

人間に似た外見を持つロボット Replie における挙動選択システム

戸田充彦 †

山本俊一 †

中臺一博 *

奥乃博 †

† 京都大学情報学研究科

† 京都大学工学部情報学科

* 科学技術振興事業団

1 はじめに

近年、実環境において行動し人間とコミュニケーションを行なうロボットの研究が盛んに行なわれている。このようなロボットは、複雑な実環境の下で環境認識と挙動選択を行なう頑健で柔軟なシステムを必要とする。また、コミュニケーションを目的とするロボットにおいては、特定のタスクを達成するための画一的な挙動生成ではなく、状況によって達成する目的自体を変化させるような挙動を選択する必要がある。本研究では、人間に似た外見を持つロボット Replie において、外部の環境認識として視覚と聴覚を統合するシステムを用い、Replie が内部に持つパラメータと組み合わせて、ヒューマンライクなコミュニケーション行動を生成する、人間との非言語的対話における挙動選択システムの設計と実装を行う。

2 Replie の概要

Replie は図 1 の骨格に図 2 のような肉付けをしている。耳の部分には図 3 のような人間のそれに近い内耳モデルを用いている。稼動部は、左右の腕（肘の捻り、曲げ伸ばし）と肩（上下、開閉）、首（左右の回転、左右の傾け、頷き）の合計 11 自由度である。センサーとして SONY のマイク ECM-77S を左右の内耳モデルの内側に 1 台ずつ、コーンのカメラ CN-68MC を目の部分に 1 台ずつ配置している。



図 1: Replie 骨格 図 2: Replie 外見 図 3: Replie 内耳

3 環境認識の概要

Replie には環境認識を通じた複数話者実時間追跡システムのプロトタイプが実装されている [1]。Replie は両目からの画像入力と両耳からの音声入力をを用い、このシステムにより、音源定位、ステレオ視による顔発見、顔認識などの環境認識を行い、それらの情報をストリームとして統合する。このシステムは、Gigabit ネットワークで接続された 3 台の PC

An action selection system for the robot with human-like appearance, Replie. Mitsuhiko Toda (Kyoto University), Shunichi Yamamoto (Kyoto University), Kazuhiro Nakadai (JST), Hiroshi G. Okuno (Kyoto University)

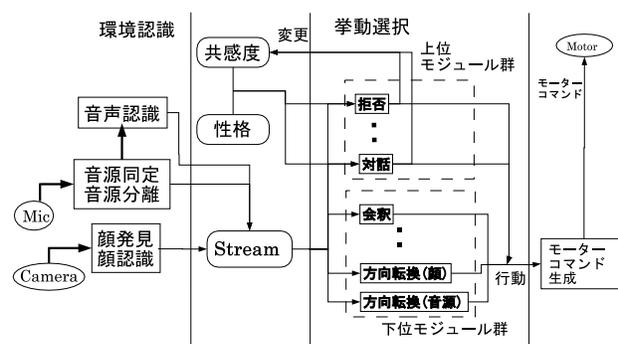


図 4: 環境認識・挙動選択モジュール

(Pentium4 2.0GHz, memory 1.0G, RedHatLinux7.2) 上で実装されている。(図 4)

4 挙動選択の内部パラメータ

Replie に性格と共感度の二つのパラメータを導入する。

性格は Replie にあらかじめ設定する不変のものである。これは、積極性や親密性などの、人とのコミュニケーションにおける基本的なスタンスを決定づけるものあり、Interpersonal Theory に基づいた円 (図 5) における点を表す、 r と θ の 2 つのパラメータで表現される。 θ は性格の種類を、 r は性格の強

