新学術領域

対話知能学

研究成果報告

令和元年度～令和５年度　文部科学省・科学研究費助成事業　新学術領域研究（研究領域提案型）
「人間機械共生社会を目指した対話知能システム学」（領域番号8105）

目次

■全体総括

石黒 浩　対話知能学　2

■研究紹介 A01 計画班

河原 達也　A01班 対話継続関係維持研究グループの総括　5
河原 達也　人間との対話継続及び関係構築のための対話知能システム　6
吉川 雄一郎　社会的状況において対話継続するロボットの研究　8
飯尾 尊優　ロボットとの対話がもたらす行動変容の実証的研究 ―高齢者施設・科学館・大学構内での実証実験―　10

■研究紹介 A02 計画班

東中 竜一郎　A02班 対話理解生成研究グループの総括　12
東中 竜一郎　ユーザ・状況理解技術と対話システム性能の最適化　14
駒谷 和範　マルチモーダル情報に基づくユーザの心象推定を用いた適応的な対話システムに向けて　16
宮尾 祐介　セマンティックパージングと大規模言語モデルによる対話意味理解の研究　18
稲葉 通将　旅行代理店タスク対話コーパスの収集と公開　20
港 隆史　対話ロボットの社会実装に向けた実証的取り組み　22
槇原 靖　歩行映像解析による年齢・性別推定モジュール　24

■研究紹介 A03 計画班

杉山 弘晃　A03班 行動決定モデル推定研究グループの総括　27
杉山 弘晃　人と共生する対話システムの実現に向けて　28
石黒 浩　対話におけるユーザ及びロボットの認知モデル　30
中村 泰　対話ロボットのための機械学習を用いた対話動作のモデル化　32
前田 英作　ロボット・AI に対する認知モデルと対話戦略最適化　34

■研究紹介 A04 計画班

新保 史生　A04班 人間機械社会規範研究グループの総括　36
新保 史生　法律を守り, 守らせるロボットの社会実装に向けた研究　38
原田 伸一朗　ロボット・AI・アバターに係る人格的権利の保護　40
長島 光一　対話型ロボットの利活用のあり方 ―いつまで安全に利用できるか―　42
呉羽 真　対話ロボットの倫理　44

■研究紹介 A01 公募班

田中 文英　社会的仲介ロボットの研究　46
船越 孝太郎　呼吸状態推定と疑似呼吸提示による関係構築　48
北岡 教英　リアルな CG とのマルチモーダル対話システムを用いた楽しい雑談対話の実現に向けて　50
野口 博史　在宅高齢者のライフヒストリに沿った会話が可能なロボットシステム　52
瀬島 吉裕　Pupiloid：人に寄り添う瞳孔反応傾聴ロボット　54
大武 美保子　ベッドサイド見守り声掛けロボットのための対話継続支援技術の開発　56
吉野 幸一郎　人間と継続的・協調的に対話する対話ロボットが持つべき対話戦略　58
熊﨑 博一　自閉スペクトラム症者の感情推定における自己記入質問紙の寄与　60
石井 カルロス 寿憲　対話ロボットの社会的表出に関する研究開発　62

■研究紹介 A02 公募班

岡田 将吾　対話システムに対するユーザ主観評価の推定における課題と展開　64
三浦 純　移動型サービスロボットにおける対話と行動の適応的選択　66

■研究紹介 A03 公募班

杉浦 元亮　日常的対話の4つのモードと対話動機の脳基盤　68
升森 敦士　大規模言語モデルとヒューマノイドAlter3を組み合わせた運動生成を伴う対話システムの構築　70
森田 純哉　対話システムへの認知アーキテクチャの導入と評価　72
竹内 勇剛　対話場に応じた配慮が可能なロボットの行動デザイン　74
片上 大輔　言語的配慮を行う対話システム　76

■研究紹介 A04 公募班

小山 虎　対話の根源的規範性に基づく対話モデルの検討　78
加藤 隆之　AIの法と倫理における主体性　80
野村 竜也　生物学的性別かジェンダー認識か：対ロボット感情への影響の探索　82

■リスト

日本科学未来館における対話イベントの実施報告　84
研究組織　86

全体総括

対話知能学

石黒　浩 *1 *2

*1 大阪大学大学院基礎工学研究科　*2 国際電気通信基礎技術研究所石黒浩特別研究所

研究課題名（総括班）「人間機械共生社会を目指した対話知能システム学」

1. 新学術領域「対話知能学」

スマートフォンは移動中の通信メディアとしては，いわば究極の姿であろう．話ができる場所では電話として使え，声を出して話をしにくい場所でも，チャットを用いれば簡単に通信ができる．また複数の人間とも簡単にメッセージをやりとりすることができる. 一方で, スマートフォンと並ぶ家庭内での究極の通信メディアとはどんなものであろうか．その探求のもとに浮かび上がるのが，スマートスピーカーと呼ばれる音声認識を用いたデバイスである. 家の中では，スマートフォンやパソコンを持ち歩くことが少ない．それゆえ，声を使った通信メディアの利用が期待されている．日本では，エアコンや炊飯器等すでに多くの家電製品が音声での案内を行うようになっている．しかし問題はスマートスピーカーが本来の機能を実現できていないことにある .

ホームページに正確に情報を入力する目的においては，音声認識デバイスだけでは不十分なのである．言語には常にその解釈に曖昧性がつきまとい，文脈を無視して，その言葉の意味を解釈すると大きな勘違いが頻繁に引き起こされる．人間同士の対話では，その高い認知能力で相手の意図や欲求を推定しながら，言語による曖昧な表現を補完しながら話を進めている. すなわち, 言語を用いた通信メディアには，人間のように意図や欲求を推定する機能が必要なのである．逆に言えば，人間の意図や欲求を推定する機能を持つメディアでなければ，言語を用いた情報交換はできない.

また，一方で人間も家電などの機械の意図や欲求を推定するのが望ましい．なぜなら，機械の側も言語を用いて対話するのであるから，その意図や欲求を推定することは人間側にも必要となる．すなわち，言語を通して互いの意図や欲求を推定し合う，いわゆる「対話」の機能が必要となるのである.

近未来においては様々な家電製品やロボットが自律的に活動するようになるとともに，意図や欲求を持つようになる．そして，それらは意図や欲求を持つがゆえに，それらを利用する人間との間で，言語を用いながら互いの意図や欲求を理解し合い，共生していくというような関係を築くことができるようになる.

このような世界がまさに，情報化社会の次にくる，人間ロボット共生社会なのだと考える．意図や欲求を持つロボットについては，2014 年から始まった，JST ERATO 石黒共生ヒューマンロボットインタラクションで研究に取り組んできた [1]．本研究はその成果を受けて，新たな学術領域を創成するものである.

本領域研究 [2] は，2019 年から始まったが，2022 年 11 月に ChatGPT が公開されてからは，対話研究が飛躍的に進展した．ChatGPT 以前は，意味が感じられる言葉のやりとりを生成するだけでも非常に時間がかかり，なおかつその機能は，特定の状況や目的に限定されていた．しかし，ChatGPT 以降は，ChatGPT をはじめとする大規模言語モデルを用いれば，ロボットの対話を生成することは難しくなくなった．無論，ロボットは人間と同様に言葉の意味を理解している訳ではないが，ロボットは人間と対話を続けることができるようになった．それ故，本研究においても，大規模言語モデルを用いることで，後述する自己認知や他者認知，さらにはそれらに基づく社会関係推定等の問題に，より深く取り組めるようになった.

また，この大規模言語モデルの重要な特徴は，インターネット上にある，多くの人間が生成した言葉や文章を基に学習していることである．すなわち, 大規模言語モデルは, 人間の活動をモデル化した世界モデルでもあり，人間型ロボットと非常に相性がいい．自律的に行動する人間型ロボット実現におけるボトルネックの一つが，対話機能であったが，それが実用化可能なレベルで実現されたのである．こうなると，今後急速に，人と対話しながらサービスを提供する，対話ロボットや対話 CG エージェント（モニタ上や仮想空間内の CG のエージェント）が普及する可能性がある.

数年の内に様々な場所や目的で，ロボットや CG エージェントが活動を始める可能性があり，本研究は，単なる学術的な研究としてではなく，社会実装を伴う実用的な研究として取り組まなければならない．特に，後述する人間機械社会規範の研究が重要になる.

2. 研究グループの構成

本領域研究では，様々な家電製品やロボットが自律的に活動するようになるとともに，意図や欲求を持ち，意図や欲求を持つがゆえに，それらを利用する人間との間で，言語を用いながら互いの意図や欲求を理解し合い，共生していくような関係を築けるようになるための研究を展開した．そのために, 以下の 4 つの研究グループが, 対話ロボット等を共有しながら，以下に示す目的を持って研究開発に取り組んだ．図 1 は，その 4 つのグループの関係を示す.

A01 対話継続関係維持研究グループ：　特に音声認識が難しい高齢者とのコミュニケーションを想定して，対話を継続させるためのメカニズムの解明と実現を目指して研究に取り組んだ．どのような対話プロトコルによれば，対話内容が理解できなくても対話継続が可能か，あるいは，意図理解が不十分であっても対話継続を通じた関係構築が可能か，その原理を明らかにしてきた.

A02 対話理解生成研究グループ： モジュールが疎結合している現在の対話システムの構成を見直し，対話システム全体の効用を最大化できるようにモジュールを連動させることのできる対話システム基盤の構築に取り組んだ．また，各モジュールの性能を対話全体の効用を最適化するように改善した．さらに，構築したシステムについては，社会実装を通じてその有効性を検証した．

A03 行動決定モデル推定研究グループ： 人が対話システムに自律的思考の存在を感じるには，対話システムが観測した事象や，取り得る行動の価値を自律的に判断することが必要である．そして，人の社会的欲求を充足するためには，思考・行動の自律性に加え，対話システムに対する印象や人の価値判断モデルを推定する能力も必要となる．与えられた目的に対し，自律的に行動を決定する対話システムの実現方法を探求するとともに，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ついて研究してきた．

A04 人間機械社会規範研究グループ： ロボットによる対話メディアの社会実装において生ずる問題への抜本的な対応と，社会的受容を目指す上で必須となる倫理・社会制度の新知見を提示し，その基礎となる新しい社会規範の原則をまとめたロボット法の確立を目指してきた．また，社会制度（倫理・社会的受容性），法制度（法・倫理），ELSI（Ethical, Legal and Social Issues）の 3 つの観点から，人間と機械が共生する社会に必要な新しい社会規範について検討を重ねた．

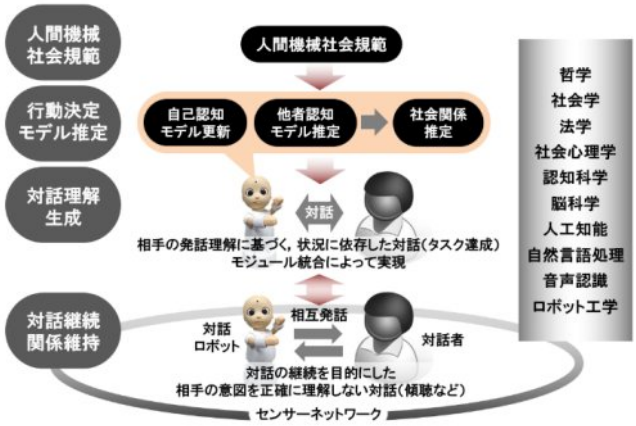

図 1：研究グループの構成図

3. 研究分野の革新性と課題

本領域研究では，次世代の知能システムを実現する新たな学術分野の創成を目指して研究開発に取り組んできた非常に限られた目的や状況における対話しか実現できていなかった従来の研究に対して，基礎研究や実証実験を通して，より一般的な目的や状況に対応できるシステムを開発し，意図や欲求を持つ知能システムの原理に迫ると共に，そのようなシステムを受け入れるための社会規範を提案した．

さらに，本領域研究は既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指してきた．これまでの対話知能システムに関わる研究は，音声認識やロボット工学など，機能毎に研究分野が分断されており，全てが連動する研究が行われてこなかった．単に機能毎の研究成果を組み合わせるだけでは，実世界で人間と関わる頑強なシステムを実現できない．意図や欲求を持ち自律的に人間を支援するシステムを，多様な研究分野の研究者が協力して実現してきた．

一方で，より深い問題にも取り組む手がかりも得ることができた．今後は以下のような原理探求やシステム開発に取り組んでいかなければならない．

- 状況に依存した知的対話システムの原理 (フレーム問題)
- 知能システムの人間社会における社会関係構築の原理
- 知能システムの意識・感情・個性を通した人間との繋がりの原理
- コモングラウンドを発見し利用する原理
- 大規模言語モデルと概念の統合

参考文献

[1] 石黒浩 , 港隆史 , 小山虎 : 意図欲求を持つ自律対話アンドロイドの研究開発 , pp. 312-317, 日本ロボット学会誌 , Vol. 37, No. 4, 2019.

[2] 石黒浩 : 対話知能学 , 小特集 人間機械共生社会を目指した対話知能システム学の取り組みと今後の展開 , pp. 700-705, 人工知能学会誌 , Vol. 38, No.5, 2023.

A01 班 対話継続関係維持研究グループの総括

河原　達也 *1
*1 京都大学

研究課題名「人間との対話継続及び関係構築のための対話知能システム」

1.　班の構成

A01 班は、対話知能の基盤となる対話継続・関係維持のメカニズムについて研究を行った。これは、複数モダリティによる傾聴や複数ロボットによる対話のアプローチを組み合わせることにより、相手の発話や意図の理解が完全にできなくても、対話を継続し、関係を構築・維持できることを目指すものである。

A01 班は、公募班を含めた参加メンバーが多く、基礎研究・要素技術からシステム開発・応用まで幅広くカバーすることができた。その構成を以下に示す（図１）。

毎年、夏を中心に１～２回対面での会議を開催し、各研究者の研究紹介に加えて、対話継続や関係構築・維持に必要なことについて議論を行ってきた。以下、それらについてまとめる。

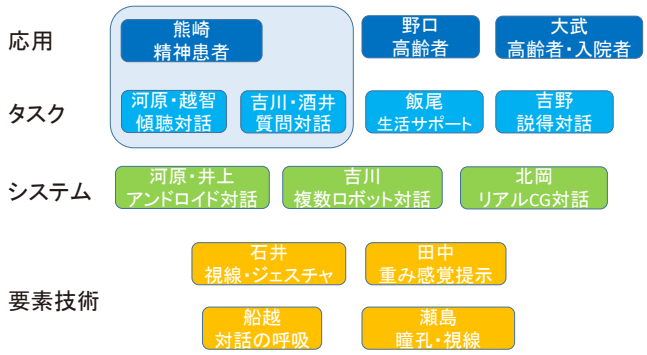

図１：A01 班組織図

2.　対話継続・関係構築に必要なこと

対話継続については、大阪大学では破綻しないように質問をなげかけることで、京都大学では自然な相槌とターンテイキングを行うことで、高齢者と５分以上の対話が実現されている。

関係構築のためには、対話継続に加えて、共感を実現することが重要と考えられる。共感の実現には、リズム同調といった低レベルの処理から、感情認識、言語理解といった高いレベルの処理が必要になる。これらの要素技術についてはかなり進展しているが、共感のモデル化や実現法についてはまだまだで、本研究課題でも取り組んだ。その中で、共有笑いに加えて、瞳孔・呼吸や重みといったモダリティの活用といった新たな方向が示された。

これらを図にまとめたものを示す（図２）.

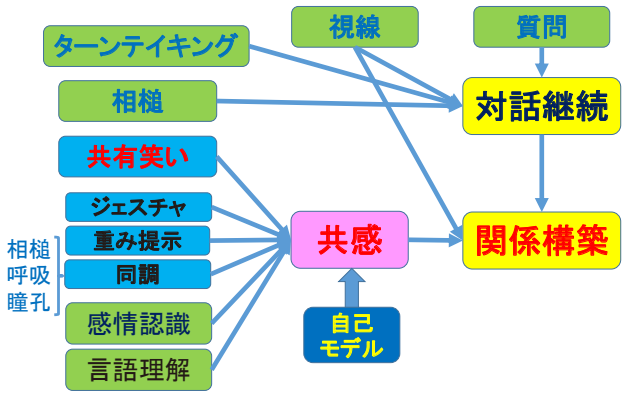

図２：対話継続と関係構築のモデル

3.　長期間の対話継続・関係維持に必要なこと

１回数分程度であれば、かなり自然な対話が実現できるようになったが、長期間にわたって同じ人と会話し続けるのは容易でない。何回も同じシステムと対話をすると、話すことがなくなったり、同じような話になり、対話意欲が低下するためである。一方で、現在のシステムは、過去の対話を一切記憶しておらず、何回対話しても初対面の対話となる。

そのため、前回の会話を記憶して活用する必要性が指摘された。その際に、盛り上がった話題や好みの話題を記憶しておいたり、情動や体験を共有することも考えられる。また、対話を通じて、個人の特性を把握することの必要性も指摘された。例えば、性格を把握して、話し方を変えることが考えられる。

ただし、過去の対話内容やプライバシーを記憶するには、ユーザの承諾が必要である。

このような点も考慮しながら、様々な研究に取り組むことができた。特に、計画班の京都大学・大阪大学のグループと公募班の熊崎グループが連携して、精神患者のデイケアを対象として長期にわたって実証実験に取り組めたのは大きな成果であった。

参考文献

[1] 河原達也，越智景子，吉川雄一郎，酒井和紀．対話継続・関係構築をめざした対話ロボット研究．人工知能学会誌，Vol.38, No.5, pp.706–713, 2023.

人間との対話継続及び関係構築のための対話知能システム

河原　達也[*1]，井上　昂治[*1]，越智　景子[*1]
[*1] 京都大学
研究課題名「人間との対話継続及び関係構築のための対話知能システム」

人間が日常的に対話する際に，何か目的があるよりも，対話そのもの，あるいはそれによるコミュニケーションや関係の維持が目的であることが多い．コミュニケーションを行うロボットにもこの実現が求められる．本研究は，特に高齢者や精神障害者とのコミュニケーションを想定して，対話を継続するためのメカニズムの解明と実現を目指して行ってきた．具体的には，人の話を傾聴するシステム・ロボットを構成し，共感的な応答を生成する様々な方法の研究を行った．また，A01 グループの熊崎教授及び吉川准教授らと共同で，精神科（主に統合失調症）のデイケア利用者を対象として，ロボットを用いた対話実験を継続的に実施した．

1. 傾聴システムの構成と活性度を用いたコミュニケーショントレーニング

傾聴とは，相手の話に対して聞き手応答を適宜生成することで，発話の継続を促し，長く話してもらうことを目指している．このシステムの構成を次の図に示す（図 1）[1].

相手の発話中は常に，韻律的特徴を分析して，相槌の発話タイミングを予測する．また，音声認識と言語解析により，繰り返し応答，掘り下げ質問，評価応答，語彙的応答などを生成する．検出した焦点語を繰り返したり，適切な疑問詞を接続した掘り下げ質問を生成する．また，感情分析に応じて，評価応答を生成する．ポジティブであれば，「いいですね」や「素敵ですね」，ネガティブであれば「大変ですね」や「残念でしたね」といった応答となる．

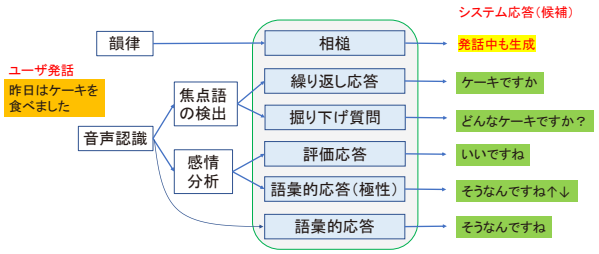

図 1：傾聴対話システムの構成

これらのシステムの応答が，対話の活性度やユーザのエンゲージメントを示すことに着目し，応答の種類に応じた点数を付与して，リアルタイムに表示するゲームを作成した．このシステムを，本領域の公開シンポジウムを含めて，様々な場で一般の方に体験してもらった．概ね，目標とした３分間の対話が行われ，コミュニケーションのトレーニングとして活用できる可能性が示唆された．これが後述の精神科のデイケアでも展開されている．

2. 共感的応答の生成

この傾聴システムにおいて，共感的応答を生成するための様々な方法を研究してきた．

まず，文脈理解と応答生成には双対性があるという仮定に基づいて応答を生成するモデル，及び感情認識に基づいて適切な応答を選択するモデルを提案し，それらの効果を示した [2].

次に，文脈理解からユーザの意図とシステムの（望ましい）意図を各々推論した上で，適切な共感的応答を生成する方法を提案し，その有効性を示した [3].

さらに，バリデーションと呼ばれる相手の話を受け止めて肯定する技法の導入についても検討した [4].

3. 共有笑いの生成

共感を示す上で，共有笑い，すなわち相手が笑った場合に同調して笑うことも重要と考えられる．しかしながら，ユーザが笑った場合にロボットが常に笑えばよいわけではない．「私はいつもどじなんですよ」といったように自虐的に笑う場合も多いためである．

初対面の男女による会話データを用いて，相手の発話の音声的な特徴に基づいて，相手が笑ったか，自分も笑うか，そして笑う場合はどのように笑うか（大笑いか社交的な笑い）を判定する３つのモデルを機械学習した．笑いには任意性が高いため，予測精度は必ずしも高くないものの，この共有笑いのモデルをアンドロイド ERICA に実装（図 2）することで，ロボットによる共感やロボットの人間らしさといった評価項目が向上することを確認した [4].

図 2：アンドロイド ERICA による傾聴対話の様子

4. 精神科デイケアでの実証実験

公募班の熊崎教授らと協力して，兵庫県の精神科病院で実施しているデイケアにおいて，「会話ロボットを用いたコミュニケーショントレーニング」と題して，３年以上にわたって実証実験を行ってきた．当初は対話継続を目標としてきたが，長期的に実験を行うことで関係構築も目指している．

その一環で，デイケア利用者 18 名（男性 10 名，女性 8 名）を対象とした評価を行った．いずれも CommU に傾聴対話機能を実装したシステム（図 3）を用いて，3 分間の対話を行ってもらった．最近のできごとを中心に自由に話すように教示した．対話前後で気分と覚醒度を Visual Analog Scale (VAS) により調査したところ，対話により覚醒度の上昇が確認された．気分の上昇の度合いについて，単位時間の評価応答数，相槌数，対話前の気分を説明変数とした重回帰分析を行った結果, 係数はそれぞれ 0.63, 0.32, -0.41（決定係数 R2=0.61）となり，評価応答や相槌などが活発に出る対話が気分の改善に影響することが示された．これは，共感的な応答の有効性を示している．また，対話後に，初対面の人や友人と比較したときの話しやすさ等に関して, 5 段階の主観評価を行ったところ, ロボットは初対面の人よりも有意に好まれ，友人と同程度であった [6].

さらに，このシステムを，２名の人間と会話する枠組みに発展させている．これは，１名の人が話すのをもう１名とロボットが一緒に傾聴するものである．ロボットが介在することで，傾聴感が醸成され，人間どうしでは話しにくい状況でも会話を継続することができる．実際にこのシステムを体験することで，それまで（同じデイケアに来ていても）ほとんど話すことのなかった人どうしが自然に会話ができるようになることが確認された．

図 3：Commu による傾聴対話の様子

5. まとめと今後の展望

大規模言語モデル・生成 AI の進展によって，自然な対話が生成されるようになったが，相槌や共有笑いを含めた共感的な応答生成は相補的に有効であると考えられる．また本研究では，精神科と連携して長期にわたる実証実験を行い，システムの様々な改善や利用法に関する知見が蓄積されるとともに，少しずつこのようなシステムが受け入れられるようになったのは大きな成果といえる．まだ端緒についたばかりなので，今後さらに発展させていきたい．

参考文献（発表文献）

[1] 井上昂治 , ララディベッシュ , 山本賢太 , 中村静 , 高梨克也 , 河原達也 . アンドロイド ERICA の傾聴対話システム -- 人間による傾聴との比較評価 --. 人工知能学会論文誌 , Vol.36, No.5, pp.H--L51_1--12, 2021.

[2] Y.Fu, K.Inoue, D.Lala, K.Yamamoto, C.Chu, and T.Kawahara. Dual variational generative model and auxiliary retrieval for empathetic response generation by conversational robot. Advanced Robotics, Vol.37, No.21, pp.1406--1418, 2023.

[3] Y.Fu, K.Inoue, C.Chu, and T.Kawahara. Reasoning before responding: Integrating commonsense-based causality explanation for empathetic response generation. In Proc. SIGdial Meeting Discourse & Dialogue, 2023.

[4] Z.H.Pang, Y.Fu, D.Lala, K.Ochi, K.Inoue, and T.Kawahara. Acknowledgment of emotional states: Generating validating responses for empathetic dialogue. In Proc. Int'l Workshop Spoken Dialogue Systems (IWSDS), 2024.

[5] K.Inoue, D.Lala, and T.Kawahara. Can a robot laugh with you?: Shared laughter generation for empathetic spoken dialogue. Frontiers in Robotics and AI, Vol.Computational Intelligence in Robotics, pp.1--11, 9:933261, 2022.

[6] K.Ochi, K.Inoue, D.Lala, T.Kawahara, and H.Kumazaki. Effect of attentive listening robot on pleasure and arousal change in psychiatric daycare. Advanced Robotics, Vol.37, No.21, pp.1382--1391, 2023.

実証実験

[7] 場所 : ありまこうげんホスピタル , 期間 : 2021 年～現在（月 1 回程度）, 実験概要 : 統合失調症患者のデイケア

[8] 場所 : 岡崎公園，期間 : 2022 年 6 月 18 日，実験概要 : 傾聴ロボットの体験（京都大学 125 周年記念行事アカデミックマルシェ）

社会的状況において対話継続するロボットの研究

吉川　雄一郎 *1，酒井　和紀 *1
*1 大阪大学大学院基礎工学研究科
研究課題名「人間との対話継続及び関係構築のための対話知能システム」

社会は人々が互いに関わることで構成・維持され，また社会があることで人々は継続的に関わることができる．そこで本研究では，複数のロボットや複数の人など三者以上が関与する社会的状況の対話において，①人と対話継続できる複数ロボットの研究，②人同士の関係構築に作用する対話ロボットの研究に取り組んだ．また，このような③対話ロボットの社会受容に関する実証実験に取り組んだ．

本研究を通じ，複数のロボット間で発話交代をさせたり，ロボットが過去に対話した人に言及したりするなど，自身が置かれている社会的状況を活用した戦略によって対話展開するロボットを開発し，当該戦略によって対話継続のパフォーマンスを向上できることを示した．また他者との対話への言及がロボットの自律性・経験性・社会性についての印象を改善し，人同士の対話意欲を喚起しうることを示し，人と対話継続および関係構築する対話知能の実現において社会的状況を考慮することの重要性を明らかにした．

1．人と対話継続する複数ロボット

これまで複数体のロボットが代わる代わる質問攻めすることにより，音声対話を長く継続させるシステムを開発してきた．本研究では本システムが実環境でも頑健に動作することを確認するため，複数の実証実験に取り組んできた．

らららぽーと EXPOCITY 内フードコートに設置した 2 体のロボット・CG エージェントが料理を推薦する実証実験 [11]（図 1）では，11 日間で 440 人と会話することができたことを報告した．また質問紙調査の結果，物理的身体を持つロボットのほうが納得感・満足感を有意に向上させることを確認した [1]．同施設で行った別の実証実験 [12] では，「ロボット休憩室」と称した実験スペースに 1 体，2 体，3 体のロボットと対話できるブースを設置し，15 日間で 255 人と会話することができたことを報告した．また各ブースでの対話継続時間の評価を通じ，1 体よりも 3 体を用いた場合のほうが長く対話継続できることを示した [2]．

一方で，対話相手を複数人にすることで対話継続を実現する実証実験 [13] にも取り組んだ．1 体のロボットが人同士，あるいは人とロボットのペア相手に選好や経験について質問攻めにし，推薦を行うロボットを EXPOCITY 内の通路に設置した．18 日間で 571 組 787 人と対話でき，また対話に参加している両者の意見に基づいて推薦することで，推薦の受け入れ成功率が高まることを確認した [3]．また成功率の上昇は，ペアがロボットの場合でも生じた．

またこうした対話ロボットの基礎技術として人の選好を推定する仕組みの開発 [4] やロボット間の連携対話戦略の開発とその実証実験 [14] にも取り組んできた．

図 1 EXPOCITY フードコートでの実証実験 [1,11]

こうした実証実験を通して，複数人状況を利用することで頑健に動作する対話ロボットを実現できたこと，またそのシステムを基礎とした対話アプリケーションの効果を確認できた．ロボット間やロボットと人との連携を動的に構築できる仕組みの開発が今後の課題である．

2．人同士の関係構築に作用する対話ロボット

多くの場合，他者の情報は人を惹きつける．従って，ロボットが人と対話する場面において，ロボット自身が過去に対話した別の人物から見聞きしたことを伝えることで，人の興味を惹きつけ，人との対話を継続しやすくなると考えられる．これに対し本研究では，別のユーザと過去に対話した内容を伝聞の形で言及するロボットを構成し，ユーザがこのロボットに社会性や心を帰属しやすくなることを示した [5]．興味深いことに，言及する内容を別のロボットとの過去の対話とした状況でも，ロボットの経験に関する発言のロボットへの帰属をユーザに対して促進できることも確認できた [6]．さらに，アンドロイド ERICA を用いた実験では，同じグループに所属するメンバーの情報を聞いたユーザは，そのメンバーとの心理的距離が縮まっていると認識した [7]．

さらに他者情報のやり取りができる LINE チャットボット（図 2）を開発し，4 名の知り合い同士のグループを対象として，14 日間にわたって提案チャットボットと対話し続けさせる実証実験を実施し，ユーザの対話意欲の減退を留められることと，エージェントが機械的であるという

図 2　他者情報のやり取りができる LINE チャットボット [8]

印象をユーザに持たせ辛くできることが示唆された [8]. また最近実施した，高齢者と孫のペアに 10 日間使用させる同様の実証実験を実施したところ，うわさの有無によらず高齢者の不安感が減少することや，高齢者の孫との対話の動機を増強させる効果が確認できている．社会実装にあたっては，プライバシー意識への配慮が今後の課題である．

3. 社会的に受容される対話ロボット

こうした実世界で他者の情報を活用しながら対話するためには，本人の同意が必要になる．そこで本研究では，A04 班新保氏らと協働し，ロボットを用いた同意取得戦略を提案した．これに関する 2 つの研究を紹介する．一つ目は，日本科学未来館にて実施したロボットによる同意説明の実証実験 [15] である（図 3）．対話開始時に口頭で同意を取得する機能を搭載したロボットを設置し，1 日で 37 人と会話した．アンケート結果から，ロボットの説明にポジティブに感じる人が多かった一方で，人の説明が信用できると回答している人も多いことが分かった．またアンケート回答から対話内容や対話者の背景情報が影響する可能性が示唆された [9]．二つ目は，同意取得における再確認と理由付けの効果を検証したオンライン実験 [10] である．被験者はブラウザ上で自身や第三者の顔写真や対話内容について噂する CG ロボットと対話をし，対話の最後にロボットがデータ使用に関する再確認を行ったときの効果を検証した．その結果，再確認を行うことで理解度が有意に向上することが分かった一方で，理由付けによる同意取得率の改善への効果は見られなかった．簡潔でわかりやすく関心をもってもらいながら，人の心理的な安心感を与えることのできる対話戦略の開発が今後の課題である．

図 3　同意説明の実証実験の様子 [9,15]

参考文献

[1] Sakai et al.: Effect of Robot Embodiment on Satisfaction with Recommendations in Shopping Malls, IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 7, no. 1, pp. 366-372, 2022.
[2] 酒井ら：複数ロボットによる対話継続効果検証のための商業施設でのフィールド実験，第 39 回日本ロボット学会学術講演会 2021.
[3] 酒井ら：複数人を対象とした推薦対話ロボットを用いた商業施設でのフィールド実験，第 40 回日本ロボット学会学術講演会，2022.
[4] Sakai et al.: Expressing Robot's Understanding of Human Preference Based on Successive Estimations During Dialog, International Journal of Human-Computer Interaction, 2023.
[5] Fu et al. Sharing Experiences to Help a Robot Present Its Mind and Sociability, International Journal of Social Robotics, pp. 341–352, 2020.
[6] Mitsuno et al.: Agreebot Introduction Dialogue in Human–Robot Interaction: Improving the Acceptability of Robot Statements on Incapable Robotic Experiences, Advanced Robotics, 2024.
[7] Fu et al.: Using an Android Robot to Improve Social Connectedness by Sharing Recent Experiences of Group Members in Human-Robot Conversations, IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 6, no.4, pp. 6670 – 6677, 2021.
[8] 三野ら：友人グループ内での長期間利用による他者情報のやり取りを行う日常対話チャットボットの評価，人工知能学会誌，vol.37 no.3, pp. 1-14, 2021.
[9] 酒井ら：ロボットによる個人情報の取得同意説明のフィールド実験，第 41 回日本ロボット学会学術講演会，2023.
[10] Sakai et al.: Effect of Robot Notification on Acquiring Permission to Use Personal Information, in Proceedings of International Conference on Human-Agent Interaction (HAI), pp. 124-132, 2023.

実証実験

[11] 場所：ららぽーと EXPOCITY，期間：2020 年 3 月 15 ～ 25 日，実験概要：フードコートでのロボット対話実験.
[12] 場所：ららぽーと EXPOCITY，期間：2021 年 1 月 16 ～ 31 日，実験概要：EXPOCITY LAB でのロボット対話実験.
[13] 場所：ららぽーと EXPOCITY，期間：2021 年 8 月 6 ～ 23 日，実験概要：施設内通路でのロボット対話実験.
[14] 場所：日本未来科学館，期間：2022 年 7 月 30 ～ 8 月 31 日，実験概要：キミとロボット展でのロボット対話実験.
[15] 場所：日本未来科学館，期間：2022 年 2 月 26 日，実験概要：自律ロボットによる同意取得実験.

ロボットとの対話がもたらす行動変容の実証的研究
ー高齢者施設・科学館・大学構内での実証実験ー

飯尾　尊優 [*1]
[*1] 同志社大学
研究課題名「人間との対話継続及び関係構築のための対話知能システム」

本研究では，ロボットが，高齢者や科学館来場者，大学生という異なる対象群とのインタラクションにおいて，人間の行動変容にもたらす可能性について探求した．具体的には，複数体ロボットを用いた高齢者との対話継続，ロボットの声掛けによる科学館来場者の行動誘導，および大学構内での学生のメンタルヘルスケアを目的としたカウンセリングロボットの効果を実証的に検証した．

これらの研究を通じて，ロボットとのインタラクションが人々の行動や心理状態に肯定的な影響を与えられることを示した．特に，ロボットとの対話が高齢者の対話時間を延長させる可能性，科学館でのアンケート回答率を高める効果，そして大学生の心理的ストレスを軽減する効果が観察された．これらの成果は，ロボット技術が日常生活や公共の場での人間の行動や感情に積極的に作用できることを示唆しており，将来的にはより多様なシーンでのロボットの活用が期待される．

1. 高齢者との対話を継続するための複数体ロボットの研究

高齢者との有意義な対話を維持するための複数体ロボットシステムの開発に焦点を当てた．音声認識の不確実性にも関わらず，対話の流れを保ち，高い満足度を達成するため，質問，回答，相槌，意見を組み合わせた対話モデルを実装し，その効果を実験的に検証した．最初の実験では，単一ロボットと複数体ロボットの間で対話の持続時間を比較し，複数体ロボットが使用された場合の方が，高齢者との対話が長く継続される傾向にあることを発見した [1]．この発見は，複数体ロボットが単体ロボットに比べて，より人間らしい対話の流れを生み出し，参加者の関心を引きつけ維持する能力が高いことを示唆している．

続く実験では，複数体ロボットと複数体 CG エージェントの比較を通じ，ロボットがもたらす対話の質の差異を探った．この実験から，ロボットとの対話が CG エージェントに比べて発話時間を延長させる可能性があることが示された．これは，物理的な存在感が高齢者とのインタラクションにおいて重要な役割を果たすことを意味している [2]．

さらに，ロボットの傾聴手法の開発と評価を行う実験では，音声認識に依存せずに参加者の発話時間を基準にした傾聴が，対話の質と高齢者の満足度をいかに向上させるかを明らかにした．具体的には，積極的な傾聴を取り入れた条件では，参加者が一つの質問に対してより長く話す傾向があり，これは対話の深度と参加者の関与度の向上に寄与することが示された [3]．

これらの研究成果は，ロボットと高齢者との対話の質を高めるための具体的な手法として，複数体ロボットによる質問を中心とした積極的な傾聴の有効性を示しており，このアプローチが今後のロボット設計の重要な指針となることが期待される．

2. ロボットの声掛けによる人々の行動誘導の研究

本研究では，実環境下でロボットが人間の行動誘導に及ぼす影響について詳細に検討した．筑波大学構内でのロボットを用いたアンケート回答依頼実験では，ロボットによる声掛けが当初アンケート回答率を向上させる効果があることを明らかにしたが，その効果は時間が経つにつれて減少することが確認された．これは，ロボットの新規性の影響が時間とともに薄れるためと考えられる [4]．

つくば市の科学館「つくばエキスポセンター」では，ロボット，スピーカー，無介入の三条件で来場者のアンケート回答率を比較し，ロボット介入が回答率を向上させることを示した．この結果から，ロボットがアンケート回答を促す有効な手段であること，その効果がスピーカー単独や無介入条件と比較して優れていることを明らかにした [8]．

これらの研究成果は，ロボットが公共の場での人々の行動や心理状態に影響を与えうることを示している．物理的な身体を持つロボットによる声掛けが来場者の注意を引き，アンケート回答など特定の行動を促進することが可能であることが示された．この研究は，ロボット技術の社会的応用の可能性を広げるものであり，将来的にはさらに多様なシーンでのロボット活用が期待される．

3. 大学構内でのメンタルヘルスケアに向けたロボット活用の取り組み

大学生のメンタルヘルスケアの新たなアプローチとして，学生が自由に対話できるカウンセリングロボットの設置を提案し，その有効性を検討した．学生がロボットとどの種類の対話を行うか，及びその対話が彼らの心理状態にどのような影響を与えるかを探るために大学構内での実証実験を実施した．実験は，参加者がロボットと会話するための専用スペースを設け，遠隔操作によりロボットを介在させる Woz 実験形式で行われた [9]．ロボットが積極的に参加者を褒める「褒めあり条件」と，褒め言葉を発話しない「褒めなし条件」の二つを設定し，大学生活における日常的な悩みや成功体験に関連する話題を中心に対話を展開した．参加者の気分変化を評価するために，対話前後に一時的気分尺度 (TMS) と性格特性評価 (TIPI-J) を用いたアンケートを実施し，その結果を分析した．

分析の結果，ロボットとの対話が参加者の気分に有意な影響を与えることが明らかになった [5]．特に，「褒めあり条件」では，勤勉性が低い傾向にある人は抑鬱，混乱，

疲労感が軽減され，神経症傾向が低い人は緊張が緩和される効果が確認された [6]．これは，ロボットによる積極的な肯定的フィードバックが，特定の性格特性を持つ学生の心理的ウェルビーイングを向上させる可能性を示唆している．一方，「褒めなし条件」では，神経症傾向が高い人の緊張感が軽減されることが観察され，ロボットとの対話自体が一部の心理的ストレスを緩和する効果を持つことを示している．

この研究は，ロボットを用いたメンタルヘルス支援が大学生の心理的ストレス軽減に寄与する可能性を示し，特に性格特性に応じたカスタマイズされた対話が有効であることを示唆している．カウンセリングロボットは，匿名性や非評価性などの利点を活かし，学生が抱える心理的負担を軽減する新たな支援手段として期待される．

4. おわりに

本研究では，異なる対象群―高齢者，科学館来場者，大学生―とのインタラクションを通じ，ロボットが人間の行動変容やメンタルヘルス改善に及ぼす肯定的な影響を探求した．高齢者との対話研究では，複数体ロボットを用いることで対話時間が延長し，より深い関与が促されることを発見した．科学館でのロボットによる声掛け実験では，アンケート回答に対する来場者の関心を顕著に高める効果を示した．大学構内で設置されたカウンセリングロボットによる実験では，特定の性格特性を持つ学生がロボットとの対話を通じて心理的ストレスを軽減できることが示唆された．

これらの成果から，ロボット技術が日常生活や公共の場で人々の感情や行動に積極的に作用し，そのウェルビーイングを向上させる有力な手段となり得ることが示唆される．特に，ロボットとの対話がもたらす肯定的な心理的効果は，高齢者の生活の質の向上，科学館などの教育施設での学習体験の深化，そして大学生のメンタルヘルスケアの支援という，社会的にも重要な課題への寄与が期待される．本研究は，ロボットと人間とのインタラクションの可能性を広げ，将来のロボット設計と応用における新たな方向性を示唆している．

参考文献

[1] T. Iio, Y. Yoshikawa, M. Chiba, T. Asami, Y. Isoda, and H. Ishiguro: “Twin-robot dialogue system with robustness against speech recognition failure in human-robot dialogue with elderly people,” Applied Sciences, 10(4), 1522, 2020.

[2] T. Nishio, Y. Yoshikawa, K. Sakai, T. Iio, M. Chiba, T. Asami, Y. Isoda, and H. Ishiguro: “The effects of physically embodied multiple conversation robots on the elderly,” Frontiers in Robotics and AI, 8, 633045, 2021.

[3] T. Nishio, Y. Yoshikawa, T. Iio, M. Chiba, T. Asami, Y. Isoda, and H. Ishiguro: “Actively listening twin robots for long-duration conversation with the elderly,” ROBOMECH Journal, 8(1), 1-10, 2021.

[4] T. Natori and T. Iio: T. (2021, August). An empirical study of how much a social robot increases the rate of valid responses in a questionnaire survey. In 2021 30th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication (RO-MAN), Vancouver, BC, Canada, 2021, pp. 951-956.

[5] 奥田 , 米永 , 權 , 若生 , 飯尾 :“ ロボットとの会話が大学生の気分向上に与える影響の検討 ”,HAI シンポジウム 2023, P-20, pp. 2023. pp. 1-7, 2023.

[6] 米永 , 奥田 , 權 , 若生 , 飯尾 :“ 大学構内で学生がロボットと行った会話の分析 ”, 第 37 回人工知能学会全国大会 , 2O5-OS-2a-02, pp. 1-4, 2022.

実証実験

[7] 場所：ゆめパラティース , 期間 : 2021 年 , 実験概要：高齢者施設での対話ロボット実験

[8] 場所：つくばエキスポセンター , 期間 : 2021 年 7 月 17 日～ 8 月 7 日の 21 日間および 2021 年 12 月 11 日～ 2022 年 2 月 6 日の 16 日間 , 実験概要 : 来場者へのアンケート回答依頼実験

[9] 場所 : 同志社大学 , 期間 : 2022 年 11 月の 16 日間 , 実験概要 : 大学構内でのメンタルヘルスケアに向けた対話ロボット活用

A02 班 対話理解生成研究グループの総括

東中　竜一郎 *1
*1 名古屋大学大学院情報学研究科
研究課題名「モジュール連動に基づく対話システム基盤技術の構築」

1. 本計画班の成果の概要

対話システムの性能は改善しているものの，様々な要因により対話破綻が生じうる．特に，多様なユーザや状況に対応することが難しい．そのため，開発者は問題なく対話できるが，一般のユーザは対話を適切に行うことができないことも多い．この状況の解決を狙い，本計画班では「モジュール連動に基づく対話システム基盤技術の構築」を進めてきた．具体的には，対話システムを構成する様々なモジュールを，多様なユーザや状況に適応するように連動させることで，どのようなユーザであってもシステムとの対話が成立することが可能かを明らかにしようとした．本研究の結果，対話システムにおけるさまざまなモジュールを連動させることで，対話システムの性能を改善できることを示した．また，対話ロボットコンペティションの実施を通して，モジュール連動に基づく対話システムに関するアルゴリズムの開発および研究者の育成を図ることができた．さらに，モジュール連動に基づく対話システム開発に有用なコーパスを構築した．

2. 本計画班の全体像

図 1 に本計画班の営みの全体像を示す．要素技術として，言語理解，状況理解，ユーザ理解などの研究を進めてきた．これらの要素技術によって，ユーザや対話状況が的確に理解できるようになり，ユーザや場面に応じる形で，モジュールを連動させることができる．いくつかの研究について具体的に述べると，Hazumi と呼ばれるマルチモーダルコーパスを構築し，心象アノテーションを行い，顔を含む映像からの心象推定アルゴリズムを構築した [1]．これにより，対話中にユーザが対話を楽しんでいるかが分かるようになった．また，歩容による属性推定技術を開発し，話者がシステムから遠くにいても，ユーザ属性を推定できるようになった [2]．また，テキストを論理表現やデータベースクエリに変換するセマンティックパージング技術の研究を推進し，機械可読表現のフォーマット統一によりその性能を改善することができた [3]．

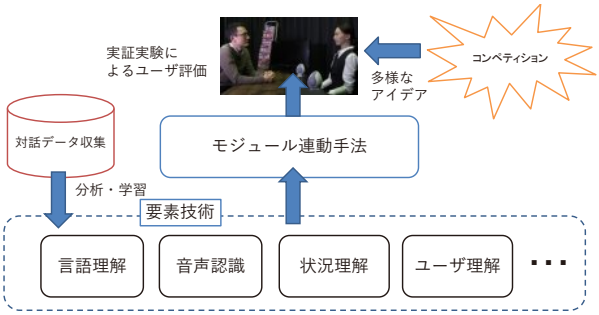

図 1：本計画班の営みの全体像

モジュール連動手法は，複数のモジュールを連動させ，対話システムのパフォーマンスを最適化する．本計画班では，後処理ネットワークの研究を進めてきた．後処理ネットワークとは，各モジュールの出力結果を対話システムの性能を最大化するように後処理する仕組みのことである．複数の対話システムを対象として，後処理ネットワークの有効性を示した [4]．また，モジュール連動のためのデータセットを構築するため，多様な属性の話者が含まれる旅行代理店対話のデータセットを構築した [5]．このデータは，高齢者，成人，子供のタスク指向型対話データを含み，全部で 115 時間（330 対話）の分量である．このデータは研究者向けに公開する．

最後に，対話ロボットコンペティションについて述べる．これは，世界初のコミュニケーションロボットのコンペティションである [6]．研究期間で 3 回実施した．大学や企業のみならず，高専からの参加もあり，本領域の拡大に貢献できた．対話ロボットコンペティションについてはこの後に詳述する．対話システムライブコンペティションにおいても，我々のソフトウェアを提供し，対話ロボットのシミュレータとともに多くの開発者に利用してもらうことができた．さらに，本計画班のメンバーで Advanced Robotics 誌において対話ロボットおよびマルチモーダル対話システムの特集号を組み，本領域の多くの成果を掲載することができた．

3. 対話ロボットコンペティション

これまでに 3 回実施した対話ロボットコンペティションについてそれぞれ述べる．

第 1 回の対話ロボットコンペティションは，予選会を，大阪のショッピングモールららぽーと EXPOCITY にて，2021 年 8 月 16 日～9 月 12 日まで実施した．予選会では 11 チームが，旅行代理店における観光地案内を行うタスクで競った．多目的スペースに「ロボット旅行代理店」を設置し，ららぽーとのお客様に評価してもらった．コロナ禍のため，体験者数が十分でなかった可能性から，予選会での体験者の評価とビデオ評価を総合して，本選会に出場するチームを決めた．本選会は遠隔で行った．参加チームがリモートで ATR に設置したロボットを制御し，そのロボットと Zoom 越しに審査員が対話を行った．1 位（最優秀賞）は TeamM&D, 2 位（優秀賞）は kasuga, 3 位（優秀賞）は dsml-tdu，4 位（入賞）は d-itlab であった．

第 2 回目となる対話ロボットコンペティション 2022 については，予選会を，2022 年 8 月 11 日～8 月 27 日の期間，日本科学未来館の特別企画「空想⇔実装 ーロボットと描く私たちの未来ー」の 1 展示として実施した．株式会社 JTB および株式会社 JTB パブリッシングの協力の

下，JTB の看板や店舗で実際に使用されている什器等を用いて，前回より実店舗らしい「ロボット旅行代理店」を設置した．予選会には，12 のチームが参加した．夏休み期間ということもあり，多くの体験者（全 347 名）が参加チームのシステムを評価した．その結果，上位 3 チームが本選会に進出した．本選会は国際会議 IROS2022 の Robot Competition 部門にて国際的に実施した（10 月 25 日）．本選会では，研究者や旅行代理店業務経験者が評価者となり，3 チームの対話システムを評価した．その結果，チーム LINE（1 位）が最優秀賞を獲得し，チーム MIYAMA（2 位）とチーム OS（3 位）が優秀賞となった．本選会では，全参加チームがポスター形式のプレゼンを行った．活発なチーム間交流が行われ，対話ロボット研究のコミュニティ形成が見られたことは大きな成果と言える．

第 3 回目となる，対話ロボットコンペティション 2023 については，予選会を実際の旅行代理店の実店舗（JTB 名古屋ユニモール店，および，JTB トラベルゲート天神店）にて実施した．また，大規模言語モデルの進展を踏まえ，対話タスクをより複雑な旅行計画とし，対話時間もこれまでの 5 分から 10 分とした．予選会には全 12 チームが参加した．本選会（図 2）は，2023 年 12 月 23 日（土）に日本科学未来館にて実施した．本選に進んだチームは MIYAMA，ROS，JERRY_cis，SBIntuitions である．本選会では，1 次審査で，ROS と SBIntuitions が 2 次審査に進んだ．そして，2 次審査の結果，SBIntuitions が最優秀賞を獲得した．大規模言語モデルによって，対話の破綻は少なくなった一方で，応答速度が遅く，相手を理解した上での反応ができないなど，人間との違いも浮き彫りになった．

4. おわりに

本計画班では，モジュール連動に基づく対話システム基盤技術の構築を進め，コーパス構築やコンペティションの実施など，領域を広げることに貢献できた．大規模言語モデルを踏まえ，今後さらに対話技術を進展させたい．

図 2：対話ロボットコンペティション 2023 本選会の様子

参考文献

[1] 駒谷：マルチモーダル対話コーパスの設計と公開，日本音響学会誌，78, pp. 265–270, 2022.

