

# テニスにおけるサービスのコース配分に関する 確率情報が予測反応に及ぼす影響

高橋正則<sup>1)</sup> 磯貝浩久<sup>2)</sup>

## Effects of probability information about course distribution on anticipatory response in tennis serve

Masanori Takahashi<sup>1)</sup> and Hirohisa Isogai<sup>2)</sup>

### Abstract

The purpose of this study was to examine experimentally effects of probability information about course distribution on anticipation response in tennis serve. Subjects were twelve expert and twelve novice female players. They were required to predict a direction of tennis serve on a display using probability information given by pushing a right or left button as quickly and accurately as possible. The probability information of the opponent's serve, ratio of right and left, consisted of six conditions; non-instruction, 8:2, 6:4, 5:5, 4:6, and 2:8. The non-instruction condition was assigned first, and the other conditions were assigned randomly. They were instructed to the subjects prior to beginning the task. The results indicated that there was a significant interaction between skill level and instruction conditions in response time and anticipation timing but not accuracy that was higher than chance level in each of both groups. For expert group, there was no significant difference between instruction conditions in response time and anticipation timing, whereas their anticipation response was fast and accurate in the all conditions. Therefore the expert group was not affected by contextual cues of probability information. For novice group, response times and anticipation timings in 8:2, 5:5 and 4:6 were significantly faster than them of control condition. Hence, it was concluded that it would be very important to predict a serve course using both of contextual cues and body language cues, and that would be especially essential to acquire and reinforce an anticipatory skill based on more beneficial body language cues.

Key words: anticipatory skill, contextual cues, body language cues, probability information, tennis

予測スキル, 文脈的手掛かり, 身体言語的手掛かり, 確率情報, テニス

### I. はじめに

中川 (1984, p.290) は, 概念的モデルを用いて「ボールゲームにおける状況判断は, 外的ゲーム状況を選択的に注意してから, ゲーム状況を認知, 予測し, 遂行するプレーに関して決定を下すこと」と定義し, 一連の情報処理過程を経た予測がプレーヤーに時間的利益をもたらすことを説明している. つまり, 早く正確な予測の遂行は, 前もって反応を組織化する時間ができるため, 反応の遅延を減少することが可能になる (調枝, 1977).

テニス競技では, ラケット開発やサービスの技能向

上に伴ってサービス速度が一段と高速化し, 近年, 男子選手のみならず女子選手においても顕著である.

2017年の全豪オープンでは, 大坂なおみ選手が世界ランキング1位 (2017年3月10日時点) のセリーナ・ウィリアムズ選手と並んで当該大会で最速となる198 km/hを記録し, また185 km/h以上を記録した女子選手は他に13名にも及んだ (Australian Open, 2017). 例えば, ハードコートにおける190 km/hのファーストサービスを時間分析すると, ボールインパクト後0.4秒でコートにバウンドし, その後0.27秒でレシーバーに到達することから, 女子選手においても高速のサービスに対応するレシーブのスキルを獲得すること

1) 日本大学文理学部  
College of Humanities and Sciences, Nihon University

2) 九州工業大学大学院生命体工学研究科  
Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology

が急務といえる。そこで、選手にとって対戦相手のサービスのコースや球種をできるだけ早く正確に予測することが重要と考えられるが、このような予測や判断にかかわる認知的技能は選手の内的な働きによることから、指導者はその習熟過程を十分に把握できないのが現状である。そのため実際の指導現場では、具体的なアドバイスを選手に与えることは非常に困難を伴うことが予想され、指導者は技術指導と同じように認知的技能に関する知識を蓄積するとともに競技レベルに応じた具体的な指導の内容と方法の検討が必要と考えられる。

これまで、サービスに対する予測に関する研究は数多く行われており、一般的に熟練者の予測は早く正確である (Goulet, et al., 1989)。また予測のための手掛かりについて、武田・古田 (2004, p.332) は反応時間計測手法と空間的遮蔽手法を用いてサービスのコースと球種の予測手掛かりを検討したところ、有効な手掛かりは「ボール」と「ラケット・腕」であることを明らかにしている。また眼球運動測定器を用い、サービス動作の映像上に示された注視点の位置に注意が向けられた情報が存在していると仮定し予測の手掛かりを特定しようとした研究 (河原ほか, 1989; 高橋ほか, 2005) では、フォワードスイング時に注視点の位置は空間的な対象を捉えていない場合もあることから、ボールとラケットを含む身体との関係性を手掛かりとしていることが報告されている。さらに緒方ほか (2015) は、ビデオ映像を用いた時間的遮蔽法により予測実験を行ったところ、サーバーのラケット動作のパラメータとレシーバーの予測パフォーマンスとの定量的関係性を明らかにし、これまでのシミュレーション動作を用いた実験で主張されたラケット情報の予測手掛かりとしての有効性を支持する知見を得た。そして高橋・Van Raalte (2010) は、レシーブ時に心理的技法である2種類のセルフトーク (指示的セルフトーク・ポジティブセルフトーク) を被験者に行わせ、サービスに対する予測反応への影響を調べたところ、いずれも反応速度を遅らせたが正答率を高める効果を示し、ポジティブセルフトークは快適度が高く、指示的セルフトークはパフォーマンス結果の認知を促進することを報告している。以上のように、熟練者の卓越した状況判断は選択的注意や認知、予測に関わる知覚的能力に部分的に依存している (中川, 1985) ことから、特に予測に関わる一連の情報処理過程の役割は大きく、その差が競技力に反映しているものと考えられる。

前述した先行研究は、いずれも情報源をサービス動

作に限定しているが、予測に影響すると考えられる先行情報はサービス動作だけではない。中川 (1984, p.294) はゲーム状況を刺激の総体として客観的要素と主観的要素に分類している。前者は眼前に存在する外的環境を形作っている要素 (ボール・プレーヤー・競技場の形状, ボール・プレーヤーの位置, ボール・プレーヤーの運動, ゲームの経過時間, 得点, 気象要素, ルールなど) であり、また後者は眼前には客観的実体として存在しないが、ゲームの展開の結果、主観的実体として存在する要素 (相手の長短所, 本人との力関係, 相手のプレーの傾向, 相手の疲労状態, 試合のペース・リズムなど) である。また, Buckolz et al. (1988, p.21) は、時間的圧迫下の予測すべき状況において先行情報を身体言語的手掛かりと文脈的手掛かりに区別し、それらの重要性を時系列的に説明している。前者はまさに対戦相手のサービス動作に関するキネマティックな情報であり、後者是对戦相手に関する評価や身体的特徴, 得意コース・配球などのプレーの特徴といった過去の場面で生じた事象にかかわる情報に加え、まさにその時の状況を示す試合の展開 (流れ) や気候 (日差しや風の向き) などに基づいた情報を示しており、いずれも中川 (1984, p.294) の分類に含まれている。したがって本研究では、刺激の総体としてのゲーム状況のうち、対戦相手のサービス動作に関わる情報を身体言語的手掛かり、その他の状況に基づいた情報を文脈的手掛かりとして扱うこととする。

特に、時間的圧迫に晒された環境では、まず文脈的手掛かりが先行して期待を形成し、続いて身体言語的手掛かりを併用して期待をより発達させ予測に至る (Buckolz et al., 1988, p.21)。このように、身体言語的手掛かりは文脈的手掛かりとの相互作用によって解釈され、認知心理学的観点からみると、文脈は概念駆動型 (トップダウン) の処理を導き、文脈を規定するであろう高次の一般的知識がより低次のパターン認知の出力を解釈し意味づける (増井, 1997)。例えば、実際の競技場面ではそれまでの試合の流れやカウントの推移を勘案し、次のサービスが自分の苦手なバックハンド側に打たれるかもしれないと予め期待を高め、レシーブしようとすることは経験的にも理解されよう。

