



野球の守備時における 移動特性と生理学的応答

小山孟志 (東海大学体育学部スポーツ医科学研究所) 澤井拓実 (岐阜県スポーツ科学センター)

宮崎誠司 (東海大学体育学部武道学科) 伊藤栄治 (東海大学体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

小河原慶太 (東海大学体育学部体育学科) 山田 洋 (東海大学体育学部体育学科)

Movement characteristics and physiological responses of the fielding during baseball games

Takeshi KOYAMA, Takumi SAWAI, Seiji MIYAZAKI, Eiji ITO, Keita OGAWARA and Hiroshi YAMADA



Abstract

The aim of this study was to investigate the movement characteristics and physiological responses of fielding in baseball games. The participants were age 17 male college baseball players. A portable GPS device was attached to their upper back, and a heart rate monitor was attached to their chest. The analysis categories were moving distance, moving speed, and heart rate, the range of analysis was from the moment the batter entered the batter's box to the moment the three-out decision was made.

As a result, the moving distance in each inning was the longest for the second baseman, 230.1 ± 88.2 m. The highest movement speed was 22.2 ± 2.5 km·h⁻¹ for the left fielder, and the highest average heart rate was 163.2 ± 9.9 beat·m⁻¹ (81.6 ± 4.6 %) for the pitcher. It was suggested that the ability to perform explosive power of the lower extremity is important for baseball players in all positions.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 33, 25-29, 2021)

I. 緒言

野球選手の練習は伝統的に多量のランニングで構成されたトレーニングを重視する傾向がある。例えば、レフトのファールポールからライトのファールポールまでを往復する「ポール間走」など、ロング・スロー・ディスタンス (LSD) トレーニングが慣習的に多く行われている¹⁾。また、野球は他のスポーツに比べて長時間の練習が特徴であり、オーバーワークが原因で怪我をした経験を有

する選手が多いことが報告されている²⁾。これらの背景から、野球における長距離の走り込みや長時間の練習について議論されるようになってきた。また、スポーツ庁は2018年に「運動部活動の在り方に関する総合的なガイドライン」³⁾を策定し、休養日の設定と活動時間の基準等を示し、この指針に沿った運営が求められている。以上のことから、限られた時間の中でより効率的なトレーニング方法を検討することが求められている。

効率的なトレーニング方法を検討するためには、実際の試合中にかかる身体負荷、すなわち活動量

(時間) や強度、生理的応答などを理解する必要がある。これまでに、野球選手を対象とした試合中の身体負荷について調査した研究では、小山ら(2020)⁴⁾ が打者の移動特性と心拍数の計測を行っており、移動距離は $56.5 \pm 26.1\text{m}$ 、最高移動速度は $23.5 \pm 6.5\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 、心拍数は最大心拍数の $78.6 \pm 5.7\%$ であったと報告している。一方、守備時の研究では投手を対象とした研究がある。Cornell et al. (2017)⁵⁾ は公式戦の投球中の心拍数は、最大心拍数の $85 \pm 4\%$ であることを報告している。また、Potteiger et al. (1992)⁶⁾ は大学生ピッチャー6人に7イニングからなる模擬試合で投げさせ、投球前後の血中乳酸濃度を比較したところ、両者に差は認められなかったと報告している。しかし、これまでに試合時の投手以外のポジションの移動特性や生理学的応答については明らかになっていない。トレーニングプログラムは競技レベルが上がるにつれてポジション特性を反映した内容になっていくのが理想である¹⁾。そこで本研究では、野球の試合における移動特性と生理学的応答についてポジション毎に調査し、トレーニング法を検討する際の一助にすることを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

本研究の対象者は、首都大学野球連盟1部に所属する大学野球選手17名(身長 $1.77 \pm 0.05\text{m}$ 、体重 $78.1 \pm 6.7\text{kg}$ 、年齢 19.5 ± 0.8 歳、競技歴 12.7 ± 1.4 年)とした。対象試合は、同連盟所属の大学同士の非公式試合1試合とし、出場した全選手のデータを分析対象とした。対象者には、測定の内容や危険性について説明し、測定参加への同意を得るとともに、データ発表についての了解を得た。なお、本研究は東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得た上で実施されたものである。

