

## 野球打撃における地面反力フィードバック方法の検討

中島 一<sup>1)2)</sup>, 蔭山雅洋<sup>1)</sup>, 前田 明<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 鹿屋体育大学大学院

<sup>2)</sup> 都城工業高等専門学校

<sup>3)</sup> 鹿屋体育大学

キーワード: 野球打撃、地面反力、フィードバック方法

### 【要旨】

本研究は、野球打撃中の地面反力フィードバックに関して、地面反力をベクトルとして表示する方法が、従来の表示方法と比較してどのようなフィードバック効果を示すかについて検討することを目的とした。被験者は大学野球選手2名とし、実験室内でティー打撃を行わせた際の地面反力をそれぞれの方法でフィードバックし、コメントをとった。その結果、地面反力に関する知識がほとんど無い者にとっては、どちらのグラフも理解が困難であった。一方、地面反力に関する知識がある者にとっては、どちらグラフについても理解できたとともに、多くのコメントが得られた。以上のことから、打撃中の地面反力をフィードバックする際には、地面反力に関する知識の有無がフィードバック効果に大きく影響し、時間一カグラフとベクトルグラフのそれぞれにおいて、異なるフィードバック効果が得られるということが示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 7, 147-158, 2015年, 受付日:2015年1月6日, 受理日:2015年7月1日

責任著者: 前田明 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1番地 鹿屋体育大学 amaeda@nifs-k.ac.jp

\*\*\*\*\*

### **Method of feedback about ground reaction force in baseball batting**

Hajime Nakashima<sup>1) 2)</sup>, Masahiro Kageyama<sup>1)</sup>, Akira Maeda<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

<sup>2)</sup> National Institute of Technology, Miyakonojo College

<sup>3)</sup> National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: baseball batting, ground reaction force, feedback method

### **[Abstract]**

The present study aimed at examining the feedback effect obtained with a method in which the ground reaction force was presented as vector, in comparison with the conventional method. The participants were two university baseball players. They did

tee batting in the laboratory in two ways, and then were asked to comment on the ground reaction force. The player who did not know anything about ground reaction force could not understand either graph. On the other hand, the player who knew about ground reaction force could understand both graphs well, and made many comments. These results suggest that a batter's knowledge about ground reaction force is likely to have a large influence on the effects of feedback about ground reaction force during batting, such that feedback is likely to have a different effect on time-force graphs and vector graphs, depending on the player's understanding of ground reaction force.

## I. 諸言

野球の打撃動作は、各脚で地面に力を加えることによって、身体の並進運動や回転運動を生み出している。実践現場では、これを「体重移動」という言語で理解・指導されることが多い。しかし、これらは目に見えない力であるため、選手と指導者の間での食い違いを生む可能性がある。そのため、科学的な指標である「地面反力」を実践現場でフィードバックすることは、選手と指導者間の感覚の食い違いを是正することにつながると考えられる。

これまでの打撃動作に関する研究では、地面反力は図1のように X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向の3つに分割され、時間—力平面のグラフで表されることが多い(Messier and Owen, 1985,1986; Mason, 1987)。この方法では、各方向に発揮された地面反力のタイミングと大きさについては分かりやすいが、実際にどの方向へ力を掛けているかという角度情報が読み取りづらい点に問題があった。本来、地面反力是一个の方向と大きさをもつベクトルであるため、3つに分割することによって、情報過多及び重要な情報の欠如につながると考えられる。

