

東京体育学会第12回学会大会  
発表抄録

## 走幅跳における試合展開が試技内容に及ぼす影響

高山 倭 (日本大学大学院) 森長 正樹 (日本大学)  
宮内 育大 (日本大学) 小山 裕三 (日本大学)

キーワード：試合展開， 戦術， 走幅跳， パフォーマンス発揮

### 【背景】

どのようなスポーツ運動においても勝敗は技術や体力要素のみにより決定されているのではなく、その技術、体力要素をどのように試合で用いるのかという戦術的思考を重要視しなければならない(石塚, 1994)。走幅跳における戦術的思考力の一つに試合展開が挙げられる。試合展開とは、試合開始から勝敗が決するまでの一連の流れであり、この流れを把握し適切な行動を取ることで、パフォーマンス発揮に影響するのではないかと考えた。

### 【目的】

本研究では、男女走幅跳を対象に競技会においてどのような試合展開が行われているのかを各大会別、性差ごとに比較、検討することで戦術的思考力を高めるための基礎的知見とすることを目的とした。

### 【方法】

分析対象試合として日本陸上競技選手権大会(以下、日本選手権とする)及び日本学生陸上競技対校選手権大会(以下、全日本インカレとする)とした。対象者は男女走幅跳で、上記大会で上位8位入賞をしている選手の試技を参考とした。決勝試技記録を用いて、(加藤ほか, 2003)(宮内ほか, 2016)を参考に、重要と考える観点から、記録達成率、ベスト試技出現率、ファール試技出現率を分析対象データとして抽出した。抽出したデータは統計処理ソフトを用いて、ベスト試技出現率・ファール試技出現率については、対応のないt検定を、記録達成率については、一元配置分析を行った。なお、いずれの統計処理も危険率5%未満を有意水準とした。

### 【結果及び考察】

記録達成率については、日本選手権男子(95.26 ± 2.17)と日本選手権女子(92.80 ± 3.33)の間に有意な差が、また全日本インカレ男子(95.24 ± 2.15)と全日本インカレ女子(91.50 ± 2.82)の間に有意な差が認められた。先行研究によると、まず、男性は女性に比べ、自信、精神の安定、集中が高く、協調性が低い傾向にある(宮下ら, 2004)。このことから、競技を行う上で技術、体力面よりも優先的に精神的な要因が影響しており、男女間で差が

認められたのではないかと考える。

ファール試技出現率については、日本選手権男子の後半試技と日本選手権女子の後半試技の間に有意な差が認められた。これは、入賞が確定した後半は、記録や勝敗を狙った試技を行なっているために、後半のファール率が高くなっていると考えられている(加藤ほか, 2003)。男女間で心理的な要因において競技スポーツに影響する差があるという研究が報告されていることから、男子は高い記録を出現させるために、積極的な跳躍を行う傾向にありその結果ファール数が多くなることが考えられる。よって男女間で差が認められたのではないかと考える。

### 【結論】

本研究では、男女走幅跳を対象に競技会においてどのような試合展開が行われているのかを各大会別、性差ごとに比較、検討することで戦術的思考力を高めるための基礎的知見とすることを目的とした。

その結果以下のような知見が得られた。

1. 記録達成率において日本選手権男子と日本選手権女子の間に有意な差が認められた。また、全日本インカレ男子と全日本インカレ女子の間に有意な差が認められた。両大会とも男子の方が高い記録達成率を表している。
2. ファール試技出現率において後半試技における日本選手権男子と日本選手権女子の間に有意な差が認められた。男子の方が高いファール試技出現率を表していた。

## 新体操におけるパンシェターンの技術習得に関する一考察

亀井 理恵子 (東京女子体育大学) 秋山 エリカ (東京女子体育大学)  
小野田 桂子 (東京女子体育大学) 池和田 克彦 (東京女子体育大学)

キーワード：新体操, パンシェターン, 運動感覚

### 【背景・目的】

パンシェターンとは、上半身を地面に対して水平面またはそれ以下に前方に曲げ、片方の脚を後方から脚上開脚し、もう一方の脚で回転する技である[1]。高難度で配点が高い技であるが、減点の少ない正しいとされるフォームで回転できる選手が少ない。また、先行研究が少ない。そこで本研究では、パンシェターン実施可能選手を対象に、技の完成度を高めていくための身体動作や運動感覚を明らかにすることを目的とした。

### 【分析方法】

分析対象者：国際大会出場経験のあるパンシェターン実施可能選手、競技歴18年、21歳、新体操個人競技選手。

方法：パンシェターンの運動局面を3局面(プレパレーション局面・ターン局面・終末局面)とし、完成度を高める過程を3段階(導入期・形成期・完成期)に分けた。そして、各時期のパンシェターンを、試合本番およびリハーサル映像から他者観察[2]を行い、練習の記録ノートを中心に感覚や意識を振り返り自己観察[2]し、比較検討を行った。

### 【結果及び考察】

他者観察：プレパレーション局面では、過程が進むにつれ、上半身のひねりが大きくなるとともに、右腕の振りが大きくなり、ターンへ入るスピードが速くなった。ターン局面では、減点の少ないフォームを維持できるようになり、開脚度・回転数が上がった。終末局面では大きな変化は見られなかった。

自己観察：プレパレーション局面の導入期では「まず正しいパンシェの形を作る」こと、形成期では「回転のアクセントを付けるタイミング」や「右足を振り上げるスピード」を意識していた。完成期では「軸足のつま先側に乗る意識を作っておく」「大きく円を描くイメージで右手を振って遠心力をかける」「軸を外側から巻き込むイメージで左足を振り上げる」意識で準備動作を行っていた。ターン局面の導入期では「つま先重心でバランスをとる」、形成期では「軸足の股関節を外旋させる」「主に左手でバランスをとって調整する」、完成期では「右腕を内旋させ、回

転方向に二の腕が引っ張られ続けるイメージで回る」「脇から肋骨を腹部の中心に集めるイメージ」という運動感覚で動作を行っていた。終末局面は各段階で大きな変化は見られなかった。

また、段階を追うにつれて、より具体的な運動感覚を意識するようになった。さらに完成期では、運動感覚やそのイメージを持ちながら、運動を先取りすることが重要だということも明らかとなった。

### 【文献】

1. 日本体操協会, 2017年～2020年新体操採点規則, 2017
2. クルト・マイネル, マイネルスポート運動学, 1981

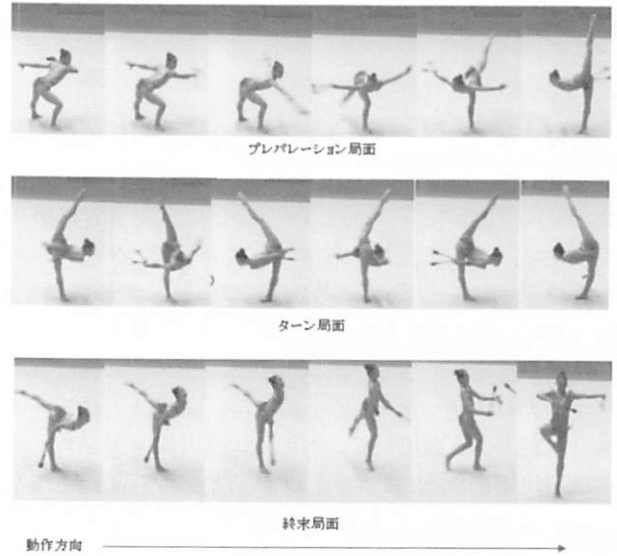


図1 パンシェターン

## 陸上競技十種競技の試合展開に関する一考察

宮内 育大 (日本大学) 加藤 弘一 (日本大学) 岡野 雄司 (日本大学) 森長 正樹 (日本大学)  
 澤野 大地 (日本大学) 畑瀬 聡 (日本大学) 小山 裕三 (日本大学)

キーワード：十種競技, 試合展開, 戦術的思考

### 【背景および目的】

競技スポーツにおいて、最高のパフォーマンスを最重要試合で発揮することはひとつの大きな目的である。その試合におけるパフォーマンス発揮は、技術や体力、戦術、環境など様々な要因に影響を受ける(青山・石塚, 2009)。一方で、パフォーマンスを発揮する場合は競技会であり、その場においてパフォーマンスを発揮するには戦術的な要因も重要視しなければならない(加藤ら2003)。この戦術的な側面から検討した研究について検討してみると陸上競技の単種目について検討された研究は見られるが、いくつかの特性の異なる種目を組み合わせて行われる種目に関して検討された研究は見当たらない。本研究は、いくつかの特性の異なる種目を組み合わせて行われる陸上競技の十種競技について試合展開の構造を明らかにし、戦術的思考力を高めるための基礎的知見とすることを目的とした。

