

# 好みの自発的生成: 不定な観測による対話相手の自律的な 選択手法の提案

向 井 淳<sup>†</sup> 今 井 倫 太<sup>†</sup> 安 西 祐 一 郎<sup>†</sup>

人間と共存し活躍するコミュニケーションロボットは、何らかの達成目的が存在しなくとも、人間との社会的な関係を築くために、常にコミュニケーションし続ける必要がある。しかし、ロボットが人間と常にコミュニケーションし続けるためには、目標設定されなくとも自発的に環境に対する判断基準を生成できる必要がある。本研究では、コミュニケーションに必要となる対話相手を自発的に決定する手法について提案する。色に対する「好み」を自発的に生成する機構を設計し、画像情報から対話相手を選択する機構を実装した。

## Emergence of Preference: An Approach to Autonomous Choice of the Talking Partner with Indefinite Observation

JUN MUKAI,<sup>†</sup> MICHITA IMAI<sup>†</sup> and YUICHIRO ANZAI<sup>†</sup>

In this work, we design the system in which robots generate “preference” autonomously. If robots work with humans in public space or at home, they may make some decision arbitrarily. For example, when a robot talks with some humans, the robot must autonomously choice its talking partner between the humans.

In our system, robots can generate the color they “like”, and they can update the colors dynamically. With this colors, robots can choice their talking partner autonomously and arbitrarily.

### 1. はじめに

人間共存型ロボットは、公共の場や家庭内で、人間とともに活動するロボットである。人間共存型のロボット技術は、これまでの産業ロボットののための技術とは異なり、人間とインタラクションを行うための手法が必要となる。

人間が複数いる状況で対話を行う場合では、対話相手を決定することが重要である。なぜならば、人間とロボットの関係が決定できてはじめて、発話の意味が決定できるからである<sup>1)</sup>。

音声対話システムの研究では、複数の人間との対話の実現を目指した開発が既に行われている<sup>7)</sup>。これらのシステムでは、音の方向を認識して、話者の方向を向くようになっている。しかし、多くのコミュニケーションロボットでは、複数人いる環境で動作するものの、対話相手を選択してコミュニケーションしているわけではない。

ロボットの方から自発的に対話を開始する場合、話者を同定するだけでなく、積極的な話者選択が必要となる。しかし、対話相手の決定手法に関して従来研究では、ほとんど扱われてこなかった。ここで、対話相手を自発的に選択する際に問題になるのは、目標設定されなくとも自発的に環境に対する判断基準を生成できる必要があることである。なぜならば、コミュニケーションロボットは、何らかの達成目的が存在しなくと

---

<sup>†</sup> 慶應義塾大学理工学部情報工学科  
横浜市港北区日吉 3-14  
TEL: (045) 560-1070 FAX: (045) 560-1070  
{mukai, michita, anzai}@ayu.ics.keio.ac.jp

も、人間との社会的な関係を築くために、常にコミュニケーションし続ける必要があるからである。この判断基準については、ロボットのセンサのひとつである画像情報を用いて色による選択も可能である。しかし、従来研究では色による判断基準は設計者によって恣意的に決定されている。たとえば、ソニーの AIBO<sup>3)</sup> は赤い色を追跡するよう設計されており、このために赤いボールを追いかけて、たわむれる動作をする。つまり、赤い色が「好き」だと設計されている。しかし設計者があらかじめ判断基準を決めてしまうことは、何らかのルールでロボットを動かすことになり、自発的な選択を実現することはできない。

そこで本研究では、不定な観測によって自律的に判断基準、すなわち「好み」を生成する方法を提案する。また、この「好み」によって対話相手を選択する手法を実現する。

この機構は、周囲環境を観測し、その結果と自分の中に持つコンテキストを照合することによって、特定の色を選択するシステムである。したがって、この機構では周囲環境と自分の内部状態から選択を行うという意味で、ルールに従ってふるまいが決定される。その一方で周囲環境の観測に不定さを導入し、さらにコンテキストが有限長であって古いコンテキストを上書きするために、長期的には多様性が生みだされる。

このため、行為が安定的であるのでしばらくは「好み」は変化しないが、出力の多様さのために「好み」がしだいに遷移していくというふるまいが実現できる。

本稿の構成は以下の通りである。まず2章で、本研究における「好み」の定義を行う。次に3章で、観測指向モデルにもとづく「好み」の生成の機構を示す。4章で具体的な実験の内容とその結果について述べ、考察を行う。そして5章で結論を述べる。

## 2. 好みによる選択

### 2.1 「好み」とは

人間共存型ロボットのふるまいの中には、あらかじめ判断基準を与えておくことが難しい、もしくは意味を持たないものが存在する。たとえば、目的が設定されていないロボットが複数の人間と会話を行う状況を想定すると、誰と優先して会話を行うかという基準をつくるのが困難である。