しかし、従来サービス動作に関する身体言語的手掛かりに基づく予測の研究が多く、テニスの様々な状況に基づいた文脈的手掛かりを考慮した研究はまだ少ない。野球では、ピッチャーが投球する球種の予測について、呈示される投球映像の球種 (ストレート, カーブ) とその確かさ (先行情報なし, 60%, 80%) を先行

情報として被験者に与え反応課題を行わせた結果、先行情報は予測の早さと正確性に影響を及ぼし、球種に対する信頼度が80%条件で最も反応時間が早く、また先行情報と反応結果の一致率から先行情報の持つ正確性が反応の正確性に強く影響することを明らかにしている(田中ほか, 2013, pp.109-124). またスカッシュでは、遮蔽ゴーグルを装着した被験者にコート上で実際に試合をさせ、一時的に遮蔽した時の予測の誤差は非熟練者よりも熟練者で少なく、熟練者は相手の動作パターンからキネマティックな情報を抽出する能力が優れているだけでなく、相手の攻撃パターンにおける状況的な確率と連続的な依存に内包された情報に適応できることを示している(Abernethy et al., 2001). さらに武田(2003)は、状況、動作、飛来線に基づくコース予測の比率を質問紙法により調査したところ、特に状況に基づく予測は約30%を占めていたことを報告している。したがって、これらの知見はテニスのレシーブ時における予測反応事態でも当てはまり、文脈的手掛かりとなる確率情報という先行情報がサービスのコース予測の早さと正確性に影響するのではないかと考えた。

そこで本研究は、ボールインパクトに至るサービス動作の視覚情報に加え、過去の競技場面で生じた事象や、プレー直前までの状況に基づいた文脈的な情報をコース配分比率という確率情報に置換し、レシーバーを想定した被験者に教示することで、サービス動作に対する予測反応への影響を実験的に検討することを目的とした。そして、実際の指導現場における選手の予測に関わる認知的技能の学習と評価のための一資料を得ることとした。

## II. 方法

### 1. 被験者

大学テニス部に所属する女子選手12名(熟練者群)と一般女子学生12名(非熟練者群)が実験に参加した。被験者は全て右利きで正常視力または正常矯正視力を有しており、実験参加時には心身ともに健康な状態であった。分析では欠損値を有した被験者を除いたため、分析対象は熟練者群11名(平均年齢 $18.9 \pm 1.0$ 歳、競技経験年数 $11.9 \pm 2.2$ 年)と非熟練者群9名(平均年齢 $21.3 \pm 3.1$ 歳、経験年数 $2.1 \pm 3.9$ 年)であった。熟練者群は5名の全日本学生テニス選手権大会(以下インカレとする)出場選手を含んでおり、ほぼ毎日テニスの練習を継続していた(1日の平均練習時

間は $2.8 \pm 0.6$ 時間)。非熟練者群は、テニス初心者で授業としてテニスの実技を1週間に1回(1.5時間)受講する程度であった。なお、本研究は日本大学文理学部研究倫理委員会の承認(研究課題28-11)を受け実施した。

### 2. サービス動作の撮影

サービス動作の映像刺激を作成するため、トッププロ選手の指導経験を有した男子ツアーコーチをモデルとした。モデルがシングルス・デュースサイドからワイド(レシーバー側からみて右側)とセンター(レシーバー側からみて左側)に打ち分けたサービス動作を、実験の想定場面(図1)に示したレシーバー側よりデジタルビデオカメラ(HDR-XR550, Sony社製)を用いて30Hzで撮影した。その際、デジタルビデオカメラは、レシーバー側ベースラインとシングルスサイドラインの交点から内側に40cmのベースライン上に1.5mの高さで固定し、画角内にサービス動作中の身

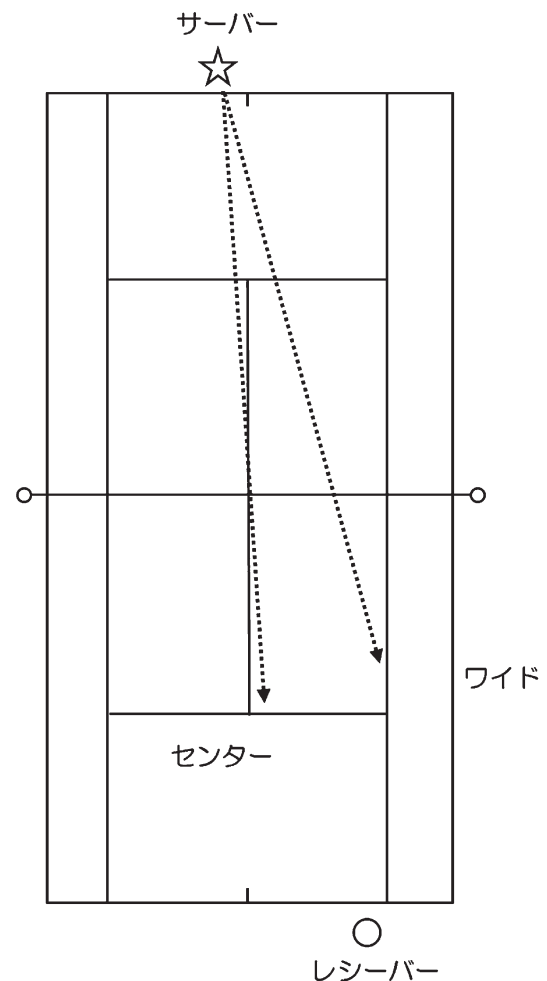


図1 実験の想定場面

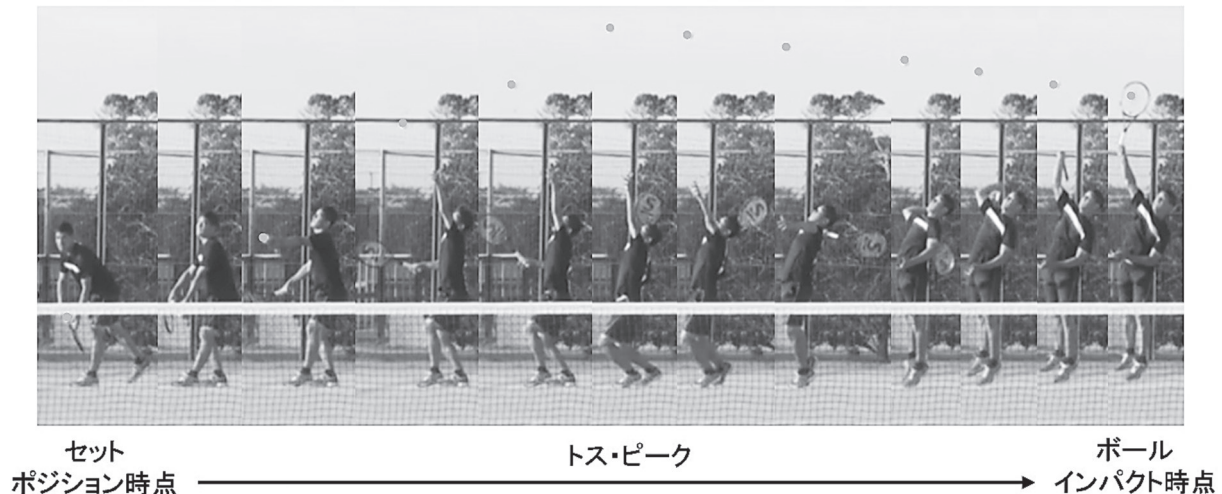


図2 サービス動作の映像

体とボールを全て収めた。またモデルに対し、シングルの試合でサーバーはゲームポイントを握っているカウントでファーストサービスを打つ状況であること、またレシーバーにコースを予測させないように意識をしてセンターとワイドに打ち分けるよう、実際の試合を想定して同位置で試技するよう教示した。撮影前には本研究の趣旨をモデルに説明し、撮影映像の利用について同意を得た。

