

早稲田大学大学院 基幹理工学研究科

# 博士論文概要

## 論文題目

### Multiparty Conversation Facilitation Robots

多人数会話ファシリテーションロボット  
に関する研究

申請者

Yoichi	MATSUYAMA
松山	洋一

情報理工学専攻 知覚情報システム研究

2014年3月

人同士のコミュニケーションの場にファシリテータとして介在し、コミュニケーションをより活性化させる会話ロボットシステムを提案する。会話分析や音声対話システムの研究分野においては長らく1対1の2者間対話を対象としてきたが、我々の日常の会話は2者の対話だけでなく多人数で行われることも多い。このような多人数会話ではより複雑な情報授受が行われる。すべての発話は各参加者間の共同行為であり、現発話者の発話や受け手の態度によって会話グループの境界や次話者候補などが相互に了解されるような参与の構造を持ち、次話者の選択すら常に自明とは限らない。さらに、参加者の立場ごとに状況理解は少しずつ異なるのが一般的であり、ファシリテータはそのような重層的な構造を客観的に理解しながら状況を調整する必要がある。本論文では、このような性質をもった多人数会話にロボットを一参加者として参加させるための基礎的枠組みを検討することに加えて、ファシリテータとしてその場をより適切に調整するための戦略について検討する。会話参加者が均等に発言機会を与えられているような状態を目標とし、発言機会が極端に少ない「置いてけぼり」状態の参加者が検出されたときに、既に進行している会話の場を壊さずに段階的に主導権を奪取し、目標が達せられた際には直ちに場に主導権を戻せるような手続きのモデル化を試みる。さらに、このような発言機会の均等化が図られた上で、会話それ自体が自己目的的に楽しまれているような魅力的な会話を実現するための発話文生成についても検討する。聞かれたことに単に必要な十分に答えるといった協調的会話の公準に則った上で、会話相手にとって意外性のある情報を付加的に届けるような枠組みを検討する。また、このような多人数会話ファシリテーションの枠組みのアプリケーションとして高齢者ケアを取り上げ、実際に開発した会話ロボットシステムを用いて高齢者ケア施設で複数回に渡って行ったフィールド実験の結果も合わせて報告する。

本論文は7章から構成される。以下に各章の概要を示す。

第1章では、会話ロボットが多人数会話にファシリテータとして参加することの意義について述べ、関連研究を挙げながら、それを実現するための問題点について整理する。

第2章では、多人数会話ファシリテーションロボットを構築するための基礎的なフレームワークについて述べる。まず、認知心理学、認知発達ロボティクス、社会的ロボティクス、音声対話システムの各分野で検討されてきた類似の認知アーキテクチャについて整理する。さらに、ファシリテーションを行う上で重要な概念について会話分析、社会心理学などの視点から整理し、本研究におけるアーキテクチャの要求仕様を整理する。本論文で提案するアーキテクチャを特徴づけるのはゴール管理モジュール、ユーザモデルモジュール、手続き生成モジュール、

発話文生成モジュールなどであり，以下の章でそれらの具体的設計を述べる．

第3章では，4者から構成される会話グループを調和させるファシリテーション戦略について述べる．従来の多くの対話システムは，1対1の2者間で発話権の所在や文脈が互いに了解されながら会話が進行するような，質問応答や発話権交代モデルを想定してきた．しかし，3者以上で行われる多人数会話では，しばしば社会的不均衡の問題を生じる．例えばあるグループを形成している3者会話において，2者間のインタラクションが主導的でもう1人の参加者が会話にうまく参加できない「置いてけぼり」（意に反して，参与役割における「話し手」にも「受け手」にも長時間昇格できない）状態になっているような状況を考えてみる．このとき，「置いてけぼり」状態の参加者は本来自分の考えを発言したいにも関わらず何らかの原因によってその機会をうまく与えられていないような状況に陥っている可能性がある．さらに，このような不均衡の問題は，多人数会話の参与役割理解の重層性という特性上，会話を主導的に進めている参加者側からは了解されていない場合もあり，自然には解決しない可能性がある．このような社会的不均衡を解決するためには，その状況を客観的に観察し調整する役割を担う第4番目の参加者を考える必要がある．会話の物理的なプロトコル（身体性）を共有できる会話ロボットは，その第4番目の参加者の役割を担える可能性を有している．しかし，ロボットが場の調整に乗り出そうとするときにはそれ相応の手続きが必要である．社会的な不均衡状態が検出された時点で即刻，不利益を被っている対象者に直接行動に出てしまうと，会話の場を破壊してしまう可能性があるからである．会話の場を乱すことなく調整をするためには，その場で主導的に会話を進めている参加者らの状況も考慮しつつ，場を調整するための主導権を要求すべく行為し，明示的あるいは暗黙的にそれが承認された後に改めてしかるべき対象者に発話機会を与える，といったような多段の手続きを踏む必要がある．よって本章では，ファシリテーションモデルを扱うための最小単位である4者会話を対象として，ロボットの会話状況の調整手続きについて検討する．この手続きのモデル化には，誤りを含むセンサ情報にロバストな部分観測マルコフ決定過程（POMDP）を用いる．場を調整するための手続きの効果と手続き開始のタイミングについて，被験者実験の結果も合わせて報告する．また，ユーザシミュレータを用いて POMDP と MDP の性能比較の結果についても報告する．

第4章では，会話それ自体を自己目的的に楽しむことができるような，意外性のある発話を行うことのできる質問応答システムを提案する．自己目的的に楽しめる会話における魅力的な対話相手というのは，会話を展開するために聞かれたことに単に応答するだけではなくて，それに関連した有用な情報や自分の意見などを付け加えて発話してくれるものだろうという仮説のもと，a) 客観的事実に関する発話と，b) 意見・感想発話を，文脈や状況に合わせて組み合わせる仕

組みを提案する。客観的事実に関する応答文は、セマンティック Web の枠組みを用いて、客観的事実に関する多様な質問への応答文を自動生成する手法を提案する。後者の意見・感想発話は主に、1) Web 上の特定の対象に関する Web 上の不特定多数のレビュー文の収集、2) 意見部分抽出、3) キャラクタの同一性を保つための文体変換、4) 「文脈との整合性」、「発話文の長さ」、「意外性」などの基準での発話文ランキングのプロセスから構成される。代表的なランキングアルゴリズムとして、文章の長さ優先 (Short)、標準的な意見優先 (Standard)、多様な内容・表現方法をもつ情報量の大きい意見優先 (Diverse) の各アルゴリズムを提案する。このシステムを用いて自動生成された意見文の文法的な受容度、発話組み合わせの効果、意見文ランキングアルゴリズムごとの印象の違いについて被験者実験を通して評価した結果も合わせて報告する。

第 5 章では、本研究で用いた実験プラットフォーム SCHEMA (シェーマ) の設計について述べる。SCHEMA は、会話ロボットとしての親和的な外見も加味しながら、座位の会話相手の目線に合わせて身長はおよそ 120cm とし、人間との会話の物理的なプロトコルを合わせるための必要条件の検討の結果、合計 22 自由度を有する。本章では、ハードウェアの要求仕様と各機構の概要について述べるとともに、ソフトウェアアーキテクチャと各モジュールの実装方法について述べる。

第 6 章では、本論文で提案した多人数会話ファシリテーションロボットを用いたアプリケーションとして、高齢者ケアを取り上げる。高齢者ケア施設では来所者同士や来所者とスタッフの積極的なコミュニケーションが図られているが、限られた人数のスタッフが常時すべての来所者をケアできるとは限らない。ロボットがそのような状況を観察して必要があれば然るべき人に知らせたり、ロボットにしかできない情報提供や物理的な支援を提供したりすることができれば、人同士のコミュニケーションをより円滑で活性化したものにでき、人同士だけでは実現できなかった新たなコミュニケーションの価値を生み出せる可能性がある。よって本章では、高齢者施設において多人数で楽しめるクイズゲームの状況の中で、一回答者として参加し、より場を盛り上げられるような会話ロボットシステムを提案する。高齢者ケア施設の現場で複数回に渡って多人数会話活性化ロボットを介在させてフィールド実験を行った様子について報告するとともに、実験室での被験者実験の結果、ロボットの存在が「楽しさ」、「賑やかさ」、「快適さ」等の心理的因子、また各参加者の発話量や笑顔量などの客観的指標にどのように作用するかについて報告する。

