

活動時間の可視化によるグループワーク支援システムの提案

関根 凜^{1,a)} 鈴木 華保² 江木 啓訓^{1,b)}

概要: 本研究は、学習者にグループワークの活動内容ごとの時間内訳をリアルタイムに提示するシステムを提案する。これにより、学習者が目標とする時間配分でグループワークを進められるよう調整することを促す。グループワークによって、学習者が協同して学習成果をまとめる過程を通じて、分業や協業、学習資料の理解、思考や意見の整理などを経験することが期待される。しかし、グループワークの経験の浅い学習者が集まった場合に、特定の活動内容に偏る可能性がある。このような問題に対して、グループワークにおける「作業」「議論」「静態」の時間内訳の把握を、情報システムにより支援することを提案する。作業状態を検出するために、机にかかる荷重を計測する。また議論状態を検出するために、マイクにより学習者の発話の有無を判定する。時間内訳を集計して提示することにより、学習者が活動内容ごとの時間配分を自律的に調整することを促す。グループワークにて、本システムの作業状態計測デバイスおよび議論状態計測デバイスに関する評価実験を行った。実験より、デバイスの「作業」および「議論」の判定精度は90%を上回り、これらの状態の判定が可能であることがわかった。

Proposing a System Visualizing Duration for Group Work Activities Based on Utterance and Load on Desk

RIRI SEKINE^{1,a)} KAHO SUZUKI² HIRONORI EGI^{1,b)}

1. はじめに

近年、学習者の能動的な学習を促進するため、教育現場におけるアクティブラーニングの活用が拡大している。アクティブラーニングを通して、答えのない問題に解を見出す力や、他者に配慮しながら自らの責務を果たす能力を身につけることが期待されている [1]。そのようなアクティブラーニングの活動の1つとしてグループワークがある。本研究では、複数人の学習者からなるグループが一定の期間を通じて集まり、複数回のグループワークを行う状況を想定する。

グループワークでは、学習者が協同して学習成果をまとめる過程を通じて、分業や協業、学習資料の理解、思考や

意見の整理などを経験することが期待されている。このような経験による学習効果を得るためには、グループワークの活動内容が偏らないようにする必要がある。グループ内での話し合いに時間を割きすぎた場合には、学習内容への理解が浅くなる可能性がある。また、学習資料の理解に時間を割きすぎた場合は、話し合いによる思考や意見の整理を十分に行うことが難しくなる。グループワークにおけるこのような活動の偏りを減らすためには、グループワークの全体の活動量を把握することが重要であると考えた。しかし、グループワークの経験の浅い学習者は全体の活動量を把握することが難しい可能性がある。

この問題を解決するため、我々は様々なタイプの学習活動で構成されるグループワークを想定し、活動内容ごとの時間内訳の把握を支援するシステムについて研究を行ってきた [2]。このシステムは、学習者が目標とする時間配分で、グループワークを進められるよう調整することを促すものである。グループワーク中に、グループ全体における活動の割合を客観的に把握することで、学習者が自律的に

¹ 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報学専攻
Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-communications

² 電気通信大学 情報理工学部 総合情報学科
Department of Informatics, Faculty of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

a) r.sekine@uec.ac.jp

b) hiro.egi@uec.ac.jp

活動を調整することが可能になると考えられる。

対象とするグループワークの活動内容は、「作業」「議論」「静態」の3種類とする。本システムは、作業状態計測デバイスおよび議論状態計測デバイスからなる。作業状態計測デバイスは、ノートPCまたは筆記用具を用いた机上の作業を想定し、机にかかる荷重を計測する。また議論状態計測デバイスは、マイクにより学習者の発話の有無を判定する。本研究では、グループワークにて、本システムの作業状態計測デバイスおよび議論状態計測デバイスに関する評価実験を行った。

2. 関連研究

本研究は、グループワークにおける活動内容ごとの、時間内訳の把握を支援する。そのためにシステムにより、グループワークの状態を取得する必要がある。グループワークは複数の学習者が集まり、机上で行われることを想定する。

