

自転車競技タイムトライアルを想定したスタート局面に おける各種要因の検討

泉水 朝宏・有光 琢磨

要約

本研究は自転車競技タイムトライアル競技において用いられている静止状態からのスタート区間の速度に影響を与える要因を検討することを目的とした。トラック種目を専門とする競技者5名（男子3名，女子2名）を対象とし，タイムトライアルを想定した実走を行い，スタートから10m区間のラップタイムおよび速度を分析，また上肢の力発揮がスタート局面に与える影響を検討するため，左右の握力も測定した。その結果，10m通過タイムと6mと9m地点で負の有意傾向，8m地点で正の相関関係，左手の握力の間にも相関関係が確認されたことから，スタート局面の強いペダリングによる加速に影響を与えていることが示唆された。今後，キネマティクスの手法を用いた身体重心などの検討が必要である。

キーワード：自転車競技，スタート局面，速度変化

1. 緒言

自転車競技におけるトラック種目は，短距離でスプリント，ケイリン，タイムトライアル(TT)，チーム・スプリントなどが実施され，中・長距離でパーシュート，スクラッチ，ポイント・レース，オセニウム，マディソンなどの種目に分けられる。トラック種目では，男子1000mを基準に短距離種目と中・長距離種目に分けられ¹⁾，1kmTTのパフォーマンスは競技力を評価するうえで，短距離および中・長距離の専門種目に関係なく重要な指標として，多くの報告がなされている^{2) 3)}。

青木ら⁴⁾は，日本人男女エリート選手を対象にした調査で，ゴールタイムとスタート100mのタイムおよびゴールタイムと最高速度の間に有意な関係があったことを報告している。また太田ら⁵⁾は，1kmTTのレース分析

から，レース中の最高速度が高いほどゴールタイムが良くなり，レース後半の速度低下はゴールタイムに影響しなかったと報告している。これまでの1kmTTに関する研究では，スタートから最大努力のペダリングで漕ぎ続ける“all-out strategy”が良いと提案されている^{6) 7)}。しかし，中村ら⁸⁾は高校生の1kmTTのレースパターンを学年別で分析した結果，競技経験の差によりレース中のペース配分が異なる可能性があり，“all-out strategy”が全サイクリストに合致するか検討する余地があることを指摘している。

タイムトライアル種目およびチーム・スプリントの第一走者は発走機を用いたスタートが実施され，スタートから高いパワーを発揮し，維持し続ける能力が求められる。淵本ら⁹⁾は静止状態からスタートする250mスタンディングスタートから10mまでのタイムと

250m タイムとの間に高い相関関係 ($r=0.768$, $p<0.001$) があることから、スタート直後からの加速能力が極めて重要であることを報告している。また劉¹⁰⁾は 250m スタンディングスタートのタイムと腕牽引力に有意な相関があり、スタート時に大きな推進力を得るために腕の強い引きも不可欠であることを指摘している。

2023 年現在、タイムトライアル種目は男子 1km・女子 500m の距離で実施されているが、2025 年から女子も 1kmTT の距離で実施されることが決定しており、トラック種目の全サイクリストが性別に関係なく 1kmTT に取り組む必要がある。そこで本研究は、タイムトライアルを想定したスタート局面の速度に起因する要因を検討することを目的とした。

2. 方法

2-1. 被験者

対象は、自転車競技トラック種目を専門とする男子選手 3 名 (19.3±2.5 歳, 身長 178.3±5.8cm, 体重 76.6±5.5kg) および女子選手 2 名 (年齢 20.5±0.7 歳, 身長 159.0±7.1cm, 体重 56.5±0.71kg) とした。測定に先立ち、被験者全員に研究の内容や目的、測定への参加・不参加は自由意志であること、参加意思の撤回ができることを十分に説明し、了承を得たうえで行った。本研究は、八戸学院大学・八戸学院大学短期大学部研究倫理委員会の承認 (No.23-18) を得たうえで行われた。

