無酸素性作業閾値からみたサッカー選手の持久力

中屋敷　眞，曲　暁光*，鈴木　省三

I．はじめに

ブラジルのサッカーのレベルの高さは言うまでもない。そのブラジルナショナルチームは，第６回と７回のワールドカップ大会に連続優勝したが，1966年の第８回ワールドカップ・イングランド大会において１次リーグで惨敗，敗退した。ブラジル関係者はその敗因をフィットネス面にあると分析し，1970年の次回ワールドカップに向けて，1969年よりナショナルチームのトレーニングを開始した。その時のブラジルナショナルチームの12分間走の走行距離は2993mであったが，１年間のトレーニングで，1970年には3540mにまで達し，その年の第９回ワールドカップ・メキシコ大会において，ファンタスティックな攻撃的サッカーを展開し，３度目の優勝を遂げた[2]。これらのことは，サッカー関係者において衆知の事実となっており，全身持久性能力の向上が競技力に大きく関与したことを示唆していることがわかる。

通常，サッカーは，その競技形態と試合中のプレイの特徴から，持久性の競技種目に分類され，体力的な特性として全身持久性の占める割合が高いとされている。これまでの研究報告によると，90分の試合中の選手の移動距離は8000mから12000mであり[12]，その試合時間内における80％から90％がスタンディング，ウォーキング，ジョギングなどの有酸素的な運動形態であること[11]などが知られている。

これらのことから考えるに，サッカー選手にとって最も基本的であり，基礎をなす重要な体力要素は全身持久力である，ということがわかる。

従来，サッカー選手の全身持久力の指標としては，最大酸素摂取量や12分間走が主に用いられてきた。しかし近年来，有酸素性，無酸素性運動の強度や疲労を反映する指標として血中乳酸濃度が各種スポーツ競技の現場で測定，利用されている。その中でも，持久性競技種目の成績と相関が高いといわれている無酸素性作業閾値（Anaerobic Threshold：AT）が注目されている[16]。これは運動時におけるエネルギー代謝機構が無酸素的なのか有酸素的なのか，その境界の運動強度を示すものであり，血中乳酸濃度が４ mMol/ l の時点での運動強度がATである。この血中乳酸濃度４ mMol/ l は生理・生化学の研究諸家によって有酸素性持久力の判断基準として経験的に確かめられたものである。ATを指標として用いることの重要な意義は，全身持久性能力を高めるための選手個人へのトレーニング強度について運動処方ができるということである。

現在，日本においてサッカー選手のATに関する研究報告は少ない[8) 9) 13)]。したがって，サッカー競技のトレーニング現場にATを用いた運動処方を導入することは，外国選手と比

*吉林体育学院（仙台大学研究生：1991～1992年）

較して持久性能力に劣るといわれている日本のサッカー選手達の競技力向上に，さらには日本サッカーの発展につながるものと大いに期待できる。

そこで本研究は，サッカー選手を対象に，トレッドミルでの漸増負荷法を用いて血中乳酸濃度，酸素摂取量，心拍数を測定し，AT を求め，選手の持久性能力の現状を明らかにすることで，持久力向上のためのトレーニングとしての運動処方の一指針を得ようとするものである。

Ⅱ．方法

1．被験者

被験者は仙台大学サッカー部の一軍選手，18歳～22歳，平均19.8歳の16名であり，ポジション別の内訳は FW 2名，MF 7名，DF 6名，GK 1名である。この被験者16名のプロフィールは表1に示す。表1の12分間走は被験者の持久力の水準としてのパフォーマンスを知るために行ったものである。

2．実験期日，場所

血中乳酸濃度，心拍数，酸素摂取量については1992年3月4日から3月7日に仙台大学第3体育館内 Human Performance Laboratory で行った。12分間走は1992年3月21日に仙台大学陸上競技場の全天候型トラックで行った。

3．実験方法

実験は，西川鉄工所製 NT－12型のトレッドミルを使用し，トレッドミル角度0度で，図1に示した速度漸増負荷法を用いた。この漸増負荷法は AT に関する既成研究報告の手法に準じたものである。これは150 m/min の走行速度でランニングをスタートし，270 m/min まで3分毎に30 m/min ずつ，そして280 m/min からは1分毎に10 m/min ずつ，自覚性最大努力（オールアウト）まで走行速度を漸増するものである。そしてオールアウト後，ただちに椅座位にて回復としての休息を5分間とることにした。また，走行速度150 m/min から270 m/min の各3分間の運動後，採血のための運動停止時間を1分間ずつとることとした。

表1　被験者のプロフィール

No	被験者	年齢	ポジション	経験年数（年）	身長（cm）	体重（kg）	12分間走 (m)
1	澤村	20	GK	7	176	67.0	3200
2	永岡	22	DF	13	170	60.0	3300
3	田中	21	DF	10	169	68.0	3450
4	木村	21	DF	13	174	67.0	3300
5	後藤	20	DF	14	169	67.0	3400
6	杉本	20	DF	12	171	62.0	3400
7	加見	19	DF	7	184	76.0	3200
8	小松	20	MF	12	173	67.0	3470
9	井上	19	MF	14	167	63.0	3300
10	太田	19	MF	5	167	67.0	3200
11	古川	19	MF	11	178	68.0	3600
12	菅原	19	MF	10	172	56.5	3350
13	百瀬	18	MF	11	163	59.0	3300
14	早野	20	FW	12	178	71.5	3300
15	杉山	20	FW	11	170	61.0	2700
16	桐林	19	MF	13	176	63.0	3250
Mean		19.8		10.9	172.3	65.6	3295.0
S.D		0.9		2.5	5.0	5.1	186.4

1）　血中乳酸濃度の測定

各走行速度での3分間の運動後，1分間の運動停止中に，被験者の指先より採血，それをYSI 社製ラクラートアナライザー23L（乳酸自動分析器）に注入し，血中乳酸濃度を測定した。採血および測定は運動前と走行速度150 m/min，180 m/min，210 m/min，240 m/min，270 m/min の各ステージとオールアウト，そしてオールアウト後5分間の回復（休息）後，の計7回行った（図1）。

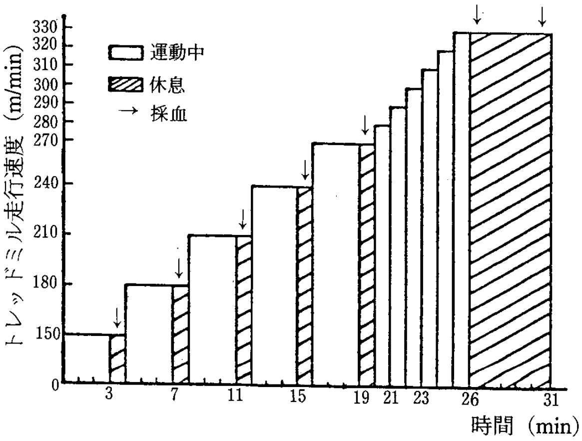

図1　本実験のプロトコール

2）　酸素摂取量と心拍数の測定

測定装置はセンサメディックス社製呼吸代謝分析器 MMC 440 otc であり，酸素摂取量は呼気マスク装置での Breath By Breath の呼気を装置内に通し，その自動分析値を測定値とした。また，同様に胸部導出による心拍数も測定した。

Ⅲ. 結　　果

表1より，被験者16名の12分間走は，最低が2700mで特に低く，他の15名は3200mから3600mであり，平均値および標準偏差は3295.0±186.41mであった。

表2は本実験における各測定ステージでの結果の一覧である。

表3より，オールアウト時の最高走行速度は290～330 m/min の範囲で平均が306.9±11.6 m/min であった。測定中の最高心拍数は最高が203 beats/min，最低が174 beats/min，平均194.8±7.4 beats/min であり，最大酸素摂取量は2.89～4.35 l / min（43.1～65.2 ml/kg•min），平均3.56±0.42 l / min（54.3±6.2 ml/kg•min）であった。同様に，最高血中乳酸濃度については，表2と図3～18をみてわかるように，最高値の出現期に個人差があり，その最高値も差が大きく，7.0～14.6 mMol/ l の範囲であり，平均10.3±2.4 mMol/ l であった。

