

音声対話ロボットにおける触覚インタラクションの効果の検証

小川 拓貴† Takuki Ogawa 森田 和宏† Kazuhiro Morita 泓田 正雄† Masao Fuketa 寒川 舞† Mai Kankawa 青江 順一† Junichi Aoe

1. まえがき

近年、癒し効果やストレス解消を目的としたコミュニケーションロボットの研究が盛んになっている。癒しロボットには対話によって人を楽しませるもの[1]や要介護者の話し相手になって介助者の負担軽減や認知症の抑止に利用される対話ロボット[2]、対話エージェント[3]が存在する。

癒し目的で対話をおこなうロボットやエージェントがある一方、触る、撫でるなどの接触インタラクションをおこなうことで癒しを与えるロボット[4]や癒しロボットとの触れ合いにより認知症の抑止を目指した研究[5]がおこなわれている。

そこで、音声対話と触覚インタラクションを融合することで、よりユーザを楽しませ、癒しを与える効果の高いシステムを実現できると考えられる。

従来研究でも接触センサを備えた音声対話ロボット[6]は作られているが、音声対話と触覚インタラクションを組み合わせることの有効性は明らかにされていない。

以前、我々は触覚コミュニケーションと音声対話が可能な触覚コミュニケーションロボットを構築し、音声対話のみ、音声対話と触覚インタラクションを組み合わせたコミュニケーションの 2 種類のコミュニケーション実験をおこない音声対話における触覚インタラクションの効果を検証した[7]。しかし、明確な対話戦略がないためどのような対話で触覚インタラクションの効果が確かめられたのかが不明確であった。また、実験対象が大学生 4 人と人数、年齢層ともに限られており実験結果の精度は低いと考えられる。

そこで本研究では対話戦略を明確にし、実験人数と年齢層を広げて触覚インタラクションの効果を検証する。

2. 触覚コミュニケーションロボット

本研究では図 1 のような触覚コミュニケーションと音声対話が可能で触覚コミュニケーションロボットを構築した[8]。

ロボットの外装にはぬいぐるみを使用している、これは触覚インタラクションにおいてロボットのさわ心地を考慮しているからである。ロボットにはユーザからの接触インタラクションを検知するために頭部、左右の手足、腹部の 6 箇所接触センサを設置した。またロボットの背面には音声対話用のスピーカとマイクを設置した。ロボット側にマイクを設置するとヘッドセットに比べてユーザの発話音声を拾いにくくなるが、ユーザはロボットに近づいて話す必要があるため人との対話に近い対話をおこなうことが可能である。

2.1. システムの構成

システムの入力は接触センサからの接触情報とマイクからの音声入力である。接触情報はセンサマネージャ、入力音声は対話認識部で文字列に変換されて対話理解エンジンへ送られる。対話理解エンジンは入力情報から対話シナリオを用いて応答音声を生成し、スピーカから応答音声を出力する。図 2 にシステム全体の構成を示す。

本研究では対話理解エンジンとして筆者が所属する研究室の対話理解エンジンを用いている。この対話理解エンジンは対話シナリオを用いて応答を決定しているため対話文脈に沿った応答が可能である。対話シナリオを用いた触覚インタラクション、音声対話例を図 3 に示す。

また、対話理解エンジンは入力文から「肯定」や「否定」、感情状態など 94 種類の発話意図の抽出が可能であり、ユーザの発話意図をもとに応答をおこなうことが可能である。

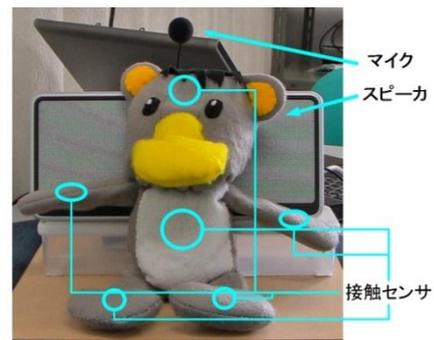


図 1 触覚コミュニケーションロボットの外観

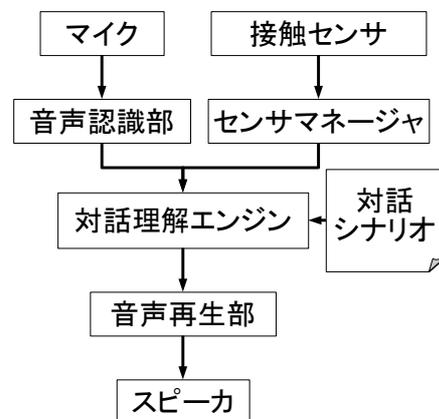


図 2 システム構成

†徳島大学大学院先端技術科学教育部

図3 触覚インタラクション, 音声対話例

<触覚インタラクション例>	
ロボット	「僕の足に触ってみてよ。」
被験者	(ロボットの足に接触)
ロボット	「どう, 僕の足かわいいでしょ!」
<音声対話例>	
ロボット	「朝食を毎日きちんと食べてる?」
被験者	「食べてるよ」
ロボット	「えらい! これからも続けてね。」

2.2. 対話戦略

本対話システムではシステム主導型の対話戦略をおこなう[9]. システム主導型の対話戦略とは, システム側からユーザへ質問, 行動要求などの働きかけをおこなうことでシステムが主導権を握って対話を進める対話戦略である.

