

卓球競技のカット主戦型における ボールの飛行特性に関する研究

上島 慶¹⁾、牛山 幸彦²⁾、飯塚 進柱¹⁾、関 有李¹⁾、籠島 隼介³⁾、
広 霞¹⁾、五十嵐 久人²⁾、八坂 剛史²⁾、大庭 昌昭²⁾

I. はじめに

卓球競技とは、中央にネットを張った卓球台を挟み、1個のボールをラケットで打ち合って勝敗を競うスポーツである。競技領域が、球技の中で最も狭く¹⁾相手との距離が近いためラリーがたいへんスピーディーであり、精神状態が打球に影響しやすく、常に相手の心理を読みながら戦術・作戦を考えることから「100m競走をしながらチェスをするようなスポーツ」と表現されている²⁾。また、1マッチは3ゲーム、5ゲームまたは7ゲームで構成されており、ポイントの積み重ねがゲームとなり、ゲームの積み重ねにより勝敗が決まる³⁾。ゲームが終了するごとにポイントがリセットされるため、総ポイント数が相手を上回ったとしても試合には負けてしまうといった特性もあるが、ポイントを取る確率が相手よりも僅かに高いだけでゲームを取る確率が格段に高くなることが知られている⁴⁾。そのため、卓球競技において、自分の技術や相手の特性を解明することは非常に大きな意味を持っている。高島らによると、ラリーにおける最終的なミス分析では、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されている²⁾。そこで、これまで1マッチにおいて勝者と敗者で飛行特性にどのような違いがあるか検討を重ねてきた。その結果、いわゆる攻撃型と呼ばれるドライブ主戦型及び前陣速攻型

においては、ボールがネット上を通過する際の打ち下ろし角度が相手選手よりも大きい選手は、その試合で勝つ確率が高いことが示されている。また、速度と高度に関しては対戦相手や試合内容によって変化することが示されている¹⁾。しかし、これに対していわゆる守備型と呼ばれるカット主戦型については、飛行特性は明らかにされていない。

そこで、本研究ではカット主戦型と攻撃型との対戦において、カット主戦型のボールの飛行特性を明らかにすると共に、カット主戦型がゲームで勝つ確率を上げるためには、どのような打球をする必要があるのか検討することを目的とした。

II. 研究方法

2.1 測定対象者

新潟大学卓球部に所属する男子選手6名（レギュラー選手4名、非レギュラー選手2名）とした。戦型は、カット主戦型、ドライブ主戦型、前陣速攻型でそれぞれ2名ずつである。カット主戦型とは、ボールにバックスピンをかけるカット打法で相手のミスを誘いながら攻撃をまぜて点を取る戦型である。ドライブ主戦型は、ボールにトップスピンをかけるドライブ打法を中心にラリーを展開する戦型で、前陣速攻型はできるだけ短い手数で主にスマッシュを決定打として用いる戦型である。いずれもレギュラー選手については、全日本選手権大会及び全日本学生選手権大会の出場経験を有する者とした。測定対象者の特性については以下の通り（表1）である。

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

3) 新潟大学大学院自然科学研究科

受理日：平成23年1月18日

表1 測定対象者の特性

測定対象者		身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (age)	競技歴 (year)	
守備型	カット	Sub.A	172	73	19	9
		Sub.B*	174	53	22	13
攻撃型	ドライン	Sub.C	175	62	20	11
		Sub.D	180	62	20	11
	速攻型	Sub.E	163	58	21	10
		Sub.F*	162	73	20	13
平均		171.0	63.5	20.3	11.2	
±		±	±	±	±	
S.D.		7.1	8.1	1.0	1.6	

*非レギュラー

2.2 計測システムの概要

本実験は、赤外線レーザーユニットを用いて計測を行った。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。一方にはレーザー発光器、逆サイドにはレーザー受光器が取り付けられている。赤外線レーザー発光・受光ユニットは、選手のプレーの妨げにならないよう卓球台の両サイドへ設置されたセパレート式の卓球台へネットを挟みそれぞれ0.3mの位置に取り付けた(図1)。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計測することができる。