表4は，最大乳酸定常として一般的に用いられている4 mMol/ l を基準とした，その推定血中乳酸4 mMol/ l 出現時における走行速度と心拍数ならびに酸素摂取量，そして，それぞれの数値の最高および最大値に対する比率をあらわしたものである。これによると走行速度については，最高が273 m/min，最低が200 m/min とその差は大きく，全体の平均が238.8±19.8 m/min であり，最高速度との比率は69.0～86.7%，平均77.8±5.1%であった。心拍数については150～192 beats/min と個人差が大きく，平均175.4±10.5 beats/min であり，比率は，被験者桐林と井上がそれぞれ77.3%，82.1%と特に低く，他の14名は87.4～95.6%で全体の平均が90.0±4.6%であった。酸素摂取量については，2.14～4.05 l / min（34.5～56.0 ml/kg•min）の平均3.08±0.46 l / min（46.9±5.58 ml/kg•min）であり，% of $\dot{V}O_2max$ は，心拍数と同様，被験者桐林と井上がそれぞれ70.7%，74.4%と特に低く，他の14名についても個人差としてのばらつきが大きいが81.6～97.4%で，平均値および標準偏差は86.7±7.0%であった。

各被験者別に各測定ステージ毎の血中乳酸濃度，心拍数，酸素摂取量，体重あたりの酸素摂取量の変動を示したものが図3～図18であり，図2は，同様に，被験者全員の平均値と標準偏差を示したものである。これによると，すべてにおいて数値と変動度合いに個人差がみられるものの，心拍数と酸素摂取量は走行速度による

表２　本実験における測定結果の一覧

被験者		運動前 HR (min)	運動前 $\dot{V}O_2$ (l/min)	運動前 $\dot{V}O_2$ (ml/kg•min)	運動前 BL (mMol/l)	150m/min HR (min)	150m/min $\dot{V}O_2$ (l/min)	150m/min $\dot{V}O_2$ (ml/kg•min)	150m/min BL (mMol/l)	180m/min HR (min)	180m/min $\dot{V}O_2$ (l/min)	180m/min $\dot{V}O_2$ (ml/kg•min)	180m/min BL (mMol/l)	210m/min HR (min)	210m/min $\dot{V}O_2$ (l/min)	210m/min $\dot{V}O_2$ (ml/kg•min)	210m/min BL (mMol/l)
1	澤村	79	0.37	5.1	1.2	131	2.50	34.2	2.1	157	2.75	37.6	1.7	176	2.84	38.9	2.3
2	永岡	74	0.22	3.6	1.1	147	1.81	30.2	2.4	161	2.12	35.3	2.3	173	2.24	37.1	2.5
3	田中	51	0.19	2.8	1.2	128	2.23	32.8	2.8	137	2.49	36.6	2.0	154	2.73	40.1	1.8
4	木村	81	0.22	3.2	1.1	152	2.29	33.1	3.1	161	2.76	41.1	3.1	177	3.13	46.7	3.5
5	後藤	54	0.19	2.8	1.3	126	1.87	27.8	2.1	143	2.21	33.0	3.9	161	2.51	37.5	2.5
6	杉本	52	0.23	3.7	1.2	131	2.02	32.6	2.3	148	2.38	38.1	2.1	163	2.71	43.6	4.6
7	加見	53	0.26	3.4	1.2	107	1.91	25.1	2.2	129	2.27	29.8	1.5	138	2.56	33.7	1.6
8	小松	58	0.19	2.9	0.9	130	2.13	31.8	3.3	155	2.57	38.3	3.2	172	2.83	42.2	3.3
9	井上	62	0.25	3.9	1.2	128	2.06	32.2	2.3	138	2.50	39.1	2.3	156	2.92	45.6	3.1
10	太田	53	0.23	3.4	1.0	123	1.96	29.3	2.5	145	2.44	36.1	1.4	171	2.83	42.3	1.5
11	古川	75	0.37	5.5	1.3	132	2.25	33.1	1.8	141	2.58	37.9	1.3	153	2.88	42.3	1.5
12	菅原	62	0.20	3.5	0.9	146	1.62	28.6	2.4	156	2.16	38.3	1.8	166	2.48	43.8	1.8
13	百瀬	72	0.20	3.4	1.3	130	1.93	32.7	1.9	148	2.25	38.1	1.5	167	2.65	45.0	1.7
14	早野	57	0.22	3.1	1.2	122	2.52	35.3	2.1	143	2.81	39.2	2.1	160	3.27	45.7	2.1
15	杉山	76	0.18	3.0	1.2	149	2.02	33.1	3.8	161	2.23	36.6	2.4	176	2.59	42.1	3.5
16	桐林	72	0.18	2.8	1.1	120	1.69	26.9	3.2	137	1.96	31.0	3.4	156	2.23	35.1	7.8
Mean		64.4	0.23	3.51	1.15	131.4	2.05	31.2	2.5	147.5	2.41	36.6	2.3	163.7	2.71	41.4	2.8
S•D		10.46	0.06	0.76	0.12	11.54	0.25	2.78	0.55	9.71	0.24	2.94	0.75	10.35	0.27	3.80	1.55

被験者	240m/min HR (min)	240m/min $\dot{V}O_2$ (l/min)	240m/min $\dot{V}O_2$ (ml/kg•min)	240m/min BL (mMol/l)	270m/min HR (min)	270m/min $\dot{V}O_2$ (l/min)	270m/min $\dot{V}O_2$ (ml/kg•min)	270m/min BL (mMol/l)	オールアウト HR (min)	オールアウト $\dot{V}O_2$ (l/min)	オールアウト $\dot{V}O_2$ (ml/kg•min)	オールアウト BL (mMol/l)	回復 HR (min)	回復 $\dot{V}O_2$ (l/min)	回復 $\dot{V}O_2$ (ml/kg•min)	回復 BL (mMol/l)	最高走行速度 (m/nin)
1	190	3.96	54.2	3.2	199	4.25	58.2	7.2	203	4.10	56.1	6.9	111	0.58	8.0	10.8	300
2	183	2.34	39.1	3.8	192	2.81	46.9	6.1	198	2.89	48.1	6.7	123	0.38	6.3	7.0	320
3	169	3.06	44.9	2.6	179	3.29	48.3	5.1	192	3.21	49.3	9.7	106	0.52	7.7	9.6	320
4	189	3.38	50.4	5.2	192	3.61	53.9	7.4	201	3.57	53.2	9.7	120	0.65	9.8	9.3	300
5	172	3.02	48.8	4.4	181	3.39	54.8	7.0	189	3.54	57.0	12.0	113	0.54	8.7	11.5	310
6	171	2.85	42.5	3.1	181	3.06	45.6	5.3	184	3.45	51.5	14.6	109	0.51	7.6	11.4	310
7	160	6.02	39.8	2.8	169	3.28	43.1	4.6	174	3.24	42.6	10.8	87	0.42	5.5	7.1	300
8	189	3.26	48.6	9.5	199	3.45	51.5	8.8	198	2.96	44.1	8.7	101	0.44	6.6	9.6	290
9	175	3.35	52.3	5.1	188	3.79	59.2	5.5	201	4.17	65.2	9.5	114	0.64	10.0	8.3	310
10	190	3.07	45.8	2.7	201	3.36	50.1	5.7	201	3.39	50.5	9.2	116	0.53	7.8	6.9	300
11	163	3.34	49.1	2.5	178	3.80	55.8	3.4	196	4.35	64.0	9.3	110	0.70	10.3	9.0	330
12	171	2.72	48.1	3.2	179	3.31	58.5	5.4	193	3.46	61.2	8.4	107	0.19	8.7	8.0	310
13	178	3.10	52.6	2.6	186	3.20	54.2	4.7	199	3.64	61.6	7.6	109	0.52	8.8	6.5	320
14	173	3.70	51.7	5.8	181	3.96	55.3	5.0	186	3.94	55.1	7.2	107	0.43	6.0	4.7	290
15	177	2.77	43.9	5.0	194	3.07	48.8	8.5	188	2.33	37.0	8.6	106	0.36	5.8	14.6	290
16	185	2.94	48.2	5.1	195	2.99	49.1	10.0	200	3.01	49.4	9.9	135	0.55	9.1	14.0	310
	177.2	3.12	47.5	4.2	187.1	3.41	52.1	6.23	193.9	3.45	52.9	9.3	110.9	0.50	7.9	9.3	306.9
	9.33	0.38	4.36	1.76	8.98	0.37	4.72	1.71	7.73	0.51	7.68	1.93	10.02	0.12	1.49	2.62	11.58

