

赤外線人感センサを用いた建物内廊下における移動者の推定

岸本 まき† 大佛 俊泰†

東京工業大学 環境社会理工学院†

1. はじめに

近年、建物のIoT化を背景として、建物内の物や人の状態に関する様々な情報がリアルタイムで入手可能となりつつある。中でも、建物内滞留者および移動者の空間分布は、オフィスビル等の効率的な運用において重要な基礎情報である。筆者らはこれまで、赤外線人感センサおよび加速度センサを用いた建物内における階段利用者人数の推定手法を提案してきた^{[1][2]}。本稿では、赤外線人感センサ（以下、センサ）を用いて建物内廊下における移動者数を推定する。具体的には、まず、多数のセンサが設置された建物を対象にシミュレーションを実行し、歩行データおよびセンサデータを作成する。その上で、センサの出力信号（以下、センサ信号）の時刻推移に基づき移動者数を推定する。

2. 観測システムの概要

本稿で分析対象とする東京工業大学緑が丘1号館の概要を図1に示してある。建物内に設置された3種類のセンサユニット（計41個）を用いて、人の動きが観測できる（図1）。

センサユニット①③（図1(d)）は、2個のセンサ（HC-SR501）と小型コンピュータ（Raspberry Pi）から構成されている（図2(a)）^{注1)}。本稿で用いるセンサは検知範囲内に歩行者が進入すると反応し、 b [秒]間反応が継続した後、 d [秒]の間検知不能となる（図2(b)）。つまり、一定時間（ $b + d$ ）は、検知範囲内に新たな歩行者が通過しても反応しないため、センサから直接得られる信号に十分な連続性がなく、歩行検出が難しい（図2(c)，出力A）。そこで、既往研究^[2]を参考に、センサ信号に反応継続時間 b および非検知時間 d を考慮した処理を行う（図2(c)，出力B）。これにより、センサユニットに併設された赤外線センサの反応の連続性を容易に把握でき、廊下内の歩行者有無をより精緻に判定できる。

3. 廊下における移動者推定モデルの構築

3.1 移動者推定モデルの概要

Estimation of Walking People in Corridors Using Infrared Human Detection Sensor

† Maki Kishimoto and Toshihiro Osaragi, School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology

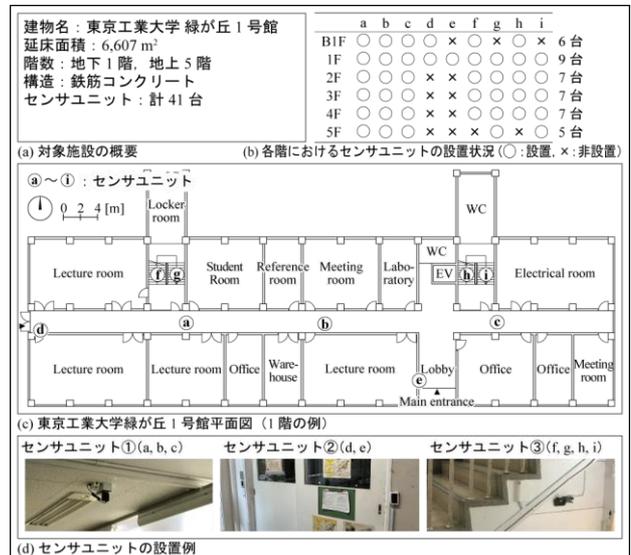


図1. 分析対象建物の概要

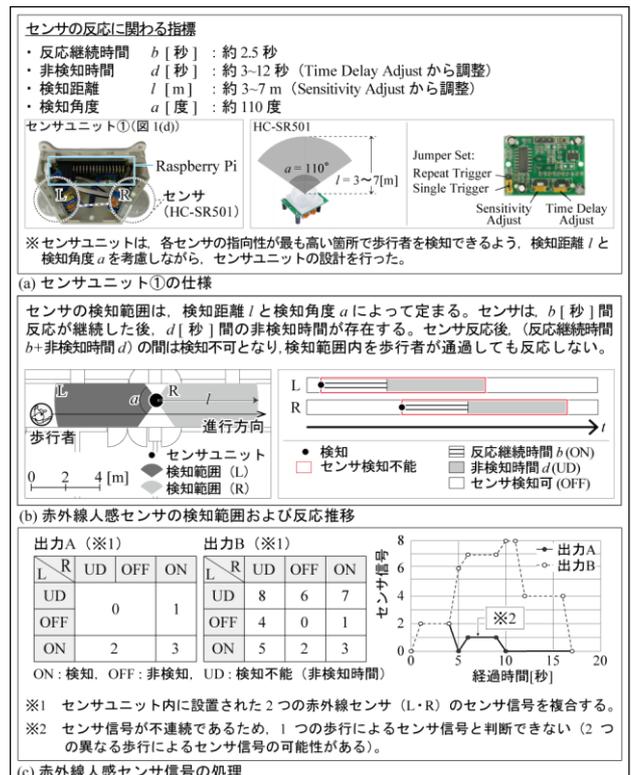


図2. 廊下部センサユニットの概要

建物内廊下における移動者数を推定するためには、移動の(1)発生時刻、(2)発着地点、(3)人数を把握する必要がある。本稿では、1人歩行を対象として、センサ信号^{注2)}の時刻推移からゾーン

単位 (図 3(a)) で移動者数を推定する。

3.2 歩行データの作成

歩行データおよびセンサデータを以下の手順で作成する。まず、歩行者は、出発地から目的地への最短経路上を歩行速度 v で移動すると仮定し、計 100 個の歩行データを作成する (図 3(b))。この時、複数の歩行が同時に発生しないよう、歩行前後に一定の間隔 (本稿では 12 秒) を設ける。その上で、各時刻におけるセンサ信号を作成する。なお、センサの未知パラメータ (図 2(a)) は、過去の観測調査から推定された値^[1]をもとに設定し、センサによって異なる値の揺らぎ (個体差) は考慮しない (図 3(b))。

3.3 歩行データを用いた移動者数の推定

建物内廊下における歩行とセンサ信号の関係を図 3(c)に示してある。歩行方向に応じてセンサ信号の時刻推移が異なるため、歩行の発生時刻・方向を高い精度で推定できる^{注3)} (図 3(c))。

図 3(c)の対応関係に基づいて、各センサユニット (a~c) のセンサ信号からゾーンごとの移動者数 (流出者数および流入者数) を推定した (図 4(a)(b))。さらに、シミュレーション開始時点のゾーン内人数に移動者数を反映することで、ゾーン内人数の時刻推移を算出した (図 4(c))。移動者数およびゾーン内人数の推定値と実際値 (歩行データを基に集計した値) を比較すると、これらの人数が正確に推定されていることが確認できる。

4 まとめ

本稿では、シミュレーションから得られたセンサ信号の時刻推移から建物内廊下における移動者数を高精度に推定できることを示した。提案手法では、(1)誤検知や検知漏れなどを含む実際のセンサ挙動下における移動者の推定や、(2)すれ違いを含む複数の歩行が同時発生した際の移動者の推定は困難である。機械学習などを用いた移動者数推定モデルの構築は、今後の課題である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K14386 の助成による成果の一部である。

注

- 注1) センサユニット②は、2 個の乗客カウンター用センサ (PLC-5B2) と小型コンピュータ (Arduino) から構成されている。本ユニットは、センサ本体から投光された赤外線を通ることで歩行者を検知する。
- 注2) 実際のセンサ挙動では、歩行の誤検知や検知漏れが発生するが^[1]、本稿では、各センサが理想的な挙動を示すと想定する。

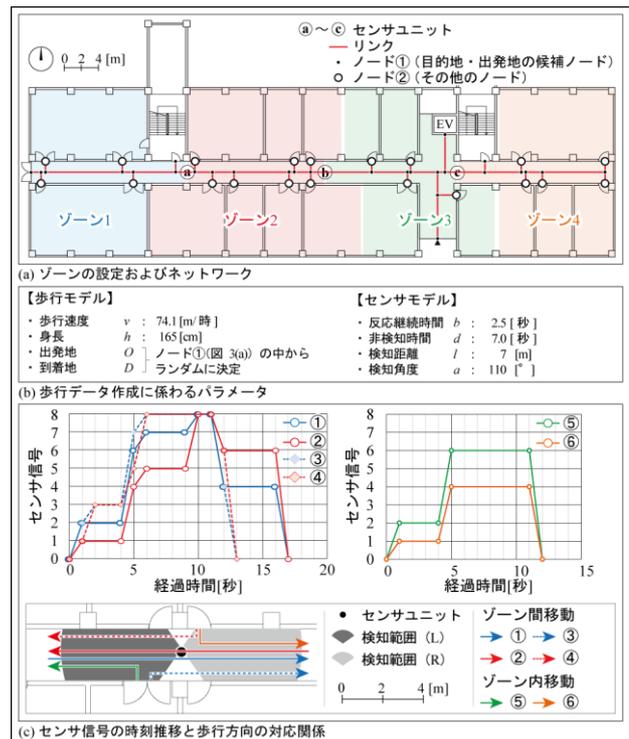


図 3. 赤外線人感センサのセンサ信号

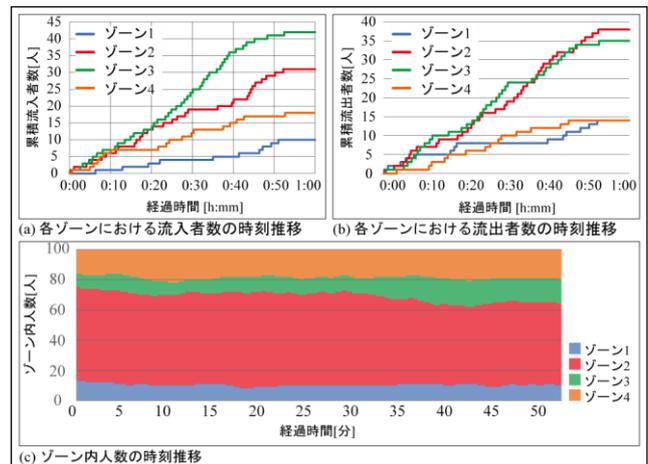


図 4. 各ゾーンにおける移動者数および滞留者数の時刻推移

注3) 本稿で用いたセンサは、検知範囲内における人の有無しか把握可能できないため、歩行者数の推定は困難である。歩行者数を推定するには、加速度センサなど異なる種類のセンサを併用し、より多様な情報を取得する必要がある。

参考文献

- [1] 大佛俊泰・吉行菜津美・岸本まき・沖拓弥・伊山潤・福島佳浩：赤外線人感センサを用いた階段室内歩行者数の推定, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 87, No. 799, 2022
- [2] 羽田優太・大佛俊泰・岸本まき・伊山潤・福島佳浩：加速度センサおよび赤外線人感センサを用いた階段利用人数および通過方向の推定, 地理情報システム学会講演論文集 (CD-ROM), No. B-1-2, 2022