることで、行動面からも原因を説明することが可能となり、このことは認知機能のみからの原因説明の脱却に繋がると考えられる。

第2に、「あがり」の神経科学的メカニズムを調べる必要がある。Hatfield(2005)は、プレッシャーによるパフォーマンスの低下の原因として、従来説明されてきた注意の変化という心理面における認知機能の影響に加えて、心理面における感情機能ならびに生理面における情動反応の影響を考慮する必要性を指摘した。そして、プレッシャーによる運動行動の変化やパフォーマンスの低下を導く神経科学的メカニズムとして、認知を司る前頭野や側頭野、さらには感情を司る扁桃体などの辺縁系の活性が相互作用し、運動を司る運動野や補足運動野の活動に影響することを推測した。また、通常の運動は脳の運動野から錐体路という経路を通過して筋にその命令が伝えられるが、生理的な情動反応を伴う運動は脳の扁桃体から線条体という経路を通過して筋へ命令が伝えられる(Nolte and Angevine, 2000)。この報告を基に小谷(2004)は、プレッシャーにより扁桃体の活性を伴う情動反応が生じたときには、線条体を經由する制御が錐体路を經由する制御に影響を及ぼすことで「あがり」が生じることを推測している。そこで、Hatfield(2005)ならびに小谷(2004)の推測を実証する研究を行うことが必要であると考えられる。

第3に、スポーツの試合場면을対象にした実践的研究を行うことが必要である。これまでの多くの研究では、実験室において、被験者に対してスポーツの試合場面に近似したプレッシャーを与えるという方法が用いられてきたが、このような研究手法の問題点として、スポーツの試合場面で起こり得るほどの、高強度のストレス喚起が困難なことが挙げられる。したがって、スポーツの試合場면을対象にした実践的研究を行うことで、実験室における研究では喚起することが困難な、高強度のストレスが喚起された「あがり」状態における様々な症状の分析が可能になると考えられる。そのための具体的な研究手法としては、スポーツ選手を対象に、心理、生理、および行動の各側面の指標を試合前や試合中において測定することや、試合後に質問紙法や面接法を用いて、その試合における心理、生理、および行動の各側面について調べることが挙げられる。たとえば Murayama and Sekiya (2007) は、数種目に渡る13名のスポーツ選手を対象に、過去6ヶ月以内で最も「あがり」を体験した試合における、心理、生理、および行動の各側面について尋ねる半構造化面接を行い、獲得された言語データから、スポーツの試合場面における「あがり」の発現機序を「知覚・運動制御の混乱」などの13のカテゴリーによって説明した。また、実践的研究によって得られた結果を実験室における研究の様々な結果と照合し、スポーツの試合場面の「あがり」に対する実験的研究の外的妥当性について検討することも必要であると考えられる。

5. 本研究の目的と概要

スポーツや運動を行うときのプレッシャーによるストレス反応について先行研究では、心理面と生理面については多くの研究が行われており、心理面においては感情と認知に変化が生じ、生理面においては自律神経系と内分泌系に変化が生じるという特徴が明らかとなっている。しかし、運動のパフォーマンスを規定する大きな要素の1つである行動面に関しては、いくつかの研究は行われてきたが、研究間で統一した見解は得られておらず、その特徴は不明であった。また、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下の原因について先行研究では、意識的処理仮説や処理資源不足仮

説などのように、注意の変化という心理面における認知機能に焦点が当てられてきた。しかし、これらの仮説では、プレッシャーによる注意の変化とパフォーマンスの変化の関係を調べることに留まり、注意の変化とパフォーマンスの変化の間に介在する行動的特徴に関しては調べられていない。さらに、これらの仮説では、生理面の影響については言及されておらず、複雑なふるまいである人間の運動行動は、心理、生理、および行動の3側面の相互作用を通して、そのパフォーマンスが規定されるため、スポーツや運動時の「あがり」に関する研究においても心理、生理、および行動の3側面の相互作用を考慮した研究が必要である。

以上より本研究では、プレッシャー下で運動スキルを遂行するときの行動的特徴として、身体運動の変位、速度、および時間などを表す運動学的変数、ならびに発揮した力を表す運動学的変数を調べることを第1の目的とした。さらに、プレッシャー下で運動スキルを遂行するときの注意や感情という心理面の変化、覚醒水準という生理面の変化、運動学的変数および運動学的変数という行動面の変化、ならびにパフォーマンスの変化を詳細に調べたうえで、これらの変化の関係性を調べることを第2の目的とした。

ところで Magill(1998)によれば、運動スキルとは、ある目標を達成するための身体の随意運動と定義されており、運動スキルには2つの分類法がある。1つは、運動の連続性という観点からの分類であり、この分類法では、運動スキルが分離スキルと連続スキルの2つに分類される。分離スキルとは、短時間におけるスキルの遂行からパフォーマンスが規定されるスキルであり、連続スキルとは、長時間に渡ってスキルを繰り返し遂行することでパフォーマンスが規定されるスキルである。もう1つは、スキルを遂行するときの環境の安定性という観点からの分類であり、この分類法では、運動スキルが閉鎖スキルと開放スキルに分類される。閉鎖スキルとは、変化のない安定した環境の中で遂行されるスキルであり、開放スキルとは、変化する環境に合わせて遂行されるスキルである。

本研究では、プレッシャーが種々の運動スキルの中における分離・閉鎖スキルに及ぼす影響を調べるために、実験室におけるゴルフパッティングを課題として用いた。この課題は、プレッシャーと「あがり」に関する多くの先行研究で用いられている課題であり、多くの先行研究において、注意の変化に伴いパフォーマンスが変化することが確認されている課題である(Masters, 1992; Lewis and

Linder, 1997; Hardy et al., 1996; Beilock and Carr, 2001; Beilock et al., 2004a; Mullen et al., 2005). また先行研究ではこの課題を用いて、プレッシャー下における行動的特徴の検討も行われており(Mullen and Hardy, 2000), これらの先行研究の結果との比較検討に基づいて本研究の各実験の考察を行えるという点から、本研究の2つの目的に適した課題であった。そして、第1の目的については第2章から第4章にかけて検討を行い、第2の目的については第4章において検討を行った。

第2章では、ゴルフパッティング課題を行うときに、プレッシャーが運動変位、運動速度、および運動時間に及ぼす影響を調べて、プレッシャー下における行動的特徴を検討する実験1を行った。さらにこの実験では、運動スキルを遂行するときの注意にプレッシャーが及ぼす影響も調べた。

第3章では、ゴルフパッティング課題を行うときに、プレッシャーが運動変位、運動速度、および運動時間に及ぼす影響を再度調べて、さらにはプレッシャーが筋放電に及ぼす影響を調べることで、プレッシャー下における行動的特徴を再検討する実験2を行った。さらに、この実験では、プレッシャーによってゴルフパッティングのパフォーマンスが低下した被験者を事後的に抽出して、プレッシャーによるパフォーマンスの低下を導く行動的特徴を調べた。

第4章では、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときの注意や感情という心理面の変化、覚醒水準という生理面の変化、運動学的変数および運動力学的変数という行動面の変化、ならびにパッティングされたボールの停止位置というパフォーマンスの変化を調べて、さらにはこれらの変化の関係性を調べる実験3-1を行った。さらに、実験1から実験3-1を通じて、プレッシャーによって喚起されたストレス強度の低さという問題や、運動学的変数および運動力学的変数の測定項目の制限や測定精度の低さという問題が生じたため、これらの問題の改善を試みたうえで、プレッシャー下におけるゴルフパッティング課題の心理面、生理面、行動面、ならびにパフォーマンスの変化の関係性を再検討する実験3-2を行った。

最後に第5章では、第2章から第4章にかけての4つの実験から得られた結果を基に、本研究の2つの目的に対する全体考察を行った。そして全体考察を基に、プレッシャー下における分離・閉鎖運動スキルの心理面、生理面、行動面、ならびにパフォーマンスの変化の関係性を示すモデ

ルを構築し、最後に、スポーツの試合場面などの運動行動場面における「あがり」の予防法および対処法を提言した。

要 約

多くのスポーツ選手が、スポーツの試合場面において高いパフォーマンスを発揮するために「あがり」の克服を課題としている。Baumeister(1984)は、高いパフォーマンスを発揮することの重要性を高める因子をプレッシャーと定義し、さらにはプレッシャーによってパフォーマンスが低下する現象を「あがり(choking under pressure)」と定義したが、スポーツや運動時のプレッシャーならびに「あがり」に関する研究は、これまで国内外において数多く行われ、特に近年において、プレッシャーが心理、生理、および行動の各側面に及ぼす影響に焦点を当てた研究が行われている。そして、心理面においては感情と認知に変化が生じ、生理面においては自律神経系と内分泌系に変化が生じることが明らかとなっている。しかし、運動パフォーマンスを規定する大きな要素である行動面に関しては、いくつかの研究は行われているが、研究間で統一した見解は得られておらず、その特徴は不明であった。

また先行研究では、注意の変化を基に、プレッシャーによるパフォーマンスの低下の原因を説明する2つの仮説が提唱されてきた。1つは、意識的処理仮説と呼ばれ、身体運動に対する注意の増加によりパフォーマンスが低下するという説明である。もう1つは、処理資源不足仮説と呼ばれ、身体運動以外のことに対する注意が増加して、運動遂行に必要な注意の不足によりパフォーマンスが低下するという説明である。しかしこれらの仮説では、行動面の影響については言及されておらず、プレッシャー下における注意の変化とパフォーマンスの変化の間に介在する行動的特徴を詳細に調べる必要があるであった。さらにこれらの仮説では生理面の影響についても言及されておらず、複雑なふるまいである人間の運動行動は、心理、生理、および行動の3側面の相互作用を通して、そのパフォーマンスが規定されるため、プレッシャーおよび「あがり」に関する研究においても心理、生理、および行動の3側面の相互作用を考慮した研究が必要であった。

以上より本研究では、プレッシャー下で運動スキルを遂行するときの行動的特徴を調べることを第1の目的とした。さらに、プレッシャー下で運動スキルを遂行するときの注意や感情という心理面の変化、覚醒水準という生理面の変化、運動学的変数および運動力学的変数という行動面の変化、な

第1章 先行研究の動向と課題ならびに本研究の目的

らびにパフォーマンスの変化を詳細に調べたうえで、これらの変化の関係性を調べることを第2の目的とした。なお本研究では、これらの目的を調べるために、ゴルフパッティング課題を用いた4つの実験を行い、プレッシャーが種々の運動スキルの中における分離・閉鎖スキルに及ぼす影響を調べた。

第2章 プレッシャー下における心理的, 生理的, および行動的特徴

実 験 1

1. 目 的

スポーツや運動時の「あがり」現象の解明を行うにあたって, 次の2つの問題点が指摘される. 第1に, プレッシャーによるストレス反応について先行研究では, 心理面と生理面に関しては多くの研究が行われており, それらの特徴が明らかとなっている. しかし, 運動のパフォーマンスを規定する大きな要素の1つである行動面に関しては, 研究間で統一した見解が得られておらず, その特徴は不明であった. そこで, プレッシャー下で運動スキルを遂行するときの行動的特徴の解明を行うことが必要であると考えられた.

第2に, 被験者のスキルレベルに関する問題である. プレッシャー下における行動的特徴を調べたいいくつかの先行研究では, その多くで実験課題に対する初心者が被験者として実験に参加し, 課題に対する初心者の行動的特徴が報告されてきた. しかし, 多くの熟練アスリートが, 重要な試合などでプレッシャーによって十分にパフォーマンスを発揮できないことが頻繁に生じることを考えると, 課題に対する熟練者と初心者の双方のプレッシャー下における行動的特徴を調べる必要があると考えられた.

ところで Beilock et al. (2004a) および Perkins-Ceccato et al. (2005) は, 非プレッシャー下においてゴルフのパッティング課題やピッチショット課題を行うときに, 熟練者は身体運動に対する注意を増加させたときにパフォーマンスが低下し, 初心者は二重課題を行ったときにパフォーマンスが低下することを示した. この結果は, 非プレッシャー下において運動スキルを遂行するとき, 熟練者は身体運動に対する意識的処理によってパフォーマンスが低下し, 初心者は注意の処理資源の

不足によってパフォーマンスが低下することを意味した。さらに多くの先行研究において, 身体運動に対する意識的処理ならびに注意の処理資源の不足は, プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下の原因であることが示されている。したがって, プレッシャー下においても注意の変化が原因となって運動パフォーマンスが低下する場合, 熟練者は意識的処理によってパフォーマンスが低下し, 初心者は注意の処理資源の不足によってパフォーマンスが低下することが予想され, さらにはこれらの注意の変化に伴う行動的特徴が出現することが予想された。以上より本実験では, ゴルフパッティング課題に対する熟練者と初心者が, プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときの運動変位, 運動速度, および運動時間という行動的特徴と注意の変化を調べることを目的とした。

2. 方 法

2-1. 被験者

ゴルフパッティング課題に対する熟練者として日本ゴルフツアー機構 (JGTO; Japan Golf Tour Organization) のトーナメントプロライセンスを保有する男子プロゴルファー6名 (平均年齢 24.7 ± 1.1 歳) が, 初心者としてゴルフラウンド未経験の男子大学生5名 (平均年齢 21.2 ± 0.2 歳) が参加した。なお, 全ての被験者からインフォームド・コンセントを得た。

2-2. 課題および装置

各被験者に対して, 図2-1に示したように実験室内に設置した, 途中に高さ50cm, 長さ180cmの上り傾斜のある人工芝上の4m先のターゲットを狙う, 右打ちによるゴルフパッティング課題を行わせた。ターゲットは直径10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, および90cmの9つの同心円からなり, 直径10cmの円の内側にパッティングされたボールが止まったときの得点を10点とし, 以下外側の円の内側にボールが止まったときの得点を9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, および2点とした。パッティングされたボールがターゲットから外れた場合は0点とした。また, 用具の違いによるパフォーマンスの差が現れない

ように、全ての被験者に同じパターとゴルフボールを使用させた。

また、被験者の正面330cmの位置からデジタルビデオカメラ（SONY株式会社製DCR-TRV70K）を用いて、被験者のパッティングフォームを撮影した。さらに、MOVIAS for Windows Ver1.0（株式会社ナック製）を用いて二次元動作解析を行った。状態不安の測定には新版State-Trait Anxiety Inventory-Form JYZ（肥田野ほか，2000）のSTAI Y-1（以下「STAI」と略す）を使用し、心拍数の測定にはハートレイトモニター（キャノン株式会社製バンテージXL）を使用した。

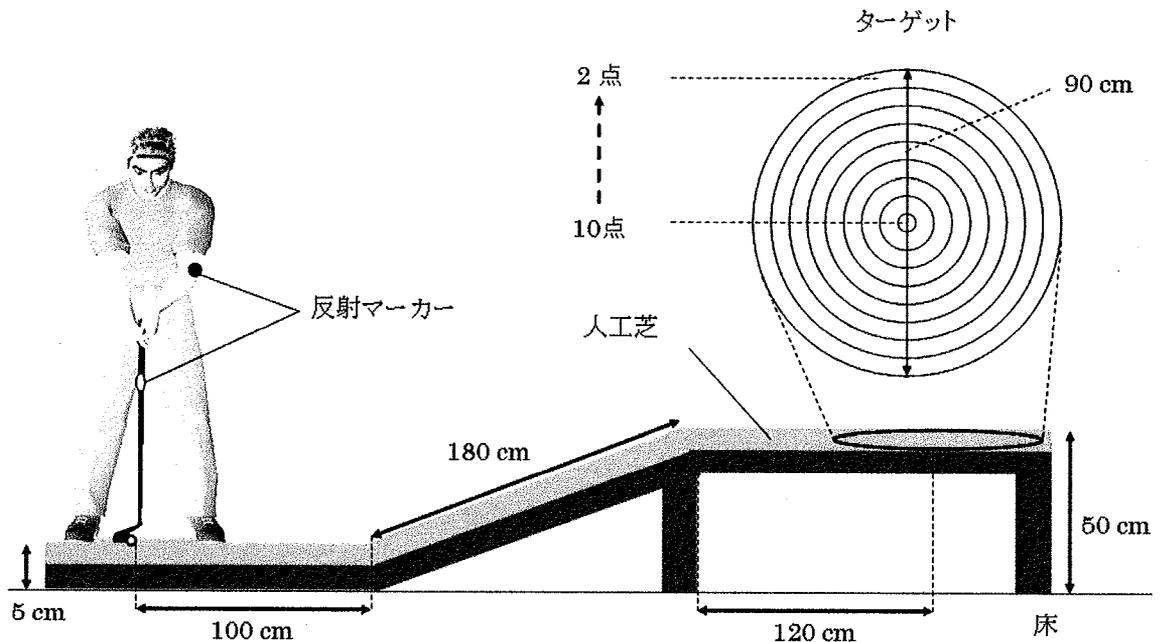


図 2-1. ゴルフパッティング課題の装置

2-3. 手続き

被験者が実験室に入室後、ハートレイトモニターの送信機を胸部に、受信機を左手首に装着した。また、二次元動作解析を行うためのマーカーを左肘（上腕骨小頭）に装着した。次に、ノーマルハンドグリップ（右手を下、左手を上にしてグリップを握る）でパッティングを行うことを教示した。さらに、

①グリップを最適な力で握る, ②腰から下や肘, 手首を固定して肩の動きでパッティングを行う, ③パターを最適な速度でテイクバック(振り上げ)およびダウンスイング(振り下ろし)を行うという3つのパッティングの技術を教示した。これらの教示は, 日本プロゴルフ協会(JPGA; Japan Professional Golf Association)の2名のティーチングプロの助言を基に作成した。

そして教示の後に, 課題を習得させるための10試行×10ブロック(計100試行)の習得を行わせた。その際, 試行間のインターバルは約10秒とし, ブロック間のインターバルは約1分とした。そして, 習得第10ブロック中においては被験者の前方に設置したビデオカメラを用いてフォーム撮影ならびに心拍数の測定を行った。また, 習得第10ブロック終了直後にSTAIを用いて状態不安を測定した。

習得試行終了後, 「これからテストとして10試行のパッティングを行います。この10試行のパッティングは, 5名の観衆の前で行ってもらいます。そして, これから行う10試行の合計得点が, 習得における最高ブロック得点を超えた場合には賞金2,000円を与えます」と教示した。そして5名の観衆が実験室に入室後, 10試行のテストを行わせた。テスト中においてもビデオカメラによるフォーム撮影ならびに心拍数の測定を行った。また, テスト終了直後にSTAIを用いて状態不安を測定した。そしてSTAIに回答を終えた後に, 習得やテストにおける注意に関する14の質問項目(表2-1を参照)から成る質問紙に回答させた。

2-4. 測定項目

<プレッシャーの操作チェック>

プレッシャーの操作チェックを表す指標として, 習得第10ブロック終了直後とテスト終了直後においてSTAIを用いて状態不安を測定した。さらに, 習得第10ブロック中とテスト中において心拍数を5秒間隔で測定した。

<パフォーマンス>

習得とテストの全ブロックにおいて, パッティング得点(1ブロック10試行中に直径90cmのターゲット内側に停止したボールの合計得点)を算出した。

<運動学的変数>

30 フレーム/秒でビデオ撮影したパッティング運動の二次元動作解析を行った。まず、撮影した映像における左肘とクラブ(パターのグリップとシャフトの接合部)の x, y 軸座標上の位置の Raw データに、次数 2, カットオフ周波数 6Hz のデジタルバターワースフィルタをかけた。そしてパッティング運動をクラブヘッドの運動を基準にして、テイクバック期(パッティング開始時から振り上げ運動の終了時まで)とフォワードスイング期(振り上げ運動終了時からパッティング終了時まで)の 2 期に区分した。そして習得第 10 ブロックとテストにおける、テイクバック期およびフォワードスイング期の左肘とクラブの直線移動距離(運動変位を表す指標:各期の開始時と終了時の座標上における位置を結ぶ直線の距離), 平均速度(運動速度を表す指標:各期の各フレームにおける速度の平均), クラブの運動時間(運動時間を表す指標:各期の開始時と終了時の時間の差)の 1 ブロック 10 試行の平均値を算出した。さらに、これら全ての項目ごとに 1 ブロック 10 試行の標準偏差(試行間における運動の変動性を表す指標)を算出した。また、クラブの運動を基準にしてゴルフパッティング運動を 2 期に区分したため、運動時間においてはクラブのみの値を算出した。

<注意>

観衆, 賞金, およびビデオカメラによる撮影というプレッシャーによって生じた身体運動に対する注意の増加および注意散漫性について尋ねた 6 つの項目(Q1~Q6), さらには身体運動に対する注意を具体的かつ詳細に尋ねた 8 つの項目(Q7~Q14)から成る質問紙(表 2-1 を参照)に回答させた。これらの質問項目は 2 名の JPGA のティーチングプロの助言を基に作成した。なお、この質問紙では各質問に対して、「とてもそうである(5点)」から「全くそうでない(1点)」までの 5 件法により回答を求め、Q1 から Q6 にかけてはテストにおいて被験者に対して負荷したプレッシャーに関する質問であったため、テストのみに対して回答を求めた。また、Q7 から Q14 にかけては 100 試行の習得とテストに対して回答を求めた。そして Q2, Q4, Q6 に回答した数字の合計を意識的処理得点(最低 3 点, 最大 15 点)として算出し、Q1, Q3, Q5 に回答した数字の合計を注意散漫得点(最低 3 点, 最大 15 点)として算出した。

表 2-1 注意に関する質問項目

-
1. ビデオ撮影をされることに対して、どの程度意識が向きましたか。
 2. ビデオ撮影をされることにより、身体運動(たとえば、打つ強さ、タイミング、パッティングフォームなど)をどの程度意識しましたか。
 3. 観衆に対して、どの程度意識が向きましたか。
 4. 観衆に見られることにより、身体運動(たとえば、打つ強さ、タイミング、パッティングフォームなど)をどの程度意識しましたか。
 5. 賞金の2,000円を獲得することに、どの程度意識が向きましたか。
 6. 賞金の2,000円を獲得するために、身体運動(たとえば、打つ強さ、タイミング、パッティングフォームなど)をどの程度意識しましたか。
 7. グリップを最適な力で握ることをどの程度意識しましたか。
 8. 腰から下や肘、手首を固定して肩の動きでパッティングを行うことをどの程度意識しましたか。
 9. 最適な速度でクラブのテイクバック(振り上げ)とダウンスイング(振り下ろし)を行うことをどの程度意識しましたか。
 10. ボールを打つ強さの調節をどの程度意識しましたか。
 11. ターゲットの中心に対して真っ直ぐにクラブを振ることをどの程度意識しましたか。
 12. テイクバックを開始するタイミングをどの程度意識しましたか。
 13. クラブの振り幅をどの程度意識しましたか。
 14. パッティングの結果イメージをどの程度意識しましたか。
-

2-5. データ分析

状態不安、心拍数、パッティング得点、および運動学的変数のそれぞれについて、熟練度(2)×ブロック(2;習得第10ブロック,テスト)の2要因分散分析を行った。さらに、注意に関する質問紙のQ7からQ14の各項目のそれぞれについて、熟練度(2)×ブロック(2;習得,テスト)の2要因分散分析を行った。なお、全ての分散分析において熟練度が被験者間要因、ブロックが被験者内要因であった。また、注意に関する質問紙のQ1からQ6について、熟練度(2)×注意の変化(2;意識的処理得点,注意散漫得点)の2要因分散分析を行った。この分散分析では、熟練度が被験者間要因、注意の変化が被験者内要因であった。なお、これらの分析にはSPSS11.5Jを使用し、有意水準を5%未満とし、分散分析の多重比較にはBonferroniの検定を用いた。

3. 結 果

3-1. プレッシャーの操作チェック

表 2-2 に, 熟練者と初心者の習得第 10 ブロック終了直後とテスト終了直後における状態不安得点の平均と標準偏差, 習得第 10 ブロック中とテスト中の心拍数の平均と標準偏差を示した. 分散分析の結果, 状態不安得点についてブロックの主効果, 熟練度の主効果, ならびに熟練度とブロックの交互作用は見られなかったが, 心拍数についてブロックの主効果 ($F(1, 9) = 13.87, p < .01$) が認められ, テストでは熟練度に関わらず心拍数が増加した.

3-2. パフォーマンス

表 2-2 に, 熟練者と初心者の習得第 10 ブロックとテストにおけるパッティング得点の平均と標準偏差を示した. 分散分析の結果, 熟練度の主効果 ($F(1, 9) = 21.76, p < .01$) が認められた. なお, ブロックの主効果ならびに熟練度とブロックの交互作用は見られなかった. したがって熟練者と初心者において, 習得からテストにかけてのパッティング得点の減少は見られなかった. なお, 賞金獲得者は熟練者と初心者ともに 0 名であった.

表 2-2 習得第 10 ブロックとテストにおける状態不安得点, 心拍数,
およびパッティング得点の平均と標準偏差

	熟練者		初心者	
	習得第10ブロック	テスト	習得第10ブロック	テスト
状態不安得点	50.33±3.79	47.66±6.47	52.00±2.62	51.00±2.12
心拍数 (bpm)	77.65±3.35	87.51±6.34	74.35±5.19	84.21±4.98
パッティング得点	29.83±8.94	40.17±3.92	9.20±3.31	13.0±1.87

3-3. 運動学的変数

表2-3に, 熟練者と初心者の習得第10ブロックとテストにおける各運動学的変数の平均と標準偏差を示した. そして, 各運動学的変数について群(2)×ブロック(2)の2要因分散分析を行った.

<直線移動距離>

テイクバック期の左肘 ($F(1, 9) = 10.66, p < .05$), テイクバック期のクラブ ($F(1, 9) = 7.42, p < .05$), フォワードスイング期の左肘 ($F(1, 9) = 13.01, p < .01$)にブロックの主効果が認められた. これらの変数に熟練度とブロックの交互作用は見られなかった. したがって, テストでは群に関わらず, テイクバック期の左肘とクラブ, フォワードスイング期の左肘の直線移動距離が減少した. なお, 直線移動距離に関するその他の変数に熟練度の主効果, ブロックの主効果, ならびに熟練度とブロックの交互作用は見られなかった.

