

野球のバントにおける 打球速度を最小化させるインパクトパラメータ

Impact parameters for minimizing batted ball speed in baseball bunt

身体運動科学研究領域
5011A006-5 安藤 義人

研究指導教員：矢内 利政 教授

【背景・目的】

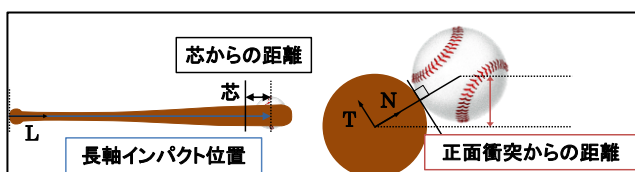
野球において、走者を進塁させるバントの成否は試合の勝敗に大きな影響を与えるといわれている。バントを成功させるには、打者の前方から突進してくる守備側の選手の打球処理時間を延長させるため、打球速度は小さい方がよいとされている。そこで本論文では打球速度を0に近づける、つまり打球速度を最小化させることをバントにおける目標と設定した。バントの打球速度を最小化させるために、現場では「バットの芯を外し、先端(バットヘッド側)でインパクトする」ことが重要だと指導されている。この指導は、バッティングにおいて打球速度を最大化させるためにはバットの芯でボールと正面衝突させるインパクトが必要であること(Crisco et al.2002)に基づく。しかしバントとバッティングではその目的やインパクト前のバットの挙動、グリップ位置など明らかな相違点がありながら、バッティングにおける知見をバントに適応させることには疑問が生じる。

そこで本論文の目的は、野球のバントにおける打球速度を最小化させるインパクトパラメータを明らかにすることとした。

【実験方法】

野球競技経験を5年以上有する男性19名(身長 171.9 ± 6.1 cm、体重 69.5 ± 10.3 kg、競技歴 11.0 ± 2.6 年)に、マシンより投球速度 33.0 ± 0.7 m/sで投げられた硬式ボールを、木製バット(長さ0.84 m)を用いて投手方向にバントさせた。センターラインを中心に左右各 15° の範囲内へ打球が放たれた試技を成功試技とし、各被験者3~8球ずつ、計122球を分析対象とした。バント動作を2台の超高速カメラ(2500 fps)で撮影し、3次元分析を行った。分析項目は打球速度、バット(LNT)座標系におけるインパクト前のバット重心速度、長軸インパクト位置、芯(振動曲げモードの節:グリップエンドから0.697 m)からの距離、正面衝突からの距離とした(図1)。

図1. 分析項目とバット(LNT)座標系の定義



打球速度と長軸インパクト位置、芯からの距離、正面衝突からの距離の関係を Pearson の積率相関係数

を用いて分析を行った。また、打球速度の変動を説明する因子となるパラメータを抽出するため、打球速度を従属変数として2つのモデルを用いてステップワイズの重回帰分析を行った。モデル1は独立変数をインパクト前のバット重心速度の各成分、芯からの距離、正面衝突からの距離とし、モデル2はインパクト前のバット重心速度の各成分、長軸インパクト位置、正面衝突からの距離とした。この際、有意水準を5%未満とした。

【結果・考察】

打球速度は 10.5 ± 2.8 m/sであり、投球速度を32%にまで減少させていた。打球速度と長軸インパクト位置との間に有意な負の相関関係がみられた($r = -0.33$, $p < 0.01$ 図2)。一方、打球速度と芯からの距離との間に有意な相関関係はみられなかった($p > 0.05$)。また打球速度と正面衝突からの距離との間に有意な正の相関関係がみられた($r = 0.64$, $p < 0.01$)。

ステップワイズの重回帰分析を行った結果を表1に示した。モデル1では従属変数を打球速度(Y)とし、正面衝突からの距離(X₁)、インパクト前のバット重心速度N軸成分(X₂)、長軸インパクト位置(X₃)の3変数を独立変数とする有意な回帰式が得られた($Y = 29.4 + 189.3X_1 + 1.4X_2 - 29.9X_3$, $F = 133.1$, $p = 0.00$)。その寄与率は77%($r = 0.88$)であった。これは正面衝突からの距離、インパクト前のバット重心速度N軸成分、長軸インパクト位置で打球速度の変動の77%を説明できることを示すものである。

モデル2では従属変数を打球速度(Y)とし、正面衝突からの距離(X₁)、インパクト前のバット重心速度N軸成分(X₂)、芯からの距離(X₃)の3変数を独立変数とする有意な回帰式が得られた($Y = 9.0 + 189.5X_1 + 1.3X_2 - 24.4X_3$, $F = 71.8$, $p = 0.00$)。その寄与率は65%($r = 0.80$)であった。これは正面衝突からの距離、インパクト前のバット重心速度N軸成分、芯からの距離で打球速度の変動の65%を説明できることを示すものである。

以上のことから、バントの打球速度を規定する因子の中で最も重要な因子はバットの短軸方向におけるインパクト位置である正面衝突からの距離であり、次に重要な因子はインパクト前のバット重心速度N軸成分であった。そして第3因子が長軸方向のインパクト位置であるという順序付けがなされた。つまり「バットの芯を外し、先端でインパクトする」ことは、バットとボールを正面衝突させる技術とインパクト前のバ

ット重心速度を調整する技術による影響の次に重要性をもつ技術であることが示された。すなわち、バントにおいて最も重視すべき指導は「芯を外す」ことよりも「正面衝突させる」ことであると考えられる。

バットの短軸方向において正面衝突から遠ざかる位置でインパクトしたときほど、打球速度は大きくなった。正面衝突は直衝突とよばれ、バットの打撃面が飛来するボールに正対する平面であったとみなすことのできる衝突となる。一方、正面衝突から遠ざかった位置でのボールインパクトは、斜衝突となり、バットの打撃面が飛来するボールに対して傾いた平面（衝撃線に対して垂直な平面）であったとみなすことのできる衝突である。摩擦の影響が無視できるほど小さいと仮定すると、ボールの相対速度のT軸成分（打撃面に平行な成分）が変化せず、ボールの運動量のT軸成分は保存されるため、直衝突よりも斜衝突の方が衝突後のボールの速度は大きくなる。

また、バットとボールとの間の運動量の転移として捉え、考察する。バントにおいて、インパクト前にバットが有する運動量のN軸成分は、ボールの有する運動量のN軸成分よりも小さい。そのためインパクトによって、ボールの運動量はバットに転移する。特に、正面衝突に近づくほどボールがバットに与える力積は大きく、転移する量も大きいため正面衝突に近づくほど、打球速度を小さくすることができたと考えられる。一方バッティングの場合、インパクト前においてボールに比べてバットの方が大きな運動量を有する。そしてそのバットの有する運動量を効率よくボールに転移させるにはバットとボールを正面衝突させるとよい。つまりバットの短軸方向における正確なインパクトは、打球速度を大きくするためというより、ボール・バット系における運動量の転移の効率を高めるために重要だと考えられる。バントはボールの運動量がバットに転移し打球速度が小さくなる衝突現象であり、バッティングはバットの運動量がボールに転移し打球速度が大きくなる衝突現象であるため、同じ物理現象でありながら、正反対の結果になったと考えられる。

統計結果から、打球速度は芯からの距離よりも、長軸インパクト位置の影響を強く受けることが示された。これはバッティングとは異なる点である。つまり本研究で設定したバットの芯、すなわち振動曲げモードの節の位置がグリップした手の影響でグリップエンド方向に移動したと推察される。そこで両手によって支持されたバットの振動曲げモードの節の位置を検証するため、振動実験を行った。その結果、バットをゴムで括り吊るした自由支持条件よりも、両手で支持した条件において、振動曲げモードの節の位置がグリップエンド方向に位置していたことが明らかとなった。振動

曲げモードの節から離れた位置でインパクトするとバットは大きく振動する。それによって投球の有する運動エネルギーの一部はバットや手の振動のエネルギーに変換・消失されるため、打球速度が小さくなった。

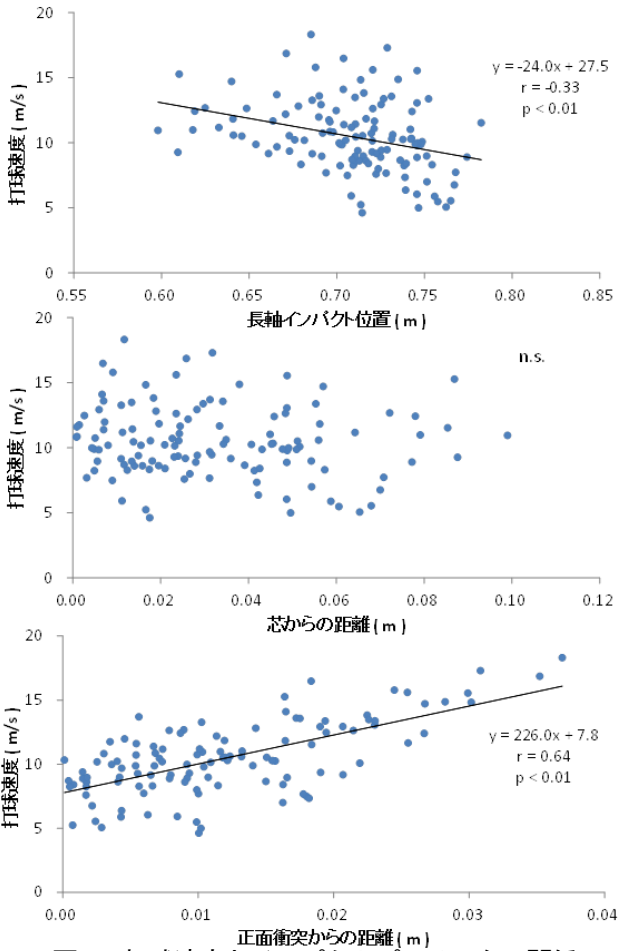


図 2. 打球速度とインパクトパラメータの関係

表 1. ステップワイズの重回帰分析結果

モデル 1 従属変数:打球速度			
投入された変数	標準化偏回帰係数	相関係数	R ² 増加量
正面衝突からの距離	0.57	0.64*	0.41
インパクト前のバット重心速度N軸成分	0.51	0.54*	0.20
長軸インパクト位置	-0.41	-0.33*	0.17
決定係数R ²			0.77
*:p<0.05 除外された変数:インパクト前のバット重心速度LおよびT軸成分			
モデル 2 従属変数:打球速度			
投入された変数	標準化偏回帰係数	相関係数	R ² 増加量
正面衝突からの距離	0.57	0.64*	0.41
インパクト前のバット重心速度N軸成分	0.48	0.54*	0.20
芯からの距離	-0.20	-0.12*	0.04
決定係数R ²			0.65

*:p<0.05
除外された変数:インパクト前のバット重心速度LおよびT軸成分