

## 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

坂元 佑次\*・田中美吏\*\*・関矢 寛史\*\*\*

\*株式会社オービーシステム \*\*広島大学大学院生物圏科学研究科  
\*\*\*広島大学大学院総合科学研究科

## The influence of attentional shifts and pressure on movement fluency of a perceptual and motor skill

Yuji SAKAMOTO\*, Yoshifumi TANAKA\*\*, Hiroshi SEKIYA\*\*\*

\*O B System Inc

Hiranocho, Chuo-ku, Osaka 541-0046, Japan

\*\*Graduate school of Biosphere Science, Hiroshima University

\*\*\*Graduate school of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University  
Hiroshima University, Higashi-Hiroshima 739-8521, Japan

**Abstract:** The objective of this study was to investigate the influence of attentional shifts and pressure on movement fluency in a perceptual and single-joint movement task. Participants ( $N = 24$ ) moved an arm lever in an attempt to trace a spatiotemporal movement target on a computer display. They performed 100 acquisition trials followed by 20 test trials. For the test, the participants were randomly divided into the conscious processing group ( $n = 8$ ), the distraction group ( $n = 8$ ), or the pressure group ( $n = 8$ ). For any test trials, the amplitude of the original movement pattern of the conscious processing group was enlarged to 130%. Furthermore, participants in the conscious processing group were instructed to be conscious of their arm movements in order to be aware of the enlarged trials. In the test, the distraction group performed a secondary task, which consisted in pressing a button as quickly as possible. The other group performed the test under pressure, which was induced by informing them that they would receive a cash reward or an elec-

tric stimulus contingent on their performance. The root mean squared error (RMSE) was measured as an index of performance, and the mean power frequency (MPF) of movement velocity was measured as an index of the movement fluency of the perceptual and single-joint movement task. In the distraction group alone, the RMSE increased from the last phase of acquisition to the test. In addition, the MPF of the processing resource shortage group decreased from the last phase of acquisition to the test. These findings indicated that the attentional shift resulting from a shortage of processing resources limited feedback control and led to a decrement in the performance of the perceptual motor skill.

**Key words:** attention, pressure, perceptual-motor skill, movement fluency

## 【序 論】

Deikman (1966) は、自動化された運動スキルを遂行するときに身体運動に対して注意を向けながら遂行すると、意識的に運動スキルを遂行する段階にスキルが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、その後の多くの研究において、習得された運動スキルを遂行する際に、身体運動に対する注意を増加させると運動パフォーマンスが低下することが示された (e.g., Baumeister, 1984)。

またNorman & Bobrow (1975) は、認知活動に関わる注意、努力、思考などの心的な機能の総体を処理資源と呼んだが、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スキルは遂行される。そしてBeilock, Wierenga, & Carr (2002) ならびにBeilock, Bertenthal, McCoy, & Carr (2004) は、初心者が運動課題を行うとき、二次課題を行うことや時間切迫が与えられることで注意の処理資源が不足して、主課題である運動課題のパフォーマンスが低下することを示した。

このように運動スキルを遂行するとき、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。そして、この現象のメカニズムを運動学ならびに運動力学の視点から調べた研究が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運動学的変化として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報告し、Mullen & 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報告している。さらに運動力学的变化としてVance, Wulf, Töllner, McNevin, & Mercer (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や筋放電の平均周波数の増加を報告している。

また、二次課題とともに運動課題を行うときの運動学的変化としてMullen & 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報告し、運動力学的变化としてvan Loon, Masters, Ring, & McIntyre (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の筋放電ならびに力の増加を報告している。このようにいくつかの研究で、身体運動に対して注意を増加させることや、二次課題を行うことで運動学的変化や運動力学的变化が生じることが報告されているが、研究の数は限られており、さらなる研究を行うことが必要である。この点に関しては、Wulf (2007) の総説論文においても同様の指摘がされている。

