

# 議論支援システムにおける発話状況の アンビエントな可視化手法の検討

## A Study of Ambient Visualization Methods of Speech Status in Discussion Support Systems

吉井 一総<sup>1\*</sup> 吉田 直人<sup>1</sup>  
Kazusa Yoshii<sup>1</sup> Naoto Yoshida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 工学院大学  
<sup>1</sup> Kogakuin University

**Abstract:** 本研究では、テーブルトップ型ディスプレイを用いて、二者のディスカッションにおける発話状況をアンビエントに提示する手法を提案する。発話量の比を反映した水面の波の向きと魚が話者に集まる動きの2要素に着目して、対話意欲に与える影響を検証した。その結果、知覚された水面の動きに発話に関する意図は感じられなかった一方、発話に同期した魚の動きが話者への興味を示し、積極的な発話意欲に影響を与える可能性が示された。

### 1 はじめに

協調的議論では往々にして発言量に偏りが生じ、少ない発言者への対応が必要とされるものの、消極的話者への直接的な指摘が参加意欲を低下させる可能性がある。多くの既存の議論支援システムでは発話を促す直接的な指示や発言量の提示を行ってきたが、これらの手法では話者への心理的負担が大きく、話者の議論参加への積極性が阻まれることに繋がると考えられる。本研究ではこの課題の解消に、風によって波立つ水面と魚という映像を用いたテーブルトップ型ディスプレイを提案し、会話状況の提示と会話意欲の向上を試みた。本実験ではこのような婉曲的表現でのコミュニケーション支援において、システム内の構成要素が対話のモチベーションにどのような影響を与えるかを検証した。

### 2 提案手法

本研究では会話状況を婉曲的に提示することで発話意欲を支援するテーブルトップ型ディスプレイを提案する。このディスプレイは会話状況のメタファとして、水面に変化する波と魚という2つのモチーフで背景的に状況を提示する。

波は会話状況、すなわち主要な話者の流れを示すことと、波の流れという共通点を用いたメタファである。

魚は発話を促す存在として、聴衆の役割を果たすメタファである。それぞれの役割として、水面は話し手から聞き手へと流れることで、現在の発話者が誰であるかを示す。魚は消極的話者の下に集まることで発話を促す役割を果たす。本実験の目的は会話状況に応じた2種類のメタファが参加者の発話意欲にどのように影響を与えるのかを検証することである。

### 3 関連研究

#### 3.1 アンビエントインタフェース

背景的な情報提示の研究のひとつには認知負荷を減らす手法が数多く検討されている。Weiserら[1]によってカムテクノロジーという概念が提唱され、情報への注意の引き方が検討された。これを源流のひとつにしてアンビエントコンピューティングという領域が勃興した。中でも、竹村[2]によるとアンビエントインタフェースとは、「センシングネットワークと自律分散制御に基づくコンテキストアウェアな統合インタフェース環境」と説明される。具体的には、Ogawa[3]らが会話の盛り上がりに応じて照明の色が変化するシステムを提案した。その結果、意図は汲み取られなかったがフィードバックによってコミュニケーションが活発になったことが報告された。本研究の提案手法もこのアンビエントインタフェースの概念に則り、水面の動きを背景的な情報として表現することで情報を受容する不快感を減少させつつも効果的な提示が可能になると考えられる。

\*連絡先：工学院大学情報学部情報デザイン学科  
〒192-0015 東京都八王子市中野町 2665-1  
E-mail: j221327@ns.kogakuin.ac.jp,  
yoshida@cc.kogakuin.ac.jp

### 3.2 発話機会の均等化

鍋谷ら [4] は直接的な音声アプローチで消極的話者の発言率の向上を試み、非好意的な対象者への効果が薄いと報告した。一方で、塩津ら [5] は LED ライト点灯や匿名の発言リクエスト機能といった婉曲的手法を提案した。このシステムによって曖昧な意思の伝達が議論の活性化に貢献した可能性がある反面、課題として直接的に発言量の向上には寄与はしなかったと報告した。これらから、直接的な手法では介入に不快感を覚えさせる一方で、婉曲的な手法では直接的な発話率の向上にリーチさせることが困難であるというそれぞれの課題が伺える。

