

# 思考を喚起するロボットと人間の対話の印象に関する研究

周 豪特<sup>1</sup> 橋本 敬<sup>1</sup> 李 冠宏<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北陸先端科学技術大学院大学 知識科学系 <sup>2</sup>京都外国語大学 国際貢献学部

{kumaindex, hash}@jaist.ac.jp gu\_li@kufs.ac.jp

## 概要

人工知能やロボットなどが人間の質問や要求に答えるだけではなく、人間の思考を刺激できるような対話ができれば、より人々の興味を引き人間との共創的な関係に貢献できるだろう。本研究は、新しい概念を生み出す概念融合という思考を元にしたロボットと人間の対話をデザインし、対話を通じたロボットへの印象や思考の刺激について探求した。対話後のアンケート回答を主成分分析した結果、思考力を持つロボットとの対話を通じて得る思考への動機づけを表す成分が抽出された。そして、概念の融合を促す対話、および、概念の共通点を見出すことを促す対話は、この成分で高い値を示すことを見出した。すなわち、これらの対話は人間の思考を喚起する効果があることを示した。

## 1 はじめに

大規模言語モデルの発展により、ChatGPT 等の対話エージェントは人間とかなり自然な対話ができるようになってきた[1]。特に、ユーザからの問いに適切に答えられるようになってきているものの、エージェントからユーザへの働きかけの機能はまだ十分に発達しておらず、人間同士の有意義な対話とは差があるのが現状である。人々がチームや組織で共同して働くときのように、人工知能やロボットといったエージェントが、人間にも刺激を与える会話ができれば、人とエージェントの共創的な関係を作ることが期待できる。

われわれは、人間とロボットの共創に繋がるように、ロボットが人間の思考を促したり刺激したりするような対話のデザインを行う。本研究では、「共創」を「参加する両方が相互作用活動で生まれる物事に対する貢献がある」とする。人間同士は対話などの相互作用で概念や意図を共有し、思考を通じて物事を作ることで共創に至る。一方、ロボットは人間のような思考はできないが、人間の思考を喚起す

ることができれば、ユーザの興味を引き、ユーザとロボットの対話が続くだろう。

本研究では概念融合という思考[2]に着目する。概念融合は人間が持っている知識や言葉から新しい概念を生成するメカニズムの一つである。概念融合は思考の操作であり、人間は既存の概念を融合し新しい概念を簡単に生成・解釈することができる[3]。たとえば、「酸っぱい」と「信号機」を結合して「酸っぱい信号機」という概念を生成しその意味を解釈することができるだろう。

これまでの研究では、概念融合を喚起する対話で人間のロボットについての印象の改善に役立つことが示された[4]。ロボットと人間の共創的な関係のために、対話が人間の思考にどのような影響を与えられるか、思考を喚起するうえでなにが要点かを明らかにする必要がある。本稿では、人間のロボットとの対話についての印象の分析を進め、対話の違いは人間とロボットになにをもたらすかを検討する。

## 2 仮説と実験デザイン

本研究では、ロボットが対話相手の人間に対して概念についての説明や質問をすることを通じて、対話の相手の注意を引き、概念に関する思考を喚起させることができるような対話を設計する。特に、われわれは、概念融合理論に従い、概念融合という思考のプロセスに従う流れをロボットと人間の対話で実現しようとしている。ロボットは人間のように概念融合ができないが、人間の概念融合思考を喚起する役目を果たす。われわれは以下の仮説を持つ。概念を融合する思考を喚起する対話は、人間が持つロボットの印象を改善し対話する体験の改善に効果があり、人間の思考の動機づけへの刺激が大きい。

### 2.1 対話

上記の仮説を検証するための実験デザインとして、概念対話、共通対話、融合対話という3種類の対話を実験条件として設定する。実験で検証する仮説は

以下の通りである。

仮説 1、融合対話は、概念間の繋がりが無い思考を喚起する対話（概念対話）より、人間がロボットの印象がよい、人間の思考の動機づけへの刺激が大きい。

仮説 2、融合対話は、同じ認知コスト、概念間の繋がりがある思考を喚起する他の対話（共通対話）より、人間がロボットの印象がよい、人間の思考への刺激への影響が大きい。

各対話は以下のようなものである。

**概念対話** 概念に関する情報という思考を喚起する対話である。概念対話では、ロボットが3つの概念について説明することで、参加者の入力スペースを作る思考を喚起する。

**共通対話** 概念の共通点を見出す思考を喚起する対話である。概念融合という思考における総称スペースを作る過程は、概念の共通点を見出す思考である。共通対話では、ロボットが3つの概念について説明し、参加者に複数の概念間の共通点を探させる思考を喚起する。

**融合対話** 概念を融合する思考を喚起する対話である。融合対話は、概念融合という思考における融合スペースの生成と解釈という思考を喚起することを目指す。融合対話では、ロボットが2つの概念と融合した概念を含む3つの概念について説明し、参加者に融合した概念の意味を尋ねることで、参加者の概念融合思考を喚起する。

## 2.2 評価

人間とロボットとの対話により人間の思考の刺激とロボットについての印象が変わるという仮説に応じたアンケートを行った。質問は先行研究を参照して作成した（質問は付録 A 参照）。ロボットについての印象を問う質問は、人間が感じたロボットの創造性[5]、社会性[6]、擬人化[7]、知性[7]、心[8]という項目から構成される。思考への刺激については心理尺度集[9, pp.124-150]を参照して作成した。各項目は複数の質問から構成される。今回分析した質問への回答はすべて 5 段階の Likert 尺度であった。

## 3 実験と結果

### 3.1 実験参加者と実験の流れ

実験参加者は 52 名大学院生である（年齢:M=26.3,

SD=2.4）を半分ずつ融合対話群（年齢:M=26.3, SD=3.5）と共通対話群（年齢:M=26.3, SD=1.6）に分け、前者は概念対話と融合対話に、後者は概念対話と共通対話に参加した。

対話実験で使うロボットは 2 台の Nao V6 であった。各対話ではロボットが 3 つの概念の説明と説明の確認を行った（説明する概念については[4]を参照）。対話の最後に、それぞれの思考を喚起するために以下に例のような自由回答の質問を行った（自由回答質問については[4]参照）。

各参加者は 2 台のロボットと異なる実験条件の対話を行い、各条件の前後にアンケートに答えた（対話順は群の半分ずつでカウンターバランス）。各対話は 1 回の練習対話と 3 回の正式対話からなる。

## 3.2 結果

### 3.2.1 主成分分析

実験後のアンケートの回答に対して主成分分析を実施し、表 1 の結果が得られた（平行分析で成分数=3 を決定, varimax 回転）。絶対値が 0.5 を超えた寄与率を太字で表している。

人間がロボットと対話して得た印象を表す軸（合成変数）の解釈について、各成分で高い寄与率を持つ質問をもとに考察する。第 1 主成分は、「Q204 このロボットとの対話を通じて、なにか発想できそう」や「Q207 このロボットとの対話を通じて、自分は複数の事柄を繋げた」など、ロボットとの対話を通じて発想や思考が生じたかを問うている。それとともに、「Q101 このロボットは、複雑な問題を解決するのが好きだ」「Q102 このロボットは、他の人がしないような質問をする」など、対話相手のロボットが持つ思考レベルの性質についても問うている。第 1 主成分で高い寄与率を持つ質問群から全体的に判断すると、この軸は思考力を持つロボットとの対話を通じて得る思考への動機づけを表すと言える。すなわち、仮説 1・2 における思考への動機づけはこの第 1 主成分に表現されている。

第 2 主成分は、「Q502 このロボットは、意識を体験することができる」「Q302 このロボットはあなたの言うことを受け入れることができる」など、ロボットの擬人化・社会力について問うており、対話するロボットの人間らしさと言える。すなわち、仮説 1・2 におけるロボットの印象として、人間らしさがこの主成分に反映している。

第3主成分は、「Q214 このロボットとまた対話してみたい」「Q303 このロボットはしつこかった」などロボット自体についての感想が反映されている。

実験参加者の主成分得点を第1・第2主成分空間における散布図を図1に示した。融合対話（青丸）、共通対話（赤丸）は第1主成分が正の領域に分布しているのに対し、概念対話（緑丸と灰丸）は負の領域にある。ここから、融合対話と共通対話は、本研究が目指したように対話を通じた思考への刺激が実現されていると考えられる。平均値では、融合対話（青×）は共通対話（赤×）よりも高い位置にあるが、3.2.3節に示すようにこの差は有意ではなかった。

第2主成分については、どの対話も平均（×印）は軸付近にあるが、融合対話と共通対話は、概念対話にくらべると正負両側に広く分布している。これらの対話を通じて、ロボットの人間らしさの印象は参加者によって異なっている。人間らしい・らしくないかについて、概念対話よりも強い印象を与える対話であったようだ。

