

# 論文内容要旨(和文)

平成 14 年度入学 大学院博士後期課程 システム情報工学専攻 知能機械システム講座

氏名 金子 慎一郎



## 論文題目 ヒューマノイドロボットの動作制御および遠隔ナビゲーション

ヒューマノイドロボットはその形状が人間に類しており、その手足により環境との相互作用を考慮した動作を可能とする。そのため人間の活動現場への潜在的親和性に富み、産業、医療、家庭分野のみならず災害現場や原子力発電所など人間が容易に立ち入ることの出来ない環境への導入が期待されている。一方で、ヒューマノイドロボットは数多くの自由度を有する。それらの複雑な組み合わせにより歩行などの一連の動作は実現されるが、その動作を安定に制御することは容易ではなく、例えば、壁伝いにバランス確保しつつ歩行移動するような、実環境と接触を伴った場合の歩行移動に対する有効な動作生成法および制御法について十分な研究は行なわれていない。また有限なバッテリー容量による駆動時間の制限、遠隔ナビゲーションにおける通信システムおよび人間-ロボット間のインターフェース方法など、実際の導入に当たり十分に整備されていない問題が数多く存在する。

本論文では、ヒューマノイドロボットの手足が環境と多点で接触するケースの下で、各接触部において局所的にゼロモーメント点 (ZMP) を定義し、ロボット全体の ZMP との関係性を考慮に入れた制御の定式化を行った。その定式化に基づき通常は歩行路面に定義される ZMP をロボット直上の仮想水平面 (仮想天井) 上に定義し、これに基づいた歩行制御への応用法と制御アルゴリズムを提案した。また、歩行運動の消費エネルギーの効率化を目的とし、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いた重心軌道最適化アルゴリズムによる歩行運動計画法を提案した。さらにヒューマノイドロボットへ適用するための予備実験として、これらを直動脚二足歩行ロボットに適用することで実証実験を行い、その回転関節以外のものへの有効性を実証した。

一方、ヒューマノイドロボットのインターネットを介した遠隔ナビゲーションを目的として CORBA を用いたクライアントサーバー通信システムを構築した。ヒューマノイドロボット Bonten-Maru II のコマンドベースでの日本-オーストラリア間遠隔操作実験を行い、インターネットを介した遠隔操作法の有効性を検証した。さらに両腕手先のオンライン遠隔操作を目的として、入力マスタデバイスとして超音波 3D マウスシステムを開発し、ヘッドトラッキングセンサ搭載のヘッドマウントディスプレイと組み合わせることによってバーチャルリアリティ (VR) ・ユーザーインターフェースを構成した。またオペレータの指令動作を効率的に再現するための動作軌道生成アルゴリズムを開発し、ヒューマノイドロボット Bonten-Maru II を用いて両腕手先の遠隔操作実験を行うことによって、その VR 的操作法の有効性を示した。

# 論文内容要旨(英文)

平成 14 年度入学 大学院博士後期課程 システム情報工学専攻 知能機械システム講座

氏名 金子 慎一郎



論文題目 A Motion Control Method and a Remote Navigation System for a Humanoid Robot

The development of humanoid robot is a hot field in robotics. And the humanoid robots are expected to work in environments where humans work and live, e.g., in homes, hospitals, factories, accidental sites, extreme environments like an atomic power plant. Because the design of the humanoid robot is so similar to the human being that the humanoid robots can attain various sophisticated motions considering the interaction between their hands/legs and environments. However, the humanoid robots must attain the motions in complicated combinations with many DOF, thus, it is so difficult to control the motions stably. For example, a study of locomotion keeping to some walls with its hands/legs for balance is still unexplored field, and so, there are no available balance control methods for it. In addition, for practical use, the humanoid robots have a lot of problems, that is, a few operating time due to the limited power resource, and nonexistence of effective remote navigation system including communication system and interactive human interfaces.

So in this study, we propose a new locomotion planning method for consume energy reduction and a new locomotion control method considering multi contact with the environment. And we also propose a new teleoperation system for humanoid robots. For locomotion planning, Genetic Algorithm (GA) is applied for optimizing a trajectory of center of mass. And for locomotion control, we define the zero moment point (ZMP) locally for each foot or hand, and derive the relation between it and usual ZMP. In addition, in order to derive a simpler control method, we define the ZMP on the arbitrary virtual horizontal surface over the robot. These proposed methods are verified in the real hardware of prismatic joint biped robot as preliminary experiment for humanoid robots.