第 7 章では、本研究の結論を述べる。結果を総括した上で、音声対話システム研究分野、ヒューマン・ロボット・インタラクション研究分野、その他の関連分野における本研究の位置づけと貢献、および今後の課題について述べる。

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名 松山 洋一 印

(2014年12月現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論文	○Yoichi Matsuyama, Akihiro Saito, Shinya Fujie and Tetsunori Kobayashi, Automatic Expressive Opinion Sentence Generation for Enjoyable Conversational Systems, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 2014. (accepted).
論文	○Yoichi Matsuyama, Iwao Akiba, Shinya Fujie and Tetsunori Kobayashi, Four-Participant Group Conversation: A Facilitation Robot Controlling Engagement Density As the Fourth Participant, Journal of Computer Speech and Language, 2014 (accepted).
論文 (共著)	○藤江真也, 松山洋一, 谷山輝, 小林哲則, 人同士のコミュニケーションに参加し活性化する会話ロボット, 電子情報通信学会論文誌A, Vol. J95-A No. 1, pp37-45, 2012.
学会発表 (国際会議、 査読付)	Yoichi Matsuyama, Tetsunori Kobayashi, Towards a Computational Model of Small Group Facilitation, AAAI 2015 Spring Symposia Turn-taking and Coordination in Human-Machine Interaction, March 2015 (to appear).
学会発表 (国際会議、 査読付)	Yoichi Matsuyama, Iwao Akiba, Akihiro Saito and Tetsunori Kobayashi, A Four-Participant Group Facilitation Framework for Conversational Robots, Association for Computational Linguistics, Proceedings of the SIGDIAL 2013 Conference, Metz, France, pp.284-293, August 2013.
学会発表 (国際会議、 査読付)	Yoichi Matsuyama, Yushi Xu, Akihiro Saito, Shinya Fujie and Tetsunori Kobayashi, "Multiparty Conversation Facilitation Strategy Using Combination of Question Answering and Spontaneous Utterances," IWSDS2011 Workshop on Paralinguistic Information and its Integration in Spoken Dialogue Systems, pp.99-107, Sep.2011.
学会発表 (国際会議、 査読付)	Yoichi Matsuyama, Shinya Fujie, Hikaru Taniyama and Tetsunori Kobayashi, "Framework of Communication Activation Robot Participating in Multiparty Conversation," AAAI2010 Fall Symposia, pp.68-73, Nov.2010.
学会発表 (国際会議、 査読付)	Yoichi Matsuyama, Shinya Fujie, Hikaru Taniyama and Tetsunori Kobayashi, "Psychological Evaluation of A Group Communication Activation Robot in A Party Game," Proc. Interspeech2010, pp.3046-3049, Sep. 2010.
学会発表 (国際会議、 査読付)	Yoichi Matsuyama, Hikaru Taniyama, Kosuke Hosoya, Hiroaki Tsuboi, Shinya Fujie and Tetsunori Kobayashi, "SCHEMA: multi-party interaction oriented humanoid robot," International conference on computer graphics and interactive techniques, ACM SIGGRAPH ASIA 2009 Emerging Technologies, 2009.
学会発表 (国際会議、 査読付)	Shinya Fujie, Yoichi Matsuyama, Hikaru Taniyama, and Tetsunori Kobayashi, "Conversation robot participating in and activating a group communication," Proc. Interspeech2009, pp.264-267, Sep. 2009.

学会発表 (国際会議、 査読付)	Yoichi Matsuyama, Hikaru Taniyama, Shinya Fujie Waseda, Tetsunori Kobayashi, “System Design of Group Communication Activator: An Entertainment Task for Elderly Care,” ACM/IEEE Human-Robot Interaction 2009, San Diego, pp.243-244, March 2009.
学会発表 (国際会議、 査読付)	Yoichi Matsuyama, Hikaru Taniyama, Shinya Fujie, and Tetsunori Kobayashi, “Designing Communication Activation System in Group Communication”, Proc. Humanoids2008, pp.629-634, Dec. 2008.
学会発表 (国際会議、 査読付)	Shinya Fujie, Daichi Watanabe, Yuhi Ichikawa, Hikaru Taniyama, Kosuke Hosoya, Yoichi Matsuyama, and Tetsunori Kobayashi, “Multi-modal Integration for Personalized Conversation: Towards a Humanoid in Daily Life,” Proc. Humanoids2008, pp.617-622, Dec. 2008.
学会発表 (招待講演)	Yoichi Matsuyama, Conversation Robot Participating in and Promoting Multiparty Conversation, Workshop on Social Robots For Assisted Living, University of Aalborg, Denmark, Nov.2011.
学会発表	松山洋一, Alexandros Papangelis, Ran Zhao, Justine Cassell, 2者会話におけるラポール形成・維持・崩壊の計算モデル, 人工知能学会 言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD, Dec. 2014.
学会発表	秋葉巖, 松山洋一, 小林哲則, 4者会話を調和させるファシリテーションロボット, ことばの科学研究所研究発表会, Oct. 2013.
学会発表	松山洋一, 齋藤彰弘, 小林哲則, 意外性のある質問応答システムのための意見文自動生成と発話文組み合わせ手法, 日本音響学会 2013 秋季研究発表会, NO. 3-8-3, Sep. 2013.
学会発表	秋葉巖, 松山洋一, 小林哲則, 4者会話を調和させるロボットのファシリテーション戦略, 日本音響学会 2013 秋季研究発表会, NO. 3-8-2, Sep. 2013.
学会発表	秋葉巖, 松山洋一, 小林哲則, 多人数会話ファシリテーションロボットの主導権奪取手続き, SIG-SLP 97(10), 1-8, Jul. 2013.
学会発表	松山洋一, 齋藤彰弘, 伊東篤史, 秋葉巖, 渡邊萌実, 小林哲則, 多人数会話活性化のための自発的行動タイミング検出と発話行動戦略, 人工知能学会 言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-B203-05, pp. 17-24, Feb. 2013. (人工知能学会 2012 年度 研究会優秀賞)
学会発表	齋藤彰弘, 松山洋一, 轟あずさ, 小林哲則, 意外性のある質問応答システムのための発話文生成手法, 人工知能学会 言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-B203-01, pp. 1-6, Feb. 2013.
学会発表	松山洋一, 齋藤彰弘, 秋葉巖, 渡邊萌実, 小林哲則, 「置いてけぼり」を救う多人数会話活性化ロボット, HAI シンポジウム, 2B-3, Dec. 2012 (HAI 2012 Outstanding Research Award).
学会発表	松山洋一, 藤江真也, 齋藤彰弘, 小林哲則, 多人数会話活性化システムの発話戦略パターン, 人工知能学会第 26 回全国大会, 102-0S18-9, June 2012.

