

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

畑 玲音^{†,a} 茂木 奈々瀬^{†,b} 松下 光範^{†,c}

[†] 関西大学大学院 総合情報学研究科 ^{††} 関西大学 総合情報学部

a) k223167@kansai-u.ac.jp b) k069832@kansai-u.ac.jp c) m_mat@kansai-u.ac.jp

概要 本研究では、新たなモノのアイデアの実現に伴う副次的な問題を考慮するための、対話的なアイデア発想支援手法を提案する。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。アイデアを実現させる際は、目的達成に必要な構成要素と、それらの相互作用による変化を踏まえた、大局的な観点から発想を行うことが肝要である。提案手法では、現状からアイデアの実現により改善する点と、それにより悪化してしまう点のトレードオフの組み合わせに基づき、TRIZ（発明的問題解決理論）を用いた解決策のアイデアを、大規模言語モデル（LLM）で生成し、構成要素の探索を行える仕組みを提供する。これにより、発想において副次的な影響として見落とされがちな、新たなモノの導入による問題点を、発想段階から検討することが可能になる。

キーワード 便利の副作用, 大規模言語モデル, TRIZ, アイデア発想, 発想支援

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、便利さのみならず効率性や機能性に対する過度な着目によって、想定外の問題が発生している [4]。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」が挙げられる [18][14]。この例では、入力するユーザと読み手の認知的な負荷を減らすという目的を達成するための「入力された仮名文を変換する機能」などの要素により、ユーザの「漢字の想起」がなくなる変化が発生し、問題が発生する。この事例が示唆するように、新しいアイデアを実現させる際には、アイデアで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が肝要である。

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（発明的問題解決理論）を用いた発想支援手法の提案を行う。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、その過程で解決策を実現するために必要な構成要素の具体化の支援が期待できる [6]。しかし、TRIZ の概念の複雑さにより学習には大きな認知的な課題が存在し、アイデア発想において実践的に使用することは難しい [9]。そこで提案手法では、その支援として大規模言語モデル (Large Language Model; LLM) を用いることにより、TRIZ に基づく対話的な発想を行うことで、アイデアの目的に必要な構成要素を探索的に検討できる手法を提案する。これにより、構成要素を洗

い出すことが、アイデアの実現により発生する問題点の顕在化にどのような影響を与えるのか検討を行う。

2 便利の副作用とその顕在化に関する研究

2.1 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 [13]。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 [17]。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。

2.2 便利の副作用の顕在化

便利の副作用の低減を目的として、モノが便利になる過程に着目した研究が行われている。住友らは、アイデアにより便利なる過程として、モノの使用者の行動変化に着目することで、便利の副作用の顕在化を試みている [13]。提案手法では、便利になることによる行動変化として、あるモノを「便利にする」ことに伴い、それまでの行為の中から「なくなる行為」があり、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、便利の副作用を踏まえた設計の支援を行っている。これにより、問題点を見据えたアイデア設計がなされることが示されている。

我々はこれに加えて、新たに「生まれる行為」も含めた便利による行為の増減変化に着目した発想支援手法の検討を行っている [15][16]。提案手法では、便利による

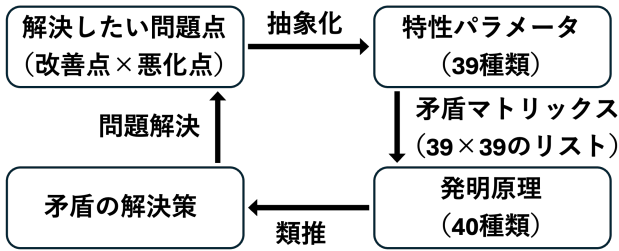


図1 TRIZに基づく発想の流れ

	悪化点	1	:	12	:
改善点		質量	:	形状	:
1	質量		:	10,14,35,40	:
:	:	:	:	:	:
14	強度	1,8,40,15	:	10,30,35,40	:
:	:	:	:	:	:

図2 矛盾マトリックスの一部 ([1] より図引用)

表1 発明原理の例

id	発明原理	説明
1	分割原理	細分化, 組立分解性向上
2	分離原理	切り離せるように
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
40	複合材料原理	複合材料に変える

