

## 陸上競技長距離走における追尾走の効果

古川, 大晃  
九州大学大学院人間環境学府

中川, 保敬  
熊本大学大学院教育学研究科

斉藤, 篤司  
九州大学大学院人間環境学府

<https://doi.org/10.15017/2560366>

---

出版情報 : 健康科学. 42, pp.81-85, 2020-03-25. 九州大学健康科学編集委員会  
バージョン :  
権利関係 :

— 原 著 —

## 陸上競技長距離走における追尾走の効果

古川大晃<sup>1)</sup>, 中川保敬<sup>2)</sup>, 斉藤篤司<sup>3)\*</sup>

### The effects of tracking running in long-distance runners

Hiroaki FURUKAWA<sup>1)</sup>, Yasutaka NAKAGAWA<sup>2)</sup>, and Atsushi SAITO<sup>3)\*</sup>

#### Abstract

**Purpose:** The purpose of this study was to examine the effects of running behind another runner (known as “tracking running”; TR). In particular, this study examined the effects of TR as well as the reduction in air resistance by the runner in front. Subjects therefore ran under the same air resistance conditions as they would while solo running during this experiment.

**Method:** The subjects were 3 male university long-distance runners (20.3±2.7 year). They ran for 6 km at their lactate threshold pace (LT-pace) while having their heart rate (HR) and rating of perceived exertion (RPE) measured.

**Result:** Two subjects had a lower HR while LT-pace running through 6 km. The other subject had a lower HR while LT-pace running in the first 3 km, but the difference disappeared in the last 3 km. None of the subjects showed any cohesive trend in the RPE.

**Conclusion:** In this study, we found that TR was able to reduce the physiological burden even if the air resistance was not reduced. To clarify the difference in the psychological burden, a further investigation concerning cognitive strategies is needed.

**Key words:** tracking running, long distance running, heart rate, rating of perceived exertion

(Journal of Health Science, Kyushu University, 42: 81-85, 2020)

---

1 九州大学大学院人間環境学府, Graduate School of Human-Environment Studies, Kyushu University, Japan.

2 熊本大学大学院教育学研究科, Faculty of Education, Kumamoto University, Japan.

3 九州大学大学院人間環境学研究院, Faculty of Human-Environment Studies, Kyushu University, Japan.

\*連絡先 : 九州大学大学院人間環境学研究院 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 Tel & Fax: 092-802-5159

\*Correspondence to: Faculty of Human-Environment Studies, Kyushu University, 744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan.

Tel & Fax: +81-92-802-5159 E-mail: saito-a@ihs.kyushu-u.ac.jp

## 緒言

長距離ランナーの間では、『人の後ろについて走れば楽に走れる。』ということが共通認識とされている。人の後ろについて走ることで、なぜ楽に走れるようになるのだろうか。人が走行する際の運動強度の規定要因として、空気抵抗の影響が多くの研究で示されている。Hill<sup>1)</sup>は風洞とランナーの人体模型を用い、ランニングにおける空気抵抗を求める公式を導き、その大きさはランナーが受ける風速の二乗に比例することを示した。Pugh<sup>2)</sup>は向かい風を受けながら走る場合、酸素摂取量が風速の二乗に比例して増大し、空気抵抗が走者のエネルギーコストに影響することを示した。この空気抵抗を低減させる方略として先行走者による空気抵抗低減(drafting)があり、Hauswirth et al.<sup>3)</sup>によってランニング、自転車競技、スケート、水泳のパフォーマンスへの影響が報告されている。Pugh<sup>2)</sup>はピトー管(流体の流れの速さを測定する計測器)を走者の周囲に配置した空気圧の測定法を採用し、80 cm後方であれば単独走の2%、1m後方であれば7%にまで空気抵抗を減ずることを確認した。さらに、伊藤<sup>4)</sup>は煙風洞を用いて、複数の前走者による空気の流れの変化(スリップストリーム)をより詳細に観察し「ペースメーカーによる空気抵抗低減は主走者の体力温存を助ける効果につながり、ペースメーカーの配置次第では少なくとも最大で単独走行の7%程度まで空気抵抗を減ずることが可能」と結論付けている。

