

平成 20 年度

順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

陸上競技 4 × 100m リレーにおける 走者の疾走速度について

スポーツ科学領域
コーチング科学専門分野

森川 正光

論文指導教員 金子 今朝秋 教授

合格年月日 平成 21 年 3 月 2 日

論文審査員 主査

金子 今朝秋

副査

金子 今朝秋

副査

柳谷 登志雄

目次

第1章 緒言	1-2
第2章 関連文献の考証	3-6
第1節 4×100リレーのタイムを向上させる要因について	3-5
(1) 4×100mリレーにおける記録決定因子	3
(2) バトンゾーン所要時間	3-4
(3) 利得距離	4
(4) 速度逡減	4-5
(5) 受け手のスタート方法	5
第2節 4×100mリレーにおける技術的要因について	5-6
(1) 受け手の加速方法	5-6
(2) オーバーハンドパス法とアンダーハンドパス法	6
第3章 目的	7
第4章 方法	8-10
第1節 被験者	8
第2節 実験期間、場所	8
第3節 実験方法	8-9
(1) バトンパスの方法と疾走方法について	8-9
(2) バトンの受け渡しについて	9
第4節 測定区間	9
(1) 疾走区間	9
第5節 測定方法	10
(1) タイムの測定方法について	10
(2) スタート位置の距離の算出方法	10
第6節 データ解析	10
第5章 結果	11-12
第1節 各方法の結果	11-12
(1) バトンパスを伴う130m疾走	11
(2) Q法、S法による疾走の比較	11

(3) スタート位置からの Q 法、S 法疾走の比較.....	11-12
第 6 章 考察.....	13-17
第 1 節 各方法の考察.....	13-16
(1) バトンパスを伴う疾走.....	13
(2) Q 法、S 法による疾走の比較.....	13-14
(3) 算出されたスタート位置からの疾走.....	14-15
第 2 節 コーチング現場への示唆.....	15-16
第 3 節 今後の課題.....	16
第 7 章 結論.....	17
第 8 章 要約.....	18
引用文献一覧.....	19-20
欧文要約.....	21
謝辞.....	22
表	
図	
付表	

第1節 緒言

陸上競技 4×100mリレーはバトンパス時にバトンを受ける走者（以下、受け手とする）の加速区間と重なるため、短い区間で 110m, 長い区間は 130m 疾走しなくてはならない。そのため走者の疾走区間後半での速度逓減が大きくなることによって、バトンを渡す走者（以下、渡し手とする）と受け手の速度の差が大きくなり、実際の競技時においてバトンパスの失敗により失格や結果が挙げられてない例は少なくない。佐久間¹⁴⁾は受け手のスタート方法により疾走区間後半の減速を少なくすることが好結果を生むとし、大きな速度逓減は渡し手と受け手とのバトンパスを困難にすると述べている。また、宮下¹¹⁾は 4×100m リレーでは 4 人の走力と同様にリレーによる利得などの技術的側面も重要であると述べている。日本男子ナショナルチームは 2001 年から従来のオーバーハンドパス法からアンダーハンドパス法に変更し、技術的なアプローチを繰り返して世界選手権と五輪大会で輝かしい成績を収めてきた¹⁷⁾。しかし、このような取り組みが注目されながらアンダーハンドパスを採用し実施しているチームは少ない。

現在、3 種類のバトンパスが報告されている¹¹⁾¹⁵⁾¹⁸⁾中、その特徴や有意味点について十分な理解を得られずに指導が行われている点があり、特にバトンパス練習時に渡し手がスタートする位置は曖昧に実施されていることがほとんどと思われる。現在、多くのチームが取り組んでいるバトンパスの練習方法では、競技中でのバトンパスの速度と同様であるとは言い難い。阿江ら²⁾は 100m 競走の疾走区間後半では世界の一流選手でさえ速度の逓減は現れると述べている。第 1 走者を除いて、他の走者は最低 120m を疾走する 4×100m リレーでは、さらに 100m 競走以上の速度逓減は免れないと思われる。この課題に佐久間¹⁴⁾は「疾走体勢第 1 歩目から全力で疾走するクイック・スタート（以下、Q 法とする）よりも疾走体勢から徐々に加速していくスロースタート（以下、S 法とする）を用いれば、後半区間の速度逓減を抑えられる」と報告している。バトンパス時にジャストミートする方法などの感覚的な指導法ではなく、競技時の走者の疾走速度を考えたバトンパス練習の取り組みが、ミスの少ないバトンパスで疾走できる要因であると考え。そのために、受け手（註 1）の速度変化からバトンパス練習時に渡し手（註 1）が走り出すスタート位置の距離を特定することが重要である（以下、スタート位置とする）。4×100m リレーにおける受け手に有効なスタート方法¹⁴⁾、トレーニング方法²⁰⁾については先行研究にて報告されているが、走者の疾走区間の速度変化からバトンパス練習における渡し手のスタート

位置の距離を特定する研究は見当たらない。

そこで本研究は、130m 疾走区間で受け手（註 1）がバトンパスを伴う疾走と Q 法、S 法による疾走の区間通過タイムを測定し、算出された速度変化からバトンパス練習時に渡し手が走り出すスタート位置の距離の検討を試みた。

（註 1）4×100m リレーの第 2,3 走者は、バトンを受ける際は受け手となるが、次走者へのバトンパスを行う際には渡し手に役割が変わる。

第2章 関連文献の考証

本章では、4×100m リレーのタイムを向上させる要因や技術について関連文献の考証を行う。

第1節 4×100m リレーのタイムを向上させる要因について

(1) 4×100m リレーにおける記録決定因子

宮丸¹⁰⁾は「①4人の走者の走力が優れていること、②バトンパスの技術が巧みなこと、③走者の順序などの作戦の立て方が適切であること、④チームワークや各走者の心理状態が良好であること」がリレータイムを向上させる要因であると述べ、杉浦²⁰⁾らは「選手の疾走能力とともに3箇所のバトンパスの良否が記録、順位に少なからず影響を与える」と指摘している。また、宮下¹¹⁾は「4名の走力が第1であるが、リレーにおける利得、すなわちバトンパスと加速性といった技術的側面がいかに重要であるかが理解できる」と述べている。このことから走力を基本としながら、バトンパス技術の習得がリレーにおける記録の決定因子に繋がると指摘している。

1991年の第3回東京世界陸上競技選手権ではアメリカ男子チームが37秒50の世界新記録で優勝したが、その時の利得時間(註1)は2秒14であった。その前年に世界記録を樹立したフランス男子チームは2位であったが、利得時間(註1)は3秒27であり、バトンパスによる利得時間(註1)が記録に影響していることがこの結果から証明されている。またこの時、アメリカ第4走者のC.ルイス選手が左手でバトンを受け取った後、右手に持ち替えていることが、利得時間(註1)に影響を与えていると杉浦ら²⁰⁾は指摘している。

このように、個人の走力とバトンパスの技術がリレーの記録に影響を及ぼす要因であると推察された。

(註1) 4人走者のその時の100m最高公認記録からリレータイムを引いた時間。

(2) バトンゾーン所要時間

バトンパスの巧拙を的確に表す指標としてテイクオーバーゾーン(以下、バトンゾーン

とする) 所要時間があげられる。バトンゾーン所要時間とは渡し手のトルソーがバトンゾーンの入り口を通過して、バトンを受けた受け手のトルソーがバトンゾーン出口を通過するのに要した時間のことである¹⁶⁾。バトンゾーン所要時間が短いことが渡し手の走力とバトンパス技術の巧拙を示す指標となる。杉浦ら²¹⁾は「走者の疾走速度の高低のみならずバトンパスの完了位置が影響する」とし、McNab⁸⁾は「バトンパスの完了位置はバトンゾーンを3等分にした場合、その最終区間であることが好ましい」と指摘している。このように、バトンゾーン内の走者の速度とバトンパスの完了位置がバトンゾーン所要時間に影響を及ぼすことが推察される。

(3) 利得距離

利得距離(フリーディスタンス)は佐久間¹⁶⁾の報告によると「バトンを渡す際に渡し走者と受け走者の間に生じる距離である」とし、実際にオーバーハンドパスでは腕を水平方向に挙上することにより男子で約1.4m、アンダーハンドパスでは約1mの距離を得ることができると述べている。利得距離が4×100mリレーでは計3箇所のバトンパスが失敗せずに正確に行われれば、オーバーハンドでは総計約4.2m、アンダーハンドでは総計約3mとなり、タイムに換算するとオーバーハンドで約0.4秒、アンダーハンドで約0.3秒の利得が得られることが推察されると報告している。多くの利得距離を得ようとすればバトンパスを正確に行うためのリスクは高くなり、バトンを渡す位置や受け手の状況によって利得距離のアドバンテージは消えてしまう¹⁶⁾。宮下¹¹⁾は「バトンリレーによって得られる利得は第2走者以降の者が加速してバトンを受け取ることが第1の理由である。この時の疾走スピードが高いことが重要である。」としている。バトンパス時に起こる利得距離の効果より、バトンパスを伴う渡し手と受け手の疾走速度の速さと、速度の同調が重要であると推察される。

(4) 速度遁減

速度遁減をいかに最小限に抑えることが、短距離走の記録に好影響を与えるとされている²⁾。太田ら¹³⁾は速度遁減が現れる要因として、疾走区間後半に起こるピッチの減少と加速区間の疾走方法を挙げており、100mではスタート時に身体が静止している状態から加速させるのに筋力が必要とされ、ピッチを高めてしまうと疲労により、早い段階でピッチの低下が起こると指摘している。第3回東京世界陸上競技選手権での男子100m決勝にお