2-2. データ収集

公認自転車競技場 (周長 333.3m) にて競技会と同様にホームストレートのスタートライン上に発走機を設置して実施した。被験者には各自でウォーミングアップを実施したのち、カウントダウン音に合わせてスタートした。ホームストレート左側方にハイスピード

(SONY 社製, FDR-AX60, シャッター速度 1/1000, 撮影速度 120fps) を設置し、スタートラインの後方 2m から進行方向 12m までを撮影範囲とした。

2-3. 分析方法

スタートから 10m までを分析対象範囲とし、較正用映像として 1m ごとに較正用ボールを撮影した。先行研究¹¹⁾を参考に較正用映像を Layer1, 分析対象映像を Layer2 として保存後、ビデオ編集ソフト (Corel 社製, Video Studio2020) を用いて Overlay 表示した映像 (図 1) から各区間のラップタイムおよび平均速度を算出した。2 種類の映像は、映しこんだコースライン、建物など不動物を参考に位置合わせを行った。映像分析には、動画再生および編集ソフト (Apple 社製, QuicktimePro7,) を用い、各較正点の延長線上に前輪タイヤの先端が触れたフレームを同定した。その後、通過フレームと撮影時の fps の逆数との積から、通過時間を算出した。上記の手法で通過時間より、下記の項目を算出した。

- 1) 各区間の平均速度 (speed) = [(1m/区間に要した時間 (秒)) × 3.6] (km/h)
- 2) 最高速度 (max speed) = [各区間の平均速度より最も高い速度を抽出]

2-4. 握力計測

新体力テスト実施要領に則り、デジタル握力計 (竹井機器, グリップ-D) を用いて、左右 2 回ずつ計測を実施し、よい記録を採用した。

2-5. 統計処理

収集した値はすべて平均値±標準偏差で表した。10m 通過タイムと各分析項目との関係を検討するため、Pearson の積率相関係数を用いて相関分析を用いた。統計処理は R コマンド (ver.4.3.1) で行った。なお有意水準は

5%とし、10%未満を有意傾向とした。

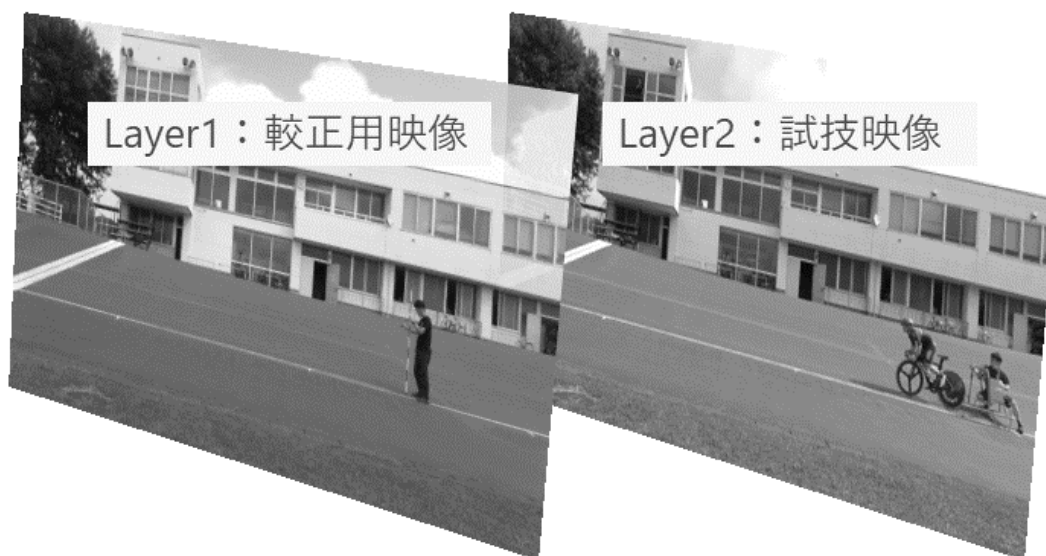


図 1 Overlay の構造

3. 結果

3-1. スタートから 10m 区間

スタートから 10m までの 1m ごとの区間タイム (表 1) と区間速度 (表 2) および速度変化について図 2 に示した。男女ともにカウントダウンに合わせ後方から飛び出すようにスタート動作を行うため、大きな男女差は見られなかった。しかし、クランク 2 回転目から

3 回転目の踏み込みに入る 5m から 7m にかけて男女において差が見られる結果となった。10m 通過タイムと 1m ごとの速度の間では、6m ($r = -0.09$, $p < 0.1$) および 9m ($r = -0.05$, $p < 0.1$) において負の有意傾向、8m ($r = 0.03$, $p < 0.05$) において正の有意な相関が認められた (表 3)。10m タイムと最大速度との間には相関関係は認められなかった ($r = -0.70$, n.s.)。

表 1 1m ごとの区間タイム

(sec)	10m time	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
all(n=5)	2.62±0.08	0.56±0.08	0.35±0.03	0.24±0.02	0.29±0.01	0.25±0.02	0.20±0.01	0.19±0.01	0.20±0.01	0.18±0.02	0.16±0.00
male(n=3)	2.63±0.11	0.61±0.08	0.33±0.02	0.24±0.02	0.29±0.01	0.24±0.02	0.19±0.03	0.19±0.01	0.20±0.02	0.18±0.03	0.16±0.00
female(n=2)	2.63±0.02	0.50±0.06	0.37±0.04	0.25±0.01	0.29±0.00	0.26±0.00	0.22±0.01	0.19±0.01	0.20±0.00	0.19±0.01	0.16±0.00

表 2 1m ごとの区間速度

(km/h)	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
all(n=5)	6.48±0.85	10.38±0.70	14.95±0.91	12.35±0.38	14.76±1.00	18.41±2.24	18.65±0.80	17.77±1.05	20.29±2.63	22.51±0.45
male(n=3)	6.01±0.60	10.73±0.46	15.30±0.95	12.36±0.49	15.30±0.95	19.60±2.15	18.55±0.77	17.86±1.31	21.02±3.18	22.36±0.54
female(n=2)	7.20±0.65	9.86±0.67	14.42±0.48	12.34±0.00	13.94±0.00	16.64±0.64	18.82±0.82	17.64±0.36	19.21±0.43	22.74±0.00

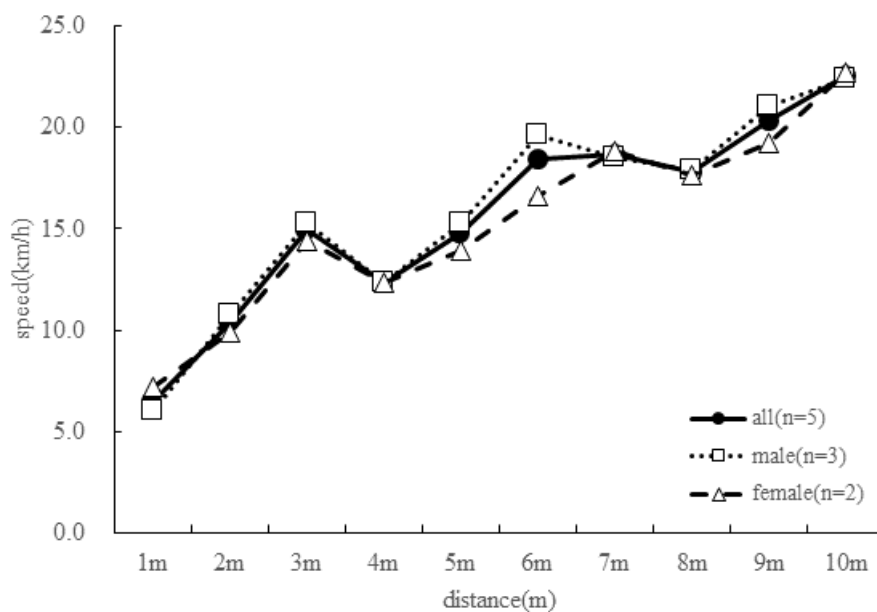


図 2 10m 速度変化

表 3 10m 通過タイムと区間速度の関係

	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
10m time	-0.41	-0.42	0.14	-0.89	-0.52	-0.09*	-0.28	0.03*	-0.05*	0.70

*p<0.1, **p<0.05

3-2. 握力との関係

左右それぞれの握力と 10m 通過タイムでは、左手の握力 ($r=-0.01$, $p<0.05$) においての有意な相関が認められた (図 3)。左右それぞれの握力と 1m ごとの速度については、右手と 8m の間に有意な相関 ($r=0.04$, $p<0.05$)、左手と 4m に有意な傾向 ($r=0.06$, $p<0.1$)、

8m に有意な負の相関 ($r=-0.00$, $p<0.05$)、10m に有意な正の相関 ($r=0.00$, $p<0.05$) がそれぞれ認められた (表 4)。最大速度との間では左手の握力 ($r=0.00$, $p<0.05$) において正の有意な相関が認められた。

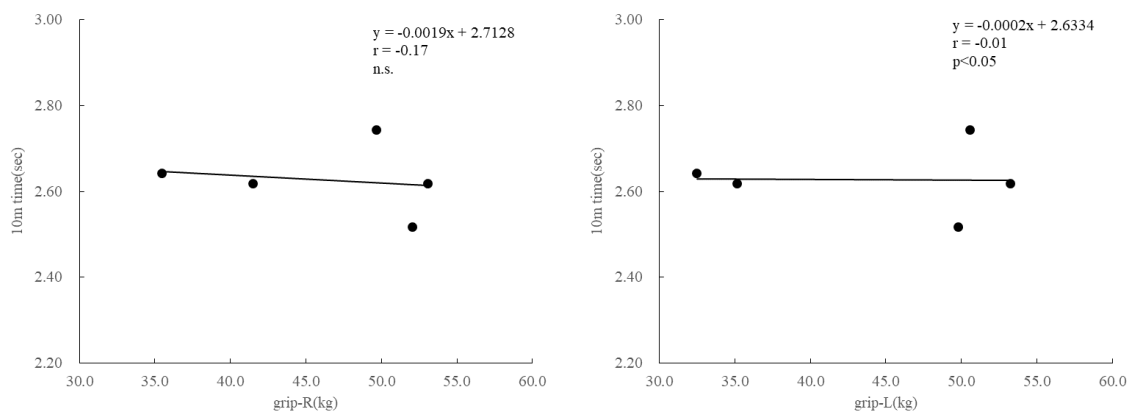


図 3 握力と 10m 通過タイムの関係

表 4 握力と 1m ごと速度の関係

(kg)	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
grip-R	-0.42	0.44	0.43	0.17	0.63	0.49	0.28	0.04**	-0.20	-0.35
grip-L	-0.58	0.50	0.54	0.06*	0.58	0.51	0.28	-0.00**	-0.35	0.00**

*p<0.1, **p<0.05

4. 考察

1kmTT に関する先行研究では、ゴールタイムがよい選手ほど区間のラップタイムおよび最高ラップタイムが速いことが報告されている^{4,5)}。また 1kmTT のタイムがよい選手ほど最高速度が高かったことも報告している^{4,5)}。全国大会に出場する男子大学生サイクリスト (63 秒～69 秒台) を対象としたレース分析では、全ての区間のラップタイムとゴールタイムの間に有意な正の相関関係が認められた ($r = 0.722 \sim 0.955, p < 0.01$) と報告している¹²⁾。また池田ら¹³⁾は、大学生サイクリストの 1kmTT を 200m ごとに区分しレース分析したところ、200-400m 区間以外はゴールタイムと有意な相関関係が認められたことを報告している。

本研究ではタイムトライアルを想定した発走機からのスタート局面の速度に起因する要因を検討することであった。スタートから 10m 通過タイムと 1m ごとの速度との間では、6m および 9m 地点において負の有意傾向、8m 地点で正の相関関係が認められた。これはスタート直後のダンシング動作 (図 4) において、身体や自転車本体を左右に振りながら加速を高める局面において、身体と自転車本体の間に加速度の差が生じていると考えら

れる。ダンシング動作では、下肢によりペダルを介して、クランクやチェーンなどのパーツを経由してタイヤを回転させながら前進する自転車本体に対して、身体が遅れないように前後に振り込む動作が見受けられる。淵本ら⁹⁾は静止状態のスタートからペダルが 1 回転する間のクランク中心部と大転子の水平距離を調べた結果、国際大会で上位だった海外選手は腰位置が常にクランク中心より前方に位置していたことを報告している。また池田ら¹⁴⁾は男子サイクリストを対象としたタイムトライアル競技のスタート局面を分析した結果、上位群のサイクリストは強い腕の引きを使って腰部をクランク中心より前方に保つことで、ペダルに対する踏力を大きくしていたことを示唆している。本研究では上肢の評価として握力を用いた。発走機から飛び出してペダルを本格的に踏み始める 4m 地点で左手の握力と正の相関関係が認められた。これは自転車バンクが左下がりという形状と、固定された発走機から飛び出してバランスを取りながらペダルを踏み込むために左手は特に意識していることが考えられる。分析区間の後半部分となる 8m～10m にかけても同様の傾向がみられ、左傾斜に落ちないようにバランスを保ちながらペダルを踏み込むために前腕部分の強い筋発揮が起こっていると考えられ

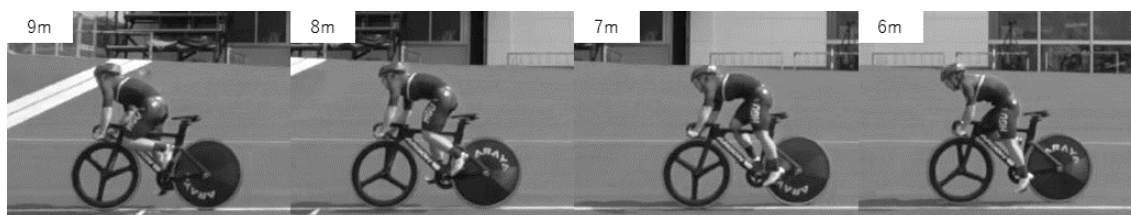


図 4 6m から 9m 地点

る。

これらのことから、自転車本体が進む速度と身体を前方へ振り込む差(身体の前駆運動)を少なくすることがスタート局面での1つの“スキル”としてスムーズな加速へと繋がる可能性が考えられる。しかし自転車競技のペダリング動作は、上肢の牽引力だけでなく、下肢の力発揮が重要である。形本ら¹⁵⁾は、大学生サイクリストを対象とした調査で、ペダリング負荷が上昇すると、下腿の前後部位など下腿の筋活動が増加することを報告している。

このことから、足関節を背屈し適度に固定した状態でペダリングすることで推進力へと変換していることが考えられる。これらのことから、自転車競技のスタート局面において身体の筋力発揮だけでなく、身体を前後にスイングさせ自転車本体との重心位置を適切に保つことでスムーズな加速を引き出すことができる可能性が示唆される。

しかし本研究では、身体重心および自転車本体重心などキネマティクスの手法を用いた算出を行っていないため、可能性を示唆するにすぎない。今後、キネマティクスの手法を用いた深い考察が必要となってくる。

付記

本研究は、令和3年度学校法人光星学院イノベーションプログラム(基金)研究等補助金の助成を受けて実施した研究の一部である。

参考文献

1. Neil P. Craig and Kevin I. : Norton : Characteristics of Track Cycling, Sports Med, 31(7) : 457-468, 2001
2. 形本静雄, 青木純一郎 : 自転車競技選手の無酸素パワーの出力特性, 体力科学 28 : 353, 1978
3. 山道晶子, 石井泰光, 森寿仁, 黒川剛, 山本正嘉 : 大学自転車競技男子選手の1Km タイムトライアル時におけるプリント能力と身体的・形態的特性の関係, スポーツトレーニング科学 16 : 1-8, 2015
4. 青木純一郎, 形本静夫, 村岡功, 高岡邦夫, 堀田昇, 矢野成敏, 西野美智子, 清水達雄, 前嶋孝, 沢木啓佑, 米田継武, 永江競, 福原広次, 佐藤栄 : 女子自転車競技選手の体力特性, 長距離練習時の心拍数および直腸温, 自転車競技選手の体力について, 昭和58年日本体育協会スポーツ医・科学研究報告—第7報—自転車競技No.24 : 377-393, 1983
5. 太田洋一, 高嶋渉, 池田祐介, 木嶋孝太, 村田正洋 : 自転車競技(200mFTT, 250mTT, 500mTT, 1kmTT, 4kmTT)における記録とレース中の速度変化特性, クランク回転数変化特性およびギア比との関係, トレーニング科学 23(2) : 1777-195, 2011
6. Corbett J : An Analysis of the Pacing Strategies Adpoted by Elite Athletes During Track Cycling, Int J Sports Physiol Perform4(2) : 195-205, 2009
7. de koning JJ, Bobbert MF, Foster C : Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model, J sci Med Sport., 2(3) : 266-277, 1999
8. 中村智洋, 泉水朝宏, 形本静夫 : 高校生サイクリストにおける1Km タイムトライアルのレースパターンに関する研究, 八戸工業大学紀要 41 : 19-26, 2022
9. 淵本隆文, 田内健二, 花井淑晃, 高橋秀幸 : 自転車競技におけるバイオメカニクスサポートトラック短距離種目について一, バイオメカニクス研究, 8(4) : 231-235, 2004
10. 劉彦輝 : 自転車短距離タイムと体力の関

係. 大阪体育大学紀要, 33 : 122-124,
2002

11. 持田尚, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 矢野隆照, 杉田正明, 阿江通良 : Overlay 表示技術を用いた陸上競技 400m 走レースの時間分析, 陸上競技研究紀要 3 : 9-15,
2007
12. 中澤翔, 大石健二, 山口雄大, 菊池直樹, 榎野陽介, 塩島絵未, 堀彩夏, 池田祐介, 大本洋嗣, 西山哲成 : 国内大学生自転車競技選手における 1km タイムトライアルの競技記録とラップタイムの関係 : 250m トラックでのレース分析, トレーニング科学 32(1) : 9-17, 2020
13. 池田祐介, 高嶋渉, 谷所慶 : 症例・事例報告トラック種目を専門とする一流自転車競技選手と大学生自転車競技選手の 1km タイムトライアルにおけるパフォーマンスと体力要素の関係, トレーニング科学 21(4) : 399-416, 2009
14. 池田祐介, 高嶋渉, 木嶋孝太, 太田洋一, 村田正洋 : 自転車競技の発走機を用いたスタートにおける体幹および上肢のキネマティクスとパフォーマンスの関係, トレーニング科学 23(1), 21-30,
2011
15. 形本静夫, 淵本隆文, 内藤久士, 石原啓次, 小林祐幸, 三重野寛治, 梅村昌和, 岡田純一, 中島亘行, 杉浦雄策, 宮田浩二, 小清水孝子 : 自転車エルゴメータによるペダリング・トレーニングの筋電図学的検討, 1998 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.1 (2) 競技種目別競技力向上に関する研究, 215-221, 1998

執筆者紹介 (所属)

泉水 朝宏 八戸学院大学 健康医療学部人間健康学科 助教

有光 琢磨 八戸学院大学 健康医療学部 人間健康学科 講師