表2 特性パラメータの例

id	特性パラメータ	説明	例
1	移動物体の重量	物体の質量または重力	重さ, 質量, 負荷
2	静止物体の重量	物体の質量または重力	重さ, 質量, 負荷
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
39	生産性	単位あたりの出力	所要時間, スループット

影響を洗い出し、便利になる前に発生する副次的な問題への気づきのため、便利による行為の増減変化を提示し、その中から「失われる行為」と便利に伴い増えてしまう余分な手間である「生じてしまう行為」を見つけ出すこと、またその行為による影響を考えることの支援を行った。これにより、設計者に便利の副作用に気づきを誘発し、その気づきの数が増加することが示されている。

これらの研究では、アイデアの実現に伴い起きる変化への着目の重要性が示唆されているが、その変化が何を起因として発生しているのかまでは考慮できていない。そこで本研究では、新しいモノのアイデアでの目的達成に必要な構成要素を洗い出すことにより、それらの相互作用によって発生する変化を考慮可能にすることを試みる。アイデアの構成要素の洗い出しでは、TRIZを用いた発想を行う。

3 TRIZ (発明的課題解決理論)

TRIZは、過去の優れた問題解決事例から問題解決の基本原則を抽出・整理したもので、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]。TRIZに基づく発想の流れを図1に整理する。この理論では、「発明原理」(表1参照)と呼ばれる、問題解決のパターンを40個の原理(e.g., 分割原理, 逆発想原理)に集約して知識ベースにし、これに解決したい問題点を当てはめることにより解決策の発想を支援する。解決したい問題点は、便利にしたいモノの「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、現状からアイデアの実現により改善する点(以下、改善点と記す)や、それにより悪化してしまう点(悪化点と記す)は「特性パラメータ」(表2参照)という39種類の技術的課題分類項目(e.g., 重量, 長さ, 強度)で表現される。この改

善点と悪化点の特性パラメータによる矛盾を、「矛盾マトリックス」(図2参照)に当てはめることにより、矛盾解決に必要な発明原理を特定する。矛盾マトリックスは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であり、このマトリックスの各マスには、該当する発明原理が記載されている。この発明原理を用いて、解決策の発想を行う。これにより、アイデアの構成要素や相互作用に起因する技術的な矛盾を体系的に整理し、具体的な解決策を導き出すことが可能となる。しかし、TRIZの発明原理の抽象的な性質をはじめとするツールは複雑であるため、その理解及び適用において大きな困難を伴うことが指摘されており [9]、その実践には高度な経験が求められる。

3.1 LLMを用いたTRIZに基づく発想支援

TRIZに基づく発想を支援する方法として、方法論的な支援 [9][10] や計算機による支援 [12][2] などの試みが行われているものの、問題を解決するためのアイデアを考える際の解決策の考案は、人間の推論能力に大きく依存している [5]。

この問題を解決するために、OpenAIのGPT[8]やMetaのLlama[11]に代表される、LLMを用いてTRIZの習得に伴う認知的な負担を軽減することを目的とした研究が行われている。Jiangらは、TRIZのプロセスの自動化を行うため、LLMを活用したAutoTRIZを提案している [5]。この提案手法では、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。しかし、この手法でのインタラクションは一方通行であり、自身が感じている問題点を入力するだけで解決策を受け取る形式のため、ユー

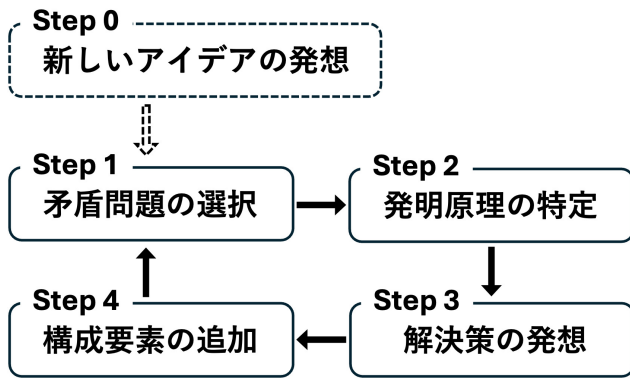


図3 TRIZを用いた構成要素の発想プロセス

ザがシステムとの対話を通じて TRIZ のプロセスに基づいた発想をしたり、自らの思考を発展させたりする機会を得ることができない可能性がある。Chen らは、TRIZ のプロセスを補完するために、LLM を活用した TRIZ-GPT を提案している [3]。この提案手法では、ユーザの問題の入力から、LLM がその問題の改善点と悪化点の特性パラメータを複数提示され、ユーザが任意の矛盾を選択することにより、発明原理に基づいた解決策を得ることができる。しかし、この手法においても、ユーザの発想は提示される情報に対して選択をするだけという受動的なものに留まっており、ユーザ独自の試行錯誤する発想の機会が限られている。

