

野球の走塁における一塁ベースへの走り抜け走と ヘッドスライディング走のバイオメカニクス的研究

宮西 智久¹⁾ 柴山 一仁¹⁾ 永原 隆²⁾

Tomohisa Miyanishi¹, Kazuhito Shibayama¹, Ryu Nagahara²: A biomechanical study of running through first base and head-first sliding into the base for base running in baseball.

和文抄録：

本研究の目的は、野球のホームベースから一塁ベースへの走塁において、一塁ベースを走り抜けた場合（走り抜け走）とヘッドスライディングした場合（ヘッドスライディング走）の走動作をキネマティクスの観点から調査することにより、どちらの走法がより早く一塁ベースへ到達できるかを明らかにすることであった。大学野球部に所属する12名の野手が実験に参加した。加速度計を取り付けた2台の特製のラバーマットセンサーを用いて、両走法におけるホームベースから一塁ベース間の走塁時間を測定した。また、ハイスピードビデオカメラを用いて、両走法における走塁動作を分析した。走塁時間は、走り抜け走がヘッドスライディング走よりも統計的に有意に短かった。走速度は、走塁局面全体にわたり、走り抜け走がヘッドスライディング走を上回り、各通過時点において有意に大きかった。身体重心高（身長比）は、走塁局面の3.0-8.0 m 区間ではヘッドスライディング走が走り抜け走よりも有意に高く、20.0-24.0 m ではヘッドスライディング走が走り抜け走よりも低かった。結論として、本研究の結果は、ヘッドスライディング走は走り抜け走よりもベースからベースへ移動するためにより効果的ではないというエビデンスを提供している。本研究の結果を確証するためには、さらなる調査が必要である。

Key words: collegiate baseball player, time of travel, base running speed, whole body center of gravity, kinematics
キーワード: 大学野球選手, 走塁時間, 走速度, 身体重心, キネマティクス

1. はじめに

野球における走塁技術は、チームの得点力を大きく左右するため、攻撃的野球を目指す上で欠かせない技術要素の一つである。野球における走塁の課題は、できるだけ短時間で、かつ安全にベースに到達することである (Ficklin, et al., 2016)。一般に、走塁時の触塁の技術は、走速度をできるだけ維持して走りながら触塁する場合と、ベースに留まるためにベースに向けて急激に減速し停止する、すなわち滑り込み（スライディング）し

ながら触塁する場合に分けられる。前者の走りながら触塁する技術には、ベースを直線的に走り抜けて触塁する技術と走方向を曲線的に変換しながら触塁する技術がある。一方、後者の滑り込みながら触塁する技術には、大きくベースへ向けて両腕を伸ばして頭から跳び込むヘッドスライディング (head-first sliding) 技術と、片側の足を伸ばして滑り込むフットスライディング (feet-first sliding) 技術がある (Corzatt, et al., 1984)。野球の技術指導の現場では、ヘッドスライディング技術は、走り抜けやフットスライディング技術より

1) 仙台大学大学院スポーツ科学研究科
〒989-1693 宮城県柴田郡柴田町船岡南2丁目2-18

2) 鹿屋体育大学
〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1

1. Graduate School Division of Sport Science, Sendai University
2-2-18 Funaokaminami, Shibata, Miyagi 989-1693, Japan

2. National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
Shiromizu-cho, Kanoya, Kagoshima 891-2393, Japan

も、身体（特に上肢、頭部、頸部）への負担が大きく、怪我のリスクが高いといわれているものの（Hosey & Puffer, 2000; Janda, et al., 1993; Kane, et al., 2002), 早くベースへ到達できると考えられていることから、野球やソフトボールの全ての年齢層の選手に推奨されてきた（Hosey, et al., 2003; 石井, 1969; Johnson, et al., 2001; Kane, et al., 2002; Kindall, 1993). これらの野球の走塁時の触塁技術について、ヘッドスライディング技術とフットスライディング技術、また、走り抜けとヘッドスライディング技術をキネマティクスの観点から比較検討した研究が散見される。

ヘッドスライディングとフットスライディングの技術を比較した研究では、走塁時間に差がないとする報告（Ficklin, et al., 2016; Hosey, et al., 2003; Kane, et al., 2002）があるのに対して、ヘッドスライディングはフットスライディングよりも走塁時間が短いとする報告（綿田ほか, 1990）もあり、双方の技術の優劣に一致した見解が得られていない。一方、走り抜けとヘッドスライディングの技術を比較した研究（淵本, 1995）では、一塁ベース手前 8 m 地点からベースまでの到達時間などが 3 条件（①一塁ベースを走り抜けた場合、②通常のヘッドスライディングをした場合、③ヘッドスライディング距離を短くした場合）で比較され、走り抜けは通常のヘッドスライディングよりも触塁までに要した時間が統計的に有意に短かったことを報告している。ただし、この研究の掲載誌は学会大会の予稿集であり、研究方法その他の詳細を伺い知ることができない。また、ヘッドスライディングとフットスライディングに加え、走り抜けた場合やスライディングせずに塁上でストップした場合の走塁時間（二塁ベース手前 10 m 地点から触塁までの時間）などを調査した研究（Ficklin, et al., 2016）によれば、走り抜けた場合は、フットスライディングやストップした場合に比べ、統計的に有意に走塁時間が短かったものの、ヘッドスライディングとの比較では、有意な差が見出されなかったことを報告している。したがって、これまでの研究では、走り抜けとヘッドスライディングの優劣を結論付ける十分なエビ

デンスが得られていない。

このように、触塁技術における走り抜けとヘッドスライディングの優劣について一致した見解は得られていないが、前述したように、ヘッドスライディングの遂行は、身体への重篤な怪我のリスクを高める。このため、実際の試合において、打者走者は、怪我のリスクを負ってまでもヘッドスライディングを強行するようなことはしない。つまり、実際の試合において、ヘッドスライディングは、試合の勝敗を決定するような重大な局面でしか使われていないと考えられる。これらの状況とは、①試合の終盤、②ビハインドまたは同点状況、③塁上（特に二塁、三塁ベース上）に走者がいる、④内野安打となる可能性が高い打ち損じた内野ゴロ（つまりポテポテの内野ゴロ）を打った状況などであろう。とりわけ、これらの 4 つの局面が重複する状況、たとえば 9 回裏の攻撃において走者が塁上におり、一打逆転のケースで、打者がポテポテの内野ゴロを打った場合や内野手の守備位置の間にゴロが転がった場合では、打者走者は一塁ベースへヘッドスライディングを決断する蓋然性が極めて高いと考えられる。