システム主導型の対話戦略を取ることでユーザ側の発話内容や行動を制限することが可能になるので, 対話として自然な応答を準備することができる. 本研究では音声対話においてシステムからの質問に対するユーザの応答を“肯定的応答”, “否定的応答”, “発話なし”, “その他の応答”の4クラスに分類し, それぞれの場合でシステムの返答を設定した. クラス分類には対話理解エンジンが抽出した意図や特定のキーワードを用いた.

“肯定的・否定的応答”のクラスは対話理解エンジンが抽出した「肯定」・「否定」の意図や, 特定の質問における肯定, 否定を示すキーワード, 例えば「～が好き?」という質問では「好き」は肯定を示し「嫌い」は否定を示す, から判断した. “その他の応答”では対話理解エンジンが抽出した意図から返答を決定している. システムが「君は, お菓子は好き?」と質問した場合のユーザの応答分類と返答例を表1に示す.

触覚インタラクションではシステムがユーザに対して触ってほしい場所を提示し, ユーザは接触や音声によって応答をおこなった. そのため, ユーザの応答を“接触場所が正しい接触”, “接触場所を誤った接触”, “接触なし”, “否定を示す音声応答”, “その他の音声応答”の6分類と想定してシステムの返答を設定した. システムが「頭を撫でてほしいな」と接触要求を出した場合のユーザの応答分類とシステムの返答例を表2に示す.

表1 質問「君は, お菓子は好き?」に対するユーザの応答分類と返答例

ユーザの応答分類	システムの返答
肯定的応答 (はい, 好き, etc)	おいしいよね, 僕も大好きなんだ
否定的応答 (いや, 嫌い, etc)	そうなんだ, 甘いものは苦手なのかな
応答なし	お菓子は嫌いなのかな?
その他の応答 (今日は疲れた [意図:疲労])	お疲れ様です

表2 接触要求「頭を撫でてほしいな」に対するユーザの応答分類とシステムの返答例

ユーザの応答分類	システムの返答
接触場所が正しい接触 (頭)	わーい, ありがとう. 頭を撫でてもらっちゃった!
接触場所を誤った接触 (頭以外)	そこは頭じゃないよ, でも触ってくれてありがとう.
接触なし	触るのは嫌かな?
否定を示す音声応答 (嫌, 触らない, etc)	触ってもらえなくて残念だな.
その他の応答 (今日は疲れた [意図:疲労])	お疲れ様です

3. 評価実験

本研究では音声対話における触覚インタラクションの有効性を評価するために, 従来の音声対話のみのコミュニケーション, 音声対話と触覚インタラクションを組み合わせたコミュニケーションの2種類のコミュニケーション実験をおこなった. そして集中度, 表情値による分析評価と認識エラー率による頑健性の評価をおこなった.

3.1. 実験方法

音声対話のみ, 音声対話と触覚インタラクションを組み合わせたコミュニケーション実験をそれぞれ20代~50代の8人を対象におこない, 合計16人分のデータを取得した. 1回の実験時間は2分間で, 実験の様子を撮影した動画データから集中度, 表情値を分析評価した.

(1) 集中度

集中度とは, コミュニケーションの上で重要とされる注意喚起[10]を測定する基準として定義したもので, 以下の基準で被験者がロボットとのコミュニケーションに注意を向けているかどうかを測定した.

- 集中度 0: 被験者がよそ見をしており注意散漫な状態
- 集中度 1: 被験者がロボットの応答に答える, コミュニケーションに注意を向けている

(2) 表情値

ロボットコミュニケーションにおいて, ユーザが感じている面白さの評価基準には表情を利用することが可能である[11]. そこでロボットとコミュニケーション中の被験者の表情を以下のような基準で測定し, 被験者がロボットとのコミュニケーションに感じている面白さの評価をおこなった.

- 表情値 0: 無表情
- 表情値 1: 笑顔を見せている
- 表情値 2: 口を開けて, 声を出して笑っている

3.2. 実験結果と考察

表3に集中度の増加率と継続率を示す. 増加率はインタラクションのうち集中度を増加させたインタラクションの割合, 継続率は注目しているインタラクションの

集中度が 1 で、かつ一つ前のインタラクションの集中度も 1 であるインタラクションの割合である。

表 3 より、触覚インタラクションと音声対話は音声対話のみと比較してユーザの集中度を増加させる効果が高いことが分かる。また、集中度を継続させる効果は音声対話のみ、音声対話と触覚インタラクションともに高い割合となっており、それぞれユーザの集中力を維持する効果が高いことが分かる。

表 3 集中度の実験結果

集中度	増加率(%)	継続率(%)
触覚インタラクションと音声対話	0.87[1/115]	98[113/115]
音声対話のみ	0.78[1/129]	98[127/129]

表 4 表情値の実験結果

表情値	増加率(%)	継続率(%)
触覚インタラクションと音声対話	22[25/115]	1.7[2/115]
音声対話のみ	12[16/129]	1.6[2/129]

表 5 表情値 2 のインタラクション率

	表情値 2 のインタラクション率(%)
触覚インタラクションと音声対話	10[12/115]
音声対話のみ	4.7[6/129]

表 4 に表情値の増加率と継続率を示す。増加率とは、表情値を増加させたインタラクションの割合で、継続率は注目しているインタラクションの表情値が 1 以上で、かつ一つ前のインタラクションの表情値と等しいインタラクションの割合である。

また、表情値 2 を付与されたインタラクション率を表 5 に示す。

表 4 より音声対話と触覚インタラクションは表情値の増加率が 10%、継続率が 0.1%音声対話に比べて高く、特に表 5 より表情値 2 の割合が音声と比較して約 2 倍高くなっている。これらの結果から触覚インタラクションは音声対話より情緒面でユーザを楽しませる効果が高いことが分かる。

接触入力での認識エラー率はシステム原因が 11%、ユーザ原因が 4.3%、音声認識エラー率は 43%であった。接触入力におけるシステム原因のエラーとは、接触センサが接触を検知できなかったことによるエラーである。ユーザ原因のエラーはユーザの接触間違えによるエラーである。

以上の結果より、接触入力の総認識エラー率は 15.3%と音声対話の認識エラー率の 4 割程度に抑えられており、触覚インタラクションは音声対話に比べて頑健性に優れていることが分かった。

4. まとめ

本研究では触覚コミュニケーションと音声対話が可能な触覚コミュニケーションロボットを構築し、音声対話

のみ、音声対話と触覚インタラクションを組み合わせたコミュニケーションの、2 種類のコミュニケーション実験をおこなうことで音声対話における接触インタラクションの効果を検証した。

実験の結果、触覚インタラクションを音声対話と組み合わせることで音声対話のみより集中度の増加、情緒面でユーザを楽しませる効果が高いことが明らかになった。

また、触覚インタラクションと音声認識のエラー率から触覚インタラクションは音声対話に比べて頑健性に優れていることが分かった。

参考文献

- [1] 原田 俊信, 佐藤 昌延, 佐々木 洋輔ほか: 癒し系ロボット PDDIN2004 の作製, 電子情報通信学会技術研究報告. TL, 思考と言語, Vol.104, No.740, pp.73-77(2005)
- [2] 山本 浩司: 対話ロボットを用いた高齢者コミュニケーション支援システムの開発, 映像情報メディア学会誌 映像情報メディア, Vol.54, No.6, pp.798-801(2000)
- [3] 中野 有紀子, 比企野 純太, 安田 清: 認知症患者のための語りかけエージェント, JSAI2011, 1A2-NFC1b-8(2011)
- [4] 柴田 崇徳: アザラシ型ロボット・パロと人との相互作用に関する研究, 日本ロボット学会誌 Vol.29, No.1, pp.31-34(2011)
- [5] 加納 政芳, 種田 行男, 清水 太郎ほか: Babyloid と高齢者の共生から見えてきたもの, JSAI2011, 1E1-3(2011)
- [6] 光永 法明, 宮下 敬宏, 吉川 雄一郎ほか: 日常空間で対話できるコミュニケーションロボット Robovie-IV, 電子情報通信学会技術研究報告, HIP ヒューマン情報処理, Vol.105, No.536, pp. 47-52(2006)
- [7] 小川拓貴, 森田和宏, 泓田正雄, 青江 順一: 接触機能を持つ音声対話ロボットに関する研究, 第 10 回情報科学技術フォーラム, J-010(2011)
- [8] Ogawa, T., Morita, K., Kitagawa, H., Fuketa, M., Aoe, J.: A study of dialogue robots with haptic interactions, Proceedings of the 7th International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering (IEEE NLP-KE), pp.285-288(2011)
- [9] Ogawa, T., Bando, H., Kitagawa, H., Atlam, E.S., Morita, K., Fuketa, M., Aoe, J.: Empathic Robot Communication by Touch-based Dialog Interfaces, Proceedings of Sixth International Knowledge Management in Organizations Conference (KMO) 2011(2011)
- [10] 国立障害者リハビリテーションセンター: 認知症者の自立行動を促す情報支援ロボットを開発, 平成 22 年 8 月 23 日プレスリリース
- [11] 久間 英樹, 高橋 勇作, 福岡 久雄ほか: ホビーロボットを用いた高齢者介護施設における「笑い」の定量的評価方法, 笑い学研究, Vol.17, pp.50-60 (2010)