ところで、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 (choking under pressure)」を経験する。「あがり」とはBaumeister (1984) によると、プレッシャーによりパフォーマンスが低下する現象と定義されている。ここでいうプレッシャーとは、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のことを指す。そして「あがり」は、プレッシャー下で身体運動に対して注意が増加すること (意識的処理仮説: Masters, 1992) や、不安などに多くの処理資源が配分されて課題遂行に対する注意の処理資源が不足すること (処理資源不足仮説: Eysenck, 1979) が原因となって生じることが提唱されている。そして、これらの2つの仮説に関しては、どちらの仮説が正しいかを検証する多くの研究が行われており、意識的処理仮説を支持する研究 (Lewis & Linder, 1997; Beilock & Carr, 2001)、処理資源不足仮説を支持する研究 (Williams, Vickers, & Rodrigues, 2002)、ならびに両仮説を支持する研究 (Mullen, Hardy, & Tattersall, 2005) など様々な結果が得られている。

またLang (1971) によれば、心理的なストレスに対する身体反応は心理、生理、行動の3側面に表れるが、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、行動の3側面に様々な特徴が表れることが報告されている。そして近年を中心に、いくつかの研究で、プレッシャー下における行動

の特徴として、プレッシャーが運動学的変数に及ぼす影響について調べられている。たとえばBeuter, Duda, & Widule (1989) は、障害物を跨ぎ越える課題を行うときに、プレッシャー下では股関節、膝関節、足関節の屈曲角度が縮小することを示した。さらに田中・関矢 (2006) は、ゴルフパッティング課題を行うときに、プレッシャー下ではクラブと腕の運動変位が減少し、さらには運動速度が減少することを示した。プレッシャー下で運動変位が減少するという知見は、コンピュータによるパッティングシミュレーション課題 (Higuchi, Imanaka, & Hatayama, 2002) や腕の屈曲・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、Higuchi (2000) は、下手ボール投げ課題を行うときの腕の運動の変位ならびに速度に関する関節間協応の自由度が凍結することを示し、Sekiya & Urimoto (2007) も、下手ボール投げ課題を行うとき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を示した。これらの研究で示されているプレッシャーによる運動の協応性の変化は、プレッシャー下でスポーツや運動を行うときに多くの人が体感する、硬く、ぎこちない運動に関連すると考えられる。つまり、プレッシャー下では、練習により獲得された流暢性のある運動が流暢性のない運動に変化するのではないかと考えられるが、プレッシャーが運動の流暢性に及ぼす影響について調べた研究は見当たらず、検証することが必要である。

以上より本研究では、非プレッシャー下で運動課題を行うときの意識的処理および処理資源不足という注意の変化が運動の流暢性に及ぼす影響を調べ、注意の変化に伴う運動パフォーマンスの低下の運動学的メカニズムを調べることを第1の目的とした。さらに、運動課題を行うときのプレッシャーが運動の流暢性に及ぼす影響を調べることを第2の目的とした。また、第1目的と第2目的の結果を比較することで、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下が意識的処理仮説で説明されるか、処理資源不足仮説で説明されるかについて、運動の流暢性という運動学的視点から検討

することを第3の目的とした。

## 【方 法】

### 1. 被験者

右利きの大学生24名 (男子3名、女子21名、年齢18~23歳) が参加した。なお全ての被験者から、実験に先立ち、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。

### 2. 装置

パーソナル・コンピュータ (NEC株式会社 PC9821-XT13)、カラーディスプレイ (NEC株式会社 PC-KM173)、前腕角度測定器 (竹井機器工業社) を用いて課題を行った。図1に示したように、前腕角度測定器はカラーディスプレイから30cm前方に設置し、AD変換ボード (マイクロサイエンス社 ADM-678PCI) を介してコンピュータに接続した。前腕角度測定器は、全長43cmのプレート、机と固定した側にあるポテンシオメーター、ならびにその反対側にあるグリップによって構成された。この前腕角度測定器は、右肘関節の屈曲・伸展運動を行うことが可能で、サンプリング周波数は100Hzであった。さらに、プレッシャーを与えるための電気刺激の呈示ならびに脈拍数の測定にはPowerLab/4st (ADInstruments社) を使用し、状態不安の測定には新版State-Trait Anxiety Inventory-Form JYZ (肥田野・福原・岩脇・曾我・Speilberger, 2000) のSTAI Y-1 (以下「STAI」と略す) を使用した。また、二次課題のキー押し反応課題にはキーボードを使用した。

