

行為の増減に着目した
アイデア創出のための対話的発想支援
に関する研究

総合情報学研究科
知識情報学専攻

インタラクションデザインの理論と実践

23M7133

畑 玲音

論文要旨

アイデア創出では、生活を豊かにするために「便利さ」が重視されているが、便利さは豊かさを得る一手段に過ぎず、便利さ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。これは、確認バイアスにより、便利さの効果を過大評価し、副次的な問題を過小評価することで、問題が生じる。アイデア発想の際には、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る影響を考慮した発想が肝要である。本研究の目的は、アイデアの発想時に企図した利便性だけでなく、その実現に伴う副次的な影響までを考慮した大局的な視点を持つ発想手法の確立である。そのため、発想を段階的に分割し、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試みる。

副次的な問題が発生する要因を、便利化前後の行為の増減に着目し整理する。「便利にする」とは、アイデア導入により不便な行為を削減し、便利に必要な行為を増やすことで成り立ち、設計者は不便な行為を解消するため、意図的に行為を減らし、便利に必要な行為を意図的に増やす。このとき、不便な行為を消すことで意図せずなくなる行為と、便利に必要な行為を発生させることで意図せず増える行為により問題が生じる可能性がある。設計者に行為の増減変化を提示することで、便利により変化する行為から「失われる行為」と「生じてしまう行為」を発見し、その影響を考えることで便利化による影響を洗い出し、必要な行為と余分な行為を確認することで、副次的な影響の考慮が可能となる。提案手法では、単に行為の増減を提示するだけでは、変化の理由や影響を考慮しにくいので、アイデアの構成要素を具体化し、行為の増減を適切に捉えることで、アイデアの評価・検証を可能にする。

提案手法として、発想プロセスを段階的に分割し、LLMを利用した対話的発想支援システムを構築する。発想プロセスは、(1) 新しいアイデアを発想するための発散的思考、(2) アイデアの目的や解消したい不便の明確化、アイデアの本質を追求する収束的思考、(3) TRIZを用いたアイデアの結晶化とそのアイデアの実現方法の評価、(4) 行為の増減に着目したアイデアの実現がもたらす副次的な影響の検証である。

プロセスに基づいたシステムとの対話を通じて便利の副作用を考慮した発想が促進されるかを検証するため、大学生16名を対象にユーザ実験を実施した。ユーザに「傘」をより便利にする新しいアイデアを考案させ、システム使用前後で便利の副作用への気づきとそれを踏まえたアイデアの再考案への影響を測った。システム使用前後の便利の副作用の平均的増加率は2.25倍であり、有意に増加しており ($p=4.57 \times 10^{-7} < 0.05$, 対応のあるt検定による)、提案システムは見落としていた便利の副作用への気づきを促進することが示唆された。見落とされやすい問題点として、アイデアがもたらす社会的影響、技術的課題、既存のモノで得られていたメリットの喪失の3つが確認された。また、システム使用前後のアイデアの文字数のユーザごとの平均増加率は1.93倍であり、機能の具体化や副作用を対策する機能が追加されていることが示された。今後は、提案システムにより、便利の副作用の見落とされやすさやユーザの問題認識能力の違いを含む知見を蓄積し、個々のユーザの特性に応じた副作用の発見支援やフィードバックを提供し、より効果的な支援を実現する。

目次

1	序論	1
1.1	AI時代におけるアイデア発想の重要性	1
1.2	便利の副作用とその発生要因	1
1.3	既存のアイデア発想支援の取り組み	2
1.4	本研究の目的	3
1.5	本論文の構成	3
2	関連研究	4
2.1	アイデア発想支援の動向	4
2.2	TRIZ（発明的問題解決理論）	5
2.3	LLMを利用したアイデア発想支援	6
2.4	副次的な要素を考慮した設計論	7
2.5	本研究の立ち位置	8
3	行為の増減への着目が発想に与える影響の調査	10
3.1	便利に伴う状態の変化の整理	10
3.2	行為の増減に着目した便利の副作用に気づかせるための発想支援手法	11
3.2.1	行為の増減による便利の副作用の整理	11
3.2.2	行為の増減に着目した便利の副作用に気づかせるための発想支援手法	11
3.3	行為の増減の提示が発想に与える影響の検証実験	13
3.3.1	行為の増減の推定手法	13
3.3.2	出力の妥当性検証	14
3.3.3	実験の手続き	15
3.3.4	実験結果	18
3.3.5	考察	21
3.4	行為の増減に着目した便利の副作用の顕在化手法の提案	22
4	発想モデルに基づく対話的発想支援システム WISE-UP のデザイン指針	24
4.1	発想モデル	24
4.1.1	思いつき	24
4.1.2	言語化	25
4.1.3	具体化	25
4.1.4	検証	26
4.2	発想モデルに基づく対話的な発想支援システムに向けたデザイン指針	26
4.2.1	思いつき（Process 1）	26
4.2.2	言語化（Process 2）	26
4.2.3	具体化（Process 3）	26
4.2.4	検証（Process 4）	27

5	WISE-UP の実装	29
5.1	システム概要	29
5.2	機能の実装	29
5.2.1	思いつきの入力機能 (Process 1)	29
5.2.2	対話的な言語化支援機能 (Process 2)	29
5.2.3	具体化のための TRIZ 発想支援機能 (Process 3)	29
5.2.4	行為の増減による便利の副作用の検証機能 (Process 4)	31
5.3	システムの動作	31
6	行為の増減に着目した便利の副作用顕在化手法の評価実験と WISE-UP のユーザ ビリティの評価	38
6.1	発想モデルによる具体化が与える影響の調査—TRIZ による構成要素の洗い出し が発想に与える影響の調査—	38
6.1.1	実験の目的と概要	38
6.1.2	実験の手続き	38
6.1.3	実験結果・考察	40
6.1.3.1	構成要素の発想に与える影響	40
6.1.3.2	便利の副作用の発想に与える影響	41
6.2	発想モデルに基づく行為の増減に着目した対話が発想に与える影響の調査	42
6.2.1	実験の目的と概要	42
6.2.2	実験準備	42
6.2.3	実験の手続き	42
6.2.4	実験結果・考察	43
6.2.4.1	便利の副作用への気づきに与える影響	44
6.2.4.2	アイデア発想に与える影響	50
7	議論	58
7.1	本提案の有効性と課題	58
7.1.1	行為の増減の着目による便利の副作用の気づきの誘発への有効性	58
7.1.2	本提案での課題点	59
7.2	システムの改善点	60
8	展望	62
9	結論	64

1 序論

1.1 AI時代におけるアイデア発想の重要性

人工知能 (Artificial Intelligence; AI) の発展により、従来は人間が担っていた作業を AI が代替・支援する場面が増えている [6]. 例えば、対話型 AI (ChatGPT[17], Llama[23]) を用いた文章作成支援, 自動運転技術による交通管理だけでなく, 画像生成 AI (Stable Diffusion[20], Midjourney¹) によるクリエイティブな作品の創出などが挙げられる. このような技術の発展により, 単なる労働の自動化にとどまらず, 創造的な活動のあり方そのものが変化しつつある. AI がさまざまなタスクを担う時代だからこそ, 単に技術を活用するだけではなく, 「どのように AI を活用するのか」「どのような問題に対して, どのようなアプローチをするのか」といったアイデア自体が技術の価値を決定づける. 例えば, 文章生成 AI が普及しても, それを使ってどのような文章を生み出すか, またはどのようなプロダクトに応用するかは人間の発想に依存する. また, 製品設計においても, AI によるシミュレーションや最適化が可能になってきているが, そもそも「どんな機能を持たせるのか」「どのような体験を提供するのか」といった根本的なアイデアは依然として人間の創造力に委ねられている. したがって, AI の進化により創造的なプロセスが補完・支援される一方で, その活用方法や適用領域を決定するための本質的なアイデア発想の重要性はこれまで以上に高まっている [8].

1.2 便利の副作用とその発生要因

このような背景のもと, 新たなサービスやモノのアイデア創出がさまざまな場面で行われている. アイデアを創出する際の発想や, そのアイデアの導入を検討する際には, 生活を豊かにするモノに対する暗黙の前提として「より便利なモノ」が追求されている. しかし, 「便利さ」は生活を豊かにする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, 想定外の問題が発生しているのも事実である [10]. システム設計の場面などでは, 人間の活動を含めた関係の伝播を広く見渡さず局所的な最適を実現することは, 新たな問題の発生に繋がる懸念がある [38]. 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」[36] などの認知的廃用性萎縮 [40] が挙げられる.

これらのような問題を「便利の副作用」と定義し, その低減を目的とした研究が行われている [34]. 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 [38]. 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. 先例では, 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効果により, 漢字健忘という便利の副作用が発生している. この例では, 予測変換機能の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ている. このような変化は, 確証バイアス [13] 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

¹<https://www.midjourney.com/home> (2025/2/14 確認)

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。利便性の高いテクノロジー（PCやスマートフォン）を用いて効率的に作業や行為を実施することは肯定的な側面を持つが、技術を使用できる状態にあることが常に保証されているわけではなく、生活の中で認知機能や身体機能が必要とされる場面が生じる。例えば、漢字を手書きする機会は減少しているが、いざ紙に書く必要がある場面では、予測変換に頼りすぎた結果、書けなくなるという問題が生じる可能性がある。また、便利さの追求は一般に有益であり、その影響が直ちに深刻な問題になるとは限らない。しかし、影響を十分に考慮せずに発想を進めることは、想定外の問題を引き起こす可能性がある。例えば、電気自動車はエンジン音がないため静かという利点があるが、歩行者が接近に気付きにくいという安全上の問題が発生したため、後から人工的な走行音を追加する対策が施された。このように、利便性を追求する過程で、意図せず発生する問題を事前に想定し、必要な対策を検討することが求められる。問題の発生を完全に防ぐことは困難であるが、発生しうる影響を認識し、適切に対処できる状態を確保することが重要である。これらの事例が示唆するように、新しいアイデアを生み出すときは、即時的に実感できる利便性や効率性だけでなく、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のかを考慮し、その影響を踏まえた認知バイアスに陥らない発想が肝要である。

1.3 既存のアイデア発想支援の取り組み

新しいモノのアイデアの適用による変化を考える際には、アイデアでの目的を達成するために必要な構成要素や、それらの要素間の相互作用を詳細に洗い出すことが重要である。この過程を支援する手法の一つとして、TRIZ（発明的問題解決理論）[1]が挙げられる。これは、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[14]。

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]。この手法は、特に技術開発において、ある機能を向上させようとするすると別の機能に悪影響を及ぼしてしまうといったトレードオフを解決することを目的としている。TRIZでは、技術的な課題を分類し、過去の解決事例を参照しながら、発想の方向性を導く仕組みを提供する。このアプローチにより、従来の発想法のように試行錯誤を繰り返すのではなく、効果的な解決策に到達しやすくなり、創造的なアイデアを生み出す際に、既存の発明や技術の知見を活用することで、新規性の高いアイデアを効率的に構築することが可能となる。TRIZは多くの分野で活用されており、技術革新や製品開発において、問題解決の効率化や新しいアイデアの発想を促す手法として注目されている。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[19]、その実践には高度な経験が求められる。そのためTRIZに基づく発想を支援する方法として、方法論的な支援[19][22]や計算機による支援[25][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[12]。

一方、近年では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、OpenAIのGPT[17]やMetaのLlama[23]に代表される大規模言語モデル（Large Language Models;

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。これにより、ユーザが入力した課題に対し、多様な視点からのアイデアを自動生成することが可能である。しかし、LLM によるアイデア生成は、発想の過程がブラックボックス化しやすく、ユーザがアイデアの背景や構成要素を十分に理解しないまま活用するリスクがある。特に、確認バイアスによって自動生成されたアイデアの正当性が過信される可能性があるため、アイデア発想の構成要素を主体的に考慮することができる仕組みが求められる。このように、既存の発想支援手法には利便性を向上させつつも、その適用による影響を適切に考慮する仕組みが十分に備わっていない。そのため、アイデア発想段階から便利の副作用を検討し、バイアスを排除できるような支援手法が必要である。

1.4 本研究の目的

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。本稿では、LLM を利用した対話的な発想支援がアイデア発想にどのような影響を与えるのか検討を行う。

1.5 本論文の構成

本論文の構成は、以下の章からなる。本章では、アイデア発想の重要性と問題点、これまでの支援について整理した。2章では、アイデア発想に着目した関連研究を紹介し、本研究の立ち位置を明確にする。3章では、アイデアに伴う状態の変化の整理を行い、それに着目することによる影響から、提案手法を整理する。4章では、その提案手法に基づいた発想支援システムにおけるデザイン指針を述べる。5章では、デザイン指針に基づく発想支援システムの実装について述べる。6章では、発想支援システムによる副次的な問題の考慮への影響の調査とシステムのユーザビリティの調査の実験を行う。7章では、実験をもとに本提案の有効性と課題について議論する。8章では、展望を述べ、9章では結論を述べる。

2 関連研究

2.1 アイデア発想支援の動向

新しいアイデアを生み出すことは、創造的な問題解決において重要なプロセスである。そのため、アイデア発想を支援するさまざまな手法が研究されてきた。従来の研究では、主に発散的思考の支援と収束的思考の2つの観点からアプローチが行われている [32]。

発散的思考の支援では、多様な視点から新しいアイデアを生み出すことを目的としており、ブレインストーミング [18] をはじめとする技法が代表的である。発散的思考とは、アイデアの断片そのものを作り出していく過程であり、1つの問題に対して多数の回答を得ることである [26]。発散的思考においては、一般的にそのアイデアの評価は行われず、とにかく多くのアイデアを生成することが重要視される。発散的思考の支援では、ブレインストーミングなどの技法が用いられるが、創出されるアイデアのほとんどは発想者の専門知識や固定概念によって制限があり、内容の飛躍が生じ難いことが問題視されている [9]。そこで、発散的思考を支援するシステムの研究例として、Hasebeらは、ブレインストーミングを2段階に分割する手法を提案している [9]。この手法では、1回目のブレインストーミングで得たアイデアに対して、見落としている要素を抽出し、2回目のブレインストーミングにおいてその見落とされた要素を改善・発展させるアイデアを創出している。これにより、固定概念を払拭し、アイデアの数や質が高まることを示唆している。また、Shibataらは、ブレインストーミングの参加者の発話をリアルタイムで音声認識し、その内容をもとに抽出したキーワードに関連する画像を動的に表示することで、テーマに関連した認知外の情報を提供する手法を提案している [21]。これにより、新規のアイデアが創出される可能性を示唆している。このように、発散的思考支援ではユーザに直接アイデアを提示するのではなく、新しい視点などを与えることにより、発想の幅を広げることを目的とし、多様な分野で活用されている。

一方、収束的思考の支援では、発散的に得られたアイデアを整理・構造化し、最適な解決策への具体的な方向性を決定することを目的としており、KJ法 [31] などの技法が含まれる。収束的思考とは、発散的思考で挙げられているアイデアの断片をまとめ上げていく過程であり、1つの問題に対して唯一の回答を求めることである [26]。その手法の代表例であるKJ法は、ばらばらのアイデアを整理し、グループ化しながら全体の構造を見出す方法論であり、現在の収束支援ツールの多くがこの手法をもとに設計されている [33]。しかし、収束的思考支援はあくまで「発散されたアイデアを整理し、1つの結論を導く」ことに重点が置かれており、新たな視点を創出するものではない。さらに、発散的思考と収束的思考の両方に共通することとして、新しいアイデアを「どのように生成するのか」、「どのように形にしていくのか」という観点での支援が行われている。これらの手法では、アイデアの数や多様性を高め、適切なアイデアを選択するための支援を提供するが、アイデアの構成要素がどのように形成されているのか、その実現によってどのような影響が生じるのかといった副次的な検討は十分に考慮されていない。

2.2 TRIZ（発明的問題解決理論）

新しいアイデアによる副次的な検討を可能にするため、アイデアでの目的をどのような構成要素で形成するのかを洗い出す手法として、TRIZ（発明的問題解決理論）[14]が挙げられる。1.3節でも述べたとおり、TRIZで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。

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2.1に整理する。この理論では、「発明原理」（表2.1参照）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2.2参照）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2.2参照）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[19]、その実践には高度な経験が求められる。TRIZに基づく発想を支援する方法として、方法論的な支援[19][22]や計算機による支援[25][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[12]。

