

# 携帯電話を使用した投擲競技における運動指導の試み

## A case study of instruction using mobile phone's animation feedback on throwing kinematics

山本 博男 佐々木健吾\* 佐藤 隆彦\*\*  
萩尾耕太郎\*\*\* 蜂矢 鉄心\*\*\*\*

Hirioh YAMAMOTO, Kengo SASAKI, Takahiko SATOH,  
Kohtaroh HAGIO, Tesshin HACHIYA

### I. 緒言

今日、運動指導の場において、CAIやビデオなどの動画コンテンツを使用した指導が度々行われる。従来の方ではその場で動画の撮影にはデジタルビデオカメラなどが利用され、指導者が動作のポイントを生徒や競技者に説明することが一般的である。しかし、運動を行う者全員が、こうした機材を所有しておらず、投擲競技など、専門性の高い種目では指導者に恵まれていない現状である。一方、技術の発展により小型デバイスの進歩が近年活発になっている。とりわけ、携帯電話に至っては、単なる電話の枠を超え、動画の再生・録画、テレビや音楽の試聴等が可能になっている。また、国内の調査で携帯電話の普及率は80%を超え、最も身近な機器の一つとなっている。こうした状況を踏まえ、携帯電話を、運動の指導に有効に活用出来るのではないかと考え、小型デバイスを運動指導に利用した実験を試みた。従って、本研究の目的は携帯電話を投擲競技における技術指導に利用した際の基礎的データを得ることだった。

### II. 方法

#### 1. 被検者

金沢大学陸上競技部に所属する投擲種目を専門としていない男子学生9名を無作為に統制群(以下Co群)、動画フィードバックのみ行う群(以下Fb群)、動画フィードバックと指導を行う群(以下IF群)に分けた。被検者の身体特性

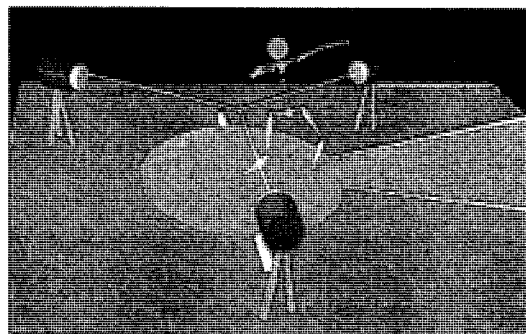
をTable1に示す。被検者には実験に対する十分な説明を行い、インフォームドコンセントを得た。予備実験により、難易度の高い動作ではパラメータの変化が見られにくいことが示唆されたため、本研究では砲丸投げのスタンディング投法(立ち投げ)を行った。

**Table 1. Subjects**

Group	Height (m)	Weight (kg)	BMI±SD
IF	1.73 ± 0.04	63.0 ± 2.94	21.1 ± 0.63
Fb	1.72 ± 0.02	65.7 ± 4.92	22.2 ± 1.45
Co	1.74 ± 0.02	65.0 ± 7.79	21.3 ± 2.24

#### 2. 撮影

撮影は、解析用にSony製のデジタルビデオカメラ(DCR-TRV30)を3台使用し30fpsで撮影を行い、フィードバック用に各被検者の携帯電話を使用し、15fpsで撮影を行った(Fig.1)。携帯電話の機種制限は行わなかったがQVGA



**Figure 1. Location**

**Table 2. Phase**

Event	Detail
開始 (Start)	砲丸の加速度がリリースから時間軸をさかのぼり、0に最も近い極小値のコマ
T m	体幹部傾斜角度が最小値のコマ
K m	膝関節屈曲角度が最小値のコマ
H m	体幹部捻転角度が最小値のコマ
K D	膝関節伸展角速度が最大値のコマ
V2M	砲丸加速度が最大値のコマ
終了 (Release)	動作終盤において砲丸の加速度が0以下に初めてなったコマ

(320×240) サイズで撮影した動画を視聴できる機種とし、被検者の右側に固定して撮影を行った。

**3. データ**

三次元DLT法でキャリブレーションを行い、撮影した動画をラップトップ型コンピュータ (VY12M/Ex-M, NEC, 1.49Ghz, 1.24GB RAM) に取り込み3次元動作解析ソフト (Frame Dias II, DKH社製) を使って左右の肩峰, 肘関節, 大転子, 膝関節, 足関節と砲丸に任意でデジタイズを行った。膝関節屈曲角度 (3D) と砲丸の加速度, 各ポイントの三次元座標を算出した。

**4. パラメータ**

ソフトで算出したパラメータの他に, 三次元座標を基に, 各コマにおける体幹部捻転角度 (Hss : Hip-Shoulder separation angle), 体幹傾斜角度 (TT : Trunk-Tilt angle), C-line (左右肩峰中点-左右大転子中点-右膝関節の成す角) の生データをExcel (Microsoft) で算出し, 3点移動平均法で平滑化を行った。

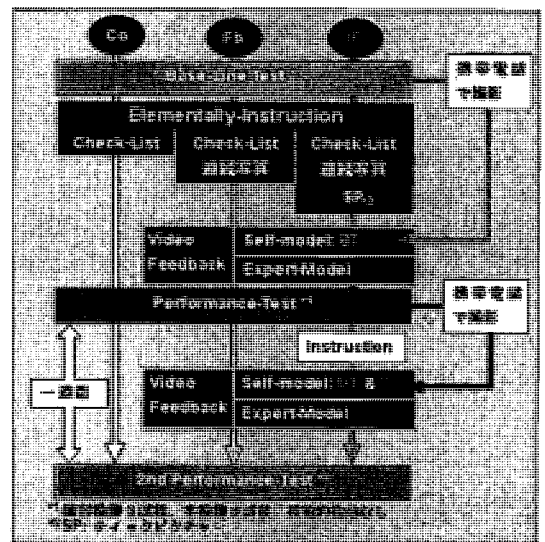
**5. モデルの作成**

競技レベルの設定として, 投擲競技経験者を対象とした予備実験では, web上で取得できる外国人選手のグライド動作をエキスパートモデルとして利用したが, モデルのパラメータの算

出が不可能であり動画視聴前後の変化を, モデルと比較することが困難だったため, 本研究では2009年度国内ランキング150位以内に記録を持つ競技レベルの競技者の動作をモデルとして使用し, 被検者の手順と同様にあらかじめ動作解析を行った。

**6. フィードバックデザイン**

フィードバックのデザインは先行研究を基に作成した。全ての被検者はBase Line Test (以下BT), Performance Test (以下PT), Retention Test (以下RT) の順にテストを行った。各テスト2回の練習投擲の後に, 本番投擲を3回行っ



**Figure 2. Test Design**

た。全てのグループに対してBL後に基礎的な指導（砲丸の持ち方、足の配置、技術のポイント）が書かれたチェックリストを配布し、リストに基づいた投擲を検者が見本として実際に投げて見せた。BT後、全ての被検者には自分が改善させたいパラメータを記入させた。その後Co群のみ動画の視聴をせずにPTに進み、IF群とFb群は自分のBTの試技の動画と、作成したモデルの動画を視聴しPTに進んだ。またIF群にのみ、検者が動画を視聴するポイントを指示した。PTから1週間後に、全てのグループがRTに進んだ。1週間の期間内IFにのみ、動画を視聴するときのモデルとの比較のポイントをe-mailで送信した。

### 7. 統計処理

パラメータと記録の関連性についてはスピアマンの順位相関を使用し、グループ内のテスト間における有意差検定にはフリードマン検定を使用し、テスト内のグループ間の有意差検定にはクラスカル・ウォリスのHテストを使用し、有意水準はいずれも5%に設定した。

### III. 結果と考察

各グループにおける各テストの平均値を図に示した。記録（距離）のテストにおける平均値はCo群がPT<PT2<BT ( $p<0.05$ )とBTの結果が最も良く、Fb群がBT<PT<PT2 ( $p<0.05$ )、IF群がBT<PT, PT2 ( $p<0.05$ )と介入後に有意な記録の増加が見られた (Fig.3右)。また、BTの記録を100%としたときの変化率で見ると、PTではCo群よりもFb, IF群が有意に高い比率で記録が増加しており、PT2ではFb群がCo, IF群に比べ有意に高い比率で記録が増加していた (Fig.4左)。杉浦らによると、視覚的なフィードバックは、指導ポイントを的確にした方が効果的であることが紹介されている。しかし、石井・杉浦の先行研究 (1993) に反して、本研究で動画フィードバックに指導を加えたIF群に比べ、フィードバックのみ行ったFb群が有意に高い割合で記録が増加していたことの原因として、IF分に与えた指導が不的確だったことが考えられる。加えて、Fb群は急激な記録の上昇が見られた被検者ばかりでは無く、標準偏差を見るとIF群よりも大きいことから、本研究における被検者では群間で技術の修得度に

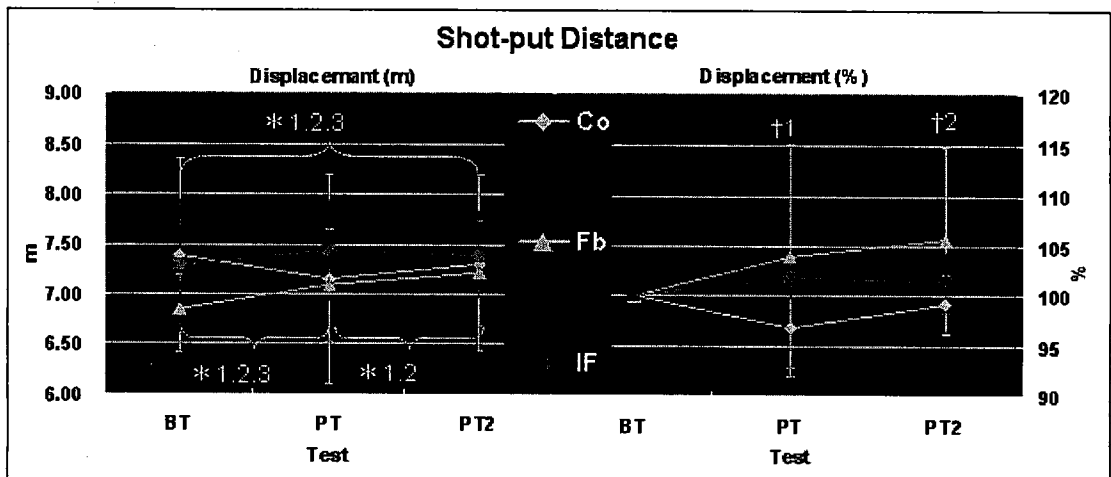


Figure 4. Distance

\*1: Co 群でテスト間に有意差あり  $p<0.05$

\*2: Fb 群でテスト間に有意差あり  $p<0.05$

\*3: IF 群でテスト間に有意差あり  $p<0.05$

†1: Co<Fb, IF.  $p<0.05$

†2: Co<IF<Fb.  $p<0.05$

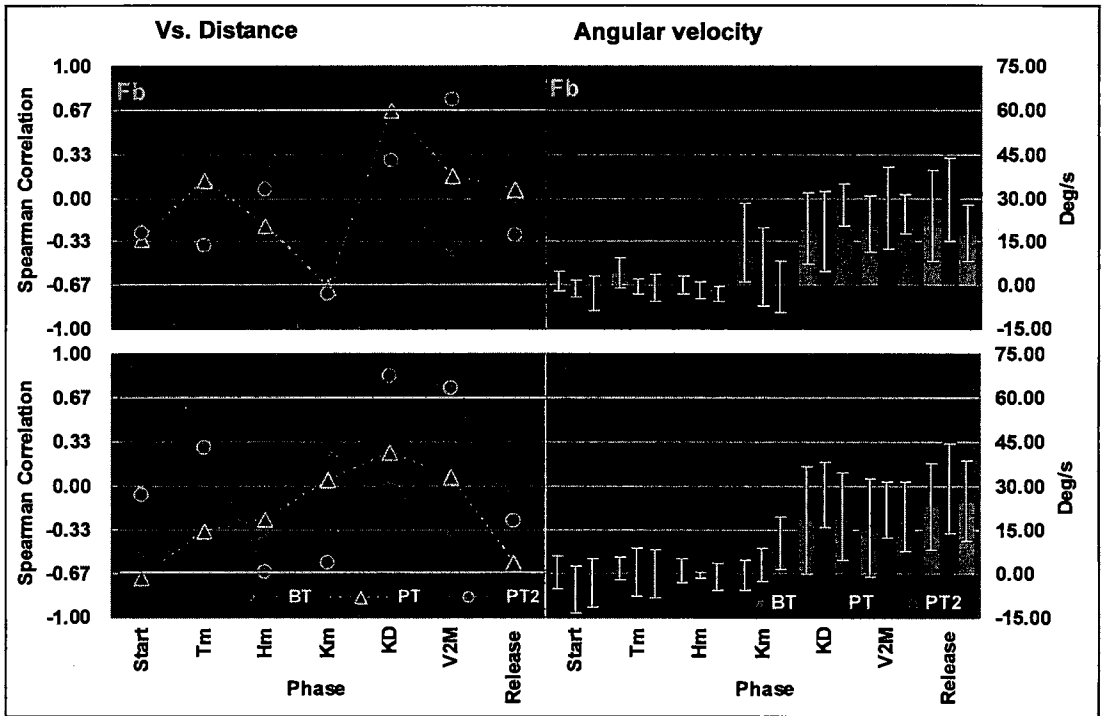


Figure 4. Angular Velocity and Spearman Correlation

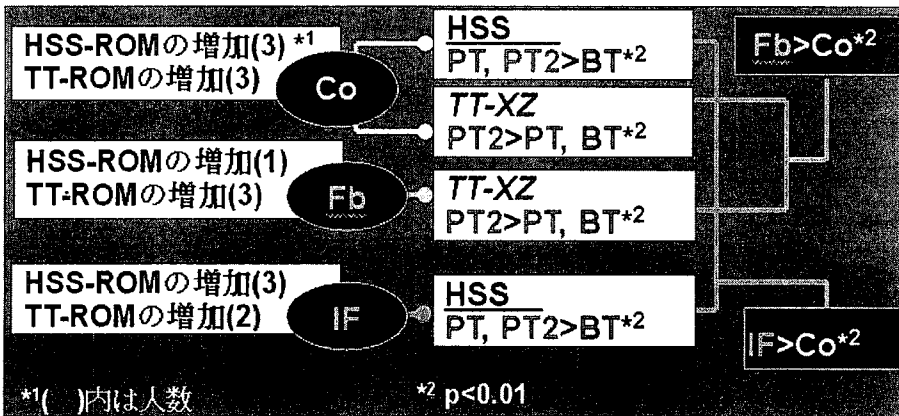


Figure 5. Flow Chart

差があったことも考えられる。Fb群とIF群各テストにおける各局面のHSS（体幹部の捻転）の角速度と、角速度と記録のスピアマン順位相関を図に示した。PT2のV2M局面において、Fb・IF群共にHSSと記録の間に有意な正の相関が見られており、テスト中で最も大きくなっている。しかし、角速度そのものは特にテスト間で

大きな差は見られなかった。これは、HSSが担う仕事量が増加したことにより角速度に変化が見られなかったものの記録との相関が増加したと考えられる。この変化は、介入前はHSSを投擲に導入していなかった被検者が、動画の視聴により技術を変化させ投擲にHSSを導入させた結果であると考えることが出来る。

一方、記入させた改善させたいパラメータの回答結果と動作変化の概要をみるとCo群の被検者はTTとHSSのROM (Range of motion) の増加を意識しており、介入後のテストで両者とも介入前に比べ増加している。Fb, IF群でも改善を意識したパラメータが介入後に増加しており、Co群に比べ有意に高い増加となった。これらのことから、本研究の介入では被検者の意思を反映したパラメータにおいて、動画の視聴を行った群が、動画の視聴を行わなかった群に比べ有意に大きな動作の変化が見られ、記録の増加は最も伸びたFb群で平均5%程だったものの、携帯電話の動画撮影・再生機能が運動指導に効果的に利用できることを示唆している。これらの結果と予備実験の結果から、携帯電話の動画機能を使用したフィードバックは基礎的かつ単純な動きの習得に対して効果的であることが示唆される。しかしながら、高度な動きの基礎となる単純な動きを習得することは、初心者に対する運動教育として重要であろう。本研究で扱った投擲競技の他にも、基礎的な動きの習得が要求される種目の指導において、本研究の結果は携帯電話の有効性を示唆するものであり、比較的高度な技術を必要としない、学校教育での鉄棒や器械体操など基礎的な種目にとっても有効であると考えられる。一般的な体育授業において、通常のビデオカメラの動画はそのままビデオ学習に使用するにしろ、CAIで使用するにしろ授業時間内で視聴するには時間や人数が限られ全ての児童、生徒に対して必ずしも十分なフィードバックが与えられるとは限らない。本研究ではキネマティクスに主に焦点を当て、IF群の被検者が送信された情報を如何に処理したか等の要因を動きの変化に結びつけるまでには至らなかったが、今後学校教育の場での検証の際、情報の処理は生徒児童の運動観察の観点を知るために有意義であると考えられる。携帯電話の有効性を提示するにはまだ課題が挙げられるが、一人一台の普及率を誇る携帯電話の動画機能は教材不足を補えるツールとしても

利用出来るのかも知れない。

#### IV. 結論

以上の結果から複数の指導の項目を提供した場合、携帯電話の動画を視聴した群では、被検者の意思を反映した項目において動画を視聴しなかった群に比べ有意に大きな動作の変化が見られる。本研究では1週間のみ介入であり、その間の競技の練習は行っていないため、本研究の結果は動画のフィードバックとメールによる指導のみの結果であると考えられる。従って、本研究の結果は携帯電話の動画再生機能の運動指導における有用性を支持するものである。しかしながら、投擲以外の競技に対しての影響、または本研究の介入と個々に合った指導を組み合わせた時の効果は不明であり今後検討していく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 阿江道良, 藤井範久, スポーツバイオメカニクス20講; 朝倉書店, 2002
- 2) 陸上競技マガジン 8月号, ベースボールマガジン社, 2004
- 3) Daniel C. Herman, James A. Oñate, Paul S. Weinhold, Kevin M. Guskiewicz, William E. Garrett, Bing Yu and Darin A. The Effects of Feedback With and Without Strength Training on Lower Extremity Biomechanics. *Am J Sports Med*, 37, 1301-1308, 2009
- 4) Diana M. Hopper, Martin Anders Axel Berg, Helle Andersen, Rahul Madan. The influence of visual feedback on power during leg press on elite women field hockey players. *Physical Therapy in Sport*, 4, 182-186, 2003
- 5) Guangming Songa,, Hongyan Yuan , Yi Tang, Quanjun Song, Yunjian Ge. A novel three-axis force sensor for advanced training of shot-put athletes. *Sensors and Actuators A*, 128, 60-65, 2006
- 6) Hsien-Te Peng Hsien-Sheng Peng, and

- Chenfu Huang, GROUND REACTION FORCE OF ROTATIONAL SHOT PUT-CASE STUDY ISBS Conference, 561-564, 2008
- 7) James A. Oñate, Kevin M. Guskiewicz, Stephen W. Marshall, Carol Giuliani, Bing Yu and William E. Garrett. Instruction of Jump-Landing Technique Using Videotape Feedback. *Am J Sports Med*, 33, 831-842, 2005
- 8) Kengo Sasaki, Souishi Shimizu, Ami Ushizu, Kenji Kawabata, Takahiko Sato, Kazuhiro Matsui, Yu Nakashima and Hiroh Yamamoto. A CASE STUDY OF THE EFFECTS OF INSTRUCTION USING MOBILE PHONE'S ANIMATION FEEDBACK ON THROWING KINEMATICS. ISBS Conference, 771-774, 2009
- 9) Lars Lünenburger, Gery Colombo, and Robert Riener. Biofeedback for robotic gait rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 4, 1, 2007
- 10) Leigh, Steve, Gross, Michael T., Li, Li and Yu, Bing. The relationship between discus throwing performance and combinations of selected technical parameters. *Sports Biomechanics*, 7, 173-193, 2008
- 11) 松下雅雄, 阿江道良, 未経験者の運動観察に関する研究—空手の前蹴りを例として—, 筑波大学体育科学紀要, 7, 93-105, 1984
- 12) Michael Young ; Li Li. Determination of critical parameters among elite female shot putters. *Sports Biomechanics*, 4(2), 131-148, 2005
- 13) Mont Hubbard, Neville J. de Mestre, John Scott. Dependence of release variables in the shot put. *Journal of Biomechanics*, 34, 449-456, 2001
- 14) 内閣府経済社会総合研究所 景気統計部, 消費動向調査 (全国, 月次), 2008
- 15) 大山圭吾, 藤井宏明, 男子砲丸投一回転投法・グライド投法の比較を中心に—, バイオメカニクス研究, 12, 153-160, 2008
- 16) 佐藤 毅, 林 政孝, 西嶋尚彦, 小澤治夫, 体育授業におけるスポーツミラーを用いた身体運動画像の即時フィードバックの効果, 北海道大学釧路校研究紀要, 38, 125-131, 2006
- 17) STEVE LEIGH & BING YU. The associations of selected technical parameters with discus throwing performance: A cross-sectional study. *Sports Biomechanics*, 6, 269-284, 2007
- 18) 杉原 隆, 運動指導の心理学, 大修館書店, 2003
- 19) 田内健二, 遠藤俊典 陸上競技の投てき種目における体幹の捻転動作の役割, バイオメカニクス研究, 13, 170-178, 2009
- 20) 寺山修史, 松本憲二, 小山哲男, 奥野太嗣, 太田利夫, 吉田直樹, 横井寛士, 道免和久 デジタルカメラの動画機能を視覚的フィードバックとして日常生活動作のリハビリテーションに使用した経験 脳卒中・ADL(2), リハビリテーション医学の進歩と実践, 第43回日本リハビリテーション医学会学術集会
- 21) Yu, B., Broker, J., and Silvester, J. L. A kinetic analysis of discus throwing techniques. *Sports Biomechanics*, 1-46, 2002
- 22) 財団法人日本陸上競技連盟, 陸上競技ルールブック, あい出版, 2009