

# テニス競技におけるスピード持久性評価のための フィールドテストに関する一考察

佐藤 陽治<sup>1)</sup>、江口 淳一<sup>2)</sup>、梅林 薫<sup>3)</sup>

## CONSIDERATIONS OF THE NEW FIELD TEST TO EVALUATE THE SPEED ENDURANCE IN TENNIS

Yoji Sato<sup>1)</sup>, Jun-ich Eguchi<sup>2)</sup>, Kaoru Umebayashi<sup>3)</sup>

### Abstract

In recent years tennis rallies have increased in speed<sup>[1][5]</sup>. Furthermore, several recent cases<sup>[2][3]</sup> have been described in which mean blood lactate levels approached the onset of blood lactate accumulation (OBLA). Defining contemporary tennis as an intermittent high intensity exercise, the authors aimed to determine a method of evaluating the physical ability of speed endurance that tennis athletes are required to acquire at present. The purpose of this study was firstly to elucidate the optimum form of intermittent exercise for use as field test for tennis players, and secondly to clarify the relationships among speed endurance, ventilatory threshold (VT: % VO<sub>2</sub>max) and post-exercise blood lactate level.

All subjects were tennis athletes (42 males and 34 females, ranging in age from 12 to 21 years) who competed at the university, regional (state), or national junior level. The physical tests evaluated were as follows: intermittent 5 m, 10 m and 40 m sprint runs, and intermittent 10 m shuttle runs, 10 m repeated double shuttle runs and intermittent 50 m change-of-direction runs. These exercises were performed as intermittent exercises and were performed 10 times with 20-second intervals. Twelve-minute-runs, shuttle-stamina-test (10 m shuttle runs in 3 minutes), 10 sessions of intermittent pedaling (0.075% weight kp/5 second) with 20-second intervals, and treadmill measurement of VT were also performed. Post-exercise blood lactate was sampled after the intermittent shuttle runs and the intermittent pedaling. Each series, comprising 10 trials of the above-mentioned intermittent exercises, was divided into 4 phases: first phase (1<sup>st</sup> trial), primal phase (2<sup>nd</sup> to 4<sup>th</sup> trial), middle phase (5<sup>th</sup> to 7<sup>th</sup> trial), and final phase (8<sup>th</sup> to 10<sup>th</sup> trial). The extent to which performance time in the final phase was prolonged in comparison to the previous phases was regarded an indicator of speed endurance.

---

1) 学習院大学スポーツ・健康科学センター Centre for Sports and Health Science, Gakushuin University

2) 駒沢大学 Komazawa University

3) 大阪体育大学 Osaka University for Health and Sport Sciences

Performance time showed a gradual increase for intermittent 40 m sprint runs and 10 m double repeat shuttle runs, while power decreased similarly in the intermittent pedaling. In intermittent 10 m double repeat shuttle runs, prolongation of performance time was inversely proportional to VT and a linear relationship was found to exist between post-exercise blood lactate and ventilatory threshold. It seems reasonable to conclude from these results that the optimum field test to evaluate speed endurance in tennis is an intermittent shuttle or sprint run of about 40 m in total. Considering the inverse relationship between the prolongation of performance time and VT (which is a reliable indicator of maximum aerobic work capacity or anaerobic threshold (AT)), it is reasonable to presume that speed endurance for high-intensity intermittent exercise is based on aerobic work capacity<sup>[11]</sup>.

keywords : intermittent exercise, field test, tennis

### ◆目的◆

テニスに限らず、バレーボール、サッカー、ラグビー、ホッケーなど大部分の球技において、ゴール（ポイント）間近の攻防の機会などに、何度も繰り返し観察される、相手をかわしたり、ボールに追いついたりする究極の場面でのスピード及びその持久性は、必要不可欠であり、誰しものが認める重要なパフォーマンスを決定する体力的因子である。

〔Fig.1〕<sup>1)</sup>は、テニス競技におけるサービスが打たれた瞬間からボールデッド（ball dead）（アウト、エース、ネットなどのポイントの帰結）になるまでのプレー活動時間の典型的ヒストグラムである。ATP-CP系及び解糖系のエネルギー登用が主要と思われる10秒前後のプレー活動時間が70%ほどを占めている。このプレー活動時間の現象は、1～2秒ほど男子の方が早くポイントが終結することと、近年、平均で若干短くなりつつあるものの、ここ20年ほど、ほぼ変わらぬ傾向である<sup>2)3)</sup>。

〔Fig.2〕<sup>1)4)5)</sup>は、現在の世界のトッププロ選手のテニスのラリーテンポ（rally tempo）をグラウンド・スラム（ground slam）大会の準決勝、決勝の試合を基に、1980年代と比較したものである。80

年代は女子の方が0.2秒ほど男子と比較してテンポが遅かったが、現在では男女ともテンポは高速化し、男女とも約1.30秒であり、特に女子で高速化が著しいことが観察される。Sato et al.<sup>1)</sup>は、テニスラケットの道具の軽量化、及び反発性能の向上、選手のグラウンド・ストローク（ground stroke）技術の進歩、選手の体力の向上をラリーテンポ高速化の原因として考察している。

〔Fig.3〕は、現在のラリーテンポでゲームを模して実施したグラウンド・ストロークによる間欠的運動時の血中乳酸値と、同様の被験者間で実際に行わせた試合中の血中乳酸値を示している。15秒の休息（6試行毎に90秒）を挟んで、12秒に6球打つテンポで54試行実施した間欠的運動時の血中乳酸値は平均で、4.7（mmol/L）と高い値を示し、また、ゲーム中の血中乳酸値も、平均で3.6（mmol/L）に及んでいる。現在では多くのテニスゲームの強度が、乳酸が蓄積し始める強度といわれる無酸素性作業閾値（OBLA: Onset of Blood Lactate Accumulation）（4 mmol/L）を越えていることが示唆される。

ラリーテンポが高速化する以前の従来<sup>6)7)</sup>の報告では、テニス試合中の血中乳酸値は2（mmol/L）

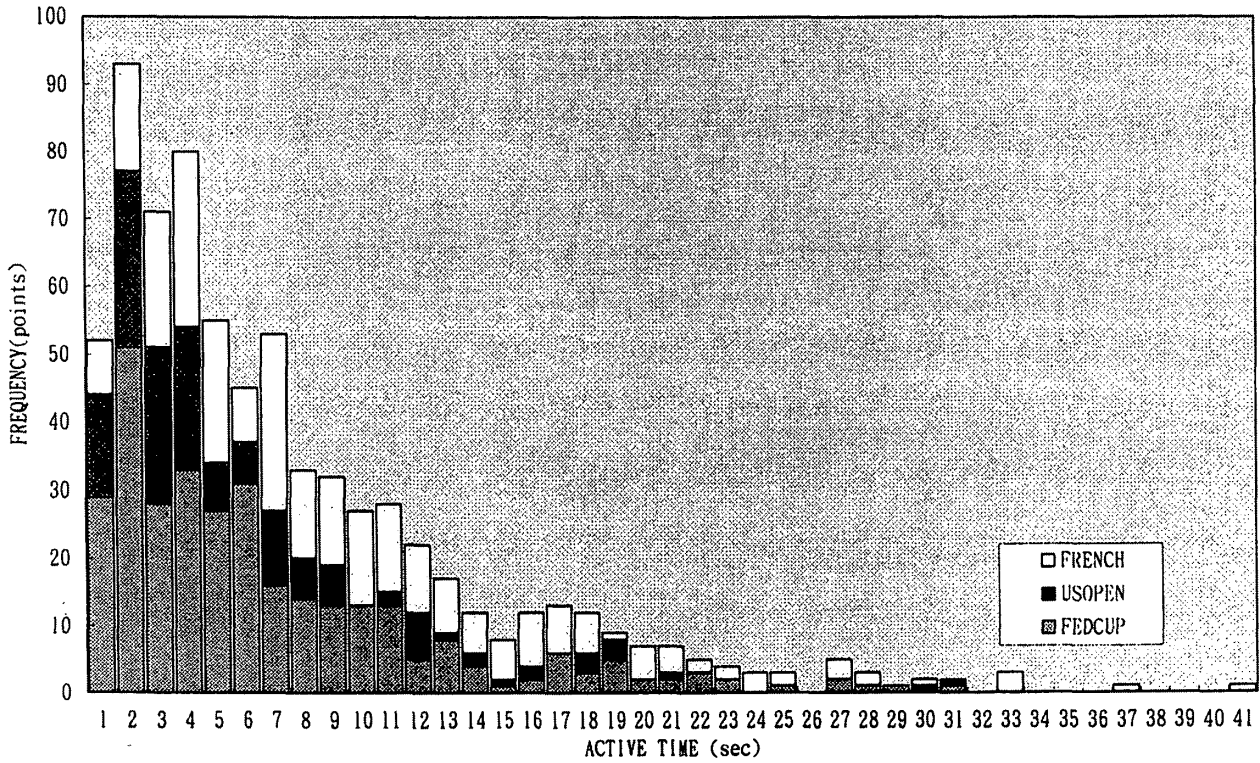


Fig. 1 Active Time of Ladies' Singles

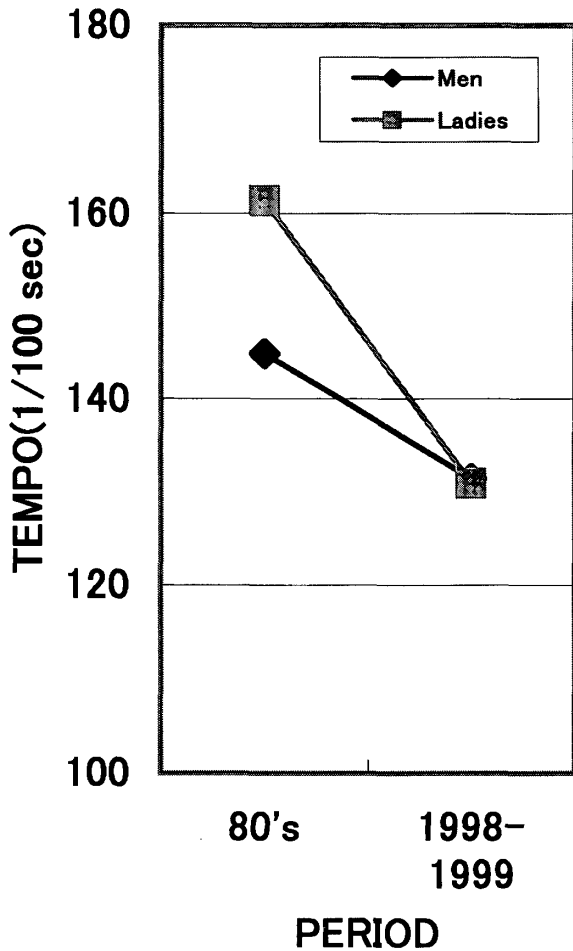


Fig. 2 ACCELERATION OF THE RALLY TEMPO

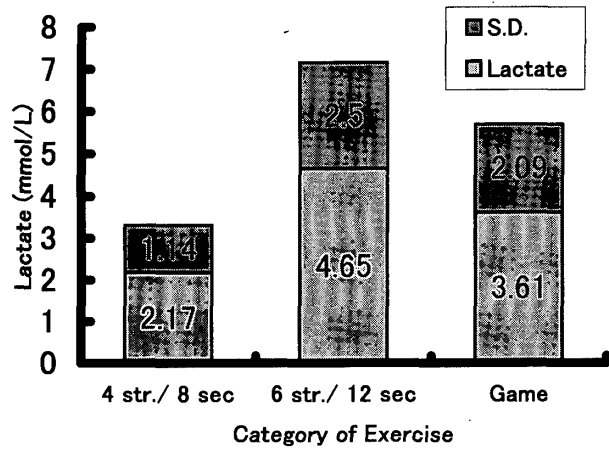


Fig.3 Lactate in tennis exercise

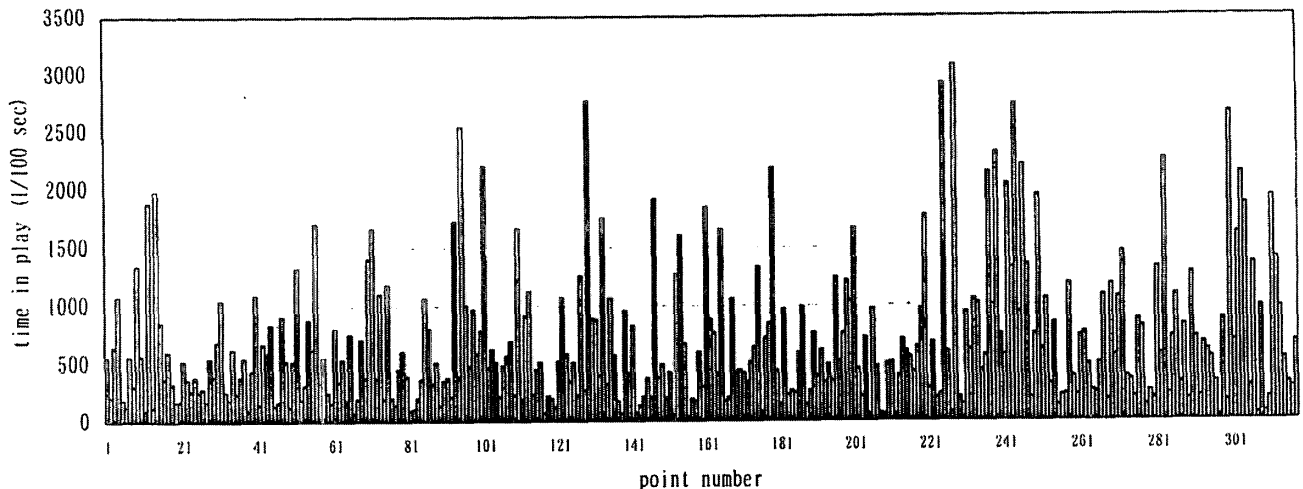


Fig. 4 Active Time Flow Through The Match  
(K.Date 7-6 3-6 12-10 S.Graf)

