

エージェントの身体的なキューによる価値発見と協同性 Embodied Cue to Discover Alternative Value in Artifact Design

堀田拓海^{1*} 竹内勇剛¹ 遠山紗矢香¹
Takumi HOTTA¹ Yugo TAKEUCHI¹ Sayaka TOHYAMA¹

¹ 静岡大学情報学部

¹ Faculty of Informatics, Shizuoka University

Abstract: アイデアを発想する能力を支援する上で、エージェントによりユーザのメタ認知的処理を促進させることで創作プロセスを活発にさせるアプローチが考えられる。人は、相手の視線から相手の考えや意図を推定することから、創造性支援においても視線は、自分自身による制約された思考の領域から離れ、相手の思考を推定するメタ認知を誘発する働きを持つと考えられる。本研究では、創造的思考を行う場面において、エージェントの視線によりメタ認知が誘発され、創造的思考が促進されるという仮説を検証した。創造的発明課題に基づいた実験を行い、エージェントの視線が創造的思考過程に及ぼす影響を観察した結果、エージェントに対する意図の帰属を促した場合において、視線操作が単純なポインティングとは異なる要因により創造的思考過程に影響を与える機能を持っていることが示唆された。

1 はじめに

情報技術の発展に伴い、創造活動を支援するソフトウェアによって、より多くの人々が気軽に創造活動を行う機会が増えている。創造活動に必要な能力として、アイデアを発想する創造的思考能力と、発想したアイデアを表出させる外在化能力の二つが最低限必要とされる [1]。外在化能力の支援を行うソフトウェアの例は、作曲の分野では MakeMusic 社の Finale [2] や Apple 社の GarageBand [3] といった音楽・楽譜制作ソフトウェアなどが挙げられる。これらのソフトウェアは、思いついたアイデアを表出させるための補助を行うことで、外在化能力を支援することができる。

一方で、創造的な思考プロセスを促進させるためにはどのような方法が考えられるだろうか。林らは、エージェントがユーザのアイデアの評価を行うことでより独創性の高いアイデアが生まれるとし、創造性支援におけるエージェントを用いたメタ認知の促進の有効性を示した [6]。よって、創造性支援においてエージェントを用いてメタ認知を促進させるというアプローチは有効であると考えられる。

しかし、ユーザのアイデアの創造性をエージェントが適切に評価することが可能かどうかという疑問が生じる。創造を扱った研究における創造性の評価は、複

数の人間によって評価するか、新奇性など創造性の一要因を取り出して評価するものが多く、ユーザのアイデアの創造性をリアルタイムでエージェントが評価することは検討されていない。

そこで、本研究ではエージェントの視線操作を用いたメタ認知の促進と探索空間の拡張について検証し、より創造プロセスを活発にさせるエージェントのデザインについて検討する。本研究を進展させることにより、定量的な評価が困難な状況においても、効果的な創造支援を行うことが可能なエージェントがデザインされ、より多くの人々が創造的活動に取り組みやすい環境が作られることが期待される。

2 背景

2.1 ジェネプロアモデル

Finke らは、人間の創作プロセスのモデルとしてジェネプロアモデルを提唱した (図 1)。

ジェネプロアモデルによれば、人間の創作プロセスは二つの段階から成り立つ。創作プロセスは、まず発明先行構造と呼ばれる心的イメージを生成する段階から始まり、生成した発明先行構造の解釈・評価を行う段階に続く [7]。評価の結果、満足な結果が得られない場合は、再び発明先行構造を生成するか、修正を行う。この二つの段階を行き来し、アイデアの再生成や修正

*静岡大学情報学部情報科学科

〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: cs15088@cs.inf.shizuoka.ac.jp