そこで本研究では、LLM を用いた TRIZ に基づく発想支援において、ユーザが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 と TRIZ を組み合わせたアイデア発想支援

本稿では、新しいモノのアイデアでの目的達成に必要な構成要素を洗い出すための、LLM と TRIZ を組み合わせたアイデア発想支援手法を提案する。提案手法では、ユーザが TRIZ に基づいた発想を可能にするために、LLM により改善点と悪化点の提示、ならびにユーザの選択した矛盾に基づく解決策の提示を行う。これらの提示と選択を繰り返し行えるようにすることで、ユーザの探索的な発想を支援する。本章では、その支援を行うシステムのデザインについて整理し、TRIZ のための LLM による文章生成の方法について検討する。

4.1 TRIZ に基づく探索的な発想のデザイン

構成要素の洗い出しを探索的に行えるよう、TRIZ の発想を LLM を用いて対話的に発想できるデザインを述べる。この時のプロセスを図3のように整理した。以下に想定するユーザの発想プロセスを段階を追って説明する。

まず、ユーザは新しいモノのアイデアとそれにより達

成したい目的を発想する (Step 0)。従来の TRIZ の発想法でも、矛盾問題を考えるところから発想が始まるため、本研究においてもこれに倣い、ある程度のアイデアが存在することを前提としている。

次に、ユーザは改善点と悪化点を選択し解決する矛盾を決定する (Step 1)。この時、改善点や悪化点が思い浮かばなければ矛盾の試行錯誤を行うことが困難になるため、本研究では改善点や悪化点を LLM により出力し、提示することで構成要素の探索を試みる。

その後、選択した矛盾について各々の特性パラメータを特定し、矛盾マトリックスを参照することにより、矛盾を解決する発明原理の特定を行う (Step 2)。アイデアによる改善点と悪化点をそのまま特性パラメータに変換するには、TRIZ の専門的な知識を要するため、LLM を用いて改善点と悪化点から特性パラメータの特定を行うことで支援する。矛盾マトリックスの参照は、表から値を見つけるという単純な作業であり、構成要素の探索には影響が少ないと判断したため、効率化と正確性向上を目的に、計算機を用いて発明原理の特定を行う。

ここまでの処理により特定された発明原理を用いて、解決策の発想を行う (Step 3)。発明原理を用いた解決策の発想では、TRIZ の専門的な知識を要するため、LLM により、そのアイデアにおける矛盾の発明原理に基づいた解決策を出力することで支援する。TRIZ では、一組の矛盾につき複数の発明原理が存在するため、解決策も複数出力される。

ユーザはこの提示から、アイデアの目的達成に必要であると感じた解決策を選択し、構成要素に加えていく作業を行う (Step 4)。アイデアの選択を行うことにより、受動的な発想ではなくユーザが主体となって発想を行えることを企図している。この時、LLM による解決策の提示は発想の支援として捉えているため、その解決策の詳細の変更や、その解決策から得られた別の構成要素のアイデアを発想できるように支援する。

TRIZ ではこのプロセスにより発想が完結するが、解決すべき矛盾やそれによる解決策は一意に決まるものではなく、発想の過程で変化していくものであるため、ユーザはこのサイクルを繰り返し行うことによって構成要素の試行錯誤を行う。この Step 1~4 を繰り返すことにより、探索的なアイデアの構成要素の洗い出しを支援する。ユーザの構成要素の洗い出しが終了したと判断した段階で、このプロセスを終了する。

4.2 LLM を用いた TRIZ モデルの構築

TRIZ に基づく発想を支援するための、LLM を用いた TRIZ モデルについて述べる。以下に、本手法において主に必要な処理を整理する。

項目1 改善点と悪化点の出力 (LLM)