2. 測定方法

対象者の上背部に携帯型 Global positioning system (GPS) デバイス (OptimEye S5, Catapult Sports, Australia) を、胸部に心拍計 (Polar T31c, Polar Electro, Finland) を装着し試合を行った。GPS デバイスは専用のノースリーブインナーベストの上背部に縫い付けられているポケットの内側に装着し測定した。選手が途中交代した場合は、ポジション毎に次の選手に GPS デバイスと心拍計を付け替えてそのまま測定を継続した。さらに、ピッチャーのみ、各イニング終了直後の血中乳酸濃度について、耳朶より簡易血中乳酸測定器 (Lactate Pro2, Arkcray Inc, Japan) を用いて測定した。実験時の状況や試合の記録、時間等を確認するために、一塁および三塁ベンチ上段、捕手後方、レフト後方からビデオカメラにより撮影した。

3. データの抽出および分析項目、分析範囲

移動距離・移動速度、心拍数の計測および分析には、専用ソフトウェア OpenField (Version 1.14.0, Catapult Sports, Australia) を用いた。分析項目は、各回の守備に要した時間 (sec)、移動距離 (m)、移動速度 (m/sec)、心拍数 ($\text{beat} \cdot \text{min}^{-1}$)、年齢から推定される最大心拍数に対する割合 (%) とし、分析範囲は、守備時のイニング毎に最初の打者がバッターボックスに入る瞬間を開始点とし、3アウト目の判定になる瞬間を終了点とした。

4. 統計処理

統計解析は統計分析ソフト (IBM SPSS statics version 25.0, IBM, Japan) を用いて実施された。全ての測定値は平均値 \pm 標準偏差で示され、Shapiro-Wilk test により正規性の検定を行った。正規分布が認められた移動距離、最大移動速度、平均心拍数、最大心拍数は一元配置分散分析の後に下位検定 (Tukey's post hoc test) を実施することによりポジション間の比較を行った。統計的有意水準は5%とした。

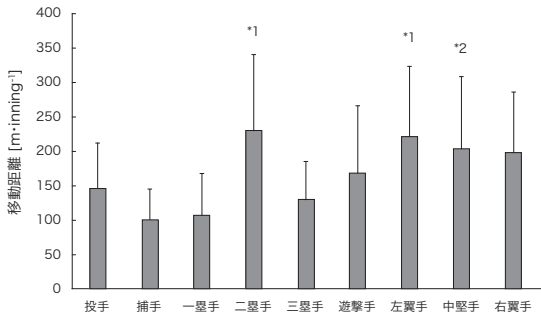
Ⅲ. 結果

1. 試合の時間、打席数、球数

各イニングの守備時間は4分52秒±1分54秒であり、全37打席、総投球数は134球、1打席あたりの球数は3.6±2.0球であった。

2. 移動距離 (図1)

各イニングの平均移動距離は、二塁手が230.1±88.2mと最長であり、捕手、一塁手に比べて有意に高値を示した (p=0.003, p=0.007)。また、左翼手が捕手、一塁手に比べて有意に高値を示し (p=0.009, p=0.018)、中堅手が捕手に比べて高値を示した (p=0.044)。なお、1試合の総走行距離は1505.0±439.8m (最低値: 899.9m、最高値: 2070.5m) であった。



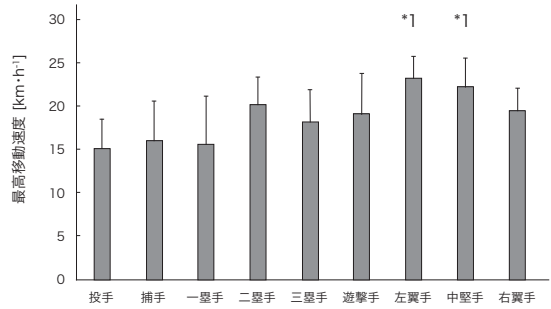
*1: 捕手、一塁手と有意差あり、*2: 捕手と有意差あり、いずれも p<0.05

図1 ポジション別の移動距離

Fig. 1 The moving distance in each position

3. 移動速度 (図2)

最高移動速度は左翼手が22.2±2.5km・h⁻¹と最も高く、投手、捕手、一塁手に比べて高値を示した (p=0.000, p=0.003, p=0.001)。また、中堅手も投手、捕手、一塁手に比べて高値を示した (p=0.003, p=0.018, p=0.008)。