いて、出場選手8名中6名が9秒台という結果に阿江ら²⁾は「逓減率の減少が記録向上の要因の1つであったと考えられる」と述べている。最大速度が発生してからの速度逓減を疾走区間後半で抑えることが、短距離走の記録を向上させる要因の1つであると推察された。

(5) 受け手のスタート方法

受け手のスタート方法について有川³⁾が日本代表チームの練習を行ったときの報告によると、「受け手の設定したチェックマークに渡し手が通過したと判断し、動き始めた時間を確認することで、反応時間が遅いとか速いとかではなく、常にスタートの反応時間が一定にしておくことがバトンパスを成功させる鍵である」と述べている。このように、受け手のスタートの反応時間の一定がバトンパスの精度を向上させ、ミスの少ないバトンパスを行う取り組みが報告されている。受け手のスタート方法に焦点をあてるのが、競技時でのバトンパス精度を高める要因であると推察される。

第2節 4×100mリレーにおける技術的要因について

(1) 受け手の加速方法

4×100mリレーの解説書では、渡し手が受け手の手前5~6mの距離に達したら、最大努力で走り出すようにと指摘している⁴⁾。G.マック⁵⁾は「必要なことは規則正しい加速であって、早目に一気に加速をつけようとするのは間違っている」と述べている。佐久間¹⁴⁾は渡し手がスタートマークを越えた時に、受け手が疾走体勢第1歩目から全力で疾走するQ法(クイック・スタート)と徐々にスピード上げていくS法(スロー・スタート)を用いて疾走する実験を行い、S法がQ法より疾走区間後半における速度の維持率が高いことにおいて「受け手がスタートから十分にリラックスした加速ができ、疾走区間後半の減速が少なく、かつ疾走区間のタイムが向上し得るスロー・スタート法を用いた方が競技成績に好結果を生むと」示唆している。最大努力で加速する方法が競技者や指導者にとって、「最大の努力で走ることが高い疾走スピードや好記録を得られる条件でないこと」が佐久間の報告によって認識できる。金原⁸⁾は「ランニング中での無駄な緊張や力みは疾走に大きなマイナスになる」と指摘している。杉浦ら²¹⁾は受け手とのバトンパス時で「ブルーゾーンでの渡し走者の疾走速度と、バトンゾーン所要時間と最も相関が高い」と指摘している。つまり、渡し手が受け手とのバトンパスが完了するまで速度逓減を抑え、疾走速度を維持すること

がバトンゾーン所要時間の短縮に繋がると推察される。

(2) オーバーハンドパス法とアンダーハンドパス法

バトンパスの方法は、主に採用されているオーバーハンドパス法とアンダーハンドパス法の2種類に分けられ、受け手がバトンを受ける際の手の出し方とその位置、そして、渡し手のバトンを渡す方向が異なる。

オーバーハンドパスは最も一般的で使用頻度が高いバトンパス方法である。方法は受け手の腕を渡し手側水平方向に伸ばし、手のひらを上に向ける。渡し手は受け手の手のひらにバトンを上から下方へ押し込むバトンパスとなる。

アンダーハンドパスは欧州で伝統的に取り入れられてきた方法であり、日本男子チームは2001年より採用し、国際大会で好成績を得ている¹⁷⁾。その方法は受け手の地面に向けられた手のひらに、渡し手がバトンを下から上方へ押し込む一連の動作となる。両者を比較した時、佐久間¹⁵⁾はアンダーハンドパスの利点について「①渡し走者・受け走者の距離が近いことによりバトン受け走者が逃げてしまう感覚がなくなるため渡し走者に安心感が生じる。②バトン受け渡しの際にオーバーハンドパスに比べて手の位置が低いためにバトンパスが容易になる。③受け走者は腕を伸ばして手を高く上げる必要がないので疾走フォームが崩れない。④疾走フォームが崩れないことにより、バトン受け走者のスムーズな加速が可能となる」と指摘している。また、オーバーハンドの利点について、渡し手と受け手の上げられた腕と腕の間隔が、渡し手が走らなくても良い利得距離であり、その利得距離がリレータイムに好影響を与えられることである。また、渡し手の目の高さを受け手の手が上がってくることで渡し易いことが挙げられる。欠点としてバトンパス時に渡し手、受け手ともに腕を高く挙上するために疾走フォームを崩してしまうことが挙げられる¹¹⁾¹⁶⁾。

第3章 目的

本研究は、4×100mリレーの疾走区間を実験時による速度変化から、受け手に有効なスタート方法と、バトンパス練習時で渡し走者が走り出すスタート位置の距離を検討することを目的とした。

第4章 方法

第1節 被験者

J大学陸上競技部短距離を専門とし、大学で4×100mリレーの経験があり、本実験の説明の上、同意を得た男子競技者11名とし、被験者の属性を表1に示した。

第2節 実験期間、場所

本実験は2008年11月1日から11月3日まで実施し、場所はJ大学第3種公認全天候型走路陸上競技場の第4走路を使用した。

第3節 実験方法

実験のプロトコルを図1に示した。以下、各実験方法を示す。

(1) バトンパスの方法と疾走方法について

a) バトンパスを伴う130m疾走：

図2に疾走図を示した。ブルーラインを挟むように受け手が内接に、渡し手が外接に位置して、受け手の合図で双方がスタンディングからのタッチダウン方式（註1）でスタートし、第2カーブ・バトンゾーン中間地点付近でバトンパスを行った。バトンパス完了後、受け手は第3カーブ・バトンゾーンアウトまでの疾走区間を最大努力で2本行った（以下、バトンパスを伴う疾走とする）。各被験者は受け手と渡し手を交互に行った。この時のバトンパスの方法と受け手のスタート方法は、被験者が所属するJ大学陸上競技部短距離ブロックで採用しているアンダーハンドパス法、S法を用いた。試技の際、バトンパスを行う地点が判断できるよう第2カーブ・バトンゾーン中間地点にマークとなる黄色のテープを貼った。

b) Q法、S法による130m疾走：

図3に疾走図を示した。受け手のみで競技と同様にブルーラインの内接にセットして、Q法、S法の2種類のスタート方法より、第2カーブ・バトンゾーン中間地点でバトンを受ける体勢をとらせて後、第3カーブ・バトンゾーンアウトまでの疾走区間130mを疾走させた。Q法、S法はそれぞれ2回試技を行わせた（以下、Q法、S法による疾走とする）。バトンパス体勢とスタート方法は、バトンパスを伴う

疾走と同様にアンダーハンドパス法、スタンディングからのタッチダウン方式（註1）で行った。

c) スタート位置からの疾走：

図3に疾走図を示した。a)、b)の結果から、第3カーブ・バトンゾーンアウトを0mとして、後方にバトンパス練習時で渡し手が走り出すスタート位置の距離をQ法とS法、それぞれ算出した（以下、スタート距離からのQ法疾走、S法疾走とする）。上記で算出されたそれぞれの位置から疾走し、第3カーブ・バトンゾーンアウトの区間通過タイムを測定し、区間の平均速度を算出して比較をしたものを図2に示した。

(2) バトンの受け渡し方法について：

バトンパスを伴う疾走では、アンダーハンドパス法による4×100mリレー第1、2走者のバトンパスを行った。よって、渡し手は右手にバトンを持って走路の内接を疾走し、バトンを渡す際には渡し手の受け手の左の手のひらと、渡し手の右の手のひらを合わせるように指示をした¹⁵⁾。

各試技間は20～30分の休息を置き、各試技を行う前に被験者の心身状態の確認を行った。

第4節 測定区間

全ての試技はJ大学第3種公認陸上競技場の第4走路の第2カーブ・ブルーゾーンから第3カーブ・バトンゾーンアウトまでの130mを使用した。

(1) 疾走区間

- a) バトンパスを伴う疾走、Q法、S法による疾走は第2カーブ・ブルーゾーンから第3カーブ・バトンゾーンアウトまでとした。
- b) 上記a)での測定結果から算出されたスタート位置からのQ法、S法疾走時は、第3カーブ・バトンゾーンアウトのラインを0mとして、後方に向かって指定された距離からの疾走とした。

第5節 測定方法

(1) タイムの測定方法について：

疾走区間を10mごとに光電管装置（ジェット社製 JESTAR PRO）を走路両側に配置して、被験者の通過で区間通過タイムが1/100秒単位でプリンターに記録されるようにした。光電管の高さは、平均して被験者の頸部を通る地上高140cmに設定し、全試技の測定は被験者の第1歩目からランニングタイマー（セイコー社製）を作動させ実施した。なお、全ての実験では10~20m区間以降からの測定とした（註2）。

(2) スタート位置の距離の算出方法

図4にスタート位置の算出方法を示した。バトンパスを伴う疾走、Q法、S法による疾走の10m区間ごとの通過タイムから、平均速度、最大速度地点を100パーセントとした速度通減率を算出した。バトンパスを伴う疾走での最終区間である120~130m区間の1本目と2本目の平均速度を基準として、Q法とS法の各区間平均速度と照らし合わせて最も近い速度であった距離を、第3カーブ・バトンゾーンアウトを0mとして後方にバトンパス練習時で渡し手が走り出すスタート位置の距離をQ法とS法、それぞれ算出した。

第5節 データ解析

各方法の統計処理は測定した各区間通過タイムから平均速度、最大速度を100%とした速度通減率を算出し、それぞれ平均値、標準偏差の統計処理をした。差の検定には分散分析、とt-testによって比較し、各区間通過タイム、平均速度の関連についてはピアソンの相関係数を用いた。なお有意水準は5%未満とした。