<直線移動距離の変動性>

テイクバック期の左肘に熟練度とブロックの交互作用 ($F(1, 9) = 7.73, p < .05$)が認められた. そして熟練度とブロックの交互作用において, 初心者のブロックの単純主効果 ($F_s(1, 9) = 15.01, p < .01$)が認められた. したがって, テストでは初心者のテイクバック期の左肘の直線移動距離の変動性が減少した.

また, テイクバック期のクラブ ($F(1, 9) = 7.08, p < .05$)に熟練度の主効果が認められた. この変数に熟練度とブロックの交互作用は見られなかった. したがって, ブロックに関わらず, 初心者のテイクバック期のクラブの直線移動距離の変動性は熟練者に比べて大きかった. なお, 直線移動距離の変動性に関するその他の変数に熟練度の主効果, ブロックの主効果, ならびに熟練度とブロックの交互作用は見られなかった.

<平均速度>

テイクバック期の左肘に熟練度とブロックの交互作用 ($F(1, 9) = 5.44, p < .05$)が認められた. そして熟練度とブロックの交互作用において, 初心者のブロックの単純主効果 ($F_s(1, 9) = 8.65, p < .05$)が認められた. したがって, テストでは初心者のテイクバック期の左肘の平均速度が減少した.

さらに, フォワードスイング期の左肘 ($F(1, 9) = 16.70, p < .01$), フォワードスイング期のクラブ (F

(1, 9) = 7.98, $p < .05$)にブロックの主効果が認められた。これらの変数に熟練度とブロックの交互作用は見られなかった。したがって、テストでは熟練度に関わらず、フォワードスイング期の左肘とクラブの平均速度が減少した。なお、平均速度に関するその他の変数に熟練度の主効果, ブロックの主効果, ならびに熟練度とブロックの交互作用は見られなかった。

<平均速度の変動性>

テイクバック期の左肘に熟練度とブロックの交互作用 ($F(1, 9) = 5.40, p < .05$)が認められた。そして熟練度とブロックの交互作用において、熟練者のブロックの単純主効果 ($F_s(1, 9) = 6.90, p < .05$)が認められた。したがって、テストでは熟練者のテイクバック期の左肘の平均速度の変動性が増加した。なお、平均速度の変動性に関するその他の変数に熟練度の主効果, ブロックの主効果, ならびに熟練度とブロックの交互作用は見られなかった。

<運動時間>

運動時間に関する全ての変数に熟練度の主効果, ブロックの主効果, ならびに熟練度とブロックの交互作用は見られなかった。

<運動時間の変動性>

運動時間の変動性に関する全ての変数に熟練度の主効果, ブロックの主効果, ならびに熟練度とブロックの交互作用は見られなかった。

3-4. 注意

表 2-4 に、熟練者と初心者のテストにおける意識的処理得点と注意散漫得点, ならびに Q7 から Q14 に対する回答の平均と標準偏差を示した。Q1 から Q6 に対する熟練度 (2) × 注意の変化 (2) の分散分析の結果, 熟練度の主効果, 注意の変化の主効果, ならびに熟練度と注意の変化の交互作用は見られなかった。さらに, Q7 から Q14 のそれぞれに対する熟練度 (2) × ブロック (2) の分散分析の結果, 全ての質問項目に熟練度の主効果, ブロックの主効果, ならびに熟練度とブロックの交互作用は見られなかった。

第2章 プレッシャー下における心理的、生理的、および行動的特徴

表2-3 習得第10ブロックとテストにおける運動学的変数の平均と標準偏差

	熟練者		初心者	
	習得第10ブロック	テスト	習得第10ブロック	テスト
直線移動距離				
テイクバック期の肘 (cm)	10.97± 1.99	10.48± 1.82	11.92±1.57	11.15±1.54
テイクバック期のクラブ (cm)	26.97± 4.10	26.17± 4.15	37.32±5.01	35.41±4.32
フォワードスイング期の肘 (cm)	25.48± 4.67	24.19± 4.27	23.65±2.84	22.89±2.78
フォワードスイング期のクラブ (cm)	69.99±11.68	57.89±16.13	77.13±9.24	74.97±6.93
直線移動距離の変動性				
テイクバック期の肘 (cm)	0.77±0.11	0.75±0.12	1.50±0.12	1.09±0.18
テイクバック期のクラブ (cm)	1.47±0.43	1.52±0.31	3.00±0.57	2.14±0.16
フォワードスイング期の肘 (cm)	1.48±0.27	1.78±0.59	2.03±0.13	1.69±0.26
フォワードスイング期のクラブ (cm)	4.25±0.93	5.03±2.07	5.88±0.64	5.40±0.73
平均速度				
テイクバック期の肘 (cm/s)	15.44± 2.43	15.50± 2.04	15.19±1.19	14.29±1.28
テイクバック期のクラブ (cm/s)	34.80± 5.23	34.25± 5.18	42.49±2.90	40.93±2.33
フォワードスイング期の肘 (cm/s)	34.56± 5.00	33.47± 4.95	29.02±2.41	27.42±1.91
フォワードスイング期のクラブ (cm/s)	91.57±11.51	88.81±10.51	88.99±1.77	85.57±2.05
平均速度の変動性				
テイクバック期の肘 (cm/s)	0.96±0.13	1.29±0.27	1.45±0.21	1.34±0.14
テイクバック期のクラブ (cm/s)	1.86±0.43	2.35±0.51	3.10±0.38	2.82±0.38
フォワードスイング期の肘 (cm/s)	1.81±0.40	2.21±0.53	2.65±0.21	2.41±0.59
フォワードスイング期のクラブ (cm/s)	4.65±1.01	6.85±1.87	6.78±0.95	6.89±1.70
運動時間				
テイクバック期のクラブ (ms)	823.89±119.10	821.11±100.52	903.33± 91.86	891.33± 84.98
フォワードスイング期のクラブ (ms)	803.89± 38.88	788.88± 25.52	938.67±137.73	942.67±118.81
運動時間の変動性				
テイクバック期のクラブ (ms)	61.35±38.67	28.11± 8.17	49.23±10.15	43.90± 3.57
フォワードスイング期のクラブ (ms)	43.40±10.70	44.81±12.82	82.81±36.16	99.04±43.04

表2-4 注意に関する質問紙に回答した得点の平均と標準偏差

質問項目	熟練者		初心者	
	習得	テスト	習得	テスト
意識的処理得点 (Q2+Q4+Q6)		7.00±1.30		7.00±1.00
注意散漫得点 (Q1+Q3+Q5)		8.33±1.91		8.20±0.89
Q7	2.33±0.68	1.33±0.26	2.80±0.42	2.60±0.45
Q8	3.00±0.84	1.83±0.49	3.20±0.42	2.80±0.55
Q9	2.67±0.82	2.17±0.92	3.20±0.42	3.20±0.55
Q10	4.67±0.26	3.50±0.82	4.60±0.27	4.60±0.27
Q11	2.00±0.55	1.50±0.27	3.20±0.42	2.80±0.42
Q12	1.67±0.61	1.33±0.26	2.40±0.57	3.20±0.55
Q13	3.17±0.49	2.67±0.61	3.60±0.45	3.00±0.71
Q14	3.33±0.61	4.17±0.58	3.60±0.45	3.60±0.57

4. 考 察

4-1. プレッシャーの操作チェック

賞金や観衆というプレッシャーにより、熟練者と初心者の双方において習得第10ブロックからテストにかけて心拍数が増加した。したがって熟練者と初心者の双方において、プレッシャーによって生理的覚醒水準が高まるというストレスが喚起されたと言える。そして、本実験での習得第10ブロックからテストにかけての心拍数の増加は熟練者と初心者の双方において約10bpmであったが、山田・森井(2004)はテニスのシングルスにおける心拍数が公式試合では練習試合に比べて約20bpm増加したことを報告している。また本実験では、状態不安をテスト終了直後に測定したが、習得からテストにかけての状態不安の増加は見られなかった。しかし本実験では、テストにおける状態不安の測定をテスト終了直後に行ったため、テスト開始前やテスト中においては状態不安が高まっていた可能性もある。これらの結果から、本実験のテストでは、スポーツの試合場面よりも強度が低いストレスを被験者に対して喚起することができたと言える。そして、ストレス強度が低強度であったために、プレッシャー下における生理的覚醒水準と運動パフォーマンスの逆U字関係(Martens and Landers, 1970; Weinberg and Ragan, 1978)に基づき、熟練者と初心者の双方において、パフォーマンスの低下までには至らなかったと考えられる。

実験室においてスポーツの試合場面で起こり得るほどの高強度のストレスを喚起することの困難さは多くの先行研究においても指摘されている。しかし、スポーツの試合場面などの多くの運動行動場面では、低強度のストレスが喚起された中で運動スキルを遂行することも頻繁に求められる。したがって、高強度だけではなく、低強度のストレスが喚起されたときの行動的特徴および注意の変化を調べることも非常に重要であると考えられた。そこで、以下においては、プレッシャーにより低強度のストレスが喚起された中でゴルフパッティング課題を行うときの熟練者と初心者における行動的特徴と注意の変化について考察する。

4-2. 熟練者と初心者の行動的特徴

習得第10ブロックからテストにかけて、熟練者と初心者の双方において、テイクバック期の左肘とクラブ、さらにはフォワードスイング期の左肘の直線移動距離が減少した。したがってプレッシャー下では熟練者と初心者の双方において運動変位が減少することが示された。プレッシャーによって運動変位が減少するという研究結果は複数の先行研究においても示されている(Beuter et al., 1989; Higuchi et al., 2002; Sekiya, 2007)。したがって、本実験において熟練者と初心者の双方に見られた運動変位の減少という特徴は、先行研究で得られている知見を支持するものであった。

さらに第10ブロックからテストにかけて、熟練者と初心者の双方において、フォワードスイング期の左肘とクラブの平均速度が減少した。したがって、プレッシャー下では熟練者と初心者の双方において運動速度が減少することが示された。Murayama and Sekiya (2007)は、プレッシャーのかかったスポーツの試合場面では多くのスポーツ選手が硬く、ぎこちない身体運動を体感することを報告したが、この報告には、本研究で示された運動変位および運動速度の減少という特徴や、先行研究で示されている関節間協応の自由度の減少(Higuchi et al., 2002)ならびに関節間協応の低下(Sekiya and Urimoto, 2007)という特徴が関連していると考えられる。

4-3. 熟練者と初心者の注意の変化

また先行研究では、意識的処理仮説や処理資源不足仮説などのように、身体運動に対する注意の増加や注意散漫性の増加が原因となってプレッシャーによる運動パフォーマンスの低下が生じると説明されている。そこで本実験では、質問紙を用いることでプレッシャーによる身体運動に対する注意の増加や熟練度の違いによる注意散漫性の違いを詳細に調べた。しかし、熟練者と初心者の双方において、身体運動に対する注意に関する全ての質問項目に習得からテストにかけての変化は見られず、熟練度間の差も見られなかった。さらに、観衆や賞金に対する注意散漫性に関しても熟練度間の差が見られなかった。したがって本実験のように、プレッシャーによって低強度のストレスが喚起された中で運動スキルを遂行するときには、熟練者と初心者の双方において身体運動に

対する注意の増加は見られず、注意散漫性においても熟練度間に差が見られないことが示された。

4-4. 注意の変化とパフォーマンスおよび行動的特徴の関係性

Beilock et al. (2004a) および Perkins-Ceccato et al. (2005) は、非プレッシャー下においてゴルフのパッティング課題やピッチショット課題を行うときに、熟練者は身体運動に対する注意を増加させたときにパフォーマンスが低下し、初心者は二重課題を行うことで主課題に対する注意の処理資源が不足したときにパフォーマンスが低下することを示した。そこで本実験では、プレッシャー下においても、熟練者は身体運動に対する注意の増加によりパフォーマンスが低下し、初心者は注意の処理資源の不足によりパフォーマンスが低下することを予想した。しかし、注意に関する質問紙ならびにパッティング得点の結果から、これらの予想を支持する結果は得られなかった。その原因には、プレッシャーにより低強度のストレスしか喚起されなかったことが挙げられ、仮に高強度のストレスが喚起された場合には、注意の変化が生じて、その影響でパフォーマンスが低下する可能性があると考えられる。したがって今後の研究では、高強度のストレスを喚起するプレッシャーを被験者に負荷したうえで、プレッシャーによる注意の変化とパフォーマンスの関係を再検討することが必要であると考えられる。

さらに本実験では、熟練者と初心者の双方において、プレッシャーにより運動変位および運動速度が減少し、プレッシャー下における注意に関しても熟練度間の相違が見られなかった。したがって、本実験で生じた運動変位および運動速度の減少という運動の変化の原因を考える際、注意の変化以外の要因を考慮する必要性があることが指摘される。

4-5. 運動変位および運動速度の減少の原因

そこで次の2つが、本実験で示された運動の変化の原因として考えられる。第1に、賞金を獲得するために高得点を出したいという欲求から、運動スキルの遂行に対して正確性を重視するときに生じる運動の変化がテストにおいて生じたと考えられる。Fitts (1954) は、運動を行うときに正確性が求められる場合は正確性が求められない場合に比べて運動速度が低下するという速度と正確性

のトレード・オフを提唱した。Schmidt et al.(1979)も同様に, 速さと正確性が求められる急速狙準運動を行うときに, 運動速度の減少により, 運動の空間的正確性が高まり, 急速狙準運動終了点の変動が減少することを示した。さらにこの研究では, 運動変位が小さいほど急速狙準運動終了点の変動が減少することも示されている。その他にも, 下肢によるタッピング運動を行うときに, 運動速度が減少することでタッピング運動の正確性が増加すること(Drury, 1975, experiment 2)や, 地面に置かれた重りを卓上に移動させる課題を行うときに, 卓上に置く位置の正確性を高めようとすると, 運動変位および運動速度が減少すること(Beach et al., 2006)が示されている。本実験で用いたゴルフパッティング課題は, 一貫した運動変位や運動速度で課題を行うことがパフォーマンスの向上に繋がり, 運動変位および運動速度の変化はパフォーマンスの低下に繋がる課題であると言える。しかしプレッシャー下では, 速度と正確性のトレード・オフが生じる日常的な運動において正確性を重視した場合の運動の変化が生じたと考えられる。

第2に, プレッシャーにより恐れや嫌悪という不快情動が生じて, それに伴う情動反応から運動の変化が生じたことが示唆される。Hatfield(2005)は, プレッシャーによる運動の変化や運動パフォーマンスの低下の機序を説明する神経科学モデルを提唱しており, このモデルによれば, プレッシャー下では認知を司る前頭前野や側頭野とともに, 情動を司る扁桃体などの辺縁系が活性し, この辺縁系の活性が大脳基底核, 視床, 運動野, 補足運動野, 前運動野という運動を司る部位に影響を及ぼすとされている。そして, これらの影響で運動学的変数, 運動単位活動, 自律神経系および内分泌系の活動に変化が生じて運動の変化や運動パフォーマンスの低下が生じると説明されている。さらに Nolte and Angevine(2000)は, 情動刺激に対する行動的反応を生起させる神経路として扁桃体ならびに腹側溝に通じる線条体の関与を指摘しているが, これを基に小谷(2004)は, 通常の運動は脳の運動野から錐体路を通して筋にその命令が伝えられるが, プレッシャーにより扁桃体の活性を伴う情動反応が生じたときには, 線条体を經由する運動制御が錐体路を經由する運動制御に影響を及ぼすことで運動パフォーマンスが低下することを推測している。本実験のテストでは, 熟練者と初心者の双方において心拍数が増加したことから, 自律神経系の活動が亢進しており, このことはプレッシャーによって情動反応が生じていたことを示唆する。したがって, 本実験のプレッシ

ャー下における運動の変化は, 情動反応が運動制御に及ぼす影響から生じたことが示唆される。

ところで Deeny et al. (2003) は, ライフル射撃課題を行うときに, 中級レベルのライフル射撃選手は熟練選手に比べて, 運動を司る前運動野と認知を司る左側頭野の間の EEG (electroencephalogram) の活性が高いことを示し, この脳部位の活性と低い運動パフォーマンスとの関連性を報告した. Hatfield (2005) のモデルにおいても, プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下には認知と運動を司る脳部位の活性が影響することが示されており, プレッシャー下における運動の変化には, このような脳波活動が関連している可能性が考えられる. しかし, このことを実証した研究は見られないため, 今後は, Hatfield のモデルを実証する研究が数多く行われることが大きく期待されている。

また Weinberg and Hunt (1976) は, プレッシャー下においてオーバーハンドでボール投げ課題を行うときの筋放電時間の増長や, 課題の運動に関わる主働筋と拮抗筋の同時収縮を示し, van Loon et al. (2001) は, 手掌に対する荷重を肘関節の固定によって支える課題を行うときに, 暗算課題による二重課題を行うというストレス条件下では筋放電ならびに力が増加することを示した. したがって, ストレスの喚起による筋放電の増加, 主働筋と拮抗筋の同時収縮, 力の増加が, 本実験のプレッシャー下における運動の変化に関与している可能性も示唆される. 本実験では筋放電および力に関する指標の測定を行っていないため, 今後の研究において, プレッシャーによる筋放電および力の変化を詳細に調べることが必要であると考えられる。

4-6. 本実験の位置づけ

本実験では, プレッシャーにより低強度のストレスが喚起された中でゴルフパッティング課題を行うときに, 熟練者と初心者の双方において運動変位が減少し, さらには運動速度が減少することが示された. また, プレッシャーによる注意の変化は熟練者と初心者の双方において見られず, 熟練度間の相違も見られなかったことから, これらの運動の変化は, 注意の変化が原因となって生じた可能性が低いことが示された. 先行研究では, 意識的処理仮説や処理資源不足仮説などのように, プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下は注意の変化が原因となって生じると説明されているが,

第2章 プレッシャー下における心理的, 生理的, および行動的特徴

本実験の結果から, プレッシャーによる分離-閉鎖スキルの運動の変化に対しては, 方略の変化の影響や生理的な情動反応が運動制御に直接的に及ぼす影響を考慮する必要性が示唆された.

要 約

本実験の目的は, ゴルフに対する熟練者と初心者が, プレッシャー下においてゴルフパッティング課題を行うときの行動的特徴と注意の変化を調べることであった. 6名の男子プロゴルファーが熟練者として, ゴルフ経験のない5名の男子大学生が初心者として実験に参加し, 100試行の習得を行った後に, 観衆およびパフォーマンス次第で賞金を獲得できるというプレッシャー下において10試行のテストを行わせた. プレッシャーの操作チェックとして状態不安と心拍数を測定したが, プレッシャー下では心拍数が有意に増加した. さらに二次元動作解析を行った結果, プレッシャー下では熟練者と初心者の双方において, テイクバック期の腕とクラブの運動変位が減少し, フォワードスイング期の腕とクラブの運動速度が減少した. さらに質問紙を用いてプレッシャーによる注意の変化を調べたが, 熟練者と初心者の双方において注意の変化は見られず, 熟練度間の相違も見られなかった. 先行研究では, 注意の変化を基にプレッシャーによる運動パフォーマンスの低下の原因の説明がなされているが, 本実験の結果から, プレッシャーによる運動の変化に対しては, これらの説明に加えて, 方略の変化の影響や情動反応が運動制御に直接的に及ぼす影響を考慮する必要性が示唆された.

第3章 プレッシャー下における運動パフォーマンスの低下を導く行動的特徴

実 験 2

1. 目 的

実験 1 では、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときに、熟練者と初心者の双方において運動変位および運動速度が減少した。しかし、プレッシャーによるパフォーマンスの低下が見られなかったため、これらの行動的特徴がパフォーマンスの低下を導いたとは言えず、パフォーマンスの低下を導く行動的特徴を特定するまでには至らなかった。また実験 1 では、これらの行動的特徴が、筋放電の増加、主働筋と拮抗筋の同時収縮、ならびに力の増加という運動力学的変化が原因となって生じた可能性があることを指摘した。しかし実験 1 では、筋放電などの力に関する指標の測定を行わなかったため、実験 2 以降ではプレッシャーが運動力学的変数に及ぼす影響を詳細に調べることが必要であると考えられた。

ところで実験的研究において、プレッシャーによってパフォーマンスが低下したことを示すためには、実験に参加した被験者のパフォーマンスに関する指標の平均値がプレッシャーにより統計的に有意に低下したことを示す必要がある。しかし実験 1 のように、実験室において高強度のストレスを喚起することが困難なことや、高強度のストレスが喚起されてもパフォーマンスを維持する被験者が存在することが原因となって、統計的に有意なパフォーマンスの低下が見られない研究が多い。この問題に対して近年の研究では、プレッシャーによってパフォーマンスが低下した被験者を事後的に抽出するという方法が用いられている。たとえば Sekiya (2005) は、20 名の被験者に対してダーツ投げ課題を行わせて、プレッシャーによりダーツ投げ課題の得点が低下した 11 名の被験者を事後的に抽出して、パフォーマンスの低下を導く行動的特徴としてダーツ投げのテイクバック期における運動

変位の減少を示した。また Vickers and Williams (2007) は、バイアスロンのカナダ・ナショナルチームの選手である 10 名の被験者に対して持久運動を伴う射撃課題を行わせて、プレッシャーにより射撃課題の正確性が低下した 7 名と正確性が維持もしくは向上した 3 名を事後的に区分した。そして、正確性が低下した被験者においては、ターゲットに対する注視時間が短いことを示した。これらより、実験に参加した被験者のパフォーマンスに関する指標の平均値について、プレッシャーによる有意な低下が見られない場合でも、事後的にパフォーマンスが低下した被験者を抽出することで、パフォーマンスの低下を導く行動的特徴を調べることが可能となる。

以上より本実験では、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときの力に関する行動的特徴として筋放電を調べることを第 1 の目的とした。また実験 1 の目的と同様に、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときの運動変位、運動速度、および運動時間という行動的特徴の再検討も試みた。さらに本実験では、プレッシャーによりゴルフパッティングのパフォーマンスが低下した被験者を事後的に抽出して、プレッシャーによるパフォーマンスの低下を導く行動的特徴を調べることを目的とした。なお実験 1 では、プレッシャー下における行動的特徴や注意の変化に、ゴルフに対する熟練者と初心者の違いが見られなかったことを考慮し、本実験では初心者のみを対象を絞って実験を行った。

2. 方 法

2-1. 被験者

ゴルフパッティング課題に熟練していない右利きの男子大学生 22 名 (平均年齢 19.6 ± 1.9 歳) が参加した。なお、すべての被験者からインフォームド・コンセントを得た。

2-2. 課題および装置

各被験者に対して、実験室内に設置した平坦な人工芝上の 1.5m 先のターゲットを狙う、右打ち

によるゴルフパッティング課題を行わせた。ターゲットは、直径10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, および90cmの9つの同心円からなり、直径10cmの円の内側にパッティングされたボールが止まった際の得点を10点とし、以下外側の円の内側に止まるに従って得点を9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, および2点とした。パッティングされたボールがターゲットから外れた場合は全て0点とした。また、道具の違いによるパフォーマンスの差が現れないように、全ての被験者に同じパターとゴルフボールを使用させた。

また、被験者の正面330cmの位置からデジタルビデオカメラ(SONY株式会社製DCR-TRV70K)を用いて、被験者のパッティングフォームを撮影した。さらに、MOVIAS for Windows Ver1.0(株式会社ナック製)を用いて二次元動作解析を行った。また、ターゲットの上方230cmの位置からも上記と同じビデオカメラを用いて、パッティングされたボールの停止位置を撮影した。筋放電の測定は、PowerLab/4st(ADInstruments製)を用いて、サンプリング周波数1000Hz, High Pass Filter 10Hz, Low Pass Filter 1KHz, およびRange 5mVで行った。状態不安の測定にはSTAI(肥田野ほか, 2000)を使用し、心拍数の測定にはハートレートモニター(キヤノン株式会社製バンテージXL)を使用した。

2-3. 手続き

被験者が実験室に入室後、ハートレートモニターの送信機を胸部に、受信機を左手首に装着した。また、二次元動作解析を行うためのマーカーを右肘(上腕骨小頭)、右手首(橈骨茎状突起)、および右第2指付根(中手指節関節)に装着した。そして、筋放電を測定するための表面電極を被験者の右尺側手根屈筋(以下「右前腕屈筋」と略す)と右橈側手根伸筋(以下「右前腕伸筋」と略す)に装着した。そして、右前腕屈筋と右前腕伸筋のそれぞれに対して、約3秒間の最大等尺性収縮(Maximal-effort Isometric Contraction: MIC)を行わせた際の最大筋放電量を測定した。右前腕屈筋の最大筋放電量は、立位で右腕を垂直方向に垂らし、掌を前面に向けて右手握力を最大にした状態で手関節を屈曲させることにより測定した。また、右前腕伸筋の最大筋放電量は、立位で右腕を垂直方向に垂らし、掌を後面に向けて右手握力を最大にした状態で手関節を伸展させることにより測定した。

第3章 プレッシャー下における運動パフォーマンスの低下を導く行動的特徴

次に、ノーマルハンドグリップ(右手を下、左手を上にしてグリップを握る)でパッティングを行うことを教示した。さらに、①グリップを最適な力で握る、②腰から下や肘、手首を固定して肩の動きでパッティングを行う、③パターを最適な速度でテイクバック(振り上げ)およびダウンスイング(振り下ろし)を行うという3つのパッティングの技術を教示した。これらの教示は、JPGAのティーチングプロのライセンスを保有する2名のゴルファーの助言を基に作成した。

