

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 下肢および体幹の動作の比較

小倉 圭¹⁾ 島田 一志²⁾ 金堀 哲也³⁾
野本 堯希¹⁾ 奈良 隆章³⁾ 川村 卓³⁾

Kei Ogura¹, Kazushi Shimada², Tetsuya Kanahori³, Takaki Nomoto¹, Takaaki Nara³ and Takashi Kawamura³: Comparison of the kinematics of lower limb and trunk motion in baseball infielders with different skill levels while catching normal grounders and bad hops. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 61: 59-74, June, 2016

Abstract : The purpose of this study was to compare the kinematics of the lower limb and trunk motion of infielders with different skill levels while fielding grounders in baseball, and to make suggestions for coaching. Subjects were divided into a Superior Group (SG, n = 10) and an Inferior Group (IG, n = 10) according to fielding ability. Trials involved 2 patterns, i.e. fielding a normal grounder and fielding a bad hop. The fielding motions were videotaped with 2 high-speed video cameras (300 Hz). Three-dimensional coordinates of the segment end-points, the glove and the ball were obtained using the DLT method. The angles compared between the 2 groups were flexion-extension, abduction-adduction, and internal-external rotation for both hips, flexion-extension for both knees, dorsa-plantar flexion for both ankles, tilt backward-forward for the trunk and the center of gravity of the body (CG). The sequential data were normalized with the time from the point when the right foot made contact until catching, and then averaged.

The results can be summarized as follows: (1) the SG showed a significantly earlier the point of right foot contact in catching than the IG. There was no inter-group difference in the motion time from catching to release. (2) In catching a normal grounder, the SG showed significantly larger right hip flexion (20% time), adduction (100% time), and trunk tilt backward (0-20% time) than the IG ($p < 0.05$). The SG showed significantly smaller displacement of the CG in a leftward direction (50-100% time) than the IG. (3) The SG showed a smaller change of catching posture between dealing with a normal grounder and a bad hop than the IG.

These result suggest that it is important for infielders to bend the right hip and reduce the change in their catching posture in order to accurately field a batted ball.

Key words : coaching, footwork, fielding grounders, three-dimensional motion analysis

キーワード : コーチング, フットワーク, コロ処理, 三次元動作分析

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
2) 金沢星稜大学人間科学部
〒920-8620 石川県金沢市御所町丑10番地 1
3) 筑波大学体育系
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
連絡先 小倉 圭

1. Graduate School of Comprehensive Human Sciences,
University of Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574
2. Faculty of Human Sciences, Kanazawa Seiryō University
10-1 Ushi, Goshō-machi, Kanazawa, Ishikawa 920-
8620
3. Faculty of Health and Sports Sciences, University of
Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577
Corresponding author sz5bbc20@bell.ocn.ne.jp

I. 緒 言

野球における防御の課題は、打者の出塁や走者の進塁を最小限に防ぎ、走者が本塁へ進塁する前に3アウトを取ることである。その中でも、内野手の防御における課題の1つは、ゴロの打球を捕球し、一塁または他の塁に送球することであり、このゴロ処理^{注1)}技能は内野手の最も基本的な防御技能であるとされている(功力, 1991; 松永, 1979)。内野手のゴロ処理は、打球が打たれてから打者走者が一塁へ達するまでに、一塁手へボールを到達させなければならないという時間的制約の中で行われる。内野手がアウトを取る可能性を高くするためには、打球が打たれてから一塁手へボールを到達させるまでの時間を短くする必要があるが、そのために打球を捕球してから送球するまでの動作を素早く行うことが最も重要であると報告されている(松永, 1979)。一方で、アウトを取るためには、送球に先んじて打球を確実に捕球することが必要不可欠である。指導現場や指導書(二宮・近藤, 2000; 谷沢, 2000)において、打球を正確に捕球し、なおかつ捕球後素早く送球に移るための基本動作として、「両足を広げ、ボールに正対して捕球する」という指導が一般的に行われている。このようなゴロ処理動作は、捕球と送球が一体となっており、打球を素早く処理しようとするすると正確に捕球することは難しく、正確に捕球しようとするすると素早く送球動作に移ることが困難となる。以上のように、内野手のゴロ処理動作は、速さ-正確さ相反性(speed-accuracy trade-off)(Schmidt, 1982)の関係の中で行われるという特徴がある。

これまで内野手の防御に関する研究は、打撃や投球の研究に比べてあまり行われておらず、守備機会に関する研究(功力, 1992)や、打球に対するスタート動作に関する研究(笠井ほか, 1970)、内野手のゴロ処理における動作時間に着目した研究(松永, 1979)などいくつか散見されるものの、打球を処理する際の動作を詳細に検討した研究はほとんどみられない。長谷川ほか

(2012)は、野球経験のある大学生を対象にゴロ捕球におけるフットワークに着目した研究を行っているが、着地位置や捕球位置などについて検討しているのみであり、身体の動作についての詳細な検討はなされていない。ゴロ処理動作には、打球に合わせた捕球ポイントの調節やイレギュラーバウンドへの対応、捕球後に素早く送球する必要などさまざまな要素が含まれており、研究として取り組むことを困難にしていたと考えられている(長谷川ほか, 2012)。

大築(1988)は、スキューヤーを例に挙げ、巧みさを感じさせる条件の1つは、外乱や失敗を予測させる困難な状況にもかかわらず姿勢の安定感が崩れないことであると述べている。内野手のゴロ処理においては、捕球ミスの原因となり得る外乱の1つに打球のイレギュラーバウンドが挙げられる。これは、規則的に弾むゴロが、地面のわずかな地形の乱れによって予測できない方向にバウンドが変化することであり、このイレギュラーバウンドに対して的確な動作を実行するスキルも非常に重要である(藤ほか, 2013)。このように、内野手は多様な打球に対応しなおかつ捕球後素早く送球することが求められるため、捕球姿勢の安定性および動作の素早さを兼ね備えたフットワークを生かしたゴロ処理動作を行うことが必要であり、この点がゴロ処理能力の巧拙を決定する要因であると考えられる。このような技能的要因は、技能水準の異なる内野手のゴロ処理動作を比較することで明らかにすることができると考えられる。そのためには、例えば大学野球選手とその1つ上位のカテゴリーである社会人野球選手など、体格が近似しており、運動経験が豊富であるにもかかわらず動作の巧拙がある選手間について、運動経過に沿って時系列で比較することによって指導における着眼点を導き出すことができると考えられる(川村ほか, 2008)。

そこで本研究の目的は、大学野球選手および社会人野球選手のゴロ処理動作を比較・分析しその技能的要因を明らかにすることで、指導への示唆を得ることである。本研究は主にゴロ処理動作におけるフットワークについて検討するため、下肢

および体幹の動作に着目して分析を行った。

II. 研究方法

1. 研究デザイン

ゴロ処理動作を比較する場合、同じゴロを比較対象としなければ動作を比較することは難しいため、まずは均一なゴロに対するゴロ処理動作を比較する必要がある。しかし、内野手のゴロ処理は、動作を素早く行う中でなおかつ正確に捕球しなければならないことを踏まえると、捕球が容易である均一なゴロのみでは動作の素早さのみを重視したゴロ処理動作になってしまう可能性を無視できず、捕球の正確性について十分に言及することができないことが考えられる。そこで本研究では、ゴロが規則的に転がる場合と、ゴロがイレギュラーバウンドする状況がランダムに起こる実験系を設定し、捕球の正確性と動作の素早さが同時に求められる状況の中で行われたゴロ処理動作を研究の対象とした。

