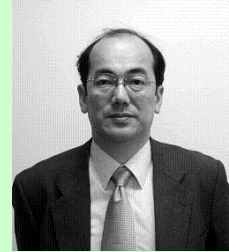


等身大ヒューマノイドにおける  
知能ロボットカーネルの統合と対人行動創成への展開  
Integration of Intelligent Robot Kernels and  
its Development for Interpersonal Behaviors in Life-size Humanoids

稲葉 雅幸 (INABA Masayuki)  
東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授



研究の概要

本研究は、等身大ヒューマノイドプラットフォームに対して、視聴覚・全身触覚・動的全身反応行動などの高位の情報処理技術を搭載した知能ロボットカーネルを統合し、人からの多様な働きかけに対して対応するための行動を実現するために必要な機能とシステム構成を明らかにする。

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学／知能情報処理・知能ロボティクス

キーワード：ヒューマノイド，知能ロボット，対人行動，ロボットソフトウェア

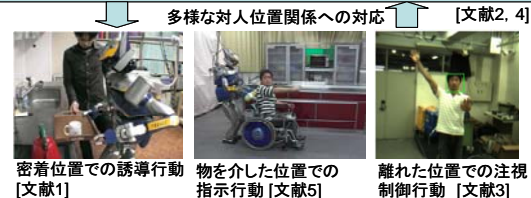
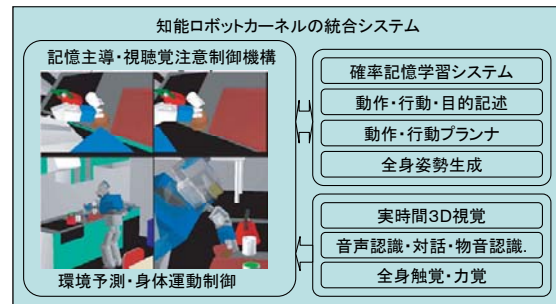
1. 研究開始当初の背景

近年のロボット研究において、人の代わりに働く産業用ロボットから人の傍らで人の生活を支援するパーソナル型ロボットへ進展しつつある。さらにわが国では、人のように二脚二腕をもつヒューマノイドロボットの究が世界を先んじて進んでいる。旧通産省プロジェクトでも人間協調共存型ロボットとしてヒューマノイドのプラットフォームが開発され、平成15年度より大学・研究機関における利用が可能となった。

2. 研究の目的

本研究は、そのプラットフォームに対して、申請者のグループにおいてこれまで培ってきた、視覚・全身触覚・動的全身反応行動などの高位の情報処理技術を搭載した知能ロボットカーネルを統合し、等身大サイズヒューマノイドの対人行動への新展開を目指すために必要な機能とシステム構成を明らかにすることを目的とする。

具体的には、(1)人の存在を知覚しその行為の意図仮説を確認しながら行為生成判断する機能、(2)人と直接接触合った状態での人からの働きかけに答えられる協調反応と安全な自己身体の身のこなし行動、(3)人が操作している対象物を仲立ちにして人の行為を支援できる行動立案と支援行為の実現、というように、人を中心にして、(1)人との距離が離れていても、(2)密着していても、(3)物が仲立ちして共同行為を求められていても、その場の状況から適切に行動を導いてゆくヒューマノイドの感覚行動知能の



実現原理を実証実験により明らかにする。

3. 研究の方法

等身大サイズヒューマノイドにおける対人行動の創成のための知能カーネルに必要なもの、記憶主導型対話行動系、高密度型対人行動系、人の知覚と行為解釈系、即応的行動誘導制御系、注意と観察制御行動系の5つの基本知能カーネルモジュールと知能カーネルの統合システムの研究を行い、これに平行して身体ハードウェア改造、基本実時間ソフトウェア構築の研究を行う。

4. 研究の主な成果

1) 知能ロボットカーネル用行動シミュレーションシステムの構成法

等身大ヒューマノイドにおいて知能ロボッ

トカーネルとして機能モジュールを統合するために、等身大ヒューマノイド内部の計算機資源とオフボディ計算環境の連携を考慮した環境を実現した[文献 2].

## 2) 確率的記憶と視聴覚統合を用いた記憶主導型対話行動法

確率的に空間記憶, 物体記憶, 時間経験データを管理する確率的記憶管理システムと, 実世界の物体・対人認識が可能な視聴覚統合システムを結合し, 曖昧さの度合いに基づいてロボットが質問内容を判断する機構を特徴とする, 対話における人からの質問や命令の解釈手法を構築した[文献 3].

