

ユビキタスセンシングによる格闘技の身体および心的モデルの検討

坂 根 裕[†] 高 畠 政 実[†]
大 谷 尚 史[†] 竹 林 洋 一[†]

空手の奥深さを表現するための身体的モデルと心的モデルについて述べる。スポーツの身体的側面もしくは、心理的側面のいずれかを取り扱った研究では、対象の表層的な側面しか捉えることができない。本稿では、実験を通してその両側面からの具体的なアプローチをとっている。身体的モデルの実験として、3軸加速度センサと2軸角速度センサを搭載したウェアラブルモーションデバイスを作成し、腕や腰、足など複数箇所に装着して「技」のデータを収集した。心的モデルの実験として、試合の場をカメラで撮影し、驚きや不安、焦り、怒りなど感情変化があった場面に對し、要因を特定するためのアンケートを行いデータ収集した。得られたデータを解析することで、目に見えない「力の伝達」や「腕や腰の捻り」などの動きに関する知見や「威圧感」や「強さ」を感じる心に関する知見が得られ、新しい空手の伝道についての見通しが得られた。

Consideration on Physical and Mental Models of Martial Arts Using Ubiquitous Sensing Technologies

YUTAKA SAKANE[†], MASAMI TAKAHATA[†], NAOFUMI OHTANI[†]
and YOICHI TAKEBAYASHI[†]

We present a new karate model which represents both physical and mental structures of the karate based on a six-level model of Minsky's emotion machine. As a first attempt, we have developed wearable motion devices with a three axis acceleration sensor and a two axis angular velocity sensor. In order to collect video motion data for karate-punch and kick of novice and expert players, we put these wearable devices on their wrists, waist and legs. We asked the players to do karate demonstration and collected motion data. In addition, a experienced and three novice karate players had three matches in front of a video camera. Then, we have performed questionnaire survey to them of scenes with feeling change such as fear and anger. We acquire knowledge about karate motions and minds such as 'transfer of power', 'twist of wrists and waist', 'feeling of coercion', and 'intension' through these experiments.

1. はじめに

IT産業が停滞する状況下で、人間の生活や活動を支援するためのウェアラブルやユビキタスコンピューティング、ヒューマンインタフェースの研究が注目されてきた¹²⁾。入出力デバイスやネットワーク、オペレーティングシステム、セキュリティ、ヒューマンインタフェースの研究者が参画し、「ユビキタス」をキーワードとして新しい研究領域を形成しつつある。機器操作のためのインタフェース、ネットワークプロトコルなど、サービスや機能に関する研究が盛んになってきているが、一部の要素技術に特化した研究が多く、人間の生活を豊かにしたり産業を活性化させたりするには至っていない。筆者らの研究グループでは、格闘技¹⁾

やサイクリング²⁾、コミュニケーション^{3)~5)}、音楽⁶⁾といった人間の多種多様な生活や活動を支援する研究を行っている。本研究では、格闘技として空手の練習や試合に関する活動を、ユビキタスセンシング技術を利用してサポートする研究に取り組んでいる。

格闘技は、テレビ等のメディアで取り上げられ注目されているが、「どのような練習が行われているのかわからない」「怪我するのではないか」「どこへ行けば学べるのか」と言った疑問や不安から、学習を始めるための敷居が高いスポーツであると言える。スポーツ科学の分野では、野球やサッカー、ゴルフなど特定のスポーツに関するゲームを解析し、競技者の動きを解析する研究や^{7)~9)}、ゲームモデルを構築しデータを蓄積・解析する研究が盛んに行われている^{10),11)}。モデルやゲームデータを活用することで、今まで気づけなかった戦略を発見することや、効果的な教育方法を考案するなど、より高度なスポーツ学習環境を実現できる。

[†] 静岡大学情報学部
Faculty of Information, Shizuoka University



図 1 空手演舞

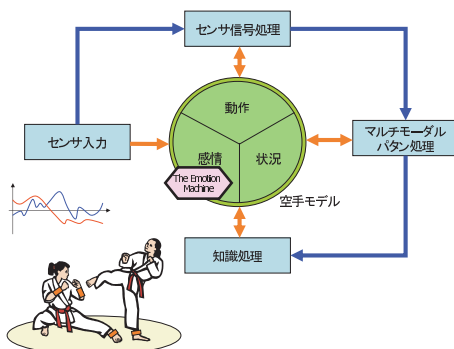


図 2 空手モデル

しかし、図 1 に示すような空手などの格闘技では、素早い動きや激しい接触を伴い試合の駆け引きが複雑なスポーツであるため、これまでに本格的な「動作や身体に関するモデル」や「心や感情に関するモデル」の構築はなされていない。

