

# 対話グラフの話題遷移に基づく対話パターン分析

Analysis of Dialogue Patterns Based on Topic Transitions in Dialogue Graph

野本 匠馬<sup>1</sup> 赤石美奈<sup>1,2</sup>

Takuma Nomoto<sup>1</sup>, Mina Akaishi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 法政大学 大学院 情報科学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Computer and Information Sciences, Hosei University

<sup>2</sup> 法政大学 情報科学部

<sup>2</sup> Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

**Abstract:** In decision-making dialogues, such as everyday conversations or lively discussions, unintended misalignments in understanding or topic shifts can occur between speakers. Such phenomena can become obstacles hindering smooth dialogue.

Therefore, this research develops a system to visualize the state of dialogue, thereby providing conversational support. The dialogue patterns referred to in this paper encompass topic transitions, coherence, and shifts in leadership during conversation. By making these visible during dialogue, participants can intuitively grasp what is currently being discussed and whether the conversation is aligned, thereby facilitating smoother communication.

## 1. はじめに

日常会話や活発な議論などの意思決定を目的とした対話において、話者間で意図せずに認識のずれや話題の食い違いが生じることがある。このような現象は、円滑な対話を妨げる障害となる可能性がある。

そこで本研究では、対話の様子を可視化するシステムを開発することで、対話における話題の遷移を可視化し、話題の追従、拡大、乖離といった対話状態の時系列分析を行う。本稿における「対話の様子」とは、対話中の話題遷移や噛み合い方、主導権の遷移を指す。これらを2次元空間上の物理的な距離やグラフの形状として提示することで、参加者は複雑な話題の推移や現在の対話の状態を視覚的かつ直感的に把握することが可能となる。これにより、参加者は認識のずれへの気付きや軌道修正を即座に行えるようになり、円滑な対話の支援に繋がる。

本システムの有効性を検証するため、対話が噛み合っている状態とそうでない状態を定量的に判定する指標を提案し、ケーススタディを示した。複数名の被験者にヘッドホンの新規購入をテーマとした対話を行ってもらい、対話データを収集した。

分析の結果、対話が噛み合ったとされる区間では、両者の話題が特定のポイントで収束するパターンが確認できた。この結果は、本システムが話者間の認識のずれや対話の噛み合い方を客観的に捉える上で有効であることを示唆している。

## 2. 関連研究

本研究に関連する従来の研究は、「概念空間の可視化支援」「対話の時系列構造分析」「対話の行動・リアルタイム支援」の3つに大別できる。本研究の立ち位置を明確にするため、各分野の代表的な研究と本研究との差異を述べる。

### 2.1. 概念空間の可視化支援

思考や議論の構造化を支援する研究として、角ら[1,2]はキーワードの関連性を統計的手法で2次元空間に自動配置するシステム(CSS, AIDE)を開発した。これにより、議論の全体構造の認識や新たな発想の獲得を支援できることが示された。

しかし、これら従来の手法は、主に静的なテキスト群の構造化や発想支援に焦点を当てている。これに対して本研究は、リアルタイムで進行する対話において、話者間の関心領域が動的にどう遷移し、いかに「認識のずれ」が生じるかという、対話の「プロセス」そのものを可視化する点に違いがある。

