

オンライン対話システムを利用した 創造的な問題解決を実現する多重参与デザイン

市川 雅也^{1,a)} 竹内 勇剛^{2,b)}

概要：一般に対面状況における教室やオフィスでは、単一の空間に複数の対話を同時に存在させることが可能である。このことは参加者それぞれが複数の対話に多重的に参与することを通して、容易に他者の意見に触れられる機会を与えており、授業や会議全体のコミュニケーションにおける創造性や理解性の向上に貢献していると考えられる。ところが多くのオンライン対話環境では、参加者が同じ授業や会議において複数の対話に掛け持ちして参加することは許容されておらず、他者の発想や価値観に触れられる機会が喪失している。そこで本研究はオンライン環境において多重的な参与を許容することが創造的な問題解決やそのための議論の実践を促進させるかを明らかにするために、擬似的なオンライン対話環境において問題解決を行う複数のグループが、それぞれ他のグループの意見に接触できない／常に接触できる／制限付きで接触できる状況において展開する議論の創造性を比較する実験を行った。本稿では進行中の実験の暫定的な結果に基づき、複数の対話場を包含する授業や会議コミュニケーションにおける議論の創造性や理解性を向上させる対話場間のデザインについて議論する。



図 1: 対面とオンラインとの対話場の構造の違い

間に複数の対話場を同時に存在させることが可能である。例えば授業におけるグループワークが一つの教室で実施される場合、授業者（講師、教師、教員）によって組織化された対話場（Organized 場）は教室一帯に点在しており、それらはしばしばオーバーラップしている（図 1a）。対面状況のように一つの空間に複数の対話が点在している状況は、学習者（児童、生徒、学生）が複数の対話に対して多重的に参与すること（多重参与）を許容している。このような状況は、学習者にあらかじめ参与している Organized 場に留まって対話するだけでなく、学習者が主体的に他の対話場に赴いて情報交換したり、Organized 場の枠外において内々に対話の場を設けて議論したり（Unorganized 場）、そうした様子を周囲から傍観・傍聴したりすることで容易に他者の意見や発想に触れられる機会を与えている。このことは授業全体の議論の創造性やコミュニケーションの理解性の向上に貢献していると考えられる。ところが既存のオンライン環境では、各対話はそれぞれが個別のチャンネルで管理されることが主流であり、その構造から参加者が複数の対話に多重参与することは許容されていない（図 1b）。したがってオンライン環境では、対面状況で与えられているような学習者各個を主体とした Organized 場の外での対話機会が喪失してしまっている。こうした状況は構造的に外部の情報に触れる機会を失っているだけでなく、それ故に各対話場での多様性が損なわれ、結果として自身の態度

1. はじめに

一般に対面状況における教室やオフィスでは、一つの空

¹ 静岡大学大学院総合科学技術研究所

² 静岡大学創造科学技術大学院

a) ichikawa.masanari.18@shizuoka.ac.jp

b) takeuchi@inf.shizuoka.ac.jp

に反する意見を意図的に避けるといったエコーチェンバー現象の温床にもなりやすいと考えられる。今後も知的な交流の場としてオンラインコミュニケーションは広く利用される見込みがある一方で、他者との見解や価値観の相互的な共有、それらに基づく協働的な問題解決やそのための議論が十分に実践できない現在の状況が問題であり、これに取り組む必要がある。

対話を伴う協働的な問題解決に関しては、これまでに認知科学や学習科学の領域を中心に多くの知見が蓄積されてきている。具体的には、特定の対話を行うグループメンバーが異なる背景知識 [1]、役割 [2]、方略 [3]、仮説 [4]、視点 [5] を有している場合には協働活動においてパフォーマンスが高まり、そうではなくメンバーが同質である場合には協働において正の効果を得られないことが示されている。またメンバーが特有の知識を十分に共有せず“タコソボ化”してしまう場合には、そのパフォーマンスは単独の場合と同程度かそれ以下であることが示唆されている [6]。こうした研究は、一方で単一の対話場における有効な協調手法を提示しているが、他方で対話場間での協調については十分に検討されていない。これは図 1a に示した対面状況の対話場の連続性を鑑みると、対面で実施する認知実験では、特定の反応がどの対話場に参与していたことに起因するのかを明確に区別することが困難だったことが一因だったと考えられる。一方でオンライン対話システムを利用したコミュニケーションであれば、対面状況における空間的な制約を受けることなく、また対話場間の接続状態を電子的に制御することができるため、対話場間の協働について検討する上で有用であると考えられる。