### 3. 映像刺激の作成

動画編集ソフト (Windows Movie Maker ver.2012, Microsoft 社製) を用い、撮影した映像から成功した各打球コース (センターとワイド) 5 試技を抽出した。各試技の映像は、セットポジションからボールインパクト時点までに編集し (図2)、動画ファイルに保存した。映像をボールインパクト時点までとすることで、ボールインパクト後の飛球線方向 (結果の知識) を判別できないようにし被験者の予測反応を導くことを意図した。

### 4. 実験装置

実験装置はPCとモニター、視覚刺激作成支援ソフト (Experimental Builder ver.1.10.1674, SR Research 社製)、左右ボタン (USB-SWBOX1, 小杉技研社製)、験者用ボタン、机、椅子で構成し、暗室内に設置した (図3)。視覚刺激作成支援ソフトは1msのオーダーで刺激 (静止画および動画ファイル) をランダムに呈示でき、試行が開始して被験者の手指ボタンが押されるとプログラムは一時停止し、験者が験者用ボタンを押す

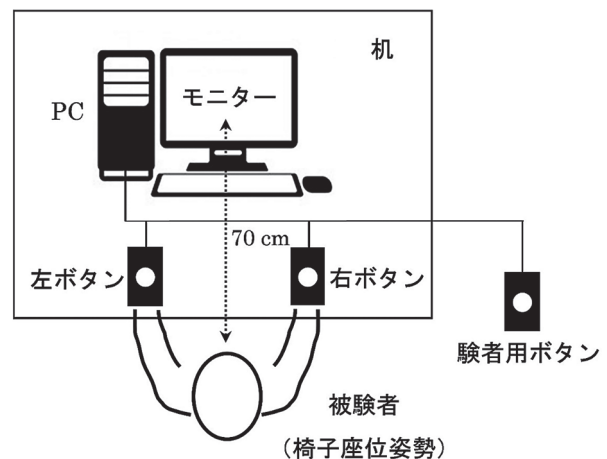


図3 実験装置

と次の試行が開始するようプログラムした。同時に反応時間の算出および反応結果 (正誤) の記録をデータファイルに自動的に保存するようプログラムした。また被験者とモニター中央との距離は70cmとし、椅子座位時に被験者の眼球の高さとモニター中央の高さが一致するよう椅子の高さを調整した。なお、呈示される映像刺激 (ボールインパクト時におけるコートから打点の高さ) に対する被験者の視野角は約 $8^{\circ}$ であった。

### 5. 実験課題

実験課題は、左右の矢印刺激に対する選択反応課題とサービス動作の映像に対する予測反応課題とした。まず前者について、通常選択反応時間を求めるため、椅子座位姿勢の被験者に対しモニター上に予備刺激を呈示した後、左右いずれかの矢印刺激をランダム



に呈示し、できるだけ早く正確に矢印の方向と一致するボタンを押すことを求めた(10試行)。また後者では、左右(センターとワイド)いずれかのサービス動作の映像をランダムに呈示し、次に示す6つの教示条件における確率情報を用いて、打球コースがセンターの場合には左ボタンを、ワイドの場合には右ボタンをできるだけ早く正確に押すことを求めた。各教示条件では、センター5試行とワイド5試行をランダムに10試行実施した(計60試行)。各試行後には、反応結果に対する被験者の主観的な自信度を評価するため、VAS(Visual analogue scale)法により紙面上に示した100mmの水平な直線(自信度0~100%)の上に印をつけさせた。VASは痛みの主観的評価のために開発された方法(Price et al., 1983)であり、最近では気分や感情状態の評価(大杉ほか, 2014)など多くの研究で応用されている。本研究では、被験者が記した印までの長さを反応結果に対する自信度として評価した。

## 6. 教示条件と内容

教示条件は、対戦相手のサービス動作以外の他の様々な状況(例えば、サーバーの特徴や風・日差しなどの物理的自然環境、および試合の流れなど)に基づく文脈の手掛かりをまとめた結果として、センター対ワイドのコース配分比率を8対2, 6対4, 5対5, 4対6, 2対8という確率情報に置換した5条件に教示なしの条件を加え、6つの教示条件を設定した。特に5対5の教示条件は教示なし条件と同じチャンスレベルであるが、教示の有無による差異を検出することを意図し加えた。具体的な教示内容は、例えば8対2の教示条件では「サーバーの特徴や自然環境、試合の流れなどの状況に基づく様々な情報をまとめた結果、サーバーはセンターに8割、ワイドに2割という確率でサービスを打ってきます。このコース配分の確率情報を利用して、サービスのコースをできるだけ早く正確に判断して、左右いずれかのボタンを押して下さい。」とした。ただし、前述したとおり実際に呈示される映像刺激のコース配分比率は5対5(センター5試行、ワイド5試行)であり、教示なしと5対5の教示条件以外では教示された確率情報と異なっていた。

## 7. 手続き

図4は実験の流れを示している。まず、実験室内にて被験者に対し実験内容を十分に説明し、書面にて協力の同意を得るとともにプロフィールシートの記入を求めた。選択反応時間測定の後、3試行の練習に続く

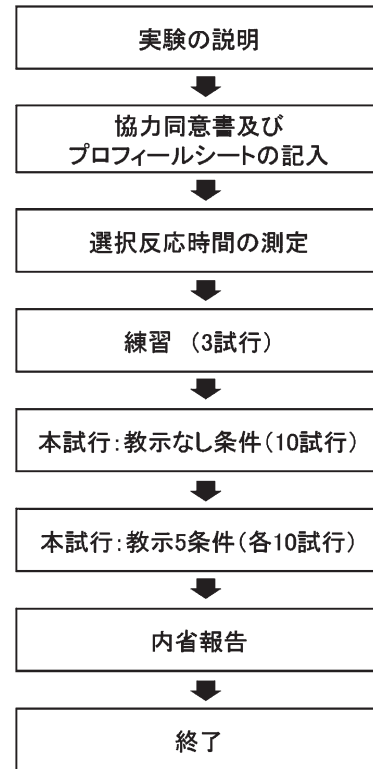


図4 実験の流れ

て本試行を実施した。本試行では、最初に教示なし条件で行った後、順序効果を考慮し他の5つの教示条件は被験者ごとにランダムに配置した。各教示条件間には十分な休息を設け、その後直ちに確率情報の教示を与えた。全試行後には、サービス動作のどのような情報に注意を向けたのか、またレシーブ時に最も気を付けた内容について感想を含めた内省報告を得た。

## 8. 分析項目と統計処理

分析項目は、選択反応時間、映像刺激に対する反応時間(response time, 以下、反応時間とする)、予測正答率および逆正弦変換した値、推定予測時期、VAS法による自信度であった。選択反応時間は矢印刺激呈示開始からボタン押し開始までの時間、反応時間は映像刺激の終点であるボールインインパクト時点からボタン押し開始までの時間、推定予測時期は各試行の反応時間と被験者個々の平均選択反応時間との差と定義し、予測正答率は各教示条件の正答率(正答数/10)を逆正弦変換法(岩原, 1995)により算出( $\sin^{-1}\sqrt{P}$ )し、その値を度数に変換した。

各データは十分精査し、外れ値(山次, 2009)を削除した後、統計処理ソフトSPSS Statistics ver.23.0(IBM社製)を用いて統計処理を行った。選択反応時間につ

いては対応のない  $t$  検定, 予測正答率についてはチャンスレベル50%を検定値とした1サンプルの  $t$  検定, その他の分析項目については教示条件要因(教示なし, 8対2, 6対4, 5対5, 4対6, 2対8)および被験者要因(熟練者群, 非熟練者群)による2要因分散分析(入戸野, 2004)を行った. その際, 多重比較検定にはBonferroni法を用いた. また2変量間の関係を調べるためピアソンの積率相関分析を行った. なお, 有意水準は5%未満とした.

