

人感センサを用いた行動解析システムの研究 A study on action analysis system using MEMS Thermal Sensors

○ 堀江 俊希(山形大学), 水沼 充(山形大学), 横山 道央(山形大学), 小野 浩幸(山形大学)
○Toshiki Horie, Mitsuru Mizunuma, Michio Yokoyama, Hiroyuki Ono
山形大学
Yamagata University

キーワード : 行動解析システム (action analysis system) 行動解析 (action analysis)
MEMS センサ (MEMS sensor) 温度センサ (thermal sensor) マトリクスセンサ (matrix sensor)

連絡先 : 山形県米沢市城南 4-3-16 山形大学大学院理工学研究科 応用生命システム工学専攻 堀江俊希
電話番号 : 0238-26-3311 Email : txn19387@st.yamagata-u.ac.jp

1. 研究背景・目的

近年、マーケティング、防災や防犯、交通などの観点より人の流れが注目されている。例えば、監視カメラによる防災や防犯、計測・記録や Suica の履歴情報を利用した駅利用情報分析などがある。しかし、監視カメラに対する抵抗や JR 東日本がユーザーに十分な事前説明をしないまま Suica 利用データを社外に提供し問題になるなど、個人情報やプライバシーの保護の点で問題がある^[1]。

そこで、本研究では人感センサ (温度センサ) を用いて個人を特定できない形で「人の流れ」を記録・可視化し行動を解析するシステムの開発を目指す。

2. システムの全体像

本システムは下記の図 1 のように、レストランや工場、オフィスなどの建物に温度センサを複数設置し、記録解析用 PC と無線通信 (Bluetooth) または有線通信 (USB 接続) で通信する。設置したセンサで取得された温度データより同じフロアにある PC で人の流れを記録し、その後、アプリケーションを用いて移動方向などの行動を解析するシステムである。

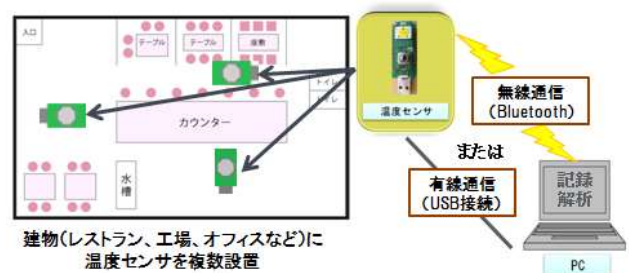


図 1 システムの全体像

3. 人感センサ^[2]について

システムに用いる人感センサモジュールは株式会社シンフォディア・フィルが開発した図 2 のものを用いる。このセンサモジュール (SPP-NANA-D01B) は図 3 のオムロン製の温度センサ (AN-D6T-01) とマイコンを組み込んでおり、サンプリング周波数は 3 ~ 4 Hz となっている。



図 2 人感センサモジュール (SPP-NANA-D01B)



図 3 オムロン製の温度センサ (AN-D6T-01)

また、温度センサには図4のように4×4サーモパイルのセルを内蔵しており、それぞれが遠赤外線（放射熱）を受けることで温度を非接触測定し、温度分布（16分割）の時間変化を捉える。人の移動を捉える場合、温度の変化を検出する焦電センサがよく用いられる^{[3][4][5]}。しかし、焦電センサは温度の変化を検出するため静止した人間は検出できないが、このセンサは温度そのものを測定できるため、静止した人間も検出することができる。温度センサの有効範囲は図5に示す。

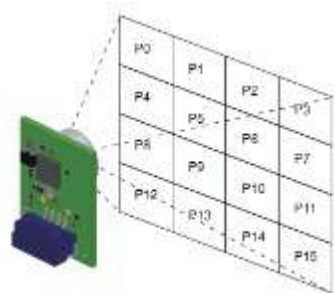


図4 温度センサ4×4のセル

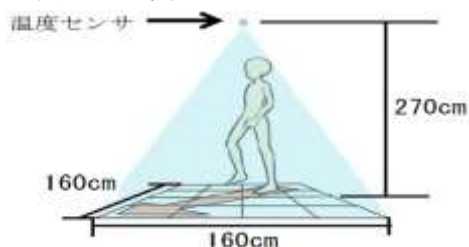


図5 温度センサの有効範囲

実際に温度センサで測定した温度を色別表示したものとカメラ画像を比較したものを図6に示す。温度の色別表示で人がいることがわかる。つまり、個人を特定できない形で人や人の動きを捉えることが可能である。

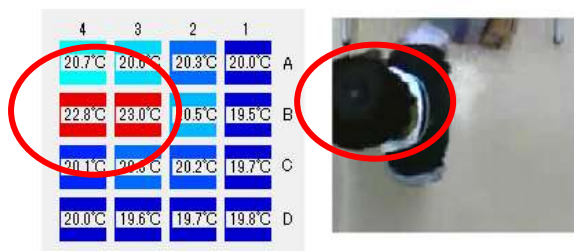


図6 実際に温度センサで測定した温度を色別表示したものとカメラ画像を比較

4. センサより得られる情報

センサが測定した温度データはセンサモジュールよりPCに送信されCSVファイルとして保存される。天井にセンサを設置した場合に得られた温度データに処理を加え「1人の人間の移動方向」、「1人の人間の通過回数」の情報の算出方法を実験より考案した。

4.1 1人の人間の移動方向

まず、移動方向を算出したいデータと無人時の平均温度の差を求め設定した値よりも差が大きければ人間がいると判断する（図7の場合、差は1°Cと設定）。

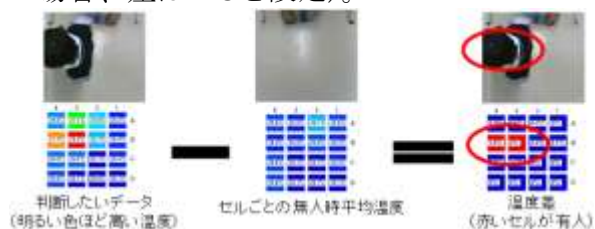


図7 人間の有無の判断

次に、連続して人間がいると判断された期間を算出し、期間の始めと終わりでそれぞれ無人時平均温度との差が一番高い温度のセルを見つける（図8）。

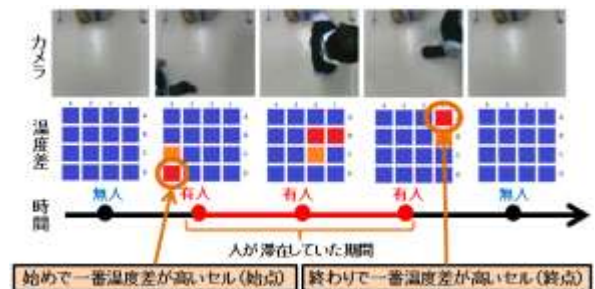


図8 人間の有無の判断

最後に始点と終点のセルを結ぶベクトルを見つけ、二次元座標を割り振り、アークタンジェントを用いて始点と終点を結ぶベクトルの角度を計算し移動方向とする（図9）。（始点と終点を直線で移動したと仮定する方法のため直線でない動きや複数人が入れ代わりで出入りした場合は誤算出してしまう。また、Uターンした場合は算出できない。）

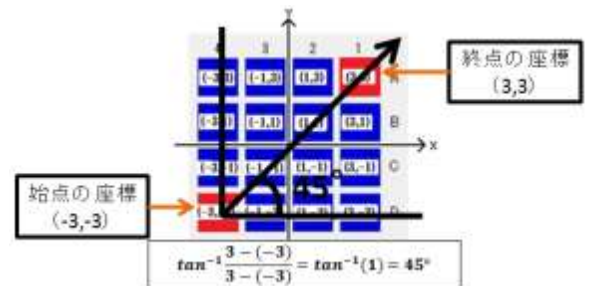


図9 アークタンジェントによる計算

4.2 1 人の人間の通過回数

連続して有人の反応があった回数をカウントすることで通過回数を求める（図 10）。（人の有無のみを判断する方法のため複数人が同時に入った場合には一人としかカウントされない）

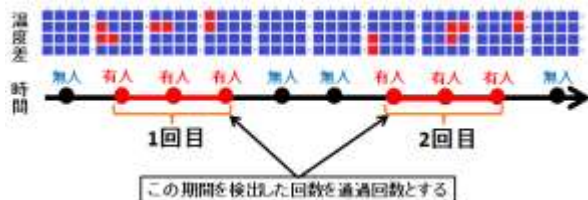


図 10 通過回数のカウント

5. 可視化アプリケーションの試作

考案した「1 人の人間の移動方向」、「1 人の人間の通過回数」を用いて人の通過回数を方向ごとにカウント・可視化するアプリケーションを試作した。

建物の見取り図などを読み込みセンサのアイコンを配置し対応するファイルを読み込み解析・可視化を行うもの（図 11）で、移動方向を 8 方向に大別しそれぞれの通過回数を矢印の太さで表示できる機能を実装した（図 12）。



図 11 アイコンの配置



図 12 方向ごと通過回数の可視化

6. 検証実験及び結果

6.1 検証実験

あるレストランにご協力をお願いし、センサを 10 台設置しデータを収集した。また、検証のため 10 台中 2 台のセンサと同じ場所にカメラを設置した。その後、試作したアプリケーションを用いて 10:00～20:00 の 10 時間分のデータに解析を行った。実際にカメラを設置した 2 台のセンサのデータについてカメラとの比較検証を行った（10 時間分×2 のデータ）。



図 13 実験風景

6.2 実験結果

カメラ（目視による確認）と比較して移動方向をアプリケーションが正しく算出できていた回数（センサの範囲に入った方向と出た方向を個別にカウント）を確認したところ合計 886 回の出入りのうち 372 が移動方向を正しく算出できていた。つまり、約 42% の割合でしか移動方向を正しく算出できていなかった（図 14）。

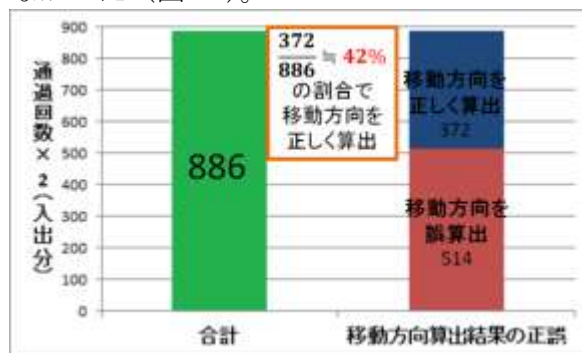


図 14 実験結果

6.3 誤算出した原因

誤算出した原因の内訳を確認すると図 15 ようになり、下記の①～⑤の項目に分けられる。

- ① カーブ・・・途中で移動している方向が変わったため誤算出（一直線の移動ではないため）
- ② Uターン・・・途中で移動している方向が変わったため算出できなかった（一直線の移動ではないため）

- ③ 複数人・・・複数の人が通過したケース
(現在の算出方法は1人が通過することを前提としているために誤算出またはカウントできなかったもの)
- ④速度・・・走って通過したため移動速度が速すぎ、サンプリングが追いつかなかった
- ⑤端・・・端のセルにのみ反応があり移動方向を算出できなかった

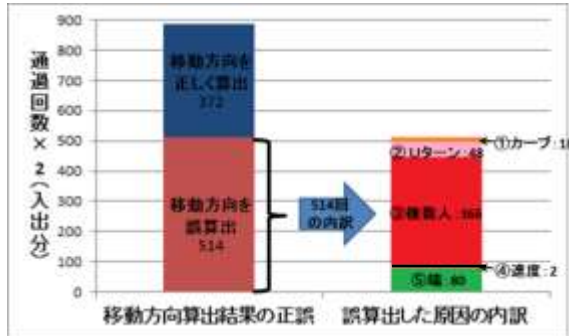


図 15 誤算出した原因の内訳

7. 温度の変化量を使用したフローグラフを用いて移動方向を算出する方法

前節をまとめると本システムの誤算出につながる欠点として、「一直線の移動でしか正確な移動方向を算出できない」、「複数の人を同時に捉えることができない」がある。これを解決するために、「温度の変化量を使用したフローグラフを用いて移動方向を算出する方法」を考案した。

「温度の変化量を使用したフローグラフを用いて移動方向を算出する方法」は下記の①～④の手順で行われる。

①温度の変化量の算出

1つ前のデータから 0.5 度以上温度上昇したセルを見つける。

②フローの導出

1つ前のデータから 0.5 度以上温度上昇したセルから隣接しているセルの中で 0.5 以上かつ 1 番大きい変化量のセルに向けて矢印を引く。

③通過経路の導出

矢印を時系列順につなげ、経路長が最長になる組み合わせを通過経路とする

(最初の矢印が複数あった場合はそれらの始点の midpoint を始点とする)

④センサの範囲に入った向きと出た向きの導出

通過経路を構成する最初と最後のベクトルをそれぞれ「入った方向」、「出た方向」とす

る。

具体例として「カーブしたパターン」、「Uターンしたパターン」、「2人が横に並んで通過したパターン」の3パターンに温度の変化量を使用したフローグラフを用いて移動方向を算出する方法を用い手動で算出を行った。

