

人間と機械の共創的相互作用における概念融合： ミスマッチの活性化と創発の関係

Conceptual Blending in human-machine Co-creative Interaction: the relationship between emergence and mismatches

周 豪特¹ 橋本 敬¹

Haote Zhou¹, Takashi Hashimoto¹

¹北陸先端科学技術大学院大学 知識科学系

¹ School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract: HAI において、エージェントが人間の思考を喚起することで、人間の思考への支援ができるだろう。一方、概念融合は意味の創発を可能にする思考上の操作である。本研究は、概念間のミスマッチ関係に注目し、その関係を調和させる概念融合思考が、創発に至る共創のための重要な条件であると主張し、ミスマッチに着目し調和することを対話者に促す対話を設計した。2 種類の思考を喚起する対話（ミスマッチ対話と共通対話）実験をデザインし、対話実験により、作った概念の創発性と対話効果を検証する。このような対話が人間とエージェントの共創関係を生み出すことを提案する。

1. はじめに

人間同士は対話というインタラクションを通じて、概念を共有し互いの考えを統合する際、意味を共創することができる。ここで意味の共創とは、活動に参加する全員が、インタラクションを通じて共有された概念への新たな意味づけに貢献することと考える。生成 AI (Artificial Intelligence) などの知的な機械と人間とのインタラクションがこのような共創にいたることが期待され、HAI (Human-Agent Interaction) の分野などでエージェントが人間の思考を支援する研究がなされているが、いかにしてエージェントと人間の共創が実現できるかはまだ深くは理解されていない。

共創がアイデアの生成に至るためには、一方から情報や知識を得るなどの支援を得るだけでなく、得られた情報について思考し、それが創発に結び付くことが望ましい。創発とは、組み合わせで作られたものが、組み合わせる前の要素群の単純な総和にとどまらない特性が生じることである[1, pp.44-45]。インタラクションする機械と人間が共に思考し意味を創発することについては、現在の機械は人間ほどに柔軟な解釈能力をもたないため、人間の思考を完全に代替することはまだ無理である。その代わりに、人間側の思考活動の支援の仕方を解明し、共創に至るポイントを探究することが有効であろう。

意味の創発を可能にする思考の一つに概念融合がある[2]。認知言語学で提案された概念融合という思考は、認知上の操作であり、2 つの概念スペース（入力）から情報を取り出し融合したスペースを作ることである[3]。ここで、概念スペースとは人間の思考において把握される物事の知識である。ある人の「外科医のような屠殺業者」という発話を聞き手が解釈する場合を例にして、意味の創発を説明する[4]。屠殺業者が外科医のように繊細に刃物を使うと、肉を切り分けるのに長時間かかってしまう。したがってこの発言に対して「この屠殺業者は下手だ」という、両方の職業にもともと含まれない性質（意味）が創発する。

概念融合という創発的思考は、人間と機械のインタラクションによる創発が生じる共創にも適用できるだろう。そのためには、機械からの問いなどの働きかけかけによって、人間の思考を刺激し、とくに創発的思考の喚起を強化するような「対話」が必要である。機械による概念融合を目指した研究もなされている[5,6]が、これらの研究は対話にむけた設計がなされていない。

人間と機械の概念融合の対話に関する研究もされているが、共創に至るには不足点が存在している。Zhou ら[7,8]は、HAI 対話においてエージェントが人間の概念融合を喚起し、概念に関する操作が見られて、相手について印象が改善されることを示した。

しかし、意味の創発が生じる条件についてはまだ不明であった。

本研究において我々は、意味の創発が生じるには融合する2つの概念の間のミスマッチに注目しそれ（ミスマッチ）を調和させる関係を新たに構築することが重要だと主張する。ミスマッチとは、2つの入力概念の対応する属性間の矛盾や相違のことである。例えば、外科医の目的は患者の命を救うことに対して、屠殺業者の目的は食事のために動物を分体することである。我々の主張の根拠については第2節で議論する。

本研究の目的は、ミスマッチ対話が対話の産物（結果）の創発性にどのような影響を与えるのか、またミスマッチ対話と思考への影響との関係を解明することである。また、上記の目的を検証するための実験デザインを提案する。本論文では、「ミスマッチ対話」、つまり、エージェントからの刺激が対話で与えられた概念のミスマッチに対話者の注意を引きつけ、概念融合思考を喚起して創発を促進するような相互作用を提案することを目指している。