そして教示の後に、課題を習得させるための10試行×20ブロック(計200試行)の習得を行わせた。その際、試行間のインターバルは約10秒とし、ブロック間のインターバルは約30秒とした。そして、習得第20ブロック中においては被験者の前方に設置したビデオカメラによるフォーム撮影、筋放電ならびに心拍数の測定を行った。また、習得第16ブロック開始直前にはSTAIを用いて状態不安の測定を行った。なお、その他の測定項目と同様に習得第20ブロック開始直前に状態不安の測定を行うことが一般的であると考えられる。しかしながら、習得第20ブロックの開始直前においては、心拍数、運動学的変数、および筋放電の測定を行うために実験者が実験装置を設定する準備を行った。そして、そのような実験者の行動により被験者の状態不安が増加する可能性があることを危惧して、習得における状態不安の測定は習得第16ブロック開始直前に行った。

習得試行終了後、「これからテストとして10試行のパッティングを行います。この10試行のパッティングは、4~5名の観衆の前で行ってもらいます。そして、これから行う10試行の合計得点が、習得における最高ブロック得点を超えた場合には賞金2,000円を与えます」と教示した。そして4~5名の観衆が実験室に入室後、状態不安の測定を行うため、被験者にSTAIを回答させた。そして回答を終えた後に10試行のテストを行わせた。テスト中においてもビデオカメラによるフォーム撮影、筋放電ならびに心拍数の測定を行った。また、ターゲットの上方に設置したビデオカメラを用いた撮影により、パッティングされたボールの停止位置を定めた。なお、ターゲットの撮影は習得とテストの全てのブロックにおいて行った。そしてテスト終了後に、テストでの試行中と試行間における注意に関する7つの質問項目(表3-1を参照)から成る質問紙に回答させた。

表 3-1 注意に関する質問項目

-
1. テストにおけるパッティングとパッティングの試行間に観衆が気になりましたか.
 2. テストにおけるパッティングを行っている最中に観衆が気になりましたか.
 3. テストにおけるパッティングとパッティングの試行間に賞金が気になりましたか.
 4. テストにおけるパッティングを行っている最中に賞金が気になりましたか.
 5. 習得第18~20ブロックと比較し、テストのパッティングを行っている最中に動作(たとえば、打つ強さ、タイミング、フォームなど)を意識しましたか.
 6. テストの各パッティングでは、習得第18~20ブロックと比較し、よりボールをターゲットの中心に近づけようと努力しましたか.
 7. テストにおいてプレッシャーを感じましたか.
-

2-4. 測定項目

<ストレス>

ストレスを表す指標として、習得第16ブロック開始直前とテスト開始直前においてSTAIを用いて状態不安の測定を行った。さらに、習得第20ブロック中とテスト中において心拍数を5秒間隔で測定した。

<パフォーマンス>

習得とテストの全ブロックにおいて、パッティング得点(1ブロック10試行中に直径90cmのターゲット内側に停止したボールの合計得点)を算出した。さらに、このパッティング得点を導くパフォーマンスの質的側面を分析するために、習得とテストの全ブロックにおけるターゲットを捉えたボールのMRE (Mean Radial Error: ターゲット中心からの絶対誤差を表す指標), SRE (Subject-centroid Radial Error: ターゲット中心からの恒常誤差を表す指標), BVE (Bivariate Variable Error: 個人内の変動誤差を表す指標)を算出した。MRE, SRE, BVEは、ビデオ撮影したターゲット全体をx, y軸座標(ターゲット中心が中点(0, 0))として、以下の式による二次元上のエラースコア算出方法(Hancock et al., 1995)から算出した。

$$MRE = \overline{RE} = (1/m) \sum_{i=1}^m (RE_i) \quad \text{但し, } RE = \sqrt{(x^2 + y^2)}, \quad m = \text{試行数}$$

$$SRE = \sqrt{(x_c^2 + y_c^2)} \quad \text{但し, } (x_c, y_c) = (\bar{x}, \bar{y}) = \left[(1/m) \sum_{i=1}^m x_i, (1/m) \sum_{i=1}^m y_i \right], \quad m = \text{試行数}$$

$$BVE = \sqrt{(1/m) \sum_{i=1}^m [(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2]}, \quad m = \text{試行数}$$

<運動学的変数>

30 フレーム/秒でビデオ撮影したパッティング運動の二次元動作解析を行った。まず、撮影した映像における各マーカーの x, y 軸座標上の位置の Raw データに、次数 2, カットオフ周波数 6Hz のデジタルバターワースフィルタをかけた。そしてパッティング運動をクラブヘッドの運動を基準にして、テイクバック期(パッティング開始時から振り上げ運動の終了時まで)、ダウンスイング期(振り上げ運動の終了時から振り下げ運動におけるクラブとボールのインパクト時まで)、およびフォロースルー期(インパクト時から振り下げ運動終了時まで)の 3 期に区分した。そして習得第 15 ブロックとテストにおけるテイクバック期、ダウンスイング期、およびフォロースルー期のそれぞれに対して、右肘とクラブ(パターのシャフトの先端)の直線移動距離(運動変位の指標:各期の開始時と終了時の座標上における位置を結ぶ直線の距離)、手関節の角変位(運動変位の指標:各期の開始時と終了時の手関節角度の差)、平均速度(運動速度の指標:各期の各フレームにおける速度の平均)、ならびにクラブの運動時間(運動時間の指標:各期の開始時と終了時の時間の差)の 1 ブロック 10 試行の平均値を算出した。さらに、これら全ての項目ごとに 1 ブロック 10 試行の標準偏差(試行間における運動の変動性を表す指標)を算出した。また、クラブの運動を基準にしてゴルフパッティング運動を 3 期に区分したため、運動時間においてはクラブのみの値を算出した。

<筋放電>

測定した筋電図の生波形を整流化した後に、3 点間毎(3ms 間隔)に平滑化を行った。次に、右前腕屈筋と右前腕伸筋のそれぞれのテイクバック期、ダウンスイング期、およびフォロースルー期に

における平均整流筋電位 (mV/s) を算出した。そして、算出された平均整流筋電位においては被験者間の変動性が大きいことによりデータの分析精度の低下が生じるため、平均整流筋電位と習得試行開始前に測定したそれぞれの筋の最大筋放電量 (mV/s) の割合 (%MIC 筋放電量) を算出することにより、被験者間の変動性を小さくして分析精度を向上させた。そして、右前腕屈筋と右前腕伸筋のそれぞれの %MIC 筋放電量を各筋の力の大きさを表す指標とした。

また、主働筋と拮抗筋の同時収縮率は運動スキルを遂行するときの力みを反映する指標であることから (Akazawa et al., 1983; Tyler and Hutton, 1986; van Galen and Jong, 1995), 本実験ではテイクバック期, ダウンスイング期, およびフォロースルー期のそれぞれの右前腕屈筋と右前腕伸筋の同時収縮率を算出した。なお、同時収縮率 (%) は、横軸を時間 (ms), 縦軸を筋放電量 (mV/s) とした右前腕屈筋と右前腕伸筋それぞれの整流筋電位を表す筋電図を重ね合わせた上で、下記の式から算出した (Winter, 1990)。

$$\{(\text{屈筋と伸筋の共通活動箇所の積分値}) \times 2 / (\text{屈筋の積分積} + \text{伸筋の積分積})\} \times 100$$

さらに、これら全ての項目ごとに 1 ブロック 10 試行の標準偏差 (試行間における運動の変動性を表す指標) を算出した。

また、習得第 20 ブロックとテストの開始前に、フォーム撮影用のビデオカメラと筋放電の測定機器である PowerLab/4st に同時に信号を入力した。そして、その信号を基準にしてビデオカメラに撮影されたフォームと筋電図を同期させることにより、筋電図上における毎試行のパッティングの開始時間を定めた。

<注意>

テストでの試行中と試行間における注意に関する 7 つの項目から成る質問紙に回答させた。これらの質問項目は 2 名の JPGA のティーチングプロの助言を基に作成し、「とてもそうである (5 点)」から「全くそうでない (1 点)」までの 5 件法により回答を求めた。

2-5. データ分析

全被験者 22 名のうち、2 名は賞金が獲得できるという実験条件を実験前から知っており、習得に

において意図的にパッティング得点の操作をしている様子が伺えたために分析の対象外とした。そして、その2名を除いた20名の被験者のうち、テストにおける状態不安得点もしくは心拍数のどちらかが全被験者の習得からテストにかけての平均増加数を2で割った値(状態不安得点3.33点、心拍数5.06bpm)より増加した18名をストレス喚起者と定義し、以後の分析対象とした。

そして、習得の後半に当たる習得第13~20ブロックの平均パッティング得点とテストのパッティング得点を比較することにより、ストレス喚起者18名を5名のパフォーマンス低下群(テストにおける得点が各自の習得第13~20ブロックの平均得点から標準偏差の1/2を引いた値よりも低かった被験者)と13名のパフォーマンス維持群(テストにおける得点が各自の習得第13~20ブロックの平均得点から標準偏差の1/2を引いた値よりも高かった被験者)に分けた。図3-1には、パフォーマンス低下群とパフォーマンス維持群の習得第13~20ブロックのパッティング得点の平均とテストのパッティング得点を示した。そしてパッティング得点に対して、群(2)×ブロック(2)の2要因分散分析を行った結果、群とブロックの交互作用($F(1, 16) = 33.57, p < .01$)が認められた。さらに群とブロックの交互作用において、パフォーマンス低下群におけるブロックの単純主効果($F_s(1, 15) = 14.85, p < .01$)、パフォーマンス維持群におけるブロックの単純主効果($F_s(1, 15) = 22.84, p < .01$)、ならびにテストにおける群の単純主効果($F_s(1, 15) = 17.48, p < .01$)が認められ、習得の後半からテストにかけて、パフォーマンス低下群のパッティング得点は減少し、パフォーマンス維持群のパッティング得点は増加した。このことから、本実験においてストレス喚起者18名をパフォーマンス低下群とパフォーマンス維持群に群分けを行った方法は妥当であったと言える。

そして、状態不安、心拍数、運動学的変数、および筋放電のそれぞれの測定値について群(2)×ブロック(2)の2要因分散分析を行い、パフォーマンスの質的側面を表すMRE, SRE, およびBVEのそれぞれについて、群(2)×ブロック(2)の2要因分散分析を行った。なお、全ての分散分析において群を被験者間要因、ブロックを被験者内要因として、多重比較にはBonferroniの検定を用いた。また、パフォーマンス低下群とパフォーマンス維持群の質問紙の各項目の得点について対応のない t 検定を行った。なお、これらの分析にはSPSS11.5Jを使用し、有意水準を5%未満とした。

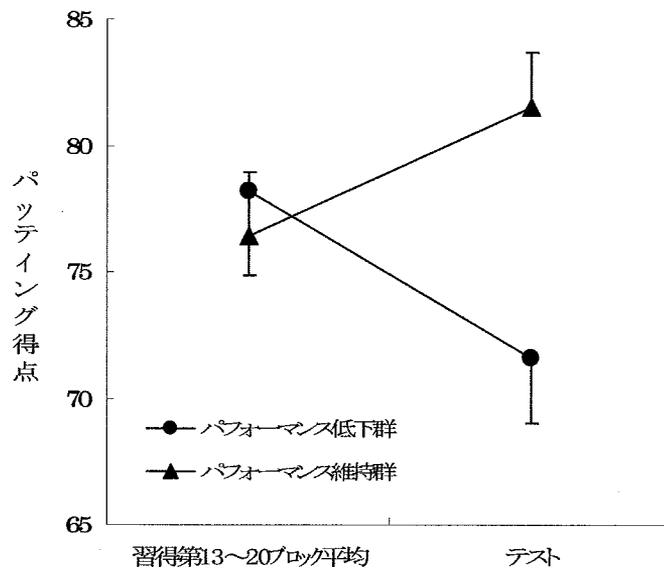


図 3-1. 習得第 13~20 ブロックの平均パッティング得点とテストのパッティング得点

3. 結果

3-1. ストレス

表 3-2 に, ストレス喚起者 18 名ならびにパフォーマンス低下群とパフォーマンス維持群の習得第 16 ブロック開始直前とテスト開始直前の状態不安得点の平均と標準偏差, 習得第 20 ブロック中とテスト中の心拍数の平均と標準偏差を示した. なお, パフォーマンス維持群の 1 名においては測定器具の不具合により心拍数の測定を行うことができなかったため, パフォーマンス維持群に関しては 12 名の心拍数を分析した. 分散分析の結果, 状態不安得点 ($F(1, 16) = 24.94, p < .01$) と心拍数 ($F(1, 16) = 10.71, p < .01$) にブロックの主効果が認められ, テストでは群に関わらず, 状態不安得点と心拍数が増加した.

表 3-2 習得とテストにおける状態不安得点および心拍数の平均と標準偏差

	ストレス喚起者 (n=18)			
	習得		テスト	
状態不安得点	38.33±2.38		46.78±2.90	
心拍数 (bpm)	84.81± 6.66		96.15 ±9.48	
	パフォーマンス低下群 (n=5)		パフォーマンス維持群 (n=13)	
	習得	テスト	習得	テスト
状態不安得点	38.40±2.20	47.00± 2.50	38.31±2.53	46.69±3.13
心拍数 (bpm)	88.02±7.93	96.22±10.00	82.88±6.15	96.27±9.30

Note. 表中の習得とは、状態不安得点においては習得第16ブロック開始直前のことを指し、心拍数においては習得第20ブロック中のことを指す。また、テストとは、状態不安得点においてはテスト開始直前のことを指し、心拍数においてはテスト中のことを指す。

3-2. パフォーマンス

MRE(平均絶対誤差), SRE(恒常誤差), および BVE(変動誤差)のそれぞれに対する分散分析の結果, MRE ($F(20, 300) = 2.35, p < .01$)にブロックの主効果が認められた。ブロックの主効果について多重比較を行った結果, 習得第 13, 16, 19, 20 ブロックとテストの MRE が習得第 1 ブロックよりも高いことが示された。したがって, 群に関わらずゴルフパッティング課題のパフォーマンスを習得第 13 ブロックまでに習得し, 習得第 13 ブロックから習得第 20 ブロックにかけては習得したパフォーマンスを維持した。なお, SRE と BVE にブロックの主効果は見られなかった。

また, MRE ($F(20, 300) = 1.63, p < .05$)と BVE ($F(20, 300) = 1.90, p < .05$)に群とブロックの交互作用が認められた。そして群とブロックの交互作用において, MRE ($F_s(1, 15) = 12.61, p < .01$)と BVE ($F_s(1, 15) = 13.79, p < .01$)のテストにおける群の単純主効果が認められた。したがって, テストにおいてはパフォーマンス低下群の MRE と BVE がパフォーマンス維持群に比べて大きかった。なお, SRE に群とブロックの交互作用は見られなかった。また, 賞金 2,000 円を獲得した被験者はパフォーマンス維持群の 1 名のみであった。

3-3. 運動学的変数

表 3-3 に、パフォーマンス低下群とパフォーマンス維持群の習得第 20 ブロックとテストにおける各運動学的変数の平均と標準偏差を示した。

<直線移動距離>

テイクバック期の右肘 ($F(1, 16) = 5.02, p < .05$) およびフォロースルー期の右肘 ($F(1, 16) = 6.60, p < .05$) にブロックの主効果が認められた。これらの変数に群とブロックの交互作用は見られなかった。したがって、テストでは群に関わらず、これらの部位の直線移動距離が減少した。

また、テイクバック期のクラブの直線移動距離に群とブロックの交互作用 ($F(1, 16) = 5.48, p < .05$) が認められた。そして群とブロックの交互作用において、パフォーマンス維持群のブロックの単純主効果 ($F_s(1, 16) = 11.03, p < .01$) が認められた。したがって、テストにおいてはパフォーマンス維持群のテイクバック期のクラブの直線移動距離が減少した。なお、直線移動距離に関するその他の変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

<直線移動距離の変動性>

テイクバック期の右肘 ($F(1, 16) = 7.89, p < .05$) およびフォロースルー期の右肘 ($F(1, 16) = 6.24, p < .05$) にブロックの主効果が認められた。これらの変数に群とブロックの交互作用は見られなかった。したがってテストでは群に関わらず、これらの部位の直線移動距離の変動性が減少した。

また図 3-2 に示したように、テイクバック期のクラブに群とブロックの交互作用 ($F(1, 16) = 5.98, p < .05$) が認められた。そして群とブロックの交互作用において、パフォーマンス低下群のブロックの単純主効果 ($F_s(1, 16) = 6.03, p < .05$) が認められた。したがって、テストにおいてはパフォーマンス低下群のテイクバック期のクラブの直線移動距離の変動性が増加した。なお、直線移動距離の変動性に関するその他の変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

<角変位>

ダウンスイング期の手関節屈曲 ($F(1, 16) = 4.81, p < .05$) に群の主効果が認められた。この変数にブロックの主効果や群とブロックの交互作用は見られなかった。したがって、パフォーマンス低下

群はブロックに関わらず、ダウンスイング期の手関節の屈曲角変位がパフォーマンス維持群に比べて大きかった。なお、角変位に関するその他の変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

<角変位の変動性>

図3-3に示したように、ダウンスイング期の手関節屈曲の角変位の変動性に群とブロックの交互作用 ($F(1, 16) = 7.52, p < .05$) が認められた。そして群とブロックの交互作用において、パフォーマンス低下群のブロックの単純主効果 ($F_s(1, 16) = 7.22, p < .05$) が認められた。したがって、テストにおいてはパフォーマンス低下群のダウンスイング期の手関節屈曲角変位の変動性が増加した。なお、角変位の変動性に関するその他の変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

<平均速度>

フォロースルー期の右肘 ($F(1, 16) = 12.61, p < .01$) にブロックの主効果が認められた。この変数に群とブロックの交互作用は見られなかった。したがって、テストでは群に関わらず、フォロースルー期の右肘の平均速度が減少した。

また、テイクバック期のクラブに群とブロックの交互作用 ($F(1, 16) = 6.45, p < .05$) が認められた。しかし、群とブロックの交互作用において単純主効果の検定を行った結果、全ての単純主効果に有意差が見られなかった。

さらに、ダウンスイング期のクラブに群とブロックの交互作用 ($F(1, 16) = 9.01, p < .01$) が認められた。そして群とブロックの交互作用において、パフォーマンス低下群のブロックの単純主効果 ($F_s(1, 16) = 5.11, p < .05$) が認められた。したがって、テストにおいてはパフォーマンス低下群のダウンスイング期のクラブの平均速度が増加した。なお、平均速度に関するその他の変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

<平均速度の変動性>

平均速度の変動性に関する全ての変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

<運動時間>

テイクバック期のクラブ ($F(1, 16) = 12.08, p < .01$) にブロックの主効果が認められた。この変数に群とブロックの交互作用は見られなかった。したがってテストでは群に関わらず、テイクバック期のクラブの運動時間が減少した。なお、運動時間に関するその他の変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

<運動時間の変動性>

テイクバック期のクラブ ($F(1, 16) = 5.09, p < .05$) にブロックの主効果が認められた。この変数に群とブロックの交互作用は見られなかった。したがってテストでは群に関わらず、テイクバック期のクラブの運動時間の変動性が減少した。なお、運動時間の変動性に関するその他の変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

表 3-3 習得第 20 ブロックとテストにおける運動学的変数の平均と標準偏差

	パフォーマンス低下群		パフォーマンス維持群	
	習得	テスト	習得	テスト
直線移動距離				
テイクバック期の右肘 (cm)	4.76±2.21	4.33±1.92	2.76±1.17	2.51±1.01
テイクバック期のクラブ (cm)	22.95±6.83	23.68±6.74	16.51±4.05	14.35±3.62
フォロースルー期の右肘 (cm)	6.96±2.82	5.71±2.11	6.49±1.61	5.86±1.49
フォロースルー期のクラブ (cm)	25.22±3.57	23.22±2.61	29.64±5.50	29.51±5.73
直線移動距離の変動性				
テイクバック期の右肘 (cm)	0.79±0.27	0.67±0.43	0.71±0.18	0.50±0.13
テイクバック期のクラブ (cm)	1.62±0.34	3.08±0.90	2.55±0.53	2.30±0.81
フォロースルー期の右肘 (cm)	1.24±0.43	0.82±0.21	1.15±0.21	0.93±0.23
フォロースルー期のクラブ (cm)	3.68±0.83	3.30±0.83	3.81±0.89	4.02±1.16
角変位				
テイクバック期の右手関節屈曲 (deg)	-2.60±0.75	-2.16±1.09	-1.08±1.40	-0.88±0.94
ダウンスイング期の右手関節屈曲 (deg)	2.18±1.00	2.22±1.41	-0.21±1.20	0.41±0.74
フォロースルー期の右手関節屈曲 (deg)	0.65±2.33	0.52±2.46	1.62±1.74	1.13±1.61
角変位の変動性				
テイクバック期の右手関節屈曲 (deg)	2.42±0.63	3.26±0.29	3.36±1.27	2.78±0.34
ダウンスイング期の右手関節屈曲 (deg)	2.53±0.21	3.42±0.35	2.82±0.42	2.64±0.37
フォロースルー期の右手関節屈曲 (deg)	3.12±0.49	3.14±0.49	3.27±0.61	3.40±0.58
平均速度				
テイクバック期の右肘 (cm/s)	8.47±2.50	8.37±2.52	7.00±1.16	6.50±1.03
テイクバック期のクラブ (cm/s)	37.99±8.34	41.18±9.10	31.57±5.37	29.83±5.23
ダウンスイング期の右肘 (cm/s)	14.39±3.51	14.34±3.68	13.31±1.87	12.65±1.75
ダウンスイング期のクラブ (cm/s)	63.98±6.50	67.20±7.39	59.11±5.15	57.30±4.38
フォロースルー期の右肘 (cm/s)	12.73±2.71	11.39±2.50	11.53±1.59	10.76±1.32
フォロースルー期のクラブ (cm/s)	54.71±2.56	54.65±3.38	60.67±4.45	59.08±3.37
平均速度の変動性				
テイクバック期の右肘 (cm/s)	1.21±0.32	0.98±0.22	1.13±0.23	1.02±0.23
テイクバック期のクラブ (cm/s)	4.75±1.85	4.39±0.93	4.46±1.04	3.95±1.03
ダウンスイング期の右肘 (cm/s)	1.40±0.31	1.31±0.32	1.62±0.31	1.21±0.23
ダウンスイング期のクラブ (cm/s)	5.98±1.60	4.97±1.23	5.33±0.86	4.47±0.89
フォロースルー期の右肘 (cm/s)	1.96±0.35	1.55±0.36	1.60±0.15	1.39±0.19
フォロースルー期のクラブ (cm/s)	5.86±0.33	6.03±0.79	6.58±1.08	6.73±1.26
運動時間				
テイクバック期のクラブ (ms)	651.33±40.90	613.33±33.50	526.92±95.09	481.79±101.36
ダウンスイング期のクラブ (ms)	366.00±50.46	371.33±49.28	363.59±52.83	356.67± 50.64
フォロースルー期のクラブ (ms)	436.00±85.84	386.00±50.42	399.23±53.86	405.64± 64.60
運動時間の変動性				
テイクバック期のクラブ (ms)	54.48± 9.35	44.74± 9.35	60.37±21.55	40.06± 9.14
ダウンスイング期のクラブ (ms)	34.47± 8.99	31.91± 8.37	32.21± 4.47	24.58± 5.04
フォロースルー期のクラブ (ms)	40.92±14.90	49.91±15.02	63.21±21.35	70.10±34.25

Note. 表中の習得とは、習得第20ブロック中のことを指す。また、テストとは、テスト中のことを指す。

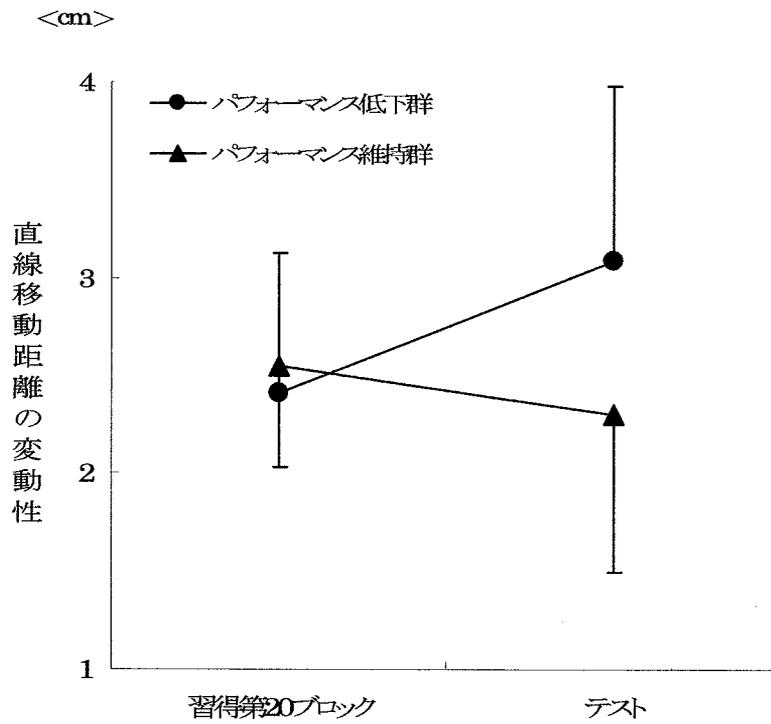


図 3-2. 習得第 20 ブロックとテストにおけるテイクバック期のクラブの直線移動距離の変動性

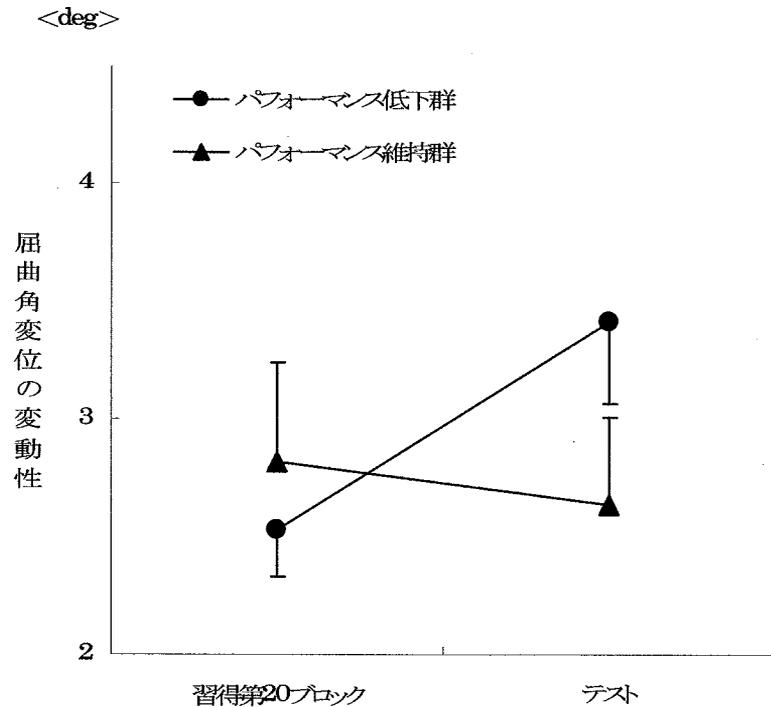


図 3-3. 習得第 20 ブロックとテストにおけるダウスイング期の右手関節屈曲角変位の変動性

3-4. 筋放電

表 3-4 に、パフォーマンス低下群とパフォーマンス維持群の習得第 20 ブロックとテストにおける筋放電に関する各変数の平均と標準偏差を示した。

<%MIC 筋放電量>

%MIC 筋放電量に関する全ての変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

<%MIC 筋放電量の変動性>

テイクバック期の右前腕伸筋の%MIC 筋放電量の変動性 ($F(1, 16) = 8.70, p < .01$) にブロックの主効果が認められた。この変数に群とブロックの交互作用は見られなかった。したがってテストでは群に関わらず、テイクバック期の右前腕伸筋の%MIC 筋放電量の変動性が減少した。なお、%MIC 筋放電量の変動性に関するその他の変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

<同時収縮率>

同時収縮率に関する全ての変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

<同時収縮率の変動性>

同時収縮率の変動性に関する全ての変数に群の主効果、ブロックの主効果、ならびに群とブロックの交互作用は見られなかった。

3-5. 注意

質問紙の 7 項目のそれぞれの得点について対応のない t 検定を行った結果、全ての項目において群間に有意差が見られなかった。

表 3-4 習得第 20 ブロックとテストにおける筋放電に関する変数の平均と標準偏差

	パフォーマンス低下群		パフォーマンス維持群	
	習得	テスト	習得	テスト
%MIC筋放電量				
テイクバック期の右前腕屈筋 (%)	2.46±0.34	2.42±0.23	2.39±0.73	2.80±1.10
ダウンスイング期の右前腕屈筋 (%)	2.73±0.43	2.64±0.47	2.95±1.08	3.40±1.26
フォロースルー期の右前腕屈筋 (%)	2.59±0.45	2.60±0.53	2.78±0.99	3.53±1.39
テイクバック期の右前腕伸筋 (%)	3.30±0.56	3.21±0.71	3.61±1.02	3.94±1.12
ダウンスイング期の右前腕伸筋 (%)	3.14±0.71	3.23±0.66	3.83±1.33	4.19±1.19
フォロースルー期の右前腕伸筋 (%)	3.33±0.62	3.45±0.61	4.79±2.05	5.83±2.80
%MIC筋放電量の変動性				
テイクバック期の右前腕屈筋 (%)	0.45±0.14	0.33±0.06	0.33±0.13	0.49±0.29
ダウンスイング期の右前腕屈筋 (%)	0.45±0.12	0.39±0.11	0.40±0.16	0.49±0.23
フォロースルー期の右前腕屈筋 (%)	0.58±0.21	0.58±0.19	0.42±0.12	0.60±0.23
テイクバック期の右前腕伸筋 (%)	0.62±0.15	0.54±0.12	0.72±0.25	0.54±0.18
ダウンスイング期の右前腕伸筋 (%)	0.72±0.15	0.55±0.14	0.80±0.38	0.53±0.18
フォロースルー期の右前腕伸筋 (%)	0.73±0.19	0.81±0.17	0.88±0.30	1.01±0.41
同時収縮率				
テイクバック期の右前腕屈筋と右前腕伸筋 (%)	60.49±1.22	60.47±1.33	60.42±2.24	60.01±2.56
ダウンスイング期の右前腕屈筋と右前腕伸筋 (%)	59.34±0.82	60.06±0.69	59.93±1.95	59.54±2.22
フォロースルー期の右前腕屈筋と右前腕伸筋 (%)	58.08±1.79	56.85±1.83	54.02±4.35	53.02±4.28
同時収縮率の変動性				
テイクバック期の右前腕屈筋と右前腕伸筋 (%)	2.81±0.47	3.34±0.94	3.65±0.60	3.47±0.56
ダウンスイング期の右前腕屈筋と右前腕伸筋 (%)	3.86±0.64	4.05±0.53	4.57±0.56	3.32±0.49
フォロースルー期の右前腕屈筋と右前腕伸筋 (%)	3.70±0.36	3.76±0.85	4.33±0.90	3.82±0.84

Note. 表中の習得とは、習得第20ブロック中のことを指す。また、テストとは、テスト中のことを指す。

4. 考 察

4-1. ストレスの強度

賞金や観衆というプレッシャーにより、パフォーマンス低下群とパフォーマンス維持群の両群において、習得からテストにかけて状態不安得点と心拍数が増加した。したがって本実験のプレッシャーによって、両群において不安ならびに生理的覚醒水準が高まるというストレスが喚起されたと言える。本実験のテストにおける状態不安得点は、ストレス喚起者の平均で約 47 点であった。Cerin (2003)は、空手、テニス、および水泳などの個人競技のスポーツ選手を対象に、STAI を用いて試

合開始 1 時間前の状態不安を測定し、平均得点が約 54 点であったことを報告している。また、本実験のストレス喚起者における心拍数の増加は約 11bpm であり、実験 1 と同程度の増加であった。したがって本実験においても、被験者に対して低強度のストレスを喚起させたが、スポーツの試合場面で起こり得る高強度のストレスを喚起させるまでには至らなかった。

4-2. 行動的特徴

テストにおいては群に関わらず、テイクバック期とフォロースルー期の右肘の直線移動距離が減少し、さらにはフォロースルー期の右肘の平均速度が減少した。また、テイクバック期においては群に関わらずクラブの運動時間が減少した。したがってプレッシャー下でストレスが喚起された被験者においては、テイクバック期の運動変位および運動時間が減少し、さらにはフォロースルー期の運動変位および運動速度が減少した。本実験の目的の 1 つは、ゴルフパッティング課題を行うときの運動変位、運動速度、および運動時間という行動的特徴を再検討することであったが、本実験においても実験 1 と同様に、運動変位および運動速度の減少という特徴が生じることが確認された。さらに本実験では、プレッシャー下におけるストレスの喚起によって運動時間が減少するという特徴も示された。

Mullen and Hardy (2000) は、非プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときに身体運動に対する注意を増加させた場合、運動時間が増加することを示した。さらに非プレッシャー下で二次課題とともにパッティング課題を行う場合も、運動時間が増加することを示した。しかし本実験のストレス喚起者においては、運動時間の減少という Mullen and Hardy (2000) の研究結果と正反対の結果が示された。つまり、本実験のストレス喚起者に生じた運動変位、運動速度、および運動時間の減少という行動的特徴は、身体運動に対する注意の増加や注意散漫性の増加という注意の変化が原因となって生じたものではないことが示唆される。そこで実験 1 の考察でも述べたように、方略の変化の影響や、情動反応が運動制御に直接的に及ぼす影響から、これらの運動行動の変化が生じた可能性が高いと考えられる。

またテストのパフォーマンス維持群においては、運動変位および運動速度が減少したにも関わら

ず、ゴルフパッティングのパフォーマンスを維持もしくは向上させた。Sekiya (2005)は、ダーツ投げ課題を行うときに、ストレスが喚起されて、ダーツ投げ課題のパフォーマンスが低下した被験者においては、ダーツ投げのテイクバック期における運動変位が減少し、ダーツが的の下方に偏向することを示した。このように、通常はストレスの喚起による運動の変化に伴いパフォーマンスの低下が生じると考えられるが、本実験のパフォーマンス維持群においては、運動の変化に伴うパフォーマンスの低下は見られなかった。その要因として、パフォーマンス維持群においては、ゴルフパッティングのダウンスイング期の運動に変化が生じなかったことが挙げられる。ゴルフパッティングにおいてダウンスイング期という時期は、ボールを打つ直前であるため、高いパフォーマンスを発揮するために最も重要な時期であると考えられる。そして、プレッシャー下においてもダウンスイング期の運動に関しては習得で獲得した運動を保持したために、パフォーマンス維持群はパフォーマンスを低下させなかったと考えられる。

4-3. パフォーマンスの低下を導く行動的特徴

しかし、テストでのパフォーマンス低下群においては、パッティング得点が習得後半に比べて減少した。そして、反応の誤差を表す MRE や反応の変動性を表す BVE といったパフォーマンスの質的側面を表す指標についても、テストにおいてパフォーマンス低下群はパフォーマンス維持群に比べて相対的に大きかった。なお、習得からテストにかけての反応の偏りの大きさを表す SRE に変化は見られなかった。MRE は SRE と BVE の両方を反映する指標であることから、テストでのパフォーマンス低下群においては、パッティングされたボールの停止位置の変動性がパフォーマンス維持群に比べて相対的に大きくなることにより、ターゲット中心からの絶対誤差も大きくなり、パフォーマンスが低下したと考えられる。

そしてテストでのパフォーマンス低下群においては、運動変位および運動速度が減少したことに加えて、テイクバック期のクラブの直線移動距離の変動性が増加し、さらにはダウンスイング期の手関節の屈曲角変位の変動性が増加した。したがって、プレッシャーにより運動変位の変動性が増加することで、パッティングされたボールの停止位置の変動性も大きくなり、パフォーマンスの低下に繋

がったと考えられる。また運動変位の変動性の増加は、テストの10試行においてテイクバック期のクラブならびにダウンスイング期の手関節の運動を調節しながらパッティングを行ったために生じたと考えられる。しかし注意に関する質問紙の結果から、パフォーマンス低下群とパフォーマンス維持群のテストにおける注意に差は見られなかったことから、パフォーマンス低下群はテストにおいて、このような運動の調節を無意識的に行ったことが示唆される。

4-4. 力に関する行動的特徴

また、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときの力に関する行動的特徴として筋放電を調べることも本実験の目的であったが、筋放電の結果から、右前腕屈筋と右前腕伸筋の筋放電量や同時収縮率に習得からテストにかけての変化は見られなかった。先行研究では、プレッシャー下において運動に関わる筋の放電量が増加することや、主働筋と拮抗筋の同時収縮率が増加することが運動パフォーマンスの低下に繋がる可能性があることが指摘されているが(たとえば、Weinberg and Hunt, 1976)、本実験ではそのような結果は得られなかった。しかし、被験者に対して本実験よりも高強度のストレスを喚起することや、ゴルフパッティングの運動に関わる右前腕以外の筋の放電量を測定することにより異なる結果が得られることも考えられる。したがってプレッシャー下における力に関する行動的特徴に関しては、今後の研究においてさらに検討を行うことが必要であると考えられる。

4-5. 本実験の位置づけ

本実験のストレス喚起者においても、実験1の結果と同様に、運動変位および運動速度が減少した。さらに、本実験のストレス喚起者においては運動時間の減少も生じた。そして第2章においても考察したように、プレッシャー下におけるこれらの運動の変化は、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下の原因として多くの先行研究で説明されている注意の変化から生じたのではなく、方略の変化の影響や、情動反応が運動制御に直接的に及ぼす影響から生じた可能性が高いことが示唆された。さらに本実験の結果から、プレッシャーによるゴルフパッティングのパフォーマンスの低

第3章 プレッシャー下における運動パフォーマンスの低下を導く行動的特徴

下には、運動変位の変動性の増加という行動的特徴によって導かれることが示された。また本実験では、プレッシャー下における筋放電の変化を調べたが、筋放電の結果から、プレッシャー下における力に関する行動的特徴については明らかとならなかった。今後の研究においても検討を行うことが必要であると考えられる。

要 約

本実験の第1の目的は、プレッシャー下においてゴルフパッティング課題を行うときの運動変位、運動速度、および運動時間という行動的特徴を再検討し、さらには筋放電という力に関する行動的特徴を調べることであった。また第2の目的は、プレッシャー下におけるゴルフパッティングのパフォーマンスの低下を導く行動的特徴を調べることであった。ゴルフに対する初心者である22名の男子大学生が実験に参加し、200試行の習得を行った後に、観衆およびパフォーマンス次第で賞金を獲得できるというプレッシャー下において10試行のテストを行わせた。そして状態不安と心拍数を測定し、テストにおいて状態不安もしくは心拍数が増加した18名の被験者をストレス喚起者とした。そして二次元動作解析を行った結果、ストレス喚起者においては、テイクバック期の腕もしくはクラブの運動変位ならびに運動時間が減少し、フォロースルー期の腕もしくはクラブの運動速度ならびに運動時間が減少した。しかし、ストレス喚起者の右前腕屈筋および右前腕伸筋の筋放電について、プレッシャー下での変化は見られなかった。さらに18名のストレス喚起者の中の5名において、プレッシャー下でのゴルフパッティングのパフォーマンスの低下が見られたが、これらの被験者においてはプレッシャー下では運動変位の変動性が増加するという行動的特徴が見られた。また、テストにおいてパフォーマンスを維持した被験者と低下した被験者との間に注意の差は見られず、このことから、ストレス喚起に伴う運動の変化やパフォーマンスの低下は、プレッシャー下における注意が原因となって生じたものではないことが示唆された。

第4章 プレッシャー下における心理面、生理面、および行動面の変化の関係性

実 験 3 - 1

1. 目 的

意識的処理仮説や処理資源不足仮説などのように、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下は注意の変化が原因となって生じることが多くの先行研究で示されているが、非プレッシャー下で運動スキルを遂行するときにおいても、身体運動に対する注意の増加や、注意の処理資源の不足によって運動パフォーマンスが低下することが多くの研究で明らかとなっている(e.g., Baumeister, 1984; Beilock et al., 2002; Beilock et al., 2004a). さらに、非プレッシャー下における注意の変化とパフォーマンスの変化の間に介在する行動的特徴を調べた研究もいくつか行われており、身体運動に対して注意を増加させたときの行動的特徴として Higuchi(1998)は、非利き手で下手ボール投げ課題を行うときの関節間協応ならびにリリースポイントの変動性の増加を示し、Mullen and Hardy(2000)はゴルフパッティング課題を行うときの運動時間の増加を示した。さらに力に関する特徴として Vance et al.(1996)は、肘関節の屈曲・伸展運動によるウェイトリフティング課題を行うときの筋放電の増加ならびに筋放電の平均周波数の増加を示した。これは、身体運動に対する注意の増加により運動単位の活動電位の伝達速度が増加して力が増加したことを意味する。

また、二次課題とともに運動課題を行うときの行動的特徴として Mullen and Hardy(2000)は、ゴルフパッティング課題を行うときの運動時間の増加を示した。さらに坂元ほか(2007)は、コンピュータによるターゲット追跡課題を行うときに、二次課題を行うことで運動速度の平均周波数が減少することを示し、注意の処理資源が不足するとフィードバック制御による運動が抑制されることを示した。さらに力に関する特徴として van Loon et al.(2001)は、手掌に対する荷重を肘関節の固定によつ

て支える課題を行うときの筋放電ならびに力の増加を示した。

このように非プレッシャー下における運動スキルの遂行に関しては、いくつかの研究で、身体運動に対する注意の増加や、二次課題を行うことで運動の変化が生じることが報告されている。しかし、プレッシャー下における運動スキルの遂行に関しては、第1章で指摘したように、先行研究では注意の変化とパフォーマンスの関係を調べることに留まり、注意の変化とパフォーマンスの変化の間に介在する行動的特徴に関しては調べられていない。運動スキルにおける行動面は、運動パフォーマンスを規定する大きな要素であるため、プレッシャー下で運動スキルを遂行するときにおいても、注意の変化に伴って何らかの行動面の変化が生じて、運動パフォーマンスが変化することが予想される。

実験1では、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときの運動変位、運動速度、および運動時間という行動的特徴と注意の変化を調べたが、被験者数が熟練者6名、初心者5名という少人数であったため、プレッシャー下における注意の変化と行動的特徴の関係性を調べるのが困難であった。さらに実験2では、22名の被験者が実験に参加し、プレッシャーによってストレスが喚起された18名を分析対象として、ストレス喚起に伴う行動的特徴を調べた。しかし実験の目的から、習得からテストにかけての注意の変化については測定を行わなかったため、実験2においてもプレッシャー下における注意の変化と行動的特徴との関係性を調べるのが困難であった。

また実験1と実験2では、プレッシャーによって運動変位、運動速度、および運動時間が減少したが、プレッシャー下におけるこれらの運動の変化は、情動反応が運動制御に直接的に及ぼす影響から生じた可能性があることが推察された。そして実験1と実験2では、情動反応に関連する指標である感情および覚醒水準を測定したが、プレッシャーによる感情および覚醒水準の変化と行動面の変化との関係性を調べることで、実験1と実験2で示された行動的特徴が情動反応の影響から生じたのかについて検討することが可能となる。

これらの点から、プレッシャー下において運動スキルを遂行するときの心理面の変化、生理面の変化、行動面の変化、ならびにパフォーマンスの変化を詳細に調べたうえで、これらの変化の関係性を調べる研究を行うことが必要である。この目的に関する先行研究として **Vickers and Williams**

(2007)は、プレッシャー下で最大酸素摂取量の100%の強度の持久運動とともに射撃課題を行うときの射撃の正確性の低下は、ターゲットに対する注視時間の減少ならびに主観的疲労度の減少に関連することを示した。しかしこの研究では、行動面の指標として眼球運動のみを測定しており、運動学的変数や運動力学的変数などの行動面の指標は測定されていない。そこで、これらの行動面の指標を測定したうえで、プレッシャー下における心理面の変化、生理面の変化、行動面の変化、ならびにパフォーマンスの変化の関係性をさらに調べる必要がある。そこで本実験では、ゴルフに対する初心者が、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときの注意や感情という心理面の変化、覚醒水準という生理面の変化、運動学的変数および筋放電という行動面の変化、ならびにパッティングされたボールの停止位置というパフォーマンスの変化を調べて、さらにはこれらの変化の関係性を調べることを目的とした。

2. 方 法

2-1. 被験者

ゴルフパッティング課題に熟練していない右利きの男子大学生16名(平均年齢 19.56 ± 0.48 歳)が参加した。なお、実験室に入室した直後に、全ての被験者から実験参加および電気刺激の呈示に関するインフォームド・コンセントを得たうえで実験を行った。

2-2. 課題および装置

各被験者に対して、実験室内に設置した平坦な人工芝上の1.5m先のターゲットを狙う、右打ちによるゴルフパッティング課題を行わせた。ターゲットは、直径10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, および90cmの9つの同心円からなり、直径10cmの円の内側にパッティングされたボールが止まった際の得点を9点とし、以下外側の円の内側に止まるに従って得点を8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, および1点とした。パッティングされたボールがターゲットから外れた場合は全て0点とした。また、道具の違いによる

パフォーマンスの差が現れないように、全ての被験者に同じパターとゴルフボールを使用させた。

また、被験者の正面から1台の高速カメラ(株式会社ディケイエイチ製Bcam)を用いて、右肘(上腕骨小頭)とパターヘッドの先端の2箇所装着した反射マーカを撮影した。さらに撮影された映像をFrame-DIAS for Windows(株式会社ディケイエイチ製)を用いて、右肘とパターヘッドの運動の二次元動作解析を行った。また、ターゲットの上方からデジタルビデオカメラ(ソニー株式会社製DCR-TRV70K)を用いて、パッティングされたボールの停止位置を撮影した。筋放電は、PowerLab/4st (ADInstruments製)を用いて、サンプリング周波数1000Hz, High Pass Filter 10Hz, Low Pass Filter 1KHz, およびRange 5mVで測定した。状態不安の測定には、STAI(肥田野ほか, 2000)を使用し、ポジティブ感情とネガティブ感情の測定には、Positive and Negative Affect Schedule(Watson et al., 1988;以下「PANAS」と略す)を使用した。なおPANASに関しては、佐藤・安田(2001)が日本語版PANASを作成し、その信頼性と妥当性が確認されているため、本実験では佐藤・安田(2001)による日本語版PANASを使用した。また心拍数の測定には、ハートレイトモニター(キャノン社製バンテージXL)を用いた。

2-3. 手続き

被験者が実験室に入室後、ハートレイトモニターの送信機を胸部に、受信機を左手首に装着した。また、二次元動作解析を行うためのマーカを右肘に装着した。そして、筋放電を測定するための表面電極を被験者の右尺側手根屈筋(以下「右前腕屈筋」と略す)と右橈側手根伸筋(以下「右前腕伸筋」と略す)に装着した。次に、ノーマルハンドグリップ(右手を下、左手を上にしてグリップを握る)でパッティングを行うことを教示した。さらに、①グリップを最適な力で握る、②腰から下や肘、手首を固定して肩の動きでパッティングを行う、③パターを最適な速度でテイクバック(振り上げ)およびダウンスイング(振り下ろし)を行うという3つのパッティングの技術を教示した。これらの教示は、JPGAの2名のティーチングプロの助言を基に作成した。

そして教示の後に、課題を習得させるための10試行×15ブロック(計150試行)の習得を行わせた。なお、習得第15ブロック(以下「第15ブロック」と略す)の開始前にSTAIを用いて状態不安を

測定し、PANASを用いてポジティブ感情とネガティブ感情を測定した。さらに、第15ブロックの試行中には右肘とパターヘッドに装着した反射マーカの撮影、筋放電ならびに心拍数の測定を行った。習得試行終了後、「これからテストとして10試行のパッティングを行います。これから行う10試行の合計得点が、習得における最高ブロック得点を超えた場合には賞金2,000円を与えます。しかし、第11～15ブロックの平均得点を四捨五入した得点未満を記録した場合には、日常生活で体感する強めの静電気の10倍の電気刺激を実験終了後に与えます」と教示した。なお、電気刺激に関しては、基準の得点を下回った場合においても実際には与えない偽教示であった。

そしてテストの開始前に再度、状態不安およびポジティブ感情、ネガティブ感情を測定した。さらに、テストの試行中においても右肘とパターヘッドに装着した反射マーカの撮影、筋放電ならびに心拍数の測定を行った。また、習得とテストの全てのブロックにおいては各ブロックの10試行の合計パッティング得点を算出し、第15ブロックとテストにおいては各試行でパッティングされたボールの停止位置を撮影した。また、習得とテストの全ての試行において、各試行のパッティング得点と各ブロックの合計パッティング得点を被験者にフィードバックした。そしてテスト終了後に、第15ブロックとテストにおける課題遂行中の注意に関する質問項目(表4-1を参照)に回答させた。なお、これらの質問項目に対する回答は、各質問に対する被験者の回答の正確性を高めるために、各質問項目に対する被験者の言語報告を実験者が質問紙に記入するという構造化面接の形式をとった。その際、被験者が質問内容と異なる回答をした場合には、実験者がそれに対する指摘を行い、質問内容に適する回答を求めた。また全質問項目への回答終了後に、電気刺激を与えるという教示は偽教示であったことについてディブリーフィングを行った。

表 4-1 注意に関する質問項目

-
- Q1. 第15ブロックのパッティングを行っている最中に意識した身体運動(たとえば、打つ強さ、タイミング、パッティングフォームなど)に関することを、テストの10試行のパッティングを行っている最中に、第15ブロックに比べてどの程度意識しましたか。
- Q2. 第15ブロックのパッティングを行っている最中に意識した以外の身体運動に関することを、テストの10試行のパッティングを行っている最中にどの程度意識しましたか。
- Q3. テストの10試行のパッティングを行っている最中に、注意を散漫にさせるもの(賞金、電気刺激、自分の不安な感情)にどの程度意識が向きましたか。
- Q4. Q1~Q3において回答したこと以外で意識したことに関して、テストの10試行のパッティングを行っている最中に、第15ブロックに比べてどの程度意識しましたか。
-

2-4. 測定項目

<心理面>

感情を表す指標として、第15ブロック開始前とテスト開始前においてSTAIとPANASを用いて、状態不安、ポジティブ感情、およびネガティブ感情を測定した。さらに第15ブロックからテストにかけての注意の変化を表す指標として、テスト終了後に表4-1に示した注意の変化に関する4つの質問項目に回答させた。Q1とQ4に関しては、第15ブロックからテストにかけての注意の変化を「とても注意するようになった(9点)」「全く変わらない(5点)」「全く注意しなくなった(1点)」の9件法で回答させ、Q2とQ3に関しては、テストにおいて注意が向いた度合を「とても注意が向いた(9点)」「ある程度注意が向いた(5点)」「全く注意が向かなかった(1点)」の9件法で回答させた。なおQ1、Q2、およびQ4においては、具体的に何を注意したかについて言語報告(複数回答可)させ、たうえで9件法による数字を回答させた。