実際の走行においても、draftingを用いて記録向上した事例がある。2019年10月12日、オーストリアのウィーンで、ケニアの陸上競技選手 Eliud Kipchoge によるマラソン(42.195 km) 2時間切りを目指したタイムトライアル「INEOS 1:59 CHALLENGE」が行われ、1時間59分40秒で走破し、非公認ながら初めてマラソン2時間切りを果たした。その際、Kipchoge選手の前に5人、後ろに2人の走者が配置され空気抵抗を削減する方略が用いられたことから、draftingの効果が示されたと考えられる。

また、人の後ろについて走ることで『楽に走れる』と感じられることは、単独走と比較し、認知的にも影響を及ぼしている可能性がある。認知的方略として、attention方略と avoidance方略を利用した研究がある<sup>5)6)</sup>。長距離走中、被験者に「呼吸や身体感覚に注意を向ける方略」(attention方略)か、「苦痛や疲労から注意を逸らす方略」(avoidance方略)のいずれか一方を利用させ、その方略利用が遂行成績に及ぼす影響について、検討したもので

ある。高井<sup>7)</sup>によれば一般的に「avoidance方略が遂行成績を促進し、主観的運動強度を低下させる」と見出されている。しかし、「人の後ろについて走る」という特定の状況が、これらの方略利用につながっているかどうかは明らかではない。

また高井<sup>7)</sup>は「長距離走者が先行経験に基づいて設定した目標ペースに対してできるだけ正確に再現するよう走行すること」を『ペース再生』と定義し、長距離走中のペース再生状況における認知的方略の一つに「他者追従因子」があることを示した。すなわち、長距離走者は自己の設定ペースを把握・再生する手段として前の走者についていく方略を利用する場合がある。武田<sup>8)</sup>は箱根駅伝予選会における集団走の利点を「ペースの安定と仲間と走れる安心感、励ましあいながら走れる集団心理による失速率(スタートから5kmまでとゴール直前の15km~20kmの区間タイムの比率)の低下があげられる」と述べており、集団走の心理的な効果を評価している。

以上のように「人の後ろについて走る」ことは、物理的要因として draftingだけでなく、認知的方略としての利用等、他の要因による貢献の存在が考えられる。そこで本研究では空気抵抗を受けるような状況においても「人の後ろについて走る」ことで、生理的・心理的負担が軽減するかについて検討した。

## 方法

本研究では人の後ろについて走る状況を「追尾走」とし、周囲に全く走者がいない状況で走る状況を「単独走」とした。アンケートによる長距離走者がもつ追尾走に対する認識と実走による空気抵抗の影響を除いた条件下の追尾走のパフォーマンス向上効果を検証した。

### 1. アンケート

中長距離走者が追尾走の効果を実感しているかを調査するため、K大学体育会陸上競技部所属の中長距離走者19名(男性16名、女性3名、平均年齢20.4±6.6)を対象にアンケート調査を実施した。アンケートの質問項目は「追尾走は長距離走でのパフォーマンスを向上させると思うか」「追尾走は長距離走でのパフォーマンスを低下させるかと思うか」をそれぞれ4件法(強く思う、やや思う、あまり思わない、全く思わない)にて回答させた。また、長距離走経験のある体育会運動部員50名(男性42名、女性8名、平均年齢20.2±6.8)を対象に単独走と比較して追尾走によって生じるメリット・デメリットをそれぞれ自由記述で回答させた。

Table 1 Characteristics of subjects

| Subject | Age<br>(yrs) | Height<br>(cm) | Weight<br>(kg) | Competition<br>experience<br>(yrs) | Race record<br>of 5000 m<br>(min:sec) | Running pace<br>(min:sec /1km) |
|---------|--------------|----------------|----------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| A       | 23           | 176            | 60             | 7                                  | 14:28.66                              | 3:10                           |
| B       | 19           | 177            | 63             | 4                                  | 16:40.21                              | 3:30                           |
| C       | 19           | 170            | 57             | 7                                  | 17:33.95                              | 3:59                           |

## 2. 実走実験

### 1) 被検者及び実施時期・場所

K 大学体育会陸上競技長距離走者 3 名を対象とした。被検者特性は表 1 に示した。実験時期は 2018 年 9 月から 12 月とし、K 大学陸上トラックにおいて実施した。

