

# 演出を用いた実世界情報の顕在化の研究

Directed Human-Robot Interaction for Manifesting Real World Information

鳴海 真里子<sup>\*1</sup>  
Mariko NARUMI

今井 倫太<sup>\*2</sup>  
Michita Imai

<sup>\*1</sup>慶應義塾大学大学院 理工学研究科  
Graduate School of Science and Technology, Keio University

<sup>\*2</sup>慶應義塾大学 理工学部, 科学技術振興事業団 さきがけ研究 21  
Faculty of Science and Technology, Keio University  
Precursory Research for Embryonix Science and Technology, Japan Science and Technology Corporation

We developed “i-Director”, a dialog system on a humanoid robot “Robovie”, synclonizing with sensors’ information and actuator movement of the robot. Purpose of i-Director is to verify an effect of interaction using “direction”.

## 1. はじめに

近年、多数の知能ロボットが開発されており、ロボットの持つコミュニケーション能力が注目されている。人間同士の対話では、情報伝達だけでなく感覚や感動（「冷たいね」「きれいだね」等）の伝達が行われている。一方、ロボットが人間に対して感覚や感動の伝達を行った場合の効果については検証されていない。これは従来のロボットによる対話は情報伝達を目的しており、感覚や感動を伝達する対話は考慮されていなかったためである。

ロボットが感覚や感動を伝達するには、「人間に対し注目すべき事象を示しロボットの感覚を推論させる」という過程が必要である。鳴海らがコミュニケーションロボット Robovie[1]上に実装した音声対話システム[2]は、ロボットが自発的にコミュニケーションの「演出」を行うことによりその過程を実現した。

本稿では実験システム i-Director を用いて「演出」の効果を評価し、感覚や感動の伝達が人間・ロボット間のコミュニケーションに与える影響を検証する。

## 2. 演出を用いた音声対話システム

本章では i-Director の概要について述べる。i-Director はコミュニケーションロボット Robovie 上に実装された、演出を用いた音声対話システムである。

### 2.1 コミュニケーションロボット Robovie

i-Director が実装されているコミュニケーションロボット Robovie の概観を図 1 に、ハードウェア構成を表 1 に示す。Robovie はコミュニケーション機能に重点を置いて設計された擬人化が容易なヒューマノイド型ロボットである。

### 2.2 共感の実現

次に、i-Director で用いられている「演出」及び「共感」の定義について述べる。

まずロボットが人間を同じ状況に注目させるために行う行動を「演出」と定義する。ロボットがある状況  $S$  を感覚  $F$  として認識したとき ( $Robot(S, F)$ )、人間を共感させるためには、演出により人間を自分と同じ状況  $S$  に注目させたのち感覚  $F$  を



図 1: Robovie

表 1: Robovie の構成

アクチュエータ	頭部 (3 自由度)、腕 (4 自由度) 2 輪独立駆動方式の車輪・キャスター
センサ	ステレオマイクroフォン 全方位視覚センサ ステレオカメラ (両眼の位置、 2 自由度で注視方向が制御可能) 接触センサ (上半身 18 個下半身 10 個) 超音波センサ (24 個) 赤外線センサ・温度センサ

人間に伝える。

$$(S, F) \rightarrow direct(S), affect(F) \quad (1)$$

これにより、(2) 式のように人間が状況  $S$  に対してロボットと同じ感覚  $F$  を持ったとき ( $Human(S, F)$ )、人間はロボットと共感したとする。

$$\begin{aligned} &Robot(S_R, F_R), Human(S_H, F_H) \\ &direct(S_R) \rightarrow S_R = S_H \\ &affect(F_R) \rightarrow S_R = S_H, F_R = F_H \end{aligned} \quad (2)$$

### 2.3 i-Director の概要

i-Director は演出モジュールと対話モジュールで構成される。演出モジュールは与えられた ( $S, F$ ) に基づいて選択された

A: E-mail: {narumi, michita}@ayu.ics.keio.ac.jp

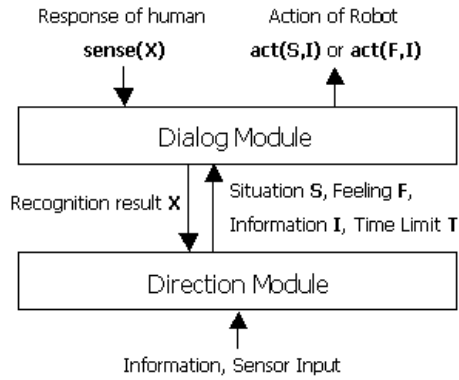


図 2: i-Director のシステム構成

$direct(S) \cdot affect(F)$  の実行を管理する。対話モジュールは演出モジュールによって決定された行動を実行し、結果をフィードバックする。