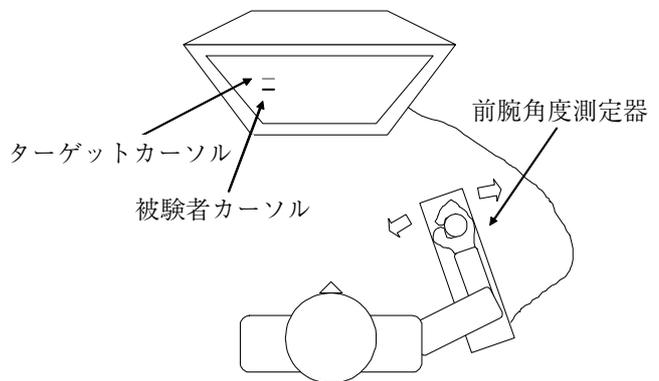


図1. 知覚運動課題の装置

### 3. 課題

カラーディスプレイ上に呈示されるターゲットカーソルを、右肘関節の屈曲・伸展運動を行うことで追跡する知覚運動課題を用いた。被験者はコンピュータの置かれた机の前の椅子に座り、右手で前腕角度測定器のグリップを握り、右肘関節の屈曲・伸展運動を行うことで、図2のようにディスプレイ上を5.95s (0.01s×595ピクセル) かけて左から右に上下移動を伴いながら移動するターゲットカーソルを追跡した。被験者カーソルとターゲットカーソルの横方向の移動速度は同じであり、被験者カーソルは右肘関節を屈曲させると下方に移動し、伸展させると上方に移動した。この課題において、被験者は右肘関節の屈曲・伸展運動を行うことで、移動するターゲットカーソルと被験者カーソルの上下の誤差をできる限り小さくすることが求められた。

また、二次課題としてキー押し反応課題を用いた。この課題は、追跡課題で用いたターゲットカーソルの色を100ms間変化させたときに、できる限り早くキー押しを行わせるというものであった。ターゲットカーソルの色の変化するタイミングは、ターゲットカーソルの移動開始後400ms~2100msの間に1回、2100ms~3800msの間に1回、3800ms~5500msの間に1回の計3回であった。また、各区間においてランダムなタイミングで色を変化させたが、変化開始の間隔は最短で500msであった。また、ターゲットカーソルの色は赤色であったが、1回目の色の変化は水色、2回目は緑色、3回目は黄色とした。キー押し反応はキーボードのテンキーボタンの1、2、3を使用し、1回目の色の変化に対してはボタン1を左手の第4指で、2回目の色の変化に対してはボタン2を左手の第3指で、3回目の色の変化に対してはボタン3を左手の第2指でできる限り早く押すように教示した。そして各試行後に、色が変わってからキーが押されるまでのRT (Reaction Time) をフィードバックとしてディスプレイ上に6秒間呈示した。また、色が変わる前にボタンを押した場合、間違っただボタンを押した場合、さらにはRTが極度に長い1500ms以上であった場合は誤反応として“miss”と呈示した。

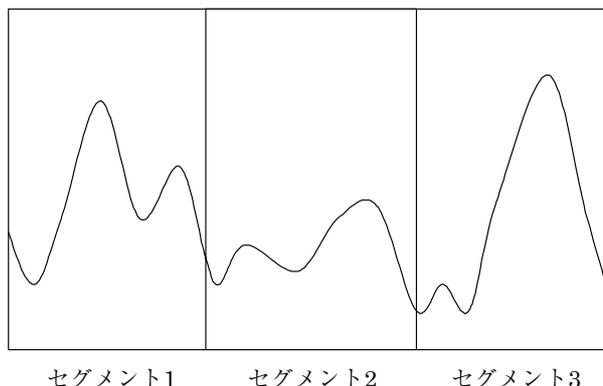


図2. 知覚運動課題におけるターゲットカーソルの移動軌跡

### 4. 手続き

はじめに、ターゲットカーソルを追跡する知覚運動課題に対する100試行の習得を行わせた。習得の各試行後においては、ターゲットカーソルと被験者カーソルのRMSE (Root Mean Square Error) をディスプレイ上に3秒間呈示してフィードバックした。なお、20試行毎に30秒間のインターバルを設けた。習得の終了後、各被験者を意識的処理群 (8名)、処理資源不足群 (8名)、プレッシャー群 (8名) のいずれかにランダムに振り分け、20試行のテストを行わせた。