### 3.3 エージェントによる支援

西村ら [6] はエージェントが音声や顔向きで発話を調整するシステムを提案し、発話と介入のタイミングの不一致による不快感を生じる可能性があるとして報告した。他にも、牧野ら [7] はロボットの数や移動でのファシリテーション手法を提案した。本実験における牧野らとの違いは、魚はファシリテータの役割が非明示的である点である。なお、3.1 節とエージェントとの関わりには、小野 [8] の環境内からエージェントが行動変容を促す手法が挙げられる。これによりエージェントが介入する不快感を減らしつつも、より直接的に発言量の向上への寄与が可能であると考えられる。

## 4 実験

### 4.1 実験概要

水面による会話状況の呈示 (実験 1)、話者のもとに魚が集まるという動作の呈示 (実験 2) を行った。両実験で共通する実験構成に、映像が投影されるテーブルを挟んで会話相手のエージェントと正対して着席させ、与えられた台本をもとに、図 1 の奥にある PC 内のエージェントから流れる合成音声と会話を行わせた。一方で異なる点は、実験 1 では台本を条件ごとに変更させたが、実験 2 では全条件で共通の台本で行わせた。台本の長さは 80 秒から 85 秒であり、最初に内容を覚える時間を設けた。なお、教示として台本を覚える意図は実験刺激に着目させるためであることを説明した。

刺激は Unity 2022.3.6.f1 で作成し、MadMapper 5.4 で加工しプロジェクタから卓上に投影した。投影面のサイズは 67cm × 69cm である。水面の動きと魚には



図 1: 全体のシステム

Unity Asset<sup>1 2</sup> を用いた。実験条件の操作は両実験ともに手動で行った。また、条件が終わるたびに質問紙に会話の印象に関する主観評価項目に 7 段階リッカート尺度で回答させた。実験終了後に実験を振り返るインタビューと実験内容のデブリーフィングを行った。

### 4.2 実験協力者

実験 1 の実験参加者は 21 歳から 23 歳の学生 16 人 (男性 13 人, 女性 3 人) に実施した。実験 2 は 21 歳から 23 歳の学生 22 名 (男性 18 人, 女性 4 人) で実施したが、うち 2 人に回答の不備があったため分析は 20 名 (男性 16 人, 女性 4 人) で行った。

### 4.3 実験手続き

実験 1 は実験条件と統制条件の 2 条件である。実験条件では図 2 のような水面が会話状況に合わせて変化する。波は被験者またはエージェントの直前の会話状況に応じて段階的に変化させた。波の方向は  $\cos$  値の大きさに決まり、初期値は 0 である。 $\cos$  値は、実験者の操作によって 1 秒につき 0.73 加算され、あるいは自動で 0.73 減少するように設計した。波の方向はエージェントから被験者に会話のバランスが傾くように調整した。対して、統制条件は方向の切り替わる間隔を 5 秒から 10 秒の間でランダムに変化させた。実験は被験者間でラテン方各法によりカウンターバランスを取った。条件終了後には、表 1 に示す水面の変化に関する 7 項目の主観評価と、波の意図と規則性に関する自由記述を行わせた。実験 1 の仮説として、卓上に映し出された水面の動きが会話状況を反映するという意図が汲ま

<sup>1</sup>IgniteCoders, "Simple Water Shader URP", 2020, [https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/water/simple-water-shader-urp-191449\(2024/12/29](https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/water/simple-water-shader-urp-191449(2024/12/29) 閲覧)

<sup>2</sup>JUNNICHISUKO, "Freshwater Fish Pack", 2019, [https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/animals/fish/freshwater-fish-pack-61311\(2024/12/29](https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/animals/fish/freshwater-fish-pack-61311(2024/12/29) 閲覧)



図 2: 水面刺激

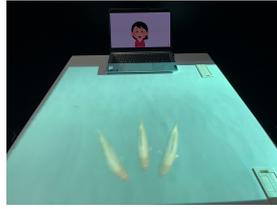


図 3: 魚刺激

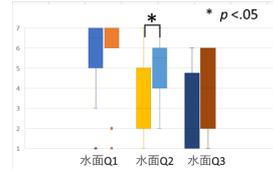


図 4: 動きの質問結果

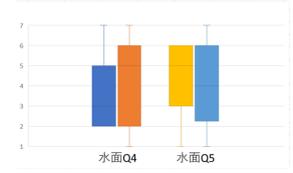


図 5: 自身への印象の結果

表 1: 実験 1 の質問項目

質問番号	質問内容	質問の種類
Q1	波の動きが変化しのがわかった	水面の動き
Q2	波の動きには規則性があった	水面の動き
Q3	波の動きは意図があるように感じた	水面の動き
Q4	自分が聞き手になっている印象を強く感じた	自身の印象
Q5	自分が話し手になっている印象を強く感じた	自身の印象
Q6	相手がたくさん話している印象を感じた	相手の印象
Q7	自分がたくさん話している印象を感じた	相手の印象
自由記述		
Q2-2	規則性について、そのように回答した理由を教えてください	
Q3-2	感じた意図について、そのように回答した理由を教えてください	

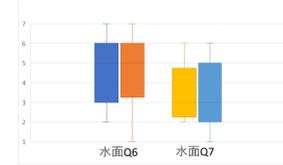


図 6: 相手への印象の結果

れ、実験条件の方が被験者の会話中の聞き手／話し手の立場を意識させると考えられる。

実験 2 も統制条件と実験条件の 2 条件とし、今回は水面を変化させず魚のみを呈した。発話率を経過時間に対する累積の発話秒数の比と定義し、実験条件は被験者の発話率が 30% を超過するタイミングで、図 3 のように 3 匹の魚が被験者のもとに集まるよう設計した。この基準は会話において 3 割の発話率であることが、消極的の話し手であるとみなせると考えたためである。対して、統制条件はランダムに魚の進行方向が変化するように設計した。実験 2 もラテン方各法によりカウンターバランスを取った。条件終了後に、表 2 に示す魚の動きの印象について 10 項目の主観評価と、魚の意図と規則性に関する自由記述を行わせた。実験 2 の仮説は、魚が集まるといふ動きから、実験条件の方が被験者の会話への積極性に寄与しうることが考えられる。

表 2: 実験 2 の質問項目

質問番号	質問内容	質問の種類
Q1	魚の動きに意図を感じた	魚の動き
Q2	魚の動きには規則性があった	魚の動き
Q3	自分やエージェントの話聞き手が聞いていた	魚の印象
Q4	話を聞いている人に興味を持っていた	魚の印象
Q5	積極的に話さなければいけないと思った	積極性
Q6	積極的に話さなくてもよいと思った	積極性
Q7	話し出しやすさを感じた	被注目性
Q8	自分が注目されている気がした	被注目性
Q9	自分が話す番だということを意識した	被注目性
Q10	自分の話さないといけないプレッシャーを感じた	積極性
自由記述		
Q1-2	意図について、そのように回答した理由を教えてください	
Q2-2	規則性について、そのように回答した理由を教えてください	

## 5 結果

### 5.1 実験 1 (水面の評価)

以下には主観評価の結果をウィルコクソンの順位符号和検定で分析したものを示す。図 4・図 5・図 6 はすべて左が統制条件・右が実験条件の箱ひげ図である。図 4 の水面 Q2 である「波の動きに規則性があったか」は条件間での有意差 ( $V = 13.0, p = 0.04$ ) が見られた。他の質問項目においては条件間で有意な差は見られなかった。また、有意な差が表れなかった質問項目のうち効果量  $r$  を算出したところ、「Q3: 波の動きは意図があるように感じた」は 0.37, 「Q4: 自分が話し手になっている印象を強く感じた」は 0.32, 「Q5: 自身が話し手になっている印象を強く感じた」は 0.20 と、およそ中程度の効果量があることが明らかになった。他の質問項目においての効果量はごく小さいものであった。なお、終了後のインタビューより実験を通して映像や音声について大きな影響を及ぼす要因はなかった。

