

# Web カメラと小型情報端末による人物の床平面上位置推定 に関する基礎的検討

## Basic examination relevant to the estimation of the position of people on the floor by using a web camera and a small information terminal

Tran Ngoc Thao<sup>\*1</sup>, 香山 瑞恵<sup>\*1</sup>  
Tran NGOC THAO<sup>\*1</sup>, Mizue KAYAMA<sup>\*1</sup>  
小野 浩二<sup>\*2</sup>, 藤掛 八雲<sup>\*2</sup>  
Ono KOJI<sup>\*2</sup>, Fujikake YAKUMO<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>信州大学  
<sup>\*1</sup>SHINSHU University

<sup>\*2</sup>ヒューマンサポートテクノロジー  
<sup>\*2</sup>Human Support Technology Co., Ltd

Email: 18t2098c@shinshu-u. ac. jp

**あらまし**：研究目的は3次元空間内床面上での人物の位置を推定することである。ここでは、小型情報端末 Jetson Xavier NX と Web カメラを利用する。位置推定に際しては、3次元空間内での位置推定手法と、2次元カメラ画角内での人物トラッキング手法を組み合わせる。本稿は適用手法の概要を述べた後、位置推定と人物トラッキングを組み合わせた手法の精度評価の結果を示す。そのうえで、提案手法を用いた防犯システムの一般家庭環境等への適用可能性を考察する。

**キーワード**：位置推定、機械学習モデル、Jetson Xavier NX、Web カメラ、人物領域、トラッキング

### 1. はじめに

警視庁は防犯環境設計として、①対象物の強化、②接近の制御、③監視性の確保、④領域性の確保の4つの要素を上げている。特に、③の具体策として防犯カメラ等の設置に効果があるという<sup>(1)</sup>。防犯カメラでは周囲の動画が記録される。その動画に不審者が映り込んだ場合、人物である判定に加え、ポーズや動作の同定ができれば防犯意義が高まると考える<sup>(2)</sup>。本研究ではこの動態検知に着目する。

### 2. 研究目的

本研究の目的は、カメラ位置を基準とした人の位置把握手法の提案である。本稿では、まず3次元空間床平面上での位置把握の手法を概観する。その上で、この手法とカメラ画角上での人物トラッキングの手法を組み合わせ、人物の床平面上での位置推定手法を示し、提案手法の認識精度を考察する。

### 3. 3次元空間床面上での位置把握手法

本手法は、カメラで撮影された物体に対し、推定対象となる人物上の特定点とカメラの位置関係を推定するものである。ここでの人物上の特定点とは、人物領域底辺の中央点である。PC上での動作を想定して開発され、位置推定精度は±15%である。

推定のプロセスは2段階に分かれる。まず、ARマーカーを利用して、カメラと床面上の関係を把握する。次は床面上での人物の位置関係を推定する。この手法では特定人物のトラッキングができていない。本研究では、従来手法を拡張し、カメラ画角内での人物同定と人物トラッキング機能を実装する。

### 4. 提案システム

#### 4.1 システム構成

提案システムは小型情報端末 (Jetson Xavier NX) と Web カメラで構成される。人物の床平面上での位置推定のためのプログラムは、以下の4つの処理で構成される。

- (1) カメラと床面関係を把握する。
- (2) 画角上で人物をトラッキングする。
- (3) 人物の特定点にIDを割り振る。
- (4) カメラを基準として、判別できた人物の位置を推定する。

#### 4.2 機械学習モデル

4.1の(2)では人物トラッキング: DeepSortの機械学習モデル<sup>(3)</sup>を利用した。DeepSortとは人物のトラッキングを行う機械学習モデルである。人物にIDを付けてトラッキングすることが可能である。トラッキングは動画フレームの前後で大きさと動きが近い物体領域に適応し、トラッキングIDを紐付ける。

### 5. 提案システムの精度検証実験

#### 5.1 実験条件

提案システムの位置推定精度を検証するための実験を行った。カメラは2つの高さ(条件1: 床上2mと条件2: 3.25m)に設置し、同時に撮影した。今回はリアルタイムでの処理ではなく記録動画に対する推定精度を求めた。本実験では凸レンズのアクションカメラ (AKASO Brave 7 LE Action Camera) を利用したため、画像には歪みが生じた。そこで、記録動画の歪み補正後に、提案システムに入力した

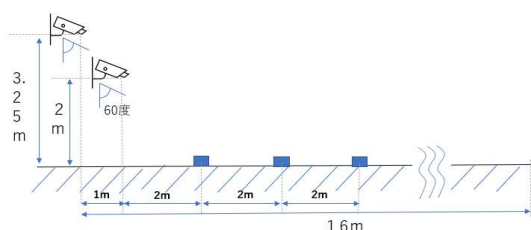


図1：カメラとAR マーカーの位置関係

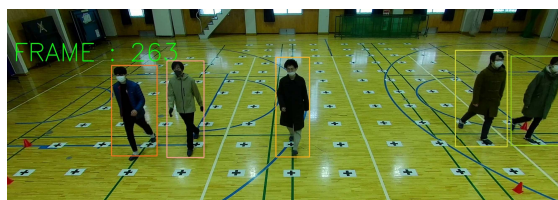


図2：カメラ映像に対する人物同定結果



図3：2mカメラ映像に対する人物同定結果



図4：3.25mカメラ映像に対する人物同定結果

## 5.2 実験内容

本研究では以下の3種の実験を行った。

**実験1：**AR マーカーを用いて、カメラの高さ、角度、カメラからAR マーカーとの距離を把握する。カメラとAR マーカーの位置関係は図1に示す。青色四角がAR マーカーである。

**実験2：**被験者5名による、直線移動時のトラッキングである。条件1のカメラを基準として、15mの距離からカメラ高さに直線移動した。また、左右位置は条件1のカメラの基準とすると、-3m、-2m、0m、4m、5mである。以下、被験者を2mのカメラ位置を基準とした左右距離で区別する(左右位置0mの被験者を0m者と称する)。

**実験3：**被験者5名による、交差移動時のトラッキングである。実験2と同様の立ち位置から、カメラ方向に移動する。2m者が直進するのに対して、0m者が7m地点で交差し、-4m者が地点で交差した。また、4m者と5m者は12m地点と5m地点で2回交差した。以下、各実験の結果を示す。

## 5.3 実験結果・考察

**実験1：**記録映像における任意の10点で位置推定を行った。条件に寄らず高さが約±5%以内の誤差であり、距離が約±2%以内の誤差であり、角度が約±4°以内の誤差である。

**実験2：**2mカメラ位置を基準にして直線距離14m～6m範囲を取り切り、評価を行う。各被験者の左右範囲の結果から、0m者が最も狭く、左右に広がるに連れ広くなる傾向にある。図2が人物同定の結果を示す。図2から、0m者では人物同定範囲(図中で人物を囲んでいる矩形)内で、頭部と足中央が矩形中央に位置している。0m者から左右方向に離れるほど、人物同定範囲内の人物は斜めに位置する。それに伴い、人物同定領域の横幅も大きくなると考えた。

**実験3：**2mカメラは人物交差の前後での位置推定が困難となり、欠損データが散見される。4m者と5m者の2回目の交差ではその傾向が顕著である。また、3.25mカメラ映像では、カメラ位置から6m付

近で0m者のトラッキングが困難となっている。

図3と図4は人物同定の結果である。3枚の画像は、それぞれ交差前・交差中・交差後の推定結果である。2mカメラ映像では、人物が交差する際には前方の人物同定領域が大きく、後方の人物同定領域を完全に覆い隠していた。3.25mカメラ映像では、人物交差の際、前方と後方とで人物同定領域が完全には重ならない。しかし、後方の人物は身体の一部(この例は、上半身のみ)のみが同定されている。交差直後は全身を含む領域で人物同定されることとなり、新しいIDが紐づけられる結果となった。

## 6. 終わり

本研究の目的は、カメラ位置を基準とした人の位置把握手法の提案である。

認識精度は、小型情報端末上のシステムの方がPC上のものよりも良かった。この認識精度は画像の中心に近づくほど誤差がより小さくなる。人物が交差する際のトラッキングでは、複数人の人物同定領域が完全に重なると、より後方の人物同定を維持することができない。また、人物同定される身体部位が変化すると、人物同定領域の大きさが変化するため、新しいトラッキングIDが振られることが分かった。

今後は、家屋構造を参考にカメラ位置の高さを変更していき、人物の床平面上位置推定の検証を進める。その際、人物の骨格検出機能を利用して、動作推定機能を追加する。また、人物以外の物体として、車両や自転車等も対象に位置推定を試みる。

## 参考文献

- (1) 警視庁, “防犯環境設計による防犯対策”, <https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kurashi/higai/akisu/taisaku1.html> (2022/02/01 アクセス)
- (2) 神田悠作, 香山瑞恵: Web Camera と小型端末による回転と移動方向の動作推定に関する基礎的研究, 2020年度JSiSE学生研究発表会北信越, 31-32 (2021).
- (3) DeepSort: A Machine Learning Model for Tracking People, <https://medium.com/axinc-ai/deepsort-a-machine-learning-model-for-tracking-people-1170743b5984> (2022/02/01 アクセス)