Vol.2014-MBL-70 No.5
Vol.2014-UBI-41 No.5
2014/3/14

人感センサネットワークを用いたスマートビル －焦電型赤外線センサによる人物通過判定方式の改良について－

秦淑彦[†1]　神田貴大[†1]　山崎有祐[†1]　大光茜[†1]　三浦晃平[†1]

ビル利用者の行動に基づき，安全／快適／便利／省エネな空間を提供するスマートビルシステムを実現するため，侵入検知や照明制御等で広く利用されている安価な焦電型赤外線センサを用いた人感センサネットワークにより，タグ等を持たない人も含めた行動情報を抽出する研究を行っている．このセンサを利用して，人の有無（動きの有無）だけでなく，通行する人数を計測する人数カウンタの実現を考える．デュアルエレメント型のセンサに対して一組の検知エリアを設定することにより，その検知エリアを通行する人の数と方向を検知する．既に，ゲート通行への適用を想定したプロトタイプを開発し，種々の通行動作に対する実験を行い，特別な動作や温度条件を除き，ほぼ正しく判定できることを確認している．実用化に向けた改良の一つとして，複数人が連続して通行しても，各人が通行した直後に判定する逐次判定アルゴリズムを考え実装した．また，ゲートのない出入口で通行判定できるよう，斜め方向も含めた通行判定方法の基本アイデアを考え，予備実験によりその実現可能性を検討した．

A Smart Building with PIR Sensor Networks - Improvements in Counting Pedestrians with PIR Sensors -

TOSHIHIKO HATA[†1]　TAKAHIRO KANDA[†1]　YUSUKE YAMASAKI[†1]
AKANE OHMITSU[†1]　KOHEI MIURA[†1]

It is very effective to extract human behavior and control building facilities based on the behavior in smart buildings that should provide safe, comfortable and convenient environment with energy saving. We have been doing research on extracting the human behavior with sensor networks using pyroelectric infrared sensors that are very inexpensive and used widely for security and facility control. The sensor networks provide information of human motion but not their quantitative information such as head-counts. We consider counting people existing in each area of buildings with counters placed on their entrances and utilize the pyroelectric infrared sensor for the people counter. The dual element type sensor with Fresnel lens having a pair of detecting areas detects numbers and directions of pedestrians. According to experiment for various passing movements with various temperature difference between the pedestrians and a floor, we confirmed that the sensor can count the number of people correctly except some limited cases such as plural pedestrians in vicinity less than 30cm and very small temperature difference. We implemented the improved algorithm counting pedestrians sequentially in a prototype and got good results in an experiment in a panel exhibition site. We also started to consider how to count pedestrians walking in various directions.

1. はじめに

安全／快適／便利／省エネな空間を提供するスマートビルシステムでは，ビル利用者の行動を抽出し，その行動情報に基づき設備制御することが有効である．我々は，侵入検知や照明制御等で広く利用されている安価な焦電型赤外線センサを用いた人感センサネットワークにより，タグ等を持たない人も含めた行動情報を抽出する研究を行っている[1][2][3]．これらの研究では，各センサからは通行者の有無しか取得できず，人数を計測することはできない．

そこで，エリアの出入口に人数カウンタを設置してエリア内の在場人数を管理すること，この人数カウンタに焦電型赤外線センサを利用し安価に実現することを考える．2つの焦電素子を有するデュアル型のセンサに対して一組の検知エリアを設定することにより，その検知エリアを通行する人の数と方向を検知する．ゲート通行への適用を想定したプロトタイプを開発し，種々の通行動作に対し，人と床の温度差を変えて実験した．その結果，非常に狭い間隔で通行する，かなり温度差が小さいなどの特別な場合を除き，ほぼ正しく通行判定できることを確認している[4]．現在，実用化に向けた幾つかの研究開発を行っている．

本報告では，改良の一つとして，複数人が連続して通行しても，各人が通行した直後に判定する逐次判定アルゴリズムと検証実験について述べる．また，ゲートのない出入口で通行判定できるよう，斜め方向も含めた通行判定方法の基本アイデアと予備実験について報告する．

2. 焦電型赤外線センサによる通行判定

2.1 焦電型赤外線センサ

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．焦電型赤外線センサはこの焦電効果を利用し，人体などから発せられるわずかな赤外線を検知する[5]．2つの焦電素子を用いるデュアル型センサは，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

†1 広島工業大学
Hiroshima Institute of Technologies

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

Vol.2014-MBL-70 No.5
Vol.2014-UBI-41 No.5
2014/3/14

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．

2.2 基本アイデア

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．

正しく通行判定するには，通行者が図 2.1 に示す方向で検知エリアを通行するよう誘導しなければならない．そのため，通行ゲートやパーティション等の設置が必要となるが，既に広く導入されており，大きな支障にはならないと思われる．