本研究では、まず、各試技において通常のゴロおよびイレギュラーバウンドに対するゴロ処理動作のそれぞれについて両群間で比較検討を行い、技能水準の異なる内野手のゴロ捕球動作の特徴を明らかにする。次に、各群において通常のゴロおよびイレギュラーバウンドに対するゴロ処理動作について両試技間で比較・検討を行うことで、実践現場に対する有用な知見を導く。なお、送球動作については送球動作時間のみを検討の対象とし、送球動作そのものについては分析の対象から除外した。

2. 実験

1) 対象者

対象者は、日本野球連盟に所属する社会人野球選手10名および全日本大学野球連盟に所属する大学野球選手10名の合計20名であり、全員が右投げの内野手であった。社会人野球選手は、全員が都市対抗野球大会本大会の出場経験があった。大学野球選手は、高校時に全国大会出場経験のない新入部員であった。このことから、社会人野球

選手は技能水準が高く、大学野球選手は社会人野球選手に比べると技能水準が低いと判断できる。

以下、社会人野球選手をSG (Superior Group)、大学野球選手をIG (Inferior Group) と略す。実験に先立ち、対象者には本研究の目的、実験方法および危険性などについて十分な説明を行った後、書面にて参加の同意を得た。

2) 実験試技

実験試技は、実験補助者が対象者の捕球位置の約7m前方から手でバウンドしないように転がした硬式野球ボールを遊撃手の位置で捕球し、一塁手へ送球するフィールディング動作とした。試技は、Fig. 1に示すように、対象者の捕球位置の約1m手前にマーカーコーン (MIKASA 製) を横に並べて設置し、実験補助者が転がしたボールがマーカーコーンに当たり上方に跳ねる場合 (以下「IR 試技」と略す) と、ボールがマーカーコーンに当たらずそのまま転がっていく場合 (以下「N 試技」と略す) がランダムに出現する実験系を設定し行った。IR 試技は、地を這うようなゴロの打球が、内野手の手前で上方にイレギュラーバウンドする打球をイメージしたものである。なお、実験補助者やマーカーコーンの配置は、先行研究 (長谷川ほか, 2012) や予備実験の結果に基づき決定した。対象者には、ボールに正対して捕球すること、試合を想定し捕球後に素早く送球することを教示した。また、本研究の実験設定で

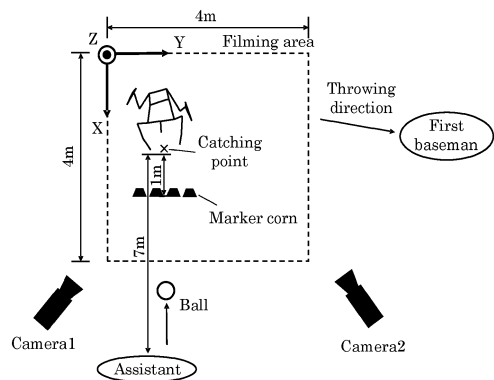


Fig. 1 The experimental setup.

は通常よりもイレギュラーバウンドすることが分かりやすく、通常とは異なる対処をしてしまう可能性もあるため、実際に常にイレギュラーバウンドが起こる可能性のある土のグラウンドにおける捕球動作を想定し、なおかつ対象者には可能な限り実際の試合における動作を行ってもらうように教示した。なお、送球の努力度については、実際の試合では常に全力投球を行うわけではないと判断し、全力で送球することを規定しなかった。N 試技、IR 試技ともにゴロ処理動作が自然に行われたものを有効試技とし、有効試技が少なくとも 3 回になるまで行った。IR 試技については、ボールの跳ね方が実際の試合では起こり得ないような、明らかに不自然であったものは有効試技から除外した。試技ごとに対象者に 5 段階評価で内省点を聞き、最も点数の高かった 1 試技を N 試技、IR 試技からそれぞれ抽出し、分析試技とした。

3) 実験設定および撮影範囲

試技の撮影には 2 台の高速 VTR カメラ (EXILIM 社製 EX-F1) を用い、撮影速度毎秒 300 コマ、シャッタースピード 1/1000 秒で撮影した。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。本研究では、ボールの進行方向に平行かつ対象者からみて前方を X 軸の正の方向、X 軸に垂直かつ対象者からみて左側方を Y 軸の正の方向、X 軸と Y 軸と直交する鉛直上方向を Z 軸とする右手系の静止座標系を定義

した。撮影範囲は、X 軸方向 4 m、Y 軸方向 4 m、Z 軸方向 2 m とした。また、分析点の三次元座標値を算出するため、試技の撮影前にキャリブレーションポールを撮影範囲の 25ヶ所に垂直に立て、順に撮影した。なお、実験は合計 4 回行い、すべて屋外野球場の整地された内野フィールドで行った。

3. データ処理

本研究では、捕球直前の右足接地から捕球時までの動作を分析範囲とし (Fig. 2)、分析試技の VTR 画像から身体各部位 (25点)、グラブ第一指、第二指および第五指 (3点)、ボール中心 (1点) の計 29 点 (Fig. 3) を、VTR 動作解析システム (DKH 社製 Frame-DIAS V) を用いて、毎秒 300 コマで手動デジタイズを行った。これらの分析点の三次元座標は DLT 法により算出した。得られた座標値は Wells and Winter (1980) の方法により最適遮断周波数 (5—30 Hz) を決定し、Butterworth digital filter を用いて平滑化した。なお、較正点の実測三次元座標と計測値との平均誤差の 4 回の実験における平均は X 軸方向 0.008 m、Y 軸方向 0.010 m、Z 軸方向 0.007 m であった。

4. 算出項目および算出方法

1) 実験試技におけるゴロの性質

実験試技におけるゴロの性質を評価するため、ゴロの速度、IRB 直後におけるボールの仰角および方位角を算出した。ゴロの速度は、ボールの

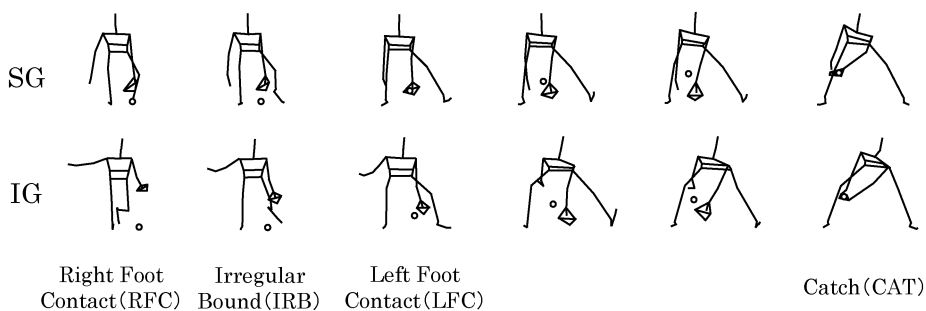


Fig. 2 Analysis phase and events of fielding motion.

