熟練・準熟練剣道選手における反応選択の処理効率差

奥村 基生 吉田 茂

Differences in processing efficiency of response selection between skilled and sub-skilled kendo players

Motoki Okumura and Shigeru Yoshida

Abstract

A study was conducted to examine the processing efficiency of response selection in collegiate kendo players. Skilled and sub-skilled groups (each n=8) reported their skill knowledge utilized in practices and matches. Experimental tasks in which subjects found and attacked the vulnerable points of an opponent were solvable with skill knowledge, and had three levels of difficulty. For the tasks, the two groups participated in a motor skill confirmation experiment, and a response selection experiment with environmental interference (with and without attacks by an opponent). Five attacking trials were allowed for one subject in each task. It was verified that both groups had acquired skill knowledge and motor skills of the same grade. Although the thinking processes in response selection were almost the same in both groups, the skilled group used their skill knowledge more frequently and had higher scores in terms of time efficiency and skill exertion. The results showed that the skilled group selected responses actively and frequently by anticipating with their skill knowledge, and this processing function was robust against environmental interference. Such active response selection, which differs from the passive processing of environmental information by skilled players in other studies, indicates that the processing mode in response selection changes according to the characteristics of a sport. Kendo players should acquire effective skill knowledge, then utilize it actively and frequently in response selection in order to refine that knowledge and reinforce the processing function.

Key words : expertise, skill knowledge, processing function, processing mode, sports characteristics

(Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 51: 459-470, July, 2006)

キーワード：熟練，技知識，処理機能，処理様相，
競技特性

1 はじめに

剣道競技（以下，「剣道」と略す）は，直接の対戦と身体との接触がある1対1の攻防一体型の競技である．その攻防は，約2m内の距離において身体と竹刀の不確定な動作を介して，連続かつ高速で展開される．剣道のような開放技能においては，高次戦術の獲得や発揮が重要となるため，動作を決定する反応選択の優劣が競技結果の成否に大きな影響を及ぼす．

反応選択の熟練過程を検討する研究では，実験課題や試合における動作を戦術的観点から分類すると同時に，処理した情報を言語報告によって抽出して分析することが多い．これまで，ベースボール（French et al., 1996；Nevett and French, 1997），卓球（Sève et al., 2002；Sève et al., 2003）などのボールゲームにおいて熟練差が検討されている．たとえば，テニスにおける成人の熟練選手は初心者と比べて，実戦環境に対応して適切な反応選択をすることが示されている（McPherson, 1999, 2000）．

ここで，反応選択の熟練に関わる要因として処理機能と処理効率を取り上げて説明を加える．処理機能は，環境や知識などの様々な情報を活用するための処理システムの機能とする．処理効率は，結果として動作にも反映する反応選択の正確性や速度とする．この定義に沿うと，熟練選手は豊富な知識を獲得して恒常的に活用することによって，適切な情報の符号化と知識を検索するための処理機能を効率化して，最終的に処理効率を向上させる．一方，初心者は符号化不全や知識不足のために処理効率が低下する（Ericsson and Kintsch, 1995；McPherson and Kernodle, 2003；Tenenbaum, 2003）．

これらの熟練選手の卓越した反応選択の説明では，環境や動作そして戦術などの競技に関連した情報を結合した知識の獲得を想定している．なぜなら，作動記憶の処理許容量や競技の時間制約が，

種々の情報を必要に応じて再構築することを許さないためである．つまり，熟練選手は，複合情報が含まれる知識を高次の情報資源として獲得して，反応選択において活用することで高い処理効率をもたらしている．この効率的かつ機能的な知識活用は，ACT*（adaptive control of thought star：Anderson, 1987）などの認知領域の理論を引用して説明される（Masson, 1990；Williams et al., 1999）．

このような理論的説明は，環境情報の符号化と活用を前提としている．その前提は，競技における認知的熟練を取り上げた近年の著書にも強く反映されている（Starkes and Ericsson, 2003；Williams et al., 1999）．確かに，競技に関連した情報を結合した知識の獲得と活用は，環境情報に対応して正確で迅速な反応をもたらす知覚的熟練（Mori et al., 2002；Williams and Elliott, 1999）や，先述のボールゲームでの文脈や環境情報に基づく反応選択の熟練についての理解を促す．

