

国士舘大学審査学位論文

「野球の走塁能力に影響を及ぼす技術的要因」

今若 太郎

氏 名 今若 太郎  
学位の種類 博士 (体育科学)  
報告番号 乙第54号  
学位授与年月日 令和4年3月20日  
学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当  
学位論文題目 野球の走塁能力に影響を及ぼす技術的要因  
論文審査委員 (主 査) 教授 角田 直也  
(副 査) 特任教授 船渡 和男  
(学外副査) 教授 平野 裕一 (法政大学スポーツ健康学部)

博士論文

題 目 野球の走塁能力に影響を及ぼす技術的要因

氏 名 今若 太郎

# 博士學位論文

野球の走塁能力に影響を及ぼす技術的要因

Effect of running skill on baseball running  
performance.

今若 太郎

Taro IMAWAKA

# 目 次

## 第 1 章 緒 論

1. 序 .....	1
2. 研究小史 .....	4
3. 研究目的 .....	8

## 第 2 章 研究 I : 直線走と走塁タイムの関係

### — 1 塁走, 2 塁走および 3 塁走の区間タイムに着目して —

1. はじめに .....	9
2. 方法 .....	10
3. 結果 .....	14
4. 論議 .....	21
5. 要約 .....	24

## 第 3 章 研究 II : 野球の 2 塁走における疾走速度と疾走経路

1. はじめに .....	26
2. 方法 .....	27
3. 結果 .....	37
4. 論議 .....	45
5. 要約 .....	49

## 第 4 章 研究 III : 野球の 2 塁走におけるステップ変数とタイムの関係

1. はじめに .....	50
2. 方法 .....	51
3. 結果 .....	52
4. 論議 .....	59
5. 要約 .....	65

第 5 章 総括論議 ..... 67

第 6 章 結語 ..... 85

参考文献 ..... 87

謝 辞

本論文は，下記の論文に未公表の内容を加え，まとめたものである．

1. 今若太郎・伊原佑樹・手島貴範・田中重陽・平塚和也・岩城翔平・角田直也（2016）大学野球選手における走塁の運動学的解析．東京体育学研究，7：5-11.
2. 今若太郎・谷中拓哉・角田直也（2021）野球の2塁走疾走時間を短縮するためのステップ長およびステップ頻度．東京体育学研究，12：27-35.

# 第 1 章

## 緒 論

### 1. 序

走動作は、生後 21–24 か月の幼児期から観察される（宮丸，2002）ように、ヒトにとって基本的な動作の 1 つであり、競争としての走、準備運動としての走やコンディショニングとしての走など、様々な動作様式に分類される（小林，1990）。その中でも、様々なスポーツにおいて、速く走ることが重要な運動能力の 1 つとして重要視されている。スポーツ場面における速く走することを目的とした走運動を代表する種目は、陸上競技の短距離種目である。この短距離種目には、100m 走のような直線走のみを疾走する種目と直線走と曲線走が組み合わさる 200m 走以上の種目が存在し、これらの陸上競技短距離種目は、疾走経路が規定されている。一方、スポーツ場面では、球技などでみられるような疾走経路が規定されておらず、ボールや相手選手の動きに反応して急激に走方向を変換する方向転換走も存在し（岡本，2012）、効率的に方向転換を行うことは様々なスポーツにおいて、中心的な要素となるとされている（Nimphius，2014；Young et al，2015）。短距離走における直線走や曲線走、また、方向転換走に関する研究は古くから行われており、走動作の基本的な指標となるピッチやストライド（Mann and Herman，1985；Churchill et al，2015a；Ishimura et al，2013）、フォーム分析（Dillman，1975；Alt et al，2015）などの Kinematics 分析や、関節トルク、地面反力（Munro et al，1987；東と矢内，2012；Smith et al，2006；Jones et al，2016）などを扱う Kinetics 分析が主な手法として採用され、古くから、また近年においても短距離疾走に関する研究結果が報告されている。

他方、野球の走、すなわち走塁は、打撃と並ぶ野球の攻撃面を構成する 1 つの要素として位置づけられている。走塁は、「スタート」、「走速度」、「走塁法（コーナリングやスライディング）」の 3 要素で決まるとされ（羽鳥，1978）、これらの能力が優れていることで、打者の出塁率や進塁率が高くなり、多く

の得点機会が訪れることが期待できるとされている。また、水野(2009)は、試合場面において、攻撃的な走塁を積み重ねることで、それが目に見えない力となって試合の流れを変え、得点へ結びつくことがあると述べられている。実際に鳥越(2014)が算出した2004年から2013年に行われたプロ野球の試合の得点期待値(野球の24通りの攻撃状況(3種のアウトカウント×8種の走者状況)における得点数をそれぞれ平均したもの)を参考に(Table 1)、走者1塁の状況と走者が2塁以上にいる状況を比較してみると、走者1塁時の得点期待値の平均は0.511であり、走者が2塁以上にいる場合(走者無しおよび走者1塁を除くすべての攻撃状況)では、平均1.067であった。また、走者2塁の場合は平均0.683、3塁の場合は、平均0.833であった。このことから、1塁のみにいる走者がいる状況と比較し、2塁以上に走者がいる場合では、どのアウトカウントにおいても、得点期待値が高くなることが示されている。したがって、水野が記述しているような見えない力や、攻撃の雰囲気のみでなく、実際の統計的にも打者や走者が先の塁に進塁するほど、得点できる可能性が高いことが考えられる。

野球の走塁は大きく分けて以下の2つに大別できると考えられる。①本塁から1塁までの駆け抜け走や盗塁のような「直線走」、②本塁から2塁、もしくは1塁から本塁のような2つ以上の塁間を疾走し、複数回、ベースを踏む動作(以下、触塁と略す)を伴う方向転換走(以下、野球の方向転換走と略す)である。野球の方向転換走は上述した陸上競技の短距離種目や、球技場面などでみられる外的要因に反応して行われる方向転換走とは異なり、打者や走者が走路をある程度自由に決定することが可能ながらも、規定の場所に設置されたベースに触塁をする必要がある野球特有の走運動であると考えられる。

これまで野球の直線走については、30m走や盗塁などを対象に研究が行われており、野球選手における直線走能力の特徴や、盗塁に優れている選手の特徴などが報告されている。また、走塁疾走時間と野球の他の能力との関係(吉野と杉山, 2007)、野球選手と陸上競技選手の疾走時間比較(Miyaguchi et al, 2011)、疾走経路の比較(竹田ほか, 2019; 藤井ほか, 2021; 小野寺ほか, 2021)がみられる。これらの多くが光電管やストップウォッチなどを

Table 1. Expected value in each situation (Created based on Iorigoe, 2014).

Situation	Bases empty	Runner 1st	Runner 2nd	Runner 3rd	Runner 1st and 2nd	Runner 1st and 3rd	Runner 2nd and 3rd	Bases are full
0 Out	0.455	0.821	1.040	1.360	1.417	1.721	1.974	2.200
1 Out	0.242	0.499	0.688	0.919	0.905	1.158	1.335	1.541
2 Out	0.091	0.214	0.321	0.371	0.434	0.487	0.586	0.740
mean	0.266	0.511	0.683	0.833	0.919	1.122	1.298	1.494

Expected value is the average of number of runs scored in 24 different offensive situations in Nippon professional baseball organization games from 2004 to 2013.

用いて疾走時間を測定することでパフォーマンスを評価し、疾走時間と他の要素との関係や、疾走経路を変化させたときに疾走時間が変化するかなどに着目している。しかし、野球の方向転換走における基本的な疾走速度の変化様相や疾走動作、疾走経路について示した研究はみられず、陸上競技の短距離種目や一般的な方向転換走と比較しても、基礎的な部分も含め不明な点が多い。

野球に関する指導書の多くで野球の方向転換走に関する記述が多くみられ、特に塁間の疾走経路や触塁方法などに注目されている。指導書の中で様々な指導方法が示されているものの、一貫した記述内容ではなく、真逆の疾走方法を推奨している指導書も存在している。また、笠原（2020）が、「野球にまつわる研究は、打撃や投球に関するものは多いものの、走塁については極めて少ない」と述べているように、走塁指導に関する記述内容の根拠となるデータは示されておらず、著者の経験や根拠に基づく記述であると推察できる。このような現状の中、野球の方向転換走に関する様々な知見を得ることが出来れば、データに基づく適切な疾走方法について検討することができるものと考えられる。

上述した通り、野球の方向転換走は、陸上競技の短距離種目や他のスポーツ場面における方向転換走とは異なるため、これまで報告されてきた走運動に関する研究と異なる疾走様相が存在するものと考えられる。特に選手個々によって異なるであろう疾走経路や野球特有の動作である触塁動作によって、疾走様相が変化することが予想され、適切な経路や触塁方法を示すことは、野球の方向転換走について深く理解するためには重要な課題であると思われる。

## 2. 研究小史

ここでは、現在までに得られている野球の走運動に関する知見を述べるとともに、解決すべき課題を明らかにする。

### 2. 1 野球の直線走に関する研究

野球選手の直線走を対象とした研究はいくつかみられる。Coleman（2007）

は、MLB (MLB～A までの異なるリーグ) に所属する 316 人の野球選手を対象に本塁から 1 塁までの疾走時間を計測し、競技レベルが高いほど疾走時間が短いこと、また、その疾走時間はポジションによって差が認められ、中堅手が他のポジションの選手と比較して有意に短い疾走時間であったことを報告している。蔭山ほか (2017) は、大学野球選手の 30m 直線走を対象に、疾走速度を決定づけるピッチとストライドの特徴を明らかにしている。その結果、ピッチが一定となり、ストライドが増加する 10m～15m 区間において、ピッチを増加させることが、30m 走が速い野球選手の特徴であることを明らかにし、速く走るためにはストライドよりもピッチの貢献度が高いことを示唆している。一方で、陸上競技短距離種目で高い疾走速度を獲得するには、ストライドの影響が大きいとする報告が多く (伊藤ほか, 1994; 加藤, 2004; 加藤ほか 1987), この差異について、走る距離やグラウンド状況などが陸上競技とは異なることが要因であると考察している。加えて 30m 走の疾走時間をポジション別に比較しており、外野手、内野手、投手の順に疾走時間が優れていたことを報告している。また、北ほか (2013) は、野球選手を対象に高負荷全力ペダリングトレーニングを週 3 回×4 週間実施させ、そのトレーニングが 30m 走の疾走時間にどのような影響を及ぼすかを検討した結果、トレーニング後に疾走時間は有意に短縮され、特にスタートから 10m までの疾走時間が顕著に短縮していたことを報告している。トレーニング前後で 0m から 10m までのピッチに変化がみられず、ストライドが有意に増加していたことから、野球選手へのペダリングトレーニングは加速期におけるストライド増加に貢献することが明らかにされている。また、バリスティックトレーニングを 10 週間行かせた McEvoy and Newton (1998) は、トレーニング後に 27.4m 走の速度が約 9% 向上していたことを報告している。これらの研究のように野球選手の直線走に着目した研究は、走塁そのものに着目した研究ではなく、野球選手における直線疾走の特徴を明らかにすることや、ポジション別の体力特性およびトレーニング効果を検証するための指標として用いられている。

野球場面特有の直線走に関する研究については、主に盗塁に関する研究が挙げられる。1 塁から 2 塁までの盗塁を想定し、2m のリードから 2 塁まで

の直線走を対象に疾走速度やストライドおよびピッチ，歩隔を検討した田邊ほか（2019）は，疾走時間が短かった選手はピッチが高い特徴があったことを報告している．同じく盗塁を対象にスタート時の2種類のステップ方法を比較した Miyanishi et al（2017）は，クロスオーバーステップ（右足は浮かせず，1塁側にある左足が先に地面から離れるステップ）よりもジャブステップ（2塁側にある右足が先に地面から離れるステップ）が盗塁スタートに適したテクニックであることを明らかにしている．このように野球特有である盗塁を対象にスタート時のステップ方法や盗塁が優れている選手の特徴を報告したものはいくつかみられる．しかし，野球特有の走運動とはいえ，あくまでも盗塁は直線走動作であるため，盗塁が速い選手の疾走方法をそのまま野球の方向転換走に活用できるとは考えられない．したがって，野球の方向転換走を短い時間で疾走するために適した疾走方法について検討するには，野球の方向転換走そのものを対象にする必要がある．

## 2. 2 野球の方向転換走に関する研究

野球の方向転換走に関する研究は，野球の他の要素である打撃や投球に関する研究と比較すると非常に少ないがいくつかみられる．

Miyaguchi et al（2011）は，野球選手と陸上競技選手（短距離種目，ハードル種目，跳躍種目，混成種目選手）の本塁から2塁までの野球の方向転換走（以下，2塁走と略す）および本塁から本塁までの野球の方向転換走（以下，本塁走と略す）の疾走時間と経路を比較した．その結果，直線走の疾走時間は陸上競技選手が優れていたが，2塁走および本塁走の疾走時間においては，いずれも野球選手が短い時間であったことを報告している．さらに，野球選手において，直線走と2塁走および本塁走の疾走時間の間に強い正の相関関係が認められたが，陸上競技選手ではその関係性が認められなかったことから，単純な直線走能力のみが野球の方向転換走の疾走時間を決定付ける要因ではなく，特にベース前後3mの疾走方法や疾走経路が重要となってくることを示唆している．また，野球の方向転換走における疾走経路に着目した研究（大岡ほか，2013；小野寺ほか，2021；藤井ほか，2021）においても，疾走時間短縮のための適切な疾走経路が存在することを示唆しているも

のの、統一された見解は示されていない。以上の報告から、走塁疾走時間を短縮するための疾走技術や疾走経路が存在することが示唆されるが、これらについて詳細に検討した研究はみられない。

木野村ほか（2017）は、本塁から2塁までの疾走経路について検討し、本塁—1塁間において、1塁前に側方に小さく膨らみ、1塁触塁後に2塁への膨らみをより1塁に近い位置で完了する走路か、1塁前に側方に大きく膨らみ1塁触塁後に、より2塁へ近い位置まで膨らむ走路の2パターンが考えられると述べている。この研究は、疾走経路の指標として各塁間における最大の膨らみ幅やその膨らみ幅がどこで出現したかを採用している。しかし、最大膨らみ幅に達するまでや最大膨らみ幅以降の疾走経路は明らかにされておらず、塁間における1点のみで、野球の方向転換走における疾走経路について検討することは難しいと考えられる。また、これらを含めた研究のいずれも、スタートから目的の塁までの疾走時間のみでパフォーマンスを評価しており（竹田ほか，2019；Tsuno et al, 2016）、疾走中における速度の変化様相については言及されていない。Ae et al（1992）が示した100m走の速度曲線をもてみると、陸上短距離種目における速度曲線は、スタートから漸増し、最高速度出現、その速度を維持し、終盤で速度が減少する局面がみられるように、競技レベルや性別などにより、最高速度出現や速度逓減開始の距離は多少異なるものの、速度曲線は一定の形である。一方、野球の方向転換走は、疾走中に触塁というベースを踏む動作を伴い、触塁後においても疾走が続くため、速度変化が直線走のように一様ではないと考えられる。しかし、これまでに野球の方向転換走におけるスタートから目的の塁に至るまで全体の疾走速度に着目した研究はみられないため、野球の方向転換走における疾走速度の変化様相については不明である。スタートから目的の塁に到達するまでの疾走速度について明らかにすることができれば、どの地点で速度の変化が起こるかなどの知見を得ることが可能となり、疾走時間短縮のために適切な練習方法なども考案できるものと考えられる。

疾走速度はピッチとストライドの積であることから、短距離疾走における多くの研究はステップ変数を扱っている（Mann and Hermann, 1985；Ae et al., 1992；Gajer et al, 1999；Morin et al, 2012）。また、野球の方向転換

走は、触塁という特有の動作を有しているため、どのようにストライドやピッチが変化し、触塁しているかなどは重要な要素となると考えられる。しかし、これまでに、野球の方向転換走におけるステップ変数について報告した研究はみられない。野球の方向転換走におけるピッチやストライドを明らかにすることで、ステップ変数と疾走速度との関係や触塁動作について、より詳細に検討できるものと考えられる。

### 3. 研究目的

本研究では、野球の方向転換走に関する疾走時間や速度、動作、経路について定量的データを収集し、得られた変数から野球の方向転換走における疾走様相の特徴を明らかにすることを目的とした。また、得られた結果から疾走時間を短縮するために適した疾走方法について検討することを目的とした。この目的のために、以下の3点を研究課題とする。

- 1) 走塁および直線走における区間疾走時間を計測することで、走塁と直線走の関係や走塁疾走の特徴について検討する。
- 2) 野球の方向転換走における疾走速度および疾走経路について明らかにし、速度の変化様相や、疾走経路と疾走時間の関係について検討する。
- 3) 野球の方向転換走におけるピッチとストライドなどのステップ変数を明らかにし、触塁後の疾走速度低下の要因やステップ変数と疾走時間の関係について検討する。

## 第 2 章

### 研究 I : 直線走と走塁疾走時間の関係

#### － 1 塁走, 2 塁走および 3 塁走の区間疾走時間に着目して－

##### 1. はじめに

野球において走塁は、「相手チームとの力が拮抗している場合には走塁の良し悪しで勝敗が決まることも少なくない」(鈴木, 2011) ことや「攻撃力を十分に生かすには優れた走塁が必要であり,」(羽鳥, 1978) とされていることから, 勝敗に影響を及ぼす重要な要因であると考えられるが, 打撃や投球に比べて走塁に関する知見は少ない。

これまで野球選手の走能力に着目した研究では, ポジション別の走塁疾走時間を比較したもの (Coleman, 2007; Coleman and Amonette, 2015) や一定期間のトレーニングが走塁疾走時間に及ぼす影響 (McEvoy and Newton, 1998; 北ほか, 2013) 等が報告されている。しかし, これらの報告は 1 塁走や 1 塁走の疾走距離に類似している 30m 走を対象に行われており, 2 塁走や 3 塁走などの野球の方向転換走に関する報告は少ない。これまでに報告された野球の方向転換走を対象とした研究をみても, 竹田ほか (2019) が, 野球経験者を対象に 3 塁走を行かせた際の疾走時間を報告している。この報告は, 疾走時間を計測する際, 各塁の下にマットスイッチを敷設し, 触塁により塁間疾走時間を計測した後, 3 つの塁間疾走時間の合計を 3 塁走疾走時間として採用している。Miyaguchi et al (2011) は, 大学野球選手と陸上競技選手の 2 塁走および本塁走の疾走時間を比較する際, 本塁から 3 塁までの 4 か所にタイムキーパーを配置し, 各々がベースを通過した際の時間をストップウォッチで計測することで塁間の疾走時間を計測している。このように野球の方向転換走における疾走時間を報告した研究はいくつかみられるものの, その多くは各塁間の疾走時間を合計することで, 疾走時間を算出するに留まっている。したがって, 野球の方向転換走については未だ明らかとなっていない点が多いと考えられ, より詳細に検討するためには塁間よりも細か

い区間に区切って検討することが必要であると考えられる。

一方、単純な走能力の指標である直線走の疾走時間と野球の方向転換走の疾走時間の関係については、古くから検討されている。羽鳥（1978）や原田と植屋（1969）は、50m 直線走と 2 塁走における疾走時間の関係について検討した結果、有意な正の相関関係が認められたことから、2 塁走疾走時間を短縮するためには、直線走能力に優れていることが重要な要素の 1 つであることを報告している。一方で、直線走能力と野球の方向転換走の「巧さ」は直接的な関係がない可能性があることも考察している。また、大岡ほか（2013）は、直線走と走塁の間には強い相関関係があることを示しているが、直線走の疾走能力に劣る選手であったとしても走塁方法を工夫することで疾走時間を短縮できる可能性があることを述べている。これらのことから、野球の方向転換走の疾走時間を決定づける要因として、直線走能力が重要であるものの、野球の方向転換走には特有の「技術」が存在するものと考えられ、この技術も疾走時間を決定づける要因であることが推察される。これまでの直線走と野球の方向転換走における疾走時間の関係を調べた多くの研究は 2 塁走と 50m 走、もしくは 30m 走の関係を対象としているが、本塁から 2 塁までの塁間距離は 54.8m である。そのため、これらの関係からは、「直線走と野球の方向転換走の関係」までしか検討することができず、野球の方向転換走について詳細に検討するためには、塁間距離と同じ直線走を測定する必要があると考えられる。同距離の直線走と野球の方向転換走を比較することで、直線走とは異なる疾走様相の特徴を得ることができる可能性がある。

以上のことから、本研究では、1 塁走および野球の方向転換走である 2 塁走、3 塁走における疾走時間と同距離の直線走疾走時間を比較することで、直線走と走塁の関係について明らかにし、走塁の特徴について検討することを目的とした。

## 2. 方法

### 2. 1 被験者

被験者は、東都大学準硬式野球連盟 1 部に所属する大学男子野球選手 49 名とした。被験者は全員が 10 年以上の野球経験を有しており、現在も現役

選手として定期的なトレーニングを実施している者であった。被験者の身体的特徴は年齢：19.7±0.8 歳，身長：1.7±0.1m，体重：68.4±7.4kg であった。全被験者には，測定に先立ち研究の目的および測定方法について説明を行い，任意による測定参加の同意を得た。また，本研究は国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科研究倫理評価委員会の承認（承認番号：14MD011）を得た後に実施した。

## 2. 2 測定項目

被験者には，いずれの試技においても十分なウォーミングアップを実施させ，野球用スパイクシューズを履くように指示をした。スタートは後述する光電管の 0m 地点に右足を接地させたスタンディングスタートを採用し，スライディングの影響を受けない様，いずれの試技においても駆け抜けるように説明を行った。

### 2. 2. 1 走塁疾走時間の測定

走塁疾走時間の測定には，光電管システム(Applied office 社製)を用いた。光電管はホームベースの頂点を 0m 地点とし，各塁上と各塁間の中間点である 13.7m, 27.4m, 41.1m, 54.8m, 68.5m および 82.2m 地点にそれぞれ 13.7m 間隔に 7 台設置し，各区間疾走時間を計測した。なお，0m—13.7m を A 区間，13.7m—27.4m を B 区間，27.4m—41.1m を C 区間，41.1m—54.8m を D 区間，54.8m—68.5m を E 区間，68.5m—82.2m を F 区間とそれぞれ定義した (Fig.1)。測定試技は 1 塁走，2 塁走および 3 塁走の 3 種類の走塁であり，1 塁走は A から B 区間，2 塁走は A から D 区間，3 塁走は A から F 区間の走塁とした。試技順は疲労の影響が少ない 1 塁走から順に行い，十分な試技間休息を設け，疲労が結果に影響を与えないよう十分に配慮した。

### 2. 2. 2 直線走疾走時間の測定

直線走疾走時間の測定は，走塁疾走時間の測定と同様の光電管システムを用い，野球用スパイクシューズを履いて実施させた。スタートを 0m 地点とし，13.7m, 27.4m, 41.1m, 54.8m, 68.5m および 82.2m 地点にそれぞれ

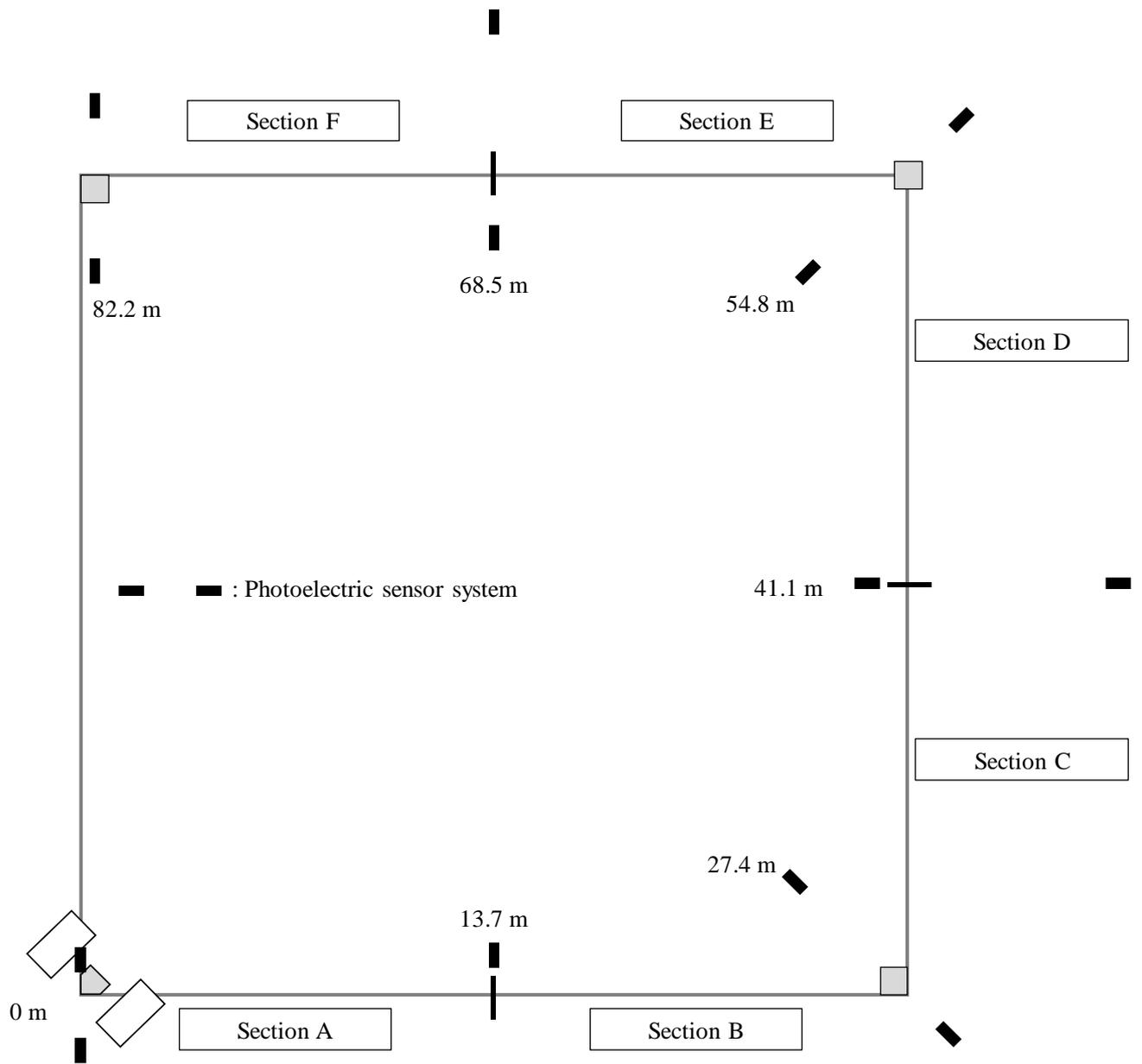


Fig. 1. Experimental setup of base running.

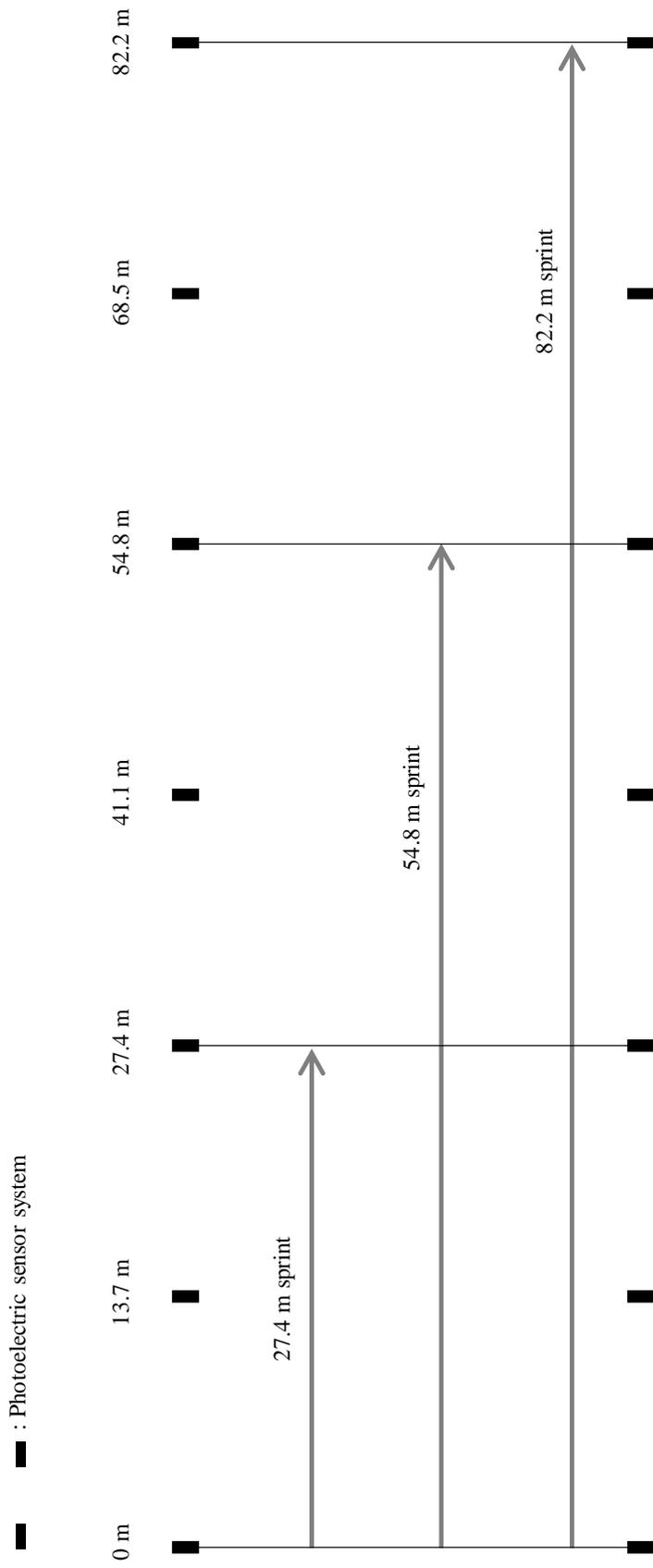


Fig. 2. Experimental setup of 27.4 m, 54.8 m and 82.2 m sprint time.

れ 13.7m 間隔に光電管を 7 台設置し，区間疾走時間を計測した (Fig. 2)．測定試技は，1 塁走の塁間と同距離の 27.4m 走，2 塁走の塁間と同距離の 54.8m 走および 3 塁走と同距離の 82.2m 走とし，疲労の影響が少ない 27.4m から順に行い，十分な試技間休息を設けた．また，前述の走塁疾走時間の測定と別日に実施した．

### 2. 3 算出項目

各試技において，光電管システムを用いて A から F 区間の区間疾走時間をそれぞれ計測し，それらの総和を走塁においては，1 塁走疾走時間，2 塁走疾走時間，3 塁走疾走時間とし，直線走においては，27.4m 疾走時間，54.8m 疾走時間，82.2m 疾走時間とそれぞれ定義とした．また，同距離の直線走疾走時間に対する走塁疾走時間の比率（以下，走塁/直線走比と略す）である，1 塁走/27.4m 比，2 塁走/54.8m 比，3 塁走/82.2m 比をそれぞれ算出した．

### 2. 4 統計処理

全ての測定値は平均および標準偏差で示した．直線走と走塁における疾走時間の関係性の検討には，ピアソンの積率相関係数を求めた．同距離の走塁と直線走における疾走時間の比較には，対応のある t 検定を用いた．走塁/直線走比の試技間差の検定には，疾走距離の 1 要因分散分析，また，直線走および走塁の区間疾走時間の比較には，走種類（直線走および走塁）×区間の 2 要因分散分析を用いて，有意な交互作用もしくは主効果が認められた場合には Bonferroni 法による下位検定を実施した．いずれの統計処理も有意水準を 5%とした．効果量（以下，ES と略す）は，水本・竹内（2008）に倣い，対応のある t 検定では  $r$  を，分散分析においては偏  $\eta^2$  を算出した．

## 3. 結果

Table 2 に直線走および走塁の各試技における疾走時間，ならびに走塁/直線走比をそれぞれ示した．直線走と走塁における疾走時間の差について，同じ区間距離の試技間で対応のある t 検定をそれぞれ実施した結果，27.4m 走

Table 2. Total sprint time, total base running time and their time ratio in each trial.

	Sprint time (s)	Base running time (s)	Base running / sprint time ratio
27.4 m sprint or Base running to first-base	4.10 ± 0.20	4.10 ± 0.22	1.00 ± 0.02
54.8 m sprint or Base running to second-base	7.51 ± 0.33	8.02 ± 0.32	1.07 ± 0.03 *
82.2 m sprint or Base running to third-base	10.97 ± 0.45	12.09 ± 0.51	1.10 ± 0.03 *

\*: Significant difference (p < 0.05).

Values are mean ± S.D.

と 1 塁走の間には有意な差が認められなかったが ( $p = .860$ ,  $ES = .026$ ), 54.8 m 走と 2 塁走の間 ( $p < .000$ ,  $ES = .922$ ) および 82.2m 走と 3 塁走の間 ( $p < .000$ ,  $ES = .968$ ) にそれぞれ有意な差が認められ, いずれも直線走が短い疾走時間を示した. また, 各疾走距離における走塁/直線走比の間には, 疾走距離における有意な主効果が認められ ( $p < .000$ ,  $ES = .834$ ), 多重比較検定の結果, すべての比率の間に有意な差が認められた. 1 塁走/27.4m 比が最も低い比率を示し, 3 塁走/82.2 m 比が最も大きい比率を示した.

Fig. 3 に 27.4m 走と 1 塁走, 54.8m 走と 2 塁走, 82.2m 走と 3 塁走における疾走時間の関係をそれぞれ示した. いずれの走種類においても有意な正の相関関係が認められた (27.4m 走  $\times$  1 塁走:  $r = .925$ ,  $p = .000$ ; 54.8m 走  $\times$  2 塁走:  $r = .782$ ,  $p = .000$ ; 82.2m 走  $\times$  3 塁走:  $r = .821$ ,  $p = .000$ ). 27.4m 走と 1 塁走の関係においては, 回帰直線が  $X = Y$  のラインとほぼ重なっていたが, 54.8m 走と 2 塁走および 82.2m 走と 3 塁走の関係においては, 回帰直線が  $X = Y$  のラインから左側に位置していることが示された.

Table 3 に 27.4 m 走および 1 塁走における区間疾走時間を示した. 2 要因分散分析を実施したところ, 区間のみ有意な主効果が認められ ( $p < .000$ ,  $ES = .941$ ), 27.4m 走, 1 塁走のいずれも B 区間が有意に短い区間疾走時間であることが明らかになった.

Table 4 に 54.8 m 走および 2 塁走における区間疾走時間を示した. 2 要因分散分析を実施したところ, 有意な交互作用が認められ ( $p < .000$ ,  $ES = .623$ ), 走種類 ( $p < .000$ ,  $ES = .849$ ) および区間 ( $p < .000$ ,  $ES = .962$ ) においてもそれぞれ主効果が認められた. 54.8m 走において, C 区間と全ての区間の間, B および D 区間と A 区間の間に有意な差が認められ, C 区間が最も短い区間疾走時間, A 区間が最も長い区間疾走時間を示した. 2 塁走においては, B および D 区間と C 区間の間, A 区間と全ての区間の間に有意な差が認められ, B 区間が最も短い区間疾走時間であり, A 区間が最も長い区間疾走時間であった. また, B, C および D 区間においては, 54.8 m 走と 2 塁走の間に有意な差が認められ, いずれの区間においても 54.8 m 走が短い区間疾走時間を示した.

Table 5 に 82.2 m 走と 3 塁走における区間疾走時間をそれぞれ示した.

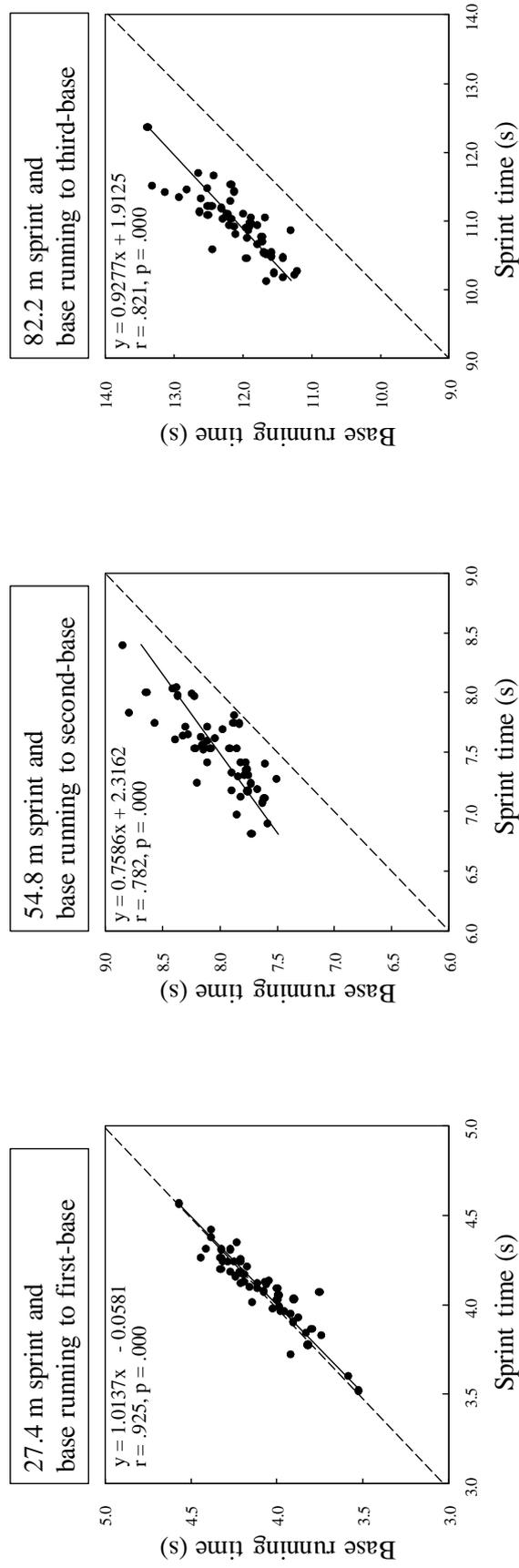


Fig.3. Relationships between sprint time and base running time.

Table 3. Section time of 27.4 m sprint and base running to first-base.

	Section A	Section B	Multiple comparison test in section
27.4 m sprint	2.34 ± 0.17	1.75 ± 0.08	B < A
Base running to first base	2.35 ± 0.18	1.74 ± 0.08	B < A

\*: Significant difference between sprint time and base running time (p < .05). Values are mean ± S.D.

Table 4. Section time of 54.8 m sprint and base running to second-base.

	Section A	Section B	Section C	Section D	Multiple comparison test in section
54.8 m sprint	2.36 ± 0.17	1.74 ± 0.06	1.69 ± 0.08	1.74 ± 0.10	C < B, D < A
Base running to second-base	2.38 ± 0.11	1.81 ± 0.08	2.00 ± 0.11	1.82 ± 1.82	B, D < C < A

\*: Significant difference between sprint time and base running time ( $p < .05$ ).

Values are mean ± S.D.

Table 5. Section time of 82.2 m sprint and base running to third-base.

	Section A	Section B	Section C	Section D	Section E	Section F	Multiple comparison test in section
82.2 m sprint	2.34 ± 0.13	1.73 ± 0.06 *	1.68 ± 0.08 *	1.69 ± 0.08 *	1.67 ± 0.10 *	1.85 ± 0.14 *	C, D, E < B < F < A
Base running to third-base	2.39 ± 0.13	1.82 ± 0.08	2.00 ± 0.14	1.87 ± 0.09	2.05 ± 0.11	1.97 ± 0.11	B < D < F, C < E < A

\*: Significant difference between sprint time and base running time ( $p < .05$ ).

Values are mean ± S.D.

2 要因分散分析を実施したところ、有意な交互作用が認められ ( $p < .000$ ,  $ES = .601$ ), 走種類 ( $p < .000$ ,  $ES = .937$ ) および区間 ( $p < .000$ ,  $ES = .929$ ) においてもそれぞれ主効果が認められた。82.2m 走において、C, D および E 区間と B, F および A 区間の間、B 区間と F および A 区間の間、F 区間と A 区間の間にそれぞれ有意な差が認められ、C, D, E 区間が短い区間疾走時間、A 区間が最も長い区間疾走時間を示した。3 塁走においては、B 区間と全ての区間の間、D 区間と C, F, E 及び A 区間の間、C および F 区間と E および A 区間の間、E 区間と A 区間の間にそれぞれ有意な差が認められ、B 区間が最も短い区間疾走時間、A 区間が最も長い区間疾走時間を示した。また、B, C, D, E および F 区間においては、82.2m 走と 3 塁走の間に有意な差が認められ、いずれの区間も 82.2m 走が有意に短い区間疾走時間を示した。

#### 4. 論議

本研究は、1 塁走、2 塁走および 3 塁走とこれらと同距離の直線走における疾走時間について着目し、比較することで野球の方向転換走の特徴を明らかにすることを目的とした。その結果、直線走と走塁の時間比は疾走距離が長くなるほど大きくなり、B 区間（走塁における本塁—1 塁間の中間以降）以降から直線走と野球の方向転換走の区間疾走時間に有意な差が認められることが明らかとなった。また、野球の方向転換走においては、触塁後の区間疾走時間が触塁前の区間疾走時間と比較して有意に増加することが示された。以上の結果から、野球の方向転換走の特徴は、本塁—1 塁間の後半（本研究における B 区間）からみられることが示され、また、触塁後に疾走速度が低下している可能性が示唆された。

直線走と走塁の疾走時間において、27.4m 走と 1 塁走の間には有意な差が認められなかったが、54.8m 走と 2 塁走の間および 82.2m 走と 3 塁走の疾走時間の間にそれぞれ有意な差が認められ、いずれも直線走が短い疾走時間を示した (Table 2)。走塁/直線走比においては、全ての走塁/直線走比の間に有意な差が認められ、2 塁走で  $1.07 \pm 0.03$ 、3 塁走で  $1.10 \pm 0.03$  を示した。このことから 2 塁走以上になると同区間距離の直線走と比較して約 7—10%

程度疾走時間が長くなることが明らかとなった。また、同区間距離の直線走と走塁における疾走時間の関係は、いずれの走種類においても有意な正の相関関係が認められた (Fig.3)。27.4m 走と 1 塁走においては、回帰直線が  $X=Y$  のライン上にほぼ重なっていたものの、54.8m 走と 2 塁走および 82.2m 走と 3 塁走の関係における回帰直線は  $X=Y$  ラインの左側にシフトしていた。以上のことから、いずれの走種類においても、直線走疾走時間が短いほど、走塁疾走時間が短いことが明らかとなったが、疾走距離が長くなるほど同区間距離の直線走と比較して走塁疾走時間が遅延していることが明らかとなった。

さらに、2 塁走以上においては、プロットが Y 軸方向にも広がっており、同程度の直線走疾走時間であっても、走塁疾走時間に差が存在する選手もみられている。2 塁走を例にすると (Fig.3 中央グラフ)、54.8m 疾走時間が 7.273s、2 塁走疾走時間が 7.497s の選手がいる一方で、54.8m 疾走時間が 7.241s、2 塁走疾走時間が 8.192s の選手もおり、同程度の直線走能力を有していながら、2 塁走疾走時間においては約 0.7s の差が生じている。このことは、走塁疾走時間を決定する要因として、直線走能力のみではなく、走塁技術が存在することを示唆するものであり、今後、走塁疾走時間に影響を与える走塁技術について詳細に検討する必要があるものと考えられた。

陸上 100m 走では、加速局面、最高疾走局面、速度維持あるいは減速局面といった 3—4 局面に分類され (Mero et al, 1992 ; Richard, 1997)、最高疾走速度は世界トップレベルの選手において、60—80m 付近で出現すること (Ae et al., 1992 ; Brüggemann et al., 1990 ; Mackala, 2007)、日本人男子学生選手では、40—50 m 付近で出現する (森丘ほか, 1997) ことが報告されている。また、約 80m 地点以降でみられる減速局面では、疲労の影響による動作の変化の起因し最高疾走速度に対して、0.5—4.1% (遠藤ほか, 2008)、0.9—3.6% (Moravec et al, 1988)、3—7% (阿江ほか, 1994) の速度低下がみられることが報告されている。しかし、走塁、特に 2 塁走以上の野球の方向転換走においてどのような速度変化が起きているかは明らかにされていないことから、区間疾走時間に着目し検討していく。本研究における 54.8 m 走および 82.2m 走の直線走において、最短の区間疾走時間は C 区間以降 (27.4m

地点通過後)で記録された (Table 4, 5). その後, 54.8m 走では D 区間, 82.2m 走においては, F 区間で有意に区間疾走時間が増加していた. 本研究は区間疾走時間を用いて検討しているが, 本研究の直線走においても, 加速局面, 最大速度局面 (速度維持局面), 減速局面と同様の局面をそれぞれ確認することができた. 一方で, 野球の方向転換走である 2 塁走および 3 塁走においては, 1 塁触塁前の B 区間で最短の区間疾走時間を示したものの (Table 4, 5), 触塁後の区間疾走時間が (2 塁走: C 区間; 3 塁走: C 区間, E 区間), 触塁前の区間と比較して有意に増加していた. また, いずれも続く次の区間 (2 塁走: D 区間, 3 塁走: D 区間, F 区間) で, 有意に区間疾走時間の短縮が認められていることから, 野球の方向転換走においては, 触塁後に疾走速度の低下が起こり, その後, 次の触塁に向けて速度を回復させながら疾走していることが予想される. これは直線走の疾走動態とは異なる傾向であり, 野球の方向転換走の区間疾走時間の増加は, 「触塁」という走塁特有の要因によっても引き起こされていることが示唆された. また, 3 塁走においては, 1 塁触塁前の B 区間 ( $1.82 \pm 0.08\text{s}$ ) と 2 塁触塁前の D 区間 ( $1.87 \pm 0.09\text{s}$ ) の間にも有意な差が認められており, B 区間が短い区間疾走時間を示していることから, 3 塁走のように触塁を伴う方向転換が 2 回以上ある場合は, 触塁後に低下した速度を触塁前と同程度まで再加速できないことが示唆された. 以上のことから, 野球の方向転換走における疾走速度は, 直線走のように加速し, 最高疾走速度を出現させた後に逡減していくものではなく, 区間によって増減を繰り返しているものであると推察された.

各区間において, 直線走と走塁の区間疾走時間を比較したところ, 27.4 m 走と 1 塁走においてはいずれの区間においても走種類の間には有意な差が認められなかったが (Table 3), 54.8 m 走と 2 塁走 (Table 4) および 82.2 m 走と 3 塁走 (Table 5) において, A 区間を除くすべての区間で走種類の間には有意な差が認められ, 走塁が有意に長い区間疾走時間を示した. 27.4 m 走と 1 塁走はいずれも疾走経路は直線であるため, 両者の間に差が認められなかったものと推察された. しかし, 2 塁走および 3 塁走のような野球の方向転換走においては, 疾走経路が直線のみではないことおよび複数回の触塁を伴うことから, 直線走と野球の方向転換走の区間疾走時間との間に有意な差が認

められたものと考えられる。いずれの試技においても、B 区間以降で走種類の間には有意差が認められていることから、B 区間以降に野球の方向転換走の特徴が存在するものと示唆された。指導書の多くにおいて、本塁—1 塁間の膨らみ幅や触塁方法に着目することが多いことから、(ウインフィールド, 1994; 戸栗, 2003; 村上, 1989), 本塁—1 塁間の中間以降の疾走経路や触塁方法が野球の方向転換走に与える影響は大きいものと考えられる。これらの結果から、野球の方向転換走における触塁動作は、その後の疾走時間を増加させる要因であることが明らかとなった。

本研究において、竹田ほか(2019)の「0.1 秒以内のごくわずかな差が 30cm から 50cm の『タッチの差』となるため、ベースまでの到達時間が極めて重要である」という報告を踏まえ、疾走時間をパフォーマンスの指標として採用した。その結果、触塁後の区間疾走時間の有意な増加から、触塁動作はその後の疾走速度を低下させる要因であることが示唆された。しかし、野球の方向転換走の疾走経路は直線のみでなく、疾走経路の選択にある程度の自由度が存在するため、各選手によって区間疾走距離が異なることが考えられる。したがって、触塁後の疾走速度低下について検討するためには、疾走速度を算出する必要があるだろう。この点については、次章以降の課題としていく。

## 5. 要約

本研究は、走塁および走塁と同距離の直線走の疾走時間を比較することで走塁における特徴を示すことを目的とした。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 直線走と走塁の疾走時間間に有意な差が認められた試技は、2 塁走と 54.8 m 走および 3 塁走と 82.2 m 走であり、いずれも走塁疾走時間が有意に長い疾走時間を示した。また、疾走距離が長くなるほど、走塁/直線走比が有意に大きくなることが明らかとなった。
- 2) いずれの疾走距離においても、直線走疾走時間と走塁疾走時間間に有意な正の相関関係が認められた。

- 3) 2 塁走および 3 塁走のいずれも，1 塁触塁前の B 区間疾走時間が最も短い疾走時間を示した．また，区間疾走時間は触塁後に有意に増加し，続く区間で有意に低下することが明らかとなった．
- 4) 54.8m 走と 2 塁走および 82.2m 走と 3 塁走における区間疾走時間は，B 区間以降の全ての区間で有意な差が認められ，いずれも直線走が有意に短い区間疾走時間を示した．

以上の結果から，直線走と野球の方向転換走（2 塁走および 3 塁走）の差異は，1 塁触塁前の区間以降に存在することが明らかとなり，疾走距離が長くなるほど直線走と野球の方向転換走の疾走時間の差が大きくなることが示された．また，野球の方向転換走において，触塁後に疾走速度の低下がみられるものと推察された．

## 第 3 章

### 研究Ⅱ：野球の 2 塁走における疾走速度と疾走経路

#### 1. はじめに

野球の方向転換走について、羽鳥（1978）は「スタート」、「走速度」、「走塁法（コーナリングやスライディング）」の 3 要素で決定されると述べている。野球の指導書などについても緩やかなカーブを描きながら走るべき（ウインフィールド, 1994）という記述があることから、野球の方向転換走のパフォーマンスを向上させるためには、曲線走を疾走する能力が重要であることが推察される。曲線走については、陸上競技のトラック種目を対象に古くから検討されており、その多くで直線走と比較して曲線走の疾走速度が低下していると報告がみられる（Stoner and Ben-Sira, 1978; Ferro and Floria, 2013; Churchill et al., 2015b）。一方で、野球の方向転換走においては、2 塁走を行う場合、本塁—1 塁間を直線的に疾走し、1 塁ベース上でクイックターンをするべき（村上, 1989）と記述された指導書もあり、曲線走能力ではなく、素早い方向転換能力が必要であるという意見もある。これまでに多く報告されている方向転換走に関する研究をレビューした Dos' Santos et al（2018）により、方向転換走の疾走速度と方向転換角度はトレードオフの関係にあることが示されている。このことから、野球の方向転換走において、村上（1989）が推奨するような触塁を行いながらのクイックターンは疾走速度を低下させることが予想される。しかし、野球の方向転換走は、厚さ 3 インチ（約 7.6cm）のベースを踏むことから、通常の方法とは疾走速度の変化様相などが異なる可能性が考えられる。

上述した通り、陸上競技でみられるような曲線走や一般的な方向転換走に関する研究は古くから行われてきているが、野球の方向転換走に関する研究は非常に少ない。近年行われている野球の方向転換走に関する研究においても、疾走時間に着目したものが多く（藤井ほか, 2021; 小野寺, 2021）、疾走速度についての報告はほとんどみられない。疾走経路については、Tsunno

et al (2016) が、GPS トラッキングシステムを用いて 2 塁走の測定を行っているが、疾走時間および疾走距離を示すに留まっており、疾走経路については報告していない。また、大岡ほか (2013) や木野村ほか (2017) が、塁と塁を結んだ線から最も遠い位置 (以下、最大膨らみ幅と略す) を疾走経路の指標として扱って検討しているものの、最大膨らみ幅は塁間のある 1 点のみの数値であるため、その最大膨らみ幅までや、最大膨らみ幅以降の疾走経路については不明であり、実際の疾走経路を示した研究は存在しないが多くの指導書において、塁間の疾走方法に着目されている。野球の方向転換走は、ある程度の自由度を持ちながらも、規定の位置に設置された塁に必ず触塁をしなければならないという特有の疾走様相を有している。したがって、疾走経路について詳細に検討するためには、スタートから目的の塁に至るまでの膨らみ幅を示す必要がある。

また、第 2 章において、野球の方向転換走における触塁後の区間疾走時間が触塁前と比較して有意に増加していたことから、触塁後の疾走速度が低下している可能性が示唆された。しかし、野球の方向転換走は、陸上トラック種目でみられる曲線走のように疾走経路が規定されておらず、区間疾走距離が選手によって異なることが考えられる。そのため、疾走速度を算出するためには、ある一定の区間に光電管を設置し、得られる区間疾走時間から疾走速度を算出する方法ではなく、動作解析などから疾走速度を算出する必要があると考えられる。

そこで本研究では、野球の方向転換走における疾走速度と疾走経路について明らかにし、速度の変化様相や疾走経路と疾走時間の関係について検討することを目的とした。

## 2. 方法

### 2. 1 被験者

被験者は右打ちの大学野球選手 15 名 (年齢:  $20.8 \pm 0.7$  歳, 身長:  $1.7 \pm 0.1$ m, 体重:  $71.6 \pm 6.9$ kg) とした。被験者に対して研究の目的および測定方法について説明を行い、任意による測定参加の同意を得た。本研究は、国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科研究倫理委員会の承認 (承認番号:

15DD002) を得て実施した。

## 2. 2 実験設定

実験は、屋外の野球グラウンド（内野が全面土）で実施した。被験者には十分なウォーミングアップを実施させた後、上下タイツおよび水泳用メッシュキャップを着用させ、野球用スパイクを履かせた。実験試技は 2 塁走とし、実戦と同様の状況を想定するために、右打席にて打撃を行わせた後、スタートさせた。打撃を行わせる際は、ホームベースから投手方向に約 3m 離れた位置から、ストライクゾーン中央付近にトスアップされた野球ボールを、センター方向に向かって強い打球を放つように指示をした。2 塁走を行う際は、センターオーバーの打球を放ったと想定し、最短時間で 2 塁まで到達するように、また、2 塁への触塁はスライディングの影響を排除するために駆け抜けるように指示をした。測定は 2 回の成功試技を得られるまで、十分な休息時間を設けながら実施した。失敗試技は、足を滑らせるなど疾走フォームが崩れた場合や触塁できなかった場合、打球がレフトやライト方向に放たれた場合とした。

被験者の 2 塁走疾走動作は、3 台のデジタルビデオカメラ（スポーツコーティングカム：GC-LJ20B, スポーツセンシング社, 撮影スピード 59.94fps, 露出時間 1/1000s) を用いて撮影した。3 台のうち、2 台は固定カメラとした。固定カメラの 1 台は、1 塁ファウルラインの延長線上（1 塁からライト方向に約 5m の位置）に設置し、1 塁から本塁へ向かう方向に画角を向けた。2 台目の固定カメラは、1 塁と 2 塁を結ぶ線の延長線上（2 塁からレフト方向に約 5m の位置）に設置し、2 塁から 1 塁へ向かう方向に画角を向けた。3 台のうち、残りの 1 台はピッチャーマウンド付近の内野中央に設置し、パンニング撮影を行った。また、3 台のデジタルビデオカメラの同期は、各カメラの画角内に電氣的に制御された LED ランプの点灯を映しこむことで行った。

実験に先立ちキャリブレーションを実施し、撮影範囲における座標系を定義した。本塁—1 塁間における撮影範囲は本塁付近から 1 塁にかけて横 35m × 縦 6m × 高さ 2m とした。本塁—1 塁座標系は、原点 ( $O_{HF}$ ) を本塁の捕手側頂点とし、本塁から 1 塁へ向かうベクトルを  $X_{HF}$ , 鉛直に向かうベクトル

を  $Z_{HF}$ ,  $X_{HF}$  と  $Z_{HF}$  に成す面に直行するベクトルを  $Y_{HF}$  と定義した. キャリブレーションポイントは  $X_{HF}$  方向へ 5m おきに 8 点,  $Y_{HF}$  方向へ 3m おきに 3 点,  $Z_{HF}$  方向へ 1m おきに 3 点の 72 点であった. 本塁—1 塁間のキャリブレーション誤差は,  $X_{HF}: 0.027\text{m}$ ,  $Y_{HF}: 0.029\text{m}$ ,  $Z_{HF}: 0.019\text{m}$  であった. 1 塁—2 塁間の撮影範囲は, 1 塁付近から 2 塁方向へ向かって横 6m×縦 30m×高さ 2m とした. 1 塁—2 塁座標系は, 原点( $O_{FS}$ )を 1 塁のライト側辺, ファウルライン上の角とし, 1 塁からライト方向へ向かうベクトルを  $X_{FS}$  ( $X_{HF}$  と同じベクトル), 鉛直方向に向かうベクトルを  $Z_{FS}$ ,  $X_{FS}$  と  $Z_{FS}$  の成す面に直行するベクトルを  $Y_{FS}$  と定義した. キャリブレーションポイントは,  $X_{FS}$  方向へ 3m おきに 3 点,  $Y_{FS}$  方向へ 5m おきに 7 点,  $Z_{FS}$  方向へ 1m おきの 3 点の計 63 点であった. 1 塁—2 塁間のキャリブレーション誤差は,  $X_{FS}: 0.023\text{m}$ ,  $Y_{FS}: 0.016\text{m}$ ,  $Z_{FS}: 0.020\text{m}$  であった. また, デジタイズ点の 3 次元座標取得のために, 12 点のリファレンスポイントを設置した. このリファレンスポイントは事前に試技の妨げにならないことを確認し, キャリブレーション撮影および試技撮影を通して固定した. 実験の模式図を Fig. 4 に示した.

