

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

小倉 崇 岡田 慧 稲葉 雅幸 (東京大学)

Realization of Intuitive Humanoid Navigation System in Flat Grounds and Steps Leading by Hand

*Takashi OGURA, Kei OKADA, Masayuki INABA
(The University of Tokyo)

Abstract— In this paper, navigation of humanoid in flat ground and stairs by leading its hands. The method of moving life-size humanoid is one of whether a man carries it, or a humanoid moves by walk itself. Although the former is trustworthy, it brings man a big burden. On the other hand, a humanoid walks, the safe crane of fall prevention is indispensable, and the walk of the irregular ground is known as a difficult problem. Moreover, in order for man to direct movement of a humanoid, a certain interface device is needed, and it is not possible for everyone. The navigation experiments in the flat ground and stairs is shown.

Key Words: Body Interaction, Humanoid, Navigation, Stairs

1. はじめに

本稿では人間が手を引くことによりヒューマノイドの平地での歩行の誘導と、段差の昇段行動を実現したのでこれを報告する。現在等身大ヒューマノイドを移動させる方法は人間が運搬するか、ヒューマノイドの歩行により移動させるかのどちらかである。前者では全長 1.7[m] ほどの巨大な運搬用のケースに入れて人間が 6 人がかりで運ぶか、安全用クレーンにつるして運搬したりする必要がある。これらは確実であるが人間に大きな負担をもたらす。一方ヒューマノイドを歩行により移動させる場合にも、転倒時の被害を最小に抑えるために安全クレーンや操作デバイスを必要となる。そのため誰でもいつでも可能な移動方法はこれまで存在しなかった。以下では人間が手を引くことによりヒューマノイドを誘導するための手法と実現した平地での歩行実験と階段昇段行動実験の結果を示す。

2. 手を引くことによるヒューマノイド操作

本稿では人間にできるだけ負担を与えず、転倒防止が可能なヒューマノイドの移動手法として、人間がヒューマノイドの手を引くことで連れてゆく手法を提案する。人間一人で可能で、特別なデバイスを必要としないため、いつでも誰でも可能になり、ヒューマノイドをどこへでもつれてゆくことができるようになる。また、常に人間がロボットを支えることができる状態にあるため、ロボットが転倒しそうな場合は即座に支えることが可能であり、転倒防止にもなる。また、ロボットの両腕を引くという行為は人間が子供に対して行う行為に類似しており、直感的なインタフェースであるといえる。遠隔操作のデバイスはジョイスティックによるもの [1] が多く、人の手で実際に引っ張るといようなインタラクションに基づくものは少ない。接触しながら行動するヒューマノイドの例 [2] もあるが、人間と直接接触しながら行動する例は少ない。

3. 仮想ジョイスティックとしての力覚センサ

腕の力覚センサを用いてヒューマノイドを操作するために、これを仮想的なジョイスティックデバイスとみなす。通常ジョイスティックで操作する場合、操作者とロボットの位置関係により、操作が直感的でなくなる場合がある。これに対し、仮想的なジョイスティックを腕に貼り付けた状態の場合、常に操作者からの入力を直感的になるように解釈することが可能であるという利点がある。力センサをロボット体幹座標系における値に変換し、その値を J_i を仮想的なジョイスティックの入力とすることでロボットの腕の位置に依存せずに入力が可能になる。両腕にセンサが取り付けられている場合は $i = 0, 1$ である。また、歩行時の入力は体の揺れにより安定した入力が期待できない。しかし、歩行しながらのリーチング [3] のように体幹の横揺れを考慮して、逆運動学を用いて腕の位置を体幹の横揺れと逆に動かすことで絶対座標系における手先位置を固定することができる。

4. 実験

J_i を入力としてロボットを操作する実験をヒューマノイド HRP2 を用いて行った。まず平地においてロボットを操作し、前進、回転、後退行動を実現し、次に階段昇段を遊脚の接地位置を指示しながら行った。

4.1 平地誘導実験

歩行制御プログラムが並列で走っている状態で、以下のような制御ループにより手を引くことでヒューマノイドを操作することができた。

1. 腕に取り付けられたセンサ値を読み取り、仮想ジョイスティックの入力 $J_i (i = 1, 2)$ を得る。
2. J_i の平均ベクトルからロボットの進行方向を決定する。
3. 歩行プログラムの目標速度ベクトルを更新する。

歩行の終了は J_i の鉛直方向下向きを入力値により開始，終了判定を行う．歩行開始時には人間が操作しやすいように，手を人間の高さまで持ち上げ，歩行制御プログラムを開始し，上記制御ループへ入る．Fig.4-1 に歩行の開始から前進，旋回，前進を指示した様子を示す．Fig.4-1 に前方へロボットの手を引いた際の前方向の力を歩行プログラムに渡した制御速度を示す．指令の判別を行うために十分な力が発生していることが分かる．