しかし，多くの競技では，一般の認知課題とは異なり，環境情報に対応して受動的に反応選択をするだけではない．特に，剣道のような個人競技や集団競技の1対1場面では，環境情報への依存性が低くとも，能動的な動作によって環境変化を誘発することができる．すなわち，獲得された知識は，環境変化を予測する能動的な反応選択においても有効に活用されるはずである．これは，反応選択のための思考方法には，環境情報に対して受動的あるいは能動的な処理様相の両方が存在することを意味する．だが，先行研究では，この点を考慮せず，一貫して受動的な反応選択の熟練差が強調されてきた．つまり，反応選択の処理様相の受動性・能動性については，その熟練差や競技特性による変動の観点から具体的に検討がなされていない．これを検討することは，予測をもたらす意図的・能動的な知識活用のための処理機能についても議論することになる．

また，先行研究では，反応選択のための情報資源として運動技能の獲得も必要であるという（French et al., 1996）．しかし，被験者の基礎的な競技規則の知識や運動技能（たとえば，テニス

のグラウンドストローク)の獲得度合などは測定しているが(French and Thomas, 1987; McPherson and Thomas, 1989), 実験課題や試合で活用した知識や運動技能の獲得度合の差異を確認していない。そのため, 反応選択の処理効率の熟練差が, 獲得した知識や運動技能のような情報資源の差異であるのか, 思考方法や知識検索のような処理様相や処理機能の相違であるのかが曖昧である。

本研究では, 3つの実験課題を実施する。まず, 熟練水準が異なる2群の大学生の剣道選手が練習や試合の攻撃において意図的に活用する技の知識(以下, 「技知識」と略す)を確認する。これは, 動作や戦術の情報などを結合した知識であり, 反応選択において活用される主要な情報資源になると考えられる(奥村・吉田, 2002)。そして, この技知識によって攻撃の成功が可能な実験条件を設定して, 運動技能と反応選択を検討する2つの実験課題を実施する。つまり, 最初に実験条件に対する技知識を統制し, 運動技能の獲得度合を検討することによって, 情報資源に相違があるかどうかを確認する。そして, 実戦環境に類似するように環境干渉(対戦相手による攻撃可能性)が存在する課題を設定して, 反応選択の処理効率の熟練差を検証する。このようにして獲得した情報資源の差異と, それを実戦環境において発揮する能力の関係を検証する。加えて, 熟練水準間に存在する処理様相や処理機能の相違を観察して, 反応選択の処理効率に及ぼす影響を考察する。同様に, 競技特性から生じる反応選択の処理様相の特徴を論じる。

Ⅱ 方 法

1. 被験者

筑波大学体育会剣道部員の男性16名に実験内容を説明して参加承諾を得た。被験者を大学公式戦のレギュラー選手であり全国大会の優勝経験がある選手で構成した熟練群(特徴の平均(標準偏差)は, 年齢: 20.3 (1.6) 歳, 経験年数: 13.6 (2.4) 年, 段位: 3.1 (0.4) 段)と, それ以外の

選手で構成した準熟練群(年齢: 20.7 (1.3) 歳, 経験年数: 12.8 (1.6) 年, 段位: 2.9 (0.4) 段)の2群に8名ずつ配置した。

2. 実験課題

1) 知識確認実験

被験者が練習や試合で意図的に活用する技知識を確認した。方法は, 先行研究(奥村・吉田, 2002)に準拠したが, 技の種類(たとえば, しかけ技や応じ技)を限定せずに全ての技を報告するように要請した。実験期間は被験者の技知識の獲得数に依存して1—2ヶ月に渡った。なお, 本研究では後述の2実験課題の条件を設定するために, しかけ技をしかけ技・出ばな技・引き技の3つに細分類し, さらに応じ技と合わせて4分類とした。

2) 技能確認実験

知識確認実験の結果から実験条件を設定して, その条件に対する運動技能の獲得度合を確認した。

(1) 実験条件

まず, 被験者16名の中で15名が参加した試合の実験において, 攻撃の成功が多かった2種類の技(計560本中にしかけ技210本, 引き技155本)によって攻撃の成功が可能な条件を設定することにした。この2種類の技は, 主に攻撃者が単独で攻撃する特徴がある。なお, 知識確認実験におけるしかけ技と引き技の知識数の平均(標準偏差)は, 熟練群が62.8 (12.6) 件, 準熟練群が40.1 (15.1) 件であった。次に, 評価者2名(経験年数それぞれ22年, 16年)が知識確認実験の結果を参照して条件を設定した(図1)。ここでは, 3難度の条件を設定し, 低難度では3部位(面, 小手, 胴)で2部位, 中難度で1部位の攻撃の成功が可能であった。高難度は全ての部位に対して攻撃の成功が困難であった。なお, 部位が小さく攻撃の成功が難しい突きは除外した。各難度で3条件, 全18条件を設定した(2種類の技×3難度×3条件)。この低・中難度の条件が既知であれば攻撃の成功は容易である。最後に, 評価者2名は, 全ての被験者が低・中難度に対応する技知識を獲得

白丸は攻撃成功が可能な部位

図1 引き技の実験条件の例

していることを再確認した。

(2) 実験手順

被験者が常用する練習施設において、実験者、防御者、被験者の3名の実験環境を設けた。実験者は、適合する戦術を用いて迅速かつ正確に攻撃するように被験者に教示した。

試行の開始は、しかけ技の実験条件では両者が開始線（間隔280cm）を挟んで構えた時、引き技の条件では開始線間での身体接触時であった。4回の準備試行の後、本試行を実施した。また、しかけ技と引き技の条件は交互に行った。各条件の第1試行の開始直前に、防御者（経験年数16年）は1条件を1度だけ約1s間呈示して再度構えなおした。その後、被験者は即座に適合する攻撃をして、防御者は被験者の打撃動作の開始時に、前呈示した条件で防御した。1条件への攻撃の機会は連続5試行に限定し、1試行に1回のみの攻撃が許された。また、18条件の呈示の順序は被験者毎にランダムに決定した（図2A）。

攻撃の成功の判定は、実験者と防御者が共に成功と判断したときとした。条件は、防御者1名が

十分な練習を行った上で呈示し、全ての被験者が同じ条件と手順で実験課題を遂行した。

(3) 分析項目

①時間効率

技能確認実験の時間効率を分析した。全ての試行を2台のビデオカメラ（30fps）で撮影して、試行の開始（第1試行のみ防御者が条件の前呈示を開始したとき）から打撃動作の開始（打撃動作のための身体・竹刀の移動）までの時間を測定した。そして、各被験者の18条件の時間を各試行数（最高5回）で除算して1試行の平均時間を計算し、各群における各難度の時間効率を算出した。

②技能発揮

技能確認実験における技能発揮の得点を分析した。各被験者の18条件における攻撃の成功を100点満点で得点化した。得点は、全5試行の失敗が最低得点（0点）、第1試行での成功が最高得点（5.56点）として、各群における各難度の技能発揮の得点を算出した。

3) 反応選択実験

技能確認実験と同じ実験条件に対する反応選択の処理効率の熟練差を検討した。

(1) 実験条件

実験条件は、技能確認実験と同様であった。

(2) 実験手順

実験環境、試行の開始、全18の条件、攻撃の成功の判定基準は技能確認実験と同様であった。また、実験者は試合のつもりで実験課題に参加するように被験者に教示した。

技能確認実験との相違点は、10回の準備試行、しかけ技と引き技の条件の1試行ずつの交互試行、そして、1つの条件を5回連続して呈示する間に防御者が攻撃する試行をランダムに組み込んだことであった。この攻撃の試行は、実験課題に対戦相手による攻撃可能性の環境干渉を付与することになる。加えて、条件の前呈示がないため、実戦環境と類似していたといえる。しかし、各条件において防御者はランダムな攻撃の試行を挟んで5回連続で同じ条件を呈示する。このような事象は被験者の熟練水準では希に生じ、攻撃の成功のために有効な文脈情報が与えられることになる

図2 技能確認・反応選択実験における実験手順の例

(図2B)。

防御者は、各試行の直前に、実験者が出す防御・攻撃の合図を被験者が観察できない位置で確認した。また、試行中には、条件を呈示（防御）する前に試合と同様に身体の移動などをした。条件を呈示するにあたって人為的エラーがあったが（全288課題中3課題）、再実験によって全被験者が同じ条件と手順で実験課題を遂行した。

(3) 分析項目

①思考内容

反応選択の時間と正確性といった処理効率とは別に、処理様相を具体的に検討するために言語報告に基づいて思考内容を分析した。

i) 処理情報

被験者は、反応選択実験において攻撃に成功した直後、実験環境に備えられたテープレコーダーに思考内容を記録した（図2B）。質問は「あなたは打撃前から打撃時にかけて何を考えていましたか」であった。実験後、回答を言語データとして忠実に文章化した。そして、先行研究（French et al., 1996；McPherson, 1999, 2000；McPherson and Thomas, 1989）に準じて量的分析をするために、評価者2名が個別に言語データを以下の3つの概念に分類した（表1）。