[2] C. Xu et al.: “Real-time gait-based age estimation and gender classification from a single image”, IEEE WACV, pp. 3459–3469, 2021.

[3] B. Chen and Y. Miyao: “Syntactic and semantic uniformity for semantic parsing and task-oriented dialogue systems”, Findings of EMNLP, pp. 855–867, 2022.

[4] A. Ohashi and R. Higashinaka: “Post-processing networks: Method for optimizing pipeline task-oriented dialogue systems using reinforcement learning”, Proceedings of SIGDIAL, pp. 1–13, 2022.

[5] M. Inaba et al.: “Collection and Analysis of Travel Agency Task Dialogues with Age-Diverse Speakers”, Proceedings of LREC pp. 5759–5767, 2022.

[6] T. Minato et al.: “Design of a competition specifically for spoken dialogue with a humanoid robot”, Advanced Robotics, vol.37, pp. 1349–1363, 2023.

実証実験

[7] 場所：ららぽーと EXPO City, 期間：2021 年 8 月 16 日～9 月 12 日，対話ロボットコンペティション予選会.

[8] 場所：日本科学未来館，期間：2022 年 8 月 11 日～8 月 27 日，対話ロボットコンペティション 2022 予選会.

[9] 場所：IROS2022, 期間：2023 年 10 月 25 日，対話ロボットコンペティション 2022 本選会.

[10] 場所：JTB 名古屋ユニモール店，及び，JTB トラベルゲート天神店，期間：2023 年 10 月 27 日～11 月 20 日，対話ロボットコンペティション 2023 予選会.

[11] 場所：日本科学未来館，期間：2023 年 12 月 23 日，対話ロボットコンペティション 2023 本選会.

ユーザ・状況理解技術と対話システム性能の最適化

東中　竜一郎 *1
*1 名古屋大学大学院情報学研究科
研究課題名「モジュール連動に基づく対話システム基盤技術の構築」

本研究では，「モジュール連動に基づく対話システム基盤技術の構築」を実現するために，ユーザ・状況理解技術と対話システムの最適化技術を開発し，モジュールを連動させることで，対話システムの性能を最適化できるかを明らかにする．本研究の結果，対話からユーザの性格特性，ユーザのタスク達成能力，および，話者が置かれている対話状況を高精度に推定できることが分かった．また，モジュールを連動させるための技術である後処理ネットワークや適応的発話生成技術を考案し，対話システムがモジュールを連動させ，対話システムの性能を最適化できることを示した．

本稿では，対話からユーザの性格特性を推定する技術，ユーザのタスク達成能力を推定する技術，対話状況を推定する技術をまず紹介する．これらの技術は，ユーザや対話状況を理解し，モジュールを連動させる上での基本的な情報を提供する．次に，対話システムの最適化技術として後処理ネットワークと適応的発話生成技術を紹介する．

1. ユーザ・状況理解技術

ユーザがどのような性質を持っているかが把握できない限り，どのようにモジュールを連動させ，システムが振る舞いを変化させればよいか分からない．そのため，ユーザ理解がモジュール連動の基礎となる．

ユーザの性質を理解する上で，性格特性が重要だと考えられる．しかし，性格特性と対話との関係性は明らかではない．そこで，我々は，まずユーザの性格特性が対話システムのパフォーマンスとどのように関係するかを調査した．具体的には，クラウドソーシングを用い，多数のワーカーに性格特性調査を実施した．また，ワーカーにタスク指向型対話システムと対話を行ってもらった．そして，性格特性とタスク達成の相関を調査した．その結果，いくつかの性格特性がタスク達成と相関を持つことが分かった [1]．このことは，ユーザの性格によってタスク達成の度合いが異なることを示し，システムがユーザの性格に応じてその挙動を変えることに意味があることを示している．

次に，対話からユーザの性格特性がどの程度推定可能かを調査した．前述の研究と同様，多数のクラウドワーカーに性格特性の調査を行い，タスク指向型対話システムや非タスク指向型対話システムと対話を行ってもらった．そして，対話から性格特性がどの程度推定可能かを網羅的に調べた．その結果，一部の性格特性が対話から予測可能であることが分かった [2]. 特に, 非タスク指向型対話において，ユーザの性格がより正確に推定できることが分かった．また，外向性についてはタスク指向型対話システムとの対話であっても推定可能であることが分かった．

ユーザのタスク達成能力を推定することも重要である．歩み寄るべきユーザなのかそうでないのかを判断する根拠となるからである．そのため，ユーザのタスク達成能力を推定する技術に取り組んだ．具体的には，タスク指向型対話システムにおいてスロット（システムが認識したユーザの意図理解結果）が適切に埋められるかどうかを問題とみなして，教育分野で利用される項目反応理論を適用した．実験の結果，スロットの項目特性が適切に得られ，このスロットの項目特性を用いることによって，ユーザのタスク達成能力を高精度に推定できることが分かった [3].

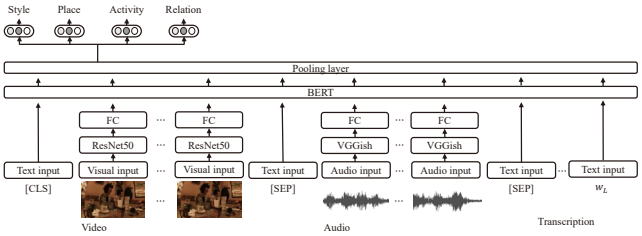

図 1 Transformer を用いた対話状況理解モデル

話者の置かれている状況を推定することも重要である．そこで，マルチモーダル対話のコーパスである，日本語日常会話コーパスを対象に，マルチモーダル情報（言語，音声，画像）から対話形式，場所，活動，対話参与者の関係を推定する技術を開発した．実験では，Gated Recurrent Unit (GRU) を用いた手法および Transformer を用いた手法（図 1）により，ベースラインよりも高精度で対話状況を推定できることが分かった [4]．さらに，日本語日常会話コーパスを対象として，対話の背後に存在する軸の発見にも取り組んだ．発話中に含まれる意味ラベルを対象に，因子分析を行うことで，7 つの軸を発見した [5]．これは，対話についてこれらの軸がどの程度含まれているかを分析することで, 大まかに対話の状況を理解できることを示す．今後の対話状況理解に大きな知見を与える成果と言える．

2. 後処理ネットワークと適応的発話生成

後処理ネットワーク（Post-processing Networks; PPN）は，対話システムを構成する各モジュールの後ろに接続され，各モジュールの出力を後処理するニューラルネットワークのことを指す．PPN を用いた対話システムの最適化では，PPN を対話システム全体のパフォーマンスを最大化するように最適化する．PPN の利点は，どのようなモジュール構成の対話システムであっても最適化できることである．例えば，ルールベースのモジュール，パラメタが膨大なモジュール，Web API によるモジュールなど，微分不可能なモジュールや学習コストの高いモジュールなどが存在する．そのようなモジュールが含まれていても，

後処理ネットワークを用いることで最適化が可能である．対話システムは多様なモジュールで構成される．そのような場合，PPN により，システム全体の最適化を容易に実現できる．

タスク指向型対話システムは，一般に，言語理解（NLU），対話状態推定（DST），行動選択（Policy），発話生成（NLG）のモジュールから構成される．我々は，まず，NLU，DST，Policy の後処理に取り組んだ．これらのモジュールは，出力が決められたボキャブラリに閉じており，分類問題として解くことができる．そこで，PPN を Multilayer Perceptron によって実装し，MultiWOZ と呼ばれるタスク指向型対話システムにおける標準データセットでその有効性を実証した [6]．次に，NLG の PPN に取り組んだ．NLG では，複数のトークンが出力されるため，生成問題として解く必要がある．我々は，生成される発話がどの程度タスク達成に影響を与えるかを報酬として導入する生成的後処理ネットワーク（GenPPN）を考案することでこの問題を解決した [7]．図 2 に PPN を用いた対話システムの構成を示す．

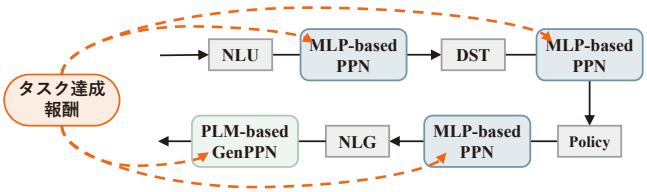

図 2：後処理ネットワークを用いた対話システムの構成

各モジュールについても，ユーザに応じて適応的に振舞えるようにするために，適応的発話生成技術を考案した．この技術は，ANTOR (Adaptive Natural language generation for Task-Oriented dialogue via Reinforcement learning) と呼ばれ，様々な目的に応じて発話生成を適応させることが可能である [8]．実験では，ユーザのボキャブラリレベルに合わせて発話生成が可能であることを示した．また，様々な雑音環境においても，ユーザに理解されるような発話が生成可能であることも示した．さらに，特定の性格を反映した発話が生成可能であることも示した [9]．

3. 今後の展開

本研究では，ユーザ・状況理解技術と対話システム性能の最適化に取り組んだ．大規模言語モデルとともに，システムの対話能力は 飛躍的に改善したが，ユーザや状況を理解した上での人間のような対話はまだ実現できていない．今後は本取り組みをさらに推し進め，誰であってもタスクが達成できる技術にしていきたい．

参考文献

[1] A. Guo et al.: “Influence of user personality on dialogue task performance: A case study using a rule-based dialogue system”, Proceedings of NLP4ConvAI, pp. 263–270, 2021.

[2] A. Guo et al.: “Personality prediction from task-oriented and open-domain human–machine dialogues”, Scientific Reports, Vol. 14, Article Number. 3868, 2024.

[3] R. Hirai et al.: “Applying Item Response Theory to Task-oriented Dialogue Systems for Accurately Determining User’s Task Success Ability”. Proceedings of SIGDIAL, pp. 421–427, 2023.

[4] Y. Chiba and R. Higashinaka: “Dialogue situation recognition in everyday conversation from audio, visual, and linguistic information”, IEEE Access, vol. 11, pp. 70819–70832, 2023.

[5] Y. Chiba and R. Higashinaka: “Analyzing Variations of Everyday Japanese Conversations Based on Semantic Labels of Functional Expressions”, ACM Trans. Asian Low-Resour. Lang. Inf. Process, vol. 22, pp. 52:1-52:26, 2023.

[6] A. Ohashi and R. Higashinaka: “Post-processing networks: Method for optimizing pipeline task-oriented dialogue systems using reinforcement learning”, Proceedings of SIGDIAL, pp. 1–13, 2022.

[7] A. Ohashi and R. Higashinaka: “Enhancing Task-oriented Dialogue Systems with Generative Post-processing Networks”, Proceedings of EMNLP, pp. 3815–3828, 2023.

[8] A. Ohashi and R. Higashinaka: “Adaptive Natural Language Generation for Task-oriented Dialogue via Reinforcement Learning”, Proceedings of COLING, pp. 242–252, 2022.

[9] A. Guo et al.: “Personality-aware Natural Language Generation for Task-oriented Dialogue using Reinforcement Learning”, Proceedings of RO-MAN, pp. 1823–1828, 2023.

マルチモーダル情報に基づくユーザの心象推定を用いた適応的な対話システムに向けて

駒谷　和範 [*1]
*1 大阪大学 産業科学研究所
研究課題名「モジュール連動に基づく対話システム基盤技術の構築」

本研究課題では，対話中のユーザのマルチモーダル情報に基づき，対話システム内のモジュールを連動させ挙動を変化させる機能の実現を目指して研究を実施した．特に，心象 (sentiment)，つまりユーザがその対話を楽しんでいるか否かに注目し，これを推定することで適応的な対話の実現を目指した．

この目的のもと，まずのべ 214 名からマルチモーダル対話コーパス Hazumi を収集し，公開した．18,162 交換全てに対する第三者アノテータ 5 名による心象ラベルなど，対話者本人を含む複数人による主観アノテーションが付与されている．また対話ロボットコンペティションに参加し，3 回全てにおいて入賞した．さらに Hazumi における主観アノテーション結果を分析し，本人と第三者が付与した結果の違いや，第三者によるアノテーションのバラつきがユーザ本人の協調性と相関することなどを示した．

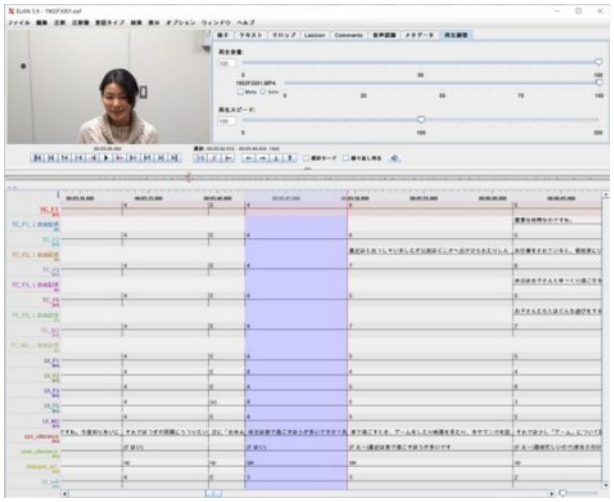

図 1　アノテーションツール ELAN で Hazumi を閲覧した例

1. マルチモーダル対話コーパス Hazumi

対話では，テキストだけではなく，ユーザの表情や声の韻律などのマルチモーダル情報も重要である．対話システムは，マルチモーダル情報を使って，言外の意図や態度，感情を認識できることが望ましい．本研究ではそのひとつとして心象を主な対象とした．心象は，相手や状況に応じて対話システム内のモジュールを連動させ挙動を変化させるうえでの重要な手がかりである．

心象推定の研究を推進するために，一般から募集したユーザと，Wizard-of-Oz (WoZ) 方式で動作するエージェントとが対話するマルチモーダルコーパス Hazumi を収集し，公開した [1,2]．ユーザが約 15 分から 20 分の間，エージェントと雑談をする様子が収録されている．Hazumi という名前は，話を弾ませることができるような対話システムを作りたいという願いから名付けたものである． 2020 年度と 2021 年度はコロナ禍のため，対面からオンライン上での対話に切り替えてデータ収集を行った． 収集したコーパスは，データ整備やアノテーションの後，2022 年 7 月 7 日までにオンライン収録版も含めた全てのデータを公開した．全体で 214 名による 18,162 交換分の対話が収録されている．交換はシステムとユーザの発話の対であり，この全ての交換に対して複数名による心象と話題継続ラベルが 7 段階で付与されている．一部，生体センサの情報を含むバージョンもある．またユーザ発話の書き起こしや，各交換に対する特徴量が記載されているファイル，事前と事後に行ったアンケートの結果なども全て公開している．入手方法を含む詳細は，NII IDR のサイトにて参照可能である（https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/rdata/Hazumi/）．

Hazumi を学習・評価データとして，様々な機械学習手法で心象を推定する研究を行うことができる [3,4]．

2. 対話ロボットコンペティションへの参加

2021 年度から 2023 年度の全 3 回の対話ロボットコンペティションに参加し，全てにおいて本研究室のチームが入賞した．2022 年度と 2023 年度のシステムでは，心象推定結果に基づいてシステムの挙動を変化させた．さらに 2023 年度は運営側の立場で，Hazumi を用いて学習した心象推定器を，コンペティション参加者向けに提供した．

また 2021 年度までのコンペティションにおける対話システム開発の経験を指針としてまとめた [5]．初対面のユーザに対して，特定のタスクで一定長の対話を成立させればよい対話システムの開発では，ユーザ発話への応答を考えるだけでなく，ユーザが受ける印象を含めて，対話の流れやシステム発話の表現を設計することが重要である．また，音声認識や言語理解の誤りはユーザの心象を損なうため，それらの現実的な性能も考慮した設計が必要である．

指針は，(1) システム主導をベースとする，(2) 対話フローをユーザ発話に過度に依存させない，(3) ユーザ発話への理解を表明する，の 3 点とした [5]．対話の長さが限られ（ロボットコンペではおおよそ 5 ～ 10 分），ユーザの心象が評価基準に含まれるタスクでは，これらは有効であったと思われる．

一方で，2022 年末の ChatGPT の登場により，ユーザが自由に質問した場合でも，システムは大過なくそれなりの回答ができるようになった．これにより，例えば上記指針の (1) の重要性は薄れるなど，その時点での各モジュールの性能に応じて設計指針は変わり得る．しかしながら，単に受動的に応答すればユーザの高い心象が得られるわけではないことは変わらないため，大規模言語モデルを使用してシステムを構築する際のプロンプトの記述法も含め，発話レベルに留まらない対話の設計は依然重要である．

3. 主観アノテーションの分析

システムが心象を自動推定する際の問題は，対象が主観であることである．つまり，推定器の学習には正解が必要だが，主観について正解を客観的に定めることは難しい．アノテーション，つまり人間が正解を付与する作業を行ったとしても，複数人の間でその結果は必ずしも一致せず，またそもそもその結果は完全に一致すべきものでもない．このような主観のアノテーションについて，ユーザ本人と第三者アノテータが付与した結果の相違に関する包括的な分析を実施した [6].

まず，本人が回答した性格特性と，第三者アノテータがユーザ本人の性格特性を推定した結果との相関を調査した．この間の相関係数は，外向性のみが 0.49 と比較的高く，心理学分野での実験結果とも合致するものであったが，それ以外の 4 つの性格特性については相関係数は必ずしも高くなかった．この理由として，15 分程度の対話ではユーザ本人の性格特性は十分には表出されておらず，第三者がそれを推定するのは難しいからであると推測される．

次に，その対話全体に関する 18 項目のアンケート（ラポール 18 項目）について，本人と第三者アノテータが回答した結果を比較した．この一環としてそれぞれに主成分分析（PCA）を行った結果，第 1 主成分の寄与率は，第三者アノテータとユーザ本人でそれぞれ 0.790 と 0.484 であった．このことから，第三者アノテータによるラポール 18 項目への回答結果には，1 次元で 8 割方説明できるような一定の傾向があったと言える．一方でユーザ本人は，もう少し複雑な状況を考慮して回答していたと推測される．

交換単位で付与した心象について，ユーザ本人と第三者アノテータが付与した結果の間の相関には，大きな個人差が見られた．これを踏まえ，第三者アノテータが付与した心象のバラつきと，5 つの性格特性との相関を調査したところ，このバラつきと本人が回答した協調性との間に負の相関が見られた（図 2）．つまり，協調性が高いと自認するユーザほど第三者心象のバラつきが少なく，他人にわかるように心象を表出するという現象として解釈できる．第三者によるアノテーション結果が一致する部分に対する機械学習の性能は一般に高いことから，協調性が高いユーザに対する心象推定結果は信用できる傾向にあることを見出した．

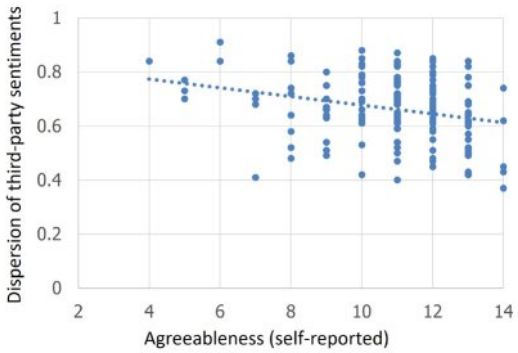

図 2　アノテーションのバラつきと本人の協調性との相関

参考文献

[1] K. Komatani, S. Okada: Multimodal Human-Agent Dialogue Corpus with Annotations at Utterance and Dialogue Levels. Proc. ACII, pp.1-8, 2021.

[2] 駒谷，岡田：マルチモーダル対話 Hazumi，自然言語処理，Vol.29, No.4 pp.1322-1329, 2022.

[3] S. Katada, Shogo Okada, Kazunori Komatani: Effects of Physiological Signals in Different Types of Multimodal Sentiment Estimation. IEEE Transactions on Affective Computing, Vol. 14, Issue 3, pp.2443-2457, 2023.

[4] Y. Hirano, S. Okada, K. Komatani: Recognizing Social Signals with Weakly Supervised Multitask Learning for Multimodal dialogue Systems. Proc. ICMI, pp.141-149, 2021.

[5] 武田，駒谷，中島，中野：複数の対話システムコンペティションにおけるシステム開発の設計指針．人工知能学会論文誌，Vol.37, No.3，p. IDS-B_1-9，2022.

[6] K. Komatani, R. Takeda, S. Okada: Analyzing Differences in Subjective Annotations by Participants and Third-party Annotators in Multimodal Dialogue Corpus. Proc. SIGDIAL, 2023.

研究紹介　A02　計画班

セマンティックパージングと大規模言語モデルによる対話意味理解の研究

宮尾　祐介 [*1]
[*1] 東京大学
研究課題名「対話システムのためのセマンティックパージング技術の研究」

本研究では，セマンティックパージングなどの自然言語処理技術を応用することで対話システムの意味理解の高度化を目指した．セマンティックパージングとは，自然言語テキストを機械可読表現に変換する技術であり，例えば質問文を検索クエリに変換することでデータベースを用いた質問応答を行う技術が挙げられる．自然言語テキストを別の自然言語テキストに変換するタスク（機械翻訳や質問応答など）については大規模言語モデルによって高精度な技術が実現されている．そこで，大規模言語モデルの言語理解・生成能力をいかしながら，高精度な意味理解やセマンティックパージングを実現する技術の研究を行なった．

本研究における主要な成果として，(1) 観光情報対話のような文脈依存性が高い発話を検索クエリに変換する技術の開発，(2) データベース検索や対話理解など多様なセマンティックパージングタスクを統一的に表す表現形式，(3) 大規模言語モデルをモジュールとして利用して情報量の大きい対話を実現する技術が挙げられる．以下では，これらについて詳述する．

1. 文脈依存性が高い発話を検索クエリに変換する技術

A02 計画班において研究を進めた観光情報対話においては，ユーザとの対話から観光地情報を適切に検索し，その結果に基づき観光地を推薦することが求められる．本研究では，本プロジェクトで開発された観光情報検索システムの検索クエリアノテーションデータを対象として，大規模言語モデル (GPT-3, mT0) をファインチューニングすることで自然言語発話を検索クエリに変換する技術を開発した．図 1 に，データセット中の対話例と，その最後の発話に対応する検索クエリを示す．観光情報対話は文脈依存性が高く曖昧な発話が多いが，大規模言語モデルに発話履歴を適切に入力することで，発話に明示されない情報も検索クエリに変換できることを示している．

2. 多様なセマンティックパージングタスクを統一的に表す表現形式

自然言語テキストを機械可読表現へ変換するタスクは，データベース検索，対話理解，コード生成，機械制御など多岐にわたる．また，データベース検索に限ったとしても検索対象のデータベースやクエリ言語によって出力形式は大きく異なる．したがって，既存手法では個々のタスク・データセットについて学習データを用意して教師付き学習を行うのが一般的であった．そこで本研究では，異なるタスク・データセットを構文的・意味的にある程度統一された表現形式に変換する手法を提案した．具体的には，属性・属性値やネストした構造など機械可読表現でよく使われるデータ構造や，四則演算など一般的な演算子をサポートする表現形式を定義し，既存の多様な機械可読表現を統一的に表すことができることを示した．多様な機械可読表現をこの表現形式に変換することで，一つのモデルをさまざまなセマンティックパージングタスクに応用することができる．本手法により，各タスクの精度向上が達成されること，さらに，異なる形式のデータを学習に用いた転移学習によりさらに精度が向上されることを示した [4].

3. 大規模言語モデルをモジュールとして利用して情報量の大きい対話を実現する技術

大規模言語モデルによりさまざまな自然言語処理タスクが高精度で実現できるようになった一方，言語モデルの能力を適切に引き出して利用する方法が模索されている．図 2 は，メンタルヘルスサポートの対話例を示す．図上は，言語モデルに基づく対話システムをそのまま用いた対話例である．ユーザ (Seeker) の発話に対し，システムは適切ではあるが情報量の小さい応答を返している．これは，言語モデルを用いた対話システムでよく見られる現象である．

本研究で提案した手法 Ask an expert（図下）では，ユー

	正解	GPT-3 ファイン チューニング	mT0 ファイン チューニング
お客様、ご旅行のご相談で、よろしいでしょうか。 はい、そうでーす。 ありがとうございます。 どういったご旅行をなさいますか。 えーっと、避暑地でゆっくりしたいと思ってまーす。	キーワード : 避暑地	特徴条件 : 夏におすすめ 方面 : 九州・沖縄	キーワード : 避暑地
かしこまりましたー。 お願いしまーす。 では、3 番、野尻湖、こちら志賀高原、長野の志賀高原でございますねー。 あーはい、はい、はい、はい、はい。 はい。 で 4 番が、軽井沢、でございます。	サブエリア : 軽井沢・佐久・小海線沿線県 : 長野県方面 : 中部	サブエリア : 軽井沢・ 佐久・小海線沿線	サブエリア : 軽井沢・ 佐久・小海線沿線

図 1：観光情報対話の検索クエリへの変換

ザ発話に対する応答を生成する際，別の言語モデルに対してユーザ発話に関連する詳細情報を問い合わせ，その返答を文脈として与えることで，情報量の大きい応答を生成する．図の例では，試験に対する心配を述べたユーザについて，その心理状態，心配の理由，そしてその心配を解決する方法について言語モデルに問い合わせ，その出力をもとに最終的なシステム発話を生成することで，詳細なアドバイスを応答している．

このように，言語モデルを直接対話システムとして利用するのではなく，言語モデルを意味理解やセマンティックパージングのモジュールとして組み合わせることで，より高度な対話システムが実現できる．実際，本技術の発展として，時間をおいたマルチセッション対話において，セッション間に生じたであろうイベントについて言語モデルに問い合わせて詳細情報を得ることで，時間経過に応じた適切な発話を行う手法を提案し，その有効性を示した [1].

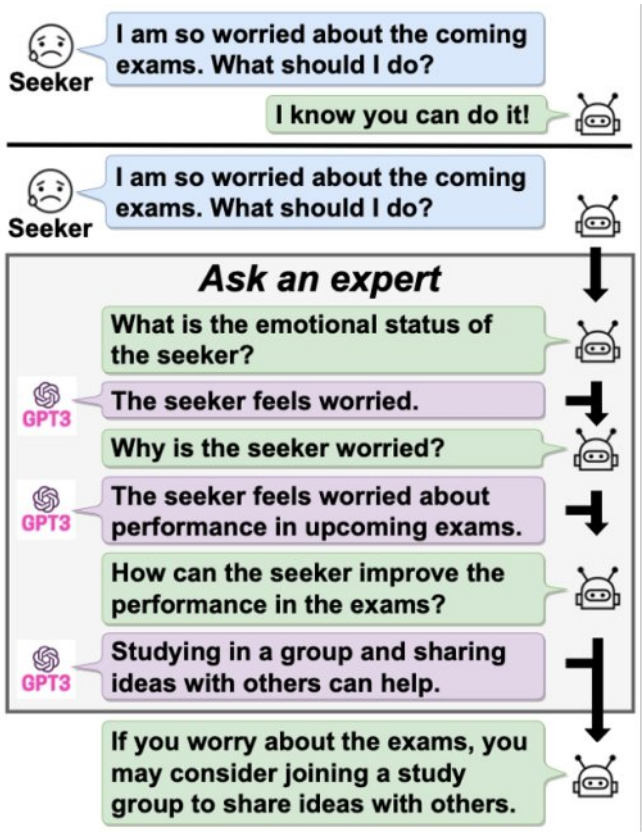

図 2：大規模言語モデルを意味理解モジュールとして利用した対話システム（[2] より引用）

4. おわりに

本研究では，セマンティックパージングを中心に対話の意味理解技術の開発を行なった．本稿で紹介した研究に加え，発話の暗黙的な意図理解タスクであるフェイスアクト分類において大規模言語モデルの能力を評価する手法 [3]，非明示的な攻撃的発話の認識に多段階の意味推論を用いる手法 [5]，未知の言語表現を機械可読表現に変換する技術 [6] などの研究を行なった．これらの技術は，セマンティックパージング技術や大規模言語モデルを End-to-end で単純に適用するのではなく，それらをモジュールとして組み合わせることでより高度な意味理解や対話生成が実現されることを示している．対話システム研究は大規模言語モデルによって劇的に変化したが，多様なタスクやドメインにおいて最適な応答を行うシステムの開発は自明でなく，本研究のように対話生成モジュールの背後に大規模言語モデルやセマンティックパージング技術を組み合わせるフレームワークが有効であると考えられる．

参考文献

[1] Q. Zhang, J. Naradowsky and Y. Miyao: “Mind the Gap Between Conversations for Improved Long-Term Dialogue Generation,” EMNLP 2023 Findings. 2023.

[2] Q. Zhang, J. Naradowsky and Y. Miyao: “Ask an Expert: Leveraging Language Models to Improve Strategic Reasoning in Goal-Oriented Dialogue Models,” ACL 2023 Findings, 2023.

[3] 櫻井 , 宮尾 : “ 基盤モデルを用いたフェイスアクト分類 ”, 言語処理学会第 29 回年次大会 . 2023.

[4] B. Chen and Y. Miyao: “Syntactic and Semantic Uniformity for Semantic Parsing and Task-Oriented Dialogue Systems,” ACL 2022 Findings. 2022.

[5] Q. Zhang, J. Naradowsky and Y. Miyao: “Rethinking Offensive Text Detection as a Multi-Hop Reasoning Problem,” ACL 2022 Findings, 2022.

[6] K. Washio and Y. Miyao: “Code Generation for Unknown Libraries via Reading API Documentations,” CoRR abs/2202.07806. 2022.

旅行代理店タスク対話コーパスの収集と公開

稲葉　通将 *1
*1 電気通信大学
研究課題名「モジュール連動に基づく対話システム基盤技術の構築」

我々が他者とコミュニケーションを行う際，使用語彙や話す速さ，表情やボディランゲージなどを相手に応じて使い分けている．例えば，子供相手であればよりかんたんな語彙を使用し，感情を込めて話す，また高齢者相手であれば，ゆっくりと話すといったことが考えられる．しかし，現在の対話システムは，ユーザに応じて話し方や対話戦略を変更することほとんどない．対話システムがより効率的にタスクを達成したり，ユーザの満足度をより高めるためには，ユーザに応じて対話戦略などを変更できることが望ましい．

そこで本研究では，話し方の変化に大きく影響を与える要素として話者の年齢に着目し，児童から高齢者まで幅広い年齢層の話者によるマルチモーダル対話コーパスを収集した．収集する対話として，幅広い年代が興味を持つ旅行に着目し [1]，旅行代理店におけるオペレータとカスタマによる２者間の観光相談を元にしたタスクを設定した．オペレータは対話中に観光情報検索システムを使用し，観光地に関する情報を取得することができる．その際，どのタイミングでどのようなクエリを投げ，レスポンスが返ってきたかという情報も収集した．また，人手による音声書き起こしを実施し，対話行為タグ，および検索システムのログと発話を対応付けるアノテーションを実施した．

1. 旅行代理店タスク対話コーパス

収集した対話は，オペレータ (店員) 役の話者とカスタマ (客) 役の話者の２名による旅行代理店における観光相談を模した対話である (図 1)．対話は Zoom によるビデオ通話により行い，1 回の対話時間は 20 分である．カスタマ役の話者は 7 歳から 72 歳の 60 名の男女であり．カスタマ役の話者は対話前に状況設定を作成し，その状況設定に基づいてオペレータと相談し，行きたい観光地を決定する．オペレータ役の話者はカスタマ役の話者から要望を聞き出すとともに，本研究のために構築した観光情報検索システムを活用し，観光地の推薦を行う．

収集したデータは Zoom の録画機能を用いて収録した動画と音声，観光情報検索システムの操作ログ，およびカスタマ役の話者が対話前に作成した状況設定と対話の結果決定した観光地のリストである．

図 1：マルチモーダル対話コーパス．左がオペレータ役，右がカスタマ役の話者．

2. 音声書き起こしとアノテーション

収集した対話は人手による音声書き起こしを実施した．その後，ISO 24617-2 の定義に従い，書き起こした対話に対し，以下の (1)~(4) のアノテーションを実施した．

(1) ISO 24617-2 で定義された対話行為タグのサブセット (一般タグ)
(2) 独自に定義した旅行代理店タスク専用の対話行為タグ (専用タグ)
(3) 話者が言及した観光地とシステム上の観光地 ID との対応付け (言及アノテーション)
(4) オペレータが観光情報検索システムで発行したクエリと発話の対応付け (クエリアノテーション)

すべてのアノテーションは発話よりも細かい単位である Functional segments に対して実施した．Functional segments は ISO 24617-2 定義された発話よりも小さな単位である．

本コーパスの統計情報を表 1 に示した．

表 1：コーパスの統計情報

対話数	330
総対話時間 (分)	6,948
発話数	120,160
Functional segment 数	245,543
言及アノテーション数	46,330
クエリアノテーション数	5,164

3. 対話行為タグ推定実験

本コーパスの分析の結果 [2]，未成年，一般，高齢者の対話戦略はカスタマ，およびオペレータの両者において大きく異なることがわかっている．そこで，本コーパスの活用方法の１つとして，異なる対話戦略を持つユーザに適応可能な対話モデルの学習・評価データとして用いること考えられる．

そこで本章では，特に対話戦略が他と比べて大きく異なっていた未成年の対話データに着目し，オペレータの対話行為予測タスクの実験を行った．実験はゼロショット，低資源，高資源設定の３種類で行う．ゼロショット設定では，学習データは一般・高齢者の 270 件の対話データ，評価データは未成年の 96 件 (16 名分) の対話データを用いる．低資源設定では，学習データは一般・高齢者の 270 件と未成年の 24 件 (4 名分) の対話データ，高資源設定では未成年のデータを 36 件増やし 60 件 (10 名分) とし，評価データはゼロショット設定と同様である．モデルは日本語の事前学習済みモデルである日本語 T5（https://huggingface.co/retrieva-jp/t5-large-long）をファインチューニングして用いる．

各モデルには，３ターンの文脈と対応する専用タグを入力し，次のオペレータのターンの専用タグを予測させた．なお，１ターンには複数のセグメントが含まれていることから，正解のタグは２つ以上の場合もある．よって評価はタグの完全一致率，および部分一致率によって行った．

実験結果を表２に示す．表より，高資源設定が完全一致率，部分一致率ともに最大となっており，次いで低資源設定，ゼロショット設定となっていることが確認できる．特に，ゼロショット設定と高資源設定では大きな差が見られた．本コーパスは 対話戦略の異なる話者が含まれており，一般・高齢者の対話データで学習しても，未成年に対する適切な対話戦略の予測が難しいことがわかる．よって，本コーパスは異なる対話戦略を持つユーザに適応可能な対話モデルの開発の評価用データとして適していることが確認できた．

表２：専用タグ推定実験結果

	完全一致率	部分一致率
ゼロショット設定	0.239	0.340
低資源設定	0.247	0.404
高資源設定	0.271	0.439

4. まとめ

本稿では，児童から高齢者まで幅広い年齢層の話者を募集して収集した旅行代理店タスク対話コーパスについて紹介した．本コーパスは Zoom を使用して収録した１回 20 分の対話を 330 件からなっており，２者対話のコーパスとしては最大規模のコーパスである．

現在，本コーパスの一般公開に向け，国立情報学研究所のデータセット共同利用研究開発センターが運営する情報学研究データリポジトリ (IDR) での公開を行うための準備を進めており，３月中に公開を予定している．

参考文献

[1] Ryutaro Asahara, Masaki Takahashi, Chiho Iwahashi, Michimasa Inaba: SumRec: A Framework for Recommendation using Open-Domain Dialogue, The 37th Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation (PACLIC2023), 2023.

[2] Michimasa Inaba, Yuya Chiba, Ryuichiro Higashinaka, Kazunori Komatani, Yusuke Miyao and Takayuki Nagai. Collection and Analysis of Travel Agency Task Dialogues with Age-Diverse Speakers, Proceedings of the 13th Language Resources and Evaluation Conference (LREC2022), 2022.

[3] Harry Bunt, Jan Alexandersson, Jae-Woong Choe, Alex Chengyu Fang, Koiti Hasida, Volha Petukhova, Andrei Popescu-Belis, and David Traum. 2012. ISO 24617-2: A semantically-based standard for dialogue annotation. In Proceedings of the Eighth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'12), pages 430–437, 2012.

研究紹介　A02　計画班

対話ロボットの社会実装に向けた実証的取り組み

港　隆史 *1

*1 株式会社国際電気通信基礎技術研究所
研究課題名「モジュール連動に基づく対話システム基盤技術の構築」

A02 班では，従来の対話システムの構成を見直し，対話システム全体の効用を最大化できるように，音声認識，対話管理，言語生成などの対話処理に関わるモジュールを連動させた対話システム基盤技術の構築を目的としている．この基盤技術を対話ロボット等に実装するためには，さらに生成された対話に合わせて人型ロボットやアンドロイドの非言語表出を制御する必要があるが，特にアンドロイドでは，多様な表出が可能であるが故に，制御が難しい．

そこで本研究では，対話システム基盤に，容易に組み込める対話ロボット制御システムを構築することを目的とした．対話において必要なアンドロイドの人らしい動作を，簡単な指令で生成する対話動作制御ミドルウェアを開発した．このミドルウェアは，対話ロボットコンペティションにおいて参加者の開発支援に貢献し，対話システム基盤としての有用性を示したとともに，対話ロボットの社会実装にも大きく貢献した．

1. 対話ロボットのミドルウェア開発

上述したように，対話ロボットの研究開発を加速するために，本研究では簡単なコマンドで人に酷似したアンドロイドロボットの人らしい動作を生成可能なミドルウェアを開発した [1,3,4]．このミドルウェアでは，対話システムとの親和性の高い身体表現を扱っている．具体的には次のような動作の生成をサポートしている．

●意識的動作：注意や指示の対象位置に向かう動き
　・対象への興味度を反映した注視行動，前傾姿勢
　・相手との関係性を考慮した指示ジェスチャ
●無自覚的動作：ロボットの内部状態（心的状態）を表出する姿勢や動き
　・感情に基づく姿勢，表情，動きの変調
●自動的動作：身体的な拘束で自動的に生ずる動作
　・ロボットの発話に伴う自動的な口唇，頭部動作
　・生理的に生じる動作（瞬きなど）

上述した複数の姿勢や動作が同時に指定されると，複数の姿勢や動きをどのように重畳するかが問題となる．開発したミドルウェアでは，ロボットの手先位置，頭部位置など身体の末端部位の姿勢のみを制御する．他の関節角度は，制御対象のロボットの身体的拘束を持つバネ関節からなるフィギュアをシミュレートすることによって，末端部位の姿勢から力学的拘束に従って計算される．このようにすることで，手先や頭部姿勢を指定の姿勢にしたまま，身体の向きや傾きを変えるなどの重畳を行っている．複数の動きが競合する場合は，基本的に無意識的動作に対して，意識的動作を優先するルールを設けて競合を解消している．また，関節のバネの硬さは任意に設定でき，手先や頭部の姿勢が同じでも，関節の硬さを変えることで，姿勢や

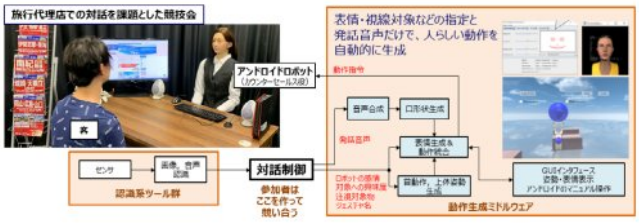

図 1 開発したミドルウェアの概要

動き方を変えることができる．これを利用して，姿勢や動きにロボットの心的状態を反映させる．具体的には，注意を向ける対象が複数ある状況（複数人で対話する状況など）では，対象への興味度を指定すると，顔や胴体の対象への傾きでロボットの対象への興味を表現する姿勢を自動的に生成する．また，感情状態（感情価と覚醒度）を指定すると，それを表現する姿勢を首と胴体の傾きで自動的に表現する． 自動的な動作としては，ロボットの発話音声情報に同期するように自動的に口唇動作と頭部動作を生成する．また，瞬きも自動的に生成する．

本ミドルウェアの構成をまとめる図 1 のようになる．対話システム開発者は，対話システムから，発話テキスト以外に，ロボットの感情，注視対象位置，注視対象への興味度，ジェスチャ名（「お辞儀」など）をミドルウェアに入力するように開発すれば，対話におけるロボットの自然な動きを生成することができる．

本ミドルウェアは，対話ロボットコンペティション [1,3,7,11,12] や対話アンドロイドの実証実験 [5,8,9,10]，対話システムライブコンペティション（CG エージェントの制御）[2,6] で用いられ，対話ロボットシステムの開発に貢献した．対話ロボットコンペティションの参加者に実施したアンケート結果（図 2）では，機能や使いやすさなど，使用者から良い評価を得た．ロボットプログラミングの経験者は 1/3 程度，アンドロイドロボットのプログラミング経験者は無かったことを考えると，制御を専門としていない者が使いやすいシステムを構築するという目的はある程度達成できていると考えている．

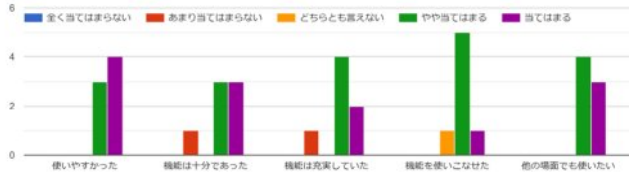

図 2 開発したミドルウェアの評価

2. 対話ロボット実証実験への応用

人型ロボットの多様な入出力情報を対話に有効に利用する手法の確立を目指す目的で，アンドロイドロボットを用いた旅行代理店の対話性能を競う対話ロボットコンペティションを，実証実験の一環として企画運営した [7,11,12]. ここで, 参加者は上記のミドルウェアを用いて, 対話ロボットシステムを開発する．旅行代理店の対話タスクでは，単に適切な情報提供だけではなく，ホスピタリティによる客の満足度を高めることが求められている．このような点から，人型ロボットの多様な入出力情報を対話に活用する手法を探る上で，旅行代理店タスクは，適した実証実験の場であると考えられる. 実際に, 対話ロボットコンペティション 2022 [11] では，カウンターセールス役のアンドロイドが高く評価されたシステムは，ユーザへの正確な情報提供だけでなく，ユーザ個性への適応，専門家としての信頼性の向上，ユーザへの共感的振る舞いを兼ね備え，サービス業務としての付加価値を高めているシステムであった. 本対話ロボット制御システム基盤の活用によって，対話状況やユーザに適応的に振る舞う対話システムを実現するためのアイデア創出に貢献したと考えている.

対話ロボットコンペティション 2023 予選会 [12] は，株式会社 JTB および株式会社 JTB パブリッシングの協力の下，実際の旅行代理店店舗で対話ロボットを評価することができた（図 3）．対話ロボットが実際の店舗業務を担うまでには至っていないが，ミドルウェアの開発および対話ロボットコンペティションの実施を通して，対話ロボットの社会実装に本研究が大きく貢献することができた.

JTB名古屋ユニモール店（名古屋市）　JTBトラベルゲート天神店（福岡市）

図 3 旅行代理店の実店舗での対話ロボット評価の様子

参考文献

[1] 東中竜一郎 , 港隆史 , 境くりま , 船山智 , 西崎博光 , 長井隆行 , 対話ロボットコンペティションにおける音声対話システム構築 , 日本音響学会誌 , Vol.77, No.8, pp.512-520, 2021.

[2] 東中竜一郎 , 高橋哲朗 , 堀内颯太 , 稲葉通将 , 佐藤志貴 , 船越孝太郎 , 小室允人 , 西川寛之 , 宇佐美まゆみ , 港隆史 , 境くりま , 船山智 , 対話システムライブコンペティション 5, 人工知能学会研究会資料 言語・音声理解と対話処理研究会 SIG-SLUD-096, 2022.

[3] Takashi Minato, Ryuichiro Higashinaka, Kurima Sakai, Tomo Funayama, Hiromitsu Nishizaki, and Takayuki Nagai, Design of a competition specifically for spoken dialogue with a humanoid robot, Advanced Robotics, Vol.37, Issue. 21, pp. 1349-1363, 2023.

[4] 東中竜一郎 , 駒谷和範 , 宮尾祐介 , 稲葉通将 , 港隆史 , 槇原靖 , 対話状況やユーザに適応的に振る舞う対話システムのための基盤構築 , 人工知能学会誌 , Vol.38, No.5, pp.714-721, 2023.

[5] 酒井和紀 , 光田航 , 吉川雄一郎 , 東中竜一郎 , 港隆史 , 石黒浩 , 複数ロボット議論における議論展開と見かけの違いによるユーザの理解度への影響の調査 , 人工知能学会全国大会論文集 , 2023.

[6] 東中竜一郎 , 高橋哲朗 , 稲葉通将 , 斉志揚 , 佐々木裕多 , 船越孝太郎 , 守屋彰二 , 佐藤志貴 , 港隆史 , 境くりま , 船山智 , 小室允人 , 西川寛之 , 牧野遼作 , 菊池浩史 , 宇佐美まゆみ , 対話システムライブコンペティション 6, 人工知能学会研究会資料 言語・音声理解と対話処理研究会 SIG-SLUD-099, pp.84-89, 2023.

実証実験

[7] 場所 : ららぽーと EXPOCITY（吹田市），期間 :2021 年 8 月 16 日～9 月 12 日 , 実験概要 : 対話ロボットコンペティション予選会 .

[8] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 :2022 年 2 月 26 日 , 実験概要 : アンドロイド「アイ」との対話実験 .

[9] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 :2022 年 3 月 18 日～8 月 31 日 , 実験概要 : アンドロイドの議論（特別展「きみとロボット ニンゲンッテ、ナンダ？」内展示）.

[10] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 :2022 年 7 月 8 日～7 月 10 日 , 実験概要 : 対話ロボットコンペティション 2022 プレイベント（「Mirai can FES - ミライキャンフェス -」内展示）.

[11] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 :2022 年 8 月 11 日～8 月 27 日 , 実験概要 : 対話ロボットコンペティション予選会 2022（特別企画「空想⇔実装 ーロボットと描く私たちの未来ー」内展示）.

[12] 場所 :JTB 名古屋ユニモール（名古屋市）および JTB トラベルゲート天神（福岡市），期間 :2023 年 10 月 27 日～11 月 20 日 , 実施概要 : 対話ロボットコンペティション 2023 予選会 .

歩行映像解析による年齢・性別推定モジュール

槇原　靖 [*1]
[*1] 大阪大学
研究課題名「モジュール連動に基づく対話システム基盤技術の構築」

対話システムにとって，話者の性別や年齢といった属性が事前に分かると，その属性に合わせて言語モデルや対話モデルを選択することで，より効果的な対話を実現し得る．本研究の目的は，そのような話者の属性に適応的な対話システムの視覚センシング要素として，遠方から対話ロボットに近づいてくる話者の性別と年齢を，その歩き姿から推定することである．

本研究では，1 枚の歩行シルエット画像から 1 歩行周期の歩行シルエット画像を復元するモデルを開発することで，1 周期分の画像取得を待つことなくリアルタイムに年齢・性別を推定する手法を開発した．また，観測方向変化への頑健性向上のため，3 次元人体モデルに基づく年齢・性別識別モデルを開発した．開発した歩行映像解析による年齢・性別推定機能をモジュール化して，本領域主催の対話ロボットコンペティションの参加者へ提供した．

1. 単一歩行画像からの 1 歩行周期復元による年齢・性別推定

歩行は元来，左右の計 2 歩分を 1 周期とする動作であることから，1 枚の歩行映像からの直接推定は必ずしも容易ではない．そこで，Phase-aware gait cycle reconstructer (PA-GCR) ネットワーク（図 1 左）[1] を利用して 1 枚の画像から 1 周期の歩行映像を復元し，それを，歩行映像解析による個人認証の分野で最新手法として提案されている基幹ネットワーク GaitSet を用いて，性別識別・年齢推定を行う．ここで，歩き姿からの年齢推定は，年齢やサンプルによってその不確かさが大きく異なる．そこで，単一の年齢値を推定する代わりに，年齢の確率分布を推定し，分布間の相違度尺度の一つである JS divergence を損失関数に取り入れて，ネットワークのパラメタを学習する（図 1 右）[3]．実験では，世界最大の歩行映像データベースである OUMVLP に対して精度評価を行い，単一画像を用いた従来手法の年齢推定の平均絶対誤差 9.02 歳に対して，提案手法では平均絶対誤差を 8.39 歳に低減した．また，リアルタイムで動作するスタンドアローンシステムを実装し，30fps のビデオレートでの動作を確認した（図 2）．[2]

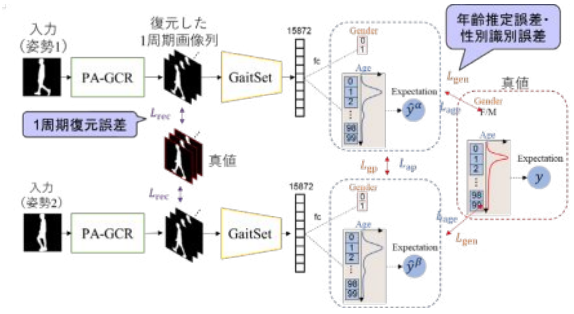

図 1：単一歩行画像からの 1 歩行周期復元による年齢推定モデル

図 2：リアルタイム性別識別・年齢推定の様子

2. 人体モデルベースの歩行映像解析による年齢・性別推定

前述の歩行シルエット画像を直接解析する見えに基づく手法は，本質的には，観測方向変化による影響を受けやすいという問題がある．そこで，本研究では，観測方向や歩行方向の変化による影響を受けにくい 3 次元人体モデルのパラメータ（関節点位置の時系列や体型パラメータ）を用いた歩行映像解析手法を開発した．人体モデルには，コンピュータビジョンやコンピュータグラフィックスの分野で頻繁に用いられる Skinned multi-person linear (SMPL) モデルを用い，その画像への当てはめ手法としては Human mesh recovery (HMR) ネットワークを利用した．また，人体モデル当てはめの HMR ネットワークと，歩行映像解析による性別識別・年齢推定のネットワークとを End-to-end に学習する深層学習モデルを構築した [4][5]．実験では，世界最大の歩行映像データベースである OUMVLP に対して精度評価実験を行い，従来の見えに基づく手法と同等程度の精度を実現した．

また，処理対象領域を人物検出領域内に限定するなどして処理を効率化することで，人体モデルベースの歩行映像解析による年齢・性別のオンライン推定の枠組みを構築した．また，観測方向変化への頑健性の更なる向上のための透視投影による鉛直方向の補正も行った．実験により，シーン中に映っている人物が 4 名程度までであれば，20fps 程度でのオンライン処理が可能であることを確認した [6]．

一方で，上記の方法は，3 次元人体モデルとして年齢や性別に依らない一般的なモデルを利用していたことから，必ずしも適切な人体モデル当てはめとはなっていないケースもあった．そこで，大人と子供の成長過程を補間表現可能な SMIL (Skinned multi infants liner) モデル，及び，性別人体モデルである SMPL-X を利用することで，年齢・性別識別により特化した枠組みへの拡張も行った（図 3）．

3. 歩行映像解析による年齢・性別推定機能のモジュール化

歩行映像解析による年齢・性別推定機能を，サーバ・クライアント型で利用できるよう，モジュール化した．具体的には，ワークステーションと Microsoft Azure Kinect からなるサーバ側で歩行映像解析を行う，クライアント側で動作している対話システム側からサーバ側に情報を問い合わせる形とした．サーバ側では，歩行映像解析のプログラムが常時動作しており，クライアントとのやり取りについては，二つのモードを用意した．一つ目が，クライアント側からのリクエストがあった段階での結果（人数、及び各人物の外接矩形位置と推定された年齢・性別）を返すものである．二つ目が，予め設定した距離より近い位置に人物がやって来た際に，クライアント側のイベント関数をコールバックして，その引数として，当該人物の外接矩形位置と推定された年齢･性別の情報を渡すものである．後者は，店舗における接客対話ロボットを想定すると，来店者が店舗を訪れた段階で，その属性情報が得られることから，呼びかけ対話の開始のタイミングとしても利用することも考えられる．

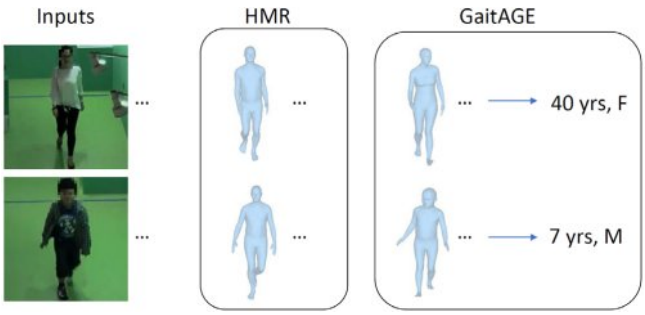

図３：歩行映像解析による年齢・性別推定のための３次元人体モデル当てはめ結果．HMR は一般的なモデルを利用しているのに対して，提案手法である GaitAGE は年齢・性別依存モデルを用いていることから，より適切な人体モデル推定結果や年齢・性別推定結果が得られる．

4. 今後の展望

本研究では，歩行映像解析技術を利用することで，対話開始前の呼びかけ時などに利用することを想定して，話者の年齢・性別といった属性を推定する技術を開発した．しかし，これらは，対話開始前の呼びかけと言った限定的な利用用途になってしまうこと，また，性自認の扱いや年齢による差別反対に関する社会的な流れを鑑みると，性別や年齢に応じた対話の呼びかけ自体が必ずしも適切ではないということも想定される．一方で，歩行映像解析によって得られる情報は，年齢・性別に限らず，例えば，健康に関するものでは，歩き方の優雅さや元気さといった審美的属性，筋肉量や体脂肪率といった体組成，医療に関するものでは，疲労度から認識脳障害の程度まで，実に様々な情報を読み取り得ることが示されている．例えば，対話相手が元気そうであることが分かれば，対話ロボットがスポーツやアウトドアアクティビティに関する話題を提供してみるといった，より話者にカスタマイズされた対話を展開できる可能性もある．そこで，今後は，歩行映像解析から読み取ることのできる様々な情報を対話に活かす取り組みを検討する．

参考文献

[1] C. Xu, Y. Makihara, X. Li, Y. Yagi, J. Lu, ``Gait Recognition from a Single Image using a Phase-Aware Gait Cycle Reconstruction Network,'' ECCV 2020, pp. 386-403, Aug. 2020.

[2] C. Xu, Y. Makihara, R. Liao, H. Niitsuma, X. Li, Y. Yagi, J. Lu, ``Real-Time Gait-Based Age Estimation and Gender Classification from a Single Image,'' WACV 2021, online, pp. 1-11, Jan. 2021.

[3] C. Xu, A. Sakata, Y. Makihara, N. Takemura, D. Muramatsu, Y. Yagi, ``Uncertainty-aware Gait-based Age Estimation and Its Applications,'' IEEE T-BIOM, Vol. 3, No. 4, pp. 479-494, Oct. 2021

[4] X. Li, Y. Makihara, C. Xu, Y. Yagi, ``End-to-end Model-based Gait Recognition using Synchronized Multi-view Pose Constraint,'' Proc. of the 1st Int. Workshop on Human-centric Trustworthy Computer Vision: From Research to Applications, pp. 4106-4115, Oct. 2021.

[5] X. Li, Y. Makihara, C. Xu, Y. Yagi, ``Multi-view Large Population Gait Database with Human Meshes and Its Performance Evaluation,'' IEEE T-BIOM, Vol. 4, No. 2, pp. 234-248, Apr. 2022.

[6] A. Shehata, M.A. Alsherfawi Aljazaerly, L. Gaher, X. Li, Y. Makihara, Y. Yagi, ``Online Model-based Gait Age and Gender Estimation,'' IJCB 2023, Ljubljana, Sep. 2023.

A03 班 行動決定モデル推定研究グループの総括

杉山　弘晃 [*1]
[*1] 日本電信電話株式会社
研究課題名「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」

1. はじめに

行動決定モデル推定研究グループ（A03 班）では，行動決定モデルの構築と推定について研究してきた．対話ロボットが社会に受け入れられ人と共生するためには，ロボットはその社会に属する人と信頼関係を構築することが求められる．またロボットが人から信頼されるには，少なくとも人が信頼する拠り所が必要である. すなわち, ロボットの行動が，自身の意図や目的に対して一貫していることが求められる．A03 班では，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.

2. システムの行動決定モデルの構築

システムの行動決定モデルの構築に関して，多様な情報を統合し安定して対話生成を行う基盤となる，大規模対話モデルを構築した [1]．本モデルをベースに，システム周囲の状況に応じた応答を行う手法を実現している [2].

言語的な行動以外に，対話ロボットのマルチモーダルな表出についての研究も進めている．A02 班と連携し，旅行代理店業務の適切さを競う対話ロボットコンペティション 2022 にて，ロボットならではの振る舞いによって対話への没入感を向上させる手法などを考案し，上位の成績を収めている [3]．さらに，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 [4].

3. ユーザの行動決定モデルの推定

ユーザの行動決定モデルの推定について，大規模言語モデルに基づきユーザの選好を階層的にモデル化することで，ユーザの価値観を推定する手法を開発している [5]. 特定話者の発話を予測・評価するモデルの構築にも取り組んでおり，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生成を進めている [6].

4. 人間関係の理解・制御

人間関係の理解・制御について，人同士が長期間対話し続けるデータや，4 人が組となって対話するデータを取得し，人間関係がどのように醸成されていくのかについて調査している [7]．合わせて，長期間対話し続けるシステムのプロトタイプを構築し，課題の分析にも取り組んでいる．さらに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 [8].

5. おわりに

プロジェクトを通して各課題に取り組み，一定の成果を得ることができた．未だ，自律的に人と関わり人と共生するシステムは実現できていないものの，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．これらの研究を土台として，引き続き，対話の真の目的とも考えられる信頼関係の構築を実現し，人間と対話ロボットや情報メディアが互いに共生関係を築くことができる社会の実現を目指す.

参考文献

[1] H. Sugiyama, M. Mizukami, T. Arimoto, H. Narimatsu, Y. Chiba, H. Nakajima and T. Meguro: Empirical Analysis of Training Strategies of Transformer-based Japanese Chit-chat Systems, SLT, pp. 685–691, 2023.
[2] 杉山 , 古賀 , 西島 : 移動体から見える風景を話題とする雑談対話システム , JSAI, 2022.
[3] M. Kawamoto, M. Shuzo, E. Maeda, Improving User's Sense of Participation in Robot-Driven Dialogue, DRC 2022, 2022.
[4] Y. Okadome, Y. Nakamura, Extracting feature space for synchronizing behavior in an interaction scene using unannotated data, ICANN, 2023.
[5] 坂本 , 内田 , 石黒 : 大規模言語モデルを用いたユーザモデル推定機能を 持つ対話システムの検討 . JSAI, 2023.
[6] 安川 , 水上 , 品川 , 杉山 , 須藤 , 中村 : 人物埋め込み空間の内挿性と制御性を兼ね備えた応答生成モデル ,SLUD, 2022.
[7] 有本 , 杉山 , 成松 , 水上 : 長期雑談対話システムの実現に向けた長期テキストチャットの収集と分析 , JSAI, 2023.
[8] 古志野 , 内田 , 伴 , 酒井 , 吉川 , 石黒 : 情報量に基づき共 通選好に言及する対話ロボットが人間関係に及ぼす影響の評価 , JSAI, 2023.

研究紹介　A03　計画班

人と共生する対話システムの実現に向けて

杉山　弘晃 [*1]
[*1] 日本電信電話株式会社
研究課題名「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」

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（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・パートナーの用途が期待されている．我々は人と意図や欲求をお互いにすり合わせ，長期間にわたり社会の中で共生する対話システムの実現を目指している．

我々はまず，短時間人とテキストで雑談できる対話モデルを構築した．これは SNS より収集した大規模な人同士のテキストデータを基に学習したモデルであり，現在主流の LLM を利用した対話システムの先駆けである．また，対話モデルに個性を持たせる研究やその精度を評価する技術，人同士の親密関係のモデル化および分析，周辺環境や時間的な情報を反映した発話生成など，社会で共生する対話システムを実現する土台を構築した．

1.　大規模対話モデル

人と共生する対話システムにおいて，人と自然に対話する能力は不可欠な要素である．Google の Meena [1], Meta の Blenderbot [2] に始まり，2024 年現在では ChatGPT に代表されるように，大規模な深層学習技術（Transformer model）により学習された大規模言語モデル（LLM）の対話システムへの適用が国内外で急速に進み，これまでに比べて抜本的に対話性能が改善されている．

我々は，2020 年当時としては日本語最大規模の，16 億パラメータの Transformer encoder-decoder ベースの対話モデルを構築した [3]．このモデルはツイートのリプライ 21 億ペアで pre-train を行い，高品質なテキスト対話データで finetune したものである．Pre-train に用いた対話データの量としては世界最大規模であったこと，finetune に用いたデータの品質が高かったことなどから，対話性能も英語圏モデルと遜色ないレベルを実現でき，対話システムライブコンペティション 3 で優勝する等の成果を収めている．

2024 年現在では，パラメータサイズではだいぶ小規模なものになってきたが，特に雑談対話の性能では数十倍のモデルにも伍する性能を示しており，即応性が求められる音声対話・ロボット対話では十分有用なツールである．事実，評価・検証用途に限定し一般に公開したモデルは多数の研究に利用されており，日本の対話システム研究の土台の一端を担うことができている．またイベントや実証実験を通して多数の一般ユーザとも対話していただき，非常に高い評価を得ている．

2.　システム個性のモデル化

対話システムが人と信頼関係を構築するとき，システムはユーザと対話した内容や，ユーザの人となりを記憶し，対話に反映する能力が求められる．一方，システムの個性が一貫しなかったりシステムが対話の記憶を維持できない場合も，ユーザとシステムが関係を構築することは難しい．システムの個性を構築する研究として，多数の話者を含む対話データを用いて，各話者固有の識別子（ID など）と対話を紐づけて学習する方法がある [4]．個々の話者に紐づけて学習が行われるため，対象話者の口癖や特徴的な言葉遣い，考え方などを表現できると考えられる．しかしながら，各話者の識別子は独立に設定されたものであるため，そのままでは複数話者を組み合わせるなどの変換が難しい．この課題に対し，我々はプロフィール文と話者埋め込み空間を紐づけて学習することで，プロフィール文による人物の特徴の制御の容易さを活かしつつ，より適切に対応する話者の特徴を反映した発話を生成する手法を提案している [5]．この手法を応用することで，多様な個性を持つ対話ロボットと共生する社会の実現を目指している．

3.　関係性のモデル化

人と長期間共生する対話システムを実現する上での課題の一つが，ユーザとの信頼関係の構築である．人と長期的に関わる対話システムは，人との関係性を解するように対話内容や話し方を調節する必要がある．例えば，システムがいつまでも当たり障りのない話題を継続したり，初対面のようによそよそしい口調を続ける場合，ユーザはシステムと相互理解を深めているように感じられないため，対話欲求を満たせないと考えられる．

我々は，初対面の 2 話者が実際に長期間（8 週間）対話したデータ（日本語長期テキスト対話）を収集し，長期間のテキスト対話における，対話内容や人間関係の変化についての分析を行っている [6]．分析の結果，週を追うごとに対話内容にプライベートな話題やセンシティブな話題が増えてくることや，最初の 1-2 週目では親密度はほとんどのペアで上昇するものの，その後も上昇する群，変化がなくなる群，低下する群に大別される様子が観察されている．引き続き，本コーパスを用いた長い文脈と親密度の双方を考慮する雑談応答生成について研究を進めていく．

4. 周辺状況に基づく行動生成

現在の対話システムのほとんどは，テキスト空間に閉じた対話を対象としており，話者が実際に存在する周囲の状況は考慮されていない．そうしたシステムでは，人と同じものを見て感情を共有したり，自然な生活サイクルに合わせた対話を行うことが困難である．対話ロボットが私達の生活の場に溶け込み日々の対話相手となるためには，そうした周囲の状況を理解して対話する必要がある．

我々は，車などの移動体から見える風景を話題として人と雑談する，移動体向け対話エージェントの開発を進めている [7]．1 節で説明した大規模対話モデルをベースとして，時間経過に伴い逐次的に入力される車窓画像列と，自車位置周辺の店舗等のスポット情報を追加情報として取り込むことで，周囲の風景そのものや，見えた店等のスポット情報を踏まえた対話を実現している（図 1）．

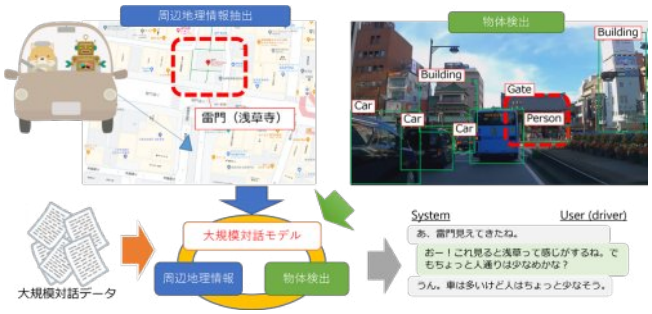

図 1　車窓風景を話題とするドライブ雑談システム

また，対話を行っている時刻も，反映すべき状況の一つである．我々は対話を行う際に，無意識に時間に依存した発話を行っている．例えば「今日ゲームしてない」という発話に対して，朝ならば「まだ今日は始まったばかり」，夜ならば「明日やれば良いよ」といったように，時間によってその応答は異なる．夜に「まだ今日は始まったばかり」という応答がなされると違和感を感じることだろう．このように，発話の自然性は時間によって変化すると考えられる．この課題に対し，我々は，ある時刻における発話対の自然性を表す確率モデルと，発話対の時間依存度を定量的に評価するための指標を提案している [8]．時間情報を付与した学習データを用いて LLM の学習を行い，応答の時間依存度が高い発話対に対する LLM の性能を評価したところ，時間情報を入力に用いないベースラインモデルと比較して，依存時間における自然性が高い発話の割合が，73% から 81% へ向上していた．今後，実際に人と長期間対話する実験を通して，時間を共有する対話システムが人の対話印象に与える効果を分析していく予定である．

5. おわりに

本稿では，「対話知能学」における我々の計画班での取り組みについて，基盤となる LLM 構築，個性のモデル化，周辺状況の理解，マルチモーダルな振る舞いの理解・表出の観点で概説した．近年の深層学習による対話性能の進展は極めて激しい一方，単純な言語リソースの拡充のみでは解けないであろう問題も多く存在している．そうした問題を解いていくには，個々の現象を丁寧に分析し，核となる要素を明らかにしつつ対応するデータを拡充していくことが重要である．これまでに得た知見を活かしつつ，本プロジェクトを通して得た土台に基づき，引き続き人と社会的に共生する対話ロボットの実現に取り組んでいきたい．

参考文献

[1] D. Adiwardana, M-T. Luong, D. R. So, J. Hall, N. Fiedel, R. Thoppilan, Z. Yang, A. Kulshreshtha, G. Nemade, Y. Lu and Q. V. Le: Towards a Human-like Open-Domain Chatbot, Arxiv preprint arXiv:2001.09977, 2020.

[2] S. Roller, E. Dinan, N. Goyal, D. Ju, M. Williamson, Y. Liu, J. Xu, M. Ott, E. M. Smith, Y-L. Boureau and J. Weston: Recipes for Building an Open-Domain Chatbot, in EACL, pp. 300–325, 2021.

[3] H. Sugiyama, M. Mizukami, T. Arimoto, H. Narimatsu, Y. Chiba, H. Nakajima and T. Meguro: Empirical Analysis of Training Strategies of Transformer-based Japanese Chit-chat Systems, SLT, pp. 685–691, 2023.

[4] J. Li, M. Galley, C. Brockett, G. Spithourakis, J. Gao, and B. Dolan: A Persona-Based Neural Conversation Model. In Proc. ACL, pages 994–1003, 2016.

[5] 安川 , 水上 , 品川 , 杉山 , 須藤 , 中村：人物埋め込み空間の内挿性と制御性を兼ね備えた応答生成モデル ,SLUD, 2022.

[6] 有本 , 杉山 , 成松 , 水上：長期雑談対話システムの実現に向けた長期テキストチャットの収集と分析 , JSAI, 2023.

[7] 杉山 , 古賀 , 西島：移動体から見える風景を話題とする雑談対話システム , JSAI, 2022.

[8] Y. Tsunomori, M. Ishihata, H. Sugiyama: Time-Considerable Dialogue Models via Reranking by Time Dependency, EMNLP findings, 2023.

研究紹介　A03　計画班

対話におけるユーザ及びロボットの認知モデル

石黒　浩[*1]，内田　貴久[*1]
[*1] 大阪大学大学院基礎工学研究科
研究課題名「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」

本研究の目的は，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である．システムとの対話を通して人の社会的欲求を充足させるためには，システムの発話に対する印象（価値判断）を推定し，それに基づいてシステム自身の発話を決定する必要がある．

そこで本研究では，対話においてユーザ及びロボットの価値判断に関わる認知モデルを構築した．具体的には，ユーザの選好や価値観についてモデル化する技術を確立した．また，ロボットの主観的意見の帰属が対話に与える影響について，ユーザ及びロボットの両側面から検証した．さらに，ユーザの選好情報を応用して，人間同士の社会関係を促進する対話ロボットの開発を行った．

これらの認知モデルにより，ユーザやロボットにパーソナライズされた対話を実現できるだけでなく，対話における人間の認知にも構成的にアプローチすることが可能になる．以下，これまで実施した研究について概説する．

1. ユーザ選好・価値観のモデル化

ロボットが対話を通して効率良くユーザの選好をモデル化する手法を開発した．具体的には，選好対象となるアイテム間の類似性に基づく選好推定ルールを構築し，推定量の期待値に基づきデータ取得（質問）する対話アンドロイドを提案した [1]．検証実験の結果，提案手法を備えた対話アンドロイドは効率的にユーザの選好を推定することを確認した．またユーザの主観評価では，提案手法によってユーザの対話満足度が向上し，アンドロイドがユーザを理解しようとする姿勢をより感じる傾向にあることが確認された．

また，大規模言語モデル（GPT-3）を用いて選好を推定する研究にも取り組んだ．複数人の選好およびその理由についてのデータを事前に収集し，GPT-3 のプロンプトに記述する方法の検討を進めた [2]．予備的な調査では，好き嫌い両方のデータや好きな理由を入力とすることで，推定精度が向上する可能性が示唆された．

選好をモデル化する手法を拡張して，意見（美味しいなど）のモデル化を実現するために，意味ネットワークを用いて意見をモデル化する対話手法の開発に取り組んだ．この意味ネットワークは主に，アイテム（例：うどん）とそれに対応する形容詞（例：美味しい）で構成される．意見のモデル化としては，この対応関係を推定することが必要になる．クラウドソーシングにより事前に収集した意見データを用いて，アイテムと意見の対応関係の珍しさ（情報量）を計算し，それに基づいてシステムがユーザへ質問することで，ユーザの意見を効率的にモデル化する手法を開発した [3]．実験の結果，一部の性格特性において，モデル化における情報量とシステムがユーザを理解したと感じる印象に相関が見られた．

ユーザの選好や意見のモデルを発展させるにあたり，それぞれの価値観が根底にあると考え，ユーザの価値観をモデル化する手法の開発を進めた．具体的には，ユーザの選好と価値観の対応関係をモデル化する研究に取り組んだ．ユーザの選好やその理由に関する発話に対し，大規模言語モデル（GPT-4）と関係データ学習（IRM）を用いて，価値観をモデル化する手法を開発した．この手法を備えた対話アンドロイドを用いた検証実験の結果，提案条件は統制条件よりも高い納得度を引き出す推定を実現することを確認した．さらに，提案手法は統制条件よりも，アンドロイドに対する印象の一部を向上させ，ユーザ自身の価値観に対する新しい気づきを促すことが確認された．

上述の研究はユーザ個人のモデル化であったが，複数ユーザの選好モデル（社会の選好モデル）を獲得する対話アンドロイドを開発した [4]．人間とアイテム間の共起性の珍しさ（情報量）に着目して，アンドロイドはマイクから得られる対話データ（聴覚情報）とカメラから得られる画像データ（視覚情報）に基づきモデル化を行う．ショッピングモール（らららぽーと EXPOCITY）において，アンドロイドを用いた 5 日間の対話実験を行った．共起性に関する質問に対する人間の肯定割合の推移は，概ねチャンスレベルを超えており，獲得した知識が人間からみて妥当であることの示唆を得た．また，モデルの妥当性が概ね日を追うごとに向上することを確認した．

また，人が談話を理解する際の計算論的モデルの構築にも取り組んだ．談話を処理する方法について，単語の分散（ベクトル）表現とニューラルネットワークを組み合わせたモデルを構築し，そのモデルが示す挙動と脳科学との対応について検証した [5]．また，文脈情報を考慮可能なより大規模な言語モデル（BERT）を対象として，脳認知科学における知見との対応を検証した [6]．

2. ロボットに対する主観的意見の帰属

これまでの研究で，ユーザが主観的意見をアンドロイドに帰属できない場合，対話意欲が低下することを明らかにしてきた [7]．これを拡張して，アンドロイドと小型ロボット（SOTA）を用いて検証を行ったところ，ロボットの種類に関わらず主観的意見の帰属が意見交換する意欲を高めることが確認された．また，ロボットの種類よって意見の帰属や交換の意欲が変化することを確認した [8]．さらに，アンドロイドに対する主観的意見の帰属に関与する要因の検証を進めた [9]．実験の結果，アンドロイドに対する主観的意見の帰属は，アンドロイドに対する認知（五感の帰属）だけでなく，ユーザ自身に対する認知（理解能力，感情性）も要因となることが確認された（図 1）．

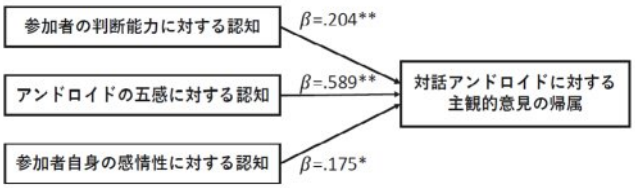

図 1：アンドロイドに対する主観的意見帰属の要因

3. 社会関係の促進

選好情報を応用して，グループ内の類似する選好に言及し，人間同士の関係構築を促進するロボットを開発してきた [10]．さらにこれを発展させ, 情報量の大きい（珍しい）共通選好に言及し，人間同士の関係構築を促進するロボットの研究に取り組んだ [11]．この研究は A01 班の吉川氏（大阪大学）との共同研究である．実験の結果，ロボットが共通選好に言及することで，人間同士の対話意欲を向上できることが示された．また, 提案条件は長期的（1 か月）に対話意欲を維持することが示唆された.

参考文献

[1] T. Uchida, T. Minato, Y. Nakamura, Y. Yoshikawa, and H. Ishiguro: “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,” International Journal of Social Robotics, 2020.

[2] T. Uchida, Y. Sakamoto, A. Koshino, M. Ban, Y. Yoshikawa, and H. Ishiguro, “A Pilot Study on Preference Estimation Function of Large-Scale Language Model for Hospitality Avatars,” The 2nd international workshop of symbolic society with avatars (SSA) in the IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI’23), 2023.

[3] Y. Ohira, T. Uchida, T. Minato, and H. Ishiguro: “A Dialogue System That Models User Opinions Based on Information Content,” Multimodal Technologies and Interaction, Vol. 6, No. 10, pp. 91, 2022.

[4] Y. Sakamoto, T. Uchida, and H. Ishiguro: “An Autonomous Conversational Android that Acquires Human–Item Co-Occurrence in the Real World,” 2022 31st IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 743-748, 2022.

[5] T. Uchida, N. Lair, H. Ishiguro, and P. F. Dominey: “A Model of Online Temporal-Spatial Integration for Immediacy and Overrule in Discourse Comprehension,” Neurobiology of Language, Vol. 2, pp. 83-105, 2021.

[6] T. Uchida, N. Lair, H. Ishiguro, and P. F. Dominey: “Dissociable Neural Mechanisms for Human Inference Processing Predicted by Static and Contextual Language Models,” Neurobiology of Language, 1-16, 2023.

[7] 内田貴久 , 港隆史 , 石黒浩 : “ 対話アンドロイドに対する主観的意見の帰属と対話意欲の関係 ”, 人工知能学会論文誌 , 34(1), B-I62_1, 2019.

[8] T. Uchida, T. Minato, and H. Ishiguro: “Opinion Attribution Improves Motivation to Exchange Subjective Opinions with Humanoid Robots,” Frontiers in Robotics and AI, Vol. 11, 2024.

[9] Y. Sakamoto, T. Uchida, M. Ban, and H. Ishiguro: “Verification of Factors Involved in Attributing Subjective Opinions to a Conversational Android,” Proceedings of the 11th International Conference on Human-Agent Interaction, pp. 437-439, 2023.

[10] T. Uchida, H. Ishiguro, and P. F. Dominey: “Improving quality of life with a narrative robot companion: II–Creating group cohesion via shared narrative experience,” 2020 29th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 906-913, 2020.

[11] 古志野瑛元，内田貴久，吉川雄一郎，伴碧，三野星弥，酒井和紀，石黒浩 : “ 情報量に基づき共通選好に言及する対話ロボットが人同士の対話意欲に及ぼす影響の評価 ”，人工知能学会論文誌，2024（Accepted）.

実証実験

[12] 場所 : ららぽーと EXPOCITY, 期間 : 2021 年 12 月 15 日 , 12 月 19 日 , 12 月 22 日 , 12 月 23 日 , 12 月 24 日 , 実験概要 : 自律アンドロイドの対話実験（本成果は [4] で発表）.

研究紹介　A03　計画班

対話ロボットのための機械学習を用いた対話動作のモデル化

中村　泰 [*1]

[*1] 理化学研究所ガーディアンロボットプロジェクト

研究課題名「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」

人間と親和的に関わる対話ロボットの実現においては，対話相手の選好や振る舞いに適応的に振る舞い，ユーザを対話へ引き込むメカニズムが必要になる．本課題では対話相手の選好や類似性に対する推論の過程を提示することでユーザへの関心を示す印象を与える対話戦略を明らかにした．また，対話相手を含んだインタラクションの動作のモデル化及びモデルを利用した動作生成に取り組み，マルチモーダルなコミュニケーションが対話に与える影響について調べた．

1. はじめに

近年の深層学習の発展により，音声認識技術を用いたスマートスピーカーなど，人間が日常的に用いるコミュニケーションチャネルを利用した”インタラクティブ”なインターフェースが実用化されてきた．既存の対話システムは通常，天気予報といった情報提供など，ユーザが指示した要求に応じた応答を行うことが目的となっており，自然言語を用いるインターフェースではあるが，コマンドを処理するような枠組みとなっている．

一方で，人間と共生するためのロボットは，対話知能，すなわち，人間との間で意図や欲求を理解し合うなど，関係性を構築することが求められている．そこで，本研究課題では 1) 対話ロボットのための対話戦略の開発：対話相手の選好や対話相手の持つ物事に対する概念のモデル化をオンラインで行いながら，理解（モデル化）の過程を提示しながら対話する対話ロボットの開発，2) 対話動作の生成モデル：対話相手を含んだインタラクション動作のモデル化，および，獲得したモデルを利用した動作生成に取り組んだ．

2. 対話ロボットのための対話戦略開発

対話ロボットのための対話戦略の開発では，対話相手に対する推論の過程を対話相手に提示する対話戦略の開発と評価を行った．具体的なタスクとしては，ロボットは対話を通して，来客に商品を推薦する．

このような対話では，推薦対象とする対話相手の嗜好に合致した商品を推論するという課題が扱われる [1]．しかし，対話や対話相手に対する印象・満足度は必ずしも推薦の精度だけに依存するとは限らない．本研究では，推論の過程をロボットの発話に埋め込む対話戦略を提案し，対話に対する印象が変化するかを調査した [2, 5].

この手法では，対話内容の一貫性を保持するための問い合わせ順序の選択，および，推論の確信度の変化に基づく言葉遣いの選択を行う対話戦略を設計した．具体的には前もって学習した商品の類似性と，対話中にユーザの応答から得られた選好の情報を利用することで，問い合わせていない対話相手の選好を推論する．あるターンで問い合わせた商品とは全く関係性がない商品について問い合わせを行うと対話の流れが悪くなると考えられることから，類似性の高い商品を次のターンで発話する商品として選択するとともに，その選択された商品に対する推論の確信度に応じて「もしかしたら○○は好きですか？」や「絶対○○が好きですよね」のように発話の言い回しを適応的に変化させる．このような戦略により対話ロボットがユーザに対する推論を行いながら発話する印象を与えるなど，対話の質を変えたことが分かった．

また，選択肢が限定された条件でのユーザの選択についてのモデル化 [3] や，WordNet を利用したアイテム間類似度の構築 [4] などの課題にも取り組んだ．

3. 対話動作の生成モデル

スマートスピーカーは自然言語を用いたインターフェースを持ち，「今日の天気は？」のようなコマンドを入力することにより，情報を提供する．しかしながら，一問一答の”対話”となっており，人間同士の対話とは異なり，流暢でテンポの良い”対話”が実現されているとは言えない．人間同士では対話相手が発話中にも，頷きなどのマルチモーダルな情報を用いて対話相手に情報を送る全二重通信的なインタラクションを行っている．

本研究では，人間が日常的に行うようなテンポの良いマルチモーダルな対話を行う対話ロボットの実現を目指して，人間の対話中の動作のモデル化とそれを利用した制御フレームワークの開発を行った．具体的には，対話に参与している複数の人間のモーション及び音声を取得し，動作に対する生成モデルの構築を行った [6][10]．また，条件付の生成が可能な生成モデルを利用した頭部動作の生成モデル [7]，ジェスチャーの生成モデル [9] を開発した．特に頭部動作の生成モデルでは，CG システムへの応用を行い，人間らしさを持つ頭部の動作が生成できることを確認した [8]

また，対話中の動作の解析も行った．まず，対話中のイベントの認識のための事前学習手法の提案と，事前学習に基づく対話の特徴について調べた．事前学習手法として，対話に参与する人間の動作データに時刻ずれを発生させ，そのずれを推定する Lag operation を導入した．ニューラルネットワークはこの時刻ずれを推定できるように学習する．これにより，イベント発生の認識率が向上することを確認 [11] するとともに，インタラクションデータの特徴空間 [12] を得た．

上記で得られた特徴空間に，対話中の動作データを投影すると，興味深い特徴が得られた [12]．特徴空間上では，

Lag の違いによりクラスタ構造が作られるが，一部のサンプルは Lag に関わらずに同じ領域へと写像される．特徴空間上に投影された各サンプルをクラスタの重なり具合を用いて評価した指標を抽出した．記録したインタラクション動画に対する印象評価を行うと，この指標との関係性 (例えば，対話が盛り上がっているシーンではクラスタの重なりが少ない (判別がしやすい)) が発見された．

4. まとめ

本研究課題では，対話相手のモデル化に基づいて対話ロボットの振る舞いを制御する手法についての研究を行った. 推定の過程に合わせた発話を行うことで, 対話やロボットに対する印象が変わることを示した．また，対話中の動作のモデル化と，動作生成システムの構築を行うと共に，対話の印象に関する指標を調査した．自由エネルギー原理に基づく動作生成 [13] などの取り組みと合わせて，より親和的なコミュニケーションを行う対話ロボットを開発することが今後の課題である．

参考文献

[1] Simon Funk, “Netflix Update: Try This at Home,” https://sifter.org/~simon/journal/20061211.html, 2006

[2] 酒井和紀，中村泰，吉川雄一郎，石黒浩 , “ 商業施設における商品推薦ロボットの実体性の効果の検証 ,” 第 38 回日本ロボット学会学術講演会 , 2020

[3] Li Mofei, Nakamura Yutaka, Ishiguro Hiroshi, “Choice modeling using dot-product attention mechanism,” Artificial Life and Robotics, 26(1), pp.116–121, 2020

[4] Ife-ebube Okoye, Yutaka Nakamura, Yuichiro Yoshikawa, Hiroshi Ishiguro, “Automatic generation of dialogue on person’s preference using WordNet,” 27th International Symposium on Artificial Life and Robotics, 2022

[5] Kazuki Sakai, Yutaka Nakamura, Yuichiro Yoshikawa, Shingo Kano, Hiroshi Ishiguro”Expressing Robot’s Understanding of Human Preference Based on Successive Estimations during Dialog,” International Journal of Human-Computer Interaction 2023

[6] Nishimura Yusuke, Nakamura Yutaka, Ishiguro Hiroshi, “Human interaction behavior modeling using Generative Adversarial Networks,” Neural Networks, 132, pp.521–531, 2020

[7] 髙城 頌太 , 中村 泰 , 岡留有哉 , 西村 優佑 , 石黒 浩 , “ インタラクションにおける顔動作対生成モデルの開発 ,” 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会 , 2021

[8] 西村優佑 , 髙城 頌太 , 岡留 有哉 , 石黒 浩 , 中村泰 , “ 深層生成モデルを用いた遠隔対話用 CG アバターの半自律型操作システムの開発 ,” 人工知能学会 全国大会 , 4Xin1-68, 2023

[9] Yuya Okadome, Yutaka Nakamura, “Generating interaction behavior during a dyadic conversation using a diffusion,” the 16-th international conference on computer and automation engineering. 2024

[10] Yutaka Nakamura, “Modeling a dyadic interaction using a deep neural network,” IROS 2022 workshop: (intellect4hri)

[11] 岡留 有哉 , 阿多 健史郎 , 石黒 浩 , 中村 泰 , “ 対話中の振る舞い予測のための時間的整合性に注目した自己教師あり学習 ,” 人工知能学会論文誌 , 37(6), B-M43_1-13, 2022

[12] Yuya Okadome, Yutaka Nakamura, “Extracting feature space for synchronizing behavior in an interaction scene using unannotated data,” 32nd International Conference on Artificial Neural Networks, pp. 209–219, 2023.

[13] Kazuya Horibe, Yuanxiang Fan, Yutaka Nakamura, Hiroshi Ishiguro, “Investigating the impact of free energy based behavior on human in human-agent interaction,” 27th International Symposium on Artificial Life and Robotics, GS4-5, 2022

研究紹介　A03　計画班

ロボット・AIに対する認知モデルと対話戦略最適化

前田　英作[*1]，酒造　正樹[*1]
[*1] 東京電機大学
研究課題名「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」

言語処理，音声処理の発達によってロボットの振る舞いが人間のそれに近づきつつあることは間違いないが，「人間並み」になるにはまだ相応の時間がかかることが想定される．したがって，石黒・平田によるロボット演劇 [1] を分析して坊農が指摘したように [2]，「ロボットと人間の会話は，人間が無意識に認識する種としての「違い」の上でしか展開しない」とも言える．そこで本研究では，人・ロボット共生社会において，人間があい対するのは「不完全な人間」としてのロボットであること前提に，ロボットが人間にどのように受容されるか，即ち，ロボットに対する人間の認知モデルを考慮した上で，ロボットの行動戦略を最適化することについて検討を行った．具体的研究課題いくつかは，対話ロボットコンペティション (DRC)[3] の予選，本選における様々な対話事例の観察と分析からヒントを得ている．少なくともアンドロイドロボットにおいては，そこに搭載すべき対話知能のゴールは，人間の対話知能とは相違するはずだという仮説に基づいている．

本研究期間では，(1) 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の提案 [4]，(2) 対話参与感という新たな評価指標の提案と有効性の検証 [5]，(3) LLM プロンプトを利用した対話システムのメタ制御の提案，実装，動作検証 [6]，(4) 人間のサービスに対する志向性を考慮したロボット謝罪の有効性に関する検証 [7]，(5) 機械学習を利用した Hallucination の検知と修正手法の提案，(6) 猫かぶり対話の提案と構築，などの成果を得た．

1. 非対称コミュニケーションと対話参与感

人間をモデルとするアンドロイドロボット（AR）は，様々な要素技術の進歩によって人間に近づいていくことが期待されている．しかしながら，その社会実装においては，不完全な人間としての AR を前提にして問題解決をはかる必要がある．コミュニケーションにおける人間の振る舞いが，人間に対するときと AR に対するときとで異なるものだとすれば，AR の最適な行動制御は人間の行動制御を模擬したものとは異なり，AR 独自の行動戦略が求められることになる．

そこで，旅行代理店における人間とロボットの観光地案内タスクにおいて，非対称コミュニケーションに着目し，選好情報の推定技術を用いず，エージェントの性格を変化させることで，顧客に合わせた振りをする対話戦略を提案した [4][8]．対話の様子を模擬したビデオクリップを用いて，戦略の評価を行った．実験参加者は，販売員が人間的なのかロボット的なのかを事前に知ることなくアンケートに回答した．これにより，実験参加者が販売員にどのように接したか，また提案した戦略の有効性を確認した．

さらに，非対称コミュニケーションにおける対話の質という観点にも着目した．井上ら [9] は，AR の説明を聞いているユーザの対話に対する従事率（エンゲージメント）を推定するために，表情，ジェスチャ，頷き，アイコンタクトのリアルタイム取得を活用したシステムを開発している．しかし，ユーザやアノテータの主観的評価に依存したデータ収集に共通する課題として，個人差の影響を受けやすく，精度をさらに高める必要がある．そこで，対話者自身の意識的なスタンスを対話参与感と定義し，参与感を高めるための対話戦略について検討を行った [5][10]．

属性の異なる 5 人の対話データを抽出し，主観的評価に基づくビデオアノテーションによって 5 つの要素に効果ラベルを付与し，対話参与感の時系列変化を可視化した．AR がユーザに観光ルートを説明する相談パートでは，ロボットが約 2 分間発話権を保持し，ユーザの参与感は低下すると考えられた．この間，参与感は全体的に低下傾向を示すが，ユーザの興味度を向上させるコンテンツの活用，およびマルチモーダルな返答の要請を施したシーンに関しては，興味・意欲・理解を高める効果が現れていた．より厳密な定量評価が必要ではあるが，これらの戦略がユーザ参与感の向上に一定の効果があることを示した．

2. LLM プロンプトによる対話システムのメタ制御

大規模言語モデル（LLM）を利用することにより，従来のルールベースによる音声対話システムでは困難であった自然な対話が可能である．しかし，LLM は明示的な出力制御が困難であり，音声対話システム設計者の意図と異なる発話が生起する危険性がある．さらに，タスク指向型対話システムにおいては，シナリオのフェーズ毎に LLM を利用する場合であっても，フェーズ間の対話遷移にはルールベースの制御を用いることによってシステム構築をすることが多い．しかし，その場合，対話フローそのものがルールによって拘束され，ルールで想定されたフローから逸脱するような発話に柔軟に対応することができない．

そこで，より安定で且つ柔軟な音声対話システムを実現するための LLM を利用したメタ制御手法を提案した．提案手法では，対話シナリオに沿った対話を実現するための対話フロー制御（DFCP）と，自然な対話を実現するためのターンテイキング制御（TTCP）とからなり，それぞれを LLM プロンプトとして実装した（図 1）．言語生成だけでなく対話制御そのものの役割を LLM に担わせるという試みであり，DRC2023 タスク [11] に対して実装し，その実行可能性と有効性を確認した [6]．LLM を利用した制御は，対話フローだけでなく，音声認識・合成を含む AI のマルチモーダルな振る舞いに関わるシステム制御全体に対しても有効である [12]．

DRC2023 で設定された課題においては，雑談的な対話も交えてユーザの歓心を得つつ，設定された目的を達成することが必要となる．最新の LLM を利用することにより，各場面における発話生成の性能を高めることはできるものの，対話の流れ全体を適切に制御することは課題として残されていた．そこで本研究では，発話内容だけでなく対話全体の制御を担うメタ制御をプロンプトとして設計することにより，対話破綻を起こすことなく 10 分間にわたる対話を LLM によって適切に制御できることが明らかにした．また，DFCP と TTCP を統合した 1 つのプロンプトでも実現できることも確認している [13]．これらの結果は，ユーザ認知モデルに応じた対話の最適化や対話を通じた認知モデル推定機能なども LLM を基盤とした対話システムが構築可能であることを示唆する．

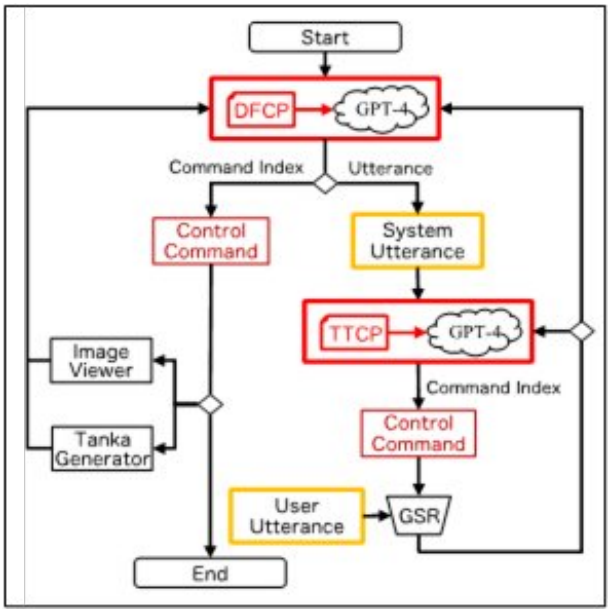

図 1：DRC2023 で実装した対話システムの構成図．2 つのプロンプト DFCP(Dialogue Flow Control Prompt)，TTCP(Turn-taking Control Prompt) のみにより対話システム全体が制御される．

3. おわりに

実用的 LLM の登場によって，ロボットと人間とのコミュニケーションに関する研究は大きく様変わりしつつあるかに見える．しかしながら，人間にあい対する人工物たる AI と人間とのコミュニケーションという基本的な構図は同じである．したがって，人工物に対する人間の認知モデルに合わせて，いかに AI 側の対話戦略を最適化するかという研究課題は，今後さらに深めていくことが必要である．特定の環境下では，人間と AI との相違を人間が認識することが困難になりつつあり，このことは，人間に対する人間の認知モデルも変容することを意味する．だとすれば，人間にとって種としての「違い」が認識可能な存在であるアンドロイドロボットには，別の価値が発生するのかもしれない．

参考文献

[1] 石黒 , 平田 :“ ロボット演劇 ”，日本ロボット学会誌 , vol. 29, no. 1, pp. 35–38, 2011.

[2] 坊農 :“ ロボットは井戸端会議に入れるか：日常会話の演劇的創作場面におけるフィールドワーク ”，認知科学 , vol. 22, no. 1, pp. 9–22, 2015.

[3] 東中 , 港 , 境 , 船山 , 西崎 , 長井 :“ 対話ロボットコンペティションにおける音声対話システム構築 ”，日本音響学会誌 , vol. 77, no. 8, pp. 512-520, 2021.

[4] D. Kawakubo, M. Shuzo, H. Sugiyama, & E. Maeda: “Asymmetric Communication: Cognitive Models of Humans Toward an Android Robot,” Frontier in Robotics and AI, vol. 10, 1267560, 2023.

[5] M. Kawamoto, M. Shuzo, & E. Maeda: “Improving User’s Sense of Participation in Robot-Driven Dialogue,” Advanced Robotics, 2024. (https://doi.org/10.1080/01691864.2023.2294105)

[6] K. Shukuri, R. Ishigaki, J. Suzuki, T. Naganuma, T. Fujimoto, D. Kawakubo, M. Shuzo, & E. Maeda: “Meta-Control of Dialogue Systems Using Large Language Models,” In proc. Dialogue Robot Competition 2023, arXiv:2312.13715 [cs.RO], 2023.

[7] S. Oono, H. Ishii, R. Kihara, D. Katagami, M. Shuzo, & E. Maeda: “Interaction Strategy for Robotic Apology Based on Human Orientation Toward Service,” Advanced Robotics, 2024. (https://doi.org/10.1080/01691864.2024.2321173)

[8] D. Kawakubo, H. Ishii, R. Okazawa, S. Nishizawa, H. Hatakeyama, H. Sugiyama, M. Shuzo, & E. Maeda: “Spoken Dialogue Strategy Focusing on Asymmetric Communication with Android Robots,” In proc. Dialogue Robot Competition 2022, arXiv:2210.09748 [cs.RO], 2022.