### 【方法】

競技者にとって、ピークが形成された状態での試合展開の構造を明らかにすることが基礎的知見として必要であると考えられる。しかし、青山・小山(2009)が指摘しているように、競技者は出場する全ての試合でピークを形成することは事実上不可能であり、現状と可能性を踏まえて競技会の重要度を決め、それに合わせてピークを形成している。そこで分析対象試合を2009年から2019年に開催された日本陸上競技選手権大会(以下：日本選手権)および日本学生陸上競技対校選手権大会(以下：日本インカレ)、国内最高峰の試合とその試合に準ずるような試合、計2試合の上位入賞選手、計176名分の試合結果を分析対象とした。機関誌の情報や公式記録など参考とし、Krüger(1973)にならい試合時の天候などのコンディションや競技者のトレーニング状態は考慮しないこととする。分析項目については先行研究(青山・小山, 2009)を参考に記録達成率を算出し、考察を行った。分析項目については、統計ソフト(IBM SPSS Statistics 25)を用いて一要因の分散分析を行った。

### 【結果及び考察】

表1は、自己記録および国内年間最高記録に対する記録達成率の分散分析結果を示している。まず自己記録に対する記録達成率について、すべての種目で96%と高い値を示している。青山・石塚(2009)の報告から競技的狀態の判断基準として、年間最高記録に対してマイナス4~5%程度と指摘されていることから、本研究で対象とした試合に対してピークを形成できていることが分かる。また、記録達成率について投てき種目と棒高跳で他の種目と比較して有意に低い結果となった。これらの種目について、投てき種目や棒高跳は「技術種目」と位置付けられ、非日常的な技術を要する点(小林, 1990)が指摘されている。よって技術種目である上記の種目について、試合展開での重要性を認識した上で試合の中でどのようにパフォーマンス発揮を行っていくか考察しておく必要がある。

表1 記録達成率の検定結果

記録達成率 (%)	100m	200m	400m	800m	1500m	5000m	10000m	30000m	50000m	100000m	1500m	5000m	10000m	30000m	50000m	100000m
自己記録	99.49	99.27	99.01	98.81	98.59	98.38	98.17	97.96	97.75	97.54	97.33	97.12	96.91	96.70	96.49	96.28
国内年間最高記録	99.49	99.27	99.01	98.81	98.59	98.38	98.17	97.96	97.75	97.54	97.33	97.12	96.91	96.70	96.49	96.28
分散分析	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Mean ± SD	99.49 ± 0.01	99.27 ± 0.01	99.01 ± 0.01	98.81 ± 0.01	98.59 ± 0.01	98.38 ± 0.01	98.17 ± 0.01	97.96 ± 0.01	97.75 ± 0.01	97.54 ± 0.01	97.33 ± 0.01	97.12 ± 0.01	96.91 ± 0.01	96.70 ± 0.01	96.49 ± 0.01	96.28 ± 0.01
自己記録	99.49	99.27	99.01	98.81	98.59	98.38	98.17	97.96	97.75	97.54	97.33	97.12	96.91	96.70	96.49	96.28
国内年間最高記録	99.49	99.27	99.01	98.81	98.59	98.38	98.17	97.96	97.75	97.54	97.33	97.12	96.91	96.70	96.49	96.28
分散分析	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Mean ± SD	99.49 ± 0.01	99.27 ± 0.01	99.01 ± 0.01	98.81 ± 0.01	98.59 ± 0.01	98.38 ± 0.01	98.17 ± 0.01	97.96 ± 0.01	97.75 ± 0.01	97.54 ± 0.01	97.33 ± 0.01	97.12 ± 0.01	96.91 ± 0.01	96.70 ± 0.01	96.49 ± 0.01	96.28 ± 0.01
自己記録	99.49	99.27	99.01	98.81	98.59	98.38	98.17	97.96	97.75	97.54	97.33	97.12	96.91	96.70	96.49	96.28
国内年間最高記録	99.49	99.27	99.01	98.81	98.59	98.38	98.17	97.96	97.75	97.54	97.33	97.12	96.91	96.70	96.49	96.28
分散分析	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Mean ± SD	99.49 ± 0.01	99.27 ± 0.01	99.01 ± 0.01	98.81 ± 0.01	98.59 ± 0.01	98.38 ± 0.01	98.17 ± 0.01	97.96 ± 0.01	97.75 ± 0.01	97.54 ± 0.01	97.33 ± 0.01	97.12 ± 0.01	96.91 ± 0.01	96.70 ± 0.01	96.49 ± 0.01	96.28 ± 0.01

### 【参考文献】

1. 青山・石塚(2009)陸上競技研究78
2. 青山・小山(2009)陸上競技研究79
3. Krüger(1973)Track Technique54
4. 小林(1990)中央学院大学教養論叢3(1)
5. 加藤ら(2003)陸上競技研究52

# スポーツ技術史を参考にした学校体育におけるハードル走の学習内容の検討

見澤 卓 (東京学芸大学大学院)  
 仲宗根 森敦 (東京学芸大学)

キーワード：ハードル走, スポーツ技術史, 運動技術

## 【背景】

これまで学校体育におけるハードル走では苦手な子どもを減らすために様々な研究がなされてきた。その一方、宮丸(1982)は子どものつまずきの要因が単純化できないことを指摘している。つまり、子どものつまずきを基にハードル走の研究を行うと無数の学習内容が想起されてしまう。

そこで、ハードル走が誕生から現在までどんな運動として取り扱われてきたのかを検討した上で学習内容を提示する必要があるだろう。

## 【目的】

ハードル走の学習内容について、スポーツ技術史(岸野・多和, 1972)をもとに検討し、条件に関わらず必要とされる運動技術を明らかにし、技能指導の指針となる資料の提供を目指す。

## 【結果及び考察】

岸野・多和(1972)によれば、ハードル走は牧場の柵を跳び越えながら競争をするものとしてイギリスで誕生した。誕生した直後は競技スポーツのように画一的な条件は設定されておらず、1864年以降ヤード法による切りのいい数字を参考にして実施条件が整備された。

ハードル走における技術に関して、始めは「ハードルを安全に越えてゴールする」という克服運動の様相を呈していたものの、1900年以降トップアスリートの技術開発やハードル用具の開発によって目覚ましい発展を遂げる。その結果「跳び越えるハードリング」から「またぎ越すハードリング」、「走り越えるハードリング」という技術発達を終え、現代においては世界記録の更新が非常に困難となり、高度な技術を要求するテクニカルな陸上競技の短距離種目として認識されている。

そこで要求される運動技術は「限られたインターバル距離で最大限の加速を行う特異なスプリント技術」と「インターバル区間の加速を妨げない安定したハードリング技術」に分類される。また、それらの運動技術は脚の追い越し(シザース)動作のタイミングをコントロールすることで実現すると結論付けられた(図1)。

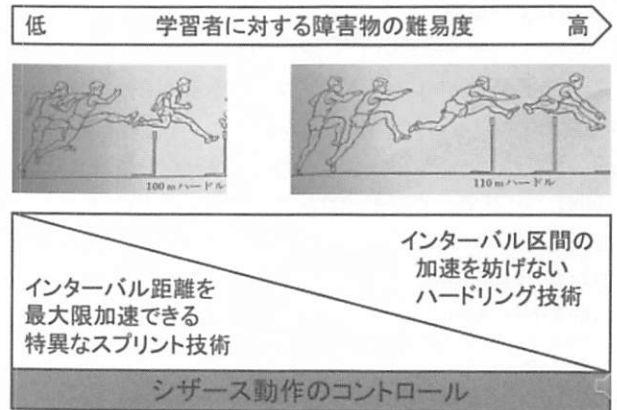


図1 ハードル走の技術構造

以上の検討から、学習の初期段階に目標となる動作や条件を決め、インターバル歩数の制限を行う指導は不適切であると考えられる。初心者や子どもに対しては、障害物の難易度を下げ、歩幅のコントロールをしながら加速する経験を積ませた後に、ハードル器具を用いた学習を行うことで、スムーズにハードル走特有の運動技術である「特異なスプリント技術」と「ハードリング技術」に親しむことのできる学習が達成されるだろう。

## 【結論】

競技スポーツの技術史を振り返り、学校体育におけるハードル走の学習内容を検討することで、各種条件によって変化することのない中核的な学習内容(「特異なスプリント技術」と「ハードリング技術」、及びそれらを生み出すシザース動作のコントロール)に迫ることができた。

## 【主な引用参考文献】

- 岸野雄三・多和健雄(1972) スポーツの技術史. 大修館書店, p.i p.ii pp.108—111.  
 宮丸凱史(1982) 続・できない子の指導クリニック: ハードルを跳び越せない子. 体育科教育, 30(11): 54—57.

## 全学情報基盤を用いた大学女子バスケットボール部における映像情報支援

Video-Based Support for a University Women's Basketball Team by the Campus Network

渡邊いろは（日本体育大学体育学部全学（基礎・教養）情報系）

角田 貢（日本体育大学体育学部全学（基礎・教養）情報系）

**Keyword :** formal university courses, extra activities support, Basketball, COVID-19, Multi-view

### 【Introduction】

One of the most important aspects of our university is the formal education curriculum. As a member of the informatics laboratory, we teach and support the teaching of informatics using the campus network [WAT2021]. In a university of physical education, extracurricular activities such as club activities are a good opportunity to learn more practical physical education from the formal education curriculum.

