

# ダイナミック全身行動の情報構造と実機実験（エリアV：自律ダイナミクス）

研究担当者：國吉 康夫（東京大学大学院・情報理工学系研究科）

研究代表者：國吉 康夫（東京大学大学院・情報理工学系研究科）[計画研究]

研究期間：平成15年度～平成17年度

## 研究成果概要

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、自己と環境の相互作用の中に、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。

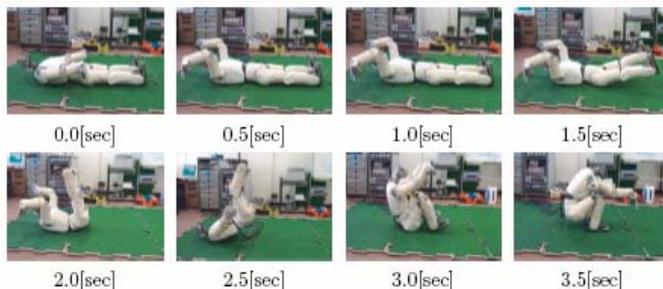


図1. ヒューマノイドのダイナミック起き上がり動作

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。この動作は、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、それ以外は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）。

この目的のために、任意姿勢全身ダイナミック運動可能な等身大人間型ロボットを完成した。身長150cm、体重70kg、46自由度。人間に非常に近い関節可動範囲と、瞬発力と素早さを重視し、滑らかな外形を持つ。全身での任意ダイナミック動作が可能な等身大ヒューマノイドは世界でも他に例がない（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

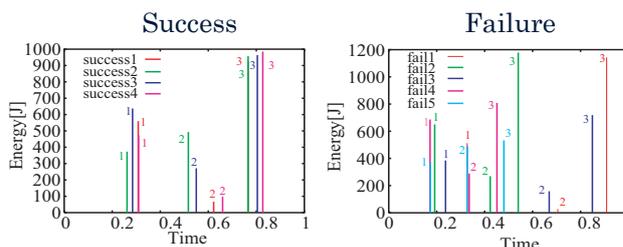


図2. エネルギー投入タイミングがタスクの成否を分ける

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。このことは、「コツ」に相当する時点でタイミングよく瞬発力を出すことがタスク成功の決め手であることを示す。

## 論文発表等

1. Yasuo Kuniyoshi, Yoshiyuki Ohmura, Koji Terada, Akihiko 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.
2. 國吉康夫, 大村吉幸, 寺田耕志, 長久保晶彦: 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行動の実現, 日本ロボット学会誌, vol. 23, no. 6, pp. 66-77, 2005.
3. Yasuo Kuniyoshi, Yoshiyuki Ohmura, Koji Terada, Akihiko Nagakubo, Shin'ichiro Eitoku, Tomoyuki 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.
4. A. Nagakubo, Y. Kuniyoshi and G. Cheng: The ETL-Humanoid System -- A High-Performance Full Body Humanoid System for Versatile Real World Interaction, Advanced Robotics, vol.17. no.2, 2003.
5. Koji Terada, Yoshiyuki Ohmura and Yasuo Kuniyoshi, Analysis and Control of Whole Body Dynamic Humanoid Motion --Experiments on a Roll-and-Rise Motion, Proc. IEEE Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, 1382-1387, 2003.

## 報道等

1. 2003年9月12日、「起き上がりロボット」のTV報道:NHKおよび民放（全国ネット）全局のニュースで報道, 海外もBBC, CNNで報道. 新聞報道: 読売, 毎日, 朝日, 日経, 産経, 日経産業, 日刊工業, 他各紙で報道.