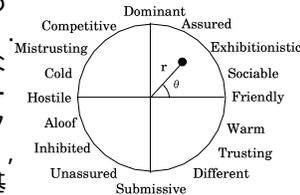


図 5: Interpersonal Circumplex

反感 ← 共感度 →

図 6: 共感度

共感度は、人間とのコミュニケーション中に動的に変化するパラメータとし、両端に共感、反感を持つ 1 次元のデータとして表現する (図 6)。環境認識システムを通じて相手の行動や発言を認識し、その中に共感できる挙動が含まれていればその相手に対する共感度を上げ、反感を抱くような挙動が含まれていれば、逆に共感度を下げるといように変化させる。共感度を変化させる挙動については、性格に対応したりストとしてあらかじめ保持しておくようにする。

性格と共感度により、同じ外部刺激の下においても、内部の状態により挙動に変化をもたらすことができる。

5 プロクセミックスによる距離の導入

プロクセミックスの概念 [3] を導入し、対話者と Replie の距離を挙動選択に反映させる。プロクセミックスは、人は相手との関係により無意識的に相手との距離を調節するというものである。この距離は、親密距離 (0-45cm, 身体的接触を

伴う距離), 個人距離 (45-120cm, 親しい者同士が会話を行う距離), 社会距離 (120-360cm, 面識の無い人同士が会話を行なう距離), 公共距離 (360cm-, 個人的な関係の無い2者の距離) の4つに分類される. この概念に基づけば, 公共距離や社会距離にいる相手に対しては必ずしも正確な位置同定や個人認識を必要としないということが言える. ここでは, 1mを個人距離, 2~3mを社会距離, 4mを公共距離として扱い, 各距離においてセンサーの精度を検討し, 挙動選択において, 認識精度の落ちる距離にいる相手に対しては, 正確な認識を必要とせずに挙動選択を行なうモデルを設計する.

実験環境となる部屋は, 横5m, 奥行き4mの防音室であり, この部屋における Replie の耳の応答特性を調べるために IPD (両耳間位相差), IID (両耳間強度差) を測定した. データは1mから4mまで1mごとに5度ずつの間隔で測定を行った (図7). これらのデータから, IPD, IID 共に, 距離が遠くなると分散が大きくなるのが分かる. 入力された音について, IPD, IID を求め, 測定済みの応答特性より音源方向を推定する為, 分散が大きいと認識における精度が低下する. そこで, 対象者の距離によって用いるデータを選択することで認識の精度を上げる. その為, ステレオ視による距離推定を組み合わせ, 最適なデータを選択できるようにする. しかしカメラ入力における顔の認識は, 640×480の入力画像に対し顔の大きさが1mから4mにおいてそれぞれ, 約120×120, 60×60, 40×40, 30×30となるため, 遠距離ほど検出が困難になる.

今後, 上記センサー情報の性能を勘案して, プロクセミックスを考慮した挙動を設計していく.

6 挙動選択システム

挙動選択部の基本システムとして, Subsumption アーキテクチャ [2] を利用する (図4). 本システムでは環境認識で得られた結果である, 音源位置, 顔の位置, 音声認識を挙動選択の下位モジュール群の入力とする. このモジュール群は外界の刺激に対して反射的に反応を返す挙動を生成するモジュールからなる. これら環境認識の結果に, Replie の性格と共感度を加えたものを上位レベルのモジュール群の入力とする. 上位モジュール群は, 性格や共感度を考慮した高次の行動を生成するモジュール群からなる. 各挙動選択モジュールは選択した行動を出力し, モーターモジュールがその内容を解釈しコマンドとして実際のモーターに出力する. また, より上位のモジュールによる下位のモジュールの出力の抑制は, モーターモジュールにおいて行なわれる.

1つの例として, 対話中に対話相手以外のある方向からの音を検知した場合を考える. 下位モジュールは音源位置の入力に対し「音源方向を向く」という挙動を選択して出力する. 同時に上位モジュールは, 性格と対話相手に対する共感度により, その対話を続行するかどうかを決定し, 継続する場合は対話行動をモーターモジュールへ出力する. この時の結果出力までの時間も性格や共感度に依存して決定される. この結果, 音源方向を向くという動作は上位モジュールによって抑制される. (そもそも音の方向を向くか, 1度向いてからすぐに戻るかは, 上位モジュールの挙動決定時間により変わることになる.)