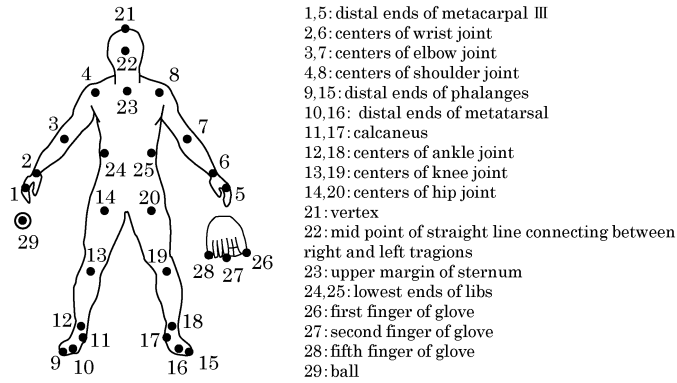


Fig. 3 Digitizing points on the body segments, glove and ball of the player.

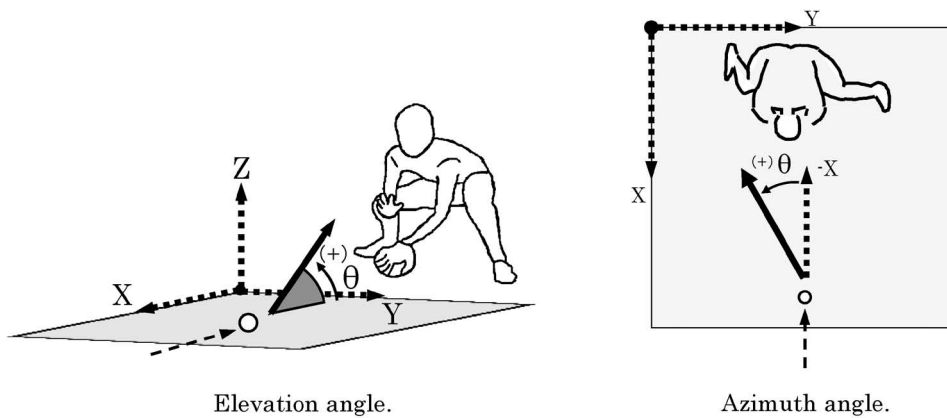


Fig. 4 Definitions of elevation angle and azimuth angle.

位置座標を時間微分することにより算出した。なお、N 試技においては捕球直前の速度、IR 試技においては IRB 直前の速度とした。ボールの仰角は、IRB 直後における静止座標系の XY 平面に対する角度とし、ボールの方位角は、 $-X$ 軸に対する XY 平面上の角度とした (Fig. 4)。

2) 各時点間の動作時間

分析範囲 (Fig. 2) の動作時点について、捕球直前に右足が接地した時点を右足接地時(RFC)，RFC の直後に左足が接地した時点を左足接地時(LFC)，IR 試技においてボールがマーカーコーンに当たった時点をイレギュラーバウンド時(IRB)，ボールを捕球した時点を捕球時(CAT)，ボールが指から離れた時点をボールリリース時(REL)とそれぞれ定義し、各動作時

点の出現時間を算出した。なお、捕球時を 0 s とした。

3) 身体重心位置

捕球姿勢の安定性を評価する 1 つの指標とするため、身体重心位置を算出した。身体分析点の三次元座標から阿江 (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た。身体重心位置の X 座標、Y 座標は、RFC の右踵から身体重心へ向かうベクトルの静止座標系 X 軸成分、Y 軸成分を、ステップ長に対するパーセントで示した。右踵の座標を 0%，左踵の座標を 100%とした。身体重心位置の Z 座標は、身長に対するパーセントで示した。地面を 0%，身長を 100%とした。

4) 股関節角度

下胴座標系は、Fig. 5 (a) に示すように、両股関節 (Fig. 3 : 標点14, 20) の中点から両肋骨下端 (標点24, 25) の中点へ向かうベクトルを zlt 軸とし、左股関節 (標点20) から右股関節 (標点14) へ向かうベクトルを補助ベクトル alt と定め、 zlt 軸ベクトルと補助ベクトル alt の外積から ylt 軸ベクトルを、 ylt 軸ベクトルと zlt 軸ベクトルの外積から xlt 軸ベクトルを定めた。

右股関節の屈伸角度は、下胴座標系の YZ 平面において $-zlt$ 軸ベクトルと右股関節 (標点14) から右膝関節 (標点13) へ向かうベクトルがなす角度とした。 $-zlt$ 軸を基準 (0°) に屈曲を正、伸展を負と定義した (Fig. 5(b))。

右股関節の内外転角度は、金堀ほか (2014) の定義を用いて、下胴座標系の YZ 平面と右股関節 (標点14) から右膝関節 (標点13) へ向かうベクトルがなす角度とした。 YZ 平面を基準 (0°) に外転を正、内転を負と定義した (Fig. 5 (c))。なお、上記の定義を用いた理由は、この定義による股関節の内外転角度には股関節の水平内外転角度も含まれるが、本研究における実験試技

であるゴロ処理動作は三次元的な動作であり、上記の定義を用いた方が選手の動作や運動感覚に近いと判断したためである。

右大腿座標系は、Fig. 5(d) に示すように、右足関節 (標点12) から右膝関節 (標点13) へ向かうベクトルを補助ベクトル ar_{th} と定め、右膝関節 (標点13) から右股関節 (標点14) へ向かうベクトルを z_{rth} 軸ベクトルとし、補助ベクトル ar_{th} と z_{rth} 軸ベクトルの外積から x_{rth} 軸ベクトルを、 z_{rth} 軸ベクトルと x_{rth} 軸ベクトルの外積から y_{rth} 軸ベクトルを定めた。

右股関節の内外旋角度は、右大腿座標系の XY 平面上で、左股関節 (標点20) から右股関節 (標点14) へ向かうベクトルに対して x_{rth} 軸ベクトルがなす角度とした (Fig. 5(d))。左股関節から右股関節へ向かうベクトルを基準 (0°) に内旋を正、外旋を負と定義した。

上記の方法と同様にして、左股関節の屈伸、内外転および内外旋角度を算出した。

5) 膝関節屈伸角度

右膝関節の屈伸角度は、右膝関節 (標点13)

