

タグ携帯者と非携帯者が混在する空間における非携帯者の検知と移動軌跡および人数の推定に関する検討

A Study on Detecting, Tracking and Counting People without RFID Tags among People with and without Them

赤松 翔 所 春希 秦 淑彦

Sho Akamatsu Haruki Tokoro Toshihiko Hata

広島工業大学情報学部情報工学科

Email: {B111001,B111079,t.hatap8}@cc.it-hiroshima.ac.jp

Abstract—Indoor positioning technologies to position people with RFID tags and smart phones are progressing rapidly and begin to be put to practical use in o2o services and smart security systems. On the other hand, surveillance systems to position unspecified people are used widely in security and space utilization planning. Some useful systems and services are possible by using the positioning information of people with and without tags, such as a security system for patients in a hospital, an intruder detection system in a building and efficient client services in a large-scale retail store. We consider techniques to detect, track and count people without tags among people with and without them. A device to detect people with and without RFID tags consists of two sub devices. One detects RFID tags within a relatively small area around an antenna and another detects people within the tag detection area. The devices should be installed at any places where people have to walk through to move one area to another in a building.

I. はじめに

RFID タグやスマートフォン携帯者の位置を測定する屋内測位技術の開発が進み、実用化が始まっている。また、セキュリティや空間利用計画の分野では、不特定人物の位置を検知できる監視システムが広く利用されている。タグの携帯者と非携帯者が混在する空間において、非携帯者を検知しその移動軌跡や人数を推定できれば、病院における患者の安全確保、施設への侵入者の発見・追跡、大型店舗における効率的な接客サービスなどが可能となる。そこで、出入口や通路など、必ずそこを通らないと別のエリアに移動できない個所にタグの検知エリアを設定し、そのタグ検知エリアをカバーするように、人を検知するセンサを設置する方式を考える。

本稿では、携帯者と非携帯者の位置情報の収集と応用、非携帯者を検知しその移動軌跡および人数を推定する方式に関する基本検討につい

て述べる。さらに、人の検知に人感センサを使った方式に対する予備実験について報告する。

II. タグ携帯者と非携帯者の位置情報と応用

本稿では、RFID タグやスマートフォンなど、位置を測定するために人が携帯するデバイスを総称してタグと呼ぶ。

タグ携帯者の位置を測位する屋内測位技術が色々提案されており、無線 LAN や Bluetooth を搭載するスマートフォンや専用のセミアクティブタグの位置を、1~数 m の精度で測位できる[1]。一方、カメラやレンジセンサを用いて不特定人物を検知し追跡する監視システム[2]を利用すれば、タグの携帯とは関係なく、人物の位置を知ることができる。

従来、これらの位置情報は別々に取得され異なる目的に利用されてきた。しかし、タグ携帯者と非携帯者の位置情報を統合的に利用することにより、病院における患者の安全、ビルや工場における防犯、大型店舗における接客サービス、大規模施設における防犯・防災などに役立てることができる。

例えば、病院では様々な人が出入りし、各々に対して入室可能なエリアが決められており、ハンズフリーの入退室管理システムの導入が進んでいる。しかし、携帯させられない、携帯し忘れる患者が存在し、携帯者の後について誤って危険なエリアに入ってしまうことが考えられる。また、介護施設では、入居者の徘徊の問題もある。タグを携帯しない人を検知し、タグを携帯する最寄の職員にすぐ連絡できれば、事故を回避できる。

また、従来の IC カード認証により自動ドアを開閉する入退室管理では、認証者のすぐ後ろについて進入する共連れの問題がある。タグによるハンズフリーの入退室管理では、認証操作が行われないため、目視観察していても共連れか否か判断することができず、より深刻な問題である。非携帯者の検知は共連れ防止に有効であり、出入口だけでなく、通路等にも携帯者と

非携帯者を検知する装置を設置することにより、進入後の位置を特定し対応することができる。

III. タグ非携帯者の検知と移動軌跡および人数の推定

タグ携帯者と非携帯者の位置管理において重要な課題の一つは、携帯者と非携帯者が混在する空間において、非携帯者を検知し、その移動軌跡や人数を推定することである。

タグ非携帯者の位置を検知し、移動軌跡と人数を推定するシステムの基本構成を説明する(図 3.1)。出入口や通路など、必ずそこを通らないうと別のエリアに移動できない個所に、検知装置を設置する。この検知装置は、周囲のタグを検知する機能と、タグ検知範囲に存在する人、すなわち携帯者と非携帯者の両方を検知する機能を有し、両方の検知結果から非携帯者の存在を検知する。

非携帯者の人数(人口密度)が少なければ、非携帯者の移動履歴を推定できる。非携帯者を検知した時点で、検知装置の設置情報と検知履歴情報を利用し、人の移動速度などの制約条件のもとに、逆追跡する。

通行人数を計測する機能を有する検知装置であれば、周囲に存在する人、あるいは検知装置間に存在する人の数を測定(推定)できる。

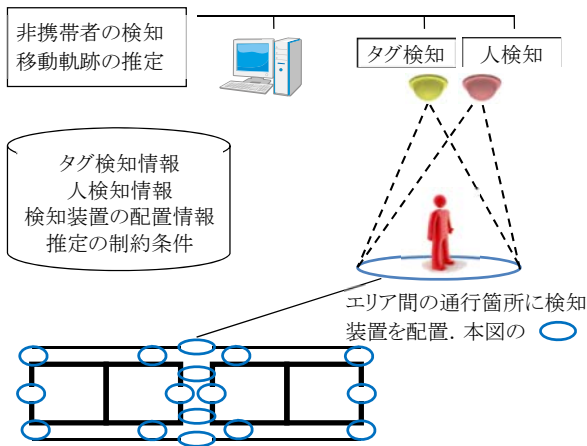


図 3.1 タグ携帯者と非携帯者の位置情報システムの基本構成

タグ検知エリアに存在する人を検知する方式として以下の3方式を検討する(図 3.2)。

① 方式1

赤外線やレーザなどを用いて人の有無を検知する人感センサを使い、タグ検知範囲に存在する通行者を検知する。検知エリアに携帯者と非携帯者が存在すれば、非携帯者を検知できないため、携帯者と非携帯者の人数(人口密度)が少ない環境に限定される。人感センサは非常に安

価であり、検知装置を密に設置することにより、非携帯者の検知確率も向上し、ある程度の移動軌跡推定も可能と思われる。

② 方式2

イメージセンサやレンジセンサを用いて一人一人を検知する装置を使い、タグ検知範囲に存在する通行者を検知するとともに、人数と移動方向を測定する。携帯者と非携帯者の人数(人口密度)が多くなっても検知でき、検知装置周囲あるいは検知装置間に存在する人の数を推定できる。人感センサに比べると高価である。

③ 方式3

イメージセンサやレンジセンサを用いて一人一人を検知する装置を使うが、方式2と異なり、タグ検知範囲を含む広い範囲を監視するように設定する。タグ検知範囲に存在する人の数と、監視範囲に存在する人の移動を追跡する。人数(人口密度)が多くなっていても検知できるが、通行者同士のオクルージョンの問題があり、非常に混雑している状況では検知ミスが発生する。監視範囲における人数計測や個々の人物の追跡が可能であるが、方式2の装置と比べ、処理量が増える。障害物のない空間に限定され、検知範囲の位置合わせ作業が必要である。

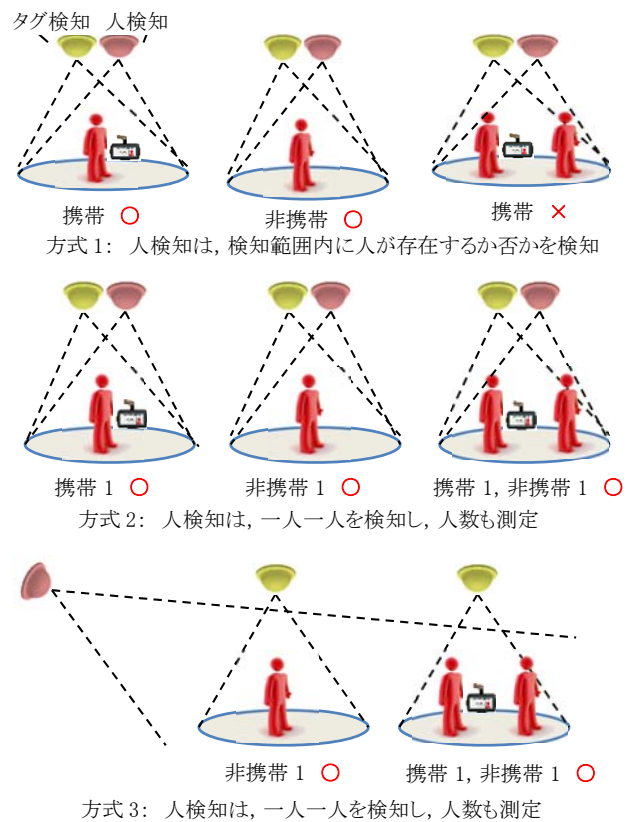


図 3.2 タグ検知エリアにいる人を検知する方式

表 3.1 検知方式の比較

	方式1	方式2	方式3
検知	△ 携帯者が少なければ可能	◎	○ オクルージョンの問題あり
軌跡	△ 人が少なく、密に配置すれば可能	○ 疎な配置であれば精度低い	◎ 広範囲で追跡
人数	× 粗い混雑度ならば可能性	◎	◎ 広範囲で人数計測
コスト	◎ 焦電型赤外線センサは単価数百円	△	△ 処理量多い複数タグ検知エリアをカバー

IV. 方式1に関する基本的実験

A. 実験システム

ビル内の人々の動き情報を収集するために開発した人感センサネットワークのプロトタイプ[3]に、タグを検知する機能を追加して、方式1に関する基本的実験を行った。

検知装置であるセンサノード(SN, 図 4.1)は、人の動きを検知する焦電型赤外線センサ、IEEE802.15.4 無線通信機能、制御プログラムが動作するマイコンを備えており、人およびタグの検知を行う。タグは、SNと同じハードウェアを用い、マイコンと無線通信機能が動作する。タグ携帯者と非携帯者の検知の流れを図 4.2 に示し、以下に説明する。

- ① SN の検知範囲に通行者が入ると動きを検知し、beacon を無線送信する。そして、一定時間、ack を受信するモードに入る。
- ② 通行者がタグを携帯しておれば、タグが beacon を受信し、タグの ID を含む ack を無線送信する。
- ③ 通行者がタグを携帯していなければ、当然、ack は返信されない。
- ④ SN は ack 受信モードにおいて、受信した ack の受信時刻とタグ ID をベースステーション (BS) 経由でビューアに送信する。ack を受信しなければ、動き検知のみであることを示すメッセージを送信する。

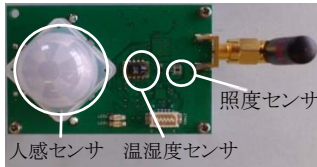


図 4.1 センサノードとタグに用いた装置

項目	仕様
センサ	人感: 焦電型赤外線 環境: 温度/湿度/照度
無線	IEEE802.15.4 SMA外付けアンテナ 技術基準適合証明
IF	JTAG
電源	CR123(3V)×1
サイズ	40×60mm

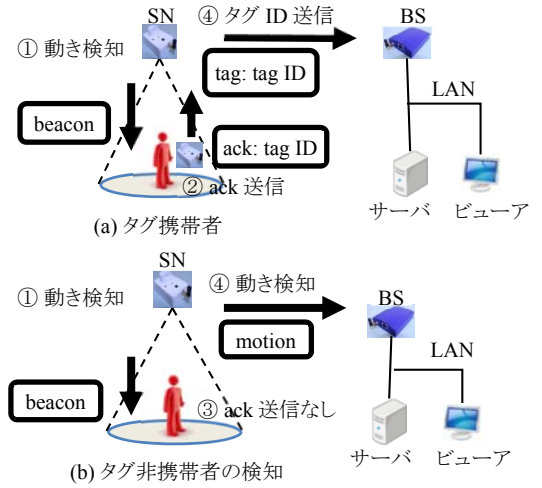


図 4.2 タグ携帯者と非携帯者の検知の処理フロー

B. SN の検知範囲の設定

(1) 人検知の方法と検知範囲

人検知にはデュアル型の焦電型赤外線センサを用い、人が通行することにより赤外線量が増加することを利用して動きを検知する。幅 2~3m の通路での使用を想定し、高さ 2.6m~2.8m の天井にセンサを取り付ける。フレネルレンズにより、床面上、センサから前後約 3m までを検知範囲とする。

(2) タグ検知範囲

受信した beacon の無線電力 rssi をチェックし、閾値以上であれば ack を返信することにより、タグの検知範囲を数 m 以内に絞り込む。

SN とタグの距離と rssi の関係を求めるため、無線電力を最小にし、SN とタグの距離を変化させて rssi 値を測定した。その結果、SN とタグの距離が長くなると rssi が減少することがわかった。単調減少ではないが、rssi を用いてある程度の検知範囲の絞り込みができると思われる。

今回は、できるだけタグの検知範囲を狭くしたい。先の実験の結果において、人体による遮りがない場合の rssi の変化から、rssi が -70~-75dBm で閾値を探すのがよいと思われる。

そこで、rssi の閾値 -70~-75dBm に対して、SN とタグの距離を変化させて、タグ検知回数を測定した。タグを持って静止し、beacon を 15 回送信して ack の返信回数を測定し検知率を求めた。rssi 閾値 = -74dBm のタグ検知率を図 4.3 に示す。2m 以内で 80% 以上、3m で 27%、4m で 0% の検知率となり、検知範囲は半径 3~4m と考えられる。-73dbm 以上にすると、半径 2m 以内での検知率がかなり低下するため、-74dBm~-75dBm が適当と思われる。

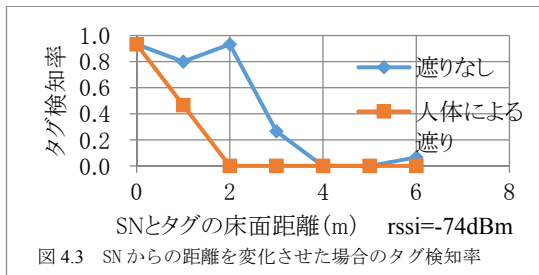


図 4.3 SN からの距離を変化させた場合のタグ検知率

C. SN1 台を用いた歩行実験

SN1 台を設置し、1 人が歩行した場合の検知範囲と、携帯者と非携帯者がどの程度離れて歩けば、非携帯者を検知できるかを確認するための実験を行った。図 4.4 に示すように、実験室の天井中央付近に SN を取り付け、通行パターンを変えながら対角方向に 4m から 4m までを速度 1m/s で 5 往復した。

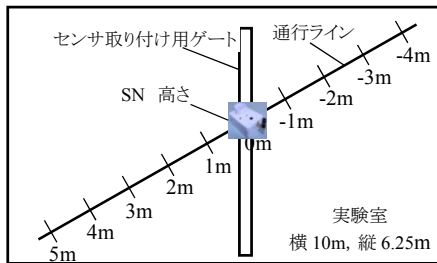


図 4.4 歩行実験における配置図

(1) 携帯者 1 人が立ち止った状態のタグ検知
 B とは測定場所が異なるため、rssi 閾値-74 と -75dBm の場合について、SN とタグの距離を変化させ、タグ検知率を測定した。rssi=-75dBm の場合を図 4.5 に示す。負の距離の地点ではタグが人体により遮られる。

B の結果と異なり、-1m と 2m の地点でタグを検知していない。これは、SN を取り付けた鉄製のゲートが影響した可能性がある。この地点を除けば、タグを検知するおおよその範囲は、人体で遮らない場合に 3~4m、人体で遮る場合に 2~3m となる。

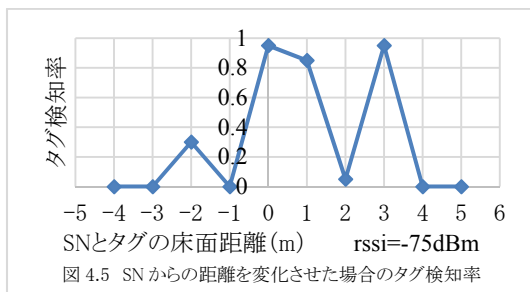


図 4.5 SN からの距離を変化させた場合のタグ検知率

(2) 携帯者 1 人が歩行

rssi 閾値=-75dBm に設定し測定した。2m~3m までの間で動きを検知している。動き検知の範囲は移動方向に依存し、センサに近づく場合は

遠ざかる場合より小さい、全ての通行でタグを検知し、検知回数は 1 通行当たり 1~3 回である。

(3) 携帯者の後ろを非携帯者 1 人が歩行

(2) と同様な設定で測定した。2 人の間隔は 0.5m~4.5m まで 0.5m ずつ変化させた。間隔 3m であれば、多くの通行において、歩行の最後で動き検知のみ(タグ検知なし)が 3 回以上連続しており、(2) では、歩行の最後で動き検知のみが 0~2 回連続している。このことから、間隔 3m 以上であれば、非携帯者を区別できそうである。

(4) 非携帯者 1 人の後ろを携帯者 1 人が歩行

順序を逆にして、(3) と同様な方法で測定した。この場合は、3m 離れても(2) とは区別がつかず、非携帯者の検知は難しい。これは、近づいてくる歩行者に対してセンサの検知範囲が 2m 程度しかないためと思われる。4.5m 離れると、多くの通行において、(3) と同様に非携帯者を区別できそうである。

V. まとめ

携帯者と非携帯者の位置情報を統合利用する応用について述べた。そして、携帯者と非携帯者が混在する環境において、非携帯者を検知しその移動軌跡および人数を推定する方式について、基本アイデアを示した。また、人の検知に人感センサを使った方式に対する実現可能性を検討するための実験システムを説明し、予備実験の一部について報告した。

今回は、SN の近くでタグを検知できない地点があり、かなり特殊な結果となった可能性がある。今後、他の場所にて、非携帯者の近傍に立ち止っている携帯者の影響、複数の SN を設置した際のタグ検知への影響、より実際に近い歩行での検知などを含めた実験を行う。

参考文献

[1] 河合基伸, “歩み出す屋内測位,” 日経エレクトロニクス, No. 1109, pp. 27-41, 2013
 [2] 鷺見和彦, “人を見る画像認識技術,” 情報処理, Vol51, No.12, pp.1575-1582(2010)
 [3] 秦淑彦, 麻生圭祐, 比良健人, 福庭涼, 永瀬司, “人感センサネットワークを用いたスマートビル ー焦電型赤外線センサによる人物通行判定に関する一検討ー,” 情報処理学会研究報告, Vol.2013-UBI-37, No.12, pp.1-8, 2013

問い合わせ先

〒731-5193

広島市佐伯区三宅 2 丁目 1 番 1 号
 広島工業大学情報学部情報工学科
 赤松 翔