### 2.2. 対話の時系列構造分析

対話の時系列的な流れを分析する研究として、Okadaら[3]は、会議の発散・収束といった状態を定量化し、合意形成の評価と相関があることを示した。

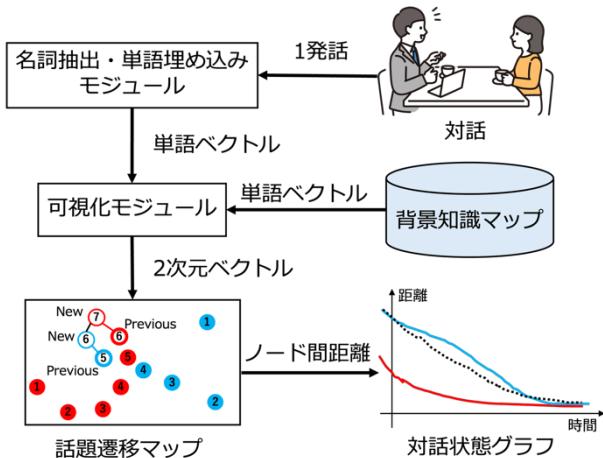


図1: 対話可視化フレームワークのシステム構成図

しかし、これらの研究は、会議全体の状態評価や、テキストの主題の一貫性診断が主な目的である。これに対して本研究は、話者Aと話者Bそれぞれの関心領域がリアルタイムで独立して遷移しているか、あるいは収束しているかという、2者間の「意味的な関係性」の変化として対話の噛み合い方を分析する点に特化している。

### 2.3. 対話の行動・リアルタイム支援

対話のリアルタイム支援に関する研究として、柳楽・水本ら[4]は、主観に頼らない客観的な振り返りを支援するため、「総発話時間」や「ターンテイク」といった発話の「量」や「行動」に着目した可視化システムを構築した。

しかし、これらの研究は主に行動情報に基づいており、対話の「質」の側面は考慮していない。行動は活発でも、それぞれの話者が話している話題が意味的に遠くなっているなどの状態は検出できない。これに対して本研究は、自然言語処理を用いて発話された話題に基づき、対話の噛み合い方をグラフ構造の変化として客観的に捉える点に新規性がある。

## 3. 対話可視化フレームワークの概要

本章では、提案する対話可視化フレームワークの背景とシステム概要について述べる。

3.1節では、対話の状態を定量的に捉えるための指標である「トピック間距離」の定義と、それに基づいた可視化ツールについて説明する。3.2節では、本フレームワークの全体的なシステム構成について述べる。

### 3.1. トピック間距離に基づく対話の可視化

対話中の話題の遷移、噛み合い方を捉え、その状態を定量的に分析するために、本研究では「トピック間距離」を定義する。

トピック間距離」を定義する。

まず、対話の基本的な構成要素として、話者が発話した話題を「発話トピック」と定義する。発話トピックは、話者の発話テキストから抽出された名詞を単語ベクトルとして表現することで、計算可能な意味空間上の点として扱われる。

トピック間距離とは、この発話トピックを基に、一話者の発話に出現するトピック間の距離、または他者との対話に出現するトピック間の距離のことである。この距離は、単語ベクトル間の意味的な類似度をユークリッド距離として算出したものであり、この距離を測定することで、対話が意味的にどの状態にあるかを判断することが可能となる。

本研究ではトピック間距離を、分析の目的に応じて以下の2種類のトピック距離として定義した。

#### 1. 発話トピック距離

発話トピック距離は同一話者の最新の発話トピックと、その直前の発話トピック間の距離として定義される。

距離が小さい場合はトピックが収束あるいは維持されており、話者の話題が一貫していることを示す。逆に距離が大きい場合はトピックが拡散されたことを示す。

#### 2. 対話トピック距離

2者の話題が意味的にどの程度近いか示すため、対話トピック距離は2者の最新の発話トピック間の距離として定義される。

この距離が一定期間小さい場合には、両者の話題が収束または類似しており、逆に距離が大きい場合は、両者の話題が乖離している。

本研究では、これらのトピック間距離を用いることで、対話の様子の全体像を把握することを目的とする。トピック間距離の絶対的な値と、その時間変化を組み合わせることで、対話が「収束」「乖離」「追従」「膠着」といった、どのような状態にあるかを判別できる。このようなトピック間距離の変化を直感的に把握するため、その距離を物理距離として2次元空間上に表示したものを話題遷移マップと呼ぶ。また、トピック間距離の時間変化を定量的に把握するため、時系列の折れ線グラフとして描画する対話状態グラフを作成する。これらの可視化ツールを用いることで定量的に対話の状態を判別する仕組みを提案する。