<生理面>

覚醒水準の指標として、第15ブロック中とテスト中において心拍数を5秒間隔で測定し、第15ブロックとテストにおける平均心拍数を算出した。

<行動面>

高速カメラを用いてサンプリング周波数 100Hz で撮影した右肘とパターヘッドの運動の二次元動作解析を行った。撮影した映像における各マーカーの x, y 軸座標上の位置の Raw データのスムージングには、カットオフ周波数 6Hz の 3 点移動平均フィルターを用いた。そして、各試行におけるゴルフパッティングフォームをテイクバック期(振り上げ運動開始時から振り上げ運動の終了時まで)、ダウンスイング期(振り上げ運動の終了時から振り下げ運動におけるクラブとボールのインパクト時まで)、およびフォロースルー期(インパクト時から振り下げ運動終了時まで)の 3 期に区分し、第 15 ブロックとテストにおけるテイクバック期、ダウンスイング期、およびフォロースルー期のそれぞれに対して、右肘とクラブ(パターヘッドの先端)の移動距離(運動変位の指標:各期の開始時から終了時にかけての座標上における位置の移動距離)、平均速度(運動速度の指標:各期の各フレームにおける速度の平均)、平均加速度(力の指標:各期の各フレームにおける加速度の平均)、クラブの運動時間(運動時間の指標:各期の開始時と終了時の時間の差)の 1 ブロック 10 試行の平均値を算出した。さらに、これら全ての項目ごとに 1 ブロック 10 試行の標準偏差(試行間における運動の変動性を表す指標)を算出した。また、クラブの運動を基準にしてゴルフパッティング運動を 3 期に区分したため、運動時間においてはクラブのみの値を算出した。

さらに、測定した筋放電の生波形を整流化した後に、3 点間毎(3ms 間隔)に平滑化を行った。そしてテイクバック期、ダウンスイング期、およびフォロースルー期における右前腕屈筋と右前腕伸筋の平均整流筋電位(mV/s)を算出した。そして、算出された平均整流筋電位においては被験者間の変動性が大きいことによりデータの分析精度の低下が生じるために、習得開始前にそれぞれの筋について、習得とテストのパッティングと同様の構え方とグリップの握り方をさせて、グリップを両手で最大の力で握らせて測定した最大筋放電量(mV/s)に対する平均整流筋電位の割合(%MIC 筋放電量)を算出し、被験者間の変動性を小さくして分析精度を向上させた。そして、右前腕屈筋と右前腕伸筋のそれぞれの%MIC 筋放電量を各筋の力の大きさを表す指標とした。また、主働筋と拮抗筋の同時収縮率は運動スキルを遂行するときの力みを反映する指標であることから(Akazawa et al., 1983; Tyler and Hutton, 1986; van Galen and Jong, 1995)、テイクバック期、ダウンス

イング期、およびフォロースルー期における右前腕屈筋と右前腕伸筋の同時収縮率を算出した。なお同時収縮率(%)は、横軸を時間(ms)、縦軸を筋放電量(mV/s)とした右前腕屈伸と右前腕伸筋それぞれの整流筋電位を表す筋電図を重ね合わせて以下の式から算出した(Winter, 1990)。

$$\{(\text{屈筋と伸筋の共通活動箇所}の積分値) \times 2 / (\text{屈筋}の積分積 + \text{伸筋}の積分積)\} \times 100$$

さらに、これら全ての項目ごとに1ブロック10試行の標準偏差(試行間における運動の変動性を表す指標)を算出した。

また第15ブロックとテストの各試行において、筋放電の測定機器であるPowerLab/4stに、高速カメラで撮影を開始した時点を表す信号を入力した。そして、その信号を基準にすることで筋電図上における各試行のパッティングの開始時間を定めた。

<パフォーマンス>

習得とテストの全ブロックにおいて、パッティング得点(1ブロック10試行中に直径90cmのターゲット内に停止したボールの合計得点)を算出した。さらにターゲットの中心を原点、原点を中心に左右をx軸、前後をy軸とし、各試行においてターゲット上に停止したボールの中心の座標(x, y)を求めた。そして、第15ブロックとテストの10試行における左右方向の誤差の大きさを表す指標である絶対誤差AE(x)、誤差の偏りを表す指標である恒常誤差CE(x)および絶対恒常誤差ACE(x)、ならびに誤差の変動を表す指標である変動誤差VE(x)、さらには、前後方向の絶対誤差AE(y)、恒常誤差CE(y)、絶対恒常誤差ACE(y)、および変動誤差VE(y)を以下の式から算出した。なお、これらの変数の単位はcmであった。

$$AE(x) = (1/m) \sum_{i=1}^m (|x_i|), \quad AE(y) = (1/m) \sum_{i=1}^m (|y_i|), \quad \text{但し } m = \text{試行数}$$

$$CE(x) = (1/m) \sum_{i=1}^m (x_i), \quad CE(y) = (1/m) \sum_{i=1}^m (y_i), \quad \text{但し } m = \text{試行数}$$

$$ACE(x) = |CE(x)|, \quad ACE(y) = |CE(y)|$$

$$VE(x) = \sqrt{(1/m) \sum_{i=1}^m [x_i - CE(x)]^2}, \quad VE(y) = \sqrt{(1/m) \sum_{i=1}^m [y_i - CE(y)]^2}, \quad \text{但し } m = \text{試行数}$$

2-5. データ分析

心理面、生理面、行動面、およびパフォーマンスに関する各測定項目の第15ブロックとテストにおける全被験者の平均値について t 検定を行い、第15ブロックからテストにかけての各測定項目の変化を調べた。その際、注意に関する質問項目の Q1 と Q4 に関しては、第15ブロックからテストにかけての注意の変化について、5 を基準にどれほど変化したかを回答させたため、Q1 および Q4 に回答した数字の全被験者の平均値を指定定数 5 と比べる t 検定を行った。また、Q2 と Q3 に関しては、テストにおいて向いた注意の割合について、1 を基準に回答させたため、Q2 および Q3 に回答した数字の全被験者の平均値を指定定数 1 と比べる t 検定を行った。その他の測定項目については対応のある t 検定を行った。さらに、習得の 150 試行による課題の習得度を調べるために、パッティング得点についてブロック(15)を要因とした対応のある 1 要因分散分析を行った。

さらに、心理面の指標である状態不安得点、ポジティブ感情得点、およびネガティブ感情得点、生理面の指標である心拍数、行動面の指標である運動学的変数と筋放電の各測定項目、ならびにパフォーマンスの指標であるパッティング得点、AE(x)、AE(y)、VE(x)、および VE(y) の各測定項目の第15ブロックからテストにかけての変化率を算出した^{註1)}。なお、パフォーマンスの測定項目である CE(x)、CE(y)、ACE(x)、ACE(y) については、各試行におけるエラー値が 0 を中心とした正負の両方を含む値であるため、第15ブロックからテストにかけての変化においても正負の情報が含まれるように第15ブロックからテストにかけての変化量を算出した^{註2)}。そして、心理面および生理面の変化と行動面の変化の関係性を調べるために、運動学的変数および筋放電という行動面の各測定項目の変化を従属変数とし、注意と感情という心理面ならびに心拍数という生理面の各測定項目の変化を独立変数としたステップワイズ重回帰分析を行った。さらに、心理面および生理面の変化とパフォーマンスの変化の関係性を調べるために、パフォーマンスに関する各測定項目の変化を従属変数とし、心理面および生理面の各測定項目の変化を独立変数としたステップワイズ重回帰分析を行った。これらの分析には SPSS11.5J を使用し、有意水準は 5%未満とした。

3. 結 果

3-1. 心理面および生理面

表 4-2 に、第 15 ブロック開始前とテスト開始前の状態不安得点、ポジティブ感情得点、およびネガティブ感情得点の平均と標準偏差、ならびに第 15 ブロック中とテスト中の心拍数の平均と標準偏差を示し、さらには t 検定の結果を示した。第 15 ブロックからテストにかけて、状態不安、心拍数、およびネガティブ感情得点が有意に増加した。

また表 4-3 に、注意に関する各質問項目に回答した数字の平均と標準偏差、ならびに t 検定の結果を示し、Q1, Q2, および Q4 に関しては具体的に何に注意したかについて言語報告された主な内容を示した。Q1 に回答した数字は比較した指定定数の 5 に比べて有意に大きく、第 15 ブロックからテストにかけて身体運動に対する注意が増加した。さらに、Q2 と Q3 に回答した数字は比較した指定定数の 1 に比べて有意に大きく、テストでは身体運動に対する新たな注意が生じて、さらには賞金や電気刺激などにも注意が向いた。

表 4-2 習得とテストにおける感情および覚醒水準に関する測定項目の平均と標準偏差

	第15ブロック	テスト	t 値	有意確率 (p)
状態不安得点	41.31±4.54	48.44±5.01	5.78	.000
ポジティブ感情得点	37.44±3.79	36.44±9.84	1.15	.269
ネガティブ感情得点	20.44±3.38	24.94±4.28	3.80	.002
心拍数 (bpm)	89.34±7.18	95.17±7.80	3.22	.006

表 4-3 注意に関する各質問項目の平均と標準偏差および *t* 検定の結果

		<i>t</i> 値	有意確率 (<i>p</i>)
Q1	6.38±0.87	3.15	.007
Q2	2.56±1.41	2.21	.043
Q3	6.81±0.89	15.81	.000
Q4	4.88±0.83	0.30	.769

具体的に注意したことに関する言語報告の主な内容

Q1	ダウンスイング期およびインパクト時の力量調節 (9) テイクバック期の運動変位 (5)
Q2	インパクト時の力量調節 (2)
Q4	得点 (9)

Note. ()内の数字は報告した人数を表す。

3-2. 行動面

t 検定を行った結果、運動学的変数および筋放電の全ての測定項目に、第 15 ブロックからテストにかけての変化は見られなかった。

3-3. パフォーマンス

t 検定を行った結果、パフォーマンスの全ての測定項目に、第 15 ブロックからテストにかけての変化は見られなかった。またパッティング得点について分散分析を行った結果、ブロックの主効果が認められ、多重比較の結果、第 1 ブロックの得点が第 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, および 15 ブロックに比べて有意に低く、第 2 ブロックの得点が第 9 および 14 ブロックに比べて有意に低かった。なお、賞金獲得者は 1 名であった。

3-4. 心理面および生理面の変化と行動面の変化の関係性

心理面および生理面に関する各測定項目の変化を独立変数とし、行動面に関する各測定項目

の変化を従属変数とした各ステップワイズ重回帰分析において、自由度調整済決定係数に有意差が認められた項目を表4-4に示した。

フォロースルー期のクラブと右肘の移動距離の変化率とQ3に回答した数字との間に高い負の相関が認められた。フォロースルー期のクラブの移動距離の変化率については、ポジティブ感情得点の変化率との間にも中程度の正の相関が認められた。

テイクバック期の右肘の移動距離の変動性の変化率と状態不安得点の変化率との間に中程度の正の相関が認められ、フォロースルー期の右肘の移動距離の変動性の変化率とQ3に回答した数字との間に高い負の相関が認められた。

テイクバック期のクラブの平均速度の変化率とQ3に回答した数字との間に中程度の負の相関が認められ、心拍数の変化率との間に高い正の相関が認められた。さらに、テイクバック期の右肘の平均速度の変化率と心拍数の変化率との間に中程度の正の相関が認められた。

テイクバック期のクラブと右肘の平均速度の変動性の変化率と状態不安得点の変化率との間に高い正の相関が認められ、ダウンスイング期のクラブの平均速度の変動性の変化率とネガティブ感情得点の変化率との間に高い正の相関が認められた。

テイクバック期のクラブの運動時間の変動性の変化率とQ2に回答した数字との間に中程度の負の相関が認められ、ネガティブ感情得点の変化率との間に高い正の相関が認められた。さらに、ダウンスイング期のクラブの運動時間の変動性の変化率とQ3に回答した数字との間に中程度の正の相関が認められ、フォロースルー期のクラブの運動時間の変動性の変化率とQ3に回答した数字との間に中程度の負の相関が認められた。

テイクバック期の右前腕伸筋の%MIC筋放電量の変化率と状態不安得点の変化率との間に中程度の負の相関が認められ、テイクバック期の右前腕伸筋の%MIC筋放電量の変動性の変化率とQ4に回答した数字との間に中程度の負の相関が認められた。さらに、テイクバック期の右前腕屈筋と右前腕伸筋の同時収縮率の変化率とQ1に回答した数字の間に中程度の負の相関が認められ、Q3に回答した数字との間に中程度の負の相関が認められた。

3-5. 心理面および生理面の変化とパフォーマンスの変化の関係性

心理面および生理面に関する各測定項目の変化を独立変数とし、パフォーマンスに関する各測定項目の変化を従属変数とした各ステップワイズ重回帰分析において、自由度調整済決定係数に有意差が認められた項目を表4-5に示した。VE(y)の変化率とQ1に回答した数字との間に中程度の正の相関が認められ、Q2に回答した数字との間に高い正の相関が認められた。

表4-4 心理面および生理面の変化と行動面の変化の関係性を示す

ステップワイズ重回帰分析の結果

従属変数	独立変数 (標準偏回帰係数)	調整済決定係数
移動距離の変化率		
フォロースルー期のクラブ	Q3 (-.832**), ポジティブ感情得点の変化率 (.461*)	.522**
フォロースルー期の右肘	Q3 (-.610*)	.327*
移動距離の変動性の変化率		
テイクバック期の右肘	状態不安得点の変化率 (.517*)	.214*
フォロースルー期の右肘	Q3 (-.618*)	.337*
平均速度の変化率		
テイクバック期のクラブ	Q3 (-.526*), 心拍数の変化率 (.797**)	.435*
テイクバック期の右肘	心拍数の変化率 (.533*)	.233*
平均速度の変動性の変化率		
テイクバック期のクラブ	状態不安得点の変化率 (.616*)	.335*
テイクバック期の右肘	状態不安得点の変化率 (.674**)	.415**
ダウンスイング期のクラブ	ネガティブ感情得点の変化率 (.627**)	.350**
運動時間の変動性の変化率		
テイクバック期のクラブ	Q2 (-.472*), ネガティブ感情得点の変化率 (.832**)	.522**
ダウンスイング期のクラブ	Q3 (.546*)	.248*
フォロースルー期のクラブ	Q3 (-.541*)	.242*
%MIC筋放電量の変化率		
テイクバック期の右前腕伸筋	状態不安得点の変化率 (-.570*)	.276*
%MIC筋放電量の変動性の変化率		
テイクバック期の右前腕伸筋	Q4 (-.553*)	.256*
同時収縮率の変化率		
テイクバック期の右前腕屈筋と右前腕伸筋	Q1 (-.558**), Q3 (-.505*)	.552**

** $p < .01$, * $p < .05$

表 4-5 心理面および生理面の変化とパフォーマンスの変化の関係性を示す

ステップワイズ重回帰分析の結果

従属変数	独立変数 (標準偏回帰係数)	調整済決定係数
VE(y)の変化率	Q1 (.560*), Q2 (.606**)	.490**

** $p < .01$, * $p < .05$

4. 考 察

4-1. 注意の変化とパフォーマンスの変化の関係性

注意に関する質問項目への回答の結果から、第 15 ブロックからテストにかけて、ゴルフパッティング課題遂行中の力量調節および運動変位を中心とした身体運動に対する注意が増加した。さらにテストでは、賞金や電気刺激という心理的ストレスに対しても注意が向いた。意識的処理仮説や処理資源不足仮説によれば、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下は身体運動に対する注意の増加、ならびに身体運動以外のことに対する注意の増加が原因となって生じることが説明されているが、本実験の結果から、それぞれの仮説を説明する注意の変化は、プレッシャー下において独立して生じる現象ではなく、被験者内において同時に生じる現象であることが示された。Kahneman (1973) によれば、処理資源には一定の容量があるとされているが、本実験のプレッシャー下では、この一定の容量内で、身体運動ならびに身体運動以外のことの双方に対する注意が増加したと考えられる。

そして、注意の変化とパフォーマンスの変化の関係性を調べた重回帰分析から、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加と、パッティングされたボールの停止位置の前後方向の変動性の増加との正の相関が認められた。本実験では全被験者において一貫したパフォーマンスの低下は見られなかったが、この結果は、プレッシャー下で身体運動に対する注意が増加した被験者においてはボールの停止位置の変動性が増加するというパフォーマンスの低下が生じたことを示し

ている。さらに、この結果は、身体運動に対する注意が増加することで運動パフォーマンスが低下するという意識的処理仮説を支持しており、本実験では、この仮説におけるパフォーマンスの低下の質的側面として変動性の増加という特徴が示された。

4-2. 注意の変化と行動面の変化の関係性

先行研究では、非プレッシャー下において身体運動に対する注意が増加することで運動の変動性が増加することが示されている(Higuchi, 1998)。さらに本実験では、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加と、パッティングされたボールの停止位置の変動性の増加との関係性が示されたことから、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加とボールの停止位置の変動性の増加との間に介在する行動的特徴として、運動の変動性の増加の関与が推察された。しかし、運動変位、運動速度、および運動時間、さらには力に関する指標などの行動面の測定項目に、このような関係は見られなかった。

また重回帰分析の結果から、プレッシャー下において賞金や電気刺激という心理的ストレスや不安感情に注意が向くという注意散漫性の増加には、テイクバック期における運動速度の減少や、フォロースルー期における運動変位の減少ならびに運動変位の変動性の減少が関連していることが示された。多くの先行研究において、プレッシャーによる運動変位の減少(Beuter et al., 1989; Higuchi et al., 2002; Sekiya, 2007)や運動変位の変動性の減少(Higuchi, 2000; Higuchi et al., 2002; Court et al., 2005)が示されているが、本実験の結果から、プレッシャーによるこれらの運動の変化は、注意散漫性の増加が原因となって生じることが示唆された。また本実験では、これらの変化に伴い、どのようなパフォーマンスの変化が生じるかについては特定されなかったが、これらの運動の変化は処理資源不足仮説に関連する行動的特徴であることが推察されるため、プレッシャー下でのこれらの運動の変化と処理資源の不足によるパフォーマンスの変化との関係性については今後さらに検討することが必要であると考えられる。

4-3. 感情および覚醒水準の変化と行動面の変化の関係性

さらに本実験では、プレッシャーによる感情および覚醒水準の変化を調べたが、第15ブロックからテストにかけて状態不安、ネガティブ感情、および心拍数が増加した。したがってテストにおいては、プレッシャーの負荷によって不安などのネガティブな感情が生起し、さらには覚醒水準が高まるという心理面と生理面の両方においてストレスが喚起されたと言える。しかしその強度に関しては、第15ブロックからテストにかけての状態不安得点の増加が約7点、心拍数の増加が約6bpmという、実験1および実験2に比べて、やや低いものであった。この低強度のストレスが原因となって、被験者全員において一貫した行動面の変化やパフォーマンスの変化が生じなかったと考えられる。

また重回帰分析の結果から、心拍数の増加というプレッシャー下における覚醒水準の変化と、テイクバック期における運動速度の増加との正の相関が認められた。つまり、プレッシャーにより覚醒水準が増加した被験者ほど、生理的な情動反応が生じて、情動反応が運動制御に及ぼす影響から運動速度の増加が生じたと考えられる。感情の変化に伴う覚醒水準の増加が運動に及ぼす影響について先行研究では、ネガティブな感情を誘発させる単語を見た直後に利き手で握ったレバーをできる限り速く押す課題を行うとき(Chen and Bargh, 1999)や、ネガティブな感情を誘発させる写真を見た直後にコンピュータによるターゲット追跡課題をできる限り速くかつ正確に行うとき(Coombes et al., 2005b)に、運動速度が増加することが示されている。そしてこれらの研究においても、運動速度の増加は、情動反応が運動制御に及ぼす影響から生じたと考察されている。これらの結果から、プレッシャーにより覚醒水準が増加するという生理面の変化が生じたときには、生理的な情動反応が運動制御に及ぼす影響から運動速度が増加すると考えられる。

4-4. 本実験の位置づけ

意識的処理仮説や処理資源不足仮説などのように、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下は注意の変化が原因となって生じることが多くの先行研究で示されている。しかし、これらの先行研究では注意の変化とパフォーマンスの変化の関係性を調べるに留まり、注意の変化とパフォーマンスの変化の間に介在し、運動パフォーマンスを規定する大きな要素である行動的特徴に関しては

第4章 プレッシャー下における心理面、生理面、および行動面の変化の関係性

調べられていなかった。そして本実験では、プレッシャー下においてゴルフパッティング課題を行うときの注意の変化とパフォーマンスの変化との関係性を調べた結果、身体運動に対する注意の増加とボールの停止位置の変動性の増加との間に相関が認められた。この結果から本実験では、意識的処理仮説におけるパフォーマンスの低下の質的側面として変動性の増加という特徴が示された。また、プレッシャー下における注意の変化と行動面の変化の関係性を調べた結果、注意散漫性の増加と運動変位および運動速度の減少との間に正の相関が認められたことから、これらの運動の変化は処理資源不足仮説に関連する行動的特徴であることが示唆された。

さらに本実験では、それぞれの仮説を説明する注意の変化は、プレッシャー下において独立して生じる現象ではなく、被験者内で同時に生じる現象であることが示された。多くの先行研究では、プレッシャー下における運動パフォーマンスの低下の原因の説明に対して、意識的処理仮説と処理資源不足仮説のどちらの仮説が正しいかについての議論が行われているが、本実験では、プレッシャー下における運動の変化や運動パフォーマンスの低下は、両仮説のメカニズムが被験者内および被験者間で混在して生じる現象であることが示された。

さらに本実験では、プレッシャー下における感情および覚醒水準の変化と行動面の変化の関係性も調べたが、覚醒水準の増加と運動速度の増加との正の相関が認められた。つまり、プレッシャーによる運動速度の増加は生理面の影響から生じたと考えられ、プレッシャー下における運動の変化には、注意の変化という認知機能の影響とともに、覚醒水準の変化に伴う生理的な情動反応が運動制御に直接的に及ぼす影響を考慮する必要があることを本実験は示した。

実験 3 - 2

1. 目的

実験 1 から実験 3-1 を通して，実験室において被験者に喚起されたストレス強度の低さという問題が指摘された．この問題は，実験室においてプレッシャーや「あがり」に関するテーマを調べた多くの先行研究においても指摘されている問題であり，より高強度のストレスを喚起することが可能なプレッシャーを被験者に対して負荷する実験を行うことが必要である．さらに，実験 1 から実験 3-1 では，運動学的変数を算出するために二次元上での動作解析を行った．しかし二次元動作解析においては，空間の中で行われる運動に対して，その運動のある 1 平面上における推進運動の運動変位，運動速度，および運動時間などの変数の算出は可能であるが，身体の回転運動などのように算出が不可能な変数も多く，算出可能な変数の制限という問題が生じる．そこで，三次元動作解析を用いて，身体の回転運動も含めて空間的に運動変位，運動速度，および運動時間などの変数を算出することで，行動的特徴をさらに詳細に分析することが可能となる．三次元動作解析を用いてプレッシャー下における行動的特徴を調べた唯一の先行研究として，卓球課題を用いた Williams et al. (2002) の実験が挙げられる．しかし，この研究ではプレッシャーによる運動の変化は見られなかった．

また実験 2 と実験 3-1 では，プレッシャーによる力の変化を調べるために筋放電を測定した．しかし 2 つの実験を通して，筋放電量や同時収縮率という測定項目にプレッシャー下における変化は見られなかった．2 つの実験において，これらの測定項目に変化が見られなかった原因の 1 つとしてストレス強度の低さの影響が挙げられるが，他の原因として，測定した部位や測定方法の影響も挙げられる．実験 2 と実験 3-1 では，ゴルフパッティング課題を行うときのグリップ把持力にプレッシャーが及ぼす影響を調べるために，グリップ把持力に大きく関連すると考えられた右前腕屈筋と右前腕伸筋の筋放電量および同時収縮率を測定した．しかし，右前腕屈筋と右前腕伸筋の筋放電量

は間接的にグリップ把持力を測定する方法であるため、グリップ把持力に関する測定精度の低さが生じて、それが原因となってプレッシャーによる力の変化が明らかにならなかったことが推察される。したがって、グリップ把持力を直接的に測定することで、プレッシャーがグリップ把持力に及ぼす影響を高い測定精度で調べることが可能となる。そこで本実験では、圧力センサを右小指に装着し、ゴルフパッティング課題を行うときのグリップ把持力を直接的に測定するという方法を試みた。

以上より本実験では、ストレスを喚起させるためのプレッシャーの負荷方法、ならびに行動面の指標の測定方法を変更したうえで、実験3-1と同様に、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときの注意や感情という心理面の変化、覚醒水準という生理面の変化、運動学的変数およびグリップ把持力という行動面の変化、ならびにパッティングされたボールの停止位置というパフォーマンスの変化を調べて、さらにはこれらの変化の関係性を調べることを目的とした。

2. 方 法

2-1. 被験者

ゴルフパッティング課題に熟練していない右利きの男子大学生20名(平均年齢 19.70 ± 0.49 歳)が参加した。なお、実験室に入室した直後に、全ての被験者から実験参加および電気刺激の呈示に関するインフォームド・コンセントを得たうえで実験を行った。

2-2. 課題および装置

被験者の正面、左斜め前方、および右側方の3方向から3台の高速カメラ(株式会社ディケイエイチ製Bcam)を用いて、両肘(上腕骨小頭)、両腰(腰の回転運動を測定するために装着したベルトに取り付けられたバーの両端:図4-1を参照)、パターのシャフトとヘッドの接合部、ならびにパターヘッドの先端の6箇所(6箇所)に装着した反射マーカを撮影した。さらに撮影された映像をFrame-DIAS for Windows(株式会社ディケイエイチ製)を用いて、これらの部位の運動の三次元動作解析を行

った。グリップ把持力の測定には，圧力センサ(株式会社共和電業製PS型超小型圧力変換器)を用い，圧力信号の出力にはPowerLab/4ST(ADInstruments製)を用いた。なお，課題およびその他の装置に関しては実験3-1と同様であった。