前後と低く、解糖系エネルギーの関与は少ないというのが一般的見解であったが、前述の報告<sup>1)2)3)4)5)</sup>から判断すると、現在では、ラリーテンポの高速化に伴い、テニスの運動強度は確実に高度化<sup>6)</sup>し、乳酸を産生する解糖系エネルギー系の大幅な関与を促す領域に踏み入れていると考えられる。

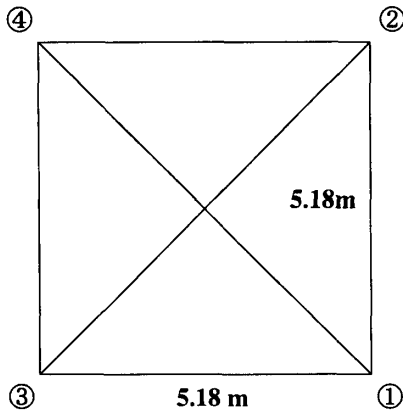
「Fig.4」は、一試合のプレー活動時間を時系列に示したものである。プレー活動時間は、一般に平均すると6～8秒であるが、経時的に眺めると、プレー活動時間が不規則、間欠的に繰り返されており、更にそれぞれのプレーがラリーテンポの高速化により身体活動も高速化が余儀なくされていることを考えると、テニス競技は、エネルギー系の体力側面では高強度の間欠的運動と定義できる。

テニス競技は、1セットが30分を越えることは頻繁であり、1試合が3～5時間かかることも稀ではない。打球のスピードは試合の経過とともに極端に遅くなるということはないので、競技者の体力資質として、いつ終わるとも分からない最後まで、高速化した打球に追いついてゆく身体スピードの維持が試合を有利に運ぶ不可欠な要因とな

る。しかしながら従来より、テニス競技においては、このスピード持久性の重要性に言及した研究は少なく、テニスの種目特性に応じたスピード持久性に関する体力測定項目は設定されていない。

したがって、従来型の各種体力テスト及び運動能力テストでは、測定対象とはなっていなかった、高い運動強度のスピード持久性がテニス選手の体力的種目特性の一つとして重要な意味をもつようになった現在、その評価のためのフィールドテスト (field test) の開発、ひいてはトレーニング方法の開拓が求められるところである。

今回の研究では、ジュニア選手を中心に12歳から22歳までの比較的技術レベルの高い競技者を対象にして、まず従来からテニス競技の体力及び運動能力の評価のために行われてきた各種体力・運動能力テストを実施した。さらに、その結果と、スピード持久性の評価を目的として、本研究で採用し実施した、休息を挟んで運動を繰り返すいくつかの負荷強度の間欠的運動を比較し考察し、テニス選手のスピード持久性評価のためのフィールドテストとしての適切性及び妥当性の検討を行った。



①→②→③→④→①→③→②→④→①の順に走る

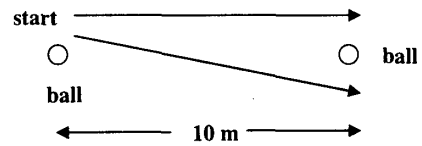
Fig. 5 50m 方向変換走

◆方法◆

基礎的資料収集のため、一般大学体育会テニス部所属の19歳から21歳の男子14名、女子14名に「間欠的5mスプリント (sprint)」、「間欠的10mスプリント」、「間欠的40mスプリント」、「間欠的20mシャトルラン (shuttle run) (10m-1往復)」(計20m)、「間欠的50m方向変換走」をそれぞれ20秒の休息を挟んで10回行わせ、それぞれの疾走タイムを計測した。「間欠的20mシャトルラン (10m-1往復)」は、10mの距離の往復を20秒間の休息を挟んで10回連続行うものである。「間欠的50m方向変換走」は、5.18m四方の各地点を「Fig.5」のように規則的にできるだけ素早く巡る測定で、走行距離は総計50mになっている。

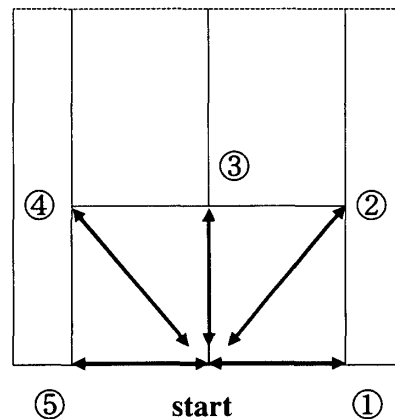
また、最大酸素摂取量の推定のため、全被験者に「12分間走」、「シャトル・スタミナ・テスト (Shuttle Stamina Test : SST)」を実施した。「12分間走」は、12分間にどれだけの距離を走れるかを測定するものである。「シャトル・スタミナ・テスト」は、10mの距離を3分間往復させ、その間の走行距離を計測するものである (Fig.6 a)。

地域レベルのテニスのジュニア選手を対象とし



10m間隔に置いたボールを回って3分間往復を繰り返し、走行距離を測定する。ボールの回りは左、右回りどちらでもよい。

Fig. 6a Shuttle Stamina Test



センターマークからスタートしシャトルランを番号順に繰り返し、その時間を計測する

Fig. 6b Fun Drill

た地域選抜合宿に参加した男子14名、女子10名に、フィールドテストとして、「50m方向変換走」、「30mスプリント」、「10mシャトルラン」、「ファン・ドリル (fun drill)」(テニスコートを利用した5方向往復走) (Fig.6 b)、テニスコートのベースライン (baseline) 間を利用した「42.055mシャトルラン」、20秒の休息を挟んで行う「間欠的40mシャトルラン (10m-2往復)」の10回反復を実施した。「42.055mシャトルラン」では、スタートから10mのタイムも記録した。また、有酸素性作業能力の指標として「シャトル・スタミナ・テスト」を行い最大酸素摂取量を推定した。

さらに、実験室測定として自転車エルゴメーターにより、5秒間の全力ペダリングを20秒間の休息を挟んで10回繰り返す間欠的作業を実施し、無

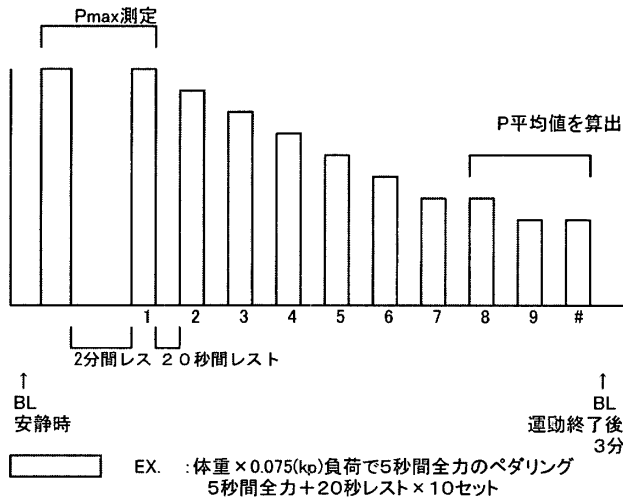


Fig. 7 Protocol to measure the anaerobic power

酸素性作業能力（無酸素性パワーの持久性能力）を計測した。自転車エルゴメーターの負荷は、被験者の体重の0.075%（kp）で設定した。この作業の前後には、指先採血により血中乳酸値測定も行った。この実験のプロトコールを「Fig.7」に示した。

測定は、平成14年（2002年）1月12日（土）から14日（月）まで2泊3日の日程で国立スポーツ科学研究所（JISS）にて行った。

全日本レベルのテニス強化指定選手、男子4名、女子10名にフィールドテストとして、「50m方向変換走」、「30mスプリント」、「10mシャトルラン」、「ファンドリル（fun drill）」(Fig.6 b)、テニスコートのベースライン（baseline）間を利用した「23.77mシャトルラン」、20秒の休息を挟んで行う「間欠的20mシャトルラン（10m 1往復）」の10回反復などを実施した。また有酸素性作業能力の指標として「シャトル・スタミナ・テスト」を行い最大酸素摂取量を推定した。

実験測定は、前述の地域ジュニア合宿に先立ち、平成13年（2001年）12月7日（金）から9日（日）まで、2泊3日の日程で、国立スポーツ科学センター（JISS）で行った。

体育大学体育会テニス部に所属する男子10名に「50mスプリント」、また「間欠的40mシャトルラン（10m－2往復）」(計40m)を20秒の休息を挟んで間欠的に10回、と「間欠的20mシャトルラン（10m－1往復）」(計20m)を同じく20秒の休息を挟んで間欠的に10回の各フィールドテストを実施した。「50mスプリント」においては、30m、40m地点の通過タイム（rap time）を同時に計測した。両シャトルラン終了後には、指先採血により血中乳酸値を計測した。

また、同じ被験者に漸増負荷によるトレッドミル（treadmill）走を実施し、その走行活動中の呼気ガスを排気ダクトにより採集した。採集した呼気ガスは、呼気ガス分析機で分析し、毎分換気量（ $\dot{V}E$ ）(l/min)、毎分酸素摂取量（ $\dot{V}O_2$ ）(ml/min)、心拍数（HR）(b/min)を1分毎にモニターしオールアウト（all-out）時点まで逐次計測し、VT（Ventilatory Threshold：換気閾値）より、各被験者の無酸素性作業閾値（Anaerobic Threshold：AT）（ $\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ ）、及び最大酸素摂取量（ $\dot{V}O_2 \text{ max}$ ）を推定した。

最大酸素摂取量の推計は心拍数が180（bpm）～200（bpm）のとき、VEが頭打ちになった時点とした。またVTは3人の研究者によりグラフ上で計測し推定した。

また、各種10回の反復の間欠的運動の各試行時間を、最初の1回（first）、2－4回（primal）、5－7回（middle）、8－10回（final）の各相に分けて、記録の遅れを平均値で示し、primal相に比したfinal相の遅れを遅延時間（Delayed Time（%））として、百分率で表した。

血中乳酸値の計測には、日科機バイオス株式会社製 YSI 1500 SPORT ポータブル・ラクテート・アナライザー及び、ベーリンガー・マンハイム社

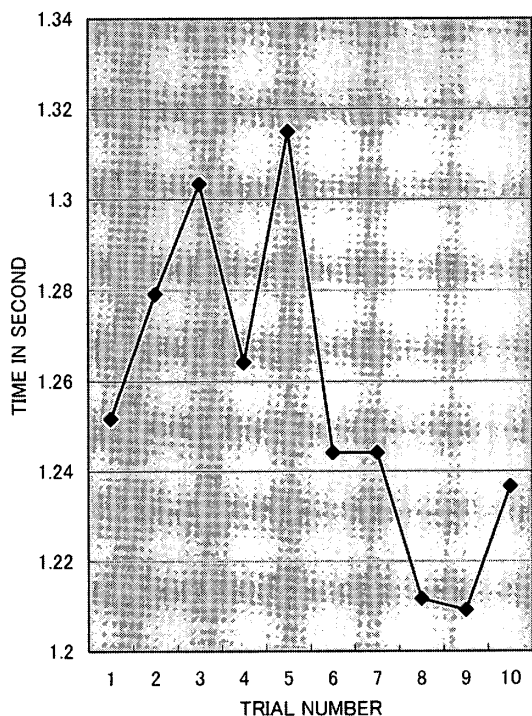


Fig. 8 a 5m Sprint time (Boys)

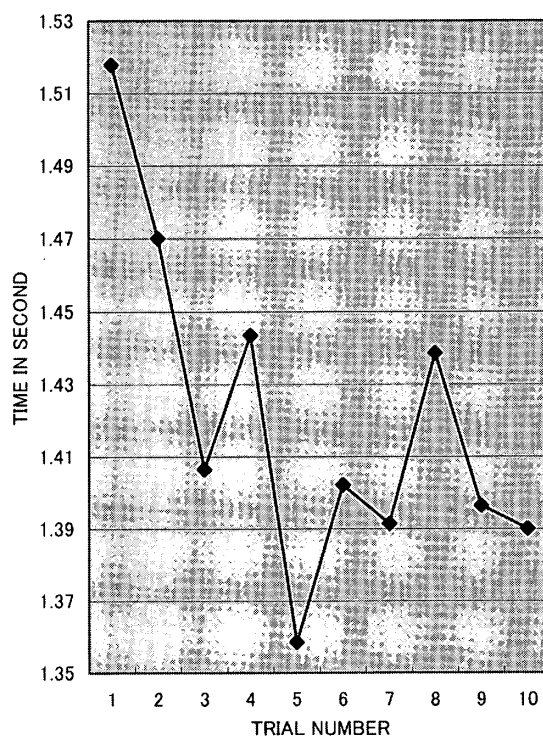


Fig. 8 b 5m Sprint time (Girls)

製簡易乳酸測定器アクスポーツを使用した。

呼気ガス分析には、ミナト医科学社製 AE 280 を使用した。

#### ◆結果◆

「Fig.8 a」及び「Fig.8 b」に基礎的資料収集の目的で、一般大学体育会テニス部所属部員を対象に行った「間欠的5mスプリント」、「Fig.9 a」及び「Fig.9 b」に「間欠的10mスプリント」、「Fig.10 a」及び「Fig.10 b」に「間欠的20mシャトルラン(10m-1往復)」の男女別、各14名の1回から10回まで各試行の平均値の推移と、「間欠的20mシャトルラン(10m-1往復)」においては、ある個人の例を示した。

これら一般大学体育会テニス部を対象に行ったフィールドテスト項目の中では、比較的短距離の「5mスプリント」及び「10mスプリント」を10回反復の間欠的運動、「間欠的20mシャトルラン

(10m-1往復)」を10回反復の間欠運動では、「Fig.8 a」から「Fig.10 b」までの例が示す通り、いずれの被験者にも記録(パフォーマンス)の後退が見られず、かえって記録が向上する傾向が現れた。これは、これらの間欠的運動負荷では、解糖系のエネルギー登用によりもたらされる乳酸性の疲労によるパフォーマンス低下は認められないか、あるいはそれ以上に、同じ運動を反復することによる練習効果、ウォーミングアップ(warming-up)効果、各試行前に自他共に努力を喚起することによる心理的効果などが原因として考えられる。

