

# テニス競技選手の最大無酸素性パワー測定の方法学的意義 試合中のプレイ局面を想定したパワー評価 -

小泉 昌幸<sup>\*</sup>, 江田茂行<sup>\*\*</sup>, 堀内 昌一<sup>\*\*\*</sup>, 塩野谷 明<sup>\*\*\*\*</sup>

(平成 17 年 10 月 31 日 受理)

**The methodological significance of the maximum anaerobic power measurement for tennis players.**

**- Power evaluation estimating for work load in some tennis plays -**

Masayuki KOIZUMI<sup>\*</sup> Shige-yuki EDA<sup>\*\*</sup> Shoichi HORIUCHI<sup>\*\*\*</sup> Akira SHIONOYA<sup>\*\*\*\*</sup>

The purpose of this study was to clarify the methodological significance of the maximum anaerobic power measurement in tennis. To perform this purpose, the maximum anaerobic power ( Pmax ) in elite Japanese student tennis players in Japanese was measured using a bicycle ergometer. Furthermore, to compare between the Pmax measured and the necessary power in some play phase in tennis, the necessary power in some play phase supposed in this study was calculated. For example, in case that the male player who was 70kg weight had to run 5m within 2 seconds, this power was calculated as follows;  $70\text{kg} \times 0.665 \text{ (Coefficient ratio)} \times 5\text{m} \times 9.8 \div 2 \text{ seconds} = 1123.325 \text{ W}$ . Coefficient ratio 0.665 was decided by the following formula; the total body mass ( 100% ) - percentage of the upper legs, lower legs and feet. Because of the upper legs lower legs and feet from the total body mass, the part weight of legs and the work rate of legs were not thought about in the Pmax measurement using bicycle ergometer,. In female, this coefficient ratio was 0.647.

The results of this study were summarized as follows;

- (1) A player could not catch up the ball which the opponent hit in comparing between Pmax and the necessary power in the following phase; each player hit the ball on the cross-court and then one player suddenly hit with changing the course of the ball from the cross-court to the straight.
- (2) After a player hit the ball, however, he usually was back to the center of the baseline and he could catch up the above-mentioned ball using the power approximated to the Pmax.
- (3) This meant that the power evaluation thinking about the technique, namely sport methodological point, was significant for tennis.

Key words: "tennis, maximum anaerobic power, methodology, play phase

---

\*体育学 助教授

\*\*長岡工業高等専門学校

\*\*\*亜細亜大学

\*\*\*\*長岡技術科学大学

## 1. はじめに

テニスの試合では、その局面毎に要求される体力の要素が異なっていると考えられる。1 試合といった長い時間の尺度で考えると、選手の持久的な要素、すなわち有酸素性能力が基盤として存在する。また 1 ポイントといった短い時間の尺度で考えると、そこではサーブやボレー、スマッシュそしてストロークといった技術が展開され、さらに球速の速いコートではサーブからのネットダッシュ、逆に球速の遅いコートでは強打のストロークの応酬が展開されることから、選手は瞬発的な要素あるいは筋の持久的な要素すなわち無酸素性能力が求められると考えられる。

テニス競技では、その試合中に要する全エネルギーのうち、70%が非乳酸性と乳酸性、20%が乳酸性と有酸素性、10%が有酸素性代謝に依存する<sup>2)</sup>とされている。乳酸性代謝が、非乳酸性または有酸素性に連動していると考えれば、全エネルギーの80%が非乳酸性または乳酸性といった無酸素性代謝に関係していることになる。すなわち、テニス選手では無酸素性代謝に係る運動駆動能力(無酸素性能力)が重要となり、その能力を知ることがトレーニング等を考える上でも非常に重要となってくる。

無酸素性能力の指標としては、最大無酸素性パワーや Wingate power test の改良である 40 秒パワー等といった体力テストがあり、友末はテニス選手に要求されるそれらの水準についてまとめている<sup>9)</sup>。これらは前述のエネルギー供給過程の寄与率を考慮した評価であり、テニス選手のパフォーマンスを向上させるために、こういった能力がどの程度必要となるかという観点で非常に重要なかつ総合的な体力の評価であると考えられる。一方、他の評価の考え方として、こういった能力がテニスの各プレイにこういった影響を与えるか、プレイ局面を想定した評価も考えられる。こういった評価は選手がテニスのプレイをイメージできるため、例えば体力テストを受ける場合のモチベーションという点から意味が大きいと考える。しかし、実際のテニスのプレイ局面を想定した評価・検討は行われておらず、テニスに限らずこれまでの多くの体力測定・評価はスポーツ方法学的な視座に欠けると言わざるを得ない。

また、無酸素性能力の指標となる最大無酸素性パワーについては、テニスに限らずスキー競技や陸上競技等多くの運動形態の異なる種目の選手を対象に、同一の手法(主に自転車エルゴメータ)を用いて測定されている。この点もスポーツ種目の独自性を考慮しておらず、スポーツ方法学的な視座という点から大きな問題と考えられる。

そこで本研究では、無酸素性能力の指標となる最大無酸素性パワーを国内学生一流テニス選手を対象に測定するとともに、テニスの試合におけるプレイ局面を想定したパワー評価のアイデアを提案し、無酸素性能力の重要性について再確認するとともに現場におけるトレーニング(技術練習も含めた)の動機づけの一助とすることを目的とした。そのため本研究は、現場で有効なテニス選手のパワー評価法をめざし、今後の現場に根ざしたスポーツ方法学的研究の基礎資料として位置づけ、まとめるものである。

## 2. 方法

被験者は、A 大学テニス部の国内一流学生テニス選手男女である。A 大学はユニバーシ  
アドメダリストを含め、全日本学生選手権等でも多くの優勝者を輩出する等国内で有数  
の学生テニスチームである。なお、測定はA 大学テニスチームの強化の一貫として行われ  
る体力測定の一項目<sup>3)</sup>である。

無酸素性能力の非乳酸性能力の指標となる最大無酸素性パワー（以下 P max）はコンピ  
社製パワーマックスVを用い、3 つの異なった負荷（Y）とその最大努力のペダル駆動時  
の回転数（X）を  $Y = -aX + b$  に一次近似し、XY の積が最大となる値（ $P \max = 0.98 \times$   
 $b^2 / 4a$ ）をもって評価した<sup>7)</sup>。なおこれらの手順は、上記エルゴメータに既存のプログ  
ラムとして搭載されているものを用いた。前述のように、この種の測定は運動形態の異なる  
多くの種目において実施されているものである。

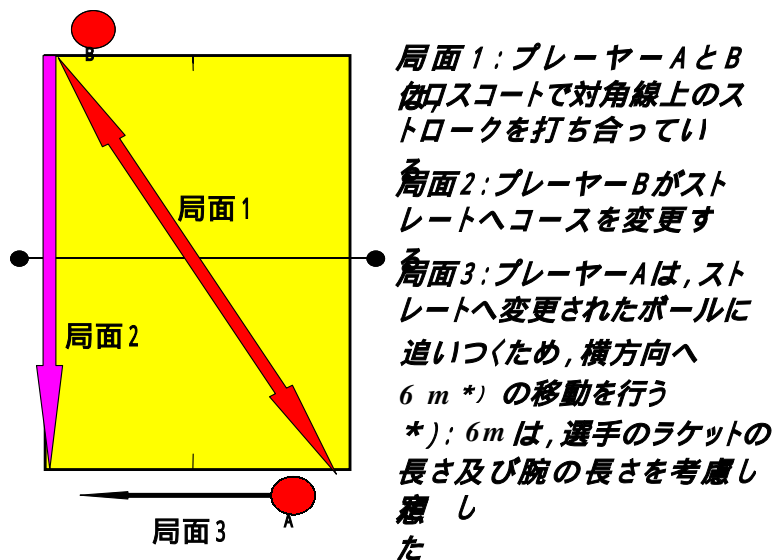


Fig 1. Supposed Tennis Condition in This Study

P max をテニスのプレイ局面に対応させるために、試合中のあるプレイ局面（特に大きな移動を伴うもの）を条件設定してその大よその仕事率（以下パワーとする）を推定した。ここで移動とは走運動によるものであり、走運動は脚の伸展によって齎される運動であるから、P max を算出する自転車エルゴメータ駆動と同じ収縮形態の筋活動によって齎される運動となる。しかしエルゴメータ駆動はサドルに腰掛けた状態での運動のため、体重の影響を受けておらず、またパワーの算出においても体重または脚の部分質量は計算上考慮

されていない(体重によって、負荷値の変更は行われる)。すなわち、算出されるパワーはペダル負荷と回転数の積であり、回転運動を行なっている脚部の仕事量(または仕事率)は無視されている。

そこで両運動の測定(仕事率算出)条件を近づけるため、試合中のプレイ局面での仕事率については身体各部位の部分質量比に基づき<sup>1)</sup>(浅見., 1981), 男子は大腿部 20.0%, 下腿部 10.7%, 足部 3.8%の計 34.5%分の質量を体重から引いてパワーの補正を行った。すなわち、体重 70kg の男子選手の場合、相手のウイニングショットに対して、5 m を 2 秒で動かなければならないと条件設定すれば、 $70\text{kg} \times 0.655 \times 5 \text{ m} \times 9.8 \div 2 \text{ 秒} = 1123.325 \text{ W}$ という計算になる。また女子の部分質量比<sup>1)</sup>も同様に、大腿部 22.3%, 下腿部 10.7%, 足部 3.0%で計 35.3%とした。

図 1 は、パワーを算出するために想定したテニス中のプレイ局面を示している。想定した選手は右利きである。ベースライン上でクロスコートのストローク(対角線上をボールが軌道する)を応酬している局面から、次に相手のプレーヤーがストレートへコースを変更して打ち込むこと(ウイニングショット)を想定した。テニスコートは、ベースラインに対して縦方向 24m(正規には 23.77m)、横方向 8m(正規には 8.12m)とした。

ここでストロークのボール速度を毎秒 10m/秒から 40m/秒まで 5m/秒毎で、それぞれの速度でのボールが相手コートのベースラインから何秒で自身のコートのベースラインへ到達するかを計算した。すなわち、想定した上記プレイ条件ではボールの速度が 10m/秒の場合、相手のベースラインから自身のベースラインまで、 $24\text{m} \div 10\text{m/秒} = 2.4 \text{ 秒}$ でボールが到達することになる。

さらに、各被験者がこの想定したプレイの条件で、それぞれの速度のボールに追いつくために必要となるパワーを、前述のように脚の部分質量を除いて算出した。この設定条件

**Table 1 Result of the Maximum Anaerobic Power Measurement (male)**  
(Competition Standard : = Intercollegiate Player)

被験者	身長 (cm)	体重 (kg)	P max (W)	Pmax/Wt (W)	回 帰 式	競技 水準
A	178	68	998	14.7	Y=-14.0X+239.0	
B	180	67	867	12.9	Y=-17.82X+251.5	
C	182	80	1084	13.6	Y=-9.0X+190.67	
D	174	65	908	14.0	Y=-14.75X+234.17	
E	182	76	1031	13.6	Y=-14.5X+247.17	
F	180	75	1089	14.5	Y=-13.67X+246.67	
G	185	77	1095	14.2	Y=-14.5X+254.83	
H	174	60	925	15.4	Y=-12.0X+213.0	
I	178	68	978	14.4	Y=-15.0X+245.0	
J	168	62	989	16.0	Y=-13.71X+235.5	
K	176	62	743	12.0	Y=-17.86X+232.86	
L	176	72	972	13.5	Y=-12.45X+222.5	
M	177	64	871	13.6	Y=-22.26X+281.42	
N	173	68	1038	15.3	Y=-10.55X+211.5	
O	170	60	771	12.9	Y=-19.25X+236.5	
平均	176.9	68.3	957.3	14.04		
S D	4.6	6.4	109.3	1.06		

**Table2 Result of the Maximum Anaerobic Power Measurement (female)**  
**( Competition Standard : = Intercollegiate Player )**

被験者	身長 (cm)	体重 (kg)	P max (W)	Pmax/Wt (W)	回 帰 式	競技 水準
A	164	55	473	8.6	Y=-19.5X+194.33	
B	162	52	461	8.9	Y=-28.0X+230.0	
C	156	57	540	9.5	Y=-13.5X+172.67	
D	160	59	518	9.8	Y=-18.5X+198.0	
E	172	59	729	12.4	Y=-11.36X+183.21	
F	163	55	598	10.9	Y=-14.5X+188.33	
G	153	49	509	10.4	Y=-22.75X+240.42	
H	163	57	693	12.2	Y=-11.57X+181.14	
I	156	51	644	12.6	Y=-11.5X+174.0	
J	158	47	592	12.6	Y=-11.29X+176.57	
K	162	59	664	11.3	Y=-14.5X+198.5	
L	155	55	531	9.7	Y=-17.0X+192.33	
平均	160.3	54.6	579.3	10.74		
S D	5.2	4.0	80.0	1.47		

で選手は 8m のベースライン上を移動することになるが、選手自身の移動距離はラケットの長さで腕の長さを考慮し、6m の範囲で移動できればボールに追いつくと仮定した。すなわち体重 70kg の男子選手が、2 秒でこの距離を移動しなければならないとすると、 $70\text{kg} \times 0.655 \times 9.8 \times 6 \div 2 = 1347.99\text{W}$  のパワーが必要ということになる。

**Table 3 : The Necessary Power for Catching the Ball in Each Calculated Velocity ( male ) : column of a subject ( ) : Pmax .**

ボール速度	10m/秒 36km/時	15m/秒 54km/時	20m/秒 72km/時	25m/秒 90km/時	30m/秒 108km/時	35m/秒 126km/時	40m/秒 144km/時
6m 移動のための時間 ( 秒 )	2 . 4	1 . 6	1 . 2	1 . 0	0 . 8	0 . 7	0 . 6
被験者(Pmax)	上記ボールの速度に上記時間内で追いつくための要パワー ( W )						
A (998 )	1091.2	1636.9	2182.5	2618.0	3273.7	3741.4	4364.9
B (867)	1075.2	1612.8	2150.4	2580.4	3225.5	3686.3	4360.7
C (1084)	1283.8	1925.7	2567.6	3081.1	3851.4	4401.6	5135.2
D (908)	1043.1	1564.6	2086.2	2503.4	3129.3	3576.3	4172.3
E (1031)	1219.6	1829.4	2439.3	2927.1	3658.9	4181.6	4878.5
F (1089)	1263.6	1865.4	2407.2	2888.6	3610.8	4126.6	4814.3
G (1095)	1235.7	1853.5	2471.3	2965.6	3707.0	4236.6	4942.7
H (925)	962.9	1444.3	1925.7	2310.8	2888.5	3301.1	3851.3
I (978)	1091.2	1636.9	2182.5	2618.0	3273.7	3741.4	4364.9
J (989)	994.9	1492.4	1989.9	2387.9	2984.9	3411.3	3979.8
K (743)	994.9	1492.4	1989.9	2387.9	2984.9	3411.3	3979.8
L (972)	1155.4	1733.1	2310.8	2773.0	3466.3	3961.4	4621.7
M (871)	1027.0	1540.6	2054.1	2464.9	3081.1	3521.3	4108.2
N (1038)	1091.2	1636.9	2182.5	2619.0	3273.7	3741.4	4364.9
O (771)	962.9	1444.3	1925.7	2310.8	2888.5	3301.1	3851.3
平均(957.3)	1099.5	1647.3	2191.0	2629.1	3286.5	3756.0	4386.0
S D (109.3)	108.7	160.0	206.4	247.7	309.6	353.8	412.3