### Ⅲ. 結果

#### 1. 選択反応時間の比較

図5は, 矢印刺激に対する選択反応時間の平均値と標準偏差を示しており, 熟練者群は $303.8 \pm 30.3\text{ms}$ , 非熟練者群は $314.6 \pm 25.6\text{ms}$ であった. 対応のない  $t$  検定を行ったところ, 有意差は認められなかった ( $t(18) = -0.848, p = 0.408, ES = 0.381$ ). つまり, 手指ボタン押しを利用した一般的な選択反応の能力は被験者の競技レベルとは関係ないことが確認された.

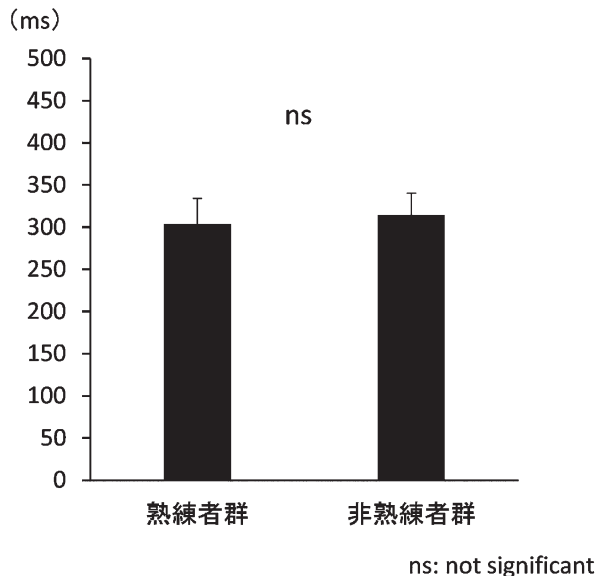


図5 選択反応時間

#### 2. 反応時間と予測正答率

図6は, 各教示条件における反応時間と予測正答率を逆正弦変換した値の平均値および標準偏差を示して

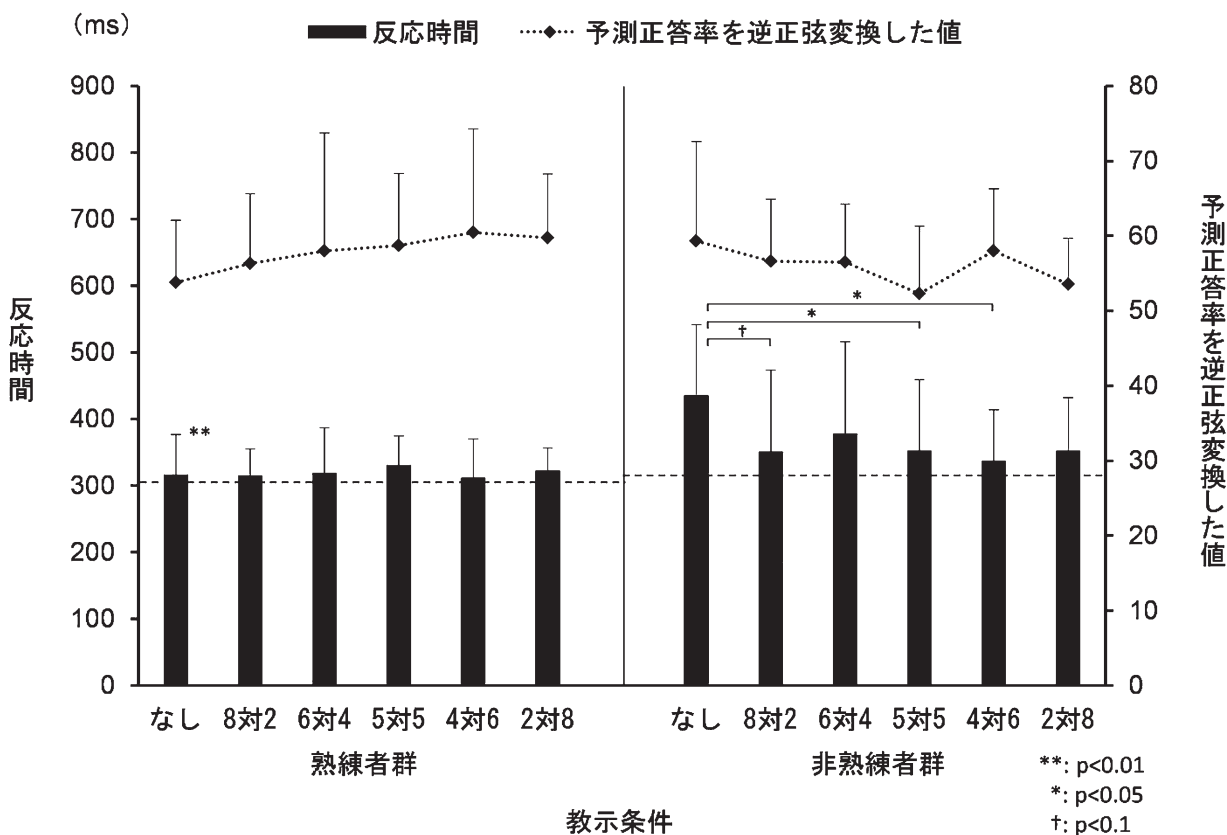


図6 被験者別にみた反応時間と予測正答率

破線は熟練者群と非熟練者群の各平均選択反応時間を示している. また, 予測正答率を逆正弦変換した値と予測正答率の目安は, 50が58.7%, 60が75.0%である. なお, 逆正弦変換前の予測正答率は両群のすべての教示条件で有意にチャンスレベルを超えていた(すべて $p < 0.05$ ). また, 熟練者群における反応時間の棒グラフ右上のアスタリスク(\*)は, 非熟練者群との比較結果の有意水準を示している.

おり、いずれも正反応と誤反応の試行を含んでいる結果である。

まず逆正弦変換前の予測正答率についてチャンスレベル50%を検定値とする1サンプルの $t$ 検定を行ったところ、熟練者群と非熟練者群におけるすべての教示条件で有意にチャンスレベルを超えていた(すべて $p < 0.05$ )。また、各教示条件の予測正答率は、熟練者群65~74%、非熟練者群62~71%の値を示し、これらを逆正弦変換すると前者は53.73~59.34、後者は51.94~57.42であった。なお、単位は度であるが、比率を変換した後の値は実質的に意味をもたないことから図から単位を削除した。

予測正答率を逆正弦変換した値について、教示条件要因(教示なし、8対2、6対4、5対5、4対6、2対8)と被験者要因(熟練者群、非熟練者群)による2要因分散分析を行ったところ、交互作用( $F(5,90) = 1.043, p = 0.397, \eta_p^2 = 0.055$ )および両要因の主効果(教示条件要因: $F(5,90) = 0.33, p = 0.893, \eta_p^2 = 0.018$ , 被験者要因: $F(1,18) = 0.568, p = 0.461, \eta_p^2 = 0.031$ )は有意でなかった。したがって、確率情報の教示や競技レベルの影響は検出されなかった。

反応時間について、教示条件要因と被験者要因による2要因分散分析を行ったところ、有意な交互作用が認められた( $F(5,90) = 2.560, p = 0.033, \eta_p^2 = 0.125$ )。また教示条件要因において有意な主効果が認められた( $F(5,90) = 2.35, p = 0.047, \eta_p^2 = 0.115$ )が、被験者要因の主効果は有意ではなかった( $F(1,18) = 2.587, p = 0.125, \eta_p^2 = 0.126$ )。交互作用が有意であったことから、単純主効果検定を以下のとおり実施した。

