

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 西脇 光一

本論文は「人間型ロボットの歩行システム構築と動作のオンライン生成制御」と題し、8章からなっている。人間型ロボットの自律的な2足歩行は、歩行経路計画から環境への反射的適応に至るまでの様々な時間周期の環境適応を、動力学やロボット性能をはじめとする種々の制約条件を考慮して並列制御しなければならない。本論文は、その自律制御システムを、1)目標移動経路からの歩容の計画、2)動力的・性能的に実現可能な歩行軌道の生成、3)歩行中の環境への反射的適応、の3層の階層構造で実現して並列制御することを提案し、独自に開発したフルスケールの人間型ロボットおよび自律歩行システムを構築するとともに種々の動作をオンライン生成し制御する実験を行って、この方式の有用性を実証した研究をまとめたものである。

第1章「序論」では、本研究の背景、目的、研究の概要および本論文の構成について述べている。

第2章「自律歩行と実時間動作生成制御」では、人間型ロボットの自律歩行を実現するための課題、本研究でのアプローチ、本研究に関連する従来研究について述べ、人間型ロボットの自律歩行を、時間周期の異なるフィードバックを階層的に積み上げて並列実行させるシステムによって実現することを提案している。そして、このような歩容計画、動作生成、環境適応制御に関する従来研究との関係について言及している。

第3章「実環境行動人間型ロボットシステムの設計」では、人間型ロボットの实環境行動を研究するためのロボットシステムの設計要件について論じ、開発した2体のロボットシステム「H6」と「H7」のハードウェアの詳細について述べている。ソフトウェア環境としては、実時間性と大規模ソフトウェアの開発環境が両立できる RT-Linux を OS として採用し、動力学計算ルーチンを実時間層にもつロボット制御システムを構築している。

第4章「動力的制約を満たす動作軌道生成」では、実時間での動力的安定軌道生成の基礎として、動力学モデルを用いた ZMP 規範型軌道生成法について述べる。動力学シミュレーション環境についてふれた後に、目標 ZMP 軌道追従軌道の高速生成法について述べるとともに、歩行軌道生成システムの構成についても詳細を示している。

第5章「動力学を考慮した実時間歩行動作軌道生成」では、オンラインで動力的、性能的に実現可能な歩行軌道を生成する方法と、上体の目標移動ベクトルが与えられた際に、歩容を計画する方法について述べ、これらの手法を用いて構築したジョイスティックによ

る操縦システムについて述べている、

第6章「センサ情報に基づく環境適応制御」では、歩行中の環境への反射的適応に当たる階層として、環境のモデル化誤差、ロボットのモデル化誤差に対応して、足部の力センサ、姿勢角センサの情報を用いて歩行を安定化する方法について述べている。1)上体の位置軌道を修正することにより、力センサの情報より計算されるZMPを目標ZMPに近づけるZMP追従制御、2)股関節付近の剛性不足により生じる上体のロール周りの傾きを、股関節により補償する股関節のたわみ補償制御、3)着地を感知し、位置制御ゲインを適応的に変化するサーボゲインスケジューリングの3つの制御について詳述している。

第7章「環境情報に基づく移動行動制御」では、前章までで述べた実時間歩行制御の各階層を統合したシステムとしての構成法について述べた後、視覚、触覚センサから得られた環境情報に基づく指令を入力した場合の実験、即ち、三次元視覚や分布触覚を用いたロボットの誘導実験、三次元視覚に基づく障害物回避行動実験等について述べている。

第8章「結論」では本研究で得られた結論と考察をまとめている。

以上要するに、本論文は、人間型ロボットの自律歩行を実現するための歩行制御システムの構築と動作のオンライン生成制御法についての研究をまとめたものであって、機械情報工学の発展に寄与するところ少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。