

〈研究資料〉

高校トップレベル女子ソフトボール選手の試合中における守備時の
活動プロフィールについて

吉村 雅文*・佐藤 洋介**・舩井 裕輝**・池田 隼**・島崙 佑*

A Fielding Activity Profile of a Softball Game:
The Case of Top-level Japanese Female High School Players.Masafumi YOSHIMURA*, Yousuke SATOH**, Yuki MASUI**,
Hayato IKEDA** and Yu SHIMASAKI*

Abstract

本研究は、女子高校生ソフトボール選手を対象に、ウェアラブルデバイスを用いて活動プロフィールを作成し、試合中の守備時の動きを明らかにすることを目的とした。対象者は、高校トップレベルの女子ソフトボール選手18名（年齢：16.15±0.66歳，身長：160.01±4.87 cm，体重：55.53±4.52 kg）とした。対象試合は、2019年4月17日に高校が保有するソフトボールグラウンドにて実施した。対象者は測定に際し、ウェアラブルデバイスを装着し試合を実施した。測定項目は、移動距離、高強度走の走行距離、最高速度、PlayerLoad™（以下、PL）、High Intensity Events（以下、HIE）の頻度の5項目とした。

各チームの守備時における各ポジションの総移動距離の値は、キャッチャーが最も低く、その次に、ピッチャーが低い値を示した。高強度走の走行距離は、外野手の方がピッチャーを除く内野手と比較して有意に長い距離を走っていた。最高速度においても、外野手の方がピッチャーを除く内野手と比較して有意に速い速度が計測された。HIEの頻度は、ピッチャーが最も高かった。また、ピッチャーの試合中の動きとして、高強度走が他のポジションに比べ極めて少ないことも明らかとなった。

本研究において、高校トップレベルの女子ソフトボール選手における試合中の守備時の活動プロフィールは、守備内容とポジションに影響を受ける可能性が示唆された。

今後、他のポジションと異なる動きがみられたピッチャーに着目して研究を進めていく必要がある。

Key words: Wearable device, PlayerLoad™, HIE

1. 緒 言

2020年東京五輪で3大会ぶりの正式種目復帰となったソフトボールは、1996年アトランタ五輪から2008年北京五輪まで正式種目として実施され、2008年北京五輪において悲願の金メダルを獲得した日本代表チームは、多くの人々の記憶に残っている。

* 順天堂大学スポーツ健康科学部

Juntendo University Faculty of Health and Sports Science

** 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科

Juntendo University Graduate School of Health and Sports Science

責任著者名：吉村雅文

E-mail: msyoshi@juntendo.ac.jp

当時の日本代表選手の8割は、高校卒業後に実業団で競技を継続していた選手であり、2020年 Australia Pacific Cup に参加した日本代表においても19名中15名が高校から実業団へと進んだ選手で構成されていた。このことから、ソフトボール女子日本代表の東京五輪におけるメダル獲得や、その後の強化と発展のためには、科学的エビデンスに基づいたトレーニングによる現日本代表の強化はもちろん、次世代の日本代表を担う選手の強化も同様なトレーニングを行う必要がある。現在、高校年代におけるソフトボール日本代表は、昨年開催された第13回女子 U-19ワールドカップでは決勝戦で世界ランキング1位のアメリカ代表に敗れたものの準優勝、第8回女子 U17アジアカップでは優勝を果たし、さらなる飛躍が期待されている。さらに、日本ソフトボール協会は、日本のソフトボールの強化の「土台」となる将来的な人材の発掘・育成・強化を目指した「GEM プロジェクト」を設立し⁷⁾、育成年代の強化を行っていることから、多角的な視点から強化を行うことは重要であると考えられる。