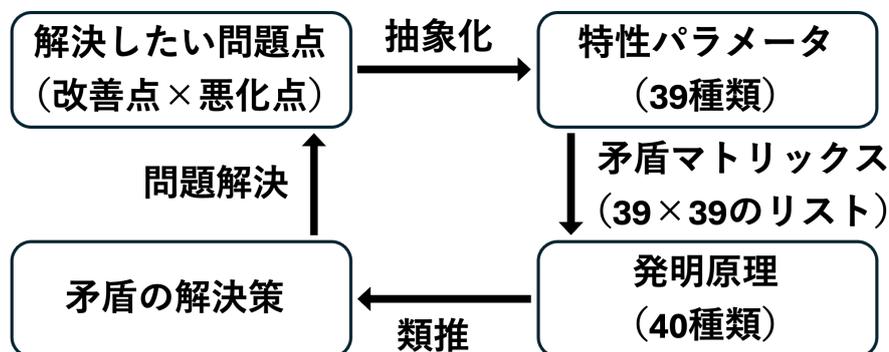


図 2.1: TRIZ に基づく発想の流れ

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

図 2.2: 矛盾マトリックスの一部 ([1] より図引用)

表 2.1: 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

2.3 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, OpenAI の GPT[17] や Meta の Llama[23] 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, 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 [12]. 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 [4]. 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

表 2.2: 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

会が限られている。また、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 [39]。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。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 [7] 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 [5]。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 FigJam¹ 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 [24]。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、ユーザが発想に受動的になり LLM に頼りきってしまう懸念も存在する。そのため、単なるアイデアの提示や補完に留まるのではなく、ユーザがシステムとインタラクティブに関わりながら、主体的に発想を進められる支援が求められる。

2.4 副次的な要素を考慮した設計論

目先の便利さのみを追求しないアイデア発想を考えるための方法論として不便益が提案されている。不便益とは、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 [27][29]。川上は、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）の発生を誘発することを指摘した [28]。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（不便益）があることを指摘している。

不便益を利用したアイデア発想をする手段として、主にブレインストーミングが用いら

¹<https://www.figma.com/ja-jp/figjam/> (2025/2/14 確認)

れていたが、新しいアイデアの発想に至るかどうかは参加者の知識や経験に大きく左右されていた。そこで川上らは、不利益を活用した設計の支援を企図してアイデア発想の支援手法を提案している [35][30]。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、発明的問題解決方法論である TRIZ[3] に倣ってアイデア生成を支援している。既存事例 [29] 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原理を探索的に思考できる不利益マトリックスを作成している [30]。この手法を実装したシステムを用いて評価実験を行った結果、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を確認している。

また、この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が提案されている [10][11]。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カード形式で示したものである。各々のカードをアイデア創発の場面で利用することで、アイデア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。

そこで、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 [34]。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 [34]。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。

2.5 本研究の立ち位置

本研究は、従来のアイデア発想支援の枠組みを拡張し、アイデアの適用によって生じる副次的な影響を考慮する支援手法の確立を目的とする。従来の発想支援手法では、発散的思考や収束的思考の支援を通じて新たなアイデアの創出や整理を促進することが主眼となっており、アイデアの実現に伴う影響や適用後の変化を包括的に検討する仕組みが十分に備わっていなかった。特に、発想段階においては、アイデアの利便性を中心に評価しがちであり、想定外の問題や新たに生じる行為の変化が見逃される可能性がある。本研究では、この問題に対処するために、「アイデアの適用による行為の増減変化」に着目し、ユーザがその影響を踏まえて発想できる支援手法を提案する。行為の増減に着目することで、アイデアの適用により失われる行為や新たに生まれる行為を整理し、アイデアの適用範囲やその影響を包括的に検討することが可能となる。

また、本研究では TRIZ の知見を活用しつつ、ユーザが対話的に発想を進められる仕組

みを導入することで、従来の TRIZ の難解さを軽減することを目指す。従来の TRIZ に基づく手法では、高度な専門知識が必要とされる一方で、プロセスの自動化を進めると、ユーザが試行錯誤を行わずに解決策を得てしまうというトレードオフが生じていた。本研究では、LLM を活用することで TRIZ のプロセスを補助し、ユーザが直感的にアイデアの構成要素や相互作用を整理しながら主体的に発想を進められる環境を構築する。そのため、Xu らが提案した FigJum のテンプレート機能のように、LLM の入出力を整理し、視覚的に提示することで、ユーザが自身の思考過程を可視化しながら試行錯誤できる環境を提供する。

以上のように、本研究では、TRIZ を活用してアイデアの構成要素を具体化することで、その適用による行為の増減が生じる要因を整理し、それがもたらす副次的な影響を考慮できる発想支援手法を提案する。これにより、ユーザが単なるアイデアの創出にとどまらず、その適用による影響を主体的に検討し、より実用的かつ持続可能な発想を行える支援環境の実現を試みる。

3 行為の増減への着目が発想に与える影響の調査

本章では、アイデアの適用により生じる行為の増減に着目することが、便利の副作用への気づきに与える影響の調査を行う。

3.1 便利に伴う状態の変化の整理

住友らは、便利さの向上が人の行動に与える影響に着目し、特に「失われる行為」を整理することで、利便性の追求によって生じる副次的な影響を明らかにする手法を提案した[34][38]。この提案では、ある技術やシステムなどのアイデアの導入によって特定の行為がなくなることで、その行為から得られていた価値が喪失してしまうことにより問題が発生することを指摘している。本節では、この視点をもとに、「便利になるとは」「便利の実現により生じる行動の変化」「便利の副作用が発生する要因」といった観点から、便利さに伴う状態変化の整理を行う。あるモノを「便利にする」ことは意図した目的を達成するうえで生じる手間を解消するために変化を加えることであり、そのモノ自体の性質や機能が変化すると共に、それを使う人間の行為にも変化（＝手間が少なくなる）が発生することを意味する。例えば、紙の書籍（本）から電子書籍へ便利になった変化であれば、本を物理的に持ち運ぶ手間を解消するために、電子化というアイデア（電子機器にデータとして書籍を保存し、画面で閲覧可能にする仕組み）を導入した電子書籍に変化させることで、本を手にとってページをめくる行動に含まれる行為がなくなり、新たに電子機器を操作して書籍を読む行動に伴う行為が生まれる。このように、アイデアの導入により「便利にする」ことは、不便に関連する行為が消失し、便利にするために必要な行為が発生することにより成り立っている。

このように、「便利にする」ことはそれまで行なっていた行動の中から「なくなる行為」が必ずあることを含意している。また、便利が達成されることによって新たに「生まれる行為」がある場合も想定されるが、常に生じるとは限らないとしている。これらを図3.1に整理する。このとき、便利の実現によって失われる行為により副次的に便利害が生成されるとしている。そのため、便利の実現によって副次的に生成される便利害を低減させる手法として、なくなる行為のうち実は必要な手間（＝失われる行為）を見つけ出し、それを加味した設計を行うことで、大局的・包括的な観点からの設計を図っている。

提案手法では、設計者に既存のモノで行う行為を意識させるために、行為の列挙の支援を行い、そこから「なくなる行為」や「失われる行為」を識別させるWebシステムを構築している。これにより、失われる行為に着目することで、便利の副作用を考慮した再設計が可能であることが示唆された。しかし、なくなる行為の列挙は可能であったものの、どの行為が価値のある手間であるかを判断する過程に困難が伴い、また、アイデアの再設計においては、機能の付け足しによる対症療法的な対応に留まる懸念が指摘されている。さらに、失われる行為による価値の喪失に加え、「生まれる行為」によって新たに発生する問題については十分なアプローチがなされていない。便利さをもたらす状態変化において、生まれる行為は必ずしも発生するとは限らないが、その可能性は十分にあり、そこから生じる便利の副作用にも対応する必要がある。

3.2 行為の増減に着目した便利の副作用に気づかせるための発想支援手法

本研究では「行為の増減」に着目し、その整理を行なったうえで、便利の副作用への気づきを促す発想支援手法を提案する。

3.2.1 行為の増減による便利の副作用の整理

本研究では、便利に伴う状態変化と、それに伴い生じる便利の副作用へのアプローチとして「失われる行為」だけではなく「生まれる行為」にまで焦点を当てる。そのため、まず、便利に伴う状態変化と、便利にすることにより問題が発生する要因の再整理を行う。

新しいアイデアを発想する場合、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、便利にするために必要な行為を意図的に増やす。これはなくなる行為のうち「なくなると嬉しい行為」(DP: Decrease Positive) から生まれる行為のうち「生じて嬉しい行為」(IP: Increase Positive) に変化させることを意味する (DP→IP)。その際、「なくなると嬉しい行為」(DP) を消失させることに伴う、意図せずなくなってしまう行為「失われる行為」(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う「生じてしまう行為」(IN: Increase Negative) が存在する。先の例では、本に関連する行為 (e.g., 葉を挟む, ページを捲る, 本棚に並べる, 文字を眺める, 音読する) と電子書籍に関連する行為 (e.g., ダウンロードする, スワイプする, お気に入り登録をする, 文字を眺める, 音読する) のうち、本でしか行われない行為 (e.g., 葉を挟む, ページを捲る, 本棚に並べる) が減り、電子書籍に関連する行為のうち、電子書籍でしか行われない行為 (e.g., ダウンロードする, スワイプする, お気に入り登録をする) が増える。これらの関係式は以下になる。

$$DP, DN \in DA \quad (3.1)$$

$$IP, IN \in IA \quad (3.2)$$

この DN と IN 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。これらを図 3.2 に整理する。

新たな便利を生み出す際には、達成する目的 (= 企図する便利) に主眼が置かれて設計するため、意図した行為の増減 (DP, IP) に着目される (図 3.2-①) が、それに伴う意図しない行為の増減 (DN, IN) がもたらす影響については十分に考慮されない場合が多い。これは確証バイアス [13] により、アイデア発想者が行為の増減によってもたらされる問題をより低く見積り、企図する便利の効果をより高く見積ってしまうことが理由であると考えられる。こうしたバイアスを排除し、便利の実現によって副次的に生成される便利害を低減させるには、新たな便利のアイデアを発想する段階で、意図せずに増減する行為 (DN, IN) による影響を考慮し、大局的・包括的な観点から問題を捉えて発想を行うことが望ましい。

3.2.2 行為の増減に着目した便利の副作用に気づかせるための発想支援手法

アイデア発想の段階で行為の増減変化に着目した発想支援手法について述べる。この手法では、便利の副作用の洗い出しに向け、便利により変化する行為から「失われる行為」(DN) と「生じてしまう行為」(IN) 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う。

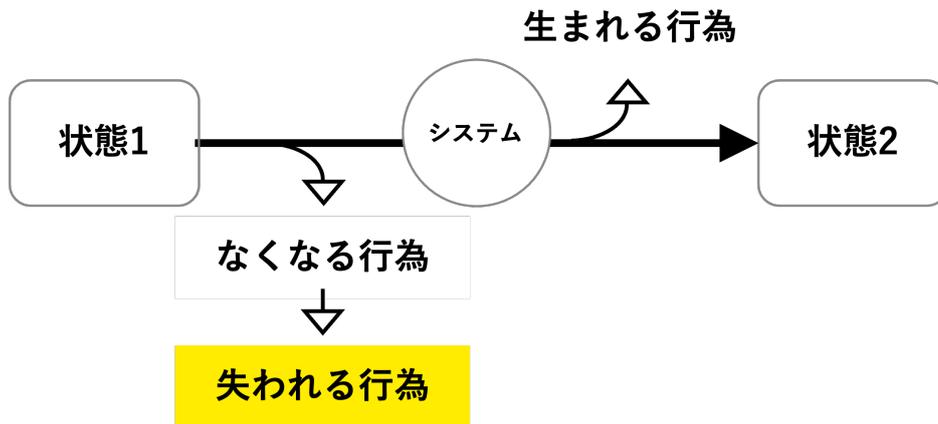


図 3.1: 便利によって生まれる行為と失われる行為 ([38] より図参照)

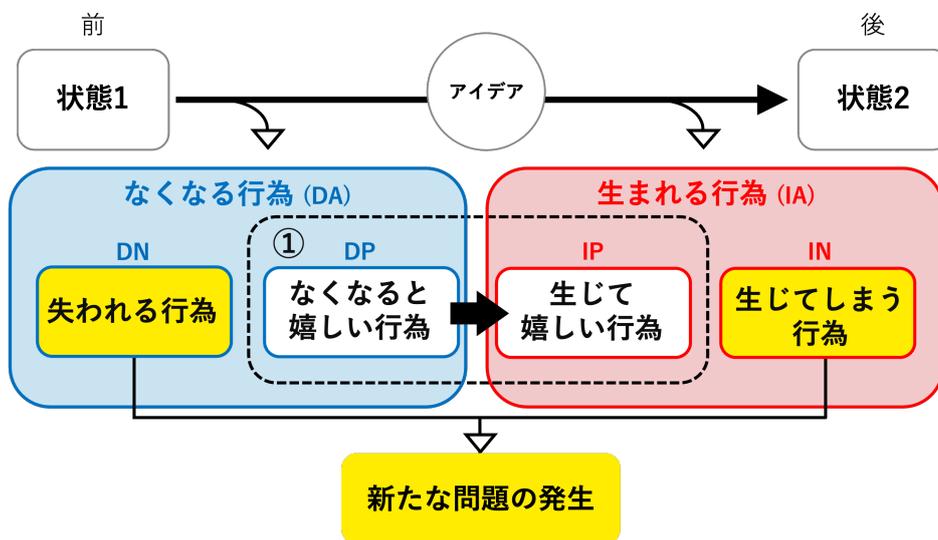


図 3.2: アイデア導入による行為の増減

アイデア発想の段階から、便利の副作用への気づきを加味したアイデア発想をするために、新たな便利を考える際のプロセスを図 3.3 のように整理した。行為の増減を考える際、まず便利の前後に該当するモノに関連するそれぞれの行為を列挙する。次に、便利前後に該当するモノに関連するそれぞれの行為から、その差分を考えることにより行為の増減を挙げることができる。先の例では、本と電子書籍に関連する行為を列挙し、本でのみ実施する行為が減る行為 (DA) に該当し、電子書籍に関連する行為のうち、電子書籍のみ実施する行為が増える行為 (IA) に該当する。行為の増減を列挙した後、DA(IA) を DP/DN(IP/IN) に識別する。これにより、意図していなかった行為の増減 (DN,IN) を発見し、行為の増減による影響や便利の副作用に気づくといった流れである。便利の副作用は行為の増減が思い浮かばない場合、考えることが困難なため、本手法では行為の増減を提示することで便利の副作用への気づきの誘発を試みる。行為の増減を提示することにより、ユーザはその中から「失われる行為」(DN) と「生じてしまう行為」(IN) を見つけ出す。これにより、意図していなかった行為の増減 (DN,IN) を発見しそれを考慮した批判的な立場から考えさせ

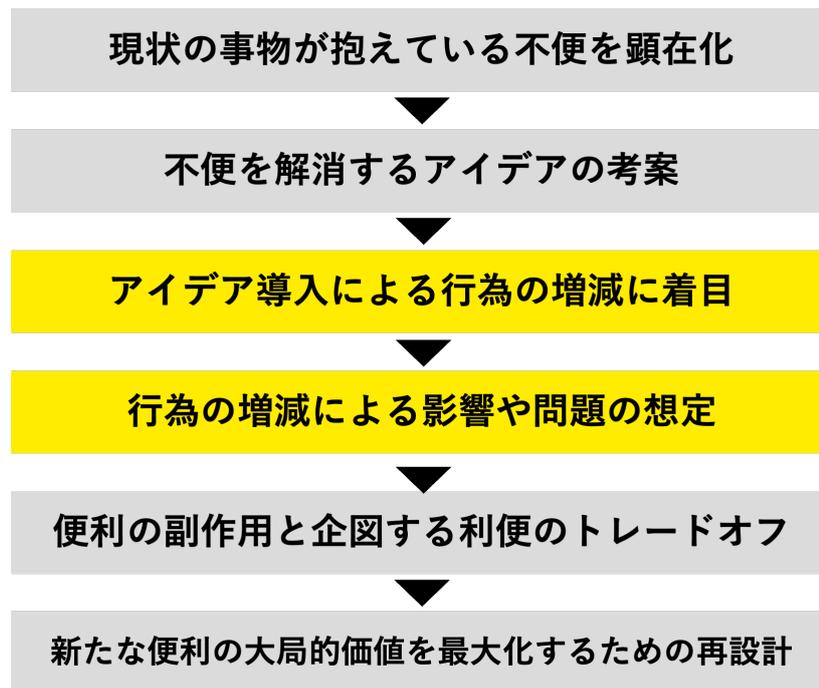


図 3.3: 新たな便利を考える際のプロセス

ることを狙う。この行為を見つけ出すことが、アイデアの導入を批判的な立場から見ることに繋がり、実は必要な行為が埋もれていないかや余分な行為が発生していないかという、行為の増減による影響や問題である便利の副作用に気づくといった流れである。

