

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：94305

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H05693

研究課題名（和文）人と社会的に共生する対話システムのための行動決定モデル基盤技術の確立

研究課題名（英文）Behavioral decision model for dialogue systems aiming at human-machine co-existence

研究代表者

杉山 弘晃（Sugiyama, Hiroaki）

日本電信電話株式会社NTTコミュニケーション科学基礎研究所・協創情報研究部・主任研究員

研究者番号：30742283

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 149,500,000円

研究成果の概要（和文）：人と長期間にわたり共生し自然に対話し続けるために不可欠な、システム自身の行動を決定するモデルの構築、ユーザの行動決定モデルの推定、周囲の人間関係の理解・制御に取り組んできた。基本的には、土台となる対話の実現、個性を反映した対話制御、人間関係に応じた制御、長期間での関係性の変動解明あたり、実現に必要な技術的なパーツはおよそ準備できたと考えられる。また他班との連携により、音声的な対話の楽しさの検討や、実タスクへの適用、社会に受け入れられるための法的・倫理的な検討を大きく進めることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

雑談対話に特化した大規模対話モデルを日本で初めて構築するとともに、学術用途で無償公開した。本モデルは多数の研究で利用されており、日本の対話システム研究の底上げに貢献している。また、ユーザの行動決定モデルの推定について、大規模言語モデルを用いた対話に基づき、ユーザの選好を階層的にモデル化することで、その背後にあるユーザの価値観を推定する手法を開発した。加えて、対話ロボットの主観的意見をロボット自身に帰属できるか否かが、人のロボットとの対話意欲に影響することを示すと同時に、そうした主観的意見の帰属が人のロボットに対する認知・人自身の認知の双方と関連することを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：We have worked on the construction of models that determine the system's own behaviour, the estimation of models that determine user behaviour, and the understanding and control of surrounding human relationships, which are indispensable for maintaining a natural dialogue with people in symbiosis over a long period of time. Basically, we believe that we have prepared the technical parts necessary for the realisation of the fundamental dialogue, dialogue control reflecting individuality, control according to human relationships, and clarification of long-term changes in relationships. In collaboration with other groups, we were also able to make significant progress in examining the enjoyment of spoken dialogue, its application to real tasks, and legal and ethical considerations for its acceptance by society.

研究分野：対話システム

キーワード：雑談対話システム 大規模対話モデル 価値判断モデル 人間関係モデル

## 1. 研究開始当初の背景

人は元来、雑談を通して他者と社会的関係を構築し、帰属欲求や承認欲求(以後、合わせて社会的欲求)の充足を求める社会的な動物である。そのため、人と共生する対話システムには、雑談を通して**人の社会的欲求を充足するコミュニケーション・パートナー**としての用途が期待されている。特に我が国においては、対話するロボットに対する好感が国民的に高く、また超高齢化社会を迎え**高齢者の認知的ケアの担い手が不足している**観点からも、**コミュニケーション・パートナーとなる対話システムへの期待が高まっている**。

一方、現在の対話システムは、AI スピーカーのように人の明示的なコマンドを実行するだけのものや、チャットボットのように人の発話の表層のみを捉えて反射的に応答するものがほとんどであるが、いずれも人から社会的欲求を充足可能な対話相手としては信頼されていない。これは、自律的に思考していると感じられないシステムに対して、人は対話相手としての信頼を持つことが難しいためと考えられる。すなわち、対話相手としての信頼を獲得するためには、(1) **システムは自身の価値判断モデルに従い、所与の目的に対し一貫性を持って自律的に行動を決定する必要がある**。また、システムが対話を通して人の社会的欲求を充足させるためには、(2) **システム行動と人の社会的欲求充足との関係を規定する、人の価値判断モデルを推定し、(1)の行動決定に反映させる必要がある**。さらに、社会の中で共生するシステムにとって、人がシステムにどのような印象を抱いているか、また3項以上の関係で相互にどのような印象を抱きあっているかといった、(3) **人・システム間相互の人間関係の認識も重要な課題である**。

## 2. 研究の目的

本研究では人からの信頼獲得を実現するため、以下の課題に取り組む。

- (1) システムの価値判断モデルに基づく、目的に対し一貫性のあるシステム発話生成技術の確立
- (2) 人の発話からの人の価値判断モデルの推定
- (3) 人とシステムが共生する社会における人間関係の認識

これにより、「対話システムが所与の目的に対し自律的に思考しているよう振る舞うためのモデルの実現方法」を明らかにするとともに、「対話システムは人の社会的欲求を充足可能か」という問いに答える。

## 3. 研究の方法

課題(1)について、研究協力者の水上と研究代表者の杉山は、日誌法を用いてある人の日常生活やその時の感想を詳細に記述したものを、システム自身の経験・感想として利用することで、原理的に一貫した価値基準に基づく発話生成を提案している。これを拡張し、上記経験とその感想の対や、パーソナリティ質問とその応答の対応関係を学習することで、(1)- **新奇な事象に対する価値判断モデルを実現する**。また、(1)- **のデータを自動的に収集する枠組みを構築することで、(1)- 価値判断モデルの自律更新に取り組む**。並行して、研究代表者の杉山が実現してきた、目的に沿って対話を進めるシステムと、(1)- **、(1)- の価値判断モデルを組み合わせることで、(1)- 所与の目的に対するシステム自身の価値判断に基づく行動決定に取り組む**。これらの達成を通し、「**所与の目的に対し自律的に価値判断を行い一貫した行動を決定する技術**」を確立する。