### 【Purpose】

It has become an important issue in order to continue the regular classes (course) at university after April 2020, when the COVID-19 pandemic occurred.

In this presentation, we introduce a case study of the use of video information for physical education using information infrastructure such as campus networks.

### 【Results and Discussion】

With the cooperation of our university's women's basketball team, several players on the court were taken on smartphone from the gallery side of the gymnasium in this experiment [KIN2020a, KIN2020b]. The recorded images were transmitted remotely via VPN [HAY2019] and analyzed in real time by analysts. The proposed system can play a part in the learning process even when all the members of the team do not gather in the gymnasium. The multi-view video shown in this experiment is a different perspective to that of the players on the court, which creates an opportunity for awareness. This is one of the most important aspects of physical education. The use of images during teaching is one of the triggers for examining the teaching that could not be done in the past in physical education, but it causes a new load for the work to utilize the tool. There are often practical solutions to the above, depending on the cost. However, it is a very important research topic to study the quality of the images needed for the teaching of physical education. The important information extracted from the video can be fed back to the coaches in real time. It is a well-known fact that this information processing is also expected to contribute to the improvement of team performance in club activities [FUJ2020].

### 【Conclusion】

Various kinds of information processing [WAT2018]

can be expected to be applied the field of new teaching of physical education in the future.

### References

- [1]Masahiro FUJITA (2020) Physical education and its practical teaching via the online network. Journal of Association of Private Universities of Japan, Educational and Scientific newspapers, Vol.2809 (July 8th) (In Japanese)
- [2]Tadao HAYASHI, Mizuki OKUYAMA et al. (2019) Network implementation for eSports by virtual private network on campus facilities at sport science university. Proceedings of Japan Society of Physical Education, Health and Sport Sciences, 13/ 7-12-10.(In Japanese)
- [3]Yoshiko KINOSHITA (2020a) Use of Image Information for College Women's Basketball Games, The Institute of Image Information Television Engineers, SIP-12 (The Meeting at Feb.28th was cancelled to prevent the spread of the corona)
- [4]Yoshiko KINOSHITA (2020b) Toward Teleteaching by utilizing of Image Information System from Coaching for College Women's Basket Player under COVID-19 pandemic, ITE 70th Anniversary Convention, 33D-6.
- [5]Hiroshi WATANABE (2018) Sport Information Processing, The Journal of the Institute of Image Information and Television Engineers, Vol.72, No.6, pp.905-908. (In Japanese)
- [6]Iroha WATANABE, Mitsugu KAKUTA (2021) Teleteaching for computer literacy using our information infrastructure, Bulletin of Nippon Sport Science University Vol.50, in press (In Japanese)



Fig. Multi-View Video Based Support for Basketball

# COVID-19 の流行によるディトレーニングが 大学女子バレーボール選手の身体組成と跳躍能力に及ぼす影響

横沢 翔平 (国士舘大学大学院) 平塚 和也 (国士舘大学大学院)  
飯田 周平 (国士舘大学) 田中 重陽 (国士舘大学)  
角田 直也 (国士舘大学)

キーワード：ディトレーニング, 跳躍, 身体組成, 女子アスリート

## 【背景】

COVID-19の世界的な大流行によって、2020東京オリンピック・パラリンピックを始めとした、あらゆるスポーツイベントが中止された。これにより、現役のアスリートは突然のスポーツ活動の休止を余儀なくされ、十分なトレーニング時間を確保できない状況が続いたことから、著しい体力低下を引き起こしていることが想定される。

## 【目的】

そこで本研究では COVID-19 によるディトレーニングとその後のリトレーニングが身体組成及び運動能力に及ぼす影響について調査することを目的とした。

## 【方法】

被験者は大学女子バレーボール選手9名を対象に3軸加速度計センサー型の活動量計を用いて、バレーボール練習中の運動量を毎日計測した。また、インピーダンス法を用いて身体組成の測定を実施し、運動能力の指標として垂直跳び(VJ)及びカウンタームーブメントジャンプ(CMJ)を測定した。データの収集期間は2020年3月から9月までの29週間とした。K大学では4月1日～6月7日までチーム練習が休止されたため、この期間をディトレーニングと定義した。ディトレーニング前の3月において身体組成及び垂直跳びのベースライン測定を実施した。また、チーム練習が開始された6月7日以降をリトレーニング期間とし、6月～9月において身体組成及び垂直跳びの測定をそれぞれ実施した。

## 【結果及び考察】

除脂肪量および脂肪量において、postで最も大きい変化率が観察され、除脂肪量では平均で-2.7%、脂肪量では平均で+9.7%の変化が観察された。この要因としてはトレーニング刺激の減少による代謝の低下や筋量、筋サイズの減少が考えられる。また、これらの変化率はリトレーニング期間に伴って漸増もしくは漸減する様相が見られ、除脂肪量ではリトレーニング1か月後に、脂肪量ではリトレーニングの2か月後にpostと比較して有意な差が認められた。リトレーニングの3か月後において

は、除脂肪量、脂肪量の両方でベースラインと同程度まで改善が見られた。次に跳躍高においてはPostで-7.9%、-5.8%の変化率が観察された。VJにおいてはリトレーニングの2か月後にpostから有意な増加が認められ、他方CMJの変化率においてはリトレーニングの1か月後にさらに低下する傾向を示し、リトレーニングの3か月後に有意な増加が観察された。ディトレーニングによる跳躍能力の低下には筋力の低下や筋サイズの減少などといった要因が影響することが指摘されており、Postにおける除脂肪量の低下と脂肪量の増加が跳躍能力の低下に影響していることが示唆された。

## 【結論】

以上の結果から、COVID-19によるディトレーニングは身体組成と運動能力に影響を及ぼすことが示された。

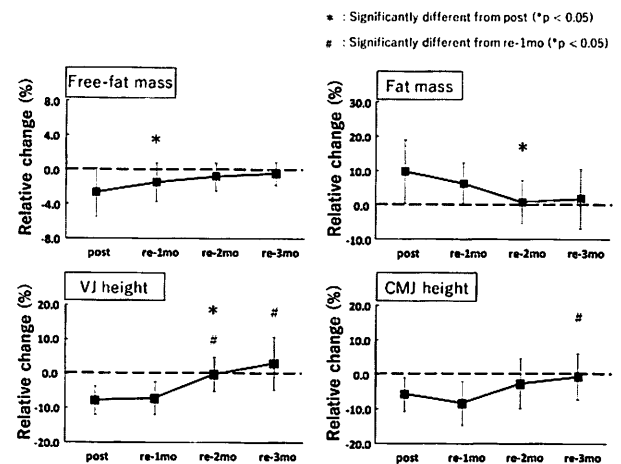


Fig.1. Relative change of body composition and jump height in post and retraining.

## レスリング選手の軽・中・重量級別にみた下肢の筋パワー発揮特性

牧野聡一郎 (国士館大学大学院)  
田中 重陽 (国士館大学)  
角田 直也 (国士館大学)

横沢 翔平 (国士館大学大学院)  
熊川 大介 (国士館大学)

キーワード：レスリング、無酸素パワー、下肢の筋パワー

## 【背景】

レスリング競技は、階級制のフルコンタクトスポーツであり、試合を優位にするため、また、勝利するために大きなパワー発揮能力が求められる。先行研究では、レスリング選手の最大無酸素性パワー発揮特性について検討した研究や、負荷別にみた無酸素性パワー発揮能力に関する研究はみられるが、持続的、間欠的な運動によるパワー発揮特性について、階級ごとに検討されたものはあまりみられない。

## 【目的】

本研究では、大学レスリング選手を対象に、下肢の筋パワー発揮特性を軽・中・重量級別に検討することを目的とした。

## 【方法】

被験者は大学男子レスリング選手27名とした。階級別は全10階級を軽量級57/61/65kg級、中量級70/74/79kg級、重量級86/92/97/125kg級の3つとした。

自転車エルゴメーターを用いて、2つの測定を行わせた。被験者に適した位置にサドルを調整し、座位姿勢により最大努力でペダリングさせた。1つ目の測定は、30秒間の全力ペダリングテストとし、負荷設定は体重の2.5%、5.0%、7.5%kpの3種類とした。2つ目の測定は、レスリングの試合をシュミレートしたインターミittentテストとした。負荷設定は体重の7.5%kpで5秒間の全力ペダリングを10秒の休憩をはさんで12セット行わせた。

## 【結果】

異なる負荷での30秒間の全力ペダリング測定では、階級毎のピークパワーと、その低下様相に着目し、より高いパワー発揮をどれだけ長く持続できるのかについて検討した。その結果、いずれの負荷設定でも重量級が高いピークパワーを示し、ピークパワーに到達する時間も重量級が最も早かった。次に、パワーの低下様相について検討したところ、ピークパワーの10%及び20%低下するまでの時間に群間差が確認された (Fig.1)。

