

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

畑 玲音^{1,a)} 松下 光範^{1,b)}

概要: 本研究の目的は、新たなモノのアイデアの具現化に伴う副次的な問題を考慮したアイデア発想支援の実現である。アイデア発想では「便利にすること」に過度な着目がなされることにより、「便利の副作用」が副次的に発生する懸念が存在する。本研究では、アイデア発想の段階からそうした副作用にアプローチするための発想支援手法について検討する。提案手法では、発想プロセスを段階的に分割し、システムとの対話を通じて、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の検討を行う。これにより、潜在的なリスクを考慮した大局的な発想を支援する。

キーワード: 便利の副作用, 大規模言語モデル, アイデア発想, 発想支援, TRIZ, 行為の増減, 不利益

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、暗黙の前提で「より便利なモノ」が「生活を豊かにするモノ」として追求される。しかし、「便利さ」は生活を豊かにするための一つの要因に過ぎず、便利さをもたらす効率性や機能性に対する過度な着目によって、想定外の問題が新たに発生しているのも事実である [5]。例えば、PC やスマートフォンの予測変換機能により、ユーザの「漢字を想起する」という認知的な作業がなくなることで、漢字の手書きが困難になる「漢字健忘」[19] などの認知的廃用性萎縮 [24] が挙げられる。この例では、確証バイアス [8] によって、「文章入力を楽しむ」という便利を実現する際の効果を高く見積もり、「漢字を想起しなくなる」ことにより発生する問題を低く見積もってしまうため、問題が発生する。これらの事例が示唆するように、新たなモノを考案する際には、新しいアイデアの適用によってどのような変化が生じるかを考慮し、認知バイアスに陥らないよう発想するべきである。

本研究はこのような問題を解決する一つの試みであり、新しいアイデアを発想する際に、企図した利便性だけでなく、そのアイデアの実現に伴う副次的な問題までを考慮した、大局的な観点からのアイデア発想の支援を目的とする。その端緒として、発想プロセスを段階的に分割し、

LLM を利用したシステムとの主体的な対話を通じて、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できる発想支援手法を提案する。これにより、アイデア発想の際に陥ってしまうバイアスを取り除き、アイデア発想の段階から、その導入により発生する変化や問題を検討できることが期待される。

2. 関連研究

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、GPT[10] や Llama[11] などの 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。

アイデア発想に係る労力の低減を目的とした研究として、Jiang ら [7] や Chen ら [2] は、発明的問題解決の方法論である TRIZ のプロセスの自動化を行うため、LLM を活用した TRIZ に基づく発想支援手法を提案している。TRIZ は、過去の優れた問題解決例から基本原理を抽出・整理したモノで、二つのパラメータのトレードオフの解決策の発想を支援する理論である [1]。これらの提案手法では、TRIZ の推論プロセスを LLM が行うことにより、ユーザの問題入力から TRIZ に基づいた解決策の文章の生成を行うことで、ユーザは高度な TRIZ の知識がなくても、技術的な矛盾を解決する提案を得ることができる。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 [23]。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

¹ 関西大学
Kansai University, 2-1-1 Ryozenji, Takatsuki, Osaka 569-1095, Japan

^{a)} k223167@kansai-u.ac.jp

^{b)} m_mat@kansai-u.ac.jp

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。しかしこれらの手法では、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 [4] や、人間の思考力や発想力の低下が懸念される。

アイデア発想を支援することを目的とした研究として、Fede らはユーザの入力したアイデアを基に LLM を用いてアイデアの拡張、書き換え、結合、提案を行うことにより、ユーザの創造性を補完するシステムを提案している [3]。これにより、ユーザのアイデアに対しての試行錯誤を効率的に行えることが期待される。Xu らは FigJam^{*1} のプラグインとして LLM を活用したアイデア反省テンプレートを提案している [12]。この提案手法では、FigJam のテンプレート機能と LLM を組み合わせることにより、LLM が生成した質問や応答を直接配置することで、ユーザは直感的かつ視覚的に情報整理と反省を行うことができる。これにより、ユーザの批判的思考力が向上し、アイデアをより効果的に改善することができたと示されている。これらの手法では、ユーザの労力を軽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思考力を備えていることが前提となることに加え、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てアイデア発想支援システムを設計する。

