

全日本大学駅伝関西地区予選会の レース分析と各種体力的要素との関係

～次年度に向けた指導法の検討～

竹澤 健介
九鬼 靖太
前田 和良
若吉 浩二

Abstract

The current study was conducted to (1) analyse 10,000 m running in a competition, and (2) examine relationships between the 10,000 m time and physical fitness in collegiate endurance runners. Nine collegiate runners volunteered to compete a 10,000 m race and perform a standing broad jump, a five-step horizontal jump, a medicine ball throw, and a 30 m sprint. Anaerobic peak power was also measured via a 60 sec Wingate test. Regarding the analysis of the 10,000 m race, most of the participants' split time in each 1,000 m temporarily became slower in the middle phase of a race. They then got faster in the final 1,000 m once again. Such a fluctuation in running speed should be corrected from the perspective of running economy. The standing broad jump was significantly correlated with 10,000 m running times ($r=-0.76$). Furthermore, anaerobic peak power was strongly correlated with 10,000 m times ($r=-0.55$) although it was not a significant relationship because of the small sample size. These results would indicate the importance of the ability to exert force explosively in endurance runners as well as sprinters. Based on the results of the current study, we suggest two types of training to improve performance in the 10,000 m: high intensity exercise to enhance explosive force exertion and practice to keep running speed constant.

I. 緒言

全日本大学駅伝とは、毎年11月に愛知県熱田神宮から三重県伊勢神宮までの106.8 kmを、8名の選手の襷リレーで競われる駅伝大会である。全国8地区の予選会を勝ち抜いたチームとシード校を含めた27チームが出場し、大学駅伝日本一を決める大会として位置づけられている。また、学生三大駅伝の一つで、世間でも非常に注目度の高く、大阪経済大学陸上競技部は全日本大学駅伝への出場を目標に活動している。関西地区予選会では、10,000 mのレースを4組編成で行い、1チーム10名の選手が出場可能で、その中からタイムで上位8名の選手のタイムを合計した記録によって競われる。本学陸上競技部が本戦に出場するためには、大学所在地である関西地区予選会で上位3校に入る必要があり、昨年は4時間07分20秒で3位入賞し、2年ぶり25回目の本戦に出場を果たしている。

しかしながら、2019年の関西地区予選会における本学陸上競技部の成績は4時間13分56秒で4位となり本戦出場を逃した。1位の立命館大学（4時間07分38秒）、2位の関西学院大学（4時間10分03秒）および3位の京都産業大学（4時間10分25秒）が本戦出場を決め、本戦出場の最低ラインである3位の京都産業大学までのタイム差は3分31秒であった。これは、一人あたり約25秒の差があることを示しており、距離にして約150mの差があると言える。予選会における主な戦略は、選手のレベルに応じて単独走と集団走に分けることである。チーム内で競技レベルの高い選手には、単独走で他大学の選手と競合してタイムを短縮するように指示し、競技レベルの低い選手はタイムを設定してチームでの集団走によってレースを構成するように指示する。特に、競技レベルの低い選手が失速するとラスト数kmで1分以上も設定タイムを超過してしまう場合が多いため、設定タイム通りに走らせることが戦略上の重要な点である。

一般的に、競技パフォーマンスを高めるためには、試合の結果を評価し、その評価に基づいて次の目標に向けたトレーニングを計画・実践するPDCAサイクルを適切に働かせる必要がある（図子，2012）。これまで、駅伝大会の結果を反芻し、レース分析から次のトレーニング戦略への示唆を得た事例的な研究が行われている。武田（2016，2017）は、所属チームにおける箱根駅伝のレースを分析し、選手のレース後半における失速率が高いことから、箱根駅伝予選会の20kmを走る基礎的な体力向上がトレーニングにおける重要な課題であると結論づけている。また、渋谷（2007）は全日本大学女子駅伝対校選手権大会の予選会における過去3年間の記録を分析し、各区間における特性を検討した上で、筆者が指導するチームに対してトレーニング量の増加が重要であると指摘している。このように、レース分析を通して、具体的なトレーニング課題を検討することができると考えられる。