熟練者群と非熟練者群別に教示条件間における反応時間を比較した結果、熟練者群では有意差は認められなかったが( $Pillai's\ trace = 0.085, F(5,14) = 0.26, p = 0.927, \eta_p^2 = 0.085$ )、非熟練者群で有意差が認められた( $Pillai's\ trace = 0.638, F(5,14) = 4.939, p = 0.008, \eta_p^2 = 0.638$ )。多重比較検定の結果、5対5と4対6の2教示条件は教示なし条件よりも有意に短く(それぞれ $p = 0.041, p = 0.012$ )、また8対2の教示条件は教示なし条件よりも短い有意傾向を示した( $p = 0.087$ )。さらに、教示条件別に熟練者群と非熟練者群を比較した結果、教示なし条件のみで有意差が認められ( $F(1,18) = 9.947, p = 0.005, \eta_p^2 = 0.356$ )、熟練者群は非熟練者群よりも短かった( $p = 0.005$ )。これらの反応時間を図中に破線で示した選択反応時間と比較すると、両群とも選択反応時間より反応時間が短くなるという現象が確認されなかったことから、反応時間が

ら効果的な予測反応を明らかにできなかった。

### 3. 推定予測時期

誤反応試行の反応時間をみると、勘に頼るなどの博打的な反応である尚早反応や、あるいは明らかな予測の失敗による反応の大幅な遅延が見受けられたことから、反応のバラツキが大きい誤反応試行を全試行から除き、正反応試行のみの反応時間を抽出した。また、反応時間はボールインパクト時点からボタン押し開始までの時間と定義されていたことから、同様なボタン押し反応課題である単純な2つの刺激に対する選択反応時間を減じることで予測時期を推定した。これにより、値がマイナスの場合にはボールインパクト前に予測が完了したものとして判断した。

教示条件要因と被験者要因による2要因分散分析を行ったところ(図7)、有意な交互作用が認められた( $F(5,90) = 2.570, p = 0.032, \eta_p^2 = 0.125$ )。また教示条件要因と被験者要因において有意な主効果が認められた(教示条件要因: $F(5,90) = 5.167, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.223$ , 被験者要因: $F(1,18) = 5.068, p = 0.037, \eta_p^2 = 0.22$ )。交互作用が有意であったことから、単純主効果検定を以下のとおり実施した。

熟練者群と非熟練者群別に教示条件間における推定予測時期を比較した結果、熟練者群では有意な差は認められなかったが( $Pillai's\ trace = 0.222, F(5,14) = 0.8, p = 0.568, \eta_p^2 = 0.222$ )、非熟練者群で有意な差が認められた( $Pillai's\ trace = 0.772, F(5,14) = 9.498, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.772$ )。多重比較検定の結果、8対2と5対5、4対6の教示条件は教示なし条件よりも、また4対6は2対8よりも有意に早い結果を示した(それぞれ $p = 0.037, p = 0.001, p = 0.006, p = 0.046$ )。さらに、各教示条件で熟練者群と非熟練者群を比較した結果、教示なしと6対4の2条件で有意な差が認められ(教示なし: $F(1,18) = 9.471, p = 0.006, \eta_p^2 = 0.345$ , 6対4: $F(1,18) = 5.195, p = 0.035, \eta_p^2 = 0.224$ )、2対8条件では有意な傾向が認められた( $F(1,18) = 4.215, p = 0.055, \eta_p^2 = 0.19$ )。いずれも熟練者群の推定予測時期は非熟練者群よりも有意に早かった。

### 4. 推定予測時期と予測正答率、自信度との関係

正反応試行と誤反応試行を分類し、それぞれにおける推定予測時期と自信度、および全試行から算出した予測正答率(逆正弦変換した値)の関係性をみるため、熟練者群と非熟練者群別にピアソンの積率相関分析を行った。その結果、正反応試行を対象とすると、熟練

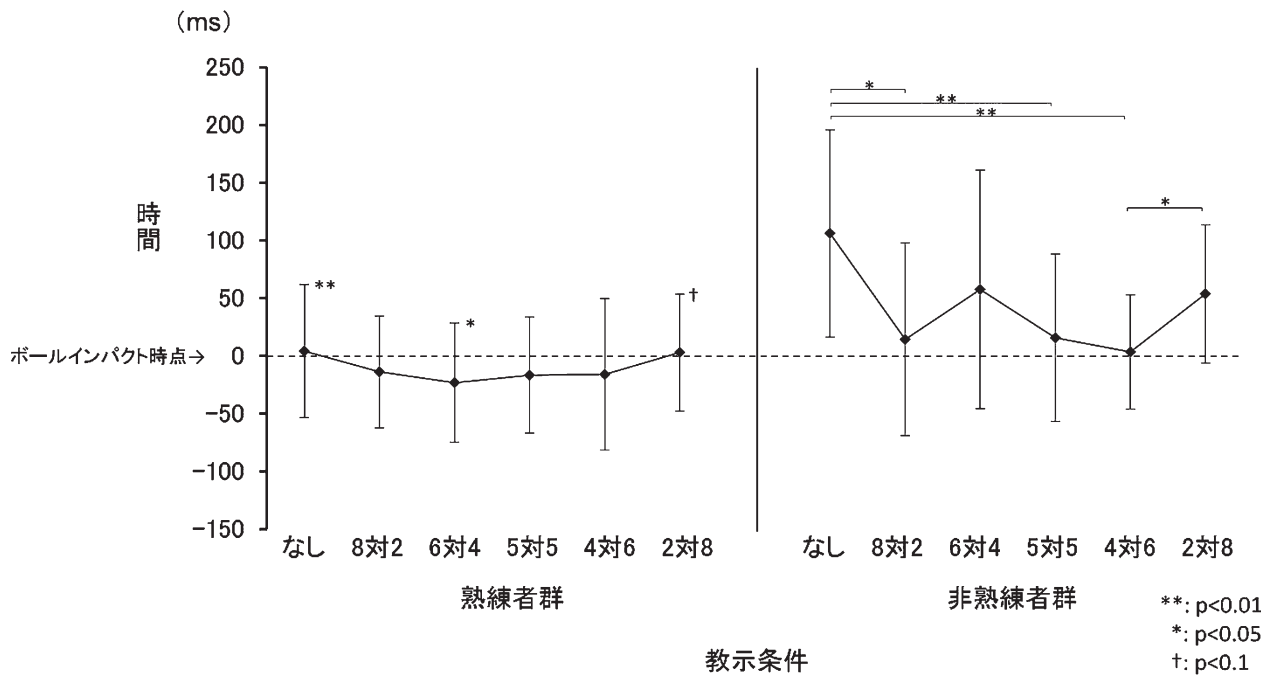


図7 推定予測時期

全試行から正反応試行のみを抽出し、反応時間と選択反応時間との差を推定予測時期として算出した。熟練者群の推定予測時期はボールインパクト時点よりも概ね早い傾向を示し、明らかな予測反応を示した。一方、非熟練者群は正反応試行のみを分析対象としても選択反応時間より遅く明らかな予測反応を示していないことから、予測反応課題に対する困難さを示した。なお、熟練者群における反応時間の棒グラフ右上のアスタリスク(\*)およびダガー(†)は、非熟練者群との比較結果の有意水準を示している。

者群の教示なし条件で推定予測時期と自信度との間に有意な正の相関 ( $r = 0.811, p = 0.002$ ) が認められ、予測時期を遅らせるほど予測結果に対する自信が高くなることを示した。一方、誤反応試行を対象とすると、両群における5対5の教示条件で予測正答率と自信度との間に負の相関 (熟練者群:  $r = -0.631, p = 0.037$ , 非熟練者群:  $r = -0.755, p = 0.019$ ) が認められ、自信が高すぎると予測正答率が低下することを示した。

