

卓球競技における選手の技能評価に関する研究

上島 慶¹⁾ 牛山 幸彦²⁾ 楊 飛¹⁾ 飯塚 進柱¹⁾
 五十嵐 久人²⁾ 八坂 剛史²⁾ 大庭 昌昭²⁾

1. はじめに

卓球競技は、台上に設定されたコートを2分し、そのネットを挟んでボールを打ち合う競技である。ボールが小さいうえに軽いため、技術的にも連続性とスピードが要求され、ゲームの状況に応じた瞬時的な判断を必要とするケースがきわめて多い⁶⁾。そのため、卓球の競技力向上において、自分の技術や、相手の特徴や弱点を解明することは非常に大きな意味を持っている。現在、様々な球技スポーツにおいて相手の戦術やゲーム分析には映像の活用が一般的に行われており、バレーボールにおいては、Data Volley や Touch Volley といったゲーム分析・スカウティングソフトが開発されている⁵⁾。しかし、卓球競技においてはそのようなゲーム分析・スカウティングソフトは開発されていない。これは卓球競技が個人戦であるために試合数が多いことや、ラリーがスピーディーであるため、分析の視点が明確化されておらず開発が困難であるからだと考えられる。卓球競技の特性を活かしたゲーム分析・スカウティングソフトが開発されることによって、より高度な戦術の分析や卓球の競技力向上に繋がっていくものと考えられる。

これまでの卓球ルールでは、ボールの直径は38mm、重さ2.5gであった。しかし2000年10月に競技普及の促進とテレビ放映の誘致を狙う意図でルールの改正が行われ、ボールがこれまでの規定から、直径40mm、重さ2.7gへと大きくなった。ポ

ールを大きくするという規則の変更により球速と回転の低下によってボールが見やすくなり、試合中のラリーの回数が増えた^{2) 3)}。先行研究によると、ラリーにおけるミス分析では、オーバーミスの多い選手は70%の確率でその試合で負けているという報告がある¹⁾。試合を有利に展開するためには、オーバーミスをしないような角度で打球する技術の必要性があり、また勝者と敗者でボールの打ちおろし角度や速度、高度がどのようになっているかを把握することができれば、戦術の分析や選手の技能評価が可能であると考えた。

本研究では、ネット上を通過する際のボールの「入射角度」・「スピード」・「高さ」を測定し、試合における勝者と敗者の打球特性から、選手の技能を評価する可能性を検討することを目的とした。

2. 研究方法

2.1 計測システムの概要

レーザーユニットは柱状になっており、卓球台に取り付け可能になっている。一方には赤外線レーザー発光機 (A1～A8)、逆サイドにはレーザー受光機 (B1～B8) が取り付けられている。レーザー発光・受光ユニットは、先行研究⁴⁾を参考に卓球台のネットを挟み、それぞれ0.3mの位置に設置した。赤外線レーザーはボールの直径である0.04m間隔で1セットあたり8組が取り付けられている。ボールがシステムを通過した際に赤外線レーザーが遮られることによって、遮られた時間間隔とどのチャンネルが反応したかによって測定することができる。

1) 新潟大学大学院現代社会文化研究科

2) 新潟大学人文社会・教育科学系

受理日：平成22年2月27日

実験器具の配置は以下の通り（図1）である。

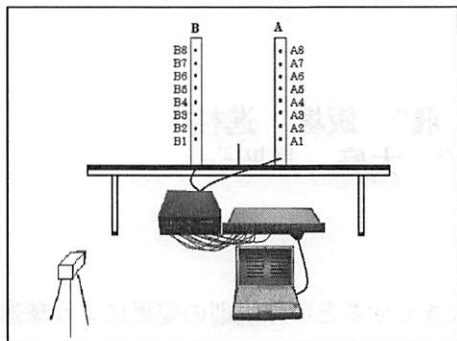


図1 実験器具の配置図

2.2 測定対象者

新潟大学卓球部に所属する男子選手14名（全日本選手権出場経験のあるレギュラー選手6名、非レギュラー選手8名）とした。12名は裏ソフトラバーを使用しフォアとバックの両ハンドからのドライブを主戦武器とするドライブ主戦型で、2名は表ソフトラバーを使用する台から離れずにプレーする前陣速攻型である。測定対象者は以下の通り（表1、2）である。

