

# 空間的要因に依存する指示語を用いたインタラクション\*

杉山 治<sup>‡</sup> 神田 崇行<sup>§</sup> 今井 倫太<sup>¶</sup> 石黒 浩<sup>||</sup> 萩田 紀博<sup>\*\*</sup>

ATR 知能ロボティクス研究所 <sup>†† ‡ § ¶ || \*\*</sup> 慶應義塾大学 工学部<sup>†† ‡ ¶</sup> 大阪大学 大学院工学研究科 <sup>||</sup>  
 科学技術振興機構 さきがけプログラム <sup>¶</sup>

## 1 はじめに

人同士が環境内の物体について話すとき、指さしと共に「これ」「それ」「あれ」といったような指示語を使用し、相手の注意をその物体に向けている。このような指示動作を含む発話は、少ない語句で瞬時に相手の注意を誘導できるという点で、人同士の自然なインタラクションにおいて重要な役割を担っている。この指示語の役割は、人間・ロボット間のインタラクションにおいても同様に重要であると考えられる。

従来のロボットに関する指示動作を含む発話の研究では、主にロボットをインタラクションの聞き手として設定していた [1]。そのため、研究の主体は、人間が指さした対象の特定が多く、指示語によってどのように空間が制約されるかに関しては厳密な定義がなされてこなかった。

そこで本研究では、人同士の単純な対話から、ロボットを話し手としたときに用いる指示語を決定する上で必要な、指示者と被指示者および環境内に存在する物体の3要素間の空間的要因を実験によって調べた。そして、それら空間的要因をモデル化することによってロボットに適切な指示語を発話させ、人間の注意を目的の物体に誘導する注意誘導モデルを提案し、システムに実装した。

本研究では、コミュニケーションロボット Robovie[2]を用いて、注意誘導システムを実装した。

## 2 実世界における注意誘導モデルの構築

### 2.1 注意誘導モデルの構成

ロボット・人間・物体が1体ずつ存在する単純な環境において対象の注意を目的の物体に誘導するためには、適切な指示語と指さしを用いれば良い。しかしながら、物体が複数になり環境が複雑化してくると、物体同士が接近しすぎた場合に指示語と指さしのみでの物体の特定が困難になると考えられる。本研究では、指さしと指示語のみでは特定の物体が判別できなくなる距離を限界距離として定義した。複雑な環境下における人同士の会話の例としては、「その赤い方の箱」など指示語に物体の属性(色、形)を付加することによって判別を可能にしてい

る。本研究でもこの手法を用いて物体同士が接近している場合の判別を行う。

従って、モデルにおける注意の誘導は、指示語と限界距離、そして物体の属性を用いて以下の流れで行われる。

処理 1 注意を誘導する物体から限界距離以内に他の物体が存在しない場合、指さしと指示語を用いた注意の誘導が行われる

処理 2 限界距離以内に他の物体が存在し、目的の物体と他の物体の属性が異なる場合、指さしと指示語に加えて物体の属性を用いて注意の誘導を行う

処理 3 上記2条件共に当てはまらない場合、指さしとその物体を一意に決定できる言葉(距離や他の物体との位置関係など)を用いて注意の誘導を行う

指示語決定モデルと限界距離モデル、物体の属性判別モデルに関しては次節以降に示す。

### 2.2 指示語決定モデル

本研究では、まず話し手・聞き手・物体が単体で存在する単純な環境において、指示語が変化する境界を測定する実験を行った。その結果、指示語境界は図1のようになった。

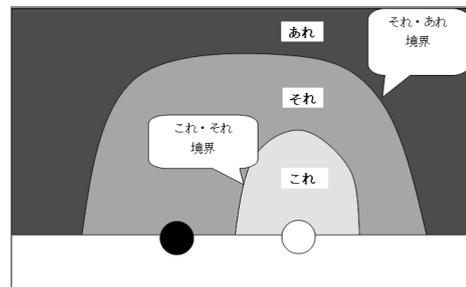


図1 指示語境界

図1上の白丸は指示者、黒丸は被指示者を表す。境界曲線は楕円形であり、指示者と被指示者、または指示者をその中心とすることが示された。また、上記境界曲線を近似する近似曲線式  $f_{KS}(d_{SL}, d_{SO}, \theta_{SO}, \theta_S)$ ,  $f_{SA}(d_{SL}, d_{LO}, \theta_{LO}, \theta_S, \theta_L)$  (式は略す) を求めた。各変数は図2のように定めた。

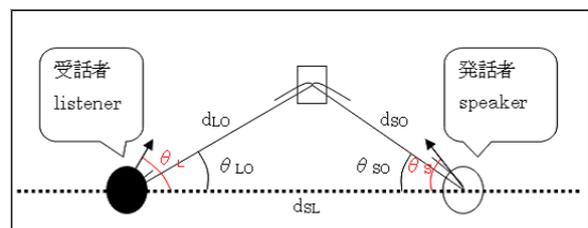


図2 近似曲線の変数

\*Interaction using reference terms decided by the space factors  
<sup>‡</sup>Osamu Sugiyama  
<sup>§</sup>Takayuki Kanda  
<sup>¶</sup>Michita Imai  
<sup>||</sup>Hiroshi Ishiguro  
<sup>\*\*</sup>Norihiro Hagita  
<sup>††</sup>ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories  
<sup>†††</sup>Faculty of Science and Technology, Keio University  
 Graduate school of Engineering Department, Osaka University  
 PREST, JST

### 2.3 限界距離モデル

本研究では、物体が判別できる限界距離  $d$  を図 3 のように式  $f(S, L, \theta_P)$  (式は略す) を用いて定義した。

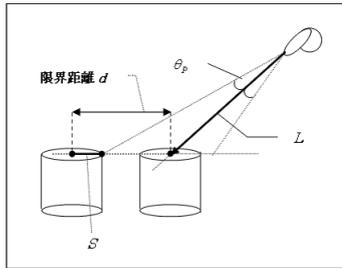


図 3 限界距離モデル

本研究では、指さしの方向  $L$  から角度  $\theta_P$  の範囲に物体の端がかかった場合、人間は物体を判断できないものとする。すなわち、 $\theta_P$  の範囲に物体の中心から端までの距離  $S$  を加えた距離を指さして判断がつかない限界距離  $d$  としている。

### 2.4 物体の属性判別モデル

物体同士が限界距離を越えて近付いた場合、システムは、物体の属性 (形容詞) を指示語の前に付加することで人間が物体を判別を行なえるかどうか判定する。判別不可能な場合は 2.1 の処理 3 を行う。

## 3 システムの実装と検証

### 3.1 実装

システムは、コミュニケーションロボット Robovie と Vicon Motion Capture System<sup>1</sup>(Vicon) を用いて実装した。Vicon は、特殊なマーカを対象に付けることでそのマーカの三次元座標を実時間で取得することができる。Robovie と Vicon は 100Mbps の Ethernet で接続されており、システムは実時間 (60Hz) で Robovie と対話対象、そして複数の物体につけたマーカの三次元座標を取得することができる。システムは Vicon から得られた座標情報と図 1 の指示語決定モデル、そして図 3 の限界距離モデルを用いて指示語と限界距離を算出する。

### 3.2 検証実験

[実験の概要] 本実験では、注意誘導システムの有効性を検証する。具体的には Robovie が環境内に存在する 5 つ物体のいずれかを指さしと言葉を用いて示す。用いる言葉は指示語を用いる場合と物体に記述された記号を用いる場合の 2 通りである。被験者は、どの物体が示されたかをその場で判断し、示された物体を答える。実験では大学生の男女 21 名を被験者とした。実験の様子を図 4 に示す。

[評価方法] 実験の評価は正答率と実験後のアンケートの回答において行った。アンケートの質問項目は以下のようになる。

1. どちらが素早く判断できたか
2. どちらが正確に判断できたか
3. どちらが人間同士が行う自然な会話だと思ったか

<sup>1</sup><http://www.crescentvideo.co.jp/vicon/>



図 4 実験の様子

回答は、(指示語・記号・どちらともいえない) から 1 つを選択する形式であり、その理由も回答してもらった。

### 3.3 実験結果と考察

実験における正答率は指示語が 93.33%、記号が 92.38% となった。また、アンケートの集計結果を表 1 に示す。

表 1 検証実験の結果

| 回答        | アンケート質問項目 |          |          |
|-----------|-----------|----------|----------|
|           | 1 判断の速さ   | 2 判断の正確さ | 3 会話の自然さ |
| 指示語       | 15 人      | 1 人      | 12 人     |
| 記号        | 4 人       | 19 人     | 5 人      |
| どちらともいえない | 2 人       | 1 人      | 4 人      |

集計結果を  $\chi^2$  乗検定で分析したところ、質問項目 1 ( $\chi^2_{(2)} = 14.000, p < 0.01$ ) と質問項目 2 ( $\chi^2_{(2)} = 30.853, p < 0.01$ ) で有意差が見られた。更にライアンの名義水準による多重比較を行ったところ、判断の速さの項目では、指示語と答えた回答が有意に多く (臨界比 2.29,  $p < 0.05$ )、判断の正確さの項目では、記号と答えた回答が有意に多かった (臨界比 3.80,  $p < 0.01$ )。以上の結果より、注意誘導システムを用いて対話対象の注意を 90%以上の確率で目的の物体に誘導できることが示された。また、指示語を用いた誘導を行うことによって素早く目的の物体を対話対象に伝達できることが示された。

## 4 まとめ

本研究では、コミュニケーションロボットに指さしと空間的要因に応じた適切な指示語を発話させることで、人間の注意を環境内の目的の物体に誘導する注意誘導モデルを提案した。また、注意誘導システムを用いて、90%以上の確率で対象の注意を目的の物体に誘導することができた。

### 参考文献

- [1] 水野 智康, 竹内 義則, 工藤 博章, 松本 哲也, 大西 昇, 山村 毅: “ロボットへの物体位置伝達を目的とした指さし動作と指示代名詞の併用” 電気学会論文誌 C Vol. 123, pp2141-2151, 2003.
- [2] Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Tetsuo Ono, Michita Imai and Ryohei Nakatsu: “Development and Evaluation of an Interactive Humanoid Robot “Robovie”,” IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2002), pp.1848-1855, 2002.