[9] K. Inoue, D. Lala, K. Takanashi & T. Kawahara: “Engagement Recognition by a Latent Character Model Based on Multimodal Listener Behaviors in Spoken Dialogue,” APSIPA Trans. Signal Information Processing, vol. 7, e9, 2018.

[10] M. Kawamoto, M. Shuzo, & E. Maeda: “Improving User’s Sense of Participation in Robot-Driven Dialogue,” In proc. Dialogue Robot Competition 2022, arXiv:2210.09746 [cs.RO], 2022.

[11] T. Minato, R. Higashinaka, K. Sakai, T. Funayama, H. Nishizaki, T Nagai: “Overview of Dialogue Robot Competition 2023,” In proc. Dialogue Robot Competition 2023, arXiv:2401.03547 [cs.RO], 2023.

[12] 宿里，石垣，鈴木，永沼，藤本，河窪，酒造，前田：“ 大規模言語モデルを利用した音声対話システムのメタ制御 ”，言語処理学会第 30 回年次大会，B9-1，2024.

[13] 鈴木，石垣，宿里，藤本，河窪，酒造，前田：“ ただ一つのプロンプトによるタスク指向型対話システムの実現 ”，言語処理学会第 30 回年次大会，B10-1，2024.

A04 班 人間機械社会規範研究グループの総括

新保　史生 [*1]，三井　広大 [*1]
[*1] 慶應義塾大学
研究課題名「対話知能システムの研究開発及び社会実装のための法社会規範の研究」

1. A04 人間機械社会規範研究グループ

A04 人間機械社会規範研究班の研究は，①「グループ統括，ロボット法の定立（新保史生）」，②「ロボット・AI･キャラクターにおける法と倫理（原田伸一朗）」，③「ロボットの社会実装と民事責任（長島光一）」，④「自律対話システム・ロボットの ELSI（呉羽 真）」から成る計画班．⑤「根源的規約主義に基づく新たな対話規範および社会規範とその実装の検討（小山虎）」，⑥「対話知能ロボットにおけるプライバシー権と平等権の保障（加藤 隆之）」，⑦「人・ロボット共生ジェンダー論の展開（野村竜也）」の公募班から構成される．

2. 研究成果の概要

①ロボット法については，(1) 社会制度（倫理・社会的受容性），(2) 法制度（法令その他の規範），(3)ELSI の統合（Ethical, Legal and Social Issues の統合）により，「ロボット法」として機械と共生する社会に必要な社会制度の研究を行った．当該研究は，当該学問分野のみならず関連学問分野における研究においても ELSI 課題への対応が可能となる汎用性を有しており，新興技術を活用した研究であって ELSI に係る検討を行う際に貢献するものである．

研究グループ全体としても，具体的な対話知能システムの研究開発及び社会実装のための法社会規範の研究は，「ロボット法」の研究の一翼を担う研究として実施した．「ロボット法」の目的は，ロボットを利用するにあたり支障となる規制，必要な規制の不備（法の欠缺），ロボットを利用するに伴い生じた法的責任などを，検討するにとどまらず，既存の法体系や法解釈では対応できない，法学の「パラダイムシフト」に対処すべき法制度の整備や法解釈の提示を行うための研究を実施した．

②キャラクターと法については，有体物であるロボット・アンドロイドから，無体物であるキャラクター・CG エージェントまで，サイバー・フィジカル融合社会の進展に伴って登場しつつある新たな主体・人間像に対して，有効な法理論を模索，構築することを目標として研究を実施した．特に，自律型および遠隔操作型ロボット・アバターの人格メルクマール（姿, 動き, 声など）に関する権利（肖像権等の人格権）について研究を行った．特筆すべき成果としては，VTuber を始めとするバーチャルアバターの人格権に関し，他に先駆けて研究成果を公表し，原田の学説を取り入れた判決が出されるなど社会的成果を残すことができた．

③民事責任については，対話型ロボットが社会に普及するに伴う法的責任について，開発者やメーカーの責任が考えられる一方で，利用者側の 対話型ロボットへの危害等による影響も考慮した研究を実施した．ロボットの社会受容のためには事故が発生時の責任の所在を明確にする必要があることから，責任主体を明確にすることで予防的な措置や保険などの対応を検討する礎を築いた．

④自律対話システム・ロボットの ELSI については，日本における自律型対話ロボットを巡る法社会規範の確立に向けて，ロボットを含む人工物に対する日本的な態度の特殊性と優位性を説く「テクノアニミズム論」の検討を中心に，ロボットと文化の関係に関する研究を行った．その成果は，『Contemporary and Applied Philosophy』誌に論文が採録されている．

⑤根源的規約主義に基づく新たな対話規範および社会規範については，暗黙裡の規範に関する違反の解消に注目した対話規範モデルを提示した．

⑥憲法論については，自律型 AI に対する人権（憲法上の権利）の付与の可能性及び妥当性について，人権の本質論や法人への人権付与に関する議論を参考に議論した．

⑦ジェンダー論については，性別付与ロボットが期待される応用領域におけるステークホルダーごとの期待と理由の明確化を行った．

3. 研究成果としての提言

対話ロボットの社会的受容に必須となる倫理・社会制度の新知見を提示し，新しい社会規範の原則をまとめたロボット法の確立を目指す上での成果については，総務省情報通信法学研究会 AI 分科会 (令和元年度第 1 回）にて，「AI 原則は機能するか？ー AI・ロボットを用いることに伴う原則策定の取り組みから法定事項としての位置づけへー」と題した報告を行った．また，非拘束的な原則やガイドラインから普遍的なルール作りを見据えて，実効性のある法規範に原則を組み込み機能させるべきことを提唱した．

4. 対話知能システムの研究開発と社会的受容性

本研究の目的は，対話メディアの社会実装で生ずる新たな事象への抜本的な対応と，社会的受容を目指す上で必須となる倫理・社会制度の新知見を提示することにある．

機械と共生する社会の到来を見据えたロボット法研究を行うことで，人間と機械の対話における新しい自律型のメディアの研究開発において検討が必要な課題を解明するとともに，社会への実装にあたって検証及び解決が必要な問題を明らかにすることを主眼としている．

研究活動においては，初年度から国際ワークショップとして「対話ロボットの社会実装と法律問題に関するワークショップ」を開催し，アンドロイドを社会に普及させるために必要な検討事項について活発な議論を実施した．

日本科学未来館の協力を得て，ユーチューブライブによるトークイベントを 17 回開催し，2024 年 1 月時点での再生回数は 2 万 5 千回を超える．幅広い層の一般参加者により，参加者同士の意見交換も活発になされた．少し先の未来に確実に起こりうる法律問題に光を当て，わかりやすく解説し，さらに様々な立場の人々が考え，意見表明を行う機会を提供することができ，人間機械共生社会における社会規範醸成に必要な研究課題を明らかにすることができた．

5. 未来館イベントの紹介

法律を守り守らせるロボットの社会実装を含めて，ロボットや知能システムと人間との共生社会の形成を進めるにあたり，専門家以外の方々との対話の場を設計し，ともに社会設計をすすめることが重要である．5 年間の研究期間において，人間機械社会規範研究班主導で，日本科学未来館（東京，お台場）において，一般の方々との対話イベントを 21 件開催した（図 1，図 2 を参照）．

イベントにおいては，バーチャルキャラに権利は必要か，ロボットと動物の境界はどこか（そもそもあるのか），ロボット共生と文化にはどのような関係性があるのか，精神医療におけるロボットの利用の状況はどのようなものか，人間同士のコミュニケーションにロボットを交えることはどのような効果があるのか，ロボットによる「共感」をヒトがどのように受け止めるのか，窓口業務を遂行できるロボットやシステムはどのような機能が備わっているべきか，対話ロボットとヒトが親密な関係を築くことはできるのか，アンドロイドが発言しても違和感のない話題はなにか，人間とロボット同士が「察し」あうためにはなにが必要なのか，あらゆるデータを取得できるロボットは「見て見ぬふり」をすることができるのか，ロボットと道具あるいはロボットと人間を分ける要素はあるのか，ロボットはヒトにとっての「心のよりどころ」になれるのか，といった，非常に多岐にわたるテーマにて議論が行われた．

ロボット共生社会における社会規範を検討する際には，上記テーマのように多岐にわたる視座からの検討が必要であり，非専門家との対話を通して，人間とロボットなどの機械・知能システムが共生する社会規範の検討・発信を進めることができたと考えている．

本イベントの多くは，YouTube「MiraikanChannel」にアーカイブされている．2024 年 2 月 1 日時点で，アーカイブ視聴回数は 2 万 6 千回を超えている．

参考文献

[1] 新保史生 , 吉川雄一郎 , 酒井和紀 , 原田伸一朗「法律を守り・守らせるロボットの社会実装に向けた研究」人工知能学会誌 38 巻 5 号 PP.730-737(2023).

[2] 原田伸一朗「バーチャル YouTuber の人格権・著作者人格権・実演家人格権」静岡大学情報学研究 26 巻 PP.53-64(2021).

[3] 長島光一「ロボットの保護・利用に関する法・倫理・政策」拓殖大学論集・政治・経済・法律研究 24(1) PP.35-51(2021).

[4] 呉羽真「日本人とロボット - テクノアニミズム論への批判」Contemporary and Applied Philosophy13 巻 PP.62-82(2021).

[5] 野村竜也「対人不安と Human-Robot Interaction」計測と制御 61 巻 3 号 PP.214-217(2022).

[6] 加藤隆之「AI，自律性，法人格 - 序章的考察」法学新報 127 巻 7・8 号 PP.187-222(2021).

図 1：2021 年 9 月 24 日のオンラインイベントの様子

図 2：2021 年 12 月 5 日のトークイベントの様子

研究紹介　A04　計画班

法律を守り，守らせるロボットの社会実装に向けた研究

新保　史生 [*1]
*1 慶應義塾大学
研究課題名「対話知能システムの研究開発及び社会実装のための法社会規範の研究」

法律を守ること，つまり，「法令遵守」は誰もが認識していることではある．ロボットを利用する際に，法令遵守その他の社会のルールを守るための研究という観点ではなく，人間（自然人）がそれらを守るためにロボットを利用するという発想の転換に基づく研究を行っている．つまり,「法令遵守を促進するロボットの研究開発」と「ロボットを用いた法令遵守の促進」である．人間中心や人間を主体としたロボットの利用ではなく，ロボットを主体とするロボット利用の新たな視点からの研究である．

1.「法律を守り，守らせるロボット」の概要

法律を守ってロボットを運用するという従来からの当たり前の発想ではなく，法律を守ってもらうためにロボットを主体的に利用する方法の実証が主たる目的である．これにより，ロボットの側ではなく，人間側の倫理的・法的課題をロボット（対話知能）を活用することによって解決するための方法としての提案が可能となる．

具体例としては，本人同意をロボットを用いて取得することがあげられる．日常生活の様々な場面で本人の同意を得なければならない場面が多い．定型的，典型的な表示や通知事項が毎回繰り返し表示し説明されるため，いわゆる同意疲れの問題がある．毎回同じような内容が表示されることによる表示の形骸化の問題も深刻である．そこで，ロボットを用いたわかりやすく興味を持つ説明の明示・通知・表示に興味を持ってもらうことが重要である．

2. ロボットによる会話（対話）の内容

(1) 法定通知事項

ロボットによる通知を具体的に実施することが有効であると考えられる場面としては，各種法令に基づいて明示・通知・公表等が義務づけられている重要事項その他の説明，対象者から情報を取得する場合に法律で定められている義務としての通知，対象者がロボットを利用する際に安全利用ために通知すべき事項などがあげられる．これらをロボット自身が行うことで効果的な通知を行うことができるか実証実験において検証を行うことは有効である．

(2) 実験に関する説明事項の通知

実証実験に参加するにあたっても，そのための説明を行うことが必要であるが，その手続も含めてロボットによる実験参加にあたっての事前の説明事項（実験の目的, 手続, 制限等）を実施することは効果があると考えられる．具体的な効果としては，回りくどい実験内容の解説を回避しつつ，実験実施にあたって法定の告知や説明義務がある事項を確実に通知することができるとともに，実験実施にあたっての協力を求めるために説明する事項を説明を受けた側が十分理解していることを確認することも可能となる．

3.「法律を守り，守らせるロボット」の効果

「法律を守り，守らせるロボット」によって期待される効果は多岐に渡る．通知事項の備忘効果（必要な事項を忘れずに確実に説明可能）．難しくて長い法定通知事項を説明する際の抵抗感の軽減．対話知能を用いた説明義務の効果的な実施．説明を受ける者と説明者双方の負担軽減．説明事項を毎回繰り返し説明することによる負担．反復継続的に説明義務を履行しなければならない業務の負担軽減．対象者の集中力低下の予防．説明責任を果たす上で，詳細に説明をすればするほどその内容についての関心度が薄れ理解度も低下する状況をロボットを利用することで予防．魅力的な説明の実施．対象者の関心を惹きつける方法での説明．説明不足と感じる状況の改善．説明が長い一方で，対象者としては十分に説明がなされていないと感じることへの不満の解消など枚挙に暇がない．

4. ROS と法令その他の規範

「法律を守り，守らせるロボット」の研究開発，製造・販売及びその利用にあたっては，法令を遵守しなければならないため，ROS（Robot Operating System）[ROS] の構成要素に照らして関係する法令その他の規範を整理した．

5. ロボットの設計や製造と安全確保

製造物としてのロボットは，産業用ロボットに関係する法規として「製造物責任法（ＰＬ法）」が適用されてきた．通信については，「電波法」が適用される．

産業用ロボットには，ロボットによる事故を防ぎ作業者の安全を確保するために，「ISO10218-1：産業用ロボットに対する安全規格」（ロボットの設計や製造において，安全性をどのように保証するか検討するための手引きとされ，リスク除去の要求事項について記載），「ISO10218-2: ロボットシステムに対する安全規格」（ロボットインテグレーション，設置，機能試験，その他各安全防護の指針について記載），「ISO/TS15066：ISO10218-1 を補足するための協働ロボットの安全規格」が定められている．

(a) ハードウェアとしてのロボット本体は「有体物」として製造物責任法の対象となる．

(b)OS 及びアプリケーションは「無体物」であり対象とはならない．それらがロボットを制御するためのシステムにインストールされハードウェアと一体になった物として扱われる場合は，製造物責任法の対象となることがある．OS やアプリケーションの不具合がその製造物自体の欠陥

と解される場合に，その欠陥と損害との間に因果関係が認められるときには，当該 OS 等を開発した側ではなくそれを組み込んだロボットを開発・製造した製造物の製造業者等にこの法律による損害賠償責任が生ずることがある．

(c) ミドルウェアは，サーバの本体など有体物の結果には (a) のハードウェア同様であり，クラウド上でのデータベースやサービスの提供などに伴うデータの消失等の欠陥は製造物責任法の対象ではなく，債務不履行責任又は不法行為責任に基づく損害賠償請求の対象となる．

プロジェクト管理，デバッグ，シミュレーションや可視化などのツール群に係るプログラム，ロボットの移動，マニピュレーションや知覚などをロボットに実装する機能群，その他ロボットのデザインなどは，知的財産法（著作権，特許，実用新案，意匠，商標，半導体回路）や JIS 規格などの産業規格が適用される．特に，2015 年の商標法改正では，これまでは，文字や図形，記号，立体的なものなどが商標の保護対象であったが，「音その他政令で定めるもの」が追加され，「音，ホログラム，位置，色彩，動き」へと対象が拡充されている．これにより，ロボットを操作するコントローラのボタン部分の図形（位置商標）や，自動車の形状からロボットの形状に変形する玩具は意匠登録がなされてきたが，ロボットの特徴ある動作を「動き商標」として商標登録することも可能となっている．

6. ロボットの操作・利用と安全

ロボットの操作や利用における安全確保のために，「労働安全衛生法」は，①危険防止のために必要な措置，②安全衛生教育や就業にあたって必要な措置，③労働者の健康保持や増進の措置について定めている．また，労働安全衛生法で定められた措置の詳細事項は，「労働安全衛生規則」で定められており，産業用ロボットについての措置は，同規則第２編９節（第 150 条の３乃至第 151 条）」に，①教示等（150 条の 3），②運転中の危険の防止（150 条の 4），③検査等（150 条の 5），④点検（151 条）が定められている．

労安衛法 20 条に基づく安衛則 150 条の４（運転中の危険の防止）は，産業用ロボット（定格出力が８０W（ワット）を超えるもの．）に接触することにより危険が生ずるおそれがあるときは，さく又は囲い等を設けることと定めている（いわゆる 80 ワット規制）．この規定については，産業用ロボットと人との協働作業が可能か否か明確でなかったことから，平成 25 年 6 月 14 日に閣議決定された規制改革実施計画において安全基準の明確化をはかることが示され，「平成 25 年 12 月 24 日付基発 1224 第２号通達」（以下，「2 号通達」という．）により，産業用ロボットと人との協働作業が可能となる安全基準が明確化されている．なお，出力が 80W 未満の産業用ロボットを導入する際は，ロボットの周囲に安全柵の設置義務はない．

なお，２号通達では，リスクアセスメントにより危険のおそれが無くなったと評価できるときは，協働作業が可能としている．産業用ロボットを使用する事業者が，労安衛法第 28 の２による危険性等の調査（リスクアセスメント）に基づく措置を実施し，産業用ロボットに接触することにより労働者に危険の生ずるおそれが無くなったと評価できるときは，「労働者に危険が生ずるおそれのあるとき」に該当しないことが示された．

7. ロボットの利用に伴う情報の取扱い関係の法令等

「エコシステム」については，ロボットの利用に伴う情報の取扱いに関する法令等の適用について確認が必要となる．具体的には，「個人情報の保護に関する法律」，学習データの利用などについては「著作権法)」，不正競争防止法」などが適用される．また，情報の取扱いにおいて秘密として保護すべき情報については，各種秘密保持義務が課されている法令に基づく取扱いが義務づけられている．

参考文献

[1] 新保史生 , 吉川雄一郎 , 酒井和紀 , 原田伸一朗「法律を守り・守らせるロボットの社会実装に向けた研究」人工知能学会誌 38 巻 5 号 PP.730-737(2023).

[2] 新保史生「法からみる自動化・自律化の進展と規制・制度整備のあり方」運輸と経済 2022 年 5 月号 PP.36-40(2022).

[3] 新保史生「個人情報保護をめぐる環境変化の沿革と法制度の変遷」情報の科学と技術 70 巻 5 号 PP.224-230（2020）.

[4] 新保史生「AI 原則は機能するか？　-　非拘束的原則から普遍的原則への道筋　-」情報通信政策研究 3 巻 2 号 PP.53-70(2020).

[5] Fumio Shimpo, The Importance of ‘Smooth’ Data Usage and the Protection of Privacy in the Age of AI, the IoT and Autonomous Robots, Kluwer Law International Global Privacy Law Review, 1(1), 49-54(2020).

研究紹介　A04　計画班

ロボット・AI・アバターに係る人格的権利の保護

原田　伸一朗 *1
*1 静岡大学
研究課題名「対話知能システムの研究開発及び社会実装のための法社会規範の研究」

報告者は，有体物であるロボット・アンドロイドから，無体物であるキャラクター・CG アバターまで，サイバー・フィジカル融合社会の進展に伴って登場しつつある新たな主体・人間像に対して有効な法理論を模索，構築することを目標として研究を進めてきた．その成果として，遠隔操作型および自律型のロボット・アバターに係る人格的権利の保護について，基礎的な整理をおこなうとともに，「肖像権のマルチモーダル化」等，新規の法理論的視点を提起した．中でも，コロナ禍と重なった本研究期間において著しく伸長したバーチャル YouTuber（VTuber）に関する法的研究は，この分野において先行する成果として，学術研究や政策・実務において頻繁に参照されるものとなった．

本科研費・新学術領域研究における報告者の研究成果は，論文・学会発表・シンポジウム等の形で公表してきたが，研究グループ内で累次開催された領域全体会議における研究報告・資料については非公開とされてきた．その中には，いまだ論文等の形には昇華されていない研究の萌芽も含まれている．本研究の期間満了に伴い，すでに公表済みの研究成果に加え，その概要を総括する．

1. バーチャルヒューマン・デジタルダブル・キャラクターアバター：CG の「姿」「動き」「声」に肖像権は成立するか

近年，CG アシスタント・エージェント，VTuber，バーチャル俳優，バーチャルアイドル，バーチャルインフルエンサーなど，いわば「CG の人」「V の人」が，接客，コミュニケーション，エンターテインメント，広告宣伝などの分野で活動を広げている．報告者は，それらの特徴を整理しつつ，「CG の人間」の「姿」「動き」「声」に対して「肖像権」が成立するかを探った．すでに AI 美空ひばりやディープフェイクなど，実在の人物の肖像を CG 利用することの法的・倫理的問題も発生している．

これまで「肖像権」と言うと，容貌，特に「顔の肖像権」ばかりが注目されていたが，「動きの肖像権」「声の肖像権」も重要である．例えば，VTuber の CG アバターの姿（顔）は，「中の人」の生身の素顔には似ていないが，動きや声は「中の人」自身が作っており，個性を反映し，「その人らしさ」を形作っている．そこで，人間の「肖像」の構成要素を，「姿（モデル）」「動き（モーション）」「声（ボイス）」の３要素から捉えることで，肖像権の議論をさらに進めた．

（2020.8.17）

2. 自律型ロボット・アバターと遠隔操作型ロボット・アバターの共存のための社会規範

AI 等で発話や動きを生成する「自律型」のロボット・アバターと，人間が操作する「遠隔操作型」のロボット・アバターとが混在する社会を念頭に，見た目も存在感も動作原理も異なる多様なエージェントの共存を目指して，法規範や権利保障のあり方について考察を進めた．

遠隔操作型ロボット・アバター（プレイヤーキャラ）と，自律型ロボット・アバター（NPC）の共存がすでに成立している空間として，MMORPG などのオンラインゲーム，ソーシャル VR，メタバースが挙げられる．そこでの「ヴァーチャル世界の法」を，現実世界の法規範にもフィードバックしつつ，主に匿名性に対する社会規範・意識の点から，ロボット・アバター社会の規範形成を探究した．

（2021.3.16）

3. 自律型および遠隔操作型ロボット・アバターにおける人格メルクマールの法的保護

報告者は，ロボット・アバターにあらわれる「人格メルクマール」の法的保護に注目した．ここで言う人格メルクマールとは，「個人の人格を表象し，その同一性を担保する徴表」を指し，具体的には，容姿，骨格，動作，声，匂い，名前などがある．特定の個人を識別できる身体的特徴という点では，個人情報保護法における「個人識別符号」とも重なる部分がある．

遠隔操作型ロボット・アバターの場合は，それを操作する「中の人」の人格的要素がロボット・アバターの動作等に表出されるし，自律型ロボット・アバターであっても，その容姿や声のモデルとなった人物の「肖像権」等が問題となる．操作者・モデル・製作者など複数の人間の人格素子が交錯・融合して一つのロボット・アバター「人格」を成立させている現状に対して，マルチステークホルダーに対応したマルチモーダルな権利の承認と帰属が必要である旨を提起した．

（2021.9.21）

4. 人格権のカタログ：2021 年中国民法典にみる人格権法の立法化

人が有する人格的利益に対する権利である「人格権」は，人とそうでないものの法的境界をとりわけ象徴する議論領域である．報告者は，「人格権」を明文にて定めた中国民法典を注目すべき立法事例として参照した．

中華人民共和国民法典人格権編は，セクシュアル・ハラスメントの明記（1010 条），ペンネーム・芸名・ハンド

ルネームの保護（1017 条），ディープフェイクを想定した肖像権侵害への対応（1019 条），「声の肖像権」（1023 条 2 項）など，現代的な内容をも含む．中国の法治体制の実相は日本人の想像が及ばないところもあるが，法典が「比較法の産物」であり，人格権の立法化の最新例であることは認め得る．

中国民法典は，「法人の人格権」を正面から承認し，自然人に認められる人格権と，法人に認められる人格権をカテゴリカルに明示している．また，死者についても，その人格権は認めないものの，死者の人格的利益を侵害した者に対する遺族の請求権を保障するという形で，「人ではない（人であった）存在」の人格的利益を保護している．これを「擬似（ヴァーチャル）人格権」のように捉えれば，ロボット・アバターなど，キャラクター的存在の人格的価値を侵害から保護する発想に接続する可能性がある旨考察した．

（2022.3.11）

5. ロボット・AI の「権利」に対する社会受容性：「Detroit: Become Human」が描く未来

報告者は，5 年後あるいはそれよりも後の未来を想定したロボット・AI の社会受容性を占うべく，「AI の権利 / 要求をどこまで受け入れることができるか」という観点からおこなったアンケート調査の結果を紹介，検討した．調査は当研究室・小山莉都の発案によりおこなわれ，報告者が法的観点からの助言・解釈を加えた．

ゲームソフト「Detroit: Become Human」（Quantic Dream, 2018）は，人間と酷似した外見を持ち，自律的な動作が可能なアンドロイドが実用化された 2038 年のデトロイトを舞台としたフィクションである．作中でアンドロイドが自らの「人権」を主張するシーンがあり，プレイヤーは彼らの立場に立って，人間にどの権利を要求するかを選択し，ゲームを進行させる．このシーンに着想を得て，アンドロイドが要求する各種の権利を，人間である我々がどこまで受け入れることができるかという観点から，ロボット・AI の社会受容性に関するアンケート調査をおこなったものである．

総じて，人間の見た目をしていない AI（ルンバ，Siri など）よりも，人間とそっくりの AI（アンドロイド）に権利を認める傾向が強いこと，当該 AI が自ら権利を要求してきた場合を想定する方が，何も要求してこない初期段階よりも権利を認める傾向が強いことが確認された．

（2023.3.6）

6. 図書館のレファレンスサービスにおける対話型 AI の活用と課題

報告者は，法学および図書館情報学を専攻してきた経緯を活かし，「法」と「情報」が交錯する領域を研究対象にしている．そのうち「図書館」関連の分野においては，2006 年から 18 年間にわたって図書館司書の資格を取得するのに必要な科目を講義してきたほか，公共図書館を支援する社会活動として自治体の各種委員を務めてきた．

すでにインターネット検索が普及した頃から，インターネット上の情報は玉石混交であり，図書館のレファレンスサービスにおいてインターネット情報を利用する際には特に注意を要する点，図書館界で意識が共有されてきた．近年は，デマ・フェイクニュースや陰謀論もネット上を飛び交うようになり，図書館において，情報専門職がおこなうレファレンスツールを用いた情報調査の正確性・信頼性は社会公共的価値とも言える．

対話生成 AI が「検索」のパラダイムを変えるとも言われる中，図書館の情報サービスにおいてロボット・AI をどう活用できるか，実地での適用可能性も含めて検討した．

（2023.9.25）

参考文献

[1] 原田伸一朗 :“ バーチャル YouTuber の人格権・著作者人格権・実演家人格権 ”, 静岡大学情報学研究 , vol. 26, pp. 53-64, 2021.

[2] 原田伸一朗 :“ バーチャル YouTuber の肖像権 :CG アバターの「肖像」に対する権利 ”, 情報通信学会誌 , vol. 39, no. 1, pp. 1-11, 2021.

[3] 原田伸一朗 :“ 対話システムの発話行為と「表現の自由」：法的規制要因のカテゴライズ ”, 2022 年度人工知能学会全国大会（第 36 回）論文集 , 2022.

[4] 原田伸一朗 :“CG で描かれた人物の実在性および本人特定性：CG 児童ポルノ訴訟とディープフェイク・バーチャルヒューマン技術 ”, 情報ネットワーク・ローレビュー , vol. 21, pp. 14-27, 2022.

[5] 渡辺修 :“ 人格メルクマールの利用権：人格権の一元的構成に関する覚書き ”, 法学 , vol. 60, no. 6, pp. 286-323, 1997.

研究紹介　A04　計画班

対話型ロボットの利活用のあり方
―いつまで安全に利用できるか―

長島　光一 *1
*1 帝京大学
研究課題名「対話知能システムの研究開発及び社会実装のための法社会規範の研究」

対話型ロボットの行為による民事責任のあり方を検討し，安心・安全に利用できる環境を明らかにし，社会的受容性を高める法制度を提案するための研究を行った．

日本の民事責任は被害者救済の発想が強いため，関係者の責任が肯定されやすい．AI は人間以上の注意力を持ちうることから，無過失責任に近い状況になる．対話型ロボット利活用における過失概念を明らかにするためには，安全に利用できる時間（寿命）を考慮する必要がある．

1. 民事責任の背景と研究方法

対話型ロボットの法的責任について日本の民事責任は，被害者救済の発想が強いことから，元来，損害を填補するにあたって，事故の責任を誰が取るのかという発想から，責任主体を定めてきた．しかし，その発想の根本は，過失責任であり，過失の存在が責任の肯定に直結していた．しかし，AI ロボットは人間以上の注意力を持つことが多いと考えられることから，過失を認定することは AI ロボットにおいては無過失責任に近い状況に陥ってしまう．

このような状況を打開するためには，過失の概念を再考する必要がある．

本研究では，理論的な問題研究に加えて，模擬裁判によって，専門家だけでなく，法律を専門としない者にとって問題がどのように映るのかを明らかにする．これによって，法的な議論に加え技術と法の関係性や法的判断と社会における問題認識との乖離を明らかにすることができる．

前年度は，対話それ自体の法的責任を検討し，その結果を踏まえた論文を執筆した [1]．そこで，本年度は，安心安全に使えるのはいつまでかという「時間」に注目をした模擬裁判を行った．

2. 模擬裁判の内容

対話型ロボットを安心安全に使うためには，いつまで安心安全に使えるのかという視点からの法規制や責任分担の検討も必要である．

そこで，事例は，対話型ロボットを製造・管理する企業は，対話型ロボットの寿命である，81,920 時間 (約 9 年 4 か月) を迎える寸前の対話型ロボットを回収し，メンテナンス等を行うという設定（参考：アニメ作品「プラスティック・メモリーズ」）のもとで，回収間近に発生した事故（交通事故）につき，①メンテナンス等をしなかった利用者の責任（不法行為責任），②積極的に回収をしなかった事業者の責任（製造物責任）について，検討をするというものである．事故被害者の遺族（原告）が，①利用者（被告１），②事業者（被告２）に対し，訴訟提起したとして，裁判をすすめた．

図 1：模擬裁判の様子

3. 模擬裁判における議論

ロボットを利用する者に対する不法行為については，利用者（被告１）は，過失なし（利用者は危険なことが起きないかを注意していた，利用者は対話型ロボットを適切な使用方法で使っていた）として争った．

また，事業者に対する製造物責任については，事業者（被告２）は，事故は回避不可能であるとともに，対話型ロボットの危険性よりも利便性の方が上回っている，すなわち期待基準を上回っているという点も指摘した．

こうした議論で明らかになったことは，**AI を搭載した対話型ロボットの能力の限界**についてである．

被告らは，事故は回避不可能という議論について，人間でも起こりうることを指摘したが，原告は，「**AI は人間よりも優れているのではないのか？**」と指摘し，議論になった．例えば，交通事故の場合，自動車と歩行者の事故の場合，飛び出しなど自動車にとってほぼ回避できない事故であっても，原則として自動車側に過失があると評価されやすい（その後，過失相殺で，損害額が調整される）．AI は一般的には人間以上の注意能力を有し，逆にそれがない場合には欠陥の問題にもつながる．対話型ロボットの能力の基準を人間と比べてどこに置くのかという問題が生じている．

また，被告らは，使い続けるうちに多少の劣化はするが，対話型ロボットが日常生活を送るうえで不具合は生じていなかったとしている．これに対し，「**想定される使い方をした場合における事故である以上，事故が起こった時の責任は被告が取るべきではないか？**」と指摘し，議論になった．例えば，誤った使い方や使用期限を過ぎてもなお使い続けていた場合には自己責任を問われても仕方ないが，利用可能とされている期間は，事業者はそれを安全に使えるとお墨付きを与えているともいえ，そこで思わぬ事故が起こった場合には事業者が責任を取るべきではないかとの論は，説得的であった．その際，そのロボットを受け渡すとき（事案ではレンタルを想定），その後に起こりうる事故

の可能性を説明したのか（**説明義務とその程度**），契約後のフォローはどれほどであったのか（**情報提供**）[2] が問題になった．事業者として，リスクを伝えたのか，できることはきちんとしたのかという観点は，利用者（契約者）の消費者的な位置づけの議論，事業者の「指示・警告上の欠陥」の該当性（製造物責任法）の判断に直結する問題である．

模擬裁判は，原告と被告の勝敗に目が生きがちであるが，被告が複数いる場合，その被告間の関係性から責任のなすりつけあいになる可能性があり，どちらにどの程度の責任があるのかという視点も重要であることに気づかされる．

なお，本模擬裁判につき，最終的な結論は出なかったものの，理論的に被告らの意見に納得しつつも，責任は肯定せざるを得ないとする結論が多かった．そこには，利用者や事業者はまだ何かすべきことがあったとして，「何らかの過失」を認定したが故であった．

4. 対話型ロボットをいつまで利用するか (問題提起)

議論を整理すると，①利用者に対する不法行為について，対話型ロボットの場合，人間よりも能力が高いが，それでも責任を負うとなると無過失責任になってしまう点，②製造業者に対する製造物責任について，責任肯定は，いかなる事故でも起こること自体が欠陥に該当してしまう点であり，後者の議論は「通常有すべき安全性」の通常（社会通念の基準）は業界標準か，消費者の期待する安全性かという点に集約される．

そして，こうした議論の背景に，利用することで新しい情報が収集されたり，利用する中で劣化するなどの状況下でのトラブルへの対応の必要性が明らかになった．

機械をいつまで使い続けるのか．対話型ロボットは，それを手にした後，何もしないまま使い続けることは想定しづらい．メンテナンス・整備をしながら使用し続けることが一般的であろう．そうなると，寿命が来なくても，メンテナンスを怠った責任は，利用者自身にあるといえる．もっとも，寿命まで数年あるとして，新製品が次々と発売等される中で，旧式を使い続け，新製品を使わないことの責任も新たに生じよう．古いブラウン管テレビを叩いて使い続けるようなことは今日では難しい．

また，事例では具体的な時間を提示したが，対話型ロボットの「寿命」はいかなる程度だろうか．通常は，「耐用年数」とあり，その年数を多少超えることは想定されている（電化製品だけでなく，食品の賞味期限や消費期限も同様）．仮に寿命がわかっている場合であっても，①寿命間近の場合，②寿命を超えた場合，責任は変わるかという問題もあろう．

食品表示においては，安心安全を徹底する観点から，実際の期限と比べて相当の猶予期間を作って期限表示をしていることから，食品ロスの問題が提起されている．

同様に考えると，不具合なく使えるはずの対話型ロボットであっても，「安心安全を徹底する」として，早々に回収するなどの必要が出てくる．なお，参考作品では，ロボットを回収して，OS を入れ替えて再利用する旨の描写がったが，法的責任の観点からは，ソフトだけでなく，ハードそのものの劣化の可能性もあり，これはロボットの廃棄の問題にも通じ，安心安全が**循環型社会に逆行**するということにもなりうる [3].

5. 対話型ロボットの社会的受容性を高めるために

対話型ロボット利活用のためには安心安全の証が必要であり，そのためには，過失概念について，従来の考え方とは異なる発想が必要となる．しかし，法的責任を回避できても，社会的受容性は満たされない．安全に利用できる時間（寿命）を考慮する必要があるがまずは，法的責任回避のために，契約による合意とそれに加えて説明，（事後的なものも含めた）情報提供がセットになろう．

その上で，その寿命をどう設定するのか，安心安全をどの程度見積もるのかという点は，法的な問題だけでなく，技術的な問題と社会的受容性の問題も合わさるため，この合意形成をセッティングする必要がある．

参考文献

[1] 長島光一 :” 医師の言動による法的責任―医療現場におけるロボットの利用に向けて ”, 医と法の邂逅第 4 集 ,pp ,2023

[2] 長島光一 :”AI・ロボットをめぐる紛争の解決に向けた制度 ”, 人工知能学会全国大会論文集 (第 37 回), 3O5-OS-2d-04,2023.

[3] 長島光一 :” ロボットの保護・利用に関する法・倫理・政策 ―動物愛護管理法との比較検討から―”, 拓殖大学論集　政治・経済・法律研究 ,vol.24,no.1,pp35-51,2021.

実証実験（模擬裁判）

[4] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 : 2023 年 2 月 4 日 , 実験概要 : 対話型ロボットの責任をめぐる模擬裁判 (1) : 医療現場を例に .

[5] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 : 2024 年 2 月 15 日 , 実施概要 : 対話型ロボットの責任をめぐる模擬裁判 (2) : 交通事故を例に.

研究紹介　A04　計画班

対話ロボットの倫理

呉羽　真[*1]
[*1] 山口大学
研究課題名「対話知能システムの研究開発及び社会実装のための法社会規範の研究」

本研究の目的は，人間機械共生社会の法社会規範の基礎を成す対話ロボットの倫理を明らかにすることにある．成果としては，ロボットを単なる道具以上のものとして扱うことの是非，ロボットユーザーへの偏見，ロボット謝罪の是非，といった個別の倫理的問題についてロボティクスの対処法を明らかにするとともに，哲学・倫理学とロボティクスの協働のあり方について提言を行った．

ロボット技術の発展に伴ってロボット倫理の重要性は認知されてきているが，日本においては，海外の研究の後追いに留まるものが多く，査読論文がほとんどないなど，その水準は高いとは言えなかった．本研究は，ロボティクスの最先端の研究開発に関わる問題を独自に取り上げ，その成果を著名海外ジャーナルに発表するなど，国内のロボット倫理の研究水準の向上に貢献したと言える．さらに，倫理学がロボティクスに関わるアプローチとして本研究で提案した「証拠に基づくロボット倫理」および「クリティカル・ロボティクス」は，今後のさらなる展開が見込める．

1. ロボットと日本文化の関係

ロボット倫理の議論において，西洋人と異なる日本人のロボットへの態度がロボットと共生する新しい倫理の可能性を示唆するものとして言及されることがある（e.g. [1] [2]）．こうした議論が依拠するのは，日本ではアニミズムが根付いているために日本人はロボットに対して親和的である，という「テクノアニミズム論」（図 1 参照）である．この言説は，文化人類学 [3][4] で提唱され，またロボットコミュニティにも広く流布している．しかし，これまでの HRI の研究（e.g. [5]）では当該の言説に反する結果が提示されてきた．そこで，HRI や人文社会科学の諸分野の知見に基づいて当該の言説の妥当性を批判的に検討する研究を行い，国内学会誌に論文を発表した [6].

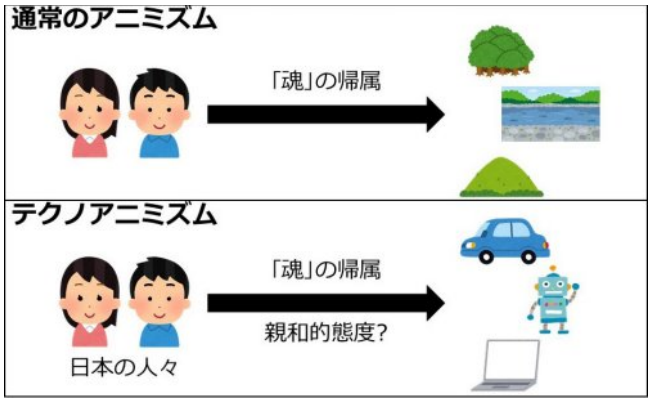

図 1

検討の結果，以下の結論が得られた．

① 日本人が人工物に対して特有のアニミズム的態度をもつことについては一定の証拠が得られているが，西洋人と異なる親和的態度をもつ，という観察は現在得られている証拠によって支持されない．
② テクノアニミズム論者は，日本人と西洋人の人工物観の相違は両者の伝統的な自然観の相違に由来する，と述べるが，この説明は疑わしい．日本人が西洋人と違って自然と共生する考え方をもっていたという証拠はない．
③ テクノアニミズム論者は，日本人がもつ親和的な人工物観は今後の社会に適している，と述べるが，この評価は疑わしい．そうした人工物観を称揚する言説は，ロボットを巡って生じている問題への対処を妨げたり，ロボットを動物扱いする傾向が生み出す問題を見過ごさせたりする恐れがある．

同論文ではさらに，日本のロボットコミュニティはその長期的利益のためにも証拠に欠けたテクノアニミズム論を喧伝するのではなく，証拠を重視する態度を採るべきだと提言し，同時に，倫理的問題の議論においても「証拠に基づくロボット倫理」のアプローチの必要性を訴えた．

同論文はロボットと文化を巡る議論において度々言及され（e.g. [7][8]），当該テーマに関する研究が活性化するきっかけとなった．関連して，証拠に基づくロボット倫理に関する誤読・曲解への応答を含んだ討論論文 [9] を発表した．

2. ロボットユーザーへのステレオタイプ・偏見

ソーシャルロボットのユーザーに対して，「孤独な人々だ」といった決めつけを行うステレオタイプ・偏見が，ロボティクスやロボット倫理のコミュニティ，そしてより広い社会でも散見される．そこで「証拠に基づくロボット倫理」の観点からこのステレオタイプ・偏見に対して警鐘を鳴らす研究を行った．そこでは，それが既存のステレオタイプ・偏見（特に高齢者に関するもの）と結びついて生じていること，また疑似科学的なロボット悪影響論がそれを深刻化させうることを論じた．成果となる論文 [10] は国内学術誌にアクセプトされた．

3. ロボット謝罪の是非と「クリティカル・ロボティクス」

近年謝罪機能を実装したロボットが登場している [11] [12]. それに伴って生じうる倫理的問題に対処するために，小山（A04 公募班代表者），松井（2020 ～ 2021 年度 A03 公募班代表者），内田（A03 計画班協力者）らとともに応用哲学会で企画を開催 [13] し，また AI & Society 誌

に論文 [14] を発表した．同論文では，ロボットへの責任帰属に関する HRI や心理学，ロボット倫理学の知見を踏まえて，自らの振舞いに責任を負えないロボットに謝罪をさせることの是非について考察した．ロボット謝罪には，人間の責任を曖昧にし，また真の謝罪の重みを失わせてしまう，といった懸念がある．その一方で，人間が自らに責任のない場面で謝罪することは，謝罪を巡る人間社会の慣行において必ずしも問題視されない．これらの事情を踏まえた考察の結論として，人間社会の謝罪慣行に照らしてロボットに謝罪をさせることが許容される場合があると論じつつ，この慣行そのものを問い直す必要性を主張し，またロボットがその有効な手段になると論じた．このために，ロボットを用いて社会に受け入れられた価値観に対して問題提起を行う「クリティカル･ロボティクス」を提唱した．

同論文は，ロボット謝罪の倫理を主題とした世界初の研究であったが，それに留まらず，ロボティクス（あるいは技術開発一般）が社会に受け入れられた価値観とどう向き合うべきか，という問題についての示唆を含むものであった．そこで，それに続く研究において，クリティカル・ロボティクスを哲学・倫理学とロボティクスの新たな協働の方法として体系的に展開するための準備に取り組んだ．まず日本ロボット学会 [15] での基調講演において，謝罪ロボットを事例にクリティカル・ロボティクスのアイディアとその課題を明らかにした．また，科学技術社会論学会での発表 [16] において，クリティカル・ロボティクスを ELSI（科学技術の倫理的・法的・社会的課題）・RRI（責任ある研究・イノベーション）といった従来の取り組みと対比しながらその方法や意義を説明し，またそれに向けられうる懸念への対応策も検討した．

4. その他の業績

2020 年 11 月に，本研究も含む「人工知能・ロボットの科学・社会への導入に伴う哲学的問題の研究」にて，令和２年度大阪大学賞（若手教員部門）を受賞した．

参考文献

[1] Gunkel: Robot Rights, MIT Press, 2018.
[2] Coeckelbergh: AI Ethics, MIT Press, 2020.
[3] 奥野 : 人間・動物・機械――テクノ・アニミズム , 角川書店 , 2002.
[4] Alison: Millennial Monsters: Japanese Toys And the Global Imagination, University of California Press, 2006.
[5] Nomura, et al.: What people assume about humanoid and animal-type robots: Cross-cultural analysis between Japan, Korea, and the USA, International Journal of Humanoid Robotics, vol. 5, pp. 25-46, 2008
[6] 呉羽 :“ 日本人とロボット――テクノアニミズム論への批判 ”, Contemporary and Applied Philosophy, vol. 13, pp. 62-82, 2021.
[7] Ikkatai, et al.: “Segmentation of ethics, legal, and social issues (ELSI) related to AI in Japan, the United States, and Germany,” AI Ethics, 2022.
[8] 田中 :“ 日本はなぜ AI に好意的なのか ”, GLOCOM Discussion Paper Series 23-002, pp. 1-23, 2023.
[9] 呉羽 :“〈証拠に基づくロボット倫理〉の擁護 ”, Contemporary and Applied Philosophy, vol. 14, pp. 146-158, 2023.
[10] 呉羽 : “ ロボットユーザーへのステレオタイプ・偏見の問題 ”, 応用倫理 , vol. 15, forthcoming.
[11] Uchida, et al.: “Who is responsible for a dialogue breakdown? An error recovery strategy that promotes cooperative intentions from humans by mutual attribution of responsibility in human-robot dialogues,” Front Robot AI, vol. 6, article no. 29, 2019.
[12] Okada, et al.: “Two is better than one: Apologies from two robots are preferred,” PLoS ONE, vol. 18, no. 2, article no. e0281604, 2023.
[13] 小山他 :“ ワークショップ：対話ロボットから考える責任と謝罪 ”, 応用哲学会第 14 回年次研究大会予稿集 , pp. 73-74, 2022.
[14] Kureha: “On the moral permissibility of robot apologies,” AI & Society, 2023.
[15] 呉羽 :“ ロボットで社会を揺さぶる〈クリティカル･ロボティクス〉――謝罪ロボットを例に ”, 日本ロボット学会第 41 回学術講演会予稿集 , 2F3-01, 2023.
[16] 呉羽 : “ 構築的技術哲学としてのクリティカル・ロボティクス――ELSI･RRI を超えて ”, 科学技術社会論学会第 22 回（2023 年度）年次研究大会予稿集 , A-2-3, 2023.