表1 測定対象者（ドライブ主戦型）の特性

測定対象者	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (age)	競技歴 (year)
Sub.A	175	65	22	14
Sub.B	168	67	22	13
Sub.E	164	61	22	13
Sub.F	167	62	22	14
Sub.I	169	57	19	11
平均 ± S.D.	168 ± 4.04	62.4 ± 3.85	21.4 ± 1.34	13 ± 1.22
Sub.J	156	49	19	6
Sub.C	165	53	23	11
Sub.D	182	75	22	10
Sub.G	174	74	21	9
Sub.H	167	62	19	7
Sub.M	180	65	21	9
Sub.N	175	62	19	10
平均 ± S.D.	171.3 ± 9.16	62.86 ± 9.72	20.57 ± 1.62	8.86 ± 1.77

表2 測定対象者（前陣速攻型）の特性

測定対象者	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (age)	競技歴 (year)
Sub.K	163	58	21	9
Sub.L	166	54	21	13
平均 ± S.D.	164.5 ± 2.12	56 ± 2.83	21 ± 0	11 ± 2.83

※ Sub.K はレギュラー群

2.3 実験方法

測定対象者が十分な実力を発揮できるように、練習を含めたウォーミングアップを行わせた後、公式ルールで行った3ゲームを1ラリーずつ計測した。レーザー発光・受光ユニットからの信号はLabVIEW7.1で作成したプログラムとA/D変換器（いずれもNational Instruments社製）を用いてサンプリング数1000（Hz）でPCに記録した。ボールがレーザー光を遮った場合、5（V）の出力変化で出力されPCの画面の上に波形グラフで表された（図2）。記録されたデータはAD変換された後にPCに保存され、解析した。

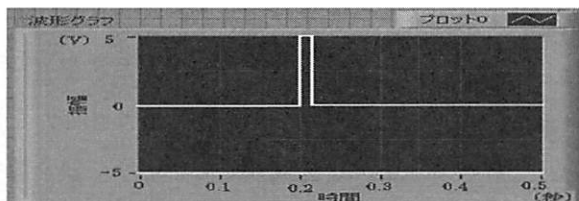


図2 PC画面上的のインターフェース

2.4 解析方法

2.4.1 入射角度

ボールがネット上を通過する際の入射角度 θ は、センサーユニットの間隔を χ 、赤外線センサの間隔を y とし、以下の式を用いて算出された。

$$\theta(\text{deg}) = \frac{180}{\pi} \cdot \tan^{-1} \frac{y}{\chi}$$

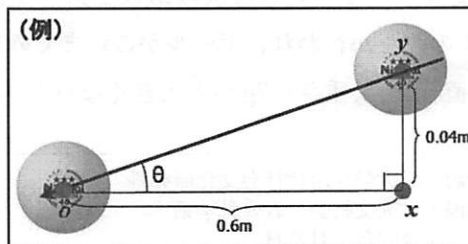


図3 入射角度の算出例

2.4.2 スピード

ボールがネット上を通過する際のスピード v (m/sec)は、最初にレーザー光を遮ったチャンネル番号を a 、後に遮ったチャンネル番号を b とし、測定開始から a を遮るまでの時間を Ta 、測定開始から b を遮るまでの時間を Tb とし、以下の式を用いて算出された。

$$v(\text{m/sec}) = \sqrt{0.6^2 + \{0.04(a-b)\}^2 / (Tb - Ta)}$$

2.4.3 高さ

ボールがネットを通過する際の高さ h (m)は、ボールがレーザー光を遮ったチャンネル同士を結んだ中点とし、最初に遮ったチャンネル番号を a 、後に遮ったチャンネル番号を b とし、以下の式を用いて算出された。なお、最も台に近い1チャンネルは台の水平面から0.18mとなっている。

$$h(\text{m}) = \frac{1}{2} \{ 0.04(a-1) + 0.04(b-1) \}$$

2.5 分析方法

それぞれの試合におけるボールがネット上を通過する際の入射角度、スピード、高さの平均値を勝者と敗者に分けて抽出し、比較した。平均値比較における有意差検定には t 検定 (対応なし) を用いた。

