

わが国のプロ野球捕手における二塁送球動作の特徴分析

梶田和宏¹⁾ 川村 卓²⁾ 島田一志³⁾ 金堀哲也⁴⁾ 八木 快¹⁾

Features on throwing motion to the second base in Japanese professional baseball catchers

Kazuhiro Kajita¹⁾, Takashi Kawamura²⁾, Kazushi Shimada³⁾, Tetsuya Kanahori⁴⁾ and Yoshiki Yagi¹⁾

Abstract

This study clarifies the features of throwing motion to second base of professional baseball catchers. Eleven catchers of two Nippon Professional Baseball Organization teams were participants. Using the highest confidence data among analytical trials for throwing time, we defined it as 'the time required from catching until ball arriving at second base with shortest time'. Following five characteristic features were revealed. 1) In time parameter, professional catchers have a difference in motion time (the time required from catching to release in amateur catchers), especially during the beginning phase having a relation with duration time (arrival time from the ball release to the second base), the throwing phase having a relation with the throwing time and release speed (speed average of ball speed of 3 frames after releasing the ball), and the grip changing phase having a relation with motion time. 2) Further, professional catchers have a trade-off relationship between the motion time and the duration time as well as amateur catchers; and, particularly good professional catchers can shorten the duration time even while shortening motion time leading to shortening of the throwing time. 3) In stride parameter, professional catchers have a difference in the length of the pivot foot in amateur catchers, especially, the X component has a relation with the motion time while the Y component has a relation with the duration time, and the stride length is likewise; there was no relationship between all the items. 4) In release parameter, professional catchers maintain a higher projection height of the ball than amateur catchers and maintain the tendency of the projection angle to be lower, improving the throwing accuracy, especially the elevation angle is related to the duration time and the release speed, but the azimuth angle is likewise; there was no relationship between all the items. 5) In center of gravity of the body, professional catchers have a relation with the movement speed of the center of gravity of the body and the release speed as well as amateur catchers, but the moving distance of center of gravity of the body is likewise; there was no relationship between all the items.

Key words: time parameter, release parameter, step motion, center of gravity of the body, baseball coaching
時間パラメータ, リリースパラメータ, ステップ動作, 身体重心位置, 野球コーチング

I. 緒言

野球の捕手は守りの要であり、フィールドの指揮官と呼ばれることから、捕手の守備における役割は非常に重要である。指導書で述べられている捕手の基本技術には、大きく5つあり、その中の1つに二塁送球がある(川村, 2015)。二塁送球は主に盗塁阻止の際に重要な技能であり、攻撃側へ与える影響力はとて

い。具体的に、捕手の二塁送球は、打者の膝の高さにミットを座位で構え、動きづらい状態から盗塁を企図した一塁走者を二塁ベース付近でタッグアウトにすることが課題となる。したがって、捕手は、より短い時間でより精度の高いボールを二塁ベースに送球する必要がある。そのためには、投手が投球したボールを捕球してからリリースするまでの時間(いわゆる、動作時間)をできるだけ短くし、かつ十分なボールの初速

-
- 1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科
Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba
2) 筑波大学体育系
Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
3) 金沢星稜大学人間科学部
Faculty of Human Sciences, Kanazawa Seiryō University
4) 東京都立大学共通教育部
Faculty of Liberal Arts and Sciences, Tokyo City University

度(いわゆる, リリース速度)を獲得する必要がある。さらに, 二塁ベースカバーに入った野手がスライディングしてくる走者に, タッグしやすい位置へ精度良く投げることが望まれる。以上から, 捕手の二塁送球は, 打者を凡打にしてアウトにすることを目的とする投手の投球とは明らかに異なった特性を有すると考えられる。また, 捕手の二塁送球動作は, 投手の投球動作と比較して, より狭い空間でより早く遠くに送球しなければならないため, 難易度の高い技術が要求されると考えられる。

野球における二塁への盗塁阻止の目安タイムを検討すると, 指導書(里崎, 2015)では, 投手がセットポジションからボールを投げ始め, 捕手が送球したボールを二塁ベース上の野手が捕球し, 走者にタッグするまでを約3.3秒以内で行う必要があるとされている。また, 大学野球捕手(以下「大学捕手」と略す)における試合映像から, 捕手が二塁への盗塁阻止率を高くするには, 0.7秒前後の動作時間でより正確な送球を行うことが重要であり, 2.3秒以内の送球時間であると, 盗塁阻止率は約70%と報告されている(鈴木ほか, 2017)。他方で, 盗塁阻止は, 投手が走者に投球動作を盗まれたり, クイックモーションを使えなかったりしたら, どんなに肩が強くてボールコントロールの良い捕手がいてもアウトにすることはできない(平野, 2016)。また, 盗塁阻止において投手は7割の責任を背負っているといえるが, あくまでも盗塁阻止は投手と捕手の共同作業であるといわれている(里崎, 2015)。よって, 捕手は盗塁阻止において非常に重要な役割を担っており, 2.3秒を目安タイムとする中で, 0.1秒を争うプレーとして行われる二塁送球の技能は, 捕手としてフィールドで活躍するために必須の要素であると考えられる。年々, 様々な指導書が増える中, 捕手の二塁送球の重要性を述べられているものは多く, 特に, 捕手の二塁送球の指導方法について, 具体的な送球動作の留意点などを記述した指導書がいくつかみられる(阿部ほか, 2004; 秦ほか, 2007; 仁志, 2015)。しかし, 指導書における捕手の二塁送球の指導内容は, 指導者の経験や主観に基づいたものが多く, 必ずしも一致した見解が得られていないのが課題である。したがって, 捕手の二塁送球の指導方法に関する留意点について, 客観的なデータを用いて実証していく必要があると考えられる。そして, 指導書の指導内容を科学的な根拠から説明し, 指導現場への示唆となる基礎的な知見を蓄積していくことが望まれる。

近年, 指導書とともに野球の研究も様々な領域・分

野で行われるようになってきた。特に, 野球の守備に関する研究は, 投手の投球動作に関する研究だけでなく, 内野手のゴロ処理動作に関する研究(金堀ほか, 2015; 宮西ほか, 2015; 小倉ほか, 2016, 2017)がいくつかみられるようになってきた。その一方で, 捕手は他のポジションよりも非常に特異性の高い送球動作であるにもかかわらず, 捕手を対象とした研究は, 投手に比べると少ない。これまでの捕手を対象とした研究を概観すると, わが国の捕手に関する研究は, 状況判断能力に関する認知的要因や視覚探索方略を検討した研究(菊政・國部, 2016, 2018)や, 投球軌道と捕手の動作特徴に基づく球種識別を検討した研究(高橋ほか, 2008)なども行われてきたが, その多くは大学捕手を対象に, 二塁送球動作を時間パラメータやキネマティクス・キネティクスのデータなどによって検討した研究が散見される。例えば, ボール・肘・身体重心の移動軌跡および距離に着目し, 送球技術を検討した研究(中村ほか, 1980), 右足の踏み替えの有無における送球技術への影響を検討した研究(羽鳥・宮崎, 1982), より素早い送球動作を行うための技術要因を検討した研究(高橋ほか, 1998), 肩関節および体幹の動作に着目し, 送球動作の特徴を検討した研究(宇賀ほか, 2012), 遠投距離および送球動作の各局面時間と送球時間との関係を検討した研究(川端ほか, 2013), 体幹および下肢の動作に着目し, キネマティクスの観点から送球動作の特性を検討した研究(竹林ほか, 2014), 送球時のステップ動作に着目し, バックステップの有効性を検討した研究(鈴木ほか, 2017), 正確性に関する動作要因を明らかにした研究(鈴木ほか, 2018)などが行われてきた。その他にも, 高校捕手(4名)を対象に, 身体の各部位のエネルギー・上腕の傾き・体幹の捻転角度とボール初速度との関係を検討した研究(岩瀬・村田, 2010), 社会人捕手(2名)と大学捕手を対象に, 送球時のステップ動作に着目し, リードステップの有効性を検討した研究(澤村, 1997), プロ野球捕手(以下「プロ捕手」と略す)(4名)と大学捕手を対象に, 送球動作の各局面時間と送球時間との関係を検討した研究(川端ほか, 2016)などが行われてきた。他方で海外では, 米国の大学捕手を対象に, 捕手の送球動作と投手の投球動作を比較検討した研究(Fortenbaugh et al., 2010)や, 送球時のステップ動作に着目し, キネマティクス・キネティクスの観点から送球動作の特性を検討した研究(Elliott et al., 1994; Larson et al., 2007)などが行われてきた。また, 台湾の大学・高校捕手対象に, 捕球時の座位姿

勢と送球時のステップ動作に着目し、キネマティクスの観点から送球動作の特性を検討した研究 (Peng et al., 2015) が行われてきた。さらに、米国の高校・中学捕手を対象に、各年代別の身体的・体力的特性に着目して、キネマティクスの観点から送球動作の特徴を検討した研究 (Sakurai et al., 1994) や、米国の高校・中学・学童野球捕手を対象に、各年代別の身体的特性に着目して、キネマティクス・キネティクスの観点から送球動作の特徴を検討した研究 (Plummer and Oliver, 2013) などが行われてきた。以上より、わが国や米国などを中心に、これまで行われてきた捕手の二塁送球動作に関する研究は、対象者の多くがアマチュア野球捕手 (以下「アマ捕手」と略す) であることがわかった。そこで、海外に先立ち、技能的にも体力的にもアマ捕手に比べて高いレベルにあると想定できる、わが国のプロ捕手の二塁送球動作の特徴を明らかにすることは、捕手の二塁送球の指導方法を確立するための基礎的知見として寄与できると考えられる。

他方で、巧みなスポーツ動作に共通する動きの特徴を見つけ出すことは、スポーツバイオメカニクスが果たすべき重要な役割 (深代ほか, 2010) とされている。しかしながら、一流スポーツ選手たちの動作分析は、競技技術力の向上のための技術や練習方法を明らかにするために重要であると考えられるが、測定機器の持ち込みの規制や肖像権の問題などのため困難とされてきた (湯浅, 2003)。野球界においても同様に、プロ野球選手を対象とした研究データの収集は最も困難とされてきた中、本研究は、わが国の野球の最高峰とされる日本野球機構 (NPB) に所属する2球団からの依頼のもと、プロ捕手における二塁送球の動作解析に成功することができた。そこで、プロ捕手の二塁送球動作に関する特徴を明らかにすることから、アマ捕手の二塁送球動作に関する指導への示唆を得ることに試みた。プロ野球選手を対象に研究することの意義は、アマチュア野球選手が個人の技術的特性に応じた動作を選択し、個性を活かしたより効果的な練習方法の選択肢の獲得に役立つ知見を得ることにあると考えられる。よって、本研究からプロ捕手に共通する二塁送球動作の特徴や優れた動作形態を解明し、プロ捕手とアマ捕手との動作の共通点と相違点が明らかとなれば、捕手の育成が急務とされるわが国の野球界に寄与できる有益な知見になると期待される。また、これらの知見は、アマ捕手に限らず、プロ捕手の二塁送球における個人差に応じた指導方法を確立する一助となり、プロ捕手からアマ捕手までにおける捕手の育成に繋がる