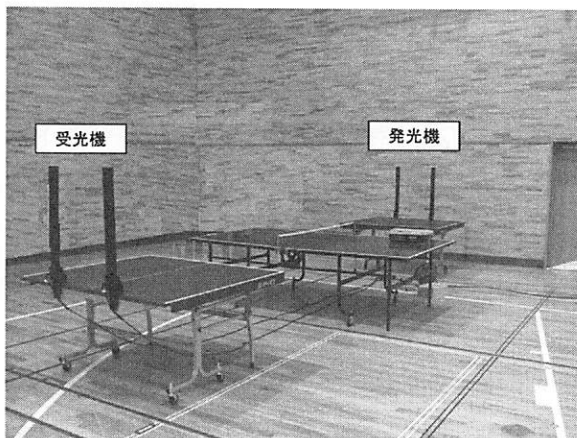


図1 赤外線レーザーユニット設置図

2.3 実験手順

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得点ずつ計測した。カット主戦型選手(レギュラー選手、非レギュラー選手)と攻撃型選手との試合を2試合ずつ計8試合行わせた。レーザー発光・受光ユニットからの信号はLabVIEW7.1で作成した計測プログラムとA/D変換器を用いてサンプリング周波数1kHzでPCに記録した。ボールがレーザー光を遮った場合、A/D変換された信号は5Vの電圧変化で出力され、波形グラフとして表された(図2)。出力されたデータはPCに保存された後、解析した。

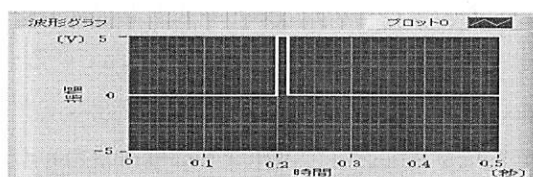


図2 PC画面上のインターフェース

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、レーザーユニットの間隔を x 、赤外線レーザーの間隔を y とし、以下の式を用いて算出された。

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

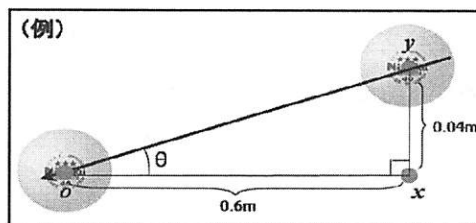


図3 入射角度の算出例

2.4.2 速度

ボールがネット上を通過する際の速度 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、計測開始から a を遮るまでの時間を Ta 、計測開始から 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。

$$v(\text{m/sec}) = \sqrt{0.624\{0.04(a-b)\}^2 / (Tb-Ta)}$$

2.4.3 高度

ボールがネット上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。

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

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、速度、高度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。

