

# 協同問題解決に目的の共有は必要か？ —問題解決における2者間の非対称な構造についての検討— Is shared purpose necessary for collaborative problem solving? -An examination of the asymmetrical structure between two parties in problem solving-

堀田 拓海, 竹内 勇剛

Takumi HOTTA and Yugo TAKEUCHI

静岡大学大学院総合科学技術研究科

Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University

hotta.takumi.15@shizuoka.ac.jp

## 概要

目的を共有した複数人での問題解決は、しばしば創造的なブレイクスルーをもたらす。近年では人の代わりに人工的エージェントと協同することの有用性も示唆されている。しかし、人とエージェントが目的を共有し問題解決に取り組む上では、エージェントによる貢献が心理的負担を起さうという問題点が考えられる。そこで本稿では、目的を共有しない人-エージェントインタラクションにおいても問題解決の誘発が生じるかどうかについて実験による観察を行うことを検討する。

キーワード: 協同問題解決, 創造的思考, HAI(Human Agent Interaction)

## 1. はじめに

問題解決を行うとき、複数人で協同することによって行き詰まりが解消したり、個人で行うよりも優れたアイデアが生まれたり、ブレイクスルーが起きることがしばしばある。このような複数人による協同問題解決の特長は多くの研究において報告されている[1][2][3]。

なぜ協同が問題解決において有効に働きうるのだろうか。石井らは、心的表象の生成とそれに対する解釈や評価の探索の繰り返しによってより洗練された産出物が生成されるという、問題解決に重要な創造的認知のプロセスに関する Geneplore モデル [4] の考えを協同場面にまで拡張し、協同問題解決場面で話し合いによりアイデアや試行の評価や再解釈が行われる頻度が上がることにより、創造性の高いアイデアが生成されるとしている [5]。林らは、協同問題解決場面において実験参加者に異なる視点を与える実験を行い、協同問題解決において他者との相互作用の中で他者の視点を獲得することの有用性を示している。これらから、視

点の多様性が協同による問題解決の促進の要因の一つであると解釈できる [6]。また、会話など直接的なインタラクションのみが問題解決の誘発に寄与するというわけではない。清河らは、洞察問題において他者観察のみでも問題解決を促進することを示しており [7]、協同において会話等による直接的な情報のやり取りがなくとも、他者の環境とのインタラクションを観察することで自身の問題解決に寄与しうることが示唆される。まとめると、協同問題解決においては、図1のように双方が目的を共有した上で共有している目的や他者との会話を通じて他者のふるまいや考え方を理解したり、他者と環境のインタラクションの観察を相互に行ったりすることで、問題解決における新たな解釈の探索を行う構造が成り立っているといえる。

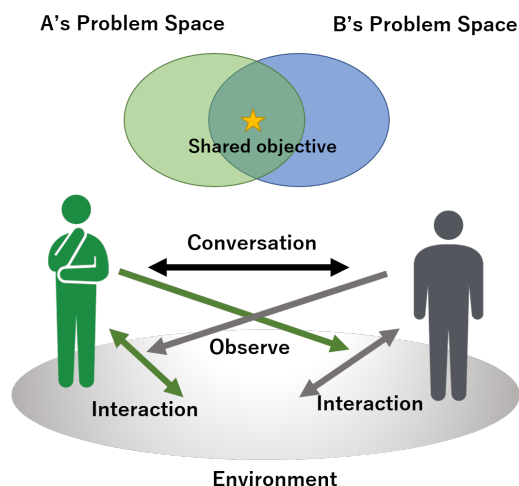


図1 2者による協同問題解決の構造

複数人による問題解決の構造を、人同士ではなく、人と人工的なエージェントとのインタラクションにも応用する試みもある。人工的エージェントとのインタ

ラクションを研究する HAI(Human-Agent Interacton) の分野においては、人がエージェントのような人間ほど高度な情報処理を行えない人工物に対しても、人間とコミュニケーションを行うときと同様の社会的反応をしようことを利用し、協同問題解決の構造を人-エージェントインタラクションに適用する研究が行われている。エージェントを用いた実験により他者の意見を取り入れて問題を捉えなおす視点取得のプロセスなどの協同問題解決における重要な認知活動がエージェントとの協同においても観察されており [8], この結果は協同問題解決の構造が人間ほど高度な情報処理を行えない人工的なエージェントとの相互作用系に適用する場合においても有用となりうることを示していることから、人工的なエージェントとのインタラクションによるアプローチは、人間の問題解決をサポートする有効な手段になると期待できる。