#### [演出モジュール]

演出モジュールは、センサ等ロボット自体が収集する内部情報とインターネットに接続して得られる外部情報を保持する。本システムにおいて  $direct(S) \cdot affect(F)$  は以下のように定式化できる。

$$direct(S) \quad act(S, I), sense(X) \quad (3)$$

$$affect(F) \quad act(F, I), sense(X) \quad (4)$$

$I$  は現在の演出で注目させたい状況  $S$  に応じて選択された情報、 $X$  は人間の反応の認識結果である。 $act([S, F], I)$  は状況  $S$  または感覚  $F$  と情報  $I$  に基づいてロボットの行動が決定されることを表す。 $direct(S)$  及び  $affect(F)$  は必要に応じて繰り返される。演出モジュールは状況  $S$  または感覚  $F$ ・情報  $I$ ・反応の認識に関する時間制限  $T$  を対話モジュールに渡す。

#### [対話モジュール]

対話モジュールは、演出モジュールから受け取った状況  $S$  または感覚  $F$ ・情報  $I$  に基づいて行動（発話及びアクチュエータの動作）を決定・実行し、与えられた時間制限  $T$  内で得られたセンサ入力（音声認識・接触センサ）から最も重要な意味を持つものを選択・抽象化し、 $X$  として演出モジュールに返す。音声認識には Linux 2.2.16-rt12.2 上で動作させた汎用大語彙連続音声認識エンジン Julian[3] を用いた。

### 3. 行動実験

本章では、ロボットが感覚や感動を伝達する対話のもつ効果を検証するために i-Director を用いて行った行動実験について述べる。

実験では、「人間はロボットとの対話によって「ロボットと共感した」と感じられる場合、ロボットとのコミュニケーションを作為的にとらず、コミュニケーション自体に集中できる」という仮説の検証を行う。

#### 3.1 実験方法

本実験の具体的な手続きは以下のとおりである。

被験者:

男女の大学生 21 名の被験者を、実験群 11 名・対照群 10 名にランダムに配分する。

実験環境:

図 3.1 に実験環境を示す。本実験は、慶応義塾大学理工学部内の教室において行われた。

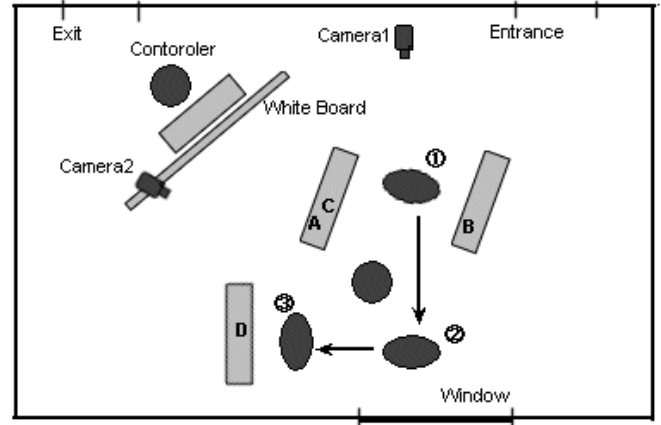


図 3: 実験環境

実験条件:

以下のトピックについて、ロボットが「感覚的な発話」を行う条件（実験条件）と、「情報伝達」を行う条件（対照条件）を設定した。

- 実験当日の天気
- 机の上に置かれている缶のお茶
- ロボットが手渡しお菓子
- 机の上に置かれた花
- 机の上に置かれたクッション

以降、各条件の被験者は実験群と対照群と呼ぶ。

実験手順:

実験は、以下の 3 ステップで行う。

1. 実験者は被験者をロボットの前に連れていき、「ロボットの相手をするように」と教示して退出する。ロボットの操作者はホワイトボードで隠されており、被験者からは見えない。
2. ロボットが動作を開始し、被験者と 5 分程度のインタラクションを行う。実験条件ではロボットが「感覚的な発話」を行う対話シナリオとなるが、対照条件では「情報伝達」を行う対話シナリオである。インタラクションは対話シナリオに従い周辺の机の上に置かれた小道具（図中の A~D）を用いて行われる。ロボットは、対話シナリオの進行に応じて図 3.1 の 1 2 3 の位置に移動する。対話シナリオの最後で、ロボットが被験者に「出口から退出するように」と指示する。

3. 退出した被験者は、別室でロボットとのインタラクションについての質問票に答える。

評価方法:

評価は、被験者の行動観察と質問票への回答を用いて行う。質問票では、ロボットに対する心理的な指標に基づく評定・ロボットの発話の理解度・自分自身のロボットに対する反応とその理由について、被験者に回答を求めた。

### 3.2 仮説と予測

本実験では、以下の仮説に基づく3つの予測の検証を行う。

[仮説]

ロボットとの対話によって「ロボットと共感した」と感じられる場合、実験群の被験者はロボットとのコミュニケーションを作為的にとらず、コミュニケーション自体に集中できる。

[予測 1]

いくつかの演出を行った後、ロボットがお菓子を差し出し「食べてみてね」と発話する演出を行う。実験群の被験者がそれまでのロボットとの対話において「ロボットと共感した」と感じられる場合、ロボットから渡されたお菓子を実際に食べる確率は、感じられない場合と比較して増加する。

[予測 2]

いくつかの演出を行った後、ロボットが窓に近付き「いい眺めでしょ」と発話する演出を行う。実験群の被験者がロボットとの対話において「ロボットと共感した」と感じられる場合、ロボットの発話に同意する確率は、感じられない場合と比較して増加する。

[予測 3]

実験群の被験者がロボットとの対話において「ロボットと共感した」と感じられる場合、ロボットが渡した「おみやげ」を持って帰る確率は、感じられない場合と比較して増加する。

### 3.3 実験結果

[共感の実現]

予測の検証に入る前に、仮説において前提となっている「ロボットと共感した」かどうかという点について検証する。  
(2) 式で示した共感、被験者がロボットの感覚に対する発話に同意することにより成立する。被験者の行動観察によると実験群の被験者全員がロボットの感覚的な発話に発話またはジェスチャーで同意していたことから、共感は成立していたと言える。

[予測 1]

行動観察によって得られた、お菓子を食べた被験者の数・食べなかった被験者の数を表 3.3 に示す。

表 2: お菓子の演出に対する被験者の反応

	食べる	食べない
対照群	5	5
実験群	11	0

この調査結果を分析したところ有意な差が確認された ( $p<0.05$ ) ことから、演出によりロボットに共感した実験群が、対照群よりも高い確率でお菓子を食えることが確かめられた。

[予測 2]

行動観察によって得られた、景色に関するロボットの発話に同意した被験者の数・同意しなかった被験者の数を表 3.3 に示す。

表 3: 景色に関する発話に対する被験者の反応

	同意する	同意しない
対照群	4	5
実験群	10	1

この調査結果を分析したところ有意な差が確認された

( $p<0.05$ ) ことから、演出によりロボットに共感した実験群が、対照群よりも高い確率でロボットの景色に関する発話に同意することが確かめられた。

[予測 3]

行動観察によって得られた、ロボットからの「おみやげ」を持って帰った被験者の数・持って帰らなかった被験者の数を表 3.3 に示す。

表 4: おみやげに対する被験者の反応

	持って帰る	持って帰らない
対照群	2	8
実験群	7	4

この調査結果を分析したところ有意な差が確認された ( $p<0.1$ ) ことから、演出によりロボットに共感した実験群が、対照群よりも高い確率でロボットからのおみやげを持って帰る傾向があると言える。

## 4. 考察

本章では、実験結果を踏まえ i-Director の効果について考察を行う。

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] 鳴海真里子, 今井倫太: "演出を用いたロボット用音声対話システムの設計と実装", 第 65 回情報処理学会全国大会予稿集 3X-3, 2003.
- [3] 李晃伸, 鹿野清宏: "複数文法の同時認識および動的切り替えを行う認識エンジン Julius/Julian-3.3", 日本音響学会研究発表会講演論文集, 3-9-12, 秋季, 2002.