

人間との円滑な対話のための引き込み現象のモデル化とその応用

＊飯尾 尊優，タネヴ イヴァン，下原 勝憲，三木 光範

同志社大学大学院工学研究科

〒610-0394 京都府 京田辺市 多々羅都谷 1-3 香知館 219

E-mail : {iio, itanev, kshimoha}@sil.doshisha.ac.jp, mmiki@mail.doshisha.ac.jp

Abstract: 本研究はヒューマンロボットインタラクションにおける語彙の引き込み現象に焦点を当てる．語彙の引き込み現象は，人間の語彙の多様性に関わる音声認識の問題を解決する可能性があるものの，これまでロボットでは研究されてこなかった．そこで我々は実環境で人とロボットが物体を参照する状況を想定し，語彙の引き込みが起こるかどうか検証した．実験の結果，特定語への語彙の引き込みと特定カテゴリへの語彙の引き込みという2種類の引き込み現象が起こりうることを明らかにした．

1 はじめに

少子高齢化などの社会的背景を受けて，単純作業を支援する生活支援型ロボットの研究が盛んになっている[1]．これらのロボットは，不慣れな人でも自然に対話できるように，音声や身振りによる人間らしいコミュニケーションをする必要がある．人々の明示的な意志の伝達は発話を通じてなされるため，音声認識は特に重要である．しかしながら，ロボットが人の発話を理解することは困難である．その原因の一つに人間の語彙の多様性がある[2]．

その音声認識の精度を向上させるためには，工学的な視点だけでなく認知心理学的な視点が必要だと考える．たとえば，先にあげた語彙の多様性に対応するために，単純に音声認識辞書を拡張しようとする，その認識効率と精度は減少してしまう．そこで我々は語彙の引き込みと呼ばれる現象に焦点を当て，人間とロボットの相互作用によって，認知心理学的にこの問題を解決することを考える．語彙の引き込みは，会話している2人の間で，一方の話す単語が他方の話す単語に同調するという現象であり，この現象は人同士，そして人とコンピュータのインタラクションで観測されてきた．しかしながら，人とロボットとのインタラクションにおいて，この現象はまだ研究されていない．

語彙の引き込みのソーシャルロボットへの応用を考えると，これまでの研究の知見をそのままヒューマンロボットインタラクションに適用できないことが分かる．なぜならそれらの研究は，会話する2人と参照される物体が空間を共有することの意味を考慮していなかったからだ．たとえば，人同士における語彙の引き込みは，被験者たちは壁越しにカードのマッチングを行う状況で調査され[3]，また人とコンピュータにおける語彙の引き込みは，システムとの音声チャットが想定されていた[4]．しかしながら，ロボットは実環境において物体を介して人々にサービスを提供する必要があるため，人とロボットが実環境中の物体を互いに参照する状況を想定されるべきである．もし語彙の引き込みがそのような状況においても起きうるならば，人と円滑なコミュニケーションを実現するためのロボットの対話戦略を設計することが可能になるだろう．

そこで本稿では，人とロボットが実環境でオブジェクトを参照する状況において，語彙の引き込みが起こるかどうかを調査する．

2 仮説

HRI における物体指示インタラクションで起きる語彙の引き込みには，次の2種類が考えられる．

- ・ ロボットが使用した語を，指示発話の語に採用する．
- ・ ロボットが使用した語のカテゴリの中から，指示発話の語を選択する．

1 つ目は，ロボットが物体 A に対して a という語を使用したという履歴を受けて，人間が物体 A を a という語で指示する，という引き込みを示している．図 1 に，この引き込みの例を示す．図 1 では，1 番と書かれた白い箱をロボットが「1 番の箱」と呼んだことで，人間もまた，最初は「白い箱」と指示したにもかかわらず，その箱を「1 番の箱」と指示している様子を表している．

2 つ目は，ロボットがいくつかの物体に対して，x というカテゴリに属する語を使用したという履歴を受けて，人間が他の物体もカテゴリ x に属する語で指示する，という引き込みを示している．具体的な例として，図 2 のように，人間から見て左から 1，2，3 と番号のつけられた白，灰色，黒の箱が並んでいる状況を考える．ロボットが 1 番の箱を「白い箱」，2 番の箱を「灰色の箱」と呼んだとき，人間は，それまで別のカテゴリの語で箱を指示していたとしても，3 番の箱を「黒い箱」と指示する傾向が増えるだろう．また同様に，ロボットが 1 番の箱を「あなたからみて左の箱」，2 番の箱を「真ん中の箱」と呼べば，人間は 3 番の箱を「右の箱」と指示する傾向が増すと考えられる．

