

# 仮想環境で人とロボットの 共存社会をシミュレートする 世界初のオープンプラット フォームを開発

国立情報学研究所

稲邑 哲也

作家

瀬名 秀明

# 社会的知能発生学研究会

- 趣旨

- 本研究会は人間やロボットの知能の原理に迫ることを目的として、身体と環境との物理的相互作用や社会的相互作用、進化の役割などを探求しています。具体的には、認知科学、発達心理、脳科学、複雑系など、人や動物のような複雑なシステムの原理を探求する学問からヒントを得ながら、ロボットやシミュレーションなどを用いた構成論的・計算論的アプローチに基づいた議論を展開しています。

- メンバー（第一期 H12年度～）

- 浅田稔（阪大）、石黒浩（阪大）、國吉康夫（東大）、高田司郎（近畿大）、銅谷賢治（OIST）、中島秀之（公立はこだて未来大）、開一夫（東大）、茂木健一郎
- (株)けいはんな が主催

# 研究会メンバー

## (第二期 H19年度～)

- 稲邑 哲也 国立情報学研究所 対話的知能システム
- 乾 健太郎 奈良先端科学技術大学院大学 自然言語処理
- 大武 美保子 東京大学 サービス工学
- 梅田 聡 慶應大学 認知神経生理学
- 川合 伸幸 名古屋大学 動物心理学
- 清水 正宏 東北大学 群ロボット
- 櫻井 圭記 プロダクションI.G(脚本家) 哲学・認知科学
- 細田 耕 大阪大学 認知発達ロボティクス
- 吉川 雄一郎 JST ERATO / 大阪大学 認知発達ロボティクス
- 宮下 敬宏 ATR ロボットの社会性知能
- 橋本 敬 北陸先端科学技術大学院大学 進化言語学
- 柴田 智広 奈良先端科学技術大学院大学 ニューロボティクス
- 瀬名 秀明 作家 ヒトの知能のメカニズム

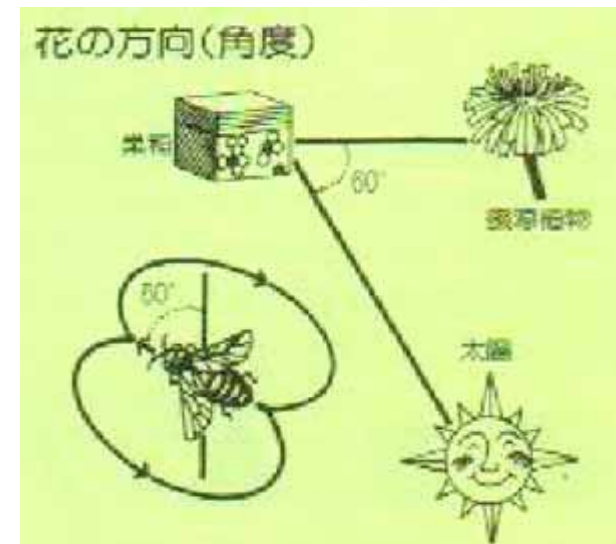
H19年度から, NII企画型共同研究を活用する形式を取る

# 構成論的アプローチ

- 対象をつくって動かすことにより理解しようとする  
科学的方法論
  - コンピュータシミュレーション、ロボット、生体分子など
- なにをどう理解するのか
  - 現象の模倣ではなく、裏にある(因果の)本質・必然
  - Genesis(起源・進化・発達)
    - 実証的観察が困難な現象
    - 歴史性・一回性をもつ現象
    - 理解できないくらい複雑なものを作る
  - 仮説検証・仮説生成

# 構成論的アプローチの例(1)

- ミツバチの8の字ダンスのシミュレーション
- エージェントとして多数のミツバチを用意する
- ミツバチが知覚する事のできる情報をシミュレーション
  - (例:隣のミツバチの羽根の振動を感知するセンサのシミュレーション)
- そのミツバチの感覚を元にして8の字ダンスの知覚仮説モデルを検証
- 8の字ダンスの知覚結果に基づいて、餌にありつけるかどうかの群行動のシミュレーション



## 構成論的アプローチの例(2)

- 認知発達ロボティクス
- 理解の対象となるヒトの発達・学習・知能のモデルを人工物(ロボット)の中に埋め込み, 環境のなかで作動させ, その挙動から, そのモデルの新たな理解を目指す [浅田 1990年代~]
- 神経科学, 認知科学, 心理学, 工学, 人工知能理論など複数分野の学際的アプローチが必要

# 構成論的アプローチによる 知能研究の「難問」

- ヒトや動物・昆虫の知覚・運動・コミュニケーション能力を持った社会的知能を理解するために.....
  - 現象の観察に基づく仮説を見つける困難さ
  - その仮説の正しさを示す困難さ
- ロボットや生物を用いる実システムでの実験は負荷が非常に高い
- 実システムでの実験がそもそも不可能
  - 大規模かつ複雑な世界での実験や、数年のような長期間に渡る連続実験がほとんど不可能
  - 生物を改変できない
- シミュレーションによる実験が不可欠

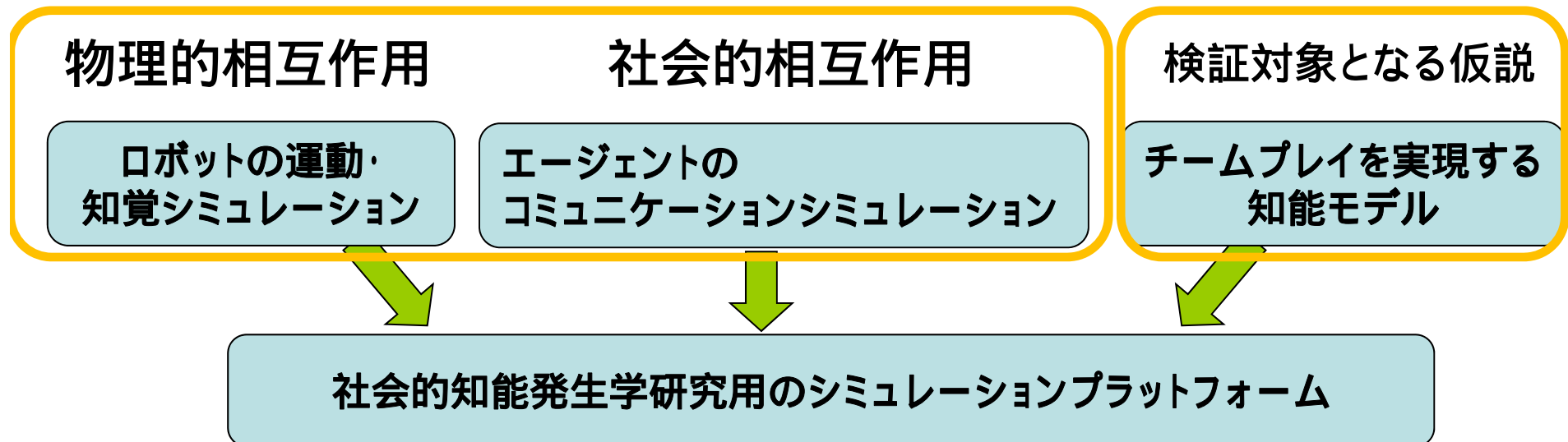
# 社会的知能発生学研究のための シミュレータの開発に向けて

- 2種類の相互作用のシミュレーションの有機的結合
  - 身体と環境との物理的相互作用
  - エージェント間の社会的相互作用
- 認知科学、発達心理、脳科学、複雑系、機械学習、文化進化などの、多様な分野の研究者が異分野融合を行うための統合ソフトウェアプラットフォーム