本研究はオンライン対話システムを利用し、複数の対話場に多重的に参与することが問題解決において有効であることを実験を通じて検証することを目的とする。具体的には 2 章で詳述する参与構造理論 [7] に基づいて整備されたオンライン対話環境を利用して、3 人組 × 3 チームの参加者が他のグループの意見に接触できない／常に接触できる／制限付きで接触できる状況での問題解決のパフォーマンスを測定する。また得られた結果をもとに、オンライン対話システムにおける対話場のデザインのあり方について議論する。本研究は対面状況／オンライン環境において、複数の対話場を包含する授業や会議コミュニケーションにおける議論の創造性や理解性を向上させる対話場間のデザイン提案に資するものであり、これを利用したオンラインでの学び合いや関わり合いの促進が図られることが期待される。

2. 多重的な参与構造のデザイン

2.1 参与構造理論

多人数で構成される対話場において聞き手の参与地位は一律ではない。例えば小中学校の授業参観では授業という

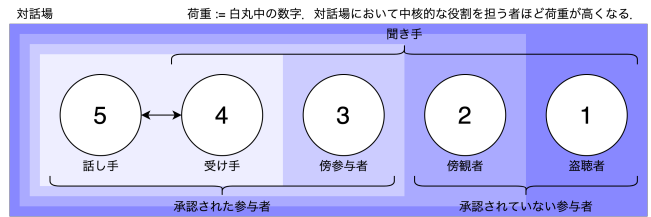


図 2: 参与構造モデル (Clark(1996)[8] を元に筆者が作成)

中心的な議論の聞き手のうち、生徒には授業内で発言する権利が与えられているのに対し、傍観する保護者には原則として発言権は与えられてない。Goffman (1981) はこのような対話場における聞き手の参与地位を図 2 のように区別した [7], [8]。参与者は「話し手になる権利があるかどうか」という基準で承認された参与者と承認されていない参与者に大別される。また図 2 では荷重が高い者ほど対話場において中核的人物となる。例えば図 1 の水色の破線領域で示された図 2 のモデルは単一の対話場における参与者の地位を一意に振り分けられる点において巧妙だが、実際の対話場面における多重参与状態を表現することに関しては際限がある。

2.2 対面状況／オンライン環境における多重参与

人は複数の音の中から任意の音を選択的に聴取できること (カクテルパーティー効果) はよく知られているが、これは言い換えれば人が複数の音に対して同時に聴取することが困難であること意味している [9], [10]。一方で図 1a に示したように対面状況では対話相互行為において参与の多重性がある [7], [11], [12]。これらのことから人は傍参与者以下の参与地位において多重参与を行なっていることが示唆される。対面状況において人は視線 [13], [14]、身体配置 [15]、姿勢 [16]、物理的な距離 [17]などを器用に制御することで、任意の対話場に対して適切な参与地位を保っていると考えられている。一方で既存のオンライン環境では 2.1 で言及した参与構造が破綻してしまっており、それぞれの参与者は特定の対話場に対して参与の程度を制御できないため、オンライン環境のみを利用して多重参与を実現したり、その効果を調査したりすることは困難であるといえる。

2.3 オンライン環境における多重参与構造のデザイン

本研究はオンライン環境において多重参与が実現した場合における参与者の振る舞いを調査するために、隔離された対面状況の対話場をオンライン対話システムを通して接続させることで、オンラインでの擬似的な多重参与状態を構築して実験を行った。この実験環境は対面状況で相互作用するプライマリな対話とオンライン環境を介して従属的に関わる対話を区分することで、両対話への参与程度を強制的に隔たりを設けており、仮にオンライン環境で参与地

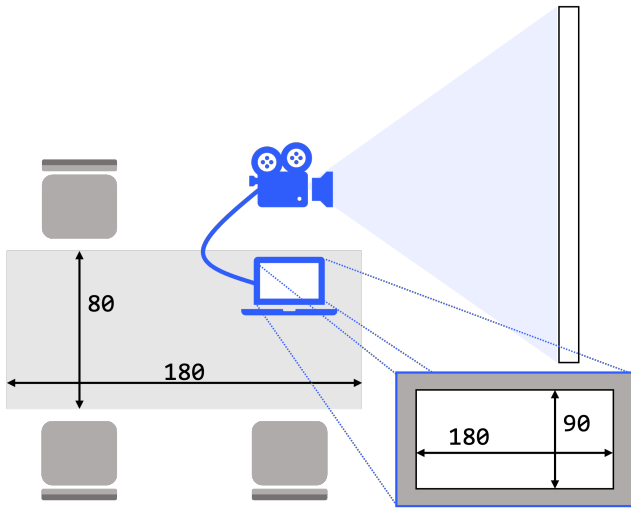


図 3: 実験環境 (数値の単位は cm)

位を制御できるようになった場合に観測可能な対話場間の相互作用をシミュレートすることができる。次章ではこの実験環境における集団問題解決を題材とした多重参与を伴う対話実験について述べる。

3. グループ同士の接触機会が異なる状況における集団問題解決実験

3.1 実験目的

本実験の目的は、多重的な参与構造を内包した対話環境が、問題解決を実践する複数のグループに対し、それぞれの議論の創造性を向上させるかどうかを検証することである。なお本実験における「創造性」は 3.5 で定義している。

3.2 実験環境

参加者は 9 名を 1 組とする 3 つの群に分けられ、各群が 3 つある実験条件のいずれかに割り当てられた。さらに各群の参加者は 3 人を 1 組とする 3 つのグループに分かれ、それぞれ異なる部屋に配置された。

実験は図 3 のように縦 80cm × 横 180cm の作業机、縦 90cm × 横 180cm のホワイトボードが設置された大学の講義室を 3 部屋使用して実施された。各部屋のホワイトボードの様子は常に Web カメラで撮影され、オンラインビデオ会議サービス ZOOM (以降「ZOOM」) を介して各グループのラップトップ PC に中継されていた。また各部屋の作業机にはラップトップ PC に加えて、十分な量の回答用紙 (図 4) と、いくつかの文房具 (水性マジック、鉛筆、消しゴム、養生テープ、スティック糊) が入った道具箱 (図 5) が設置されていた。

3.3 実験課題：一筆書き課題

一筆書き課題は制限時間 30 分のあいだに図 4 の回答用紙において、より多くの一筆書きパターンを案出することを目的とした課題であった。参加者は一筆書きを案出する

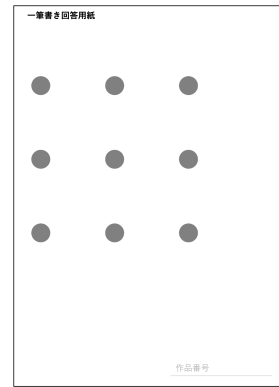


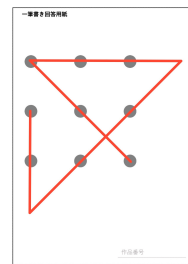
図 4: 回答用紙



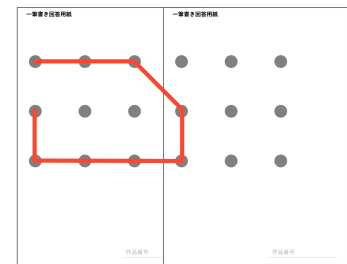
図 5: 道具箱

表 1: 一筆書きの得点換算表

辺の数 [本]	得点 [pts.]
≤3	0
4	500
5	5
6	10
≥7	0



(a) 点の外での屈折



(b) 糊を用いた用紙の貼り合わせ

図 6: 先入観を逸脱した一筆書きの例

たびに、それを回答用紙に書いて、各部屋のホワイトボードに掲示することで、最終的により多くの報酬 (ポーカーチップ) の獲得を目指すように指示されていた。各部屋に駐在する実験者は作品が 1 つ貼り出されるたびに、表 1 に基づいて採点し、参加者に得点分の報酬を付与した。なお一筆書きには以下のルール (1)~(3) の制約が設けられており、これに従わない作品は無得点とした。

- ルール (1) 9 つの点を一度だけ通る一筆書きであること
- ルール (2) 線が点の上で交差してはいけない
- ルール (3) グループ内での同一案、線対称体、回転対称体は認めない

上述のルールと表 1 の得点換算法に基けば、この課題において高得点を獲得するには、4 本の辺で構成された一筆書きを案出する必要があった。そのためには図 6 に示すように先入観を逸脱した方法によって一筆書きを実践する必要があった。

3.4 実験条件

実験は1要因被験者間計画において実施された。実験要因は一筆書き課題中のZOOMを介した他グループとの接触機会であり、無接続条件 (No access)、常時接続条件 (Constant access)、限定閲覧条件 (Limited access) の3つの水準を設けた。

無接続条件はZOOMによるグループ間の中継をしない条件であった。したがって無接続条件においては特定のグループで創出されたアイデアが他グループに流出することはなかった。

常時接続条件はZOOMによるグループ間の中継を30分間常時実施する条件であった。したがって常時接続条件では特定のグループで創出されたアイデアが他グループに流出する可能性があった。なおルール(3)より、自身のグループにはない他グループの作品の書き写しは認められており、そのことはあらかじめ参加者に説明されていた。

限定閲覧条件は90秒間だけZOOMでの他グループの中継映像を閲覧できる「ZOOM CARD」というアイテムが各グループに2枚ずつ配布されていた。限定接続条件の参加者は課題開始5分後から課題終了までの25分間にZOOM CARDを必ず2枚使用することが指示されていた。限定閲覧条件は常時接続条件と同様、ZOOMによるグループ間の中継を30分間常時実施しているが、その参加者はZOOM CARDを使用している90秒間×2回以外の時間は中継映像を見ることはできなかった。また常時接続条件と同様、他グループの作品の書き写しは認められており、参加者はそれを認識していた。

3.5 一筆書き課題における「創造性」の定義

一筆書き課題では議論における創造性を質 (Quality) と多様性 (Variation) の2因子を含む性質であると定義する。

議論の質とは、創出された作品の非凡性のことである。この課題では表1に準拠して、最も単純で容易に思いつく5本辺の作品は得点が低く、先入観が覆された4本辺の作品の得点が高く設定されている。特定のグループにおいて4本辺の作品が量産されることは、そのグループでは点外での屈折や回答用紙の貼り合わせなどの高度な戦略を前提とした高い水準の議論が行われていることを意味している。

議論の多様性とは、創出された作品の種類の数のことである。一般に多様であることと大量あるいは雑多であることは区別されるため、この課題では固有の特徴や新規性が認められない同一案、線対称体、回転対称体は作品として認めず無得点とした。また議論の質とも関わるが、机上の空論を許容すると多様性の発散が生じてしまうため、この課題ではそれを防止するために、辺の数が3本以下、あるいは7本以上の作品は認めず無得点とした。

3.6 観察項目

観察項目は3.5で言及した創造性の2要素に基づき、3グループ合計の4本辺の作品数、および作品種類数とした。3.1で言及したように、本実験の目的は多重的な参与構造を内包した対話環境が、問題解決を実践する複数のグループに対し、それぞれの議論の創造性を向上させるかどうかを検証することである。したがって個別のグループではなく、3グループで構成された群における議論の創造性に注目する。

3.7 仮説と予測

議論の質に関して、条件間において特定のグループが4本辺の作品を自力で編み出せる確率に差はないと考えられる。一方で特定のグループから4本変で一筆書きをする方策を取り入れることができれば、以降そのグループは高度な戦略を前提とした高い水準の議論を実践できる可能性が高まると考える。したがって常時接続条件 (*const*) と限定接続条件 (*lim*) では他グループのアイデアを自身のグループの作品として流用できるため、その4本辺の作品数は無接続条件 (*no*) より多くなるはずである。したがって実験条件間における議論の質を表す4本辺の作品数 Q は式(1)のようになると予測する。

$$Q_{no} \leq Q_{const}, Q_{lim} \quad (1)$$

議論の多様性に関して、3グループにおける議論の多様性とは、3グループの合計作品数のうちの作品種類数、言い換えれば合計作品数のうち重複しない作品数の割合に相当すると考える。したがって議論の多様性 V は、3グループの合計作品数 W 、3グループの作品種類数 K を用いて式(2)のように表すことができる。

$$V = \frac{K}{W} \quad (2)$$

無接続条件では W 、 K を変動させるような刺激は与えられない。これと比較して常時接続条件では、他グループのアイデアの書き写しによって自らが思考することなく得点を獲得できる状態が常に与えられている。このことは3グループのそれぞれが容易に作品数 W を増加させる反面で、3グループ合計の作品種類数 K が増加しないことを意味している。限定閲覧条件では、他グループのアイデアの書き写しによって W のみが増加する状況があるが、常時接続条件に比べて、非閲覧時には他グループから取り入れたアイデアをもとに他グループと重複しない新しいアイデアを創発できる可能性が高いといえる。つまり議論の多様性の観点において、限定閲覧条件は無接続条件と比較して W 、 K の両方が増加する可能性があり、直接的な比較は難しい。したがって実験条件間における議論の多様性は式(3)のようになると予測する。

$$V_{const} \leq V_{no}, V_{lim} \quad (3)$$

表 2: 各グループの一筆書きの作品数

	無接続条件			常時接続条件		
	X	Y	Z	X	Y	Z
4 本	1	0	0	0	3	1
5 本	8	5	4	3	6	8
6 本	27	39	32	15	24	16
グループ毎の合計	36	44	36	18	33	25
3 グループの平均	38.67			25.33		

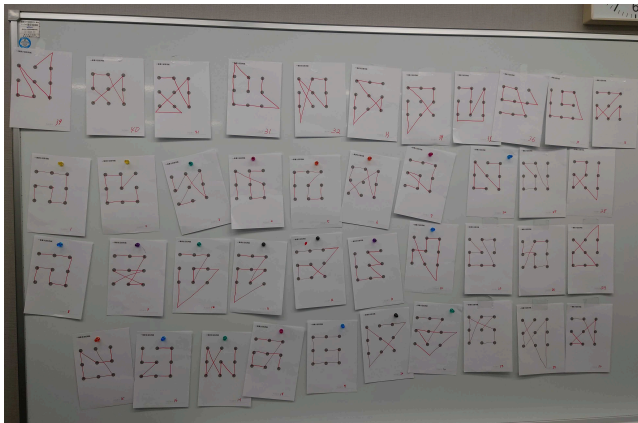


図 7: 一筆書きが掲出されたホワイトボードの様子

図 7 は無接続条件のグループ X の様子であり、一筆書きを点の外で屈折させている作品が散見される。

3.8 暫定結果

本稿執筆時点では無接続条件と常時接続条件の実施を終え、近く限定閲覧条件の実施を予定している状況であり、各条件 3 グループの合計の作品種類数 K を数学的に判定する手法を模索している段階である。

ここでは暫定結果として、表 2 に無接続条件と常時接続条件における各グループ (X, Y, Z) の一筆書きの作品数 W を示す。図 7 は実験終了時の一筆書きが掲出されたホワイトボードの様子である。

2つの条件における作品数においてウェルチの t 検定を行った結果、3.7 の予測に反し、常時接続条件における作品数は無接続条件に比べて少なくなる傾向が示された ($t(3) = 2.62, p < .10$)。

3.9 実験の暫定結果に対する考察

暫定結果においては、仮説に反し、常時接続条件における作品数が無接続条件に比べて少なくなる傾向が示された。その原因として、実験中の参加者の様子に注目すると、無接続条件では各グループとも 3 人が一筆書きのアイデアを考案しようと活動していたことに対し、常時接続条件では 2 人が新規アイデアの案出に関わり、1 人が ZOOM を通した他グループのアイデアを継続的に観察するという振る舞いが見られた。つまり両条件では実験全体においてアイデアを主体的に考えている人数に差があり、このことが作品数の違いに影響したと考えられる。

アイデアの質、厳密には回答用紙で与えられた 9 つの点以外で一筆書きを屈折させる戦略に関しても条件間で差が見られた。無接続条件では 1 つのグループが 4 本辺で一筆書きするアイデア (図 6a) が創発され、他の 2 グループは 4 本辺のアイデアを見出すことはなかった。一方で常時接続条件では 1 つのグループ (グループ Z) が 3 グループで最初に 4 本辺のアイデアを創発した後に、グループ Y ではそれを書き写したアイデアのほかに、点外から始筆する新しいアイデアが創出された。グループ X では 4 本辺のアイデアは掲出されなかった一方で、5 本辺、6 本辺の作品において点外屈折する作品が作られた。このことは参加者が高得点を狙う上で革新的なアイデアが対話場間の接続によって全体に共有されたことを意味している。

近く実施を予定している限定閲覧条件は、対話場間の多重参加において制約を設けることの妥当性を示す調査である。暫定結果に基づけば、限定閲覧条件は、無接続条件における参加者の主体性と、常時接続条件における革新的なアイデアの伝搬性の双方を満たしており、3 条件の中では、創造的な議論を実践するための最も有効な対話環境になると思われる。

4. 議論

暫定結果とその考察に基づけば、対話場間が常に接続されている状態は、特定の対話場で創発した革新的なアイデアが伝搬することで、周辺の対話場においてもそれを前提とした高次の議論や問題解決行動を促進させる可能性を示唆したのと同時に、参加者のそれぞれが問題解決や議論に対する主体性を減退させてしまう可能性を示唆した。このことは対面/オンラインの区別によらず、安直にグループ間の交流を促すことが、かえって問題解決のパフォーマンスを低下させてしまう場合があることを意味しており、問題解決を行う複数の集団を管理する上で、集団間の交流に適度な制約を設ける必要性があることを示している。一方で無接続条件では観測できなかったような革新的なアイデアを広範に共有できるという点は大いに魅力的であり、オンライン対話システムにおける多重参加の設計・実装はその適切なデザインを慎重に検討した上で目指されるべきであると考えられる。

本研究の新規性は従来の認知科学、インタラクション科学、学習科学の領域で検討されてきたような独立した対話環境における共同/協働問題解決手法を拡張し、複数の対話場を包含した集団全体を巻き込む問題解決方法と、それを実現する環境に必要な要因の探求にある。従来研究では単独で取り組む場合より複数人で取り組むことで相乗効果が発揮されるような効果的な協調を実践するための手法が検討されてきた [5], [18]。しかし、ソーシャルメディアの普及に伴って人と人との関係を持つ機会が飛躍的に増加している現代においては、他者との共同によって強力なシ

ナジーが生まれることがある一方で、その協調が客観的には望まれない場合があり、その典型例としてエコーチェンバー現象が挙げられる。エコーチェンバー現象とは多様な人々と異質な情報が結びつくことが可能なソーシャルメディアにおいて、人が人々が生来的にもつ同類原理によって特定のコミュニティにおいて人や情報の同質化したり、確認バイアスによって自身の態度に反する意見を拒絶したりする現象のことであり、マクロな視点においては協調が創発されず社会的分断を助長してしまうという問題が指摘されている [19]。したがって集団同士の協調問題解決に関する議論の必要性が高まってきており、本研究が提案するオンライン対話環境における対話場間の多重参与を実現はその先駆的な取り組みである。

5. まとめ

本研究は既存のオンライン環境においては複数の対話に対して多重参与することができないために、自身があらかじめ所属している対話場外の情報に触れられる機会や、参加者自身が自発的に他者と対話する機会が喪失してしまっていることを課題として取り上げた。またそうした状況からオンライン対話環境において多重参与を実現する上では参与構造に配慮された対話システムが必要なることを示唆した。そこで本研究はオンライン環境において多重参与が実現した場合を想定し、そうした対話場間の接触を許容することがそれぞれの対話場の問題解決において有効であることを実験を通じて検証した。具体的には対面状況において隔離された3人組×3グループをオンライン対話システムで接続することで、オンラインでの擬似的な多重参与状態を構築し、問題解決のパフォーマンスを測定した。現在進行中の実験における暫定的な結果に基けば、対話場間を常時接続する条件では、無接続の条件では観察できなかった革新的なアイデアの伝搬・共有が行われた。一方で常時接続する条件では、参加者が主体的に問題解決することに対して消極的になることが確認された。このことは安易に対話場間を接続することがむしろ問題解決やそのための議論のパフォーマンスを低下させてしまう可能性を示唆している。近く中間的な条件である制限時間付きで接続する条件において実験を実施する計画があり、その結果も踏まえて、複数の対話場を包含した集団において効果的な対話環境について議論を継続していく。

謝辞 本研究における実験は常葉大学草薙キャンパスにおいて実施された。実験の準備および実施に際して多大なご支援とご高配を賜りました常葉大学の山田雅敏先生、ならびに実験に参加していただいた社会環境学部1年生の皆さまに謝意を申し上げます。

参考文献

- [1] Dunbar, K.: How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories, *The nature of insight*, Vol. 18, pp. 365–395 (1995).
- [2] Shirouzu, H., Miyake, N. and Masukawa, H.: Cognitively active externalization for situated reflection, *Cognitive science*, Vol. 26, No. 4, pp. 469–501 (2002).
- [3] Miwa, K.: Collaborative discovery in a simple reasoning task, *Cognitive Systems Research*, Vol. 5, No. 1, pp. 41–62 (2004).
- [4] Okada, T. and Simon, H. A.: Collaborative discovery in a scientific domain, *Cognitive science*, Vol. 21, No. 2, pp. 109–146 (1997).
- [5] 林 勇吾, 三輪和久, 森田純哉: 異なる視点に基づく協同問題解決に関する実験的検討, *認知科学*, Vol. 14, No. 4, pp. 604–619 (2007).
- [6] 亀田達也: ソーシャルインタラクシオン: 協調行為をどう捉えるか〜”相互作用の視点”と”相互依存構造”的視点〜, *情報処理*, Vol. 40, No. 6, pp. 1–7 (1999).
- [7] Goffman, E.: *Forms of talk*, University of Pennsylvania Press (1981).
- [8] Clark, H. H.: *Using language*, Cambridge university press (1996).
- [9] Bee, M. A. and Micheyl, C.: The cocktail party problem: what is it? How can it be solved? And why should animal behaviorists study it?, *Journal of comparative psychology*, Vol. 122, No. 3, p. 235 (2008).
- [10] Ul Fazal, M. A., Ferguson, S. and Saeed, Z.: Investigating cognitive workload in concurrent speech-based information communication, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 157, p. 102728 (2022).
- [11] 高梨克也: 複数の焦点のある相互行為場面における活動の割り込みの分析 ([特集] 相互作用のマルチモーダル分析), *社会言語科学*, Vol. 14, No. 1, pp. 48–60 (2011).
- [12] 坂井田瑠衣, 諏訪正樹: 身体相互行為における参与の多重性, *人工知能学会全国大会論文集*, Vol. JSAI2016, pp. 2L3OS26a2–2L3OS26a2 (2016).
- [13] Duncan, S.: Some signals and rules for taking speaking turns in conversations., *Journal of personality and social psychology*, Vol. 23, No. 2, p. 283 (1972).
- [14] Goodwin, C. and Goodwin, M. H.: Concurrent operations on talk: Notes on the interactive organization of assessments, *IPrA papers in pragmatics*, Vol. 1, No. 1, pp. 1–54 (1987).
- [15] Kendon, A.: *Conducting interaction: Patterns of behavior in focused encounters*, Vol. 7, CUP Archive (1990).
- [16] Schegloff, E. A.: Body torque, *Social Research*, pp. 535–596 (1998).
- [17] Hall, E. T.: *The hidden dimension*, Vol. 609, Garden City, NY: Doubleday (1966).
- [18] 遠山紗矢香, 白水始: 協調的問題解決能力をいかに評価するか-協調問題解決過程の対話データを用いた横断分析, *認知科学*, Vol. 24, No. 4, pp. 494–517 (2018).
- [19] 笹原和俊: ウェブの功罪, *情報の科学と技術*, Vol. 70, No. 6, pp. 309–314 (2020).