2.2 不利益システム設計論

目先の便利さのみを追求しないアイデア発想の方法論として不利益が提案されている。不利益とは、不便がもたらす効用を再認識して、それをシステムデザインなどのアイデア発想に活用する試みである [14]。川上らは、様々な物事の関係ネットワークの一部を切り出し、「便利」を追求することにより部分的に不便を解消する行為が、異なる問題（便利害）の発生を誘発し、それに対して手間はかかる行為であるが、それにより生じる不便がもたらす効用（不利益）があることを指摘している [13]。川上らは、不利益を活用した設計の支援を企図したアイデア発想支援手法を提案している [18][15]。この手法では、不利益を得る方法を抽出・抽象化するために、TRIZ に倣い、既存事例 [14] が解決した問題を「便利になったことで得られた益」と「それで損なわれた益」のトレードオフという形で捉え、この2つのパラメータから不利益による解決策を探索的に思考できる。これにより、システムの操作に手間をかける人のアイデアの質を高め、不利益の理解を促進させられること

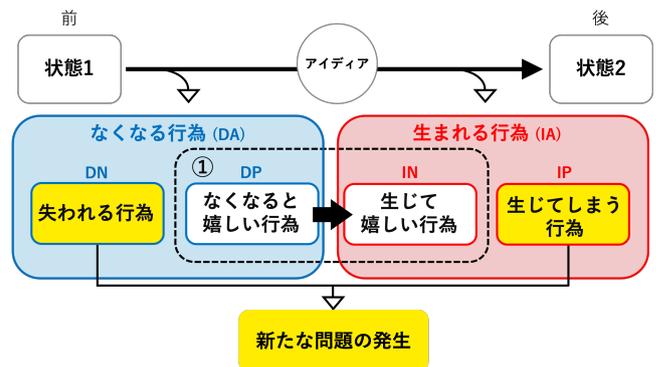


図 1 アイディア導入による行為の増減

を確認している。

また、長谷部らは不利益設計を行う際の発散的思考を支援するツールとして不利益カードを提案している [5][6]。これは、上述した不利益の基本原則を、どのように不便にしたら良いのかの指針である「不便にする方法」12種とその不便から得られるかもしれない益である「不利益」8種に整理し、それらをキーワードとピクトグラムを使って表現し、カード形式で示したものである。アイデア創出の場面において、これを利用することにより、アイデアの数が増えることが示されている。しかし、これらの手法では既に便利になったモノに対して不便を導入するといったアプローチがとられており、新しいアイデアを発想する際に起きる問題へのアプローチはなされていない。

2.3 便利の副作用

新しいアイデアを発想する際、その実現により発生する問題点にアプローチする手法として、住友らは新たなモノを設計する段階からアイデアの導入による影響を洗い出すべきであると主張し、「便利の副作用」という概念を提案している [17]。便利の副作用とは、効率化や高機能化による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のことである [22]。あるモノを便利にするアイデアでは、そのモノを使って達成する目的の手間を少なくし、時間や労力を減らすという企図した主要な効果と、便利の副作用が発生する。

住友らは、あるモノを「便利にする」ことに伴って、それまで行っていた行為の中から「なくなる行為」があることに着目し、その中から実は必要な手間である「失われる行為」を見つけ出すことにより、大局的な観点から問題を捉えた発想の支援を試みている [17]。提案手法により、失われる行為を明示することで、その影響を踏まえたアイデア発想がなされており、新たに「生まれる行為」の影響に気づくことでも、問題を見据えたアイデア発想を行うことが示されている。しかし、この手法では「生まれる行為」への明示的なアプローチはなされておらず、その気づきはユーザに依存している。

*1 <https://www.figma.com/ja-jp/figjam/> (2024/12/13 確認)

3. 行為の増減に着目した便利の副作用の顕在化

我々は、便利の副作用を設計者に意識させるための発想法を確立するために、「生まれる行為」も含めた便利による行為の変化に着目して発想支援手法の検討を行った [20]. 提案手法では、便利の副作用が発生する要因として、便利にすることに伴う、便利前後のモノに関連する行為の増減変化に着目し、図1のように整理している。アイデアにより「便利にする」ことは、アイデアを導入することにより不便に関連する行為がなくなり (DA: Decreasing Actions), 便利にするために必要な行為が増える (IA: Increasing Actions) ことにより成り立っており、設計者はアイデアを発想する際、不便に関連する行為を解消するため、意図的に行為を減らし (DP: Decrease Positive), 便利にするために必要な行為を意図的に増やす (IP: Increase Positive). このとき、「なくなると嬉しい行為」(DP) を消失させることに伴う、意図せずになくなってしまいう行為 (DN: Decrease Negative) と「生じて嬉しい行為」(IP) を発生させることに伴う、意図せずが増えてしまいう行為 (IN: Increase Negative) により問題が発生している可能性があり、この問題が便利の副作用であるとしている。この行為の増減変化をユーザに提示することにより、ユーザは便利により変化する行為から「失われる行為」(DN) と「生じてしまいう行為」(IN) を発見し、その行為による影響を考えることで便利による影響を洗い出し、便利になる前に発生する問題への気づきを誘発できることを示唆している。しかし、この提案手法では、行為の増減を計算機により推定し提示を行うことで、その変化への着目を促しているため、その提示による支援自体により、設計者が行為の増減を考案する手間が省かれ、便利前後のモノに関連する行為に着目がいなくなる懸念が存在する。