表 3 TRIZ の発想を支援するためのプロンプトの例

項目	プロンプト例
1	「便利にしたいモノ」から「新しいアイデア」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「改善点」と「悪化点」として挙げてください。
2	「改善点」と「悪化点」に基づいて最も関連性の高い特性パラメータを推定してください。「説明」や「例」を参照しながら意味的に近いものを推定してください。
4	「改善点」という「特性パラメータ」と「悪化点」という「特性パラメータ」の矛盾を解決するために「発明原理」を参考にして解決策を提案してください。

表 4 LLM の出力, クラウドソーシングの解答例とそのコサイン類似度

LLM	クラウドソーシング	sim	Top5:ave
必要な時のみ傘を持つことで持ち物が減り日常生活が快適になる	雨が降るか通知されることで事前に準備ができ濡れるリスクを減らせる	0.88	0.85
	天気予報を確認する手間が省け傘を持つべきか判断が容易になり快適さが向上する	0.87	
天候情報に依存しすぎて自分の判断能力が低下する可能性がある	情報を信じすぎること	0.80	0.70
	天気の急変に対応できなくなる可能性がある 天気予報が外れると困ってしまう	0.74	

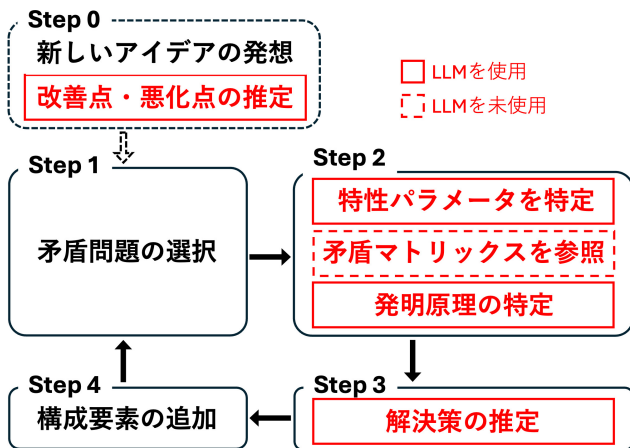


図 4 LLM と TRIZ による構成要素の発想プロセス

項目 2 特性パラメータの特定 (LLM)

項目 3 矛盾マトリックスの参照から発明原理の特定

項目 4 発明原理から解決策の出力 (LLM)

このうち、項目 1, 2, 4 を LLM を用いて行う。本手法では、LLM として OpenAI API¹ を用いた。言語モデルには gpt-4o-mini-2024-07-18² を採用した。

項目 1 では、ユーザが自身のアイデアによって改善したい点と、それに伴って悪化してしまう点の矛盾の選択を行えるようにするための、改善点と悪化点を出力することが目的である。この処理では、便利にしたいモノと

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。この時、便利にしたいモノと新しいアイデアの比較を行えるように、新しいアイデアでは、そのアイデアにおける「解決したい不便」、「アイデアの内容」、「目的」、「必要な機能」の入力を必要とした。

項目 2 では、ユーザが選択した改善点と悪化点の問題点を、TRIZ として処理可能な特性パラメータに変換することが目的である。この処理では、ユーザが選択した改善点と悪化点が入力され、これらの問題点との関連性が高いと判断された特性パラメータが出力される。この時、問題点と特性パラメータの類似性の参照先として、表 2 のような特性パラメータの「説明」と「例」を用意し、プロンプトに組み込んだ。

項目 3 では単純な表計算のため、LLM を用いず、項目 2 で特定された改善点と悪化点の特性パラメータから、矛盾マトリックスを参照して、その成分に記載されている発明原理の特定する処理を計算機によって行う。

項目 4 では、ユーザにより選択されたアイデアにおける矛盾問題を解決する策を、発明原理に基づいて生成を行い出力することが目的である。この処理では、「改善点と悪化点」、「改善点と悪化点それぞれの特性パラメータ」、「発明原理」が入力され、矛盾問題の解決策が出力される。これらの処理を含めた発想のプロセスを図 4 に、処理で用いたプロンプトの一部を表 3 に示す。

LLM の出力の妥当性を評価するため、アイデアの改善点と悪化点、矛盾の解決策が適切に出力できているかについて検証を行った。検証に用いたアイデアは、後述する実験においてユーザが実際に発想したアイデアを用

¹<https://openai.com/index/openai-api/> (2024/11/19 確認)

²<https://platform.openai.com/docs/models#gpt-4o> (2024/11/19 確認)

