

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 21 日現在

機関番号：34412

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010 ～ 2011

課題番号：22700207

研究課題名（和文） ヒューマノイドロボットの狭領域・劣姿勢活動を可能にする
摺足移動に関する研究

研究課題名（英文） Shuffle Turn and Translation of Humanoid Robots

研究代表者

小枝 正直（KOEDA MASANA0）

大阪電気通信大学・総合情報学部・准教授

研究者番号：10411232

研究成果の概要（和文）：

一般的な作業環境で多発する狭領域・劣姿勢状態におけるヒューマノイドロボットの移動手段の一つとして、摺足による転回動作と並進動作を実現した。これによりヒューマノイドロボットの実環境での利用と、さらなる行動範囲の拡大が期待できる。摺足による移動では、移動中に常に両足裏が接地しており、従来の足踏みによる移動のような脚の上下動が発生しないため、安定した移動が可能である。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we developed shuffle turning and translating method for a humanoid robot, which can perform a stepless and stable motion. This motion is suitable for short-range movement with high stability and low energy consumption, and it is useful in a narrow space or a constrained posture, which occurs in our everyday activities. To realize precise shuffle motion for a real humanoid robot, we designed a PI feedback controller and conducted some experiments. The experimental results showed that our method was effective for precise and stable shuffling motion.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：ヒューマノイドロボット、摺足、滑り、ZMP

1. 研究開始当初の背景

狭領域・劣姿勢移動は一般的な作業において多発する。例えばキッチンでは、作業者はシンク付近の狭領域で短距離移動をしつつ、前屈や屈伸姿勢で作業を行う。自動車製造ラインでは、狭い作業領域で短距離の移動を繰

り返し、手にしたパーツを腰を曲げた姿勢で組み込んでゆく。介護現場においては、介護者は要介護者を不自由な姿勢でベッドから抱え上げ、その場で転回して車椅子へ搬送する。プラント内作業では、多数の配管が配置された空間の移動が必要で、狭領域・劣姿勢移動が発生する。

現在のヒューノイドロボットは足踏みを繰り返して移動するものが大多数である。この移動方法は、中・長距離移動には適しているが短距離移動には不向きで、特に狭い作業領域や、前屈や屈伸などの姿勢状態での移動は困難で、安定性にも難がある。我々はこれまでにヒューノイドロボットの摺足移動に注目し、片脚逐次摺足転回による安定性向上、足裏力分布制御による床面摩擦の考慮した両脚同時摺足転回の実現、転回角度フィードバック制御による転回精度の向上などを実現してきた。これらの取り組みから、従来の「停止」「足踏み」の遷移のみによる移動ではなく、新たな状態として「摺足」を導入することを提案していた。摺足による移動は、常に両脚が接地した状態で、脚の回転・並進によって移動が実現される。従来の歩行のような脚の上下動を必要としないため、安定した移動が期待できる。

2. 研究の目的

ヒューノイドロボットの行動範囲拡大を目指して、高い安定性を有し、狭領域・劣姿勢移動を得意とする摺足移動を実現する。摺足移動は床面状況に影響を受けることが予想される。そこで本研究では、路面の摩擦に重点を置き、路面摩擦に影響されない正確で安定した移動を実現するための制御方策について考える。さらに摺足移動時に足裏と床面で発生する滑りや分布圧などの変化を