本稿では、高度な空手学習環境実現のための空手モデル構築の第一ステップとして、空手モデルを身体モデルと心的モデルの 2 種類に分類し、各モデルについてのデータ収集実験を行った。得られる実験データを統合し解析することで、空手の試合や練習が分かりやすく理解できる「空手モデル」の構築が実現可能であることを示す。

2. 空手モデル

2.1 感情を考慮した空手モデルの検討

一般的に格闘技の世界では、その上達に心・技・体の 3 つの要素が重要とされており、競技者の心の状態を取り入れたモデルを構築することで、より深い解析が行える。最近では、‘conscious’ や ‘awareness’、‘emotion’ に関する研究^{12)~14)} に注目が集まっており、表層的ではなく深いモデルについての検討が進んでいる。Minsky が提唱する The Emotion Machine¹⁴⁾ では、

痛みに対する恐怖心や不快感に関する考察、感情が生成される過程についての 6 階層モデルを提案している。

図 2 に、本稿で提案する空手の場と空手モデルの関係について示す。競技者が取り付けたウェアラブルセンサと空手の場に設置したコピキタスセンサ情報から得られる直接的なセンサデータに対し、信号処理、パターン処理、知識処理を行い、それぞれの過程で得られる知識を空手モデルに格納する。空手モデルは、「競技者の動き(動作)」や「コート内の位置や時間、相手との間合い(状況)」、「競技者の心理状態(感情)」から構成しており、感情の部分には Minsky が提案している Emotion Machine モデルを適応している。

動きや位置に関する動作理解と状況理解をまとめて「身体モデル」として取り扱い、感情理解を「心的モデル」として取り扱う。2 つのモデルを併せた空手モデルを利用することで、特定の行動や勝敗の結果に関して、原因となりうる行動や感情、結果に至るまでの思考が観測できる。

2.2 身体モデル

身体モデルは、その表現の粒度により、突きや蹴りなどの動き自身を表現する「技モデル」と、突きや蹴りなどの技から構成される試合を表現する「試合モデル」に分けて考える。

技モデル: 例えば「突き」を行うには手だけを前に押し出すのではなく、足を踏み出し、鋭く腰を捻り、突きだす手と反対の手を引き込みながら突くといった、単純な動きの複雑な組み合わせによって表現できる。各々の動作を正しく行えないと、威力や素早さが無い技になるだけでなく、肩や肘、手首などに過度の負担がかかり怪我をする原因にも繋がる。しかし、経験者であっても、技を行っている者を傍から見ていただけでは、細かい動きが正しく行われているかを把握することは難しく、的確なアドバイスを指示することは困難である。センシング技術を駆使し、この動きを電子データとして採取することで、目で見てわかりにくい動きに関する誤りを検索することが可能となれば、高度で安全な教育環境を実現できる。

試合モデル: 試合では、どの技で勝敗が決したのかという情報は大切であるが、それだけでは経験者が行う駆け引きなどの高度な情報を得ることはできない。攻撃に対して受けたのか避けたのかといった情報や、フェイント、間合い、呼吸、目線、リズムなど多くの要素がモデルから読み取れなくてはならない。競技者は試合をしながらこれらの情報を素早く理解することが必要であり、ここが経験者と未経験者の大きな差となる要因の一つとなる。このような情報は、傍から見

ている人だけでなく競技者自身も理解して行えていない場合が多く、電子データとして記録することは大きな教育的価値がある。

2.3 心的モデル

防具をつけて殴りあうという試合になると、高揚感や恐怖、怒りなど感情が変化していく。感情変化の要因となるのは、経験的に大きく以下の4つがあると考えている。

知識からくる変化: 「相手は強い」、「回し蹴りが得意だ」といった予め知っている知識が影響して発生する感情変化。

状況からくる変化: 「コートの隅に追われている」、「ポイントが負けているのに時間が無い」といった状況に依存して発生する感情変化。

行動からくる変化: 「蹴られて痛かった」、「逃げてばかりで技が決まらない」といった相手や自分の行動の結果が影響して発生する感情変化。

刺激からくる変化: 「急に相手が止まった」、「突然ドンという大きな音を立てた」といった視覚や聴覚刺激から反射的に反応することによって発生する感情変化。

知識からくる変化以外の感情変化は、コート内の移動や選手同士の接触といった、試合中に発生する特定のイベントによって生じる感情である。このような感情変化を捉えるには、試合中に発生するイベントをウェアラブルセンサやユビキタスセンサで検出すればよい。

