

# 加速度センサと動画像処理による個人識別型位置検出手法の提案

川島秀人<sup>\*1</sup> 新野毅<sup>\*2</sup> 田島潤一<sup>\*2</sup> 新谷公郎<sup>\*3</sup> 芳賀博英<sup>\*2</sup> 金田重郎<sup>\*2</sup>

同志社大学工学部<sup>\*1</sup> 同志社大学大学院工学研究科<sup>\*2</sup> 常磐会短期大学幼児教育科<sup>\*3</sup>

## 1. はじめに

著者らは複数センサ情報の統合による人物動線検出を行う手法の研究開発を行ってきた。具体的にはカメラから得られる画像データを用いて人の検知、追跡を行い、得られた動線の中から、人が身につけるウェアラブルセンサの情報を元にセンサ所持者の尤もらしい動線の組を探索し、特定する手法である[1]。画像処理単体の追跡に比べ、複数人の接触・交差、突然の方向転換等、確率的追跡が困難な人の動きにも対応可能であり、高いロバスト性を持ち得る。また検出される動線はセンサ ID と結びついており、個人が識別できる。

しかしながら、従来システム[1]では動線からの移動方向とセンサから算出した人の向きとの一致度を評価していたため、「横歩き」に対応できない等の問題が存在していた。

そこで本稿では、動線から算出した速度と加速度センサから得られる垂直方向の身体加速度との相関に着目し、これらの一致度の評価を試みた。前歩き、後ろ歩き、横歩き、静止、座りといった動作に対応した評価が可能となる。また従来は未対応であったカメラによるセンシング不能状態（ロスト）を織り込んだアプローチにより、センシング領域からの退出、障害物や人物相互による遮蔽にも対応したロバストな人物動線検出を実現した。

## 2. 提案システム

### 2.1 システムの概要

本システムはステレオカメラ、加速度センサにより構成される。検出時には人に加速度センサを装着し、移動する様子をカメラで撮影する。得られたデータに対して事後的に解析を行う。図 1 に提案システムの解析の処理概要を示す。本手法では画像処理にて可能性のあるルートすべてを網羅する人物追跡を行い、その中からセンサの情報との一致度が高い動線を採用する。

### 2.2 センサ情報の一致度の評価に用いる物理量

一致度の評価には同一の次元の物理量を用いる必要がある。本手法ではカメラから位置座標、センサからは加速度が得られるので、位置座標を微分した加速度とセンサからの加速度との照合が考えられる。

しかしセンサからは身体への衝撃程度の加速度しか得られず、上記の方法では誤差が大きく評価ができない。そこで今回はカメラからの位置座標を元に算出した速度とセンサの垂直方向の身体加速度との関係性に着目した。

実際に被験者 5 人の腰に加速度センサを装着して前歩き、後歩き、横歩き、椅子に座るなどの動作をしてもらい、その様子をカメラで撮影し、速度と垂直方向の身体加速度との関係性を調べた。図 2 に結果を示す。横軸が速度 [m/s]、縦軸が垂直方向の身体加速度の絶対値 [mG] である。相関係数は 0.91 となり、高い正の相関があること確認した。この結果から回帰方程式を導出し、速度から身体加速度を直接求めることを実現した。

### 2.3 画像処理

Point Grey Research のステレオカメラ bumblebee2 を使用し、同社の Censys3D システム[2]により、フレーム毎における各オブジェクトの頭頂部の 3 次元座標を得る。網羅的な追跡結果からそのつながりを分割し、パスネットワーク（図 3）を作成する。末尾のパスの終点と先頭パスの始点をつなげることで、ロストしたルートも網羅している。

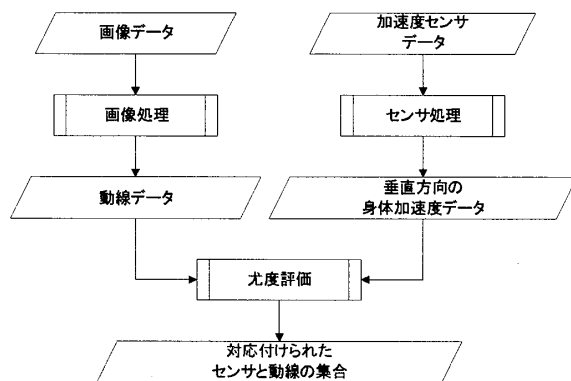


図1 提案システムの処理概要

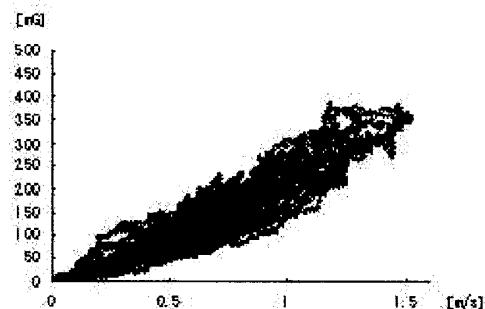


図2 速度と垂直方向の身体加速度の相関図

Human Identification and Positioning System Based on the Combination of Acceleration Sensor and Image Sensor  
Hideto Kawashima<sup>\*1</sup> Tsuyoshi Shinno<sup>\*2</sup> Junichi Tajima<sup>\*2</sup>  
Kimio Shintani<sup>\*3</sup> Hirohide Haga<sup>\*2</sup> Shigeo Kaneda<sup>\*2</sup>  
Faculty of Engineering, Doshisha University<sup>\*1</sup>  
Graduate School of Engineering, Doshisha University<sup>\*2</sup>  
Department of Early Childhood Education, Tokiwakai College<sup>\*3</sup>

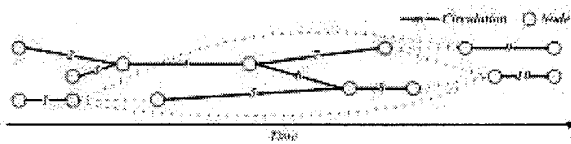


図3 パスネットワーク

## 2.4 センサ処理

日立製作所製の Air Sense 三軸加速度ロガーノードを身体の腰部に装着し、身体加速度の測定を行う。重力加速度の影響を排除するためセンサの傾きを算出し、それをもとにセンサ座標系からワールド座標系へ座標系変換を行った。

## 2.5 尤度の評価

動線の速度から回帰方程式を用いて算出した垂直方向の身体加速度の予測値を  $P_{eval}(t)$ 、センサの観測値を  $S_{eval}(t)$  とし、これらを用いてパスネットワークにおける各センサの最適ルートを決定する。本稿では動的計画法を用いた。目的関数は式1で与えられる。

$$z = \sum Eval \rightarrow \max \quad 1$$

ここで評価値  $Eval$  について述べる。まず長さ  $L$  の各パスにおける  $P_{eval}(t)$  と  $S_{eval}(t)$  との絶対値誤差の平均  $MAE$  (Mean Absolute Error) を求める。そして中心極限定理と正規分布の性質から、 $MAE$  に対して式2による検定を行い、最適ルートの候補を有意な一致度を示すパスのみに絞る。ここで推定値と観測値との一般的な絶対値誤差の平均  $Ave$ 、標準偏差  $SD$  とする。

$$a < Ave + \frac{SD}{\sqrt{L}} \times 3 \quad 2$$

今回はこの検定によって絞られたパスの候補の中からできるだけ長く、かつ一致度が高くなるようなつなぎ合わせをセンサに対応したルートであるとみなし、解として導出することを目指す。そこで  $MAE$  に対して 0 以上 1 以下の値となるよう  $NORMALIZATION$  というパラメータを用いて正規化を行い、さらに 1 との差を求めることで一致度が高いときは 1、低いときは 0 に近づく関数  $e$  を用意する。そして  $e$  に長さ  $L$  を乗じたものを評価関数  $Eval$  として定義 (式3) する。

$$Eval = e \times L, \quad e = 1 - \frac{MAE}{NORMALIZATION} \quad 3$$

つまり条件式2を満たすパスの中から目的関数 (式1) を最大にするルートを各センサに対応する解として導出する探索を行う。

## 3. 実験

鉄筋コンクリート建て室内にて地上からの高さ約 2.2m の位置にカメラを2台設置し、3[m]×5.6[m]をセンシング領域とした。領域内には椅子を2脚設置

した。 $NORMALIZATION$  は 113.8[mG] とした。

上記の実験環境において、提案手法の精度を算出するための実験を行った。被験者は3人で実験時間は5分間である。被験者は歩行、椅子に座るといった動作を行い、行動範囲はカメラのセンシング領域に限らずセンシング領域からの退出やセンシング領域への入出も行った。

探索の結果、出力された動線を図4に示す。被験者3人をそれぞれ A, B, C とし、実際の行動との対応を目視により検証し、精度を算出した (表1)。3人共に 100% に近い精度で当人の動線検出に成功した。

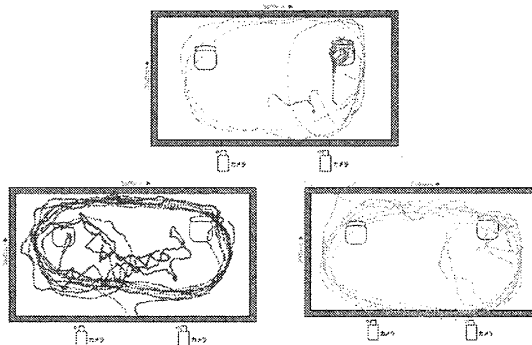


図4 センシング範囲内における各被験者の動線 (上: A, 左下: B, 右下: C)

表1 提案手法の精度

	A	B	C
総時間(sec)	296 / 300	300 / 300	291 / 300
センシング時(sec)	296 / 300	240 / 240	114 / 120
退出時(sec)	0 / 0	60 / 60	176 / 180
成功率(%)	99	100	97

## 4. まとめ

本稿では画像処理とウェアラブルセンサを用いた人物動線検出手法に関して2つのアプローチを提案した。1つは人の移動速度と垂直方向の身体加速度を用いた尤度評価方法の提案である。もう1つは動線のロストへの対応であり、ロストした動線のつなぎ合わせの評価方法を定義した。これらのアプローチにより従来手法に比べ、ユーザへの動作制約のないロバストな人物動線検出を実現した。

## 参考文献

- [1] 新野毅, 田島潤一, 橋詰和範, 新谷公朗, 芳賀博英, 金田重郎, “ステレオカメラとモーションセンサを用いた室内用位置追跡手法の提案”, 第22回人工知能学会全国大会, OS-3G3-5
- [2] Point Grey Research Inc., “Censys3D”, <http://www.ptgrey.com/index.asp>