

大学野球選手における走塁の運動学的解析

Kinematic Analysis of Base Running in Collegiate Baseball Players

今若 太郎 (国士舘大学大学院 スポーツ・システム研究科)
 伊原 佑樹 (国士舘大学大学院 スポーツ・システム研究科)
 手島 貴範 (国士舘大学大学院 スポーツ・システム研究科)
 田中 重陽 (国士舘大学 政経学部)
 平塚 和也 (国士舘大学 体育学部)
 岩城 翔平 (国士舘大学 体育学部)
 角田 直也 (国士舘大学大学院 スポーツ・システム研究科)

抄録

本研究は、野球の走塁における走塁時間、疾走速度及び疾走動作を明らかにすることを目的とした。大学野球選手49名を対象に、1塁走、2塁走、3塁走における走塁時間及び動作の測定を行った。走塁時間は7台の光電管システムを用いて計測をし、得られた疾走時間から疾走速度を算出した。走塁動作は、4台のビデオカメラを用いて撮影した。得られた画像から走塁時の歩数、ストライド、最大横幅長及び最大横幅長出現時の体傾斜角度を算出した。2塁走及び3塁走における区間疾走速度は、塁間の後半で有意に加速することが認められ、最大横幅長は触塁後区間で最も大きくなり、体傾斜角度においては触塁前区間において最も高い値を示した。また、触塁前区間の体傾斜角度と合計疾走時間の間には有意な負の相関関係が認められた。このことから触塁前区間における体傾斜角度は、走塁疾走時間に影響を及ぼす因子であることが推察された。

1. 緒言

走動作は生後21-24ヶ月の幼児期から観察されるように(宮丸, 2002)、ヒトにとって基本的な動作の1つであると言え、様々なスポーツにおいて速く走ることが基本的な運動能力の1つとして重要視されている。陸上競技の走能力に関しては、これまでに速度変化の様相に関す

る研究(松尾ほか, 2008)を始め、疾走動作(東・矢内, 2012; 遠藤ほか, 2008; 大沼ほか, 2014)、筋の活動様式に関する研究(小林ほか, 2009; 馬場ほか, 2000)等、多方面から検討されている。

一方で、野球の走塁については、これまでにポジション別に走塁時間を比較したものや(Eugene, 2007)、トレーニング効果が走塁時間に及ぼす影響(Kerry and Robert, 1998; 北ほか, 2013)等が報告されているが、そのほとんどがホームベースから1塁まで疾走する1塁走の疾走時間や1塁走の疾走距離に類似した30m走を対象に行われている。その為、2塁走及び3塁走を対象とした疾走時間、速度及び動作に関する報告はみられず、これらに関する知見は得られていない。

走塁に関する指導法について、2塁走以上を疾走する場合、村上(1989)は、ベース上でクイックターンを行い、直線的に走ることで走塁時間を短縮することが可能であると述べている。一方、デーブ(1996)は、スタート時からファウルグラウンドを半径4m以上のゆるやかなカーブを描いて、1塁ベースに到達することで走塁時間を短縮できるとしている。このように走塁においては、塁間における走塁方法は非常に重要視され、走塁時間に影響を及ぼすものだと考えられている。また、走塁指導ではふくらみ幅や身体の傾きの指導に多くの時間が割かれているが、指導者の主観で行われており、一貫した指導法は存在しないものといえる。

従って、本研究は大学野球選手を対象に、1塁走、2

Taro IMAWAKA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)
 Yuuki IHARA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)
 Takanori TESHIMA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)
 Shigeharu TANAKA (Faculty of Political Science and Economics, Kokushikan University)
 Kazuya HIRATSUKA (Faculty of physical education, Kokushikan University)
 Syohei IWAKI (Faculty of physical education, Kokushikan University)
 Naoya TSUNODA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

受付日：2015/6/30 受理日：2015/10/27

塁走及び3塁走の測定を実施し、疾走時間、速度、動作、塁間におけるふくらみ幅（以下「最大横幅長」とする）及びその時の身体の傾き（以下「体傾斜角度」とする）の様相について明らかにすることで、野球の指導現場において有用な知見を得ることを目的とした。

II. 研究方法

1. 被検者

被検者は、東都大学準硬式野球連盟1部に所属するK大学男子野球選手49名とした。これらの被検者は全員が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。被検者の身体的特徴は年齢：19.7 ± 0.8yrs, 身長：173.2 ± 5.7cm, 体重：68.4 ± 7.4kgであり、経験年数は12.8 ± 1.8yrsであった。

全被検者には、測定に先立ち研究の目的及び測定方法等について十分説明をし、任意により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を得た後に実施した。

2. 走塁疾走時間及び疾走動作の測定

各試技の測定前に、被検者が通常練習で行っているウォーミングアップを行い、野球用スパイクシューズを履くように指示をした。スタート姿勢は、右足を前に出し、3塁ベース方向に体を向けたスタンディングスタートを採用し、スライディングによる影響を受けない様、いずれの試技においても触塁後に駆け抜けるように説明を行った。

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、ホームベースを0m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及び82.2m地点にそれぞれ13.7m間隔で7台設置し、各区間疾走時間を計測した。走塁疾走動作の測定には、4台のデジタルビデオカメラ (DMX-FH11, SANYO社製 60Hz) を用いた。ビデオカメラの1台はダイヤモンドの中心に設置し、走者を側方よりパンニング撮影した。残りの3台は各塁の走路延長線上に固定し、走者を正面から撮影する為に使用した(図1-i)。測定試技は、1塁走、2塁走及び3塁走とし、いずれの試技も測定回数は1回とした。被検者の試技順による影響を配慮して、疲労の影響の少ない1塁走から順に行い、試技間の休息時間は7分とした。

なお、走塁疾走距離の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区間及び68.5m-82.2mをF区間とそれぞれ定義した。

3. 算出項目

1) 合計疾走時間

光電管システムにより得た各区間疾走時間を合計し、合計疾走時間を算出した。

2) 平均疾走速度及び最高疾走速度

平均疾走速度は、各試技の疾走距離(1塁走：27.4m, 2塁走：54.8m, 3塁走：82.2m)を合計疾走時間で除することにより算出した。また、最高疾走速度は、各区間疾走距離である13.7mを区間疾走時間で除し、算出した区間疾走速度の中から最も速い速度とした。

3) 疾走動作

ダイヤモンドの中心に設置したカメラによるパンニング撮影から得られた画像をパソコンに取り込み、酒井ほか(2013)の方法を参考に、スタート及び各塁から13.7m地点を越えた接地までの歩数とそこから次塁までの歩数を区間歩数として計測した。その後、区間距離である13.7mを区間歩数で除することにより区間平均ストライドを算出した。また、2塁走及び3塁走において、各塁間の走路延長線上に設置した固定カメラにて撮影した2次元平面画像より、それぞれの塁を結ぶ線から最も離れた地点において接地した足首の正面中央までを最大横幅長として計測し、同時にその地点の体傾斜角度を算出した(図1-ii)。最大横幅長は、各塁を結ぶ線から1mの平行線をグラウンドに描き、最大横幅長が出現した地点毎に校正を行い算出した。体傾斜角度においては、最大横幅長が出現した地点で接地している足首の正面中央から頭頂部を結ぶ線と垂直線から成す角度とし、内野側に倒れる傾きを+として計測した。

4. 統計処理

全ての測定値は、平均値及び標準偏差で示した。得られた値の関係性については、ピアソンの単純相関によって相関係数を算出した。また、各項目における1塁走、2塁走、3塁走の間及び各走塁試技別の区間差の検定には、2元配置分散分析を用い、有意な差が認められた際には、post-hoc test (Tukey-Kramer法)による有意差検定を行った。いずれも危険率5%未満 ($p < 0.05$) をもって有意とした。

III. 研究結果

表1に1塁走、2塁走、3塁走におけるそれぞれの合計疾走時間、平均疾走速度及び最高疾走速度を比較したものを示した。合計疾走時間は1塁走 (4.10 ± 0.22 sec)、2塁走 (8.02 ± 0.32 sec)、3塁走 (12.11 ± 0.52 sec) であっ

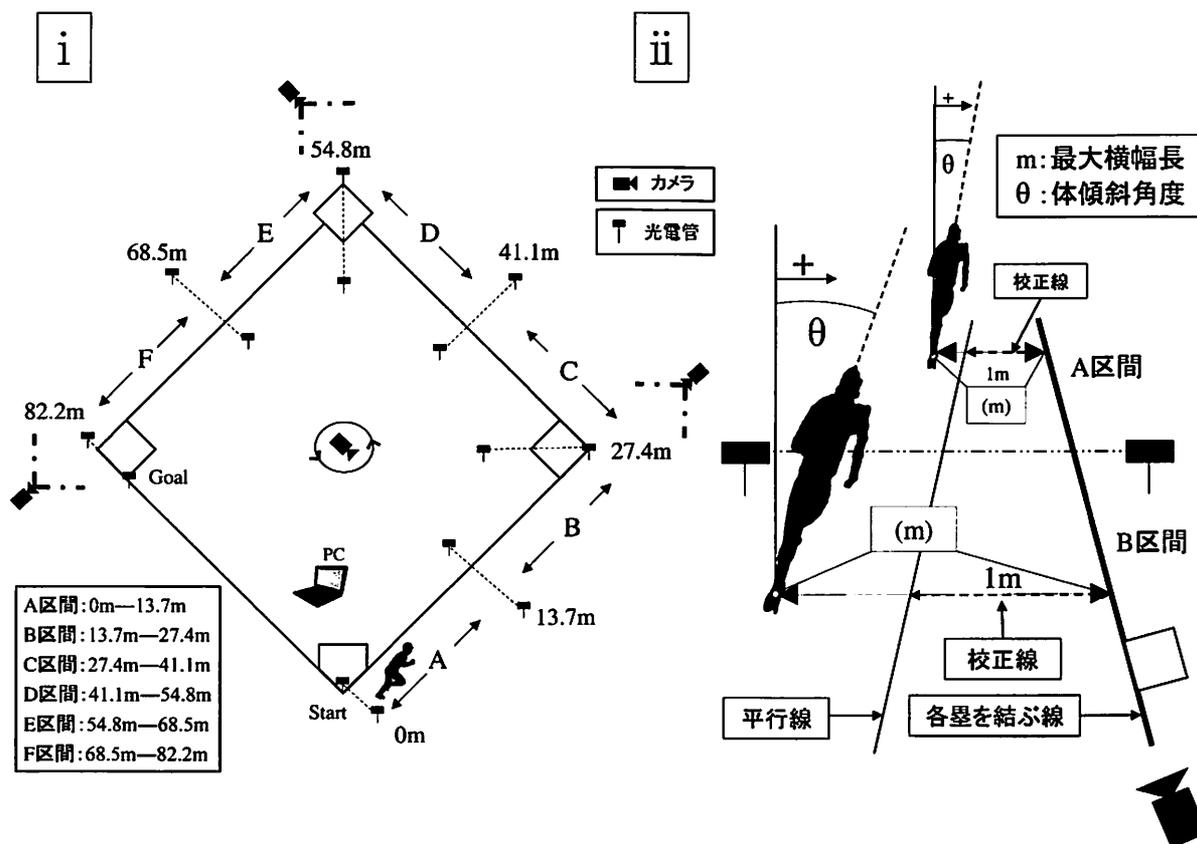


図1. 測定の模式図と定義

i : 測定の模式図と区間の定義 ii : 最大横幅長及び体傾斜角度の定義

表1. 走塁における合計疾走時間、平均疾走速度及び最高疾走速度

	Total time (sec)	Mean velocity (m/sec)	Peak velocity (m/sec)
To first base	4.10 ± 0.22	6.69 ± 0.38	7.88 ± 0.35
To second base	8.02 ± 0.32	6.84 ± 0.27	7.65 ± 0.31
To third base	12.11 ± 0.52	6.80 ± 0.28	7.58 ± 0.29

Significant difference (* p < 0.05, *** p < 0.001)

Values are mean ± S.D.

た。最高疾走速度においては1塁走 (7.88 ± 0.35 m/sec) と2塁走 (7.65 ± 0.31 m/sec) の間、1塁走と3塁走 (7.58 ± 0.29 m/sec) の間で有意な差が確認された。一方、平均疾走速度は1塁走 (6.69 ± 0.38 m/sec) と2塁走 (6.84 ± 0.27 m/sec) の間で有意な差が認められた。

表2に1塁走、2塁走及び3塁走の各区間における疾走時間、平均疾走速度、歩数及び平均ストライドをそれぞれ示した。いずれの項目においてもそれぞれの走塁試技における隣り合う全ての区間の間に有意な差が認められたものの、走塁試技間では有意な差が認められなかった。

また、いずれの試技でも区間平均疾走速度はB区間が最も速い値を示す傾向がみられた。

表3に2塁走及び3塁走における各区間最大横幅長と体傾斜角度をそれぞれ示した。最大横幅長は、2塁走、3塁走いずれにおいても隣り合う全ての区間の間で有意な差が認められたものの、走塁試技の間には有意な差が認められなかった。また、2塁走では、1塁ベース後の区間であるC区間 (3.2 ± 0.7m) が最大であり、3塁走においては2塁ベース後であるE区間 (3.3 ± 0.8m) が最も大きい値を示した。いずれの試技においても触塁後の区間で大

表2. 走塁における区間疾走時間, 区間平均疾走速度, 区間歩数及び区間平均ストライド

		Section					
		A	B	C	D	E	F
Time (sec)	To first base	2.36±0.18 ***	1.74±0.08	—	—	—	—
	To second base	2.38±0.11 ***	1.81±0.08 ***	2.01±0.11 ***	1.82±0.09	—	—
	To third base	2.39±0.13 ***	1.82±0.08 ***	2.00±0.14 ***	1.87±0.09 ***	2.06±0.13 ***	1.97±0.12
Mean velocity (m/sec)	To first base	5.82±0.47 ***	7.88±0.35	—	—	—	—
	To second base	5.76±0.27 ***	7.57±0.33 ***	6.83±0.36 ***	7.51±0.35	—	—
	To third base	5.74±0.31 ***	7.54±0.33 ***	6.84±0.45 ***	7.34±0.34 ***	6.68±0.35 ***	6.97±0.38
Step times (steps)	To first base	9.71±0.68 ***	7.63±0.53	—	—	—	—
	To second base	9.80±0.61 ***	8.00±0.46 ***	8.65±0.72 ***	7.53±0.58	—	—
	To third base	9.84±0.62 ***	8.10±0.51 ***	8.65±0.52 ***	7.84±0.55 ***	8.53±0.58 ***	7.63±0.67
Mean step length (m)	To first base	1.42±0.10 ***	1.80±0.13	—	—	—	—
	To second base	1.40±0.09 ***	1.72±0.10 ***	1.59±0.13 ***	1.83±0.15	—	—
	To third base	1.40±0.09 ***	1.70±0.11 ***	1.59±0.10 ***	1.76±0.13 ***	1.61±0.11 ***	1.81±0.16

Significant difference (***) p < 0.001) Values are mean ± S.D..

表3. 走塁における区間最大横幅長及び区間体傾斜角度

		Section					
		A	B	C	D	E	F
Most outside footprint (m)	To second base	2.0±0.6 ***	2.5±0.5 ***	3.2±0.7 ***	2.2±0.5 ***	—	—
	To third base	2.0±0.6 ***	2.6±0.5 ***	3.2±0.5 ***	2.5±0.4 ***	3.3±0.8 ***	2.4±0.6
Body angle (deg)	To second base	5.3±4.6 ***	18.6±3.3 ***	11.4±3.0 ***	5.6±2.9 ***	—	—
	To third base	5.3±4.1 ***	18.1±4.1 ***	7.7±4.5 ***	15.3±4.6 ***	11.5±3.6 ***	4.2±2.2

Significant difference (***) p < 0.001) Values are mean ± S.D..

きな値を示した。

体傾斜角度においては, 最大横幅長同様に隣り合う全ての区間で有意な差が認められ, 2塁走, 3塁走いずれの試技においても1塁ベース前の区間であるB区間(2塁走:

18.6 ± 3.3deg, 3塁走: 18.1 ± 4.1deg)で最も大きい値を示した。また, C区間及びD区間において2塁走と3塁走の間に有意な差が認められた。

図2に2塁走におけるB区間体傾斜角度と合計疾走時

間の関係を示した。両者の間には有意な負の相関関係 ($r = -0.550$, $p < 0.001$) が認められた。また、図3-iに3塁走におけるB区間体傾斜角度と合計疾走時間の関係、図3-iiに3塁走におけるD区間体傾斜角度と合計疾走時間の関係をそれぞれ示した。いずれにおいても両者の間に有意な負の相関関係 (B区間： $r = -0.672$, $p < 0.001$, D区間： $r = -0.736$, $p < 0.001$) が認められた。

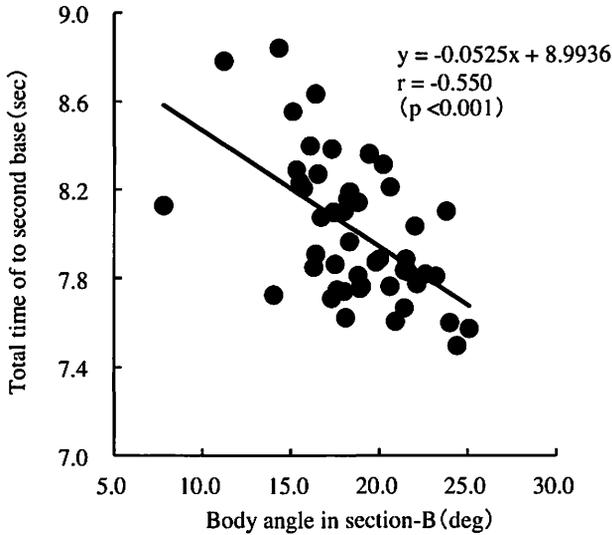


図2. 2塁走における触塁前区間 (B区間) 体傾斜角度と合計疾走時間の関係

IV. 論議

本研究は、大学野球選手を対象に1塁走、2塁走、3塁走における疾走時間、疾走速度、疾走動作の様相を明らかにすることと、2塁走及び3塁走における合計疾走時間と疾走動作の関係について検討し、走塁時間を短縮するための疾走方法を明らかにすることを目的とした。

1塁走、2塁走、3塁走全ての走塁試技における区間疾走時間、区間平均疾走速度、区間歩数及び区間平均ストライドは、いずれも塁間の前半、後半で有意に増加、減少を繰り返していることが明らかになった。また、2塁走、3塁走において区間疾走時間及び区間歩数は、塁間の前半で有意に増加し、後半においては有意に減少することが明らかになった。一方で、区間平均疾走速度及び区間平均ストライドは、塁間の前半に有意に減少し、後半では有意に増加することが示された。本研究の各区間における平均疾走速度及び平均ストライドは、区間距離である13.7mを除することで算出している。しかしながら、直線走である1塁走を除く2塁走、3塁走における実際の区間疾走距離はふくらみの分だけ13.7mより長い為、本研究の疾走速度及びストライドは過少評価されている。この点については、研究課題とし、今後、実際の走距離に基づく疾走速度、ストライドを明らかにしていきたいと考えている。