これらの試みは世界初

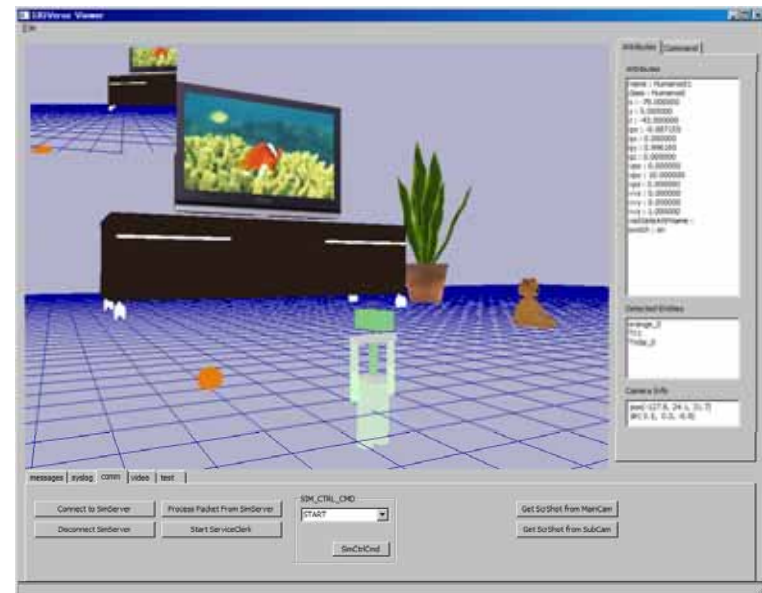
# キラーアプリケーションの例

- サッカーロボットのシミュレーション
  - 3D環境でのサッカープレイ
  - ボールを蹴る, 走る, 転ぶ, ぶつかる, 等の物理力学計算シミュレーション
  - パス, ドリブルなどの合図, かけ声, アイコンタクトなどのコミュニケーションのシミュレーション



# 物理・力学シミュレーション (物理的相互作用 1/2)

- ODE(Open Dynamics Engine) を利用
- OpenHRP3 ( 知能ロボットの研究分野で良く用いられているシステム) で用いられている, ロボット形状記述ファイルを読み込み可能



# 知覚シミュレーション

## (物理的相互作用 2/2)

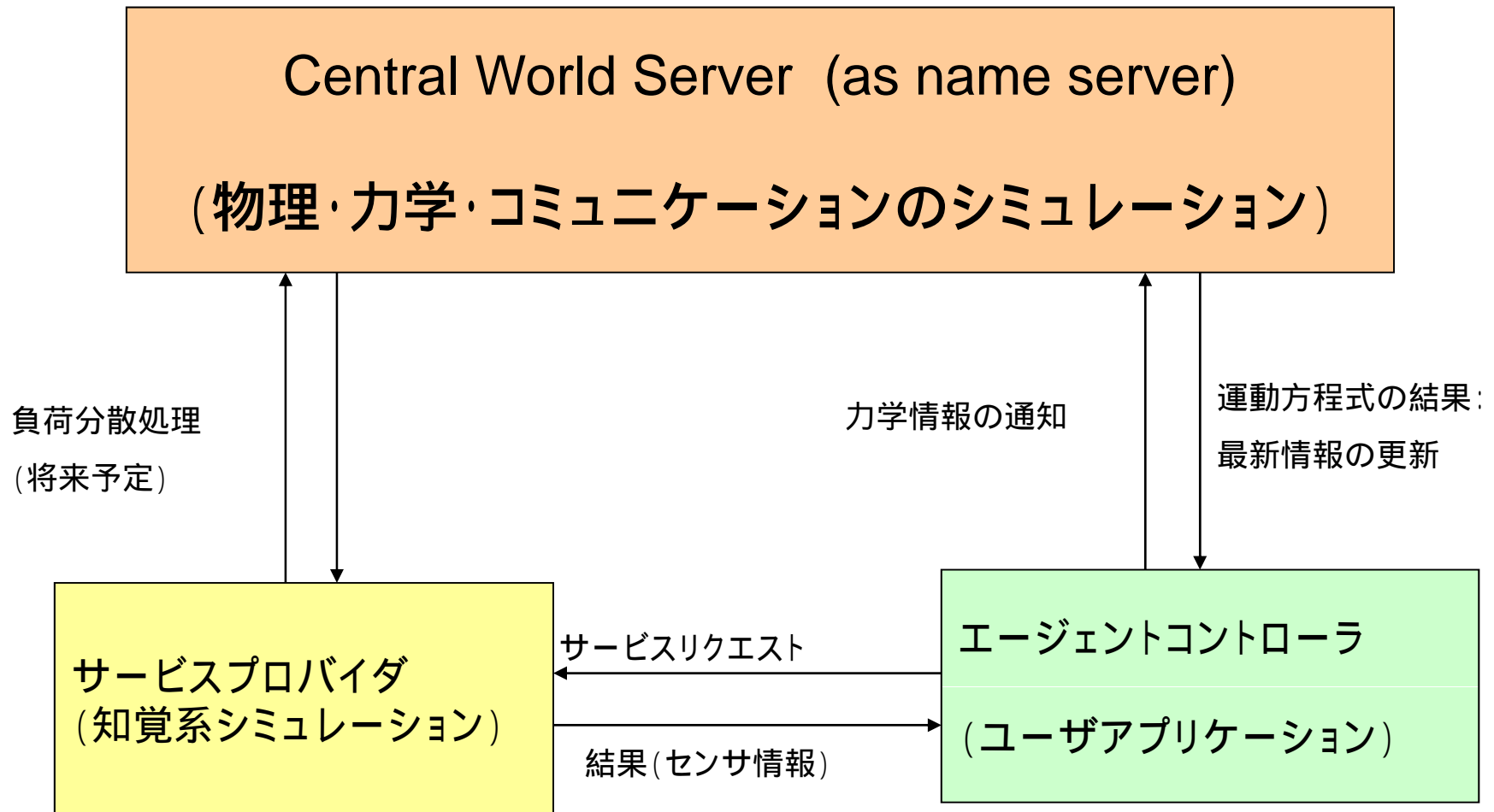
- 生情報レベルから高次元情報まで階層的なシミュレーション
- 中次感覚
  - 視野内に存在する物体の各種情報(色, 大きさ, 位置姿勢等)の提供
  - ある距離内に存在する物体の各種情報の提供
- 高次感覚の提供
  - 物体認識の結果(物体名, ID)の提供
  - 視線方向

様々な研究者に使ってもらうための階層性の提供  
例: 画像処理の研究は生情報を用いる  
論理推論の研究は高次感覚を用いる

# 物理的制約に基づく コミュニケーションのシミュレーション (社会的相互作用)

- 音声情報の送付
  - 生の音声波形情報の送信
  - 距離に応じて到達可能性が低くなる
  - テキストのみの送信機能も
- 視線情報の管理と取得
- 仮想環境内のアバターを操作する事による、  
実世界と仮想環境間のコミュニケーションの  
提供

# サーバークライアント形式による マルチエージェントシステム



# SIGVerse: 社会的知能発生学シミュレータ が持つ特徴

- 社会を構成する多数のエージェント群
- 身体性に基づく視聴触覚を扱える複雑な環境
- 自分の開発した知能エージェントを任意の場所のシステムから仮想世界に接続可能な枠組み
- 様々な研究分野を持つユーザが、目的別に容易に使う事のできるソフトウェアデザイン

# 想定している応用例

人間のコミュニケーションモデルを考慮した  
言語進化シミュレーション

政治・経済等のマクロな  
社会シミュレーションへの  
展開

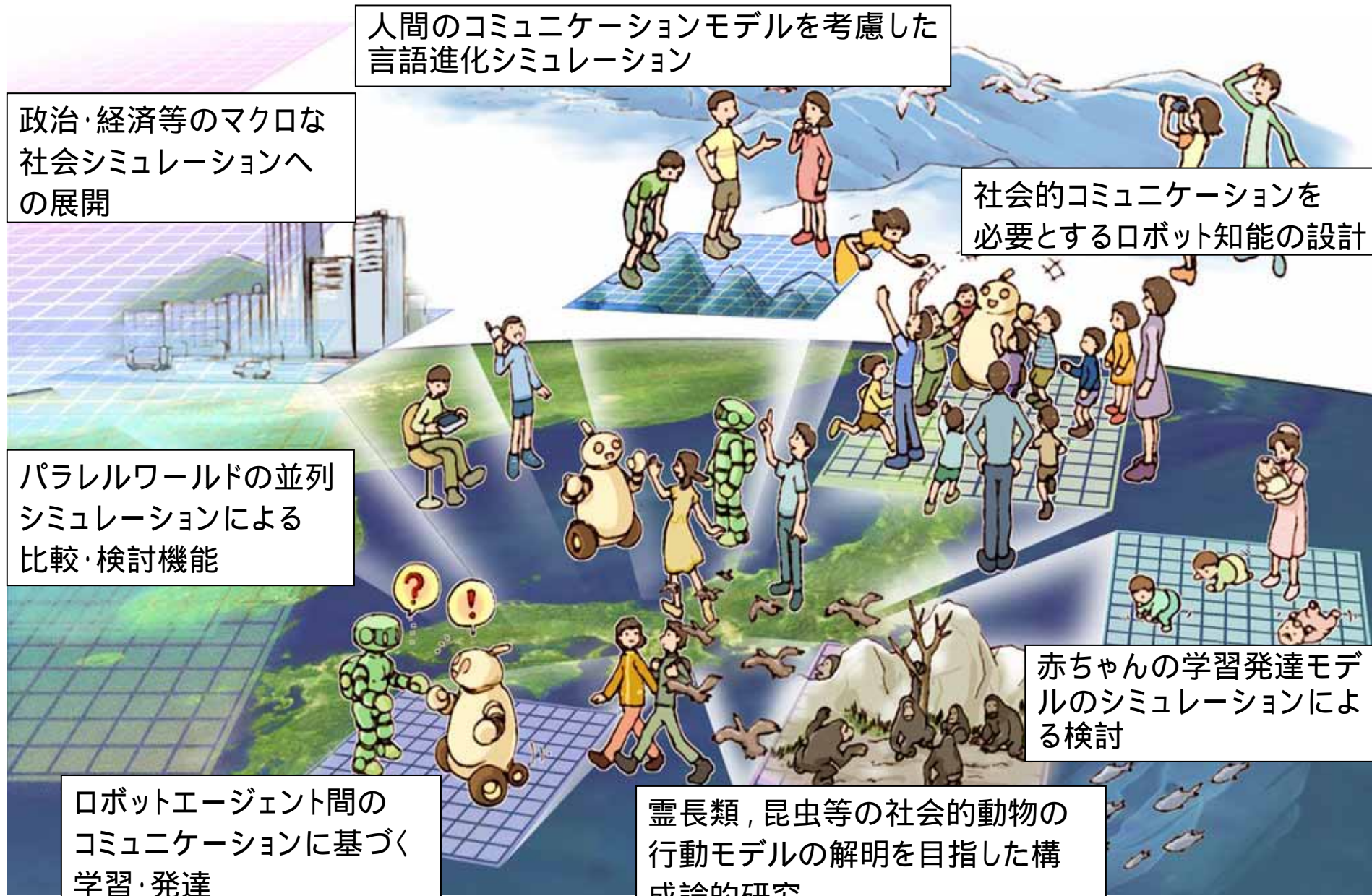
社会的コミュニケーションを  
必要とするロボット知能の設計

パラレルワールドの並列  
シミュレーションによる  
比較・検討機能

赤ちゃんの学習発達モデルのシミュレーションによる検討

ロボットエージェント間の  
コミュニケーションに基づく  
学習・発達

霊長類，昆虫等の社会的動物の  
行動モデルの解明を目指した構  
成論的研究



# SIGVerse を使ったサンプル 人間ロボット間の協調タスク

- お好み焼きを協調して焼くタスク
  - 人間の観察に基づく意図理解
  - オペレータが仮想環境に介入するインタフェース
  - 対話・協調するロボット知能の評価



# アプリケーションの実行例 (人間機械協調系の評価実験)

視覚のシミュレーション結果

GUI for operating The avatar

ロボット  
(評価の対象となる知能モジュールを埋め込む)

アバター  
(ユーザがGUIで操作)

(ロボットの知能モジュールの) 評価の基準  
ユーザへの負荷  
タスク完了までに必要な時間・労働力コスト

Attributes	Command
name : Robot_000	
class : Robot	
x : 100.000000	
y : 50.000000	
z : 27.843000	
qw : 1.000000	
qx : 0.000000	
qy : 0.000000	
qz : 0.000000	

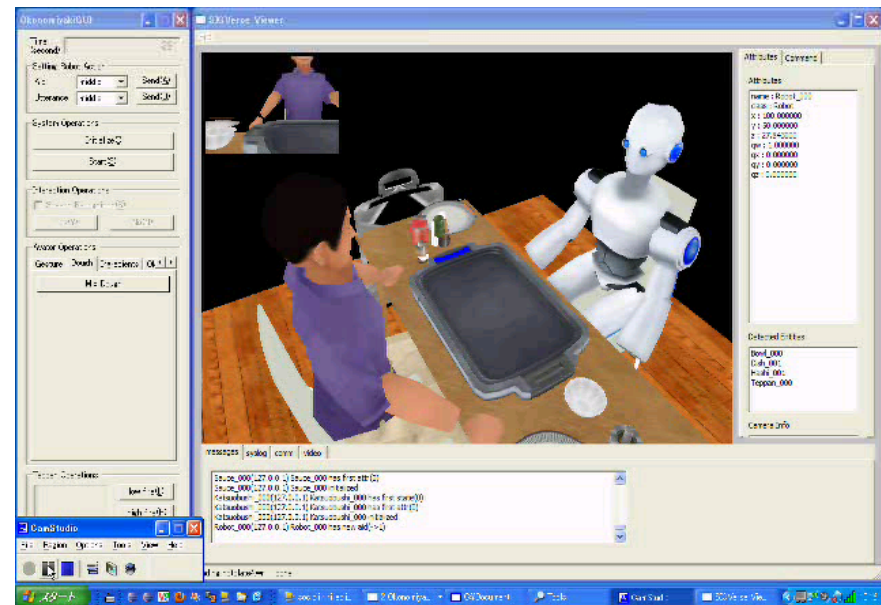
```
0.0.1) Robot_000
27.0.0.1) Okonomi
0.0.1) Abura_000
0.0.1) Sauce_000
0.1) Hori_000 inita
7.0.0.1) Teppan_0
```

loading hotplate.wrl ... done.

# 協調モデルの変動による 協調行動シミュレーション



ユーザへの問いかけ・確認モデルが  
無い場合  
(ユーザが何もできず、ロボットが  
Advantage を取ってしまう)



ユーザとロボットが協調できている時  
(対話でAdvantage を確認する)

# 何ができるか / できないか？

- できる事
  - 力学演算・知覚系・コミュニケーションの統合シミュレーション
  - 知覚の粒度(抽象度)の制御
  - 物理的制約に基づくコミュニケーション
  - サーバクライアント形式によるマルチエージェントシステム
- できない事 / 困難な事 (Future works)
  - 柔らかい素材や, 筋骨格系モデルによるロボットエージェントの実装
  - 高次レベルの知能処理のモジュール化, 再利用化

# まとめ: 将来的な展望

- 人間やロボットの知能の原理に迫ることを目的として、身体と環境との物理的相互作用や社会的相互作用の役割を解明する

マルチロボットエージェント  
の設計評価

人間機械協調系  
のデザイン支援

SIGVerse  
社会的知能発生学  
シミュレーター

昆虫の群知能の解明

実世界経験の  
仮想化による共有知

生体内の自律分散  
制御系の理解

脳の機能モデル  
による神経生理学からの  
社会行動の理解