表 5 LLM により出力された解決策ごとの不成立数

解決策	生成数	不成立数	精度
1	20 個	7 個	0.65
2	20 個	5 個	0.75
3	19 個	7 個	0.63
4	16 個	4 個	0.75

いた。

改善点と悪化点では、人が答えた「便利にしたいモノ」から「新しいアイデア」でのアイデアに対する改善点と悪化点を Yahoo!クラウドソーシング³（以下、クラウドソーシングと記す）を用いて、1 アイデアあたり 50 人に回答を求めた。ここで得られた回答を、人が考えた改善点と悪化点と捉え、その回答と LLM の出力との類似度を測るにより妥当性の検証を行った。類似度は sentenceBERT[7] を用いてベクトル化し、コサイン類似度により算出した。計算結果の一部を表 4 に記す。この結果から、本来ユーザの考える改善点と悪化点を LLM が出力できていると推察される。

次に、LLM により出力された解決策が、アイデアによる矛盾問題の解決策として成り立つかどうかについて、クラウドソーシングを用いて評価した。この調査では、1 つの解決策あたり 5 人の評定者を割り当て、各評定者に「アイデア」、「矛盾問題」、「解決策」を提示して、これらが解決策として成り立つか判断するタスクを課した。このとき、3 人以上が成り立つと回答したものを、解決策として成り立つとした。評価では 75 件の解決策を用意し、評定者 1 人あたり 5 件の評価を課した。評定者数は 75 人であった。LLM が出力した解決策のうち、評定者が成り立つと判定した解決策は 75 件中 23 件 (69.3%) であった。この結果から、LLM が矛盾問題の解決策を一定程度出力できていることが示された。

TRIZ の矛盾マトリックスに記載されている発明原理は最大で 4 つであり、1 つ目が最も解決策として適しており、以降はその順に解この特性により、提案される解決策に優劣が存在する可能性を検証するために、解決策ごとの不成立数を表 5 に示す。この結果から、LLM による TRIZ に基づいた矛盾の解決策は、どの解決策も一定程度妥当性のある解決策を出力できていることが示された。

5 構成要素の洗い出しが発想に与える影響

デザイン指針に照らし、アイデアを発想する際に「TRIZ に基づいた構成要素の洗い出し」が行える Web システムを構築した。構築したシステムは、4.1 節のプロセスを実行するため、4.2 節の各項目の処理を行えるように、

入出力が行える対話的なシステムである。Step 0 でのアイデアの入力と、Step 3 での構成要素の入力は、ユーザの思考をより反映させるため文章を入力する形式で行い、Step 1 での矛盾の選択では探索が行いやすいよう、選択式によって矛盾を決定できるようにした（図 5, 6 参照）。

実験において明らかにすることとして、提案システムにより「アイデアの構成要素の発想」と「アイデアの便利の副作用の発想」に与える影響である。実験では、提案システムを用いて、実現したいアイデアの目的を達成するために必要な構成要素を発想することによるアイデアの差異を観察する。LLM との対話による TRIZ を用いた発想により、アイデアの具体化や便利の副作用への気づきにどのような影響があるのかを測る。

5.1 実験手順

以下に示す手順に従い、ユーザ観察実験を行った。実験は対面環境で行い、実験協力者は情報系の大学に通う大学生 5 名であった。

1) 新しいアイデアの考案

提案システムは、便利にしたいモノとそのアイデアが存在することとを前提とし、そのアイデアの深掘りを行って対話的に行うことを想定している。そのため、提案システムを使用できるように、実験参加者に対して、新しいアイデアを考案するよう指示した。アイデアには、これから便利にするアイデアの対象である「便利にしたいモノ」、そのモノによって感じている不便である「解決する不便」、その不便を解決するアイデアがどのようなモノかという「アイデアの内容」、そのアイデアによってどのような目的を達成したいのかという「アイデアの目的」、その目的を達成するために必要な要素である「アイデアの構成要素」が含まれるようにした。本実験では、実験者間での比較がしやすいように、便利にしたいモノは「傘」に固定した。

2) 便利の副作用の考案（提案システム使用前）

次に、提案システムによる便利の副作用の気づきに影響するかの確認を行うため、便利の副作用を考案するタスクを課した。その際、便利の副作用を考える補助として、下記の 2 つの問いを課した。