*1: 投手、捕手、一塁手と有意差あり、いずれも p<0.05

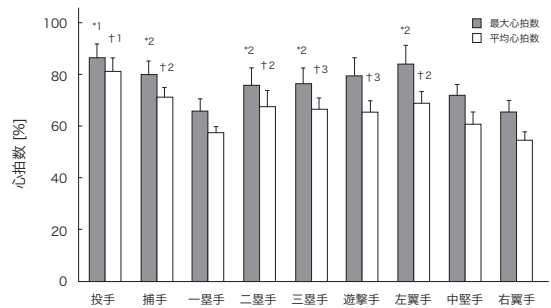
図2 ポジション別の最高移動速度

Fig. 2 The peak velocity in each position

4. 心拍数 (図3)

守備時の最大心拍数が最も高いのは投手で173.5±11.0beat・m⁻¹ (85.1±6.8%) であり、一塁手、二塁手、中堅手、右翼手と比べて有意に高値を示した (p=0.000, p=0.042, p=0.000, p=0.000)。一方、最も低いのは右翼手で131.4±8.7beat・m⁻¹ (65.7±4.6%) であった。

平均心拍数が最も高いのは投手で163.2±9.9 beat・m⁻¹ (81.6±4.6%) であり、他の全ポジションに比べて有意に高値を示した (全て p=0.000)。一方、最も低いのは右翼手で109.6±6.5 beat・m⁻¹ (54.8±3.2%) であった。



*1: 一塁手、二塁手、中堅手、右翼手最大心拍数と有意差あり、*2: 一塁手、右翼手の最大心拍数と有意差あり、†1: 捕手、一塁手、二塁手、三塁手、遊撃手、左翼手、中堅手、右翼手の平均心拍数と有意差あり、†2: 一塁手、中堅手、右翼手の平均心拍数と有意差あり、†3: 一塁手、右翼手の平均心拍数と有意差あり、いずれも p<0.05

図3 最大心拍数および平均心拍数

Fig. 3 Heart rate of peak and average in each position

5. 血中乳酸濃度

各イニング終了直後のピッチャーの血中乳酸値は1.7±0.4mmol/Lであった。

IV. 考察

各スポーツ競技における効率的なトレーニング方法を検討するためには、実際の試合中にかかる身体負荷を理解する必要がある。これまで野球選手を対象とした身体負荷を定量化した研究では、ピッチャーの心拍数や血中乳酸濃度を計測した研究は見られるが、他のポジションの調査は行われていなかった。そこで本研究では、携帯型 GPS デバイスと心拍計を用いて実際の試合における移動特性と生理学的応答についてポジション毎に調査することとした。

その結果、守備時の移動距離は二塁手、左翼手、中堅手が長く、1 イニング 5 分の時間内に約 200m 移動をしていた。総投球数や打席数を考慮すると、この距離を複数回に分けて移動していたことが考えられる。移動速度は左翼手、中堅手が高く、時速 20km (秒速 5.6m) を超えた。外野手は内野手に比べて守備範囲が広く、ボールの落下点まで素早く移動することが求められることから、総移動距離が長く、さらに移動速度も高くなったと考えられた。一方、内野手の中でも移動距離の長い二塁手や遊撃手は、移動速度としては外野手に比べて高値ではないものの、打者が打ってから捕球するまでの非常に短い時間内に全力スピードによる移動を複数回繰り返した結果、他のポジションに比べて移動距離が長くなったと考えられた。

投手の心拍数は、最大心拍数が $85.1 \pm 6.8\%$ 、平均心拍数が $65.7 \pm 4.6\%$ であった。Cornell et al. (2017)⁵⁾ は公式戦における投手の心拍数を調査し平均心拍数が $85 \pm 4\%$ であったと報告おり、本研究が模擬試合であったことを勘案すると妥当な数値であったと考えられる。また、投手の各イニング直後の血中乳酸濃度は安静時と同等レベルであり、先行研究⁶⁾ と一致する結果であった。ピッチャーは高強度動作 (投球) 間に 15~20 秒程度の⁶⁾ 十分な休息を挟んでいることから、血中乳酸濃度が高まることなく、主たるエネルギー供給系は ATP-CP 系であると推察された。一方、野手

は投手に比べて心拍数が低値であったことから、投手よりも高強度動作間の休息がさらに長いことが推察される。野手が必要とする高強度動作は、打者が打ったボールが自身の守備範囲に到達するまでの非常に短い時間内におけるスプリントであり、いずれのポジションについても下肢のパワー発揮能力を高めることが重要であると考えられた。

