

令和 3 年 5 月 20 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11412

研究課題名（和文）深層学習を用いたコミュニケーション時における身体動作とその時系列パターンの推定

研究課題名（英文）Estimation of body movement and its temporal pattern in communication using deep learning

研究代表者

山本 知仁（Yamamoto, Tomohito）

金沢工業大学・工学部・教授

研究者番号：60387347

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、スマートフォンに搭載されている加速度センサを利用し、グループワークを評価する手法の検討を行った。得られた結果として、加速度センサの値から計算される学習者の身体動作の量と学習成果、およびグループワーク中に行われたコミュニケーションの質の間に正の相関があること、また、身体動作のパターン、および発話の内容と学習成果の間に関係があり、具体的な説明が行われ、それに対しうなずきが行われるなど学習者が納得している場合において、よい学習成果が得られることが明らかになった。これらの結果から、スマートフォンを用いてグループワークをリアルタイムに評価できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アクティブラーニング、その中でもグループワークは、その教育効果の高さから現在、小学校から大学まで幅広く導入されるようになっているが、その教育効果を高めるためには、教員が適切にファシリテーションを行う必要があり、教員によってはそれが困難であること、また対応可能な教員でも学習者の数が増えてくると適切にファシリテーションを行うことが難しいという問題があった。今回の研究成果を利用すれば、現在ほとんどの学生が有しているスマートフォンを用いて、グループワーク中の学生の様子をリアルタイムに評価できるようになり、学びの質を向上させることが可能となると共に、教員の負担を軽減することが可能になると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Active learning has been gradually focused on in recent years and introduced in various education fields. In this active learning, it is necessary to evaluate the interaction properly at real time and improve it. In this research project, we measured and analyzed the body movement of students in group work using the sensors on smartphone. Also, we evaluated the outcomes and subjective communication quality of group work. By analyzing these three relations, there are positive correlations between the amount of body movement and the outcomes, also the evaluation of communication of group work. In addition, there is relation between outcomes and temporal pattern of body movements, and also spoken words, if the explanation become more detail and nodding appear more frequently, the outcomes become better. These results show that it is possible to evaluate the learning activity of students at real time in group work by using smartphones.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：アクティブラーニング スマートフォン 加速度センサ 身体動作 深層学習

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初、携帯型のセンサデバイスを用いて人のコミュニケーションを計測し、それらのデータを用いてグループや組織のパフォーマンスを向上させようという研究が行われていた。その中で、人の行動やグループの活動を詳細に分析し評価するためには、コミュニケーション時の詳細な身体動作とその意味について、正確に推定していく必要があった。また、アクティブラーニングなど教育の現場でこれらの推定を行うときには、教員がその場で結果を利用できることが望ましいことから、リアルタイムに身体動作を推定できることが望まれていた。

2. 研究の目的

上記のような背景から本研究課題では、コミュニケーション時に見られる身体動作をリアルタイムに推定し、それらの時系列パターンから、コミュニケーションの質を評価することを目的とした。具体的には、グループワーク時に現れる身体動作をスマートフォンのセンサで計測して周波数解析を行い、このデータを用いて深層学習を行うことで、身体動作を推定することを最初の目的とした。続いて、識別した身体動作結果を用いて、コミュニケーション時における身体動作パターンの抽出と、コミュニケーションの質との関係性を評価することを目的とした。

3. 研究の方法

上記の目的を達成するために、本研究課題では、まず深層学習を用いてコミュニケーション時の身体動作を推定することを行った。そのために、複数台のスマートフォンを用いてグループワーク中の身体動作の計測を行った。具体的には30分程度のグループワークを複数回行い、そこに現れる身体動作をまず目視でピックアップした。続いて、複数人の被験者によって、ピックアップしたコミュニケーション時の身体動作のデータを個別に取得した。これらの身体動作の周波数データを学習データとし、多層のニューラルネットワークを用いて、身体動作の識別のための学習を行った。続いて得られた識別器を用いて、実際のグループワーク時の身体動作を抽出し、時間的な変動とコミュニケーションの質との関係を解析した。

4. 研究成果

(1) 深層学習による身体動作の推定

本研究課題の1つ目の成果としては、グループワーク中に行われるコミュニケーションに関する身体動作の推定に関するものになる。本研究では、まず予備的なグループワークの実験から、表1に示すような10個の動作(グループワーク中に明示的に表れる動作 M01-05、およびグループワーク中に無意識的に表れる動作 M06-10)をアクティブラーニング中に現れる動作として、ピックアップした。これらの動作について、深層学習用の動作を11人(表2中の S01-11)の被験者から取得し、適切に学習データを作成してCNNを用いて識別を行った。結果として、M01-05に関しては90%に近い精度で識別できることが明らかになった。また、M06-10に関しても70%の精度で識別できることも明らかになった。これらの成果は、引用文献 - にて発表している。