それぞれのグラフにおいて、有色は勝者、無色は敗者を表している。

Ⅲ. 結果と考察

3.1 カット主戦型と攻撃型の比較

図4は、カット主戦型の全ゲーム平均と攻撃型の全ゲーム平均をそれぞれ勝敗に分けて抽出し、比較したものである。

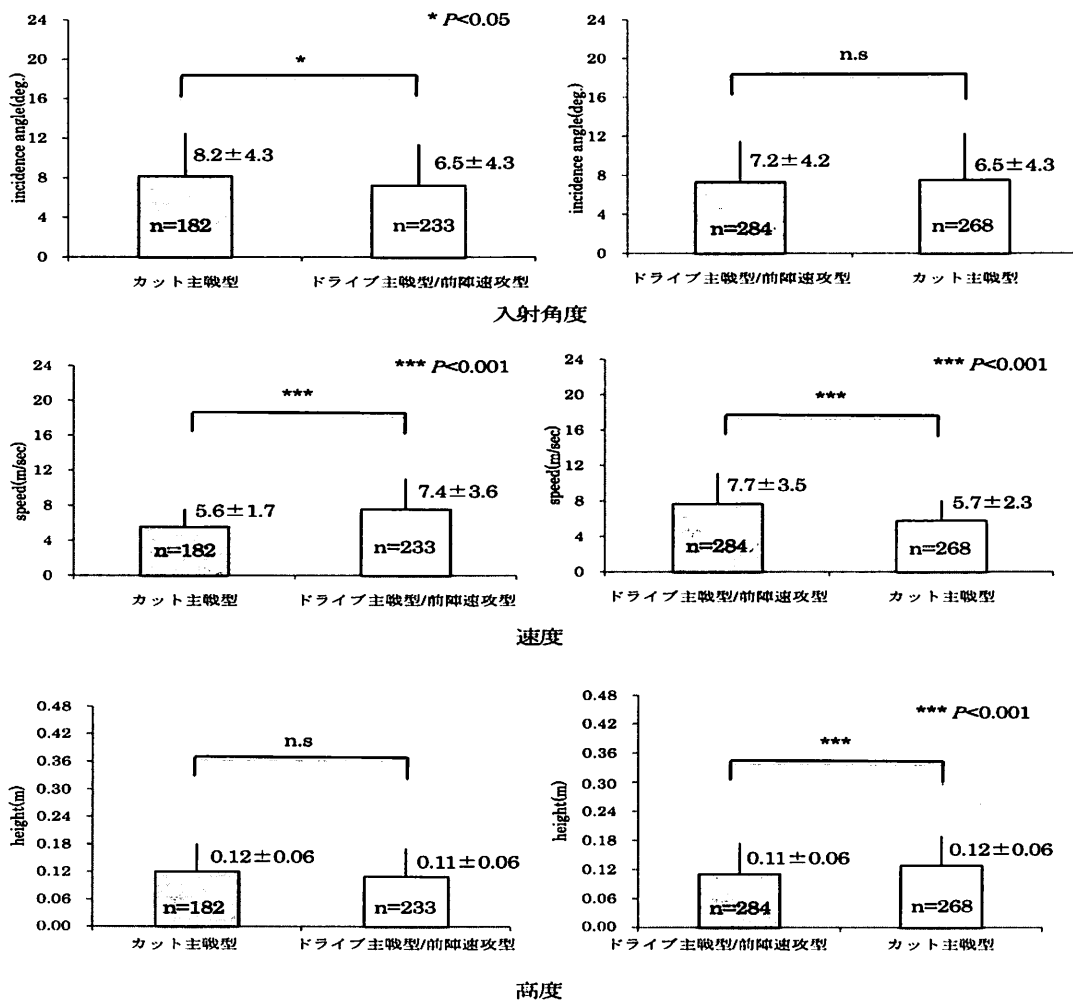


図4 カット主戦型と攻撃型の比較

カット主戦型が勝ったゲームは、入射角度と速度においてそれぞれ有意な差が認められた(入射角度 8.2 ± 4.3 (deg.) $p < 0.05$ 、速度 5.6 ± 1.7 (m/sec) $p < 0.001$)。攻撃型よりもカット主戦型の入射角度は有意に大きいことが示された。これは、カット主戦型選手がボールの入射角度を大きくすることで、ミスをする確率を下げていることによるものと推察される。速度については、攻撃型よりもカット主戦型の方が有意に低いことが示された。これは、カット主戦型がボールにバックスピンをかける性質から、オーバーミスをする確率を下げるため、速度を抑えていたものと推察される。

以上のことから、カット主戦型選手がミスをする確率を下げるためには、ボールの入射角度を大きくし、速度を抑えて打球する必要があることが示唆された。次にカット主戦型が負けたゲームにおいては、速度と高度においてそれぞれ有意な差(速度 5.7 ± 2.3 (m/sec) $p < 0.001$ 、高度 0.12 ± 0.06 (m) $p < 0.001$)が認められた。カット主戦型はボール速度を低く、高度は高く打球をしているケースでは負ける確率が高いことが示された。これは、カット主戦型が高度の高いボールを打球することで、攻撃型に高い打球点から決定打を打ち込まれていたことによるものと推察される。

