

第 6 章

結論

6.1 まとめ

本論文では，二足歩行ロボットにおける地形形状を考慮した三次元脚配置計画の手法を提案した．従来の水平方向の脚配置計画のためのモデルに，独立した垂直方向の動作を追加し，脚配置遷移モデルの状態および入力についての次元の拡張を行うことなく，事前に与えられた地形情報に基いて垂直方向の移動量を制限する制約を定式化し追加することで，計算コスト増加を抑えつつ三次元地形への適応を可能にした．ヒューマノイドロボット HRP-2 を想定した計画シミュレーションを行い，連続的変化の三次元地形に対しては実時間で脚配置計画の最適化が行えることを示した．不連続な変化のある地形では計算が不安定化してしまうといった課題が残るが，地形情報の構築方法や計算手法などの見直しで改善できると考えられる．また，ヒューマノイドロボット NAO を想定した計画シミュレーションも行い，HRP-2 想定の時と同様に実時間で地形適応を実現したかいが得られることを示し，また実機実験により，実際に二足歩行ロボットに適用可能な脚配置が得られていることを確認した．

6.2 課題と展望

残された課題として、まず計画シミュレーションにおいても示された不連続な地形変化に対する求解性能の低下を改善する必要がある。現在の二次計画法を利用した反復法による最適化は、[19] でモデル予測制御に使われていることなどから実用上は十分なものであるが、その収束性については厳密には保証されていない [22]。また、脚先の三次元的な姿勢および形状を考慮できていないという問題がある。これらを考慮して制約条件を追加し、地形との接触に関して傾きの大きすぎる場所への接地を避けるような計画を行う必要がある。これに関連して、地形情報の構築方法についても、現在の簡易的なものではなく、誤差を考慮した制約設定を可能にする、実際の形状からの誤差範囲を保証できるような方法の検討が必要である。また、三次元歩行における消費エネルギーを評価に含めて最適化を行う計画手法について検討を進めていく。これは、現在の近似前の評価関数は目標状態との誤差のみを評価しており、ロボットの移動において重要な指標となる消費エネルギーを最適化できていないためである。

将来的な展望として、モデルベースと探索手法の住み分けについての検討が必要であると考えている。提案手法の目標距離の限界は原理上存在しないが、実際の制御では脚配置に誤差が必ず発生するため長距離に渡る最適化を行うのは実用上の意味があまりないと考えられる。そこで、離散的な粗い探索による長距離の歩行計画と、提案手法であるモデルベースの脚配置最適化を組み合わせた手法が必要になると考えており、組み合わせ方や住み分けの仕方について調査・検討を進めていく。また、現状の歩容制御と切り離した上での脚配置計画ではなく、歩行制御計画と脚配置計画とを統合した、歩容全体の計画を行う手法の検討を進めていく。