3. 結果と考察

3.1 入射角度について

3.1.1 ドライブ主戦型

図4はドライブ主戦型同士が対戦した全試合12試合の入射角度を勝敗別に抽出し平均したものである。勝者と敗者では5%有意水準で有意な差がみられ、勝者は敗者に比べると入射角度は大きいことが示唆された。このことから、対戦相手よりも入射角度の大きい選手が勝利する確率が高いことが推察される。

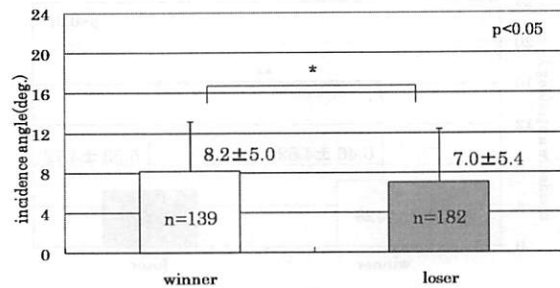


図4 ドライブ主戦型選手の勝者と敗者別にみた入射角度

図5はドライブ主戦型同士が対戦した各試合における勝敗別平均入射角度を示している。どのレベルにおいても、勝者は敗者に比べて入射角度は大きい傾向にあった。また、レギュラーのSub.Aと非レギュラーのSub.Cの対戦では1%有意水準で有意な差がみられ、実力に差があると入射角度の差も大きくなることが示唆された。このことから、対戦相手よりも入射角度の大きい選手が勝利する確率が高いことが推察される。

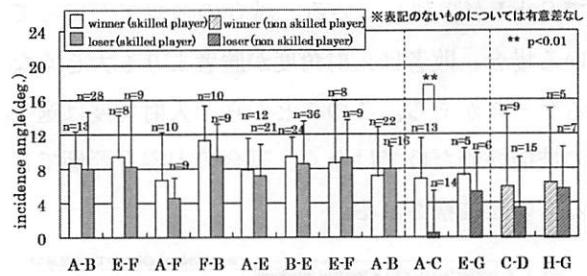


図5 ドライブ主戦型選手による試合別平均入射角度

3.1.2 前陣速攻型

図6はドライブ主戦型と前陣速攻型が対戦した全試合11試合の入射角度を勝敗別に抽出し平均したものである。勝者と敗者では1%有意水準で有意な差がみられ、勝者は敗者に比べると入射角度は大きいことが示唆された。このことから、前陣速攻型選手においても、対戦相手よりも入射角度の大きい選手が勝利する確率が高いことが推察される。

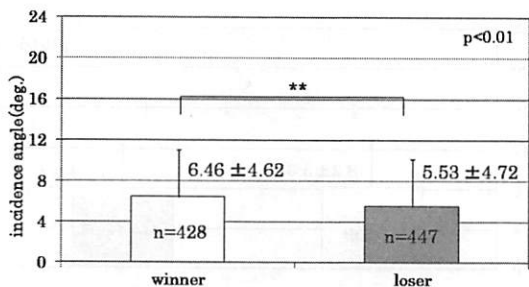


図6 ドライブ主戦型と前陣速攻型選手における勝者と敗者別にみた平均入射角度

図7はドライブ主戦型と前陣速攻型が対戦した各試合における勝敗別平均入射角度を示している。ドライブ主戦型が勝利した試合においても、前陣速攻型が勝利した試合においても勝者は敗者に比べて入射角度は大きい傾向にあった。Sub.IとSub.Lの対戦においては、敗者は勝者よりも入射角度は大きく5%有意水準で有意な差がみられた。この試合のスコアをみると、Sub.Iの総得点数は33本、Sub.Lの総得点は30本と僅か3本の差でSub.Iが勝利している。試合のスコアが競っている場合、敗者は入射角度が勝者よりも大きくなるケースがある。このことから、入射角度は選手の技能評価だけでなく、試合の内容も評価できるものと推察される。

