

1人走と2人走が 1500mタイムトライアルのパフォーマンスとペースに与える影響

山地啓司¹⁾, 河合謙一²⁾, 鍋倉賢治³⁾

¹⁾ 立正大学法制研究所

²⁾ 筑波大学大学院人間総合科学研究科

³⁾ 筑波大学体育系

キーワード: 1500mタイムトライアル走, 心理的要因, 生理的要因, パフォーマンス, ペース

【要約】

本研究は 1500mTT 走において 1 人走と 2 人走の違いがパフォーマンス, ペース, および, 生理的応答や心理的状态に与える影響を検証することを目的とした. 被験者は習慣的にレクリエーションとしてランニングを行っている男子大学生・院生の 6 名であった. 被験者は 400mトラックで 1500mTT 走を 1 人走と 2 人走で各 7 回ずつ行った. その結果, ライバルが存在する 2 人走の 1500mTT 走の記録は 1 人走のそれに比べ 5.9 秒 (2.1%) 有意に速くなった ($p < 0.05$). しかし, 両者の 1500mTT 走フィニッシュ時の最高心拍数 (HRmax), ピーク血中乳酸濃度 (peakBLa) 及び主観的運動強度 (RPE) に有意な差が認められなかった. 1500mTT 走の w-up 前の二次元気尺度 (TDMS) の活性度は 2 人走が 1 人走よりも有意に高かった ($p < 0.05$). 従って, 2 人走で競争しながら 1500mTT 走を行うことは 1 人走よりも記録を高め, その原因の 1 つが生理的変動よりも走る前の活性度 (やる気度) の高まりに負うことが考えられる. すなわち, 競争相手 (ライバル) がいる (2 人走) 場合はいない場合 (1 人走) に比べ, 高い外因性の動機づけが生じることを示唆した.

スポーツパフォーマンス研究, 11, 1-17, 2019 年, 受付日: 2018 年 7 月 30 日, 受理日: 2018 年 12 月 26 日

責任著者: 山地啓司 336-0017 さいたま市南区南浦和 3-41-11-502 yamaji.kk@nifty.com

* * * * *

Influences of absence (solo) and presence (head-to-head competition) of a competitor on psychological factors, overall running performance, and pacing during 1500-m runs

Keiji Yamaji¹⁾, Ken-ichi Kawai²⁾, Yoshiharu Nabekura³⁾

¹⁾ Rissho University

²⁾ Graduate School, University of Tsukuba

³⁾ University of Tsukuba

Key words: 1500-m runs, psychological factors, physiological factors, performance, pacing

[Abstract]

Purpose: The aim of the present study was to analyze possible influences of the absence (solo) and presence (head-to-head competition; HHC) of a competitor during 1,500-m runs on runners' overall performance, pacing, physiological responses, and psychological condition.

Method: The participants, six male runners, ran 1,500 meters on a 400-meter running track, and their runs were timed. Each of them ran alone and also in competition with another participant (head-to-head competition).

Results: The run times when runners were competing with another runner were 5.9 seconds faster (2.1%) than when they ran alone ($p < 0.05$). Immediately after the runs, no significant differences were found in the following physiological parameters: maximum heart rate (HRmax), peripheral capillary oxygen saturation (SpO₂), peak blood lactate (peakBLa), and rated perceived exertion (RPE). However, before the runs, the level of activity of an index included in the Two-Dimensional Mood Scale (TDMS) was significantly higher when runners were going to compete against another runner ($p < 0.05$).

Conclusions: Although the runners' psychological condition changed, as indicated by their responses on the Two-Dimensional Mood Scale, in that they perceived that their performance would be improved by the presence of a competitor, their physiological responses were not significantly different when they were running alone compared to when they ran with a competitor. These findings suggest that presence of a competitor may have been sufficient for generating a higher level of motivation than when running alone in the absence of a competitor.

I. 緒言

1500m 走の記録はエネルギーの出力の大きさ($\dot{V}O_2\max$ と $O_2\text{ debt}$)と、産生されたエネルギーがいかに効率よく推進力を高めるために使われるかのランニングの経済性(running economy: RE)の影響を強く受ける(Anderson,1996; Daniels,1985). また、実際のレースでは、記録は体力・技術・心理の活動水準は勿論、気象条件、競争相手の有無、コース特性等々の影響を受ける(Hopkins and Hewson,2001). さらに、こころの状態(例えば、集中力や性格)が持久性のパフォーマンスの決定に深く関与している(Morgan,1985; 山地ほか,2000). 従って、ランナーはより良い記録を安定して出すためには、これまでのトレーニングやピーキングの状況はもとより、レース当日の自己の生理的、バイオメカニックス的、心理的、および、環境の状態等々を勘案した適切なペースを選択することが大切である. Ulmer(1996)は、ランナーは持久性のレース直前までに経験知に基づいた安全でしかも安定した最高のペースをイメージしている、すなわち、安全推定理論(theory of teleo-anticipation)に基づいたペースをすでに設定していると述べた. さらに、Noakes(2000)は、大脳はスタートからフィニッシュまで身体的疲労、エネルギーの出力の余裕力と残りの距離などを勘案しながらペースを絶えず微調節する、すなわち、大脳が中枢神経に送られてくる活動筋からの情報を感知・評価・判断をするという中枢制御モデル(central governor model: CGM)を発表した. 従って、ランニングのレースやタイムトライアル(TT)の際のペースは心理的な内因性や外因性のモチベーションの影響を受けることが考えられる. この中の外因性のモチベーションを高める1つの因子が競争相手の存在である.

Wilmore(1968)は、自転車駆動における一定の負荷での持続時間は1人で行うよりも2人で競争しながら行う方が17~38%長くなることを明らかにした. また、Corbett et al(2012)は、自転車のTT(2000m)は競争しながら行う方が単独で行うよりも大きなパワーが発生することを報告している. Tomazini et al(2015)もまた、3km走のTTを競争しながら行う場合と単独で行う場合を比較した結果、前者の記録が 11.75 ± 0.05 分と後者の 12.25 ± 0.06 分よりも速くなり、この記録の差がスタート直後から500mまでのスプリットタイムの差($15.3 \pm 2.45 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ vs $16.8 \pm 2.16 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)に負うとみなした. しかし、Tomazini et al(2015)は、TTのパフォーマンスはこれまでの走距離に対する経験が強く影響することから、1回のTTで結論を出すことは危険であると自ら指摘した.

そこで、本研究は競争相手とのペース戦略の違いが比較的少なく、しかもエネルギーの出力を決定するもう1つの因子である酸素摂取水準($\dot{V}O_2\max$)が関与しない疾走距離(Foster et al,1994; Tucker et al,2006)で、しかも、被験者がこれまでも数多く経験してきた1500mTT走を採用し、各被験者に競争相手がいる場合(2人走)といない場合(1人走)のTTを、同じ対戦相手と2回以上実施するように組み合わせ(各被験者の1人走と2人走の合計が各7回)実施した. すなわち、各被験者が1人走と2人走の1500mTT走を7回ずつ実施し、両者の記録やTT前の心理状態及びペース配分等との関連性を明らかにすることを目的とした.

II. 方法

1. 被験者

被験者は健康で日常的にランニング習慣を有する大学・大学院の学生男子6名A~F(24.0 ± 3.2 歳)であった. 被験者の形態や生理的機能は表1の通りである. なお、被験者EとFは高校時代に陸上

部に所属し中距離ランナーとして専門的トレーニングを行っていた。

実験に先立って被験者に本研究の概要や実験中に起こりうる危険性等について紙面と口頭で説明し、各被験者から実験参加への同意を得た。

2. TT 実験前・後の最大・最大下テスト

1500mTT 走の実験前・後にトレッドミルを用いたスピードの断続的漸増負荷法による最大・最大下走行テストを行い、生理的変数を求めた。

1) 最大・最大下走行テスト

被験者はテスト前に大型トレッドミル(ORK-7000, 大武ルート工業)を用いて任意のスピードと時間でw-upを行い、その後、胸部に安全ベルトと顔にフェイスマスクを装着し、トレッドミルの傾斜角度を1% (Jones and Doust,1996)に設定して、スピードの断続的漸増負荷法でオールアウトまで走るテストを行った。テストのプロトコールは最初の速度を180m/minに定め3分間走り、その後2分間の休息をはさみながらスピードを30m/minずつ高め1つの負荷で3分間走るスピードの断続的漸増負荷法を用い、被験者がオールアウトに達するまで行った。オールアウトの判断は原則として被験者が行い、その意思を挙手で示した。なお、 $\dot{V}O_2\max$ 発現の判定では客観的指標(山地,2001)である5項目の中3項目以上を、被験者全員が満たした。

2) 生理的変数の測定

被験者がトレッドミル走行中、運動開始からオールアウトまで連続して酸素摂取量($\dot{V}O_2$)と心拍数(HR)を記録した。運動中の呼気量と呼気ガス(O_2 及び CO_2)濃度は自動呼気ガス分析装置(エアロモニター, AE310-s, ミナト医科学社製)を用いて15秒間ごとに連続して測定し、各負荷での2~3分目の1分間の酸素摂取量をそのランニングスピードにおける $\dot{V}O_2$ とし、その中で最も高い $\dot{V}O_2$ を $\dot{V}O_2\max$ とした。HRは、ハートレートモニター(S610i, Polar社製)を用いて各負荷の終了時の値を採用した。さらに、オールアウト時のHRをHRmaxとした。各負荷間の2分間の休息中に指尖から血液を採集し、ラクトプロ2(LT-1730, アークレイ社製)を用いて血中乳酸濃度(BLa)を測定した。なお、オールアウト後の採血は約1分後、3分後、5分後とBLaの値が下降に転じるまで行い、その時の最高値(peakBLa)を求めた。また、各負荷の終了直後及びオールアウト直後に簡易性末梢動脈血酸素飽和度測定器(パルスオキシメーター;PULSOX-300i, コニカミノルタ社製)を用いて、指尖から末梢動脈血酸素飽和度(SpO_2)を測定した。さらに、運動中被験者への問診によって胸部と脚部の主観的運動強度(rating of perceived exertion: RPE)を測定した。

被験者は最大・最大下走行テスト終了後ただちに椅子に座った状態で安静を保ち、検者は各ランニングスピードと $\dot{V}O_2$ の関係から作図法を用いて $\dot{V}O_2\max$ に相当するランニングスピード($v\dot{V}O_2\max$)を求めた。なお、本実験前と後の測定条件を一定にするため、山地ほか(2000)の方法でオールアウト後約15分経過してから $v\dot{V}O_2\max$ に相当するスピードでの最大持続時間(T_{lim} at $v\dot{V}O_2\max$)を測定した。被験者はオールアウトに達した時、挙手でそのことを検者に知らせた。

3. グランドでの 1500mTT 走テスト

1) テスト手順と測定項目

各被験者は T 大学内にある陸上競技用のトラック(オールウェザー製の 1 周 400m)を用いて, 1 人走と 2 人走の 1500mTT 走を各 7 回ずつ, 1 人合計 14 回実施した.

(1) 2 人走の組み合わせの設定

2 人走は実力が拮抗するグループを形成して実施した. グルーピングは室内のトレッドミル実験で得られた $\dot{V}O_2\max$ と T_{lim} の成績及び第 1 回目の 1500mTT 走を全員が 1 人で走った記録を勘案して行った. その結果 2 人 1 組と 4 人 1 組になった. 4 人 1 組の組み合わせや順序は同じ相手と連続して 2 人走を行わないようにし, その他の条件はランダムに実施した. また, 2 人 1 組では 2 人走が連続しないように間に 1 人走を挟みながら 1500mTT 走を実施した.

(2) 1500mTT 走のテストの方法

2 回目の TT 走以降からは 1 人走と 2 人走の順序は無作為に行った. TT 走の実施は激励などの外因性の動機づけが加わらないように, 授業や課外活動等でグランドを使用していない時間帯に実施した. 2 人走は同じ相手と 2 回以上行った. また, 被験者の疲労を考慮しながら, なおかつ 1 人走と 2 人走のテスト間隔が 3 日~10 日離れないように努めた. 予定される被験者には何日の何時何分にスタートするか, また, 1 人で走るのか 2 人で走るのか, 2 人走の場合には誰と走るのかを事前に伝えた. テスト日に陸上競技場にきた被験者は, w-up 前に指尖から採血を行い安静時の BLa を測定した. さらに, HR 測定のために電極の付いたベルトを胸部に装着した.

その後, 約 30 分後にスタートをすることを伝え, 被験者は任意のスピードで w-up を行った後 1500mTT 走を実施した. なお, 検者はテストに先立って被験者に, 2 人走では相互に切磋琢磨して自己のベスト記録を出すようにフィニッシュするまで全力で走るように, また, 1 人走でも同様にベスト記録が出るように最大努力するように指示した. 被験者がスタートした後, 検者はスタート地点に立ち各被験者の 400m, 800m, 1200m のラップタイムを秒単位で読みあげ, 記録した. さらに, 1200m 通過後はフィニッシュ地点に移動し, 被験者に聞こえる程度の音量でタイムを流し読みした.

フィニッシュ後ただちに左手の薬指の指尖部から採血を行い, SpO_2 を測定した. また, 約 1 分ごとに同じ指の指尖から採血を行い BLa に低下が現れるまで測定 (2~4 回) し, その中の最大値を $peakBLa$ とした. さらに, 胸部と脚部の RPE を問診した. HR_{max} はフィニッシュ直後の値を採用した. (ただし, 被験者 C は身体的特性のため正確に測定ができないことがあった.) これらの生理的変数は室内テストと同じ機器を用いて測定した.

2) 1500mTT 走前の心理テスト

被験者は 1500mTT 走の w-up 前に 8 項目の質問に回答する二次元気尺度 (TDMS) テスト (Sakairi et al, 2003) を行った.

3) 気温と風速

1500mTT 走前に気温 (SK-150GT, 佐藤計量機器社製) を測定した。風速は、タイムトライアル実施の最も近い時間帯における TT 走実施地域の日本気象協会 (nki.jp, <http://www.tenki.jp/>,) 発表データの値とした。

4. 性格テスト

トレッドミルを用いた最大・最大下テストに先立って、村上宣・村上千 (1998) が開発した「主要 5 因子性格検査システム」を用いて、基本的な性格、すなわち、外向性、協調性、勤勉性、情緒安定性、知性の 5 項目について性格分析を行った。

5. 統計的処理

測定項目のデータは平均値±標準偏差で表わした。1,500mTT 走の記録と生理的変数 (HRmax, peakBLa, SpO₂, 脚部と胸部の RPE) や心理的項目 (TDMS) 間に対応のある t 検定を行った。被験者の 1 人走と 2 人走間及び被験者個々人のタイムトライアルの記録と各測定項目間の相関関係はピアソンの積率相関係数より求めた。すべての統計的解析は IBM SPSS Statistics 22 を用いて行った。なお、統計的有意水準は 5%未満とした。

III. 結果

本研究は習慣的にレクリエーションとしてランニングを行っている大学生・院生を対象に、1 人走と 2 人走での 1500mTT 走を各 7 回ずつ実施し、両者のパフォーマンスと生理・心理的応答、および、ペース配分の相違を比較・検討した。その結果、次のような結果が得られた。

1. 実験室でのタイムトライアル前・後の比較

グラウンドでの 1500mTT 走の一連の実験開始前と実験後に実験室でトレッドミルを用いたスピードの断続的漸増負荷法による最大・最大下テストを行った。その結果、1,500mTT 走実験の前・後の体重と $\dot{V}O_2\max$ (絶対値と相対値) に有意な増加が認められた。しかし、 \dot{V}_E , peakBLa, HRmax, SpO₂, $v\dot{V}O_2\max$ 及び Tlim の生理的応答には統計的に有意な差が認められなかった (表1)。

表 1. 1 人走と 2 人走における 1500m タイムトライアル実験前・後の被験者の形態と最大作業時の生理的応答

| Subj. | | Age | BL | BW | $\dot{V}O_{2max}$ | $\dot{V}O_{2max}$ | \dot{V}_E | peakBLa | SpO ₂ | $v\dot{V}O_{2max}$ | Tlim |
|------------|------|--------|-----------|------------|-------------------|-------------------|-------------|----------|------------------|--------------------|-------------|
| | | (yrs) | (cm) | (kg) | (l/min) | (ml/kg/min) | (l/min) | (mmol) | (%) | (m/min) | (sec) |
| A | pre | 23 | 168 | 57.2 | 3195.5 | 55.9 | 128.7 | 14.5 | 94 | 270 | 260 |
| | post | | | 59.6 | 3823.5 | 60 | 128.4 | 13.7 | 88 | 270 | 400 |
| B | pre | 20 | 169 | 56.3 | 3285.3 | 58.4 | 96.5 | 13.9 | 96 | 270 | 240 |
| | post | | | 59.6 | 3823.5 | 60 | 128.4 | 13.7 | 88 | 270 | 400 |
| C | pre | 29 | 172 | 62.1 | 4250.8 | 68.6 | 169.2 | 13.3 | 95 | 332 | 150 |
| | post | | | 65.2 | 4349.3 | 66.8 | 151.3 | 16.1 | 83 | 332 | 135 |
| D | pre | 22 | 179 | 65.8 | 3857.8 | 59.1 | 144.4 | 14.7 | 91 | 330 | 150 |
| | post | | | 67.8 | 4445.8 | 66.2 | 148.7 | 12.6 | 92 | 316 | 300 |
| E | pre | 24 | 174 | 68.2 | 4079.0 | 59.8 | 158.5 | 12.0 | 94 | 315 | 150 |
| | post | | | 68.1 | 4888.5 | 66.4 | 170.7 | 13.4 | 96 | 315 | 120 |
| F | pre | 26 | 167 | 52.5 | 2909.3 | 55.4 | 98.2 | 15.2 | 95 | 330 | 180 |
| | post | | | 54.7 | 3718.8 | 64.5 | 121.3 | 18.4 | 94 | 330 | 210 |
| average±SD | pre | 24±2.9 | 171.4±4.2 | 60.4±5.5 | 3596.3±493.1 | 59.5±4.3 | 132.6±27.8 | 13.9±1.1 | 94.2±1.6 | 307.8±27.3 | 188.3±45.2 |
| | post | | | 62.2 ±5.2* | 4057.1±574.5 * | 63.8±3.2 * | 139.9±18.6 | 15.5±2.4 | 90.2±4.3 | 303.8±28.3 | 249.2±102.6 |

ただし、BL:身長, BW:体重, $\dot{V}O_{2max}$:最大酸素摂取量, \dot{V}_E :肺換気量,
 peakBLa:ピーク血中乳酸濃度, SpO₂:末梢動脈血酸素飽和度,
 $v\dot{V}O_{2max}$: $\dot{V}O_{2max}$ に相当するランニングスピード, Tlim: $v\dot{V}O_{2max}$ のスピードの持続走時間
 *:1500 タイムトライアル前・後の有意差検定, p<0.05

2. 1500mTT 走の結果

1) パフォーマンス(記録)

6名の1500mTT走の記録の各7回の平均値と標準偏差は2人走(285.1±20.6秒)が1人走(291.0±23.7秒)に比べ5.9秒(2.1%)有意に速かった(表2と図1).

2) 生理・心理的変数

1500mTT走における1人走と2人走のフィニッシュ直後のHRmax, peakBLa, SpO₂, 胸部と脚部のRPEに有意な差が認められなかったが(表2), w-up前の心理的項目であるTDMS(活性度)に有意な差が認められた(図1).

3) ペース配分(400mごとのスプリットタイム)

400mごと(ただし, 1200m~1500m間は300mのスプリットタイムから400mのスプリットタイムに換算した)のスプリットタイムの6名の各7回の平均走速度は1人走と2人走のいずれも1200mまで徐々に減速し, 最後の300mで若干のペースアップ傾向が認められた(図2). さらに, 1人走に比べ2人走の400mごとのスプリットタイムは400~800mと800~1200m間において有意に高かった(p<0.05).

表2. 1人走と2人走にみられる1500mタイムトライアルの記録, 生理的応答及び二次元気尺度 (TDMS)

| Subj. | | Time (sec) | CV (%) | HRmax (bpm) | peakBLA (mmol) | SpO ₂ (post) (%) | RPE(Lung) | RPE(Leg) | TDMS(act) | TDMS(stab.) |
|------------|------|---------------|-----------|----------------|-------------------|--------------------------------|-----------|----------|-----------|-------------|
| A | Solo | 327.8±7.3 | 2.2 | 198.7 | 15.7 | 88.4 | 18.9 | 17.7 | -0.7 | 1.3 |
| | HHC | 313.6±4.6 | 1.5 | 197.7 | 16.8 | 89.9 | 18.4 | 18.4 | 0.3 | 3.9 |
| B | Solo | 319.9±5.5 | 1.7 | 195.4 | 17.7 | 94.0 | 19.0 | 18.1 | 3.3 | 6.4 |
| | HHC | 313.2±4.7 | 1.5 | 195.9 | 17.2 | 94.4 | 19.3 | 18.6 | 3.4 | 6.0 |
| C | Solo | 272.7±3.2 | 1.2 | - | 11.9 | 86.9 | 19.0 | 19.0 | -0.1 | 0.1 |
| | HHC | 271.9±3.0 | 1.1 | - | 13.2 | 85.0 | 18.6 | 18.4 | 0.1 | 1.4 |
| D | Solo | 267.9±4.9 | 1.8 | 189.6 | 15.7 | 91.0 | 18.6 | 18.4 | 3.1 | 3.1 |
| | HHC | 263.0±3.3 | 1.3 | 190.0 | 16.4 | 86.4 | 18.9 | 18.0 | 5.4 | 3.7 |
| E | Solo | 281.4±5.1 | 1.8 | 187.3 | 16.2 | 87.7 | 19.3 | 17.6 | -4.1 | 2.1 |
| | HHC | 279.7±11.7 | 4.2 | 185.4 | 15.2 | 90.7 | 18.1 | 17.3 | -2.9 | 3.3 |
| F | Solo | 276.1±3.6 | 1.8 | 192.3 | 15.1 | 87.9 | 18.6 | 17.9 | -1.7 | 1.7 |
| | HHC | 269.4±2.3 | 1.3 | 188.1 | 15.4 | 88.0 | 18.6 | 18.3 | 0.0 | -1.1 |
| average±SD | Solo | 291.0±23.7 | 1.75±0.32 | 192.7±4.1 | 15.4±1.8 | 89.3±2.5 | 18.9±0.3 | 18.1±0.5 | -0.05±2.6 | 2.5±2.0 |
| | HHC | 285.1±20.6* | 1.83±1.22 | 191.4±4.6 | 15.7±1.3 | 89.1±3.1 | 18.6±0.4 | 18.2±0.4 | 1.1±2.7* | 2.9±2.2 |

ただし, Time:1500mタイムトライアルの記録, CV:変動係数, HRmax:最高心拍数,
 peakBLA:ピーク血中乳酸濃度, SpO₂:末梢動脈血酸素飽和度, RPE(Lung):肺のRPE,
 RPE(leg):脚のRPE, TDMS(act):二次元気度(活性度), TDMS(stab):二次元気度(安定度)

*:被験者ごとの7回の1500mタイムトライアル前・後の有意差検定:p<0.05

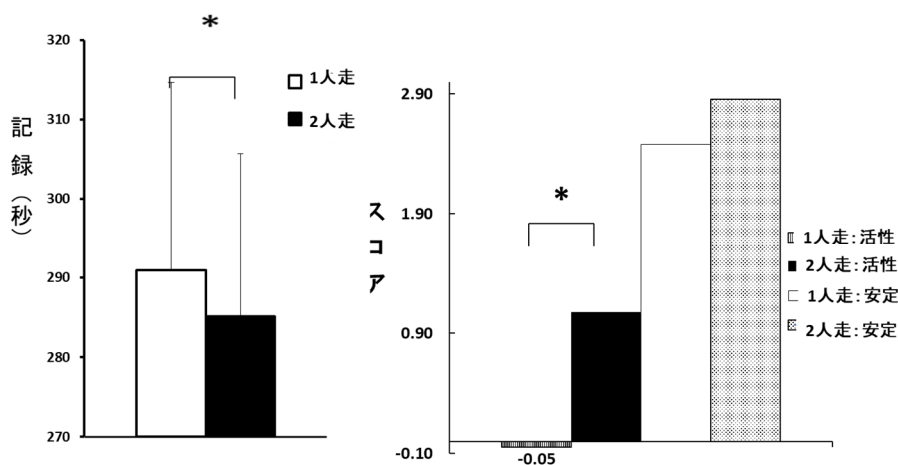


図1 1人走と2人走にみられる1500mTTの記録(左図)とTDMS(右図)

* p<0.05 1人走 vs 2人走

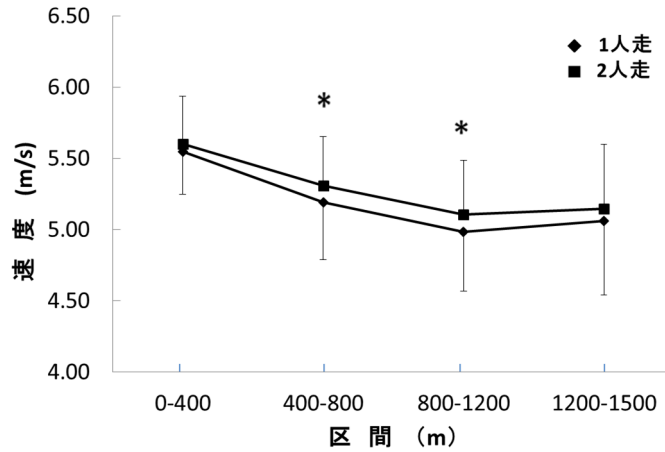


図2 1人走と2人走の1500mTTにおける400mごとのスプリットタイム
ただし, * $p < 0.05$ 1人走 vs 2人走

1人走と2人走の各個人の7回の記録の上位3回と下位3回の平均記録を比較すると, 2人走の走速度は400~800m, 800m~1200m, 1200~1500mにおいて1人走よりも有意に速くなった(図3). さらに, 個人の上位3回の平均値は下位3回に比べ, 800~1200m及び1200~1500mのスプリットタイムが有意に高くなった.

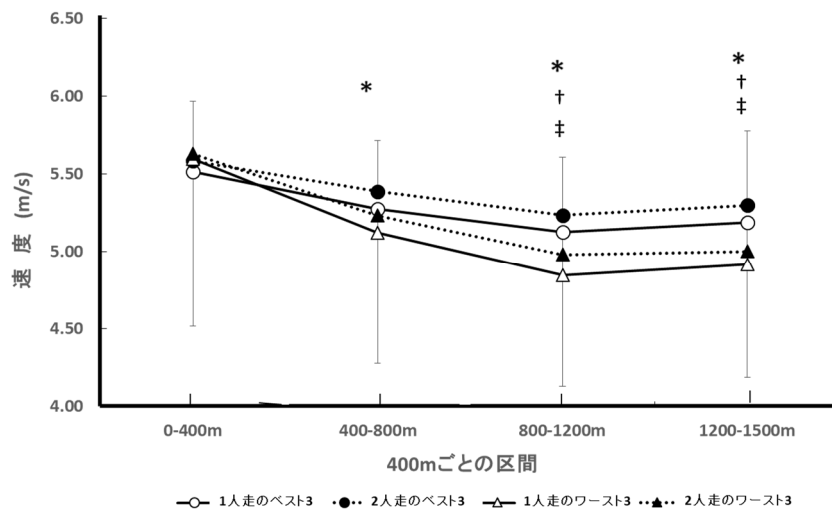


図3. 1500mTTにみられる400mごとのスプリットタイムの1人走のベスト3(○),
ワースト3(△), 2人走のベスト3(●)及び2人走のワースト3(▲)
ただし, * :1人走のベスト3 vs 2人走のベスト3 ($p < 0.05$)
† :1人走のベスト3 vs 1人走のワースト3 ($p < 0.05$)
‡ :2人走のベスト3 vs 2人走のワースト3 ($p < 0.05$)

各被験者の400mごとのスプリットタイムは, スタートから1200mまでは2人走の走速度が1人走よりも速いペースパターンを示した(図4). また, 残り最後の300mでは被験者BとCを除いて800~1200mのスプリットタイムに比較して, 一定あるいは若干ペースが速くなる傾向を示した. 被験者Bは1人走と

2人走のフィニッシュ前300mのスプリットタイムも引き続き低下傾向を, 被験者Cは1人走のみ低下傾向を, また, 被験者Eはむしろ1人走が2人走のスプリットタイムを上回るペースパターンを示した。

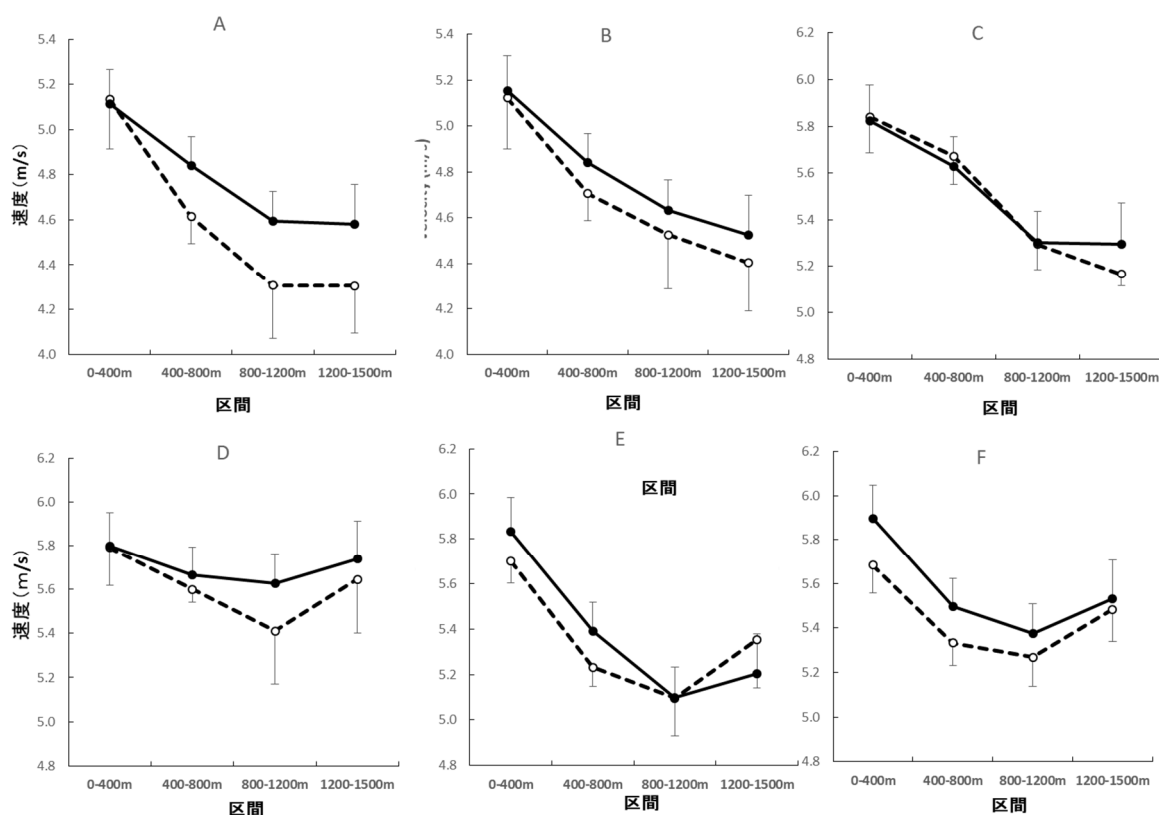


図 4. 各被験者 (A~F) の 1500mTT 中にみられる 400m ごとのスプリットタイム. ただし, ●:2人走, ○:1人走

4) 気象条件

1500mTT 走の実験が 12 月初旬から 2 月中旬まで続いたため, 実験時の気温が 2.8~18.8 °C, 風速が 1~8m/s 以内といずれも比較的広範囲に分布した. なお, 雨天時や風速が 8m/s を超える場合には, 被験者に TT 走を実施する意欲が感じられなかったことや記録や戦略に大きく影響する懸念があったため実験を中止した。

3. 性格テスト

すべての被験者は主要 5 因子性格検査システムによる①外向性, ②協調性, ③勤勉性, ④情緒安定性, ⑤知性の 5 項目で正常範囲内にあった。

IV. 考察

本研究は, 1500mTT 走における 1 人走と 2 人走の違いがパフォーマンス, ペース, および生理応答や心理状態に与える影響について検証した。

1. 1500mTT 走の記録の信頼性と妥当性

Tomazini et al(2015)は, 1 人走と 2 人で競いながら走る 2 人走の 3kmTT 走の記録を比較する場合

にはトレーニング水準, 当日の生理的コンディション, ペース配分, 気分の状態や気象条件等の影響を受けるため, 1回ずつの記録から両者を比較することは必ずしも正確な結果が得られないと指摘した. そこで, 本研究では被験者 6 名に 1 人走と 2 人走の 1500mTT 走を行う際, 力が拮抗する 4 人 1 組と 2 人 1 組に分かれ, 各組で 2 人走を複数回行うように, 2 人走と 1 人走をそれぞれ 7 回ずつ実施した. TT 走を数多くすることによって得られた記録を比較するためには, 1 人走と 2 人走の TT 走の再現性 (変動係数:CV) の高いことが必要かつ十分条件である. Jenkendrup et al (1996) は短時間の最大作業では長時間の運動に比べると持続時間の変動係数 (CV) が小さくなることを, また, Aisbett et al (2009), Bishop et al (2002), Foster et al (1994) は 0.5~5.0 分続く最大作業ではオールアウトスタート (ランニングのスピードが漸減するペース型) を行うため最も安定した記録が得られるとみなしている. 例えば Foster et al (1994) は, 1500m 走はランナーがスタートからハイペースで入り徐々にペースがダウンする比較的単純なペース配分 (オールアウト・モデル: all-out model) で走る距離とみなした. さらに, 1500m 走は文科省のスポーツテストで長く実施されてきた種目でもあることから, 我々日本人にとって最も経験のある距離である. そこで, 本研究の TT 走の距離として 1500m を採用した.

1500mTT 走の一連のテスト終了後の体重と $\dot{V}O_2\max$ (絶対値と相対値) は実験前に比べ有意に大きくなった. この原因は明らかではないが, 推測される要因として第 1 に被験者が競争をしなけければならぬことを意識して, TT 走以外の日のトレーニングの質・量が高まったことや生活習慣の改善, 第 2 にテスト期間が 3 か月と長期にわたったためトレーニング効果が現れたこと, 特に被験者 E と F が高校時代に陸上部に所属していたために $\dot{V}O_2\max$ が約 $0.7\sim 0.8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ 高まったこと, などが挙げられる. しかし, 1 人走と 2 人走の 1500mTT 走を 3~10 日以内に実施することによって, この両者の記録やペースへの影響がないように配慮した. この結果, 被験者 E の 2 人走を除くすべての被験者の 1 人走 (6 名の平均値が 1.75) と 2 人走 (6 名の平均値が 1.83) の記録の CV が 2% 以内であり, しかも両者間に有意な差が認められなかったことから体重や $\dot{V}O_2\max$ の増加による 1 人走と 2 人走の記録やペースへの影響は少なかったと考えられる. さらに, これらの CV の値は, 繰り返しのテストでは CV が 1~4% の範囲内であることが望ましいとする Holm et al (2004) の見解を 6 人中 5 人 (被験者 E は 2 人走のみ 4.2%) が満たすものであった. 被験者 E は最終局面で競争相手に一定の距離を離されると最後まで頑張り切れなかったことが, 2 人走の CV が 4.0 を超えた原因と推察される. 本研究では 1500mTT 走のフィニッシュ直後の 1 人走と 2 人走の HRmax, peakBLa, SpO₂, RPE (胸部と脚部) にそれぞれ有意な差が認められなかった. また, フィニッシュ直後には $\dot{V}O_2\max$ の判定の 3 項目 (HRmax, peakBLa, RPE) の中 2 項目以上の条件を概ね満たしていたことから, 被験者はそれぞれ全力走を実施したとみなした.

本研究は競技条件を考慮して屋外の競技用 400m トラックを用いて 1500mTT 走を実施し, 気象条件が特に記録に影響すると考えられる雨天や風速 (8m/s <) が強い時にはテストを中止した. また, 1500mTT 走の実験は 12~2 月の約 3 か月を要した. 本研究の 1500mTT 走は屋外の気象条件 (温度・湿度や風向・風力など) が異なる中で実施したが, 各被験者の 1 人走や 2 人走の CV が小さいこと, および $\dot{V}O_2\max$ 発現の判定基準を概ね満たしていることから, 本研究で得られたデータは再現性が高く信頼性のある結果とみなした.

2. ペース変動とその要因

本研究の 1500m の記録は、競争しながら走る 2 人走 (285.1±20.6 秒) が単独で走る 1 人走 (291.0±23.7 秒) よりも 5.9 秒 (2.1%) 有意に高まった。この結果は、競技種目は異なるが同じ持久性の競走種目である自転車競技の 2 人の競争的環境の中で行った自転車駆動での持続時間 (Wilmore, 1968), 2000m のサイクリングの記録 (Corbett et al, 2012), 3km 走の記録 (Tomazini et al, 2015) が 1 人で全力を尽くしたパフォーマンスを上回るという報告と同様な結果であった。

Corbett et al (2012) や Hettinger et al (2006) は、競争的環境をシミュレーションした実験では 1 人で行うよりも 2 人で競争しながら行う自転車駆動時のトータルワークが大きく、この原因がアネロビクスのエネルギーの出力の増加によるとみなした。Ariyoshi et al (1979) は、大学中・長距離選手 8 名を対象に 1400m を同じ 4 分で走る際、ペースパターンを前半型 (fast/slow), 後半型 (slow/fast), 平均型 (steady rate) の 3 つのタイプとした場合、トータル $\dot{V}O_2$ は前半型 > 平均型 > 後半型の順に、酸素負債量 (O_2 debt) は逆に後半型 > 平均型 > 前半型の順になったことを報告している。さらに、同様の 3 つのタイプで 1400m を等しく 4 分で走った後に、引き続いてトレッドミルのスピードを $370m \cdot min^{-1}$ に高めてオールアウト走を行った結果、この時の持続時間が前半型 > 平均型 > 後半型になった。後者の実験ではオールアウト走後の酸素負債量を測定していないが、仮に、個人の最大 O_2 debt が変わらないと仮定すると、スタート局面 (~400m) でいかに早く $\dot{V}O_2$ の立上りを早め O_2 debt を少なくするかのペース戦略が重要であることを示唆している。また、Bishop et al (2002) はカヤックエルゴメーターを用いたオールアウトスタートとオープンスタートのトータルパワーを比較した結果、前者が後者を上回った。この原因が後者のスタート直後の早い $\dot{V}O_2$ の立ち上がりにあることを明らかにした。これらの報告は、1500mTT 走ではスタート直後にできるだけ早くエアロビクスのエネルギーの出力を高め、アネロビクスのエネルギーの代謝量をセーブすることが重要であることを示唆している。さらに Bishop (2003) は、スタート直後のエアロビクスの出力を大きくするためにはスタート前の w-up の仕方が深く関与しているとみなした。従って、1500mTT 走の記録は、スタート局面にどれだけ多くのエアロビクスのエネルギーを使い、中間及び最終局面に備えてアネロビクスのエネルギーをどこまでセーブできるか、さらに、最終局面で精神的限界をどこまで生理的限界に近づけられるか、すなわち、残されたアネロビクスのエネルギーの出力をどこまで出し切ることができるかによって決まると考えられる。

Bishop (2003) が指摘するように、スタート局面のエアロビクスのエネルギーの出力を早く大きくするためには、w-up の仕方が重要になる。しかし、本研究の w-up のスピードや距離は被験者が 1500m 走をこれまで数多く経験していたことから任意に実施した。w-up 前に実施した TDMS (活性度と安定度) の心理テストでは、2 人走が 1 人走に比べ活性度が有意に高くなった。すなわち、2 人走は 1 人走に比べポジティブに意欲を高め、w-up をより充実 (強度と時間) させることにより、よりパフォーマンスを高めたと考えられる。これはまた、2 人走のスタート直後の 400m のエアロビクスのエネルギー産生を早め、その分アネロビクスのエネルギー代謝量を少なくすることによって、中間局面 (400~1200m) を 1 人走に比べ高めたと推測される。今後は w-up の仕方やその影響を含めてさらに究明しなければならない。

3. 個人のペース変動の相違

1500mTT 走では、古くから前半速く走り徐々にペースを低下させ最後の 300~400m に頑張る、いわゆる、オールアウト・モデルがオープンペースや前半スロースタートから徐々にペースを上げる後半型のペース配分よりも記録が高いことが報告されている(Ariyoshi,1979; Adams & Bernauer,1968). 本研究の被験者は 1500mTT 走を十分経験していたことから、典型的なオールアウト・モデルペース配分を示した. 競争しながら走る 2 人走が 1 人走より TT 走の記録が高まった要因は、中間局面(400~800m, 800~1200m)のスプリットタイムが有意に速まったことが一因である. さらに、各被験者の記録の上位の 3 回と下位の 3 回を平均値で比較すると、上位 3 回の平均スプリットは下位の 3 回の平均に比べ 400~800m, 800~1200m に加え残りフィニッシュまでの 300m のスプリットタイムも有意に速い結果が得られた. この要因として1人走と2人走のスタート直後の 400m のランニングの経済性が等しいと仮定すると、2人走のエアロビクなエネルギー消費量が1人走に比べ大きくなり、その分アネロビクなエネルギー消費が少なくなる. その時セイブされたアネロビクなエネルギーを 400m 以降より多く消費することができたことが1人走に比べ中間局面の 400~1200m あるいはフィニッシュ前の 300m のペースが高められたと考えられる. また、身近に競争相手がいることが中盤以降の精神的ゆとりや中だるみを回避し、フィニッシュ前のペースアップに結び付いたことが推測できる.

また、本研究の 1500mTT 走の結果は、3km 走のタイムトライアルを実施した Tomazini et al(2015)の 2 人走が 1 人走よりも有意に速いスプリットタイムが出現したのはスタート局面(~500m)であったとする報告と異なった. この相違要因として、会田(1972)が欧米人のような狩猟民族は攻撃的性格であるのに対して、日本人のような農耕民族は守りの性格が長い歴史の中で培われたと指摘しているように、民族性と伝統的文化に帰属する可能性が考えられる. すなわち、Tomazini et al(2015)の被験者が競争的な状況におかれた時、狩猟民族の特徴的な攻撃的な性格が影響して 1 人走に比べ 2 人走のスタート直後のスピードをより一層高めたと推測される. ただし、この見解については今後さらに多くの検証が必要である.

本研究のペース配分は最初の 400m のスプリットタイムが最も速く、その後は徐々にペースが下がるが、800~1200m のスプリットタイムに比べ残り 300m でペースを上げるタイプが一般的であった. しかし、被験者 B は 1 人走も 2 人走も残り 300m のペースが上がらずむしろペースダウンの状態でのフィニッシュした. また被験者 E は残り 300m は 2 人走が 1 人走のスプリットタイムを下回るペースであった. 被験者 E は最終局面で競争相手に一定の距離を離されると最後まで頑張り切れなかったことが、残り 300m で 2 人走に比べ 1 人走の方がよりペースが高まった. またこの 2 人の被験者は、一連の 1500mTT 走実験後の $\dot{V}O_2\max$ でのトレッドミル走の持続時間(Tlim)も、他の 4 人の被験者と異なり低下した. Noakes and Marino(2007)は、1 マイル TT 走などにみられるラストスパートが酸素運搬系や脚筋など抹消系の生理的現象だけでは説明できないので、脳にある中枢制御モデル(central governor model)が深く関与しているとみなした. 本研究でみられる最後の 300m のスプリットタイムは、生理的状态よりむしろ心理的状态に起因するものと考えられる. 従って、個人にみられる最後の 300m の走速度やペースパターンの違いは、生理的能力だけでなくランナーの性格(山地ほか, 2000)やその時の心理的状态(psychological state)(Crews, 1992; Morgan,1985; Williams et al,1991)に負うところが大きいと考えられる. 猪飼(1968)は、母指内転筋が最大筋力を発揮する際、前腕の尺骨神経へ 50V の電気刺激を与

えた時得られた最大筋力(生理的限界)は, 自分の意志のみによる自発的 maximum 筋力(心理的限界)よりも大きくなることを認めた. さらに, 自発的 maximum 筋力と電氣的刺激による maximum 筋力の個人差に 18~48% の幅がある. すなわち, 頑張る意志の力に個人差が大きいことを示唆した. この意志の個人的相違は恐らく 1500m 走の終盤の苦しみに耐える耐性能力, 換言すると, 心理的限界をどこまで生理的限界に近づけられるかの能力によるものと考えられる.

従って, 被験者 B や E の特徴的なペース配分には, 生理的な影響だけでなく心理的な頑張る力の維持能力が不足していた可能性が考えられる. しかし, 1500mTT 走のオールアウト走におけるペース変動の個人差が性格や心理的状态が記録や RE への程度影響しているのかについては今後さらに検証しなければならない.

V. 実践への示唆

同じ距離を走る際, 1 人で走るよりは複数のランナーと切磋琢磨して走る方がより速く走れることや, 同じペースで走る際には仲間と一緒に走る方が楽に感じることをしばしば経験する. そこで本研究は, 日ごろ習慣的にランニングを行っている学生・院生を対象に 1500m 全力走を 1 人で走る場合と 2 人で競走しながら走る場合の記録の相違, さらに, その考えられる原因について考察した. その結果, 2 人走は 1 人走に比べ有意に記録が高まり, その 1 つの要因が w-up 前の心理的活性度が有意に高いことによる可能性が示唆された. この研究結果から実践の場で次の点が適用できると考えた.

- ① 1 人でトレーニングするよりは等質の 2 人以上のグループを形成してトレーニングする方がより高い強度のトレーニングが期待される. 本研究では走る距離を 1500m に限定したが, 本研究結果はこの距離よりも長い距離を走る際にも適用できると推測される.
- ② 競争相手の存在が中間局面のスピードの中だるみの抑制に繋がることから, 長距離走やマラソンなどのより長い距離のレースでのペースメーカーや競走相手の存在がレース中盤や終盤のペースダウンの抑制に繋がる, と考えられる.
- ③ レースだけでなく, 日々のトレーニングで競争相手が存在することは走る前にすでに心理的活性度が高まっている. このことは w-up の強度や距離に影響する可能性があり, 実戦に備えた w-up のあり方を検討する上で有効である.

VI. リミテーションと今後の課題

本研究の 1500mTT 走はレースに近い環境条件である屋外の 400mトラックで 2 人走と 1 人走を比較する時, その差が競争相手の存在の有無という外因性のモチベーションによるものと考えた. そのため, 他の外因性のモチベーション(激励等)が介入しないように授業や課外活動でグラウンドを使っていない時間帯と被験者の時間的都合等を考慮しながら, さらに, 実験の時間帯を可能な限り同じくするように配慮して実施した. また, 雨天や強風の日は被験者の意思を尊重しながら実験を中止するか否かを判断した. その結果, 実験期間に約 3 ヶ月を要した. そのこともあり被験者の実験前・後の体重や $\dot{V}O_2\max$ が有意な増加を示した ($p < 0.05$). 実験が長期に渡ったことから実験時の風速や温度に差が生じ, 記録やペースに少なからず影響したことも考えられる. なお, 本研究では実験が実施された地域の気象協会にて公表された風速を参考にしたが, グラウンドでの風速は発表された風速に比べそれほど強

く感じなかった。今後は屋外の TT 実験ではグラウンドの近くに風向風速計を設置して実験状態を正確に把握することが望ましい。

さらに、季節的な気温差を少なくするため 1 人走と 2 人走の実験間隔を 3~10 日以内にするように努めた。その結果、被験者の記録の平均 CV が 2.0%以内であったことから判断すると風速や気温の影響は少ないと推測される。しかし、この影響は皆無ではないと考えられるが、どの程度記録やペース、あるいは心理的に影響したかは定かではない。

1 人走と 2 人走の TDMS の活性度(やる気度)の相違は w-up に与える影響が大きいと考えられる。本 1500mTT 走前の w-up は被験者自身がその日の体調や気象条件を鑑み、より実践の場に近い条件の中でその日の最高の記録が出せるよう任意に行う方法を採用した。Bishop et al(2002)や Bishop (2003)が指摘するように、数分のオールアウト走では特に w-up を適切に行うことがスタート直後のエアロビックのエネルギーの出力を早め、その結果アネロビックのエネルギーをセーブし、セーブされたアネロビックのエネルギーをレースの必要な局面で発揮できる可能性がある。しかし、本研究では、このような可能性は推測の域を出ない。また、本研究では w-up 前に活性度を測定したが、走行中の活性度や集中力を測ることができなかった。今後は、フィニッシュ後に各被験者の走行中の心理状態を質問形式で記録することが望まれる。従って、今後は w-up の仕方(スピードや時間)の違いも含めて、1 人走と 2 人走のパフォーマンス、生理的応答、心理的状況等を総合的に検証しなければならない。

覚書: 本研究は JSPS 科研費(25350787)の助成を受けたものです。

参考文献

- ・ Adams WC and Berunauer EM (1968) The effect of selected pace variations on the oxygen requirement of running a 4:37 mile. Res Q Am Assoc Health Phys Educ. 39:837-846.
- ・ 会田雄次(1972)日本人の意識構造. 講談社現代新書.
- ・ Aisbett B, Lerossignol P, Mcconell GK, Abbiss CR and Snow R (2009) Influence of all-out and fast start on 5-min cycling time trial performance. Med Sci Sports Exerc. 41:1965-1971.
- ・ Anderson T (1996) Biomechanics and running economy. Sports Med. 22:76-89,1996.
- ・ Ariyoshi M, Yamaji K and Shephard RJ (1979) Influence of running pace upon performance: Effects upon treadmill endurance time and oxygen cost. Eur J Appl Physiol. 41:83-91.
- ・ Bishop D (2003) Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. Sports Med. 33:436-454.
- ・ Bishop D, Bonett D and Dawson B (2002) The influence of pacing strategy on $\dot{V}O_2$ and supra maximal kayak performance. Med Sci Sports Exerc. 34:1041-1047.
- ・ Corbett J, Barwood MJ, Ouzounoglou A, Thelwell R and Dicks M (2012) Influence of competition on performance and pacing during cycling exercise. Med Sci Sports Exer.

44:509-515.

- Crews DJ (1992) Psychological state and running economy. *Med Sci Sports Exerc.* 24:475-482.
- Daniels JT (1985) A pshysiologist's view of running economy. *Med Sci Sports Exerc.* 17:332-338.
- Foster C, Schragger M, Snyder AC and Thompson NN (1994) Pacing strategy and athletic performance. *Sports Med.* 17:77-85.
- Hettinger FJ, de Koning JJ, Broersen FT, van Geffen P and Foster C (2006) Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000 m cycling time trials. *Med Sci Sports Exerc.* 38:1484-1491.
- Holm P, Sattler A and Fregos RF (2004) Endurance training or respiratory muscle improves cycling performance in fit young cyclists. *BMC Physiol* DOI <http://www.biomedcentral.com/1472-6793/4/9>.
- Hopkins W and Hewson DJ (2001) Variability of competitive performance of distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 33:1588-1592.
- 猪飼道夫(1968) 第4章情動の秩序. 猪飼道夫・須藤春一編著, 教育生理学. 第一法規: pp.183-189. pp200-201.
- Jeukendrup A, Saris WHM, Brouns F and Kester ADM. (1996) A new validated endurance performance test. *Med Sci Sports Exec.* 28:266-270.
- Jones AM and Doust JH (1996) A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *J Sports Sci.* 14:321-327.
- Morgan WP (1985) Psychogenic factors and exercise metabolism: a review. *Med Sci Sports Exerc.* 17:309-316.
- 村上宣寛・村上千恵子(1998)主要5因子性格検査の手引き, 学芸書.
- Noakes TD (2000) Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scan J Med Sci Sports.* 10:123-145.
- Noakes TD and Marino FE (2007) Arterial oxygenation, central motor output and exercise performance in human. *J Physiol.* Doi:10.1113/jpphysiol.145110
- Sakairi Y, Nakatsuka K and Simizu T(2003)Development of the Two-dimensional Mood Scale for self-monitoring and self-regulation of momentary mood states. *Jap Psychol Res.* 55:338-349.
- Tomazini F, Pasqua LA, Damasceno MV, Silva-Cavalcante MD, de Oliveira FR Lima-Silva AE and Bertuzzi R (2015) Head-to-head running race simulation alters pacing strategy, performance, and mood state. *Physiol Behav.* 149:39-44.
- Tucker R, Lambert MI and Noakes TD (2006) An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. *Int J Sports Physiol Perform.*

1:233-245.

- Ulmer HV (1996) Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological regulation feedback. *Experientia*. 52:416-420.
- Williams TJ, Krahenbuhl GS and Morgan DW (1991) Mood state and running economy in moderately trained male runners. *Med Sci Sports Exerc*. 23:727-731.
- Wilmore JH (1968) Influence of motivation on physical work capacity and performance. *J Appl Physiol*. 24:459-463.
- 山地啓司(2001)改定最大酸素摂取量の科学. 杏林書院.
- 山地啓司・橋本一隆・橋爪和夫(2000)トレッドミルにおける持続時間と生理的応答の変動. *体育学研究*, 45:15-23.