

wiiリモコンを用いた人物の動作識別システムの構築

田村 宏樹¹⁾・笹島 大輔²⁾・淡野 公一³⁾・外山 貴子⁴⁾

Human Motion Recognition System using Nintendo wii®Remote Controller

Hiroki TAMURA, Daisuke SASAJIMA, Koichi TANNO, Takako TOYAMA

Abstract

The term biological motion is often used by researchers studying the patterns of movement generated by living forms and sport forms. We study the pattern recognition system of sport motion using biological motion data. Biological motion data are acquired using 3D motion capture system. However, 3D motion capture system is too expensive. In this paper, 3D motion capture system was built using wii® remote controller of Nintendo. We tested our proposed system in the pattern recognition of the tennis player using wii® remote controller of Nintendo.

Key Words : wii® Remote Controller, Motion Capture System, Biological Motion, Pattern Recognition

1. はじめに

Jhonasson は人の主要関節に電球を取り付け、その歩行動作を撮影し映像をポイントライトだけが見えるようにして被験者に見せた時、ポイントライトが動作してない状態では単なる光点の集合としか見なされなかったが、動作が加わると人の歩行動作として認識されると報告した [1]。このような生物の知覚をもたらす情報はバイオロジカルモーションと呼ばれている。

人の動作のバイオロジカルモーションデータを取得する代表的なシステムとしてモーションキャプチャシステムがある。モーションキャプチャシステムは被験者の関節部に加速度センサを付けることで、被験者の動作をデジタルデータに変換してコンピュータに取り込むことができるシステムである。モーションキャプチャシステムを使用した研究として、歩行動作からの感情推定 [2][3] や、踊り、運動などの教示システムなどがある。しかしモーションキャプチャシステムは、正確なデータが採取できるが、一般的に設備が大掛かりになる。使用場所に制約があるなどの問題点もある。また高価なシステムが多い。この他に、ビデオカメラで撮影した動画を用いてバイオロジカルモーションを取得する方法がある。この手法は、被験者の動きをビデオカメラで撮影した後、コンピュータ上でモーションキャプチャソフト（ソフトウェアの一例：『KROPS』 [4][9]）を使いバイオロジカルモーションを取得する方法である。この手法は安価で、場所の制約は無くなる

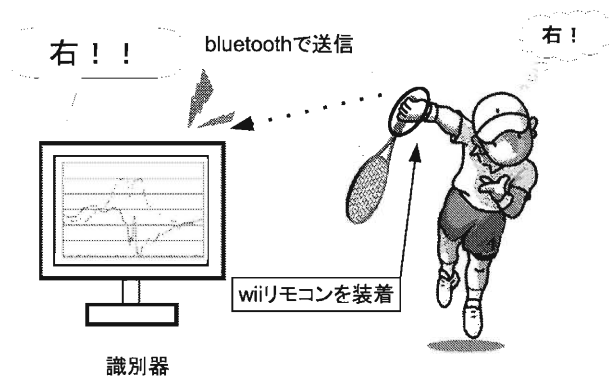


図1 提案する動作識別システムのイメージ図

が、ビデオカメラで一度撮影してから人の手で編集作業を行うためデータを得るのにかなりの時間がかかる上誤差が発生する。また、画面上で隠れている関節部の加速度情報は正確に得ることができない。

そこで、本論文では、任天堂の wii リモコンを用いてバイオロジカルモーションを簡易に取得し、その情報で動作識別が可能であるか検証実験を行うことを目的とする。wii リモコンには加速度センサーが内蔵されており、wii リモコンを振ったときに感知した 3 軸 (x,y,z 軸) 加速度情報を、高速に Bluetooth でパーソナルコンピュータ (PC) に送信することができる。これにより、実験を行う場所を限定されず、正確な情報を素早く得ることができる。本論文は、人物の動作の中でも、特にテニスフォームの識別を対象として実験を行う。

図1に本論文で提案する動作識別システムを示す。被験者は体に wii リモコンを装着し、テニスにおけるコースの打ち分けを行う。このときの wii リモコンの 3 軸加速度情報を bluetooth を持つ PC で受信し、バイオロ