The experimental results show a good performance of the proposed method. On the other, our teleoperation system has a communication system applied Common Object Request Broker Architecture (CORBA), and Virtual Reality (VR) user interface composed of the ultrasonic 3D mouse system and head mounted display equipped a head-tracking sensor and live streaming system. The operator can operate the humanoid robot's arms with ultrasonic 3D mouse by on-line. For evaluation of this system, preliminary experiments performed with humanoid robot "Bonten-Maru II". And the results show that the system is available as a teleoperation tool for humanoid robots.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 17 年 2 月 18 日

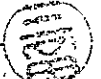
理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 山形大学教授 渡辺克巳



副査 山形大学教授 三留謙一



副査 山形大学教授 大久保重範



副査 山形大学教授 水戸部和久



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 システム情報工学専攻  
氏名 金子慎一郎 (学籍番号 02522303 番)

2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

ヒューマノイドロボットの動作制御および遠隔ナビゲーション

3. 学位論文公聴会

開催日 平成 17 年 2 月 16 日  
場所 山形大学工学部 6-605 室

4. 審査年月日

論文審査 平成 17 年 1 月 26 日 ～ 平成 17 年 2 月 16 日  
最終試験 平成 17 年 2 月 17 日 ～ 平成 17 年 2 月 18 日

5. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入すること。)

(1) 学位論文の審査 合格  
(2) 最終試験 合格

6. 学位論文の審査結果の要旨 (1200 字程度)

別紙のとおり。

7. 最終試験の結果

別紙のとおり。

専攻名	システム情報工学専攻	氏名	金子慎一郎
学位論文の審査結果の要旨			
<p>ヒューマノイドロボットはその形状が人間に類するため人間の活動現場への潜在的親和性に富み、産業、医療、家庭分野のみならず災害現場や原子力発電所など人間が容易に立ち入ることの出来ない環境への導入が期待されている。しかし、その手足により環境との相互作用を考慮した動作を可能とする能力を有する一方で、壁伝いにバランス確保しつつ歩行移動するような、実環境と接触を伴った場合の歩行移動に対する有効な動作生成および制御法について十分な研究が行なわれていない。また有限なバッテリー容量による駆動時間の制限、遠隔ナビゲーションにおける通信システムおよび人間-ロボット間のインターフェース方法など、実際の導入に当たり十分に整備されていない問題が数多く存在する。</p>			
<p>本論文では、ヒューマノイドロボットの手足が環境と多点で接触するケースの下で、各接触部において局所的にゼロモーメント点 (ZMP) を定義し、ロボット全体の ZMP との関係性を考慮に入れた制御の定式化を行った。また、その定式化に基づき通常は歩行路面に定義される ZMP をロボット直上の仮想水平面 (仮想天井) 上に定義し、これに基づいた歩行制御への応用法と制御アルゴリズムを提案した。また、歩行運動の消費エネルギーの効率化を目的とし、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いた重心軌道最適化アルゴリズムによる歩行運動計画法を提案した。さらにヒューマノイドロボットへの予備実験としてこれらを直動脚二足歩行ロボットに適用することで実証実験を行い、その回転関節以外のものへの有効性を実証した。</p>			
<p>一方、ヒューマノイドロボットのインターネットを介した遠隔ナビゲーションを目的として CORBA を用いたクライアントサーバー通信システムを構築した。またヒューマノイドロボット Bonten-Maru II のコマンドベースでの日本-オーストラリア間遠隔操作実験を行い、インターネットを介した遠隔操作法の有効性を示した。さらに両腕手先のオンライン遠隔操作を目的として、超音波 3D マウスおよびジャイロセンサ搭載のヘッドマウントディスプレイより構成されるバーチャルリアリティ (VR) ・ユーザーインターフェースと動作軌道生成アルゴリズムを開発し、ヒューマノイドロボット Bonten-Maru II を用いて両腕手先の遠隔操作実験を行い、その VR 的操作法の有効性を示した。</p>			
<p>学位論文は 1章 緒論 2章 ヒューマノイドロボット Bonten-Maru II 3章 歩行制御 4章 遠隔ナビゲーションにおける通信システムおよびユーザーインターフェース 5章 結論 で構成されている。</p>			
<p>人型ロボットの段差や障害物のある環境での移動に対して局所ゼロモーメント点に基づく制御法を提案し、基礎実験を行った。また、遠隔ナビゲーションシステムを提案し有効性を確認したことは、医療、家庭分野や災害現場などにおける人型ロボットの開発を通して、工学上並びに工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものであり、合格と判定した。</p>			
<p>なお、本論文の主要な部分は日本ロボット学会誌 (掲載決定) および Robotics and Autonomous Systems 38 (2002) に発表している。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>人型ロボットの構造と駆動系統の設計および各部の運動特性に関して高度な専門知識を修得していると共に、局所ゼロモーメント点に基づく制御並び遠隔ナビゲーションシステムに関して幅広い知識と技術が認められた。また、国際会議の英語論文を作成し口頭発表しているので語学力も十分であり、合格と判定した。</p>			