近畿大学教養・外国語教育センター紀要（一般教養編） 6 巻 1 号，13－21，2016

動画を使った内股の相違の発見
― 代表的柔道家の内股の相違 ―

岡田龍司[1)]，村元辰寛[2)]，徳安秀正[3)]，岡崎祐史[4)]
穴井隆将[5)]，倉賀野哲造[6)]

Discovery of the Difference of "Uchi-mata" Technique between two World Leading Judo men by Motion Pictures Analysis Using DVD-Video

Ryuji Okada[1)]　Tatsuhiro Muramoto[2)]　Hidemasa Tokuyasu[3)]
Yuji Okazaki[4)]　Takamasa Anai[5)]　Tetsuzo Kuragano[6)]

Abstract

"Uchi-mata" difference was discovered by using available motion pictures. The motion pictures were disassembled into frame data called AVI, which is a file format for storing audio and video information developed by Microsoft Corp. The motions performed by participants while using Judo standing "Uchi-mata" were analyzed using a software system based on "Open CV", which is an open source library for computer vision and image processing developed by Intel Corp. The positions of parts of the body were indicated manually on to the AVI pictures based on the "frame by frame playback" technique, then put into a computer. The compensation of pixel values to the real space size was performed by using the known length of the "tatami" in the AVI picture. By repeating these, the positions of the body were traced corresponding to the frame rate. The compensated positional data of the body was gathered and then disassembled into x direction-time data and y direction-time data to calculate velocity. In this manner, the velocity of the specified body parts of the thrown opponent were calculated. The subjects selected were two leading Judo men. When he threw his opponent down, his motion of his stand technique of "Uchi-mata" was analyzed. This is a case study of motion analysis of Judo using available motion pictures. We have given an example of an analysis method for Judo from an engineering point of view.

Keywords: Uchi-mata, toe location, speed, acceleration, jerk

1） 近畿大学経営学部　〒 577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1
Faculty of Business Administration, Kinki University, 3-4-1 Kowakae, Higashiosaka, Osaka, 577-8502, Japan
連絡先：岡田　龍司 ✉ r_okada@msa.kindai.ac.jp
2） 大阪体育大学　体育学部　スポーツ教育学科　〒 590-0496 大阪府泉南郡熊取町朝代台 1 番 1 号
Osaka University of Health and Sport sciences, 1-1 Asasirodai Kumatori-cyou Sennangun Osaka.590-0496. Japan
3） 東京有明医療大学 保健医療学部　柔道整復学科　〒 135-0063 東京都江東区有明 2 丁目 9 番 1 号
Tokyo-Ariake-University of Medical and Health　Faculty of Health Sciences, 2-9-1 Ariake.Koutouku.Tokyo.135-0063.Japan
4） 武庫川女子大学　健康・スポーツ科学部　健康・スポーツ科学科　〒 663-8558 兵庫県西宮市池開町 6-46
Mukogawa Women's University Department of Health and Sports Sciences, 6-46 Ikebiraki-cho.Nisinomiya.Hyogo.663-8558.Japan
5） 天理大学　体育学部　体育学科　〒 632-0071 奈良県天理市田井庄町 80
Tenri University Faculty of Physical Education, 80 Tainosyoumachi.Tenri.Nara.632-0071.Japan
6） 明星大学大学院　情報学研究科　〒 191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1
Meisei.University. Graduate School of Information Science, 2-1-1 Hodokubo.Hinoshi.Tokyo.191-8506. Japan.

はじめに

柔道の投げ技に関する研究では，投げ技の動作を記述する際に，相手を投げる柔道家を「取」もしくは「施技者」と呼び，投げられる柔道家を「受」と呼んでいるが，柔道になじみのない人にはわかりにくい表現である．本研究では「投げる柔道家」と「投げられる柔道家」という表現に統一する．

長谷川と竹内（1973）は，大外刈と内股の動作分析を行っている．「投げる柔道家」の肘関節，膝関節，足関節の左右 6 関節に関節角度計（可変抵抗器が付けられているアルミのアーム）を取り付けて，それらの関節の動きを検知・測定し，インク書きのオシログラフにより記録している．さらに 16mm のハイスピードカメラ（毎秒 32 コマ）により撮影し，画像内の被写体の変化と肘，膝，足首の変化を手動により同期させ，動きの変化を目視により記述している．橋本（1984）は，講道館柔道三段の被験者の合成重心を画像分析法により求め，内股の床反力を測定し，身体重心の時間経過による変化を示している．

山本ら（1988）は，内股の運動学的解析を試み，常套的な内股とフラミンゴ・ターン法の内股の相違を論じている．井上ら（2015）は「投げる柔道家」の「内股」の動作解析を行い，「内股」を掛ける際に頭が下がることにより発生する頸部外傷を避けるための指導法を考察している．羽賀ら（2015）は「投げる柔道家」にマーカが付いている測定用の着衣を着用させ「内股」を試技させ，カメラ 23 台から構成されている光学式モーションキャプチャシステム（Mac 3D System，Motion Analysis 社製）を用いて動作を計測し，記録している．「投げる柔道家」の刈足の股関節角度，内外旋角度および内外転角度を計測し，角速度を算出している．これら 2 編の研究は柔道の試合中の動作解析ではなく，実験条件を整えた環境で，被験者の動きを高速度撮影し，専用の解析用ソフトウエアを用いて，角度や角速度を算出している．岡田ら（2015）は市販の DVD-Video を用いて，2001 年 7 月にドイツのミュンヘンで開催された世界柔道選手権大会における卓越した男子 100kg 級柔道家の「内股」「大内刈り」から「大外刈り」への連続技および「背負い投げ」の動作解析をしている．この他に，画像に基づいた研究ではないが，Imamura, et al.（2006）は「払い腰」「背負い投げ」「大外刈り」に対して，投げられる柔道家の身体重心の変化を 3 次元的に調査しているが，この研究は，柔道の試合中の動作解析ではない．Blais, et al.（2007）は「双手背負い投げ」をかけているときの関節の力学と，エネルギーの消耗について述べ，「双手背負い投げ」に限定した数学モデルを示されているが，そのモデルの解法は示されていない．しかも，この研究は，試合中の動きを表現したものではない．Gutiérrez, et al.（2009）は，過去に柔道経験がない大人に対する浮腰の施行時の最も頻繁に起きる間違いについて分析し，柔道の専門家に問題を提供している．

以上に述べたように柔道の投げ技に関する従来の研究では，柔道の競技場で撮影された映像を静止画像に変換し，画像を基にして実際の試合における動作を解析している研究は非常に少ない．

本研究では投げ技を「内股」の一本勝ちに限定して，2 人の柔道家の動作の違いを解析したところ 2 人の動作に大きな相違を発見したので報告する．

2. 方法

本章では，以下の項目について述べる．

1）被験者
2）動作解析のための技術項目
3）映像データから画像内のおける位置の抽出
4）抽出データの平滑化
5）平滑化されたデータを用いた速度の算出
6）算出した合成速度に基づく合成加速度と合成加加速度の算出
7）算出した合成速度の精度

2. 1　被験者

2001 年 7 月にドイツのミュンヘンで開催され

た世界柔道選手権大会で撮影された映像データを使って，男子 100kg 以下級柔道家の「内股」の動作解析をした．さらに，2012 年のロンドンオリンピックの時に撮影された映像データを使って 100kg 超級の柔道家の「内股」の動作を解析して，結果を比較して相違点を発見した．

実際の柔道競技における動作解析をする際，一本勝ちで投げ技を「内股」に指定すると映像データが限定され，さらに撮影角度が解析に適した映像は限定されるため，本研究では 3 個のデータを用いた．100kg 以下級柔道家の映像データは 2001 年 7 月にドイツのミュンヘンで開催された世界柔道選手権大会で撮影され，市販されている DVD-video から抽出した．100kg 超級の柔道家の映像データは 2012 年に開催されたロンドンオリンピックの時に撮影されたもので，全日本柔道連盟より借用した．

2. 2　動作解析のための技術項目

ビデオデータをコンピュータで取り扱う為のデータ変換方法，変換したデータを用いて柔道競技が行われている実空間の推定方法，データの平滑化法，そして動作の合成速度・加速度・加加速度の算出方法を述べる．加加速度（jerk）は一般的ではないが加速度の単位時間の変化であり，躍度（やくど）とも言われている．当然のことであるが加速度の差が大きい場合は投げられる速度の差が大きく，そして加加速度の差も大きい．加速度の差を再確認するために加加速度を算出した．具体的には「内股」の開始から終了までの動作を解析した．本論文では，「投げられる柔道家」が「内股」を掛けられてつま先が畳を離れた時刻とその柔道家がバランスをくずし，回復できない状態（死に体）になった時刻の間を「掛け時間」という．解析するデータのもとは放映されたテレビジョンの映像であるため，撮影方向が解析に適さないことが多く，目視による解析も含んでおり，定量的な解析と定性的な解析が混じっている．定量的に解析した項目は投げられた柔道家の足首の合成速度・加速度・加加速度，「投げる柔道家」の「掛け時間」，そして「内股」が決まる最終体勢の時の「投げる柔道家」と「投げられる柔道家」の畳もしくはタタミマットにおかれているつま先の間隔（距離）である．

2. 3　映像データから画像内における位置の抽出

解析する映像データのもとは放映されたテレビジョンの映像である．映像は画面の左上が原点になっている．これは規格であり，左から右へ，上から下へと画素が移動する．この動きは右方向，下方向が正方向である．これは座標系としては左手系である．画素が右下に到達したとき 1 つのフレーム（映像）が完成し，画素は原点にもどり次のフレームの作成作業が始まる．この作業を 1 秒間に 30 回繰り返す．このフレーム（映像）を“XMedia Record”というソフトウェアライブラリーを使用して AVI と呼ばれる画像に変換する．AVI はオーディオとビデオデータをコンピュータで取り扱うために Microsoft Corp. により開発されたファイル形式である．フレーム（映像）を AVI 形式にするとフレーム横が 720 ピクセル（画素），フレーム高さが 480 ピクセルである画像（静止画像）になる．これを 1 秒間に 30 枚表示することにより動きが再現できる. AVI 形式である 1 枚の画像を 1 フレームと呼んでいる．すなわち, AVI 形式のフレームは静止画像であり，横方向が 720 ピクセルで高さ方向が 480 ピクセルから構成されている画素の集合である．以下，画像の順序を議論するときにはフレームと呼び，画像内の議論をするときには画像と呼ぶ事にする．座標系として，通常は右方向に x 軸の正方向を採り，上方向に y 軸の正方向を採っている右手系が広く使われている．この通常の感覚に合致させるため，左手系の画像（フレーム横 720 ピクセル，フレーム高 480 ピクセル，フレーム数 30 フレーム / 秒）を右手系に変換する. x 軸と y 軸の単位は画素数である．言い換えると x 軸と y 軸は着目している画素が原点から何番目に位置するかを示している．画像には時間の要素がなく，画像内で指定した画素の位置が 30 分の 1 秒後には次の画像内の別の位置になっている．この x 軸，y

軸の変化をとらえて，時間とｘ座標値，時間とｙ座標値の関係を作成する．画像における画素の位置の指定は，例えば足首を指定する場合には画像内の足首の位置にシステムのマーカを手動で指定し，マーカの中心の位置を足首の位置として決定する．この作業を画像毎に繰り返す（コマ送り）ことにより，足首の 30 分の 1 秒毎の位置をとらえることができる．この作業には“Open CV”を基に我々が開発したソフトウェアシステムを用いた．“Open CV”は，インテルによって開発されたコンピュータビジョンと画像処理のためのオープンソースライブラリーである．この作業により足首のｘ軸方向と時間の関係，ｙ軸方向と時間の関係が構築される．2012 年のロンドンオリンピックの時に撮影されたデータはフレーム横 640 ピクセル，フレーム高 360 ピクセル，フレーム数 25 フレーム / 秒であるが位置の抽出は上述した方法と同じである．

2. 4　抽出データの平滑化

マーカを足首に指定する作業は「コマ送り」をしながら手動で行うため，誤差が生じ，データとしては平滑ではないため，これらのデータに対して代数関数を適用して最小二乗法により，代数関数の係数を決定する．平滑であるとの判断は視覚的に行い，代数関数がデータに十分フィットするまで次数を変更する．データの平滑化には，Excel を使用した．

2. 5　平滑化されたデータを用いた速度の算出

まず，画像から被験者が存在している実空間の位置の推定について述べる．画像は平面であり，ピクセルの集合であるため画像をピクセル空間と呼ぶ．ピクセル空間と実空間との対応について述べる．画像の中で長さが既知である物体でしかも 2 人の男子柔道家の近傍にあるものを選ぶ．柔道の場合は伝統な畳の大きさや国際大会で用いられるタタミマットの大きさを用いて，これをピクセル数に対応させ，1 ピクセル当り何メートルに相当するかを算出する．Figure 1 に示す長さ ℓ を用いて 1 ピクセル当りの長さを算出する．この対応により 30 分の 1 秒毎，もしくは 25 分の 1 秒毎のピクセル空間の移動が実空間の平面上の移動になる．これにより時間とｘ軸方向の速度（正負がある），時間とｙ軸方向の速度（正負がある）が計算できる．単位時間毎のｘ軸方向とｙ軸方向の速度をベクトルの成分として扱い，これを合成し，この合成ベクトルの大きさを合成速度とする．このため合成速度には方向がなく，大きさのみで正値である．この合成速度が適切であるかどうかの判断は物理法則である自由落下速度との比較により行う．1 メートルの位置から自由落下した場合の地面に衝突する際の速度の理論値は 4.4 メートル毎秒である．本研究における速度は全て合成速度であり，次節で述べる加速度・加加速度も合成加速度・合成加加速度である．速度の算出は“Excel”のマクロ機能を用いる．使用する画像データのもとは 1 台のカメラから放映されたテレビジョンデータである．撮影位置は固定されているため，カメラから見た左右の動きをとらえることは出来るが，画面の前後方向の動きをとらえるのは非常に難しい．

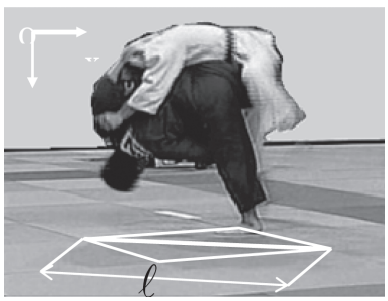


Figure 1　under 100 kilogram man participant, the length of the “tatami” and left-hand co-ordinate
ℓ = 2.0 metres

2. 6　算出した合成速度に基づく合成加速度と合成加加速度の算出

合成加速度は 2．4 節で求められた単位時間における速度の差を求め，それを 1 秒間における変化量に換算することにより求める．合成加速度は 1 秒間の合成速度の変化量を表している．合成加

速度の表示はメートル / 秒 ^{2} である．同様に合成加加速度は単位時間における合成加速度の差を求め，それを 1 秒間における変化量に換算することにより求める．合成加加速度は 1 秒間の合成加速度の変化量を表している．合成加加速度の表示はメートル / 秒 ^{3} である．

2. 7　算出した合成速度の精度

ビデオデータから画像内における柔道家の身体部位の位置を抽出し，そのデータを平滑化し，平滑化されたデータを用いて合成速度を算出した．本節では算出した合成速度の精度について述べる．算出した合成速度の精度を不正確にする要因を以下に挙げる．

① 撮影時のカメラのズームにより画角が変化し，レンズの歪みが画像に現れる．特に画像の周辺部は本来直線である物が曲線になる．
② Figure 1 に示した方法で，1 ピクセル当たり何メートルに相当するかを補正する際のピクセル数の計数誤差
③ 柔道家の動きは画面に平行ではなく，フレーム毎に異なった平面になっている．この為「コマ送り」により抽出した柔道家の身体部位の位置データは補正に使用した平面と同じではない．すなわち，画面に垂直な方向の動きを無視して，データを採取し，速度を算出している．
④ 画像内に小さく映っている身体部位（例えば足首）に対して手動によりマーカの位置を指定するため身体部位の同じ部分を追跡することが難しい．そのため位置の指定が不正確になる．これらの誤差がある為，算出した合成速度の絶対値は正確ではない．そのため合成加速度，合成加加速度も誤差を含んでおり，絶対値は正確ではない．しかし，比較して大きな差が認められた場合は差があると推測することが出来る．

これらの項目は，従来から広く行われている画像を使用して運動動作を解析するシステムの共通の難点でもある．

3. 結果と考察

男子 100kg 以下級柔道家の「内股」を 2 例，男子 100kg 超級柔道家の「内股」を 1 例，動作解析した．第一の事例は男子 100kg 以下級柔道家の「内股」で動作が大きくしかも画面の左右方向の動きなので投げられた柔道家の左足首の合成速度・加速度・加加速度を算出した．第二の事例は足幅を解析するのに適した例である．投げられた柔道家の左足首の合成速度・加速度・加加速度を算出した．第三の事例は解析には不向きな映像であるが目視による解析を交えて解析した．撮影方向により合成速度の算出方法が異なるため，表 1 に示した合成速度・加速度・加加速度の絶対値には誤差が含まれており，正確ではないが，2 人の柔道家により「投げられている柔道」の合成速度・加速度・加加速度には明確な差がある．

3. 1　100kg 以下級の柔道家の動作分析（第一例）

ここでは，青い柔道衣を着ている 100kg 以下級の柔道家を「青」と呼び，白い柔道衣を着ている柔道家を「白」と呼ぶ. Figure 2(a)に示すように「青」は奥襟を取り，内股により「白」を攻撃する．「白」は，持ち上げられる．「青」の右足は，「白」の股にあてがわれる．「青」の右足は，自身の腰の位置まで上がり，「白」は「青」の「尻」に乗っている．これを Figure 2(b)に示す. Figure 2(c)は，「白」の両足が畳から離れている状態を示している. Figure 2(d)は「白」の落下直前の位置を示している．この位置からは「白」は崩される以前に位置に戻ることは不可能である．つまり「死に体」になっている．「青」の内股の特徴は，頭の位置が目視ではあるが臀部を中心として水平から反時計回りに約 45 度まで下がり，右足は水平になり左足の「すね」が畳に対し時計回りに約 70 度になっている．このように相手の股に足を入れて頭を下げることにより足を跳ね上げるのが大きな特徴である．この動作の「はじめ」より「終了」までの所要時間は，0.43 秒であった．



(a) (b) (c) (d)

Figure 2 “Uchi-mata” by under 100 kg Judo-man (1)

3. 2 100kg 以下級の柔道家の動作分析（第二例）

ここでは，青い柔道衣を着ている 100kg 以下級の柔道家を「青」と呼び，白い柔道衣を着ている柔道家を「白」と呼ぶ．内股のはじまりを Figure 3 (a)に示す．「青」は奥襟を取り，右足を「白」の横に置いている．「青」は右手で「白」を引き，左手で相手を強く引いている．「青」が右足を「白」の右足のすぐ横においている状態を Figure 3 (b)に示す．「青」と「白」の左足がほぼ平行になり，次に「青」の右ももに「白」が馬乗りになり，「青」の頭が水平から下の方向へ約 45 度下がる．つづいて「青」と「白」のつま先が平行になる一連の動作が「青」の内股の特徴である．この動作の流れを Figure 3 (b), (c), (d)に示す．この特徴は Figure 2 (b), (c)においても確認することができる．「白」が持ち上げられてから回復できない位置（死に体）になるまでの所要時間は 0.44 秒であった．



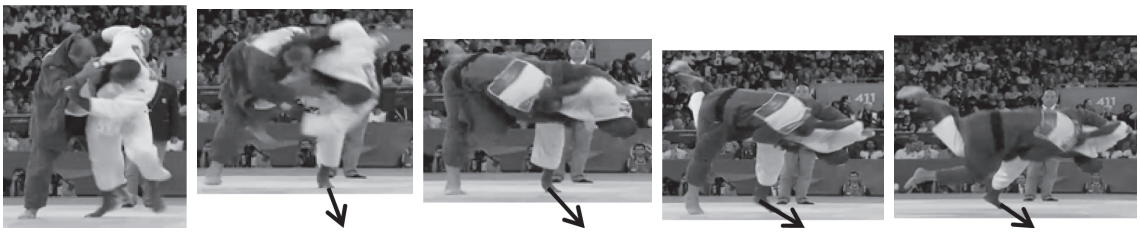
(a) (b) (c) (d)

Figure 3 “Uchi-mata” by under 100 kg Judo-man (2)

3. 3 100kg 超級の柔道家の動作分析（第三例）

ここでは，白い柔道衣を着ている 100kg 超級の柔道家を「白」と呼び，青い柔道衣を着ている柔道家を「青」と呼ぶ. Figure 4 (a)に，内股のはじまりを示す．内股を掛けるために「白」が「青」を下方向に押している. Figure 4 (b)は「白」が「青」の左足を捉え，右足を上げていることを示している．同時に「白」は「青」の釣り手を下げて「白」の柔道衣から釣り手を離している．これは「白」の内股の特徴である．右の内股は「白」の得意技である．このことは三宅ら（2014）が報告している．さらに「白」の頭は「青」の腰の位置（水平）まで下がっている．このとき，「白」の左つま先は，矢印の方向である．つま先の方向が膝の関節が曲がる方向であり「白」の力が出る方向である．「青」は自身の右方向に引かれている．「青」は完全にバランスを崩している．これらの動作を Figure 4 (c)に示す．「白」は左足を軸として回転しながら，つま先方向が変化し，目視ではあるが画面の上下方向に対し約 45 度まで変化している. Figure 4 (b)(c)に示すように「白」の左つま先は，画面の右方向に目視ではあ

るがFigure 4(b)のつま先を起点として，約30度回転している．Figure 4(d)は，「青」が前方に投げおろされる状態を示している．また，Figure 4(d)は「白」の左足と「青」の右足がほぼ平行になっていることを示している．2人の柔道家の並んでいるつま先の間隔は約0.95メートルである．Figure 4(e)では「青」の両つま先は畳から離れている状態を示す．内股のはじまりから「青」が体勢を回復できない位置（死に体）になるまでの所要時間は0.67秒であった．0.33秒で約45度，回転していることは，1秒間に約136度回転していることになる．つまり角速度は毎秒約136度である．「白」の内股は，相手と密着せずに距離をおいて，足を跳ね上げるのではなく，Figure 4(b)からFigure 4(e)の矢印が示すように左足を軸足として回転させ，この間に相手の釣り手を自身の柔道衣から離して，頭の位置を水平からあまり下げることなく相手を裏返しにするのが特徴である．



(a)　(b)　(c)　(d)　(e)

Figure 4　“Uchi-mata” by over 100 kg Judo-man

度の比較

2人の柔道家の内股の「掛け時間」，合成速度，加速度，加加速度を算出した．「投げられた柔道家」の両つま先の合成速度を算出し，合成速度の早い方をつま先の合成速度とした．「平均投げられ合成速度」は，「掛け時間」中に投げられた合成速度の平均である．「平均投げられ合成加速度」は，それぞれの合成速度変化の平均，単位時間の合成加速度の平均を「掛け時間」の間を計測して平均した．算出した合成速度・加速度・加加速度を表1に示す．Table 1から理解できることは，100kg以下級の柔道家の「掛け時間」は，100kg超級の柔道家の約半分の時間である．さらに100kg以下級の柔道家の合成速度は，100kg超級の柔道家の約2倍である．さらに合成加速度と合成加加速度も非常に異なっていることが理解できる．

Table 1　Downward combined velocity, acceleration, and jerk

	Athlete one's “Uchi-mata” 1	Athlete one's “Uchi-mata” 2	Athlete two's “Uchi-mata”
Kake time(second)	0.43	0.44	0.80
mean combined velocity(m/s)	6.22	6.27	3.00
mean combined acceleration(m/s^2)	73.2	80.9	23.8
mean combined jerk(m/s^3)	1167.2	1756.4	309.3

5. つま先間隔（距離）の差

「投げる柔道家」と「投げられる柔道家」の足の位置を比較すると 1 人の柔道家のつま先間隔は，約 0.28 メートルであり，これを Figure 5 に示す．100kg 超級の柔道家のつま先間隔は約 0.95 メートルであった．これを Figure 6 に示す．この差は約 3 倍である．

Figure 5 は，「青」柔道衣が投げる柔道家で 100kg 以下級である．

Figure 6 は，「白」柔道衣が投げるもう 1 人の柔道家で 100kg 超級である．

Figure 5 は, Figure 6 に比べて視覚的にわかるように体の重心の位置が高い，このことは，「青」は，「白」に返される可能性がある．

Figure 6 においては, Figure 5 と比べて視覚的にわかるように重心の位置が低い．（足間距離が 3 倍なので重心の位置は必然的に低くなる）このため「青」は，返し技を施すことが，まず不可能である．これらにより Figure 6 に示した内股は，Figure 5 に示した内股よりも危険性が低いことがわかる．



Figure 5 Final posture of “Uchi-mata” by under 100kg Judo-man



Figure 6 Final posture of “Uchi-mata” by under 100kg Judo-man

おわりに

解析した映像データの元は放映されたテレビジョンの映像である．解析方法として，まずビデオデータから画像内における柔道家の位置の抽出方法を述べ，次に抽出したデータを平滑にする方法を述べた．続いて平滑化されたデータを用いた合成速度・加速度・加加速度の算出方法を述べた．そして算出したこれらの精度について述べた．これらの解析には我々が開発したシステムと Excel のマクロ機能を用いた．

本研究で使用した解析方法は算出した合成速度・加速度・加加速度の精度には問題があるが，アスペクト比とフレーム率が異なるさまざまなビデオデータを取扱うことが出来る柔道動作解析の一方法である．我々が開発したシステムを使って「内股」で投げられる柔道家の合成速度・加速度・加加速度を算出した．100kg 以下級の柔道家の「掛け時間」は 100kg 超級の柔道家の「掛け時間」の約半分であることを発見した．さらに 100kg 以下級の柔道家の相手を投げる合成速度は，100kg 超級の柔道家の約 2 倍であることを発見した．さらに，合成加速度と合成加加速度も，大きく異なっている．つま先間隔を比較すると 100kg 以下級の柔道家は，短い間隔であり，必然的に重心が高くなるため「裏投げ」や「返し技」

を受ける可能性が高い．これらの事実からつま先間隔が短い場合は，返される危険があることが分かった．この研究は，市販の DVD-video ビデオデータと全日本柔道連盟から借用した映像データを用いた．

今回は事例の一つとして工学的な見地から柔道の動作解析の方法を示した．柔道の投げ技を施す場合，投げる柔道家の動作には特異性がある．この特異性は口頭での伝承や，書物に記述されているが，言葉で表現されているため抽象的になり，この特異性を学ぶことは易しいことではない．

代表的男子柔道家の「内股」を解析し，その動きを学習し，動作をまねることにより一般柔道家の「内股」の技術を向上させることができるであろう．

参考文献

Blais, L.Trilles, F., and Lacouture, P.,（2007）Three-dimensional joint dynamics and energy expenditure during the execution of a Judo throwing technique（Morote Seoi Nage）, Journal of Sports Science 2007; 25(11), 1211-1220.

Gutiérrez, A., Prieto, I., and Cancela, J. M.,（2009）Most frequent errors in judo Uki Goshi technique and the existing relations among them analysed through T-patterns, Journal of Sports Science and Medicine, 8(CSSI 3), 36-46.

辺見信彦（2009)「ジャーク / 加加速度の直接検出と応用」日本機械学会誌　Vol. 112 No. 1088

羽賀龍之介，宮崎誠司，長尾秀行，井上康生，上水研一郎（2015)「内股に関するバイオメカニクス研究」日本武道学会研究発表抄録，52-IP5

橋本昇，青木豊次，寒河江俊光，山本洋裕，三浦孝仁，森本利和（1984)「柔道の投げ技の分析―内股について―」日本体育大学紀要 13 巻 73-79

長谷川優，竹内外夫（1973）「柔道投げ技における大外刈と内股の分析」 中京体育論叢 14(1), 99-114

Imamura, R., Hreljac, A., Escamilla, R. F., and Edwards, B.,（2006）A Three-dimensional analysis of the center of mass for three different Judo throwing techniques, Journal of Sports Science and Medicine（2006）CSSI, 122-131.

井上康生，宮崎誠司，鈴木利一（2015）「柔道の内股における体幹傾斜角度の変化について」日本武道学会研究発表抄録，51-IP-4

三宅恵介，佐藤武尊，横山喬之，竹澤稔裕，川端健司，佐藤伸一郎（2014）「テデイ・リネール選手の競技内容の特徴：2013 年の出場大会を対象として」 柔道科学研究 19，5-9

岡田龍司，徳安秀正，岡崎裕史，穴井隆将，倉賀野哲造（2015)「2001 年に開催された世界柔道選手権における男子の卓越した立ち技の動作解析」 近畿大学教養・外国語教育センター紀要（一般教養編） 第 5 巻 第 1 号 39-46 2015 年 3 月

山本博男，直江義弘，福島基，横山健，南谷直利（1988)「柔道投技における内股のフラミンゴ・ターン法」 金沢大学教育学部教科教育研究 第 25 巻 21-26

DVD 第 22 回　世界柔道選手権大会 「名勝負と感動の記録」 第三巻　ミュンヘン（ドイツ）講道館

平成 27 年 9 月 22 日受付
平成 28 年 1 月 27 日受理