

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19360110

研究課題名（和文） ヒューマノイド型多自由度跳躍移動ロボットの実現

研究課題名（英文） Realization of humanoid type multi degree of freedom jumping robot

研究代表者

成清 辰生 (Narikiyo Tatsuo)

豊田工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70231496

研究代表者の専門分野：制御工学，ロボット工学

科研費の分科・細目：機械工学・機械力学・制御

キーワード：跳躍ロボット，ヒューマノイド型，ハイブリッド制御

1. 研究計画の概要

本研究は、今後のロボット技術の中核となる跳躍運動や高度な身体運動制御機能を実現するヒューマノイドロボットとその制御系設計理論の開発を目的とする。本研究では、ヒューマノイドロボットや脚式移動ロボットの性能向上と多自由度機械の制御性能向上を目指し、人間型多自由度ロボットによる跳躍運動や跳躍走行および宙返り動作を実現するシステムの開発と制御系設計を行う。応用としては、次世代の移動手段である不整地走行可能な脚式自動車の実現を目指すものである。その基礎的な研究として、本研究では、期間内に跳躍移動ロボットの実現およびアクロバットロボットの実現を目指す。

2. 研究の進捗状況

3自由度単脚跳躍移動ロボットへ設計した制御システムを実装した。このロボットは脚部長45cmで、胴体部にはサーボアンプを搭載した構造となっており、総重量10.8kgを有している。このロボットの信号処理はサンプリング時間100 μ s(100kHz)という高速サンプリング能力を持つDSPによって行った。このDSPへ制御系を実装し、制御モータにかかる負荷を軽減するため、足指を持つ構造に改修した跳躍ロボットを実時間制御し、制御系についても、着地時の衝撃を緩和するための着地制御機能を追加した制御へ修正を加えた。さらに、より人間に近い跳躍運動を実現できる4脚型跳躍移動ロボットを試作した。前2脚の自由度は各脚毎2自由度を有し、後2脚は各脚3自由度を有するロボットである。各関節は小型サーボモータによって駆動される構造とした。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進んでいる。

(理由) 跳躍ロボットでは、特に安定な跳躍前進運動を持続させるには、着地姿勢の安定化が要求されるため、跳躍時の重心周りの角運動量が保存されることに起因する非ホロノミック制御問題となる。この問題の対応には受動速度場制御を用いた制御を検討した。理想速度場の切り替えや重み付けにより、制御目的を実現するアルゴリズムを実現した。これらの成果により、4cmの高さの跳躍を実現した。

4. 今後の研究の推進方策

22年度は3自由度単脚跳躍移動ロボットの安定連続跳躍を実現する。同時に、昨年度試作した4脚跳躍移動ロボットの制御系設計を行い、跳躍走行運動の実現を目指す。

3自由度単脚跳躍移動ロボットの安定連続跳躍運動を実現する制御システムを実装する。昨年度実現したダイナミックな跳躍運動を安定化し、連続跳躍を実現する制御系をDSPへ実装し、実時間制御する。新たな制御系では、着地時の衝撃を緩和するための着地制御機能を追加している。昨年度、より人間に近い跳躍運動を実現できる4脚型跳躍移動ロボットを開発した。今年度は、これまでの単脚跳躍ロボットの制御系を拡張・修正し、新たな制御系設計法を開発する。

この問題の対応には受動速度場制御を用いた階層型優先タスク制御を考えている。階層型優先タスク制御とは、複数のタスク、跳躍ロボットの場合は姿勢安定化、角運動量制御および着地足位置制御などの制御目的を優先順位に基づき、その達成度を調整して同

時に実現させる制御系を意味する。階層化には強化学習などの機械学習の理論を取り入れていく。

5. 代表的な研究成果

(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 18 件)

- ① Tatsuo Narikiyo, Control of underactuated Mechanical Systems via Passive Velocity Field Control: Application to Snakeboard and 3D Rigid Body, Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications, No. 71, 2358/2365 (2009)
- ② Tatsuo Narikiyo, Junichiro Sahashi, Kazutomu Misao, Control of a class of underactuated mechanical systems, Nonlinear Analysis: Hybrid Systems, Vol. 2, No. 11, 231/241 (2008)
- ③ N. V. Q. Hung, H. D. Tuan, T. Narikiyo, P. Aplarian, Adaptive Controls for Nonlinearly Parameterized Uncertainties in Robot Manipulators, IEEE Trans. Control Systems Technology, Vol. 16, No. 3, 458/468 (2008)
- ④ Tatsuo Narikiyo, Masanori Sakata and Michihiro Kawanishi, Attitude Control of a Flexible Planar Space Robot, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol. 1, No. 5, 368/375 (2008)
- ⑤ 成清辰生, 不破勝彦, 村野剛志, 周波数推定に基づく外乱抑制制御系の実装, 電気学会論文誌C編, Vol. 128, No. 12, 1727/1734 (2008)
- ⑥ 成清辰生, 中川雅史, 川西通裕, モバイルマニピュレータの位置と力のハイブリッド制御, 計測自動制御学会論文集, Vol. 44, No. 11, 919/926 (2008)

[学会発表] (計 14 件)

- ① Tadasuke Matsuda, Michihiro Kawanishi and Tatsuo Narikiyo, Computation of Real Structured Singular Value by Stability Feeler, Proceedings of the 7th Asian Control Conference, August 27-29, Hong Kong, China, 672/677 (2009)
- ② Tanagorn Jennawasin, Michihiro Kawanishi and Tatsuo Narikiyo, Performance Bounds for Optimal Control of Polynomial Systems: A Convex Optimization based Approach, Proceedings of the ICROS-SICE International Joint Conference 2009, August 18-21, Fukuoka, Japan, 3925/3928 (2009)
- ③ Tatsuo Narikiyo, Michihiro Kawanishi and Masashi Nakagawa, Robust Adaptive

Position/Force Control of Mobile Manipulators with Dynamic Uncertainties, Proceedings of the IASTED International Conference Control and Applications, July 13-15, Cambridge, UK, 264/269 (2009)

- ④ Tatsuo Narikiyo, Katsuhiko Fuwa, Takeshi Murano, Implementation of Disturbance Attenuation System Based on Frequency Estimation, Proceedings of the 17th IFAC World Congress, July 6-11, Seoul, Korea, 2702/2707 (2008)
- ⑤ Tatsuro Hino, Michihiro Kawanishi, Hiroshi Kanki, Tatsuo Narikiyo, Control of parallel mechanism with redundant actuators and non-redundant actuators, MEMS, and Smart Materials, Vol. 6794, Part. 1, 639/644 (2007)

[図書] (計 1 件)

- ① Edited by Shuang Cong, N.V.Q. Hung, H.D. Tuan and T. Narikiyo, Frontiers in Adaptive Control- Lipschitzian Parametrization-Based Approach for Adaptive Controls of Nonlinear Dynamic Systems with Nonlinearly Parameterized Uncertainties: A Theoretical Framework and Its Applications-, 223/252 (2009)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ

<http://www.toyota-ti.ac.jp/Lab/Denshi/5s20/index.html>