

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：14303

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700616

研究課題名（和文） 野球選手におけるバントと打撃のわざを解明する—生理心理バイオメカニクスの観点から

研究課題名（英文） The skills of bunt and hitting in baseball players.

研究代表者

来田 宣幸（KIDA NORIYUKI）

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・准教授

研究者番号：50452371

研究成果の概要（和文）：

本研究では、野球の諸スキルについてバイオメカニクスおよびスポーツ心理学的手法を用いて検討したところ、バントおよびゴロ捕球における身体運動制御機構について明らかにすることができた。また、打撃については、フィールドにおいて簡便に打撃スキルを客観的評価を行うための手法を開発することができた。これらの成果に基づき、野球技術における主観と客観のずれを克服するための基礎的な知見を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：

In this study, we examined approaches to biomechanics and sports psychology of various baseball skills. As a result, we were able to clarify the mechanism of the body motion control bunt and a grounder catch. In addition, we were able to develop a method for making an objective assessment technique easily in the field. For the basis of these results, we are able to obtain the basic knowledge, to overcome the gap of subjectivity and objectivity in baseball.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：運動制御

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：バイオメカニクス，運動生理学，スポーツ心理学

1. 研究開始当初の背景

(1) 一流スポーツ選手の身体的スキル

人間の知識のうち「知っていること」と「語ることができること」の間には乖離が存在し、前者は「暗黙知」、後者は「形式知」と呼ばれる。スポーツの動作は日常の動作よりも遙かに複雑で、要求水準の高い身体運動である。したがって、一流スポーツ選手が身につけて

いる究極的に高い身体的スキルは、選手自身が「知って」はいるものの、「語る」ことができない一種の暗黙知といえる。一流選手の「わざ」を分析し、後世に伝えることはスポーツ科学に課せられた重要な課題であり、様々なアプローチ方法によって一流選手の動作研究が行われている。

(2) 主観と客観のずれ

スポーツ科学の一連の研究によって、熟練者の運動は客観的に定量化され、暗黙知とされていた一流選手の「わざ」が次第に解明されてきた。しかし、ヒトは自分自身の客観的な身体姿勢を理解して身体を動かしているのではなく、「感じ」という主観を変化させることで、身体を動かしている。運動者自身が動作時にイメージする主観的感覚は、バイオメカニクス的に客観的に分析された結果と異なることが多く、「主観と客観のずれ」とよばれる。したがって、一流選手の動作の特徴を明らかにするだけでは、誰でもがその動作を達成できるようになれるとはいえない。つまり、「主観と客観のずれ」は、スポーツの技術を伝承するという観点から、コーチングや運動制御研究の分野において解決すべき重要な課題とされている。

この問題を解決するためには、選手がどのようなイメージを持ち、何に注意を向けているのかなど選手の内的感覚に迫りながら、研究を遂行する必要がある。動作を達成させる内面、主観など動作感覚とバイオメカニクスデータを同時に研究することが大切である。そのためには、実際のフィールドに近い状況設定で数多くのデータ（多くの被験者から多くの試行数）を採取する必要がある。しかし、従来は実験環境を統制する目的のために、刺激や動作がより単純化され、その結果、実際のスポーツや日常の場面とかけ離れた状況設定になることが非常に多かった。一方で、フィールドに近い環境を設定すると、実験の試行数が不足し、統計的手法を用いることができなかった。ところが、近年の技術の進歩によって、高速度カメラやパソコン、画像処理ソフトなどの性能が向上し、さらに低価格化したために、これまでは不可能であったフィールドに近い環境で、十分な試行数を確保することが可能になった。このような今こそ、バイオメカニクス、運動生理学、スポーツ心理学などの多角的な研究手法による実験を実施する価値は非常に高いといえる。

(3) 世界に誇る日本のスポーツ職人技

日本には、職人技として世界に誇るスキルが数多く存在する。イチローや松坂らがメジャーリーグで活躍し、WBCで2連覇するなど日本人野球選手のスキルが世界で高く評価されている。日本の戦術は、バントやヒットエンドラン等を駆使し、パワーに依存しない“スモール・ベースボール”と呼ばれることがある。例えば、確実に走者を進塁させる場面では、右打ちやバントといった戦術が用いられることが多い。