近年、様々な競技においてウェアラブルデバイスを用いて選手の競技中の動きを定量化し、活動プロフィールとして評価することが一般的になった⁴⁾⁵⁾¹¹⁾。試合中の動きを活動プロフィールとして評価することは、試合において選手が要求される体力や競技特異的な動きからトレーニングを立案するための重要な基礎データとなる。こうした研究で用いられるウェアラブルデバイスの多くには、Global Positioning System（以下、GPS）が内蔵されており、試合中の総移動距離や速度別走行距離を定量化することが可能である。一方で、GPS センサは、速度が遅く身体的負荷の高い運動を過小評価する問題点が指摘されており⁹⁾、競技中に加速や減速、各方向への方向転換が多く発揮される種目では、同じくデバイスに内蔵された慣性センサ（Inertial measurement units：以下、IMU）によって得られるデータからも動きの評価がなされている⁴⁾⁵⁾¹¹⁾。ソフトボール競技においては、GPS センサから得られるデータより、投球動作等の動きを IMU セン

サによって定量化されたデータの方が試合結果に影響することが考えられることから、重要であると考えられる。

これまでのソフトボールに関する研究は、フィールドテストによる体力評価⁶⁾や、肩や肘といった投球時に負荷がかかる箇所の障害予防に関する研究⁸⁾¹⁰⁾が多く行われてきた。しかしながら、試合中の選手の動きをウェアラブルデバイスにより評価した報告は見当たらない。

そこで本研究は、国内女子ソフトボールの競技力向上を目指した科学的知見を得るべく、女子高校生ソフトボール選手を対象に、ウェアラブルデバイスを用いて活動プロフィールを作成し、試合中の動きを明らかにすることを目的とした。本研究で得られたデータは、指導現場における科学的エビデンスに基づく戦略及びトレーニング立案のための基礎的データとなることが期待できる。

2. 方 法

(1) 対象者

本研究の対象者は、日常的に専門的なトレーニングを積み、全国高等学校総合体育大会の直近4大会においてベスト4に3度、入賞するような強豪校である、C 県 C 高校に所属する高校トップレベルの女子ソフトボール選手20名のうち、指名打者を除く18名（年齢：16.15±0.66歳，身長：160.01±4.87 cm，体重：55.53±4.52 kg）とした。本研究の実施に際し、対象者には測定に先立ち、研究の目的、内容、手順や考えられる危険性等について、口頭および文章によって十分な説明を行い、了承を得た上で書面にて同意を得た。なお、本研究は順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科研究等倫理委員会の承認（順大院ス倫第31-5号）を得て実施した。

(2) 対象試合

対象試合は、対象者が所属するチームの監督によってチーム間の戦力差が最小になるよう編成された2チームによる紅白戦とした。実施日及び試合会場は、2019年4月17日に対象者が所属する高校が保

有する土のソフトボールグラウンドにて実施した。試合ルールおよび条件は、ソフトボールの競技規則に則り、実施された。なお、対象試合は、天候：曇り、気温：17.5°C、湿度：50.1%の環境下で行われた。

(3) 測定方法及び測定項目

対象者は測定に際し、専用ベストを着用し、上背部に縫い付けられているポケットにウェアラブルデバイス OptimEye S5, G5 (Catapult Sports, Australia) を装着し試合を実施した。なお、全対象者において、ベストは、ユニフォームの下に着用することで統一した。測定項目として、同デバイスに内蔵される GNSS (米国 GPS 衛星31機およびロシア衛星24機を加えた GLONASS 衛星) より、移動距離、高強度走の走行距離、最高速度を計測した。加えて、同デバイスの IMU により計測される外的負荷指標 (PlayerLoad™: 以下, PL) ならびに 2.5 m/s² 以上の加速度を伴う前後左右の動き (High Intensity Events: 以下, HIE) の頻度の5項目を本研究の測定項目とした。なお、高強度走の走行距離を算出するにあたり、高強度走の定義として、女子サッカー選手を対象とした Ramos らの先行研究における速度区分 (0~6 km/h: Walking, 6.1~8.0 km/h: Low-speed running, 8.1~12.0 km/h: Moderate-speed running, 12.1~15.5 km/h: High speed running, 15.6~20 km/h: Very high speed running, 20 km/h >: Sprinting) を採用し、本研究では 12 km/h 以上のランニングを高強度走として分析を行った¹¹⁾。PL は選手の x, y, z 軸の3軸方向への加速度の変化率を以下の式より算出し、任意単位 (a.u.) で表される。PL は様々な競技において身体的負荷の指標の1つとして用いられており²⁾⁴⁾⁵⁾、その信頼性についても報告されている¹⁾。