図3に、The Emotion Machineのセンサ情報に基づく感情の6階層モデルを示す。下位層からは、聴覚や視覚などの刺激を受けて、過去の履歴から反射的に起こる行動や感情の生成プロセスを示している。行動に対して、その結果を経験としてシステムにフィードバックしてデータベースを拡充することで生成される感情の幅を広げている。上位層からは、外部から得られた知識について過去の行動を判断し、さらに深い判断材料を与える。6階層モデルは、上記で挙げた空手の試合における感情変化を全て表現できる。

3. ウェアラブルモーションデバイス

図4に筆者らのグループで開発したウェアラブルモーションデバイスを、リストバンドに装着したものを示す。ウェアラブルモーションデバイスは、マイクロストーン社製3軸加速度センサ(MA-3-04Ac)と2軸角速度センサ(MG2-01Ab)を備えており、これらのセンサから得られる5つのアナログデータを、マイクロチップテクノロジー社のPIC16F873のA/D変換機能を使いデジタルデータに変換し、RS-232Cを介して外

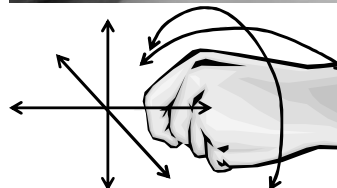
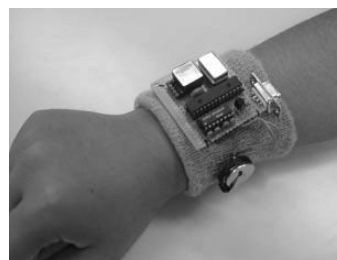


図4 ウェアラブルリストバンド

3軸加速度センサと2軸角速度センサ情報の統合にPIC16F873を使用

部へ出力する。このデバイスを利用することで、図4下段に示す、腕の上下左右前後移動や、手首の捻り、拳の上下方向の捻りの検出を可能にする。

3.1 デバイス性能

装着している加速度センサは、 $-4G$ から $+4G$ までの値を測定でき、角速度センサは、 $-90deg/sec$ から $+90deg/sec$ までの値が測定できる。PIC16F873のA/Dコンバータでは、8ビットでサンプリングしているため、加速度は $\frac{1}{32}G$ 、角速度は $\frac{45}{64}deg/sec$ の間隔で測定できる。サンプリングレートは、最大640Hzで行え、200Hz、100Hz、10Hzに切り替えてサンプリングすることが可能となっている。

3.2 デバイス管理方式

本研究では、競技者の腕や腰、足にデバイスを装着するため複数のセンサデータを管理することが必要となる。複数センサを用いてデータを測定する場合、データの同期が深刻な問題となる。そこで、全てのデバイスをシリアル-USB変換機を使い、USBハブを経由して1台のPCから制御することで、測定開始時間のずれを小さくする。PCからはデバイスに対し、指定のサンプリングレートでデータを送信するように要求し、デバイスは要求到着時刻からの相対時間でデータをPCに送信する。

実装したデバイスは、PCからシリアルポートに接続されたデバイスとして認識されるため、デバイスがどのポートにマッピングされるのか、デバイスが接続されているのかといった情報を知ることができないという問題もある。そこで、PICのEEPROMにデバイ

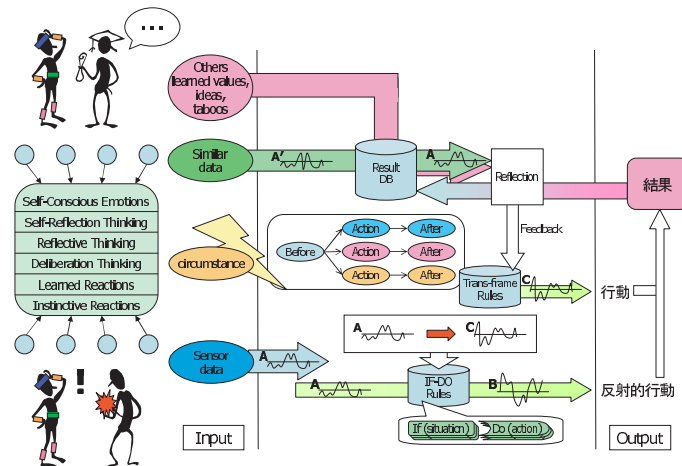


図3 The Emotion Machine をベースとしたユビキタスセンシングによる感情機械

ス固有の ID を書き込んでおき、PC からデバイスに対して特定のメッセージを送信すると ID を返す仕組みを取り入れた。さらに特定の範囲のポートを開き、指定デバイスが接続されているかチェックするモジュールを実現することで、どのポートにマッピングされても自動認識できるようになっている。