先行研究（Ficklin, et al., 2016; 淵本, 1995）では、打者走者が一塁ベース（ただし、Ficklin, et al.(2016) は二塁ベースを使用している）を走り抜けた場合とヘッドスライディングした場合を比較しているが、いずれの研究においても、打撃から走動作へ移行する状況を想定したものではない。したがって、打者にスイングをさせた後に一塁ベースへ走塁させ、ベースを走り抜けた場合とヘッドスライディングした場合を比較することで、より実践的に有用な知見が得られると考えられる。

本研究の目的は、ホームベースから一塁ベースへの走塁（一塁打走）において、一塁ベースを走り抜けた場合（以下、「走り抜け走」とする）と一塁ベースへヘッドスライディングした場合（以下、「ヘッドスライディング走」とする）に着目して、本塁から一塁ベースまでの走塁時間および走速度などをキネマティクスの観点から比較検討することにより、どちらの走法がより早く一塁

ベースへ到達できるのかを明らかにすることであった。本研究の仮説として、ヘッドスライディング走は、走塁局面後半にヘッドスライディングの準備体勢に入るために身体重心を降下させなければならないため、疾走速度が低下することで走り抜け走よりも走塁時間が長くなるものと見込まれた。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、大学の硬式野球部に所属する健常な男子右打者野手 12 名であり、いずれの被験者も実験時に下肢の障害を有していない者とした。野球部チームの競技実績は、全国大会への出場経験があり、所属する大学野球連盟リーグ戦の戦績上位校であった。被験者の年齢、身長、身体質量、競技歴の平均±標準偏差は、それぞれ 19.3 ± 0.6 歳、 1.725 ± 0.048 m、 69.8 ± 5.9 kg、 10.3 ± 0.8 年であった。なお、実験に先立ち、全ての被験者にはインフォームドコンセント（研究目的、方法、実験の危険性などの説明）を行い、書面にて同意を得た。本研究は、筆頭者が所属する研究機関の倫理審査会の承認を得て実施された。

2. 実験

図 1 に、実験の模式図を示す。実験は、ヘッドスライディングによる身体外傷発生の危険性とそ

の心理的不安 (Kane, et al., 2002) をできるだけ排除するために、S 大学陸上競技場の水平跳躍種目用助走路 (全天候型走路) およびピット (砂場) において実施した。図 1 に示すように、ピットのほぼ中央 (助走路とピットを区切るラインから約 4.5 m の地点) に一塁ベースを置き、その地点から助走路に向かって 27.431 m (塁間距離) の地点にホームベースを設置した。なお、ピットのほぼ中央へ設置された一塁ベースの位置は、実験前に全被験者にヘッドスライディング走を 2 本行わせ、ヘッドスライディングが支障なくできるように決定した。走り抜け走の試技では、砂場での走行に支障を来たさないようにピットに、助走路と同じ材質のウレタンマットを設置して実施した。

2.1 走塁試技

本実験に先立ち、後述する走塁の動作分析を行うために、全ての被験者に身体に密着する半袖シャツとタイツに着替えさせ、身体の複数の部位へ目印となるテープを貼付した。また、各被験者が日常的に使用している野球スパイクを履かせた。なお、身体の安全に配慮し、希望者にはクッション材の入った胸当て (コンタクトビブス、セプター社: 質量 0.5 kg) を胴体に装着させた。ウォーミングアップ終了後、練習試技として各被験者に走り抜け走とヘッドスライディング走をそれぞれ 2 ~ 3 本行わせた。本実験では、被験者に十分

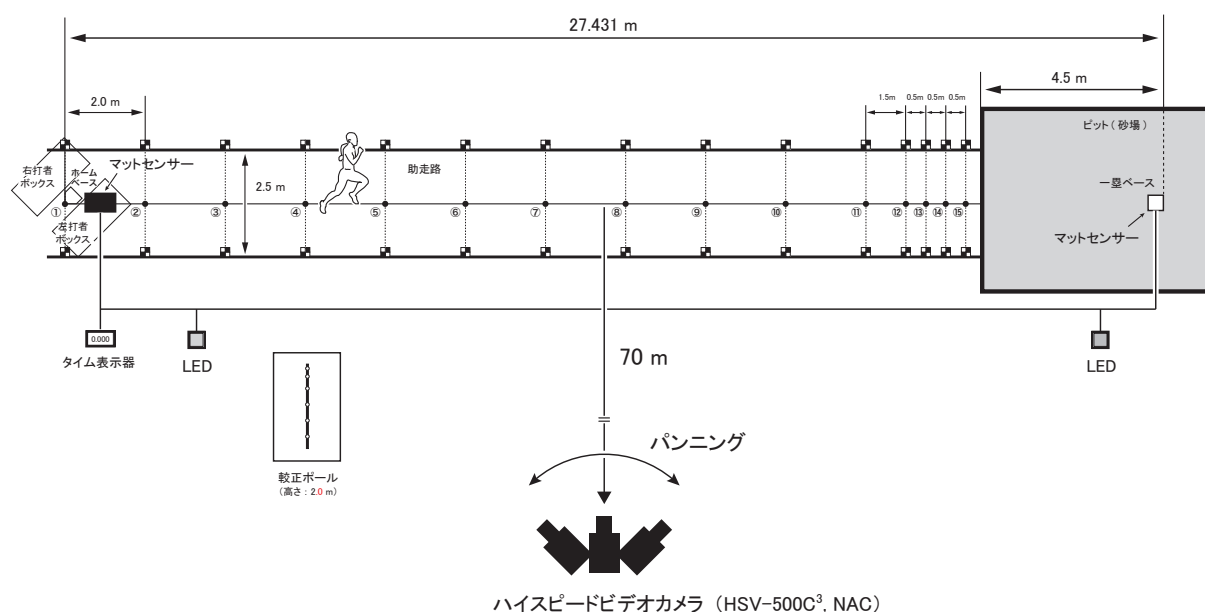


図 1 実験の模式図 (陸上競技場走り幅跳び助走路・ピット)

な回復時間を与えて各試技をランダムに3本実施させた。試技の実施にあたっては、被験者に右打者ボックスでバットを構えさせ、全力のスイング動作（ただしボールの打撃を課さない）を行わせ、一塁ベースへ向けて全力疾走することを指示した。また、バットスイング後、第1歩目の踏み出した足を左打者ボックスへ設置したマット（マットセンサー：次節参照）へ踏むように指示した（図1）。

2.2 マットセンサーシステムと走塁時間計測

走塁時間を計測するために、特製のマットセンサーを製作した（写真1）。このマットセンサーシステムは、それぞれ1個の加速度計（型式：MMA7341LT, NXP Semiconductors 社, 寸法：30W × 30D × 6H (mm), 計測範囲：±3 G）をゴムマット裏面の縁に取り付けたマットセンサー2台（左打者ボックス設置用：800W × 500D × 10H (mm), 一塁ベース設置用：381W × 381D × 10H (mm)）と1台のタイム表示器（1/1000 s 計時）から構成されている。図1に示すように、一方のマットセンサーを右打者が第1歩目を踏み出す左打者ボックス付近に、もう一方のマットセンサーを一塁ベース下に設置した。また、マットセンサーにそれぞれ取り付けた2個の加速度計とタイム表示器を2台のLED（写真1）を介してBNCケーブルを用いて直結することで、マットセンサーに足で

着地したり、手で触れたりすると、加速度が検知され、タイム表示器のタイマーがオン・オフする仕様となっている。

このようなマットセンサーシステムを用いて、被験者が（バット）スイング後にホームベースから一塁ベースに至るまでを走塁局面と定義し、各被験者が走塁局面で要した時間（走塁時間）を計測した。具体的には、本研究の走塁局面（時間）は、被験者が第1歩目を踏み出し、左打者ボックス付近に設置したマットセンサーに着地した地点（時刻）から一塁ベースに到達し、足または手がベースに触れた地点（時刻）までとした。各被験者の走塁時間は、1000分の1秒単位で計測した。

2.3 走塁の動作分析

2.3.1 撮影とキャリブレーション

走塁時の走速度変化を取得するために、各被験者の走塁方向に対して右側方70 mの地点に設置した1台のハイスピードビデオカメラ（HSV-500C³, NAC 社）を用いて、毎秒250コマの撮影速度（露出時間：1/2000 s）で2次元パンニングDLT法による分析ができるように撮影を行った（図1）。実験に先立ち、キャリブレーションのために、助走路のレーン幅を示す両サイドのライン上に30個のリファレンスマークを設置し、各両サイドのリファレンスマークを結んだ midpoint（図1：①～⑮）上に、互いの距離が既知の6個の球体（較正点）

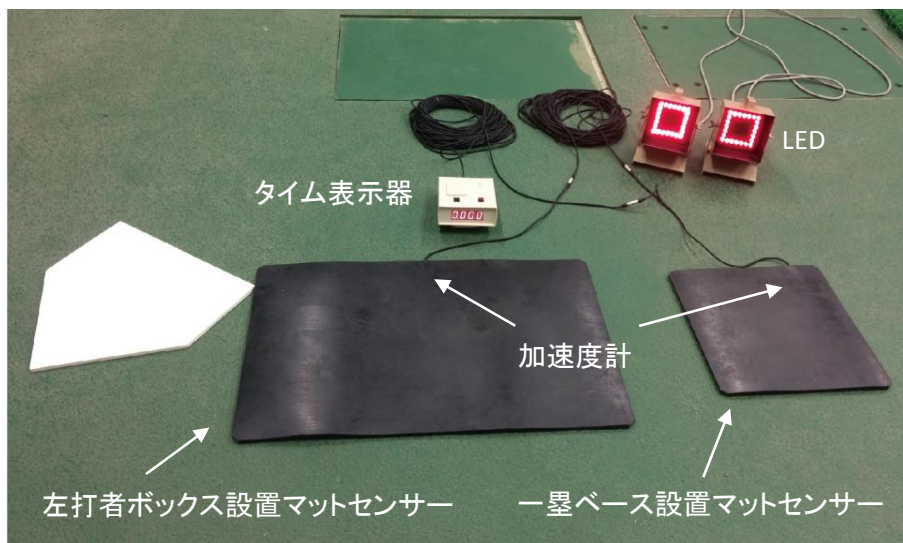


写真1 マットセンサーシステム

を取り付けた校正ポールを鉛直に立てて順次撮影した。なお、本研究では、砂場にリファレンスマークを設置することができなかつたため、助走路の縁から一塁ベース(4.5 m)までのキャリブレーションは、リファレンスマーク地点⑭と⑮に立てた校正ポールの校正点を用いて行った。キャリブレーションによる実長換算の標準誤差は、水平(X軸)方向が0.004 m、鉛直(Y軸)方向が0.006 mであった。

2.3.2 分析試技の選定

走り抜け走、ヘッドスライディング走それぞれの動作分析用の試技として、各被験者の最も走塁時間が短かった試技(最小値)を選定した^{注1)}。ただし、前述したように、砂場のキャリブレーションができなかつたため、カメラのパンニングの不適切な操作により、動作分析が困難な試技がいくつか生じた。つまり、上述の動作分析の試技として選定された各被験者の試技に動作分析が不可能な試技がいくつか含まれており、最終的に両走法の試技の動作分析が可能であったのは、7名(表1:被験者番号2, 3, 8~12)のみであった。なお、これらの7名はいずれも胸当てを装着した者であった。