## 2. 3 測定項目および算出項目

本研究ではパフォーマンスの指標として, 2 塁走疾走時間を算出した. 2 塁走疾走時間は, 右打席にて打撃を行った後に踏み出される 1 歩目の接地をスタートとし, スタートから 2 塁触塁までに要したフレーム数をカウントすることで算出した. なお, 2 回の成功試技のうち, 2 塁走疾走時間が短い試技を後述の分析対象とした.

撮影した映像は, 3 次元動作解析ソフト (Frame-DIAS V, DKH 社製) を用いて, デジタイズを行った. 様々なスポーツ動作を分析したバイオメカニクス的研究の多くは, 身体上の数多くの点をデジタイズすることにより, 身体重心の座標を求めている. しかし, 広範囲の撮影範囲における身体部位を分析するには膨大な時間を要してしまう. 太田ほか(2010)や田邊ほか(2019)は, この問題を解決するために身体重心に近い腰の点 (上前腸骨棘を目安) を身体の動きを代表する点と定義し, デジタイズする方法を採用している. 太田ほか (2010) は, この方法により得られる結果は, 数多くの身体点をデ

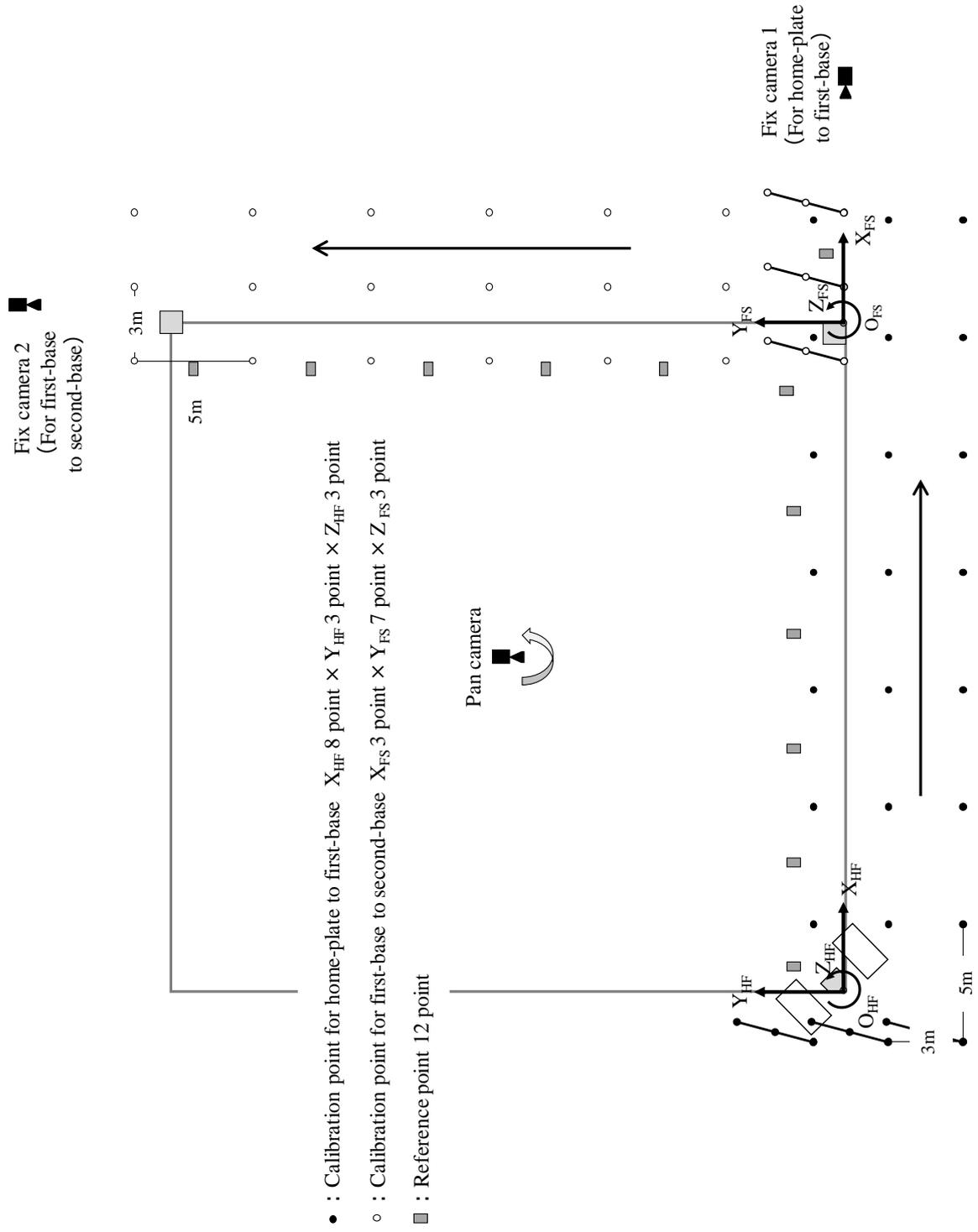


Fig. 4 . Experimental setup.

デジタルすることで算出される身体重心の値を用いた結果から逸脱するものではなく、十分な信頼性を持ち合わせていることを報告している。また、田邊ほか（2019）はこの方法を活用して、約 30m の撮影範囲の分析を行い、盗塁における疾走動作を解析していることから、上前腸骨棘を目安とした腰点を身体重心と同様の指標として扱う手法は、有用性が高いものと考えられる。したがって、本研究においてもこれらの先行研究を参考にし、左右上前腸骨棘の midpoint を目安とした腰点中央にマーカーを貼付し、デジタルすることとした。なお、事前は無作為に抽出した 5 名の被験者において、東と矢内（2012）を参考に身体 21 点（頭頂部、胸骨上縁、肩峰点（左右）、肘関節中心（左右）、手関節中心（左右）、第 3 中手指節関節（左右）、大転子中央（左右）膝関節中心（左右）、足関節中心（左右）、踵骨隆起（左右）、つま先（左右））をデジタルし、分析点 21 点の 3 次元座標をパンニング DLT 法により算出した。得られた 3 次元座標は、残差分析法（Winter, 1990）により、最適遮断周波数を決定し、4 次のバターワース型ローパスデジタルフィルタにより平滑化した。用いた遮断周波数は、4.1~7.9Hz であった。その後、得られた 3 次元座標値から阿江ほか（1992）の身体部分係数を用いてスタートから 2 塁触塁までの疾走中における身体重心を算出した。この分析と併せて、本研究で扱う腰点中央も同時にデジタルすることで、算出した身体重心と腰点中央の 3 次元座標値を比較し、どの程度の誤差が生じるかを確認した。その結果、本塁-1 塁間における誤差は、 $X_{HF} : 0.039 \pm 0.015m$ ,  $Y_{HF} : 0.006 \pm 0.001m$ ,  $Z_{HF} : 0.021 \pm 0.014m$  を示し、それぞれ 0.337~3.110% の誤差範囲であった。1 塁-2 塁間においては、 $X_{FS} : 0.006 \pm 0.006m$ ,  $Y_{FS} : 0.011 \pm 0.002m$ ,  $Z_{FS} : 0.013 \pm 0.002m$  を示し、それぞれ、0.235~3.703% の誤差範囲であった（Table 6）。この誤差は本研究において問題の無い範囲であると判断し、腰点中央を選手の動きを代表するものとして採用した。なお、腰点中央の値は水平面上の 2 次元移動量のみに着目し、上述の残差分析の結果から 7Hz の 4 次バターワース型ローパスデジタルフィルタにより平滑化した。

疾走速度は取得した腰点中央の座標値における 1 フレームごとの水平面移動量（本塁-1 塁間では  $X_{HF}$ - $Y_{HF}$  における水平面、1 塁-2 塁間においては、 $X_{FS}$ - $Y_{FS}$  における水平面）を時間微分することで算出した。算出した疾走速

Table 6. Difference between center of gravity and waist center in each axis (n=5).

	Difference of X axis (m)	Difference of Y axis (m)	Difference of Z axis (m)
Home-plate to first-base	$0.039 \pm 0.015$	$0.006 \pm 0.001$	$0.021 \pm 0.014$
First-base to second-base	$0.006 \pm 0.006$	$0.011 \pm 0.002$	$0.013 \pm 0.002$
-----			
	Relative error of X axis (%)	Relative error of X axis (%)	Relative error of X axis (%)
Home-plate to first-base	$0.337 \pm 0.122$	$0.506 \pm 0.064$	$3.110 \pm 1.092$
First-base to second-base	$0.466 \pm 0.085$	$0.235 \pm 0.063$	$3.703 \pm 1.832$

Values are mean  $\pm$  S.D.

度は、後述の最大膨らみ幅を基準に以下の 5 区間に分類し平均化した (Fig. 5). 5 つの区間は、①1 塁触塁区間 (Contacting first-base : Contacting<sub>1b</sub>) : 1 塁触塁に至る 1 ステップおよび 1 塁から離塁した 1 ステップからなる 1 サイクル, ②本塁-1 塁間前半 : スタートから本塁-1 塁間最大膨らみ幅まで (First half of Home-plate to First-base : HF<sub>1b</sub>), ③本塁-1 塁間後半 : 本塁-1 塁間最大膨らみ幅から 1 塁触塁区間まで (Second half of Home-plate to First-base : HF<sub>2b</sub>), ④1 塁-2 塁間前半 : 1 塁から離塁したステップ後から 1 塁-2 塁間最大膨らみ幅まで (First half of First-base to Second-base : FS<sub>1b</sub>), ⑤1 塁-2 塁間後半 : 1 塁-2 塁間最大膨らみ幅から 2 塁触塁まで (Second half of First-base to Second-base : FS<sub>2b</sub>) として, それぞれ定義した. なお, 1 ステップは脚の接地から続く反対脚の接地直前のフレームまでとして定義し, 接地瞬間のフレームは内野中央に設置したパンニングカメラ映像から目視で判定した.

疾走経路の指標として, 塁と塁を結ぶ線からの腰点中央の距離, 左足つま先と右足つま先の中点の距離を算出し, それぞれ 2 塁走疾走中の腰点膨らみ幅, つま先膨らみ幅として定義した (Fig.6). すなわち, 本塁-1 塁間において, O<sub>HF</sub> と O<sub>FS</sub> を結ぶ線から Y<sub>HF</sub> 軸のファウルエリア方向における各デジタル点の距離, 1 塁-2 塁間においては, O<sub>FS</sub> と 2 塁ベース中央を結ぶ線から X<sub>FS</sub> 軸のライト方向における各デジタル点の距離として算出した. 各塁間における腰点膨らみ幅の最大値を最大膨らみ幅, 最大膨らみ幅が出現した位置を最大膨らみ幅出現位置として算出した. 最大膨らみ幅出現位置は, 本塁-1 塁間において, 最大膨らみ幅が出現した際の X<sub>HF</sub> 軸における O<sub>HF</sub> からデジタル点の距離, 1 塁-2 塁間においては, 最大膨らみ幅が出現した際の Y<sub>FS</sub> 軸における O<sub>FS</sub> からデジタル点の距離として定義した (Fig.7). 膨らみ幅は, 本塁-1 塁間においては X<sub>HF</sub> 軸の 2m ごとに平均, 1 塁-2 塁間においては, Y<sub>FS</sub> 軸の 2m ごとに平均化した.

## 2. 4 統計処理

得られた測定値は平均±標準偏差で示した. 算出した疾走速度の区間差の検定には 1 要因分散分析を, 膨らみ幅の部位差の検定には, 部位 (腰点中央,

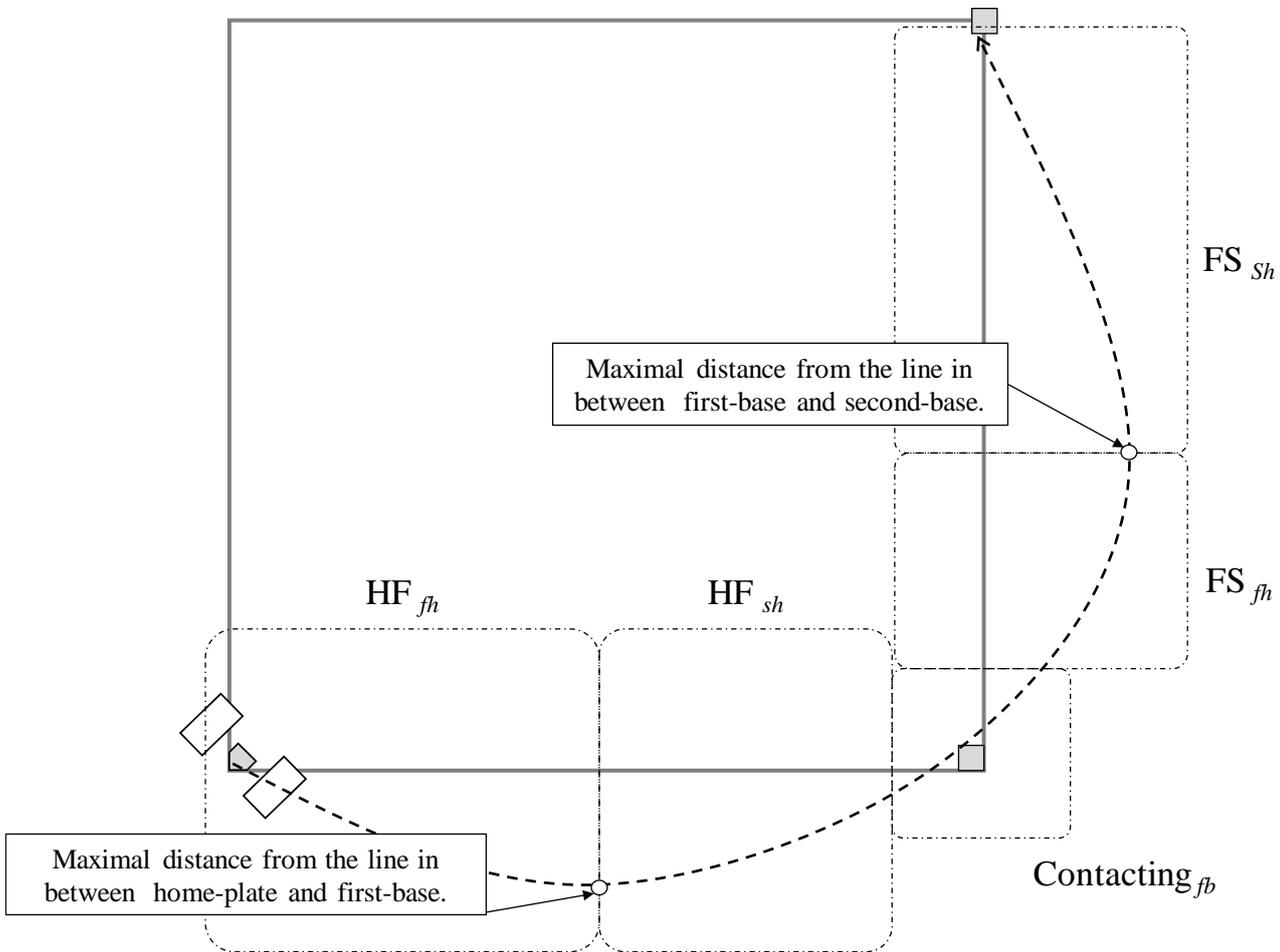


Fig. 5. Definition of analysis section.

The analysis section was defined based on maximal distance from the line . The analysis section indicated the following,  $Contacting_{fb}$  (Contacting first-base) : One cycle consisting of a first-base contact step and a first-base take off step,  $HF_{fh}$  (First half of home-plate to first-base): Between home-plate and maximal distance from the line in home-plate to first-base,  $HF_{sh}$  (Second half of home-plate to first-base): Between maximal distance from the line in home-plate to first-base and  $Contacting_{fb}$  ,  $FS_{fh}$  (First half of first-base to second-base): Between  $Contacting_{fb}$  and maximal distance from the line in first-base to second-base,  $FS_{sh}$  (Second half of first-base to second-base): Between maximal distance from the line in first-base to second base and contacting second-base, respectively.

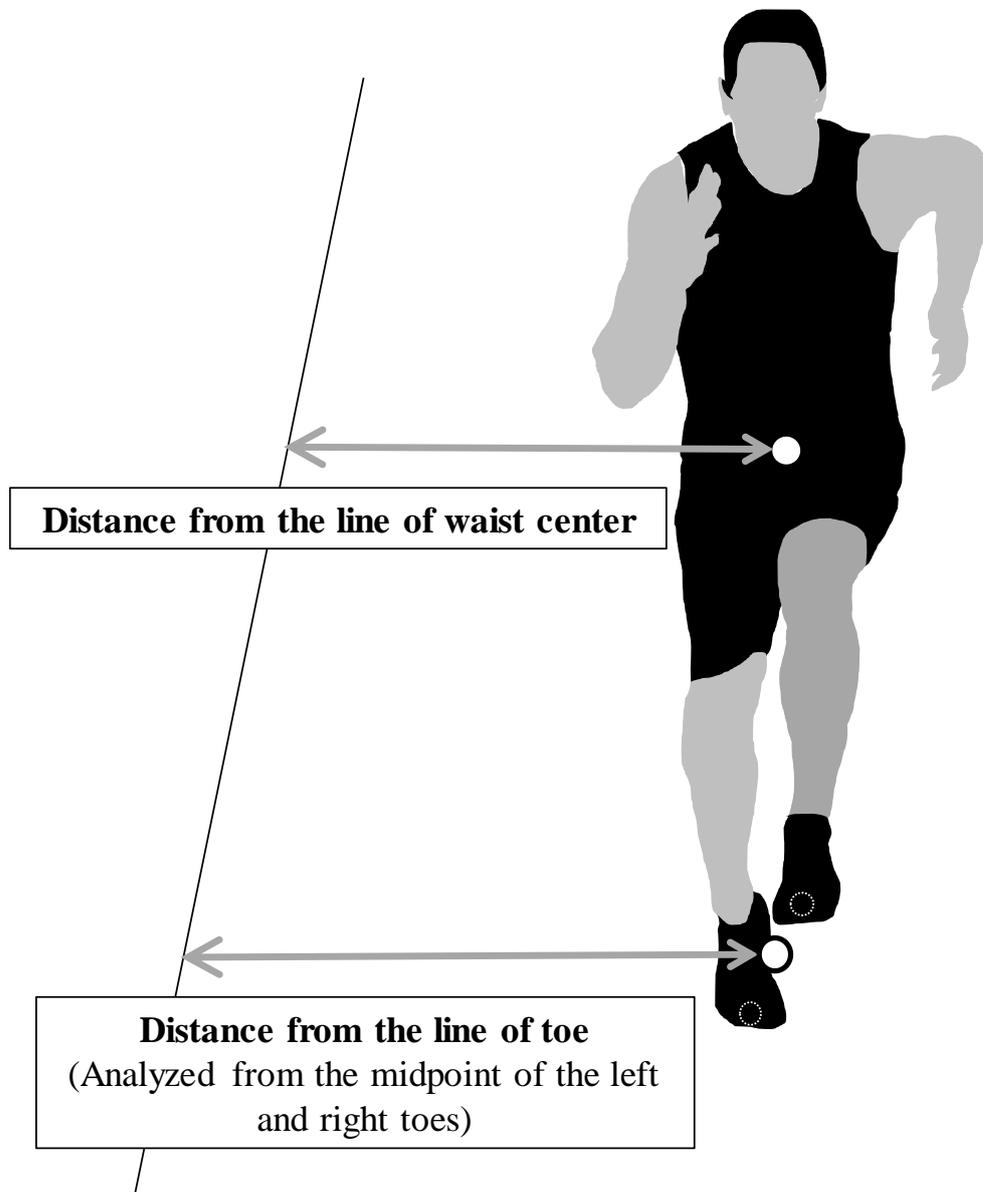


Fig. 6. Definition of distance from the line of waist center and toe.

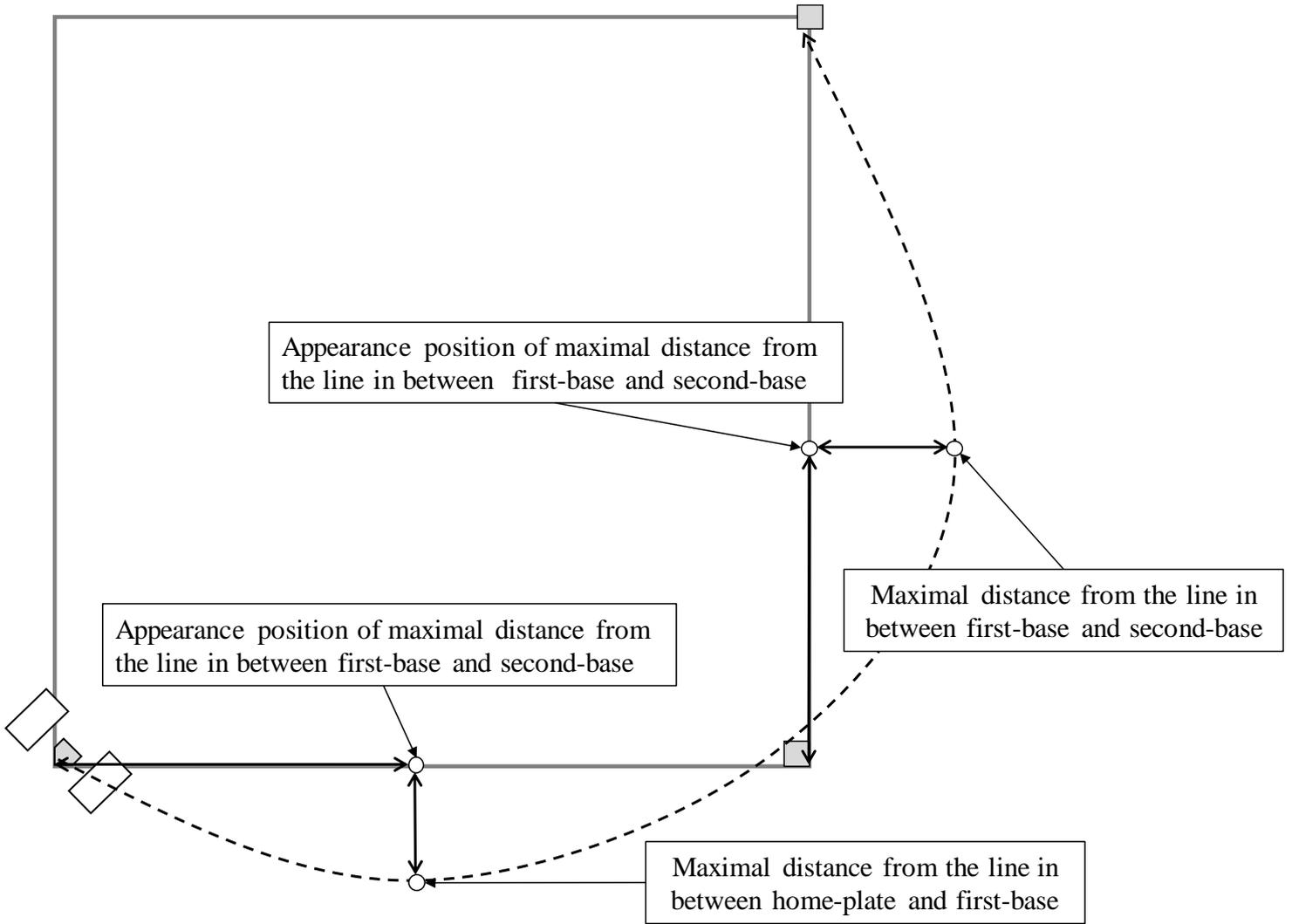


Fig. 7. Definition of Maximal distance from the line and appearance position of maximal distance from the line

つま先) × 距離の 2 要因分散分析を用いた。いずれもその後の検定は Bonferroni 法によって実施した。各塁間における最大膨らみ幅および最大膨らみ幅出現位置と 2 塁走疾走時間の関係性を検討するためにピアソンの積率相関係数を用いた。効果量 (以下, ES と略す) は, 水本・竹内 (2008) に倣い, 分散分析では偏  $\eta^2$  を, 対応のある t 検定においては,  $r$  をそれぞれ算出した。いずれの統計処理も有意水準を 5% に設定した。

### 3. 結果

全被験者における 2 塁走疾走時間は,  $8.02 \pm 0.30$  s を示した。

#### 3. 1 疾走速度

Fig. 8 にスタートから 2 塁触塁までの疾走速度曲線を示した。1 要因分散分析の結果, 距離に有意な主効果が認められた ( $p < .000$ ,  $ES = .946$ )。隣り合う距離に着目し, 多重比較検定を行った結果, 1m—9m 地点においては, 隣り合う距離に有意な速度差が認められ, 速度が漸増していることが示されたが, それ以降の距離においては, 隣り合う距離の間に有意な差は認められなかった。また, 第 2 章において, 触塁後において疾走速度が低下していることが示唆されたため, 本塁—1 塁間の 27m 地点と 1 塁—2 塁間の各距離における疾走速度の差について検討した。その結果, 本塁—1 塁間の 27m 地点と 1 塁—2 塁間の 3m, 5m, 7m, 9m および 11m 地点の間に有意な差が認められ, 1 塁—2 塁間の 3m—11m の疾走速度は, 本塁—1 塁間の 27m 地点における疾走速度と比較して, 有意に低い疾走速度を示した。