2-3. 手続き

被験者が実験室に入室後，三次元動作解析を行うためのマーカーを各身体部位に装着した。そして，グリップ把持力を測定するための小型圧力変換器を右第5指末節骨手掌側に装着した。その後に習得を行わせたが，習得における手続きは実験3-1と同様であった。習得試行終了後，10試行のテストを行わせたが，本実験では高強度のストレスを喚起することを目的に「これから行う10試行の合計得点が，習得における最高ブロック得点を超えた場合には賞金10,000円を与えます。しかし，これから行う10試行の各試行において第11～15ブロックの50試行の平均得点から50試行の標準偏差を引いて四捨五入した得点未満を記録した場合には，その失敗数に応じて，日常生活で体感する強めの静電気の2～10倍の強度の電気刺激を実験終了後に与えます^{註3)}」と教示した。なお本実験においても，電気刺激に関しては，基準の得点を下回った場合においても実際には与えない偽教示であった。そして，教示の後にテストを行わせたが，本実験ではテストにおける各試行の終了後に，実験後に与えられる電気刺激の強度に関する教示を行った。さらにテストにおける各試行において，被験者に賞金を獲得できる可能性の有無が分かるように，テスト開始前に「賞金獲得が出来なくなりましたと実験者が発言するまでは，賞金獲得の可能性ががあります」と教示した。テストにおけるその他の手続きは実験3-1と同様であった。

そしてテスト終了後に，第15ブロックとテストにおける課題遂行中の注意に関する質問項目に回答させたが，質問内容および回答の手続きは実験3-1と同様であった。また全質問項目への回答終了後に，電気刺激を与えるという教示が偽教示であったことについてディブリーフィングを行った。



図4-1. 腰の回転運動を測定するために装着したベルトおよび反射マーカー

2-4. 測定項目

<心理面>

注意の変化に関する質問項目への回答において，Q1とQ4に関しては，第15ブロックからテストにかけての注意の変化を「とても注意するようになった(4点)」～「全く変わらない(0点)」～「全く注意しなくなった(-4点)」の9件法により回答させ，Q2とQ4に関しては，テストにおいて注意が向いた度合を「とても注意が向いた(8点)」～「ある程度注意が向いた(4点)」～「全く注意が向かなかった(0点)」の9件法により回答させた。それ以外については実験3-1と同様であった。

<生理面>

実験3-1と同様であった。

<行動面>

3台の高速カメラを用いてサンプリング周波数100Hzで撮影した各身体部位およびクラブの運動の三次元解析を行った。動作解析におけるRawデータのスムージングならびにパッチングフォームを3期に区分する方法に関しては実験3-1と同様であった。そして第15ブロックとテストにおけ

るテイクバック期、ダウンスイング期、およびフォロースルー期のそれぞれに対して、右肘とクラブ（パターヘッドの先端）の移動距離（運動変位の指標：各期の開始時から終了時にかけての座標上における位置の移動距離）、平均速度（運動速度の指標：各期の各フレームにおける速度の平均）、平均加速度（力の指標：各期の各フレームにおける加速度の平均）、クラブの運動時間（運動時間の指標：各期の開始時と終了時の時間の差）の1ブロック10試行の平均値を算出した。さらに、これら全ての項目ごとに1ブロック10試行の標準偏差（試行間における運動の変動性を表す指標）を算出した。また、クラブの運動を基準にしてゴルフパッティング運動を3期に区分したため、運動時間においてはクラブのみの値を算出した。

さらに、サンプリング周波数 1000Hz で記録した右第5指のグリップに対する圧力波形を基に、第15ブロックとテストの各試行のテイクバック期、ダウンスイング期、およびフォロースルー期における平均グリップ把持力を算出した。そして、第15ブロックとテストにおける10試行の平均値（各期における把持力の大きさを表す指標）、さらには第15ブロックとテストにおける10試行の標準偏差（各期における把持力の試行間の変動性を表す指標）を算出した。なお、グリップ把持力の単位はキロパスカル (kPa) であった。

<パフォーマンス>

実験3-1と同様であった。

2-5. データ分析

注意に関する質問項目の Q1 と Q4 に関しては、第15ブロックからテストにかけての注意の変化について0を基準にどれほど変化したかを回答させたため、Q1とQ4に回答した数字の全被験者の平均値を指定定数0と比べる t 検定を行った。また Q2 と Q3 に関しては、テストにおける注意の度合について0を基準に回答させたため、Q2とQ3に回答した数字の全被験者の平均値を指定定数0と比べる t 検定を行った。その他の測定項目については対応のある t 検定を行った。また、行動面の測定項目であるテイクバック期、ダウンスイング期、およびフォロースルー期の肘、腕、および腰の回転運動の角変位については、各試行における値が0を中心とした正負の両方を含む値である

ため、第15ブロックからテストにかけての変化においても正負の情報が含まれるように第15ブロックからテストにかけての変化量を算出した^{注2)}。なお、その他のデータ分析の方法は実験3-1と同様であった。

3. 結果

3-1. 心理面および生理面

表4-6に、第15ブロック開始前とテスト開始前の状態不安得点、ポジティブ感情得点、およびネガティブ感情得点の平均と標準偏差、ならびに第15ブロック中とテスト中の心拍数の平均と標準偏差を示し、さらには t 検定の結果を示した。第15ブロックからテストにかけて心拍数が有意に増加した。

また表4-7に、注意に関する各質問項目に回答した得点の平均と標準偏差、ならびに t 検定の結果を示し、Q1、Q2、およびQ4に関しては具体的に何に注意したかについて言語報告された主な内容を示した。Q3とQ4の得点は比較した指定定数の0に比べて有意に大きく、テストでは賞金、電気刺激、および不安感情に注意が向き、さらには得点やボールの軌道などの課題に関連することに対する注意が第15ブロックに比べて増加した。

表4-6 習得とテストにおける感情および覚醒水準に関する測定項目の平均と標準偏差

	第15ブロック	テスト	t 値	有意確率 (p)
状態不安得点	43.61±3.80	47.90±4.39	1.45	.164
ポジティブ感情得点	35.90±3.61	37.68±3.93	1.96	.065
ネガティブ感情得点	24.10±4.46	24.87±4.75	0.37	.719
心拍数 (bpm)	86.97±5.50	95.28±9.08	3.02	.007

表 4-7 注意に関する各質問項目の平均と標準偏差および t 検定の結果

		t 値	有意確率 (p)
Q1	0.40±1.07	0.84	.413
Q2	0.75±0.96	1.75	.096
Q3	5.30±0.90	13.10	.000
Q4	1.25±0.86	3.26	.004

具体的に注意したことに関する言語報告の主な内容

Q1	スイング中の力量調節 (12) テイクバック期およびフォロースルー期の運動変位 (5) クラブと腕を振る方向 (3) スイング開始前の構え方 (2) スイングを開始するタイミング (2)
Q2	テイクバック期の運動変位 (1) スイング開始前のクラブの向く方向 (1) スイング中の頭の位置の固定 (1)
Q4	各試行における得点 (2) ボールが転がる軌道のイメージ (2)

Note. () 内の数字は報告した人数を表す.

3-2. 行動面

t 検定を行った結果、第 15 ブロックからテストにかけての有意な変化が認められた測定項目の平均と標準偏差を表 4-8 に示し、さらには t 検定の結果を示した。

3-3. パフォーマンス

t 検定を行った結果、パフォーマンスの全ての測定項目に、第 15 ブロックからテストにかけての変化は見られなかった。またパッティング得点について分散分析を行った結果、ブロックの主効果が認められ、多重比較の結果、第 1 ブロックの得点が第 3 から 14 までの全てのブロックに比べて有意に低く、第 2 ブロックの得点が第 10 および 12 ブロックに比べて有意に低く、第 3 ブロックの得点が第

12ブロックに比べて有意に低かった。なお、賞金獲得者は1名であった。

表4-8 習得とテストにおける行動面に関する測定項目の平均と標準偏差

	第15ブロック	テスト	t 値	有意確率 (p)
平均速度の変動性				
テイクバック期の右肘 (cm)	1.14±0.13	0.93±0.14	3.72	.001
ダウンスイング期の右肘 (cm)	1.64±0.25	1.34±0.24	3.62	.002
平均加速度				
ダウンスイング期のクラブ (cm/s/s)	312.56±31.71	327.60±33.50	4.39	.000
回転運動の角変位				
テイクバック期のクラブ (deg)	4.43±0.81	3.59±0.71	2.69	.015
テイクバック期の腕 (deg)	8.19±1.27	7.46±1.06	2.64	.016
ダウンスイング期のクラブ (deg)	2.97±0.64	2.34±0.63	3.09	.006
ダウンスイング期の腕 (deg)	8.60±1.03	8.04±1.05	2.16	.044
回転運動の角変位の変動性				
フォロースルー期のクラブ (deg)	1.87±0.22	1.60±0.32	2.12	.047
運動時間				
テイクバック期のクラブ (ms)	819.35±64.38	785.40±63.61	4.03	.001
ダウンスイング期のクラブ (ms)	433.55±40.82	412.35±35.89	3.58	.002

3-4. 心理面および生理面の変化と行動面の変化の関係性

心理面および生理面に関する各測定項目の変化を独立変数とし、行動面に関する各測定項目を従属変数とした各ステップワイズ重回帰分析において、自由度調整済決定係数に有意差が認められた項目を表4-9に示した。

フォロースルー期のクラブの移動距離の変動性の変化率と心拍数の変化率との間に高い正の相関が認められた。さらにダウンスイング期の右肘の平均速度の変動性の変化率と Q1 に回答した数字との間に中程度の正の相関が認められ、フォロースルー期の右肘の平均速度の変動性の変化率と Q4 に回答した数字との間に中程度の正の相関が認められた。また、ダウンスイング期のクラブの平均加速度の変化率と心拍数の変化率との間に中程度の正の相関が認められた。

テイクバック期の腰の回転運動の角変位の変化量とポジティブ感情得点の変化率との間に中程度の負の相関が認められ、心拍数の変化率との間に中程度の負の相関が認められた。さらに、フォ

ロースルー期の腰の回転運動の角変位の変動性の変化量と Q2 に回答した数字との間に中程度の正の相関が認められた。

テイクバック期のクラブの運動時間の変動性の変化率と Q1 に回答した数字との間に中程度の正の相関が認められた。さらに、ダウンスイング期のクラブの運動時間の変動性の変化率と Q3 に回答した数字との間に高い正の相関が認められ、フォロースルー期のクラブの運動時間の変動性の変化率と心拍数の変化率との間に高い正の相関が認められた。

テイクバック期のグリップ把持力の変化率とネガティブ感情得点の変化率との間に高い負の相関が認められ、心拍数の変化率との間に低い負の相関が認められた。さらに、ダウンスイング期のグリップ把持力の変化率と Q4 に回答した数字との間に低い負の相関が認められ、ネガティブ感情得点の変化率との間に高い負の相関が認められた。また、フォロースルー期のグリップ把持力の変化率と Q4 に回答した数字との間に低い負の相関が認められ、ネガティブ感情得点の変化率との間に高い負の相関が認められた。さらに、フォロースルー期のグリップ把持力の変動性の変化率と Q3 に回答した数字との間に中程度の負の相関が認められた。

3-5. 心理面および生理面の変化とパフォーマンスの変化の関係性

心理面および生理面に関する各測定項目の変化を独立変数とし、パフォーマンスに関する各測定項目の変化を従属変数とした各ステップワイズ重回帰分析において、自由度調整済決定係数に有意差が認められた項目を表 4-10 に示した。

パッティング得点の変化率と Q1 に回答した数字との間に中程度の負の相関が認められた。さらに、AE(x)とVE(x)の変化率と Q3 に回答した数字との間に中程度の正の相関が認められ、AE(y)の変化率とポジティブ感情得点の変化率との間に中程度の負の相関が認められた。

表 4-9 心理面および生理面の変化と行動面の変化の関係性を示す

ステップワイズ重回帰分析の結果

従属変数	独立変数 (標準偏回帰係数)	調整済決定係数
移動距離の変動性の変化率		
フォロースルー期のクラブ	心拍数の変化率 (.640**)	.377**
平均速度の変動性の変化率		
ダウンスイング期の右肘	Q1 (.452*)	.160*
フォロースルー期の右肘	Q4 (.457*)	.164*
平均加速度の変化率		
ダウンスイング期の右肘	心拍数の変化率 (.559*)	.274*
回転運動の角変位の変化量		
テイクバック期の腰	ポジティブ感情得点の変化率 (-.582**), 心拍数の変化率 (-.401*)	.361**
回転運動の角変位の変動性の変化量		
フォロースルー期の腰	Q2 (.468*)	.175*
運動時間の変動性の変化率		
テイクバック期のクラブ	Q1 (.522*)	.233*
ダウンスイング期のクラブ	Q3 (.622**)	.352**
フォロースルー期のクラブ	心拍数の変化率 (.619**)	.348**
グリップ把持力の変化率		
テイクバック期	ネガティブ感情得点の変化率 (-.867***), 心拍数の変化率 (-.351*)	.805***
ダウンスイング期	Q4 (-.354*), ネガティブ感情得点の変化率 (-.686**)	.505**
フォロースルー期	Q4 (-.317*), ネガティブ感情得点の変化率 (-.828***)	.764***
グリップ把持力の変動性の変化率		
フォロースルー期	Q3 (-.479*)	.184*

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

表 4-10 心理面および生理面の変化とパフォーマンスの変化の関係性を示す

ステップワイズ重回帰分析の結果

従属変数	独立変数 (標準偏回帰係数)	調整済決定係数
パッティング得点の変化率	Q1 (-.521*)	.230*
AE(x) の変化率	Q3 (.501*)	.209*
AE(y) の変化率	ポジティブ感情得点の変化率 (-.468*)	.175*
VE(x) の変化率	Q3 (.471*)	.179*

* $p < .05$

4. 考 察

4-1. 行動的特徴

第 15 ブロックからテストにかけて、ダウンスイング期におけるクラブの運動加速度が増加した。先行研究では、ストレス状況下において筋放電量および力が増加することが示されており(van Loon et al., 2001)、運動の加速度の増加は運動遂行時の力の増加を反映する指標である。つまり本実験におけるプレッシャーによる運動加速度の増加は、ダウンスイング期のクラブの運動に作用した身体部位の力の増加から生じたと考えられる。また重回帰分析の結果から、プレッシャーによるダウンスイング期の右肘の運動加速度の増加には、心拍数の増加が関連していることが示された。実験 3-1 においても考察したように、プレッシャーにより覚醒水準が増加した被験者ほど、生理的な情動反応が生じて、情動反応が運動制御に及ぼす影響から運動加速度が増加したと考えられる。

さらに本実験では、ゴルフパッティングにおける身体の回転運動を三次元動作解析によって分析したが、プレッシャー下ではテイクバック期およびダウンスイング期のクラブと腕の回転運動の角変位が減少した。プレッシャー下において腰の回転角度の角変位に変化は見られなかったことから、プレッシャー下では両肘関節の回内および回外という回転運動の変位が減少して、これらの変化が生じたと考えられる。先行研究では、二次元動作解析による運動変位の減少(Beuter et al., 1989)や、肘関節の屈曲・伸展運動という自由度が限られた単関節運動を行うときの運動変位の減少(Higuchi et al., 2002; Sekiya, 2007)が示されているが、本実験の結果から、多くの関節を使用する回転運動においても、先行研究と同様に、プレッシャーによって運動変位が減少するという特徴が生じることが示された。

4-2. 注意の変化とパフォーマンスおよび行動面の変化の関係性

注意の変化とパフォーマンスの変化の関係性を調べた重回帰分析の結果から、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加とパッティング得点の減少との関係性が示された。本実験では全被験者において一貫したパフォーマンスの低下は見られなかったが、この結果は、プレッシャー

下で身体運動に対する注意が増加した被験者においてはバッティング得点が減少したことを示し、プレッシャー下で身体運動に対する注意が増加することで運動パフォーマンスが低下するという意識的処理仮説を支持していると考えられる。また、注意に関する質問項目の Q1 は、第 15 ブロックにおいて注意を向けた身体運動を、テストにおいてどの程度注意を向けたかについて尋ねる質問であった。したがってプレッシャー下では、第 15 ブロックにおいて注意を向けた身体運動に対して過剰に注意が向くことでパフォーマンスが低下したと言える。

さらに、注意の変化と行動面の変化の関係性を調べた重回帰分析の結果から、身体運動に対する注意の増加に関する質問項目である Q1 と、テイクバック期のクラブの運動時間の変動性ならびにダウンスイング期の右肘の平均速度の変動性の第 15 ブロックからテストにかけての変化率との間に正の相関が認められた。これらの結果から、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加とパフォーマンス低下の間に介在する行動的特徴として、運動速度および運動時間の変動性の増加という特徴が示された。Higuchi(1998)は、非プレッシャー下において下手ボール投げ課題を行うときに、身体運動に対する注意が増加することで運動の変動性が増加することを示した。さらに Gray(2004)は、野球のバッティング課題を行うときに、プレッシャー下では足の踏み出しのタイミングの変動性が増加することを示し、この変動性の増加は、身体運動に対する注意の増加から生じたのではないかと考察した。これらの実験結果や本実験の結果から、プレッシャーによる運動の変動性の増加には、身体運動に対する注意の増加が関連しており、このような関係性は次のような過程で生じたと考えられる。プレッシャー下では、賞金の獲得や電気刺激の回避のために各試行において高得点を記録することが求められた。そのような状況で、ある試行においてボールの停止位置とターゲットの中心との誤差が大きい場合、身体運動の変化にその原因を帰属した。そして、次の試行において誤差を小さくするために、帰属した身体運動の変化を修正しようとして、身体運動に対して過剰に注意を向けた。そして、次の試行では前の試行とは異なる身体運動が生じて、これがプレッシャー下での 10 試行の中の複数の試行において生じることで、運動の変動性が増加し、さらには 10 試行のバッティングの合計得点も減少したと考えられる。

4-3. 感情の変化と行動面の変化の関係性

さらに重回帰分析の結果から、テスト開始前のネガティブ感情得点の変化率と、ゴルフパッティング課題遂行中のグリップ把持力の変化率との間に負の相関が認められた。つまり、テストにおいてネガティブ感情が増加した被験者はグリップ把持力が減少し、ネガティブ感情が減少した被験者はグリップ把持力が増加した。感情の変化に伴う力の変化について Coombes et al. (2005a) は、ネガティブな感情を誘発させる写真を見た直後に、手関節を最大の力で伸展させる課題を行うときの力の増加および力の変動性の減少を示した。また Noteboom (2001a, b) は、電気刺激が与えられることで不安感情が高まった直後に、把持力を調整する課題を行うときの力の変動性の増加を示した。感情の変化と力の変化との関係性については、このようにいくつかの先行研究が行われているが、現状としてその数は限られている。さらに本実験で示された、ネガティブ感情の増加と力の減少の関係性を示した先行研究は見当たらず、プレッシャーによる感情の変化と力の変化との関係については、今後の研究でさらに検討を重ねることが必要であると考えられる。

4-4. 本実験の位置づけ

本実験では三次元動作解析を用いて、プレッシャー下における運動変位、運動速度、運動加速度、および運動時間という行動的特徴を調べた。そして、プレッシャーにより運動加速度が増加するという特徴が示され、さらには、プレッシャーによる運動加速度の増加と覚醒水準の増加との間に相関が認められた。運動加速度は力の大きさを反映する指標であるため、プレッシャーによる覚醒水準の増加に伴う力の増加から運動加速度の増加が生じたと考えられる。さらに本実験では、プレッシャーにより回転運動の角変位が減少することが示された。プレッシャーによる運動変位の減少は、いくつかの先行研究においても示されているが、本実験から、この特徴は身体の回転運動においても生じることが示された。

また、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加とパフォーマンスの低下の間の相関が認められたが、これは、身体運動に対する注意の増加がプレッシャーによる運動パフォーマンスの低下の原因であるという意識的処理仮説を支持する結果であった。さらに本実験では、プレッシャー

下における身体運動に対する注意の増加と運動の変動性の増加との正の相関も認められた。したがって本実験の結果から、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加とパフォーマンスの低下の間には、運動の変動性の増加という行動的特徴が介在することが示された。

本章の全体考察

意識的処理仮説や処理資源不足仮説などのように、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下は注意の変化が原因となって生じることが多くの先行研究で示されている。しかし、これらの研究では、注意の変化とパフォーマンスの変化の関係性を調べることに留まり、注意の変化とパフォーマンスの変化の間に介在する行動的特徴に関しては調べられていなかった。さらにこれらの仮説では、生理面の影響についても言及されておらず、プレッシャー下において運動課題を行うときの心理面、生理面、行動面、ならびにパフォーマンスの変化の関係性を詳細に調べる研究を行うことが必要であった。そこで本章では、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときの注意や感情という心理面の変化、覚醒水準という生理面の変化、運動学的変数および運動力学的変数という行動面の変化、ならびにパッティングされたボールの停止位置というパフォーマンスの変化を調べて、これらの変化の関係性を調べることを目的とした2つの実験を行った。

そして、プレッシャー下における身体運動に対する注意の変化とパフォーマンスの変化の関係性を調べた結果、実験3-1では身体運動に対する注意の増加とパッティングされたボールの停止位置の前後方向の変動性の増加との間に正の相関が認められ、実験3-2では身体運動に対する注意の増加とパッティング得点の減少との間に正の相関が認められた。これらは、身体運動に対する注意の増加がプレッシャーによる運動パフォーマンスの低下の原因であるという意識的処理仮説を支持する結果であった。さらに実験3-2では、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加と運動速度の変動性の増加ならびに運動時間の変動性の増加との間に相関が認められた。した

がって、意識的処理には運動の変動性の増加という行動的特徴が関連していることが示された。

また実験3-1では、プレッシャー下における注意散漫性の増加と運動変位および運動速度の減少との間に正の相関が認められたことから、プレッシャー下における運動変位および運動速度の減少という行動的特徴には、注意散漫性の増加という注意の変化が関連していることが示された。しかし実験3-1と実験3-2を通して、プレッシャー下における注意散漫性の増加に関連するパフォーマンスの変化は明らかとならなかった。したがって、注意散漫性の増加によって課題遂行に必要な注意が不足して運動パフォーマンスが低下するという処理資源不足仮説に関連する行動的特徴については、今後さらに検討を行うことが必要である。また実験3-1では、右前腕屈筋と右前腕伸筋の筋放電を調べ、実験3-2では右第5指のグリップ把持力を調べることで、プレッシャー下における力に関する特徴を調べたが、プレッシャー下における注意の変化と力に関する特徴との関係性については明らかとならなかった。課題の種類、ストレス強度、測定部位、および測定精度などを考慮した上で、今後さらに検討を行うことが必要であると考えられる。

さらに、プレッシャー下における感情および覚醒水準の変化と行動面の変化の関係性を調べた結果、実験3-1では覚醒水準の増加と運動速度の増加との間に正の相関が認められ、実験3-2では覚醒水準の増加と運動加速度の増加との間に正の相関が認められた。したがって本章では、プレッシャーによる覚醒水準の増加に伴い、運動速度および運動加速度が増加することが示された。この特徴は、生理的な情動反応の影響から生じたと考えられ、先行研究においても、嫌悪刺激に対する不安感情および覚醒水準の増加に伴う運動速度の増加 (Chen and Bargh, 1999; Coombes et al., 2005b) および力の増加 (Coombes et al., 2005a; Coombes et al., 2007) が示されている。これらから、プレッシャーによる運動の変化は、感情の変化や覚醒水準の変化に伴う情動反応が運動制御に直接的に及ぼす影響が原因となって生じることが示された。

また Hatfield (2005) は、プレッシャー下では認知を司る前頭前野や側頭野などの脳部位とともに、情動を司る扁桃体などの脳部位が活性し、これらの活性が運動を司る視床や運動野などの脳部位に影響を及ぼし、運動の変化や運動パフォーマンスの低下が生じるという「あがり」の機序を説明する神経科学モデルを提唱した。これまで、Hatfield の神経科学モデルを実証した研究は見ら

れないが、本章の結果は、プレッシャーによる運動の変化やパフォーマンスの低下には、注意や感情という心理面の変化や、情動反応という生理面の変化が関連するという点で、このモデルを支持する結果であったと考えられる。

注

注1) 各測定項目における、(テスト10試行の平均値) / (第15ブロック10試行の平均値) × 100を、第15ブロックからテストにかけての変化率を表す指標とした。

注2) 各測定項目における、(テスト10試行の平均値) - (第15ブロック10試行の平均値)を、第15ブロックからテストにかけての変化量を表す指標とした。

注3) この得点は、第11～15ブロックの50試行の平均得点と標準偏差を基に正規分布を考えたときに、計算上、10試行中に1回は出得る得点で、2回以上は出ない得点であった。そして、テストにおいて、この得点未満の数字を2回以上記録した場合には、その試行数に比例して日常生活で体感する静電気の2～10倍の強度の電気刺激を実験終了後に与えると教示した。また、この得点未満の数字を1回のみ記録した場合と、記録しなかった場合には電気刺激を与えないと教示した。

要 約

本章の目的は、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を行うときの注意や感情という心理面の変化、覚醒水準という生理面の変化、運動学的変数および運動力学的変数という行動面の変化、ならびにパッティングされたボールの停止位置というパフォーマンスの変化を調べて、さらにはこれらの変化の関係性を調べることであった。そしてこの目的を調べるために、プレッシャーの負荷方法ならびに行動面の指標の測定方法が異なる2つの実験を行った。実験3-1では、ゴルフに対する初心者である16名の男子大学生が参加し、150試行(10試行×15ブロック)の習得を行った後に、パフォーマンス次第で電気刺激が与えられる可能性があるという偽教示を与えられ、さらには賞金2,000円を獲得できるというプレッシャー下において10試行のテストを行わせた。そして、習得最終ブロックとテストにおいて注意、感情、心拍数、二次元動作解析による運動学的変数、ならびに右前腕屈筋と右前腕伸筋の筋放電量と同時収縮率を調べた。その結果、習得最終ブロックからテストにかけて身体運動に対する注意、状態不安、ポジティブ感情、および心拍数が有意に増加した。さらにプレッシャー下では、賞金や電気刺激というストレスに注意が向くことで注意散漫性が高まった。そして、ステップワイズ重回帰分析を行うことで習得最終ブロックからテストにかけての心理面および生理面の変化と、行動面の変化ならびにパフォーマンスの変化との関係性を調べた。その結果、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加と、パッティングされたボールの停止位置の前後方向の変動性の増加との間に正の相関が認められた。さらに、プレッシャー下における注意散漫性の増加と、フォロースルー期のクラブと右肘の運動変位の減少ならびにフォロースルー期のクラブの運動速度の減少との間に正の相関が認められた。また、プレッシャーによる心拍数の増加と、テイクバック期のクラブと右肘の運動速度の増加との間に正の相関が認められた。