ここで，1 つ目の引き込みを特定語への語彙の引き込み，2 つ目の引き込みを特定カテゴリへの語彙の引き込みと呼ぶこととする．本研究では，これら 2 種類の語彙の引き込みが実際に起きるかどうかを検証する．すなわち，以下の仮説を検証する．

仮説 1 ロボットの発話によって，特定語への語彙の引き込みが起こる．

仮説 2 あるカテゴリに絞られたロボットの発話によって，その特定カテゴリへの語彙の引き込みが起こる．

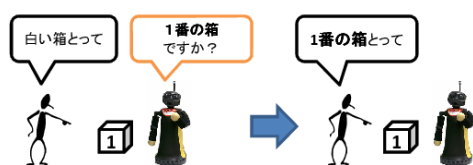


図 1 特定語への語彙の引き込み

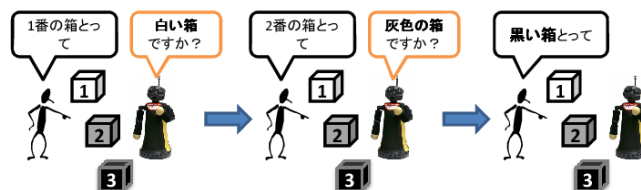


図 2 特定カテゴリへの語彙の引き込み

3 方法論

我々は語彙の引き込みについて調査するために，WoZ 法を使った人間とロボットのインタラクション実験を実施した．本章ではその実験でのタスク，オペレータの役割，評価方法について述べる．

3.1 タスク

本実験では，実験環境中にある本を移動するように被験者がロボットに指示を出す，というタスクを行った．その理由は，本は一般的にどこの家庭にも置いてあるということ，そして様々な表現の方法（e.g. タイトル，著者，分類，表紙の色，大きさ，厚さ，置いてある場所など）があるということである．ロボットはまず被験者に挨拶と自己紹介をした後，被験者にどの本を移動させたいか尋ねた．被験者が本を 1 つ選んだあと，ロボットはその物体の確認を行った．この確認は，その本に視線を向け，指をさしながら，本ごとに用意された確認用のセリフを発話するという方法で行われた．もし確認した本が正しければ被験者は次の本を指示し，そうでなければ再度同じ本を指示した．図 3 にタスクを行う被験者とロボットの様子を，表 1 に対話の例を示す．

本研究では，被験者がロボットの確認に含まれる語を次の同じ物体の指示で採用したとき，語彙

の引き込みが起きたと見なすこととする。



図 3 実験の様子

表 1 対話の例

話者	対話
ロボット	本を指示して下さい。
被験者	じゃあ、あの雑誌取ってください
ロボット	あの赤い本ですか？
被験者	そうです。
ロボット	分かりました。次の本を指示して下さい。
被験者	うーん、じゃあその小説を取ってください。 (全ての本を選択するまでこのタスクが続く)

3.2 オペレータ

本実験では、自由な発話が可能な環境で、被験者の指示発話がどのように変化するかということに焦点を当てている。しかし、現在の音声認識や画像認識技術では、被験者の音声を正確に聞き取ることや指差し動作を認識することが困難であり、実験を円滑に実施できない可能性がある。そこで、本実験では、現在の音声認識や指差し認識の技術の代わりに、人間のオペレータが被験者の指示を認識した。ただし、オペレータは、この指示対象認識システムの自動化の実現を考慮に入れて、(1) 本のタイトルによる指示、(2) 本の色による指示、(3) 本を指差ししながらの指示、という 3 条件を満たす発話のみを認識するようにした。

3.3 仮説検証の方法

3.3.1 仮説 1

ロボットの発話によって、特定語への語彙の引き込みが起こる、という仮説 1 の検証方法を述べる。この検証実験では、被験者は 5 冊の本の指示タスクを 2 度行い、前半をセッション 1、後半をセッション 2 とした。そして、各セッションにおいて、ロボットの確認と同じ語を使用した被験者の指示回数を計測した。もし、セッション 1 よりもセッション 2 において、その指示回数が多ければ、特定語への引き込みが起きたといえるだろう。

3.3.2 仮説 2

あるカテゴリに絞られたロボットの発話によって、その特定カテゴリへの語彙の引き込みが起こる、という仮説 2 の検証方法を述べる。この検証実験では、被験者は 5 冊の本の指示タスクを 1 セッションのみ行った。この実験では次の条件によって、ロボットの確認発話が異なる。

条件 1 ロボットは様々なカテゴリの語を使って確認をする。

条件 2 ロボットは色カテゴリの語を使って確認をする。

この実験のタスクは、1 セッションのみであるため、被験者はそれぞれの本に対するロボットの確認発話を知らない状態である。したがって、条件 2 で色カテゴリの語を使用した指示回数が多くなれば、ロボットの色カテゴリを使った確認によって、色カテゴリへの引き込みが起きたといえるだろう。

4 実験結果

4.1 実験 1：仮説 1 の検証

実験 1 には 8 人の被験者が参加し、40 回の指示が得られた。表 2 に各本のロボットの確認発話と同じ語を使って本を指示した被験者の数を示す。たとえば、本 1 は「黄色い本」と指示した被験者が、セッション 1 では 0 人、セッション 2 では 2 人いたことを示している。セッション 2 では、ロボットの確認と同じ語を使った指示が多くなった。たとえば、本 4 を「漫画」と指示した被験者は、

セッション1では0人であったが、セッション2では3人に増えた。これらのロボットと同じ語を使った指示の割合を各セッションで比較したところ、有意な差があった ($\chi^2 = 4.267$, $p < 0.05$)。

4.2 実験2：仮説2の検証

条件1には8人の被験者が割り当てられ、39回の指示が得られた。また条件2には11人の被験者が割り当てられ、54回の指示が得られた。図4に各条件での指示の種類の割合を示す。ロボットが様々なカテゴリの語で確認を行う条件1では、色カテゴリの語を使った指示は1度もなかった。一方、ロボットが色カテゴリの語で確認を行う条件2では、色カテゴリの語を使った指示は18.5%に増加した。それぞれの条件において、色カテゴリの語を使った指示の割合をカイ二乗検定によって比較したところ、有意な差が見られた ($\chi^2 = 8.092$, $p < 0.01$)。大きさカテゴリの語を使った指示や指示語のみを使った指示の割合も条件2では増加しているが、これらの割合に有意な差は見られなかった。

表2 ロボットの確認と同じ語を使った参照回数

本	確認のカテゴリ	セッション1	セッション2
タウンワーク	色	0	2
デカルトの密室	タイトル	5	5
アスкул	大きさ	2	3
新世紀エヴァンゲリオン	分類	0	3
歩く京都	タイトルの一部	1	4
ロボットの確認発話の語を使った指示		8	17

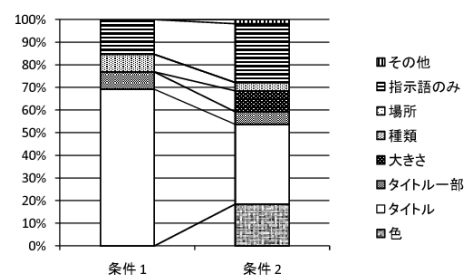


図4 各条件での参照表現の割合

5 考察と結論

本研究の結果、ヒューマンロボットインタラクションにおける語彙の引き込み現象に関する2つの仮説の妥当性を支持している。まず実験1では、セッション1よりもロボットの確認を聞いた後のセッション2において、それぞれの本の確認に含まれる特定語を使う割合が多かった。これは、被験者の語彙がロボットの発話によってその特定語に引き込まれたことを示している。したがって、ロボットの発話によって、特定語への語彙の引き込みが起こったと言える（仮説1）。また実験2では、ロボットが様々なカテゴリの語を使う条件よりも、ロボットが色カテゴリの語を使う条件において、被験者は色カテゴリの語を多く使用した。これは、あるカテゴリに絞られたロボットの発話によって、その特定カテゴリへの語彙の引き込みが起こるということを示している（仮説2）。

本研究で述べた語彙の引き込みは、ロボットの音声認識を支援するための対話設計に応用可能だと考える。たとえば、ロボットは自分の音声認識辞書の中にある認識しやすい語を使って物体を確認することによって、ロボットにとって認識しやすいその語を人間が使用する傾向を増やすことができる。さらに、その確認発話の語のカテゴリを限定することによって、人間の全体的な指示の語彙を絞り込むことが可能だと考える。

参考文献

- [1] 独立行政法人新エネルギー・産業技術開発機構：技術戦略マップ 2008 (2008).
<http://www.nedo.go.jp/roadmap/2008/sys1.pdf>
- [2] Furnas, W.G., Landauer, K.T., Gomez, M.L. and Dumais, T.S.: The vocabulary problem in human-system communication, Comm. ACM, Vol.30, pp.964–971 (1987).
- [3] Brennan, E.S. and Clark, H.H.: Lexical choice and conceptual pacts in conversation, Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, Vol.22, pp.1482–1493 (1996).
- [4] Brennan, E.S.: Lexical Entrainment in spontaneous dialog, Proc. International Symposium on Spoken Dialogue, pp.41–44 (1996).