BL:Blood Lactate

表3　被験者の最高走行速度，最高心拍数，最大酸素摂取量，最高血中乳酸濃度

項目 / 被験者		最高走行速度 (m/min)	最高心拍数 (beats/min)	最大酸素摂取量 (l/min)	最大酸素摂取量 (ml/kg•min)	最高血中乳酸濃度 (mMol/l)
1	澤村	300	203	4.25	58.2	10.8
2	永岡	320	198	2.89	48.1	7.0
3	田中	320	192	3.36	49.3	9.7
4	木村	300	201	3.61	53.9	9.7
5	後藤	310	189	3.45	51.5	14.6
6	杉本	310	189	3.54	57.0	12.0
7	加見	300	174	3.28	43.1	10.8
8	小松	290	199	3.45	51.5	9.6
9	井上	310	201	4.17	65.2	9.5
10	太田	300	203	3.39	50.5	9.2
11	古川	330	196	4.35	64.0	10.1
12	菅原	310	193	3.46	61.2	8.4
13	百瀬	320	199	3.64	61.6	7.6
14	早野	290	186	3.96	55.3	7.2
15	杉山	310	194	3.01	49.4	14.0
16	桐林	290	200	3.07	48.8	14.6
Mean		306.9	194.8	3.56	54.3	10.3
S•D		11.6	7.4	0.42	6.2	2.4

表4　4 mMol 出現時の名種パラメータ

項目 / 被験者		走行速度 (m/min)	最高速度比率 (%)	心拍数 (beats／min)	最高心拍数比率 (%)	酸素摂取量 (l/min)	酸素摂取量 (ml／kg•min)	% of $\dot{V}O_2$ max (%)
1	澤村	246.0	82.0	192	94.6	4.05	55.0	94.5
2	永岡	242.5	75.8	184	92.9	2.38	39.5	82.1
3	田中	257.0	80.3	174	90.6	3.19	47.0	95.3
4	木村	219.0	73.0	181	90.0	3.13	48.0	89.7
5	後藤	248.0	80.0	175	92.6	2.93	44.0	85.4
6	杉本	229.0	73.9	169	89.4	2.90	46.5	81.6
7	加見	260.0	86.7	166	95.4	3.18	42.0	97.4
8	小松	213.0	73.4	174	87.4	2.88	43.0	83.5
9	井上	224.0	72.3	165	82.1	3.12	48.5	74.4
10	太田	253.0	84.3	194	95.6	3.20	47.5	94.1
11	古川	273.0	82.7	179	91.3	3.83	56.0	87.5
12	菅原	251.0	81.0	174	90.2	2.93	52.0	85.0
13	百瀬	260.0	81.3	183	92.0	3.16	54.0	77.7
14	早野	226.0	77.9	167	89.8	3.49	49.0	88.6
15	杉山	220.0	71.0	179	89.5	2.70	44.0	89.1
16	桐林	200.0	69.0	150	77.3	2.14	34.5	70.7
Mean		238.8	77.8	175.4	90.0	3.08	46.9	86.7
S•D		19.8	5.1	10.5	4.6	0.46	5.6	7.0