(i) 目的概念：目的の情報

(ii) 環境概念：目的達成のために動作を適用する環境の情報

表1 言語データの概念分類の例

処理情報	文脈情報	処理段階数
相手が何度も面を警戒していたので（環境；文脈） 一度面を見せて（動作） 面を防御したところを（環境） 胴を打ちました（動作）	有	4
相手の手元を上げるために（目的） 竹刀を押さえて（動作） 相手の手元が上がったところを（環境） 小手を打ちました（動作）	無	4
小手に一度フェイントを入れて（動作） 小手を防いだときに（環境） 回して面を打ちました（動作）	無	3
相手の手元が浮いたところを（環境） 小手を打ちました（動作）	無	2
括弧内は分類後の概念名		

(iii) 動作概念：目的達成のために選択された動作の情報

概念の分類後、1つの言語報告における目的、環境、動作概念の平均を算出し、各群の平均を計算した。なお、その他の概念（感情など）も僅かに報告された。

ii) 文脈情報

文脈情報（現在よりも以前の試行の情報）の活用頻度を、i) 処理情報と同様に各群で計数した（表1）。i) 処理情報と、ii) 文脈情報における評価者間の一致率は92%であった。不一致データは、評価者間での意見交換に基づいて完全に一致するように再度分類した。

iii) 処理段階数

1つの言語報告における総概念数の平均を算出して、各群の平均を計算した（表1）。

②知識活用

意図的な知識活用のための処理機能の相違を観察するために以下の手続きを実施した。

被験者は各条件の低・中難度に対する技知識を獲得していた。ここでは、その技知識の活用の頻度を分析した。手続きとして、知識確認実験で報

告された技知識の動作を2台のビデオカメラで撮影し（30fps）、被験者毎に映像ファイルとして保存した。

被験者は、反応選択実験で攻撃に成功した場合、思考内容の記録の直後に、攻撃のために技知識を活用したかどうかを自身の映像ファイルを参照して報告した（図2B）。その後、各群における知識活用の頻度を算出した。加えて、知識確認実験で未報告の技知識を反応選択実験で意図的・創造的に活用して攻撃に成功したことがあったかどうかを確認した。

なお、被験者に上述のデータ収集の手順を実験に参加する前に20回以上に渡って経験させ、実験事態の新奇性による影響を除去した。

③時間効率

技能確認実験と同様に各群における各難度の時間効率を算出した。

④技能発揮

技能確認実験と同様に各群における各難度の技能発揮の得点を算出した。

⑤実験手順への質問

反応選択実験の終了後、被験者に5回連続した同じ条件の呈示を認識していたかどうかを確認した。

3. 分析方法

反応選択実験における①思考内容のi) 処理情報と、iii) 処理段階数はMann-WhitneyのU検定、ii) 文脈情報は観測値の直接確率計算を行った。また、②知識活用についても観測値の直接確率計算を行った。技能確認・反応選択実験の時間効率（分析項目①③）と技能発揮（分析項目②④）では、3要因（2群×2実験課題×3難度）の分散分析を行い、多重比較にはScheffé検定を用いた。また、全ての分析で有意水準を5%とし、有意傾向の水準を10%とした。

III 結 果

本研究では、反応選択の熟練差に焦点を当てているため、反応選択実験の分析項目に準えて結果

表2 反応選択実験における各群の思考内容と技知識の活用頻度

		準熟練群	熟練群	
思考内容	処理情報	目的	0.5 (0.4)	0.5 (0.4)
		環境	1.1 (0.4)	1.0 (0.2)
		動作	2.1 (1.0)	2.2 (0.4)
		その他	0.2 (0.2)	0.2 (0.2)
	文脈情報	活用	6	13
		非活用	38	58
処理段階数		4.0 (0.8)	3.9 (1.3)	
技知識	活用	22	54	
	非活用	22	17	

