

ヒューマノイドの身体誘導行動のための インタラクティブ動力学シミュレーションシステム

小倉 崇 岡田 慧 稲葉 雅幸 (東京大学)

Interactive Dynamics Simulation System for Humanoid Body Navigation

Takashi Ogura, Kei Okada, Masayuki Inaba (University of Tokyo)

Abstract: It is an indispensable ability for humanoid robots to interact with human. It is difficult to realize body interaction in simulation compare with audio or visual communication. This paper shows the system which makes it possible, using a simple human model in a real time simulator which can generate and change objects interactively. Then we show an experiment on behavior navigation in the system.

1. はじめに

筆者らはこれまでにヒューマノイドの身体を通した行動の誘導に関して研究を行ってきている^{1,2)}このように人間が直接ロボットに触れ合うような行動をシミュレーション環境でも同様に実現するためには、何らかの形で人間のモデルをシミュレーション環境に再現し、操作できる必要がある。これまでのヒューマノイドのシミュレータは高速でインタラクティブ性を重視したもの³⁾、検証環境の信頼性や実機との互換性に注目したもの^{4,5)}などがあるが、人間とのインタラクションに注目したダイナミクスシミュレータの例はない。このような背景から、ヒューマノイドの身体誘導行動のためのインタラクティブな動力学シミュレーションシステムを開発した。本稿ではこのシステムの構成とそこで実現した身体誘導行動を示す。

2. ヒューマノイドの身体誘導行動のためのシミュレーションシステム

ヒューマノイドの身体誘導行動のためのシミュレーションシステムを構成するためには、実機との互換性など通常のシステムに共通な機能の他に、以下の3つの点を考慮する必要がある。

2.1 反応の応答性

人間モデルの操作者が人間である以上は、シミュレータにおけるロボットの反応系も実時間に近い速度で行われなければインタラクション性は失われてしまう。実時間でのシミュレーションができることが必要である。

2.2 物理インタラクション形態の変換性

人間をモデル化し、シミュレーションの中に再現することを考慮にいれると、ロボットにさせたい動作や、伝えたい情報に応じてそのモデルを変化させる必要がある。例えば、人間が片手でロボットの腕をつかむ場

合や、抱きかかえる場合、後ろから押す場合、柔軟体操をする場合なので、扱うモデルは変化させる必要がある。このようなシステムではシミュレーションの構成を動的に変更できることが望ましい。

2.3 コンテキストのオンライン変更可能性

人間からの入力だけでなく、あらかじめ記述されたプログラムでも人間として振舞わせることで、インタラクションが実現できるれば、実験の再現性が保つことができ、効率的な開発が可能である。その際のインタラクションプログラムはオンラインでロボットの反応に合わせてオンラインでモデルを含め変化させることができることが望ましい。

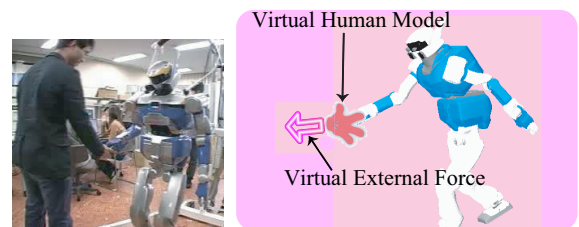


Fig.1 Concept of Interactive Dynamics Simulation System

3. インタラクティブ動力学シミュレーションシステムの構成

以上の議論を踏まえ、実際に構築したシステムの構成を述べる。システムの概要を Fig.2 に示す。

3.1 インタラクティブ行動シミュレーション環境

筆者らはシミュレーションを埋め込んだ環境を開発している⁶⁾。これはロボットプログラミングとシミュレーション構成を Lisp インタプリタで記述することのできる環境である。このシステムではほぼ実時間でシミュレーションが可能であり、かつシミュレーション

構成が動的に変更可能である．そのため，インタラクション形態を動的に変更したり，

ロボットのモデルはセンサやアクチュエータがシミュレートされ，インタラクションをダイナミクスを通して実現可能である．

3.2 人間からのインタラクションのモデル化

人間をインタラクションのために単純化したモデルを使い，それに対し，人間が入力装置から入力することで，動力学シミュレーションシステムにおける人間の表現とする．VR の例などはデータグローブなどを用いるが，簡易に実験を行うため，ジョイスティックによるインタフェースを採用した．入力デバイスからは，手のモデルを貼り付ける位置の指定と発生させる力を入力したり，ロボットの体を拘束する位置を入力したりする．たとえばロボットの腕をつかむことは，腕に発生させる力をアナログジョイスティックから入力することで実現される．

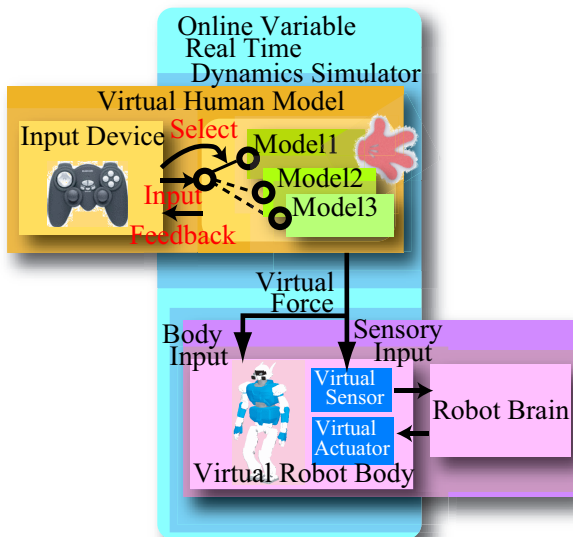


Fig.2 Overview of Interactive Dynamics Simulation System

4. 身体誘導行動実験

ここではヒューマノイドの両腕を引くことで，椅子から立ち上がる動作の誘導をシミュレーション環境の中で行う．

ロボットは体幹の位置を両腕にかかる力の方向にしたがって体を動かす．この際，どの方向に引かれたときにどの方向へ体を動かすことがロボットにとってよいのかをシミュレータの中で実行させることで確認しながらソフトウェア開発を進めるといったことが考えられる．ジョイスティックからの入力を人間モデルを通して力に変換することでロボットの両腕に力を発生させ，ロボットはそれをセンサから読み取り行動を決定する．

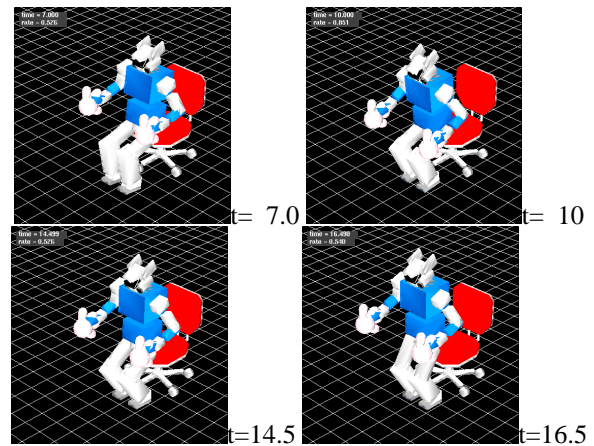


Fig.3 Experiment Result: Pink hands are position of virtual external force

シミュレーションとユーザーの入力の結果を Fig.3 に示す．両腕が引かれた方向に体を動かすことでロボットのコントローラが立ち上がる行動を誘導されるようにし，入力した力を利用した動作を行うことで椅子から立ち上がらせることができた．

5. 結論

ヒューマノイドと人間との身体的なインタラクションのためのシミュレーション環境を，実時間で，動的に構成を変化可能なシミュレーションシステムを用いて構築した．また，インタラクションを手先位置と力とでモデル化し，行動誘導実験を行いその有用性を確めた．

参考文献

- [1] 小倉崇, 岡田慧, 稲葉雅幸, 井上博允. ヒューマノイドのオンライン誘導プランナの実現と行動学習の研究. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'04 講演論文集, pp. 2P1-H-76, 2004.
- [2] 小倉崇, 岡田慧, 稲葉雅幸. ヒューマノイドの手を引くことで平地・段差を自由に誘導できるシステムの実現. 第22回ロボット学会学術講演会予稿集, p. 1L34, 2004.
- [3] 金広文男, 稲葉雅幸, 井上博允. ゲーム用高速動力学演算パッケージを用いたロボットボディの仮想化. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2001, pp. 2P2-H3, 2001.
- [4] 杉原知道, 正中村仁彦. 実/仮想ロボットの統合的制御ソフトウェアシステム z-revichs の開発. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'02 講演論文集, pp. 2P2-L07, 2002.
- [5] Fumio KANEHIRO, Kiyoshi FUJIWARA, Shuuji KAJITA, Kazuhito YOKOI, Kenji KANEKO, Hirohisa HIRUKAWA, Yoshihiko NAKAMURA, and Katsu YAMANE. Open architecture humanoid robotics platform. In *Proceedings of the 2002 IEEE Intl. Conference on Robots and Automation (ICRA'02)*, pp. 24-30, 2002.
- [6] 小倉崇, 岡田慧, 稲葉雅幸. 動力学運動シミュレーション機能を埋め込んだロボットプログラミングシステム. 第22回ロボット学会学術講演会予稿集, p. 3B17, 2004.