そこで我々は、便利前後の行為の増減を考える過程を、計算機により支援した際の影響について検討を行った [21]. 便利の副作用への気づきの誘発を目的として、行為の増減を提示することによる発想への影響を測る実験を行い、その提示の有無による実験参加者の問題点への気づきの差分の分析を行った。行為の増減を計算機により推定し提示することにより、先行研究 [20] と同様に、便利の副作用に気づいた数が増加することが示されており、行為の増減を自ら思考した実験参加者よりも多く問題点の列挙がなされていた。気づいた便利の副作用を防いだ新しいアイデアの発想では、内容自体に差分はなく、行為の増減に着目すること自体によりアイデアを実現することによる副次的な影響まで含めた発想が行えることが示されている。

これらの研究では行為の増減を提示し着目することにより、便利の副作用への気づきを誘発することが示されているが、行為の増減は、LLM を用いて既存のモノ（便利にし

たいモノ）と新しいモノ（便利にするアイデア）に関連する行為を列挙し、その差分を求めることにより推定を行っているため、既存の便利になったモノでしか出力できないという課題が存在する。そこで本研究では、LLM との対話を通じた発想支援において、新しいモノに関連する行為の列挙による行為の増減の推定を行い、その導入による副次的な問題を対話的に試行錯誤しながら発想を進められる仕組みの構築を試みる。

4. LLM を利用した対話的なアイデア発想支援手法の提案

本稿では、新しいモノのアイデアにより発生する便利の副作用を検討可能にするため、LLM を利用した対話的なアイデア発想支援手法を提案する。提案手法における目的は、LLM の性能による限界や人間の発想力低下を防ぐための「ユーザが主体的となって発想を行えること」と、アイデア発想の段階から便利の副作用を検討するための「新しいモノでも行為の増減に着目した便利の副作用の顕在化が行えること」である。提案手法では、発想のプロセスを段階的に分割したモデル（以下、発想モデルと記す）を定義し、そのモデルに沿った対話的な発想により、便利の副作用を考慮した新しいモノのアイデア発想を支援する。本章では、発想モデルについて検討を行い、アイデア発想支援を行うシステムのデザインについて整理する。

4.1 発想モデル

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 [16]. 発散的思考では、問題が何から発生しているのかという問題提起、その問題に関する情報の収集・分析を行う現状把握を行う。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する過程であり、その問題が発生している本質的情報の抽出を行う。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断を行う。評価・検証では、そのアイデアをどのように実現するのかという評価を行い、その実現によりどのような影響があるのか検証を行う。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った。

4.1.1 思いつき

「思いつき」では、ユーザの感じている不便などを解決するためのアイデアを発想するプロセスであり、ユーザの「こんなモノあったら嬉しい」というアイデアを思いつくための発散的思考を行うプロセスである。このプロセスではブレインストーミングなどの発散的思考法が主に用いられており、その原則として、「質より量を出す」、「意見を批判しない」などが存在する。この段階では、批判的思考をあまり重視されず、自由な発想を優先しているため、アイ

デアを実現する際に、確認バイアスなどの認知バイアスが含まれている可能性がある。

本研究では、発散的思考を終えた後のアイデアを対象としており、ユーザはアイデアの思いつきがある状態から、そのアイデアによる問題点を発想段階から考慮できるように主眼を置いている。

4.1.2 言語化

「言語化」では、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。このプロセスではユーザが提案するアイデアにおける5W1Hなどの情報から、ユーザの潜在的なニーズの深掘りを行う。本稿では、ユーザの潜在的なニーズを顕在化するプロセスにおいて、具体的な提案は行わず、ユーザの入力に対して疑問形式で理由を問う手法を用いて言語化を支援する。これはユーザの抱える問題や潜在的なニーズは、ユーザ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という考えに基づいている。

4.1.3 具体化

「具体化」では、問題を解決するアイデアの結晶化と、そのアイデアをどのように実現するのかという評価を行うプロセスである。このプロセスの目的は、アイデアの目的を達成するために必要な構成要素を洗い出し、それらの相互作用によって発生する変化を踏まえた発想を可能にすることである。これは、構成要素の洗い出しや相互作用による影響を十分に考慮せず具体的な実装を進めることにより、問題が発生してもサunkコスト効果が働き、大まかな方針を見直すことが困難になり、細部の修正にとどまることで問題を軽視してしまうリスクが存在するためである。このプロセスを通じて、アイデアの具体化による行為の列挙を可能にするとともに、構成要素による問題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。

本稿では、アイデアの構成要素を洗い出すため、発想支援手法の一つであるTRIZを用いる。TRIZは、アイデアを実現する際に発生する技術的な矛盾(トレードオフ)を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[9]。TRIZでは、アイデアの実現により発生する問題点を、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」というトレードオフで表現され、そのトレードオフの解決策の発想を支援している。このトレードオフの解決策の発想を繰り返し行うことによりアイデアの試行錯誤を行えるようにする。TRIZに基づいた発想を行う際、アイデアによって改善したい要素と、それにより悪化してはいけない要素の選択はユーザ自身が決定することが望ましい。これは、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に基づいている。また、

LLMの性能による限界という観点から、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。これは、LLMは既存の知識を基にした発想は得意である一方で、既成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に基づいている。

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。そのため、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。これを個人の知識だけで行うことは困難であるため、本稿ではシステムによって幅広い知識を補完することにより、ユーザの発想を支援する。

4.1.4 検証

「検証」では、アイデアを実現すること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。アイデアを実現することによる影響を検討する手法として、先行研究[20][21]と同様に行為の増減に着目する。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り発生す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、大局的な観点でのアイデア発想を支援する。

新しいモノのアイデアによる行為の増減変化から、便利さに伴う副次的な効果の気づきを得ることは可能である一方で、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。これは、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に基づいている。行為の増減の推定において、便利前後のモノに関連する行為の網羅的な列挙や、その差分の推定はその数が多く困難なため、人手では見落としが生じる可能性がある。そのため本稿では、行為の増減を推定し提示を行うことにより、行為の増減への着目を促す支援を行う。

4.2 発想モデルに基づく対話的な発想のデザイン

新しいモノのアイデアにおいて便利の副作用を考慮するための、発想モデルに基づいた発想を対話的に行えるデザインについて述べる。この時の発想の流れを図2のように整理した。以下に、想定されるユーザの発想プロセスを段階的に説明する。

4.2.1 思いつき (Step 1)

まず、ユーザは便利にしたいモノを決定し、それを便利にする新しいモノのアイデアとそのアイデアによって達成したい目的を発想する。本研究では、このプロセスにおける発散的思考の支援は対象とせず、ある程度のアイデアが存在することを前提としている。

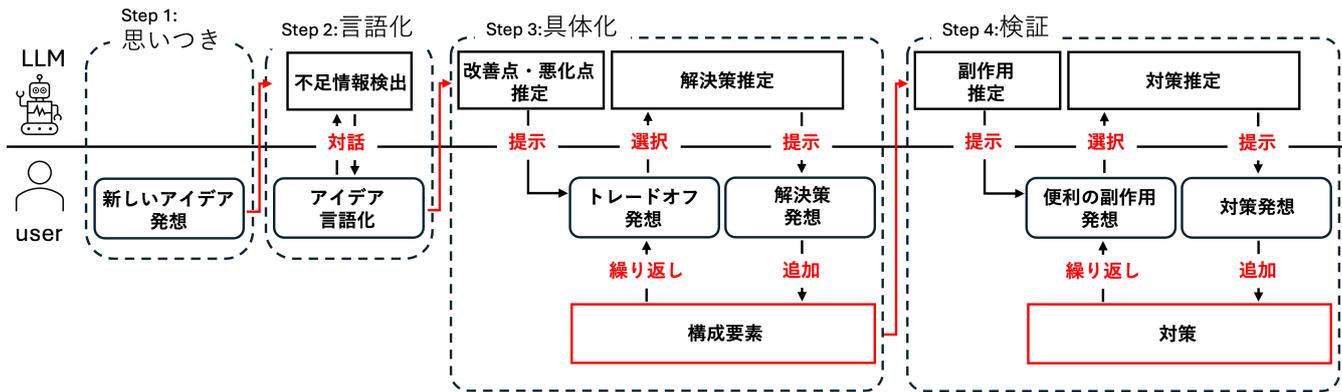


図 2 発想プロセスに基づくアイデア発想の流れ

4.2.2 言語化 (Step 2)