PlayerLoad =

$$\sqrt{\frac{(a_{y1}-a_{y-1})^2 + (\alpha_{x1}-a_{x-1})^2 + (a_{z1}-a_{z-1})^2}{100}}$$

a: 加速度

なお、本研究に用いた受信機は、10 Hz の時間分解能で位置情報、移動距離、移動速度を算出し、記

録することができ、IMU は、加速度計、ジャイロスコープ、磁力計が内蔵されており、これらが全て 100 Hz でデータを記録することができる。

(4) データ抽出および分析方法

本研究において、デバイスに記録されたデータの抽出には、専用ソフトウェア OpenField (Version 2.2.0, Catapult Sports, Australia) を用いた。

得られたデータの分析に際して、指名打者を除く全選手の動きを一度に計測することができることから、対象試合の各チームの守備時の動きを分析対象とした。なお、本研究の守備時間は、守備の開始が各回の審判の開始の合図から、守備の終了は、守備者が3アウト目のボールを捕球した瞬間までと定義した。

(5) 統計

本研究では、ピッチャーは他のポジションと比較して、投球する頻度が多く、守備時の移動距離は少ないことが考えられることから、各チームのピッチャーを除く内野手と外野手の総移動距離や高強度走の走行距離を比較するために、対応のない t 検定を行った。なお、統計的な有意水準は 5% 未満とした。

3. 結 果

表1は、紅白戦の結果 (2-1 で B チームが勝利) を示した。A チームの Total に書かれている 0:24:35 および、B チームの Total に書かれている 0:28:05 は、各チームの守備時間を示したものである。

表2は、両ピッチャーの投球数、対戦打者数、被安打数、失点数、奪三振数、四球数、死球数を示したものである。A チームピッチャーは、6回を完投、28打者に対して88球を投げ、センター前ヒットを4本打たれ、3つの四球、1つの死球、2失点という結果であった。対する B チームピッチャーは、7回を完投、25打者に対して101球を投げ、センター前ヒットを1本、レフト前ヒットを1本打たれ、4奪三振、2つの死球、1失点という結果であった。なお、B チームピッチャーはこのチームのエースピッチャーであった。

表1 紅白戦のスコアと守備時間

Team 名/ 回	1	2	3	4	5	6	7	Total
A	0	1	0	0	0	0	0	1 (0:24:35)
B	2	0	0	0	0	0	×	2 (0:28:05)

表2 両ピッチャーの投球数および対戦打者数他

A チームピッチャー	B チームピッチャー
▶6 回完投 (88球)	▷7 回完投 (101球)
▶28打者 4 被安打 2 失点	▷25打者 2 被安打 1 失点
▶3 四球 (フォアボール)	▷4 奪三振
1 死球 (デッドボール)	2 死球 (デッドボール)

表3 スコア表

Aチーム								
打者	1回裏	2回裏	3回裏	4回裏	5回裏	6回裏	7回裏	
1	センターフライ		センターフライ			サードゴロ		
2	ショートゴロ		センター前ヒット			三振		
3	ショートゴロ		センターフライ			セカンドゴロ		
4		デッドボール・盗塁		レフトフライ			ファーストゴロ	
5		セカンドゴロ		三振			ライトフライ	
6		ピッチャーゴロ		セカンドゴロ			デッドボール	
7		ショートフライ			ショートフライ		セカンドフライ	
8			三振		三振			
9			レフト前ヒット					
盗塁1								
安打2								
得点1								
四死球1								
Bチーム								
打者	1回裏	2回裏	3回裏	4回裏	5回裏	6回裏	7回裏	
1	センター前ヒット・盗塁	センター前ヒット			セカンドゴロ	センターフライ		
2	ピッチャーゴロ	サードゴロ			ショートゴロ			
3	四球		セカンドゴロ		センター前ヒット			
4	サード前バント		セカンドゴロ		セカンドゴロ			
5	ファーストゴロ		ピッチャーゴロ			センター前ヒット		
6	ショートゴロ			ショートゴロ		四球		
7	ショートゴロ			キャッチャーフライ		サード前バント		
8		ライトフライ		四球		デッドボール		
9		レフトフライ		ショートゴロ		ファーストフライ		
盗塁1								
安打1								
得点2								
四死球1								
安打1								
四死球1								
安打1								
四死球2								

表3は、紅白戦スコア表である。グレーの塗りつぶしは当該チームのアウトになったプレー、黒の塗りつぶしは当該チームの出塁となったプレーおよび安打、得点をそれぞれ示したものである。

図1は、各チームの守備時における各ポジションの総移動距離を示したものである。Aチームのライトの選手が1453.3 mで最も移動距離が長く、Bチームのキャッチャーが455.5 mで最も移動距離が短かった。両チームともに、最も移動距離の短いポジションがキャッチャーであり、次にピッチャーの移動距離が短かった。

図2は、各チームの守備時における各ポジシ

ョンの高強度走の走行距離を示したものである。Aチームのライトの選手が433.46 mで最も長く、ピッチャーでは計測されなかった。両チームともに、センター、ライト、レフトの外野手 (Aチーム: 263.68 ± 129.44 m, Bチーム: 142.35 ± 40.17 m) の高強度走の走行距離の平均が、キャッチャー、サード、セカンド、ショート、ファーストの内野手 (Aチーム: 49.84 ± 26.77 m, Bチーム: 142.35 ± 40.17 m) に比べ有意に長かった ($p < 0.05$)。

図3は、各チームの守備時における各ポジションの最高速度を示したものである。両チームともに、ライト、センター、レフトの外野手 (Aチーム: 21.92 ± 1.89 km/h, Bチーム: 20.50 ± 1.24 km/h) の最高速度の平均は、ピッチャーを除く内野手 (Aチーム: 16.8 ± 1.74 km/h, Bチーム: 16.79 ± 0.84 km/h) に比べ有意に速かった ($p < 0.05$)。

図4は、各チームの守備時における各ポジションのPLを示したものである。PLは様々な競技において身体的負荷の指標の1つとして用いられており²⁾⁴⁾⁵⁾、その信頼性についても報告されている¹⁾。最も値が高かったのはAチームのライトの選手で141.0 (a.u.)、最も値が低かったのはBチームのキャッチャーの選手で70.3 (a.u.)であった。

図5は、各チームの守備時における各ポジションのHIEの頻度を示したものである。両チームともに、ピッチャーが最も高い値を示した。

4. 考 察

本研究の目的は、女子高校生ソフトボール選手を対象にウェアラブルデバイスを用いて活動プロファイルを作成し、試合中の動きを明らかにすることを目的とした。また本研究は、ウェアラブルデバイスに内蔵されているGNSS並びにIMUにより、ソフトボール競技の守備時に起こる様々な動きを定量化する日本において初めての研究であった。加えて、本研究の対象者は、今後の日本のソフトボール界を担う可能性のある高校トップレベルの女子ソフトボール選手であった。

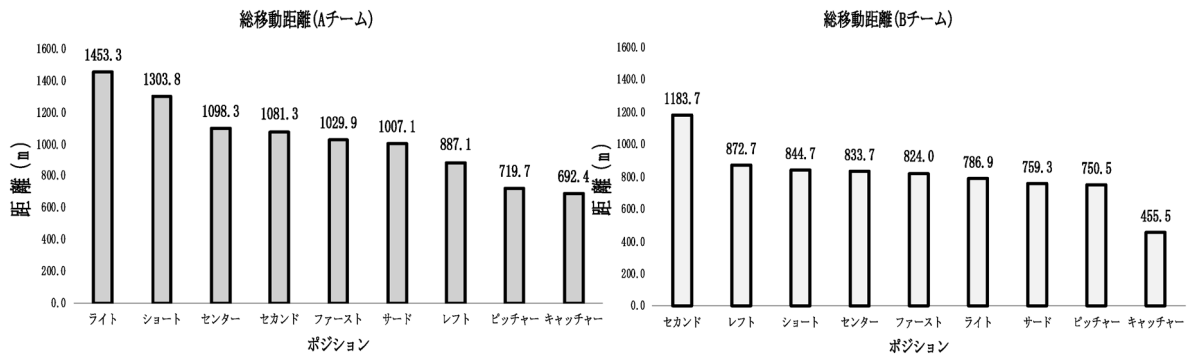


図1 守備時における各ポジションの総移動距離

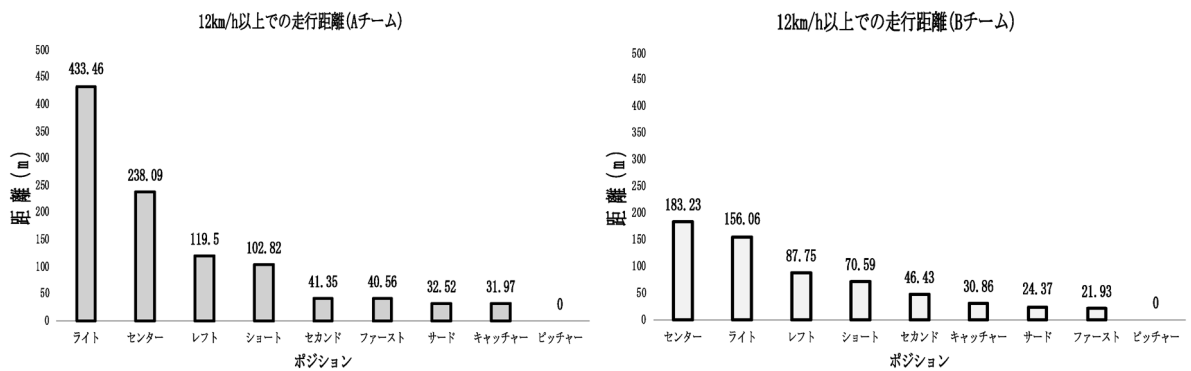


図2 守備時における各ポジションの高強度走の走行距離

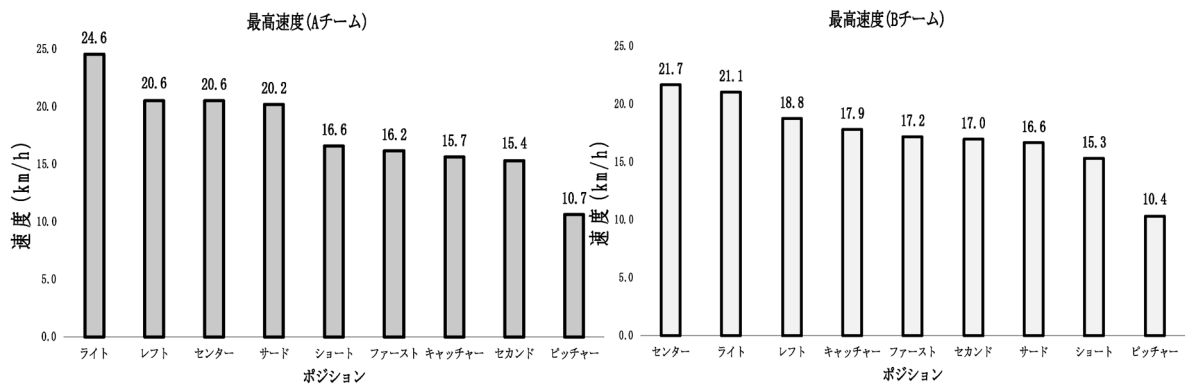


図3 守備時における各ポジションの最高速度

図1の各チームの守備時における各ポジションの総移動距離は、表4に示したように打球の飛んできた回数に影響を受けることが推察された。一方で、ピッチャーとキャッチャーの総移動距離は他のポジションに比べ短い可能性が考えられた。

図2の各ポジションの高強度走の走行距離、図3

の各ポジションの最高速度は、守備範囲の広い外野のポジション特性を示した結果であると考えられた。

図4の各ポジションのPLは、全てのポジションで計測され、単なる距離や速度以外の身体的負荷となる細かなソフトボール特有の動きも含まれていることが考えられるため、他種目において用いられて

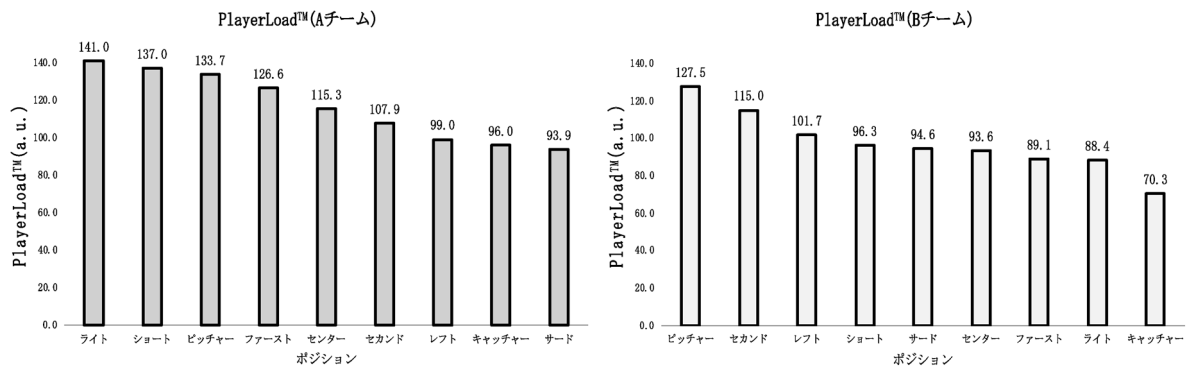


図4 守備時における各ポジションの PlayerLoad™

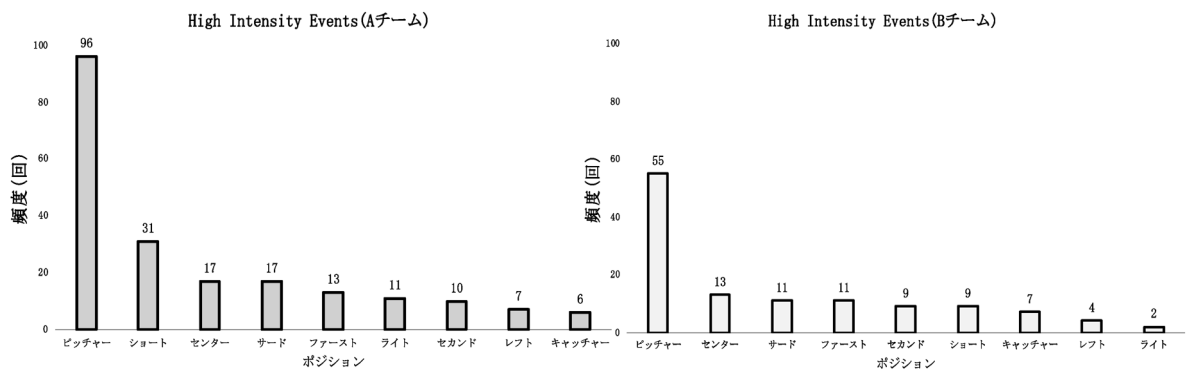


図5 守備時における各ポジションの High Intensity Events

いるのと同様に³⁾、ソフトボールにおいてもトレーニングの負荷管理に活用できる可能性が示唆された。

図5の各ポジションの守備時におけるHIEの頻度は、投球動作においてGPSでは計測できず、IMUによって計測できるような加速、減速、方向転換といった細かな動きが多いと考えられることから、ピッチャーが最も高く、ピッチャーの動きは他のポジションに比べ3~25倍程度、高強度の動きの頻度があることが示唆された。また、図2の結果からピッチャーの試合中の動きとして、高強度走が他のポジションに比べ極めて少ないことも明らかとなった。これより、サッカーやハンドボールといったゴール型スポーツにおいて試合中の動きを定量化するためには、GPSセンサとIMUを用いることは重要であるが、ソフトボール競技において試合中の動きを定量化するためには、GPSセンサより、IMUを用いることが重要であることが示唆された。

本研究の限界として、守備時の動きは、捕球の頻

表4 両チームの守備内容

Aチーム		Bチーム	
▶レフトフライ	1	▷レフトフライ	1
▶センターフライ	1	▷センターフライ	3
▶ライトフライ	1	▷ライトフライ	1
▶ファーストフライ	1	▷ファーストフライ	1
▶セカンドゴロ	4	▷セカンドゴロ	4
▶ショートゴロ	5	▷ショートゴロ	5
▶サードゴロ	3	▷サードゴロ	1
▶ピッチャーゴロ	1	▷ピッチャーゴロ	1
▶キャッチャーフライ	1	▷三振	4
▶センター前ヒット	4	▷センター前ヒット	1
▶ピッチャーエラー	1	▷レフト前ヒット	1
▶ファーストエラー	1	▷盗塁	1
▶盗塁	1	▷四死球	2
▶四死球	4		

度や位置,さらにはベースカバーの動きなどにも影響を受けることが予想されるが本研究では映像を用いて分析を行っていないため,それらの要因からの検討がなされなかった.今後の課題として,特にピッチャーにおいては特異的な活動プロファイルが確認されたため,今後の研究対象ポジションとしたい.また映像を用いての分析や攻撃時の動きの分析も重要な検討事項であると思われた.

5. 結 論

本研究において,高校トップレベルの女子ソフトボール選手における試合中の守備時の活動プロファイルは,守備内容とポジションに影響を受ける可能性が示唆された.

参考文献

- 1) Barreira, P., Robinson, M. A., Drust, B., Nedergaard, N., Azidin, R. M. F. R. and Vanrenterghem J. (2017) Mechanical Player Load using trunk-mounted accelerometry in football: Is it a reliable, task- and player-specific observation? *J Sports Sci*, 35(17), 1674-1681.
- 2) Barrett, S., Midgley, A. W., Towlson, C., Garrett, A., Portas, M. and Lovell, R. (2016) Within-Match PlayerLoad Patterns During a Simulated Soccer Match: Potential Implications for Unit Positioning and Fatigue Management. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(1), 135-140.
- 3) Dalen, T., Jorgen, I., Gertjan, E., Havard, H. G. and Ulrik, W. (2016) Player Load, Acceleration, and Deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. *JStrength Cond Res*, 30(2), 351-359.
- 4) Ikeda, T., Iguchi, Y., Ishihara, Y., Shimasaki, Y., Ikeda, H. and Yoshimura, M. (2019) Activity Profiles of International Goalball Players Using Wearable Devices. *順天堂医事雑誌*, 65(3), 279-285.
- 5) Luteberget, L. S., Trollerud, H. P. and Spencer, M. (2018) Physical demands of game-based training drills in women's team handball. *J Sports Sci*, 36(5), 592-598.
- 6) 前川 剛, 柳沢 修, 船渡 和, 平野 裕 (2010) 一流日本女子ソフトボール選手における身体的および体力的特性. *JAPANESE JOURNAL of ELITE SPORTS SUPPORT*, 3, 13-27.
- 7) 日本ソフトボール協会. <http://www.softball.or.jp/>
- 8) Oliver, G. D., Gilmer, G. G., Anz, A. W., Friesen, K. B., Brittain, A. R., Goodlett, M. D., Dugas, J. R. and Andrews, J. R. (2018) Upper Extremity Pain and Pitching Mechanics in National Collegiate Athletic Association (NCAA) Division I Softball. *Int J Sports Med*, 39(12), 929-935.
- 9) Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R. and Di Prampero (2010) Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*, 42(1), 170-178.
- 10) Pytiak, A. V., Kraeutler, M. J., Currie, D. W., McCarty, E. C. and Comstock, R. D. (2018) An Epidemiological Comparison of Elbow Injuries Among United States High School Baseball and Softball Players, 2005-2006 Through 2014-2015. *Sports Health*, 10(2), 119-124.
- 11) Ramos, P. G., Datson, N., Mahseredjian, F., Lopes, T. R., Coimbra, C. C., Prado, L. S., Nakamura, F. Y. and Penna, E. M. (2019) Activity profile of training and matches in Brazilian Olympic female soccer team. *Science and Medicine in Football*, 3(3), 231-237.

(令和2年3月4日 受付)
(令和2年3月10日 受理)