### 2) 走行強度の定義と走行距離

走行ペースは被検者の体力に応じて相対的運動強度を概ね統一するため、各被検者の当季(2018 年 9~11 月)の 5000m のベスト記録から、90%HRmax、血中乳酸濃度が 2~3mmol/L に相当する運動強度を算出した<sup>9)</sup>。この乳酸性作業閾値相当のペースでの走行は生理的負担度への影響が顕著に表れると考えられ、本研究の走行ペースとして採用した。また、このペースは、練習であれば 20 分から最大 30 分間の維持が可能とされ、被検者への生理的・心理的負担を考慮し、約 20 分間の走行時間に相当する 6 km を走行距離として設定した。各被検者の当季の 5000m ベスト記録と走ペースを表 1 に示した。

### 3) 測定項目と方法

被検者は算出された一定のペースでのランニングを追尾走と単独走、それぞれ 1 回ずつ行った。追尾走の場合、前走者のすぐ後方では空気抵抗は単独走行時の 2~7% となるが、側方に 40 cm 外れると 20%、70 cm 外れると 91% となり、単独走行時の空気抵抗の状況に近づく<sup>2)</sup>。本研究では drafting の影響を避けるため、被検者は距離が正確なレーンを走るが前走者は被検者の 1m 側方にずれたレーンを走ることとした。

追尾走と単独走の生理的、心理的負担度の比較のため、走行中の心拍数 (Premium heart rate monitor, ForeAthlete235 (GARMIN 社製)) および 1 km ごとの主観的運動強度 (RPE : rating of perceived exertion)<sup>11)</sup> を測定した。

## 結果

### 1. アンケート

中長距離走者に対する「追尾走は長距離走でのパフォー

マンスを向上させると思うか」という設問に対し、19 名中 7 名 (37%) が「強くそう思う」、12 名 (63%) が「ややそう思う」と回答し、パフォーマンス向上を感じない回答はなかった。「追尾走は長距離走でのパフォーマンスを低下させるかと思うか」という設問に対し、「強くそう思う」が 1 名 (5%)、「ややそう思」が 2 名 (11%)、「あまりそうは思わない」が 13 名 (68%)、「全くそうは思わない」が 3 名 (16%) であった。長距離走経験のある者に対する自由記述による、追尾走のメリット・デメリットに関し、メリットは「粘り強さ向上」「空気抵抗低減」「集中力向上」「モチベーション向上」「他者と走れる安心感」、デメリットは「自己ペースの乱れ」「前走者との接触への恐れ」「前走者と離れた時の心理的リスク」「視界の制限」が主な理由としてあげられた。

### 2. 走行実験

#### 1) 走行中の心拍数

被検者 A、B では 1 km~6 km 全ての地点での心拍数は追尾走の方が単独走より低い値を示した。被検者 C は 1~3 km 地点で追尾走の方が低い心拍数を示すが、4 km 以降は同様の心拍数を示した。(図 1-A)

#### 2) 主観的運動強度 (RPE)

被検者 A は 6 km 走行中のどの時点においても追尾走の方が低い RPE を示した。逆に被検者 B に関しては、どの時点においても単独走の方が低い RPE を示した。被検者 C に関しては 1km~4km 地点で追尾走の方が低く、5・6km 地点においては単独走の方が低い RPE を示した。(図 1-B)

## 考察

アンケートの結果から、中長距離走者は、「人の後ろについて走る」ことに対し、パフォーマンスを高めるというイメージをもっていることが示された。その背景には、「粘り強さ向上」「集中力向上」「モチベーション向上」「他者と走れる安心感」があげられたことから、空気抵抗低減以外に心理的影響も実感されていることが示唆