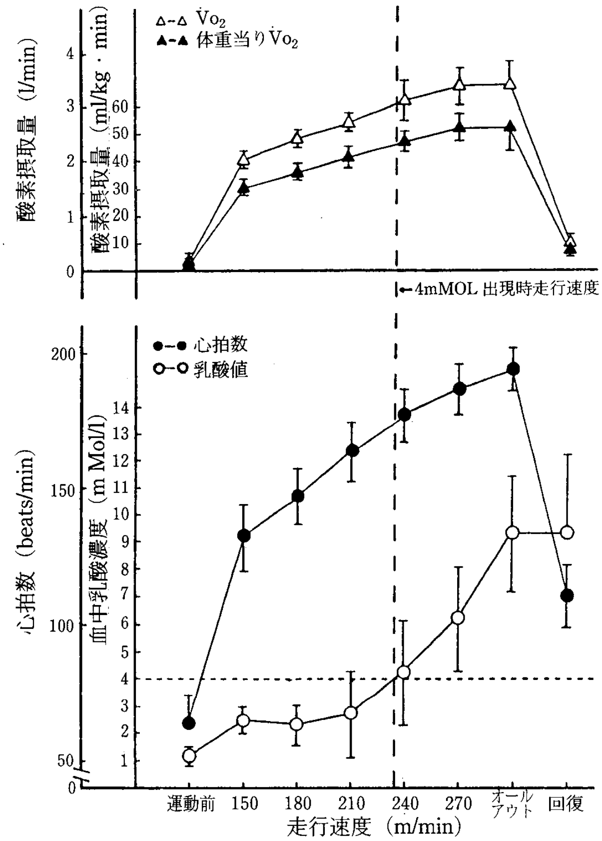

図２　走行速度による被験者16名の平均値としての乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

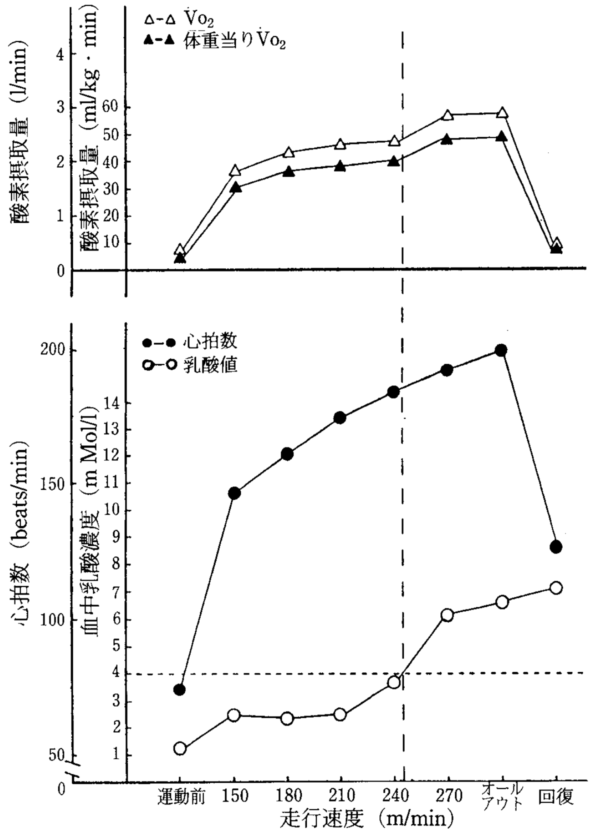

図４　永岡の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

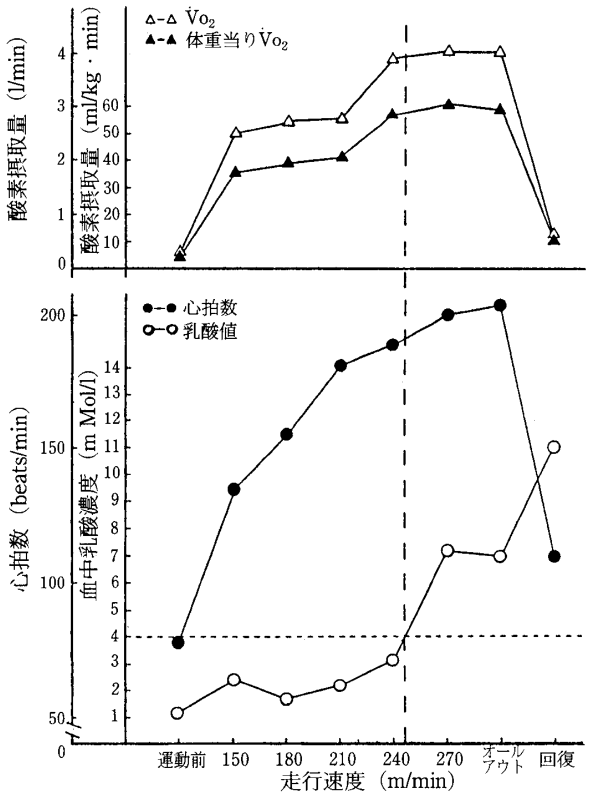

図３　澤村の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

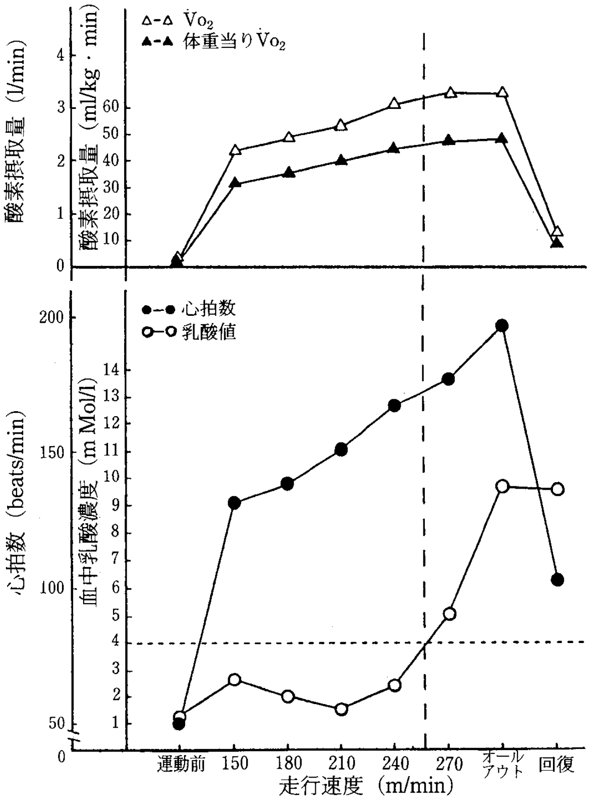

図５　田中の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

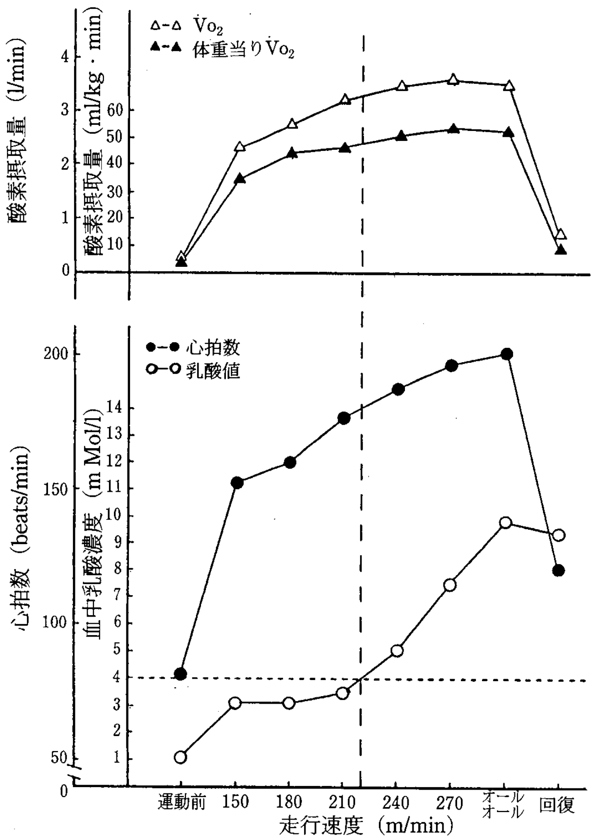

図6　木村の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

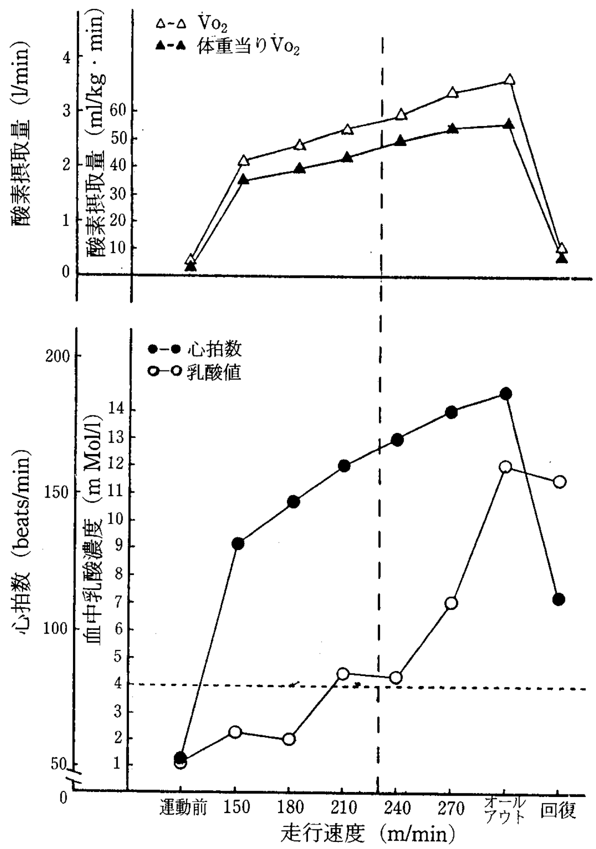

図8　杉本の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

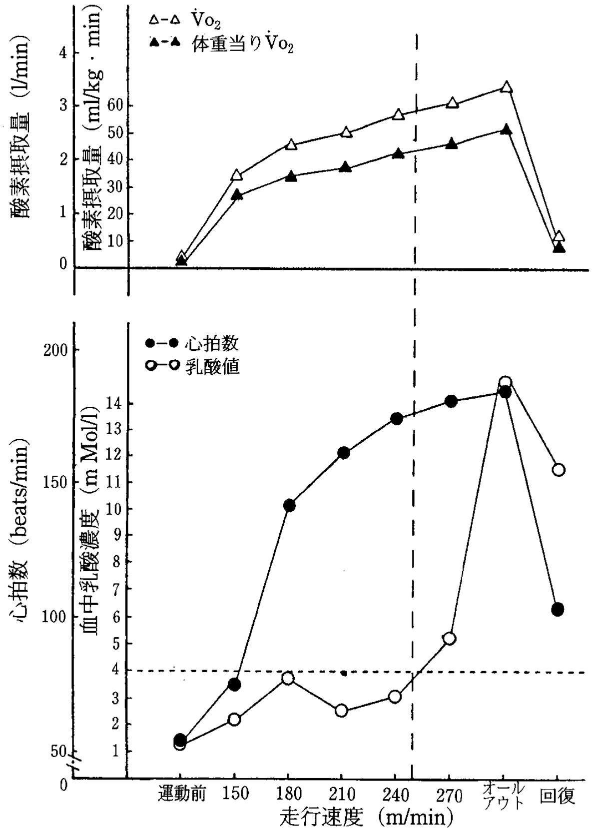

図7　後藤の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

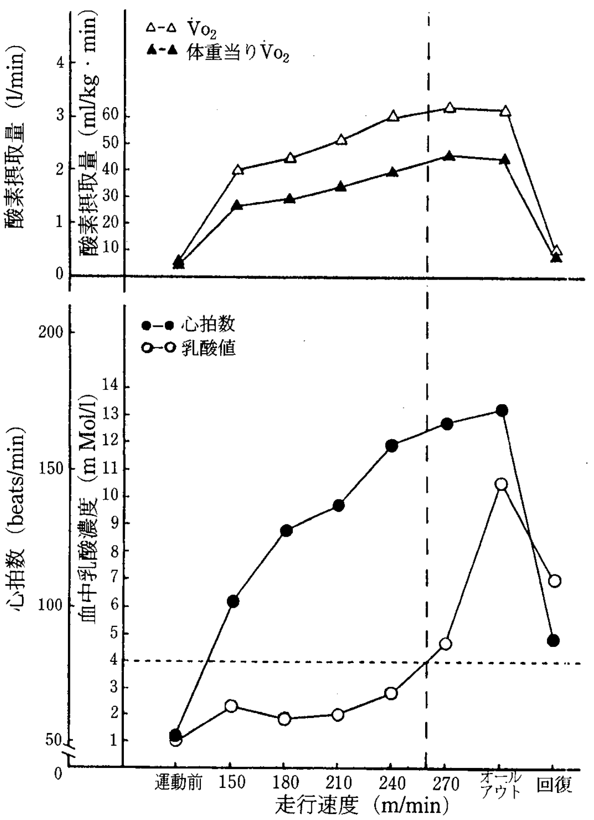

図9　加見の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

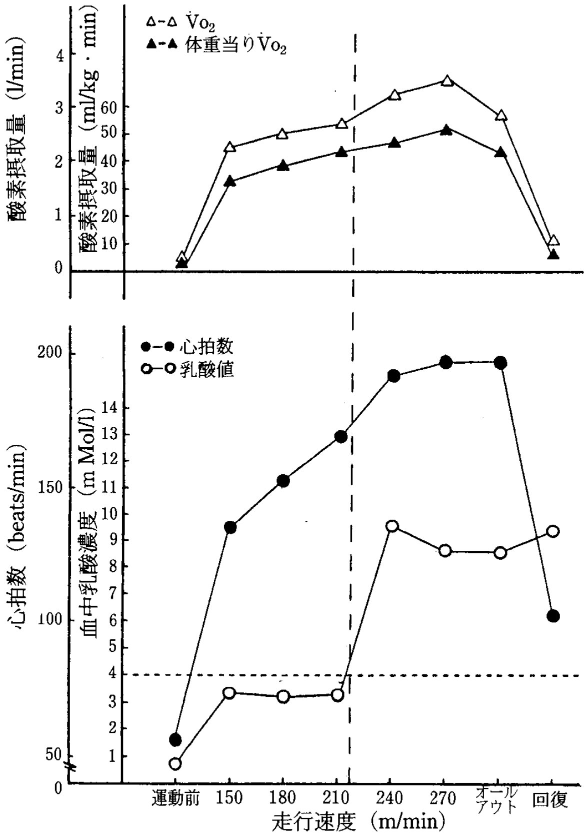

図10　小松の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

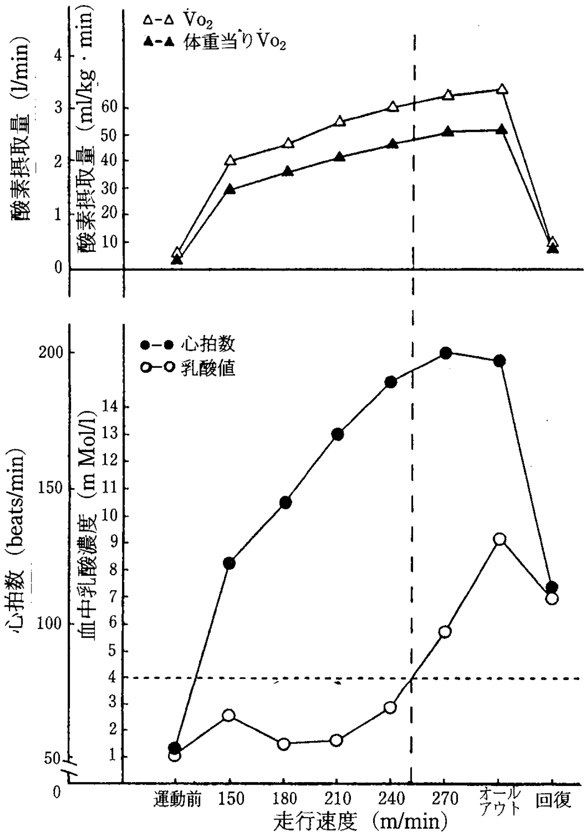

図12　太田の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

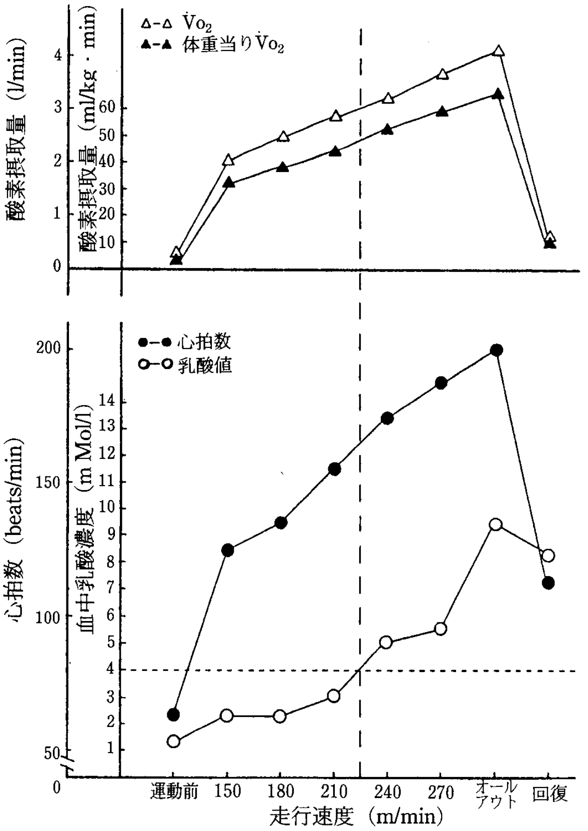

図11　井上の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

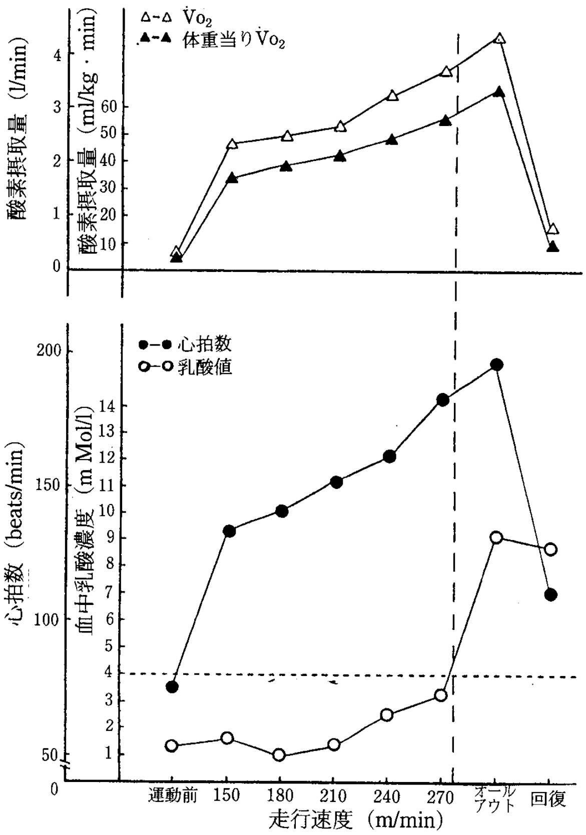

図13　古川の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

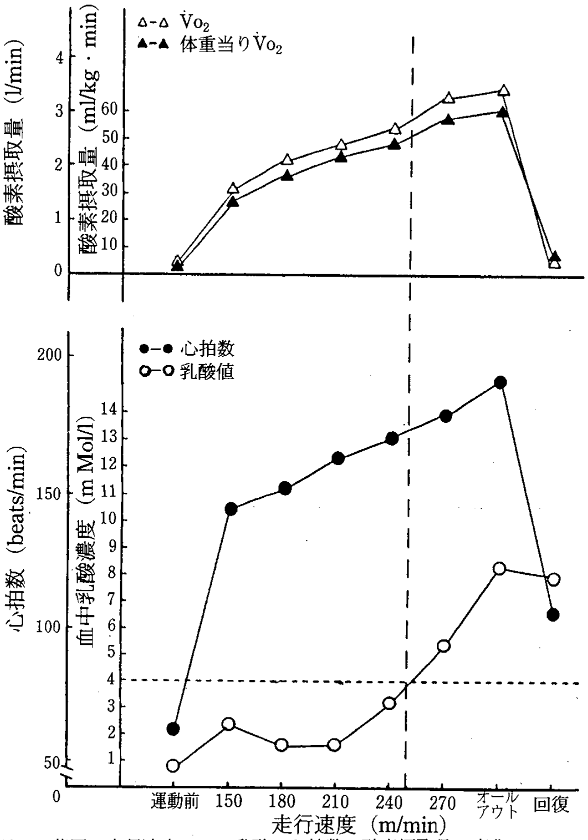

図14 菅原の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

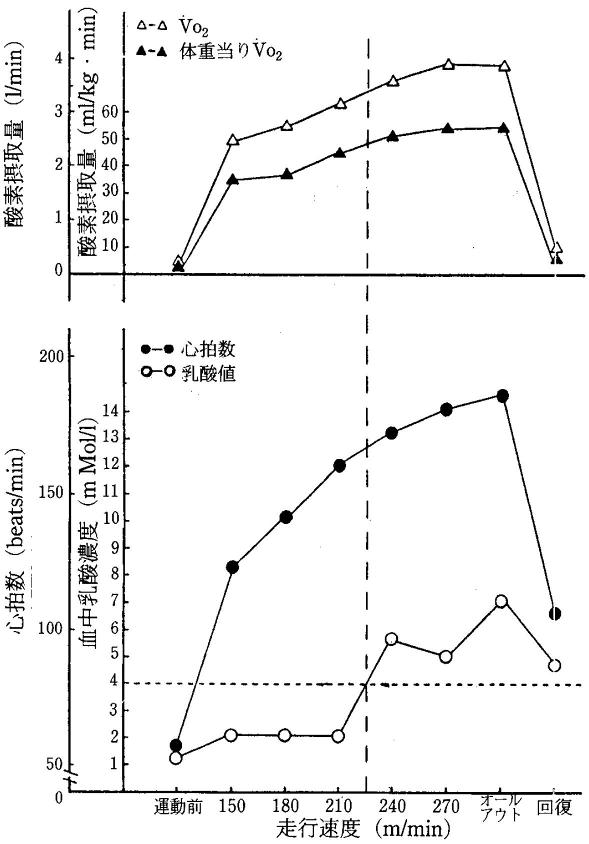

図16 早野の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

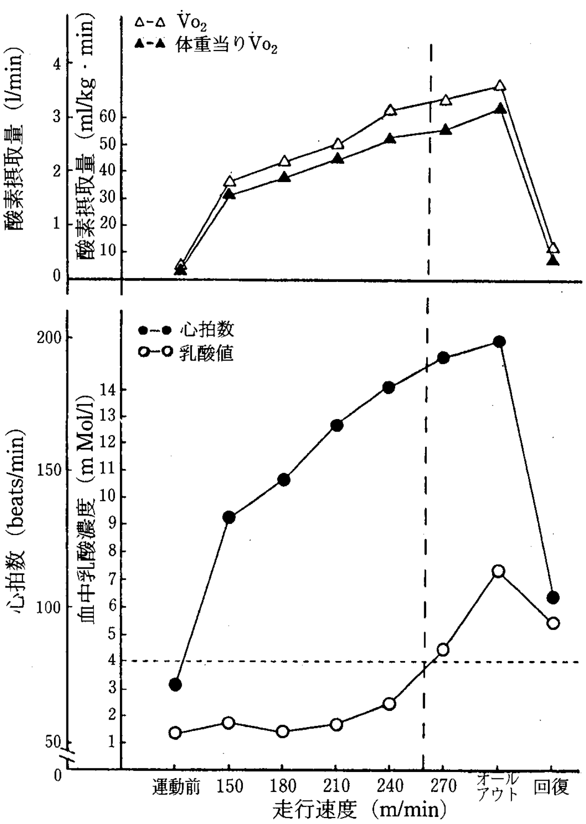

図15 百瀬の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

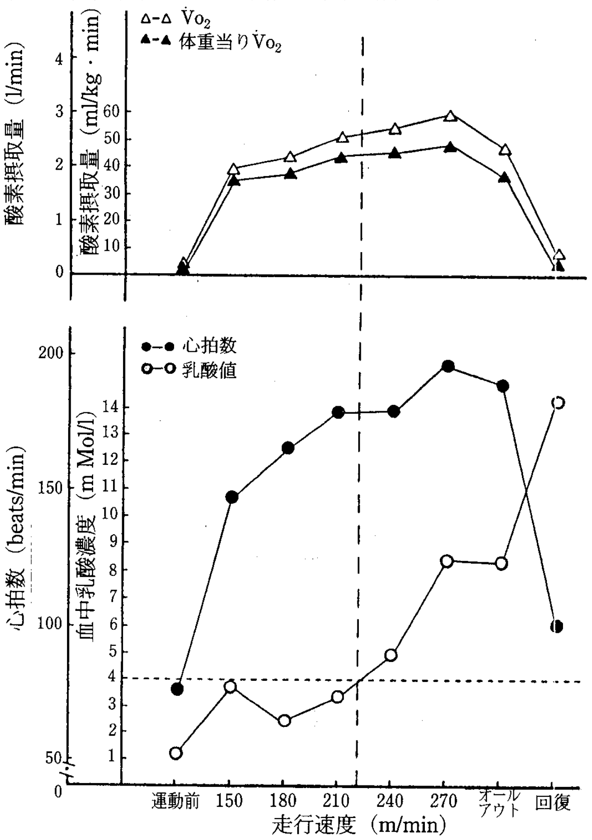

図17 杉山の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

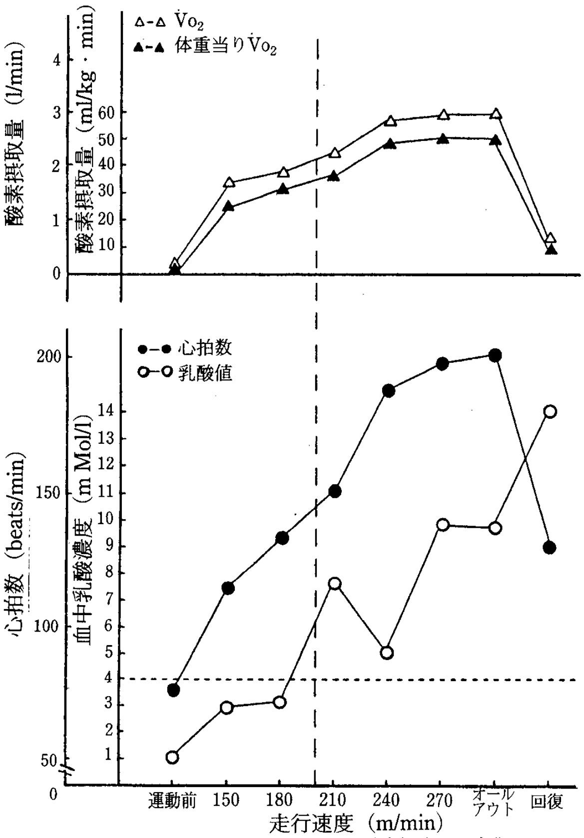

図18　桐林の走行速度による乳酸，心拍数，酸素摂取量の変化

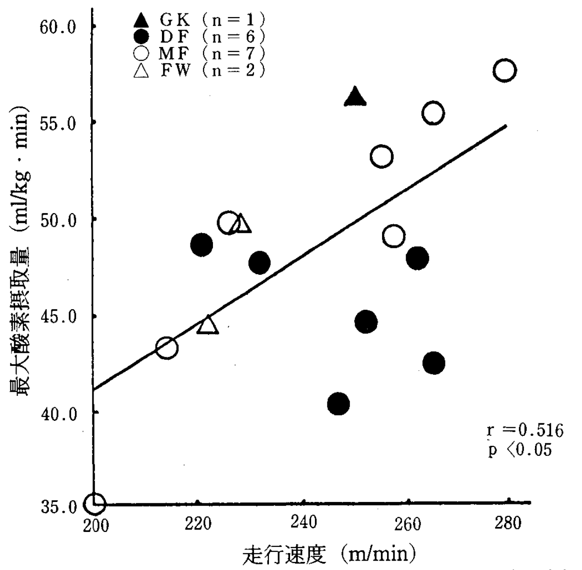

図19　4 mMol 出現時のポジション別の走行速度と体重当り最大酸素摂取量との関係

負荷の増加とともに上昇し，オールアウト後に急に下降する同じパターンを示した。しかし，血中乳酸濃度については，運動開始直後から上昇はするが，その後一時的に下降して再び

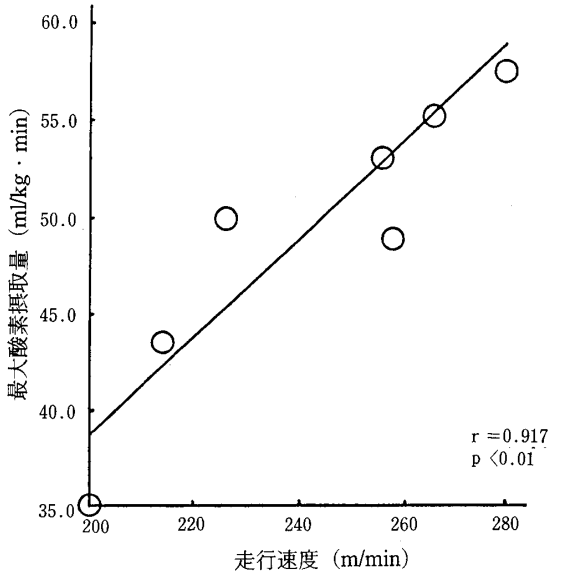

図20　4 mMol 出現時の MF（７名）の走行速度と体重当り最大酸素摂取量との関係

上昇するという一過性の同一傾向の変動がみられた。またオールアウト後の変動については個人の差違があり同一傾向はみられなかった。

図19は，ポジション別の 4 mMol/l 出現時の，走行速度と相対値酸素摂取量の関係を示したものであり，全体としては相関係数0.561の５％水準で有意な相関が認められた。さらに，MF（７名）だけについては，図20のように，相関係数0.917，１％水準で有意な高い相関が認められた。

Ⅳ．考　　察

全身持久力の一指標であるフィールドテストとしての12分間走について，戸苅ら[17]，松本ら[7]の報告から，日本のトップクラスの選手の走行距離は3200m～3300mであることがわかる。さらに戸苅ら[18]は，サッカー選手の体力基準を作成し，12分間走の到達基準は3400mであることを示している。これらのことから，本研究における被験者の12分間のパフォーマンスは，一人を除き，ほぼこれらのレベルに達しているといえる。しかし前出のブラジルナショナルチームの走行距離や東欧諸国の到達基準から

考えると，日本選手は大きく劣っている[2]。

最大酸素摂取量について，戸苅ら[17) 18)]は，日本の一流選手は平均で55～60 ml/kg•min であると報告している。また，大橋ら[14)]は日本代表チームとユース候補，日本リーグの3チーム，大学チームを対象に推定した結果，3.55～4.24 l / min （51.9～62.0 ml/kg•min）であったと報告している。本実験では，43.1 ml/kg•min から65.2 ml/kg•min という被験者間の差が大きく，平均としてはやや劣っていることがわかった。しかし，浅見[1)]や日本サッカー協会海外研修旅行報告[3)]にある西独とハンガリーのナショナルチームの70～75 ml/kg•min とは大きな差があり，本被験者だけでなく，一般に日本選手の持久性能力の水準の低さが指摘できる。

最高心拍数については，被験者16名中，極めて低い1名を除き，サッカー選手を対象とした既成研究報告と，ほぼ同様の結果が得られた。

血中乳酸濃度4 mMol/ l 出現時における運動強度について，大橋ら[13)]は3名の大学サッカー選手を対象に測定を行い，その走行速度は3.9m/ sec，3.7m/ sec であった，と報告している。同様に，長浜ら[8)]も3名の大学サッカー選手を対象として，その走行速度が285.5 m/min，275.3 m/min，235.0 m/min であったとしている。また久野ら[6)]は大学サッカー選手を対象に，最大酸素摂取量からその比率を求め，その結果，41.3±4.0 ml/min，71.7±4.2%であったことを報告している。