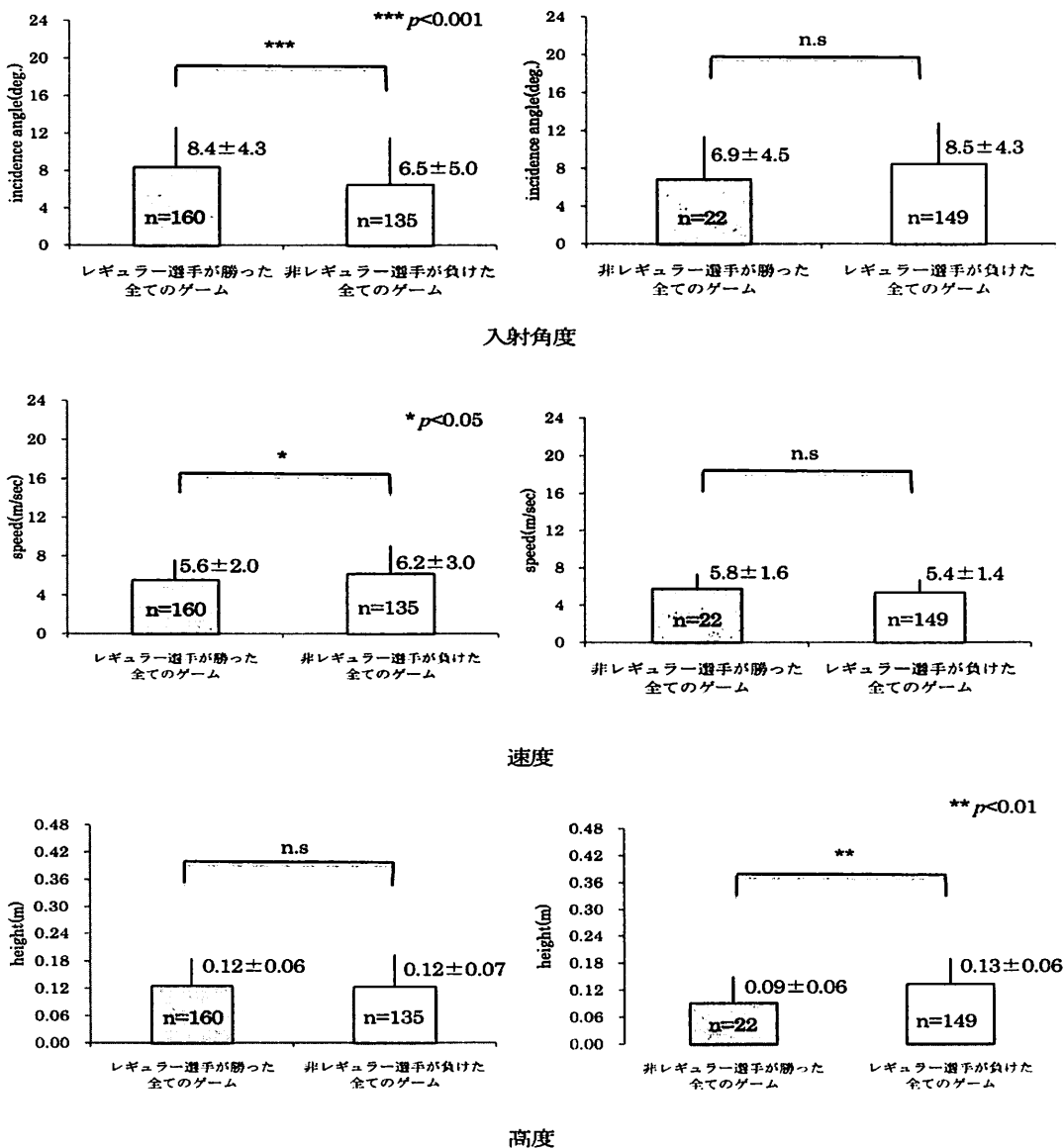


図5 カット主戦型における競技レベル別比較

さらに、カット主戦型が勝ったゲームと異なり、入射角度において有意な差が認められなかったことから、攻撃型の打球に影響され、カット主戦型がボールの入射角度を大きく打球することができず、オーバーミスを誘発していたものと推察される。以上のことから、カット主戦型が負ける確率を下げするためには、対戦相手に高い打球点から打ち込まれないようにボール高度を下げて打球する必要があることが分かった。

3.2 カット主戦型における競技レベル別比較

3.2.1 全ゲーム平均による比較

図5は、カット主戦型におけるレギュラー選手の全ゲーム平均と、非レギュラー選手の全ゲーム平均をそれぞれ抽出し、比較したものである。

1) 入射角度

レギュラー選手が勝ったゲームにおいては、有意に高いことが認められた (8.4 ± 4.3 (deg) $p < 0.001$)。これに対して、非レギュラー選手が勝ったゲームにおいては、有意な差は認められなかった。このことから、レギュラー選手は、非レギュラー選手よりもボールの入射角度を大きく打球する技能が高く、ボールの入射角度を大きく打球することでオーバーミスを防いでいたと推察される。また、非レギュラー選手は、レギュラー選手が負けたゲームよりも入射角度は小さかった。これは入射角度にばらつきがあり、入射角度以外の要因で勝っていた可能性があることが推察される。以上のことから、入射角度においてカット主戦型は、ボールの入射角度を大きく打球する技能を高める必要性があると考えられる。

2) 速度

レギュラー選手が勝ったゲームのボール速度は、有意に低いことが認められた (5.6 ± 2.0 (m/sec) $p < 0.05$)。これに対して、非レギュラー選手が勝っ

たゲームにおいては、有意な差は認められなかった。レギュラー選手が勝ったゲームよりも、非レギュラー選手が負けたゲームの方が有意に高いことから、レギュラー選手の方が対戦相手の打球に対してボール速度を低く打球する技能が高いことが推察される。以上のことから、対戦相手の攻撃打球に対してボールの速度を抑えて打球する技能を高める必要があると考えられる。

3) 高度

レギュラー選手が勝ったゲームにおいては、有意な差は認められなかった。これに対して、非レギュラー選手が勝ったゲームにおいては、有意な差 (0.09 ± 0.06 (m) $p < 0.01$) が認められた。非レギュラー選手が勝ったゲームのボール高度が有意に低いことから、攻撃型に高い打球点から打ち込まれなかったために、ゲームで勝つことができたと推察される。また、レギュラー選手が勝ったゲームにおいては、有意な差が認められなかったことから、レギュラー選手は非レギュラー選手よりも高い打球点から打ち込まれたボールに対して返球できる技能が高いことが推察される。カット主戦型は攻撃型の高い打球点からの打球に対して、ボールの入射角度を大きくし、速度を低くして返球する技能を高める必要性があると考えられる。

3.2.2 各ゲームの比較

図6、図7、図8は、カット主戦型におけるレギュラー選手と非レギュラー選手をそれぞれゲームごとに抽出し、比較したものである。有意差の表記のないものについては、有意差なしとした。

レギュラー選手が負けたゲームの入射角度は、1つのゲームで有意に大きいことが認められ、有意差が認められなかったゲームについても傾向としては大きい傾向にあった。これに対して、非レギュラー選手が負けたゲームにおいては、どのゲームにおいても有意差は認められず、ばらつき

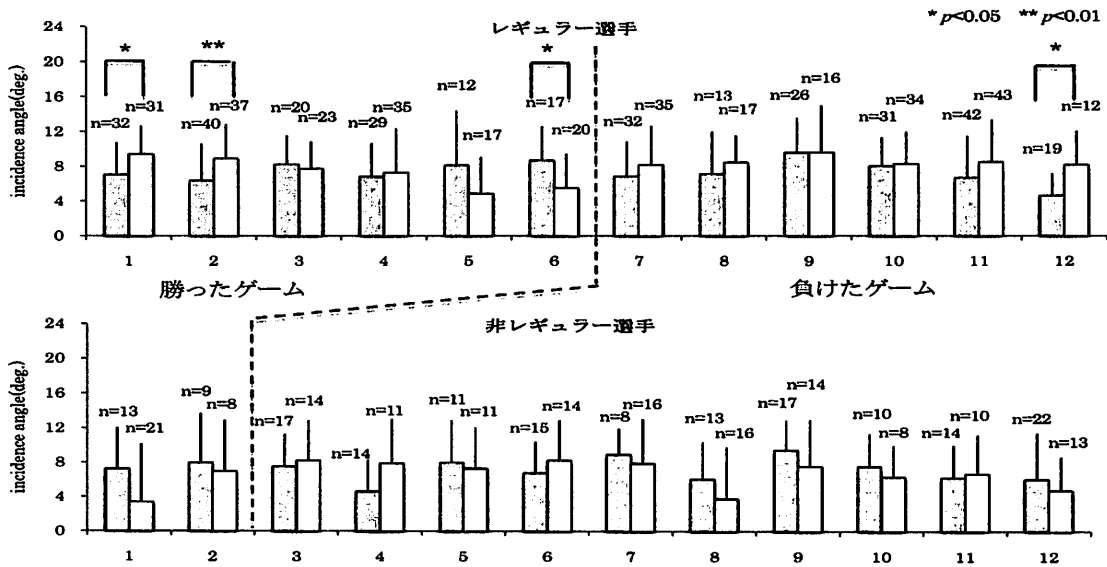


図6 各ゲームの入射角度

傾向がみられた。レギュラー選手は、ボールの入射角度を大きくすることで、相手コートに返球する確率を上げていると推察される。しかし、ボールの入射角度を大きくすることは、攻撃型に高い打球点から攻撃されることに繋がるため、必ずしもボールの入射角度を大きくして返球することだけが勝敗に影響するとは限らないことが示唆された。一方、非レギュラー選手についてはボールの入射角度にばらつきがあったために、傾向はみられなかった。これは、ゲームで負ける要因が入射角度以外にあることが推察される。

速度については、レギュラー選手が勝ったゲームは、6ゲーム中4ゲームで有意な差が認められ、ボール速度は高い傾向にあった。これは、レギュラー選手がボール速度を高くすることで、攻撃型が攻撃しにくいボールを返球していたためであると推察される。従って、戦術として速度を高く打球するボールも有効であり、レギュラー選手はボールを高い打球点で捉えることでオーバーミス誘発せずに速度の高いボールを打球できていたものと考えられる。両者が負けたゲームにおいては、レギュラー選手が5つのゲーム、非レギュラー選手が3つのゲームで有意な差が認められ、いずれもボール速度は低い傾向にあった。これは、カッ

ト主戦型が攻撃型に打ち込まれていたからであると推察される。さらに、非レギュラー選手はゲームごとで速度にばらつき傾向があることから、攻撃型の打球に影響されやすいことが推察される。

高度については、レギュラー選手が負けたゲームでは、1つのゲームで有意な差が認められ、有意な差が認められなかったゲームについても高い傾向にあった。レギュラー選手が負けたゲームでは、高度にばらつきがあったために、傾向はみられなかった。レギュラー選手は、攻撃型が高い打球点から決定打を打ち込めないボールを返球することによって、勝っていたことが推察される。非レギュラー選手は、入射角度と同様に、ゲームごとでばらつきがあることから、攻撃型の打球に影響されていることが推察され、さらに高度以外の要因で負けていることも推察される。勝っているゲームについては、両者とも有意な差は認められなかったが高度は低い傾向がみられた。しかし、レギュラー選手については、対戦相手によっては有意に高いゲームもあった。これは、高度を低くすることで攻撃型選手に高い打球点から決定打を打ち込まれずに得点する戦術と異なり、ボール高度を高くすることで相手のミス誘って得点する戦術であったことが考えられる。従って、入射角

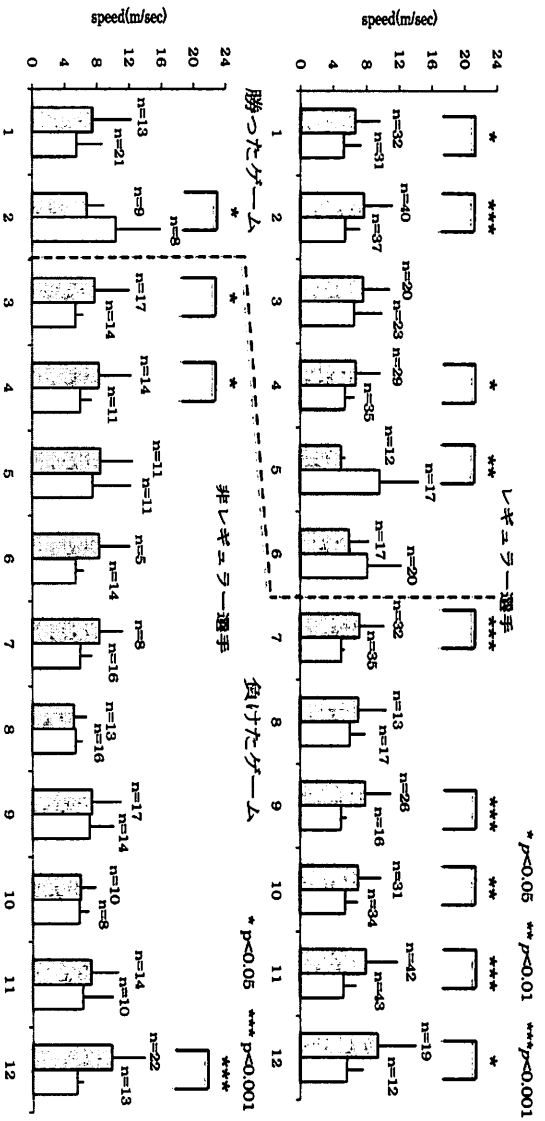


図7 各ゲームの速度

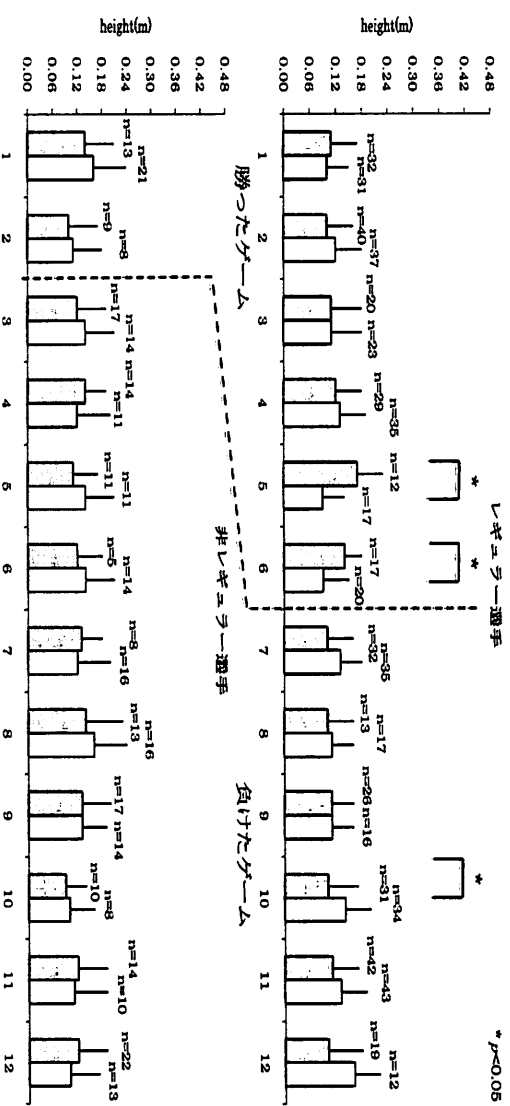


図8 各ゲームの高度

度と同様に、必ずしも高度を低くすることが勝ちに直結するとは限らないことが推察される。ボール高度を高く打球するためには、ボールを高い打球点で捉える必要あり、レギュラー選手は非レギュラー選手よりも高い打球点でボールを捉える技能が高いことが考えられる。