表1 成分寄与率

質問番号	第1主成分	第2主成分	第3主成分
Q207	0.792	0.178	0.262
Q204	0.754	0.088	0.500
Q206	0.741	0.127	0.500
Q208	0.717	0.174	0.451
Q213	0.716	0.248	0.453
Q205	0.709	0.180	0.380
Q209	0.708	0.185	0.514
Q101	0.689	0.323	0.069
Q202	0.672	0.163	0.423
Q201	0.668	0.350	0.266
Q105	0.663	0.305	0.273
Q102	0.660	0.146	0.026
Q108	0.627	0.274	0.017
Q104	0.616	0.322	-0.132
Q110	0.603	0.356	0.218
Q109	0.585	0.264	-0.051
Q210	0.569	0.003	0.312
Q505	0.565	0.501	0.153
Q215	0.550	-0.023	-0.113
Q107	0.533	0.545	0.191
Q502	0.236	0.718	0.107
Q302	0.010	0.689	0.099
Q503	0.198	0.686	-0.086
Q403	0.430	0.660	0.052

Q404	0.330	0.656	0.099
Q306	0.235	0.643	0.095
Q308	0.162	0.631	0.180
Q309	0.202	0.630	0.194
Q402	0.435	0.605	0.184
Q401	0.147	0.593	0.352
Q504	0.232	0.582	0.278
Q501	0.452	0.577	0.036
Q405	-0.014	0.563	0.481
Q106	0.399	0.529	0.199
Q408	0.196	0.526	0.489
Q301	0.418	0.516	0.248
Q214	0.378	0.221	0.668
Q303	-0.016	-0.009	0.616
Q203	0.345	0.149	0.607
Q212	0.236	0.293	0.606
Q406	0.319	0.312	0.524
Q310	0.042	0.436	0.507
Q305	0.295	0.405	0.398
Q103	0.306	0.248	0.379
Q302	-0.037	0.423	0.347
Q405	0.038	0.474	0.244
Q303	0.027	0.257	0.200

### 3.2.2 群内での主成分得点の比較

対話間で各成分の平均値の差をt検定（対応あり、両側検定）により検定した（すべてdf=25）。

仮説1「融合対話は、概念間の繋がりが少ない思考を喚起する対話（概念対話）より、人間がロボットの印象がよい、人間の思考の動機づけへの刺激が大きい」を検証するため、融合対話と概念対話を比較した。第1主成分では、融合対話（M=0.740, SD=0.722）は概念対話（M=-0.583, SD=0.965）より有意に高かった（t=5.944, p<.001）。第2主成分でも、融合対話（M=0.300, SD=0.959）は概念対話（M=-0.128, SD=0.931）より有意に高く（t=2.164, p=0.040）、第3主成分では融合対話（M=0.024, SD=0.957）と概念対話（M=-0.041, SD=1.098）の間に有意差はなかった（t=0.326, p=0.747）。

### 3.2.3 群間での主成分得点の比較

仮説2「融合対話は、同じ認知コスト、概念間の繋がりがある思考を喚起する他の対話（共通対話）より、人間がロボットの印象がよい、人間の思考への刺激への影響が大きい」を検証するため、融合対

話群における融合対話と共通対話群における共通対話を対応のない  $t$  検定で比較した。その結果、第 1 主成分で融合対話 ( $M=0.740, SD=0.722$ ) と共通対話 ( $M=0.454, SD=0.628$ ) より有意差はなかった ( $t=1.540, p=0.136$ )。第 2 主成分でも、融合対話 ( $M=0.300, SD=0.959$ ) と共通対話 ( $M=0.060, SD=1.213$ ) の間に有意差はなかった ( $t=.817, p=0.421$ )、第 3 主成分でも、融合対話 ( $M=0.024, SD=0.957$ ) は共通対話 ( $M=0.172, SD=0.866$ ) の差は有意ではなかった ( $t=-0.552, p=0.586$ )。

## 4 議論

主成分分析により、「思考力を持つロボットとの対話を通じて得る思考への動機づけ」という成分を抽出した。これは人間とロボットと対話する際に、人間の思考への動機づけを引き出す重要性を示した。

第 1 主成分に有意差があることから、仮説 1 の思考の動機づけについては示されたと言える。融合対話と共通対話は人間の思考の操作がある対話で、人間の複雑な思考を促した。一方、概念対話は概念に関する情報を喚起する対話で、検索エンジンのような対話と考えられる。融合対話と共通対話の優位性が証明されたことで、ロボットは人間の複雑な操作がある思考を喚起する有用性と示すことが可能だろう。

一方、印象については、群内の主成分の比較結果により、融合対話と共通対話は概念対話よりユーザがロボットや対話について印象が良い。これはこれまでの研究を証左すると言える。また、融合対話と共通対話の比較で、優位性が証明されなかったが、しかし、同じ高い認知コストの思考である以上、思考パターンによって、ユーザがロボットと対話について印象は決して同様ではない。共創的な思考や関連される思考を喚起することがユーザはロボットと対話について印象の変化を明瞭化する必要であり、残る課題になるだろう。

## 5 結論

本研究は、思考を促す対話を導入することで、ロボットは人間の概念融合を喚起する対話ができたと。そして、質問紙調査でロボットに対する印象をとり、主成分を抽出した。その結果、思考力を持つロボットとの対話を通じて得る思考への動機づけという主成分は抽出された。そして、思考をさせる対話が概念に関する情報を考えた対話より主成分が高く、ロボットから人間の思考を喚起する意義を示した。ロボットや人工知能は人間のニーズを満たす道具ではなく、人間の思考を喚起し、ヒントを与える意義があると言えるだろう。

