

競技者の移動距離からみた バドミントンゲームの分析

**The analysis of the badminton game based on the
moving distance of the athlete**

弘前大学大学院教育学研究科

教科教育専攻保健体育専修

13GP223 三上 悠

目次

I. 緒言	P1
II. 1台のビデオカメラの画像から実空間における平面座標(x,y)を求める方法	P3
II-1. 撮影	P3
II-2. 座標の読み取り手順	P3
II-3. 読み取り座標の変換方法	P3
III. 実平面への変換精度の検証	P6
III-1. バドミントンコートにおいて	P6
III-2. バレーボールコート、バスケットボールコートにおいて	P7
IV. バドミントンゲームの分析	P8
IV-1. 方法	P8
IV-2. 被験者とゲームの組み合わせ	P8
IV-3. 試合の結果と考察	P8
IV-3-1. 対戦相手のレベルが同じ者同士の試合の比較	P10
IV-3-2. 対戦相手のレベルが異なる試合の比較	P15
IV-3-3. 対戦相手のレベルが同じ者同士の試合の比較(男女差)	P18
V. まとめ	P23
VI. 参考文献	P24

I. 緒言

バドミントンゲームの分析はこれまでに数多く報告されている。阿部ら¹⁾はバドミントンが作業期 (work periods) と休息期 (rest periods) を交互に繰り返す間欠的な運動であることに着目し、時間的要素から分析を行っている。今日の主となるバドミントンゲームの分析は阿部ら¹⁾によって構築されたプログラムを主に用いている。ゲームの全過程を試合の経過に沿って「時間の記録」と「空間の記録」として採集している。時間の記録は work periods と rest periods の記録によって構成され、フィジカルディマンドの生理学的な解釈に応えようとするものである。空間の記録はラリーの推移を記録し、その組み合わせからコースの推移とおよその球種の分析を可能にしている。

吹田²⁾はこの阿部らの分析法に独自の視点を加え、ダブルスの分析を行っている。これらの分析は2次元的手法を用いているが、金ら³⁾は3次元的な分析を行い、失点打及び得点打のエリア頻度に関する分析を行っている。また、林⁴⁾はラリーに基づき、配球分析、エース・エラー分析を行い、蘭⁵⁾はラリー時間とストロークの観点から分析を行っている。このようにバドミントンゲームの分析は、ラリーの内容やショットに関して分析されることが多い。

また、選手の移動距離や移動軌跡から分析を行った報告もある。福島ら⁶⁾はテンプレートマッチングを用いて選手の移動軌跡をリアルタイムで追跡するシステムを開発し、移動軌跡から見たシングルス分析を行っている。泉ら⁷⁾は2次元 DLT 法を用い、1ゲーム中の移動距離に対する work periods と rest periods の時間に関する報告をしている。このように、通常、球技ゲームにおける競技者の移動距離は、ゲーム分析の付帯資料として扱われることが多い。しかし、この移動距離 (水平変位) に時間軸を加えることによって、運動者自身の仕事量を知ることができ、運動強度の評価も可能であると考えられる。これを運動者間で比較すれば、技術的な分析も可能であり、作戦立案の基礎データとしても使える。

先行研究によると移動距離の測定法には、筆記法(トレーシング法)⁸⁾と DLT 法 (Direct Linear Transformation Method) ⁹⁾の二種類がある。筆記法とは、1名の選手に2名の測定者が担当し、観客席などの高所から試合を観察し、コート縮小化した記録用紙に5分ごとにプレーヤーが移動する軌跡を書き込み、キルビメータで記録用紙の縮尺に応じて実動距離に換算する方法である。特別な測定機器を用いず、比較的手軽に測定できる。測定者数と測定場所が確保できれば、ゲームに出場している全選手を測定できる利点がある。しかし、手書きで行うため正確性に欠け、測定者によってデータにばらつきが生じる難点がある。DLT 法とは、計測したい空間が写るように複数台のカメラをある程度任意に設置し、コントロールポイント (既知の実空間座標) を撮影した画像から、逆算して実空間の座標を求める方法である。この方法はカメラの設置に関する制約が少なく、実験室のみならず、競技会場においても正確な計測が可能であるという利点がある。しかし、複数台のカメラを用いるためすべてのカメラを同期すること、複雑な計算を処理するソフトウェアが必要であることなど、分析に時間がかかる上、データ収集のための器材が大がかりになる難点がある。

そこで、本研究では、①1台のビデオカメラを用いた簡便な分析手法で競技者の移動距離を算出する方法を提示し、その有効性を検証すること。②移動距離に時間軸を加え、運

動中の力学量を介してバドミントンシングルスゲームの分析を試みることを目的とする。バドミントン競技では力学的視点にたったゲーム分析は行われていない。本研究の意義は、正にこの新しいアプローチの仕方であり、ゲーム中の選手の動きをとらえることで仕事量、パワー、力等の力学量を介してゲームの実態を明らかにする。

II. 1台のビデオカメラの画像から実空間における平面座標 $G(x,y)$ を求める方法

II-1. 撮影

写真1のようにコートを中心を原点(O)とし、センターライン(X軸)とネット下方のライン(Y軸)、コートの四隅に校正マーカを設置した。コート全体が写せるよう、原点から16.1m離れた高さ5mの位置にカメラ(CASIO社製 EX-F1 高速デジタルビデオカメラ)を設置し撮影を行った。撮影スピードは30fps。

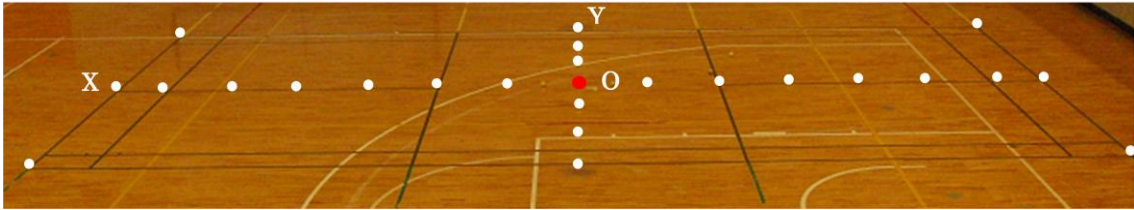


写真1 設置した校正マーカ的位置

II-2. 座標の読み取り手順

まず、撮影したビデオファイル(MOVファイル)を「QTConverter1.3.0」によりAVIファイルに変換する。これを動画編集ソフト「VirtualDub」にて撮影画像の編集を行い、このファイルをもとに画像解析ソフト「MoviasPro1.62」を用いて校正マーカの座標値を読み取り、以下の演算処理を経て、実空間座標への変換を行った。

II-3. 読み取り座標の変換方法

本研究で提示する実空間座標への変換方式は、撮影画像の中央を原点として、画像を4分割(第1~第4象限)し、各象限ごとに補正式を立てるものである。これは、ゲームコートが大きくなった場合にもレンズの歪みを含めた遠近誤差補正に対応するためである。(写真2参照)

以下、求める座標を $G(X,Y)$ としたときの演算過程を記す。

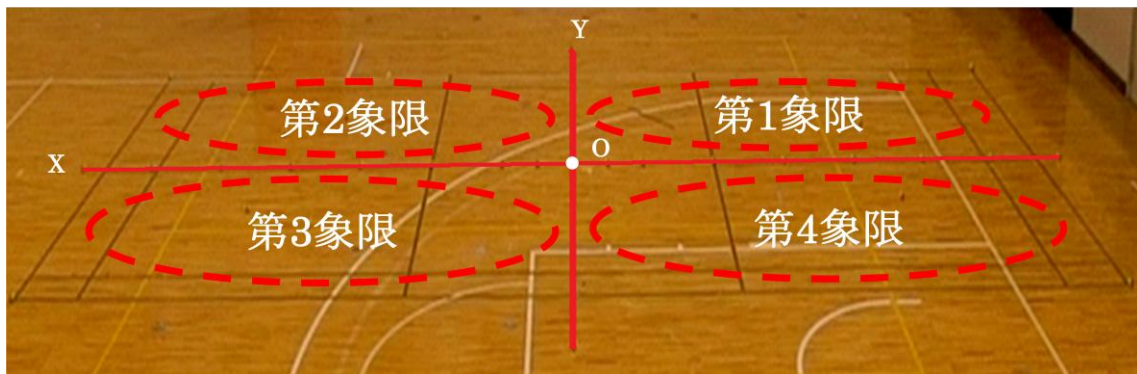


写真2 コート内の各象限

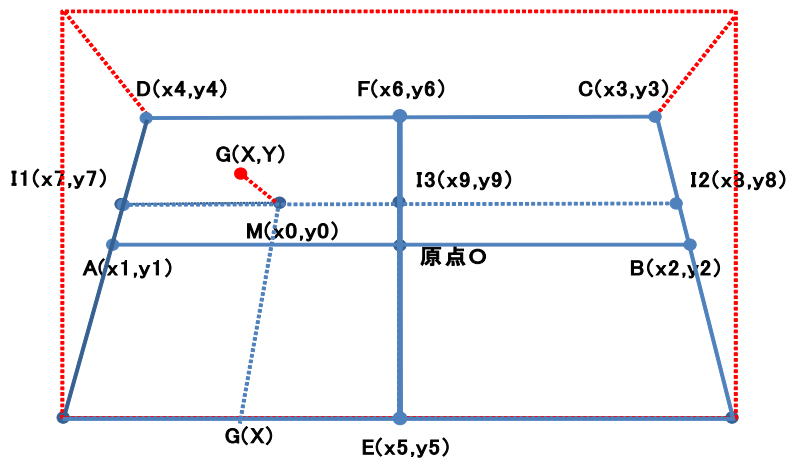


図1 画像で見るコート(台形部分)と実際のコート(長方形部分)との座標のずれ

(1)点 A,B を通る直線の式は…

$$y = ax + b = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}x + \frac{x_2 y_1 - x_1 y_2}{x_2 - x_1} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

(2)点 A,D を通る直線の式は…

$$y = cx + d = \frac{y_4 - y_1}{x_4 - x_1}x + \frac{x_4 y_1 - x_1 y_4}{x_4 - x_1} \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

(3)点 B,C を通る直線の式は…

$$y = ex + f = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2}x + \frac{x_3 y_2 - x_2 y_3}{x_3 - x_2} \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

(4)点 E,F を通る直線の式は…

$$y = gx + h = \frac{y_6 - y_5}{x_6 - x_5}x + \frac{x_6 y_5 - x_5 y_6}{x_6 - x_5} \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

(5)画像上での読み取り点 M を通り傾きが a の直線は…

$$y = a(x - x_0) + y_0 = ax - ax_0 + y_0 = ax + (y_0 - ax_0) \dots \dots \dots \textcircled{5}$$

ここで切片 $y_0 - ax_0$ を S とおく

(6)(2)式と(5)式の交点の座標 I1(x7,y7)は…

$$I_1(x_7, y_7) = \left(\frac{S - d}{g - a}, cx_7 + d \right) \dots \dots \dots \textcircled{6}$$

(7)(3)式と(5)式の交点の座標 I2(x8,y8)は…

$$I2(x8, y8) = \left(\frac{S-f}{e-a}, ex8 + f \right) \dots \dots \dots \textcircled{7}$$

(8)線分 I1-M と線分 M-I2 の比を m:n とすれば…

$$m:n = \sqrt{(x7 - x0)^2 + (y7 - y0)^2} : \sqrt{(x0 - x8)^2 + (y0 - y8)^2} \dots \dots \textcircled{8}$$

(9)補正前の X 座標 G´(X)は…

$$G´(X) = \frac{mx2+nx1}{m+n} \dots \dots \dots \textcircled{9}$$

補正前の Y 座標は(4)式と(5)式の交点から求められる

(10)(4)式と(5)式の交点の座標 I3(x9,y9)は…

$$I3(x9, y9) = \left(\frac{S-h}{g-a}, gx9 + h \right)$$

よって $G´(Y) = gx9 + h \dots \dots \dots \textcircled{10}$

したがって $G´(X, Y) = \left(\frac{mx2+nx1}{m+n}, gx9 + h \right)$ となる。

次に遠近誤差を補正するために、設置した校正マーカの内の、X 軸上(正)の座標の各読み取り座標と原点からの距離を算出し、実際の座標との関係を最小二乗近似する。同様に X 軸上の負の座標、Y 軸上の正の座標、Y 軸上の負の座標についても同様に最小二乗近似することで4つの補正式ができる。

撮影画像の読み取り座標 G(x,y)が第1象限にあるときは、下記(1)、(3)式を使って実平面上の座標 G(X,Y)に変換し、第2象限では(2)、(3)式、第3象限では(2)、(4)式、第4象限で(1)、(4)式を使って変換する。なお、これらの補正式は、カメラの設置場所によって定数(傾きと切片)が変わるので、校正マーカの撮影からゲームの撮影終了までカメラを固定しておくことになる。

$$x \geq 0 \text{ のとき } G(X) = 1.0137x - 0.0335 (r^2=1) \dots \dots \dots (1)$$

$$x < 0 \text{ のとき } G(X) = 2.6924x - 0.1261 (r^2=0.9952) \dots \dots \dots (2)$$

$$y \geq 0 \text{ のとき } G(Y) = 1.0194y - 0.0325 (r^2=0.9999) \dots \dots \dots (3)$$

$$y < 0 \text{ のとき } G(Y) = 4.2676y - 0.0946 (r^2=0.9959) \dots \dots \dots (4)$$

以上の手順により、読み取り座標を実空間座標に変換した。

Ⅲ. 実平面への変換精度の検証

Ⅲ-1. バドミントンコートについて

画像分析においては、カメラレンズの歪みを含めた遠近誤差が実空間との差としてあらわれる。そして、この誤差は撮影画像四隅が最も大きくなる。故に、解析精度の検証にはこの四隅の画像領域の再現性が一つの評価指標となる。本研究では、初めにバドミンントンのコート内4か所に距離1mのマーカ―を配置し、この距離の再現性をみることで、提示した算出法の精度検証を行った。

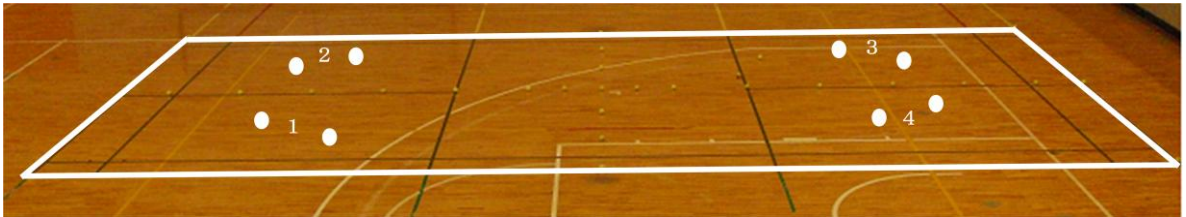


写真3 精度検証マーカ―の設置場所

結果は表1に示したように、平均3%（最大5.9%、最小0.1%）の誤差率で「距離1m」を再現することができた。だがこれは、バドミントン競技を事例として解析精度の検証を行っており、よりコートの大きいバレーボールやバスケットボール競技の場合、算出データの誤差率が上がる可能性がある。撮影領域が広くなればそれに比例して画像内の遠近誤差も大きくなるためである。したがって、この手法の信頼性をみるために、バレーボールとバスケットボールのコートについても精度の検証を試みた。

表1 バドミントンコートにおける精度検証マーカ―の実測値との誤差

マーカ―	実測値(m)	推定値(m)	誤差率%
1	1	1.020	2.0
2	1	1.059	5.9
3	1	1.039	3.9
4	1	1.001	0.1
平均	1	1.030	3.0

Ⅲ-2. バレーボールコート、バスケットボールコートについて

原点から 33.8m 離れた高さ 6.2m の位置にカメラを設置し、原点や X 軸、Y 軸の位置は変えず、バスケットボールコート内にバレーボールコート・バドミントンコートを作り、校正マーカを設置し撮影を行った(図 2)。結果は表 2 に示したように、バレーボールの平均 2.8% (最大 4.5%、最小 1.6%)、バスケットボールの平均 2.3% (最大 3.0%、最小 1.0%) の誤差率で、同様に「距離 1m」を再現できた。したがって、本研究で提示した水平移動距離算出法は、充分実用に耐え得るものであると判断する。

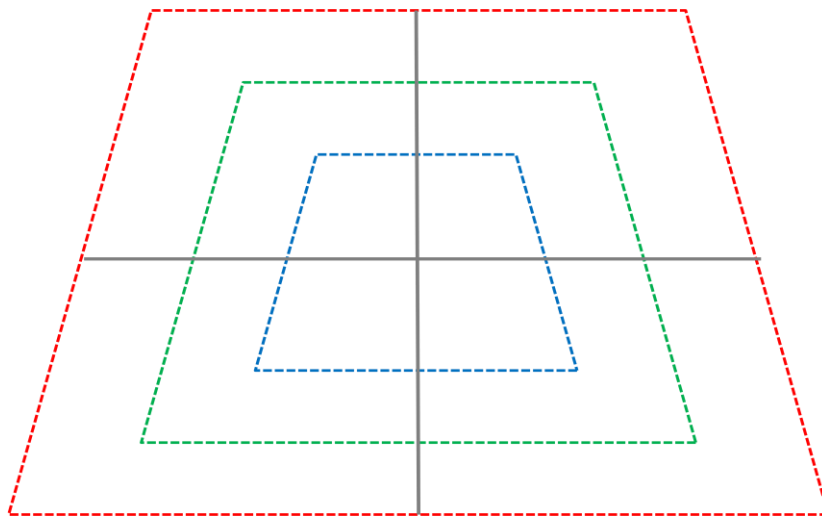


図 2 コート設営の仕方

赤がバスケットボール、緑がバレーボール、青がバドミントンのコート

表 2 バレーボールコートとバスケットボールコートにおける
精度検証マーカの実測値との誤差

バレーボール				バスケットボール			
マーカ	実測値(m)	推定値(m)	誤差率(%)	マーカ	実測値(m)	推定値(m)	誤差率(%)
1	1	1.032	3.2	1	1	0.990	1.0
2	1	0.981	1.9	2	1	0.970	3.0
3	1	0.984	1.6	3	1	0.976	2.4
4	1	1.045	4.5	4	1	0.972	2.8
平均	1	1.010	2.8	平均	1	0.977	2.3