- 「便利にしたいモノ」から「アイデアの内容」に対して、「便利にしたいモノ」を使うことにより実は得られていたメリットをできる限り考えてください。
- 「便利にしたいモノ」から「アイデアの内容」に対して、「アイデアの内容」を使うことにより発生するデメリットをできる限り考えてください。

この問いにより、実験参加者が考えるアイデアにより、

³<https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/>(2024/11/19 確認)

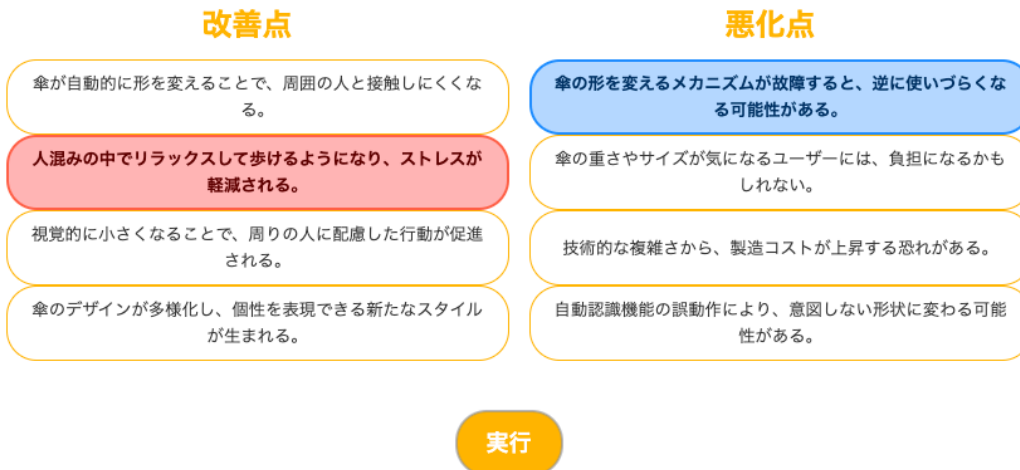


図5 改善点と悪化点の提示例. システムにより改善点と悪化点の一覧を提示し、選択式にすることでユーザは矛盾の整理が可能である.

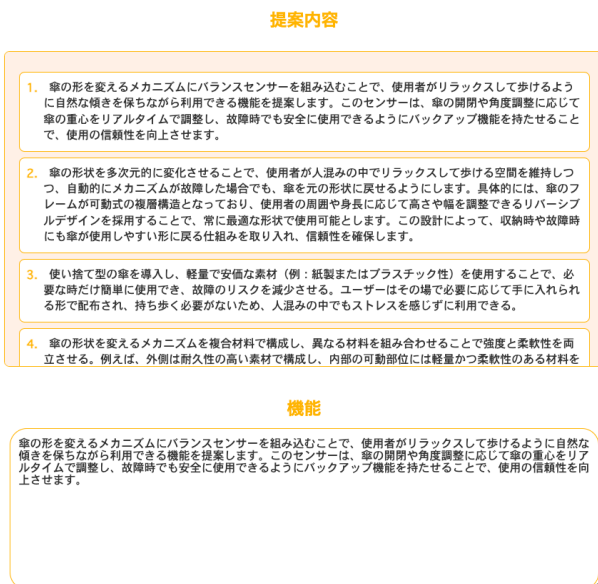


図6 出力結果の一例. 解決策が提示され機能欄に要素を追加できる.

実は得られるメリットと発生するデメリットがあることを促しており、この2つが便利の副作用に該当する.

3) 提案システムの使用

次に、実験参加者に提案システムを使用するタスクを課した。参加者には、まず、前手順で考案したアイデアをシステムに入力するよう指示した。次に、この入力により出力された改善点と悪化点から、矛盾を選択するタスクを課した。この矛盾の選択から、システムがTRIZに基づく矛盾の解決策の提示を行った。次に、ユーザはその提示された解決策から任意の案を選択し、下部にあるメモに記載するタスクを課した。この時、細かな変更がある場合には、文章を修正しても良いこととした。その後、また解決したい矛盾の組み合わせが存在する場合

は矛盾の選択に戻り解決案の探索を繰り返し行うよう指示した。参加者が構成要素は十分に揃ったと判断した場合、この手順を終了した。

4) 便利の副作用の考案 (提案システム使用后)

最後に、1回目の便利の副作用の考案と同様に、実は得られていたメリットと発生するデメリットを考案するタスクを課した。

5) 半構造化インタビュー

実験の最後に、実験参加者がどのように思考したのかを分析するため、半構造化インタビューを行った。

5.2 実験結果・考察

実験により収集した回答から、結果の分析とその考察を行う。その際、本実験により明らかにする2つの観点から考察を行う。

5.2.1 構成要素の発想に与える影響

TRIZに基づく対話的な発想支援による、構成要素を発想する際に与える影響を測る指標として、ユーザが発想した構成要素の内容に焦点を当てる。以下に、ユーザのアイデアの解答例の一部を記す。

id:1, 傘がいる日にニュースを見なくても気づける傘

システム使用前の要素：天気予報の情報を持ってきて雨が降る時に教えてくれる機能、雨の降る量を教え、その量に応じて持ち歩くかどうか選べる機能
システム使用後の要素：スマート傘を開発し、ユーザが傘が必要な条件（天気予報、湿度、雨の降水確率など）を設定できるようにする。アプリではなく傘自体か傘につけるデバイスにすることで、スマホを見なくても、玄関に行った時に気づくようにしたい。そして、ユーザは条件に基づいて傘を自動的に持ち歩くか選別し、必要な時だけ傘を持ち出すことができる。ただし、高価になる

可能性があるのです、アプリでの通知も検討する。

id:4, 実質濡れない超速乾傘

システム使用前の要素：すぐ乾く機能、濡れない機能
 システム使用後の要素：濡れた傘を使用した後、傘の内側に自動的に乾燥剤を配合した特殊なポケットを設けることで、使用後すぐに乾燥させる機能を追加する。このポケットは軽量の素材で作られ、容易に製造可能であり、乾燥剤は交換可能のため、製造制度を維持しながらも使いやすく保守が簡単な傘を実現する。

この例から、ユーザはシステムを使うことによりアイデアの構成要素を詳細に発想できていることが示唆される。全ての実験参加者において、システム使用前ではアイデアに必要な構成要素の概要が回答されていたが、システム使用后では、その構成要素がどのようにして実現されるのかまで含めた回答がなされていた。

これらの発想がどのようにして行われたのかを考察するため、ユーザが行った矛盾や解決策の選択と、半構造化インタビューの回答から議論を行う。ユーザが矛盾を選択し、解決策が出力された回数である探索回数の平均は4.8回であり、TRIZによる発想を繰り返し行っていることから、アイデアによる構成要素を試行錯誤しながら発想できていることが示唆された。インタビューの回答からも、問題点の試行錯誤から毎回違う角度での提案がなされていることや、視覚的に矛盾を整理できたことなど、構成要素を探索的に発想するための手助けとして、提案システムが使用されていた。しかし、提示されている解決策から着想を得て、修正を加えていたユーザはid:1のみであり、それ以外のユーザは提案された解決策をそのまま入力していた。インタビューの回答では、id:1のユーザは構成要素の実現を考える中で、提示された解決策から自身が気づいていなかった必要な要素のみを抜き出し、構成要素としてまとめたと言っていた。その他のユーザは、提案された内容がそのまま構成要素として当てはまると感じたため、入力を行ったと述べていた。TRIZに基づく対話的な発想支援により、アイデアをどのように実現するのかまで含めた構成要素の洗い出しが行えることが示唆されたが、ユーザがより主体的に試行錯誤し、発想を行えるようにするデザインが必要であることが示唆された。また、LLMとTRIZを組み合わせることにより、TRIZの発想を活用すること自体には一定の効果が得られたものの、提示された解決策には専門用語や文章の複雑さに関する指摘はまだあり、出力内容やその提示方法については、さらなる工夫が必要である。

表6 探索回数とシステム使用前後の問題点列挙数

id	探索回数	1回目	2回目
1	2回	10個	12個
2	6回	4個	8個
3	7回	5個	6個
4	5回	2個	3個
5	5回	3個	6個

5.2.2 便利の副作用の発想に与える影響

構成要素の洗い出しによる便利の副作用の顕在化への影響を測る評価として、ユーザにより挙げられた便利の副作用の数に焦点を当てる。表6に便利の副作用の数を示す。実験参加者の1回目（実験手順2）と2回目（実験手順4）での便利の副作用の列挙数の増加率を算出すると、1.46倍であった。これにより、構成要素を洗い出すことで便利の副作用をより顕在化できることが示唆された。