### 3.2. システム構成

本研究では、対話中の話題遷移、話題の近さ、対話の状態をリアルタイムで可視化・分析できるフレームワークを提案する。

この目的を達成するため、本フレームワークは、

表 1: 形態素解析器の辞書変更による解析結果

解析テキスト	取得名詞（デフォルト）	取得名詞（NEologD）
リモートワークで機械学習エンジニアとして働いています。	リモート、ワーク、機械、学習、エンジニア	リモートワーク、機械学習、エンジニア
好きなボカロPは米津玄師です。	好き、ボカロ、P、米津、玄、師	好き、ボカロP、米津玄師

対話の様子を分析する 2 つの主要な可視化機能として、話題遷移マップと対話状態グラフを提案する。話題遷移マップは話題距離を直感的に示し、対話状態グラフは対話のトピック距離の遷移構造を定量的に示す。

図 1 に本フレームワークのシステム構成図を示す。本フレームワークは対話テキストを入力とし、話題遷移マップと対話状態グラフを分析することで、対話の流れをいくつかの基本パターンに分類する。基本パターンの組み合わせにより、実際の対話の話題の収束、追従、膠着、停滞などの状態を判別できるか検証し、考察する。

なお、本稿で扱う対話は、チャット等のテキストデータを用いる。

## 4. 対話可視化フレームワークの構築

対話可視化フレームワークの具体的な処理の流れとして、まず対話から 1 つずつ発話を取得する。次に発話テキストから名詞を抽出し、単語埋め込みモデルで名詞を単語ベクトルに変換する。ここで、単語の意味的な近さをノード間の物理的な近さとして反映させるため、あらかじめ約 2.6 万語の単語ベクトルとその 2 次元座標を格納した「背景知識マップ」を構築しておく。そして、先に変換した単語ベクトルをこの背景知識マップと比較し、意味的に近い単語群の周辺に配置されるよう 2 次元ベクトルを求める。この結果をノードとして話題遷移マップにプロットする。同時に、対話状態グラフを描画するため、発話トピック距離と対話トピック距離を計算する。発話トピック距離は、各話者がプロットした最新のノードとその直前のノード間の距離(例:赤色の New ノードと Previous ノードの距離)である。対話トピック距離は、2 者の最新のノード間距離(例:赤色の New ノードと青色の New ノードの距離)である。これらの距離を縦軸、時間を横軸とした折れ線グラフを描画する。

### 4.1. 名詞抽出・単語埋め込みモジュール

対話の中心的な内容と主題を捉えるため、本フレームワークは名詞に着目する。例えば、「昨日、駅で友達と映画について話したよ」という文において「昨

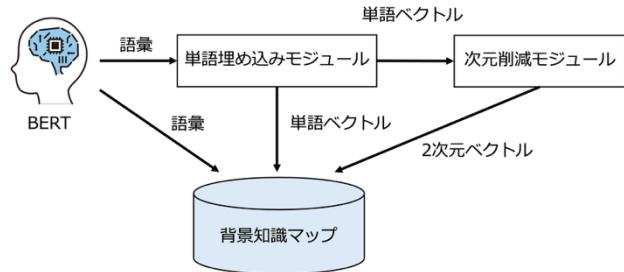


図 2: 背景知識マップの構築手順

日、駅、友達、映画」という名詞は、対話の概要を把握する上で重要な手がかりとなり得る。そのため、対話中に登場する名詞のみをノードとしてプロットする。また、名詞の中でも、一般名詞、固有名詞、サ変接続名詞に注目し、ノイズとなる可能性のある代名詞などを除外した。

本研究では、発話テキストから名詞を抽出するために形態素解析器である MeCab を用いた。また、対話文という口語体のテキスト中には、新語や固有名詞が高い確率で登場すると考えたため、辞書に新語や固有名詞に強い NEologD を適用した。辞書に NEologD を適用した場合とデフォルト辞書を用いた場合の解析結果の比較を表 1 に示す。リモートワークやボカロ P、米津玄師など、NEologD を用いた場合の方が現代のテキストに含まれる固有名詞を取得できる。