意識的処理群の各被験者には、テスト開始前に、ターゲットカーソルが呈示されるディスプレイ上の領域が200ピクセル毎に3つのセグメントに分割されていることを教示し、20試行のテスト中の数試行において、ターゲットカーソルの上下振幅の1.3倍の増幅が1つ、もしくは2つのセグメントで生じることを教示した。増幅は第1、3、4、6、8、10、13、16、17、19試行における1つ、もしくは2つのセグメントで生じるように設定した。そして、増幅を見つけるために腕の運動を意識するように教示した。なお、意識的処理群の各被験者に対しては、テストの各試行後に、どのセグメントに増幅があったかについて質問紙に回答させた。さらに、腕の運動をどの程度意識したかについても4件法 ((4) かなり意識した~ (1) 全く意識しなかった) で回答させた。

処理資源不足群の各被験者には、テスト開始前に、20試行のキー押し反応課題を行わせて二次課題に慣れさせた。そして、テストにおいても二次

課題としてキー押し反応課題を行うように教示し、試行中はキー押し反応課題を優先するように教示した。そして教示後に、テストとして、主課題である知覚運動課題を二次課題とともに20試行行わせた。そして、処理資源不足群の各被験者に対しては、テスト終了後に、試行中に腕の運動をどの程度意識したか、ならびにキー押し反応課題をどの程度優先させたかについて質問紙に4件法で回答させた。

プレッシャー群の各被験者には、テスト開始前に、20試行のテストにおけるRMSEの平均が、目標値(習得100試行を10試行毎の10ブロックに分け、10試行のRMSEの平均が最も小さいブロックの値に0.9をかけた値)より小さい値を示した場合には賞金2,000円を与えると教示し、目標値よりも大きい値を示した場合には60mAの電気刺激を与えると教示した。そして、与えられる電気刺激の強度を認識させるために、10分の1の強度である6mAの電気刺激を、電気刺激用電極を被験者の左第5指に付けて20ms間与えた。しかし、60mAの電気刺激を与えるという教示は、目標値よりも大きい値を示した場合においても実際には与えない偽教示であり、テスト後にディブリーフィングを行った。そして教示後に、習得と同様の課題を行う20試行のテストを行わせた。そして、プレッシャー群の各被験者に対しては、テスト終了後に、意識的処理ならびに処理資源不足というテスト中の注意の焦点に関する質問紙に回答させた。また、プレッシャー群においては、プレッシャー教示の前後に状態不安と脈拍数を測定した。

なお、テストでは、全ての群に対して各試行後にRMSEをフィードバックしなかったが、処理資源不足群に対してはキー押し反応課題のRTをディスプレイ上にフィードバックとして呈示した。

## 5. 測定項目

<ストレス喚起の操作チェック>

プレッシャー群においては、プレッシャー教示の前後にSTAIを用いて状態不安の測定、ならびに1分間の脈拍数の測定を行い、教示による心理的ストレス喚起の操作チェックを行った。

<パフォーマンス>

全ての群における主課題の知覚運動課題のパフォーマンスを表す指標として、1試行内の各ピクセルにおけるターゲットカーソルと被験者カーソルの誤差(mm)を算出し、1試行595ピクセルのRMSEを算出した。また、二次課題のパフォーマンスを表す指標として、1試行3回分のRTの平均値を算出し、誤反応数もカウントした。