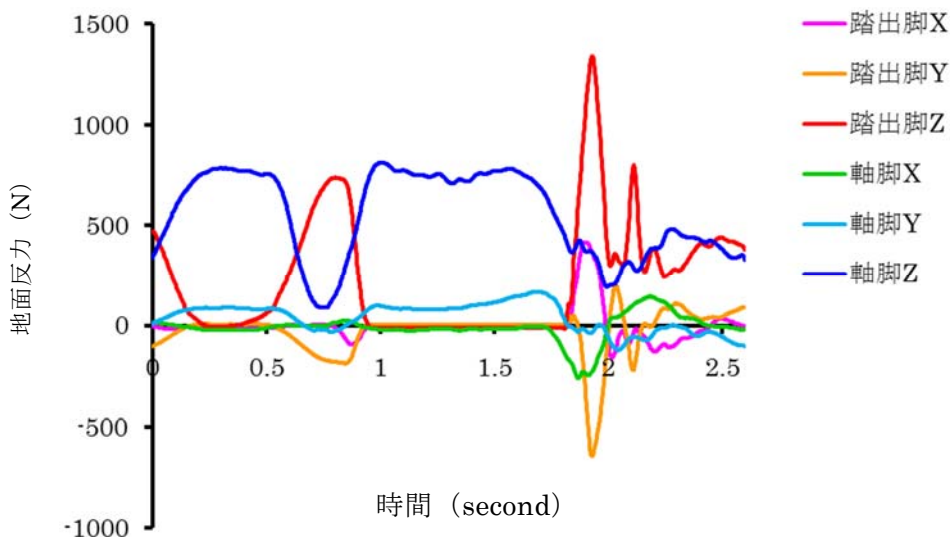


図1 各脚によって発揮された地面反力

そこで、地面反力を図2のように時間ごとに色分けしたベクトルとして表示すれば、時間、水平面内の地面反力の角度、大きさ、という3つの情報を直感的に理解することができ、フィードバックの効果を大きく向上させられると考えられる。打撃に関する研究において、この類の手法は平野(1984)が打撃動作のメカニズムを説明する際に一度使用したのみであり、ほとんど用いられていない。そのため、この手法を用いることにより、地面反力の直感的な理解とより良いフィードバックが可能になると考えた。

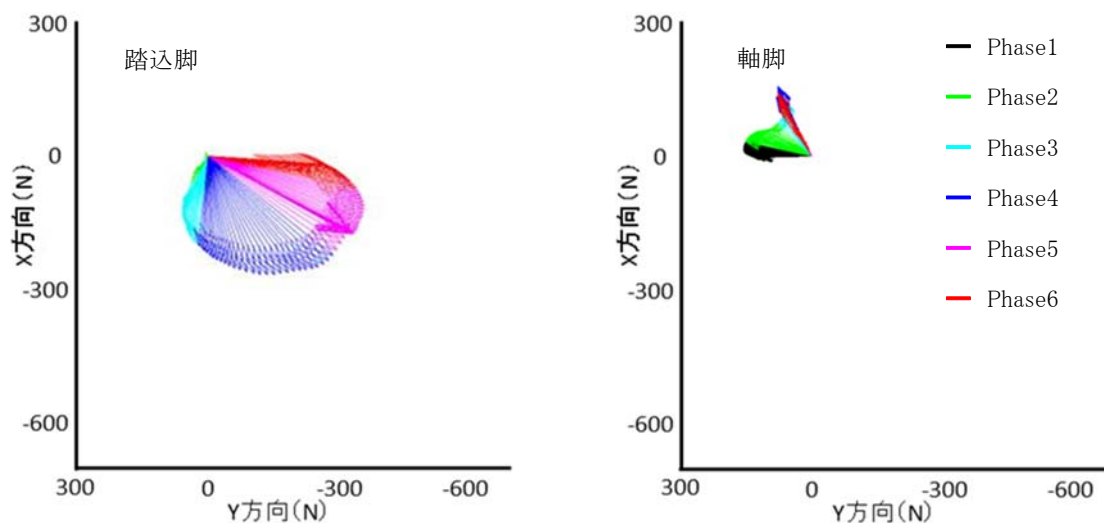


図2 ベクトルで示した地面反力

以上のことから、本研究では地面反力をベクトルとして表示する方法が、従来の表示方法と比較してどのようなフィードバック効果を示すかについて検討することを目的とした。

## II. 方法

### 1. 被験者

被験者は、K 大学硬式野球部に所属する選手2名とした。被験者の年齢、身体特性及び打撃成績については表1、表2に示した。打撃成績は、測定日を含むシーズン前半の公式戦及びオープン戦のものを採用した。

表1 被験者の年齢及び身体特性

被験者	年齢	身長(cm)	体重(kg)	打ち方
A 選手	21	175.4	71.0	右打
B 選手	22	174.5	70.2	左打

表2 被験者の打撃成績

被験者	打席	打数	内野安打	安打	二塁打	三塁打	本塁打
A 選手	114	102	2	17	4	0	1
B 選手	136	119	9	19	1	1	1

内野ゴロ	内野ライナー	内野フライ	外野フライ	三振	四死球	犠打	打率	長打率
28	1	5	19	23	8	4	0.235	0.304
42	2	9	19	14	13	4	0.261	0.311

## 2. 実験試技

実験室内で被験者を2枚のフォースプレート(9287C Kistler 社製)上に立たせ、木製バット(長さ0.84m 質量 0.9kg)を用いて、硬式野球ボールを打つティー打撃を行わせた。ティーアップしたボールの高さは、被験者の大転子の高さに設定し、水平面の位置は被験者がセンター方向へ打ちやすいと考える位置へ自由に設定できるものとした。一度設定した水平面の位置は、全試技を通して一定とした。

実験に先立ち、被験者には十分なウォーミングアップを行わせ、実験セット上で納得するまで練習を行わせた。その後、本番試技として10試技を1セットとし、それを2セット行わせた。セット間には十分な休憩を取らせ、疲労の影響がないよう配慮した。また、打撃の際には、センター方向へ強い打球を打つ意識で行うよう指示した。

## 3. 測定方法

ヘッドスピードを計測するために、バットの先端に9mmの球状マーカーを両面テープで装着し、光学式3次元動作解析システム(Mac3D, Motion analysis 社製)を用いて12台のカメラ(Raptor)を使用して500Hzで計測した。各脚によって発揮された地面反力データは、多成分フォースプレート(9287C Kistler 社製 60×120cm)を2枚用いて2000Hzで計測した。静止座標系は、原点を踏込脚側フォースプレートの角(右打者から見て捕手側かつ一塁側)とし、ホームベースからピッチャーズプレートに向かう方向をY軸、Y軸に直交し三塁から一塁へと向かう方向をX軸と定義した。

## 4. 採用試技

採用試技は、被験者の内省報告で、センター方向へ強く打てたかどうかを5段階で評価させた。5段階評価において、4及び5の評価が得られた試技の中から5を優先して3試技を抽出した。同一評価が多数あった場合には、より後半になされた試技を優先した。その中で最もヘッドスピードの高かった1試技を分析対象とした。

## 5. データ処理

2000Hzでサンプリングされた地面反力データを、500Hzへとダウンサンプリングした。また、左打者のデータはX軸を反転し、右打者と同様に扱った。ヘッドスピードはバットヘッドに取り付けたマーカーの座標を数値微分することによって算出した。

## 6. 分析範囲及び局面分け

時間-力グラフの分析範囲は、インパクトを0とし、インパクト前2秒からインパクト後0.7秒までとした。ベクトル表示に関する分析範囲は、テイクバックに伴い踏込脚が離地した時点からインパクトまでとし、踏込脚離地から接地までをPhase1とした。また、踏込脚接地からインパクトまでの局面を5等分し、踏込脚接地からインパクトへ向かう順にPhase2~Phase6とした。5等分することによって、各Phaseが両者の打撃局面と対応しない可能性が考えられたが、本研究で取り上げた2名の間には、大きな局面の違いは認められなかった。

各局面を表すために、地面反力を表すベクトルに以下の色付けを行った。Phase1は黒、Phase2は

緑、Phase3 は水色、Phase4 は青、Phase5 はピンク、Phase6 は赤とした。

### 7. フィードバック

実験後日、両被験者に対して地面反力のフィードバックを行い、被験者のコメントを記録した。フィードバックに使用したグラフは、本人の時間一カグラフ(合成、3方向別)、他者の時間一カグラフ(合成、3方向別)、本人のベクトルグラフ(水平面の2方向合成)、他者のベクトルグラフ(水平面の2方向合成)とした。時間一カグラフに関して、合成と3方向別との2種類のグラフを用いたのは、地面反力を段階的に説明するために、より情報量の少ない合成を最初に提示するためである。それぞれのグラフの説明を行いながら被験者のコメントを記録した。各グラフの説明に関して、両被験者に差が生じないように、データが示す内容程度の基本的な説明のみとした。

## III. 結果及び考察

### 1. 選手の身体特性及び打撃成績等

表1の身体特性より、両被験者の身長・体重は同程度であり、体格面で大きな差はない。打撃パフォーマンスに関して、実験における両者のヘッドスピード最大値は A 選手 31.67m/sec、B 選手 37.18m/sec であった。その他、打撃成績については、A 選手に比べ B 選手では内野安打の数、内野ゴロの数が多いことなどから、A 選手に比べ、B 選手は短距離的な打者であると言える。また、三振数の少なさや四死球の多さ、打率の高さなどから、B 選手の方がやや高い打撃技術を有していると言える。

### 2. 両選手に共通する地面反力の特徴

図5～図10に両選手の地面反力を表すグラフを示した。

ベクトルグラフに関して、右側が軸脚、左側が踏込脚の地面反力である。

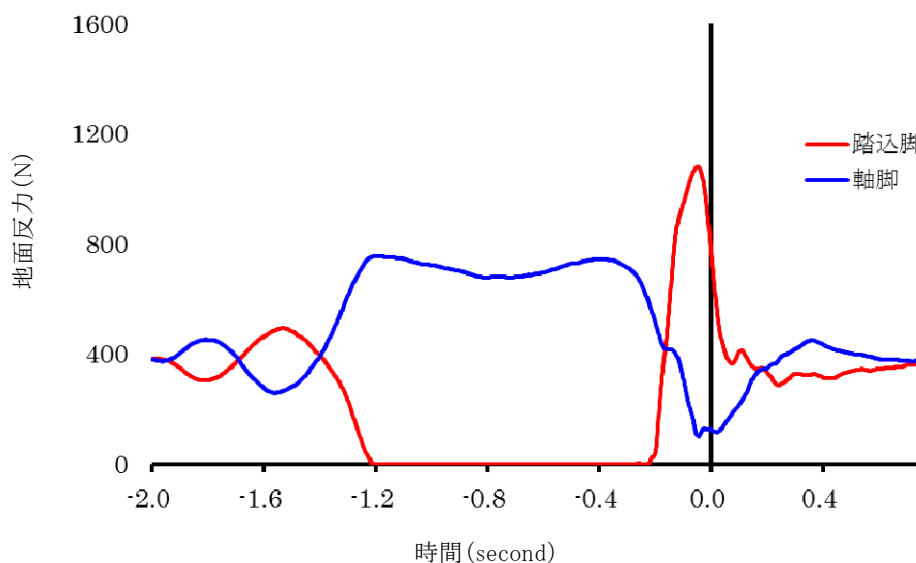


図5 A 選手の地面反力(時間一カグラフ:3成分合成)

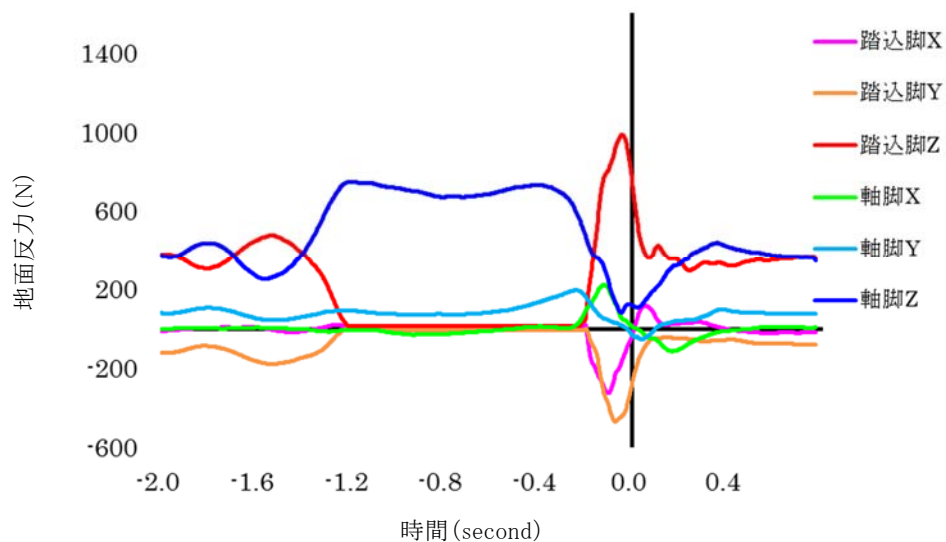


図6 A 選手の地面反力(時間一カグラフ:3成分別)

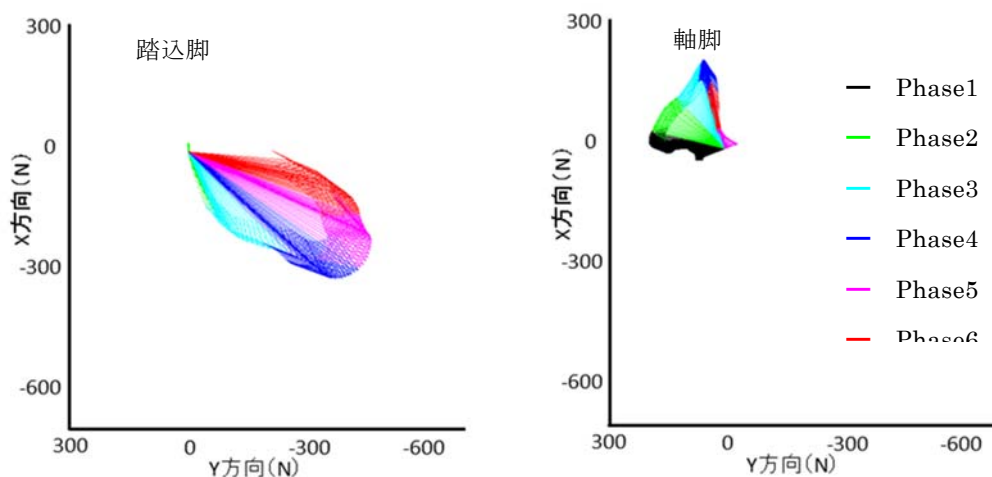


図7 A 選手の地面反力(ベクトルグラフ:XY 合成)

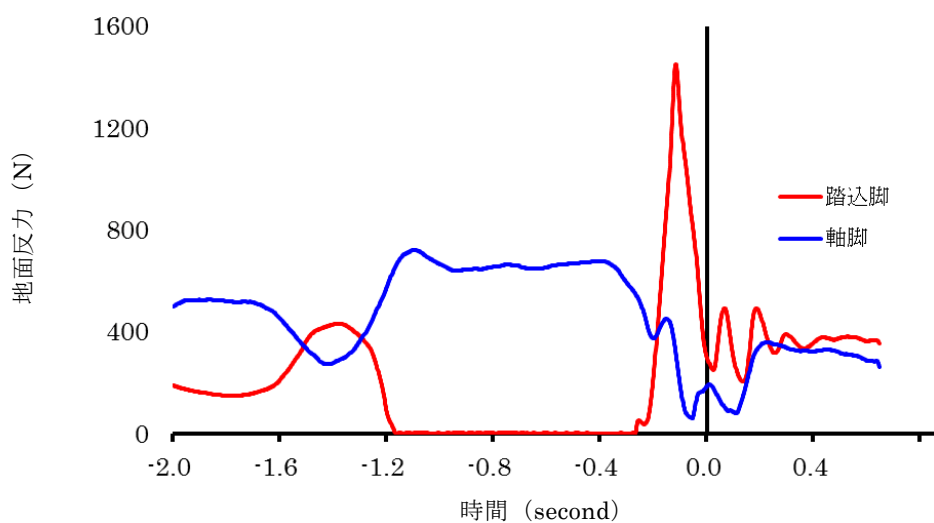


図8 B 選手の地面反力(時間一カグラフ:3成分合成)

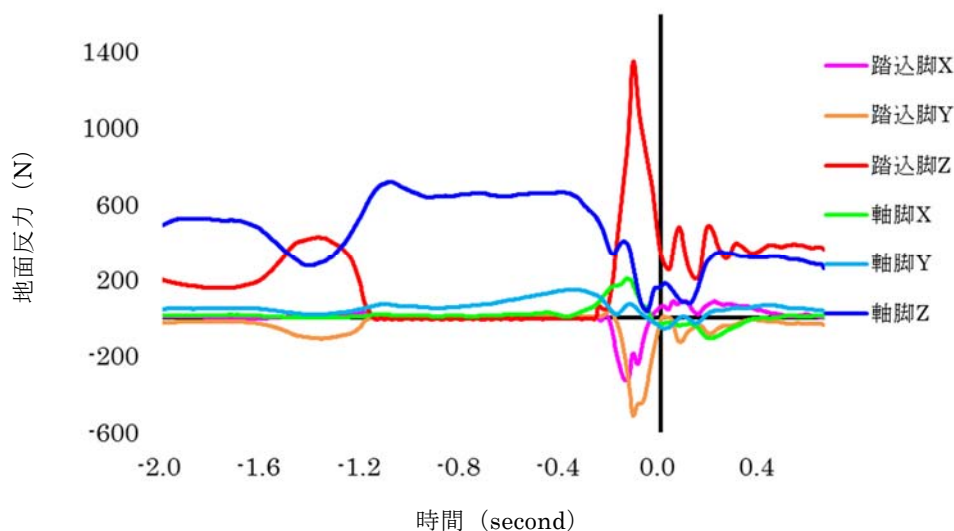


図9 B選手の地面反力（時間一カグラフ：3成分別）

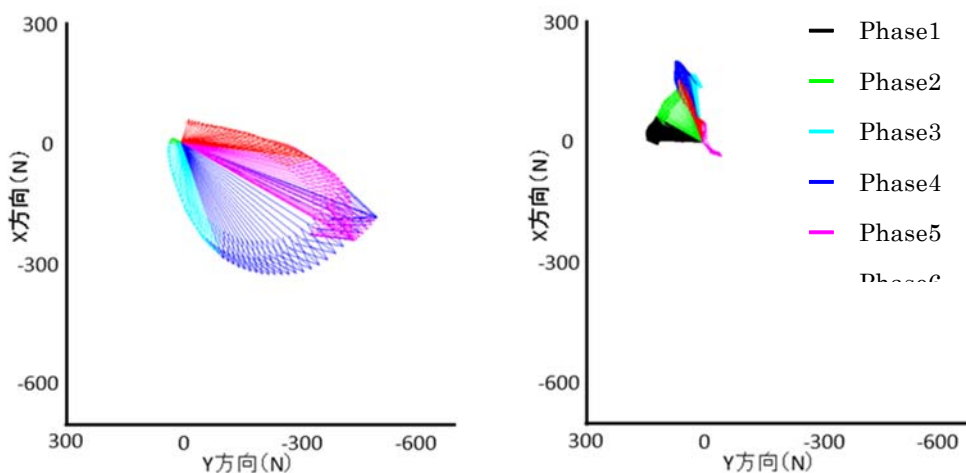


図10 B選手の地面反力（ベクトルグラフ：XY合成）

(1) 時間一カグラフ

3方向の地面反力を合成した時間一カグラフ(図5、図8)では、両選手とも踏込脚離地前に左右の脚へ交互に荷重しながら待機していることがわかる。その後、踏込脚を離地し、踏込脚の接地後、踏込脚に急激に荷重し、軸脚にはほとんど荷重していないことがわかる。また、踏込脚での最大荷重後にインパクトを迎えている。

地面反力を3方向に分割した時間一カグラフ(図6、図9)では、鉛直方向の地面反力において上記と同様の傾向が認められる。それ以外の水平方向の各成分に関しては、踏込脚接地後、踏込脚でのX軸方向への荷重ピークの後にY軸方向への荷重ピークが表れており、X軸方向からY軸方向へと荷重する方向を変化させていることがわかる。

一方、軸脚の水平方向への荷重は、さほど大きくないものの、Y軸方向への荷重ピークの後、X軸方



向への荷重ピークを迎えていることから、Y 軸方向から X 軸方向へと荷重する方向を変化させていることがわかる。

(2)ベクトルグラフ

ベクトルグラフでは、(1)で示した水平方向への荷重の方向と大きさを容易に読み取ることができる。3方向の地面反力を分割した時間一カグラフでは、X 軸方向と Y 軸方向が分割されており、実際にどの方向に力を加えているかという情報を読み取りづらいが、ベクトルグラフでは、一見して読み取ることができる。特に、B 選手の Phase3 から Phase5 の前半にかけての荷重方向が大きく変化している点は、時間一カグラフから読み取りづらいと言える。

3. フィードバック後の両選手のコメント

両選手には、時間一カグラフ(合成、3方向別)、ベクトルのそれぞれの表示方法で示された本人のデータをフィードバックし、その際のコメントを記録した。また、本人の地面反力データを提示した後に、もう一方の選手のデータを提示し、比較した際のコメントについても同様に記録した。

両選手はチームメイトであり、互いのパフォーマンスについてはよく認識していた。それぞれのフィードバックは個別に行い、他者のコメントを知ることのないよう配慮した。

フィードバックを行った際の各選手の感想コメントを表3にまとめた。以下では、両選手のコメントについて考察する。

表3 フィードバック時のコメント

	A 選手	B 選手
① 時間一カグラフ (3成分合成)	<ul style="list-style-type: none"> <li>左足、右足、左足と体重を掛け替えるイメージはもともと持っていた</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>インパクトの瞬間に踏込脚で最も力を加えていると思っていたが、踏込脚地面反力のピークの後にインパクトがきていることは意外であった。</li> <li>よく、軸脚に体重を残してコマのように回転しろと言われるが、このグラフをみると、インパクトの直前では軸足にほとんど力がかかっていないため、実際は体重を残していないということがわかる。ここまで軸脚に体重が乗っていないとは思っていなかった。</li> <li>普段から考えたりするが、メジャーリーガーの選手がものすごく上体を反らせているように見えるのは、軸脚に体重を残して振っているからではなく、踏込脚でかなり強く踏み込むので、その反動で反り返っていて、軸脚に体重が乗っているように見えるのではないのでしょうか。</li> </ul>
② 時間一カグラフ (3成分別)	<ul style="list-style-type: none"> <li>あまりよくわからない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>踏込脚で投手方向に力をかけているのはイメージ通りだが、ホームベース方向に力</li> </ul>

		<p>をかけるイメージは持っていなかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>軸足に関しては、踏込脚を挙げている時は乗せているだけという感覚、つまり真下にだけ力をかけている感覚で、左足をついてからインパクトまではあまり意識していないのでわからない。腰が回転してから軸脚がついてくるような感覚である。また、背中側に力をかけているイメージはなかった。</li> </ul>
③ ベクトル 本人	<ul style="list-style-type: none"> <li>なんとなくわかるが、踏込脚でホームベース方向へ蹴っているイメージはなかった。</li> <li>踏込脚でホームベース側に蹴っているということは、上体が前に行っているということですか。</li> <li>軸足で背中方向へ蹴っているということは、背中方向へ体が傾いているということですか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>軸脚はよくわからないが、踏込脚はイメージできる。この形はある程度納得できるものである。グラフの読み取り方が合っているかどうかはわからないが、力の方向が斜め前に強く向いているということは、膝が割れていない証拠だと思う。これが投手方向に寄ってくると、膝が割れていると捉えられるのではないかな。</li> </ul>
④ 時間—カグラフ (3成分合成) 他者との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>B 選手の方が、スイング時間が短いのではないかな。</li> <li>B 選手の方が踏込の力が大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>踏込脚のピーク値が自分の方が大きい</li> </ul>
⑤ 時間—カグラフ (3成分別) 他者との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>B 選手の方が踏込脚の Z 軸の力が大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3成分合成のグラフと同じく、踏込脚の Z 軸の力が自分の方が大きい。</li> </ul>
⑥ ベクトル 他者との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>B 選手の方が軸足の緑の所が多いので、スイングの時間が短いのではないかな。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A 選手は軸脚に体重を残しているイメージがある。</li> <li>A 選手のベクトルを見ると、2カ所に力が集中しているように見える。このせいで力が分散されているのではないかな。自分は1カ所であるので、その点に違いがあるのではないかな。</li> </ul>
⑦ その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体的にはどれも(グラフ・ベクトル共に)わかりづらいが、グラフよりはベクトルの方がわかりやすいと思う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ある程度わかって取り組んでいると思うが、3成分別のグラフはわかりにくい。ベクトルはイメージしやすい。</li> </ul>

(1) A 選手のコメントについて

A 選手は、①でのコメントのように体重移動という概念は持っていたようであるが、地面反力に関する予備知識がなく、本実験で初めて地面反力という言葉聞いたとのことであった。そのため、全体のフィードバックを通じて、地面反力の理解が困難であった。特に、②の地面反力を3方向に分割した時間—カグラフでは、「地面反力を3方向に分割する」ことの理解が困難であったようである。また、③のコメントを見ると、ベクトル表示を理解できているようではあるが、「力をかける」と「上体が移動する」ことを混在して解釈しており、地面反力を正確に理解できたとは言い難い結果であった。さらに、④、⑥などから、他者との比較においては、スイング時間に関心があるようであった。

(2) B 選手のコメントについて

B 選手は地面反力の概念を完全に理解してはいないものの、「力をかける」ことを理解し、常に練習でイメージしていたため、グラフあるいはベクトルを一瞥しただけで、多くのコメントを発した。全体を通じて、「グラフから読み取ることができること」、「自身の感覚との違い」、「他の事例への展開」などと、多様なコメントを残した。

①では、まず、自身の感覚と実際の力発揮のタイミングの違いに気づき、自身の感覚とのずれを認識した。また、これまで指導された内容や高パフォーマンスを有する選手に関する自分なりの解釈をし、納得しているようであった。

②では、地面反力を3方向に分割する点に少し戸惑いがあるようであったが、鉛直方向に関しては認識が強く、水平方向、特に X 軸方向に対する認識が弱かったことが明らかとなった。

③では、ベクトルの概念を正確に理解しているわけではなかったが、ベクトルを直感的に理解しており、自身の感覚と一致しているとの認識であった。これに関しても独自の解釈を用いている。

④、⑤では、時間一カグラフの他者との比較では、あまり多くのコメントはなく、踏込脚での鉛直方向のピーク値の差に言及するのみであった。

⑥では、ベクトルが集中している点の数を、自身は1つ、他者は2つあることから、自身は力を1カ所に集中しており、他者は2カ所に分散していることから、パフォーマンスの差が生まれているのではないかという独創的なコメントを示した。

#### 4. 両者のコメントを踏まえた考察

以上のことから、地面反力に関する予備知識がなく、力発揮の感覚を有していない者にとっては、時間一カグラフあるいはベクトルグラフの両方とも理解しがたいことが示唆された。このような選手に対しては、地面反力に関する知識を与えることによって、フィードバック効果が表れるのではないかと考えられる。

一方、B 選手では、全グラフのそれぞれに特徴的なコメントが認められたことから、地面反力に関する知識が一定以上あり、日常的にイメージをして取り組んでいる選手にとっては、それぞれのグラフごとにフィードバックによる知見が得られることが示唆された。

本研究の当初は、従来の時間一カグラフでは直感的な理解が困難であるという課題を設定していたが、本事例を検討することにより、時間一カグラフも有効なフィードバック方法の一つであることが示唆された。

しかし、実践現場での課題としては、一般的な実践現場において、地面反力をフィードバックする機器は未だ広く普及していないことがあげられる。今後、それらの機器が普及するにつれ、より多くの選手を対象に本フィードバック方法を実践していく必要があると考えられる。

#### IV. まとめ

本研究では、野球の打撃中の地面反力をフィードバックする方法に関して、従来の時間一カグラフには一部の情報が読み取りづらいという課題があることから、地面反力をベクトルとしてフィードバックする方法について比較検討した。

その結果、地面反力に関する知識がほとんど無い者にとっては、どちらのグラフも理解が困難であった。一方、地面反力に関して一定以上の知識があり、日常的にイメージをして取り組んでいる者は、それぞれのグラフに異なった視点からの理解が得られた。

以上のことから、地面反力の知識がない者には、どちらのグラフも理解しづらいものであり、地面反力の知識がある者には、時間一力グラフとベクトルグラフのどちらを用いても、それぞれのフィードバック効果が得られることが示唆された。

## V. 文献

- 平野裕一 (1984) バットによる打の動作, J.J.Sport Sci. 3(3):199-208.
- Messier,S.P., Owen,M.G. (1986) The Mechanics of Batting: Analysis of Ground Reaction Forces and Selected Lower Extremity Kinematics. Res.Quart.Exerc.Sport. 56(2): 138-143.
- Messier,S.P., Owen,M.G. (1986) Mechanics of Batting: Effect of Stride Technique on Ground Reaction Forces and Bat Velocities. Res.Quart.Exerc. Sport. 57(4): 329-333.
- Mason,B.R. (1987) Ground Reaction Forces of Elite Australian Baseball Batters. Biomechanics X-B, Human Kinetics, Illinois. pp749-752.