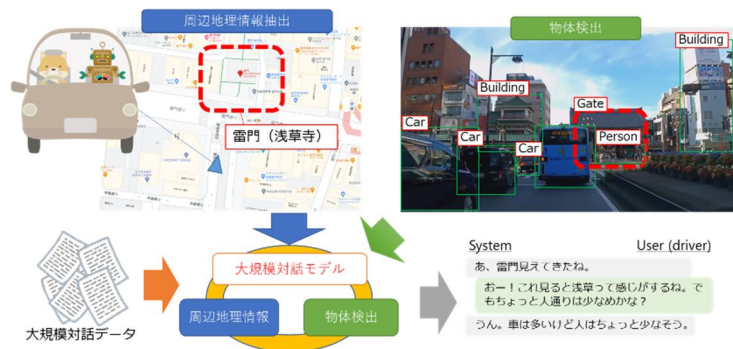
課題(2)について、杉山らの収集したパーソナリティ質問に合致する内容を対話履歴から検索したり、直接パーソナリティ質問を人に尋ねることで、(2)- **人のパーソナリティ情報の収集と記憶を行う**。また、研究分担者の中村が開発している**選好モデル推定技術と B1** を組み合わせることで、(2)- **対話中のパーソナリティ情報に基づく人の選好モデルの高精度推定に取り組む**。得られた選好モデルを拡張し、(1)- **と組み合わせることで、(2)- システム行動と人の社会的欲求の充足の関係性を、人の価値判断モデルとして推定する**。課題(1)とこれらの成果を組み合わせることで、「**人の社会的欲求を充足する行動生成技術**」を確立する。

課題(3)について、まずは人同士の対話から、(3)- **人間関係を深めるとはどのような状態を指すのかについての分析**を行う。(2)- **の人の価値判断モデルと(3)- の人間関係分析を組合せ、人のシステムに対する印象を動的に推定する**。(3)- **人とシステムの2項関係に特化した人間関係のモデル化に取り組む**。(3)- **で得られる、人の周囲の他者に対する価値判断と、研究分担者の石黒**が進めてきたソシオグラム推定技術を組み合わせ、(3)- **3項以上の人間関係ソシオグラムの対話を通じた獲得を目指す**。これらの達成を通し、「**システムおよび対話相手の周囲を含む人間関係を対話を通して認識する技術**」を確立する。

## 4. 研究成果

### (1) システムの価値判断モデルに基づいて一貫性のある発話生成を実現する技術の確立

本研究目的を達成するためには、自然かつ一貫した発話を生成するための、高い対話性能が土台として求められる。代表者の杉山は、雑談対話に特化した大規模対話モデルを日本で初めて構築するとともに、学術用途で無償公開した。本モデルは、対話システムの性能を競うコンペティションで優勝する実績を持つとともに、多数の研究で利用されており、日本の対話システム研究の底上げに貢献している。また本モデルを多様な情報を統合し対話生成を行う基盤として、車窓の風景についての雑談を行うシステムや、旅行のスケジュールを計画する対話、時間情報に基づく対話を実現した。これらは NTT R&D フォーラムやオープンハウスで展示され、非常に多くの報道がなされた。また、子供を対象とする雑談対話評価の実証実験も行った。前田らは本モデルに基づき、対話システムが提供する情報の一貫性を向上する仕組みを開発し、対話ロボットコンペティションで好成績を収めている。中村はシステムとユーザの身体的な動作の同期についての研究も進めており、テンポの良い全二重で行われる対話の実現に向けた研究を進めている。



### (2) 発話履歴から人の価値判断モデルを推定する技術の確立

中村と石黒はユーザの行動決定モデルの推定について、大規模言語モデルを用いた対話に基づき、ユーザの選好を階層的にモデル化することで、その背後にあるユーザの価値観を推定する手法を開発した。また、対話ロボットの主観的意見をロボット自身に帰属できるか否かが、人のロボットとの対話意欲に影響することを示すとともに、そうした主観的意見の帰属が人のロボットに対する認知・人自身の認知の双方と関連することを明らかにした。杉山は特定話者の発話を予測・評価するモデルの構築を進めており、話者空間への話者の埋め込みと、プロフィール情報や各話者の発話データを紐づけることで、表現・内容の双方で特定の話者らしい応答の再現を実現した。本成果は、人の応答の予測に基づく発話制御につながる重要技術である。

### (3) 人・システム共生社会における人・システム間の関係認識

杉山は人同士が長期間対話し続ける長期チャットデータや、複数人が組となって対話するグループチャットデータを取得し、人間関係がどのように醸成されていくのかや、それが対話にどのように反映されるかについて明らかにした。合わせて、石黒・前田と連携し、長期間対話し続けるシステムのプロトタイプを構築している。石黒は A01 班と連携し、グループ内で類似する選好に言及することで、人間同士の関係構築を促すロボットを開発した。前田は人が対話ロボットに対して抱く「不完全な人間」観を利用して、ロボットに対する人間の認知モデルとコミュニケーションの非対称性に着目した対話戦略を提案し、対話ロボットコンペティションにて好成績を得ている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 13件）