バントや進塁打といった動作には、高速で移動してくるボールに対して、バットを適切な時刻に、適切な空間位置へ移動させる。打

球の強さや方向を思い通りに調節するといった特徴が共通する。すなわち、身体の「たくみな調整」が必要であり、「わざ」として非常に複雑な課題である。さらに、ここぞという場面で100%の成功率が求められる。したがって、運動制御研究として非常に興味深い課題であり、今後の発展が期待されるテーマだと言える。

また、野球の守備におけるゴロ捕球についても、高速で移動してくるボールに対して、自分自身の身体を適切な時刻に、適切な空間へ移動させるという点で、バントや打撃動作と共通する部分が多い。

しかし、バントや打撃動作、ゴロ捕球動作において、その調節機構を主観と客観のずれの観点から分析された研究は非常に少ない。

2. 研究の目的

本研究では「主観と客観のずれ」を克服し、わざの伝承に貢献することを究極の目的として、そのために、スポーツにおける動作を客観的に記述し、主観と客観のずれの定量化を試みることを具体的な目的として構想した。また、課題に取り組むためには、フィールドにおける実験を実施する（実験室での実験ではない）点と多くのデータ（多くの被験者、多くの試行数）を収集する点に留意した。具体的には、バント動作と打撃動作とゴロ捕球動作について、以下の3つの実験を実施した。

バント動作においては、熟練者群と非熟練者群を設定し、打球速度、インパクトの瞬間のボール及びバットの位置、ミートポイントの速度（xyz各成分）の観点から客観的データを獲得し、被験者の主観的感覚との関係を検討することを目的とした。

ゴロ捕球実験においては、野球のゴロ捕球におけるフットワークの基礎的資料を得ることを第1の目的として、高速度カメラを用いて着地位置およびステップ長を求めた。また、野球のゴロ捕球の動き始めから捕球に至る一連のフットワークにおいて、それぞれのステップのばらつきを指標として、適切な位置に到達するための調整方法を明らかにすることを第2の目的とした。ステップのばらつきを求める際、着地位置のばらつきだけでなく、座標成分を前後方向および左右方向の要素に分け、さらに、ステップ長とステップ角度のばらつきも求めることでより詳細に検討することとした。

打撃動作研究については、主観的な打球速度と客観的な打球速度の関係を明らかにするために、その第1ステップとしてフィールドでの打撃スキルを簡便に評価することを目的として、スピードガンを用いた打球計測方法の確立をめざした。

3. 研究の方法

(1) バント実験

・実験参加者

本研究では、バント動作に熟練している大学野球選手7名および野球経験のない一般大学生6名が実験に参加した。実験参加者は全員右打ちであった。実験を行うにあたり、本研究の目的、実験方法等を説明し、実験に対する同意を得た。

・実験手順

本実験では、被験者には投手から投げられたボールをバントするよう教示した。投手は6m離れた位置で膝立ち位の状態からプラスチックボールを投球した。プラスチックボールの大きさは直径7.2cmであり、日本プロ野球機構で承認される公式球と同じ大きさであった。バットには軟式木製バット（ZETT社製：長さ85cm）を使用した。

右足のつま先に反射マーカを貼り付け、この座標の原点とし、投手-捕手方向をX軸（投手側が正）、投球のコースを示す軸をY軸（右打者のインコース側が正）、鉛直方向をZ軸（上方が正）とした。投球方向から左右に45度区間、計90度区間をフェアゾーンと定義し、打球を転がす打球方向条件として1塁方向、投手方向、3塁方向の3条件を設定した。各打球方向条件において60試行ずつ計180試行を、試行順序による学習効果に差が出ないようにランダムな順で行った。また、ストライクコースを外れた悪球は見送るよう教示した。

・データ収集

バットヘッドとバットグリップ部分に反射マーカを付け、標点とした。また、ボールには反射テープを貼り付けて標点とした。標点座標の収集には、光学式3次元自動動作分析装置Vicon512（Vicon Motion System社製）を用い、サンプリング周波数は120Hzとした。バットに貼り付けたマーカの3次元位置座標データは、デジタルフィルター10Hzを用いて処理した。ボールの3次元座標データからインパクト時刻を算出した。

・データ処理

バットにボールを当てることができた試行、教示された打球角度を達成できた試行、打球速度が投球速度以下であった試行、打球の鉛直面での反射角度が30度以下で、フライ軌道にならなかった試行を成功試行とし、このうち、ストライクコースから極端に外れた悪球試行を除いて分析対象とした。

バットにボールが当たった瞬間のバット状の位置をミートポイントと定義した。バットヘッドとグリップがなす角度を水平面と鉛直面で算出し、それぞれ水平面角度、鉛直

面角度と定義した。座標空間内におけるバットヘッド、グリップ、ミートポイントのX, Y, Z位置座標とバットの水平面および鉛直面角度を分析の対象とした。

(2) ゴロ捕球実験

・被験者

被験者は野球経験のある健常な男子大学生5名であり、被験者の野球歴は 8.2 ± 2.9 年であり、5名のうち3名は大学の体育会軟式野球部に所属し、日常的に野球の練習を行っていた。被験者は全員右利きであり、被験者の守備位置は5名のうち4名が内野であった。実験前に被験者に対して十分な説明を行い、実験の参加に対する承諾を得た。

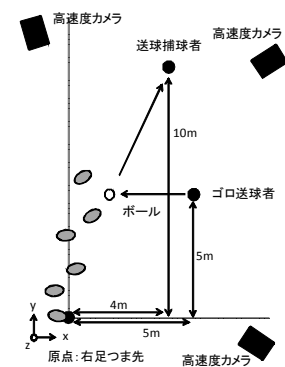
・実験環境および実験手順

実験は室内運

動場にて行い、シューズは被験者各自のものを使用した。被験者の左右の第一中足骨頭の2カ所にシューズの上から反射マーカを貼付した。被験者の左前方、右前方、左後方に設置した高速

度カメラ3台（Dragonfly Express Point Grey Research Inc社製、撮影スピード毎秒120コマ、露出時間1/500秒）を用いて被験者の動作を撮影した。遊撃手がセンター方向への打球を捕球し、1塁へ送球する動作をシミュレートするために、右図のように被験者の前方5m、左側方5mの位置にゴロ送球者を配置し、前方4m、左側方10mの位置に送球捕球者を配置した。被験者には座標の原点となる位置に右足のつま先をあわせて、内野ゴロに対する準備姿勢を取らせた。その後、ゴロ送球者からボールが放たれた後に移動を開始し、ボールを捕球し、送球捕球者に向けてボールを送球するよう教示した。

実験では、捕球時刻を特定するためにグラブは使用せず、被験者には素手でボールを捕球させたため、安全に捕球ができるようにプラスチック製のボール（28.8g、直径8cm）を使用し、ボールの表面全体に反射シートを貼付した。ボールのバウンドが捕球時のステップに与える影響を抑えるために、ゴロ送球者はできるだけバウンドしないようにして、ボールのコースがx軸と平行になるようボールを転がし、左手、あるいは両手でボールを捕捉した試行のみを成功試行として採用した。被験者が実験状況に慣れるまで、最大5試行



の練習試行を行い、成功試行が 25 試行になるまで実験を実施した。

・データ分析

撮影した画像はパーソナルコンピュータ上で同期させ、ビデオ動作解析システム (Frame-DIAS IV :DKH 社製) を用いて座標を算出した。移動開始から捕球体勢の両足が着地するまでを分析区間として、被験者に貼付された左右のつま先の反射マーカ―およびボールの中心点をデジタイズし、3次元 DLT 法を用いて 3次元座標系を構築し、左右のつま先とボールの中心点の座標を算出した。なお、準備状態にある被験者の右足つま先の座標を原点として、ボールの進行方向に平行かつ被験者からみて前方を x 軸の正の方向とした。また、ボールの進行方向に垂直かつ被験者からみて左側方を y 軸の正の方向とし、鉛直上向きを z 軸とした。