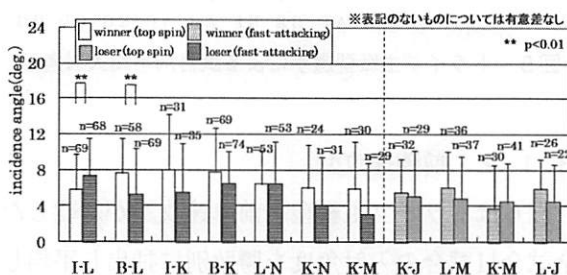


図7 前陣速攻型選手による試合別平均入射角度

3.2 ネット上通過スピードについて

3.2.1 ドライブ主戦型

図8はドライブ主戦型同士が対戦した全試合12試合のスピードを勝敗別に抽出し平均したものである。勝者と敗者では有意な差はみられなかったが、敗者は勝者よりもスピードは速いことが示唆された。

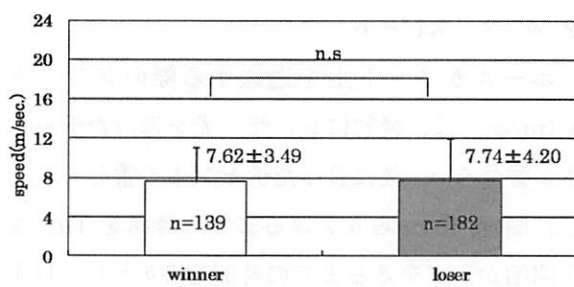


図8 ドライブ主戦型選手における勝者と敗者別にみた平均スピード

図9はドライブ主戦型同士が対戦した各試合における勝敗別平均スピードを示している。レギュラー同士の対戦においてはスピードに均衡がみられ、さらに勝者は速い傾向にあった。これは実力上位者同士が均衡したスピードでラリー戦になっているからであると推察される。一方、レギュラーと非レギュラー同士の対戦と非レギュラー同士の対戦においては、敗者の方が勝者よりもスピードは速い傾向がみられ、Sub.EとSub.Gの対戦では5%有意水準で有意な差がみられた。これは、実力下位者はボールのスピードを上げることが勝利するための最大の要因と捉えていることによるものと推察される。このことからボールのスピードは対戦相手によって左右されることが示唆された。

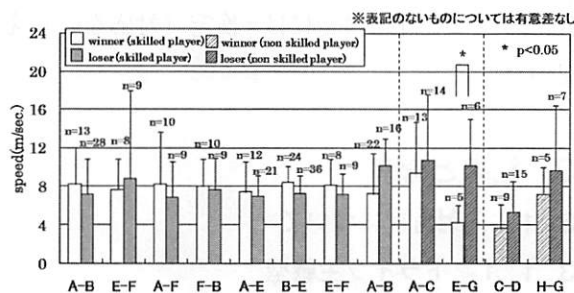


図9 ドライブ主戦型選手による試合別平均スピード

3.2.2 前陣速攻型

図10はドライブ主戦型と前陣速攻型が対戦した全試合11試合のスピードを勝敗別に抽出し平均したものである。勝者と敗者では5%有意水準で有意な差がみられ、敗者は勝者よりもスピードは速いことが示唆された。