4. 実験

4.1 ユビキタス空手部の設立

本研究では、これまでに身体モデルの特に技モデルを検討するための3種類の実験と、心的モデルを検討するための1種類の実験を行った。価値の高いモデルを検討するためには、実際に空手を行いモデル化に必要な経験や知識を獲得することが重要である。そこで筆者らの研究グループでは、10名程度で実際に空手部を設立し、実技練習と同時に実験を行っている。

4.2 身体モデル(技モデル)に関する実験

昇竜拳実験1(センサ1つによる実験)

モーションデバイスを1つ腕に装着し動きや捻りを測定し、動きに対して適切なアドバイスを与えることが可能かを調べる実験を行った。筆者らの所属する大学の学園祭にて実験を行った。実験は、54名の被験者にデバイスを腕に装着し「昇竜拳」を行ってもらい、得られたデータから技の判定を行う。昇竜拳とは、図5に示すように腕を突き上げジャンプして回転するという格闘ゲームに登場する技であり、突きや回転の要素が含まれていることや、学園祭に来る子供にすぐ理解してもらえるという2つの理由から採用した。判定は、ジャンプ力(最大加速度)、回転の鋭さ(角加速度)、着地のスムーズさ(最小加速度)を測定し、各項目を5段階で評価する実験を行った。



図5 実験風景

図6に実験で得られたデータの一例を示す。実験ではデータを100Hzでサンプリングした。図6(a)は上方向の加速度を示しており、図6(b)は、腕を捻る方向への角速度を示している。図から腕を上へ突き上げた瞬間と着地した瞬間で極大、極小値となっており、その大きさから威力や回転力が読み取れる。

昇竜拳実験2(センサ2つによる実験)

実験1の環境では、着地時に腕を上へ上げることで衝撃を吸収してしまったり、体の回転と腕の捻りが区別できないといった問題があった。

実験2では、より正確なデータを測定するために、モーションデバイスを腕と腰につないで昇竜拳の測定を行った。さらに、本実験ではデータを200Hzでサンプリングした。本実験は、情報処理学会インタラクシオン2003にてインタラクティブ発表として実験を行い、約20名の被験者のデータを得た。インタラクティブ発表では、得られたデータを「跳躍力」「回転力」「威力」「力の伝達」「着地」の5つを各々5段階

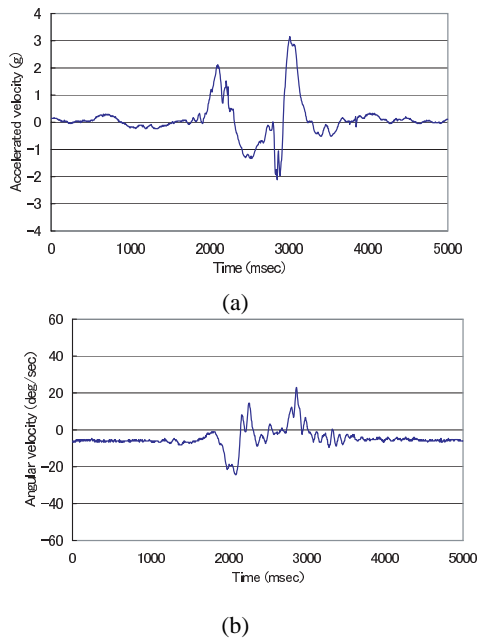


図 6 データサンプル

(a)y 軸方向加速度, (b)y 軸を中心とした回転速度



図 9 実験演舞

センサデータ	+方向の動き
腕加速度X軸	手の甲を上へ向けて腕を右へ動かす
腕加速度Y軸	腕を前へ突き出す
腕加速度Z軸	腕を手の甲の方向へ動かす
腕角速度Y軸	腕を時計回りにねじる
腰加速度X軸	腰を右へ動かす
腰加速度Y軸	腰を上へ動かす(ジャンプ)
腰加速度Z軸	後ろへ腰を動かす
腰角速度Y軸	腰を時計方向へひねる
足加速度X軸	つま先を前に向け足を右へ動かす
足加速度Y軸	足を上へ動かす
足加速度Z軸	足を後ろへ下げる