<運動の流暢性>

運動の流暢性を表す運動学的変数として、各試行における運動速度のMPF(平均周波数: Mean Power Frequency)を次のように算出した。はじめに、1試行において595ピクセル分得られる被験者カーソルの変位データの微分を行い、各ピクセルにおける運動速度を算出した。そして、5Hzのローパスフィルタをかけた運動速度データの高周波フーリエ変換(FFT: Fast Fourier Transform)を行うことで周波数頻度を算出し、パワースペクトルを求めた。さらに、求められたパワースペクトルに2点フィルタをかけたものを積分して面積を求め、そこから各試行におけるMPFを算出した。MPFの値が大きい場合には速度変化が多い、非流暢な運動をしていたことを表し、MPFの値が小さい場合には速度変化が少ない、流暢な運動をしていたことを表す。

## 6. データ分析

はじめに、全ての群に対して、習得における100試行を1ブロック10試行の10ブロックに分けた。また、意識的制御群においてはテストの第1、3、4、6、8、10、13、16、17、19試行でターゲットカーソルの上下振幅が増幅した。したがってRMSEに関しては全ての群の被験者において、テストでのこれらの試行を分析から除外し、テストにおける残りの10試行を分析対象とした。

そして、習得およびテストにおける各群のデータ分析は、処理資源不足群については、キー押し反応課題のRTならびに20試行中の誤反応数に対して $t$ 検定を行い、キー押し反応課題のみを行うときと、主課題とともに二次課題としてキー押し反応課題を行うときのキー押し反応課題のパフォーマンスを比較した。さらに、プレッシャー群については状態不安得点ならびに脈拍数に対して $t$

検定を行い、プレッシャー教示前から教示後にかけての状態不安ならびに生理的覚醒水準の変化を調べた。

なお、RMSEならびにMPFに対しては、群(3)×ブロック(3;習得第1ブロック、習得第10ブロック、テスト)の2要因分散分析を行った。これらの分散分析では、群を被験者間要因、ブロックを被験者内要因とし、多重比較にはTukeyのHSD検定を用いた。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、10%未満を有意傾向とした。

## 【結 果】

### 1. ストレス喚起の操作チェック

表1に、プレッシャー群のプレッシャー教示前と教示後における状態不安得点ならびに脈拍数の平均と標準偏差、ならびに $t$ 検定の結果を示した。プレッシャー教示前から教示後にかけて、状態不安が有意に増加し、脈拍数は増加する傾向が見られた。

### 2. パフォーマンス

#### <RMSE>

表2に、全ての群の習得第1ブロック、第10ブロック、テストにおけるRMSEの平均と標準偏差を示した。分散分析の結果、ブロックの主効果( $F(2, 42)=206.7, p<.01$ )ならびに群とブロックの交互作用( $F(4, 42)=11.8, p<.01$ )が見られた。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1ブロックの値が、習得第10ブロックならびにテストに比べて有意に大きく( $p<.01$ )、テストの値が第10ブロックに比べて有意に大きかった( $p<.01$ )。さらに、交互作用について多重比較を行った結果、全ての群において第1ブロックから第10ブロックにかけて値が有意に減少し( $p<.01$ )、処理資源不足群のみ第10ブロックからテストにかけて値が有意に増加した( $p<.01$ )。

#### <キー押し反応課題>

表3に、処理資源不足群のテスト前とテスト中におけるキー押し反応課題のRTと誤反応数の平均と標準偏差、ならびに $t$ 検定の結果を示した。テ

スト前からテスト中にかけて、RTと誤反応数が有意に増加した。

### 3. 運動の流暢性

#### <MPF>

表4に、全ての群の習得第1ブロック、第10ブロック、テストにおけるMPFの平均と標準偏差を示した。分散分析の結果、ブロックの主効果( $F(2, 42)=164.3, p<.01$ )が見られ、群とブロックの交互作用( $F(4, 42)=2.2, p=.088$ )が有意傾向であった。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1ブロックの値が、習得第10ブロックならびにテストに比べて有意に大きかった( $p<.01$ )。さらに、交互作用について多重比較を行った結果、全ての群において第1ブロックから第10ブロックにかけて値が減少し( $p<.01$ )、処理資源不足群のみ第10ブロックからテストにかけて値が減少した( $p<.05$ )。