次に、ユーザはシステムとの対話を通じて、アイデアの言語化を行う。この対話では、ユーザが入力したアイデアに基づき、システムが不足している情報判断し、疑問形式で理由を問いかけることで、ユーザの言語化を促進することを試みる。必要な情報としては、5W1Hを参考に以下の項目の言語化を試みる。「何を」便利にしたいのか、解決したい不便を「いつ」「どこで」「誰が」感じるのか、アイデアで達成したい目的として「なぜ」便利にするのか、新しいモノのアイデアの詳細として「どのように」便利にするのかの言語化を促す。

4.2.3 具体化 (Step 3)

次に、ユーザはアイデアの構成要素の洗い出しを行う。このプロセスでは、TRIZの発想法を活用し、TRIZを用いた発想をLLMによって支援する仕組みを提供する。まず、ユーザはアイデアの実現によって改善する点（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）の選択し、解決するトレードオフを特定する。このとき、改善点や悪化点が思い浮かばない場合、試行錯誤を行うことが困難になるため、本稿ではLLMを活用して改善点や悪化点を推定し提示することで、構成要素の探索を支援する。ユーザが選択したトレードオフから、LLMはTRIZの発想法に従って解決策を推定し、ユーザに提案する。ユーザは提案された解決策をもとに、アイデアに必要な構成要素を発想する。このトレードオフの選択と解決策の発想を繰り返し行うことで、構成要素の試行錯誤を行う。

4.2.4 検証 (Step 4)

最後に、ユーザはアイデアによって発生する便利の副作用に気づき、それを踏まえた新たなアイデア発想を行う。便利の副作用への気づきを誘発するため、LLMを活用し行為の増減への着目を促す。行為の増減やそれによる影響が思い浮かばない場合、便利の副作用を考えることが困難なため、本稿では、Step 3までで発想されたアイデアをもとに、行為の増減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し、提示する。副作用の例として、新しい

アイデアに置き換わることで失われるメリットや、新たに発生するデメリットが挙げられる。ユーザはこれらの副作用を確認し、意図しない副作用を選択する。選択された副作用に基づき、LLMがその対策を推定してユーザに提案する。ユーザは提案された対策をもとに、副作用を考慮した新たなアイデアを再発想し、その導入による変化や問題の検討を試みる。

5. 実装

前章で定めたデザイン指針をもとに、対話的アイデア発想支援システム WISE-UP(Workflow for Interactive Side-effect Evaluation and Unfolding Perspectives)を実装した。WISE-UPの実装には、HTML、CSS、JavaScript、Python(Flask)を用いた。また、処理に用いたLLMとしてOpenAI API^{*2}を用いた。言語モデルにはgpt-4o-2024-11-20^{*3}を採用した。本章では、4章で述べたStep 1~Step 4の詳細について説明する。

5.1 思いつきの入力機能 (Step 1)

思いつきの入力機能は、ユーザが発想したアイデアを入力することにより、アイデアの対象を再認識するための機能である。ユーザは、不便を感じている対象である便利にしたいモノと、発散過程を終えた便利にするための新しいアイデアを入力する。この機能の入力例とインタフェースを図3に示す。

5.2 対話的な言語化支援機能 (Step 2)

対話的な言語化支援機能は、ユーザの入力したアイデアで不足している情報を、システムとの対話を通じて言語化を支援する機能である。必要な情報を5W1Hとし、LLMにより不足情報を判断し、ユーザに足りない情報の入力を促す質問を出力する。Step 1の入力により、便利にしたい

^{*2} <https://openai.com/index/openai-api/> (2024/12/13 確認)

^{*3} <https://platform.openai.com/docs/models#gpt-4o> (2024/12/13 確認)

表 1 対話的な言語化支援機能のプロンプト例

必要な情報	プロンプト例
解決したい不便	入力された不便に対し、具体的な場面や時間が記されているか、ユーザが感じる具体的な問題や困難が示されているか判断し、不足している情報の入力が必要となるまで質問を行ってください
アイデアの目的	「[NEW_IDEA] でやりたいことはなんですか？その理由はなんですか？」と質問し本質的な目的を引き出してください
アイデアの詳細	「[PURPOSE] を達成するためにはどのような機能が必要ですか？」と質問し、ユーザが機能はもうないか入力するまで質問を繰り返してください

表 2 TRIZ 発想機能のプロンプト例

	プロンプト例
a	[THING_TO_IMPROVE] から [NEW_IDEA] の内容にする際に改善したい点と悪化する可能性のある点を [IMPROVEMENTS] と [DETERIORATIONS] として挙げてください
b	[IMPROVEMENTS] と [DETERIORATIONS] に基づき「説明」や「例」を参照しながら最も関連性の高い特性パラメータを推定してください
c	[IMPROVEMENTS] という [IM_PARAM] と [DETERIORATIONS] という [DE_PARAM] の矛盾を解決するために [PRINCIPLE] を参考にして解決策を提案してください