を繰り返すサイクルは、人間が創造的な思考を行う際に典型的に生じる。

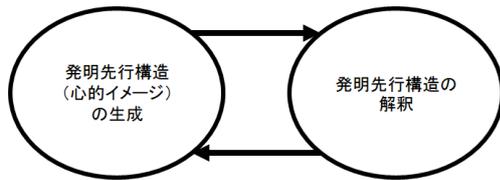


図 1: ジェネプロアモデル

2.2 探索空間とメタ認知

Finke らによると、創造的問題解決の場面において、解決者は新しい状況や問題に出会ったとき、習慣的・常套的な考え方を認識し回避することができ、また暗黙的に自分自身に課している制約などの障害に対して敏感な必要がある [7]。つまり、新しいアイデアを考える上で用いられる情報を探索する場面において、暗黙的に自分自身に制約を課してしまうことが、より新奇性の高い可能性のあるアイデアに到達できない原因となると考えられる。

自ら情報を探索する範囲（以下、探索空間）に制約を課してしまう人に対し、探索空間を拡張させる方法の一つに、メタ認知の促進が挙げられる。吉田らは、実験参加者がメタ認知的処理を働かせることにより探索空間が拡張され、幅広い情報にアクセスすることが可能になり、創造的課題に対するパフォーマンスが向上することを示した [5]。

以上から、創造的思考の支援にあたり、メタ認知を促進させ探索空間を拡張させるというアプローチが有効であると考えられる。

2.3 エージェントの視線によるメタ認知の促進

Dennet によれば、人は他者の振る舞いを理解するために物理スタンス、設計スタンス、意図スタンスの3つのスタンスを使い分ける [8]。物理スタンスとは、主体の振る舞いをその物理的性質や法則により理解するスタンスである。設計スタンスとは、主体はある設計原理に基づき設計されていて、設計通りに動作しているのだと、物理的な性質には着目せずに理解するスタンスである。そして、意図スタンスとは、主体はなんらかの意図や信念を持ち、それらに基づき行動していると解釈するスタンスである。

意図スタンスを採用させやすくする要因として、外部からの力を受けずに動作する自己推進運動 [9] や、ある目標に向かおうとする目的指向性 [10] があり、視線

は、目的指向的動作を予想させるため、人に意図スタンスを生じさせやすくすると考えられる。

たとえ相手が人工物であっても、人間はその人工物が何かに注意を向ける動作をしている場合、意図を帰属させ振舞いを理解しようとする [11]。つまり、エージェントのような人工物であっても、視線を送る動作をすることにより、人間が「エージェントはなぜそこを見ているのか」とエージェントの思考を推定することが考えられる (図 2)。

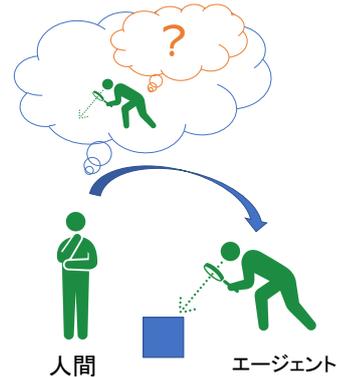


図 2: エージェントの視線による意図の帰属

創造的課題を行っている場面においてもエージェントの視線は、自分自身の探索空間から離れ、相手の探索空間を推定するというメタ認知を促し、結果として自らの探索空間を拡張する重要なきっかけとなることが考えられる。また、より効果的に意図の帰属を生じさせるために、視線以外の方法でもエージェントが意図や目的を持っていることをユーザに意識させることは有効であると考えられる。

3 実験

3.1 目的

創造的思考課題における、エージェントの視線による効果について実験による観察を行う。実験の課題は指定されたパーツを組み合わせ、独創的かつ実用的な発明品を生み出すというものである。この課題は、Finke [12] による創造的発明実験を元に作成した。創造性は、創造的思考能力の他に創造を行う分野の専門性も必要であるとされている [13] ため、本実験では家電製品というほとんどの人が日常的に扱っているものを課題の題材とした。

3.2 手順

実験は、チュートリアル、発明フェーズ、改良フェーズの3つの段階で構成される。チュートリアルでは、実験参加者は図3に示すVR空間内で課題のルールについての説明を受け、操作の練習を行う。チュートリアルを行う際にはエージェントが登場し、条件によってはパーツ組み立てのデモンストレーションを行う。チュートリアルが終了すると、発明フェーズに移行する。