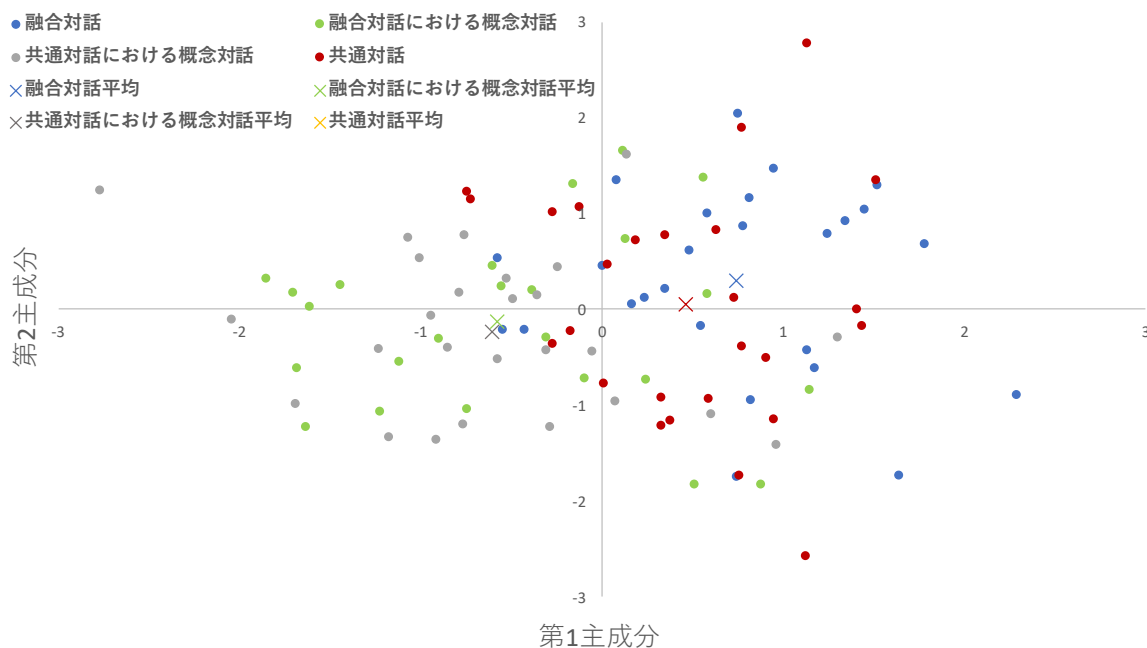


図 1 対話の主成分得点分布

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP17H06383, JP20H04256, および JST 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. ChatGPT: Optimizing Language Models for Dialogue.  
(引用日: 2023 年 1 月 13 日.)  
<https://openai.com/blog/chatgpt/>
2. Fauconnier G.: Mappings in Thought and Language.,  
Cambridge: Cambridge University Press, 1997 (坂原茂,  
三藤博, 田窪行則 (訳): 思考と言語におけるマッピ  
ング—メンタル・スペース理論の意味構築モデル,  
岩波書店, 2000)
3. Blending in Language and Communication. Turner M.:  
In E., Dabrowska, & D., Divjak (Eds.). Handbook of  
Cognitive Linguistics, Berlin: De Gruyter Mouton, 211-  
232, 2015
4. 概念融合を喚起するロボットと人間の対話に関  
する研究. 周 豪特, 橋本 敬, 李 冠宏. HAI シンポ  
ジウム 2022, 2022
5. A Broad-Bandwidth Public Domain Personality  
Inventory Measuring the Lower-Level Facets of Several  
Five-Factor Models. Goldberg L. R.: In I. Mervielde, I.  
Deary, F. De Fruyt, & F. Ostendorf (Eds.), Personality  
Psychology in Europe, Tilburg, The Netherlands: Tilburg  
University Press, 1999 年, 第 7 巻, 7-28
6. Congruence between Self-Evaluation and Other-  
Evaluation Based on Social Skills. Naito Y.: Rissho Univ.  
Annu Rep Psychol, 2013 年, 第 4 号, 39-43
7. Measurement Instruments for the Anthropomorphism,  
Animacy, Likeability, Perceived Intelligence, and  
Perceived Safety of Robots. Bartneck C., Kulić D., Croft  
E. et al.: International Journal of Social Robotics, 2009 年,  
第 1 巻, 71-81
8. Dimensions of Mind Perception. Gray H. M., Gray K.,  
and Wegner D.M.: Science, 2007 年, 第 315 巻, 第 5812  
号, 619
9. 堀 洋道, 櫻井 茂男, 松井 豊: 心理測定尺度集 4  
子どもの発達を支える“対人関係・適応”, サイエン  
ス社, 2007

## A 付録

質問番号と質問文

番号	質問
Q101	このロボット(以下「…」)は、複雑な問題を解決するのが好きだ
Q102	…は、他の人がしないような質問をする
Q103	…は、多くの問いの答えを知っている
Q104	…は、他の人のものの見方に疑問を投げかけられる
Q105	…は、複数の事柄を結びつけることができる
Q106	…は、抽象的なことを理解できる
Q107	…は、深い議論ができる
Q108	…は、理論的な議論に興味がある
Q109	…は、自分の考えは普通ではないと思っている
Q110	…は、物事を推測することに興味がある
Q201	…との対話を通じて、新しい概念を創造できそうだ
Q202	…との対話を通じて、概念の共通点がわかりそうだ
Q203	…との対話を通じて、たくさんの事柄を知ることができる
Q204	…との対話を通じて、なにか発想できそうだ
Q205	…との対話を通じて、自分の思考を深める
Q206	…との対話を通じて、普段が気づいてないことを気くことができる
Q207	…との対話を通じて、自分は複数の事柄を繋げた
Q208	…との対話を通じて、自分は新しい見方で概念を理解する
Q209	…との対話で新たな発見があった
Q210	…との対話を通じて、自分は疑問が生じた
Q212	…との対話は楽しかった
Q213	…は私の思考にインスピレーションを

	与えた
Q214	…とまた対話してみたい
Q215	この対話タスクは難しかった
Q301	…の理解度は高い
Q302	…あなたの言うことを受け入れることができる
Q303	…しつこかった
Q304	…簡単に対話できた
Q305	…協力的だった
Q306	…、人々とのあいだでトラブルが起きても、それをうまく処理できる
Q308	…、対話のどこに問題があるかすぐにわかることができますと思いますか
Q309	…、矛盾した話を聞いてもうまく処理できる
Q310	…、まわりの人たちが自分とは違った考えを持っていてもうまくやっていけるとと思いますか。
Q401	…は、偽物のような←1 2 3 4 5→自然な
Q402	…は、機械的←1 2 3 4 5→人間的
Q403	…は、意識を持たない←1 2 3 4 5→意識を持っている
Q404	…は、人工的←1 2 3 4 5→生物的
Q405	…は、ぎこちない話し方←1 2 3 4 5→洗練された話し方
Q406	…は、無知な←1 2 3 4 5→物知りな
Q407	…は、知的でない←1 2 3 4 5→知的な
Q408	…は、愚かな←1 2 3 4 5→賢明な
Q501	…は、自分で個性をもっていると感じている
Q502	…は、意識を体験することができる
Q503	…は、自分の記憶をもっていると感じている
Q504	…は、コミュニケーションを体験することができる
Q505	…は、思考を体験することができる