以上の条件設定は、スポーツ方法学の研究という視座に立ち、現場へ有効なフィードバックが可能となるという点から、出来る限り簡単な条件設定とした。

### 3. 結果

表1は、男子被験者の測定結果について示している。Pmaxは平均957.3W(SD=109.3)、体重1kg当りの平均は14.04W(SD=1.06)であった。

表2は、女子被験者の測定結果について示している。Pmaxは平均579.3W(SD=80.0)、体重1kg当りの平均は10.74W(SD=1.47)であった。

表3は、想定したプレイ条件で各速度のボールに追いつくために必要となる男子のパワーを示している。25m/秒の場合、選手は6mの移動をおおよそ1.0秒(0.96秒)で行わなければならない、そのためには平均2629.1Wのパワーが必要となる。これは男子の平均Pmax957.3Wの2.75倍に相当するものである。

表4は、想定したプレイ条件で各速度のボールに追いつくために必要となる女子のパワーを示している。男子同様に25m/秒のボール速度を想定した場合、必要となるパワーは平均2076.6Wで、これは女子の平均Pmax579.3Wの3.58倍に相当するパワーであった。

Table4 The Necessary Power for Catching the Ball in Each Calculated Velocity (female): column of a subject ( ):Pmax

ボール速度	10m/秒 36km/時	15m/秒 54km/時	20m/秒 72km/時	25m/秒 90km/時	30m/秒 108km/時	35m/秒 126km/時	40m/秒 144km/時
6m 移動のための 時間(秒)	2.4	1.6	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6
被験者	上記ボールの速度に上記時間内で追いつくための要パワー(W)						
A(473)	871.8	1307.8	1743.7	2092.4	2615.5	2989.1	3487.3
B(461)	824.3	1236.4	1648.9	1978.3	2472.9	2826.1	3297.2
C(540)	903.5	1355.3	1807.1	2168.5	2710.6	3097.9	3614.2
D(518)	935.3	1402.9	1870.5	2244.6	2805.8	3206.6	3741.0
E(729)	935.3	1402.9	1870.5	2244.6	2805.8	3206.6	3741.0
F(598)	871.8	1307.8	1743.7	2092.4	2615.5	2989.1	3487.3
G(509)	776.7	1165.1	1553.4	1864.1	2330.1	2663.0	3106.8
H(693)	903.5	1355.3	1807.1	2168.5	2710.6	3097.9	3614.2
I(644)	808.4	1212.6	1616.8	1940.2	2425.3	2771.7	3233.7
J(592)	745.0	1117.5	1490.0	1788.0	2235.0	2554.3	2980.0
K(644)	935.3	1402.9	1870.5	2244.6	2805.8	3206.6	3741.0
L(531)	871.8	1307.8	1743.7	2092.4	2615.5	2989.1	3487.3
平均(579.3)	865.2	1297.9	1730.5	2076.6	2595.7	2966.5	3460.9
S D(80.0)	64.0	95.9	122.4	146.9	183.7	209.9	244.9

### 4. 考察

テニスのゲームにおいて、身体の移動に伴い瞬間的に大きなパワーが必要となる局面は少なくない。本研究のように、ベースライン上でのストローク中の急なコースの変更に対

応するため、身体を大きく移動する局面はよくみられる。また、サーブアンドボレーのためにベースラインからネットダッシュを試みる場合やロブに対応してネットからベースラインに戻る場合等様々な局面が想定される。

テニスの場合、陸上競技の 100m 走とは異なり、最大努力での出力を 10 秒間連続するというものではなく、サーブやスマッシュあるいはストロークといった非乳酸性過程に関与する運動またはその組合せを数秒から十数秒断続的に行い、その中に本研究のような身体の移動に伴う大きなパワーの発揮する局面がみられるものと考えられる。その結果、テニス競技では、その試合中に要する全エネルギーのうち、70% が非乳酸性と乳酸性過程に關係する能力すなわち無酸素性能力に依存する<sup>2)</sup>こととなる。

前述のように、無酸素性能力の指標としては、P max や Wingate power test の改良である 40 秒パワー等といった体力テストがあり<sup>5)</sup>、友末らはテニス選手に要求されるそれらの水準について報告している<sup>9)</sup>。これらは前述のエネルギー供給過程の寄与率を考慮する評価であり、テニス選手のパフォーマンスを向上させるために、こういった能力がどの程度必要となるかという観点で非常に重要なかつ総合的な体力評価である。これに対して本研究では、こういった能力がテニスの 1 つ 1 つのプレイにこういった影響を与えるか、プレイ局面を考慮した評価を試みた。

前述のように本研究で想定したプレイ局面は、ベースライン上でクロスコートのストロークを応酬している場面から、相手のプレーヤーがストレートへコースを変更して打ち込むもので、現場ではこれをウイニングショットと呼ぶ場合が多い。男子の結果を例にすれば、ストレートに打球されたボールの速度が 25m/秒であったと仮定すると、打球されてからボールが自身のベースラインに到達するまでおよそ 1.0 秒を要する（この条件は女子も同じ）計算となる。クロスコートで打ち合っていた位置から、ストレートに打ち返されたボールに対し 6m 移動すれば対応できると仮定すれば、そのためには男子の平均体重（68.3kg）では 2629.1W というパワーが必要となってくる。これは男子の平均 Pmax 957.3 W の 2.75 倍に相当し、この数値だけで考えると、今回想定した局面では選手はボールに追いつくことはできない。

ここに技術的な要素を入れて考える。テニスにおいてベースライン上でのストロークを行う場合、今回の設定のようなクロスコートでのストロークでは、打球後常にベースラインの中央に戻ることが選手に要求される。これを今回の結果に加味した場合、ベースライン中央からストレート方向へのボールに対応するためには、今回想定した 6m の半分の 3m の移動となり、2629.1W も半分の 1319.55W のパワーがあれば対応できることになる。2600W という数値は、Pmax では現実的な数値でない。しかし 1300W という数値は、トレーニングによって十分現実的な数値となる<sup>4)</sup>。

すなわち本研究の結果からは、テニスにおける無酸素性能力（体力に関連する要素として）の重要性とともに、ベースライン上でのストロークでは必ずセンターに戻る（技術に関連する要素として）の重要性、そしてその上でトレーニング（体力特に無酸素性能力を向上させる必要性から）の重要性が示唆されるものと考えられ、スポーツ方法学的に意義のあるものと考えられる。

また今回の考察では、ボール速度 25m/秒を一例に展開している。これは永田がストロークにおけるインパクト直後のボール速度を 30m/秒前後<sup>6)</sup>と報告していることに起因し、さらに、これがボールの初速度であり、フェルトボールであるテニスボールを考えたとき、ボールが自身のベースラインに到達したときはかなりの減速が予想されることから 25m/秒を設定した。しかし他の報告では、男子の一流選手ではストロークの初速が 40m/秒を超えるとの報告もあるため、ボール速度の想定は今後の重要な課題と考える。この点を考慮し、今後は実験によるボール速度の同定や流体力学を考慮したボール速度の検討を行う必要があると考える。

女子の場合についても、今回の結果から男子同様の結論が見出せよう。しかし前述のとおり、ボール速度の想定は重要な課題と考えられる。女子の場合、ボールの打球速度は男子よりも遅いと考えられ、男子同様のボール速度を想定して話を展開することはやや難がある。よって、女子の場合も実験によるボール速度の同定や流体力学を考慮した女子のためのボール速度の設定を行う必要がある。

今回の研究は試行的に、無酸素性能力の測定結果をプレイ局面に当てはめて評価するという方法を提案した。こういった評価は選手がテニスのプレイをイメージできるため、例えば体力テストを受ける場合のモチベーションという点からも重要な点を持つと考えられ、本研究は総合的にスポーツ方法学的視座から意義のあるものと考えられる。

しかし、試行的研究という点では前述のような解決すべき課題が残る。また、テニスの局面を想定した移動に伴うパワー算出においても、対比する自転車駆動を考慮して脚部の部分質量を除いて計算しているが、この妥当性あるいはより実用的な計算法についても今後の課題と考える。一般にエルゴメータの場合、ペダル一回転でフライホイール(車輪の回転に等価)が 6m 動くように概念設計されている。ペダル負荷 1kp (1kp は正常な重力加速度で 1kg に作用する力) が加えられ、その時の回転数が 200rpm と仮定すれば、 $6[m] \times 1[kgf] \times 9.8 \times 200[rpm] \div 60[秒] = 196W$  という計算に基づいてパワーが算出される<sup>8)</sup>。このパワー算出とテニスの局面を想定したパワー算出が、おおよそ等価という仮定で本研究では評価法のアイデアを提案しているが、今後は異なった運動形態におけるパワー算出および比較について、バイオメカニクスの観点からの基礎的研究も必要になると考えられる。

## 5. まとめ

本研究を以下のようにまとめる。

国内一流学生テニス選手男女の最大無酸素性パワー (Pmax) を測定した。

測定した Pmax 評価のアイデアとして、テニスの試合中における瞬間的な大きなパワーを要する局面を想定し、両者のパワーの比較検討を行った。

ベースライン上でクロスコートのストロークの打ち合いから、相手がストレートへ打球方向を変えた場合を想定し、そのときの身体の移動に必要なパワーと Pmax を比較した場合、ストレート方向へ変更された打球には追いつけないことが示唆された。



しかし打球後，常にベースラインセンターへ戻ることを重視した場合，Pmax とかなり近いパワーでボールに追いつくことが可能であることが示唆され，単なる体力測定に留まるのではなく，技術的な側面すなわちスポーツ方法学的視座を考慮したパワー評価が重要となることが示唆された．

こういった評価は選手がテニスのプレイをイメージできるため，例えば体力テストを受ける場合のモチベーションという点からも意味が大きいと考える．

これらの点から，本研究はスポーツ方法学的に意義の高いものとする．

## References

- 1) 浅見俊雄他編著 (1981): 身体運動学概説，大修館出版．
- 2) Fox, E.L and D.K.Mathews (1981) : **The physiological basis of physical education and athletics. W.B.Sanders, Philadelphia.**
- 3) 堀内昌一，塩野谷明 (2004): 国内大学一流テニスチームにおける PWC 測定．テニスの科学，12，60-65．
- 4) 小島輝明，堀内昌一，塩野谷明 (2000): 長岡市テニス協会強化指定選手の体力 - 全日本学生 No.1 チームとの比較から - ．新潟体育学研究，18，15-20．
- 5) 宮下充正編著 (1986): 一般人・スポーツ選手のための体力診断システム．ソニー企業．
- 6) 永田晟 (1982): テニスの動きのウルトラ・アイ．Jpn. J. Sport. Sci . 2(4) , 245-259 ．
- 7) 中村好男 (1987): アネロビックパワーからみたスポーツ選手の体力 ．Jpn. J. Sport. Sci . 6(11) , 697-702 ．
- 8) 中村隆一，斎藤宏 (2000): 基礎運動学．医歯薬出版．
- 9) 友末亮三 (1989): テニスのための科学的トレーニング．トレーニング科学研究会編 競技力向上のスポーツ科学，148-158 ．