最大横幅長は、2塁走、3塁走いずれにおいても触塁後の区間で大きい値を示し、体傾斜角度においては触塁前

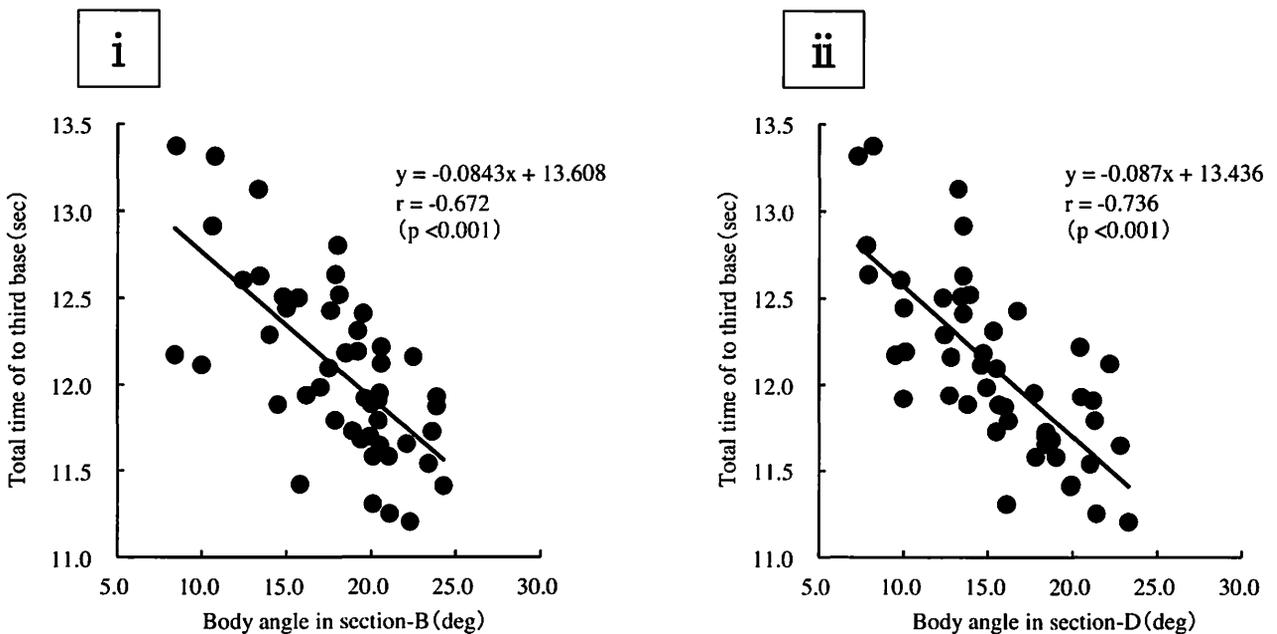


図3. 3塁走における触塁前区間体傾斜角度と合計疾走時間の関係
i : B区間体傾斜角度と合計疾走時間の関係 ii : D区間体傾斜角度と合計疾走時間の関係

の区間で大きい値を示していた。従って走塁は、触塁前において身体を内側に傾け急激な方向転換を行う反面、触塁後はゆるやかな円弧で疾走することで、いびつな円の走塁疾走軌跡を描いていることが推察された。

また、体傾斜角度においては、正面からの映像による算出の為、進行方向がほぼ次塁方向となった時の値であり、触塁直前及び直後の体傾斜角度は判別不明であった。本研究では、最大横幅長が出現した際の体傾斜角度を算出したが、今後、触塁直前、直後及び触塁中の体傾斜角度を算出することで、より詳細な走塁に関する知見を得ることが可能になると考えられた。

疾走速度はストライドとピッチに依存し、それらに強く影響されることが多く報告されていることから(内藤ほか, 2013; 伊藤ほか, 1998; 門野ほか, 2008)、触塁する為の歩幅調整及び体傾斜角度の変化を伴った急激な方向転換は、歩数やストライドに影響を及ぼし、触塁後の疾走速度低下を招いていると推察された。

実際の野球の指導現場においても、触塁前の動作は非常に重要視されている。Miyaguchi et al. (2011) は、走塁能力は単純に直線走疾走能力のみで決定するものではないとし、2塁走以上を疾走する場合、ベースの前後3mの疾走方法が走塁にとって重要なテクニックであり、そこを練習することで効率的に走塁を行えると述べている。そこで本研究は、触塁前の最大横幅長及び体傾斜角度と2塁走、3塁走における合計疾走時間の関係をそれぞれ検討した。その結果、2塁走、3塁走のいずれも体傾斜角度と合計疾走時間の間のみ有意な負の相関関係が認められ、最大横幅長では有意な相関関係は認められなかった。これらのことから、触塁前区間において体傾斜角度は合計疾走時間に影響を及ぼす因子であることが示唆された。山本ほか(2012)は、高校野球選手に対して、直径3.6mの円の周りを全力で走る曲線走トレーニングを3ヶ月行わせたところ、1塁から3塁までの走塁時間が短縮したことを報告している。本研究の結果と山本ほかの指摘を考慮すると、曲線走トレーニングを行うことにより、体傾斜角度をつけて疾走することに慣れが生じ、走塁時間が短縮されたものと推察された。これらのことから、体傾斜角度は合計疾走時間を短縮する為に重要なスキルとなり得ると考えられ、体傾斜角度を増加させるトレーニングを行うことで走塁疾走時間を短縮できるものと考えられた。

走塁において最大横幅長及び体傾斜角度は、走者それぞれの主観で決定されている為、今後、直線走能力別の至適横幅長、至適体傾斜角度を検討することで、科学的根拠に基づく具体的な走塁指導法を提案できるものと考えられる。

V. 総括

本研究は大学野球選手を対象に、1塁走、2塁走及び3塁走の測定を実施し、疾走時間、速度、動作の様相について明らかにすることで、野球の指導現場において有用な知見を得ることを目的とした。

1. 区間疾走時間、区間平均疾走速度、区間歩数、区間平均ストライドは各塁間の前後半で、有意に増加、減少を繰り返していることが明らかになった。
2. 2塁走及び3塁走における区間最大横幅長は触塁後区間に最も大きくなり、体傾斜角度においては、触塁前区間で最も高い値を示した。
3. 2塁走及び3塁走における触塁前区間体傾斜角度は、合計疾走時間に影響を与える因子であることが明らかになった。

以上のことから、走塁における疾走時間、速度及び動作の様相が明らかになった。また、体傾斜角度は合計疾走時間を短縮させる為のスキルとなる可能性が示唆された。

VI. 文献

- 1) 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(3): 128-137.
- 2) 馬場崇豪・和田幸洋・伊藤章(2000) 短距離走の筋活動様式. 体育学研究, 45: 186-200.
- 3) デーブ・前田祐吉訳(1996) ウィ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.
- 4) Eugene, Coleman. (2007) Running speed in professional baseball. National strength and Conditioning Association., 29(3): 72-76.
- 5) 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.
- 6) 伊藤章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道(1998) 100m走中間疾走局面における疾走動作と速度の関係. 体育学研究, 43: 260-273.
- 7) 門野洋介・阿江通良・榎本靖士・杉田正明・森丘保典(2008) 記録水準の異なる800m走者のレースパターン. 体育学研究, 53: 247-263.
- 8) 北哲也・古川統英・小松昌平(2013) 野球選手の疾走タイム短縮を狙ったペダリングトレーニング. トレーニング科学, 25(1): 10-1000.
- 9) 小林万壽夫・覚張秀樹・金久博昭・青山利春・角田直也(2009) ハムストリングス肉離れの経験を持つ陸上競技選

- 手の短距離疾走時における大腿部の筋活動特性—健側と患側の差異—。体力科学, 58 : 81-90
- 10) Kazuyoshi, Miyaguchi., Shinichi, Demura., Kazuya, Nagai., and Yu, Uchida. (2011) Comparison of base running in baseball players and track-and-field athletes. *Health.*, 3 (1) : 26-31.
- 11) Kerry, P. Mcvoy., and Robert, U. Newton. (1998) Baseball throwing speed and base running speed : The effects of ballistic resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research.*, 12 (4) : 216-221.
- 12) 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・土江寛裕・杉田正明 (2008) 男女100 mレースのスピード変化. *バイオメカニクス研究.* 12 (2) : 74-83.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 内藤景・菊山靖・宮代賢治・山元康平・尾縣貢・谷川聡 (2013) 短距離走競技者のステップタイプに応じた100mレース中の加速局面の疾走動態. *体育学研究.* 58 : 523-538.
- 16) 大沼勇人・平野裕一・立正伸 (2014) 陸上競技400m走後半の曲線路における左右脚の動作の変化. *体力科学.* 63 (2) : 269-278.
- 17) 酒井一樹・吉本隆哉・山本正嘉 (2013) 陸上競技短距離選手における疾走速度, スライドおよびピッチとメディシンボール投げ能力との関係. *スポーツパフォーマンス研究.* 5 : 226-236.
- 18) 山本博夫・鈴木考佳・鈴木清貴・川崎繁次・野村いずみ (2012) 金沢大学付属高校における走塁の効率的指導実践. *教育実践研究.* 38 : 37-43.

連絡責任者

住所 : 〒206-8515 東京都多摩市永山7-3-1
 国土館大学体育学部 身体運動学教室
氏名 : 今若 太郎
電話番号 : 042-339-7224
E-mail : taroimawaka@gmail.com