しかし、人間の問題解決を誘発させるために、人同士の協同における構造を人-エージェントインタラクションに適用する上で、実用的な視点で見ると問題が考えられる。その一つとして、ユーザに与える心理的負担がある。人とエージェントが目的を共有して協同問題解決を行うという構造を作ることで、例えばエージェントが見当違いな意見を出すなどして期待される役割を果たせない場合、エージェントとの継続的なインタラクションが行われない恐れがある。また、山本・竹内は、人がエージェントの行為により利益を得る際に返報義務感を感じ心理的負担を生むとしており、一方でエージェントが自分に対して援助をしているという意図を感じないときには返報義務感が生じにくいことを報告しており [9], エージェントによって問題解決への貢献があった場合でも、返報義務感による心理的負担が生じ、エージェントとの継続的なインタラクションに悪影響を及ぼす可能性が考えられる。

本研究ではそのような問題に対し、協同問題解決における 2 者間の直接的なインタラクションではなく、他者と環境のインタラクションの観察による問題解決の誘発に着目し、目的を共有せず直接の情報のやり取りをしない人-エージェントインタラクションによる問題解決誘発のアプローチを提案する。

## 2. 背景

### 2.1 問題解決における固着

人は問題解決を行うとき、しばしばあるものや道具の典型的な機能や、特定の方法に縛られてそれがうまくいかないことがある。これは固着と呼ばれ、ある目

的に対し、常套的、あるいは日常的な手段を用いることで生じやすくなると考えられている [4]。固着が生じることにより、問題の解決が阻害されたり、非効率的手段・解法を採用し続けてしまう。固着が生じる課題の例として Duncker(1945) のろうそく問題が挙げられる [10]。与えられた道具を使って壁にろうそくを固定するろうそく問題においては、道具を入れる箱は画鋲で壁に固定することでろうそくを載せる台として使えるが、箱の「容器としての機能」に固執することで箱の「ろうそくを立てる台としての機能」を見出すことが阻害される。また、解が一意に決まらない創造的な問題解決場面においても同様のことが観察されることも示されている。新たな玩具のアイデアを発明するという課題において、例として「1人が2つのラケットを使ってボールを打ち合い、電子カウンタによりうまくボールを打てた回数を記録する」という玩具を提示された条件では、統制条件よりも「電子装置を使う」、「ボールを使う」、「身体的活動に関連する」といった例に見られる特長を含むアイデアの生成率が上昇したことが報告されている [11]。

このように固着は、答えが一つに決まった問題のみならず、創造的な問題解決においても障壁となりうる要因であり、これを解消することは新たなアイデアやブレイクスルーをもたらす人-エージェントインタラクションを考える上で重要な要素となる。本研究における問題解決場面の前提として、固着の中でも、常套的手段を用いることに対する固着に着目し、それを解消するような人-エージェントインタラクションについて考える。

### 2.2 目的を共有しない 2 者間関係

1 章で述べたように、目的を共有し協同で問題に取り組むことで新たな発見やブレイクスルーがもたらされる場合がある一方で、そのような問題解決の構造のほかにも複数人により結果的に問題解決が導かれる場合が考えられる。例えば、ある研究者 A が別の研究者 B による実験データを参照して自らの研究に役立てるというありふれた事例を想定する。このとき、A は一方的に B による実験結果を参照しており、A と B が面識がない限りは互いに目的を共有する協同問題解決の構造とは異なるが、結果として B の環境とのインタラクションの結果が A の問題解決に貢献したといえる。このようなインタラクションにおいては、図 2 のように、目的は共有していないが、他者と環境のインタラクションを通じて他者がどのような手段をもって