このような場合では、ロボットに判断基準をあらかじめ設定して組み入れるのではなく、動的に判断基準

を生成し、それをもとにふるまいを決定するような機構が望ましい。本研究では、この意味で動的に更新されていくロボットの判断基準を「好み」と定義する。

この定義から、我々のいう「好み」とは次のような特性を備える必要があることがわかる。

- 安定性

ある時点における「好み」は、次の瞬間でも大筋において変わらない。

- 流動性

「好み」は時間とともに遷移する。

この「好み」は一般的な判断基準であるため、観測の対象となるものの種別としては様々なものが考えられる(色や音、触感、匂いなど)。また、それらを複合した「好み」も考えられる。しかし、本研究では問題を単純にするためにまず色だけに着目して研究を行った。ロボットは周囲環境の色のみを観測し、その情報だけをもとにして恣意的なふるまいを生成する。

図1に、この概念図を示す。この図において、枠内の全域がすべての色の集合であり、曲線で囲まれた内側が「好み」の範疇にあたる色である。安定性は、曲線で囲まれた領域の位置が急激には変化しないことを意味する。また流動性とは、領域がある力によって変化していくことである。

もし安定性に欠けていれば、それは単なるランダムなふるまいになってしまうし、流動性に欠ければ多様なふるまいは生成できなくなり、判断基準を動的に変更できなくなる。したがって、安定性と流動性の両者がともに満たされるとき、すなわち曲線で囲まれた領域が時間的にゆっくりと変化するような場合に、「好み」が創発されると考えられる。

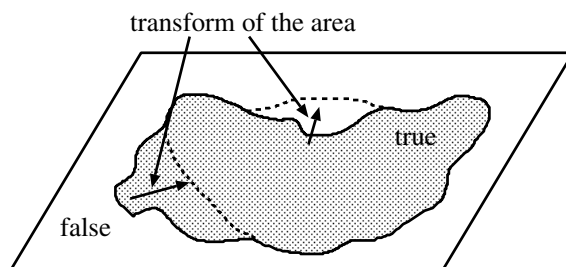


図1 安定性と流動性

### 2.2 Robovie

本研究では Robovie<sup>5)</sup> によって研究を行った(図2)。Robovie は ATR メディア情報科学研究所が開発した日常活動型のロボットである。Robovie は人間と同じ自由度を持つ腕と3自由度の首をもつ。また、セン

<sup>1</sup> 短時間ではルールに従っているように見えるが、長時間では多様性を持つ能力

サ機器としては両眼の位置に2つのカメラ、肩に全方位カメラ、耳の位置にマイク、足元と胸に超音波測距計を持ち、腕や肩、胸や頭などにタッチセンサを備えている。本研究では、先述したように色のみによって「好み」を生成するので、全方位カメラのみを用いる。そして周囲の色を観測させて自分の好きな色を生成させ、その色の見える方向に向かせることとする。

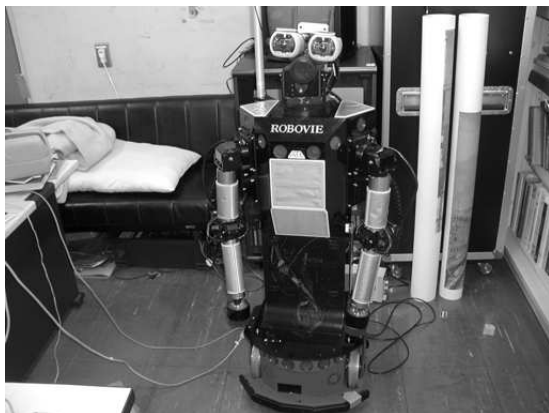


図2 日常活動ロボット Robovie

### 2.3 全方位カメラからの入力

全方位カメラでは得られる情報が多すぎるため、適切に切り分けを行わないと処理できなくなってしまう。そこで、ある瞬間に全方位カメラから得られた画像は、それぞれの方向成分について似た色で分割することとする。また、分割を行った結果として、あまりにも狭い範囲にしかないものや、広すぎる範囲のものは興味の対象外とする。なぜならば、狭い範囲にしかないものは単なるノイズである可能性があり、広すぎる範囲のものは壁とみなせるためである。

さらに、自分が停止している時にはフレーム間差分を利用して背景情報の除去を行った。Robovieは、停止中は自分に対して何らかのはたらきかけを行ったものに対してだけ着目する。

全方位カメラからの入力の例を図3に示す。図の線は発見した物体の範囲を示し、中間の線の方角をその物体の方向としてRobovieは認識する。

## 3. 不定な観測による「好み」の自発的生成

2章で述べたとおり、「好み」の実現には、安定性と流動性をともに満たす機構を設計しなければならない。そこで、不定な観測によって行動を生成するための機構{仮称:ICA}によってこれを実現する。

ICAの概略を図4に示す。ICAは観測部(observation)



図3 全方位カメラからの入力

tion)と生成部(generation)、コンテキスト(context)、秩序関数(order function)から構成される。

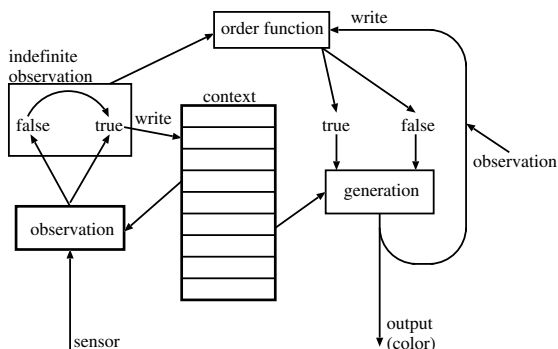


図4 ICAの概略

ICAの動作の概略を説明する。まず、センサ情報(本研究では、全方位カメラからの色情報)は観測部に入力される。観測部ではその情報が判断基準に含まれるか否かを判断し、生成部に渡す。生成部では、観測の結果から自分の「好きな」色を生成して出力する。コンテキストは、観測部の判断基準になる一方で生成部において生成する色に影響を与え、同時に観測部によって観測された内容によってその内容が書き換えられる。

観測部は、2章末尾で述べたような、全方位カメラのある範囲の色を観測するため、次式で示される。

$$\phi_o(X_C) = \text{True or False} \quad (1)$$

すなわち、観測された色集合 $X_C$ に対して、それが判断基準をみたすかどうかの真理値を返す関数となる。また、真とみなされる色集合は、コンテキストに格納される。コンテキストは有限長であり、したがって古

い判断基準は上書きされる。

これに対して生成部は、観測部の出力をもとに色集合を返す関数であり、

$$\phi_g(T) = X_C \quad (2)$$

である。ここで  $T$  は真理値、 $X_C$  が色集合となる。生成部は、 $T$  が真の場合には  $X_C$  はコンテキストに含まれる判断基準となり、 $T$  が偽の場合には、全方位カメラで発見できる対象物のなかからランダムに選択されたものの色を返す。このため  $T$  が真であるあいだはコンテキストに含まれる判断基準にしたがって行動するが、ひとたび偽になればそれまでとは異なったふるまいをするようになり、行為の多様性を生み出すものになる。

また、観測部からの出力は、すぐさま生成部に与えられるわけではなく、この両者を結びつける関数  $F$  が用意される。これは次のような形式の式となる。

$$F(T) = \text{True or False} \quad (3)$$

ここで  $T$  は観測部の出力である真理値である。この関数は、生成部の安定性に関する関数であるので、秩序関数と呼ばれる。すなわち、入力に対して真を多く返す場合には生成部はコンテキストから出力するので安定的になり、偽を多く返す場合には周囲環境に依存した方向決定を行うので多様なふるまいを生み出す。

さらに、流動性を実現するために不定な観測 (indefinite observation) を導入する。不定な観測とは、基準外にある行動であってもある一定の確率で基準にとりこむことであり、これによってふるまいを多様にすることができる。

観測部における不定な観測は、偽と判断した色集合を一定確率で真とみなしてしまうことによって実現される。これによってそれまでの判断基準にはなかった色をコンテキスト中にとりこむことが可能となり、流動性が実現できる。

また、不定な観測は秩序関数にも影響を与え、秩序関数のふるまいを書き換える。このプロセスを次に示す。秩序関数  $F$  の出力結果は生成部に渡され、結果として自分の「好きな」色集合を出力する。この時に、出力した自分の好きな色集合は再度、観測部によって観測される。ただしこのとき、コンテキストは観測部が外部情報を観測した際の書きかえによって上書きされているため、必ずしも出力した色集合を「好きな」色と判断するかわからないし、同時に多様さの結果として出力されたランダムな方向の色も、「好きな」色として認識する可能性がある。つまり、秩序関数の出力と、生成部が出力した色集合をコンテキストが再評価した結果の間には、矛盾が生じる可能性がある。

そこで、矛盾が生じたときに秩序関数の真偽を反転させ、秩序関数のふるまいを更新する。このようにすることで、行動の多様性のみならず、行動の傾向 (頻繁に「好きな」色を変えるか、あまり傾向を変えないか) にも多様性と安定性を導入することになる。

#### 4. 実験と考察

本機構を実装した Robovie の周囲に実際に二人の人間を立たせ、Robovie に「好きな」色を生成させる実験を行った。

先述したように、Robovie は停止時には動きのある方向にしか着目しないため、人間は Robovie に向かって手を振ることとした。また便宜上、二人の人間の服は異なる色のものとした。実験風景を図5に示す。



図5 実験風景

この実験で Robovie は、この二人の人間から色をとりだし、「好きな」色を生成するはずである。したがって、ある一方の方を向いているが、しばらくするともう一方の方に向き直る、というふるまいが見られることが期待される。

実験の結果を、図6に示す。横軸は時間、縦軸はその時点で Robovie の向いている向きで、最初の時点での向きを0度としたときの角度となる。また、直線は二人の人間の立っている位置である。人間には幅があるので、2本の線で人間の立っている領域を示す。以下、330度あたりに立っている人間をA、150度あたりに立っている人間をBと呼ぶ。

35秒から40秒と、130秒から150秒あたりまでの時間ではロボットはBの方を向き、10秒から25秒と45秒から110秒の間では(65秒から80秒の区間を除いて)Aの方を向く様子が見られた。このように最初のある時期は一方(A)を「好み」、しばらく時間が経過することでその好みが遷移するという傾向が

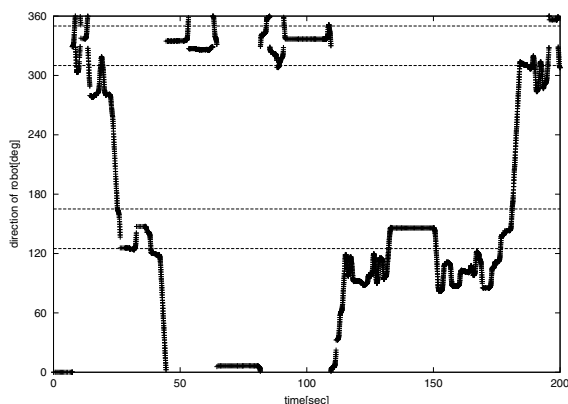


図6 robovie の向きの時間的变化

見られた。これは、不定な観測によってコンテキストが書きかわり、「好み」が変化した結果であると考えられる。

ただし、ロボットの向きにはぶれが見られ、かならずしも安定して人間の方を向いているわけではない。これには2つの理由が考えられる。ひとつは、その時点で「好きな」色が変わしてもう一方の人間の方を向こうと動きだすのだが、コンテキストは元の色が優勢であるためにけっきょくコンテキストに上書きされてしまいもとの色が「好き」な状態に戻る、というふるまいのため。もう一方は単なるキャプチャ時のノイズによるものである。

たとえば25秒から35秒の間では、前者の影響と考えられる。つまり、Bの情報がコンテキストに入るためにBの方向に向き直りかけるのだが、コンテキストが書き換わってAの向きに戻ろうとし、というふるまいが生成されている。また、110秒から130秒の間や、150秒から180秒の間でも、AとBの立場は逆であるが、同じようなふるまいが生成されている。

## 5. ま と め

本研究では、ロボットの判断基準として「好きな色」を自律的に生成するための機構を提案、実装した。

本研究では、「好み」について、特に色に着目して設計を行った。しかし、人間共存型ロボットにおいては、複数の種類のセンサ情報が得られる。このように、複数の属性を持たせる場合には、単純にICAの機構を複数用意して協調させるのみならず、属性間の関係も考慮にいれなければならないと考えられる。

また、本研究では全方位カメラを用いて向きを変えろという、比較的単純なタスクによって実現させた。しかし、人間とコミュニケーションを取る場合には、

ロボットの向きではなく、ジェスチャや音声によるふるまいの生成もできなければならない。

そこで、今後はより複雑な状況、あるいはより複雑な判断基準が必要な状況においても、ロボットの「好み」を自律的に生成させる予定である。また、ロボットも複数いるような状況におけるグループダイナミクスの研究も行う予定である。

## 参 考 文 献

- 1) Barwise and Perr. Situations and Attitudes. MIT Press. 1983.
- 2) Breazeal and Scassellati. How to build robots that make fiends and influence poeple. IEEE/RSJ Intl. Conf. on Intelligent Robots and Systems(IROS-99).
- 3) 藤田. Robot Entertainment System AIBO の開発. 情報処理. Vol.41, No.2, pp.146-150. 2001.2.
- 4) 郡司. 生命と時間、そして原生—計算と存在論的観測. 現代思想, Vol. Sep, pp.156-181, 1996.
- 5) 今井. ヒューマノイド V: 日常活動型ロボット「ロボビー」の開発. 画像電子学会誌. Vol.30, No.6, pp.739-744. 2001.
- 6) 今井, 宮里. 人間と共存するサイバークリエーチャ. オーディオビジュアル複合情報処理. Vol.19, No.4, pp.17-24, 1997.
- 7) 松坂, 東條 and 小林. グループ会話に参与する対話ロボットの構築. 信学論 Vol.J84-D-II, No.6, pp.898-908, 2001.6.