

人間行動の認識と遂行のための実世界知能情報学

國吉 康夫

情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻

概要

人間の振舞いを認識・理解し、それに呼応してタイミングよく適切に情報提供したり手助けする機能は、知能情報システムの一つの理想形であろう。その実現のためには、複雑・不確実な実世界中でも的確に、かつ適応的に行動の認識・遂行ができる手法の確立が必要である。そのための新たな原理と手法を求めて、本研究では、身体環境相互作用の情報構造解析、ヒューマノイド全身行動実験、身体像や行動概念の獲得、などのテーマに取り組んでいる。

1. 全身行動の「目の付け所」

複雑、動的な実世界でロボストに目的を達成するためには、環境相互作用の中にある、外乱等により変動しない不変構造を捉え、それを目的に向けて「乗りこなす」タイプの新しい行動原理が必要である。このような不変構造は、身体性や個々の状況が若干異なっても安定と考えられ、異なる行為主体間でも共通に有効なはずである。従って、他者の行為を認識し、その要点を獲得し自己の作業知識とする場合や、他者の行為に介入して意味のある介助行動を行う場合にも有効と思われる。我々は、これらの不変構造について、行為制御の観点からは「コツ」、行為認識の観点からは「目の付け所」と呼んでいる。これは、複雑動的な実世界において、身体性を通して、自律行動と社会的相互作用を融合する一つの新たなアプローチを構成する。

本研究では、まず、上記の仮説を検証するために、環境からの影響が極端に強い行動例として、等身大ヒューマノイドロボットによるダイナミック起き上がり動作を取り上げ、解析、実機実験、認識実験を行うことで、不変構造の存在証明を行ってきた。

2.1 全身行動ヒューマノイドの改良

これらの研究のため、既に、前年度までに、全身ダイナミック動作が可能な等身大ヒューマノイドロボット・システムを構築し、世界で初めてダイナミック起き上がり行動実験に成功した(図1)。

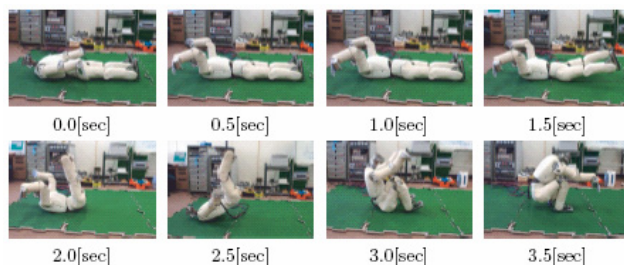


図1. ヒューマノイドのダイナミック起き上がり動

今年度は、次の段階として、動作中のセンサ情報を取得して、予め解析した不変構造を実時間で検出し、制御に反映できるシステムの構築に取り組んだ。具体的には、全身分布触覚センサの開発、多数センサ情報を集約統合する体内分散小型通信インタフェースノードの開発、体重をかけた接触動作に適した外装の改良、などを進めた。

2.2 行動獲得モデルの構築

相互作用ダイナミクスの不変構造(「コツ」と「目の付け所」)に基づく新たな行動獲得モデル構築に向けて、まず、具体的動作例について、このような構造が動作の実行および認識において重要であることを検証した。

ダイナミックな起き上がり動作(図1)は、慣性など強い動力学効果と環境(床)との接触運動など強い相互作用を含み、従来のロボットでは困難なタスクであった。人間のモーションキャプチャを解析すると、一様でなく疎らに精密な制御を行い、それ以外の変動を許容していることが分かった。力学モデルの解析を行うと、

最も成功条件の厳しいポイントが、人間の制御ポイントと一致することが分かった。これらに基づき実機の動作実験に成功した(図1)。

多数回の実機試行の成功例と失敗例について、これらを明確に弁別する指標を探したところ、全関節角軌道の総誤差や全エネルギー量などの時間非依存の指標では弁別されず、全関節の投入エネルギーの時間的重心、という指標、すなわち、エネルギー投入タイミングが、明確に成功・失敗を弁別することが分かった(図2)。このことは、「コツ」に相当する時点でタイミングよく瞬発