## 【考 察】

本研究の第1の目的は、非プレッシャー下で知覚運動課題を行うときの意識的処理および処理資源不足という注意の変化が運動の流暢性に及ぼす影響を調べ、注意の変化に伴う運動パフォーマンス低下の運動学的メカニズムを調べることであった。意識的処理群に対して、テスト終了後に回答させた質問紙の結果では、テスト10試行中9試行以上において腕の運動を「かなり意識した」または「少し意識した」と回答した被験者が8名中6名いた。また残りの2名においても5試行以上は腕の運動を「かなり意識した」または「少し意識した」と回答した。したがって、テストにおいて意識的処理群に対して行った注意の操作によって、意識的処理群は身体運動に対して注意が向いたと考えられる。しかし意識的処理群に、このような注意の変化に伴うパフォーマンスの低下や運動の流暢性の変化は見られなかった。

したがって本研究では、身体運動に対する注意の増加に伴う運動パフォーマンス低下の運動学的メカニズムを特定するには至らなかった。その原因として、習得において知覚運動課題のパフォー

表1 プレッシャー教示の前後における状態不安定得点、脈拍数の平均と標準偏差および  $t$  検定の結果

	教示前	教示後	$t$ 値	有意確率 ( $p$ )
状態不安定得点	42.63 ( 4.90)	57.00 ( 8.00)	6.48	.000
脈拍数 (bpm)	73.38 ( 9.01)	74.88 ( 9.28)	2.04	.080

表2 習得第1ブロック、第10ブロックならびにテストにおけるRMSE (mm) の平均と標準偏差

	習得第1ブロック	習得第10ブロック	テスト
意識的処理群	6.62 (0.52)	3.70 (0.83)	4.16 (0.66)
処理資源不足群	6.08 (0.63)	3.55 (0.66)	5.21 (0.82)
プレッシャー群	6.23 (1.17)	3.33 (0.77)	3.24 (0.68)

表3 テスト前とテスト中におけるキー押し反応課題のRT、誤反応数の平均と標準偏差および  $t$  検定の結果

	テスト前	テスト中	$t$ 値	有意確率 ( $p$ )
RT (ms)	191.92 (27.50)	248.41 (39.70)	3.08	.018
誤反応数	0.50 ( 1.07)	2.88 ( 3.80)	2.42	.046

表4 習得第1ブロック、第10ブロックならびにテストにおけるMPF (Hz) の平均と標準偏差

	習得第1ブロック	習得第10ブロック	テスト
意識的処理群	0.92 (0.06)	0.71 (0.03)	0.70 (0.02)
処理資源不足群	0.86 (0.12)	0.73 (0.06)	0.69 (0.05)
プレッシャー群	0.86 (0.06)	0.67 (0.04)	0.67 (0.06)

マンスの向上は見られたが、運動スキルの自動化が生じるまでの熟練したパフォーマンスの向上ではなかったことが指摘される。Beilock et al. (2002, 2004) によると、身体運動に対する注意の増加に伴う運動パフォーマンスの低下は熟練された運動課題において生じることが示されているが、本研究における100試行という試行数では、課題を熟練させてスキルの自動化が生じるまでの段階に至らなかったと考えられる。そのため、テストにおいては注意の操作によって身体運動に対して注意は向いたものの、パフォーマンスの低下や運動の流暢性の変化は生じなかったと考えられる。また、意識的処理群に対してテストにおいて行った注意の操作により、運動学的変化やパフォーマンスの低下を導くまでの十分な身体運動に対する注意の増加が生じなかったことも原因として考えられる。

また、処理資源不足群はテストにおいて、主課題である知覚運動課題のパフォーマンスが低下し、さらには二次課題であるキー押し反応課題のパフォーマンスも低下した。さらに、テスト後に回答

させた質問紙の結果では、8名中5名の被験者がキー押し反応課題を「かなり優先した」と回答し、残りの3名も「少し優先した」と回答した。したがって、処理資源不足群はテストにおいて、キー押し課題を優先しながら主課題である知覚運動課題を遂行していたと考えられるが、それにも関わらずキー押し反応のパフォーマンスが低下した。これらの結果から、処理資源不足群の各被験者はテストにおいて主課題への注意の処理資源が不足した状態にあったと考えられ、二次課題を行うことで処理資源を不足させるというテストにおける注意の操作は有効であったと考えられる。