そこで、本研究は関西地区予選会に出場した選手における10,000mのレース分析を行うこと、および10,000mの記録と各種体力的要素との関係について検討することで、本学陸上競技部に所属する選手の10,000m走パフォーマンスを高めるためのトレーニング戦略について再考することを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

本研究は、第51回全日本大学駅伝対校選手権大会における関西地区予選会に出場した、大阪経済大学陸上競技部の選手9名を対象とした（年齢：20.2±4.0 year，身長：172.6±13.0 cm，体重：58.3±8.6 kg）。当該試合に出場した選手は10名であったが、1名は当該試合において脚を負傷し、コントロールテストを実施できなかったため本研究における実験対象者から除外した。なお、本研究において行われた実験はヘルシンキ宣言に則り、対象者には本研究の実施内容を口頭および書面にて説明し、同意が得られる場合には同意書による署名で本研究に参加する意思を確認した。その際に、この研究への参加は強制ではな

く自由意思によるものであること、同意後であっても研究への参加をいつでも取りやめることができること、研究への不参加によって一切の不利益を被ることがない旨を説明した。

2. 測定方法および分析項目

1) フィールドテスト

フィールドテストとして、本研究では立幅跳、立五段跳、両手メディシンボール投および30mスプリントを行った。全ての試技は、練習を2回行わせた後にそれぞれ十分な休憩を挟んで2回行った。2回の試技のうち記録が優れていた方の試技を分析対象試技として採用した。

立幅跳は、両脚支持の姿勢から任意の深さまで屈曲し、なるべく遠く前方方向に跳躍を行わせた。同じく、立五段跳も、両脚支持の姿勢から、5歩でなるべく遠くに跳躍するように指示を行なった。なお、立幅跳と立五段跳の試技は走幅跳用の走路と砂場を用いて行われ、跳躍距離はテープメジャーを用いて測定した。また、両手メディシンボール投では、3kgの重量のボールをなるべく遠くに投げるように試技を行わせた。

30mスプリントおよび加速付き30mスプリントにおける疾走タイムは、光電管（ワイワイファクトリー社製）を用いて測定された。30mスプリントは、スタート地点の0.5m後ろからスタートさせ、両脚と片手の三点支持の静止状態からスタートを行い、スタートは任意のタイミングとした。

2) ウィンゲートテスト

本研究では、対象者の無酸素性および有酸素性能力を評価するために、電磁ブレーキ式自転車エルゴメーター（風神雷神、大橋知創研究所社製）を用いて60秒間のウィンゲートテストを行った（森と比留間，2014）。サドル高は対象者が最も自転車を漕ぎやすい位置に設定され、試技中はサドルから腰を上げずにペダリングを継続するように指示を行なった。また、試技開始直後から全力ペダリングを行い、試技中にはペーシングを行わずなるべく速くペダルを漕ぐように指示を行なった。負荷は対象者の体重の7.5%に統一し設定した。試技中に対象者が全力を発揮できるように口頭での激励を行うとともに、10秒ごとに時間の経過を伝えた。なお、全ての対象者は日常的にトレーニングの一環として自転車エルゴメーターを用いており、自転車エルゴメーターを用いた実験には十分に習熟していた。試技中に発揮されたパワーは10Hzでサンプリングされ、試技中のパワーをパーソナルコンピューターにインポートし、データを平滑化するために得られたデータを5秒ごとに平均したデータを用いて分析を行った（森と比留間，2014）。試技中の最大パワーおよび体重あたりの最大パワーを算出し、選手のパワー発揮能力を評価した。

3) 10,000mの記録

本研究で用いられた10,000mの記録は、第51回全日本大学駅伝対校選手権大会の関西地区予選会における各選手の記録を用いた。公認の陸上競技場において実施された競技会

であり、気温の影響を考慮して18:00から21:00の時間内に競技が行われた。

3. 統計処理

測定項目における値は、平均と標準偏差を用いて示された。10,000 m の記録と各種体力要素との関係はピアソンの積率相関分析を用いて分析された。また、相関係数を二乗することで決定係数を算出した。効果量としての相関係数の大きさの評価は、Hopkins ら (2009) を参考にし、0.1~0.29を「弱い」、0.30~0.49を「中程度」、0.50~0.69を「強い」、0.70~0.89を「非常に強い」、0.90~0.99を「ほとんど一致」、1を「一致」として評価した。なお、統計処理はSPSS version 25を用いて行われ、有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結果

図1は、対象者における10,000 m レースの1,000 m ごとのラップタイムの推移を示している。黒色の実線は全対象者の平均タイムを示し、灰色の実線は対象者ごとのタイムをそれぞれ示している。平均タイムは、4,000 m まで安定したペースで推移したが、4,000 m 以降は疾走速度の低下がみられた。また9,000 m から10,000 m で対象者9名中8名の疾走速度が増加し、ペースを速めていた。一方、破線は本学の中で最も10,000 m の記録に優れた選手のラップタイムの推移を示している。4,000 m から5,000 m で大きく疾走速度が増加し、5,000 m から7,000 m は大きく疾走速度が低下していた。7,000 m 以降は大きく疾走速度を増加させペースを速めており、9,000 m から1,000 m のタイムは10,000 m の記録の中で最も早いタイムとなっていた。

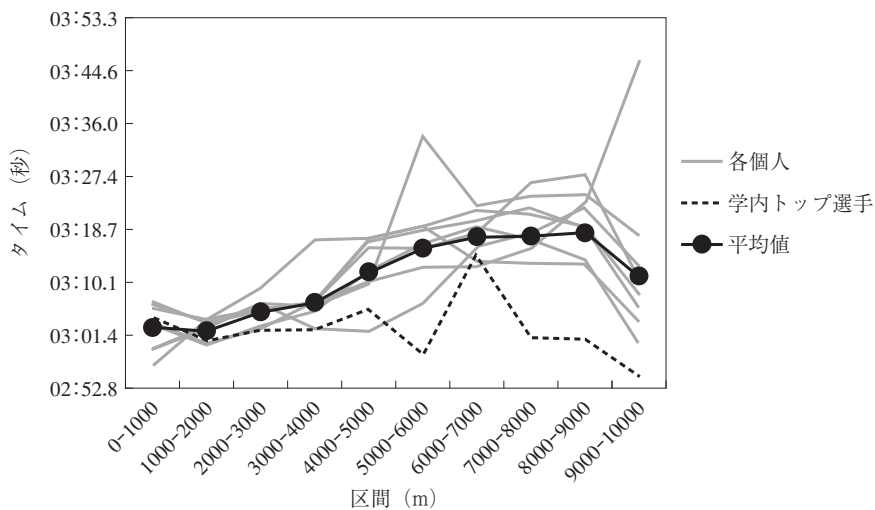


図1 レース中における1,000 m ごとの区間タイムの推移

図2は、10,000 m の記録と各種体力的要素との関係を示している。10,000 m の記録は自転車エルゴメーターを用いたウィングテストにおける最大パワー ($r=-0.55$, R^2

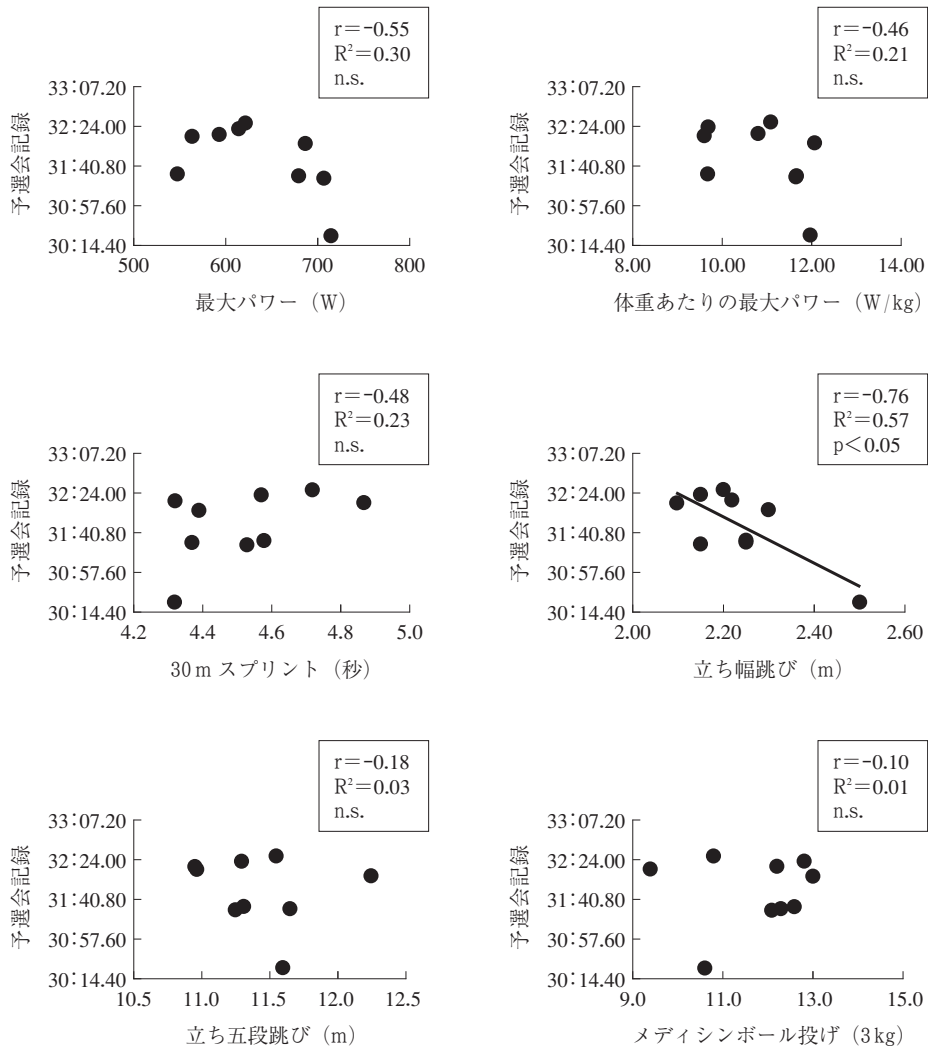


図2 各種体力的要素と10,000mの記録の関係

=0.30, n.s.) および、体重あたりの最大パワー ($r = -0.46$, $R^2 = 0.21$, n.s.) との間には有意な相関関係は認められなかった。またフィールドテストにおいては、10,000mの記録と立ち幅跳びの記録との間にのみ有意な正の相関関係が認められた ($r = 0.76$, $R^2 = 0.57$, $p < 0.05$)。

IV. 考察

本研究は、全日本大学駅伝関西予選会に出場した選手における10,000mのレース分析を行うこと、および10,000mの記録と各種体力的要素との関係について検討することで、本学陸上競技部に所属する選手の10,000m走パフォーマンスを高めるためのトレーニング戦略について再考することを目的として行われた。以下では、レース分析と各種体力的