一般大学体育会テニス部所属選手を対象としたフィールドテスト項目の「間欠的40mスプリント」を20秒の休息を挟んで10回行った結果を、「Fig.11 a」(男子)、「Fig.11 b」(女子)に示した。また、「50m方向変換走」を20秒の休息を挟んで10回行った結果を、「Fig.12 a」(男子)、「Fig.12

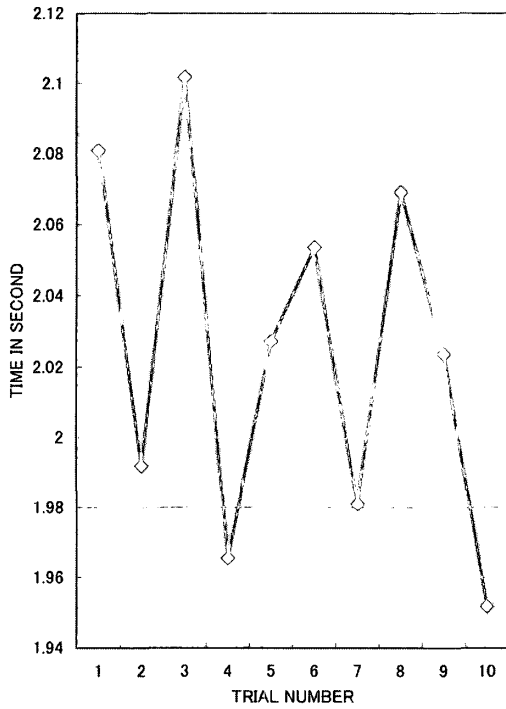


Fig. 9 a 10 m Sprint time (Boys)

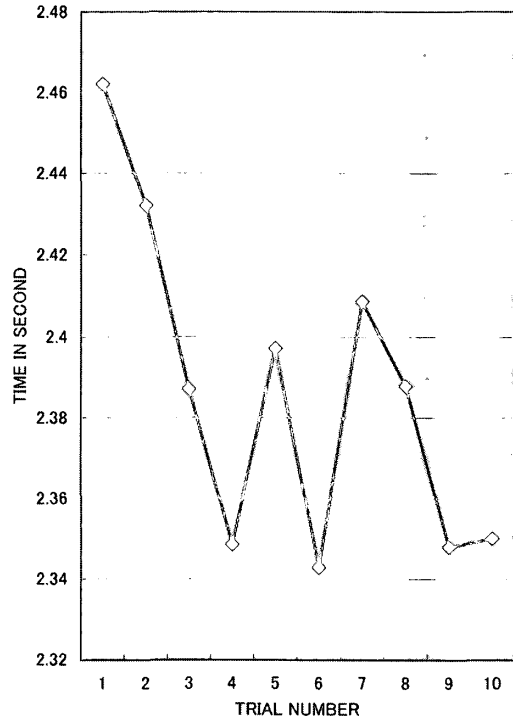


Fig. 9 b 10 m Sprint time (Girls)

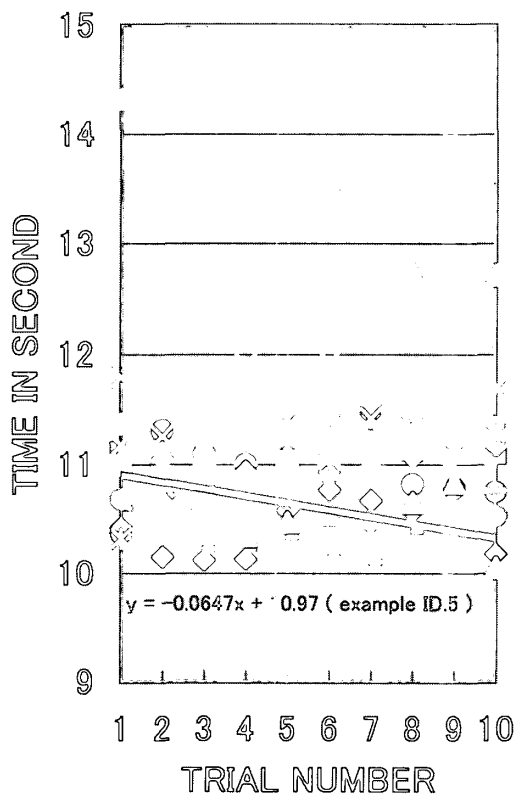


Fig. 10 a 10m Shuttle Run (Boys)

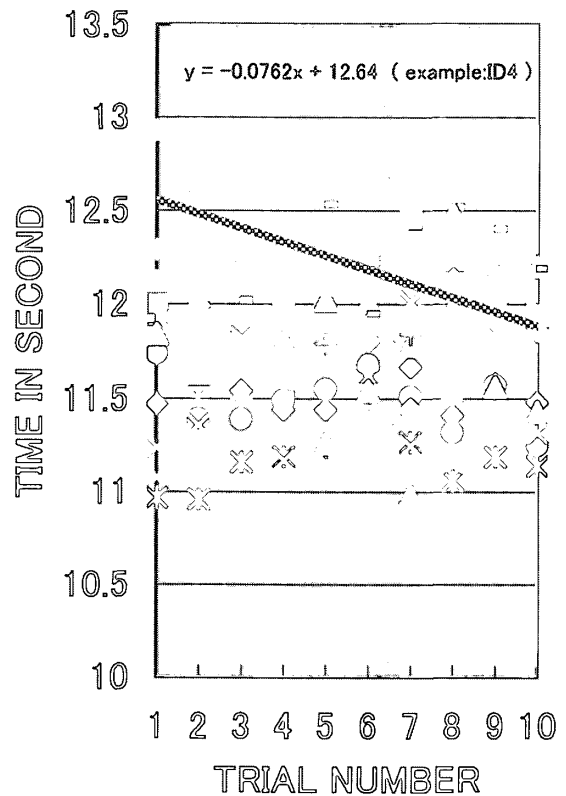


Fig. 10 b 10m Shuttle Run (Girls)



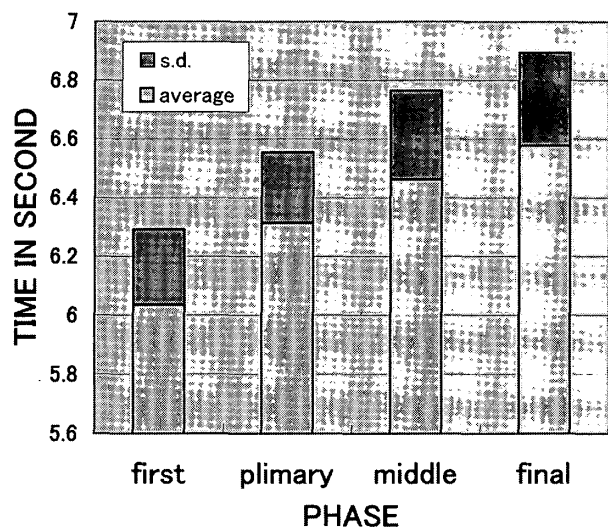


Fig. 11a 40 m Sprint time (Boys)

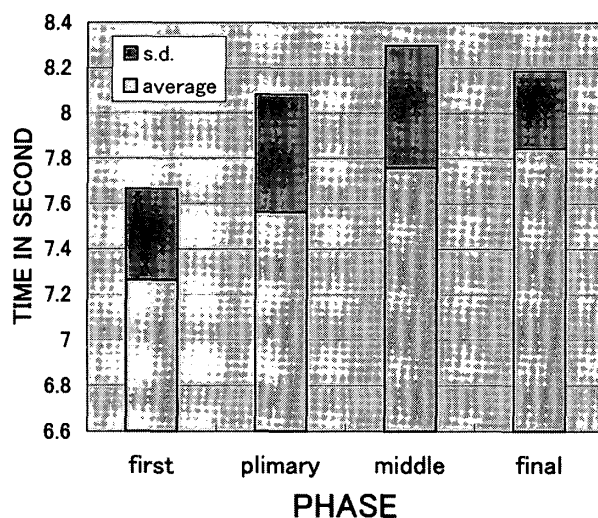


Fig. 11b 40 m Sprint Time (Girls)

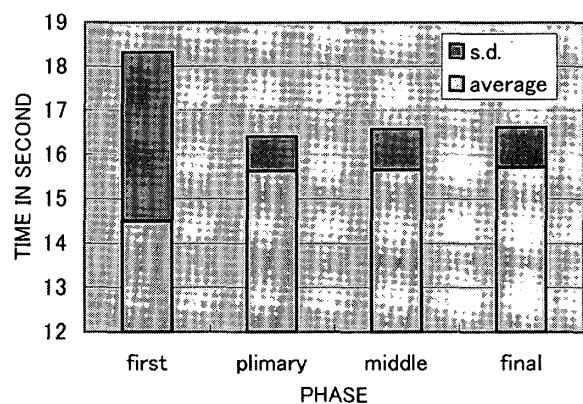


Fig. 12 a 50 m CHANGE-DIRECTION RUN (BOYS)

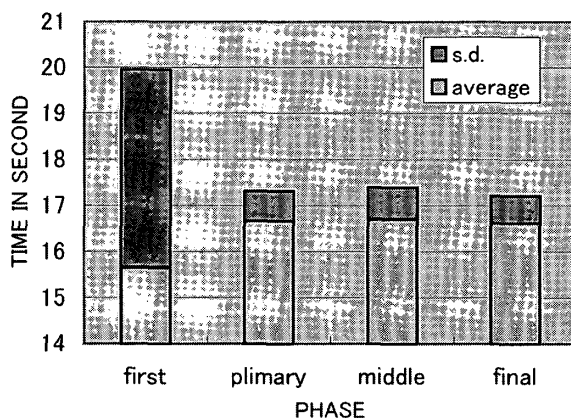


Fig. 12 b 50 m CHANGE-DIRECTION RUN (GIRLS)

b) (女子) に示した。

20秒の休息を挟んで行う「間欠的40mスプリント」10回反復の結果に有意な記録の後退傾向が認められた。また、20秒の休息を挟んで行った「50m方向変換走」にも「First」(第一試行目)とそれ以降の相に記録の後退傾向は見られたが、「primary相」、「middle相」、「final相」の各相間に有意な差はなかった。

一般大学体育会テニス部所属選手を対象とした「12分間走」と「シャトル・スタミナ・テスト」の記録を「Table 1」に示した。

クーパー (Kenneth H. Cooper)<sup>9)</sup>によると、12分間走の記録が2000mで最大酸素摂取量は、35.3

(ml/kg/min)、2600mで48.0 (ml/kg/min)、3000mで56.5 (ml/kg/min)と換算しており、本実験の被験者は一般的体力水準から判断<sup>10)</sup>すると、男女ともに普通からやや高めの評価に値し、五段階評価では3～4の間であった。

「12分間走」と「間欠的50m方向変換走」の遅延時間との関係を「Fig.13 a」に示した。男子において「12分間走」と「間欠的50m方向変換走」の遅延時間との間に、遅延時間が長いものは12分間走の距離が短いという負の相関傾向が見られた。

また、「間欠的50m方向変換走」の遅延時間(Delayed Time)と「12分間走」の間にも負の相関傾向が見られた(「Fig.13 b」)。

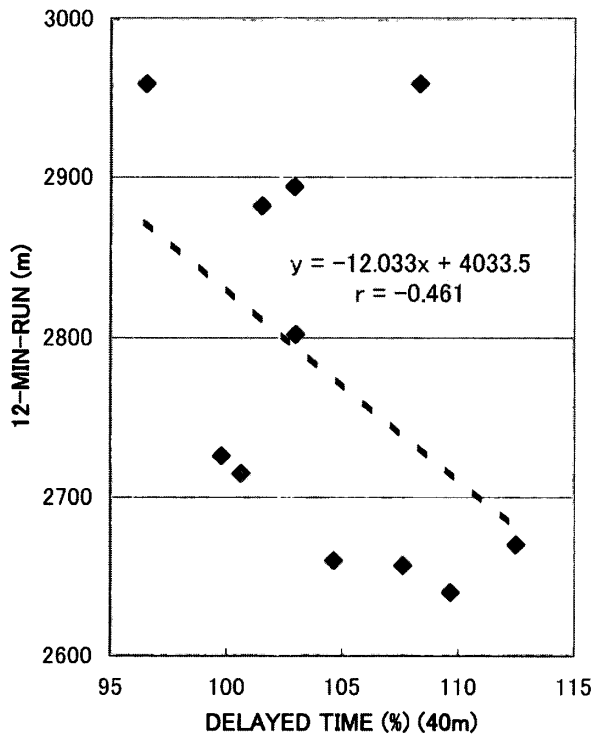


Fig. 13a THE RELATIONSHIP BETWEEN 12-MIN RUN AND DELAYED TIME of 40m Sprint ( BOYS )

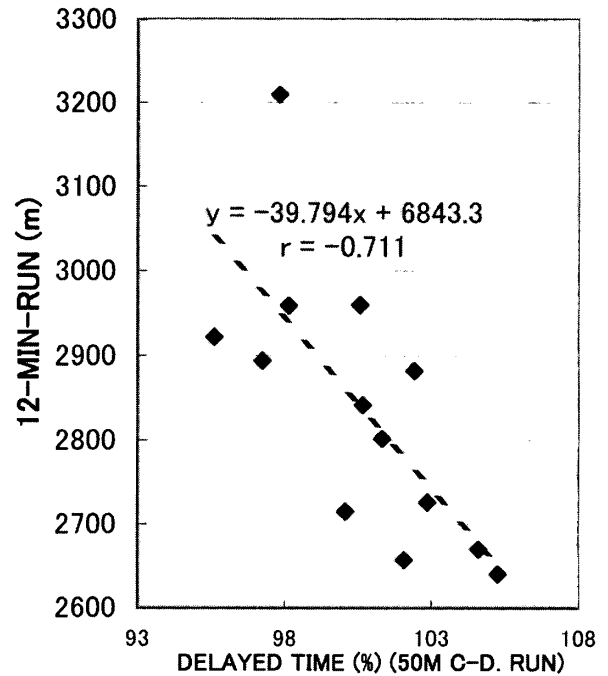


Fig.13b THE RELATIONSHIP BETWEEN 12-MIN-RUN AND DELAYED TIME of 50m C-D. Run

Table 1 Running Distance in SST and 12-min.-run

ID (initial)	shuttle stamina test (m)	12-min.-run (m)
Y.I	523	2959
T.I	542	2959
Y.H		2894
N.M	520	2882
M.O	520	2802
S.S		2726
E.K		2715
S.I	470	2670
H.Y	500	2660
T.Y	516	2657
T.K		2640
S.Y	480	2583
K.I	493	2488
Y.H	451	2463
E.O*		2437
E.O	500	2437
M.I	470	2373
S.T	494	2370
Y.U	460	2367
Y.K	448	2364
A.K	450	2213
M.S	350	2155
C.U		2153
N.I	460	2126
K.M	445	2070

Uppers are male, downers are female.

