

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501122

研究課題名(和文) 動画画像解析による学習・教育情報の検出技術に関する研究

研究課題名(英文) Research on Detection Technology of Educational Information Using Motion Analysis

研究代表者

越智 洋司(OCHI, Youji)

近畿大学・理工学部・講師

研究者番号：80314847

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円、(間接経費) 1,110,000円

研究成果の概要(和文)：動画画像技術を利用してカメラからの映像を解析することで、学習・教育行動を検出するための要素技術と応用システムの開発を目的とした。特にマイクロソフト社が提供するKinect Sensorに着目し、本センサーの持つ深度カメラを活用して身体運動を認識する教育・学習支援システムへと研究対象の領域を広げ、動作解析技術と応用システムを開発した。遠隔講義用のカメラ制御の他、トレーニング支援システムにKinectを導入し、深度カメラが動作認識の認識精度向上に有効であることが明らかになった。また、タブレット端末でのペン操作の認識へも動作解析技術を導入し、新たな操作インタフェース開発への発展が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is the development of application systems and component technologies in order to detect the training and educational activities for using image analysis techniques from the camera. In particular, this research had focused on the Kinect Sensor made by Microsoft Corporation. The sensor spread the target area of this research to education and learning support systems that recognize body movement by using depth camera. We developed some motion analysis technologies and its applications using Kinect. These are a camera control system for distance learning environment and some training support system. Their results showed that the depth camera is effective for improving recognition accuracy of motion recognition. In addition, we introduced the motion analysis technology to the recognition of the operation of the pen tablet terminal. This result suggested the development of a new operation interface for an educational system.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：ヒューマン・インタフェース 動作認識 身体知 身体動作 学習支援

## 1. 研究開始当初の背景

近年のコンピュータの高速化と大容量化および画像処理技術の発展により、画像処理技術に関する技術的精度は向上している。現在、顔領域や顔の表情を識別するカメラも市販化されており、顔領域の識別だけでなく、かなりの高精度で表情の認識や個人同定を行えるソフトウェアも出現している。従来までは映像・画像情報は、教育システムのコンテンツ(教材メディア)としての捉え方がほとんどであった。しかし、これらの技術の教育システムへの適用を考えた場合、単なるメディアではなく、教育的な情報を埋め込み、検出(抽出)するメディアとして発展する可能性がある。

教育・学習の過程においては、学生の情報を把握することは重要な要因となる。そこで、従来までの教育システムにおいては、各学生にPC端末やモバイル機器を用意することで、それらを媒体にして、情報抽出を試みてきた。しかしながら、私立大学のように大多数の学生を抱える環境では、そのような環境やツールを全ての講義や学生に提供することは困難である。この問題は、一般講義環境へのe-Learningの普及を大きく妨げる要因となっている。

我々は、本研究機関において3地点遠隔講義環境の設計と運営にかかわっており、遠隔地からの撮影映像を制御するためのカメラ制御の必要性を感じた。そして、顔認識技術を利用したカメラ制御に関する研究を開始し、その成果は教育システム情報学会誌Vol.24、No.4に掲載されている。本研究成果は、顔認識技術を利用した教育という場におけるカメラ制御のフレームワークの新規性が認められたものである。また、平行して、指示棒認識によるカメラ制御システムの試作にも成功しており、現在、実用性高めるための研究を進めている。この成果を踏まえて、動画像メディアが単なるコンテンツではなく、教育的な情報を検出できるセンサーとして機能する可能性を得ることができた。従来の教育システムの学習・教育行動のモニタリングには、キーボードやマウス、モバイル・ユビキタスツールなどの機器類からの情報入力を前提としている。本研究では、動画像技術を利用してカメラからの映像を解析することで、学習・教育行動(以下、学習・教育情報)を検出するための要素技術と応用システムの開発を目的としている。

## 2. 研究の目的

本研究では次の2つの目的を掲げた。

(1) 学習・教育情報抽出のための教育情報抽出手法と動画像解析技術の開発

現在までに我々が行ってきた研究は、遠隔講義における対象としたカメラ制御システムであるが、前述のとおり学習者情報の把握は、遠隔講義環境に関わらず通常教育環境において重要な要因となる。そこで通常講義

環境も含めて、教育環境における動画像解析技術を適用するにふさわしい教育上の諸問題を調査し、教育システムとして支援が可能であるかの可能性を検討する

そしてそれを実現するための要素技術の開発を行う。教育という場において特化した動画像処理の必要性が出現する可能性は高い。そこで、先行研究の調査を進め、既存のツールに依存しない顔認識処理の独自実装を目指し、その技術的基盤を確立する。

(2) 学習・教育情報検出技術を応用した教育支援システムの開発

検討した適用モデルと開発した学習・教育情報抽出技術を利用して、実際にプロトタイプシステムを実装し、試験環境において動作検証を行い、その枠組みの妥当性を検証する。具体的には次のサブテーマを設定する。

### ① 身体動作支援システム

従来の学習支援システムでは、知識を中心とした学習支援システムの研究が多くされてきたが、本テーマでは学習者の身体的な動作に着目して、動作そのものを認識し支援対象とするための学習支援システムを開発する。

### ② 身体動作を活用したシステム

学習支援システムの操作は、従来はキーボードやマウスなどのデバイスを活用した操作が一般的である。このことは、操作のための教育・学習活動が阻害される要因となる。本テーマでは、ユーザの身体動作に着目し、その動作認識により学習支援システムの操作を行う応用システムの開発を行う。

## 3. 研究の方法

### (1) 深度情報の活用

一般的に、人間の行動認識を実現するためには、

- ・身体にセンタデバイスを取り付ける
- ・カメラにより対象領域を認識する

という2つのアプローチが取られる。本研究では、できるだけ特別なデバイスを必要としないことを目的としたため、後者のアプローチを採用する。しかしながら、一般的なカメラ画像の色情報を利用した領域認識はノイズに弱く、実用面で大きな問題が起きることが明らかになっている。

近年、マイクロソフト社が販売しているゲーム機用モーションセンサーカメラ“Kinect”が注目を浴びている。本機器は、通常のRGBカメラの他に赤外線カメラを利用した深度カメラを持つ。深度情報を利用することで、RGBカメラでのノイズ補完や物体認識の精度向上につながると考えた。

### (2) 簡易モーションセンサの活用

Kinectはモーションセンサー機能を持ち、人物を認識し、その骨格情報を出力する機能を持っている。従来のモーションセンサーは高価であり、特別な機材や環境を用意することが前提であった。Kinectのモーションセンサー機能の精度は、従来と比較すると精度は

高くなく、また認識の制約もある。しかしながら、教育システムの普及を考慮すると、Kinect のような廉価なシステムを前提とした技術開発が不可欠であると考えた。

### (3) 身体動作支援システム

学習者の身体動作を支援対象とするシステムとして、本研究ではスポーツやトレーニングを支援対象として検討した。しかし、上述のように Kinect には制約があるため、その制約条件に収まる対象領域を探さなければならない。その際、

- ・Kinect の持つモーションセンサー機能を重点的に利用する

- ・Kinect の持つ深度カメラを重点的に利用する

の2つのアプローチで研究開発を進めた。前者においては、システム開発が容易である反面、Kinect の持つ制約に依存するという欠点がある。そこで、Kinect の制約をいかにカバーするかという支援モデルの設計が重要となる。後者は、Kinect の制約に依存しない利点があるが、認識処理の独自実装の割合が高くなり、技術的な困難さを解消する必要がある。

### (4) 身体動作を活用したシステム開発

本項目では、ユーザの次の学習行動に着目した実装アプローチを採用した。

#### ① 指示棒動作の認識

一般的な教室での教育スタイルは、教師は黒板の前に立ち、黒板やスクリーンに対して書き込みや指示を行う。その際利用されるデバイスとして指示棒がある。本研究では、その指示棒に着目した。指示棒は、スクリーンや黒板に描画されている教材情報に対して、学習者を注目させる際に利用される。我々は、これは講義撮影時のカメラのアンゲル指定に関係すると考えた。そこで、教師の持つ指示棒の動きを認識することで、教師の意図に沿ったカメラアンゲルが実現するアプローチを採用した。

#### ② ペン操作について

一般的に従来の教育・学習環境では、紙とペンを利用した学習が中心となっている。このスタイルは、従来の PC の利用型教育システムと異なっているため、教育システムの普及を阻害する要因となっていた。しかし、近年、スマートフォンやタブレット端末が普及し、教育現場においてもこれらの端末を利活用する試みが増えてきている。またこれらの端末は単に軽量で持ち運びがし易いだけでなく、高性能なタッチインタフェースを採用することで、タッチペンを利用した操作の精度は向上し、従来の紙と鉛筆に近い記述環境を実現している。そこで本研究では、タブレット端末上での問題解答操作インタフェースにペン操作を導入した。ユーザがタッチパネル上で描画した内容を描画軌跡の情報からリアルタイムに認識することで、従来の紙媒体への書き込みと類似した操作環境を

実現する。

### (5) オープンなライブラリの活用

本研究では、画像認識処理を実装するにあたり、フルスクラッチで実装するのではなく、CV (Computer Vision) の研究分野で一般的に利用されているオープンなライブラリである OpenCV を積極的に利用した。このアプローチにより、システム開発の経費を抑えるとともに開発効率を上げることが可能となった。

## 4. 研究成果

前述の研究手法を元に、次に示す学習支援システムを実装した。

### (1) エア・スクワットシステム

本システムでは、スクワットトレーニングを支援対象とした。スクワットの動く速度や腰の位置、膝の曲がり具合などを Kinect のモーションセンサー機能を利用することで特定し、視覚化する機能を実装している。本システムにおいては、Kinect が正面からの撮影を前提としている制約に対して、深度情報を利用することで、横からのアンゲルをシミュレーションして可視化することに新しいアプローチがある(図1)。また本システムは、ユーザのスクワット運動のログを残す機能を持ち、おこなったスクワットの評価に活用できる評価環境を実装している(図2)。

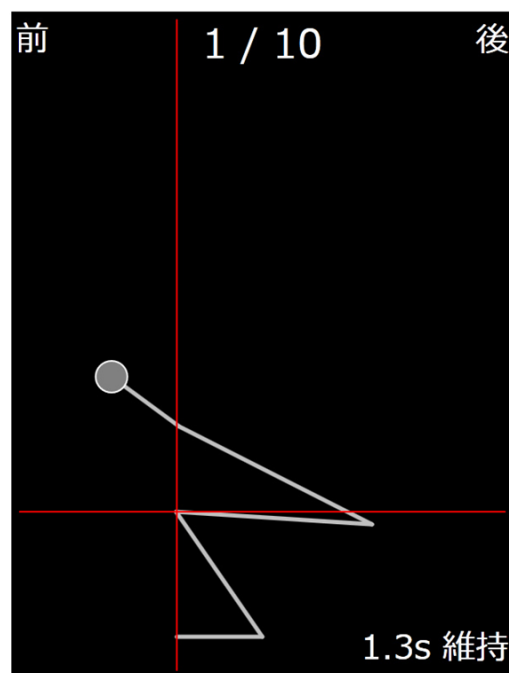


図1 スクワットの可視化

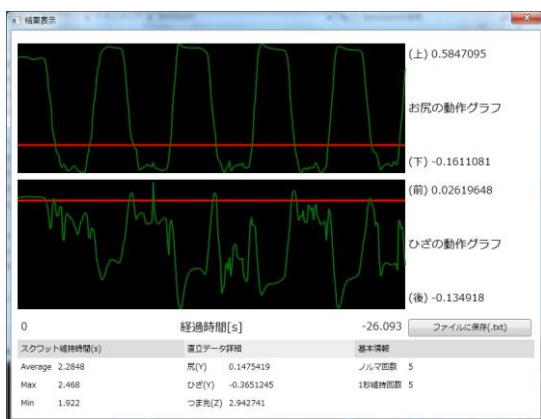


図2 スクワット評価環境

### (2) なわとび運動認識システム

本システムでは、なわとび運動を支援対象とした。なわとびの器具として、通常のなわとびを利用するのではなく、エアなわとびと呼ばれるロープレスのなわとび機器を導入した。そして、本研究ではエアなわとびにスチロール球を装着し、スチロール球の動きからなわとびの回転運動を特定する機能を実装した(図3、4)。本機能の実装には、Kinectのモーションセンサー機能は利用できないので、深度カメラの情報を活用しながら利用してスチロール球の動きを特定したところに新しいアプローチがある。本アプローチは、身体以外の物体に対する動きを学習支援の対象として利用できる可能性を示唆するものである。



図3 スチロール球の認識

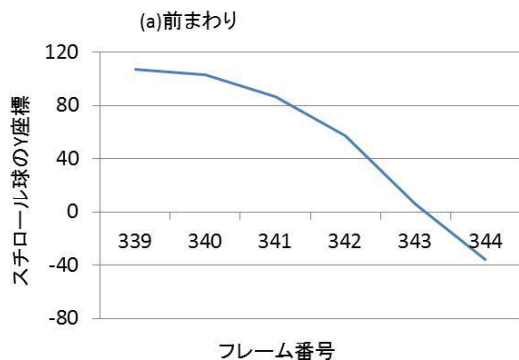


図4 スチロール球軌跡

### (3) カメラ制御システム

本システムは、研究代表者が以前から取り組んでいる遠隔講義などのリアルタイム映像を撮影するためのカメラ制御システムである。従来手法では、カメラ制御のための指示棒の軌跡認識においてカメラのカラー情報(RGB情報)を利用するアプローチをとってきたため、指示棒の色が限定され、また環境光がノイズになることが多かった。本研究では新たに、Kinectの深度カメラの情報を利用することで、環境光に依存せず、またカメラ制御のためのトリガーとして深度情報を利用することで、誤作動の少ない認識精度を実現することができた(図5)。

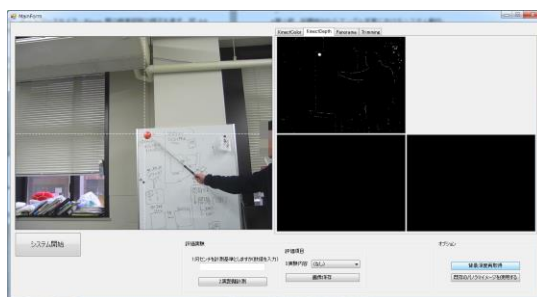


図5 カメラ制御システム

### (4) タブレット型演習システム

本システムは、近年爆発的に普及しているタブレット端末を利用した手書き操作型の演習問題システムである。従来の演習問題教材との親和性を高めるために、演習問題のデータフォーマットをJPEG画像ベースにしている。問題中の選択肢問題を認識するために、画像認識の技術を利用している。また、手書き操作による学習者の解答行動を識別するために、タブレット上でのペン操作の軌跡を追跡し、問題解答の記述や図形記述、自由記述の軌跡を識別し解答入力に応用している。図6はJPEG教材中の問題選択肢の認識結果である。問題中の4つの選択肢(A~D)を別々に認識している。図中の円はユーザの円入力をシステムが認識した結果であり、真円の形としている。本技術を導入することにより、学習者はキーボード入力の必要なく、従来の紙ベースでの演習問題解答と同様の演習環境を実現することができた。

Q3. Which program implements the dynamic processing in the web environment and runs only on the server-side?

- A. JavaScript
- B. Java Applet
- C. Java Servlet
- D. VBScript

図6 問題選択肢と解答入力認識

### (5) Kinect用動作解析支援システム

Kinectの骨格情報を用いて動作解析のための動作モデルの仮説を立てる際、身体動作を骨格情報の座標パラメータを利用してモデル化を行う。その際、先行研究が無かった

り、類似するパラメータが少ない場合は、仮説と検証を繰り返すによりモデルの精度を高め、最適化する必要がある。しかし、骨格情報が多くなると、どのパラメータに特徴があるのかを判断する事が困難となる。このような問題は、身体動作を利活用したシステム開発や研究をする場合に大きな問題となる。そこで、本システムは、Kinect に特化して Kinect から得られる全骨格の座標データならびに映像情報を記録する。そして、

- ・記録情報の再生と可視化
- ・動作分析支援

の機能を実装した(図7)。本システムを利用することで、特徴的な動きをする関節情報の発見が支援され、また身体動作の類似度を求めることも可能となる。今後、新たな身体動作を利活用するシステムを行う際の支援モデル設計に利用できると考えている。

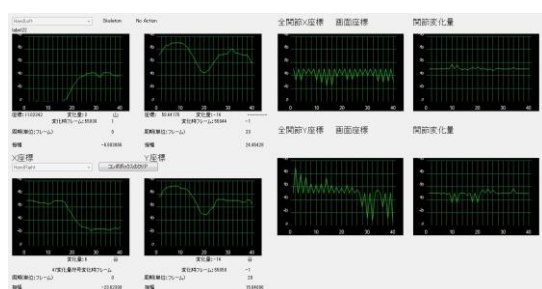


図7 動作解析支援システム

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

- (1) Youji Ochi, Rope Skipping Motion Recognition System using Kinect, Proceedings of International Multi conference of Engineering and Computer Science, pp.437-440(2014.3) (査読あり)
- (2) Youji Ochi, Development and Evaluation of Twitter based Social Response System, Proceedings of International Conference on Computer in Education 2013, pp.560-562 (2013.11) (査読あり)
- (3) Katsuya Ide, Youji Ochi, Tablet Typed Teaching Materials Sharing System with Supporting Handwriting, Proceedings of International Conference on Learning Technologies and Learning Environments 2013, pp.195-198 (2013.8) (査読あり)
- (4) Youji Ochi, and Yuya Takeda, Development of a Camera Control System Using Human Gestures Recognition, International Multi Conference of Engineering and Computer Science, pp.496-499 (2013.3) (査読あり)

- (5) 越智洋司, Kinect を利用したエア・スクワット訓練支援システムの開発、教育システム情報学会誌、Vol.30、No.1、pp.98-103(2013.1) (査読あり)
- (6) Youji Ochi, Development of An Air-Squat Support System Using Microsoft Kinect, pp.520-522, Proceedings of International Conference on Computer in Education 2012(2012.11) (査読あり)
- (7) Youji Ochi, Yuya Takeda, Human Motion Mining Supporting System using Microsoft Kinect, Proceedings of International Conference on Learning Technologies and Learning Environments 2012, pp.299-300,(2012.9) (査読あり)
- (8) Youji Ochi, Development of Human-Like Agent to Support Lecture Presentation Using a Wireless Device and Image Processing Technology, The 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshop , pp.619-622 (2012.3) (査読あり)
- (9) Youji Ochi, Nobukazu Iguchi, Development of a Camera Control System for Lecture Recording Using Pointing Stick, Proceedings of International Multi Conference of Engineering and Computer Science 2013, pp.924-927 (2012.3) (査読あり)

[学会発表] (計 11 件)

- (1) 越智洋司, Kinect を利用した縄跳び運動認識システムの開発、電子情報通信学会教育工学研究会、pp.51-54、2013.5.26、和歌山大
- (2) 井手勝也、越智洋司、タブレットを用いた手書き描画型講義演習ノートの開発、教育システム情報学会学生研究会、2013.3.9、関西学院大
- (3) 久宗大雅、越智洋司、Wii リモコンを用いたプレゼンテーションのためのデリゲートインタフェース、教育システム情報学会学生研究会、2013.3.9、関西学院大
- (4) 武田悠也、越智洋司、Kinect を利用したカメラアングル制御システムの開発、教育システム情報学会学生研究会、2013.3.9、関西学院大
- (5) 井手勝也、越智洋司、手書き描画を支援するタブレット型教材共有システム、IEEE 広島支部第14回学生シンポジウム、pp189-192、2012.11.17、岡山県立大
- (6) 武田悠也、越智洋司、Kinect を利用した遠隔講義用カメラ制御システムの開発、IEEE 広島支部第14回学生シンポジウム、pp.193-196、2012.11.17、岡山県立大
- (7) 久宗大雅、越智洋司、Wii リモコンを用

いたプレゼンテーションためのキューブ  
インタフェース、IEEE 広島支部第 14 回  
学生シンポジウム pp.197-200、  
2012.11.17、岡山県立大

- (8) 武田悠也、越智洋司、Kinect を利用した  
モーションマイニングシステムの開発  
電子情報通信学会教育工学研究会、  
pp.55-58、2012.5.26、近畿大
- (9) 井手勝也、越智洋司、講義利用を考慮し  
たタブレット端末型ドローイングシステ  
ムの開発、電子情報通信学会教育工学研  
究会、pp.29-34、2012.5.26、近畿大
- (10) 井手勝也、越智洋司、タブレット端末を  
用いた講義用ドローイングシステムの試  
作と評価、教育システム情報学会学生研  
究会、pp.134-135、2012.3.10、関西学院  
大（優秀ポスター発表賞受賞）
- (11) 武田悠也、越智洋司、Kinect を利用した  
動作解析支援システムの開発、教育シス  
テム情報学会学生研究会、pp.136-137、  
2012.3.10、関西学院大

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ochi-lab.org/research>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

越智 洋司 (OCHI, Youji)

近畿大学・理工学部・講師

研究者番号：80314847

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし