

# テレプレゼンスロボットによる円滑なターンテイキングに関する研究

## Smooth Turn-taking by Telepresence Robot

末松 久 長谷川 孔明 今井 倫太

Hisashi Suematsu, Komei Hasegawa and Michita Imai

慶應義塾大学  
Keio University

**Abstract:** When we communicate with distant people via a telephone or a voice chat, the voice data is often to be transmitted with a delay. The voice delay causes a speech collision that disturbs a smooth turn-taking and makes people uncomfortable. We propose a telepresence robot system to achieve smooth turn-taking in an environment where voice delay occurs. The robot returns the reaction as soon as it hears the voice. Besides, the robot continues to return the reaction as long as voice delay. It is expected that the immediate and continuous reaction enables the user to wait for the partner's reply without worrying about the delay.

### 1. はじめに

電話・ビデオ電話をする際、音声の符号化と復号の処理、パケットの伝送の時間によって音声や映像に遅延が発生する。この遅延により自分が話し終わってから相手の返答までに時間が空いてしまう。遅延が大きくなってしまふと、同時に発声をしてしまうことやお互いに沈黙してしまうことがある。音声遅延が 300ms を超えると、特にこの発話の衝突が顕著になると報告されている[1]。また、発話衝突が起こると発話を諦めて中断する傾向が高いことも指摘されている[2]。そのため、遅延が大きい電話環境における会話の遅延に対して利用者が感じる不快さや、発話の衝突を解消することが重要である。

遅延する電話環境において使用者が不快に感じる点は、遅延によって相手の返事が遅れて帰ってくることにある。この遅延は、自分の発言が相手に届くまでに起こるものと相手の発言が自分に届くまでに起こるものの二つに分けることができる。そのためこの不快さを取り除くための手段は2つ考えられ、一つ目は自分の発言がどのくらい遅れて相手に伝わっているかを知らせること。二つ目は相手が実際に発言しているタイミングを知ることである。

玉木らは、発話前の特徴的な行動を検知し最も次に発話しそうな者を決定、会話参加者に提示することで発話衝突を減らす手法を提案した[3]。渡辺は、うなずきや身振り手振りなど身体によるリズムを他

人と共有して、互いに引き込むことで円滑にコミュニケーションをすることができることを提唱しており、インタラクションロボットのうなずきに関する研究をいくつか行っている[4][5]。横山らは人型ロボットに視線や手振りなどの非言語情報を利用させ、自然かつ円滑な対話を実現させた[6]。また小磯らは、会話の交替、非交替が起こる確率は、話し手聞き手の発話行動によって説明できることを示した[7]。

玉木らのアプローチは複数人での電話では有効であるが、二人での会話では有効とは言えない。遅延が大きい場合二人での電話においても発話衝突は起きてしまう。渡辺や横山らが利用したロボットの動作は、円滑なコミュニケーション実現のために有効であるが、遅延環境を想定した研究ではない。

本稿では、ロボットとのインタラクションによって発話衝突や不快さを解消する手法を提案する。この手法では、使用者の音声に反応してロボットが頷きや手振りを返し、音声が終わった後も遅延の時間分反応を続ける。そうすることで遅延を気にすることなく相手の反応を待つことができるため、より自然なインタラクションを行うことができると考える。

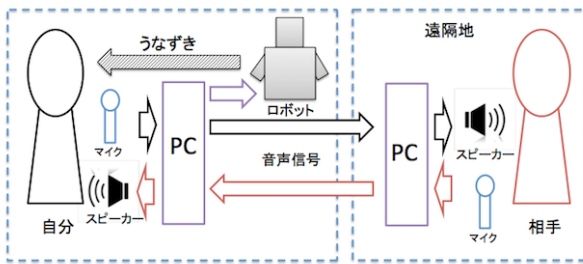


図1 システム構成図

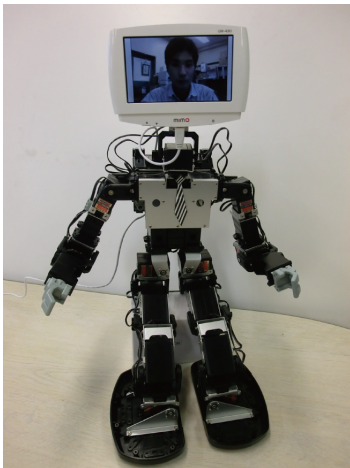


図2 テレプレゼンスロボット

## 2. テレプレゼンスロボットのシステム構成

図1にシステム構成図を示す。お互いにマイクに向かって会話をを行う。マイクに拾われた音声はロボットと相手側のPCへと送られる。ロボットはPCからの信号を受け、目の前にいる会話者にうなずきの動作を行うことで応答する。一方相手側はPCを通してスピーカーから音声を聞き取るという形になる。

本研究で使用するテレプレゼンスロボットの外観を図2に示す。このロボットには非言語情報として腕による身振り、頭部動作、頭部方向、体幹方向、表情の表出ができるように実装を行う。プラットフォームとして近藤科学株式会社製ヒューマノイドロボット KHR-3HV が用いる。本研究では着座状態での会話で用いることを想定し、脚部の動きは表現しないものとする。また身振りの表現度を高める為頭部2自由度、腕部各1自由度のサーボモータの追加を行い、頭部3自由度、腕部各4自由度、腰部の左右の捻り1自由度、身の乗り出し仰げ反り1自由度を用いた身振りの表現が可能となっている。これによりうなずきや手振りといった非言語情報を表現する。

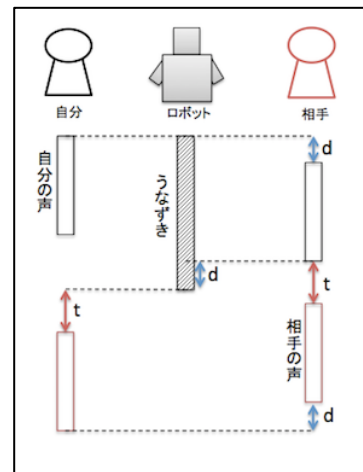


図3 提案技法での発話交替  
d : 遅延, t : 相手の思考時間

## 3. 提案手法 :

遅延により利用者が感じる不快さを解消するためには、自分の発言がどのくらい遅れて相手に伝わっているかを知ることと、相手が実際に発言しているタイミングを知ることの二つの手段がある。これらの手段の内、本研究では自分の発言がどのくらい遅れて相手に伝わっているかを知ること注目する。使用者が発言したのち、遅延を考慮し相手が発言を聞いている間ロボットに頷きや相槌を行わせる。使用者は直感的に遅延を感じることができ、またロボットのうなずきにより円滑なコミュニケーションが取れるため、不快さを感じにくく考えられる。しかし相手の発言に対しても遅延は発生するため、その遅延も考慮しなければならない。そこで相手から使用者に伝わる間に起きる遅延の分もロボットの反応を継続させる。もしロボットの反応が終わった後すぐに返答が来なかった場合、相手が返答を考えているのだと推定することができる。提案手法により会話衝突と使用者の不快さが緩和されると考えられる。

図3に提案手法における発話交替の例を示す。dは音声が届くまでに遅延する時間を表し、tは相手の音声を聞いてから自分が声を発するまでの思考時間を表す。ロボットは音声に反応してうなずきや手振りを行う。自分が発声し終わった後遅延時間dだけその動作を続ける。そうすることでロボットが動作を止めてから相手の思考時間tだけ時間が経ったのちに相手の音声を聞くことができるため、相手がどのくらいの時間考えていたのか、すぐに返事が返ってきた、ということ遅延関係なしに知ることができる。そのため、遅延が発生する環境でも

円滑なコミュニケーションを行うことができると考えられる。

## 4. まとめ

本研究では、遠隔での電話において音声が遅延してしまうことから発話衝突や沈黙が起こり、円滑なコミュニケーションの障害になってしまう問題を解決するために、テレプレゼンスロボットを利用したシステムを提案した。音声に反応してロボットがうなずきなどの動作を行うことで、遅延が利用者に引き起こす不快さを取り除くことができると考えられる。

## 参考文献

- [1] 鑑沢勇, 滝川啓, 大久保榮, 渡辺義郎: 衛星通信を利用した画像会議におけるエコー及び伝搬遅延の影響, 電子通信学会論文誌(B), Vol.J64-B, No.11, pp.1281-1288, 1981.
- [2] Harvey Sacks, Emanuel A. Schegloff, Gail Jefferson: A Simplest Systematics for the Organization of Turn-Taking for Conversation, Language, 50, 4 Pt 1, 696-735, Dec 74.
- [3] 玉木秀和, 東野豪, 小林稔, 井原雅行: Web 会議における話者交替円滑化手法の検討, 画像電子学会 VMA 研究会 29th, pp.9-18, 2011.
- [4] 瀬島吉裕, 渡辺富夫, 山本倫也: うなずき反応モデルを重畳した VirtualActor を介する身体的コミュニケーションの合成的解析, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.75, No.758, pp.169-178, 2009-10.
- [5] 長井弘志, 渡辺富夫, 山本倫也: 聞き手のうなずき反応を視触覚提示する音声駆動型身体的引き込みシステム, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.75, No.755, pp.163-171, 2009-7.
- [6] 横山真男, 青山一美, 菊池英明, 帆足啓一郎, 白井克彦: 人間型ロボットの対話インタフェースにおける発話交替時の非言語情報の制御, 情報処理学会論文誌 40(2), pp.487-496, 1999.
- [7] 小磯花絵, 伝康晴: 円滑な話者交替はいかにして成立するか—会話コーパスの分析にもとづく考察—, 認知科学 Vol.7 No.1 pp.93-106, 2000.