発明フェーズでは、実験参加者はパーツの組み立てを行い発明品を作成し、発明品に対する説明を記述する(図5)。発明品の記述が終了すると、作成した発明品のアイデアの価値が、0円~500円の範囲で評価される。なお実際には評価額は固定値である。

その後、改良フェーズに移行し、実験参加者には発明品の改良を行う時間が与えられる。この際、エージェントの視線もしくはポインティングにより、特定の部品あるいは制作中の作品の部位を指し示す(図6)。実験終了後にアンケートによる調査を行う。

実験に用いるパーツの一覧を以下に示す(図4)。パーツ名は上段左からリング(Ring)、直方体(Rect)、立方体(Cube)、板(Flat_square)、下段左から球(Sphere)、半球(Half_sphere)、円柱(Tube)、円錐(Cone)である。

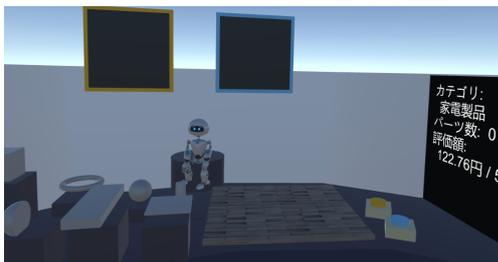


図3: 実験環境

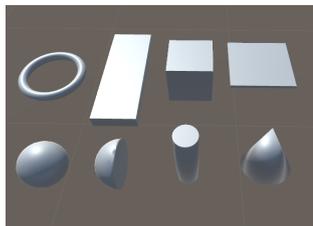


図4: 実験で用いるパーツ

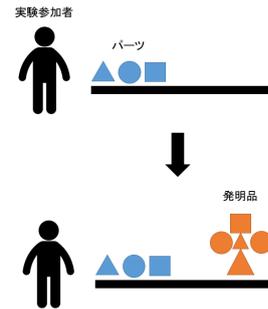


図5: 発明フェーズ

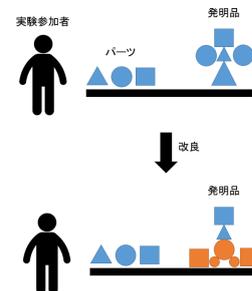


図6: 改良フェーズ

3.3 条件

本実験では、指示方法とデモの2要因について被験者間実験を行う。

指示方法要因は、エージェントの視線、ポインティング(エージェントは現れず対象パーツを光らせる)、統制(パーツに対しなにも行わない)の3水準から構成される。パーツを光らせるポインティング条件を指し示す方法に付け加えるのは、視線の効果が、単純にパーツ自体を指し示したことによるもののみでないことを確認するためである。デモ要因は、エージェントによるデモありとエージェントによるデモなしの2水準から構成される。エージェントにデモを行わせるのは、実験参加者に対しエージェントが課題の目的を把握していることを意識させることで、意図の帰属が生じ、メタ認知の促進が起こることを確認するためである。

デモ要因2水準 × 指示方法要因3水準の計6条件で実験を行う(表1)。

3.4 観察項目

掴んだパーツのうち、そのパーツが視線・ポインティングで示したものである回数を観察することにより、エージェントやポインティングによる実験参加者の行

表 1: 実験条件

		指示方法		
		視線	ポインティング	統制
デモ	デモなし	条件 A	条件 B	条件 C
	デモあり	条件 D	条件 E	条件 F

動への影響を観察する。さらに、アンケートによりエージェント・ポインティングに対する印象や実験参加者の発明品の評価、発明に対するモチベーション等を観察する(表 2)。アンケート項目は、HMD の使用回数を問う No.2 と 0~500 円で値段を記述する No.8、自由記述の No.19 以外は 7 件法を用いる。

3.5 仮説と予測

仮説 1 : エージェントの視線により実験参加者のメタ認知が誘発され、創造的思考が促進する。

予測 1 : エージェントの視線条件はポインティング条件よりも、当初の計画からの変更をより多く引き起こし、作品の創造性評価も高くなる。

仮説 2 : エージェントが教示を行う条件では、エージェントの視線を意図に帰属しやすくなり、メタ認知の誘発がより多く行われる

予測 2 : 条件 D は条件 A よりも当初の計画からの変更をより多く引き起こし、作品の創造性評価も高くなる。

3.6 結果

3.6.1 パーツ保持回数と一致数

エージェントやポインティングが出現する改良フェーズにおいて、実験参加者がパーツを保持した回数と、保持したパーツが視線やポインティングの指し示しているパーツと一致した回数を以下に示す(図 7)。

指示方法要因と、指し示すパーツを実験参加者が保持する確率(以下、一致率)に関連があるか検討するため、条件 A,B,C と条件 D,E,F に対しカイ二乗検定を行った。その結果、デモを行わない条件 A,B,C では 2 要因に関連は見られなかったが、デモを行う条件 D,E,F においては、条件 E での一致率が、条件 F の一致率より優位 ($\chi^2 = 19.467, p < .05$) に高いことが確認された。

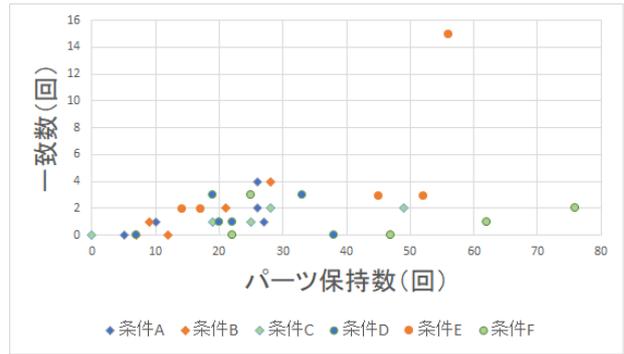


図 7: 各実験参加者のパーツ保持回数とパーツ一致数

3.6.2 独創性の自己評価

アンケートの質問 No.6 「あなたが作成した発明品に対し、独創的であるかどうか自己評価をしてください」の各条件の平均について 2 要因の分散分析を行った。その結果、各要因の主効果は観察されなかったが、2 要因間で交互作用が有意 ($F_{(2,25)} = 3.56, p < .05$) であった(図 8)。

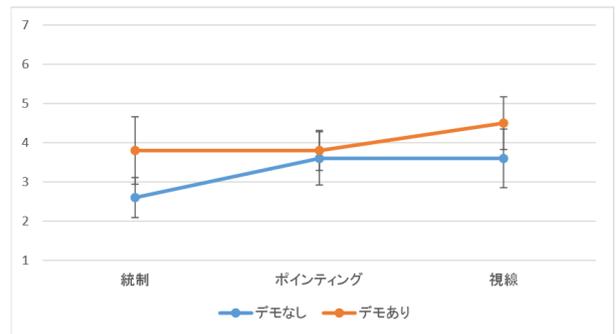


図 8: 各条件における独創性の自己評価の平均

3.6.3 指し示しへの気づき

アンケートの質問 No.15 「あなたはエージェント(パーツが光っていること)に気づきましたか?」の各条件の平均について 2 要因の分散分析を行った。その結果、ポインティング条件の得点が、視線条件よりも有意に高く ($F_{(1,17)} = 13.95, p < .01$) 指示方法要因による主効果があった(図 9)。

表 2: アンケート項目

質問 No.	質問内容
1	あなたは実験に対して最後まで集中して取り組むことができましたか？
2	あなたは実験以前にヘッドマウントディスプレイ（HMD）を使ったことがありましたか？
3	あなたは自分自身が HMD に表示されたバーチャル空間にいるように感じられましたか？
4	コントローラーによるパーツの操作性はよかったですか？
5	あなたは実験にかかった時間についてどのように思いましたか？
6	あなたが作成した発明品に対し、独創的であるかどうか自己評価をしてください。
7	あなたが作成した発明品に対し、実用的であるかどうか自己評価をしてください。
8	あなたが作成した発明品のアイデアを売るとしたらいくらで売りますか。 (0～500円)の範囲でお答えください。
9	最初の発明品を作る際、あなたはモチベーションを持って発明に取り組みましたか？
10	最初の発明品を作る際、あなたはどの程度考えに行き詰まることがありましたか？
11	最初の発明品を作る際、考えの行き詰まりの多くは解消されましたか？
12	評価が行われた後で発明品を改良する際、あなたはモチベーションを持って発明に取り組みましたか？
13	評価が行われた後で発明品を改良する際、あなたはどの程度考えに行き詰まることがありましたか？
14	評価が行われた後で発明品を改良する際、考えの行き詰まりの多くは解消されましたか？
15(条件 A,D のみ)	あなたはエージェントの視線に気づきましたか？
16(条件 A,D のみ)	あなたはパーツを選ぶ際にエージェントの視線を参考にしましたか？
17(条件 A,D のみ)	エージェントがなぜ特定のパーツに視線を向けているのかという意図を考えましたか？
18(条件 A,D のみ)	エージェントが目的や意図を持っているように感じましたか？ もしあるのならどのような目的・意図か下の自由記述欄に記述してください。
15(条件 B,E のみ)	あなたはパーツが光っていること（以下、ポインティング）に気づきましたか？
16(条件 B,E のみ)	あなたはパーツを選ぶ際にポインティングを参考にしましたか？
17(条件 B,E のみ)	エージェントがなぜ特定のパーツがポインティングされているのかという意図を考えましたか？
18(条件 B,E のみ)	パーツのポインティングについて、目的や意図を持っているように感じましたか？ もしあるのならどのような目的・意図か下の自由記述欄に記述してください。
19	実験に対して何か思ったことや気になったことがあれば記述してください。

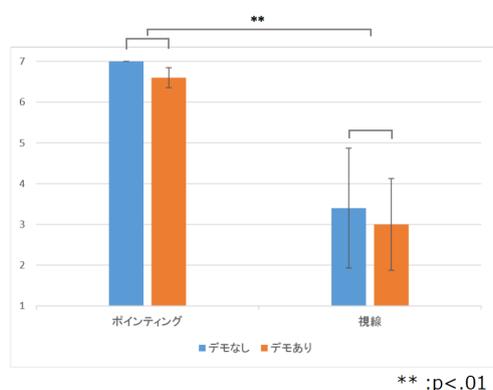


図 9: 各条件における「エージェントの視線（ポインティング）に気づいたかどうか」の評価の平均

3.7 考察

3.7.1 パーツ保持回数と一致数

検定の結果、デモを行う水準においてポインティングのパーツ一致数が有意に高かったことから、ポインティングが指し示したパーツに対して注意を向ける働

きがあることが示唆される。

一方で、視線条件におけるパーツ一致数の統制条件との有意な差はなかったことから、本実験において視線が、指し示めたパーツに注意を向けるという効果は観察されなかった。

3.7.2 独創性の自己評価

図 8 の結果より、視線とデモによる主効果は確認できなかったが、2 要因間で交互作用があったことから、エージェントの視線は、エージェントに対する意図の帰属を行わせることで創造的思考過程に影響を与える可能性が示唆される。

3.7.3 指し示しへの気づき

アンケートの質問 No.15「あなたはエージェント（パーツが光っていること）に気づきましたか？」において、ポインティング条件の得点が、視線条件よりも有意に高いことから、創造的思考場面においてエージェントの視線は、パーツ自体がハイライトされるポインティングと比べ実験参加者に意識されにくかったことが推察される。

また、アンケートの質問 No.15「エージェントが目的や意図を持っているように感じましたか？」の分散の大きさから、被験者によって、エージェントの行動に対して意図スタンスを採用したのか、そのほかのスタンスを採用したのか、あるいはエージェントの行動を意識していなかったのが分かれたことが考えられる。

3.7.4 考察のまとめ

発明品の自己評価において、エージェントに対する意図の帰属を促す2つの要因間に相互作用が観察されたことから、エージェントの視線が、パーツに直接意識を向けさせるポインティングとは異なる、意図の帰属に基づいたプロセスにより創造的思考を促進している可能性が示唆される。

また、エージェントの視線に対する気づきの結果から、視線に対して強く意識をすることがなくとも、無意識的に処理される要素が創造的思考に影響を与えていると推察される。

西村らは、洞察問題解決において、意識と一定程度分離され機能する、意識されない潜在システムの重要性を示唆しており [14]、本研究における意図の帰属に基づいたプロセスについても、意識的に処理されるプロセスと無意識的に処理されるプロセスから構成されている可能性が考えられる。

これらの結果から、エージェントの視線が、パーツに直接意識を向けさせるポインティングとは異なる、意図の帰属に基づいたプロセスにより創造的思考を促進している可能性が示唆される。

また、エージェントの視線に対する気づきの結果から、視線に対して強く意識をすることがなくとも、無意識的に処理される要素がメタ認知を促進し、創造的思考に影響を与えている可能性が考えられる。

4 まとめ

本研究では、エージェントの視線がメタ認知を誘発し、創造的思考プロセスが促進されるという仮説のもと、創造的思考課題におけるエージェントの視線の、パーツの選択や発明品の自己評価への影響を観察する実験を行った。

実験の結果、エージェントの視線による効果は観察されなかったが、エージェントが目的や意図を持っていると示した場合において、視線操作が、単純なポインティングとは異なる要因によって、創造的思考プロセスに影響を与える機能を持っていることが示唆された。

また、実験参加者が視線に対して強く意識することがなくとも、無意識的に処理される要素がメタ認知を促進し、創造的思考に影響する可能性が考えられる。

今後は、意図の帰属からメタ認知が誘発され、創造的思考の促進に至るプロセスを明らかにすべく、プロセスのモデルを提案し、創造的思考プロセスへの影響をより定量的に評価するための基準を設け、実験を行う。

視線操作によりメタ認知が誘発され、創造的思考が促進されるプロセスが明らかになれば、リアルタイムな定量的評価の難しい領域においても、より効果的な創造性支援を行うエージェントをデザインする上で貢献できると考えられる。

謝辞

本研究は MEXT 科研費 26118002 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 西本一志 (2017). 創造活動支援システム. 人工知能学大事典. 人工知能学会編. 共立出版, 1073-1076.
- [2] Finale フィナーレ - 世界標準の楽譜作成ソフトウェア 日本語ポータルサイト. <https://www.finalemusic.jp/> (2018年12月19日)
- [3] iOS のための GarageBand - Apple (日本) . <https://www.apple.com/jp/ios/garageband/> (2018年12月19日)
- [4] 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
- [5] 吉田靖・服部雅史 (2002). 創造的問題解決におけるメタ認知的処理の影響. *Cognitive Studies*, 9(1), 89-102.
- [6] 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, 443-452
- [7] Finke, R. A., Ward, T. B., and Smith, S. M. (1992). *Creative Cognition: Theory, Research, and Applications*, The MIT Press, Cambridge, MA (小橋康章訳, 森北出版)
- [8] Dennet, D.C. (1987). *The Intentional Stance*. Bradford Books/The MIT Press.
- [9] Premack, D. (1990). The infant's theory of self-propelled objects. *Cognition*, Vol.36, No.1, 1-16.
- [10] Dittrich, W. H., Feldman, J. (1994). The influence of spatial context and the role of intentionality in the interpretation of animacy from motion, *Preception Psychophysics*, Vol.23, No.3, 253-268.
- [11] 山田誠二 (2007). 人とロボットの〈間〉をデザインする. 東京電機大学出版局.
- [12] Finke, R. A. (1990). *Creative imagery: Discoveries and inventions in visualization*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- [13] Amabile, T. M.(1988). A Model of Creativity and Innovation in Organizations. Research in Organizational Behavior, Vol.10, 123-167.
- [14] 西村友・鈴木宏昭 (2006). 洞察問題解決の制約緩和における潜在的情報処理.『認知科学』, 13, 136-138.