3.3 行為の増減の提示が発想に与える影響の検証実験

提案手法において、行為の増減変化の着目が便利の副作用への気づきに与える影響を調査するため、行為の増減の提示が発想に与える影響について予備実験を行った。実験では下記の2つを明らかにすることを目的とする。

- (1) 行為の増減の提示が便利の副作用への気づきに与えた影響
- (2) 行為の増減の提示が便利の副作用を防いだアイデア発想に与えた影響

(1) では、行為の増減への着目が便利の副作用への気づきを誘発するという仮定のもと、その行為の提示の有無により気づく便利の副作用にどのような影響があるのかを分析する。(2) では、行為の増減に着目することにより気づいた便利の副作用を防いだアイデアを考案する際に、行為の提示によりどのような影響があるのかを分析する。これらにより、行為の増減の提示による便利の副作用への気づきと、それをアイデアに活かす際にどのような影響があるのかを測る。

3.3.1 行為の増減の推定手法

ユーザに提示する行為の増減の推定手法として Web ブラウザ版の ChatGPT-4 (以下、ChatGPT と記す)¹を用いた。行為の増減を生成する流れを図 3.4 に示す。まず、不便なモ

¹<https://chatgpt.com/> (2025/2/14 確認)

ノ(=便利前のモノ)とそのアイデア(=便利後のモノ)を入力し、それぞれのモノに関連する行為の列挙を行い出力する。これにより出力されたそれぞれのモノに関連する行為から、その差分を推定し、便利前後それぞれでのみ実施する行為の推定を行う。これにより、行為の増減が出力される。

便利前後のそれぞれのモノに関する行為として、そのモノを使用する一連の行為の前後に無意識に行っている行為、そのモノと同時に使用するモノやモノの性質によって可能である行為 [16]、そのモノを使用する際に通常実施する行為以外の行為の列挙を行った。使用したプロンプトとして、「入力されたモノに対して下記の行為を出力してください」という文章と、下記の行為を入力した。

- A それを使用する際の一連の行為
- B それと他のモノを使って行う行為
- C それ使用する目的以外で遊びとして行う行為
- D それを使用する際、無意識でついやってしまう行為
- E それを使用する際にミスや事故で起きる行為
- F それを用いて人との関係の中で起こりうる行為

このプロンプトによる出力を、そのモノに関連する行為として扱った。出力で得られた例の一部を表 3.1 に示す。

この出力から、便利前後のモノに関連する行為の差分の推定を行う。使用したプロンプトとして、「入力された便利前後のそれぞれのモノに関連する行為を考慮し、便利前しか行わない行為、便利後しか行わない行為を出力してください」という文章を入力した。出力で得られた例の一部を表 3.2 に示す。

3.3.2 出力の妥当性検証

ユーザに提示する行為の増減の妥当性を検証するため、ChatGPTによる出力の妥当性の検証を行った。まず、モノに関連する行為の妥当性を検証するため、人が答えた A~F の行為の回答を集めた。Yahoo!クラウドソーシング² (以下、クラウドソーシングと記す)を用いて、1 質問あたり 50 人ずつ回答を求めた。「地図」に関する行為の回答を求め、集まったデータのうち不真面目回答や重複を削除したところ、523 件の行為が収集された。ここで得られた回答を、人が考えたそのモノに関連する行為として捉え、その回答と ChatGPT の出力との類似度を測ることにより妥当性の検証を行った。そのモノに関連する行為は文章になるため、文章同士の類似度を文脈から計算し文ベクトルを推定する sentenceBERT[15] を用いてベクトル化し、コサイン類似度を計算した。計算結果を表 3.3 に示す。コサイン類似度から、ChatGPT の出力が人手により集めた行為文に含まれると考えられる。なお、質問 C の類似度が他に比べて低い理由は、遊びという行為の幅が広いためだと推察される。以上により、本来ユーザが考える「そのモノに関連する行為」を ChatGPT が出力できていると考えられる。

²<https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/> (2025/2/14 確認)

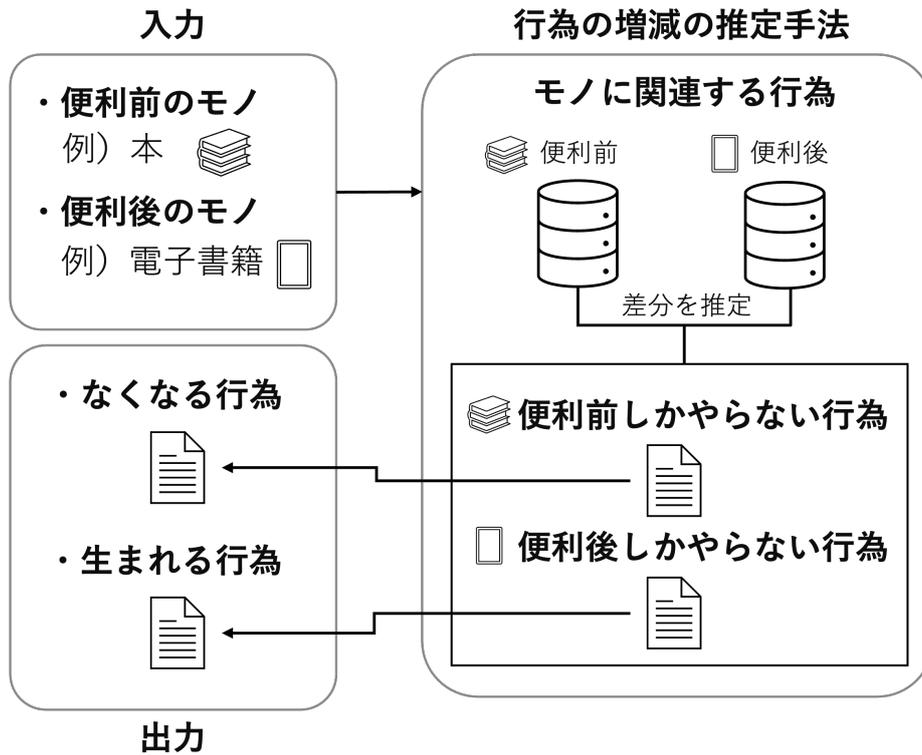


図 3.4: 行為の増減の文章を生成する流れ

次に、便利前後のモノに関連する行為からの差分による、行為の増減の妥当性を検証するため、出力した行為に対して増減変化が妥当かどうか人に判断してもらった。クラウドソーシングを用いて、出力のうち10個のモノを選び、1文あたり10人ずつ、合計200人に回答を求めた。便利前後のモノの差分を測る判断基準として、消失行為文は便利になるとできなくなるかどうか判断してもらうため、文章を提示し、「便利になることでできなくなった(=やる必要がない)」or「変わらずにできる」を選択してもらった。例えば、本から電子書籍に便利になると、「本の匂いを嗅ぐ」という行為はできなくなるが、「読んだ本について友人と話し合う」という行為は変わらずにできる。発生行為文は便利の前に戻るとできなくなるかどうか判断してもらうため、文章を提示し、「便利の前に戻るとできる」or「変わらずにできる」を選択してもらった。例えば、電子書籍から本に戻ると、「画面の明るさを調整する」という行為はできなくなるが、「ソーシャルメディアで読書の感想を交換する」という行為は変わらずにできる。それぞれの行為文において、「できなくなった(できなくなる)」と回答されたモノが、「消失行為文(発生行為文)」に該当するため、その正解の割合を算出した。回答は合計で2400件収集した。その計算結果を表3.4、表3.5に示す。結果から、ChatGPTの出力が人の判断した行為の増減としてある程度判断できていると考えられる。

3.3.3 実験の手続き

実験の手続きを以下に記す。

表 3.1: モノを本, 電子書籍とした例

質問	本	電子書籍
A. 一連の行為	本を開く, ページを捲る	アプリを起動する, 書籍をダウンロードする
B. 同時に使う行為	本に葉を挟む, 本にペンでメモを取る	電子書籍とメモアプリを使って読書ノートを作る
C. 遊びの行為	余白に絵を描く, 重ねて塔を作る	フォントを変える, ランダムに本を選ぶ
D. ついやる行為	本の匂いを嗅ぐ, ページを捲る音を立てる	ピンチ操作をする, 明るさを調整する
E. ミスや事故の行為	本を汚す, ページを破る	誤って削除する, 電源を切ってしまう
F. 他者が関わる行為	本の貸し借りをする, 本を贈る	レビューを書く, おすすめのリンクを共有する

表 3.2: 入力を本と電子書籍にした時

質問	行為	本	電子書籍
A	一連の行為	ページの角を折る 実際のページをめくる	画面の明るさを調整する 音声読み上げ機能を使う
B	同時に使う行為	読書灯を使って夜に読む ブックカバーを使って読書する	外出時にスマートフォンで読む ヘッドフォンを使ってオーディオブックを聴く
C	遊びの行為	本の背表紙でドミノ倒しを作る 本を積んでタワーを作る	電子書籍のアプリでパズルやゲームをする 電子書籍のスクリーンショットを撮って共有する
D	ついやる行為	ページの角を折る しおりをなくしてしまう	画面をタップして次のページに進む 無意識に文字の拡大縮小を行う
E	ミスや事故の行為	ページを破ってしまう 水などをこぼしてしまう	電子書籍のダウンロードに失敗する バッテリー切れで読書が中断される
F	他者が関わる行為	友人に本を薦める 本を貸し借りする	オンラインでの読書会に参加する ソーシャルメディアで読書の感想を交換する

1) 便利の副作用の考案 (支援なし)

実験参加者に対して, 行為の増減への着目が便利の副作用への気づきにどのような影響を与えるのか確認を行うため, 便利の副作用を考案してもらった. 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.

- 「便利前のモノ」から「便利後のモノ」に対して, 「便利前のモノ」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.
- 「便利前のモノ」から「便利後のモノ」に対して, 「便利後のモノ」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, 便利にはその前後が存在し, 実は得られるメリット (DN) と発生するデメリット (IN) 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. 便利前後のモノは, 「紙の地図」→「電子地図」とした.

2) 便利の副作用を防いだアイデアの考案 (支援なし)

次に, 便利の副作用を防いだアイデアを発想してもらうため, 「上記の2つ (メリットデメリット) を考慮して, 「便利後のモノ」の新しいアイデアを考えてください.」という問いを課した. その際, アイデアの詳細を考えてもらうため, アイデアの「名前」と「説明」の記載を求めた.

表 3.3: ChatGPT の出力, クラウドソーシングの解答の例とそのコサイン類似度

	ChatGPT	クラウドソーシング	sim	Top5:ave
質問 A	地図を開く	・地図を開く ・地図を出す	1.00 0.98	0.93
質問 B	コンパスを使って方向を確認する	・コンパスで方位を調べながら見る ・コンパスを地図に当てる	0.88 0.83	0.83
質問 C	地図を使ってジグソーパズルを作成する	・地図を切り抜いてパズルのピースとして使う ・地図を使って模型の背景を作成する	0.71 0.68	0.65
質問 D	地図を回転させる	・地図を叩く ・地図を回して自分の方向に合わせる	0.74 0.73	0.72
質問 E	地図上の位置を誤認する	・地図の方角を間違える ・地図上の情報を誤って解釈する	0.83 0.79	0.77
質問 F	友人や家族と目的地を決める	・家族や友人と共有する ・地図を見ながら行きたいところを決める	0.80 0.70	0.72

表 3.4: 質問ごとの出力の正解率

質問	ave_before	ave_after
A	0.56	0.70
B	0.54	0.61
C	0.61	0.61
D	0.62	0.57
E	0.65	0.60
F	0.46	0.42

3) 行為の増減の考案とその仕分け

次に, 便利の副作用に気づくために, 行為の増減の考案となくなる行為から DN と生まれる行為から IN の選出を行う. そのため, 両群に以下のタスクを課した. また, 便利前後のモノは, 「本」 → 「電子書籍」とした.

提示なし群: まず, 実験参加者にはフォーマット (図 3.5 参照) を用意し便利前後のモノにおいて, それぞれのモノに関連する行為をできる限り列挙するよう求めた. その際, 提示あり群との行為の範囲に差異が生じないように, 質問 A~F を参考にしてもらった. 次に, 列挙した行為からそれぞれのモノのみで実施する行為に色をつけてもらった. これにより, 行為の増減を考案することができている. 最後に, 色をつけた行為の増減のうち「便利前のモノ」に関連する行為から「便利前のモノ」を使うことにより実は得られていたメリットに関連する行為と「便利後のモノ」に関連する行為から「便利後のモノ」を使うことにより発生するデメリットに関連する行為にマーカーを引いてもらった.

提示あり群: 提示あり群の実験参加者には提示なし群と同じく, フォーマット (図 3.6 参照) を用意した. ここには, 便利前後における行為の増減の提示を行うため, ChatGPT で出力した質問 A~F までの行為をそれぞれ, 3 文ずつの計 18 文を「便利前のモノ」と「便利後のモノ」とともに計 36 文提示した. この行為から, 「便利前のモノ」に関連する行為から

表 3.5: 出力された行為の増減文の例とその正解率 (e.g., 地図と電子地図における行為の増減)

質問	地図	ave_score	電子地図	ave_score
A	地図を広げる	0.75	目的地をアプリに入力する	0.95
B	コンパスを使って方向を確認する	0.65	音声ガイドを使用してナビする	1.00
C	折り紙として使う	0.45	ストリートビューで遠隔地を探索する	1.00
D	地図を破ってしまう	0.80	画面をズームしてしまう	0.85
E	間違った方向へ進む	0.65	GPS が途切れる	0.95
F	他人に道を尋ねる	0.40	友達と位置情報を共有する	0.80

「便利前のモノ」を使うことにより実は得られていたメリットに関連する行為と「便利後のモノ」に関連する行為から「便利後のモノ」を使うことにより発生するデメリットに関連する行為にマーカーを引いてもらった。

4) 便利の副作用の考案とそれを防ぐアイデアの考案（支援あり）

次に、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してもらった。その際、マーカーを引いた行為から発生する便利の副作用の記載を求めた。最後に、この便利の副作用を考慮して、それを防ぐアイデアを考案してもらった。

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。

3.3.4 実験結果

実験により収集した回答から、本実験により明らかにする2つの観点で結果の分析を行う。実験参加者のうち、提示なし群の解答例を図3.5に提示あり群の解答例を図3.6に示す。

まず、行為の増減の提示が便利の副作用への気づきに与えた影響の分析を行う。行為の提示による便利の副作用への気づきへの影響を測る評価として、気づいた便利の副作用の数に焦点を当てる。そのため、実験参加者全体の1回目（実験手順1）と2回目（実験手順4）で便利の副作用を考えた数の増加率を算出すると1.23倍であった。この要因を分析するため、行為の提示の有無による便利の副作用への影響を測る。そのため、実験手順3において、行為の増減が提示あり群と提示なし群それぞれの便利の副作用の列挙数とその増加率を表3.6に記す。実験参加者の1回目と2回目で便利の副作用を考えた数の増減率は、提示なし群：0.89倍、提示あり群：1.57倍であった。同様に、便利の副作用をメリットとデメリットで分けた増加率を算出すると、実験参加者全体ではメリットが1.20倍、デメリットが1.34倍であり、増加している。行為の増減の提示なし群ではメリットが0.80倍、デメリットが1.09倍、提示あり群ではメリットは1.60倍、デメリットは1.59倍であった。また、行為の増減の発想数はユーザに依存するため、行為の増減の数によって便利の副作用に気づく数に影響があるのかを測る。提示なし群での行為の列挙数と行為の増減の数を表3.7に示す。実験参加者全体において、行為の増減の数と便利の副作用に気づいた数の相関係数を求めると0.36であり、提示なし群だけで計算すると0.35であり、弱い正の相関があった。