（註1）スタンディングの姿勢から第1歩目より疾走体勢で加速していく方法。

（註2）4×100mリレーではルール上、受け手はブルーライン内接しなくてはならず、そのため0~10m間は実験の測定区間距離である10mより短くなるためデータとして扱わなかった。

第5章 結果

第1節 各方法の結果

各実験日当日の気象状況を表2に示した。

(1) バトンパスを伴う130m疾走とS法による疾走の比較

表3と表4にバトンパスを伴う疾走とS法による疾走の30~40m、120~130mの各区間の通過タイムと平均速度、速度逓減率を示した。30~40m区間はバトンゾーンを出てから10mの区間で両者の加速特性と120~130m区間では両者の速度逓減を比較した。

平均速度の差において30~40m区間で0.19m/secが120~130m区間では0.12m/secと僅かに縮まった結果となった。バトンパスを伴う130m疾走の速度逓減率では、各被験者の最大速度発現地点から後半の疾走区間後半において逓減率1%を下回った被験者は無く、最大速度発現以後速い速度を維持できている結果となった。

被験者のうち1人は2本目開始時に脚に異常があったため測定を中止した。なお、バトンパスの失敗による無効試技は無かった。

(2) Q法、S法による疾走の比較

図5から130m疾走区間における全体のタイムはQ法がS法より0.11秒速かったが、速度逓減率では110~130mの区間にかけてS法がQ法より0.3%上回っていた。各被験者の最大速度発現から130mまでの区間速度逓減率1%以下を下回った試技は、全体22試技の内、Q法で13.6%、S法で9.0%となり、S法が疾走区間後半における速度維持が高かったといえる。Q法、S法とも同じ地点で最大速度が発現した被験者数は6人であり、最大速度の発現傾向に差は見られなかった。よって、Q法とS法によるスタート方法の特性が疾走区間後半の速度逓減に現れた結果になった。

(3) スタート位置からのQ法、S法疾走の比較

バトンパスを伴う疾走速度を基に、Q法、S法による疾走での区間速度と速度逓減を参照し、バトンパス練習時で渡し手が走り出すスタート位置の距離を算出して、その位置からの疾走を行った。スタート位置の距離においてQ法は全体の平均が約50~60mとなり、距離別の人数は50m4人、60m3人、70m4人であった。S法では全体の平均が約80~90mとなり、距離別の人数は60m1人、70m1人、80m4人、90m3人、100mが2人で

あった。スタート位置の距離が両法とも一致することは無く、Q法は距離が短くS法は長いことから両者の距離には有意な差があった ($p < 0.01$)。バトンパスを伴う疾走を基準に各スタート方法の最終区間の平均速度との関連を調べたところ、スタート位置からのS法疾走による最終区間の平均速度では、図6から両者の間に $r = 0.787$ ($p < 0.01$)の有意な関連が見られ、バトンパスを伴う疾走との速度に差はなかった。よって算出されたスタート位置からの疾走はバトンパスを行う区間において、競技時と同様にバトンパスを伴う疾走速度に近いという結果になった。しかし、スタート位置からのQ法疾走とは関連は見られなかった。また、スタート位置からのQ法、S法疾走とQ法、S法による疾走での最終区間における平均速度を比較したところ、図7からS法による疾走とスタート位置からのS法疾走で $r = 0.673$ ($p < 0.05$)となり、また図8からQ法による疾走とスタート位置からのQ法疾走で $r = 0.367$ となった。表5より、バトンパスを伴う疾走の最終区間とスタート距離からのS法疾走による最終区間との平均速度を比較したところ、スタート位置からのS法疾走が平均 0.3m/sec 速かったが僅かな差であった。

第6章 考察

第1節 各方法の考察

(1) バトンパスを伴う疾走

実験初日に行われた当日は向かい風が強い中で行われた気象状況であったために、疾走タイムは他の実験日と比較して劣っていた。30~40mの区間はバトンパスをバトンゾーン中間で行うように指示したため、バトンを受けてから疾走して約10m後の区間となる。バトンパス所要時間として佐久間¹⁶⁾は「アンダーハンドパス法における時間はアンダーハンドパスで0.43秒であった」と報告している。その要因として、アンダーハンド法ではパスを行う際に渡し手、受け手側ともに疾走中の腕振り動作に近い状態であることにより、簡単かつ短時間で完了できるとしている^{4) 20)}。バトンパス所要時間にかかる時間から、バトンパスを伴う疾走とS法による疾走との比較において区間通過タイムの差が約0.1秒であったのは、バトンパスの動作が通過タイムへ与える影響が少ないと推察されるが、平均速度の比較ではS法がバトンパスを伴う疾走よりも0.19m/sec速く、速度への影響は否定できない結果となった。各被験者の速度逡減率は最大0.8%以内と僅かであり、最大速度発生地点から残りの距離を最大速度でほぼ維持して疾走していたことがわかる。今回、被験者が所属するJ大学は受け手のスタート方法にS法を採用しており、S法の特徴として前半の加速区間においてリラックスしながらゆっくりと加速していくことで、疾走区間後半の速度逡減を抑えることができ、速い速度を最後まで維持することが可能であると報告している¹⁴⁾。今回の結果ではバトンパスを行っていないながら、バトンパスを伴う疾走2回の試技におけるタイム差は大きくなかった。その背景として、アンダーハンドパスでのバトンパス方法が受け手のスムーズな加速を可能にし、疾走フォームを崩さないことが要因である¹⁶⁾と推察され、技術の成果が現れる結果となった。

(2) Q法、S法による疾走の比較

Q法とS法の加速特性を客観的に判断するために、第2カーブ・バトンゾーンアウトを通過してからの10m、今回の実験では疾走区間30~40m区間の通過タイムで比較したものを図9に示したところ有意な差($p < 0.05$)となった。Q法は第1歩目から最大努力でスタートする方法であることにより、S法より速いタイムで40m区間を通過しているが、その後の区間タイム差は縮まりを見せて疾走し終えている。スタート方法の違いによって

前半の疾走区間のタイムが、その後のタイムに与える影響は小さいと推察された。最終区間である 120~130m 区間の区間通過タイムにおいて Q 法は S 法よりタイムが約 0.11 秒速かったが、図 5 より各区間の速度逡減率は 100m 以降の疾走区間後半にかけて逆転する形になっている。このことは被験者の疾走能力の差によるが、Q 法によるスタート方法が疾走区間後半の速度逡減率において高くなるものと推察される。Q 法が第 1 歩目から全力疾走を行うことで、緊張やりきみが疾走フォームやリズムにマイナスの影響を与え^{8) 14)}、最大速度が早い段階で現れることにより、疾走区間後半の速度逡減に大きく反映されていたのではないかと考えられる。必ずしも疾走区間前半での爆発的な加速が疾走区間後半までの速度に効果的に影響を及ぼさないことが推察される。Schmolinsky¹⁹⁾はバトンの受け渡しの際では全力でスタートして最大スピードでバトンを受け、なおかつ、後半もスピードを落とすことなく相手にバトンを渡すことと述べている。しかし、速度逡減の部分から考えて困難であり、最大速度でバトンを受けることと疾走区間後半の速度を落とさないことを両立し、遂行することは難しいと考えられる。この課題に対し、佐久間¹⁴⁾はリラックスした状態からゆっくりと加速していく S 法と Q 法との比較実験を行い、S 法による疾走が疾走区間後半の速度逡減を抑えられ、Q 法に比べ約 0.1 秒のタイムの短縮に繋がったと報告している。しかしながら、今回の実験では両者のタイムの差は逆に Q 法が約 0.1 秒速くなった結果だったが、速度逡減率は S 法が 110m~120m の区間にかけて逆転している。よって、今回の結果は Q 法と S 法の速度、速度逡減率の比較に限って佐久間の報告¹⁴⁾を支持できる結果となった。S 法がリラックスした規則正しい加速を促進し、疾走速度の維持において効果的であることが推察された。

以上のことから、受け手は S 法を用いることが疾走区間後半の速度逡減を抑え、速い速度を維持して次のバトンゾーン内に到達できると考えられた。

(3) 算出されたスタート位置からの疾走

バトンパスを伴う疾走と 2 種類のスタート方法の疾走から、疾走区間の速度変化と速度逡減率を基に、バトンパス練習時で渡し手が走り出すスタート位置の距離を Q 法、S 法とスタート方法別に算出し、バトンゾーンアウトの区間平均速度と比較して各方法との疾走速度と一致するか検証した。それぞれの加速特性や速度変化の特徴からスタート位置の距離が異なることが確認された。図 6 により、バトンパスを伴う疾走とスタート位置からの S 法疾走の関連で、最終区間の疾走速度に高い相関がある結果において、受け手の疾走区

間の速度変化と速度逓減率からスタート位置の距離を算出する方法の信頼に繋がるものであると考える。その背景として、バトンパスを伴う疾走でのアンダーハンドパス法による、バトンパスを短時間で完了できることの影響が関与していると推察され^{4) 14) 20)}、その後の疾走に影響が無かったと考えられた。しかし、図7ではS法による疾走とスタート位置からのS法疾走の速度の関連で、相関が見られたが、図8のQ法による疾走はどの方法とも相関は得られなかった。その要因としてS法とは異なり、受け手が短い距離の中で速い速度を得るために爆発的な加速をすることが、りきみや過度の緊張、ピッチの急激な上昇による速度の頭打ちが起これ、その後の速度変化に影響を及ぼしていると推察される。受け手の加速段階におけるリラクゼーションとスムーズな動作が、疾走区間後半の速度逓減において重要な要因であると推察される。