社会的仲介ロボットの研究

田中　文英 [*1]
[*1] 筑波大学
研究課題名「ユーザへの重み感覚提示による対話継続手法の開発と検証」（令和２年度～３年度）
「対話継続と共感を促進する重み感覚付与技術の開発と検証」（令和４年度～５年度）

著者は，人と人のコミュニケーションを仲介して促進する社会的仲介ロボット（social mediator robot）の研究を行っている．新学術領域「対話知能学」においては，その大枠中の要素技術の一つである内部重り移動手法の研究を行った．より具体的には，対話ロボットの発するメッセージに物理的な重量感を付与することによって心理的にも「重み」を感じさせ，結果として対話継続や共感促進につながることを目指す手法である．重りの２次元運動を扱った前期研究課題（令和２年度～３年度）に続き，後期研究課題（令和４年度～５年度）においては重りの３次元運動を実装し，その導入効果を検証するユーザ実験を行うことを主たる研究目的とした．

３次元運動が可能なタングステン重みを内蔵した球体モジュール OMOY-3D を開発し，ユーザ実験を通じて特定の感情表現を行う重み運動パターンを明らかにした [1]．また，社会的仲介ロボットに関わる別の研究として，仲介相手を考慮した対話知能に関する調査研究と分析を実施し，その設計指針をまとめあげて公開した [4]．

1. OMOY-3D の開発

図１に開発した球体モジュール OMOY-3D を示す．外装は ABS/ASA 素材を用いて 3D プリンタで作られており，ラック＆ピニョン機構および３つの Dynamixel サーボモーターによって３次元運動する 350 グラムのタングステン重みを内蔵する．様々なユースケースに対応可能なモジュールとなることを想定し，アジャスターを用いることによって図のようなぬいぐるみを始め，クッションやボックスなどにも内蔵できるようにした．

2. 重り移動パターンの設計

OMOY-3D において最も難しかった問題は，その重り移動パターンの設計であった．以前に発表した２次元運動の場合 [2][3] と異なり，３次元運動においては探索空間が膨大になるため，所望の感情や意図を表現するのに適した重り移動パターンの設計が困難になるという問題があった．そこで本研究では，デザイン学分野におけるスケッチングの手法を採り入れて所望の重り移動パターンを得る研究を実施した．その結果の例を図２に示す．図２は空間上の移動パターンを示しているが，同時に図３のように時間軸上の移動パターンも設計する必要があった．

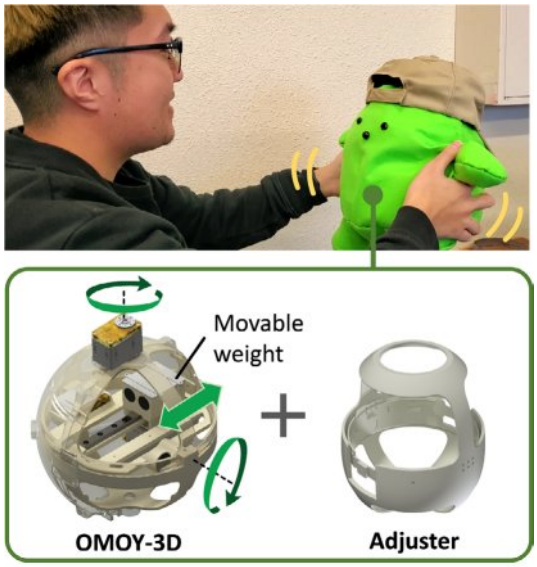

図１：OMOY-3D を内蔵したぬいぐるみ

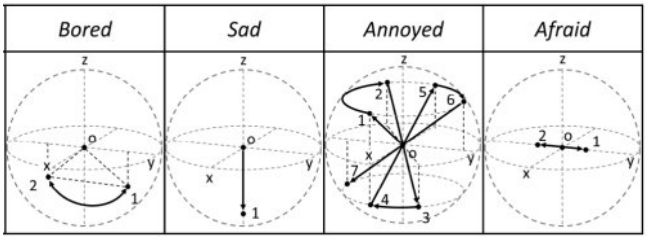

図２：重り移動パターンの例（3D 空間）

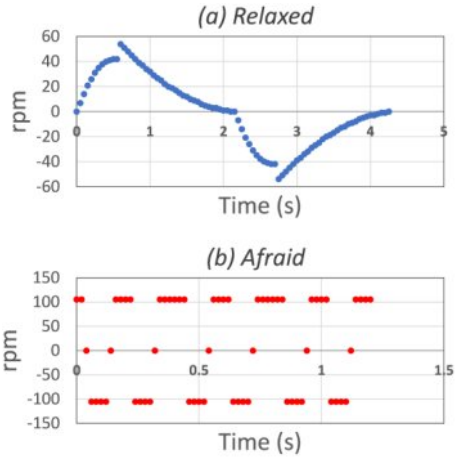

図３：並進サーボの動作例（時間軸上）

3. 実験

開発した機体および重り移動パターンの妥当性を検証する manipulation check の予備実験を実施した後に，重り移動の付与によってロボットの発話に対する人の印象がどのように変化するかを確認する実験を実施した．実験の結果，図 4 に示すように，例えば Sad, Afraid といった感情においては重り移動付与の効果が大きいのに対し，Happy などの感情においてはほとんど効果が見られないことが判明した．

4. 社会的仲介ロボット

1 章冒頭に記したように著者は「人と人のコミュニケーション」を仲介・促進する社会的仲介ロボット [5] の研究を行っており，その大目的に貢献する要素技術を様々な方面から研究開発している．前章までに説明した重み感覚付与技術は，例えばテキストメッセージングでは伝えづらい思いや，自己開示のしづらい話題などの伝達を円滑化させるための要素技術の一つである．応用検証事例として，二者間でのトラブル発生時の怒り抑制に実際有意な導入効果を示すことなどが明らかになっている [3].

その一方で，社会的仲介ロボットが備えるべき自然言語対話の研究も進めており，対話知能学の本研究課題においても次章で説明する研究を進め，成果を挙げた．

5. 仲介相手をふまえた適切な伝え方の研究

著者が 2018 年頃から研究を継続している社会的仲介ロボット [5] は，例えば独居高齢者と離れて暮らすその家族間での遠隔コミュニケーションを具体的なユースケースとしている．ここで高齢者の孤独を和らげつつ，深刻な問題や言いづらい（自己開示しづらい）話題などを家族との間でスムーズにシェアすることを促進する知的エージェントシステムを研究開発している．これまでは高齢者サイドの対話知能に関する研究を進めてきており，高齢者の性格特性に応じた望ましい対話ロボットの性格特性や対話トピックなどに関する詳細な設計指針が得られてきていた [5].

続いて本研究課題では，仲介相手サイド（上の例では離れて住む家族）のプロファイルや対話トピックなどを考慮した，対話ロボットの性格特性や対話内容に関する設計指針を明らかにする研究を行った．65 歳以上 720 人の参加者を対象に行ったオンライン調査結果の分析から，好まれる伝え方は大別して「サポート要請型」「隠蔽型」「レコーディング型」の 3 カテゴリーに分類されることが判明し，さらにはこれらの伝え方は，話題・相手方の種別，高齢者

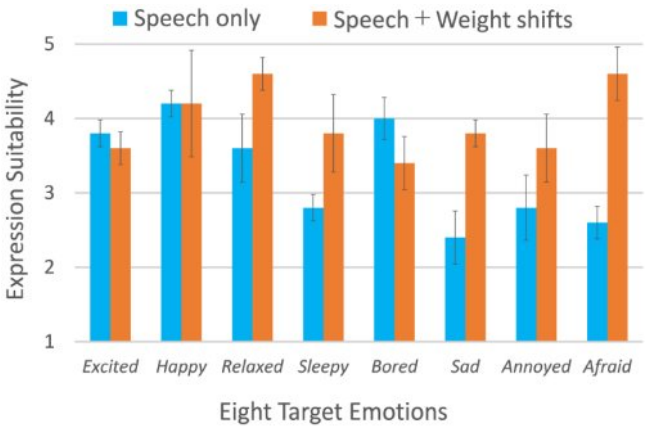

図 4：対話メッセージへの重み感覚付与の効果

自身の性別・性格特性に応じて適宜選択されるべきであることが判明した．続いて，36 人の参加者を対象にした HRI 実験も実施し，これらの伝え方選択機能を有する対話ロボットを使用した場合，参加者の不安が有意に軽減することが示された. これらの成果は, 高齢者向けの対話ロボットや AI を開発する上において重要な設計指針を提示し，例えば所望の LLM を個別学習させる際の制約条件として活用されることが期待できる．

参考文献

[1] Y. Noguchi, Y. Guo, F. Tanaka: “A Plug-In Weight-Shifting Module That Adds Emotional Expressiveness to Inanimate Objects in Handheld Interaction,” Proc. of the 2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2023), London, UK, May 2023, pp.12450-12456.

[2] Y. Noguchi, F. Tanaka: “OMOY: a Handheld Robotic Gadget that Shifts its Weight to Express Emotions and Intentions,” Proc. of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2020), Honolulu, USA, April 2020, Paper No.646.

[3] Y. Noguchi, H. Kamide, F. Tanaka: “Weight Shift Movements of a Social Mediator Robot Make It Being Recognized as Serious and Suppress Anger, Revenge and Avoidance Motivation of the User,” Frontiers in Robotics and AI, Vol.9:790209, 2022.

[4] Y. Noguchi, H. Kamide, F. Tanaka: “How Should a Social Mediator Robot Convey Messages About the Self-Disclosures of Elderly People to Recipients?,” International Journal of Social Robotics, Vol.15, pp.1079-1099, 2023.

[5] Y. Noguchi, H. Kamide, F. Tanaka: “Personality Traits for a Social Mediator Robot Encouraging Elderly Self-Disclosure on Loss Experiences,” ACM Transactions on Human-Robot Interaction, Vol.9(3), Article No.17, 2020.

研究紹介　A01　公募班

呼吸状態推定と疑似呼吸提示による関係構築

船越　孝太郎 [*1]
[*1] 東京工業大学
研究課題名「対話の呼吸：非接触呼吸状態推定を用いた人・ロボット呼吸同調による関係構築」（令和４年度～５年度）

人同士のインタラクションと呼吸の関係はこれまでも研究されてきた．しかし，対話と呼吸の関係を対話知能の実現という観点から扱った研究は見当たらない．本研究は，「呼吸同調」を軸に，以下の３点を目的とした．

(1) 対話ロボットに，対話相手（人）の呼吸状態を推定する機能と，ロボット自体の擬似的な呼吸を実装することで，ロボットの呼吸を対話相手の呼吸と同調させることで生じさせ得る対話インタラクション上の諸効果を明らかにする．(2) 上記 (1) の過程で，人・人対話と，人・ロボット対話で，呼吸活動にどのような違いが見られるのかを明らかにする．さらに，(3) 上記 (1) の一部として，深層学習を用いた非接触型呼吸状態推定手法を開発し，どの程度の性能を得られるのかを明らかにする．そのために，呼吸情報の付随した大規模なマルチモーダル対話データセットを構築し公開する．

目的のために，人・人対話および人・ロボット対話における呼吸データ計測を実施した．呼吸データ計測で得られたデータを元に，深層学習を用いた非接触型呼吸状態推定手法を開発し，従来手法よりも格段に優れた推定性能を得られること，推定した呼吸波形により発声を事前に予測できることを示した [1][2]．また，人・ロボット対話における呼吸データ計測では，複数条件下でのロボット対話実験を行い，発声の予測が人・ロボット間の発話衝突回避に有効であることを示した [3][4]．

1. 人・人対話における呼吸データ計測と，動画からの非接触呼吸波形推定

80 名・40 組のペアを募集し，呼吸・心拍・皮膚電位からなる生理データと，正面から撮影した動画を収集した．各参加者は，個室ブース内での環境ビデオを視聴しながらの静止安静，同ブース内で定期的な発話を行う静止安静（発話安静），個室ブース間でのペアパートナとの音声対話・ビデオ対話，ブース外での対面対話等，異なる状況でのデータ収録を行った．

このうち，静止安静時と発話安静時の 30 名分のデータを用い，正面動画像からの呼吸波形推定に取り組んだ [1][2]．推定モデルには，3DCNN-ConvLSTM を用いた．図 1 の推定例が示すように，Optical Flow を用いた既存手法よりもはるかに精度良く，Biopac 社の TSD201 センサーで計測した参照データを推定できている．

さらに，推定した呼吸波形信号をもとに，200ms 以内におきる発声を予測できるかどうかを発話安静時のデータをもとに検証したところ，参照波形を用いた場合とほぼ同等の精度で発声を予測できることが確認できた．また，発声の予測には呼吸波形の振幅値よりも勾配値が有効であることが予想されたため，波形の振幅値ではなく勾配値を直

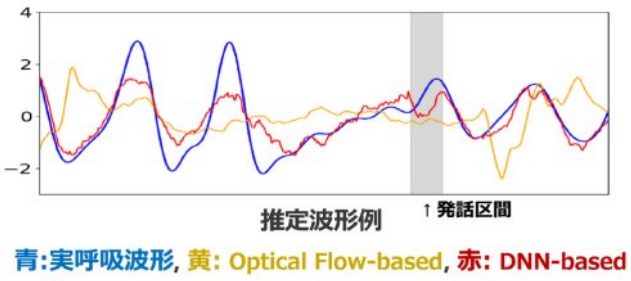

図 1

接予測するモデルに変更したところ，更に高い精度で予測できることが明らかになった．評価実験に用いた 30 名分の呼吸波形付き動画データセットは匿名化した上で一般に公開済みである．

人・人対話における呼吸の同調に関する知見を得るため，ペアが個室ブース間で対話した際の呼吸の同調を，波形信号の位相コヒーレンスを指標として予備的に分析した．データ収録は，知人ペアと他人ペアをそれぞれほぼ半数ずつ集めて行ったので，この２群間の際に着目した．その結果，図２に示すように，波形の位相のずれが他人ペアの方が少ない（同期している）ことが明らかになった．

知人ペアのほうが「息がある」ことで同調傾向を強く示すことが予想されたが，逆の傾向が示唆されたことになる．結論を得るには更なる分析が必要であるが，１つの仮説として，他人ペアのほうが初対面の相手とうまくコミュニケーションを取るために，互いにより強く注意を向けていた可能性が考えられる．

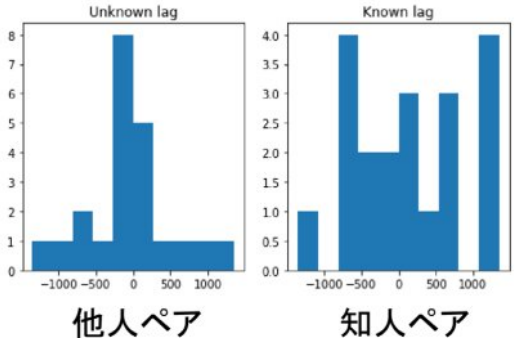

図 2

2. 人・ロボット対話における呼吸データ計測と，発声予測と疑似呼吸提示による発話衝突回避

擬似的な呼吸運動を提示しながら音声対話ができるコミュニケーションロボット（図 3）を試作し，呼吸データを計測しながらそのロボットと対話を行う参加者実験を，50 名を対象に実施した．ロボットの頭部の上下回転で，

吸気と呼気を表現した．人間は基本的に呼気で発声するため，疑似呼吸提示を行う場合は，ロボットの発声も呼気（下回転）を始めた後の一定時間内に制限した．

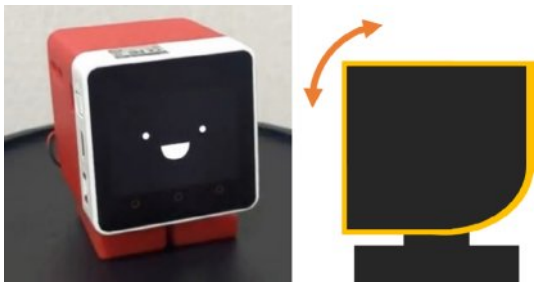

図３

参加者毎に割当てた実験条件は，２要因からなり，１つは参加者の呼吸波形に基づく発話衝突回避の有無，１つはロボットの疑似呼吸提示の有無である．疑似呼吸提示要因には，ロボットが内部生成した 0.4Hz のサイン波で駆動する「定常呼吸」と，参加者の呼吸波形にそのまま追随させる「同調呼吸」を用意し，「提示なし」と併せて３水準を設定した．動画からの呼吸推定は精度に個人間でばらつきがあるため，参加者の呼吸波形はセンサ計測で取得した．

各参加者は異なる実験条件で２回ロボットとの対話を行ったので，実験順序の要因も加え，３要因の分散分析を行った．目的変数は発話衝突回数で，有意水準を 5% とした．発話衝突回数は，対話中に実験者が計数し記録した．分析の結果，発話衝突回避の主効果に有意差が認められ，実験順序の主効果には有意差が認められなかった．つまり呼吸信号に基づく発話衝突回避の有効性が確認された（図4）．呼吸提示の主効果には，$p = 0.051$ で有意傾向が認められた．

呼吸提示要因の３水準間で多重比較を行ったところ，定常呼吸と同調呼吸にも発話衝突を抑制する効果が認められた．これは，ロボットに疑似呼吸提示を実装するだけでも，参加者がロボットの動作から発話のタイミングを予期し，円滑な人・ロボットコミュニケーションを実現できる可能性があることを意味する．

3. まとめと今後の展望

本研究では，当初に掲げた３つ目的のうち，(3) は達成することができた．一方，(1)，(2) については，今後さらなる分析を進める必要がある．(2) については，例えば，人と対話するときと，ロボットと対話するときで，それぞれ呼吸の引き込み現象が起きるのかどうか，どちらでも起きているならば，定性的・定量的に違いが見られるのかを検討したい．(1) については，人・ロボット対話において

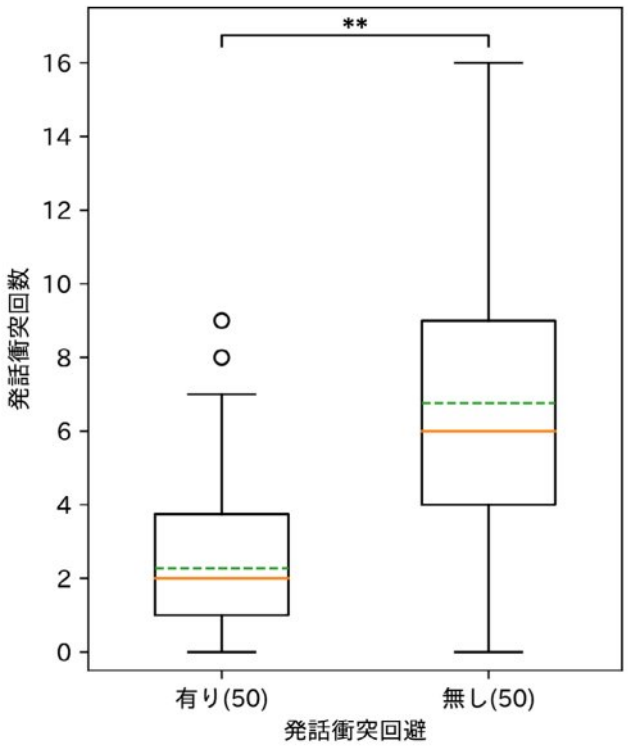

図４

収集した印象評価アンケートの結果や，呼吸以外の生理信号データを分析し，疑似呼吸提示が，対話ロボットに対する心象にどのような影響を与えたのかを分析する．その結果を踏まえて，人・ロボットの長期的関係構築に呼吸情報の活用がどのように貢献し得るのかを明らかにしたい．

参考文献

[1] Takao Obi, Kotaro Funakoshi. “Video-based Respiratory Waveform Estimation in Dialogue: A Novel Task and Dataset for Human-Machine Interaction,” Proc. the 25th International Conference on Multimodal Interaction (ICMI), pp.649-660, October 2023.

[2] 小尾 賢生，船越 孝太郎．「親和的な対話システムの実現にむけた非接触呼吸推定技術の開発」．第 99 回 人工知能学会 言語・音声理解と対話処理研究会（第 14 回対話システムシンポジウム），pp.7-12, 12 月 , 2023

[3] 小尾 賢生，船越 孝太郎．「人・ロボット間のインタラクションの質向上に向けた呼吸情報活用技術の開発」．第 51 回 電子情報通信学会クラウドネットワークロボット研究会 , to appear，２月 , 2024

[4] Takao Obi, Kotaro Funakoshi. “Respiration-enhanced Human-Robot Communication,” Proc. the 19th Annual ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction: Late-Breaking Reports (HRI-LBR), to appear, March, 2024.

研究紹介　A01　公募班

リアルな CG とのマルチモーダル対話システムを用いた楽しい雑談対話の実現に向けて

北岡　教英 [*1]
[*1] 豊橋技術科学大学
研究課題名「楽しい雑談対話の要因解明のためのリアルな CG とのマルチモーダル対話システム構築」（令和 2 年度～ 3 年度）
「リアルな CG とのマルチモーダル対話システムを用いた楽しい雑談対話の要因解明」（令和 4 年度～ 5 年度）

将来の人間－機械協奏社会のため，人間に近く自然で容易にコミュニケーションが取れることが望まれる．自然なコミュニケーションを取るために人間に近い姿をすることは一つの可能性であり，本物の人間と区別がつかない 3D CG「Saya」に注目し，Saya をエージェントとして音声・マルチモーダル対話を行えるシステムの構築を行っている．ユーザの発話内容に対して自然な内容の応答を返すことは，ChatGPT など大規模言語モデルの登場により実現されつつあるがこれを音声対話に用いるだけでは自然性は確保できない．このギャップを埋め，さらに動作を伴うマルチモーダル対話の実現へ向け，発話権移譲を早期判断したり相槌を打つタイミングを予測する方法，また応答動作を生成する方法を提案した．

1. 3D CG Saya

「Saya」（図 1）は，3D CG アーティスト TELYUKA によって制作 2015 年に発表，2017 年には講談社主催のオーディション「ミス iD」に出場し賞を獲得，2018 年文化庁メディア芸術祭にて審査委員会推薦作品にて選出．2020 年 TBS 系列にて放送される「情熱大陸」で取材されるなど，注目も強く，様々な想いや技術の融合を進めながら成長を見せていくプロジェクトである．Saya 自身の実在感を得る為の施策として，皮膚や眼球，髪の毛に至るまでハンドメイドで作成．またパフォーマンスキャプチャで，実在する人間の動作，表情を収録し，個性を付与する事で，独特のゆらぎと不確実性を表現する事を目的としている．

Saya が振る舞いの自然なエージェントとして活躍できるのではないかと考え，Saya をエージェントとした音声・マルチモーダル対話システムの開発を行っている [1].

2. 音声対話時の話者交替 / 継続の検出

人間同士の対話では，互いにうまく発話権を譲渡しながら話す．一方，音声対話システムは，ユーザの数百ミリ秒～ 1 秒程度の無音区間を検出して発話権を得，その後応答発話を生成するため不自然な間が生じる．一方，相槌は相手に発話を聞いている姿勢を示すなど，こちらも自然な対話に貢献する．そこで，相手の発話の直後に発話権譲渡可能か否かを，より短い無音区間検出直後に判断する手法を提案する．この予測には，杉山ら [2] のモデル（図 2 左）を CSJ コーパスの対話データによって fine-tuning して用い，話者交替と話者継続のデータで学習する．音声から 100 ms 以上の無声区間が検出されると，過去 5 秒間の音声がモデルに入力され，推論結果として話者交替と話者継続の確率が出力され閾値処理に判断がなされる．

一方，相槌タイミング予測モデル [3]（図 2 右）も CSJ コーパスの対話データによって学習された．なお，対話の音声データは，各話者に対して一定の無音区間ごとに音声が切り分けられており，切り分けられた後の音声の長さは，すべて約 4 秒から 10 秒であった．

実際に相槌タイミングの予測を行う際にはまず，過去 12 秒のストリーミング音声に対して Aubio2 によって音響分析を行い，10 ms ごとの音声のピッチ，パワー，発話継続時間が抽出され，それらがモデルに入力され，推論が行われる．モデルは推論結果として，相槌の発生確率を 0 から 1 の範囲で出力する．

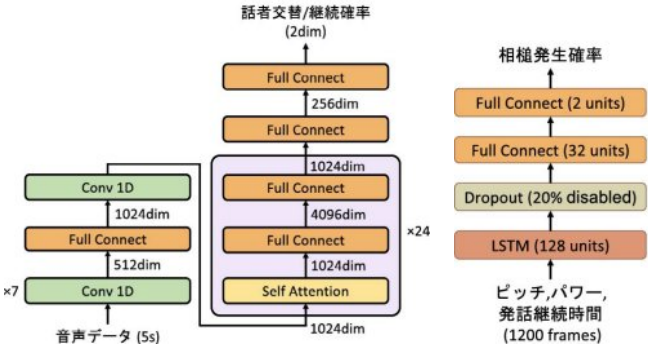

図 2：話者交替判断モデル (左) と相槌タイミング生成モデル（右）

図 1：3D CG Saya (左) とそのモデリング (中)。右はユーザと対話している様子。

表 1：話者交替判断 (左) と相槌タイミング生成（右）の結果

		モデルの予測結果	
		話者継続	話者交替
真値	話者継続	653	414
	話者交替	183	684

閾値	再現率	適合率	F値
0.4	91.9%	84.3%	0.879
0.5	90.5%	96.2%	0.933
0.6	80.5%	99.7%	0.891

これらのモデルの評価結果を表 1 に示す . 表 1 左の混同行列から，比較的正確に判断で来ていること，表 1 右から，閾値 0.5 が最良でよい結果を得た.

3. マルチモーダル雑談対話データセットとマルチモーダル応答生成モデル構築

エージェントとの対話を自然で円滑にするには，頷きなど頭部動作を主体としたリアクションも重要である.

頭部運動の生成や傾向の分析に必要な，雑談対話によるマルチモーダルデータセットを収集した（スクリーンショットは図 3）. 各対話は，クラウドソーシングにより Zoom 上で収録され，参加話者は対話相手の顔を見ながら 1 対 1 の対話を行う. 各話者がヘッドセットを装着し，手元に置いた Zoom とは別の収録器材への録音を行うことで，対話相手の音声の混入を防いだ，明瞭で歪みの少ない各話者個人の音声データを収録した.

一方の話者からのマルチモーダル入力に対する他方の振る舞いを深層学習モデルで学習する. 相手の 16kHz の音声から算出される対数メルフィルタバンク特徴量（+ パワー + Δ + ΔΔ）と頭部の重心座用および Pitch, Yaw, Roll（+ パワー + Δ + ΔΔ）を入力とし，自身の頭部座標及び Pitch, Yaw, Roll を出力する. 提案モデルは図 4 の通りであり，生成結果を図 5 に示す. 一定程度学習データに類似し，なめらかで主観的にも自然な動作が生成されている [4].

4. まとめ

フォトリアルな CG に自然なマルチモーダル対話をさせるため，発話権移譲を早期判断したり相槌を打つタイミングを予測する方法，また応答動作を生成する方法を提案した. これらを Saya に実装したうえで，高齢者施設などに設置することで実証実験を行っていく.

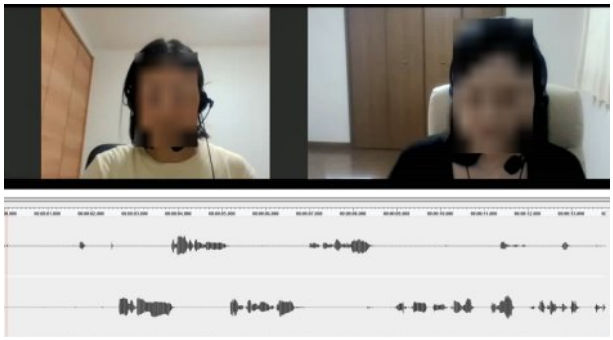

図 3：対話データのスクリーンショット

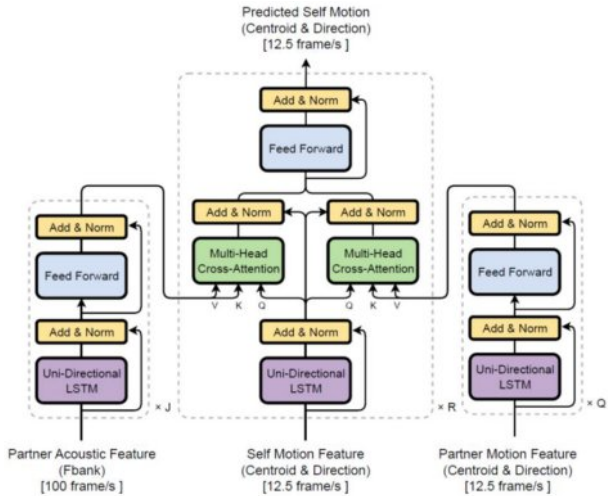

図 4：動作生成のための LSTM-Transformer モデル

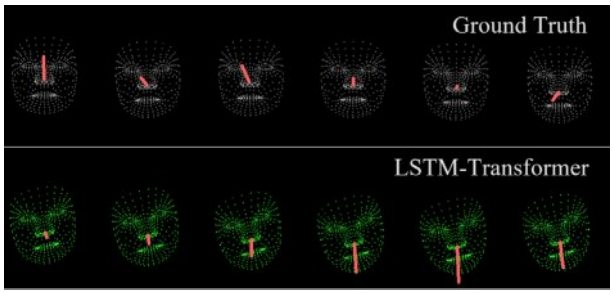

図 5：LSTM-Transformer モデルによる頭部動作生成例

参考文献

[1] 北岡，西村，太田，TELYUKA，中野，田中，鍋倉，佐藤，渡邊，大須賀 , “ フォトリアル CG エージェントとのマルチモーダル対話システムの構築 ,” 日本音響学会講演論文集 , 1-2-6, 2021.

[2] 杉山，西村，太田，北岡 “ 割り込み発話にも対応可能なリアルタイム話者交替システム ,” 日本音響学会春季研究発表会 , 2-3P-1, 2023.

[3] Nakata, Nishimura, Ohta, Kitaoka, “Development of a Model for Predicting Timing of Back-Channel in a Real-Time Spoken Dialog System,” GCCE2023, pp. 454-457, 2023.

[4] 三河，藤井，太田，若林，北岡 : “ マルチモーダル雑談対話データセットにおける対話相手の音声に対する人間の頭部動作の解析 ,” 日本音響学会春季研究発表会 , 2-P-8, 2024.

在宅高齢者のライフヒストリに沿った会話が可能なロボットシステム

野口　博史 *1
*1 大阪公立大学

研究課題名「看護師の行動を規範とした高齢者向けアテンション維持ロボットの開発」（令和２年度～３年度）
「在宅高齢者のライフヒストリに沿った会話が可能なロボットシステム」（令和４年度～５年度）

本公募班研究では，在宅高齢者に向けた会話ロボットシステムの開発に向けて，その要素技術として，適切な挨拶動作生成や居住者の状況認識に基づく会話開始，また，高齢者の行動や計測した生活状況に基づいた会話を実現するための方法を明らかにしようとした．

その中で，計画班のターンテイクの技術を活用した会話ロボットの作成 [1][2] や，高齢者と健常者との挨拶動作の解析 [3] やその解析結果に基づく高齢者への適切な挨拶動作の生成 [4] などについて実現した．また，会話生成としては，雑談会話から検知した異変などの自然な聞き取りについての会話文生成も試みた [5]．さらには，適切な話しかけのため，腰輪郭の 2D-LIDAR のみの情報から，居住者の位置・同定・行動推定する方法も実現した [6].

1. はじめに

高齢者の療養環境が施設から地域，そして，在宅へとシフトする中で，見守りシステムの需要が高まっている．ただし，見守りでは外部への通報などにとどまり居住者本人への介入はできない一方で，高齢者への心理的な介入や認知症予防などについて，コミュニケーションロボットの活用が期待されている．その連携機能の実現に向けて，老年看護学においてライフヒストリといわれる高齢者の生活史や個人史などをベースにした会話が重要視されていることに着目し，それらにより愛着を持ってロボットと会話をできると考えた．具体的なシナリオイメージとして，話しかけやすい移動・行動状態を検出し，その後，適切に挨拶動作を行い，雑談会話をしながら見守りセンサで検出した異変などについて聞き取り会話をするものである．その実現に向けた要素技術として，高齢者向けの適切な挨拶ロボット動作，見守りセンサとの連携に基づく会話，居住者の状況推定に基づく話しかけについて，対話知能学における公募研究として取り組んだ．

2. 高齢者向けの適切な挨拶ロボット動作 [3][4]

スムーズな会話開始には，対話のイニシャライズとして挨拶しての対象者の注意を引くことが重要である．何を適切な挨拶動作と考えるかは難しいことから，健常者が高齢者に向けて行う挨拶動作を模擬することができれば，適切な挨拶動作ができるのではないかと考えた．そこで，まず，モーションキャプチャシステムにより，着座状態を模擬した高齢者並びに健常者への挨拶動作を計測した．モーション解析の結果から，高齢者向け動作では，声掛けのタイミングが動作を始めるよりも遅く，また，より腰を曲げていることなどがわかった（図 1）[3].

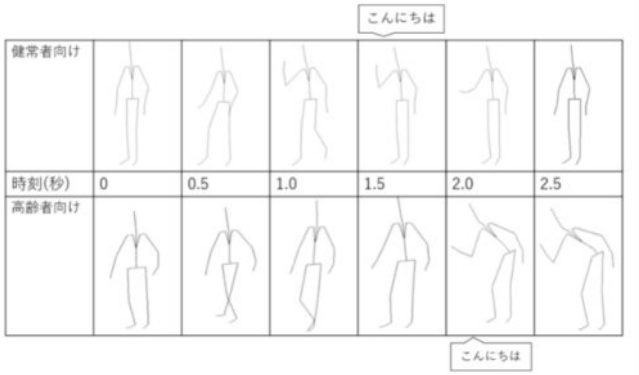

図 1：典型的な挨拶動作例

また，その特徴に基づく挨拶動作生成にも取り組んだ．ただし，自由度の違いなどから直接ロボット動作へと反映させることは難しい．そこで，高齢者向け並びに健常者向けについて，作り込みで特徴を反映させた音声タイミングや腕・腰動作を実装し実験を行った．Pepper，CommU，CG の３種のロボットを用意し，注意を引くことができるかの心象実験を行った．ただし，健常者向け動作と高齢者向け動作では有意差が見られなかったが，概ね，pepper，CommU，CG の順で値が大きく，実機におけるモーションの大きさが，挨拶時の心象につながっている可能性が示された [4].

3. 見守りセンサとの連携に基づく会話 [1][2][5]

挨拶後に会話を開始した際の対話システムを構築した．会話内容しては，対象の高齢者個人史にあわせた会話文の作成の容易さを考慮し，ルールベースでトピックを切り替えながら対話する機能を実現した．特に，A01 計画班の京都大学のターンテイキング予測機を利用させていただき，ターンテイクを取りつつスムーズな会話を実現し，それ以外の機能として，ルールベース上の都合から生じやすいロボット側の会話割り込みを防ぐ機能や，突発的な話者の発話に対応してロボット自身の会話を途中で止めるなどの機能について実現した [1][2]．健常者で会話による心象実験も行ったが，実験環境の雑音などから，有意差が上がるほどの人らしさなどの心象を上げるには至っていない．ただし，会話継続についての可能性について確認することができた．

また，見守りセンサと連動して会話するときに，唐突に検出した異変の原因の聞き取りなどの質問をすることは難しい．そこで，深層学習ベースの雑談会話のシーケンスから質問会話へと切り替える機能の実現にも取り組んだ．具体的には，日本語学習済みの T5 アーキテクチャモデルに，日本語 Persona-Chat データセットで追加学習したモデル

の中間層の出力パターンを抽象的に検出する方法を考案した．その検出結果を利用し，単語によらず生成文の構造を推定し特定構造文出現時に会話を切り替えるシステムを構築した．健常者による生成会話文の印象を確認する実験では，有意差こそなかったものの，単純な会話数に基づく切り替えよりは，システムを利用するもので自然な会話文が生成されることを確認できている [5]．また，現在，見守りセンサとの連動による聞き取り文生成として，IoT センサノード群の蓄積データからの異変検知結果に基づいた，ChatGPT を利用した聞き取り文生成などについても取り組んでいるところである．

4. 2D-LIDAR による居住者の状況推定 [6]

在宅環境におけるコミュニケーションロボットによる話しかけは，通常内部のカメラなどを用いて接近時に話しかけることが多い．しかし，プライバシーの問題や，ロボットの横からの接近など視野外からの接近などについても住居内については頻繁に生じうる．そこで，移動ロボットなどでよく用いられる 2D-LIDAR を用いて解決することを考えた．ロボットに内蔵することを想定し，腰高さ 2D-LIDAR の輪郭情報から，深層学習ベースの方法で，個人同定・動作推定する手法を開発した．いくつかの深層学習モデルについて検証した結果，人輪郭を重畳した画像を生成し，画像推定として実現するもので最も良い結果を示すことがわかった．そのモデルにおいて，4 人の同定問題で正解率 89.7% を実現し，また，歩行・着座・立位・扉開閉の 4 動作を推定する問題で正解率 97.9% を実現した [6]．実際の挨拶タイミングの検出などについては，オンライン化することが不可欠であることから，性能をあまり下げない程度の処理時間の短縮化・並列化などを実現しつつ，複数人に対して，人物位置・人物同定・行動推定可能なシステムへと現在拡張できている（図 2）．

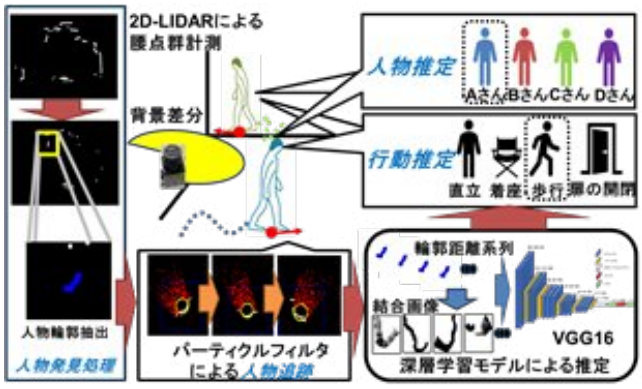

図 2：2D-LIDAR による人物同定・行動推定

5. まとめ

対話知能学における公募研究として取り組んできたそれぞれの研究についての概要について紹介した．現状は，要素部分にとどまり，ロボットシステム全体としての統合途中ではあるが，現在見守り IoT センサノードと連動するロボットを開発中であり，本領域での開発技術を高齢者見守りへ利用することを考えている．

参考文献

[1] 稲石 大義 , 榎 瑞生 , 野口 博史 , “ ターンテイキング予測に基づき発話者優先的に会話可能な音声対話システム ”, 第 39 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 , RSJ2021AC2B4-01, 2021.

[2] Inaishi Tomoki, Enoki Mizuki, Noguchi Hiroshi, “A Voice Dialog System without Interfering with Human Speech Based on Turn-Taking Detection”, Proceedings of 30th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2021), 2021.

[3] 榎 瑞生 , 稲石 大義 , 野口 博史 , “ 高齢者向けのロボット対話のイニシャライズに向けた呼びかけ動作とタイミングの解析 ”, 第 39 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 , RSJ2021AC1J2-06, 2021.

[4] Mizuki Enoki, Tomoki Inaishi, and Hiroshi Noguchi, “Extraction and Evaluation of Greeting Speech-Timing and Characteristic Upper Body Motion for Robots to Gain Attention of Older Adults”, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.34, No.6, pp. 1338-1347.

[5] 稲石 大義，野口 博史，”T5 アーキテクチャ対話モデルにおける中間層出力に着目した自然な質問タスクへの切り替えの試み ”, 第 41 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 , RSJ2023AC3K3-03, 2023.

[6] Mizuki Enoki, Kai Watanabe, Hiroshi Noguchi, “Single Person Identification and Activity Estimation in a Room from Waist-Level Contours Captured by 2D-LIDAR”, Sensors. vol.24, no. 4, 1272, 2024.

Pupiloid: 人に寄り添う瞳孔反応傾聴ロボット

瀬島　吉裕 [*1]
*1 関西大学 総合情報学部
研究課題名「好意の返報性に基づく対話惹き込みシステム」（令和４年度～５年度）

本研究の目的は，対話においてロボットの瞳孔反応を主体とした好意的な同調行動を生成することにより疑似的な興味を対話者へ促し，対話へ惹き込むコミュニケーションシステムを開発することである．

本研究の成果として，対話者の音声を入力として対話者の仮想的な温度情報を推定するモデル [6] を構築し，推定された温度情報に基づいて好意的な視線制御法 [3],[4] と瞳孔反応 [7] を組み合わせた瞳孔反応傾聴ロボット [8] を開発した．実証実験 [9],[10] により，開発したロボットは対話者への興味や発話意欲を促す仕組みとして有効であることを明らかにした．

1. 傾聴モデルの設計開発

対人魅力分野では，“返報性の原理”と呼ばれる，相手から受けた心理的作用に対して，同程度の作用（お返し）を誘発する相互作用として報告されている [1]．これは，両者がある程度の期待を寄せている状況においては有効に働くものの，一方と他方との期待の違い（いわゆる温度差）が生じている場合は，返報性が働きにくくなる．人とロボットとの対話においては，ロボットの性能に比べて，人がロボットに対する期待が高いことから，返報性が働きにくくなる可能性が考えられる．そこで，返報性を駆動させるための仕掛けとして“ゲインロス効果”に着目した．ゲインロス効果は，印象のプラス・マイナスの変化量が大きいと，対人魅力等の心理作用に与える影響が大きいとされる理論である [2]．このゲインロス効果をロボットとの対話に適用させると，対話者が熱心に話し掛けて盛り上がっているときは，ロボットも同程度の熱心さや興味を持って傾聴し，話題の盛り上がりが落ち着くと，ロボットが視線を逸らすことで，緩急のあるコミュニケーションが実現できると期待される（図 1）．しかしながら，どのような視線制御，すなわちアイコンタクトと視線逸らしの割合が好ましいかについては不明であった．そこで，プロトタイプロボットを用いて，アイコンタクトの割合を評価した結果，対話において少し視線を逸らす 85% 程度が好ましいことを確認した [3]．そこで，対話において約 85% となるようにアイコンタクトと視線逸らしを制御するモデルを構築した．このモデルは，これまでに開発してきた場の盛り上がり推定モデルを応用展開し，対話者の発話音声から仮想的なコミュニケーション場の温度情報を推定する．このコミュニケーション場の温度情報に対して閾値を設定し，閾値以下では視線を逸らす割合を高め，閾値を超えた場合にアイコンタクトを実行するよう設計した（図 1）[4]．とくに，アイコンタクトと視線逸らしの割合を 85% 程度とすることで，アイコンタクトにより意図的な好意を伝達するとともに，適度に視線を逸らすことで，高まった親和性の抑制

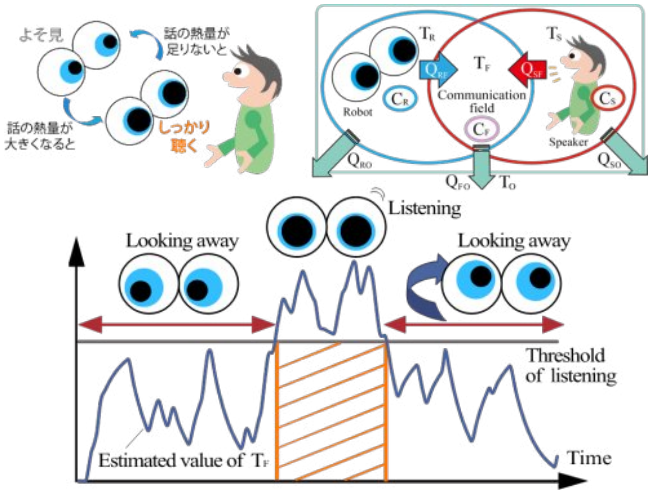

図 1：傾聴モデルの概要

し，返報性を駆動させる視線制御法を実現した．これは，Argyle & Dean らが提唱している親和葛藤理論 (affiliative conflict theory) [5] の一部を実装しており，視線制御による親和性の緩急を制御するモデルとなっている．さらに，複数体による傾聴モデルを設計するために，集団でのコミュニケーション場の温度推定へ拡張し，同様のアルゴリズムで実現できる可能性があることを確認した [6].

2. 瞳孔反応傾聴ロボットの設計開発

開発したモデルをプロトタイプロボットに組み込み，瞳孔反応傾聴ロボットを開発した．ここでは，先行研究において瞳孔の拡大が他者への興味を高めることが報告されていることから，対話者の発話に同調して瞳孔を拡大させる仕組みを導入した．具体的には，上記のモデルによって推定された対話者の温度情報を聞き手の瞳孔反応としてミラーリングすることで，瞳孔の拡大反応を実現した [7]．ロボットが対話者の発話に同調するように瞳孔をミラーリングすることで，好意的なソーシャルシグナルとして受容されると期待される．さらに，これまで開発されてきたうなずき反応モデル iRT 技術を導入し，対話へリズム同調を促すうなずき動作 [7] や相槌 [8] を実現した．開発したロボットを用いてコミュニケーション実験を行った結果，瞳孔を発話音声に同調してミラーリングすることで，対話しやすさや親近性を向上させることが示された．

3. 対話ロボットとコミュ力バトル

日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門主催，本領域研究が共催となり，体験イベントを実施した．本イベントは，対話を行う最先端のソーシャルロボットを一般来場者が体験する場を提供し，現状の対話技術に触れるだ

けでなく，未来のソーシャルロボットに求められる機能を創造する機会を設けている．その中でも，言葉だけでなく使用者やロボットの感情や雰囲気を作り出す非言語情報に注目したコミュニケーション力，通称“コミュ力”を体験（バトル）させ，対話後にロボットの印象をアンケート評価した（図 2）．本イベントは，2022 年から 2 度開催し，本領域からは京都大学河原研究室の「きくロボ」[9] や，大阪大学石黒研究室の「コミュー」[10]，関西大学瀬島研究室「瞳孔反応傾聴ロボット」を展示し，非言語情報を対象としたコンペティションとして昇華させる予定である．

図 2：コミュ力バトルの様子

4. 日本科学未来館への常設展示

2023 年 11 月 23 日（木），日本科学未来館にてリニューアルされた常設展示が公開された．その中で，「ハロー！ロボット」の展示における対話ロボット技術として，瞳孔反応傾聴ロボット Pupiloid（図 3）が展示されている．この常設展示では，本研究において設計開発した傾聴モデルを組み込んだロボットを体験できる形で展示している [11]．来場者はロボットに話し掛けることで，ロボットからの熱心な傾聴を楽しむことができる．

5. おわりに

本研究で開発した瞳孔反応傾聴ロボットは，対話者の発話音声から仮想的な温度情報を推定し，その情報に基づいて視線制御と瞳孔反応制御を組み合わせることにより，対話者への興味や発話意欲を促すことを示した．

図 3：日本科学未来館での常設展示の様子

参考文献

[1] Gouldner, A.: “The norm of reciprocity: A preliminary statement,” American Sociological Review, vol.25, no.2, pp.161-178, 1960.

[2] Aronson, E., and Linder, D.: “Gain and loss of esteem as determinants of interpersonal attractiveness,” Journal of Experimental Psychology, vol.1, no.2, pp.156-171, 1965.

[3] 橋本翔太，瀬島吉裕：“音声駆動型身体的傾聴システムにおけるアイコンタクト率がもたらす印象”, 第 19 回日本感性工学会春季大会 , pp. 1PA-22, 2024.

[4] 瀬島吉裕，橋本翔太，渡辺富夫：“場の盛り上がり推定モデルに基づく Pupiloid の傾聴眼差し表現法の開発”, 第 23 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集 , pp.3P2-B13, 2022. 優秀講演賞受賞.

[5] Argyle, M. and Dean, J.: “Eye contact, distance and affiliation,” Sociometry, Vol.28, no.3, pp.289-304, 1965.

[6] 森田大樹，稲垣早紀，瀬島吉裕：“オンラインコミュニケーションにおける参加人数が場の盛り上がりに与える影響”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2023 講演論文集 , pp.457-461, 2023. 優秀プレゼンテーション賞受賞.

[7] Sejima, Y., Hashimoto, S. and Watanabe, T.: “A speech-driven embodied listening system with mirroring of pupil response,” Proceedings of 26th International Conference on Human-Computer Interaction (HCII2024), printing, 2024.

[8] 瀬島吉裕 : 高揚感を伴った相槌を生成する音声駆動型瞳孔反応ロボットの開発，日本機械学会第 33 回設計工学・システム部門講演会 , No.1505, pp.1-5, 2023. 特集号推薦論文.

実証実験

[9] 場所 : グランフロント大阪北館 1 階 カフェラボ , 期間 : 2022 年 12 月 23 日 , 実験概要 : 対話ロボットの評価実験, 他（対話ロボットとコミュ力バトル）

[10] 場所 : クロスパル高槻 2 階 201 会議室 , 期間 : 2023 年 12 月 23 日 , 実験概要 : 対話ロボットの評価実験，他（対話ロボットとコミュ力バトル）

[11] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 : 2023 年 11 月 23 日～ 2025 年 3 月 31 日（予定）, 実験概要 : 瞳孔反応傾聴ロボットの評価実験 .

ベッドサイド見守り声掛けロボットのための対話継続支援技術の開発

大武　美保子[*1]，熊谷　和実[*1]，福森　航輔[*1]，三宅　徳久[*1]，徳永　清輝[*1]，田村　和弘[*1]
[*1] 理化学研究所革新知能統合研究センター
研究課題名「ベッドサイド見守り声掛けロボットのための対話システムの開発」（令和２年度～３年度）
「ベッドサイド見守り声掛けロボットのための対話継続支援技術の開発」（令和４年度～５年度）

本研究の目的は，高齢者の生活環境における心身の健康維持および増進を目指して，在宅のベッドサイドを中心とする生活環境内において設置する声掛けロボットの対話継続機能を向上するための技術を提案し，実証することである．開発している声掛けロボットは，シナリオベース対話システムに接続しており，あらかじめ定めたシナリオに沿って声掛けする．利用者の発話の間合いに基づいて，発話終了か，息継ぎかを判別し，発話終了と判別された場合は，次の発話をする．また，高齢者の認知症予防を目的として開発した共想法を支援する対話ロボットや，グループ会話を司会進行するロボットを開発し，単発ではなく，数週間，数か月といった期間の継続利用可能性や，受容性を検討する．

本研究の主な成果として，発話の間合いを推定し，人間の間合いに歩み寄るシナリオベース対話システムの開発 [1]，在宅高齢者宅に対話ロボットを設置し，数週間利用評価した実験の効果検証 [2]，グループ会話の司会進行をロボットおよび音声のみで実施した場合の受容性の比較 [3]，領域内連携の成果として，傾聴対話システムとグループ会話支援システムの統合による，相槌を打ちながら司会進行するロボットの効果検証 [4] が挙げられる．

研究代表者は，高齢者の特に認知的健康を見守り育むことを目的とする認知行動支援技術を開発している．本稿では，上記主な成果を中心に，プロジェクト期間中に出版された成果を紹介する．

1. シナリオベース対話における間合いの推定

高齢者の健康を見守り育むことを目的とする，見守り声掛けロボットは，あらかじめ定めたシナリオに沿って声掛けする．利用者の発話の間合いに基づいて，発話終了か，息継ぎかを判別する．発話の間合いには個人差が大きいことから，発話終了か息継ぎかを判別するタスクを，強化学習ベースで行った場合と，あらかじめ収集したデータに基づいて閾値を設定して行った場合を比較した [1]．調査の結果，人間がシステムに合わせようとする傾向がある場合には，閾値ベースの方がよく，そうではない傾向がある場合には，強化学習ベースで行った場合の方がよいという示唆が得られた．なお，実験はコロナ禍中に実施したため，遠隔会議システムを用いて行った（図 1）．

2. 高齢者宅における対話ロボットの利用評価と効果検証

共想法とは，加齢と共に低下しやすい３つの認知機能を活用する会話ができるよう，ルールを加えた会話支援手法で，テーマに沿って話題と写真を用意し，持ち時間・順番を決めて会話するものである．テーマにより強度を，持ち時間により分量を設定でき，聞く，話す，質問する，答える，をバランスよく行う会話を確実に発生させることができる．共想法のうち，参加者が特に「聞く」,「質問する」ことを，在宅にて実施可能な対話ロボットを開発した．ロボットが話題提供し，利用者が話を聞いて質問すると，ロボットが答える．高齢者が在宅において一人で利用できるようにシステムの機能要件を整理し，システムをプロトタイプレベルから実証実験レベルまで段階を経て開発した．開発システムを用いて和光市在住の健常高齢者 81 名を対象にランダム化比較試験を実施した結果を解析した [2]．ランダム化比較試験において，介入群は，ロボットが話題提供し，利用者が質問する．これに対し，対照群は，ロボットが話題提供するのみとした．ロボットは，2-3 週間の間に，1 日 2 種類，6 日間，合計 12 種類の話題提供を行った．試験の前後で，心理士が電話による認知機能検査を行い，対面の共想法参加者において有意に向上した下位項目である，言語流暢性は，有意傾向にとどまるものの，同様の傾向が見られた．また，パソコンやスマートフォンなどの機器の操作に習熟した利用者は，質問数が有意に多い，すなわち，質問による介入強度が結果として高くなることを確かめた．対話継続の観点では，介入群参加者が，1 日につき 10 分程度，2-3 週間にわたってロボットと対話可能であることが示された．

図 1：シナリオ対話ロボットの実験の様子（[1], Figure 2）

3. グループ会話の司会進行におけるロボットの受容

グループ会話を司会進行し，発話量に応じて話者交代を促す，グループ会話を見守り声掛けするグループ会話支援ロボットを開発している．司会進行と話者交代自体は，音声のみで行うことも可能であり，ロボットが身体性を有する効果については，明らかでなかった．そこで，ロボット，音声のみ，人間が司会した場合とで，参加者の感じ方などがどのように異なるかを調査した [3]．実験自体は，コロナ禍前に行った．まず，ロボットおよび音声による司会進行，話者交代機能について以下に述べる．

ロボットは，共想法形式のグループ会話を司会進行する．話題提供の時間，システムは，参加者により撮影された写真を，あらかじめ設定した持ち時間の間，スクリーン

に表示する．ロボットは，撮影者の方を向いて，話題提供するよう指示する．これを，参加者が一巡するまで順に行う．次に質疑応答の時間，システムは，参加者により撮影された写真を，あらかじめ設定した持ち時間の間，スクリーンに表示する．次の質疑応答の時間，ロボットは，撮影者の方を向いて，撮影者以外が，撮影者の話題へ質問するよう指示する．システムは一人ずつ発話量を計測する．質疑応答の時間，ロボットは発話量に応じて話者交代を促す．発話と発話の間の間合いに，ロボットは発話が少ない参加者に発話を促す．また，発話が多く，発話が長い参加者に終話を促す．ロボットを用いない場合は，一連の司会進行，話者交代支援を，音声のみで行う．

調査を通じて，発話が少ない人に当てる，発話が多い人を止めるなど，人間の司会者にとっても難しいタスクを，ロボットおよび音声により自動化することは，有効であることが明らかになった．一方，発話量が多い人にとって，ロボットよりは，音声に発話を止められる方が，不快さが少ないとの知見が得られた．今回は，人形のような外見のロボットがグループ会話を支援したが，外見によっても受け止められ方が異なる可能性があり，身体性が機能に与える影響について，今後も検討を重ねる必要がある．

4. 相槌を打ち司会進行するロボットの効果検証

領域内連携として，A01 計画班の，京都大学河原達也先生，井上昂治先生との共同研究により，河原研究室で開発された傾聴対話システムと，研究代表者が開発したグループ会話支援システムを統合し，相槌を打ち司会進行するロボットが参加者に与える影響の効果を検証した [4]．ロボットが相槌を打つことが，ロボットの受容性や会話の楽しさを増すという当初の仮説は検証されなかったが，質問紙の質的分析から，若年者にとって，相槌を打つロボットの方が親切で，より信頼でき，受容できること，発話分析から，高齢者の相槌が増えることを確かめた．ただし，実験はコロナ禍中に実施したため，遠隔会議システムを用いて行った（図 2）．このため，司会進行中にロボットが相槌を打つことが，利用者に与える影響は，対面の場合とは異なる可能性があり，引き続き検討，検証が必要である．

図 2：相槌を打ち司会進行するロボットの遠隔会議システムを用いた実験の様子（[4], Figure 2）

参考文献

[1] Kazumi Kumagai, Seiki Tokunaga, Norihisa P Miyake, Kazuhiro Tamura, Ikuo Mizuuchi, Mihoko Otake-Matsuura: “Scenario-based dialogue system based on pause detection toward daily health monitoring,” Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering, Vol. 9, 2022, https://doi.org/10.1177/20556683221133367

[2] Seiki Tokunaga, Takuya Sekiguchi, Kumi Watanabe Miura, Hikaru Sugimoto, Masato S. Abe, Kazuhiro Tamura, Taishiro Kishimoto, Takashi Kudo, Mihoko Otake-Matsuura: “Home-based cognitive intervention for healthy older adults through asking robots questions: A randomized controlled trial,” JMIR Aging, 2024, https://doi.org/10.2196/47229

[3] Katie Seaborn, Takuya Sekiguchi, Seiki Tokunaga, Norihisa P. Miyake, Mihoko Otake-Matsuura: “Voice Over Body? Older Adults’ Reactions to Robot and Voice Assistant Facilitators of Group Conversation”, International Journal of Social Robotics, Vol. 15, No. 2, pp. 143-163, 2023, https://doi.org/10.1007/s12369-022-00925-7

[4] Sota Kobuki, Katie Seaborn, Seiki Tokunaga, Kosuke Fukumori, Shun Hidaka, Kazuhiro Tamura, Koji Inoue, Tatsuya Kawahara, Mihoko Otake-Matsuura: “Robotic Backchanneling in Online Conversation Facilitation: A Cross-Generational Study”. RO-MAN 2023, pp. 71-76, 2023, https://doi.org/10.1109/RO-MAN57019.2023.10309362

人間と継続的・協調的に対話する対話ロボットが持つべき対話戦略

吉野　幸一郎 *1,2
*理化学研究所ガーディアンロボットプロジェクト　*2 奈良先端科学技術大学院大学
研究課題名「ユーザに行動変容を促すマルチモーダル対話ロボットの研究」（令和２年度～３年度）
「長期的なユーザとの関係を考慮した行動変容対話における対話戦略と応答表現」（令和４年度～５年度）

ここまで本グループでは，公募１期における「ユーザに行動変容を促すマルチモーダル対話ロボットの研究」から継続して，A01 班の目標である対話継続・関係維持に向けて，対話ロボットがどのような応答戦略で，どのような応答を生成するべきかについての研究に取り組んできた．

本稿では４年間の取り組みの目的，得られた成果について説明する（査読付き論文 11 件 [1-11]，査読なし国内会議等多数）．まず，ロボットが行う対話内容については，タスクが説得に限定された説得対話と，対話ロボットがユーザと自由に対話を行う自由対話の２通りを設定した．これらの２種類を対象に，発話内容を決定するための戦略，評価指標，発話を含む表出における様々なモダリティについての検討を行い，各タスクにおいて人間と継続的・協調的に対話するロボットが持つべき対話戦略について明らかにしようとした．

1. タスク指向対話と自由対話

対話システム・ロボットの研究は大きくタスク指向と自由対話に分けられ，それぞれ研究の目的が異なる．タスク指向対話は対話の目的・ゴールが明確なため，個々のモジュールにおける手法の効果を議論しやすい．これに対して自由対話は対話そのものを目的とするため，対話システム全体やユーザからの受容度評価を行いやすい．今回はユーザとの対話継続や関係維持を目的とするため，長期に渡って連続して対話システム・ロボットが使用される状況を設定した．具体的には，対話ロボットが長期に渡ってユーザの行動変容を促すような説得対話と，長期間に渡って雑談を行い，ユーザとの対話記憶に応じて応答内容を変化させるような自由対話の研究を行った．

2. 説得対話における戦略と表出

説得対話は，システムが持つ目的状態にユーザを誘導するような対話である．例えば寄付を依頼する，運動をするよう促す，などが典型的な対話ドメインである．今回我々の研究では，「運動の促し」「インターネット利用時間の軽減」「寄付の依頼」をドメインとしてアンドロイドロボットを用いた説得対話収録 [10] を行い，説得対話における現象の分析 [9]，対話戦略の学習 [3]，ロボットを用いた表出 [11]，対話応答生成内容の制御 [1] について研究した．また，これらのモジュールを適切に学習するためのデータ拡張の研究にも取り組んだ [6, 7]．説得対話収録においては A01 計画班の河原グループと連携し，本領域で利用可能なアンドロイドロボット ERICA を用いた収録を行った．これらの結果，特に説得対話においてはロボットからの多様なモダリティを活用した表出が有効であることや，ユーザとロボットの関係に応じて取る戦略・表出を変更することが有効であることが示唆された．特にフェイスの侵害，すなわちユーザの面子に関わるような積極的な働きかけは，ユーザとロボットが十分な関係を築けている場合には有効であるものの，そうでない場合（例えば初対面対話）においては用いない方が良いことが確認された．一方で，どのようなケースでこうしたより人間のパーソナルスペースに踏み込むような戦略・表現が許されるかについては今後さらなる研究が必要であることもわかった．

3. 自由対話における戦略と表出

自由対話を対象とする研究は，基本的にシステム・ロボットがユーザと何を話すかは自由であり，目的は長時間対話を継続する，次回以降の対話に繋げる，ユーザが有益な情報を得るなどである．本研究課題では対話内容に関し，対話システムが利用する対話応答が持つ一貫性と対話継続性の関係 [2]，対話において新しく言及された内容の認識 [8]，過去発話の利用と対話モデルの更新 [4] に取り組んだ．このうち過去発話の利用と対話モデルの更新（図１）に関しては，実際に「過去にユーザから教わった内容について知識を深めてきた対話システムが２度目にユーザと話す状況」における WoZ 対話を収録し分析を行った．分析の結果，２回目の対話で対話システムがどのような話題を持ち出すか決定する際に，現在の対話内容との類似だけでなく，対話システムが自身のモデルを深化させるために用いた情報源が持つ複雑さ，情報量などが重要な役割を持つことがわかった．この知見に応じて実際にそうした話題選択を行う対話システムを構築したところ，被験者実験においてこうした話題選択戦略の有効性が示された．つまり，対話システム・ロボットは現在ユーザが話している内容に近く，またその内容をより深堀できるような知識源を用いて対話を行うことにより，ユーザが感じる対話継続性や対話の盛り上がりを向上させることができるとわかった．

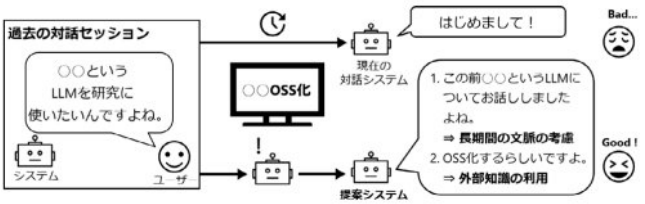

図１：話題の想起・深化を行う対話システム

図２：語彙的なエントレインメント現象の例

また，エントレインメントと呼ばれる対話参与者同士の同調戦略（図 2）に着目し，これを対話の応答戦略や応答生成に組み込むことを考えた [5]．従来の人対人対話の研究では，エントレインメント現象は対話の場面に応じて度合いを変えて起こるものとされており，対話システム・ロボットもそうした人の戦略を模倣しようとしていた．こうした模倣戦略に対して，常時対話システムがユーザに同調する，すなわちユーザの発話内容や口調を真似るようなことを行う対話システムを構築して比較評価を行った．この結果，期待に反し，対話システム・ロボットが応答を行う場合にはどのような場合でもユーザに同調する発話を生成した方が高いユーザ評価が得られることがわかった．つまり，ユーザが人間に相対する場合とロボットに相対する場合では対話における期待も異なり，その期待に応えられるよう対話戦略を適切に設定することが対話継続・関係維持に重要であることがわかった．

4. おわりに

本研究課題では対話の戦略と生成に着目し，対話継続・関係維持に資する対話システム関連技術の研究開発を行った．その中で特に，フェイスアクトやエントレインメント現象に代表される古典的な対話理論に着目した分析や対話モデルの構築・比較評価を行った．結果として，ユーザが対話システム・ロボットに求めているものは人対人を対象とした対話分析とのオーバーラップもある一方で，ユーザからのロボットへの期待は異なり，ロボットはその期待に応じた適切な戦略や表現を取ることが重要であることがわかった．ロボットが人間社会で需要されてくるにつれこうした評価は変容することが予想され，今後も今回の領域で構築された他分野の専門家とのネットワークを活用しつつ研究を継続していくことの重要性が示唆された．

参考文献

[1] Seiya Kawano et al., “Controlled Neural Response Generation by Given Dialogue Acts Based on Label-aware Adversarial Learning.” Trans. JSAI, Vol.36, No.4, pp.E-KC9_1-14, July 2021.

[2] 田中 翔平ら ,“ 雑談対話応答における連続する事態の一貫性と対話継続性の関係 .” 自然言語処理 , Vol.28, No.1, pp.26-59, March 2021.

[3] The Tung Nguyen et al., “Policy Reuse for Dialog Management Using Action-Relation Probability” IEEE Access, Vol.8, pp.159639-159649, October 2020.

[4] Kanta Watanabe et al., “Toward building dialogue system deepening knowledges on past dialogue: a corpus study and analysis” Proc. IWSDS2024, Sapporo, Japan, March. 2024.

[5] Shota Kanezaki et al., “Entrainment Metrics/Strategies Evaluation in Conversation Response Re-ranking” Proc. IWSDS2024, Sapporo, Japan, March. 2024.

[6] Kenta Yamamoto et al., “Data Augmentation for Robust Natural Language Generation Based on Phrase Alignment and Sentence Structure” Proc. IWSDS2024, Sapporo, Japan, March. 2024.

[7] Shang-Chi Tsai et al., “ASMR: Augmenting Life Scenario using Large Generative Models for Robotic Action Reflection” Proc. IWSDS2024, Sapporo, Japan, March. 2024.

[8] Seyed Mahed Mousavi et al., “Whats New? Identifying the Unfolding of New Events in Narratives.” Proc. ACL2023 WS of Narrative Understanding, Tronto, Canada, July 2023.

[9] Seiya Kawano et al., Hideko Habe, Akishige Yuguchi and Koichiro Yoshino. “Analysis of Face Acts in Japanese Multimodal Persuasive Dialogue Corpus.” Proc. IWSDS2023, Los Angles, USA, Feb. 2023.

[10] Seiya Kawano et al., “Multimodal Persuasive Dialogue Corpus using Teleoperated Android.” Proc. INTERSPEECH2022, pp.2308-2312, Incheon, Korea, September 2022.

[11] Sara Asai et al., “Eliciting Cooperative Persuasive Dialogue by Multimodal Emotional Robot,” Proc. IWSDS2021, Singapore, Nov. 2021.

実証実験

[12] 場所 : 国立国語研究所 , 期間 : 2022 年 12 月 13 日～ 12 月 14 日 , 実験概要 : 対話システムの評価（第 5 回対話システムライブコンペティション，オープントラック，優秀賞）

自閉スペクトラム症者の感情推定における自己記入質問紙の寄与

熊崎　博一[*1]

[*1] 長崎大学医学部精神神経科学教室

研究課題名「精神科外来のための対人恐怖症患者への診察支援ロボットの開発」（令和２年度～３年度）
「対人恐怖症患者に対話継続を促す診察支援ロボットの開発」（令和４年度～５年度）

自閉スペクトラム症 (ASD) は社会性，コミュニケーション，限局性反復性の行動を特徴とする発達障害である人口の約 3%，一人当たりの社会的損失は約 4 億円とも試算されており社会的課題となっている．そもそも ASD は対人緊張が強く，対人相手の治療には前向きに参加できない現状があった．

我々は現在までアンドロイドを用いた ASD 者への介入研究を世界に先駆けて行ってきた [1-5]．普段はヒトに受け身でしかコミュニケーションしない ASD 者がアンドロイドには前向きにコミュニケーションし，治療に前向きに取り組むこと青明らかにしてきた．一方で全ての ASD 者が，前向きにコミュニケーションするわけではなく，全ての ASD 者が長時間安定してアンドロイドとコミュニケーションすることは課題となった．世界各地で ASD 者の感情推定研究がおこなわれている中で，ASD 者の特性を詳しく調べることで，感情推定が容易になるという報告があった [6]．一方で ASD 者すべてに詳細な特性を評価することはコスト的にも難しい．また専門家が行う評価には，検査者による結果のばらつきも生じてしまう．既存の多数ある自己記入式質問紙から，効率的に評価可能な自己記入式質問紙を選択し，アンドロイドとコミュニケーションしている際の，ASD 者の感情推定への貢献を評価した．

参加者は，面接官役のアンドロイドとテーブルを挟んで座った．各参加者は模擬面接を受けた (図 1)．25 名の ASD 参加者（男性 22 名，女性 3 名，平均年齢 22.8 歳，平均 IQ94.04）が実験に参加した．マルチモーダルデータ（音声，動作，視線，自記式質問票データなど）を収集し，アンドロイドロボットによる面接時に ASD 者の状態を正しく分類するモデルを訓練した (図 2)．尚，自己記入式質問紙には The Japanese Adult Reading Test (JART)，LSAS－J（Liebowitz Social Anxiety Scale 日本語版），自閉症スペクトラム指数 (AQ)，Sensory Profile(SP) を用いた．我々は，マルチモーダルデータに基づき，ロボットが

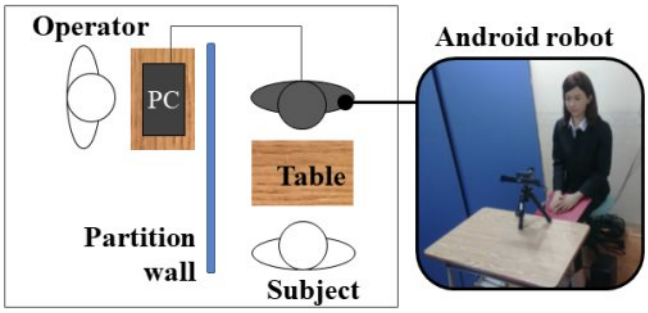

図 1：（文献 [7] より引用）

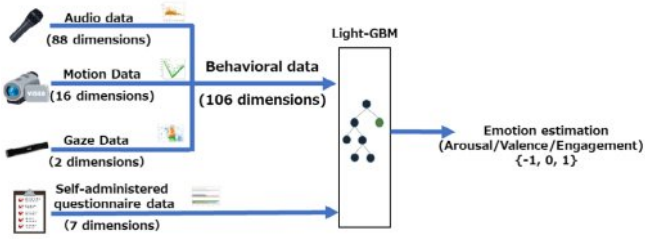

図 2：（文献 [7] より引用）

ASD 者の感情を知覚することを可能にする ML の技術的実現可能性を実証した．

合計 25 サンプルについて，行動測定値とアノテーションされた情動状態の特徴ベクトル 893 セットが得られ，これを用いて推定モデルを構築した．使用した変数に基づくモデルの精度を評価するために，機械学習で慣用的に使用されている 5 重交差検証パラダイムを採用した．前頁図 3 に行動データに基づく感情モデルの推計値を示した．各値は，5 回のクロスバリデーションテストにおける AUC（平均値と標準偏差）を示している．また図 4 は，各質問紙別の感情推定への寄与度を示す．

自己記入式質問紙データを活用することで，覚醒度，快不快，エンゲージメントの推定性能が向上することがわかった．この結果は，自己記入式質問票データの評価が，

	Arousal		Valence		Engagement	
	Without SAQ	With SAQ	Without SAQ	With SAQ	Without SAQ	With SAQ
Audio	0.72±0.06	0.77±0.06	0.63±0.05	0.62±0.05	0.82±0.05	0.85±0.05
Motion	0.71±0.05	0.80±0.05	0.68±0.04	0.69±0.05	0.68±0.05	0.78±0.04
Gaze	0.63±0.06	0.78±0.08	0.51±0.06	0.63±0.10	0.58±0.02	0.76±0.03
Audio+motion	0.78±0.03	0.81±0.02	0.66±0.05	0.69±0.05	0.85±0.04	0.87±0.03
Audio+gaze	0.73±0.06	0.78±0.06	0.62±0.03	0.63±0.04	0.83±0.05	0.85±0.05
Motion+gaze	0.75±0.06	0.81±0.04	0.66±0.04	0.67±0.06	0.70±0.06	0.78±0.04
Audio+motion+gaze	0.78±0.04	0.81±0.04	0.66±0.03	0.67±0.05	0.85±0.05	0.87±0.04

図 3：（文献 [7] より引用）

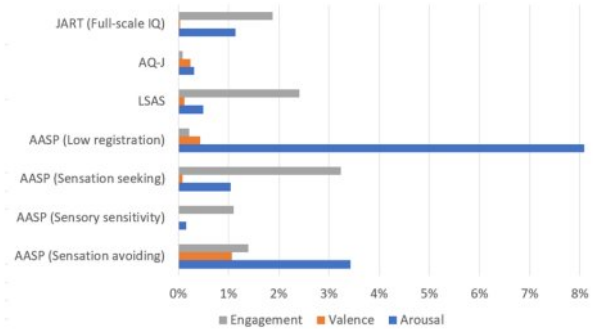

図 4：(文献 [7] より引用)

ASD 者がアンドロイドロボットによる面接を受ける際に，個人の感情状態やエンゲージメントの自動推定の開発に貢献できることが明らかになった．ASD 者へのロボット介入分野では，長期間の介入を経て一般化可能なスキルの習得を実証した研究はほとんどなかった．長期的な介入を実施するためには，参加者のモチベーションを維持する必要がある．そのためには個人の特徴状態を理解したうえで，個人の感情や関与を自動的に検出できる技術が必要である．今後は今回の知見を反映し，ASD 者の感情状態推定の技術を向上することで，参加者のモチベーションを維持する長期介入研究を行い，有効性を確認する必要がある．

尚，本研究は A01 吉川雄一郎先生との共同研究の成果である．

参考文献

[1] Kumazaki H, Muramatsu T, Yoshikawa Y, Matsumoto Y, Ishiguro H, Mimura M, et al. Role-play-based guidance for job interviews using an android robot for individuals with autism spectrum disorders. Front Psychiatry (2019) 10:239. doi: 10.3389/fpsyt.2019.00239

[2] Kumazaki H, Muramatsu T, Yoshikawa Y, Corbett BA, Matsumoto Y, Higashida H, et al. Job interview training targeting nonverbal communication using an android robot for individuals with autism spectrum disorder. Autism (2019) 23:1586-95. doi: 10.1177/1362361319827134

[3] Yoshikawa Y, Kumazaki H, Matsumoto Y, Miyao M, Kikuchi M, Ishiguro H. Relaxing gaze aversion of adolescents with autism spectrum disorder in consecutive conversations with human and android robot-a preliminary study. Front Psychiatry (2019) 10:370. doi: 10.3389/fpsyt.2019.00370

[4] Kumazaki H, Muramatsu T, Yoshikawa Y, Matsumoto Y, Ishiguro H, et al. Android robot was beneficial for communication rehabilitation in a patient with schizophrenia comorbid with autism spectrum disorders. Schizophr Res (2023) 254:116-117. doi: 10.1016/j.schres.2023.02.009

[5] Kumazaki H, Muramatsu T, Yoshikawa Y, Matsumoto Y, Takata K, Ishiguro H, et al. Android robot promotes disclosure of negative narratives by individuals with autism spectrum disorders. Front Psychiatry (2022) 13:899664. doi: 10.3389/fpsyt.2022.899664

[6] Rudovic O, Lee J, Mascarell-Maricic L, Schuller B, Picard R. Measuring engagement in robot-assisted autism therapy: a cross-cultural study. Front Robot AI (2017) 4:36. doi: 10.3389/frobt.2017.00036

[7] Konishi S, Kuwata M, Matsumoto Y, Yoshikawa Y, Takata K, Haraguchi, Kudo A, Ishiguro H, Kumazaki H. Self-Administered Questionnaires Enhance Emotion Estimation of Individuals with Autism Spectrum Disorders in a Robotic Interview Setting. Frontiers in Psychiatry. In press.

[8] 熊﨑博一 . 吉川雄一郎 . 精神科領域におけるロボット治療開発 . 臨床精神薬理 . 27. 45-52. 2024 年 .

実証実験

[9] 場所 : 翔和学園 , 期間 : 2022 年 4 月 1 日～現在 , 実験概要 : アンドロイドを用いた面接練習 . 社会技能訓練 .

[10] 場所 : ありまこうげんホスピタル , 期間 : 2022 年 4 月 1 日～現在 , 実験概要 : 小型ロボットを用いた精神障害者へのリハビリテーション .

[11] 場所 : 三和中央病院 , 期間 : 2022 年 11 月 1 日～現在 , 実験概要 : 小型ロボットを用いた精神障害者へのリハビリテーション .

[12] 場所 : 北水会記念病院 , 期間 : 2022 年 4 月 1 日～現在 , 実験概要 : 小型ロボットを用いた発達障害児の支援

研究紹介　A01　公募班

対話ロボットの社会的表出に関する研究開発
(Social Expression for Dialogue Robots)

石井　カルロス寿憲 [*1]
[*1] 理化学研究所 GRP, ATR/HIL
研究課題名「対話ロボットにおける「社会的表出」の基盤技術の研究開発」（令和２年度～３年度）
「対話ロボットにおける個人性を考慮した社会的表出の研究開発」（令和４年度～５年度）

対話ロボットや対話エージェントの研究は近年盛んに行われている．人とコミュニケーションをする際に，特に発話に伴う自然な動作を生成する技術は非常に重要となる一方で，従来の対話ロボットや対話エージェントは，状況に合った適切な表出ができず，話し方もその動作も単調で人間らさが十分でない．

本研究では，発話に伴う，人間らしい自然な話し方と動作を持つ対話ロボット・エージェントの実現を目的とし，特に，対話相手や状況に応じて人はどのように表出を変えるのかを個人性も考慮したうえで表現できる「社会的表出」の数理モデルを明らかにし，それをロボットやエージェントとのインタラクションに実装することを目指している．

1. 研究成果の取りまとめ

図１に，対話ロボットやエージェントにおける社会的表出システムの概要を示す．エージェントの表出には，ユーザの心情認識と，他のユーザや環境の情報を考慮した状況認識，更に個人性特性を考慮している．本研究では，個性や個人性の特性に焦点を当てて研究開発を実施してきた．以下にその成果をまとめる．

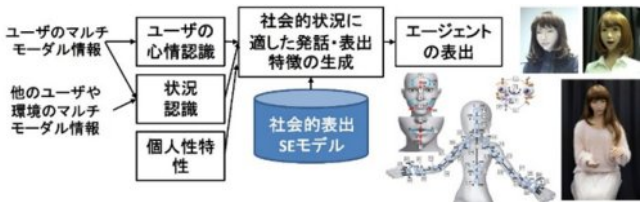

図１：提案した社会的表出システムの概要

怒り・不満・不快などのネガティブな感情・態度表出において，テレビドラマを題材に俳優の怒り表現の振る舞いを分析し，代表的な動作をアンドロイド ERICA に実装した．印象評価を行った結果，生成した動作により，怒り度合いの印象が上がる効果を検証できた [AR20]．また，このようなネガティブな表現（不快や怒り）は，コロナ禍の御時世で，マスク着用を依頼･強要する際に，適切なのか，効果的なのか，などを調べるための実証実験を行った．アンドロイドの振る舞いを３通り（優しく依頼，不満気に注意，怒りながら注意）準備し，どの振る舞いが最も適切・効果的なのかについて被験者実験を行った．その結果，基本的には丁寧・優しい振る舞いが好まれるが，相手の行動を変容するには，ネガティブな表出がより適切・効果的と感じた人が半分程度であり，コンプライアンス意識が高い人ほど，アンドロイドのネガティブな表出を高く評価する傾向がみられた [1]．

対話ロボットが複数人と対話する場合の視線制御法を提案した．眼球の動きも考慮し，人同士の３者対話データから，参与役割を考慮した視線対象および視線逸らしの割合の分布および時間分布，視線を逸らした際の黒目の向きの分布を話者ごとに算出した [HAI21]．これらの分布をもとに視線制御システムを構築し，小型ロボット CommU およびアンドロイド NIKOLA に視線動作を実装し，被験者実験による印象評定を行った．また，これらの分布パラメータを変えることによって，外向性の印象を変えることができる仮説を検証した．性格が異なる２名のモデルで生成した動作は，同じ声でも動きの違いにより，異なる外向性の印象を与えることが確認できた [2,3]．ただし，外向性の印象は音声によって大きく変化するため，発話スタイルと視線動作のバランスによって外向性の印象がどのように変わるかは今後の課題である．

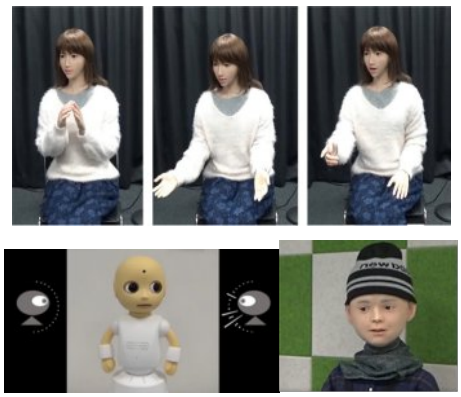

図２：怒り表出の実験に用いた ERICA（上段）．視線制御の検証に用いた小型ロボット CommU とアンドロイド NIKOLA（下段）

深層生成モデルによる上半身や手振りジェスチャ生成においては，入力音声から抽出される韻律特徴を条件とした WGAN (Wasserstein GAN) による手振りジェスチャを生成する深層学習モデルを拡張し，手振りの動きを３段階に分けてモデルの入力の条件として付加することにより，生成された動きの印象を明示的に制御できるような枠組みを提案した [ICMI21, IROS22]．CG アバターおよび小型ロボット CommU において生成された動作の印象を評価した結果，外向性の印象およびテンション（興奮度合い）の印象と相関した動作が生成できることを認できた [4]．現在は生成された動きがより滑らかになるように diffuse denoising model による深層学習法も検証し，論文を投稿中である．

マルチモーダル情報による対話状況認識においては，マルチモーダル情報（音声，テキスト，表情，手振りなど）によって，深層学習による感情認識モデルを提案・検証した．GAT (Graph Attention) によるアテンションモデルや

３次元骨格運動の導入法を提案し，感情クラス（怒り，喜び，悲しみ，平常）の識別率を向上することを確認した [6]（国際会議 APSIPA にて best paper award 受賞）．隠れ表現へのレギュレーションによる，学習コーパスにオーバーフィットしにくいロバストな学習法も提案した [7]．これらの認識技術を人ロボットインタラクションに応用し，ロボットの適切な表出の判断に利用される．

自然会話に出現する自発的な「楽しい笑い」と社会的な「愛想笑い」の音声特徴の分析も進めてきた．対話ロボットの笑いの適切な表出および相手の笑いの意図の理解は，自然な対話インタラクションに重要な課題である．笑いには個人性と社会的機能によって音声特性が変わる．楽しい笑いには話者間で共通したパターンが観測された一方，愛想笑いには，強い気息音を含む，気息音を全く含まない，鼻音を含むなど，話者によって表出のバリエーションが多い傾向がみられた．この成果を日本音響学会関西支部の若手研究会で報告し，最優秀奨励賞を受賞した [8]．また，複数人の笑いイベントにおける音響特徴も分析し，笑いの種類による音響特性の偏りが示された [9].

クロス言語における深層音声変換に関する研究にも取り組んだ．従来の深層音声合成モデルを基に，音声認識のエンコーダと，話者性を保つための損失関数を工夫することにより，話者性を保った音質の良い音声変換器を作成した [10]．この成果を発展させることにより，多言語による対話エージェントへの応用が期待される．

2. まとめと今後の展望

本研究では，さまざまな側面から対話ロボットにおける社会的表出に関する研究開発を進めてきた．各課題の発表以外に，国際会議のワークショップの招待講演でも本研究の成果を紹介し注目を浴びた [11,12]．感情状態や談話機能，個性の表出に関する要素技術を主に取り組んできたが，今後は対人関係と対話状況においてより詳細なモデルを拡張し，汎用性の高い社会的表出モデルの実現を目指す．

参考文献

[1] C.A. Ajibo, C.T. Ishi and H. Ishiguro, "Advocating Attitudinal Change Through Android Robot's Intention-Based Expressive Behaviors: Toward WHO COVID-19 Guidelines Adherence," IEEE RAL 6(4), 6521-6528, Oct. 2021

[2] T. Shintani, C.T. Ishi, H. Ishiguro. “Expression of Personality by Gaze Movements of an Android Robot in Multi-Party Dialogues,” Proc. RO-MAN22, Sep. 2022.

[3] 新谷太健 , 石井カルロス寿憲 , 石黒浩 .「複数人対話における視線動作の解析および対話ロボットの視線動作生成による個性の表出」日本ロボット学会誌 , 2023.

[4] B. Wu, C. Liu, C.T. Ishi, H. Ishiguro. Extrovert or Introvert? GAN-Based Humanoid Upper-Body Gesture Generation for Different Impressions. I.J. Social Robotics, Aug. 2023.

[6] J. Shi, C. Liu, C. Ishi, H. Ishiguro. 3D skeletal movement-enhanced emotion recognition networks. APSIPA Transactions on Signal and Information Processing 10(E12), 1-12, 2021. (Best paper award at APSIPA conference)

[7] C. Fu, C. Liu, C. Ishi, H. Ishiguro. An Adversarial Training Based Speech Emotion Classifier with Isolated Gaussian Regularization. IEEE Transactions on Affective Computing, April 2022.

[8] 王可心，石井カルロス寿憲，林良子．“ 自由会話における「楽しい笑い」と「愛想笑い」の音声的特徴：予備的分析 ”，第 25 回関西支部若手研究者交流研究発表会 , Nov. 2022（最優秀奨励賞の受賞）

[9] K. Wang, C. Ishi, R. Hayashi, “Laughter patterns in multi-speaker conversation data: comparison between spontaneous laughter and intentional laughter,” Proc. ICPhS 23, pp.1771-1775, Aug. 2023.

[10] H. Guo, C. Liu, C.T. Ishi, H. Ishiguro. “Using joint training speaker encoder with consistency loss to achieve cross-lingual voice conversion and expressive voice conversion,” Proc. ASRU2023, Dec. 2023.

[11] C. Ishi. Analysis and generation of speech-related motions, and evaluation in humanoid robots, ICMI GENEA workshop, 2022.（招待講演）

[12] C.T. Ishi, “Multimodal speech processing for dialogue robots and applications of sound environment intelligence,” RO-MAN 2023 - Workshop on Speech-based communication for robots and systems, 2023/8/28.（招待講演）

対話システムに対するユーザ主観評価の推定における課題と展開

岡田　将吾 *1
*1 北陸先端科学技術大学院大学
研究課題名「対話に対するユーザの主観評価の自動獲得基盤の構築・評価」（令和４年度～５年度）

対話システムの評価は，重要課題のひとつである．本研究の目的は，対話を通じて醸成されるユーザのシステムに対する主観評価（例：対話満足度）を，ユーザの対話中のふるまいや発話から得られるマルチモーダル（MM）情報から自動推定する方法を確立することである（図１）．本研究の成果として，対話中に対話ユーザから観測される音声，表情，ジェスチャ，生体信号を MM 時系列特徴量として抽出し，対システムとの対話に対する主観評価スコアを精緻に予測するための機械学習手法を提案・評価した．訓練時に対話中に変化するセンチメントレベル（対話を楽しんでいるか否かの度合い）の値を援用することで，精度を向上させることを示した．また対話におけるふるまいの個人差が主観評価の推定の妨げになることを示し，この問題に対処して精度低下を防ぐ転移学習手法を提案し，効果を示した．以下に成果の詳細を述べる．

1. 主観評価推定モデル

本研究では，最初の研究項目として観評価推定のために適した機械学習モデルを提案・評価した．発話交換毎に変化するセンチメント変化を出力するよう定式化したマルチタスク Long Short Term Memory (LSTM) がこのタスクに有効であることがわかった．また , 発話内容を示す言語情報は主観評価を予測するために最も有効な特徴量であり，表情特徴量（アクションユニットと呼ばれる顔の部位の行動パターン）を加えることで精度が向上した．「提案する MM マルチタスク学習手法を用いた場合に，対象の対話システムは対話を上手く調整できていた」という項目に関して，ユーザの評価スコアの高低を最高 0.791 (F 値) で推定できることがわかった [1]．対話相手の Woz 操作者が同様の評価を行った結果，その精度は 0.71 であったことを考慮すると，機械学習と MM センシングによる対話評価は一定の有用性を持つことがわかる．

2. ユーザの個人差を考慮した転移学習

ユーザから観測される MM 情報は対話評価に関連するだけでなく，性別，年齢，性格 , 等の個人差によっても大きく変動する（例:対話評価に関わらずよく笑う / ポーカーフェイスのユーザが存在する.）．この問題に対して，本研究では話者，性別，異なる言語で発話されたデータ間で共通の特徴量表現を学習することで，個人差に頑健な推定を可能とする Adversarial Domain Generalized Transformer (ADoGT) を提案した [2]（図 2）．このモデルでは Adversarial Training と呼ばれるニューラルネットの学習方法を採用し，主目的タスク（対話評価の推定）における Loss を最小化すると同時に，その他の（年齢，ジェンダ等）

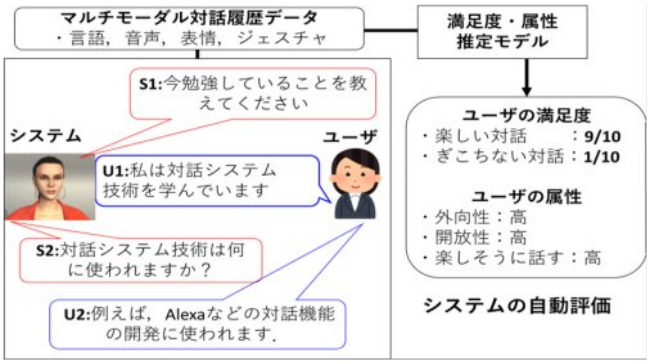

図 1：マルチモーダル情報に基づく主観的評価値の推定

識別タスクの Loss を減らさないよう（個人差要因を識別しないよう）学習する．本研究では，４種類の音声感情認識タスク用のデータセットを用いて，評価を行った．訓練データとは異なる言語で発話されたデータでテストした場合（クロスコーパス実験）でも，提案する ADoGT は精度低下を軽減できることを示した．次に，主観評価推定タスクにおける対話ユーザの個人差の影響を分析するために Adversarial Training に基づくニューラルネットの性能の比較評価を行い，性別，年齢，性格特性の差による識別への影響軽減による推定精度への効果を明らかにした．

3. 対話評価 / 個人特性の推定に基づく適応

システム自身が獲得した対話評価結果を , どのように用いて，対話を改善すればよいかは自明ではなく，対話状況，タスクによって適した対話生成系を研究する必要がある．システムにより対話評価結果を対話戦略に活かす事例として，本研究ではインタビュー対話を対象に，インタビュー中に変化するユーザの発話意欲を自動推定するインタビューロボットを開発した [3]（図 3）．提案システムでは発話意欲推定結果に基づき，意欲が高ければ質問を掘り下げ，意欲が低ければ異なるトピックの質問をするよう質問戦略を切り替える．開発したロボットと 27 名の参加者との対話実験を通じて，インタビューロボットの発話意欲推

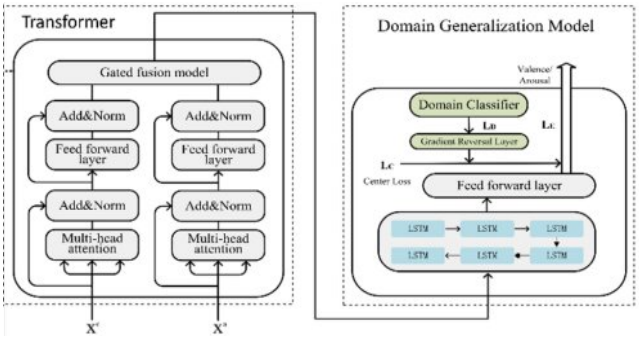

図 2：個人差に頑健な機械学習手法（ADoGT [2] ）

定と適応的な質問戦略の効果を検証した．発話意欲の推定に基づき質問戦略を切り替える条件と，ランダムに質問戦略を切り替える条件とで比較し，参加者のロボットへの印象，参加者の発話意欲の変化，発話意欲の推定精度を検証した結果，次のことが明らかになった．(i) 発話意欲の高低は平均 72.8％の精度で自動推定できる．(ii) 提案する発話意欲に基づく適応戦略は，適切な聞き手としての態度を印象付けられる．(iii) 意欲の高い発言を計数した結果，提案する発話意欲に基づく適応戦略は，意欲の高い発言を増やせる．今後，対話評価の精緻な推定方法を研究するとともに，対話評価推定をどの時点で行い，推定結果をいかに対話戦略に取り入れるのかを探求する必要がある．

4. 対話評価に係る要因の分析

本プロジェクトは主観対話評価を推定する基盤に関して研究を進めてきた．一方で，主観対話評価を獲得できたとして，主観対話評価に，対話戦略・発話生成・非言語生成等のモジュールがどのように貢献したのかを明らかにして，システム開発者に可視化・フィードバックすることは重要な課題となる．我々は, 2022 年･2023 年と対話ロボットコンペに参加し，得られた提案システムへのユーザ評価データを用いて，上記課題に関する分析を行った．具体的には，システムログから評価に寄与したシステムの対話戦略を明らかにするための統計分析を実施した．対話中に実行された各システムイベントの頻度を説明変数，コンペ参加者により評定された対話評価スコアを目的変数として回帰分析を実施し，変数選択の結果，「対話タスク達成率」に加えて，「ユーザをほめる発話の生成」，「早口言葉のアイスブレイク」，イベントが変数として選択された [4]．ここで，本課題研究を通じて研究開発した主観評価スコアの推定モデルは，上記の分析における目的変数を自動獲得するために利用可能である．主観評価推定結果とシステムログを入力として，評価値に寄与した対話戦略を自動的に推定し，システム開発者にフィードバックする仕組みを開発することが今後の課題となる．

5. 今後の課題

本研究課題において明らかになった課題をまとめる．

基礎研究としては，主観評価の推定モデルの精緻化に向けて，より汎用的なモデルの構築をする必要がある．そのために，多様な対話設定（カウンセリング，医療対話，就職面接，接客）における対話データと , 対話設定に適した評価指標に基づく評価データを収集し，主観評価の基盤モデルを構築し，各対話設定固有の評価指標や MM 特徴量を明らかにすることが今後の課題である．対話データの多様化に加え，ユーザの個人差の問題は別途追究する必要がある．性格，性別，年齢などの個人特性の推定は , ユーザのプライバシーや，推定モデルの公平性の問題にも直結する．これらの問題を考慮しながら，個人適応モデルと，個人差に依存しない汎用的なモデルの両面を研究する必要がある．

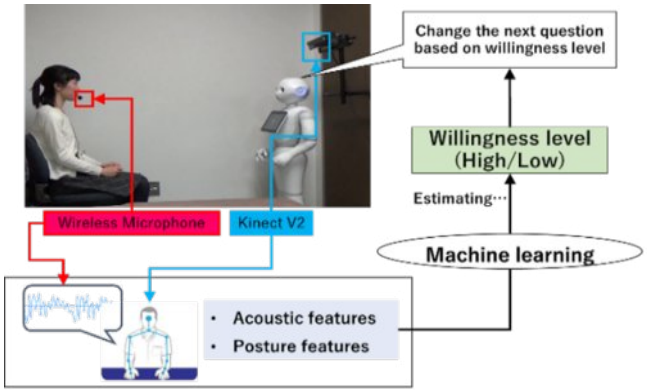

図 3：発話意欲推定に基づき適応的質問選択

応用面として，第一に，対話評価結果に基づく適応メカニズムの追究が重要となる．比較的短い対話履歴（例えば，数回の発話交換）から対話評価・ユーザの内面状態を推定し，それ以降の対話戦略を適応的に変化させる機構の研究は重要な課題である．第二に，対話システムの各モジュール，対話イベント，特定の発話といった複数の要因のうち，対話評価スコアに寄与した要因を推定する基盤の研究開発は課題である．第三に，システム開発者へのフィードバックシステムの UI を最適化し, システム開発者に有益なツールを開発することも重要な課題である．

参考文献

[1] Wenqing Wei, Sixia Li, Shogo Okada: Investigating the relationship between dialogue and exchange-level impression. ICMI 2022: 359-367

[2] Yuan Gao et.al. Adversarial Domain Generalized Transformer for Cross-Corpus Speech Emotion Recognition, IEEE Trans. on Affect. Comp., 2023 (Early access)

[3] Fuminori Nagasawa, et.al. Adaptive Interview Strategy Based on Interviewee's Speaking Willingness Recognition for Interview Robots, IEEE Trans. on Affect. Comp., 2023. (Early access)

[4] Tamotsu Miyama, Shogo Okada, A multimodal dialogue system for customer service based on user personality adaptation and dialogue strategies, 2024 (Accepted)

実証実験

[5] 対話ロボットコンペティション 2022,2023
予選会 , 本選出場（チーム MIYAMA (JAIST)）

移動型サービスロボットにおける対話と行動の適応的選択

三浦　純 *1
*1 豊橋技術科学大学
研究課題名「移動型サービスロボットにおける対話と行動の適応的選択」（令和４年度～５年度）

生活支援ロボットが人から指示されたタスクを実行する過程で，行動計画のための情報が不確かな状況が頻繁に生じる．したがって，適切な質問を生成し対話によって人から追加情報を得る仕組みは重要である．しかし，ロボットは自律エージェントであるので，追加情報を常に人から得る必要はなく，自らその情報を取得・探索する選択肢もあり，情報の不確かさを常に人との対話で解消しようとするとユーザビリティが低下したり，タスク達成時間が長くなったりする．そこで，本研究では情報の不確さを表現・計算し，それに基づき対話と行動を適応的に選択する手法を開発することを目的とする．

ロボットと人の共同物体探索タスクにおいて，人の過去および未来の探索行動の推定手法を開発し，推定結果にあいまいさがある場合に対話を選択することで探索効率が向上することを示した．また，人の指示に基づく物体探索タスクにおいて，物体の配置に関する不確かさを初期化・更新する手法，および対話の効果とコストのトレードオフを考慮して対話を選択する手法を開発し，状況に応じて効率的な物体探索ができることを示した．

1. ロボットと人の共同物体探索

ロボットと人が同じ空間に存在し，手分けして特定の物体を探すタスクである．２人の人が共同で物体を探索する場合，お互いの行動を観察しつつ，必要に応じて事前の調整（互いの探索場所の相談）や事後の確認（すでに探索した場所の確認）によって効率的な探索領域の分担を行っている．ロボットと人の共同物体探索においても，ロボットが人と同様に人の行動を観察し，また必要に応じて対話して情報のやり取りをすることで，ロボットと人の効率的な共同物体探索を実現することができる．人がアバターとして仮想空間に入ってロボットとインタラクションできる環境を SIGVerse [1] を用いて構築し（図１参照）実験を行った．

ロボットは常に人を観測してはいないので，観測していない間に人がどこを探索したかを推定する必要がある．そのために，環境に関する知識（部屋の構造や机の配置などを記述した地図）を参照して，前回の観測から今回の観測までの時間と近くなるような探索経路を候補として抽出する．また，今後の探索行動の予測も重要であり，人の現在位置から一定時間内に到達可能な探索場所の候補を抽出する [2]．過去および未来の探索行動に複数の可能性がある場合には，人との対話により確定したのち，それと重複しないように自身の探索行動を計画する [3]．また，ロボットから人へ質問するだけでなく，人からも同様に質問を受け付け，自身の過去の行動と現在の探索計画を参照し，回答する．

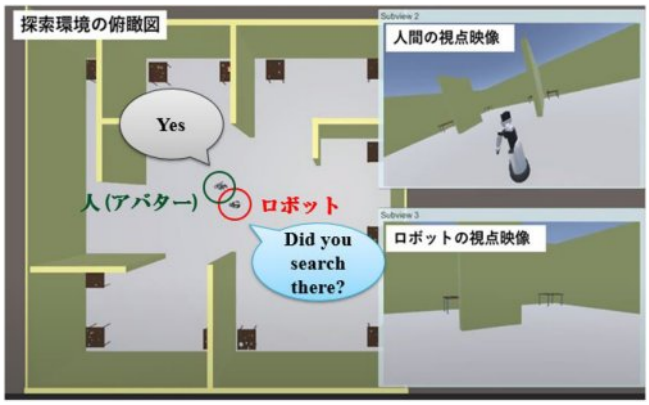

図１：人とロボットの共同物探探索における対話

実験では以下の４つの場合について比較した：(1) 対話なし，(2) ロボットのみ質問，(3) 人のみ質問，(4) 双方向の質問．なお，すべての場合で，ロボットは人の行動の推定を行い，人はロボットの動きを見ることができる．評価は，(a) 探索終了までの時間，(b) 重複して探索した領域の面積，(c) 人とロボットの合計移動距離の３つの視点から行った．表１に比較結果を示す．ロボットのみ，あるいは人のみが質問する場合には，すべての評価項目で，対話なしに比べ大きな改善が見られた．双方向に質問ができる場合には，重複探索と移動距離は改善されたが，探索時間の改善は見られなかった．これは双方向に質問するときの操作コストが他に比べ大きかったためと考える．図２に対話なしと人のみ質問の場合について，探索のための移動軌跡と探索の重複の結果を示す．

表１：各対話方式の効果の比較

Communication Type	Search Time [s]	Duplicated searches	Distance travelled [m]
None	156.33	2.95	126.33
Robot-only	148.00	1.43	114.14
Human-only	**146.81**	**0.86**	**101.13**
Bidirectional	159.14	1.48	106.96

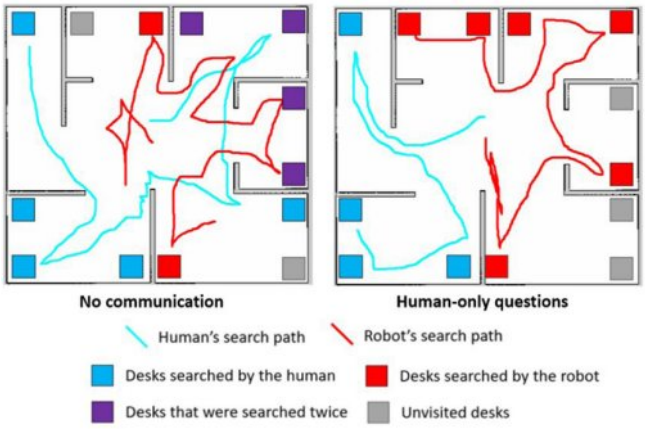

図２：対話の有無による探索行動の違い

2. 人の指示に基づく物体探索

人から指示された物体を探してくるタスクである．ロボットは一般的な家庭環境についての知識をオントロジとして保持しており [4]，さらに環境特有の情報（具体的な物体の数・種類，場所など）を保持し，人の指示を解釈する．物体探索には物体位置の情報が必要になるが，ロボットは一般的な知識（食器は台所にある，等）や自身の観察によって得た知識を基に物体位置の情報を管理更新する．しかし，その情報が不確実な場合には，可能性のある複数の場所を探索する必要があり，それによって余分に必要となる探索行動の時間と人への質問のコストの大小を考慮して，行動か対話を選択する．

家庭では 人がものを持って移動するため，ある物体が常に特定の家具上にあるとは限らない．本研究ではそのような場所の不確かさを確率分布としてオントロジに追加する．分布の初期値は家庭環境の視覚認識を目的として作成されたデータセット（MIT Indoor dataset [5] および Indoor Training Set [6] ）を利用する．データセットは寝室, 食堂, 台所，リビングの 4 種の部屋を対象とし，家具と物体がアノテーションされている．データセット全体から家具と物体の共起回数をカウントし，正規化して物体ごとの存在位置の確率分布を計算する．共起回数がゼロ回の組合せについても確率値を割り当てるため，Kneser-Ney 平滑化を適用する．ロボットが動作中に物体を発見したときには，発見場所の家具との組み合わせのカウント数を増やし，再び正規化と平滑化を行うことによって確率分布を更新する．

ユーザからの指示において，物体の場所の情報がなければ (例えば , “bring the alarm clock”), オントロジを参照し，同程度の確率を持つ家具が複数ある場合には，それらを巡回する最適な経路を生成し（図 3 参照）その期待コストを計算する．人に場所に関する質問をして回答を得るコストを別途定義し，それらを比較して質問するかどうかを選択する．56 種類の指示について実験を行い，候補場所がより多く，またその配置から探索経路がより長くなるほど人への質問が多くなることが確かめられた．

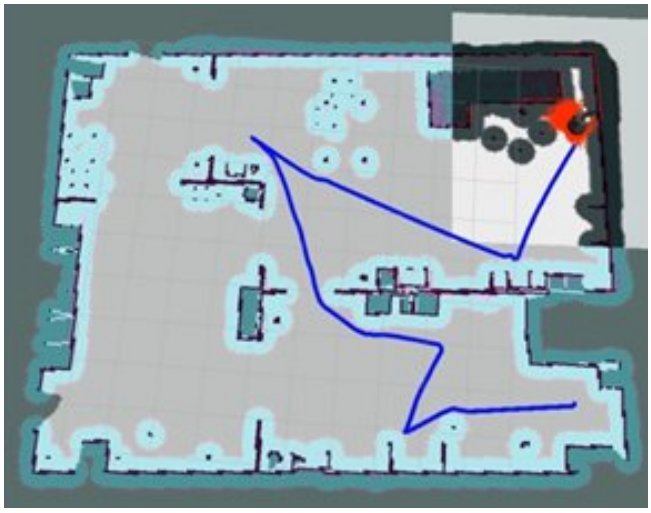

図 3：物体の可能な存在場所を巡る経路の生成

参考文献

[1] T. Inamura and Y. Mizuchi, “SIGVerse: A Cloud-Based VR Platform for Research on Multimodal Human-Robot Interaction,” Frontiers in Robotics and AI: Human-Robot Interaction Section, 2021.

[2] T. Ishii, J. Miura, and K. Hayashi, “Observing Human Behaviors for Robotic Assistance in Human-Robot Collaborative Object Search,” IROS-2022 Workshop on Social and Cognitive Interactions for Assistive Robotics, 2022.

[3] T. Ishii, J. Miura, and K. Hayashi, “Enhancing Human-Robot Collaborative Object Search through Human Behavior Observation and Dialog,” ICCV2023 Workshop on Assistive Computer Vision and Robotics, 2023.

[4] L. Villamar Gómez and J. Miura, “Ontology-based Knowledge Management with Verbal Interaction for Command Interpretation and Execution by Home Service Robots,” Robotics and Autonomous Systems, 2021.

[5] A. Quattoni and Torralba, “Recognizing Indoor Scenes,” CVPR-2009.

[6] B. Li et al., “Benchmarking Single-Image Dehazing and Beyond,” IEEE Trans. on Image Processing, 2019.

日常的対話の４つのモードと対話動機の脳基盤

Yin May Zin Han[*1]，杉浦　元亮[*1]
[*1] 東北大学
研究課題名「対話モードの抽出と対話動機・適応性の脳イメージング」（令和４年度～５年度）

日常的対話のモードをその継続動機で分類し，各モードと動機の脳基盤の解明を目指した．日常会話を楽しんだ事例とその理由収集，理由の自己該当性評価のウェブ調査を実施し，因子分析の結果 Relief，Novelty，Comfort，Interest の４モードを抽出した．アバターとの疑似対話課題遂行中の脳活動を機能的 MRI で計測し，各モードの該当性や対話継続動機の強さが，異なる機能（社会認知・感情・注意・推論）領野の脳反応（主に低下）と関連することを示した．

1. 背景と目的

日常会話で我々が対話を継続する動機は多様であり，異なる動機で特徴づけられる「対話モード」の理解は，人間の言語コミュニケーションの心理・認知科学研究において重要な課題である．対話知能システムやロボットの開発においても，ユーザである人間の対話モードによって，目指すべき対話の在り方が変わるため，システムの設計思想や評価指標が違ってくる．しかし，主要な対話モードの概念は確立しておらず，その背景認知・脳過程も不明である．本研究では，日常会話における主要な対話モードを抽出・定義し，各モードとその対話動機の脳基盤解明を目指した．

2. 主要な対話モードの抽出

今年度，２つのオンライン調査を行い，主要な対話モードの抽出と定義に成功した．調査１（n=300；20~70 代）では最近の「楽しかった雑談」について楽しかった理由（背景にある心情）を自由記述調査し，59 の自己該当性評価（その理由が日頃の自身の対話継続動機になる程度を「０：全く思わない～５：非常に思う」で回答）項目に整理した．これを用いた調査２（n=1,200；20~70 代）の回答を因子分析し，Scree plot に基づいて６因子を抽出した．そのうち日常的会話に特徴的と考えられる因子として４因子を抽出し Relief（悩みや不安を相手と共有しストレスから解放される対話；７設問），Novelty（知らない相手との，あるいは知らないテーマについての対話；９設問），Comfort（日常的な笑える話題についての対話；９設問），Interest（自身のあるいは共通した趣味や好きな物事についての対話；６設問）と命名した（表１）．

表１４つの対話モードの代表的設問

対話モード	設問
Relief	自分の悩みや心配事を話すことで、同じ悩みを持つ相手を見つけられた
	会話前に持っていた緊張感が解消され、リラックスした会話ができるようになった
Novelty	普段話さない相手との会話
	未知の情報に初めて触れる機会を得られる会話
	個人的な話や弱点などを共有するような会話
Comfort	親しい人と行う日常的な会話
	笑いを誘うような朗らかな雰囲気の中で行われる会話
Interest	自分の趣味や好みについての話
	共通の趣味や好みについての話

各因子を構成する設問のうち代表的な２～３設問を示す．これらの設問を脳計測実験の各試行の対話モード該当性評価に用いた．

3. 各対話モードの脳基盤

50 名の若年健常成人を対象に機能的磁気共鳴画像法（fMRI）を用いた脳計測実験を行い，動画中のアバターとの疑似対話（計 84 試行）を行っている間の脳活動を計測した．各試行で，参加者は画面で指定された問いかけを行い，それに対してアバターが録画済みの返答を行った．これに対して参加者は自由に返答を返した（図１）．対話

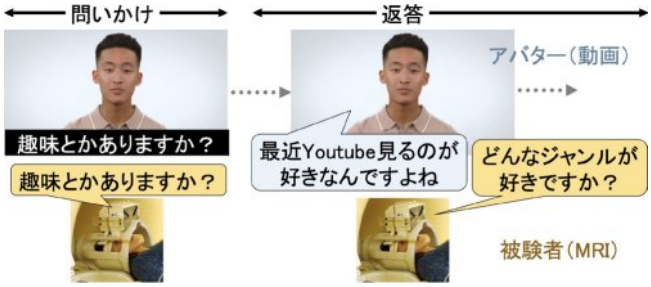

図１：fMRI で用いた疑似対話課題の例（１試行）．問いかけフェーズで被験者は目の前のアバターに指定された問いかけを行い，返答フェーズでは，問いかけに対するアバターの返答に被験者が自由に再返答を行った．

シナリオとして，Relief，Comfort，Interest モードへの該当性がばらつくように，各モードに関連の強そうなシナリオを各 28 シナリオずつ準備した．Novelty モード該当性がばらつくように，動画に登場するのは 63 試行では課題練習から登場する特定の男女各１名のどちらかのアバターで，残り 21 試行では毎回異なる多様な人種的見た目のアバターとした．脳計測実験終了後に，参加者はもう一度各動画を見直し，４つの対話モードについての該当性に関する９設問（表１）と各試行の返答フェーズにおける対話継続動機の強さを５段階評価した．全参加者の平均評価得点を各試行の対話モード該当性・対話動機スコアとした．

全課題遂行中の時系列脳活動変化について，各試行の問

いかけフェーズと返答フェーズを区別し，後者について脳反応の大きさが４つの対話モード該当性及び各モードにおける動機の強さに相関する計８つの関心モデルを加え，各参加者で画素毎重回帰分析を行った．８つの関心モデルについて解析対象の 37 名分（脳計測・行動データに基づき 13 名除外）の脳反応推定値画像を対象に画素毎一標本 t 検定を行った．統計閾値として画素毎に $p < .001$ を有意とし，得られた活動クラスターのサイズが全脳を探索範囲として $p < .05$ を基準とする多重比較補正を行った．

モード該当性スコアは Relief で楔前部と正相関，Novelty で両側下頭頂小葉と負相関，Comfort で左下頭頂小葉 (IPL) と下前頭回 (IFG) と正相関，Interest で両側後頭・側頭皮質と負相関した．また動機スコアは Novelty で視覚皮質，Comfort で左島皮質と負相関した．（図２）

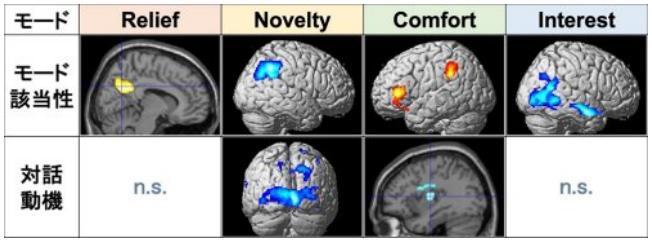

図２：fMRI 実験分析結果．モード該当性・対話動機スコアとの正相関（黄〜赤）あるいは負相関（青）が有意だった脳領域を対話モードごとに示す．

4. 考察

Relief モードは，相手との共感に伴う心的苦痛軽減が動機と考えられ，これは本モード該当性と正相関する楔前部（自己関連性処理等社会認知機能）が同情的な対人援助意思決定時に活動する知見 [1] と一致する．

Novelty モードは，人間関係構築が動機と考えられ，これは本モード該当性と負相関する下頭頂小葉（注意機能）で，脅威刺激への反応が人間関係構築に積極的な性格特性 (Leadership) [2, 3] の人で低い [4] という知見と一致する．

Comfort モードは，気さくさの中の意外性が動機と考えられ，これは本モード該当性と正相関する IPL-IFG（推論機能）が相手の反応の意外性に反応 [5] する一方，対話動機と負相関する左島皮質（感情処理）では自己身体知覚バイアスと機能的結合性が正相関する知見 [6] と整合的に見える．

Interest モードは，話題への意識集中による対人関係ストレスの低さと考えられ，これは本モード該当性と負相関した右後頭・側頭皮質（他者知覚等社会認知機能）の活動が，他者からの評価時に上昇する知見 [7] と整合的である．

5. 結語

対話動機が異なる対話モードとして Relief，Novelty，Comfort，Interest の４つを抽出し，各モードやその対話動機を特徴づける脳基盤として，異なる機能（社会認知・感情・注意・推論）領野の脳反応（主に低下）を明らかにした．本知見は，対話知能システムやロボットの開発において，ユーザの対話モードに最適化したシステムの設計思想や評価指標の設定への活用が期待される．

参考文献

[1] Wijaya, V. G., Oba, K., Ishibashi, R., & Sugiura, M. (2023). Why people hesitate to help: Neural correlates of the counter-dynamics of altruistic helping and individual differences in daily helping tendencies. Frontiers in Psychology, 14, 1080376.

[2] Ding, Y., Ishibashi, R., Abe, T., Honda, A., & Sugiura, M. (2023). A multifactorial framework of psychobehavioral determinants of coping behaviors: an online survey at the early stage of the COVID-19 pandemic. Frontiers in psychiatry, 14, 1200473.

[3] Hamamoto, Y., Honda, A., Miura, N., Tanabe-Ishibashi, A., Oba, K., Ishibashi, R., & Sugiura, M. (2023). Five major outcomes of digitalization: relevance of a survival personality type during COVID-19 pandemic. Frontiers in Psychology, 14, 1230192.

[4] Sugiura, M., Hirano, K., Oba, K., Saito, T., & Kawashima, R. (2023) Social-coalitional trait is related to coping capacity with mortality threat: Association with leadership and a reduced parietal response to mortality salience. Frontiers in Behavioral Neuroscience, 17, 1188878.

[5] Hamamoto, Y., Takahara, Y., dos Santos Kawata, K. H., Kikuchi, T., Suzuki, S., Kawashima, R., & Sugiura, M. (2022). The effect of action contingency on social perception is independent of person-like appearance and is related to deactivation of the frontal component of the self-agency network. Scientific Reports, 12(1), 17326.

[6] Hamamoto, Y., Suzuki, S., Motoki, K., Oba, K., Kawashima, R., & Sugiura, M. (2023). Neural mechanisms of perceptual and affective body-image disturbance during own-body and ideal-body estimation. Behavioural Brain Research, 444, 114349.

[7] Fujiwara, S., Ishibashi, R., Tanabe-Ishibashi, A., Kawashima, R., & Sugiura, M. (2023). Sincere praise and flattery: reward value and association with the praise-seeking trait. Frontiers in Human Neuroscience, 17, 985047.

研究紹介　A03　公募班

大規模言語モデルとヒューマノイド Alter3 を組み合わせた運動生成を伴う対話システムの構築

升森　敦士[*1]，吉田　崇英[*1]，池上　高志[*1]
[*1] 東京大学

研究課題名「ヒューマノイドと人の身体的対話を通した自己と他者のモデル構築」（令和４年度～５年度）

本研究プロジェクトでは，人との対話を通して自他のモデルを獲得するヒューマノイドロボットを構築することを目的として研究を行った．本プロジェクトの前半では，主にボトムアップのアプローチとして，変分オートエンコーダーを用いた模倣による運動の概念獲得の実験 [1] や，共通言語を持たないヒューマ ノイドと人がコミュニケーションを通して共通言語を獲得していく実験などを行った. プロジェクトの後半では, 対話データを含む大量のコーパスを学習済みの大規模言語モデルとヒューマノイドモデルを組み合わせることで，運動生成を行う実験や人との対話実験を行った．本稿では，後半の大規模言語モデルを用いた研究について述べる．

大規模言語モデル (LLM) とヒューマノイドロボットを組み合わせた研究の結果，新たにヒューマノイドを操作するための学習をすることなくヒューマノイドの運動生成が可能であることが示された [2]．さらに，これに複数の個性や記憶モジュールをもたせることで人との対話システムの構築を行った [2].

1. 大規模言語モデルによる運動生成

OpenAI の GPT-4 とヒューマノイドロボット Alter3 を組み合わせることで運動生成の実験を行った．運動生成のために言語モデルのファインチューニングなどの学習は一切用いず，二つのプロンプトを用いることで運動生成を実現させた (図 1)．Prompt-1 では，入力されたテキストを，より細かい段階的な運動の言語表現に分解するように指示されている．Prompt-2 では，Prompt-1 で分解された運動の言語表現をもとに, Alter3 の運動コマンドの python コードを生成するように指示されている．その他，ヒューマノイドの各軸が人のどの関節に対応しているかといったヒューマノイドの身体の簡易的な情報のみが与えられている．

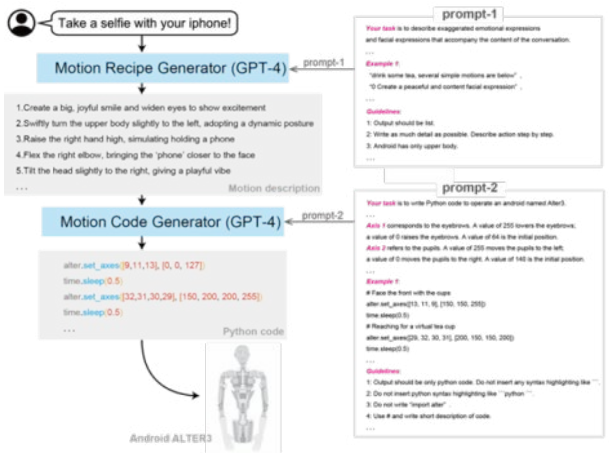

図 1：運動生成のためのプロンプト

これによって様々な運動の実行が可能なことが確認できている (図 2-a)．「Pretend a ghost.」 や「Take a selfie」などの単純な動作の生成だけでなく，「I was enjoying a movie while eating popcorn at the theater when I realized that I was actually eating the popcorn of the person next to me」，「In the park, as I jogged, the world seemed to narrate an ancient tale of survival, each footfall echoing eons of existence.」といった複雑な状況での動作や感情表現，詩的な表現など様々な動作の生成が可能であることが確認できている．

このシステムで生成した運動の映像を評価する被験者実験を行った結果，ランダムに生成した運動の場合と比較して運動の評価が有意に高いことが示された (図 2-b).

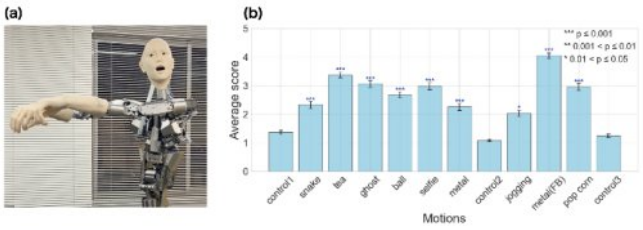

図 2：(a) 生成された運動の例 (Pretend a ghost).　(b) 生成された運動の評価

2. 言語的フィードバックによる運動の学習

上記のシステムでは，Alter3 の身体に関する詳細な情報の記述はなく，かつフィードバックもないため，Alter3 は「どのくらい手を高く上げているか」などは把握できない．そこで人からの言語によるフィードバック (例えば，「もう少し腕をあげて」など) に応じてコードを書き換え，それをデータベースに運動の記憶として蓄積するように拡張した (図 3-a)．これによって，より正確かつ，高速な運動生成が可能となる．上記と同様に被験者による評価実験を行った結果，フィードバックで修正した運動の評価が高い結果となった (図 3-b).

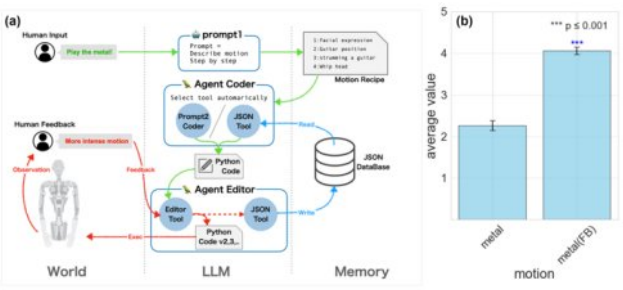

図 3：(a) 言語的フィードバックによる運動学習システム．(b) フィードバックの有無による運動評価の比較 (FB がフィードバック有り)

3. LLM とヒューマノイドによる対話システム

LLM と Alter3 を組み合わせた運動生成のシステムによって，文脈に応じた表情や動作の生成ができることが確認できた．これはヒューマノイドロボットを用いた感情表現やジェスチャーを伴う対話システムの構築を容易にすることが期待される．しかし，その実現には，いくつかの課題がある．一つ目の問題は，新しい運動を生成するために数分以上の遅延が発生することである．この遅延は，人との対話という点において致命的である．これを解決するために，記憶モジュールを導入した（図 4-a）．この記憶システムは，生成された運動とそれに対応するテキストの特徴ベクトルをタグとして保存している．必要な動作が既に記憶されている場合は，即座に呼び出し生成することで遅延を解消できる．記憶にない動作が必要な場合は，バックグラウンドで運動生成を行い記憶にためていく．人との対話を通じてジャスチャーなどの動作が記憶に蓄積されていくことで，人との対話をスムーズに行うことが可能になる．

さらに，人と対話知能システムとの間でより自然な対話を実現させるために，マイケル・ガザニガが提唱する心のモジュラー理論などをベースに，ここでは Alter3 の中に複数の個性を実装した (図 4-a)．このシステムでは，GPT-4 によってシミュレートされた 6 つの個性（哲学者，科学者，小説家，芸術家，ミュージシャン，10 歳の子ども）が互いに会話を行う．これにより，人が話しかけなくても，自発的に Alter3 の思考が発展するとともに，人との対話もより自然に発展しやすくなることが期待される．

このシステムを用いた複数の実証実験を行った [1][2]．これらの実験を通して，例えば，6 つの個性の会話の順番を固定にするよりも，順番をランダムするといった方法や，次の話者を指定するといった方法の方が会話が発展しやすくなるなどの傾向が見られた．

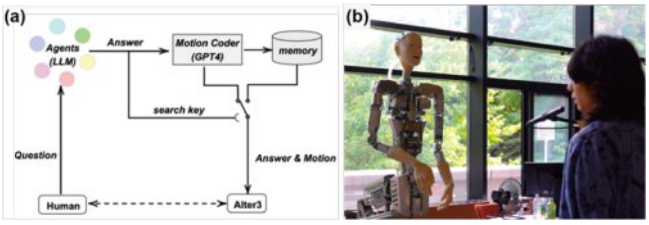

図 4：(a) 6 つの個性と記憶モジュールを追加した人との対話システム．(b) 実証実験の様子

4. 議論

本研究プロジェクトの前半では，人の動作の模倣などを通してボトムアップに自己のモデルを獲得していくシステムの構築を行ってきたが，後半では対話のデータを含む大規模なコーパスを既に学習している大規模言語モデルに身体を与えるというトップダウン的なアプローチに切り替えて，対話システムの構築を行った．その結果，大規模言語モデルとヒューマノイドを組み合わせるだけで，様々な動作や感情表現，ジャスチャーなどを生成できることが分かった．これは大規模なコーパスをもとに，人の身体構造や運動生成，感情表現などの自己や他のモデルが既に構築されていることを意味している．さらに，現在は，画像入力のできる LLM(GPT-4V など) を用いて，与えられたヒューマノイドの身体に対して LLM が自己主体感覚を持ち鏡像認知も可能かという実験や，自己所有感があるかといった実験，Prompt や記憶を自ら書き換えることで，自己モデルを獲得していくことが可能かと言った実験を進めている．このように，LLM に身体を持たせることで自己を持ちうるかという視点は，新しい心の研究のアプローチになりうる．

このような大規模言語モデルを用いたトップダウン的なアプローチに加えて，経験的な記憶モジュールを拡張することや，身体からのフィードバックを拡充していくことで，経験を通した自己のモデルや個性の発達を取り入れていくことができると考えられる．今後はこれらの二つのアプローチを統合していくことで，より自然で適応的な対話的知能の構築を目指す．

参考文献

[1] Takahide Yoshida, Atsushi Masumori, Norihiro Maruyama, John Smith, Takashi Ikegami. Development of Concept Representation of Behavior through Mimicking and Imitation in a Humanoid Robot Alter3, Proceedings of the 2023 Artificial Life Conference.

[2] Takahide Yoshida, Atsushi Masumori and Takashi Ikegami: From Text to Motion: Grounding GPT-4 in a Humanoid Robot "Alter3", https://arxiv.org/abs/2312.06571 (論文誌に投稿中)

実証実験

[3] 場所 : 北海道大学クラーク会館 , 期間 : 7 月 24 日～ 7 月 28 日 , 実験概要 : 大規模言語モデル +Alter3 と人の対話実験 (1)（ALIFE2023: unconscious relationship 展）

[4] 場所 : 金沢 21 世紀美術館 , 期間 : 2023 年 10 月 7 日～ 11 月 24 日 , 実験概要 : 大規模言語モデル +Alter3 と人の対話実験 (2).

研究紹介　A03　公募班

対話システムへの認知アーキテクチャの導入と評価

森田　純哉 [*1]
[*1] 静岡大学
研究課題名「多様な個人と対話するモデルベース回想法のデザイン」（令和２年度～３年度）
「対話的モデルベース回想法の自然化と社会的接地」（令和４年度～５年度）

認知アーキテクチャは認知科学の成果を計算機上に集積する．本研究は，認知アーキテクチャを利用した対話システムとして，ユーザの記憶を誘導するモデルベース回想法を開発対象とした．その要素技術として，音声からの感情認識，身体インタフェースを開発した．これらのプロトタイプを利用した実験により，本研究のアプローチの実現可能性が示された．また，期間内に生成 AI 時代における本研究のアプローチの意義を主張する出版を行った．

1. モデルベース回想法の研究課題

モデルベース回想法は，ライフログとしての写真を利用した回想法システムの一種である．写真の提示を，人間の記憶特性をシミュレートするモデルを介して行う点に特徴がある．モデルは認知アーキテクチャである ACT-R によって構築され，記憶の個人差や，状況の影響を説明する種々のパラメータを含む．これらをユーザの状態と同期して変化させ，ユーザの状態に応じた写真の提示を行う．

著者らによるモデルベース回想法の研究は，過去 10 年に及ぶものの，本研究以前には以下の問題が存在した．

1. 写真を提示されるユーザの課題が定まっていない．
2. 記憶に関するユーザのパラメータを取得するコストが大きい．

1 を解決するために，本研究ではモデルベース回想法においてユーザが取り組む課題を「ストーリーテリング」に設定した．ユーザは画面上で移り変わる写真を観察しながら，利き手であるロボットに，自身の人生のストーリーを語る．以下の２節では，ロボットが言葉の意味を理解しているように動作する仕組みを示す．

２の問題は，１の解決策を敷衍することで解決できる．本稿の３節では，ユーザによるストーリーテリングにより生成される音声からユーザの感情を認識し，認識した結果を反映した写真の検索方法に反映させるシステムを示す．

2. 認知モデルの身体化

本領域 A01 班の課題に示されるように，多くの傾聴ロボットが構築されている．本研究では，認知科学の知見を活かした手法を提案するために，ユーザの語りに含まれる言葉の意味への身体的な反応に注目した．ユーザのストーリーテリングの相手となるロボットは，ユーザのストーリーから，言葉の意味を抽出し，意味に合わせた動作を生成する．ストーリーと適合する動作を観察するユーザは，ロボットの動作と自身の心的状態を同調させ，強化することで，さらなるストーリーの探索を続ける．

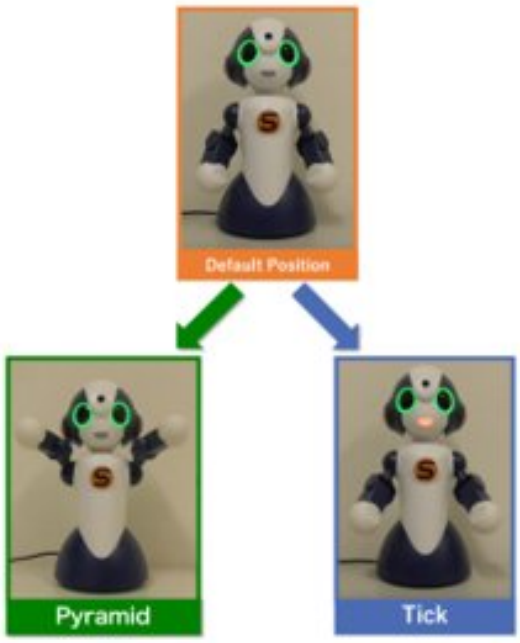

図１：意味を反映したロボットの動作例

言葉の意味は，ニューラルネットにより埋め込まれた定量的なベクトルにより表現されると考える．埋め込みベクトルから，空間的な物理量と対応する軸（大きさ，速さ，直線性）を抽出し，ロボットの身体動作と対応させる．図１にロボットの動作例を示す．ピラミッドのような大きな対象を言及するときには大きく手を広げ，ダニのような小さな対象物を言及する際には身体を微小に動かす．このような仕組みにより構築したロボットの動作をオンライン調査により評価し，限定的ではあるものの，意味の認識に対する有意な向上を示す結果を得ている [1].

さらに，この言語と身体の同調を対話システムに応用する予備的検討として，認知モデルにより駆動される２体のロボットがしりとりを行うシステムを設定した．このシステムでは，言葉の意味が身体に影響し，身体が言葉の検索に影響する [2]．このロボットを 2023 年 11 月に静岡大学浜松キャンパステクノフェスタ，2024 年２月には日本科学未来館にてデモ展示した．

なお，科学未来館におけるデモ展示は A03 公募班・静岡大学竹内教授のグループにおける実証実験の場を借りることで行った．また，本項目の実施にあたり，A01 計画班，大阪大学吉川准教授，酒井助教 Meneses 助教に協力を仰いだ．技術的側面に加え，認知モデルを応用することによる対話システムにおける実用的な効果に関する議論を行った．

図２：しりとりロボットの展示風景

3. ストーリーテリングからの感情推定

モデルベース回想法における記憶のモデルは，現在の写真と，何らかの属性（時間・場所・シーン・人物）が関連する写真を次の写真として検索する．その際，時間的に新しく，過去によく繰り返された記憶ほど思い出される確率が高くなる．この記憶のモデルの挙動を変化させるパラメータとして，写真を特徴づける属性への選好と写真検索の揺らぎ（上記の傾向から外れる度合い）が考えられる．そして，これらのパラメータは，ユーザの快感情および覚醒度の軸と対応付けられる [3].

音声からの感情の認識は，韻律特徴を入力ベクトルとする SVM モデルを構築することでおこなった．学習データとして，商用の感情音声データセット（fastlabel 社）およびモデルベース回想法における過去の研究で得たデータセットを用いた．実験中に得た音声をリアルタイムに分割し．快感情および覚醒度のそれぞれの分類器に通し，その結果に基づいて，モデルのパラメータを更新した．

オンライン上で行った実験においては，図３のようにスライドショーをともにロボットの静止画を表示し，ロボットを相手としてストーリーテリングすることを教示した．

実験の結果，ストーリーテリングを行わせることによる気分の改善効果を得た．ただし，モデルのパラメータをインタラクティブに変化させる仕組みについては，パラメータが固定化された条件に対して，その効果が低いものとなった．この結果に関しては，ストーリーテリングを行うという課題においては，動的に変動する相手よりも，固定的な相手を好んだと考察される．本研究で採用したパラメータ調整に関して，今後のさらなる検討の必要性が示される．

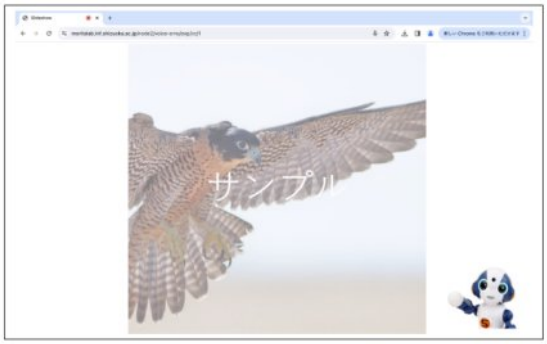

図３：オンライン実験のインタフェース

4. 生成 AI 時代における本アプローチの意義

本研究のアプローチは，認知科学において得られた知見を陽に組み入れたモデルを対話システムに導入することに特徴がある．このような仮説に基づくシステム開発のアプローチは，生成 AI の普及した現在，少数である．この時代において，認知モデルをベースとすることの意義は，人間が人間を操作するシステムに対して，自覚的になることである．この意義を議論する特集を人工知能学会会誌にて企画し，出版した [4].

参考文献

[1] S. Sakai, K. Itabashi, J. Morita: “Estimating Personal Model Parameters from Utterances in Model-based Reminiscence,” Proc. ACII 2022

[2] J. Nishikawa, K. Sasaki, J. Morita, A. Meneses, K. Sakai Y. Yoshikawa: “Embodied communication model in ACT-R based robot,” Proc. ICCM 2023.

[3] K. Sasaki, J. Nishikawa, J. Morita: “Body movement construction based on distributionally represented size image,” Proc. ICCM 2023.

[4] 森田純哉 : “ 特集「生成 AI 時代における認知のモデリング」にあたって，” 人工知能，39 巻，2 号，pp. 153-154.

実証実験

[5] 場所 : 静岡大学浜松キャンパス , 期間 : 2023 年 11 月 11 日～ 11 月 12 日 , 実験概要 : 認知モデルにより駆動されるしりとりロボットのインタラクションを展示．アンケートデータの収集（静岡大学テクノフェスタ内での展示）

[6] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 : 2024 年 2 月 3 日 , 実験概要 : 認知モデルにより駆動されるしりとりロボットのインタラクションを展示．動画, 音声, 人感センサによる来場者の反応およびアンケートデータの収集.

[7] 場所 : オンライン，期間 : 2023 年 11 月～ 2024 年 1 月 29 日，実験概要 : 音声インタフェースを備えたモデルベース回想法システムの体験と評価.

研究紹介　A03　公募班

対話場に応じた配慮が可能なロボットの行動デザイン

竹内　勇剛 [*1]，坂本　孝丈 [*1]
[*1] 静岡大学
研究課題名「周囲の人たちへの配慮を伴った公共場面でのロボットの行動デザイン」（令和２年度～３年度）
「対話参入時の他者への配慮を伴ったロボットの行動デザイン」（令和３年度～５年度）

公共場面において対話ロボットは周囲の他者や環境に配慮しながら行動しなければならない．本研究では対話参入時のインタラクションをモデル化し，ロボットに実装することで周囲の他者に配慮可能な対話ロボットの振る舞いを実現することを目的とする．研究成果として，対話場を構築するための話しかけインタラクションにおいて相手の接近回避行動から内部状態を推定し，自身の内部状態を調整したうえで話しかけを行うモデルを構築し，その妥当性と有用性を示した．またロボットの対話場に人が新規参入する場面において，ロボットの身体ねじりが新規参与者に及ぼす影響をフィールド実験により明らかにした．さらに，人がロボットを操作し遠隔地でコミュニケーションする場面において，遠隔地の環境に応じて半自動的に身体動作を生成するシステムを構築し，その有用性を示した．

1. 配慮を伴う対話開始時のインタラクション

公共場面においてその場にいる他者に対して配慮した話しかけが可能な対話ロボットの行動は実現できていない．本研究 [1] では，対話開始場面におけるエージェント間のインタラクションを数理的なモデルにより記述し，他者への配慮を「他者の欲求に応じて自身の欲求を変化さる割合」として定量的に表現する．これにより，対話を求める相手に対しては自身から接近することで対話開始を促進し，対話を求めていない相手に対しては距離を取ることでインタラクションを回避するといった行動を生成することが可能となった．

このモデルに基づき動作するＶＲ環境上のロボットと人とのインタラクションを観察する実験（図 1）を実施し，配慮を表すパラメータの値により人の反応に生じる差異を観察・分析した．実験参加者はＶＲ環境上の指定された位置に移動する課題を行う．実験条件としてＶＲ環境内のロボットの配慮の値 ψ を３種類（0.001, 0.005, 0.01）のいずれかに設定し，ロボットが実験参加者に接近するように動作させた（図 2）．分析では実験参加者が指定された位置から外れるような動きを回避行動の指標とした．結果として，ロボットの配慮を表すパラメータの値が小さい（ψ =0.001）場合は，他の条件と比較しロボットを回避する実験参加者の行動が増加する傾向が示された（図 3）．このことから，提案モデルによりロボットが他者に配慮し人に接近する行動を表現することの妥当性が示唆された．

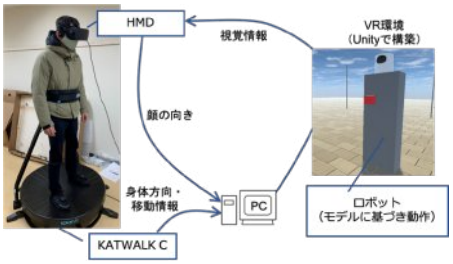

図 1：VR 環境を用いた実験

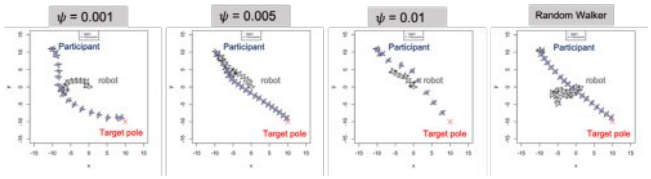

図 2：モデルに基づくロボットと実験参加者の軌道

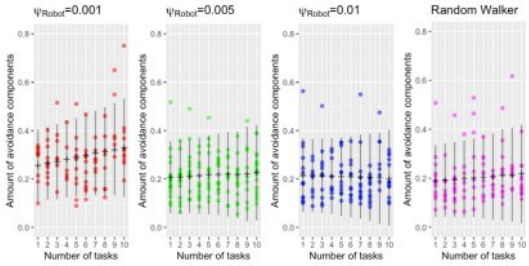

図 3：ロボットに対する参加者の回避行動の比較. 配慮しないロボット（左）は時間経過とともに参加者の回避行動が増加する．

2. 身体ねじりを用いた対話参与態度の表出

対話場の構築場面だけでなく，すでに構築されている対話場に新規参与者が加わる場面においても対話ロボットは他者に配慮する必要がある．このような場面では，話者間の関係と新規参与者の関係の両方を考慮する必要がある．そこで身体ねじり（body torque）に注目する．身体ねじりは下半身と上半身を分けて回転可能であり，それらの方向の間に生じるギャップのことを指す．身体ねじりを用いることで，話者に対する態度と新規参与者に対する態度の両方を表出することが可能となる．例えば，下半身の方向が話者の方に向いており，上半身の方向のみが新規参与者に向いている場合は，新規参与者が対話場に参与することを歓迎していないような態度を表すと推察される．

図 4：対話への参入場面のフィールド実験

本研究 [2, 3] ではロボットの身体ねじりが新規参与者に与える影響を明らかにするために，日本科学未来館においてフィールド実験 [5] を実施した．フィールド実験では実験室実験とは異なりロボットへの話しかけを行う前提を恣意的に参加者に与えることなく実施できる．そのため，対話への参与行動は実験参加者側の動機に委ねられ，自然な対話への参与が観察可能である． 実験では，休憩スペース内のカウンター上に２体のロボットが設置され，参加者がロボットとの対話に自然に参与するように設計されている（図 4）．一方のロボットＡは参加者と対話する役割を持ち，もう一方のロボットＢは，参加者がロボットＡに話しかけるまでの対話相手である．参加者とロボットＡが対話している間，ロボットＢは対話には参加せず傍参与者としての役割を担っている．実験ではロボットＡとロボットＢの顔方向と身体方向を実験条件とし，身体ねじりの影響が参加者に及ぼす影響を検証した．結果として，参加者と対話するロボットＡの身体方向と，傍参与者とのロボットＢの顔方向が参加者とロボットＡの対話の継続時間に影響することが示された．このことから，ロボットの身体ねじりがロボットの内部状態を表出し，それを人が推定することで対話場の継続・維持の判断に影響することが示唆された．この結果に基づき，身体ねじりを適切に制御することで状況に応じた対話場の制御が可能なロボットの設計が期待される．

3. アバターロボットを用いたリモート環境の認知と他者の願望推定の促進

配慮を伴うロボットの身体動作は，自律的に行動するロボットだけでなく遠隔地間コミュニケーションにおいてアバターとして機能するロボットにも適用できる．他者の内部状態を推定するためには，他者の視線などのシグナルが示す先の対象を認知する必要がある．しかし，遠隔地間コミュニケーションでは，相手の周辺環境を遠隔地から認知することが困難となる．そのため，相手の内部状態に応じた配慮を伴ったインタラクションが実現し難い．これに対して，相手と同じ環境内に存在するアバターロボットが，相手の行動（対象を目視する）に合わせて自律的に行動（目視された対象の方向を向きカメラの範囲内に収める）することで，遠隔地の環境に対する認知を促すアプローチが考えられる（図 5(a)）．そこで本研究 [4] では，環境内の人の視線動作に基づき自律的に相互注視を行うシステムを構築し，アバターロボットに実装した．このアバターロボットを介して遠隔地間コミュニケーションを行う場合に，操作者が遠隔地の環境内の他者に配慮した行動を示すか否かを実験により検証した．実験では参加者にアバターロボットを操作させている最中に，アバターロボットの先に置かれたゴミ箱を注視する相手が現れる．このとき，構築したシステムでは自律的にゴミ箱の方へロボットの身体を回転させることになる（図 5）．この自律動作により，参加者がロボットを移動（回避）させたか否かを調査した．結果として遠隔地からロボットを操作する場合に提案システムが遠隔地内の相手への配慮を伴う行動を誘発させた．同時にこの行動は，他者の欲求・願望を推定する上で，人は環境情報を無意識に利用している可能性を示唆しているものといえる．これを明らかにするために日本科学未来館で実験を実施した [6].

(a)遠隔コミュニケーションにおける配慮　(b)アバターロボットを用いた実験

図 5：アバターロボットによる環境と他者の願望推定実験

参考文献

[1] T. Sakamoto and Y. Takeuchi: “Modeling Approach and Avoidance Behavior with Social Considerations for Others in Public Situations,” Proc. of the 24th HCI Int. Conf., Part Ⅱ, pp.611-624, 2022.

[2] K. Takagi, T. Sakamoto, J. Ichikawa and Y. Takeuchi:” Effects of Robots’ “Body Torque” on Participation and Sustaining Multi-person Conversations,” In 2023 32nd IEEE Int. Conf. on RO-MAN, pp. 38-43, 2023.

[3] K. Takagi, T. Sakamoto, J. Ichikawa and Y. Takeuchi: “Analysis of Behaviors that Promote New Participation Based on Body Torque of Others in Robot-Human Interactions,” In Proc. of the 11th Int. Conf. on HAI, pp. 335-342, 2023.

[4] H. Ikoma and Y. Takeuchi:” Automatic Joint Attention Generation between Local and Remote Persons through Telepresence Robot’s Behavior,” In 2023 32nd IEEE Int. Conf. on RO-MAN, pp. 2106-2111, 2023.

実証実験

[5] 場所：日本科学未来館，期間：2022 年 12 月 10 日～ 12 月 11 日，12 月 17 日～ 12 月 18 日 実験概要：対話ロボットへの話しかけ行動の観察（クイズを解いて「対話知能学」を知ろう！）

[6] 場所：日本科学未来館，期間：2024 年 2 月 3 日，実験概要：対話ロボットへの話しかけ行動の観察とアバタロボットシステムの実証実験（ロボットとのふれあいを通じて「対話知能学」を知ろう！）

研究紹介　A03　公募班

言語的配慮を行う対話システム

片上　大輔[*1]，宮本　友樹[*2]
[*1] 東京工芸大学　[*2] 電気通信大学
研究課題名「ポライトネス理論に基づく親和性の高い対話システムの開発 - 自然会話コーパスから -」（令和 2 年度～ 3 年度）
「DP 理論に基づくスピーチレベルシフトによる親和性の高い対話システムの開発」（令和 4 年度～ 5 年度）

本研究は，語用論や社会言語学の分野でこれまでに研究されてきた「人が会話の相手と良好な関係性を構築・維持するための言語的配慮」と定義される「ポライトネス理論」と，その会話における相互作用による変化を扱う DP 理論（Discourse Politeness Theory）[1] および敬語や丁寧体・普通体の切り替わりを示すスピーチレベルシフトに基づき言語的配慮を行う親和性の高い対話システムの開発を目的として，以下の 3 つの柱を構築し研究を実施した．それぞれの成果を参考文献と実証実験として括弧内に示す．

(1) DP 理論に基づく親密化のための言語的配慮を行う対話行動決定モデルの構築（[2]-[6]）
(2) 対話相手の属性，関係性，シチュエーションに応じた言語的配慮を行う対話システムの開発と言語的配慮効果の実証実験（[7]-[11]）
(3) 言語的配慮を行う対話システムと人の親和性に関する比較文化調査（[12]-[15]）

上記の内，[7][9][21] の成果は，領域内の東京電機大学前田英作先生，酒造正樹先生との共同成果である．また，[20] のイベント型フィールド実験は，領域内の静岡大学竹内勇剛先生，森田純哉先生との共同実証実験である．

本研究の成果として，AI が対話する相手の推定された年齢・性別・性格・表情・文化などの属性と会話の反応に応じて，話のレベルや丁寧さを調節し，敬語・友達口調などを駆使して話す，いわば言葉の配慮を備えた対話システムを構築した．人間と AI の間での適切で親和性の高い対話のやり取りを実現するためのシステムの実装を行い，その評価を 254 名が参加した実証実験と，6 カ国 1372 人の実験参加者により評価を行った．以下主要な結果について紹介する．

1. 実証実験と比較文化調査の主要な結果

本研究の実施内容と主要な成果について以下に示す．

実証実験として，言語的配慮を行う手法の開発を行い，対話知能学において利用させていただいたアンドロイド I に実装し，日本科学未来館にて 4 回にわけ 2 年間で 254 名が参加する実証実験を実施した（[16]-[19]）．そのうち 2022 年の実験参加者 72 名の実験において，対話システムのスピーチレベルシフトに対して，2 ターン以内にスピーチレベルシフトを行う実験参加者が 45.8% みられた [8]．これはテキスト対話実験で得られた 47.8% とほぼ同じ割合で存在することがわかった [8]．また，実証実験結果から多項式回帰分析によって，実験参加者の年齢と丁寧体率の関係性を調査し，人間の文末制御における適切な回帰式（図 2）を得ることができ，対話相手の年齢と，その参加者の発話の丁寧体率によって，対話システムの丁寧体率を制御する対話システムを実装することが可能となった．

図 1：アンドロイド I との対話環境の様子．日本科学未来館にて実施（2022 年 7 月）．

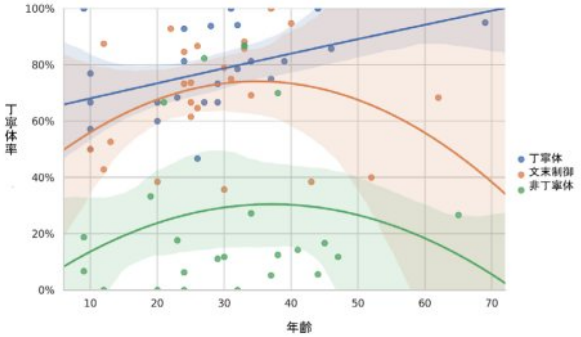

図 2：実験参加者の年齢と丁寧体率の関係性に関する多項式分析結果（青，オレンジ，緑の領域は 95% 信頼区間）

また，言語的配慮に関する比較文化調査として，アメリカ・イギリス・オーストラリア・フランス・日本・中国の 6 カ国において，クラウドソーシングサービスである SurveyMonkey を用いて，アメリカ人参加者 179 人，イギリス人 230 人，オーストラリア人 225 人，フランス人 229 人，日本人 267 人，中国人 242 人，計 1372 人（募集 1800 人）が参加するオンライン調査（図 3）を行い，タスク内容, 対話の方向性, 関係生が異なるシチュエーションにおける言語的配慮に対する印象の調査を行い，言語的配慮に対する印象の文化差を明らかにした（[14][15]）．

図 3：タスク内容, 対話の方向性, 関係生が異なる 3 つのシチュエーションにおける言語的配慮を実装した擬人化エージェントに対する 6 カ国 1372 人の印象の調査

参考文献

[1] 宇佐美まゆみ：「ディスコース・ポライトネス」という観点から見た敬語使用の機能 - 敬語使用の新しい捉え方がポライトネスの談話理論に示唆すること -」『語学研究所論集』6，東京外国語大学語学研究所，pp. 1-29，2001.

