

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23300230

研究課題名(和文) 野球における選手の能力を最大限に生かす最適バットの選定に関する研究

研究課題名(英文) Selection of optimal bat characteristics for maximizing the ability of baseball players

研究代表者

前田 正登 (MAEDA, Masato)

神戸大学・人間発達環境学研究所・教授

研究者番号：90209388

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：選手が使用するバットに注目し、バットの質量及び重心位置を変更することがスイングにどのように影響するかについて、バットに加わる加速度及び打撃点の再現正確性から評価・検討した。各被験者のスイングは、バットの加速パターンの再現性が高く、適したバットの特性を明確にできる者もいたが、動作が安定せず適したバットを明確に判別できない者もいた。高校生選手は大学生選手よりも打撃点がばらつくことが多く、バットの特性変更による打撃点の位置への影響を受けやすいものと考えられた。大学生選手では、打撃点の再現性から適したバットの判別が可能となる者もいた。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to elucidate the characteristics of bats used by baseball players and to evaluate the acceleration of the bat during the swing, the reproducibility of the impact point, and the effect of the bat's mass and center of gravity on the swing. The participants were members of high school and university baseball clubs. Some university players showed high reproducibility in the acceleration pattern of their swing. The optimal bat characteristics could be determined for these players, but not for others whose swing was unstable. The variability of the impact point was greater in high school players than in university players, and it was thought that this variability was very sensitive to the characteristics of the bat. For some university players, the optimal bat characteristics could be derived from the reproducibility of the impact point.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：スポーツ科学 野球 バット 選定 スイング速度

1. 研究開始当初の背景

野球バットは、試合で最高のパフォーマンスを発揮するために、より機能的で使いやすいことが要求される。バットの諸特性がバットスイングに及ぼす影響として、選手によってはバットの重量が変わってもヘッドスピードにほとんど影響しない選手もいるという、一般論とは異なる結果が報告されているほか、スイングに影響するのはバットの重量ではなく慣性モーメントであるという報告もある。これら先行研究のように、バットの諸特性を変更すれば、それに応じてスイングも変容すると考えることは必然である。

バットの特性変更は、その量が選手の許容範囲を超え、スイングを変えなければならないほどになったときに変容してしまうものであり、許容範囲内の変更量であれば、選手が調節するなどして、スイングは変わらないものと考えられる。さらに、この許容範囲の広さは、選手の技能レベルと関係があることが考えられ、技能レベルが高い、すなわち、スイングを調節できる範囲が広ければ許容範囲も広くなるという関係を仮説として示すことができる。しかし、野球選手にも様々な技能・体力レベルがあり、それら選手の能力と最適バットがどのような関係にあるのか、そしてそれら選手がこの仮説の中で、どのように位置づくかは極めて興味深い。

また、この仮説では、バットに加わる加速度の再現性及びインパクト時のバットの速度や角速度を指標にしており、いずれもスイングスピードを基盤とした変数としている。しかし、スイングスピードでは打球の飛距離増大には直接に繋がるものの、飛来するボールを正確に捉えることができるかといった打撃の正確性の観点は欠落したままである。したがって、打撃の正確性の指標を加えることにより、選手個々のスイング技能及び体力を最大限に生かす最適バットの選定がより確かなものになるものと考えられる。

2. 研究の目的

従来からの研究テーマであったバットとスイングとの相互間の影響だけでなく、選手の技能・体力レベルの違いや選手のスイングタイプの違いによる影響をも検討の対象とする。さらに、バットの特性変更に伴う打撃の正確性に及ぼす影響を検討し、それに関する知見を加えることにより、バットとスイングとの相互の関わりを究明して、野球選手における最適バットの選定に関する理論の確立を目指す。

3. 研究の方法

(1) 実験

被験者

被験者は、大学硬式野球部所属のレギュラークラス選手 2 名とした (Table 1 参照)。なお、被験者は 2 名とも右利きで、実験はすべて右打ちとして行われた。また、被験者には

実験内容を説明し、同意を得た上で実験を実施した。

Table 1 実験の被験者

	Height [cm]	Weight [kg]	Hand width [cm]	Gripped position [†] [cm]	Baseball career [yrs]
K.N	171.0	72.0	8.5	11.1	11.0
S.T	175.2	75.0	9.8	11.8	13.0

[†]: Distance from Grip-end

実験用バット

本研究では、市販の金属製バットを基にして、質量と重心位置の設定が変更されるバットを実験用バットとして製作した。実験用バットは、バット内部の錘の取り付け位置を変えることができる構造になっており、錘の種類や取り付け位置を変えてもバットの外観が変わることはない。したがって、バットとしての質量や重心位置が異なる設定であっても外見上はわからないようになっており、バット内部の錘の位置は、一旦ボルトで固定するとスイング中に移動することはない。

本研究では、金属製バット (766.2g) に付加する錘の質量を 96.8g, 115.2g, 135.0g, 154.2g, 及び 173.8g の 5 種類とし、錘の取り付け位置をバットのグリップエンドから 45.6cm, 54.2cm, 62.8cm, 71.2cm, 及び 79.7cm の位置として 5 種類に変化させて、錘の質量と取り付け位置を組み合わせて、25 種類のバットとして設定した。(Table 2)

Table 2 実験で使用したバットの諸特性

	Length [m]	Mass [kg]	Position [†] of C.G [cm]	MOI at C.G [kg·m ²]	MOI at Grip [‡] [kg·m ²]
ANN	0.840	0.863	0.487	0.0582	0.259
ASN			0.497	0.0559	0.265
AMD			0.506	0.0573	0.274
ASF			0.514	0.0605	0.285
AFF			0.523	0.0641	0.297
BNN	0.840	0.882	0.487	0.0570	0.262
BSN			0.498	0.0562	0.271
BMD			0.508	0.0583	0.282
BSF			0.518	0.0606	0.294
BFF			0.528	0.0651	0.308
CNN	0.840	0.901	0.487	0.0567	0.266
CSN			0.499	0.0564	0.276
CMD			0.510	0.0592	0.289
CSF			0.523	0.0610	0.303
CFF			0.535	0.0651	0.319
DNN	0.840	0.921	0.485	0.0569	0.269
DSN			0.500	0.0564	0.282
DMD			0.512	0.0603	0.298
DSF			0.526	0.0613	0.312
DFF			0.539	0.0663	0.329
ENN	0.840	0.940	0.485	0.0575	0.274
ESN			0.500	0.0567	0.287
EMD			0.515	0.0603	0.305
ESF			0.531	0.0615	0.322
EFF			0.545	0.0670	0.342

[†]: Distance from Grip-end, [‡]: Position of Grip-end

バットに加わる加速度の測定

本研究では、実験用バットのグリップエンド内部に加速度計を装着して、スイング中にバットに加わる加速度を測定した。2 軸の測

定が可能な加速度計 (ADXL278: Analog Devices Inc.) を取り付け台に 3 個接着し、バットのグリップエンド内部に挿入、取り付け台をボルトで固定した。また、バット本体のグリップ部に握りのためのグリップテープを巻いた。

手続き

被験者には、実験用バットを持って、バッターボックス内で試合と同じ位置で投球を待つように構えさせ、4m 離れた位置に設置したバッティングマシン (Falcon 社) から発射された実験用ボール (スポンジ製) を打つように指示した。スイング中のバットに加わる加速度をグリップエンド内部に装着した加速度計により測定した。また測定と同時に、打撃動作を高速ビデオカメラ (Phantom Miro, Nobby Tech 社) を用いて 250Hz (露出時間 1/2500 秒) で撮影・収録した。

測定システムから出力された信号は、A/D 変換を経てコンピュータに入力された。なお、この時の A/D 変換器のサンプリング周波数は 1kHz とした。

25 種類のバットを用いて、1 種類につき 8 回ずつ計 200 回の打撃を行わせた。設定されたバットは 1 種類ごとにランダムとした。

分析方法

本研究では、グリップエンドから重心位置までの距離とバット質量の積として、グリップ位置まわりの重心モーメント MCGG を求めた。また、グリップエンドまわりの慣性モーメント MIG も算出した。

