

LLMを利用した 便利の副作用顕在化のためのアイデア発想支援手法の評価

Evaluation of an Idea Support Method
Using LLMs to Raise Awareness of the Side Effects of Convenience

畑 玲音 ^{*1}
Reon Hata

松下 光範 ^{*1}
Mitsunori Matsushita

^{*1}関西大学
Kansai University

This study aims to develop an interactive idea-generation support system that enables users to consider the potential side effects of realizing new ideas. In idea generation, confirmation bias often leads to an excessive focus on “convenience,” which can result in the oversight of unintended consequences, referred to as the “side effects of convenience.” To address this, we explored methods to alleviate user biases and expand perspectives through system-supported dialogue, facilitating a broader consideration of potential side effects. The proposed system employs a stepwise idea-generation process supported by large language models (LLMs), enabling users to refine their ideas interactively. By dividing the ideation process into distinct stages, the system mitigates biases at each stage while promoting ideas’ concretization and identifying side effects through visually supported dialogues. Preliminary evaluation suggests that engaging with the proposed system fosters awareness of diverse perspectives on potential side effects and facilitates the generation of ideas that proactively address these issues.

1. はじめに

新たなモノのアイデアを創出する際の発想では、生活を豊かにすることに対する暗黙の前提として「より便利にすること」が追求されているが、「便利さ」は豊かさを得るための1つの手段に過ぎず、便利さをもたらす効率性や機能性に対する過剰な着目によって、新たに想定外の問題が発生しているのも事実である [Hasebe 15]。これは、確証バイアスにより、便利を実現する際の効果を高く見積もり、それにより発生する問題を低く見積もってしまうため、問題が発生している。新たなアイデアを発想する際には、陥りやすい認知バイアスを緩和し、即時的に実感できる利便性や効率性だけでなく、そのアイデアの適用により生じる変化や影響までを考慮した発想が肝要である。

本研究はこのような問題を解決する1つの試みであり、便利の実現に伴い生じてしまう望ましくない副次的な効果を「便利の副作用」と定義し [佐友 20]、その低減を試みている。そのため、新しいアイデアを発想する際に、企図した利便性だけではなく、その実現に伴う副次的な影響までを考慮した、大局的な観点でのアイデア発想支援を目的としている。これまでの研究では、アイデア発想で陥るバイアスを緩和し、発想段階からその適用により生じる変化や問題の検討を試みるため、発想プロセスを段階的に分割し、大規模言語モデル (LLM) を利用したシステムとの視覚的な対話を通じて、アイデアの目的や解消したい不便を明確化し、実現に伴う副次的な影響を検討した発想を支援するシステムを実装した [畑 25]。本稿では、便利の副作用への気づきや、それを防ぐ発想への影響を測り、提案システムの有用性を評価する。

2. 先行研究

2.1 LLMを利用したアイデア発想支援

アイデアの発想における人間の認知的な負荷の低減を目的として、LLMを用いたアイデア発想支援に関する研究が行わ

れている。三瓶らは、ユーザの設定したテーマに沿って、固有のロールを持つ LLM 搭載のエージェントが自律的にブレインストーミングを行うことでアイデアを生成するシステムを提案している [三瓶 24]。これにより、ユーザはエージェントの選定とテーマの設定を行うだけで、採用可能な一定数のアイデアを得ることができる。この手法では、ユーザは問題やテーマの思考だけでそのアイデアを得ることができるが、アイデア自体を発想する過程は LLM が代替しているため、LLM の性能による限界や、受動的な発想により人間の思考力や発想力の低下が懸念される。ユーザの主体的なアイデア発想を支援することを目的とした研究として、LLM によるユーザの創造性を補完するシステムや [Di Fede 22]、LLM の出力を視覚的に整理できる仕組み [Xu 24] が提案されている。これらの手法では、ユーザの認知的な負荷を低減する役割は果たしているものの、ユーザ自身が一定の知識や批判的能力を備えていることが前提になることに加え、ユーザが LLM に頼りきってしまう懸念も存在する。本研究では、ユーザが主体的に発想を行えるようにするという思想のもと、LLM により支援すべき点を考察し、人と LLM との共創によりアイデアを発想できるようになることを企図したアイデア発想支援システムを設計する。

2.2 便利の副作用の顕在化手法

畑らは、便利の副作用を設計者に意識させるための発想法の確立のため、便利に伴う行為の変化に着目した発想支援手法の検討を行った [畑 24a]。提案手法では、便利にすることに伴う、便利前後のモノに関する行為の増減変化を提示することにより、その影響や問題である便利の副作用の考慮を可能にしている。これにより、行為の増減に着目すること自体が便利の副作用への気づきを促すこと、また、副作用を防ぐ発想においては提示の有無が影響を及ぼさないことが示唆されている。しかし、単に行為の増減を提示するだけでは、その変化が生じる理由や影響を考慮することが難しいことも示唆されているため、アイデアがどのような要素で構成されているかを具体化することで、行為の増減をより適切に捉え、アイデアの評価・検証を可能にする必要がある。

そこで畑らは、アイデアの構成要素を洗い出す手法として、

連絡先: 畑 玲音, 関西大学大学院総合情報学研究科, 〒 569-1095, 大阪府高槻市霊山寺町 2-1-1, Tel:072-690-2437, Fax:072-690-2491, k223167@kansai-u.ac.jp

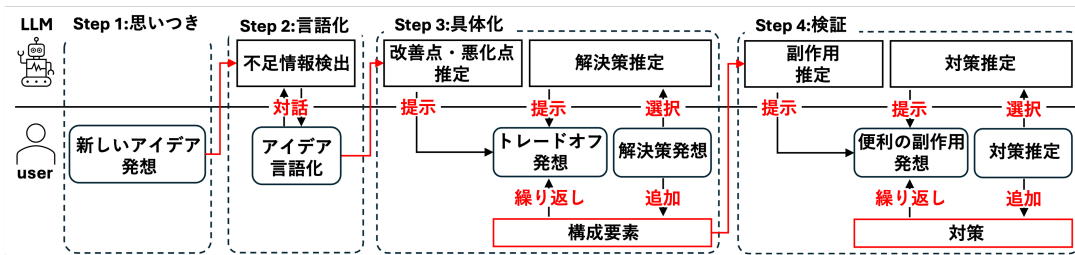


図 1: 発想プロセスに基づくアイデア発想の流れ

LLM と発想支援手法の 1 つである TRIZ[Al'tshuller 99] の方法論を組み合わせた発想支援手法を提案している [畑 24b]. TRIZ は、過去の優れた問題解決例から基本原理を抽出・整理し、2つのパラメータのトレードオフとして表現し、その解決策の発想を支援する理論である。提案手法では、TRIZ の推論プロセスの一部を LLM が行うことにより、TRIZ に基づく発想を対話的かつ視覚的に試行錯誤しながら行える仕組みが提案されている。これにより、主体的な試行錯誤を促し、アイデアでの目的達成に必要な構成要素の洗い出しが行えることが示唆されている。そこで本研究では、システムとの対話の中で TRIZ を利用したアイデアの具体化を行い、それをもとに行為の増減を推定し、便利の副作用の検討を通じてアイデアの再設計が可能となる発想支援システムを構築する。

3. LLM を利用した対話的なアイデア発想支援手法の提案

アイデア発想には、大きく分けて、発散的思考、収束的思考、アイデア結晶化、評価・検証の 4 つのプロセスがあると言われている [國藤 93]. 発散的思考では、問題提起とその問題に関する情報の収集・分析から現状を把握する。収束的思考では、問題提起や現状把握から得られる問題の本質を追求し、問題の本質的情報を抽出する。アイデア結晶化では、問題の本質を評価し、問題解決に最も有効とされるアイデアの決定する。評価・検証では、アイデアの実現方法を評価し、その実現による影響を検証する。本研究ではこのプロセスを参照し、発想のプロセスを段階的に分割し、4 つのステップに分けてモデル化を行い、図 1 のように整理した。

3.1 思いつき (Step 1)

「思いつき」は、新しいアイデアを発想するための発散的思考を行うプロセスである。本研究では、発想段階からアイデアによる問題点を考慮することに主眼を置いているため、ここでの支援は行わず、アイデアは発散的思考を終えたものを対象としている。提案システムでは、便利にしたい対象のモノと、発散過程を終えた新しいアイデアを入力とする。

3.2 言語化 (Step 2)

「言語化」は、アイデアの目的や解消したい不便の明確化などの、アイデアの本質を追求する収束的思考を行うプロセスである。提案システムでは、ユーザのアイデアに基づき LLM^{*1}が必要情報 (アイデアの 5W1H) を判断し、不足情報の入力を促す対話を通じて、アイデアの言語化を行う。このとき、ユーザの抱える問題や潜在的なニーズは自身が内面的に認知しているものの、言語化されていない段階での第三者からの提案がバイアスを生む可能性があるため、内容の具体的な提案は行わず、疑問形式で問いかけにより言語化を支援する。

*1 LLM は OpenAI API の gpt-4o-2024-11-20 を使用

3.3 具体化 (Step 3)

「具体化」は、アイデアの結晶化とそのアイデアの実現方法の評価を行うプロセスである。提案システムでは、TRIZ に基づく発想を支援し、構成要素の洗い出しからアイデアの具体化を行う。TRIZ は、アイデアによる「ある側面を改善することにより、それによって悪化してしまう面が存在する」という技術的な矛盾 (トレードオフ) として解決する手法であり、その過程でアイデアの実現に必要な構成要素の具体化の支援が期待できる [Moehrle 05]. TRIZ に基づいた発想を行う際、アイデアがもたらす価値や、それに伴う問題の許容範囲といった曖昧な判断を、人間が主体的に行うべき領域であるという考えのもと、アイデアにより改善する点 (以下、改善点と記す) とそれにより悪化してしまう点 (以下、悪化点と記す) でのトレードオフの選択はユーザ自身が決定することが望ましい。また、LLM は既存の知識を基にした発想は得意である一方、既存概念を大きく覆すような発想を行うことは困難であり、この部分を人間が主体的に担う必要があるという考えのもと、トレードオフの解決策についても人間が主体的に考えることが可能なデザインが望ましい。一方で、アイデアによって発生するトレードオフやその解決策を考える際には、ユーザが自身の専門分野に偏った視点に陥りやすい傾向があるため、過去のデータから類似した事例において生まれた価値や生じた失敗といった情報の参照や、幅広い知識を基にした解決策を検討する必要がある。これらのことから、提案システムでは、TRIZ に基づく発想を LLM により行うことで、幅広い知識を補完するとともに、アイデアの構成要素を洗い出すことにより、それらの相互作用による影響まで考慮したアイデアの評価を踏まえた発想を支援する。LLM による TRIZ に基づいた発想を支援する仕組みは、LLM を利用しユーザのアイデアにおける改善点と悪化点の出力からユーザはトレードオフを選択することで、TRIZ に基づいたトレードオフの解決策が出力される。なお、LLM と TRIZ を組み合わせた実装の詳細は、先行研究 [畑 24b] を参照されたい。

3.4 検証 (Step 4)

「検証」は、アイデアの実現による副次的な効果まで含めた影響を検証するプロセスである。このプロセスでは、行為の増減への着目を促すことにより、アイデアの実現による影響を検討可能にすることで、その実現に伴う副次的な問題までを考慮した大局的な観点での発想を支援する。副作用を検討する際、アイデアによって発生する影響の最終的な判断の責任は人間が負う必要があるという考えのもと、その副作用が「いい副作用」であるのか、「望まない副作用」であるのかという判断は人間が行うことが望ましい。提案システムでは、行為の増減に着目した便利の副作用の検討が行えるよう、LLM を利用しアイデアによる行為の増減の推定 (d) (e) やその変化によって発生する可能性のある副作用を推定 (f) し提示する。発生す

表 1: クラスタごとの重要単語と c-TF-IDF スコア

	word(score)
1	機能 (12.10), 減少 (11.88), 機器 (11.16), 公共 (8.82), スペース (8.82), トラブル (8.82)
2	リスク (18.86), 強風 (14.88), 事故 (11.70), 機能 (9.08), 排出 (8.82), バランス (8.25)
3	増加 (17.16), 修理 (15.61), 時間 (14.88), 負担 (12.37), 価格 (11.70), 手間 (11.16)
4	個性 (12.37), 表現 (12.37), 子供 (8.82), ファッション (8.25), 楽しむ (8.25), 直接 (8.16)

る便利の副作用は、減る行為により「失われるメリット」と増える行為により「発生するデメリット」を推定する。ユーザは提示された副作用を確認し、意図しない副作用を選択する。最後に、選択された副作用に基づき、LLM がその対策を提案し (g)、ユーザはそれに基づいて副作用を考慮した新たなアイデアを再発想し、その適用による変化や問題の検討を試みる。使用したプロンプトの一例を下記に示す。

(d) カテゴリに基づいて: [THING_TO_IMPROVE] ([NEW_IDEA]) に関する行為を出力してください
(e): [FIRST_ACTIONS] と [SECOND_ACTIONS] を比較しそれぞれでし かさない行為を出力してください
(f): [BEFORE_ACTIONS] が省略されることによる [LOSS_BENEFIT] と [AFTER_ACTIONS] が発生することによる [INCREASE_DISADVANTAGE] を出力してください
(g): [LOSS_BENEFIT] と [INCREASE_DISADVANTAGE] の対応策を出力 してください

4. システムとの対話が発想に与える影響

3. 章の指針に従い、LLM を利用した対話型の発想支援システムを実装した。なお、実装の詳細については、先行研究 [畑 25] を参照されたい。発想モデルに基づく提案システムと対話することで、便利の副作用を考慮した発想が可能になるかを検証するため、ユーザ実験を実施した。本研究では、提案システムにより気づいた便利の副作用の内容と注目点と、システム使用前後のアイデアの内容の変化の2つを特に観察する。

実験は、情報系の大学に通う大学生 16 名を対象に、対面環境で行った。実験手順として、まず、ユーザに「傘」をより便利にするための画期的なアイデアを考案させるタスクを課した。次に、提案システムを用いた発想モデルに基づく発想が、便利の副作用への気づきとアイデアに与える影響を確認するため、便利の副作用の考案とそれを踏まえたアイデアを再考案するタスクを課した。ここでのアイデアをシステム使用前のアイデアとし、システムに入力するよう指示した。ユーザに、システムを使用し便利の副作用の検討とそれを防ぐアイデアを考案するタスクを課した。最後に、アイデア発想時のユーザの思考を分析するため、半構造化インタビューを行った。以下では実験により収集された回答から、結果の分析とその考察を行う。

4.1 便利の副作用への気づきに与える影響

はじめに、提案システムによりユーザが便利の副作用に気づくことができたか検証を行うため、システム使用前後でユーザが挙げた便利の副作用の数に焦点を当てる。システム使用前後で挙げた便利の副作用の数のユーザごとにおける増加率の平均は 2.25 倍 (使用前平均: 4.44 個, 使用后平均 9.25 個) であり、有意に増加していることが確認された ($p=4.57 \times 10^{-7} < 0.05$, 対応のある t 検定による)。この結果から、提案システムは見落としていた便利の副作用に気づくことを促進する効果があることが示唆された。

見落とされた便利の副作用の内容とその注目点の分析のため、ユーザが挙げた便利の副作用を SentenceBERT を用いてベクトル化し階層クラスタリング ($k=4$) を行った。クラスタごとに c-TF-IDF を用いて抽出した重要単語を表 1 に示す。クラスタ 1 では、「機能」「減少」「公共」「スペース」といったワードが高スコアであり、技術に関連する問題や利便性の向上によって生じる社会的影響に関する問題点が多く含まれていた。例えば、公共の場におけるマナーやアイデアに関連する商品販売の減少、電子機器との干渉などの技術的な機能の制約による問題点や利便性の向上により副次的に発生する可能性がある問題点が挙げられている。クラスタ 2 では、同じく技術に関連する問題ではあるが、その中でも技術的な「リスク」の問題やそれにより発生する「事故」などの安全面に関連する問題が多く含まれていた。例えば、バッテリー切れや視界不良、転倒事故などのアイデアを実現するための技術が、天候や周囲の環境の影響により危険が発生する問題点が挙げられている。また、クラスタ 3 では、「修理」重量による「負担」「価格」それに伴うメンテナンスなどの「手間」が「増加」するなどの、経済的な負担や物理的な不便さによる問題が多く含まれていた。クラスタ 4 では、挙げられた「失われるメリット」のうち 27 件中 18 件 (66.6%) が含まれており、楽しさや創造性などの文化的・感情的な価値が失われるという問題点が多く含まれていた。この結果から、見落としやすい問題点として、(1) アイデアがもたらす社会的な影響、(2) 技術的な問題点、(3) 既存のモノで得られていたメリットの喪失の3つが考えられる。