表1 識別した身体動作の種類

| Movement ID | Movement name |
|-------------|-------------------------|
| M01 | Remaining stationary |
| M02 | Clapping |
| M03 | Raising hand |
| M04 | Nodding |
| M05 | Turning around |
| M06 | Stretching |
| M07 | Crossing legs |
| M08 | Crossing arms |
| M09 | Resting elbow on a desk |
| M10 | Touching face |

表2 身体動作の識別結果

| Subject | Accuracy for each dataset (%) | | |
|---------|-------------------------------|---------|---------|
| | M01-M05 | M06-M10 | M01-M10 |
| S01 | 84.00 | 84.00 | 68.00 |
| S02 | 84.00 | 64.00 | 50.00 |
| S03 | 80.00 | 68.00 | 56.00 |
| S04 | 96.00 | 60.00 | 64.00 |
| S05 | 92.00 | 72.00 | 62.00 |
| S06 | 100.00 | 68.00 | 70.00 |
| S07 | 88.00 | 72.00 | 68.00 |
| S08 | 92.00 | 64.00 | 56.00 |
| S09 | 80.00 | 52.00 | 50.00 |
| S10 | 84.00 | 80.00 | 60.00 |
| S11 | 84.00 | 64.00 | 66.00 |
| Average | 87.64 | 68.00 | 60.91 |

(2) グループワーク中の身体動作と学習成果、およびコミュニケーションの質との関係

本研究の2つ目の成果としては、実際のグループワークで現れる身体動作とグループワークの学習成果(アウトカムズ)、およびコミュニケーションの質との関係を明らかにしたものになる。本研究では、これらの関係を詳細に調べるために、3名からなるグループワークを10組分実施し、学習者の身体動作と学習成果(テストの結果)、および主観的なコミュニケーションの質との関係を調べた。結果として、図1に示すように身体動作の活動量(加速度センサの値を周波数解析し振幅値を加算した値)と学習成果の結果の間に正の相関関係(相関係数:0.66)があることが、まず明らかになった。続いて、先の活動量と主観的なコミュニケーションの質に関しても正の相関関係(相関係数:0.71)があることが明らかになった。これらの結果は、身体動作の種類やその時系列パターン以前に、グループワーク中に身体動作の量が多いことが学習成果やコミュニケーションの質に影響していることを意味しており、研究開始当初には、想定してい

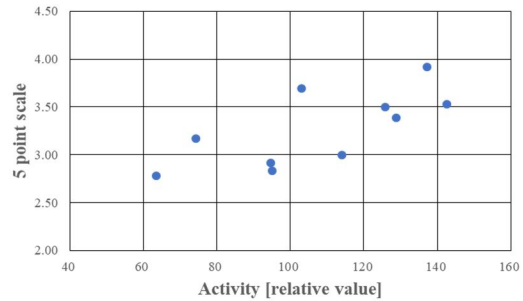
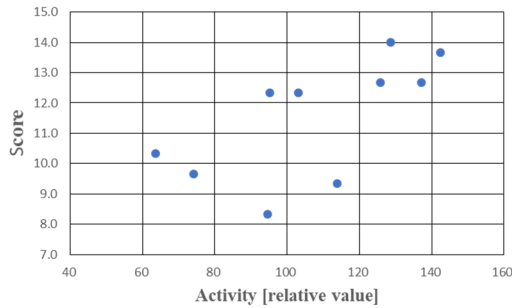


図1 活動量と学習成果の関係

図2 活動量とコミュニケーションの質の関係

なかった結果となった。一方、この結果はスマートフォンのセンサを用いてより簡便にグループワークのアウトカムズやコミュニケーションの質を評価できることを意味し、本研究課題にとって極めて重要な結果となった（引用文献 - ）。

同じ実験において、グループワーク中のコミュニケーション時に現れる身体動作がどのようなものであるかについても、改めて解析を行った。身体動作の識別には先に深層学習を用いて構築した識別モデルや K-means 法、手動での解析を併用した。結果として、学習成果が高いグループはより頷きが多いことが明らかになった。また、学習中の発話内容についても解析を行った結果、学習成果が高いグループでは、学習内容の確認を行う発話が多くみられた。これらの結果から、よりよいグループワークでは、学んでいる具体的な内容に関する説明が丁寧に行われ、そのことに対し理解している表出として頷きの動作が、説明の後の頻繁に表れるというパターンがあることが明らかになった。

表3 学習成果が高かったグループの身体動作の種類

| Movement | Nodding and writing | Talking with fast gesture | Talking | Talking with slow gesture | Big body movement | Small body movement | Body movement with nodding | Uncertain | Uncertain |
|-----------|---------------------|---------------------------|---------|---------------------------|-------------------|---------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Subject A | 787 | 413 | 193 | 50 | 22 | 21 | 0 | 9 | 2 |
| Subject B | 706 | 420 | 191 | 84 | 42 | 32 | 16 | 5 | 1 |
| Subject C | 258 | 593 | 327 | 165 | 43 | 36 | 56 | 15 | 4 |
| Sum | 1751 | 1426 | 711 | 299 | 107 | 89 | 72 | 29 | 7 |

表4 学習成果が低かったグループの身体動作の種類

| Movement | Writing stationary | Talking with face movement | Moving arms | Talking and writing | Big body movement | Small body movement | Moving face | Uncertain | Uncertain |
|-----------|--------------------|----------------------------|-------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------|-----------|-----------|
| Subject A | 790 | 163 | 211 | 129 | 77 | 54 | 49 | 19 | 5 |
| Subject B | 992 | 108 | 264 | 67 | 22 | 12 | 22 | 9 | 1 |
| Subject C | 427 | 784 | 62 | 39 | 123 | 40 | 14 | 8 | 0 |
| Sum | 2209 | 1055 | 537 | 235 | 222 | 106 | 85 | 36 | 6 |

以上の成果をまとめると、まず本研究で注目したグループワーク中に現れる身体動作について、コミュニケーションに明示的に関係するものであれば、90%近い精度で識別することが可能であり、グループワーク中の身体動作をリアルタイムで識別することも可能となった。また、身体動作の大きさ（活動量）を調べることで、グループワークのアウトカムズとコミュニケーションの質を簡便に評価でき、個々の身体動作のパターンを調べれば、丁寧な説明が行われ、それに対する理解が頷きという身体動作として表れていれば、よりよいグループワークが行われていると評価できることが明らかになったといえる。これらの成果は、当初の目的を全て満たしており、一部の成果は、予定以上のものとなり、また次への研究へと繋がっていくと考えられる。

<引用文献>

佐近, 山本: 深層学習を用いたグループワークにおける身体動作の推定, 平成 30 年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, pp.F2-16 (2018)

佐近, 山本: 深層学習を用いたコミュニケーション時における身体動作の推定, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.20, No.9, pp.7-10 (2018)

Hiroaki Sakon, Tomohito Yamamoto: Body Movements for Communication in Group Work Classified by Deep Learning, HCI 2019. LNCS 11567, pp.388-396 (2019)

原田, 山本, 三宅: アクティブラーニング型授業における学習効果とコミュニケーション動作の関係, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.20, No.9, pp.1-6 (2018)

渡邊, 蓬澤, 市川, 山本: グループワーク中の身体動作と学習成果及び主観的な会話評価の関係, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.22, No.3, pp.65-70 (2020)

渡邊, 山本: グループワーク中の身体動作と学習成果及び主観的なコミュニケーション評価の関係, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.23, No.2, pp.201-208 (2021)

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 1件）

| | |
|---|------------------------|
| 1. 著者名 渡邊到, 山本知仁 | 4. 巻 23 |
| 2. 論文標題 グループワーク中の身体動作と学習成果及び主観的なコミュニケーション評価の関係 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌 | 6. 最初と最後の頁 pp.XX-XX |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11184/his.23.2_201 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 渡邊 到, 蓬澤 涼, 市川 達平, 山本 知仁 |
| 2. 発表標題 グループワーク中の身体動作と学習成果及び主観的な会話評価関係 |
| 3. 学会等名 第175回研究会ヒューマンインタフェース学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山本 知仁 |
| 2. 発表標題 フットサル中の身体動作の時間的変動と同調 |
| 3. 学会等名 第21回システムインテグレーション部門講演会 (SI2020) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鈴木 崇太郎, 山本 知仁 |
| 2. 発表標題 深層学習を用いたファシリテーションシステムのプロトタイプの構築 |
| 3. 学会等名 第182回研究会ヒューマンインタフェース学会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 井上康貴, 岩佐友輔, 山本 知仁 |
| 2. 発表標題 アクティブラーニングにおけるロボットファシリテータの可能性 |
| 3. 学会等名 第165回ヒューマンインタフェース学会研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hiroaki Sakon, Tomohito Yamamoto |
| 2. 発表標題 Body Movements for Communication in Group Work Classified by Deep Learning |
| 3. 学会等名 Human Computer Interaction International 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山本知仁, 福島亮平, 石井裕, 塩瀬隆之 |
| 2. 発表標題 スマートフォンのセンサを用いたフットサル中のプレー動作の解析 |
| 3. 学会等名 第169回ヒューマンインタフェース学会研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 原田尚良, 山本知仁, 三宅美博 |
| 2. 発表標題 アクティブラーニング型授業における学習効果とコミュニケーション動作の関係 |
| 3. 学会等名 第160回ヒューマンインタフェース学会研究会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 佐近宏昭、山本知仁 |
| 2. 発表標題 深層学習を用いたコミュニケーション時における身体動作の推定 |
| 3. 学会等名 第160回ヒューマンインタフェース学会研究会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 佐近宏昭、山本知仁 |
| 2. 発表標題 深層学習を用いたグループワークにおける身体動作の推定 |
| 3. 学会等名 平成30年度電気関係学会北陸支部連合大会 |
| 4. 発表年 2018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 |
|---------------------------|-----------------------|----|
| | | |

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 |
|---------|---------|
| | |