Table 7 に区間ごとに平均化した疾走速度の平均値を示した。区間に主効果が認められ (速度:  $p = .000$ ,  $ES = .944$ ), 多重比較検定の結果, 本塁—1 塁間前半と全区間の間, 1 塁—2 塁間前半と本塁—1 塁間後半, 1 塁触塁中および 1 塁—2 塁間後半の間, 本塁—1 塁間後半と 1 塁触塁中の際にそれぞれ有意な差が認められた。1 塁触塁前区間である本塁—1 塁間後半が最も高い速度を示した。また, 1 塁離塁後の 1 塁—2 塁間前半の疾走速度は本塁—1 塁間後半, 1 塁触塁区間, 1 塁—2 塁間後半と比較して有意に低い疾走速度であった。本研究において, 1 塁触塁後の疾走速度低下は全ての選手において認められ,

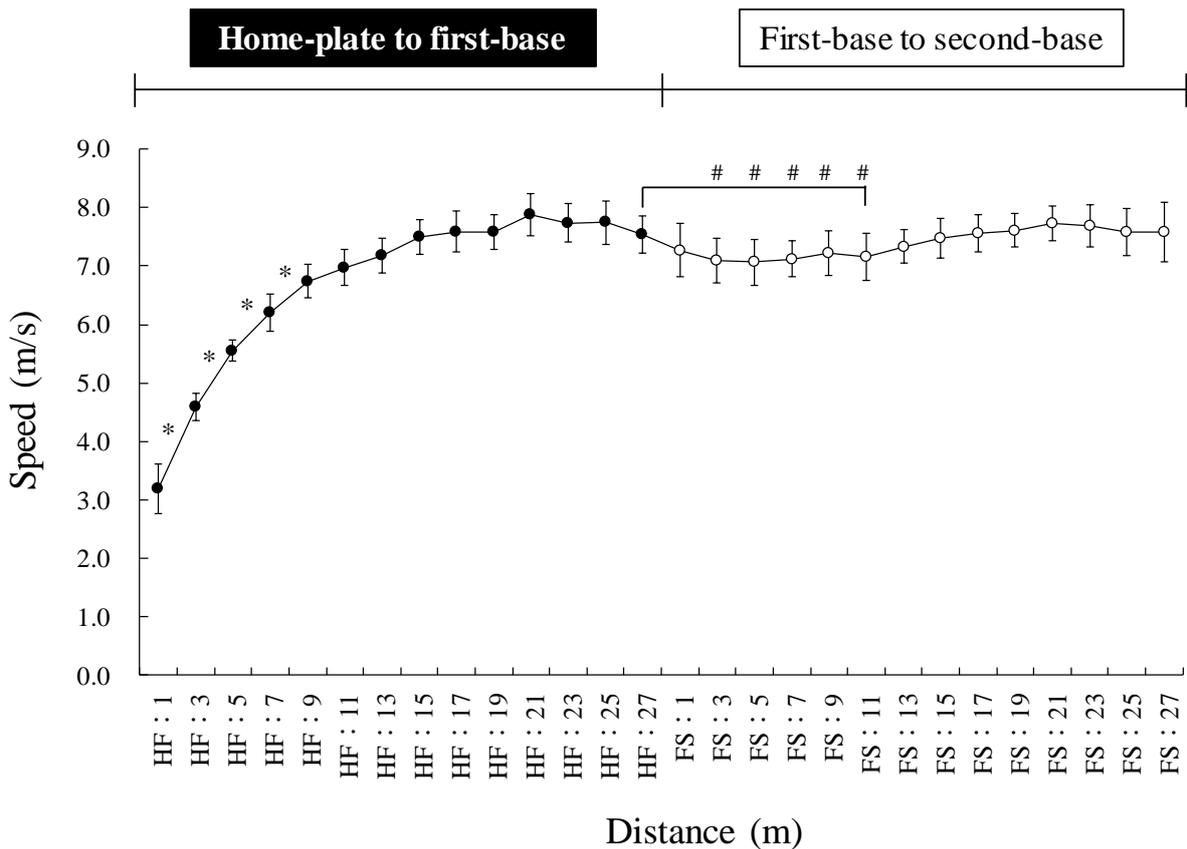


Fig.8. Running speed of base running home-plate to second-base.

HF : Home-plate to first-base; FS : First-base to second-base.

The base running distance was averaged every 2m. Home-plate to first-base and First-base to second base are indicated by black and white circles, respectively.

\*: Significant difference between the adjacent sections ( $p < .05$ ).

#: Significant difference vs 27m in home-plate to first-base ( $p < .05$ ).

Table 7. Comparison of base running speed in each section.

	HF <sub>fh</sub>	HF <sub>sh</sub>	Contacting <sub>fb</sub>	FS <sub>fh</sub>	FS <sub>sf</sub>	P-value (ES)	Multiple comparison test
Speed (m/s)	6.02 ± 0.18	7.72 ± 0.28	7.51 ± 0.33	7.12 ± 0.32	7.55 ± 0.32	.000 (.944)	HF <sub>fh</sub> < FS <sub>fh</sub> < HF <sub>sh</sub> , Contacting <sub>fb</sub> , FS <sub>sf</sub> ; Contacting <sub>fb</sub> < HF <sub>sh</sub>

Mean ± S.D.

HF<sub>fh</sub> : First half of home-plate to first-base; HF<sub>sf</sub> : Second half of home-plate to first-base; Contacting<sub>fb</sub> : Contacting first-base;

FS<sub>fh</sub> : First half of first-base to second-base; FS<sub>sh</sub> : Second half of first-base to second-base.

1 塁触塁区間に対する 1 塁—2 塁間前半の疾走速度の変化率を算出すると、 $-5.17 \pm 2.15\%$  であり、最大で  $-9.52\%$ 、最も小さい選手で  $-1.57\%$  であった。また、最も速い区間疾走速度を示した本塁—1 塁間後半に対しては、 $-7.74 \pm 2.27\%$  であり、最大で  $-13.43\%$ 、最小で  $-3.94\%$  を示した。

### 3. 2 膨らみ幅

本塁—1 塁間における最大膨らみ幅は  $2.1 \pm 0.5\text{m}$  ( $1.1\text{m}—2.7\text{m}$ )、最大膨らみ幅出現位置は  $17.7 \pm 1.1\text{m}$  ( $16.0\text{m}—19.6\text{m}$ ) であり、1 塁—2 塁間における最大膨らみ幅は、 $2.9 \pm 0.6\text{m}$  ( $2.1\text{m}—3.8\text{m}$ )、最大膨らみ幅出現位置は  $9.3 \pm 1.0\text{m}$  ( $7.8\text{m}—12.0\text{m}$ ) であった。

Fig. 9 に各塁間における最大膨らみ幅と 2 塁走疾走時間の関係をそれぞれ示した。本塁—1 塁間において、両者の間に有意な負の相関関係が認められた ( $r = -.646$ ,  $p = .013$ )。一方で、1 塁—2 塁間においては有意な関係が認められなかった ( $r = .012$ ,  $p = .942$ )。

Fig. 10 に各塁間における最大膨らみ幅出現位置と 2 塁走疾走時間の関係をそれぞれ示した。本塁—1 塁間において、両者の間に有意な正の相関関係が認められた ( $r = .600$ ,  $p = .023$ )。一方で、1 塁—2 塁間においては有意な関係が認められなかった ( $r = -.158$ ,  $p = .590$ )。

Fig.11 に、本塁—1 塁間における腰点膨らみ幅とつま先膨らみ幅を示した。2 要因分散分析の結果、有意な交互作用が認められ ( $p < .000$ ,  $ES = .881$ )、また、部位 ( $p < .000$ ,  $ES = .974$ ) と距離 ( $p < .000$ ,  $ES = .935$ ) にも有意な主効果が認められた。各距離における部位差に着目し、多重比較検定を行った結果、1m, 3m, 7m, 9m, 13m—27m 地点で有意な部位差が認められ、1m, 3m, 7m および 9m 地点では腰点膨らみ幅が大きい値、13m—27m 地点ではつま先膨らみ幅が大きい値を示した。また、1 塁—2 塁間の膨らみ幅 (Fig. 12) においても、有意な交互作用 ( $p < .000$ ,  $ES = .989$ ) および各要因に有意な主効果が認められ (部位 :  $p < .000$ ,  $ES = .911$  ; 距離 :  $p < .000$ ,  $ES = .998$ ) にも有意な主効果が認められた。各距離における部位差に着目し、多重比較検定を行った結果、1m—19m 地点まで有意な差が認められ、1m—17m までのはつま先膨らみ幅が大きい値、19m 地点では腰点膨らみ幅が大きい値を示した。

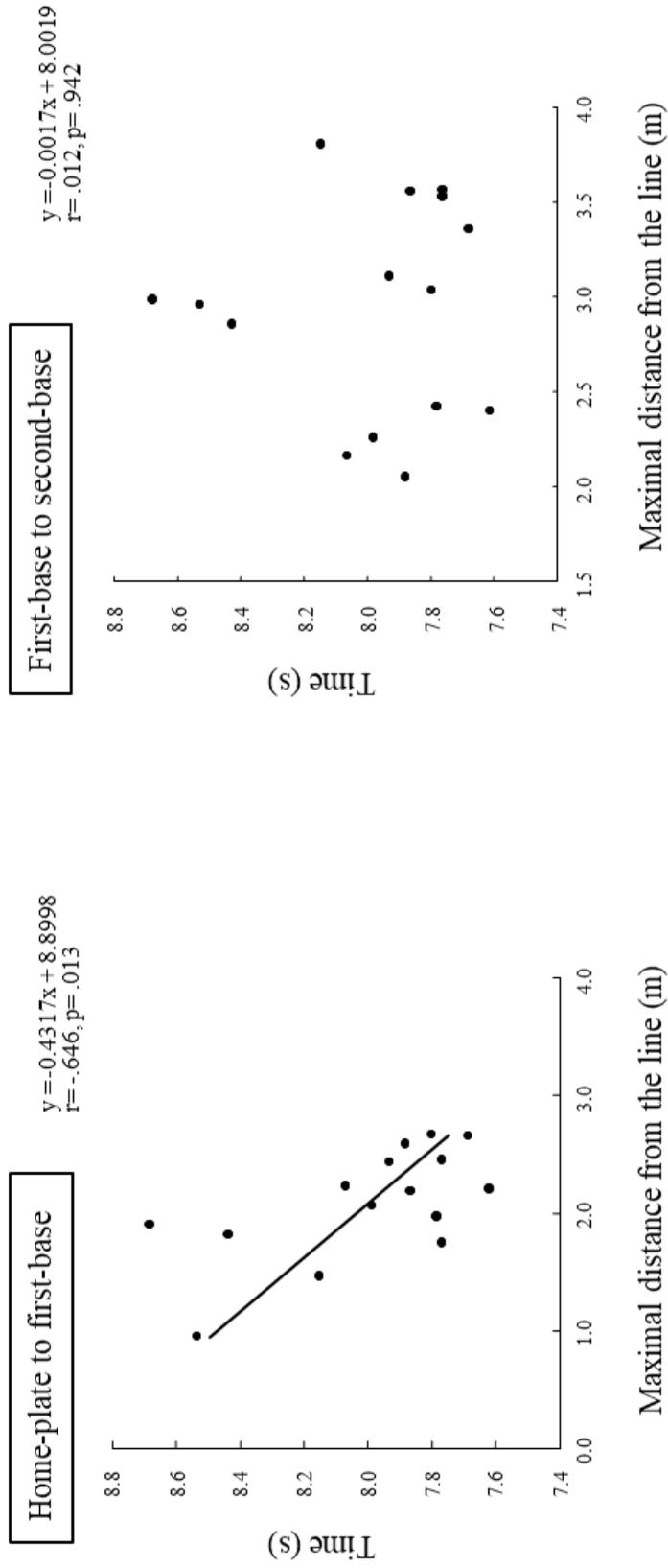


Fig. 9. Relationships between Maximal distance from the line and time of base running to second-base.

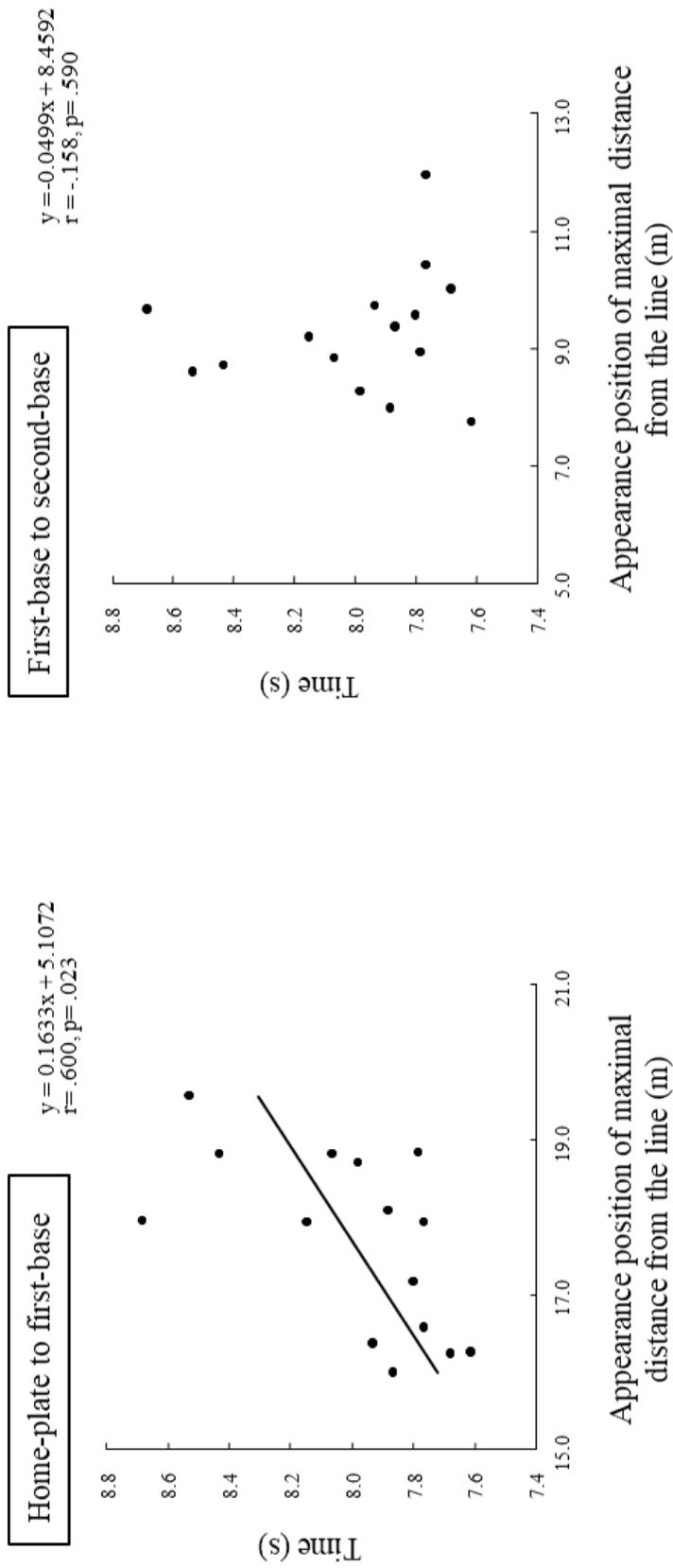


Fig. 10. Relationships between Appearance position of maximal distance from the line and time of base running to second-base.

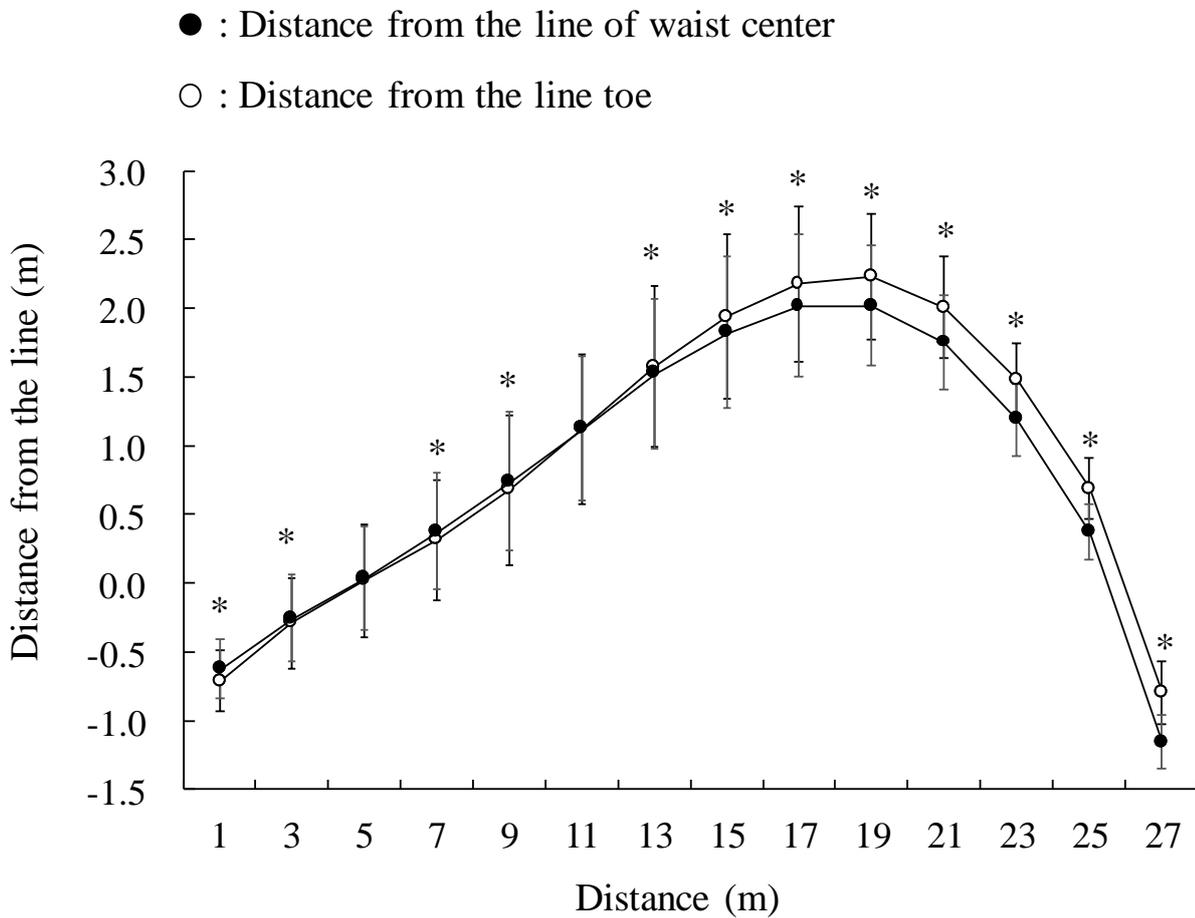


Fig. 11. Distance from the line of toe and waist center in between home-plate to first-base.

The base running distance was averaged every 2m. : Distance from the line of waist center and toe are indicated by black and white circles, respectively.

\*: Significant difference between distance from the line of waist center and toe ( $p < .05$ ).

● : Distance from the line of waist center

○ : Distance from the line toe

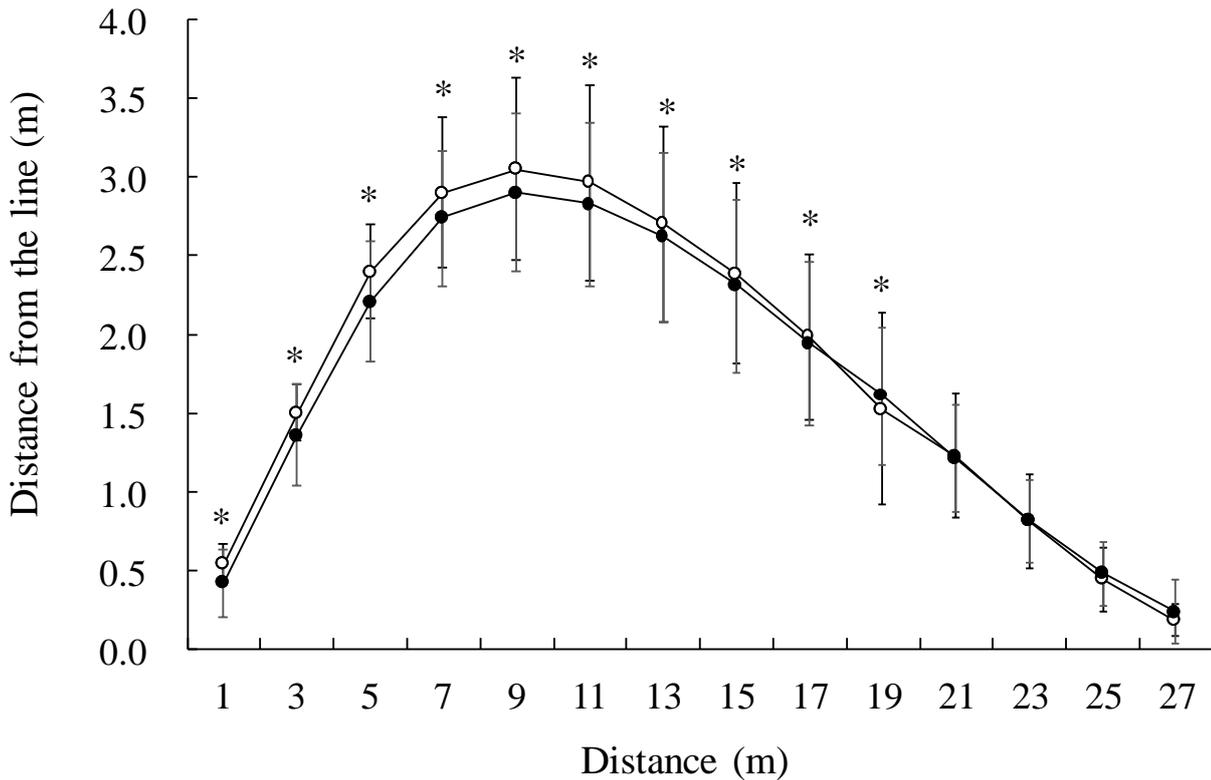


Fig. 12. Distance from the line of toe and waist center in between first-base to second-base.

The base running distance was averaged every 2m. : Distance from the line of waist center and toe are indicated by black and white circles, respectively.

\*: Significant difference between distance from the line of waist center and toe ( $p < .05$ ).

た．膨らみ幅は，いずれの区間においても高い値を示した部位は，低い値と比較して進行方向に対して右側方に位置していることを示している．

#### 4. 論議

本研究の目的は，2 塁走における疾走速度と膨らみ幅を明らかにし，疾走速度の変化様相や，膨らみ幅と 2 塁走疾走時間の関係について検討することであった．その結果，2 塁走において，最高疾走速度は本塁—1 塁間の最大膨らみ幅が出現してから 1 塁触塁までの間で出現し，その後，1 塁触塁から 1 塁—2 塁間の最大膨らみ幅が出現するまで疾走速度が低下していくことが明らかとなった．疾走経路については，本塁から 2 塁までにおける多くの区間で，つま先と腰点中央の間に有意な差が認められ，その大小は区間によって異なることが明らかとなった．このことから，2 塁走においては，身体を内傾させている区間，外傾させている区間，直立させている区間が存在し，疾走方向によって身体の姿勢が異なる可能性が考えられた．また，本塁—1 塁間の最大膨らみ幅および最大膨らみ幅出現位置と 2 塁走疾走時間の間に有意な相関関係が認められ，最大膨らみ幅は負の相関，最大膨らみ幅出現位置は正の相関だったことから，本塁—1 塁間で大きな膨らみ幅を塁間の早い段階で出現させるような疾走経路で疾走することで 2 塁走疾走時間を短縮できる可能性が示唆された．

スタートから 2 塁触塁まで全体の疾走速度に着目すると (Fig. 8)，スタート直後から 9m 地点までは速度が有意に漸増していることが認められ，その後速度の上昇度合は緩やかになっていた．このことから，2 塁走における加速局面はスタートから約 9m 地点までであると推察され，この区間で素早く加速することが重要であると考えられる．その後，隣り合う距離に有意な差が認められなかったことから，急激な加速および減速はないものと思われるが，第 2 章の区間疾走時間による検討結果から，1 塁触塁後に疾走速度が低下するものと推察されている．したがって，触塁直前である本塁—1 塁間の 27m 地点と，1 塁—2 塁間の疾走速度の差について検討した．その結果，1 塁—2 塁間の 3m，5m，7m，9m および 11m 地点の疾走速度は有意に低下して

いることが明らかとなった。この区間は、1 塁触塁後から 1 塁—2 塁間における最大膨らみ幅が出現していた付近であり (Fig. 12), スタートからの疾走距離が約 30m—40m の地点である。そのため、この有意な速度低下が疲労の影響によるものとは考え難く、1 塁触塁に起因するものであると示唆された。また、その後、1 塁—2 塁間の 13m 地点以降の疾走速度と本塁—1 塁間の 27m 地点の疾走速度との間には有意な差が認められていないことから、触塁によって低下した疾走速度は、そのまま維持されるものではなく、1 塁—2 塁間の最大膨らみ幅出現以降、次の触塁に向けて再加速しているものと推察された。

各塁間における最大膨らみ幅を基準として、区間分けを行うことで 1 塁触塁前後の疾走速度の変化について検討した (Table 7)。その結果、1 塁触塁後の区間である 1 塁—2 塁間前半の疾走速度は、1 塁触塁区間と比較して有意に低値を示していた。また、本塁—1 塁間後半と 1 塁触塁区間の間にも有意な差が認められ、本塁—1 塁間後半が有意に高い値を示していた。本研究において、1 塁—2 塁間前半の疾走速度低下は全ての選手において認められ、その疾走速度の低下率は、1 塁触塁区間に対して  $-5.17 \pm 2.15\%$ 、最も速い区間疾走速度を示した本塁—1 塁間後半に対しては、 $-7.74 \pm 2.27\%$ であった。この低下率は、陸上競技 100m 走の後半の 80m 地点以降における減速区間でみられる速度低下率 (阿江ほか, 1994) と同程度の低下率であった。また、その後続く 1 塁—2 塁間後半 (1 塁—2 塁間の後半) の疾走速度は、1 塁—2 塁間前半よりも有意に高い値を示したことから、上述した通り、1 塁触塁によって低下した疾走速度は、1 塁—2 塁間の後半において再加速されていることが明らかとなり、その加速は、1 塁—2 塁間の最大膨らみ幅以降でみられることが明らかとなった。以上のことから、2 塁走における疾走速度は本塁—1 塁間の最大膨らみ幅以降で最高疾走速度が出現し、その後、1 塁触塁から 1 塁—2 塁間の前半にかけて有意な低下が認められるものの、1 塁—2 塁間の最大膨らみ幅以降で再度加速していることが示された。

一方で、1 塁触塁前から 1 塁触塁区間、1 塁触塁後と疾走速度が順に低下する要因について、本研究の結果から明らかにすることができなかった。2m ほどの疾走速度についても (Fig. 8), 最も高い疾走速度を示した本塁—1 塁