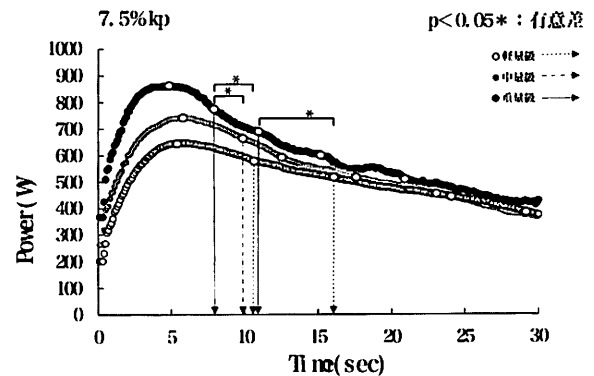


Fig.1. 30秒全力ペダリング (7.5%)におけるパワーの変化

Fig.2にインターミittentテストのセット数に伴うパワーの低下率を示した。軽量級はセット間の低下率が少なかったのに対して、中、重量級は2セット目から6セット目にかけて急激にパワーが低下し、その後6セット目から12セット目まではほぼ同値を示す結果が得られた。

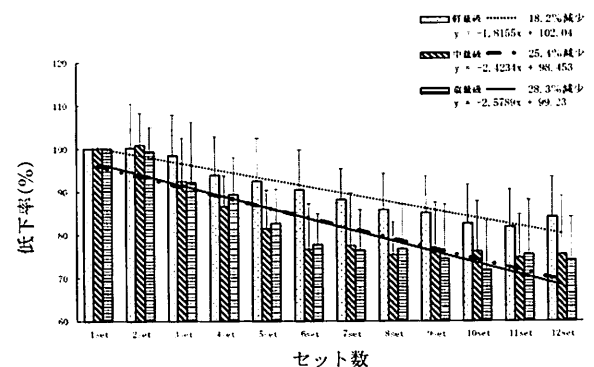


Fig.2. インターミittentテストにおける平均パワーの低下率

## 【結論】

重量級は比較的高いパワー発揮を持続できる時間が軽量級や中量級よりも短いことが明らかとなった。また、インターミittentテストの結果から、軽量級に対して中量級及び重量級はセット数の増加に伴う平均パワーの低下が大きいことが明らかとなった。



## 短時間全力自転車漕ぎ運動前後の虚血性コンディショニングがパフォーマンスおよび運動後の主観的きつさと疲労度に及ぼす効果

天野 勝弘 (環太平洋大学スポーツ科学センター)

河鱈 一彦 (関西学院大学)

キーワード：虚血性コンディショニング, 短時間全力自転車漕ぎ運動, 主観的きつさ, 疲労度

### 【背景】

虚血性コンディショニング(IC)とは、腕や脚の血流を一時的に止め(駆血)、その後開放(再灌流)することで、虚血状態を作るものである。それにより、虚血耐性が作られ心臓血管系の疾患(脳梗塞、心筋梗塞など)の予防や改善、さらに血流改善に効果があることが報告されている。これらのことより、運動後の疲労回復に効果があることが考えられる。そこで、疲労困憊するような競技では、一刻も早い回復が必要となるためICは有効な回復手段となることが期待できる。

またICによるパフォーマンス向上効果が報告されている<sup>1)</sup>。

### 【目的】

本研究の目的は、60秒全力ペダリング(以下ペダリング)前後のICがピークパワーおよび主観的なきつさに及ぼす効果を検証することである。

### 【方法】

被検者は、大学体育会陸上競技部に所属する男子12名で、実験群(IC群)6名とコントロール群(C群)6名に分けた。被検者の年齢は20.4歳±1.0歳、身長は173.9cm±4.8cm、体重は65.5kg±7.5kgであった。

運動課題として、コンビ社製パワーマックスVにより体重の4%の負荷で60秒の全力ペダリングを行わせた。「きつさ」や「疲労感」の測定はVAS(Visual Analog Scale)法を用いた。

実験プロトコルは以下の通りである。

60秒の全力ペダリングの3分後に5分間のICを行う。その20分後に60秒の全力ペダリングを実施し、その3分後に5分間のICを行った。さらに24時間後に5分間のICを行った後60秒の全力ペダリングを課した。C群はICのみ実施しなかった。駆血は、愛知電子工業社製のマルチカフケアと専用の多連カフ(特許)を脚部に巻きつけ、10秒以内に250mmHgの圧で筋全体に及ぼすものである。

### 【結果及び考察】

総仕事量、脚筋パワー低下量(watt)、脚筋パワー低下率(%)にはIC群とC群との間に有意差は認められなかった。

24時間後のペダリングにおけるピークパワー値に、IC群がC群より有意に高い値を示した( $p<0.05$ )。

図1は「きつさ」および「疲労度」に関する結果である。IC群では、1日目よりも2日目のきつさ(VAS法)が5%水準で有意に低下していた(左図)。また、右図にみられるように、1日目終了後の疲労度にIC群とC群とで有意差が認められた( $p<0.05$ )。

### 【結論】

虚血性コンディショニングは短時間全力自転車漕ぎ運動のパフォーマンスに好影響を及ぼす可能性が示唆された。

### 【文献】

- 1) D Tanaka, T Suga, T Tanaka, K Kido, T Honjo, S Fujita, T Hamaoka & T Isaka: Ischemic Preconditioning Enhances Muscle Endurance during Sustained Isometric Exercise. *Int J Sports Med* 37(8):614-8, 2016.

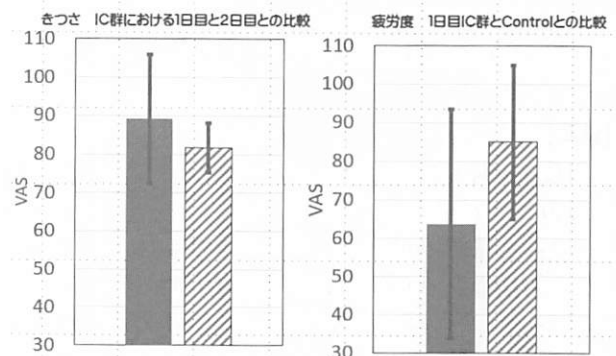


図1 きつさおよび疲労度に関する結果

## 測定肢位の違いが成人男女の大腿前面筋厚の値に及ぼす影響

柴田 景子 (日本女子体育大学)

川上 真奈 (日本女子体育大学)

沢井 史穂 (日本女子体育大学)

キーワード：筋厚，測定肢位，性差

### 【背景】

超音波画像を用いた人の骨格筋の筋厚測定は、専ら立位姿勢で行われているが、高齢者や要介護者のように立位姿勢を長く保つことが難しい場合は、より楽な姿勢での測定が望まれる。熊谷(2011)や遠藤ら(2017)は、測定肢位が異なると同じ部位でも筋厚の測定値に差があることを報告しているが、対象者はいずれも男性であり、女性を対象とした報告はなく、さらに測定肢位による筋厚の差に男女で違いがあるのかを検討した研究も見当たらない。

### 【目的】

本研究の目的は、超音波Bモード法により立位、座位、仰臥位の3つの肢位で大腿前面の筋厚を測定し、測定肢位によってどの程度の差があるか、またその差が性別によって異なるのかを検討することであった。

### 【方法】

対象者は、若年成人男性20名(21.0 ± 1.8歳)、女性21名(20.8 ± 0.8歳)であった。超音波Bモード法により、立位、座位、仰臥位における右側大腿前部の筋(大腿直筋、中間広筋、大腿直筋+中間広筋)の超音波画像を記録した。

統計処理は、測定肢位の違いによる各測定項目の平均値の差の検定は、対応のある一元配置分散分析を用い、有意差が認められた場合、Bonferroniの多重比較を行った。また、測定項目の性差については対応のないt検定を行った。有意水準は、危険率5%未満とした。

### 【結果及び考察】

測定肢位における筋厚の差は、男女ともに立位の方が仰臥位と座位よりも筋厚の測定値が高い値を示した。立位時の測定に対する仰臥位及び座位の筋厚の割合は、男性では8割前後、女性では約7割であった(表1)。測定肢位の違いによる筋厚の差を男女で比較したところ、大腿直筋において性差が認められ、立位と仰臥位及び立位と座位の筋厚の差は、女性の方が男性よりも大きかった(表2)。

これらの理由として、仰臥位及び座位姿勢では大腿を椅子やベッド上に載せている為、筋の短軸方向に重力がかかることで筋の変形が生じ、立位姿勢よりも筋厚の値が小さくなった(熊谷, 2011)と考えられる。特に皮下脂肪層の直下にある大腿直筋は、脂肪層の重みも加わってつぶれやすいため、男性より皮下脂肪層が厚い女性の方が姿勢の違いによる影響を受けやすいと考えられる。

### 【結論】

超音波Bモード法により、仰臥位や座位で大腿前面の筋厚を測定すると、立位時よりも過小評価してしまうこと、女性の方が男性よりも測定肢位の違いによる影響を受けやすいことが示唆された。

表1 各測定肢位における筋厚の測定結果

	仰臥位(mm)	座位(mm)	立位(mm)	仰臥位/立位	座位/立位
大腿直筋	20.7 ± 3.0	21.2 ± 2.8	24.8 ± 3.4	0.84 ± 0.09	0.86 ± 0.08
男性 中間広筋	16.3 ± 2.5	16.6 ± 2.8	21.4 ± 3.4	0.77 ± 0.12	0.79 ± 0.14
大腿直筋 中間広筋	37.0 ± 4.7	37.8 ± 4.6	46.3 ± 4.7	0.80 ± 0.08	0.82 ± 0.09
大腿直筋	16.1 ± 3.6	16.4 ± 3.7	21.9 ± 4.1	0.73 ± 0.10	0.82 ± 0.16
女性 中間広筋	13.7 ± 3.3	13.6 ± 3.2	19.0 ± 3.0	0.72 ± 0.14	0.71 ± 0.11
大腿直筋 中間広筋	29.3 ± 6.1	30.0 ± 5.8	40.9 ± 5.8	0.71 ± 0.10	0.73 ± 0.08

\* : 仰臥位 vs 立位 (p&lt;0.05) † : 座位 vs 立位 (p&lt;0.05)

表2 測定肢位による筋厚の差の男女比較

対象筋	筋厚の差	男性(n=20)	女性(n=21)	P値
大腿直筋(a)	立位-仰臥位	4.2 ± 2.4	5.8 ± 2.4	0.032
	(mm) 立位-座位	3.7 ± 2.3	5.5 ± 2.7	0.024
中間広筋(b)	立位-仰臥位	5.1 ± 3.4	5.3 ± 3.0	0.804
	(mm) 立位-座位	4.8 ± 3.6	5.4 ± 2.3	0.495
(a)+(b)	立位-仰臥位	9.3 ± 3.9	11.6 ± 4.3	0.068
	(mm) 立位-座位	8.5 ± 4.5	10.9 ± 3.4	0.052

# フォームローリングは筋硬度, 筋出力および筋活動を助長するか

村井 俊介 (国士館大学大学院) 畑島 一翔 (国士館大学体育学部付属体育研究所)  
 横沢 翔平 (国士館大学大学院) 田中 重陽 (国士館大学)  
 角田 直也 (国士館大学)

キーワード: デイトレーニング, 跳躍, 身体組成, 女子アスリート

## 【背景】

ウォーミングアップは, ウェイトトレーニングやスポーツ競技における準備として, 重要でありパフォーマンスの向上や怪我の予防とされている. フォームローリング(以下:FR)を使用する目的として, 試合でのパフォーマンスの向上や, 日々のトレーニングを円滑に進めることが多い.

だが, FRの先行研究は少なくFRの実施による効果は明確ではないと考えられる.

## 【目的】

FRが筋硬度, 筋力, 筋放電量の視点から肘屈曲筋力発揮時に与える効果を明らかにすることを目的とした.

## 【方法】

同一被験者9名に対し3回の測定を実施した. この内1回目ではFRなし, 2回目および3回目においては, 上腕二頭筋,(BB-FR), 上腕三頭筋(TB-FR)にそれぞれFRを実施した. 実施部位は右上腕二頭筋(以下:BB-FR)および上腕三頭筋長頭(以下:TB-FR)とし, 肩峰前部と肘頭窩にかけて180秒間実施した. 次に, FR後にBIODEX System IVを用いて前腕は回外させた状態で等尺性収縮下での肘屈曲の最大および最大下トルクを測定し, 同時にBB, TB(外側頭), TB(長頭)の筋放電量を測定した.

## 【結果及び考察】

表1にフォームローリング前後のpre-postの筋硬度を示した. BB-FR筋硬度が16%低下し, TB-FRでは筋硬度が21%減少した. FR実施後の対象筋は低値を示し, Pre-Postとの間に有意な差が認められた.

表1 FR後の筋硬度変化

FR実施箇所(BB)						FR実施箇所(TB)							
BB(N)			TB(N)			BB(N)			TB(N)				
Pre	Post	Rate(%)	Pre	Post	Rate(%)	Pre	Post	Rate(%)	Pre	Post	Rate(%)		
mean	24.60	20.50	-16.67	22.00	21.90	-0.45	mean	23.11	21.67	-6.25	22.89	18.00	-21.36
SD	4.03	5.12	8.77	2.77	2.91	15.25	SD	4.48	6.02	14.96	2.47	2.24	9.01

\*\*\*p<0.001

図1に各FR実施後の随意最大筋力(MVC)の測定値を示した. FR実施なしと比較した場合, BB-FRおよびTB-FR後は若干のトルクが向上する傾向にあったが, 有意差は

認められなかった.

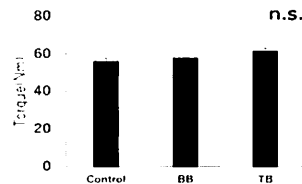


図1 最大筋力発揮

表2は, 各BB, TBLateral, TBLongの筋放電量と, 75%, 50%, 25%MVCの筋力発揮時と筋放電量の関係を示したものである. 筋力発揮時のトルク強度が増加するに伴い筋放電量も増加する値を示した. Control, BB, TBにおいてFRの介入による筋放電量には差は認められなかった.

表2 最大および最大化における筋力発揮時の筋放電量

Trial	FR実施箇所		
	Control	BB	TB
25	0.091 ± 0.05	0.097 ± 0.04	0.0828 ± 0.04
50	0.200 ± 0.10	0.228 ± 0.11	0.218 ± 0.08
75	0.421 ± 0.18	0.428 ± 0.28	0.388 ± 0.20
MVC	0.800 ± 0.31	0.857 ± 0.39	0.877 ± 0.26

Trial	FR実施箇所		
	Control	BB	TB
25.00	0.057 ± 0.02	0.020 ± 0.02	0.052 ± 0.01
50.00	0.051 ± 0.03	0.054 ± 0.03	0.047 ± 0.02
75.00	0.087 ± 0.05	0.097 ± 0.06	0.086 ± 0.03
MVC	0.122 ± 0.05	0.151 ± 0.09	0.162 ± 0.06

Trial	FR実施箇所		
	Control	BB	TB
25.00	0.008 ± 0.00	0.007 ± 0.00	0.005 ± 0.00
50.00	0.007 ± 0.00	0.018 ± 0.01	0.007 ± 0.00
75.00	0.011 ± 0.00	0.018 ± 0.01	0.010 ± 0.00
MVC	0.016 ± 0.00	0.038 ± 0.02	0.020 ± 0.1

平均値 ± 標準偏差 (p<0.05)

図2にはBB-FRのBB筋硬度およびTB-FRのBB筋硬度と最大筋力との関係を示した. BB-FR有意な負の相関関係が成り立った. 一方で図3では, BB-FRのTB筋硬度およびTB-FRのTB筋硬度と筋力の関係を示したものであるが, 拮抗筋であるTBの筋硬度変化に伴う筋力の増加は認められなかった.

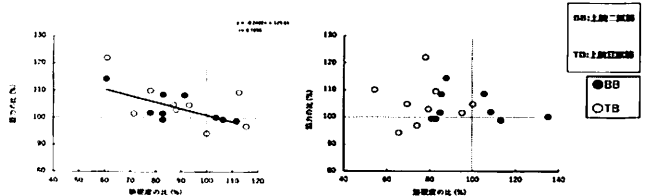


図2 BB-FR時のBB筋硬度およびTB-FR時のTB筋硬度比と筋力比の関係

図3 B-FR時のTB筋硬度およびTB-FR時のBB筋硬度比と筋力比の関係

## 【結論】

主働筋に対するFRは筋硬度を変化させるが, 筋力及び筋放電量には影響しなかったことが明らかになった.

# 連続した足関節底屈運動前後における下腿筋群及びアキレス腱の形状変化特性

西山 侑斗 (国士舘大学大学院)  
 平野 智也 (国士舘大学大学院)  
 角田 直也 (国士舘大学大学院)

横沢 翔平 (国士舘大学大学院)  
 田中 重陽 (国士舘大学政経学部)

キーワード：MCセンサー

## 【背景】

立位運動などの身体運動では、連続的な筋力発揮が求められる。運動の後半は筋が疲労してパフォーマンスは低下することが知られている。スポーツを行うにあたって筋、腱の活動の変化がどのような影響をもたらすかを明らかにすることが重要な試みである。

## 【目的】

本研究ではMCセンサー法を用いて、足関節底屈筋力発揮時の下腿筋群及びアキレス腱の活動動態を評価するとともに、筋力低下時の活動動態について検討することを目的とした。

## 【方法】

被験者は健康な成人男性10名とした。

### 1. 最大等尺性足関節底屈筋力の測定

筋力測定はBiodex System-IVを用いて連続した底屈運動前 (pre) 後 (post) に実施した。測定姿勢は伏臥位姿勢とした。

### 2. 形状変化量の測定

筋及びアキレス腱の形状変化量はMCセンサーを用いて計測した。

測定部位は腓腹筋内側頭、腓腹筋外側頭、前脛骨筋、アキレス腱とした。測定の際はMCセンサーとBiodexを同期することによりデータを取得した。

## 【結果及び考察】

### 1. 筋力の増大に伴う形状変化量の変化

筋力の増大に伴う下腿筋群の形状変化量を示した。全ての筋において筋力の増大に伴う形状変化量の増加傾向が確認され、特に、筋力の高強度局面では、preに対してpostの値は低値を示す傾向が確認された。

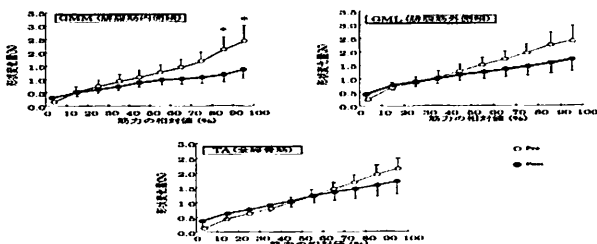


図6. 筋力の増大に伴う腓腹筋及び前脛骨筋の形状変化量の変化 (n=10, p<0.05)

2. アキレス腱の形状変化量と腓腹筋及び前脛骨筋の形状変化量の関係  
 下腿筋群はアキレス腱の形状変化量が大きくなるに伴い pre も post も高くなる傾向を示したが、pre に対して post では、アキレス腱と各筋の形状変化量が低値を示す傾向が確認された。アキレス腱に付随する腓腹筋の形状変化量が pre に対して post で減少したことが、アキレス腱の形状変化量の減少にも影響した可能性が示唆された。

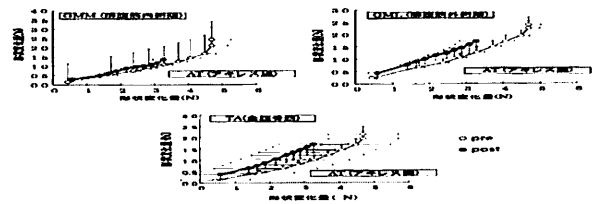


図7. アキレス腱の形状変化量と腓腹筋及び前脛骨筋の形状変化量の関係

3. pre と post 間における筋力の減少率と形状変化量の減少率の関係  
 腓腹筋内側頭、外側頭の形状変化量の減少率と筋力の減少率の間には、いずれも有意な正の相関関係が認められたのに対して、前脛骨筋及びアキレス腱では有意な相関関係は認められなかった。よって筋力の低下度合いは、主働筋である腓腹筋の形状変化量の減少率が影響していることが示唆された。

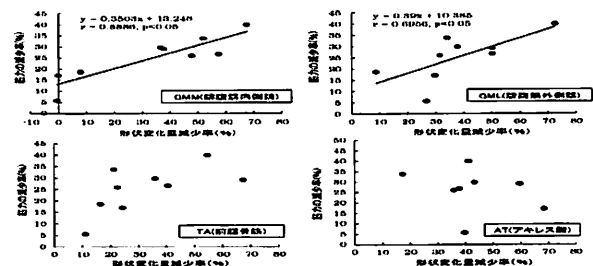


図8. 筋力の減少率と形状変化量の減少率の関係

## 【結論】

MCセンサー法により計測した下腿筋群及びアキレス腱の形状変化量は、筋力低下時でも筋力レベルを推定する指標となりえる可能性が示唆された。また、筋力の低下度合いは、主働筋である腓腹筋の形状変化量の減少率が影響していることが明らかとなった。

## 小学校児童の発育に伴う歩容および足部内側縦アーチ構造の変化

木内 聖 (日本体育大学大学院) 平野 智也 (国士舘大学大学院) 相馬 満利 (十文字学園女子大学)  
 藤戸 靖則 (日本体育大学) 古田なつみ (日本体育大学大学院)  
 野澤 巧 (公益財団法人東京都スポーツ文化事業団) 榎屋 剛 (日本体育大学)  
 尹 鉉喆 (日本体育大学大学院) 柏木 悠 (専修大学) 船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：児童, 歩行, 内側縦アーチ

### 【背景】

足部に内在する内側縦アーチ (MLA) は、歩行中にブレーキや加速、衝撃吸収といった役割を果たす [1]。ヒトの足部は平らな構造から始まり、発育に伴い MLA が発達することで中足部の接地面積が減少し、安定した歩行ができるようになるとされている [2]。MLA の発達を検討した研究は、フットプリントから得られたデータから MLA を評価しているため、歩行中の MLA の運動学的変数は明らかにされていない。

### 【目的】

小学校児童における足部内側縦アーチ (MLA) の運動学的変数を計測し、発育に伴う歩容および立脚期中の MLA 構造の変化を明らかにすること。

### 【方法】

被験者は小学校男女児童 247 名を対象とした。足部の形態情報は、三次元足形分析装置 INFOOT (I-Ware Laboratory 社製) を用いて取得した。被験者には足底圧分析器 (Novel-emed-xl, 100Hz) が埋設された歩行路上を、自己選択速度で歩行するよう指示し、歩行中の足底荷重および時空間変数を測定した。立脚期中の足部キネマティクスデータを取得するために 2 台のデジタルビデオカメラ (240fps) を用いた。被験者には、解剖学的計測点に基づき右足部にランドマークを 3 点貼付した。ランドマークの貼付位置は、第一中足骨頭、舟状骨、踵骨内足部とした。立脚期中の足部キネマティクスデータは、解剖学的計測点に基づき、第一中足骨頭、舟状骨および踵骨内足部のなす角度として MLA 角度、舟状骨から第一中足骨頭と踵骨内側部の二分線までの垂直距離を MLA 高、第一中足骨頭から踵骨内側部までの距離を MLA 長と定義した。足部キネマティクスデータは、踵接地時のデータを基準にして、立脚期中の変化量 ( $\Delta$ ) を求めた。被験者間の足長の影響を考慮し、MLA 高および MLA 長の検出された値は足長 (mm) で除して正規化を行った。

### 【結果及び考察】

小学校 6 年生において、女子は男子と比較して、歩行速度が高く、その差は有意であった ( $p < 0.05$ )。足長は、発育に伴い統計上有意な増加を示した ( $p < 0.05$ )。舟状骨高は、足長で正規化を行った場合、学年間に統計的有意差は見られなかった。立脚期中の MLA 構造は、全学年の立脚期後期に最大の変化量および足底荷重の第二ピークが見られた (図 1)。このことから、小学校児童は、1 年生の時点で 6 年生と変わらない MLA の機能を有し、MLA 構造の変化は、足長に依存しており、発育に伴い相対的に変化することが示唆された。

### 【結論】

男子と比較して思春期成長スパートを早く迎える女子は、小学校 6 年生において歩行速度が高いことが示されたが、立位時および立脚期中の MLA 構造の変化は、足長に依存しており、発育に伴い男女ともに相対的に変化することが示唆された。

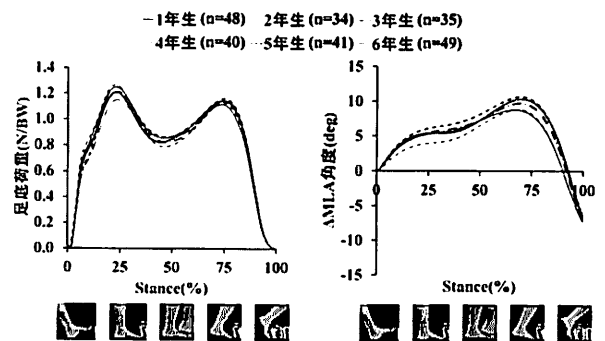


図 1 立脚期中の足底荷重および  $\Delta$  MLA 角度の経時的変化 (各学年の平均値)

### 【文献】

- Holowka N B et al., J Exp Biol. 2018.
- Bertsch C et al., Gait & Posture. 2004.

## 大学野球選手におけるバットスイング中の足圧変化

鈴木 翔吾 (国士舘大学大学院) 畑島 一翔 (国士舘大学体育学部)  
横沢 翔平 (国士舘大学大学院) 田中 重陽 (国士舘大学)  
角田 直也 (国士舘大学)

キーワード：野球, スイング速度, 足底圧力

### 【背景】

野球のスイング速度に関する先行研究において, 体重, 除脂肪体重, 握力, 背筋力, メディシンボール投げ, 垂直跳びや立ち幅跳びとの関係を検討したもの, 地面反力を測定したものなど様々ある. しかしながら体重, 除脂肪体重, 握力や背筋力が高いにもかかわらずスイング速度が小さい選手や, 反対に体重, 除脂肪体重, 握力や背筋力が低いにもかかわらず, 大きなスイング速度を示す選手もいる. このことから体力的な要素が優れているからといって, スイング速度が大きくなるとは限らない. また打撃動作は下肢から生み出されたエネルギーが体幹, 上肢, バットへと順次伝達される. そのため打撃動作中の地面反力や重心移動などにも着目する必要がある. 本研究はバットスイング中の足底圧力の変化を検討し, スイング速度との関係を明らかにすることを目的とした.

### 【方法】

被検者は, K大学準硬式野球部に所属する右打ちの野手19名とした. 打者のスイング速度の測定には, スイング速度記録装置 (マルチスピードテスター II, SSK社) を用いて実施し, 最大努力によるスイングを5回行わせ, 最高値を分析の対象とした. 打撃動作中における足底圧力の測定は, 足底圧力センサー Zebris (Zebris社製) を用いて実施した.

### 【結果】

#### 1. 足底圧力及び軌跡長とスイング速度の関係

図1に軸脚である右脚の足底圧力最大値とスイング速度の関係を示した. その結果, 両者の間には有意な相関関係が認められた. また, 足圧中心の単位軌跡長 (CoP/s) とスイング速度との間にも有意な相関関係が認められた. 一方, ステップ脚である左脚の足底圧力最大値及び軌跡長とスイング速度には有意な相関関係は認められなかった. これらの結果から, 軸脚への十分な荷重に加え, 足圧中心の移動速度を高めることにより, 大きなスイング速度を獲得していることが推察された.

#### 2. スイング速度における上位群と下位群の比較

全被検者のスイング速度値をTスコアによって上位群と下位群に分類した. CoP/s及び前方方向への足圧中心の単

位軌跡長は, 上位群が下位群よりも有意に高い値を示した. 一方, 軸脚及びステップ脚の足底圧力最大値や軌跡長には有意な差は認められなかった.

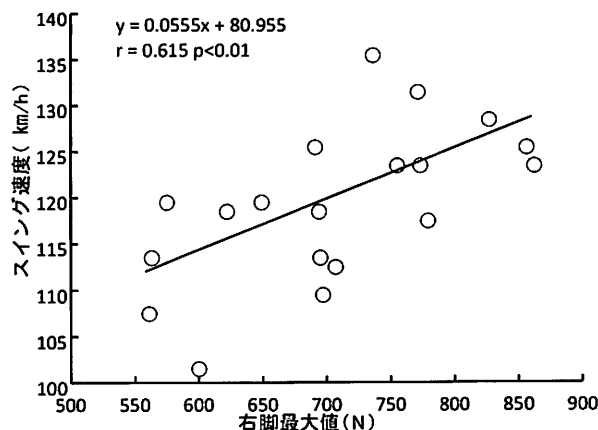


図1. 右脚最大値とスイング速度の関係

### 【結論】

足底圧力における軸脚への荷重, ステップ時における足底圧力中心の移動速度がスイング速度を高める上で, 重要であることが示唆された.

### 【参考文献】

- 笠原政志, 山本利春, 岩井美樹, 百武憲一, 森実由樹 (2012) 大学野球選手のパットスイングスピードに影響を及ぼす因子. 日本ストレングス & コンディショニング協会機関誌, 19: 14-18
- 堀内元, 中島大貴, 桜井伸二 (2017) 野球のバッティングにおける下肢および体幹の力学的エネルギーの流れ. 体育学研究, 62: 575-586

# 単一の反射マーカとモーションキャプチャシステムを用いたボールの回転と軌道の推定

須藤 佑介 (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)

キーワード：回転数, 回転軸, モーションキャプチャ, ボール, シミュレーション

## 【背景】

ボールの挙動は球技の試合を決定づける要素であり、野球やテニスなどの球技研究で計測が行われている。その回転や軌道の計測にはいくつかの方法がある中で、光学式モーションキャプチャシステム(以下MC)を用いてボールの挙動を計測すれば、同時にそのボールの運動を生み出した動作のキネマティクスデータが容易に取得でき、動作解析研究を行う上で有用であると考えられる。しかしMCを利用した従来手法は立体的な反射マーカをボールに複数個貼付しており、①ボールの衝突時にマーカが壊れたり、マーカがバウンドや衝突後のボールの動きに影響を与えたりする恐れがある。②MCの特性上それぞれのマーカの区別をするのが難しい場合がある。といった理由で実際の計測には困難を伴う場合があった。

## 【目的】

本研究の目的は反射シールを一枚だけ貼付したボールの弾道をMCで記録し、ボールの回転速度、回転数および軌道を算出することである。

## 【方法】

分析動作：地面にバウンドしたテニスボールをテニスラケットで打つ動作。ボールに縦回転(トップスピン試行)、斜め回転(斜めスピン試行)をかけた2種類の試技を行った。

測定方法：MCで試技を測定。ボールには直径45 mmの再帰反射シールを1枚貼付した。

解析方法：重力、抗力、揚力を考慮したボールの運動方程式からマーカの位置をシミュレートする過程に、パラメータとして初期位置、初速、回転角速度、回転半径、回転初期位相を設定し、マーカの軌跡の測定データからの残差がなるべく小さくなるように探索を行った。回転軸の向きと回転速度は測定区間で変化しないと仮定した。

## 【結果及び考察】

MCで測定したマーカの軌跡とよく一致する軌道を再現できた(図1)。シミュレートしたボールの中心から見たマーカの軌跡は円盤状であり、回転軸はその円盤に垂直であると考えられる(図2)。解析の結果トップスピン、斜

めスピン試行でそれぞれ、初速は32 m/s, 23 m/s, 回転速度は毎分1200回転, 3000回転, 回転軸の傾き(水平軸からの傾き)は5度, 40度であった。

なお、本手法で算出されたボールの軌跡はあくまでマーカの回転中心の軌跡であって、質量中心位置からはわずかながらあるがずれがあることには注意が必要である。今後、他の手法を用いて算出した値との比較を通じ、本手法による推定結果の妥当性を検証する予定である。

## 【結論】

ボールに反射マーカを一つだけ貼付して光学式モーションキャプチャシステムで測定したデータから、ボールの初速や回転速度、回転軸をある程度の精度で推定できる可能性がある。

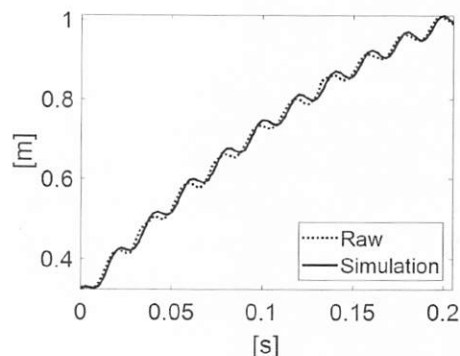


図1 斜めスピン試行の鉛直方向のマーカの座標データとシミュレーション結果

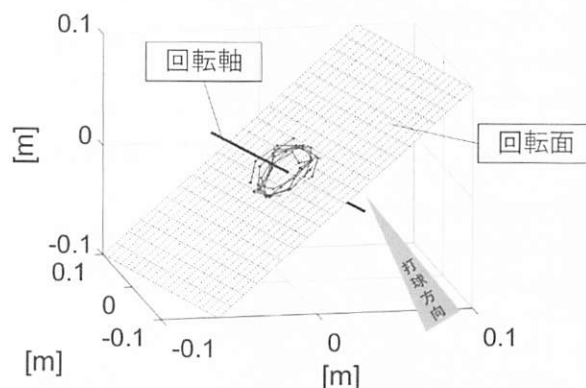


図2 斜めスピン試行の回転軸と回転面

## テニスのフォアハンドストロークにおける 打点位置の差異に応じた打具速度獲得のメカニズム

谷 建孝 (東京大学大学院総合文化研究科) 川本 裕大 (東京大学大学院総合文化研究科)  
須藤 佑介 (東京大学大学院総合文化研究科) 飯野 要一 (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)

キーワード：テニス、フォアハンドストローク、ラケットスピード、打点

### 【背景および目的】

テニスのフォアハンドストロークにおいて、打点位置が異なるとインパクト時の身体姿勢が異なる。姿勢の差異によって各関節での力発揮および関節角速度が変化する。また、身体姿勢の差異によって関節角速度のラケット速度への変換効率が変化する。例えば、打球方向を向いて体幹部を左に回旋させると打球方向のラケット速度が生じるが、このとき肘を伸ばして体幹部とラケットの距離を大きくした方が打球方向へのラケット速度を大きくすることができる。関節角速度の大きさとラケット速度への変換効率が、獲得されるラケットスピード(ラケットスピード生成量)を決定するため、打点位置の差異により各関節のラケットスピード生成量が変化すると予想される。そこで、本研究では、打点位置の差異に応じた各関節のラケットスピード生成量の変化を明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

大学体育会硬式テニス部で競技経験のある男性12名に、吊り下げて静止させたテニスボールをフォアハンドストロークで打球させた。試技の前に複数の打点位置で打撃させ、スイング速度が最も速かった位置を中心位置とし、中心位置から半径15 cmの円上に前後左右斜めに移動させた打点位置を設定した。

また、ラケットスピード生成量の算出に利用したセグメントおよび関節は、腰仙関節、中胴セグメント、胸腰関節、肩関節、肘関節、手関節およびラケット関節であった。

### 【結果および考察】

中胴セグメント左右回旋軸、胸腰関節左右回旋軸および肩関節内外旋軸のラケットスピード生成量は値が大きく、且つ、中心位置から移動させた打点位置について、前と後、右と左、右前と左後をそれぞれ比較すると、条件間に有意な差が認められた。中胴セグメント左右回旋軸では後・左・左後の打点位置で、胸腰関節左右回旋軸および肩関節内外旋軸では右・右前の打点位置でラケットスピード生成量が大きかった(図1)。また、打点位置の差異によるラケットスピード生成量の大小関係は、関

節角速度のラケットスピードへの変換効率の大小関係ではなく、関節角速度の大小関係と一致していた。したがって、打点位置の差異に応じて、関節角速度が変化することで、各関節におけるラケットスピード生成量が変化していたと考えられる。

### 【結論】

打点位置の差異によるラケットスピード生成量の大小関係は、ラケットスピードへの変換効率ではなく、関節角速度の大小関係と一致していた。したがって、打点位置の差異に応じて関節の回転させやすさが変化することで、各関節の回転により生み出されるラケットスピードが変化すると考えられる。

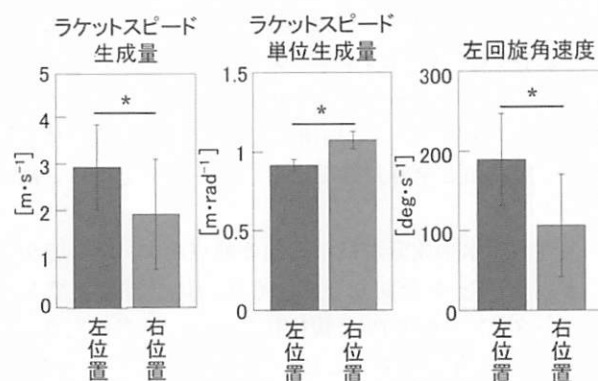


図1 中胴セグメント左右回旋軸のラケットスピード生成量、ラケットスピード単位生成量および左回旋角速度 (\* :  $p < 0.05$ )



## アルペンスキーにおける中上級者のターン制御方略の差異

原田 将寛 (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)

キーワード：アルペンスキー、カービングターン、モーメント、静的つり合い

### 【背景】

アルペンスキーは規制されたコースを滑走したタイムを競う競技で、コースを滑走するためには連続的にターンをする必要がある。連続ターンをする際、滑走者は自身の重心を斜面に対して左右に傾け、前額面上でスキー板に対して重心を回転させることになる。スキー板に対する重心の回転方向の制御には地面反力と重心位置の関係性が重要であり、高速度で滑走し、外的状況が変化する中で制御が求められる。

### 【目的】

本研究ではスキー板に対する重心の制御に着目し、中上級者のターン制御方略の差異を明らかにすることを目的とし、以下の方法で実施した。

経験年数10年以上の上級者6名と2-5年の中級者6名を被験者とし、旗門を設置しない状況で、できる限りリズムを早くしたカービングターンを行ってもらった。

上腕を除くセグメントごとに取り付けた慣性センサから得られた角速度データと加速度データをそれぞれ身体モデルの姿勢算出と全外力算出に用い、GNSSを用いて軌道を測定した。

全外力の水平成分が最小となる地点をターンの切り替えとし、1ターンを切り替えから次の切り替えまでとした。各ターンを0-100%で規格化し、各被験者の右ターン4ターン分を解析対象とした。条件間の比較を行うため、SPM解析を対応のないt検定で行った(有意水準5%)。

### 【結果及び考察】

図1に前額面における斜面に対する重心の角運動量を示した。これは重心が斜面に対してターン内側方向に勢いを持っているとき、正の値をとる。ここで便宜的にターンを前半、中盤、後半に分けることにする。上級者は中級者に比べ、ターン切り替え時におけるターン内側方向の勢いが大きく、ターン前半でその勢いを中級者と同程度まで小さく、中盤では大きく、後半では次のターンの内側方向に大きくしていた。

図2に重心の角運動量を変化させるモーメントを生み出す要因の一つである、COP-重心ベクトルと地面反力ベクトルの角度差を示した。これはCOP-重心ベクトル

が地面反力ベクトルに対してターン外側にあるとき正の値をとる。上級者はターン前半と後半で重心を地面反力に対してターン外側に置くことで、ターン外側方向のモーメントを獲得していた。

### 【結論】

上級者は中級者に比べターン切り替え時のターン内側方向への勢いが大きく、これはターンの前半と後半にターン外側方向のモーメントを発生させることで実現されていた。これは静的つり合いから外れた運動であり、上級者はこのような中でターン全体として安定した運動を行っている可能性が示唆される。

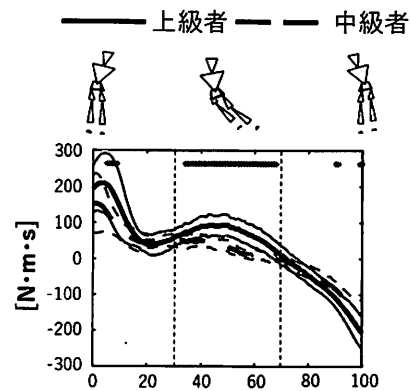


図1 斜面に対する重心の角運動量

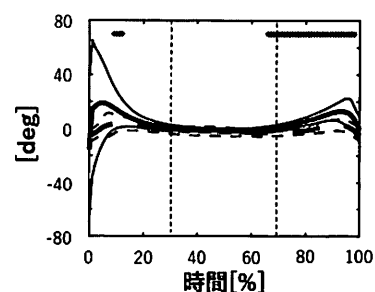


図2 COP-重心ベクトルと地面反力ベクトルの角度差

## スキートレーニングにおけるスライドボード運動の役割

羽毛田高聖 (国士舘大学大学院) 山田 健二 (株式会社ポピンズ)  
 横沢 翔平 (国士舘大学大学院) 須藤 明治 (国士舘大学)  
 角田 直也 (国士舘大学)

キーワード：スライドボード, ステップ前半

### 【背景】

アルペンスキーは、旗門や斜面の勾配、コースコンディションにより回転弧やリズムが規制される為、タイムを縮めるために、ターンの技術力を高めることが重要と考える。アルペンスキー競技のタイム分析に関する研究で竹田らは、上位選手と下位選手の各旗門間のタイム差を明らかにした。その結果、タイム差に影響する重要な技術として「高い位置からのライン取り」「回転半径の小さなターン弧」「素早い切り替え動作」「外脚荷重」「谷向き姿勢」を抽出している。ターン技術の習得に関して、近年、アルペンスキー選手のトレーニングにスライドボードが取り入れられている。しかし、アルペンスキー選手を対象としたスライドボード実施時の大腿筋群の筋活動およびスライドボードの有効性については明らかにされていないのが現状である。

### 【目的】

本研究では、連続したスライドボード(SB)運動におけるステップ動作時の大腿筋群の筋活動について検討した。

### 【方法】

被験者はスキー経験者6名,コントロール6名の計12名とした。SB運動時の筋活動量の計測において、左右の大腿直筋(RF),内側広筋(VM),外側広筋(VL),及び大腿二頭筋(BF)を被験筋とした。最大随意収縮時(MVC)に対する筋活動量の相対値を算出するため、Biodexを使用し、MVC計測時の各筋活動量を計測した。SB運動は高速度カメラにて撮影し、筋電図と同期して記録した。ステップの分析は、外脚がストッパーを蹴り出してから反対側に到達するまでを1ステップとし、蹴り出した脚の引きつけ動作が見られた時点までをステップ前半,それ以降をステップ後半とした。連続20ステップ行い、初期(3,4ステップ),中期(11,12ステップ),後期(19,20ステップ)を分析区間とした。

### 【結果及び考察】

最大随意収縮(MVC)計測時の3ステップ目前半(大腿直筋),3ステップ目前半(内側広筋),3ステップ目前半(外側広筋),4ステップ目前半(内側広筋),11ステップ目前半(大腿直筋),11ステップ目前半(外側広筋),12ステップ目

前半(内側広筋),19ステップ目前半(大腿直筋),19ステップ目前半(内側広筋),19ステップ目前半(外側広筋),19ステップ目後半(外側広筋),20ステップ目前半(大腿直筋),20ステップ目前半(内側広筋)においてスキー群の方が有意に高値を示す結果となった。

### 【結論】

ターン前半の局面はスキー群とコントロール群で有意な差が顕著に見られたことからターン前半の局面はターンの技術力を向上させる上で重要な局面であることが示唆された。また、スキー群の方が筋の活動が高いことからスライドボード運動はスキーのターン動作に近い運動であることが考えられ、ターン技術のトレーニングとしてスライドボードは活用ができると考えられる。

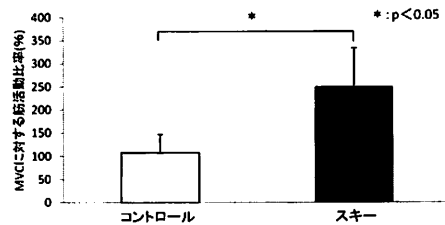


Fig.1 3 ステップ目前半(外側広筋)

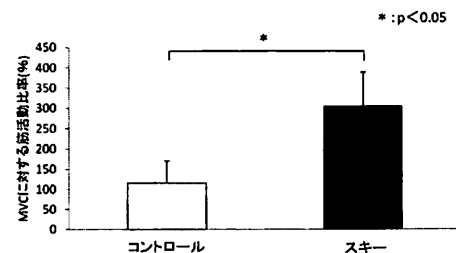


Fig.2 11 ステップ目前半(外側広筋)