

テニスシングルスゲームにおける打球・待球位置と状況判断

Hitting and waiting positions affect individual decision-making during singles tennis

工 藤 璃 子*
工 藤 敏 巳***

横 山 慶 子**
山 本 裕 二**

Riko KUDO*
Toshimi KUDO***

Keiko YOKOYAMA**
Yuji YAMAMOTO**

The purpose of this study was to examine how individual decision-making is affected by the waiting and hitting positions during singles tennis. The ideal waiting position for the receiver was defined by the hitting position of the opponent, which depended on the depth and width of the hitter's position. The definition was applied to three international men's singles matches, and the constant errors between ideal and actual waiting positions and between ideal waiting positions and the direction of the shots in each rally were determined, as receivers' and hitters' decision-making, respectively. The results showed that the number of rallies on the advantage side was more than that on the deuce side, and more crosscourt shots occurred from the advantage side than down-the-line shots; however, shots from the deuce side were directed to both sides. The distribution of the waiting positions for receivers was unimodal; however, the directions of the shots showed a bimodal distribution. These results suggest that the receiver makes a decision depending on the perception of the hitting position of the hitter, and the hitter makes a decision depending on the perception of the receiver's waiting position.

1 序

競技スポーツのアスリートはさまざまな状況の中で、敵や味方の行動を予測し、適切な行動をとることができる。例えば、テニスのシングルス競技では、相手の状態が崩れたと判断したとき一気にネットに駆け上がり、ボレーで得点を決める。こういった状況判断において、Nielsen and McPherson (2001) は、熟練したテニス選手は自分や相手、ボールの位置などの状況に応じた判断に優れていることを示している。さらに、Ziemke et al. (2002) や Séve et al. (2003) は、熟練した卓球選手は相手の特徴や状況を的確に見抜き、それに応じてプレーを行っていることを報告している。また、予測能力の熟練差に関して、時間遮蔽パラダイムを用いて検討した先行研究では、熟練者は非熟練者よりもより早い段階でより正確に相手の打球コースを予測できると報告

されている (Ward, Williams, & Bennett, 2002; Alder, Ford, Causer, & Williams, 2014; Piras, Lanzoni, Raffi, Persiani, & Squatrito, 2016)。これらの研究から、アスリートは他者の状況をわずかな情報から抽出することに優れていると考えられる。

対人競技や集団競技の対人場面において、両選手は、守備者と攻撃者に大別される。守備者は、攻撃者の攻撃可能な範囲を全て守ることが重要であり、攻撃者はその守備者にさらに対応した攻撃をしていると考えられる。競技スポーツの中でも、ネット型対人競技では、両選手が交互に打球しなければならないため、守備者と攻撃者、すなわち、待球者と打者が必ず交互に切り替わりながらプレーするという特徴がある。ソフトテニスのシングルス競技では、攻守が交互に切り替わる中で、守備者は横8.23m × 縦11.885m 四方のコートを一人でカバーしなくてはならない。そのために、自分が打球した後、次

* 名古屋大学大学院教育発達科学研究科
** 名古屋大学総合保健体育科学センター
*** 宮城学院女子大学
* Graduate School of Education and Human Development, Nagoya University
** Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University
*** Miyagigakuin Women's University

の打球のために、攻撃者の攻撃可能な範囲に対して適切な待球位置に移動することが重要となる。逆に、攻撃者である打者は、守備者の待球位置に対して、少しでも守備者を移動させて次の打球を行わせることが重要となる。つまり、守備者のオープンスペース（相手のいないところ）を見つけて、そのオープンスペースへの打球が有効打となる。したがって、ネット型対人競技では、守備者は攻撃者の打球位置の情報から適切な待球位置を、攻撃者は守備者の待球位置の情報から適切な打球コースを決定する必要がある。つまり、ネット型対人競技では、攻撃者に対する守備者の適切な待球位置を推定することによって、守備者、攻撃者の状況判断について検討を加えることができると考えられる。

しかしながら、これまで、適切な待球位置を定義した研究はないため、まずは適切な待球位置を定義する必要がある。守備者の適切な待球位置は、絶対空間としてのコート中央が待球位置になるのではなく、打者の打球位置によって決まる相対的な打球可能範囲の中央が理想的な待球位置になると考えられる。それは、打者の打球可能範囲は、ネットの高さやルールの制約上、打球する位置によって変化するからである。したがって、この理想的な待球位置は、一球ごとに異なり、待球者は常に打者の打球可能範囲を把握し、適切な状況判断をすることが要求される。そして、この待球位置への移動がポジショニングと呼ばれるもので、次の打球にとって重要な技能となる。また、攻撃者である打者は、自分の打球位置に対応してポジショニングしている待球者に対してさらに攻撃するために、そのポジショニングをみながら、基本的にオープンスペースに打球していることが考えられる。ゆえに、打者にとっては、待球者の待球位置を常に把握し、適切な状況判断をしながら打球することが不可欠となる。

以上のことから、ソフトテニスのシングルス競技場面において、選手の状況判断について検討するためには、守備者の適切な待球位置に対する守備者の実際の待球位置と攻撃者の打球コースの誤差を検討する必要がある。そこで、本研究では、まず、打者の打球位置を考慮して理想的な待球線を定義し、待球位置を推定することを試みる。そして、この待球位置の推定法を実際の試合場面に適用し、理想的な待球位置と実際の待球位置の誤差をみることで、理想的な待球位置の推定法の妥当性を確認する。さらに、理想的な待球位置を基準としたときの実際の待球位置と打球コースの誤差をみることで、待球者のポジショニングと打者の打球コースに関する状況判断について検討する。