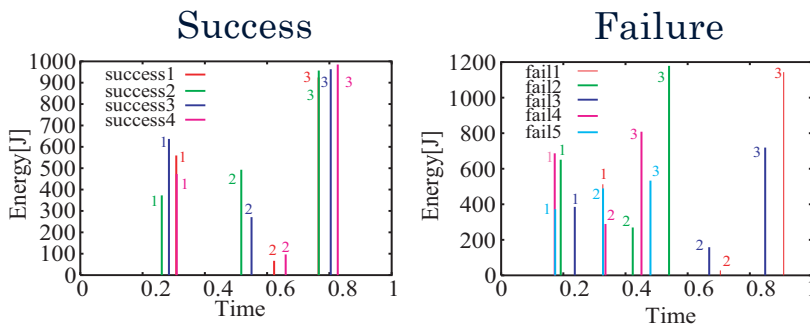


図2. エネルギー投入タイミングがタスクの成否を分ける

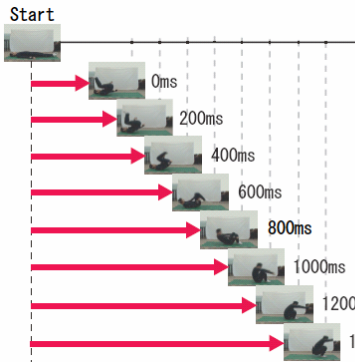


図3. 人間の起き上がり動作の時間限定提示

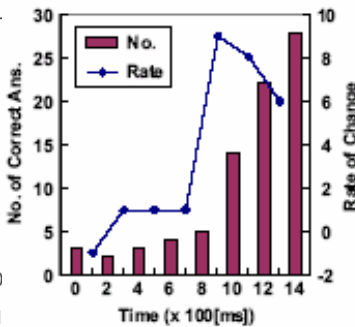


図4. 動作判定正答率(棒グラフ)とその変化率

力を出すことがタスク成功の決め手であることを示す。

さらに、人間の被験者が人間による実演を観察する際に、どのポイントから多くの情報抽出を行っているかを実験した。実演動画を様々な時間範囲に限定して被験者に見せ(図3)、そのトライアルが成功したか失敗したかを問う(動画は途中で終了してしまうので推量させる)実験で、被験者は、力学的解析が示す成功条件の厳しいポイントと同じ時点付近で、多くの情報

を得ていることが明らかになった(図4)。

3. 身体像獲得

胎児期からの自発運動等を通じた感覚運動学習により、自己身体の様相が脳内に形成され、これが模倣機能を支える重要な要素となると考えられる。そのためには、身体運動に伴う体性感覚情報と運動指令に内在する情報構造を抽出することが必要である。このために、まず自己組織化ニューラルネットにより、身体構造と運動特性を反映した表相を獲得する実験を行った。

次に、サルが道具使用時に、脳内の身体像(頭頂バイモーダルニューロン受容野)が道具に延長するという入来らの知見に着目し、これをロボティクスの立場から説明するモデルを構築した(図2)。指先で対象物に触れる際の視覚および触覚の時間的パターンに着目し、これが手に持った棒の先で物体に触るときも、時間構造としては不変であることから、脳が両者を等価とみなし、身体的空間的運動的表現(この場合はヤコビアン)の瞬時的適応が起こり、身体像の修正が行われる。本モデルは模倣のための適応的身体イメージメカニズムとして重要である。現在、実機で視覚と触覚を用いた実験を進めている。

成果発表

- [1] Y. Kuniyoshi, Y. Ohmura, K. Terada, A. Nagakubo, S. Eitoku, T. Yamamoto: "Embodied Basis of Invariant Features in Execution and Perception of Whole Body Dynamic Actions --- Knacks and Focuses of Roll-and-Rise Motion", Robotics and Autonomous Systems, vol.48, no.4., pp.189-201, 2004.
 - [2] Y. Kuniyoshi, Y. Ohmura, K. Terada, A. Nagakubo: "Dynamic Roll-And-Rise Motion By An Adult-Size Humanoid Robot, ", International Journal of Humanoid Robotics, vol.1, no.3, pp.497-516, 2004.
 - [3] 鍋島厚太, 國吉康夫: "視触覚の時間的統合に基づくロボット身体像の適応的延長モデル", 第22回日本ロボット学会学術講演会講演予稿集, CD-ROM, 2004.
- 計: 査読付論文3件, 口頭発表5件, 図書(共編)1件, 多数共著図書2件, 報道4件(うち海外1件). 招待講演3件.