図 10 センサデータと動きの対応

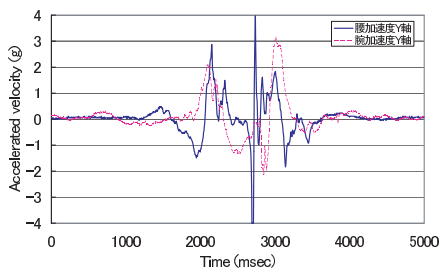


図 7 腰加速度 Y 軸+腕加速度 Y 軸 (初心者)

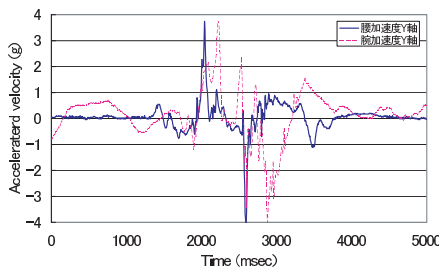


図 8 腰加速度 Y 軸+腕加速度 Y 軸 (経験者)

で判定し結果を提示するというデモを行った。以下に実験結果のグラフから特徴的なものを示し説明する。

図 7 は、武道初心者の腰加速度 Y 軸と腕加速度 Y 軸とを合成したグラフである。一般的に鋭い突きを行うためには、腕だけで突くのではなく腰をひねり込みな

がら突く必要がある。被験者は、腰の上昇 (2200msec) と腕の上昇のタイミングが完全に一致している。これでは威力ある突きは行えない。図 8 に、武道経験者の同じグラフを示す。被験者は腰が上昇 (2000msec) し、腰の上昇力を生かしつつ腕を突き上げている (2100msec)。

このように、センサデータを合成し加速度の変化(力の变化)時間を比較することで、目ではわかりにくい力の伝達といった要素が明確になる。

演舞実験 (センサ 5 つによる実験)

演舞測定実験では、1 人のユーザの両腕、腰、両足首にデバイスを装着し、2 人で簡単な型を行った。図 9 に、本実験で行った型を示す。まずお互いに向かい合って立ち、攻撃側 (右側) が右中段突きを行う。それに対し、受け側 (左側) は左腕で突きを払い、右足で中段回し蹴りを行う。

図 11 に、受け側がセンサを装着したときの左腕加速度 Z 軸と右足加速度 Z 軸を示す。左腕加速度 Z 軸を見ると、1900msec から 2500msec の間でマイナスになっている。腕のマイナス方向は手の平側への腕の移動であり、図 9 から、突きを受けている動作と一致していることがわかる。2000msec 前後で一度プラスの値になっているのは、相手の腕をはたいたためである。右足加速度 Z 軸を見ると、受ける直前に体を少し左へ捌いているため足が動いている (1400msec)。さらに、

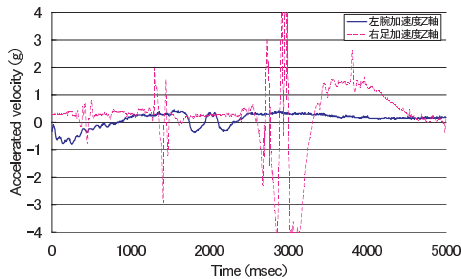


図 11 左腕加速度 Z 軸+右足加速度 Z 軸

イベント	内容
相手が少し離れる	間合いが分からなくなり困惑した
相手が右足を上げる	警戒して後ろに下がった
相手が近づいてくる	技を出そうとするが焦ってしまいどうしてよいかわからなくなった
蹴りを中段に決められる	決められた技を氣にするようになりリズムが狂う
蹴りを上段（顔面）に決められる	怖くなって逃げ癖になった 恐怖で視界が狭くなった
相手の蹴りを受ける	相手の動きが見えたので少し安心した (この後良い攻撃が行えている)

図 13 組み手実験アンケート

相手の突きを受けた直後に蹴り込んでいる (3100msec) こともわかる。蹴りは足加速度 Z 軸マイナス方向の値を示す (図 10 参照)。

4.3 感情変化実験

Emotion Machine に基づく感情モデルを構築するためには、図 3 にあるデータベースに登録しておく初期知識を作成する必要がある。そこで本研究では、図 12 に示すように、筆者らが設立した空手部での実践訓練から得られる経験や知識をベースに必要なデータを収集し、フィードバックすることでモデルを構築する。

空手初心者の被験者には、有段者である筆者らの 1 人が、立ち方、構え方、突き方、蹴り方、受け方などの基本技を数回の講習で指導し、防具をつけて軽い実戦形式の組み手を行った。空手部には、空手の有段者と少林寺拳法や剣道を含め若干名の武道経験者、全くの武道未経験者から構成されており、さまざまなレベルにおけるデータが収集できる。

実験では組み手の様子をビデオカメラで撮影し、競技者にビデオを見てもらい、どのような場面にどのようなことを考えたのか自由に記述するという形式でアンケートを行った。組み手は空手有段者と初心者 3 名で 3 試合行った。得られた意見についてまとめた結果を図 13 に示す。意見は武道初心者の意見から代表的なものを抜き出して示している。これらの意見は、競技後にビデオを見ながらでの意見であるため、競技中の心理状況とは異なった意見もあると考えられる。結果を見れば、相手のわずかな行動に対しても、恐怖や焦るといった状態に落ち入っている。さらに蹴りや攻撃を避けたり、見えていることを自覚した競技者は動き

や技自体も良くなっていることが映像から見て取れる。

実験で撮影したビデオ映像は筆者らの研究室で運営している WEB サーバ上¹⁵⁾ で公開している。

5. 考 察

5.1 実験結果から得られる知見

加速度センサや角速度センサはある時刻での加速度や角速度を知ることができ、積分することで速度や位置が得られる。しかし、センサデータには誤差が生じるためこれを積分すると無視できない誤差となり現実的な利用は難しい。これらのセンサ類は、値の大きさには誤差が生じるが、加速度が変化した時間は正確である。従ってセンサデータ単独では、意味のある解析は難しく、マルチモーダルセンサ情報を重ね合わせることによって、力のかかった時間が分かるため、「腰を捻って溜めを作っている」といった視覚情報だけでは捕らえ難い事実を抽出できる。格闘技では、腰や腕、足の捻りは非常に重要であるが、大きな動きにはならないためセンサで抽出できる価値が大きい。

心的モデルの実験から得られたアンケート結果では、競技者が感情が変化したと感じたのは、相手の動きを見たり、音を聞いたりなどの刺激を受けた場合が多く、相手選手のモーションデバイスや環境に設置したマイクなどのデータから刺激を抽出することで、Emotion Machine のモデルを利用してある程度推定できる見通しが得られた。

5.2 提案デバイス以外の手法によるデータ解析

スポーツや格闘技の動きを捉える手法として、体に複数のマーカを装着し、カメラで撮影した映像を処理することで三次元位置を特定するモーションキャプチャを用いるのが一般的となっている¹⁶⁾。最近では毎秒 1000 フレームで撮影できる高速なカメラが登場したことで、性能的には格段に向上していると言えるが、画像処理で捻りなどを検出することは難しく、本稿で実装したモーションデバイスと置き換えるだけのメリットは小さい。さらに試合になると同じ場に複数の競技者が存在する (競技者 2 人と審判)。センサは競技者が増えれば、その競技者にも装着すれば簡単に増やすことができるが、モーションキャプチャではマーカが立ち位置によって見えなくなるなどアルゴリズムが複雑になり計算量が爆発的に増大するため、スケラビリティの面でもセンサの方が有効である。

しかし提案デバイスでは、突いたり蹴ったり、接触した (受けた) という事実は分かるが、「どこを突いたのか」「どこで受けたのか」といった場所を知ることが困難である。モーションキャプチャでは、競技者の

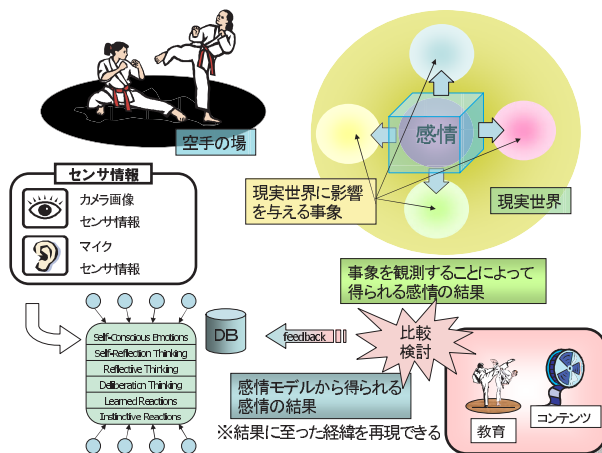


図 12 心的モデル

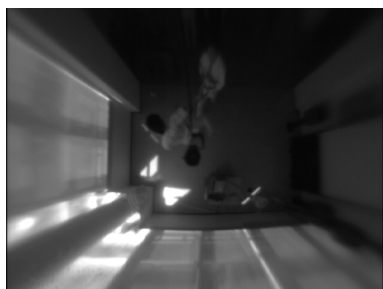


図 14 自由曲面ミラーカメラでの演舞風景

三次元モデルが得られるため、このような事実を特定するために有効である。

筆者らの研究グループでは、人が自由に移動しながらコミュニケーションできる環境下でのグループ特定に関する研究^{3),4)}を行っている。天井に設置した自由曲面ミラーカメラで広い会場を撮影し、ユーザの立ち位置や向いている方向、発話状態などからコミュニケーショングループの特定を行う。また、インタラクションに関するデータ収集に関する研究¹⁷⁾では、カメラ画像やセンサ情報から人がどのようなインタラクションを行ったのかを記録している。格闘技を、人数やルールが制約されたコミュニケーションと捉え、提案環境下でどのようなインタラクションが行われたのか光学的に解析し記録することで、試合モデルも含めた身体モデルの構築が可能となる。図 14 に自由曲面ミラーカメラで撮影した空手演舞の風景を示す。コートを一台中のカメラで撮影でき、周辺部の歪みが少ないことから解析に適した画像を秒間 30 フレームで取得できる。

別の解析手法として、ForSe FIELDS¹⁸⁾では、床に感圧デバイスを敷き詰めることで、競技者の足の位置や重心位置を取得する研究を行っている。重心は技の威

力や体捌きに大きく影響する要因であるが、光学的な観測やモーションセンサでは測定は困難である。さらに呼吸や視点、無意識に刻んでいるリズムなどを測定することで、競技者の心境などを推定することが可能となる。

このように、さまざまな手法を組み合わせ空手の場を観測することで、2章で提案した空手モデルを実現するために必要な実験データを採取できる。

5.3 モデルの利用方法

練習や試合結果を、本稿で提案するモデルとして記録することで、初心者にも分かりやすい表現による教育システムの構築が実現できる。武道教育の場では、基本技を繰り返し行うことで最適化した動きを習得した教育者も多く、指導する際に動きを擬音語で表現したり、学習者が直感的に理解できない感覚を用いて指導することが多く存在する。見た目だけでは全ての細かい動きを把握することは難しく、「大体あっているが何か違う」と感じることもあるためである。提案している練習モデルでは、動きの大きさだけでなくタイミングなどを数値データとして表現できるため、画像情報や、テキスト情報、音情報などさまざまなメディアを使った効果的な表現が行える。

試合モデルでは、呼吸や間合い、感情変化を考慮した駆け引きを抽出できる。経験者が無意識に行っている行動を科学的データとして提示することで、実戦を通してしか得られなかった経験を知識として擬似的に体験させたり、理解させることも可能となる。

本稿では、空手の練習や試合における身体の動き、感情の変化を捉えることに焦点を当てて研究を進めてきたが、得られた知識や経験を分かりやすく理解させるためのコンテンツが不足している。新しい産業

の形成という面では、知識あるいはコンテンツがボトルネックとなっている。筆者らの研究グループでは、映像や音声メディアに知識を融合したマルチモーダル知識コンテンツを構築し、ウェブブラウザで閲覧できる MKIDS (Multimodal Knowledge and Information on Demand System)¹⁹⁾ を通して、初心者のための知識やノウハウ共有が行えるよう取り組んでいる。試合を撮影した映像に、空手モデルに記録されているデータを知識として融合し提示することで、質の高い教育コンテンツが生成できる。

6. ま と め

本稿では、空手の身体モデルとして、視覚的に理解が困難な力の伝達や手足の動きの同期、腕や腰のひねりといった格闘技の基本動作を、加速度センサと角速度センサを備えたモーションデバイスを複数装着してデータ収集・解析することで、電子データとして抽出できることを示した。センサデータを解析することで、突きや蹴りといった技単位での動作を自動検出できるだけでなく、突きや蹴りの動作を構成する手や腰、足に関する一連の動きから、正しい突きや蹴りの学習環境を実現するための技モデルが構築できる。さらに、Emotion Machine を適応した心的モデル実験では、実際に組み手を行い得られた経験を収集することで、試合中に変化する心の動きを推定することが可能であるという見通しが得られた。