処理情報・処理段階数：M (SD)，文脈情報・技知識数：n

図3 技能確認・反応選択実験における各群の時間効率

および考察を記述する。

1. 思考内容

1) 処理情報

各群における目的、環境、動作概念の頻度の平均に有意差は認められなかった (表2)。

2) 文脈情報

各群における文脈情報の活用頻度の偏りに有意差は認められなかった (表2)。

3) 処理段階数

各群における処理段階数の平均に有意差は認められなかった (表2)。

2. 知識活用

熟練群は準熟練群と比べて知識活用の頻度が高く、各群における知識活用の頻度の偏りは有意で

あった (両側検定： $p < .01$ ：表2)。また、知識確認実験において未報告の技知識を反応選択実験で意図的・創造的に活用して攻撃に成功したと回答した被験者はいなかった。

3. 時間効率

各群における時間効率では (図3)，実験課題と難度の1次の交互作用に有意差が認められ ($F(2,28) = 16.25, p < .01$)，実験課題と群の1次の交互作用に有意傾向が認められた ($F(1,14) = 3.71, p < .10$)。

実験課題と難度では、全ての難度で技能確認実験の方が短時間で試行していた。また、技能確認実験は高難度が低・中難度より短時間で試行しており、反応選択実験は相違がなかった。つまり、技能確認実験における高難度の時間が短いために

図4 技能確認・反応選択実験における各群の技能発揮得点

交互作用がみられた。

実験課題と群では、両群で技能確認実験の方が短時間で試行していた。また、両実験課題において熟練群の方が短時間で試行していた。つまり、実験課題における各群の相違の傾向は同じであり、交互作用は確認されなかった。

4. 技能発揮

各群における技能発揮の得点では（図4）、実験課題と難度の1次の交互作用に有意差が認められ（ $F(2,28) = 69.54, p < .01$ ）、実験課題と群の1次の交互作用に有意傾向が認められた（ $F(1,14) = 3.14, p < .10$ ）。

実験課題と難度では、全ての難度で技能確認実験の方が高得点であった。技能確認実験は低・中難度が高難度より高得点であり、反応選択実験は低難度が中・高難度よりも、また中難度が高難度よりも高得点であった。つまり、技能確認実験の中難度が高得点であったので交互作用がみられた。

実験課題と群では、両群で技能確認実験の方が高得点であった。また、技能確認実験では群間の差異がなく、反応選択実験は熟練群の方が高得点であった。つまり、反応選択実験で熟練群が高得点であったので交互作用がみられた。

5. 実験手順への質問

全ての被験者は、反応選択実験において同じ条件が5回連続して呈示されたことを認識していな

かった。

IV 考 察

1. 思考内容

1) 処理情報

処理情報において群間の相違はなかった。つまり、簡潔で抽象的な質問によって思考内容を抽出した場合、意識レベルの言語報告で再生が可能な処理情報に相違はなかったのである。大学生の熟練選手と初心者と比較した先行研究（McPherson, 1999, 2000）では熟練差があったが、本研究では群間の熟練水準が近接していたために差異が観察されなかったと考えられる。

2) 文脈情報

文脈情報の活用頻度に群間の相違はなく、また5回連続の同じ条件の呈示にもかかわらず低い頻度であった。だが、卓球の世界トップレベルの熟練選手は、試合の前半で対戦相手の反応などの情報を収集して、後半でその情報を多用することが示されている（Sève et al., 2002；Sève et al., 2003）。被験者の熟練水準の相違によるものとも考えられるが、これは卓球と剣道の競技特性から説明が可能である。卓球は、数10分の試合時間の中で得失点が頻繁に生じるため、意図的に失点することはなくとも、対戦相手の情報収集のために時間と得点を配分する機会を設けることができる。一方、剣道は、相対的に試合時間が短く中断が少ないために熟考する時間がない上に、攻撃の

成功の頻度が少ないことから得点の争奪の利得と損失が大きい。そのため、時間や得点を配分して情報収集をすることが難しい。つまり、剣道の競技特性上の制約が、文脈情報の活用を抑制したと考えられる。

3) 処理段階数

処理段階数において群間の相違はなく、4段階程度であった。また、処理情報の結果を参照すると、「自己の準備動作-相手の反応-自己の打撃動作」の簡潔な思考内容が多かったといえる。先行研究の説明（たとえば、McPherson, 1999, 2000）に準えたと、「if [反応] - then [動作]」の「if」の前に能動的な準備動作が入る「if [準備動作] - then [if [反応] - then [打撃動作]]」の思考となる。この簡潔な思考内容には、時間制約や、生起する事象の系列予測の困難さなどの競技特性が影響していると考えられる。

2. 知識活用

熟練群は知識活用の頻度が高く、技知識を意図的に検索し活用する処理機能に熟練差が認められた。思考内容の結果を踏まえて考えると、熟練群は「準備動作-反応-打撃動作」の情報を分節化して処理するのではなく、それらの情報を結合した技知識を獲得した上で積極的に多用することを示している。ただし、この処理では、その知識活用が可能な環境であることを準備動作の遂行前に認識する必要がある。一方、準熟練群は、そのような処理が半数であった。この知識活用の熟練差による処理様相の相違については総合考察で具体的に述べる。

また、先行研究（Ericsson and Kintsch, 1995；McPherson and Kernodle, 2003）の説明から考察すると、熟練群のように知識を繁用することは、修正点の発見を促して知識を洗練することを可能にすると想定される。加えて、対戦相手の攻撃のような環境干渉への耐性をもたらし、知識活用のための処理機能を頑健にすると考えられる。すなわち、その反応選択は、知識と処理機能のための認知的学習をもたらしと推測される。一方、準熟練群は、認知的学習の側面から見ると改

善の余地があり、干渉のある環境において検索と活用が困難な知識と処理機能を持つことを意味している。

3. 時間効率

両群は技能確認実験における試行の時間が短く、両実験課題において熟練群は短時間で試行した。また、反応選択実験における各群の時間増加の差異は注目に値する。

技能確認実験の結果は、環境情報を符号化する能力の影響が考えられるが（Mori et al., 2002；Williams and Elliott, 1999）、事前に条件の呈示（約1s）があり、条件を同定する時間は充分にあった。つまり、反応選択のための最低限の時間効率を示しており、熟練群の効率の良さは反応選択の迅速化や修正を可能にすると考えられる。

そして、剣道では速度よりも正確な反応選択が要求されるにもかかわらず、反応選択実験において熟練差が顕著になる。これは、知識活用において考察したような干渉耐性の差異を示しており、熟練群の処理機能の頑健性が迅速な反応選択をもたらしたと考えられる。一方で、準熟練群は、処理機能の干渉への脆弱性が影響して遅延が生じたと想定される。

また、技能確認実験における高難度の条件が最も短時間で試行されたために交互作用がみられた。実験課題の観察では、被験者は試行の開始直後に攻撃することが多かった。つまり、条件の前呈示によって攻撃の困難さを認識し、開始直後に攻撃する方法を頻繁に採択した結果が影響したのである。

4. 技能発揮

技能確認実験の結果から、低・中難度に対する被験者の運動技能の獲得が概ね確認された。つまり、反応選択実験における低・中難度の結果に技知識や運動技能のような情報資源の相違が大きく影響するものではない。しかし、反応選択実験の干渉がある環境において、熟練群が適切な反応選択と運動技能を発揮する優れた能力があることが示された。

この結果は、知識活用の熟練差が少なからず影響しているとみなせる。技知識は動作や処理の反復活用によって獲得される。また、技知識を活用するときには、動作を事前に決定して、遂行前に動作を微調整する時間を設けることが可能になると考えられる。すなわち、熟練群は正確な動作遂行をした可能性が高い。一方で、準熟練群は、知識活用の頻度が少ないことから、環境に瞬時的に対応する反応選択が多くなり、結果的に正確性を欠く動作遂行をする傾向にあったと考えられる。

なお、両実験課題における高難度の得点の低下は、難度の高さと技知識の欠如の両方が影響したと想定される。

5. 総合考察

結果をまとめ、処理様相と処理機能から反応選択の処理効率の熟練差について具体的に考察する。

反応選択実験において防御者は、被験者の打撃動作の開始時に条件を呈示（防御）したことから、被験者は防御動作を観察した後に受動的で瞬時的に対応する反応選択をしたのではない。また、文脈情報の活用の頻度は低く、過去に生じた事象に基づき予測して反応選択をすることは少ない。そして、思考内容は「if [準備動作] - then [if [反応] - then [打撃動作]]」であった。熟練差は、反応選択実験における技知識の活用の頻度にあった。この技知識の活用による反応選択の処理様相と、それをもたらし処理機能の相違が、時間効率と技能発揮の熟練差を生み出したと考えられる。