長浜ら[8)]は，さらに酸素摂取量と心拍数についても調べ，50.6～58.5 ml/kg•min，186.4～194.0 beats/min であったと報告している。本実験における測定結果は，走行速度が前出の2例の中間的数値であり，最高速度比率は，特に低い数名を除き，約75～85%であることがわかった。酸素摂取量は，個人差が大きいが，前出の報告2例と比較し，やはり中間位にあり，% of VO_2 max は，特に低い数名を除き，約80～95%であることがわかった。心拍数については，前出の報告の数値或にある者が5名だけで，他11名はいずれも低く，比率は，特に低い者2名を除き，約90～95%であり，さらにこの心拍数は，やや高めではあるが試合中の平均心拍数と同程度にあることがわかる。[7) 15)]

また，長浜ら[9)]は，サッカーの試合中の移動距離と AT との関係について調査を行い，AT レベルの高い選手群は低い選手群よりも移動距離が多い傾向がうかがえたと報告している。このことは，本研究における図19と図20の結果と一致している。

本実験の対象とした被験者は，仙台大学サッカー部の一軍選手ではあるが，レギュラークラスではなく，平成4年度に向け，その将来を期待している。1・2年生が中心であり，測定結果の大きな個人差は，そのために生じた個人差としての結果であると推察する。すなわち，陸上競技における短距離，中距離，長距離の3つのタイプに，それぞれ特徴をもった選手が端的に分かれた結果であると考えられる。この点について，Flöthner[5)]は，サッカー選手の持久力を，「複合持久力」と表し，有酸素と無酸素のパワーを合わせもった中距離選手としての800mの持久力と一致している，と述べている。つまり，レギュラークラスの選手は数多くの試合を通じてこの持久力を獲得していると考えられるがサブレギュラークラスになると試合数が少なく，生得的能力や過去から現在に至るトレーニング結果にもとづいた個体特徴が個体差として生じ，アンバランスな，同一的レベルや変動の得られない測定結果になったものと推測できる。

以上のことから，本研究における被験者の全身持久性能力は，日本のトップレベルの選手と比較し，そのレベルにある者もいるが，全体としてはやや劣っていることがわかった。

サッカーの試合中の選手の移動距離について，大橋は[10)]，1978年と1979年の日本代表チームの国内での試合について対戦チームも含め調査を行った。その結果，1試合における選手の

移動距離は，平均で11335m～11953mであり，1967年メキシコオリンピック予選当時と比較して平均で約3400m～4000m多い値になっていると報告している。最近の選手についての資料はないが，スピードを重視した現代サッカーにおける試合の流動性は選手の活動量の増加を意味し，現在は，さらにその値が高くなっていると推測できる。このことは，本研究の走行速度と最大酸素摂取量の関係並びに長浜ら[9]の試合における選手の移動距離とATとの関係からも関連づけることができる。つまりサッカー選手の持久性能力の向上がさらに重要になってくる。

サッカーのトレーニングについて，戸苅ら[16]はその著書の中で，現段階では，ATを改善するのに最も効果的である運動強度は乳酸濃度が4 mMol/l(OBLAともいう：Onset of Blood Lactate Accumulation)となるレベルである，という報告が多い。また，持久性能力を維持するには，乳酸濃度が2 mMol/l ATレベルでの強度のトレーニングでよい，ともいわれている。これらのことは，これまで持久性向上を目的としたトレーニングでは，ほぼオールアウトまで追い込むような方法をとっていたが，これは必ずしもベストではないことを示唆している。長浜たちの報告でも，サッカー選手にOBLAレベルの強度でトレーニングを1日1回，20分間，週2回実施したところ，ATに関連した体力指標が向上し，試合中の移動距離も上昇傾向にあってた，としている。また，戸苅ら[16]，クーバー[4]は，試合中の平均心拍数にもとづき，トレーニング中の心拍数は160～180 beats/minが望ましいとし，さらに「With a Ball Training」で行うことが好ましいと指摘している。

以上のことから，サッカー選手の全身持久力は，競技において，最も基本的，かつ重要な体力要素であり，この優劣が競技力に大きく関与していることがわかった。サッカーの競技力向上のためには，この持久性能力を高めることが必要であり，これまでのオールアウトに追い込む方法ではなく，ATを用いたOBLAでのトレーニングがより効果的であり，選手個人への運動処方としても有効な指標，手段であると判断できる。

V. まとめ

本研究は，サッカー選手の持久性能力の各指標を測定し，これらを無酸素性作業閾値(AT)からみることにより，今後のトレーニングの運動処方としての一指針を得ようとするものである。実験は，トレッドミル走の漸増負荷法を用いて酸素摂取量，心拍数，血中乳酸濃度をそれぞれ測定し，パフォーマンステストとして12分間走も計測した。

その結果，以下の結論を得た。

1. 12分間走は，特に低い1名を除き，3200～3600mであり，平均および標準偏差は3295±186.41であった。これは日本のトップレベルとほぼ同程度である。
2. 4 mMol出現時（OBLA）における各種パラメータ（AT）として，走行速度は200～237 m/min，平均238.8±19.8 m/minであり，心拍数は150～192 beats/minで平均175.4±10.5 beats/min，そして酸素摂取量は2.14～4.05 l/min (34.5～56.0ml/kg•min)の平均3.08±0.46 l/min(46.9±5.6ml/kg•min)であった。最高・最大値に対する比率は，それぞれ77.8±5.1%，90.0±4.6%，86.7±7.0%であったが，個人差が大きかった。
3. ポジション別のOBLAにおける走行速度と酸素摂取量の関係は，全被験者が相関係数0.561（$P<0.05$），そしてMF（$n=7$）が0.917（$p<0.01$）という極めて高い有意な相関が認められた。

以上のことから，OBLAにおけるATの測定は，全身持久力が基本的かつ重要な体力特性となるサッカー競技において，選手のトレーニング強度の基準となり，運動処方の指針として

有効な指標になることがわかった。

稿を終えるに当たり，終始懇切な御指導をいただいた本学，佐藤祐教授に感謝の意を表します。

文　献

1） 浅見俊雄：サッカー選手の体力，岡野俊一郎ほか：スポーツの科学的指導（4）サッカー，不昧堂，69-103，1976.

2） 浅見俊雄ほか：スポーツの科学的研究；レビューシリーズ1，新体育社，79～80，1981.

3） Coacher's association of JFA: 海外研修報告書，1976.

4） ウィール・クーバー著，牛木素吉郎，加藤久，榊原潔共訳：攻撃サッカー，技術と戦術，旺文社，181-182，1984.

5） Flöthner•R. and Hort•W 共編，朝岡正雄訳：チームスポーツのためのスポーツ医学，オーム社，18～21，1984.

6） 久野譜也ほか：筋線維持性からみた大学サッカー選手の体力，第9回サッカー医・科学研究会報告書，2，1987.

7） 松本光弘ほか：サッカーのゲーム分析の研究－ゲーム中の運動強度を中心として－，福島大学教育学部論集29-3（教育・心理）55-65，1977.

8） 長浜尚史，磯川正教，丸山剛生，恩氏孝夫：血中乳酸濃度からみた運動強度，平成元年度日本体育協会スポーツ医科学研究報告Ⅱ競技種目別競技力向上に関する研究－第13報－，61-65，1989.

9） 長浜尚史，大橋二郎，兵頭圭介：サッカー選手の Anaerobic Threshold と試合中の動きについて，体力科学，36，6，648，1987.

10） 大橋二郎：ストライカーの動きについて CF の動きのパターン分析，スポーツのひろば，20-22，1979.

11） 大橋二郎：サッカー選手の試合中における移動スピードの測定，東京大学教養学部体育学紀要21，54-61，1987.

12） 大橋二郎：戸苅晴彦：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.

13） 大橋二郎：兵頭圭介，長浜尚史，磯川正教：サッカー選手の試合中における移動スピードと Anaerobic Threshold，体力科学，37，6，656，1988.

14） 大橋二郎ほか：最大酸素摂取量からみたサッカー選手の有酸素性運動能力と乳酸性作業閾値を用いた評価の試み，昭和63年度日本体育協会スポーツ医科学研究報告Ⅱ競技種目別競技力向上に関する研究－第12報－，245－251，1988.

15） Smodlaka•V•N : Cardiovascular aspects of soccer, The physician and sportsmedicine, july, 66－70, 1978.

16） 戸苅晴彦，鈴木滋：サッカーのトレーニング，大修館，2-18，1991.

17） 戸苅晴彦ほか：一流サッカー選手の体力について，東京大学教養学部体育学紀要13，33-42，1979.

18） 戸苅晴彦ほか：サッカー選手の体力と体力基準の作成，昭和52年度日本体育協会スポーツ医科学調査研究事業報告 No．2 競技種目別体力トレーニング処方に関する研究－第1報－，49-60，1977.

A Study on the Aerobic Work Capacity of Soccer Players with Anaerobic Threshold .

Makoto NAKAYASHIKI, Gyoko KYOKU and Shozo SUZUKI

The purpose of this study is to get a guide line for fitness training in order to measure about the elements of Aerobic work capacity on soccer players with the Anaerobic Threshold(AT)Principle.

The subject were 16, major level members of Sendai College Soccer Club.

The items measured on this study were blood lactate(BL), heart rate(HR), volume of oxygen intake($\dot{V}O_2$)during Treadmill run, and running distance for 12minutes.

The results were as follows;

1. The running distance were, excluded a lowest member, range of 3200～3600m, whole mean 3295±186.4m.

   This result is identical with top level soccer players in Japan.
2. The measured items in this time of 4mMol blood lactate(OBLA), running speed were range of 200～273m/min, mean 238.8±19.8m/min, HR were 150～192beats/min, 175.4±10.5 beats/min, $\dot{V}O_2$ were 2.14～4.05l/min(34.5～56.0ml/kg•min), 3.08±0.46l/min (46.9±5.58ml/kg•min)
3. The correlation between running speed and $\dot{V}O_2$, whole of members was $r=0.561(P<0.05)$, MF(n=7)of members was $r=0.917(P<0.01)$, the significant relationship were both found.

AT was found available a guide line for fitness training of soccer players.