2 理想的な待球線の定義

理想的な待球線は、以下の手続きを経て定義した。

2.1 座標と定数の定義

理想的な待球位置を算出するために、座標系は図1aに示すように、コートを中心を原点（ O ）とし、ネットと平行の軸を x 軸、センターラインと平行の軸を y 軸とした。図1aの中の、 B 、 SB 、 SI はそれぞれ、ネットからベースラインまでの距離（ $B = 11.885m$ ）、ネットからサービスラインまでの距離（ $SB = 6.4m$ ）、センターラインからサイドラインまでの距離（ $SI = 4.115m$ ）である。また、 H は、打者の打球位置とし、 $H (H_x, H_y)$ と表し、 $H_y < 0$ とする（図1aの下側）。

2.2 打球位置の y 座標（ H_y ）から仮の打球可能極限点（ P' ）を定義する

一般に、打者が前方に移動したときはネットによる障害が小さくなるため打球可能範囲が広がる。一方で、後方に移動したときはネットによる障害が大きくなるため打球可能範囲が狭くなる。つまり、打者（ H ）の打球可能範囲は、 x 座標（ H_x ）には依存せず、 y 座標（ H_y ）によって決定する。そこで、 H を $x = 0$ のセンターライン上に移動させた仮の打球位置 $H' (0, H_y)$ を用いて、打球可能範囲を整理する。ここで、打球可能範囲とは、両サイドライン上の2点と打球位置（ H ）を結んだ2つの線分に囲まれた角度とする。まずは、両サイドライン上の y 座標が等しい2つの点 $P' (\pm SI, P'_y)$ を仮の打球可能極限点とよび、 H' に対応する P' の位置を定義する（仮とよぶのは、後に打者（ H ）の x 座標に応じて打球可能極限点の y 座標を修正する場合があるためである）。

まず、打球位置の y 座標（ H_y ）によって、サイドライン上の仮の打球可能極限点の y 座標（ P'_y ）が非線形に変わる境界を以下の3種類定義する（図1a）。

- ネットからベースラインまでの領域（ルール上の制約から、ボールをこの領域に入れなければならない）。
- ネットから1m手前までの領域。これは、ネットの1m手前まで打球者が移動すれば、打球可能極限点はネット上のサイドラインと同じになると考えられることによる。
- ベースラインから2m後方までの領域。これは、ベースラインよりも2m後方からの打球はほぼみられなかったことによる（図2参照）。

