

# 人と関わる知能システムの研究



**石黒浩**

大阪大学基礎工学研究科システム創成専攻  
ATR知能ロボティクス研究所  
JST ERATO 浅田共創知能システムプロジェクト

ishiguro@ams.eng.osaka-u.ac.jp  
www.ed.ams.eng.osaka-u.ac.jp

## 人と関わる知能システム(ロボット)の研究開発

知覚・運動機能の研究

誘導      操作      **アンドロイドサイエンス**


相互作用      ロボットをテストベッドに用いた認知科学, 心理学, 社会科学

人間に関する知識を基に人間と関わる知的システム

ロボット工学      人工知能      画像認識      **ロボット**      認知科学      心理学      脳科学      社会行動学      **人間**

人間はロボットを擬人化して関わる→インターフェース・人工知能の設計論

## 研究の発展



知的システム構成の基本問題      ロボットから人間との付き合い      社会関係の問題

人間らしさの基本問題      人間らしい社会的関係      人間らしい動作原理

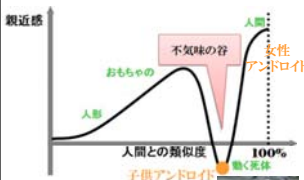
人間らしい対話      人間らしい発達      対話システムの基本問題

人間らしい知覚      人間らしい動き      見かけと動きの基本問題

人間らしい見かけ

**人間**

## 不気味の谷とアンドロイド研究



親近感

おもちゃの人間      不気味の谷      女性アンドロイド      顔くぼ体

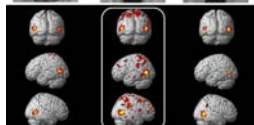
人間との類似度      100%

子供アンドロイド      顔くぼ体

脳科学研究

認知科学研究

- 2秒の観測では、自然な動きを伴うアンドロイドに対し、70%の被験者が人間と答える。
- 5分の観測では全員が人間と無いことは気がつくが、視線の動きは人間を観測するときと同じ(ロボットを観測するときは全く異なる視線の動き)。



## 人間らしい対話

### 実在人間の遠隔操作アンドロイドであるジェミノイドの開発

人間に酷似した見かけ      人間らしい動き      人間らしい知覚      人間らしい対話



ヒューマノイド = 人間らしいロボット  
アンドロイド = 人間に酷似した見かけと動きを持つロボット  
ジェミノイド = 実在人間の遠隔操作型アンドロイド

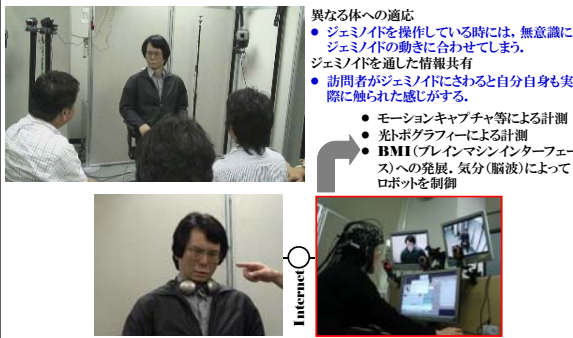
インターネット

## 操作者と訪問者双方の適応

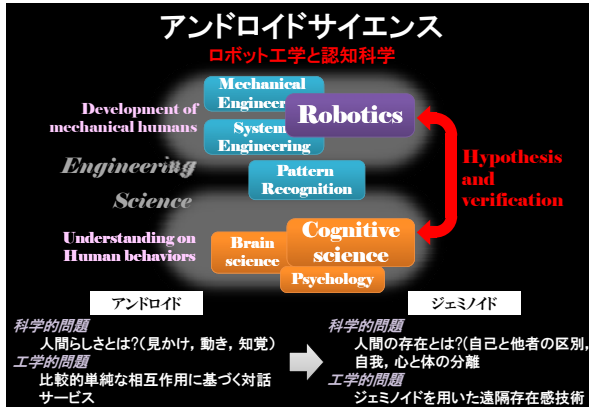
with Prof. Hiraki, Tokyo University

異なる体への適応

- ジェミノイドを操作している時には、無意識にジェミノイドの動きに合わせてしまう。
- ジェミノイドを通じた情報共有
- 訪問者がジェミノイドにさわると自分自身も実際に触られた感じがする。
  - モーションキャプチャ等による計測
  - 光トポグラフィーによる計測
  - BMI (ブレインマシンインターフェース) への発展。気分(脳波)によってロボットを制御



インターネット



## 人間らしい動作原理

### ロバストなロボットを実現する生体動作原理

with Prof. Yamaguchi, Osaka University

人間に類似した 見かけ

人間らしい 動き

人間らしい 知覚

人間らしい 対話

人間らしい 発達

人間らしい 動作原理

生体は階層を持つ複雑・高次元システムを巧みにオーガナイズ(自己制御)する

細胞のネットワーク → コンピュータ化

分子のネットワーク → デジタル化

ゆらぎを利用した高次元システムのコアス(いい加減)化

- ゆらぎ: システムの有効次元数を減らす。
- ポテンシャル: コアスなオーガナイズを可能にする。利用しやすいエネルギー関数。
- フラクタル次元(非整数次元): 発達の段階変化に応じてポテンシャルを突進させ、ランダムサーチによるアトラクタ選択を実現。

ゆらぎ方程式

$$\frac{d}{dt}x = f(x) \cdot \text{activity} + \eta$$

系が受けるゆらぎ

系が受けるノイズカ 状態に感応しない

ポテンシャル場から受ける力 アトラクターへの引き込み力

$$f(x) = -\frac{dU}{dx}$$

## 超複雑なロボットを制御する

複雑化するロボットシステムや機械システムの制御には従来の制御方法を適用することが困難

ゆらぎを用いてロボット自信が自発的に自らの制御方法を獲得

さらに、階層ゆらぎを用いて、複雑な動作を獲得

複雑な関節と多数のアクチュエータ (26個) を持つ生体型ロボット。従来の制御では、 $2^{26} \approx 10^8$  の計算が必要。

階層ゆらぎによる複雑な動作獲得

**activity = 目標の達成度**

$$\frac{d}{dt}x = f(x) \cdot \text{activity} + \eta$$

取る 置く 投げる 目標タスクの選択

**activity = タスクの達成度**

$$\frac{d}{dt}x = f(x) \cdot \text{activity} + \eta$$

屈曲 伸展 握る 基本動作の選択

**activity = 動きの達成度**

$$\frac{d}{dt}x = f(x) \cdot \text{activity} + \eta$$

26個のアクチュエータの制御

円軌道生成タスク      リーチングタスク

## ゆらぎと他のアルゴリズム

|                    | 古典制御 (PID)    | ニューラルネット       | ファジー             | ゆらぎ          |
|--------------------|---------------|----------------|------------------|--------------|
| 正確性・高速性            | ◎             | ○              | △                | △            |
| 複雑な対象への対応          | ×             | ○              | ○                | ○            |
| 動的な対象への対応          | ×             | △ (オンライン学習)    | ×                | ○            |
| 初めての状況・頻度の低い状況への対応 | ×             | △ (学習困難)       | △                | ○            |
| 適用範囲               | 線形モデルで記述可能な対象 | 非線形モデルで記述可能な対象 | モデルが部分的に記述不可能な対象 | モデルが記述不可能な対象 |

- モデル化の難易度と適応可能な制御方法
- 日常空間などモデル化できない場合にも適用可能なゆらぎ
- Simulated annealing (SA) は温度を下げる (ノイズを小さくする) 事によるパラメータ最適化手法 (モデル化が可能な対象)。一方、ゆらぎは動的に変化する activity を極大化する状態の探索的制御手法