学会発表	齋藤彰弘, 松山洋一, 藤江真也, 小林哲則, 会話ロボットの多人数会話活性化戦略とその評価, 信学技報, vol. 111, no. 225, SP2011-53, pp. 7-12, Oct. 2011.
学会発表	藤江真也, 松山洋一, 齋藤彰弘, 小林哲則, 多人数会話に参加しコミュニケーションを活性化する会話ロボットの開発, 日本音響学会 2011 年秋季研究発表会, NO. 3-10-6, Sep. 2011.
学会発表	齋藤彰弘, 松山洋一, 藤江真也, 小林哲則, 質問応答と自発的発話の組み合わせによる複数人会話活性化戦略, 人工知能学会第 25 回全国大会, 3C2-0S19-10, June 2011.
学会発表	松山洋一, 藤江真也, 齋藤彰弘, Xu Yushi, 小林哲則, コミュニケーション活性化を指向した会話ロボット ～通所介護施設における事例, 信学技報 電子情報通信学会 Vol. 10, No. 219, pp. 7-12, Oct, 2010.
学会発表	松山洋一, 藤江真也, 谷山輝, 小林哲則, グループコミュニケーション活性化ロボットの印象評価, "人工知能学会 言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-B001-02, pp. 7-12, July, 2010.
学会発表	谷山輝, 松山洋一, 藤江真也, 小林哲則, 参与構造を考慮した行動設計に基づくグループ会話ロボットの構築, 人工知能学会 言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-A903, pp. 55-60, Feb. 2010.
学会発表	松山洋一, 藤江真也, 谷山輝, 小林哲則, コミュニケーション活性化支援システムの心理学的評価, 言葉の科学研究発表会, Oct. 2009.
学会発表	谷山輝, 松山洋一, 藤江真也, 小林哲則, 参与構造を考慮したグループ会話ロボットの行動分析, "人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-A901, pp. 1-6, July 2009.
学会発表	松山洋一, 谷山輝, 藤江真也, 小林哲則, 人-人コミュニケーションの活性化支援ロボットの開発 第 53 回 人工知能学会 言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-A801, pp. 15-22, July 2008. (人工知能学会 2008 年度 研究会優秀賞)
その他 (講演)	Yoichi Matsuyama, SCHEMA: A Framework of Embodied Conversational Robots Facilitating Small Groups, Embodied Situated Language Processing, Potsdam, July 2013.
その他 (講演)	Yoichi Matsuyama, Hikaru Taniyama, Shinya Fujie and Tetsunori Kobayashi, "Designing Communication Activation System in Group Communication", 2nd International Workshop on Language Speech Science, Sep. 2008.
その他 (講演)	Yoichi Matsuyama, Multiparty Conversation Facilitation Strategies, 第 8 回アンビエント GCOE シンポジウム, Jul. 2011.
その他 (講演)	Yoichi Matsuyama, SCHEMA: a multiparty oriented communication activation robot, Global COE Workshop, Jan.2010.
その他 (講演)	後藤理, 松山洋一, 林明宏, アンビエント GCOE 活動の経験と展望, 第 6 回アンビエント GCOE シンポジウム「アンビエント SoC の実現に向けて」, Jun. 2010.

その他 (講演)	Yoichi Matsuyama, Evaluation of Group Communication Activation System, 第5回アンビエント GCOE シンポジウム「アンビエント SoC のための IT 基盤技術と応用」, Sep. 2009.
その他 (講演)	Yoichi Matsuyama, Communication Activation System in Group Communication, Poster session of Waseda University Global COE Program the 2nd International Symposium "Ambient SoC; Recent Topics and Nano-Technology and Information Technology Applications", Jul.2008.
その他 (総説)	松山洋一, 中川純, 渡井大己, 林明宏, 遠田敦, 和田康孝, サイバーフィジカルシステム: 12. 行動をデザインする: 人の行動を促す人間-環境インタラクションデザイン, 情報処理, 55(9), pp. 952-954, Aug. 2014.
その他 (総説)	松山洋一, “わたしの研究開発ツール After Effects”, 映像情報メディア学会誌, Vol. 65, No. 3, March 2011.
特許	「ゲーム等活性化システム (対話活性化システム及び対話活性化ロボット)」 (特願 2008 - 304140)
特許	「会話ロボット」(特願 2010 - 221556)
科研費	若手研究(B) 「複数人会話活性化ロボットの開発と評価」(課題番号: 23700239)
科研費	若手研究(B) 「多人数会話活性化ロボットのための活性化戦略」(課題番号: 25870824)