体系的な知見として寄与できると考えられる。

以上より、本研究の目的は、わが国のプロ捕手における二塁送球動作の特徴を明らかにすることとした。そのために下位目的として、1) プロ捕手の二塁送球動作の時空に関する評価指標の相互関係を明らかにすること、2) 本研究によるプロ捕手と先行研究によるアマ捕手の特徴との共通点と相違点を明らかにすること、の2つを設定した。

II. 方法

1. 研究デザインとその限界

本研究の実験は、各球団の練習施設において実施されたことから、実験試技は同様の内容で行うことはできたが、図1に示した実験1と図2に示した実験2における実験設定および撮影範囲は、完全に同様の内容で行うことはできなかった。具体的には、デジタルビデオカメラ (カメラⅢ) の設置位置とキャリブレーション範囲の設定位置に多少の差異がみられることとなった。その主な理由は、各実験を行ったグラウンド

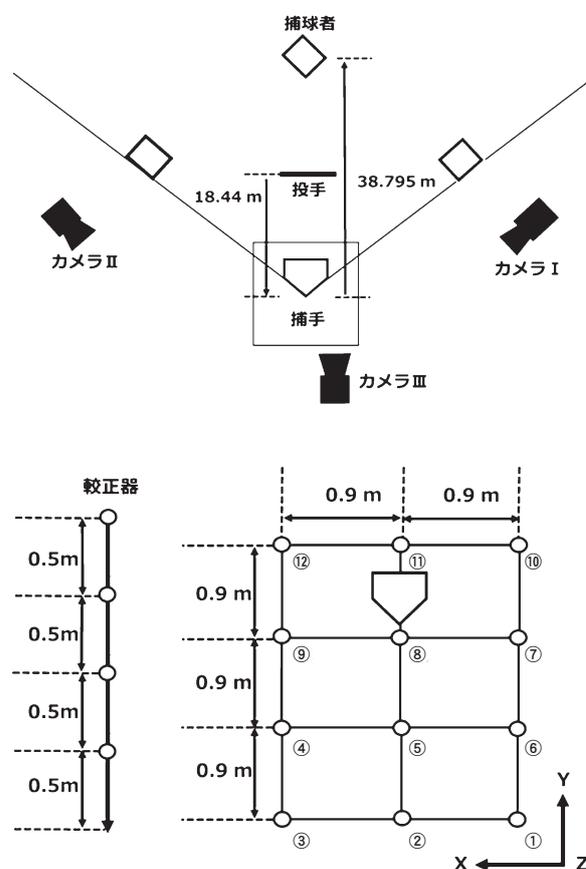


図1 実験設定および撮影範囲 (実験1)

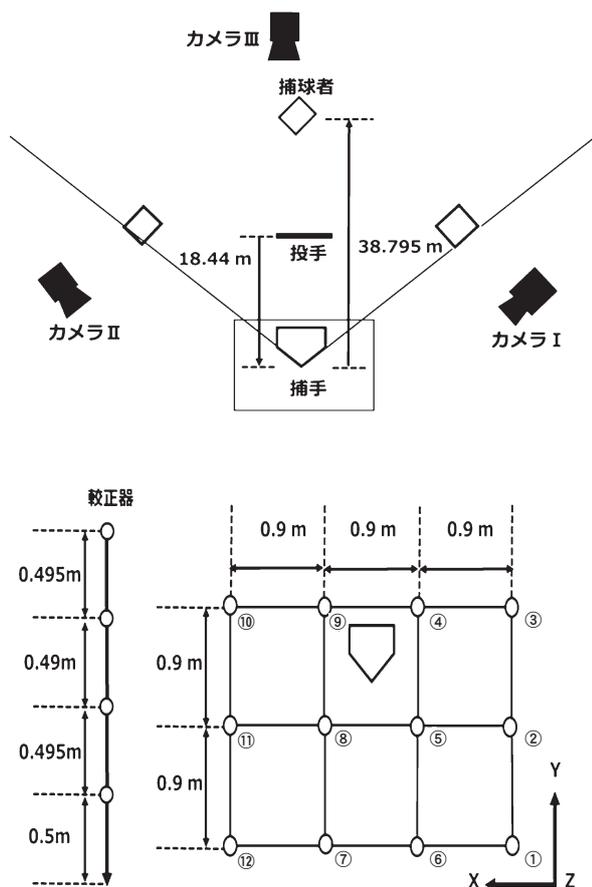


図2 実験設定および撮影範囲(実験2)

環境および条件が異なることがあげられる。まず、デジタルビデオカメラの設置位置に関して、実験1は室内練習場の外野フィールドが狭いことから、実験試技の撮影上の安全性を考慮し、デジタルビデオカメラを本塁ベース後方に設置することとした。同様に、実験2は屋外練習場の内野フィールドのバックネット前方が狭いことから、デジタルビデオカメラを二塁ベース後方に設置することとした。次に、キャリブレーション範囲の設定位置に関して、実験1は室内練習場の本塁ベース付近が人工芝とアンツーカーによって作られているため、地面の高さが異なることにより、水平の状態を保つことが困難であることから、キャリブレーションの精度を欠く危険性を考慮し、キャリブレーション範囲を着座した捕手からみて二塁方向を前後方向とし、前後方向に長く設定することとした。一方で、実験2は屋外練習場の内野フィールドのバックネット前方が狭いため、キャリブレーション範囲を後方に長く設定することが困難であることから、左右方向に長く設定することとした。なお、下記のデータ処理に示すDLT法(池上, 1983)により算出した校正点の実測三

次元座標と計測値との平均誤差および最大誤差をみると、実験1と実験2は、各成分においてほぼ同程度の誤差範囲(0.01m未満)を示した。よって、実験1と実験2の各分析項目の算出方法は同一としたため、それらの数値に差異はみられないといえる。

本研究における捕手の二塁送球の評価指標は、1) 送球時間、2) 動作時間、3) 滞空時間、4) リリース速度、5) 送球精度、の5つに設定した。本研究では、「リリース速度」をボール初速度によって検討し、「送球精度」を送球成功率とリリースパラメータによって検討した。上記の5つを評価指標に設定した理由は、捕手の二塁送球の技術的要点として、1) 素早い動作で送球姿勢に入ること、2) 素直で進みの速いボールを投げること、3) 送球の正確なコントロール、の3つ(大島, 1966)とされていることがあげられる。また、捕手の二塁送球の最終目的は、送球精度を維持する中で、動作時間と滞空時間とのトレードオフの関係を考慮しながらも、リリース速度を増大させ、動作時間と滞空時間を短縮し、結果的に送球時間の短縮を目指すことであると考えられる。よって、捕手の二塁送球のパフォーマンスを分析するにあたり、1) 送球時間、2) 動作時間、3) 滞空時間、4) リリース速度、5) 送球精度、の5つの評価指標を設定することは、構成概念妥当性を担保したうえで二塁送球動作を検討できると判断した。なお、上記の5つの評価指標に関する用語の定義は、下記の分析項目および算出方法に記述することとした。

本研究を遂行するにあたり、以下の点で研究上の限界が存在する。本研究の実験は、打席内に打者が存在しておらず、かつ一塁走者のいない中で行われた試技を分析対象とした。また、できるだけ実戦に近い状態で実験試技を設定したが、あくまでも実験下におけるプロ捕手の二塁送球動作の分析に止まっている可能性は否定できない。さらに、本研究の分析試技は、各対象者の10回の試技のうち、1回の試技のみを抽出し分析した。捕手の二塁送球動作のベストパフォーマンスを特徴付ける試技として、ある一定の条件を設定したうえで分析試技を選定したが、あくまでも各対象者の1回の試技の分析に止まっているため、全ての対象者において二塁送球の技能を十分に反映した結果とは必ずしも言い切れない。以上の点は、本研究で採用した実験試技の設定と分析方法の選定に関する研究上の限界であると考えられる。

2. 実験

1) 対象者

対象者は、日本野球機構 (NPB) に所属する 2 球団のプロ捕手 11 名 (身長 1.78 ± 0.04 m, 体重 84.0 ± 6.9 kg, 年齢 28.3 ± 7.8 歳, プロ野球在籍 8.1 ± 6.1 年) とし、いずれも右投げの捕手であった。実験を実施するに際して、対象者には、事前に本研究の目的や実験方法および内容、実験時の危険性、個人情報取り扱いなどを十分に説明し、対象者のプロ捕手 11 名から実験への参加の同意を得た。

2) 実験試技

実験試技は、投手がマウンドのピッチャープレートと本塁ベースまでの正規の距離 (18.44 m) から投球したボールを対象者が捕球し、できるだけ全力で本塁ベースと二塁までの距離 (38.795 m) を送球させた。対象者には、実験試技を開始する前に「できるだけ試合と同様の送球を行うように」という指示を与え、実験下ではあるが、より実戦に近い状況で実施できるよう留意させた。実験試技の投球は、各実験において全試技を同一の投手が行い、投手には、「できるだけ同じ投球フォームと球速でストライクゾーンの真中周辺に投げるように」という指示を与えた。なお、各実験における投手が投球したボールは、全て直球のみに限定し、それらの本塁ベース上の平均球速は 25.8 ± 2.3 m/s であり、本塁ベースの中央を基準とした捕球時の平均投球座標は、左右方向が 0.157 ± 0.170 m, 鉛直方向が 0.979 ± 0.222 m であった。対象者は、実験前に十分なウォーミングアップを行った後、実験環境下に慣れるまで簡単な送球練習を最低 2 回以上行ってから実験試技を開始した。実験試技は、送球の成否にかかわらず各対象者 10 回とし、1 回の試技ごとに 5 段階評価で内省を報告してもらった。成功試技の判断基準は、投手の投球がストライクゾーンから外れた場合を除き、対象者が正確にボールを捕球し、送球されたボールを二塁の捕球者が捕球できた試技を前提条件とした。上記の前提条件を満たした試技のうち、「二塁ベース付近に立っている捕球者がほぼ動くことなく捕球でき、かつ胸よりも下にノーバウンドまたはショートバウンドで到達した送球であるかどうか」について、捕球者にその送球の成否を定性的に判断してもらい、信任された試技を成功試技とした。なお、対象者の身体的側面の配慮から成功試技が 3-5 回になった時点で試技の中断を認めた者もいた。分析試技は、各対象者の成功試技において、「内省が最も高い評価の試技のうち、捕球してからボールを二塁に到達させるま