まず、処理様相の相違については、実戦場面の観察においてフェイント動作などを遂行して攻撃をするときに対戦相手の反応を確認するための動作の停滞がほとんど見られないこと、そして、被験者が知識確認実験において未報告の技知識を反応選択実験で意図的・創造的に活用して攻撃に成功していない事実から次のように考えられる。技知識を活用する場合、遂行する動作を事前に決定しているため、攻撃者は準備動作の後（if [準備動作]）、防御者の反応の有無にかかわらず

（then [if [反応]]）、反応を予測して能動的に打撃動作をする（then [打撃動作]）：熟練群の約75%（表2）。一方、技知識を活用しない場合は、準備動作の後（if [準備動作]）、防御者を観察して「打てるかもしれない」という情報（防御動作ではない）が呈示されるまで（then [if [反応]]）攻撃を待機して受動的に瞬時的に対応して打撃動作をする（then [打撃動作]）：準熟練群の50%（表2）。前者は反応の予測によって準備動作から打撃動作までの処理が一連となっている。一方、後者は準備動作と以後の処理が分節化され、反応を観察した後に打撃動作に移行することになる。

時間効率の相違については、まず、反応選択のための処理機能の干渉耐性の頑健性と脆弱性の熟練差が大きく影響したと考えられる。さらに、技知識を活用しない場合、攻撃の機会を待機するため反応選択の時間が長くなる傾向にあると考えられる。その傾向は、反応選択実験の時間効率における知識の活用と非活用場面における各群の時間効率にも僅かに表れている（群の場面平均（標準偏差）は、準熟練群：活用11.0（6.7）s、非活用13.4（6.5）s、熟練群：活用6.1（2.2）s、非活用6.8（4.1）s）。

ここで、環境の干渉と攻防の数100msの展開を踏まえると、一般的には技知識を活用することが困難になると想定される。そこでも、熟練群の処理機能の頑健性は、干渉への耐性を発揮して知識活用を可能にする。一方、準熟練群は、処理機能が干渉に対して脆弱であるために知識を活用することができなくなる。

最終的に、この技知識を活用した予測による能動的な反応選択は、技能発揮の考察で述べたように正確な動作遂行をもたらし。一方、環境へ受動的かつ瞬時的に対応する反応選択は、正確性を欠く動作遂行を導くと考えられる。

上述したことから、反応選択における処理様相の能動性・受動性の相違と、処理機能の干渉耐性の頑健性・脆弱性の差異が、時間効率と技能発揮の処理効率の熟練差を生み出したと考えられる。

剣道において予測による能動的な反応選択の重

要性が示されたが、これは、ベースボール (French et al., 1996 ; Nevett and French, 1997), 卓球 (Sève et al., 2002 ; Sève et al., 2003), テニス (McPherson, 1999, 2000) における熟練選手の環境情報に基づく受動的な反応選択とは異なる。この相違は、環境情報 (たとえば、ボール) に対応する必要がある競技と、動作によって対戦相手を直接動かして反応を予測することが可能な競技の特性上の相違が影響したと考えられる。つまり、反応選択のために有効な処理様相が競技特性によって異なることが明確となった。

競技実践者や指導者への提言は、競技特性を踏まえた上で、獲得した知識を活用した予測的・能動的な反応選択を1つの学習指標として位置づけることである。具体的には、まず、競技に有効な知識を獲得するために、構成要素となる下位の知識や運動技能を獲得する必要がある (奥村・吉田, 2002)。そして、反応選択において獲得した知識を活用する処理を習慣化する中で、知識の内容を改善すると同時に、処理機能の干渉耐性を頑健にすることが重要になる。ただし、注意すべきは、剣道のような特性を持つ競技であっても、環境次第で文脈情報の活用や、環境への瞬時的対応などの受動的な反応選択が重要になる点である。さらに、動作遂行中にも環境情報に合わせながら動作を調整する知覚・動作結合による連続制御 (たとえば, Bootsma et al., 1991 ; Matsuo and Kasai, 1994) も重要となる。しかし、このような処理や動作遂行の効率や熟練差は、分析機器の限界と研究の観点の相違のために明確ではない。これらは、試合などの実環境における分析を含め今後の検討課題である。

V 要 約

本研究では、熟練・準熟練群の大学生の剣道選手における反応選択の処理効率の熟練差を検討した。ここでは、被験者の技知識を確認して実験条件を設定した。そして、その条件に対する運動技能の獲得度合と、反応選択の処理効率を検討する2実験課題を実施した。まず、技能確認実験では