このことから、バトンパスを伴う疾走の速度と算出されたスタート位置からのS法疾走の疾走速度に相関が認められたことは、リラックスした加速が疾走区間後半での速度の維持においてS法が効果的であることと、被験者が所属するチームが採用するスタート方法がS法であることから、受け手の速度変化よりバトンパス練習時で渡し手が走り出すスタート位置の距離を算出することで、受け手のS法に対応できるものと推察された。

第2節 コーチング現場への示唆

今回の実験では、バトンパスの方法だけではなく、受け手のスタート方法が疾走速度に影響を与えるという先行研究¹⁴⁾の結果を支持する結果となった。4×100mリレーにおいて走者がバトンを疾走して繋ぐという観点ではなく、バトンのスピードを落とすことなく速くスタートからゴールまで運ぶという観点からすれば、バトンパスを行うバトンゾーン所要時間の短縮は重要な課題である。だが、加速段階とバトンパス時に速い速度を両立して維持することは難しい。短距離走の記録を向上させる要因として速度逓減率を抑えることはすでに先行研究^{2) 12) 13)}で報告されており論をまたない。その要因を4×100mリレーという競技に繋げるかが課題である。

4×100mリレーにおいて受け手のチェックマークを決定するにあたり佐久間¹³⁾は「チェックマークの長さとはバトン受け走者の加速の仕方には密接な関係がある」とし、S法のようにリラックスした加速方法を用いたならば、チェックマークを伸ばすのは必然であると述べている。チェックマークが短ければ、受け手は速く短い間で加速をしなければならない。このことから、受け手の第1歩目から最大努力によって加速するQ法を採用するこ

とが妥当であることが考えられる。しかし、次のバトンパス時における疾走区間後半の速度逡減のことを考えると最適な方法とは言い難い。受け手のチェックマークの決定が各スタート方法の特徴を最大限に引き出す要因であると推察される。

4×100mリレーにおける指導現場の現状は、指導者の感覚的な部分に委ねられていることが多い。しかし、全国大会において優秀な成績を残しているチームでは様々な取り組みがなされている^{1) 12)}。日本男子チームにおいて年単位のスケジュールでバトンパス練習に時間を費やすだけでなく、現場での様々で緻密な取り組み³⁾があつてこそ国際大会での輝かしい功績があるのだと推察される。今回の実験結果が4×100mリレーの技術を構築する土台となれば幸いである。

第3節 今後の課題

実験日を計8本の疾走から被験者への負担とデータ処理のため3日間とした。しかし、気象条件が記録に影響する形になった。また、客観的にQ法とS法を判断できる基準として、4×100mリレー走者の能力を評価する項目は先行研究から各区間の通過タイムと平均速度であったこと。また実験において測定時の被験者のストライドとピッチの変化に大きな差が見られなかった。そのため今回の研究では、Q法とS法の加速特性がみられる30～40m区間の通過タイムの比較を行い、疾走時におけるピッチやストライド変化などの評価は比較対象に組み込まなかった。よって、短期間で実施できる実験プロトコルの見直しや測定項目の再考が今後の課題となるだろう。

第7章 結論

本研究では4×100m リレーにおいて、受け走者がスロースタート法を用いた疾走と、スロースタート法によるバトンパス練習時で、渡し手が走り出すスタート位置の距離の算出方法が有効であると結論された。

第8章 要約

本研究は大学で4×100mリレーの経験がある男子短距離競技者11名を対象とし、バトン受け走者（受け手）に有効なスタート方法と、バトンパス練習時で渡し走者（渡し手）が走り出すスタート位置の距離の検討を行った。その方法として次の測定を行った。

- 1) バトンパスを伴う疾走（130m）、
- 2) クイックスタート法（Q法）、スロースタート法（S法）による疾走（130m）

上記から、バトンパスを伴う疾走、Q法、S法による疾走の10m区間ごとの通過タイムから、平均速度、最大速度地点を100パーセントとした速度逡減率を算出した。Q法とS法による疾走の速度変化の比較と、バトンパスを伴う疾走での最終区間である120~130m区間の1本目と2本目の平均速度を基準として、Q法とS法の区間平均速度と照らし合わせて最も近い速度であった距離をバトンパス練習時で渡し手が走り出すスタート位置の距離としてQ法、S法ごとに算出した。それぞれの位置から疾走し、第3カーブ・バトンゾーンアウトの最終区間の平均速度の関連を調べた。その結果は以下の通りである。

- 1) 疾走区間の最終区間にて、バトンパスを伴う疾走とスタート位置からのS法疾走の速度には $r=0.787$ ($p<0.01$) の有意な関連があり、競技時と同様にバトンパスを伴う疾走時の速度との間に大きな差は見られなかった。

以上により、4×100mリレーの経験がある陸上競技男子学生短距離競技者による、S法を用いた疾走と、バトンパスを伴う疾走の受け手の速度変化からS法によるバトンパス練習時に、渡し手のスタート位置の距離を算出する方法が有効であることが明らかとなった。

引用文献

- 1) 阿部征次：改訂版スプリント・トレーニングマニュアル、第1版、ベースボールマガジン社、東京、p92 - 97、(1994)
- 2) 阿江通良、鈴木美佐緒、宮西智久、岡田英孝、平野敬靖：世界一流スプリンターの100m レースパターンの分析—男子を中心に—、世界一流競技者の技術、ベースボールマガジン社、p14 - 30、(1994)
- 3) 有川秀之：アテネオリンピック 4×100m リレーの軌跡、スプリント研究 15号、p4 - 10 (2005)
- 4) Carr.G.A: Fundamentals of Track and Field, 1st, published Leisure Press, Illinois、p29-44 (1992)
- 5) 帖佐寛章：陸上競技、第6版、ポプラ社、東京 (1981)
- 6) G.マック：マック式短距離トレーニング、講談社、p38 - 40 (1975)
- 7) 深代千之、松尾彰文、小林寛道、若山章信 杉浦雄策：4×100mR のバトンパスのバイオメカニクス研究、平成 4 年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告。No II 競技種目別競技力向上に関する研究～第 16 報～、p179-182、(1993.)
- 8) 金原勇：陸上競技のコーチング (I) 4 版、大修館、p186、(1980)
- 9) McNab.T : The complete of Track and Field, 1st published. Waid Lock Limited, New York、p53-58、(1980)
- 10) 宮丸凱史、宮丸郁子：リレー競争、陸上競技のコーチング (I) 金原勇編、大修館書店、東京、p 383 - 404、(1986)
- 11) 宮下憲：オーバーハンドパスとアンダーハンドパスについて、スプリント研究 15号、p20 - 26、(2005)
- 12) 緒方善政：我が校の 4×100mR、陸上競技マガジン 3月号、ベースボールマガジン社、東京、p62-63、(1998)
- 13) 太田涼、有川秀之：100m レース中の疾走速度、ピッチ、ストライドの変化について、陸上競技研究第 37号、p8 - 16、(1999)
- 14) 佐久間和彦：4×100m リレーにおけるバトン受け走者のスタート方法の検討、順天堂大学保健体育紀要第 27号、p105 - 111、(1894)
- 15) 佐久間和彦：アンダーハンドパスについて、スプリント研究 15号、p16 - 19、(2005)

- 16) 佐久間和彦、柳谷登志雄、杉浦雄策、杉田正明：陸上競技 4×100m リレーにおけるオーバーハンドパスとアンダーハンドパスの特性の比較、陸上競技研究第 72 号、p14-21、(2008)
- 17) 佐久間和彦：アンダーハンド VS オーバーハンド、陸上競技マガジン 11 月号、p147 - 149、(2008)
- 18) 佐野恭太、伊藤宏：4×100m リレーにおけるサイドハンドバトンパスについての分析的研究、－アンダーハンドパスとオーバーハンドパスと新たなバトンパス比較検討－、スプリント研究 17 号、p60、(2007)
- 19) Schmolinsky.G : LEICHT ATHLETIK、Spontreerlag、Berlin、(1963)－成田十次郎、関岡幸雄共著：ドイツ民主共和国の陸上競技教程第 1 版、ベースボールマガジン社、p250 - 264、(1982)より引用
- 20) 杉浦雄策、沼澤秀雄：世界一流選手の 4×100m リレーにおける時間分析、世界一流競技者の技術、ベースボールマガジン社、p58 - 65、(1994)
- 21) 杉浦雄策、吉儀宏、佐久間和彦、松永成旦、花岡大：国内一流選手のバトンパス局面における時間・速度・および疾走能力が 4×100m リレーのレースタイムに及ぼす影響、陸上競技研究第 33 号、p36 - 46、(1998)
- 22) Thomton.B : Sprint relays、Track&Field Quarterly review91(1)、p20-21、(1991)

Research of runner's sprint speed by track and field 4×100m Relay

Masamitsu MORIKAWA

Summary

The present study made 11 men sprinters who experienced 4×100m relay at the university, and the distance at a starting position of the person who passed the baton. When effective start method and training for the person who received the baton were done was examined as the method. The following measurement was done.

- 1) Sprint running that executes baton passing (section of 130m)
- 2) Sprint running that uses quick start method and slow start method (section of 130m)

From text 1) the decrease rate of the speed at which the average speed and the maximum speed point were assumed to be 100 percent was calculated measuring the time of each 10m section. Each two speeds in 120~130m section were averaged. The most similar distance was calculated there referring to the section average speed of the result of text 2). The section average speeds of the result of text 2) were compared there, and the most similar distance of each of the two methods was calculated. It ran from two positions, and the average speeds in 120~130m in the take-over zone end point section were compared. The result is as follows.

- 1) With the S method of from the starting grid. In the comparison of the final section speeds that had started by the baton passing, there was a significant correlation of $r=0.787(p<0.01)$.

Thus, sprinter who experienced 4×100m relay calculated the distance at the starting position done when training from the velocity variation of the runner who received the baton by using the slow start method.

謝辞

本論文の作成にあたり、実験の被験者としてご協力いただいた、学生諸君らに感謝いたします。大会等で遠路を共に研究活動して頂いた、陸上競技佐久間ゼミナール4年生、倉田隆輔君、佐藤朗君に厚くお礼を申し上げます。

本論文の審査、及びご指導して下さいました、柳谷登志雄准教授、鯉川なつえ准教授、越川一紀准教授、仲村明准教授、青木和浩先生、中丸信吾先生ならびに陸上競技研究室の皆様、機材等の準備にご協力頂きました、運動生理学研究室、測定評価学研究室の皆様に深く感謝を申し上げます。

最後に、指導教員の金子今朝秋教授、佐久間和彦教授には、ご指導、ご支援、ご理解を賜りまして心より感謝いたします。多大なるご尽力を賜りまして論文を作成できましたことに御礼申し上げます。

表1 被験者特性

n=11

	平均	標準偏差±
年齢(歳)	20.2	1.1
身長(cm)	172.7	5.1
体重(kg)	64.9	4.6
100m(秒) 公認ベスト 記録	10.98	0.29

表2 実験当日の気象状況

	11月1日	11月2日		11月3日
天候	晴れ	晴れ		曇り
気温(°C)	20	15	18	13
風速(m)	-2.7	-1.6	1.9	0.8

表3 30～40m区間におけるバトンパスを伴う疾走と
S法による疾走の各項目の比較

n=11

		通過時間(sec)	平均速度(m/sec)	速度遞減率(%)
バトンパスを 伴う疾走	平均値	4.94	8.07	92.9%
	標準偏差	0.10	0.18	1.3
S法による疾走	平均値	4.84	8.26	93.1%
	標準偏差	0.12	0.23	1.0

表4 120～130m区間におけるバトンパスを伴う疾走と
S法による疾走の各項目の比較

n=11

		通過時間(sec)	平均速度(m/sec)	速度遞減率(%)
バトンパスを 伴う疾走	平均値	14.90	8.73	99.6
	標準偏差	0.25	0.15	0.3
S法からの疾走	平均値	14.70	8.85	99.6
	標準偏差	0.35	0.22	0.3

表5 バトンパスを伴う疾走とスタート位置からのS法疾走による
120～130m区間の疾走速度の比較

n=11

		平均速度 (m/sec)	有意差
バトンパスを 伴う疾走	平均値	8.73	n.s.
	標準偏差	0.15	
スタート位置からの S法疾走	平均値	8.76	
	標準偏差	0.17	

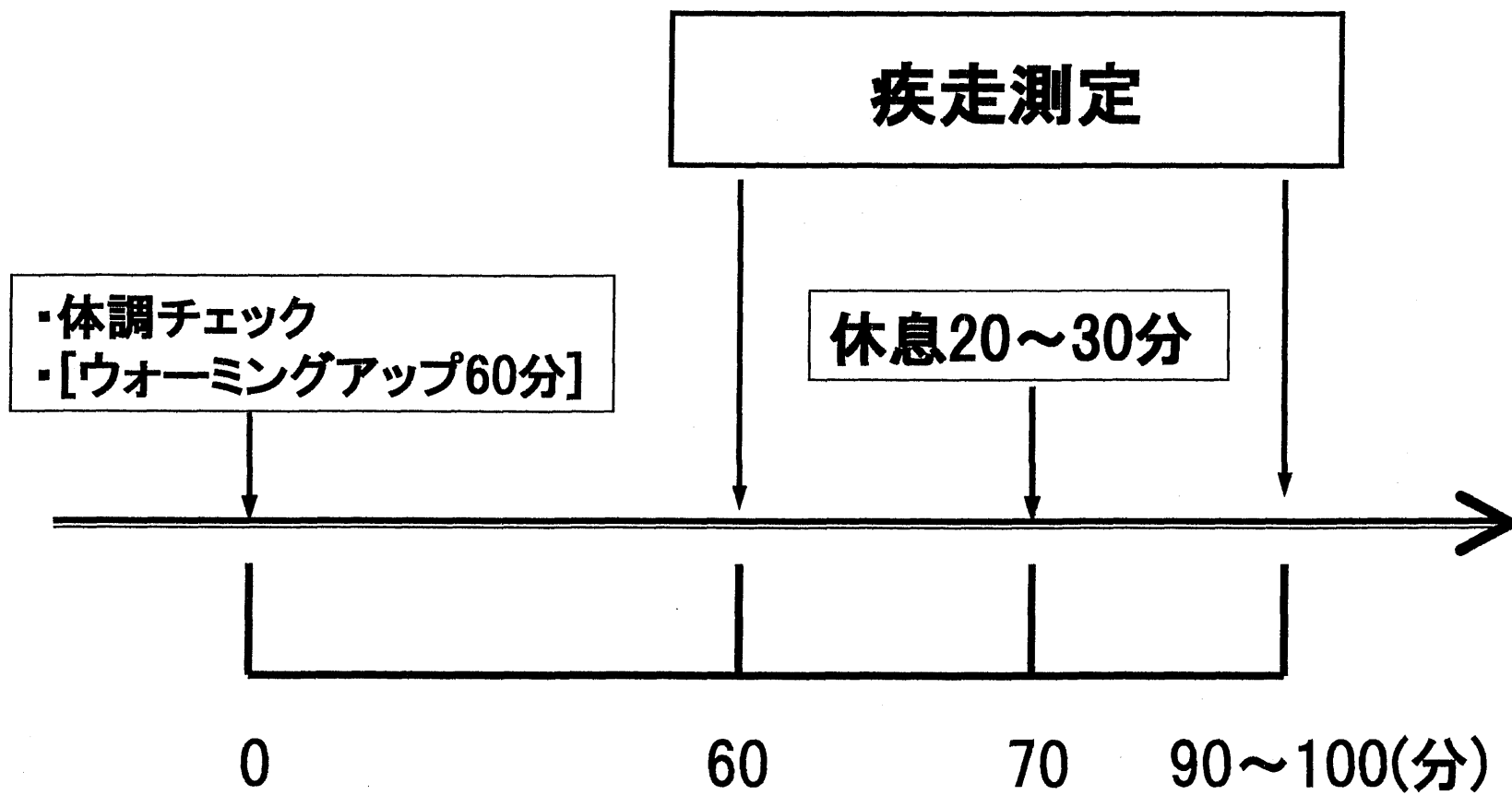


図1 実験 プロトコル

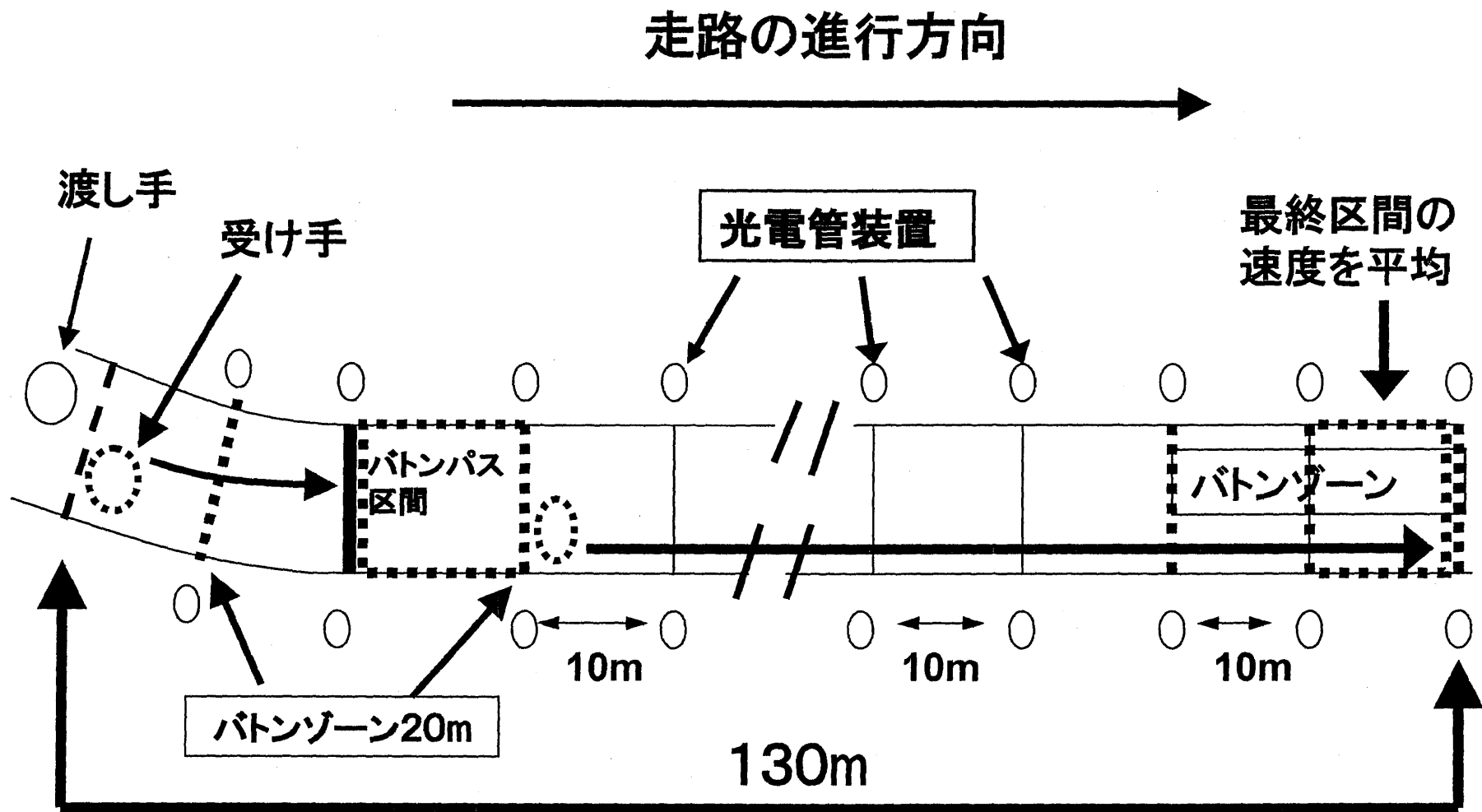


図2 ①バトンパスを伴う130m走 疾走図

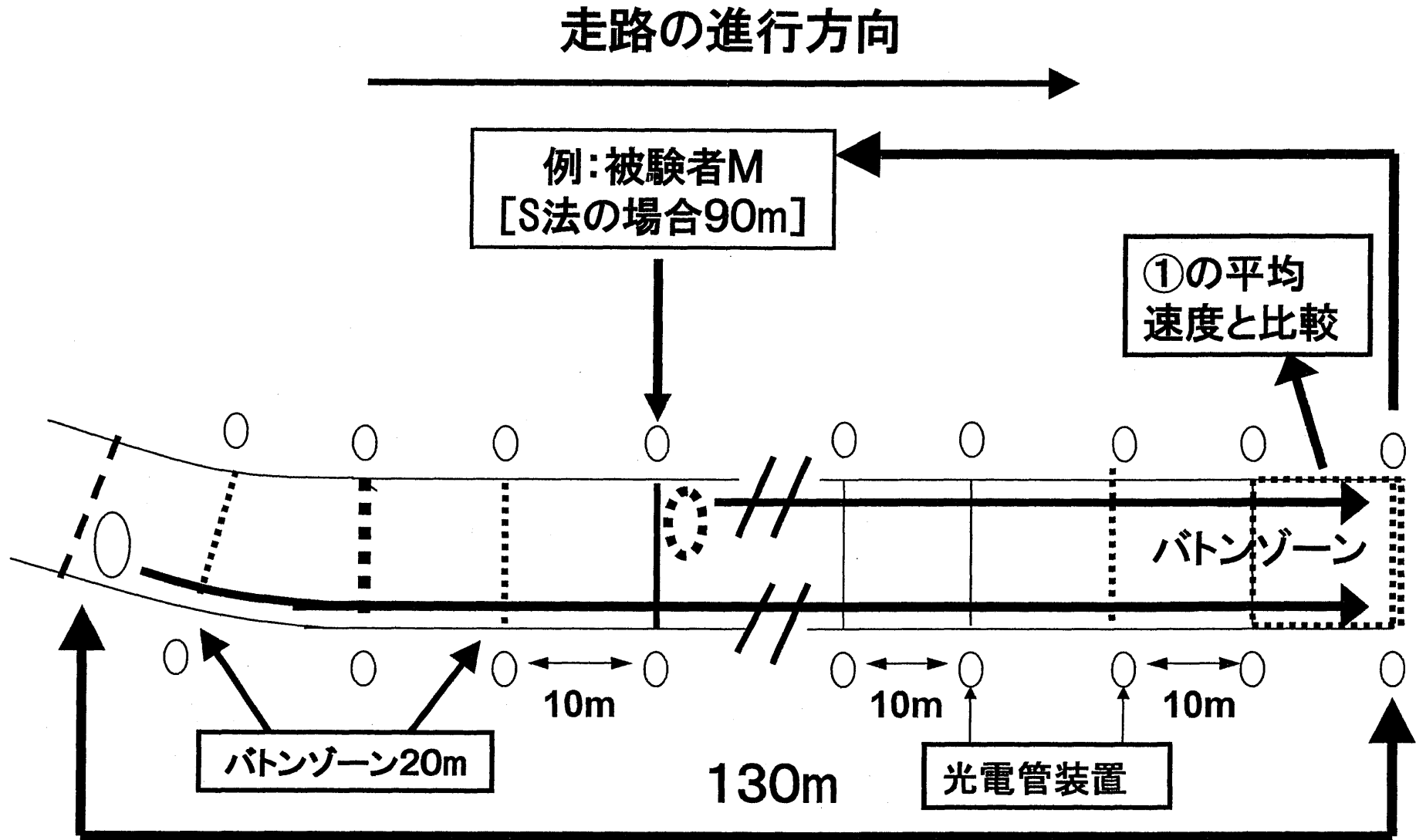


図3 ②Q法, S法による130m走と
③スタート位置からの疾走(S法の場合)図

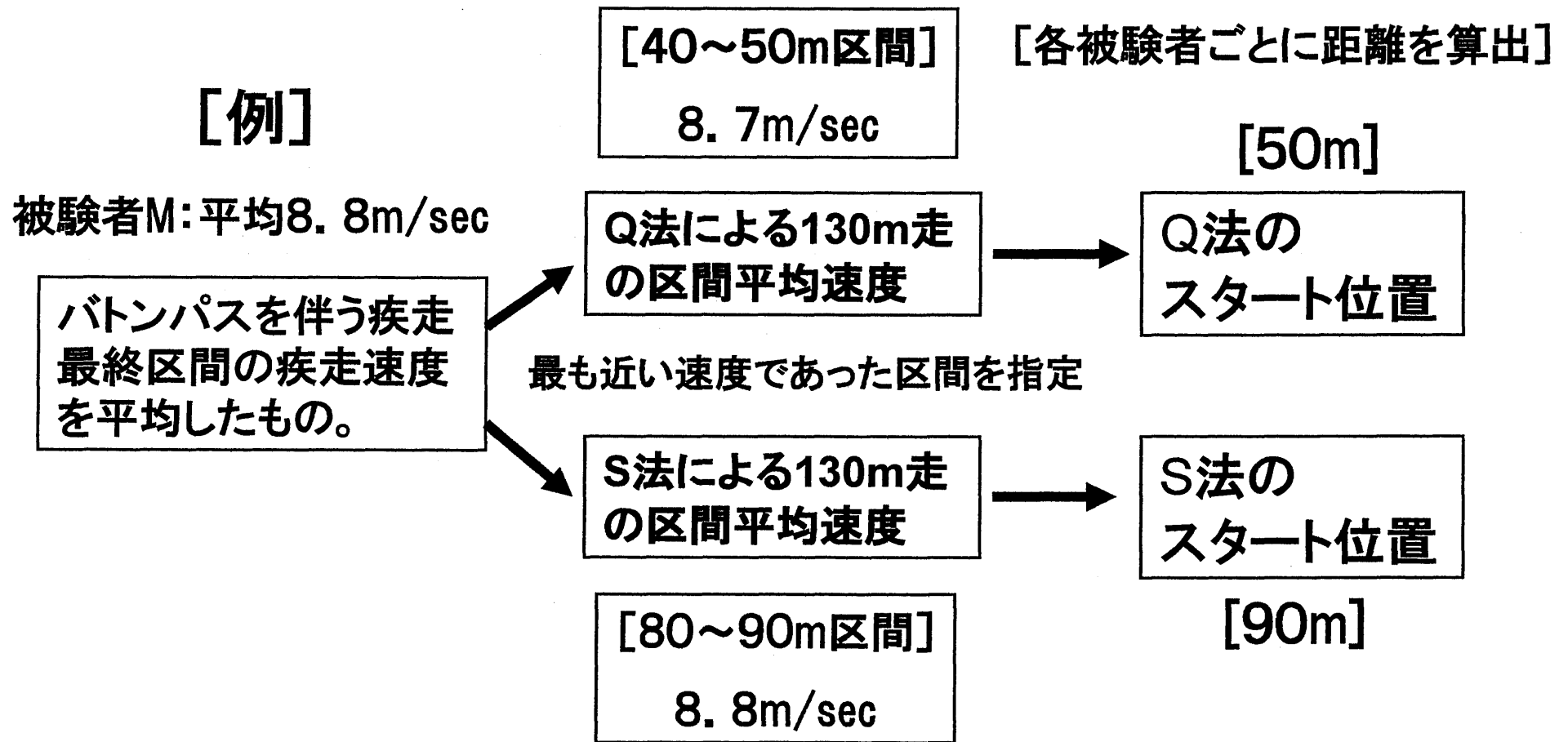
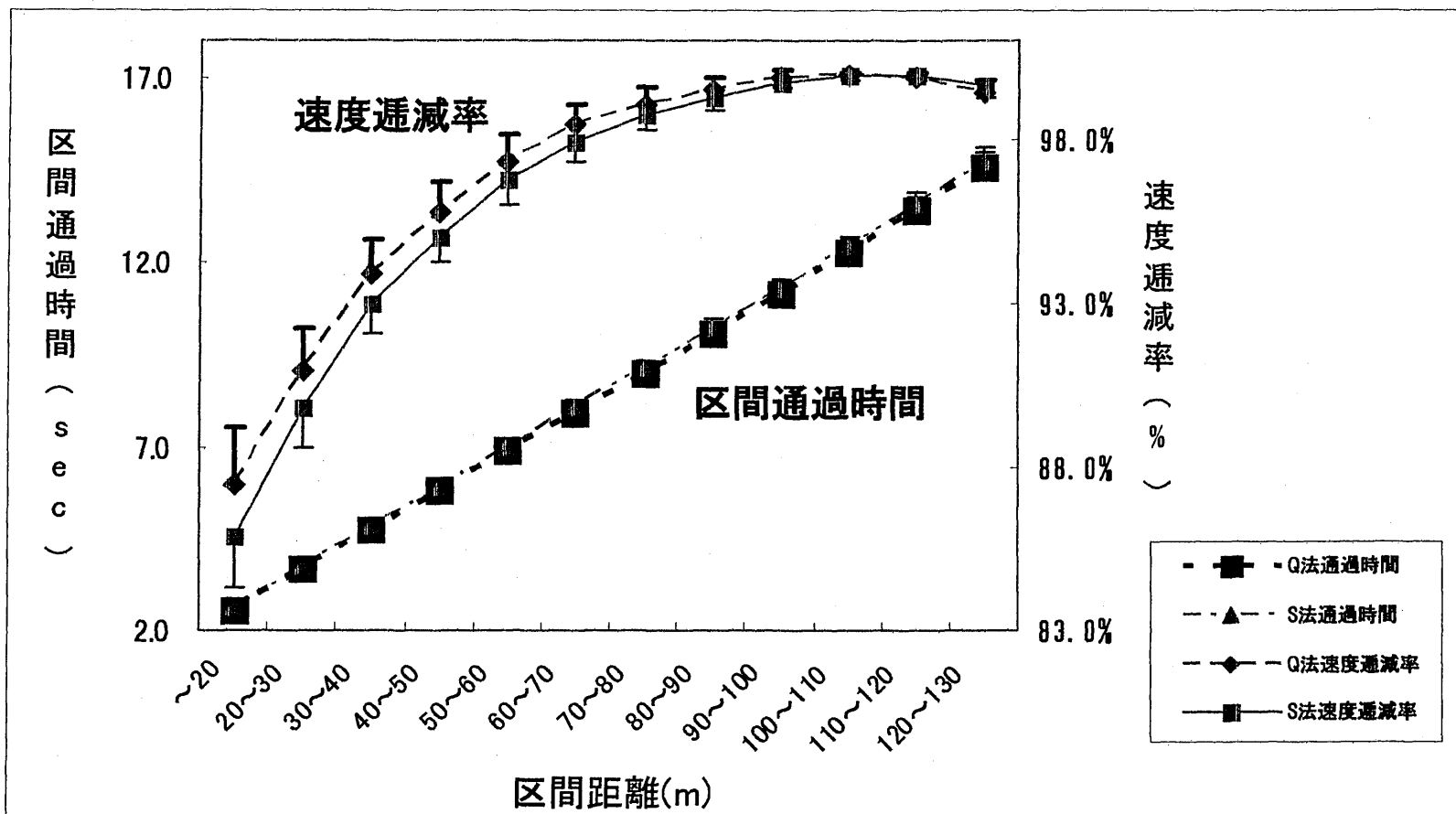
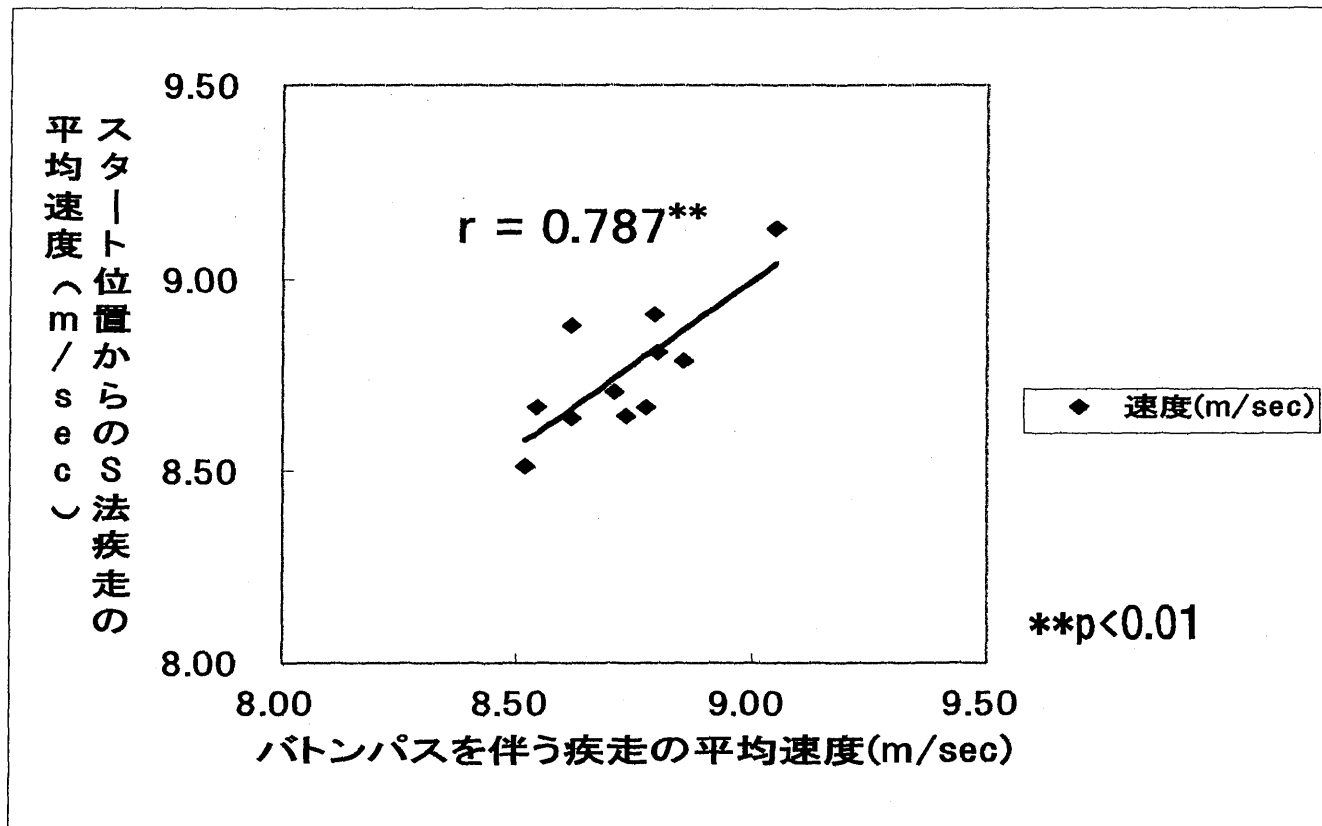


