

# 議論支援アプリ「思考アスレチック」の設計とHAI展開への道 - 非線形分岐型思考支援の考察 -

## Multi-Perspective Hints on the Path to Embodied Agents: Nonlinear Branching in Thought Facilitation

武知 薫子<sup>1\*</sup> 山根 慎之輔<sup>2</sup> 植田 素直<sup>2</sup> 大谷 慈輝<sup>2</sup> 福田 尚己<sup>2</sup> 立石 楓<sup>2</sup>  
K. Takechi<sup>1</sup>, S. Yamane<sup>2</sup>, S. Ueda<sup>2</sup>, I. Ohtani<sup>2</sup>, N. Fukuda<sup>2</sup>, K. Tateishi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 近畿大学短期大学部 商経科

<sup>1</sup> Department of Commerce and Economics, Kindai University Junior College

<sup>2</sup> 大阪公立大学工業高等専門学校 メカトロニクスコース

<sup>2</sup> Course of Mechatronics, National Institute of Technology (KOSEN), Osaka Metropolitan University

**Abstract:** This paper proposes nonlinear branching-type thought facilitation, a design principle in which an LLM presents short, multi-perspective hints – including outlier viewpoints intended to prompt reconsideration of discussion premises – without forcing conclusions, to preserve users’ judgment autonomy. We describe a discussion support app built on this principle, and a mini-robot that shares the same design principle. We pose, but do not yet answer, the central HAI question: does embodiment amplify support efficacy, increase guidance risk, or transform thinking itself?

### 1 はじめに

大規模言語モデル(LLM)の普及により, AIを対話的な思考支援に用いる試みが活発化している。しかし, LLMの高い言語能力は, ユーザーの思考を特定の方向に誘導するリスクを内包している。要約や結論を即座に提示するAIは, ユーザーの自律的な思考プロセスを短絡させる可能性がある。

本稿では「非線形分岐型思考支援」を提案する。議論支援アプリ「思考アスレチック」(登録商標)は, LLMの多視点応答を用いつつ, 否定語・断定語を禁止し, ヒント提示で止めることで判断の主体性を保つ設計である。

さらに, 同一の設計原理をミニロボに搭載し, 非身体化(アプリ)と身体化(ロボ)の条件間で支援効果と誘導リスクを分離検証する実験設計を進めている。本稿では以下の問いを検討する: 身体性は支援効果を高めるのか, 誘導リスクを高めるのか, それとも思考そのものを変容させるのか。

### 2 先行研究

集団意思決定支援では, Chiangら[1]がLLM搭載のDevil’s Advocate(反論生成エージェント)を集団議論に導入し, AIへの過度な依存を抑制できることを示した。また, Tesslerら[2]はLLMを用いたAI仲介者(Habermas Machine)が参加者間の合意形成を促進することを大規模実験で実証した。本研究が提案する非線形分岐型設計は, これらとは異なるアプローチをとる。Devil’s Advocateが特定の結論への反論を生成し, Habermas Machineが合意点の収束を目指すのに対し, 本設計はバイアスチェックと外れ値的視点の2段階の提示により, 議論の前提構造そのものを揺さぶることで思考の方向を固定しない分岐を促す。この2段階の設計の理論的基盤は, 筆者が提案した省察補完モデル(RC-Model)[6]に基づく。RC-Modelは, 複数のAIペルソナによる意見の強制衝突と外れ値視点の戦略的投入により, ユーザーに認知的不協和を生じさせつつ心理的ダメージを分散させる設計を特徴とする。

身体化の側面では, Wangら[3]がLLMベースの会話エージェントを身体化した場合にsycophantic(おべっかの)と知覚される場合があることを報告し, 身体化が常に支援効果を高めるわけではなく誘導リスクとのトレードオフが存在することを示した。身体性の理論的基盤として, Dautenhahnら[4]はエージェントの身

\*連絡先: 近畿大学短期大学部 商経科  
E-mail: kaoruko.takechi@jcg.kindai.ac.jp

体性を物理的実体にとどまらず社会的埋め込み (social embeddedness) として捉える視点を提示している。また, Matarićら [5] は物理的身体化が社会的インタラクションに及ぼす効果を実証している。

## 3 議論支援アプリの設計

### 3.1 非線形分岐型思考支援の原理

「非線形分岐型」とは, AI がユーザーの入力に対して一対一で結論を返す線形的応答ではなく, 複数の視点に分岐して短いヒントを提示し, ユーザー自身が分岐先に気づき発案する構造を実現するシステム設計原理を指す。

「思考アスレチック」はグループワークの各テーブルに AI ファシリテーターとして配置する議論支援アプリである。設計の核心は以下の出力制御にある: (1) 否定語の禁止, (2) 断定語の禁止, (3) ヒント提示で止め要約・結論を生成しない, (4) 判断の主体性を阻害しない。これにより AI は「3人目の目」として機能し, 議論の進行や結論の導出は行わず, 思考を促すヒントのみを提示する。

### 3.2 多視点提示に基づく設計とバイアスチェック

AI 応答の生成には OpenAI 社の GPT-4o (2025 年 9 月時点) を基盤とした多視点提示に基づく設計を採用している。本設計は概念上, 2 段階の提示原理に基づく。

協調段階 (Reflection) 統計・心理学・倫理・多文化・友人の 5 視点を独立視点として構成し, 多視点ヒントを提示する。各ヒントはユーザーの発話に対するバイアスチェックとして機能し, 「今のは印象寄りかな?」「前提, 合ってるかな」といった短い問い返しを通じて, 思考の偏りへの気づきを促す。

補完段階 (Completion) 協調段階の 5 視点の出力において, 評価軸・因果方向・価値前提の意味的収束を想定し, その収束構造をずらす前提再配置型の外れ値的視点を提示する設計である。

すなわち, 本設計の認知への揺さぶりは 2 段階で構成される。協調段階によるバイアスチェックがユーザーの発話時点での偏りを指摘し, 補完段階の外れ値的視点が議論全体の前提構造を組み替える (2 章参照)。外れ値的視点は, Janis[7] が指摘した集団思考 (groupthink) の抑制を意図しており, 多数派とは異なる少数派の視点を提示することで, ユーザー自身による前提の再検討を促す役割を担う。

### 3.3 アプリの利用フロー

ユーザーが議題 (問題点) を入力すると, AI がまず前提の掘り下げを段階的に促す。この過程で協調段階のバイアスチェックに基づく短いヒントが画面に提示される。同時に, 必要に応じて外れ値的視点を提示する。ヒントの詳細解説は折りたたまれており, ユーザーが自ら開かない限り表示されない。前提の検討を経た後に解決策の検討に移行する。AI は最初から答えを提示するのではなく, 「その前提は妥当か」をユーザー自身に問い直させる設計になっている。

## 4 予備実験と結果

### 4.1 実験設計

2025 年 9 月, 大学の授業において 29 名の学生 (8 班, 各班 3~4 名) を対象に AB/BA 交差デザインによる予備実験を実施した。各班は 2 つの議論課題 (各 20 分) に取り組み, 一方ではヒントなし (統制条件), 他方ではヒントあり (実験条件) で議論を行った。A 群 (4 班) は課題 1 をヒントなし・課題 2 をヒントありで, B 群 (4 班) はその逆の順序で実施した。

議論課題は日常的な社会問題を扱い, 多角的な検討が可能なテーマを選定した。ヒントあり条件では「思考アスレチック」が議論の進行状況に応じてバイアスチェックと外れ値的視点を含む多視点ヒントを段階的に提示した。結論分類は班の最終結論に基づき班単位で行い, アンケートは個人単位で実施した。

### 4.2 結論分類の基準

各班の議論結果を以下の 2 類型に分類した。断定的結論は前提を疑わず単一の視点で結論に到達したもの (「~である」「~すべきだ」等の無条件の主張で終結), 条件付き結論は「~の場合は」「~とは限らない」等, 複数の視点を自ら発見し但し書きを伴う結論に至ったものである。但し書きが含まれる場合は条件付き結論に分類した。

### 4.3 結果

結論分類の結果を表 1 に示す。

表 1: ヒント条件別の結論分類 (各条件 4 班)

	断定的結論	条件付き結論
ヒントなし	3 班	1 班
ヒントあり	1 班	3 班

ヒントなし条件では4班中3班が断定的結論に到達したのに対し、ヒントあり条件では4班中3班が条件付き結論に到達した。課題A・B共にこの移行傾向が観察され、偏りへの問い返しや少数派の視点の提示をきっかけとして前提や偏りへの言及が生起する傾向が見られた。

#### 4.4 学生アンケート

5段階評定によるアンケート結果 ( $N = 29$ , 全体  $SD = 0.72$ ) を表2に示す。全項目で4.0以上の評価を得たが、 $N = 29$ の小規模サンプルであるため一般化はできず、傾向の示唆にとどまる。自由記述では「条件をつけて考えるようになった」「エビデンスの重要性が分かった」「グループの関係を壊さず議論できた」等の回答があった。

表2: 学生アンケート結果 (5段階評定,  $N = 29$ , 全体  $SD = 0.72$ )

項目	平均
視点が広がった	4.50
深く考えた	4.39
ヒントは助けになった	4.50
Evidence Quest が有用	4.18
次もこの進め方で	4.04

#### 4.5 考察

結論分類は各班の最終結論に基づき筆者が探索的に整理したものであり、独立した評定者による信頼性検証は今後の課題である。本結果は探索的な分類に基づく傾向の記述であり、今後の本実験では複数評定者による信頼性係数の算出を行う予定である。 $N = 29$  (8班)での統計的検定は行っていないが、ヒントの有無による結論分類の変化が両課題で一貫して観察されたことは、バイアスチェックと外れ値的視点の提示が集団思考の抑制に寄与しうることを探索的に示唆するものである。

注目すべきは、AIが「その前提は誤りである」と述べるのではなく、「別の見方もありそうだね」程度のヒントで学生自身が前提の再検討に至った点である。これは非線形分岐型設計の意図した動作であり、判断の主體性が阻害されなかった可能性を示している。

## 5 身体化展開：ミニロボの設計

### 5.1 設計思想

アプリで確認された支援原理を身体化環境で検証するため、アプリに身体を付与したミニロボを開発した。設計方針は、動きを意図的に制限し最小限の身体性にとどめることで、支援効果への身体性の作用を分離検証することである。

身体性が思考の質に影響を与えるという仮説は、Wangら [3] が報告した身体化による知覚変容の知見に基づく。

### 5.2 ハードウェア構成

Raspberry Pi Zero WH を制御基盤とし、2軸 (ピッチ・ヨー) のサーボモーター (SG90  $\times$  2) で首の動きを実現する。入力にはUSBマイクとRaspberry Piカメラ、出力にはUSBスピーカーとSPI液晶を用い、モバイルバッテリー駆動の全有線接続とした。首の上下・左右2軸により、うなずく・かしげる・見上げる・そらすの4動作を実現した。現段階では表情は未実装である。

### 5.3 対話設計

ミニロボでは一言ずつの短い応答を基本とし、2段階で設計している。モード1 (受容的傾聴) では「へー、そうなんだ」「うん、それで?」と応答し、内容が見えない段階では傾聴を継続する。説明・アドバイス・質問の連打は禁止する。モード2 (バイアスチェック) ではバイアスが見えた段階で「今のは印象寄りかな?」「別の見方もありそうだね」と柔らかい一言のみを発する。早すぎる介入と言及後の説明は禁止する。全体を貫く原則は「余白を残す。答えを与えない。一言で止める」である。

### 5.4 身体化による意味の変容

身体化により、同じ設計原理に基づく応答でも異なる意味を帯びうる:

- 沈黙: アプリでは単なる待機だが、身体ありでは「寄り添い」か「無視」か
- 一言: アプリでは中立的テキストだが、身体ありでは「柔らかい問い」か「押しつけがましい指摘」か
- うなずき: 「傾聴」の信号か「同意」の信号か

これらの意味の変容に対応するため、3層の設計ガードを構築した：第1層は多視点応答による思考への揺さぶり、第2層は一言で止める対話による余白の確保、第3層は身体の動きを傾聴に制約することによる誘導リスクの抑制である。

## 6 今後の検証計画

今後、以下の比較実験を計画している：

- アプリ単体とロボット搭載の比較実験による身体性効果の分離測定
- 外れ値的視点への反応の質的分析
- うなずき等の非言語行動が思考プロセスに与える影響の評価
- 共通の設計原理でのアプリ/ミニロボ間の発話変化の比較

共通の設計原理を両条件に適用し、身体性の影響をより明確に検討可能な設定とする。具体的には、予備実験と同様の断定的結論と条件付き結論の比率をアプリ条件とミニロボ条件で比較する発話分析を主要な評価指標とする。

加えて、ミニロボ条件では非言語行動（うなずき、かしげ、見上げ、そらす）の各動作がユーザーの発話パターンに与える影響を分析する。特に、うなずきが「傾聴」と解釈される場合と「同意」と解釈される場合の分岐条件を特定することが重要な課題である。

## 7 議論

外れ値的視点を選んで提示する時点で認知的な方向づけが完全にゼロとは言えない。本設計は応答の分岐構造によって思考の方向が固定されにくくなり、ユーザーが自ら思考する余地を確保する試みである。

最も重要な点は、身体化が応答の意味を変容させるという認識に基づく慎重なアプローチである。身体を持つことでAIの応答が必要以上に重く受け取られるリスクがあり [3]、3層の設計ガードによる制御が重要と考える。

また、本アプリの「非線形分岐型」という設計思想は、教育場面における心理的安全性の確保とも関連する。「グループの関係を壊さず議論できた」というアンケート回答は、AIが第三者として機能することで対人的な衝突を回避しつつ多視点的思考を促進できる可能性を示唆している。このファシリテーション機能が身体化によってどう変容するかは、今後の比較実験で検証すべき論点である。

## 8 結論

本稿では、LLMの多視点応答を用いた非線形分岐型議論支援アプリ「思考アスレチック」の設計原理を示し、予備実験において支援原理の作動を示唆する結果を得た。29名の学生を対象としたAB/BA交差デザイン実験では、バイアスチェックと外れ値的視点の提示により断定的結論から条件付き結論への移行傾向が両課題で観察されたが、サンプル規模の制約から一般化には至らず、今後の本実験での検証を要する。

さらに、同一設計原理をミニロボに適用することで、身体性が支援効果と誘導リスクに及ぼす影響を分離検証する実験設計を提案した。身体化は意味を変容させる両刃の剣であり、3層の設計ガードによる制御が重要であることを議論した。今後の比較実験を通じて、非線形分岐型思考支援における身体性の役割を実証的に明らかにしていく。

## 参考文献

- [1] Chiang, C.-W. et al.: Enhancing AI-Assisted Group Decision Making through LLM-Powered Devil's Advocate, *Proc. IUI '24*, pp. 103–119 (2024).
- [2] Tessler, M. H. et al.: AI can help humans find common ground in democratic deliberation, *Science*, Vol. 386, eadq2852 (2024).
- [3] Wang, K. et al.: To Embody or Not: The Effect of Embodiment on User Perception of LLM-based Conversational Agents, arXiv:2506.02514 (2025).
- [4] Dautenhahn, K. et al.: From embodied to socially embedded agents – implications for interaction-aware robots, *Cognitive Systems Research*, Vol. 3, No. 3, pp. 397–428 (2002).
- [5] Matarić, M. J. et al.: Socially assistive robotics for stroke and mild TBI rehabilitation, *Studies in Health Technology and Informatics*, Vol. 145, pp. 249–262 (2009).
- [6] 武知薫子: 省察補完モデル (RC-Model) の提案: 生成 AI によるメタ認知誘発型議論支援システム, 近畿大学短期大学部論集, Vol. 58, No. 2, pp. 45–67 (2026). <https://kindai.repo.nii.ac.jp/records/2004157>
- [7] Janis, I. L.: Victims of Groupthink: A Psychological Study of Foreign-Policy Decisions and Fiascos, Houghton Mifflin (1972).