

# ルールに基づくエージェントの相互作用と アイデア創出活性化のためのマインドマップの活用

青山学院大学<sup>†</sup> 東京大学<sup>‡</sup> 青山学院大学<sup>§</sup>  
石坂柁樹<sup>†</sup> 田谷昭仁<sup>‡</sup> 戸辺義人<sup>§</sup>

## 1 はじめに

マインドマップを介して複数の専門家エージェントと議論することで多様な視点を提供しアイデア創出を支援するシステム SPARKIT を開発した [1]. SPARKIT では、マインドマップ生成においてテーマに基づくキーワード生成に埋め込みベクトルのユークリッド距離を用いた。この方法は、テーマと関連性の低いキーワードを高く評価し、独創的なアイデアの生成を促進する効果があった。しかし、埋め込みベクトルは与えられた単語の意味の類似性を評価し、文脈に基づく評価がされないため、テーマについてより一般的に連想される単語が選ばれてしまうことがあるという課題があった。本稿では、この課題を解決するため、大規模言語モデルを活用し、マインドマップを介してマルチエージェント間での議論を促進する手法「SPARK-flow」を提案する。本手法により議論の内容が効率的にマインドマップに整理され、言語モデルを用いた単純なアイデア生成よりも質の高いアイデアを生み出すことが実験で示された。

## 2 関連研究

マインドマップはアイデア創出の効果的なツールとして認識されており [2], 言語モデルに関連情報を含んだマインドマップを入力することで推論性能が向上することが示されている [3]. また、生成されたアイデアを評価することによって内省を行うことはアイデアの質を高め

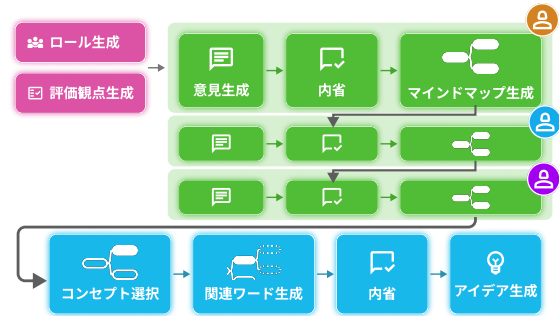


図 1: SPARK-flow

る上で重要な役割を果たす [4]. GPT-4 は与えられた 2 つの文章のうち、どちらがより優れているかを人間の評価に近い方法で判断する能力を持っている [5]. 本稿では SPARK-flow によって生成されたアイデアを評価するため、異なる方法で生成されたアイデアとの比較を GPT-4 を用いて実施している。

## 3 提案手法

SPARK-flow は、複数のエージェントが協調し、言語モデル (GPT-3) を用いて高品質なアイデアを生み出すための方法である。この手法は、エージェントに議論の内容を内省させることに重点を置いている。こうすることで、言語モデルは重要な情報を識別し、マインドマップに取り入れることが可能となり、結果としてアイデアの質の向上を図ることができる。

### 3.1 マインドマップ生成

図 1 に示すように、最初に言語モデルにプロンプトを与えることで興味深い意見を提示することが期待されるルールが生成される。例えば「行きたくなるカフェ」というテーマでは、建築士やバリスタのような専門家が生成される。その後、顧客の満足度などテーマに適した評価項目が設定される。各エージェントは割り当て

<sup>†</sup> Masaki Ishizaka, Aoyama Gakuin University

<sup>‡</sup> Akihito Taya, The University of Tokyo

<sup>§</sup> Yoshito Tobe, Aoyama Gakuin University

表 1: SPARK-flow 手法と他手法のアイデア比較結果

比較手法	テーマ数	比較数	SPARK-flow の勝率 (%)	テーマごとの平均勝率 (%)	p 値
Simple(w/o)	32	160	97.5	97.5	$3.06 \times 10^{-28}$
Simple(w)	32	160	98.1	98.1	$4.36 \times 10^{-30}$
SPARK-flow (w/o reflection)	30	150	63.3	63.3	$3.47 \times 10^{-3}$