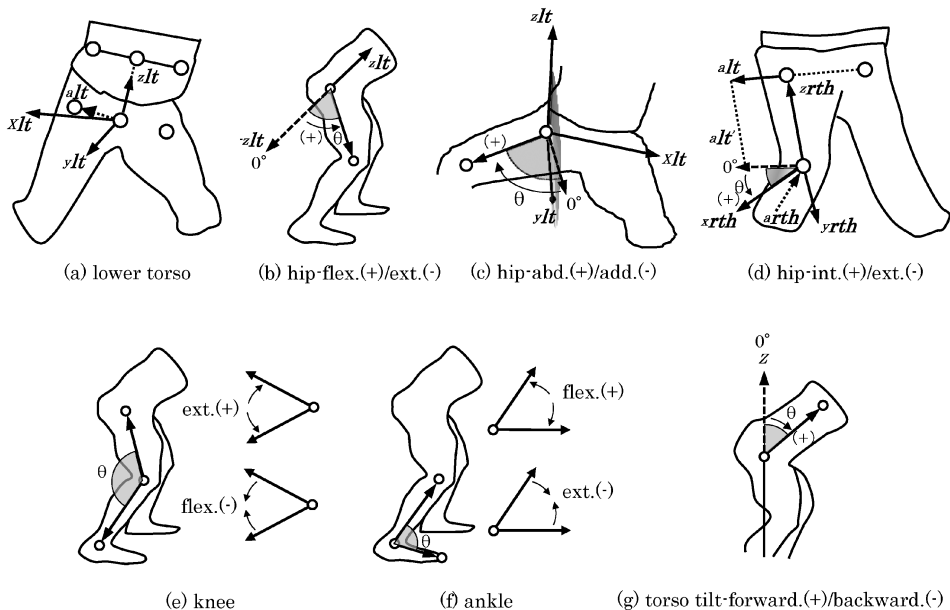


Fig. 5 Definitions of moving coordinates and joint angles.

から右股関節（標点14）へ向かうベクトルと右膝関節（標点13）から右足関節（標点12）へ向かうベクトルがなす角度とした（Fig. 5(e)）。なお、動作の解釈のしやすさを考慮し、完全伸展位を180°とした。また、同様にして左膝関節の屈伸角度を算出した。

6) 足関節角度

右足関節角度（本研究では屈伸角とする）は、右足関節（標点12）から右膝関節（標点13）へ向かうベクトルと右足関節（標点12）から右つま先（標点9）へ向かうベクトルがなす角度とした（Fig. 5(f)）。なお、動作の解釈のしやすさを考慮し、解剖学的正位を90°とした。また、同様にして左足関節の屈伸角を算出した。

7) 体幹前後傾角度

体幹前後傾角度は、両股関節（標点14, 20）の midpoint から胸骨上縁（標点23）へ向かうベクトルと静止座標系のZ軸ベクトルがなす角度とした（Fig. 5(g)）。静止座標系のZ軸ベクトルを基準（0°）に前傾を正、後傾を負と定義した。

5. データの規格化および統計処理

各対象者の全角度および身体重心位置データは、RFC から CAT までの時間を100%として、3次スプライン関数を用いて規格化した。その後、規格化したデータについて各群の平均値と標準偏差を算出した。

統計処理については、まず、規格化時間の10%時ごとに群（SG, IG）および試技（N 試技, IR 試技）を2要因とした繰り返しのある二元配置分散分析（被験者間・被験者内混合計画）を行った。続いて、各試技における群間の比較および各群における試技間の比較を行うために、単純主効果の検定を行った。有意水準は5%未満とした。

III. 結 果

本研究で得られた結果を Table. 1—3 および Fig. 6—10 に示す。なお、Fig. 6—10 において、両群または両試技に統計的な有意差がみられなかった項目については、紙面の都合上図を示していない。

1. 対象者の特性および送球速度

Table. 1 は、対象者の特性および送球速度の平均値と標準偏差を示したものである。これをみると、年齢および競技歴の値において SG が有意に大きく ($p < 0.05$)、その他の項目においては両群間に有意な差はみられなかった。

2. 実験試技におけるゴロの性質

Table. 2 は、実験試技におけるゴロの性質について示したものである。これをみると、いずれの項目においても、両群間に有意な差はみられなかった。

Table 1 Specification of the subjects and thrown ball speed.

Variable	SG	IG	Difference
Age (years)	24.6 ± 2.2	18.7 ± 0.5	*
Body height (m)	1.74 ± 0.08	1.74 ± 0.03	n.s.
Body mass (kg)	74.6 ± 8.7	69.9 ± 3.9	n.s.
Years of athletic experience (years)	17.4 ± 2.4	10.3 ± 1.3	*
Thrown ball speed (m/s)	Normal	23.5 ± 1.9	n.s.
	Irregular	25.2 ± 2.7	
		26.7 ± 1.6	n.s.

*: $p < 0.05$ n.s.: no significant

Table 2 Behavior of grounders.

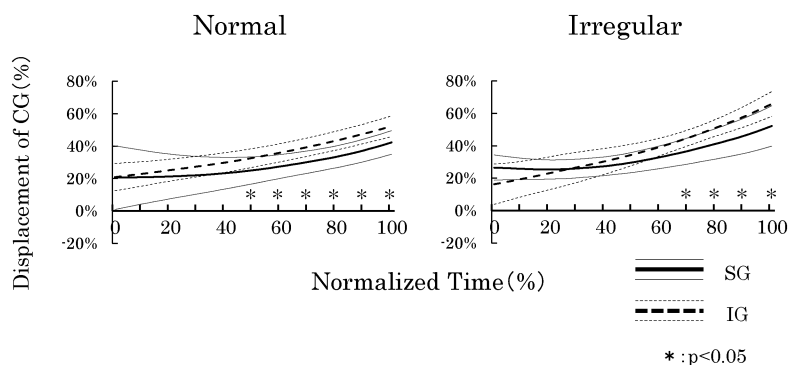
Variable		SG	IG	Difference
Ground ball speed (m/s)	Normal	6.0±0.7	6.3±0.7	n.s.
	Irregular	6.1±0.8	6.5±0.7	n.s.
Elevation angle in irregular trial (°)		20.2±7.1	22.7±4.3	n.s.
Azimuth angle in irregular trial (°)		6.3±11.2	7.3±3.7	n.s.

*: p<0.05 n.s.: no significant

Table 3 Absolute time of each events.

		RFC	IRB	LFC	CAT	REL
Normal	SG	-0.363±0.07		-0.077±0.13	0.000	0.823±0.07
	IG	-0.292±0.04		-0.060±0.05	0.000	0.820±0.05
	Difference	*		n.s.	n.s.	n.s.
Irregular	SG	-0.493±0.05	-0.369±0.09	-0.195±0.09	0.000	0.781±0.06
	IG	-0.408±0.06	-0.451±0.13	-0.170±0.11	0.000	0.810±0.11
	Difference	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Difference between Normal and Irregular	SG	*		*	n.s.	n.s.
	IG	*		*	n.s.	n.s.