間の 21m 地点以降，1 塁触塁にかけて速度が低下していく傾向がみられる．本研究の結果から，触塁後の 1 塁—2 塁間において疾走速度が低下することが明らかとなったが，その速度低下は 1 塁触塁に向かう段階（本塁—1 塁間の 21m—27m 地点）や触塁の瞬間から生じている可能性が考えられる．疾走速度はピッチとストライドによって決定されるため，速度変化がみられる区間において，ステップ変数の両方，もしくはいずれかが変化していることが推察された．しかし，これまで野球の方向転換走におけるステップ変数に着目した研究はみられない．指導書などにおいても，触塁前に歩幅を変えてはならない（ウインフィールド，1994）や，無理にどちらかの足に合わせるのではなく，スピードを落とさないことを重視する（戸栗，2003）と記述されていることから，今後触塁前後のピッチやストライドについて明らかにすることは，触塁後の疾走速度低下の要因について検討するために必要であると考えられる．

疾走経路と 2 塁走疾走時間の関係について検討したところ，2 塁走疾走時間と本塁—1 塁間における最大膨らみ幅の間に有意な負の相関関係（Fig. 9），最大膨らみ幅出現位置の間に有意な正の相関関係（Fig. 10）が認められた．本研究の結果から，2 塁走を短い疾走時間で疾走するためには，本塁—1 塁間において，大きな膨らみ幅を出来るだけ早い段階で出現させ，その後，1 塁に向かっていく経路が適している可能性が示唆された．一方で，1 塁—2 塁間においては疾走経路と 2 塁走疾走時間の間に有意な相関関係が認められなかった．大岡ほか（2013）は，触塁後の疾走経路に個人差があまり存在しないことを推察しており，本研究の結果は，この先行研究を支持する結果となった．

指導書の多くが，塁間の膨らみ幅に着目しているが，ベースの手前で少し（塩田，2015）や，1 塁の手前で右方向に膨らむ（後藤，2010）といった表現に留まっており，明確な疾走経路については示されていない．本研究ではスタートから 2 塁触塁までの腰点中央とつま先膨らみ幅（左右つま先の中点）を算出し，詳細な疾走経路について示すとともに，部位差を比較することで疾走中の姿勢について検討することとした．疾走経路については，本塁—1 塁間（Fig. 11）および 1 塁—2 塁間（Fig. 12）のいずれも直線と曲線が組み合

わさる経路であることが示された。各距離における腰点とつま先の膨らみ幅を部位ごとに検討したところ、本塁—1 塁間においては、1m, 3m, 7m および 9m 地点で腰点膨らみ幅がつま先膨らみ幅よりも有意に大きな値、13m—27m 地点においては、つま先膨らみ幅が大きな値を示した。東と矢内(2012)は、上方から見て半時計回り方向（陸上競技 200m 走などのような左周り）の曲線走疾走中の運動学的特徴として、身体が内傾する際、左右足は常に身体重心からみて曲走路の外側(右側方)に位置していることを報告している。この先行研究の結果と照らし合わせると、本研究においてつま先膨らみ幅が腰点膨らみ幅よりも大きな値を示している区間は、身体を内野側に内傾させながら疾走していた区間であることが推察された。また、この結果を踏まえると、腰点膨らみ幅が大きな値を示している区間は、左右足の位置が身体よりも左側方に位置していることを示しており、身体を外傾させながら疾走していたことが考えられる。特に本塁—1 塁間における 1m—9m までの地点において、腰点膨らみ幅がつま先膨らみ幅よりも大きな値を示していたことから、この区間は最大膨らみ幅を出現させるために、外傾しながら膨らみを獲得している区間である可能性が示唆された。さらに、1 塁触塁が含まれる本塁—1 塁間の 27m 地点では、つま先膨らみ幅と腰点膨らみ幅の差が大きくなっていることから、1 塁触塁時は、平野(2016)が過去に指導を受けたように大きく身体を内傾させていたことが考えられた。

一方で、1 塁—2 塁間においては、1m—17m 地点までつま先膨らみ幅が有意に大きい値を示し、19m 地点では腰点膨らみ幅が大きい値、その後 27m 地点までは有意な差が認められなかった。すなわち、1 塁—2 塁間における疾走姿勢は、1m—17m 地点においては内傾姿勢、19m 地点でわずかに外傾させた後、21m—27m 地点は直立姿勢であったことが推察された。1 塁—2 塁間における多くの区間で身体を内傾させていた理由として、一般的に 2 塁走における 1 塁触塁後の膨らみ幅は小さいことが良いと考えられており、1 塁—2 塁間に侵入した直後から、身体を内傾させることで大きな求心力を獲得し、走方向を変化 (Churchill et al, 2015a) させようとしていたものと示唆された。また、21m 地点以降は直線的に疾走し、少しでも高い疾走速度で 2 塁触塁まで到達しようとしていたと考えられた。

## 5. 要約

本研究の目的は、2 塁走における疾走速度や疾走経路について明らかにし、疾走速度の特徴や疾走経路と 2 塁走疾走時間の関係について検討することであった。主な結果は以下の通りである。

- 1) 1 塁触塁前後において、本塁—1 塁間後半、1 塁触塁区間、1 塁—2 塁間前半の疾走速度には、それぞれ有意な差が認められ、1 塁触塁後の 1 塁—2 塁間前半が最も低い疾走速度を示した。
- 2) 2 塁走疾走時間と本塁—1 塁間における最大膨らみ幅の間に有意な負の相関関係、最大膨らみ幅出現位置との間には有意な正の相関関係が認められた。
- 3) 本塁—1 塁間における 1m, 3m, 7m, 9m, 13m—27m 地点で、つま先膨らみ幅と腰点膨らみ幅の間に有意な部位差が認められ、1m, 3m, 7m および 9m 地点では腰点膨らみ幅が大きい値、13m—27m 地点ではつま先膨らみ幅が大きい値を示した。
- 4) 1 塁—2 塁間における 1m—19m 地点でつま先膨らみ幅と腰点膨らみ幅の間に有意な部位差が認められ、1m—17m までではつま先膨らみ幅が大きな値、19m 地点では腰点膨らみ幅が大きな値を示した。

以上の結果から、2 塁走における疾走速度は、本塁—1 塁間の中間以降で最高疾走速度を記録するものの、その後 1 塁触塁へ向かう区間から低下し始め、1 塁触塁区間から 1 塁—2 塁間の前半にかけて減速し続けることが明らかとなった。さらに、最大膨らみ幅と 2 塁走疾走時間の関係から、本塁—1 塁間において、大きな最大膨らみ幅を塁間の早い段階で出現させるような疾走経路で疾走することで、2 塁走疾走時間を短縮できる可能性が示された。

## 第 4 章

### 研究Ⅲ：野球の 2 塁走におけるステップ変数と疾走時間の関係

#### 1. はじめに

第 3 章において、触塁はその後の疾走速度を低下させる要因であることを示した。疾走速度は、ピッチとストライドによって決定されるため、速度低下がみられる区間において、これらステップ変数の両方、もしくはいずれかが変化していることが考えられる。野球選手のストライドやピッチに関して、田邊（2019）は、盗塁時のストライドおよびピッチについて検討し、スタート直後の加速にはストライドとピッチの両方を高める必要があること、また、短い時間で盗塁を実施するためには、ピッチを上昇させる必要があることを報告している。また、第 3 章において、2 塁走の疾走経路について検討した結果、身体を内野側に内傾させながら、進行方向に対して左曲がりの曲線走を描く区間が認められた一方で、常に一定方向の曲線のみで構成されているものではなく、直線疾走区間や外傾しながら疾走している区間が存在している可能性を示した。曲線走疾走中のステップ変数については、曲走路の半径が小さくなるほど疾走速度が低くなり、ストライドが短くなることも報告されている（Ryan and Harrison, 2003）。さらに曲線走のステップ変数については、四肢の左右差に着目した研究が多くあり、直線走と比較して、左足のピッチが右足よりも低値を示し、右足のストライドが増加することが報告されている（Churchill et al, 2015a ; Ishimura et al, 2016）。

しかし、これらの研究は、直線走や規定された曲走路疾走中の身体動作から算出されたステップ変数を対象に検討がなされている。野球の方向転換走は、上述した走路が規定されていないことに加え、触塁を必須とする特有の疾走様相を有しているものと考えられるがこれまでに野球の方向転換走におけるステップ変数に着目した報告はみられない。野球の方向転換走におけるステップ変数について明らかにすることで、速度変化の要因や疾走時間を短縮するための疾走方法について検討できるものと考えられる。

そこで本研究では、野球の方向転換走におけるピッチとストライドなどのステップ変数を明らかにし、触塁後の疾走速度低下の要因やステップ変数と疾走時間の関係について検討することを目的とした。

## 2. 方法

被験者，実験試技，データ収集，データ処理については，第3章に順ずる。

### 2. 1 算出項目

ステップに関する変数として，1ステップにおける腰点中央の水平面における移動距離をストライド，1ステップの所要時間の逆数をピッチとして算出した。また，伊藤ほか（1998）を参考にストライド指数およびピッチ指数を以下の式を用いて算出した。なお，ここで  $g$  は重力加速度を示す。

$$\text{ストライド指数} = \text{ストライド} \cdot \text{身長}^{-1}$$

$$\text{ピッチ指数} = \text{ピッチ} \cdot (\text{身長} \cdot g^{-1})^{1/2}$$

各区間におけるストライドの総和を疾走距離として定義した。1ステップごとに求めたこれらステップ変数は，ストライドとピッチにおいては，2mごとに平均化するとともに，第3章で定義した5つの分析区間（本塁—1塁間前半，本塁—1塁間後半，1塁触塁区間，1塁—2塁間前半，1塁—2塁間後半）ごとに平均化したものも示した。また，1塁触塁区間においては，触塁に至るステップを触塁ステップ，1塁から離塁するステップを離塁ステップと定義し，それぞれステップにおけるピッチとストライドを示し，それらの積から1ステップにおける疾走速度を算出した。ストライドおよびピッチにおいては，大村と金高（1994）を参考に，各区間におけるステップ変数の変化度合を表す指標として各区間における変動係数を求めた（以下，ストライド CV，ピッチ CV と略す）。すなわち，区間 CV が大きい場合は区間内でステップ変数が変化していることを，小さい場合は区間内のステップ変数の変化が少ないことを示す。

さらに，1塁触塁区間において，触塁に伴う方向転換の指標として触塁方

向転換角度を算出した。触塁方向転換角度は、1 塁触塁ステップおよび離塁ステップにおける、腰点中央の速度ベクトルの内積と定義した (Fig. 13)。

## 2. 2 統計処理

得られた測定値は平均±標準偏差で示した。算出したステップ変数の区間差の検定には1要因分散分析を実施し、有意な主効果が認められた場合には、Bonferroni法を用いて多重比較検定を実施した。また、2塁走疾走時間とステップ変数の関係性を検討するためにピアソンの積率相関係数を用いた。1塁触塁区間の触塁ステップと離塁ステップにおけるステップ変数および疾走速度の比較には対応のあるt検定を用いた。効果量(以下、ESと略す)は、水本・竹内(2008)に倣い、分散分析では偏 $\eta^2$ を、対応のあるt検定においては、 $r$ をそれぞれ算出した。いずれの統計処理も有意水準を5%に設定した。

## 3. 結果

本章は、第3章と同様のデータ収集によって得られた結果を用いているため、全被験者における2塁走疾走時間の平均値は、第3章と同様に8.02±0.30sである。

### 3. 1 各区間におけるステップ変数

Fig. 14に全被験者におけるスタートから2塁までのストライドを示した。1要因分散分析の結果、距離に有意な主効果が認められた( $p < .000$ ,  $ES = .846$ )。隣り合う距離に着目し、多重比較検定を行った結果、1m—5m地点においては、隣り合う距離に有意なストライド差が認められ、ストライドが漸増していることが示されたが、それ以降においては、隣り合う距離の間に有意な差は認められなかった。5m地点以降は、緩やかに本塁—1塁間の27mまで漸増していく傾向がみられたが、1塁—2塁間の3m—7m地点においては、ストライドが低下する傾向がみられた。その後、1塁—2塁間の9mから2塁触塁に至るまで再度漸増していく傾向がみられた。

Fig.15に全被験者におけるスタートから2塁までのピッチを示した。1要

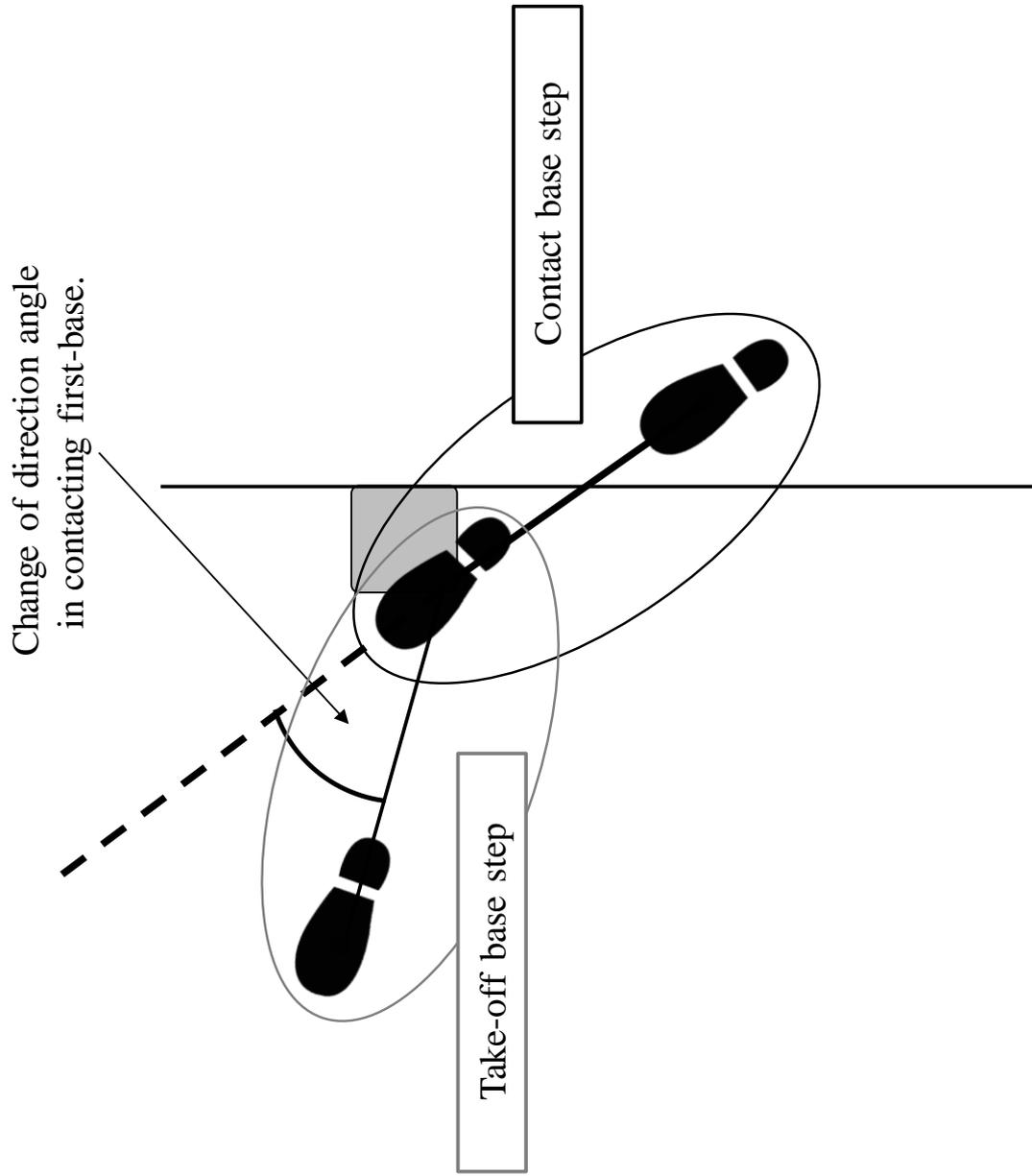


Fig. 13. Definition of change of direction angle in contacting first-base.

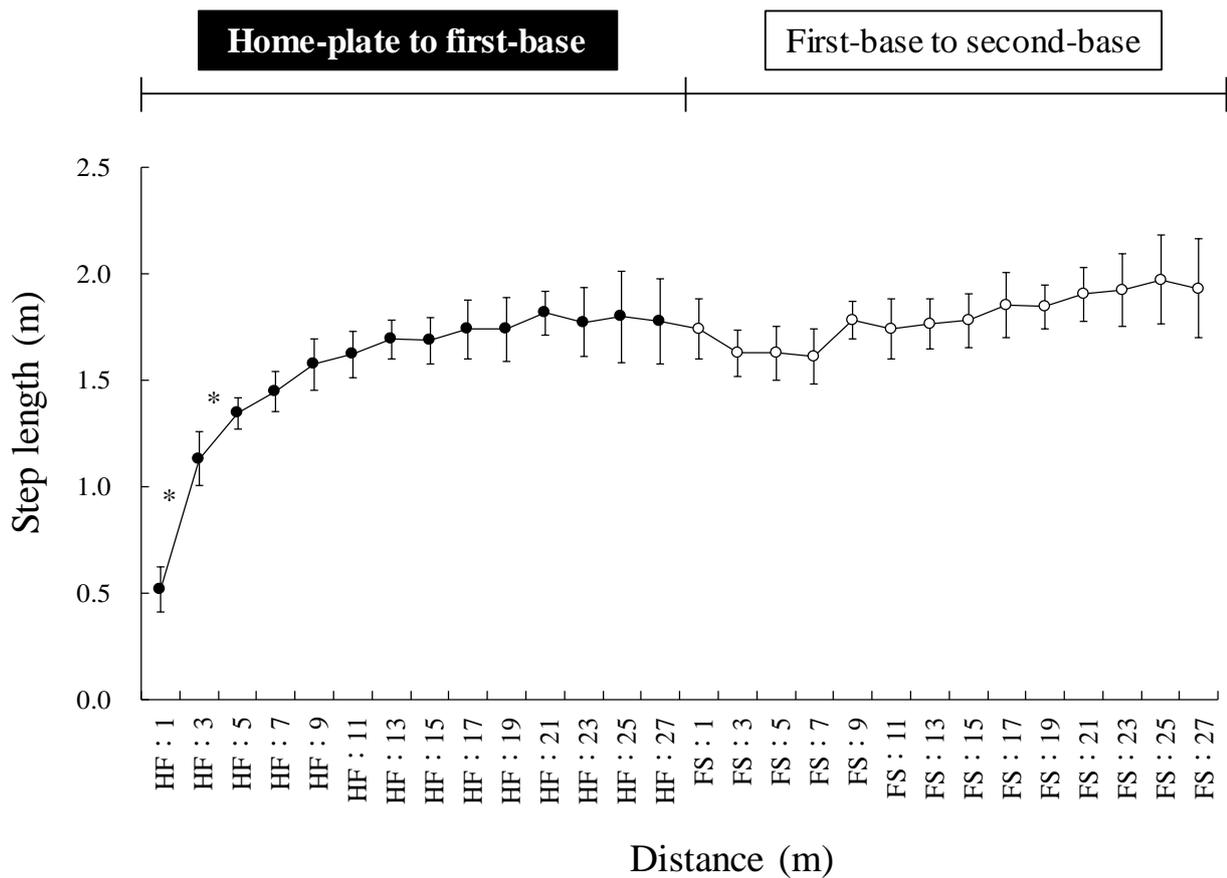


Fig.14. Step length of base running home-plate to second-base.

HF : Home-plate to first-base; FS : First-base to second-base.

The base running distance was averaged every 2m. Home-plate to first-base and First-base to second base are indicated by black and white circles, respectively.

\*: Significant difference between the adjacent sections (p < .05).

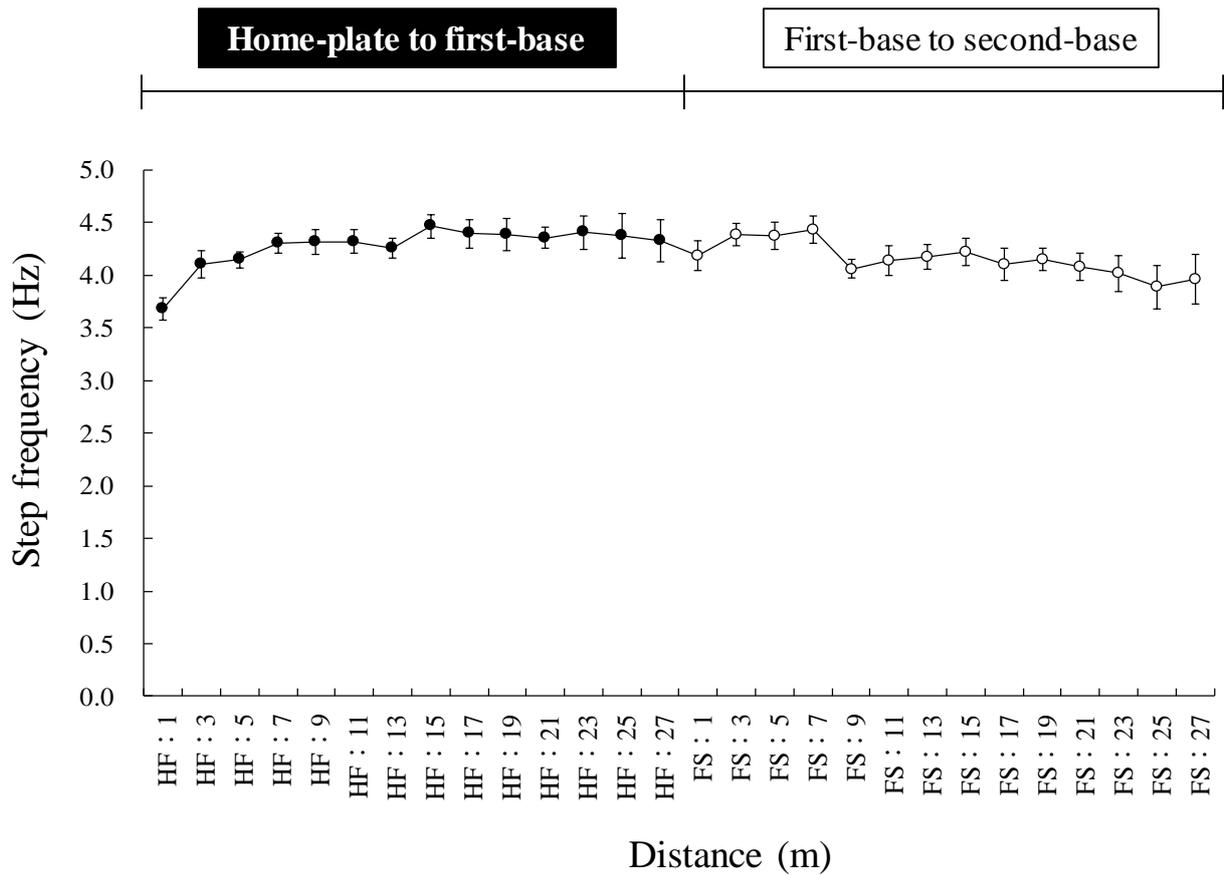


Fig.15. Step frequency of base running home-plate to second-base.

HF : Home-plate to first-base; FS : First-base to second-base.

The base running distance was averaged every 2m. Home-plate to first-base and First-base to second base are indicated by black and white circles, respectively.

因分散分析の結果、距離に有意な主効果が認められた ( $p < .000$ ,  $ES = .280$ )。隣り合う距離に着目し、多重比較検定を行ったが、いずれの地点においても隣り合う距離の間に有意な差は認められなかった。全体の傾向として、1 塁-2 塁間の 3m-7m 地点において、上昇した後、9m 地点以降から減少し、減少した値を維持したまま、2 塁触塁に至っている傾向がみられた。

Table 8 に各区分におけるストライド、ピッチ、疾走距離、ストライド変数、ピッチ変数、ストライド CV、ピッチ CV をそれぞれ示した。分散分析の結果、ピッチ CV を除くすべての変数において、主効果が認められた (ストライド:  $p = .000$ ,  $ES = .804$ ; ピッチ:  $p = .001$ ,  $ES = .343$ ; 速度:  $p = .000$ ,  $ES = .944$ ; 疾走距離:  $p = .000$ ,  $ES = .951$ ; ストライド指数:  $p = .000$ ,  $ES = .809$ ; ピッチ指数:  $p = .001$ ,  $ES = .343$ ; ストライド CV:  $p = .000$ ,  $ES = .685$ )。多重比較の結果、ストライドおよびストライド指数において、本塁-1 塁間前半と全区分の間、1 塁-2 塁間前半と本塁-1 塁間後半、1 塁触塁区分および 1 塁-2 塁間後半の間にそれぞれ有意な差が認められた。このことから、ストライドは 1 塁触塁後に有意に低下し、その後、1 塁-2 塁間後半において有意に増加するという第 3 章で示した疾走速度と同様の変化様相であることが示された。ピッチおよびピッチ指数においては、1 塁-2 塁間後半と本塁-1 塁間後半および本塁-1 塁間前半の間にそれぞれ有意な差が認められ、2 塁走の最後の区分である 1 塁-2 塁間の後半が最も小さい値を示し、触塁前後の本塁-1 塁間後半および 1 塁-2 塁間前半の区分ピッチが高値を示した。疾走距離においては、1 塁触塁中と全区分の間、HF 後半および FS 前半と HF 前半および FS 後半の間にそれぞれ有意な差が認められ、本塁-1 塁間においては、最大膨らみ幅が出現するまで、1 塁-2 塁間においては、最大膨らみ幅出現後の区分の疾走距離が長いことが明らかとなった。ストライド CV においては、本塁-1 塁間前半と全ての区分の間に有意な差が認められ、スタート区分のみ有意に大きい値を示し、1 塁触塁前後の区分内において、ストライドの顕著な変化は認められなかった。ピッチ CV は、区分による主効果が認められず ( $p = .367$ ,  $ES = .068$ )、いずれの区分もピッチは一定の変化度合であることが示された。

Table 9 に 1 塁触塁区分における触塁ステップおよび離塁ステップのステ

Table 8. Comparisons of step variable in each section.

	HF <sub>fh</sub>	HF <sub>sh</sub>	Contacting <sub>fb</sub>	FS <sub>fh</sub>	FS <sub>sf</sub>	P-value (ES)	Multiple comparison test
Step length (m)	1.43 ± 0.08	1.76 ± 0.11	1.77 ± 0.17	1.67 ± 0.07	1.89 ± 0.11	.000 (.804)	HF <sub>fh</sub> < FS <sub>fh</sub> < HF <sub>sh</sub> , Contacting <sub>fb</sub> , FS <sub>sf</sub>
Step frequency (Hz)	4.20 ± 0.26	4.43 ± 0.32	4.31 ± 0.35	4.29 ± 0.19	4.09 ± 0.24	.001 (.343)	FS <sub>sf</sub> < HF <sub>sh</sub> , FS <sub>fh</sub>
Distance (m)	16.83 ± 1.41	8.64 ± 1.24	3.55 ± 0.33	9.43 ± 1.35	16.93 ± 1.21	.000 (.951)	Contacting <sub>fb</sub> < HF <sub>sh</sub> , FS <sub>fh</sub> < HF <sub>fh</sub> , FS <sub>sf</sub>
Step length index	0.82 ± 0.04	1.01 ± 0.05	1.02 ± 0.08	0.96 ± 0.03	1.07 ± 0.05	.000 (.809)	HF <sub>fh</sub> < FS <sub>fh</sub> < HF <sub>sh</sub> , Contacting <sub>fb</sub> , FS <sub>sf</sub>
Step frequency index	1.77 ± 0.10	1.86 ± 0.12	1.81 ± 0.13	1.81 ± 0.06	1.72 ± 0.08	.001 (.343)	FS <sub>sf</sub> < HF <sub>sh</sub> , FS <sub>fh</sub>
Step length CV(%)	20.27 ± 2.08	7.32 ± 3.73	8.01 ± 6.43	6.94 ± 2.69	7.60 ± 1.90	.000 (.685)	HF <sub>sh</sub> , Contacting <sub>fb</sub> , FS <sub>fh</sub> , FS <sub>sf</sub> < HF <sub>fh</sub>
Step frequency CV(%)	7.84 ± 2.07	6.34 ± 3.87	8.85 ± 7.41	7.04 ± 2.36	6.42 ± 1.75	.367 (.068)	n.s.

Mean ± S.D.

HF<sub>fh</sub>: First half of home-plate to first-base; HF<sub>sf</sub>: Second half of home-plate to first-base; Contacting<sub>fb</sub>: Contacting first-base;

FS<sub>fh</sub>: First half of first-base to second-base; FS<sub>sf</sub>: Second half of first-base to second-base.

Table 9. Comparisons of step variables between contact base step and take-off base step in Contacting first-base.

	Contact base step	Take-off base step	P-value	ES
Step length (m)	1.80 ± 0.34	1.74 ± 0.14	.563	.149
Step frequency (Hz)	4.44 ± 0.79	4.19 ± 0.32	.363	.244
Speed (m/s)	7.76 ± 0.35	7.27 ± 0.46	.001	.727
-----				
Step length index	1.04 ± 0.17	1.00 ± 0.08	.589	.156
Step frequency index	1.86 ± 0.31	1.76 ± 0.14	.380	.236

Mean ± S.D.

ップ変数および疾走速度をそれぞれ示した。ステップ変数においては、いずれの項目もステップ間には差が認められなかった（ストライド： $p = .563$ ,  $ES = .149$ ；ピッチ： $p = .363$ ,  $ES = .149$ ；ストライド指数： $p = .589$ ,  $ES = .156$ ；ピッチ指数： $p = .380$ ,  $ES = .236$ ）。一方で、疾走速度においてステップ間に有意な差が認められ、離塁ステップが低い値を示した。

1 塁触塁区間における触塁方向転換角度は、平均  $15.2 \pm 5.0^\circ$  であり、最大で  $29.7^\circ$ 、最小で  $9.2^\circ$  を示した。

### 3. 2 ステップ変数と 2 塁走疾走時間の関係

Table 10 に各区間におけるステップ変数、疾走距離と 2 塁走疾走時間の関係をそれぞれ示した。ピッチは 1 塁-2 塁間前半において、有意な負の相関関係が認められ ( $r = -.539$ ,  $p = .038$ )、ピッチ指数においては 1 塁-2 塁間前半および後半において、有意な負の相関関係が認められた (1 塁-2 塁間前半： $r = -.711$ ,  $p = .003$ ；1 塁-2 塁間後半： $r = -.522$ ,  $p = .046$ )。ストライドはいずれの区間においても、2 塁走疾走時間との間に有意な相関関係が認められなかったものの、ストライド指数は本塁-1 塁間後半および 1 塁-2 塁間前半において、有意な負の相関関係が認められた (本塁-1 塁間後半： $r = -.544$ ,  $p = .036$ ；1 塁-2 塁間前半： $r = -.529$ ,  $p = .043$ )。疾走距離、ストライド CV およびピッチ CV はいずれの区間においても有意な相関関係は認められなかった。また、触塁方向転換角度と 2 塁走疾走時間の間に有意な正の相関関係が認められた ( $r = .615$ ,  $p = .019$ ) (Fig. 16)。

## 4. 論議

本研究の目的は、2 塁走疾走中におけるピッチやストライドなどのステップ変数について明らかにし、触塁後の疾走速度低下の要因について検討するとともに、2 塁走疾走時間とステップ変数の関係について調べることであった。その結果、1 塁-2 塁間前半における疾走速度低下の要因は、ストライドの低下であることが明らかとなった。また、速度低下は、1 塁触塁区間の離塁ステップ時点から生じていることが示されたが、1 塁触塁区間におけるステップ変数の変化様相は選手個々の特徴があるものと推察された。また、区

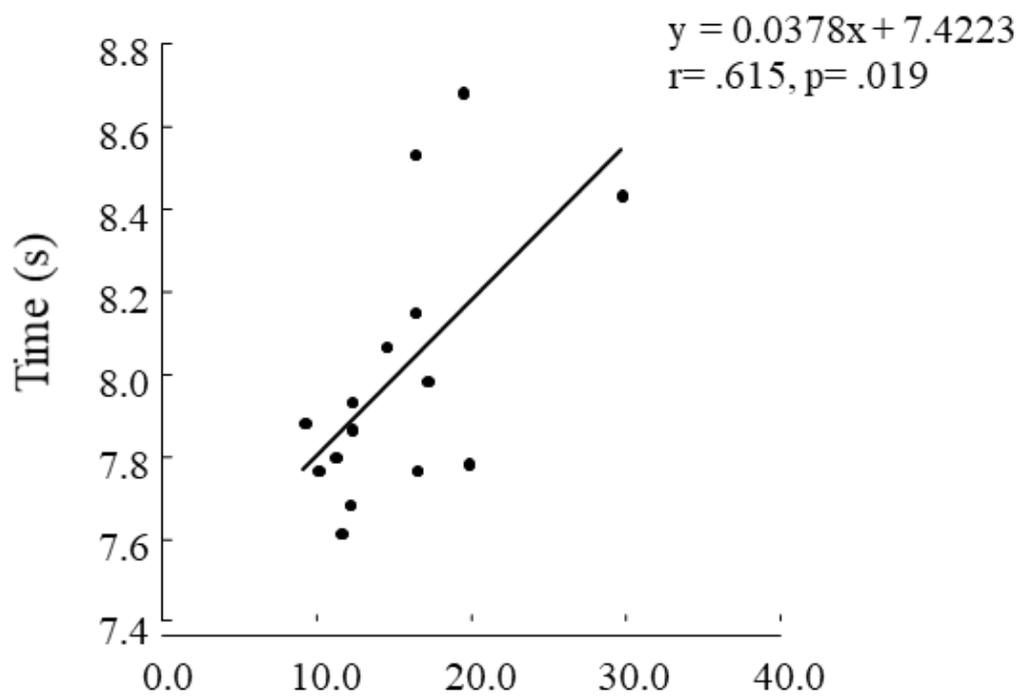
Table 10. Correlation coefficients of base running time and step variable in each section.

	HF <sub>fh</sub>	HF <sub>sh</sub>	Contacting <sub>fb</sub>	FS <sub>fh</sub>	FS <sub>sf</sub>
Step length (m)	.124	-.435	-.331	-.369	-.212
Step frequency (Hz)	-.389	-.014	-.113	-.539 *	-.416
Distance (m)	.492	-.383	-.331	-.063	.222
-----					
Step length index	-.132	-.544 *	-.428	-.529 *	-.290
Step frequency index	-.432	-.016	-.139	-.711 *	-.522 *
-----					
Step length CV (%)	.001	.386	-.083	-.026	-.101
Step frequency CV (%)	.193	.154	-.276	-.105	.122

HF<sub>fh</sub> : First half of home-plate to first-base; HF<sub>sh</sub> : Second half of home-plate to first-base; \* : Significant correlations (p< .05)

Contacting<sub>fb</sub> : Contacting first-base; FS<sub>fh</sub> : First half of first-base to second-base;

FS<sub>sh</sub> : Second half of first-base to second-base.



Change of direction angle in contacting first-base (°)

Fig. 16. Relationships between change of direction angle in contacting first-base and time of running to second-base.

間疾走距離と 2 塁走疾走時間の間には有意な関係が認められなかったものの、触塁方向転換角度と 2 塁走疾走時間との間に有意な正の相関関係が認められた。このことから、疾走距離を短くすることよりも速度を高くするような疾走方法が重要となり、直線に近い経路で 1 塁上を通過していくことで 2 塁走疾走時間を短縮できるものと示唆された。

2 塁走におけるストライドおよびピッチについて、スタートから 2 塁までの全体を通して検討すると、ストライドはスタートから 5m 地点にかけて急激に増加し、1 塁触塁まで緩やかに漸増していく傾向がみられた。1 塁—2 塁間においては、1 塁触塁前と比べて、3m—7m 地点にかけて低下していく傾向がみられた (Fig. 14)。一方、この区間のピッチは、1 塁触塁前と比較し、増加している傾向がみられた (Fig. 15)。これらストライドとピッチの区間差について詳細に検討するために、最大膨らみ幅を基準に 5 つの区間に分類し、比較を行った。その結果、1 塁触塁前後において、ピッチに有意な区間差が認められなかったものの、ストライドにおいては、1 塁—2 塁間前半と本塁—1 塁間前半および 1 塁触塁区間の間に有意な差が認められ、1 塁触塁後の 1 塁—2 塁間前半のストライドが有意に低い値を示した (Table 8 上段)。この 1 塁—2 塁間前半におけるストライドの低下は、第 3 章で示した疾走速度の低下 (Table 7) と同様の結果であり、1 塁—2 塁間前半における疾走速度低下の要因は、ストライドの低下であることが明らかとなった。

一方で、疾走速度では認められた本塁—1 塁間後半と 1 塁触塁区間におけるストライドには有意な区間差が認められなかった。この差異に関して検討するために、1 塁触塁区間 (触塁ステップと離塁ステップからなる 1 サイクル) において、1 ステップごとの疾走速度とステップ変数を算出した (Table 9)。その結果、触塁ステップと離塁ステップにおける疾走速度の間に有意な差が認められ、離塁ステップが低い疾走速度を示した。一方で、ストライドとピッチには触塁ステップと離塁ステップの間で有意な差が認められず、1 塁触塁区間におけるステップ変数の変化には一様の傾向が認められなかった。被験者個々の変化に着目すると、触塁ステップから離塁ステップにかけてストライドが増加した者が 8 名、低下したものは 7 名であった。ピッチにおい

では、増加した者が 5 名，変化無しが 2 名，低下したものが 8 名であり，1 塁触塁区間のステップ傾向には選手個々の特徴があるものと示唆された．このことから，離塁ステップにおける疾走速度の低下は，ストライド要因とピッチ要因の選手が混在し，それは本塁—1 塁間の疾走経路や 1 塁触塁方法によって決定されるものと推察された．以上の結果から，2 塁走における 1 塁触塁前後の速度低下は，触塁から 1 歩踏み出す時，すなわち離塁ステップから生じることが明らかとなった．速度低下の要因として，1 塁—2 塁間前半においては，ストライド低下の影響，1 塁触塁区間においては，一様の傾向がみられなかったものの，触塁前の疾走経路や触塁方法が疾走速度低下の要因である可能性が示唆された．

走塁指導において，触塁のための足の合わせについて記述されることが多く，いずれも，足を合わせようとして歩幅を変えてはいけなと記述されている（村上，1989；ウインフィールド，1994）．そのため，分析区間内におけるステップ変数の変化度合の指標として，ストライド CV およびピッチ CV を算出したが，顕著な区間差は認められなかった（Table 8：下段）．本研究の被験者は，全員が大学生であり，一定の野球経験を有していたため，触塁前での大きな歩幅調整はみられず，区間差が認められなかったものと考えられる．しかし，野球経験の浅い選手（小学生などのカテゴリー）においては，触塁のための歩幅調整が生じ，それに起因して疾走速度の低下が起こる選手がいることも予想される．したがって，今後幅広い年代の選手を対象に触塁前後のステップ変数について検討する必要があるものと考えられる．

走塁に関する指導書では，どのように触塁するかという点に着目されることも多い．したがって，触塁を伴う方向転換の指標として，1 塁触塁方向転換角度を算出した．野球のルール上，疾走経路にはある程度の自由度が存在するため，上述の通り，選手個々によって 1 塁を通過する際の経路は異なることが考えられる．2 塁走のような野球の方向転換走における塁間と塁間の組み合わせから考えると，野球の方向転換角度は  $90^\circ$  であるが，これまでに野球の方向転換走における方向転換角度について検討した研究はみられず，触塁を伴いながら，どの程度の方向転換が行われているかは明らかではない．本研究の結果，触塁方向転換角度の平均値は  $15.2 \pm 5.0^\circ$  ( $9.2^\circ - 29.7^\circ$ ) であ

った。塁間の組み合わせ角度と比較しても、触塁方向転換角度は非常に小さく、選手によっては直線走に近い経路で1塁触塁を実施していることが明らかとなった。また、触塁方向転換角度と2塁走疾走時間の間に有意な正の相関関係が認められた (Fig. 16)。Schreurs et al (2017) は、直進方向から左方向に  $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $135^\circ$  および  $180^\circ$  の方向転換走の速度を比較し、男女のいずれも方向転換角度が大きくなると疾走速度が低下することを報告している。本研究の2塁走においても同様の結果であり、このことから触塁を起点として急激な方向転換は避け、直線に近い経路で1塁上を通過していくことが2塁走疾走時間を短縮に通ずるものと推察された。

また、各区分における疾走距離と2塁走疾走時間の関係について検討したところ、いずれの区分においても有意な相関関係は認められなかった (Table 10)。これまで野球の指導書では、「走路をふくらませ、遠回りするのはいけない」(村上, 1989) や「走る距離が長くなれば時間がかかるのは明白であり、クロスプレーになることが多いことを考えると、走る距離を1m縮めることの大切さがわかるはずである」(ウインフィールド, 1994) と記述されており、野球の方向転換走において、目的の塁に達するまでの疾走距離をできるだけ短くすることが重要であると考えられている。しかし、全ての区分における疾走距離と2塁走疾走時間の間に有意な相関関係が認められなかったことから、2塁走疾走時間を短縮するためには、疾走距離を短くすることよりも速度を高くするような疾走方法が重要となることが明らかとなった。

ステップ変数と2塁走疾走時間の関係について検討してみると、本塁—1塁間後半でストライド指数と2塁走疾走時間の間に有意な負の相関関係が認められた (Table 10)。本塁—1塁間後半は最も速度が高い区間であり (第3章: Table 7)、その後の1塁触塁に備える区間であると考えられる。1塁触塁区間から1塁—2塁間前半はステップ変数および速度の変化が大きく起こる区間であり、その前の本塁—1塁間における最大膨らみ幅以降において、身長に対して大きなストライドで疾走することは、最高疾走速度を高めることができるとともに、触塁後のストライド低下を抑制するような働きがあるものと推察できる。また、ストライド指数においては、1塁—2塁間前半で負の相関関係、ピッチ指数においては、1塁—2塁間の前半および後半で負の

相関関係が認められている。ストライドにおいては、1 塁—2 塁間前半で速度と共に低下しているため、有意な相関関係が認められることは予想できるが、触塁後においても、顕著な変化が認められないピッチと 2 塁走疾走時間との間で有意な負の相関関係が認められた。直線走を対象にした研究ではあるが、低い走速度下ではストライドの増加により走速度は増加し、高い走速度下ではピッチの増加により走速度が増加することが明らかにされている (Hey, 2002 ; Yanai and Hey, 2004)。2 塁走においても、加速局面ではストライドが急激に増加していたこと (Fig. 14)、ピッチにその傾向がみられなかったことから (Fig. 15)、速度の獲得にはストライドの増加が大きく貢献しているものと推察された。一方で、本研究の結果、触塁後のストライドの低下により疾走速度が低下していることが明らかとなったが、1 塁—2 塁間前半および後半でピッチと 2 塁走疾走時間との間で有意な負の相関関係が認められたことから、低下した速度を再加速させるためには、ストライドの再増加ではなく、ピッチを高めることの貢献が大きいものと推察された。

## 5. 要約

本研究の目的は、2 塁走におけるステップ変数を明らかにし、触塁後の疾走速度低下の要因について検討するとともに、ステップ変数と 2 塁走疾走時間の関係について検討することであった。主な結果は以下の通りである。

- 1) 2 塁走における 1 塁触塁後の 1 塁—2 塁間前半のストライドは、本塁—1 塁間後半および 1 塁触塁区間と比較して、有意に低い値を示した。
- 2) 1 塁触塁区間において、触塁ステップと離塁ステップの疾走速度に有意な差が認められ、離塁ステップが低い値を示した。
- 3) 1 塁触塁方向転換角度と 2 塁走疾走時間との間に有意な正の相関関係が認められた。
- 4) いずれの区間においても疾走距離と 2 塁走疾走時間との間に有意な相関関係

係は認められなかった。

- 5) 本塁—1 塁間前半のストライド指数, 1 塁—2 塁間前半のストライド指数  
およびピッチ指数, 1 塁—2 塁間後半のピッチ指数と 2 塁走疾走時間の間  
に有意な負の相関関係が認められた。

以上の結果から, 2 塁走におけるステップ変数が示され, 触塁後の速度低下の要因はストライドの低下であることが明らかとなった。また, 触塁に伴う疾走速度の低下は, 1 塁を離塁するステップから生じていることが認められた。また, ステップ変数と 2 塁走疾走時間の関係から, 2 塁走疾走時間を短縮するためには疾走距離を短くするのではなく, 速度を高める疾走方法を選択する必要があると示唆された。また, その疾走方法として, 1 塁触塁前でストライドを大きくしながら 1 塁を直線に近い形で通過し, 速度が低下した後は, ピッチを高めて再加速することが必要であると考えられる。

## 第 5 章

### 総 括 論 議

野球の方向転換走に関しては、野球の他の要素である投球や打撃と比較しても、行われてきた研究が少なく、報告されているデータが圧倒的に少ないものの、指導書などにおいて、多くの指導内容が記述されているものの、一貫した内容は存在しない。したがって、走塁に関しては指導者の主観や経験則で指導が行われていると考えられる。本学位論文では、①直線走と走塁における疾走時間の関係（研究Ⅰ）、②野球の方向転換走における疾走速度と疾走経路の関係（研究Ⅱ）、③野球の方向転換走におけるステップ変数と疾走疾走時間の関係（研究Ⅲ）、これら 3 つについて検討することで、疾走疾走時間や速度、動作、経路について定量的データを示し、走塁疾走時間の短縮に適した疾走方法を検討することを目的とした。3 つの研究課題に取り組んだ結果、野球の方向転換走において、「触塁動作」はその後の動作を変化させ、疾走速度を低下させる要因であることが推察された。したがって、触塁後の疾走速度を低下させることなく疾走することができれば、パフォーマンスの向上に直結するものと考えられる。ここでは、触塁前後の動作や経路に着目し、疾走疾走時間を短縮するための走塁方法について考察していく。

一般的に走塁は、直線走能力が劣っていても、走塁技術で補うことができると考えられている（小野寺ほか，2021；大岡ほか，2013；原田と植屋，1969）。しかし、研究課題Ⅰにおいて、走塁と同距離の直線走の間に有意な正の相関関係が認められたことから、直線走能力が走塁疾走時間を決定付ける要因であることは間違いない。一方で 54.8m 走と 2 塁走の関係、82.2m 走と 3 塁走の関係のように走距離が長くなるほど、回帰直線は  $X=Y$  のラインから左側にずれ、走塁/直線走比が大きくなることが明らかとなった。したがって、直線走能力と走塁技術の巧さには直接関係がなく、走塁疾走時間を短縮するための適切な走塁技術が存在するものと考えられる。

直線走能力に影響を受けず、走塁技術を評価するための指標として、触塁

後速度変化率が考えられる。本研究において、触塁前後の区間である本塁—1 塁間後半に対する 1 塁—2 塁間前半の速度変化率を算出すると、平均  $-7.74 \pm 2.27\%$  であり、最も低下した選手は  $-13.43\%$ 、最も変化しない選手においても  $-3.94\%$  であった。全被験者において、疾走速度が低下していたことから、触塁後の速度低下は多くの選手において引き起こされる現象であることが考えられる。しかし、最大 10% 程度の個人差があったことから、触塁後の速度低下は、適切な走塁方法で疾走できれば、抑えることができるものと予想し、適切な走塁方法について検討していく。研究課題 II および III で得られた各区間におけるピッチやストライドなどのステップ変数に関する指標や、膨らみ幅や触塁方向転換角度などの疾走経路と触塁後速度変化率との関係を検討し、Table 11 および 12 にそれぞれ示した。その結果、触塁後速度変化率とステップ変数においてはいずれの区間においても、有意な相関関係が認められなかった。一方で、1 塁—2 塁間の最大膨らみ幅出現位置との間に有意な正の相関関係 ( $r = .528$ ,  $p = .043$ ) および 1 塁触塁方向転換角度との間に有意な負の相関関係 ( $r = -.562$ ,  $p = .029$ ) が認められた。これまでの走塁指導において、1 塁触塁後の 1 塁—2 塁間において、大きく膨らむことは疾走距離を長くし、疾走時間を遅延させることに繋がるため、避けるべきであるという指導が多くなされてきた (村上, 1989; 塩田, 2015)。しかし、各区間における疾走距離と 2 塁走疾走時間との間に有意な関係が認められなかったこと (Table 10) および 1 塁—2 塁間の最大膨らみ幅出現位置と触塁後速度変化率の間に有意な正の相関関係が認められたことから、1 塁触塁後、すぐに 1 塁—2 塁間のライン上に入る経路は疾走距離を短くできるが、鋭角な方向転換が必要となることから疾走速度の低下を招く経路であることが考えられる。これらの結果から、2 塁走疾走時間を短縮するために適した 1 塁—2 塁間の経路は、最大膨らみ幅を 2 塁に近い位置で出現させるような経路、すなわち曲線的に 2 塁へ向かう経路であると考えられる。

以上の結果から、触塁後速度変化率はピッチやストライドなどのステップ変数ではなく、疾走経路と関係があるものと推察された。加えて、触塁方向転換角度は、2 塁走疾走時間との間にも有意な負の相関関係が認められたことから、どのような経路で 1 塁に触塁し、通過していくかという点が野球の

Table 11. Correlation coefficients of change rate of speed and step variable in each section.

	Step length (m)	Step frequency (Hz)
$HF_{fh}$	-.066	-.173
$HF_{sh}$	-.277	-.353
Contacting $_{fb}$	.186	-.221
$FS_{fh}$	.489	.169
$FS_{sf}$	.081	.169
-----		
Contact base step	.011	.411
Take-off base step	-.136	-.152

\* : Significant correlations ( $p < .05$ )

$HF_{fh}$  : First half of home-plate to first-base;  $HF_{sf}$  : Second half of home-plate to first-base;

Contacting $_{fb}$  : Contacting first-base;  $FS_{fh}$  : First half of first-base to second-base;

$FS_{sh}$  : Second half of first-base to second-base.

Table 12. Correlation coefficients of change rate of speed and running route variable in each section.

	Home-plate to first-base	first-base to second-base
Maximal distance from the line (m)	.376	.186
Appearance position of maximal distance from the line (m)	-.287	.528 *
-----		
Change of direction angle in contacting first-base (°)		-.562 *

\* : Significant correlations (p < .05)

方向転換走において、重要な要素であることが考えられる。

また、触塁方向転換角度は 2 塁走疾走時間と触塁後速度変化率の間にそれぞれ有意な相関関係が認められたことを踏まえ、触塁方向転換角度を基準に群分けを行い、疾走速度や疾走経路、ストライド、ピッチを比較することで 2 塁走疾走時間の短縮に適した走塁方法について検討する。被験者 15 名のうち、触塁方向転換角度の上位 7 名を High change of direction group (以下、HcodG と略す)、下位 7 名を Low change of direction group (以下、LcodG と略す) と定義し、2 群に分けた。HcodG は 1 塁触塁時に鋭角に方向転換を実施している群、LcodG は、鈍角に方向転換を実施している群ということになる。両群間における 2 塁走疾走時間は LcodG で  $7.79 \pm 0.11s$ 、HcodG で  $8.19 \pm 0.36s$  を示し、LcodG が有意に短い 2 塁走疾走時間を示した ( $p = .018$ ,  $ES = .605$ )。Fig.17 にスタートから 2 塁触塁までの HcodG および LcodG の疾走速度を示し、2 要因分散分析 (群×距離) を行った。その結果、有意な交互作用が認められた ( $p = .031$ ,  $ES = .127$ )。また、群 ( $p = .008$ ,  $ES = .485$ ) および距離 ( $p = .000$ ,  $ES = .952$ ) のそれぞれで主効果が認められた。各距離における群間差に着目して多重比較検定を行った結果、本塁-1 塁間における 11m, 23m, 25m および 27m 地点、ならびに 1 塁-2 塁間における 1m, 3m, 5m, 7m, 11m, 17m, 19m および 23m 地点において有意な差が認められ、いずれも LcodG が高い疾走速度を示した。両群間に顕著な差が認められた区間は、本塁-1 塁間では最大膨らみ幅出現後の 1 塁へ向かって疾走している区間である 23m-27m 地点、1 塁-2 塁間においては、最大膨らみ幅が出現するまでの区間である 1m-7m 地点の 1 塁触塁前から触塁後の区間であった。第 2 章において、1 塁触塁に向かう区間から 1 塁-2 塁間の最大膨らみ幅出現までの区間は、触塁動作を伴うことから疾走速度が低下している区間であることを示した。触塁方向転換角度が大きい、すなわち、1 塁ベースを鋭角的に通過する経路 (功力, 1999) は、触塁前の本塁-1 塁間の後半から、速度低下が顕著にみられることが明らかとなった。一方で、本塁-1 塁間における 1m-21m 地点において、有意な速度差が認められた区間が 11m 地点のみであった。このことから、加速局面や最大膨らみ幅出現までの単純な疾走能力には群間差がないものと推察され、2 塁走疾走時間の群間差は、1 塁

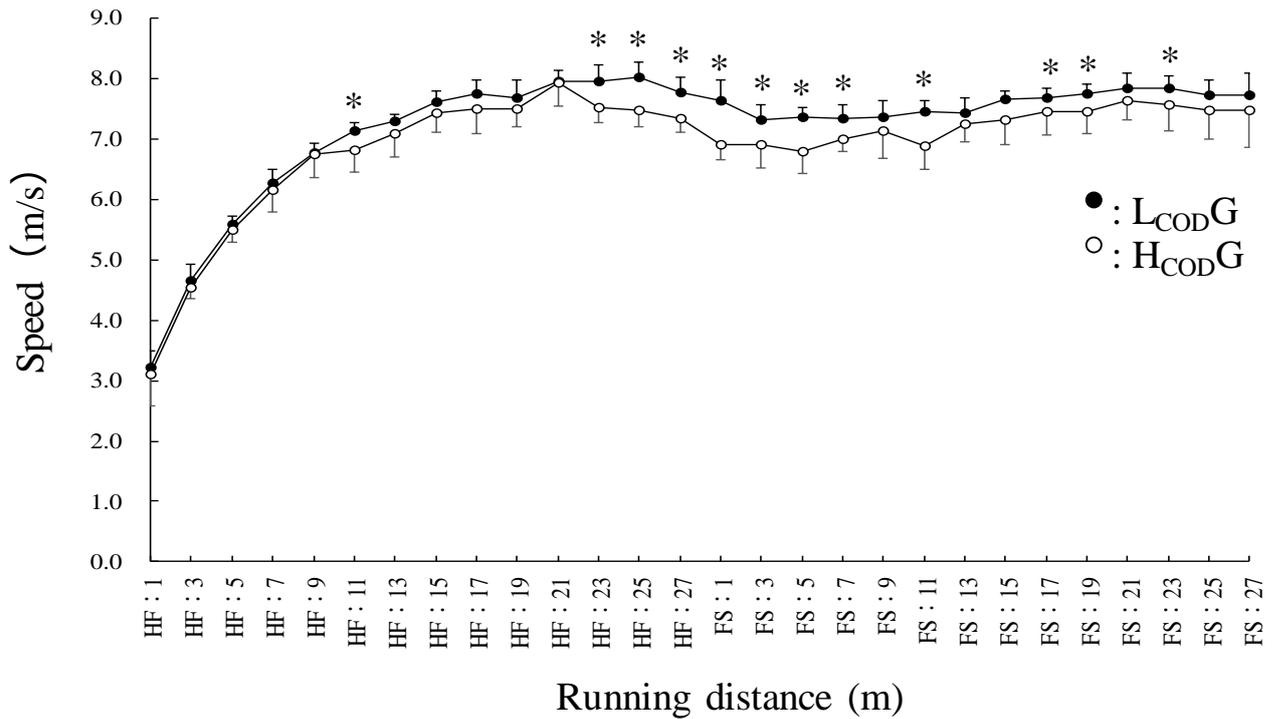


Fig. 17. Comparisons of speed between H<sub>CODG</sub> and L<sub>CODG</sub> in base-running to second base.

