

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：33704

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03178

研究課題名（和文）USBカメラによる顔の動き数値化と数値処理教材の開発

研究課題名（英文）Numerical Analysis of Facial Movement by USB Camera and Development of Numerical Processing Teaching Materials

研究代表者

伊藤 敏 (Itou, Satoshi)

岐阜聖徳学園大学・経済情報学部・名誉教授

研究者番号：80130946

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：USBカメラを前にして顔の基本的動きである a) 左右動 b) 上下動 c) 傾け を行い、顔の検出および顔の特徴点座標を取得した。頭頂部に6軸慣性センサを取り付け、同時計測により、正しく検出可能であることが確かめられた。

深層学習を用いて、録画された動画での顔の特徴点の動きをラベリングすることを試みた。得られた顔器官の座標のうち鼻頭、両目尻の3座標点を記録し解析に供した。分類推定する「動作」を3種とした。これらの3動作に3特徴点の軌跡を深層学習し、分類を試みた。いずれの場合も80%を超える推定率である。これはモデルが有効に構築されたためと推察される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

科学的理解を深める方法の一つとして、現象をモデル化（抽象化）して数値処理を経て現象の理解にフィードバックする方法がある。学習者は自身の顔の動きに関心を持つことが可能であり、鏡などで確認が可能である。しかし、その動きを数値データとして処理することは経験がないであろう。顔の動きをUSBカメラで取得し動きが数値処理された結果（グラフなど）を見て、顔の動きを制御するなど内容を理解しながら学習が可能になる。深層学習を用いて、録画された動画での顔の特徴点の動きをラベリングできることを示し、AIの威力を示すことができた。

研究成果の概要（英文）：With a USB camera in front of the face, the basic facial movements a) left/right b) up/down c) tilt were performed to detect the face and obtain the feature point coordinates of the face. A 6-axis inertial sensor was attached to the top of the head, and simultaneous measurements confirmed that correct detection was possible.

Deep learning was used to label the movements of facial feature points in the recorded video. Among the obtained coordinates of facial organs, three coordinate points at the head of the nose and the corners of both eyes were recorded and used for analysis. Three types of “movements” were selected for classification and estimation. The trajectories of the three feature points for these three movements were subjected to deep learning, and classification was attempted. In all cases, the estimation rate was over 80%. This is presumably due to the effective construction of the model.

研究分野：教育工学

キーワード：顔の動き 動きのラベリング 動きの分類

## 1. 研究開始当初の背景

ICTの高度化により、スマートフォンなどの出力を利用して社会生活を送る私たちにとり、ブラックボックス化した結果の利用だけでなく、それら原理や仕組みに目を向ける教材の必要性は高い。自分で制御が可能な顔の動きを数値データとして取得し、処理する教材を作成することで学習者の処理選択の自由度を通じて気づきが可能な教材とすることができる。何気ない行動を数値で表現し、処理が可能なことに気づかせるのには適した教材である。

先行研究で、学習者の拍動を汎用のUSBカメラとパソコンの組合せで脈波として検出し、数値データ処理教材として利用する教材の提案を行った。抽象的になりがちな数値処理を学習者自身の心臓の動きと関連させて処理することで教育効果が見られた。

自発的な学習行動を促すには、教材の目的が明確で、何をしているかわかることが重要である。特に五感を利用する教材は有効であろう。小学校プログラミング教育が必須化され、論理的思考力を身に付けるための学習活動が始まる。ロボットなど手で触れられる具体的物を使ってプログラムを学習する環境が提案され、小学生向けのプログラミング教室が盛んになってきている。一方で、具体物を使った教材の場合、「面白かった」だけで終わらせないための工夫が必要である。科学的理解を深める方法の一つとして、現象をモデル化(抽象化)して数値処理を経て現象の理解にフィードバックする方法がある。

現象 モデル化(抽象化) 数値 数値処理 現象の理解

学習者は自身の顔の動きに関心を持つことが可能であり、鏡などで確認が可能である。しかし、その動きを数値データとして処理することは経験がないであろう。現象として学習者自身の「顔の動き」を用いることで、動きが数値処理された結果(グラフなど)を見て、顔の動きを制御するなど内容を理解しながらフィードバックが可能な教材を作ることができる。

学習者の何気ない行動を数値で表現し、処理が可能なことに気づかせるのには適した教材である。すなわち、ブラックボックス化された処理結果を受け入れるのではなく、背景にある原理や仕組みに目を向けることを促す学習環境を作ることが必要である。

## 2. 研究の目的

学習者自身の「顔の動き」を解析対象とした数値処理教材の作成を目的とする。顔の動きは、汎用機器であるビデオカメラ動画またはUSBカメラで取得する。コンピュータで動画から顔を検出し、顔の左右上下前後動や回転などの動きを数値化し、グラフなどで表示して検討が可能な教材を作成とする。実行環境はMS Windowsとする。

本教材は、科学的手法であるモデル化の具体物として学習者自身の「顔の動き」にすることで、得られた数値が何を意味するのかを把握しながら学習できる特徴を持つようにする。

## 3. 研究の方法

「顔の動き」を解析対象とした数値処理教材の作成を目的とし、機械学習による顔の検出、顔の特徴点の座標抽出を取得する技術的方法の利用を試みる。顔検出および特徴点座標の取得は機械学習済みのモデル dlib ライブラリ、および mediapipe を用いて、普及率が一番高い MS Windows 環境上で、Python を利用して実施できるようにする。

USBカメラを前にして顔の基本的動きである a) 左右動 b) 上下動 c) 傾け を行い、取得された 30fps の動画から顔の検出および顔の特徴点座標を取得する。

このようにして得られた特徴点座標が顔の動きを正しく反映しているかを確かめるため、6軸慣性センサを用いて、同様の結果が得られるかの検証を行う。頭頂部に慣性センサを取り付け、加速度と角速度に加え、四次元量 quaternion を取得する。慣性センサは、顔の動きの a) 左右動を yaw に b) 上下動を pitch に c) 傾けを roll に対応づける様に配置をした。USBカメラからの顔特徴点座標取得と同時に顔の動きを計測する。これらにより、顔検出ライブラリである dlib および mediapipe での顔の座標取得が正しく行われ、かつ顔の動きを解析することが可能で事を示す。

さらに機械学習の進展により、その成果を取り入れるべく顔の動きのラベリングを試みる。すなわち顔の動きが上下動の場合、会話中の「同意」動作と考えられる。左右動作の場合「否定」動作と考えられる。それらの動作を機械学習の学習データとして用いて、モデルを作成し、そのモデルを用いて、顔の動作をラベリングすることを試みる。それらにより機械学習の基本理解を促す。

## 4. 研究成果

顔の検出、顔の特徴点の座標抽出を取得する技術的方法として dlib ライブラリを用いる方法を試みた。USBカメラを前にして顔の基本的動きである a) 左右動 b) 上下動 c) 傾け を行い、取得された 30fps の動画から顔の検出および顔の特徴点座標を取得した。

頭頂部に6軸慣性センサを取り付け、同時計測により、顔の特徴点座標から、鼻の頂点、両目尻と慣性センサからの yaw, pitch, roll の対応を検討した。その結果、a) 左右動は鼻の頂点 x 座標(横軸座標)の変化で示され、b) 上下動は鼻の頂点 y 座標(縦軸座標)の変化で示され、c) 傾けは両目尻の y 座標値の差で示されることが確かめられた。これらより、ビデオカメラ、または

USB カメラによる動画から dlib ライブラリを用いた顔の特徴点座標抽出は正しく行えることを確かめられた。この成果は 2019 年 9 月開催の教育システム情報学会第 44 回全国大会で報告をした。さらに、顔の座標から顔の三次元の向き推定が可能であるかの検討を行い、各種制限があるが可能であることを示した。この検討の結果は 2019 年 9 月開催の国際コンファレンス（ミャンマーにて、IEEE 後援）にて発表をした。

さらに、顔の特徴点として鼻の頂点、両目尻の座標は正面画像で取得でき、日常的な動きの範囲内での横向き、上下向きでも正しく検出可能であることが確かめられた。教材としての利用にこれら 3 点の利用が有効であることが示された。

研究期間中に COVID-19 蔓延のため、対面を伴う実践的研究が困難になった。そこで、Windows 環境で、USB メモリーを用いた Python 環境を作成し、その環境で Python のライブラリ dlib を用いた環境を作成し、Net 経由で環境構築を含めて運用が可能であることを確かめた。ただし、この方法の場合、学習者は個別で「顔検出・特徴点座標取得」の環境を構築する必要があり、コンピュータ操作（USB メモリーに Python 環境構築、Python の理解）に一定程度の力量が要求されるため、汎用的な運用には困難を伴うと予想された。そのため、「顔の特徴点座標取得」に技術的力量を要求しないシステムとすることを目指し、開発環境に javascript を追加した。Web ページにアクセスをして、パソコンに接続された USB カメラから Web ページ上の「シャッターボタン」を押すことで、学習者が指定した時点での静止画像表示し、表示された画像から「顔検出特徴点座標」を得て、テキストボックスへ座標値を出力することをすべて javascript で開発した。これにより、指定された Web ページへカメラ付きパソコンでアクセスをすることで、学習者が指定した画像の「顔の特徴点座標」を数値として取得できるようにした。このシステムを運用することで、COVID-19 の蔓延状況下でも Web 経由での教材作成が可能であると考えられる。

システムに関しては mediapipe ライブラリを追加することで、顔の特徴点検出に多様性を加えることができ、静止画像処理だけでなく、動画を利用した教材の開発も容易になった。

顔の特徴点を検出し数値化することは概ねできるようになった。そこで、深層学習を用いて、録画された動画での顔の特徴点の動きをラベリングすることを試みた。これは会話解析などの際に、会話者の「うなずき行動」検出に多くの場合、ビデオを目視してラベリングしている。これは解析者に大きな負担がかかる。顔の特徴点の動きを深層学習させてラベリングすることで、この解析を自動化することが可能になる可能性があるためである。

最初に深層学習の有効性を検証するために、6 軸慣性センサを用いて平面上の拭き取り操作のデータを収集し、そのデータを深層学習して動きと対応するモデルを作成した。作成したモデルを用いて、新たな動きを推定することが可能であることを検証した。これにより、少ないデータ量でも深層学習を用いてモデル作成が可能であり、推定に用いることが可能であることを示した。この成果は 2022 年 7 月開催の教育システム情報学会第 2 回研究会で報告をした。

慣性センサで用いたモデル作成および推定の手法を用いて、顔の動き推定を試みた。顔検出と顔の特徴点を検出するのに、機械学習ライブラリである dlib、または mediapipe を用いた。得られた顔器官の座標のうち鼻頭、両目尻の 3 座標点を記録し解析に供した。これら 3 点を選んだのは、表情変化などによる相対的座標変化が小さいため、また個人差が出にくいと判断できるためである。分類推定する「動作」を「何もしない(Normal)」、「うなずき(Nod)」、「否定(Disagree)」の 3 種とした。顔の動き動作を学習するために、USB カメラを用いて、上記 3 動作中の、鼻頭、両目尻の 3 点の軌跡を記録した。これらの 3 動作に 3 特徴点の軌跡を深層学習し、分類を試みた。これらの座標は 30fps で数値として保存され、行動の分類に用いられた。「うなずき」は顔の短時間での上下運動、否定は左右動とみなし、顔の中心部に位置する鼻頭、両目尻の軌跡変動から推測する。

モデル作成には、うなずき、否定行動は 1 秒程度の短時間で完結するため、過去 16 枚 (0.53 秒) を 1 かたまりとして解析した。なお、動画収録環境による差をなくすため、次の規格化を行った。1) 入力数値は得られた座標を動画の解像度で割り、2) 各かたまりの最初の鼻頭、両目尻からの相対位置を用いた。軌跡から動作を推定するモデル作成には、入力層に 90、隠れ層を 2 層、出力層を 3 (推定する動作数) とした多層パーセプトロンを用いた。各動作を 30 から 180 秒程度のデータで学習を行い、モデルを構築した。

構築したモデルを用いて、USB カメラや記録動画から抽出された鼻頭、両目尻の座標データを取得し、先のモデルを用いて推定をし、各時間での推定動作を記録した。学習したモデルの検証のために正面から撮影された動画で推定を行った。学習モデル構築に用いた人物とは別人による、3 動作を 15 秒から 30 秒程度、繰り返すうなずきの速さや大きさそして頻度を変えて行った。動画から推定した結果を表 1 に示す。いずれの場合も 80% を超える推定率である。これはモデルが有効に構築され、また鼻頭、両目尻の軌跡を用いることで個人差がほとんどなくなったためと推察される。

表 1. 正面動画からの動作推定結果

実際の動作	person1 推定結果			person2 推定結果		
	Normal	Nod	Disagree	Normal	Nod	Disagree
Normal	0.946	0	0.006	0.863	0.011	0.021
Nod	0.054	1.000	0.071	0.134	0.974	0.002
Disagree	0	0	0.923	0.002	0.016	0.977

この成果は 2022 年 8 月開催の教育システム情報学会第 47 回全国大会で報告をした。

研究期間中に発生した COVID-19 の影響により、数値教材の実践による検証は困難であったが、顔の動きから得られる数値データを提示し、利用する方法を提案した。さらにそれらの一連の数値データから顔の動き推定まで可能であることを示すことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 鷲野嘉映, 伊藤敏, 井上祥史	4. 巻 45
2. 論文標題 環境清掃における拭き取り力の小型マイコンモジュールを用いた可視化に関する検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 計測制御学会東海支部教育工学論文集	6. 最初と最後の頁 22-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 伊藤敏, 井上祥史, 鷲野嘉映
2. 発表標題 動画からうなずきを抽出する試み
3. 学会等名 教育システム情報学会 全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鷲野嘉映, 伊藤敏, 井上祥史
2. 発表標題 衛生的拭き取り方法の慣性センサによる検出・分類 - 公衆衛生教育への基礎的検討 -
3. 学会等名 教育システム情報学会 第2回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤敏, 井上祥史, 鷲野嘉映
2. 発表標題 顔の特徴点座標を利用した数値処理教材の開発
3. 学会等名 教育システム情報学会第46回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤敏
2. 発表標題 動画から取得した顔の動き数値化と慣性センサによる検証
3. 学会等名 教育システム情報学会学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Itou
2. 発表標題 Three-dimensional measurement of face and face direction estimation to use for education
3. 学会等名 2019 Joint International Conference on Science, Technology and Innovation, Mandalay by IEEE
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Itou
2. 発表標題 Respiration detection using Inertial Measurement Unit
3. 学会等名 The 2019 International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	鷲野 嘉映  (Washino Kaei)  (90220855)	愛知みずほ短期大学・その他部局等・教授(移行)    (43925)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------