この要因を考察するため、ユーザごとの挙げた便利の副作用の内容と、構成要素の洗い出しの過程を分析する。システム使用後に増えた便利の副作用の内容として、耐久性や重量、構造の複雑性、素材など、物体や作成過程に着目した観点が多く見られた。構成要素の洗い出しの過程でTRIZを用いることにより、アイデアをどのように実現するかまで考慮することで、その結果発生してしまう問題に気づけていることが示唆された。TRIZの特性パラメータや発明原理において、物体に着目した特性やどのようにして矛盾を解決してアイデアを実現するかという特徴が提案内容に反映されており、ユーザはその内容から影響を受けることにより問題点に気づけていた。しかし、ユーザの挙げた便利の副作用では、矛盾を選択した後の解決策から影響を受けているものと、あらかじめ提示された改善点や悪化点から影響を受けているものが見られた。これは、ユーザが入力した新しいアイデアから改善点と悪化点を出力するプロンプトにおいて、「TRIZ」という単語を含んでいたことや特性パラメータとして扱いやすいような改善点や悪化点を出力したため、TRIZの物体への着目や実現性を事前に学習した内容が出力されていた可能性がある。直接プロンプト内に、特性パラメータや発明原理を含んでいなくても、GPTモデルはTRIZを学習している可能性が高いため、ユーザに提示する改善点と悪化点では、ユーザの入力した「便利にしたいモノ」と「新しいアイデア」の内容をさらに反映し、自身のアイデアによる矛盾問題として発想しやすいようにする工夫が必要である。今後は、TRIZによる構成要素の洗い出しと改善点と悪化点の提示による便利の副作用の顕在化に与えるそれぞれの影響を検討する。

6 終わりに

本研究では、LLMとTRIZを組み合わせたアイデア発想支援によるアイデアの構成要素の洗い出しと、その構成要素の洗い出し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。TRIZに基づく対話的な発想は、アイデアをどのように実現するのかまでを考慮した発想を促すことができ、便利の副作用をより顕在化させることが示唆された。また、LLMを用いることにより、TRIZに基づく主体的な試行錯誤を促す試みには一定の効果が得られたものの、出力内容やその提示手法については、ユーザのTRIZの理解と活用をさらに深めるための工夫が求められる。今後は、新たなモノのアイデア発想において、新たなアイデア自体の発想や構成要素の洗い出しにより顕在化させた便利の副作用を、どのように解決するのかまで含めた発想支援手法を考案し、実現する前に、アイデアによる影響を考慮できることを目指す。

参考文献

- [1] Al'tshuller, G. S.: *The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity*, Technical innovation center, Inc. (1999).
- [2] Berdyugina, D. and Cavallucci, D.: Automatic extraction of inventive information out of patent texts in support of manufacturing design studies using Natural Languages Processing, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 34, No. 5, pp. 2495–2509 (2023).
- [3] 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).
- [4] 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).
- [5] Jiang, S. and Luo, J.: AutoTRIZ: Artificial Ideation with TRIZ and Large Language Models, *arXiv preprint arXiv:2403.13002* (2024).
- [6] 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).
- [7] Nils, R. and Iryna, G.: Sentence-bert: Sentence embeddings using siamese bert-networks, *arXiv preprint arXiv:1908.10084* (2019).
- [8] OpenAI, Achiam, J., Adler, S., Agarwal, S., Ahmad, L. et al.: GPT-4 Technical Report, *arXiv preprint arXiv:2303.08774* (2024).
- [9] Robles, G. C., Negny, S. and Le Lann, J. M.: Case-based reasoning and TRIZ: A coupling for innovative conception in Chemical Engineering, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, Vol. 48, No. 1, pp. 239–249 (2009).
- [10] Tan, R.: Process of two stages Analogy-based Design employing TRIZ, *International Journal of Product Development*, Vol. 4, No. 1-2, pp. 109–121 (2007).
- [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] Zanni-Merk, C., Cavallucci, D. and Rousselot, F.: Use of formal ontologies as a foundation for inventive design studies, *Computers in Industry*, Vol. 62, No. 3, pp. 323–336 (2011).
- [13] 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).
- [14] 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).
- [15] 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).
- [16] 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).
- [17] 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).
- [18] 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).