そして、処理資源不足群はテストにおいて、運動速度のMPFが減少するという運動学的変化が見られたうえに、知覚運動課題のパフォーマンスが低下した。したがって、このMPFの減少は、パフォーマンスの増加に繋がる運動の流暢性の増加ではないと考えられる。つまり、テストにおいては、二次課題を行うことで主課題である知覚運動課題に対する注意の処理資源が不足し、細かな運動速度の変化を持たせてターゲットカーソルを追跡す

るというフィードバック制御による運動が抑制されて知覚運動課題のパフォーマンスが低下したと考えられる。先行研究では、二次課題とともに運動課題を行うときには運動時間が増加する (Mullen & Hardy, 2000) という結果が示されているが、本研究の結果から、運動課題を行うときに注意の処理資源が不足することによって、フィードバック制御による運動が抑制されるという新たな知見が示された。

本研究の第2の目的は、運動課題を行うときのプレッシャーが運動の流暢性に及ぼす影響を調べることであった。運動の流暢性の指標であるMPFは、全ての群において習得初期から後期にかけて減少が見られた。したがって、習得初期から後期にかけて、ターゲットカーソルを追跡するという知覚運動課題は、運動速度の細かな変化を含む非流暢な運動から流暢な運動に変化したと言える。そして、プレッシャー群においては、プレッシャー教示前から教示後にかけて状態不安が増加し、さらには脈拍数が増加する傾向が見られた。このことは、本研究で用いたプレッシャー教示による心理的ストレス喚起の操作が有効であったことを示す。しかし、プレッシャー群においては習得後期からテストにかけてMPFの変化は見られなかったことから、プレッシャーが運動の流暢性に対しては影響を及ぼさなかったと考えられる。

プレッシャー下において運動の流暢性に変化が見られなかった原因として次の2つが挙げられる。第1の原因には、本研究で用いた運動課題の課題特性が挙げられる。本研究で用いた運動課題は、肘関節を屈曲・伸展させるという自由度が拘束された単関節運動であった。Higuchi (2000) ならびに Sekiya & Urimoto (2007) は、下手ボール投げ課題という肩、肘、手関節の自由度を機能させる多関節運動を行うときに、プレッシャーによって関節間の協応性が低下することを示した。また Pijpers, Oudejans, Holsheime, & Bakker (2003) は、高所というストレス状況下で全身運動であるウォールクライミング課題を行うときに、身体の重心移動の流暢性が減少することを示した。このように多関節を同時に運動させることによる複雑な運動課題を行う際には、運動の協応性や、本研究で測

定した運動の流暢性という運動学的変数にプレッシャーが及ぼす影響は大きいと考えられるが、単関節運動という単純な運動課題を行う際には運動の協応性や流暢性にプレッシャーが及ぼす影響は小さいことが示唆された。今後の研究において、運動の協応性や流暢性にプレッシャーが及ぼす影響を単関節運動と多関節運動で比較することが必要と考えられる。

第2の原因には、本研究で用いたプレッシャー教示によって喚起されたストレス強度が挙げられる。本研究のプレッシャー群におけるプレッシャー教示前から教示後にかけての状態不安得点の増加は約14点で、脈拍数の増加は約2拍であった。したがって、プレッシャー群はテストにおいて、不安感情が高まるという心理的なストレス反応は生じたが、生理的覚醒水準が大きく増加するほどの生理的なストレス反応は生じなかった。田中・関矢 (2006) は、ゴルフパッティング課題を行うときに、STAIによって測定された状態不安得点がプレッシャー下では約8点増加し、さらには心拍数が約11拍増加して、運動変位ならびに運動速度の減少という運動学的変化が生じることを示した。また 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、心拍数が約18拍増加して、身体の重心移動の流暢性が減少することを示した。さらに Mullen & Hardy (2000) ならびに Williams et al. (2002) の研究では、プレッシャー下において認知不安が増加したが、運動変位、運動速度、ならびに運動加速度という運動学的変数に変化は見られなかった。したがって、運動の流暢性などの運動学的変数は、プレッシャーによって生理的に強度の高いストレス反応が生じることで影響を受ける可能性があることが示唆された。