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Shun Oono, Hitoshi Ishii, Ryoko Kihara, Daisuke Katagami, Masaki Shuzo, Eisaku Maeda | 4. 巻<br>38(4)         |
| 2. 論文標題<br>Interaction Strategy for Robotic Apology Based on Human Orientation Toward Service  | 5. 発行年<br>2024年       |
| 3. 雑誌名<br>Advanced Robotics  | 6. 最初と最後の頁<br>226-245 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1080/01691864.2024.2321173                                      | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難   | 国際共著<br>-             |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Makoto Kawamoto, Masaki Shuzo, Eisaku Maeda                       | 4. 巻<br>38(4)         |
| 2. 論文標題<br>Improving User's Sense of Participation in Robot-Driven Dialogue | 5. 発行年<br>2023年       |
| 3. 雑誌名<br>Advanced Robotics   | 6. 最初と最後の頁<br>211-225 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1080/01691864.2023.2294105                   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                      | 国際共著<br>-             |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>Sakai Kazuki, Nakamura Yutaka, Yoshikawa Yuichiro, Kano Shingo, Ishiguro Hiroshi                     | 4. 巻<br>-          |
| 2. 論文標題<br>Expressing Robot 's Understanding of Human Preference Based on Successive Estimations during Dialog | 5. 発行年<br>2023年    |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Human-Computer Interaction  | 6. 最初と最後の頁<br>1~22 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1080/10447318.2023.2232195  | 査読の有無<br>無         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難   | 国際共著<br>-          |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>Hamed Mahzoon, Momoko Okazaki, Yuichiro Yoshikawa, Hiroshi Ishiguro                             | 4. 巻<br>-          |
| 2. 論文標題<br>Effect of the Projection of Robot 's Talk Information on the Perception of Communicating Human | 5. 発行年<br>2021年    |
| 3. 雑誌名<br>Advanced Robotics   | 6. 最初と最後の頁<br>1-14 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1080/01691864.2021.1964597   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-          |

|   |                   |
|---|-------------------|
| 1. 著者名<br>Changzeng Fu, Qi Deng, Jingcheng Shen, Hamed Mahzoon, Hiroshi Ishiguro                                      | 4. 巻<br>22, 3     |
| 2. 論文標題<br>A Preliminary Study on Realizing Human?Robot Mental Comforting Dialogue via Sharing Experience Emotionally | 5. 発行年<br>2022年   |
| 3. 雑誌名<br>Sensors   | 6. 最初と最後の頁<br>991 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3390/s22030991   | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>該当する      |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Uchida Takahisa, Minato Takashi, Nakamura Yutaka, Yoshikawa Yuichiro, Ishiguro Hiroshi   | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Female-Type Android 's Drive to Quickly Understand a User 's Concept of Preferences Stimulates Dialogue Satisfaction: Dialogue Strategies for Modeling User 's Concept of Preferences | 5. 発行年<br>2021年 |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Social Robotics   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s12369-020-00731-z   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-       |

〔学会発表〕 計77件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 21件)

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Yuiko Tsunomori, Masakazu Ishihata, Hiroaki Sugiyama                           |
| 2. 発表標題<br>Time-Considerable Dialogue Models via Reranking by Time Dependency             |
| 3. 学会等名<br>The 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tsunehiro Arimoto, Hiroaki Sugiyama, Hiromi Narimatsu, Masahiro Mizukami                                       |
| 2. 発表標題<br>Comparison of the intimacy process between real and persona-based long-term chats                              |
| 3. 学会等名<br>The 2024 Joint International Conference on Computational Linguistics, Language Resources and Evaluation (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2024年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Hiroaki Sugiyama, Masahiro Mizukami, Tsunehiro Arimoto, Hiromi Narimatsu, Yuya Chiba, Hideharu Nakajima, Toyomi Meguro |
| 2. 発表標題<br>Empirical Analysis of Training Strategies of Transformer-based Japanese Chit-chat Systems                              |
| 3. 学会等名<br>Spoken Language Technology Workshop (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2023年   |

〔図書〕 計1件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                    | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                        | 備考 |
|-------|--|--|----|
| 研究分担者 | 石黒 浩<br>(Ishiguro Hiroshi)<br><br>(10232282) | 大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授<br><br>(14401)            |    |
| 研究分担者 | 中村 泰<br>(Nakamura Yutaka)<br><br>(70403334)  | 国立研究開発法人理化学研究所・情報統合本部・チームリーダー<br><br>(82401) |    |
| 研究分担者 | 前田 英作<br>(Maeda Eisaku)<br><br>(90396143)    | 東京電機大学・システムデザイン工学部・教授<br><br>(32657)         |    |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |        |  |
|---------|---------|--------|--|
| フランス    | CNRS    | INSERM |  |