2.3.3 デジタイジングと計測区間

動作分析が可能であった7名の被験者の両走法の動作と校正ポールの撮影画像をパソコンに取り込み、パソコン画面上の身体各標点12点および校正点6点等の2次元座標値を画像動作分析ソフトFrame-DIAS IV(DKH社)によりマウスを用いて手動で読み取った。身体各標点は、頭頂点、胸骨上縁点、両側の大転子点、膝関節中心点、足関節外果点、踵骨隆起点、第2足指(つま先)とした。両走法とも、分析区間の開始は、踏み出した足がマットセンサーに着地する20コマ前のコマとし、分析区間の終了は、走り抜け走については一塁ベースへ足が着地したコマの約10コマ後のコマ、ヘッドスライディング走については砂場への進入による砂塵等で身体のいずれかの標点がパソコン画面上で視認できなくなるまでのコマと

した。分析間隔は、毎秒125コマであった。

2.3.4 座標データ平滑化、身体重心と走速度の算出

身体各標点12点の時系列2次元座標データは、Butterworth型digital low-pass filterを用いて、遮断周波数10 Hzで平滑化した(Winter, 2009)。各被験者の走塁時の前方への速度(以下、「走速度」とする)は、平滑化された身体各標点座標データを用いて各被験者の身体重心を算出し、その水平成分を時間で数値微分することによって求めた。身体重心は、阿江ほか(1992)の身体部分慣性係数を使用し、各被験者の身長と身体質量を用いて被験者毎に推定した。また、走塁中の走速度の変化を調べるために、7名の各被験者について、1.5~24.0 mの計測区間の距離に対して走速度の変化を4次の多項式で近似した(Bezodis, et al., 2012; Nagahara, et al., 2014)^{注2)}。同様に身体重心高(身長比)の変化についても4次の多項式で近似した^{注2)}。その後、近似された4次多項式を用いて、2.0~24.0 m区間における各通過地点(1 m間隔)の走速度と身体重心高を被験者毎に求め、それらのデータを全被験者について加算することにより各走法における全被験者の走速度と身体重心高の平均値と標準偏差を求めた。なお、本研究では、デジタイズの量を減らすために、身体重心の位置変化に大きな影響を与えないと考えられる両側上肢各部のデジタイズは行わず、それらの部分の重心位置を含めずに身体重心を算出した。

2.4 統計分析

本研究において算出された全キネマティクス変量の統計的な差を検出するために、統計解析ソフトSPSS 23版(IBM社)を用いて、各変量の平均と標準偏差、効果量(effect size)としてCohen's d を求め、Student's t 検定(対応あり、両側検定)を行った。有意水準(p 値)は、5%未満に設定した。なお、効果量の解釈の閾値は、先行研究(Hopkins, et al., 2009)に準じ、 $d < 0.2$ (わずか)、 $0.2 \leq d < 0.6$ (小さい)、 $0.6 \leq d < 1.2$ (中程度)、 $1.2 \leq d$ (大きい)とした。

III. 結果

表 1 に、各走法における各被験者の走塁時間の最小値を示した。表 1 に示すように、12 名中 10 名の被験者の走り抜け走の走塁時間の最小値は、ヘッドスライディング走よりも短かった。各走法における走塁時間の最小値は、走り抜け走がヘッ

ドスライディング走よりも統計的に有意に短く ($p=0.033$)、効果量は中程度であった ($d=0.61$)。

図 2 に、動作分析が可能であった 7 名の被験者の各走法における瞬間の走速度と 4 次の多項式で近似した速度を示した。なお、これらの 7 名は、表 1 に示された被験者番号 2, 3, 8 ~ 12 の被験者であり、いずれも走り抜け走の走塁時間がヘッ

表 1 各走法における各被験者の走塁時間の最小値

Subj. No.	(単位:s)	
	走り抜け走	ヘッドスライディング走
1	3.780	4.045
2	3.670	4.023
3	3.869	4.002
4	4.073	4.160
5	3.856	3.685
6	3.778	3.735
7	3.526	3.547
8	3.511	4.010
9	3.632	3.771
10	4.024	4.145
11	4.094	4.120
12	3.606	3.683
平均±標準偏差	3.785±0.204	3.911±0.212
p-values	0.033	
Cohen's d	0.61	