そして、これらの境界によって、打球位置を以下の4領域に分け、仮の打球可能極限点（ P' ）を定義する。

■打球者が $0 < |H_y| < D_1$ で打球する場合（図1b） これ

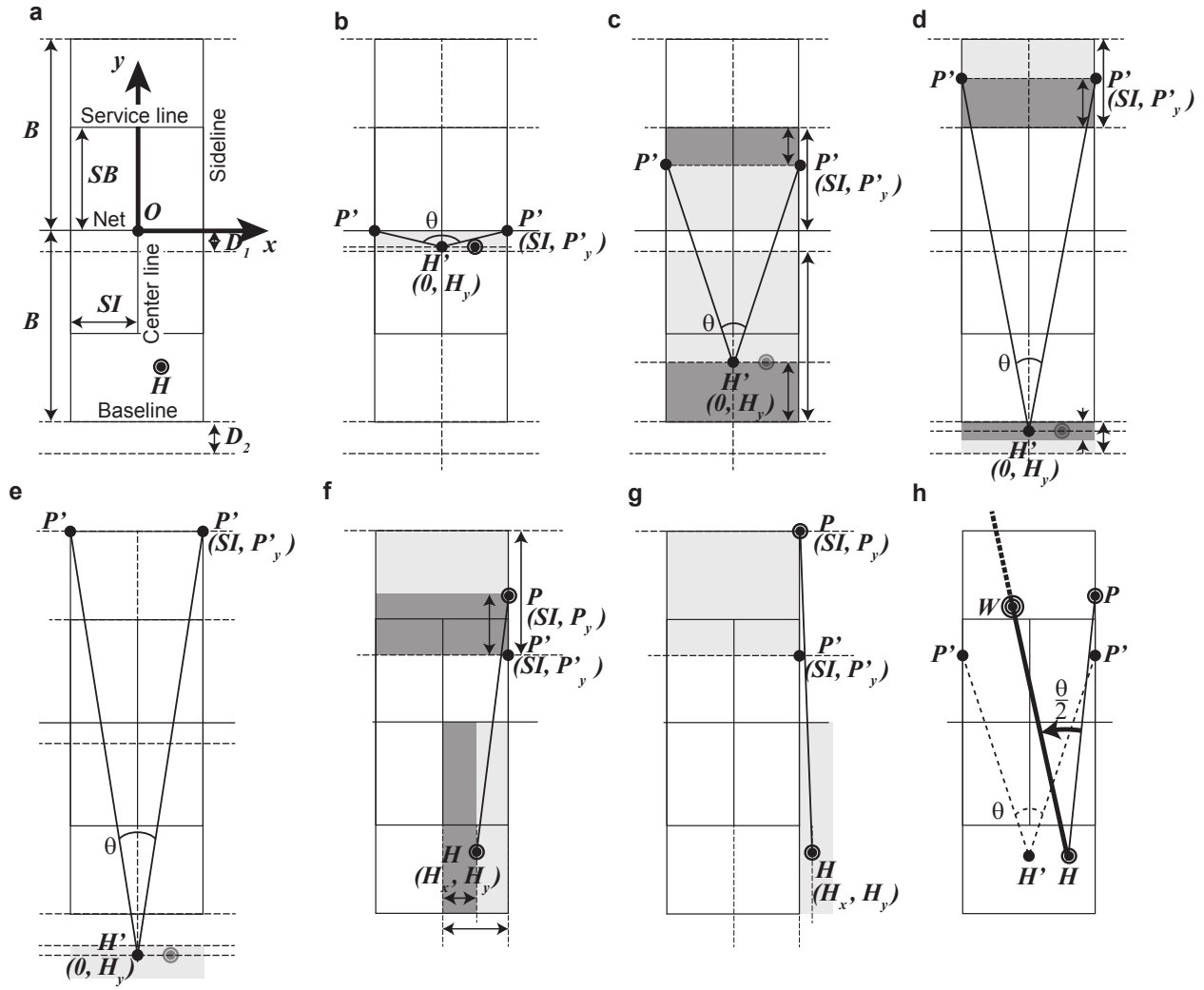


図1 理想的な待球線を算出するための条件。

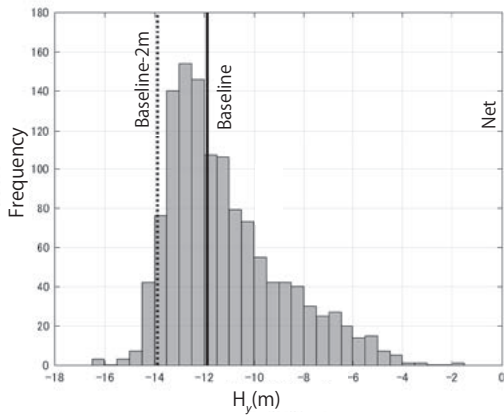


図2 打球位置のy座標 (H_y) の分布。

は打球位置がネットから1m未満の場合である。この場合には、すべてのコースに打球できると仮定する。すなわち、仮の打球可能極限点 (P') は常にネット上のサイドラインとなるため、そのy座標 (P'_y) は、

$$P'_y = 0$$

となる。

■打球者が $D_1 \leq |H_y| < B$ で打球する場合(図1c) これは打球位置がコート内で、かつネットから1m以上離れている場合で、打球位置 (H') はベースラインからネットの1m手前の間、仮の打球可能極限点 (P') はサービスラインからネットの間で変化する。この場合には、打球位置のベースラインからの移動距離 ($B + H_y$) と仮

の打球可能極限点がサービスラインから変化する距離 $(SB - P'_y)$ が比例するとして、次のように定義した。

$$B - D_1 : SB = B + H_y : SB - P'_y$$

ただし、 $H_y \leq 0, |H_y| < B, P'_y \geq 0, |P'_y| < SB$ である。

■打球者が $B \leq |H_y| < B + D_2$ で打球する場合 (図 1 d)
これは打球位置がベースラインよりも後方のコート外で、かつベースライン後方 2m 未満の場合で、打球位置 (H') はベースラインから 2m 後方の間、仮の打球可能極限点 (P') はサービスラインからベースラインの間で変化する。この場合には、打球位置のベースラインからの移動距離 $(-H_y - B)$ と仮の打球可能極限点がサービスラインから変化する距離 $(P'_y - SB)$ が比例するとして、次のように定義した。

$$D_2 : B - SB = -H_y - B : P'_y - SB$$

ただし、 $H_y \leq 0, B \leq |H_y|, P'_y \geq 0, SB \leq |P'_y|$ である。

■打球者がコート外側 ($B + D_2 \leq |H_y|$) で打球する場合 (図 1 e) これは打球位置がコート外で、ベースラインよりも 2m 以上後方の場合である。この場合には、コート内に打球するというルール上の制約から、仮の打球可能極限点 (P') はベースライン上を上限と仮定するため、

$$P'_y = B$$

となる。

これらを整理すると、

$$P'_y(H_y) = \begin{cases} 0 & (0 < |H_y| < D_1) \\ SB - \frac{SB(B + H_y)}{B - D_1} & (D_1 \leq |H_y| < B) \\ SB + \frac{(-H_y - B)(B - SB)}{D_2} & (B \leq |H_y| < B + D_2) \\ B & (B + D_2 \leq |H_y|) \end{cases}$$

となる。そして、 $\angle P'HP' = \theta$ が、打球可能範囲となる。

2.3 打球位置の x 座標 (H_x) と仮の打球可能極限点 (P') から打球可能極限点 (P) を定義する

打者の打球位置がセンターラインに近いときは、打球可能範囲は左右対称に近い。しかしながら、どちらかのサイドライン付近で打球する場合には、打球可能極限点はベースラインに近づき、逆に、動いた方向の反対側の打球可能極限点はネット方向へ近づき、打球可能範囲の向きが変化する。つまり、打球可能範囲は、打者の打球位置の左右方向、すなわち x 座標 (H_x) によってその向きが変化すると思われる。また、この打球可能範囲は、打球位置の y 座標によって決まる仮の打球可能極限点 (P') の影響も受ける。そこで、打球可能極限点 $P(SI, P_y)$ を、打球位置の x 座標 (H_x) と仮の打球可能極限点 (P') から求める。

次に、打球位置の x 座標 (H_x) と仮の打球可能極限点の y 座標によって、サイドライン上の打球可能極限点の y 座標 (P_y) が非線形に変わる境界領域をセンターラインからサイドラインまでの領域とする。その距離は SI である。

■打球者が $0 < |H_x| < SI$ で打球する場合 (図 1 f) これは打球位置がサイドライン、あるいはその延長線上よりコート内側で、打球位置 (H) はセンターラインからサイドラインの間、打球可能極限点 (P) は仮の打球可能極限点 (P') からベースラインの間で変化する。この場合には、打球位置のセンターラインからの距離 ($|H_x|$) と打球可能極限点が仮の打球可能極限点から変化する距離 ($|P_y - P'_y|$) が比例するとして、次のように定義した。

$$SI : B - P'_y = |H_x| : P_y - P'_y$$

ただし、 $B \geq P_y, P_y \geq P'_y \geq 0$ である。

■打球者が $SI \leq |H_x|$ で打球する場合 (図 1 g) この場合には、打球可能極限点はルール上の制約から、ベースライン上を上限と仮定する。すなわち、

$$P_y = B$$

となる。

これらを整理すると、

$$P_y(H_x, P'_y) = \begin{cases} P'_y + \frac{|H_x|(B - P'_y)}{SI} & (0 < |H_x| < SI) \\ B & (SI \leq |H_x|) \end{cases}$$

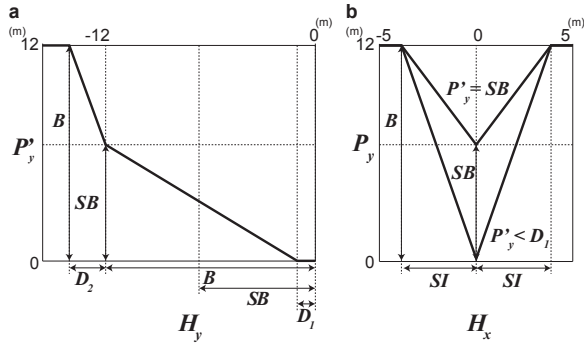


図3 打球位置から打球可能極限点を求める2つの関数 $P'_y(H_y)$ と $P_y(H_x, P'_y)$ 。a. 打球位置の y 座標と仮の打球可能極限点の y 座標との関数。b. 打球位置の x 座標と打球可能極限点の y 座標との関数。打球可能極限点は、仮の打球可能極限点の関数でもあるため、ここでは $P'_y = SB$ の場合と $P'_y < D_1$ の場合の2つの場合を示している。

となる。これら $P'_y(H_y)$ と $P_y(H_x, P'_y)$ を示したのが、図3である。

2.4 打球可能極限点 (P) と打球可能範囲 (θ) から理想的な待球線を定義する

理想的な待球線は、左右どちらかの打球可能極限点 (P) と、打球位置 (H) を結ぶ線分を、打球位置を中心として回転させることによって求めた。回転する角度は、打球位置 (H) と、ベースラインと打球位置との y 軸方向の距離によって定義された左右のサイドライン上の仮の打球可能極限点 (P') の3点で成す角度 ($\angle P'H'P' = \theta$) の二等分とした。すなわち、理想的な待球線上の点を W とすると、 W の座標は

$$\begin{pmatrix} W_x \\ W_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \frac{\theta}{2} & -\sin \frac{\theta}{2} \\ \sin \frac{\theta}{2} & \cos \frac{\theta}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_x \\ P_y \end{pmatrix}$$

となり、線分 \overline{HW} 上、あるいはその延長線が、理想的な待球線である (図1h)。

これは、一般的に、理想の待球位置は打者の打球可能範囲の中央に位置すると考えられるためである。したがって、この待球線上であれば、打球位置を考慮した理想的な待球位置であると考えた。

3 実データによる検証

3.1 目的

本節では、まず、打者の打球位置を考慮した理想的な待球線から理想的な待球位置を推定する。そして、理想的な待球位置と実際の待球位置の誤差を検討するこ

とで、理想的な待球位置の推定法の妥当性を確認する。さらに、理想的な待球位置を基準としたときの実際の待球位置と打球コースをみることで、待球者のポジショニングと打者の打球コースの状況判断について検討する。

3.2 方法

3.2.1 対象

ソフトテニスのシングルス競技の3試合 (2010年アジア競技大会男子決勝、2014年アジアソフトテニス選手権大会男子決勝、2015年世界選手権大会男子準々決勝) を用いた。選手は全員右利きであった。全ポイントのうち、5本以下のラリーのポイントは分析から除外し、全103ポイントを対象とした。さらに、1ポイントのうち、サーブとレシーブはルール上、時空間的制約が他の打球と異なるため分析から除外した。結果的に分析に用いたラリー数は、全部で1158本であった。なお、本研究で用いた映像の使用に関しては、(公財) 日本ソフトテニス連盟からの承認を得ており、名古屋大学総合保健体育科学センターにおける研究倫理委員会の承認のもと実施した。

3.2.2 手続

録画されたビデオ映像から、打球時の両選手の位置を求めた。選手の位置は、選手の両足の中心を地面に真下におろした位置とし、Frame-DIAS V (株式会社ディケイエイチ) を用いて30Hzでデジタイズした。インパクト時の打者の位置を打球位置、同時刻の待球者の位置を待球位置として、二次元DLT法を用いて、それぞれの二次元座標データを取得した。なお、座標系の定義は図1aと同様である。

3.2.3 データの処理

はじめに、シングルスラリーは交互に打者、待球者が入れ替わるため、打者を手前のコート、待球者を奥のコートになるように座標変換した。

理想的な待球位置 (W_l) は、実データのインパクト時の打球位置 (W_R) の y 座標に対応する x 座標を待球線から求め、理想的な待球位置との誤差 (ΔW) は、 x 軸上での x 座標の恒常誤差として求めた。そして、理想的な待球位置に対して、実際の待球位置の誤差がサイド側かセンター側かを区別するために、その際の理想的な待球位置がデュースコートの場合 ($W_l < 0$) には、

$$\Delta W = W_l - W_R$$

とし、アドバンテージコートの場合 ($W_l \geq 0$) には、

$$\Delta W = W_R - W_l$$

とした。したがって、どちらのコートでもサイド側の誤

差 (ΔW) が正、センター側の誤差は負となる。

打者の打球コースは、次の打者が打球した位置の x 座標として求め (H)、次の打者の打球位置が奥側のコートになるように座標変換した。理想的な待球位置との誤差 (ΔC) に関しては、待球位置の誤差と同様に、理想的な待球位置がデュースコートの場合 ($W_l < 0$) には、

$$\Delta C = W_l - H$$

とし、アドバンテージコートの場合 ($W_l \geq 0$) には、

$$\Delta C = H - W_l$$

とした。したがって、どちらのコートでもサイド側の誤差 (ΔC) が正、センター側の誤差は負となる。

3.3 結果と考察

3.3.1 打球コースの分布

まず、シングルの試合において、ラリーがどのコースで行われているのかを明らかにするために、打球コースの分布を検討した。図4は、打球コースをコート上の座標系における x 軸方向を1m 間隔で分割し、ヒストグラムで表したものである。コート奥側での分布をみているため、デュースコートが負、アドバンテージコートは正になっている。これから、デュースコート、アドバンテージコートとともに、センターラインから少し離れたところに多く打球されていることが分かる。また、アドバンテージコートへの打球が多いことが分かる。そこで、デュースコートとアドバンテージコートに分割し、それぞれへの打球コースの頻度を χ^2 検定によって比較した結果(図5)、デュースコートに比べてアドバンテージコートへの打球が有意に多いことが分かった ($\chi^2(1)$

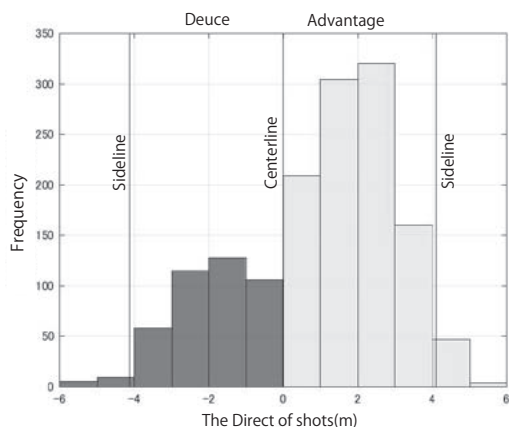


図4 1m 間隔で分割した場合の打球コース。

$= 141.27, p = 1.4 \times 10^{-32}$)。このことから、デュースコートとアドバンテージコートでは、返球されるコースに異なる特徴があると考えられたため、以後の分析はコートサイドを区別して検討していくこととした。

3.3.2 打者の打球位置と打球コース

打者の打球位置が打球コースに及ぼす影響を検討するために、打球位置をコートの内と外、デュースコートとアドバンテージコートの組み合わせの4種類に分類して、そこから打球したときの打球コースを頻度分布で示した(図6)。図7は、この打球コースをデュースコート、アドバンテージコートに分割し、 χ^2 検定を用いて比較した結果である。その結果、デュースコートでは、コートの内外にかかわらず打球コースに有意な差は認められなかったが、アドバンテージコートで打球した際には、どちらもアドバンテージコートに返球することが有意に多かった(アドバンテージコートでコート内、 $\chi^2(1) = 73.89, p = 8.2 \times 10^{-18}$ 、アドバンテージコートでコート外、 $\chi^2(1) = 94.05, p = 3.1 \times 10^{-22}$)。このことから、打者はデュースコートから打球するときは左右均等に打ち分けることが多いが、アドバンテージコートからは打者が打球されたのと同じ方向であるアドバンテージコートに打球することが多いことが示された。

3.3.3 理想的な待球位置と実際の待球位置との誤差

理想的な待球位置として推定した位置と実際の待球位置との誤差から、推定方法の妥当性ととも、その特徴を検討した。図8は、理想的な待球位置がデュースコート、アドバンテージコートと推定されたときに、実際の待球位置が理想的な待球位置に対してサイド側、センター側のどちらに在るかを1m 間隔で分割し、ヒストグラムで表したものである。この図から、理想的な待球位置を中心とした単峰性の分布が示された。した

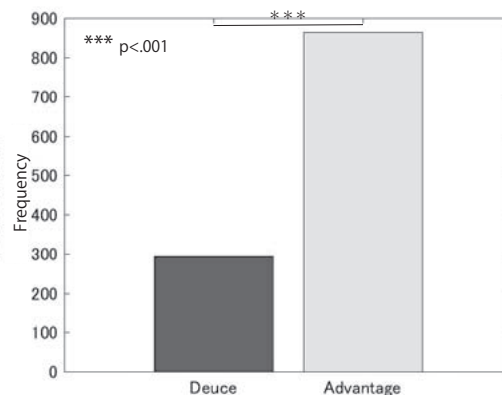


図5 デュースコートとアドバンテージコートへの打球コースの頻度。

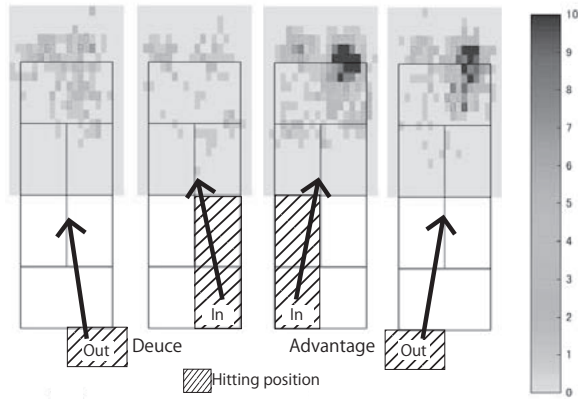


図6 4つに分割した打者の打球位置からの打球コースの分布。

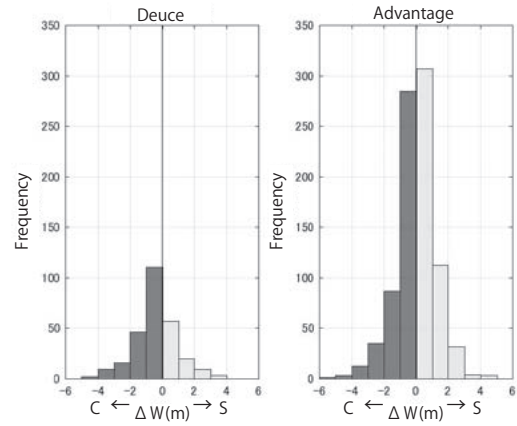


図8 デュースコートとアドバンテージコートごとに、1 m 間隔で分割した場合の理想的な待球位置と実際の待球位置との誤差。+がサイド (S) 側。-がセンター (C) 側。

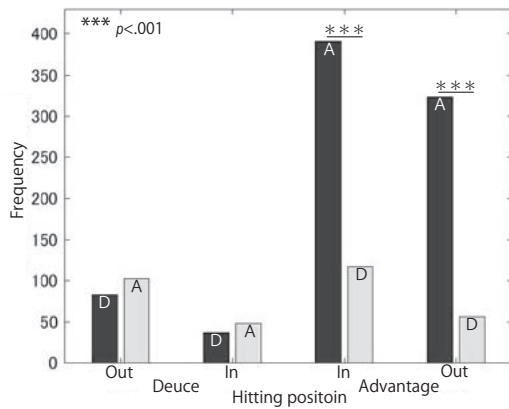


図7 4つに分割した打者の打球位置とそこからのサイド別への打球コース (D: デュースコート、A: アドバンテージコート)。

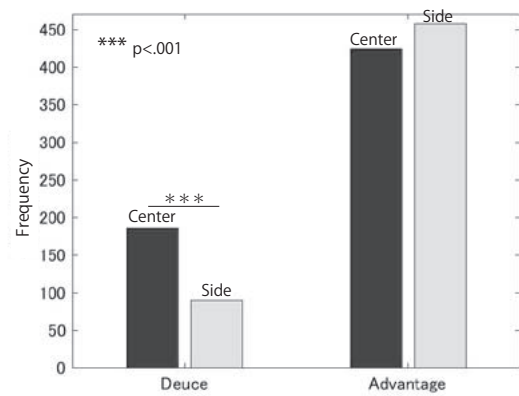


図9 デュースコートとアドバンテージコートでの理想的な待球位置と実際の待球位置との誤差をサイド側、センター側に分割した場合の頻度。

がって、今回の理想的な待球線の推定方法は、実際の競技場面に即した妥当なものと考えられた。

そして、デュースコート、アドバンテージコートそれぞれにセンター側とサイド側に分割し、理想的な待球位置と実際の待球位置との誤差を求め、 χ^2 検定を行った結果を表したのが、図9である。その結果、デュースコートにおいては理想的な待球位置よりもセンター側に位置していることが有意に多いことが示された ($\chi^2(1) = 16.70, p = 4.4 \times 10^{-5}$)。一方で、アドバンテージコートにおいては、有意な差は認められなかった。

3.3.4 理想的な待球位置に対する打者の打球コース

次に、理想的な待球位置を基準とした場合の打者の打球コースを検討した。図10は、理想的な待球位置が

デュースコート、アドバンテージコートと推定されたときに、打球コースが理想的な待球位置に対してサイド側、センター側のどちらに打球したかを1 m 間隔で分割し、ヒストグラムで表したものである。その結果、実際の待球位置との誤差の分布とは異なり、理想的な待球位置をはさむ二峰性の分布が示された。このことは、打者は理想的な待球位置へは打球せず、その両側に打ち分けていることを示唆する。

そして、デュースコート、アドバンテージコートそれぞれにセンター側、サイド側に分割し、理想的な待球位置と打球コースとの誤差を求め、 χ^2 検定によって比較した結果を表したのが、図11である。その結果、デュースコートでは理想的な待球位置よりもセンター側が有意

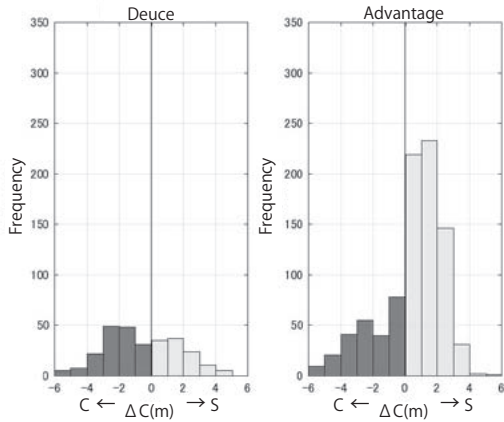


図10 デュースコートとアドバンテージコートごとに、1 m 間隔で分割した場合の理想的な待球位置を基準としたときの打者の打球コースとの誤差。+ がサイド (S) 側。- がセンター (C) 側。

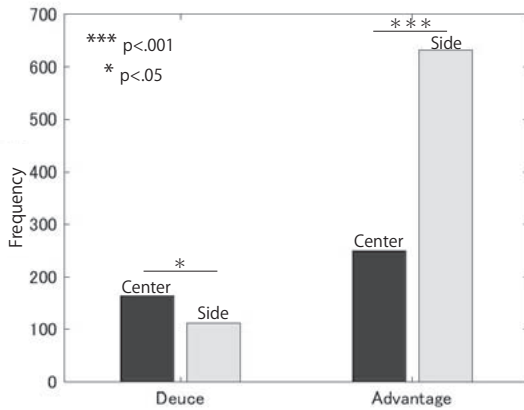


図11 デュースコートとアドバンテージコートでの理想的な待球位置と打者の打球コースとの誤差をサイド側、センター側に分割した場合の頻度。

に多く ($\chi^2(1) = 4.90, p = 0.03$)、アドバンテージコートでは、サイド側が有意に多いことが示された ($\chi^2(1) = 82.72, p = 9.4 \times 10^{-20}$)。

3.3.5 理想的な待球位置を基準としたときの実際の待球位置と打球コース

理想的な待球位置と実際の待球位置との誤差分布と、打球コースとの誤差分布に異なる特徴が認められたため、この両者の関係に着目した。待球者の待球位置と打者の打球コースについて、理想的な待球位置に対する誤差を重ね合わせ、その頻度分布をみたのが、図12である。中央の点線が理想的な待球位置で、正がサイド側、負がセンター側への誤差である。仮に、守備者の待球位置の誤差と攻撃者の打球コースの誤差が一致するなら

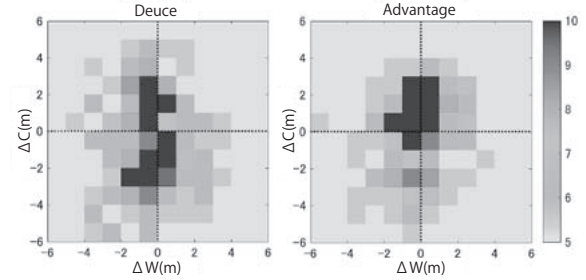


図12 デュースコートとアドバンテージコートごとに、1 m 間隔で分割した場合の理想的な待球位置を基準としたときの実際の待球位置と打球コース。x = 0, y = 0: 理想的な待球位置。+ がサイド側。- がセンター側。

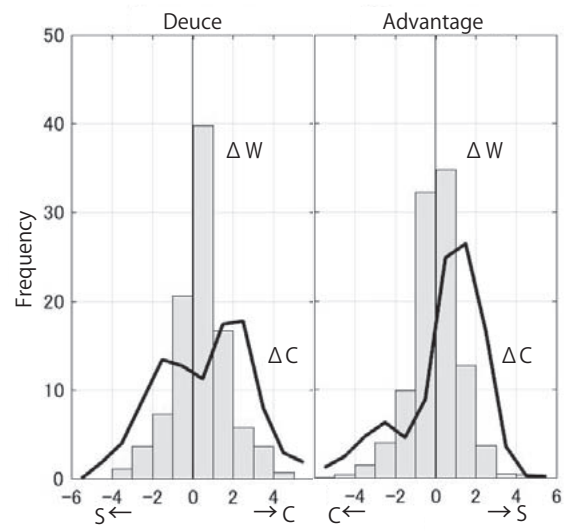


図13 理想的な待球位置を基準として、実際の待球位置（棒グラフ）と打球コース（折れ線グラフ）の誤差を重ね合わせた分布。図の内側がセンター側の誤差で、外側がサイド側の誤差。

ば、分布に相関がみられるはずである。しかしながら、両者の間には相関がなく、打球コースは理想的な待球位置の両側に分布している(図10)。そこで、実際の待球位置との誤差を棒グラフで、打球コースとの誤差を折れ線グラフで表したのが、図13である。図の内側がセンター側、外側がサイド側になるように、デュースコートのサイド側とセンター側を入れ替えてある。デュースコート、アドバンテージコートにかかわらず、待球位置の誤差は理想的な待球位置を中心とする単峰性のグラフになっており、打球コースのグラフは理想的な待球位置をはさむ二峰性のグラフになっている。デュースコートに関しては、待球位置の分布のピークとは異なるところに打球コースの2つの山が示されている。一方、アドバンテージコートでは、待球位置のグラフと打球コースのグ

ラフの分布のピークに関してデュースコートのように明らかな差異はみられないものの、待球位置の分布のピークとは異なる2～3mセンター側のところに打球コースのもう1つの山がある分布になっている。つまり、守備者は理想的な待球位置の近くに位置しているが、攻撃者はその理想的な待球位置ではなく、そこから少し離れた両側へ打球している。

4 総合考察

本研究では、ソフトテニスのシングルス競技における選手の状況判断を検討するために、まず、打者の打球位置を考慮して定義した理想的な待球線から待球位置を推定した。テニスの指導現場では、打者の打球可能範囲の中央に待球位置をとるように指導される場合が多い。しかしながら、これを理論的に定義したものはない。そのため、打球位置の前後の位置によって仮の打球可能範囲が決まり、打球位置の左右の位置によって相手のコートに対する打球可能範囲の向きが決まるものとして定義した。その後、打球可能範囲極限点から、求めた打球可能範囲を二等分した角度を回転させ、その線上を理想的な待球線と定義した。そして、実際に国際大会3試合、計1158本のラリーに適用し、理想的な待球位置と実際の待球位置の誤差を推定した。

試合での打球コースはアドバンテージコートへの打球が多かったため、コートサイドをデュースコートとアドバンテージコートに分けて分析した。そして、4種類に分類した打球位置（コート内外（2）×コートサイド（2））が打球コース（デュースコート-アドバンテージコート）に及ぼす影響を検討した。その結果、コートの内外にかかわらず、デュースコートからの打球コースにコートサイドの差がみられなかったものの、アドバンテージコートからは有意にアドバンテージコートに返球することが多いことが示された。