1)電気電子工学科助教

2)電気電子工学科学部生

3)電気電子工学科准教授

4)技術職員

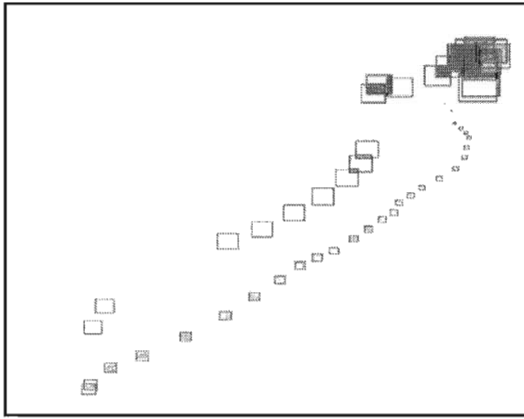


図2 『processing』によるテニスのスイングの加速度情報表示

ジカルモーションを取得する。取得した情報を Multi-layer Perceptrons (MLP), Support Vector Machine (SVM) [5][6], Nearest Neighbor 法, k -NN 法 [7] の4種類の手法によって識別をする実験を行った。本実験では、3名の被験者を対象に実験を行う。なお、本論文ではフォアハンドから左右どちらのコースにボールを打ったかの識別を目的とした。

2. wii リモコンを用いたバイオロジカルモーションの取得と動作識別方法

本章では、wii リモコンを用いたバイオロジカルモーションの取得方法、特徴値の決定方法とその特徴値を用いた識別方法について述べる。

2.1 バイオロジカルモーションの取得

本論文では、バイオロジカルモーションを取得するために wii リモコンを用いる。1章で述べたように、wii リモコンを用いることで実験場所を制約されなくなるので、より実践に近い状況でデータを取得することができる。しかし、市販の状態の wii リモコンをそのまま実験に用いるので装着しやすく、被験者に負荷がかかるという欠点がある。

受信した wii リモコンの加速度情報を PC 画面に表示させたり出力チャンネル数を増やすためのシステムは『processing』と呼ばれるプログラミング言語を用いて構築した [8]。『processing』は、主に電子アートやビジュアルデザインのための Java 言語ベースのプログラミング言語であるが、本論文において、出力チャンネル数を容易に増やすことができるという点で他のプログラミング言語よりも扱いやすかったため採用した。『processing』を用いて、テニスのスイングの加速

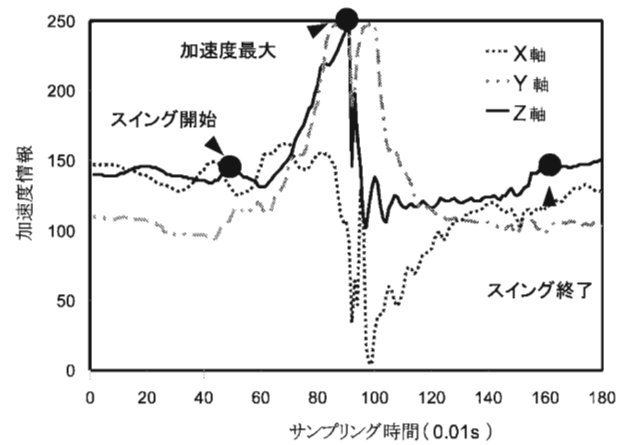


図3 テニススイング時の加速度情報のグラフ

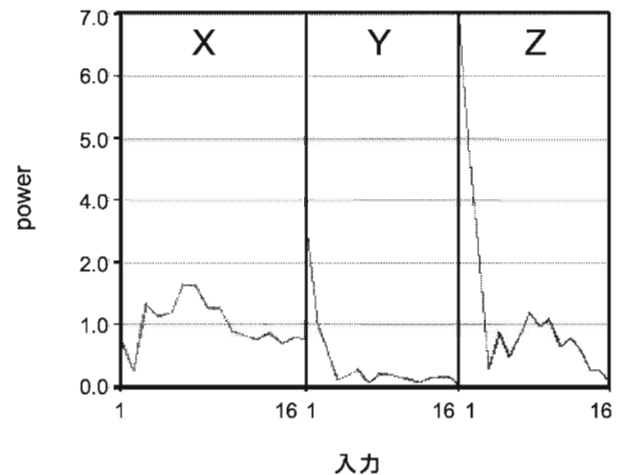


図4 3軸の加速度情報をそれぞれFFT処理した48入力データのグラフ

度情報を表示した一例を図2に示す。図2のように視覚的に加速度情報を捉えることができ、データ取得の誤りを容易に判断できる。

2.2 特徴値の決定

図3に wii リモコンをラケットに取り付け、テニスのスイングした時の3軸の加速度情報をグラフ化した例を示す。本実験では、(1)3軸の加速度情報をそれぞれ高速フーリエ変換 (FFT) 処理して得られた48入力のデータ、(2)スイング開始からZ軸の加速度がピークに達するまでのフレーム数とスイング開始からスイング終了までのフレーム数の2入力のデータ、(3)(1)、(2)のデータを合せ、さらにZ軸の加速度のピーク値を付け加えた51入力のデータの3つの方法の特徴値を用いる。ここで、サンプリング時間0.01秒間での3軸方向における加速度の変化量の2乗の合計が10を超えたらスイング開始、0.05秒間超えなくなったらス

イング終了とした。図4は、3軸の加速度情報をそれぞれFFT処理して得られた48入力データの例である。

2.3 システムによる識別

本実験では、2.2節で述べた特徴量を用いて動作を識別する識別器としてMLP, SVM, Nearest Neighbor法, k -NN法の4つの識別器を用いる。MLP, SVMはニューラルネットによる非線形識別の処理に属し、Nearest Neighbor法, k -NN法は代表的なノンパラメトリック手法である。各識別器についての説明を以下に述べる。

・SVM[5]

Vapnikにより提案された高い汎化性能を持つ2クラスパターン分類器である。SVMの特徴は高次元特徴空間でのマージン最大化である。そのテクニックにより高い汎化性能を持つ。本論文では、非線形SVMを使用し、カーネル関数にはガウシアン関数を用いて識別を行う。

・MLP[7]

ニューラルネットワークの代表的なフィードフォワード型のモデルであり、入力層、中間層、出力層の3層構造をしている。本実験では中間層の数は8とした。MLPの学習則にはBack-Propagation則を用い、学習回数は5000回としている。

・Nearest Neighbor法[7]

評価用データとすべての学習用データとの誤差(ユークリッド距離)を取り、最も誤差の小さい学習用データの属するクラスを識別結果とする方法である。単純な方法だが、その予測精度は結構よいことが知られている。

・ k -NN法[7]

Nearest Neighbor法と同様の手法で誤差(ユークリッド距離)を取り、最も誤差の小さいものから順番に k 個選択する。選択された k 個のデータで多数決を行い、最も数の多かったクラスに属するとする。本論文では、事前実験で最も識別結果の良かった $k=5$ を採用している。また、 $k=1$ の場合はNearest Neighbor法と同じである。

3. 動作識別実験

本章では、2章で述べたシステムを用いた実験方法について述べる。本実験は、wiiリモコンを1つ用いる実験とwiiリモコンを2つ用いる実験の2つの実験

wiiリモコンで加速度データの取得

特徴値の算出

識別手法による識別

図5 識別の流れ

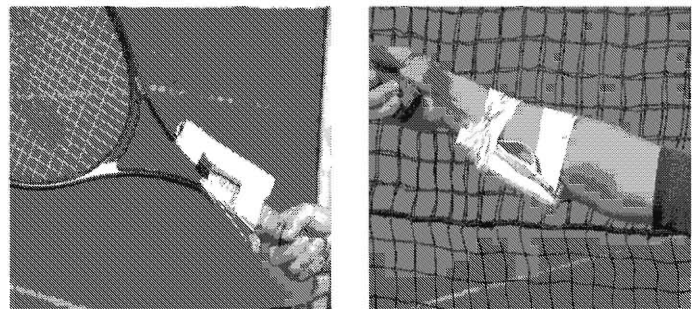


図6 (左) wii リモコンをラケットに装着, (右) wii リモコンを利き腕に装着

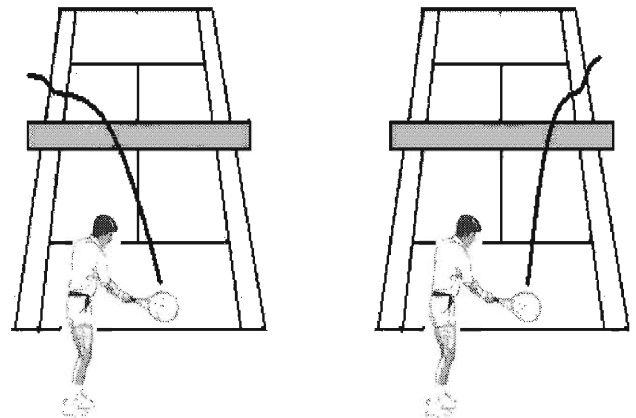


図7 (左) 左打ちのイメージ図, (右) 右打ちのイメージ図

を行う。識別方法は2章で述べた図5の流れで識別を行う。まず、実験用のデータを取得する。実際のデータ取得方法の詳細は後に述べる。2.2節で述べた3種類の方法で得られたデータから特徴値を算出し、学習用データと評価用データを作成する。それらのデータを用いて、各種識別器による動作識別を行う。

3.1 実験1[10]

被験者は、テニス経験者であるK.T, H.T, H.Mの3人とする。データの取得場所はテニスコートで行う。使用するwiiリモコンは1個とし、図6のようにテニ

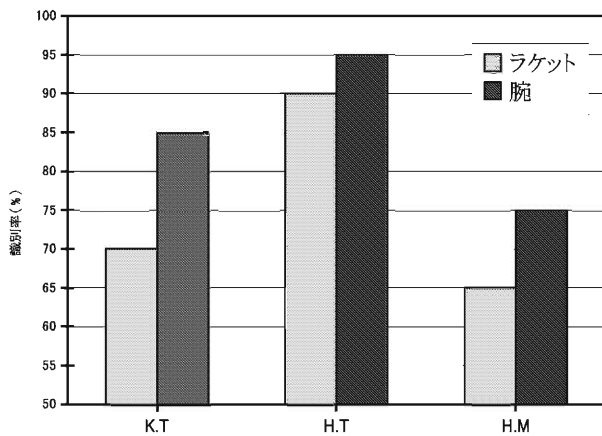


図8 wii リモコンの取り付け位置による識別率の比較

ラケットのグリップ部分、または利き腕部分に装着する。被験者はその状態で、右打ちと左打ちを40回ずつ行う。ここで、右打ちとは図7(右)のようにフォアハンドで相手コートに向かって右に打つフォーム、左打ちとは図7(左)のようにフォアハンドで相手コートに向かって左に打つフォームを意味する。取得したデータのうち、左右20回分ずつを学習用データ、残りの20回分ずつを評価用データとし、3種類の特徴値を用いて、識別器による識別を行う。また、K.T, H.Tの2人の被験者は本実験の趣旨を理解したうえでデータを取っている。

実験1で、wii リモコンをラケットに取り付けて実験を行った結果と、利き腕に取り付けて実験を行った結果を図8の示す。図8は、各被験者においてラケットと腕それぞれの実験で最も識別率の良かった識別方法の結果を示したものである。図8より、3人の被験者すべてがwii リモコンを腕に付けた方が良い結果になっていることから、wii リモコンの取り付け位置はラケットよりも腕のほうが優れているといえる。また、被験者の負担も少なく、いつも通りのスイングに近いと考えられる。図9は、FFT処理したデータ、2入力データ、51入力データにおいて、MLP又はSVMとNearest Neighbor法又はk-NN法で最も識別率の良かった結果の平均をとり、比較したものである。K.Tの場合、FFT処理したデータでは識別率が80%を超えたが、2入力データでは65%程度しか識別することはできなかった。H.Tの場合、いずれのデータでも高い確率で識別することができた。H.Mの場合、2入力データの方が識別率が高かったが、他の2名の識別率に比べてかなり低くなった。これらのことから、被験者H.Tのテニスフォームは分かり易いフォームではないかと推測される。このことから、本論文の手法は、フォームによっては高い確率で識別することが可能であることが分かった。

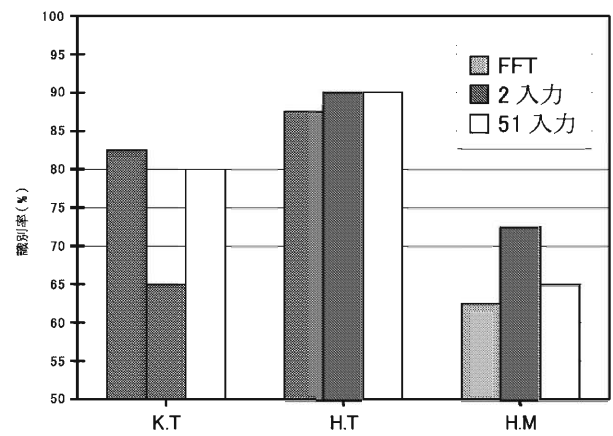


図9 特徴値の違いによる識別率(腕)の比較

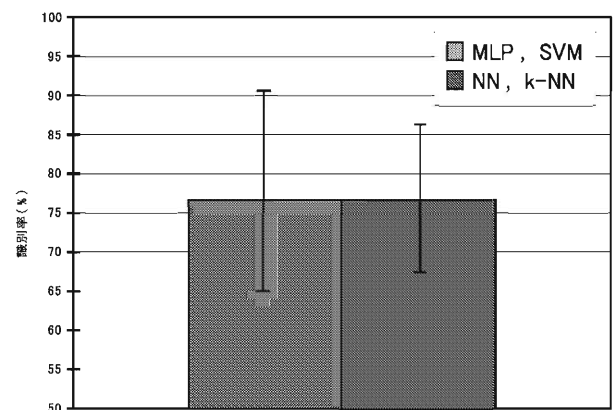


図10 識別器による識別率(腕)の比較

次に、識別手法の検証を行う。図10は、wii リモコンを利き腕に取り付けて得た加速度情報をFFT処理を行ったデータと2入力のデータで識別を行った時、MLP, SVMの最高識別率とNearest Neighbor法(グラフ中はNNとする)、k-NN法の最高識別率を各被験者ごとに出し、それを平均したものである。エラーバーは標準偏差を表している。この結果に対しt検定を行うと5%水準で有意差なしとなることから、実験1において識別器による違いはほとんどないといえる。

3.2 実験2

実験2は、実験に用いるwii リモコンを2個に増やして実験を行う。被験者は実験1を行った3人の被験者のうち、K.T, H.Tの2人とする。wii リモコンは、図11のように1個は実験1の結果より被験者の腕に直接装着し、もう1つは被験者の腰部に装着する。

図11の状態を実験1と同様に右打ち、左打ちをそれぞれ40回ずつ行う。ただし、実験1において51入力による識別は48入力、2入力と比較してほとんど差がなかったため行わないものとした。また、実験2



図 11 2つの wii リモコンの装着位置

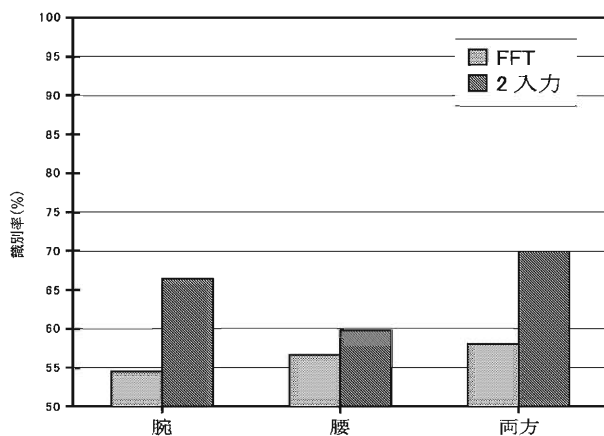


図 12 被験者 K.T の識別率

ではビデオカメラによる被験者のフォームの撮影を行う。これは、訓練用データ、評価用データを作成する際、撮影したビデオを確認し、うまくコース打ち分けができてないデータを省くためである。

まず、被験者 K.T について検討していく。図 12 に、被験者 K.T の各 wii リモコンの取り付け位置による識別率の違いを示す。K.T の場合、腕、腰のいずれも FFT 処理したデータよりも 2 入力データの方が識別率が高いが、60%前後とあまり良くなく、この方法ではフォームの識別は難しいといえる。しかし、腕と腰の 2 入力情報をあわせて k -NN 法で識別した時に識別率が 70%となっていることから、被験者 K.T のテニスフォームはボールを打つ時の腕と腰のタイミングに特徴があることがわかる。

次に、被験者 H.T について検討していく。図 13 に、被験者 K.T の各 wii リモコンの取り付け位置による識別率の違いを示す。被験者 H.T の場合、腰の 2 入力データで k -NN 法で識別をした時に最も良い 73.4%の

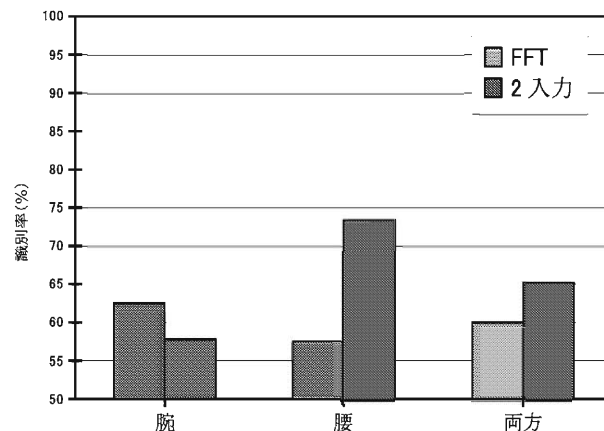


図 13 被験者 H.T の識別率

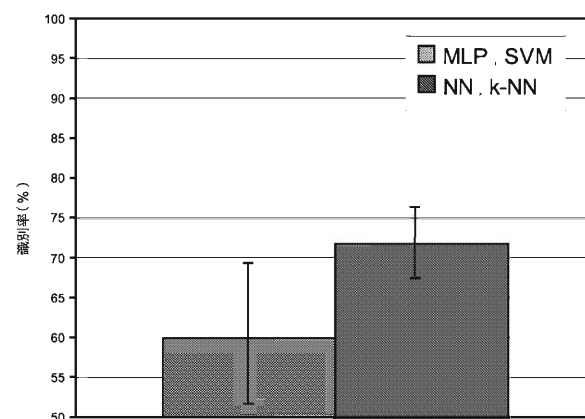


図 14 識別器による識別率の違い

識別率が得られている。このことから H.T のテニスフォームはボールを打つ時の腰の動きのタイミングに特徴があることがわかる。

また、図 14 に実験 1 の時と同様に識別器による識別率の違いを示す。t 検定を行うと 5%水準で有意差ありとなり実験 2 においては MLP, SVM よりも Nearest Neighbor 法, k -NN 法の方が有効であることがわかる。これらのことより、本実験の 2 名の被験者はテニスのフォームにおける時間特性を k -NN 法で識別することでボールを打つ方向を推定できるといえる。

3.3 考察

本節では、本実験についての考察を行う。まず、wii リモコンの装着しづらさによる実験結果への影響について考察する。2.2 節で述べたように、本実験は市販の状態の wii リモコンをそのまま実験に用いる。そのため、ラケットや被験者の利き腕に装着しづらく、被験者に負荷がかかる。実験 1 で、wii リモコンをラケットに装着した時よりも利き腕に直接装着した時の方が識別率が良かったのは、利き腕に直接取り付けられた場合

ラケットそのものの重さは変わらず、ラケットに取り付けた時よりも通常に近い状態でスイングを行うことができたからだと考えられる。実験2では、wiiリモコンを2つ装着して実験を行ったが、そこまで負荷はかかっておらず、通常通りのスイングができています。

次に、本論文における心理実験の必要性について考察する。本論文における識別システムは、右打ちか左打ちの2クラス分類システムである。これは完全に識別できた場合、識別率は100%となり、全く識別できなかった場合でも識別率は50%程度となるはずである。本実験の結果では、被験者によっては高い識別率を得られたが、識別器による識別実験だけでは提案手法が優れているのか、被験者のフォームがわかりやすいフォームなのか判断することができない。そのため、人による心理実験を行い、提案手法の有効性の検証の必要がある。先行研究[9]では、実験2を行ったK.T, H.Tの人の心理実験による左右のフォームの識別率は60%程度となっている。そのことより、提案手法は人より識別率は高いであろうと考えられる。

本実験では特徴値にFFT処理したデータと2入力のデータを主に用いたが、FFTのデータは力性、2入力のデータは時間特性をそれぞれ表している。そのため、力性情報と時間特性の情報での識別率を算出しているといえる。本実験では、力性、時間特性によるフォームの特徴は人により個人差があると考え、直接的な比較は行っていない。しかし、実験1, 2より識別率が高い場合は2入力の時間特性を用いた場合が多いことがわかる。

4. おわりに

本論文では、モーションキャプチャシステムをwiiリモコンを用いて構築し、構築したシステムを用いてテニスのフォーム識別が可能であるかについて実験を行った。実験1の結果より、wiiリモコンを利き腕に直接取り付けて実験を行うことによって、テニスボールの打ち分けを識別することが可能であることがわかった。ただし、被験者H.Mのように提案手法では識別の難しい被験者が存在すること、識別可能な被験者であっても、取得したデータによって識別率が変化することなどもわかった。また、実験2の結果より、実験に用いるwiiリモコンの数を増やすことによって、各被験者がテニスボールを打ち分ける際の特徴がどこにあるか解析することが可能であることがわかった。このことより、さらにチャンネル数を増やすことによって被験者のフォームの癖を見つけることまで可能であると思われる。

今後の課題として、wiiリモコンを被験者に取り付けやすいように軽量化、小型化すること、チャンネル数を増やして実験を行うこと、人による識別の心理実験を行い提案手法との比較を行うことで新規性のある評価方法を確立するとなどが挙げられる。

参考文献

- [1] G. Johansson "Visual perception of biological motion and a model for its analysis.", *Perception and Psychophysics*, pp.201 - 211, (1973)
- [2] 丸田 英徳, 石井 雅博 "感情識別のための独立成分分析によるバイオロジカルモーションデータからの特徴抽出" *信学技報 vol.105, No.534, PRMU2006*, pp.135-139, (2006)
- [3] 石井雅博, 丸田英徳, "バイオロジカルモーションからの感情知覚に関する研究" *信学技報 vol.105, No.165, HIP2005-42*, pp. 123-126, (2005)
- [4] "ジースポーツ -KROPS (クロップス) -" URL:<http://www.gsport.co.jp/products/krops> (アクセス日: 2008年2月12日)
- [5] Nello Cristianini & John Shawe-Taylor 著, 大北剛 訳 "サポートベクターマシン入門" 共立出版株式会社, (2005)
- [6] C. Cortes and V.N. Vapnik, "Support Vector Networks", *Machine Learning*, 20(3), pp. 273-297, (1995)
- [7] 石井 健一郎, 前田 英作, 上田 修功, 村瀬 洋 "わかりやすいパターン認識" オーム社, (1998)
- [8] "Processing 1.0 (BETA)" URL:<http://www.processing.org/> (アクセス日: 2008年2月12日)
- [9] 緒方真明 "手首角度情報からテニスプレイヤーの動作推定" 宮崎大学 工学部 電気電子工学科 卒業論文, (2007)
- [10] 笹島 大輔, 田村 宏樹, 田中 寿, 外山 貴子, 淡野 公一, "wiiリモコンを用いた人物の動作識別" 2007年度電子情報通信学会九州支部学生会講演論文集, No. D2-2, (2007)