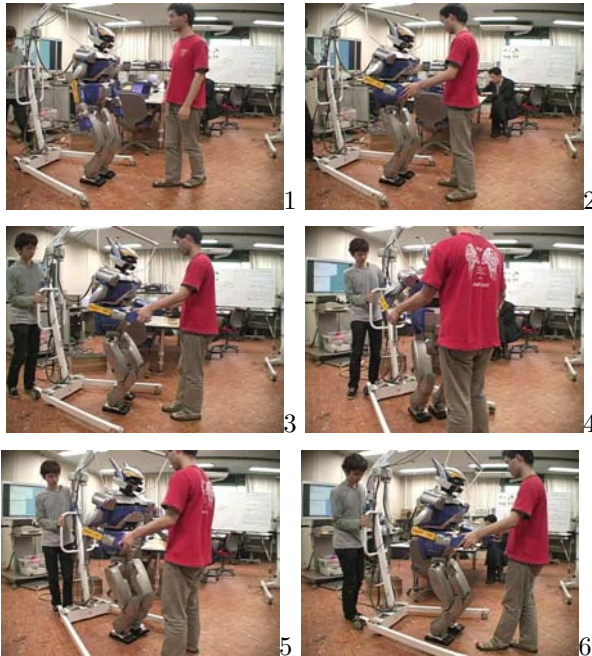


Fig.1 An experimental result of humanoid navigation leading by hands in plane ground.

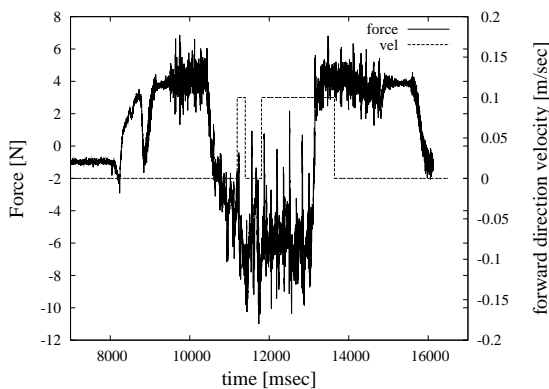


Fig.2 The right arm force sensor value of the forward direction of the robot . This shows it can know whether human operator is leading hand.

4.2 階段誘導実験

次に階段のような段差を上る行動を行わせた．通常階段昇段のためにはロボットがその高さを理解する必要があるが，ヒューマノイドのビジョンを用いてそれを行うためには，5mm の精度で計測できるとされている [4] が証明の条件や，階段の模様などに依存しており，必ずしもうまくいくとは限らない．遊脚の持ち上

げ高さ，着地位置の入力を仮想ジョイスティックによりインタラクティブに行い，接地させる．その後はそこで得られた階段の高さの知識を利用してロボットは自動的に階段昇段を行った．モデル化誤差等により転倒の危険がある場合も人間がささえることで行動を続けることが可能な場合がある．Fig.4-2 に人間に助けられながら 25[cm] の段差の昇段に成功した様子を示す．

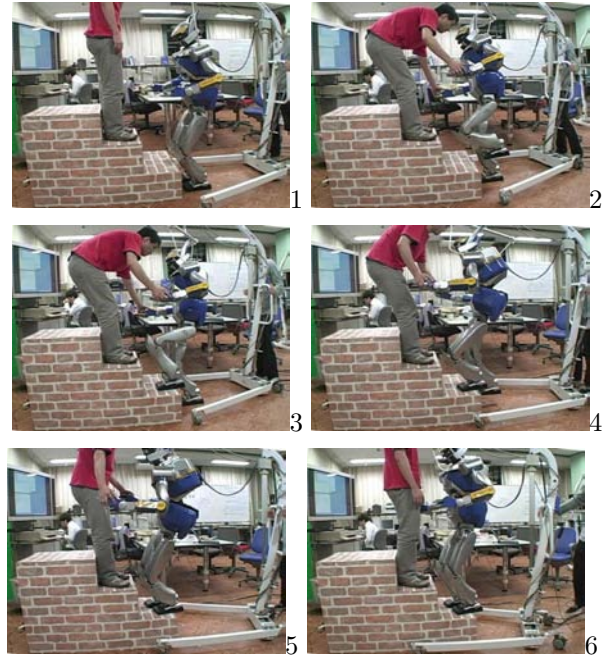


Fig.3 An experimental result of humanoid navigation in stairs leading by hands.

5. おわりに

ヒューマノイドの両腕の力覚センサを仮想的なジョイスティックに見立てることで，手を引くことにより，歩行の誘導や，階段昇段を行わせた．今後は坂道，不整地の歩行への応用することでさらにヒューマノイドの活動範囲を広げてゆくことを考えている．そして，この構築したシステムを実際に用いてゆく中で新たな問題を見つけてゆくことが重要である．

参考文献

- [1] Neo Ee Sian, 横井一仁, 梶田秀司, 金広文男, 谷江和雄. 簡易な入力装置を用いたヒューマノイドロボットの全身遠隔操作システム. 日本ロボット学会誌, Vol. 22, No. 4, pp. 97-105, 2004.
- [2] 原田研介, 梶田秀司, 金広文男, 藤原清司, 金子健二, 横井一仁, 比留川博久. ヒューマノイドロボットの押し操作における歩行動作. 日本ロボット学会誌, Vol. 22, No. 3, pp. 112-119, 2004.
- [3] 福本康隆, 西脇光一, 稲葉雅幸, 井上博允. ヒューマノイドロボットの歩行中におけるリーチング戦略. 日本ロボット学会 第 21 回学術講演会, p. 2A17, 2003.
- [4] 加賀美聡, 木田祐介, 溝口博, 岡田慧, 西脇光一, 井上博允. ヒューマノイドの歩容計画のための psf の精度評価. 日本ロボット学会 第 21 回学術講演会, p. 1A18, 2003.