実験3-2では、ゴルフに対する初心者である20名の男子大学生が参加し、150試行(10試行×15ブロック)の習得を行った後に、パフォーマンス次第で電気刺激が与えられる可能性があるという偽教示を与えられ、さらには賞金10,000円を獲得できるというプレッシャー下において10試行のテストを行わせた。そして、習得最終ブロックとテストにおいて注意、感情、心拍数、三次元動作解

析による運動学的変数、およびグリップ把持力を調べた。その結果、習得最終ブロックからテストにかけて心拍数、ならびにダウンスイング期のクラブの平均運動加速度が有意に増加した。また、テイクバック期およびダウンスイング期のクラブと腕の回転運動の角変位、ならびにテイクバック期およびダウンスイング期の運動時間が有意に減少した。そして、ステップワイズ重回帰分析を行うことで習得最終ブロックからテストにかけての心理面および生理面の変化と、行動面の変化ならびにパフォーマンスの変化の関係性を調べた。その結果、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加と、テイクバック期のクラブの運動時間の変動性の増加ならびにダウンスイング期の右肘の平均運動速度の変動性の増加との間に正の相関が認められ、さらには身体運動に対する注意の増加とパッティング得点の減少との間に正の相関が認められた。また、プレッシャーによる心拍数の増加とダウンスイング期の右肘の運動加速度の増加との間に正の相関が認められた。

意識的処理仮説や処理資源不足仮説などのように、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下は注意の変化が原因となって生じることが多くの先行研究で示されているが、本章における2つの実験結果から、意識的処理には運動の変動性の増加という行動的特徴が関連していることが示された。さらに、プレッシャーによる運動変位および運動速度の減少という行動的特徴には、注意散漫性の増加という注意の変化が関連していることが示された。また、プレッシャーによる運動速度および運動加速度の増加という行動的特徴には、覚醒水準の増加という生理面の影響が関連していることが示された。したがって本章の2つの実験から、プレッシャーによる運動の変化やパフォーマンスの低下は、注意の変化という心理面における認知機能の変化や、覚醒水準の増加に伴う情動反応という生理面の変化に関連して生じることが示された。

第5章 総合考察

本研究では、プレッシャー下で分離-閉鎖運動スキルを遂行するときの行動的特徴を調べることを第1の目的とした。さらに、プレッシャー下で分離-閉鎖運動スキルを遂行するときの注意や感情という心理面の変化、覚醒水準という生理面の変化、運動学的変数および運動力学的変数という行動面の変化、ならびにパフォーマンスの変化を詳細に調べたうえで、これらの変化の関係性を調べることを第2の目的とした。本研究では、これらの目的を調べるためにゴルフパッティング課題を用いた4つの実験を行った。はじめに、プレッシャー下における分離-閉鎖運動スキルの行動的特徴についての考察を行いたい。

1. 行動的特徴

4つの実験結果から、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を遂行するときの行動的特徴として、テイクバック期における運動変位および運動時間の減少、ダウンスイング期における運動加速度の増加ならびに運動時間の減少、ならびにフォロースルー期における運動変位および運動速度の減少が示された。プレッシャーによる運動変位の減少については、いくつかの先行研究においても示されている特徴であり(Beuter et al., 1989; Higuchi et al., 2002; Sekiya, 2007)、本研究においても、これらの先行研究と同様な特徴が示された。さらに実験3-2では、テイクバック期とダウンスイング期の腕とクラブの回転運動の角変位が減少することが示され、プレッシャー下における運動変位の減少は身体の回転運動においても生じることが示された。また、運動加速度は運動遂行時の力の大きさを反映する指標であるため、運動加速度の増加という特徴は、運動遂行時に発揮する力の増加から生じたと考えられる。

運動加速度の増加という特徴から、プレッシャー下では運動遂行時に発揮する力が増加すること

が示唆されたが、実験 2 から実験 3-2 を通じて、ゴルフパッティング課題におけるグリップ把持力に関連する力の大きさや力みの大きさに、プレッシャーによる変化は見られなかった。プレッシャーによる運動力学的変化について、先行研究では、筋放電時間の増長および同時収縮率の増加 (Weinberg and Hunt, 1976), ならびに運動エネルギーの増加 (Beuter et al., 1989) が示されている。さらに、暗算課題を行うというストレス状況下における筋放電量および力の増加 (van Loon et al., 2001) や、嫌悪刺激を与えられるというストレス状況下における力の増加 (Coombes et al., 2005a; Coombes et al., 2007), ならびに力の変動性の増加 (Noteboom, 2001a, b) が示されている。しかし本研究では、筋放電とグリップ把持力の結果から、プレッシャーによる力および力みの変化については明らかとならなかった。プレッシャー下における力および力みの増加は、多くのスポーツ選手が体感する特徴であり (Murayama and Sekiya, 2007), これらの運動力学的変化はパフォーマンスの低下に関連すると推察されるため、今後の研究において、さらに検討を行うことが必要である。

2. 運動の変化の原因

以下においては、上述した、プレッシャーによる運動変位の減少、運動速度の減少、運動加速度の増加、ならびに運動時間の減少や、実験 2 のパフォーマンス低下者において生じた運動の変動性の増加という運動の変化が生じた原因を考察する。これらの運動の変化の原因は複数あると考えられるが、先ず、その 1 つとして、身体運動に対する注意の増加や注意散漫性の増大という注意の変化という要因が考えられる。これらの注意の変化は、多くの先行研究において、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下の原因としても指摘されている。また、プレッシャーによる運動の変化の他の要因として、各実験の考察で述べたように方略の変化という要因や、生理的な情動反応という要因が考えられる。さらに、ストレスの種類の違いという要因も考えることが必要である。

2-1. 注意散漫性の増加ならびに方略の変化

実験 3-1 では、プレッシャーによる運動変位および運動速度の減少、さらには運動の変動性の減少には、注意散漫性の増加という注意の変化が関連していることが示された。したがって、プレッシャーによるこれらの運動の変化の原因の 1 つとして、注意散漫性の増加という注意の変化の影響が考えられる。Stefan et al. (2004) は、暗算という二次課題とともに右第 1 指による力量調節課題を行うときには、指の運動に注意を向けながら課題を行うときに比べて、皮質脊髄路の興奮性が低く、力量調節の正確性も低いことを示した。この結果は、脳科学や神経科学の視点から注意散漫性の増加と運動制御の関係性を考えると、運動スキルを遂行するときに注意散漫性が増加することで、運動野などの運動を司る脳部位の活性が抑制され、さらには運動を制御する皮質脊髄路の興奮性や運動単位活動が抑制されることを示している。したがって本研究においても、プレッシャーによる注意散漫性の増加に伴い、このように運動を抑制する制御が働き、運動変位および運動速度が減少したと考えられる。

また実験 1 において考察したように、方略の変化の影響も運動変位および運動速度の減少の原因として考えられる。Fitts (1954) は、運動速度と正確性のトレード・オフを提唱しており、多くの先行研究において運動スキルを遂行するときの運動変位および運動速度の減少により、運動の正確性が高まることが示されている(たとえば, Drury, 1975, experiment 2; Schmidt et al., 1979)。また、運動スキルを遂行するときに正確性が求められると、運動変位および運動速度が減少することも示されている(Beach et al., 2006)。本研究で用いたゴルフパッティング課題は、一貫した運動変位や運動速度で課題を行うことがパフォーマンスの向上に繋がり、運動変位および運動速度の変化はパフォーマンスの低下に繋がる課題であると言える。しかしプレッシャー下では、速度や変位を低下させることによって正確性を向上させることが可能な課題における運動の変化が適用されたと考えられる。

2-2. 身体運動に対する注意の増加

さらに実験 3-2 では、プレッシャーによる運動速度および運動時間の変動性の増加には、身体

運動に対する注意の増加が関連していることが示された。実験 3-2 においても考察したように、プレッシャー下でパフォーマンスにエラーが生じたときには、身体運動の変化にその原因を帰属し、次の試行においてパフォーマンスのエラーを減少させるために、帰属した身体運動の変化を修正しようとして、身体運動に対して過剰に注意が向いたと考えられる。その結果、エラーが生じた次の試行では前の試行とは異なる身体運動が生じて、これがプレッシャー下での複数の試行において生じることで、運動の変動性が増加したと考えられる。

先行研究においても、プレッシャーが運動の変動性に及ぼす影響について、下手ボール投げ課題を行うときの関節間協応の変動性の増加 (Higuchi, 2000)、コンピュータによるバッティングシミュレーション課題を行うときの関節間協応の変動性の増加 (Higuchi et al., 2002)、ならびに野球のバッティング課題を行うときの足の踏み出しのタイミングの変動性の増加 (Gray, 2004) が示されている。さらに本研究の実験 2 では、プレッシャー下においてゴルフバッティングのパフォーマンスが低下した被験者において運動変位の変動性の増加が見られた。これらの研究ではプレッシャー下における注意の変化は測定されていないが、これらの研究における運動の変動性の増加も、身体運動に対する注意の増加が原因となって生じたと考えられる。

2-3. 情動反応

実験 3-1 と実験 3-2 では、プレッシャー下における運動速度および運動加速度の増加には、心拍数の増加という覚醒水準の変化が関連していることが示された。したがって、プレッシャーによる運動速度および運動加速度の増加は、生理的な情動反応が原因となって生じたと考えられる。情動反応には複数の種類があるが、その中の 1 つに緊急反応という反応がある。この反応では、緊急時に生存確率を高めるように、自律神経系の活動が亢進するという生理面の変化が生じる (鈴木, 2001)。この緊急反応は、Cannon (1929) による、緊急時において筋活動が高まるなどの生理的な変化が生じる闘争および逃走反応に相当すると考えられている (鈴木, 2001)。先行研究においても、感情および覚醒水準の変化による運動の変化について、嫌悪刺激に対する不安感情および覚醒水準の増加に伴う運動速度の増加 (Chen and Bargh, 1999; Coombes et al., 2005b)、なら

びに力の増加 (Coombes et al., 2005a; Coombes et al., 2007) が示されている。また Hajcak et al. (2007) は、右第 1 指による力量調節課題を行うときに、ネガティブな感情を誘発させる写真を見ながら課題を行う場合は皮質脊髄路の興奮性が増加することを示した。これらの結果は、ネガティブな感情の増加や覚醒水準の増加が生じたときには、運動野などの運動を司る脳部位の活性や皮質脊髄路の興奮性が高まり、運動単位活動が促進して筋活動が高まることを示している。そして本研究の 4 つの実験では、プレッシャー下における心拍数の増加が生じており、このことは、プレッシャーによって交感神経系の活動亢進という緊急反応が生じていたことを示唆する。この緊急反応による運動制御の促進が原因となって、運動速度および運動加速度の増加が生じたと考えられる。

2-4. スレッサーの種類

ところで、運動変位および運動速度の減少は、観衆というスレッサーを用いた実験 1 と実験 2 において顕著に生じた。観衆というスレッサーは注意散漫性を高めやすいスレッサーであると考えられるため、これらの 2 つの実験では、ゴルフパッティング課題を行うときに観衆に対して注意が向くことで注意散漫性が大きく高まり、これらの変化が生じたと考えられる。

先行研究では、その他のスレッサーが運動学的変数に及ぼす影響について調べられており、時間切迫状況下においてダーツ投げ課題を行うときには、焦りという感情が増加することで運動変位の減少と運動速度の増加が生じることが示されている (村山ほか, 2007)。また、高所において運動課題を行うときには、恐怖感情の増加や、落下しないように安全性を高めようとする方略の変化から、運動変位の減少、運動速度の減少、運動時間の増加、運動の滑らかさの減少、ならびに関節間協応の自由度の減少という様々な運動の変化が生じることが示されている (Collins et al., 2001; Pijpers et al., 2003, 2005; Deschamps et al., 2004)。このように、スレッサーの種類の違いによって、運動スキルを遂行するときの注意、方略、および感情という心理面の変化が異なり、その影響で異なる運動の変化が生じると考えられる。

3. パフォーマンスの低下との関連

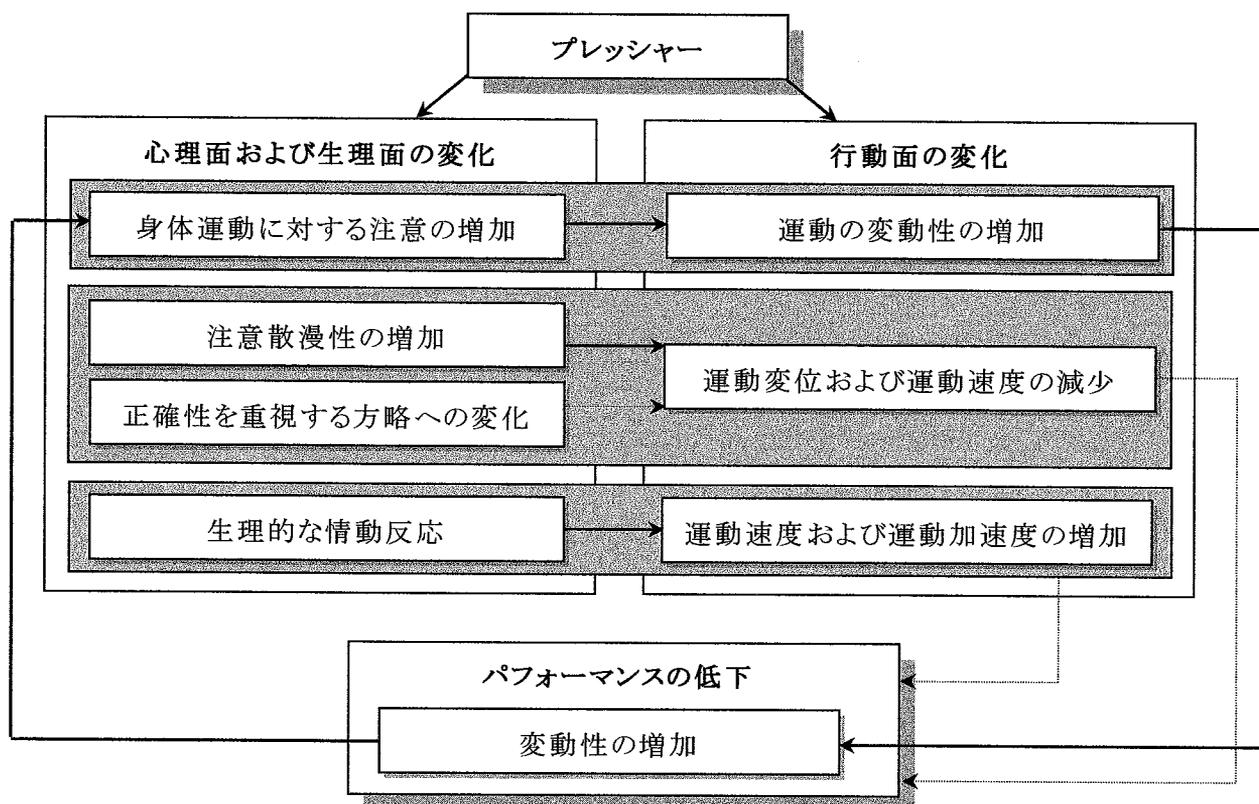
プレッシャー下において身体運動に対する注意が増加することで運動パフォーマンスが低下するという意識的処理仮説は、多くの先行研究において、ゴルフパッティング課題を用いて実証されてきた(Masters, 1992; Lewis and Linder, 1997; Hardy et al., 1996; Mullen and Hardy, 2000; Beilock and Carr, 2001; Mullen et al., 2005). そして本研究の実験 3-1 では、身体運動に対する注意の増加とパッティングされたボールの停止位置の前後方向の変動性の増加との間に正の相関が認められ、実験 3-2 では身体運動に対する注意の増加とパッティング得点の減少との間に正の相関が認められた。したがって本研究においても、プレッシャー下におけるゴルフパッティング課題のパフォーマンスの低下は、意識的処理仮説で説明されたと言える。さらに実験 3-2 では、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加と運動の変動性の増加との間に正の相関が認められた。また実験 2 では、プレッシャー下においてパフォーマンスの低下が見られた被験者において運動の変動性が増加したことから、意識的処理には運動の変動性の増加という運動の変化が関連していることが示された。

また本研究では、実験室において被験者にプレッシャーを負荷するという方法で実験を行ったため、スポーツの試合場面に相当する高強度のストレス喚起は困難であり、4 つの実験を通じて、被験者に喚起されたストレスは低強度であった。このように低強度のストレスであったために、プレッシャー下における生理的覚醒水準と運動パフォーマンスの逆 U 字関係(Martens and Landers, 1970; Weinberg and Ragan, 1978)に基づき、各実験に参加した被験者に一貫したパフォーマンスの低下が見られなかったと考えられる。しかし、パフォーマンスの低下は見られなかったものの、低強度のストレス喚起に対して、運動変位の減少、運動速度の減少、運動加速度の増加、ならびに運動時間の減少という様々な運動の変化が生じた。したがってスポーツの試合場面において、プレッシャーにより高強度のストレスが喚起された場合には、これらの運動の変化の度合も増大し、パフォーマンスの低下に繋がる可能性があることが推察される。

4. 「あがり」を説明するモデルの構築

上述した総合考察を基に、プレッシャー下における分離・閉鎖運動スキルの心理面、生理面、行動面、およびパフォーマンスの変化の関係性を示すモデルを構築した(図 5-1)。このモデルでは、プレッシャー下における分離・閉鎖運動スキルが、心理面、生理面、および行動面の変化の関係性を基に 3 つの特徴を有することが示された。第 1 の特徴は、プレッシャー下において身体運動に対する注意が増加することで運動の変動性が増加して、これらの変化に伴ってパフォーマンスにおいても変動性が増加することである。プレッシャー下でパフォーマンスにエラーが生じたときには、身体運動の変化にその原因を帰属し、次の試行でのパフォーマンスのエラーを小さくするために、帰属した身体運動の変化を修正しようとして、身体運動に対して過剰に注意を向けると考えられる。その結果、エラーが生じた次の試行では前の試行とは異なる身体運動が生じて、これがプレッシャー下の複数の試行において生じることで、運動の変動性が増加し、さらにはパフォーマンスの変動性も増加すると考えられる。また、身体運動に対する注意の増加がプレッシャーによる運動パフォーマンスの低下の原因であると説明した意識的処理仮説では、注意の変化とパフォーマンスの変化の関係を調べることに留まり、その間に介在する行動的特徴は不明であった。しかしこの特徴から、意識的処理仮説における注意の変化とパフォーマンスの低下の間には、運動の変動性の増加という運動行動の変化が介在することが示された。

第 2 の特徴は、プレッシャー下における注意散漫性の増加や、方略の変化に伴って運動変位および運動速度が減少することである。プレッシャーによる注意散漫性の増加に伴い、運動野などの運動を司る脳部位の活性が抑制され、さらには皮質脊髄路の興奮性や運動単位活動が抑制されるなどの運動を抑制する神経制御が働くことで、運動変位および運動速度が減少すると考えられる。そして、注意散漫性の増加に伴って運動の遂行に必要な注意が不足することが、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下の原因であると説明した処理資源不足仮説においても、注意の変化とパフォーマンスの変化の間に介在する行動的特徴は不明であった。しかしこの特徴から、処理資源不足仮説における注意の変化とパフォーマンスの低下の間には、運動変位および運動速度の減



Note. 実線の矢印は本研究の実験結果が示した関係性を示し、点線の矢印は本研究の結果から推察された関係性を示す。

図 5-1. プレッシャー下における分離-閉鎖運動スキル遂行時の心理面、生理面、行動面、およびパフォーマンスの変化の関係性を示すモデル

少という運動の変化が介在することが示唆された。また、運動スキルを遂行するときに正確性が求められると、運動変位および運動速度が減少することが示されている (Beach et al., 2006)。したがって、高いパフォーマンスを発揮することが求められるプレッシャー下では、正確性が求められるときに生じる運動の変化が生じて、その影響から運動変位および運動速度が減少した可能性も指摘され

る。

第3の特徴は、プレッシャー下における覚醒水準の増加に伴う生理的な情動反応の影響で、運動速度および運動加速度が増加することである。情動反応の中の1つに緊急反応という反応があり、緊急反応が生じたときには運動野などの運動を司る脳部位の活性や皮質脊髄路の興奮性が高まり、運動単位活動が促進して筋活動が高まると考えられる。そして、プレッシャーにより交感神経系の活動亢進という緊急反応が生じる際には、この緊急反応によって運動を促進する神経制御が働くことで、運動速度および運動加速度が増加すると考えられる。プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下の原因について先行研究では、意識的処理仮説や処理資源不足仮説などのように、注意の変化という認知機能のみからの説明がなされており、これらの仮説では生理面の影響については言及されていなかった。しかしこの第3の特徴から、プレッシャー下における運動の変化には、認知機能に加えて、生理的な情動反応が運動制御に直接的に及ぼす影響が関連することが示された。

また Hatfield (2005) は、プレッシャー下では認知を司る前頭前野や側頭野などの脳部位とともに、情動を司る扁桃体などの脳部位が活性し、これらの活性が運動を司る視床や運動野などの脳部位に影響を及ぼし、運動の変化や運動パフォーマンスの低下が生じるという「あがり」の機序を説明する神経科学モデルを提唱した(図5-2)。これまで、Hatfieldの神経科学モデルを実証した研究は見られないが、図5-1に示したモデルにおける第1と第2の特徴は、Hatfieldのモデルにおける、認知を司る前頭前野と左側頭野の活動が、運動を司る運動前野と補足運動野の活動に影響を及ぼすことで運動が変化するという説明を支持していると考えられる。さらに第3の特徴は、Hatfieldのモデルにおける、情動を司る右扁桃体と大脳基底核の活動が、視床を通して、運動を司る運動前野と補足運動野の活動に影響を及ぼすことで運動と自律神経系の活動が変化するという説明を支持していると考えられる。

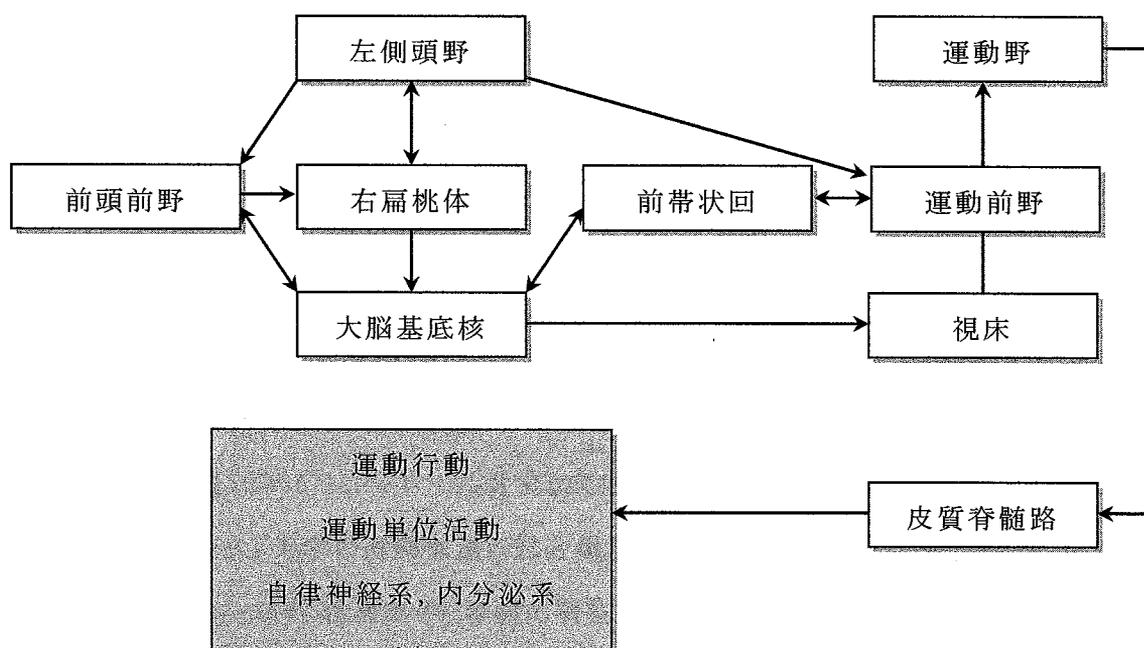


図 5-2. Hatfield (2005) による「あがり」の機序を説明する神経科学モデル

また本研究では、第 2 と第 3 の特徴に関連するパフォーマンスの変化が示されなかったため、今後は、これらの特徴におけるパフォーマンスの質的側面を詳細に調べる研究を行うことが必要である。さらに本研究のモデルに関しては、ゴルフパッティング課題を用いて、プレッシャー下で 10 試行の課題を行わせた本研究の 4 つの実験結果から導き出されたものであるため、今後は、本研究のモデルの適用範囲を調べる必要がある。たとえば、課題の種類という課題特性、課題に対する熟練度という被験者特性、ストレスの種類やストレス強度などの手続き特性が異なる場合においても、このモデルが適用されるかについて検討することが必要である。

5. 「あがり」の予防法および対処法に対する提言

スポーツの試合場面における「あがり」の予防法として、先行研究では、種々の心理的スキルトレーニングを行うことの有効性が指摘されている。たとえば、リラクゼーション(Maynard and Cotton, 1993), プラス思考(Kerr and Leith, 1993; Maynard and Cotton, 1993), 注意集中(Kerr and Leith, 1993)といった心理的スキルトレーニングを試合前の数週間から数ヶ月間に渡って行うことで、競技に対する不安が軽減されることや、試合中に適切な注意集中を維持することが可能となり、「あがり」が予防されることが報告されている。さらに、スポーツの試合場面における「あがり」の対処法として、有光(2005)は、プレーに対する成功イメージを活用することの有効性を指摘しており、徳永・梅田(1986)は、大学の運動部員の試合場面における「あがり」の対処法として、リラクゼーション、技術のイメージづくり、精神集中、呼吸の調整、ならびに縁起を担ぐなどの13項目を挙げている。

