

陸上競技のリレー競技におけるバトンパスに関する検討

島本 憲夫

A study on the baton pass process in relay competitions in athletics

Norio SHIMAMOTO

Abstract

In the 4×100m relay competition in track athletics, in addition to the running ability of each runner, the baton pass between runners is an important factor. The baton pass includes an action for starting the next runner based on the positional relationship with the previous runner and an action for passing the baton between runners. In particular, when a student with few experience plays a relay competition, there is a difference in individual running ability, and it is difficult to judge when to start. In this paper, we formulate the runner's running velocity in 100m and consider the method for quantitative evaluation of the baton path process in 4×100m relay.

Keywords : *running velocity of 100m, 400m relay, baton path*

1. 緒言

1.1 研究の目的

2016年リオデジャネイロ・オリンピックでの陸上競技男子4×100mリレーで、日本チームが銀メダルを獲得したこと、その後の世界大会での日本チームの活躍もあり、リレー競技への注目と今後の世界大会でのメダル獲得の期待が高まっている。日本チームが採用しているアンダーハンドパスは、走行速度を落とさずにバトンパスが行えるメリットがあるとされ、リオデジャネイロ・オリンピック当時、日本のリレーメンバー4人の100mでのベストタイムが何れも10秒台であるにも関わらず、9秒台の持ちタイムを有する走者を揃えた欧米・中米の強豪国と肩を並べることができたことで、日本チームのバトンパス技術の高さに注目が集まった。

世界大会レベルでは、100m走を専門とする一流選手でリレーメンバーが構成される。その場合、各走者の走行能力の差はそれほど大きくないと考えられ、バトンパス時、高い走行スピードで並走し減速を極力小さくしたハイレベルなバトンパス技術の実践が可能となる。一方、学校教育の中で、体育実技の授業で実施する、学生のリレー競技に目を向けると、学生個々の走行能力の差が大きく、また授業という限られた練習時間の中でスムーズなバトンパスの実技を習得するのは難しい状況にある。特に、リレー競技未経験の走者間でのバトンパスでは、スタート位置をどのようにとればよいのか、どのタイミングでスタートを切れればよいのか、といった判断が難しい。そのため、バトンを送受する際には、後走者のスタートが早すぎて前走者が後走者に追いつけず、テイクオーバーゾーン内で後走者が立ち止まってしまうようなケース、あるいは、逆に後走者のスタートが遅れ、前走者が急激に減速をしてしまうよ

うなケースが発生してしまうことは少なくない。

本研究では、走者間の利得距離も含めたバトンパス行程を定量的に評価できるような数理モデルの構築を試みる。それを用いて、リレー競技が未経験の学生でも、適切なスタートの判断ができるような、定量的な指標を導き出すことを目指す。本研究を実施するためには、まず走者の走行特性のモデル化を行い、走者間でのスタートのタイミング、走者間の利得距離、バトンパス時の減速の考慮、といった多くの検討を段階的に積み上げていく必要がある。

この取り組みの中で、本稿では、バトンパス行程の数理モデル構築にあたって最もベースとなる、走者の走行特性のモデル化、具体的には、走行曲線の定式化についての検討を報告する。

1.2 本稿で用いる主な記号

(記号)

x : 走行距離 [m]

T : 走行時間 [s]

$V_i(x)$: 走者*i*の距離*x*地点での走行速度 [m/s]

V_0 : 走者の基準とする走行速度 [m/s]

$T_i(a,b)$: 走者*i*が地点*a*から地点*b*まで要した時間 [s]

$K1i$: 走者*i*の速度加速を示すパラメタ [1/m]

$K2i$: 走者*i*の速度低減を示すパラメタ [1/m]

