

コミュニケーションロボット PaPeRo による 人間らしさの表出

Expression of humanity in communication robot 'PaPeRo'

阪本 綾香¹ 林 勇吾² 小川 均²

Ayaka Sakamoto¹, Yugo Hayashi², and Hitoshi Ogawa²

¹ 立命館大学大学院 理工学研究科 情報理工学専攻

¹ Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

² 立命館大学 情報理工学部 情報コミュニケーション学科

² College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

Abstract: In this research, factors that influence attributing humanity on communication robots were investigated throughout a 'Shiritori' game. Conversations of two people playing 'Shiritori' were analyzed to extract factors that influence attribution of humanity. Results of the analysis suggest that, 'Falter' and 'Response time' are one of the key factors that influence attribution. Based on these results, speech actions were implemented into a communication robot called 'PaPeRo'. Next, a two factorial experimental designed experiment was conducted to investigate the influence of these factors. Dependant variables such as 'question about continuity', 'memory of the key words', and 'psychological questionnaires' were analyzed. Results show that synergistic effect of 'Falter' and 'Response time' influences attribution of humanity.

1 はじめに

近年、人と共生し、対話を行うことで、人の行う問題解決や学習を支援するロボットが注目されている。このような状況で、人間に近い外見を有するロボットは、人間らしさを誘発することが示唆されており、ロボットの外見の違いによってユーザとのインタラクションの仕方が異なることも示唆されている[1][2]。外見で人間のように振舞うことや、人間とコミュニケーションを行うことが可能であるとされている。しかしながら、外見ではなく発話行為によって人間らしく感じられる場合もある。本研究ではコミュニケーションにおける発話行為に注目し、

NEC 社製のパーソナルロボット

PaPeRo(Partner-type Personal Robot)[7]を用いて、内面的な部分でロボットに対する人間らしさの帰属を引き起こす要因について検討する。

ロボットが人間のパートナーとして認められる要因は多くあるが、その一つに人間のように対話を行うことが挙げられる。対話には発話以外にジェスチャーやプロソディーなどの非言語情報が含まれるが、本研究では発話に限定し、人間のように思われるための要因について検討する。ジェスチャーやプロソディーを使用しない発話の例として「しりとり」を

対象とする。

本研究では、発話における人間らしさの要因を検討することを目的としているので、人間が行う行為をそのまま実装すれば、人間らしさの要因が得られると判断した。まず、人間同士のしりとりを分析することにより、人間らしさの帰属を引き起こす要因の候補を抽出する。その候補をロボットに実装し、しりとりを用いて心理実験を行った。また、評価方法として、継続性に関する質問、記憶の正答数、評価アンケートで評価を行う。これらの評価方法より、本研究で設定した条件を比較することで、その結果が人間らしさにおいて重要な要因かを検討する。

2 発話の収集

本研究では、まず人間同士のコミュニケーションについての調査を行った。この調査では、3組6人（男性：4人、女性：2人）の友達同士であり、飽きるまでしりとりを行って下さいと教示し、ルールは各組で決めながら、しりとりを行った。各組のしりとりの様子を IC レコーダー（OLYMPUS 製 Voice-Trek V-41）により収集し、発話の特徴についての解析を行った。

分析では、まずしりとりの内容を8つのコードに

分類し、コーディングを行った（表 1 参照）。

表 1 コードの種類

コード	内容
しりとり	単語
その他	相手のやりとりとは無関係 (Ex.長く続いていますね)
言い淀み	ある文字を探す発言 (Ex.「り」...)
感情	リアクション (Ex.おー)
相槌	相手への受け答え (Ex.うーん)
促し	相手へのプレッシャー (Ex.早く)
聞き	相手に単語の内容を確認 (Ex.「あ」?)
始まり	冒頭に発言 (Ex.始めるね)

各コードの出現頻度を調査したところ、「しりとり」以外に「言い淀み」や「その他」といった発話行為を頻繁に行っていることが明らかになった。

次に、各個人における「言い淀み」・「その他」より次のコードへの出現頻度を調査した。図 1 の縦軸は「言い淀み」・「その他」の次のコードをそれぞれ抽出し、次のコードの総数のうち各コードの割合を、横軸は、「言い淀み」・「その他」を発言後の次のコードを示したものである。この結果より、「言い淀み」の後に「しりとり」をする頻度(62.3%)が非常に高かった。これより、「しりとり」・「言い淀み」に着目し、さらに調査を進めた。

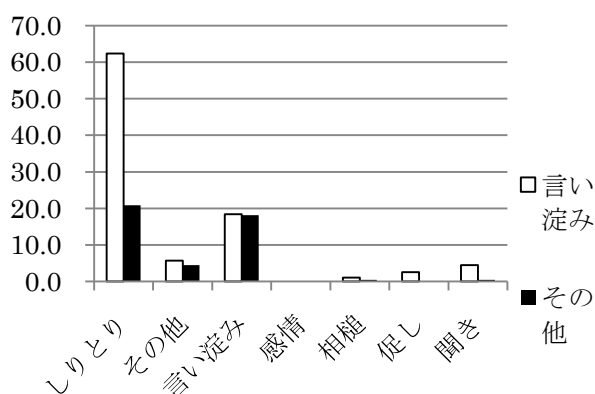


図 1 「言い淀み」・「その他」より次のコードへの出現頻度

また、「発話のタイミング」を調べるために人間同士のしりとりの実験においてコード別の応答時間を計測した。応答時間は、発話者が発言を終了し、相手に発話に移行するまでの時間とする。また、相手に発話に移行した際のコードの応答時間をコード別に抽出し、コード別の平均応答時間を調査した。分析の結果、次の「しりとり」が行われるまでの平均

応答時間が 2.29 秒（標準偏差 1.36 秒）であり、「言い淀み」が行われるまでの平均 2.16 秒（標準偏差 1.89 秒）であることが分かった。

3 PaPeRo への実装と実験

発話の収集より、人間らしさの要因に関わる要因として「言い淀み」と「発話のタイミング」に注目し、実際に人間が行っていた発話や発話応答時間を PaPeRo に実装し、実験を行った。

3.1 しりとりシステム

システムは、「しりとりシナリオ」モジュールと「行動決定プログラム」モジュールで構成されている（図 2 参照）。なお、本システムは、Google 社製スマートフォン Nexus One を使用して音声認識を行った[8]。また、PaPeRo が使用するしりとりの語彙の種類として、奈良先端科学技術大学院大学で開発されている自然言語解析用辞書 NAIST Japanese Dictionary[9]より、品詞分類は「名詞一般」、形態素生起コスト¹は 4000 以下の単語を抜粋し、使用した。

シナリオとは、PaPeRo の応答（動作フロー）を記述したものである。しりとりシナリオは、最初に人間の発話の音声認識し、その単語を行動決定プログラムに送る。その後、行動決定プログラムから、発話すべき単語と、発話までの行動（しりとり以外の行動）を受け取り、シナリオを作成する。PaPeRo はこのシナリオに従って、行動を行う。

行動決定プログラムは、しりとりシナリオの詳細な処理を行うモジュールである。人間の発話した単語をしりとりシナリオ生成モジュールから受け取る。この単語の末尾の語から始まる単語を探索し、決定する。このとき、PaPeRo 及び人間が一度発話した単語を除く。その後、発話の収集より得られた結果から「しりとり」や「言い淀み」のタイミングを決定し、しりとりシナリオ生成モジュールに送る。図 3 に本システムのフローチャートを示す。

¹ 形態素生起コスト：NAIST-jdicに記載されている見出し語の横にある数字を形態素生起コストという。数値が小さいほど出現しやすい語という意味になる。NAIST-jdicの形態素生起コストは解析済みのデータから学習した単語の出現確率を元に計算した数値が付与されている。

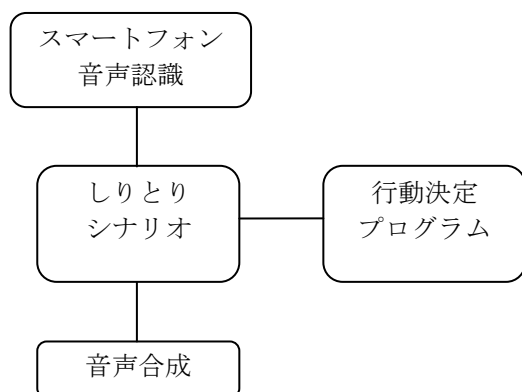


図2 しりとりシステム構成図

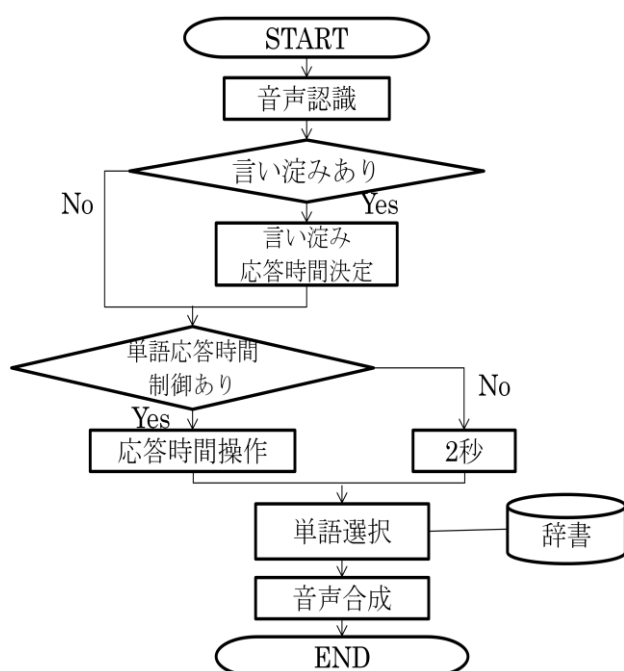


図3 フローチャート

3.2 スマートフォン音声認識

本システムを作成するにあたって、スマートフォン（Android 端末）を使用し、音声認識を行った。図4は、スマートフォンにおける音声認識開始前の画面である。この画面上部にある「認識開始」ボタンでは、実験参加者がしり通りの単語を発話する際に、このボタンを使用し、音声認識を行う。音声認識が行われると、図5に画面が遷移する。実験参加者が発話したい単語であれば「OK」ボタンを押すと、PaPeRo よりしり通りの返答がある。また、「やり直し」ボタンは、誤認識による実験参加者の発話したい単語でない場合に、このボタンを押すことで、再度音声認識を行うことが可能になる。また、図4の画面下部にある「PaPeRo がもう一度発話」ボタン

は、実験の途中で PaPeRo が発話する単語が難しい場合や聞き取りづらかった場合に使用する。このボタンを使用することで、PaPeRo が発話した単語を再び発話させることが可能である。



図4 スマートフォンで音声認識開始前の画面



図5 スマートフォンで音声認識開始後の画面

3.3 実験方法

実験は、2（言い淀みあり／なし）×2（応答時間操作あり／なし）の被験者内要因の実験計画である（表2参照）。表2に基づき、4種類のプログラムを作成し、PaPeRo に実装した。なお、応答時間操作ありは、人間同士のしりとり実験において調査したコード別平均応答時間を正規分布に従って作成し、応答時間操作なしは、2秒と設定した。また、「言い淀み」に関しても、人間同士のしりとり実験において調査し抽出した「言い淀み」の中から、特に頻度が高かった5種類の「言い淀み」を実験者が抜粋した。

実験は、ビデオカメラ(SONY 製デジタルビデオカメラレコーダー DCR-DVD403)により収集を行った。また、しりとりルールとして、システムの都合上、最初は実験参加者から開始することとした。しりとり一般的なルールとして、語尾に「ん」が付くと負けとなる。これらのルールより実験参加者に4種類のしりとりを実施した。また、実験の風景を図4に示す。

表2 2×2の被験者内要因の実験計画

		時間要因	
		応答時間操作あり	応答時間操作なし
発話要因	言い淀みあり	①	③
	言い淀みなし	②	④

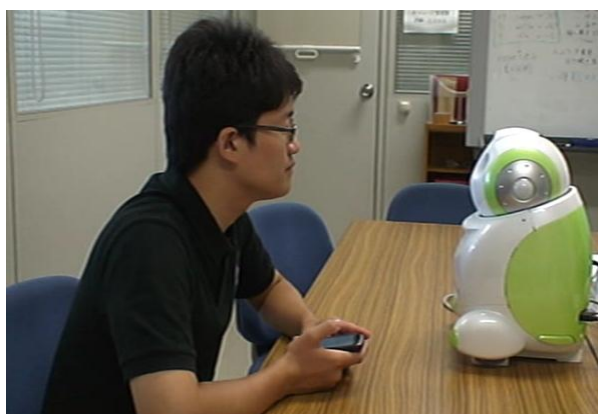


図4 実験の風景

本研究の評価方法として、継続性に関する質問、実験参加者による「しりとり」の記憶の成績(回答数・正答数・正答率)、評価アンケートを従属変数として調査した。なお、継続性に関する質問は、各条件のしりとり終了後に、アンケート用紙に「今回の条件でPaPeRoとのしりとりを次も続けたいと思いますか?」の内容で質問を行った。質問に対して、「全くそう感じなかった」「ほとんどそう感じなかった」「どちらともいえない」「かなりそう感じた」「非常にそう感じた」の5件法で実験参加者に回答を求めた。

また、記憶の成績は以下の方法で調査した。実験参加者に各条件を実装したPaPeRoとしりとりを行った後、アンケートでこの回で使用された単語をできるだけ多く記述するように指示した。実験後、実

験者が実際に使用した単語とアンケートで記述した単語(回答数)を照らし合わせ、実際に使用した単語の総数を正答数とした。また、回答数のうちの正答数の割合を正答率とした。例を図5、図6に示す。

アンケート

この回で使用された単語を
できるだけ多く書いて下さい

PaPeRo PaPeRo Human Human
りんご, みかん, しりとり, あか, うみ, らくだ
Human PaPeRo
ごりら, だんす, すいか

回答数: 9 個
正答数: 6 個
正答率: 66%

図5 記憶の正答数アンケート

実際に使用した単語

PaPeRo: りんご
PaPeRo: みかん
Human: しりとり
Human: うみ
Human: らくだ
Human: ごりら
PaPeRo: だんす
...

図6 実際に使用した単語

評価アンケートに関しては、各条件の実験終了後、評価アンケートを実施した。アンケートは、都築、木村(2000)の大学生のメディアコミュニケーションの心理特性に関するアンケートを使用した[3]。質問は以下の表3に記述された16項目に分類され、質問項目に対して、「全くあてはまらない」「あてはまらない」「どちらともいえない」「あてはまる」「非常にあてはまる」の5件法で実験参加者に回答を求めた。なお、実験参加者は、全条件に割り当てられた。課題遂行順序は、カウンターバランスにより統制した。

3.4 調査協力者

調査は、立命館大学情報理工学部大学生・大学院生を対象に実施され、全体で24人(男性:17人, 女性:7人, 平均年齢:22歳)が実験に参加した。

表 3 評価アンケート質問項目

1. 孤独を和らげる
2. 楽しい
3. 緊張する
4. 意思伝達が素早い
5. 相手を身近に感じる
6. 気楽に心を開く
7. 苦手である
8. 情報収集に効果的である
9. 思いやりを表現できる
10. かたぐるしい
11. 自分の意思を伝達しやすい
12. 個人的な話ができる
13. 気軽である
14. 目的がある
15. 集中できる
16. 疲れる

4 結果

継続性に関する質問，記憶の成績，評価アンケートの結果を以下に示す．

4.1 継続性に関する質問

継続性に関する質問の結果を表 4 に示す．値は，実験参加者が回答した 5 段階評価の平均値である．この質問で，2 要因の被験者内要因の分散分析を行った．その結果，発話要因において，全体的に「言い淀みあり」の方が「言い淀みなし」よりも評価が高いことが分かった．また，時間要因の主効果は，有意とはならなかったが($F(1, 23)=0.036$, $p=.85$)，発話要因の主効果は，有意となった($F(1, 23)=7.933$, $p=.01$)．一方，各要因の交互作用に関しては，有意傾向であった($F(1, 23)=3.265$, $p=.08$)．

表 4 継続性に関する質問の結果

		時間要因	
		応答時間操作あり	応答時間操作なし
発話要因	言い淀みあり	3.75	3.52
	言い淀みなし	3.08	3.25

4.2 記憶の成績

次に記憶の成績に関して，実験参加者の回答数・正答数・正答率の平均値を調査した．結果を表 5，表 6，表 7 に示す．これらの結果より，応答時間操作あり×言い淀みあり条件が他の条件に比べて回答数・正答数が多いことが分かった．

表 5 回答数

単位：個		時間要因	
		応答時間操作あり	応答時間操作なし
発話要因	言い淀みあり	6.46 (SD:2.57)	5.83 (SD:2.27)
	言い淀みなし	6.33 (SD:3.07)	6.08 (SD:2.28)

表 6 正答数

単位：個		時間要因	
		応答時間操作あり	応答時間操作なし
発話要因	言い淀みあり	6.29 (SD:2.66)	5.54 (SD:2.10)
	言い淀みなし	6.08 (SD:2.97)	5.75 (SD:2.40)

表 7 正答率

単位：%		時間要因	
		応答時間操作あり	応答時間操作なし
発話要因	言い淀みあり	97%	96%
	言い淀みなし	96%	94%

4.3 評価アンケート

また，評価アンケートに関する結果を図 7 に示す．縦軸は各質問項目の平均点を示し，横軸は各質問項目を示す．

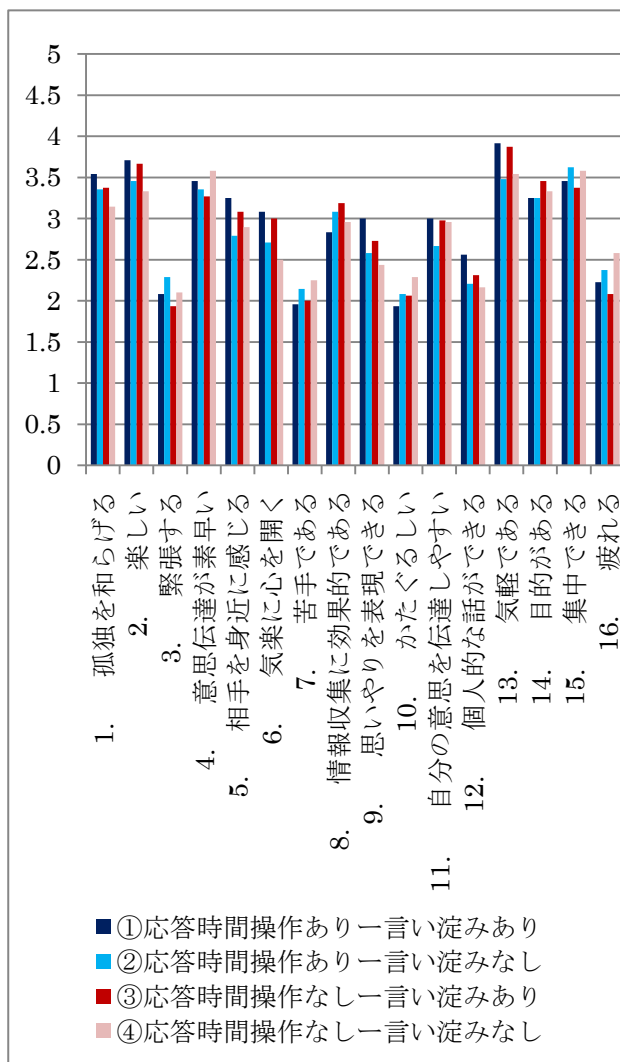


図 7 評価アンケート

4.4 考察とまとめ

これらの結果より、継続性に関する質問に関して、発話要因である「言い淀みあり」の方が「言い淀みなし」より引き続きしりとりを行いたいと思うことが明らかになった。これは、PaPeRoに発話要因を実装することで、実験参加者はもう一度しりとりを行いたいと思う傾向があり、PaPeRoをパートナーとして捉えた場合に、発話要因が重要な役割を示すと考えられる。

現実の場面の人間同士のコミュニケーションでは、好きな相手の行動に対しては、相手の発言した内容についてより多くのことを記憶していることがこれまでの研究では明らかにされている[4][5][6]。今回の記憶の成績に関して、正答率はあまり変化しなかったが、回答数・正答数より「応答タイミング」と「言い淀み」の相乗効果で、より多く記憶している

ことが明らかになった。以上より、「言い淀み」という発話要因と「応答タイミング」という時間要因が、人間同士のコミュニケーションと同じような行動を誘発する上で重要であると示唆される。従って、これらは人間らしさを引き起こす重要な要因であると考えられる。

謝辞

本研究の実験に協力して頂いた立命館大学情報理工学部大学生・大学院生に感謝する。

参考文献

- [1] 坂本大介, 神田崇行, 小野哲雄, 石黒浩, 萩田紀博: “遠隔存在感メディアとしてのアンドロイド・ロボットの可能性”, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.12, pp.3729-3738 (2007)
- [2] T. Komatsu., N. Kuki.: “Investigating the Contributing Factors to Make Users React Toward an On-screen Agent as if They are Reacting Toward a Robotic Agent”, In Proceedings of the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2009), pp.651-656 (2009)
- [3] 都築誉史, 木村泰之: “大学生におけるメディア・コミュニケーションの心理特性に関する分析—対面, 携帯電話, 携帯メール, 電子メール条件の比較”, 応用社会学研究, Vol.42, pp.15-24(2000)
- [4] Keenan, J.M. and Baillet, S.D.: “Memory for personally and socially significant events” In R. S. Nickerson(Ed.), Attention and Performance, VII. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates, pp.651-669 (1980)
- [5] Ferguson, T.J., Rule, B.G. and Carlston, D.: “Memory for personally relevant information”, Journal of Personality and Social Psychology, Vol.44, pp.251-246 (1983)
- [6] 池上知子: “対人好悪の感情が情報の体制化に及ぼす影響”, 愛知教育大学研究報告(教育科学), Vol.40, pp.155-169(1991)

参考 URL

- [7] NEC コミュニケーションロボット PaPeRo <http://www.nec.co.jp/products/robot/>
- [8] Android Developers <http://developer.android.com/index.html>
- [9] 奈良先端科学技術大学院大学 自然言語解析用辞書「NAIST Japanese Dictionary」
<http://sourceforge.jp/projects/naist-jdic/>