今後、センサデータから動きを自動抽出するための信号処理技術や、お手本動作とユーザが行った動作との差分を音や振動でフィードバックできる、技モデルを活用した学習システムの構築を行う。さらに、筆者らの研究グループで実装したヘッドセット⁵⁾ を使った、競技者視点でのよりリアルなコンテンツを用いた実験なども平行して行い、空手モデル実現を目指す。

参 考 文 献

- 1) 坂根, 高島, 大谷, 竹林: “マルチモーダルセンシング技術を用いた格闘技解析に関する実験,” 情報処理学会 インタラクシオン 2003, pp.73-74 (2003).
- 2) 吉滝, 坂根, 杉山, 竹林: “サイクリングコミュニティ支援のためのマルチモーダルナレッジ,” 情報処理学会 インタラクシオン 2003, pp.47-48 (2003).
- 3) 関原, 杉山, 阿部, 竹林: “マルチモーダルセンサ情報をを用いたユビキタス情報場のコミュニケーション活性化,” 情報処理学会 インタラクシオン 2003, pp.69-70 (2003).
- 4) 関原, 坂根, 杉山, 阿部, 竹林: “ユビキタス情報環境下のコミュニケーション活性化システムの開発,” 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会 (HIP2002), pp.19-24 (2003).
- 5) 山本, 坂根, 竹林: “ユビキタスミーティングからのマルチモーダル知識獲得に関する研究,” 情報処理学会 インタラクシオン 2003, pp.73-74 (2003).
- 6) 坂根, 古屋, 竹林: “ウェアラブルナレッジを用いた楽器演奏支援システム,” 情報処理学会インタラクシオン 2003, pp.203-204 (2003).
- 7) Ohgi, Ichikawa, Miyaji: “Microcomputer-based Acceleration Sensor Device for Swimming Stroke Monitoring,” International Journal of Japan Society of Mechanical Engineers, Series C, vol.45, no.4, pp.960-966 (2002).
- 8) 仰木, 宮地, 空野, 山岸: “加速度信号を用いた身体運動パターンの判別方法 - 格闘技種目の判別への応用,” 第 18 回バイオメカニズム学術講演会 1997 講演予稿集, pp.123-126 (1997).
- 9) 吉田, 道免, 小池, 川人: “表面筋電に基づく肩周囲筋トルクベクトル方向の推定方法,” 電子情報通信学会論文誌, D-II, vol.J83-D-II, pp.2040-2049 (2000).
- 10) 片山宗臣: “パソコンが野球を変える!,” 株式会社講談社, ISBN4-06-149497-X (2000).
- 11) Intille and Bobick: “A Framework for Representing Multi-Agent Action from Visual Evidence,” Proc. of the National Conference on Artificial Intelligence (AAAI) (1999).
- 12) Essa, Irfan: “Ubiquitous Sensing for Smart and Aware Environments: Technologies towards the building of an Aware Home,” the DARPA/NSF/NIST Workshop on Smart Environments (1999).
- 13) Taylor: “Paying attention to consciousness,” TRENDS in Cognitive Sciences, vol.6, no.5, pp.206-210 (2002).
- 14) Minsky Home Page: <http://web.media.mit.edu/minsky/>
- 15) 竹林研究室ホームページ: <http://www.takebay.net/>
- 16) Matsumoto, Hachimura and Nakamura: “Generating Labanotation from Motion-captured Human Body Motion Data,” Proc. International Workshop on Recreating the Past, pp.118-123 (2001).
- 17) 角, 伊藤, 松口, Fels, 内海, 鈴木, 中原, 岩澤, 小暮, 間瀬, 萩田: “複数センサ群による協調的なインタラクシオンの記録,” 情報処理学会インタラクシオン 2003, pp.255-262 (2003).
- 18) McElligott, Dillon, Leydon, Richardson, Rernstrom, and Paradiso: “‘ForSe FIELDS’-Force Sensors for Interactive Environments,” UbiComp 2002, pp.168-175 (2002).
- 19) 鈴木, 岐津, 宮澤, 浦田, 綱, 竹林: “マルチモーダルナレッジをオンデマンドで配信する MKIDS システムの開発,” 人工知能学会全国大会, 2D1-03 (2002).