

無線センサデバイスによる屋内における移動体の動線推定 Flow Line Estimation of Indoor Moving Body using Wireless Sensor Device

細川 了史†

青木 満‡

久保田 稔†

Satoshi Hosokawa

Mitsuru Aoki

Minoru Kubota

1. はじめに

人の動きの情報を用いることで、介護や防犯といった生活支援のサービスへの活用が期待できる。このため屋内での人の位置推定手法に関する研究が行われている[1]。しかし、カメラや高機能なセンサ等を用いるとコストが増大する。また画像による推定を行うとプライバシー侵害となる問題も生じる。

そこで本研究では安価な焦電型センサを用い、設置数もできるだけ少なくした環境で人の進行方向の推定を行い、目的地を推定する手法について提案する。この手法を実現する実験システムを試作し、進行方向と目的地の推定精度を評価する。

2. 関連研究

文献[2][3]は共に部屋内の天井に赤外線センサアレーを設置し、各センサの検知情報を組み合わせて動線推定を行っている。部屋全域で検知できるようにセンサを高密度で多く設置している。このため設置作業に手間がかかり、コストも増大する。また移動に関わる全てのデータを取得した後に動線推定を行っており、人の動きをリアルタイムで利用することは困難である。

本研究では 4 つの無線センサノード（以後、SN と呼ぶ）から成るセンサ群（以後、SNG と呼ぶ）を動線推定に必須の場所に限定して配置することで、センサ数を削減する。また SNG で動的に移動推定を行うことで、人の動きの情報をリアルタイムで利用できるようにする。

3. 提案システムの概要

無線で測定データの送信を行う SN を使うことで配線を気にせずどこでも設置できるため設置作業が容易になる。図 1 に SNG における SN の配置と、SNG による人の検出範囲を示す。動線推定は SNG を図 2 のように廊下の天井に配置して行う。このままでは SNG の検出範囲内の人の移動方向しか分からない。しかし、建物の廊下などでは前進、停止、U ターンと行動が限られている。この特徴を用いて複数の SNG で推定した人の動きの情報を組み合わせることで広範囲における人の動きを推定する。今後、SN による人の動きの検出を検知と呼び、SNG の検出範囲をブロックと呼ぶ。

あらかじめ各 SN に固有の番号（以後、ID と呼ぶ）と属する SNG 番号、ブロック内位置の対応表を作成しておく。SNG 毎に検知時刻データを記録する。これは検知した SN とその時刻を記録したものである。

SNG において時刻 t に検知したブロック内位置を $BP(t)$

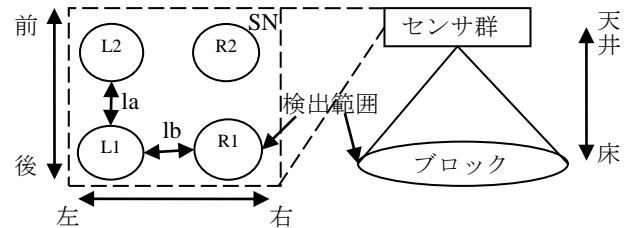
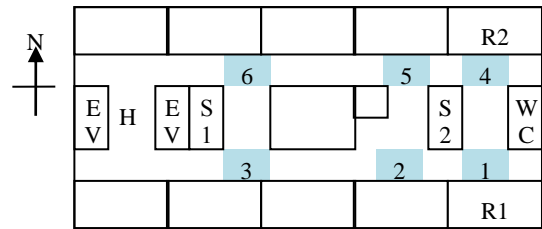


図 1 センサ群内のセンサの配置と位置と検出可能範囲



b : センサ群 b : SMG 番号

図 2 センサ群の配置位置

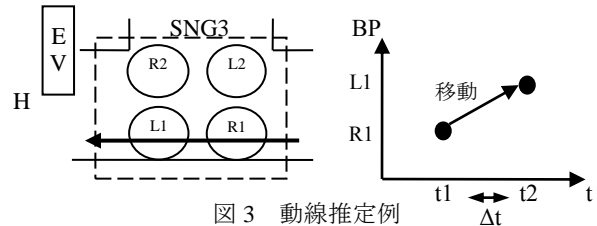


図 3 動線推定例

と表す。推定の手順を以下に示す。検知した SN の ID から人が現在いる SNG 番号とブロック内位置を求める。検知した時刻 t_2 から一定時間 Δt 以内の時刻 $t_1 = t_2 - \Delta t$ の検知時刻データが保存されていた場合、 $BP(t_1)$ から $BP(t_2)$ の方向に進行したと推定する。その後、SNG 番号と推定した進行方向の組み合わせより目的地を推定する。

Δt 時間以内の検知時刻データが保存されていない場合、 t_2 と $BP(t_2)$ を検知時刻データに上書きする。

また、時刻 t_1 と時刻 t_2 で同じ SN が検知した場合は、検知時刻データの時刻を t_2 に書き換える。これらの処理を繰り返し行うことで人がブロック内を移動した時、人の進行方向と目的地を推定する。

例えば図 3 の場合、人が SNG 番号 3 のブロック内を $R1 \rightarrow L1$ という順番で移動すると、検知した SN の ID と検知時刻から人が SNG 番号 3 の $R1 \rightarrow L1$ の向きで移動し、目的地は H と推定する。

4. 実験システムの構築

4.1 SN の配置

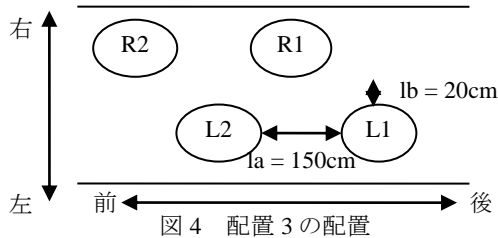
提案手法では 4 つの SN の配置が推定精度に影響する。例えば SN 間の距離が近ければ検出範囲は重複し、実際は通過していない場所の SN が反応した結果から誤推定を行

†千葉工業大学大学院工学研究科, Graduate School of Engineering, Chiba Institute of Technology

‡東京エネシス, TOKYO ENERGY & SYSTEMS INC.

う可能性がある。そのため、以下の3種類のSNの配置で、推定精度の比較評価をする。

- 配置1・・・図2のlaを50cm, lbを20cmで配置。
- 配置2・・・図2のlaを150cm, lbを20cmで配置。
- 配置3・・・図4に示す配置。



これらの配置においてどの配置が最も実際の動きを推測するのに適した配置か検証する。

4.2 センサ群内の移動方向推定の決定

本手法で用いる一定時間 Δt は $t_{\min} \leq \Delta t \leq t_{\max}$ としている。 t_{\max} は R1 と R2 の直下の間を人が移動する平均時間に余裕 (0.6s) を持たせた値にしている。この時間があれば、ある SN の直下から隣接する SN の直下センサへほぼ確実に人が移動するからである。

また、 t_{\min} は各配置の l_a 間の平均移動時間に余裕 (0.6s) を持たせた値にした。これにより廊下の真ん中を歩いたときに R1 と L1 をジグザグに移動していると推定することを防止した。

t_{\max} と t_{\min} は予備実験より、配置1では $t_{\min}=0.9s$, $t_{\max}=3s$, 配置2, 3では $t_{\min}=1.1s$, $t_{\max}=3.7s$ とした。

4.3 測定経路

人の経路によって進行方向推定と目的地推定の精度にどのような変化が起きるか検証するために、人の経路パターンを8つ用意し検証を行った。経路パターンは A:H⇔R1, B:H⇔R2, H⇔WC (C:北回りと F:南回り), S1⇔WC (D:北回りと G:南回り), S2⇔WC (E:北回りと H:南回り) で、その経路をそれぞれ6往復してセンサデータを取得し動線推定を行った。

4.4 実験システム

提案手法の実験システムは Digi International 社製の ZigBee 通信モジュール"XBee S2 ワイヤアンテナタイプ"と Panasonic 製の焦電型赤外線センサ NaPiOn シリーズのスポット検出タイプ"AMN33112"[4] で作成した。XBee は無線機器で、最短周期 0.05s で通信可能である。AMN33112 は検知対象の表面温度と周囲の温度差を用いて反応する。これにより、動いたものが生物か物か判別できる。また他の赤外線センサよりも検出範囲が狭いため、4.1の問題が起りにくくするために使用する。

5. 評価

実験場所は千葉工業大学津田沼キャンパス 2号館 11階 (図2の構造) の廊下で、SNは天井に設置する。床から天井までの高さは約 2.4m, 廊下の横幅は約 2.2m, センサの検出範囲は床面で半径約 100cm である。センサ群内の配置形式は 4.1 の 3種類の配置形式で、4.3 の 8種類の移動経路で被験者が歩行速度一定 (1.3m/s) の条件下でセンサデータを取得して動線を推定し、移動方向推定精度と目的地推定精度を求めて評価する。

移動方向の推定精度は適合率と再現率の調和平均とする。適合率と再現率はブロック単位で行う推定した移動方向と実際の移動方向を比較し、以下に示す式より算出する。推定結果総数は SNG の推定結果が 0 個や 2 個以上推定される場合があるため、推定結果総数と SNG 通過数は必ずしも等しくない。

適合率 = 実際の移動方向と一致した回数 / 推定結果総数

再現率 = 実際の移動方向と一致した回数 / SNG 通過数

図5より、本実験では配置2が最も動線推定するには適していることが分かる。しかし、経路 G の場合は配置3の値が高い。これはセンサをずらしたことにより検出範囲が遠くなり、センサの誤検知が減ったからと推測する。

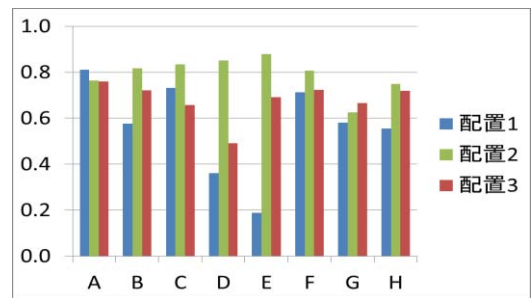


図5 各配置における移動方向の推定精度

目的地推定精度の定義を以下に示す。

目的地推定精度 = 目的地の推定が正しかった回数 / 目的地を推定した総数

目的地推定精度は経路ごとに値のばらつきがあるが、各配置の目的地推定精度の平均値はどれも 0.5 程度とほぼ同じ値であった。また、目的地推定精度が悪い経路は曲がり角を曲がった後に目的地があるものばかりであった。原因は進行方向の推定で目的地直前のセンサ群内のセンサが1つしか検出しないこと。または2つのセンサが検出しても異なる方向が推定されることが原因であると考えられる。

6. まとめ

複数の無線センサからなるセンサ群を動線推定に必須の場所に限定して配置することで、少ないセンサで人の動きをリアルタイムで推定する手法を提案した。また実験システムを構築し、推定精度の評価を行った。今後は現在の手法では動線推定できない問題や目的地の提案方法の改善、推定精度の向上のための検討を行う。

参考文献

- [1] 財団法人ニューメディア開発協会, "位置情報収集解析技術の利用に関する調査研究," <http://www.nmda.or.jp/keirin/h21houkoku/houkoku/h21ichi-houkoku.pdf>.
- [2] 加納梢, 中島信生, 大野宏, 石田勉, "赤外線センサによる人体移動検出特性の検討," 電子情報通信学会技術研究報告(USN), Vol.108, No.399, pp.1-6, 2009.
- [3] Toshiaki Miyazaki, Yuki Kasama, "Estimation of the Number of Humans and their Movement Paths in a Room using Binary Infrared Sensors," Proc. ICUIMC '12, No. 91, 2012.
- [4] Panasonic, "焦電型赤外線センサNaPiOnシリーズ商品カタログ," <http://www3.panasonic.biz/ac/j/control/sensor/human/napion/>