

# 焦電型赤外線センサによる通行判定方式 —1人用出入口における通行判定について—

## Counting Pedestrians with PIR Sensors at an One-Person Open Doorway

室中 菜緒 中西 柚花 藤井 貴久 秦 淑彦  
Nao Muronaka Yuka Nakanishi Takahisa Fujii Toshihiko Hata  
広島工業大学情報学部情報工学科  
Email: {b111119,b111084,b111102,t.hata.p8}@cc.it-hiroshima.ac.jp

神田 貴大  
Takahiro Kanda  
株式会社中電工

**Abstract**—We are developing techniques to count pedestrians using inexpensive pyroelectric infrared sensors. We have already proposed a method to detect numbers and directions of people walking through in a fixed direction or an opposite direction and confirmed its feasibility by various experiments. We consider techniques to count people walking through a one-person open doorway where they walk in various directions around it. A method using one sensor with a wide detection area and another using multi-sensors having a small detection area respectively are proposed. Some preliminary experimental results are also shown.

より、人の動きを感度良く環境変化に対しロバストに検知している。さらに、フレネルレンズを用いて、+極性の素子と-極性の素子に対するペアの検知エリアを設定する。この検知エリアを人が通過すると、センサから図 2.1 に示すような+と-のピークを持つ出力信号が得られる。一般には、1つのセンサで広範囲の人の動きを検知するため、図 2.2(a)のような複数の検知エリアを構成するフレネルレンズが用いられる。単一の検知エリアを人が通行するのであれば、原理的には、通行する人数/速さ/向きなどに応じて異なる波形の出力信号が得られるはずである。そこで、デュアル型センサと、図 2.2(b)に示すような、人の通行検知に適した比較的小さ

### I. はじめに

焦電型赤外線センサを利用し、通行者の数を計測する安価な通行判定装置の開発を行っている。ゲート通行への適用を想定した通行判定方式を検討し、検証実験により実現可能性を確認した。今回、ゲートが設置されない1人用の出入口における通行判定を考える。センサを設置できるのは出入口付近の天井となり、斜め方向の通行動作が発生する。これに対応するため、一つのデュアルエレメント型センサに対して検知エリアの幅を広げる方式と、複数のセンサを用いる方式を提案する。

本稿では、基本アイデアとゲート通行用の判定方式について述べ、提案方式を説明するとともに、課題抽出のための予備実験について報告する。

### II. 焦電型赤外線センサによる通行判定

#### A. 基本アイデア

安価な焦電型赤外線センサを用いた通行判定を考える。焦電型赤外線センサは焦電効果を利用し、人体などから発せられるわずかな赤外線を検知する。焦電効果とは強誘電体が赤外線を受光すると、その熱エネルギーを吸収して分極が生じ、その変化量に応じて表面に電荷が励起される現象である。2つの焦電素子を用いるデュアル型センサ(図 2.1)は、各素子の出力電圧の極性を逆にし、その差分信号を検出することに

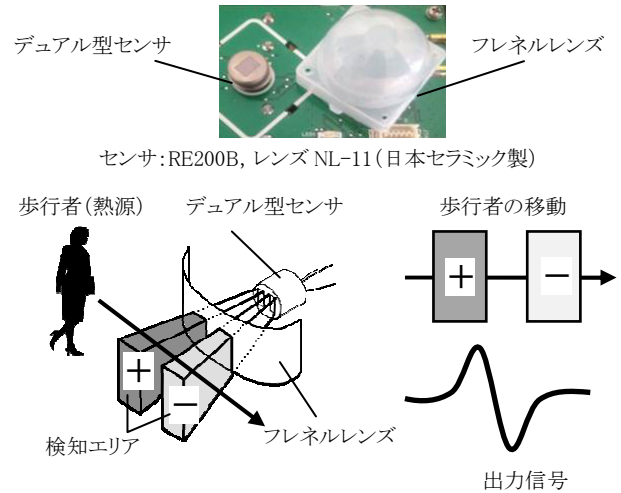


図 2.1 デュアル型センサと検知信号  
Figure 2.1 Dual type PIR sensor and its output signal

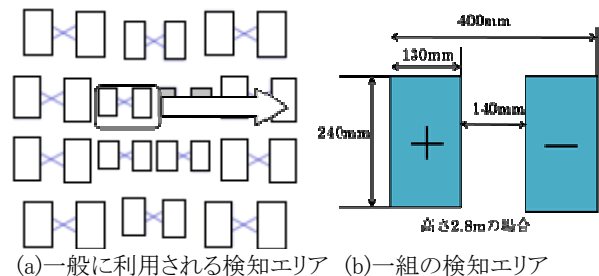


図 2.2 フレネルレンズによる検知エリア  
Figure 2.2 Fresnel lens and their detection areas

な単一の検知エリアを構成するフレネルレンズを用いた人数カウンタの実現を考える。

### B. ゲート通行用判定方式

基本アイデアで述べたように、正しく通行判定するためには通行者が検知エリア内を正しい方向に通行しなければならない。そこで通行ゲートやキャビネットを用いて 1 人が通行できる出入口を設置し、そこに通行判定装置を取り付ける応用を考えた。

表 2.1 に、色々な通行動作に対する出力波形の例を示す。通行動作は以下のように、ゲート通行を想定したものである。

- 1 人の「歩行」「走行」「立ち止まり」
- 2 人が前後に狭い間隔で近接して通過する「近接通行」
- 1 人が通過した後直ぐに他の 1 人が逆方向に通過する「双方向通行」

表 2.1 通行動作に対する出力波形  
Table 2.1 Wave shapes for passing movements

通行動作	出力波形	波形の説明
「1人歩行」 1人が立ち止まらず 0.5m/s～2m/s で通過		1m/s～2m/s の場合 ピーク: +-
		0.5m/s の場合 ピーク: +-+
「1人走行」 1人が立ち止まらず 3m/s 以上で 通過		ピーク: +- 振幅が小さい
「立ち止まり」 1人が 1m/s で、 ゲート内で一度 1s～2s 立ち止まり 通過		ピーク: +-+-(+) 2番目と3番目のピーク の振幅が小さい
「近接通行」 2人が 1m/s で、 間隔 20～60cm あけて同じ方向 に通過		間隔 20cm 以下の場合 ピーク: +-+- 2番目と3番目のピーク の電位差が小さい
		間隔 30cm 以上の場合 ピーク: +-+-
「双方向通行」 1人が通過した 後、2s 以内に他 の 1 人が逆方向 に通過		時間間隔が短い場合 ピーク: +-+-+ 3番目が緩やかなピーク
		時間間隔が長い場合 ピーク: +- - +

これらの波形を観察すると、1 人が立ち止まらずに通行すれば+-あるいは-+のピークパターンを持つ信号が出力されることがわかる。一方、立ち止まる場合には、立ち止まるまでと再び歩き出した後の二つの動きが発生するため、振幅の大きな二つのピークの間には振幅の小さなピークが発生する。

正しく判定するためには、上述の小さなピークを除く必要があり、ここでは判定に必要なピークを真のピーク、不要なピークを偽のピークと呼ぶ。ピークの振幅値に基づいて真偽判定を行うが、センサ信号の振幅の大きさは、人と床の温度差や移動速度で変化する。連続するピークの最大値と最小値に基づき正規化すれば、そのような変化に対応することができる。しかし、最初の人走って通過し、その後直ぐにもう一人が歩いて通過すると、正規化により走行に対応する小さな振幅のピークが偽と判定されてしまい、正しく判定できない。そこで、以下のようにピークの真偽を判定し、通行判定する。処理手順を図 2.3 に示す。

- 4つのピークが発生した時点で判定  
一定間隔動きがない場合は4個未満でも判定を行う。
- ピークの符号と振幅比により真偽判定  
負の値を有する+ピークと、正の値を有する-ピークは偽と判定する。さらに、連続する奇数番目と偶数番目のピークの振幅比を求め、振幅が大きく異なる場合は小さな振幅のピークを偽と判定する。
- 同じ符号が連続するピークを除去  
上述の方法で偽のピークを除去した結果、連続するピークが++あるいは--となれば、一方のピークを除去する。
- 通行判定  
真と判断された最初と2番目のピークのパ

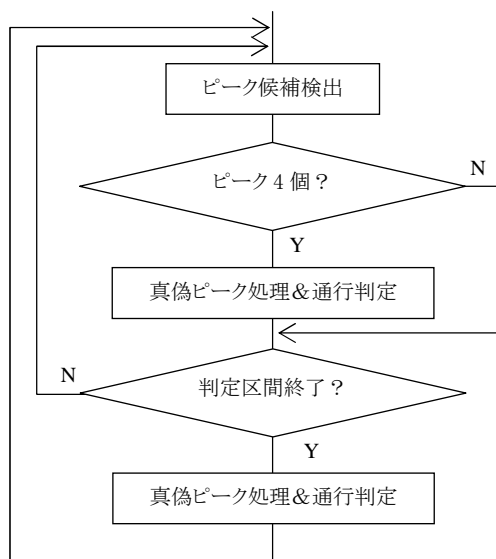


図 2.3 逐次判定方式の処理手順  
Figure 2.3 Processing flow of the sequential method

ターンから通行判定を行い、この二つのピークを削除する。

このアルゴリズムを実験システムに実装し、実環境を含む通行実験を行い、長時間の立ち止まりや通行者同士が非常に接近する特殊な場合を除き、正確に判定できることを確認した。

### III. 1人用出入口における通行判定方式

ゲート等の設置は利便性やコストの点から好ましくない。そこで、まず、幅 1m 程度の 1 人が通過することを想定した出入口での通行判定を考える。センサの取り付けは、建物の構造上、出入口真上ではなく、出入口付近の天井となる。ゲートによる通行の規制がないため、出入口に向かう、あるいは離れる際に斜めの通行が発生すると考えられる。

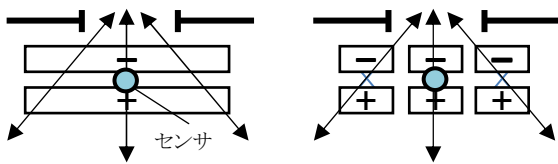
この斜め方向を含む通行を判定するため、二つの基本方式を提案する。

#### ① 幅広い検知範囲を持つ単一のセンサを設置

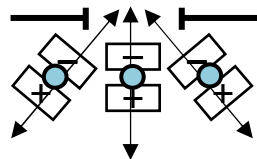
図 3.1(a)に示す単一の幅広い検知エリア、あるいは図 3.1(b)に示すような、複数の比較的小さな検知エリアを有するフレネルレンズとセンサを用いる。進入退出の方向（角度）が異なっても、+の検知エリアにおける赤外線は+の素子、-の検知エリアにおける赤外線は-の素子が受光するので、+と-のピークを有する信号が出力されるはずである。構成も処理も単純であり、安価に実現できると思われる。

#### ② 検知方向の異なる複数のセンサを設置

図 3.1(c)に示すような、比較的小さな検知エリアペアを有する複数センサを異なる検知方向となるよう設置する。通行方向に近い角度に設置されたセンサから+と-のピークを有する振幅の大きな信号が出力されるはずであり、複数センサからの信号を総合的に判断すれば通行判定できると考えられる。構成や処理が複雑になるが、出入口付近において複数人が存在しても判別できる、進行方向を判定できる可能性がある。



(a) 単一の幅広い検知範囲を有する単一のセンサ (b) 複数の検知範囲を有する単一のセンサ



(c) 検知方向の異なる複数のセンサ

図 3.1 1人用出入口での通行判定のアイデア  
Figure 3.1 Ideas for counting pedestrians at doorway

## IV. 予備実験

### A. 実験方法

①の方法について、図 4.1 に示すレイアウトで実験を行った。センサは高さ 2.65m の位置に取り付け、フレネルレンズの一部をテープでマスクし、3 つの検知エリアペアを用いた。通行動作は 1 人の通行、2 人の近接通行と双方向通行であり、速度 1m/s、 $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$  まで  $15^{\circ}$  ずつ通行方向を変化させ、2 人の通行動作では各人が異なる角度を通行した。床面と人の温度差が  $15^{\circ}\text{C}$ 、各々 3 回ずつ行い、信号データおよび II で述べたゲート通行用判定アルゴリズムの処理データを記録し分析した。

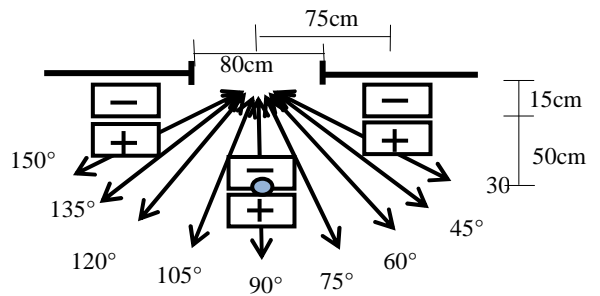
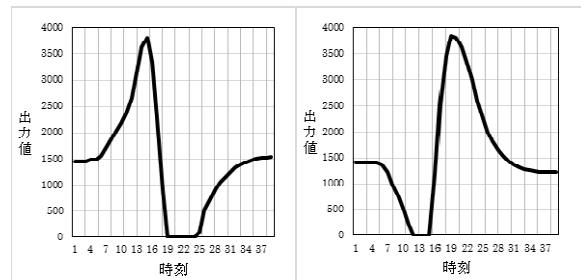


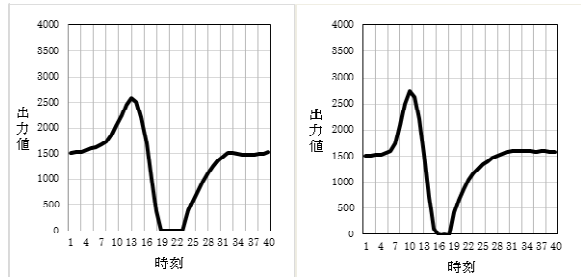
図 4.1 3つの検知エリアペアを用いた通行実験  
Figure 4.1 Experiment for counting pedestrians with three pairs of detection areas

### B. 結果と考察

図 4.2 に 1 人の通行、図 4.3 と図 4.4 に 2 人の通行におけるセンサ信号を示す。図 4.2 において、通行角度により振幅は異なるが、+- また



(a) 歩行  $90^{\circ}$  進入 (b) 歩行  $90^{\circ}$  退出



(c) 歩行  $30^{\circ}$  進入 (d) 歩行  $60^{\circ}$  進入

図 4.2 通行方向の異なる歩行の信号波形—1人—  
Figure 4.2 Wave shapes of walking in various directions

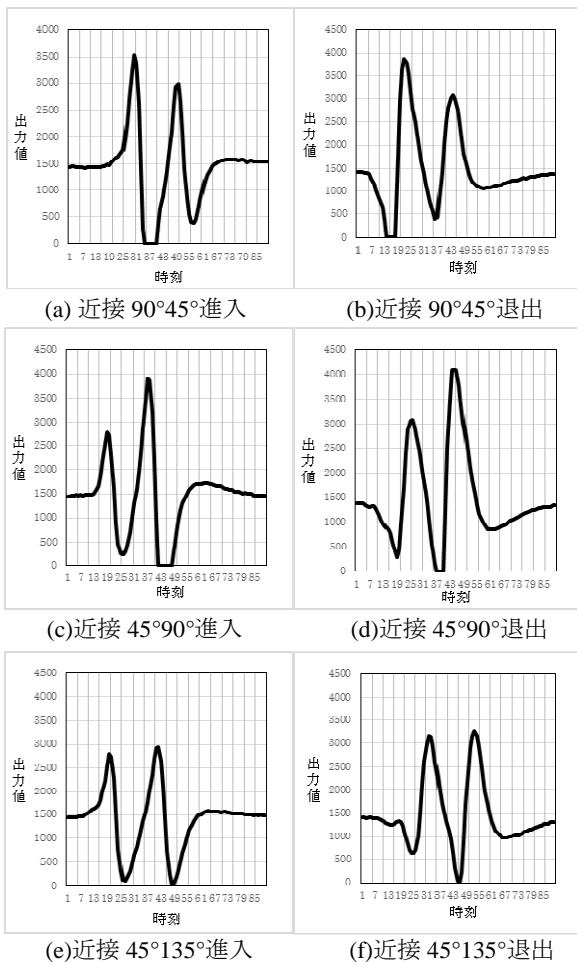


図 4.3 通行方向の異なる 2 人歩行の信号波形—近接—  
Figure 4.3 Wave shapes of two people walking in various directions

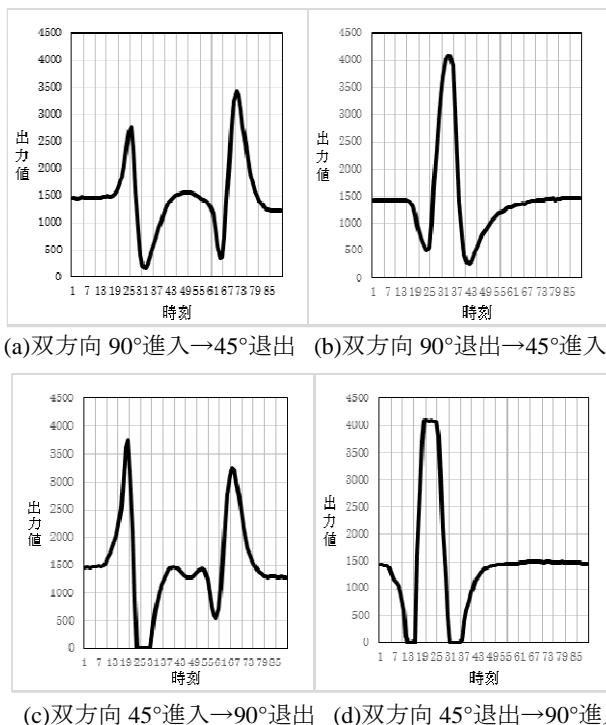


図 4.4 通行方向の異なる 2 人歩行の信号波形—双方向—  
Figure 4.4 Wave shapes of two people walking in various directions

は十のピークが存在することがわかる。ゲート通行用判定アルゴリズムでも 1 人通行と判定されている。図 4.3 の近接通行でも、通行角度により振幅は異なるが、十十十または十十十のピークを持つ波形が得られており、ゲート通行用判定アルゴリズムでも 2 人近接通行と判定されている。

図 4.4 は、2 人の角度が異なる双方向通行である。(a)と(c)は 2 人が同じ角度の場合と同様に、十十十のピークを持つ波形となっており、ゲート通行用判定アルゴリズムでも 2 人双方向通行と判定されている。しかし、(b)と(d)は、ゲート通行では発生しなかった十十のピークの波形となっている。これは、1 人目が退出のため十の検知エリアを通行しているのと同時に、2 人目が進入のために十の検知エリアを通行しているためと思われる。すなわち、ほぼ同時に異なる十の検知エリアを 2 人が通行することにより、赤外線量が大きく変化し、振幅の大きな十のピークが発生したと考えられる。

立ち止まりなど、種々の通行動作に対する波形を観察しなければならないが、今回実施した 3 種類の通行動作に対しては、ゲート通行用判定アルゴリズムに、双方向通行の新たなピークパターン十十を加えて拡張することにより対応できると思われる。

## V. まとめ

1 人用の出入口において、斜め方向も含む通行判定を行うために、幅の広い検知範囲を持つ単一センサを用いる方法と、検知方向の異なる複数のセンサを用いる方法を提案した。前者の方式に対して、1 人の通行、2 人の近接通行と双方向通行に対する信号波形を観察する予備実験を行った。その結果、双方向通行に対応するため、従来のゲート通行用の判定アルゴリズムを拡張する必要があることがわかった。

今後、後者の方式も含めて、色々な通行動作に対する実験を行って課題を抽出し、判定アルゴリズムを検討していく。

## 謝辞

平素より貴重なご助言を頂く三菱電機株式会社松下雅仁部長に深謝致します。

## 参考文献

- [1] 秦淑彦, 神田貴大, 山崎有祐, 大光茜, 三浦晃平, ”人感センサネットワークを用いたスマートビル—焦点型赤外線センサによる人物通行判定方式の改良について—,” 情報処理学会研究報告, Vol.2014-UBI-41, No.5, pp.1-8, March, 2014

問い合わせ先

〒731-5193

広島市佐伯区三宅 2-1-1

広島工業大学情報学部情報工学科

室中 菜緒