環境に作用しているかを観察し、自らの問題解決に応用しようとするという関係が成り立つと考えられる。

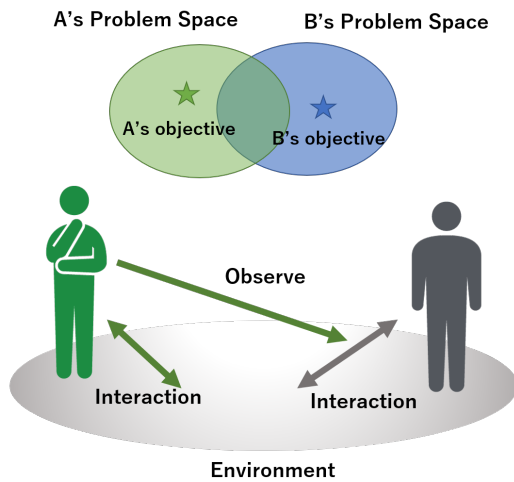


図2 問題解決における目的を共有しない2者間関係の構造

また、一方が目的を持たない2者間の関係も想定することができる。X線やペニシリンの発見など、偶発の出来事による新たな発見（セレンディピティ）の例は数多く存在しているが、同様に他者の偶発的（あるいは偶然を装う）行動から問題解決が誘発される場合も考えられるだろう。例えばMaierの2本紐問題では、実験者が部屋を歩きながら偶然を装い肩で紐に触れ揺らすことで、機能的固着が解消されやすくなることが報告されており、さらに固着が解消され問題を解決できた実験参加者の多くは、そのきっかけとして実験者による紐への接触に言及することはなかった[12]。

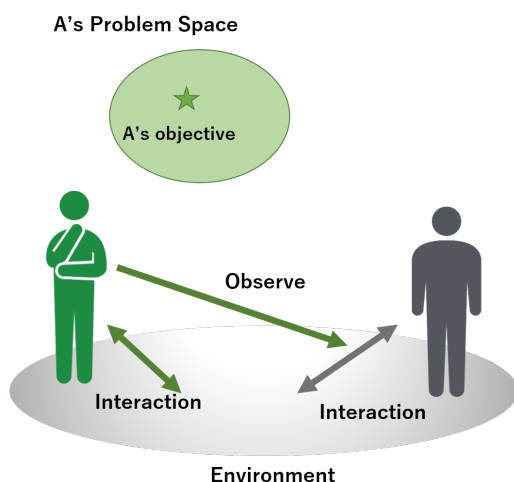


図3 問題解決において一方のみが目的を持つ2者間関係の構造

このように、目的を共有しない、あるいは一方が目

的を持たない2者間関係においても固着を解消し問題解決に導くことは可能であり、さらに、前述のような心理的負担を与えうる目的を共有する構造を用いないことから、このような2者間関係は問題解決を誘発する人-エージェントインタラクションとして有用性が期待できる。

### 3. 議論

人-エージェントインタラクションを人の問題解決の誘発に応用するためには心理的負担の軽減や持続可能なインタラクションデザイン的设计（インタラクションが継続しないというリスクの軽減）など課題がある。本稿においてはそれらの問題を考慮し、問題解決における固着を解消する人-エージェントインタラクションのデザインを提案した。以下では、提案した2者間構造についての考察を行う。

本稿で提案した、問題解決における固着解消のための人-エージェントインタラクションはどのような課題にも適用可能だろうか。固着を引き起こすとされる様々な課題に対して協同問題解決がどう寄与するかについての先行研究を踏まえて考える。

三宅らは、複数の古典的な問題解決の研究で用いられてきた課題について、協同（ペア）で取り組むことでパフォーマンスが変化するかどうかを実験により観察した[13]。9つの点すべてを一筆書きの4本の直線で結ぶ9点問題では、ほぼすべてのペアについてパフォーマンスが向上したことが観察されている。一方で、それまでうまくいっていた解法に固着することで、より効率的な解法に気づきにくくなることが知られているLuchins[14]の水瓶問題では、2人がペアでこの問題に取り組み、2人が共に固着を起こした場合、個人がその状態になったときよりも固着を解消するのに時間がかかりやすいことが示されている。

これらの結果から三宅らは、協同での問題解決により個人より高いパフォーマンスが得られる課題について、「解き方の途中のプロセスが相手に見えるかどうか」、「解法の中の一つ一つの小ステップに対して正誤を決められるかどうか」という2つの分類軸を提案しており、解き方のプロセスが相手に見え、小ステップに対し正誤が判断しづらい課題において協同問題解決により高いパフォーマンスが得られやすいことを示した。

小ステップの繰り返し为目标達成のための手段を構成すると考えれば、一方がある手段をもって環境に作用する一つ一つのステップを他方が観察できることが協同問題解決のパフォーマンスを引き出すために

必要であると考えられる。さらに、水瓶問題において2人ともが同じ固着に陥ることによって個人よりもパフォーマンスが低くなることから、協同が問題解決を誘発するためには、両者が同じ手段を用いないことが重要になると考えられる。

本稿で提案した人-エージェントインタラクションにおいても、他者の環境とのインタラクションを参照するという構造は協同問題解決と共通しているため、上述の結果が適用されることが予想される。

また、新たなアイデアやデザインを生み出す創造的問題解決において提案するインタラクションを適用することを考えると、問題解決がアイデアの生成と解釈を繰り返すようなプロセスで行われ、アイデアの生成段階において双方が見ることができる（人-エージェントインタラクションにおいてはエージェントの生成物を人が参照できることが主になると考えられる）ようにアイデアの外化が行われる場合に有効であると考えられる。

そこで本研究では、問題解決場面における目的を共有しない人-エージェントインタラクションの有用性を検証するため、以下に示す事前実験と本実験の2つの実験を検討している。事前実験では、図4の左側に示すように、個人で行う課題を設定し、その実験課題において目的と手段の固着が生じるかどうかを検証する。そして本実験においては事前実験の環境を拡張し、図4のように提案する人-エージェントインタラクションの構造を取り入れる。この実験により、以下の2点について検証する。

- 人とエージェントで目的を共有しない場合においてエージェントと環境のインタラクションの観察が人の問題解決の誘発に貢献しうるかどうかが
- 人とエージェントで目的を共有しない場合においてエージェントの貢献による心理的負担を軽減しうるかどうかが

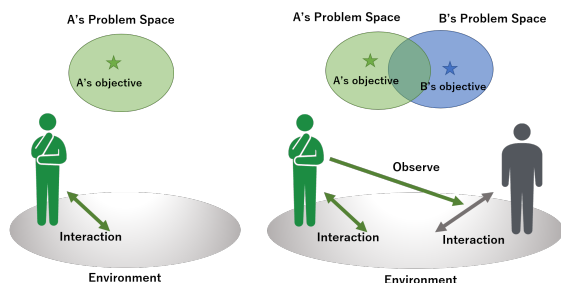


図4 事前実験(左)と本実験(右)において想定する問題解決の構造

## 実験課題

上述の通り、本稿において提案した人-エージェントインタラクションによる問題解決の誘発は、一方の一つ一つの行動ステップを他方が観察できるような場面において有効であると考えられる。よって本研究の実験では前提としてエージェントの行動のステップを人が観察できるようなタスクを用いる。

## 要因

本研究は、人とエージェントで目的を共有しない場合においてもエージェントと環境のインタラクションの観察が人の問題解決の誘発に貢献しうるかどうかを目的の一つとして設定している。よって本研究の実験では、人が行うタスクとエージェントが行うタスクの目的が一致しているかどうかを要因として設定する。

## 観察項目

本研究の実験における観察項目は、以下を想定している。これらの項目を観察して得られたデータに基づき、提案する人-エージェントインタラクションが問題解決を誘発したかどうか、そして「エージェントが問題解決を手伝ってくれた」というような実験参加者が感じる心理的負担を軽減することが可能かどうかについて議論を行う。

- 課題を達成したかどうか
- 課題達成までの時間
- 実験参加者の、エージェントに対する印象やエージェントの貢献度（アンケートによって観察）

## 4. まとめ

本稿は、人-エージェントインタラクションを活用した問題解決の誘発において、協同問題解決のパラダイムを適用する上での課題について言及し、目的を共有しない2者間関係による問題解決の誘発について検討するものである。

近年の人工的エージェントを用いたサービスの発展や、1章で言及したような人工的エージェントとの協同問題解決の可能性を踏まえれば、今後さらに人工的エージェントが社会に浸透し、人-エージェントインタラクションを活用した問題解決の誘発に関する研究やサービスが増えることが期待される。その一方で、エージェントによる貢献が心理的負担を起しうるといった問題点が指摘されている。

そこで本稿では、解のある問題解決や、決まった答えのない創造的問題解決を阻害する要因の一つである固着に着目し、目的を共有しない人-エージェントインタラクションにおいても固着の解消、問題解決の誘発が生じるかどうかについて実験による観察を行うことを検討している。

本研究で問題解決を阻害する要因として着目している固着は、新たなアイデアやデザインの創出といった創造的な問題解決においてもみられることから、本研究で提案した人-エージェントの関係性に基いた人-エージェントインタラクションを発展させることにより創造的問題解決の支援という領域にも応用できることが期待される。

本稿においては、1体のエージェントとのインタラクションを前提として議論を行ったが、今後の課題として、それを多数のエージェントとのインタラクションに拡張した場合を想定すべきかもしれない。エージェントが多数いる場合、各エージェントの持つ目的や手段の数、そしてエージェントの数など、1体のエージェントの場合より多様な組み合わせが考えうる。たとえばn通りの方略を持つ1体のエージェントが存在する場合と、1通りの方略を持つn体のエージェントが存在する場合では、システム全体が環境に及ぼす変化が同じ場合でもユーザに対する影響は異なるかもしれない。このようにエージェントという認知主体をシステムの中でどのように分割するかという観点を取り入れて検討する余地もあるだろう。

## 文献

- [1] Okada, T. Simon, H. A(1997). Collaborative discovery in a scientific domain. *Cognitive science*, **21**(2), 109-146
- [2] Gauvain, M. Rogoff, B(1989). Collaborative problem solving and children's planning skills. *Developmental psychology*, **25**(1), 139
- [3] Wilczenski, F. L. Bontrager, T. Ventrone, P. Correia, M(2001). Observing collaborative problem-solving processes and outcomes. *Psychology in the Schools*, **38**(3), 269-281
- [4] Finke, R. A(1990). *Creative imagery: Discoveries and inventions in visualization*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [5] 石井成郎・三輪和久 (2001). 創造的問題解決における協調認知プロセス. *認知科学*, **8**, 151-168
- [6] 林勇吾, 三輪和久, 森田純哉 (2007). 異なる視点に基づく協同問題解決に関する実験的検討. *認知科学*, **14**(4), 604-619
- [7] 清河幸子, 伊澤太郎, 植田一博 (2007). 洞察問題解決に試行と他者観察の交替が及ぼす影響の検討. *教育心理学研究*, **55**(2), 255-265
- [8] 林勇吾 (2014). 創造的思考活動の促進のためのインタフェースエージェント. *電子情報通信学会論文誌, A* Vol.J97-A, No.6, pp.443-452
- [9] 山本紗織, 竹内勇剛 (2015). 返報義務感を低減する Human-Agent Interaction デザイン. *知能と情報*, **27**(6), 898-908
- [10] Duncker, K. (1945). On problem-solving. *Psychological Monographs*, **58**(5) (Whole No. 270)
- [11] Smith, S. M., Ward, T. B., Schumacher, J. S(1993). Constraining effects of examples in a creative generation task. *Memory cognition*, **21**(6), 837-845
- [12] Maier, N. R(1931). Reasoning in humans. II. The solution of a problem and its appearance in consciousness. *Journal of comparative Psychology*, **12**(2), 181-194
- [13] 三宅なほみ (2000). 建設的相互作用を引き起こすために. 植田一博・岡田 猛 (編) 協同の知を知る——創造的コラボレーションの認知科学——(pp.40-45). 東京: 共立出版.
- [14] Luchins, A. S(1942). Mechanization in problem solving: The effect of Einstellung. *Psychological monographs*, **54**(6) (Whole No.248)