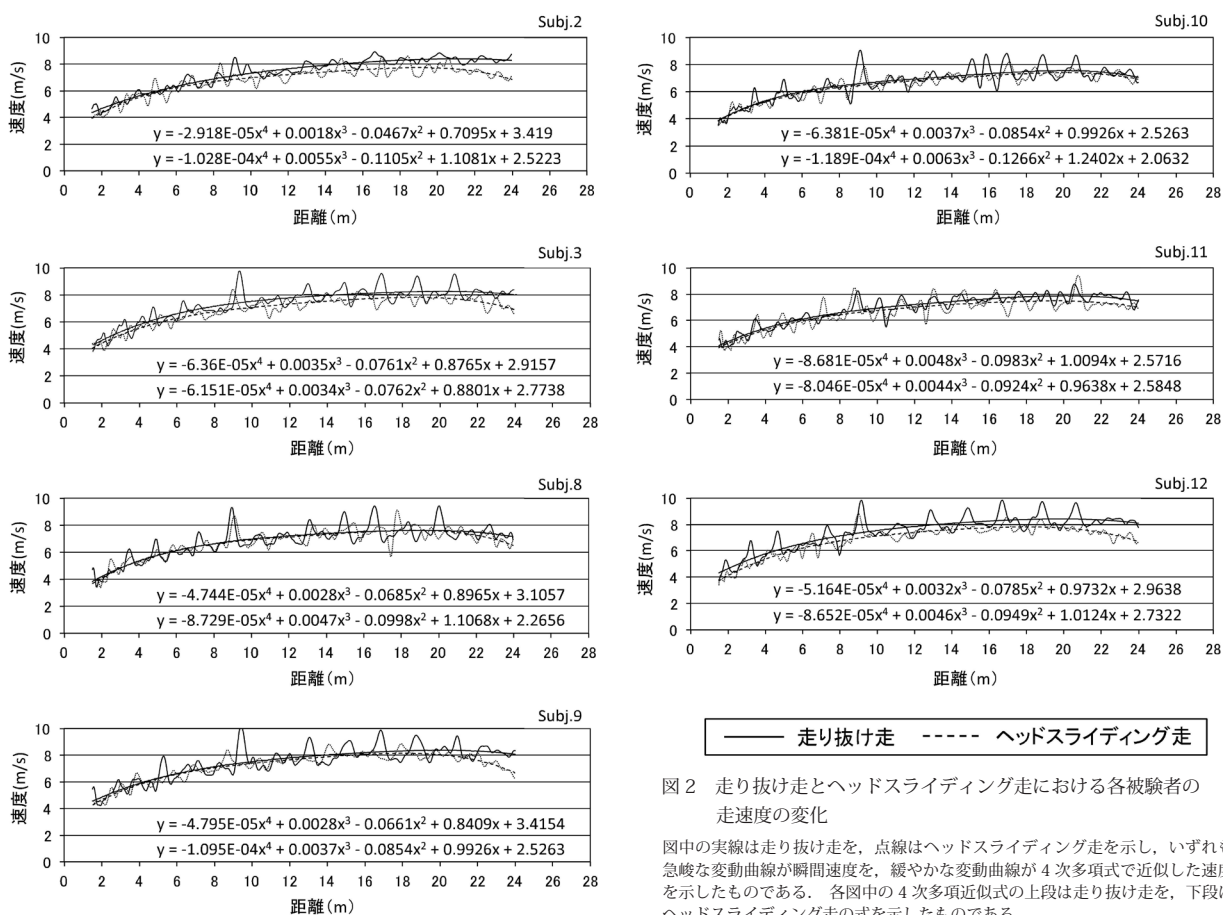


図 2 走り抜け走とヘッドスライディング走における各被験者の走速度の変化

図中の実線は走り抜け走を、点線はヘッドスライディング走を示し、いずれも急峻な変動曲線が瞬間速度を、緩やかな変動曲線が 4 次多項式で近似した速度を示したものである。各図中の 4 次多項近似式の上段は走り抜け走を、下段はヘッドスライディング走の式を示したものである。

ドスライディング走よりも短かった者であった。図2に示すように、4次の多項式で近似された走速度曲線の変化は、走塁局面全体にわたり、走り抜け走がヘッドスライディング走よりも大きい傾向にあり、特にこの差は局面後半において顕著に大きくなった。

図3に、7名の被験者の各走法における4次の多項式で近似された走速度の平均値と標準偏差の変化を示す。被験者の走り抜け走の走速度は、走塁局面全体にわたり、ヘッドスライディング走の走速度よりも大きく、同局面の各通過地点全てにおいて有意に大きかった。効果量は、20.0～24.0