Rhea et al. (2008)⁸⁾ は、大学野球選手を対象に 18 週間、15~60m のスプリントトレーニングを実施した群と 20~60 分の LSD 等の持久系トレーニングを行った群の比較を行った。その結果、スプリントトレーニングを実施した群は下肢のパワー発揮能力が有意に向上し、一方、持久系トレーニングを行った群は低下したことを報告している。また、本邦における練習中の身体負荷について調査した研究⁷⁾ によると、1 回あたりの練習時間は 8 時間であり、総移動距離は $9732 \pm 434\text{m}$ 、心拍数は最大心拍数の $61 \pm 4\%$ であることが報告されている。本研究結果と照らし合わせると、試合と練習における身体負荷には大きなギャップがあることがわかった。

本研究は非公式試合 1 試合のみを対象としており、試合でかかる身体負荷については競技レベルや試合の状況、選手の体力水準等によって異なる可能性がある。そのため今後は更に調査数を増やし、より詳細に検討する必要がある。また、効率的な練習方法を検討するには、先述の Rhea et al. (2008) の研究⁸⁾ のように、トレーニングの介入内容の違いによる下半身のパワー発揮能力への影響について検討することが重要であると考えられた。

V. 結語

本研究では、野球の試合における守備時の移動特性と生理学的応答についてポジション別に調査した。大学男子野球選手 17 名を対象とし、選手の上背部に携帯型 GPS 装置を、胸部に心拍計を装着し試合を行った。分析項目は、各イニングの時

間、移動距離、移動速度、心拍数とし、分析範囲は、バッターがバッターボックスに入る瞬間から、3アウト判定がなされる瞬間までとした。その結果、以下のことが明らかになった。結果、各インニングの平均移動距離は二塁手が $230.1 \pm 88.2\text{m}$ と最長であり、最高移動速度は左翼手が $22.2 \pm 2.5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ と最も高く、平均心拍数が最も高いのは投手で $163.2 \pm 9.9 \text{ beat}\cdot\text{m}^{-1}$ ($81.6 \pm 4.6\%$)であった。野球選手は、いずれのポジションについても下肢のパワー発揮能力が重要であると示唆された。

謝辞

本稿を終えるにあたり、測定に協力していただいた東海大学体育会硬式野球部の皆様に深く感謝の意を表します。

なお、本研究は東海大学スポーツ医科学研究所2019年度プロジェクト研究「1. スポーツ活動中におけるパフォーマンス向上のためのコンディション評価とコンディショニング」の研究の一環として行われたものである。

引用文献

- 1) Szymanski D. Physiology of baseball pitching dictates specific exercise intensity for conditioning. *Strength and Cond Journal*, 31(2), 41-47, 2009.
- 2) 桑田真澄, 川名光太郎, 間仁田康祐, 平田竹男. アマチュア野球の抱える課題に関する研究—現役プロ野球選手に関するアンケートをもとに—. *スポーツ産業学研究*, 20, 91-95, 2010.
- 3) スポーツ庁. 運動部活動の在り方に関する総合的なガイドライン, 2018. https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/shingi/013_index/toushin/___icsFiles/afieldfile/2018/03/19/1402624_1.pdf (Accessed Jan-20, 2021)
- 4) 小山孟志, 澤井拓実, 小河原慶太, 宮崎誠司, 伊藤栄治, 宮崎康文, 山田洋. 野球の試合中における打者の移動特性と生理学的応答. *東海大学スポーツ医科学雑誌*, 32, 17-21, 2020.
- 5) Cornell, DJ, Paxson, JL, Caplinger, RA, Seligman,

- JR, Davis, NA, Flees, RJ, and Ebersole, KT. In-game heart rate responses among professional baseball starting pitchers. *J Strength Cond Res*, 31(1): 24-29, 2017.
- 6) Potteiger JA, Blessing DL, and Wilson GD. The physiological response to a single game of baseball pitching. *J Appl Sport Sci Res* 6: 11-18, 1992.
- 7) 瀬戸恵佑. 男子中学生シニアリーグ選手におけるトレーニング中の動作特性と生理学的応答からみた運動強度—長時間のトレーニングに着目して—. 第67回日本体育学会予稿集, 一般発表 (09) 体育方法, p.260, 2016.
- 8) Rhea MR, Oliverson JR, Marshall G, Patterson MD, Kenn JG, and Ayllon FN. Noncompatibility of power and endurance training among college baseball players. *J Strength Cond Res* 22(1): 230-234, 2008.