WISE-UP



図 3 思いつき入力機能：ユーザは便利にしたいモノ（上）と新しいアイデア（下）を入力する。



図 4 対話的な言語化支援機能：画面右部で LLM による不足情報に関する質問が提示され、ユーザは不足情報の入力を行う。画面左部には、ユーザにより入力された必要情報が提示される。

モノである「何を」という情報は揃っているため、解決したい不便とアイデアの目的、アイデアの詳細の言語化を行う。この機能を実装するプロンプトの一例を表 1 に、出力例とインタフェースを図 4 に示す。

5.3 具体化のための TRIZ 発想支援機能 (Step 3)

TRIZ 発想支援機能は、ユーザが構成要素の洗い出しか

らアイデアの具体化を行うため、TRIZ に基づく発想を支援する機能である。この機能では、まず、ユーザがアイデアによるトレードオフの選択を行えるようにするための改善点と悪化点の出力を行う。この処理では、便利にしたいモノと Step 2 で言語化された新しいアイデアが入力され、改善点と悪化点が出力される (a)。

次に、選択されたトレードオフに基づく解決策を推定する処理として、まず、トレードオフを LLM を利用し TRIZ で処理可能な 39 種類の技術的課題分類項目 (e.g., 重量, 長さ, 強度) (以下, 特性パラメータと記す) に変換する (b)。次に、TRIZ で定められている問題解決の 40 個のパターン (e.g, 分割原理, 逆発想原理) (以下, 発明原理と記す) のどれに当てはまるかを特定する。この処理は、39 種類の特性パラメータ (改善したい特性, 悪化する特性) を行と列に配置した表 (以下, 矛盾マトリックスと記す) の各マスに記載されている、発明原理を特定する単純な表計算のため、LLM を用いず計算機により行う。これにより特定された発明原理から、LLM を利用し TRIZ に基づいたトレードオフの解決策が出力される (c)。これらの処理を可能にするため、特性パラメータと発明原理のデータ (項目, 説明, 例) と矛盾マトリックスのデータ (行, 列, 発明原理) を用意し、プロンプトに組み込んだ。この機能を実装するプロンプトの一例を表 2 に、出力例とインタフェースを図 5 に示す。

5.4 行為の増減による便利の副作用の検証機能 (Step 4)

便利の副作用の検証機能は、ユーザがアイデアによって発生する問題点に気づき、それを踏まえた新たなアイデアの発想を支援する機能である。この機能では、まず行為の増減の推定を行うために、便利にしたいモノと新しいアイデアに関連する行為の列挙を行う (d)。モノに関連する行為として、LLM により使用時の一連の行為、他のモノと併用してする行為、遊びや娯楽としての行為、無意識に

表 3 便利の副作用検証機能のプロンプト例

	プロンプト例
d	6つの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

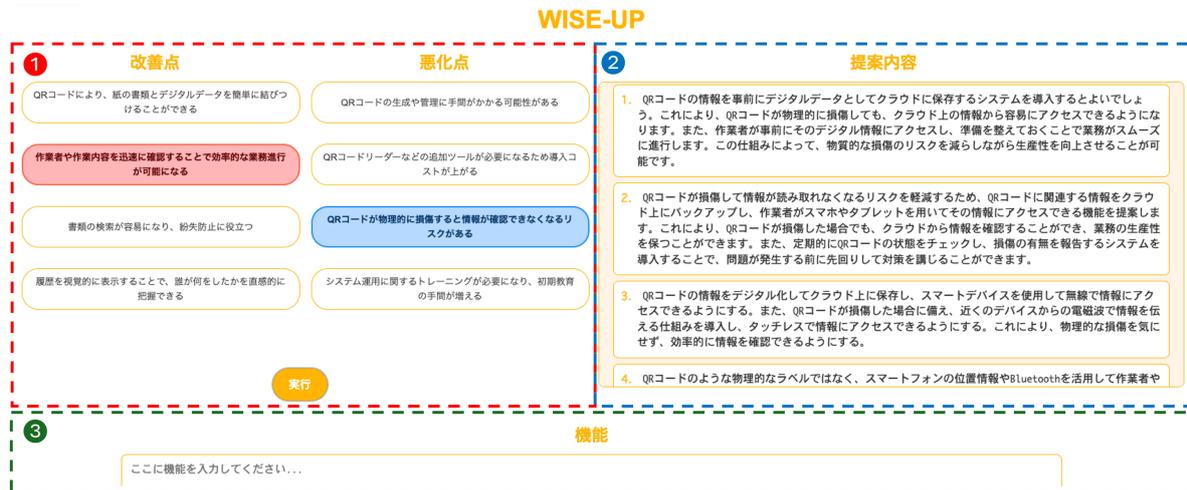


図 5 TRIZ 発想支援機能：画面左部に改善点と悪化点が提示され、ユーザはトレードオフの選択を行う（図中①、選択されたトレードオフが着色される）。画面右部には、LLM によるその解決策の提案が提示される（図中②）。ユーザは提案内容を参照し、画面下部に発想した構成要素のテキストを入力する（図中③）。ユーザは①～③を繰り返し、構成要素の探索を行う。

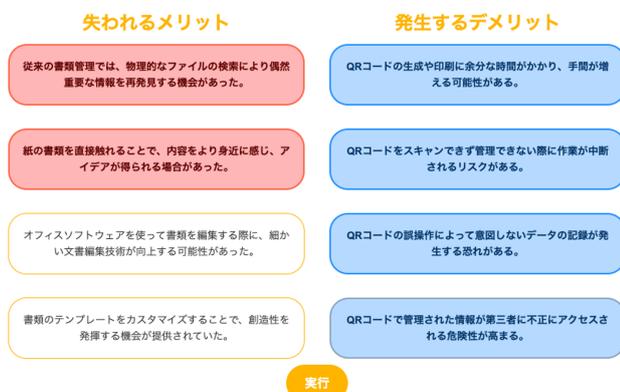


図 6 便利の副作用検証機能：失われるメリットと発生するデメリットから便利の副作用の選択（選択された便利の副作用が着色される）を行う。

やってしまう行為、ミスや事故で起きる行為、人との関係で発生する行為が出力される。その後、行為の増減の推定を LLM により行う (e)。この処理では、便利前後のそれぞれでしかやらない行為を推定することにより行為の増減の出力を行う。最後に、行為の増減から失われるメリットと発生するデメリットを推定し提示を行う (f)。また、選択された便利の副作用に基づく対策を LLM により推定し提示を行う (g)。この機能を実装するプロンプトの一例を

表 3 に、出力例とインタフェースを図 6 に示す。

6. WISE-UP の出力事例：書類管理システム

本章では、提案手法での出力事例をもとに、LLM との対話によりアイデアの実現に伴う副次的な影響の考慮がどの程度可能かを検討する。

出力例のアイデアとして、図 3 の新しい書類管理システムというアイデアを用いた。このアイデアは、従来の書類管理システムを改良することを目的として、コンピュータに操作履歴を残すだけでなく、物理的な紙の書類にも人の目で履歴を簡単に確認できる仕組みを提供する。従来の書類の管理では、関係者が順番にハンコを押すことで承認・管理を行っていた。このアイデアではこれを改良し、作業者の名前が中央に印字された QR コードを採用する。書類 ID と作業者 (ユーザ ID) から、その都度新しい QR コードを生成し、印鑑の代わりとして紙の書類に貼り付けることで、押印の持つ視覚的特徴 (誰が見たか) を保持するだけでなく、QR コードを読み取ることで「いつその押印が行われたか」という情報も確認できるようになる。主な機能として、作業者と書類の ID を読み取り新しい QR コードを生成する機能や、作業者の役割と書類の種類から書類状態 (作業進捗や承認の有無など) を推定する機能、記録

された履歴から特定の処理や作業者を抽出して表示する機能が挙げられる。

このアイデアから出力された、失われるメリットと発生するデメリット（図6参照）を見ると、失われるメリットでは、管理するために直接書類に触れることにより得られていた価値が出力されており、書類をデジタルで管理することにより価値が得られなくなる便利の副作用の発見や、発生するデメリットでは、QRコードによって書類を管理することによる問題点が出力されている。提案手法により、新しい機能による副作用を再確認でき、発生してしまう便利の副作用の発見が行えることが期待される。しかし、LLMが書類をデジタル書類と認識している部分や、書類の管理の具体的な行為にまではアプローチできていない点など、出力の詳細さや具体性には限界が見られる。

今後の展望として、今回の出力をもとに、LLMの出力の質の向上を図るためプロンプト設計を工夫し、より多角的な出力が得られるように改良を行う。

7. 終わりに

本稿では、LLMを利用したシステムとの主体的な対話を通じて、アイデアの実現に伴う副次的な影響を検討できる発想支援システム WISE-UP を提案した。今後はユーザ実験を行い、実験を通じて提案システムの有用性を確認し、新しいモノのアイデア発想において、人間が担うべき部分とシステムが提供すべき支援の役割の明確化を目指す。