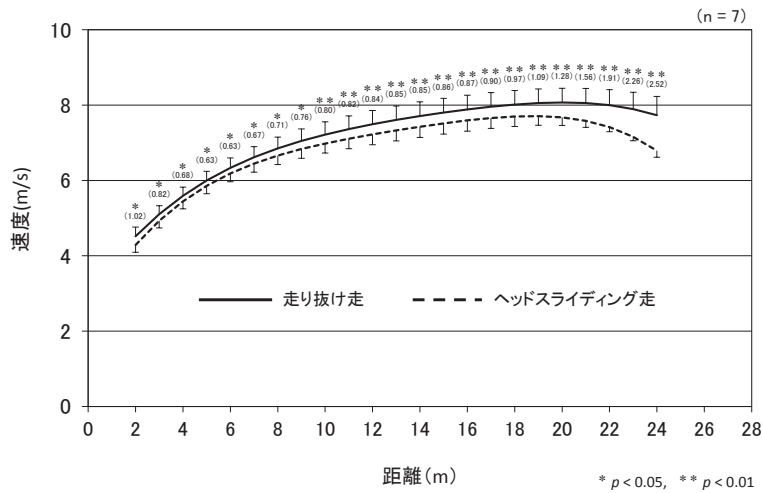


図3 走り抜け走とヘッドスライディング走における走速度（4次多項式近似曲線）の変化
 図中の両カッコ内の数字は効果量（Cohen's d）を示したものである。

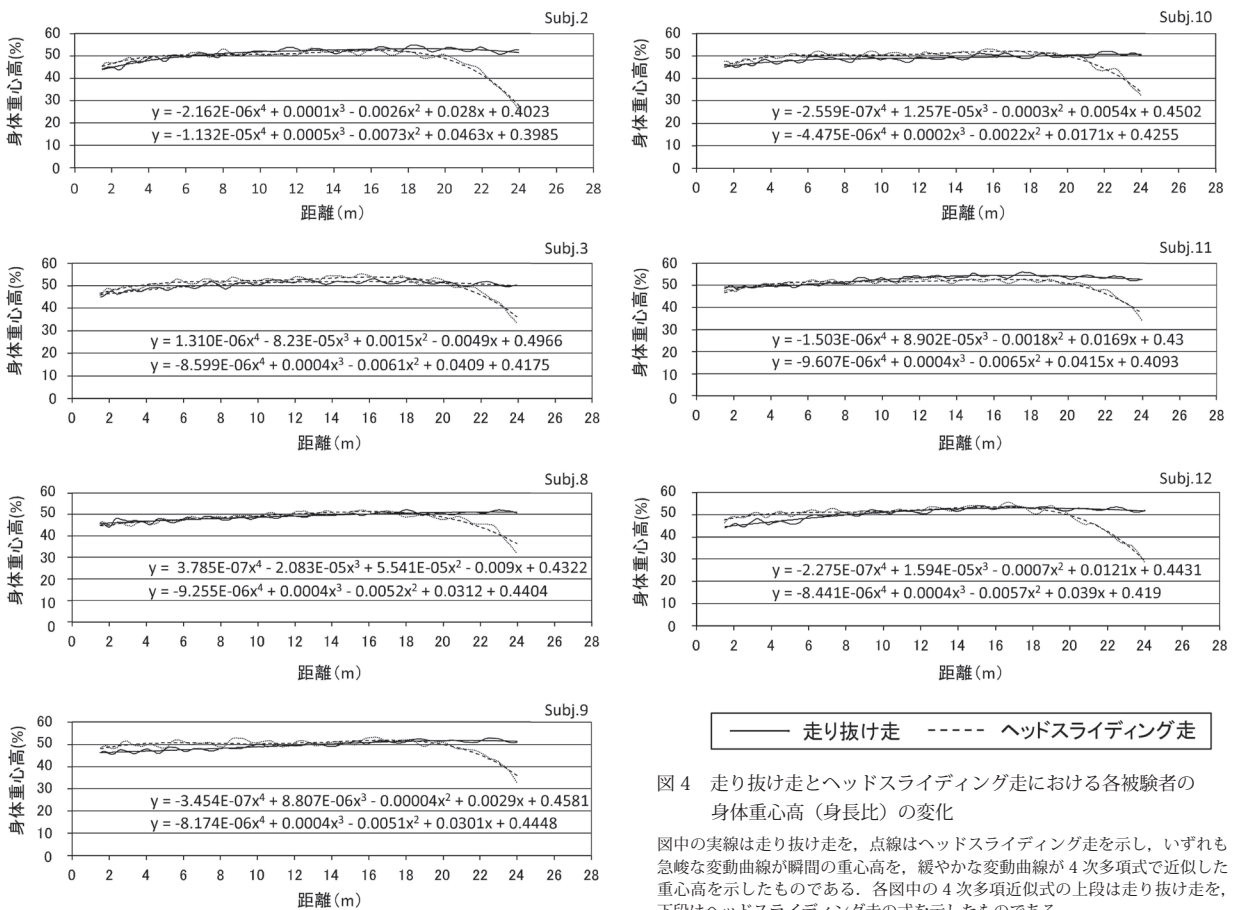


図4 走り抜け走とヘッドスライディング走における各被験者の身体重心高（身長比）の変化
 図中の実線は走り抜け走を、点線はヘッドスライディング走を示し、いずれも急峻な変動曲線が瞬間の重心高を、緩やかな変動曲線が4次多項式で近似した重心高を示したものである。各図中の4次多項近似式の上段は走り抜け走を、下段はヘッドスライディング走の式を示したものである。

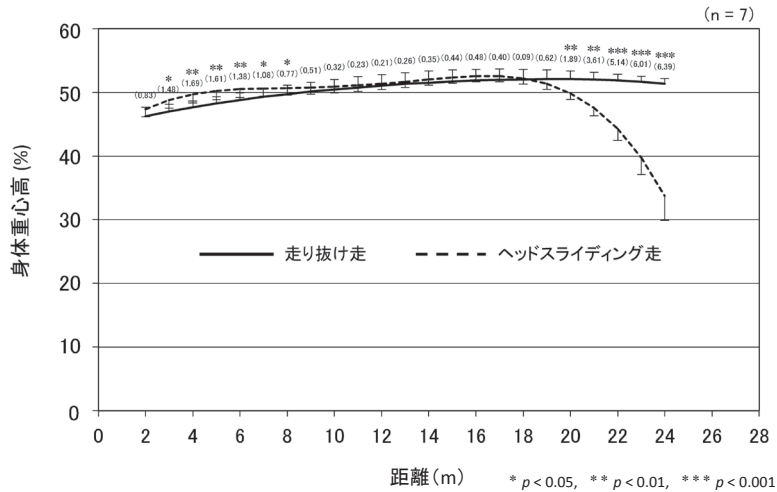


図5 走り抜け走とヘッドスライディング走における身体重心高（4次多項式近似曲線）の変化
 図中の両括弧内の数字は効果量（Cohen's *d*）を示したものである。

mと2.0～19.0 mにおける各通過地点においてそれぞれ大と中程度であった。

図4に、動作分析が可能であった7名の被験者の各走法における瞬間の身体重心高と4次の多項式で近似した身体重心高を示した。図4に示すように、4次の多項式で近似された身体重心高曲線の変化は、走塁局面前半ではヘッドスライディング走が走り抜け走よりも若干高い傾向にあり、局面後半ではヘッドスライディング走が走り抜け走よりも顕著に低かった。

図5に、7名の被験者の各走法における4次の多項式で近似された身体重心高（身長比）の平均値と標準偏差の変化を示す。身体重心高曲線の変化は、走塁局面の3.0～8.0 mではスライディング走が走り抜け走よりも有意に高く、同局面の20.0～24.0 mではスライディング走が走り抜け走よりも有意に低かった。5%未満の有意差が認められた各通過地点の効果量は、3.0～6.0 mおよび20.0～24.0 mにおける各通過地点において大であり、7 mと8 m通過地点の効果量は中程度であった。

IV. 考察

4.1 走塁時間

本研究において、被験者（以下、「打者走者」とする）12名の走塁時間（最小値の平均値）は、走り抜け走がヘッドスライディング走よりも統計

的に有意に短いという結果（表1）が得られ、本研究の仮説が支持された。このように、本研究では、淵本（1995）の研究と同様に、走り抜けることがヘッドスライディングを行うことよりも速いとする結果を支持するものとなった。

先行研究（Hosey & Puffer, 2000; Janda, et al., 1993; Kane, et al., 2002）において、ヘッドスライディング走は、身体（特に上肢、頭部、頸部）への負担が大きく、重篤な外傷発生の危険性が高いと指摘されている。これらのことを考慮すれば、ヘッドスライディング走は、走り抜け走よりも有効ではないだけでなく、身体的な怪我のリスクに晒されるために、選手に対して推奨すべき走法ではないと考えられる。

ところで、表1を個別にみると、走塁時間の最小値の比較では、2名（Subj.5とSubj.6）の打者走者のヘッドスライディング走が走り抜け走よりも短かった。このことは、これら2名の打者走者のヘッドスライディング技術が優れているか、または逆に走り抜けの技術が劣っていることを示している事例であると考えられる。仮に、前者の場合では、技術的に優れたヘッドスライディングを行うことができれば、走り抜けるよりも早く塁に到達できる可能性を示唆している。

4.2 走速度と身体重心高

打者走者個別の走速度曲線（4次多項式近似）は、全体的に走り抜け走がヘッドスライディング走よ

りも大きかった (図2)。図3に示すように、走り抜け走の走速度曲線のピーク値 (平均±標準偏差) は、 8.07 ± 0.38 m/s で、20 m の通過地点に出現し、ヘッドスライディング走のピーク値は、 7.71 ± 0.24 m/s で19 m の通過地点に出現した。また、ヘッドスライディング動作に入ると想定される約23 m 地点^{註3)}の走速度は、走り抜け走が 7.90 ± 0.45 m/s、ヘッドスライディング走が 7.16 ± 0.11 m/s であった。走速度のピーク値が出現した地点から約23 m 地点までに減少した走速度は、走り抜け走が0.17 m/s、ヘッドスライディング走が0.55 m/s であり、速度の減少率 ((ピーク速度-約23 m の地点の速度) / ピーク速度 × 100) (阿江ほか, 1994) を求めると、走り抜け走が2.11%、ヘッドスライディング走が7.13% であった。このように、いずれの走法においても、走塁局面終盤では走速度が低下したが、特にヘッドスライディング走における走速度の減少は、走り抜け走の約3.4倍に達した。

一方、図5に示したように、走り抜け走とヘッドスライディング走の走速度の差の拡大が始まる約19 m 地点は、ヘッドスライディング走において身体重心が降下を開始する地点とほぼ一致している。すなわち、ヘッドスライディング走では、ヘッドスライディングの準備体勢に入るために身体重心を降下させなければならないことで、走速度を維持できないものと推察される。このことが、ヘッドスライディング走の走塁時間が走り抜け走よりも長くなった原因の一つになったのではないかと考えられる。

ところで、身体重心高の変化は、走塁局面前半の3.0~8.0 m 区間ではスライディング走が走り抜け走よりも有意に高かった (図5)。この理由を説明するのは難しいが、あえて挙げるとすれば、ヘッドスライディング走の試技では、あらかじめヘッドスライディングを実行することを打者走者に指示したことが何らかの心理的ストレスを打者走者に与えたこと、また、胸当て (ビブス) を装着させたことが打者走者の走動作そのものに影響を与えたことが考えられる。なお、これらのことが、両走法において、走塁局面前半の速度差の要因の一つとなった可能性も否定できず、結果とし

て走塁時間の差が生じたのではないかと考えられる。ただし、両走法において、走塁局面後半 (20.0~24.0 m 区間) の重心高と速度差の効果量は1 m 毎に徐々に増大して、いずれも1.2を大きく上回ったため、これらの変量の差がヘッドスライディング走の走塁時間に与えた影響も無視することはできないものと考えられる。

一流短距離走者の100 m 走のスピード曲線においては、スタート地点からおおよそ40 m 地点まではスピードが増加する加速期、40 m 地点から80 m 地点はスピードが一定となる定速期、80 m 地点からゴール地点はスピードが減少する減速期となることが示されている (阿江ほか, 1994)。ここで、最終局面の減速期、すなわちゴール手前20 m においてスピードが減速するのは疲労によりピッチが低下するためであるとされている (阿江ほか, 1994)。一方、本研究において、野球の一塁ベースへの走り抜け走では、塁間の距離が30 m に満たないにもかかわらず、一塁ベースの手前 (スタートから約20 m の地点) で速度がピークに達した後、減速した (図3)。この減速は、前述の100 m 走の減速期で指摘されている疲労による影響とは考えにくい。実際、二塁ベースへの触塁を課さない二盗の走動作研究 (Ficklin, et al., 2016) や、30 m の全力疾走を課した走動作研究 (蔭山ほか, 2017) では、いずれも走塁局面終盤において、走速度は減少せず、逆に増加が続くことが観察されている。したがって、走り抜け走における走塁局面終盤での走速度の減少は、触塁しなければならないために、ピッチとストライドを意図的に調整したことによって生じたものと推察される。

4.3 本研究の限界と今後の課題

本研究の結果は、打者走者の身体の安全面への配慮から、両走法実験が実際の野球場のグラウンドで実施されたものではなかった。そのため、打者走者に両走法の試技を陸上競技場の全天候型助走路および砂場ピットで行わせたことが、走塁時間に影響を及ぼしている可能性も否定できない。特に、砂場でのヘッドスライディングは地面でのヘッドスライディングよりも身体の接触面との摩

擦抵抗力が大きく、また、ベースをタッチする手を伸ばす動作の妨げになるなどの要因で、走塁時間に影響を及ぼしている可能性がある。今後、安全性を担保したうえで、野球場のグラウンドにおいて、本研究と同条件のもとで両走法実験を実施し、両走法の走塁時間を調査することが課題の一つになろう。

また、本研究では、打者走者に試技の開始前にあらかじめ一塁ベースを走り抜けるのか、それともヘッドスライディングするのかを指示して実施させた。この理由は、実際の試合において、試合の勝敗を決するような重大な局面では、打者は一塁ベースへヘッドスライディングを決断する蓋然性が極めて高いと考えられたからである。しかし、打者走者が走塁の途中で咄嗟の判断で一塁ベースへのヘッドスライディングを決断し、実行する場合もあると考えられる。こうした状況を想定して、両走法を比較検討することも、今後の課題として挙げられる。

さらに、本研究では、走速度ならびに身体重心高の変化を4次の多項式で近似したが、多項式の次数を変えれば、結果が変わる可能性もある。

V. まとめ

本研究では、野球のホームベースから一塁ベースへの走塁（一塁打走）において、ベースを走り抜ける場合（走り抜け走）とヘッドスライディングする場合（ヘッドスライディング走）をキネマティクスの観点から比較検討した。その結果、以下の知見が得られた。

1. 走塁時間は、走り抜け走がヘッドスライディング走よりも統計的に有意に短かった。
2. 走速度曲線は、走塁局面全体にわたり走り抜け走がヘッドスライディング走を上回り、各通過時点において有意に大きかった。
3. 身体重心高曲線は、走局面の前半ではヘッドスライディング走が走り抜け走よりも有意に高く、後半では有意に低かった。
4. ヘッドスライディング走における走塁局面終盤の走速度の減少は、ヘッドスライディング

に向けた準備のために身体重心を降下させたことに起因し、走り抜け走における速度の減少は、ベースを踏みつけるためにピッチとストライドを意図的に調整したことによるものと推察された。

注記

注1) 各走法において、被験者3回の走塁時間の信頼性分析を行った結果、級内相関係数 (ICC) の α 係数 (一元配置変量モデル) は走り抜け走が 0.702 であったが、ヘッドスライディング走が 0.351 と低かった。そのため、各走法において最も走塁時間が速い試技 (最小値) の被験者の走動作を比較試技として選定した。