既に実用化されている人数カウンタ装置は，画像センサや距離画像センサ[6], アクティブ型のレーザセンサ[7]や超音波センサ等を用いているが，何れも装置単体／設置工事／運用（電力消費含む）のコストが高い．それに対し，焦電型赤外線センサは数百円／個と非常に安価であり，受動型のため取り付けも容易で消費電力も極めて小さい．

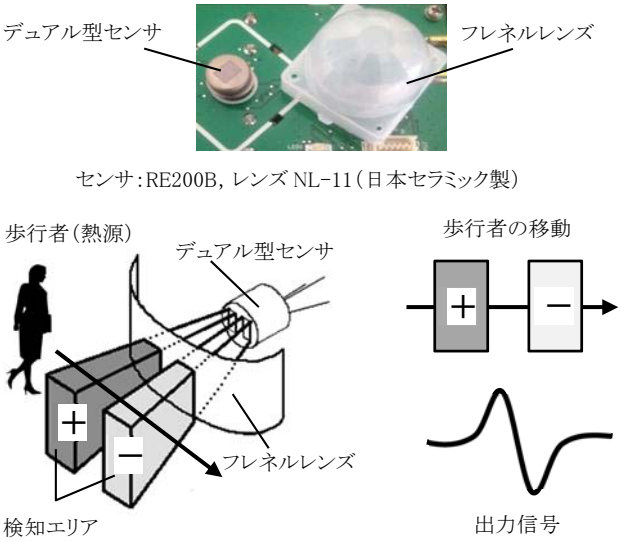
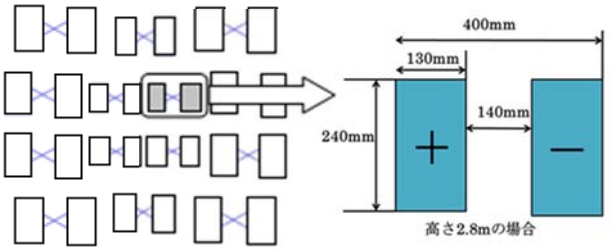


図 2.1　デュアル型センサと検知信号
Figure 2.1 Dual type PIR sensor and its output signal



(a)一般に利用される検知エリア　(b)一組の検知エリア

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

2.3 種々の通行動作とセンサ信号

高さ 2.8m の天井に焦電型赤外線センサを設置し，以下の通行動作を行った場合の代表的な信号波形と概要を表 2.1 に示す．

- 1 人の「歩行」,「走行」,「立ち止まり」,「引き返し」
- 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」

これらの通行動作において，移動速度，立ち止まり地点，間隔などを変えるとともに，温度差も 5, 10, 15, 20℃と変化させている．尚，入退箇所でのほとんどの通行動作は，1 人が立ち止まらずに歩行する（0.5～2m/s）か，小走りに走り抜ける（3m/s）動作であると思われる．

入退箇所における通行者の数と方向を判定するという視点で信号波形を観察すると，以下のことがわかる．

① 「1 人歩行」,「1 人走行」,「時間間隔の長い双方向通行」は波形のピークパターンにより判定可能

通常の通行動作である「1 人歩行」と「1 人走行」のピークパターンは＋－あるいは＋－＋であり,「時間間隔の長い双方向通行」は＋－－＋であり，他の通行動作と異なるパターンとなるため判別できる．

但し,「1 人走行」は検知範囲に存在する時間が短くなるため，信号の振幅が小さくなる．温度差が小さく移動速度が速いと，ピークを検出するのが難しくなる．

② 「30cm 以上の近接通行」,「立ち止まり」,「時間間隔の短い双方向通行」は，多くの場合において，ピーク箇所の振幅値により判定可能

これら通行動作のピークパターンは＋－＋－あるいは＋－＋－＋となり, ピークパターンだけでは判定できない．しかし，多くの場合は図 2.3 に示すように，ピーク箇所の振幅値が異なるので判別できる．

③ 判定できない通行動作がある

以下の通行動作は判定できない．何れも特別な通行動作であり，本研究が狙う“ 高い精度は求めず，できるだけ安価に実現する ”応用では問題ないと考える．

- 「20 ㎝以下の近接通行」　：「かなり間隔の狭い近接通行」は，セキュリティゲートでの手引きによる共連れ行為や，手をつないだ親子連れに相当する．
- 「引き返し」　：引き返す位置や引き返し方によって種々の波形となり，他と区別するのは困難である．
- 「長時間の立ち止まり」　：センサの動作原理から出

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

Vol.2014-MBL-70 No.5
Vol.2014-UBI-41 No.5
2014/3/14

力が零となり，検知できない．

④　温度差が小さいと判定が難しくなる

人と床面の温度差が小さいと出力波形の振幅が小さくなり，上記①と②に対しても，ピークの検出が困難になる，他の通行動作と同様な波形となる場合がある．

⑤　1m 四方の通行スペースが必要

図 2.2(b)の検知エリアのサイズであれば，1m 四方の通行スペースがあれば，周囲の通行者の影響を受けない．この程度のスペースであれば，入退ゲートを設置する以外に，書棚等を用いてエリアへの入退箇所に制約をつけることでも対応できる．

2.4 従来の通行判定アルゴリズム

文献[4]では，上記の信号波形に対する観察に基づき，以下の処理手順で通行判定を行う．

①　通行判定区間におけるピーク検出

動作の開始に伴い，センサ信号が零近傍ではない値を取り始めてから，一連の通行動作が終了し，センサ信号が一定時間以上零近傍となる時間区間を通行判定区間とする．この通行判定区間内において，波形の傾きが変化する点をピークとして検出し，ピークの符号と信号値を記録する．

②　通行判定区間毎に一括判定

まずピークパターンに基づく一次判定を行い，「1 人歩行」および「一人走行」のピークパターンであれば 1 人通過と判定する．それ以外のピークパターンの場合は，二次判定として，ピーク値をチェックして通行動作を特定する．通行速度や温度差の変化に対応できるよう，通行判定区間内のピークの最大値と最小値からピーク値を正規化している．

このように，従来は通行判定区間終了後に一括して判定するため，多くの人が連続して通行する場合は，判定まで時間を要する．また判定プログラムの実装の問題ではあるが，想定される連続通行人数分の通行パターンを用意しているため，効率の悪いプログラムとなっている．

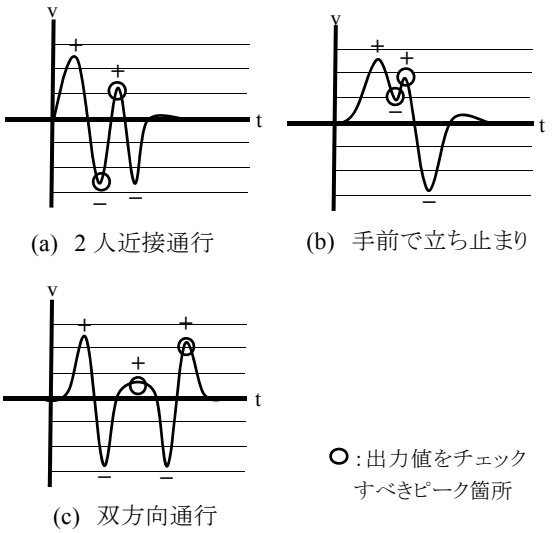
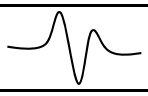
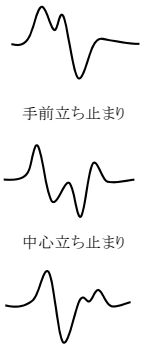
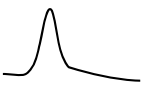


図 2.3　同じピークパターンを有する出力波形
Figure 2.3 Wave shapes with the same peak pattern

表 2.1　通行動作に対する出力波形
Table 2.1Wave 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
「引き返し」 1 人が 1m/s～3m/s で，ゲート内で一度引き返し通過しない		手前で引き返す場合 ピーク: ＋ 奥の検知範囲まで行かず正ピークが 1 回
		中央で引き返す場合 ピーク: ＋－－＋
「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: ＋－－＋

注　（＋）はゆっくりと通行した際に＋ピークが追加される

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

Vol.2014-MBL-70 No.5
Vol.2014-UBI-41 No.5
2014/3/14

3. 逐次判定方式

3.1 判定アルゴリズム

従来の一括判定方式の問題を解決するため，1 人が通過した後，逐次に判定するアルゴリズムを考える．従来と同様に，対象とする通行動作は「1 人の歩行／走行」，「立ち止まり」，「近接通行」，「双方向通行」とし，移動速度や温度差の変化にも対応できるようにする．

一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．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，図 3.1(a)に示すように，振幅の大きな二つのピークの間に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，こ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．

ピークの真偽判定はその振幅の大きさによるが，センサ信号の振幅の大きさは，人と床面の温度差や移動速度により変化する．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，図 3.1(b)に示すように，最初の人が走って通過し，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 3.2 に示す．

- 4 つのピークが発生した時点で判定
  「立ち止まり」で 4 つのピークが発生するため，4 つのピーク候補が発生した時点で真偽判定をし，さらに通行判定を行う．一定時間動きがなく通行判定区間を終了した場合は，ピークが 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
  図 3.1(c)に示すように，＋ピークなのに負の値，あるいは－ピークなのに正の値を有するピークは偽のピークであり，ピーク値の正負により判定する．この判定で除去できない偽のピークは，振幅の大きさで判定する．この際，図 3.1(b)の動作に対応できるよう，連続する奇数番目と偶数番目のピークの振幅比を求め，振幅が大きく異なっていれば偽，そうでなければ真と判定する（図 3.1(d)）．
- 同じ符号が連続するピークを除去
  上記の方法で判定した偽のピークを削除することにより，図 3.1(e)に示すように，連続するピークが＋＋あるいは－－と同じ符号を持てば，さらに一方を除去する．但し，図 3.1(f)に示すように，「双方向通行」の場合も同じ符号のピークが連続するため，ピークの発生時間間隔が閾値以下のものを削除の対象とする．
- 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．