要素を 10,000 m のタイムとの関係についてそれぞれ検討した上で、来年度に向けたトレーニング課題と取り組みについて検討することとする。

1. 全日本駅伝関西地区予選会におけるレースについて

図1に示した1,000 m ごとの区間タイムの変化における全体の傾向では、それぞれの区間ごとにタイムが変動しており、ペース配分が異なっていた(図1)。予選会では多くの選手が4,000 m 付近から疾走速度を低下させて区間タイムが遅かったが、レース後半の9,000 m から10,000 m には9名中8名の選手において疾走速度が再び増加し、1,000 m タイムの短縮がみられた。実際のレース中におけるレースペースを検討した先行研究では、相手との駆け引きで疾走速度が変動しやすい800 m レースにおいても、ゴール前で速度が大きく増加することがない(門野ほか, 2008)。さらに、武田(2017)も20,000 m におけるレース中における1,000 m ごとの区間タイムの推移を明らかにしており、多くの選手がレース後半に疾走速度を低下させていた。一般的に、レース前半に余裕を持ったタイムで走った選手がレース後半の1,000 m で大きく疾走速度を上げることは可能であるが、本研究のようにレース中盤に大きく失速した選手が最後の1,000 m に再び疾走速度が上がることは考えづらい。今回の予選会では、破線の最も10,000 m の記録に優れた選手を除く9名の選手には、設定タイムを事前に設定してチームでの集団走によってレースを構成するように指示していた。これは、なるべくレース中の疾走変動を小さくすることによって、走の経済性を高めることを目的としていたが、レース中の相手との駆け引きによりペース配分にミスが生じたと考えられる。すなわち、レース前半を設定タイム以上のペースで走ったことで4,000 m 付近から大幅に疾走速度を低下させてしまい、レース途中で体力を温存したことで余裕が生まれ、ラスト1,000 m で疾走速度を再びあげることができたと推察できる。したがって、今回の予選会に出場した本学の多くの選手は、自分の実力と本番のペースには大きな乖離があったと考えられる。メンバーにはあらかじめ設定ペースを提示したものの、レース中の駆け引きによりレースを先導する選手のペースにつられてしまい、設定ペース通りにレースを進める事が出来ない選手多く、予選会で選手が実力を発揮する事ができなかった大きな要因であると考えられる。そのため、本学が予選会を突破する為には10,000 m のレースにおいてペースを安定させて走ることが今後の課題であると考えられる。

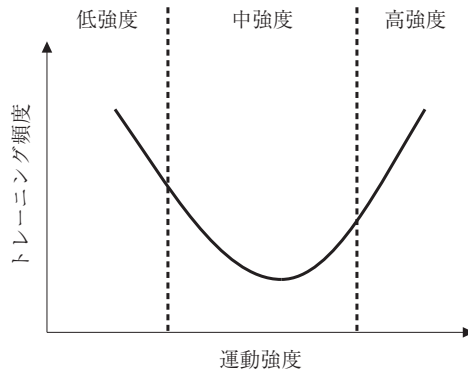
2. 10,000 m レースの記録と各種体力的要素について

各種体力的要素が10,000 m の記録に及ぼす影響について検討した(図2)。Pearson の積率相関分析の結果、立幅跳の跳躍距離と10,000 m の記録との間にのみ有意な負の相関関係が認められ($r=-0.76$)、その他の項目には有意な相関関係は認められなかった。立幅跳の跳躍距離は、水平方向への爆発的な力発揮能力を評価する指標として一般的に用いられており、多くの先行研究で30 m などのスプリントタイムと有意な関係にあることが報告されている(Meylan et al., 2009; Kale et al., 2009)。一方、武田ほか(2010)は、その場での連続リバウンドジャンプの遂行能力がランニングエコノミーと有意な相関関係に

あることから、長距離選手における爆発的な力発揮能力の重要性を示唆している。この背景には、ストレッチショートニングサイクルと呼ばれる筋の特異的な筋収縮による力発揮が両者の運動で共通していることが挙げられている。一方、立幅跳は上述の通り水平方向への力発揮能力を評価しており、Nagahara et al. (2019) によって、短距離走における加速能力は鉛直方向ではなく水平方向への力発揮に強く影響を受けることが示されている。この短距離走における知見を直接的に長距離走へ応用するのは難しいものの、本研究の結果は長距離走であっても、水平方向への力発揮能力がパフォーマンスを決定する重要な体力的要因である可能性を支持するものである。一方、統計的に有意ではなかったものの、自転車エルゴメーターの最大パワーも 10,000 m の記録と中程度の相関関係にあり ($r = -0.55$)、効果量の観点からは「強い」関係であると言える。また、両者の間の決定係数 ($R^2 = 0.30$) を踏まえると、統計的な観点から、自転車エルゴメーターで発揮された最大パワーは 10,000 m の記録の 30% を説明づけられよう。当然、自転車エルゴメーターで発揮された最大パワーには最大筋力や爆発的筋力など複数の体力的要素とペダリング技術などのその他の要因も影響しているため、純粋に発揮パワーでもって 10,000 m の記録の 30% も説明できるとは考えづらいものの、最大努力で発揮されるパワーも重要な体力的要素であると推察できる。これらの結果を踏まえると、短い時間に大きな力やパワーを発揮する能力を高めることによって、短距離走だけでなく長距離走であってもそのパフォーマンスを向上しうる可能性があると考えられる。

3. 現場への応用

日本の陸上競技の現場では長らく比較的長い距離を走る持久的なトレーニングが、持久系競技者の競技力の向上に最も有効であると考えられてきた。リディアード (1993) は、トレーニングをジョグのような低強度とインターバルのような中・高強度とに分類し、低強度でのトレーニングをできるだけ長い期間実施すること、また低強度でのトレーニングによって高められた有酸素能力に対して、レース直前でのスピードアップとして高強度でのトレーニングを行うことが重要であると主張している。加えて、マーティンとコー (2001) は 5,000 m を行う選手が 10,000 m に伸ばす際には、それまで以上に低強度の有酸素運動により多く取り組む必要があると述べている。上記のトレーニング戦略は、長距離走の場合、エネルギー供給におけるリン酸系と乳酸系の比率を下げ、有酸素系の比率を高めることを目的としており、高ボリュームトレーニングや閾値トレーニングといった方法を中心としたトレーニングによって、これまで世界で数多くの長距離選手が成果をあげてきた。しかしながら、近年の、Polarized training (以下、POL トレーニング) が持久系の競技者の競技力をより効率的に高めうる代替的なトレーニング戦略として注目されつつある。Neal et al., (2012) は競技者において乳酸性作業閾値を伸ばすためには、酸性作業閾値付近でのトレーニングを増やすよりもより高強度の運動を増やすことが効果的であることを明らかにしている。POL トレーニングでは大部分を低強度と高強度に配分し、中強度のトレーニングの配分を減らしてトレーニングを行うことが特徴で、国際大会で活躍



トレーニング強度	練習内容の例
高強度	<p style="text-align: center;">3本×1,000 m</p> <p>※心拍が安静時程度に回復するまで休憩時間を設ける（10分程度）. ※10,000 m のレースペースを上回るペースで走る.</p>
中強度	<p style="text-align: center;">3本×2,000 m</p> <p>※心拍が安静時程度まで回復させない（200 m のジョギング）. ※10,000 m のレースペースを下回るペースで走る.</p>
低強度	<p style="text-align: center;">10,000 m ジョギング</p> <p>※ランニング中に、会話ができる程度のペースで走る.</p>

図3 各種運動強度におけるトレーニング頻度と練習内容の例示

する自転車選手、クロスカントリースキー選手、陸上長距離選手といった多くの持久系競技者がPOLトレーニングを用いているとされている。Stöggli and Sperlich (2014) は、POLトレーニングが閾値トレーニングや高ボリュームトレーニングよりも効果的に最高酸素摂取量推定値や血中乳酸蓄積開始点の走速度を向上させることができると示した。また、近年では Tabata et al. (1996) が発表した「タバタプロトコル」に代表される高強度インターバルトレーニングである High Intensity Interval Training (HIIT) が大きな注目を集めている。HIITによって無酸素エネルギーと有酸素エネルギーの両方を刺激することができることを明らかにした。この研究により HIIT でも POL と同様に無酸素および有酸素エネルギー供給への刺激反応が起こることが示されたことから、低強度や中強度を組み合わせるよりも、低強度と高強度を組み合わせる方がより効率的に競技能力を向上させることができると考えられる。これまで本学でも他の多くの指導現場と同様に、呼吸が上がらず話しながら走れる強度でのジョグなどの低強度と、レースペースよりも遅いインターバルトレーニングなどの中強度を中心としたトレーニングメニューを立案し行われてきた。中強度の具体的なトレーニングメニューの一例として、レースペースよりも遅いペースで2,000 m を3本、レストを200 m や1分程度と比較的短めで行うトレーニングなどが挙げ

られる (図3)。本研究の結果においても、立幅跳の跳躍距離と10,000mの記録との間に有意な負の相関関係が認められており、短い時間に大きな力を発揮する能力が長距離走パフォーマンスの向上に寄与する可能性を支持するものである。したがって、本学陸上競技部のトレーニングを、これまで行なってきた低強度と中強度を中心としたトレーニングから低強度と高強度を中心としたトレーニングに移行する事が有効であると考えられる。高強度の具体的なトレーニングメニューの一例としては、レースより早いペースで1,000mを3本、レストは10分程度と長めに取るなどが挙げられる (図3)。今後は低強度と高強度を組み合わせた効果的かつ効率的なトレーニング実践していくことが、本学陸上競技部の競技力向上、ひいては全日本大学駅伝予選会突破に繋がると考えられる。

V. 謝辞

本研究は、大阪経済大学共同研究費 (代表：若吉浩二) の助成を受けたものである。

VI. 参考文献

- 1) Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A and Hanin, J (2009) Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 41(1): 3-12.
- 2) Kale, M., Asçi, A., Bayrak, C., & Açıkada, C. (2009). Relationships among jumping performances and sprint parameters during maximum speed phase in sprinters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2272-2279.
- 3) 門野洋介, 阿江通良, 榎本靖士, 杉田正明, & 森丘保典. (2008). 記録水準の異なる800m走者のレースパターン. *体育学研究*, 53, 2: 247-263.
- 4) Meylan, C., McMaster, T., Cronin, J., Mohammad, N. I., Rogers, C., & DeKlerk, M. (2009). Single-leg lateral, horizontal, and vertical jump assessment: reliability, interrelationships, and ability to predict sprint and change-of-direction performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1140-1147.
- 5) 森健一・比留間浩介 (2014) 体力特性の相違が Wingate test における発揮パワーに及ぼす影響. *武蔵大学人文学会雑誌*, 45: 244-258.
- 6) Nagahara, R., Kanehisa, H., Matsuo, A and Fukunaga, T (2019) Are peak ground reaction forces related to bettwe sprint acceleration performance? *Sports Biomech*, 24: 1-10.
- 7) Neal, Craig M., et al. "Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists." *Journal of applied physiology* 114.4 (2012): 461-471.
- 8) 渋谷俊浩 (2007) 記録の推移からみた大学女子駅伝競技の事例的研究：全日本大学女子駅伝対校選手権大会出場へ向けて. *びわこ成蹊スポーツ大学研究紀要*, 4: 113-122.
- 9) Stöggl and Sperlich. (2014) Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training., *Front Physiol.* 4; 5: 33.
- 10) 武田一 (2016) 本学駅伝プロジェクトについての研究 (第1報) (第92回箱根駅伝競走予選会のレース分析から). *桜美林論考 自然科学・総合科学研究*, 7: 61-72.
- 11) 武田一 (2017) 本学駅伝プロジェクトについての研究 (第2報) (第92回箱根駅伝競走予選会のレース分析から). *桜美林論考 自然科学・総合科学研究*, 8: 25-36.

- 12) 武田誠司, 石井泰光, 山本正嘉, & 関子浩二. (2010). 長距離ランナーにおけるランニングと連続跳躍による経済性の関係. 体力科学, 59(1), 107-118.
- 13) Yamamoto, K., & Nagahara, T. (2019). U.S. Patent Application No. 10/191, 380.
- 14) 関子浩二 (2012) 体育方法学研究およびコーチング学研究が目指す研究のすがた. コーチング学研究, 25 : 203-209.