(3) 打球速度実験

高校野球選手 9 名を対象として実験を実施した。実験参加者はティー台 (内外ゴム株式会社製) の上に乗せたボールを 10m 先に配置されたネットに向かって全力でティー打撃を行った。実験参加者が立つ位置については、特に指定せず実験参加者に任せたが、全試行を通して、スイングを開始する前のスタンスは一定とした。スピードガンによって 4 球の打球速度が計測されるまで、ティー打撃を繰り返した。合竹製の硬式野球用バット (ASICS 社製, RB-45T, 84cm, 910g) および硬式野球の公認練習球 (ASICS 社製, R0-SPD, 145g) を使用した。

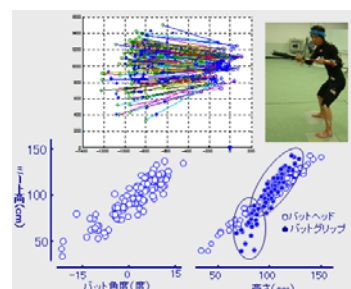
打球速度の測定には、ドップラー方式のスピードガン (ミズノ社製, 2ZM102) を用いた。スピードガンの設置場所は、正面のネットから 1m 離れた場所とし、照準をバットとボールがインパクトする位置に向けて測定を行った。実験参加者によって打たれたボールの進行方向に対して直角となるように、実験参加者の正面 15m の地点へデジタルビデオカメラ (Panasonic 社製, NV-GS500) を設置した。デジタルビデオカメラは毎秒 60 コマ (シャッター速度 1/4,000 秒) で撮影し、ビデオテープに記録した。

得られた画像のボール中心点と較正点の 2次元座標を動作解析ソフト (Frame-DIAS IV; ディケイエイチ社製) を用いて 1 コマごとに読み取り、打球直後の打球速度を算出した。打球速度 (V) は、バットとボールが完全に離れた時点のコマのボール座標を基準として、その後の 2 コマのデータを用いてそれらを 1 回時間微分したものとした。

4. 研究成果

(1) バント実験

図は 1 名の被験者のミート時の全データを示したものである。投球の高さの違いによって鉛直面のバット角度



が異なることが明らかとなった。また、バット角度はミート高と強い正の相関があり、高めのボールに対しては、グリップよりもヘッドの方が上方に位置していたものの、真ん中のボールに対しては地面とほぼ平行であり、低めのボールに対しては、グリップよりもバットヘッドの方が下がっていたといえる。

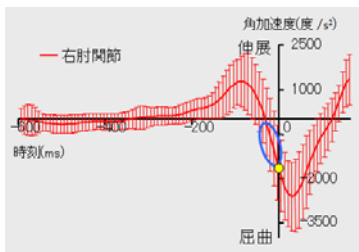
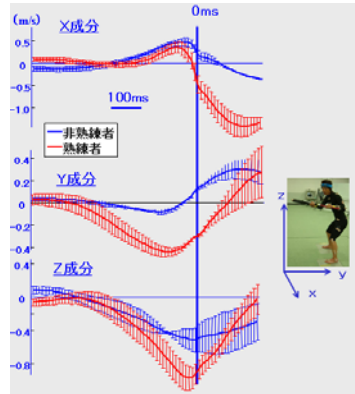
したがって、バントの技術指導場面において「バットのヘッドを下げるな」と指導されることが多いが、実際には低めの投球に対してはバットのヘッドを下げて投球に対応していたといえる。しかし、鉛直面におけるバット角度による調節の範囲はわずか 22cm 程度であり、バット角度のみでストライクゾーン全てに対して対応することは不可能である。したがって、投球の高さに対応するために被験者はバット鉛直面の角度だけではなく、上下方向におけるバットの空間位置も変化させる必要がある。低めのボールに対してはバットヘッドを下げながらバット全体を低く位置させることによってバントをおこなっているといえる。

熟練被験者全員の左右下肢関節角度と投球の高さとの間に有意な相関がみられ、投球の高さが低いほど下肢関節が屈曲していた。このことから、バットの空間位置移動に下肢関節運動が貢献していたと考えられる。現場の指導で「膝でバントしろ」と比喩的表現を用いる指導があるが、投球の高低への対応に関して下肢関節運動も含めたバット位置の移動の重要性を示しているといえる。

打球速度の調節について、熟練者の打球速度は非熟練者と比較して有意に小さな値であり、うまく打球速度を低下させることができていたといえる。また、非熟練者では、打球速度と投球速度との間に有意な正の相関がみられたが、熟練者では有意な正の相関はみられなかった。このことから、熟練者は投球速度に関わらず、打球の弱さを調節できていたといえる。

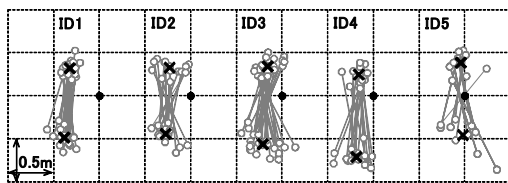
ミートポイントの速度を各成分別に検討したところ、インパクトの瞬間において、熟練者の x 成分は負の値であったが、非熟練者は正の値であった。また、時系列で示すと、インパクト直前に x 成分の正のピーク、z 成分の負のピークが観察された。また熟練者の右肘関節の各加速度を時系列で示すと、イン

パクト時は屈曲方向の角加速度が観察された。負の角加速度のピーク値はインパクト直後に観察されていた。これらの結果から、熟練者はバットを前に出す動作から引く動作に切り替わる頃にインパクトを迎えており、時間・空間的に非常に高度な運動スキルを身につけていることが明らかとなった。



(2) ゴロ捕球実験

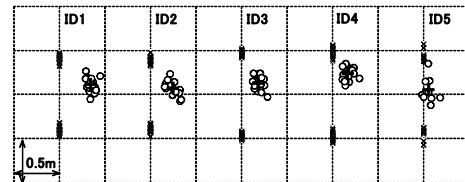
分析可能な 116 試行のうち、つま先の反射マーカーが身体で隠れてデジタイズできなかった撮影上のエラーが 25 試行あったため、91 試行のデータを用いて捕球体勢の分析を行った。下図は分析が可能であった全試行について、捕球時ボール座標を原点として被験者ごとに捕球時ステップ位置を示したものである。



捕球時ステップ長の各被験者の平均値は 0.79~0.97m であり、身長に対する割合を求めると、約 50% 程度であり、構えのステップ長のおよそ 1.2 倍の長さであった。また、捕球時ステップ角度の各被験者の平均値は 85.5~90.0 度であり、ボールの進行方向に対して身体をほぼ正対、あるいは、左足を前に出して捕球していることがわかった。

また、図は左右つま先の中点を原点として、両足が y 軸上に配置するように回転した座標を作成し、被験者ごとに捕球時ボール座標を示したものである。捕球時ボール位置における x 座標の各被験者の平均値は 0.05~0.34m

であり、その中でも、技量レベルが最も高い ID1 の値が最大であり、大学野球の非経験者である ID5 の値が最小であった。このことから、捕球時のボールと身体の距離には技量レベルが影響しており、技量レベルが高いほど、身体から離れた前方位置でボールを捕球しているといえる。熟練者はより前方で捕球することによって、手の動きを視野に入れて捕球直前のボールと手の空間的調節を行っていた可能性が考えられる。



捕球時ボール位置における y 座標の各被験者の平均値は、全員が正の値であった。したがって、身体の正面よりも左側で捕球していたことが明らかとなった。ただし、y 座標の平均値は 0.05~0.24m であり、捕球時ステップ長に対する割合としては 5~25% 程度であったことから、身体の左側で捕球しているものの、身体の中心に比較的近い範囲で捕球しているといえる。ただし、捕球時ボール位置のばらつきは、技量レベルが最も低い ID5 が最大値を示したものの、ほかの被験者はほぼ同等レベルであったことから、大学野球での内野手経験者では個人内の変動は小さく、身体に対してほぼ一定の位置でボールを捕球していたといえる。

次に、捕球時のステップのばらつきを検討すると、ID1 のばらつきが左右の足ともに最も小さく、また、ステップ長およびステップ角度のばらつきとも 5 人の被験者の中で最小の値であった。この結果は、技量レベルが高い選手では、ボールに対して変動の小さな捕球姿勢を取ることができることを示唆するものである。本研究では、最終歩までフットワークの調節が行われていたが、技量レベルの高い選手では、最終局面前の時期に予測に基づいて位置関係を調節している可能性が考えられる。

(3) 打球速度実験

画像計測の値と比較して、スピードガンによる測定値が 14~67km/h と大幅に小さい試行が見られ、ビデオ撮影した映像を確認したところ、これらの試行は打球がゴロになった試行やセンター返しでなかった試行であった。ゴロあるいはセンター返しでなかった試行を除いて、個人の平均値を求めたところ、画像計測の値の方がスピードガンによる計測値よりも大きな値であった。また、両計測法間の差の平均値がもっとも小さな被験者では 1.0km/h であり、もっとも大きな被験者で

は 3.0km/h であった。

画像計測では、物体の移動方向に対して垂直にカメラを設置すれば、角度による影響はほとんどないと考えられ、実際のスピードに近い値を得ることができるといえる。しかし、画像計測では、デジタイズによる誤差が混入する危険性があり、今回の実験では複数の分析者が繰り返しデジタイズすることでその誤差を小さくするよう試みたため、ボールのスピードは、画像計測を用いた方がスピードガン計測よりも精度良く計測されていると考えられる。しかし、ティー打撃では、打球方向がネットに対してばらつきが大きく、完全に誤差を除去することは困難であったと考えられる。したがって、スピードガンを用いて計測された打球速度は、画像計測法と比較すると 1~3 km/h 程度の低値を示すものの、この値は打球速度の 3%未満である。したがって、スピードガンによる測定法の原理や特徴を理解し、その適応範囲を考慮して使用するか、または打球とスピードガンのレンズ面との角度差を補正すれば、スピードガンによる測定は実際の打球速度に近い値を正確に測定することが可能であり、現場における簡便な打球速度計測法としての利用価値は高いといえる。

以上のように、フィールドにおける客観的なパフォーマンスを簡便に指標化することを目的としてスピードガンを用いた打球速度計測実験を実施し、その測定法の信頼性と妥当性について確認を行った結果、打撃動作における打球速度の主観的な調整機構を研究するための基礎的な資料を得ることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

1. 長谷川弘実, 和田一宏, 谷川哲朗, 来田宣幸, 野村照夫, 野球のゴロ捕球における

フットワークの基礎的研究ー着地および捕球位置に着目してー, 京都体育学研究, 28, 11-22, 2012 (査読あり)

2. 来田宣幸, 赤井聡文, 谷川哲朗, 末常拓司, 野球のティーバッティングにおける打球速度計測, 京都体育学研究, 26, 1-9, 2011 (査読あり)

[学会発表] (計 3 件)

1. 長谷川弘実, 来田宣幸, 野村照夫, 野球のゴロ捕球における時間的分析, 京都体育学会第 141 回大会, 2012 年 3 月 3 日 (びわこ成蹊スポーツ大学)
2. 長谷川弘実, 和田一宏, 谷川哲朗, 小島理永, 来田宣幸, 野村照夫, 野球のゴロ捕球における着地時刻および着地座標の分析, 日本体育学会第 62 回大会, 2011 年 9 月 27 日 (鹿屋体育大学)
3. 長谷川弘実, 谷川哲朗, 和田一宏, 来田宣幸, 野村照夫, 技能レベル及び打球方向の違いによる捕球動作での足の運びの検討, 京都体育学会第 140 回大会, 2011 年 3 月 5 日 (京都女子大学)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

来田 宣幸 (KIDA NORIYUKI)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・准教授

研究者番号：50452371

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：