本に関連する行為

- 書籍やサイトに欲しい本があるかどうかを検索する
- **本屋に行く**
- **サイトで取り置きする**
- 通販サイトほしい物リストなどに入れる
- 購入画面に行く
- 書籍を選ぶ
- **店頭で買う**
- **袋を挟む**
- 寝るために枕がわりにする
- プレゼントにする
- 破る
- 濡らす
- 書き込んでばらばら漫画にする
- ページをコピーする
- シリーズものを一気に買う
- 特典がついてくる
- **しおりがついてくる**
- 袋に入れる
- ページを捲る
- 紙を折って目印をつける
- 本と本を挟んで抜けないようにする
- 本で叩く
- 肘当てに使う
- 巻数違いのものを買ってしまう
- 勉強のために買う
- 新しい知見を手に入れるために買う
- 友達に勧められたので買う
- 帯を見て買ってみる
- 広告に興味があったので買ってみる

電子書籍に関連する行為

- サイトに欲しい本があるかどうかを検索する
- サイトで買う
- ほしい物リストなどに入れる
- 購入画面に行く
- サイトで書籍を選ぶ
- **買ったサイトをブックマークする**
- **スワイプして読み進める**
- プレゼントにする
- **スマホを落としてデータを破損させる**
- **ログインできなくなって買った本を諦める**
- **スクリーンショットを撮る**
- シリーズものを一気に買う
- 特典がついてくる
- **無料の話を一気に読む**
- **ブラウザ上の本棚に入れておく**
- **画面をタッチしてシークバーを押すことでページを飛ばす**
- **ページ数を入力する**
- 巻数違いのものを買ってしまう
- 勉強のために買う
- 新しい知見を手に入れるために買う
- 友達に勧められたので買う
- 帯を見て買ってみる
- 広告に興味があったので買ってみる

図 3.5: 提示なし群の解答例：黒字が行為の列挙, 青字と赤字が行為の増減, 黄色のマーカーが便利の副作用を表す

行為の列挙数と行為の増減数には 0.67 の強い正の相関があった。

次に、行為の増減の提示が便利の副作用を防いだアイデアに与え流影を測る評価として、実験参加者が気づいた便利の副作用がどれだけアイデアに活かしているのかを測る。その指標として、アイデアによって便利の副作用を防いだ数を用いる。便利の副作用を防ぐアイデアの発想の 1 回目（実験手順 2）と 2 回目（実験手順 4）で気づいた便利の副作用が含まれていた数の平均とその増減率を表 3.8 に示す。結果として、発想したアイデアに含まれるアイデアの数は減少していた。以下に 2 回目のアイデアの回答例を記す。

提示なし群 id:6, 防いだ副作用の数 6 個

プリペイドブック：スマホやタブレットなどの電子媒体に専用のアプリを入れる。本を読みたい人は本屋に行って紙の本を見る。購入したいと思ったら本の横に置いてあるプリペイドカードをレジに持って行って購入する。その後、プリペイドカードに記載されているシリアルコードをアプリで入力することでデータのダウンロードが完了し読むことができる。このアプリは本のデータしか入らず、無駄な情報（おすすめや他人の感想）はない。

本 → 電子書籍

本に関連する行為

- 本を棚から選び取る
- 本を開き物理的にページをめくる
- 葉を使ってページを保持する
- 本棚や整理箱を使って本を整理する
- 虫眼鏡を使用して小さな文字を読む
- コーヒーやお茶を飲みながら読む
- 本でドミノを作る
- 本を積み上げてバランスゲームをする
- 本のページを折ってアート作品を作る
- ページの角を折る
- 無意識にページを撫でる
- 読みながら唇を動かす
- ページをうっかり破る
- コーヒーをこぼしてページを汚す
- 本を落として表紙や角を傷つける
- 本を友人に貸して共有する
- 読書クラブで感想を交換する
- 家族や友人と読書を推薦し合う

電子書籍に関連する行為

- 電子書籍リーダーアプリを開く
- デジタルで本をダウンロードしてデバイスに保存する
- 明るさや文字サイズを調整する
- 外部モニタに映して大画面で読む
- 電子ペンで直接デバイスにメモを取る
- ペアリングしたスピーカーでオーディオブックを聞く
- 電子書籍のフォントや背景色を変えて楽しむ
- ページのアニメーション効果をカスタマイズする
- 複数のデバイスで同時にページをめくる競争をする
- スクリーンを無意識にタッチする
- 何度も同じページに戻る
- 画面のズームを反射的に行う
- バッテリー切れで読書が中断される
- 誤操作で本をデジタルで購入する
- ダウンロード中に通信エラーが発生する
- 電子書籍を介して友人に推薦のメッセージを送る
- ソーシャルメディアで読書クラブを組織する
- 電子書籍の感想をオンラインで交換する

図 3.6: 提示あり群の解答例：青字と赤字が行為の増減，黄色のマーカーが便利の副作用を表す

提示あり群 id:4, 防いだ副作用の数 2 個

書籍ツリー機能：好きな電子書籍を読んでいくと、読書の木が電子書籍アプリ上に育っていく機能。友達と好きな本を共有する際に、書籍ツリーごと共有することにより、友達との感情共有に使うことができる。この書籍ツリーは AI が読書済み電子書籍を自動でピックアップし、自動生成して育ててくれる。世界に一つで自分だけの書籍ツリーを作ること、自分が今までに読んできたんだという余韻に浸ることができる。またこのツリーはユーザー側が能動的に起こす動作はないため、勝手に育ち、時々見て楽しむという楽しみ方をする。ユーザー側がとることができるのは肥料という名の読書のみで、こんな本も読んでいたんだという読書後の余韻に浸ることに楽しさを見出している、木が育てば、その木のデザインをした葉をはさむことができる。

提示あり群 id:10, 防いだ副作用の数 0 個

情景描写本：気になる段落やコマをタップすることによってその場面に応じた情景をアニメーションで描写してくれる。誤タップによってアニメーションが流れないようにするために機能をオフにすることもできる。これによって、直感的にわかりやすい読書体験を得ることができる。またアニメーションによるものなので視覚的にも楽しいものになる。

表 3.6: 便利の副作用に気づいた数と増加率

id	提示なし群			提示あり群		
	1回目	2回目	増加率	1回目	2回目	増加率
1	7	6	0.86	7	10	1.43
2	8	8	1.00	9	10	1.11
3	7	6	0.86	9	14	1.56
4	12	5	0.42	8	8	1.00
5	20	14	0.70	8	32	4.00
6	8	13	1.63	7	12	1.71
7	8	4	0.50	8	8	1.00
8	9	8	0.89	8	11	1.38
9	7	8	1.14	7	8	1.14
10	10	9	0.90	5	7	1.40
ave	9.60	8.10	0.89	7.60	12.0	1.57

3.3.5 考察

実験結果を踏まえ、行為の増減の提示が発想に与える影響について考察する。実験参加者全体において、行為の増減への着目前後で便利の副作用に気づいた数が増加していることから、行為の増減に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唆された。また、行為の増減の提示の有無の差分から、行為の増減の提示により便利の副作用に気づく数が増加することが示唆された。このとき、行為の増減を自分で列挙した場合、実は失われるメリットを見つける数は減少するが、発生するデメリットには影響がないことが示唆された。行為の増減を自分で列挙する場合には、その発想数はユーザに依存するが、モノに関連する行為の列挙数が増えれば、行為の増減の数も増えるが、行為の増減が増えても便利の副作用に気づく数が増えるわけではないことがわかる。半構造インタビューの回答では、行為の増減に着目することにより、その行為から発生している便利の副作用まで踏まえて判断でき、便利の副作用を考えやすかったと述べていた。また、本は利用したことがあるが電子書籍をあまり利用しない人や使用用途が限られている人が散見された。そのため、電子書籍をあまり利用しない人は、提示なし群において行為の列挙をする際に、本に関連する行為の列挙には抵抗がなかったが、電子書籍に関連する行為を列挙するのは頭を悩ませたと述べていた。回答を見ても、本に関連する行為の列挙数は17.7個に対して、電子書籍に関連する行為は12.3個であった。そのため、行為の列挙数が行為の増減数に影響を及ぼすことを加味すると、そのモノを使ったことがないことにより、行為が思いつかないことは気づく便利の副作用にも影響がある恐れがあると考え。実験では、便利の前後が既に存在するモノを対象としたため、行為の増減の列挙や推定による提示が行えたが、未知の新しいアイデアを考える際には、便利後のモノに対してどれだけ具体的に行為を想像できるのかが重要になると考える。

行為の増減の提示による、気づいた便利の副作用を防いだアイデア発想に与える影響として、再発想したアイデアにより便利の副作用を防いだ数に焦点を当てて分析を行ったが、

表 3.7: 提示なし群の行為の列挙数と行為の増減数

id	行為の列挙数	行為の増減数
1	16	9
2	29	23
3	26	11
4	41	16
5	24	12
6	35	24
7	17	10
8	52	25
9	30	25
10	30	24
ave	30.0	17.9

表 3.8: アイデアに便利の副作用が含まれていた平均値と増減率

	1回目	2回目	増加率
提示なし群	4.30	3.50	0.81
提示あり群	2.70	2.60	0.96
全体	3.50	3.05	0.87

提示前後によるその数は減少していた。これは、提案手法として便利の副作用への気づきを誘発した後に、「その便利の副作用を考慮してそれを防いだアイデアを考案してください」というタスクしか課しておらず、アイデア発想自体の支援はできていないことが理由と考える。発想されたアイデアを見ても両群ともに差異が確認できなかった。結果として、便利の副作用を多く防ぐアイデア発想を支援するという観点では提案手法ではまだ十分とは言えない。半構造化インタビューからは主観的にアイデアは考えやすかったと述べていることや、アイデアの内容でもどれも新規性のあるアイデアを考案しており、気づいた便利の副作用に対し、どのようにアプローチしていくのかの再考が必要である。また、本来の目的でもある便利の副作用を未然に防いだアイデアという観点で見ると、発想していた便利後のモノとは違った、新たなアイデアを発想している参加者も多く存在する。そのため、行為の増減に着目した副次的な影響を踏まえた発想を行う際には、収束過程を終えた後の評価・検証として行うことが望ましいと考える。

3.4 行為の増減に着目した便利の副作用の顕在化手法の提案

実験をもとに、行為の増減に着目した便利の副作用の顕在化手法の提案を行う。実験の結果から、行為の増減に着目することにより、便利の副作用への気づきが促され、それを考慮した発想が行えることがわかった。一方で、行為の増減の提示による支援自体が便利の副作用（＝行為の増減の提示なしでは便利の副作用に気づきにくくなる）を生じさせる

可能性も考えられる。しかし、実験結果から、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された。したがって、本手法は、アイデアの発想段階から副次的な影響までを考慮する発想支援手法の一部として提案することに問題はないと考えられる。

実験では、行為の増減の推定に LLM を用いている。そのため、既存のモノに関しては行為の列挙や行為の増減の推定は可能であるが、未知のアイデアに対しては妥当性の担保された出力が得られない可能性がある。新しいアイデアの発想支援手法として提案するにあたり、未知のアイデアでは発想者がそのアイデアに関連する行為の列挙が困難であり、それに伴い便利の副作用への気づきが促されない可能性がある。そのため、未知のアイデアにおいても行為の増減を推定し、提示することが求められる。また、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。そこで、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。本提案では、この具体化の手法として TRIZ を用いる。これにより、未知のアイデアでも行為の増減の推定が可能となり、その提示を通じて便利の副作用の検討を行えることを目指す。

本章では、アイデアの適用による行為の増減への着目により、便利の副作用をどのように整理でき、その気づきにどのような影響を与えるのか調査した。その結果、行為の増減を考慮することで便利の副作用への気づきを促すことが可能であることが示された。これを踏まえ、アイデア発想において TRIZ を用いて具体化を行い、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その顕在化を行い、それを踏まえた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。次章では、そのシステムのデザイン指針について述べる。

4 発想モデルに基づく対話的発想支援システム WISE-UP のデザイン指針

本研究では、行為の増減に着目した便利の副作用への顕在化を行うため、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に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。

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「ユーザが主体的に発想を行えること」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である、WISE-UP(Workflow for Interactive Side-effect Evaluation and Unfolding Perspectives) 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 [32]。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」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という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、確証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ことに主眼を置いている。

4.1.2 言語化

「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。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」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 sunk cost 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たアイデアの具体化により、そのモノに関連す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 [14]。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し、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、アイデアによって達成したい目的と、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が、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 の性能によるアイデアの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 の「既存の知識を基にした発想は得意」という特性がある一方で、「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」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、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の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支援システムに向けたデザイン指針

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4.1のように整理した。以下に想定するユーザの発想のプロセスを段階を追って説明する。

4.2.1 思いつき (Process 1)

思いつきのプロセスでは、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。

4.2.2 言語化 (Process 2)

言語化のプロセスでは、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を判断し、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を言語化することを試みる。「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 (Process 3)

具体化のプロセスでは、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。本節では、構成要素の洗い出しを探索的に行うための、TRIZの発想をLLMを用いて対話的に行えるデザインについて述べる。この時のプロセスを図4.2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な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。

4.2.4 検証 (Process 4)

検証のプロセスでは、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促すため、LLM を活用し行為の増減を推定し提示する。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、Process 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。

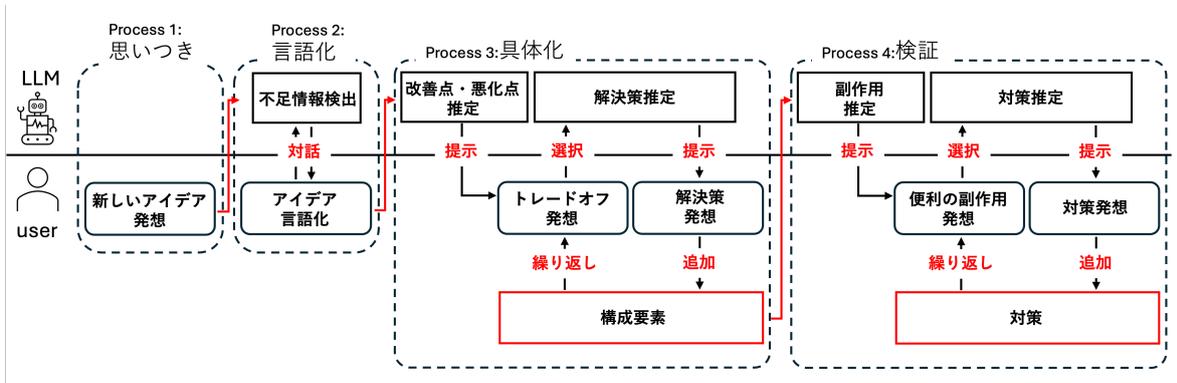


図 4.1: 発想プロセスに基づくアイデア発想の流れ

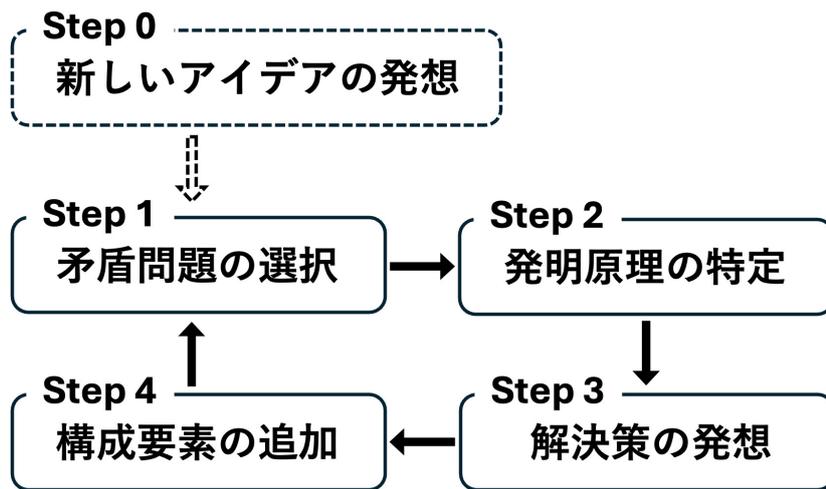


図 4.2: TRIZ を用いた構成要素の発想プロセス

5 WISE-UP の実装

5.1 システム概要

デザイン指針に照らし、WISE-UP 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 API¹ を用いた。言語モデルには gpt-4o-2024-11-20² を採用した。

5.2 機能の実装

5.2.1 思いつきの入力機能 (Process 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 5.1 に示す。

5.2.2 対話的な言語化支援機能 (Process 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。Process 1 の入力により、便利にしたいモノである「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 5.1 に、出力例とインタフェースを図 5.2 に示す。

5.2.3 具体化のための TRIZ 発想支援機能 (Process 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。

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(a) 改善点と悪化点の出力 (LLM)

項目 2(b) 特性パラメータの特定 (LLM)

項目 3 矛盾マトリックスを参照し発明原理の特定

項目 4(c) 発明原理から解決策の出力 (LLM)