対話可視化フレームワークは、発話テキストから抽出した名詞を、背景知識マップを用いることで意味的に類似している名詞の近くにプロットする。このとき、名詞同士が意味的に類似しているかどうか判別するために、単語ベクトルを用いる。単語ベクトル間のコサイン類似度を計算することで、単語同士の意味的類似度を判別する。

本研究では、名詞を単語ベクトルに変換するため、東北大学が公開している日本語事前学習済み BERT モデルを用いた。そして、モデルに一般常識的な語と語の関係の知識を持たせるため、Wikipedia の記事データで追加学習を行った。追加学習では、Masked Language Model (MLM) タスクを採用した。これにより、モデルが学習していない未知語に対しても意味を推論することができる。

### 4.2. 背景知識マップ

発話トピックを 2 次元空間にプロットする際、単語間の意味的な近さをノード間の物理的な近さとして反映させることができ、話題が近いことを示す上で重要である。この意味的な位置関係に基づいた安定的な配置を実現するために、本フレームワークでは「背景知識マップ」を導入する。

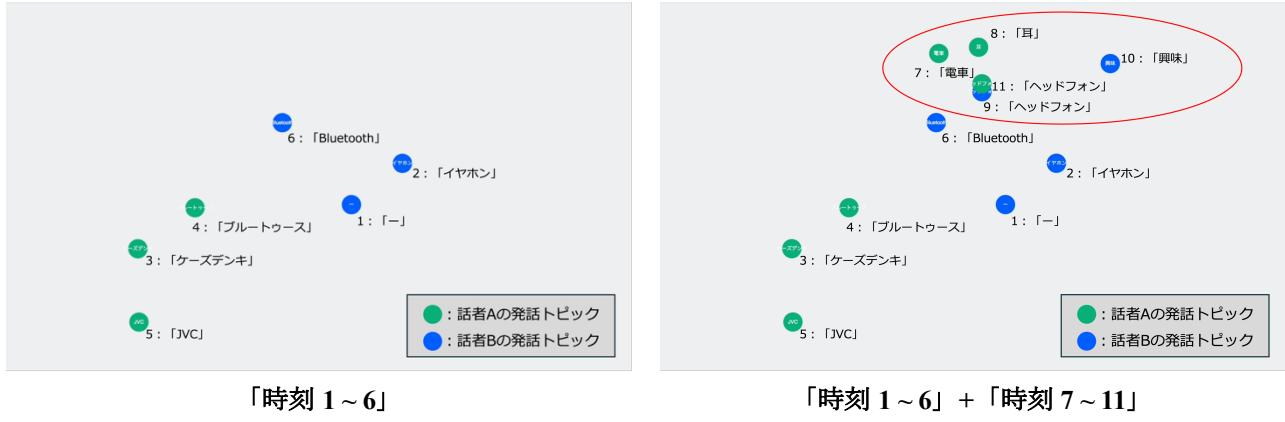


図 3: 話題遷移マップのプロットの様子

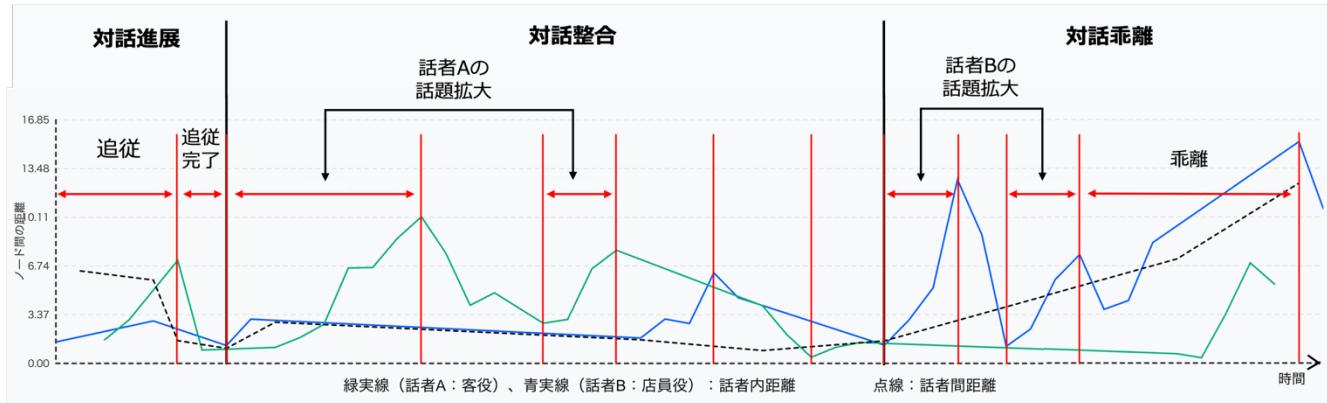


図 4: ヘッドホン購入対話における対話状態グラフ

これは、あらかじめ約 2.6 万語の単語と、それぞれの意味を表現する高次元の単語ベクトル、そして可視化のための 2 次元座標を紐づけて格納したものである。新しいノードを追加する際は、このマップを参照し、意味的に近い単語群の周辺に配置することで、前述したような自然な位置関係を実現する。

本研究では、辞書にない未知語や造語に対しても安定した意味的類推を行うため、この背景知識マップを構築するために 4.1 節で追加学習を行った BERT モデルの語彙を利用する。この語彙は一般的な単語だけでなく、より細かな意味を持つサブワードも網羅しており、サブワードを手がかりに意味的な類推が働くことで、安定した位置関係の構築が可能となる。