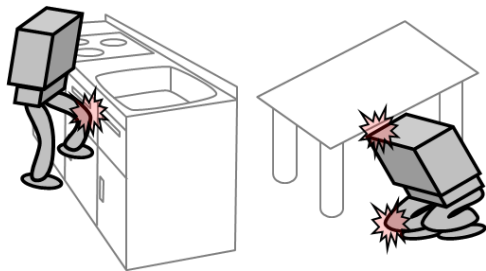


図1 狭領域・劣姿勢での足踏み移動は困難

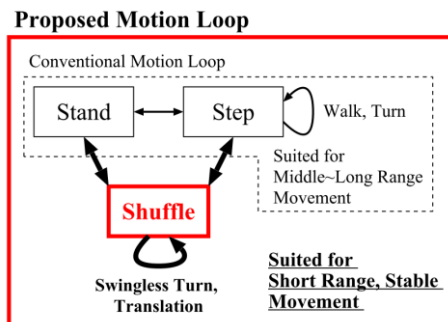


図2 ヒューノイドの移動状態遷移

リアルタイムに計測するためのシステムを構築し、摺足中の現象を詳細に調査する。

3. 研究の方法

(1) 摺足による自由な移動の実現

狭領域・劣姿勢において従来型の足踏み移動は困難である(図1)。そこでヒューノイドの移動状態遷移(図2)に基づき、まず摺足移動を転回動作と並進動作に分離して考える。さらに転回動作に関しては、足裏分布圧の調整方法により幾つかのパターンに分類する(図3)。また、並進動作に関しても脚

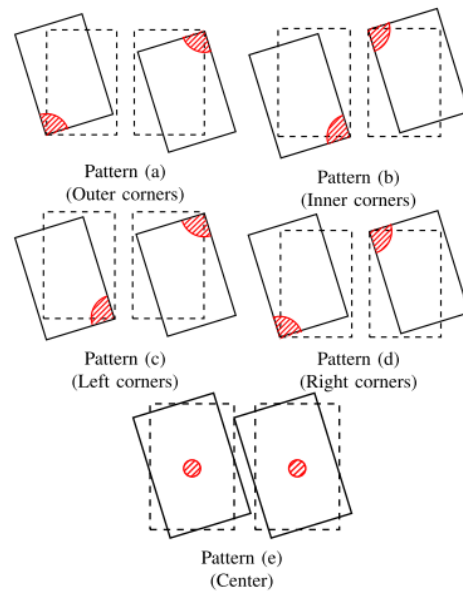


図3 摺足転回動作の分類

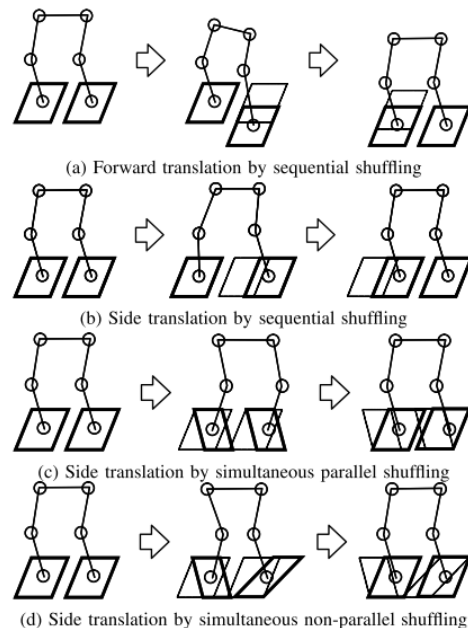


図4 摺足並進動作の分類

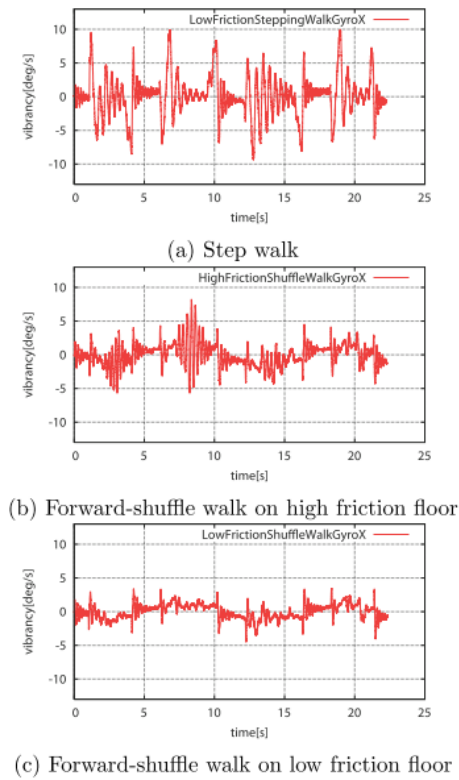


図5 従来歩行と摺足歩行の
上体揺動の比較

回転動により実現されるものと、脚並進動による実現されるものに分離して考える(図4)。まずはそれぞれを個別に確実に実現する方法を模索する。これらの摺足動作を状況に応じて適当に組み合わせることで、自由な摺足移動が実現可能になると考えられるが本研究では扱わない。