2. 定式化

2.1 走行曲線の定式化

(1) 走行曲線

バトンパスの行程を定量的に評価するためのベースとなる、走者の100m走行曲線を定式化する。100mの走行曲線については、実際に走者が走行している状態で、各測定

点での速度を実測して得ることができるが、本稿では、走者の走行曲線を次のように定式化する。

100m走中の、走者*i*の走行距離*x*での走行速度を*V_i(x)*として、指数関数を用いた次式で表すことにする。

$$V_i(x) = V_0 \cdot \frac{K1_i}{K2_i - K1_i} \cdot \{exp(-K1_i \cdot x) - exp(-K2_i \cdot x)\} \quad (2.1.1)$$

ここで、*V₀*は基準速度、*K1_i*と*K2_i*は走行曲線の特性を決める定数である。*K1_i*はスタートからの加速の特性を示す定数であり、*K2_i*は後半の速度減速の特性を示す定数である。*K1_i*と*K2_i*は、各走者の走力によってそれぞれ値が異なる。

(2) 走破タイムの算定

バトンパス行程を定量的に評価するためには、走者の走破タイムを算定することが必要になってくる。各走者が、式(2.1.1)に示した走行曲線の式に基づいて走行するものとして、走者*i*が距離*a*から距離*b*まで走行するときの走破タイムを*T_i(a,b)*として、次式にて算定を行う。

$$T_i(a,b) = \frac{b-a}{\int_a^b \frac{V_i(x)}{b-a} dx} \quad (2.1.2)$$

走行曲線の式(2.1.1)の積分を用いて求めることとなるが、本稿では、数値積分にて走破タイムを算定することにする。走破タイムの式(2.1.2)で、*a*=0、*b*=100とすると、100mの走破タイムを算定することになる。

2.2 走行特性のシミュレーション例

走者が、式(2.1.1)の走行曲線モデルに基づいて100m走を行う場合のシミュレーションを行う。ここでは、リレーを編成する4人の走者を想定し、それぞれを走者A、B、C、Dとする。表2.2.1には、各走者の定数*K1*と*K2*の設定値と、この設定に基づいて100mを走行した場合の走破タイムを示している。各走者の走力特性については、参考文献(1)にて、学生を対象とした測定実験に基づいた走力曲線が示されており、その結果を参考にして決定した。走破タイムの算定には、式(2.1.2)を用いて、100mを100分割して数値計算で得た結果を示している。

表2.2.1 走行曲線の条件設定例

| 走者 | K1 | K2 | 100m走 タイム[s] | 平均速度 [m/s] |
|----|-------|-------|-----------------|---------------|
| A | 0.065 | 0.001 | 12.39 | 8.07 |
| B | 0.055 | 0.002 | 13.35 | 7.49 |
| C | 0.050 | 0.003 | 14.19 | 7.05 |
| D | 0.050 | 0.005 | 15.37 | 6.05 |

表2.2.1の設定値に基づき、図2.2.1には4走者についての100m走行曲線について、図2.2.2には10m区間毎の走破時間についての計算例を示している。

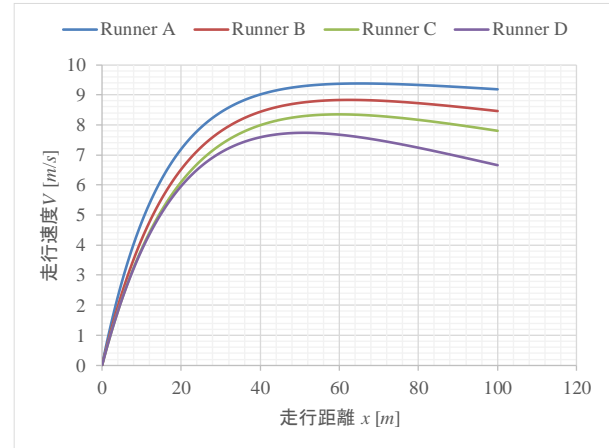


図2.2.1 100m走行曲線の計算例

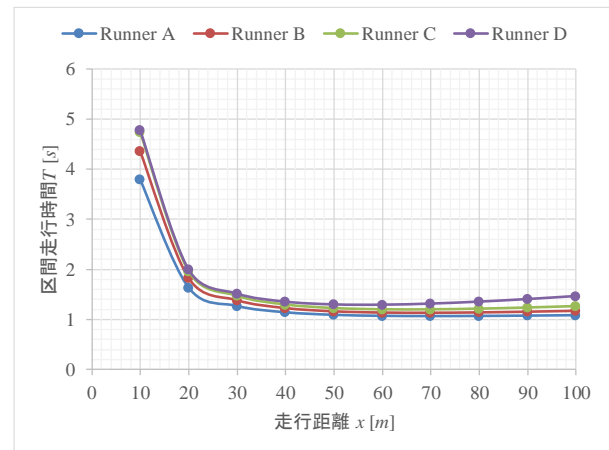


図2.2.2 100m走での10m区間毎の走破時間の計算例

3. リレーのシミュレーション

3.1 バトンパス

4×100mリレー競技でのバトンパスは、テイクオーバーゾーン（100m手前20mから100m後ろ10mの30mの区間）内で実施しなければならない。走者間でのバトンパスは、テイクオーバーゾーン内で、前走者と後走者との速度が一致する点、つまり、双方の走行曲線が交差する点でバトンパスが可能となる。各走者が全力疾走するとき走行曲線が交差することが、走行速度を落とすことなく実施できる理想的なバトンパスとなる。

ここでは、前項で示した4走者でバトンパスを想定した

走行曲線について検討する。次のような条件とする。

- 全の走者は、100mを全力疾走する。
- 後走者（バトンを受け取る走者）は、テイクオーバーゾーンのスタート地点（100mから手前20m）から走り始める。

この条件のもと、4走者が、A→B→C→Dの走順で走った場合の走行曲線を示したものが、図3.1.1である。

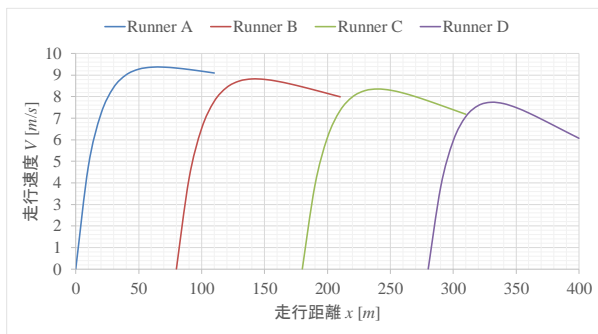


図3.1.1 リレーを想定した走行曲線の計算例
(走順：A→B→C→D)

この結果では、走者Cと走者Dとの間以外は、テイクオーバーゾーン内での走力曲線の交点が見当たらない。

走者Aと走者Bとの間について詳しく見てみる。図3.1.2は、走者Aと走者Bとの間で走行曲線を示している。両走者ともに、100mを全力疾走する条件で、バトンを受け取る走者Bは、テイクオーバーゾーンのスタート地点（100mから手前20m）から走り始めるものとしている。走力においては走者Aが走者Bを上回るため、全力疾走状態の走力曲線では、テイクオーバーゾーン内での速度が交差する点がない。

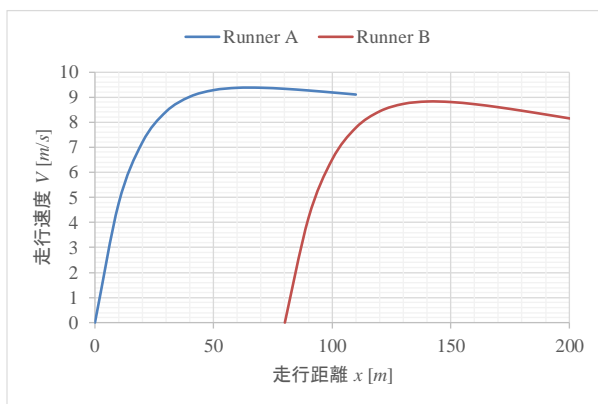


図3.1.2 走者Aと走者B間の走行曲線

このような場合、実際のバトンパスにおいては、走者A

が減速を行って、走者Bにバトンを渡すことになる。走者Aと走者Bとが、テイクオーバーゾーン内でバトンパスが可能とするには、走者Aの後半での走行速度を減速し、定数 $K2$ を0.001から0.003とすることで、ゾーン内でのバトンパスが可能となる（図3.1.3を参照）。このことは、走者Aの100mの走破タイムが全力疾走での12.39秒から13.49秒に減速することに相当する。

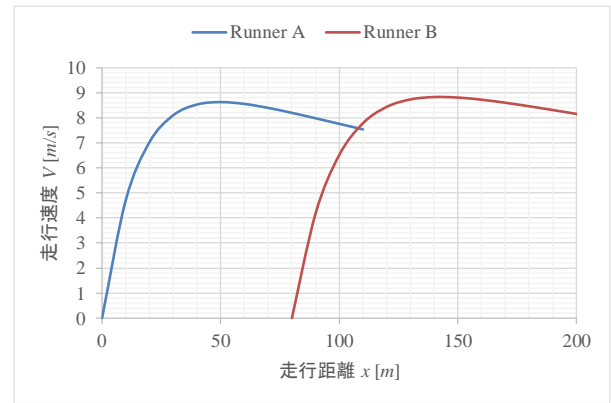


図3.1.3 減速した走者Aと走者B間の走行曲線

テイクオーバーゾーン内でバトンを受け渡す行程では、バトンを送受する走者間の走力の差が関係する。そのため、走順を変更することで状況が変わることがある。図3.1.4には、前例とは走順を逆に、D→C→B→Aとした場合の走行曲線の計算例を示している。この場合、全てのバトンパス区間で、テイクオーバーゾーン内での走力曲線の交点が存在し、各走者が減速することなくバトンパスの行程に入れることを示している。

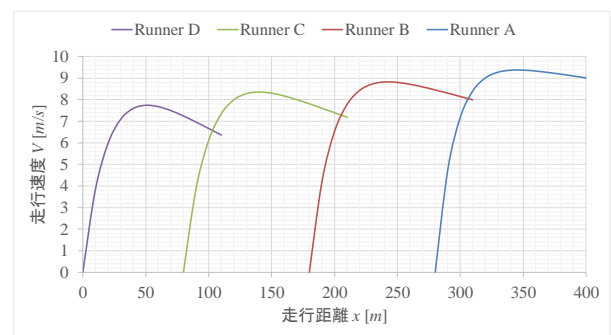


図3.1.4 リレーを想定した走行曲線の計算例
(走順：D→C→B→A)

4. 結言

陸上競技でのリレー競技におけるバトンパス行程の定量的な評価を実施することを目標に、本稿では、そのペー

スとなる走者の走行曲線の定式化について検討を行った。走者の走力を決定する定数を設け、走力曲線の計算例を示した。

今後は、本稿で提案した走行曲線のモデルを用いて、走者間でのスタートのタイミングの算定、走者間の利得距離の考慮、バトンパス時の走者速度の減速の考慮、といった検討課題を段階的に実施して予定である。さらに、実際のリレー競技での走行速度を計測することによって、提案する評価手法の有効性について検証を行っていく。

謝辞

本研究の検討を進めるにあたりまして、陸上競技指導者の観点から有益なご助言を頂きました。北九州工業高等専門学校 生産デザイン工学科 一般科目(体育科) 八嶋文雄 教授に感謝いたします。

参考文献

- (1)八嶋文雄, 太屋岡篤憲, ”体育授業における100m走の疾走速度の特性”, 北九州工業高等専門学校研究報告, 第44号, pp.123-126, 2011.
- (2)高橋和文, 黒川隆志, 磨井祥夫, ”100m走中の速度変化をあらわす新しい指標: 累積速度偏差に着目して”, 体育学研究, 50, pp.189-200, 2005.

(2019年11月5日 受理)