

平成 21 年 6 月 5 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）

研究期間：2007～2008

課題番号：19800020

研究課題名（和文） 野球のバント動作における一流選手の「わざ」の要因を探る

研究課題名（英文） The control of bat and ball in baseball bunt

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：

野球のバント動作における、わざの解明を試みたところ、バットや身体のキネマティクス情報より、打球方向やボールの高さに対する調節方法を明らかにすることができた。また、野球の現場では、バントをする際に「バットのヘッドを立てたまま、膝を使って高さの調節をせよ」と一般的に指摘されているが、インパクト時のバットの鉛直方向角度とミート時のボールの高さは非常に高い相関を示しており、低めのボールに対しては、バットの角度が負（すなわち、グリップよりヘッドが下）の値を示した。しかし、回転移動と比較して平行移動の方が、ボールインパクトの高さ調節に対する貢献が高く、一般に指摘されている指導内容の意味を明らかにすることができた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,320,000	0	1,320,000
2008年度	1,350,000	405,000	1,755,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,670,000	405,000	3,075,000

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：(1) バイオメカニクス (2) スポーツ (3) 動作解析

1. 研究開始当初の背景

(1) エキスパートの動作研究の意義

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、Michel Polanyi は前者を「暗黙知」、後者を「形式知」と名付けた。スポーツは、動作の速さや正確さ、強さ等の面において日常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。このようなスポーツにおいて、一流スポーツ選手は究極的に高いスキルを身

につけている。スポーツ選手のスキルは、スポーツ選手自身が「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しての「わざ」といえる。伝統的な「わざ」の習得・習熟は見よう見まねで「わざ」を盗み、自らのものにするプロセスとしておこなわれてきた。しかし、最近、暗黙知とされる「わざ」を形式知化することによって「わざ」の伝承を達成しようとする試みが各分野において盛んにおこなわれている。スポーツ科学

の世界においても様々なアプローチ方法によって一流スポーツ選手の動きの研究がなされている。

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、暗黙知とされてきたスポーツ選手の「わざのコツ」がバイオメカニクス、実験心理学的視点から定量化され、一流スポーツ選手の運動制御に関する特徴が解明されてきた。

(2) 内面へのアプローチ

スポーツバイオメカニクスや実験心理学の研究によって、熟練者の動作を客観的に分析し、一流選手の動作や判断のメカニズムを明らかにされてきた。しかし、ヒトは動作をおこなっているときに、自分自身の身体姿勢を知って動作をしているわけではなく、「感じ」という主観を変化させることで、動作を変化させている。すなわち、運動者自身が動作時にイメージする主観的感覚は客観的にバイオメカニクスの分析された結果とはずれている。このことは「主観と客観のずれ」とよばれ、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、動作を達成させる内面、主観、動作感覚を同時に研究する必要がある。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等選手の内的感覚に迫りながら、バイオメカニクス、実験心理学の研究を行う必要があるといえる。

(3) スポーツの職人的技術：バント動作

スポーツの職人技として世界に誇るスキルが日本には数多く存在する。2006年3月に開催された野球の世界大会 WBC (World Baseball Classic) において世界一となった日本の戦術は、バントや走塁、ヒットエンドラン等を駆使し、本塁打等のパワーに依存しない“スモール・ベースボール”と呼ばれた。走者を確実に進塁させようとする場面では、ヒッティング動作ではなくバントが選択されることが多い。バントは試合中の重要な局面で用いられる戦法であり、バントの巧拙が勝敗を決定するといっても過言ではない。戦術としてバントの重要性は高いものの、これまでバント動作を科学的な知見から分析された研究は皆無である。

バント動作は、バットを適切な時刻に、かつ適切な空間位置に移動させて、投手が投じたボールにインパクトしなければならない。高いレベルで時間・空間的な運動制御を必要とする非常に複雑な課題である。また、バットとボールのインパクト時には、投球の勢いを弱めて適切な方向に打球を転がさなければならない。これまでの野球やテニスのスイ

ングに関する研究ではインパクト時においていかに打具の速度を増大させて、ボールに大きな力積を与えるかに着目されている (Sawicki et al. 2003) のに対して、バント動作は投球の勢いを弱めることが求められる。したがって、これまで分析されてきたスポーツ動作とは動作の目的が異なる。さらに、バントは 100% の成功率が求められる。スポーツ選手の「わざ」としては非常に高いスキルといえる。バント動作のバイオメカニクスの解明は背課に誇る日本の職人技をアピールする観点からも意義がある。バント動作のバイオメカニクスの基礎データが得られ、さらに内面に迫ることで暗黙知としてのバント技術を形式知化することができれば、技術指導においても有効であり、野球技術向上に益するところが大きいといえる。

2. 研究の目的

本研究は暗黙知といえる「わざ」としてのスポーツ技術において、スポーツ技術を形式知へ展開する試みとして、新たな知見を獲得し、「主観と客観のずれ」課題を克服することによって、現場のコーチングに貢献することを目的とする。具体的には以下の3点を研究の目的とする。

(1) 一流野球選手と非熟練者を対象として、バント動作について実験室およびグラウンドにおける三次元動作解析の手法を用いて分析し、技量レベルによって動作がどのように異なるか解明する。

