

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 24 日現在

機関番号：13401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560331

研究課題名(和文)非専門家による初学者への剣道指導を優しく支援するシステムの開発

研究課題名(英文)Development of the Supporting System for the Kendo Instruction

研究代表者

平田 隆幸(HIRATA, Takayuki)

福井大学・学術研究院工学系部門・教授

研究者番号：20202278

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：市販のゲーム機の入力装置として開発されたKinectやバランスWiiボードを身体運動の計測装置として用いる試みに挑戦した。Kinectの位置センサーとしての可能性に注目し、モーションキャプチャーとしての計測システムを開発し、小中高の体育授業への導入可能性を試みた。同時に、開発したKinect計測と筋電計測の同時計測を行うことにより、熟練者と非熟練者の剣道の面打ち動作の違いを定量的に明らかにした。さらに、本研究では、中学校における武道必修化にともなって生じた武道を教えることができる体育教員の不足を解消するために、武道の中で剣道に注目し、素人に優しい剣道教育支援システムの構築を目指した。

研究成果の概要(英文)：We challenged to develop the measurement system of body motion based on the commercial game devices:i.e., Microsoft Kinect and Nintendo Wii Balance Board. Both the body motion and the electromyograph during the Kendo Men strike were measured by using the developed system simultaneously. The differences between expert and beginner were discussed quantitatively. We tried to measure the degree of skill by the quantitatively. We aimed to introduce our system to the school lesson in order to support the non expert "budo" teacher.

研究分野：非線形科学

キーワード：教育支援システム Kinect 剣道 定量化 身体運動計測

1. 研究開始当初の背景

(1) 平成 24 年度からの中学校での武道必修化にともない、大きな問題が生じた。多くの中学校において武道の専門家がおらず、武道の経験のない非専門家が授業を担当しなければならないという問題である。「日本武道学会」等においても、非専門家による武道指導法の検討がなされているが、解決策は見いだされていない。一方、コンピュータの発展にともない、近年の運動計測の進歩には目覚ましいものがある。我々は、モーションキャプチャー装置を使って剣道の面打ち運動の計測および解析をおこない、剣道の熟練度の定量化に成功した。熟練度の定量化は、非専門家でも効率よく剣道指導を行える可能を示唆する。しかし、このような身体計測には数千万円規模の専用装置を必要とする。

(2) 市販のゲーム機は、安価にもかかわらず、目を見張るほど高性能である。それに伴い、ゲーム機の入力装置は、大量生産により高度な機能を有しているにもかかわらず、安価である。ゲーム機の入力センサー群を有機的かつ統合的にもちいることにより、身体運動の様々な側面をリアルタイム計測できる可能性に気付いた。また、高画像な Hi-Vision ビデオカメラが低価格で入手でき、コンピュータを用いて統合的なシステムを構築できれば、安価で高精度な身体計測システムの構築が可能となる。さらに、習熟度を定量化するシステムと組み合わせると、非専門家でも初学者に対して効率的で優しい剣道の指導ができる。これらが、本研究を始めた背景である。

2. 研究の目的

(1) 武道を専門としない教員(非専門家)による初学者への剣道指導を優しく支援するシステムの開発を目的とする。平成 24 年度からの中学校武道必修化にともない、武道教育の専門家の不足が深刻な問題となっている。ここでは、非専門家が容易に使い、かつ初学者が楽しく学習できるコンピュータを用いた人間に優しい剣道指導支援システムの構築を目指す。さて、市販ゲーム機の入力装置(センサー)の性能向上は、目を見張るものがある。例えば、3D位置計測ができる Kinect センサー、重心移動をリアルタイムで計測できるバランス Wii ボードなどである。これらのセンサー群を組み合わせることにより、高精度な身体運動計測システムが安価に構築できる可能性がある。本研究では、人間工学に基づき、これらのセンサーを有機的に組み合わせ、剣道の身体運動のリアルタイム計測および熟練度定量化システムを構築する。

(2) 剣道の技術習得度を定量化することを試みる。同じ体育の授業でも陸上競技などの場合はタイムなどで定量的に習得度を測る

ことが可能であるが、剣道などの武道の場合は、熟練度を素人が判断するのは非常に難しい。ここでは、熟練度を目に見える値で定量化することを目指す。さらに、習熟の「コツ」をも定量化し、初学者が楽しくかつ効率的に学べるシステムを開発する。

3. 研究の方法

(1) ゲーム機の入力装置をもちいた剣道の身体運動の多面的計測及び熟練度定量化システムの開発をおこなう。安価で高性能な市販の Hi Vision ビデオカメラ、ゲーム機の入力装置である Kinect センサー、バランス Wii ボードなどのセンサー群を複合的に使用した計測システムの開発をおこなう。

(2) 熟練度を定量化するアルゴリズムの開発をおこなう。同時に、剣道における面打ち動作の計測・解析をおこなう。未経験者・初心者・初級者・中級者および上級者の面打ち動作を解析し、熟練度による身体運動の違いを明らかにする。

(3) 運動動作と筋電位の同時計測をおこない、その知見を元に身体運動モデルの構築をおこなう。熟達者の運動から逆問題として、どのように運動の最適化が行われているかを明らかにする。最後に、剣道指導支援システムの教育現場への導入を試みる。

4. 研究成果

市販のゲーム機のセンサーである Microsoft 社 Kinect センサー、Nintendo 社 バランス Wii ボード、低価格で手に入れることができる市販の Hi-Vision ビデオカメラを有機的に組み合わせ統合して、安価で高精度な多面的な身体計測システムを構築した。構築したシステムを用いて身体運動計測をおこなった。図 1 に、Kinect、バランス Wii ボードを用いた剣道面打ち動作計測の模式図を示す。

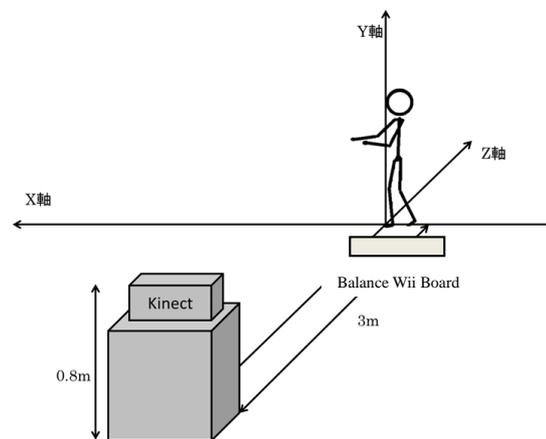


図1 剣道面打ち動作のKinectおよびバランス Wii ボードによる計測の模式図。

図2に、Kinect ver. 2 をもちいて開発した剣道計測システムを使って計測した面打ち動作時のスティックピクチャーを示す。スティックピクチャーの作成は、運動解析の基礎となるものである。一般的には、高価な専用装置が必要であったが、我々は、安価な市販のゲーム機の入力装置(Kinect)をもちいて、計測することに成功している。さらに、このシステムは、専用の3次元位置計測システムでは、必要とされるマーカー等の装着が不必要であるという利点がある。デメリットは、専用のシステムと比較して精度が劣る点である。このことに関し、実用的なシステムになっていることなど検討した。

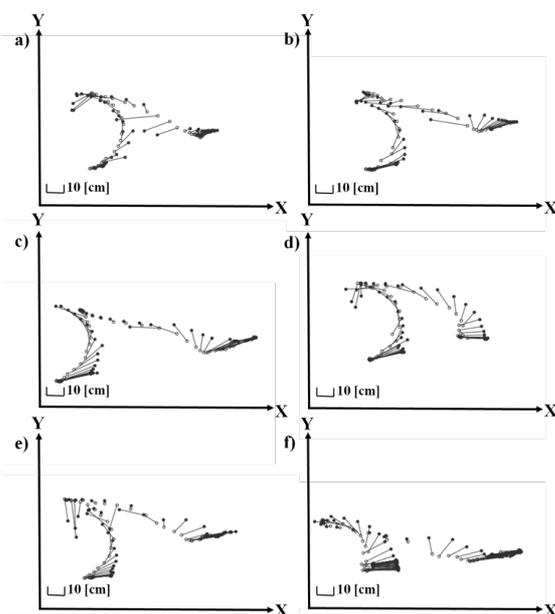


図2 Kinect v.2 で計測した面打ち動作の両手のスティックピクチャー。

まず、空間分解能について述べる。開発したシステムは、3次元位置計測としては、人間の体を約20点のパーツとして認識しているため、竹刀などの位置計測には不向きである。逆に、竹刀などを用いた場合は、誤差の原因になることが分かった。また、専用の3次元位置計測システムよりは、測定精度が劣っていた。しかし、数センチメートルの精度で計測できることを明らかにした。この精度は、初学者の剣道教育支援システムとして十分な精度であることが分かった。

次に、開発したシステムの時間分解能について述べる。Kinect の時間分解能は、最大1/60秒である。専用のシステムが1/100秒以上の高速な時間分解能を持っていることと比較すると、劣っている。剣道のような高速な運動の計測においては、制限を受けてしまう。しかし、竹刀の振りなどの計測ではなく、身体の移動や足さばきなどに焦点をあてることによって十分実用に耐えることを明らかにした。

さらに、熟練度の異なる被験者を対象にして、剣道の身体運動の多面的計測をおこなった。また、図3に経験者と未経験者の重心の揺らぎをバランスWiiボードで計測したものを示す。剣道の経験者は、未経験者に比べ構えたときの重心の動揺が小さいことを明らかにした。また、重心の移動を目で見て示すことができるので、効率の良い学習者への指導の可能性を示せた。

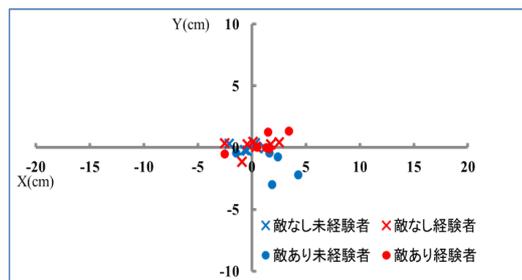


図3 経験者と未経験者の構えたときの重心移動。

武道の修練においては、無駄な力を入れないこと、つまり、脱力が強調される。初心者は、熟練者と比較して、力んでしまい、筋肉の緊張が高まってしまう。このことを剣道の面打ち動作中に筋電図を計測することによって明らかにした。

図4に、多チャンネルテレメータシステムWEB-10(日本光電社)を用いて、剣道の面打ち動作時の左三角筋における筋電図の例を示す。動作中の筋電を計測するため、コードレステレメータ電極を左三角筋に装着して、計測したものである。剣道の面打ちという激しい運動中に筋電を計測することができた。

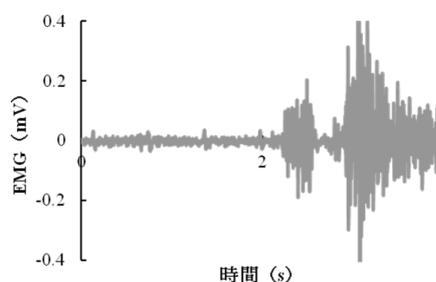


図4 左三角筋における筋電図の例。

さらに、どのようなタイミングで力を入れているかを初心者と熟練者を被験者にして調べた。図5に、面打ち動作時の筋電の時系列を示す。実験の結果、初心者は常に筋肉に力が入っていることを明らかにした。熟練者は、脱力ができていることも定量的に示すことができた。

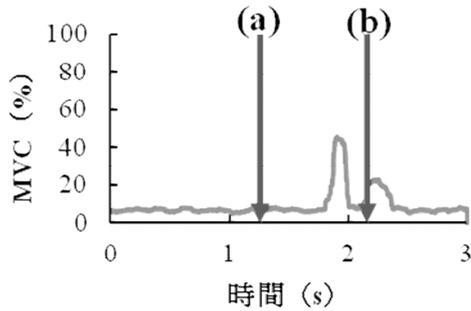


図5 面打ち動作時の筋電図。(a)振り始め、(b)振り終わり。

以上、市販のゲーム機のセンサーであるMicrosoft社Kinectセンサー、Nintendo社バランスWiiボードをもちいて、剣道の面打ちの熟練度を定量的に調べられることを示せた。また、非専門家でも初学者への剣道指導が容易な指導支援システム開発をおこなえた。

中学校の体育の授業において武道が必修化されたことにともない、武道経験のない体育教員が武道を指導するという問題を解消することができる可能性を示せた。また、体育教員の負担を軽減し、楽しみながらかつ安全に授業をおこなうことができる可能性を示せた。今後の展望として、技術的な指導に焦点が集まりがちであるが、技術指導の負担が軽減されることにより、日本の伝統的な武道の精神的な側面にも焦点をあてることができるようになることが望ましいと思える。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 5 件)

1) 筋電計測から見た剣道の身体運動における経験者と未経験者の違い、西畑大輔, 飯田大介, 高田宗樹, 平田隆幸、2015/9/9、日本武道学会、日本体育大学、東京都世田谷区

2) 剣道の身体運動時における筋電解析、西畑大輔 高田宗樹 平田隆幸、2015/12/21、形シユーレ、福井大学、福井県福井市

3) 筋電計とバランスWiiボードなどを用いた剣道動作の総合計測、西畑大輔, 高田宗樹, 平田隆幸、2016/9/8、日本武道学会、皇學館大学、三重県伊勢市

4) 筋電及び動作解析からみた剣道、西畑大輔, 高田宗樹, 平田隆幸、2016/10/9、形の科学会、産総研つくば、茨城県つくば市

5) 汎用ゲーム入力機器による剣道計測、西畑大輔, 高田宗樹, 平田隆幸、2017/2/25、北信越武道学会、北陸大学、石川県金沢市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平田 隆幸(HIRATA Takayuki)
福井大学・学術研究院工学系・教授
研究者番号：20202278

(2) 研究協力者

西畑 大輔(NISHIHATA Daisuke)