

東京体育学会第11回学会大会

誌上発表抄録

## 木製スポーツフロアの環境特性と床板剥離の防止策

野川 春夫 (順天堂大学)

工藤 康宏 (順天堂大学)

松本 眞一 (一社) 生涯スポーツ社会創成研究所

中川 竜太 (株) 染野製作所

キーワード：木製スポーツフロア、床板剥離、防止策

### 【背景・目的】

2017年6月8日に発生したナショナルトレセン(以下、NTC)の共用体育館における床板剥離事故は、改修(2010年2月～3月)とメンテナンスが行き届いているはずのNTCにおいて発生したことから、スポーツ関係者に大きな衝撃を与えた。特に、消費者庁とスポーツ庁の連発「体育館の床板の剥離による負傷事故の防止について」にもかかわらず、経年劣化に加え性能劣化による新たな剥離事故が発生している。

表1 共用体育館における床板剥離事故

発生年	竣工・全面/部分改修から事故発生までの年数	スポーツ種目	状況	負傷部位	入院日数
2006年	高校体育館 16年	バレーボール	レシーブ練習中	胸部	1週間から10日程度
2011年	中学体育館 8年	バレーボール	練習中	胸部	7日間
2012年	中学体育館 不明	バレーボール	レシーブ練習中	不明	不明
2013年	公立体育館 2年	バレーボール	レシーブ練習中	胸部(内臓損傷)	27日間
2013年	中学体育館 26年	バレーボール	練習中	胸部	4日間
2014年	公立体育館 31年	バレーボール	レシーブ練習中	胸部	12日間
2015年	大学講堂 25年	フットサル	練習中	背中(内臓損傷)	24日間
2017年	NTC 7年	バレーボール	レシーブ練習中	大腿部	全治1か月
2019年	公共体育館 13年	フットサル	スライディング	臀部	8日間
2019年	公共体育館 17年	バレーボール	レシーブ練習中	大腿部	不明
不明	中学体育館 7年	バレーボール	レシーブ練習中	大腿部から下肢	不明

公立学校を含む全国約34,000の体育館の多くが築30年以上の共用体育館だが、自治体の財源不足からメンテナンスが疎かになっており、床板剥離のメカニズムと木製疲労の点検法を明らかにすることは喫緊の課題である。しかしながら体育・スポーツの指導者の多くは、体育館の維持管理に関する関心・知識は非常に低いため、床板剥離につながる瑕疵(ひび割れ、打痕、ささくれ等)の種類と防止策についての最新情報を提供する。

### 【方法】

本研究チームの実態調査、スポーツフロア専門会社による科学的な縦断調査結果、スポーツ庁公表の事故調査結果、および専門誌の情報等を収集分析した。木製フロアへの衝撃度解明のための衝撃度実験方法を模索したが未実施。

### 【主な結果】

床板剥離の原因は以下の点が明らかになった。

- ① バレーボールのフライングレシーブ時やフットサル等のスライディング時(動体方向の衝撃)に発生する。
- ② 従来の保守点検法(目視、感触、打音)では、床板剥離の予兆発見は極めて難しい。
- ③ 木製床の環境特性(施設内外の湿度・温度・乾燥度)が剥離に密接な関係がある。
- ④ 木製床サーフェスの塗膜用のウレタン塗料との関連性。
- ⑤ 水拭き・ワックス掛けや粘着力の強いビニールテープの使用等の誤った維持管理。

### 【考察】

床板剥離の原因を「水」、「過乾燥」、「過荷重による下地の損傷」と木村駿(2019)は報告しているが、消費者庁の消費者安全調査委員会の報告(2017)と同様、原因の特定には至っていない。

また、環境特性については縦断的、客観的データの蓄積が不足しており、現時点では経年劣化と性能劣化の関連を特定できる裏付けが揃っていない。

### 【結論】

専門家の目視と感触でも剥離の予兆発見は極めて困難なため、先端技術(AI等)を駆使した剥離の感知方法と診断方法の確立が急務である。

### 【文献】

1. 木村駿 体育館のフローリングが凶器に  
日経 x TECH / 日経アーキテクチャ  
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/mag/na/18/00062/052000001/> 2020.09/22 閲覧
2. 自治体通信Online 体育館床のメンテナンスに不適切な、水拭きワックス掛けを行っていませんか?  
[www.jt-tsushin.jp/interview/jt24\\_griprip/](http://www.jt-tsushin.jp/interview/jt24_griprip/)
3. 文部科学省・スポーツ庁(2018) 体育館の床板の剥離による負傷事故の防止対策に関する取組状況調査  
[www.mext.go.jp/prev.../b.../1410416\\_03.pdf](http://www.mext.go.jp/prev.../b.../1410416_03.pdf)

# 理工系大学バスケットボール授業における傷害に関する一考察

土肥 啓一郎 (工学院大学 教育推進機構 保健体育科)

キーワード：バスケットボール、安全管理、発生率

## 【背景・目的】

学校体育におけるスポーツ事故・傷害に関する調査は、これまで義務教育(小・中学校)において多数実施されてきたが、大学生に関する先行研究はいまだ少ない(1,2)。そこで本研究においては、教育現場における怪我の防止と安全性の向上を目的としてK大学バスケットボール授業中に発生した傷害について分析・調査した。

## 【方法】

対象は2015年から2019年までK大学「身体運動・科学演習」(1年生必修科目)および「生涯スポーツ」(2~4年生選択科目)を受講した1,257名とした(表1)。また同じ教員(1名)が本研究における全授業を担当した。傷害に関するデータは、K大学保健体育科教員室にて管理されている「事故報告ノート」から抽出した(担当教員が授業中に発生した事故・傷害を記録)。

## 【結果】

傷害の発生件数および発生率は、2015年が最も高く(25件, 0.69%)、その後は2017年にかけて減少傾向を示した(3件, 0.17%)。そして2018年には増加したが(14件, 0.53%)、2019年においては再び減少した(8件, 0.31%)。傷害の種類については、捻挫(手指)が最も発生件数が高く(27件)。第2位は捻挫(足関節)(11件)であった。

## 【考察】

2015年の傷害(発生件数・発生率)が高い値を示したため2016年からは傷害予防の試みを積極的に実施した(十分な準備運動、「安全の手引き」資料配布、「手のひらを広げてボールをキャッチ」等の指示の徹底等)。特にセルフジャッジルールが効果的であった。試合中は各学生がプレーヤーであると同時に審判となり、自身のプレーに対しても反則をすれば手を挙げてルールに従った。学生はセルフジャッジにより審判やルールおよびチームの仲間の大切さを理解したと考えられる。また2019年には体育館にエアコンが設置された。今後冬場における傷害予防が期待できる。

## 【結論】

K大学バスケットボール授業中に発生した傷害については捻挫(手指、足関節)が高い値を示した。傷害予防のためには準備運動やセルフジャッジルールおよびお互いを思いやることの大切さを気づかせることが有効であると示唆された。

表1 K大学バスケットボール授業中に発生した傷害(2015-2019年)

	2015	2016	2017	2018	2019	計
骨折(手指)	1				2	3
骨折(足部)				2		2
脱臼(手指)	1					1
捻挫(手指)	8	7	3	6	3	27
捻挫(足関節)	3	3		4	1	11
捻挫(膝関節)	1	1				2
打撲(頭部・顔面)	1	8				9
打撲(膝関節)				1		1
打撲(腹部)		1				1
切傷・擦傷	8					8
その他	2	1		1	2	6
合計	25	21	3	14	8	71
受講生数	321	309	156	239	232	1257
傷害発生率(%)	0.69	0.60	0.17	0.53	0.31	0.50
傷害発生率=(傷害件数)/(受講生数×授業回数)						

## 【文献】

1. 藤高ほか, 日本臨床スポーツ医学会誌, 18-2, 2010.
2. 土肥啓一郎, 工学院大学研究論叢, 53-2, 2016.

# バドミントン競技におけるサイドアウト率・ブレイク率に関する考察

林 直樹 (仙台大学)

キーワード：バドミントン、情報戦略活動、SO率・BP率

## 【背景・目的】

バドミントンと同じネット型競技であるバレーボールにおいては「アナリスト」がチームに常駐し、ベンチのコーチングスタッフが所持するモバイル端末にデータを送るような役割を担っている。情報については細分化されており、一般化もされている。バドミントンにおいては競技区域へのモバイル端末の持ち込みが禁止されていることから、バレーボールと同様の情報戦略活動を行うことはできないが、同様の情報を用いてゲーム分析を行うことは大いに意義があると思われる。

そこで本研究は、バレーボールにおいて重視されているサイドアウト率（以下、SO率）とブレイク率（以下、BP率）に注目し、バドミントンのゲーム分析に用いて、有効なスタッツとして扱えるのか検証することを目的とした。

## 【方法】

対象試合はBadminton of World Federation (BWF) TourFinal2019であり、女子シングルス予選5試合、決勝トーナメント2試合の合計7試合であった。

Microsoft社製ExcelのVisual Basic機能を用いて、スコアとともにSO機会・BP機会とそれぞれのラリー獲得・喪失について入力し、それぞれの獲得回数/機会からSO率、BP率を算出した。

上記の7試合17ゲームをゲーム取得サイド（以下、Win）とゲーム喪失サイド（以下、Lose）に分類し、SO率・BP率を比較した。

## 【結果】

SO率は、Winが61.3%に対して、Loseは42.8%であった（表1）。BP率は、Winが57.5%に対して、Loseは38.7%であった（表2）。

ラリー獲得総数のSOとBPの割合は、Winでは44.9% : 55.1%となり、Loseでは59.1% : 40.9%であった（図1）。

表1 WinとLoseにおけるSO率の比較

	SO 機会	獲得	SO 率
Win	266	163	61.3%
Lose	348	149	42.8%

表2 WinとLoseにおけるBP率の比較

	BP 機会	獲得	BP 率
Win	348	200	57.5%
Lose	266	103	38.7%

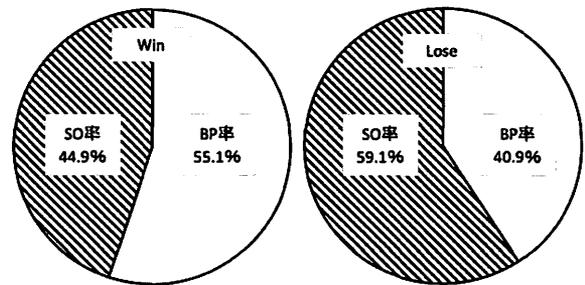


図1 SO・BPのラリー獲得の割合 (WinとLose)

## 【考察】

バレーボールにおいては、レシービングサイドが圧倒的に有利であることからSO率を重視している。バドミントンもサービングサイドが不利になるのだが、WinにおけるSO率、BP率は共に高いことから、バレーボールよりはサービングサイドとレシービングサイドの有利不利は明確ではないと考えられる。また、ラリー獲得におけるSOとBPの割合をみるとWinにおいてはBPが高く、LoseにおいてはSOが高くなった。このことから、バドミントンは以前から言われているサービングサイドでポイントを重ねていくという考え方が実際の得点状況にも適合していると考えられる。

BP率・SO率ともに60%を目標にすること、BP機会において多くラリー獲得をしていくことが重要なことから、スタッツとしては有効であると考えられる。

# バドミントン・男子シングルスにおける失点ケースからの戦術戦略分析 ——世界ランキング1位・桃田賢斗選手のゲーム分析——

清野 祐介 (仙台大学)

林 直樹 (仙台大学)

キーワード：バドミントン、戦術戦略分析、失点ケース

## 【背景・目的】

日本のバドミントン競技力は非常に高く、2019年現在のBadminton of World Federation (BWF) 世界ランキングでは男子シングルス、女子ダブルスにおいて1位を維持している。

本研究は、男子シングルス世界ランキング1位・桃田賢斗の失点ケースを抽出し、相手の戦術・戦略を見出すこと、その情報をコーチングへ活かすことを目的とした。

## 【方法】

BWFワールドツアー 2019男子シングルス世界ランキング1位の桃田賢斗(表1)は、国内外合わせて2019年シーズンは73戦67勝6敗であった。この6敗のうち、対象試合として無作為で1試合を抽出した(対アントンセン、以下A)。

林の方法[1]を用いて球種、エース、エラーを記号化し、各ラリーの結末をスコアとともに記録した。更に「どこからどこへ配球したか」を記すためにコート上の位置を9区画に分割して記号化した。コートを前後方向にrear/mid/front、左右方向にright/center/leftと9区画に分割し、その区画のどこからどこへ配球したかを映像から判断して全ストロークを記録した。

## 【結果および考察】

桃田が右フロントから打ったロブは39本中、ストレートが12本であり、そのうち4本(33.3%)でスマッシュエースを獲られていた。一般的にとびつきのスマッシュが打たれにくいコースに低めのアタックロブを配球して次の攻撃へ繋げようとする桃田の意図をAは狙っていたと考えられる。バドミントンの鉄則である「より早く」、「より高く」、「より前で」ということにおいては「より早く」、「より前で」に相当し、情報戦略やコーチングの際にも非常に大切だと言える。また、Aは試合中に、通常のレシーブポジションよりも前寄りにポジションを置く場面が見られた。これは桃田がネット前へ打つ球に対して、より早いタッチで触ることにより、ラリーを有利に展開しようとしている意図がうかがえる。これは桃田がフロントコートへの配球が多いことも関与していると思われる。桃田はAとの試合において全打球の55.4%をフロントコートへ返球していた。

桃田の配球傾向からAは有利に展開できるよう戦術を立てたと考えられる。また、Aとの試合において桃田の総失点に対するヘアピンのエラー率は10.7%であった。割合という観点で観ると他の勝ち試合との差は見られないが、「数」に注目すると桃田はAとの試合において6本のヘアピンエラーをしている(比較した勝ち試合では2本)。桃田の得意なヘアピンショットのエラーの「数」が勝ち負けに影響を与えている可能性が挙げられる。自身のエラーは相手の得点であるため、コーチングの際にも「数」を意識することは非常に大切だと言える。

上記のとおり、3つの失点ケースが見られた。この3点には、Aの攻撃への意識が共通点として挙げられる。守備においても「攻撃的守備」陣形を駆使し、相手の得意ショットにも立ち向かっている。「攻撃は最大の防御」という言葉があるとおおり、「攻撃」への意識付けはコーチングにおいても重要なことと示唆できる。このようなことから、情報から相手のウィークポイントや自分のストロングポイントを考え、戦術を見出すことには意義があると考えられた。

## 【文献】

1. 林, 流通経済大学スポーツ健康科学部紀要, Vol8, 2008.

## バドミントン女子ダブルスにおけるレシーブプレーに関する一考察

松田ほのか (仙台大学)

林 直樹 (仙台大学)

キーワード：バドミントン、女子ダブルス、レシーブ

### 【背景・目的】

近年、バドミントン競技において日本はワールドツアーや世界選手権、オリンピックなどの国際大会でめざましい活躍をしている。その中でも女子ダブルスでは2019年3月時点で世界ランキング上位を独占し、国際的にも非常に高い競技力を持っていると言える。そのため競技力向上やコーチングのために女子ダブルスを分析して参考にすることは有益である。そこで本研究は、高橋礼華/松友美佐紀(日本ユニシス)、福島由紀/廣田彩花(アメリカンバドミントン協会)のスマッシュレシーブのコースを分析し、競技力向上とコーチングの一助になることを目的とした。

### 【方法】

高橋/松友、福島/廣田のスマッシュレシーブと、スライズ、ネット、ブロックショットに対するレシーブのコースを、左右方向にクロス、ストレート、前後方向にRear, Mid, Frontと6分割し、分析を行った。対象試合は2019年BWFスーパーシリーズにおけるそれぞれ4試合を無作為抽出した。

### 【結果および考察】

スマッシュレシーブにおいては、後衛プレーヤーである高橋と福島は50%以上をクロスへ返球していた(表1)。これはクロスに打つことによって前衛プレーヤーであるパートナーにシャトルを集め、攻撃の形を作ろうとしていると考えられる。また、前衛プレーヤーである松友と廣田はストレートへの配球が50%以上であった(表1)。松友はFrontに多く配球することによって自分が前に出ようとしていると考えられる(表2)。相手から打たれたスマッシュを前に出るためにより前でレシーブシャトルをとらえレシーブを行うことで相手の前衛の攻撃のタイミングよりも速くレシーブしている。そのため相手の前衛は下で取らざるを得なくなっていると考えられる。廣田はMidへ攻撃的なドライブを打つことによって前に出ていると考えられる(表2)。シャトルを前でとらえ攻撃的な速いレシーブを行うことで相手の前衛を抜き、ネットよりも下の位置で後衛に捉えるようにしていると考えられる。

表1 スマッシュレシーブ左右方向のコース割合  
(①クロス, ②ストレート, 単位: %)

	高橋	松友	福島	廣田
①	58.5 ± 6.6	26.8 ± 5.1	48.9 ± 12.3	39.2 ± 11.8
②	41.5 ± 6.6	73.2 ± 5.2	51.1 ± 12.4	60.8 ± 11.8

表2 スマッシュレシーブの前後方向のコース割合  
(①Rear, ②Mid, ③Front, 単位: %)

	高橋	松友	福島	廣田
①	51.7 ± 7.8	31.2 ± 6.1	50.0 ± 15.3	28.0 ± 12.8
②	35.6 ± 7.6	38.4 ± 3.9	28.1 ± 10.5	47.6 ± 12.5
③	12.7 ± 7.6	38.4 ± 3.9	21.9 ± 6.4	24.3 ± 21.7

これらのことを県中堅レベルの高校生に指導する際には、スマッシュをクロスレシーブするラケットワークの技術がないことや、タイミングをとることができないこと、体の使い方を理解していないといったことが考えられる。そのため、ノック練習によって、クロスに返す際に必要であるラケットワークや体の向き、打点位置の修得を第一に目指し、その後パターン練習へと推移し、最終的にはゲーム練習を行い、積極的に活用できるようにするという練習の流れが考えられた。

## バドミントン競技における、情報の活用方法と、アナリストの必要性

須田 翔大 (仙台大学)

林 直樹 (仙台大学)

キーワード：バドミントン、情報戦略、アナリスト

### 【背景・目的】

スポーツ情報戦略は客観的データに基づき戦略を構築していくものである。しかし、バレーボールやアメリカンフットボールと比較すると、まだまだ一般的とは言えない。本研究は、バドミントン競技において、情報をコーチングに活用することの有効性の研究と、示唆を目的とした。

### 【方法】

BWFワールドツアーファイナル2019における、奥原希望選手(日本)対TAI.T.Y選手(台湾)の予選ラウンド、準決勝の2試合を抽出し、以下の項目で比較した。

- ① ショットごとのエース・エラー
- ② 配球傾向
- ③ サーブの種類とコース
- ④ サーブの返球コース

対象試合	スコア
予選	奥原 2[15-21, 21-18, 21-19]1 TAI. T. Y
準決勝	奥原 0[15-21, 18-21]2 TAI. T. Y

### 【結果及び考察】

奥原選手の全体的な配球傾向として、予選ではリアコートに46.8%の割合で返球していたのに対し、準決勝では36.5%と、10.3%減少していた。特にLR(左奥)からのショットに変化が見られ、予選から準決勝で比較すると、リアコートへの返球割合は47.7%から22.2%へと減少し、ミッドコートへの返球割合は44.6%から66.7%へと増加していた。以上の数値から、クリアーが減り、スマッシュが増えたということが伺える。その中でもストレートの返球に限定すると、クリアーは36.9%から19.4%へ減少し、スマッシュは33.8%から61.1%へと大幅に増加していた。

一方、TAI.T.Y選手は予選から準決勝で、リアコートの返球割合は変わってなかったが、ミッドコートへの返球が減り、フロントコートへの返球が増えていた。どこへ打ったのかを見ると、リアコートへの返球に大きな変化が見られ、リアコートからの返球は減り、ミッドコート、フロントコートからの返球が増えていた。以上のことから、クリアーは減り、レシーブのロングリターン、ロブが増えたことが伺える。特にRMからの返球割合に大きな変化が見られ、LF

への返球(ストレートのショートリターン)が、予選では48.7%と約半分の割合で返していたのに対し、準決勝では25.8%まで減少し、ロングリターンやクロスへのリターンの割合が増加していた。

また、両選手のエース数に着目してみると、どちらもスマッシュのエースが減少していた。TAI.T.Y選手はリアコートからの打球数が減少した事や、予選で14本ものスマッシュエースを取ってこと、奥原選手自身が対策したと考えられる。一方、奥原選手はスマッシュの本数自体は大幅に増加しているものの、エースは取れていない。また、全体的にエースが取れていないことから、スマッシュで崩して点を取るということが思うように出来ていなかったと考えられる。

TAI.T.Y選手のエース数が減っている事や、ロブ、ロングリターンの割合を増やしてきたことから、準決勝では奥原選手にスマッシュを打たせるような配球をしていたと考えられる。つまり、予選のように攻めるのではなく守りに重きを置いたプレーに変えてきたと言えるだろう。

今回、ワールドツアークラスの分析を行なったが、このようにスタッツとして多くのことを導出でき、その情報から有効な戦術構築を示唆することの出来る情報戦略は、バドミントン競技においても必要不可欠であると考えられる。同時に、アナリストという立場の必要性も大いにあるだろう。

# バドミントン競技におけるトラベリング技術と膝角度に関する一考察 —— 膝角度とフットワーク時間に関する検証 ——

大森 悦生 (仙台大学)

林 直樹 (仙台大学)

キーワード：バドミントン、トラベリング、膝角度

## 【背景・目的】

本研究は、バドミントンにおけるフロントコートへのトラベリング時の膝角度とフットワーク時間に関して検証し、競技力向上(フットワーク時間短縮)を目的とした。

## 【方法】

フロントコートへのトラベリングについて①普段通りのトラベリング(コントロール)、②接地時(ブレーキング)に膝を伸展させるイメージでのトラベリング(膝伸展)という二条件を、被験者8名に行わせ、その動作を撮影して二次元動作分析アプリ(Hudl社製Technique)にて分析した。

## 【結果】

フォア側フロントコートへのトラベリングにおけるブレーキング時の膝角度は、コントロールでは120.5°、膝伸展では126.7°であった(表1)。バック側フロントコートへのトラベリングにおけるブレーキング時の膝角度は、コントロールでは、121.0°、膝伸展では126.4°であった(表1)。

表1 フォア側フロントコートへのトラベリングにおける  
ブレーキング時の膝角度

	コントロール	膝伸展
フォア側	120.5±8.20°	126.7±5.49°
バック側	121.0±6.46°	126.4±5.88°

## 【考察】

トラベリングの指導には、膝角度約90°を中心にフォームをつくるというイメージが強かった。前方に踏み出した脚の膝を曲げて体を伸ばしてシャトルを拾う姿勢は「一生懸命」感が非常に強く、従来の指導者にも好まれたと推測する。しかし、阿部らは、フロントコートへのトラベリング時の膝角度について言及しているデンマークのボの取り組みを紹介している[1]。その中で「デンマーク強化スタッフは、アジア人の速いフットワークに対抗するために、膝角度を135°にてブレーキングすることが望ましいと提唱した」としている。阿江らは膝の関節角度と脚を伸ばす力

(地面を蹴る力)の関係について、膝角度60°程で体重の1.5倍、膝角度140°程では4～5倍になると結論づけている[2]。ラケット側脚の膝角度が135°であればブレーキングからリカバリーに移行する際の地面反力が大きくなり、そのぶんトラベリングの時間短縮にもつながってくると考えられた。反対にこの膝角度が90°以下になってしまうと前方向への慣性力から膝関節は屈曲してしまい、耐えることができず、ラケット側脚の蹴りを利用して戻るのが遅くなってしまふ。ブレーキング時の膝角度は、コントロールの方が膝伸展時より有意に小さい値を示した。フットワーク時間の改善点の一つにこの膝角度をあげることができそうである。本研究における膝伸展での膝角度はフォア側バック側ともに約126°であった(表1)。ボが提唱した135°とは約9°の差がある。この膝角度を135°に近づけていくことはトラベリングの向上につながる可能性は十分に考えられた。本研究における二次元動作分析の手法を用いることにより、定期的な膝角度測定や練習におけるフォームチェックなどが可能である。これらがトラベリング技術の向上、ひいては競技力向上へとつながることは望ましく考えられる。

## 【文献】

1. 阿部ほか、バドミントンの指導理論1, 2005.
2. 阿江ほか、スポーツバイオメカニクス20講,2002.

## 個人データの活用例 —— ケーデンスから歩行速度を求める ——

天野 勝弘 (環太平洋大学スポーツ科学センター・スポーツパフォーマンスデザイン)  
渡邊 奈々 (國學院大學) 滝沢 宏人 (愛知大学名古屋体育研究室)

キーワード：個人データ、ケーデンス、歩行

### 【背景・目的】

歩行の状態を測定機器で計時的に把握しようとする、歩幅や速度は距離(位置)の情報が必要となるので測りやすくない。一方、ケーデンスは時間要因だけなので測定は容易である。しかし、歩行の状態と言うことになると速度の方が価値は高い。というのも近年、歩行速度が寿命に関係しているとの報告がある、高齢者の日常における歩行速度をモニターし、評価を定期的にフィードバックすることにより、彼らの歩行速度を高めることができるとすれば、寿命あるいは健康寿命の向上に寄与できるかもしれないからである。そこで本研究では、ケーデンスから歩行速度を推定するのに、個人のケーデンス-歩行速度関係を用いることで精度よく(実用レベルで)歩行速度を推定できることを提案する。

### 【方法】

被検者が15mの距離を歩行中の時間と歩数をビデオカメラの撮影により計測し、歩行速度、歩幅、ケーデンスを算出した。5種類の速度(普通、遅い、やや遅い、速い、やや速い)で歩行した個人のデータから、個人個人の速度と歩幅およびケーデンスとの関係を求めた。被検者は一般大学生70名(男子60名、女子10名)、平均年齢19.1±0.5歳であった。

### 【結果】

全被検者のデータから求めた歩行速度と歩幅とは高い相関関係にあった( $r=0.91$ )。同様に歩行速度とケーデンスにも高い相関が認められた(図1 点線： $y=0.0093x+1.17$ 、 $r=0.84$ )。

しかし、個人の歩行速度-ケーデンス関係は必ずしも平均値とは一致しない(図 実線)。被検者全員の速度-ケーデンス関係から得られた回帰式を用いて個人の速度を推定すると、平均で $9.21 \pm 6.80$ m/分、最大36.78m/分の速度誤差が生じた。一方、個人ごとに5速度から回帰直線を求め、ケーデンスを推定したところ、その速度誤差は平均で $2.85 \pm 1.41$ m/秒、最大6.22m/秒であった。個人データを用いることで誤差は約69%抑えられる。しかも標準偏差を見てもバラツキも少ないまとまった結果を得ている。

最後に一人の被検者に2日間にわたり様々な速度で合計16回歩いてもらい、前もって求めてあった個人推定式にケーデンスを代入し速度を求めたところ、平均誤差は2.4%であった。

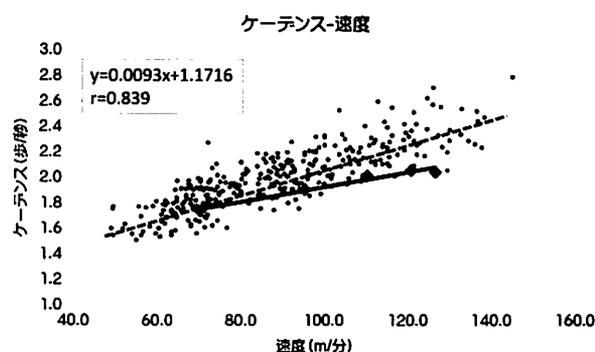


図1 全被検者から求めた回帰式とある個人の5速度から得られた回帰式。横軸速度(m/分)、縦軸ケーデンス(歩/秒)

### 【考察】

個人の速度-ケーデンス関係を用いることにより精度よくケーデンスから歩行速度が推定できることが示された。また、日が変わった条件でも、個人推定式は機能する可能性も示唆されたが、これについては例数を増やし検証する必要もある。

一人の測定にかかる時間もわずか3分の簡易的な測定であっても、個人に着目することで精度よい結果が得られることを示せた。

### 【文献】

1. Gait Speed and Survival in Older Adults. Stephanie Studenski et al. JAMA. 2011; 305(1): 50-58.

## 言語指導が砲丸投立ち投げ運動の運動構造に与える影響

宮内 育大 (日本大学)  
岡野 雄司 (日本大学)  
小山 裕三 (日本大学)

キーワード：言語指導、内省分析、運動構造

### 【背景・目的】

運動を学習する過程において、言語を用いた指導は欠かすことのできない指導方法の1つである。言語を用いた指導に関して、運動スキルを言語化することによって運動学習が促進されることが指摘されている(川崎ら, 2017)。運動スキルは運動技能とも解され、運動技能を適切に言語化して指導することが有効な手段である。一方で、高等学校教育などでその指導方針として示されている「学習指導要領」について、生徒の「理解」「技能」の構図が示され、それらを達成するための指導法が展開されていると指摘されている(関谷, 2019)。つまり、学習指導要領に記載されている言語を用いた指導法(言語指示)は、運動学習が促進される内容で記載されていると考察される。そこで、本研究では高等学校の学習指導要領に記載されている陸上競技の砲丸投を対象とし、運動学習に与える影響について運動学的観点から検討することを目的とした。

### 【方法】

被験者は、日常的に運動経験があり砲丸投立ち投げ運動遂行に支障がない者49名(173.68cm±7.27, 66.64kg±7.70, 20.29歳±1.58)、とした。実験試技は全天候型陸上競技場の砲丸投ピットにおいて実施した。その際、学習指導要領に記載されている指導ポイントを言語で指導し、練習を行わせた後に再度立ち投げ運動を実施した。指導ポイントは表1にまとめた。実験試技の前と後には被験者の運動学習効果の変化について把握するために質問紙によるアンケート調査を行い、被験者の内省分析を行った。

表1 砲丸投立ち投げ動作における言語指示内容

指示した言語
1：砲丸を投げ手の中指付け根あたりに乗せ、首につけて保持する
2：上体を投げる方向に対して後方にひねる
3：砲丸をまっすぐ突き出す
4：足の地面への押しや上半身のひねり戻しを使って砲丸を突き出す

### 【結果】

言語指導前の被験者の内省について「重い」や「難しい」などネガティブな印象がすべての被験者で見られた。その後、4つの指導ポイントについて指導から実践を行った後、

被験者の内省変化について1および3の言語指導では否定的な内省変化に比べて肯定的な内省変化、2および4の言語指導では肯定的な内省変化に比べて否定的な内省変化の割合が高く見られた。

### 【考察および結論】

本研究の結果から、肯定的な内省変化がみられたポイントの内省変化について、運動技能に共感するような内容がみられた。運動を指導する上で学習者に運動共感を引き起こさせるためには、運動を物体としての運動としてとらえるのではなく、自己の運動としてとらえさせることが前提となると指摘されている(柴田ら, 2003)。つまり、本研究における言語指導ポイントの1と3の内容は、自己の運動としてとらえやすい指導内容であると考えられる。

また、今回の被験者について砲丸投立ち投げ運動未経験者およびほぼ未経験者であった。つまりこの運動に対して金子(2005)が指摘する運動の形成位相では原志向位相、探索位相、偶発位相の段階であるといえる。表2の結果より、言語指導

1および3は原志向や探索、偶発の位相にいる学習者の内省に影響を与えやすい内容ではないかと考察される。

### 【文献】

- 柴田ら, 仙台大学大学院スポーツ科学研究, 2003.
- 金子, 明和出版, 2005.
- 川崎ら, 了徳寺大学研究紀要, 2017
- 関谷, 長崎県立大学国際社会学部研究紀要, 2019

## 子どもの発育に伴う歩行中の足底圧分布の変化

野澤 巧 (東京都スポーツ文化事業団)  
 藤戸 靖則 (日本体育大学)  
 相馬 満利 (十文字学園女子大学)  
 船渡 和男 (日本体育大学)

平野 智也 (国士舘大学大学院)  
 古田なつみ (日本体育大学大学院)  
 柏木 悠 (専修大学スポーツ研究所)

キーワード：子ども、発育、足部

### 【背景・目的】

歩行は幼児期に獲得され加齢に至るまで、ヒトの一生を通じて大切な基本的動作であり、身体の発育が急激に起こる幼児期から小学生期にかけて急速に変化してゆく。近年、足底圧分析を用いて発育に伴う変化の検討が行われている。先行研究では、幼少期の子どもの足底圧力は後足部で最も高い値を示すが、年齢が増加するにつれて前足部で検出される足底圧力が最大になるなど圧分布が異なることを報告している [1]。

このように、足底圧分析は発育段階における子どもの足部の特徴を詳細に結果へ反映することができ、子どもの発育に伴う足部機能の発達過程を検討する際に有用な分析手法であるが、その一方で発育に伴う変化を検討するには、身体が発育を終える年代までの子どものデータが必要となり、同年代であっても発育速度に個人差があるため大規模な被験者の参加が必要となるため先行研究は少ない。本研究では、足底圧分布の発育に伴う変化から子どもの足部機能の発達過程を明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

被験者は4歳から15歳までの男女児童及び生徒944名であった。被験者には自己選択速度で歩行するように指示し、足底圧分析装置 (Nove-emed-xl, Novel-GmbH®社製) が埋設された歩行路上を通過する際に、右足の足底圧力 (kPa)、接地面積 (cm<sup>2</sup>)、足底荷重 (N) を計測した。足底荷重は被験者の体重 (kg) で除し、正規化を行った。

また、足底部を Novel Scientific Medical Software (Novel-GmbH®社製) を用いて7領域 (後足部、中足部外側、中足部内側、前足部内側、前足部中間、前足部外側、つま先) に分割し、それぞれの領域別で変数の比較を行った。

### 【結果及び考察】

中足部内側での体重当たりの足底荷重は、6歳まで統計的有意に減少し ( $p < 0.05$ )、その他の年齢群では差がみられなかった (図1)。中足部は、足部機能を担う足部アーチが内在する領域である。足部アーチは歩行中に足部が

受ける衝撃を吸収し各足部領域に分散する他、蹴り出しの際は足底腱膜が収縮することで足部の剛性を高め効率的に地面へ力を伝達するなど人間の歩行を支える機能を有しており、これらの機能は発育を通じて獲得されていく。

今回、中足部内側での体重当たりの足底荷重は6歳頃まで減少していき、それ以外の年齢では一定であった。先行研究では足部機能が十分に機能しない場合、中足部領域下で荷重が増大することを報告しており [2]、このことから、6歳時点では接地時の衝撃を吸収分散して負荷を緩和する機能が十分に発揮されておらず、足底部での荷重が増加したと考えられる。本結果は発育に伴う足部機能の成長過程を反映していると考えられ、6歳頃までに足部機能が完成することが推察される。

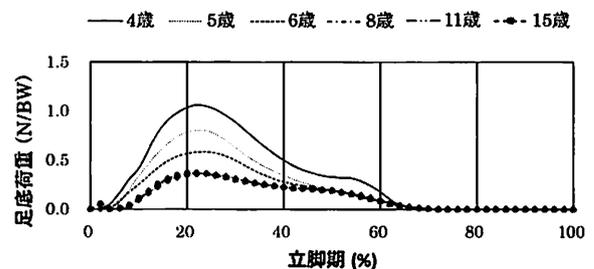


図1 データ中足部内側の足底荷重 (N/BW) の時系列データ

### 【結論】

発育に伴う足底圧分布の変化は中足部にて他の領域とは異なり、減少していくという結果を示し、6歳頃までは足部機能が未発達であると考えられる。足底圧分布を参考にすることで発育状況を検討することができる。

### 【文献】

1. McKay, J. M. et al., Gait. Posture., 58, 2017
2. Bosch, K. et al., Gait. Posture., 32(4), 2010

## 日本人一般成人女性の体肢別組成と密度分布の特徴

古田なつみ (日本体育大学大学院)

柏木 悠 (専修大学スポーツ研究所)

船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：身体組成、密度分布、一般成人女性

## 【背景・目的】

全身の身体組成は年齢、性別、人種、活動量等により異なる。同様に体肢別組成においても筋と脂肪の性・年齢差が報告されている [1, 2]。しかし、人種間の検討はほとんどない。本研究の目的は、日本人一般成人女性と白色人種女性を比較し、体肢別組成の特徴を検討することである。

## 【方法】

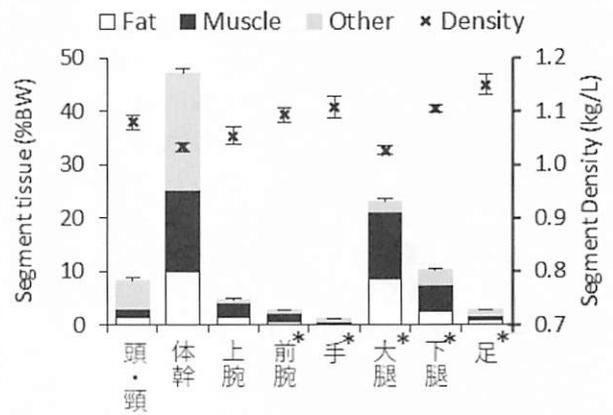
1.5-T MRI スキャナーで日本人一般成人女性 10 人 (20.8 ± 0.5 歳、156.8 ± 2.6 cm、48.6 ± 3.9 kg、BMI 19.8 ± 1.7 kg · m<sup>2</sup>) の 10 mm 厚 (間隔 0mm) の全身画像を得た。画像は、Fiji/Image software (v2.0.0-rc-69/1.52p; Java 1.80\_172, NIH) を用いて 13 組織領域に識別した。HBM-rugle (Medic Engineering Co., Ltd) を用い、画像の各組織面積 (aij) に高さ (h) を乗じ各組織体積を求め、さらに各組織密度 ( $\rho_j$ ) を乗じて各組織質量を算出した。体分節は Dempster [3] に類する定義に従い AZE Virtual Place (Canon medical system Co., Ltd) で全身を 14 部位に分割した。これらを合算し体肢別体積 (V) ・質量 (M) を求め、M を V で除し密度 (D) を算出した。組織は筋、脂肪、その他に分類し、四肢は両側肢を合算し体重比 (%BW) で示した。全身の身体組成・密度は、空気置換法 (ADP) の体脂肪測定装置 (BODPOD system, COSMED Inc.) を用い計測した。統計解析は IBM SPSS Statistics v25 の 1 元配置分散分析を用い全身と体肢別密度の比較、及び t 検定を用い既存の値 [1-3] と比較を行った ( $p < 0.05$ )。

## 【結果及び考察】

体肢別組織分布と密度を図 1 に示した。全身密度 (BD) は 1.048 kg/L、筋量は 39.6% BW、総脂肪量は 25.5% BW であった。先行研究より筋量は 6% BW 高く [1]、脂肪量は 8% BW 低値 [2] であった。総筋量に対し、特に体幹 39%、大腿 31%、上腕 7% に分布した。総脂肪量に対し、特に体幹 38%、大腿 34%、に分布した。先行研究は、20 代白色人種女性の総筋量は 34% BW、総脂肪量は 31% BW と報告した。総筋量に対し、大腿 32%、上腕 9%、下半身 (臍位以下) 57% に分布し [1]、総脂肪量に対し、体幹 37%、下肢 43% に分布すること [2] を報告した。従っ

て、日本人女性は白色人種女性より体重に対して筋量が多く、脂肪は少ないこと、上腕の筋量が少なく、下半身の筋量 (60%) や下肢の脂肪量 (47%) が多く、組織の分布が異なることが示唆された。筋量は身体活動量の低下と関連して減少することから [1]、人種間の違いだけでなく、日本人と白色人種の平均的な活動量の違い [4] が、体肢別組成に影響を及ぼした可能性がある。

体肢別密度は BD と比較し前腕、手、大腿、足が高値、大腿は低値を示した。既存の値 [3] と比較し頭・頸、前腕、大腿は低値を示した。また、MRI と ADP 法の全身の推定値は、体脂肪率に限り MRI 法が 3% 高値を示した

図1 体肢別組成・密度分布 (\*:  $p < 0.05$  BD)

## 【結論】

日本人一般成人女性は、活動量の違いから白色人種女性に比べて下半身や下肢の筋・脂肪量が多く分布する特徴を持つことが示唆された。

## 【文献】

1. Janssen et al., J Appl physiol, 89, 2000.
2. Coin., Ann Nutr Metab, 61, 2012.
3. Dempster., Wright-Patterson Air Force Base, 1955.
4. Althoff., Nature, 547, 2017.

## 女子柔道選手の減量が身体組成に与える影響

高橋優花子 (国士館大学大学院)  
熊川 大介 (国士館大学体育学部)

田中 力 (国士館大学体育学部)  
角田 直也 (国士館大学)

キーワード：減量, 筋厚, 脂肪厚

### I. 目的

本研究では、大学女子柔道選手を対象に、試合前日に行われる計量のおよそ1ヶ月前からの減量が身体組成に与える影響を調査し、大学女子柔道選手の減量の実態を明らかにすることを目的とした。

### II. 方法

被検者は19歳から21歳までの大学女子柔道選手、48kg級4名、52kg級1名、57kg級1名、63kg級4名、70kg級1名及び78kg級1名の計12名とした。測定は2019年4月10日～5月11日に実施した。身体組成の測定として、身長、体重、脂肪量、骨格筋量、水分量を1ヶ月間毎朝測定した。体組成は、身体組成測定装置 (inbody470) を用いてインピーダンス法により測定した。筋厚及び脂肪厚の測定は、超音波診断装置 (SSD-900 ALOKA 社製) を用いてBモード法により実施した。超音波の発振周波数は、7.5MHzとした。測定部位は、左右の上腕前 (上腕二頭筋)、上腕後 (上腕三頭筋)、大腿前 (大腿直筋)、大腿横 (外側広筋)、大腿後 (大腿二頭筋) の10か所とした。それらの測定は、減量前 (Pre)、1週間後 (1)、2週間後 (2)、3週間後 (3)、減量後 (Post) に実施した。

### III. 結果

体重の低下に伴い、脂肪量は76.8%及び骨格筋量は94.3%まで低下していた。また、本研究では局所的な部位について検討したところ、上腕と大腿各部位の筋厚は、大腿の方が上腕よりも早期に低下する傾向が見られた。また、局所的部位の脂肪厚は筋厚よりもより早期に低下することが明らかとなった。

### IV. まとめ

これらの結果から、大学女子柔道選手の減量は、体重の減少に伴い、脂肪が多く、また早期に低下していることが示唆された。筋量も減っていたことから、今後練習メニューやトレーニングの改善が求められる。

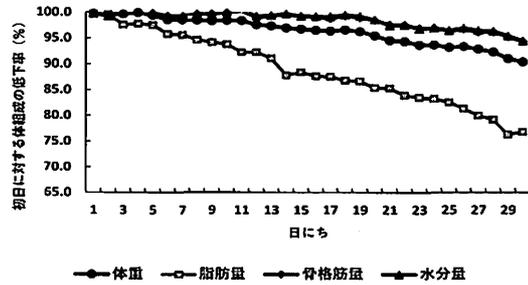


図1. 体組成の低下率

表1 上腕及び大腿における筋厚の変化

		Pre	1	2	3	Post
上腕	右上腕二頭筋 (cm)	2.49±0.22	2.51±0.21	2.46±0.13	2.26±0.25*	2.22±0.23*
	左上腕二頭筋 (cm)	2.48±0.34	2.41±0.25	2.42±0.20	2.21±0.25*	2.16±0.27*
	右上腕三頭筋 (cm)	3.15±0.46	3.13±0.35	3.06±0.38	2.87±0.31*	2.77±0.35*
	左上腕三頭筋 (cm)	3.14±0.47	3.19±0.31	3.11±0.38	2.93±0.32*	2.88±0.32*
大腿	右大腿直筋 (cm)	5.39±0.38	5.45±0.37	5.43±0.45	5.17±0.50*	5.03±0.55*
	左大腿直筋 (cm)	5.47±0.37	5.16±0.40	5.50±0.40	5.34±0.51*	5.25±0.56*
	右外側広筋 (cm)	4.02±0.38	3.88±0.41*	3.74±0.35*	3.55±0.31*	3.51±0.28*
	左外側広筋 (cm)	3.98±0.41	3.98±0.46	3.78±0.33*	3.60±0.35*	3.54±0.31*
	右大腿二頭筋 (cm)	6.15±0.54	6.04±0.56	5.98±0.59*	5.69±0.65*	5.60±0.68*
	左大腿二頭筋 (cm)	6.10±0.59	6.10±0.61	5.99±0.68	5.69±0.65*	5.63±0.66*

mean ± S.D.

\* : Preに対する有意差 (p < 0.05)

表2 上腕及び大腿における脂肪厚の変化

		Pre	1	2	3	Post
上腕	右上腕二頭筋 (cm)	0.55±0.23	0.58±0.28	0.48±0.17*	0.40±0.14*	0.37±0.16*
	左上腕二頭筋 (cm)	0.52±0.22	0.55±0.19	0.48±0.22*	0.43±0.13*	0.38±0.16*
	右上腕三頭筋 (cm)	0.90±0.25	0.83±0.24*	0.82±0.22*	0.73±0.24*	0.68±0.24*
	左上腕三頭筋 (cm)	0.84±0.25	0.81±0.21	0.79±0.24	0.69±0.20*	0.65±0.20*
大腿	右大腿直筋 (cm)	0.98±0.23	1.04±0.27*	0.91±0.23	0.84±0.23*	0.76±0.24*
	左大腿直筋 (cm)	1.00±0.31	1.05±0.31*	0.98±0.24	0.84±0.24*	0.77±0.25*
	右外側広筋 (cm)	0.98±0.26	1.12±0.25*	1.13±0.26*	0.97±0.29*	0.87±0.29*
	左外側広筋 (cm)	0.94±0.25	1.00±0.25	0.98±0.19	0.88±0.18*	0.81±0.19*
	右大腿二頭筋 (cm)	1.21±0.34	1.33±0.31*	1.12±0.26	1.06±0.21*	0.85±0.19*
	左大腿二頭筋 (cm)	1.17±0.28	1.29±0.32*	1.13±0.21	1.00±0.21*	0.92±0.23*

mean ± S.D.

\* : Preに対する有意差 (p < 0.05)

## オープンウォータースイミング選手の最大酸素摂取量について

原 怜来 (日本大学スポーツ科学部)

上野広治 (日本大学スポーツ科学部)

鈴木 典 (日本大学スポーツ科学部)

キーワード：オープンウォータースイミング, 最大酸素摂取量, 生理学的特性

### 【背景・目的】

オープンウォータースイミング(OWS)は海で泳ぐ速さを競う競技である。五輪では10km種目が行われており、競技時間はおおよそ2時間である。競技時間が陸上競技のマラソンと同等であることから、マラソンスイミングとも呼ばれている。このことから選手には、持久的能力が必要であることが想定される。

OWS競技は世界的にも選手特性を示した論文が少なく、指導者は強化方法を模索しながら指導している。科学的データを収集することは、指導現場においてトレーニング方法検討の際の手助けとなる。

これまで多くの先行研究でスポーツ選手の持久的能力を評価できる指標の一つとして最大酸素摂取量の測定が行われてきた。しかし、OWSトップ選手がどの程度の最大酸素摂取量を有しているかは明らかとなっていない。そこで、本研究では日本におけるOWSトップ選手の最大酸素摂取量を明らかにし、また最大酸素摂取量と競技成績との関係も明らかにした。

### 【方法】

被験者は五輪代表選手を含むOWS競技代表候補選手であり、男子8名、女子7名であった。測定は、流水プールにおいてクロール泳を行わせ、男子は1.3m/sの流速から、女子は1.25m/sの流速からスタートし、1分ごとに0.05m/sずつ3分まで増速させ、それ以後は1分毎に0.02~0.03m/sずつ増速して疲労困憊まで泳がせた。

選手は呼気ガス採取用シュノーケルを装着した状態で泳ぎ、その際の換気量はダグラスバックを用いて測定した。呼気ガスは自動呼気ガス分析装置を用いて測定し、酸素摂取量を求め、最大値を最大酸素摂取量とした。

競技成績は、第94回日本選手権水泳競技大会OWS競技10kmにおけるレース時間を、10kmで除し平均泳速度を求めた。各測定項目については、平均値と標準偏差を求めた。統計学的解析には、SPSS Statistics for Windows Ver.24.0 (IBM社)を用い、最大酸素摂取量と競技成績の相関をPearsonの相関係数により男女別に分析した。なお、本研究の統計的有意水準は5%とした。

### 【結果】

最大酸素摂取量は、男子の平均値が $4.90 \pm 0.51$  L/分で、体重あたりにすると $64.37 \pm 6.21$  ml/kg/分であった。女子の平均値は、 $3.07 \pm 0.42$  L/分で、体重あたりにすると $54.41 \pm 5.74$  ml/kg/分であった。競技成績との関係については有意な相関関係は認められなかった。

### 【考察】

最大酸素摂取量について、他種目の選手と比較すると、男子について、マラソン選手は70ml/kg/分以上、トライアスロン選手は84.5ml/kg/分、自転車選手は74ml/kg/分を示していた[1-2]。女子については、マラソン選手で66ml/kg/分程度、クロスカントリーの選手が64ml/kg/分程度の高いVO<sub>2</sub>maxを有していた[1]。いずれも今回のOWS選手よりも高い値を有しており、他種目の選手と比較しても低いことが明らかとなった。

今後競技のレベルが上がるに従い、より高い持久的能力が求められるものと考えられる。競技成績との関係については、男女共に有意な相関関係は認められなかったが、これは被験者の競技レベルに差がなかったことが影響したと考えられる。

### 【結論】

本研究によりOWS選手の最大酸素摂取量が明らかとなったが、トップ選手における競技成績と持久的能力の関係は最大下の生理学的特性(LTやOBLA等)を含めた検討が必要であることが示唆された。

### 【文献】

1. Davis et al., Eur. j. appl. physiol. occup. Physiol. 41(4), 1979.
2. 山地, 改訂最大酸素摂取量の科学, 2001.

## 女子プロと学生ゴルファーにおけるドライバーショット中の地面反力モーメントの比較

平野 智也 (国士舘大学大学院)

阿江 通良 (日本体育大学)

柏木 悠 (専修大学)

木原 裕二 (日本体育大学)

嶋谷 誠司 (神奈川大学)

船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：ゴルフ、ドライバーショット、地面反力

## 【背景・目的】

ゴルフスイング中に両脚で発揮される身体質量中心 (COM) まわりの地面反力モーメントは、身体の回転運動を生み出す。先行研究において、ドライバーショット中の正味の角力積は6番アイアンでのショット中と比較して大きいことが報告されている [1]。しかしながら、プロゴルファーとアマチュアゴルファーにおけるスイング中の地面反力モーメントの違いは明らかとなっていない。本研究は、女子プロと学生ゴルファーにおけるドライバーショット中の地面反力モーメントの違いを明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

被験者は女子プロゴルファー4名 (プロ群) と女子学生ゴルファー16名 (学生群) とした。試技はドライバーを用いた全力ショットを行い、その際に12台のVICONカメラと2台のフォースプレートを用いて、運動学および動力学データを収集し、身体質量中心まわりの地面反力モーメントを算出した。

## 【結果および考察】

プロ群は、学生群と比較して、ダウンスイング中のクラブヘッド速度が有意に大きな値を示した ( $p < 0.05$ )。ダウンスイング中期 (60%付近) において、プロ群の前脚における地面反力は、学生群よりも大きな傾向を示した (図1)。したがって、後脚から前脚への体重移動は、速いクラブヘッド速度を生成するための重要な要素であると考えられる。鉛直軸まわりの地面反力モーメントにおいて、プロ群は、学生群と比較して、ダウンスイングの50～57%で前脚、25～33%で後脚、42～56%で両脚合計が統計上有意に大きな値 ( $p < 0.05$ ) を示した (図2)。この結果は、ドライバーと6番アイアンを対象とした先行研究 [1] を支持し、鉛直軸まわりの地面反力モーメントは大きなボール飛距離を獲得するためのキーとなることが示唆された。

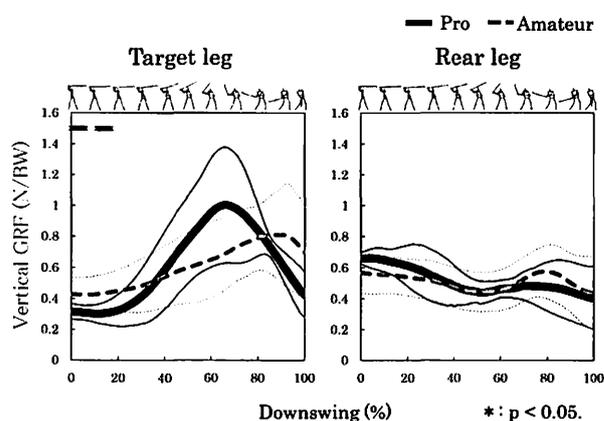


図1 プロ群と学生群の鉛直地面反力

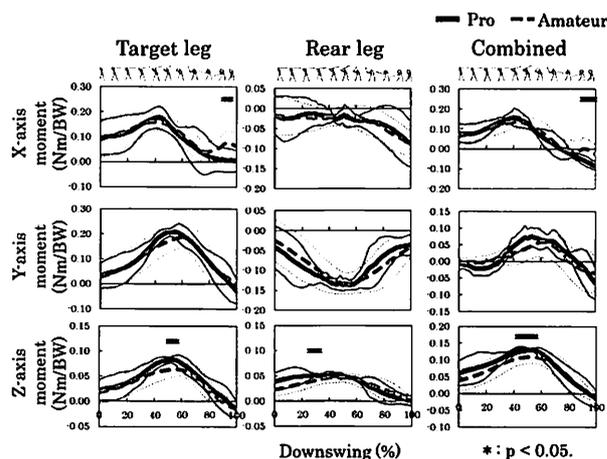


図2 プロ群と学生群のCOMまわりの地面反力モーメント

## 【結論】

女子プロゴルファーは、両脚によって発揮される鉛直軸まわりの大きな地面反力モーメントを有効に活用することによって大きなクラブヘッド速度を生成していることが示唆された。

## 【文献】

1. Peterson et al. J. Appl. Biomech., 32(4), 2016.

## 筋-腱複合体の特性が反動動作のパフォーマンスに及ぼす影響

栗山 一輝 (東京大学大学院総合文化研究科)  
吉岡 伸輔 (東京大学大学院総合文化研究科)

深代 千之 (日本女子体育大学)  
竹下 大介 (東京大学大学院総合文化研究科)

キーワード：筋-腱複合体, 反動動作, シミュレーション

### 【背景・目的】

スポーツ動作において、「反動」をうまく使って動くことはより良いパフォーマンスを生むために重要である。本研究では、腱組織の弾性を活かした反動動作の特徴について理解することを目的とした。

### 【方法】

足関節を使ったジャンプ動作を筋-腱複合体モデルで表現し、シミュレーションを行った。下腿三頭筋とアキレス腱のモデルとして、収縮要素(CC)と直列弾性要素(SEC)とおもりが鉛直方向直列に繋がった1次元モデルを考えた[1,2]。CCの最大収縮力 $F_{max}$ やSECのバネ定数 $k_{SEC}$ を変えた各モデルについて、CCへの神経入力を最適化したジャンプ動作を生成し、そのパフォーマンスを比較した。さらに、動作時間に上限がある条件を設定し、同様に比較した。

### 【結果】

$F_{max}$ が大きいほど、また $k_{SEC}$ が小さいほど高いパフォーマンスを発揮できることが分かった。また $k_{SEC}$ が小さくなるに伴って動作時間は長くなった。動作時間に上限を設けた場合、パフォーマンスを最大化する最適な $k_{SEC}$ が存在した。さらに、上限時間が短くなるに従って最適な $k_{SEC}$ は大きくなる傾向が見られた(図1)。

### 【考察】

パフォーマンスは、離地瞬間までにCCがした正味の仕事量に依存する。そこで、CCの発揮可能張力がCCにかかっている負荷よりも十分大きくなり、速く収縮すれば発揮パワーが大きくなるため、高いパフォーマンスに繋がる。ここでCCでは、神経入力の変化を受けてからその水準まで張力発揮レベルを引き上げるのに時間を要する[3]。また、CCにかかる負荷はSECの伸縮量によって決まり、この際のSECの挙動はバネ-質量系の性質として $k_{SEC}$ から解析的に求められる固有周期に依存する。このような「CCの張力発揮にかかる時間」と「SECの弾性力変化」のバランスが先述の結果に繋がったと考えられる。

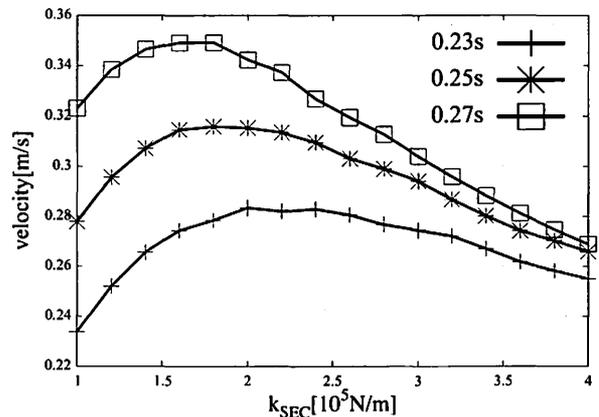


図1 動作時間に上限がある場合の $k_{SEC}$ とパフォーマンス(離地時の速度)

### 【結論】

時間的制約がある状況での反動動作について考える際、動作時間に応じて適切な腱の硬さが存在する可能性が示唆された。

### 【文献】

1. Hill, Proc. R. Soc. Lond. B, 126, 1938
2. Takeshita et al., J Appl. Physiol., 101, 2006
3. He et al., IEEE Trans. Autom. Control, 36, 1991

## 最大下における底屈筋力発揮時の下腿筋群とアキレス腱の活動動態

川崎 椋太 (公益財団法人東京都スポーツ文化事業団)  
 今若 太郎 (国立スポーツ科学センター)  
 岡田 雅次 (国士舘大学体育学部)

横沢 翔平 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)  
 田中 重陽 (国士舘大学政経学部)  
 角田 直也 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)

キーワード：MCセンサー、最大下、アキレス腱

### 【背景・目的】

近年、筋の形状変化から活動動態を評価することができる Muscle Contraction Sensor (MCセンサー) 法が導入されたがその研究は極めて少なく、有効性及び妥当性については検討されていない。本研究では、MCセンサー法を用いて、最大下における底屈筋力発揮時の下腿筋群とアキレス腱の活動動態を明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

被検者は健康な成人男性7名とした。等尺性底屈筋力の測定はBiodex System-IV (Biodex社製)を用いた。測定姿勢は腹臥位とした。足関節角度は、足関節の解剖学的肢位0度を基準とした。MVCの測定後、それに対する25%、50%および75%の筋力発揮を8秒間持続させた。筋放電量は表面筋電図(日本光電社製)を腓腹筋内側頭(GM)、腓腹筋外側頭(GL)および前脛骨筋(TA)、形状変化量はMCセンサー(TMG社製)を用いてGM、GL、TAおよびアキレス腱(AC)に貼付し測定した。分析区間はトルクの安定した2秒間とし、その区間のトルク、筋放電量および形状変化量の平均値を算出した。その後、MVCの値を100%として各運動強度の相対値を求めた。

### 【結果と考察】

EMG法とMCセンサー法の手法の違いで各筋を比較したところ、GMおよびTAにおける形状変化量は、筋放電量に対して有意に低い値を示した。しかしながら、GLにおける形状変化量は、筋放電量に対して有意に高い値を示し、GMおよびGLとは異なる傾向がみられた。先行研究において、伊藤[1]は、内側頭の方が外側頭よりも筋量が多いことを報告している。また、石田ら[2]は、

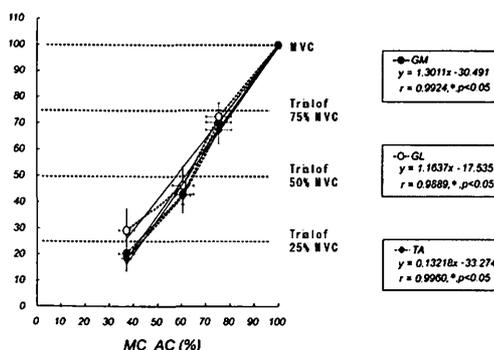


図2.ACとGM,GLおよびTAにおける形状変化量相対値の関係

足関節の運動課題における筋活動量の違いを検討した結果、内側頭と外側頭とで筋活動に違いがあることを認めている。これらの報告や、本研究の結果から、腓腹筋は部位によって機能的な差異が存在し、最大下での筋力発揮時には、その差異が顕著に示されるものと推察された。また、ACとGM,GLおよびTAにおける形状変化量相対値の関係は、全ての筋においてほぼ直接的なものであった。この結果は、筋および腱の活動水準が同程度であることを意味するものである。

### 【結論】

最大下における持続的な筋力発揮において、筋電図法とMCセンサー法によって評価した活動動態は筋によって異なる結果から、筋機能特性には双方による評価の重要性が示唆された。

### 【文献】

1. 伊藤純治, 昭和医会誌, 72(2), 2012.
2. 石田弘ほか, 理学療法科学, 27(4), 2012.

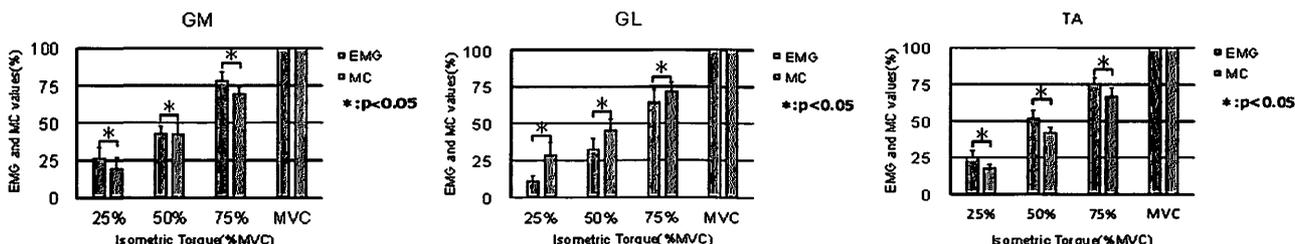


図1 筋放電量相対値と形状変化量相対値の比較

## 固定式とスライド式エルゴメーターにおけるローイング中の 機械的出力およびキネマティクスの比較

尹 鉉喆 (日本体育大学大学院)

藤戸 靖則 (日本体育大学)

柏木 悠 (専修大学スポーツ研究所)

平野 智也 (国土館大学大学院)

船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：Rowing ergometer, 機械的出力, キネマティクス

### 【背景・目的】

固定式エルゴメーターはストレッチャーが固定されているため、力を加えた際の脚部の反力が大きく腰部の負傷リスクが高いと報告されている [1]. また、固定式は、水上での動作と比較して、キネティクス、キネマティクスが異なる [2]. 一方、固定式とスライド式を比較した研究では、一貫した結果が得られておらず、研究事例が少ないことからスライド式の機械的出力の特徴について明示されていない。本研究の目的は、固定式とスライド式を用いたローイング動作中の機械的出力およびキネマティクスを比較し、スライド式における動作の特徴を明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

参加者は、高等学校男女ボート部11名(16.5 ± 0.5歳, 164.5 ± 8.9cm, 60.1 ± 7.0kg 1 ± 1年)であった。実験機材は、エルゴメーター (Concept II model c)を用いた。固定式は、床に設置し、スライド式は、2台のスライド上に装着した。試技は2000mレースを想定した動作を行なった。動作の撮影には、ハイスピードカメラ1台(DIRECT)を用いて200fpsで記録した。分析は、2000mレース中の500m付近の8ストロークを対象とした。データ解析は、動作分析システム(Frame-DIAS V, DKH)を用いて、股関節角度(肋骨下端、大転子、大腿骨外側上顆のなす角度)を算出した。ハンドル力(N)は、ハンドル部に取り付けたロードセルから取得した。ストレッチャー力(N)は、2台の反力計からデータを取得した。ストローク頻度は、1ストローク時間の逆数とし、1分間あたりのストローク頻度(ストローク/分)を算出した。

### 【結果および考察】

スライド式におけるハンドル力は、固定式と比較して小さな値を示し、股関節角度、ストローク頻度およびストレッチャー力は大きな値を示した。スライド式におけるフィニッシュ局面での股関節角度は、ドライブ局面中ハンドルを最後まで引き続け、体幹が後傾するため増加したと考えられる。先行研究では、スライド式でのキャッチ局面中、2台のスライド器具の質量のみを移動し、ボート選手

の体重は移動しないため、キャッチが速くなり、ストローク頻度が高くなると報告している [3]. これらの結果から、スライド式では、ストローク頻度が増加し、ストレッチャーに加えられる力が大きくなったと推察される。

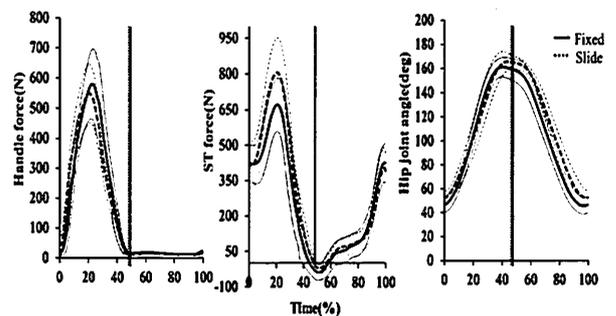


図1 機械的出力および股関節角度の比較

### 【結論】

固定式と比較して、スライド式エルゴメーターのローイング動作は、脚の機械的出力が高い。また、高いストローク頻度は、より速いキャッチを誘発し、水上でのローイング動作と同様の動きを実現する事が可能であることが示唆された。

### 【文献】

1. Lamb et al., J. Sports. Med, 17, 1989
2. Carol et al., Ame J. Sports. Med, 2002
3. Fernando et al., Eur J Appl Physiol, 2009

## 軟式野球における筋力と打球飛距離の関係性

梅津 和真 (仙台大学)  
林 直樹 (仙台大学)

キーワード：軟式野球、筋力、打球飛距離

### 【背景・目的】

野球は使用されるボールが年代やカテゴリーによって変わってくる。硬球を使用する「硬式野球」、準硬式球を使用する「準硬式野球」、軟式球を使用する「軟式野球」などが存在する。このうち「硬式野球」が一般に広く知られメディアでの露出も最も多い。中学生年代における野球はシニアリーグなどでは硬式球を使用しているが、いわゆる学校部活動においては軟式球使用の比率は決して少なくはなく、部活動として参加できる中学校体育連盟主催試合はすべて軟式球を使用しているものである。

研究においても同様で、硬式野球を対象とした研究は非常に多く見受けられるが、軟式野球に関するものは非常に少ない。硬式野球において、筋力と打球飛距離の相関はあると記されている [1] が、軟式野球における言及は見受けられない。

そこで本研究は、硬式野球と同様に軟式野球においても筋力と打球飛距離に相関が認められるのかを検証することを目的とした。

### 【方法】

測定対象者は、S大学軟式野球部に所属する健康な男子大学生13名とした(図1)。

表1 測定対象者

項目	数値
対象者(年齢)	19.5 ± 0.5
身長	170.6 ± 5.0
体重	70.3 ± 9.1

筋力測定の前に15分間の個人ウォーミングアップを行い、ベンチプレス(以下、BP)、スクワット(以下、SQ)の1RM、背筋力を測定した。ベンチプレスとスクワットは50kgから始め、5kgずつ重さを増やした。背筋力は2回測定し、良いほうを記録とした。

筋力測定日とは別日にロングティーにおける打球飛距離の測定を行った。筋力測定前と同様に15分間の個人ウォーミングアップを行い、1人5球の試技を行った。ロングティーの際に使用するバットは、軟式用Vコング02 83cm(ミズノ社製)を使用した。打球飛距離は5球のうち最高値を採用した。

筋力測定値と打球飛距離の相関については、ピアソンの積率相関係数を用いた。

### 【結果および考察】

筋力測定ならびに打球飛距離測定の結果(平均)と筋力と打球飛距離との相関係数を表2に示した。BPは64.6kg、SQは96.2kg、背筋力は142.5kgであった。打球飛距離は82.6mであった。筋力測定値と打球飛距離の相関はBP( $r=0.35$ )、背筋力( $r=0.25$ )となり、非常に低い相関が確認できた。

筋力測定値が一般的な測定値平均よりは有意に高い [2] もの、野球を競技として専門的に行っているアスリートの値としては低いと考えられるため、より競技力の高い測定対象者を採用することが今後の課題と考えられた。

表2 筋力測定ならびに打球飛距離の結果  
(平均、筋力と打球飛距離との相関)

	平均	打球飛距離との相関 (r)
BP	64.6 ± 6.3	0.35
SQ	96.2 ± 15.2	1.74
背筋力	142.5 ± 18.4	0.25
打球飛距離	82.6 ± 6.3	

### 【文献】

1. 奥村, 野球科学研究, 2, 2018.
2. 林ほか, 体育学研究, 54, 2009.

## 野球の打撃動作におけるタイミングスキルに関する研究

榎屋 剛 (日本体育大学)  
古田なつみ (日本体育大学大学院)  
平野 智也 (国士舘大学大学院)  
藤戸 靖則 (日本体育大学)

尹 鉉喆 (日本体育大学大学院)  
野澤 巧 (東京都スポーツ事業団)  
柏木 悠 (専修大学スポーツ研究所)  
船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：野球, 打撃動作, タイミング

### 【背景・目的】

野球競技の打撃を成功させるためには、時間的かつ空間的にボールを捉える調整力と力強いスイングが求められる。時間的な調整力は、投球されたボールに対して打撃動作のタイミングを一致させることが重要である [1]。また、力強いスイングを生み出す要素として、体重移動を使った打撃が推奨されており、体重移動のタイミングは打者の前後足が地面を押して得られる反力の時間的な変化から検討することが可能である [2]。打撃動作のタイミングに関わるキネマティクスと地面反力の変化からみた時間調節をタイミングスキルと定義して研究を遂行した。本研究の目的は、野球競技の打撃動作に着目し、時間調節に関わる動作及び体重移動に関わる前後足の力発揮の経時的変化からタイミングスキルを検討することである。

### 【方法】

参加者は大学1部リーグ所属、硬式野球部の主力男子選手10名(年齢:20.9 ± 0.74歳,身長:175.4 ± 4.18cm,体重80.9 ± 4.68kgの右打ち打者;以下,打者)と同投手コーチ1名(年齢:29歳,身長:183cm,体重:93kg,以下,投手)であった。実験Iは、投手がセットポジションから非連続速度で直球(約110~130km/h)をランダムに投球し、打者は最大努力で打撃を行った。投球と打撃動作を4台のカメラで撮影(300fpc)し、インパクトから逆算して打撃動作の時間分析を行った。打撃動作を4つのイベント(FO; foot off, FC; foot contact, FD; foot down, IMP; impact)と3つのフェイズ(ST,TR,SW)を分析した。実験IIは、測定室に埋設された2枚のフォースプレート上(1KHz)で、速球と遅球を想定した素振り、ティー及びトス打撃をネットに向かって最大努力で打撃を行った。2枚のフォースプレートと同期した2台のカメラ(200fpc)を用い、試技毎に3軸(X;左右,Y;前後,Z;鉛直)方向の地面反力の最大値と最小値(個人の体重で正規化)の平均および平均時間を算出した。

### 【結果及び考察】

実験Iでは、特にFCで投球速度との強い負の相関関係がみられた。FDにも同様の結果がみられることから、タ

イミング調節に関わる重要な連続動作であることが示唆された。実験IIでは、特にY軸方向への後足の推進力に続き、前足の制動力が発揮され、後足の推進力は素振りとティー打撃の遅球条件において遅く発揮され、後足の推進力を発揮するタイミングを調節することが推察された。

session	session	X		Y		Z	
		平均	SD	平均	SD	平均	SD
素振り	FB max	-0.13	0.0	-0.20	0.2	-0.67	0.3
	min	0.22	0.0	0.05	0.1	-0.02	0.0
ティー	SB max	-0.13	0.0	-0.16	0.3	-0.80	0.1
	min	0.21	0.0	0.04	0.1	-0.03	0.0
トス	FB max	-0.13	0.0	-0.23	0.2	-0.70	0.3
	min	0.22	0.1	0.03	0.1	-0.03	0.1
	SB max	-0.11	0.1	-0.14	0.3	-0.89	0.2
	min	0.22	0.1	0.04	0.1	-0.03	0.1
	トス max	-0.13	0.0	-0.26	0.1	-0.65	0.2
	min	0.23	0.0	0.02	0.1	-0.02	0.1

FB: 速球, SB: 遅球

表1 スイング条件における後足の地面反力(最大値・最小値)の出現時刻の比較(sec)

### 【結論】

投手の異なる投球速度に対し、打撃動作のFCとFDの時間を調節することがタイミングスキルの要因である。また、打撃動作の地面反力は、打者は速球に合わせてスイングの準備を行い、遅球の時に後足の推進力を発揮するタイミングを遅らせ、スイングの開始を調節している。

### 【文献】

1. 高木ほか, バイオメカニクス学会誌, 34, 2010.
2. Katsumata, H., Hum. Mov. Sci, 26, 2007.

## 野球の打撃技術における回転軸の意識が打撃動作に及ぼす影響

森本 晃央 (立命館大学)      工藤 将馬 (立命館大学, 日本学術振興会特別研究員DC1)  
佐藤 隆彦 (びわこリハビリテーション専門職大学)      長野 明紀 (立命館大学)

キーワード：野球打撃, 動作解析, 運動学

### 【背景・目的】

野球の指導現場では、体幹に対する指導として「打撃動作の回転軸を意識してバットを振る」という表現が頻繁に使われる。指導者によって、体幹の中心や軸足(捕手側の足)を打撃動作の回転軸と意識させる指導がみられる。しかし、回転軸を意識する位置の違いによって体幹の運動がどのように変化するかは明らかではない。体幹部の中でも特に骨盤部は、左右下肢で生成されたエネルギーを上胴、上肢へと伝達する役割を担う重要な身体部位である[1]。また、骨盤部の姿勢は、股関節で連結する下肢の姿勢によって決定される。そこで本研究の目的は、打撃動作における回転軸を意識する場所の違いによって生じる骨盤部の回転運動と下肢の姿勢への影響を明らかにすることとした。

### 【方法】

被験者は大学生野球選手12名(1.7±0.6m, 69.0±8.3kg)とした。軸を特に意識しない(意識無し)、体幹の中心を回転軸と意識した(中心意識)および軸足を回転軸と意識した(軸足意識)3条件のティー打撃を、光学式動作解析装置(1000Hz)を用いて測定した。左右ASISのマーカ座標から水平面(原点:軸足つま先、X軸:捕手から投手へ向かう方向、Y軸:左打席から右打席へ向かう方向)における骨盤部の瞬時回転中心(ICR)とASIS中点を算出した。軸足の足部(つま先-足関節)、下腿部(足関節-膝関節)、大腿部(膝関節-股関節)および骨盤部(股関節-ASIS中点)を表わすベクトル算出した。左打者のデータは右打者のデータに変換した後に、各変数における動作全体を通しての平均値を算出し、意識なし条件と2種の意識条件の間でt検定を用いて比較した。有意水準は5%とした。

### 【結果】

両意識条件ともに、骨盤部のICRおよびASIS中点は意識なし条件と比較してX成分のみ有意に捕手側に位置していた(図1)。各セグメントを表わすベクトルのX成分は、中心意識では足部が、軸足意識では足部と大腿部が意識なし条件と比較して異なっていた。各セグメントを表わすベクトルのY成分は、全てのセグメントにおいて差は

見られなかった。

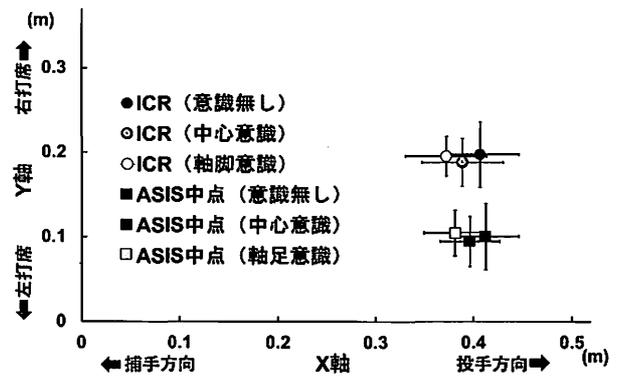


図1 各条件におけるICRとASIS中点の平均位置

### 【考察】

ASIS中点位置におけるX方向の差は、ICR位置におけるX方向の差の大半を占めていた(中心軸意識:94.5%;軸足意識:98.8%)。これらの結果から、両意識条件ともに、回転軸の意識によるICR位置の違いは骨盤部の位置の違いによって生じることが示された。また、各セグメントを表わすベクトルの結果から、中心意識条件では足部、軸足意識条件では足部と大腿部の姿勢の違いによって、骨盤部のICRおよびASIS中点が意識なし条件と比較して捕手側に位置することが示された。

### 【結論】

体幹の中心および軸足を回転軸と意識した打撃動作では、回転軸を意識しない動作と比較して、骨盤部が捕手側に位置することで回転軸も捕手側に位置することが明らかとなった。また、体幹の中心を回転軸と意識した動作では足部の、軸足を回転軸と意識した打撃動作では足部と大腿部の姿勢が異なることで、骨盤部が捕手側に位置することが示された。

### 【文献】

- 堀内ほか, 体育学研究, 62(2), 2017.