これらのうち、項目 1, 2, 4 を LLM を用いて行う。

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 Process 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)。

¹<https://openai.com/index/openai-api/> (2025/2/14 確認)

²<https://platform.openai.com/docs/models#gpt-4o> (2025/2/14 確認)

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(b)。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2.2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(c)。これらの処理を含めた発想のプロセスを図5.3に、処理で用いたプロンプトの一例を表5.2に、出力例とインタフェースを図5.4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[15]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5.3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、解決策として適している順に出力される。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5.4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。

³<https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/> (2025/2/14 確認)

WISE-UP

書類の管理システム

作業ごとに新しいQRコードを生成して内容と時刻を管理し、視覚的な把握も可能にするシステム

次へ

図 5.1: 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。

5.2.4 行為の増減による便利の副作用の検証機能 (Process 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のみ実施する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 5.5 に、出力例とインタフェースを図 5.5 に示す。

5.3 システムの動作

提案システムは、全 5 ページから構成される。提案システムでの出力事例をもとに、システムの動作を説明する。

出力例のアイデアとして、図 5.1 の新しい書類管理システムというアイデアを用いた。こ



図 5.2: 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。

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。

ページ 1 (図 5.1) では、思いつきの入力機能を実装している。ユーザは便利にしたいモノと新しいアイデアを入力する。入力として、便利にしたいモノは LLM により行為を出力可能にするため既存のモノを想定している。新しいアイデアでは、行為に着目した出力が行えるように物理的に存在するモノのアイデアを対象としている。新しいアイデアは、アイデアの内容がわかるような名前 (e.g., 変形傘, ドローン傘) やアイデアの概要 (e.g., 場面に合わせて形が変わる傘, 頭の上を追跡してくれる傘) を想定している。入力後、黄色の次へボタンを押すと、回答が保存され次のページが表示される。

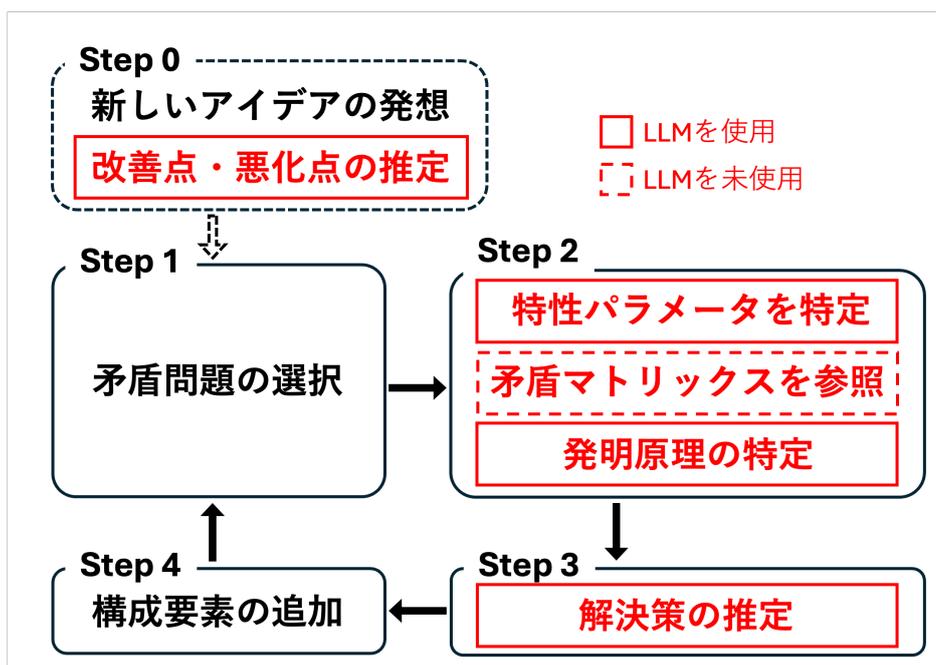


図 5.3: LLM と TRIZ による構成要素の発想プロセス

表 5.1: 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なされ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と入力するまで質問を繰り返してください

ページ 2 (図 5.2) では、対話的な言語化支援機能を実装している。このページでは画面左側にユーザが入力したアイデアにおける充足している必要情報が提示され、画面右側に不足情報を入力するための LLM との対話を行えるチャット画面が提示される。画面左側の初期状態ではページ 1 で入力された便利にしたいモノと新しいアイデアが提示されている。対話の中で必要な情報が入力されると、「左側の情報が更新されました」と提示され、画面左側にその情報が提示される。主な対話の流れとして、まず、新しいアイデアで解決したい不便とその不便をいつ感じるのか、どのような不便を感じるのかという対話が始まる。不便は複数入力可能としており、ユーザがもう不便はないと入力されるまで繰り返し質問が行われる。これが解決したい不便に該当する。次に、解決したい不便を感じているが新しいアイデアで達成したいこと、またその達成したい理由を問う対話が始まる。新しいアイデアで達成したい目的の後にその理由を聞くことにより、一段階深掘りされた本質的な目的の入力がされることを企図している。最後に、新しいアイデアに必要な機能の対話が始まる。ここでは、アイデアの目的を達成するために必要な機能の入力を行い、ユーザがも

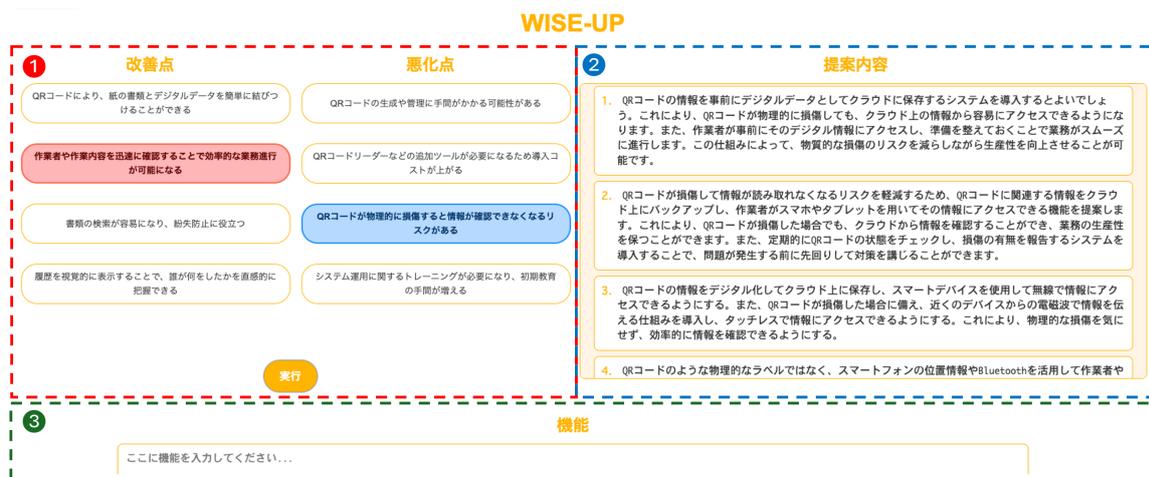


図 5.4: TRIZ 発想支援機能：画面左部に改善点と悪化点が提示され、ユーザはトレードオフの選択を行う（図中①，選択されたトレードオフが着色される）。画面右部には、LLM によるその解決策の提案が提示される（図中②）。ユーザは提案内容を参照し、画面下部に発想した構成要素のテキストを入力する（図中③）。ユーザは①～③を繰り返して、構成要素の探索を行う。

表 5.2: 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

う機能はないと入力されるまで繰り返し質問が行われる。画面左側に全ての情報が揃った段階で次へボタンを押すと、回答が保存され次のページが表示される。

ページ 3（図 5.4）では、アイデアの具体化のための TRIZ 発想支援機能を実装している。このページでは、ページ 2 のアイデアの情報をもとに、画面左部にその改善点と悪化点が提示される（図中①）。ユーザはそこから、アイデアにより望む改善点と望まない悪化点の選択を行い、黄色の実行ボタンを押すと、画面右部に選択したトレードオフの TRIZ に基づく解決策の提案が提示される（図中②）。このとき、トレードオフの選択は TRIZ の発想法を行う操作であるため、改善点と悪化点は 1 個ずつ選択するよう設定している。ユーザは提示された解決策を参照し、機能をどのように実現するのかまで踏まえた具体化された内容の入力を行う（図中③）。この作業を繰り返し行った後、ユーザが十分にアイデアの具体化が行えたと判断し、次へボタンを押すと、回答が保存され次のページが表示される。

ページ 4（図 5.6）では、新しいアイデアによる便利の副作用を検証する機能を実装している。このページでは、ページ 3 のアイデアの情報をもとに、画面上部に発生する可能性



図 5.5: 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。

表 5.3: 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で	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	

のある便利の副作用が提示される。便利の副作用として、便利にする前のモノで実は得られていた失われるメリット（図中①）と新しいアイデアで発生してしまうデメリット（図中②）を提示している。ユーザはここから任意の数の便利の副作用を選択し、黄色の実行ボタンを押すと画面下部にその対策の提案が提示される（図中③）。ユーザは提示された対策案を参照し、便利の副作用を発生させないための対策の入力を行う。対策の入力後、決定ボタンを押すと、回答が保存され次のページが表示される。

ページ5（図 5.7 では、最終的なアイデアの確認を行う画面である。提案システムにより発想されたアイデアが「便利にしたいモノ」「新しいアイデア」「解決したい不便」「本質的な目的」「必要な機能」「便利の副作用」「対策」の情報にまとめて提示される。この画面でシステムの操作は終了である。

表 5.4: 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

表 5.5: 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

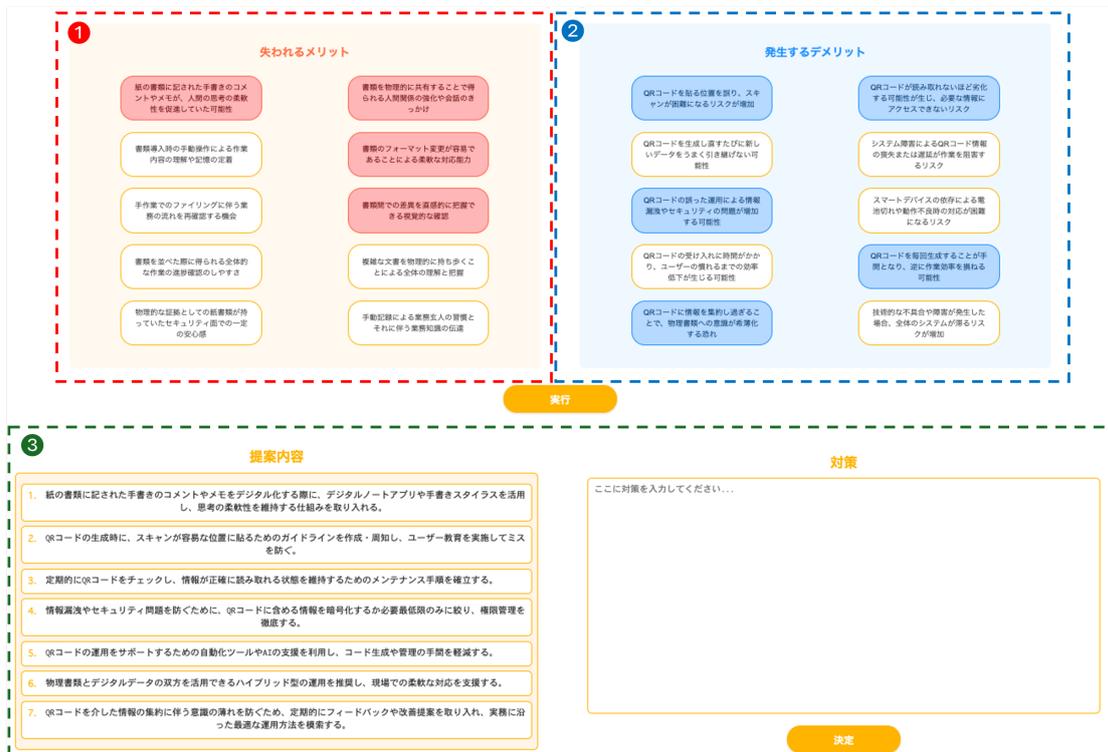


図 5.6: 便利の副作用検証機能実装画面：画面上部に失われるメリット（図中①）と発生するデメリット（図中②）が提示され、ユーザは便利の副作用の選択を行う（選択された便利の副作用が着色される）。画面下部には便利の副作用の対策が提示されその対策の入力を行う。

<p>1. 便利にしたいモノ</p> <hr/> <p>書類の管理システム</p>
<p>2. 新しいアイデア</p> <hr/> <p>作業ごとに新しいQRコードを生成して内容と時刻を管理し、視覚的な把握も可能にするシステム</p>
<p>3. 解決したい不便</p> <hr/> <p>コンピュータを立ち上げなければ作業内容を確認できないという不便、複数の作業者が同じファイルを共有する時に前に誰がやったかやどんな作業をしたかを確認する際に手間がかかる不便、紙の書類をどこにしまったかわからなくなる不便、複数の人が関わる作業をするとき、その書類が紛失したりする不便</p>
<p>4. 本質的な目的</p> <hr/> <p>物理的な紙の書類を扱う時に、デジタル上でも記録できるようにしたい</p>
<p>5. 必要な機能</p> <hr/> <p>作業者のIDと書類のIDを読み取って新しいQRコードを生成する機能、作業者の役割と書類の種類から、書類の状態を推定する機能、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</p>
<p>6. 便利の副作用</p> <hr/> <p>失われるメリット:紙の書類に記された手書きのコメントやメモが、人間の思考の柔軟性を促進していた可能性、書類のフォーマット変更が容易であることによる柔軟な対応能力、書類を物理的に共有することで得られる人間関係の強化や会話のきっかけ、書類間での差異を直感的に把握できる視覚的な確認 発生するデメリット:QRコードを貼る位置を誤り、スキャンが困難になるリスクが増加、QRコードの誤った運用による情報漏洩やセキュリティの問題が増加する可能性、QRコードに情報を集約し過ぎることで、物理書類への意識が希薄化する恐れ、QRコードを毎回生成することが手間となり、逆に作業効率を損ねる可能性、QRコードが読み取れないほど劣化する可能性が生じ、必要な情報にアクセスできないリスク</p>
<p>7. 対策</p> <hr/> <p>QRコードの生成時に、スキャンが容易な位置に貼るためのガイドラインを作成・周知し、ユーザー教育を実施してミスを防ぐ。情報漏洩やセキュリティ問題を防ぐために、QRコードに含める情報を暗号化する必要最低限のみに絞り、権限管理を徹底する。</p>

図 5.7: 最終アイデア確認画面

6 行為の増減に着目した便利の副作用顕在化手法の評価 実験と WISE-UP のユーザビリティの評価

本章では、本研究における提案の評価実験について記述する。評価実験として、提案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の調査と、それを踏まえた提案システム自体のユーザビリティの調査を行う。提案システムでは、TRIZに基づくアイデアの具体化を行なっているため、それにより便利の副作用の顕在化に影響を与える可能性がある。その影響を明らかにするため、まず TRIZ に基づいたアイデアの具体化が発想に与える影響の調査を行う。次に、それを踏まえて提案手法である発想モデルに基づく行為の増減に着目した対話が発想に与える影響を調査する。そのため実験は、発想モデルのうち「思いつき～具体化 (Process 1~3)」と「思いつき～検証 (Process 1~4)」に分けて実施する。

6.1 発想モデルによる具体化が与える影響の調査—TRIZ による構成要素の洗い出しが発想に与える影響の調査—

提案システムによる発想モデルに基づいた対話的なアイデア発想支援が便利の副作用の検討に与える影響を調査するにあたり、提案システムの機能の1つである TRIZ 発想支援機能による構成要素の洗い出しが、発想に与える影響の調査を行った。

6.1.1 実験の目的と概要

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。

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。実験参加者には以下のテーマで、あるモノを便利にするアイデアを考案させるタスクを課した。便利にする対象は、身の回りにあるモノの中でアナログな機構を保持しており、不便の解消の余地が大いに考えられるものとして、古代から大きく進化していない¹「傘」を設定した。

テーマ

あなたは、身の回りにあるモノを便利にするアイデアを考えることになりました。「傘」をより便利にするために、今までにない画期的な「傘」を考えてください。

6.1.2 実験の手続き

以下に示す手順に従い、ユーザ観察実験を行った。

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を前提とし、そのアイデアの深掘りと検討を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

¹<https://intojapanwaraku.com/cultuer/45838/> (2025/2/14 確認)

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。システム使用前のアイデアはGoogle フォーム²に入力してもらった。アイデアに必要な情報として、以下の内容の記載を求めた。

- 傘を便利にする目的：「なぜ便利にするのか」という理由を明確にしてください
- 使用シーンの特定：「いつ」「どこで」「誰が」そのアイデアを使うのか具体的に記載してください
- 機能の詳細：「どのような機能」によって便利さを再現するのかを説明してください

2) 便利の副作用の考案（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の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、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のうち、具体化のためのTRIZ発想支援機能（Process 3）まで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。

²<https://docs.google.com/forms/>（2025/2/14 確認）

6.1.3 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。

6.1.3.1 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、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が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ため、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、製造精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。

これら例から、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、システム使用後では、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。

TRIZに基づく対話的な発想において、構成要素の考案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述べていた。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

表 6.1: 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

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。

6.1.3.2 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 6.1 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。

構成要素の洗い出しにより、便利の副作用の顕在化が行えた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。

6.2 発想モデルに基づく行為の増減に着目した対話が発想に与える影響の調査

提案システムによる発想モデルに基づいた対話的なアイデア発想支援が便利の副作用の検討に与える影響について調査を行った。

6.2.1 実験の目的と概要

あるモノを便利にするアイデアを考える際に、発想モデルに基づく提案システムとの対話によって、便利の副作用を考慮した発想が可能かどうかを明らかにするためユーザ実験を実施した。本実験で特に観察すべき点は2つある。1つ目は、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である。2つ目は、提案システム使用前後のアイデア内容の変化である。

実験は情報学系の大学生16名を対象に行った。実験参加者には、6.1節と同様に以下のテーマで、あるモノを便利にするアイデアを考案させるタスクを課した。

テーマ

あなたは、身の回りにあるモノを便利にするアイデアを考えることになりました。「傘」をより便利にするために、今までにない画期的な「傘」を考えてください。

6.2.2 実験準備

6.1節で明らかになった TRIZ 発想支援機能のプロンプトを以下のように変更した。

- 改善点と悪化点の出力時に TRIZ の専門用語やその内容を含まないように変更
- 解決策の出力時に「高校生にもわかるように」という文言を追加し読みやすい文章に変更

この変更を踏まえ、提案システムを用いて対面形式で実験を行った。

6.2.3 実験の手続き

以下に示す手順に従い、ユーザ観察実験を行った。

1) 新しいアイデアの考案

ユーザ実験として、まず、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。システム使用前のアイデアは Google フォームに入力してもらった。アイデアに必要な情報として、以下の内容の記載を求めた。

- 傘を便利にする目的：「なぜ便利にするのか」という理由を明確にしてください
- 使用シーンの特定：「いつ」「どこで」「誰が」そのアイデアを使うのか具体的に記載してください
- 機能の詳細：「どのような機能」によって便利さを実現するのかを説明してください

また、アイデアに名前をつけてもらった。

2) 便利の副作用とその解決策の考案（システム使用前）

次に、提案システムが便利の副作用への気づきに与える影響を確認するため、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、「提案したアイデアを発表するとなった場合、想定される質問とその回答を考えてください。」という問いを課した。想定される質問はできるだけたくさん列挙するよう指示した。また、その回答の方法として、ユーザが考案した指摘が発生してほしくない問題点の場合はその改善案を、指摘はあるが、それが目的達成のために避けられない場合はその旨を説明し、可能な限りの対策や工夫（e.g., 元のモノより高くなりませんか？→快適さのためには仕方ないところなので、できるだけやすくなるようには心がけます。）を回答するよう指示した。

3) 新しいアイデアの再考案（システム使用前）

次に、提案システムを用いた発想モデルに基づく発想がアイデアに与える影響を確認するため、便利の副作用を踏まえたアイデアを考案するタスクを課した。気づいた便利の副作用をもとに、その対策を含めたアイデアをもう一度考案するよう指示した。その際、アイデアに必要な情報は実験手順1と同様の内容の記載を求めた。

4) 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。ユーザには機能ごとに提示内容と操作方法の説明を行った。実験手順1~3で発想したアイデアを参照して良いものとし、提案システムの流れに基づき入力を行うよう指示した。

参加者には、まず、ページ1に便利にしたいモノ（傘）とアイデアの名前を入力し、ページ2の質問に沿ってアイデアを入力するよう指示した。次に、ページ3で提示された改善点と悪化点からトレードオフの選択と、それに基づき提示された解決策を参照し、機能の具体化を行うよう指示した。最後に、ページ4で提示されているメリットとデメリットから便利の副作用の選択と、それに基づき提示された対策案を参照し、便利の副作用を防ぐアイデアを考案するよう指示した。

5) 便利の副作用とその解決策の考案（システム使用后）

次に、提案システムで発想した内容を踏まえ、再度便利の副作用を考案するタスクを課した。その際、実験手順1, 2の内容や提案システムのページ5の最終確認画面を参照して良いものとした。

6) 新しいアイデアの再考案（システム使用后）

最後に、1回目のアイデアの再考案と同様に、気づいた便利の副作用をもとに、その対策を含めたアイデアを考案するよう指示した。

7) 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。

6.2.4 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。

6.2.4.1 便利の副作用への気づきに与える影響

提案システムが便利の副作用への気づきに与える影響を測る。まず、提案システムによりユーザが見落としていた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のユーザが列挙し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参加者が挙げた便利の副作用を表 6.2 に示す。便利の副作用の数の平均増加倍率は 2.25 倍であり、その数が増えていることがわかる。提案システムの使用により、使用前後で気づいた便利の副作用の数に有意な差があったのかを評価するため、「システム使用前後で便利な副作用の列挙数に差がない」という帰無仮説のもと、対応のある t 検定を実施した。対象としたデータは、システム使用前後に参加者が挙げた便利の副作用の数であり、全参加者 ($n=16$) のデータペアを分析に用いた。その結果、 $p=4.57 \times 10^{-7}$ が得られ、p 値が 0.05 未満のため、帰無仮説を棄却した。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。

提案システムにより効果がなかったユーザの要因を考察するため、選択した便利の副作用が少なかったユーザに焦点を当てる。ユーザ id8, 9 はそれぞれ 3 つの便利の副作用を選択しており、インタビューの回答から、選択基準として、「既存の傘でも発生している問題は選択しない」という特徴が見られた。例えば、「強風でバランスを崩す」「持ち歩くことで荷物になる」「壊れた時に修理が必要」といった問題は、アイデアによって影響が増大する可能性はあっても、既存のモノでも発生しているため、選択の対象外としたという回答が得られた。また、ユーザ id4, 10 は順に 3 つ、2 つの便利の副作用を選択した。これらは思いつきのアイデアと具体化されたアイデアの内容が一部変化していたユーザである。例えばユーザ id10 は、「折り畳み傘をカバンにしまう際に濡れないようにする撥水傘」というアイデアを発想していたが、具体化のプロセスにおいて「傘本体ではなく、水滴を漏らさない袋状のストラップ」というアイデアに発展し大きく変化していた。提案システムでは、思いつきから具体化された機能までを入力とし、行為の増減や便利の副作用の推定を行うため、この変化により、提示された副作用がユーザの気づきを誘発するという機能を果たせなかったと考えられる。この結果から、提案システムは、アイデアの収束や評価の支援においては有効に機能するものの、発散過程で用いても便利の副作用の確認には機能しないというリミテーションが示唆された。したがって、提案システムを用いて収束や評価を行うために、その前段階として、発散の支援や途中でアイデアが変更することを前提とし、発散の変遷に応じて副作用を再検討できるような支援をする仕組みが必要である。

次に、ユーザが見落としていた便利の副作用の内容を測る。まず、提案システムによりユーザに提示された便利の副作用である「失われるメリット」と「発生するデメリット」においてのユーザの選択に焦点を当てる。見落としていた便利の副作用に偏りが生じているかを評価するため、「選択された便利の副作用のうちメリットとデメリットの選択に偏りが無い」という帰無仮説のもと、カイ二乗検定を行った。その結果、 $p=0.0081$ であり p 値が 0.05 未満のため帰無仮説を棄却した。この結果から、参加者が選択した便利の副作用のうち、発生するデメリットの数が有意に多いことがわかる。

ユーザの気づいた便利の副作用に偏りが生じる要因を分析するため、提案システムが提示した便利の副作用に対するユーザの反応や選択理由に焦点を当てる。ユーザのアイデアと提案システムによりユーザに提示された便利の副作用と、ユーザが選択した便利の副作

用の一部を例として図 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 に示す。また、提案システムにより提示された便利の副作用の概要について、視覚的にその傾向を把握するために「失われるメリット」と「発生するデメリット」のワードクラウドを作成した。その際、名詞、動詞、形容詞を抽出し、助詞や助動詞およびアイデアに直接関連する単語 (e.g., 傘, ドローン, ランドセル) をストップワードに設定することで重要なキーワードを抽出した。それぞれのワードクラウドを図 6.1, 6.2 に示す。

失われるメリットでは、「～の機会 (e.g., コミュニケーション, 創造性や楽しみ) やスキル (e.g., 手の筋力や器用さ) が失われる」や「～への意識 (e.g., 傘を忘れない, 自然, 他者) が減少する」などの、従来の傘で副次的に得ることができていたメリットの損失が多く提示された傾向が見られる。ここで、ユーザがどのように思考したのかを調査するため、半構造化インタビューの結果の考察を行う。提示された失われるメリットに対するユーザの反応として、ユーザが発想したアイデアでは得られないメリット (e.g., 相合傘, ファッションとしての傘, 傘の手軽さ) の再発見が可能であることが挙げられており、メリットが失われることが問題点であるという考え方がなかったという回答が得られた。しかし、人によって感じ方の異なるメリット (e.g., 傘を回すことでのストレスの解消, ゴルフの練習) や他のモノでも代用が効くメリット (e.g., 風によるバランス感覚を鍛える, 傘を通じたコミュニケーション) などの、傘により副次的にメリットを得ることは可能ではあるが、傘の本質的な用途からはかけ離れた問題点が挙げられており、そもそも発生するとは思えないという回答が得られた。便利の副作用における失われるメリットでは、従来のモノでしか得ることができなかった失われるメリットの再発見が可能と示唆されたが、メリットと感ずる観点の詳細な議論やそのメリットが何に起因するのかまで含めた提案が求められる。

発生するデメリットでは、アイデアによって新たに増えてしまう手間である「～が必要 (e.g., メンテナンス, 充電やボタンを押すなどの操作) になる・がある」や機能を追加することにより発生する問題点 (e.g., バッテリー, 重量, 故障, 安全面) などの発生する可能性が高い問題点が多く提示された傾向が見られる。半構造化インタビューから得られたユーザの反応として、アイデアの機能を損ねてしまう問題 (e.g., 部品の故障, バッテリーの問題) があることや安全面の問題 (e.g., 他の機器との干渉, 公共の場での使用), 開発に際しての問題 (e.g., 重量, 技術的での再現面) などの発生する可能性がある問題点があるという回答が得られた。これらの問題点では、アイデアの機能を実現する際に発生する技術的な課題に関する知識や観点 (e.g., 構造設計, 安全性, 素材) がなかったという回答が得られ、システムが見落とすの発見を支援できている可能性が示唆された。一方で、提示された問題点の中には、発生しないと判断されたものや、便利の副作用として選択されない問題点も含まれていた。例えば、製品が環境に与える影響や素材の持続可能性といった課題は発生しないと判断されたり、「バッテリーが切れても傘として雨を防ぐ基本的な機能は維持されるので問題ない」、「摩耗や修理の問題は開発の部門が解決するべき」という意見から便利の副作用ではないと判断したユーザが存在した。これらは、問題点が提示されても、それがどのような影響を及ぼすのかを自分ごととして捉えられていない場合、問題に気づくことが難しい可能性があることを示している。

次に、見落とされた便利の副作用を分析するため、ユーザが選択した便利の副作用の内容とその注目点を分析する。そのため、ユーザが選択した便利の副作用を SentenceBERT

を用いてベクトル化を行い、クラスタリングを行った。その際、ユーザのアイデアの固有の単語（e.g., 傘, シェルター, ドローン）による影響を排除するため、これらの単語をストップワードとして設定した。クラスタ数はエルボー法により検討した結果、適切なクラスタ数を4と判断し、k-means法によるクラスタリングを行った。以下に、その結果を記す。

Cluster1

通信障害によりドローンがコントロール不能になる問題が発生, 天候に関わらずドローン操作の手間がかかるため完全には手が自由にならない場合がある, 傘の色をコーディネートすることで得られるファッション性が低下する, 周囲の人と傘がぶつかりやすくなり公共の場でマナーが問題になる, 公共交通機関のスペースを占有し周囲に迷惑をかける, 日差しを避ける日傘としての使い方によって紫外線を減らすことができる, 他の雨具との併用が減少しそれに連なる商品販売が減少し得る, 傘を杖代わりにすることで歩行時の安定感を得ることができなくなる, 濡れた傘で服を汚してしまいかねないスリルと注意力を試される機会が減る, 傘型であることにより持ち慣れない人は扱いにくいと感じるかもしれない, 傘型の構造が強風に弱く使用時に不安定になりやすい, 機械トラブル時に傘の本来の機能も影響を受ける可能性, 忘れ物をしたことに気づくことで得られる反省や教訓, 余分な機能によって傘自体の耐久性や安全性が低下する可能性, 長さ調整機能がうまく作動せず違和感を覚える使い心地になる可能性, 雨の日の独自の演出を楽しむ機会（例：映画の再現）, 他の電子機器との干渉や接続トラブルが発生する可能性, 電子機器としての側面から故障リスクが生まれる, ついてくる機能が期待通りに動かないとフラストレーションがたまりやすい, ランドセル傘がうまく収納されず他の持ち物を濡らしてしまう, 傘を開閉するためのスペースが狭く他人に迷惑をかける恐れ, ランドセル傘を一度に複数人で使用することが難しいため共同利用が制限される, シンプルに傘を持ち歩くだけで微細な状況への対応能力を鍛える機会が減少する, 他の電子機器と影響し合うことで誤作動の原因となる可能性がある

Cluster2

ドローンのバッテリー切れで突然雨に濡れるリスクが増加, 突然の強風でドローンが転倒し周囲に危険を及ぼす可能性, 風や雨の状況に応じてドローンが適切に動作しない可能性, シールドの曇りやすさによる視界不良の懸念, 強風時にシールドが破れるなど構造的な脆弱性が露呈する可能性, 傘を閉じたままにしすぎると破損や劣化する部品が増える恐れ, 片手操作中にバランスを崩して傘盾が倒れ予想外の事故を引き起こすことがある, バッテリー切れで機能が一時的に停止する可能性, 濡れた状態の傘をリュックに入れることにより他の荷物が湿るリスクが高まる, 自動開閉機能が誤作動を起こし予期せず開閉されることで事故が起きる可能性, 雨の日に傘を使って遊ぶことでの自然体験, 思わぬ故障で雨中で機能を失うリスクがある, 雨の日の傘シェアを通じた交流機会が失われる, 使用後のシェルターの乾燥やメンテナンスが必要になる, シェルターが強風で飛ばされるリスクがある, 使い終わった袋の中に水が残っている場合漏れ出て周囲を濡らすリスクがある, 袋を誤って逆に装着し水がきちんと排出されない場合がある, 袋を使い慣れてきたことで扱いが雑になり袋の耐久性が低下するリスクがある, 傘袋の管理が不適切であると袋自体からカビや悪臭が発生する可能性がある, 新しい袋を開発することで製造・廃棄時の環境負荷が増加する, 水を排出する際に不意に水が飛び出し人にかかる事故が起きる可能性がある, 傘袋を持ち歩くことによって手荷物が増え携帯性が低下する, 強風でランドセル傘が煽られることによりバランスを崩す可能性

Cluster3

視界を確保するために頻繁にクリア部分を拭く必要がある、自転車利用時にシールドがひっかることで事故のリスクが増加、便利機能が故障した際に通常の傘よりも修理費が高くつく可能性、便利機能のために傘の価格が従来よりも高くなる可能性がある、濡れない素材の影響で傘の重量が増加し長時間の使用で疲れる可能性、鏡の反射で予期しない眩しさを周囲に与えてしまう危険性、持ち物が増えることで重量バランスが悪化し肩に負担がかかるリスク、意外と重いと判明した場合長時間の持ち歩きで体に負担がかかることがある、新しいデザインに慣れるまで周囲の空間を取り扱う際の衝突リスクが高まる、複雑なデザインになることで修理が難しく寿命が短くなる可能性がある、傘の傾き調整に悩む人は操作に時間がかかりストレスを感じるかもしれない、電子機器を搭載することで重量が増す可能性、価格が上昇し手軽に購入ができなくなる、改良された傘を手に入れるためのコストが上昇する恐れがある、傘の設計が複雑になり修理やメンテナンスが必要になった場合難易度が上がる可能性がある、傘のストラップやリングなど追加装飾による重さの増加、絶対ガード傘の耐風性能を過信し約束されない安全性に依存することで危険が発生する可能性、電池やバッテリーの管理が新たな手間を生む、高価なアイテムになる可能性があり紛失の際の損失が大きい、シェルターの設置に手間と時間がかかる、傘袋を使用することで袋の収納や乾燥など新たに手間が増える、ランドセル傘が壊れたときの修理費用が増加する、高機能化によって価格が高くなり何度も買い替えることが難しくなる、機械的な部分が増えることで故障する箇所が多くなり、メンテナンスコストが増加する、バッテリーや電子部品の企画外廃棄物の発生により環境への負担も大きくなる可能性がある

Cluster4

傘を振り回したり回したりする動作でのストレス解消、玄関で傘を乾かす時間を利用して少し休憩時間を得ることができる、軽量で持ち運びが容易なこと、一つの機能に特化しているため低価格であること、充電やペアリングなどの手間がなくすぐに使えること、バッテリーや電子機器の管理が必要ないため安心であること、お気に入りの傘を持ち歩くことで個性やファッション表現の一部として楽しむことができる、傘の乾燥を意識する必要がなくなるため湿気やカビが防がれる可能性が減る、傘をプレイ用具として使うことで子供たちが創造性や遊び心を発展させる機会が得られること、傘を使ってダンスやジャグリングすることで身体を動かす楽しさや表現力を養う場として活用されること、傘を直接手に持つことで天候や風速を直接感じ適切な対応ができる機会、傘自体がファッションの一部としての役割を果たす、傘の選択や持ち方を通じて個性を表現できる、子供と傘を使って遊ぶことで親子の絆を深める機会になる、お気に入りの傘スタンドに立てることによるインテリアとしての楽しみ、雨の日に傘の水を切ることで周囲を気遣うマナーを自然と習得できること、傘のアクセサリとしてのデザインや個性を楽しむ、傘をうまく使って体を雨から守るスキル

各クラスタの傾向を分析するため、クラスタごとに c-TF-IDF を用いて抽出した重要な単語を 6.4 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

表 6.2: 参加者が挙げた便利の副作用の数

id	befor	after	倍率
1	4個	9個	2.25
2	3個	6個	2.00
3	2個	9個	4.50
4	4個	6個	1.50
5	5個	7個	1.40
6	4個	8個	2.00
7	3個	10個	3.33
8	3個	6個	2.00
9	5個	8個	1.60
10	4個	6個	1.50
11	3個	8個	2.67
12	4個	11個	2.75
13	9個	15個	1.67
14	8個	18個	2.25
15	3個	9個	3.00
16	7個	12個	1.71

表 6.3: 選択されたメリット・デメリット

id	Merit	Demerit
1	1個	5個
2	1個	6個
3	2個	5個
4	1個	2個
5	1個	3個
6	0個	5個
7	4個	4個
8	1個	2個
9	1個	2個
10	1個	1個
11	2個	3個
12	3個	6個
13	4個	3個
14	2個	8個
15	2個	5個
16	1個	4個

6.2.4.2 アイデア発想に与える影響

提案システムがユーザのアイデア発想に与える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。ユーザごとのシステム使用前後の文字数とその増加倍率を表 6.5 に示す。ユーザの記載したアイデアの文字数の平均増加倍率は 1.93 倍であり、内容の追加がなされていることがわかる。ここで、ユーザ id4, 10 はシステム使用前よりも文字数が減少していた要因を分析する。これらのユーザは 6.2.4.1 節で述べた通り、アイデアの内容が変わっており、目的や機能に変更があった上、見落としていた便利の副作用とその対策の記載が少なかったため、減少していたと考える。

次に、ユーザのアイデアにどのような変化があったのかを分析するため、ユーザのアイ

表 6.4: クラスタごとの重要単語と c-TF-IDF スコア

Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4	
単語	score	単語	score	単語	score	単語	score
機能	12.10	リスク	18.68	増加	17.16	個性	12.37
減少	11.88	強風	14.88	修理	15.61	表現	12.37
機器	11.16	事故	11.70	時間	14.88	子供	8.82
電子	10.69	機能	9.08	負担	12.37	ファッション	8.25
スペース	8.82	切れ	8.82	価格	11.70	楽しむ	8.25
トラブル	8.82	バランス	8.25	手間	11.16	直接	8.16

id5

目的：雨から服と靴を守るため

使用シーン：『いつ』雨が降っている時『どこで』屋外『誰が』どの年代の人でも（強いてあげるなら、学生や社会人のような大切なものをカバンに入れている人たちを対象とする）

機能の詳細：通常の傘と同じくらい骨組みと取手の素材に伸縮性のあるものは強度と軽さを兼ね備えたカーボンファイバーやアルミニウムを使用して縮小、普段は軽量で持ち運びしやすい仕様。着脱可能にする、傘の左右と後ろにベール?のような保護膜な全方位のカバーをつける、て全方位からの雨を防ぐ機能。内側に通常よ気孔を設けることで曇りも強めの防止機能を追加し、快適な視界を保つことができます。小さく折りたたんで収納できる機能、撥水加工、骨組みと持ち手を軽量化して通常の傘の重さに近づける機能

id6

なぜ便利にするのか：強い雨の日には、普通の円い傘では前斜め方向から降ってきた雨に対応できず濡れてしまう

いつ：雨の日、どこで：外（通学、通勤時など）、誰が：小学生 大人

機能：前方向の対応面積を広げてみた。

前方向の素材を（半）透明のビニールにしてみた。

傘を広げて持っている時に横に振られないように、柄の部分を少し長くしてみた。

折りたためるようにしてみた。

【機能】

前方向の対応面積を広げ、より多くの雨を防ぐ機能。前方向の素材に（半）透明のビニールを用いることにより、歩いていても安全に前方が見える機能：布部分に損傷が発生した場合は、柄部分はそのままに布部分だけを交換できる。傘を広げて持っている時に横に振られないように柄の部分を少し長く設計し、安定性を担保する機能：傘の柄部分を軽量かつ頑丈な素材で作る、傘の形状を楕円に保ちながらも、テンションがかかる部分のみ強化することで全体を軽く保つ機能。特に柄部分と布部分には大きなテンションがかかるであろうから、ジョイントの数を増やして強度を担保する。折りたたみ機能：柄部分を伸縮可能にし、布部分を折りたためるようにする。収納機能：柄部分と布部分をそれぞれで収納できる。柄の部分にビニールの袋（ポケット）が付属しているので、布部分が濡れている場合は折り畳んだそれをビニールのポケットに入れて収納する。これにより一体として持ち運べるので、片方を紛失する恐れが少ない。または柄部分の一部と布部分の一部を磁石でくっつけられるようにしてもいいかもしれない。iPadとMACペンシルみたいに。接合機能：収納状態から一体状態にすぐに移行できるように、ユーザが各ジョイントの接合をスムーズに行えるようにする。

id10

使い終わった傘そのままリュックについて入れられる水滴を取り除く折り畳み傘
便利にする目的：折り使ったたみ後の傘をしそのまう袋をまリュックに入りたい
つも忘れてしまっていて困るので、袋がなくてもいい傘が欲しいと思ったから
使用シーン：普通の傘と同様に使う、雨の日
機能の詳細：雨で濡れた傘を、閉じた際の表面部分だけ乾燥させる。
傘の使用後、1つ目のボタンを押すと、傘を自動で身震い？
—(動物とかが水に濡れた後にするもの)する。
その後、傘を閉じて2つ目のボタンを押すと、柄の部分から強力な風が吹いて防水加工
のスライド式の袋が出てきて傘についた水滴を外に漏らさない機能。袋は傘について
いるので取り外し不可能であり、傘の外と接触する部分のみ乾いてそのままリュック
に入れで閉めることができる。

id11

目的：濡れないために傘を差す
使用シーン：雨の日に、外で、傘を差す人
どのような機能：背中とか、見えない所が濡れないようにしたい。リュックとか、人の死
角などを検知し、傘が動的に伸びるとか、機能 濡れやすいところとかを検知し、傘が動
的に動く機能 傘の持つ棒の形状を、肩かけストラップにすることで、肩に固定するこ
とができる機能。複雑な機械部品を避けることで、壊れるリスクを最小限に抑えつつ、
肩への負担を軽減。傘を使うときにそのストラップを傘に取り付けて肩に載せること
で、通常を持ち運びでは取り付けない工夫をする機能。重量が重くなっても使いやすく、
傘が伸びたりする。伸びる部分は、傘の棒を肩に乗せる形状にすることで、をある程度
ひとが傘を差す方絞ることができる機能。他の傘にも使用可能な汎用パーツとして販
売し、ユーザーが自分の傘に取り付けられるようにする。一つの汎用パーツを様々な傘
に対応させることで広く普及させる。バッテリーは、風力と人が歩く時にある程度自
家発電をする機能
子供向を絞ることができ、伸げに安全で簡単に使えるオプションを提供し、傘を遊び
る場所を限定すること道具として使えるように特別設計されたモデルを提供する。耐
風性能を保証する試験データや使用条件を明示し、安全性に関する正しい意識を持っ
てもできる。らうための教育資料を提供する。

ユーザid1では、システム使用前で挙げられていた機能に他の機能が追加されている。例え
ば、具体化のプロセスにおいて提示されたトレードオフの選択肢として、改善点は「両手
が空く」「追尾機能」「アプリとの連携」「静音性」、悪化点は「コスト」「強風での不安定」
「バッテリー切れ」「衝突の恐れ」が挙げられており、機能を活かしつつ悪化点を解決す
ための解決策の追加されている。また、便利の副作用で選択された、「バッテリー問題」「自
動操作の精度」の対策が追加されている。ユーザid5, 6では、システム使用前に挙げられ
ていた機能の具体化や、機能の追加が行われている。例えばユーザid5はシステム使用前
では「伸縮性のあるモノ」を素材として挙げられていたが、トレードオフの選択肢である

表 6.5: システム使用前後のアイデア文字数とその成長率

id	befor	after	倍率
1	120 字	334 字	2.78
2	170 字	209 字	1.23
3	149 字	167 字	1.12
4	726 字	262 字	0.36
5	198 字	258 字	1.30
6	178 字	633 字	3.56
7	106 字	193 字	1.82
8	297 字	462 字	1.56
9	186 字	291 字	1.56
10	251 字	150 字	0.60
11	181 字	474 字	2.62
12	297 字	652 字	2.20
13	118 字	560 字	4.75
14	159 字	247 字	1.55
15	203 字	493 字	2.43
16	211 字	294 字	1.39

「重さ」の悪化点を解決する手段として「カーボンファイバーやアルミニウム」といった具体的な素材の記載であったり、「ベールのような保護膜をつける」というアイデアから、「全方位に着脱可能なカバーをつける」という実現方法まで考えた記載がなされている。また、悪化点としてあげられていた全方位からの防雨機能による視界の悪化という指摘から、「雨よりも内側が曇ってしまうかも」という思考に至っており、TRIZの発明原理である「多孔質」を用いて曇りの防止機能を追加していた。ユーザ id10 では、「折り畳み傘をすぐにカバンにしまいたい」という目的があり、当初は傘の柄の部分から風を送る機械を設けることにより水を弾くというアイデアを発想していた。インタビューでは、具体化のプロセスの際に、悪化点として「重さ」に関する提示がなされており、その時点で袋に着目したほうが軽量かつ販売する際も袋だけの販売ができて効率的であるという発想に転換されていた。ユーザ id11 では、機能の具体化や追加に加えて、便利の副作用を発生させないための対策が含まれているサービスの部分までを記載していた。選択した便利の副作用のうち、「子供たちの傘を使った創造性」と「誤作動や耐風性能などの危険性」の対策として「遊びに使えるようなオプション機能」や「安全性に関するマニュアルの提供」などが記載されていた。この結果から、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を考えること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、さらに質の高い対策を発想できることで、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。



図 6.3: id1: 頭上を飛行する傘である「ドローンアンブレラ」でユーザーに提示された便利の副作用とユーザーが選択した（着色あり）便利の副作用



図 6.4: id5: 全方位からの傘を防ぐ膜である「傘盾」でユーザーに提示された便利の副作用とユーザーが選択した（着色あり）便利の副作用



図 6.5: id6: 通常の傘より保護範囲の広い「雫型傘」でユーザに提示された便利の副作用とユーザが選択した（着色あり）便利の副作用



図 6.6: id10: 折りたたみ傘の水滴を漏らさない袋である「そのまま入れられる傘」でユーザに提示された便利の副作用とユーザが選択した（着色あり）便利の副作用

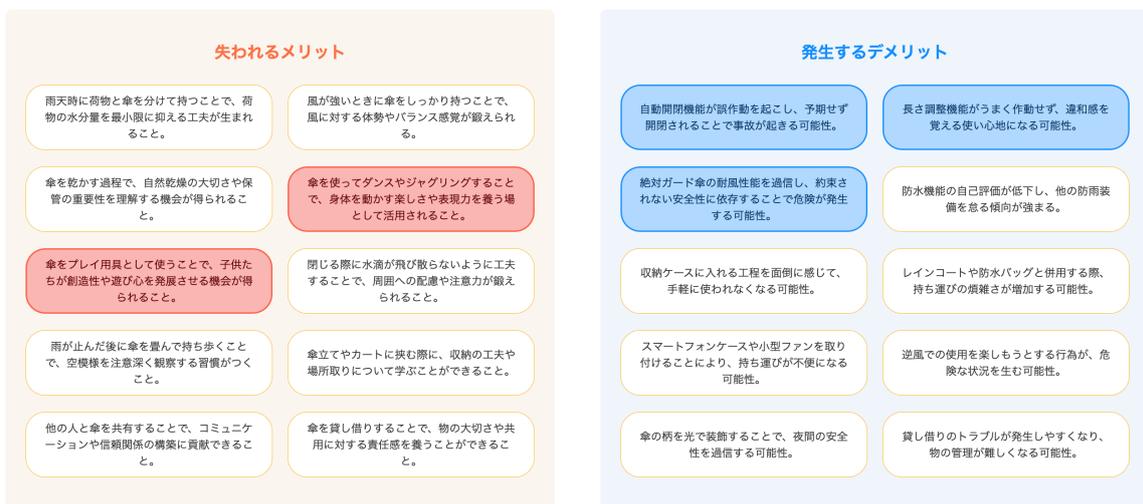


図 6.7: id11: 形を随時変えることで死角からの雨を動的に防ぐ「絶対ガード傘」でユーザに提示された便利の副作用とユーザが選択した（着色あり）便利の副作用

7 議論

7.1 本提案の有効性と課題

本章では、提案システムの有効性と課題について議論する。本研究の結果、提案システムにより便利の副作用を提示することで、ユーザが見落としていた問題点に気づくことを促進する効果が示唆された。一方で、システムの適用範囲やユーザの特性によって、十分に機能しないケースも確認された。本章では、見落とされやすい問題の傾向や、提案手法の改善が求められる点について考察する。

7.1.1 行為の増減の着目による便利の副作用の気づきの誘発への有効性

提案システムにより、便利の副作用を提示することで、ユーザが見落としていた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) 既存のモノで得られていたメリットの喪失、(3) 技術的な問題点の3つが挙げられた。

アイデアによる社会的な影響は、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。このような問題は、アイデアを実現して初めて顕在化する可能性があり、本研究が特に着目している問題点の一つである。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く、確認バイアスの影響も相まって、副次的な問題点に気づきにくい。しかし、行為の増減に着目することで、これらの問題点を発見できる可能性が示された。

アイデアでの社会的影響による問題と同様に、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も見落とされやすい。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。提案システムでは、この問題を明示的に提示したというよりも、予備実験と同様に「失われるメリットがあるかもしれない」という視点を提供することでユーザが気づくことを促進できた。しかし、出力された問題点の中には、実際には発生しない問題点や、そのモノの本質的な用途と乖離したものも含まれていた。例えば、「傘でゴルフの練習をしていたのに、それができなくなる」といった内容は、傘の本来の目的である「雨を防ぐこと」とは無関係な主観的な副次的利用であり、便利の副作用とは言えない。これらは西本らの不便益の再定義 [37] においても指摘されており、主目的と副次的利益を明確に区別する必要がある。本研究の手法においても、便利の副作用として扱うべきなのは、既存のモノが持っていたメリットが失われ、それが本来の主目的に関わる場合に限るべきである。この区別を明確にすることで、便利の副作用の検討において、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できる。今後は、この定義を明確にし、プロンプト設計に反映させることで、より適切に「失われるメリット」の確認ができると考えられる。

