

日本野球科学研究会

第1回大会

報告集



会期:2013年8月27日(火)
会場:びわこ成蹊スポーツ大学



目次

第Ⅰ部	パネルディスカッション『日本野球科学会設立に向けて』……………	2
	司会： 宮西智久（仙台大学）……………	2
	■日本野球科学会設立に向けて—学会設立に向けての提案—	
	平野裕一（国立スポーツ科学センター）……………	4
	■日本野球科学会の方向性を探る—他競技学会の足跡を参考に—	
	松尾知之（大阪大学）……………	5
	■野球の科学的研究と指導現場の間で	
	川村卓（筑波大学）……………	6
第Ⅱ部	研究発表会	
	■小学生の投動作における投球腕の力学的エネルギーの流れ	
	小林育斗（茨城県立医療大学）……………	10
	■投球動作の繰り返しによる変化	
	平山大作（国立スポーツ科学センター）……………	13
	■投球動作における『ゼロ・ポジションの獲得』—Dropped-elbowと 肩甲骨上腕リズムの個人差	
	近田彰治，矢内利政（早稲田大学）……………	15
	■投球の加速期における肩複合体の動態～肩甲骨上腕関節および肩甲 胸郭関節運動の多様性～	
	宮下浩二（中部大学），小林寛和（日本福祉大学）， 越田専太郎（了徳寺大学）……………	18
	■投手が実現可能なボールの回転と投球フォームの関係	
	永見智行，矢内利政（早稲田大学）……………	21
	■プロ野球投手のボールスピンの特徴	
	神事努（国際武道大学）……………	24
	■野球打撃時の視覚情報とインパクト位置の正確さ	
	樋口貴俊，永見智行，彼末一之（早稲田大学）……………	27
	■野球打撃動作のキネティクスの分析～測定方法および打点高条件について～	
	阿江数通，小池関矢（筑波大学）……………	30
附録	学会設立に関するアンケート調査結果	
	那須大毅，松尾知之（大阪大学）……………	32

協賛企業

インターリハ株式会社 (<http://www.irc-web.co.jp>)

株式会社 ディケイエイチ (<http://www.dkh.co.jp>)

株式会社 フォーアシスト (<http://www.4assist.co.jp>)

第Ⅰ部

パネルディスカッション

『日本野球科学会の設立に向けて』

司会：宮西 智久

演者：平野 裕一

松尾 知之

川村 卓

パネルディスカッション『日本野球科学会の設立に向けて』

『日本野球科学会の設立に向けて』

パネルディスカッションを振り返って

宮西 智久
(仙台大学)

研究者，指導者，医師，トレーナー，理学療法士，大学院生・学生，企業の方など，さまざまなレベル（立場）で野球に携わっている方々に集まって頂き，記念すべき日本野球科学研究会第1回大会を無事盛会裡に終えることができた。

第一部パネルディスカッションでは、『日本野球科学会の設立に向けて』というテーマを掲げ，実践および研究の両レベルで実績のある三名の先生方にそれぞれの立場からお話を頂いた。その要旨は後段のレジメにあるとおりである。ここでは，司会者の立場から，各演者の発表内容とフロアとの討論を振り返りつつ，本会において目指したい姿（あるべき姿）について私見を述べたい。

研究会にしろ，学会にしろ，本会の目指すべき姿は，「Bridge the Gap」（注1），つまり「研究と現場の融合」であることに異論は出なかったように思う。そして，それを実現するための提案や具体策については，各演者から「指導に役立つ研究」（平野氏），「オンコート・レクチャーの実施」，「実践研究実施セミナーの開催」，「情報の共有化」（松尾氏），「現場に通じた研究者養成」，「研究が理解できる選手・コーチ育成」（川村氏）などが挙げられた。こうした提案や具体策は，どのレベルで，どのような視点を切り口にするかで多種多様にあるに違いない。研究会（学会）として，こうした多様な視点を取り上げてさまざまな“仕掛け”を用意し会員のニーズに応じて行かなければならないが，そのためには，野球

研究者だけでなく，現場の指導者をはじめ，医師，トレーナーその他多くの野球関係者の方々に本会へ積極的に参加・参画いただく必要がある。そして，本会員の一人ひとりが傍観者になることなく当事者意識をもち社会（現場）に開かれた魅力ある研究会となるよう，知恵を出し合い努力して行かなければならないだろう。

とはいえ，これまでに設立された多くの研究会や学会（とりわけ競技種目ベースで設立された応用的側面をもつ）において，学会が学術的側面を強めるほど，「研究と現場の乖離」現象が繰り返されているのが実状である（松尾氏）。十年，二十年先を見据えたとき，本野球科学研究会も，先行学会の二の舞いを踏まないといえるのか。本研究会の将来像についてはだれも知る由もないが，ここで，各演者の提案や具体策ではなく，“そもそも論”を少し立ち入って触れておくことも意味あることであろう。

「研究と現場」の研究は「科学」，現場は「実践」と読み換えることができ，大きく捉えれば，「研究と現場」は「科学と実践」を意味する。「科学と実践の融合」がなぜ難しいのか（あるいはなぜ乖離が生じるのか）については，科学と実践のそれぞれにおいて扱う知の次元・性質（知り方，分かり方）が本質的に異なるからだと考えられる（伊藤 1992）。表1に示されるように，科学の知は「説明知（または理論知）」であり，「一般性」，「総体性」，「体系性」という性質をもつ。いっぽうの，実践の知は「生活知（または行動知，技術知，身体知，暗黙知，臨床知）」であり，「特殊性」，「局所性」，「断片性」という性質をもっている。

科学の知の本質は「物事を上手に説明すること」である。そのために，科学は原理や原則を追い求める。原理や原則を追い求めるた

パネルディスカッション『日本野球科学会の設立に向けて』

めには、現実の姿をありのままに観るのではなく、現実と距離を取って鳥瞰図的に自然界の事物の事象を眺めなければならない（現実＝原理＋非本質的な事象 → 原理＝現実－非本質的な事象）。すなわち、科学は、通常、自然界において繰り返し生起される事物の事象つまり「再現性」に着目し、そのうち本質的でない事象（ノイズ、外れ値）を除外して、その事象の傾向性（母数の平均）を抽出することによって理論（原理・原則、法則）を構築するのである。

いっぽう、実践の知の本質は「物事を上手に遂行すること」である。実践の知は、理屈を知らず説明できなくても、その場その場で上手く対処できる能力が必要とされる。じっさい、老練な株屋は経済学の理論を知らなくても株で儲ける術を知っているし、その道の古参は化学を学ばなくても漬け物の漬け方を知っている。スポーツにおいて言えば、スポーツ科学の理論を学ばなくても、一流コーチはオリンピック選手を育て、一流選手は試合で勝つ術を知っている。このような行動の成功・失敗を重要視するとき、「理屈（理論）」は後回しになり「経験」が重視されるようになる。

物理化学者であり、のちに科学社会学者として活躍したマイケル・ポラニーは、「われわれは語るることができるよりも多くのことを知ることができる」と述べ、われわれ人間の知り方には、言語的な科学の知以外にも、非言語的・包括的な知すなわち“暗黙知”があることを発見し提唱した。また、哲学者のギルバート・ライルによれば、われわれの語り方には、どうなっているのかという「内容を知らること (knowing that)」と、どうすればよいのかという「方法を知ること (knowing how)」の二つがあると述べている。

ここで深く立ち入って検討するスペースはないが、いずれにせよ、このような科学の知と実践の知の特性を十二分に認識し、かつ批

判的に吟味・検討したうえで、両者の知の融合の可能性がみえてくるだろう。もしかしたら、水と油の関係のように、両者の知の融合はわれわれの幻想だけ（融合ではなく、使い分け）なのかもしれない。しかし、たとえそうであったとしても、さまざまなレベルの知が寄り合うことによって、知がコラボレートし、これまでにない新たな知が創出される可能性も否定できないだろう。

冒頭述べたように、野球科学研究会(学会)を社会に開かれた魅力ある会にするためには、研究レベルや実践レベルだけでなく、さまざまなレベルで野球に関わっている方々の参加・参画が必要不可欠である。そうした営みが、とりもなおさず、「研究と現場の融合」を地で行くことになるのではないだろうか。本研究会において目指し続けたいと思う姿である。

参考文献

- 伊藤公一．科学哲学．放送大学教育振興会，1992.
河合隼雄．心理療法序説．岩波書店，1992.
村上陽一郎．近代科学を超えて．講談社学術文庫，1986.
中村雄二郎．臨床の知とは何か．岩波新書，1992.
マイケル・ポラニー．暗黙知の次元．紀伊國屋書店，1980.
ギルバート・ライル．心概念．みすず書房，1987.

注)

1. 一般に、「研究と現場の乖離」を問題視しその間に架け橋を掛ける、つまり研究と現場間のよりよい関係を築くために、研究と現場の相互交流を促進することによって互いの資源（人、モノ、カネ、情報、時間など）を流動させながら共有化または融合化を図ることばとして使われていると考えられる。

パネルディスカッション『日本野球科学会の設立に向けて』

表1 科学知と実践知の特性の比較

	科学知 (説明知, 理論知)	実践知 (生活知, 行動知, 技術知, 身体知, 暗黙知, 臨床知)
性質	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>一般性</u> (いつでもどこでも誰にでも通用する) ● <u>総体性</u> (なるべく広範囲の物事を扱える: 法則・原理原則の発見, 理論構築) ● <u>体系性</u> (一貫した体系を成している) ※主として数学, 論理学, 物理学, 化学, 生物学などの学問分野	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>特殊性</u> (いつでもどこでも誰にでも通用するものではない: 時代・場所・人間・社会が違えば変わる) ● <u>局所性</u> (文科は得意だが理科はだめ. 政治はわかるが経済は分からない等) ● <u>断片性</u> (理屈は知らなくても, その場で上手に対処できる: 悪く言えば場当たりの, 良く言えば当意即妙. その道の達人, 名人)
事象	● 再現性	● 一回性
形式	● 記述形 (「こうである」 「物事を上手に説明すること」)	● 命令形 (「こうせよ」 「物事を上手に遂行すること」)

(伊藤 (1992) を参考に作成)

学会設立に向けての提案

平野 裕一

(国立スポーツ科学センター)

1. 研究会から学会へ

土曜日の夕方、指導者も交えて 10~20 人ぐらいの規模で、ビール片手に競技種目の研究を語る会が東大駒場で開かれていた。その面白さを全国規模にしようとしたのが「トレーニング科学研究会」であり、学術団体登録を済ませた後に「日本トレーニング科学会」と名前を変えて現在に至っている。学術誌も充実し、今やトレーニングに関する日本の代表格の学術団体になったが、その一方で指導者の参加は少なくなり、よくあるスタイルの学会の 1 つになった。そうした場では、研究者が発表をして、均質な参加者の中でのやり

取りとなる。しかしここでは、研究者の発表に指導者が反応するあるいはその逆といった異質な参加者の中でのやり取りも目指したい。

2. 果たすべき内容

スポーツ科学では、競技種目の縦糸と学問分野の横糸が交差している。その中で、縦糸が野球で横糸がバイオメカニクス及びコーチング学という研究が盛んになってきた。嬉しい限りであるが、そうするとそれを司る学会は何を果たすべきか? が問われる。論文の査読をみるとわかるが、競技種目の学術誌では、その種目を専門とする査読者が多いので競技にとって有用か? が問われ、一方、学問分野の学術誌では、分野としての手法や知見に明るい査読者が多いので分野の発展に貢献するか? が問われる。「野球科学会」とするからには前者の方向なので、競技種目にとって有用

パネルディスカッション『日本野球科学会の設立に向けて』

な研究、すなわち指導に役立つ研究が求められることになる。さらに研究成果を指導現場へ持ち込む術も考えておきたい。この流れのためにも、指導者のもつ課題を吸い上げる仕組みが必要と考える。

3. 学会のスタイル

学会では、選考された理事が、会員からの年会費を元手にして学会大会、学術誌、その他会員のための事業を展開する。そうした学会が数多くつくられているので、会員はそのいくつにも所属するとなると、メインにエネルギーを注ぐ学会が不明確になるし、年会費の負担も大変である。そこで新しい学会のスタイルをと考えて、Web上のバーチャル学会「ベースボールインテリジェンス」をつくり、野球に関する情報を共有、提供しようと考えたのだが、私の怠慢で休業状態にある。その一方で、野球のマネジメント系の研究会も盛んになってきたし、今は医者とトレーナーの大会派遣が中心であるが、現場に近い全日本野球協会の医・科学活動もある。そうした仲間とうまく連携し、ここにエネルギーを注ごうと思う学会のスタイルを模索したい。

4. 提案に対して

私の提案とパネリスト及び司会者の考えが一致していた。すなわち、今回のような野球に関する研究の推進もあるが、会の設えはそれだけに留まらず、多様な参加者のもつ多くのニーズに応えられるような設えにしようとする考えであった。ただし、初めから多くのニーズに応えられるわけではないので、徐々に、できる範囲のニーズに答えていこうとする考えでもあった。そしてそれが実現できるかどうかは、会の世話人達のこの会に寄せるエネルギーの大きさに依存するのだろうと思

われた。

他競技学会の足跡を参考に

松尾 知之
(大阪大学)

本稿は、先行する競技学会の設立経緯と現状を把握することによって、学会への移行に際して、スムーズな立ち上げおよびその後の順調な運営を行うための一資料としての役割を担う。

1. 研究会時代

先行する競技学会の幾つかは、各競技の協会付けの医科学委員会あるいは研究会としての実績を持ち、その後、学会へと発展している。そのような核となる研究集団があったという点で、本研究会とは、性格を異にする。一方、テニスやバレーボールでは、学会設立を目指し、学会同様の組織として研究会をスタートし、テニスは6年後に、バレーボールは2年後に学会へと名称変更している。

2. 学会設立後の会員

各競技学会の設立趣旨をみると、学問や知識の体系化に関する文言が入っている。これは、学術団体として至極当然のように思われる。しかし、競技学会の多くが抱えている悩みは、“学術団体として磨きをかけること”が、逆に「研究と実践現場との融合」を阻害する原因となっていることにある。

例えば、ある競技学会では、設立2年後に735名の会員数を誇っていたのが、17年後には211名と激減している。学会発足時に多くの期待を抱いて参加した指導者が、学術団体としての性格を徐々に強めた学会を離れていったのである。これまで研究者が行ってきた従来型の学術会議での研究発表や学術誌への

パネルディスカッション『日本野球科学会の設立に向けて』

投稿というような活動では、「研究と実践現場との融合」が叶わなくなるという自己矛盾を、競技学会は持っていることを知ることができる。

この対策として、先行する競技学会では、a) オンコート・レクチャーを実施する、b) 学術会議と性格を異にする会合を開き、積極的に研究者以外の会員を登壇させる、c) 実践研究の行い方に関するセミナーを開催する、などの工夫を行っているが、必ずしも成果が上がっているとは言い難い。如何に、実践現場の人たちにとって魅力ある内容を提供できるかが「研究と指導現場との融合」の鍵を握ることになる。

3. 機関誌

ここでは、機関誌の位置付けをどうすべきかの論議は置いておくとして、学術誌として発刊してきた各競技学会の機関誌の掲載状況をみてみることにする。全般的にみると、概ね原著論文数は低下傾向にある。発行当初は、5編程度であったものが数年後には1, 2編となっている場合が多い。一方、実践研究、事例研究に関しては、どの競技学会も概ね3編程度で安定している傾向にある。

日本フットボール学会が発行する Football Science は例外的存在で、当初は英文のみの電子ジャーナルとして発刊していた。原著論文数は、発刊当初の2004年には1編だったのが、2012年は7編になっている。もちろん、その間の多寡はみられるが、概ね増加傾向にある。2012年から日本語も解禁になったが、それでも日本語は7編中1編しか掲載されていない。また、投稿数は2011年に17件、2012年に18件あるとのことで、研究活動が年々活発になっている様子が窺える。

学術誌としての機関誌発行に、空洞化の懸念を持つ人もいるが、上記のように、会員の

あり方次第であることがわかる。また、少なくとも、実践研究や事例研究の発表の場として重要な機会を提供しているようである。

3. 最後に

学術団体として機能するとともに、「研究と指導現場との融合」を達成することは、決して容易でないことがわかる。個人的には、その鍵を握るのは、「情報の共有化」にあると考えている。実践現場が持つ経験知を情報化する。これには実践者－研究者の連携が必要となる。そして、この経験知情報と研究者側の持つ研究成果の情報を統合したデータベースこそが、研究と現場の懸け橋になるであろう。そのデータベースに、研究者、実践者がいつでもアクセスできるようになることが「情報の共有化」であり、それこそが組織としての発展、また野球界の発展につながると考えている。

野球の科学的研究と指導現場の間で

川村 卓
(筑波大学)

スポーツの科学的研究は実際のスポーツ現場の理解なしでは成り立たない。特に野球では研究と指導現場との協力体制がこれまであまり築かれていないことから、「研究は研究」、「現場は現場」という乖離が起きていた。このことは、

- 1) 早くからプロ化されたせいで、指導方法や戦術方法などがコーチ・選手の秘密の財産として専有化され、公開されにくい土壌があったこと
- 2) 各年代の組織がバラバラに発展し、そこ

パネルディスカッション『日本野球科学会の設立に向けて』

でチャンピオンシップを取ることが至上とされたため、体系的な指導方法研究が発展しにくかったこと

3) 国際大会より国内大会(プロ野球・高校野球)が優先され、諸外国との比較研究が注目しにくかったこと

4) 国民的スポーツとして発展してきたため、親しみやすく、誰でも(野球をした経験がなくとも)指導することができ、そのことが逆に自由な発想、様々な指導言語を産み、研究する必要性を認めてこなかったこと、などが挙げられる。

しかし、合理的ではない指導への批判、少子化、若年層の野球離れなどから指導現場での危機感が叫ばれるようになってきた。そのため昨今、指導に対する科学的研究への理解が得られるようになったと感じている。

そのような中、2010年の第5回世界大学野球選手権大会において、国内の野球に関する研究者のご協力のもと科学研究班を構成し、日本初となる大会通じての投球、打撃動作の高速カメラによる撮影・研究を行った。

このとき筆者は副班長として、主に主催者側とコーチ陣との交渉を行ったが、初めての試みだったため、様々な所で躓いた。

一つは研究の必要性を感じていない関係者に対する理解を深める活動であった。これは実際に研究方法とその成果を出向いて説明することで解消したが、中々すんなりと受け入れてもらえる訳ではなかった。これから特に考えなければならぬのはカメラの設置とキャリブレーションの煩雑さをいかに解消するかにあると感ずる。

二つ目はスタジアムでの実際の対応であ

る。これもスタジアムの職員の方に運営の妨げにならないよう配慮することで理解を得てもらった。

三つ目はフィードバックに関する問題である。この研究の成果は全国監督会での発表、冊子の配布などで終えたが、もっと、理解していただくよう様々な方法での解説をすべきだったと反省している。だが、若い指導者に非常に好評であり、その後のディスカッションは続いている。これからさらに現場での疑問をリサーチし、研究に反映できるようにしなければならないと痛感した次第である。

それには、指導者とのやり取りが大切で私が日頃行っているのはディスカッションを意図的に行うことである。一例をあげると、まず、動作分析の結果から現状把握とメカニズム・データの説明を行う

- コーチ：現場の言葉で言ってくれ
- 私：「これは『いわゆる〇〇』ですが、イメージと実際が異なるところです」
- コーチ：「どうなっているかは分かった。それじゃ、どうすればいいんだ」
- 私：「この矯正には『〇〇』という声かけ（複数用意）、ドリル、練習法は『××(複数用意)』が考えられます」
- 私：「これに近い練習法は考えられますか？」
- コーチ：「昔やっていた、これはどうだろう？」
- 私：「それはいいと思います。しかし、やる場合はこの点に気をつけたほうがよいと思います」

このようなやり方で、研究と現場をつな

パネルディスカッション『日本野球科学会の設立に向けて』

げようと試みているが、研究者は現場への深い理解が現状では欠かせないことを認識すべきである。

特に興味を持ってもらえた方からはあらゆる場面で質問が増えた。また、社会人野球の方から話を聞かせてほしいという依頼があり、現在、日本野球連盟の競技力向上委員会のオブザーバーの要請があった。このように、興味を持つ人が増え、研究成果を話す機会は数年前より確実に増えているしかし、やればやるほど明らかになってきた課題として、まとめると、

1) 現場に通じている研究者の養成

- 2) 研究が理解できる選手・コーチの育成
- 3) スポーツ科学に対する広い理解
- 4) 現場に還元できる研究の促進、

などが必要と考えられる。現状、大部分の指導者、特に少年野球の指導者では80%以上が指導に対する勉強は必要ないと答えている(河崎, 2012)。この現状では研究成果の理解を促すことは難しい。私たちも有益な情報を与える努力を続けなくてはならない。野球の科学的研究と現場との関係は黎明期であると認識し、関係各位の更なる尽力を期待するものである。

第 II 部

研究発表会

●小林育斗（茨城県立医療大学）

小学生の投動作における投球腕の力学的エネルギーの流れ

●平山大作（国立スポーツ科学センター）

投球動作の繰り返しによる変化

●近田彰治（早稲田大学）

投球動作における『ゼロ・ポジションの獲得』—Dropped-elbow と肩甲骨腕リズムの個人差

●宮下浩二（中部大学）

投球の加速期における肩複合体の動態
～肩甲骨腕関節および肩甲骨胸郭関節運動の多様性～

●永見智行（早稲田大学）

投手が実現可能なボールの回転と投球フォームの関係

●神事努（国際武道大学）

プロ野球投手のボールスピンの特徴

●樋口貴俊（早稲田大学）

野球打撃時の視覚情報とインパクト位置の正確さ

●阿江数通（筑波大学）

野球打撃動作のキネティクスの分析～測定方法および打点高条件について

小学生の投動作における投球腕の力学的エネルギーの流れ

小林育斗¹

¹茨城県立医療大学

本研究では、小学生の投動作における投球腕の力学的エネルギーの流れを明らかにして、指導のための基礎的知見を得ることを目的とした。小学校2, 4, 6年生の男子にソフトボール1号球を遠投させ、投距離を基準に各学年7名を分析し、投距離、身長、体重の全国調査値を基に各学年1名を典型例とした。算出項目として、手部、前腕、上腕の力学的エネルギーと各部分に作用する力学的パワーなどを算出した。各学年の典型例をみると、投球腕の近位部から遠位部の順に力学的エネルギーが増加する傾向がみられた。また、部分近位端の関節力パワーが増加するタイミングに着目すると、力学的エネルギーと類似した近位-遠位の順次性が各学年に共通してみられた。各学年7名の部分近位端における関節力パワーの最大値は、すべての関節において2年生に比べて6年生が有意に大きかった。これらのことから、小学生男子では学年が上がるのにもなって、体幹から流入した大きな力学的エネルギーを主に関節力パワーによって投球腕の末端へ伝達できるようになると考えられる。

キーワード：子ども、遠投、エネルギーフロー、力学的パワー

1. はじめに

子どもの投動作の研究では質的分析や Kinematics 的分析が多くなされているが、成人の熟練した投動作においては Energetics 的分析もみられ、特に体幹、投球腕などの身体部分間におけるエネルギーフローの重要性が指摘されている^{1,2)}。これまでに力学的エネルギーの側面から子どもの投能力の発達を捉えようとした研究はないが、これらの分析によって得られる知見は子どもの投動作メカニズムの理解を深め、適切な練習を行うための有益な情報になり得ると考えられる。本研究では、小学生の投動作における投球腕の力学的エネルギーの流れを明らかにして指導のための基礎的知見を得ることを目的とした。

2. 方法

2.1 データ収集

被験者は2年生男子13人(身長: 1.23 ± 0.04 m, 体重: 24.4 ± 3.6 kg, 以下同様), 4年生男子13人(1.34 ± 0.05 m, 30.0 ± 6.1 kg), 6年生男子16人(1.45 ± 0.07 m, 37.9 ± 6.9 kg)の計42人であった。試技はソフトボールの遠投であり、新体力テストの実施要項に従って行った。動作の撮影には3台の高速デジタルカメラ(CASIO社製, EXILIM EX-F1)

を用い、撮影スピード毎秒300コマ、シャッタースピード1/1000秒で撮影した。投距離を基準に各学年7名を分析対象者とし、投距離、身長、体重の全国調査値を参考に各学年1名を典型例とした。

2.2 データ処理

撮影した画像から、身体各部位23点およびボール中心の計24点をFrame-DIAS II (DKH社製)を用いてデジタイズし、DLT法により各点の3次元座標値を算出した。得られた3次元座標値は、分析点ごとに残差分析によって決定した最適遮断周波数(7.5~12.5Hz)でButterworth digital filterにより平滑化した。分析区間は踏み出した脚が接地した時点からボールリリース時までとした。

ボールリリースのパラメータとして、ボール中心の変位を数値微分して算出した合成速度のうち、リリース直後のものをボール初速度とし、ボール初速度のベクトルが水平面となす角度を投射角度とした。また、リリース直後のボール中心の高さを投射高とし、被験者の身長で投射高を除すことによって身長比投射高を求めた。

力学的エネルギーは、手部、前腕、上腕の運動および位置エネルギーの合計とし、数値微分して部分の力学的パワーを求めた。逆動力学演算によって手、

肘, 肩関節の関節トルク, 関節力を算出し, 各部分に作用する力学的パワーとして関節力パワー (関節力と関節の並進速度との積), セグメントトルクパワー (関節トルクと部分の回転速度との積) を近位端・遠位端でそれぞれ求めた. なお, 関節力と関節トルクは各被験者の体重で除して規格化した.

測定項目の学年間の比較には一元配置分散分析および Scheffe's post hoc test を用いた. 有意水準は 5 % 未満とした.

3. 結果

3.1 リリースパラメータ

投距離は, 2 年生が $16.30 \pm 3.54\text{m}$, 4 年生が

$25.58 \pm 4.50\text{m}$, 6 年生が $35.34 \pm 4.35\text{m}$ であり, 各学年間に有意差がみられた ($p < 0.05$). ボール初速度については, 2 年生が $14.05 \pm 1.62\text{m/s}$, 4 年生が $17.77 \pm 1.92\text{m/s}$, 6 年生が $21.76 \pm 1.30\text{m/s}$ であり, 各学年間に有意差がみられた ($p < 0.05$). 投射角度, 身長比投射高には有意差はみられなかった.

3.2 力学的エネルギーおよび力学的パワー

各学年の典型例において, 投球腕の近位部から遠位部の順に力学的エネルギーが増加する傾向がみられた (Figure 1). 部分に作用する力学的パワーでは,

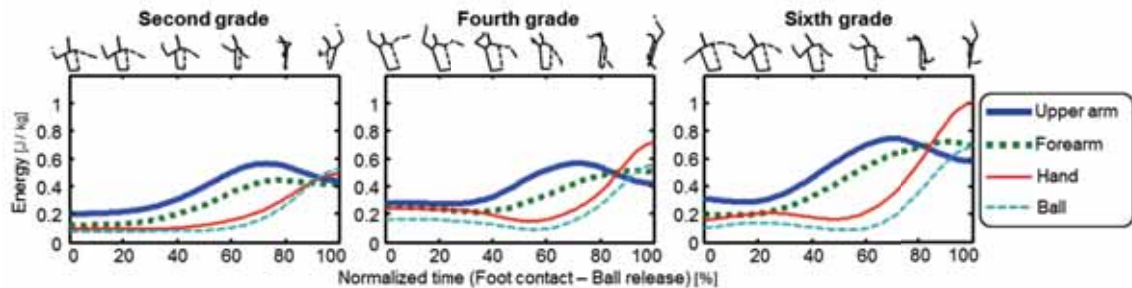


Figure 1. Patterns of mechanical energy of throwing arm segments for the typical throwers.

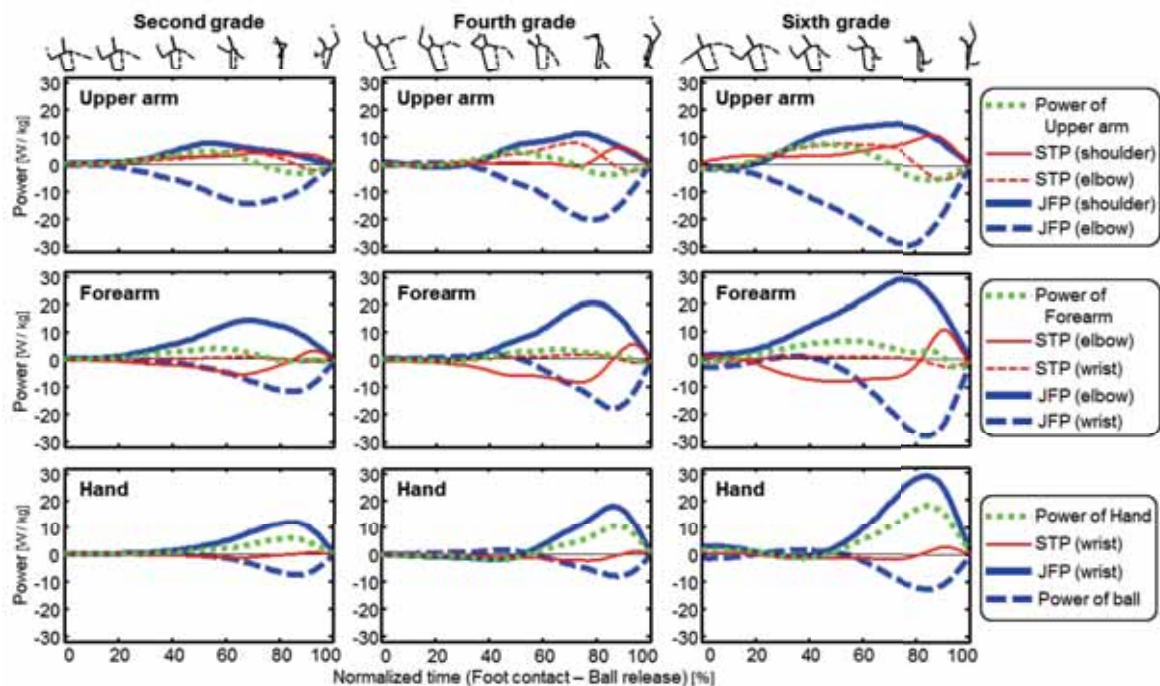


Figure 2. Patterns of mechanical power, joint force power (JFP) and segment torque power (STP) of upper arm (top), forearm (middle) and hand (bottom) for the typical

Table 1. Peak joint force power of the shoulder, elbow and wrist for all analyzed throwers.

	Second grade (n=7)	Fourth grade (n=7)	Sixth grade (n=7)	Difference (*p<0.05)
Peak joint force power of shoulder [W/kg]	8.49±1.41	11.12±2.51	13.53±2.18	2nd<6th*
Peak joint force power of elbow [W/kg]	18.44±3.41	22.37±6.66	29.28±4.48	2nd<6th*
Peak joint force power of wrist [W/kg]	16.66±3.15	21.90±7.31	26.13±3.71	2nd<6th*

すべての部分でセグメントトルクパワーよりも関節力パワーが大きかった (Figure 2). また, 各部分の近位端の関節力パワーが増加するタイミングに着目すると, 力学的エネルギーと類似した近位-遠位の順次性がみられた. 各学年7名を比べると, 肩 (上腕近位端), 肘 (前腕近位端), 手首 (手部近位端) の関節力パワーの最大値は, 2年生に比べて6年生が有意に大きかった (Table 1).

4. 考察

すべての典型例において, 上腕から前腕, 手部へと部分のエネルギー増加に位相ずれがみられた. このことは, 小学生の投動作において投球腕にエネルギーフローが生じていることを示すと考えられる. そこで, 以下では力学的エネルギーの変化の要因となる力学的パワーについて検討する.

各学年の典型例に共通して, すべての部分において関節力パワーの方が大きく, その最大値は部分のエネルギーと同じく近位-遠位の順に増加していた. したがって, 上述した部分のエネルギー変化は, 主に関節力パワーによって生じたと考えられる. さらに, 各学年7名による学年間比較では, 2年生に比べて6年生は関節力パワーの最大値が有意に大きかった. このことから, 6年生は大きな関節力パワーによって多くの力学的エネルギーを投球腕末端へ流し, 他学年よりもボール初速度を大きくできたと考えられる.

6年生の典型例についてみると, 上腕近位端において, 関節力パワーは全局面を通じて大きく, セグメントトルクパワーはリリース前に増加した. 小林ら³⁾は, 小学生男子では学年が上がると, 体幹の長軸回転や前後傾の動作が習熟するとしている. これらは右肩の速度や体幹の角速度を高める動作であることを踏まえると, 6年生は体幹を素早く動かすことによって, 肩関節における力学的パワーを増大し, 他学年よりも大きな力学的エネルギーを体幹から

投球腕へ流入できたと考えられる.

以上のことから, 小学生男子は学年が上がると, 身体近位部で生成した大きな力学的エネルギーを主に関節力パワーによって投球腕末端へ伝達できるようになるといえる.

5. まとめ

本研究では, 小学生の投動作における投球腕の力学的エネルギーの流れを分析した. その結果, 以下のことが明らかとなった.

- ① すべての学年において, 投球腕の近位部から遠位部の順に力学的エネルギーが増加した.
- ② 各学年に共通して, すべての部分で関節力パワーの方が大きく, 部分近位端の関節力パワーは近位-遠位の順に最大値となった.
- ③ 各部分の近位端における関節力パワーの最大値は2年生に比べて6年生が有意に大きかった.

以上のことから, 小学生男子では低学年でも投球腕のエネルギーフローにより投じることができ, 学年が上がるとともに, 肩関節を介した体幹から投球腕への力学的エネルギーの流入が増大し, 関節力パワーによって投球腕末端へ伝達できるようになると考えられる. これらは力学的エネルギーの観点からみた投動作の発達の特徴であり, 身体発達とともに体幹の動作に留意した指導が重要になるといえる.

文献

- 1) 宮西智久ら. 野球の投球動作における体幹および投球腕の力学的エネルギーフローに関する3次元解析. *体力科学* 46, 55-68 (1997).
- 2) 島田一志ら. 野球のピッチング動作における力学的エネルギーの流れ. *バイオメカニクス研究* 8(1), 12-26 (2004).
- 3) 小林育斗ら. 優れた投能力をもつ小学生の投動作の特徴とその標準動作. *体育学研究* 57(2), 613-629 (2012).

投球動作の繰り返しによる変化

平山大作

国立スポーツ科学センター スポーツ科学研究部

本研究は、投球数の繰り返しによる下肢関節の力学的仕事量の変化について検討することを目的とした。実験試技は、2台のフォースプラットフォームを埋設した簡易マウンドから最大努力でストレートを投球することであった。被験者には、10秒間隔で15球投げることを1イニングとし、1イニングから9イニングで計135球の投球を行わせた。ボール速度および踏込脚の股関節の伸展トルクによる仕事量は、前半のイニングに対し、後半のイニングにおいて減少した。踏込脚側の地面反力の最大値は、前半のイニングに対し、後半のイニングにおいて大きくなり、最大値出現の時点が早くなった。これらの変化は、筋疲労の影響による体幹の前傾や踏込脚股関節の屈曲に抗するため、踏込脚接地から早い時点で力発揮をすることでボールリリースの姿勢を維持していると考えられる。

キーワード：筋疲労、力学的仕事量、地面反力

1. はじめに

いわゆる「100球肩」とも言われるように、野球投手は試合の後半において「ボール速度が低下する」「コントロールが定まらなくなる」などの投球パフォーマンスに変化がみられることが多い。また、野球肩、野球肘に代表される使い過ぎによる投球障害は、試合や練習における投球過多が大きな要因¹⁾とされている。そのため、投球動作の繰り返しは、身体機能や投球動作に大きな影響を及ぼしていると考えられ、実際の試合や試合を想定した実験から、関節可動域や筋力などの身体諸機能の変化について検討が行われている。先行研究の詳細については、筆者らの総説²⁾を参照されたい。

投球動作の繰り返しによる変化を明らかにすることは、投球パフォーマンスを向上させるためのトレーニングや投球障害の予防に関する知見を得るために重要であると考えられる。本稿は、筆者らが行った投球数の増加による下肢関節の力学的仕事量の変化に関する研究³⁾では示していない詳細な内容について報告する。

2. 方法

2.1 対象

被験者は、首都大学野球連盟一部リーグの大学硬

式野球部に所属する右投げの男子投手(身長1.77 m, 体重70.0 kg, 年齢21 years)を対象とした。

2.2 実験

実験試技は、屋内の簡易マウンドから捕手方向に向かい最大努力でストレートを投球することであった。被験者には、10秒間隔で15球投げることを1イニングとし、1イニングから9イニングで計135球の投球を行わせた。

ボール速度は、スピードガン(ミズノ社製)を用いてボールの初速度を計測した。動作の計測には、光学式三次元自動動作分析装置VICON612(VICON社製)を用いて、毎秒250コマで計測した。また、2台のフォースプラットフォーム(Kistler社製)を簡易マウンドに埋設し、投球動作中の軸脚および踏込脚に作用する地面反力をサンプリング周波数1,000Hzで計測した。

分析試技は、投球されたすべての試技(135試技)のうち、奇数イニング(1, 3, 5, 7, 9イニング)のすべての試技(15×5=75試技)とした。実験の詳細やデータ処理に関しては、筆者ら研究³⁾を参照されたい。

3. 結果

3.1 ボール速度

ボール速度は、1-5 イニング、1-7 イニング、1-9 イニング、3-7 イニング、5-9 イニング間において有意に減少した ($p < 0.05$)。

3.2 踏込脚の股関節の伸展トルクによる仕事量

踏込脚の股関節伸展トルクによる絶対仕事は、1-5、1-7、1-9、3-5、3-7、3-9 イニング間において有意に減少した ($p < 0.05$)。

3.3 踏込脚の股関節伸展屈曲の関節トルク、関節角速度、関節トルクパワーの比較

踏込脚の股関節伸展トルクの7イニングにおける最大値は、1イニングより大きい傾向がみられた(図1)。また、7イニングの地面反力の最大値は、1イニングより大きく、その最大値は1イニングより早い時点で出現した(図2)。

4. 考察

踏込脚側の地面反力の最大値は、前半のイニングに対し、後半のイニングにおいて大きくなり、最大値出現の時点が早くなった。島田ら⁴⁾は、踏込脚の役割として、股関節の伸展トルクを発揮することによって体幹を支持することと述べている。これらの変化は、筋疲労の影響による体幹の前傾や踏込脚股関節の屈曲に抗するため、踏込脚接地から早い時点で力発揮をすることでボールリリースの姿勢を維持していると考えられる。

5. まとめ

- ①前半のイニングに対し、後半のイニングにおいて踏込脚の股関節伸展トルクによる絶対仕事は有意に減少した。
- ②前半のイニングに対し、後半のイニングにおいて踏込脚側の地面反力の最大値が大きくなり、最大値出現の時点が早くなった。

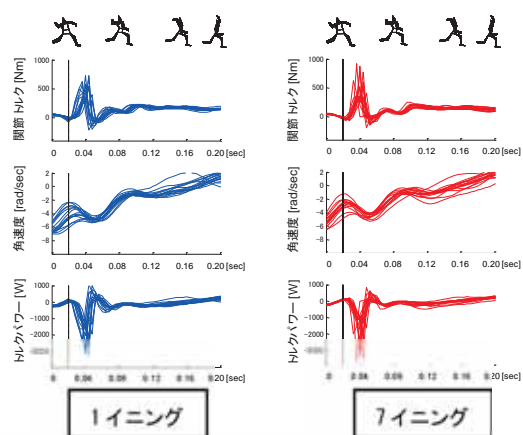


図1. 踏込脚の股関節伸展屈曲の関節トルク、関節角速度、関節トルクパワーの比較

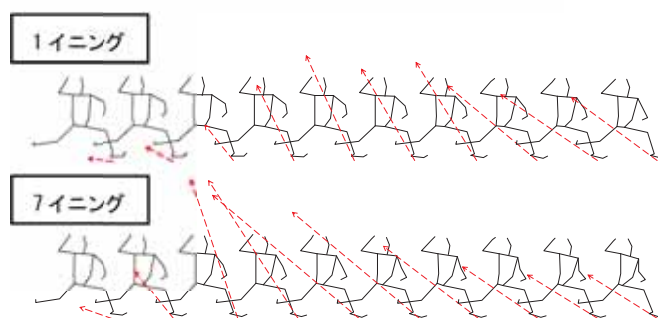


図2. 踏込脚接地後の地面反力による力発揮の比較

文献

- 1) 信原克哉. 肩—その機能と臨床—第3版, 医学書院: 東京, pp. 372-424 (2001).
- 2) 平山大作・藤井範久. 繰り返しによる動作の変容—野球の投球—. バイオメカニクス研究 13(1), 31-37 (2009).
- 3) 平山大作ら. 野球投手の投球数の増加による下肢関節の力学的仕事量の変化. 体力科学 59(2), 225-232 (2010).
- 4) 島田一志ら. 野球のピッチング動作における体幹および下肢の役割に関するバイオメカニクスの研究. バイオメカニクス研究 4(1), 47-60 (2000).

投球動作における「ゼロ・ポジション」の獲得

Dropped-elbow と肩甲上腕リズムの個人差

近田 彰治¹, 矢内 利政¹

¹早稲田大学スポーツ科学学術院

本研究では、上肢を 90° 以上挙上することは、肩の「ゼロ・ポジション」を獲得するために必要であるという仮説を検証した。電磁ゴニオメータを用いてプロ野球投手 20 名が投球を行っている際の肩複合体の運動を 240Hz で記録した。投球腕の最大外旋角が記録された瞬間の上肢挙上角および肩甲上腕関節挙上角（肩甲骨に対する上腕骨の挙上角）を算出した。「ゼロ・ポジション」（肩甲上腕関節挙上角 = 90±5°）に到達した 8 名は、通常 (2:1) とは異なるリズム(5.7:1)で上肢を 110±8° 挙上していた。一方、「ゼロ・ポジション」に到達しなかった 6 名(肩甲上腕関節挙上角 < 80°)は上肢を 98±3° 挙上していたが、通常の肩甲上腕リズムに近い値であり(3.0:1)、このリズムで「ゼロ・ポジション」に到達するには上肢を 120° 挙上する必要があると推定される。これらの結果は、「ゼロ・ポジション」を獲得するためには、上肢を 90° 以上挙上する必要があること、どの程度挙上する必要があるかは肩甲上腕リズムに依存することを示している。

キーワード：肩甲骨, 肩甲上腕関節, バイオメカニクス

1. はじめに

投球動作において、両肩を結んだ線分よりも肘を高く挙上することを、野球のコーチ^{1,2)}、臨床の整形外科医などのメディカルスタッフ^{3,4)}やバイオメカニスト⁵⁻⁷⁾が共通して推奨している。一方で、肘がそれより低い場合は“dropped-elbow”と呼ばれる technical fault であるとされている^{3,4)}。両肩を結んだ線分よりも肘を高く挙上すること、つまり上肢を体幹に対して 90° 以上挙上することが推奨される理由のひとつは、肩の「ゼロ・ポジション」に到達する為ではないかと考えられる。「ゼロ・ポジション」とは、肩甲骨に対する上腕骨の挙上角（肩甲上腕関節の挙上角）が 90°となる肢位、つまり肩甲骨の肩甲棘に対して上腕骨がほぼ平行になる肢位である。この肢位は肩甲上腕関節の可動性と安定性にとって理想的な肢位であるとされている⁸⁾。上肢をどの程度挙上したときに「ゼロ・ポジション」に到達するのかは「肩甲上腕リズム」⁹⁾に依存するため、投球動作において「ゼロ・ポジション」に到達するか否かは外見上の上肢の挙上角のみでは判断できない。そこで本研究では、投球動作において上肢を 90° 以上挙上することは、

肩の「ゼロ・ポジション」を獲得するために必要であるという仮説を、肩甲上腕リズムをもとに検証した。

2. 方法

被験者はプロ野球投手 20 名であった。全ての被験者はデータ収集時およびその一年前から投球に支障をきたす傷害を有していなかった。参加者には本研究の目的、方法、安全性等について十分な説明を行った後、データ収集への参加の同意を得た。なお本研究は早稲田大学の「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承認を得て実施された。

データ収集は正規のブルペンで行う投球練習中に実施された。電磁ゴニオメータ(Liberty, Polhemus)と呼ばれる小型センサを用いて投球を行っている際の肩複合体の 3 次元運動を 240Hz で記録した。センサは胸骨および肩峰の平坦部に両面テープとアスレチックテープを用いて固定した。また上腕遠位端にはセンサが固定されたプラスチック製装具をアスレチックテープで固定した(図 1)。

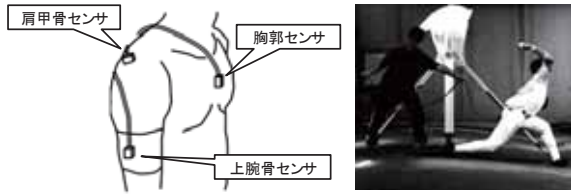


図1 センサの貼付場所と計測方法

計測された胸郭、肩甲骨、上腕骨の3次元的な動きから、投球腕の最大外旋角が記録された瞬間の、胸郭に対する上腕骨の挙上角(上肢挙上角)、肩甲骨に対する上腕骨の挙上角(肩甲骨上腕関節挙上角)を算出した(図2)。

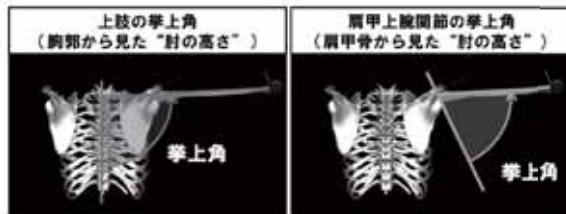


図2 上肢および肩甲骨上腕関節の挙上角の定義

3. 結果と考察

最大外旋角が記録された瞬間の全被験者の肩甲骨上腕関節の挙上角の平均値は $85 \pm 10^\circ$ であった(図3)。

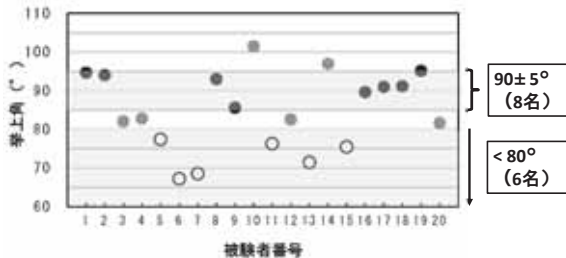


図3 プロ野球投手20名の肩甲骨上腕関節の挙上角
●：ゼロ・ポジションに到達した投手8名
○：ゼロ・ポジションに到達しなかった投手6名

まず、「ゼロ・ポジション」に到達した8名(肩甲骨上腕関節挙上角が $90 \pm 5^\circ$ 以内)に着目する。通常の外転運動における肩甲骨上腕リズム(平均で 2 : 1)¹⁰⁾では上肢を 135° まで挙上する必要があると推定されるにもかかわらず、通常とは異なるリズム (5.7 : 1) で上肢を $110 \pm 8^\circ$ まで挙上することで、「ゼロ・ポジション」に到達していた ($93 \pm 6^\circ$) (図4)。この比率は、通常の肩甲骨上腕リズムと比較した場合、ある上肢挙上角

に対して肩甲骨上腕関節挙上角が大きく、肩甲骨の回旋角が小さいことを示している。次に、「ゼロ・ポジション」に到達しなかった6名の投手に着目する。これらの投手は上肢を $98 \pm 3^\circ$ まで挙上していたが、肩甲骨上腕リズムが通常のリズムに近い値(3.0 : 1)であったため、肩甲骨上腕関節挙上角が 80° にも満たなかった ($73 \pm 4^\circ$) (図4)。この肩甲骨上腕リズムで「ゼロ・ポジション」に到達するには上肢を 120° まで挙上する必要があると推定される。



図4 肩甲骨上腕関節の挙上角と肩甲骨上腕リズム
左：ゼロ・ポジションに到達した投手
右：ゼロ・ポジションに到達しなかった投手

これらの結果は、「ゼロ・ポジション」を獲得するためには、上肢を 90° 以上挙上する必要がある、つまり肘は両肩を結んだ線分よりも高く挙上される必要があることを示している。まだ、どの程度挙上する必要があるかは肩甲骨上腕リズムに依存することを示している。「ゼロ・ポジション」に到達できるような肢位に肘を位置させることが、投球動作において肘の高さが着目される理由のひとつであろう。

5. まとめ

本研究の結果から、「ゼロ・ポジション」を獲得するためには、上肢を体幹に対して 90° 以上挙上する必要があることが示された。また、上肢をどの程度挙上する必要があるかは、肩甲骨上腕リズムに依存することが示された。

本研究は、グローバル COE プログラム (アクティブ・ライフを創出するスポーツ科学)、科研費 (基盤研究 (B)、23300236、投・泳動作における肩甲骨上腕関節のリアルタイム測定による腱板損傷発症要因の分析) および早稲田大学特定課題研究費 (2011A-938、オーバーヘッドスポーツにおける肩の機能と肩甲骨の役割) の助成を受けて実施され

た.

文献

- 1) McFarland, J. *Coaching pitchers*. Leisure Press (Champaign, Ill.), (1990).
- 2) Johnson, M., et al. *Baseball Skills and Drills*. Human Kinetics, (2001).
- 3) Pink, M. M. & Perry, J. Biomechanics of the shoulder. In: F. W. Jobe, M. M. Pink and J. A. Schwegler, eds. *Operative Techniques in Upper Extremity Sports Injuries*. Mosby: St. Louis, 109-123 (1996).
- 4) Burkhart, S. S., et al. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation *Arthroscopy*. 19, 641-661 (2003)
- 5) Matsuo, T., et al. Optimal shoulder abduction angles during baseball pitching from maximal wrist velocity and minimal kinetics viewpoints *J Appl Biomech*. 18, 306-320 (2002)
- 6) Matsuo, T. & Fleisig, G. S. Influence of shoulder abduction and lateral trunk tilt on peak elbow varus torque for college baseball pitchers during simulated pitching *J Appl Biomech*. 22, 93-102 (2006)
- 7) Atwater, A. E. Biomechanics of overarm throwing movements and of throwing injuries *Exercise and sport sciences reviews*. 7, 43-85 (1979)
- 8) 信原. 肩のバイオメカニクス. 肩 その機能と臨床 第3版. 医学書院: 東京, 48-86 (2004).
- 9) Codman, E. Normal motions of the shoulder joint. *The Shoulder: Rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa*. Thomas Todd: Boston (1934).
- 10) Inman, V. T., et al. Observations on the function of the shoulder joint *J Bone Joint Surg*. 26, 1-30 (1944)

投球の加速期における肩複合体の動態

～肩甲上腕関節および肩甲胸郭関節運動の多様性～

宮下浩二¹，小林寛和²，越田専太郎³

¹中部大学生命健康科学部，²日本福祉大学健康科学部，³了徳寺大学健康科学部

投球動作の三次元解析により対象者の投球動作における肩甲上腕関節および肩甲胸郭関節運動の動態について個々の特徴を分析し，タイプ分類を試みた．対象は大学野球の投手10名とした．DLT法により肩外旋角度，肩甲上腕関節外旋角度および肩甲骨後傾角度を算出した．加速期における角度変化量を算出し，肩甲上腕関節と肩甲胸郭関節の角度変化について個々で分析した．加速期では肩甲上腕関節の内旋運動のみでなく，肩甲骨前傾運動も生じており，加速運動は両関節が関与していることが確認された．その角度の変化については，肩甲上腕関節内旋よりも肩甲骨前傾の方が大きい対象が多かった．さらにその対象の中には，肩甲骨前傾運動が大きく，相対的に肩甲上腕関節が外旋運動し，リリース時まで外旋運動が続くものもみられた．肩甲骨と上腕骨の連動性は非常にバリエーションが多く，特に肩甲上腕関節運動については多様であることが確認された．

キーワード：投球動作，肩甲上腕関節，肩甲胸郭関節，関節の連動，個性

1. はじめに

投球障害肩の予防やリハビリテーションでは，肩甲上腕関節に加わるストレスの軽減を目的として，投球動作の改善や肩複合体としての機能向上が求められる．特に，対象となる選手の投球動作の分析から，その問題点を抽出していくことが重要となる．

投球時の肩の運動および肩に加わるストレスに関しては多くの研究がなされてきたが，多くの場合，肩甲上腕関節ではなく，肩全体の運動としてとらえられてきた¹⁾．しかし，肩は基本的に肩甲上腕関節と肩甲骨や胸椎の動きが連動してなりたっている．

そのため我々は，肩甲上腕関節と肩甲骨の運動を個別に分析し，投球動作の加速期における肩複合体の運動様式について定量的な分析を行ってきた（図1）．投球動作において肩甲上腕関節のみならず，肩甲骨なども重要な運動を呈していることが明らかになった．例えば，肩最大外旋位では見かけ上150度外旋しても肩甲上腕関節では100度程度しか外旋せず，それ以上は肩甲骨の運動が関与していた^{2,3)}．しかし，この結果はあくまでも対象の平均値であり，各対象を詳細に分析すると個々の運動の特徴が読み取れる．

そこで今回，投球動作分析で得られた結果を選手個々でより詳細に分析した．投球動作における肩甲上腕関節および肩甲胸郭関節の運動の多様性を中心に定性的に分析し，投球動作における肩の運動について新たな知見を得ることを目的とした．



図1．肩甲上腕関節と肩甲胸郭関節の運動分析

2. 方法

対象は大学野球部に所属する投手10名（対象A～J）とした．

対象の周囲に4台のハイスピードカメラを設置し，オーバーハンドによる全力の投球動作を1秒間に

200 コマで撮影した。反射マーカを図 2 のように貼付し、肩峰、上腕遠位端、前腕遠位端には、両端に反射マーカを付けた棒状パッドを貼付した。

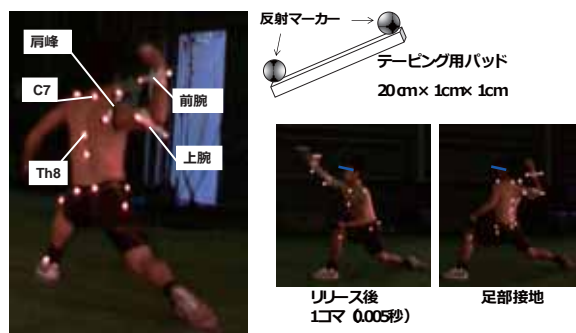


図 2. 反射マーカと測定用バーの貼付位置

ステップ脚の足部接地からリリース後 1 コマまでの位相における反射マーカの座標値を DLT 法にて算出した。次いで、以下の 3 つの角度を算出した (図 3)。肩全体の外旋角度で、この角度は見かけ上の外旋角度となります。体幹に対する前腕の角度を示しています。この値を肩全体の外旋角度とした。次に肩峰と上腕に貼付したパッドの位置関係から肩甲上腕関節の外旋角度を算出した。また、脊柱と肩峰の位置関係から肩甲骨後傾角度を算出した。

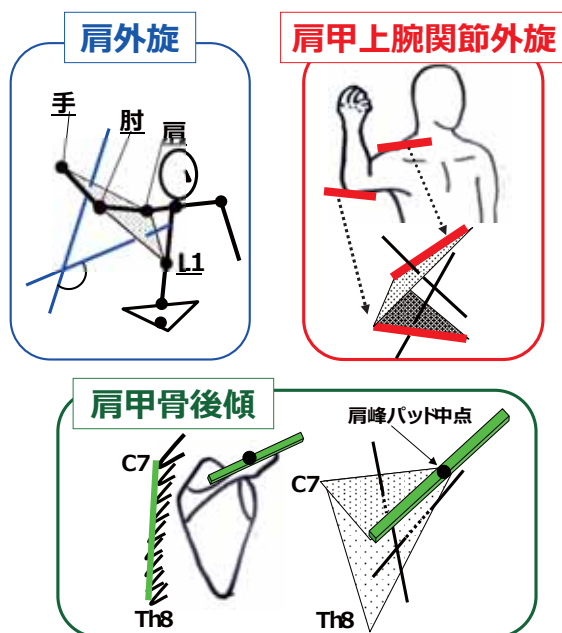


図 3. 角度算出方法

3. 結果と考察

図 4~7 に代表的な対象 (対象 A, D, F, J) のグ

ラフを示す。縦軸に関節角度、横軸に時間を示し、ステップ脚の足部接地からリリース後 1 コマまでの時間となる。破線で肩全体の外旋角度、実線で肩甲上腕関節外旋角度の変化を示す。上に行くほど外旋、下方への変化が内旋を示す。二重線が肩甲骨後傾角度を示し、上に行くほど後傾、下方に向かうほど前傾運動になる。

一つ目の結果の特徴として、肩最大外旋位については対象 A は、肩全体の最大値と肩甲上腕関節外旋角度の最大値が一致していた。しかし、このパターンの対象は 10 名中 3 名のみであり、他の 7 名は一致していなかった (例: 対象 D, F, J)。つまり、見かけ上の肩最大外旋位は、決して肩甲上腕関節が最大外旋位を呈しているとは限らない。

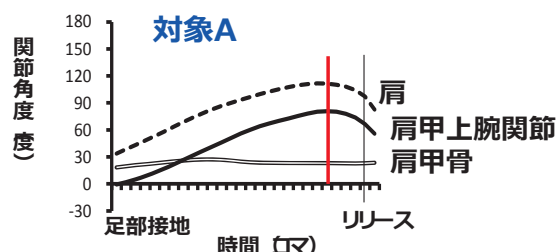


図 4. 対象 A の結果

次に加速期における肩甲上腕関節と肩甲骨の角度変化についての特徴を示す。対象 D に代表されるように、加速運動は肩甲上腕関節の内旋運動のみで行われるのではなく、肩甲骨前傾運動も関与している。対象 D は、肩甲上腕関節内旋運動の方が肩甲骨前傾運動よりも大きくなっていった。

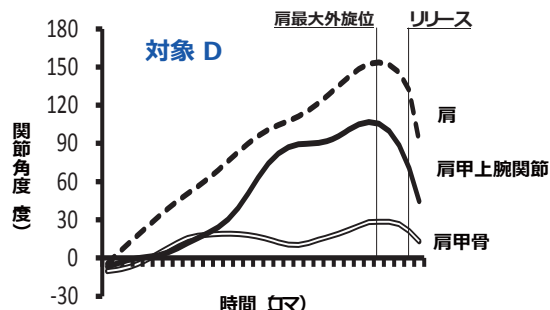


図 5. 対象 D の結果

しかし、対象 F については肩甲骨の運動の方が肩甲上腕関節の運動より大きくなっており、このようなパターンを示す投手も多くいた。

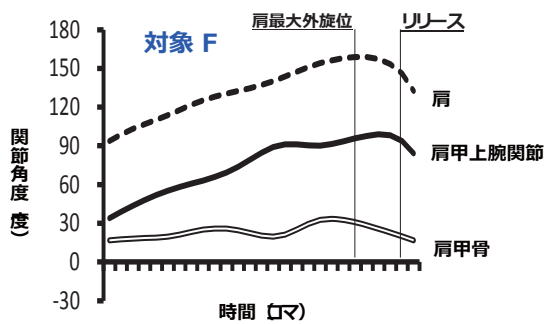


図 6. 対象 F の結果

さらに対象 J のように、肩最大外旋位からリリースに至るまで肩甲上腕関節が外旋運動を呈していた選手もいた。

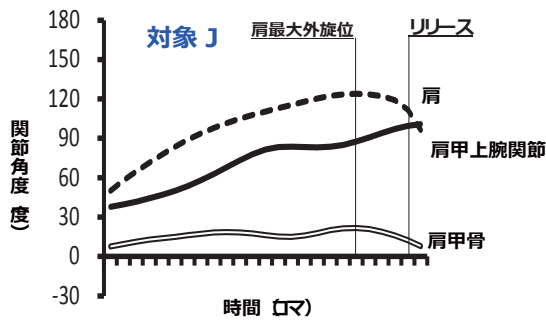


図 7. 対象 J の結果

これは決して加速期間中に上腕骨が外旋方向に運動したわけではなく、肩甲骨前傾運動が上腕骨の内旋方向への運動より大きく、相対的に肩甲上腕関節では外旋運動が生じていたということである。

以上のように、投球における肩複合体の運動は、

一定のものではなく、特に肩甲上腕関節運動については多様であることが確認された。このことは投球障害肩の発生メカニズムを推測していくために重要な情報になると考える。

4. まとめ

- 大学野球選手を対象に、投球時の肩甲上腕関節および肩甲胸郭関節運動の多様性について定性的に分析した。
- 肩甲上腕関節と肩甲骨の運動は一樣ではなく、個々の選手の差異があり、多様であった。
- 投球障害肩の発生メカニズムを推測していくために投球動作を分析し、考察することが重要であることが確認された。

文献

- 1) Fleisig GS, et al. : Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med.* **23**: 233-239 (1995).
- 2) Miyashita K, et al.: Glenohumeral, Scapular, and Thoracic Angles at Maximum Shoulder External Rotation in Throwing. *Am J Sports Med.* **38**:363-368(2010).
- 3) 宮下浩二・小林寛和: 投球動作における肩複合体の運動様式の分類. *日本整形外科学スポーツ医学会雑誌.* **30**: 113-118(2010)..

投手が実現可能なボールの回転と投球フォームの関係

永見智行¹, 矢内利政¹

¹早稲田大学スポーツ科学学術院

指導の現場では、“ノビのある”飛翔軌道を実現するための理想的な“直球”は純粋なバックスピンの球であると考へ、目標とすることが多い。しかし、もしこれが投法によっては実現できない回転であれば、最も“ノビのある”ボールの回転軸の向きは投手個々で異なる可能性がある。本研究では投手が実際に投げるボールの回転を分析し、真に目標とすべきボール回転を検討した。一流投手 17 名に直球と投球可能な変化球を投げさせ、リリース直後のボールの運動を高速度ビデオカメラで撮影した。この映像からボールの回転軸の向きと回転速度を特製の測定器を用いて計測した。その結果、17 名中 14 名において、同じ投手が投げる様々な球種の回転軸は各投手固有の平面上に並んでいた。この平面の傾きは個人差が大きく、オーバースロー、サイドスロー等の投法の違いによる影響が強いと考へられ、投法によって投球可能な回転軸の向きは限定される可能性が示唆された。投法に応じた適切な回転軸の向きを知り、これを実現しようとするのが“ノビのある”直球を投げるために重要であると考へられた。

キーワード：回転速度、回転軸角度、直球、変化球、変位量

1. はじめに

多くの投手は“ノビのある”直球を投げようと努力をする。“ノビのある”直球とは揚力の鉛直成分が大きく作用した投球と考へられ、これを実現するためには、できるだけ進行方向と直交する水平軸に近い回転軸まわりに高速度でボールを回転させる必要がある¹⁾。指導や練習の現場では、理想的な直球の回転をこのような純粋なバックスピンの球と捉え、目標とすることも多い。しかし我々の先行研究^{2,3)}では、直球の回転軸は下向き(水平面からの傾き:仰角 $\phi = -32 \pm 9^\circ$ 、図 1)に傾いており、最も傾きの小さな投手でも 17° も傾いていた。また大学投手について調べた別の研究⁴⁾でもやはり 26° 程度下向きであり、純粋なバックスピンの直球を投げる投手はいなかった。このように、もし実際の投手が実現可能な回転軸の向きや回転速度に限界、制約があり、その制約に個人差があるとすれば、もっとも“ノビのある”ボールの回転は投手によって異なるはずである。本研究

では、一流投手が実際に投げるボールの回転を分析し、投球可能なボール回転には制約があるのか、あるとすればどのような要因によるものかを明らかにすることで、真に投手が目標とすべきボール回転を検討した。

2. 方法

プロ投手 8 名、大学投手 9 名に直球と投球可能な変化球を 2 球ずつ投げさせ、リリース直後のボール

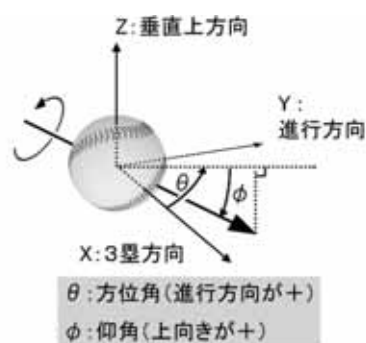


図 2 回転軸角度の定義



図 3 回転測定器



図 1 2 塁側から見た、直球の回転する様子

の運動、手の動きを高速度ビデオカメラで撮影した(図1)。この映像からボールの回転軸の向き(方位角, 仰俯角, 図2)と回転速度を特製の測定器(図3)を用いて計測した。また同じ映像から, リリース時の前腕の角度(完全なオーバースロー: 90°, サイドスロー: 0°)を算出した。なお本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承認を得て実施された。

3. 結果と考察

17名中14名において, 同じ投手が投じる様々な球種の回転軸は各投手固有の平面上に並んでいた(図4, 14名の近似平面の平均決定係数 $R^2=0.885$)。この平面の傾きは個人差が大きく(水平面より $39 \pm 17^\circ$)、前腕の角度(水平より $53 \pm 19^\circ$)と強い相関関係にあった ($r=0.936, p<0.001$)。

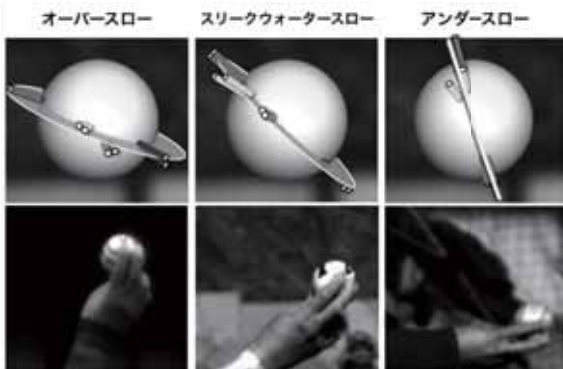


図4 回転軸が成す平面とリリース時の腕の傾き

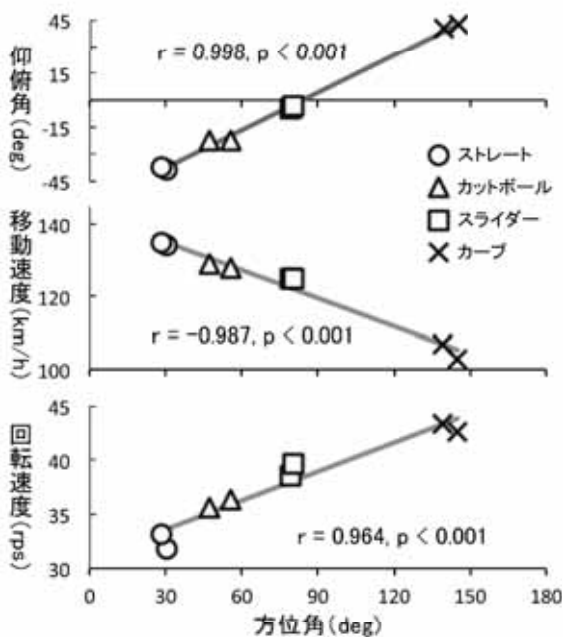


図5 投手Aの方位角と仰俯角, 移動速度, 回転速度の関係

このことから, リリース時の前腕の角度, すなわち投法によって, 投球可能な回転軸の向きが限定される可能性が示唆された。

また近似平面の決定係数が大きかった14名のうち4名の投手には, 回転軸の向き(方位角)がバックスピン方向(0°)から進行方向(90°), トップスピン方向(180°)へと近づくにつれ, 仰俯角は増加, 移動速度は減少, 回転速度は増加する傾向にあり, それぞれが方位角を独立変数とした直線回帰で表された(図5)。これは, この4名について, ある方位角に対応した仰俯角, 移動速度, 回転速度を回帰式から算出できることを示すものであり, 算出された値は投球可能なボール回転を表すのではないかと考えた。そこで0°から180°まで10°毎の方位角に対応した仰俯角, 移動速度, 回転速度を算出し, スピンパラメータと回転軸角度を用いてボールの変位量(同じ速度で投げ出された自由落下軌道との捕球位置の水平, 上下方向の差)を算出する推定式⁵⁾から変位量を推定した(図6)。その結果, プロ投手Aの場合, 鉛直上方向への変位量は方位角35°付近で最大(約300mm)であった。一方, 進行方向に対し直交する回転軸の向き(方位角0°)では水平右方向(シユート方向)への変位が大きくなってしまい, 鉛直上方向への変位は200mm程度であった。このことは, その投手が投球可能である回転軸の向きが固有の平面上に限定される場合, 鉛直上方向への変位量, すなわち“ノビ”が最大となる回転軸の向きは, 必ずしも進行方向と直交するものではない。

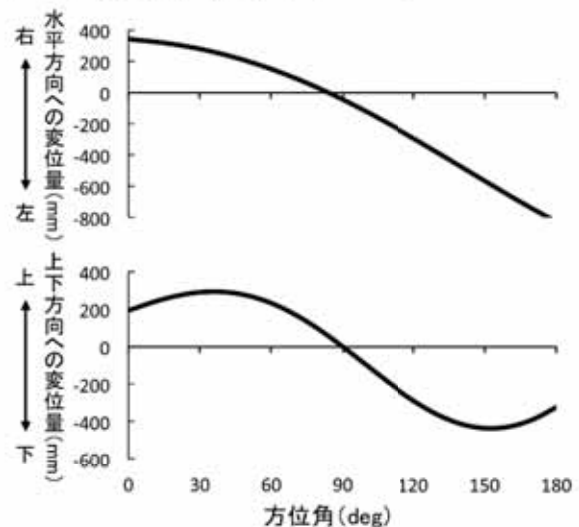


図6 投手Aの投球可能な回転, 移動速度の範囲から推定される変位量と方位角の関係

可能性を示唆するものである。またそもそも投手Aの投じる直球の方位角は約30°であり、投手Aが投じ得る回転のうち“ノビ”が最大となる回転軸の向きに近かった。以上のことから、投球の指導や練習においても、無理に純粋なバックスピンの近づけようとするのではなく、投法に応じた適切な回転軸の向きを知り、これを実現しようとするのが重要だと考えられた。

5. まとめ

投手が投球可能な直球、変化球の回転軸の向きは、投法に強い影響を受けており、その制限下では、より大きな変位の鉛直成分（“ノビ”）を獲得するための回転軸の向きは投手によって異なる可能性が示唆された。

本研究はグローバル COE プログラム「アクティブ・ライフを創出するスポーツ科学」および科学研究費補助金（25750307; 野球投手の投じるボールの回転を決定する上肢・体幹の連動動作の解明）の助成を受けて実施された。

文献

- 1) Nathan, AM. The effect of spin on the flight of a baseball. *American Journal of Physiology*, **76(2)**, 119-124 (2008).
- 2) Nagami, T et al. Spin on fastballs thrown by elite baseball pitchers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **43(12)**, 2321-2327 (2011).
- 3) 永見智行ら. 野球投手の投球の質の評価ーボールの回転とパフォーマンスの関係ー. *体育の科学* **63(1)**, 47-51 (2013).
- 4) Jinji, T & Sakurai S. Direction of spin axis and spin rate of the pitched baseball. *Sports Biomechanics*, **5(2)**:197-214 (2006).
- 5) 永見智行ら. 野球投手が投じる様々な球種の飛翔軌道を決定する要因. *スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス 2012 講演論文集*, 74-78 (2012)

プロ野球投手のボールスピンの特徴

神事 努¹

¹ 国際武道大学体育学部

本研究では、競技レベルの異なる5つの群のボールスピンを比較し、実際に打者を打ち取る能力の高いプロ野球投手がどのような回転の直球を投球しているのかを明らかにすることを目的とした。被験者は、小学生および中学生投手70名、高校生投手50名、大学生投手149名、社会人野球投手27名、日本プロ野球投手26名であった。競技レベルが上がるに従って、ボール並進速度及び回転速度は増大し、ボール進行方向とボール回転軸の間の角度 α は 90° に近づく傾向が認められた。しかし、これらの変量は、プロ野球投手群が他群の投手よりも必ずしも有意に大きいというわけではなかった。一方、ボールの回転速度ベクトルの進行方向に対する垂直方向の成分を表す変量である $\cos\alpha$ においては、プロ野球投手群は他群よりも有意に大きかった。このことから、プロ野球投手が投球したボールは揚力大きいことが特徴であり、これはボール回転速度が大きだけでなく、ボール回転軸と速度ベクトルがより 90° に近いボールを投球していることに起因していると考えられる。

キーワード：球質、揚力、回転軸、回転速度

1. はじめに

バイオメカニクスの手法を用いた野球のオーバーハンド投げに関する研究では、ボール速度が高い投手ほど優れた動作を獲得しているとして考えることが多く、ボール速度と動作を関連づけた研究が進められてきた。ボール速度は打者の判断及び動作時間に影響を与える一方で、ボールに与えられるスピンの量も打者の判断を惑わす要因になり得る。

Adair¹⁾は、毎秒20回転と30回転のボール回転速度で投球された直球の軌跡を比較した。両者にはホームベース上での到達地点に約6cmの差がでる一方で、打者がバットを振り始める地点でのこの差は1cm以下であることが報告されている。つまり、打者がこの差を見誤ってバットを振り出した場合、打球軌跡の変化に対応できずに打ち損じる可能性があることが述べられている。

Higuchi et al.²⁾は、ピッチングマシンから発射される直球の回転速度を毎秒30、40、50回転の3種類用意し、それぞれを同速度(約36m/s)に設定することで、回転速度によるバッティングパフォーマンスの違いを評価している。毎秒30回転の試技はバットの長軸に近い範囲でボールを打撃していたが、ボール回転速度が大きくなるとフライやファールになる試

技が多かったことを報告している。一般的な投手が投げる直球のボール回転速度は毎秒30回転であることから、打者は一般的なボール移動速度に応じたボールの軌道を予測してスイングするプログラムが身に付いている可能性があることが結論づけられている。つまり、打者のプログラムされたバットのスイング軌道から外れるような回転速度の大きい直球を投球することが、投手にとっては重要であることが推測される。

このように、「どのようにしたら打者を打ち取ることができるのか」という観点から投手のパフォーマンスを考えた場合、ボール速度だけではなく、ボールスピンを含める必要がある。しかしながら、ボールスピンの良し悪しを評価する指標とその基準は明らかになっていない。そこで本研究では、競技レベルの異なる5つの群のボールスピンを比較し、実際に打者を打ち取る能力の高いプロ野球投手がどのような回転の直球を投球しているのかを明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 被験者および試技

被験者は、全日本軟式野球連盟所属の小学生および中学生投手70名(以下 Junior)、日本高等学校野

球連盟所属の高校生投手 50 名 (以下 High), 全日本大学野球連盟に加盟するリーグの 1 部チームに所属する大学生投手 149 名 (以下 Collegiate), 日本野球連盟所属の社会人野球投手 27 名 (以下 Semipro), 日本プロ野球機構所属の投手 26 名 (以下 Pro) であった。すべての被験者に対し, 本実験の目的・方法に関する事前説明を十分に行い, 実験参加の同意を得た。なお, 18 歳未満の被験者については親権者へも同様の事前説明を行い, 実験参加の承諾を得た。また, 本研究は国立スポーツ科学センター・倫理審査委員会において審査を受け, 承認を得た。すべての投手は, オーバーハンド投法, もしくはスリークォーター投法であった。十分なウォーミングアップ後, 正規の距離 (小学生のみ 16.00m) に置かれたホームベース後方に設置した的に向かって 6~10 球直球を投球させた。High, College, Semipro, Pro には公認硬式野球ボール (重量 145g, 直径 73.8mm) を投球させた。全日本軟式野球連盟の規則に則り, 小学生には C 号 (重量 128g, 直径 68mm) の軟式野球ボールを, 中学生には B 号 (重量 135g, 直径 70mm) の軟式野球ボールを投球させた。

2.2 ボールの回転軸の算出と回転軸角度の定義

光学式 3 次元自動動作分析装置 VICON MX (Oxford Metrics Inc.) を使用し, ボール表面上に 4 点貼付した 6mm の半球マーカの画像信号の 3 次元座標を構築した。記録には専用カメラ 12 台を使用し, サンプルング周波数は 1000Hz に設定した。本研究では, ピッチングプレートの前縁の中央を原点 O とし, 投球方向を Y 軸, 鉛直方向を Z 軸, 両軸に直交しほぼ 3 塁ベースを向く方向を X 軸とする右手系の静止座標系を定義した。また, 左投手に関しては, 結果の比較を容易にするために X 軸が 1 塁ベース方向を向く左手系の静止座標系を採用した。

最小二乗法を用いて, 計測された 4 点の座標から等距離にある点をボール中心座標と定義した。定義されたボール中心座標を, 3 点微分法を用い, ボール並進速度を算出した。

ボールの移動座標系を定義し, 単位ベクトル微分法³⁾を用いて, 静止座標系におけるボールの回転速度ベクトルを算出した。回転軸の方向は, ボール進行方向である Y 軸とボール回転速度ベクトルの間の角度を α として定義した。また, Jinji & Sakurai⁴⁾ は,

ボールの回転速度ベクトルの進行方向に対する垂直方向の成分を表す変数である $\omega \sin \alpha$ が, 飛翔中のボールに作用する揚力と高い相関があることを報告している。このことから, 本研究においても, $\omega \sin \alpha$ を算出した。

2.3 統計処理

Pro と各競技レベルの各変量の差を, 多重比較検定 (Dunnett 法) を用いて検定を行った。なお, 有意水準を 5%未満とした。

3. 結果及び考察

本研究で示されたボール並進速度は, 競技レベルが上がるに従って, 増大する傾向が認められたものの (表 1), Semipro と Pro 間では有意差は認められなかった。ボール並進速度は, 打者の判断の時間を短くする上で必要な条件ではあるが¹⁾, 打者を打ち取るための十分条件ではないことが示唆された。

表 1. 各群のボール速度

	Velocity (m/s)		
Junior	27.0	± 3.4	***
High	33.3	± 2.5	***
Collegiate	35.6	± 1.9	***
Semipro	36.3	± 1.4	
Pro	37.6	± 1.5	

***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05

表 2. 各群のボール回転速度

	Spin rate (rps)		
Junior	23.9	± 4.2	***
High	29.7	± 3.5	**
Collegiate	31.2	± 3.6	
Semipro	30.3	± 3.2	*
Pro	32.9	± 3.5	

***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05

ボール回転速度では, 競技レベルが上がるに従って増大する傾向が認められたものの (表 2), Pro は Collegiate との間に有意差は認められず, 競技レベルの高い投手に顕著な特徴は認められなかった。

また, ボール回転軸角度 α においては, Pro は Collegiate, Semipro と有意な差は認められなかった (表 3)。しかし, 競技レベルが上がるに従って, α は 90°

に近づく傾向が認められた。つまり、競技レベルが高くなるに従って、ボールの回転は純粋なバックスピンの近づいていくという特徴が明らかになった。

ボールの回転速度ベクトルの進行方向に対する垂直方向の成分である $\omega \sin \alpha$ においては、Pro は他群よりも有意に大きかった (表 4)。つまり、Pro はボール回転速度が大きだけでなく、ボール回転軸と速度ベクトルがより 90° に近いボールを投球していることが明らかになった。

表 3. 各群のボール回転軸角度 α

	α ($^\circ$)		
Junior	58.9	\pm 14.4	***
High	62.8	\pm 11.3	*
Collegiate	65.5	\pm 12.2	
Semipro	67.7	\pm 12.2	
Pro	70.3	\pm 8.9	

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

表 4. 各群の $\omega \sin \alpha$ (ボールの回転速度ベクトルの進行方向に対する垂直方向の成分)

	$\omega \sin \alpha$		
Junior	19.8	\pm 4.7	***
High	25.9	\pm 4.3	***
Collegiate	27.7	\pm 4.3	*
Semipro	27.3	\pm 3.7	*
Pro	30.5	\pm 3.5	

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

投球されたボールの揚力の大きさがバッティングパフォーマンスにどのように影響を与えるかを検討した研究結果²⁾から、ボールに作用する揚力が大きい直球は、ボールをバットの芯に当てることを困難にさせることが報告されている。本研究で Pro のみが有意に高い値を示した $\omega \sin \alpha$ は、飛翔中のボールに作用する揚力と強い相関が認められている⁴⁾。このことから、Pro はボールに作用する揚力が大きいボールを投球していると言えます、先行研究²⁾のバットの芯を外すボールの特徴と一致していた。Pro は、打者

のプログラムされたバットのスイング軌道から外れるような揚力の大きいボールを投球しており、打者を打ち取る能力を有していることが明らかになった。

本研究で算出された $\omega \sin \alpha$ (Semipro=27.3, Pro=30.5) を、Jinji & Sakurai⁴⁾の研究で得られた $\omega \sin \alpha$ と揚力係数の関係を示す回帰式に代入し、ボールの軌跡をシミュレートすると (初速=36m/s, 空気密度=1.2 g/m³), ホームベース上における Pro と Semipro のボールの変化量の差は 6.8cm となる。Adair¹⁾ は計算機シミュレーションによって、ボールの中心の 1.3cm 下をバットで打ったときに最も飛距離が長く、またボールの中心から 2.5cm 以下をバットで打った場合はフライになり飛距離が低下してしまうことを述べている。その許容範囲は約 2cm 以内であることから、本研究で得られた Pro と Semipro の投球軌跡の差は決して小さいものではないと考えられる。

5. まとめ

プロ野球投手が投球する直球は、回転速度が大きく、回転軸が投球方向と直角に近いボールであった。これによって、飛翔中にボールに作用する揚力は大きく、ボールの変化量も大きい。より大きな揚力獲得したボールを投球することによって、バットの芯に当てることを困難にさせている可能性が示唆された。

文献

- 1) Adair, K. R.. The physics of baseball. Harper & Row: New York, (1990).
- 2) Higuchi, T. et al. The effect of fastball backspin rate on baseball hitting accuracy. *Journal of Applied Biomechanics* **29**, 279-284 (2013).
- 3) 和達三樹. 物理のための数学. 岩波書店: 東京, (1983)
- 4) Jinji, T. & Sakurai, S. Direction of Spin Axis and Spin Rate of the Pitched baseball. *Sports Biomechanics* **5**, 197-214 (2006)

野球打撃時の視覚情報とインパクト位置の正確さ

樋口貴俊^{1,2}, 永見智行¹, 彼末一之¹

¹早稲田大学スポーツ科学学術院, ²日本学術振興会特別研究員(PD)

本研究では、熟練した野球打者が投球を打つ際の視覚情報の有用性について検証した。大学野球打者 10 名にピッチングマシンから投げられた直球を試合同様に打たせ、2 台の高速カメラで撮影したインパクト時の画像をもとにインパクト位置を算出し、打撃の正確さを測定した。投球を目視できる時間を調節するために電子制御でレンズが不透明な状態に切り替わるゴーグルを被験者に装着させた。全 36 回の打撃試行のうち、①ボール投射後 150 ミリ秒 (ms) の時点からインパクトまで視界が遮蔽される試行、②ボール投射後 300ms の時点からインパクトまで視界が遮蔽される試行、③視界を遮蔽しない試行、各 12 試行をランダムな順番で行わせた。その結果、①条件の鉛直方向のインパクトのズレは③条件よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。よって、インパクト約 150ms 前以降の投球飛翔軌道に関する視覚情報よりもボールリリース直後の視覚情報が打撃の正確さに大きく貢献することが示唆された。

キーワード : ベースボール, バッティング, 視界遮蔽, バットコントロール

1. はじめに

野球打撃では、投球を視認し投球が到達する時間と場所を正確に予測し、さらにその時間と場所へバットを正確に振ることによりボールを高い確率でバットの芯でとらえることができる^{1,2}。このような知覚と運動の協応は“perception-action coupling”と呼ばれ、打撃成功のカギを握る³。よって、優れた打撃パフォーマンスを実現させる要因の一つとして投球に関する視覚情報の取得と処理も含まれると考えられる。しかし、ヒトの視認能力や反応時間の限界を考慮すると、ボールリリースからインパクトまでの全ての投球飛翔軌道の情報を打撃に反映させることは不可能なはずである。そこで本研究では、投球を目視できる時間とインパクト位置の正確さの関係から、いつの視覚情報が正確な打撃に重要であるかを検証した。

2. 方法

大学野球打者 10 名 (右打者 5 名, 左打者 5 名) を対象に、ピッチングマシンから投げられた約 145km/時の直球を試合同様に打つ課題を行わせた。その際、投球を目視できる時間を調節するために、

透明なレンズ部分を電子制御で不透明に変化させることができるゴーグル (PLATO, Translucent Technologies 社) (図 1) を被験者に装着させた。

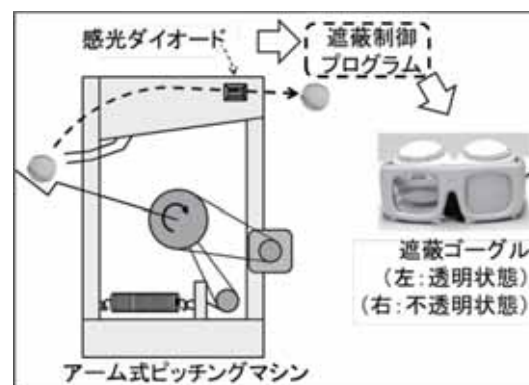


図 1. 視界遮蔽装置

視界遮蔽のタイミングは、1) ボール投射後 150 ミリ秒 (ms) の時点からインパクトまで (R+150)、2) ボール投射後 300ms の時点からインパクトまで (R+300)、3) 遮蔽なし (NO)、の 3 種類とし、ランダムな順に各 12 試行、合計 36 試行の実打を行わせた。各試行の投球到達位置の高さをランダムに変えるために、ピッチングマシンの投球投射角度を 1 球毎に変えてボールを投射した。視界が遮蔽された状態で打撃を行う打者の安全性を考慮し、投球コースはアウトコース (打者から見てホームプレート中央よりも遠くへボールが通過するコース)、ボールは

ポリウレタンボール（2ON-580，ミズノ社，重量:125g）を使用した。打者の斜め前方と斜め後方に設置した高速度カメラ（Trouble Shooter，Fastec社，撮影速度:1000Hz，露光時間:1/10000 秒）を用いてインパクト位置を撮影した。ボールとバットが接触したことが確認できるフレームの1フレーム前を分析対象フレームとして，バット先端およびバットグリップ付近に取り付けたマーカーをデジタル化し，バット芯（バットヘッド先端からグリップ方向へ0.15mの点）に対するボール中心位置を動作解析ソフト(Frame DiasIV，DKH社）を用いて算出した。

3. 結果

各被験者の全36試行における鉛直方向の投球到達位置（投球の高さ）のばらつき（標準偏差値）の平均値は75.1mmで，野球ボールやバットの直径よりもやや大きかった。各遮蔽条件（R+150，R+300，NO）におけるインパクト時のバット芯とボール中心のバット短軸方向の距離の平均値（±標準偏差値）はそれぞれ， 38.1 ± 17.6 mm， 25.9 ± 8.6 mm， 23.9 ± 6.5 mmで，R+150条件の鉛直方向のインパクトのズレはNO条件よりも有意に大きかった（ $p < 0.05$ ）

（図2）

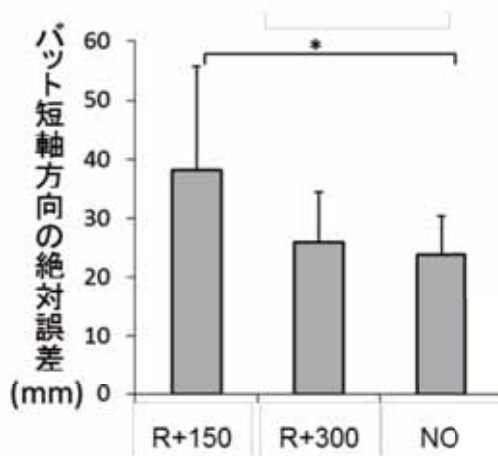


図2. バット短軸方向のインパクト誤差

また，各被験者の各遮蔽条件における鉛直方向のインパクトのばらつき（標準偏差値）の平均値（±標準偏差値）はそれぞれ， 29.0 ± 7.8 mm， 19.4 ± 4.6 mm， 19.2 ± 4.8 mmで，R+150条件の鉛直方向のインパクトのばらつきはR+300条件およびNO条件よ

りも有意に大きかった（ $p < 0.05$ ）。

4. 考察

R+300とNOの条件間でインパクト距離に違いが認められなかったことから，インパクト約150ms前以降の視覚情報はインパクト距離縮小には大きく貢献しないことが明らかとなった。視覚刺激が呈示されてから動作が起こるまでの遅延は，単純な課題で100ms以上⁴⁾，複雑な課題で200ms以上⁵⁾という報告があることから，スイング初期⁶⁾の時点で得られた視覚情報を基にバットスイングを修正できる時間は極めて短いと考えられる。また，投球飛翔軌道のおよそ1/3程度しか視認できないR+150条件でもインパクト位置のズレは野球ボール1個分よりも小さかったことから（図3），大学野球打者は投球直後の視覚情報のみでボールとバットを接触させることが可能であることが示唆された。クリケットの打撃においても，ボールリリースまでの視覚情報のみでも約6割の試行で打者はボールを打つことができていた⁷⁾。本研究の結果より，ボールリリース直後の投球飛翔軌道に関する視覚情報が打撃の正確さに大きく貢献することが示唆された。

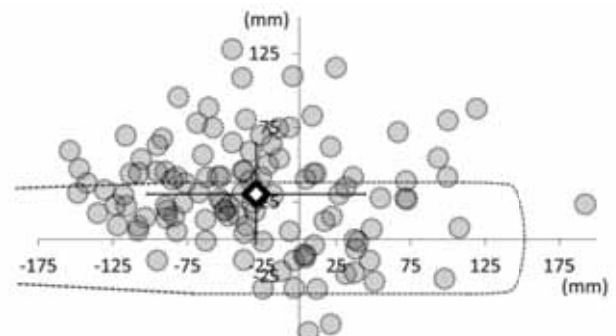


図3. NO条件でのインパクト位置

文献

- 1) Higuchi T et al. The Effects of Fastball Backspin Rate on Baseball Hitting Accuracy. *J Appl Biomech.* 2013; 29, 279-284.
- 2) Higuchi T et al. Disturbance in Hitting Accuracy by Professional and College Baseball Players Due to Intentional

- Change of Target Position. *Percept Motor Skills*. 2013; 116(2), 627-639.
- 3) Ranganathan R & Carlton LG. Perception- Action Coupling and Anticipatory Performance in Baseball Batting. *J Motor Behavior*. 2007; 39(5): 369-380
 - 4) Day BL & Lyon LN. Voluntary modification of automatic arm movements evoked by motion of a visual target. *Exp Brain Res*. 2000; 130: 159-168.
 - 5) Engel KC & Soechting JF. Manual Tracking in Two Dimensions. *J Neurophysiol*. 2000; 83: 3483-3496.
 - 6) Shaffer B et al. Baseball batting. An electromyographic study. *Clin Orthop Relat Res*. 1993; 292:285-289.
 - 7) Müller S & Abernethy B. Batting with occluded vision: an in situ examination of the information pick-up and interceptive skills of high- and low-skilled cricket batsmen. *J Sci Med Sport*. 2006; 9(6): 446-58.

野球打撃動作のキネティクスの分析

～測定方法および打点高条件について～

阿江数通¹, 小池関也²

¹筑波大学大学院人間総合科学研究科, ²筑波大学体育系

本発表では, 力検出型センサー・バットを用いて, 異なる打点高条件に対応するための左右各手のキネティクスの特徴を紹介することを目的とした. 硬式野球部員 23 名を被験者として, 3 種類のボール高さ (真ん中, 高め, 低め) に設定したティー打撃を行わせた. そして, 異なる打点高に対応するための左右各手のキネティクスの変量を評価可能なバット移動座標系を定義して分析を行った. その結果, 異なる打点高への対応には, 主にノブ側 (グリップエンド側) 手のバット長軸力の鉛直成分により, ダウン・スウィング局面においてバット重心を鉛直方向に並進運動させることに加えて, バット起し倒し軸まわりの作用モーメント, ならびにこの軸まわりのモーメントとして作用する左右各手の偶力成分によりバットの倒れ込みによる回転運動を抑制していることが明らかとなった.

キーワード: バット作用力・作用モーメント, センサー・バット, バット移動座標系

1. はじめに

野球の打撃動作において打者には, 投球されたボールをバットのボール打撃部によって正確にミートすること, バット・ヘッドスピードを高めて, 強い打球を得ることが要求される. このときバット操作は, 左右各手の作用力および作用モーメントによって主に行なわれていることから, これらの運動課題の達成あるいは改善のためには, 動きの生成要因となる左右各手のキネティクスの変量について検討を行うことが有効となる. ここで, 野球打撃動作の特徴として, 左右上肢およびバットにより機構的な閉ループ系が構成され, 力およびモーメントに対する冗長系となるために, 動作データのみから左右各手のキネティクスの変量を得ることはできないことが挙げられる.

他方, 実際の試合において投手は, 打者にボールコースの予測を困難にさせ, 打撃の成功率を低下させるために, 様々なコースに投球を行う. このため, 異なるコースを想定したティー打撃動作のキネマティクスの分析によって, 打点高の違いには, 四肢関節角の調整が優先されるとの知見が報告されている¹⁾. しかし, 上述したように左右上肢の閉ループ問題が存在することから, その際の左右各手におけるキ

ネティクスの特徴については検討されていない.

そこで本稿では, 力検出型センサー・バット²⁾を用いて, 異なる打点高の違いに対応するための左右各手のキネティクスの特徴を明らかにした著者らの研究³⁾の一部について紹介する.

2. 方法

2.1 被験者およびスウィング実験

硬式野球部員 23 名 (身長; 1.74 ± 0.04 m, 体重; 74.1 ± 6.2 kg, 競技歴; 12.0 ± 2.1 年, 右打; 11 名, 左打; 12 名) を被験者として, 3 種類のボール高さ (高め, 真中, 低め) に設定したティー打撃を行わせた. 座標データについては, 身体分析部位 (47 点) およびセンサー・バット部位 (6 点) に反射マーカーを貼付し, VICON (12 台, 250Hz) によって検出した.

2.2 各手のバット作用力・作用モーメントの計測²⁾

センサー・バット (ひずみゲージ: 曲げ×8 組, 圧縮・引張り×2 組, ねじり×2 組, 1000Hz) を用いて, 分析試技におけるひずみ信号 (電圧変換) を計測した. そして, 力とモーメントの釣り合い式を用いて, 左右各手のバット作用力および作用モー

ントを算出した。

3. 結果および考察

Fig. 1に、フォワード・スウィング期のバット移動座標系における左右各手のバット作用力 (Y_{bat} 軸, Z_{bat} 軸) および作用モーメント (X_{bat} 軸) を示す。

まず, Y_{bat} 軸成分について、左右各手ともにほぼ正值を示し、特にノブ側手は 80%以降に大きな力を作用させていた。このノブ側手では、特に 80%以降において打点が低い程、その値は顕著に大きかった。

つぎに, Z_{bat} 軸成分について、0%から 80%付近までバレル側手が正值、ノブ側手が負値を示していた。打点高による違いについては、打点が高い程、ピークの大きさが小さく、その発生タイミングは早くなっていた。そして、左右各手ともに 60%以降からインパクトにかけて、両手による偶力成分がその値の大半を占め、各打点高間において差がみられた。

最後に, X_{bat} 軸まわり成分について、バレル側手は 0%から 60%付近に小さな負値を示し、これ以降、若干ではあるものの正值を示し、インパクトでは再び負値を示した。ノブ側手はスウィング開始から正值

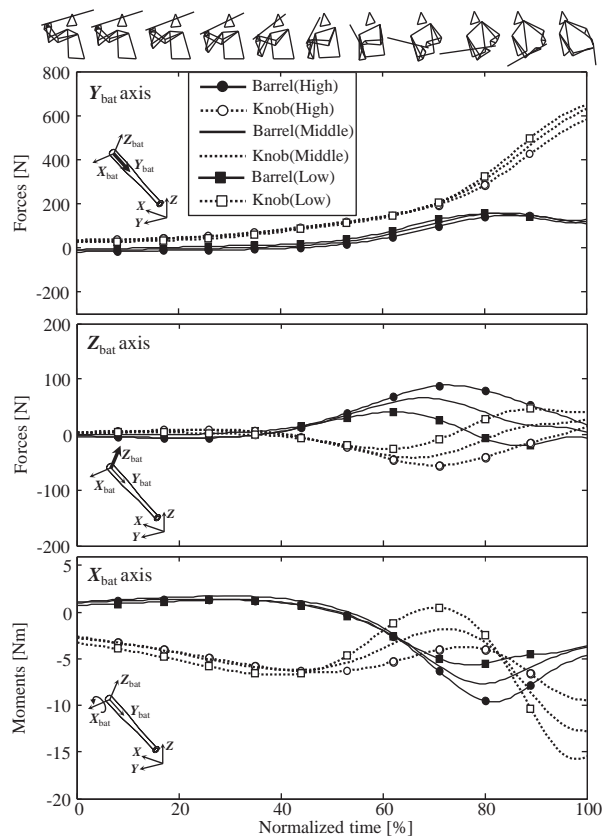


Fig. 1 Curves of the mean forces (Y_{bat} , Z_{bat}) and moments (X_{bat}) expressed by the moving bat coordinate system in the forward swing motion under hitting-point height conditions (High, Middle and Low).

を示し、80%付近以降から負値を示しながら、インパクトを迎えていた。そして、ノブ側手では 50%から 60%にかけて、バレル側手では 60%から 80%にかけて、打点高間に差がみられた。

また、図については割愛しているが、バット長軸力 (Y_{bat} 軸) の鉛直成分による仕事において、0%から 80% (ダウン・スウィング局面) では、ノブ側手によって大きな正仕事が発揮され、その値は打点が低い程、顕著に大きかった。 X_{bat} 軸まわり成分の作用モーメントによる仕事において、手の左右および局面に関わらず、打点が低い程、負仕事が大きかった。

以上の結果から、異なる打点高への対応には、主にノブ側手のバット長軸力の鉛直成分により、ダウン・スウィング局面においてバット重心を鉛直方向に並進運動させることに加えて、バット起し倒し軸まわりの作用モーメント、ならびにこの軸まわりのモーメントとして作用する左右各手の偶力成分によりバットの倒れ込みによる回転運動を抑制させることに寄与していると考えられる。

5. まとめ

本発表では、力検出型センサー・バットを用いて明らかとなった、異なる打点高に対応するための左右各手のキネティクスの特徴について紹介した。

その特徴として、バット長軸のバット長軸力の鉛直成分、バット起し倒し軸まわりの作用モーメント、ならびにこの軸まわりのモーメントとして作用する左右各手の偶力成分が異なる打点高への対応に寄与していた。

文献

- 1) 田子孝仁ら. 野球における打撃ポイントの高さが打撃動作に及ぼす影響. バイオメカニクス研究 10(1), 2-13(2006).
- 2) 小池関也. 力覚検出型センサーバットの開発. 機能材料 30(8), 13-17(2010).
- 3) 阿江数通ら. 打点高の異なる野球ティー打撃動作における左右各手のキネティクスの分析. バイオメカニクス研究 17(1), 2-14(2013).

第1回野球科学研究会アンケート結果

那須大毅, 松尾知之

大阪大学大学院医学系研究科

第1回野球科学研究会では、研究会の感想や今後の方向性に関する意見などを知るために「研究会に関するアンケート調査」を実施した（日時：2013年8月27日、場所：びわこ成蹊スポーツ大学、有効回答数：75名）。現場の指導者やトレーナーも巻き込んで大きな学会にしていくべきとの意見が多数を占めたが、研究者に絞って規模の小さな研究会にすべきという意見も少なからずあった。いずれにしても、今後、密な議論を重ねて、学会の目的や方向性を明確にしていく必要がある。

1. 質問項目

質問内容は、以下の12項目であった。1. ご職業は？（複数回答可） 2. 年齢は？ 3. 研究会の開催時期は？（複数回答可） 4. 研究会の頻度は？ 5. 研究会の日数は？ 6. 研究会で発表したいか？ 7. 研究会で機関誌を発行すべきか？ 8. 機関誌を発行した場合、投稿するか？ 9. 学会への移行に関して自分の意思に近いものは？ 10. 設立当初からできるだけ多くの学問分野や職種（研究者、指導者、管理運営者、トレーナー等）を網羅した学会にすべきか？ 11. 研究発表の場以外の活動として実施して欲しいことは？ 12. その他（本会に期待すること、ご要望など）

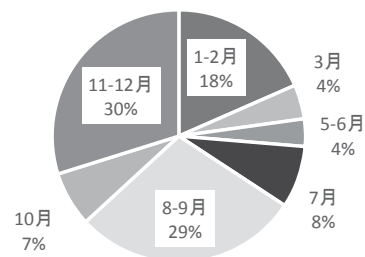
2. 参加者について（問1-2）

参加者の職業は、研究者が32%、学生・大学院生が35%であり、研究関連の参加者が多数を占めた。それに対して、指導者やトレーナー、教員は18%、医師・理学療法士が9%であった。その他、用具メーカー等からの参加者も数名みられた。年齢は、20代が43%、30代が29%と若手が多数を占めた。40代が21%、50歳以上は7%であった。

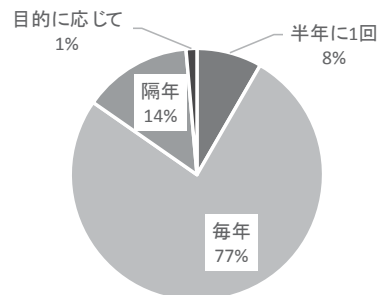
3. 研究会の開催について（問3-5, 図1）

開催時期については、現場のシーズンオフにあたる11-2月が最も多く、次いで、夏休み期間中である8-9月が多かった。

Q3 :研究会の時期



Q4 :研究会の頻度



Q5 :研究会の日数

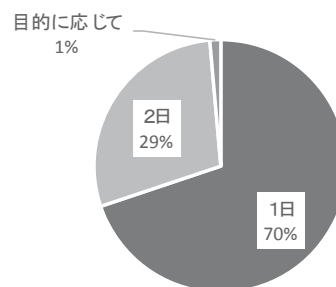


図1 研究会の開催について

4. 発表および機関誌について（問 6-8, 図 2）

「研究会で発表したいか？」との問に対して、毎回あるいは出来るだけ発表したいと答えたものが多数であった。機関誌への投稿についても、投稿の上位候補と答えたものが多かった。

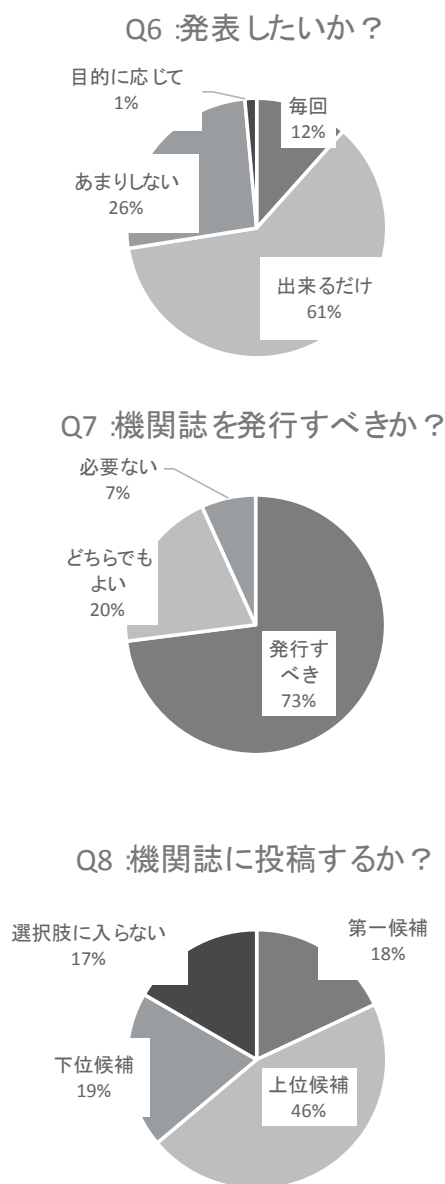


図 2 発表および機関誌について

5. 研究会の今後について（問 9-10, 図 3）

学会への移行については、なるべく早くあるいは条件を整えてから移行すべきと答えたものが多かった。条件を整えてからと答えたものの意見として、「会員数が増えてから」「学会の方向性を明確にして

から」「研究者や指導者、医療者などの要望を明確にしてから」「協会や連盟などとの連携を固めてから」などがあつた。

「多くの学問分野や職種を網羅すべきか？」との問に対しては、賛同者は受け入れて大きな学会にすべきとの意見が多数であった。「練習方法の効果等を発表できる場として、指導者を巻き込んだ内容にすべき」との意見がある一方で、「最初の段階では、研究者に限定すべき」との意見もみられた。

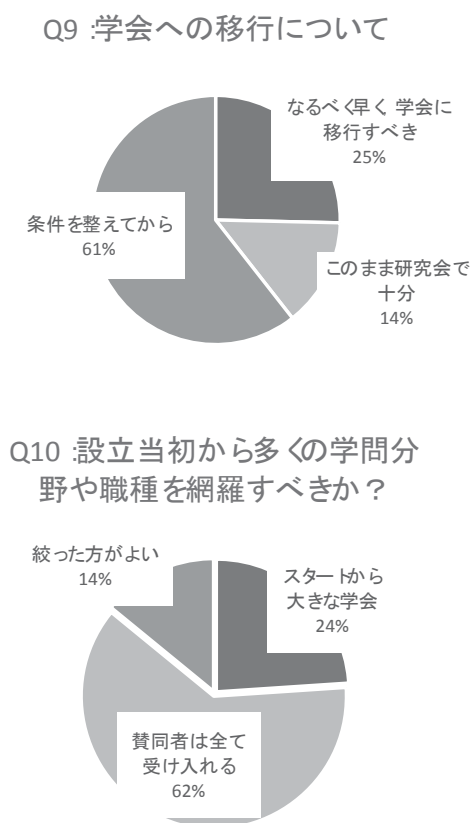


図 3 研究会の今後について

6. 研究会への要望など（問 11-12）

研究発表以外の活動については、「実技講習会」「指導書作成」「ライセンス制度の促進」「研究と現場との議論の場」を期待する声が多数あつた。その他、「研究プロジェクトの統括」「野球連盟の外部諮問機関」「Webを使用した情報発信」などの意見もあつた。

その他要望では、「現場指導者やプロ選手の講演」「ソフトボール、ティーボール、クリケットなども含むべきでは？」などの意見がみられた。

編集後記

日本野球研究会の第1回研究大会の報告集をお届けします。研究大会の際にも思いましたが、報告集を眺めてみて、改めて発表者の研究内容の充実さを感じることができました。発表者の皆様、どうも有難うございました。

さて、記念すべき第1回研究大会でありましたが、まだ何も決まっていない手探り状態の1回目でありました。この報告集の編集段階で、ようやく会則、会費規程、役員選挙規則の原案が固まりました。今後、機関誌の発行に向けて、投稿規程なども整備していきます。来年度からは、より幅広い領域から、よりオープンに参加可能で、より地盤のしっかりした研究会の運営を目指して、その基盤作りに鋭意努力していきます。しかしながら、研究会の発展は何よりも会員の皆様の活発な意見交換から生まれるものです。野球界の健全な発展のため、将来の野球界のために何が必要なのかを見据えながら、共に研究会を発展させていきましょう。

松尾 知之（大阪大学）

世話人

川村 卓（筑波大学）、桜井伸二（中京大学）、中本浩揮（鹿屋体育大学）、
平野裕一（国立スポーツ科学センター）、前田 明（鹿屋体育大学）、松尾知之
（大阪大学）、宮下浩二（中部大学）、宮西智久（仙台大学）、矢内利政（早稲田大学）
（以上、五十音順）

日本野球科学研究会第1回大会報告集 2014年2月15日発行

編集者 松尾知之 宮西智久

発行所 日本野球科学研究会事務局

〒989-1693 宮城県柴田郡柴田町船岡南二丁目 2-18

仙台大学 スポーツバイオメカニクス研究室内

TEL・FAX 0224-55-4089

E-mail: baseball.science2013@gmail.com

印刷所 株式会社 伊藤印刷 船岡工場

〒989-1622 宮城県柴田郡柴田町西船岡二丁目 8-4

TEL 0224-58-1105 FAX 0224-58-1107