(2) 正確で安定した摺足移動のための制御方策

まず正確な摺足転回動作を実現するために、内界センサ情報を用いたPI制御器によりフィードバック制御を行う。この制御器を用いて、摩擦係数の異なる路面上で摺足転回動作を行い、路面に影響を受けず、正確な転回が可能かを調査する。また安定した摺足並進動作を実現するために、ZMPベースの重心移動制御を実装する。

(3) 足裏分布圧リアルタイム計測システムの構築

摺足移動時発生する滑りや足裏分布圧などの変化をリアルタイムに計測するためのシステムを構築し、摺足中の現象を詳細に調査する。

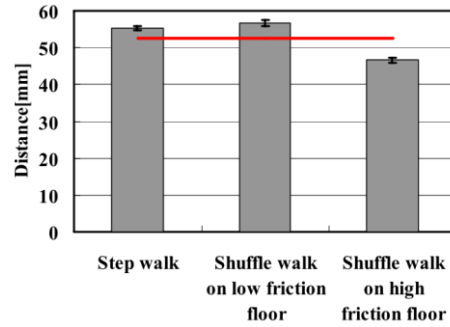


図6 脚前後動による摺足前進移動時の
移動距離

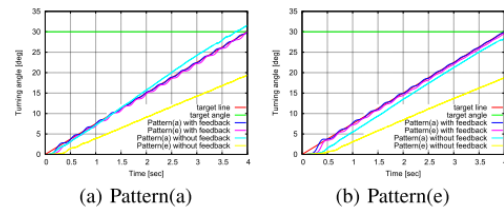


Fig. 8. Time-series of turning angle while shuffle turning

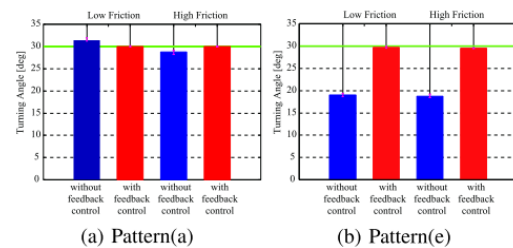


図7 PI制御された脚回転動による
摺足転回動作

4. 研究成果

- (1) 脚前後動による摺足前進移動において、従来の足踏み歩行と比較して上体揺動が低減されることを実験的に示した(図5)。またその際、適宜重心移動することで従来法と遜色ない前進距離が得られ、また摩擦面においても十分な前進移動量が得られることを確認した(図6)。
- (2) 連続した脚回転動による摺足横移動の際、内界センサ情報を用いたPI制御器によりフィードバック制御することにより、正確な移動を実現可能であることを示し、本制御器の有効性を確認した。また脚回転動の際の足裏圧力分布を変化させることで高摩擦路面においても正確な移動が実現できることを示した(図7)。

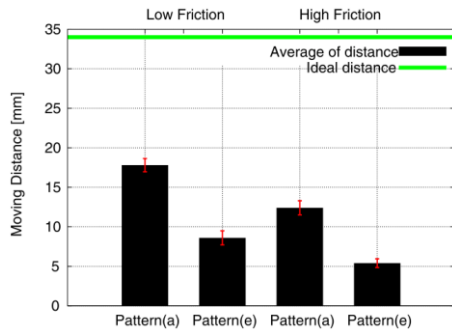
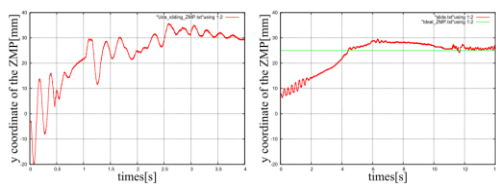


図8 脚回転による摺足横方向並進動作時の移動距離



(a) 従来法 (b) 提案手法

図9 摺足前進動作中のZMP

- (3) 脚回転方向の異なる2種類の摺足並進移動を実現し、これらの差異を調査した。その結果、理論上の移動距離とはやや異なる現象が確認された(図8)。この原因については現在引き続き調査中である。
- (4) 脚前後動による摺足前進移動の際、ZMPを参照したバランス制御を行う手法を提案し、実装した。本手法では従来法と比較して、目標ZMPまでの収束時間が短く、上体揺動の少ない安定性の高い移動であることを実験により示した(図9)。
- (5) 足裏分布圧リアルタイム計測システムを構築し、摺足移動中に発生する詳細な圧力変化が計測可能になった。また動力学ライブラリODE(Open Dynamics Engine)を用いた脚部ヒューマノイドシミュレータを作成し、摺足時に足裏で発生する力をシミュレーション空間での実験および計測が可能になった。現在、得られたデータ群の解析を行っている最中である(図10)。

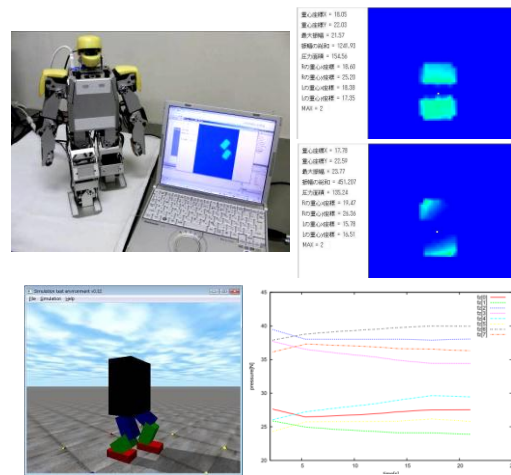


図10 新たに構築した実験環境と取得した足裏圧カデータの例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- (1) M. Koeda, T. Ito and T. Yoshikawa: "Shuffle turning in humanoid robots through load distribution control of the soles", Robotica, Volume 29, Issue 07, pp. 1017-1024, 2011.12. (査読あり)

[学会発表] (計5件)

- (1) S. Tsuchihara, M. Koeda, S. Sugiyama and T. Yoshikawa: "A sliding walk method for humanoid robots using ZMP feedback control", In Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2011), pp.275-280, Phuket, Thailand, 2011.12.8.
- (2) 築地原 里樹, 杉山 正治, 小枝 正直, 吉川 恒夫: "ZMPフィードバック制御によるヒューマノイドロボットの摺足歩行", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2011(ROBOMECH2011), 2P2-J01, Okayama, Japan, 2011.5.28.
- (3) M. Koeda, Y. Uda, S. Sugiyama and T. Yoshikawa: "Side Translation by Simultaneous Shuffle Turn for Humanoid Robots", In Proceedings of the 8th Asian Control Conference (ASCC2011), pp.1346-1351, Kaohsiung, Taiwan, 2011.5.18.

- (4) M. Koeda, Y. Uda, S. Sugiyama and T. Yoshikawa: "Shuffle Turn and Translation of Humanoid Robots", In Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2011), pp. 593-598, Shanghai, China, 2011. 5. 10.
- (5) 小枝 正直, 宇多 由美, 杉山 正治, 吉川 恒夫: "ヒューマノイドロボットの摺足並進移動", 第11回計測自動制御学会(SICE) システムインテグレーション部門講演会 (SI2010), SY0016/10/0000-0458 c 2010 SICE, pp. 458-461, Miyagi, Japan, 2010. 12. 23.

[その他]

ホームページ

<http://www.osakac.ac.jp/labs/koeda/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小枝 正直 (KOEDA MASANAO)
大阪電気通信大学・総合情報学部・
准教授
研究者番号: 10411232

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし