

〔論文〕

マラソン記録の簡便な予測法

—12分間走テストによる最大酸素摂取量と
マラソンレースでの推定 $\dot{V}O_{2\max}$ の関係から—高橋 篤志
Atsushi Takahashi

大阪総合保育大学

足立 哲司
Tetsuji Adachi

大阪体育大学

藤田 将弘
Masahiro Fujita

大阪体育大学大学院

豊岡 示朗
Jiro Toyooka

大阪体育大学

本研究の目的は、12分間走テストの走行距離から予測された体重当たり最大酸素摂取量とマラソンレースにおける推定 $\dot{V}O_{2\max}$ を用いて男女ランナーのマラソン記録を予測することにある。被験者は、年齢22～58歳の28名のランナー（男性：14名、女性：14名）で、マラソン記録は、2時間25分から5時間18分（平均：3時間26分）であった。12分間走テストの走行距離は、2449～3976m（平均：3059m）となり、その距離から予測された体重当たり最大酸素摂取量は、44.2～76.3ml/kg/min（平均：57.0ml/kg/min）となった。各被験者のランニング速度に伴う酸素摂取量を測定した結果から、マラソン走行中の $\dot{V}O_{2\max}$ は、75% $\dot{V}O_{2\max}$ と見積もられ、基準尺度とした。75% $\dot{V}O_{2\max}$ に相当する酸素摂取量を、本研究で得た回帰式： $Y = 0.177X + 3.414$ （Y：体重当たり酸素摂取量，ml/kg/min；X：速度，m/min）に代入して、予測マラソン平均速度を求めた。算出された予測マラソン平均速度は、実際のマラソン平均速度と密接な関係（ $r = 0.911$, $p < 0.001$, $r^2 = 0.83$ ）になり、本推測法は、市民ランナーのマラソン記録の予測に役立つ簡便法になると示唆された。

キーワード：12分間走テスト、 $\dot{V}O_{2\max}/\text{kg}$ 、% $\dot{V}O_{2\max}$

I. はじめに

マラソンタイムと生理学的尺度との関係を調べた研究は、これまでに数多く報告されている。特に、体重当たり最大酸素摂取量（Foster, 1983）と $v\dot{V}O_{2\max}$ （Velocity of $\dot{V}O_{2\max}$: 最大酸素摂取量で走れる速度；Noakes, 1990）やLT（Lactate Threshold: 乳酸性作業閾値）とOBLA（Onset of Blood Lactate Accumulation: 血中乳酸濃度4.0mmol/L）スピードとの関連を見たものが多く、両者の相関は密接な関係を示し、1つの尺度でマラソンタイムの予測がかなりの精度で可能なことを表している（Sjödén ら, 1985; Faude ら, 2009）。加えて、中高年者ランナーのマラソンタイムを $\dot{V}O_{2\max}/\text{LT}$ と年齢による重回帰式から予測した研究も高い関連（ $r = 0.91$ ）を得ている（Takeshima ら, 1995）。

生理学的な推定方法とは別に、被験者の日常のトレーニング記録や形態測定を基にしたマラソン記録の予測法も報告されている。Schmid ら（2012）は、下肢の周径とトレーニング速度から、Barandun ら（2012）は、体

脂肪率とトレーニング速度の2変数からマラソンタイムを予測（ $r = 0.67 \sim 0.80$ ）し、Hagan ら（1987）、Tanda（2011）は、1日や週当たりの走行距離とトレーニングの平均速度からマラソンタイムとのかなり高い関係（ $r = 0.82 \sim 0.85$ ）を明らかにしている。

さらに、疲労困憊まで追い込むテストや、トラックやロードレースでのタイムを基準にした方法も見られる。Till ら（2016）は、トレッドミル傾斜走テストのオールアウトタイム（約20～50分の所要時間）から、Brown ら（1994）、Galloway（2001）、Daniels（2005）は、5km、10km、ハーフマラソンなどの記録を参考にしてマラソンタイムを予測するペース表を著書で公表している。種々の距離からの予測法は、ランナーにとって簡便であるが、正確なマラソンタイムを予測するには、数回、種々の距離を走っておくが必要になる。上述したようなマラソンタイムの予測法があるものの、市民マラソンの指導者やランナーの立場からは、実験室での長い時間にわたる拘束や呼吸マスクの装着、採血やトレーニング内容の提出などは煩わしく、より簡単な予測法が望ま

れる。それ故、時間的に短く、測定項目や拘束時間の少ないテストでマラソントimeを予測できる方法が、多くのランナーには、魅力的で容易に利用できると思われる。Cooper (1968) の考案した 12 分間走テストは、全身持久力の向上を意図した指導現場において、有益な実践手段になっている (豊岡ら, 2012)。走行した距離 (m) によって、体重当たり最大酸素摂取量が推測でき (体育科学センター, 1976)、全身持久力の性別、年齢別評価が可能であり (小林, 1982)、加えて LT スピードの決定に役立ち (高橋ら, 2016)、マラソントimeの予測 (疋田ら, 2016) にも利用できることが明らかになってきているからである。本研究では、12 分間走テストから得られる体重当たり最大酸素摂取量を基にしてマラソントimeを簡便に予測できる方法を明らかにしようとした。そのため、12 分間走テストに加え、ランニング速度に伴う酸素摂取量の測定を実施し、マラソン平均速度における $\dot{V}O_2\text{max}$ を求めた。その結果から、算出された予測マラソン平均速度と実際のマラソン平均速度との比較から、本予測方法の精度とトレーニングや指導現場で利用できる可能性を検討した。

II. 方法

1. 被験者

この研究には、年齢 22～58 歳、マラソントimeで 145.4 分～318.4 分 (2 時間 25 分 23 秒から 5 時間 18 分 23 秒) の男性 14 名と女性 14 名の被験者が、12 分間走テストとトレッドミル走行時の酸素摂取量を得るために最大下運動と最大運動に参加した。表 1 に被験者の身体的特徴とパフォーマンス、トレーニング量を平均値と標準偏差で示した。被験者のマラソン参加回数、レースでの歩行の有無、週間走行距離などは、アンケート調査により得た。全被験者には、本研究の目的、方法、危険性を十分に説明して、参加の同意を得た。なお、本研究は、大阪体育

表 1. 被験者の身体的特徴とパフォーマンス、トレーニング量

項 目 (n=28)	平均値	標準偏差	最小値	最大値
年 齢 (歳)	42	11	22	58
身 長 (cm)	166.8	6.7	155.0	182.0
体 重 (kg)	57.9	8.8	46.0	81.6
BMI (kg/m ²)	20.7	2.5	16.5	28.9
体脂肪率 (%)	18.7	6.1	6.3	29.0
最大酸素摂取量 (ml/kg/min)	54.46	7.81	39.40	71.30
マラソントime (分)	206.3	36.4	145.4	318.4
マラソン平均速度 (m/min)	210.7	37.5	132.5	290.2
12分間走距離 (m)	3059	408	2449	3976
12分間走平均速度 (m/min)	255.0	34.0	204.1	331.3
トレーニング量 (km/週)	65	35	20	140

大学研究倫理審査部会の承認 (No.16-38) を得た。

2. 12 分間走テストについて

1 周 400m の全天候型トラックにてマラソンの 1～3 週間前に実施した。12 分間で走行した距離は、周回数とスタート地点からの距離をロードメジャーにより 1 m 単位で計測して求めた。各被験者とも、テスト前に約 20 分間の任意のウォーミングアップを行った。テストでは、できるだけイーブンペースで走り、前半のオーバーペースを避けることを注意点として与えた。また、Pacing の助力のために、1 周ごとの経過時間を知らせた。12 分間走は、スタートして 12 分後の笛の合図で終了とした。その際、各被験者には、終了地点を目測して確認してもらい、あらかじめ衣服に付けておいた番号入りテープを各自の到達地点に貼るように指示した。走行距離は、周回数とスタート地点からの距離をロードメジャーにより 1 m 単位で計測して求めた。加えて、その距離を体育科学センターが報告 (1976) している回帰式 ($Y = 0.021X - 7.2$; Y: 体重当たり最大酸素摂取量, ml/kg/min; X: 走行距離, m) に代入して体重当たり最大酸素摂取量を算出した。

3. マラソン記録

マラソンの記録は、各大会のホームページからグロスの記録を得て公式記録として用いた。被験者の参加したマラソンレースは、大阪マラソン (2014～2016 年)、大阪国際女子マラソン (2014 年)、口熊野マラソン (2015～2017 年)、神戸マラソン (2015 年)、泉州国際市民マラソン (2016～2017 年)、加賀温泉マラソン (2017 年) などであった。マラソン記録は 2 時間台 (2:25～2:59) が 7 名、3 時間台 (3:01～3:58) が 20 名、5 時間台 (5:18) は 1 名であり、全体の平均タイムは 3 時間 26 分であった。

4. 形態測定および最大下運動と最大運動における酸素摂取量の測定

運動開始前に身長は自動身長計 (ヤガミ社製 YKH-230P)、体重および体脂肪率は身体組成計 (タニタ社製 BC-118E) を用いて実施した。トレッドミル走行実験は O 体育大学人工気候室 (室温 18～20℃) にて、毎分 100～140m の速度で 3 分間のウォーミングアップの後、2 分間休憩して最大下走の実験を開始した。被験者のマラソントimeを基に 4～6 段階の速度 (100～340m/min) で 3 分間の等速度走を行い、運動時の酸素摂取量を連続測定した。各走行後、1 分間の休息を挟んで、次の走行を実施した。走行後の血中乳酸濃度が 4.0mmol/L

以上を示した後の測定は、傾斜角を2～4%に固定して速度漸増法により最大酸素摂取量を求めた。その出現基準は、1) 運動強度が増加しても酸素摂取量が高まらない(2 ml/kg/min 以下)、2) 予測最大心拍数(220 - 年齢)の10拍/分以内、3) 呼吸交換比が1.05以上という3項目のうち、2つ以上が見られた場合とした(山地, 2001)。酸素摂取量は、ミナト医科学製 AE-280 と MG-360 を用いて測定した。ガス分析器は、各実験直前に化学的方法であらかじめ分析された同じ濃度のガスを用いて較正した。血中乳酸濃度は、ブラッドランセットにて指先より穿刺し、0.3 μ l の血液を採血して簡易血中乳酸測定器(アークレイ社製ラクテート・プロ2 LT-1730)を用いて分析した。

5. 統計処理

結果は、すべて平均値と標準偏差で示した。2変数間の相関関係は、Pearson の積率相関係数検定法を用いて分析した。統計処理ソフトは、IBM SPSS Statistics 23 を使い、統計学的有意水準は危険率5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 12分間走テストと体重当たり最大酸素摂取量(以下、 $\dot{V}O_2\text{max/kg}$)

12分間走テストによる走行距離とトレッドミルの全力運動で得た $\dot{V}O_2\text{max/kg}$ の関係を図1に示した。走行距離の増加に伴って、 $\dot{V}O_2\text{max/kg}$ は高くなり、これまでの研究(Cooper, 1968; 体育科学センター, 1976)と同様に、両者間に密接な相関($r = 0.869$)が認められた。また、トレッドミル走から得た $\dot{V}O_2\text{max/kg}$ と12分間走距離から予測された $\dot{V}O_2\text{max/kg}$ (体育科学センター, 1976)を比べると、その回帰式は $Y = X$ の直線に近似した。12分間走で得られた $\dot{V}O_2\text{max/kg}$ が、トレッドミルで測定

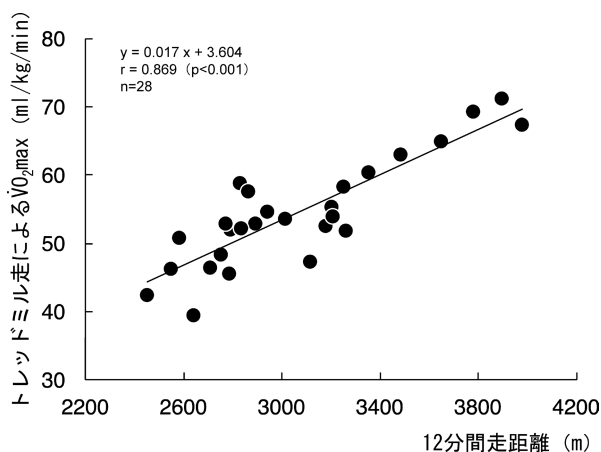


図1. 12分間走距離とトレッドミル走による $\dot{V}O_2\text{max}$ の関係

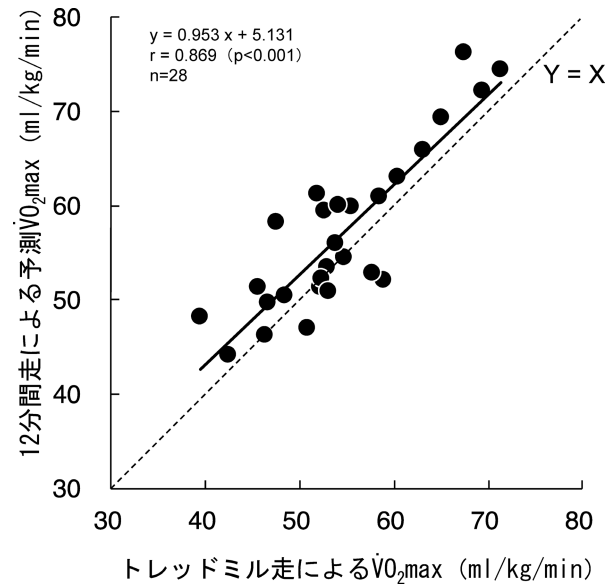


図2. トレッドミル走と12分間走による $\dot{V}O_2\text{max}$ の比較

された値より約2～3 ml/kg/min 高い傾向が認められた(図2)。12分間走テストから推定される $\dot{V}O_2\text{max/kg}$ は、図1、2から高い信頼性が確認された。

2. ランニング速度と酸素摂取量

図3にランニング速度と酸素摂取量の関係を示した。同一速度に対する酸素摂取量には個人差が見られるものの、両者間に、 $Y = 0.177X + 3.414$ ($r = 0.923$, $p < 0.001$; Y: 体重当たり酸素摂取量, ml/kg/min; X: 速度, m/min)

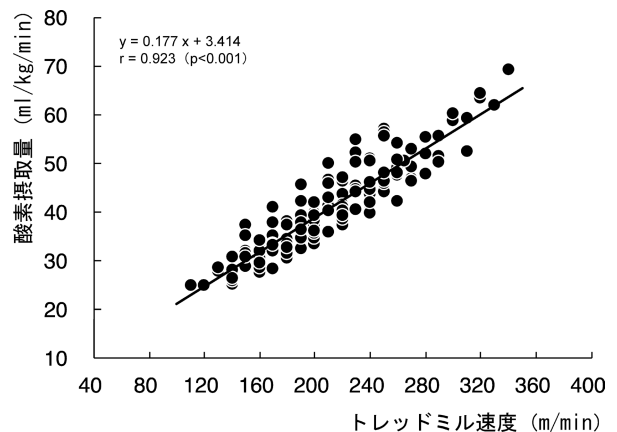


図3. トレッドミル走によるランニング速度と酸素摂取量の関係
min) の回帰式が得られた。

3. マラソン平均速度と % $\dot{V}O_2\text{max}$ 、およびその速度について

被験者のマラソンのタイムから平均速度を算出し、その速度での酸素摂取量をトレッドミル走実験データから求めて $\dot{V}O_2\text{max/kg}$ で除し、マラソン走行時における