ベクトルの位置関係を直感的に理解するためには、2 次元または 3 次元のベクトルを用いる必要がある。しかし、本研究で用いる単語ベクトルは 768 次元であるため、次元削減を用いて次元数を 2 次元にまで落とし込む必要がある。本研究では、データの局所的な位置関係を捉えるために t-SNE の手法を用いた。

背景知識マップの構築の流れを図 2 に示した。まず、学習した BERT モデルが単語埋め込みの際に参

照している語彙を取得する。次に、これらの単語を BERT モデルで単語ベクトルに変換する。そして、t-SNE で次元削減を行うことで、2 次元ベクトルまで次元を落とし込む。語彙とそれに対応する単語ベクトル、2 次元ベクトルの組を、背景知識マップとして保存する。

### 4.3. 話題遷移マップ

話題遷移マップは、発話トピック遷移の構造を直感的に理解することを目的とした 2 次元空間である。この空間では、意味的に近い名詞は近い位置にプロットされるため、それぞれの話者が発話した名詞ノードが近い位置にプロットされていれば、話している話題が近いことがわかる。逆に、ノードが徐々に遠ざかっていけば、話題が離れていくと把握できる。このため、ノード（名詞）の位置変化を見ることで、対話の展開や噛み合い方を把握することが可能となる。

図 3 に、対話パターンの一例である「追従」の様子を示した。ノードの色は話者ごとに変えている（例：話者 A が緑色、話者 B が青色）。図 3 の発話順 1 番目から 6 番目までは、それぞれの話者の発話

トピックは離れた位置にプロットされている。この区間では、話者 A (緑) は「イヤホン」「Bluetooth」、話者 B (青) は「ケースデンキ」「JVC」などについて発話しており、互いの話題には距離がある。しかし、7番目から10番目にかけて、話者 A (緑色ノード) の発話トピックが、話者 B (青色ノード) の発話トピックに近づいていることが確認できる。この区間では、話者 B が「ヘッドフォン」について言及したのに対し、話者 A も「電車」「耳」といった単語を経て「ヘッドフォン」について発話している。この視覚的な位置変化から、話者 A が話者 B の発話トピックに対して話題を合わせる「追従」が発生していると分析できる。このように、ノードの位置変化を見るだけで、対話がどのように展開しているのかを直感的に捉えることが可能になる。

この話題遷移マップを構築する上で、リアルタイムで発話される名詞を、既存のノードとの意味的な位置関係を壊さずにプロットする必要がある。

ノードを追加するたびに t-SNE を用いて全ノードの次元削減を再計算する方法も考えられる。しかし、t-SNE は確率的に次元削減を行うため、新たな計算結果が元の 2 次元ベクトルと必ずしも一致するとは限らず、元の位置関係が崩れてしまう課題があった。

この課題を解決し、元の位置関係を保持したまま新たなノードを安定して配置するため、本研究では k-近傍法を用いる。k-近傍法は、新たに追加するノードの単語ベクトルと意味的に類似度の高い上位  $k$  個の近傍点 (背景知識マップ上の点) に基づいて 2 次元座標を決定する。これにより、意味的な関係性を捉えたまま (= 意味的に近いノードの近くに) 新たな単語を配置することが可能になる。

#### 4.4. 対話状態グラフ

対話状態グラフは、各話者の発話トピックが意味的に類似しているか、乖離しているかの時間的变化を定量的に判断できる折れ線グラフである。

本研究において、ノードは単語ベクトルから作成しているため、ノード間のユークリッド距離は単語の意味的類似度を表す。距離が近ければ (0 付近であれば) 意味的に近く、距離が遠ければ意味的に乖離していると見なせる。この距離の変化を分析することで、追従や話題拡大、乖離などの状態を判別することが可能になる。

図 4 にヘッドホン購入対話における対話状態グラフを示した。グラフの横軸は時間、縦軸はノード間の距離である。実線はそれぞれ話者 A、話者 B の発話トピック距離の変化、点線は対話トピック距離の変化を示している。発話トピック距離と対話トピック距離から対話の状態を以下のパターンとして分類

できる。

##### ● 追従

本研究での「追従」とは、片方の話者の発話トピックに対して、もう片方の話者が自分の発話トピックを合わせている状態である。

これは図 4 の「追従完了」区間のように対話トピック距離が小さい区間において、片方の発話トピック距離が常に小さいまま推移し、もう片方が大きい値から小さい値へと変化する場合や両者の発話トピック距離が同じように増減する場合に確認できる。

##### ● 話題拡大

本研究での「話題拡大」とは、話者が対話中の自分の発話トピックを変更している状態である。

これは図 4 の「話者 A の話題拡大」「話者 B の話題拡大」区間のようにグラフ上において、話者の発話トピック距離が大きくなる変化として確認できる。

##### ● 乖離

本研究での「乖離」とは、両方の話者の発話トピックが離れている状態である。

これは図 4 の「乖離」区間のように対話トピック距離が大きい区間において、両者の発話トピック距離が同じように増減する場合や、片方の発話トピック距離が常に小さいまま推移し、もう片方の距離が大きく変化する場合に確認できる。

このように、発話トピック距離と対話トピック距離から対話の状態を分類することで、話題遷移マップによる直感的な理解を裏付け、定量的に対話の状態を分析することが可能になる。

### 5. ケーススタディ

#### 5.1. 実験概要

実際の対話における対話状態グラフがどのパターンの組み合わせで構成されているのか分析するため、複数名の被験者にヘッドホンの新規購入をテーマとした対話を行ってもらった。

実験の設定として、対話ではヘッドホンを新規購入する客役、ヘッドホンを紹介する店員役とした。また、店員役は商品を薦めるため、インターネットから情報を参照してもよいこととした。被験者は制限時間 10 分の間に、最終的にヘッドホンを購入するかどうか決める。対話は LINE のメッセージ機能で行った。

## 5.2. 結果と考察

図4の対話状態グラフで割り当てられている状態が、実際の対話テキストの内容と整合しているかを検証する。

なお、本検証において「追従」と「追従完了」は話題が収束していく一連のプロセスであるため、「追従」としてまとめて扱う。また、「話者Aの話題拡大」と「話者Bの話題拡大」は、話者が異なるのみでグラフ上の挙動および対話における相互作用の構造は同一であるため、「話題拡大」としてまとめて扱う。

### 1. 追従および追従完了

実際の対話テキストでは、挨拶の後、店員が「今イヤホンは何を使っているか」と問い合わせ、客が「ケーズデンキ」「JVC」と具体的な製品名を挙げて回答している。これは、店員の問い合わせに対し客が具体的な情報を提示することで、双方が「客の現在の利用状況」という共通の話題に焦点を合わせた過程を示している。

その後、客の回答を受けて店員が「Bluetooth使いやすくていいよね」と肯定的な感想を述べており、話題が完全に一致した状態で会話が進んでいる。これらの流れは、グラフにおける距離の縮小および安定した推移と整合しており、判定は妥当である。

### 2. 話題拡大

実際の対話テキストを確認すると、客が「紛失への不安」「過去の耳の痛みの記憶」「音質への興味」など、自身の悩みや要望に関連する新しい要素を次々と発話している。これに対し、店員(話者B)は客の話を受け止める側に回っているため、距離の変化は小さい。

このように、話者が能動的に話題を広げている状況が、グラフ上での距離の拡大として正しく反映されており、判定は妥当である。

### 3. 乖離

実際の対話テキストでは、「音質」「色」「Amazon」「タイムセール」「購入決定」と、意思決定に向けて短期間に多岐にわたるトピックが交換されている。

文脈としては購入の合意形成に至っており対話は成立しているが、本システムは名詞の意味的類似度に基づいているため、「色」と「ECサイト」のように意味的に距離の遠い単語が連続すると「乖離」として検出される。これは、意思決定の最終段階において、必要な情報を網羅するために多様なトピックが飛び交う際に見られる特徴的なパターンであると解釈できる。

## 6. まとめ

本研究では、意思決定対話における認識のずれや話題の遷移を客観的に捉え、円滑な対話を支援するため、トピック間距離に基づいた対話可視化フレームワークを提案した。

本手法は、発話トピックを単語ベクトルとして扱い、話題遷移マップによる直感的な可視化と、対話状態グラフによる定量的な分析を可能にするものである。実際の対話データを用いたケーススタディの結果、グラフから読み取れる「追従」「話題拡大」「乖離」といった状態が、実際の対話内容と整合していることを確認し、本フレームワークの有効性を示唆した。

今後の課題として、より詳細な対話状態の判別精度の検証が挙げられる。具体的には、話題の収束、発散、追従、減退、膠着、停滞などの状態をアノテーションした対話データセットを用い、本システムがこれらの状態を正しく判別できるか検証する実験を行う。また、対話状態グラフの解析において、話者内距離の傾きを正、零、負のいずれに分類するかを判断するための明確な閾値を、予備実験を通じて決定していく予定である。

## 参考文献

- [1] 角康之, 小川竜太, 堀浩一, 大須賀節雄, 間瀬健二: 思考空間の可視化によるコミュニケーション支援手法 CSS, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. 79, No. 2, pp. 251-260, (1995)
- [2] 角康之: 議論の意味構造の可視化, 可視化情報, Vol. 19, No. 72, (1999)
- [3] Ryotaro Okada, Takafumi Nakanishi, Yuichi Tanaka, Yutaka Ogasawara, Kazuhiro Ohashi: A Time Series Structure Analysis Method of a Meeting Using Text Data and a Visualization Method of State Transitions, New Generation Computing, Vol. 37, pp. 113-137, (2019)
- [4] 柳楽浩平, 水本武志: 話し合いの振り返りのためのオンラインや対面の会話の定量化と可視化, The 37th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, (2023)