

学習者の発言機会を均等にする議論訓練システムの提案

江木 啓訓¹ 岡澤 大志¹ 石川 誠彬¹

概要：本研究では，議論参加者が通知される議論状況を読み取り，訓練を行うシステムを提案する．議論状況を俯瞰する能力，発言機会を調整する能力の習得を目的とする．教育現場において，学習者に能動的な学習を促す協調学習が導入されている．協調学習の一つとして，グループで議論を行うことで学習する協調的議論がある．協調的議論を行い，客観的に振り返ることで，コミュニケーションの能力，批判的思考力の向上が期待されている．本研究では議論中に介入を行うシステムを提案する．議論状況を即時に提示するシステムを開発し，議論参加者が議論状況を把握する能力を習得できるよう支援する．また，開発するシステムを用いることで，学習者が議論中の発言の機会を均等にできるようになるかを検証する．

Proposal of A discussion training system for equalizing occasion to speak

Hironori Egi¹ Taishi Okazawa¹ Naruaki Ishikawa¹

1. はじめに

近年，教育現場において，学習者に能動的な学習を促すためにグループ活動が活用されている．このような活動の背景には，協調学習の導入が進められていることがある．協調学習は，学習者がグループの中でお互いに教え合い，協力しながら学習を進めることで，互いの知識理解を深め合う相互依存的な学習である [1]．協調学習の一つとして，グループで議論を行うことで学習する協調的議論がある．協調的議論を行い，客観的に振り返ることで，問題解決やコミュニケーションの能力，および批判的思考力の向上が期待されている

一方，グループ活動の個人の貢献を測ることが難しいことや，グループ活動への積極性が失われてしまうなどの問題点が挙げられている．このような問題を解決するために，グループ活動における発言情報から，発言状況の可視化を行い，学習者に提示することで自身の役割や貢献を理解できるように支援を行ってきた [2]．発言状況として，議論中の発言の時間を発言率，発言の回数を発言回数，学習者同士の発言の推移を発言交代回数，議論中の無音の時間

を無音率として特徴量の算出を行った．議論後の振り返りで特徴量から作成した発言状況図を提示することで，振り返りの内容が変化するか実験を行った．

その結果，実際の議論の状況と被験者の主観的な評価に差があることがわかった．また，議論状況図を用いない振り返りに比べ，議論状況図を用いた際に，特徴量から論理的に役割などを振り返りがなされていた．

しかし，発言状況可視化システムによって議論の振り返り方法に働きかけることはできたが，議論の進め方そのものに影響を及ぼしてはいない．また，発言状況を捉えられるようになっておらず，議論の能力が向上したとは考えられない．この原因として，特徴量による定量的な可視化では，議論の振り返りの支援に適していないことが考えられる．上記の問題を解決するために，本研究では発言状況の提示方法を，議論状況図より即時に読み取ることが簡易な提示に変更する．また，議論を2回しか行っておらず，十分に支援が行えた状況とは考えられない．

本研究では，直前に行った議論の振り返りを行う際にはなく，議論を行っている最中に介入を行うシステムを提案する．リアルタイムに議論状況を提示するシステムを開発し，学習者が議論中の発言の機会を均等化する能力を身につけることを目標とする．このため，開発するシステムによって必ずしも議論の成果が上がるとは限らない．議論の

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

訓練を行うためのシステムであるため、発言状況の可視化手法は容易に理解できる方法とする必要がある。

2. 関連研究

2.1 対話状況からの発言推定

議論状況を定量的に分析して対話支援のために用いる研究として、発話状態時間長に着目した対話雰囲気推定がある [3]。この研究では、相槌や話題提供などの介入を行う対話支援ロボットの開発を目的として、2者間対話における発話状態時間長に着目した特徴量を抽出して対話雰囲気と発話時間特徴の関係性を調査している。この研究では、発話時間アルゴリズムを筆者らが分類して決定している。さらに、ベイジアンネットワークで発話時間特徴と対話雰囲気との関係を機械学習させて、ロボットに対話雰囲気を推定させる。結果として、ロボットは議論の対話内容から「盛り上がり」「まじめさ」「親密さ」の推定において、80%を超える高い全体正答率だった。また、対話相手の発話が盛り上がっているときに発言が被ることが多いことがわかった。このことから、議論を分析するにあたり、発言の被りを考慮した特徴量の決定が必要であることがわかった。本研究では、議論状況を表す特徴量として、全学習者が無音状態である時間の割合と、各学習者が発言を行っている発言の割合を合計した値（重複係数）を利用する。重複係数から、学習者の発言の重複の割合を確認することができるため、議論中の「盛り上がり」を確認できると考えた。

2.2 対話の可視化

日常的な環境で発言状況をリアルタイムで可視化する手法として、スマートフォンの内蔵マイクを用いて発言状況を可視化したグラフを作成する研究がある [4]。この研究では、会話に関する参加、相互作用の統計を生成するためのアプリケーションである RTDS を開発して、運用実験を行っている。特殊なハードウェアに依存することなく、スマートフォンだけで発言状況を可視化できるとしているが、話者の座席位置や距離に制約がある。また、可視化手法が議論にどのように影響を与えるのか検証を行っていない。

議論状況を直感的に可視化する手法として、対面型共同学習を支援するための対話型テーブルを開発した研究がある [5]。この研究では、議論における学習者の参加状況が不均衡にならないように、発言の割合に基づいて専用の机に LED を点灯する。学習者は机に表示される LED を見ることで、参加のバランスが取れているかを確認できる。学習者が LED を見ること、LED の表示を邪魔と感じる学習者が少なかったことが明らかになった。しかし、発言状況の均衡が重要であると考えている学習者に対して、LED による可視化だけでは期待通りの発言の均衡を保つことができなかった。また、参加率の低い学習者の一部は、可視化される内容について不満を感じていた。本研究では、発言

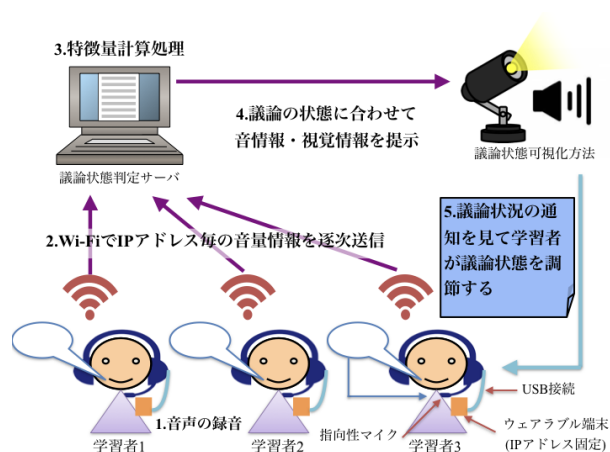


図 1 関心度推定システムの構成

率の低い学習者が強い不快感を感じないシステムを構築することが重要としている。そのため、この研究と同様の可視化手法を用いることは適切ではないと考えた。

3. 発言状況に基づく議論訓練

本研究は、学習者の発言機会を均等にすることを目的として、議論に参加する学習者が訓練を行うシステムを構築する。協調的議論のプロセスを学習の機会とするためには、全ての学習者が議論に参加できることが望ましい。発言機会を均等にするためには、議論中に全ての学習者が発言状況の一部を明確に把握できる必要があると考えた。そのため的手法として、議論に参加する学習者の訓練のために、議論中に発言状況の可視化を行う。グループ活動における発言に基づいて、可視化した発言状況を学習者に提示する。これによって、自分自身やグループ全体の議論状況の理解を支援する。

本研究では、特徴量の算出を学習者の発声から得られる発声の頻度と音量値のみから行った。これにより、人間の判断を踏まえた発言内容に基づく議論の分析を行う必要がないシステムとした。

本研究における議論訓練システムは、発言の偏りが大きい場合に、最も発言が多い学習者を一時的にファシリテータとすることで発言機会の集中を緩和させる。また、全ての学習者について、発言機会の偏りを把握できるようになることを目指す。このようにすることで、「均等に話を振ること」や「参加者の状態把握」への足場掛けになると考えた。

4. 議論訓練システムの構成

本研究で提案する議論訓練システムは、発話収集デバイスと議論状況通知デバイスからなる。システム構成を図1に示す。

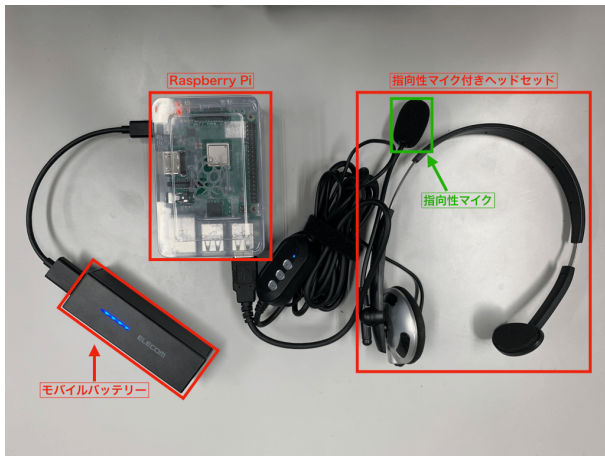


図 2 関心度推定システムの構成

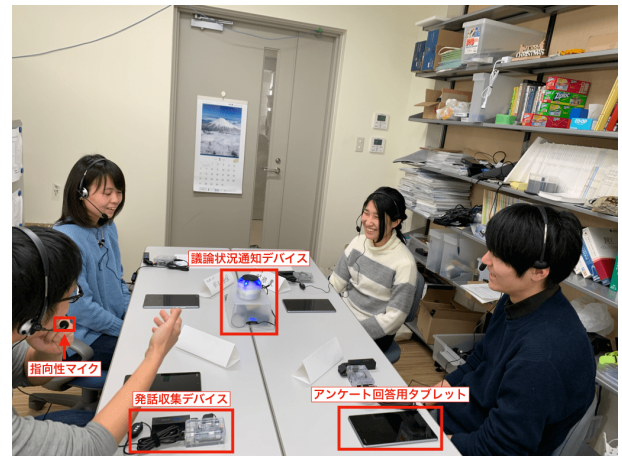


図 4 関心度推定システムの構成

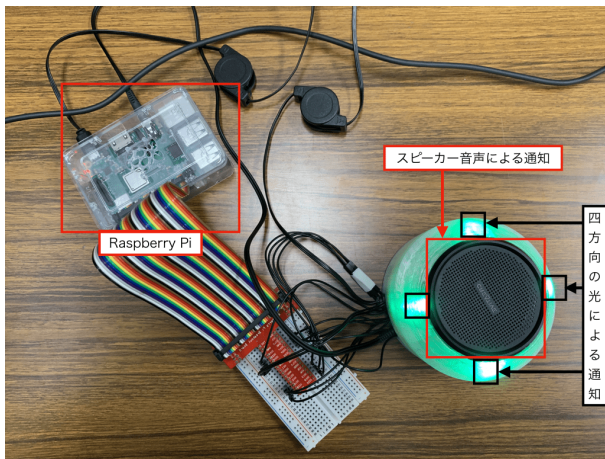


図 3 関心度推定システムの構成

4.1 発話収集デバイス

各学習者の特徴量を算出するために、ウェアラブル端末を用いて学習者の議論における発言状況の取得と録音を行う。発話収集に用いるウェアラブル端末は、ワンボードコンピュータに指向性マイクのついたヘッドセットとモバイルバッテリーを接続したものである。使用するウェアラブル端末を図 2 に示す。録音される音声ファイルはウェアラブル端末内に保存され、モノラル、量子化精度 16 ビット、サンプリングレート 48,000Hz で録音される。

4.2 議論状況通知デバイス

算出された特徴量を通知するために、LED ライトとスピーカーを用いる。議論状況可視化に用いる議論状況通知デバイスは、ワンボードコンピュータに LED ライトとスピーカーとモバイルバッテリーを接続したものである。光による通知がグループ全体に見えるように、LED ライトはスピーカー側面の 4 方向に設置して、PLA 樹脂のカバーを取りつけた。議論状況通知デバイスを図 3 に示す。

4.3 通知手法

これまでの対話分析システムにおいて提案した特徴量 [6] と重複係数を算出し、学習者に議論状況を通知する。重複係数は、全ての学習者の発言の割合と無音の割合を足した値とする。n 人が議論する場合の最低値を 1、最大値を n とする。本システムでは、各学習者の発言率は独立して計算されるため、複数の学習者が同時に発言している場合は重複係数は高くなる。この値から、発言の偏りを確認できると考えた。

議論状況の学習者への通知は、視覚情報を用いた LED ライトと、聴覚情報であるスピーカーからの音声を組み合わせで行う。以下に通知の方法を示す。

光による通知 LED ライトは常時点灯しており、無音率の高低によって色が変化する。無音率が閾値未満だと青色、閾値よりやや高いと緑色、閾値より大幅に高いと赤色が点灯する。

音声による通知 学習者全員に聞こえる位置にスピーカーを設置する。学習者の間で発言率に偏りがある場合、システムが発言率の高い学習者の名前を通知して、発言交代を促す音声を自動再生する。

特定の学習者の発言率が高い場合に、その学習者の発言に割り込むために聴覚情報で通知する。発言率の高い学習者が自分自身の状況を把握することで、他の学習者に発言機会を譲渡可能になると考えた。音声による通知を行う際は、全ての学習者に正確に聞こえるように、制御を行っているワンボードコンピュータと音声を流すスピーカーの音量はどちらも最大に設定した。

また、無音率が高い場合は、議論が活発ではないと考えられる。このような状況においては、視覚情報で通知する。LED ライトの光を見ることによって、グループ全体での無音率が高いことがわかるため、グループ全体に発言を促せると考えた。実験における議論中の学習者および機器のレイアウトを図 4 に示す。

4.4 通知条件

議論状況の通知を行う際に、通知を行う単位時間の決定を行う必要がある。本研究では、通知を行う単位時間を20秒、1秒以上の音声入力を発言と扱うこととした。

本システムの閾値の決定のため、大山らの研究 [2] を、1秒以上の音声入力を発言として分析を行った。この結果から、本システムのLEDライトの色は、無音率の平均値と標準偏差を元に決定した。LEDライトの色は20秒単位で変化するようにし、直前の20秒の無音率が30%以下の場合には青色、30%から53%の場合には緑色、53%より大きい場合は赤色のLEDが点灯する。無音率の30%は平均値、53%は平均値に標準偏差を足した値を小数点第一位で四捨五入した値である。

スピーカーによる音声の通知は、20秒毎に判定が行われる。通知が行われる場合は、全ての判定条件を満たした場合のみ学習者に通知が行われる。本システムにおける音声による通知は「Aさん(学習者の姓)、Aさん(学習者の姓)、ほかのひとにはなしをふってください」のように、学習者の姓を含めた合成音声の再生とする。学習者の氏名を含む音声通知のために、合成音声ソフトであるOpen JTalkを使用する。判定は各学習者毎に行う。音声の通知の条件は以下のようになっている。

- (1) 直前の20秒の発言率が40%より大きい
- (2) 直前の20秒の重複係数が1.27未満である
- (3) (1)(2)の条件を2回連続で満たしている

発言率の40%は、平均値に標準偏差を足したものより小さい値、重複係数は第三四分位の値を小数点第一位で四捨五入した値となっている。(3)の条件を設定した理由として、20秒程度の音声が発言の意味的な区切りと考えられているため、40秒単位で議論を占領しないように設定した。この条件で大山らの研究 [2] の各グループのデータと照合して、通知が行われる条件を満たしているか確認してみたところ、6グループ2回分の計12回の議論のうち、11回通知判定が真になっていたことがわかった。そのため、本研究の条件として十分に通知可能な条件だと考えた。

5. 議論訓練システムの評価実験

5.1 実験内容

議論訓練システムを用いることで、学習者自身に議論を客観視させ、発言機会の偏りを認識させることが可能か調査するために評価実験を行った。被験者を集めて議論を行ってもらい、発言状況可視化システムを運用する実験を行った。被験者は理工系の大学生および大学院生24名である。24名を4名ずつのグループに分け、計6グループでそれぞれ実験を行った。議論状況通知デバイスによる通知を行う実験群3グループと、議論状況通知デバイスによる通知を行わない統制群3グループを設定した。議論は4回行い、各被験者の発言状況の特徴量を議論の最中に算出し

た。議論のテーマは予備実験同様、被験者の個人的背景や知識による発言の偏りを考慮し、被験者全員が発言できる項目とした。「大学入試センター試験は必要か」「義務教育の科目の中で、一つをなくすとしたらどれか」「修学旅行で行きたい場所はどこか」「次の元号には何が良いか」と設定した。

1回目、2回目、3回目の議論では、被験者にはテーマについて自由に話すように指示を行い、議論の結論を求めなかった。4回目の議論では、グループ全体で1つの案を決定するように指示を行った。

実験群には算出された特徴量を用いて議論状況通知デバイスから光と音による通知を行った。また、4回目の議論では、議論状況通知デバイスによる通知は行わず、統制群と条件を揃えて議論を行った。4回目の議論の終了時に、両群共通でアンケートを行った。

実験を行う前に、議論訓練システムの概要と議論状況通知デバイスの通知方法について説明を行い、デモンストレーションも行った。その後、各被験者にウェアラブル端末を装着させて、自己紹介を兼ねてマイクの入力を確認した。全ての実験において、実験の実施場所は同様とした。

全ての議論終了後、実験群にはシステムの動作を予測するアンケートを行った。実験はビデオカメラによる録画と各被験者毎の発話音声の録音を行った。

5.2 アンケート

アンケートの内容と結果の評価方法について示す。4回目の議論終了時に、アンケートを行った。被験者は自身を含むグループ全員の発言率の高い順位と発言回数の多い順位をそれぞれ予測した。アンケートの項目は以下のようになっている。

Q1 最後のディスカッションに参加した人(自分を含む)を「発言時間の割合(発言率)が高い順」で順位をつけて名前を回答して下さい

Q2 最後のディスカッションに参加した人(自分を含む)を「発言の回数が多い順」で順位をつけて名前を回答して下さい

6. 実験結果

各議論における被験者全員の特徴量の平均を、統制群は表1に、実験群は表2にそれぞれ示す。「一人あたりの」特徴量は被験者毎に算出されている値、「グループの」特徴量はグループ毎に算出された値である。また、「他者交代」は「他者への発言交代回数」、「自身交代」は「自身への発言交代回数」のことを表している。

1回目から3回目までの議論では、実験群に議論状況通知デバイスを用いて議論の訓練を行った。4回目の議論では、実験群と統制群の実験条件を同様としている。そこで、4回目の議論の各特徴量に差があるのか検定した。マンホ

表 1 特徴量の平均と分散 (統制群)

議論 (回目)	一人あたりの 発言率 (%)	一人あたりの 発言回数 (回)	一人あたりの 他者交代 (回)	一人あたりの 自身交代 (回)	グループの 無音率 (%)	グループの 重複係数
1(平均)	23.15	36.67	25.69	11.17	29.67	1.22
2(平均)	26.63	43.33	37.64	11.42	29.47	1.36
3(平均)	27.94	44.67	41.81	8.83	33.71	1.45
4(平均)	27.71	51.67	49.72	8.58	37.49	1.48
1(S.D.)	4.94	5.32	9.90	5.41	9.99	0.10
2(S.D.)	6.90	9.26	16.15	4.48	9.75	0.18
3(S.D.)	8.19	8.43	15.95	1.85	11.34	0.21
4(S.D.)	7.72	6.51	18.49	1.31	9.58	0.22
平均	26.36	44.08	38.72	10.00	32.59	1.38
S.D.	7.30	9.23	17.72	3.91	10.71	0.21

表 2 特徴量の平均と分散 (実験群)

議論 (回目)	一人あたりの 発言率 (%)	一人あたりの 発言回数 (回)	一人あたりの 他者交代 (回)	一人あたりの 自身交代 (回)	グループの 無音率 (%)	グループの 重複係数
1(平均)	18.17	25.17	10.61	16.50	35.97	1.09
2(平均)	18.88	28.00	14.33	15.08	36.11	1.12
3(平均)	27.05	40.67	34.78	11.92	31.19	1.39
4(平均)	25.20	44.08	37.67	10.83	39.07	1.40
1(S.D.)	1.36	3.23	2.72	3.69	2.71	0.03
2(S.D.)	3.29	2.48	5.15	2.20	8.28	0.07
3(S.D.)	11.21	9.73	22.58	3.57	10.72	0.34
4(S.D.)	10.30	7.71	18.45	0.72	15.00	0.26
平均	22.33	34.48	24.35	13.58	35.59	1.25
S.D.	8.72	10.37	19.10	3.63	10.58	0.26

イトニーの U 検定の結果, 他者への発言交代回数において $p < 0.05$ の有意差がみられた. このことから, 議論訓練システムは被験者に変化を及ぼしたと考えられる. 一方で, その他の特徴量については有意差がみられなかった.

6.1 4 回目の議論のアンケート結果

4 回目の議論で, 統制群および実験群に行ったアンケートの結果について示す. このアンケートでは, 被験者が発言率と発言回数の相対的順位を把握できているのか確認した. 統制群と実験群に分けて, それぞれの被験者の回答に正解数をつけた. アンケートの正解数の平均と標準偏差を表 3 に示す. なお, 発言回数が同率順位のグループがあったため, その場合は 2 つの順位で算出した.

統制群と実験群の点数に有意な差があるのかを検定する. マンホイットニーの U 検定の結果, $p < 0.05$ で有意差がみられた. そのため, 統制群より実験群の方が, 発言率の相対的な順位が予測できたと考える. 4 回目の議論では, 実験群にも議論訓練システムを用いていないため, 1 回目から 3 回目までの議論で議論訓練システムを用いたことによって発言率の差を予測する能力が向上したと考えられる.

一方で, 発言回数については, 同率順位を考慮して 2 つの場合で検定を行ったが, 有意差はみられなかった. 議論

状況通知デバイスによる通知では, 発言回数を特徴量として用いていない. このことから, 議論訓練システムを用いても, 直接提示していない特徴量の差を捉えることは難しいと考えられる.

6.2 考察

本システムでは, 議論における特徴量を用いて議論状況の通知を行った. システムによって, 議論状況が変化するかを確認したところ, 他者への発言交代回数がシステムの有無によって有意に変化していた. 本研究における議論訓練システムは, 実験の結果から, 発言機会を均等にすることに影響を与えていると考えられる. このことから, 発言機会を均等にするための議論訓練システムを構築することが可能だと言える. ただし, 他者への発言交代回数については, 現在は最適値を算出するためのコーパスがないため, どの値が正しいのかは不明瞭である. 本研究では, この値が有意に下がっていたため, 発言の遷移はより遅くなったと考えられる. 今後は, 発言機会を均等にすることに繋がるのかを検証するための評価実験を行う必要がある.

4 回目の議論について, 統制群と実験群を比較するために行ったアンケートでは, 統制群と比べて実験群が有意に発言率の偏りを把握できていると考えられる結果が得られた. このことから, ファシリテーション能力の向上に役に

表 3 発言率と発言回数の順位づけの結果

	発言率 (統制群)	発言回数 (統制群)	発言率 (実験群)	発言回数 (実験群)
平均	1.08	1.50	2.42	2.08 or 1.58
S.D.	0.86	0.96	1.19	1.26

立つシステムである。

インタビューの結果から、議論状況通知デバイスの通知は音による通知であれば通知に気がつくと考えられる。一方で、議論中の通知による否定的な感情について、本研究では議論の発言機会を均等にできるような訓練を目的としているため、否定的な感情を感じさせることよりも発言機会の偏りを是正することが重要とした。

実験結果を踏まえると、議論訓練システムによってグループを通して発言の状況が変化したと考えられる。本研究の目的は、発言機会を均等にすること、およびファシリテーション能力を身につけることである。これらの結果から、本システムは目的にあった機能を備えていた可能性が示唆される。

7. おわりに

本研究では、議論に参加する学習者がリアルタイムに提示される議論状況を読み取り、訓練を行うシステムを提案した。本研究の目的は、相手に発言機会を与えられる能力を身につけることである。そのため、発言機会を均等にすることを目的とした議論訓練システムを作成して、評価実験を行った。

この結果、同様の実験条件の議論において、被験者が発言の割合の相対的な順位を把握できていたことがわかった。また、同様の実験条件の議論において、他者への発言交代の回数に有意な差がみられた。このことから、本システムを用いて訓練を行うことで、発言機会の調整方法に影響を及ぼすことがわかった。

今後の課題として、システムによる通知が最適か検証することがあげられる。インタビューの結果から、音声による通知が遅れる場合があることがわかった。音声による通知を行うタイミングでは、通知対象者が現在発言を行っているかを考慮してリアルタイムで調整を行うことが望ましい。本研究では 20 秒を単位時間として判定を行っていたが、通知を行うタイミングと通知判定に用いる単位時間を分離し、通知はより細かい期間で行うように変更する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP17H02001, JP19K03175, JP19H01710 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Heimo H. Adelsberger, Kinshuk, and Jan Martin Pawlowski. Handbook on Information Technologies for Education and Training. Springer Publishing Company, Incorporated, 2nd edition, 2010.
- [2] 大山涼太, 岡澤大志, 江木啓訓. 協調的議論における発言状況可視化システムの提案. 情報処理学会第 80 回全国大会講演論文集, 第 4 巻, pp.41-42, 2018.
- [3] 豊田薫, 宮越喜浩, 山西良典, 加藤昇平. 発話状態時間長に着目した対話雰囲気推定. 人工知能学会論文誌, Vol.27, No.2, pp.16-21, 2012.
- [4] Pascal Bissigy, Jan Deriuy, Klaus-Tycho Foerstery, and Roger Wattenhofer. Rtds: Real-time discussion statistics. Proceedings of the 15th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, pp. 267-271. ACM, 2016.
- [5] Khaled Bachour, Frederic Kaplan, and Pierre Dillenbourg. An interactive table for supporting participation balance in face-to-face collaborative learning. IEEE Transactions on Learning Technologies, Vol. 3, No. 3, pp. 203-213, 2010.
- [6] 岡澤大志, 石川誠彬, 江木啓訓. 発言機会を均等にする議論訓練システムにおける提示手法, インタラクシオン 2019 予稿集, pp.901-904, 2019.