謝辞

本研究の一部は、2024年度関西大学 GAP プログラムの支援のもと行われた。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Altshuller, G. S.: *The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity*, Technical innovation center, Inc. (1999).
- [2] Chen, L., Song, Y., Ding, S., Sun, L., Childs, P. and Zuo, H.: TRIZ-GPT: An LLM-augmented method for problem-solving, *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, Vol. 88407, American Society of Mechanical Engineers, p. V006T06A010 (2024).
- [3] Di Fede, G., Rocchesso, D., Dow, S. P. and Andolina, S.: The Idea Machine: LLM-based Expansion, Rewriting, Combination, and Suggestion of Ideas, *Proceedings of the 14th Conference on Creativity and Cognition, Association for Computing Machinery*, p. 623–627 (2022).
- [4] Girotra, K., Meincke, L., Terwiesch, C. and Ulrich, K. T.: Ideas are dimes a dozen: Large language models for idea generation in innovation, *Available at SSRN 4526071* (2023).
- [5] 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, IOS Press, pp. 93–102 (2015).

- [6] Hasebe, Y., Kawakami, H., Hiraoka, T. and Nozaki, K.: Guidelines of system design for embodying benefits of inconvenience, *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, Vol. 8, No. 1, pp. 2–6 (2015).
- [7] Jiang, S. and Luo, J.: AutoTRIZ: Artificial Ideation with TRIZ and Large Language Models, *arXiv preprint arXiv:2403.13002* (2024).
- [8] Klayman, J.: Varieties of Confirmation Bias, *Psychology of Learning and Motivation* (Busemeyer, J., Hastie, R. and Medin, D. L., eds.), Vol. 32, Academic Press, pp. 385–418 (1995).
- [9] 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).
- [10] OpenAI, Achiam, J., Adler, S., Agarwal, S., Ahmad, L. et al.: GPT-4 Technical Report, *arXiv preprint arXiv:2303.08774* (2024).
- [11] Touvron, H., Lavril, T., Izacard, G., Martinet, X., Lachaux, M.-A., Lacroix, T., Rozière, B., Goyal, N., Hambro, E., Azhar, F., Rodriguez, A., Joulin, A., Grave, E. and Lample, G.: Llama: Open and efficient foundation language models, *arXiv preprint arXiv:2302.13971* (2023).
- [12] Xu, X., Yin, J., Gu, C., Mar, J., Zhang, S., E, J. L. and Dow, S. P.: Jamplate: Exploring LLM-Enhanced Templates for Idea Reflection, *Proceedings of the 29th International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 907–921 (2024).
- [13] 川上浩司: 不便の効用に着目したシステムデザインに向けて、ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 125–134 (2009).
- [14] 川上浩司: 不便から生まれるデザイン—工学に生かす常識を超えた発想—, 化学同人 (2011).
- [15] 川上浩司, 内藤浩介, 平岡敏洋, 戌亥未: 発明的問題解決理論 TRIZ を援用した不便益発想支援システム, 計測自動制御学会論文集, Vol. 49, No. 10, pp. 911–917 (2013).
- [16] 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).
- [17] 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).
- [18] 内藤浩介, 川上浩司, 平岡敏洋: 発明的問題解決理論 TRIZ に基づく不便の効用を活かす設計支援手法, 計測自動制御学会論文集, Vol. 49, No. 6, pp. 595–601 (2013).
- [19] 西本一志, 魏 建寧: 漢字形状記憶の損失を防ぐ漢字入力方式, 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 4, pp. 1207–1216 (2016).
- [20] 畑 玲音, 徳丸晴天, 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基礎検討—アイディア導入による行為の増減に着目して—, 情報処理学会研究報告, Vol. 2024-HCI-206, No. 12, pp. 1–7 (2024).
- [21] 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基礎検討—アイディア導入による行為の増減に着目して—, 情報処理学会研究報告, Vol. 2024-HCI-208, No. 20, pp. 1–7 (2024).
- [22] 松下光範, 住友梨花: 便利の副作用に着目したシステム設計支援に関する一検討, DESIGN シンポジウム 2021 予稿集, pp. 34–40 (2021).
- [23] 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).
- [24] 三輪和久: オートメーションと付き合うために知っておくべきこと: 認知的廃用性萎縮の課題, 電子情報通信学会誌, Vol. 97, No. 9, pp. 782–787 (2014).