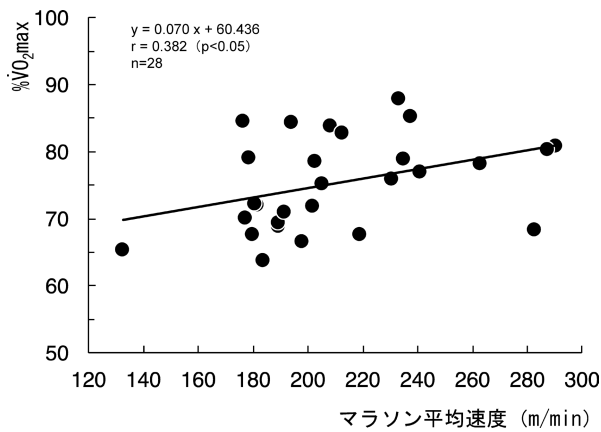


図4. マラソン平均速度と $\% \dot{V}O_{2max}$ の関係

る $\% \dot{V}O_{2max}$ を算出した(図4)。 $\% \dot{V}O_{2max}$ は、約65～85% $\dot{V}O_{2max}$ の範囲に分布し、全体の平均値は、75.3% $\dot{V}O_{2max}$ となった。加えて、各被験者のマラソン走行中の $\% \dot{V}O_{2max}$ に相当する速度(m/min)を得るため、図5にマラソン平均速度と70% $\dot{V}O_{2max}$ から85% $\dot{V}O_{2max}$ までの各 $\% \dot{V}O_{2max}$ に対する速度を示した。マラソン速度に比べて、70% $\dot{V}O_{2max}$ 速度は遅く、85% $\dot{V}O_{2max}$ 速度は、速くなる傾向が見られ、マラソン速度と等しい $Y = X$ のIdentity lineには、75% $\dot{V}O_{2max}$ と80% $\dot{V}O_{2max}$ 速度が近似した。しかしながら、80% $\dot{V}O_{2max}$ 速度は、被験者の28名中21名がIdentity lineより高い速度にあり、その速度の平均値は227.2m/

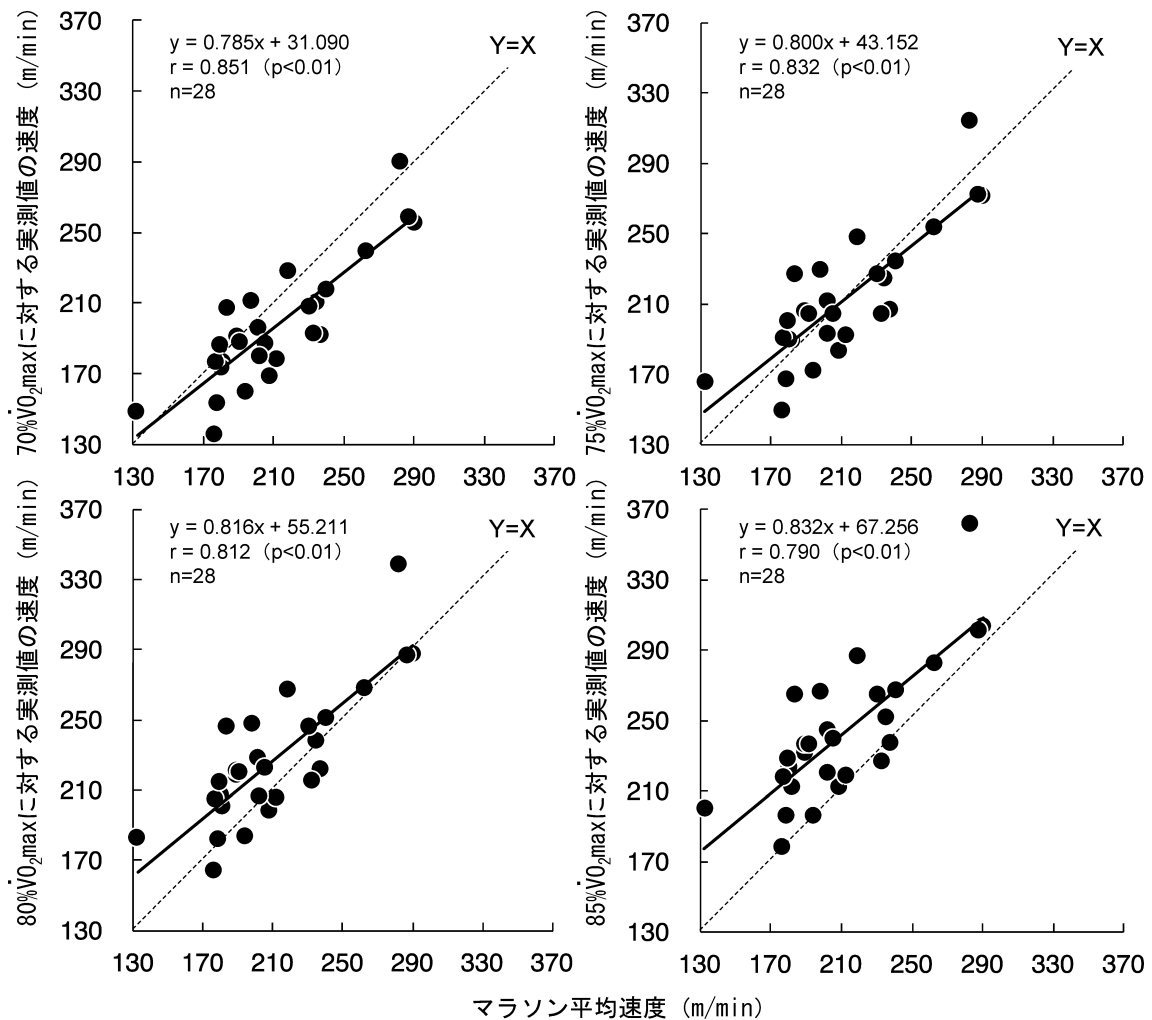


図5. マラソン平均速度と70% $\dot{V}O_{2max}$ ～85% $\dot{V}O_{2max}$ 速度の関係

minであった。一方、75% $\dot{V}O_{2\max}$ 速度の場合、そのラインを上回る被験者が13名、下位にプロットされた被験者が15名となり、その速度の平均値は211.8m/minとなり、両% $\dot{V}O_{2\max}$ の速度間に有意差が認められた($p<0.001$)。この結果から75% $\dot{V}O_{2\max}$ 速度は、被験者全体のマラソン平均記録(210.7m/min)に近いこと、マラソン走行時の% $\dot{V}O_{2\max}$ の平均値が75.3% $\dot{V}O_{2\max}$ (図4)であることなどから、本研究ではマラソン記録の推定に用いる% $\dot{V}O_{2\max}$ を75% $\dot{V}O_{2\max}$ 速度に定めた。

4. 実際のマラソン平均速度と予測マラソン平均速度の関係

予測マラソン平均速度は、以下に示す方法で算出した。
1) 12分間走テストの走行距離から、 $\dot{V}O_{2\max}/\text{kg}$ を計算する。
2) 求めた $\dot{V}O_{2\max}/\text{kg}$ の75% $\dot{V}O_{2\max}$ に相当する酸素摂取量を求める。
3) その酸素摂取量を図3の回帰式に代入して、速度を得る。この算出された速度が予測マラソン平均速度となる。このようにして求めた予測マラソン平均速度と実際のマラソンレースでの平均速度の関係を図6に示した。2変数間の回帰式は、 $Y = 0.882X + 36.617$ ($r = 0.911$, $p<0.001$; Y: マラソンの予測平均速度, m/min; X: 実際のマラソン平均速度, m/min) で表された。本予測法で求めたマラソン平均速度は、 $Y = X$ に近似し、実際のマラソン平均速度に密接に関連することがわかった。マラソンタイム(分)へは、 $42195\text{m} \div \text{平均速度 (m/min)}$ で換算される。

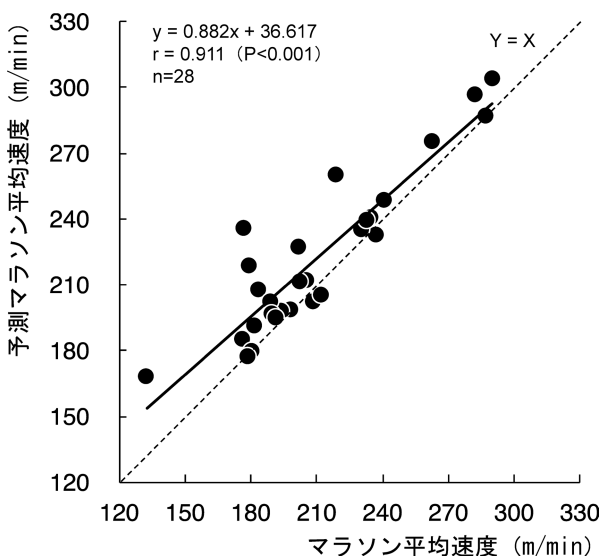


図6. 実際のマラソン平均速度と予測マラソン平均速度の関係

IV. 考察

本研究のねらいは、マラソンレースに参加するラン

ナーが、容易にマラソンタイムを予測できる方法を求めることであった。これまでの研究と異なり、実験室での生理学的測定はなく、詳細なトレーニングの実施内容も求めずに時間と費用がかからない予測法を検討した。本予測法は1回のフィールドテスト(12分間走)から求めた $\dot{V}O_{2\max}/\text{kg}$ とマラソン走行強度: 75% $\dot{V}O_{2\max}$ を用いて、3回の計算に基づいてマラソンタイムを予測するものである。本研究では、マラソンタイムの予測法の基準尺度としてマラソン走行中の% $\dot{V}O_{2\max}$ を75% $\dot{V}O_{2\max}$ とした。その値は、被験者28名のマラソン走行中の平均% $\dot{V}O_{2\max}$ であること、加えて、実際のマラソン平均速度(m/min)に近似していたためである。

マラソンのパフォーマンスは、最大酸素摂取量とランニング経済性の寄与も大きく、その両尺度が関連している走行中の% $\dot{V}O_{2\max}$ のサイズは重要である(Sjödínら, 1985)。市民ランナーのマラソン走行時の% $\dot{V}O_{2\max}$ を予測した研究(高橋ら, 2014)によれば、マラソンの記録レベルの異なる2グループ(キロ5分グループとキロ7分グループ)において、マラソンレースの20kmまでは、72~76% $\dot{V}O_{2\max}$ レベルであること、また、本研究の被験者と類似した記録のランナーの実験室データ(Wellsら, 1981; Helgerudら, 1990)は、マラソン走行時の% $\dot{V}O_{2\max}$ が71~78%であることを明らかにしている。加えて、Sjödínら(1985)の幅広いレベルのランナーのマラソン走行時の% $\dot{V}O_{2\max}$ に関するレビューによると、エリートランナーは、86% $\dot{V}O_{2\max}$ と高い水準で走行し、本データのマラソン平均タイム(3時間26分)レベルのランナーでは71~76% $\dot{V}O_{2\max}$ 、ノンエリートランナーは60% $\dot{V}O_{2\max}$ であることを示している。Daviesら(1979)は、マラソンやウルトラマラソンランナーを被験者とした研究で、走行時間を代入すると、その時間当たりの% $\dot{V}O_{2\max}$ を推定できる回帰式を明らかにしている。本研究の平均マラソンタイムで求めると、約73% $\dot{V}O_{2\max}$ と算出され、75% $\dot{V}O_{2\max}$ に近似した値になることは興味深い。これらの報告から見ると、75% $\dot{V}O_{2\max}$ に決定した基準尺度は、本研究の被験者レベルのマラソン走行時の% $\dot{V}O_{2\max}$ として理に適っているものと思われる。

マラソンの平均速度は、LTスピードに近似していることが報告されている(Faudeら, 2009; 高橋ら, 2016)。本研究のマラソン平均速度は、測定データから75% $\dot{V}O_{2\max}$ に相当したので、その強度がLTスピードとも考えられる。LTスピードを推測する簡便法として、12分間走の平均速度の80~85%速度がLTスピードに相当するとの報告が見られる(高橋ら, 2016)。本研究の12分間走テストの平均速度は255.0m/minであり、そ

の 80～85% 速度は 204～217m/min と算出され、実際のマラソン平均速度 (210.7m/min) に極めて近い速度となった。マラソン記録の予測に用いた 75% $\dot{V}O_2\text{max}$ は、LT スピードに近似していることから、妥当な予測尺度であろう。

また、その 75% $\dot{V}O_2\text{max}$ に相当する酸素摂取量の速度を、これまでに報告されているランニング速度と酸素摂取量との研究結果を用いて求めようとした。しかし、Léger ら (1984) の報告によれば、多くの研究比較から、同一速度での酸素摂取量に 5～8 ml/kg/min もの差異が見られること、ACSM が公表 (2011) している回帰式 ($Y = 0.2X + 3.5$; Y: 体重当たり酸素摂取量, ml/kg/min; X: 速度, m/min) は、図 3 のデータに比べ、同じ速度の走行で約 3～5 ml/kg/min ほど高くなる傾向を示した。この結果は、同じ酸素摂取量で速度が 15～20 m/min ほど異なることを意味し、用いる文献の速度-酸素摂取量関係によってマラソンタイムに大きな違いを生むと推測された。それ故、12 分間走テストから推定された $\dot{V}O_2\text{max/kg}$ の 75% $\dot{V}O_2\text{max}$ に相当する酸素摂取量の速度は、図 3 より求め、予測マラソン平均速度として算出した。

本研究では、マラソン走行中の % $\dot{V}O_2\text{max}$ レベルと体重あたり酸素摂取量を各被験者の差がないものと仮定してマラソン記録を推定した。この点は本研究の限界を示しているが、細かい測定をしないで簡便に予測することを考慮したからである。最終的に算出された予測マラソン平均速度は、実際のマラソン平均速度に近似し、有意な関係 ($r = 0.911$, $p < 0.001$) が認められた。Bassett ら (1997) は、持久性のパフォーマンスを予測するには、体重あたり最大酸素摂取量、ランニング速度に対する体重あたり酸素摂取量とレースで維持できる % $\dot{V}O_2\text{max}$ を考慮しなければならないと述べている。本予測法は、最終的にはこの 3 尺度をいずれも推測値ではあるが、組み込んだものとなった。実際のマラソン平均速度の差異の 83.0% は、75% $\dot{V}O_2\text{max}$ に相当する速度 (= 予測マラソン平均速度) で説明できると考えられた。マラソンタイムを予測する尺度として、Davies ら (1979) は、 $\dot{V}O_2\text{max/kg}$ とマラソン走行時の % $\dot{V}O_2\text{max}$ を用いて、マラソン記録と高い相関 ($r = 0.993$) を明らかにしている。Farrell ら (1979) は、OPLA 速度が大きく記録に寄与 ($r = 0.98$) していること、Sjödin ら (1985) は、OBLA 速度がマラソン記録のベストシングル予測因子 ($r = 0.97$) になると指摘している。これらの研究結果は、マラソンタイムを極めて高い精度で予測できることを示している。一方、トレーニングペースや週当たりのトレーニング量 (Hagan ら, 1987; Tanda ら, 2011)、トレーニング速度と下肢の

周径囲 (Schmid ら, 2012) や傾斜走のオールアウトタイム (Till ら, 2016) を尺度としてマラソンタイムとの関連を見た研究の相関係数は、 $r = 0.67 \sim 0.82$ であり、予測精度は生理学的な研究に比べて低下する。本研究の予測法で得られた相関 ($r = 0.911$) は、タイプの異なる研究結果の間に位置し、高い予測精度があると考えられた。

本研究の 75% $\dot{V}O_2\text{max}$ を用いた予測法によるマラソンタイムは、具体的には、次のように算出される。12 分間走テストの走行距離が 2800m とすると、体育科学センターの回帰式を用いて、 $\dot{V}O_2\text{max/kg}$ は、51.6 ml/kg/min と計算され、最大値の 75% $\dot{V}O_2\text{max}$ に相当する酸素摂取量は、 $51.6 \times 0.75 = 38.7 \text{ ml/kg/min}$ となる。その酸素摂取量に対する速度は、 $Y = 0.177X + 3.414$ (Y: 体重当たり酸素摂取量, ml/kg/min; X: 速度, m/min) により 199.4 m/min と算出され、これが予測マラソン平均速度となる。マラソンタイムに換算すると、 $42195 \text{ m} \div 199.4 \text{ m/min} = 211.6 \text{ 分}$ となり、 $211.6 \text{ 分} \div 60 \text{ 分} = 3.527 \text{ 時間} = 3 \text{ 時間 } 32 \text{ 分}$ と予測される。

トレーニングや指導現場の観点から本予測法の応用を考慮すると、マラソンレースの 1 週間前は個人差があるものの、テストによるメンタル面や身体的な疲労が残る場合も考えられるので、レースの 2～3 週間前に本テストを実施することにより、ランナーや指導者は、マラソンタイムの予測が容易にできることになろう。その結果、オーバーペースやスローペースを避けるペース設定や個人の特徴から見たマラソン前半と後半の走り方などの方策を立て易くなると思われる。

V. 結論

1 回のフィールドテストからマラソンタイムを予測する方法を検討した。その結果、12 分間走テストの走行距離から得られた $\dot{V}O_2\text{max/kg}$ の 75% $\dot{V}O_2\text{max}$ に相当する酸素摂取量が、予測マラソン平均速度に換算され、実際のマラソン平均速度に近似することがわかった。本予測法は、高い精度があり、トレーニングや指導現場で容易に利用できると思われた。

参考文献

- ACSM (2011). Chapter 7 運動処方的一般原則 日本体力医学会 体力科学編集委員会 (監訳) 運動処方の指針-運動負荷試験と運動プログラム 原書第 8 版- 南江堂 pp.158-187.
- Barandun, U., Knechtle, B., Knechtle, P., Klipstein, A., Rüst, C. A., Rosemann, T., and Lepers, R. (2012). Running speed during training and percent body fat predict race time in recreational male marathoners. Open Access J Sports Med, 3, 51-58.
- Bassett, D. R., Jr., and Howley, E. T. (1997). Maximal oxygen

- uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints. *Med Sci Sports Exerc*, 29(5), 591-603.
- Brown, R. L., and Henderson, J. (1994). 12 Setting up your program, *Fitness running*. Human Kinetics. 129-142.
- Cooper, K. H. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. *JAMA*, 203(3), 201-204.
- Daniels, J. (2005). Chapter 3 Fitness and intensity benchmarks, *Daniels' Running Formula* (2nd ed.). Human Kinetics. 45-65.
- Davies, C. T., and Thompson, M. W. (1979). Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 41(4), 233-45.
- Farrell, P. A., Wilmore, J. H., Coyle, E. F., Billing, J. E., and Costill, D. L. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med Sci Sports*, 11(4), 338-344.
- Faude, O., Kindermann, W., and Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they?. *Sports Med*, 39(6), 469-490.
- Foster, C. (1983). $\dot{V}O_2\text{max}$ and training indices as determinants of competitive running performance. *Journal of Sports Sciences*, 1, 13-22.
- Galloway, J. (2001). Appendix-Predicting your performance, *Marathon-You Can Do It!*. Shelter Publications, Inc. 185-189.
- Hagan, R. D., Upton, S. J., Duncan, J. J., and Gettman, L. R. (1987). Marathon performance in relation to maximal aerobic power and training indices in female distance runners. *Br J Sports Med*, 21(1), 3-7.
- Helgerud, J., Ingjer, F., and Strømme, S. B. (1990). Sex differences in performance-matched marathon runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 61, 433-439.
- 正田佳奈、友金明香、豊岡示朗 (2016). LT・OBLA・12分間走距離とマラソン記録の関係 ランニング学研究, 28(1), 62-64.
- 小林寛道 (1982). 第V部 Aerobic Power からみた日本人の体力水準の評価 日本人のエアロビック・パワー－加齢による体力推移とトレーニングの影響－ 杏林書院 pp.258-268.
- Léger, L., and Mercier, D. (1984). Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. *Sports Med*, 1(4), 270-277.
- Noakes, T. D., Myburgh, K. H., and Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the $\dot{V}O_2\text{max}$ test predicts running performance. *J Sports Sci*, 8(1), 35-45.
- Schmid, W., Knechtle, B., Knechtle, P., Barandun, U., Rüst, C. A., Rosemann, T., and Lepers, R. (2012). Predictor variables for marathon race time in recreational female runners. *Asian J Sports Med*, 3(2), 90-98.
- Sjödin, B., and Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Med*, 2(2), 83-99.
- 体育科学センター編 (1976). 3 体力診断テストとしての12分テスト－体育科学センター方式－健康づくり運動カルテ 講談社 pp.33-48.
- 高橋篤志、足立哲司、正田佳奈、豊岡示朗 (2016). 12分間走テストによる男女ランナーの乳酸性作業閾値 (LT) 予測法 大阪総合保育大学紀要, 11, 41-48.
- 高橋篤志、友金明香、池島明子、豊岡示朗 (2014). 市民ランナーのマラソンレース中の推定 $\% \dot{V}O_2\text{max}$ の変動－12分間走テストを基にした予測法－ 大阪総合保育大学紀要, 8, 33-44.
- Takeshima, N., and Tanaka, K. (1995). Prediction of endurance running performance for middle-aged and older runners. *Br J Sports Med*, 29(1), 20-23.
- Tanda, G. (2011). Prediction of marathon performance time on the basis of training indices. *J. Hum. Sport Exerc*, 6(3), 511-520.
- Till, E. S., Armstrong, S. A., Harris, G., and Maloney, S. (2016). Predicting Marathon Time Using Exhaustive Graded Exercise Test in Marathon Runners. *J Strength Cond Res*, 30(2), 512-517.
- 豊岡示朗、山崎大樹 (2012). 第1回大阪マラソン完走を目指した「よみうりマラソン講座」: 受講者52名の指導報告 ランニング学研究, 23(2), 47-56.
- Wells, C. L., Hecht, L. H., and Krahenbuhl, G. S. (1981). Physical characteristics and oxygen utilization of male and female marathon runners. *Res Q Exerc Sport*, 52(2), 281-285.
- 山地啓司 (2001). 2章 $\dot{V}O_2\text{max}$ の測定－直接法－, 改訂 最大酸素摂取量の科学 杏林書院 pp.3-42.

Simple Prediction Method of Marathon Performance

: From the Relationship between Maximum Oxygen Consumption by the 12-minutes Field Performance Test and Estimated $\% \dot{V}O_{2\max}$ at the Marathon Race

Atsushi Takahashi* Tetsuji Adachi** Masahiro Fujita*** Jiro Toyooka**

* *Osaka University of Comprehensive Children Education*

** *Osaka University of Health and Sport Sciences*

*** *Graduate School of Sport and Exercise Sciences, Osaka University of Health and Sport Sciences*

The purpose of this study is to predict the marathon performance of male and female runners using maximum oxygen consumption and $\% \dot{V}O_{2\max}$, which are estimated from 12-minutes field performance test mileage. Subjects were 28 runners (male: 14, female: 14) aged between 22 and 58 years old, and their marathon times ranged from 2 hours 25 minutes to 5 hours 18 minutes (average: 3 hours 26 minutes). Mileage of the 12- minutes field performance test ranged between 2,449 m and 3,976 m (average: 3,059 m) and from that, values of maximum oxygen consumption per weight were predicted to be from 44.2 to 76.3 ml/kg/min (average: 57.0 ml/kg/min). From measurement result of the oxygen consumption associated with each subject's running speed, $\% \dot{V}O_{2\max}$ during marathon was estimated to be $75\% \dot{V}O_{2\max}$, which was taken as the standard scale. The oxygen consumption equivalent to $75\% \dot{V}O_{2\max}$ was substituted into the regression equation obtained in this study, $Y = 0.177X + 3.414$ (Y: oxygen consumption per weight, ml/kg/min; X: speed, m/min) to predict the average marathon speed. The calculated predicted marathon average speed is closely related to the actual marathon average speed ($r = 0.911$, $p < 0.001$, $r^2 = 0.83$), and it is suggested that this inference method is a simple method useful to predict marathon times in male and female runners.

Key words : 12-minutes field performance test, $\dot{V}O_{2\max}/\text{kg}$, $\% \dot{V}O_{2\max}$