平成 27 年度

学士学位論文

赤外線測距センサーを用いた通過の検知

Detection of passage by using the Infrared distance-sensor

1160321　　鈴木祐希

指導教員　　福本昌弘

高知工科大学 情報学群

要 旨

赤外線測距センサーを用いた通過の検知

鈴木祐希

災害発生に伴い，救助活動に必要な情報が不足するケースが複数報告されている．その一例として，東日本大震災では多数の救助員を動員し，総当たり的に救助活動を行っている．そのことから要救助者の位置情報と人数が分かれば，効率的な救助活動が可能になると考えられる．そこで，平常時から部屋ごとの在室人数を把握することで，災害時に要救助者の位置情報と人数を利用しようとする試みがある．既存の代表的な人数把握方法としてビデオカメラと入退室管理システムとがある．しかし，いずれもプライバシーの問題や IC カードの所持が必要といった理由から広く普及には及んでいない．

そこで，本研究では赤外線測距センサーにより，部屋の入り口で人の通過を検知し入退室数をカウントすることで在室人数把握を行う．本研究の実験として，2 つのセンサーから人の通過検知の時間差から入退室方向を判別しカウントを行っている．この方法では，人の通過検知により在室人数把握を行うため，個人の識別を行わず，IC カードも必要ない．

人が部屋の入り口を通過する状況として，いくつかの通過パターンを想定してデータ取得を行っている．そのデータに対して通過検知を行った結果，歩行する人の入退室の判別ができていることを確認している．しかしながら，荷物を持った人の通過データに対して，誤検知することがわかった．対策としてデータに平滑化処理を行うことで，正しく検知できていることを確認している．また，荷物を運ぶ人が隙間なく連続で通過した場合，平滑化処理を用いても通過検知が正しい結果が得られなかった．さらに，通過せず途中で通行人が引き返した場合に誤検知することがわかった．この問題に対し通過方向の判別方法を 改善することで，問題なく検知できたことを確認している．

キーワード　　入退室検知，赤外線測距センサー，在室人数把握

Abstract

Detection of passage by using the Infrared distance-sensor

SUZUKI Yuki

When a disaster occurs, it has been reported that a lack of information necessary for rescue work. As an example, at the time of the Great East Japan Earthquake, it was carried out rescue efforts by movilizing a large number of rescue personnel. Therefore, it is considered that it is possible to efficiently rescue efforts when the information such as the position and the number of people can be obtained. In response to this, by knowing the number of people in the room when normal time, there is an attempt of utilizing its information when in the disaster occur. As a existing method of grasp the number of people, there is a method by using video camera or entry control system. However, there are problems such as either method privacy issue or there is a need to have IC card. For this reason, those methods are not widely used.

In this research, the number of accessing the room is counted to perceive the number of people in the room using the infrared distance-sensor. As an experiment, the direction of movement is discriminated and counted using the time difference between two behavior from sensor. In this method, the detection of head count is used only. Therefore, personal privacy is protected and the authorized device such as IC card is not needed. As a situation of coming and going the room, some through patterns are prepared for data aguistion using sensor. As almost results uisng above data, the entering and leaving ther room have beenable to determine correctly. However, the misdetection is occured in the case of using three kind of data. In the first case, a person has the baggage. Second, some person more with no space between each other. In the last case,

a person turns back halfway through the door. To avoid those misdetection, the moving average deviation is used and the algorithm of the proposed method is improved. As a result, all patterns has been able to detected correctly.

key words detect entering and leaving, infrared distance-sensor, grasp the number of people

目次

第 1 章　序論　1

1.1　本研究の背景と目的 1

1.2　論文の構成 2

第 2 章　既存の在室人数把握方法の問題　3

2.1　既存の在室人数把握方法 3

2.1.1　ビデオカメラによる人数把握 3

2.1.2　入退室管理による人数把握 4

2.1.3　入退室者数のカウント 5

2.2　人数把握を行う対象と条件 5

第 3 章　センサーを使用した人の通過検知による在室人数把握　7

3.1　センサーによる在室人数把握方法 7

3.2　機器構成 9

3.3　データ取得環境 9

3.4　しきい値の設定 11

3.5　赤外線測距センサーによる在室人数把握 12

第 4 章　通過方向の判別に生じた問題と対処　14

4.1　取得データからのノイズの検出と除去方法 14

4.1.1　人の通過検知のためのしきい値の再設定 15

4.2　荷物を運ぶ人が通過した場合に生じた問題 16

4.2.1　連続した人の通過との比較 17

4.2.2　移動平均フィルタによる平滑化処理 19

4.2.3　荷物を運ぶ人の通過検知の検証 20

4.2.4　誤検知と予想される通過の確認 21
4.3　来た道を引き返す場合に生じた問題 23
4.3.1　通過方向判別方法の改善 24
4.3.2　来た道を引き返す人の通過方向判別の検証 26
4.4　考察 28

第 5 章　結論 **29**
5.1　本論文のまとめ 29
5.2　今後の課題 30

謝辞 **31**

参考文献 **32**

図目次

3.1 センサーによる在室人数把握 8
3.2 機器構成図 10
3.3 赤外線測距センサーの出力電圧と測定距離の対応表 10
3.4 人の出入りに対し側面から撮影した出入り口 11
3.5 人の出入りに対し正面から撮影した出入り口 12
3.6 赤外線測距センサーより取得した生データ 13

4.1 赤外線測距センサーより取得したデータ 15
4.2 ノイズ除去をしたデータ 16
4.3 2 人分のカウントをしたデータ 18
4.4 通行方向を誤判別したデータ 19
4.5 荷物を運ぶ人が通過したデータ 20
4.6 人が連続で 2 人通過したデータ 21
4.7 荷物を運ぶ人が通過したデータに平滑化処理を施したデータ 22
4.8 連続で人が 2 人通過したデータに平滑化処理を施したデータ 23
4.9 検証時に誤検知が見られた荷物を運ぶデータ 24
4.10 誤検知が見られた荷物を運ぶデータに平滑化処理を施したデータ 25
4.11 荷物を持つ人が隙間なく連続で通過したデータに平滑化処理を施したデータ 26
4.12 歩行中に来た道を引き返したデータ 27

表目次

2.1 在室人数把握方法の適切な状況と不適切な状況 6

4.1 平滑化処理による荷物の運ぶ人の通過検知の検証結果 21
4.2 赤外線測距センサーの通過検知状態 26
4.3 通過検知状態による通行方向の判断 27

第 1 章

序論

1.1　本研究の背景と目的

災害時には迅速な救助活動が求められているが，実際の救助活動は難航している．救助活動が難航する理由として救助時に必要な情報の不足が挙げられる [1]．救助に必要な情報として住民の避難状況や要救助者や要支援者の人数，位置情報などがある．特に震災では建物被害により自力で脱出，避難が行えない人の発生が多数想定される．

災害発生時には老人や怪我人の救助が優先して行われため，彼らの位置情報や人数が分かると早期の救助活動が効率的に行えると考えられる．そこで平常時から部屋ごとの在室人数を把握しておくことで，災害時にその情報を建物内の要救助者の人数と位置情報として利用することができる．そのため本研究では部屋ごとの在室人数の把握を目的とする．

在室人数を把握する既存の方法としてビデオカメラの使用 [2] や IC カード等による入退室管理システム [6] が挙げられる．しかし，これらの方法はプライバシーの配慮や IC カード等が必要となり，単一の方法のみでは建物内の部屋ごとの在室人数をすべて把握することは困難で非効率であると考えられる．既存の方法での把握が難しい箇所に対して，別の方法による在室人数把握を行う．そのため，本研究では個人を識別せず，所持品も必要ない在室人数を把握する方法として入退室した回数に注目して在室人数把握を行う．本研究では在室人数を入室者と退室者のカウントを行うために赤外線測距センサーを使用して人の通過を検知し通過方向の判別を行う．通過方向から入室と退室を判断して入退室のカウントを行い在室人数を把握する．そのため，人数に誤差がないよう，本研究では人の通過を検知し通過方向を判別することを目指す．

1.2　論文の構成

本論文の構成について述べる。

第 2 章では既存の在室人数を把握する方法と，その方法ごとの問題点について説明する．そして，本研究での想定と条件について説明する．第 3 章では，センサーを用いた在室人数の把握方法について説明する．第 4 章では，在室人数把握の中で生じた問題とその問題への対処について説明する．第 5 章では，本論文のまとめと今後の課題に対して述べる．

第 2 章

既存の在室人数把握方法の問題

災害発生時において救助活動を行う場合，住民の避難状況や要救助者、要支援者の人数や位置情報などが必要である．しかし，災害時にはこれらの情報は不足しており救助活動は難航している [1]．また，震災時には建物被害により自力で脱出，避難が行えない人の発生が考えられる．このような状況に対して平常時から部屋の在室人数を把握しておくことで，災害時に部屋ごとの在室人数情報を要救助者の人数と位置情報として利用することで救助活動の効率化を目指す．

在室人数の把握にはいくつかの方法が考えられる．しかし，既存の在室人数を把握する方法が対象となる建物へ適していないと考えられる．本章では既存の在室人数把握の方法とその方法による問題点を説明する．また，在室人数把握を行う対象とその対象への条件について説明する．

2.1　既存の在室人数把握方法

既存の在室人数を把握する方法としてビデオカメラを使用した方法，入退室を管理する方法，入退室者をカウントするについて説明する．また，それぞれの方法の問題について説明する．

2.1.1　ビデオカメラによる人数把握

ビデオカメラにより部屋の全体を撮影し、撮影範囲内の人数を確認する方法では，ビデオカメラで撮影した画像から画像認識技術を利用して人を検知し人数のカウントを行う [2].

また，災害時には人数だけでなく，撮影している場所の状況などの情報も得ることができる．

ビデオカメラを公共の場で使用する場合，プライバシーの問題が考えられる．ビデオカメラの映像は個人を識別できる場合，個人情報保護法で規定する個人情報に該当する [3]．個人情報保護法では個人情報の取扱いに関して利用目的をできる限り特定し，利用目的以外の利用することは禁止されている．そのため，現在利用されているビデオカメラは防犯が主な目的であり，その目的以外に映像を利用することはできない．また，人数把握を考えた場合はリアルタイムでカメラを使用する必要がある．個人の行動をリアルタイムで撮影する状況はプライバシーの侵害にあたる可能性がある．

ビデオカメラによるプライバシーの問題として 2014 年に行われた NICT と JR 西日本が共同で行った実験が挙げられる [4]．この実験は大阪駅にビデオカメラを設置し，通行する人の顔を識別することで人流計測を行い災害時の情報として利用できるかの実証を行なうものである．しかし，この実験に対し一般市民から苦情が寄せられ当初予定していた実験規模から大幅に縮小し再実験を行う結果となった．このような事例からビデオカメラは設置や録画映像の利用に制限があるため，設置が行えない箇所に対して別の方法で補う必要がある．

2.1.2　入退室管理による人数把握

入退室をする際に IC カードなどによりドアの解錠を行い，その時に IC カードから個人の情報を読み取り，誰がどの部屋にいるかを把握するシステムがある [5]．この情報から部屋ごとの在室人数も把握が行える．この方法による問題として入退室を行う際に 1 人のドアの解錠により複数人が解錠した人と同時に入退室をするものがある．また，このシステムは一人ひとりの入退室を管理するので，出入りする全員の情報を登録する必要があり，基本的に情報が登録されていない人は出入りすることができない．そのため出入りする人が未知の場合や大人数の出入りが考えられ場合には，このシステムの使用は難しいと考えられる．

2.1.3　入退室者数のカウント

レーザーセンサーなどを使用して建物内の入場者と退場者をカウントすることで建物内の人数を把握するシステムがある [6]．このシステムを建物単位で使用されることが多いが，部屋単位で入室者と退室者をカウントすることで在室人数を把握することができる．このシステムはおもに規模の大きい会場の来場者数のカウントに用いられるため，個人の識別までは行わない．このシステムでは入退室した人のカウントのみで個人の識別までは行えない．そのため在室人数だけでなく個人レベルの位置が知りたい場合には利用が難しい．

2.2　人数把握を行う対象と条件

部屋ごとの在室人数情報を災害時の要救助者の位置情報と人数情報として利用することを考えているため，建物内の全ての部屋ごとの在室人数を把握することが必要である．しかし，単一の人数把握方法では，全ての部屋ごとの在室人数を把握することは難しい．そこで各々の方法を併用することで部屋ごとの在室人数の把握が可能になる．ビデオカメラや入退室管理システムは既に製品として利用されているため，その 2 つが使用できない状況に対する在室人数把握を目指す．各々の人数把握方法ごとで使用するのに適切な状況と不適切な状況を表 4.2 に示す．表 4.2 よりビデオカメラと入退室管理システムの使用が適切でない状況として，プライバシーに配慮する場所，出入りする人が固定ではない場所が想定される．これらの状況が該当する病院の病室と学校の教室を在室人数把握を行う場所と想定する．この対象へ在室人数把握を行うために 2 つの条件を設定する．1 つめはプライバシーに配慮し個人の識別を行わないこと，2 つめは出入りする人が IC カード等の特定の所持品を持たないこととする．この 2 つの条件を満たすためにセンサーにより個人識別を行わずに人の通過を検知し，IC カード等も必要なく入退室を行うだけで入室者と退室者のカウントを行い在室人数を把握することを目指す．

2.2　人数把握を行う対象と条件

表 2.1: 在室人数把握方法の適切な状況と不適切な状況

人数把握方法	適切な状況	不適切な状況
ビデオカメラの使用	広い空間での利用 個人識別が必要	プライバシーの配慮が必要
入退室の管理	立ち入り制限の儲けたい場所がある 社員証等の個人識別の物がある	公共施設などの利用 利用者が不特定である
入退室者のカウント	プライバシーの配慮が必要	数人が横並びで同時に通過可能 個人の識別が必要

第 3 章

センサーを使用した人の通過検知による在室人数把握

第 2 章では既存の在室人数把握方法について説明し，既存の方法では人数把握が難しい状況として病室と学校の教室を想定した．想定する環境で求められる要件を満たして在室人数把握を行うために個人識別を行わず，IC カード等の所持品を必要としない方法での在室人数把握を行う．赤外線測距センサー使用して人の通過時のデータを取得する．取得したデータに対して処理を行い人の通過を検知し，検知した時間差から通過した方向を判別する．また，通過方向の判別により入室と退室を判断し入室者と退室者のカウントを行う．

本章ではセンサーを使用した在室人数を把握するための，人の通過検知と通過方向の判別方法について説明する．また，通過方向の判別方法のために使用する機器構成とデータ取得を行う環境について説明する．そして，人の通過検知のためのしきい値の設定について説明する．

3.1　センサーによる在室人数把握方法

第 2 章では既存の在室人数把握の方法としてビデオカメラの使用と入退室管理システムを挙げ，その 2 つのシステムで人数把握が困難な場所として病室と学校の教室が想定される．この想定場所に対して在室人数把握を行うために必要な条件として，個人識別を行わないこと，出入りする人が IC カード等の所持品が必要ないことの 2 つを設定した．これらの条件を満たすために本研究では，センサーを使用して人の通過を検知し入室者数と退室者数のカ

3.1　センサーによる在室人数把握方法

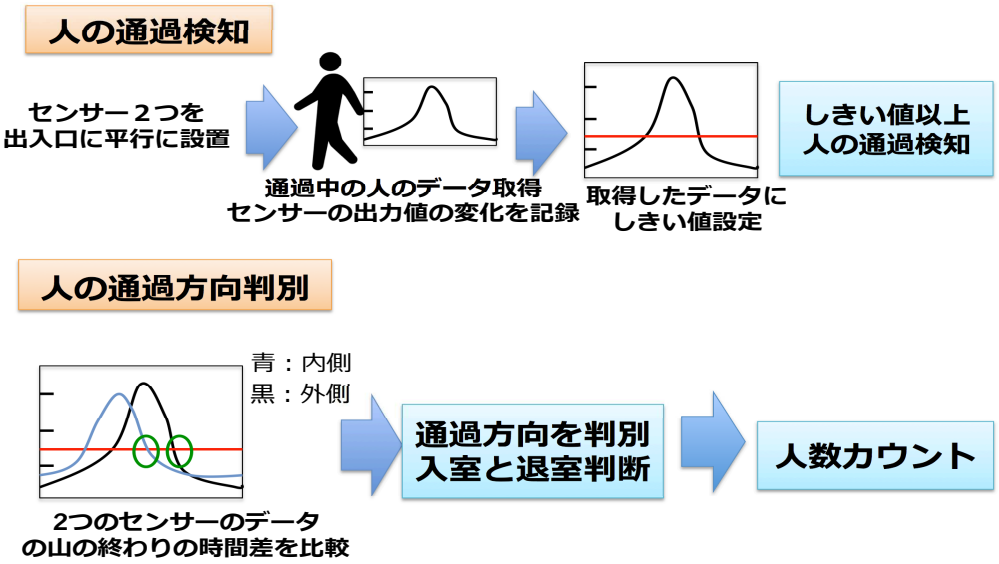

図 3.1: センサーによる在室人数把握

ウントにより在室人数把握を行う．そのためには人の入室と退室を正確に判断する必要がある．行うセンサーを使用した在室人数把握の方法を図 3.1 に示す．この方法は，物体の通過したデータから物体の通過した方向を判別するシステムといえる．まず 2 つのセンサーを平行に設置する．次に各センサーから物体が通過するデータを取得する．取得したデータには物体の通過を検知したと判断するための基準が必要である．そのため，取得データに対してしきい値を設定する．取得したデータからしきい値以上となる上昇部分を物体の通過として検知する．以降，取得データの価の上昇部分のことを山と表記する．2 つのセンサーのデータから物体の通過を検知したしきい値以上の山の時間差をとり，先に検知したセンサーの方向から後に検知したセンサーの方向へ通過したと判別する．

　このシステムを利用することで，物体が通過した方向を判別することができる．そのため，センサーを部屋の出入り口の内と外に設置すれば，人の通過から入室と退室を判断することができる．

3.2　機器構成

3.1 節で説明した方法で物体の通過検知と通過方向の判別を行うための使用する機器について説明する．

使用する機器構成図を図 3.2 に示す．本研究では物体の通過方向を判別するためには 2 つのセンサーの時間同期が必要なため，2 つのセンサーを 1 つの小型 PC で制御する．

本研究では人の通過検知を行うためのセンサーとして赤外線測距センサーを使用する．赤外線測距センサーは赤外線をレーザー状に照射し，物体からの反射光から距離を測定し対応する電圧を出力する．測定した距離と対応する出力電圧の関係を図 3.3 に示す．図の様に赤外線測距センサーは測定距離を出力電圧の高低で表すため，センサーの範囲内の物体の通過の有無により出力電圧が変化する．この出力電圧の変化にしきい値を設定することで，人の通過を検知する．しかし，図 3.3 のグラフより近距離のときに出力される値が他の距離の値と重複していることが確認できる．このままでは出力される値どちらの距離の物か判別できない．この出力電圧が重複する問題についてはセンサーの設置位置を工夫することで解決できる．また，人の通過の細かい変化を見るために 2 つの赤外線測距センサーは仕様上最も短い 40msec 間隔で交互にデータを取得する．

赤外線測距センサーはアナログ信号を出力する．このままでは取得したデータとして処理を行うことが難しい．そのため，アナログ信号をデジタル信号に AD 変換するために AD コンバータを使用する．赤外線測距センサーや AD コンバータなどの機器の制御と取得したデータの保存のために BananaPi と呼ばれる小型 PC を使用する．

3.3　データ取得環境

本研究では研究室の出入り口の内側と外側に赤外線測距センサーを設置し出入りする人の通過データの取得を行う．また，ドアの開閉を行うと，ドアの開閉より問題が生じると考えられる．しかし，ドア以外の問題が生じた場合，問題の理由がドアによるものか判断が難しい．本研究では問題の理由を個々で特定したいため，ドアの開閉による影響を受けないよう

3.3　データ取得環境

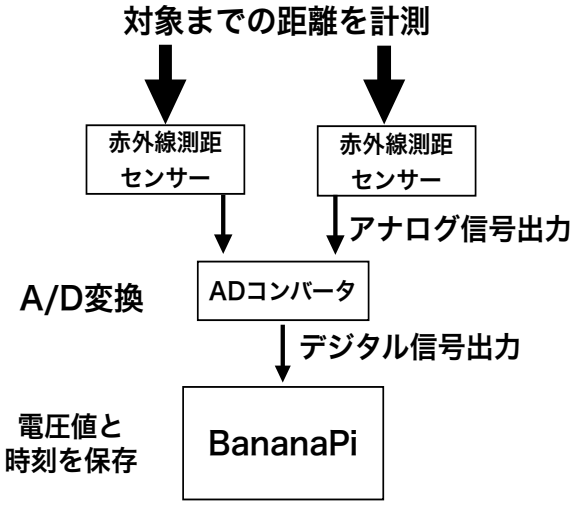

図 3.2: 機器構成図

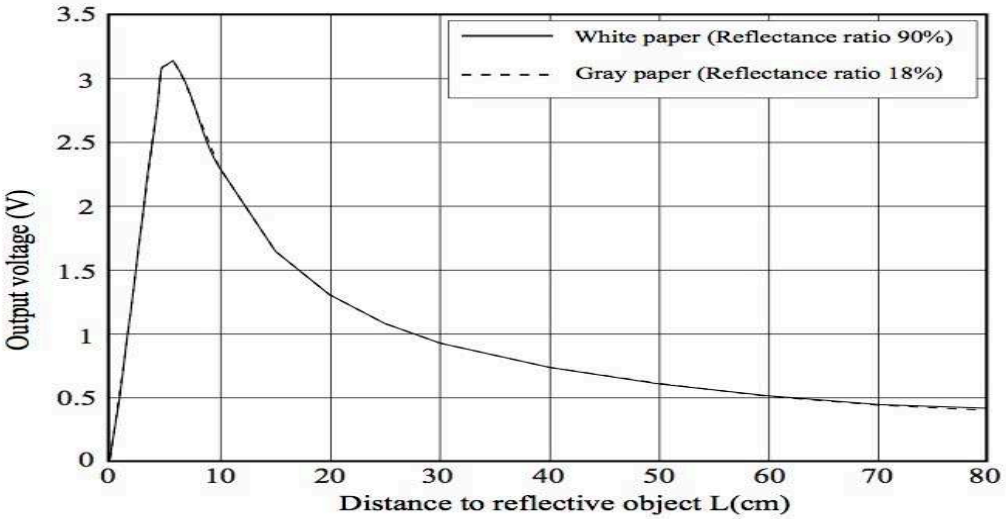

図 3.3: 赤外線測距センサーの出力電圧と測定距離の対応表

ドアは開放状態でデータ取得を行う．

機器の設置写真を図 3.4 と図 3.5 に示す．丸部分が赤外線測距センサーである．図 3.4 のように，出入り口の内側と外側に赤外線測距センサーを 200mm 間隔で平行に並べ，図 3.5 のように高さ 1000mm に設置する．

また，赤外線測距センサーと物体の距離が近いときに出力する値が他の距離の値と重複す

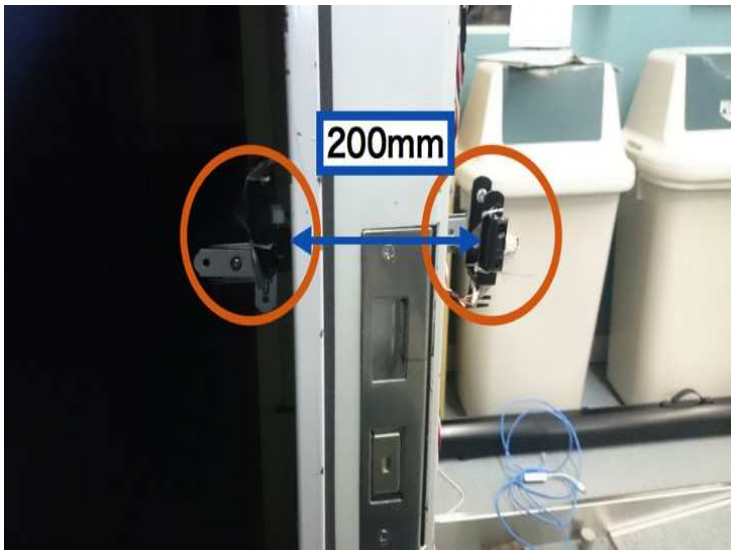

図 3.4: 人の出入りに対し側面から撮影した出入り口

る問題に対し，図 3.5 のように赤外線測距センサーは出入り口から 100mm 離して設置する．赤外線測距センサーの計測した距離が近距離の場合に他の距離の値と重複する問題に対し，出力される値はすべて 10cm 以上の距離に対して出力された値とする．以上の環境で人の通過データの取得を行う．

3.4　しきい値の設定

赤外線測距センサーから取得したデータは人の通過検知を行うためのしきい値を設定する．赤外線測距センサーから取得したデータを図 3.6 に示す．縦軸はセンサーの出力電圧，横軸が時間を表す．図 3.6 よりデータの山があることが確認できる．その山が人の通過を表す．山の部分の値により人の通過を検知するためにしきい値を設定する必要がある．山の価がしきい値以上のとき人が通過したと検知する．しきい値は設定が低すぎると，人が通過していない場合の赤外線測距センサーからの誤差に反応する．しかし，設定が高すぎると人の通過を検知できない．そのため，誤差に反応せず人の通過のみを検知できるよう，しきい値を適切な値に設定する必要がある．取得したデータは，何も通過したいないときの値が 0.4V 前後，人の通過時の小さい物で 0.65V ほどであった．そのためしきい値は誤差の影響

図 3.5: 人の出入りに対し正面から撮影した出入り口

を受けず，人の通過を確実に検知するとして 0.5V と設定する．

3.5　赤外線測距センサーによる在室人数把握

本研究では 2 つの赤外線測距センサーを出入り口の内と外に設置し，人の通過データを取得する，取得データにしきい値を設定することで，出力電圧がしきい値より大きいかどうかで人の通過を検知する．2 つのセンサーが人の通過を検知した時間差をとり通過方向を判別することで入室と退室を判断する．そして，入室した回数と退室した回数をカウントすることで在室人数の把握を行うことができる．

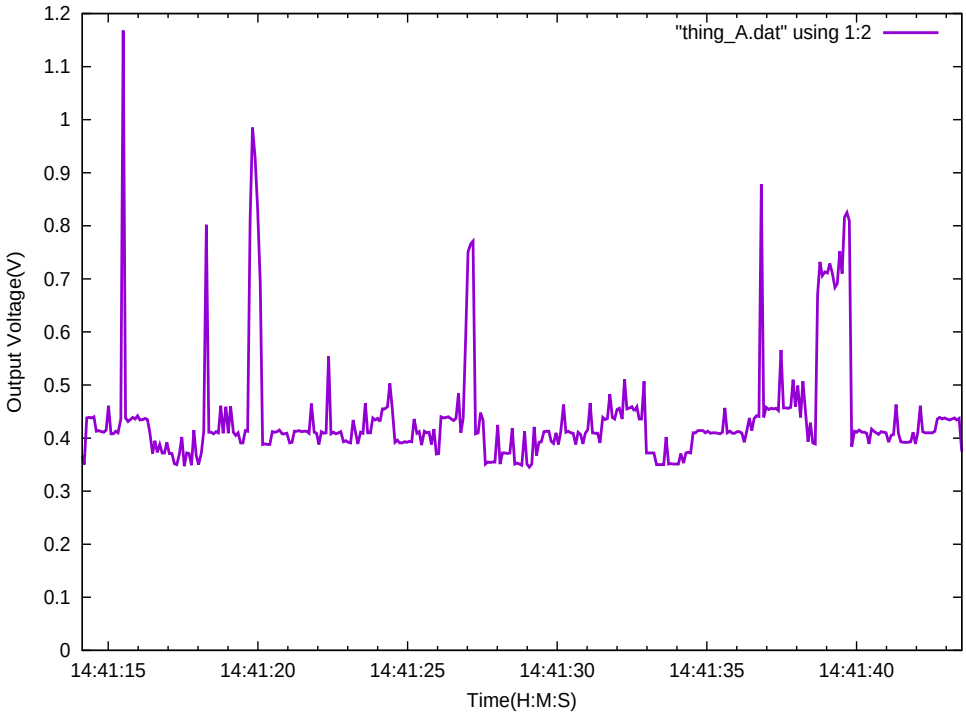

図 3.6: 赤外線測距センサーより取得した生データ

第 4 章

通過方向の判別に生じた問題と対処

第 3 章では，センサーを使用した人の通過検知による在室人数確認システムについて説明した．本章では，第 3 章で説明した方法により様々なパターンをシミュレーションしデータを取得し，そのデータへの通過検知と通過方向の判別を行う中で生じた問題について説明し，問題への対処について説明する．そして，結果についての考察を述べる．

4.1　取得データからのノイズの検出と除去方法

赤外線測距センサーから取得したデータにはノイズが含まれていた．ノイズを確認したデータを図 4.1 に示すノイズは人の通過時と同等もしくはそれ以上の値の場合も見られた．ノイズによって通過検知に支障が出るためノイズを除去する必要がある．図 4.1 の実線の丸部分が人の通過，点線の丸部分がノイズを表す．ノイズは人の通過時と同等もしくはそれ以上の値の場合もある．そのためノイズもしきい値以上となり，人の通過検知に支障が出るためノイズ除去を行う．

ノイズの特徴として 1 サンプル分のみ大きな値を出力する傾向が見られた．ノイズが出現する間隔にはばらつきが見られたが本研究で取得したデータの中で連続してノイズが発生することはなかった．

センサーで取得したデータににノイズ除去を行う場合にフィルタ処理などが用いられるが，フィルタ処理はデータ全体に適用するため，人の通過時の山に対しても影響が出ることが考えられる．それにより，通過検知に支障が起きる可能性を考慮し，ノイズの特徴を利用し，ノイズのみ除去する．

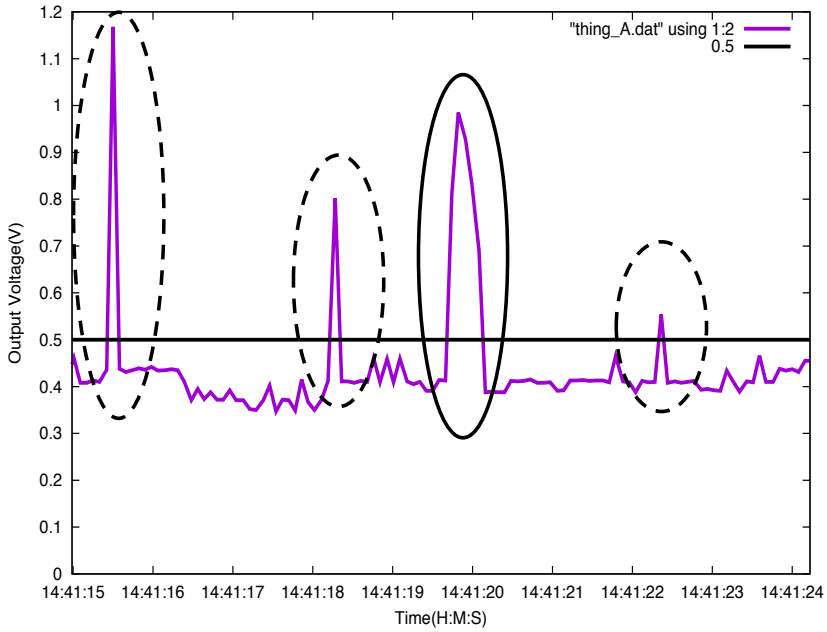

図 4.1: 赤外線測距センサーより取得したデータ

まず取得したデータから連続したサンプルを 3 つとり，中央の値を前後の値と比較する．前後の値とも 0.05V 以上の差が見られた場合，中央の値をノイズと見なす．ノイズは通過時にも見られるため，ノイズの箇所を 0 としたとき通過時の山がしきい値上で 2 つになるなど通過検知に支障が出ると考えられる．そのため，前後の値の平均値を入れることで，通過検知に支障なくノイズの除去を行う．そして，この処理を 1 サンプルずつオーバーラップさせながら全データに対して行うことでノイズの除去を行う．

実際にノイズを除去した通過時のデータの一部を図 4.2 に示す．図 4.2 より，図 4.1 で発生しているノイズが除去できていることが確認できる．

4.1.1　人の通過検知のためのしきい値の再設定

ノイズを除去したデータに対して通過検知を行うために新しくしきい値を再設定する．しきい値の設定には人の通過時のデータを使用する．使用するデータは通過回数 74 回の約 17

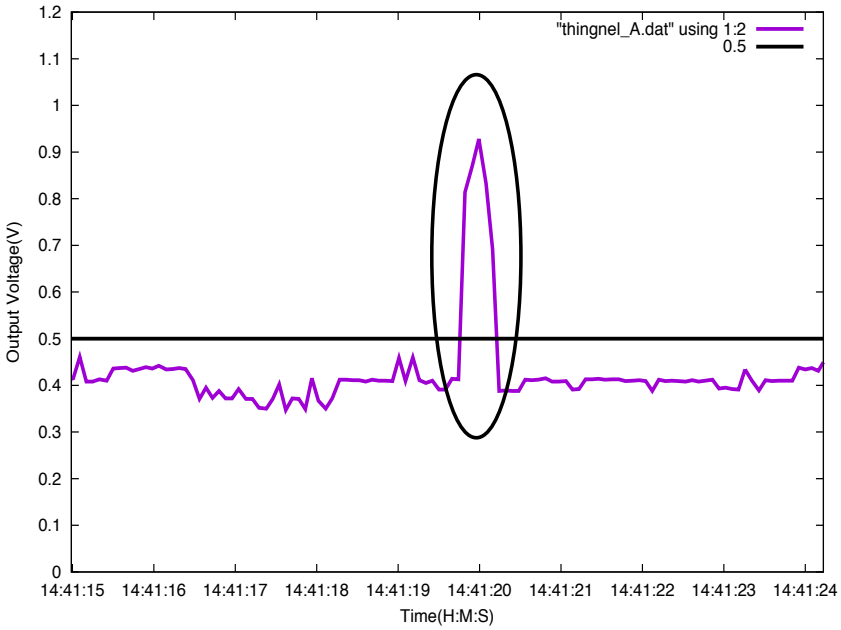

図 4.2: ノイズ除去をしたデータ

分間のノイズ除去した通過データを使用する．まず，データの平均値を取ることで何も通過していない場合の代表値とする．そして平均値と最も人が通過した半農の中で低いピーク値をとり，その中間値をしきい値として設定する．よって誤差の影響を受けず人の通過もすべて検知することができる．使用したデータでは平均値が 0.38V，最も低い人の通過のピーク値は 0.64V であり，その中間値である 0.51V をしきい値として設定する．以降は 0.51V をしきい値としてとして設定する．

4.2　荷物を運ぶ人が通過した場合に生じた問題

取得データの中で荷物をダンボールを運ぶときにカウント人数や通過方向の誤判別が見られた．そして，原因を特定するために，荷物を運ぶパターンとしてリュックサックを背負う場合，ダンボール箱を運ぶ場合，ゴミ箱を運ぶ場合の 3 種類のデータを取得した．取得したデータではリュックサックの場合は正常に 1 人と検知された．しかしダンボールやゴミ箱を

運ぶ場合に 1 人の通過を 2 人と検知される問題が生じた．それにより，カウント人数や通過方向の判別に誤りが生じた．

人の通過検知の方法としてしきい値以上の山 1 つを 1 人分の通過として扱う．ダンボールやゴミ箱など荷物を抱える形で運んでいる中で荷物と人の体に隙間ができ，その隙間がデータ上でしきい値以下になる場合，しきい値以上で荷物の通過と人の通過という 2 つの山ができた．そして，内と外の両側のセンサーに 2 つの通過を検知される場合と，片側のみ 2 つの通過を検知されるパターンが見られた．その場合，両側のセンサーで 2 つの通過が検知された場合には 1 人の通過に対して 2 人の通過が検知される問題が生じた．また，入室時に内側，退室時に外側のセンサーで 2 つの通過を検知された場合に通過方向を誤判別する問題が生じた．2 人分のカウントがされたデータを図 4.3 に通過方向の誤判別したデータを図 4.4 に示す．紫色の線が外側のセンサーの反応をあらわし，緑色の線が内側のセンサーの反応を表す．これ以降，センサーの色は固定とする．

まず，2 人分のカウントが行われた理由であるが，これは荷物の通過も 1 人の通過と検知されたためである．

次に通過方向を誤判別した理由であるが，これは人の通過方向の判別の方法に人が通過し終えたタイミングの時間差をとり判別したためである．通過方向の判別には内側と外側のデータの山の時間差により行うが，人の通過のみを考慮していたため，山がしきい値未満になる時点の時間差で通過方向の判別を行っていた．図 4.4 より，入室時に内側のセンサーの値がまだしきい値以上のときに，外側のセンサーの荷物の通過がしきい値未満になっていることが確認できる．そのため外側のセンサーを先に通過したと検知したため通行方向を誤判別する問題が生じたと考えられる．

4.2.1　連続した人の通過との比較

荷物を運ぶ人の通過に対して，2 人分の通過の検知が行われる場合がある．この問題に対して，実際に人が連続して通過する場合との違いを見るため，2 つのデータを比較する．荷物を運ぶ人が通過したデータを図 4.5 に，連続で人が通過したデータを図 4.6 に示す．見や

4.2　荷物を運ぶ人が通過した場合に生じた問題

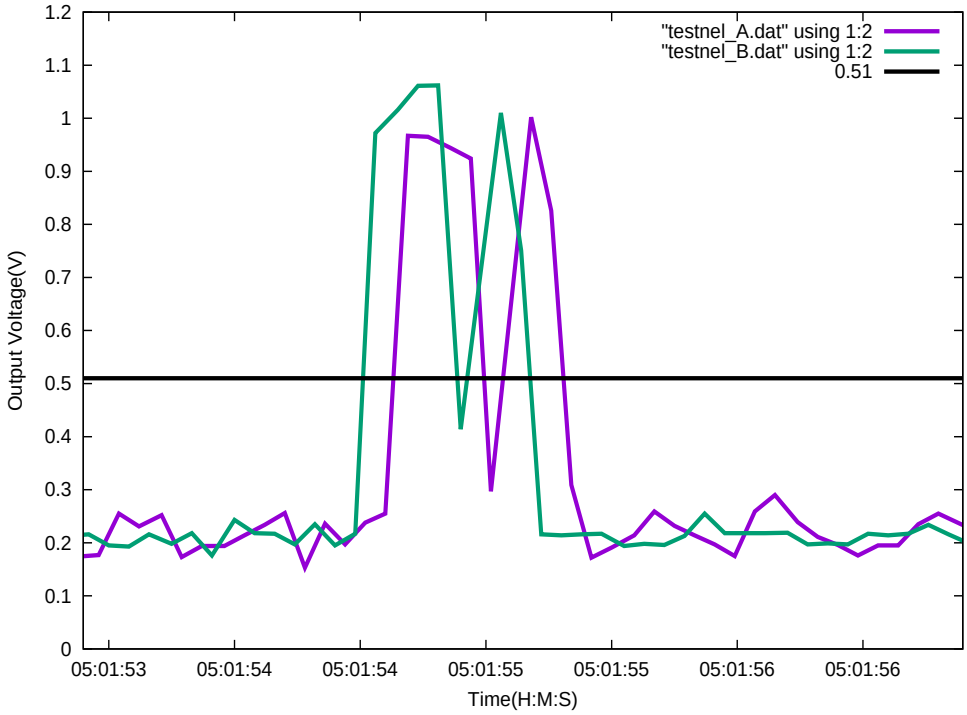

図 4.3: 2 人分のカウントをしたデータ

すくするために外側のセンサーのデータのみを表示する．図 4.5 と図 4.6 より荷物の通過と人の通過の間隔が，連続で人が通過した場合に比べて短いことが確認できる．本研究で取得したデータの中では，荷物と人の通過の間隔は 1 サンプル分であったのに対して，連続で人が通過する間隔は短くとも 3 サンプル分であった．人と人の間隔が荷物と比べて比較的，長い理由として，人と人が連続で通過するには，互いに歩行の妨害をしないように間隔を開ける必要があるためだと考えられる．荷物を運ぶ人の通過データは荷物の通過と人の通過がそれぞれしきい値以上で 1 つずつの山として検知されたため問題が生じた．そのため，荷物と人の通過をしきい値以上で 1 つの山とすることで問題解決が行える．そのため荷物を運ぶ人の通過のみを 1 つの山として扱い，連続する人の通過を 2 つの山とできれば，正確に通過検知が行える．

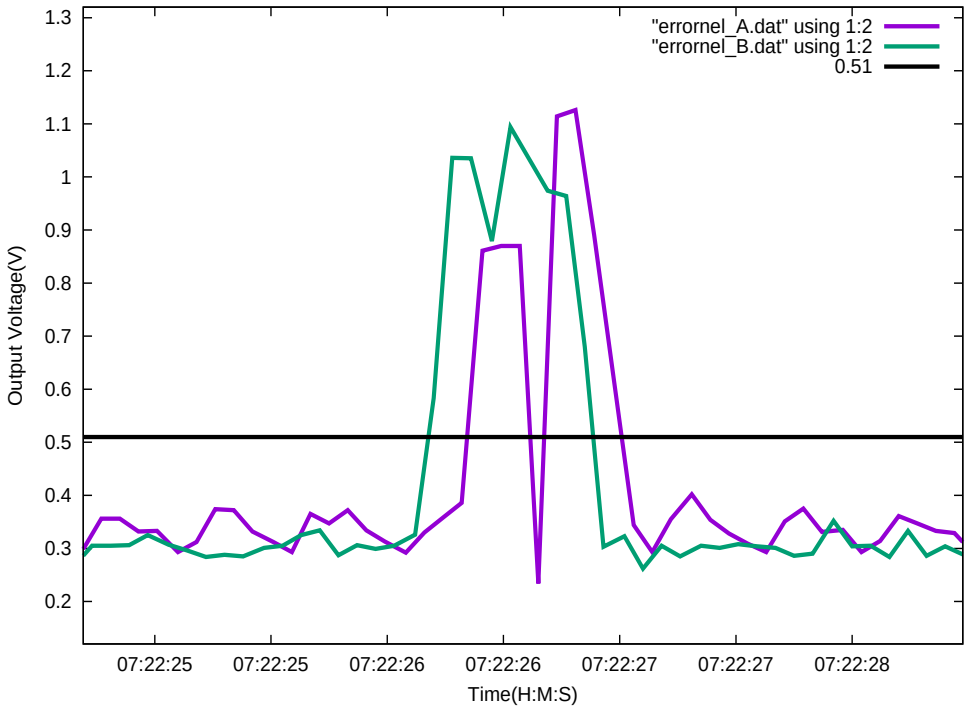

図 4.4: 通行方向を誤判別したデータ

4.2.2　移動平均フィルタによる平滑化処理

取得したデータでは荷物の通過と人の通過がそれぞれしきい値以上で 1 つずつの山として検知されたため問題が生じた．そのため，荷物と人の通過をしきい値以上で 1 つの山とすることで問題解決が行えると考えた．そのため荷物を運ぶ人の通過のみを 1 つの山として扱い，連続する人の通過を 2 つの山とすることで，正確に通過検知が行えると考える．

方法として移動平均フィルタを用いた平滑化処理を行う．移動平均フィルタは系列データから任意の連続したサンプル数をとり，サンプルの値の平均値を入れる．1 サンプルずつオーバーラップさせデータ全体に平滑化を行うフィルタである．荷物の通過の山と人の通過の山の間隔の短さから，荷物と人の 2 つの山をしきい値以上で 1 つの山に出きると考え移動平均フィルタを使用する．取得したデータの中で連続して人が通過する場合の人同士の最短間隔が 3 サンプルであるため，間隔が狭まった場合でも連続した人の通過の山は 2 つとするために移動平均フィルタの幅は 3 と設定した．

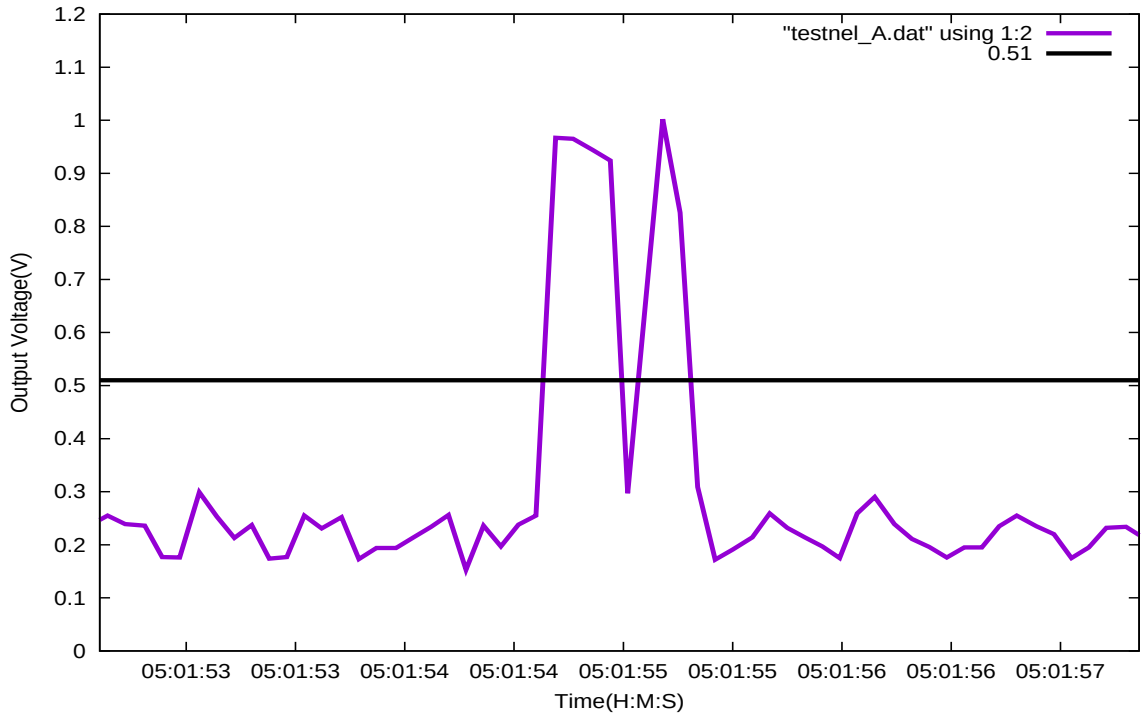

図 4.5: 荷物を運ぶ人が通過したデータ

平滑化処理を行った荷物を運ぶ人のデータを図 4.7 に，平滑化処理を行った連続で人が通過するデータを図 4.8 に示す．図 4.7 と図 4.8 より荷物を運ぶ人の通過を 1 人，連続した人の通過を 2 人と検知できることが確認できる．

4.2.3　荷物を運ぶ人の通過検知の検証

平滑化処理を行うことで荷物を運ぶ人の通過を正確に判別できるか検証した．検証にはダンボールを運ぶ人とゴミ箱を運ぶ人が合計 31 回通過したデータを用意し，そのデータに対し平滑化処理を行う場合と行なわない場合で誤検知の回数の比較を行った．検証結果を表 4.1 に示す．結果，平滑化処理を行なわない場合に誤検知が 4 回生じた．検証での誤検知はすべて，通過方向の誤判別であった．これに対し平滑化処理を行った場合は誤検知は生じないことが確認できた．実際に検証を行ったときに誤検知を起こした時のデータを図 4.9 と処理を行ったデータを図 4.10 に示す．2 つを比較することで，しきい値上の 2 つの山が，1 つ

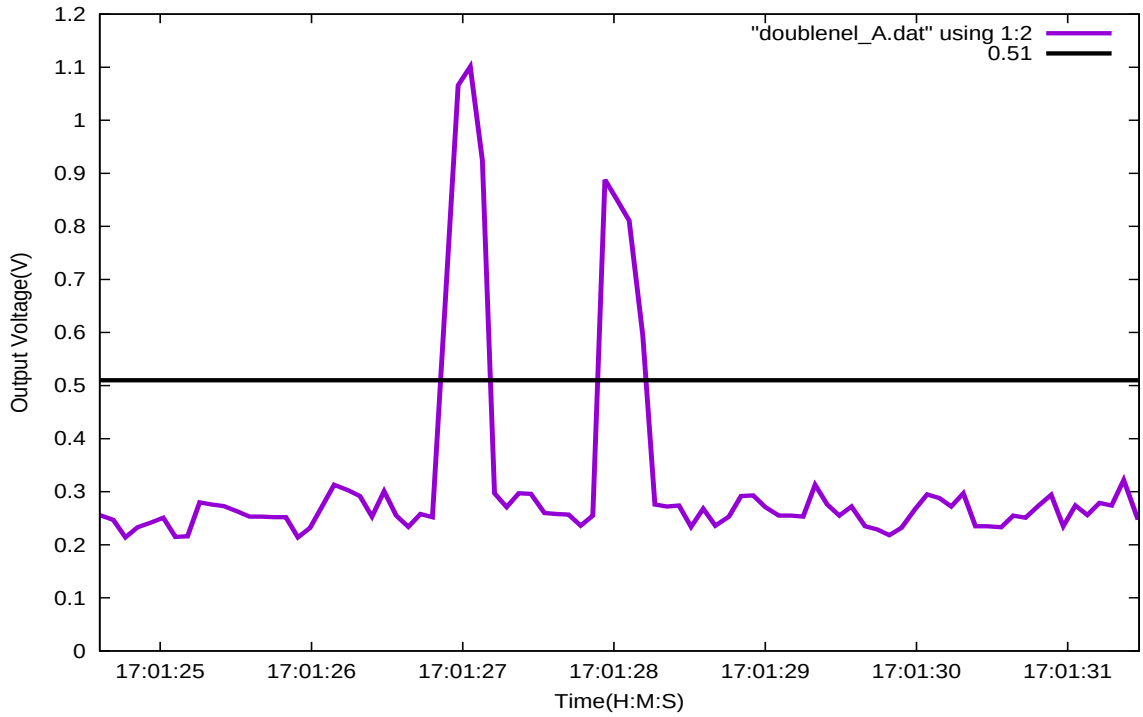

図 4.6: 人が連続で 2 人通過したデータ

表 4.1: 平滑化処理による荷物の運ぶ人の通過検知の検証結果

	通過回数	誤検知数
処理なし	31	4
処理あり	31	0

の山になっていることが確認できる．

4.2.4　誤検知と予想される通過の確認

荷物を運ぶ人の通過を 1 人として検知するために平滑化処理を行った．しかし，人の通過検知の方法として，しきい値以上の 1 つの山を 1 人の通過として扱う．そのため，荷物を持った人が隙間なく連続で通過した場合に平滑化処理を行うことで，複数人の通過を 1 人と検知する問題が考えられる．この問題の確認のため，ダンボールもしくはゴミ箱を持った人

4.2　荷物を運ぶ人が通過した場合に生じた問題

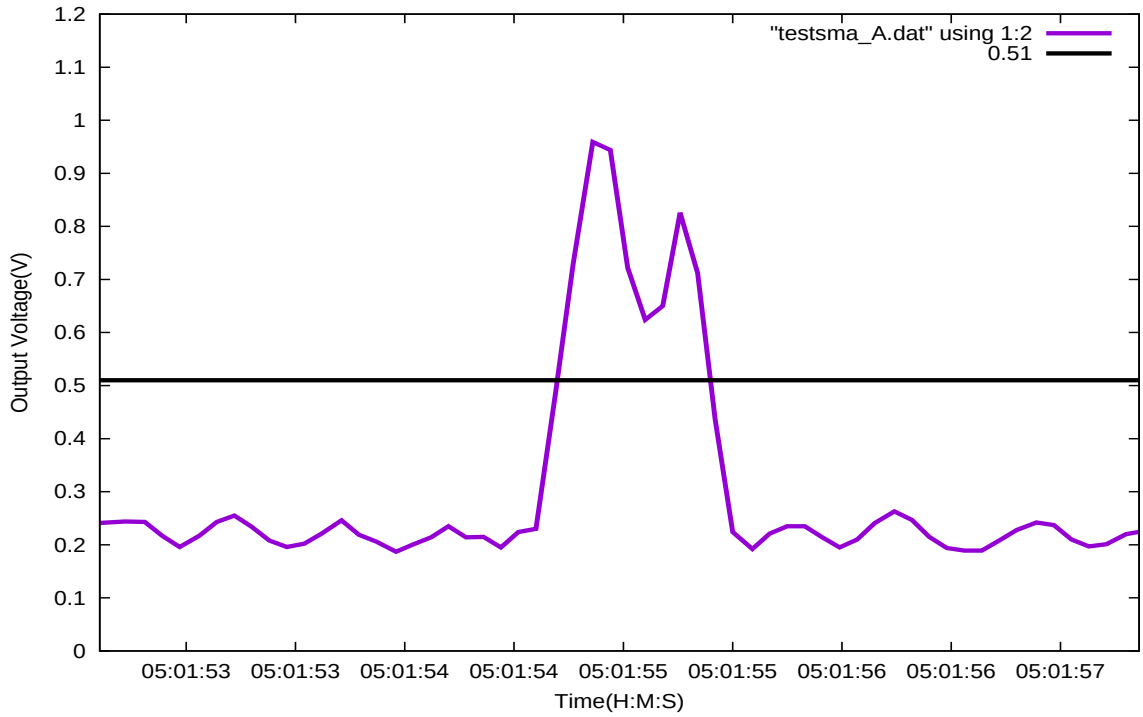

図 4.7: 荷物を運ぶ人が通過したデータに平滑化処理を施したデータ

が 3 人連続で隙間なく通過したデータを取得した．取得したデータに移動平均フィルタによる平滑化処理を行った結果，予想通り誤検知が生じたことを確認した．この方法は平滑化処理を行い荷物と人の通過の間隔の短さを利用して，荷物と人の通過の境目をしきい値以上に引き上げるものである．そのため荷物を持つ人が連続で隙間なく通過した場合に後ろの人の持つ荷物と前の人の体の境目の値がしきい値以上になり，誤検知が生じた理由だと考えられる．実際に荷物を持つ人が隙間なく連続で通過したデータに平滑化処理を行ったデータを図 4.11 に示す．データ取得時にはは連続で 3 人が通過したが，図 4.11 より 3 人通過した山がしきい値以上で 1 つの山となっていることが確認できる．そのため通過検知により 1 人の通過と検知される．

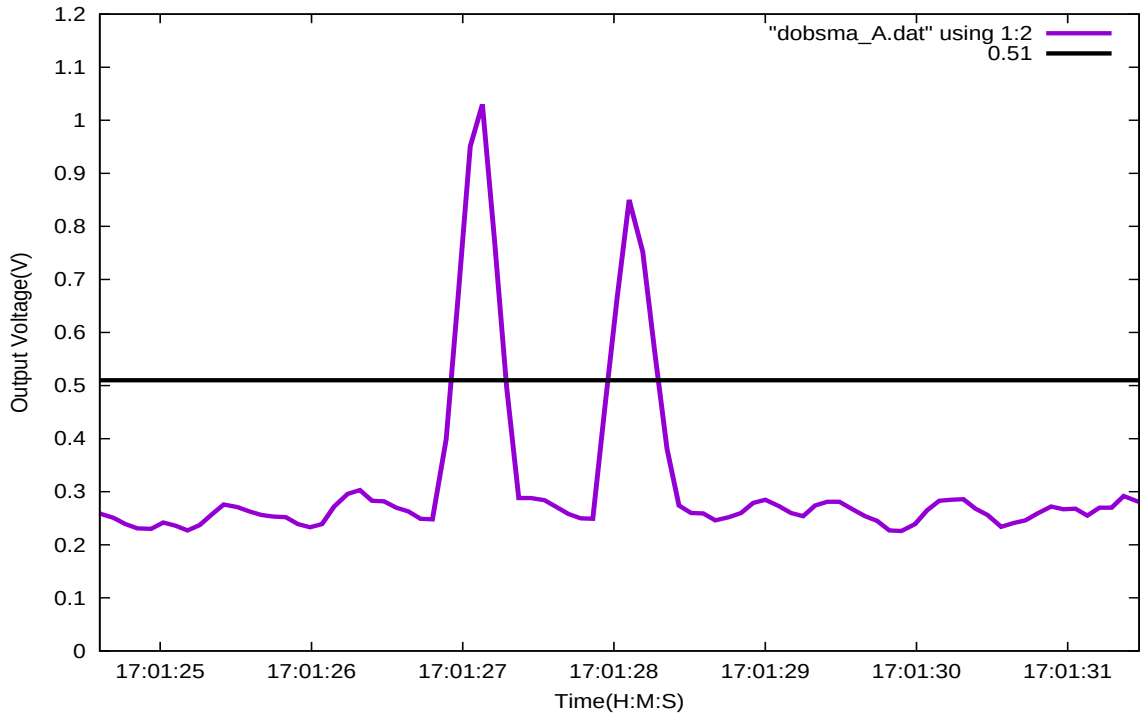

図 4.8: 連続で人が 2 人通過したデータに平滑化処理を施したデータ

4.3　来た道を引き返す場合に生じた問題

本研究で取得したデータでは，出入口を通過せず来た道を引き換えした場合，入退室を行っていないにも関わらず入室もしくは退室と判断される問題が生じた．実際に退室しようとして引き返すデータを図 4.12 に示す

これは，人の通過方向の判別がどのような場合でも必ず行うために生じた問題である．人の通過検知としてしきい値以上の 1 つの山を 1 人の通過としている．しかし，通過方向を判別方法人が通過した場合のみを考慮していたため，人がセンサーの前を通過し終えた時点の時間差から通過方向を判断していた．そのため，来た道を引き返す場合にも強制的に通過方向が判別されたため，問題が生じた．

通常，通過を行った場合の山は内側のセンサーの山が先，外側のセンサーの山があと等，山に順番ができる．しかし，人が来た道を引き換えした場合には図 4.12 のように山の順番に前後がなくなる．図 4.12 では外側のセンサー山が内側のセンサーの山の間にあることが

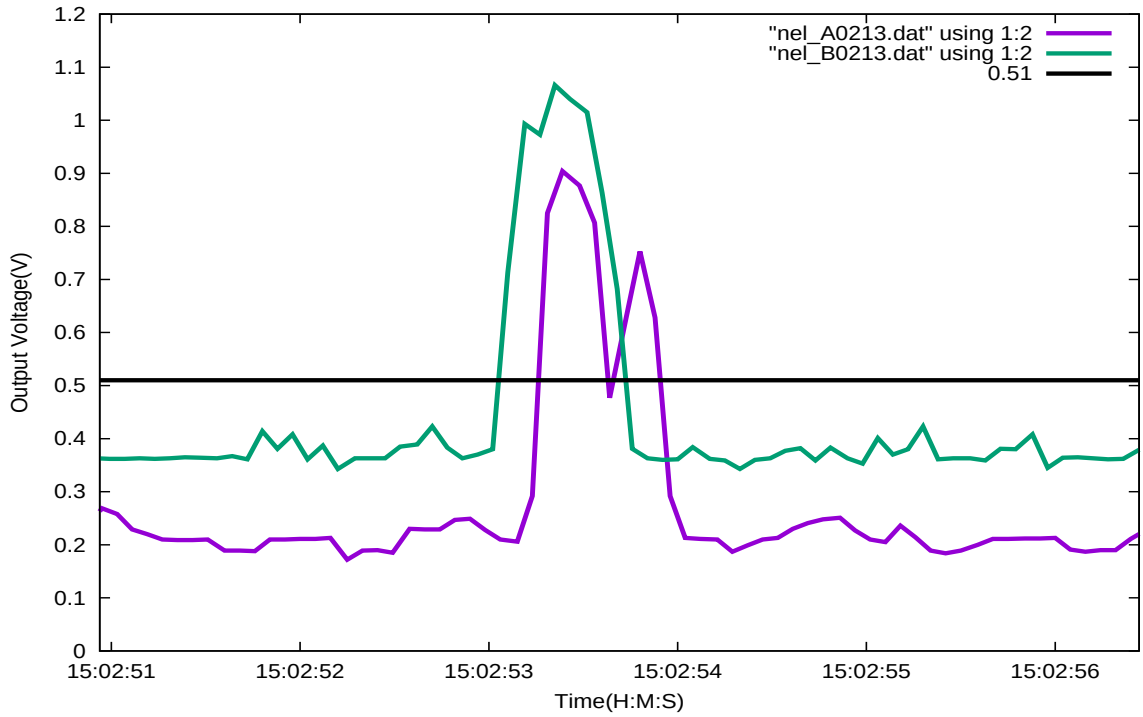

図 4.9: 検証時に誤検知が見られた荷物を運ぶデータ

確認できる．この場合，山で見た場合には時間差など取れないが，山がしきい値未満になった時点の時間差をとる方法であったため，来た道を引き換えした場合に通過と検知される問題が生じた．

4.3.1　通過方向判別方法の改善

来た道を引き換えした場合にも通過したとしてカウントされる問題は，山の終わりの時点での時間差により強制的に通過方向を判別していたため生じた．この問題に対し通過方向の判別を改良し，入室と退室の他に引き返しも判別できるようにする．そのため，内側と外側のセンサーの通過の山の並び方を判別する．山の並び方として，入室時の外側のセンサーの山が先のパターン，退室時の内側のセンサーの山が先のパターン，来た道を引き返した場合の片側の山がもう片側の山の間に含まれるパターンの 3 つを判別する．この方法では出入り口を通過するときの通過開始時と通過終了時に注目する．まず，センサーの出力値がしきい

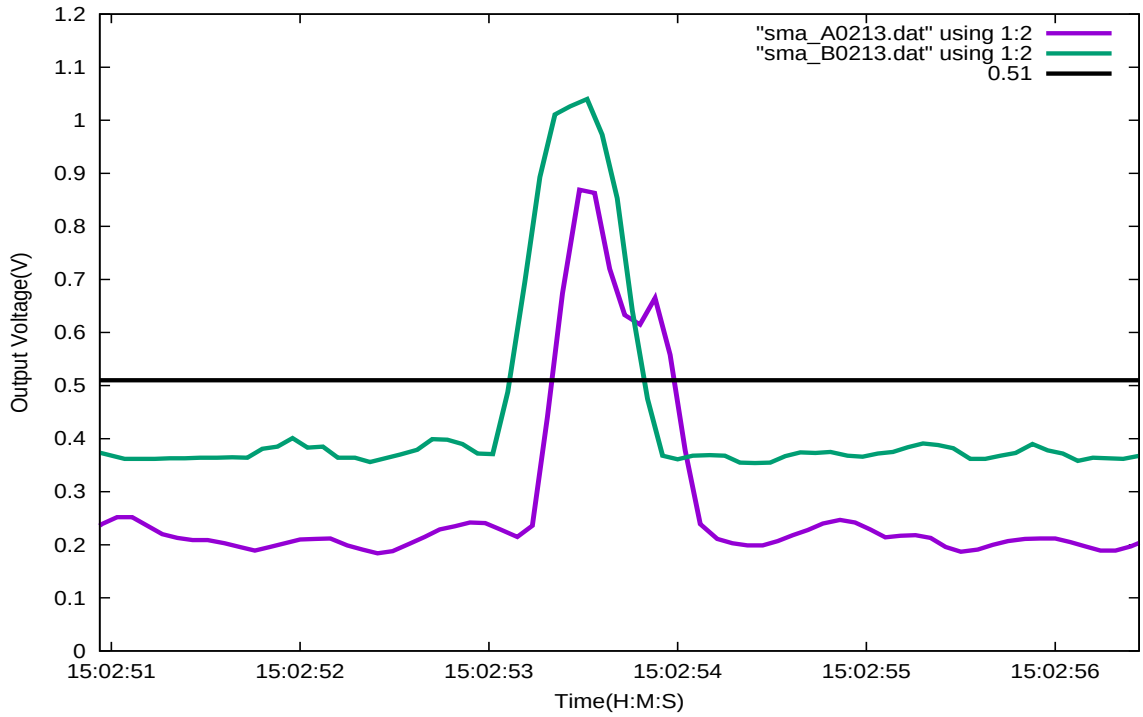

図 4.10: 誤検知が見られた荷物を運ぶデータに平滑化処理を施したデータ

値以上の時に反応あり，しきい値未満の時を反応なしとする．次にセンサーの通過検知状態を 4 つに分類する．通過検知状態を表 4.2 の様に 1 から 4 のパターンで表す．

センサーの通過検知状態の遷移により通過開始時の状態と通過終了時の状態より通過方向の判断を行う．センサーの通化検知状態による通過方向の判別方法を表 4.3 に示す．4 の状態は人が通過していないときの状態を表す．そのため，人の通過は 4 の状態から 4 の状態に戻るまでの 1 から 3 の状態遷移によって表すことができる．そして，4 から状態遷移した始めの状態と，その後 4 へ状態遷移する直前の状態を確認する．その 2 つの状態が始めの状態が 1，終わりの状態が 2 のとき入室と判断する．同様に始めの状態が 2，終わりの状態が 1 のとき退室と判断する．始めと終わりの状態が 1 と 1、もしくは 2 と 2 となった場合は引き返しと判断する

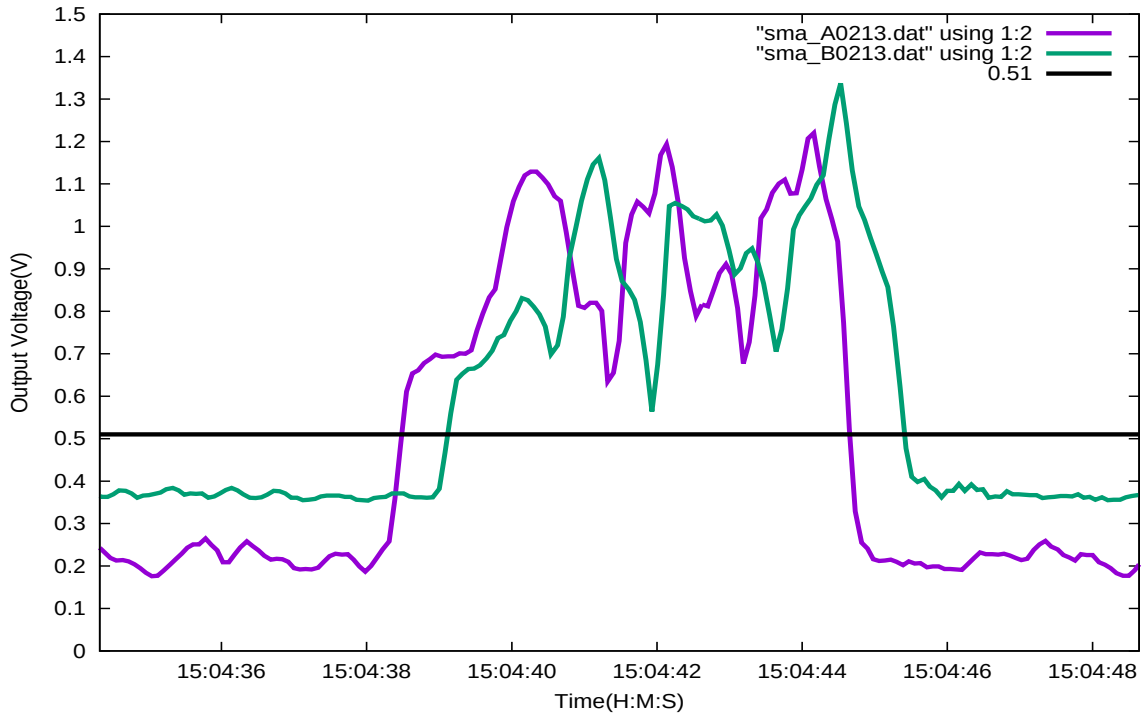

図 4.11: 荷物を持つ人が隙間なく連続で通過したデータに平滑化処理を施したデータ

表 4.2: 赤外線測距センサーの通過検知状態

状態	内側センサー	外側センサー
1	反応あり	反応なし
2	反応なし	反応あり
3	反応あり	反応あり
4	反応なし	反応なし

4.3.2　来た道を引き返す人の通過方向判別の検証

来た道を引き返す場合と，そのまま通過する場合で互いに正確に通過検知が行えるか検証を行った．検証には来た道を引き返す場合が 28 回，そのまま通過する場合が 10 回のデータを使用した．また，来た道を引き返す場合は両側のセンサーに反応している状態で引き返す場合と，出入り口を完全に通過して引き返す場合の両方のデータに対して通過検知を行っ

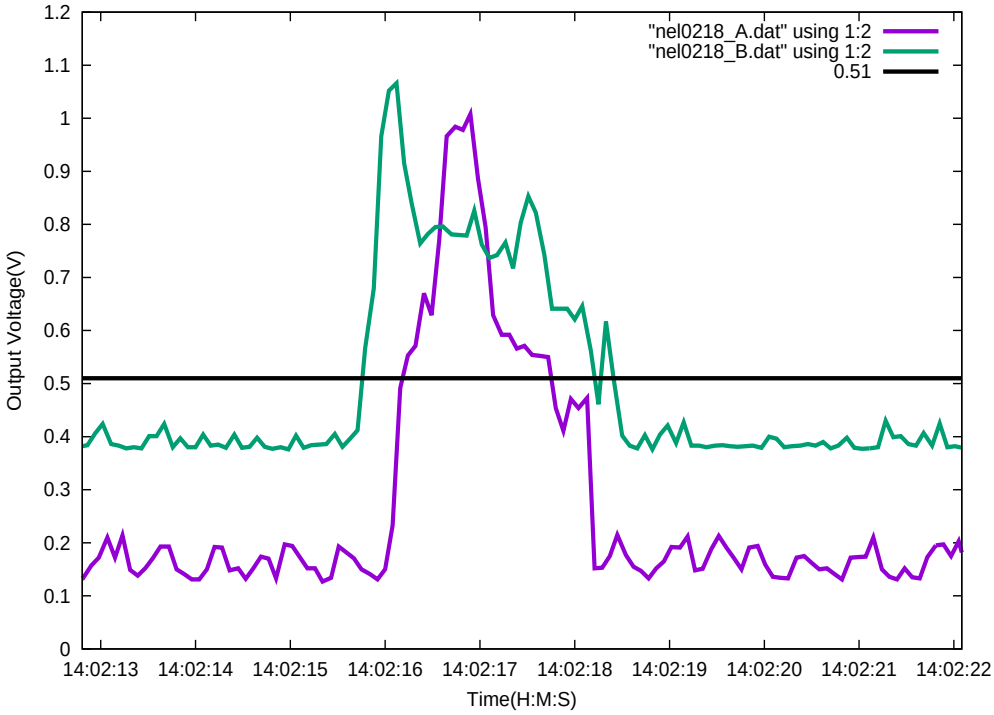

図 4.12: 歩行中に来た道を引き返したデータ

表 4.3: 通過検知状態による通行方向の判断

入退室判別	通過開始時の状態	通過終了時の問題
入室	2	1
退室	1	2
引き返し	1	1
	2	2

た．その結果，片側のセンサーを通過した場合には，短時間で退室と入室を行うように判断した．両側のセンサーに反応したまま引き換えした場合は通過したとは検知しなかった．

4.4　考察

本研究の結果から，隙間なく連続した荷物を運ぶ複数の人の通過を誤検知する問題が生じた．しきい値以上となる山 1 つを 1 人の通過とした結果この問題が生じた．人の通過検知のではしきい値以上の山をすべて 1 人の検知とするため隙間がない，狭いデータに対して正確な検知は難しい．しかし，誤検知したデータの山にもしきい値以上であるが谷部分も見られた．そのため，通過検知方法や設置方法の再検討，もしくは人とそれ以外を区別する手法を検討する必要があると考えられる．

第 5 章

結論

5.1　本論文のまとめ

本研究では部屋ごとの在室人数把握を目的として，既存のシステムでの対処が難しい病院の病室と学校の教室を想定した．本研究では想定する場所へ在室人数把握を行うための条件として，個人識別を行わないことと IC カード等の特定の物を持たないことを設定した．この 2 つの条件を満たすために赤外線測距センサーを使用して入退室者のカウントによる在室人数把握を目指した．赤外線測距センサーを用いて取得した人の通過データから人の通過を検知し，検知した時間差から人の入室と退室を判断して在室人数のカウントを行った．そして，想定する状況をシミュレーションしたデータに対して人の通過検知と通過方向の判別を行い，そのとき生じた 3 つ問題に対処した．

まず，赤外線測距センサーで取得したデータにはノイズが含まれていた．ノイズは人の通過の山と同等の数値であるため，通過検知に支障が出ないようにノイズ除去を行った．

次に荷物を運ぶ場合の人の通過を 2 人の通過と検知する問題が生じた．この問題に対し，取得したデータに移動平均フィルタによる平滑化処理を行うことで 1 人と検知することが確認できた．しかし，荷物を運ぶ人が隙間なく連続で通過した場合に複数人が通過しても 1 人の通過と検知する問題を確認した．

そして，来た道を引き返す場合に通過したとカウントされる問題が生じた．この問題にに対し、通過方向の判別方法を改善することで正確に引き返しと通過を判別することを確認した．その結果，退室時は正確に通過方向の判別が行なえることを確認した．しかし，入室時には通過方向の誤検知を確認した．

本研究のシミュレーションで取得したデータにおいて解決できなかった問題として，荷物を運ぶ人の連続した通過を 1 人の通過と検知する問題がある．そのため，人がどんな状態でも隙間が生じるようなデータの取得できるセンサーの設置の検討，もしくは人とそれ以外を区別する手法を検討する必要がある．

5.2　今後の課題

今後の課題として，本研究で確認した，荷物を運ぶ人が連続で通過した場合に 1 人と検知する問題がある．本研究で使用した方法では正確な検知は行えなかっが，人の通過の間には境目となる谷が見られる．そのため今後は，通過検知方法の検討や境目がよりわかりやすくなる設置の検討を行う必要がある．

次に考慮の対象外としたドアの開閉について検討する必要がある．ドアの開閉を考慮に入れた入室と退室を判断する手法を検討する必要がある．

そして，本研究では，問題として定義し対処したデータも，シミュレーションにより取得したデータであるため，実際の人が出入りするデータをより収集し，正確な検知が行えないパターンの洗い出しや，本研究で使用した方法で正確に通過の検知，通過方向の判別が行えるか確認する必要がある．

謝辞

本研究を行うにあたり，ご指導して頂いた福本昌宏教授に心より感謝し，お礼申し上げます．研究室に配属されてからの 2 年間，本当にありがとうございました．研究では実験器具の購入，文書の訂正，誤って破壊したセンサーの再度購入，また，他の 4 年生に比べ圧倒的に論文を書くスピードが遅く連日夜遅くまで残らせてしまい申し訳ありませんでした．本当に感謝しています．

本研究の副査をしていただいた鵜川始陽准教授，植田和憲講師にも感謝致します．

NOC の福富英二氏にも深く感謝致します．最近，仕事が忙しい，と大変そうな時でも研究のアドバイスや論文の添削をしていただきました．また，何度も食事に誘って頂き，私の一般とは少しかけ離れる食欲にも付き合って頂いて本当に感謝しています．

修士 2 年の横田優佳氏と修士 1 年田中麻実氏にも深く感謝致します．研究室配属時から各種イベント，調子に乗ったとき，卒業研究，様々なことでご迷惑をお掛けしたと思いますが，その度に手厚くご指導頂きました．本当にありがとうございます．

Bandhit.Suksiri 氏にも深く感謝致します．今回の研究でシングルボードを使用するということで，使い方や電気回路についての勉強，ケーブルの半田付けなど実験機器に関することで本当にお世話になりました..

福本研究室，同期の内田啓太氏，加藤敏弥氏，坂本和海氏，那須裕太氏，森川雄太氏にも深く感謝致します．特に内田氏には研究室のイベントなどをいつも引き受けていただき，私が担当のイベントでも十二分にサポートをしてくれてました．何をするにも決して嫌な顔をせず福本研究室 16 期生を支えつづけてくれて本当に感謝しています．

福本研究室の 17 期生の皆さん，先輩らしいことが何もできずにすいません．こんな先輩にはなるまいと原動力にしてもらえたら幸いです．これからも頑張ってください．

最後になりましたが，この 4 年間自分を支えてくださった皆様に感謝致します．

参考文献

[1] 内閣府防災担当，“東日本大震災における災害応急対策に関する検討会 -中間取りまとめ-”， 2012.

[2] 株式会社システム・ケイ，“画像認識機能を搭載した監視カメラシステム -Svmphonv(シンフォニー)-，” http://www.systemk.co.jp/product/systems/symphony.html 2016 年 2 月 22 日閲覧.

[3] 総務省，“総務省｜行政機関・独立行政法人等における個人情報の保護｜＜ 3　個人情報の該当性＞，” http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/gyoukan/kanri/question03.html 2016 年 2 月 20 日閲覧

[4] 映像センサー使用大規模実証実験検討委員会，“調査報告書，” 2014.

[5] SECOM，“入退室管理/出入管理｜法人のお客様｜防犯対策 セキュリティのセコム，” http://www.secom.co.jp/business/security/goods/room.html 2016 年 2 月 22 日閲覧.

[6]　株式会社グッドフェローズ，“リアルタイム入退場者カウント表示システム｜ハウメニ PeCo:”，http://goodf.co.jp/h_peco.html 2016 年 2 月 24 日閲覧.