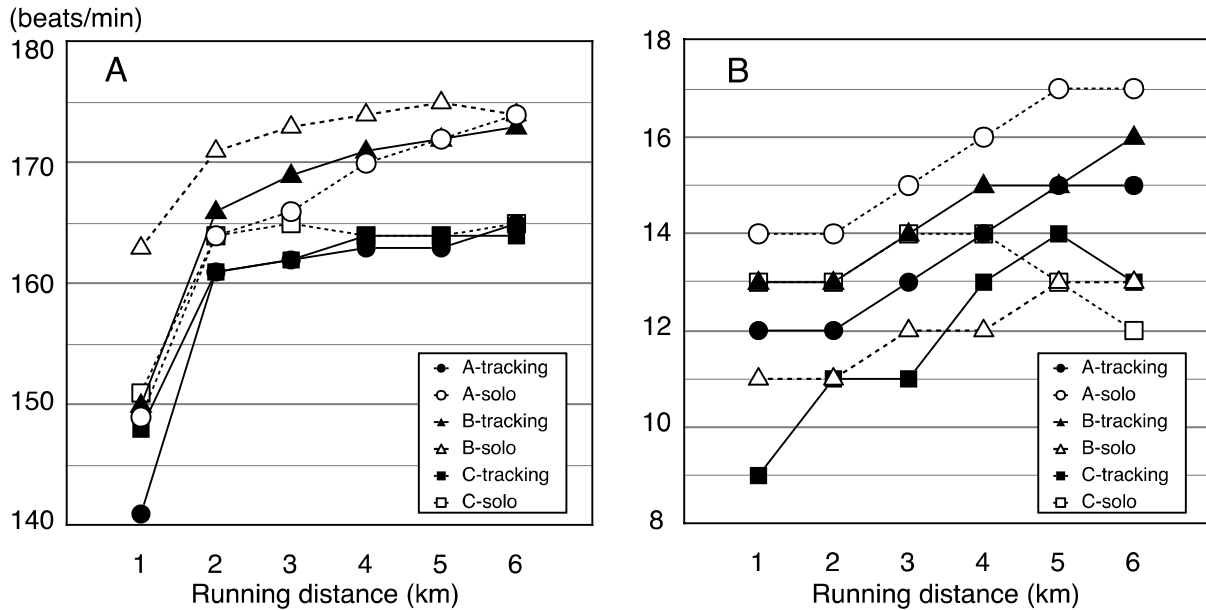


Fig. 1 Heart rate (A) and rating of perceived exertion (RPE) (B) of each subject during 6 km tracking running (tracking) and solo running (solo).

唆された。武田<sup>10)</sup>は集団走の利点として「仲間と走れる安心感」「集団心理による失速率の低下」をあげており、箱根駅伝予選会競争(約20 kmのレース)においても、この他者追従が一般的な戦略として活用され、「エース級の力のある選手は単独走にて他大学と競り合いタイムを短縮し、それ以外の選手はタイム設定した集団走を15km付近まで行いその後残りの力を振り絞ってタイムを短縮する」としている。また、Lucy et al.<sup>11)</sup>は鳥が2羽連なって飛ぶことで、飛行中の頭部の変位が30%減少し、羽ばたきの回数が18%増加することを明らかにした。ペアの鳥が同時飛んでいることで視覚的な安定性が高まるとしている。ヒトの追尾走でも前を走る走者がいることで視覚的な安定性が高まっていることが推察できる。

以上のように、空気抵抗低減や心理的好影響が見込まれる追尾走であるが、マラソンレース等で進んで集団の前を走ろうとする選手も見受けられる。そうした選手の意図を考慮し、本研究では簡易アンケートによって追尾走に対して実感されているマイナスイメージも調査した。追尾走がパフォーマンスの低下を招くイメージをもつ回答者は19名中3名(16%)であり、追尾走はメリットばかりでなく、デメリットも感じられていることが示された。アンケートでは、マイナスイメージを持つ者も追尾走のパフォーマンス向上効果を肯定しており、追尾走はメリットを感じるが、走行中の何らかの影響でデメリットとなる場合が存在することを示唆している。この背景には「自己ペースの乱れ」「前走者と離れた時の

心理的リスク」があげられたことから、自己の至適ペースよりも速すぎる走者に対し、追走しようとした結果オーバーペースとなり、失速して記録を落としたといった経験が追尾走のマイナスイメージにつながったと考えられる。トラックレースやマラソンレースでは、先頭から離れた走者がその後、大きくペースを落とすという状況も生じている。また、前走者との距離をつめすぎると足が接触する可能性もあり、これもレースへの集中を阻害する要因として感じられていると考えられる。

心拍数は、被験者A・Bともに追尾走の方が6kmを通して小さい値を示し、被験者Cも後半3kmで差は見られなくなったものの前半3kmでは追尾走の方が小さい心拍数を示したことから、追尾走では生理的負担が軽減される可能性が示された。また、RPEに関しては一定の傾向はみられなかった。このような違いは、競技レベルによる認知方略の差異によるものと考えられる。

一般的にavoidance(呼吸や身体感覚に注意を向ける)方略が遂行成績を促進し、主観的運動強度を低下させる<sup>5)6)</sup>とされているが、Schomerza<sup>12)</sup>は、マラソン2時間20分をきるランナーにattention(呼吸や身体感覚に注意を向ける)方略利用を促す介入実験を行った結果、運動強度の評定値が減少したと報告している。すなわち、競技レベルが高い選手ではattention方略が有効となる。被験者Aのフルマラソンのベストタイムは2時間19分であり、Schomerzaの言及通り、追尾走中はattention方略の利用が促進され、低いRPEを示したが、競技能力の低い、被験者B・Cでは追尾走が認知機能に対し、有効に働かな



かったのではないかと考えられる。

被検者 A については追尾走の方が心拍数、RPE ともに小さい値を示し、仮説と一致する結果となった。被検者 B の心拍数は追尾走が優位だったのに対し RPE では単独走が優位だったことについて。被検者 B は実験終了後「人について走れるから楽だと思っていたが、調子が良くないこともあり予想に反してきつかった」と述べており、実験前から「楽に走れるはず」という認識と実際の感覚に相違があった。これに関しては三浦ら<sup>13)</sup>は自転車エルゴメーターの一定負荷でのペダリング中に視覚情報の付加(平坦の映像から上り坂・下り坂の映像を見せる)を加えた結果、ある被験者は「映像は下り坂なのにペダルが軽くなるからきつく感じた」と報告したとしている。これに対し、三浦は「ペダルが軽くなる予想したにもかかわらず、実際の負荷は変化しないという感覚の不一致から、きつく感じたと考えられる」と述べており、被験者 B においても同様の感覚の不一致が RPE を高めたと考えられる。このように追尾走に対するポジティブなイメージと実際の走行における生理的、心理的負担度の不一致が生じた場合、走行中の主観的運動強度に影響し、結果として、走ペースにネガティブな影響を及ぼす可能性が考えられた。

### まとめ

本研究では、追尾走による空気抵抗低減以外の生理的負担軽減の可能性を見出した。しかし、RPE については一定の傾向が認められず、認知方略利用の差異が考えられた。長距離ランナーは自己のランニングペースを把握する際、身体感覚情報による attention 方略に依存するが、追尾走では前走者のペースで走行することで、attention と avoidance 方略の双方の影響を受けることが推察される。今後、追尾走を検討する際、これらの認知方略の利用も含めて検討する必要があると考えられた。

### 引用文献

- 1) Hill, A. V. (1928): The Air-resistance to a runner. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character, 102(718): 380-385.
- 2) Pugh, L. G. C. E. (1971): The influence of wind resistance in running and walking and the mechanical efficiency of work against horizontal or vertical forces. The Journal of physiology, 213: 255-276.
- 3) Hausswirth, C. and Brisswalter, J. (2008): Consequences of drafting on human locomotion: benefits on sports performance. Int J Sports Physiol Perform. 3: 3-15.
- 4) 伊藤慎一郎 (2007): マラソンペースメーカーの主ランナーに対する空力抵抗. 日本機械学会論文集(B 編), 73: 1975-1980.
- 5) Cioffi, D. (1991): Beyond attentional strategies: A cognitive-perceptual model somatic interpretation. Psychological Bulletin, 109: 25-41.
- 6) Fillingim, R. B. and Fine M. A. (1986): The effects of internal versus external information processing on symptom perception in an exercise setting. Health psychology, 5: 115-123.
- 7) 高井和夫 (1996): 長距離走者のペース再生における認知方略. 体育学研究, 41: 104-114.
- 8) 武田一 (2015): 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, pp.25-36.
- 9) ジャック ダニエルズ (篠原美穂・前河洋一 監訳) (2016): ダニエルズのランニング・フォーミュラ第 3 版. ベースボール・マガジン社, pp. 55-58. (Jack, T. D. (2014, 2005, 1998): Daniels' Running Formula-Third edition by Jack T. Daniels. Human Kinetics, Champaign.)
- 10) 小野寺孝一・宮下充正 (1976): 全身持久性運動における主観的運動強度と客観的強度の対応性—Rating of perceived exertion の観点から—. 体育学研究, 21(4): 191-203.
- 11) Lucy, A. T., Graham, K. T., Ben L., James, A. W., Dora, B., Steven, J. P. (2019): Birds invest wingbeats to keep a steady head and reap the ultimate benefits of flying together. PLOS Biology, 17: 1-8.
- 12) 三浦朗・遠藤 (山岡) 雅子 (2013): 脚自転車最大運動時のパフォーマンスに及ぼす走行勾配感覚の影響. デサントスポーツ科学, 34: 97-105.