## 5. 内省報告

内省報告によると、サービス動作のどのような情報に注意を向けたのかといった質問に対し、熟練者群は「サーバーの視線」、「トスの位置」、「ラケット面の向き」、「体の向きや開き方」、「上半身の反り方」、「体の動かし方」、「ラケットの軌跡」を挙げ、一方の非熟練者群は「サーバーの視線」、「トスの位置」、「ラケット面の向き」、「顔の向き」、「腕の動き」、「力の入れ具合」、「打点」を挙げた。また、レシーブ時に最も気を付けた内容について感想を含めた質問では、熟練者群では「できるだけ反応を速くすること」、「自分がリターンしやすいように動き出すこと」、「1番良いタイミングで入ること」、「相手の得意なコースや球種を考

えて返球しようとする」と、「相手をしっかり見ること」、「最初は全く分からなかった」であった。一方、非熟練者群では「情報があると反応しやすい」、「一歩目を早く出す」、「素早く反応すること」、「できる限りの情報を瞬時に取り入れる」、「相手の位置」であった。

## IV. 考察

本研究の目的は、ボールインパクトに至るサービス動作の視覚情報に加え、過去の競技場面で生じた事象やプレー直前までの状況に基づいた文脈的な情報をコース配分比率という確率情報に置換し、レシーバーを想定した被験者に教示することで、サービス動作に対する予測反応にどのような影響を及ぼすのか実験的に検討することであった。

今回の実験対象となった熟練者と非熟練者の選択反応時間を比較すると、統計的な有意差はなかったことから、手指ボタン押しによる一般的な選択反応の能力は同等で競技レベルの影響を受けていないことが確認され、三好ほか (2012) の結果と一致した。そのため、本研究において先行情報に基づく反応との差異を見出す上で、手指ボタン押しを採用した反応課題を設定したこと、および両群に対する被験者の配置手続きは妥



当であったと考えられる。

まず、本研究の結果から熟練者について考察する。今回、想定された対戦相手のモデルが競技レベルの高い男子サーバーであり高度な予測反応課題であったと考えられるが、熟練者における予測の完了を示す推定予測時期は、概ねボールインパクト以前に出現した(図7)。また予測正答率(図6)は、すべての教示条件でチャンスレベル50%を有意に超え、安定して65~74%を示した。実際、被験者に呈示された映像刺激は5対5の比率で構成されており、教示なしと5対5の教示条件以外では教示された確率情報と異なっていたにも関わらず、予測正答率は2次元の映像刺激を用いたシミュレーション実験における限界の目安を報告した武田・古田(2004, pp.330-331)の72%とほぼ同じ結果であった。さらに、推定予測時期と予測正答率(逆正弦変換した値)について教示なし条件と他の教示条件とを比較しても有意差は認められず、確率情報とい

う文脈の手掛かりの影響は直接的に示されなかった。

Buckolz et al. (1988, p.21) が示した予測に利用される先行情報の時系列図(図8)によると、対戦相手の特徴や試合の展開などのある状況により生じた変数を含んだ文脈の手掛かりは最初に利用され、期待の基を形成する。そして対戦相手のスタンスやラケットの位置、視線などのサービス動作に関する身体言語の手掛かりを加え期待をより発展させ、予期と選択的準備を導くことを示している。認知心理学的観点によると、前者は、常に存在する期待や文脈の手掛かりに基づいて予測する概念駆動型(トップダウン)処理を示し、後者は、時間的に次々と出現する情報に基づいて予測するデータ駆動型(ボトムアップ)処理を示している(リンゼイ・ノーマン, 1995)。文脈の手掛かりが身体言語の手掛かりの情報処理に効果的に作用している報告(西野ほか, 1991)があるように、文脈の手掛かりによる期待と身体言語的手掛かりによる期待が一致し

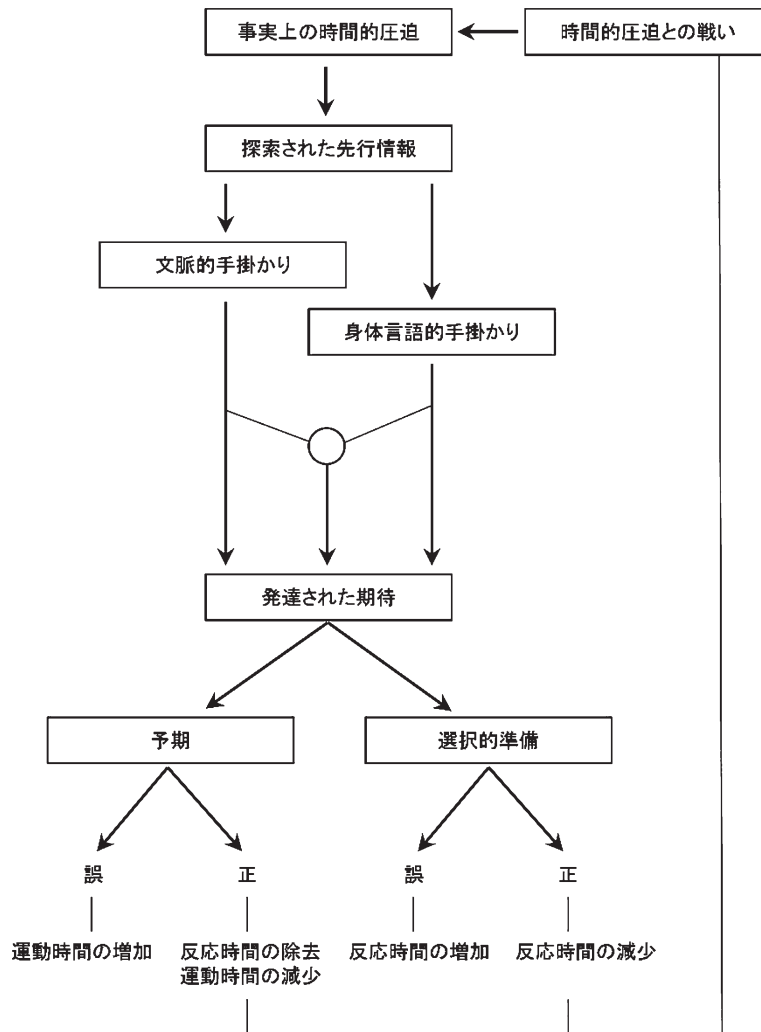


図8 時間的圧迫下で予測に利用される先行情報の時系列図 (Buckolz et al., 1988)

た時には予測の精度が高まり、時間的利得を得ることが予想される。

しかしながら、本研究の結果、熟練者において確率情報の文脈の手掛かりが直接的に影響しなかった。その原因を考えると、第一に、もし教示した確率情報が実際の文脈の手掛かりと同様に機能したと仮定するならば、熟練者はすでに予測のための優れた認知的技能を確立し習熟していたことが考えられる。つまり、例えば文脈の手掛かりに基づくトップダウン処理により形成された期待が一方のコースに偏っていたとしても、熟練者は、最終的にはサービス動作という身体言語的手掛かりに基づくボトムアップ処理によってその期待を高次のレベルで修正し、予測を成功させることが可能であったと推測される。また、この予測スキルは熟練者特有であり、彼らの身体能力ではなく習熟した情報処理に関わる戦略から生じているものと考えられる (Abernethy et al., 1994)。