(1) は、モノの物理的な特性に起因する問題だけでなく、そのモノを扱う際の行為によって副次的に発生する問題である。この問題点は、発想の段階ではアイデアの新規性や利便性、技術的な実現可能性に意識が向きやすいことや、確認バイアスにより副次的な問題点に気づき難く、アイデアを実現して初めて顕在化する可能性のある問題であり、本研究が着目している問題点の1つである。

(2) は、アイデアの実現に必要な機能の技術的な課題や、開発における素材・機構の制約などが問題として挙げられており、見落とされる可能性もあるが、その原因が単なる視点の狭窄による認識不足ではなく、ユーザの技術に対する知識不足による可能性も考えられる。本研究では、確認バイアスによって見落とされる問題点の発見が目的であり、技術的な問題点はユーザの視点の拡張だけでは気づきの促進が困難な可能性がある。技術的な問題点の確認を支援するためには、ユーザが持つ専門知識のレベルや領域を考慮し、専門外の情報を知識として提供する仕組みにより、ユーザにとって未知の視点を提供し、より包括的な便利の副作用の確認が可能になると考えられる。

(3) は、既存のモノを使用することで得られていた副次的なメリットが、アイデアの導入によって失われることによる問題点である。この問題も確認バイアスの影響を受けやすく、「便利なモノは良いモノ」という過度な着目によって、既存のモノが持つ価値を軽視しがちである。この問題では、システムによる提示の効果よりも「失われるメリットが存在する」という視

点の提供により気づきの促進が示された。しかし提示された問題点の中には、そのモノの本質的な用途と乖離した問題（e.g., 傘でゴルフの練習ができなくなる）も含まれていた。これは傘の本来の目的である「雨を防ぐこと」とは関係ない主観的な副次的利用であり便利の副作用とは言えない。このことから、主目的と副次的利益を明確に区別し、主観的なメリットの喪失ではなく客観的に影響のある要素に着目させる必要性が伺える。

4.2 アイデア発想に与える影響

次に、提案システムがユーザの発想に与えた影響を測る評価として、まずユーザが記載したアイデアの文字数に焦点を当てる。システム使用前後のアイデアの文字数のユーザごとにおける増加率の平均は 1.93 倍（使用前平均：222 字，使用后平均 355 字）であり、内容の追加がなされていることがわかる。アイデアの変更点として、システム使用前に挙げられていた機能の具体化（e.g., ベールのような保護膜 → 全方位に着脱可能なカバー）や便利の副作用の対策として他の機能の追加がなされていた。また、それに加え、便利の副作用を発生させないための対策が含まれるサービス部（e.g., 遊びのオプション、マニュアルの提供）まで記載されていた。提案システムの具体化までのプロセスにより、アイデアの機能の詳細や追加などが行えることや、検証のプロセスにより気づいた便利の副作用の対策まで含めたアイデアの考案が可能と示唆された。しかし、便利の副作用の対策は LLM の出力に依存しているため、対策の部分にも TRIZ などの発想手法を組み込むことにより、より質の高い対策を発想できることにより、便利の副作用を考慮した発想が可能であることが示された。

4.3 本提案での課題

本提案での課題点として、批判的な観点から問題を提示しても、発生する便利の副作用の優先度や順序の違い、あるいはユーザ自身の問題認識能力の違いから、問題点として認識されない可能性がある。例えば、製品が環境に与える影響や、素材・製品の持続性に関して「問題が発生しない」と考えるユーザや、「アイデア発想の段階では考慮せず、開発後に検討すべき問題である」とするユーザも一定数存在した。本研究では、アイデア発想段階から環境や素材の選定、アイデアを再現する技術を検討し、問題の発生を未然に防ぐことを目的としていたため、これらのユーザに対して「この問題が発生する可能性がある」と認識させることが重要である。今後は見落としやすい便利の副作用の知見を蓄積することに加えて、その見落とされやすさや、ユーザごとの特性に関する知見を蓄積し、それに応じた支援の最適化を図ることが求められる。

また、提案システムは、発想プロセスのうち発散過程を終えたアイデアを対象とし、便利の副作用の検証を行うことを目的としている。しかし、システムとの対話の中でアイデアが発散し内容が大きく変わること、便利の副作用の確認として機能しなくなるという限界が示唆された。提案システムでは、具体化によるアイデアの収束や、便利の副作用を通じた評価の支援には有効に機能するため、発散過程とは区別して考えることが重要である。今後は、アイデア発想のどの段階で提案システムを適用することで、収束や評価をより効果的に行えるかを検討し、発散過程の支援手法の確立や、収束過程でのアイデアの変容を前提として便利の副作用の再検討が可能となる仕組みの構築が求められる。

5. おわりに

本研究では、LLM を利用したシステムとの対話が、便利の副作用の顕在化に与える影響を測る実験を行った。発想モデル

に基づいた発想により、見落とししていた便利の副作用までを考慮した発想が行えることが示唆された。今後は、提案システムにより、便利の副作用ごとの見落とされやすさやユーザの問題認識能力の違いなどの知見を蓄積し、個々のユーザの特性に応じた便利の副作用の発見支援やフィードバックを提供し、より効果的な支援の実現を目指す。また、複数人での活用を想定し、議論の促進や認識の統一を支援する機能の検討を行う。

参考文献

- [Al'tshuller 99] Al'tshuller, G. S.: *The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity*, Technical innovation center, Inc. (1999)
- [Di Fede 22] Di Fede, G., Rocchesso, D., Dow, S. P., and Andolina, S.: The Idea Machine: LLM-based Expansion, Rewriting, Combination, and Suggestion of Ideas, in *Proc. 14th Conference on Creativity and Cognition*, p. 623–627 (2022)
- [Hasebe 15] Hasebe, Y., Kawakami, H., Hiraoka, T., and Naito, K.: Card-type tool to support divergent thinking for embodying benefits of inconvenience, *Web Intelligence*, Vol. 13, No. 2, pp. 93–102 (2015)
- [Moehrle 05] Moehrle, M. G.: What is TRIZ? From conceptual basics to a framework for research, *Creativity and innovation management*, Vol. 14, No. 1, pp. 3–13 (2005)
- [Xu 24] Xu, X., Yin, J., Gu, C., Mar, J., Zhang, S., Jane, L. E., and Dow, S. P.: Jamplate: Exploring LLM-Enhanced Templates for Idea Reflection, in *Proc. 29th International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 907–921 (2024)
- [國藤 93] 國藤 進：発想支援システムの研究開発動向とその課題, 人工知能, Vol. 8, No. 5, pp. 552–559 (1993)
- [住友 20] 住友 梨花, 松下 光範：便利の副作用に着目したシステム設計支援に関する基礎検討, 人工知能学会第 9 回仕掛学研究会, TBC2020026 (2020)
- [畑 24a] 畑 玲音, 松下 光範：便利の副作用に気づかせるための発想支援手法の評価—行為の増減の提示による気づきへの影響—, 情報処理学会研究報告, Vol. 2024-HCI-208, No. 20, pp. 1–7 (2024)
- [畑 24b] 畑 玲音, 茂木 奈々瀬, 松下 光範：LLM と TRIZ を組み合わせたアイデア発想支援による便利の副作用の顕在化, 第 20 回 WEB インテリジェンスとインタラクション研究会予稿集, pp. 105–112 (2024)
- [畑 25] 畑 玲音, 松下 光範：WISE-UP:LLM を利用した便利の副作用の顕在化のためのアイデア発想支援手法, 情報処理学会研究報告, Vol. 2025-HCI-211, No. 2, pp. 1–8 (2025)
- [三瓶 24] 三瓶 智輝, 宮下 芳明：Agent Agora: エージェントの選定と放置によるアイデア生成システムの提案と評価, 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, Vol. 2024, No. 38, pp. 1–8 (2024)