*: p<0.05 n.s.: no significant unit: s

**Fig. 6** Changes of displacement of CG in Y axis in SG and IG.

3. 各動作時点出現時間

Table. 3はCATを0とした時の各動作時点出現時間の平均値と標準偏差を示したものである。これをみると、RFCの出現時間は、両試技においてSGの時間が有意に早いタイミングに出現していた (p<0.05)。IRB, LFC, RELの出現時間については、両試技ともに両群間で有意な差はみ

られなかった。

4. 身体重心の移動

Fig. 6は、両試技におけるY軸方向（対象者からみて左方向）への身体重心の移動の変化を両群で比較して示したものである。太い実線はSGの平均を、細い実線はSGの標準偏差を示し、太

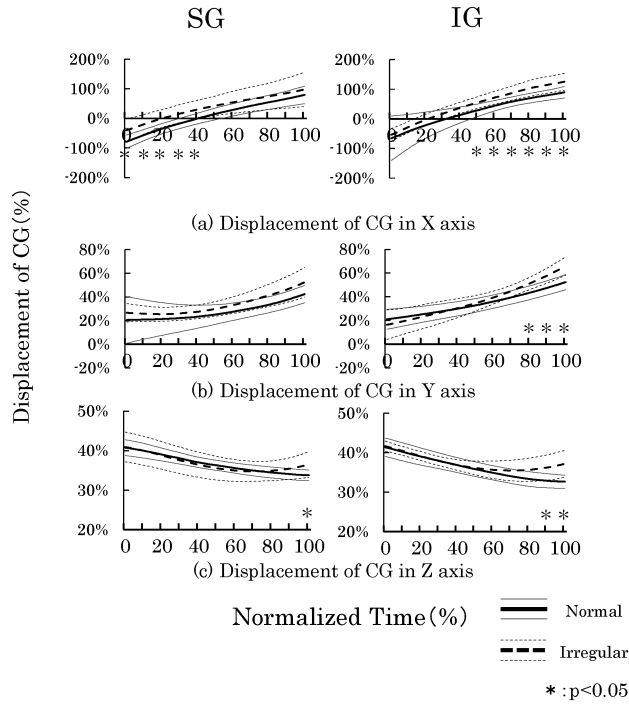


Fig. 7 Changes of displacement of CG in Normal trial and Irregular trial.

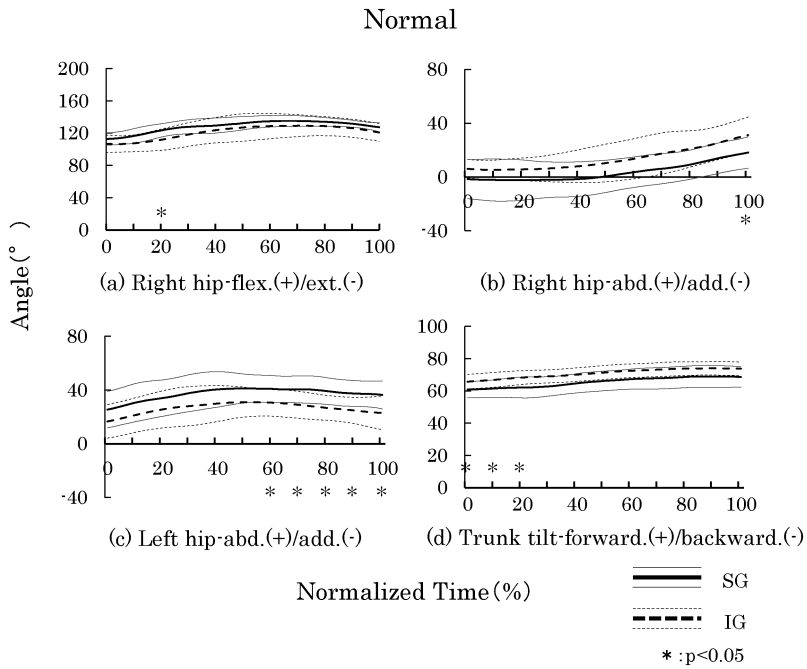


Fig. 8 Changes of joint angles in SG and IG in Normal trial.

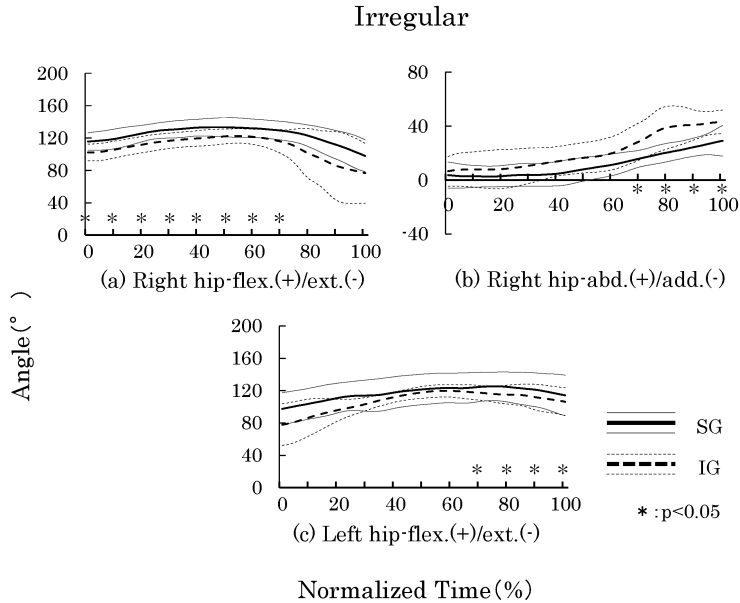


Fig. 9 Changes of joint angles in SG and IG in Irregular trial.

い破線はIGの平均を、細い破線はIGの標準偏差を示している(後出のFig. 8, Fig. 9も同様)。これをみると、N試技の50—100%時においてIGが有意に左方向に位置していた($p < 0.05$)。また、IR試技については70—100%時においてIGが有意に左方向に位置していた($p < 0.05$)。なお、X軸方向(対象者からみて前方向)への身体重心位置および身体重心高については両群間に有意な差はみられなかった。

Fig. 7は、両試技における身体重心の移動の変化を各群で比較して示したものである。太い実線はN試技の平均を、細い実線はN試技の標準偏差を示し、太い破線はIR試技の平均を、細い破線はIR試技の標準偏差を示している(後出のFig. 10も同様)。これをみると、X軸方向については、SGは0—40%時、IGは50—100%時においてIR試技が有意に前方向に位置していた($p < 0.05$)。Y軸方向については、IGの80—100%時においてIR試技が有意に左方向に位置していた($p < 0.05$)。身体重心高については、SGは100%時、IGは90—100%時においてIR試技が有意に高かった($p < 0.05$)。

5. 下肢の各関節および体幹の角度

Fig. 8は、N試技における下肢の各関節および体幹の角度変化を両群で比較して示したものである。これをみると、右股関節屈伸角度については、20%時においてSGの屈曲が有意に大きかった($p < 0.05$)。右股関節内外転角度については、100%時においてIGの外転が有意に大きかった($p < 0.05$)。左股関節内外転角度については、60—100%時においてSGの外転が有意に大きかった。体幹前後傾角度については、0—20%時においてSGの後傾が有意に大きかった($p < 0.05$)。なお、その他の項目については両群間に有意な差はみられなかった。

Fig. 9は、IR試技における下肢の各関節の角度変化を両群で比較して示したものである。これをみると、右股関節屈伸角度については、0—70%時においてSGの屈曲が有意に大きかった($p < 0.05$)。右股関節内外転角度については、70—100%時においてIGの外転が有意に大きかった($p < 0.05$)。左股関節屈伸角度については、70—100%時においてSGの屈曲が有意に大きかった($p < 0.05$)。なお、その他の項目については両群間に有意な差はみられなかった。

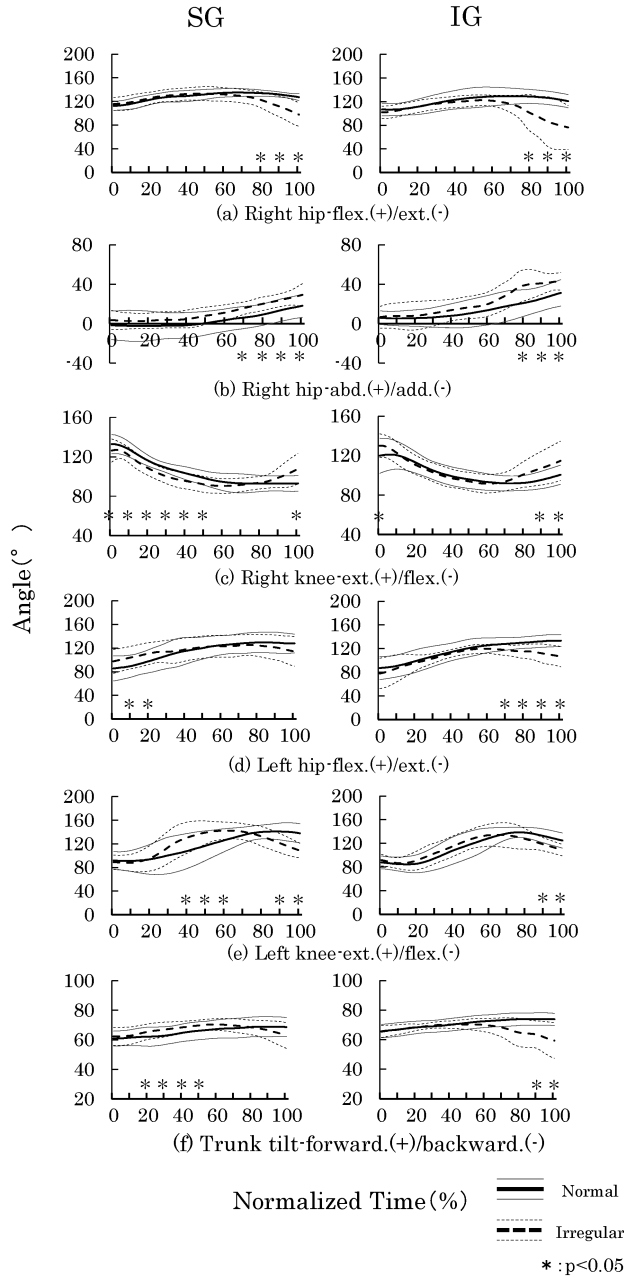


Fig. 10 Changes of joint angles in Normal trial and Irregular trial.

Fig. 10は、両試技における下肢の各関節および体幹の角度変化を各群で比較して示したものである。これをみると、右股関節屈伸角度については、両群ともに80—100%時においてIR試技の伸展が有意に大きかった (p < 0.05)。右股関節内外転角度については、SGの70—100%時、IGの

80—100%時においてIR試技の外転が有意に大きかった (p < 0.05)。右膝関節屈伸角度については、SGは0—50%時においてIR試技の屈曲が有意に大きく、また100%時においてIR試技の伸展が有意に大きかった (p < 0.05)。また、IGは90—100%時においてIR試技の伸展が有意に

大きかった ($p < 0.05$). 左股関節屈伸角度については, SG は10—20%時において IR 試技の屈曲が大きく, IG は70—100%時において IR 試技の伸展が有意に大きかった ($p < 0.05$). 左膝関節屈伸角度については, SG は40—60%時において IR 試技の伸展が有意に大きく, 90—100%時において N 試技の伸展が有意に大きかった ($p < 0.05$). また, IG は90—100%時において N 試技の伸展が有意に大きかった ($p < 0.05$). 体幹前後傾角度については, SG は20—50%時において IR 試技の前傾が有意に大きく, IG は90—100%時において IR 試技の後傾が有意に大きかった ($p < 0.05$).

Ⅳ. 考 察

1. 実験試技におけるゴロの性質について

実験試技におけるゴロの性質についてみると, N 試技, IR 試技ともにゴロの速度に両群間で有意な差はみられず, また, IR 試技におけるボールの仰角および方位角についても, 両群間で有意な差はみられなかった (Table. 2). これらのことから, 本研究では両群間での比較が可能であると判断した. なお, ボールの方位角については両群ともに正の値を示しており, 対象者からみてやや右方向へイレギュラーバウンドしていた. そのため, 本研究で検討する IR 試技における捕球動作は, やや右方向へイレギュラーバウンドした打球に対する捕球動作であるといえる.

2. 送球速度および送球動作時間の比較

送球速度についてみると, 群間, 試技間ともに有意な差はみられなかった (Table. 1). 発達レベルの異なる内野手の送球動作を分析した宮西ほか (2014) の研究によると, 大学生内野手の平均球速は 33.2 m/sec であったと報告されている. また, Kita et al. (2014) の研究によると, 大学生内野手12名とプロ野球内野手2名の送球速度の平均は $28.0 \pm 2.4 \text{ m/s}$ であったと報告されている. 本研究における対象者の送球速度はこれらの値よりも小さかったが, 本研究における実験

試技においては試合を想定した状況下ではあったものの全力で投球することを条件としなかったため, 先行研究の球速よりも小さな値となったことが考えられる. 各動作時点出現時間についてみると, CAT から REL までの時間 (送球動作時間) は両試技において両群間に有意な差はみられなかった (Table. 3). また, 試技間においても送球動作時間に有意な差はみられなかった. これらのことから, 送球速度および送球動作時間については, 本研究の実験環境下においては両群ともに同等のパフォーマンスであったと推察される. しかしながら, 本研究の実験設定においては対象者の送球技能について十分に考察することが困難であることから, 送球動作については今後詳細に検討する必要性が残される.

3. 各動作時点出現時間について

各動作時点出現時間についてみると, 両試技ともに SG の RFC が IG に比べて有意に早いタイミングで出現していた ($p < 0.05$) (Table. 3). 大築 (1988) は, 外乱刺激に対して姿勢を保持するためには, 外乱刺激をきっかけとして生じる反射や随意反応だけでは刺激から筋活動発現までに時間がかかりすぎて姿勢の安定を保つには不十分であり, 外乱刺激の性質やタイミングを予測し, それに合わせてあらかじめ構えをつくる「予測的姿勢制御能力」が必要であると述べている. このことから, SG はイレギュラーバウンドなどの外乱にも対応できるように「捕球準備を早く」(高代, 2013) していたと考えられる. また, 両試技間の比較においては, 両群ともに IR 試技の RFC および LFC の出現時間が有意に早いタイミングで出現していたが, これは IR 試技においては IRB 後のボールの滞空時間の影響により RFC—CAT 間の時間が長かったためであると考えられる.