られたロールに基づいて意見を提供する。例えば建築士はガラス張りの外観やオープンキッチン等の提案を行う。これらの意見は集約され、重複する部分を排除して整理された後、各要素が評価項目に基づいて評価されることにより内省が行われる。この内省に基づいてマインドマップが作成される。マインドマップの作成時には、他のエージェントの意見を含むマインドマップも参照されるため、生成されるマインドマップにはテーマに関連する多角的な視点が含まれる。

### 3.2 アイデア生成

エージェントは最初にマインドマップから主要なコンセプトを選択し、それに基づいて関連するキーワードを生成する。これにより、マインドマップに含まれる多角的な視点と、言語モデルの知識が組み合わせられる。その後、これらの内容を内省し、テーマに適したアイデアを生成する。このように SPARK-flow はマインドマップを介して複数の視点を持つエージェントの意見を組み合わせることで、多角的で質の高いアイデアを生み出すことを可能にする。

## 4 実験と評価

実験では SPARK-flow が生成されるアイデアにどのような影響を与えるかを確かめるために、次の4つの手法を比較した。 **Simple**: ChatGPT に対してテーマを与え、それに関連するアイデアを生成。 **Simple(w/ role)**: ChatGPT に対してテーマとロールを与え、ロールの知識に基づいてアイデアを生成させる。 **SPARK-flow**: 3つの異なるロールを用いてマインドマップ・アイデアを生成する。 **SPARK-flow(w/o reflection)**: マインドマップ・アイデア生成時において内省を行わない。また、これらすべて

は gpt-3.5-turbo を用いて英語で行われる。これらの手法それぞれで30テーマについて、各テーマごとに5個程度のアイデアを作成し、それらを GPT-4 に比較させることで評価する。GPT-4 へのプロンプトは [5] に従い、異なる手法で生成されたアイデア2つを提示し、好ましい方のアイデアとその理由を述べるように指示している。SPARK-flow と他の手法で生成されたアイデアを GPT-4 を用いて比較した結果を表 1 に示す。Simple と比較すると、SPARK-flow の勝率は 97.5% となった。また、テーマごとの平均勝率が 50%、すなわちランダムに選択されたということを帰無仮説とすると p 値は  $3.06 \times 10^{-28}$  となり、これは有意水準 0.05 よりも十分小さいため、統計的に有意な差があると結論付けられる。また、SPARK-flow(w/o reflection) を比較すると、SPARK-flow の勝率は 63.3% となり、マインドマップ生成やアイデア生成における内省の重要性が示された。

## 5 むすび

本稿ではマルチエージェントを用いたアイデア創出の手法として SPARK-flow を提案した。また、マルチエージェントによるアイデア創出において内省が重要であることがわかった。

## 参考文献

- [1] 石坂 柁樹, 田谷 昭仁, 戸辺 義人 SPARKKIT: アイデア創出支援のためのマルチエージェントによるマインドマップ生成システム, Vol. 123, No. HCS-165, pp. 64–69 (2023).
- [2] Sun, M., Wang, M., Wegerif, R. and Peng, J.: How do students generate ideas together in scientific creativity tasks through computer-based mind mapping?, *Computers & Education*, Vol. 176, p. 104359 (2022).
- [3] Wen, Y., Wang, Z. and Sun, J.: Mindmap: Knowledge graph prompting sparks graph of thoughts in large language models, *arXiv preprint arXiv:2308.09729* (2023).
- [4] Hao, N., Ku, Y., Liu, M., Hu, Y., Bodner, M., Grabner, R. H. and Fink, A.: Reflection enhances creativity: Beneficial effects of idea evaluation on idea generation, *Brain and Cognition*, Vol. 103, pp. 30–37 (2016).
- [5] Rafailov, R., Sharma, A., Mitchell, E., Ermon, S., Manning, C. D. and Finn, C.: Direct preference optimization: Your language model is secretly a reward model, *arXiv preprint arXiv:2305.18290* (2023).