熟練差はなく、条件の低・中難度に対する両群の運動技能の獲得が概ね確認された。反応選択実験では、技知識の活用頻度、時間効率、技能発揮において熟練差が認められた。熟練群の思考内容と技知識の繁用は、予測による能動的な反応選択を多用することを示していた。また、その知識の繁用は、環境に存在する干渉への耐性を頑健にするように処理機能を向上させる。一方、準熟練群は、処理機能が干渉に対して脆弱であるために技知識を活用することができず、受動的な反応選択を強いられると考えられた。この採用する処理様相の能動性・受動性と処理機能の頑健性・脆弱性の相違が、反応選択における時間効率と技能発揮の処理効率の熟練差をもたらしていた。すなわち、剣道では、技知識を活用した予測による能動的な反応選択が重要であることが示された。競技実践者は、有効な技知識を獲得し、反応選択でこれを多用する中で、知識の洗練と処理機能の強化を図るべきである。

文 献

- Anderson, J.R. (1987) Skill acquisition: compilation of weak-method problem solutions. *Psychological Review*, 94: 192-210.
- Bootsma, R.J., Houbiers, M.H.J., Whiting, H.T.A., and van Wieringen, P.C.W. (1991) Acquiring an attacking forehand drive: the effects of static and dynamic environmental condition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62: 276-284.
- Ericsson, K.A. and Kintsch, W. (1995) Long-term working memory. *Psychological Review*, 102: 211-245.
- French, K.E., Nevett, M.E., Spurgeon, J.H., Graham, K.C., Rink, J.E., and McPherson, S.L. (1996) Knowledge representation and problem solution in expert and novice youth baseball players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67: 386-395.
- French, K.E. and Thomas, J.R. (1987) The relation of knowledge development to children's basketball performance. *Journal of Sport Psychology*, 9: 15-32.
- Masson, M.E.J. (1990) Cognitive theories of skill ac-

- quisition. *Human Movement Science*, 9: 221–239.
- Matsuo, T. and Kasai, T. (1994) Timing strategy of baseball-batting. *Journal of Human Movement Studies*, 27: 253–269.
- McPherson, S.L. (1999) Tactical differences in problem representations and solutions in collegiate varsity and beginner female tennis players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70: 369–384.
- McPherson, S.L. (2000) Expert-novice differences in planning strategies during collegiate singles tennis competition. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 22: 39–62.
- McPherson, S.L. and Kernodle, M.W. (2003) Tactics, the neglected attribute of expertise: problem representations and performance skills in tennis. In: Starkes, J.L. and Ericsson, K.A. (Eds.) *Expert performance in sport: advances in research on sport expertise*. Human Kinetics: Champaign, pp. 137–168.
- McPherson, S.L. and Thomas, J.R. (1989) Relation of knowledge and performance in boys' tennis: age and expertise. *Journal of Experimental Child Psychology*, 48: 190–211.
- Mori, S., Ohtani, Y., and Imanaka, K. (2002) Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Human Movement Science*, 21: 213–230.
- Nevett, M.E. and French, K.E. (1997) The development of sport-specific planning, rehearsal, and updating of plans during defensive youth baseball game performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68: 203–214.
- 奥村基生・吉田 茂 (2002) 大学剣道選手における攻撃動作パターンの知識構造. *スポーツ心理学研究*, 29: 30–40.
- Sève, C., Saury, J., Ria, L., and Durand, M. (2003) Structure of expert players' activity during competitive interaction in table tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74: 71–83.
- Sève, C., Saury, J., Theureau, J., and Durand, M. (2002) Activity organization and knowledge construction during competitive interaction in table tennis. *Cognitive Systems Research*, 3: 501–522.
- Starkes, J.L. and Ericsson, K.A. (2003) Expert performance in sports: advances in research on sport expertise. Human Kinetics: Champaign.
- Tenenbaum, G. (2003) Expert athletes: An integrated approach. In: Starkes, J.L. and Ericsson, K.A. (Eds.) *Expert performance in sport: advances in research on sport expertise*. Human Kinetics: Champaign, pp. 191–218.
- Williams, A.M., Davids, K., and Williams, J.G. (1999) Visual perception and action in sport. E and FN Spon: London.
- Williams, A.M. and Elliott, D. (1999) Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21: 362–375.
- (平成17年 4 月22日受付)
(平成18年 2 月18日受理)