での時間 (いわゆる、送球時間) が最も短かった 1 回の試技」を選定した。なお、本研究の対象者における時間パラメータは、送球時間における試技間の個人間変動が ± 0.06 s であるのに対し、個人内変動が ± 0.04 s となった。試技間の個人間変動に比べて個人内変動の方が時間差は小さいことから、プロ捕手のベストパフォーマンスとされる 1 回の試技を用いて二塁送球動作の特徴を明らかにすることは妥当であるといえる。よって、本研究の分析試技を上記の定義のもと選定することとした。

3) 実験設定および撮影範囲

図 1 は実験 1, 図 2 は実験 2 の実験設定および撮影範囲を示したものである。実験 1 は室内練習場の人工芝の内野フィールド, 実験 2 は屋外野球場の整地された内野フィールドで行った。試技の撮影には、2 台の高速度 VTR カメラ (実験 1: NAC 社製, HSV-500C3, 実験 2: CASIO 社製, EX-F1) を用い、撮影速度を実験 1 は毎秒 250 コマ, 露出時間 1/1000 秒, 実験 2 は毎秒 300 コマ, 露出時間 1/2000 秒とした。また、デジタルビデオカメラ (SONY 社製, 実験 1: 本塁ベース後方, 実験 2: 二塁ベース後方) を用いて、撮影速度を毎秒 60 コマで、捕球から送球後のボールを含む試技全体を確認できる場所から撮影を行った。両映像の時間的同期は、同期装置 (DKH 社製, PH-100) から両カメラにパルス光を映し込むことにより行った。なお、パルス光からボールリリースの瞬間の 1 コマ前の映像までの経過時間からボールリリースの時点を決めた。撮影範囲は、着座した捕手からみて二塁方向を前後方向とし、実験 1 では前後方向を 2.7 m, 左右方向を 1.8 m, 上下方向を 2.0 m, 実験 2 では前後方向を 1.8 m, 左右方向を 2.7 m, 上下方向を 2.0 m とした。また、左右方向を X 軸 (+: 一塁方向, -: 三塁方向), 前後方向を Y 軸 (+: 二塁方向, -: 本塁方向), 鉛直方向を Z 軸 (+: 上方向, -: 下方向) とする右手系の静止座標系を定義した。また、分析点の三次元座標を算出するため、試技の撮影前にキャリブレーションボール (DKH 社製, 高さ: 2.3 m, 較正点: 4 個) を撮影範囲の 12 カ所に垂直に立て、順に撮影した。

3. データ処理

本研究では、2 台の高速度カメラの VTR 画像から身体分析点を身体各セグメント端点 25 点とボール中心 1 点の合計 26 点を分析点 (図 3) とし、動作分析ソフトウェア (Frame-Dias IV, DKH 社製) を用いて、マウスにより手動でデジタイズを行った。視認が難しい分

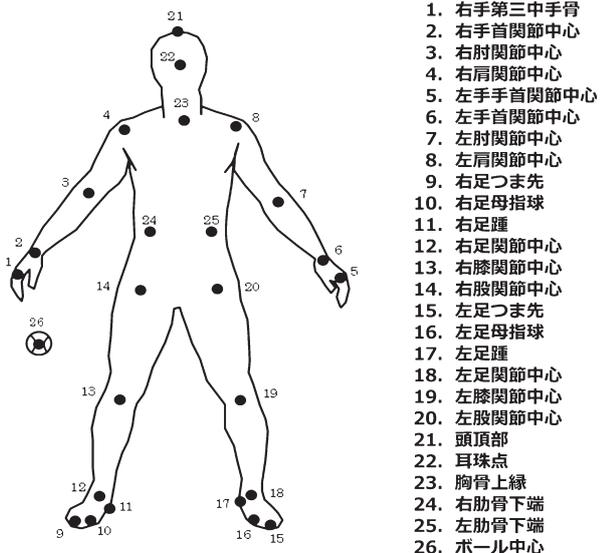


図3 デジタイズにおける各身体部位およびボール中心の位置

1. 右手第三中手骨
2. 右手首関節中心
3. 右肘関節中心
4. 右肩関節中心
5. 左手手首関節中心
6. 左手首関節中心
7. 左肘関節中心
8. 左肩関節中心
9. 右足つま先
10. 右足母指球
11. 右足踵
12. 右足関節中心
13. 右膝関節中心
14. 右股関節中心
15. 左足つま先
16. 左足母指球
17. 左足踵
18. 左足関節中心
19. 左膝関節中心
20. 左股関節中心
21. 頭頂部
22. 耳珠点
23. 胸骨上縁
24. 右肋骨下端
25. 左肋骨下端
26. ボール中心

0.002m, Z軸方向0.004 ± 0.003mであった。同様に実験2においてX軸方向0.002 ± 0.002m, Y軸方向0.002 ± 0.002m, Z軸方向0.004 ± 0.002mであった。また、それらの最大誤差は、実験1においてX軸方向0.009m, Y軸方向0.009m, Z軸方向0.009mであった。同様に実験2においてX軸方向0.009m, Y軸方向0.007m, Z軸方向0.009mであった。

4. 分析範囲

図4は、本研究の捕手の二塁送球における各時点および各局面の定義を示したものである。捕手の二塁送球に関する先行研究(川端ほか, 2013; 竹林ほか, 2014)の多くは、ボールの捕球から送球したボールが二塁に到達するまでを5つの時点および4つの局面に期分けし、分析範囲として定義された。本研究は、ボールの捕球から送球したボールが二塁に到達する時点までの5つの時点および4つの局面に加えて、先行研究(澤村ほか, 1997)の分析範囲を参考に、ミットから右手にボールが握り替えられた時点とテイクバックの際にボールの合成速度が最小値になった時点を定義した。よって、本研究は7つの時点および6つの局面を分析範囲とし、下記のとおり定義した。まず、7つの時点は、①ボールの捕球時(Ball Catching: 以下「Catch」と略す)、②ミットから右手にボールが握り替えられた時点(Ball Grip: 以下「Grip」と略す)、③右足の接地時(Right foot on: 以下「R.on」と略す)、④左足の接地時(Left foot on: 以下「L.on」と略す)、⑤テイクバックの際にボールの合成速度が最小値

析点も予想されるが、熟練した分析者がデジタイズを行ったため、デジタイズの不良はなかったと判断した。各分析点の2次元座標値を得た後、DLT法(池上, 1983)によりこれらの点の三次元座標を算出した。算出した三次元座標の各成分は、Wells and Winter (1980)の方法により、三次元座標データの成分毎に最適遮断数(5-30Hz)を決定し、Butterworth Low-Pass Digital Filterを用いてデータを平滑化した。較正点の実測三次元座標と計測値との平均誤差は、実験1においてX軸方向0.004 ± 0.003m, Y軸方向0.004 ±

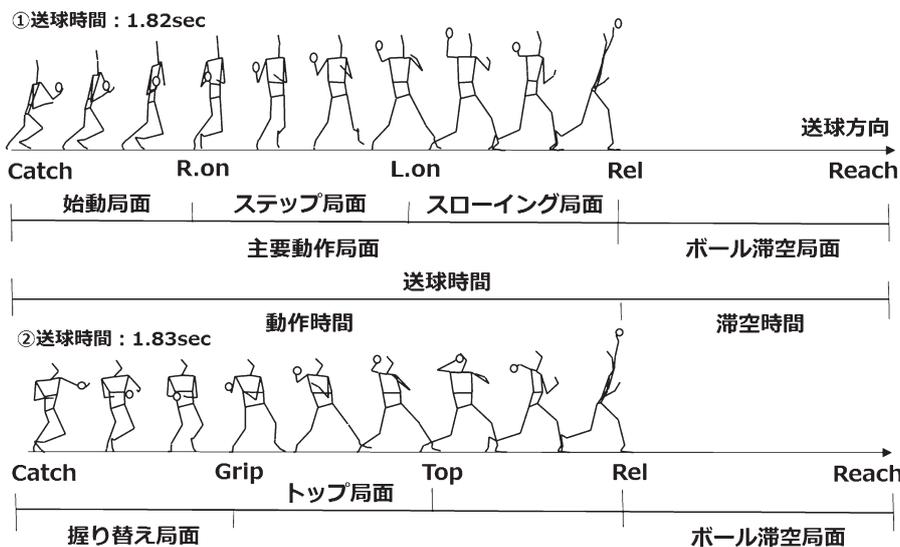


図4 各時点および各局面の定義

になった時点 (Ball Top: 以下「Top」と略す), ⑥ボールリリース時 (Ball Release: 以下「Rel」と略す), ⑦ボールの二塁到達時 (Ball Second Reaching: 以下「Reach」と略す), と定義した。次に, 6つの局面は, ①CatchからR.onまでを「始動局面」, ②R.onからL.onまでを「ステップ局面」, ③L.onからRelまでを「スローイング局面」, ④RelからReachまでを「ボール滞空局面」, ⑤CatchからGripまでのボール握り替えまでを「握り替え局面」, ⑥CatchからTopまでのトップに要するまでを「トップ局面」, として定義した。なお, Topの時点を上記のように定義した理由は, 投手の投球動作において投球腕の肩が外転し, かつ肘関節が屈曲する動作 (いわゆる, 腕をトップの位置に持っていく姿勢 (今任, 2001)) がボール速度最小局面のはじめにみられるとされている (島田ほか, 2004)。よって, 本研究においてもボールの合成速度が最小値になった時点をもTopとして定義した。

5. 分析項目および算出方法

1) 時間パラメータ

本研究では, 上記の分析範囲をもとに各局面に要した時間を定義した。まず, CatchからReachまで, すなわち主要動作局面およびボール滞空局面の両局面の合計に要する時間を「送球時間」, CatchからRelまでの主要動作局面に要する時間を「動作時間」, RelからReachまでのボール滞空局面に要する時間を「滞空時間」とした。次に, 動作時間を3局面に分け, CatchからR.onまでを「始動局面時間」, R.onからL.onまでを「ステップ局面時間」, L.onからRelまでを「スローイング局面時間」とした。さらに, CatchからGripまでのボール握り替えに要する時間を「握り替え時間」, CatchからTopまでのトップに要する時間を「トップ時間」とした。