The base running distance was averaged every 2m. H<sub>CODG</sub> (High change of direction group) and L<sub>CODG</sub> (Low change of direction group) are indicated by white and black circles, respectively.  
 \*: Significant difference between H<sub>CODG</sub> and L<sub>CODG</sub> ( $p < .05$ ).

触塁前後における疾走速度の変化度合の差であることが考えられる。

Fig. 18 に本塁-1 塁間および 1 塁-2 塁間における膨らみ幅を示し、2 要因分散分析（群×距離）を行った。その結果、本塁-1 塁間において、有意な交互作用が認められた（ $p = .000$ ,  $ES = .234$ ）。また、群（ $p = .008$ ,  $ES = .408$ ）および距離（ $p = .000$ ,  $ES = .954$ ）のそれぞれで主効果が認められた。各距離における群間差に着目し、多重比較検定を行った結果、7m—23m 地点において、いずれも  $L_{codG}$  が有意に大きい膨らみ幅を示した。一方で、1 塁-2 塁間においては、交互作用は認められなかった（ $p = .993$ ,  $ES = .026$ ）。また、主効果については、距離で認められたものの（ $p = .000$ ,  $ES = .949$ ）、群においては認められなかった（ $p = .932$ ,  $ES = .001$ ）。疾走経路については、本塁—1 塁間の 7m—23m 地点で  $L_{codG}$  が有意に大きい膨らみ幅を示したが 1 塁—2 塁間では有意な差が認められなかった。本塁—1 塁間の中間を過ぎる以前の 7m 地点から最大膨らみ幅出現以降の 23m 地点までの区間で有意な差が認められたことから、触塁方向転換角度が小さい  $L_{codG}$  は、 $H_{codG}$  と比較して、スタート直後から膨らみ始め、大きな最大膨らみ幅を出現させながら、1 塁へ疾走していくような経路であることが推察された。ストライド（Fig. 19）には、両群の間に交互作用は認められず（ $p = .341$ ,  $ES = .088$ ）、距離の主効果のみ認められた（ $p < .000$ ,  $ES = .854$ ）。ピッチ（Fig. 20）においても、有意な交互作用は認められず（ $p = .569$ ,  $ES = .064$ ）、群（ $p < .037$ ,  $ES = .314$ ）および距離（ $p < .000$ ,  $ES = .299$ ）にそれぞれ主効果が認められた。群の要因における単純主効果検定の結果、 $L_{codG}$  が有意に高いピッチを示した。このことから、1 塁上を直線的に通過している選手は、ピッチが高い特徴を有意していることが示された。

以上の結果から、触塁方向転換角度は本塁—1 塁間のスタートから最大膨らみ幅出現までの疾走経路により決定されるものと推察され、スタート直後から膨らむような疾走経路を選択することで、1 塁を直線的な経路で通過することが可能となり、2 塁走疾走時間を短縮できる可能性が考えられる。

触塁について議論する際には、どちらの足で触塁するか、また、ベースのどの位置に触塁するかにも着目される。指導書において、西（2015）は、「ベースの内側の角を左足で踏むと体が内側に傾いて、2 塁方向へスムーズに向

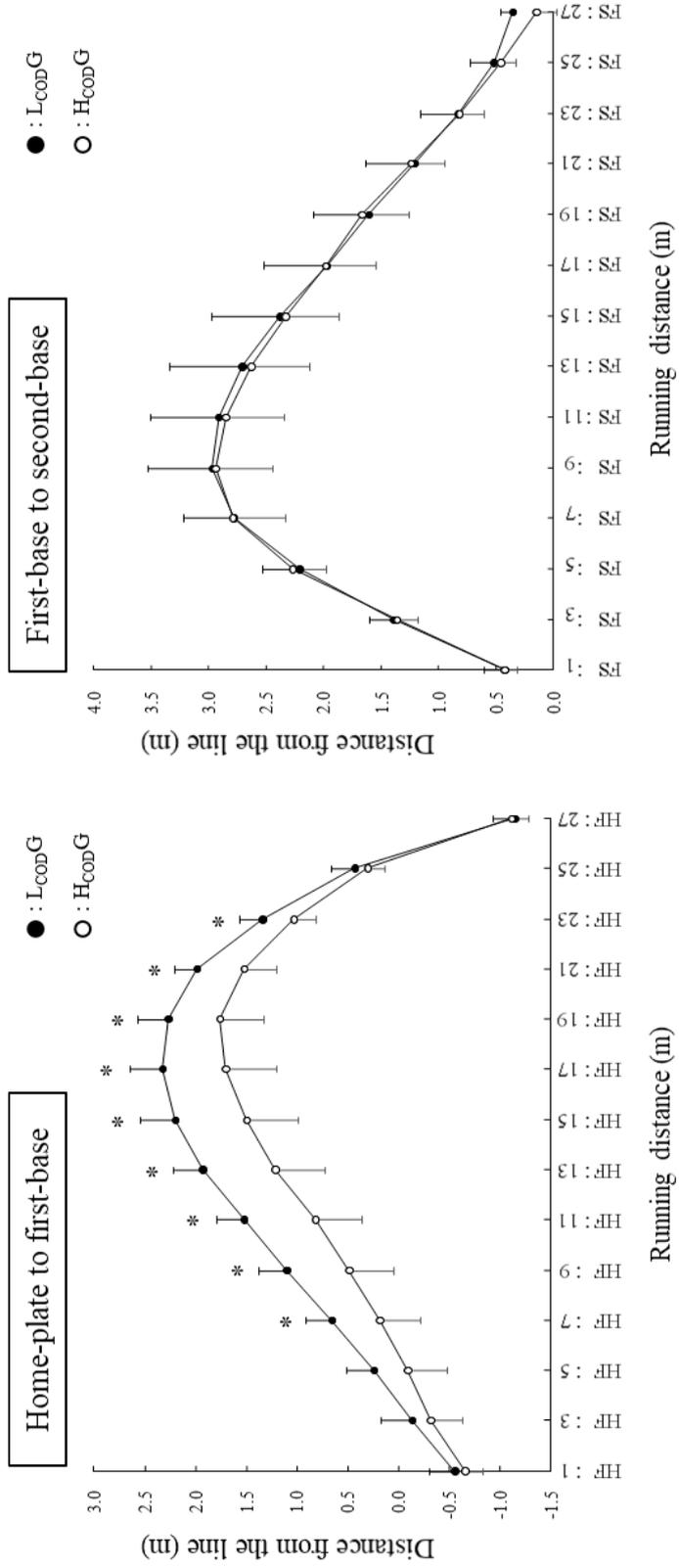


Fig. 18. Comparisons of distance from the line between H<sub>CODG</sub> and L<sub>CODG</sub> in base-running to second base. The base running distance was averaged every 2m. H<sub>CODG</sub> (High change of direction group and L<sub>CODG</sub> (Low change of direction group) are indicated white and black circles, respectively. \*: Significant difference between H<sub>CODG</sub> and L<sub>CODG</sub> (p< .05).

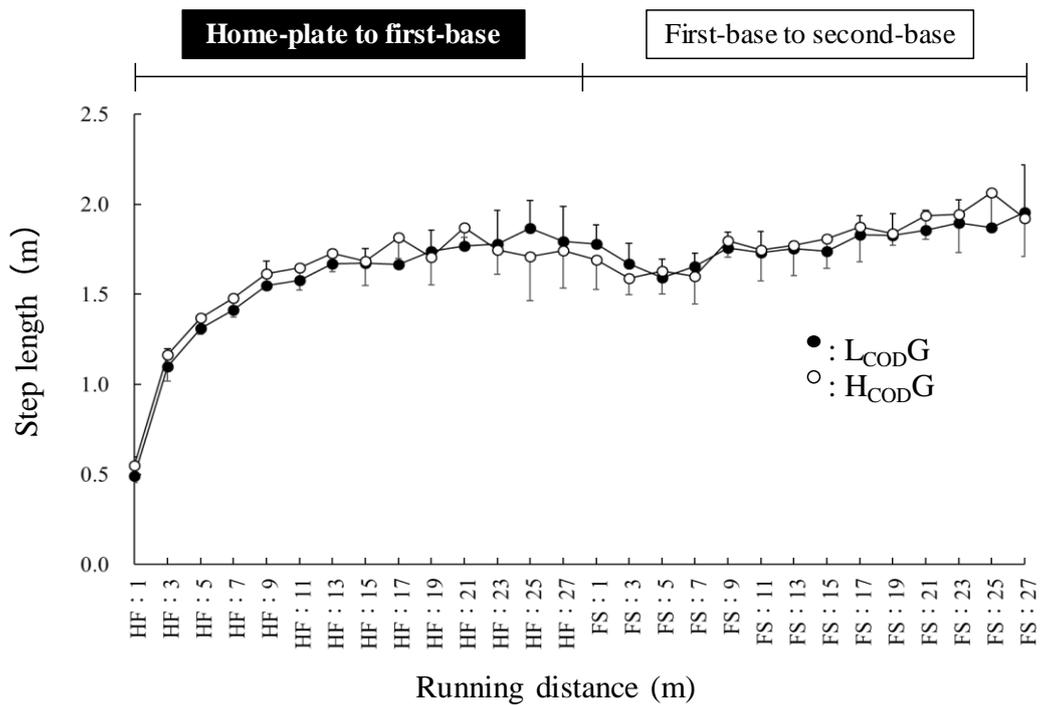


Fig. 19 Comparisons of step length between H<sub>CODG</sub> and L<sub>CODG</sub> in base-running to second base.

The base running distance was averaged every 2m. H<sub>CODG</sub> (High change of direction group and L<sub>CODG</sub> (Low change of direction group) are indicated white and black circles, respectively.

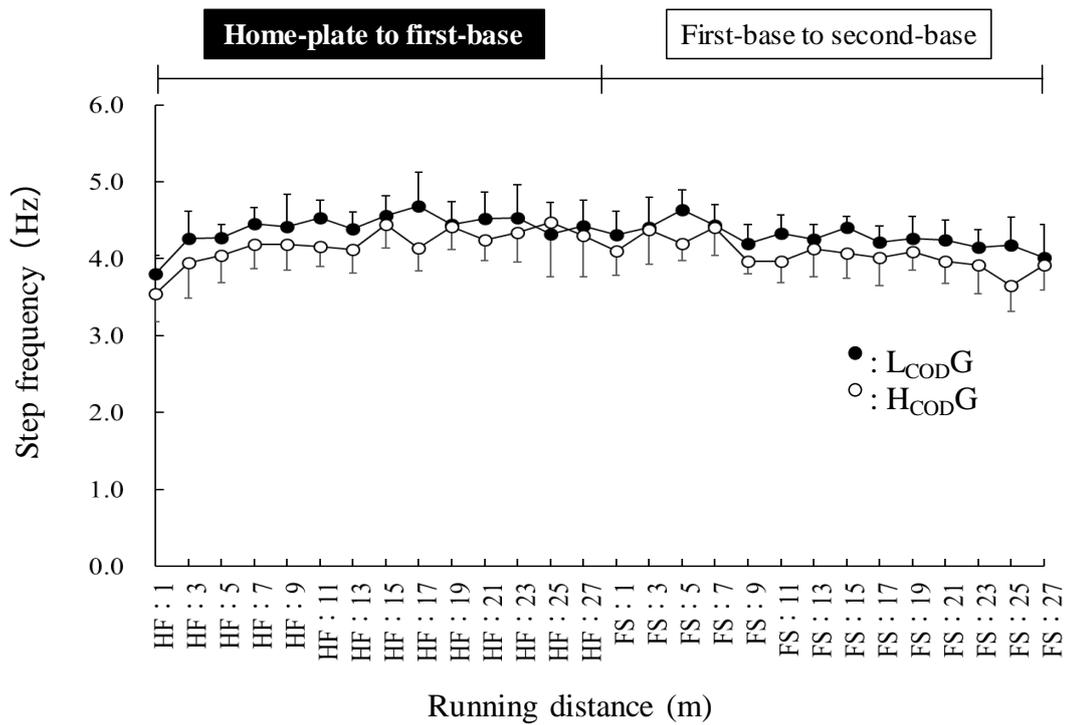


Fig. 20. Comparisons of step frequency between H<sub>CODG</sub> and L<sub>CODG</sub> in base-running to second base.

The base running distance was averaged every 2m. H<sub>CODG</sub> (High change of direction group and L<sub>CODG</sub> (Low change of direction group) are indicated white and black circles, respectively.

かえる」と述べている。塩田（2015）もベースの内側の角を踏むことで体を傾斜指せることが出来、スムーズに2塁へ向かうことができるとしている一方で、触塁足はどちらでも構わないとしている。これらの他にも触塁位置やどちらの足で触塁するかに関しては多くの指導書で記述されている（鈴木，2017；後藤，2010；功力，1999；American Baseball Coaches Association，2001）。しかし、これまでに触塁足や触塁位置と疾走疾走時間の関係について検討したものはみられないため、本研究において算出した2塁走疾走中の両つま先位置情報を用いて検討する。右足と左足のどちらの足で触塁していたかについて、Table 13に示した。左足で触塁していた選手は7名、右足で触塁していた選手は8名であり、触塁足は左右どちらかに偏る傾向がみられなかった。左右足における2塁走疾走時間と触塁後速度変化率を比較したところ、いずれも左右の間に有意な差は認められなかった（2塁走疾走時間： $p = .585$ ,  $ES = .154$ ；触塁後速度変化率： $p = .446$ ,  $ES = .213$ ）。このことから、触塁を行う足については左右の違いによってパフォーマンスに差が生じることはなく、どちらかの足で踏むことを意識して足を合わせる事が無いように疾走する（塩田，2015）ことが重要であると考えられる。加えて、Fig. 21に1塁触塁時のつま先接地位置（以下、1塁触塁位置と略す）を示した。1塁触塁位置は本塁-1塁間において、1塁ベースの右翼手ファウルエリア側の頂点である $O_{FS}$ から距離と定義し、 $X_{HF}$ 軸方向および $Y_{HF}$ 軸方向の距離をそれぞれ算出した。 $X_{HF}$ 軸方向は負の値が大きいほど、1塁ベースの本塁側に触塁し、 $Y_{HF}$ 軸方向は、負の値が大きいほど、1塁ベースの2塁側に触塁していることを示している。1塁触塁位置の平均は $X_{HF}$ 軸方向に $-0.26 \pm 0.07$  cm、 $Y_{HF}$ 軸方向に $-0.43 \pm 0.08$ であった。また、これらの接地位置と2塁走疾走時間の関係について検討した結果、 $X_{HF}$ 軸方向の接地位置のみに2塁走疾走時間との間で有意な正の相関関係が認められた（Fig. 22）。ベースは1辺0.381mの正方形と定められており、 $Y_{HF}$ 軸の平均値が $-0.43$ mであったことから多くの選手が1塁ベースの2塁側の辺に触塁し、また、 $-0.38$ mを越えている選手はつま先ではなく土踏まずや踵に近い部分で触塁していたことが推察された。また、 $X_{HF}$ 軸方向の接地位置と2塁走疾走時間の間に負の相関関係が認められたことから、1塁ベースのより1塁側の辺に接地することが触塁技術

Table 13. Comparisons of total time and change rate of speed at the contacted foot during base running contacting first-base

	Left foot	Right foot	p- value	ES
Number of subjects	8	7		
Time (s)	7.95±0.27	8.05±0.39	.585	.154
Change rate of speed (%)	- 7.19±2.00	- 8.36±3.67	.446	.213
	Mean ± S.D.			

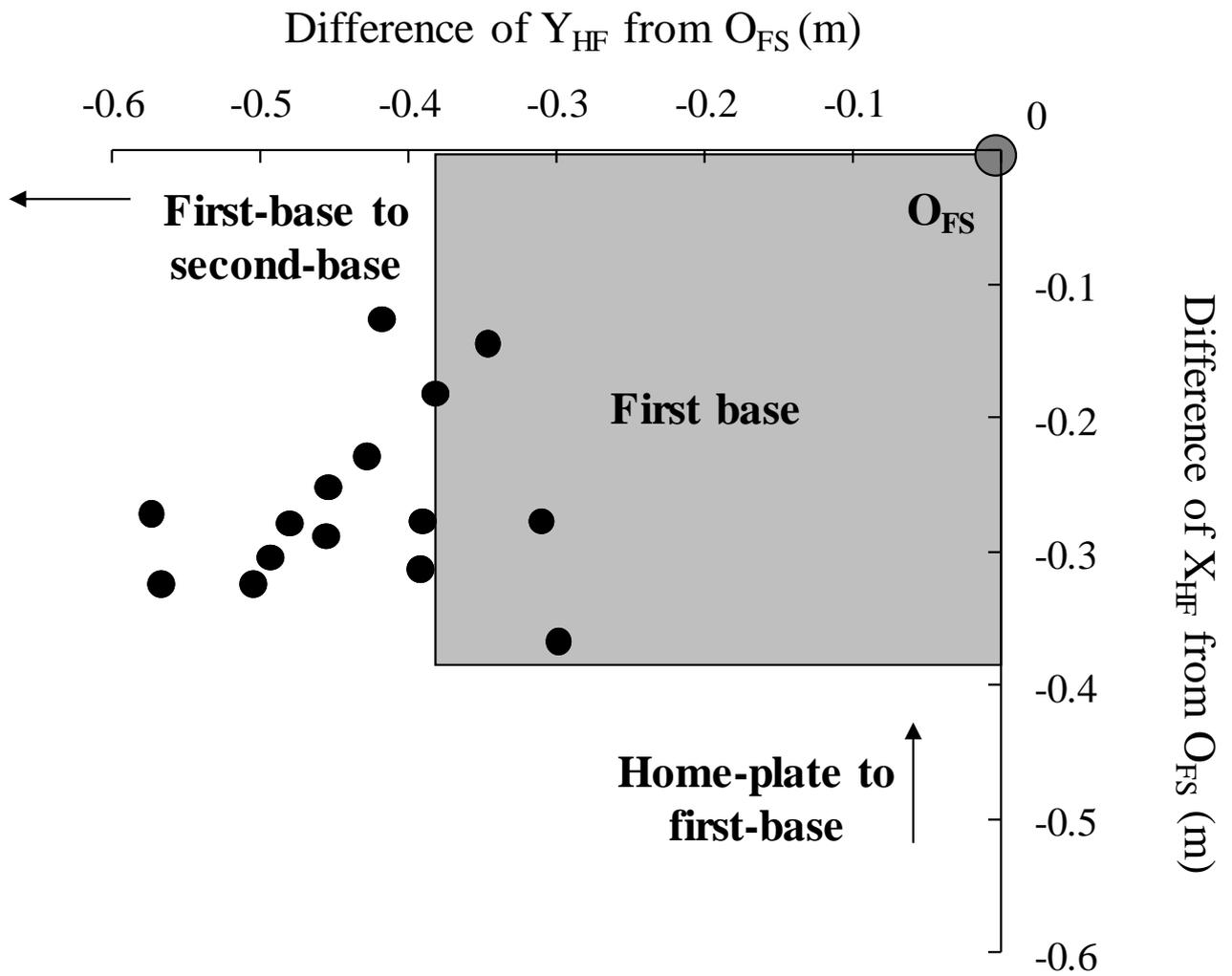


Fig. 21. Contact toe position for first base in all subjects.

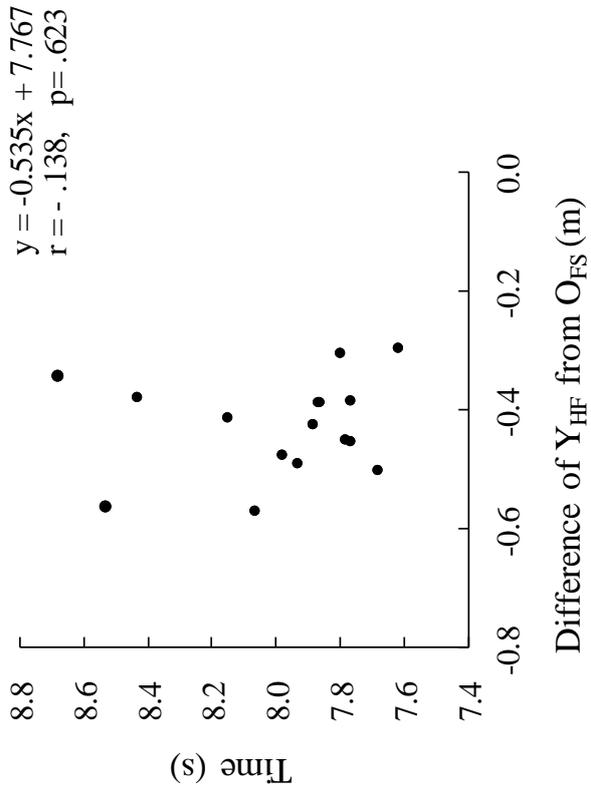
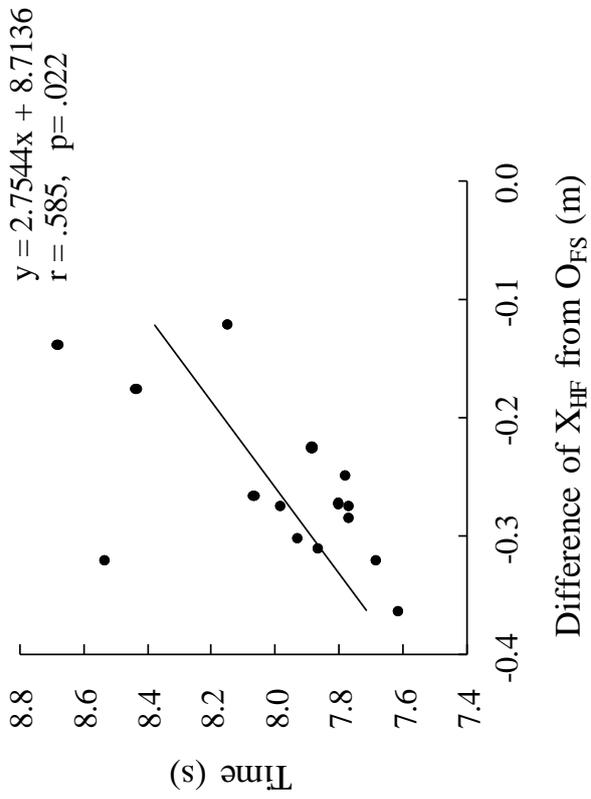


Fig. 22. Relationships between contact toe position for first base and time of base running to second-base.

の1つであると考えられる。これらのことから、「ベースの手前側（本塁側の辺）の側面にスパイクのエッジを当てるイメージ」鈴木（2017）が最も適切な触塁方法であることが示唆された。

### 指導現場への応用

本研究の結果から、2塁走の速度変化の特徴として、1塁触塁前（最大膨らみ幅出現以降）から疾走速度が低下していき、1塁離塁後から速度低下が顕著となることが明らかとなった。また、2塁走を短縮するための疾走方法として、①本塁—1塁間において大きい最大膨らみ幅を塁間の早い段階で出現させること、1塁—2塁間においては曲線的な経路で疾走すること、②1塁上を直線に近い経路で通過していくことの2点がポイントとして挙げられる。これらのことを踏まえた適切な疾走経路は、鈴木（2017）が推奨する「円をイメージした経路」であると考えられる。円形の疾走経路を取ることで、各塁間における最大膨らみ幅の出現位置や1塁通過の経路などの上記ポイントをクリアすることができ、高い疾走速度の獲得と触塁後の疾走速度低下が小さくなることで2塁走疾走時間を短縮できるものと推察された（Fig. 23）。また、触塁後の疾走速度の低下は、ストライド低下が要因であること、1塁—2塁間においては、低下したストライドではなく、ピッチを高める疾走方法が必要であることを理解した上で触塁することで、その後の速度低下の抑制と疾走速度の再加速が効率的に行える可能性が考えられる。一方で、本研究では、野球の方向転換走における全体的な特徴を探るため、全被験者におけるデータを平均化し考察している。したがって、適切な最大膨らみ幅やその膨らみ幅出現させる塁間の位置などについて、明確な数字を示すことはできていない。この点が本研究における限界の1つである。今後、異なる膨らみ幅における2塁走の疾走時間の比較やその際の疾走経路などについて明らかにし、直線走能力に応じた疾走経路や、触塁方法などについて明らかにすることで、さらに「野球の走」についての理解が深まるものと考えられる。

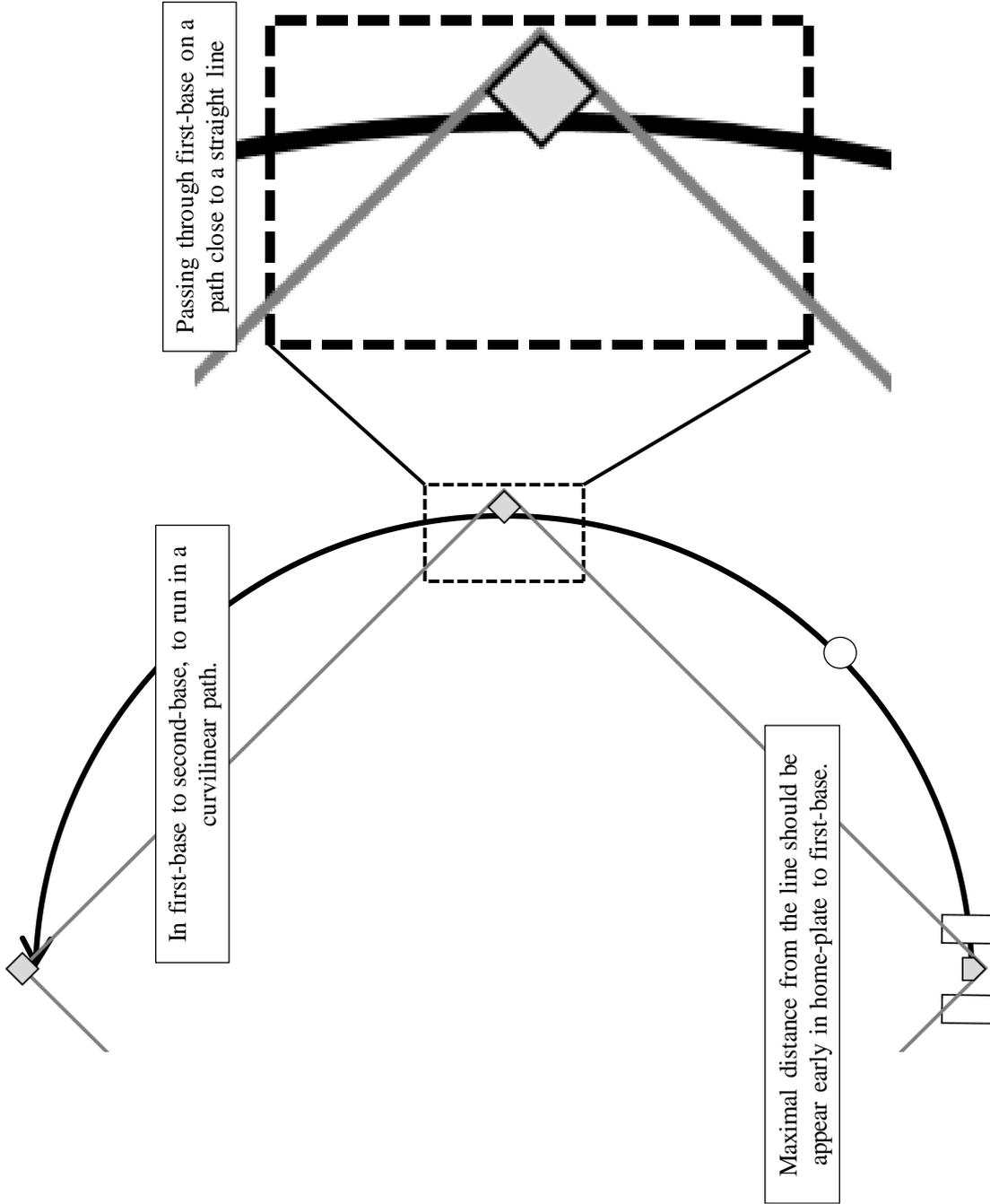


Fig. 23. Schematic drawing of optimal path for shortening base running time from home-plate to second base .  
 (Author's drawing based on results of this study and Suzuki, 2017)

## 本研究の限界と今後の課題

本研究で得られた知見の多くは野球の方向転換走の中でも2塁走に関するものである。実験条件としてセンターオーバーの打球を放ったことを想定させているため、スタート時から2塁へ向かう疾走を行わせている。実際の試合の場面では、打球方向や打球種類によって、1塁走と想定しつつも、途中から2塁へ向かうような走塁を行う場面も多くみられる。また、前走者の有無、アウトカウント、試合の展開などによって、走塁に状況判断の要素が加わることも考えられ、多岐にわたる状況の走塁においては、本研究とは異なる疾走様相がみられる可能性もある。本研究の結果から提案した適切な疾走経路を、あらゆる条件においても適応できるかについては考慮が必要であるが、触塁後の疾走速度の低下、1塁を直線に近い形で通過していくべきなどの普遍的な知見を示すことができたと考えられる。

また、野球の方向転換走に関する指導書において、内野中央方向への身体の内傾について多く記述されており、特に触塁時における内傾が重要であると強調されている（西，2015；後藤，2010；American Baseball Coaches Association，2001）。本研究において、腰点膨らみ幅とつま先膨らみ幅の比較を行った結果、本塁—1塁間では13m—27m地点（Fig. 11）、1塁—2塁間においては1m—17m地点で有意差が認められ（Fig. 12）、いずれもつま先膨らみ幅が大きな値を示している。このことから、つま先膨らみ幅が大きい値を示している箇所では、身体を内野中央方向へ内傾させながら曲線走を行っている可能性が示唆された。本塁—1塁間の最大膨らみ幅出現の手前から1塁—2塁間における塁間の半分以上をすぎる地点まで、内傾を伴う曲線走を行っていることが推察されたため、パフォーマンスを向上させるためには、内傾しながら疾走する能力が重要となることが考えられる。しかし、腰点膨らみ幅が有意に大きい値を示す区間や、部位差が認められない区間も存在したことから、野球の方向転換走は進行方向を様々な方向に変化させながら疾走しているものと考えられる。曲線疾走動作は、矢上面内の運動に加え、曲線路内側への身体の傾きや走方向の変化に伴う身体の水平回転など、前額面や水平面内での運動が行われる複雑な運動であることが指摘されており（Ishimura and Sakurai, 2016）、曲線走動作に着目した研究の多くで、3次

元動作解析を行っている (Churchill et al, 2015a; Alt et al, 2015). しかし, これらは陸上トラックの規定された曲走路を使用したものや, 進行方向は同一で半径の異なる曲走路の影響 (佐藤と矢内, 2015) などに着目しており, 様々な方向に疾走経路が変化する疾走について着目したものは存在しない. 本研究における膨らみ幅の部位差から, 身体傾斜や疾走経路について考察することができたが, 走塁をより短い疾走時間で走るための身体動作について明らかにするためには, 疾走中における身体重心の角運動量ベクトル (東と矢内, 2012) や, 四肢の左右差比較 (Viellehner et al, 2016) について検討する必要があると考えられる. これらの点について解決することで, より短い時間で走塁を行うための技術について明らかにできるだろう.

## 第 6 章

### 結 語

本研究では、野球の方向転換走，すなわち走塁について運動学的観点から解析を行い，①直線走と走塁疾走時間の関係，②疾走速度および疾走経路，③ステップ変数について検討することで，野球の方向転換走の疾走様相について明らかにし，走塁疾走時間の短縮に適した疾走方法について検討することを目的とした．得られた結論は以下の通りである．

- 1) 直線走疾走時間と走塁疾走時間の間に有意な相関関係は認められるが，疾走距離が長くなるほど，それらの時間差は大きくなることが明らかとなった．また，本塁—1 塁間の中間以降から直線走疾走時間と走塁疾走時間の間に差が認められた．
- 2) 2 塁走において，触塁を起点として疾走速度が変化することが明らかとなり，特に 1 塁触塁後において疾走速度が低下することが示された．また，本塁—1 塁間において，大きな最大膨らみ幅を塁間の早い段階で出現させるような疾走経路で疾走することで，2 塁走疾走時間を短縮できる可能性が示唆された．
- 3) 触塁に伴う疾走速度の低下は，1 塁を離塁するステップから生じていることが認められ，1 塁—2 塁間における速度低下の要因はストライドの低下であることが明らかとなった．また，2 塁走疾走時間を短縮するためには疾走距離を短くするのではなく，速度を高める疾走方法を選択する必要があると示唆された．

以上の結果から，野球の走塁における速度や疾走経路，ステップ変数の特徴が明らかとなった．また，野球の方向転換走には特有の技術が存在するこ

とが示唆され，触墨動作および疾走経路を工夫することで疾走時間を短縮できることが推察された．

## 参考文献

### 第 1 章

- Ae, M., Ito, A. and Suzuki M. (1992) The men's 100 meters: Scientific research project at the 3rd World Championship in Athletics, Tokyo 1991. *New Stud. Athl.* 7: 47-52.
- 東洋功・矢内利政 (2012) 陸上競技の短距離走における曲走路疾走中の身体の角運動量. *バイオメカニクス研究*, 16: 128-137.
- Churchill, M, Trewartha, G., Bezodis, N. and Salo, T. (2015a) Force production during maximal effort bend sprinting: Theory vs reality. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 26: 1171-1179.
- Coleman, E. (2007) Running speed in professional baseball. *National strength and conditioning association*, 29 (3) : 72-76.
- Dillman C. (1975) kinematic analyses of running. *Exerc. Sport. Sci. Rev.* , 3: 193-218.
- 藤井雅文・鈴木智晴・蔭山雅洋・前田明 (2021) 大学野球選手における 2 塁走者の最適な第 2 次リード位置の検討. *九州体育・スポーツ学研究*, 35 (1) : 37-43.
- Gajer B., Thepaut, C. and Lehenaff D. (1999) Evolution of stride and amplitude during course of the 100m event in athletics. *New Stud. Athket.*, 14: 43-50.
- 羽鳥好夫 (1978) 野球における走塁に関する研究 (第 2 報) - 初心者と熟練者の本塁-2 塁間の走塁について -. *東京学芸大学紀要*, 30 (2) : 245-251.
- Ishimura, K., Tsukada, T. and Sakurai, S. (2013) Relationship between sprint performance and stride parameters in curved sprinting. *International symposium on Biomechanics in Sports: Archive* 31.
- 伊藤章・斎藤昌久・佐川和則・加藤謙一・森田正利・小木曾一之 (1994) 世

- 界一流スプリンターの技術分析. 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良監修. 世界一流陸上競技者の技術, 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京
- Jones, A., Herrington, L., and Graham-smith, P. (2016) Braking characteristics during cutting and pivoting in female soccer players J. Electromyogr. Kinesiol., 30: 46-54.
- 蔭山雅洋・土方千尋・大石祥寛・鈴木智晴・藤井雅文・前田明 (2017) 大学野球選手における 30m 全力疾走中のピッチとストライドの特徴. スポーツパフォーマンス研究, 9: 183-196.
- 笠原政志 (2020) 野球を科学する 最先端のコンディショニング論. 株式会社竹書房, 東京.
- 加藤謙一・宮丸凱史・宮下憲・阿江通良・中村和彦・麻場一徳 (1987) 一般学生の疾走能力の発達に関する研究. 大学体育研究, 9: 59-70.
- 加藤謙一 (2004) 走動作. 金子公宥・福永哲夫編, バイオメカニクス身体運動の科学的基礎. 杏林書院, 東京.
- 木野村嘉則・木下達生・波戸謙太・葛原憲治 (2017) 野球における二塁までのベースランニング時の走塁コースの分類に関する試案: 中学生及び高校生による自由走路疾走条件を事例として. 東邦学誌, 46 (2) : 93-104.
- 北哲也・古川統英・小松昌平・亀田麻衣・前田明 (2013) 高負荷全力ペダリングトレーニングが野球選手の 30m 疾走タイムに及ぼす影響. トレーニング科学, 25 (1) : 69-78.
- 小林寛道 (1990) 走る科学. 大修館書店, 東京.
- Mann, R. and Herman, J. (1985) Kinematic analysis of Olympic sprint performance, Men's 200 meters. Int. J. Sport Biomech., 1: 151-162.
- McEvoy, P. Kerry and Newton, U. Robert. (1998) Baseball throwing speed and base running speed: the effects of ballistic resistance training. Journal of strength and conditioning research, 12 (4) : 216-221.
- Miyaguchi, K., Demura, S., Nagai, K., and Uchida, Y. (2011) Comparison of base running in baseball players and track-and-field athletes. Health, 3 (1) : 26-31.

- 宮丸凱史 (2002) 疾走能力の発達: 走り始めから成人まで. 体育学研究, 47: 607-614.
- Miyanishi T., Endo S. and Nagahara R. (2017) Comparison of crossover and jab step start techniques for base stealing in baseball. *Sport Biomechanics*, 16 (4) : 552-566.
- 水野雅章 (2009) 野球の中での走り, 状況に応じた走り方. *Training Journal*, 353: 19-24.
- Morin J. B., Bourdin M., Edouard P., Peyrot N., Samozino P. and Lacour J. R. (2012) Mechanical determinants of 100-m sprint running performance *Eur. J. Appl. Physiol.*, 112: 3921-3930.
- Munro A., Luhtanen P., Viitasalo J. T. and Komi P. V. (1987) Relationship between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force relaxation of sprinters. *Scand. J. Sport Sci.*, 3 (1) : 16-22.
- Nimphius S. In: Joyce D, Lewindon D, editors. (2014) Increasing agility. *High-performance training for sports*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- 大岡昌平・藤村美歌・前田正登 (2013) 野球における進塁時間短縮方法に関する研究. *体育・スポーツ科学*, 22: 41-48.
- 岡本直輝・伊坂忠夫・藤田聡 (2012) 球技選手の方向変換能力向上のためのジグザグ走の検討. *体育学研究*, 57 (1) : 225-235.
- 小野寺和也・森本吉謙・入澤裕樹・波戸謙太 (2021) 大学野球選手における二塁から本塁への走塁における第二リード位置の検討. *スポーツパフォーマンス研究*, 13, 492-502.
- Smith, N., Dyson, R. , Hale, T. and Janaway, L. (2006) Contributions of the inside and outside leg to maintenance of curvilinear motion on natural turf surface. *Gait posture*, 24: 453-458.
- 竹田正樹・中村航記・吉田真士・服部駿平・今泉駿・宮本直人 (2019) 野球の走塁におけるライン取りがタイムに及ぼす影響. *日本機械学会シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2019 講演論文集*, B-20.

田邊智・川端浩一・山田一典・村上雅俊（2019）野球における盗塁時間と走速度，ストライド，ピッチ，歩隔との関係について．大阪体育学研究，57: 15-27.

鳥越規央（2014）勝てる野球の統計学 サイバーメトリクス．岩波書店，東京．

Tsuno T., Nagahara R., Mizutani M., Matsuo A., Nakamoto H. and Maeda A. (2016) Relationship of base-running performance with running direction and its change. 34rd International conference on biomechanics in sports: 18-22.

吉野篤志・杉山允宏（2007）野球選手の体格・体力および運動能力の発達的特徴．愛媛大学教育学部紀要，54（1）：149-155.

Young WB., Dawson B., and Henry GJ. (2015) Agility and change-of direction speed are independent skills: implications for training for agility in invasion sports. Int J Sports Sci Coach, 10（1）：159-69.

## 第 2 章

阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田英孝・平野敬靖（1994）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—．佐々木秀幸ほか監修，世界一流競技者の技術．株式会社ベースボール・マガジン社，東京

Ae, M., Ito, A. and Suzuki M. (1992) The men's 100 meters: Scientific research project at the 3rd World Championship in Athletics, Tokyo 1991. New Stud. Athl. 7: 47-52.

Brüggemann, P. and Glad, B. (1990) Time analysis of sprint events: Scientific research project at the games of the XIV-the Olimpiad-Seoul 1988. New Stud Athl, 5, Supplement: 27-55.

Coleman, E. and Amonette E. W. (2015) Sprint accelerations to first base among major league baseball players with different years of career experience. Journal of strength and conditioning research, 29（7）：

1759-1765.

- Coleman, E. (2007) Running speed in professional baseball. *National strength and conditioning association*, 29 (3) : 72-76.
- 遠藤俊典・宮下憲・尾縣貢 (2008) 100m 走後半の速度低下に対する下肢関節のキネティクスの要因の影響. *体育学研究*, 53: 477-490.
- 原田康明・植屋春見 (1969) 野球におけるベースランニングの一考察. *体育学研究*, 13 (5) : 236.
- 羽鳥好夫 (1978) 野球における走塁に関する研究 (第 2 報) - 初心者と熟練者の本塁-2 塁間の走塁について -. *東京学芸大学紀要*, 30 (2) : 245-251.
- 北哲也・古川統英・小松昌平・亀田麻衣・前田明 (2013) 高負荷全力ペダリングトレーニングが野球選手の 30m 疾走タイムに及ぼす影響. *トレーニング科学*, 25 (1) : 69-78.
- Mackala K. (2007) Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres. *New Stud. Athlet.*, 22: 7-16.
- McEvoy, P. Kerry and Newton, U. Robert. (1998) Baseball throwing speed and base running speed: the effects of ballistic resistance training. *Journal of strength and conditioning research*, 12 (4) : 216-221.
- Mero, A., Komi, V., and Gregor, J. (1992) biomechanics of sprint running A review. *Sports Med.*, 13: 376-392.
- Miyaguchi, K., Demura, S., Nagai, K., and Uchida, Y. (2011) Comparison of base running in baseball players and track-and-field athletes. *Health*, 3 (1) : 26-31.
- 水本篤・竹内理 (2008) 研究論文における効果量の報告のために - 基礎的概念と注意点 -. *英語教育研究*, 31: 57-66.
- Moravec, P., Ruzicka, J., Susanka, P., Dostal, E., Kodejs, M. and Nosec, M. (1988) The 1987 international athletic foundation/ IAAF scientific project report: time analysis of 100 meters events at the II world championships in athletics. *New Studies in Athletics*, 3: 61-96.
- 森岡保典・阿江通良・岡田英孝・高松潤二・宮下憲 (1997) 100m 疾走にお

- ける下肢動作の変化の分析—下肢動作顕出装置の開発と応用—.  
Japanese journal of sports sciences, 16: 111-118.
- 村上豊 (1989) 科学する野球/ドリル編. 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京.
- 大岡昌平・藤村美歌・前田正登 (2013) 野球における進塁時間短縮方法に関する研究. 体育・スポーツ科学, 22: 41-48.
- Richard, L. (1997) Physiology and biophysics of the 100m sprint. News. Physiol. Sci., 12: 131-136.
- 鈴木康夫 (2011) 野球心得書. 日刊スポーツ出版社, 東京.
- 竹田正樹・中村航記・吉田真士・服部駿平・今泉駿・宮本直人 (2019) 野球の走塁におけるライン取りがタイムに及ぼす影響. 日本機械学会シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2019 講演論文集, B-20.
- 戸栗和秀 (2003) 一つ先を狙う走塁 [PART1] 現場からの声. ベースボール・マガジン社編 ベースボールクリニック 2003年05月17日発売号. ベースボール・マガジン社, 東京.
- ウインフィールド: 前田祐吉訳 (1994) ウインフィールドのベースボールバイブル. 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京.

### 第3章

- 阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田英孝・平野敬靖 (1994) 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—. 佐々木秀幸ほか監修, 世界一流競技者の技術. 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京
- 阿江通良・湯海鵬・横井孝志 (1992) 日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定. バイオメカニズム, 11: 23-33.
- 東洋功・矢内利政 (2012) 陸上競技の短距離走における曲走路疾走中の身体の角運動量. バイオメカニクス研究, 16: 128-137.
- 東洋功・矢内利政 (2012) 陸上競技の短距離走における曲走路疾走中の身体

- の角運動量. バイオメカニクス研究, 16: 128-137.
- Churchill, M, Trewartha, G., Bezodis, N. and Salo, T. (2015a) Force production during maximal effort bend sprinting: Theory vs reality. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 26: 1171-1179.
- Churchill, M., Salo, T. and Trewartha, G. (2015b) The effect of the bend on technique and performance during maximal effort sprinting. *Sports biomechanics*, 14: 106-121.
- Dos' Santos, T., Thomas, C., Comfort, P. and Jones, P. (2018) The effect of angle and velocity on change of direction biomechanics: an angle-velocity trade-off. *Sports Medicine*, 48: 2235-2253.
- Ferro, A. and Floria, P. (2013) Differences in 200-m sprint running performance between outdoor and indoor venues. *Journal of strength and conditioning research/ National strength & conditioning association*, 27: 83-88.
- 藤井雅文・鈴木智晴・蔭山雅洋・前田明 (2021) 大学野球選手における 2 塁走者の最適な第 2 次リード位置の検討. *九州体育・スポーツ学研究*, 35 (1) : 37-43.
- 後藤寿彦, 株式会社ジャニス監 (2010) できる! スポーツテクニク② 野球バッティング・走塁. 株式会社ポプラ社, 東京.
- 羽鳥好夫 (1978) 野球における走塁に関する研究 (第 2 報) - 初心者と熟練者の本塁-2 塁間の走塁について -. *東京学芸大学紀要*, 30 (2) : 245-251.
- 平野裕一 (2016) *BBM スポーツ科学ライブラリー 科学する野球 バッティング&ベースランニング*. 株式会社ベースボール・マガジン社.
- 木野村嘉則・木下達生・波戸謙太・葛原憲治 (2017) 野球における二塁までのベースランニング時の走塁コースの分類に関する試案: 中学生及び高校生による自由走路疾走条件を事例として. *東邦学誌*, 46 (2) : 93-104.
- 水本篤・竹内理 (2008) 研究論文における効果量の報告のために - 基礎的概念と注意点 -. *英語教育研究*, 31: 57-66.
- 村上豊 (1989) *科学する野球/ドリル編*. 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京.

- 大岡昌平・藤村美歌・前田正登（2013）野球における進塁時間短縮方法に関する研究．体育・スポーツ科学, 22: 41-48.
- 大岡昌平・藤村美歌・前田正登（2013）野球における進塁時間短縮方法に関する研究．体育・スポーツ科学, 22: 41-48.
- 太田洋一・中村力・浦田達也・伊藤章（2010）簡易な測定法を用いた走幅跳におけるパフォーマンスと助走・踏切速度の関係．コーチング学研究, 24（1）：27-33.
- 小野寺和也・森本吉謙・入澤裕樹・波戸謙太（2021）大学野球選手における二塁から本塁への走塁における第二リード位置の検討．スポーツパフォーマンス研究, 13, 492-502.
- 塩田充夫（2015）本当の基本が身に付く軟式野球入門 走塁・戦術編．株式会社ベースボール・マガジン社，東京．
- Stoner, J., and Ben-sira, D. (1978) Sprinting on the curve, in terauds, J. and Dales, G. (ed), Science in athletics.
- 田邊智・川端浩一・山田一典・村上雅俊（2019）野球における盗塁時間と走速度，ストライド，ピッチ，歩隔との関係について．大阪体育学研究, 57: 15-27.
- 戸栗和秀（2003）一つ先を狙う走塁 [PART1] 現場からの声．ベースボール・マガジン社編 ベースボールクリニック 2003年05月17日発売号．ベースボール・マガジン社，東京．
- Tsuno T., Nagahara R., Mizutani M., Matsuo A., Nakamoto H. and Maeda A. (2016) Relationship of base-running performance with running direction and its change. 34rd International conference on biomechanics in sports: 18-22.
- Winter, A. (1990) Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley & sons, New York.
- ウインフィールド： 前田祐吉訳（1994）ウインフィールドのベースボールバイブル．株式会社ベースボール・マガジン社，東京．

## 第 4 章

- Churchill, M, Trewartha, G., Bezodis, N. and Salo, T. (2015a) Force production during maximal effort bend sprinting: Theory vs reality. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 26: 1171-1179.
- Hey, G. (2002) Cycle rate, length and speed of progression in human locomotion. *J. Appl. Biomech*, 18: 257-270.
- Ishimura, K. and Sakurai, S. (2016) Asymmetry in determinants of running speed during curved sprinting. *Journal of applied biomechanics*, 32: 394-400.
- 伊藤章・市川博啓・斎藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道 (1998) 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係. *体育学研究*, 43: 260-273.
- 水本篤・竹内理 (2008) 研究論文における効果量の報告のためにー基礎的概念と注意点ー. *英語教育研究*, 31: 57-66.
- 村上豊 (1989) 科学する野球/ドリル編. 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京.
- 大村一光・金高宏文 (1994) 走り幅跳びの助走に関する研究—高校生競技者におけるコントロールマーク設定のちがいが助走に及ぼす影響—. *鹿児島女子短期大学紀要*, 29: 39-50.
- Ryan, G. and Hariison, J. (2003) Technical adaptations of competitive sprinters induced by bend running. *New studies in athletics*, 18: 57-70.
- Schreurs, M., Benjaminse, A. and Lemmink, K. (2017) Sharper angle, higher risk? The effect of cutting angle on knee mechanics in invasion sport athletes. *Journal of biomechanics*, 63: 1-7.
- 田邊智・川端浩一・山田一典・村上雅俊 (2019) 野球における盗塁時間と走速度, ストライド, ピッチ, 歩隔との関係について. *大阪体育学研究*, 57: 15-27.
- ウインフィールド: 前田祐吉訳 (1994) ウインフィールドのベースボールバ

イブル. 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京.

Yanai, T., and Hey, G. (2004) Combinations of cycle rate and length for minimizing the muscle power requirement in human running. *J. Appl. Biomech.*, 20 (1) : 51-70.

## 第 5 章

Alt, T., Heinrich, K., Funken, J. and Potthast, W. (2015) Lower extremity kinematics of athletics curve sprinting. *J. Sports Sci*, 33: 552-560.

American baseball coaches association (2001) *Baseball Skills and Drills: American Baseball Coaches Association (Skills & Drills)*. Human Kinetics Co, New York.

Churchill, M, Trewartha, G., Bezodis, N. and Salo, T. (2015a) Force production during maximal effort bend sprinting: Theory vs reality. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 26: 1171-1179.

後藤寿彦, 株式会社ジャニス監 (2010) *できる! スポーツテクニク② 野球バッティング・走塁*. 株式会社ポプラ社, 東京.

原田康明・植屋春見 (1969) 野球におけるベースランニングの一考察. *体育学研究*, 13 (5) : 236.

Ishimura, K. and Sakurai, S. (2016) Asymmetry in determinants of running speed during curved sprinting. *Journal of applied biomechanics*, 32: 394-400.

功力靖雄 (1999) *アマチュア野球教本Ⅱ 攻撃のマニュアル*. 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京.

村上豊 (1989) *科学する野球/ドリル編*. 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京.

西正文 (2015) *差がつく練習法 野球 試合で生きる守備・走塁ドリル*. 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京.

大岡昌平・藤村美歌・前田正登 (2013) 野球における進塁時間短縮方法に関

- する研究. 体育・スポーツ科学, 22: 41-48.
- 小野寺和也・森本吉謙・入澤裕樹・波戸謙太 (2021) 大学野球選手における二塁から本塁への走塁における第二リード位置の検討. スポーツパフォーマンス研究, 13, 492-502.
- 佐藤隆彦・矢内利政 (2015) 半径の小さな曲線走動作における身体の方位変化メカニズム. 体育学研究, 60: 577-588.
- 塩田充夫 (2015) 本当の基本が身に付く軟式野球入門 走塁・戦術編. 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京.
- 鈴木尚広 (2017) 鈴木尚広の走塁バイブル. 株式会社ベースボール・マガジン社, 東京.
- Viellehner, J., Heinrich, K. Funken, J., Alt, T., Potthast, W. (2016) Lower extremity joint moments in athletics curved sprinting. International conference of Biomechanics in Sports, 34.

## 謝 辞

本学位論文は、国士舘大学体育学部 角田直也教授のご指導のもと執筆することが出来ました。角田先生には大学院修士課程入学から現在までの研究活動の全てにおいてご指導いただきました。修士課程に入学した際に角田先生から戴いた「色々と自動で出来る時代になっているが、まず自分自身の手を汚しながら測定や分析をしないと物事の本質は理解できないよ」というお言葉は今でもはっきりと覚えており、私の研究者としての基礎となっております。常日頃から、「博士の学位取得はゴールではなく、スタートだ」とお声掛け戴き、導いて下さいました。ここに厚く御礼申し上げます。また、本学位論文の副査を快く引き受けてくださった国士舘大学体育学部 船渡和男特任教授、法政大学スポーツ健康学部 平野裕一教授の先生方にも心より感謝申し上げます。先生方には研究者として、また、野球人としての両方の視点から様々なご指摘、ご助言を賜りました。ここに重ねて御礼申し上げます。

桜美林大学健康福祉学群 宮崎光次教授には大学院に進むきっかけを与えていただきました。また、私の院生生活を支えていただきながら、論文を投稿する際にも大変貴重なお力添えを賜りましたことに、心より御礼申し上げます。

国士舘大学政経学部 田中重陽准教授、同大学体育学部 熊川大介准教授の諸先生方には、修士課程入学時から常にお声掛け戴きました。日々の私生活から、研究談義、共に携わった仕事などで叱咤激励をたくさん戴く中で先生方に憧れ、研究職を目指すきっかけとなりました。今回の学位取得の際にも様々なアドバイスを戴き、心から御礼申し上げます。

横浜商科大学 谷中拓哉講師には、国立スポーツ科学センターで一緒に働かせていただいた時期から大変お世話になりました。実験実施から分析方法まで細部にわたりご指導戴いたおかげで今回の学位論文を執筆することができました。本当に感謝しております。

国士舘大学身体運動学教室の諸先輩方、同期ならびに後輩の皆様には、多大なるご支援やご助言を賜りました。研究活動のみでなく私生活に渡り、皆

様の支えがありここまで辿りつくことが出来ました。本当に感謝しております。ありがとうございました。

最後に、ここまで暖かく見守りながら、常に応援する言葉をかけてくれた両親に感謝申し上げます。