4. 身体重心の移動について

本研究においては, 身体重心の移動を捕球姿勢の安定性を評価する1つの指標とした. ここではまず, 身体重心の移動について両群間および両

試技間の比較・検討を行う。

1) 両群間の比較

N 試技についてみると、50—100%時において IG の左方向への重心移動が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 6)。また、IR 試技についてみると、70—100%時において IG の左方向への重心移動が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 6)。ゴロ処理動作における重心移動については、指導書において「捕球と同時に重心移動を行い、送球の動きに入る。そこから前に重心移動して、その力をボールに伝える」(高畑, 2005) と述べられているように、送球への移行のために重要である。一方で、捕球までに重心が過度に大きく移動することは、捕球姿勢の安定性が損なわれ、捕球の正確性を欠く動作となる可能性が考えられる。このことから、SG は両試技ともに捕球までの重心移動を小さくすることで安定性の高い捕球動作を行っていたと考えられる。

2) 両試技間の比較

前方向への重心移動についてみると、SG は 0—40%時、IG は 50—100%時において IR 試技での前方向への重心移動が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 7(a))。また、左方向への重心移動についてみると、IG の 80—100%時において IR 試技での左方向への重心移動が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 7(b))。さらに、身体重心高についてみると、SG は 100%時、IG は 90—100%時において IR 試技での上方向への重心移動が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 7(c))。これらのことから、SG は両試技において重心移動の大きさがほぼ変わらない捕球動作を行っていたのに対して、IG は IR 試技において、N 試技と比べて重心を大きく移動させて捕球を迎えていたといえる。前述のように、捕球までに重心が大きく移動することは捕球姿勢の安定性を欠く動作になる可能性が考えられるが、IG は IR 試技においてその影響が大きいことが考えられる。

5. 下肢および体幹の動作について

次に、下肢および体幹の動作について両群間および両試技間の比較・検討を行う。

1) 両群間の比較

右股関節屈伸角度についてみると、N 試技の 20%時、IR 試技の 0—70%時において SG の屈曲が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 8(a))、(Fig. 9(a))。また、左股関節屈伸角度についてみると、IR 試技の 70—100%時において SG の屈曲が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 9(c))。Kita et al. (2014) は、下肢の動作とリリース時間との関係を調査した研究において、捕球後の右脚の持ち上げを容易にし、捕球から離地までの時間を短縮するためには、右下肢関節をある程度伸展させておくことが重要であると報告している。このことから、本研究における IG は、両試技において右股関節を伸展させることで送球を先取りした捕球動作となっていたことが考えられる。体幹前後傾角度についてみると、N 試技の 0—20%時において SG の後傾が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 8(d))。捕球局面において体幹を前傾させた姿勢は、クラブを動かす範囲である「懐」(二宮・近藤, 2000)^{注2)}を広く使うことができる姿勢である。一方で、体幹を前傾させ、なおかつ右股関節の屈曲が小さい姿勢は、指導現場において修正すべき点とされている「突っ込む」(高畑, 2002)^{注3)}姿勢になると考えられる。これらのことから、本研究における SG は、N 試技において体幹を「前傾しすぎないように」(屋鋪, 2006)し、なおかつ股関節を屈曲させることで体幹の「突っ込み」を抑えた捕球姿勢となっていると考えられる。右股関節内外転角度についてみると、N 試技の 100%時、IR 試技の 70—100%時において IG の外転が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 8(b))、(Fig. 9(b))。左股関節内外転角度についてみると、N 試技の 60—100%時において SG の外転が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 8(c))。内野ゴロの捕球において股関節が外転する動作は、指導現場において捕球の基本姿勢として指導される「股を大きく開く」(小野寺, 2006)^{注4)}動

作であり、右足接地後右股関節を外転、左股関節を内転させていくことにより重心を移動させながら送球へと移行する。本研究では、IGは両試技において右股関節の外転が大きく、送球を先取りした捕球動作となっていたことが考えられる。

以上のことから、IGはN試技において右股関節の伸展および外転、体幹の前傾が大きく、またIR試技において右股関節の伸展および外転、左股関節の伸展が大きい捕球動作となっており、これらの動作が重心移動の大きさに関与していると推察される。

2) 両試技間の比較

右股関節屈伸角度についてみると、約60%時以降両群ともにIR試技の伸展が大きく、80—100%時において有意な差がみられたが ($p < 0.05$)、IGの角度変化がSGに比べて大きく、急峻であった (Fig. 10(a))。また、左股関節屈伸角度についてみると、SGは10—20%においてIR試技の屈曲が有意に大きかったのに対して、IGは70—100%時においてIR試技の伸展が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 10(d))。さらに、右膝関節屈伸角度についてみると、SGは0—50%時においてIR試技の屈曲が有意に大きかった ($p < 0.05$)。これらのことから、IR試技において、IGはN試技に比べて両股関節が大きく伸展する捕球動作となっているが、SGは両股関節および右膝関節の屈曲を維持し、N試技での動作から大きく肢位を変化させることなく捕球動作を行っているといえる。SGにみられた動作は、股関節の伸筋群などがエキセントリックに作用することで、股関節の伸展を抑える動作であったと推察される。右股関節内外転角度についてみると、SGの70—100%時、IGの80—100%時においてIR試技の外転が有意に大きかったが ($p < 0.05$) (Fig. 10(b))、IGは60—80%時において大きな外転動作がみられた。Fig. 2のスティックピクチャーは、IR試技における捕球動作の典型例をSGおよびIGについてそれぞれ示したものである。これをみると、IGは捕球前に身体が大きく送球方向へ動いていることがわかる。IGにみられた

これらの捕球動作は、前述のように送球動作の先取りという意味において有効な動作であると思われるが、イレギュラーバウンドなどの外乱が起こった際には、捕球前に大きく姿勢および重心が変化することで「身体の正面で捕球する (宮坂, 2001)」ことが困難になるなど、捕球の正確性を損なう可能性があると考えられる。体幹前後傾角度についてみると、SGは20—50%時においてIR試技の前傾が有意に大きかったのに対して、IGは80—100%時においてIR試技における後傾が有意に大きかった ($p < 0.05$) (Fig. 10(f))。つまり、IR試技において、SGは体幹の前傾を維持し捕球を迎えているのに対して、IGは体幹を大きく後傾させながら捕球を行っているといえる。指導書において山下 (2001) は、「上体のブレはエラーを誘発する可能性が高くなる」と述べている。このことから、SGはIR試技において体幹の角度を維持することで、「上体のブレ」が小さい捕球動作となっていたと考えられる。

以上のことから、SGはIR試技において下肢関節の伸展および右股関節の外転を抑えた捕球動作を行っており、これらの動作によりIR試技における重心の過剰な移動を抑えていたと考えられる。

6. 指導への示唆

本研究においてSGは、両試技ともに捕球までの重心移動が小さい動作で捕球を行っていることが明らかとなった。また、IR試技において、IGが重心移動がより大きい捕球動作となっているのに対して、SGはN試技と大きく変わらない重心移動を行うことにより姿勢の安定を維持していた。ゴロ処理動作は、捕球の正確性と送球の素早さといったトレードオフの関係の中で行われるが、指導に際しては両者を総合的に向上させていくことが求められる。本研究のSGにみられたような、捕球までの重心移動を小さくし安定した姿勢で捕球を行うことは、イレギュラーバウンドなどの外乱が生じた際においても捕球の正確性を損なうことなくゴロ処理を行うために有効な動作の1つであると考えられる。このような動作を行う

ためには、右股関節の伸展および外転を抑えた捕球動作を身につける必要があり、股関節の伸筋群および内転筋群をエキセントリックに働かせるようなトレーニングを行うこと、「捕球までは右脚に体重を残すように」などの言葉かけを行うことなどが有効ではないかと推察される。また、SGはIR試技において、右股関節の屈曲とともに体幹の前傾を維持することで上体の「突っ込み」や「ブレ」を抑えており、このような動作はイレギュラーバウンドなどの外乱や捕球が困難なバウンドのゴロへも対応可能な捕球動作として、指導における着眼点となると考えられる。本研究におけるSGにみられたような捕球動作は、捕球が容易なゴロを捕球する際には一見重要ではないように思われる。しかしながら、多様な打球への対応が求められる実際の野球の試合においては、常にイレギュラーバウンドなどの外乱が生じる可能性があり、バウンドの変化が起こってから非常に短い時間で対応することは困難である。そのため、右股関節の伸展および外転を抑えたフットワークを日頃から身につけておくことで、イレギュラーバウンドなどが起こった際にも捕球姿勢の安定性を大きく損なうことを防ぐことができると考えられる。さらに、あらかじめ外乱に備えておくため、早いタイミングで右足を接地することで捕球姿勢を早めにとることも重要であるだろう。

本研究では内野手のゴロ捕球動作についてキネマティクスの観点から検討したのみであるため、捕球の正確性の評価や送球動作との関係性などについては、今後詳細に検討を進めていく必要性が残される。また、上肢の動作を含めた総合的な検討、実打に対するゴロ処理動作の検討などを行い、より実践的な知見を重ねていく必要があるだろう。

V. ま と め

本研究では、技能水準の異なる内野手のゴロ処理動作を下肢および体幹に着目して分析を行い、その技能的要因を明らかにすることで指導への示唆を得ることを目的とした。通常のゴロおよびイ

レギュラーバウンドしたゴロに対する捕球動作について、両群間および両試技間で比較した結果をまとめると、以下ようになる。

①SGは、N試技、IR試技ともにRFCの出現時間が有意に早かった。また、送球動作時間については両群間に有意な差はみられなかった。

②両群間の比較では、N試技においてはSGにおける右股関節の屈曲および内転、左股関節の外転、体幹の後傾がIGに比べて大きく、IR試技においてはSGにおける両股関節の屈曲および右股関節の内転がIGに比べて大きかった。これら下肢の動作により、両試技においてSGは左方向への重心移動が小さい捕球動作となっていた。

③両試技間の比較では、SGは両試技間で大きく肢位を変化させることなく捕球動作を行っており、IGはIR試技における両股関節の伸展、右股関節の外転、体幹の後傾がN試技に比べて大きかった。また、SGは重心移動について両試技間で大きな変化はみられず、IGはIR試技における重心移動がN試技に比べて大きかった。

以上の結果から、SGは捕球にかけて右股関節の伸展および外転、体幹の後傾を抑え姿勢の安定性を維持した捕球動作を行っており、このような動作は特にイレギュラーバウンドなどの外乱が生じた際においても捕球の正確性を損なうことなくゴロ処理を行うために有効な動作であると考えられる。これらのことは、指導現場においてゴロ処理動作を指導する際の重要な着眼点となると考えられる。

注

- 1) 本研究では、内野手がゴロの打球を捕球する直前の右足接地から捕球までを「捕球動作」、捕球からボールリリースまでを「送球動作」と定義した。また、打球が放たれた後、内野手が打球に向かい捕球し、その後送球するまでの一連の動作を「ゴロ処理動作」と定義した。
- 2) 内野手のゴロ捕球における指導上の言葉として、捕球姿勢におけるグラブと身体の距離を「懐」と表現する場合がある。この「懐」が広いとグラブを動かす範囲が大きくなり、打球へ対応しやすいとされている。

- 3) 打撃や投球、守備などの指導現場において、体幹が大きく運動方向へ傾いた姿勢は「突っ込み」と表現され、修正すべき動作とされている。一般的に、内野手のゴロ捕球においては捕球の際に「突っ込む」姿勢となることで、打球への対応や送球へのスムーズな移行が困難になるとされている。
- 4) 内野手のゴロ捕球指導において、「股を大きく開いて腰を落とす」捕球姿勢は、打球を正確に捕球するための基本姿勢として一般的に指導されている。

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.
- 藤可奈子・高德 希・藤原素子 (2013) イレギュラーバウンドに対する素早い反応動作：予測課題およびボールキャッチ課題を用いて. *奈良女子大学スポーツ科学研究*, 15: 59-68.
- 長谷川弘実・和田一宏・谷川哲朗・来田宣幸・野村照夫 (2012) 野球のゴロ捕球におけるフットワークの基礎的研究：着地および捕球位置に着目して. *京都滋賀体育学研究*, 28: 11-22.
- 金堀哲也・山田幸雄・會田 宏・島田一志・川村 卓 (2014) 野球の打撃における指導者の主観的評価に対するキネマティクス的研究：下肢および体幹部に着目して. *体育学研究*, 59(1): 133-147.
- 笠井恵雄・多和健雄・江田昌佑・松永尚久 (1970) 球技の対応動作に関する実験的研究：打球に対する内野手のスタート動作について. *体育学研究*, 14(4): 233-237.
- 川村 卓・島田一志・高橋佳三・森本吉兼・小池閑也・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的研究：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.
- Kita et al. (2014) Relationship between lower extremity motions and release time of baseball infielders while fielding grounders. *Int. J. Sports. Health. Sci.*, 12: 17-23.
- 功力靖雄 (1991) アマチュア野球教本 練習のマニュアル. ベースボール・マガジン社, p. 214.
- 功力靖雄 (1992) 野球の守備機会に関する研究：内野手の守備隊形を中心に. *大学体育研究*, 14: 63-73.
- 松永尚久 (1979) 野球内野手の守備. *体育の科学*, 29(8): 546-549.
- 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.
- 宮坂善三 (2001) 基礎からの野球. ナツメ社, p. 161.
- 二宮清純・近藤隆夫 (2000) 確実にワンランクアップする！ 野球が突然、うまくなる 技術、戦略・精神論から体カトレーニングまで. 成美堂出版.
- 小野寺信介 (2006) 少年野球勝つための基本とテクニク. 日本文芸社.
- 大築立志 (1988) 「たくみ」の科学. 朝倉書店.
- Schmidt, R.A. (1982) Motor control and learning. *Human Kinetics and Publishers*, III, pp. 100-109.
- 高畑好秀 (2002) 野球打つ・投げる・守るの基礎. 主婦の友社, p. 54.
- 高畑好秀 (2005) 野球89のセンス上達法. 池田書店, p. 146.
- 高代延博 (2013) 高校球児に伝えたい！ プロでも間違う守備走塁の基本. 東邦出版.
- 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.
- 山下大輔 (2001) 野球がぐんぐん面白くなる. 辰巳出版, p. 55.
- 屋鋪 要 (2006) 選手を伸ばす！ 少年野球コーチング. ナツメ社, p. 117.
- 谷沢健一 (2000) 野球入門. 岩崎書店, p. 62.

(2015年4月20日受付)
(2015年12月10日受理)