1) 入射角度

ゲームの勝率を上げるためには、ボールの入射角度を大きく打球する必要がある。しかし、ボールの入射角度を大きくすることで、高い打球点で決定打を打ち込まれる可能性も上がるため、対戦相手の競技レベルが上がるほど高い打球点から打ち込まれないような戦術でボールの入射角度を大きく打球する必要がある。これは、攻撃型が勝ったゲームと同様の知見である。

IV. まとめ

本研究では、赤外線レーザーシステムを用いて、カット主戦型と攻撃型との対戦におけるカット主戦型のボールの飛行特性を明らかにすると共に、カット主戦型がゲームで勝つためにはどのような

2) 速度

攻撃型とは異なり、カット主戦型がゲームの勝率を上げるためには、ボール速度を低く打球する必要がある。

3) 高度

攻撃型とは異なり、カット主戦型がゲーム勝率を上げるためには、ボール高度を低く打球する必要がある。

以上のような飛行特性のボールを打球できる技能を高めることで、対戦相手よりもゲームで勝つ確率を高くできる。しかし、対戦相手の競技レベルによっては戦術的に、ボール速度や高度を高く打球する必要性がある。そのため、競技レベルの高いゲームにおいては、より高い打球点でボールを捉えて打球する技能が必要である。

V. 今後の課題

カット主戦型は、攻撃型と異なり相手にミスさせて得点する特性があるため、攻撃型よりもボールの飛行特性が対戦相手によって戦術的に異なった。そのため、対戦相手に攻撃させずに得点するパターンと攻撃させて得点するパターン、対戦相手に打ち抜かれて失点したパターンと自らがミスして失点したパターンでそれぞれボールの飛行特性が異なる。従って、今後は得失点のパターンごとに分析することが課題である。また、ゲームに勝つ確率を上げるボールの飛行特性を打球するための戦術も明らかにしていく必要がある。そのため、選手がどのような打法で、どのコースに打球したかというデータも含めた分析を行っていききたい。さらに、選手のトレーニング時においてこのような客観的に定量化したデータをリアルタイムでフィードバックできるようなユーザーインターフェースの開発も同時に行っていきたい。

VI. 引用参考文献

- 1) 財団法人日本卓球協会編：卓球指導教本、大修館書店 pp9-10、1990
- 2) 高島規郎：卓球戦術ノート、卓球王国 pp66、pp171、2002
- 3) 高橋仁大、前田明、西園秀嗣、倉田博：テニスのゲームを取るために重要なカウント、体育学研究 No.51、社団法人日本体育学会、pp61-69、2006
- 4) Brody,H.(2004)Match statistics and their importance.ITF coaching & sport science review, 32 : 11-12
- 5) 藤井基男：卓球 知識の泉、卓球王国 pp296、2003
- 6) 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
- 7) 岡部荘一、高島規郎、芦田信之、東昭正：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
- 8) 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 pp1-6
- 9) 倉木常夫、濠勉、吉田和人、榊原浩晃：チャンピオンを目指す卓球、不昧堂、pp215、1995
- 10) 上島慶、牛山幸彦、楊飛、飯塚進柱ほか：卓球競技における選手の技能評価に関する研究、新潟体育学研究 第28巻、pp39-44
- 11) 宮木操、芦田信之、高島規郎、東照正ほか、卓球競技におけるカット打法の動作分析、日本体育学会大会号 (44B)、pp677、社団法人日本体育学会、1993
- 12) 竹内敏子、卓球競技における攻撃型とカット型による戦術分析、中京大学教養論叢37 (2)、pp327-pp343、中京大学、1996