2) リリース速度

リリース時のボール初速度 (以下「リリース速度」と略す) を算出する際の問題点として, ボールはリリース後に指先との抵抗によって, 急に動きが小さくなることが確認できる。このことを考慮せずにボール中心のデータを平滑化すると, リリース後の急峻な動きに影響されてリリース前のデータが丸みを帯びることとなり, 速度の最大値が正確に得られない可能性がある。そこで本研究では, 平滑化を行う前の三次元座標データにおけるボールの変位を, 時間微分することにより速度を算出し, Rel後3コマの速度を平均したものを「リリース速度」とした。なお, バットヘッド

速度もボール初速度と同様の理由から, 算出した変位を平滑化することなく, 数値微分して求めた合成速度をバットヘッド速度として算出されている (川村ほか, 2008)。

3) ストライドパラメータ

本研究では, ストライドパラメータとして右足の位置座標, 左足の位置座標, ピボット長, ピボット長・身長比, ストライド長, ストライド長・身長比, 右軸脚の足・膝・股関節の並進速度をそれぞれ求めた。「ピボット長」は, 右つま先のXY平面上の静止座標系X成分, Y成分の変位により, Catch時およびR.on時における右つま先のXY平面上の位置の差を求めた距離とした。また, ピボット長を各対象者の身長で割ることで「ピボット長・身長比」を算出した。「ストライド長」は, 左つま先と右つま先のXY平面上の静止座標系X成分, Y成分の変位により, L.on時における左つま先と右つま先のXY平面上の位置の差を求めた距離とした。また, ストライド長を各対象者の身長で割ることで「ストライド長・身長比」を算出した。右軸脚の足・膝・股関節の並進速度は, 右足離地後3コマの速度を平均したものとした。

4) リリースパラメータ

図5は, 本研究で用いた二塁送球動作のリリースパラメータの定義を示したものである。本研究では, リリースパラメータとしてリリース時のボール中心の位置座標, 方位角および仰角, 投射高, 投射高・身長比, ボール・手首速度比をそれぞれ求めた。「方位角」は, 静止座標系のXY平面におけるY軸に対するリリースでのボールの速度ベクトルがなす角度とし, 「仰角」は, XY平面に対してリリースでのボールの速

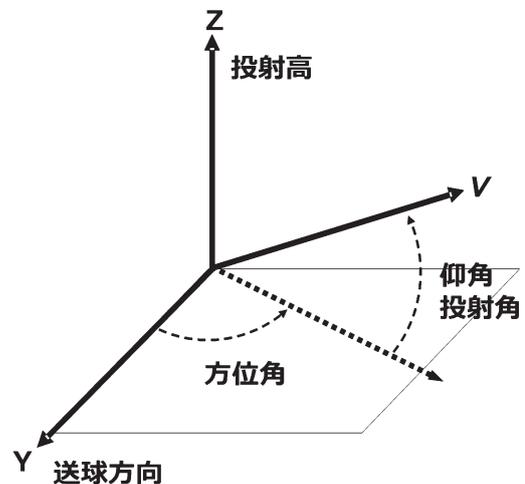


図5 リリースパラメータにおける各算出項目の定義

度ベクトルがなす角度とした。なお、本研究では、リリースパラメータのZ軸のボール中心の位置座標を「投射高」、仰角をボールの投射角と仮定し、同様の意味で使用した。また、投射高を各対象者の身長で割ることで「投射高・身長比」を求めた。さらに、ボール初速度を手首の並進速度で割ることで「ボール・手首速度比」を求めた。その他には、「二塁ベース付近に立っている捕球者がほぼ動くことなく捕球でき、かつ胸よりも下にノーバウンドまたはショートバウンドで到達した送球であるかどうか」について、捕球者にその送球の成否を定性的に判断してもらい、信任された試技を成功試技とする中で、各対象者による実験試技の総数のうち、成功試技として認められた数の割合を「送球成功率」として算出した。

5) 身体重心位置

本研究では、体重移動を評価する1つの指標である「身体重心位置」を求めた。身体分析点の三次元座標データから阿江(1996)の身体部分慣性係数を用いて、全身の身体重心位置を算出し、各動作局面における「身体重心の移動距離」を算出した。また、三次元座標データにおける身体重心位置の変位を、時間微分することにより「身体重心の移動速度」を算出した。

6. 統計処理

基本統計量は、平均値±標準偏差により示した。本研究の統計処理は、まず、捕手の二塁送球における構成要素と仮定する、送球時間、動作時間、滞空時間、リリース速度、の4つの評価指標について斜交因子分析(重みなし最小二乗法・プロマックス回転)を用い、二塁送球の各構成要素の関係を分析した。次に、送球時間、動作時間、滞空時間、リリース速度を従属変数、主要動作局面の各局面時間を独立変数として重回帰分析(ステップワイズ法)を用い、標準偏帰係数(β)、決定係数(R^2)を算出し、二塁送球の各構成要素と時間パラメータとの関係を分析した。重回帰分析では、独立変数間に多重共線性が生じていないかの診断を行った。最後に、送球時間、動作時間、滞空時間、リリース速度、の4つの評価指標に対するストライドパラメータ、リリースパラメータ、身体重心位置の各算出項目との関係について2変量の単相関分析を行った。相関係数はPearsonの積率相関係数を用い、相関係数の有意性検定を行った。なお、本研究におけるすべての統計処理は、SPSS Statistics ver.25 (IBM社製)を用い、統計的有意水準をすべて5%または1%未満とした。

Ⅲ. 結果および考察

本研究の目的は、わが国のプロ捕手における二塁送球動作の特徴を明らかにすることであった。そのために下位目的として、1)プロ捕手の二塁送球動作の時空に関する評価指標の相互関係を明らかにすること、2)本研究によるプロ捕手と先行研究によるアマ捕手の特徴との共通点と相違点を明らかにすること、の2つを設定した。本研究の分析項目を下記の5項目に選定した理由と経緯は以下のとおりである。まず、アマ捕手の先行研究と比較検討できる項目とするために、これまで行われたアマ捕手の二塁送球動作に関する研究において共通した分析項目であることを前提とした。また、わが国のプロ捕手の二塁送球動作に関する特徴を把握するにあたり、基礎的なデータとして必要最低限の調査項目であると著者らで判断した。以下では、プロ捕手11名における1)時間パラメータ、2)リリース速度、3)ストライドパラメータ、4)リリースパラメータ、5)身体重心位置、の5つの各算出項目と先行研究によるアマ捕手のデータを比較し、プロ捕手の二塁送球動作の特徴を検討した。

1. プロ捕手とアマ捕手の二塁送球の時間分析による比較

1) 時間パラメータとリリース速度の特徴

表1の上側に、本研究のプロ捕手11名の時間パラメータを示した。プロ捕手の二塁送球における送球時間が $1.92 \pm 0.06s$ であり、そのうち、動作時間が $0.63 \pm 0.04s$ 、滞空時間が $1.29 \pm 0.05s$ であった。表1のとおり、先行研究の中で最も送球時間の短い対象者とされるアマ捕手の研究(竹林ほか, 2014)と比較すると、本研究のプロ捕手は、アマ捕手の上位群(送球時間2.0秒以下の捕手7名)と送球時間および滞空時間は、ほぼ同等であったが、動作時間はアマ捕手の上位群および下位群(送球時間2.0秒以上の捕手7名)よりも短いといえる。よって、プロ捕手はアマ捕手よりも、二塁送球の送球時間および滞空時間において、必ずしも短いとはいえないことがわかった。また、先行研究を概観するとプロ捕手とアマ捕手との相違点は、動作時間にあると考えられるため、捕手の二塁送球動作の巧拙を決定する時間的要因として動作時間の短縮があるといえるだろう。次に、プロ捕手の二塁送球における主要動作局面では、始動局面時間が $0.21 \pm 0.04s$ 、ステップ局面時間が $0.22 \pm 0.03s$ 、スローイング局面時間が $0.20 \pm 0.03s$ であった。先行研究(竹林ほか,

表1 プロ捕手とアマ捕手における時間パラメータおよびリリース速度の比較

研究者 (年号)	対象者 (名)	主要動作局面の各局面時間 (sec)					動作時間 (sec)	滞空時間 (sec)	送球時間 (sec)	リリース速度 (m/sec)
		始動局面	ステップ局面	スローイング局面	握り替え局面	トップ局面				
本研究	プロ捕手 (n=11)	0.21±0.04	0.22±0.03	0.20±0.03	0.30±0.07	0.46±0.07	0.63±0.04	1.29±0.05	1.92±0.06	33.9±1.6
蒲池ほか (2015)	大学捕手 (n=9)	0.27±0.07	0.19±0.03	0.21±0.05	—	—	≒0.67	1.32±0.10	≒1.99	—
竹林ほか (2014)	大学捕手上位 (n=7)	0.27±0.06	0.21±0.03	0.19±0.04	—	—	0.67±0.04	≒1.25	1.92±0.05	32.4±1.6
	大学捕手下位 (n=7)	0.35±0.05	0.22±0.04	0.19±0.03	—	—	0.76±0.05	≒1.33	2.09±0.04	31.5±0.7
川端ほか (2013)	大学捕手 (n=12)	—	0.26±0.06	0.22±0.03	0.24±0.08	—	0.72±0.02	1.33±0.08	2.04±0.08	—
澤村ほか (1997)	社会人・大学捕手 (n=7)	0.28±0.05	—	—	0.29±0.05	0.54±0.05	0.70±0.05	1.40±0.04	2.11±0.07	32.3±1.3
Sakurai et al. (1994)	米国大学捕手 (n=5)	—	—	—	—	—	0.80±0.10	1.40±0.10	2.20±0.10	33.5±0.7
	米国18歳捕手 (n=4)	—	—	—	—	—	0.80±0.10	1.50±0.10	2.30±0.10	31.5±0.7
	米国16歳捕手 (n=6)	—	—	—	—	—	0.90±0.10	1.50±0.10	2.40±0.20	30.1±0.5

表2 主要動作局面の各局面時間と二塁送球の各構成要素との関係 (重回帰分析の結果)

主要動作局面の各局面時間 (sec)	始動局面	ステップ局面	スローイング局面	握り替え局面	トップ局面	標準偏回帰係数 (β), 決定係数 (R^2)			
						送球時間	動作時間	滞空時間	リリース速度
始動局面	0.21±0.04	—	—	—	—	—	—	-0.913, 0.431 *	—
ステップ局面	0.22±0.03	—	—	—	—	—	—	—	—
スローイング局面	0.20±0.03	—	1.289, 0.399 *	—	—	—	—	—	-36.447, 0.375 *
握り替え局面	0.30±0.07	—	—	0.375, 0.434 *	—	—	—	—	—
トップ局面	0.46±0.07	—	—	—	—	—	—	—	—

*: p<0.05

2014) のアマ捕手と比較すると、本研究のプロ捕手は、アマ捕手の上位群とステップ局面時間およびスローイング局面時間は、ほぼ同等であったが、始動局面時間はアマ捕手の上位群および下位群よりも短いといえる。よって、プロ捕手はアマ捕手よりも、二塁送球のスローイング局面時間および滞空時間において、必ずしも短いとはいえないことがわかった。また、先行研究を概観すると、プロ捕手とアマ捕手との相違点は、動作時間にあると考えられるため、捕手の二塁送球動作の巧拙を決定する時間的要因として始動局面時間の短縮があるといえるだろう。

表2に、捕手の二塁送球における構成要素として仮定する、送球時間、動作時間、滞空時間、リリース速度、の4つの評価指標を従属変数、主要動作局面の各局面時間を独立変数として重回帰分析を行った結果を示した。その結果、標準偏回帰係数 (β) から、スローイング局面時間 ($\beta = 1.289, p < 0.05$) は、送球時間に有意な影響を及ぼしていることが認められた。また、

スローイング局面時間 ($\beta = -36.447, p < 0.05$) は、リリース速度にも有意な影響を及ぼしていることが認められた。先行研究 (蒲池ほか, 2015) では、大学捕手の動作時間と始動局面時間に有意な相関 ($r = 0.940, p < 0.001$) が示されている。本研究のプロ捕手は、先行研究のアマ捕手よりも始動局面時間は短いといえるが、スローイング局面時間の短い捕手ほど送球時間も短い関係を示した。先行研究 (高橋ほか, 1998) では、大学捕手におけるテイクバック時の肘・手首の移動距離と慣性モーメントの関係から、ボールをなるべく身体から離さないようにしてテイクバックの形を取ることが、テイクバックまでの時間を短縮させるのに有効だと報告されている。また、指導書 (秦ほか, 2007) でも、「捕球と同時に上腕を身体へ近づけながら、手首を身体の方へ返す」といった指導内容の記述がされている。よって、プロ捕手は、始動局面時間よりもスローイング局面時間を短くすることで送球時間を短縮し、よりコンパクトな動作で効率よくリリース速度を

増大させ送球していると考えられる。一方で、重回帰分析の結果から、始動局面時間 ($\beta = -0.913, p < 0.05$) は、滞空時間に有意な影響を及ぼしていることが認められた。本研究のプロ捕手は、先行研究のアマ捕手よりも始動局面時間は短いにもかかわらず、その始動局面時間を遅延する捕手ほど滞空時間も短い関係を示した。上記の先行研究のアマ捕手は、動作時間を短縮するために、始動局面時間を短縮することが関係しているとされている。しかし、動作時間がアマ捕手よりも短いとされるプロ捕手は、始動局面時間が短くなりすぎると、滞空時間の遅延に影響が及ぶと考えられる。よって、プロ捕手は、動作時間を短縮する中でも始動局面の動作を遅延させながら、滞空時間を短縮するために、より大きな力を作り出すことで補完していると推察される。しかし、プロ捕手はアマ捕手と異なり、動作時間を短縮することが送球時間の短縮には直接的に関与しているわけではなかった。したがって、プロ捕手は動作時間を短縮する中でも滞空時間を短縮するために、リリース速度の増大を可能とする特に優れた送球動作を獲得していることが示唆される。

さらに、プロ捕手の二塁送球における主要動作局面において、握り替え局面時間が $0.30 \pm 0.07s$ 、トップ局面時間が $0.46 \pm 0.07s$ であった。重回帰分析の結果から、握り替え局面時間 ($\beta = 0.375, p < 0.05$) は、動作時間に有意な影響を及ぼしていることが認められた。指導書 (江藤, 2009; 秦ほか, 2007; 本間, 2008; 大矢, 2002) では、「捕球したミットをできるだけ早く右手につける」ことや、「できるだけ握り替えまでの時間を短くする」ことなど、握り替えの重要性に関する記述が多くみられるが、その指導言語の有効性は実証されておらず、先行研究 (川端ほか, 2013) のアマ捕手では、送球時間と握り替え時間には有意な相関はなかったと報告されている。よって、握り替えまでの時間を短くすることは、動作時間の短縮に貢献するが、送球時間そのものを短縮するまでの関係には至らないことが示唆される。一方で、指導書 (高木ほか, 2005) では、「ミットでボールを迎えに行かずに身体の近くで捕球し、胸の前でボールを割って素早くトップの体勢をつくる」ことが重要だと記述されているが、本研究のプロ捕手では、二塁送球の各構成要素においてトップ局面時間の影響はなかった。よって、プロ捕手は、二塁送球においてトップまでの時間を短縮するのではなく、動作時間を短縮するためにボールの握り替えまでを素早く行っていることがわかった。ボールの握り替えまでの動作を素早く行うためには、

ボール捕球の技術が優れていることやボール捕球までの「予備動作」の獲得などが考えられる。しかし、上記の先行研究のアマ捕手の方が握り替え時間は短いといえるため、プロ捕手は主要動作局面において単に握り替えまでの時間を短縮するのではなく、各局面が総合的に関与しながら優れた二塁送球動作を巧拙していると推察される。

2) 送球時間と動作時間との関係

図6のとおり、送球時間と動作時間との間に、有意な相関 ($r = 0.459, n.s.$) はなかった。しかし、本研究のプロ捕手11名のうち、送球時間が1.90s未満のプロ捕手 (以下「特に優れたプロ捕手」と略す) 2名 (図4) を除いた場合、送球時間と動作時間との間には、有意な相関 ($r = 0.646, p < 0.05$) が示された。先行研究 (川端ほか, 2016) では、大学捕手において送球時間と動作時間との間に有意な相関関係 ($r = 0.674, p < 0.001$) が示されたと報告されている。よって、野球捕手の二塁送球では、プロ・アマに関係なく、動作時間の短い捕手ほど、送球時間が短縮されているといった共通した関係があるといえるだろう。しかし、上述したように、本研究のプロ捕手は、送球時間と動作時間との間に必ずしも有意な相関関係があるわけではなかった。本研究の特に優れたプロ捕手2名とその他のプロ捕手9名を比較すると、特に優れたプロ捕手2名は、その他プロ捕手9名と同等の動作時間であるにもかかわらず、滞空時間を短くして送球時間を短縮することができる捕手であり、その他のプロ捕手9名と異なる特徴があるといえる。以上より、特に優れたプロ捕手は、送球時間と動作時間との関係による滞空時間の遅延の影響が少ない集団であると考えられる。した

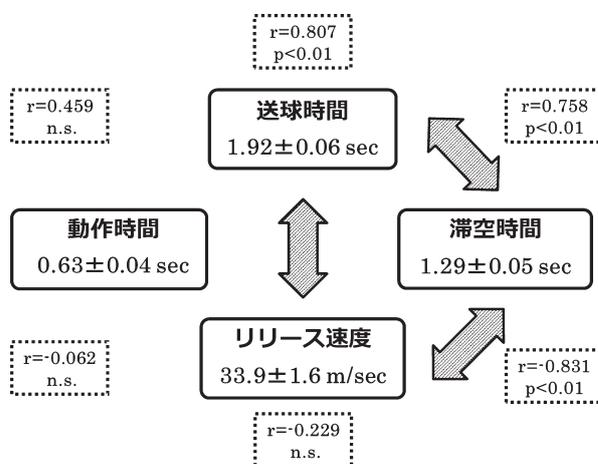


図6 プロ捕手の二塁送球における各構成要素の関係 (斜交因子分析の結果)

がって、動作時間を短縮する中でもリリース速度を増大させ、滞空時間を短縮することを可能とする特に優れたプロ捕手の動作形態を明らかにする必要があるだろう。

3) 送球時間と滞空時間およびリリース速度との関係

図6のとおり、送球時間と滞空時間との間に、有意な相関 ($r = 0.758, p < 0.01$) が示された。また、送球時間とリリース速度との間にも、有意な相関 ($r = -0.807, p < 0.01$) が示された。先行研究 (川端ほか, 2016) でも、本研究のプロ捕手と同様に、野球捕手44名 (プロ捕手4名, 大学捕手40名) の送球時間と滞空時間との間には、有意な相関 ($r = 0.674, p < 0.001$) が示されている。また、大学捕手の研究結果 (川端ほか, 2013) でも、送球時間と滞空時間との間には、有意な相関 ($r = 0.956, p < 0.001$) が示されている。よって、プロ・アマに関係なく、野球捕手は、送球時間を短縮するためにリリース速度を増大させ、滞空時間を短縮していることが示唆される。先行研究 (川端ほか, 2013) でも、送球時間が短い捕手は、投球動作を大きくし動作時間を長くしてでも、ボール初速度を高めようとしているとの見解がみられる。特に、プロ捕手は、送球時間に対して滞空時間よりもリリース速度の貢献度の方が大きいことから、滞空時間の短縮のためにリリース速度をいかに増大できるかが二塁送球の重要な課題となるであろう。その一方で、本研究のプロ捕手は、リリース速度が大きい捕手が必ずしも滞空時間が短くなる傾向にはなく、送球時間に対する滞空時間とリリース速度の貢献度は必ずしも一致しなかった。また、プロ捕手の方がアマ捕手に比べ、滞空時間とリリース速度との関係から、リリース速度の低下の幅が小さいと考えられるため、ボールの「ノビ」、「キレ」、「ハシリ」などの言葉を用いて形容されるボールの球質 (大岡・前田, 2012) といわれる、ボール速度、ボールの回転軸の方向や傾き、ボールの回転量や回転速度などの影響 (Jinji and Sakurai, 2006; 前田・白井, 2008; 神事・桜井, 2008) が関係していると示唆される。よって、送球時間を短縮するにあたり、単にリリース速度を増大させ、滞空時間を短縮しているだけではないと推察されるプロ捕手の二塁送球におけるボールの球質を明らかにする必要があるだろう。

4) 動作時間と滞空時間およびリリース速度との関係

図6のとおり、動作時間と滞空時間との間に、有意な相関 ($r = -0.229, n.s.$) はなかった。また、動作時間とリリース速度との間にも、有意な相関 ($r = 0.062, n.s.$) はなかった。しかし、本研究のプロ捕手11

名のうち、特に優れたプロ捕手2名を除いた場合、動作時間と滞空時間との間に、有意な相関 ($r = -0.695, p < 0.05$) が示された。野球捕手44名 (プロ捕手4名, 大学捕手40名) の研究結果 (川端ほか, 2016) によると、滞空時間と送球時間との間に、有意な相関 ($r = -0.333, p < 0.05$) が示されている。また、大学捕手の研究結果 (川端ほか, 2013) でも、上記の關係に有意な相関関係 ($r = -0.606, p < 0.05$) が示されている。同様に、平野 (2016) も動作時間と滞空時間には相反関係があると述べており、上記の關係を支持する結果を示している。よって、野球捕手の二塁送球では、プロ・アマに関係なく、動作時間を短縮すると滞空時間が遅延し、滞空時間を短縮すると動作時間が遅延するといったトレードオフの關係にあるといえるだろう。しかし、上述したように、本研究のプロ捕手は、動作時間と滞空時間との間に必ずしもトレードオフの關係にあるわけではなかった。本研究の特に優れたプロ捕手2名とその他のプロ捕手9名を比較すると、送球時間が最も早かったプロ捕手は、滞空時間を短くする中でも動作時間を短縮できる捕手であり、送球時間が2番目に早かったプロ捕手は、動作時間を短くする中でも滞空時間も短縮できる捕手であり、その他のプロ捕手9名と異なる特徴があるといえる。以上より、特に優れたプロ捕手は、動作時間と滞空時間のトレードオフの關係による送球時間の遅延に関する影響が少ない集団であると考えられる。したがって、上述したように、動作時間を短縮する中でもリリース速度を増大させ、滞空時間を短縮することを可能とする特に優れたプロ捕手2名の動作形態を明らかにするのは、プロ・アマに関係なく、野球捕手の指導への示唆として大変意義があるだろう。

5) 滞空時間とリリース速度との関係

表4のとおり、リリース速度の各成分と滞空時間との間には、X成分 ($r = -0.369, n.s.$) に有意な相関はなかったが、Y成分 ($r = -0.831, p < 0.01$)、Z成分 ($r = 0.726, p < 0.01$)、合成成分 ($r = -0.831, p < 0.01$) には有意な相関が示された。先行研究では、大学捕手の上位群が $32.4 \pm 1.6 \text{ m/s}$ (竹林ほか, 2014)、高レベルの大学捕手が $32.5 \pm 1.2 \text{ m/s}$ (宮西・櫻井, 2010)、米国の大学捕手が $33.0 \pm 1.6 \text{ m/s}$ (Fortenbaugh et al., 2010) とされている。本研究のプロ捕手のリリース速度が $33.9 \pm 1.6 \text{ m/s}$ であり、日米のアマ捕手よりもリリース速度が大きく、リリース速度の増大における二塁送球動作の技能レベルは高いといえる。また、大学捕手の研究結果 (川端ほか, 2013) でも、滞空時間とリリース

速度との間に、有意な相関 ($r = -0.861, p < 0.001$) が示されている。よって、捕手の二塁送球における送球方向へのリリース速度を増大させること、かつ上方向へのリリース速度を抑制させることが滞空時間の短縮に貢献度が高いと示唆される。

2. プロ捕手とアマ捕手の二塁送球の動作分析による比較

1) ストライドパラメータの特徴

表3のとおり、本研究のプロ捕手11名のストライドパラメータとして、ピボット長およびストライド長と二塁送球における各構成要素との間には、ピボット長に有意な相関が示されたが、ストライド長に有意な相関は全くなかった。重回帰分析の結果からも、主要動作局面におけるステップ局面時間と二塁送球における各構成要素の間には、有意な影響を及ぼしていることが認められなかった。本研究のプロ捕手の右足の座標は、X成分が全対象者において-の値を示し、Y成分が+の値を示したため、いわゆる左前方へのステップであった。先行研究(竹林ほか, 2014)における大学捕手のピボット長・身長比は30%前後であり、ストライド長・身長比は65%前後であった。本研究のプロ捕手は、ストライド長・身長比は75%前後であり、アマ捕手よりも大きかった。また、アマ捕手よりも動作時間を短縮しているプロ捕手は、ピボット長・身長比が25%前後と短く、右軸脚の動作に特徴があると推察された。特に、右軸脚の動作は、X成分

が動作時間の短縮と関係し、Y成分が滞空時間の短縮と関係しており、複合的にリリース速度の増大から送球時間の短縮に貢献している可能性が考えられる。また、重回帰分析の結果からも、主要動作局面における始動局面時間と滞空時間との間には、有意な影響を及ぼしていることが認められた。しかし、右軸脚の足・膝・股関節速度と二塁送球における各構成要素との間に、有意な相関はなかった。先行研究(澤村ほか, 1997)では、社会人捕手と大学捕手の右足の移動距離および移動速度と送球時間およびリリース速度との間には、いずれの間にも有意な相関は示されなかったと報告されている。よって、二塁送球における右軸脚の動作は、プロ捕手特有の動作であり、アマ捕手が容易に獲得できる単純な並進動作ではないことが推察される。また、指導書(屋敷, 2006)では、「左足を送球方向に真っ直ぐステップすることや、「右足の内側を二塁方向に向けるようにステップすることなど、ステップ動作に関する留意点の記述がされている。以上より、野球捕手の二塁送球における送球時間の短縮およびリリース速度の増大に繋がる右軸脚の動作は、右足の接地位置と移動時間が相互に関与していると考えられる。プロ捕手は、より狭い空間の中でボールを捕球すると同時に右足を斜め左前方へ素早く動かし、リリース速度の増大に繋がる右軸脚を主動としたステップによる送球動作を獲得していると推察される。この右軸脚を主動とした踏込脚方向へのステップ動作は、捕手の二塁送球における正確性を向上させることにも

表3 ストライドパラメータと二塁送球の各構成要素との関係(単相関分析の結果)

		平均値 ±標準偏差	相関係数 (r)			
			送球時間	動作時間	滞空時間	リリース速度
ピボット長 (m)	X成分	-0.34±0.17	0.575 *	0.653 *	0.159	-0.547 *
	Y成分	0.26±0.11	-0.424	0.314	-0.703 **	0.524 *
	合成成分	0.46±0.12	-0.680 *	-0.360	-0.496	0.639 *
	身長比	0.26±0.07	-0.685 *	-0.369	-0.493	0.637 *
ストライド長 (m)	X成分	-0.14±0.15	0.195	-0.300	0.454	-0.104
	Y成分	1.36±0.09	0.036	0.201	-0.114	0.241
	合成成分	1.38±0.08	-0.033	0.249	-0.226	0.296
	身長比	0.77±0.04	-0.053	0.308	-0.275	0.309
右軸脚 並進速度 (m/sec)	足関節	4.5±0.8	-0.501	-0.307	-0.356	0.396
	膝関節	2.2±0.6	-0.393	-0.398	-0.142	0.041
	股関節	2.3±0.2	-0.283	-0.061	-0.304	0.130

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

繋がること報告されている(鈴木ほか, 2018)。他方で、ボール速度およびボール回転速度の増大には、膝関節の伸展角速度が大きく貢献しているとの報告もされている(Matsuo et al., 2001)。以上より、ボールに回転を与える動作は指先のみではなく、下肢におけるステップ動作も重要であるということを実証しているといえるだろう。したがって、捕手の二塁送球動作の巧拙を決定する動作的要因として、主に始動局面における右軸脚を強調したステップ動作を獲得する必要があるだろう。

2) 送球成功率およびリリースパラメータの特徴

表4のとおり、本研究のプロ捕手11名のリリースパラメータとして、方位角および仰角と二塁送球における各構成要素との間には、仰角に有意な相関が示されたが、方位角に有意な相関は全くなかった。また、本研究のプロ捕手の送球成功率は $92.3 \pm 7.1\%$ であった。本研究は実験下における試技であったが、 90.0% 以上の送球成功率を示し、そのうち4名は 100% の送球成功率であった。さらに、本研究のプロ捕手のボール・手首速度比は 1.25 ± 0.08 であり、手首の速度よりもリリース速度の方が速いことが明らかとなった。先行研究(羽鳥・宮崎, 1982)では、大学捕手におけるボールの投射角度が $8.5 \pm 2.4 \text{deg}$ であり、高いレベルの大学捕手(宮西・櫻井, 2010)では、ボールの投射角度が 8.2deg 、投射高・身長比が 95% であったとされている。よって、本研究のプロ捕手の方がボールの投射高が高く、投射角度が低い傾向にあったといえる。また、先行研究(大岡・前田, 2012)では、上肢の姿

勢、特に、前腕部の姿勢をどのようにしてボールをリリースするかによって、仰角も変わり得ることが判明されている。具体的には、リリースに向かってボールを上から投げ下ろすようにしながら、上腕部および前腕部を立たせた状態を維持してボールをリリースすることにより、仰角が低く、かつ回転軸が水平位に近いものになるとされている。以上より、本研究のプロ捕手における二塁送球動作は、投射高を高くした動作であり、それは単にボールが投射される位置が高くなるわけだけではなく、ボールを捕球する際の座位姿勢から、ボールをリリースする送球姿勢までに下肢の優れたステップ動作によって足・膝・股関節の屈曲伸展を伴う動作であり、投球腕の肩関節の外転および水平外転の動作などが複合的に関係し合っ動作が巧拙されると推察される。羽鳥・宮崎(1982)は、Bunn(1969)とHay(1978)の研究結果を踏まえ、捕手の二塁送球はより大きいボール初速度、かつより低い角度で投射してボールの弾道ができる限り一直線になるように送球することが有利となると述べている。また、放物運動(無風条件)の法則に基づくと、投距離は球速、投射高、投射角の関数であるとされている(Hay, 1978)。本研究のプロ捕手は、より低い角度でボールを投射している捕手ほどリリース速度が大きい傾向にあり、全対象者での送球時間の最速を示した捕手の仰角は 6.3deg と最も低い投射角度であった。よって、プロ捕手はアマ捕手より投射高が高い中でも投射角を低くすることにより、リリース速度の増大から滞空時間を短くし、結果的に送球時間の短縮に貢献している

表4 リリースパラメータと二塁送球の各構成要素との関係(単相関分析の結果)

		平均値 ±標準偏差	相関係数 (r)			
			送球時間	動作時間	滞空時間	リリース速度
リリース速度 (m/sec)	X成分	2.0±0.8	-0.745 **	-0.650 *	-0.369	0.458
	Y成分	33.6±1.7	-0.784 **	-0.026	-0.831 **	0.999 **
	Z成分	3.8±0.6	0.499	-0.240	0.726 **	-0.762 **
	合成成分	33.9±1.6	-0.807 **	-0.062	-0.831 **	1.000 **
方位角 (deg)		2.7±1.1	-0.186	-0.349	0.030	-0.262
仰角 (deg)		8.0±1.4	0.564 *	-0.167	0.730 **	-0.772 **
投射高 (m)		1.74±0.12	0.366	-0.280	0.595 *	-0.430
投射高・身長比		0.98±0.06	0.411	-0.272	0.651 *	-0.488
ボール・手首速度比		1.25±0.08	0.442	-0.427	0.190	-0.083

* : p<0.05 ** : p<0.01

可能性が考えられる。

一方で、方位角は、仰角と異なったボールの球質との関係が検討されており、特に、投球したボールの軌道に影響するとの報告がされている(前田・白井, 2008)。また、ボールの球質を決定する要因といわれる、ボール速度、ボールの回転軸の方向や傾き、ボールの回転量や回転速度などを巧拙するための投球動作には様々あるといわれている(Jinji and Sakurai, 2006; 前田・白井, 2008; 神事・桜井, 2008)。具体的に、ボール速度を増大させるためには、肩関節の筋活動として肩関節内旋筋群弾性エネルギーを利用して、ボールや投球腕末端部を大きく加速させることがあげられる(宮西ほか, 1996)。また、ボールの回転軸の方向や傾きの決定には、ボールリリース直後の手の方向に関与するとされているが、手関節の運動のみならず、踏み出し脚の位置や体幹の回旋角度、肩関節の外転位など、全身の運動が結果としてボール回転量や回転速度の増大に寄与していること明らかとされている(神事・桜井, 2008)。これらの動作などがボールの球質を決定する要因としてあげられる中、特に、手関節の回内・回外角度がボールの方位角と深い関係にあると報告されている(神事・桜井, 2008)。よって、二塁ベースに精度の高い送球をしているプロ捕手は、二塁送球動作における下肢・体幹・上肢といった全身の運動を基本としたうえで、特に、手関節の回内・回外運動による投球腕末端部の動作を制御して送球精度とボールの球質を調整する高度な送球能力があると推察される。特に、捕手の二塁送球における送球能力は、主に盗塁阻止に繋がる正確性の兼ね備えた高い送球精度が必要となるため、送球動作の再現性と送球された

ボールの安定性を獲得する必要があるだろう。また、動作時間を短縮する中でもリリース速度を増大させ、滞空時間を短縮することを前提とし、その条件のうえで送球精度を高めていくことが望まれる。したがって、野球捕手の二塁送球では、リリース速度を増大させることだけでなく、より低い投射角度で一定の距離を送球することができるボールの球質も考慮しながら、送球の技能レベルを高めていく必要があると示唆される。捕手の二塁送球動作の巧拙を決定する動作的要因として、主にボールリリース時における手関節の回内・回外運動を強調したスナップ動作を獲得する必要があるといえるだろう。

3) 身体重心位置の特徴

表5のとおり、本研究のプロ捕手11名の身体重心位置として、身体重心の移動距離および移動速度と二塁送球における各構成要素との間には、移動速度に有意な相関が示されたが、移動距離に有意な相関は全くなかった。先行研究(澤村ほか, 1997)の結果でも、身体重心の移動速度とリリース速度では有意な相関($r=0.754, p<0.05$)が示されたことから、捕手の二塁送球におけるリリース速度の増加には、身体重心の移動速度が関係していると考えられる。指導書(阿部ほか, 2004; 塩田, 2015)でも、「右軸脚の股関節に体重を乗せ、左踏み出し脚へ体重移動をする」ことや、「捕球から送球まで低い体勢をキープし、一気に左足に体重移動することが強い送球には必要だ」と言われるように、体重移動の重要性について記述されている。また、身体重心の移送速度は、右軸脚のステップ動作と二塁送球における各構成要素との関係に似た傾向にあり、X成分が動作時間の短縮と関係し、Y成分

表5 身体重心位置と二塁送球の各構成要素との関係(単相関分析の結果)

		平均値 ±標準偏差	相関係数 (r)			
			送球時間	動作時間	滞空時間	リリース速度
身体重心 の移動距離 (m)	X成分	-0.20±0.07	0.278	0.352	0.067	0.059
	Y成分	1.01±0.13	-0.352	-0.160	-0.291	0.403
	Z成分	0.33±0.03	0.426	0.460	0.135	-0.480
	合成成分	1.17±0.10	-0.303	-0.094	-0.288	0.357
身体重心 の移動速度 (m/sec)	X成分	0.26±0.08	-0.404	-0.635 *	-0.004	-0.097
	Y成分	1.43±0.18	-0.544 *	-0.180	-0.484	0.594 *
	Z成分	0.39±0.07	0.063	0.462	-0.251	0.078
	合成成分	1.60±0.14	-0.645 *	-0.175	-0.596 *	0.705 **

* : $p<0.05$ ** : $p<0.01$

がリリース速度の増大と関係しており、最終的に送球時間の短縮に貢献している可能性が考えられる。一般に、送球時の身体重心の移動を大きくすることは、ボールに力を作用させる距離を長くすることになり、ボールへの仕事を増大させることができるとされている(澤村ほか, 1997)。プロ捕手はアマ捕手に比べて始動局面において重心を引き上げ、位置エネルギーを蓄えることにより、狭い空間の中でも最大限の力を作り出す工夫をしていると推察できる。よって、捕手の二塁送球動作の巧拙を決定する動作的要因として、身体重心の移動速度の増大があり、体重移動を利用したステップ動作を獲得して送球しているといえるだろう。

IV. 総括

1. 結論

本研究を通して、わが国のプロ捕手11名における二塁送球動作の特徴を明らかとすることができた。本研究の結論は、以下の5つである。

- 1) 時間パラメータにおいて、プロ捕手はアマ捕手と動作時間に差異があり、特に、始動局面は滞空時間との関係があり、スローイング局面は送球時間およびリリース速度との関係があり、握り替え局面は動作時間との関係の高いことが明らかとなった。
- 2) 時間パラメータにおいて、プロ捕手はアマ捕手と同様に、動作時間と滞空時間にトレードオフの関係があり、特に優れたプロ捕手2名は、動作時間を短縮する中でも、滞空時間も短縮することを可能とし、送球時間の短縮に繋げていることが明らかとなった。
- 3) ストライドパラメータにおいて、プロ捕手はアマ捕手とピボット長に差異があり、特に、X成分は動作時間との関係があり、Y成分は滞空時間との関係があるが、ストライド長はアマ捕手と同様に、全ての項目間に関係のないことが明らかとなった。
- 4) リリースパラメータにおいて、プロ捕手はアマ捕手よりもボールの投射高は高く、かつ投射角度が低い傾向を維持して送球精度を高め、特に、仰角は滞空時間およびリリース速度との関係があるが、方位角は全ての項目間に関係のないことが明らかとなった。
- 5) 身体重心位置において、プロ捕手はアマ捕手と同様に、身体重心の移動速度はリリース速度との関係があるが、身体重心の移動距離はアマ捕手と同様に、全ての項目間に関係のないことが明らかとなった。

2. 指導への示唆

本研究の結論から、プロ捕手を目指すアマ捕手に対して、以下の指導への示唆を導くことができた。プロ捕手は、主に動作時間の短縮を重視する捕手と滞空時間の短縮を重視する捕手に分けることができると推察される。捕手の二塁送球の最終目的は、送球精度を維持する中で、動作時間と滞空時間とのトレードオフの関係を考慮しながらも、リリース速度を増大させ、動作時間と滞空時間を短縮し、結果的に送球時間の短縮を目指すことである。したがって、野球捕手は、動作時間および滞空時間の短縮に伴い、ボール捕球から右足接地までの時間を短縮すること、またはボール捕球からボールを握り替えるまでを短縮することがあげられる。また、少しでも動作時間を短縮するために、コンパクトな動作でリリース速度を増大させ、より効率よく送球することが要求される。特に、右軸脚を主動とした柔軟な素早いステップ動作から、瞬発的な下肢動作の習得が望まれる。さらには、リリース速度を増大させるために、下肢動作から体幹部の最大限の力発揮が必要になると示唆される。

上記の内容を踏まえ、二塁送球動作を習得するための具体的な練習方法としては、右足接地までを迅速、かつ正確に行うために、反復的な瞬発トレーニングや低い姿勢から下肢重視のフットワークを利かせたキャッチボールによる送球練習が提案できる。また、高い巧緻性を身に付け、動作のスピード、バランスおよびタイミングを考慮した送球動作を獲得する必要があると考えられる。特に、ジュニア期では、捕手の技能習熟レベルを見極めて、まずは強く正確に送球させることに重点を置く必要があると示唆される。そして、体力・身体的成長に伴い、ボールの球質を考慮しながらも、徐々に動作時間を短縮することができる二塁送球動作を獲得させる指導方略が望ましいといえるだろう。

3. 今後の課題および展望

本研究では、プロ捕手の二塁送球動作における時間の特徴とキネマティクスの特徴の関係を詳細に検討するまでには至らなかった。時間パラメータの各局面間での関係の示された結果が、実際にどのような動作と関連して高い技能レベルにある二塁送球動作の巧拙に繋がっていたのかは明確ではない。また、高い送球精度を維持するための制球力の獲得に起因するキネマティクスの要因も不明確である。したがって、今後は、プロ捕手とアマ捕手の上位者を対象として、より

詳細な動作から時間的特徴とキネマティクスの特徴の関係性を検討することが望まれる。特に、プロ捕手は、本研究の分析範囲として扱わなかった「準備局面」におけるボール捕球能力とボール対応力の高さが優れていると考えられる。よって、捕球前の「予備動作」と捕球から右足接地までの動作が、二塁送球動作全体とどのように関係しているのか検討する必要があるだろう。さらに、プロ捕手における二塁送球動作の特徴を個人間だけでなく個人内で検討することにより、個人差に応じた指導への示唆の獲得に繋がると考えられる。例えば、本研究における特に優れたプロ捕手2名の二塁送球動作を、より詳細に検討することは、捕手の二塁送球動作を巧拙している要因を明らかにするうえで大変意義のある知見となるだろう。さらに、指導書における捕手の二塁送球の指導方法や内容などを、科学的なデータに基づいて実証するために、プロ捕手だけでなく、アマ捕手のデータも継続的に蓄積し、野球の指導現場に寄与できる実践的な知見を獲得していくことが望まれる。

謝辞

本研究は、日本野球機構(NPB)に所属する2球団の関係者の皆様に、多大なご理解ご協力を賜り実施することができました。また、筑波大学野球コーチング論研究室の皆様から、本論文の執筆にあたり貴重なご意見をいただきました。さらに、筑波大学体育系のラクワール ランディーブ(Rakwal Randeep)教授に、英文抄録の作成においてご指導ご支援をいただきました。以上のご支援ご協力を賜りました皆様に、心より感謝申し上げます。

付記

本研究は、中京大学で開催された日本野球科学研究会第3回大会、日本大学で開催された日本コーチング学会第28回大会、大阪体育大学で開催された日本体育学会第67回大会にて発表した内容に加筆修正を加え、論文としてまとめたものである。

文献

- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *Jpn. J. Sports. Science*, 15 : 155-162.
- 阿部慎之助・矢野燿大・石原慶幸・村田真一 (2004) 中学・高校生のための野球—レベルアップ教本2004—. ベースボール・マガジン社 : 東京, pp.77-95.
- Bunn, J. W. (1969) *The scientific Principles of Coaching*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. (石河利寛訳, コーチングの科学的原理 (第7版)). ベースボール・マガジン社 : 東京, p.42
- Elliott, B., Sakurai, S., and Grove, J.R. (1994) Technique related differences in high performance throwing by the catcher in baseball. *Applied research in coaching and athletics annual*, 13 : 1-14.
- 江藤省三 (2009) 考える力を伸ばす! ジュニア野球「投手・捕手」練習メニュー150. 池田書店 : 東京, pp.138-148.
- Fortenbaugh, D., Fleisig, G., and Bolt, B. (2010) *THROWING MECHANICS OF BASEBALL CATCHERS*. 28 International Conference on Biomechanics in Sports.
- 深代千之・川本竜史・石毛勇介・若山章信 (2010) スポーツ動作の科学. 東京大学出版会 : 東京, p.2.
- 秦 真司・炭谷銀次朗・矢野燿大 (2007) すぐマネしたい野球の守備・走塁—トッププレイヤーの技術・捕手—. 成美堂出版社 : 東京, pp.102-103.
- 羽鳥好夫・宮崎義憲 (1982) 野球における捕手の二塁への送球技術に関する分析的研究. *東京学芸大学紀要*, 第5部門, 芸術・体育, 34 : 203-211.
- Hay, J.G. (1978) *The Biomechanics of Sports Techniques*. 2nd ed. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, N. J., p.38.
- 平野裕一 (2016) 科学する野球—ピッチング&フィールディング—. ベースボール・マガジン社 : 東京, pp.177-182.
- 本間正夫 (2008) 少年野球「バッテリーの全て」. 主婦の友社 : 東京, pp.124-129.
- 蒲池政人・鈴木 淳・山本裕太郎・市丸直人 (2015) 捕手の2塁送球動作の運動学的研究. *福岡教育大学紀要*, 第5分冊, 芸術・保健体育・家政科編, 福岡教育大学編, 64 : 129-133.
- 池上康男 (1983) 写真撮影による運動の3次元解析法. *Japanese Journal of SPORTS SCIENCE*, 2(8) : 163-170.
- 今任靖之 (2001) 投手革命. 報知新聞社 : 東京, pp.13-70.
- 岩瀬弘和・村田厚生 (2010) 捕手の送球の三次元動作解析. *人間工学*, 33 : 314-315.
- Jinji, T. and Sakurai, S. (2006) Direction of spin axis and spin rate of the pitched baseball. *Sports Biomechanics*, 5(2) : 197-214.
- 神事 努・桜井伸二 (2008) 投球されたボールの球質はどのような動作によって決定されるのか?. *バイオメカニクス研究*, 12(4) : 267-277.
- 金堀哲也・川村 卓・岡本嘉一・小倉 圭 (2015) 大学野球選手の内野ノック守備における動作パターン. *コーチング学研究*, 29(1) : 23-29.
- 川端浩一・浦田達也・伊藤 章 (2013) 捕手の二塁送球動作における時間分析. *コーチング学研究*, 26(2) : 197-202.
- 川端浩一・浦田達也・秋山真信・福田厚治・田邊 智 (2016) プロ野球捕手と大学生捕手の二塁送球動作に関する時間分析. *日本野球科学研究会第3回大会報告集* : p.36.
- 川村 卓・島田一志・高橋佳三・森本吉兼・小池関也・阿江通良 (2008) 野球の打撃における上肢の動作に関するキネマティクスの研究—ヘッドスピード上位群と下位群のスイング局面の比較—. *体育学研究*, 53(2) : 423-438.
- 川村 卓 (2015) キャッチャーの科学—打たれない配球の極意—. 洋泉社MOOK26 : 東京, pp.34-37.
- 菊政俊平・國部雅大 (2016) 野球の捕手におけるフィールドでの状況判断能力に関する認知的要因の検討. *いばらき健康・スポーツ科学*, 32 : 1-10.
- 菊政俊平・國部雅大 (2018) 野球の捕手におけるプレー指示場

- 面での状況判断および視覚探索に関する方略. スポーツ心理学研究, 45 (1) : 27-41.
- Larson, D. E., Fry, A. C., Greenwood, M., Schilling, B.K., and Chiu, Z.F. (2007) Ground reaction forces of throwing motions for a baseball catchers. *Sport Biomechanics*, 39: 94-95.
- 前田正登・白井信幸 (2008) 野球投手における投球数の増加が投球軌道に及ぼす影響. *トレーニング科学*, 20 (3) : 183-193.
- Matsuo, T., Escamilla, R.F., Fleisig, G.S., and Barrentine, S.W. (2001) Comparison of Kinematic and Temporal Parameters between Different Pitch Velocity Groups. *Journal of Applied Biomechanics*, 17: 1-13.
- 宮西智久・藤井範久・阿江通良・功力靖雄・岡田守彦 (1996) 野球の投球動作におけるボール速度に対する体幹および投球腕の貢献度に関する3次元的研究. *体育学研究*, 41 (1) : 23-37.
- 宮西智久・櫻井直樹 (2010) 野球の捕手のクイックスローに関するバイオメカニクス研究—ステップ投と膝着き投の比較—. 第21回日本バイオメカニクス学会大会集 : p.88.
- 宮西智久・櫻井直樹・遠藤 壮 (2015) 発達レベルの異なる野球内野手の送球動作のキネマティクスの比較—体幹と上肢の動作に着目して—. *体育学研究*, 60 (1) : 53-69.
- 中村雅之・羽鳥好夫・岩本良裕・加藤敏明・古村 溝 (1980) 野球の守備技術に関する研究 (第1報) —捕手の捕—送球動作について—. *日本体育学会大会号*, 31 : p.649.
- 仁志敏久 (2015) プロが教える少年野球基本・上達法・コーチング. 西東社 : 東京, pp.134-135, pp.142-143.
- 大岡昌平・前田正登 (2012) 野球投手における投球腕の動作がボールの回転に及ぼす影響. *体育・スポーツ科学*, 21 : 41-47.
- 大島信雄 (1966) 目で見る野球上達法. 成美堂書店 : 東京, pp.211-213.
- 大矢明彦 (2002) 大矢明彦の「捕手」論. 二見書房 : 東京, pp.171-173.
- 小倉 圭・島田一志・金堀哲也・野本堯希・奈良隆章・川村 卓 (2016) 野球内野手における通常のコロおよびイレギュラーバウンドに対するコロ捕球動作に関するキネマティクスの研究—上位群と下位群間の下肢および体幹の比較—. *体育学研究*, 61 (1) : 59-74.
- 小倉 圭・川村 卓・金堀哲也・野本堯希・八木 快・小野寺和也 (2017) 野球内野手のコロ捕球におけるステップ調節様式. *体育学研究*, 61 (2) : 511-522.
- Peng Y. C., Lo K. C. and Wang L. H. (2015) Lower Extremity Muscle Activation and Kinematics of Catchers When Throwing Using Various Squatting and Throwing Postures. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14: 484-493.
- Plummer H.A. and Oliver G.D. (2013) Quantitative analysis of kinematics and kinetics of catchers throwing to second base. *Journal of Sports Science*, 31-10: 1108-1116.
- 里崎智也 (2015) 高校球児に伝えたい! プロでも間違えるバッテリーの基本. 東邦出版 : 東京, pp.50-81.
- Sakurai, S., Elliott, B., and Grove, J. R. (1994) Age-related differences in throwing techniques used by the catcher in baseball. *Pediatric Exercise Science*, 6 (3): 225-235.
- 澤村省逸・栗林 徹・細川幸希 (1997) 捕手の二盗阻止場面における送球動作に関する研究: リードステップ. スローの有効性について. *Artes liberales*, 60 : 197-215.
- 島田一志・阿江通良・藤井範久・川村 卓・高橋佳三 (2004) 野球のピッチング動作における力学的エネルギーの流れ. *バイオメカニクス研究*, 8 (1) : 12-26.
- 塩田充夫 (2015) 本当の基本が身に着く—軟式野球入門守備編—. ベースボールマガジン社 : 東京, pp.102-107.
- 鈴木智晴・藤井雅文・村上光平・蔭山雅洋・前田 明 (2017) 試合映像からみる捕手の二塁送球における時間的特徴. *日本野球科学研究会第4回大会報告集* : pp.106-107.
- 鈴木智晴・藤井雅文・村上光平・中本浩揮・前田 明 (2018) 捕手における二塁送球の正確性を決定する動作要因. *日本野球科学研究会第5回大会報告集* : pp.80-81.
- 高橋佳三・阿江通良・藤井範久・功力靖雄・島田一志・石川陽介 (1998) 捕手のスローイング動作に関する基礎的研究. *日本体育学会大会号*, 49 : p.371.
- 高橋正樹・藤井真人・八木伸行 (2008) 投球軌道と捕手の動作特徴に基づく野球の球種識別. *情報処理学会研究報告コンピュタビジョンとイメージメディア*, 3 : 29-34.
- 高木 豊・古田敦也・市川和正 (2005) トッププロに学ぶ野球上達テクニック守備・走塁. 成美堂出版社 : 東京, pp.84-85.
- 竹林和史・升佑二郎・田中重陽・手島貴範・宮崎光次・角田直也 (2014) 野球捕手の素早いスローイング動作を導く体幹と下肢に関する運動学的要因. *東京体育学研究*, 5 : 5-12.
- 宇賀大祐・遠藤康裕・中澤理恵・坂本雅昭 (2012) 野球選手における捕手の送球動作分析. *理学療法学研究*, 39 (2) : p.1157.
- Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological sporting gaits. *Human Locomotion 1*: pp.92-93.
- 屋敷 要 (2006) 選手を伸ばす! 少年野球コーチング. ナツメ社 : 東京, pp.134-135.
- 湯浅景元 (2003) プロ野球選手の技術—打撃と投球動作の運動学的特徴—. *中京大学体育研究所紀要*, 17 : 45-52.

平成30年5月14日受付

平成30年10月5日受理