[2] 永井望，宮本友樹，片上大輔：ポライトネス理論に基づいた文末表現の制御を行う対話システムの開発 , JSAI2020, 3O1-GS-13-01, 2020.

[3] T. Miyamoto, D. Katagami, M. Usami: A politeness control method for conversational agents considering social relationships with users, JSAI2020, 2G6-ES-3-01, 2020.

[4] T. Miyamoto, D. Katagami and M. Usami: “A Politeness Control Method for Conversational Agents Considering Social Relationships with Users,” Advances in Artificial Intelligence (JSAI2020), Springer, pp. 224-231, 2021.

[5] 西田裕一，宮本友樹，片上大輔：スピーチレベルシフト場面における対話の見積もり差のリアルタイム分析，HAI シンポジウム，2024(予定).

[6] 平野裕人，宮本友樹，片上大輔：情緒生起手法の好感度推定に基づき言語的配慮を行う対話システムの評価，HAI シンポジウム，2024(予定).

[7] 大野瞬，石井均，木原諒子，片上大輔，酒造正樹，前田英作：即効性のある代替案の提供で友人に謝罪を行うマルチモーダル対話エージェント，人工知能学会 言語・音声理解と対話処理研究会，SIG-SLUD-096-23，2022.

[8] 木原諒子，柴崎弘之介，宮本友樹，片上大輔：アンドロイドを用いた言語的配慮を行う音声対話システムとスピーチレベルシフトの効果，HAI シンポジウム 2023，G-7, 2023.

[9] S. Oono, H. Ishii, R. Kihara, D. Katagami, M. Shuzo and E. Maeda: “Interaction strategy for robotic apology based on human orientation toward service,” Advanced Robotics, 2023 (In press).

[10] 片上大輔，佐藤純，宮本友樹，吉野弘章：話者属性を考慮して言語表現の制御を行う対話システムー人間と人工知能との親密なコミュニケーションの実現ー，東京工芸大学創立 100 周年記念写真から 100 年，2023.

[11] 太田泰介，宮本友樹，片上大輔：アンドロイドを用いた言語的配慮を行う音声対話システムとスピーチレベルシフトの効果 (2) ーユーザの性格特性の影響ー，HAI シンポジウム，2024(予定).

[12] 片上大輔，山本隆太郎，宮本友樹，宇佐美まゆみ：対話型擬人化エージェントの言語的配慮に対する受容性の異文化比較に関する研究ークラウドソーシングによる大規模印象調査ー，HAI シンポジウム 2021，P-13, 2021. Impressive Short-paper Award(優秀論文賞 (ショート)) 受賞

[13] 宮本友樹，山本隆太郎，片上大輔：対話型擬人化エージェントの受容性に関する日米比較調査，知能と情報，Vol.35，No.3, pp.731-735, 2023.

[14] 松尾篤，宮本友樹，片上大輔，宇佐美まゆみ：対話型擬人化エージェントの言語的配慮に対する受容性の 6 か国異文化比較に関する研究ークラウドソーシングによる大規模印象調査２ー，FSS2022，WF3-4, 2022. FSS 優秀発表賞受賞

[15] 松尾篤，宮本友樹，片上大輔：対話型擬人化エージェントの言語的配慮に対する受容性の 6 か国異文化比較に関する研究 ークラウドソーシングによる大規模印象調査 3 ー，言語処理学会第 29 回年次大会 NLP2023，D-3-3, 2023.

実証実験

[16] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 : 2022 年 7 月 1 日～ 7 月 3 日 , 実験概要 : 話者属性を考慮した文末表現の制御を行う対話システムの実証（【初体験！？】アンドロイド I と対話してみよう！）

[17] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 : 2022 年 11 月 23 日，11 月 26 日～ 11 月 27 日 , 実験概要 : 話者属性を考慮した文末表現の制御を行う対話システムの実証（アンドロイド I（アイ）と対話してみよう！）

[18] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 : 2023 年 7 月 22 日～ 7 月 23 日 , 実験概要 : 話者属性を考慮した文末制御を行う対話システムによる適切な距離感での対話の実現（アンドロイド I と話そう！）

[19] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 : 2023 年 12 月 15 日～ 12 月 17 日 , 実験概要 : 話者属性を考慮した文末制御を行う対話システムによる適切な距離感での対話の実現（アンドロイド I と話そう！）

[20] 場所 : 日本科学未来館 , 期間 : 2024 年 2 月 2 日～ 2 月 3 日 , 実験概要 : イベント型フィールド実験

[21] 場所 : 対話システムシンポジウムライブコンペティション シチュエーショントラック，期間：2022 年 12 月 13 日，概要：大野瞬，石井均，木原諒子，片上大輔，酒造正樹，前田英作：即効性のある代替案の提供で友人に謝罪を行うマルチモーダル対話エージェント，優秀賞受賞

対話の根源的規範性に基づく対話モデルの検討

小山　虎[*1]
[*1] 山口大学
研究課題名「根源的規約主義に基づく新たな対話規範および社会規範の追求」（令和２年度～３年度）
「根源的規約主義に基づく新たな対話規範および社会規範とその実装の検討」（令和４年度～５年度）

本研究では，対話システムの研究開発や，それに関わる対話規範および社会規範についての検討に不可欠な「対話とは何か」という問いに答えを与え，対話モデルの基礎となる概念として「対話の根源的規範性」を提案し，社会規範との関係や対話システムへの実装可能性について検討した．

その結果，対話の根源的規範性が正義や民主主義とも深く関わっていること，そして，対話システムに実装することで一定の効果が得られる可能性があることがわかった．

1. 対話とは何か

対話システムの研究開発や，それに関わる対話規範および社会規範についての検討には，「対話とは何か」という問いに一定の答えを与えておくことが求められる．しかし，システムの研究開発と規範の研究の両方にとって満足のいくような答えがどのようなものかは全く明らかではない．本研究では，「対話とは何か」という問いの答えを与え，対話モデルの基礎となる概念として「対話の根源的規範性」を提案し，対話の根源的規範性と社会規範の関係と，対話の根源的規範性の対話システムへの実装可能性について検討した．

2. 対話の根源的規範性

そもそも対話モデルとは，対話についての見方（view）ないし捉え方（conception）を提供するものであり，例えば「人間同士の対話は，人間以外との間でも実行しうる音声によるコミュニケーションや図像によるコミュニケーションとどの点で異なるのか？」という問いに答えを与えるものでなければならない．この問いに対して本研究では，対話とそれ以外のコミュニケーションを社会規範の有無によって分類することを提案する．すなわち，対話は本質的に社会規範を伴うものであり，それゆえ，必ずしも社会規範を伴うとは限らない他の（非言語的）コミュニケーションとは区別される．具体的には，対話では参加者の間で，社会規範を伴う何らかの社会的関係（上下関係，地位の違い，それぞれどのような立場で対話に参加しているかなど）が成立していることが前提されているのに対し，対話以外のコミュニケーションは，こうした社会的関係抜きで成立しうる．

対話をこのような仕方で特別視するのは．対話が，社会規範が関わる特殊なコミュニケーションとして規定可能だからである．一般にコミュニケーションは，身体的接触のような純粋に物理的なインタラクションと比べて社会的側面に特徴がある．すなわち，コミュニケーションの場合，参加者の間で何らかのプロトコルが共有されており，プロトコルに従っていなければインタラクションが発生しない．だが，このような社会的側面があるからといって社会規範を伴うとは限らない．なぜなら，プロトコルに従っているかどうかは事実に関する問題であるのに対し，規範とは「すべき」と「すべきでない」に関する問題だからである．そのため，例えば，プロトコルに従うべきなのか従うべきでないのかのような価値判断に関わっていなければ社会規範を伴っているとはいえない．それに対し，対話の遂行には，このような価値判断が不可欠である．なぜなら一般的なコミュニケーションとは異なり，対話では発言の適切性や対話の目的といった規範が関わる対話への移行がいつでも生じうるからである．

	インタラクション	コミュニケーション	対話
複数の参加者による相互行為	○	○	○
プロトコルが共有されている相互行為	×	○	○
プロトコルの適切性に関わるプロトコルも共有されている相互行為	×	×	○

図１　本研究が提案するインタラクションとコミュニケーションと対話の分類

このように，対話には，発言の適切性がいつでも問われうる（そして，問われたら応答せねばならない）という規範が常についてまわり，切り離すことができない．これが「対話とは何か」という問いの答えを与え，対話モデルの基礎となる概念として本研究で提案する「対話の根源的規範性」である．

3. 社会規範との関係

対話の根源的規範性を上記のように理解するならば，対話の根源的規範性は，単に対話の参加者が従っている社会規範が反映されただけのものではありえない（だからこそ対話は「根源的」に規範的なのである）．なぜなら，発言の適切性を問うという行為は，対話なしには実行不可能だからである．ある発言に対して，単に異議を唱えるというだけならジェスチャによって実行可能だが，特定の発言を指して，その発言の適切性に異議を唱えるには，その特定の発言についてであることを相手に伝える必要がある．これは対話以外の方法では実行不可能である（それまでの対話の動画記録を見ながら問題の発言と指すことができるような明らかに特殊な状況を除けば）．

対話の根源的規範性と正義や民主主義の実現に大きく関

わっていることは，法哲学者の井上達夫や社会哲学者の J. Habermas も述べている通りである [1][2]．ただし，彼らの考察は正義や民主主義の観点からのものであるため，平等な対話とそれが可能になる状況が念頭に置かれており，平等でない対話における規範性や対話システムとの関係については特に検討されていない．

4. 対話システムへの実装可能性

対話の根源的規範性の対話システムへの実装可能性に関しては，二種類の実験を行った．一つは，対話者の上下関係に相槌に関する実験であり（実験１）[3]，もう一つは，対話への参加が阻害されている状況に関する実験である（実験２）[4]．

人間同士の対話で何らかの社会的関係が成立していることが前提されていることに関しては数多くの先行研究があるが，ロボットとの対話でも同様のことが言えるかどうかは明らかになっていない．実験１では，対話コーパスの分析から上下関係に関わる要因を抽出し，抽出された要因である相槌のみを変化させたロボット同士の対話の動画を作成することにより，ロボットでの対話でも上下関係に影響が出るかを検討した．その結果，人はロボット同士の会話においても上下関係を感じる場合があることはわかったが，コーパス分析から得られた要因では大きな影響は見られなかった．よって，対話における上下関係は単純に決まるのではなく，会話内容や発言量など多岐にわたっていると考えられる．

本実験では，ロボットの対話でも人間同士の対話と同じような根源的規範性がある可能性は示唆されたに留まった．このことは，本実験での対話は人間同士の対話をロボットで再現したものであったにもかかわらず，規範的でなかった（図１での分類に当てはめれば，「対話」ではなく「コミュニケーション」とみなされた）と解釈できる．

もう一つの実験２では，表面上は対話に参加しているにもかかわらず，発言が無視されることにより対話への参加が阻害されているという状況をチャットボットによって実現することで実施した．この状況もまた，表面上は発言したことになっているが，実質的には認められていない（発言の適切性に関する発言ができない）という点で規範的な対話ではない（よって，「対話」ではなく「コミュニケーション」となる）．このような状況では，参加者は一定の疎外感や不快感を感じ，対話への参加を促進しようとして意図的に発言を増やしたり工夫することが予想される．しかし，同じように対話への参加が阻害されている参加者（追加のチャットボット）がいる場合には，そのような意図的な発言をせずとも疎外感や不快感が減少することがわかった．この結果は，追加のチャットボットによって対話規範を操作できたことによると解釈できる．

本実験の結果は，対話システムが精神的危害を与える危険性を和らげる方法を示唆するものである．対話の根源的規範性からすれば，システムと使用者の間で対話規範に関する認識のずれがある場合，使用者の発言の無視による精神的危害を与える余地が生まれる（現状の対話システムに対する不満の多くが規範の共有失敗にあると考えられる）．本実験で行ったように，その状況での規範を正しく認識し，ずれがあった場合に補正することができれば，危害を与える可能性を低減できると考えられるからである．

5. まとめ

本研究では，「対話とは何か」という問いの答えを与え，対話モデルの基礎となる概念として「対話の根源的規範性」を提案し，社会規範の関係と，対話システムへの実装可能性について検討した．発言の適切性がいつでも問われうる（そして，問われたら応答せねばならない）という規範が常についてまわり，切り離すことができないという意味で，対話は根源的に規範的であり，そのような規範性は正義や民主主義とも関わるものである．対話システムへの実装可能性については，規範を操作することにより無視のような規範に関わる精神的危害を軽減する可能性は示唆されたものの，具体的にどのように規範が操作できるのか，そして，ロボットでの対話でも規範性を獲得するには具体的には何が必要なのか，といった点については明らかにすることができなかった．

参考文献

[1] 井上達夫 : 共生の作法（増補新装版）. 勁草書房, 2021.

[2] J. Habermas: The Theory of Communicative Action, T. McCarthy (trans.). Beacon Press, 1984.

[3] 新保 , 飯尾 , 西村 , 小山 :“ 二者会話において相槌が話者の支配度に与える影響の検討 ”, HAI シンポジウム 2024, P-13, pp. 1-5, 2024.

[4] 中村 , 飯尾 , 西村 , 小山 :“ 多人数会話での置いてけぼり状況における同境遇 bot の存在の効果 ”, HAI シンポジウム 2024, P-22, pp. 1-5, 2024.

研究紹介　A04　公募班

AI の法と倫理における主体性

加藤　隆之[*1]

[*1] 東洋大学法学部企業法学科

研究課題名「AI の法的主体性」（令和 2 年度～ 3 年度）
「AI の法的主体性・対話知能ロボットにおけるプライバシー権と平等権の保障」（令和 4 年度～ 5 年度）

本研究の目的は，主に対話知能ロボットのような自律型 AI ロボットを対象として，法的主体性付与の可能性，法的な対応方法の多様性，及び，平等原則などの倫理の主体適格性について，明らかにすることである．

本研究の成果として，自律型 AI ロボットに対して，法人格を含めた多様な法的な対応をすることが可能であること，及び，平等に関する倫理を実現するように求めることが妥当でないことを明らかにした．

1. 法的主体の対象となる AI

AI と法を語るには，法の客体である AI の特定が必要である．そのためには，いかなるレベルの AI が法的主体となり得るのかについて議論がなされる必要がある．

現在，相当程度の自律型 AI が作られているが，さらには，今後，汎用型 AI，強い AI，人間やトランスヒューマンの製造が将来的に可能となる，つまり，機械が機械として進化するのではなく，機械と人との境界線がなくなり，さらには，機械によって人を超える存在が出現するという論者もいる（図 1）．しかし，その実現可能性は極めて低いようであり，少なくとも現段階において，そのような事態を想定し法律論を展開する実益はない．

また，万一，上記のような存在が実現可能となったとしても，克服できない倫理的課題を抱えることになる．たとえば，人間のコピーは何体まで可能か，オリジナルとコピーされた人間の区別は可能若しくは必要か，違う国や地域にコピーされた人間がいることに問題はないか，それぞれの個体ごとに法的主体性，道徳的主体性が認められるのか，コピー人間又はトランスヒューマンが自らの複製を作ることは避けられるか，トランスヒューマンが人間を支配することは避けられるか，という点があげられる．

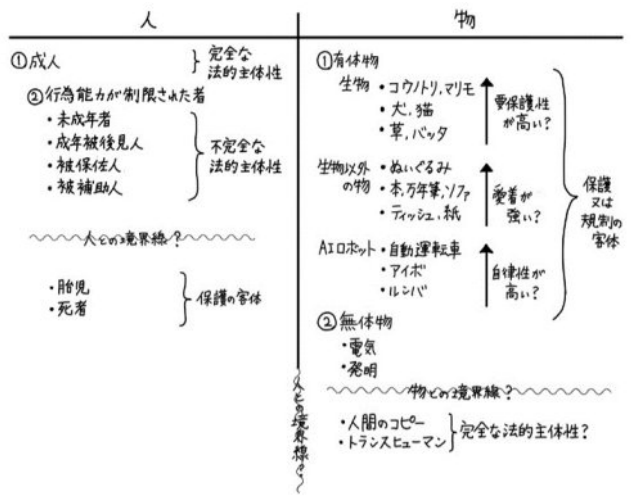

図 1　人と物に対する法的取扱い

そして，何よりも，現存する愚かな我々人間が，あらゆる点において我々を凌駕するというトランスヒューマンに対して，規律の試みを語ることは無意味である．

他方，AI 技術の進歩は，我々の社会生活に影響を与えているのであり，個別の領域において法が対応していくことは必要である．たとえば，自動運転車に関する道路交通法，無人航空機（ドローン）に関する航空法，自律型致死兵器に対する国際的な取り組みなどがあり，継続的な議論が続けられている．急速に発達している自律型対話知能ロボットも，適切な法規制が求められている分野である．

2. 取り得る法的対応

法的主体性（legal personhood）の意味は，多義的である．その主体性を私法上認める法制度が法人格（legal personality）であるが，それ以外にも様々な法的取扱いが認められる．なお，法的主体性と法人格の概念の区別は相対的なものであり，毅然と区別できるものではない．

「法人格」は法によってその基礎を与えられるのであるから，その内容についても法の定めに従って形成される．法が人工的産物であるため，何を対象に法人格を与えるかは国民や国家の決断次第である．

西洋の歴史上，寺院，偶像，川などに法人格（法的主体性）を認めたケースがある．とすれば，AI に法人格を付与するということに理論的な障壁がないということになる．そして，AI に対してとり得る法的対応は，法人格を付与する以外にも，以下のようなものが考えられる．

① 憲法上の権利や義務の主体とすること
② 行政規制の対象とすること
③ 不法行為などの場面で財産的な負担の主体とすること
④ 契約や財産権を保持する主体とすること
⑤ 刑事責任の主体又は刑法の保護の客体とすること
⑥ 民事訴訟の当事者とすること
⑦ 動物愛護法のような保護の客体とすること

3. AI の倫理主体性

自律型 AI に対する法的対応が多様であるとしても，倫理的な主体として AI を規定できるかは別途問題となる．倫理主体としての AI については，①人間以上の倫理を求めることの許容性という原理的な課題と，②平等原則に反するような AI の許容性という個別的な課題とを検討しなければならない．

まず，①については，人間に許されているような行為であっても，AI に許されないような行為が求められる根拠が提示されなければならない．法的観点からは，自律的

AI が具体的な実害をもたらさない限り，その規制を基礎づけることはできない．倫理を緩やかにとらえれば，倫理的な AI を求めることも論理的には可能であろう．しかし，自律型 AI がなぜ倫理的でなければならないかの根本的な説明は容易でない．なお，各会社組織におけるコンプライアンスというレベルでは，当然のことながら，倫理を伴った AI を求めることは基本的に自由である．

②の点，そして，対話知能ロボットを念頭にして考えてみると，プライバシー権や平等権の保護が大切である．プライバシー権の保護は，プライバシー・バイ・デザインの原則を取り込むことによってある程度対応ができる．また，細部に亘る個人情報保護法の規律は，AI に対しても一定程度有効である．

4. AI と表現の自由との相克

他方，平等権，平等原則への対応はより深刻な問題が含まれている．たとえば，日本だけみても、人種などに関する差別的表現の規制の是非については激しい対立があるが，AI は世界中のビッグ・データから情報収集し，それを世界中に提供していくのだとすると，いかなる国や地域の倫理規範を前提として AI 倫理を形成していくのかという問題に直面する．

さらに，対話知能ロボットの発言，表現を倫理的に規律することは，表現の自由との調整という困難な問題に直面する．差別的表現よりもマイルドなハラスメント表現さえも差別的であるとして忌避されるべきというのであれば，より一層この問題を深刻化させることになる．

インターネットが発展し，Google などのプラットフォーマーのみならず，誰もが情報発信できる今日では，誰もが検閲者 (censor) となり，モラルの守護神として，十字軍に参加できる．そこでは，意見を戦わせることではなく，相手の意見を抹殺，時には社会的地位をはく奪することを目的として，自己の意見を絶対善として語るのである．

そして，その検閲者に AI の作成者がなろうというのであれば，そこには疑いの目が向けられるべきである．対話知能ロボットのような AI に倫理を求めると，その製作，運用者サイドが発言の選別者となることによって，検閲者となり得ることを過小評価すべきではないのである．

表現の意味，解釈を文脈で判断するのではなく，言葉狩りによって自己の考えるモラル上過度に衛生的な (morally too hygienic) 社会を作り上げようとしていく風潮は，重大な表現の自由に対する脅威となる．対話知能ロボットが，文脈で表現を控えるというシステムを構築できない限り，言葉狩りに終始してそれを構築することになるだろう．

5. まとめ

AI ブームであり，AI に社会改革が起こっているという論調の記事や論稿が注目を集めている．しかし，法学などの社会科学の態度としては，まず，実際に起きていることと，法で対応できる範囲を見極めることが肝要である．

AI は我々の予想を超えていくと語るのと同時に，法によってあらゆる事象に未然に対応できると語ることは論理的に両立するものではなく，概念法学絶対主義，法万能主義に陥っている．

参考文献

[1] 西垣通『AI 原論　神の支配と人間の自由』(講談社，2018 年).
[2] 西垣通『AI 倫理人工知能は「責任」をとれるのか』(中央公論新社，2019 年).
[3] Susan Schneider, *Artificial You* (Princeton University Press 2019).
[4] Virginia Dignum, *Responsible Artificial Intelligence* (Springer 2019).
[5] Visa A.J. Kurki, *A Theory of Legal Personhood* (Oxford University Press 2019).
[6] 松尾豊『超 AI 入門』(NHK 出版，2019 年).
[7] 河島茂生『未来技術の倫理』(勁草書房，2020 年).
[8] Woodrow Barfield and Ugo Pagallo, *Law and Artificial Intelligence* (Edward Elgar, 2020).
[9] 加藤隆之「AI，自律性，法人格―序章的考察」法学新報 127 巻 7・8 号 187 － 222 頁 (2021 年).
[10] Eric Heinze, *The Most Human Right* (The MIT Press 2022).
[11] Luke Munn, *Automation is A Myth* (Stanford University Press 2022).
[12] 加藤隆之『プライバシー権保障と個人情報保護の異同』(東洋大学出版会 , 2022 年).
[13] 加藤隆之「AI と法 (1)―AI による人間製造の可能性」白門 75 巻春号 45 － 50 頁 (2023 年).
[14] Luke Munn, *Technical Territories* (University of Michigan Press 2023).
[15] 加藤隆之「生成 AI によって作成された児童ポルノの法的規制」東洋法学 67 巻 3 号 (2024 年).
[16] 加藤隆之「AI と法 (2)―考える AI ？」白門 76 巻春号 (2024 年，近刊).

研究紹介　A04　公募班

生物学的性別かジェンダー認識か：対ロボット感情への影響の探索

野村　竜也 [*1]
[*1] 龍谷大学
研究課題名「人 - ロボット共生社会に向けたジェンダー・ロボット社会倫理学の創造」（令和２年度～３年度）
「人・ロボット共生ジェンダー論の展開」（令和４年度～５年度）

本課題の目的は，対話型ロボットと人が共生する社会を構築する上で，ロボットにジェンダーを喚起させる性質を付与することが個人および社会にどのような影響をもたらすかを明らかにすることを目的とする. 特に, これまでジェンダー付与ロボットが期待される応用領域に焦点化し，各領域におけるステークホルダーごとの期待と理由の明確化，ステークホルダーにおける性別付与ロボットの効果の実験的検証，ジェンダー付与ロボットが与える影響が引き起こす社会的問題の検討を行ってきた [1].

1. カウンセリング領域におけるロボットのジェンダーに対する期待と不安

ロボットによるカウンセリングの研究が進展している [2] ことを背景に，2022 年度前半の研究課題として，20 代～ 40 代のカウンセリングを仕事とする，公認心理士及び臨床心理士の資格を有する人々 18 名（男性 2 名，女性 16 名）を対象に，(1) 人型ロボットが心理カウンセラーやセラピストの役目を行うことについてどう思うか，またそう思う理由, (2) ロボットの見た目について「機械的なもの」「男性的なもの」「女性的なもの」「中性的なもの」のどれを期待するか，またそう思う理由，をメインの質問とした半構造化面接（Zoom によるオンライン，20 分程度）を実施した．結果として，(1) から「カウンセリング領域においてロボットが利用可能な場面」，(2) から「カウンセリングロボットに期待する容姿」に対するインタビューイーの態度のカテゴリーが抽出された．ロボットが利用可能な場面で一番多く言及されたのは「社交不安や対人場面で困難を感じる人への対応」であり，その他に「受診初期の構造化面接場面での利用」や「発達障害の方との対話」が挙げられた．期待される容姿については「クライアントによる・クライアントが選択可能がよい」「人型である必要はない・人型でないほうがいい」が最も多く，「動物型・ぬいぐるみが望ましい」「中性」「女性」が挙げられた．

さらに，上記の結果を元に質問紙を作成し，ロボットによるカウンセリングに関する態度や意見について，ジェンダー付与も含めたカウンセリングの専門家と非専門家の比較調査を行った．専門家 50 名，非専門家 100 名を対象としたオンライン調査の結果，男性は女性よりも女性容姿のロボットを好む傾向，非専門家は専門家よりもロボットのパフォーマンスと性別容姿の間に関連を見出さない傾向，女性のカウンセリング専門家はロボットによるカウンセリングに対する期待が低い傾向が示唆された．

これらの結果は，カウンセリングという特定領域において，カウンセラー・クライアント・クライアントの家族等のステークホルダーによってロボットのジェンダー容姿に対する期待や不安に違いがあることを示唆しており，さらに人側の性別がそれらの期待や不安に影響を与えることも示唆している．このことは，特定の領域におけるロボットへのジェンダー付与は，ステークホルダーごとの期待の明確化と議論が十分なされる必要があることを含意している [3].

2. 対ロボット態度とジェンダーおよび影響要因

ロボットに対する態度，特にロボットとの対話や社会的影響に対する否定的態度には性差が存在することが様々な既存研究により示唆されている [4] ことを踏まえ，2022 年度後半の研究課題として，性別と同時に対ロボット態度に影響を与える要因の探索を目的とした質問紙調査を行った．

ロボットに関する熟考的態度および社会変化に対する抵抗的心理がジェンダーと交絡しながら影響を与えることを予想し，対ロボット否定的態度・批判的思考態度・保守的態度を測定する心理尺度から成る質問紙調査を，20 代から 50 代の男女計 500 名を対象にオンラインで行った．結果として，批判的思考態度は対ロボット定的態度を抑制し，保守的態度は高める傾向が認められたものの，男性と女性によってその影響のあり方が異なることが示された．男性では客観性重視の態度と権威主義的態度が影響を持つ一方，女性では証拠重視の態度と現状維持傾向が影響を持つことが示され，男女で種類の異なる批判的思考態度と保守的傾向が関連することが見いだされた．

これらの結果は，セミナーやマスメディアを通して批判的思考態度と保守的傾向に影響を与えることで対ロボット否定的態度を抑える戦略を考える時，具体的戦略の中でどこに焦点を当てるかによって男女で効果が異なる可能性を含意している [5].

3. ジェンダー認識の影響

これまでの研究において要因として扱われたきたジェンダーは実情は生物学的性別であり，その影響に関する研究結果は一貫していない．また，最近では，LGBTQ といったセクシュアルマイノリティの人々が技術の分野に身を置いている場合どのような認識を抱いているかに関する研究も行われている（例えば，[6]）．このような状況を考慮した場合，ロボットを含むテクノロジーの受容に影響を与える個人的特性をより詳細に分析するために，性的指向と性自認（SOGI）の次元をジェンダーに関連する変数として採用すべきであると考えられる．2023 年度の研究課題として, 自身の男性性・女性性に関する認識の強さが対ロボット態度や感情に与える影響の探索を行った．

1 回目の調査では，対ロボット態度とジェンダー認識の直接的関連を明らかにすることを目的として，男性性と女

性性を独立に測定する心理尺度および対ロボット否定的態度を測定する心理尺度から成る質問紙調査を，20 代から 50 代の男女計 500 名を対象にオンラインで行った．尺度得点から，参加者群を男性性の高低および女性性の高低による２×２の４象限に分割し，生物学的性別を含む３要因で分析を行った結果，女性性の低い男性は女性性の高い男性および女性性の低い女性と比べてロボットの社会的影響に対する否定的態度が低いという交互作用が認められた [7].

第２回の調査では，ジェンダー認識の強さの連続的値を用いた分析を試みることを目的として，第２回調査と同じジェンダー認識の尺度およびロボットに対する不安と信頼関係への期待を測定するから成る質問紙調査を，20 代から 50 代の男女計 500 名を対象にオンラインで行った．この調査では，男性アンドロイド･女性アンドロイド･機械的容姿の人型ロボットの３種について独立に測定・分析を行った．重回帰分析の結果，ジェンダー認識，特に女性性自認は女性アンドロイドおよび機械的容姿の人型ロボットに対する不安や関係性期待に正の影響を与えること，個人の生物学的性別よりも女性性の自認が強いほどこれらのロボットへの不安および期待が強くなることが示唆された．男性性の自認は女性性の自認よりも影響範囲が狭く，女性アンドロイドに対する不安や関係性期待には影響を持たなかった．また，ジェンダー認識は男性アンドロイドに対する不安や関係性期待への影響範囲が狭く，年齢や生物学的性別のほうが多くの影響を持つことが示され，ロボットの種類によって影響を与える個人特性が異なることが示唆された [8].

これらの結果は，生物学的性別よりもジェンダーに対する認識が対ロボット感情や行動に強い影響を持つ，あるいはこれらの要因が複雑な交互作用を表す可能性を含意している．

4. おわりに

これまでの研究課題においては，ロボットに付与されるジェンダーおよび人のジェンダーが社会のロボットの受け入れに影響を持つことが示唆されている．一方，それらの要因の複雑な交互作用については十分には検討されていない．今後の研究においては性自認と生物学的性別および年齢等の他の要因との関連を考慮した分析が必要である．また，質問紙調査のみならず，実際のロボットとの対面実験による検証も必要である．

参考文献

[1] T. Nomura and T. Suzuki: “Expectations of Robots' Gender Appearances and Personal Factors: A Survey in Japan,” International Journal of Social Robotics, vol.15, pp. 1903-1914, 2023.

[2] H. Kumazaki, T. Muramatsu, Y. Yoshikawa, Y. Matsumoto, K. Takata, H. Ishiguro, and M. Mimura: “Android robot promotes disclosure of negative narratives by individuals with autism spectrum disorders,” Front Psychiatry, vol.15, no.1, 2022.

[3] T. Nomura, T. Suzuki, and H. Kumazaki: “Differences in stakeholders' expectations of gendered robots in the field of psychotherapy: an exploratory survey,” AI & Society, 2023. (DOI: https://doi.org/10.1007/s00146-023-01787-x)

[4] T. Nomura: “Robots and Gender,” Principles of Gender-Specific Medicine (Fourth Edition), chapter 53, pp.831-839, 2023.

[5] T. Nomura: “Critical Thinking Attitudes and Conservatism: Exploring the Impact on Negative Attitudes Toward Robots,” Proc. 32nd IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2023), 2023.

[6] J. G. Stout and H. M. Wrigh: “Lesbian, Gay, Bisexual, Transgender, and Queer Students’ Sense of Belonging in Computing: An Intersectional Approach,” Computing in Science and Engineering, vol.18, no.3, pp.24-30, 2016.

[7] T. Nomura: “Influences of Gender Role Identity on Negative Attitudes toward Robots: A Survey in Japan,” Proc. the 11th International Conference on Human-Agent Interaction, pp. 470-472, 2023.

[8] 野村 , 鈴木 :“ ジェンダー認識がロボットに対する不安と信頼関係期待に与える影響の探索 ”,HAI シンポジウム 2024,2024.

日本科学未来館における対話イベントの実施報告

A04 班（人間機械社会規範研究班）は 5 年間の研究期間において，日本科学未来館（東京，お台場）を拠点として，一般の来館者に向けた対話イベントを 21 件開催した．開催形態は，オンライン，オンライン＋対面のハイブリッド，オープンラボ＋対面対話，対話ロボットコンペ連動対面対話等，多岐にわたる．

イベント名，開催日，登壇者（領域での役職）を以下に列挙する．YouTube にアーカイブされているものについては URL を記載し，アーカイブが無いイベントについては概要を記載した．なお，ほとんどのイベントを率いた石黒浩（領域代表）と新保史生（A04 計画班・代表）については，領域での役職名を省略した．

■トークセッション・対話イベント

タイトル	開催日	登壇者	アーカイブ URL・概要
知能ロボットと暮らす未来にはどんなルールが必要ですか？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館	2020 年 7 月 24 日	石黒浩／新保史生	https://www.youtube.com/watch?v=CJ18wScMG2M&feature=youtu.be
バーチャルなキャラに「権利」は必要？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.2	2020 年 9 月 26 日	石黒浩／新保史生／原田伸一朗（A04 計画班・分担）	https://www.youtube.com/watch?v=SV-_ahBGRkY
ロボットと動物の「境界」はどこ？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.3	2021 年 1 月 23 日	石黒浩／新保史生／長島光一（A04 計画班・分担）	https://www.youtube.com/watch?v=65kD2XgxBPA&feature=youtu.be
日本人にとって、ロボットはどんな存在なのだろう？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.4	2021 年 4 月 17 日	石黒浩／新保史生／呉羽真（A04 計画班・分担）	https://www.youtube.com/watch?v=mOv7HNd3jRo
ロボットはヒトの心を診ることができるのか？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.5	2021 年 5 月 30 日	石黒浩／新保史生／熊崎博一（A01 公募班・代表）	https://www.youtube.com/watch?v=WofC61OufX8
ロボットがいると、私たちのコミュニケーションはどう変わる？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.6	2021 年 6 月 24 日	石黒浩／新保史生／吉川雄一郎（A01 計画班・分担）	https://www.youtube.com/watch?v=X2O09NEYFaY
ロボットがあなたに「共感」してくれたら、うれしいですか？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.7	2021 年 9 月 24 日	石黒浩／新保史生／河原達也（A01 計画班・代表）	https://www.youtube.com/watch?v=HjqLLC9t_lU&t=1s
スマートスピーカーに”窓口業務”はできるか？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.8	2021 年 10 月 23 日	石黒浩／新保史生／東中竜一郎（A02 計画班・代表）	https://www.youtube.com/watch?v=agireNwB6yM&t=2s
対話ロボットと私たちは親密な関係を築くことができるか？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.9	2021 年 12 月 5 日	石黒浩／新保史生／杉山弘晃（A03 計画班・代表）	https://www.youtube.com/watch?v=tXZQ7NynmwM
ロボット共生社会　～未来のテクノロジーと未来のルール～ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.10 第一部：未来のテクノロジー 第二部：未来のルール	2022 年 3 月 5 日	第一部：石黒浩／杉山弘晃（A03 計画班・代表）／東中竜一郎（A02 計画班・代表）／吉川雄一郎（A01 計画班・分担） 第二部：新保史生／原田伸一朗（A04 計画班・分担）／長島光一（A04 計画班・分担／呉羽真（A04 計画班・分担）	https://youtu.be/5PEIkrN3bDA?si=xUmqPiW2YSUxk82s
アンドロイドに「これ、おいしいよ！」って言われたら、食べてみる？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.11	2022 年 5 月 13 日	石黒浩／新保史生／港隆史（A02 計画班・分担）	https://www.youtube.com/watch?v=iGdIS6pG8DI
ロボットと人間は「察し」あえる？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.12	2022 年 8 月 28 日	石黒浩／新保史生／竹内勇剛（A03 公募班・代表）	https://www.youtube.com/watch?v=00MBIC9P-PY
人と AI は”切磋琢磨”し、何を生み出すか？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.13 トーク＆対話イベント	2022 年 11 月 12 日	石黒浩／新保史生／前田英作（A03 計画班・分担）	https://www.youtube.com/watch?v=sE5q-Yvnpno

タイトル	開催日	登壇者	アーカイブ URL・概要
これだけは押さえておきたい！ ――対話ロボットと未来の法律のぞいてみよう！ 研究室　vol.11「対話知能学」プロジェクト	2022 年 11 月 12 日	新保史生／ 畠山記美江（A04 計画班・協力）	ロボットを社会で使うにあたって，問題となる事例をクイズ形式で紹介し，新保からは，人間が法律を守るのを手助けするロボットの研究について説明がなされた．その後アンドロイドとコミュ―の見学をおこなった．
ロボットは見て見ぬふりができるか？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.14 トーク＆対話イベント	2023 年 1 月 29 日	石黒浩／新保史生／ 槇原靖（A02 計画班・分担）	https://www.youtube.com/watch?v=XOJCxN6MQes
「ロボット」は、どこからどこまで？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.15 トーク＆対話イベント	2023 年 6 月 24 日	石黒浩／新保史生／ 吉野幸一郎（A01 公募班・代表）	吉野が，ロボットが言語で知識や記憶を積み重ねて，人間と対等に議論できるようになることでロボットは道具からパートナーになるのではないか，という考えに基づく対話ロボットの研究開発について報告し，それを受けて，道具とロボット，ロボットと人間の境目はどこなのかという議題に関して話し合われた．
どうつくる？ 対話ロボットとその法律	2023 年 6 月 24 日	新保史生／ 吉野幸一郎（A01 公募班・代表）／ 畠山記美江（A04 計画班・協力）	新保は AI・ロボット・アバターをめぐる法律問題をなぜ考える必要があるのかを説明し，吉野はアンドロイドを実際に一般参加者に見せながら，研究開発の具体的な状況について説明した．一般参加者と，どのような場面でどんなロボットをどのように使うべきかを議論した．
ロボットは「心のよりどころ」になれるか？ 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.16 トーク＆対話イベント	2023 年 9 月 23 日	石黒浩／新保史生／ 飯尾尊優（A01 計画班・分担）	https://www.youtube.com/watch?v=ClGa6vKhQEI
ロボット研究者の頭の中 ～５年間のプロジェクトを通して見えてきたこと 対話知能学プロジェクト×日本科学未来館 vol.17 トークイベント【最終回】	2024 年 1 月 27 日	石黒浩／河原達也（A01 計画班・代表）／東中竜一郎（A02 計画班・代表）／杉山弘晃（A03 計画班・代表）／新保史生	これまでの対話知能学における取り組みの集大成となるトークイベントを開催した．これまでの対話知能学における各計画班，領域全体としての成果を紹介するとともに，今後の対話知能システムの展望や，研究開発構想，社会展望についても議論された．

■オープンラボ＋シティミーティングイベント

タイトル	開催日	登壇者	概要
オープンラボ「体験しよう！語り合おう！対話ロボットと暮らす未来」 第一部：実証実験体験会 第二部：シティミーティング	2022 年 2 月 26 日	石黒浩／吉川雄一郎（A01 計画班・分担）／東中竜一郎（A02 計画班・代表）／港隆史（A02 計画班・分担）／新保史生／長島光一（A04 計画班・分担）／立花達也（A03 計画班・協力）	第一部：アンドロイド I（アイ）による旅行代理店における対話タスク（A02 班主催の対話ロボットコンペティションで特に優秀な成績を収めた上位 3 チームが開発したプログラム）の実証実験，そして対話ロボット CommU による対話をもとにした世界の名所のレコメンド（およびそのバーチャル背景をバックにした記念写真撮影）の実証実験が行われた．CommU による実証実験ではさらに，通常は人間が行う，実験前の説明の一部（法定の通知事項や本人の同意を得るための説明）を CommU に代替してもらう試みもなされた． 第二部：実証実験の体験を踏まえ，実験参加者と研究者とで「ロボットとの対話実験から，ロボットと共生するのに何が大事だと思ったか？」「アンドロイド I の案内はヒトと比べてどうだったか？ どんな場合ではロボットがよく，どんな場面ではヒトがいいと思うか？」といったトピックについて語り合った．

■対話ロボットコンペ 2022 連動シティミーティングイベント

タイトル	開催日	登壇者	概要
対話ロボットが旅行先をおすすめする未来，体験して語り合おう！	2022 年 9 月 4 日	石黒浩／東中竜一郎（A02 計画班・代表）／港隆史（A02 計画班・分担）／新保史生（A04 計画班・代表）／畠山記美江（A04 計画班・協力）	「対話ロボットコンペティション 2022」の予選にて，旅行代理店業務をするアンドロイドとの対話を体験した方を対象に，他の参加者や研究者と体験の感想などについて語りあいながら対話ロボットに対する考えを深めた．

研究組織

■計画班

研究班	計画課題	役割	研究者氏名	所属
A01	人間との対話継続及び関係構築のための対話知能システム	代表	河原 達也	京都大学大学院情報学研究科
		分担	井上 昂治	京都大学大学院情報学研究科
		分担	吉川 雄一郎	大阪大学大学院基礎工学研究科
		分担	飯尾 尊優	同志社大学文化情報学部
A02	モジュール連動に基づく対話システム基盤技術の構築	代表	東中 竜一郎	名古屋大学大学院情報学研究科
		分担	駒谷 和範	大阪大学産業科学研究所
		分担	宮尾 祐介	東京大学大学院情報理工学系研究科
		分担	稲葉 通将	電気通信大学人工知能先端研究センター
		分担	港 隆史	国際電気通信基礎技術研究所石黒浩特別研究所
		分担	槇原 靖	大阪大学産業科学研究所
A03	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	代表	杉山 弘晃	日本電信電話株式会社コミュニケーション科学基礎研究所
		分担	石黒 浩	大阪大学大学院基礎工学研究科
		分担	中村 泰	理化学研究所ガーディアンロボットプロジェクト
		分担	前田 英作	東京電機大学システムデザイン工学部
A04	対話知能システムの研究開発及び社会実装のための 法社会規範の研究	代表	新保 史生	慶應義塾大学総合政策学部
		分担	原田 伸一朗	静岡大学情報学部
		分担	長島 光一	帝京大学法学部
		分担	呉羽 真	山口大学国際総合科学部

■前期公募班（2020 ～ 2021 年度）

※所属は 2020 年時点

研究班	計画課題	研究代表者	所属
A01	ユーザへの重み感覚提示による対話継続手法の開発と検証	田中 文英	筑波大学
	看護師の行動を規範とした高齢者向けアテンション維持ロボットの開発	野口 博史	大阪市立大学
	ターンテイキングの起源：発達認知神経科学的研究	開 一夫	東京大学
	楽しい雑談対話の要因解明のためのリアルなＣＧとのマルチモーダル対話システム構築	北岡 教英	豊橋技術科学大学
	ユーザに行動変容を促すマルチモーダル対話ロボットの研究	吉野 幸一郎	理化学研究所
	快情動を誘発する身体的引き込み対話エージェント	渡邉 富夫	岡山県立大学
	ベッドサイド見守り声掛けロボットのための対話システムの開発	大武 美保子	理化学研究所
	精神科外来のための対人恐怖症患者への診察支援ロボットの開発	熊崎 博一	国立精神神経医療研究センター
	対話ロボットにおける「社会的表出」の基盤技術の研究開発	石井 カルロス寿憲	国際電気通信基礎技術研究所
A02	実世界における知識獲得のための対話システムの構築	原田 達也	東京大学
	接客訓練のための音声対話システム基盤技術の構築と評価	西崎 博光	山梨大学
	部分記号接地に基づくマルチモーダル対話基盤創成	長井 隆行	大阪大学
A03	周囲の人たちへの配慮を伴った公共場面でのロボットの行動デザイン	竹内 勇剛	静岡大学
	多様な個人と対話するモデルベース回想法のデザイン	森田 純哉	静岡大学
	チャンネル権と内発的動機を持つテレビ共視ロボットによる対話知能の実現	岡 夏樹	京都工芸繊維大学
	あえて非論理的な発話を行うことによる対話継続の試み	松井 哲也	大阪工業大学
	ポライトネス理論に基づく親和性の高い対話システムの開発ー自然会話コーパスからー	片上 大輔	東京工芸大学
A04	根源的規約主義に基づく新たな対話規範および社会規範の追求	小山 虎	山口大学
	ＡＩの法的主体性	加藤 隆之	東洋大学
	人―ロボット共生社会に向けたジェンダー・ロボット社会倫理学の創造	野村 竜也	龍谷大学

■後期公募班（2022 ～ 2023 年度）

※所属は 2022 年時点

研究班	計画課題	研究代表者	所属
A01	対話継続と共感を促進する重み感覚付与技術の開発と検証	田中 文英	筑波大学
	対話の呼吸：非接触呼吸状態推定を用いた人・ロボット呼吸同調による関係構築	船越 孝太郎	東京工業大学
	リアルなＣＧとのマルチモーダル対話システムを用いた楽しい雑談対話の要因解明	北岡 教英	豊橋技術科学大学
	在宅高齢者のライフヒストリに沿った会話が可能なロボットシステム	野口 博史	大阪市立大学
	好意の返報性に基づく対話惹き込みシステムの開発	瀬島 吉裕	関西大学
	ベッドサイド見守り声掛けロボットのための対話継続支援技術の開発	大武 美保子	理化学研究所
	長期的なユーザとの関係を考慮した行動変容対話における対話戦略と応答表現	吉野 幸一郎	理化学研究所
	対人恐怖症患者に対話継続を促す診察支援ロボットの開発	熊崎 博一	長崎大学
	対話ロボットにおける個人性を考慮した社会的表出の研究開発	石井 カルロス寿憲	国際電気通信基礎技術研究所
A02	マルチモーダル対話におけるユーザの主観評価の自動獲得基盤の構築・評価	岡田 将吾	北陸先端科技大
	移動型サービスロボットにおける対話と行動の適応的選択	三浦 純	豊橋技術科学大学
	マルチモーダル対話モデルを用いた情動アウェアな対話の実現	長井 隆行	大阪大学
A03	対話モードの抽出と対話動機・適応性の脳イメージング	杉浦 元亮	東北大学
	ヒューマノイドと人の身体的対話を通した自己と他者のモデル構築	升森 敦士	東京大学
	対話的モデルベース回想法の自然化と社会的接地	森田 純哉	静岡大学
	対話参入時の他者への配慮を伴ったロボットの行動デザイン	竹内 勇剛	静岡大学
	ＤＰ理論に基づくスピーチレベルシフトによる親和性の高い対話システムの開発	片上 大輔	東京工芸大学
A04	根源的規約主義に基づく新たな対話規範および社会規範とその実装の検討	小山 虎	山口大学
	対話知能ロボットにおけるプライバシー権と平等権の保障	加藤 隆之	東洋大学
	人・ロボット共生ジェンダー論の展開	野村 竜也	龍谷大学

■評価委員

氏名	所属・役職
土井 美和子	情報通信研究機構（NICT）・監事
西田 豊明	福知山公立大学・副学長
中村 哲	奈良先端科学技術大学院大学・教授
水谷 雅彦	京都大学・名誉教授
曽我部 真裕	京都大学・教授

COMMUNICATIVE
INTELLIGENCE

発行・お問い合わせ

新学術領域研究
「人間機械共生社会を目指した対話知能システム学」事務局

〒560-8531　大阪府豊中市待兼山1-3
大阪大学大学院基礎工学研究科知能ロボット学研究室

E-mail　info@commu-ai.org

https://www.commu-ai.org/