第二に、多くの情報を内包している実際の文脈の手掛かりは単に確率情報では代用できない可能性がある。つまり、実験計画上、被験者に対し十分な文脈の手掛かりを提供できないことや獲得する文脈の手掛かりは被験者により異なることが推測されるため、本研究では確率情報を教示したが、高次の認知的な課題の場合には教示された確率情報と実際の予測反応で利用される文脈の手掛かりは、同様に機能しない場合も考えられる。田中ほか (2013, p.122) は、確率情報を用いた知覚トレーニングによって予測スキルがより向上する可能性を指摘していることから、単に確率情報の教示ではなく、確率情報と文脈の手掛かりを関連付ける何らかの学習段階を踏まえる必要性が示唆される。

さらに別の観点によると、本研究では、より早く正確に予測することが課題であったが、実際の競技場面では、効果的なレシーブを遂行するためには飛來するボールをジャストタイミングで返球することが重要で必ずしも早い反応が適切とは限らない。つまり、例えば早く正確に予測できたとしても実際に動き出すタイミングを遅延させ、あるいはその動きの速さを減速し調整するかもしれない。このように、早く正確に予測することの利点は、早い反応を可能にする側面だけでなく、その後のパフォーマンスの調整に必要な時間的ゆとりをもたらす側面があるといえる。例えば、相手の動きを最後までよく見ようとする (宮本, 2011) 熟練者の注視行動は、より正確な予測判断のためだけでなく、適時性を考慮した合目的な反応を意図していることが指摘できる。したがって、実験計画上、その反

応課題が単に早さを求める場合には、実際の競技場面で用いられているタイミング・コントロールの要素を排除することが求められ、被験者に対する教示等の手続きを検討する必要がある。

次に、非熟練者について考察する。非熟練者の反応時間は教示なし条件で熟練者よりも有意に長く (図6)、なおかつ正反応試行の推定予測時期は、教示なし条件に加えその他の教示条件でも有意に熟練者よりも遅延していた (図7)。また、その推定予測時期はボールインパクト時点以降に出現していることから、確率情報の教示の有無に関係なくボールインパクト前のサービス動作から早期に予測反応することは不可能であったことが理解でき、熟練者との差は明らかであった。

さらに、非熟練者の反応時間および推定予測時期を教示条件間で比較すると、いずれも教示なし条件よりもその他 (8対2, 5対5, 4対6) の教示条件の方が有意に早く、この結果は「情報があると反応しやすい」という内省報告にも表れていた。また、4対6よりも8対2の教示条件では有意に遅延しており、実際に確率情報が教示された条件間でも差異が認められた。つまり、非熟練者は、熟練者と比較すると推定予測時期が不安定で遅延傾向にあり、効果的な予測反応を示さなかったが、同じチャンスレベルである教示なしと5対5の教示条件では、5対5の教示条件の方が有意に早いことから、確率情報の教示によって反応が促進されており、文脈の手掛かりの影響として解釈される。

また熟練者と同様に、予測正答率には確率情報の教示による影響は示されなかった。前述したように教示なしと5対5以外の教示条件では、教示された確率情報の比率と実際に呈示された映像刺激の比率は異なっていたことから、被験者は、教示された確率情報に基づいて確率の高いコースに期待を高めていたとしても、実際の予測反応は、最終的に相手サービス動作に基づいて遂行する必要があった。それにも関わらず、予測正答率 (図6) は、すべての教示条件でチャンスレベル50%を有意に超えていたことから、非熟練者の反応は、早さよりも正確性を優先した結果と考えられる。また一般的に、一過的な先行情報の教示が高度な情報処理を要する認知的技能を変容させ、即座に予測スキルが向上するとは考えられないことから、二者択一による予測反応課題は、「感」や「賭け」的な反応でも正答率が高まってしまふことが危惧される。そのため、課題に対する正確性を検討する場合には、刺激

の選択肢数を考慮した実験計画の作成が必要と考えられる。

さて、非熟練者では、一過的な文脈の手掛かりの影響によって早い反応を引き起こしたことは大変興味深い。Buckolz et al. (1988, p.21) は、文脈的手掛かりと身体言語的手掛かりにより発達した期待は、認知的構えとしての選択的準備や予期に影響を与えることを示している。それによると、期待に基づき、最も見込まれる行動を選択的に準備しておくことが可能となるため、もしその準備が正しければ反応時間 (reaction time, 以下RTとし、本研究で用いた反応時間 response time と区別する：刺激呈示開始時点から運動開始時点までの時間) が短縮される。また、期待に即して事前に反応のための予期行動をとるため、それが期待通りであれば運動時間 (movement time：運動開始時点からその運動の完了までの時間) が減少する (図8)。非熟練者の反応時間は、当初から長く遅延傾向にあることから、その反応時間を構成しているRTと運動時間も短縮可能な幅が大きい。今回、非熟練者は、文脈的手掛かりが付加されたことで認知的構えを自ら講じることが可能となったため、RTに影響する予測・判断の過程や運動時間に影響する予期行動に関連する反応系の情報処理が促進され、結果として教示なし条件よりも早い反応が生じたものと考えられる。したがって、文脈的手掛かりは、認知的構えに影響を及ぼすと考えられ、Farrow and Reid (2012) が得た知見のように、文脈的手掛かりの重要な役割を示している。

次に、正反応試行と誤反応試行を分け、それぞれにおける推定予測時期と自信度、および全試行から算出した予測正答率 (逆正弦変換した値) の相関関係をみると、正反応試行では、熟練者の教示なし条件で推定予測時期と自信度との間に有意な正の相関 ( $p = 0.002$ ) が、また誤反応試行では、両群における5対5の教示条件で予測正答率と自信度との間に負の相関 (熟練者： $p = 0.037$ 、非熟練者： $p = 0.019$ ) が認められた。特に熟練者については、いずれの結果もチャンスレベルの教示条件下であることから、これらの結果をまとめると、熟練者のチャンスレベルでは、推定予測時期を遅らせれば自信度は高まるが、自信度が高すぎると正確性を損なう危険性を有していることが指摘でき、チャンスレベルにおける予測には自信という心理的要因が影響することが考えられる。今後、予測反応事態における文脈的手掛かりの有無と自信の関連や、予測に及ぼす心理的要因の影響についても検討する必要がある。

本研究では、反応速度と正確性のトレードオフの関係が直接的に示されなかったことから、トレードオフの関係を適切に制御する必要性 (Wickelgren, 1977) が指摘される。例えば、頻繁にサービスエースを獲られないようにレシーブ時には反応速度よりまず正確性を優先するよう強調して教示するなど反応速度と正確性のどちらかに目標を添える方法をとることが考えられ、今後の実験手続き上の検討課題といえる。また本研究では考慮しなかったが、実際の競技では故意にオープンスペースを作ってレシーブしようとする作戦を時に用いる場合もある。ゆえに、競技力向上を図るためには、これまでの文脈的手掛かりや身体言語的手掛かりに基づく予測に加え、新たに戦略的状況判断 (中川, 1984, p.290) に基づく能動的かつ攻撃的な予測スキルの検討も重要と考えられる。

最後に、内省報告によるとサービス動作のどのような情報に注意を向けたのかといった質問に対し、非熟練者はサービス動作の部分的な情報を挙げたが、熟練者は身体の開き方や上半身の反り方、ラケットの軌跡といった経時的なサービス動作の変化に着目した情報を身体言語的手掛かりとして挙げていることが特徴的であった。また、レシーブ時に最も気を付けた内容について感想を含めた質問では、熟練者は「できるだけ反応を速くすること」、「自分がリターンしやすいように動き出すこと」、「1番良いタイミングで入ること」と報告しているように、単に早だけでなく、その後のレシーブ動作に求められるタイミング・コントロールを潜在的に意図していることが伺えた。一方、非熟練者は、「情報があると反応しやすい」、「一歩目を早く出す」、「素早く反応すること」という報告が多く、いかに早く反応するかといった観点で予測反応しており、このような非熟練者の意図が文脈的手掛かりの影響として反応を早める結果に繋がったものと推察される。