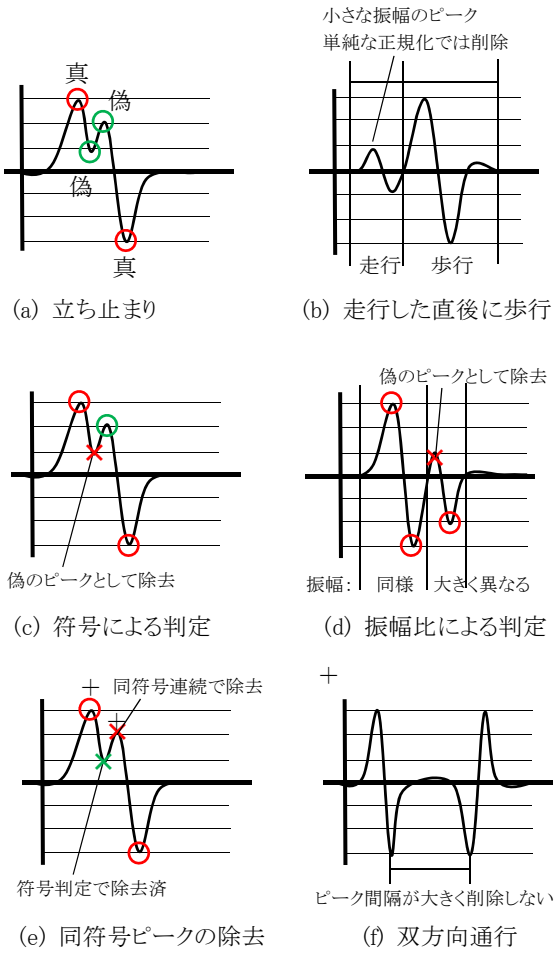


図 3.1　偽ピークの除去
Figure 3.1 Removing false peaks

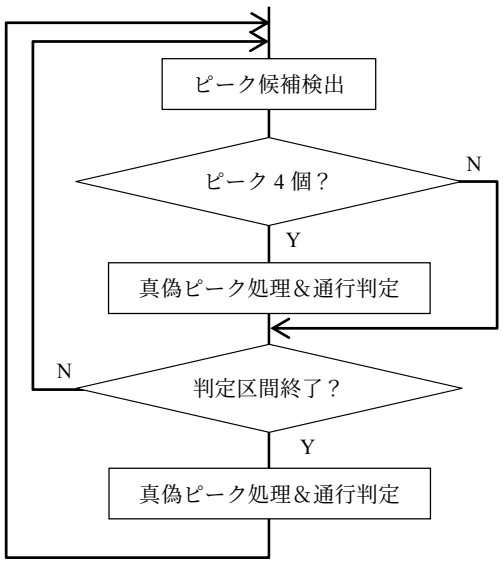


図 3.2　逐次判定方式の処理手順
Figure 3.2 Processing flow of the sequential method

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

Vol.2014-MBL-70 No.5
Vol.2014-UBI-41 No.5
2014/3/14

3.2 通行実験

3.2.1 実験方法

実験システムの構成を図 3.3 に，試作した通行判定装置を図 3.4 に示す．通行判定装置を高さ 2.8m の天井に設置し，1m×1m のエリアを通行する．通行判定装置はデュアル型センサ，低域フィルタおよび微分回路，マイコンボードを備える．この装置に実装された判定プログラムが判定処理を行い，判定結果と AD 変換されたセンサ出力信号を LAN 経由でパソコンに伝送する．

各通行動作に対し，温度差を 5，10，15℃と変化させ，通行動作を各々10 回行った．

3.2.2 結果と考察

通行動作および温度差に対して，正しく判定（正），動作を特定できない（不可），他の通行動作と誤って判定（誤）した場合の確率を表 3.1 に示す．判定率に関しては，従来の一括判定方式とほぼ同様の傾向となっている．

- 「1 人歩行」,「1 人走行」,「近接通行」
  ほぼ 100%正しく判定しており，通常の運用であればかなり良い精度で判定できているといえる．温度差が小さい場合の走行では，かなり振幅が小さくなりピーク検出できない場合がある．
  文献[4]より判定率は向上しているが，原因はつかめていない．全く同じ実験はできないこと，通行動作数が少ないことが影響として考えられ，さらに実験が必要である．
- 「立ち止まり」と「双方向通行」
  「手前で立ち止まり」と「奥で立ち止まり」は，ほぼ 100%正しく判定している．「中心で立ち止まり」の場合，「双方向通行」と誤判定する場合がある．

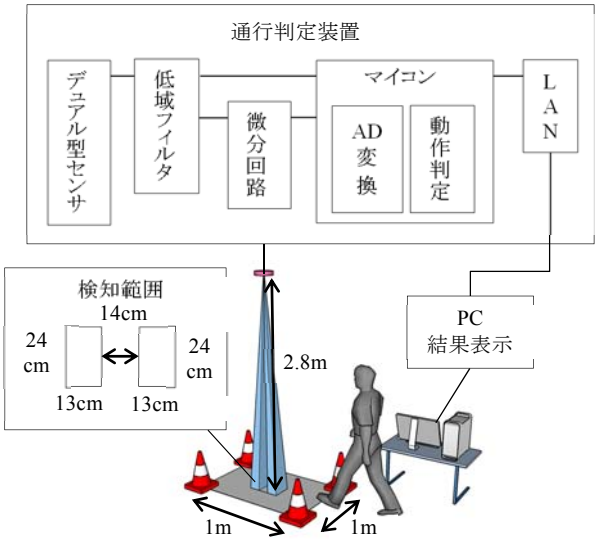
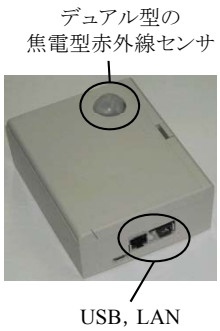


図 3.3　通行判定実験におけるシステム構成
Figure 3.3 Experimental system for counting pedestrians



項目	仕様
センサ	焦電型赤外線センサ RE200B，NL-11（日本セラミック）
マイコン	Beagle Bone TI AM3359，Linux 3.2（Beagle Borne.org）
IF	LAN，USB
A/D	0.9± 0.9V，12bit
電源	5VDC，USB給電
サイズ	125× 100× 45mm
重量	250g

図 3.4　通行判定装置
Figure 3.4 Prototype device for counting pedestrians

表 3.1　通行実験における通行判定の結果
Table 3.1 Experimental results of counting pedestrians

通行動作 (各 10 回)	詳細	通行速度 (m/sec)	温度差 15℃			温度差 10℃			温度差 5℃		
			正	不可	誤	正	不可	誤	正	不可	誤
一人通行		0.5～3	100	0	0	100	0	0	100	0	0
		5	100	0	0	90	10	0	80	20	0
二人同方向	間隔 30cm	1	100	0	0	100	0	0	100	0	0
	間隔 60cm		100	0	0	100	0	0	100	0	0
立ち止まり	中心より前 15 ㎝　1 秒		100	0	0	100	0	0	100	0	0
	中心より前 15 ㎝　2 秒		100	0	0	100	0	0	80	20	0
	中心　1 秒		90	0	10	90	0	10	90	10	0
	中心　2 秒		80	0	20	80	0	20	70	0	30
	中心より奥 15cm　1 秒		100	0	0	100	0	0	100	0	0
	中心より奥 15cm　2 秒		100	0	0	100	0	0	100	0	0
二人双方向	退出進入間隔 0.5 秒		50	0	50	80	0	20	100	0	0
	退出進入間隔 1.5 秒		90	0	10	100	0	0	100	0	0

注　正解（正），特定不可（不可），誤判定（誤）の判定確率を%で示す．

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

Vol.2014-MBL-70 No.5
Vol.2014-UBI-41 No.5
2014/3/14

「双方向通行」は「立ち止まり」と誤判定される確率が高い．これは，「双方向通行」において退出と進入の時間間隔が短い場合，図 3.5 に示すように，退出に対応する＋－ピークと進入に対応する－＋ピークの間の緩やかな起伏を＋ピークと判定していることが一因と考えられる．ピーク検出を改良することにより改善できる可能性がある．また，同じ符号が連続するピークを除去する際，ピーク間隔の閾値を小さくすれば「双方向通行」の正解率が向上し，大きくすれば「立ち止まり」が向上するトレードオフがある．

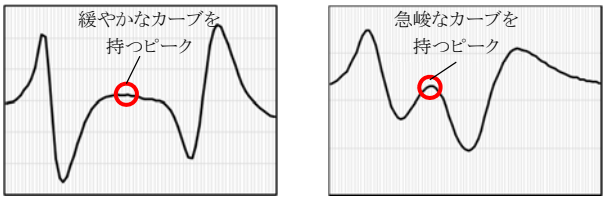


図 3.5　双方向通行と立ち止まりの中央のピーク
Figure 3.5 Central peaks of bidirectional passing and stop-and-start passing

3.3 実環境における検証実験

3.3.1 実験方法

実環境での検証として，学科の 2 年生約 100 名を対象とした研究室のパネル展示において通行判定の実験を行った．実験のレイアウトを図 3.6 に示す．天井 2.9m に通行判定装置と小型カメラを設置し，通行判定に関するデータをパソコンに記録するとともに，ビデオレコーダに通行映像を記録した．ゲートは設置していないため，＋－の検知範囲を通行した場合のみ評価対象とした．約 1 時間行い，延べ通行人数は 95 名である．

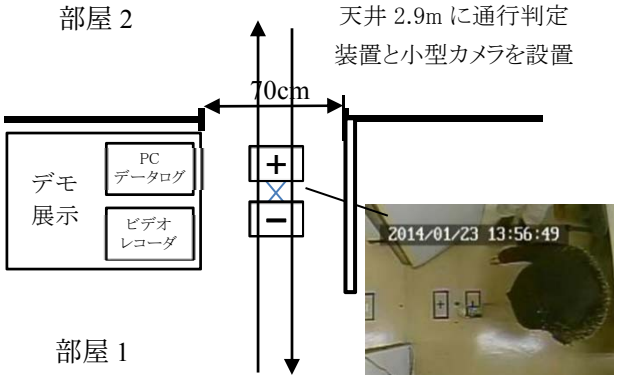


図 3.6　パネル展示における実験レイアウト
Figure 3.6 Layout of experiment in panel exhibition

3.3.2 結果と考察

通行動作と回数，各通行動作に対して正しく判定（正），動作を特定できない(不可), 他の通行動作と誤って判定(誤)した場合の確率を表 3.2 に示す．

- 62 回の通行動作に対して正しく判定したのは 56 回（90%）である．人数が多く，展示により滞留が発生しやすい状況を考えると，良い精度で判定しているといえる．
- 「1 人歩行」と「2 人近接通行」は 100%正しく判定している．
- 「立ち止まり」で特定できなかったのは，7 秒立ち止まった場合である．焦電型赤外線センサの原理上，長時間の立ち止まりには対応できないため，サーモパイル等の他のセンサを併用する必要がある．
- 3 人以上の近接通行になると，間隔が 30cm 以下になる，滞留が発生することにより，判定は難しくなる．

表 3.2　パネル展示会場における通行判定の結果
Table 3.2 Experimental results in panel exhibition

通行動作	回数	正	不可	誤
1 人歩行	45	100	0	0
1 人通行 立ち止り	2	50	50	0
2 人双方向通行	4	50	0	50
近接通行　2 人	5	100	0	0
近接通行　3 人～10 人	6	50	50	0

注　正解（正），特定不可（不可），誤判定（誤）の判定確率を%で示す．

4. 斜め方向を含む通行判定

4.1 基本アイデア

これまでは，通行者が比較的小さな単一の検知エリアを確実に通行するよう，ゲート等の設置を前提としてきた．しかし，利便性やコストの点からこのような制約がないことが望ましい．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．この応用では，一度に 1 人しか出入口を通過しない，色々な方向で進入退出が行われると想定できる．これを実現するには二つの基本的なアイデアが考えられる．

①　幅広い検知範囲を有する単一のセンサを設置

図 4.1(a)に示す単一の幅の広い検知エリア，あるいは図 4.1(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期待される．

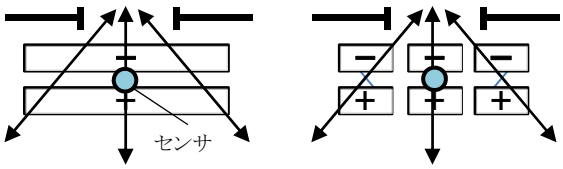
②　検知方向の異なる複数のセンサを設置

図 4.1(c)に示すような，比較的小さな検知エリアペアを

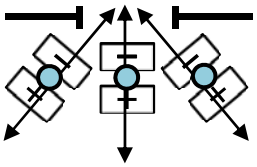
ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

Vol.2014-MBL-70 No.5
Vol.2014-UBI-41 No.5
2014/3/14

有する複数のセンサを，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思われる．構成や処理が複雑になる反面，出入り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 4.1　ゲートのない出入口での通行判定のアイデア
Figure 4.1 Ideas for counting pedestrians at doorway

4.2 予備実験

4.2.1 実験方法

高さ 2.8m の位置に 3 つの通行判定装置を，検知方向が出入口の面から 45°，90°，135°となるように設置し，45°～135°まで 15°ずつ通行方向を変化させて「1 人通行」を行った（図 4.2）．温度差は 15℃，各々5 回の通行動作を行い，信号データおよび 3 章で述べた判定アルゴリズムの処理データを記録し分析した．

4.2.2 結果と考察

図 4.3 に，各々の通行動作に対する 3 つのセンサ信号の波形の例を示す．図において，通行判定装置の回路の特性の違いにより，センサ出力のオフセットが異なっている．また，＋－通行／－＋通行は正しく進入／退出が判定できる場合を示し，その他，ピークの検出や正しく判定できない場合を記述している．これら信号波形を観察すると，以下のように分類できる．