このように、スポーツや運動時の「あがり」の予防法および対処法に関しては、いくつかの研究が行われてはいるものの、現状としてその数は限られている。その反面、プレッシャーが運動パフォーマンスに及ぼす影響や、プレッシャー下における心理的特徴や生理的特徴については、多くの研究が行われており、心理面においては感情と注意に変化が生じ、生理面においては自律神経系と内分泌系に変化が生じることが明らかとなっている。そして本研究の結果から、プレッシャー下における様々な行動的特徴が明らかとなり、さらには心理面、生理面、および行動面の変化の関係性も明らかとなった。したがって今後は、これらの研究から得られた知見を有効に活用したうえで「あがり」の予防法および対処法を開発する研究が数多く行われることが期待される。

たとえば、意識的処理仮説を検証した先行研究では、練習時において、二重課題練習を行うことで身体運動に対する注意の抑制を促すことや(Masters, 1992)、逆に、身体運動に対する注意を増加させることによって(Lewis and Linder, 1997; Beilock and Carr, 2001)、プレッシャー下における運動パフォーマンスの低下が抑制されることが示されている。したがってこれらの結果から、練習時において身体運動に対して注意を向ける度合を操作することが「あがり」の予防に効果があるこ

とが示唆される。さらに先行研究では、多くの運動課題において、身体運動に対して注意を向ける内的注意焦点に比べて、身体運動以外のことに注意を向ける外的注意焦点の運動学習に対する有効性(Wulf, 2007)が示されており、今後は、練習時にどのような注意方略を用いることが「あがり」の予防に繋がるかについて検討を行うことが必要である。

また Lewis and Linder(1997)は、プレッシャー下においてゴルフパッティング課題を行うときに、数字を発話するという二重課題を行うことでパフォーマンスの低下が抑制されることを示した。さらに本研究においても、プレッシャー下における身体運動に対する注意の増加が運動パフォーマンスの低下や運動の変動性の増加を導くことが示された。これらの結果から、プレッシャー下において注意の焦点を一定に保つことや、状況に応じて適切に注意の焦点を切り替えることが、パフォーマンスの低下ならびに運動の変化の予防および対処に繋がると考えられる。非プレッシャー下において運動課題を行うときの注意の焦点の切り替えについて、Beilock et al.(2004a)および Perkins-Ceccato et al.(2005)は、熟練者は時間切迫条件下や二重課題を行うことで身体運動に対する注意の増加が抑制されて、パフォーマンスの低下も抑制されるが、初心者は身体運動に対する注意を増加させることでパフォーマンスの低下が抑制されることを示した。

また運動課題を行うときに、注意の焦点を一定に保つために、課題を遂行する直前において特定のパターン化された準備行動を試行毎に繰り返して行う、プリ・パフォーマンス・ルーティン(以下「ルーティン」と略す)という方法がある。このルーティンは、種々の運動スキルの中における閉鎖スキルのパフォーマンスに対して有効であることが指摘されており(Singer, 1988, 2000, 2002; Cohn, 1990; 田中ほか, 2001), これらの知見から閉鎖スキルにおける「あがり」の予防法および対処法として、注意の焦点の切り替えならびにルーティンの使用という方法が提言される。さらに多くの先行研究において、プレッシャー下で運動課題を行うときの注視頻度の増加(Janelle and Singer, 1999; Williams and Elliott, 1999; Williams et al., 2002)が示されていることから、運動課題を行うときの視線のコントロールも「あがり」の予防法および対処法として提言される。今後は、プレッシャー下における運動スキルの遂行に対する、これらの提言された予防法および対処法の効果を検討することが必要である。

さらに本研究では、プレッシャー下における運動速度および運動加速度の増加という運動の変化が、覚醒水準の変化に伴う生理的な情動反応の影響から生じたことが示された。したがって、これらの運動の変化に対する予防法および対処法として、プレッシャー下において覚醒水準を適切にコントロールすることで情動反応を抑制するという方法が提言される。たとえば、呼吸法などのリラクゼーション技法を用いることが、プレッシャーによる覚醒水準の増加に伴う情動反応の抑制に有効であると考えられる。

要 約

本研究の第1の目的は、プレッシャー下で分離-閉鎖運動スキルを遂行するときの行動的特徴を調べることであった。そして、分離-閉鎖運動スキルとしてゴルフパッティング課題を用いた4つの実験から、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を遂行するときの行動的特徴として、テイクバック期における運動変位および運動時間の減少、ダウンスイング期における運動加速度の増加ならびに運動時間の減少、ならびにフォロースルー期における運動変位および運動速度の減少が示された。プレッシャーによる運動変位の減少については、いくつかの先行研究においても示されている特徴であり(Beuter et al., 1989; Higuchi et al., 2002; Sekiya, 2007)、本研究においても、これらの先行研究と同様な特徴が示された。また本研究では、プレッシャーによるこれらの運動の変化に伴うパフォーマンスの変化は見られなかった。4つの実験を通じて、被験者に喚起されたストレスが低強度であったために、プレッシャー下における生理的覚醒水準と運動パフォーマンスの逆U字関係(Martens and Landers, 1970; Weinberg and Ragan, 1978)に基づいてパフォーマンスの低下が生じなかったことが理由として考えられる。

さらに本研究の第2の目的は、プレッシャー下でゴルフパッティング課題を遂行するときの注意や感情という心理面の変化、覚醒水準という生理面の変化、運動学的変数および運動力学的変数という行動面の変化、ならびにパフォーマンスの変化の関係性を調べることであった。そして、実験3-1および実験3-2の結果から、プレッシャー下におけるゴルフパッティング課題は、心理面、生理面、行動面、およびパフォーマンスの変化の関係性に基づき3つの特徴を有することが示された。第1の特徴は、プレッシャー下において身体運動に対する注意が増加することで運動の変動性が増加して、パフォーマンスにおいても変動性が増加することであった。プレッシャー下でパフォーマンスにエラーが生じたときには、身体運動の変化にその原因を帰属し、次の試行でパフォーマンスのエラーを減少させるために、帰属した身体運動の変化を修正しようとして、身体運動に対して過剰に注意を向けたと考えられる。その結果、エラーが生じた次の試行では前の試行と異なる身体運動が生じて、これがプレッシャー下での複数の試行において生じることで、運動の変動性が増加し、さらに

はパフォーマンスの変動性も増加したと考えられる。

第2の特徴は、プレッシャー下における注意散漫性の増加、もしくは正確性を重視する方略への変化に伴って運動変位および運動速度が減少することであった。プレッシャー下における注意散漫性の増加に伴い、運動を抑制する神経制御が働き、運動変位および運動速度が減少したと考えられる。もしくは、プレッシャー下では、速度や変位を低下させることによって正確性を向上させることが可能な課題において正確性を重視したときの運動の変化が適用されたと考えられる。

第3の特徴は、プレッシャー下における覚醒水準の増加に伴う生理的な情動反応の影響によって、運動速度および運動加速度が増加することであった。情動反応によって運動を司る脳部位の活性や皮質脊髄路の興奮性が高まり、運動単位活動が促進して筋活動が高まるという神経制御が働き、運動速度および運動加速度が増加したと考えられる。

プレッシャーおよび「あがり」に関する先行研究では、行動的特徴に関して研究間で統一した見解は得られておらず、その特徴が不明であった。さらに、意識的処理仮説や処理資源不足仮説などのように、注意の変化という心理面における認知機能に焦点が当てられ、これらの仮説に関しても、注意の変化に関連する行動的特徴は調べられていなかった。しかし本研究では、プレッシャー下における分離・閉鎖運動スキルの行動的特徴が明らかとなるとともに、運動スキル遂行時の注意の変化と行動的特徴の関係性も明らかとなった。さらに、注意の変化という心理面における認知機能とともに、覚醒水準という生理面の影響がプレッシャー下における運動の変化の原因となり得ることが明らかとなった。これらより、プレッシャー下における運動の変化やパフォーマンスの低下は、先行研究で示されているように注意の変化が原因となって生じるとともに、生理的な情動反応が運動制御に直接的に及ぼす影響も原因となり得ることが示された。

引用文献

- Akazawa, K., Milner, T.D., and Stein, R.B. (1983) Modulation of reflex EMG and stiffness in response to stretch of human finger muscle. *Journal of Neurophysiology*, 49: 16-27.
- 有光興記(2005)“あがり”とその対処法. 川島書店:東京.
- 有光興記・今田 寛(1999)状況と状況認知から見た“あがり”経験—情動経験の特徴による分析—. *心理学研究*, 70(1):621-636.
- Baumeister, R.F. (1984) Choking under pressure: Self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 46: 610-620.
- Beach, T.A.C., Coke, S.K., and Challaghan, J.P. (2006) Upper body kinematic and low-back kinetic responses to precision placement challenges and cognitive distractions during repetitive lifting. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36: 637-650.
- Beilock, S.L., Bertenthal, B.I., McCoy, A.M., and Carr, T.H. (2004a) Haste does not always make waste: Expertise, direction of attention, and speed versus accuracy in performing sensorimotor skills. *Psychological Bulletin & Review*, 11: 373-379.
- Beilock, S.L. and Carr, T.H. (2001) On the fragility of skilled performance: What governs choking under pressure? *Journal of Experimental Psychology: General*, 130: 701-725.
- Beilock, S.L., Kulp, C.A., Holt, L.E., and Carr, T.H. (2004b) More on the fragility of performance: Choking under pressure in mathematical problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133: 584-600.
- Beilock, S.L., Wierenga, S.A., and Carr, T.H. (2002) Expertise, attention, and memory in sensorimotor skill execution: Impact of novel task constraints on dual-task performance and episodic memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55: 1211-1240.
- Beuter, A., Duda, J.L., and Widule, C.J. (1989) The effect of arousal on joint kinematics and kinetics in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60: 109-116.
- Burton, D. (1988) Do anxious swimmers swim slower? Reexamining the elusive anxiety-performance relationship. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 10: 45-61.
- Cannon, W.B. (1929) Hunger and thirst. In: Murchison, C. (Ed.) *The foundation of experimental psychology*. Clark University Press: Worcester.

- Cerin, E (2003) Anxiety versus fundamental emotions as predictions of perceived functionality of pre-competitive emotional state, threat, and challenge in individual sports. *Journal of Applied Sport Psychology*, 15: 223-238.
- Chen, M. and Bargh, J.A. (1999) Consequences of automatic evaluation: Immediate behavioral predispositions to approach or avoid the stimulus. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25: 215-224.
- Cohn, P.J. (1990) Preperformance routines in sport: Theoretical support and practical applications. *The Sport Psychologist*, 4: 301-312.
- Collins, D., Jones, B., Fairweather, M., Doolan, S., and Priestley, N. (2001) Examining anxiety associated changes in movement patterns. *International Journal of Sport Psychology*, 31: 223-242.
- Coombes, S.A., Cauraugh, J.H., and Janelle, C.M. (2005a) Emotion and movement: Activation of defensive circuitry alters the magnitude of a sustained muscle contraction. *Neuroscience Letters*, 396: 192-196.
- Coombes, S.A., Cauraugh, J.H., and Janelle, C.M. (2007) Emotional state and initiating cue central and peripheral motor processes. *Emotion*, 7: 275-284.
- Coombes, S.A., Janelle, C.M., and Duley, A.R. (2005b) Emotion and motor control: Movement attributes following affective picture processing. *Journal of Motor Behavior*, 37: 425-436.
- Court, M.L.J., Bennett, S.J., Williams, A.M., and Davids, K. (2005) Effects of attentional strategies and anxiety constraints on perceptual-motor organisation of rhythmical arm movements. *Neuroscience Letters*, 384: 17-22.
- Deeny, S.P., Hillman, C.H., Janelle, C.M., and Hatfield, B.D. (2003) Cortico-cortical communication and superior performance in skilled marksmen: An EEG coherence analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 25: 188-204.
- Deikman, A.J. (1966) Deautomatization and the mystic experience. *Psychiatry*, 29: 324-338.
- de Mojá, C.A. and de Mojá, G. (1986) State-trait anxiety and motocross performance. *Perceptual and Motor Skills*, 62: 107-110.
- Deschamps, T., Nourrit, D., Caillou, N., and Delignières, D. (2004) Influence of a stressing constraint on stiffness and damping functions of a ski simulator's platform motion. *Journal of Sports Sciences*, 22: 867-874.
- Drury, G.D. (1975) Application of Fitts' law to foot-pedal design. *Human Factors*, 17: 368-373.

- Eysenck, M.W. (1979) Anxiety, learning, and memory: A reconceptualization. *Journal of Research in Personality*, 13: 363-385.
- Eysenck, M.W. and Calvo, M.G. (1992) Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition and Emotion*, 6: 409-434.
- Fenigstein, A., Scheier, M.F., and Buss, A.H. (1975) Public and private self-consciousness: Assessment and theory. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 43: 522-527.
- Fitts, P.M. (1954) The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47: 381-391.
- Fitts, P.M. and Posner, M.I. (1967) *Human performance*. Brooks/Cole: Belmont.
- Gray, R. (2004) Attending to the execution of a complex sensorimotor skill: Expertise differences, choking, and slumps. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 10: 42-54.
- Hajcak, G., Molnar, C., George, M.S., Bolger, K., Koola, J., and Nahas, Z. (2007) Emotion facilitates action: A transcranial magnetic stimulation study of motor cortex excitability during picture viewing. *Psychophysiology*, 44: 91-97.
- Hancock, G.H., Butler, M.S., and Fischman, M.G. (1995) On the problem of two-dimensional error scores: Measures and analysis of accuracy, bias, and consistency. *Journal of Motor Behavior*, 27: 241-250.
- Hardy, L. (1990) A catastrophe model of anxiety and performance in sport. In: Jones, J.G. and Hardy, L. (Eds.) *Stress and Performance in Sport*. John Wiley: New York, pp. 81-106.
- Hardy, L. and Parfitt, G. (1991) A catastrophe model of anxiety and performance. *British Journal of Psychology*, 82: 163-178.
- Hardy, L., Mullen, R., and Jones, G. (1996) Knowledge and conscious control of motor actions under stress. *British Journal of Psychology*, 87: 621-636.
- Hatfield, B.D. (2005) Cognitive neuroscience aspects of sport psychology: Brain mechanism underlying performance. Paper presented at the International Society of Sport Psychology 11th World Congress of Sport Psychology.
- 肥田野 直・福原真知子・岩脇三良・曾我祥子・Speilberger, C.D. (2000) 新版 State-Trait Anxiety Inventory-Form JYZ. 実務教育出版: 東京.

- Higuchi, T. (1998) Motor coordination variability induced by conscious control of movement. *Tohoku Psychologica Folia*, 57: 23-29.
- Higuchi, T. (2000) Disruption of kinematic coordination in throwing under stress. *Japanese Psychological Research*, 42: 168-177.
- Higuchi, T., Imanaka, K., and Hatayama, T. (2002) Freezing degrees of freedom under stress: Kinematic evidence of constrained movement strategies. *Human Movement Science*, 21: 831-846.
- 市村操一(1965)スポーツにおけるあがりの特性の因子分析的研究(I). *体育学研究*, 9(2):18-22.
- Jackson, R.C., Ashford, K.J., and Norsworthy, G. (2006) Attentional focus, dispositional reinvestment, and skilled motor performance under pressure. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 28: 49-68.
- Janelle, C.M. and Singer, R.N. (1999) External distraction and attentional narrowing: Visual search evidence. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 21: 70-91.
- Kahneman, D. (1973) *Attention and effort*. Prentice Hall: Englewood Cliffs.
- 金本めぐみ・横沢民男・金本益男(2002)「あがり」の原因帰属に関する研究. *上智大学体育*, 35: 33-40.
- Kerr, G., and Leith, L. (1993) Stress management and athletic performance. *The Sport Psychologist*, 7: 221-231.
- 小谷泰則(2004)メンタルトレーニングの生理心理学的メカニズム. 日本スポーツ心理学会編 最新スポーツ心理学 その展望と軌跡. 大修館書店:東京, pp. 197-208.
- Lang, P.J. (1971) The application of psychophysiological methods to the study of psychotherapy and behavior modification. In: Bergin, A. and Garfield, S. (Eds.) *Handbook of Psychotherapy and Behavior Change*. John Wiley: New York, pp. 75-125.
- Lewis, B.P. and Linder, D.E. (1997) Thinking about choking? Attentional processes and paradoxical performance. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 23: 937-944.
- Liao, C. and Masters, R.S.W. (2002) Self-focused attention and performance failure under psychological stress. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 24: 289-305.
- Magill, S.A. (1998) *Motor learning: Concepts and applications*. Fifth edition. McGraw-Hill Companies, Inc: Boston, pp. 6-15.

- Martens, R. and Landers, D.M. (1970) Motor performance under stress: A test of the inverted-U hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 16: 29-37.
- Martens, R., Vealey, R.S., and Burton, D. (1990) *Competitive anxiety in sport*. Human Kinetics: Champaign.
- Masters, R.S.W. (1992) Knowledge, knerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology*, 83: 343-358.
- 松田岩男(1961)運動選手の性格特性と“あがり”に関する研究. *体育学研究*, 6(1):355-358.
- Maynard, I.W. and Cotton, P.C.J. (1993) An investigation of two stress-management techniques in a field setting. *The Sport Psychologist*, 7: 375-387.
- Mullen, R. and Hardy, L. (2000) State anxiety and motor performance: Testing the conscious processing hypothesis. *Journal of Sports Sciences*, 18: 785-799.
- Mullen, R., Hardy, L., and Tattersall, A. (2005) The effects of anxiety on motor performance: A test of the conscious processing hypothesis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 27: 212-225.
- Murayama, T. and Sekiya, H. (2007) Qualitative research on the mechanism of choking under pressure. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29: S191.
- 村山孝之・田中美吏・菅井若菜・関矢寛史(2007)時間切迫が運動スキルの遂行に及ぼす影響. *体育学研究*, 52:443-451.
- Nolte, J. and Angevine Jr., J. B. (2000) *Human Brain in Photographs & Diagrams*. St. Louis: Bosby, pp. 152.
- Noteboom, J.T., Barnholt, K.R., and Enoka, R.M. (2001a) Activation of the arousal response and impairment of performance increase with anxiety and stressor intensity. *Journal of Applied Physiology*, 91: 2093-2101.
- Noteboom, J.T., Fleshner, M., and Enoka, R.M. (2001b) Activation of the arousal response can impair performance on a simple motor task. *Journal of Applied Physiology*, 91: 821-831.
- Norman, D.A. and Bobrow, D.G. (1975) On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7: 44-64.
- Perkins-Ceccato, N., Passmore, S.R., and Lee, T.D. (2003) Effects of focus of attention depend on golfers' skill. *Journal of Sports Sciences*, 21: 593-600.

- Pijpers, J.R., Oudejans, R.R.D., and Bakker, F.C. (2005) Anxiety-induced changes in movement behaviour during the execution of a complex whole-body task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58: 421-445.
- Pijpers, J.R., Oudejans, R.R.D., Bakker, F.C., and Beek, P.J. (2006) The role of anxiety in perceiving and realizing affordances. *Ecological Psychology*, 18: 131-161.
- Pijpers, J.R., Oudejans, R.R.D., Holsheimer, F., and Bakker, F.C. (2003) Anxiety-performance relationships in climbing: A process-oriented approach. *Psychology of Sport and Exercise*, 4: 283-304.
- 坂元佑次・田中美吏・関矢寛史 (2007) 注意の変化およびプレッシャーが知覚運動スキルの流暢性に及ぼす影響, 広島大学大学院総合科学研究科紀要 I 人間科学研究, 2:印刷中.
- Salvador, A., Suay, F., Gonzalez-Bono, E., and Serono, M.A. (2003) Anticipatory cortisol, testosterone and psychological responses to judo competition in young men. *Psychoneuroendocrinology*, 28: 365-375.
- 佐藤 徳・安田朝子 (2001) 日本語版 PANAS の作成. *性格心理学研究*, 9: 138-139.
- Schmidt, R.A., Zelaznik, H.N., Hawkins, B., Frank, J.S., and Quinn, J.T. (1979) Motor-output variability: A theory for the accuracy of rapid motor acts. *Psychological Review*, 86: 415-451.
- Sekiya, H. (2005) Movement characteristics of a closed skill under pressure. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 27: S137.
- Sekiya, H. (2007) Kinematic changes in a single-joint movement under pressure. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29: S128.
- Sekiya, H. and Urimoto, K. (2007) Influence of practice and pressure on compensatory movements of a ball-throwing task. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29: S127.
- Singer, R.N. (1988) Strategies and metastrategies in learning and performing self-paced athletic skills. *The Sport Psychologist*, 2: 49-68.
- Singer, R.N. (2000) Performance and human factors: Considerations about cognition and attention for self-paced and externally-paced events. *Ergonomics*, 43: 1661-1680.
- Singer, R.N. (2002) Preperformance state, routines, and automaticity: What does it take to realize expertise in self-paced events? *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 24: 359-375.

- Speilberger, C.D., Gorsuch, R.L., and Lushene, R.F. (1970) *Manual for the state-trait anxiety inventory*. Consulting psychologists press: Palo Alto.
- Stefan, K., Wycislo, M., and Classen, J. (2004) Modulation of associative human motor cortical plasticity by attention. *Journal of Neurophysiology*, 92: 66-72.
- 鈴木直人 (2001) 情動の心理学. 濱 治世ほか共著 感情心理学への招待 感情・情緒へのアプローチ. サイエンス社: 東京, pp. 107-136.
- 田中博史・遠藤俊郎・高橋宏文・加戸隆司 (2001) バレーボールにおけるサーブの準備行動に関する研究. *バレーボール研究*, 3: 54.
- 田中美史・関矢寛史 (2007) パートナーと運動課題を行うときの対人ストレスが運動スキルに及ぼす影響. *広島体育学研究*, 33: 33-41.
- 徳永幹雄・金崎良三・多々納秀雄・橋本公雄・梅田靖次郎 (1991) 試合前の状態不安と実力発揮度の関係. *健康科学*, 13: 105-114.
- 徳永幹雄・梅田靖次郎 (1986) 競技不安の対応策. 徳永幹雄代表 競技不安の形成・変容過程と不安解消へのバイオフィードバック適用の効果の研究. 文部省科学研究費 (一般研究 C) 研究成果報告書, pp. 46-56.
- Tyler, A.E. and Hutton, R.S. (1986) Was Sherrington right about co-contractions? *Brain research*, 370: 171-175.
- Vance, J., Wulf, G., Töllner, T., McNevin, N., and Mercer, J. (1996) EMG activity as a function of the performer's focus of attention. *Journal of Motor Behavior*, 28: 1-10.
- van Galen, G.P. and Jong, W.P. (1995) Fitts' law as the outcome of a dynamic noise filtering model of motor control. *Human Movement Science*, 14: 539-571.
- van Loon, E.M., Masters, R.S.W., Ring, C., and McIntyre, D.B. (2001) Changes in limb stiffness under conditions of mental stress. *Journal of Motor Behavior*, 33: 153-164.
- Vickers, J.N. and Williams, A.M. (2007) Performing under pressure: The effects of physiological arousal, cognitive anxiety, and gaze control in biathlon. *Journal of Motor Behavior*, 39: 381-394.
- Watson, D., Clark, L.A., and Tellegen, A. (1988) Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54: 1063-1070.

- Weinberg, R.S. and Hunt, V.V. (1976) The interrelationships between anxiety, motor performance and electromyography. *Journal of Motor Behavior*, 8: 219-224.
- Weinberg, R.S. and Ragan, J. (1978) Motor performance under three levels of trait anxiety under stress. *Journal of Motor Behavior*, 10: 169-176.
- Williams, A.M. and Elliott, D. (1999) Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 21: 362-375.
- Williams, A.M., Vickers, J., and Rodrigues, S. (2002) The effects of anxiety on visual search, movement, and performance in table tennis: A test of Eysenck and Calvo's processing efficiency theory. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 24: 438-455.
- Wine, J. (1971) Test anxiety and direction of attention. *Psychological Bulletin*, 76: 92-104.
- Winter, D.A. (1990) *Biomechanics and motor control of human movement*, Second edition. John Wiley: New York.
- Wulf, G. (2007) Attentional focus and motor learning: A review of 10 years of research. *Bewegung and Training*. Retrieved December 20, 2007, from www.ejournal-but.de
- 山田幸雄・森井大治 (2004) 男子テニスストッププレイヤーの公式トーナメントにおけるシングルスマッチの心拍数変動に関する事例研究. *スポーツコーチング研究*, 3: Retrieved December 20, 2007, from http://www.taiiku.tsukuba.ac.jp/sc/3_1/journal.html
- Yerkes, R.M. and Dodson, J.D. (1908) The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18: 450-482.

付 記

第4章の実験3-2は、ヤマハ発動機スポーツ振興財団(YMFS)チャレンジ研究助成(「心理的プレッシャーによってなぜ運動パフォーマンスが低下するか?—認知的側面と行動的側面の影響—」広島大学大学院身体運動心理学研究室)の適用を受けて行った。記して感謝の意を表します。

謝 辞

本論文の作成にあたり、多くの方々より、ご協力とご援助を賜りました。関矢寛史准教授には、主指導教官として学部および大学院博士課程の前後期の長期に渡り、研究を進めるにあたっての多大なご指導とご助言をいただきました。心より深く感謝いたします。また、副指導教官として論文作成に貴重なご助言をいただきました山崎昌廣教授、和田正信教授、岩永 誠教授に深く感謝いたします。

また、本研究の各実験の遂行ならびに本論文の作成にあたり、協力ならびに助言をいただいた関矢研究室の皆様、さらには本研究の各実験に被験者として参加していただいた多くの方々に深く感謝いたします。

平成 20 年 3 月
田中美吏