## V. 指導現場への示唆

本研究の結果、テニス選手が時間的圧迫の存在するレシーブ時に対戦相手のサービスを早く正確にコース予測するためには、文脈的手掛かりにより高められた期待をも修正可能な、サービス動作の身体言語的手掛かりに基づく効率的な予測スキルの習得が必要不可欠であることが明らかとなった。

そのため、特に高速サービスを打つ選手との試合経験が少ないと推測されるジュニアや大学女子選手にお



いては、まず優先してサービス動作に基づく予測反応の練習を積極的に導入する必要がある。例えば、高速サービスを打つ男子選手を相手にレシーブ練習し、日頃より高速サービスに慣れておくことが必要である。また、指導者は対戦相手のサービス動作の特徴について、観察に基づく主観的な情報のみならず動作解析による客観的データを利用しながらレシーブ時の観点を選手に指導し、または選手と十分議論しておくことが望ましい。さらに、それらの知識を実際のレシーブ時の予測反応に活かすためには、対戦相手のサービス映像を繰り返し観察し、なおかつ予測反応を伴う練習を徹底することで、予測スキルが向上するものと考えられる。

その上で、指導者はゲーム分析等に基づく文脈的手掛かりを十分に収集・整理し、選手が理解しやすい形式で事前に提供しておくことよい。ただし、本研究で考察されたように、まとめられた数値データは実際の文脈の手掛かりと同様に機能しない場合があるため、数値データと文脈の手掛かりを関連付ける学習や確認作業が必要となる。例えば、対戦相手の試合の映像を観察し、試合の流れに応じて確率情報を確認することや、時には実際の試合に赴き、その時の試合の流れや環境要因等の文脈の手掛かりを実際に得ながら相手のサービス動作を観察しておくことも有用であろう。本研究で熟練者群として分類したインカレ出場レベルでは、想定される対戦相手の対象数は数多く、個別データを逐一詳細に検討することは実際には困難が予想されることから、日頃より対戦する可能性のある相手を常に意識し、他の選手のプレーを注意深く観察しながら予測スキルに役立てる情報を獲得しておくことが重要である。また、対戦相手が特定される場合には、試合の映像やゲーム分析結果に関する個別データをまとめたビッグデータの存在は、予測スキルのためだけでなく戦術にも活用でき、大きな役割を果たすと考えられる。

最後に、予測スキルには心理的要因も間接的に影響する可能性があることから、指導者は練習環境の中で選手の自信過多を見極め、冷静に予測・判断するようなアドバイスを与えることが大切と思われる。特に、中学や高校期の多感なジュニア選手に対しては、心理的要因が競技力に直接影響する場合も多いことから十分な教育的配慮が必要である。

## 付記

本研究は、平成28年度日本大学文理学部個人研究費による助成を受けて行われた。

## 文献

- Abernethy, B., Gill, D. P., Parks, S. L., and Packer, S. T. (2001) Expertise and the perception of kinematic and situational probability information. *Perception*, 30: 233-252.
- Abernethy, B., Neal, R. J., and Koning, P. (1994) Visual-perceptual and cognitive differences between expert, intermediate, and novice snooker player. *Applied Cognitive Psychology*, 8: 185-211.
- Australian Open (2017) Event stats. [http://www.ausopen.com/en\\_AU/scores/extrastats/index.html](http://www.ausopen.com/en_AU/scores/extrastats/index.html). (参照日2017年3月10日).
- Buckolz, E., Prapavesis, H. and Fairs, J. (1988) Advance cues and their use in predicting tennis passing shots. *Canadian Journal of Sport Science*, 13(1): 20-30.
- 調枝孝治 (1977) タイミングの心理. 不味堂出版: 東京. p.209.
- Farrow, D. and Reid, M. (2012) The contribution of situational probability information to anticipatory skill. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(4): 368-373.
- Goulet, C., Bard, C. and Fleury, M. (1989) Expertise differences in preparing to return a tennis serve: A visual information processing approach. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11(4): 382-398.
- 入戸野宏 (2004) 心理生理学データの分散分析. *生理心理学と精神衛生*, 22(3): 275-290.
- 岩原信九郎 (1995) 教育と心理のための推計学. 日本文化科学社: 東京, p.196.
- 河原正昭・藤田 厚・吉本俊明・川島淳一・深見和男・近藤明彦・佐藤雅幸・水落文夫・鈴木 典・石井政弘 (1989) 運動学習における時間的適応に関する研究(その2) —テニスのサーブレシーブにおけるコースおよび球種の認知過程について—. *日本大学松戸歯学部一般教育紀要*, 15: 94-103.
- リンゼイ・ノーマン: 中溝幸夫ほか訳 (1995) 情報処理心理学入門Ⅲ—言語と思考—. サイエンス社: 東京, p.30. (Lindsay, P. H. and Norman, D. A. (1977) *Human information processing: An introduction to psychology* (second edition). Academic press: New York.)
- 増井 透 (1997) 大島尚編 認知科学. 新曜社: 東京. pp.134-137.
- 宮本晃希・内藤 宏・木村貴彦・篠原一光・三浦利章 (2011) フェイントが含まれる事態におけるテニスプレイヤーの予測技能. *人間環境学研究*, 9(1): 13-19.
- 三好智子・森 周司・廣瀬信之 (2012) 事前視覚情報の利用が打球の方向予測に及ぼす影響. *心理学研究*, 83(3): 202-210.
- 中川 昭 (1984) ボールゲームにおける状況判断研究のための基本概念の検討. *体育学研究*, 28(4): 287-297.
- 中川 昭 (1985) ボールゲームにおける状況判断研究の現状と将来の展望. *体育学研究*, 30(2): 105-115.
- 西野 明・奥野援史・竹之内隆志 (1991) バレーボールの攻撃予測における先行手掛かりの検討. *スポーツ教育学研究*, 11(1): 41-49.
- 緒方貴浩・福原和伸・井田博史・高橋まどか・福林 徹 (2015) テニスサーバー動作と熟練者の予測との定量的関



- 係性—ビデオ映像を用いた時間的遮蔽法による評価—. 人間工学, 51 (2) : 96-102.
- 大杉紘徳・田中芳幸・兒玉隆之・村田 伸 (2014) 気分・感情状態評価としての Visual Analogue Scale の応用. ヘルスポモーション理学療法研究, 4 (3) : 137-141.
- Price, D. D., McGrath, P. A., Rafii, A. and Buckingham, B. (1983) The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. *Pain*, 17(1): 45-56.
- 高橋正則・水落文夫・櫻井真之介 (2005) サービス動作からコース予測するための視覚探索方略. テニスの科学, 13 : 69-78.
- 高橋正則・Van Raalte, J. L. (2010) テニスにおけるサービスの予測反応に及ぼすセルフトークの影響. テニスの科学, 18 : 1-9.
- 武田守弘 (2003) テニスのサービス予測に関する調査—状況に基づく予測に着目して—. テニスの科学, 11 : 12-13.
- 武田守弘・古田 久 (2004) テニスのサービスコース・球種予測における有効な手がかり反応時間計測手法と空間的遮蔽手法を用いて. 広島大学大学院教育学研究科紀要, 53 : 327-334.
- 田中ゆふ・関矢寛史・田中美吏 (2013) 投球動作前の確率情報を伴う球種予測に顕在的・潜在的知覚トレーニングが及ぼす影響. スポーツ心理学研究, 40 (2): 109-124.
- Wickelgren, W. A. (1977) Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics. *Acta Psychologica*, 41: 67-85.
- 山次俊介 (2009) 第4章データの特徴をわかりやすくする～記述統計～. 健康・スポーツ科学のためのSPSSによる統計解析入門. 杏林書院：東京, p.55.

平成29年4月1日受付

平成29年7月4日受理