IV. バドミントンゲームの分析

IV-1. 方法

ゲームの撮影は、コート全体が写せるよう、サイドラインから 13.1m 離れた高さ 5m の位置にカメラを設置して行った。通常、バドミントンのゲームは 21 点 3 セットマッチだが、本研究では 21 点 1 セットマッチとし分析を行った。

IV-2. 被験者とゲームの組み合わせ

分析の対象としたゲームは 5 ゲームで、被験者と組み合わせは表 3 の通りである。被験者 E・F 以外は弘前大学バドミントン部に所属している学生であり、レベルは部内でのランクを示している。被験者 E・F は他運動部に所属している学生である。

表 3 被験者とゲームの組み合わせ

被験者	レベル	性別	体重(kg)
A	上級者	男	66.30
B	上級者	男	71.20
C	中級者	男	54.95
D	中級者	男	61.20
E	初級者	男	62.75
F	初級者	男	66.15
G	中級者	女	56.50
H	中級者	女	57.60

試合番号	組み合わせ
1	A VS B
2	C VS D
3	E VS F
4	B VS C
5	G VS H

IV-3. 試合の結果と考察

1 ラリーの両者の移動軌跡の一例を図 3 に、移動距離の一例を図 4 に示した。ラリーごとの移動距離と時間から仕事量、仕事率、速度、力を求めた。なお、仕事量、仕事率、力は被験者の体重差をなくすため、単位体重量(kg)あたりの値を求めた。

分析の視点として、①対戦相手の技術が同レベルの試合(試合 1、2、3)、②対戦相手の技術にレベル差がある試合(試合 4)、③ゲームの男女差について(試合 2、5)の 3 点に着目し、分析を行った。

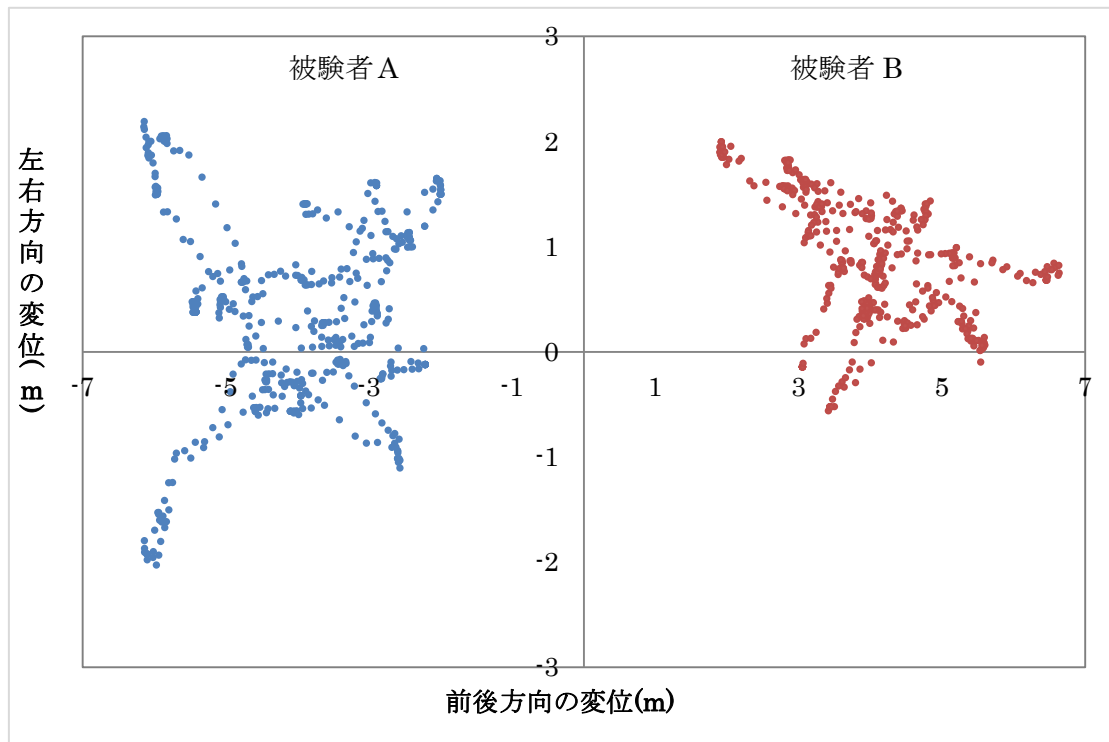


図 3 移動軌跡の一例

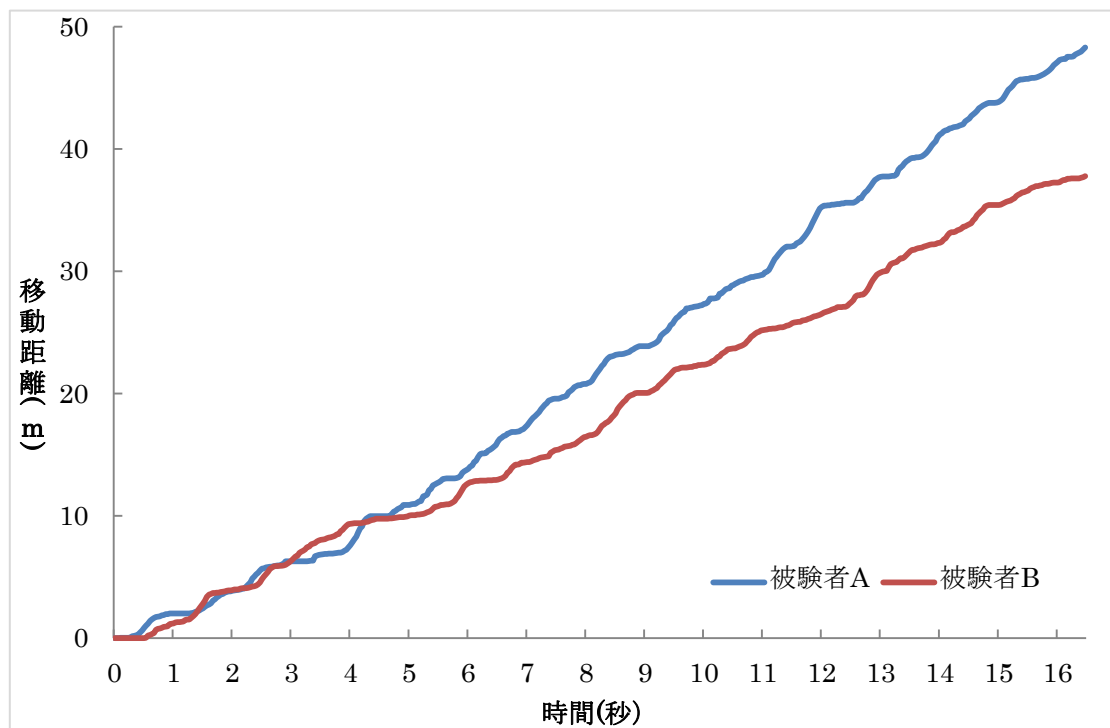


図 4 移動距離の一例

IV-3-1.対戦相手の技術が同レベルの試合

試合の結果は表4の通りである。

表4 試合1~3の結果

試合番号	組み合わせ	勝者	得点	総ラリー時間
1	A VS B	B	16-21	2分46秒
2	C VS D	C	22-20	5分9秒
3	E VS F	F	14-21	3分54秒

全ラリーの移動距離の合計（総移動距離）、1ラリーあたりの平均移動距離、全ラリー中の移動距離の最大値と最小値は表5の通りである。図5がラリーごとの移動距離である。総移動距離・1ラリーあたりの平均移動距離が最も長かったのは中級者同士の「試合2」であった。「試合2」のラリー数をもっとも多くラリー時間も他2試合に比べ長かったため、その分距離も長くなったと考えられる。平均移動距離をみると、対戦相手同士に大きな差は見られなかった。試合2では敗者のDの方が長い距離を動いているが、試合1と試合3では勝者のBとFの方が長い距離を動いている。試合の敗者が必ずしも勝者より長い距離を動いているわけではないことがわかる。

表5 各被験者の移動距離の合計・平均・最大値・最小値(単位:m)

	試合1		試合2		試合3	
	A	B	C	D	E	F
総移動距離	420.43	423.29	752.32	792.46	510.74	520.36
平均	11.69	11.80	17.91	18.87	14.59	14.87
最大	48.29	37.77	57.96	64.49	50.31	59.47
最小	2.04	1.23	4.20	3.50	4.29	3.70

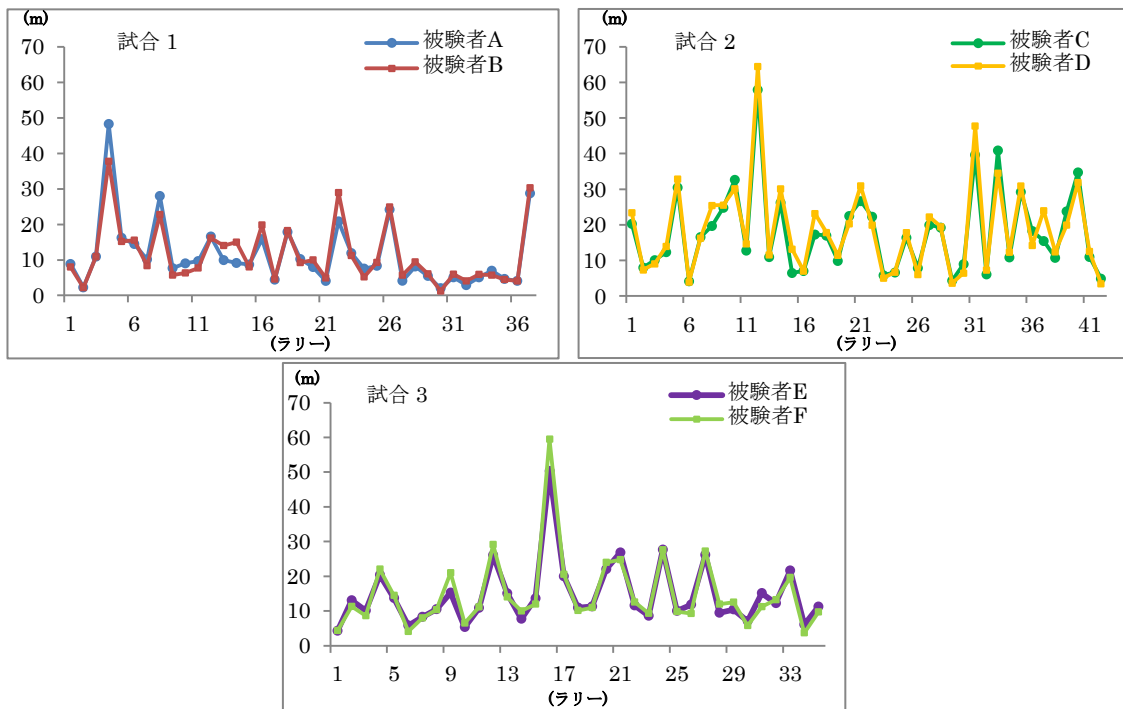


図5 試合1~3におけるラリーごとの移動距離

全ラリーの仕事量の合計、1ラリーあたりの平均仕事量、全ラリー中の仕事量の最大値と最小値は表6の通りである。図6がラリーごとの仕事量である。仕事量は競技者の移動距離と体重から求めることができる。したがって、仕事量は移動距離の長短によって数値が影響されるため、移動距離と同様のことが言える。仕事量の合計・1ラリーあたりの平均仕事量が最も大きいのは中級者同士の「試合2」であった。「試合2」は移動距離が他に比べ長かったため、その分仕事量も大きくなった。平均仕事量をみると、対戦相手同士に大きな差は見られなかった。試合2では敗者Dの方が多く仕事をしているが、試合1と試合3では勝者BとFの方が多く仕事をしている。試合の敗者が必ずしも勝者より多く仕事をしているわけではないことがわかる。

表6 各被験者の仕事量の合計・平均・最大値・最小値(単位：J/kg)

	試合1		試合2		試合3	
	A	B	C	D	E	F
合計	4120.23	4148.24	7372.74	7766.16	5005.29	5099.53
平均	114.61	115.67	175.54	184.91	143.01	145.70
最大	473.24	370.18	567.99	632.03	492.99	582.76
最小	20.01	12.08	41.13	34.26	42.00	36.22

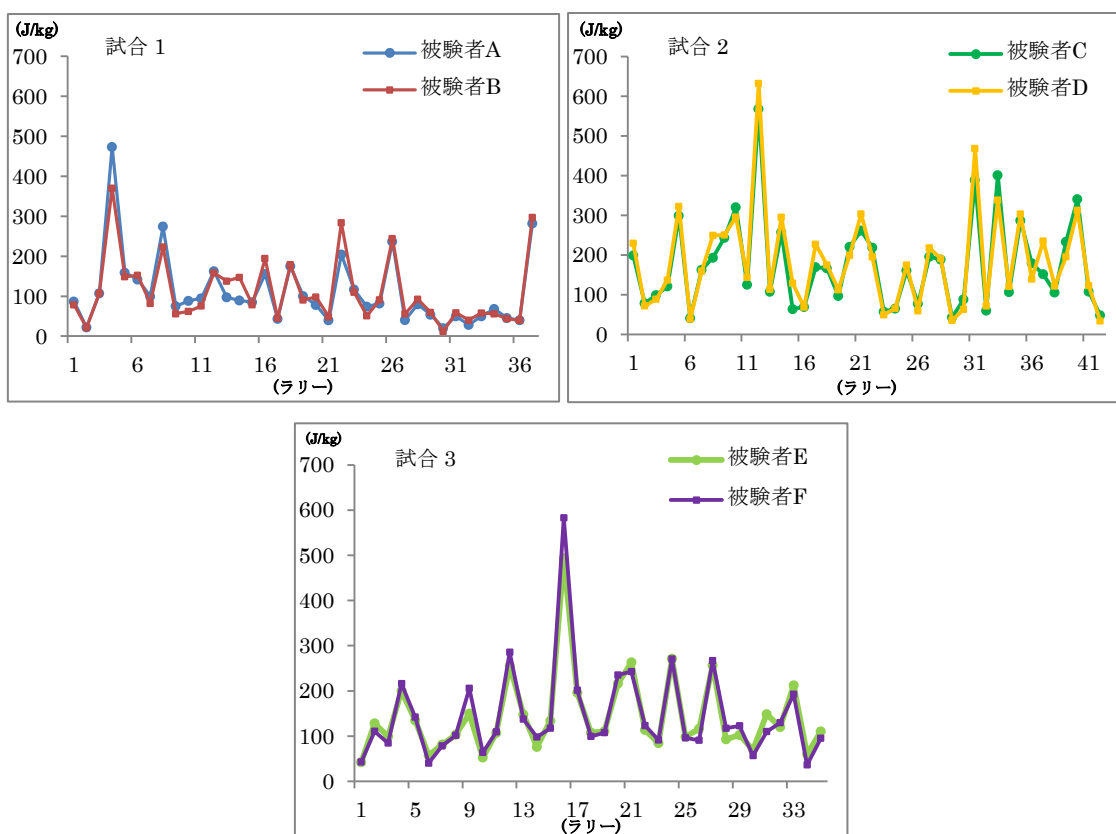


図6 試合1~3におけるラリーごとの仕事量

1 ラリーあたりの平均仕事率、全ラリー中の仕事率の最大値と最小値は表7の通りである。図7がラリーごとの仕事率である。各試合とも対戦相手同士の差はあまりなく、試合1と試合2のゲーム間にも差がないことがわかる。しかし、試合3の初級者同士の試合が他2試合の経験者同士の試合に比べ仕事率の値が小さくなっている。これは、上級者・中級者に比べ初級者同士のゲームでは激しい動きがみられないことを示すものであり、技術的な事象であると考えられる。

表7 各被験者の仕事率の平均・最大値・最小値(単位:W/kg)

	試合1		試合2		試合3	
	A	B	C	D	E	F
平均	23.83	24.13	23.38	24.23	21.01	20.70
最大	32.28	31.07	30.22	37.73	28.17	27.67
最小	11.62	12.08	13.5	15.73	13.34	15.24

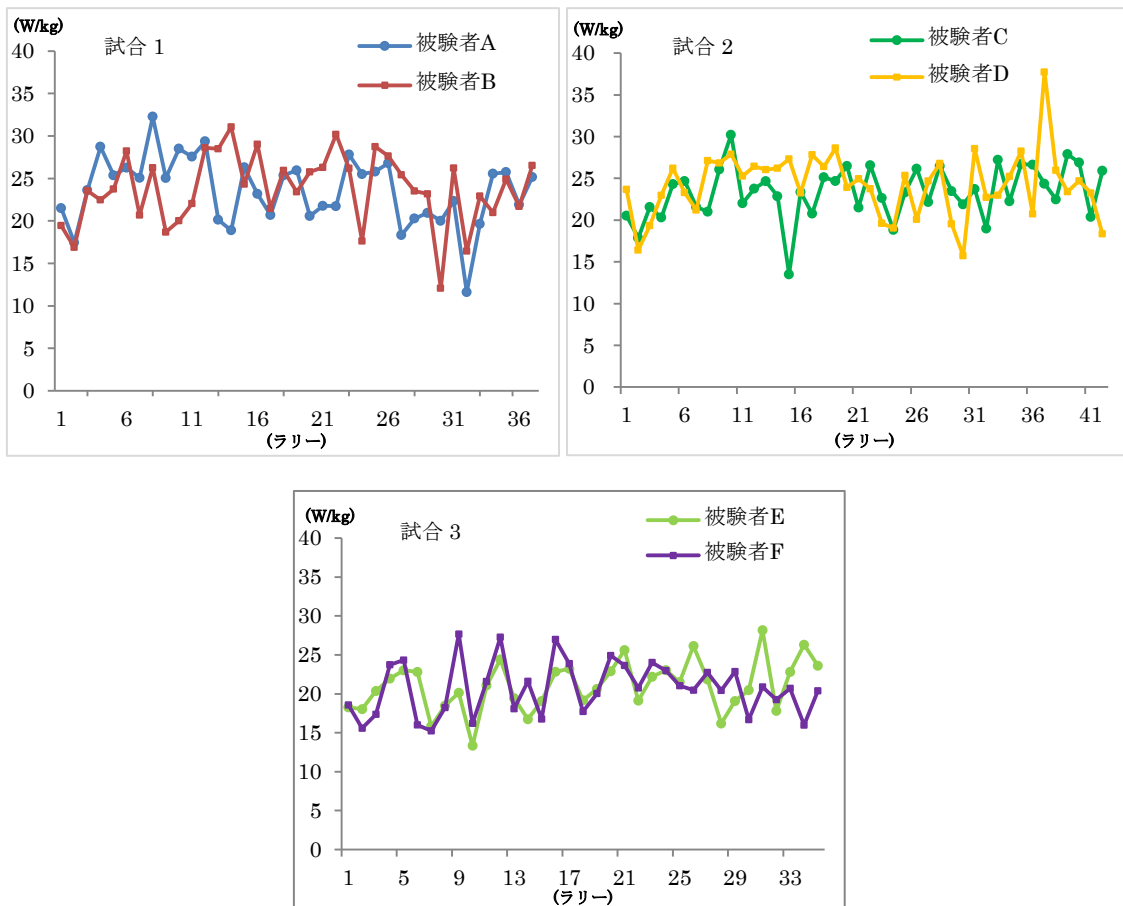


図7 試合1~3におけるラリーごとの仕事率

1 ラリーあたりの平均速度、全ラリー中の平均速度の最大値と最小値は表 8 の通りである。図 8 がラリーごとの平均速度である。平均速度についても、図 8 から仕事率と同様のことが言える。各試合とも対戦相手同士の差はあまりなく、試合 1 と試合 2 のゲーム間にも差がないことがわかる。試合 3 の初級者同士の試合が他 2 試合の経験者同士の試合に比べ平均速度がやや遅く、前述した仕事率の違いはこのゲーム中の動きのスピードの違いによるところが大きいと思われる。要因として考えられることは、ストロークがクリアやドライブの打ち合いになりその場に居続けること、相手のいないところを狙って打つことができず相手を動かすことができない、などが考えられる。反対に経験者は打ち終わった後、相手の返球に対応するための次の動作をとり、連続で打ちこみ、急激に前に詰めて決めるパターンがあるため、初級者に比べスピードがある。

表 8 各被験者の 1 ラリーあたりの速度の平均と最大値・最小値(単位:m/s)

	試合1		試合2		試合3	
	A	B	C	D	E	F
平均	2.43	2.46	2.39	2.47	2.14	2.11
最大	3.29	3.17	3.08	3.85	2.87	2.82
最小	1.19	1.23	1.38	1.6	1.36	1.56

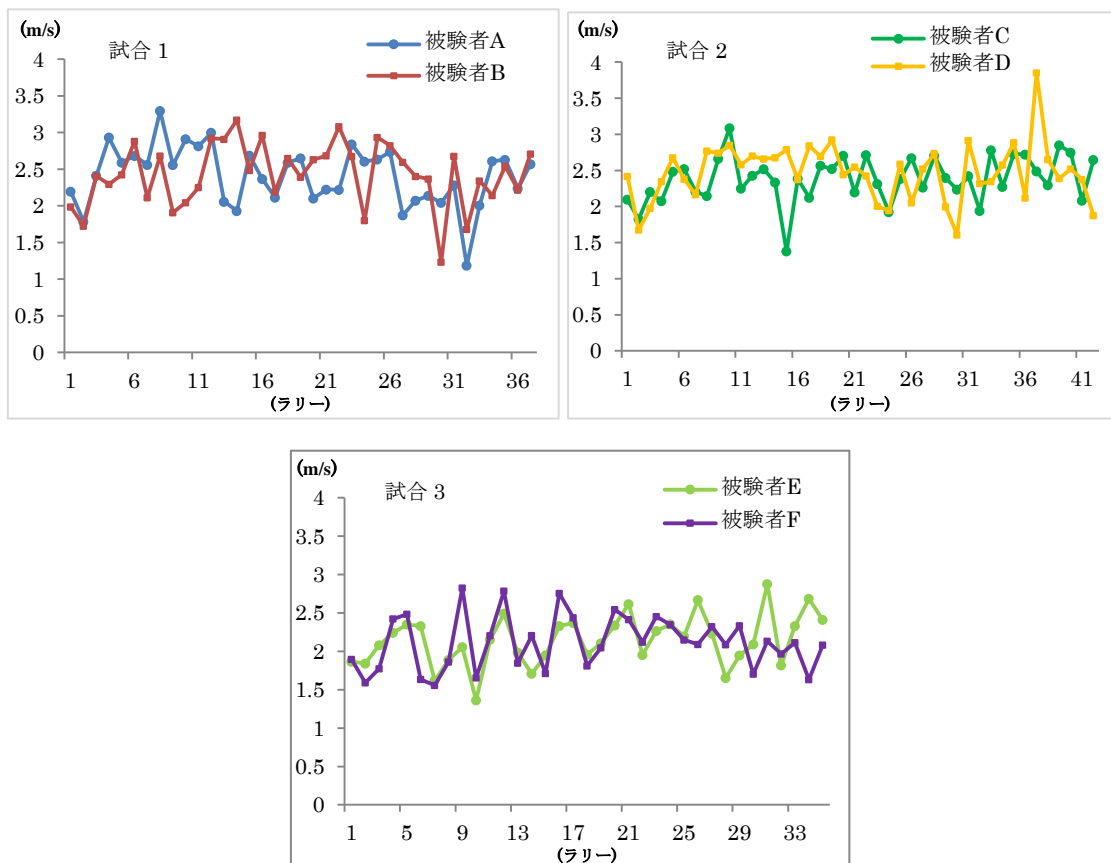


図 8 試合 1～3 におけるラリーごとの平均速度

1 ラリーあたりの平均の力、全ラリー中の平均の力の最大値と最小値は表 9 の通りである。図 9 がラリーごとの平均の力である。平均値をみると対戦相手同士に違いはあまりみられなかった。一方ゲーム間で比較すると、レベルが上にいくほど値が大きくなっている。図 9 においては、各試合とも突出した部分がみられる。これは試合 1 では B のサーブに対して A がネットにひっかけたりアウトになったりしたためである。試合 2 では C のサーブに対する D の返球がネットにかかってしまったためである。試合 3 では F のサーブに対して E がスマッシュで決めたためである。また、試合 1、試合 2 では値の増減が大きい、試合 3 は増減が小さい。前述したように経験者に比べ初級者は、相対的に速度が遅いため、力の大きさも小さくなっている。

表 9 各被験者の 1 ラリーあたりの力の平均・最大値・最小値(単位:N/kg)

	試合1		試合2		試合3	
	A	B	C	D	E	F
平均	10.52	10.51	10.26	10.26	10.20	10.18
最大	11.84	11.26	11.31	11.23	10.98	10.62
最小	9.98	9.94	9.90	9.91	9.91	9.93

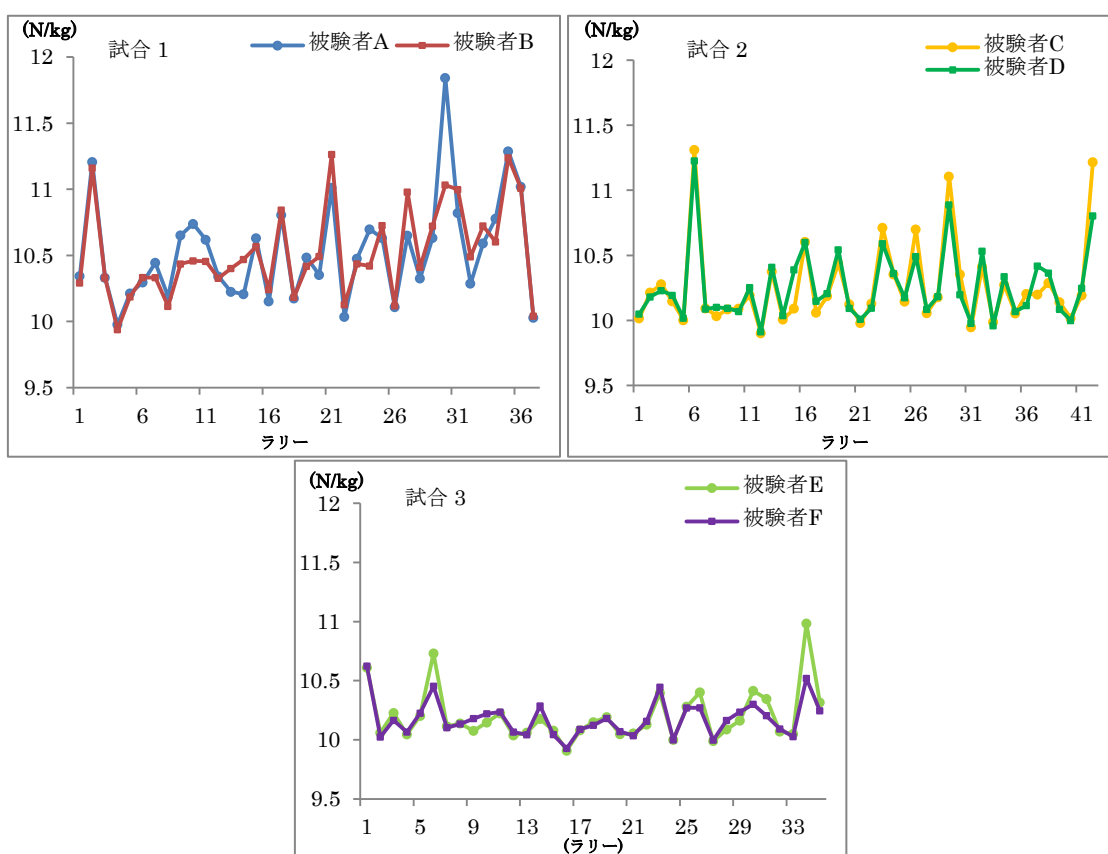


図 9 試合 1~3 におけるラリーごとの平均の力

IV-3-2.対戦相手の技術にレベル差がある試合

試合の結果は表 10 の通りである。

表 10 試合 4 の結果

試合番号	組み合わせ	勝者	得点	総ラリー時間
4	B VS C	B	21-17	3分46秒

全ラリーの移動距離の合計（総移動距離）、1 ラリーあたりの平均移動距離、全ラリー中の移動距離の最大値と最小値は表 11 の通りである。図 10 の左がラリーごとの移動距離である。図 10 からわかるように、ほとんどのラリーで B の方が長い距離を動いている。これは B がスマッシュを打って前に詰めるといった攻撃的なプレーが多く、C がレシーブする場面が多いためである。そのため、総移動距離に約 70m の差がでてしまい、B が長く動く結果となった。自分のプレースタイルや対戦相手によって勝者と敗者の移動距離の関係は変わってくるのが考えられる。

全ラリーの仕事量の合計、1 ラリーあたりの平均仕事量、全ラリー中の仕事量の最大値と最小値は表 11 の通りである。図 10 の右がラリーごとの仕事量である。仕事量は移動距離の長さに影響されるため、移動距離が長ければ長いほど仕事量も多くなる。したがって、C に比べ B の方が長い距離を動いているため、B の方が多く仕事している結果となった。

表 11 各被験者の移動距離(単位：m)と仕事量(単位：J/kg)の合計・平均・最大値・最小値

	移動距離 (m)		仕事量/質量 (J/kg)	
	B	C	B	C
合計	672.81	608.63	6593.58	5964.59
平均	16.75	15.33	164.13	150.19
最大	50.66	44.43	496.42	435.44
最小	2.19	0.61	21.43	6.00

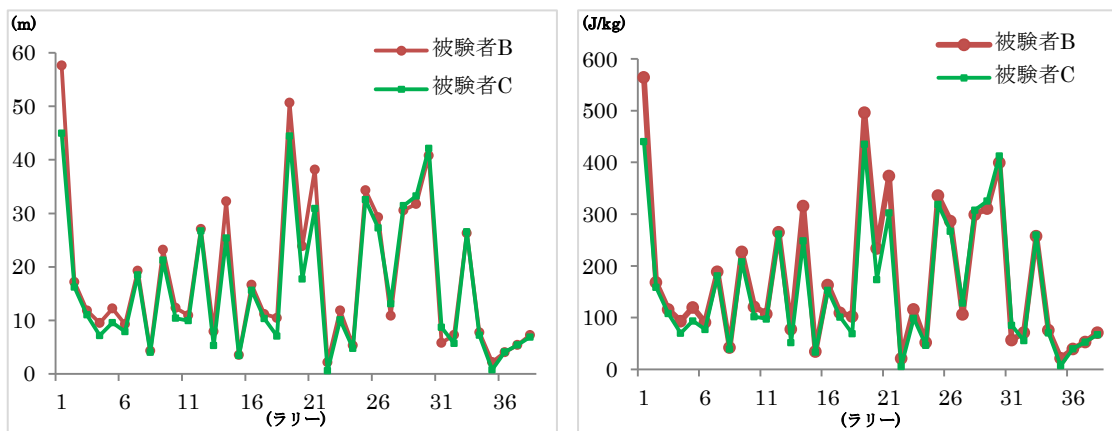


図 10 試合 4 におけるラリーごとの移動距離と仕事量

1 ラリーあたりの平均仕事率、全ラリー中の仕事率の最大値と最小値は表 12 の通りである。図 11 の左がラリーごとの仕事率である。図や平均からわかるように、B の方が C に比べパワフルな動きをしていることがわかる。先述したように B は攻撃的なプレーが多い。そのため、C に比べ B は速度が速く力の大きさも上回っている。したがって、仕事率の値も大きくなっていることがわかった。

1 ラリーあたりの平均速度、全ラリー中の平均速度の最大値と最小値は表 12 の通りである。図 11 の右がラリーごとの速度である。速度に関してもこれまで同様、C より B の方が速く動いていることがわかる。B の方が速いのは、B が自分から攻撃を仕掛けていくような展開が多かったためである。実力差があると、上級者が自分から攻撃を仕掛けた場合、中級者がラリーの展開に追いつけないため、差が広がってしまったと考えられる。

表 12 各被験者の仕事率(単位：W/kg)と速度(単位：m/s)の平均・最大値・最小値

	仕事率 (W/kg)		速度 (m/s)	
	B	C	B	C
平均	28.29	24.70	2.89	2.52
最大	34.24	31.25	3.49	3.19
最小	19.70	8.57	2.01	0.87

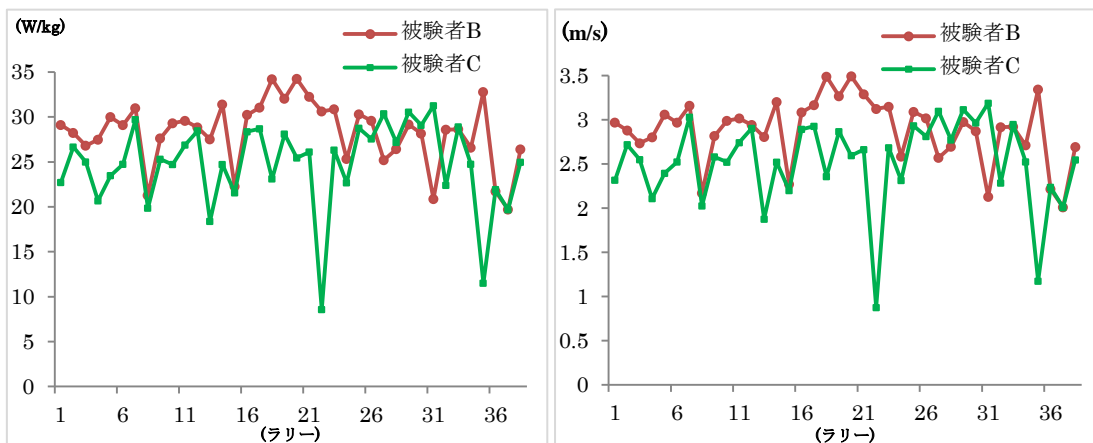


図 11 試合 4 におけるラリーごとの仕事率と平均速度

1 ラリーあたりの平均の力、全ラリー中の平均の力の最大値と最小値は表 13 の通りである。図 12 がラリーごとの平均の力である。敗者である C が比較的大きな値を出している。一方、B はラリー 22 と 35 で特に大きな値を出している。これは、C がサーブミスをし、C はその場から動いていないが、B はサーブレシーブのため前に踏み込んだためである。ラリーの出だしが速く一瞬で終了したため値が突出した。また、グラフの重なり合う部分が多いため、ラリーが比較的拮抗しているように推測される。しかし、平均値・最大値・最小値すべてにおいて C の方が B より大きく、試合で勝ったのは B であるため、結果として C の方が大きな力を発揮していたことがわかる。

表 13 各被験者の 1 ラリーあたりの力の平均と最大値・最小値(単位 : N/質量)

	平均	最大	最小
B	10.48	11.56	9.98
C	10.73	14.82	10.00

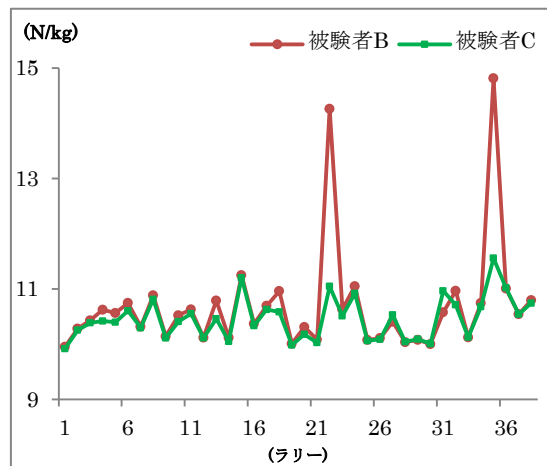


図 12 試合 4 におけるラリーごとの力

IV-3-3. ゲームの男女差について

試合の結果は表 14 の通りである。

表 14 試合 2、5 の結果

試合番号	組み合わせ	勝者	得点	総ラリー時間
2	C VS D	C	22-20	5分9秒
5	G VS H	G	21-9	2分50秒

全ラリーの移動距離の合計（総移動距離）、1 ラリーあたりの平均移動距離、全ラリー中の移動距離の最大値と最小値は表 15 の通りである。図 13 がラリーごとの移動距離である。総移動距離、1 ラリーあたりの平均移動距離は男子の方が明らかに長い距離を動いている。平均をみると女子の 1 ラリーごとの差は対戦相手同士であまりないが、トータルでみると男子の試合 2 では 40.14m、女子の試合 5 では 10.19m の差がついている。これらの試合については、敗者の方が勝者より長い距離を動いている。自分の動く距離を抑え、相手を動かす距離を長くできるかが、試合に勝つための指標の一つになりえるだろう。

表 15 各被験者の移動距離の合計・平均・最大値・最小値(単位:m)

	試合2		試合5	
	C	D	G	H
総移動距離	752.32	792.46	320.04	337.23
平均	17.91	18.87	10.90	11.24
最大	57.96	64.49	30.53	28.81
最小	4.20	3.50	2.26	4.16

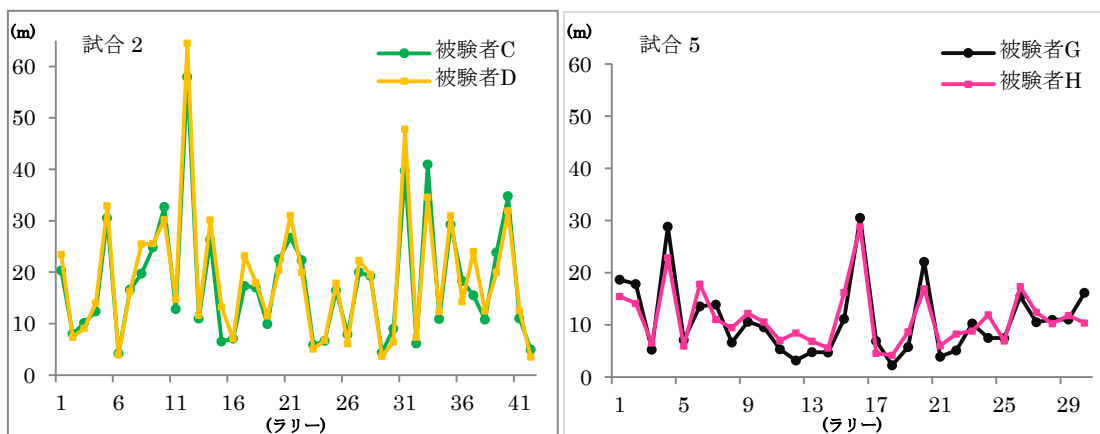


図 13 試合 2、5 におけるラリーごとの移動距離

全ラリーの仕事量の合計、1 ラリーあたりの平均仕事量、全ラリー中の仕事量の最大値と最小値は表 16 の通りである。図 14 がラリーごとの仕事量である。全ラリーの仕事量の合計と平均仕事量に関して、試合 2 では対戦相手同士で多少差があるが、試合 5 ではあまり差が見られなかった。試合間で比べると表 16 や図 14 からわかるように、試合 2 の男子の方が非常に多く、敗者である D、H の方が多い。仕事量は移動距離の長短に影響されるため、移動距離が長ければ長いほど仕事量も多くなる。図からわかるように、男子と女子の試合で発揮される仕事量が大きく異なることがわかった。

表 16 各被験者の仕事量の合計・平均・最大値・最小値(単位:J/kg)

	C	D	G	H
合計	7372.74	7766.16	3205.03	3304.88
平均	175.54	184.91	106.83	110.16
最大	567.99	632.03	299.23	282.33
最小	41.13	34.26	22.10	40.78

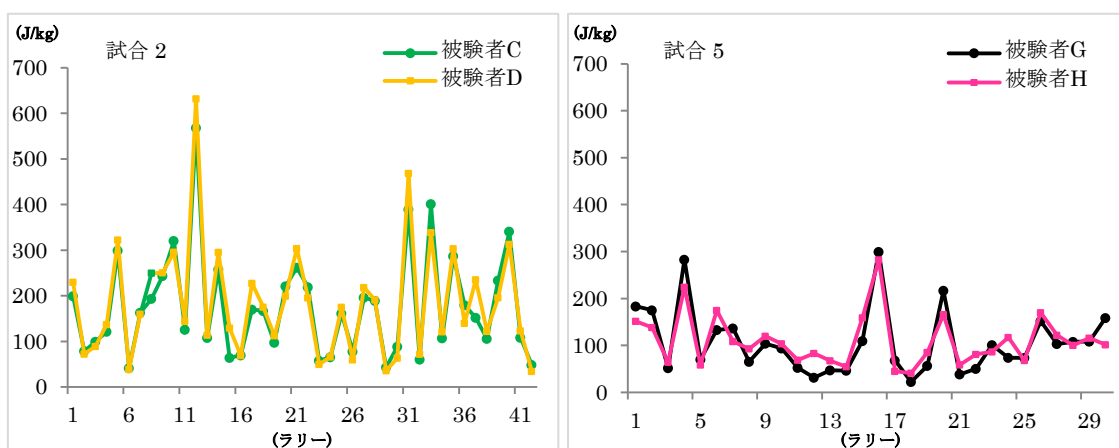


図 14 試合 2、5 におけるラリーごとの仕事量

1 ラリーあたりの平均仕事率、全ラリー中の仕事率の最大値と最小値は表 17 の通りである。図 15 がラリーごとの仕事率である。平均値から、対戦相手同士では大きな差はみられないが、男女で比較した場合、男子の方が発揮するパワーの値が大きいといえる。これは、男子の方が動きのスピードが速いためと考えられる。また、勝者 C、G の方がより少ないパワーを発揮していることがわかる。すなわち、効率よく力を発揮して試合に勝つことができたといえる。試合 2 は 22-20 で競り合った試合だったが、試合 5 は 21-9 と G の圧勝だった。実力が拮抗しており点数が僅差になると両者の数値の差はあまり開かないが、実力差があると数値の差が大きくなり、両者のグラフがあまり重なり合わないことがわかった。

表 17 各被験者の仕事率の平均・最大値・最小値(単位:W/kg)

	試合2		試合5	
	C	D	G	H
平均	23.38	24.23	19.38	21.03
最大	30.22	37.73	27.62	25.61
最小	13.50	15.73	8.27	15.05

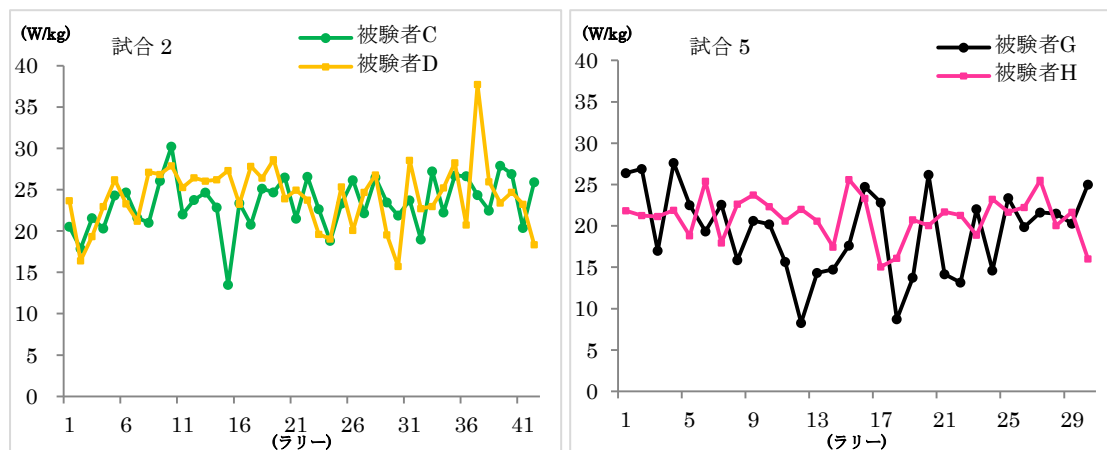


図 15 試合 2、5 におけるラリーごとの仕事率

1 ラリーあたりの平均速度、全ラリー中の平均速度の最大値と最小値は表 18 の通りである。図 16 がラリーごとの平均速度である。1 ラリーあたりの平均速度を比較すると、対戦相手同士では敗者の方が勝者よりわずかに速いが、大きな違いはないといえる。図 16 からわかるように、女子の方がラリー中の速度は遅い。男子のようにラリーの展開があまり速くなく、クリアの打ち合いやドロップなどが多いことが理由として挙げられる。速度はラリーの状況によって変化するため、速度が速い方が試合に負けると一概には言えない。スマッシュを打ち、前に素早く詰めてプッシュを決める場面がゲーム中見られることもある。しかし、その積み重ねがゲームの勝敗を左右する可能性は考えられる。速さが増すと体力の消耗も早まり、パフォーマンスの低下につながるためである。

表 18 各被験者の 1 ラリーあたりの速度の平均と最大値・最小値

	試合2		試合5	
	C	D	G	H
平均	2.39	2.47	1.98	2.15
最大	3.08	3.85	2.82	2.61
最小	1.38	1.6	0.84	1.54

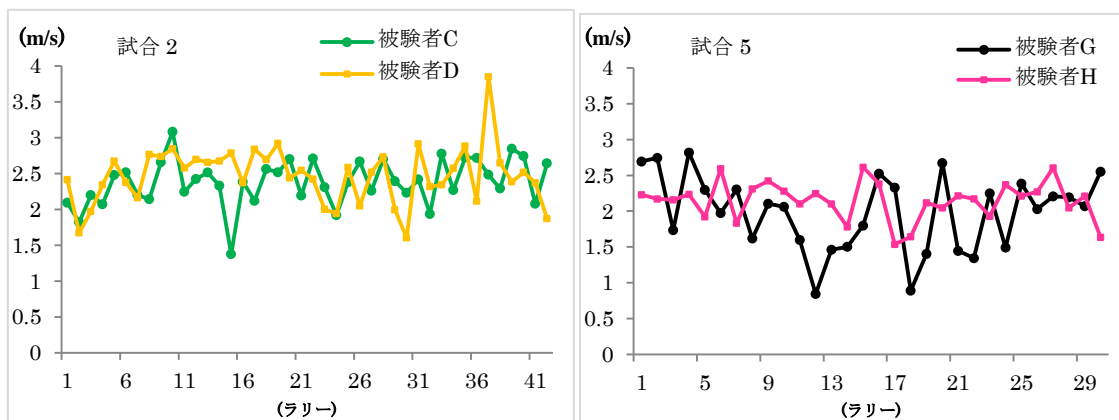


図 16 試合 2、5 におけるラリーごとの速度

1 ラリーあたりの平均の力、全ラリー中の平均の力の最大値と最小値は表 19 の通りである。図 17 がラリーごとの平均の力である。平均値は対戦相手同士、男女間ともに力/の値に大きな差はみられなかった。しかし図 17 のラリー中盤をみると、H が G に比べ大きな力を出していることがわかる。また、女子の値が約 10N/kg～10.6N/kg なのに対して、男子の値が約 9.9N/kg～11.3N/kg となっている。これは前述したように、ラリー中の速度が男子に比べ女子の方が緩やかであるためである。試合 2 でラリー6、29、42 において値が大きくなっているのは C のサーブに対して、D がサーブレシーブのミスをしてしまったためである。ラリーが一瞬で終了した上にスピードがあったため力が大きくなった。

表 19 各被験者の 1 ラリーあたりの力の平均と最大値・最小値(単位:N/kg)

	試合2		試合5	
	C	D	G	H
平均	10.26	10.26	10.22	10.28
最大	11.31	11.23	10.58	10.62
最小	9.90	9.91	10.01	10.00

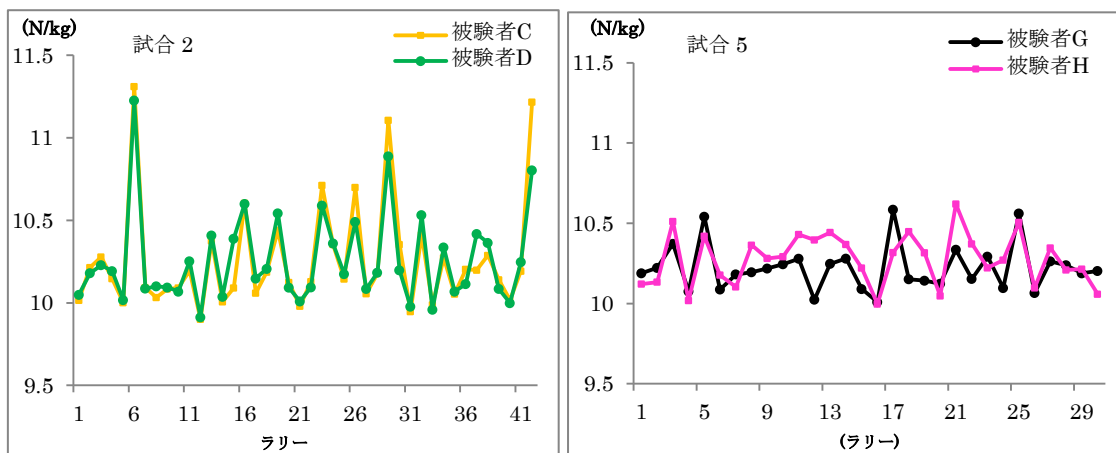


図 17 試合 2、5 におけるラリーごとの力

V. まとめ

バドミントンゲームの分析はこれまでに数多く報告されている。これらの中には選手の移動距離や移動軌跡から分析を行った報告もあるが、多くはラリーの内容やショットに関して分析されたものである。通常、球技ゲームにおける競技者の移動距離は、ゲーム分析の付帯資料として扱われることが多い。しかし、この移動距離に時間軸を加えることによって、運動者自身の仕事量を知ることができ、運動強度の評価も可能となる。これを運動者間で比較すれば、技術的な分析も作戦立案の基礎データとしても使えると考える。

本論では以下の2つの研究課題を設定した。

1. 1台のビデオカメラを用いた簡便な分析手法で競技者の移動距離を算出する方法を提示し、その有効性を検証する。
2. 移動距離に時間軸を加え、運動中の力学量を介してバドミントンシングルスゲームの分析を試みる。

バドミントン競技では力学的視点に立ったゲーム分析は行われていない。本研究の意義は、正にこの新しいアプローチの仕方であり、ゲーム中の選手の動きを仕事量、パワー、力等の力学量を介して捉えることでゲームの実態を明らかにする。

結果を要約すると次の通りである。

1. 本研究で提示した競技者の移動距離算出法は、バドミントンコートで誤差率3%の解析精度があり、これよりコート面積の大きいバレーボール、バスケットボールコートでの解析精度は誤差率2.8%、2.3%である。これより提示した算出法は十分実用に耐えうるものであると判断する。
2. 対戦相手の技術が同レベルの試合
試合の敗者が必ずしも長い距離を動き、多くのエネルギーを消費しているわけではない。初級者は経験者に比べ動作が緩慢なため、相対的に動きのスピードが遅くパワーレベルが低い。そのため、ゲーム中の力発揮のレベルも小さい。技術レベルがあがると力発揮のレベルもあがる。
3. 対戦相手の技術にレベル差がある試合
勝者の方が長い距離を動き、多くエネルギーを消費していた。動きのスピードも勝者の方が速くパワーレベルも高い。ラリーの展開が激しくなることもあり、力発揮は敗者の方が大きい。
4. ゲームの男女差について
力発揮のレベルには男女差がみられなかったが、男子の方が動きのスピードが速いためパワーレベルは高い。移動距離も男子の方が約2.35倍大きく、エネルギー消費も大となる。

VI. 参考文献

- 1).阿部一佳、渡辺雅弘、星猛ほか：バドミントン競技（シングルス）の時間分析法の開発とその検討.1984年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集、報告書 No.2 競技種目別競技向上に関する研究-第8報-No.22 バドミントン 327-344
- 2).吹田真士、阿部一佳：バドミントンにおける新しいゲーム分析法の開発-ダブルスのゲームへの適用を目指して-、スポーツコーチング研究第5巻第2号、45～58、2007
- 3).金善淑、林忠男、大束忠司、関根義雄：エリートバドミントン競技者における3次元ゲーム分析 ～失点打および得点打のエリア頻度の事例的研究～、日本体育大学紀要 43(1)、9-20、2013
- 4).林直樹：バドミントン競技におけるゲーム分析の試行と今後の方向性、流通経済大学スポーツ健康科学部紀要 1(1), 123-129, 2008-03
- 5).蘭和真：北京オリンピックバドミントン競技における女子シングルのゲーム分析、東海学院大学紀要 3, 11-16, 2009
- 6).福島健介、西原明法：テンプレートマッチングを用いたリアルタイム選手追跡システムの開発とバドミントンシングルのゲーム分析、電子情報通信学会技術研究報告. VLD, VLSI 設計技術 103(145), 91-96, 2003-06-20
- 7).泉圭祐、上田大、森貴、高橋勝美、森田恭光、村上一郎、弘卓三：2次元 DLT 法を用いたバドミントンゲームのゲーム分析 -高校生のゲーム中の移動距離と移動時間について-、日本体育学会大会号 (51), 373, 2000-08-25
- 8).大橋次郎、戸刈晴彦：サッカーの試合中における移動距離の変動、東京大学教養学部体育学紀要、15, 27-34, 1981
- 9).池上康男、桜井信二、矢部京之助：DLT 法、J.J.Sport,10 (3). 191-195,1991