机上における作業状態を推定する研究がある。本田らの研究 [3] では、3次元仮想空間を利用した、在宅勤務環境を提供する仮想オフィスシステム Valentine について述べている。このシステムは、作業者の集中度に応じて、アウェアネスを提供している。作業者の集中度を測定する指標として「キーボード、マウスの利用頻度」を挙げており、コンピュータへの入力を検知する手法を取っている。しかし、このシステムはコンピュータを使用する場合においてのみ利用可能であり、筆記動作や紙の資料を見る動作は検知できない。また、中村らの研究 [4] では、e-learning 中の学習者の主観的難易度を顔画像、マウス操作、キー入力により判定する手法を提案している。e-learning 中の学習者の顔をカメラで撮影、およびマウス操作、キー入力をプログラムにより取得する。しかしこの手法では使用しているコンピュータ上で計測プログラムを動作させる必要がある。さらに学習者の顔をカメラで撮ることによる精神的負担から、学習に影響を及ぼす可能性がある。

机にかかる荷重からの作業状態推定を推定する研究がある。今井らの研究 [5] では、机の四隅に荷重センサを設置し机上動作の認識を行っている。この手法では、「布巾掛け」「タイピング」「筆記動作」を検出できるとしている。しかし、日常生活における動作を推定の対象としている。また、谷らの研究 [6] では、机上にかかる圧力から、オフィス環境における作業者に対する割り込み可能性の推定を行なっている。圧力センサシートを用い、机上の圧力の変化を取得し「タイピング」「マウス操作」「腕の位置」を検出している。しかし、この研究の目的はオフィス作業中のユーザに対する割り込み推定である。また、個人の作業にのみ着目している。

いずれの研究も、個人の作業状態を想定している。また、コンピュータを用いた作業のみに対応しており、本研究と

は対象が異なっている。本研究は、コンピュータ操作や筆記動作、議論などのグループワークを構成する、複数の活動を検出対象としている。

3. システム概要

学習者が時間配分を自律的に調整するためには、活動内容ごとの時間内訳を把握することが必要である。しかしながら、学習者によってはグループワークと時間配分の調整を並行して行うことが難しい。

本研究で開発するシステムを用いてグループワークに取り組むことを通じて、システムの支援を受けずに時間配分の調整を並行して行える能力を身につけることを目標とする。グループワークの活動内容を「作業」「議論」「静態」の3つの状態に分類し、全体の時間に対するそれぞれの時間を内訳として提示する。

最適な時間配分はグループワークのメンバー構成、学習内容および活動段階によって異なると考えられる。このため、情報システムが学習活動を制約したり、学習者の行動に介入したりする機能は想定しない。

グループワークの活動内容を可視化してリアルタイムに提示することによって、学習者が想定している時間内訳とのギャップに気づき、活動内容の切り替えによって自律的に調整していくことを促す。提示用のデバイスに表示する時間内訳の例を図1に示す。

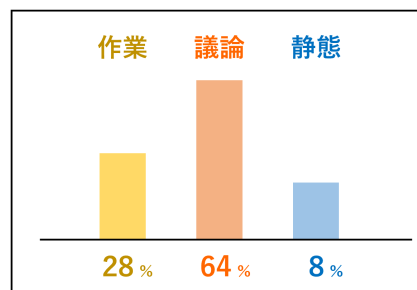


図1 学習者に提示する時間内訳の例

本システムはロードセル (CCS 社製 SC133-10kg)、指向性マイク (SANWA SUPPLY 製ヘッドセット MM-HSUSB13BKN)、シングルボードコンピュータ (Raspberry Pi 3B)、サーバからなる。また、シングルボードコンピュータの電源供給はモバイルバッテリー (ELECOM DE-M04L-3015) を用いた。

以下、ロードセルとシングルボードコンピュータによるデバイスを本システムにおける作業状態計測デバイス、指向性マイクとシングルボードコンピュータによるデバイスを議論状態計測デバイスとする。提案システムの概要を図2に示す。

作業状態計測デバイスは机にかかる荷重を計測する。デバイスの概要を図3に示す。木の板にロードセルを縦横・

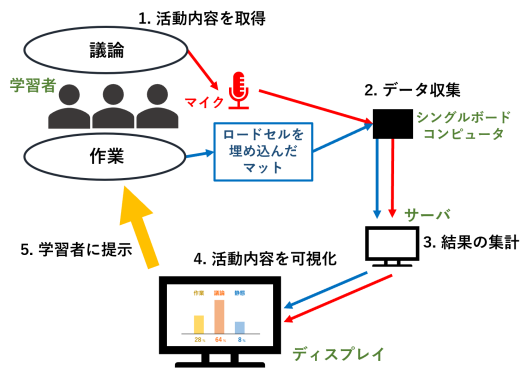


図 2 システム概要

斜めの位置に計 8 個取り付けられた、作業状態計測デバイスの大きさは幅が 1200mm、奥行きが 800mm、高さが 21mm である。ロードセルはシングルボードコンピュータで制御する。8 個のロードセルを縦横に設置した 4 つと斜めに設置した 4 つに分け、シングルボードコンピュータを 2 個用いてそれぞれ制御した。シングルボードコンピュータでは、1.8 秒に 1 回の頻度でロードセルのひずみ値を読み取り、データ取得時の日時と値を CSV ファイルに保存するプログラムが動作している。



図 3 作業状態計測デバイス

また、議論状態計測デバイスは机上に設置した指向性マイクによって、学習者の発話の有無を計測する。デバイスの作成は関根らの研究 [7] をもとに行った。デバイスの概要を図 4 に示す。



図 4 議論状態計測デバイス

議論状態計測デバイスは取得音声を音圧レベル (dB) に変換し、グループワーク中の音環境を測定し、議論状態を判定する。音圧レベルへの変換式を式 1 に示す。\$L\$ は音圧レベル、\$x\$ は指向性マイクによる取得音声の 1 チャンクの平均値である。第 2 項は普通騒音計を用いて実測した音圧レベルとのすり合わせを行った結果による値である。シングルボードコンピュータでは、約 1 秒に 1 回の頻度で指向性マイクによる取得音声を読み取り、取得音声を式 1 によって音圧レベルに変換し、データ取得時の日時と値を CSV ファイルに保存するプログラムが動作している。

$$L = 20 \log_{10} x + 11 \quad (1)$$

グループワークの活動内容の判定について、作業状態計測デバイスによって取得したデータが設定した閾値を超えた場合、作業を行っていると判定する。議論状態計測デバイスによって取得したデータが設定した閾値を超えた場合、議論を行っていると判定する。いずれのデータも閾値より小さい場合は、活動が行われていない静態と判定する。

作業状態計測デバイスおよび議論状態計測デバイスはサーバにデータを送信する。サーバは結果を集計して、時間内訳のグラフを作成する。机に置いたディスプレイを用いて、学習者にリアルタイムにグループワークの活動量の時間内訳を提示する。

本研究では、これまでに行ったデバイスの評価実験 [2] の結果に基づいてデバイスの閾値を設定した。作業状態計測デバイスの閾値は、グループワーク全体のロードセルのひずみ値の平均の 5 分の 1 とした。また、議論状態計測デバイスの閾値は 55dB とした。

4. 実験

これまでに行ったデバイスの評価実験 [2] により、被験者 1 名について作業状態の検出が可能であることが分かった。本研究では、グループワークにおける、システムの作業状態計測デバイスおよび議論状態計測デバイスに関する評価実験を行った。

被験者は理工系大学生および大学院生 15 名を 3 名 1 グループとし、計 5 グループで実験を行った。グループワークのテーマは「資料をもとに災害が起きた際に東京で危険な地域を考え、文章にまとめる」ことである。グループワークは 1 回行い、時間は計 80 分とした。グループワークの活動を「個人による資料読解」、「メンバーへの説明」、「ディスカッション」、「報告書作成」の 4 段階に分けた。「個人による資料読解」の段階では、被験者それぞれに資料を配布し、内容を個人に配布したワークシートに整理させた。この際、他の被験者と相談しないこととした。「メンバーへの説明」では、資料読解で得られた情報を他の被験者に説明させた。この際、他の被験者が説明した内容を、自身のワークシートに書き留められるようにした。「ディスカッ

ション」の段階では、前の段階の情報をもとに、テーマについて議論させた。「報告書作成」の段階では、文書作成用にノートパソコンをグループに1台貸与し、メンバーのうち実験前に話し合いで決定した1人を操作者とした。それぞれの段階における時間の目安は20分とした。グループワークの構成を表1に示す。

表1 グループワークの構成

時間	段階	内容	詳細
20分	1	個人による資料読解	資料を読み、各々内容をまとめる
20分	2	メンバーへの説明	段階1で得た情報をグループ全体で共有
20分	3	ディスカッション	段階1と2で得た情報をもとにテーマについて議論
20分	4	報告書作成	議論の内容を報告書として文書にまとめる

また、実験の様子を図5に示す。

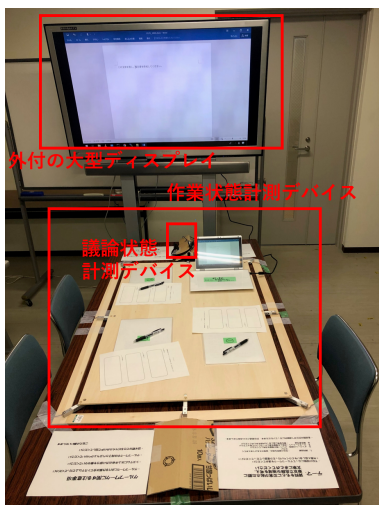


図5 実験環境

グループワークの後、被験者に自身が参加したグループワークの活動内容ごとの時間内訳の割合を質問した。グループワークの「作業」「議論」「静態」の合計の時間割合を100%とし、「作業」「議論」「静態」それぞれの時間割合の内訳を0~100%まで、10%単位で回答させた。なお、グループ内で一人でも作業を行っていたら、「作業」とした。また、「作業」と「議論」が同時に行われている場合は、どちらにも含めて、重複した時間をグループワークの合計活動時間に加算するものとした。

また、実験の様子は全てビデオカメラで撮影し、著者らが手動で各行動パターンへのタグ付けを行った。

5. 結果と考察

実験のビデオを確認しラベル付与を行った各活動内容ごとの時間と、合計時間に対する各活動の割合を表2に示す。実験を行った5グループをグループA~グループEとする。活動時間の合計値がグループごとに異なるのは、議論と作業が同時に行われている場合もそれぞれカウントしているためである。

表2 活動内容ごとの時間と合計時間に対する各活動の割合

グループ		作業	議論	静態	合計
		時間 [秒]	3387	3069	95
グループ A	割合 [%]	51.70	46.85	1.45	100
グループ B	時間 [秒]	3122	2549	394	6065
	割合 [%]	51.48	42.03	6.49	100
グループ C	時間 [秒]	3647	3578	46	7271
	割合 [%]	50.15	49.21	0.64	100
グループ D	時間 [秒]	3205	2822	186	6213
	割合 [%]	51.58	45.42	3.00	100
グループ E	時間 [秒]	3173	1901	533	5607
	割合 [%]	56.59	33.91	9.50	100

本システムの作業状態計測デバイスおよび議論状態計測デバイスによって得られたデータと、ビデオを用いてタグ付けしたデータを比較し、それぞれのデバイスの判定精度を計算した。デバイスの判定精度を実験を行った5グループをグループA~グループEとする。各グループおよび全体の判定精度の結果を以下の表3に示す。

表3 デバイスの判定精度

	作業の判定精度	議論の判定精度
グループ A	99.22%	99.17%
グループ B	98.01%	98.38%
グループ C	68.86%	88.67%
グループ D	90.71%	68.18%
グループ E	95.02%	98.66%
全体	90.36%	90.61%

表3より、全体の作業や議論の判定精度は、それぞれ90%以上であった。グループワークの活動内容を分類する上で、十分な判定精度であると考えられる。しかし、いくつかのグループで、判定精度が低い結果となった。このうち、作業の判定精度が他グループと比較して低かったグループCは、配布した資料を机から離し、空中に保持して閲覧するなど、机上に触れない作業が多かったことが原因だと考えられる。この問題の解決方法として、レーザー距離センサなど、荷重以外のセンサとの併用が考えられる。また、議論の判定精度が低かったグループDは、議論の際の発話音量が小さかったため、議論状態計測デバイスが「議論」として判定できなかったことが原因として考えられる。この問題の解決方法として、議論計測デバイスの指向性マ

イクの位置の検討や、グループや個人によって議論を行っている」と判断する閾値を変更することが考えられる。

また、実験後のアンケートにおいて、被験者に参加したグループワークの活動内容ごとの時間内訳の割合を質問した結果を以下の図6に示す。各棒グラフのa~oは被験者を表す。被験者a~cがグループA、d~fがグループB、g~iがグループC、j~lがグループD、m~oがグループEのメンバーである。棒グラフの見出しに*がついているのは、グループワークの報告書作成の段階において、実際に文書を作成する役割を担った被験者である。

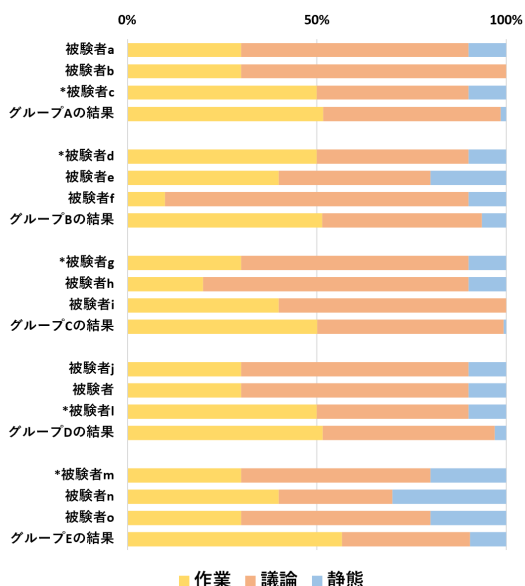


図6 被験者による活動内容ごとの時間内訳予想と実際の結果

図6についてさらに比較するため、被験者による時間内訳の割合予想と実際の割合との差の絶対値を表4に示す。図6と同様に、被験者a~cがグループA、d~fがグループB、g~iがグループC、j~lがグループD、m~oがグループEのメンバーである。棒グラフの見出しに*がついているのは、グループワークの報告書作成の段階において、実際に文書を作成する役割を担った被験者である。

表4はそれぞれの値が小さいほど、被験者が実際の値に近い時間内訳の割合を予想したということを意味する。ここで、全体平均とは、被験者15名の時間内訳の割合予想と実際の割合との差の平均値である。また、報告書作成者平均とは、*のついた被験者5名の平均値である。表4より、報告書作成者平均は全体平均を下回る結果となった。このことは、報告書作成者が他の被験者に比べ、実際の値に近い時間内訳の割合を予想したということである。このような結果となった理由として、報告書作成者は、グループワークの4つ目の段階である報告書作成の際、実際に手を動かして作業を行ったため、これを「作業」と判断しやすかったからではないかと考えられる。報告書作成者1名のタイピング作業も「作業」として判定するため、報告書

表4 被験者による時間内訳の割合予想と実際の割合との差(単位: %)

	作業	議論	静態	個人/グループ平均
被験者 a	21.7	13.2	8.6	14.5
被験者 b	21.7	23.2	1.4	15.4
(*) 被験者 c	1.7	6.8	8.6	5.7
グループ A の平均	15.0	14.4	6.2	11.9
(*) 被験者 d	1.5	2.0	3.5	2.3
被験者 e	11.5	2.0	13.5	9.0
被験者 f	41.5	38.0	3.5	27.7
グループ B の平均	18.1	14.0	6.8	13.0
(*) 被験者 g	20.2	10.8	9.4	13.4
被験者 h	30.2	20.8	9.4	20.1
被験者 i	10.2	10.8	0.6	7.2
グループ C の平均	20.2	14.1	6.5	13.6
被験者 j	21.6	14.6	7.0	14.4
被験者 k	21.6	14.6	7.0	14.4
(*) 被験者 l	1.6	5.4	7.0	4.7
グループ D の平均	14.9	11.5	7.0	11.1
(*) 被験者 m	26.6	16.1	10.5	17.7
被験者 n	16.6	3.9	20.5	13.7
被験者 o	26.6	16.1	10.5	17.7
グループ E の平均	23.3	12.0	13.8	16.4
全体平均	18.3	13.2	8.1	13.2
(*) 報告書作成者平均	10.3	8.2	7.8	8.8

作成者でない被験者はこれを「作業」と判断することが容易ではないと言える。

また、グループワークの活動内容ごとの全体平均について、「作業」は18.3%、「発言」は13.2%、「静態」は8.1%となり、「作業」が最も実際の値から遠く予想される結果となった。このような結果となった理由として、先述したように報告書作成者などの個人による作業も「作業」として判定するため、予想が困難であったことが考えられる。

また、本実験では、被験者にグループワークの「作業」「議論」「静態」の合計の時間割合を100%とし、「作業」「議論」「静態」それぞれの時間割合の内訳を0~100%まで、10%単位で回答させた。また、グループ内で一人でも作業を行っていたら、「作業」とした。「作業」と「議論」が同時に行われている場合は、どちらにも含め、重複した時間をグループワークの合計活動時間に加算するものとした。被験者にとって、グループワークを行いながら、他の被験者の個人作業の時間や、「作業」と「議論」が重複した時間を考慮しつつ、これらの時間割合の内訳を把握するのは困難であると考えた。したがって、本実験では、グループワークを20分ごとに区切って4つの段階に分かれた設計とした。グループワークにおいて「作業」と「議論」が同程度の割合になると想定したが、全体平均は13.2%となり、実際の値とは異なる結果となった。実際の授業においては、必ずしも「作業」と「議論」が同程度の割合になるように設計されているわけではない。本実験よりも、グルー

プワークの時間割合の内訳を把握するのは困難であると考えられる。

6. おわりに

本研究では、グループワークの活動内容の時間内訳を学習者に提示することによって、学習者が目標とする時間配分でグループワークが進められるよう支援することを目的とした。学習者にグループワークの活動内容ごとの時間内訳をリアルタイムに提示するシステムを提案し、被験者によるグループワークを対象とした判定精度の評価実験を行った。実験より、実験室内におけるグループワークにおいて判定精度の評価を行ったところ、「作業」と「議論」の検出が可能であることが明らかになった。

今後の課題として、まず静態の識別を可能とすることがあげられる。次に、デバイスの判定精度を上げることを検討する。ロードセル以外のセンサとの組み合わせや、マイクの位置や閾値の設定などを検討する。さらに、デバイスにより検出した情報をリアルタイムで可視化し、グループワークの支援を行っていく。

参考文献

- [1] 新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～(答申). http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2012/10/04/1325048_1.pdf. 閲覧日:2018年2月7日.
- [2] 鈴木華保, 関根凜, 江木啓訓. 発話検出と机上作業の荷重計測によるグループ活動時間可視化システム. 情報処理学会第81回全国大会講演論文集(第四分冊), pp. 45-46, 2019.
- [3] 本田新九郎, 富岡展也, 木村尚亮, 大澤隆治, 岡田謙一, 松下温. 作業者の集中度に応じた在宅勤務環境の提供ー仮想オフィスシステム valentine. 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 5, pp. 1472-1483, 1998.
- [4] 中村和晃, 角所考, 村上正行, 美濃導彦. e-learning における学習者の顔動作観測に基づく主観的難易度の推定. 電子情報通信学会論文誌D, Vol. J93-D, No. 5, pp. 568-578, 2010.
- [5] 今井淳南, 村尾和也, 寺田努, 塚本昌彦. 荷重センサを用いた机上動作の認識システムの設計と実装. マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, Vol. 2013, pp. 1180-1187, 2013.
- [6] 谷堯尚, 山田誠二. 机上にかかる圧力を用いたユーザの割り込み可能性推定. 人工知能学会論文誌, Vol. 29, No. 1, pp. 129-136, 2014.
- [7] 関根凜, 浅井康貴, 江木啓訓. 教室における発言促進のための音環境生成システムの基礎評価. マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2018), pp. 637-642, 2018.