① 通行方向に近い検知方向を有するセンサから通行動作に対応する信号，他のセンサから動きなしの信号あるいは－の検知エリアのみ通行した信号

図 4.3 の(a)，(b)，(c)，(d)，(f)，(g)，(h)，(j)，(l)，(n)と多くの場合が①の分類となる．例えば，(c)の 60°で進入した場合，この通行方向に近い 45°の検知方向を持つ装置が＋－ピークを持つ振幅の大きな信号を出力する．一方，90°の検知方向を持つ装置は，－の検知エリアのみ通過するため，－ピークを持つ信号を出力する．135°の検知方向を持つ装置は，何れの検知エリアも通過しないため，ピークを持たない信号を出力する．

② 通行方向に近い検知方向を有するセンサから通行動作に対応する信号，他のセンサから逆方向の信号あるいは動きなしの信号

図 4.3 の(e)，(i)，(m)が②の分類となる．例えば(i)の 105°で進入した場合，最も検知方向の近い 90°の装置から＋－ピークを持つ振幅の大きな信号が出力されるが，次に検知方向が近い 105°の装置から－＋ピークを持つ信号が出力される．これは－エリアのみ通過した後に振幅の小さな＋ピークが発生するためであり，矛盾した結果ではない．装置単独での判定は退出となるが，90°の装置に比べ振幅が小さく，判定の際に振幅の大きさを考慮すれば正しく判定できると思われる．

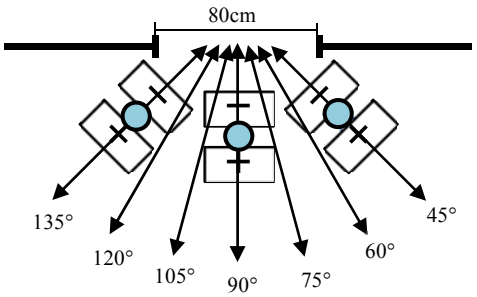
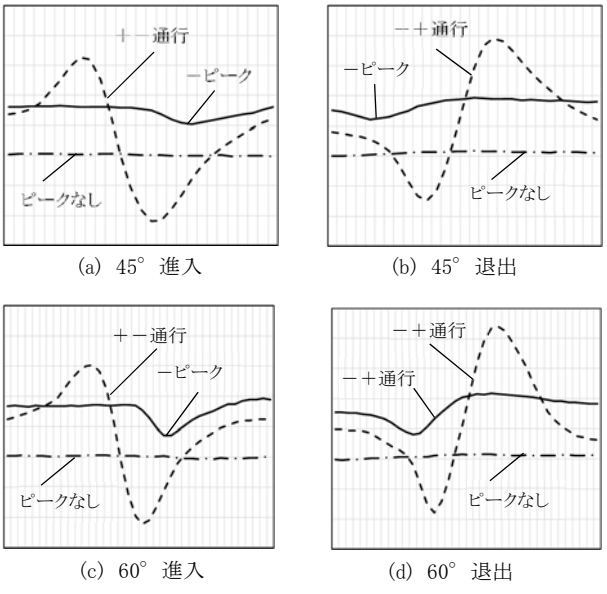


図 4.2　3 個のセンサを用いた通行実験
Figure 4.2 Experiment for counting pedestrians with three sensors



(a) 45° 進入　(b) 45° 退出　(c) 60° 進入　(d) 60° 退出

図 4.3　通行方向の異なる「1 人歩行」の信号波形
Figure 4.3 Wave shapes of walking in various directions

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

Vol.2014-MBL-70 No.5
Vol.2014-UBI-41 No.5
2014/3/14

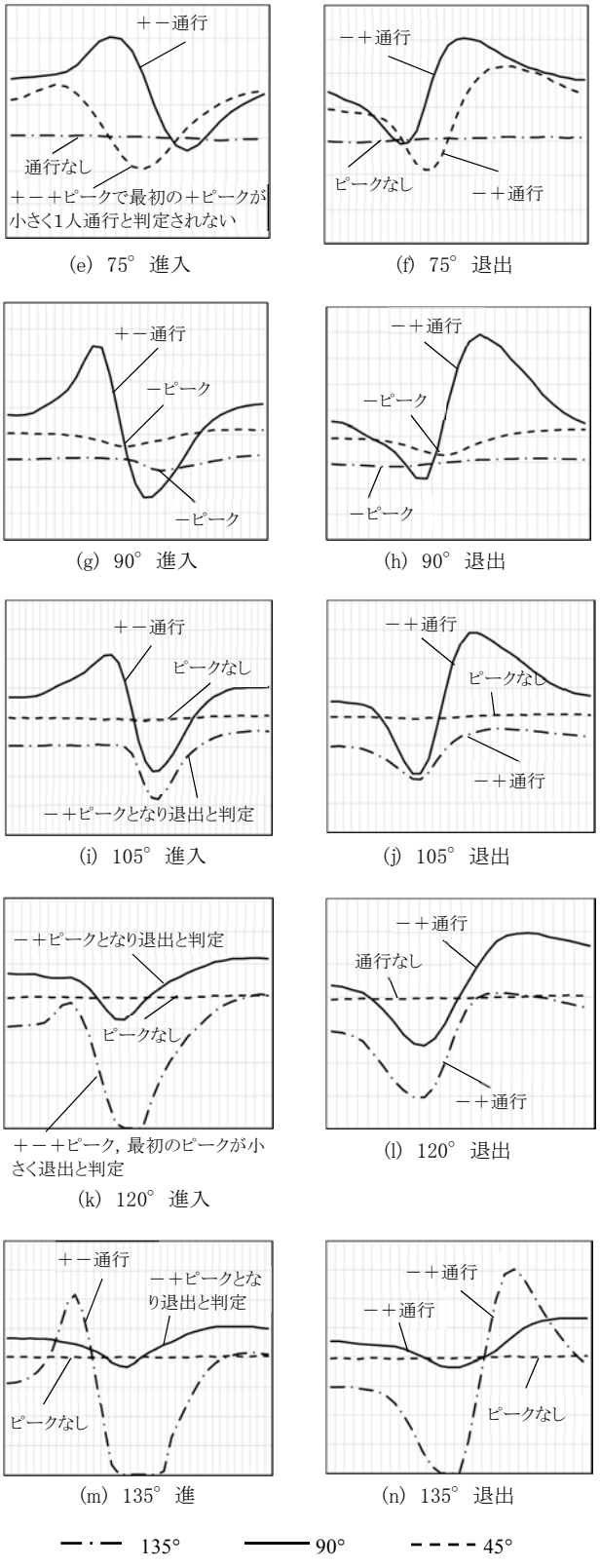


図 4.3 通行方向の異なる「1 人歩行」の信号波形
Figure 4.3 Wave shapes of walking in various directions

上記のように，通行方向に近い角度に設置されたセンサから通行動作に対応する振幅の大きな信号が出力され，他のセンサから通行動作と矛盾しない信号が出力されている．但し，図 4.3(k)の 120°の進入では，最も検知方向に近い 135°の装置の信号において，最初の＋ピークが小さいため正しく進入と判定されない．原因はつかめていないが，フレネルレンズの精度や取り付け方の問題により，意図したとおり正確に検知範囲を設定できていないことが考えられる．今後，詳細に調査する．この場合を除けば，基本アイデアで想定した信号が得られており，さらに色々な通行動作に対する通行実験を行い，判定方式を検討していく．

5. まとめ

焦電型赤外線センサを用いた通行判定装置の改良として，複数人が連続して通行しても，各人が通行した直後に判定する逐次判定アルゴリズムを提案した．プロトタイプに実装して種々の通行実験を行い，従来の一括判定方式と同様な判定率が得られることを確認した．さらに，実環境での検証としてパネル展示会場での通行判定実験を行い，長時間の立ち止まりや通行者同士が非常に接近した場合を除き，正確に判定できることを確認した．アルゴリズムは改善の余地があり，改良を継続する．

また，ゲートのない一人用の出入口での通行判定を実現するため，基本アイデアとして，幅の広い検知エリアを有する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，後者について予備実験を行った．単純な通行動作での実験であるが，予期した信号波形が得られることを確認した．今後は，両アイデアに対して通行実験を行い，判定方式を検討する．

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) C. R. Wren, E. M. Tapia, "Toward Scalable Activity Recognition for Sensor Networks," 2nd Int' Workshop on Location- and Context-Awareness, Dublin, May, 2006
2) C. R. Wren, Y. A. Ivanov, "Ambient Intelligence as the Bridge to the Future of Pervasive Computing," IEEE Int' Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, September, 2008
3) 大澤奈々穂，枝澤一寛，松下雅仁，森一之，信太優子，秦淑彦，”人動態情報を用いた省エネ可視化方法の提案，” 電気学会 C 部門大会，September, 2010
4) 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 －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－，” 情報処理学会研究報告, Vol.2013-UBI-37, No.12, pp.1-8, March, 2013
5) 奥田晋也，金田重郎，芳賀博英，” アナログ型焦電センサによる人間の室内位置・身長の判別法の提案，” 情報処理学会研究報告，UBI 2004(112), pp.1-8, November, 2004
6) 高橋史忠，進藤智則，内田泰，“ 魔法の UI 第 3 部：UI を超えて 全 CMOS センサに距離画像，空間をモデル化するクローラ，” 日経エレクトロニクス，No.1081, pp.50-59, April, 2012
7) 帷子京市郎, 中村克行, 趙卉菁, 柴崎亮介, ” レーザセンサを用いた歩行者通過人数の自動計測手法, ” 情報科学技術レターズ, 5, pp.145-148, 2005

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan