

# 第 1 章

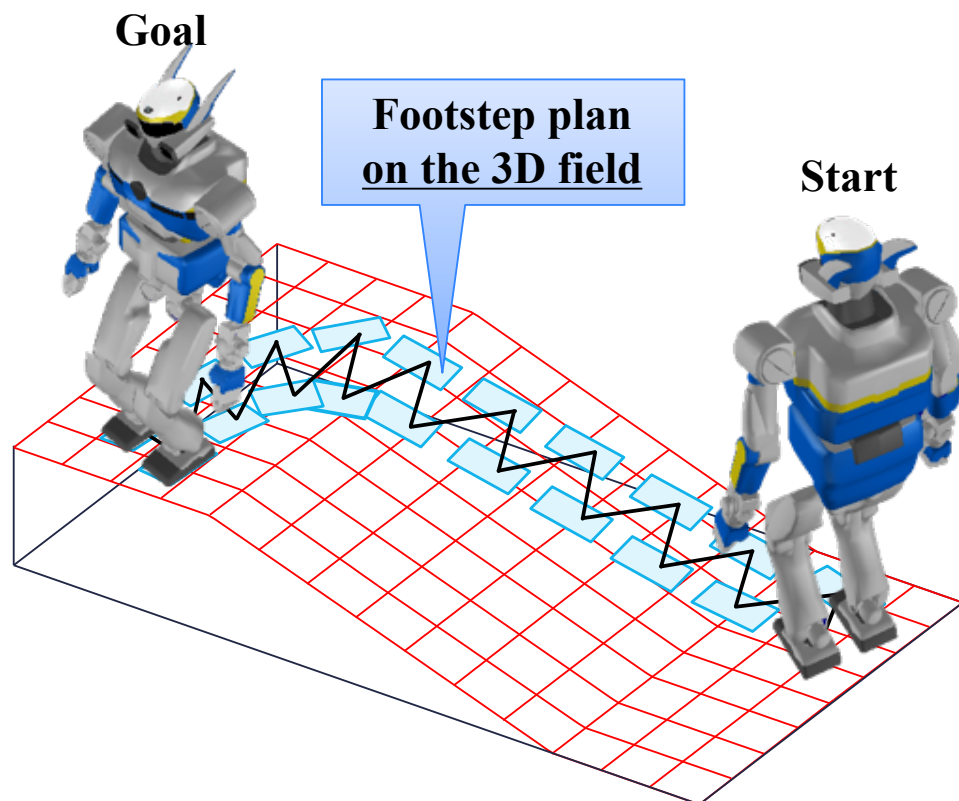
## 緒言

### 1.1 研究背景

カメラ画像を利用して人物を追従する様々な研究が行われており、監視・警備などのセキュリティや災害などの救助活動、スポーツ戦略分析などの応用が期待される。西川らは、グラフ最適化アルゴリズムに基づく複数のカメラを使用した多人数トラッキングシステムを開発し、人物の追跡精度や計算時間を評価している [1,2]。

その中でも、カメラ自身が撮影対象に応じて移動することによって、一定の画角に縛られることなく、オクルージョン等で撮影対象を見失う可能性が減少し、人物の追従精度の向上が考えられる。主に移動カメラのプラットフォームとして利用されていたものとして、カメラを搭載した UAV が挙げられる。Teuliere らは、画像の色のヒストグラムの類似度を利用して、地上の撮影対象を 1 台の UAV で追従し、撮影対象がオクルージョンにより見えなくなった場合でも、パーティクルフィルタを用いて撮影対象を見失わないようにしている [3]。Bethke らは、地上の撮影対象に対して複数の UAV を使用して追従し、それぞれの UAV の位置情報と UAV が撮影した画像から、撮影対象の正確な位置と速度を推定している [4]。Naseer らは、2 台のカメラを取り付けた UAV を使用して人物の追従をしており、正面を向けたカメラで人物とジェスチャーの認識、天井に向けたカメラで AR マーカによる UAV の位置推定を行っている [5]。Price らは、MAV に搭載された PC 上でリアルタイムで動作し、かつ信頼性がある人物認識のためのニューラルネットワークを実現し、そのニューラルネットワークの認識結果を利用し、複数の MAV で人物追従を行っている [6]。Wang らは、複数の UAV を用いたビジョンベースによる搜索・救助システムを提案しており、UAV 間の通信を維持しながら搜索領域をより大きくするための UAV の経路を計画している [7]。

カメラ以外を利用した人物追従に関する研究も存在する、Bajracharya らは、地上を移動するロボットにレーザ測域センサ (LiDAR) を搭載し、LiDAR から取得した点群情報から



**Fig. 1.1 3D footstep plan (on the slope way)**

歩行者の認識・追従を行う [8]. また古川らは、海上で遭難した人物を UAV を利用して救助活動を行うことを想定し、再帰的ベイズ推定で対象人物の移動の推定を行い、推定された位置に UAV を移動させることによって人物の追従を行っている [9,10]. 複数の移動物体を複数の UAV で追従する研究に関しては、Pack らが、追従対象である移動物体が断続的に信号を発信し続けて、その取得した信号に基づいて複数の UAV を制御している [11].

そこで我々は、??のように、地上に設置された LiDAR と UAV に搭載されたカメラを協調させることによって、地上で活動している複数人物をモニタリングするシステムを提案している. 提案するシステムでは、LiDAR で得られる点群情報から人物の位置検出を行い、UAV に搭載されたカメラ（移動カメラ）から得られる画像データを解析することで、人物の着用するビブスの背番号から個人の特定を行う. さらに、LiDAR からはオクルージョンや自由に撮影位置を変更ができないといった理由により追従することのできない人物を、移動カメラの画像情報から補完し、正確な移動軌跡の導出を行う.

## 1.2 提案

そこで本論文では，[?] の手法を拡張し，Fig. 1.1 に示すように三次元の形状を持った地形上においてモデルの制約条件に沿って脚配置計画を行う手法を提案する．三次元の地形は事前に外界センサなどの計測によりメッシュ状の地形データとして取得できている状態であると仮定する．そのデータに基づき，脚の接地条件を制約として表現して追加するのみで，実時間性を保ったまま三次元での計画を実現する．歩行モデル上の可動領域の限界や地形との接地条件を厳密に考慮するために制約条件付きの二次計画法を利用した反復法により最適な脚配置を得る手法を適用し，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，および NAO [?] に基づく計画シミュレーションと実機実験により，提案手法の有効性を示す．

## 1.3 本論文の構成

本論文の構成は，次のようになっている．まず本章において，本研究の背景・目的などを述べた．2 章では，脚配置計画のための二足歩行ロボットのモデルと計画問題の定式化について述べる．3 章では，定式化した問題を解くための最適化計算の手法と全体のアルゴリズムについて述べる．4 章では，様々な地形上での脚配置計画を行った結果とそれについての考察を述べる．5 章では，計画によって得られた脚配置を用いた実機による歩行実験とその結果について述べる．最後に 5 章では，本研究の結果などについてまとめ，今後の課題を述べる．