技術的な問題点としては、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・機構の制約などが挙げられた。この種の問題点は、確かに見落とされる可能性もあるが、その原因が単なる視野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、もともと確認バイアスによって見落とさ

れる問題点の発見を目的としていたが、技術的な問題点はユーザの視野を拡張しても気づけなかった点である可能性がある。これは、新たに発見された見落としやすい問題点のカテゴリとして重要であると考えられる。したがって、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が必要である。このようなアプローチにより、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。

7.1.2 本提案での課題点

本提案での課題点として、まず、便利の副作用である問題点はユーザによって問題と感じるポイントが異なるため、批判的な観点からの問題点を提示しても、必ずしも問題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、アイデアの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考慮し、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。今回の提案によって提示された便利の副作用に対するユーザの反応は、主に以下の3つに分類された。

- (1) 「その視点はなかった、そのような観点から問題が発生するとは思わなかった」のような、新たな批判的視点を得たユーザ
- (2) 「少し考えれば思いついていた」のような、指摘されることで問題点として認識したユーザ
- (3) 「元々考えていた問題が挙げられていた」のような、既に認識していたユーザ

(1) のユーザは、提案システムによって視野が広がり、新たな便利の副作用を発見したケースであり、提案システムが大きく貢献できる部分である。(2) のユーザは、システムの指摘により問題を認識したものの、システム使用前には挙げていなかった問題点に気づいたケースである。実験環境上、ユーザは実際に制作を行うわけでもなく、アイデアで収益を生む必要もないため、積極的に問題を探そうという思考に至らなかった可能性がある。そのため、実験時間内では見落とされていたものの、実際にアイデアを具体化する過程では自然と考慮された可能性もある。しかし、確証バイアスにより見落とししていた問題点である可能性もあり、今後は実際のアイデア発想の現場で提案システムを適用することで、見落とししやすい問題点の知見を蓄積できる可能性がある。(3) のユーザは、便利の副作用として選択された全体の92件中15件(16.3%)に該当し、見落としやすい問題点の支援が今後必要であることが示唆された。このように、一見当たり前のように思える問題点であっても、提示しなくても気づくユーザ、提示されることで気づくユーザ、提示されても気づかないユーザが存在する。このユーザごとの違いは、発生する便利の副作用の優先度の違いや順序の違い、あるいはユーザ自身の問題認識能力の違いに起因する可能性がある。したがって、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、アイデア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で、当初の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。

7.2 システムの改善点

本章では、出力の結果やインタビューの回答をもとに、提案システムの改善点について議論を行う。まず、本稿での提案では思いつきの入力機能として、発散過程を終えたアイデアを想定していたが、アイデアの具体化に至るまでの支援がある程度必要であることが明らかとなった。提案システムを収束や検証のフェーズで効果的に活用するためには、どの程度の情報量がアイデアに必要なかを明確にし、システムを導入する適切なタイミングを確立することが求められる。

次に、対話的な言語化支援機能において、どこまでを入力として求めるべきかを検討する必要がある。本システムでは、入力された情報が TRIZ のトレードオフの抽出に直結するため、どの程度の情報があれば TRIZ の発想を十分に促せるのかを評価し、最適な入力の基準を定めることが重要である。インタビューの結果から、不足情報の判断が曖昧であり、ユーザに同じことを何度も入力したという回答があり、不足情報を逐次的に聞き出すのではなく、自然な対話を通して必要な情報を引き出すアプローチを導入することで、より円滑な入力や言語化が可能になると考えられる。

次に、具体化のための TRIZ 発想支援機能について、得られた課題と改善点を議論する。提案システムでは、改善点と悪化点が思いつかない場合に TRIZ の発想が行えないという理由から、それらを提示する設計をとっていた。しかし、インタビューの結果、トレードオフの解決策が、提示された改善点と悪化点に左右されてしまい、ユーザが本来発想したいことを十分に考えられないという回答が得られた。このことから、トレードオフの選択肢をユーザが自身で追加・変更できる機能が必要であることが明らかとなった。また、出力された TRIZ の解決策の文章についても、文章内の単語 (e.g., 磁石, 取り外し, 折りたたみ, フィルター) を参照することでアイデアの幅を広げる役割は果たしたものの、直接的にアイデアとして活用できることは少なく、解決策の内容の理解が難しい場合や、ユーザの意図とは異なる解決策が提示されることが多かったという回答が得られた。この課題に対しては、トレードオフの解決策を一方的に出力するのではなく、システムが回答を保持し、それを要約して提示する仕組みにより、ユーザがアイデアの修正や説明を求めたり、発想の方向性を主体的に調整できるような対話的なアプローチが求められる。さらに、TRIZ の簡易化を行った特性上、トレードオフの解決に用いられた特性パラメータや発明原理を明記しないため、どのようなプロセスにより解決策が出力されたのかが不明であるという回答が得られた。どのような文脈により解決策が出力されたのかを明示することで、ユーザ

が解決策の妥当性を判断しやすくなることが重要である。また、提案システムでは、具体化のプロセスにより構成要素の洗い出しを行った機能をもとに行為の増減を推定しているため、どの程度具体化された機能であれば行為の増減を適切に出力できるのかという指標を設ける必要がある。この指標を基準に、具体性が不足しているアイデアに対しては、さらなる具体化を促す仕組みを導入することが求められる。

次に、行為の増減による便利の副作用の検証機能について、得られた課題と改善点を議論する。まず、出力された便利の副作用の評価を行う。提示された便利の副作用のうち選択された割合は320件中92件(28.8%)であった。提案システムでは、問題点の網羅的な発見を目的としているのではなく、「このような問題が起きる可能性はないか?」という思考により、ユーザに便利の副作用を確認することを目的としているため、出力の精度そのものは重視していない。しかし、実際には発生しない問題点が含まれているケースもあり、出力の精度向上が求められる可能性がある。特に、見落とされやすい問題点の特徴を分析し、それをもとに的確に提示できるようにすることや、ユーザごとに見落としやすい傾向を考慮したパーソナライズされた出力を行う仕組みが必要である。また、提案システムでは、選択された便利の副作用に対して、その防止策を出力している。しかし、現状ではこの対策がLLMの出力に依存しているため、より体系的な提案が行えるような仕組みを取り入れることが求められる。具体的には、TRIZなどの発想手法を組み込むことにより、より構造的な対策提案を行うことが可能となる。さらに、便利の副作用が発生する原因となった行為の増減を参照し、なぜこの副作用が発生しているのかまでの分析を含めた仕組みを導入することで、単なる対策提示にとどまらず、根本的な機能変更のアプローチを検討できるようにする必要がある。加えて、提案システムの機能的な側面として、便利の副作用の出力には長い処理プロセスが必要である。具体的には、アイデアの入力からモノに関連する行為を列挙し、そこから行為の増減を推定し、さらに便利の副作用を推定するという一連のプロセスを経るため、出力に時間がかかるという課題が指摘された。この課題に対しては、プロンプトの調整による出力時間の短縮や、他の操作を行っている間にバックグラウンドで生成を進める仕組みを導入するなどの対応が必要であると考えられる。

8 展望

今後の展望として、まず提案システムの改善を通じて、出力の精度向上とインタラクティブ性の強化を図り、より実用的なシステムへと発展させることが求められる。出力精度の向上に関しては、発生しない便利の副作用を提示しないようにするだけでなく、ユーザが見落としやすい副作用を適切に推定する仕組みの導入が必要である。また、専門知識の不足や確証バイアスの影響により見落としやすい問題点はユーザごとに異なるため、ユーザの特性に応じたパーソナライズされた提示を行うことで、副作用の見落としをより効果的に補完できるようにする。さらに、出力精度を担保した上で、技術によるトレードオフの解決策や便利の副作用の単なる提示にとどまらず、提案された解決策や問題点がどのような過程で生成されたのかを明示し、ユーザの気づきを促す仕組みを導入することが重要である。これにより、アイデア発想時の整理や視野の拡張をサポートし、ユーザが主体的に発想を深める「壁打ち」のような支援が実現できると考える。最終的に、提案手法はLLMを用いたアイデアの自動生成に依存することではなく、ユーザの創造的思考を適切に支援するインタラクティブな支援手法の確立を目指す。

また、本研究では個人向けの手法として提案を行ったが、本手法は集団のアイデア発想や検討の場面においても活用可能であると考えられる。通常、製品開発やアイデア創出の過程では、提案に対して複数人が意見を出し合いながら進めていくことが一般的である。しかし、その際、実物が存在しない状態で議論を進めることにより、参加者ごとに想定する要素や目指す理想像が異なる可能性がある。その結果、共通認識が行われなままアイデアが実現され、後になっての衝突や問題が発生するケースが生じる可能性がある。そこで、本手法を用いて議論されたアイデアを入力し、出力された行為の増減や便利の副作用を確認することで、アイデア実現後の影響を客観的に議論することが可能となる。これにより、アイデアの影響の良し悪しに関する議論にとどまらず、「そもそもその影響が発生するのか」「どのような条件下で影響が現れるのか」といった観点からの検討が行えるようになる。また、この過程を通じて、参加者間でどのような実現方法を想定していたのか、どのような技術を前提としていたのかといったアイデアの背景情報を共有することができ、専門知識が異なるメンバー間でも最終的な理想像の認識を統一する手助けとなる。このように、本手法を集団での議論にも適用可能にするためには、議論を支援する出力内容の設計や可視化手法の開発が求められる。今後は、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進める必要がある。

また、提案システムは、見落としに気づかせることに加え、どのようなユーザが、なぜ特定の便利の副作用を見落とすのかといった知見を蓄積できる可能性がある。具体的には、全ての便利の副作用が均等に見落とされるわけではなく、見落とされやすいものと、比較的気づかれやすいものが存在するのではないかと考えられる。さらに、ユーザの問題認識能力（認知的な柔軟性や知識の深さ）によって、気付ける便利の副作用のレベルに違いがある可能性がある。これらの知見を蓄積することで、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、より効果的な支援を実現できると考えられる。このようなアプローチを通じて、提案システムを利用せずともユーザが自ら便利の副作用を認識し、検討できるようなアイデア発想支援・教育システムとしての活用が期待さ

れる。さらに，本提案手法を用いることで，ユーザが主体的にアイデア発想を行い，それを計算機が適切に補佐する仕組みの確立を目指す。この支援を通じて，発想力や問題認識能力の向上が促進されるとともに，より創造的かつ問題意識の高いアイデア創出が可能になると考えられる。

9 結論

本研究では、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を目的として、行為の増減に着目した対話的な発想支援がアイデア発想に与える影響を調査した。まず、行為の増減に着目することにより便利の副作用の顕在化が行えるのか検証を行った。その結果、新しいアイデアの導入による行為の増減変化をシステムが提示し、設計者に行為の増減に対する着目を促すことで、アイデア導入に伴う問題点への気づきが誘発されることが示唆された。また、行為の増減を考案することを計算機が代替しても、行為の増減に着目すること自体に便利の副作用への気づきを誘発できる効果があることが示唆された。この検証を踏まえ、行為の増減に着目した対話的な発想支援システムの構築を行った。提案システムにより、便利の副作用を提示することで、アイデアによる社会的な影響や既存のモノで得られていたメリットの喪失などの、ユーザが見落としていた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。また、ユーザの知識不足に起因するアイデアによる技術的な問題点の発見にも効果が得られたものの、これらの問題点はユーザによって問題と感じるポイントが異なるため、問題点の提示を行なっても、問題として認識されない可能性が考えられる。

今後は、アイデア発想を行うユーザの特性に応じたパーソナライズされた提示を行うことで、便利の副作用の見落としをより効果的に支援することや、提示だけにとどまらず、提案された解決策や問題点がどのような過程で生成されたのかの明示を行い、より対話的にアイデアの整理や発想が行えるインタラクティブな支援手法の確立を目指す。また、アイデア実現前に影響を考慮することができるという特性上、集団での発想においても提案手法が有効であると考えられる。行為の増減や便利の副作用を確認することにより、アイデアの議論参加者間での前提条件などの背景情報を共有することができ、専門知識が異なるメンバー間でも実現後の理想像の認識を統一する手助けとなる。さらに、提案システムにより、便利の副作用の見落としややすさの違いや、ユーザの問題認識能力の差の知見を蓄積することで、個々のユーザの特性に応じた副作用の発見支援やフィードバックから、アイデア発想支援・教育システムとしての活用が期待される。本提案により、ユーザと計算機との共創によりアイデア発想を行い、ユーザの発想力や問題認識能力の向上や、大局的な観点からアイデア発想が行えるようにすることを目指す。

研究業績

- 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)
- 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 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 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)

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] Chai, K.-H., Zhang, J. and Tan, K.-C.: A TRIZ-based method for new service design, *Journal of Service Research*, Vol. 8, No. 1, pp. 48–66 (2005).
- [4] 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).
- [5] 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).
- [6] Frey, C. B. and Osborne, M. A.: The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 114, pp. 254–280 (2017).
- [7] 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).
- [8] Haase, J. and Hanel, P. H.: Artificial muses: Generative artificial intelligence chatbots have risen to human-level creativity, *Journal of Creativity*, Vol. 33, No. 3, p. 100066 (2023).
- [9] Hasebe, A. and Nishimoto, K.: BrainTranscending: A Hybrid Divergent Thinking Method that Exploits Creator Blind Spots, *Recent Advances and Future Prospects in Knowledge, Information and Creativity Support Systems: Selected Revised Papers from the Tenth International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS 2015), 12-14 November 2015, Phuket, Thailand 10*, Springer, pp. 14–28 (2018).
- [10] 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).

- [11] 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).
- [12] Jiang, S. and Luo, J.: AutoTRIZ: Artificial Ideation with TRIZ and Large Language Models, *arXiv preprint arXiv:2403.13002* (2024).
- [13] 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).
- [14] 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).
- [15] Nils, R. and Iryna, G.: Sentence-bert: Sentence embeddings using siamese bert-networks, *arXiv preprint arXiv:1908.10084* (2019).
- [16] Norman, D. A.: The way I see IT signifiers, not affordances, *interactions*, Vol. 15, No. 6, pp. 18–19 (2008).
- [17] OpenAI, Achiam, J., Adler, S., Agarwal, S., Ahmad, L. et al.: GPT-4 Technical Report, *arXiv preprint arXiv:2303.08774* (2024).
- [18] Osborn, A. F.: *Applied imagination*, Charles Scribner’s Sons (1953).
- [19] 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).
- [20] Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P. and Ommer, B.: High-resolution image synthesis with latent diffusion models, *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 10684–10695 (2022).
- [21] Shibata, D., Yamaguchi, Y., Oshima, C. and Nakayama, K.: Continuous Display of Images Searched by Keywords Extracted from a Brainstorming Session and Suggested by an Autosuggest Function, *Proceedings of the Fourth International Conference on Electronics and Software Science (ICESS2018)*, pp. 76–80 (2018).
- [22] 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).
- [23] 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).

- [24] 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).
- [25] 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).
- [26] 折原良平: 発散的思考支援ツールの研究開発動向, *人工知能*, Vol. 8, No. 5, pp. 560–567 (1993).
- [27] H 広報担当: 不利益システム研究所ヒューマンインタフェース学会出張所, *ヒューマンインタフェース学会誌*, Vol. 16, No. 3, pp. 213–215 (2006).
- [28] 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).
- [29] 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).
- [30] 川上浩司, 内藤浩介, 平岡敏洋, 戌亥来未: 発明的問題解決理論 TRIZ を援用した不利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).
- [31] 川喜田二郎: 発想法—創造性開発のために, 中央公論社 (1967).
- [32] 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).
- [33] 杉山公造: 収束的思考支援ツールの研究開発動向: KJ 法を参考とした支援を中心にして, *人工知能*, Vol. 8, No. 5, pp. 568–574 (1993).
- [34] 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).
- [35] 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).
- [36] 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).
- [37] 西本一志: 不利益の定義と不利益システムのデザイン指針に関する一考察, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 23, No. 3, pp. 267–276 (2021).
- [38] 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).

- [39] 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).
- [40] 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).