2. 人間と機械の共創的な対話

2.1 人間と機械の概念融合に関する対話

エージェントからの発話という刺激を受けた人間は、まず概念に関する入力スペースを作り、それを文脈に応じて展開する[9]。たとえば、「外科医のような屠殺業者」という入力を受けた人は、外科医と屠殺業者に関して、以下のような百科事典的な知識を想起して構造を持ったフレームを充実させる。フレームとは概念に関する属性を表すいくつかのロットである。たとえば、外科医や屠殺業者という概念について、文脈に応じてこれらを職業の一種と見なした場合、職業に関する属性として、働く場所、使う道具、作業、目的といったロットがある。これらのロットに、外科医だと手術室で働きメスを使い繊細に人体を切り患者の命を救うことを目的とする、一方、屠殺業者は屠殺場で働き大きな刃物を使い動物の肉・腱・骨を断ち切り動物を殺して肉を食用に切り分けるという値（内容）が入る。

2.2 マッチしやすい共通対話

両入力スペースにおける各ロットの内容は、通常完全に同じではないが、属性が共通するものを対応させることができる場合がある。受け手が、これらの属性の間に矛盾がないと考える、別の言い方をするとミスマッチに注目しない場合は、共通スペースにおいて共通の上位概念としてマッピングされる。すべての概念を上位概念にマッピングさせる場合は、

融合スペースにおける創発がないと考える。この場合は、2つの入力概念の関係は類似性に基づくマッピング、すなわちメタファーの関係にあり、共通スペースはスキーマに対応すると言えるだろう。

2.3 ミスマッチを調和する対話

対応する概念の間のミスマッチに注目する場合、それを単純に上位概念にまとめることはできない。たとえば、外科医は刃物を繊細に操作するのに対して屠殺業者は大胆に使うというミスマッチに注目した場合、屠殺業者が外科医のように刃物を繊細に使ったならば肉を切り分けるのに時間がかかり、操作の効率が悪くなり、その屠殺業者は下手だという意味が生じる。

別の例として「屠殺業者のような外科医」の場合、前記の例と要素概念が同じなので同じ入力スペースが作られ共通スペースもほぼ同じであるが、もし目的間のミスマッチ、例えば手術で繊細に切ることと肉を切り分けるというミスマッチに注目したとすると、それを調和させる次のような新たな関係が構築され得る。すなわち、ミスマッチの2つの属性が融合スペースにマッピングされる時に、「手術にもかかわらず動物の肉を切り分けるようなメスの使い方に見えた」という、患者の命を救うのではなく殺してしまいかねない外科医、すなわち「下手な外科医」という意味が創発する。

ここで、聞き手はミスマッチの属性を含むフレームを調和させる関係を作ることができている[2]。これらの不調和を含むフレームを一つのスペースに統一し関係を付けることは重要と考える。Fauconnier & Turner[4, pp.48-49]が「ブレンドの創造的な可能性は、完成と精緻化というオープンエンドな性質に由来する」と指摘したように、なにをミスマッチとして活性化するかは自由であり、そのミスマッチからどのように新たな関係を作るかには無限の可能性がある。

この人間の柔軟な選択と精緻化の結果が、意味の創発にいたると考える。したがって本研究では、ミスマッチを含みうる刺激からミスマッチを調和する関係を生み出す融合思考を聞き手に喚起することに着目し、ミスマッチと創発との関係を検証する。

3. 実験デザイン

3.1 仮説

われわれの目的は、ミスマッチを注目させる刺激からミスマッチを調和させる関係を作り出す聞き手の概念融合思考は概念の創発に影響があるということを検証することである。本研究では、思考への影

響は対話を通じて生じた産物の創発性、対話の思考への効果という二点から構成される。それに対して、われわれの仮説は、概念融合思考において、ミスマッチに注目しそれを調和させると融合した概念に創発が生じやすい、というものである。

この仮説は 1 要因 2 水準参加者内デザインの実験で検証する。すなわち、各参加者 2 つの異なる対話に参加する。

3.2 独立変数：対話のタイプ

ミスマッチに注目することが創発の要因の一つであると考えているので、仮説を検証するために、ミスマッチに注目するかどうかを独立変数とした。そこで、この変数を操作するために、参加者にミスマッチを注目させる思考（実験条件）と、それに対してミスマッチではなく共通点を注目させる思考をそれぞれ喚起する 2 つの概念融合対話を設計した。各対話は以下のようなものである。

3.2.1 共通点注目対話

エージェントから、人間に入力概念間のミスマッチではなく共通点に注目させ、上位概念についての思考を喚起する対話である。この条件では、エージェントから、人間に特定の 2 つの概念に関してマッチしやすそうないくつかの典型的なイメージを与える（対話例は 3.5 実験材料で紹介する）。その後、エージェントからの質問により、人間の概念融合思考を喚起する。参加者には、喚起されたことを話さず、思考だけするよう指示する。その後、融合前の 2 つの概念と融合後の概念の 3 者間の共通点を問うことによって、共通する関係の思考を促す。最後に、エージェントから融合した概念のイメージを問う。

3.2.2 ミスマッチ注目対話

エージェントから、人間に入力概念間のミスマッチに注目し調和させる思考を喚起する対話である。この条件では、エージェントから、人間に特定の 2 つの概念に関してマッチしにくそうないくつかの典型的なイメージを与える。その後、エージェントからの質問により、人間の概念融合思考を喚起する。参加者には、喚起されたことを話さず思考だけするよう指示する。その後、融合前の 2 つの概念からなぜ融合後の概念が生まれるかを問うことによって、ミスマッチの関係を調和する思考を促す。最後に、エージェントから融合した概念のイメージを問う。

3.2.3 対話の相違点

相違点に関しては、説明する概念のマッチしやすさと融合した概念を喚起する前の思考である。（共通点注目対話は共通点に注目させる、ミスマッチ注目対話は融合概念が成立する論理性に注目させる）詳細は表 1 で表す。

表 1 対話の相違点

	共通点注目対話	ミスマッチ注目対話
注目する概念	マッチしやすそうないくつかの典型的なイメージ	マッチしにくそうないくつかの典型的なイメージ
注目する概念の例	屠殺業者は肉体を切り分け、包丁を使う 外科医は患者を治療する、メスを使う	屠殺業者は肉体を適当に切り分ける、肉の商売をする 外科医は精緻に手術をする、給料をもらう
融合を説明する前に喚起する思考	概念間の共通点	融合概念が生まれる論理性
喚起する思考の質問	共通点注目対話は融合前の 2 つの概念と融合後の概念についての共通点	融合前の 2 つの概念からなぜ融合後の概念が生まれるか

3.3 従属変数

本研究の従属変数は、ロボットとの概念融合対話を通じて生じた産物の創発性、対話の思考への効果、および、実験前後の個人の思考傾向という 3 つの指標から構成される。

3.3.1 産物の創発性

本実験では、産物は実験参加者が概念融合についての発話の全体である。主に参加者が融合した概念についての見解である。創発を組み合わせる前の要素群の単純な総和にとどまらない特性が生じることと定義している。この定義から操作的な定義を作れる。すなわち、産物の中に、ロボットが与える概念、およびウィキペディアに言明されてない属性があれば創発があったとする。

産物の創発について、実験者による質的な分析と自然言語処理という二つの客観的な分析と、参加者の振り返りによる主観的な分析を行う。

創発の有無についての分析は、対話を逐語録にし、テキスト分析という方法を想定する。実験参加者とロボットとの対話、インタビューでの発話を分析対象とする。一つは実験実施者によるテキスト分析という質的な分析で、参加者が概念についての創発・創造力を評価する。質的な分析はメンタルスペースの方法に取り組む。具体的には、ロボットが提示概念、実験参加者が概念融合についての説明で、メン

タルスペース[3]を書くことによって分析する。自然言語処理の方は、実験参加者の融合した概念についての説明をテキストにする。提示した融合する二つの概念の説明文を言語コーパスから取り出し、参加者の説明文とコーパスの説明文との単語の共起関数を計算する。共起されない、もしくは、単語の共起度が低い場合、創発の可能性が高いと考えられる。

一方、対話の振り返りに関して、半構造化インタビューとアンケートで、実験参加者に自己認識をさせる上で、創発が生じたかどうかを聞いて確認する。自己認識では、実験参加者は自分の産物についての理解を振り返り、産物の創発性についての考えを説明してもらう。具体的には、対話後のインタビューで、参加者に「融合した概念はロボットが言ったことに含まれると思いますか」などを聞くことによって調べる。

3.3.2 対話の効果

この従属変数は思考という行動と思考の性質から構成される。対話を通じた人間の思考への効果についてアンケートを行う。具体的な思考種類は、疑問点を持ったか、思考を喚起したか[10, pp.124-136]を参照して作る)、発想や創造しようとしたか ([11,p.28]より編集)、ミスマッチがある場合に調和しようとしたかどうか ([10,12]より編集)、ロボットとのインタラクション体験についての感想という5つの項目と対話体験についての印象から構成される。それぞれのアンケートは先行研究を参照して作った。各項目は複数の質問から構成される。アンケートは合計30問がある。回答は五段階のLikert尺度である。回答のスコアを1-5とし、各項目におけるすべての質問のスコアの平均を各項目のスコアとした。

例えば、「思考の柔軟性や調和しようとしたか」という項目では「このロボットとの対話を通じて、矛盾した話を聞いてもうまく処理できるようになった」という質問があり、これは人間が対話を通じた思考への効果、調和する思考への影響を調べることができる[10,12]。発想や創造しようとしたかでは「このロボットは私の思考にインスピレーションを与えた」という質問があり、これにより人間が対話に通じて得た創発的な思考を調べることができる[11, p.28]。

3.3.3 個人の思考傾向

個人差を配慮するために、実験実施前に人の思考傾向という個人差を取る。思考傾向は、対話が思考へ与える効果から編集したものである。例えば、対話が思考へ与える効果で聞いている「このロボットとの対話を通じて、疑問が生じた」という質問は、思考傾向では「自分は、疑問が生じしやすい人だ」

という質問に対応する。

4 まとめ

概念融合は概念の創造や創発を可能にするメンタル上の操作である[9]。われわれは、概念間の矛盾を調和させる関係が作る概念融合思考はHAIにおける創発がある共創に至る重要な条件であると主張し、それを検証するため、ミスマッチを注目し調和させる関係の作る対話を提案した。本研究はミスマッチを注目し調和させるが創発に有効であることを狙って、ミスマッチを注目対話と共通点注目対話を設計し、ロボットとの対話実験で検証する。

われわれは2種類の思考（ミスマッチ注目、共通点注目）を喚起する対話を設計し、ロボットの人間の対話実験により産物の創発性、思考への効果を検討する。すなわち、実験では、対話エージェントから発話・質問し人間に回答させることで、人間に2種類の思考方向へ着想・発想をさせる。ロボットとの対話後、ロボットと対話について産物の創発性、思考への効果を調べる。

このような新しい概念を生み出す思考の一つである概念融合を促す対話ができる対話エージェントにより、人間が創造的な思考を刺激されたり創発が生じる着想や発想したりすることは、人間と人工物とのより良い共創関係を作ることに役立てるだろう。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP20H04256JST、及び次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2102 の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] M. Polanyi.: The Tacit Dimension, The University of Chicago Press (1966)
- [2] M. Turner.: The Origin of Ideas: Blending, Creativity, and the Human Spark, New York: Oxford University Press (2014)
- [3] G. Fauconnier.: Mappings in Thought and Language, Cambridge University Press (1997)
- [4] W. Gibbs, & J. G. Steen.: Metaphor in Cognitive Linguistics, John Benjamins Publishing Company (1997)
- [5] M. Eppe, E. Maclean, R. Confalonieri, O. Kutz, M.Schorlemmer, E.Plaza, & K. Kühnberger.: A computational framework for conceptual blending, Artificial Intelligence, Vol. 256, pp. 105–129 (2018)
- [6] A. Lieto, & G. Pozzato.: Applying a description logic of typicality as a generative tool for concept Combination in computational creativity,

Intelligenza Artificiale, Vol. 13, No. 1, pp. 93–106, (2019)

- [7] H. Zhou, T. Hashimoto, & G. Li.: “A Study on Dialogue between Humans and Robots Evoking Conceptual Blending”, HAI symposium2022, <https://haiconference.net/proceedings/HAI2022/pdf/P-1.pdf> (2022)
- [8] H. Zhou, T. Hashimoto, & G. Li.: A Study of Impressions of human-robot Interaction Evoking Thought, NLP2023, https://www.anlp.jp/proceedings/annualmeeting/2023/pdf_dir/Q12-2.pdf (2022)
- [9] G. Fauconnier, & M. Turner.: The Way We Think: Conceptual Blending And The Mind’s Hidden Complexities, Basic Books (2002)
- [10] T. Williams, D. thames, J. Novakoff, & M. Scheutz.: Thank You for Sharing That Interesting Fact: Effects of Capability and Context on Indirect Speech Act Use in Task-Based Human-Robot Dialogue, 13th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, pp. 298–306 (2018)
- [11] R. Goldberg.: A Broad-Bandwidth Public Domain Personality Inventory Measuring the Lower-Level Facets of Several Five-Factor Models, Personality Psychology in Europe, The Netherlands: Tilburg University Press, Vol.7, No. 7, pp. 7–28, (1999)
- [12] Y. Naito.: Congruence between Self-Evaluation and Other-Evaluation Based on Social Skills, Rishso Univ. Annu Rep Psychol, No. 4, pp. 39–43 (2013)
- [13] H. Hori, S. Sakurai, & Y. Matui.: Psychometric Scale 4: Interpersonal Relationships and Adjustment to Support Children’s Development, SAIENSUSHA (2007)