

令和元年6月11日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12786

研究課題名(和文) グループ学習の形成的評価のための実世界活動センシング技術の開発

研究課題名(英文) Development of real world activity sensing for formative assessment of group work

研究代表者

出口 大輔 (Deguchi, Daisuke)

名古屋大学・情報連携統括本部・准教授

研究者番号：20437081

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、参加者に装着した主観視点映像(参加者装着カメラ)とウェアラブルセンサを用いることにより、(i)場の状況把握度の分析、(ii)場の注目度の分析、(iii)場の活動量の分析、の3つの観点での分析に関する技術課題を解決し、実世界グループ学習における発話中人物への注目度、活動の同期度という2つの非言語活動の計測を通してグループ学習を形成的な観点で評価するための指標を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

共通の課題に対して複数人で取り組むグループ学習は、考え方や能力の異なる他者と協力して問題に取り組む力を育むことから、数多くの教育機関で実践されている。しかし、現在のグループ学習においては、コストや人員数の問題から全てのグループ学習の全参加者をつぶさに見守ることは難しい。本研究課題の成果は、このような実世界グループ学習の過程を自動的に可視化するとともに、参加者の形成的評価を行うための指標を与える点がこれまでに無い大きな成果である。

研究成果の概要(英文)：In this research, we developed methods for analyzing the real world group work based on three viewpoints: (i) the level of scene understanding, (ii) the level of attention against the scene, (iii) the level of activities. Here, first person view camera and wearable sensors were used for analyzing these values. In addition, we developed indices for formative assessment of the real world group work through the measurement of two types of non-verbal activities such as the level of attention against the speaker, and the level of activity synchronization.

研究分野：知覚情報処理・ロボティクス

キーワード：グループ学習 形成的評価 活動量計測

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

共通の課題に対して複数人で取り組むグループ学習は、考え方や能力の異なる他者と協力して問題に取り組む力を育むことから、数多くの教育機関で実践されている。グループ学習はその特性上、成果物やテストを通じた総括的評価に加え、学習の経過を対象とした形成的評価が特に重要となる。これまでに、仮想的な CSCL 環境を対象として工学的・統計学的に分析した種々の報告がなされているが、仮想的な学習環境では意思疎通や連携を十分に引き出すことが難しく、またその度合いを評価することも簡単ではない。そのため、同じ場所・時間を共有しながら作業を行う実世界グループ学習の実践と、対面でのコミュニケーションに特有の非言語活動も含めた形成的評価が重要となっている。

2. 研究の目的

グループ学習の様子を自動的に計測し、それらを可視化する技術は現場教育から強く求められているツールである。現在のグループ学習においては、コストや人員数の問題から全てのグループ学習を常に見守ることは難しい。そのため、活動の概要・分布・経時的变化を一望でき、またその情報をインデックスのように用いて興味を持った部分の映像記録を直接振り返ることを可能にするツールが不可欠である。そこで本研究では実世界グループ学習の記録・分析に関する基盤技術の開発を目指す。グループ学習を形成的に評価する基準は様々あるが、ここでは「主体性がグループ内で共有されていること」とみなし、その度合いを以下の 2 つの非言語活動を通して定量化する。

(1) 発話中人物への注目度：知識や理解が共有されている、もしくは意思疎通が取れているといった状態は、コミュニケーションが密なことが前提にある。発話数も 1 つの指標であるが、詳細な評価のためには発話者への注目や積極的な傾聴といった振る舞いは見逃せない。そこで映像・音声の記録から発話者の行動と参加者の視線分布の関係を分析し、発話者に対する他者の注目度合いと各参加者の状況理解度を定量化する。

(2) 活動の同期度：グループ学習には、議論や意見交換に加えて共同作業や個人作業といった場面が多く含まれ、これらが参加者間でうまく同期（共有）していることも重要となる。そこで各参加者の物理的な運動量を加速度センサにより計測し、その分布や経時的变化から活動の同期度を定量化する。

3. 研究の方法

実世界グループ学習における発話中人物への注目度、活動の同期度という 2 つの非言語活動を計測することにより、グループ学習の形成的評価を支援するための基盤技術の開発を行う。具体的には、参加者に装着した主観視点映像（参加者装着カメラ）とウェアラブルセンサを用いることにより、(i)場の状況把握度の分析、(ii)場の注目度の分析、(iii)場の活動量の分析、の 3 つの観点での分析に関する技術課題を解決する。これら 3 つの分析に必要な要素技術の開発を行うとともに、被験者によるグループ学習の計測実験を通してグループ学習データベースの構築を行う。

(1) グループ学習の記録・分析のための基盤技術の開発とデータベース構築：グループ学習における学習過程を記録するために、各参加者の主観視点映像（参加者装着カメラ）、グループ活動中の行動等を記録する加速度計、角速度計ならびに心拍計を搭載したウェアラブルセンサ、を用いる。これら複数のセンサに亘るデータ解析が必要なことから、これらを同期して収録するためのシステム構築を行う。そして、開発したグループ学習計測デバイスを被験者に装着し、ディベート型のグループ学習を題材としてデータベース構築を行う。年齢差や面識の有無といった要因によってグループ学習の経過が異なる可能性があることから、被験者の組み合わせを変化させながらグループ学習を複数回計測し、データベースとして整理する。そして、計測技術により得られる各参加者の主観視点映像から注目対象を認識する技術、ならびにウェアラブルセンサの出力から各参加者の活動量を数値化する技術を開発する。注目対象の認識においては、人の視界に対応する主観視点映像（装着カメラ）から、誘目性の高い対象（人がどのような対象に注意を払っているか）を検出・認識する技術を実現する。ウェアラブルセンサを用いた活動量の分析においては、各参加者のセンサから得られる加速度、角速度による外面的な活動量を数値化する技術を開発する。

(2) 特定人物の注目対象解析に基づく場の状況把握度の分析：上記(1)の注目対象認識技術を発展させ、主観視点映像中に複数の誘目性の高い対象が存在する場合に対応可能な手法を実現する。そして、各参加者の主観視点映像から得られる注目対象の時間的な変化パターンを解析することにより、特定人物がどのような対象にどのような順序で興味を持ってグループ学習に参加したかを解析する技術を開発する。

(3) 複数人物の視線集中に着目した場の注目度分析：上記(2)の注目対象認識技術を参加者間での視線集中状態の認識へと発展させる。グループ内の全参加者から得られる発話と注視の時刻

共通部分の有無、発話開始時にタイミング良く聞き手が話者に注目した・話者交替に聞き手が対応した、といった情報から注目対象の同一性や注目行動の同期・集中・分散を求める技術を開発する。ここでは個人の注目度ではなく、発話者に対する場全体の注目度を導出する。複数人物の視線集中状態の認識により得られるグループ内での注目対象の同一性や注目行動の同期・集中・分散を基に、場全体の注目度の定量化を行う。

(4)場の活動量に着目した分析：上記(1)の活動量の数値化技術を基に、心拍計による内面的な心的変化なども推定可能な技術へと発展させるとともに、参加者それぞれのグループ学習における活動量を推定する。得られる活動量をグループ内で比較を行い、参加者間の活動量を相対的な指標で表現するとともに、その時間変化についても可視化する方法を開発する。また、発話や他者の動き情報などと、各自の活動パターンの相関を分析することで、主体性や協働性などのグループ活動を形成的観点で評価するための指標を獲得する方法を開発する。これらのグループメンバー活動量の分析技術を基に、参加者全体の活動量を加速度・角速度情報から推定する技術を開発する。他のグループとの比較を行い、各グループの活動量を相対的な指標として表現する。また、それらの情報を可視化することでグループ間の活動量の違いを分かりやすく教師に提示する方法を開発する。

4. 研究成果

(1)グループ学習の記録・分析のための基盤技術の開発とデータベース構築：グループ学習の各参加者に対して主観視点映像を撮影する参加者装着型カメラ、グループ活動中の行動等を記録するウェアラブルセンサ（加速度計、角速度計、心拍計）を同期して収録する基盤を作成した。そしてこの基盤を利用し、(a)LEGOによる街の創作（図1）、(b)マシュマロチャレンジ（図2）、の2種類のグループ学習に関するデータベース構築を行った。これらのグループ学習は、いずれもグループメンバー間での協力が不可欠であり、特に(b)のマシュマロチャレンジについては、戦略の立案、役割分担、協同作業による塔構築、といった比較的密な連携が求められる課題設定である。これらの課題それぞれにつき2グループずつ計測を実施し、各種技術開発と評価のためのデータベースとして整理した。そして、主観視点映像（装着カメラ）からの誘目性の高い対象（人がどのような対象に注意を払っているか）の抽出（図3）を行った。また、ウェアラブルセンサを用いた活動量の分析結果と合わせて、グループ学習全体を可視化するインタフェースを実現した。



図1 グループ学習(LEGO 創作)の様子



図2 グループ学習(マシュマロチャレンジ)の様子

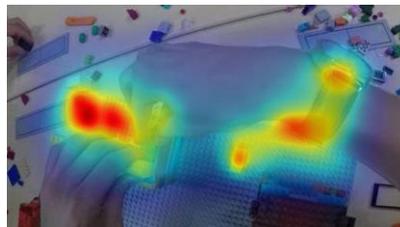


図3 注目対象の抽出結果の例



図3 注目対象の抽出結果の例

(2)特定人物の注目対象解析に基づく場の状況把握度の分析：グループ学習においては、他の参加者と協同しながら作業を進めることが必要となる。グループ学習の課題を達成するためには、他の参加者との密な意見交換は不可欠であり、必然的に他の参加者への視線配布が起こると考えられる。そこで、各参加者に装着した主観視点映像を入力とし、他の参加者をどの程度視界内に捉えているかを表す人注目スコアを求める技術を開発した。具体的には、深層学習に基づくセマンティックセグメンテーションを活用し、主観視点映像の各フレームから人領域を抽出するとともに、物体検出技術から得られる対象の認識結果を組み

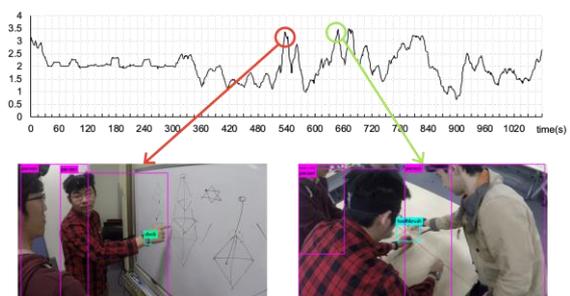


図4 物体認識に基づく注目スコア算出結果の例

合わせることで、各参加者が他の参加者に対してどの程度注目しているかを表すスコアを算出した。また、スコアが高いシーンにおいて、各参加者が注目している対象がどのようなものであるかを確認する方法を確立した(図4)。

(3)手への視線集中に着目した組み立て作業の協同分析：参加者が協力して何か物を創作するようなグループ学習においては、協力して作業を行うために他者の作業の様子、すなわち手に対して注意を払う必要がある。そのため、各参加者の主観視点映像内に現れる手を自動検出することで手への視線集中を数値化する技術を開発した。具体的には、深層学習に基づくセマンティックセグメンテーションにより得られる人領域と手領域のセグメンテーション結果を組み合わせることで、主観視点映像内の手領域が自分のものであるか他者のものであるかを判別する手法を開発した。そして、誰の手であるかまでを考慮して注目度を導出し、協同作業の有無や貢献度に関する分析技術を開発した(図5)。

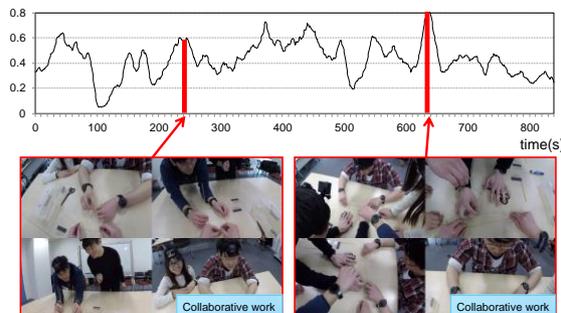


図5 手領域抽出に基づく協同作業判定の例

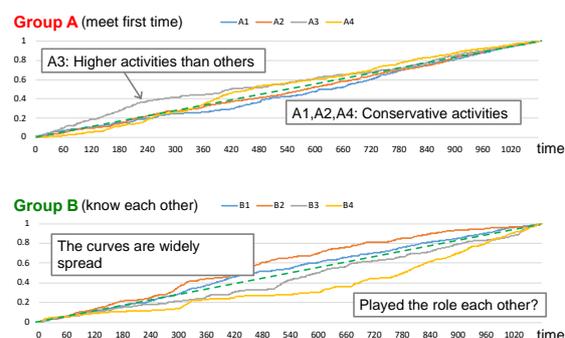


図6 活動量に基づく分析結果の例

(4)場の活動量に着目した分析：参加者が協力して何か物を創作するようなグループ学習においては、手の動作は創作過程と密接に関連することから、作業の進み具合を手の動きからある程度推測することが可能である。この点に着目し、各参加者の両手に装着したウェアラブルセンサから得られる加速度の値を用いて活動量の時間変化を可視化する手法を開発した。そして、増分スコアと積算スコアの2つの指標を用いることにより、グループ内で誰が主体的に作業を進めているかを分析した。図6は異なるグループにおける積算スコアの違いを示しており、グループAでは参加者A3がグループ学習前半で活発に作業を進めているのに対し、グループBでは参加者B4の貢献が少ないということを俯瞰的に見ることができる。また、上記(2)と(3)の結果と組み合わせた分析を行うことにより、手の動作だけでは図ることの難しい、戦略の立案のような議論の様子や、各個人が別々に作業する様子といった細かな分析も可能となることを確認した。

本研究課題を通して、グループ学習の過程を数値的に可視化できることを確認し、各参加者の注目対象や主体的な活動の様子、などを細かに分析できるという知見を得た。一方、グループ学習のデータベース構築においては、参加者の参加態度には各個人の特性(個性など)が強く現れることを確認した。今後、本研究課題で得られた成果を基に、各参加者の特性をコンピテンシーとして計測可能な技術へと発展させることが期待される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① [Daisuke Deguchi](#), [Kazuaki Kondo](#), [Atsushi Shimada](#), “Visualization of Real World Activity on Group Work,” Lecture Notes in Computer Science, vol.10922, pp.23-37, 2018 (doi: 10.1007/978-3-319-91131-1_2) (査読無)

[学会発表] (計 8 件)

- ① [近藤 一晃](#), [島田 敬士](#), [出口 大輔](#), “個人視点映像内の手領域出現に基づくグループ協同作業特徴量の提案,” HCG シンポジウム 2018, 2018
- ② [Daisuke Deguchi](#), [Kazuaki Kondo](#), [Atsushi Shimada](#), “Visualization of Real World Activity on Group Work,” HCI International 2018, 2018
- ③ [島田 敬士](#), “Learning Analytics in Cyber-Physical Society,” ラーニングアナリティクスに関するシンポジウム ~教育ビッグデータを用いた教育・学習支援の展開~, 2018
- ④ [Daisuke Deguchi](#), [Kazuaki Kondo](#), [Atsushi Shimada](#), “Subjective Sensing of Real World Activity on Group Study,” International Conference on Collaboration Technologies (CollabTech), 2016
- ⑤ [Yuki Imaeda](#), [Takatsugu Hirayama](#), [Yasutomo Kawanishi](#), [Daisuke Deguchi](#), [Ichiro Ide](#), [Hiroshi Murase](#), “Can a Driver Assistance System Determine if a Driver is Perceiving a Pedestrian? -Consideration of the Driver’s Visual Adaptation to Illumination Change-,” International Conference on Computer Vision Theory and Applications

(VISAPP), 2017

- ⑥ 児玉 祐樹, 川西 康友, 平山 高嗣, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 永野 秀尚, 柏野 邦夫, “低解像度顔画像群を用いた集団の注目位置推定に関する予備的検討,” 2017 年電子情報通信学会総合大会, 2017
- ⑦ Yoshiki Hashimoto, Daisaku Arita, Atsushi Shimada, Takashi Yoshinaga, Takashi Okayasu, Hideaki Uchiyama, Rin-ichiro Taniguchi, “Measurement and Visualization of Farm Work Information,” International Conference on Agriculture Engineering (CIGR AEng), 2016
- ⑧ Yoshiki Hashimoto, Daisaku Arita, Atsushi Shimada, Takashi Okayasu, Hideaki Uchiyama, Rin-ichiro Taniguchi, “Farmer position estimation in a tomato plant green house with smart devices,” International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB), 2016

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：近藤 一晃

ローマ字氏名：Kazuaki Kondo

所属研究機関名：京都大学

部局名：学術情報メディアセンター

職名：講師

研究者番号 (8 桁)：30467609

研究分担者氏名：島田 敬士

ローマ字氏名：Atsushi Shimada

所属研究機関名：九州大学

部局名：システム情報科学研究院

職名：准教授

研究者番号 (8 桁)：80452811

(2) 研究協力者なし

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。