

機械・構造システム 工学専攻	学籍番号	053149	指導 教員	内山 直樹 准教授
申請者 氏名	山田 萌			感本 広文 准教授

論文要旨 (博士)

論文題目	2足ロボットの不整地歩行のための足構造と着地制御法の提案
------	------------------------------

少子高齢化による労働力の低下やより豊かな社会への期待を背景に、人間の生活する多様な環境下で活動可能なロボットが必要とされている。2足ロボットは、自由度が多く占有面積が小さい特徴を有し、不整地での移動や既存のインフラの利用などにおいて優れている。また、人間への親和性の高さから福祉や看護分野においても人間の効果的な補助が期待されている。

しかし、既存の2足ロボットは、限定された環境でしか活動することができない。多くの研究では、物体の配置や段差高さなどの地面情報が既知であり、かつ足が平らな地面と面接触すること仮定している。一方で、2足ロボットの活動が期待される環境は、凹凸の存在する不整地である。また、正確な地面情報を事前にあるいはリアルタイムに取得することは困難である。したがって、足と地面の不安定な接地ならびに着地面の不確かさへの対応が主な課題となる。

本論文は、地面の形状が不確かな不整地における安定歩行を実現するため、「バネを有する点接触型足(PCFS)」と「不確かな地面に対する着地制御法」を提案する。

従来の足は硬く平らであるため、不整地では安定な接触状態の維持が困難となる。PCFSは4つのリンクで構成され、このリンクの先端のみで地面と4点接触する。また、各リンクの関節に回転バネと角度センサが取り付けられており、複雑な地面形状への安定接地や地面からの反力・トルクの推定、着地時の衝撃抑制を実現する。この提案する足のバネ定数は、対応可能な接地面の凹凸の大きさとロボットの安定性の双方を考慮し、適切に決定される。提案するPCFSの設計法に基づいて試作機を製作し、有効性を実験により確認した。

さらに、不確かな地面に対する安定着地を実現するため、想定する地面と実際の地面との未知の高さ偏差を考慮した着地制御法を提案した。また、本制御法の性能と安定性を着地モデルに基づき解析し、片脚を模した実験装置により過度な衝撃なしに実際の地面へ着地できることを確認した。

つぎに、未知の傾き偏差も存在する地面を対象に着地制御法を拡張し、同様の解析を行った。本制御法は、PCFSにより推定した着地時の反力・トルクを用いて、着地位置と姿勢をリアルタイムに修正する。これにより、理想的な反力・トルクへの追従と実際の地面への安定着地を実現する。PCFSの試作機を用いて着地実験を行い、本制御法の有効性を確認した。

そして、高さ偏差を考慮した着地制御法を足にバネを有する2足ロボットに実装し、未知段差が存在する不整地での安定歩行をシミュレーションおよび実験により実現した。また、PCFSを有する2足ロボットに傾き偏差も考慮した着地制御法を実装し、形状が不確かな不整地における安定歩行をシミュレーションおよび実験により確認した。

本論文は、上述の新しい足構造と着地制御法を提案し、これらの提案法を組み合わせることで、地面形状が不確かな不整地において安定歩行を実現した。