(2) 上記の実験において、成功と失敗について、語り分析を通して、野球選手における主観と客観のずれについて解明する。

(3) 以上の研究成果をふまえ、「わざ」としてのスポーツ技術の暗黙知を形式知へ転換する試みを構築する。

3. 研究の方法

(1) 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。

(2) 実験手順

右図に示した実験風景のように、本実験は室内にて実施した。被験者には投手から投じ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。実験において投球は、 604.19 ± 72.04 ms で打者に到達しており、実際の野球場に換算すると球速はおよそ 110km/h に相当する速度であった。

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、投球のコースを示す軸を X 軸 (右打者のアウトコース側が正)、X 軸に垂直な投手-捕手方向を Y 軸 (投手側が正)、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。

(3) 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。

(4) データ処理

① 成功・失敗の分類

以下に述べる条件を全て満たした試行を成功試行と定義した。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。また、成功試行のうち、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

② ボールの高さ

投球の高さを「高さ条件」として次の 3 条件に定義し、試行を分類した。投球の身長比高さが、55%より高かった試行を「High」条件、投球の身長比高さが、45%から 55%に収まった試行を「Middle」条件、投球の身長比高さが、45%より低かった試行を「Low」条件とした。

③ 分析項目

バットヘッドからグリップ方向へ向かって 15cm の点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。Z 座標の値は各被験者の身長で正規化した。

④ 統計

インパクト時の分析項目に関して、打球方向条件 (3 条件) × 高さ条件 (3 条件) の繰り返しのある二元配置分散分析を行った。条件間の有意な交互作用が認められず、各条件による有意な主効果がみられた場合には、Bonferroni 法による多重比較によって有意差の検定を行った。いずれの検定においても、有意水準は 5% とした。被験者内の相関係数を全体で平均化する際には、Fisher の Z 変換を用いた。

4. 研究成果

(1) 打球方向の調節

① インパクトの瞬間

インパクトの瞬間におけるバットの水平面角度は打球方向条件によって異なり、3 塁方向へバントする場合は最も大きな角度であった (図 1)。また、打球方向条件によって、バットヘッド、バットグリップおよびミートポイントの Y 座標 (投手-打者方向) 位置にも違いがみとめられた。すなわち、1 塁方向にボールを転がす場合は、グリップを前方 (投手側) に出し、バットヘッド部分を手前 (捕手側) に引いて水平面角度が負の状態インパクトしていた。一方、3 塁方向ではグリップを手前に引いてバットヘッド部分を前方に出した状態で水平面角度は正でインパクトをしていた。McIntyre と Pfautsch (1982) は、スイング動作において右打者が 3 塁方向へ引っ張る場合はバットヘッドがグリップ部分より前方に位置するのに対して、1 塁側へ流す場合はグリップ部分が前方に位置すると報告している。本研究の結果、バント動作でも投球との衝突面であるバット角度を調節することでスイング動作と同様の打球方向制御がおこなわれていたといえる。

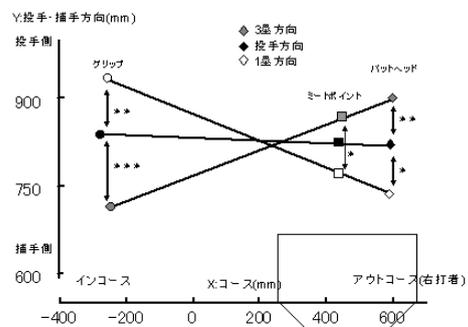


図1

本研究において、水平面のバット角度の調

整について、バットヘッドだけではなくグリップも打球方向条件により位置が異なった点は注目に値する。日本の野球指導書ではバント動作を行う際の注意点として、グリップ部分を持つ手は固定して、バットヘッド部分を持つ手を移動させて行うべきであると記されている。しかし、本研究の結果から、バットヘッドを持つ手（右打者であれば右手）だけでなくグリップを持つ手（右打者であれば左手）の制御もバット角度の決定において必要であることが示唆された。

McIntyre と Pfautsch (1982) は、スイング動作で左右への打ち分けに関わらずインパクト時のバットはホームプレートの前方に位置していたことを報告している。本研究で得られたミートポイントは、右足つま先の身体座標原点から 70cm 以上前方であった。松井 (1981) によると、ホームプレートの前方であるフェアゾーン内にバットを移動してバントをすることで、打球がフェアゾーン内に転がる確率が高まるといえる。仮にインパクト位置が 70cm 前方になると、インパクト位置から 1 塁 3 塁ベースを結ぶフェアゾーン角度を算出すると、左右合計で 2 度ほど増え、フェアゾーンに打球が飛ぶ確率が高くなる。本研究におけるミートポイントの結果から、バントにおいてバットをフェアゾーンに移動させてインパクトさせ、成功率を高めていた可能性が示唆される。

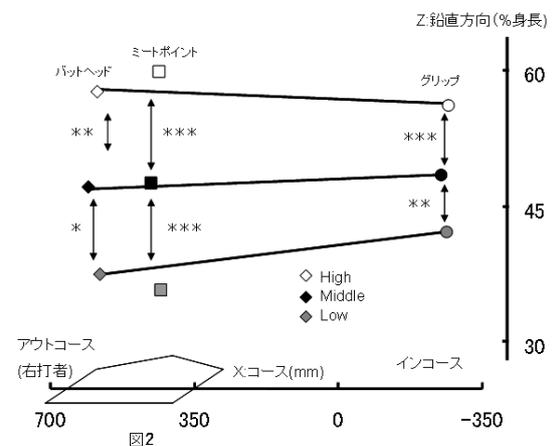
②インパクト前

打球方向の違いによって、バットの水平面角度の違いが有意となったのはインパクト前およそ 600ms からであった。また、7 人の被験者のうち 5 人では、測定開始であるインパクト前 667ms から打球方向の違いによってバットの水平面角度の違いが有意であった。本研究では打球方向が被験者にあらかじめ教示されていたために、被験者は指定された打球方向によって早期からバット角度を変えていたといえる。McIntyre と Pfautsch (1982) は、スイング動作において、打球方向によるバットの空間位置の違いは、動作初期のバットの空間位置が異なっていたことで説明されると指摘している。今回の結果は、スイング動作と同様にあらかじめ教示された打球方向を達成するために前もって準備が行われていたといえる。Hatze (1976) はテニスストローク中にラケットにかかる衝撃力を推定し、衝撃力が非常に大きいことを考えると、インパクト中に打球の向きを調節することは困難であると述べている。したがって、今回の結果より早期から打球方向に対応したバット角度の準備を行うことでインパクトに集中できて、結果的に成功率を高めることにつながっていたものと考えられる。

(2) ボールの高さに対する調節

①インパクトの瞬間

本研究において、投球の高さの違いによって鉛直面のバット角度が異なっていたのは注目すべき結果である (図 2)。High ボールでは鉛直面のバット角度はプラスの値であったが、Middle ボールではおよそ 0 度であり、Low ボールではマイナスの値であった。すなわち、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、ボールの高さによるバット鉛直面角度の違いはわずか 15 度程度であった。バットの長さが 85cm であるため、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。実際、投球のコースを示すバットの X 軸座標位置をのぞくすべての分析項目において、投球の高さによる違いがみられ、Low 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たといえる。

田子ら (2006) は、大学野球選手に高低のインパクト位置のティースタンドに乗せたボールをスイングさせた結果、左右の股関節ではインパクト位置の高低による違いが上肢関節に先行してみられたことを報告し、スイング動作において高低へのインパクト位置の調整に下肢関節運動が貢献していることを報告している。本研究において、全被験

者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、スイング動作だけではなくバント動作においても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（図3）。

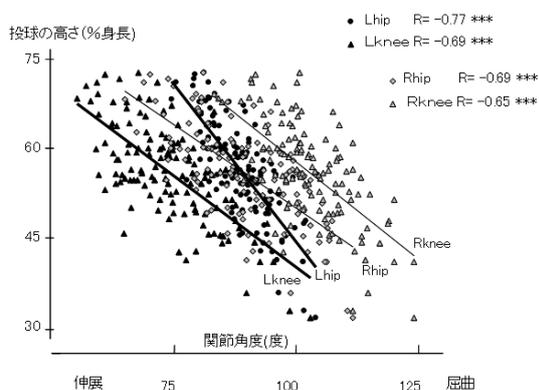


図3

②インパクト前

ボールの高さの違いによって、バットの鉛直面角度の違いが有意となったのは、インパクト前およそ 260ms からであった。打球方向の違いによって、角度に有意な違いが見られるようになったのは、インパクトのおよそ 600ms 前であり、ボールの高低への対応はかなり遅いといえる。打球方向は既知であるため、早期から水平面のバット角度を調節していたが、投球の高さは視覚情報から判断しなければならず、高さへの対応は方向への対応に比べて遅れると考えられる。小田（1998）は大学野球選手のスイング動作において、インパクトまでのグリップエンドの高さとインパクト時のグリップエンドの高さとの相関を時系列ごとに調べ、相関が有意になるのはインパクト前 140ms からであるとしている。実験内容と分析方法に違いはあるものの、本研究においてみられたバントの高低への対応は打撃よりも早い時刻で達成されていた可能性が考えられる。強く打つことが求められるバントでは、スイング動作に比べてバットを早期に投球の高低に応じて動かすことが可能であり、早期の対応が打撃動作に比べてバント動作の正確性を高めていると推察された。

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 0 件）

〔学会発表〕（計 3 件）

- ① 来田宣幸，スポーツ組織体のチームビルディングー動作分析の観点から，同志社スポーツ政策フォーラム，2008.5.8. 京都
- ② Kida N, Itoh S, Oda S. The control of the spatial bat position in baseball bunt. Asia-Pacific Conference on Exercise and Sports Science 2007.12.8. Hiroshima
- ③ 来田宣幸，伊藤慎哉，向井公一，小田伸午，バント動作における熟練者と非熟練者の違い．第 62 回日本体力医学会，2007.9.15. 秋田

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

(3) 連携研究者