研究速報

やり投げ競技を対象とした運動観察におけるスーパースロー映像の有効性に関する基礎的検討

Effects of Super Slow Movie on Motion Observation of Javelin Throw

伊勢 只義[†], 正会員 塩野目 剛亮^{††}, 渡部 信一^{††}Tadayoshi Ise[†], Takeaki Shionome^{††} and Shinichi Watabe^{††}

Abstract Recently, video footage has been used for motion observation of primary players for sports instruction. In this paper, we analyze motion observation of an expert javelin thrower at several frame rates of attempt movie. We obtained an interview with an expert javelin instructor to investigate the effectiveness of high speed movies on motion observation with frame rates of 30, 60, 120, and 240 fps. As a result, (1) playback times, (2) pause times, (3) fast-forward or rewind times, and (4) playback order were measured. In addition, 57 of the meaningful units for instruction were obtained from the interview analysis. The results also show that the high speed movie is effective for figuring out a player's conscious of body motion and setting an agenda to adjust motion in dynamic postures for motor learning. The differences of the tendency of motion observation between each frame rate were also discussed.

キーワード：やり投げ, 競技指導, スーパースロー映像, 高速度カメラ, 運動観察, 動作意識

1. ま え が き

スポーツにおいて、運動スキルの獲得を目的とした運動学習では、学習者本人が見本となる動作を観察し、特徴を押さえて練習をすることが効果的であるとされている¹⁾。運動指導を考える場合、指導者は学習者が注意を向けるべき動作を正確に把握し、学習者に動作の修正のポイントを指摘しなければならない。一方、運動スキルを指導する場合の問題として、客観的に観察される行為と運動実施者本人が意図して行う動作意識^{*}には異なる点が多いことも指摘されている³⁾。動作を学習する場合、この動作意識に意図的に注意を向けることが求められる¹⁾。また、優れた運動競技者は、動作中に感知する動作意識と観察される動きとしての動作結果を正確に対応付けながら動作の調整を行っている⁴⁾。すなわち、指導者は学習者に運動指導を行なう際、学習者の動作の修正のポイントを学習者の動作意識と

客観的事実を正確に対応させられる客観的視点を持つことが要求される。

近年、学習者の動作の観察の際に、ビデオ映像が活用されている⁶⁾⁹⁾¹⁰⁾。ビデオ映像を運動指導に活用することの重要性について、Duane²⁾は「肉眼では観察できない運動の高速な事象をとらえることができる」と述べている。このことから、運動指導場面において、ビデオ映像の活用は学習者の運動スキル獲得の一助になると考えられる。加えて、高速度カメラを使用し、競技者の動作の特性をより詳細にとらえようとする試みも行われている⁵⁾⁸⁾。しかしながら、スーパースロー映像がビデオ映像よりも学習者の動作の観察の際に有効とされていても、優れた指導者が実際のビデオ映像、およびスーパースロー映像をどのように観察し、どのような観点からスポーツ競技者の動作の修正のポイントを把握しているのかについての検討は充分ではない。

本稿では、エキスパートやり投げ競技者を対象として、実際のビデオ映像、およびフレームレートの異なるスーパースロー映像を指導者の視点から観察してもらい、修正ポイントの把握をどのように行っているかを実験的に検討している。すなわち、運動指導におけるスーパースロー映像の観察行動を分析することで、その有効性を明らかにすることを目的とする。

2012年1月27日受付, 2012年4月3日再受付, 2012年4月24日採録

[†] 東北大学 大学院教育情報学部, 022-795-3119

(〒980-8576 宮城県仙台市青葉区川内 27-1)

^{††} 東北大学 大学院教育情報学研究部, 022-795-3117

(〒980-8576 宮城県仙台市青葉区川内 27-1)

[†] Graduate School of Educational Informatics Education Division, Tohoku University

(27-1, Kawauchi, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8576, Japan)

^{††} Graduate School of Educational Informatics Research Division, Tohoku University

(27-1, Kawauchi, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8576, Japan)

^{*} 動作中に本人が主体的に感じ取る主導的な感じ, あるいは体験⁷⁾。

2. 実験方法

やり投げ競技指導の観点から、フレームレートの異なるやり投げ試技映像（30, 60, 120, 240fps）を対象として、試技の観察への有効性を検討するためインタビューを行う。

2.1 評価映像

ここでは評価映像の作成、提示方法について説明する。

まず、1名のやり投げ競技者（20代、男性、右投げ、競技歴7年、自己ベスト記録77 m 76）のやり投げ試技の様子を左側面からデジタルカメラ（Fujifilm HS-10）を使用し、240fpsのハイスピードモード（空間解像度：443 × 332pixel）で撮影した。試技は6回撮影され、そのうち最も記録の良かったものを評価映像として使用することとした。なお、試技映像は助走、クロスステップ、投げ、フォロースルーを含み、実時間として11秒程度の長さである。

次に、撮影した映像をPremiere Pro CS3（Adobe社）を用いて、クリップ速度・デュレーションの調整により、120, 60, 30fpsに加工し、MP4形式（H.264, 29.97fps, 720 × 480pixel, レベル3.2, VBR・2パスエンコード）で書き出した。

評価映像は、ノートPC（hp Pavilion dv6, 解像度1024 × 768pixel, Windows7, core i5プロセッサ）にSimplePlayerWMPX3beta3（Finalsoft製）を用いて提示する。その際、映像提示ウィンドウのサイズ・位置を調整し、画面上に4種のフレームレートの試技映像を配置している。ウィンドウサイズ調整後の映像の空間解像度は428 × 318pixelである（図1）。

2.2 被験者

実験には、モデルとは異なる1名のエキスパートやり投げ競技者（20代、男性）に参加してもらった。プロフィールは表1のとおりである。プロフィールから、競技歴、競技実績、指導歴ともにエキスパートやり投げ競技者として認められる被験者であるといえる。

2.3 評価手順

被験者には、4種のフレームレートのやり投げ試技映像を自由に再生してもらい、その映像観察行動とやり投げ競技指導につながる発話を記録している。被験者が操作しているノートPCの画面をデジタルビデオカメラ（SONY

HDR-SR11）で撮影し、発話内容を被験者の了解のもとICレコーダー（OLYMPUS VoiceTrek V-61）、およびビデオカメラのワイヤレスマイク（SONY ECM-HW2）で記録している。実験状況の概要、および映像提示の際の画面構成を図1に示す。

被験者には、あらかじめPCの操作方法（動画の再生、停止、巻き戻し、早送り等）について説明し、「動画を見ながら指導者としてこの競技者の記録を向上させるための動作のポイントを挙げてください。ポイントはいくつ挙げていただいてもかまいません」のように教示した。なお、被験者の発話に対しては、被験者の発言を誘導しないように実験者の評価を控えた非指示的なスタイルの質問を行うと同時に、被験者自身が語った言葉を用いて反応する*ことで、実験者の影響を少なくするよう考慮している。

3. 結果

ここでは、記録した映像データ、および発話データの分析結果について示す。得られた約70分の映像・音声データから、(1)各フレームレートの映像再生回数、および再生時間、(2)一時停止回数、(3)スキップ回数（早送り、または巻き戻し回数）を計測した（表2）。また、各フレームレートの映像再生順序を図2に示す。さらに、発話データから文字おこしの結果、約18000字のトランスクリプト・データが得られた。この中から、やり投げ競技指導に関する一つ以上の概念や見解を含む57の意味内容要素が得られた（表3）。また、表4に発話の一部を抜粋し、発話のタイミングを図2に括弧付き数字で示す。

表1 被験者のプロフィール
Profile of informant.

競技歴	12年
競技実績	2007年、アジア陸上競技選手権大会で5位入賞、 2010・2011年、全日本実業団選手権で優勝。 自己ベスト記録は78m87（日本記録は87m60、 世界記録は94m48）。
指導歴	陸上競技専門誌 ¹⁾ にやり投げ競技トレーニングの 解説記事を寄稿。 所属陸上競技部の選手兼コーチとして活動中。

表2 各フレームレートの映像再生状況
Replaying statistics for each frame rate.

	30fps	60fps	120fps	240fps
再生回数	21	22	11	52
平均時間	5.68sec	5.19sec	7.6sec	7.98sec
合計時間	119.35sec	113.48sec	80.66sec	413.78sec
一時停止回数	15	8	5	29
スキップ回数	6	14	6	23

表3 抽出された意味内容要素
Obtained meaningful units.

	30fps	60fps	120fps	240fps	合計
意味内容要素数	12	6	3	36	57

図1 実験状況
Situation of experiment.

*例えば、被験者の「…ヒザがドンとつぶれていてどんだん力が逃げてしまう」という発話に対して「つぶれないとはどのくらいのことを言うのですか?」のように受け答える。

表 2, 3 から, 各フレームレートにおける映像再生回数・再生時間, および意味内容要素数は 240fps の映像再生時に最も多くなっており, 次に意味内容要素数が多かったのは 30fps の映像再生時となっていることがわかる. また, 120fps の映像では再生時間, 再生回数, 意味内容要素数が最も少なくなっていることがわかる.

図 2 から, 実際の動きの速度と同等の 30fps の映像から観察し, 順番に高フレームレートの映像を再生し, 240fps の映像を長く再生していることがわかる. また, 後半では 30fps の映像と 240fps の映像とを交互に観察していることもグラフから見て取れる.

次に, 表 4 の発話と図 2 に示した発話タイミングとの関連について述べる. まず, 被験者は 30fps の動画再生時に修正のポイントとして, やりの保持について表 4-(1) のように述べている. すなわち, 被験者は映像を通して確認できる客観的な事実から修正のポイントを述べており, 選手の動作を一連の流れの中でとらえようとしていたことがわかる.

一方, 被験者は 240fps の映像再生時にやりを投げる瞬間の下半身の修正ポイントを動作意識に触れながら表 4-(2) のように述べている. さらに, 被験者は右足の接地から左足 (ブロック脚) の接地の仕方の修正について表 4-(3) のようにも述べている.

このように被験者は, 240fps の再生時において 30fps の再生時とは対照的に動作の修正のポイントを選手と被験者自身の動作意識を照らし合わせながら動作の課題を捉えていることがわかる. 加えて, 被験者は 240fps の映像再生時に動作の観察における修正のポイントの把握について表 4-(4) のようにも述べている.

さらに, 被験者は 240fps の映像再生後に, 30fps の映像を再生しながら, 動作の観察において表 4-(5) のように, 実際のスピードの映像の重要性について言及している.

以上の発話から, 映像の再生順序に関して 240fps の映像から多くの動作の修正ポイントを把握し, そのポイントを実際のスピードの映像 (30fps) と対応付けていくことがわかった.

図 2 全映像再生時間中の各フレームレートの映像再生順序
Replaying order of each frame rate.

4. 考 察

ここでは, スーパースロー映像によるやり投げ競技の観察行動, および発話の分析結果から, スーパースロー映像の競技指導への有効性について考察する.

本実験において, エキスパートやり投げ競技者のフレームレートの異なるやり投げ試技映像の観察行動は, 240fps の映像による動作の修正ポイントの意味内容要素が最も多いことがわかった (表 3). このことは, 試技の動作を詳細, かつ客観的に把握することで, より多くの動作の修正ポイントを発見できることを示していると考えられる. また, 30fps の映像再生時には見られなかったが, 240fps の映像再生時には, 修正のポイントに関する発話の視点が選手の動作意識に向けられていた. 運動学習において, 学習者は自身の動作意識に注意を向けながら, 動作の修正を行う必要がある¹¹⁾ことから, 240fps の映像が指導者の動作の修正のポイントの正確な把握につながったことは, 高フレームレート映像の競技指導への有用性を示すものと考えられる.

次に, 30fps の映像再生時には, 動作の修正ポイントを実際のスピードの映像を通して, 対応付けていくことによって, 動的姿勢 (連続的な一連の動作) の中で修正ポイントの把握を行っている傾向が見られた. 運動スキルを獲得するためには, 学習者は修正のポイントを動作意識に向けるだけではなく, 連続的な動的姿勢の中で課題達成を行うことを考える必要がある¹²⁾ことから, 240fps の映像は指導者が選手の動き (一連の試技の流れ) の中で動作の修正ポイントを把握する一助になったと考えられる.

表 2 の映像再生状況からは, 30fps の映像では一時停止回数が多くなくなっていることがわかり, 実際のスピードでは修正ポイントの発見が難しいことが示唆される. また, 60fps,

表 4 発話の抜粋
Excerpted statements.

(1)	まず助走の入りです. 入りから投げ終わるまでの一連の動作で, やりを最初に構える向きが自分の肩のラインと骨盤の面に対して上を向き過ぎています. 最初の助走の入りの所で, 単純にやりの穂先としっぽを自分の手の平, 肩, 腰と同じ平行に構えるべきです.
(2)	(投げる瞬間に) 右足は離れていくけど接地してるときは, 地面にしっかり押さえておきながら, その延長上に根を張るイメージです. 左足もしっかり根を張って吸い付いて力が腰の方に伝わってくるというか. そういう状態が最高の状態です.
(3)	ここ (左足を付く時の) 一瞬の間がいつもの感覚とズレてしまっているというか. 良い時はこの間がコンマ何秒早く腰の移動ができていると思うので. 良い時だとこのくらいの時に接地してる感覚なのかもしれません.
(4)	右ひざが割れてしまう動きとか下半身の動きは 240 のスピードで見ないとわからない時もあると思います.
(5)	ただ, 30fps の映像で大事なところっていうのはやっぱりスピード感です. スーパースローで再生スピードが落ちるとやりが飛んでいく速度もわからなくなるのでそれは弊害になってしまいます.

120fps の映像の場合には、スキップ回数が一時停止回数を上回っていることから、細かな動作の場面を観察するよりも、ゆっくりとした動きの流れを観察することに適していると考えられる。さらに、240fps では一時停止回数、スキップ回数ともに最も多くなっており、個別の動作の場面（やりの保持の角度や、接地時の脚の角度など）の観察に適していると考えられる。すなわち、異なるフレームレートの映像を観察するときには、異なった視点で修正ポイントを発見しようとしていることが示唆されている。

以上をまとめると、(1) 再生時間、再生回数、および意味内容要素数は 240fps の映像再生時が最も多く、競技指導の観点からスーパースロー映像の重要性が明らかとなり、(2) 30fps の映像観察時には実際の動きのスピードを想定した発話が得られ、(3) 30fps では実際の動作スピードでの指導、60fps では動的姿勢の把握を維持した指導、240fps では動作の場面を細かくとらえた指導の視点が見られることが明らかとなった。すなわち、実際の動作スピードの映像と高フレームレートの映像を併用して試技の様子を観察することで、やり投げ競技の指導に対する視点の多様な変化を促し、より多くの動作の修正ポイントを指摘することが可能になることが示唆された。また、やり投げは複数の運動局面（助走、クロスステップ、投げ）で構成されるため、各局面で観察に適したフレームレートが異なることや、より高いフレームレートが必要となることも示唆される。さらに、やり投げ競技だけではなく、他の競技においてもスーパースロー映像を活用することで、動的姿勢の中での修正ポイントの発見だけでなく、競技者の動作意識にも目を向けた指導が可能になると考えられる。例えば、短距離走の動作の詳細な把握に必要なシャッタースピードは $1/200 \sim (200\text{fps})$ 、野球の投動作の場合は $1/500 \sim (500\text{fps})$ 、サッカーも $1/500 \sim (500\text{fps})$ といわれている²⁾。すなわち、やり投げは短距離走と同程度のスピードの助走と投動作からなる競技であり、本検討での知見は他の競技の運動観察においても有用であると考えられる。

5. む す び

本稿では、エキスパートやり投げ競技者によるスーパースロー映像を用いた競技指導について、実験的に検討した。4 種のフレームレート (30, 60, 120, 240fps) のやり投げ試技映像の観察行動を分析した結果から、動作の修正に対する指導者の視点を動作意識に向けさせること、および動的姿勢における動作の課題設定に対する有効性が明らかとなった。

今後の課題としては、今回得られた指導に関する発話を映像とともに選手にフィードバックし、スキル向上に寄与するかどうかの検討があげられる。また、スーパースロー映像の初級者の競技の振り返りへの適用や、本検討との比較があげられる。さらに、競技会等の現場で試技の様子を観察・振り返りを行うことで、即時的に投げ方の修正や記

録の向上が可能であるかの検討が必要であると考えられる。

本研究を遂行するにあたって、七十七銀行陸上競技部・荒井謙選手、および仙台大学陸上競技部・佐藤寛大選手の両名にご協力いただきました。ここに記し、謝意を表するとともに、今後のご活躍を祈念いたします。

〔文 献〕

- 1) 荒井謙：“トップ選手に学ぼう!!一流のトレーニングメソッド”，月刊陸上競技，45，12，pp.180-183，講談社（2011）
- 2) Duane V.K., Craig S.M., 阿江通良監訳：“体育・スポーツ指導のための動きの質的分析入門”，ナッパ（2007）
- 3) 麓信義：“新しいスポーツ心理学入門”，春秋社（2000）
- 4) 伊勢只義，塩野目剛亮：“エキスパートやり投げ競技者の動作意識に関する基礎的検討”，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2011 対話発表，2561P，pp.855-856（2011）
- 5) 岩瀬祐人，村上正秀，平井伸幸，瀬尾和哉，仰木裕嗣：“高速度ビデオカメラの画像解析によるスキージャンプの飛型と飛距離の相関（ウィンタースポーツ）”，日本機械学会，ジョイント・シンポジウム講演論文集，スポーツ工学シンポジウム，ヒューマン・ダイナミクス，symposium on sports engineering:symposium on human dynamics，B-31，391-396（2009）
- 6) 金子元彦：“バドミントンの打動作における主観的努力度と客観的達成度の対応関係—主観的努力度に指示語を用いて—”，順天堂医療短期大学紀要，11，pp.51-62（2000）
- 7) 成瀬悟策：“動作訓練の理論”，誠信書房（1985）
- 8) 高松学，飯塚大輔，中村康雄，中村真理，林豊彦，信原克哉：“高速度ビデオカメラシステムを用いた身体動作の無拘束測定”，信学技報，MBE，ME とバイオサイバネティクス，104-319，pp.21-24（2004）
- 9) 篁俊市郎，斎藤隆文，田中秀幸：“スポーツ指導のためのビデオ映像処理”，情報処理学会研究報告，グラフィクスと CAD 研究会報告，110-7，pp.37-42（2003）
- 10) 佐藤進，出村慎一，北林保，野口雄慶：“指導現場における競泳のスタート技能評価法の提案”，水泳水中運動科学，7，pp.29-33（2004）
- 11) 杉原隆：“運動指導の心理学—運動学習とモチベーションからの接近—”，大修館書店（2003）
- 12) 山本裕二著，杉原隆編：“スポーツ心理学の世界”，福村出版（2000）

い せ ただよし
伊勢 只義 2009 年，宮城教育大学・保健体育専攻卒業。2011 年，東北大学大学院教育情報学教育部・教育情報学専攻修了。同年，同大学院博士後期課程進学。修士（教育情報学）。スポーツ科学領域におけるテクノロジー活用に関する研究に従事。

しおの たけあき
塩野目 剛亮 2002 年，宇都宮大学工学部卒業。2007 年，宇都宮大学工学研究科 生産・情報工学専攻修了。同年，筑波技術大学産業技術学部特任助教。2010 年，東北大学大学院教育情報学研究部講師。博士（工学）。聴覚障害者支援技術，および手話コミュニケーション支援に関する研究に従事。正会員。

わ た べ しんいち
渡部 信一 1983 年，東北大学大学院教育学研究科博士課程前期修了。国立療養所宮城病院（現：国立病院機構宮城病院）心理言語療法士，福岡教育大学助教授，東北大学大学院教育学研究科助教授などを経て，2002 年，東北大学大学院教育情報学研究部教授。博士（教育学）。専門は「学び」の認知科学。