日本を北海道、東北、関東、北陸、東海、近畿、中国、四国、九州の9地域に分け選抜した地域レベルのテニスのジュニア選手を対象とした地域選

抜合宿に参加した男子14名、女子10名のプロフィールを「Table 2」に示した。測定に参加したジュニア選手の年齢幅は、男子で13歳から17歳、女子で12歳から15歳であった。

フィールドテストとして実施した、「50m方向変換走」、「30mスプリント」、「10mシャトルラン」、「ファンドリル (fun drill)」(テニスコートを利用した5方向往復走)(Fig.7)、テニスコートのペー

Table 2 Profile of The Regional Junior Tennis Athletes (2001)

ID	AGE	SEX	FOREHAND	F.H.STROKE	B.H.STROKE	HEIGHT	WEIGHT	BREAST	BODY FAT
Unit	(yrs)	(M/F)	(Right/Left)	(Single/Double)	(Single/Double)	(cm)	(cm)	(cm)	(%)
M01	14	M	R	Single hand	D	172.3	52.6	81.4	
M02	14	M	R	S	D	168.0	52.6	77.0	15.0
M03	14	M	R	S	D	167.4	63.1	88.0	15.3
M04	16	M	R	S	D	170.7	56.0	80.0	13.0
M05	17	M	R	S	S	175.9	61.0	84.4	14.8
M06	17	M	R	S	D	175.2	62.5	82.5	13.6
M07	16	M	R	S	D	180.3	64.8	86.0	13.0
M08	13	M	R	S	D	171.4	58.1	79.0	10.8
M09	14	M	R	S	D	161.6	44.6	76.4	15.6
M10	14	M	R	S	D	152.2	45.6	74.5	15.7
M11	14	M	R	S	D	178.2	64.1	84.0	15.5
M12	13	M	R	S	S	165.1	49.7	75.0	8.20
M13	14	M	R	S	D	166.3	53.6	76.0	12.80
M14	14	M	R	S	D	161.5	54.4	80.0	9.40
average	14.6					169.01	56.82	80.30	13.28
s.d	1.34					7.531	6.799	4.295	2.487
maximum	17					180.3	64.8	88.0	8.2
F01	14	F	R	S	D	158.7	46.2	75.0	18.3
F02	15	F	R	S	D	155.8	50.6	83.0	25.1
F03	12	F	R	Doublehand	D	151.5	46.6	74.2	22.6
F04	14	F	R	S	D	153.9	52.0	79.8	22.4
F05	14	F	R	S	D	154.1	45.8	80.4	20.2
F06	14	F	R	S	D	157.7	51.5	81.0	23.7
F07	13	F	R	S	D	151.3	45.3	75.0	21.4
F08	14	F	R	S	D	150.0	44.8	77.0	21.5
F09	13	F	R	S	D	157.2	42.0	72.0	15.3
F10	13	F	R	S	D	155.6	53.6	82.0	25.9
average	13.6					154.58	47.84	77.94	21.64
s.d	0.84					2.944	3.796	3.777	3.151
maximum	15					158.7	53.6	83.0	15.3

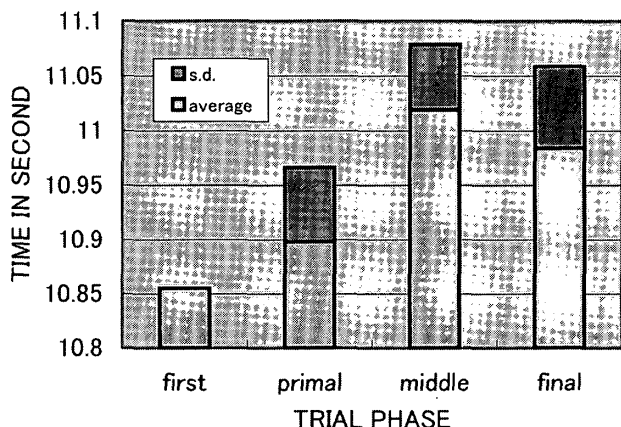


Fig. 14a 40m SHUTTLE RUN (AREA CAMP, BOYS)

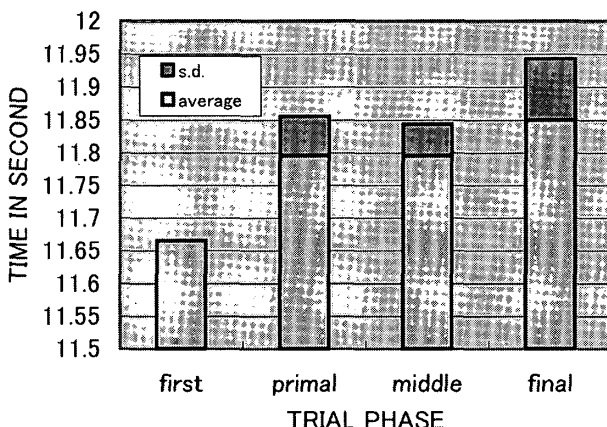


Fig. 14b 40m SHUTTLE RUN (AREA CAMP, GIRLS)

Table 3 地域選抜ジュニアテニス選手の測定結果(2001年)

測定項目	unit	male		female	
		average	maximum	average	maximum
50m方向変換走	sec	15.32	14.23	16.541	15.62
立ち幅跳び	cm	229.4	258.0	189.3	217.0
メディシンボール投げ(前方)	m	6.54	7.55	6.24	7.30
30m走	sec	4.81	4.31	5.343	5.05
フアンドリル	sec	18.13	16.59	19.481	18.3
腕立て伏せ	回/30秒	21.5	27.0	16.1	28.0
上体起こし	回/30秒	29.8	35.0	25.9	40.0
シャトルスタミナ	m	547.5	586.0	516.1	550.0
42.055m往復走(スピード系)	(sec)	7.91	7.41	8.58	8.2
42.055m往復走(スピード系)10m rep time	(sec)	2.10	1.91	2.252	2.05
40m シャトルラン(2往復走)1	(sec)	10.86	9.98	11.666	11.08
40m シャトルラン(2往復走)2	(sec)	10.85	9.83	11.763	11.02
40m シャトルラン(2往復走)3	(sec)	10.87	9.94	11.865	11.05
40m シャトルラン(2往復走)4	(sec)	10.98	10.08	11.759	11.00
40m シャトルラン(2往復走)5	(sec)	11.05	9.87	11.748	10.86
40m シャトルラン(2往復走)6	(sec)	11.06	10.05	11.844	11.14
40m シャトルラン(2往復走)7	(sec)	10.95	10.01	11.795	11.04
40m シャトルラン(2往復走)8	(sec)	11.06	10.09	11.883	11.09
40m シャトルラン(2往復走)9	(sec)	10.98	10.07	11.922	11.41
40m シャトルラン(2往復走)10	(sec)	10.91	10.14	11.745	11.34
フアンドリルII	(sec)	16.06	14.74	17.301	16.35
メディシンボール(2kg)前方	m	8.19	9.82	6.255	7.5
メディシンボール(2kg)サービス投げ	m	8.85	11.87	6.616	8.28
メディシンボール(2kg)右サイド	m	10.34	13.08	7.148	9.4
メディシンボール(2kg)左サイド	m	9.35	14.6	6.883	8.85

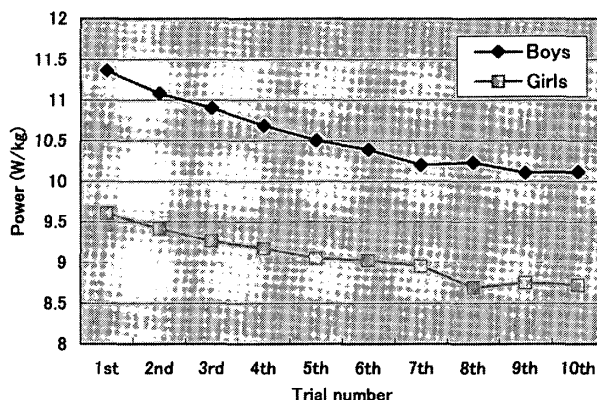


Fig. 15 Anaerobic Power

スライン (baseline) 間を利用した「42.055m シャトルラン」、「間欠的40m シャトルラン (10m - 2往復)」を20秒の休息を挟んで10回の反復を実施した結果を男女別に集計し、「Table 3」に示した。また、本研究課題には直接関わらないが、同時に測定した、「立ち幅跳び」、「メディシンボール投げ」などの他の測定項目も参考に載せて示した。

「Fig.14 a」、「Fig.14 b」に、「間欠的40m シャトルラン (10m - 2往復)」の結果を男女別にそれぞれ示した。男女とも「first」から「primal相」を経て以降、記録の後退が観察されるが、男子では「final相」が「middle相」より記録がよいな

ど、疑問の余地が残る。また、女子は記録の後退が顕著ではなかった。

自転車エルゴメーターにより、5秒間の全力ペダリングを20秒間の休息を挟んで10回繰り返す間欠的作業の結果を集計して計算した、試行毎の体重あたりの無酸素性パワーの平均値の推移を「Fig.15」に示した。男女共に試行回数が進に連れてパワーの減衰が顕著である。「Fig.16」には、典型的な例として男女5人ずつの個人データを個人の特定制をせず掲載した。「■」標は、男女別被験者全員の平均値であり、「◆」標は各個人の値である。パワーの強さ、減衰経緯に個人差があることが明白である。

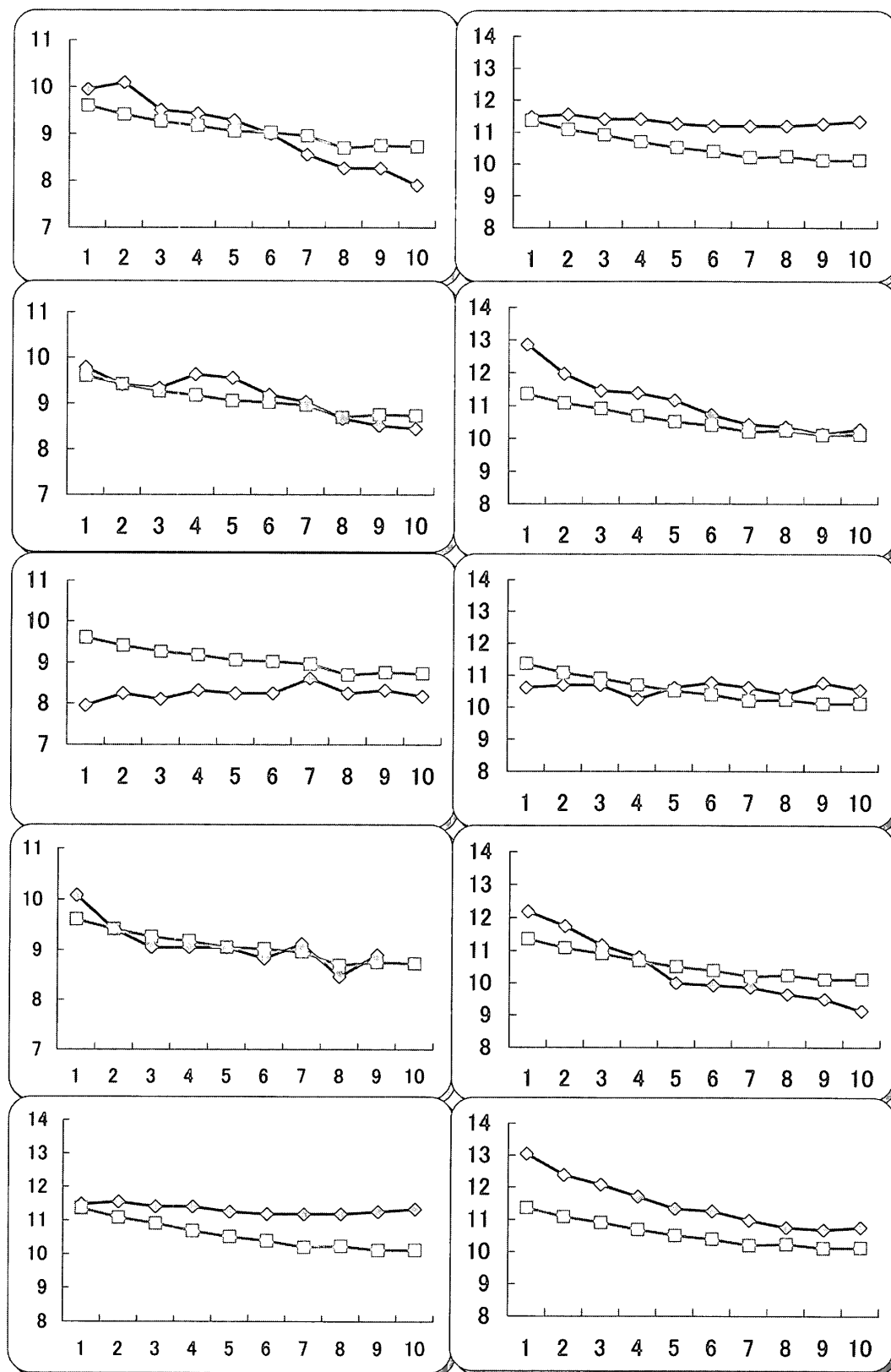


Fig. 16 Anaerobic Power  
 \* 5 figures left side are of girls.  
 And 5 right side are of boys.

Table 4 Profile of The National Junior Tennis Athletes

4)	AGE (yrs)	SEX (M/F)	Height (cm)	Weight (kg)
M01	13	M	163.6	50.1
M02	14	M	171	56.6
M03	13	M	166	52.7
M04	13	M	162.8	47
ave.			165.85	51.6
s.d.			3.693	4.067
F01	16	F	158.2	53.4
F02	14	F	152.7	41.5
F03	14	F	166.6	55.3
F04	17	F	163.5	59.8
F05	24	F	167.9	54.7
F06	14	F	162.9	56.2
F07	15	F	163.4	52.8
F08	14	F	160.1	51.8
F09	12	F	155.8	48.4
F10	12	F	150.7	46.9
ave.			160.18	52.08
s.d.			5.759	5.254

2002

Table 6 ショナルジュニアテニス選手の測定結果(2001年)

測定項目	unit	Male		Female	
		average	best	average	best
50m方向変換走	(sec)	14.3	13.2	15.5	14.7
立ち5段跳び	(m)	10.7	11.4	9.6	10.1
立ち幅跳び	(cm)	221.8	233.0	200.6	231.0
メディンボール投げ(前方)	(m)	633.8	752.0	682.9	850.0
30m走	(sec)	4.79	4.57	4.971	4.29
ファンドリル	(sec)	18.5	17.5	19.2	17.7
シャトルラン	(sec)	9.7	9.3	10.0	9.4
腕立て伏せ	(回/30sec)	23.0	34.0	12.7	22.0
上体起こし	(回/30sec)	27.250	32.000	27.300	34.000
シャトルスタミナ	(m)	546.0	563.0	539.1	566.0
20m シャトルラン(1往復走)1	(sec)	5.21	4.99	5.43	4.96
20m シャトルラン(1往復走)2	(sec)	5.15	5.03	5.23	4.46
20m シャトルラン(1往復走)3	(sec)	5.15	5.04	5.28	4.49
20m シャトルラン(1往復走)4	(sec)	5.13	5.04	5.30	4.91
20m シャトルラン(1往復走)5	(sec)	5.26	5.10	5.27	4.60
20m シャトルラン(1往復走)6	(sec)	5.14	5.03	5.32	4.86
20m シャトルラン(1往復走)7	(sec)	5.17	5.09	5.32	4.87
20m シャトルラン(1往復走)8	(sec)	5.11	5.07	5.33	4.72
20m シャトルラン(1往復走)9	(sec)	5.21	5.16	5.23	4.79
20m シャトルラン(1往復走)10	(sec)	5.14	5.04	5.25	4.55
23.77m往復走(スピード系)1	(sec)	9.04	8.68	9.29	8.61
23.77m往復走(スピード系)10m	(sec)	2.28	2.21	2.25	1.95
40m往復走(スピード系)1	(sec)	8.16	7.82	8.48	7.77
40m往復走(スピード系)10m	(sec)	2.23	2.16	2.325	2.02

Table 5a Fitness of National Junior Tennis Players (Boys)

articles of measurement	unit/ID	M01	M02	M03	M04	average	s.d.	best
握力(右)	(kg)	39.5	35.0	29.0	31.0	33.63	4.644	39.5
(左)	(kg)	40.0	44.0	37.0	40.0	40.25	2.872	44.0
平均	(kg)	39.8	39.5	33.0	35.5	36.94	3.268	39.75
背筋力	(kg)	92.5	91.0	91.5	90.0	91.25	1.041	92.5
長座体前屈	(cm)	41.0	46.5	39.0	38.0	41.13	3.794	46.5
立位体前屈	(cm)	12.5	8.5	0.5	7.5	7.25	4.992	12.5
伏臥上体そらし	(cm)	47.5	42.6	42.4	49.8	45.58	3.674	49.8
反復横跳び	(times)	64	65	69	63	65.25	2.630	69
垂直跳び	(cm)	49.0	51.0	47.0	42.0	47.25	3.862	51.0
全身反応時間	(sec)	0.235	0.179	0.25	0.232	0.22	0.031	0.179
50m方向変換走	(sec)	14.8	13.18	14.32	14.77	14.27	0.758	13.18
立ち5段跳び	(m)	11.39	10.96	10.49	10.08	10.73	0.568	11.39
立ち幅跳び	(cm)	227	233	213	214	221.75	9.845	233
メディンボール投げ(前方)	(m)	589	752	534	660	633.75	94.207	752
30m走	(sec)	4.89	4.57	4.84	5.04	4.79	0.219	4.57
ファンドリル	(sec)	19.18	17.5	18.41	18.9	18.50	0.737	17.5
シャトルラン	(sec)	9.8	9.3	9.49	10.1	9.67	0.352	9.3
腕立て伏せ	(times/30sec)	23	34	18	17	23.00	7.789	34
上体起こし	(times/30sec)	23	32	28	26	27.25	3.775	32
シャトルスタミナ	(m)	563	545	536	540	546.00	11.916	563
サーブ最高値	(km)	141	164	156	148	152.25	9.946	164
柔軟性(関節可動)	(level)	3.0	2.5	2.5	3.5	2.88	0.479	3.5
23.77m往復走(スピード系)1	(sec)	9.09	8.68	8.69	9.71	9.04	0.484	8.68
23.77m往復走(スピード系)10m	(sec)	2.21	2.29	2.29	2.34	2.28	0.054	2.21
40m往復走(スピード系)1	(sec)	8.42	7.82	7.97	8.43	8.16	0.312	7.82
40m往復走(スピード系)10m	(sec)	2.34	2.21	2.18	2.19	2.23	0.079	2.19
シャトルラン(1往復走)1	(sec)	5.27	5.16	4.99	5.41	5.21	0.177	4.99
シャトルラン(1往復走)2	(sec)	5.26	5.17	5.03	5.13	5.15	0.095	5.03
シャトルラン(1往復走)3	(sec)	5.28	5.18	5.04	5.10	5.15	0.104	5.04
シャトルラン(1往復走)4	(sec)	5.23	5.15	5.04	5.11	5.13	0.079	5.04
シャトルラン(1往復走)5	(sec)	5.35	5.21	5.11	5.37	5.26	0.127	5.11
シャトルラン(1往復走)6	(sec)	5.34	5.06	5.03	5.14	5.14	0.140	5.03
シャトルラン(1往復走)7	(sec)	5.26	5.18	5.14	5.09	5.17	0.072	5.09
シャトルラン(1往復走)8	(sec)	5.18	5.10	5.08	5.07	5.11	0.050	5.07
シャトルラン(1往復走)9	(sec)	5.3	5.16	5.18	5.20	5.21	0.062	5.16
シャトルラン(1往復走)10	(sec)	5.18	5.15	5.04	5.18	5.14	0.067	5.04
ファンドリルII	(sec)	16.51	16.12	16.29	16.73	16.41	0.265	16.12

Table 5b Fitness of National Junior Tennis Players (Girls)

articles of measurement	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09	F10	average	s.d.	best
握力(右)	42.0	28.0	40.0	40.5	31.0	27.0	37.5	35.5	25.5	34.0	34.5	6.2272	42.0
(左)	33.0	27.0	32.0	35.0	32.0	35.0	32.0	28.0	32.5	31.7	2.97388	33.0	
平均	37.5	27.5	36.0	37.8	31.5	31.0	34.8	31.9	29.0	33.3	33.1	4.11601	37.8
背筋力	94.5	81.5	95.0	105.5	81.5	100.0	87.0	92.0	71.0	86.0	85.8	15.2738	105.5
長座体前屈	52.0	51.0	68.5	44.5	41.0	55.0	53.5	50.5	37.5	48.0	50.15	8.83786	68.5
立位体前屈	13.0	19.5	23.6	11.5	9.5	18.8	16.0	9.1	7.0	14.0	14.2	2.56582	23.6
伏臥上体そらし	49.7	52.4	49.0	47.9	39.2	43.9	51.3	46.8	49.1	54.6	48.37	4.39395	54.6
反復横跳び	61	60	64	57	50	63	63	58	53	53	58.2	4.87189	64
垂直跳び	41.0	40.0	52.0	33.0	34.0	50.0	45.0	53.0	28.0	38.0	41.4	8.51404	53.0
全身反応時間	0.258	0.212	0.234	0.22	0.32	0.212	0.238	0.27	0.357	0.299	0.262	0.050	0.202
50m方向変換走	14.80	16.00	14.90	14.76	16.88	14.90	15.83	14.69	16.74	15.76	15.53	0.8321	14.69
立ち5段跳び	9.9	8.8	10.1	10.12	8.91	10.07	9.88	9.91	8.19	9.59	9.56	0.6880	10.1
立ち幅跳び	210	181	231	210	184	204	208	213	181	204	206.6	19.5561	231.0
メディンボール投げ(前方)	887	563	821	978	610	850	800	690	534	628	692.3	108.715	850.0
30m走	4.90	5.40	4.29	5.04	5.28	4.64	4.99	4.66	5.80	4.91	4.971	0.3888	4.29
ファンドリル	19.00	19.40	18.03	17.65	20.89	18.00	19.61	18.67	21.11	19.57	19.19	1.17289	17.65
シャトルラン	9.90	10.03	9.35	10.08	10.42	9.44	9.91	9.82	10.97	9.73	9.96	0.46757	9.35
腕立て伏せ	15	11	15	7	3	12	20	18	4	22	12.7	6.52882	22
上体起こし	31	22	28	26	19	33	23	34	27	30	27.3	4.990	34
シャトルスタミナ	537	553	556	566	513	510	524	562	510	590	539.1	21.733	566
柔軟性(関節可動)	2	3.5	4.5	2	2.5	2.5	3	3	4	2.5	3.15	1.05641	4.5
23.77m往復走(スピード系)1	9.24	9.67	8.61	9.36	7.5	8.93	9.22	8.98	10.29	9.15	9.29	0.51651	8.61
23.77m往復走(スピード系)10m	2.19	2.44	1.98	2.38		1.95	2.42	2.24	2.38	2.29	2.25	0.18535	1.95
40m往復走(スピード系)1	8.36	8.83	7.91	8.56	8.89	8.15	8.84	7.77	9.2	8.29	8.48	0.46349	7.77
40m往復走(スピード系)10m	2.36	2.47	2.29	2.29	2.42	2.19	2.49	2.02	2.41	2.35	2.33	0.13681	2.02
シャトルラン(1往復走)1	5.51	5.39	5.31	5.28	5.93	4.96	5.27	5.21	5.96	5.49	5.43	0.31226	4.96
シャトルラン(1往復走)2	5.39	4.46	4.83	5.30	5.76	4.99	5.53	5.31	5.72	4.96	5.23	0.41245	4.46
シャトルラン(1往復走)3	5.38	5.29	5.21	5.83	4.49	4.99	5.50	5.43	5.39	4.98	5.28	0.32983	4.49
シャトルラン(1往復走)4	5.25	5.25	5.09	5.27	5.60	4.97	5.60	5.37	5.78	4.95	5.30	0.27685	4.95
シャトルラン(1往復走)5	5.18	5.38	4.60	5.20	5.71	4.93	5.38	5.38	5.94	4.97	5.27	0.38918	4.60
シャトルラン(1往復走)6	5.25	5.15	5.20	5.24	6.84	4.86	5.24	5.33	6.14	5.05	5.32	0.35188	4.86
シャトルラン(1往復走)7	5.25	5.22	5.10	5.23	5.55	4.87	5.50	5.47	5.79	5.25	5.32	0.2880	4.87
シャトルラン(1往復走)8	5.22	5.34	5.17	5.05	5.82	4.72	5.52	5.79	5.83	5.08	5.33	0.35472	4.72
シャトルラン(1往復走)9	5.29	5.18	5.03	5.14	5.59	4.79	5.45	5.15	5.72	4.99	5.23	0.28476	4.79
シャトルラン(1往復走)10	5.08	5.28	5.06	5.19	5.04	4.55	5.31	5.30	6.05	5.03	5.25	0.39926	4.55
ファンドリルII	18.97	17.50	16.29	16.08	18.93	16.48	17.08	17.11	18.54				

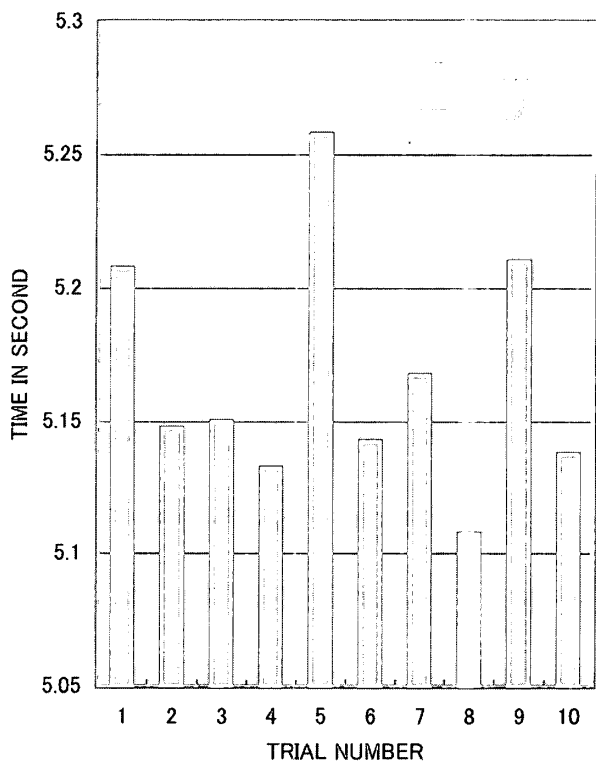


Fig. 17a 20m Shuttle Run (All Japan Junior)

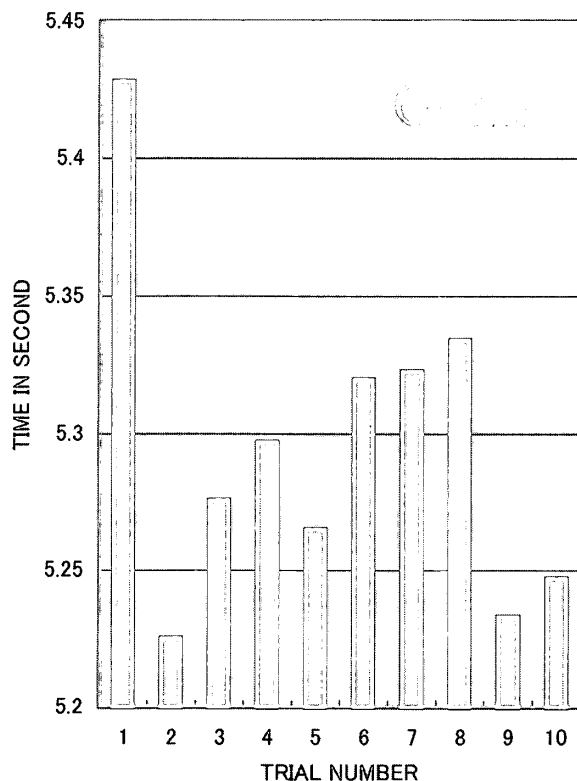


Fig. 17b 20m Shuttle Run (All Japan Junior)

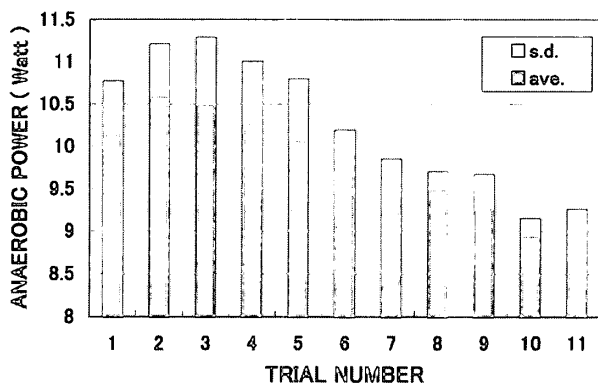


Fig.17c Decrease in Maximum Anaerobic Power (National Junior, Boys)

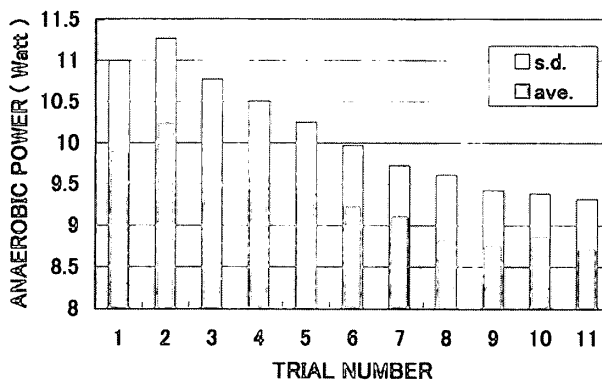


Fig. 17d Decrease in Maximum Anaerobic Power (National Junior, Girls)

Table 7 Decrease in Maximum Anaerobic Power (National Junior)

ID	Weight (kg)	Load (kp)	Lactate (mmol/L)		Power (Watt)										
			pre	post	pre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M01	51.1	3.8	1.30	11.35	9.6	10.3	10.1	10.2	9.7	9.5	9.6	9.4	9.3	9.0	9.0
M02	57.7	4.3	2.04	13.56	10.4	10.4	11.1	11.0	10.9	10.2	9.9	9.4	9.1	8.8	8.6
M03	53.7	4.0	1.16	13.23	10.9	11.5	11.2	10.6	10.4	10.0	9.3	9.4	8.9	8.8	7.9
M04	48.1	3.6	1.19	8.28	9.7	10.2	9.6	9.3	9.3	9.2	9.6	9.8	9.8	9.2	9.2
n	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ave.	52.7	3.9	1.4	11.6	10.2	10.6	10.5	10.3	10.1	9.7	9.6	9.5	9.3	9.0	8.7
s.d.	4.071	0.299	0.416	2.421	0.614	0.606	0.779	0.727	0.714	0.457	0.245	0.200	0.386	0.191	0.574
F01	55.3	4.1	1.71	7.37	9.4	10.2	10.0	9.9	9.6	9.5	9.4	9.1	8.9	9.0	9.0
F02	62.1	4.7	1.10	12.21	9.4	10.2	10.0	9.9	9.6	9.5	9.4	9.1	8.9	9.0	9.0
F03	54.5	4.1	1.54	17.25	10.9	11.1	10.3	9.7	9.4	9.3	8.8	8.5	8.4	8.3	8.0
F04	54.1	4.1	1.01	12.81	11.2	11.1	10.6	10.0	10.2	10.0	9.9	9.7	9.7	9.7	9.6
F05	57.2	4.3	2.62	11.77	10.4	10.7	10.1	10.0	9.8	9.5	9.5	9.3	9.4	9.4	9.4
F06	42.7	3.2	1.97	11.14	9.5	9.9	9.1	9.5	9.5	8.8	9.0	8.7	8.8	8.7	8.6
F07	56.3	4.2	1.30	12.89	10.2	10.4	10.0	10.1	9.9	9.7	9.4	9.1	8.9	9.1	8.7
F08	48.4	3.6	1.57	12.55	9.5	10.1	9.7	9.8	9.5	9.3	8.9	8.8	8.5	8.7	8.3
F09	50.0	3.8	2.07	5.00	7.6	7.7	7.3	7.2	7.4	7.4	7.7	6.9	7.3	8.0	7.8
F10	52.6	3.9	1.04	14.92	11.0	11.1	10.7	10.1	9.8	9.4	9.2	9.2	8.9	8.9	8.9
n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
ave.	53.3	4.0	1.6	11.8	9.9	10.3	9.8	9.6	9.5	9.2	9.1	8.8	8.8	8.9	8.7
s.d.	5.328	0.408	0.518	3.475	1.072	1.002	0.981	0.870	0.765	0.715	0.594	0.759	0.641	0.494	0.576

Table 8. 50m Sprint Time of Varsity Athlete Tennis Players

articles\_ID	10	9	1	2	3	8	4	6	5	7	n	average	s.d.
30m rap time	4.54	4.87	4.33	4.69	5.00	4.78	4.45	4.95	4.88	4.34	10	4.68	0.252
40m rap time	5.75	5.97	5.27	5.82	6.11	5.93	5.43	6.15	6.02	5.43	10	5.79	0.311
50m sprint time	6.79	7.47	6.17	7.16	7.58	7.17	6.68	7.41	7.32	6.67	10	7.04	0.448
Difference (40m-30m)	1.21	1.10	0.94	1.13	1.11	1.15	0.98	1.20	1.14	1.09	10	1.11	0.086
Difference (50m-40m)	1.04	1.50	0.90	1.34	1.47	1.24	1.25	1.26	1.30	1.24	10	1.25	0.179
(40m-30m)-(50m-40m)	0.17	-0.40	0.04	-0.21	-0.36	-0.09	-0.27	-0.06	-0.16	-0.15	10	-0.15	0.175

Table 9. Times of 20m Shuttle Run (Varsity Athlete Tennis Players)

Trial number	unit\_ID	10	9	1	2	3	8	4	6	5	7	average	s.d.
1	(sec)	4.72	4.53	4.47	5.05	4.76	5.02	4.17	4.85	4.44	4.58	4.660	0.2741
2	(sec)	4.52	4.58	4.34	4.90	4.57	4.54	4.00	4.79	4.54	4.54	4.532	0.2411
3	(sec)	4.35	4.64	4.25	4.85	4.62	4.58	4.61	4.96	4.50	4.47	4.604	0.1983
4	(sec)	4.84	4.68	4.29	4.71	4.36	4.63	4.63	4.65	4.39	4.36	4.533	0.1615
5	(sec)	4.83	4.72	5.01	4.65	4.43	4.58	4.29	4.85	4.59	4.32	4.587	0.2087
6	(sec)	4.64	4.79	4.45	4.46	4.58	4.58	4.39	4.85	4.29	4.41	4.522	0.1488
7	(sec)	4.75	4.76	4.38	4.62	4.69	4.57	4.44	4.78	4.52	4.36	4.588	0.1583
8	(sec)	4.84	4.71	4.70	4.76	4.80	4.48	4.23	4.88	4.48	4.31	4.609	0.2272
9	(sec)	4.62	4.62	4.32	4.73	4.60	4.54	4.51	4.88	4.44	4.34	4.559	0.1725
10	(sec)	4.51	4.77	4.53	4.58	4.52	4.48	4.38	4.46	4.53	4.55	4.529	0.0997
average	(sec)	4.622	4.68	4.47	4.73	4.60	4.60	4.37	4.76	4.47	4.43	4.57	0.1327
s.d.		0.075	0.08	0.22	0.16	0.15	0.15	0.18	0.14	0.08	0.10	0.1342	0.0488
primal ave.	(sec)	4.57	4.63	4.29	4.82	4.52	4.58	4.41	4.80	4.48	4.46	4.558	0.1643
primal s.d.		0.068	0.05	0.04	0.10	0.14	0.04	0.36	0.16	0.08	0.09	0.1118	0.0941
middle ave.	(sec)	4.67	4.76	4.62	4.58	4.57	4.57	4.37	4.69	4.47	4.37	4.566	0.1311
middle s.d.		0.087	0.03	0.35	0.16	0.13	0.01	0.08	0.08	0.16	0.05	0.1043	0.0954
final ave.	(sec)	4.59	4.70	4.51	4.89	4.67	4.50	4.38	4.74	4.48	4.40	4.566	0.1312
final s.d.		0.073	0.08	0.19	0.10	0.20	0.04	0.14	0.24	0.09	0.13	0.1230	0.0995
(final-primal) / (primal) * 100 (%)		0.438	1.42	5.19	-2.70	3.44	-1.89	-0.88	-1.23	0.05	-1.30	0.253	2.4729
(final) / (primal) * 100 (%)		100.4	101.4	105.2	97.3	103.4	98.11	98.12	98.77	100	98.7	100.20	78.868
Lactate (mmol/L)		8.8	5.8	18.1	7.1	7.4	9.3	13.8	8.7	12.1	9.9	10.08	3.6502

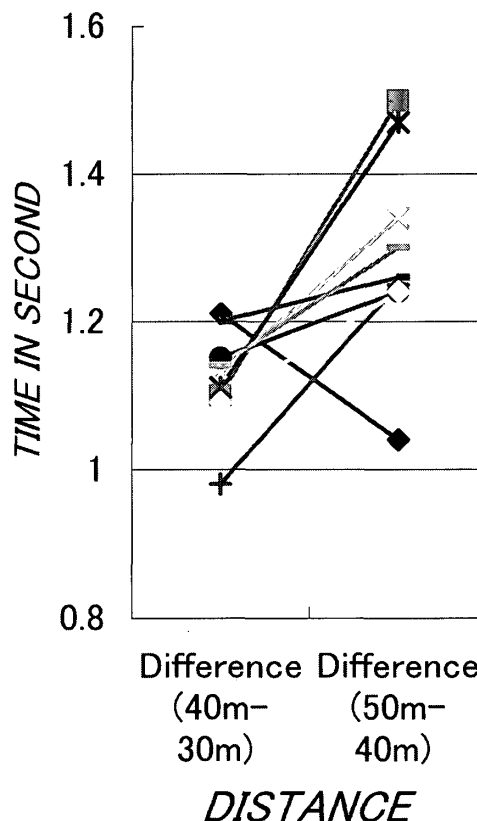


Fig. 18 TIME DIFFERENCE BETWEEN THE RAP TIMES

ア選手の場合と同じように、試行回数に伴って最大無酸素性パワーの減衰がみられる。

体育大学体育会テニス部に所属する男子10名の「50mスプリント」の記録、及びその時の30m地点及び40m地点の通過タイムの計測結果を「Table 8」に示した。また、30m-40m間にかかった時間及び40m-50m間にかかった時間の推移を「Fig.18」に示した。スピードを加速した例が2例確認された。他の例は、すべてスピードが減衰しており、スピードの維持ができない被験者多かった。また、スピードの落ち方にも個人差が見られた。

20秒の休息を挟んで間欠的に10回の試行を実施した「間欠的20mシャトルラン(10m-1往復)(計20m)」の結果、及びそれを基に「primal相」、「middle相」、「final相」の各3回の試行に分けて集計した値と  $[(\text{final相} - \text{primal相}) / \text{primal相} \times 100(\%)]$  の計算式で算出した百分率値をスピードの減衰率として「Table 9」に示した。また、計測終了直後の血中乳酸値も「Table 9」に示した。

「Fig.19」は、10名全員の平均値を各相に分けてグラフ化したものである。一回目「first相」の

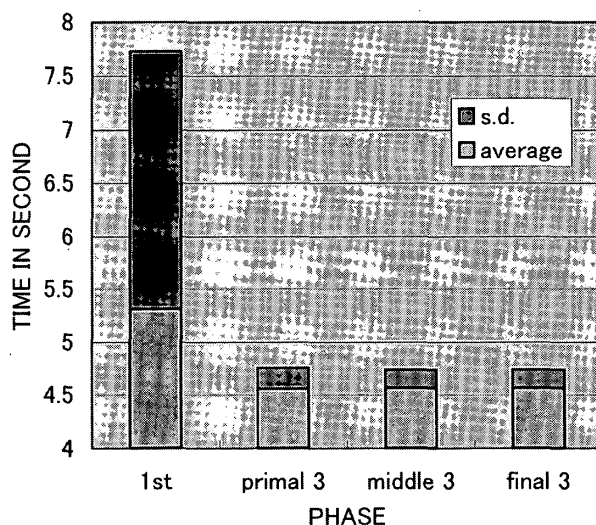


Fig. 19 20m SHUTTLE RUN (Varsity Players)

記録は個人差が大きく、以降の相より記録を上回っていたが、以降は各相ごとにほとんど記録の変化に有意性は認められなかった。

「Table 10」に20秒の休息を挟んで間欠的に10回の試行を実施した「間欠的40mシャトルラン(1

Table 10 Times of 40m Shuttle Run (Varsity Athlete Tennis Players)

Trial number	unit	10	8	1	2	3	4	5	6	7	average	s.d.
1	(sec)	10.08	9.87	9.35	9.35	9.34	9.14	9.00	9.93	9.58	9.49	0.3348
2	(sec)	9.71	9.75	9.33	9.30		9.08	9.40	10.14	9.39	9.36	0.449
3	(sec)	10.08	10.14	9.27	9.84	10.00	9.27	9.14	10.11	9.74	9.29	0.3981
4	(sec)	9.89	9.97	9.48	9.43	10.05	9.35	9.45	10.11	9.69	9.32	0.67
5	(sec)	10.08	10.15	9.80	9.50	10.01	9.67	9.85	10.35	9.85	9.42	0.3084
6	(sec)	10.09	10.47	9.51	9.88	10.00	9.73	9.70	10.17	9.54	9.53	0.3242
7	(sec)	10.25	10.65	9.86	10.10	10.20	9.88	9.89	10.25	9.84	9.72	0.3211
8	(sec)	10.23	10.04	9.85	9.97	9.93	9.99	10.01	10.18	9.93	9.78	0.1372
9	(sec)	10.35	10.27	9.93	10.26	10.45	9.88	10.33	10.13	10.23	10.31	0.1646
10	(sec)	10.28	10.23	9.98	10.28	10.18	9.84	10.10	10.01	9.91	10.15	0.1555
average	(sec)	10.10	10.13	9.59	9.75	10.02	9.59	9.65	10.14	9.71	9.63	0.2326
s.d.		0.183	0.26	0.24	0.35	0.28	0.33	0.40	0.11	0.23	0.34	0.27
primal ave.	(sec)	9.89	9.85	9.36	9.46	10.03	9.23	9.33	10.12	9.61	9.32	0.3391
primal s.d.		0.175	0.198	0.108	0.172	0.035	0.150	0.186	0.017	0.189	0.035	0.124
middle ave.	(sec)	10.14	10.42	9.59	9.78	10.07	9.75	9.68	10.28	9.74	9.56	0.301
middle s.d.		0.095	0.253	0.075	0.308	0.113	0.097	0.026	0.090	0.176	0.152	0.139
final ave.	(sec)	10.28	10.18	9.91	10.16	10.18	9.94	10.15	10.10	10.02	10.10	0.117
final s.d.		0.060	0.123	0.057	0.167	0.261	0.084	0.185	0.076	0.179	0.293	0.146
((final) - primal) / primal * 100 (%)		4.1	2.3	9.9	7.5	1.5	7.7	8.8	-0.2	4.3	8.0	5.0
((final) / primal * 100 (%)		104.1	102.9	105.9	107.5	101.5	107.7	108.9	99.9	104.3	109	104.9
Lactate (mmol/L)		18.6	10.7	20.8	14.4	11.2	15.7	14.0	20.1	19.4	15.9	16.18

Table 11 Analysis of Expired Gas during Treadmill Running (IDB)

min	VE (l/min)	VO2 (ml/min)/100	VO/W (ml/kg)	VCO2 (ml/min)/100	Heart Rate (bpm)
1	33.43	18.95	29.74	9.46	126
2	40.99	25.18	44.18	13.34	134
3	44.49	28.87	47.14	13.42	139
4	43.91	27.60	48.42	14.79	143
5	45.27	28.34	49.72	15.70	147
6	50.32	31.54	55.33	16.90	147
7	50.92	32.65	57.28	17.85	153
8	55.89	34.23	60.05	19.03	153
9	58.93	35.69	62.61	19.10	163
10	64.19	37.31	65.46	20.99	164
11	66.58	38.63	67.77	21.81	166
12	70.01	39.69	69.63	22.73	169
13	76.36	41.80	73.33	23.93	174
14	80.94	43.77	76.79	25.58	178
15	88.87	45.82	80.39	27.15	179
16	100.00	48.77	85.56	28.75	183

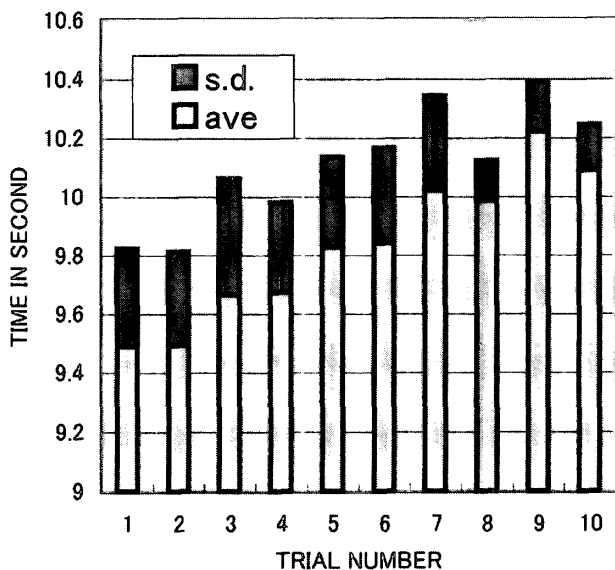


Fig. 20a 40m SHUTTLE RUN (Varsity Athlete)

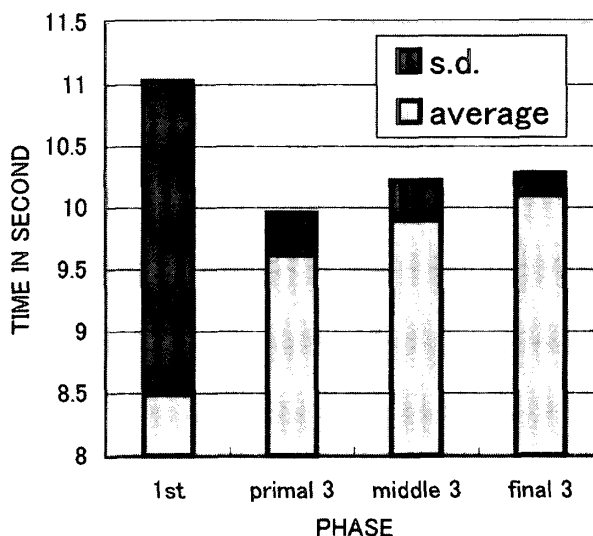


Fig. 20b 40m SHUTTLE RUN (Varsity Athlete)

0m - 2 往復) (計40m) の結果、及びそれを基に「primal相」、「middle相」、「final相」の各3回の試行に分けて集計した値と、[(「final相」-「primal相」) / 「primal相」 × 100(%)]の計算式で算出した百分率値をスピードの減衰率として表した値を示した。また、計測終了直後の血中乳酸値も「Table 10」に示した。

「Fig.20 a」は、10名全員の平均値の各試行毎の推移を表したグラフである。「Fig.20 b」は、それらを各相に分けてグラフ化したものである。各相を追うごとに記録が後退し漸増していることがわかる。統計処理の結果、「primal相」と「final

相」の間に有意差 (p < 0.01)、また「first」と「final相」の間にも有意差 (p < 0.05) が確認された。

上記、各実験測定を行った同じ被験者全員に漸増負荷によるトレッドミル (treadmill) 走を実施し、VT (Ventilatory Threshold: 換気閾値) を求めるため、毎分換気量 ( $\dot{V}E$ ) (ml/min)、毎分酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ) (ml/min)、体重当たりの酸素摂取量 ( $\dot{V}O/W$ ) (ml/kg)、毎分二酸化炭素換気量 ( $\dot{V}CO_2$ ) (ml/min)、毎分心拍数 (HR) (b/m) を1分毎にモニターしオールアウト (all-out) 時点まで逐次計測した一例を「Table 11」に示した。



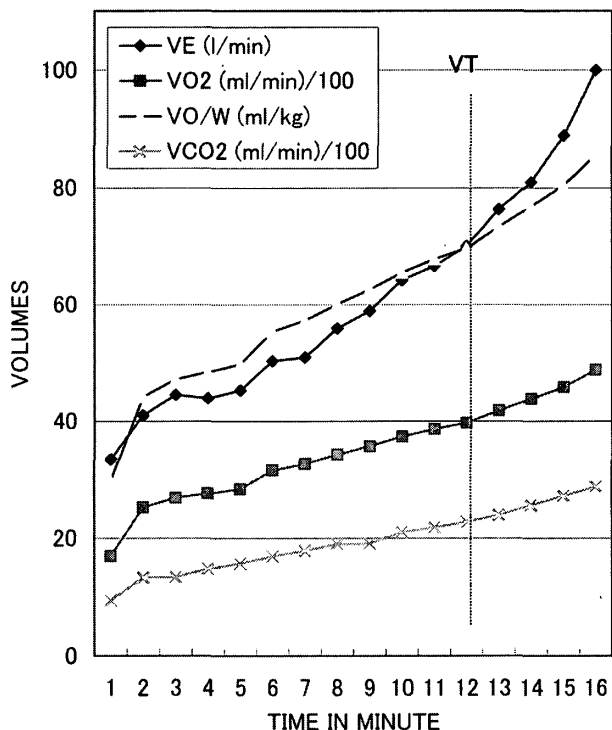


Fig. 21 Estimation of Anaerobic Threshold (VT)  
\* a dotted line shows VT

「Fig.21」は、この表の、毎分換気量 ( $\dot{V}E$ ) (ml/min)、毎分酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ) (ml/min)、体重当たりの酸素摂取量 ( $\dot{V}O/W$ ) (ml/kg)、毎分二酸化炭素換気量 ( $\dot{V}CO_2$ ) (ml/min)をVT (Ventilatory Threshold: 換気閾値) 推定のためにプロットしたものである。

図の点線の地点で毎分換気量、毎分酸素摂取量などが急激に増加し始めており、この値が換気閾値 (VT) と判断できる。この被験者の場合、運動開始後12分、毎分換気量 ( $\dot{V}E$ )、70.1 (ml/min)、毎分酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ )、29.69 (ml/min)、体重当たりの酸素摂取量 ( $\dot{V}O/W$ )、69.63 (ml/kg)、毎分二酸化炭素換気量 ( $\dot{V}CO_2$ )、22.73 (ml/min) の地点が換気閾値 (VT)、すなわち無酸素性作業閾値 (Anaerobic Threshold: AT) と考えられる。

また、最大酸素摂取量は、心拍数183 (bpm) の時の85.56 (ml/kg/min) と推定した。したがっ

Table 12 Maximum Oxygen Uptake and Ventilation Threshold

ID	VO <sub>2</sub> max(ml/kg/min)	VT(%VO <sub>2</sub> max)	Assumed AT(ml/kg/min)	Lactate (mmol/L)
2	66.90	63.4	42.44	15.6
7	65.28	70.9	46.28	14.4
9	77.35	67.5	52.18	20.1
3	69.86	77.1	53.83	11.2
6	68.63	82.6	56.66	10.7
10	79.77	75.5	60.24	19.4
4	85.56	71.9	61.56	19.6
5	78.50	79.6	62.45	14.0
8	88.56	78.6	69.63	15.7

て、この被験者の無酸素性作業閾値 (AT) は、81.4%  $\dot{V}O_2$ max (換気閾値時の体重当たりの酸素摂取量を最大酸素摂取量を100%としたときの割合 (百分率) で示したもの) にあると推定した。最大酸素摂取量及び無酸素性作業閾値の推定値からは、この被験者に関しては有酸素性作業能力に優れていると判断できる。

上記のようにして推計した体育大学体育会テニス部所属部員9名の最大酸素摂取量、無酸素性作業閾値 (% $\dot{V}O_2$ max、 $VO_2$ )、血中乳酸値を「Table 12」に示した。

無酸素性作業閾値 (VT: % $\dot{V}O_2$ max) と間欠的「40mシャトルラン (10m-2往復)」のスピード減衰率 (以下「Delayed Time」) (「Table 8」の「final」/「primal」\*100の項参照) との相関関係を調べたところ、無酸素性作業閾値が高いほどスピードの減衰率が低いという有意な負の相関が確認された (「Fig.22」)。

また、作業後の血中乳酸値 (「Table 8」の「Lactate」の項参照) と無酸素性作業閾値 (VT: % $\dot{V}O_2$ max) との関係を示したのが、「Fig.23」である。作業後の血中乳酸値が高いものほど有酸素性作業閾値が高いという正の相関が確認された。

#### ◆考察◆

本実験の結果より、「Table 13」に本研究で実施した各種間欠的運動を一覧し、スピード持久性能力評価の可能性を考えてみた。

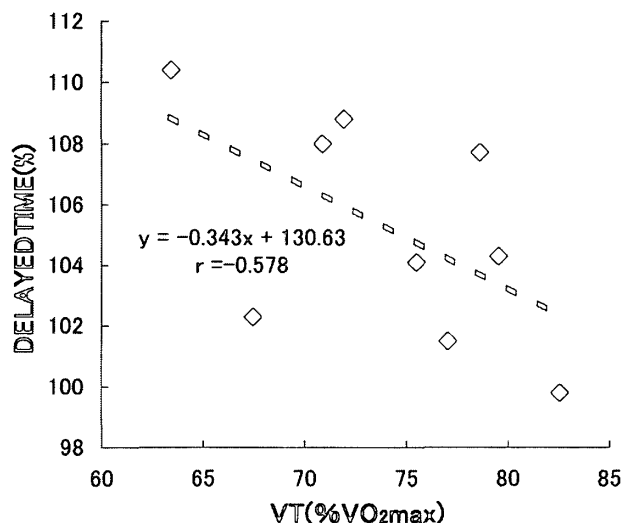


Fig. 22 THE RELATIONSHIP BETWEEN DERAYED TIME and VT

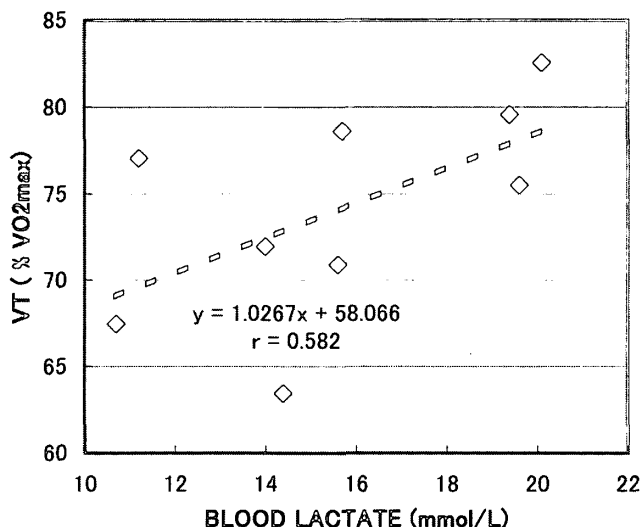


Fig. 23 THE RELATIONSHIP BETWEEN BLOOD LACTATE AND VT

Table 13 各種間欠的運動のスピード持久性能力評価の可能性

1試行の運動時間(s)	被験者分類 性別 測定項目\人数	一般大学テニス選手		全国選抜ジュニア選手		地域選抜ジュニア選手		体育大学テニス選手	
		男子	女子	男子	女子	男子	女子	男子	女子
1~2	間欠的5mスプリント	x	x	-	-	-	-	-	-
2~3	間欠的10mスプリント	x	x	-	-	-	-	-	-
5~9	間欠的40mスプリント	○	○	-	-	-	-	-	-
14~18	間欠的50m方向変換走	△	△	-	-	-	-	-	-
4~6	間欠的20mシャトルラン	x	x	-	-	x	x	x	-
9~12	間欠的40mシャトルラン	-	-	○	○	-	-	○	-
5	間欠的無酸素性パワー	-	-	◎	◎	◎	◎	-	-
50m走の途中経過時間の比較		-	-	-	-	-	-	?	-

◎:良好 ○適す △疑問 x不適 -測定せず ?再考

本研究で実施した各種間欠的フィールドテストのうち、走行距離が5mから20mの比較的短距離、時間して6秒前後までの各種間欠的反復運動のフィールドテストでは、記録の減退及び顕著な個人差が観察されなかったことから、この負荷では、休息期に十分にATP-CP系の回復がなされ、パフォーマンスを阻害する解糖系エネルギーの関わりが薄いことが推察され、スピード持久性を反映する指標とは成りえないと考えられる。

間欠的反復の「50m方向変換走」及び「40mスプリント」に記録の後退および個人差が観察されたことから、スピード持久性の評価には、40mから50mの距離、時間にして10秒前後から10秒を越える間欠的運動の負荷が適当であることが示唆された。

フィールドテストとしての「50m方向変換走」がスピード持久性の指標として不十分と考えられる理由は、運動遂行時間に15秒前後の時間を要し最大スピードで終始遂行が可能ならば解糖系エネルギー供給の大幅な動員も考えられるが、反転が7回と多く、その度にスピードがゼロになることから、敏捷性や巧緻性の要素が含まれスピード持久性評価の明確な指標となるとは言いがたいと考えられるためである。「primal相」、「middle相」「final相」のタイムがほとんど差がないことがこのことを裏付けている。

テニスの種目特性などを勘案すると、10mの距離を2往復する「40mシャトルラン(10m-2往復)」の間欠的繰り返しによる記録時間の遅延が、一試行時間も9秒から12秒の間であり、テニス競

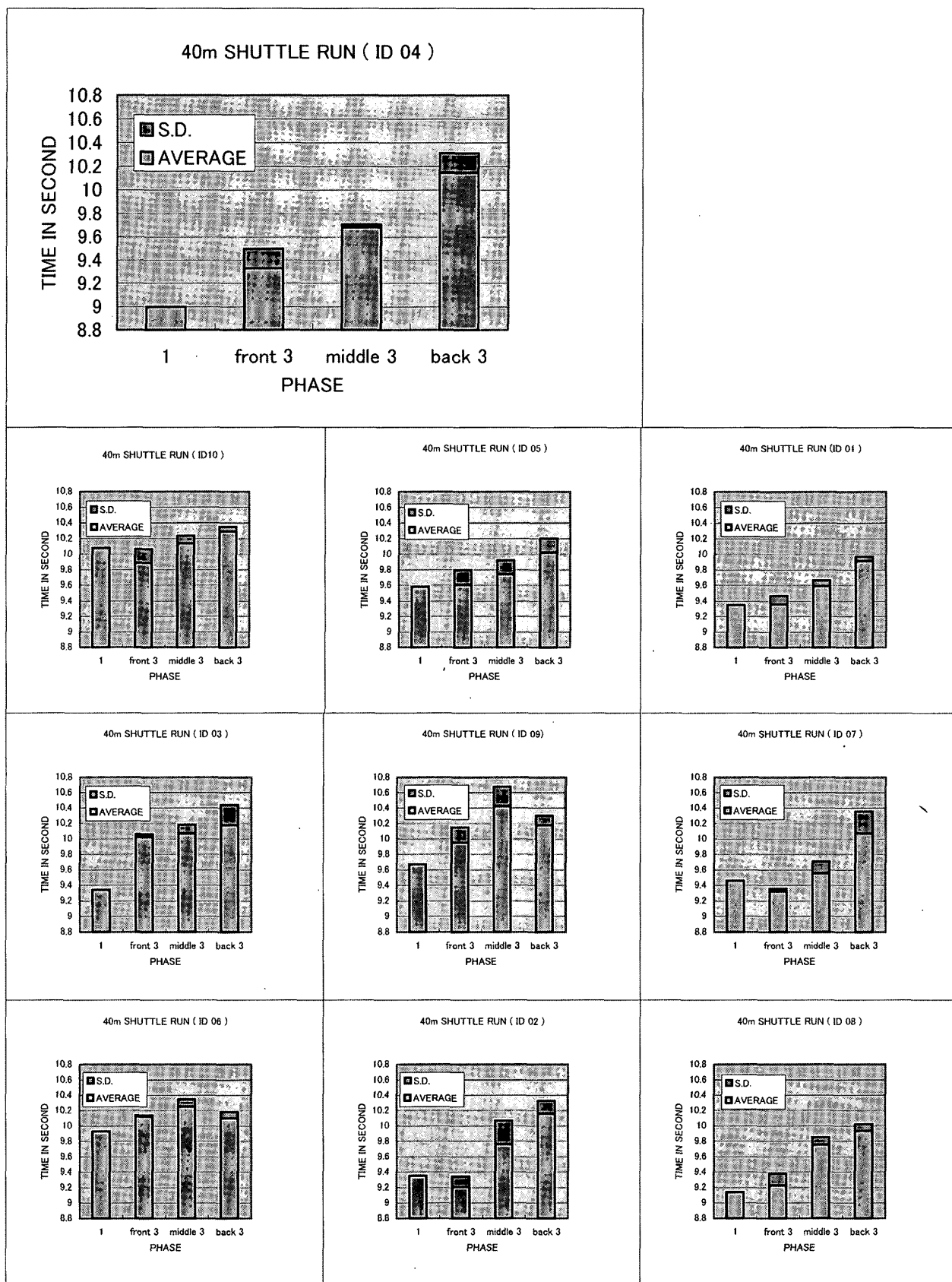


Fig. 24 Graf List of Intermittent 40m Shuttle Run

技におけるスピード持久性の評価には適切と考えられる。

また10秒前後という時間は、ATP-CP系のエネルギー容量としては理論的的最大値であり、逐次回復することにより解糖系エネルギーの関与が増大してくることが予測され、昨今簡易に計測できる血中乳酸値の測定とともに評価すれば、スピード持久性の評価には十分堪え得る指標であろう。

「Fig.24」は全被験者の「間欠的40mシャトルラン (10m-2往復)」のデータを一覧したものである。基本的には、反復回数が増すごとに試行時間が漸増しており、さらに記録の減退の様子も同様ではなく個人差が認められる。このことから、「間欠的40mシャトルラン (10m-2往復)」は、スピード持久性の評価指標としての妥当性が伺われる。

無酸素性作業閾値 (VT: % $\dot{V}O_2\max$ ) と間欠的「40mシャトルラン (10m-2往復)」のスピード減衰率(以下「Delayed Time」)(「Table 10」の「final」/「primal」\*100の項参照)との間に負の相関傾向が見られたことは、有酸素性作業の最大値である無酸素性作業閾値(AT)として考えた場合、運動時に消費したCP系を休息時に回復させる酸化系の関与の有効性を示唆しており、先行研究<sup>11)12)13)14)</sup>の見解とも一致する。さらに、一般大学体育会テニス部男子を対象とした、「間欠的50m方向変換走」の遅延時間と「12分間走」(「Fig.13 a」)、「間欠的40mスプリント」の遅延時間と「12分間走」(「Fig.13 b」)のそれぞれに負の相関傾向が認められたことも、休息期のATP-CP系のエネルギーの回復に酸化系の能力が寄与することを支持するものである。

## ◆結語◆

テニス競技におけるスピード持久性評価のため

のフィールドテストを作成するため、一般大学体育会に所属するテニス選手28名、全国選抜ジュニア選手14名、地域選抜ジュニア選手24名、体育大学体育会テニス部に所属する選手10名に各種間欠的運動及びフィールドテストを実施した。その結果、次の知見が明らかになった。

- 1) スピード持久性の評価に有効と考えられるフィールドテストは、「間欠的40mシャトルラン (10m-2往復)」と「間欠的40mスプリント」であった。
- 2) 実験室での自転車エルゴメーターによる5秒間の間欠的無酸素性パワー測定はテニス競技のスピード持久性の評価に有効である。
- 3) 無酸素性作業閾値 (VT: % $\dot{V}O_2\max$ ) と間欠的「40mシャトルラン (10m-2往復)」のスピード減衰率(「Table 10」の「final」/「primal」\*100の項参照)との間に負の相関傾向が見られた
- 4) 「間欠的50m方向変換走」の遅延時間(スピード減衰率)と「12分間走」(「Fig.13 a」)に負の相関が認められた。
- 5) 「間欠的40mスプリント」の遅延時間(スピード減衰率)と「12分間走」(「Fig.13 b」)に負の相関傾向が認められた。

以上の結果より、テニス競技におけるスピード持久性の評価にフィールドテストとしては、「間欠的40mシャトルラン (10m-2往復)」が適当であること、また、スピードの持久性に、休息期にATP-CP系を回復させる役割として、酸化系の能力が関与していることが示唆された。

## ◆今後の展開◆

本研究成果に基づき、財団法人日本テニス協会発行の「強化指導指針-トップへの道-」<sup>15)</sup>の中の「世界のテニスの動向と日本が今後行なけれ

ばならない点」の項で、身体的要素で動きのスピードの持続性及び全身持久性の重要性が謳われ、そのフィールドテストマニュアルにスピード持続性を測定目的とする間欠的シャトルランが採用された。仕様は、テニスコートでの測定の利便性を考え、20秒の休息を挟んでテニスコートのダブルサイドライン間(10.97m)2往復を10試行実施しその低下率をみる評価法である。

#### ◆謝辞◆

本論文は、平成14年度学習院大学計算機センター特別研究費の支給の基報告された、「佐藤陽治、梅林薫：テニス競技におけるスピード持久性評価のためのフィールドテストに関する一考察、学習院大学計算機センター年報 (ISSN 0913-4514)、Vol.23、p.67-99、2002」を改訂し論文にまとめたものである。

関係各位のご理解に謹んで謝辞を表明いたします。

尚、本研究の一部は、日本体育学会第53回大会<sup>16)</sup>で発表された。また、2004 Pre-Olympic Congress Sport Science Through the Ages (Thessaloniki / Hellas-Athen)で発表予定である。

#### ◆参考文献◆

- 1) 佐藤陽治、岩本淳、久保田秀明、道上静香、梅林薫：「テニス競技におけるラリーテンポの加速化について」、学習院大学スポーツ・健康科学センター紀要、第8号、p.25-34、2000  
Yoji Sato, Kaoru Umebayashi et al. "A Study on the Acceleration of the Rally Tempo in Modern Tennis", The Annual Report of Centre for Sport and Health Sciences Gakushuin University, No.8, p.25-34, 2000
- 2) 佐藤陽治、梅林薫、徳田潤子：「テニス競技

のエネルギー代謝に関する一考察」、学習院大学スポーツ・健康科学センター紀要、第5号、p.1-7、1997

- 3) 佐藤陽治、梅林薫、蝶間林利男、木内真弘、畑山雅史、他：「テニス競技のエネルギー代謝について」、平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告、No. II、競技種目別競技力向上に関する研究-第21報-、p.63-74、1998  
Yoji Sato, Kaoru Umebayashi, Toshio Chomabayashi et al., The Research Reports of Sport and Medical Science Japan Physical Education Association, No. II, Vol.21, p.63-74, 1998
- 4) 佐藤陽治、梅林薫：「球技スポーツにおける戦術の一般化および統計学的解析」、学習院大学計算機センター年報、Vol.22、p.60-92、2001
- 5) 佐藤陽治、梅林薫、岩嶋孝夫、江口淳一、久保田秀明：「テニス競技におけるラリーテンポの加速化について」、日本体育学会第52回大会号、p.552、2001
- 6) Karl Weber：「tennis-fitness」、BLV Verlagsgesellschaft、Muenchen、1982
- 7) 三浦朗：「テニス選手のポジショニングと動き」、コーチング・クリニック、11、1994
- 8) 佐藤陽治、梅林薫、道上静香、衣笠隆、蝶間林利男、他：「ゲーム分析によるテニスの体力的種目特性の考察」、日本体育協会スポーツ医・科学研究報告、No. II、競技種目別競技力向上に関する研究-第20報-、p.53-59、1997
- 9) Cooper, Kenneth H.：The New Aerobics, Evans, 1970
- 10) 「現代体育・スポーツ体系」第9巻、コーチングの科学、p.166、講談社
- 11) 山本正嘉：Anaerobics と aerobics の二面性をもつ運動をとらえる-間欠的運動のエンジェティクス-、J.J.SPORT SCI.、13-5、1994

- Masayoshi Yamamoto, J.J.SPORT SCI., p.13–25,1994
- 12) Bangsbo, J.: The physiology of soccer; with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol.Scand.*,151(Suppl.619): 1–155,1994
- 13) Essen, B., et al.: Utilization of blood-borne and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man. *J. Physiol.*, 265 : 489–506, 1977
- 14) Saltin, B. and Essen, B.: Muscle Glycogen, Lactate, ATP, and CP Intermittent Exercise, in *Advances in Experimental Medicine and Biology*, Vol. 11, *Muscle Metabolism During Exercise*, 419–428, Plenum Press, 1971
- 15) 財団法人日本テニス協会: 「強化指導指針—トップへの道—」(2002年版)、p.32–39、平成14年3月
- 16) 佐藤陽治、梅林薫: 「テニス競技におけるスピード持久性評価のためのフィールドテストに関する一考察」第53回日本体育学会大会号、p. 508、12.Oct.、2002