最後に、本研究の第3の目的は、意識的処理ならびに処理資源不足という注意の変化に伴う運動の流暢性の変化とプレッシャー下における運動の流暢性の変化を比較することで、プレッシャーによる運動パフォーマンスの低下が意識的処理仮説で説明されるか、処理資源不足仮説で説明されるかについて検討することであった。しかし、プレッシャー群はテストにおいて、パフォーマンスの低下が見られず、さらには運動の流暢性にも変化

が生じなかったため、この目的を検討することは困難であった。しかし、処理資源不足群はテストにおいて、細かな運動速度の変化を伴うフィードバック制御が抑制されるという運動学的変化が生じた。したがって、仮にプレッシャー下で処理資源不足状態に陥った場合には、処理資源不足群がテストにおいて生じた運動学的変化と同様な変化が生じる可能性があると考えられる。プレッシャーによるパフォーマンス低下の原因を注意の変化という認知的側面から説明した先行研究では、注意の変化とパフォーマンスの関係を調べるに留ま

り、運動のパフォーマンスを直接的に規定する行動面の影響については言及されていない。したがって今後は、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研究をさらに行うことが必要であると考えられる。そして、意識的処理ならびに処理資源不足というプレッシャー下における注意の変化から生起する行動的特徴を明らかにすることで、プレッシャー下の運動行動に関する議論がさらに進展することが期待される。

### 【引用文献】

- 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.
- Beilock, S.L., Bertenthal, B.I., McCoy, A.M., & Carr, T.H. (2004) 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. & 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., Wierenga, S.A., & 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., & Widule, C.J. (1989) The effect of arousal on joint kinematics and kinetics in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60, 109-116.
- Deikman, A.J. (1966) Deautomatization and the mystic experience. *Psychiatry*, 29, 324-338.
- Eysenck, M.W. (1979) Anxiety, learning, and memory: A reconceptualization. *Journal of Research in Personality*, 13, 363-385.
- 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 Psychological 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., & Hatayama, T. (2002) Freezing degrees of freedom under stress: Kinematic evidence of constrained movement strategies. *Human Movement Science*, 21, 831-846.
- Kahneman, D. (1973) *Attention and effort*. Prentice Hall: Englewood Cliffs.
- 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. & Linder, D.E. (1997) Thinking about choking? Attentional processes and paradoxical performance. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 23, 937-944.
- 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.
- Mullen, R. & Hardy, L. (2000) State anxiety and motor

- performance: Testing the conscious processing hypothesis. *Journal of Sports Sciences*, 18, 785-799.
- Mullen, R., Hardy, L., & 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.
- Norman, D.A. & Bobrow, D.G. (1975) On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Pijpers, J.R., Oudejans, R.R.D., Holsheimer, F., & Bakker, F.C. (2003) Anxiety-performance relationships in climbing: A process-oriented approach. *Psychology of Sport and Exercise*, 4, 283-304.
- Sekiya, H. (2007) Kinematic changes in a single-joint movement under pressure. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29, S128.
- Sekiya, H. & Urimoto, K. (2007) Influence of practice and pressure on compensatory movements of a ball-throwing task. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29, S127.
- 田中美吏・関矢寛史 (2006) 一過性心理的ストレスがゴルフパッティングに及ぼす影響. *スポーツ心理学研究*, 33 (2), 1-18.
- Vance, J., Wulf, G., Töllner, T., McNevin, N., & Mercer, J. (1996) EMG activity as a function of the performer's focus of attention. *Journal of Motor Behavior*, 28, 1-10.
- van Loon, E.M., Masters, R.S.W., Ring, C., and McIntyre, D. (2001) Changes in limb stiffness under conditions of mental stress. *Journal of Motor Behavior*, 33, 153-164.
- Williams, A.M., Vickers, J., & 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.
- Wulf, G. (2007) Attentional focus and motor learning: A review of 10 years of research. *Bewegung and Training*, [www.ejournal-but.de](http://www.ejournal-but.de).