

LLMによる因果ループ図を用いた 対面議論の構造化システムの開発

An LLM-based System for Structuring Face-to-Face Discussion Using Causal Loop Diagram

大平 盛斗^{1*} 白松 俊¹
Taketo Ohira¹ Shun Shiramatu¹

¹ 名古屋工業大学 大学院工学研究科

¹ Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

Abstract: This study developed a system that structures face-to-face discussions using Causal Loop Diagrams (CLDs) and evaluated its effectiveness through a series of workshops. The proposed system dynamically updates the CLD in real time based on participants' speech, helping to visualize causal relationships between opinions and ideas.

Evaluation experiments were conducted in two stages: workshops with professional facilitators and workshops with general participants. Results showed that the system contributed to clearer understanding of the discussion structure, smoother progress of discussions, and better grasp of the background behind participants' opinions. Although no statistically significant difference was found compared to a static CLD system, the dynamic CLD system demonstrated small positive effects in understanding opinion backgrounds and facilitating discussions.

These findings suggest that real-time structuring and visualization of causal relationships enhance the transparency and quality of face-to-face discussions, indicating the potential of the proposed system to support group decision-making on complex issues.

1 はじめに

近年、組織における意思決定プロセスが複雑化する中で、効果的な議論支援システムの重要性が増している[1]。特に、組織における民主性や透明性の向上が求められる現代において、合意形成プロセスを可視化・整理する議論支援システムは、意思決定の質を高めるための重要なツールと位置付けられている。しかし、既存の議論支援システムには、参加者間の認識の齟齬や、暗黙の仮定や前提の見落としなどが本質的な課題として存在する。そこで、本研究は、因果ループ図を活用した新しい対面議論構造化システムの開発を通じて、複雑な問題に対する集団での意思決定と問題解決プロセスの質的向上を目指すものである。システム思考の重要なツールとして知られる因果ループ図を基盤とし、参加者から提起される多様な意見や視点を体系的に整理・構造化することで、問題の全体像把握を支援する。本システムの特徴は、議論の進行に合わせてリアルタイムで因果ループ図を生成・更新できる点にある。これに

より、参加者間での問題構造に関する共通認識の形成が促進され、より建設的な対話が可能となる。また、複雑な因果関係を視覚的に表現することで、個々の要素間の相互関係や影響を明確に理解することができ、効果的なコミュニケーションの実現が期待される。このように、本研究は因果ループ図を活用した議論構造化システムの開発を通じて、複雑な問題に対する集団での意思決定プロセスを改善し、より効果的な問題解決を実現することを目的としている。システムの実装により、参加者の思考をサポートし、議論の質的向上に貢献することが期待される。

2 関連研究

友部ら[2]は会議の様子を記録し、半自動的に構造化された議事録を生成するシステムを提案している。吉村ら[3]はGPT-3[4]を用いて議論中の発言の必要のない情報を除き、要約して表示するシステムを提案している。また、LLMを利用した議論支援システムではpiglyph[5]がある。このシステムは、議論の活性化を

*連絡先：名古屋工業大学
〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町,
E-mail: clz14025@stn.nitech.ac.jp

96. 3%の参加者が実感し、対話の発生量が1.5倍に増加、議事録を読む意欲や会議への参加意欲向上させるという結果が得られている。

本研究では、先行研究のような議論構造可視化の利点を活かしたうえで、リアルタイムに議論をグラフ構造化する。また、リンクに論理構造に基づく関係ラベルを付与する。これによって、より参加者が議論の流れが理解しやすくなることを期待している。また、因果ループ図と組み合わせることで、議題の背景構造や意見の背景などを理解を促進することも期待している。

3 提案手法

3.1 因果ループ図

因果ループ図は、システム思考における重要なツールとして、複雑な問題の構造を視覚的に表現するための手法である。この図は、システム分析とフィードバックを可視化する手法であり、変数、矢印、ループという3つの基本要素で構成される。

実際に、Littlejohnsら[6]の研究では複雑な健康システムの分析において、因果ループ図を用いて分析しヘルスプロモーション政策と実践に影響を与える要因を可視化した。その結果、政策が及ぼす複雑な問題を可視化し介入すべきポイントを特定した。この研究は、因果ループ図が複雑な問題の理解と政策立案に有効なツールであることを示している

3.2 ベースモデル

本研究では、因果ループ図を用いた対面議論構造化を実現するシステムを提案する。議論内容を音声認識によって取得し、そこから因果ループ図に追加すべきノードを生成、因果ループ図に追加して可視化を行う。音声からの構造化抽出では、議論参加者の発言をリアルタイムで音声認識する。認識された発言から Claude[7] の API を用いて重要な概念と因果関係を自動抽出し、因果ループ図の構成要素として構造化される。因果ループ図生成のプロセスでは、抽出された概念をノードとして配置し、因果関係をリンクとして表現する。システムは因果ループを抜け出す発言を自動的に識別し、議論の進行に応じてノードを因果ループ図に追加する。システムフローを図1に示す。

3.3 提案モデル

また、「動的因果ループ図」では、最初に提示した因果ループ図に対する意見などを基に因果ループ図を再

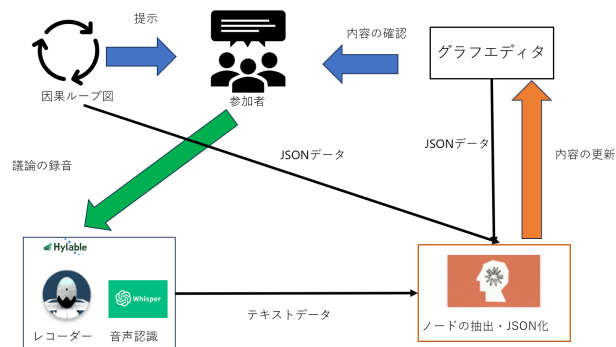


図 1: システムフロー

構成し、それを確認してもらい議論する。グロービス[9]は合意形成支援において「決定プロセスの納得性を高めること」が重要であると述べている。我々は、単に事前に要した因果ループ図を提示する手法に比べて、因果ループに対する納得感が向上し、決定プロセスの納得感にも影響すると考え、この手法と前節までの手法を比較する。

4 評価実験

4.1 予備実験

2024年8月3日(土)に神奈川県小田原市で行われたローカルフードプロジェクト(LFP)で本システムの実用性を確認した、具体的には実際の運用時の動作確認や地域間議論における有効性の確認、およびシステムのパフォーマンス評価を主に確認した。

LFPとは、地域の農林水産業と食品産業の連携を強化し持続可能な地域経済の発展を推進することを主眼としている。LFPは、地域の食品産業を中心とした多様な関係者が参画するプラットフォームを形成し、地域の農林水産物を活用した持続可能なビジネスモデルの創出を目指している。このプロジェクトでは、社会的課題解決と経済的利益の両立を重要な目標としている。農林水産省が推進し、各都道府県が実施主体となって展開されており、現在28の道府県で取り組まれている。

4.2 評価実験1

評価実験1は、2024年12月7日(土)に実施した。参加者はファシリテーション協会の会員と、同協会が募集したメンバーから構成された。実験は4つのグループ(各グループ3名、計12名)で行い、各グループは教育分野をテーマにワークショップを行った。テーマごとに議論が分かれており、各20分程度の議論を行っ

た。テーマ1は「教員の長時間労働を改善するには？」であり、テーマ2は「教育における AI 活用の仕方を考えよう！」である。

評価には、ワークショップ中に参加者に行ったアンケート結果を使用する。参加者に行ったアンケートは、各テーマの実験後に同じ項目で行っており、参加者のシステムに対する主観的な評価を分析する。アンケートは以下の項目で構成されている。

1. システムが整理した構造は議論の振り返りに役立つと思いますか？(7 段階評価)
2. 参加者の意見の背景を理解するのに役立つと思いますか？(7 段階評価)
3. 議論を円滑に進めるのに役立つと思いますか？(7 段階評価)
4. 問題の複雑な背景の理解に役立つと思いますか？(7 段階評価)
5. 最後に、感じたことや何か気付いたことがありますたら自由に記述してください。(自由記述、回答は任意)

4.3 評価実験 2

評価実験 2 は、2025 年 1 月 29 日(水)に行った。参加者は外部委託業者によって募集したメンバーで構成された。実験は 4 つのグループ(各グループの 4 名、計 16 名)で行い、各グループは社会問題をテーマに議論を行った。テーマごとに議論が分かれており、各 20 分程度の議論を行った。テーマ1は「少子高齢化について」であり、テーマ2は「地球温暖化について」である。

議論ごとに動的因果ループ図、静的因果ループ図を使用したシステムに分かれている。表 1 に評価実験 1 における比較実験の条件を示す。

表 1: 実験設定

	1 回目	2 回目
議論テーマ	少子高齢化	地球温暖化
グループ A, B	動的	静的
グループ C, D	静的	動的

評価には、ワークショップ中に参加者に行ったアンケート結果を使用する。参加者に行ったアンケートは、各手法の実験後に同じ項目で行っており、参加者のシステムに対する主観的な評価を分析する。アンケートは以下の項目で構成される。

1. システムが提示した構造は納得できますか？(7 段階評価)
2. システムが整理した構造は議論の振り返りに役立つと思いますか？(7 段階評価)
3. 参加者の意見の背景を理解するのに役立つと思いますか？(7 段階評価)
4. 議論を円滑に進めるのに役立つと思いますか？(7 段階評価)
5. 問題の複雑な背景の理解に役立つと思いますか？(7 段階評価)
6. 結論を出すのに役立つと思いますか？(7 段階評価)
7. 最後に、感じたことや何か気付いたことがありますたら自由に記述してください。(自由記述、回答は任意)

5 結果

5.1 評価実験 1

アンケート結果のテーマごとの各項目の平均を以下に示す。

表 2: 評価実験 1_アンケート結果

アンケート項目	教員の長時間労働	教育の AI 活用
システムが整理した構造は議論の振り返りに役立つと思いますか？	4.67	5.33
参加者の意見の背景を理解するのに役立つと思いますか？	4.50	4.25
問題の複雑な背景の理解に役立つと思いますか？	4.42	5.17
議論を円滑に進めるのに役立つと思いますか？	4.75	4.50

議論テーマ1「少子高齢化について」では、グループ D のシステムが正常に動作せずグラフが表示されない状態であった。そのため、議論テーマ1でのアンケートのみグループ D には実施していない。アンケート結果の手法ごとの平均と有意水準 0.05 での U 検定の p 値を以下の表 3 に示す。

表 3: 評価実験 2_少子高齢化_アンケート結果

アンケート項目	提案手法 (n=16)	ベースモデル (n=12)	p 値
システムが提示した構造は納得できますか？	5.50	5.33	0.75
システムが整理した構造は議論の振り返りに役立つと思いますか？	5.94	5.67	0.66
参加者の意見の背景を理解するのに役立つと思いますか？	5.44	4.60	0.26
議論を円滑に進めるのに役立つと思いますか？	5.75	5.12	0.21
問題の複雑な背景の理解に役立つと思いますか？	5.56	4.92	0.20
結論を出すのに役立つと思いますか？	5.00	5.00	0.91

結果から、議論の開始時に提示される因果ループ図が議論の発話内容によって動的に変化していく提案手法と、不変のままであるベースモデルでは、全ての項目で統計的な有意差は確認できなかった。しかし、提案手法とベースモデルの平均値の差が、意見の背景理解の項目では 0.84 ポイント、議論進行の項目では 0.63 ポイント、問題の背景理解の項目では 0.64 ポイントで

あった。そのため、提案手法はベースモデルに比べて上記の項目での改善を示唆していると考えられる。

6 分析

生成された因果ループ図に対して、中心性分析、ボトルネック分析、構造的ホール分析の3つの手法を用いて分析を実施した。中心性分析では、次数中心性、媒介中心性の観点から議論の核心部分を特定した。ボトルネック分析では、詳細な検討や解決が必要な課題を明らかにし、重点的に取り組むべき領域を特定した。構造的ホール分析では、制約度と効果的サイズの観点から、新しい機会や価値を生み出す可能性のある領域を分析した。

6.1 予備実験

小田原市で行った予備実験での分析結果について述べる。因果ループ図に含まれていないノードでの中心性分析の上位10項目を図2に示す。

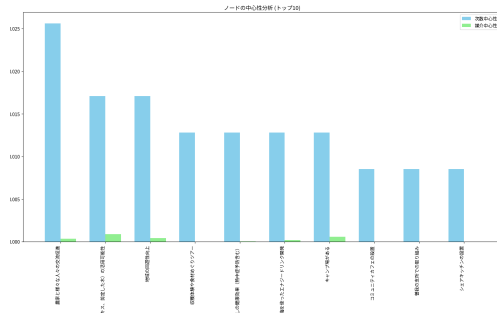


図 2: 予備実験_中心性分析

この結果から、「農家と様々な人々の交流促進」や「梅の副産物の活用可能性」、「地域の回遊性向上」の上位3のノードが、特に注目されていることが分かる。また、具体的な施策としての「シェアキッチンの設置」や「コミュニティカフェの設置」は実際にこのLFPにおいて実現を目指している施策であり、そのように決定されたノードも注目度が高い。

ボトルネック分析のスコア上位10項目を図4に示す。ボトルネック分析のスコアが高い部分は詳細な検討や解決が必要な課題や概念、重点的に取り組むべき領域となっている。

表 4: ボトルネック分析結果 (予備実験)

ボトルネック	スコア
農産物・加工品・イベントの競争力低下 → 収入の低下	2.12
地域の魅力や誇りが見えなくなる → 農産物・加工品・イベントの競争力低下	1.84
収入の低下 → 離農・転出の加速	0.12
梅の副産物の活用可能性 → 農産物・加工品・イベントの競争力低下	0.09
耕作放棄地の増加 → 地域の魅力や誇りが見えなくなる	0.08

図から「農産物・加工品・イベントの競争力低下」→「収入の低下」のフローと、「地域の魅力や誇りが見えなくなる」→「農産物・加工品・イベントの競争力低下」のフローがスコアが高いことが分かる。このフローの中心位置がボトルネックとなっている。この結果から、「農産物の競争力低下」から「地域の魅力低下」といった部分が特にボトルネックとなっていることがわかる。

次に、構造的ホール分析の制約度上位と効果効果的サイズ上位を表5に示す。効果的サイズ上位は重要な橋渡しをしているポイントであり、制約度上位は新しい機会や価値を生み出す可能性のあるポイントである。

表 5: 予備実験_構造的ホール分析

制約度上位	効果的サイズ上位
山と海に近い立地	農家の高齢化
魚がおいしい	コミュニティカフェの設置
都心部と宿泊施設の間に位置	シェアキッチンの設置
交通の便が良い	梅干しの健康効果
ちょっと遠くに来た感覚	熱中症予防需要
縄文時代から古墳がある	梅の専門店化
城下町としての歴史	農家と様々な人々の交流
みかんの炭が水タバコ用として人気	商品ブランド能力、販売力低下

制約度では、「山と海に近い立地」や「魚がおいしい」、「交通の便」などの立地の側面や、「縄文時代から古墳がある」や「城下町としての歴史」といった歴史の面が高い結果となった。また効果的サイズでは、「コミュニティカフェの設置」や「シェアキッチンの設置」、「農家と様々な人々の交流促進」といった面が高い結果となった。

これらの分析から、中心性や効果的サイズが高い「農家と様々な人々の交流促進」や「梅の副産物の活用可能性」に関しては十分な検討がされており、実際にコミュニティカフェやシェアキッチンを実際のプロジェクトとして採用されたものである。

6.2 重心分析

本節では、各グループごとの議論における重心と、議論全体の重心を比較することで、グループ間での議論の集中度や共通認識の形成状況を分析する。ここで「重心」とは、因果ループ図上の各ノードの位置および重要度（エッジの数や関係強度）を加味した、重み付きの中心位置を指す。議論全体の因果ループ図の重心と、各グループ単位で生成された因果ループ図の重心を算出し、両者の距離を定量的に評価することで、グループ間の議論の一貫性やばらつきを可視化することを目的とする。

6.2.1 議題 1: 教員の長時間労働を改善するには

議題 1 では、教員の長時間労働をテーマにグループごとに議論を実施した。各グループの重心と全体の重心をグラフにしたものを図 3 に、全体の重心付近のノードを表 6 に、各グループの重心付近のノードを表 7 に示す。

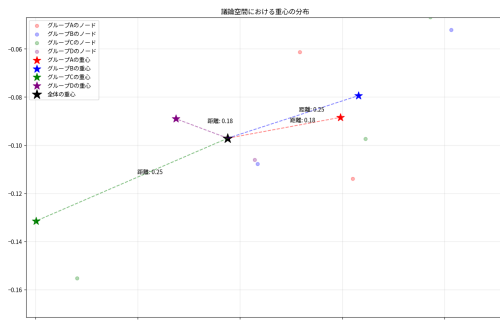


図 3: 評価実験 1_議題 1_全体の重心と各グループの重心

表 6: 全体の重心付近のノード

元のグループ	ノード	重心からの距離
グループ A	教員の労働時間	0.520
	子ども・保護者対応	0.715
	子どもの意欲	0.716
グループ B	教員の労働時間	0.598
	諸会議	0.695
	採点・評価	0.765
グループ C	教員の労働時間	0.526
	子どもの学力	0.682
	子どもの意欲	0.690
グループ D	教員の労働時間	0.525
	子どもへの振り返り	0.679
	採点・評価	0.701

全体の重心から各グループ重心までの距離は以下の通りであった。

- グループ A : 0.18
- グループ B : 0.25
- グループ C : 0.25
- グループ D : 0.18

この結果から、各グループの議論の焦点が比較的近い位置に収束していることが分かる。特に「教員の労働時間」「子ども・保護者対応」「子どもの意欲」など、教員の長時間労働に直結する要素が共通して重心付近に位置しており、参加者間で共有された重要論点が明確になったことを示している。

6.2.2 議題 2: 地球温暖化について

議題 2 では、地球温暖化をテーマに議論を行った。各グループの重心と全体の重心をグラフにしたものを図 4 に、全体の重心付近のノードを表 8 に、各グループの重心付近のノードを表 9 に示す。

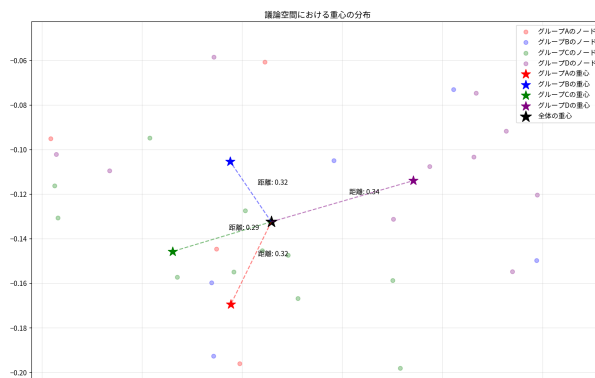


図 4: 評価実験 2_議題 2_全体の重心と各グループの重心

表 7: 各グループの重心付近のノード

グループ	ノード	重心からの距離
グループ A	前例踏襲	0.527
	教育活動への悪影響	0.531
	職員面談	0.607
グループ B	業務の取捨選択	0.053
	教科書の内容	0.066
	学習指導要領	0.084
グループ C	労働時間・タスク管理	0.132
	突発的な子供対応	0.189
	教員の業務分析	0.526
グループ D	コミュニケーション能力育成の必要性	0.265
	対面での情報共有の重要性	0.286
	オンライン会議の活用	0.317

表 8: 全体の重心付近のノード

元のグループ	ノード	重心からの距離
グループ A	地球温暖化	0.445
	温室効果ガス排出	0.561
	経済活動	0.528
グループ B	異常気象	0.545
	化石燃料	0.561
	温室効果ガス排出	0.561
グループ C	食料価格の上昇	0.243
	再生可能エネルギー採用	0.299
	化石燃料使用	0.377
グループ D	産業活動	0.345
	食料価格の上昇	0.376
	企業の SDGs 取り組み	0.377

表 9: 評価実験 2 議題 2 各グループの重心付近のノード

グループ	ノード	重心からの距離
グループ A	便利な生活と温暖化のジレンマ	0.292
	コンビニでの使い捨て製品削減	0.478
	プラスチック製品の有料化	0.480
グループ B	対策コストと効果の不均衡	0.700
	カーボンゼロ目標の実現可能性への疑問	0.710
	環境対策ビジネスの台頭	0.973
グループ C	子供の外遊び制限	0.069
	夏の異常な暑さ	0.088
	緑地の回復・増加	0.127
グループ D	プラスチック問題	0.089
	中国の大気汚染改善	0.168
	プラスチックごみの分別の難しさ	0.169

全体の重心から各グループ重心までの距離は以下の通りであった。

- グループ A : 0.32
- グループ B : 0.32
- グループ C : 0.29
- グループ D : 0.34

議題 1 と比較すると、重心距離がやや大きく、グループごとに異なる論点や着眼点を持っていたことが分かる。特に「温室効果ガス排出」「異常気象」「再生可能エネルギー採用」など、各グループが独自に注目したサブテーマが散見された。これは、地球温暖化というテーマ自体のスコープが広く、参加者の属性や関心によって着目点が分散したためと考えられる。

両議題に共通する傾向として、参加者の専門性や関心により議論の収束度合いが変化することが示された。特に教育分野の議題 1 では、参加者のバックグラウンドに教員や教育関係者が多かったことから、共通認識が形成されやすく、重心距離が小さい結果となった。一方で、環境分野の議題 2 では、参加者の知識レベルや

興味関心に差があった可能性があり、各グループの議論内容が分散しやすかったと考えられる。

また、各グループの重心付近のノードを詳細に分析した結果、議論の焦点となるキーワードがグループごとに異なる場合でも、全体の重心付近には共通する基盤的な要素（例えば「温室効果ガス排出」や「教員の労働時間」など）が存在していた。これは、事前に提示した因果ループ図が一定のアンカー（基準点）として機能し、議論を大きく逸脱させない効果を発揮していた可能性を示唆している。

このように、重心分析を通じて、議論の収束度や共有認識の形成状況を可視化することができ、今後の議論設計やファシリテーションの改善に向けた示唆を得ることができた。特に以下の 2 点が、今後の改善ポイントとして挙げられる。

- 参加者の属性（専門性や関心）を事前に把握し、必要に応じて背景知識を共有することで、議論の初期条件を揃える。
- 議題のスコープや粒度を調整し、グループごとの議論テーマを必要以上に分散させない工夫を行う。

これらを踏まえ、重心分析は単なる結果集計ではなく、ファシリテーションデザインの重要なフィードバック指標として活用できる可能性が示唆された。

7 考察

評価実験 2 の結果では、全項目において統計的有意差 ($p < 0.05$) は確認されなかった。しかし、効果量 r が 0.1 を超える項目が複数確認され、一定の改善傾向が示唆された。その項目と平均の差を表 10 に示す

表 10: 小効果が認められた項目

アンケート項目	効果量 r	平均値の差
意見の背景理解に役立つか	0.21	0.84
議論を円滑に進行するのに役立つか	0.23	0.63
問題の背景理解に役立つか	0.24	0.64

具体的には「意見の背景理解に役立つか」「議論を円滑に進行するのに役立つか」「問題の背景理解に役立つか」の 3 つで、平均値の差も多く、効果量 r が 0.2 前後と比較的小さいながらも差が生じていたことから、統計的有意差は確認されなかったものの、提案手法にはベースモデルにはない付加的な効果をもたらす可能性が示唆された。

また、各評価実験の各テーマごとに全体の重心からの各グループの重心までの距離平均をとったものを表 11 に示す。

表 11: 重心の距離平均

評価実験	議論テーマ	平均値
評価実験 1	教員の長時間労働	0.22
評価実験 1	教育の AI 活用	0.22
評価実験 2	少子高齢化	0.26
評価実験 2	地球温暖化	0.32

このように、評価実験 1 と比べて評価実験 2 では全体の重心からの各グループの重心の距離が大きい傾向が確認できる。しかし、評価実験 2 ではどちらの議論テーマでもボトルネックとなっているフローはすべてのグループで共通している。このような結果から、評価実験 1 の議論と比べて参加者の中での話しやすい話題に集中してしまった可能性がある。このような傾向がみられた原因は 2 つほど考えられる。

1 つ目は、参加者の属性の違いである。評価実験 1 の参加者はファシリテーター協会会員もしくはその知り合いであるのに対し、評価実験 2 の参加者は一般の方である。これによって、議論の中で特定の話題に集中するかどうかの差が生まれた可能性がある。2 つ目は、議論テーマの違いである。評価実験 1 ではどちらのテーマも教育に関する話題であり、参加者の中に教員や教育委員会に所属している人もいた。そのため多くの検討が行われ、全体の重心から大きく離れることがなかった可能性がある。また、評価実験 2 でも「少子高齢化」のテーマと比べて当事者と言える人が参加者にいなかった「地球温暖化」のテーマが全体の重心との距離の平均が大きいため、このような傾向が生まれた可能性がある。

これらの結果を踏まえると、議論テーマや参加者の属性をより詳細に設計・調整した上で、さらなる実験を行う必要があることが示唆された。

8 おわりに

本研究では、対面議論構造化による振り返りの支援と、複雑な問題に対する集団での意思決定と問題解決プロセスの質的向上を目的とし、因果ループ図を活用した対面議論の構造化システムを開発した。

まず、日本ファシリテーター協会の協力で行った検証では、「議論の振り返り」や「議論進行」、「意見や問題背景の理解」といった項目で高評価である傾向があり、因果ループ図を対面議論構造化に用いることの有効性が示唆された。

また議論開始時に提示される因果ループ図が議論内容によって変化していくシステムを提案した。提案手法では、議論内容に応じて因果ループ図が動的に変化することで、因果ループ図が不変であるベースモデル

と比較して納得感が向上し、合意形成支援に一定の効果を持つ可能性を検証した。その結果、アンケート項目全体で統計的有意差は確認されなかったものの、「議論内容の振り返り」「意見や問題の背景理解支援」に関しては効果量が小効果に相当し、提案手法が一定の改善効果をもたらしている可能性が示唆された。

有意差が見られなかった原因として参加者間の前提知識などに左右される面や特定の話題に集中してしまうことが考えられる。今後は、因果ループ図の視覚的な提示方法、議題や参加者の選定基準、発話内容の構造化精度向上などをさらに工夫し、合意形成支援への実効性を高めることを目指して検証を進める。

参考文献

- [1] 伊藤孝行, 松尾徳朗, 大沼進, 白松俊. ハイパーデモクラシー: ソーシャルマルチエージェントに基づく大規模合意形成プラットフォームの実現. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2022, pp. 2H5OS11a01–2H5OS11a01, 2022.
- [2] 友部博教, 長尾確. ディスカッションマイニング: 議事録間の関係記述によるコミュニティ間コミュニケーションの活性化支援. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI05, pp. 137–137, 2005.
- [3] Yuki Yoshimura and Shun Shiramatsu. Structuring discussion using speech recognition and gpt-3 in face-to-face workshops. 2023.
- [4] Tom Brown, Benjamin Mann, Nick Ryder, Melanie Subbiah, Jared D Kaplan, Prafulla Dhariwal, Arvind Neelakantan, Pranav Shyam, Girish Sastry, Amanda Askell, et al. Language models are few-shot learners. *Advances in neural information processing systems*, Vol. 33, pp. 1877–1901, 2020.
- [5] Ricoh. 共創ワークショップの最強ツール, 2024. 会話をリアルタイムでテキストとイラストで可視化するツール.
- [6] Lori Baugh Littlejohns, Geoffrey McKee, Drona Rasali, Daniel Naiman, Jennafer Mee, Tanya Osborne, Phuc Dang, Meghan Winters, Scott A Lear, Diane Nelson, et al. Follow the arrows: Using a co-created causal loop diagram to explore leverage points to strengthen population physical activity promotion in british columbia, canada. *Journal of Physical Activity and Health*, Vol. 1, No. aop, pp. 1–13, 2024.

- [7] Anthropic Interpretability Team. Scaling monosemanticity: Extracting interpretable features from claude 3 sonnet. *Transformer Circuits*, 2024. The research demonstrates successful extraction of interpretable features from Claude 3 Sonnet.
- [8] Juan David Velásquez-Henao, Carlos Jaime Franco-Cardona, and Lorena Cadavid-Higueta. Prompt engineering: a methodology for optimizing interactions with ai-language models in the field of engineering. *DYNA*, 2023.
- [9] グロービス. ファシリテーションの教科書: 組織を活性化させるコミュニケーションとリーダーシップ. 東洋経済新報社, 11 2014.