### 5.2 実験 2 (魚の評価)

実験 2 は実験を実施した 22 名のうち、2 人にデータの不備が見られたため 20 名 (男性 16 名, 女性 4 名) にウィルコクソンの順位符号和検定で分析を実施した。以下の図 7・図 8・図 9・図 10 についても左が統制条件であり、右が実験条件の箱ひげ図である。分析の結果、「Q6: 積極的に話さなくてもよいと感じた」「Q7: 話し出しやすさを感じた」の 2 項目を除き、5% 有意水準における質問項目に有意差が表れた。Q7 は有意差が見られなかった一方で、Q6 は有意傾向 ( $V = 115.0, p = 0.07$ ) が見られた。また Q6 の効果量  $r$  は、0.50 であることから中から強程度の影響があることが明らかになった。実験 2 に関しても、終了後のインタビュー

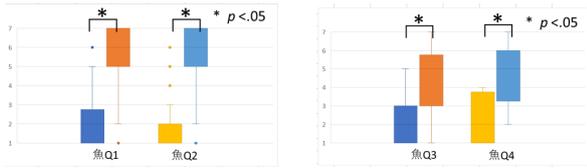


図 7: 魚の動きの質問結果 図 8: 魚の印象の質問結果



図 9: 積極性の質問結果 図 10: 被注目性の質問結果

より実験を通して映像や音声について大きな影響を及ぼす要因はなかった。

## 6 考察

### 6.1 実験 1 (水面の評価)

波の動きに関して、図 4 の「Q1: 波の動きが変化したのがわかった」の回答結果が両条件ともに高いことから、波の動き自体は知覚されていたものと考えられる。また、規則性や意図について行った自由記述から、「喋るのと連動していた」や「意図はなかったが波が動いているように感じた」といった意見が散見されたことも、動きが知覚されている根拠を強めるものであると考えられる。図 4 の Q2 のように規則性に有意差が見られ、意図に関しては効果量は中程度であれど条件間での有意な差が見られなかったことを踏まえると、話し手から聞き手へと流れることが規則性として汲み取られたもの、それが行動変容を訴えさせるほどの訴求力はなかったことが伺える。また、印象に関しては条件間で有意な差が見られなかったものの、規則に気づいたもののうち意図の自由記述において「自分が話すときには気づかなかつたが、エージェントが話しているときにこちらに向かって来ていたのでそう感じた」という意見が見られたため、背景的な情報は聞き手のような受動的な態度である瞬間に提示することが効果的ではないかと考えられる。

### 6.2 実験 2 (魚の評価)

話している最中に集まるという魚の動きは、話者に興味を示していると受け取られたと考えられる。図 8 において両質問ともに条件間に有意な差が見られたことから、これは仮説を支持するものである。また、被

験者の回答の傾向として、「Q7: 話し出すやすさを感じた」と「Q10: 自分の話さないといけないプレッシャーを感じた」という質問項目において、Q10 のスコアが高い被験者は Q7 の回答のスコアが低くなる傾向が見られたが、全条件においてこの傾向が存在したため話し出しやすさとプレッシャーの間には魚の動きによる影響があるとは考えづらい。しかし、図 9 の Q10 において条件間において有意差があるため、被験者が魚の集合する動きに緊張感を覚えることは十分に考えられる。寺田ら [9] は予測可能性に関する実験から、移動した軌跡が直線的なとき、生物性が低く意図性が高いと判断されたと述べている。本実験において直線的に魚が集まるという動きが強い意図性を覚えさせたため、プレッシャーを感じたのではないかと考えられる。一方で、魚の動きの意図に関する自由記述の中には「2人で会話をさせる意図」や「話す順番の暗示」というような内容があった。これは、集合することではなくそこに至るまでの魚の動き自体に意図を見出した可能性が存在する。これらから、到達する道のりについて消極的な話者にプレッシャーを感じさせないような動きの模索に加え、集まること自体に焦点を当てた提示方法の検討が必要である。

### 6.3 総合考察

意図性の質問に関して水面と魚で結果の違いが見られたことについて、魚は生物であるが水面は無生物であることから、意図として受容されづらかった可能性がある。しかし規則性については条件間で有意な差が見られたにも関わらず、自身の聞き手/話し手の印象に影響を及ぼさなかったことから、その設計において心理的なモチベーションの誘発が行う機構が不足していたと考えられる。また、魚に関しては聴衆のメタファという対応関係が容易に想起できたことに対して、波の変化が会話自体の流れを示すというメタファは、相互の関連性が乏しかった可能性がある。

加えて、魚が直線的に集まる動きにプレッシャーを感じていたことから、単純に波の流れを強調して会話の流れを明示するのは避けるべきであると考えられる。これは会話状況の背景的な提示を覆し会話者の負担になる可能性があるためである。本研究をアンビエントインターフェースを用いた環境デザインとして扱うとき、前景にある「水面を泳ぐ魚」という心象を崩すことなく提示する必要が求められる。具体的には水面は自然な変化で流れを変えることや、魚は集まる数やその軌跡に関してよりランダムさを取り入れることで意図性を和らげるというような工夫が考えられる。

また、水面の変化は時間の経過に伴い連続的に変化する一方で、魚の決められたタイミングで変化する動

きは、台本内の特定の発言に関連している印象を抱かせる要因になりうることを示唆された。これは台本を交互に読み上げるという実験構成により、発言すべきターンを魚が通知するものとして解釈されたことが考えられる。また、実験後のインタビューでは台本が面接のように形式的なものに感じられ、日常会話らしさがなかったという意見があった。実験1の仮説は会話全体で変化する聞き手／話し手の判断に有用であるということから、断続的という印象を与えたことは仮説とそぐわない可能性がある。

## 7 おわりに

本実験では水面と魚という自然にある景観が会話状況を表現した場合の発話者のモチベーションに与える影響について検証した。実験の結果、水面の動きに気づくことができたが、それが何を表しているのかは汲み取ることが困難であるということがわかった。他方、魚については集まるという動きが話者への興味を示していることが明確に解釈されることが示唆された。

本実験では会話における最低限の構成である2人での実施であったが、複数人のディスカッション場面に適用可能であるかは分かっていない。また、発話状況の認識に基づく、システムの自動化が行えるよう取り組む必要がある。

## 謝辞

本研究はJSPS 科研費 23K11202, 23K11278, 19K12090, 22K19792, 21K11968 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] Weiser, M. & Brown, J. Designing calm technology. *PowerGrid Journal*. **1**, 75-85 (1996)
- [2] 竹村治雄 アンビエントインタフェース技術の動向 (i 特集j アンビエント情報基盤). *人工知能*. **28**, 186-193 (2013)
- [3] Ogawa, K., Hori, Y., Takeuchi, T., Narumi, T., Tanikawa, T. & Hirose, M. Table talk enhancer: a tabletop system for enhancing and balancing mealtime conversations using utterance rates. *Proceedings Of The ACM Multimedia 2012 Workshop On Multimedia For Cooking And Eating Activities*. pp. 25-30 (2012)
- [4] 鍋谷航平, 村岡泰成, 石川誠彬, 江木啓訓 & Others 消極的発話者の発言率向上を目的とした音声による個別指示議論支援システムの開発. *マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2021 論文集*. **2021**, 766-773 (2021)
- [5] 塩津翠彩, 高島健太郎 & 西本一志 消極的参加者に発言を促す手段を備えたチャット併用会議用コミュニケーションメディア. *情報処理学会研究報告*. (2018)
- [6] 西村龍之介, 居原田梨佐, 菅本祐也, 石井裕, 望月俊男, 江木啓訓 & Others 議論における発話の偏りに基づいて参加の均等化を促す議論支援システム. *情報処理学会論文誌*. **65**, 197-210 (2024)
- [7] 牧野倫太郎, 岡藤勇希, 高橋治輝, 松村耕平 & Others ゆるやかなファシリテーションをする小型ロボットのインタラクションデザイン. *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2024 論文集*. **2024** pp. 522-525 (2024)
- [8] 小野哲雄 人間-AI 協調意思決定を促すエージェントデザイン. *人工知能学会全国大会論文集 第 36 回 (2022)*, *1JIOS2105*. (2022)
- [9] 寺田和憲, 深井英和, 竹内涼輔 & 伊藤昭 振舞いに対する予測可能性が生物性と意図性の知覚に及ぼす影響. *電子情報通信学会論文誌 D*. **96**, 1374-1382 (2013)