注2) 多項式近似の次数については、走速度は止まっている状態から急激に加速し、触塁前に減速すること、身体重心高は走り出す際の低い重心が加速に伴い高くなり、スライディングや走り抜けの触塁に向けて低くなるのが想定でき、それらの変化に加えて、疾走速度や重心高が変化するとは考えにくいことから、先行研究で用いられている4次が適切であると判断した。多項式の次数を上げれば残差は減少するが、近似前の値が含む左右差 (Carpes, et al., 2010) やヒトの周期的運動における変動性の影響 (van Emmerik & van Wegen, 2000)、デジタルのノイズを反映する蓋然性が高くなり、走り抜けとヘッドスライディングにおける値の変化を比較するのに適切ではないと判断した。

注3) 図1に示すように、ホームベースから一塁ベースに向かって、約 23 m ($27.431 \text{ m} - 4.5 \text{ m} = 22.931 \text{ m}$) の通過地点は、砂場ピットの手前の地点であり、一塁ベースに向けて跳び込む (つまりヘッドスライディングに入る) 位置に相当する。

謝辞

本研究の実験の被験者として、仙台大学硬式野球部所属の部員の皆さんにご協力を頂いた。また、実験およびデータ収集にあたり、木村裕哉さんをはじめ、スポーツバイオメカニクス研究室の学生の皆さんにご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

文献

- 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
ズム学会(編) バイオメカニズム 11, 東京大
学出版会: 東京, pp.23-33.
- 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 100
m のレースパターンの分析—男子を中心に—.
佐々木秀幸・小林寛道・阿江通良(監) 世界
一流陸上競技者の技術. ベースボール・マガ
ジン社: 東京, pp.14-28.
- Bezodis, N.E., Salo, A.I.T. & Trewartha, G. (2012)
Measurement error in estimates of sprint velocity
from a laser displacement measurement device.
International Journal of Sports Medicine, 33: 439-
444.
- Carpes, F.P., Mota, C.B. & Faria, I.E. (2010) On the
bilateral asymmetry during running and cycling
- A review considering leg preference. *Physical
Therapy in Sport*, 11: 136-142.
- Corzatt, R.D., Groppe, J.L., Pfautsch, E. & Boscardin,
J. (1984) The biomechanics of head-first versus
feet-first sliding. *American Journal of Sports
Medicine*, 12: 229-232.
- Ficklin, T., Dapena, J. & Brunfeldt, A. (2016) A
comparison of base running and sliding techniques
in collegiate baseball with implications for sliding
into first base. *Journal of Sport and Health Science*,
5: 361-367.
- 淵本隆文(1995)一塁ベースへのヘッドスライディ
ングに関する動作学的分析. 日本体育学会第
46 回大会組織委員会(編) 日本体育学会第 46
回大会号: 群馬, p.397.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M. &
Hanin, J. (2009) Progressive statistics for studies in
sports medicine and exercise science. *Medicine and
Science in Sports and Exercise*, 41: 3-13.
- Hosey, R.G. & Puffer, J.C. (2000) Baseball and
softball sliding injuries: incidence, and the effect
of technique in collegiate baseball and softball
players. *American Journal of Sports Medicine*, 28:
360-363.
- Hosey, R.G., Mattacola, C.G. & Shapiro, R. (2003)
High-speed video analysis of head-first and feet-
first sliding techniques in collegiate baseball
players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13:
242-244.
- 石井藤吉郎(1969) 野球. 講談社: 東京, pp.191-
204.
- Janda, D.H., Maguire, R., Mackesy, D., Hawkins, R.J.,
Fowler, P. & Boyd, J. (1993) Sliding injuries in
college and professional baseball-A prospective
study comparing standard and break-away bases.
Clinical Journal of Sport Medicine, 3: 78-81.
- Johnson, M., Leggett, J. & McMahon, P. (2001)
Baseball skills & drills / American Baseball
Coaches Association. *Human Kinetics: Champaign,
IL*, pp.57-88.
- 蔭山雅洋・土川千尋・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
30 m 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.
- Kane, S.M., House, H.O. & Overgaard K.A. (2002)
Head-first versus feet-first sliding: a comparison
of speed from base to base. *American Journal of
Sports Medicine*, 30: 834-836.
- Kindall, J. (1993) *Baseball: Play the winning way*.
Time, Inc.: Lanham, MD, pp.47-75.
- Nagahara, R., Naito, H., Morin, J.-B. & Zushi,
K. (2014) Association of acceleration with
spatiotemporal variables in maximal sprinting.
International Journal of Sports Medicine, 35: 755-
761.
- van Emmerik, R.E.A. & van Wegen, E.E.H. (2000)
On variability and stability in human movement.
Journal of Applied Biomechanics, 16: 394-406.
- 綿田博人・近藤明彦・高梨泰彦(1990) スライディ
ング技術が走塁時間に及ぼす影響. 体育研究
所紀要(慶應義塾大学体育研究所), 30: 11-19.
- Winter, D.A. (2009) *Biomechanics and motor control
of human movement (4th Ed)*. John Wiley & Sons,

Inc.: Canada, pp.68-70.

(平成29年6月6日受付)
(平成30年2月5日受理)

英文抄録 (Abstract):

The purpose of the present study was to investigate the kinematic differences between the techniques of running through the first base (RT) and sliding head-first into first base (HF) when base running in baseball, and to clarify which running techniques is faster than the other one. Twelve varsity baseball fielders participated in this study. Two special rubber mat sensors that were equipped with an accelerometer were used to measure the time of travel from base to base for each running techniques. Moreover, a high-speed video camera was used to analyze the base running motion for both techniques. The time of travel was significantly shorter in RT than in HF. The forward velocity of the whole body center of gravity (CG) was significantly larger in RT than in HF during the entire running phase. The height of the CG (percentage of standing body height) during the first 3.0-8.0-m of the running phase was significantly higher in HF than in RT, whereas, the height of the CG in the period from 20.0-24.0-m of the running phase was significantly lower in HF than in RT. In conclusion, the results provide evidence that the head-first sliding technique may be not more effective than running through first base for travelling from base to base. Further study is necessary in order to confirm the results of this study.