## 3) 高密着型対人行動の実現

ロボットと人や物体が密着している場合において, ロボットの全身の関節負荷が過度にならないような負荷分散機能と, 関節負荷情報と皮膚センサに基づく人からの直接的な働きかけの認識手法を実現した. また, 人がロボットの身体を直接接触して操作, 誘導し, これを記憶し身体や環境が異なっても再現できる教示学習システムを構築した[文献 1].

## 4) 人の存在知覚と状況推論システムの統合による適切な行動選択手法

視聴覚要素を改造したヒューマノイドヘッドを用いた人の存在を知覚するシステムを構築し, 人の存在場所とそこでの物音情報を動的確率ネットワークで処理することで, 現在の状況の推論から適切な行動を選択, 実行する機構を構築した[ROBOMECH 2008 得津他].

また行動実行時には空間動作計画, シンボル行動計画, 視聴覚物体認識システムの統合により, 観察による動作検証を通じてプランの実行を評価し, 外乱は人からの制止に対して気がつき動作行動を再計画する手法を構築した[IAS2008 Okada 他].

## 5) ZMP 外乱予見制御を用いた未知物体接触時の即応的動作制御法の実現

人とロボットが物体を介して接続関係にある際の全身バランス保持制御手法として, ZMP の外乱予見を用いた全身の身構え行動制御手法を構築した. シミュレーションを用いることで外乱予見に必要な動力学情報の時系列予測を行い, 外乱が未知の場合においても学習獲得が可能であることを確認した[日本ロボット学会誌 2007 神崎他].

## 6) 予測と記憶に基づく注意機構と観察制御の実現

人間の意図をリアルタイムに推測するため, 常に注意を払わずとも, 予測した行動

と空間モデルの記憶に基づいて注意を実現する機構を開発しこれに基づく観測行動の制御を実現した[文献 4].

7) 知能ロボットカーネルの統合検証実験  
車椅子に近づいてくる人間の認識行動 (人との距離が離れている場合), 車椅子に座っている人間の指示理解 (人と密着している場合), 全身を用いた車椅子押し動作 (人と対象物を介して相互作用する場合) のそれぞれの場面における感覚行動統合が必要となる車椅子介護支援行動を例にカーネル統合検証実験を行った. このように場面が連続的に変化する状況においても, 各知能カーネルが機能し, その統合がなされていることを実証した[文献 5].

## 5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

等身大ヒューマノイドにおいて各知能カーネルの構築と統合を目指した本研究成果は学術面において国際的に高く評価され, それぞれ権威ある国際学会における論文賞の受賞につながった.

また, 本研究での等身大ヒューマノイドによる実現行動は, 皇太子殿下下行啓を初め, スエーデン, フランスの大臣, 国会議員の見学訪問, 多くのメディア取材などを受け, 国の内外から注目され, 実用化に向けた産学連携への展開が期待されることとなった.

## 6. 主な発表論文

[文献 1] T. Ogura, A. Haneda, K. Okada, M. Inaba : "On-site Humanoid Navigation Through Hand-in-Hand Interface", 2005 International Conference on Humanoid Robots, pp 175-180, 2005.

[文献 2] 稲葉 雅幸, 岡田 慧, 水内 郁夫, 稲島 哲也: ヒューマノイドロボットのシステム実現 - ロボットシステム記述言語 EusLisp による実装, コンピュータソフトウェア, vol.23, no.2, pp.45-61, 2006.

[文献 3] N. Kojo, T. Inamura, K. Okada, M. Inaba : "Gesture Recognition for Humanoids using Proto-symbol Space", 2006 6th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2006), pp 76-81, 2006

[文献 4] K. Okada, M. Kojima, S. Tokutsu, Y. Mori, T. Maki, M. Inaba : "Task Guided Attention Control and Visual Verification in Tea Serving by the Daily Assistive Humanoid HRP2JSK", Proceedings of The 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp 1551-1557, 2008.

[文献 5] S. Nozawa, T. Maki, M. Kojima, S. Kanzaki, K. Okada, M. Inaba : "Wheelchair Support by a Humanoid Through Integrating Environment Recognition", Proceedings of The 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp 1558-1563, 2008.

ホームページ等: <http://www.jsk.t.u-tokyo.ac.jp/>