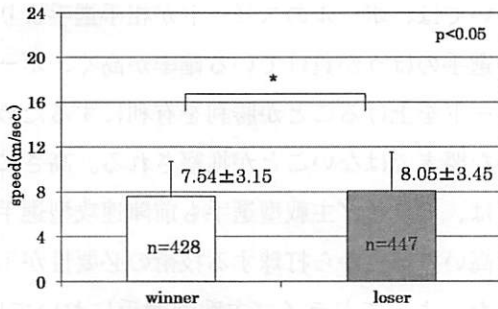


図10 前陣速攻型選手における勝者と敗者別にみた平均スピード

図11はドライブ主戦型と前陣速攻型が対戦した各試合における勝敗別平均スピードを示している。ドライブ主戦型が勝利した試合においても、前陣速攻型が勝利した試合においても敗者は勝者よりもスピードは速い傾向にあり、Sub.BとSub.Lの対戦、Sub.BとSub.Kの対戦、Sub.KとSub.Nの対戦、Sub.KとSub.Mの対戦では有意な差がみられた。このことから、スピードを上げようとするほどボールの角度がつきにくく、勝利しにくくなっているものと推察される。Sub.KとSub.Jの対戦においては、勝者であるSub.Kの方が敗者のSub.Jより1%有意水準でボールスピードが速くなっている。これは、前陣速攻型であるSub.Kが戦型の特性を活かし、より高い打球点から速いスピードで入射角度を大きく打球したからであると推察される。

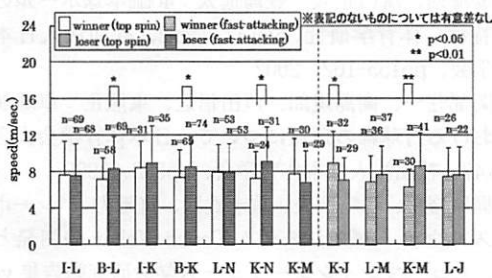


図11 前陣速攻型選手による試合別平均スピード

3.3 ネット上通過高さについて

3.3.1 ドライブ主戦型について

図12はドライブ主戦型同士が対戦した全試合12試合の高さを勝敗別に抽出し平均したものである。勝者は敗者に比べて高さは高いことが示唆された。

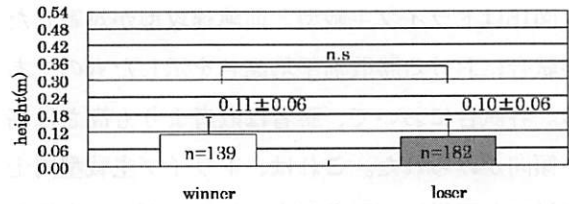


図12 ドライブ主戦型選手における勝者と敗者別にみた平均高さ

図13はドライブ主戦型同士が対戦した各試合における勝敗別平均高さを示したものである。各試合においても勝者は敗者に比べ高さは高い傾向にあり、レギュラー同士の対戦であるSub.AとSub.Bの対戦では、5%有意水準で有意な差がみられた。これは、勝者が高い打点でボールを捉えていたことによるものと推察される。勝敗を有利なものにするためには、高い打球点でボールを捉えることが必要であると推察される。

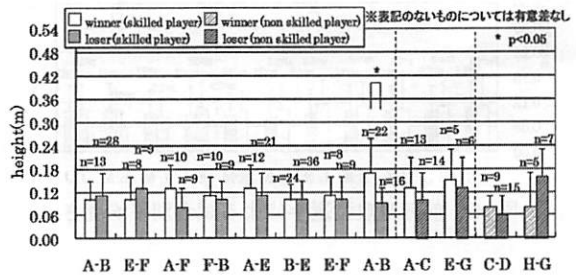


図13 ドライブ主戦型選手による試合別平均高さ

3.3.2 前陣速攻型について

図14はドライブ主戦型と前陣速攻型が対戦した全試合11試合の高さを勝敗別に抽出し平均したものである。勝者と敗者では有意な差はみられず、勝者と敗者の高さは同じことが示唆された。

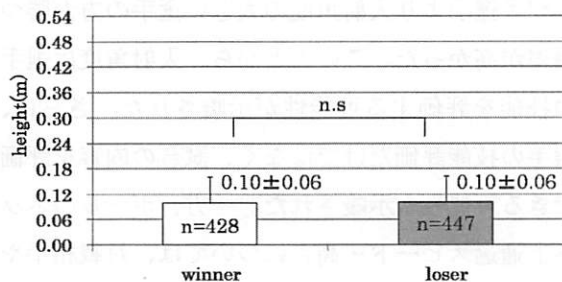


図14 前陣速攻型選手における勝者と敗者別にみた平均高さ

図15はドライブ主戦型と前陣速攻型が対戦した各試合における勝敗別平均高さを示したものである。各試合において、勝者は敗者よりも高さは高い傾向がみられた。これは、ドライブ主戦型同士の対戦と同様に、勝者が高い打点でボールを捉えていたことによるものと推察される。よって、前陣速攻型においても、高い打点でボールを捉えることの必要性が示唆された。また、Sub.LとSub.Nの対戦とSub.KとSub.Mの対戦においては5%有意水準と1%有意水準で有意な差がみられた。これは、勝者であるSub.NとSub.Mの選手が測定対象者の中でも身長が高めの特性をもち、対戦相手よりも高い身長を活かして、高い打球点でボールを捉えていたことによるものと推察される。

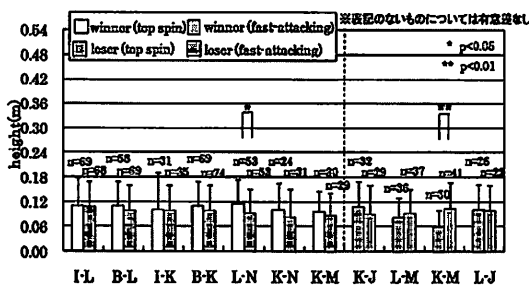


図15 前陣速攻型選手による試合別平均高さ

4. まとめ

本研究は、赤外線レーザーを用いてネット上を通過する際のボールの「入射角度」・「スピード」・「高さ」を測定し、試合における勝者と敗者の打球特性から、選手の技能を評価する可能性を検討することを目的とした。

ドライブ主戦型においても前陣速攻型においても相手選手より入射角度の大きい選手の方が勝つ確率が高かった。このことから、入射角度は選手の技能を評価する可能性が示唆された。さらに、選手の技能評価だけではなく、試合の内容を評価できる可能性も示唆された。一方、ボールのネット上通過スピード・高さについては、対戦相手や戦術などの要因によって左右されるものであることが示唆された。ドライブ主戦型選手のスピード

については、ボールのスピードが相手選手よりも速い選手のほうが負けている確率が高く、ボールスピードを上げることが勝利を有利にするための重要な要素ではないことが推察される。高さについては、ドライブ主戦型選手も前陣速攻型選手もより高い打球点から打球する技術の必要性が示唆された。よってドライブ主戦型選手においては、速度を上げることよりも、角度がつきやすい山なりの曲線をイメージした打球の中で、より高い打球点からより角度をつけて打ちおろす打球を決定打として返球することが有効な打球と言える。一方、前陣速攻型の選手においてはドライブ主戦型の選手よりもボールに速度がつきやすいため、より高い打球点からより速いボールで角度をつけて打球することが有効な打球と言える。

今後は、リアルタイムで「入射角度」・「スピード」・「高さ」を算出し、より現場で実用的に戦術分析やスカウティングができるようなユーザーインターフェースを作成していきたい。

引用参考文献

- 1) 高島規郎：卓球戦術ノート、卓球王国 pp66、pp171、2002
- 2) 藤井基男、「卓球 知識の泉」、卓球王国、pp296、2003
- 3) 湯海鵬、溝口正人、豊島進太：40mm卓球ボールの打球特性、体育学研究、vol.47、No.2、社団法人日本体育学会、pp155-162、2002
- 4) 岡部荘一、高島規郎、芦田信之、東照正：卓球競技における打球線の頂点について、日本体育学会大会号 No.47、社団法人日本体育学会、pp538、1996
- 5) 梶原修平、江崎修央、重永貴博、宮地力：バレーボールスカウティングシステム Touch Volley の開発と評価、ヒューマンインターフェース学会研究報告集 vol.8 No.1、pp.1-pp.6
- 6) 倉木常夫、湊勉、吉田和人、梶原浩晃：チャンピオンを目指す卓球、不昧堂、pp215、1995