7 まとめ

視覚と聴覚を統合した環境認識システムを有するロボットにおける, ヒューマンライクなコミュニケーションを実現する為の挙動選択システムの実装を行い, その概観について述べた. これにより, プロトタイプとして使用した環境認識シ

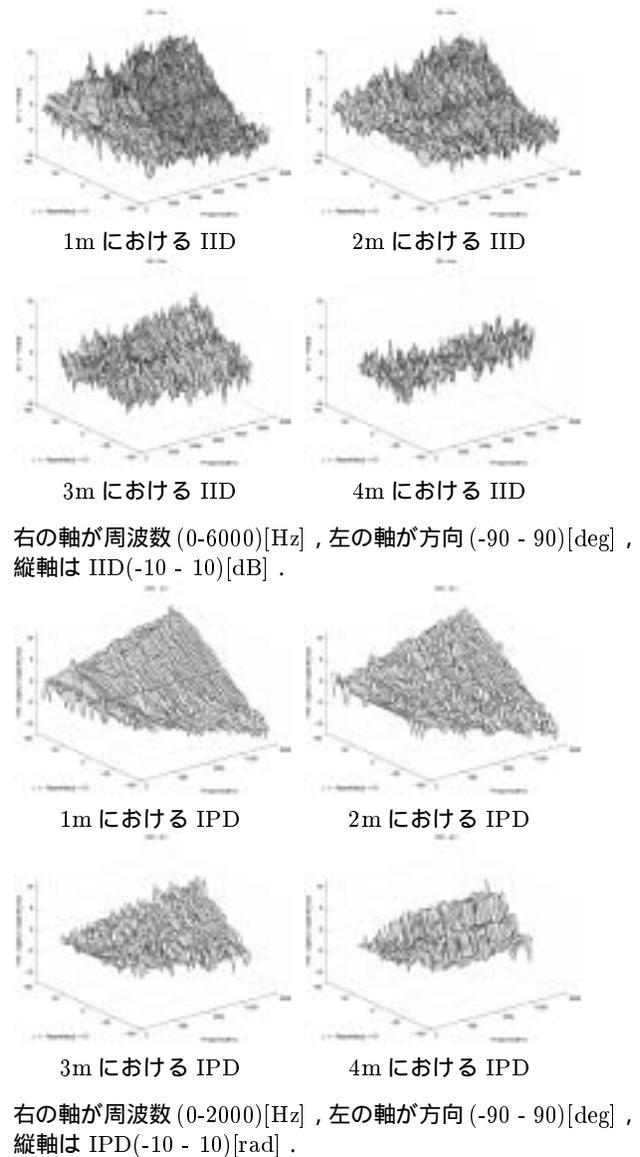


図7: Replie の応答特性

ステム [1] のポータビリティを確認することができ, 環境認識を通じた挙動選択を行うことについて提案した. 今後, 評価実験を行い本手法の有効性について検討する.

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金特定研究 (C) 第14019051号の助成を受けた. 本研究で用いたロボット Replie の作成者である大阪大学工学研究科の石黒浩教授と, ATR 知能ロボティクス研究所の宮下敬宏研究員に感謝の意を表します.

参考文献

- [1] Hiroshi G. Okuno, Kazuhiro Nakadai, Hiroaki Kitano, *Realizing Audio-Visually triggered ELIZA-like non-verbal Behaviors.*, Lecture Notes in Artificial Intelligence 2471, pp.552-562, 2002.
- [2] Rodney A. Brooks, *A Robust Layered Control System For A Mobile Robot*, IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol.2, No.1, pp.14-23, 1986.
- [3] Edward T. Hall, *Hidden Dimension*, 1966.