次に、待球者の待球位置と理想的な待球位置の誤差を検討した結果、理想的な待球位置を中心とした単峰性の分布を示し、今回推定した理想的な待球位置が妥当なものであると考えられた。言い換えれば、守備者は、攻撃者（打者）の打球位置の情報に基づいて、打者の打球可能範囲を推定し、その中央近くに待球位置をとっていたと言える。しかしながら、コートサイド別にみると、デュースコートでは、理想的な待球位置を基準としたときよりも、守備者はセンター側に位置していることが有意に多かった。

また、打者が相手の理想的な待球位置、すなわち、打者の打球可能範囲の中で、実際にどこに打球しているかを検討した。その結果、実際の待球位置との誤差分

布とは異なり、理想的な待球位置をはさむ二峰性の分布がみられた。さらに、コートサイド別に見ると、デュースコートでは理想的な待球位置を基準としてセンター側が有意に多く、アドバンテージコートではサイド側が有意に多いことが示された。打球される頻度の多かったデュースコートにおけるセンター側、アドバンテージコートにおけるサイド側は、右利きの待球者の場合、どちらもバックハンド側となる。

打球コースの誤差が、コートサイドにかかわらずにバックハンド側に多かった理由としてはストローク技術の問題が考えられる。ソフトテニスのストロークには大きく分けて、フォアハンドストロークとバックハンドストロークの2種類がある。一般的に、バックハンドストロークはフォアハンドストロークと比べて、攻撃的ではないとされている。そのために、現場のシングルスの指導においては、相手のバックハンドを狙うように指導されることが多いことが理由として考えられる。

そして、守備者の待球位置、攻撃者の打球コースに関して、理想的な待球位置との誤差を重ね合わせてみたところ、待球位置の誤差は単峰性、打球コースの誤差は二峰性の分布を示すことから、両者の間に相関のある分布はみられなかった。デュースコートでは、待球位置の分布のピークと異なるところに打球コースの2つの山が示されていることから、打者は待球者の待球位置の情報に基づいて、待球者のいないところに打球していることが多く、待球者の待球位置の情報を状況判断に用いて打球コースの選択をしていると考えられる。その際、センター側への打球がサイド側への打球よりも多かった。一方、アドバンテージコートでは、待球位置と打球コースの分布のピークに関してデュースコートのように明らかな差異はみられないものの、待球位置の分布のピークとは異なる2～3mセンター側のところに打球コース分布のもう1つの山を示している。その際、センター側への打球に比べて、サイド側への打球がはるかに多かった。一般に勝負どころといわれる局面は、実際の競技場面全体に対して極めて少ないことが考えられる。アドバンテージコートでは、打者はサイド側に数多く打球しながら、勝負どころと言われる局面で、理想的な待球位置から2～3mセンター側に離れたところに打球しているのかもしれない。本研究では、全体としての傾向を把握するため、ラリーの時間発展については検討しておらず、今後は、理想的な待球位置に対する実際の待球位置と打球コースを時間経過とともにみていく必要がある。

以上のことから、本研究では、打者の打球位置を考慮して定義した理想的な待球線に実データを適用して理想的な待球位置を推定し、実際の待球位置との誤差を算出することで、定義した理想的な待球線の妥当性を確

かめることができた。このことは、守備者は、攻撃者の打球位置の情報に基づいて、攻撃者の打球可能範囲を推定し、その中央近くに待球位置をとっていたことを示している。さらに、攻撃者は、理想的な待球位置を中心とした守備者の待球位置の情報を使って、打球コースを選択していることが考えられた。よって、本研究では、理想的な待球位置を定義することによって、守備者は攻撃者の打球位置、攻撃者は守備者の待球位置という情報に基づいて状況判断を行っていることが示唆された。

最後に、本研究では選手の空間要因のみを扱っており、打球間隔といった時間要因を一切考慮していないが、時間要因も状況判断では重要な要素であることが考えられる。例えば、相手の状態を崩すためにライジングストローク（ワンバウンドしてから通常より速いタイミングで打球する打法）を用いたり、自分の体勢を立て直すためにスライスやロブを使って時間を調整している。熟練者は、シュートボールやスライス、ロブなどの球種やライジングストローク、ボレー（相手の打球をノーバウンドで打球する打法）などの打法を非常に巧みに使いまわしながらプレーしていることが考えられる。よって、今後は時間要因も考慮した上で、二者の状況判断に及ぼす待球位置の影響を検討していく必要がある。

参考文献

- Alder, D., Ford, P. R., Causer, J., & Williams, A. M. (2014). The coupling between gaze behavior and opponent kinematics during anticipation of badminton shots. *Human Movement Science*, **37**, 167–179.
- Nielsen, T. M. & McPherson, S. L. (2001). Response selection and execution skills of professionals and novices during singles tennis competition. *Perceptual and Motor Skills*, **93**, 541–555.
- Piras, A., Lanzoni, I. M., Raffi, M., Persiani, M., & Squatrito, S. (2016). The within-task criterion to determine successful and unsuccessful table tennis player. *International Journal of Sports Science & Coaching*, **11**, 523–531.
- Séve, C., Saury, J., Ria, L., & Durand, M. (2003). Structure of expert players' activity during competitive interaction in table tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **74**, 71–83.
- Ward, P., Williams, A. M., & Bennett, S. J. (2002). Visual search and biological motion perception in tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **73**, 107–112.
- Ziemke, T., Séve, C., Saury, J., Theureau, J., & Durand, M. (2002). Activity organization and knowledge construction during competitive interaction in table tennis. *Cognitive Systems Research*, **3**, 501–522.