バットの短軸方向に加わった並進加速度 L_x , L_y の合成ベクトルを L_{xy} とし、角加速度 R_x , R_y の合成ベクトル R_{xy} を短軸まわりの角加速度として、打撃スイング中の $|L_{xy}|$ 及び $|R_{xy}|$ の時間変化をボールインパクト時点を基準に加算平均した。また、測定された並進加速度及び角加速度をそれぞれ時間積分して並進速度及び角速度を算出し、それらの合成ベクトルを求め、バット速度 LV_{xy} 及びバットの角速度 AV_{xy} とした。

(2) 実験

被験者

被験者は、2 つの高校の硬式野球部に所属する選手 5 名と大学硬式野球部に所属する選手 5 名の計 10 名で、全員右打ちであった。

被験者の身長、体重、手の横幅及び野球経験年数を Table 3a 及び Table 3b に示す。なお、被験者には、本実験の趣旨や内容を説明し同意を得た上で実施した。

実験用バット

実験 では、重心位置を 4 段階、及び質量を 5 段階に変化させることができる実験用バットを用意した。この実験用バットは、重心位置の設定が 4 段階であることを除けば、実験 での実験用バットと同じ構造である。

実験 で使用したバットは、質量が 899.3g ~ 974.7g の範囲内で 5 種類 (軽い方から A, B, C, D, E), 錘の位置をバットの Grip 側の末端から 0.475m ~ 0.795m の範囲内で 4 段階に変えることによって、重心位置を 4 種類 (バットの Grip 側の末端までの距離が小さい方から, NN, SN, SF, FF) に変化させることができ、それぞれを組み合わせると計 20 種類のバットを設定した (Table 4)。

Table 3a 実験 の被験者: 高校生

	Height [cm]	Weight [kg]	Hand width [cm]	Gripped position [†] [cm]	Baseball career [yrs]
I.G	160.0	60.0	8.5	10.3	8.0
A.K	165.0	64.0	9.2	11.2	11.0
K.W	169.0	54.0	8.5	10.1	9.0
N.K	173.0	63.0	9.0	10.8	8.0
E.T	167.0	58.0	8.5	10.3	6.0
Mean	166.8	59.8	8.7	10.5	8.4
SD	4.8	4.0	0.3	0.5	4.8

[†]: Distance from Grip-end

Table 3b 実験 の被験者: 大学生

	Height [cm]	Weight [kg]	Hand width [cm]	Gripped position [†] [cm]	Baseball career [yrs]
U.H	173.0	70.0	8.7	10.6	13.0
Y.T	170.0	63.0	8.5	10.0	11.0
T.S	174.0	70.0	9.5	11.4	12.0
I.K	166.0	65.0	8.2	10.6	13.0
K.B	174.0	72.0	9.0	10.1	12.0
Mean	171.4	68.0	8.8	10.5	12.2
SD	3.4	3.8	0.5	0.6	0.8

[†]: Distance from Grip-end

Table 4 実験 で使用したバットの諸特性

	Length [m]	Mass [kg]	Position [†] of C.G [m]	MOI at C.G [kg·m ²]	MOI at Grip [‡] [kg·m ²]
ANN	0.842	0.898	0.489	0.0565	0.191
ASN			0.501	0.0594	0.203
ASF			0.512	0.0623	0.214
AFF			0.524	0.0635	0.224
BNN			0.488	0.0582	0.196
BSN	0.842	0.917	0.502	0.0607	0.208
BSF			0.516	0.0625	0.220
BFF			0.531	0.0664	0.235
CNN			0.490	0.0590	0.200
CSN	0.842	0.937	0.506	0.0615	0.215
CSF			0.521	0.0643	0.230
CFF			0.535	0.0699	0.246
DNN			0.489	0.0595	0.203
DSN	0.842	0.956	0.506	0.0620	0.219
DSF			0.523	0.0647	0.235
DFE			0.541	0.0720	0.257
ENN			0.487	0.0599	0.205
ESN	0.842	0.974	0.507	0.0625	0.223
ESF			0.527	0.0649	0.241
EFF			0.548	0.0722	0.266

[†]: Distance from Grip-end, [‡]: Position of 10.5 cm from Grip-end

実験方法

被験者には、試技に先立って、十分なウォーミングアップの後に、バッターボックス内の軸足 (右足) の位置を決定させ、常に軸足を最初に決定した位置にした上で試技を行わせるように指示した。

被験者には、5m 前方の位置からトスされたスポンジ製のボールをライナーで打ち返

すよう指示した。なお、トスされたボールの速度差による影響を小さくするために、全実験試技を通じて同一の験者がトスを行った。

試技では、実験用バットを質量 5 種類、重心位置 4 種類の計 20 種類に変化させ、各条件について 10 回ずつ、計 200 回の打撃を行わせた。バットの設定は、バット 1 種類ごとにランダムとした。なお、被験者には試技間に必要に応じて十分な休憩を取らせた。

撮影方法

各試技の打撃動作は、完全に同期された 4 台の高速度ビデオカメラ (Phantom Miro, Nobby Tech 社) を用いて 500Hz (露出時間 1/5000 秒) で撮影した。4 台のカメラのうち、打撃動作全体が撮影できるよう画角を調整した 2 台のカメラを被験者の側方 6.5m の位置に 3m の間隔で設置し、インパクト付近を撮影できるように画角を調整した 2 台のカメラを被験者の前方 5m の位置に 3m の間隔で設置した。

分析方法

インパクト付近を撮影した映像においては、ボールインパクトのコマの前後それぞれ 20 コマ分におけるバットとボールの挙動を、また、打撃動作全体を撮影した映像においては、ボールインパクトの 0.4 秒前から 0.1 秒後までのバットの挙動を、それぞれ分析対象とした。

撮影した映像をもとに、3 次元動作解析ソフト (Frame-DIAS, DKH 社) を用いて、バットのヘッドとグリップ上端、及びボール中心の 3 次元座標の時系列データを得た。得られた測定点の 3 次元座標は、Butterworth 型ローパスフィルタにより、遮断周波数 6Hz で平滑化を行った。バットおよびボールの 3 次元座標は、インパクト時に急峻な変化が予想されるため、平滑化は行わなかった。

各被験者のスイングごとに、測定されたバットヘッドの位置座標の変化を時間微分してヘッド速度を算出した。また、ヘッドとグリップの位置座標からバットの空間位置を算出し続くコマにおけるバット位置に至るまでの角変位を求め、それら角変位を時間微分することによりバットの角速度を算出した。そして、各被験者の試技ごとにインパクト時のバットのヘッド速度及びバットの角速度を求めた。

得られた 3 次元座標より xy 平面におけるインパクト時のバットのグリップ端からボールが当たった位置までの距離 $d1$ 、及び xz 平面におけるインパクト時のボールの中心からバットのヘッドとグリップ上端を結ぶ線分までの最短距離 $d2$ をそれぞれ算出した (Fig.1)。なお、 $d2$ については、ボールの中心より下を打撃したときは正の値、中心より上を打撃したときは負の値とし定義した。

xy 平面におけるインパクト時のバットのヘッド部とグリップ部を結ぶ直線とホーム

ベース前縁の線分がなす角度をバット角度とし、バットの種類ごとに平均値を算出した。

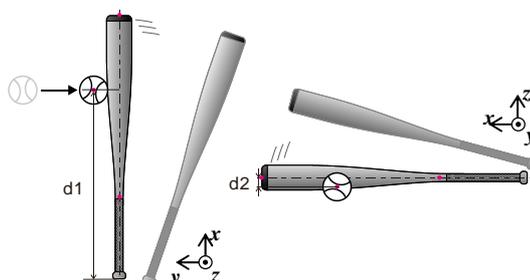


Fig.1 インパクト時におけるバットとボール

4. 研究成果

(1) バットの特性値とスイングタイプ

Fig.2 及び Fig.3 に示した被験者では、バットに加えられた加速度 $|L_{xy}|$ 、及び $|R_{xy}|$ の変化パターンは両者で明らかに異なっており、各被験者内でバットの種類を変えた場合よりも違いが大きいことがわかる。したがって、各被験者のスイングは被験者それぞれで固有のものとなっており、バットの特性の変化には被験者ごとで異なる対応となっている可能性が考えられる。

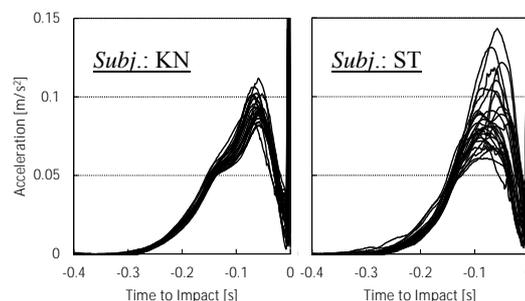


Fig.2 並進加速度 $|L_{xy}|$ の時間変化

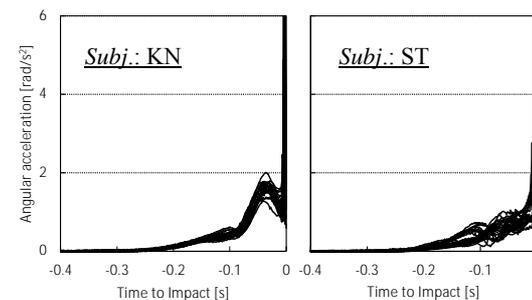


Fig.3 角加速度 $|R_{xy}|$ の時間変化

2 名の被験者では、バットの特性変更に対するバット速度及びバットの角速度の変化は異なっていた。

Subj.KN では、バットの重心モーメント MCGG 及び慣性モーメント MIG が増大するにしたがって、バット速度及びバットの角速度はやや低下する傾向を示し、MCGG は $0.49\text{kg}\cdot\text{m}$ 近傍 (Fig.4)、MIG は $0.305\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 近傍 (Fig.5) を超えるとそれらの低下が比較的大きかった。これらの結果は、先行研究と同様であり、Subj.KN には、MCGG 及

び MIG がそれぞれの値を超える特性を有するバットは不向きであると考えられる。

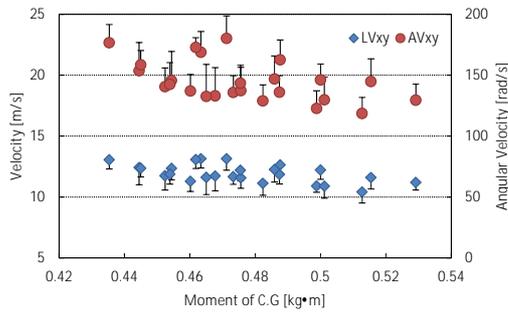


Fig.4 Grip まわりの重心モーメントとバット速度,角速度の関係 (Subj.KN)

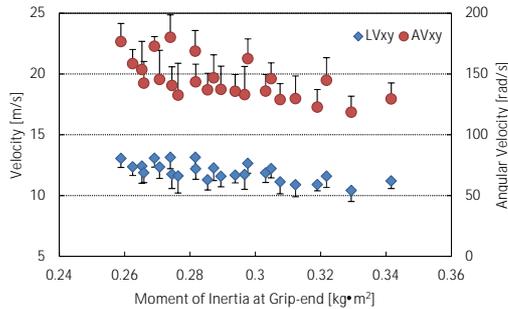


Fig.5 Grip まわりの慣性モーメントとバット速度,角速度の関係 (Subj.KN)

一方 Subj.ST では,バットの重心モーメントや慣性モーメントの増大に伴う特徴的な変化は認められず,バットの各設定条件における標準偏差が Subj.KN よりも大きいものが多くばらつきが大きかった (Fig.6, Fig.7)。これらの結果は,先行研究とは異なるものであり,バット速度やバットの角速度を指標にしても Subj.ST のスイングに適合するバットの特性値を見出すことはできなかった。

野球における打撃では,飛来するボールを適切なタイミングで捉える時点,いわゆるインパクト時点が重視され,本研究のバット速度 LVxy 及び角速度 AVxy もインパクト時点の値である。これらの値に特徴的な変化が認められず,各設定条件での標準偏差が大きかったことから,Subj.ST は,インパクト時点において,ボールを確実に正確に打撃することを優先していた可能性が推察される。

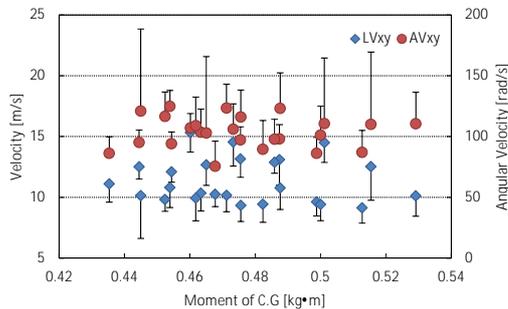


Fig.6 Grip まわりの重心モーメントとバット速度,角速度の関係 (Subj.ST)

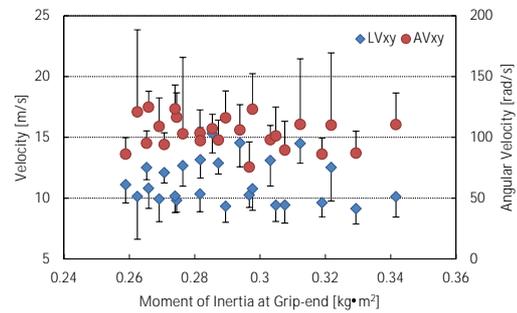


Fig.7 Grip まわりの慣性モーメントとバット速度,角速度の関係 (Subj.ST)

スイングにおけるバットの運動量を指標にしたこれまでの報告と同様に,バット速度及び角速度を指標に最適バットを判別できることが明らかになったが,一方で,スイング速度が安定しない選手では,判別が困難となることがあることがわかった。

(2) バットの特性値と打撃の正確性

Fig.8 のように,高校生 5 名と大学生 5 名を対象に行った実験 においても,使用するバットの慣性モーメントが大きいとインパクト時のバットのヘッド速度は小さいという実験 と同様の結果が得られた。しかし,バットの角速度は,慣性モーメントの大きさに関わらず,いずれのバットにおいても同程度の値であった。角速度の各値における標準偏差が比較的大きいことから,被験者間におけるスイングの違いの方がやや大きかったことが原因であろうと推察される。

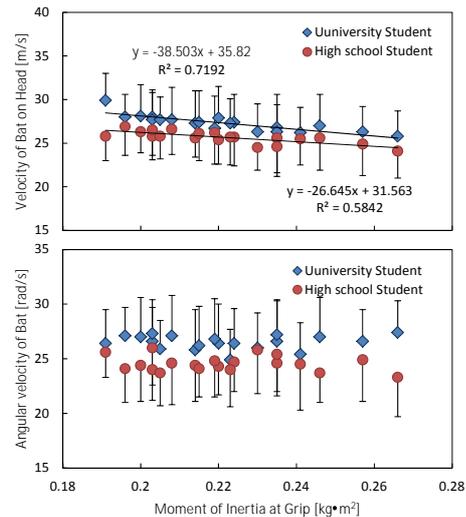


Fig.8 Grip まわりの慣性モーメントとヘッド速度及び角速度の関係

Grip まわりの慣性モーメントとバットの長軸方向におけるインパクト位置の関係 (Fig.9), 及びバットの短軸方向におけるインパクト位置の関係 (Fig.10) を高校生と大学生とで比較すると,大学生よりも高校生にばらつきが大きい被験者 (長軸方向:高校生 A.K, N.K 及び E.T; 短軸方向:高校生 K.W)

が目立ち、高校生は大学生よりもバットの特性変更によるボールインパクト位置への影響を受けやすい可能性が推察された。

被験者ごとにみると、高校生 I.G 及び大学生 K.B では、Grip まわりの慣性モーメントが大きいほどヘッド寄りの位置でボールをインパクトする結果となっていた (Fig.9)。Grip まわりの慣性モーメントが大きいバットは重心位置がヘッド寄りになっており、一般的にはそのような特性のバットのスイートスポットはヘッド寄りに位置していると言われている。これらの被験者では、実験でスイングを繰り返している中で、スイートスポットを探索している可能性が考えられる。

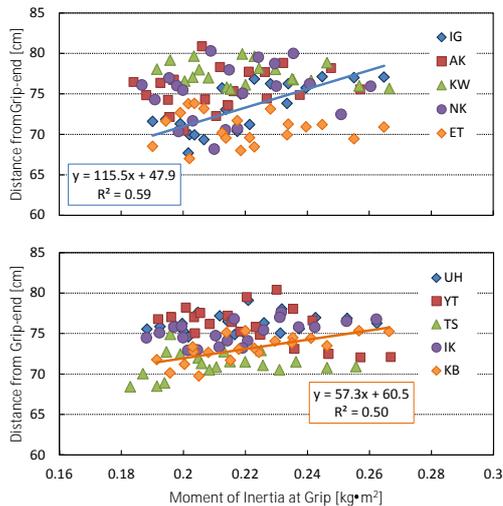


Fig.9 Grip まわりの慣性モーメントとインパクト位置(バットの長軸方向)の関係

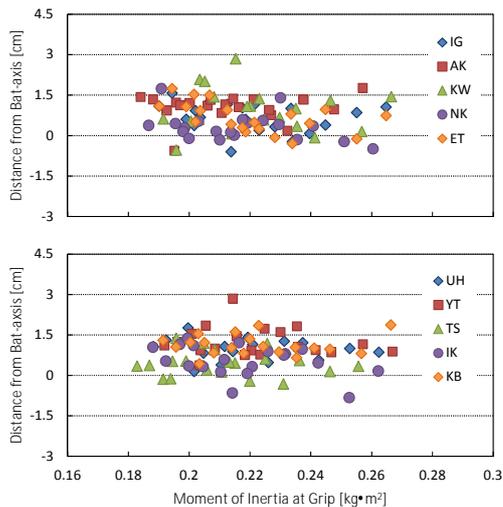


Fig.10 Grip まわりの慣性モーメントとインパクト位置(バットの短軸方向)の関係

また、大学生 Y.T 及び I.K は、いずれも Grip まわりの慣性モーメントが $0.24\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 近傍より大きくなるとそれまでとは異なる位置でボールをインパクトするようになっていく傾向であった。これらの被験者では、正確にボールを捉えて打撃するとの点で、こ

の慣性モーメント値を超えるようなバットの使用は適切ではないものと推察される。

Grip まわりの慣性モーメントとバット角度の関係 (Fig.11) を高校生と大学生とで比較すると、大学生では、Y.T のように Grip まわりの慣性モーメントが大きいとバット角度が小さくなる傾向を示した者もみられ、大学生の方がバットの特性変更による影響を受けやすいものと推察された。バットの特性変更によりインパクト時のバット角度が変わってしまうことは、打撃パフォーマンスに重大な影響をもたらすものと考えられ、大学生 Y.T における $0.24\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 近傍以上の著しい減少を示す結果は、大学生 Y.T にはこの値を超えるようなバットが適切でないことを意味するものと推察される。

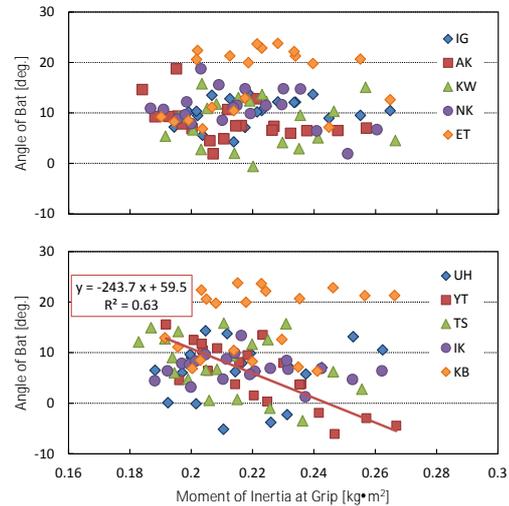


Fig.11 Grip まわりの慣性モーメントとバット角度の関係

選手の技能・体力レベルやスイングタイプによって、バットの特性変更に伴う打撃の正確性に及ぼす影響も異なることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

大岡 昌平、前田 正登、野球のトスバッティングにおける投球コースの違いがボールインパクトに及ぼす影響、体育・スポーツ科学、査読有、第 24 号、2015

〔学会発表〕(計 1 件)

前田 正登、野球の打撃における投球コースの違いが打撃位置に及ぼす影響、シンポジウム：スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス 2013、2013.11.2、工学院大学(東京都)

6. 研究組織

(1)研究代表者

前田 正登 (MAEDA, Masato)

神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・教授

研究者番号：90293951