結果として移動した軌跡を導出することができるため、カーブ・Uターンといった動きも捉えることができ、複数人の動きも同時に捉えられることが確認された。(図 16～18)つまり、温度の変化量を使用したフローグラフを用いて移動方向を算出する方法は誤算出していたカーブ、Uターン、複数人の場合でも移動方向を算出することが期待できる(図 19)。予想される改善結果を図 20 に示す。

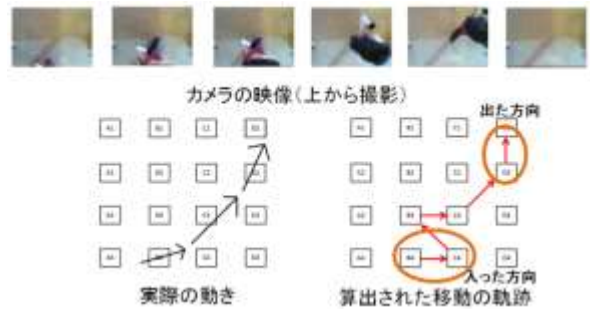


図 16 カーブしたパターン



図 17 Uターンしたパターン



図 18 2人が横に並んで通過したパターン

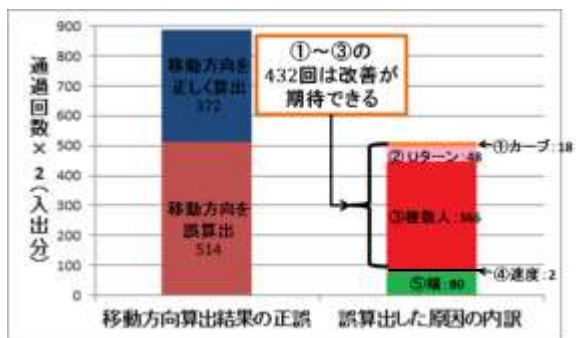


図 19 改善されるパターン

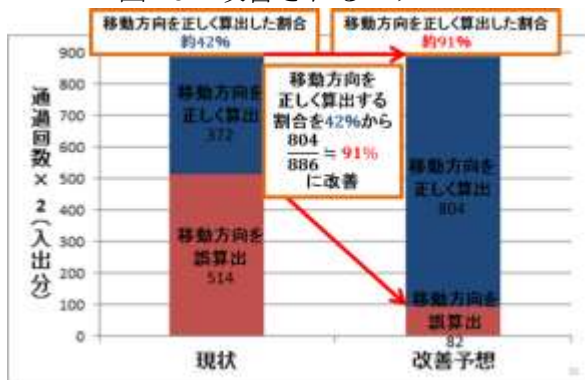


図 20 予想される改善結果

8.結論

試作した可視化アプリケーションのアーキテクチャを用いた解析は移動方向が約42%の割合でカメラと一致していた。さらにその欠点を補うため、新しく提案した「温度の変化量によるフローグラフを用いて移動方向を算出する方法」を用いることで移動方向を正しく算出できる割合は約91%まで改善が期待できる。

つまり、温度センサを用いて個人を特定できない形、かつ、カメラに近い精度で移動方向の算出ができる可能性が示された。

9.今後の展望

- ・可視化アプリケーションへの「温度の変化量によるフローグラフを用いて移動方向を算出する方法」の実装
- ・実際のデータを用いた「温度の変化量によるフローグラフを用いて移動方向を算出する方法」の精度の検証
- ・センサの端のセルにのみ反応があった場合の対処法の検討
- ・センサ間の人の移動（動線）の検出

10.参考文献

- [1] ITmedia Inc. ; “JR 東日本、Suica データの社外提供について詳細を公表” ,2013 <http://www.itmedia.co.jp/news/articles/1307/25/news140.html>
- [2] OMRON ; “Application Note 01 サーマルセンサ D6T の使用方法” ,2012
- [3] 内海英俊、千葉茂樹、永田祥、徳田春男、菊池孝、関淳士郎 “マトリクスセンサによる生体の活動パターン計測”,計測自動制御学会東北支部第 181 回研究会 1999.5.21 資料番号 181-9
- [4] 秦淑彦、正木英行、木藤太貴、伊藤太一 “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検討- “,電子情報通信学会信学技報,2012 年 8 月
- [5] 菊地誠、阿部洋丈、岡部正幸、梅村恭司 “ ‘Compression’ based Dissimilarit Myeasure (CDM) を用いた人感センサ情報の類似判定” ,情報処理学会第 71 回全国大会 2009 年 3 月 10 日