図4 ③ スタート位置の算出方法



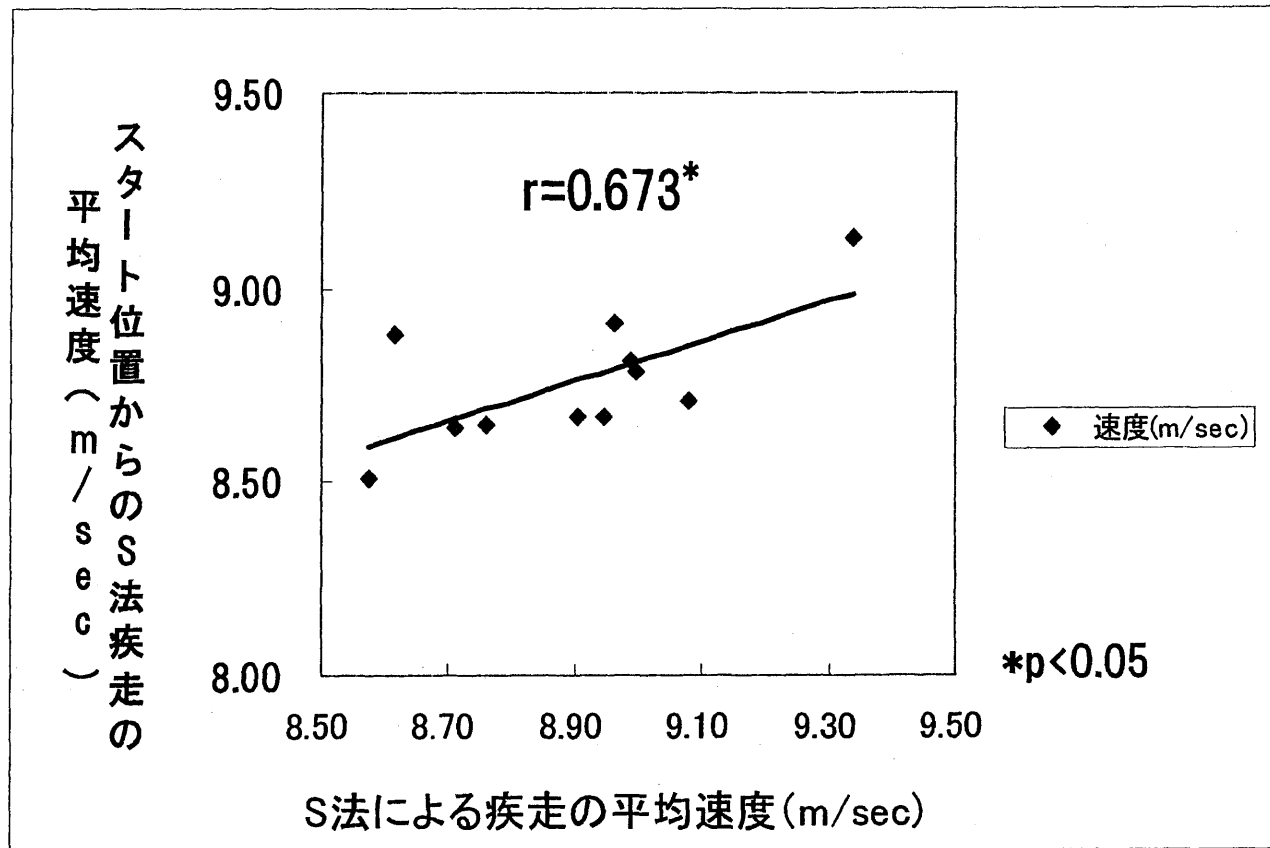
n=11

図5 Q法、S法による疾走の
区間通過時間, 速度逡減率の比較



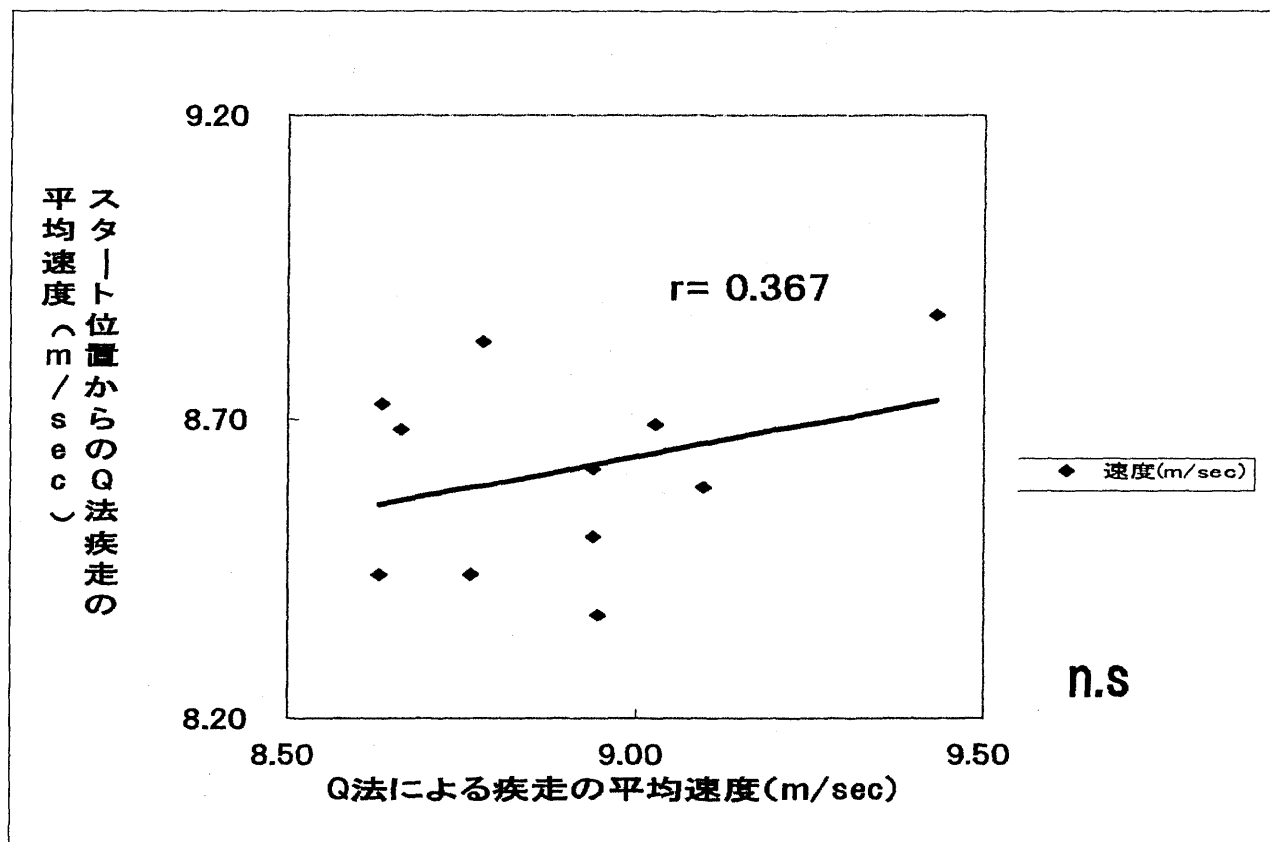
n=11

図6 バトンパスを伴う疾走とスタート位置からのS法疾走の最終区間平均速度の関連



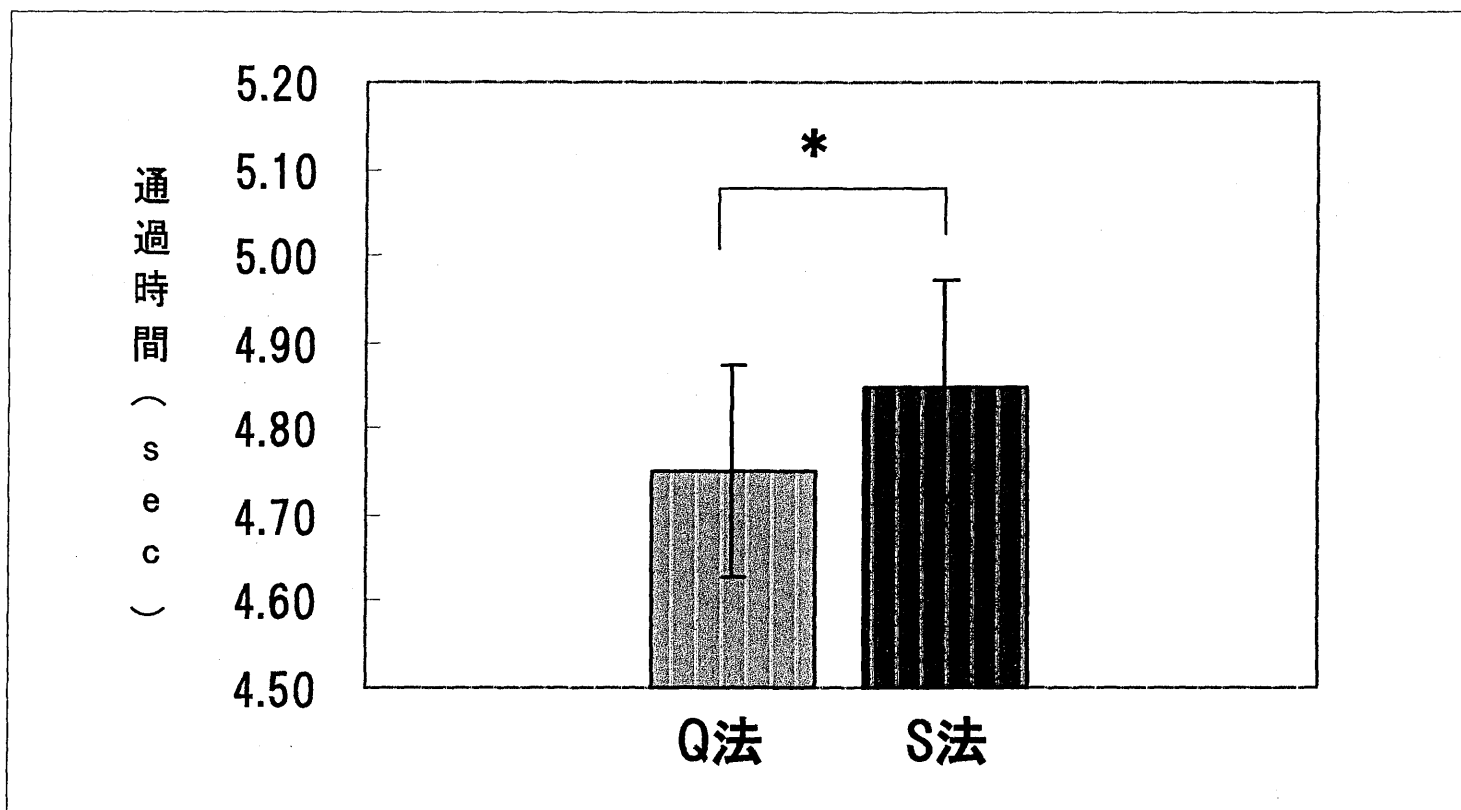
n=11

図7 S法による疾走とスタート位置からのS法疾走の最終区間の平均速度の関連



n=11

図8 Q法からの疾走とスタート位置からのQ法疾走の最終区間の平均速度の関連



* $p < 0.05$

$n = 11$

**図9 Q法とS法による疾走の
30~40m区間通過時間の比較**

(付表1)

平成20年 月 日

同意書

順天堂大学大学院
スポーツ健康科学研究科
博士前期課程
森川 正光殿

私は〔陸上競技4×100mリレーにおける走者の疾走速度〕
の実験内容について、以下の項目の説明を受け理解しましたので、
本実験に参加することに同意致します。

- 1, 実験の目的
- 2, 実験方法
- 3, 実験期間
- 4, ケガや都合によりいつでも実験を中止できること
- 5, 不参加や実験の中止により、不利な扱いは受けないこと
- 6, プライバシーや個人情報の取り扱いについて

所属学科
住所
氏名
年齢(満)

*未成年者は保護者の承諾が必要となりますので、承諾していただける保護者は下記承諾書に署名・捺印してください。

保護者承諾書

実験に参加する被験者は未成年でありますので、
本人が実験に参加することを保護者として承諾します

保護者氏名：

印