

サーモアレイセンサを用いた位置検知に関する研究

松浦晋*

Research on position detection using thermo-array sensors

Shin MATSUURA

1. はじめに

本研究では、看護・介護作業施設の省力化を目的として、非接触サーモアレイセンサを用いて、被看護・介護者の室内移動の検知をするシステムの試作を行った。施設スタッフが少なくなる夜間に被看護・介護者が居室から出歩いたり転倒したりする事故を防止するために、居室から退出した時に速やかに施設スタッフの携帯端末への通知をするようにした。なお被験者のプライバシー保護のため、光学カメラではなくサーモアレイセンサを使用することとした。また、試作されたシステムを用いて、実証実験も行った。

2. 実験方法

2.1 位置検知システムの試作仕様

・サーモアレイセンサとシングルボードコンピュータを用い、人体を検出するシステムを試作した。サーモアレイセンサは8×8の64画素の汎用品を用いた。サーモアレイセンサを含むシステム一式は、手のひらほどの大きさで、顔の高さに合わせ床から1.5mの壁面に設置することとした。測定は1秒間隔とし、その横を人間の体温に近いものが通過すると、人物が通過したと判断できるようにした。

・1計測毎に平面の64点の温度データが取得され、その中の最大温度が人物検知のしきい値を超えた時に、シングルボードコンピュータから、”人物を検出しました”とのメッセージを、WiFiを経由して発信し、通信アプリのSlackを用いて、スマートフォンに通知されるようにした。

・人体を検出した時は8×8の64画素の温度データより、温度の低い方は寒色に、高い方は暖色にしたサーモ画像を作成した。そのままでは画素数が粗いため不明瞭なので、バイキュービック補間により画素の補間を行い、境目の無い滑らかな画像に変換したものを、”人物を検出しました”メッセージと併せて送信し、画像も確認できるようにした。

2.2 位置検知システム概要

システム構成は下記のとおりとし、システム概要を図1に示す。使用した部材は以下のとおりである。

- ・サーモアレイセンサ:AMG8833 (Panasonic)
- 画素数 64(8×8)画素, 視野角 60°×60°, 温度出力分解能 0.25°C, フレームレート 1fps
- ・シングルボードコンピュータ :RaspberryPi3 (RaspberryPi 財団)
- ・携帯端末:iPhone (Apple)
- ・モバイル WiFi ルーター:WX06 (UQ モバイル)
- ・ビジネスチャットツール:Slack (Slack Technologies)

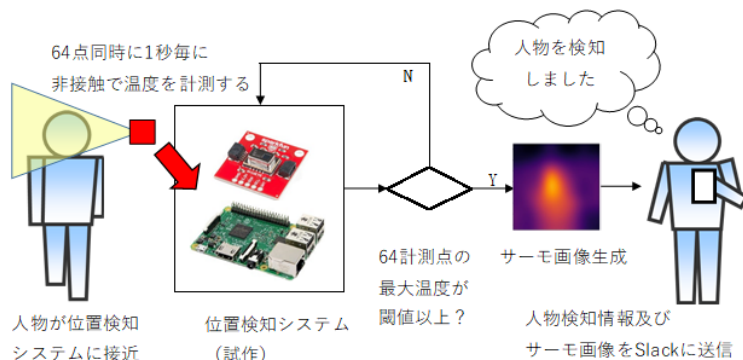


図1 システム概要図

* 電子機械研究課

1. 3 サーモレイセンサの特性調査

位置検知の判断を行うための温度のしきい値を決定するために、サーモレイセンサの特性を確認した。サーモレイセンサと室温センサ (Maxim 社 DS18B20) を、空調設備を 20°C に設定した部屋に設置して、24 時間連続計測した結果を図 2 に示す。その結果、サーモレイセンサは室温センサより 1~2°C 低い計測値を示した。この時のサーモレイセンサの最大温度は 21.75°C であった。

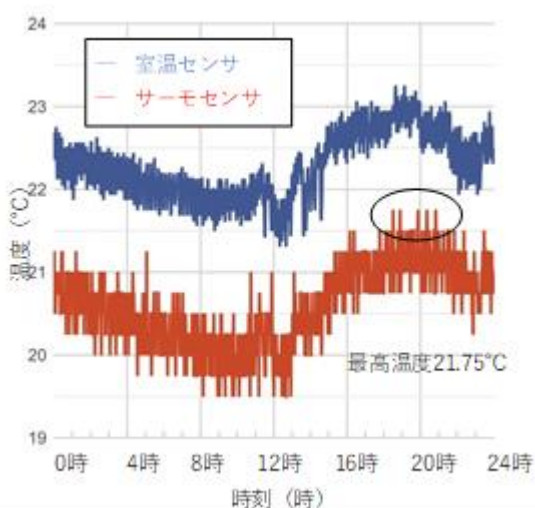


図 2 無人の室温相関図 (温度-時刻)

また、サーモレイセンサで人の顔面を、測定距離を変化させながら計測した温度を図 3 に示す。その結果、10 cm では 30.75°C、100 cm では 25.5°C、200 cm では 23.5°C となり、距離が離れるに従い減少することが確認された。

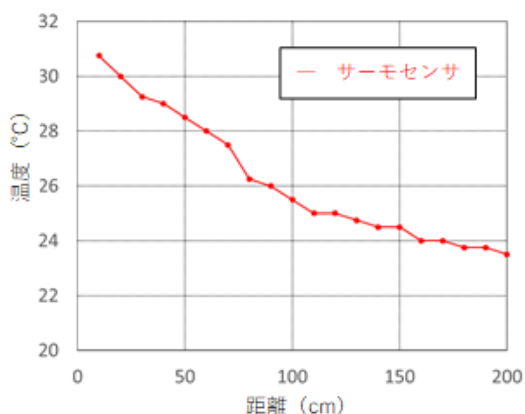


図 3 人体の顔面温度相関図 (温度-距離)

1m 幅の通路に設置を想定した場合、真ん中を通る人との距離は 50cm となり、その時の通常体温の測定値は 28.5°C 程となることが推測される。

室温が 22°C 程と想定すると、人物非検出時のサーモレイセンサの計測温度は 21°C 程、人物検出時は 28°C 程となるので、人物検出のしきい値はこの 7°C の差の中間値に設定することになる。

1. 4 位置検知システムの試作

試作した位置検知システムを図 4 に示す。また、設置状況を図 5 に示す。

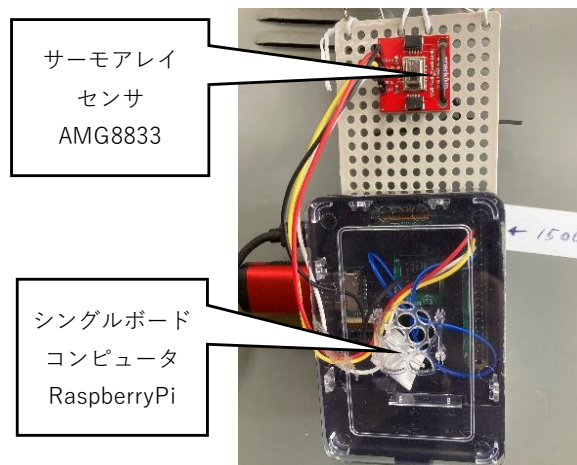


図 4 位置検知システム

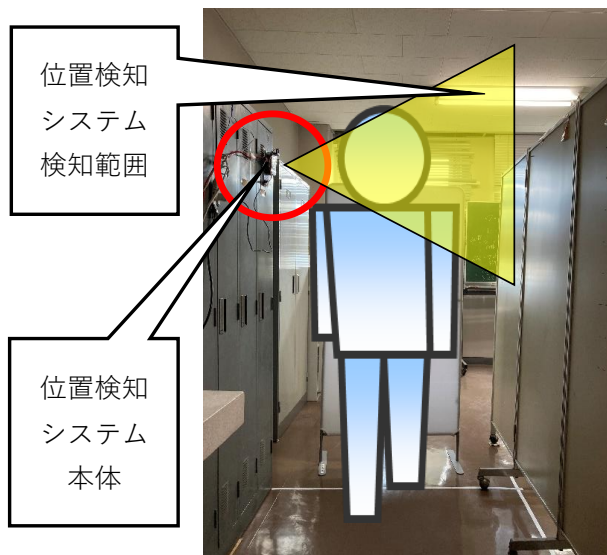


図 5 位置検知システム設置方法

1. 5 位置検知システムの調整

試作した位置検知システムの検知温度しきい値を決定するために、センサ前を歩く人の温度がどのように検出されるか確認した。1m 幅の模擬通路を作製し、ドアを開けて外に出る動作一連の温度

測定結果を図 6 に示す。測定開始からおよそ 10 秒後に試作機の前を通過するようにした。室温 22℃の室内で 5 回実験を行った結果、人物非検出時と人物検出時との温度差が 3℃程あることが確認された。

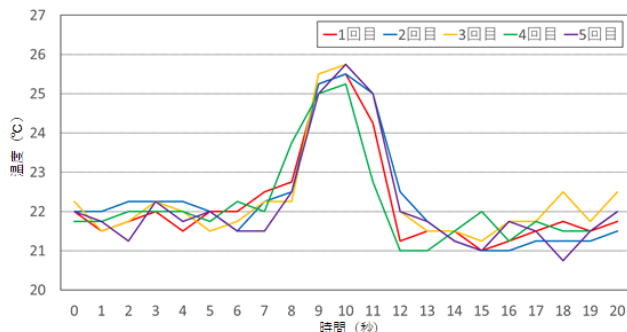


図 6 センサ前の人物通過時の温度変化 (温度-時間)

以上の実験結果より、位置検知システムのしきい値を 25.0℃に設定して模擬通路から外に出る実験を行った。10 回の試行で 10 回共に人物検知をして携帯端末に通知されたので、検知率は 100%であった。携帯端末の通知結果を図 7 に示す。また、サーモ画像は元画像は 8×8 分割で粗いため、滑らかに変換するバイキュービック補間¹⁾によるサーモ画像を滑らかにしたものを送信している。



図 7 人物検出時の携帯端末への通知結果

3. 実証実験

3. 1 概要

高齢者施設において下記の実証実験を行った。

- ・実験時間 39 時間 8 分
- ・位置検知システム設置位置：居室入口付近の壁面（高さ 1.5m，水平方向）
- ・計測距離：0.6m（通路幅 1.2m の中央）

3. 2 結果

携帯端末への通知は 12 回あった。通知記録を表 1 に示す。また、スマートフォンへの通知画面を図 8 に示す。

なお、実証実験の室温が 25℃と高かったことにより人物検知の通知が頻繁に発生する不具合が発生したため、しきい値を 25℃から 27℃に変更した。

退室入室したのは 6 回で、当システムによる検知数も往復 6 回分であったので、当実験での検出率は 100%の成績であった。

表 1 スマートフォンへの通知結果

回数	日付	時刻
1	12/13	15:56
2	"	16:27
3	"	17:12
4	"	17:47
5	12/14	12:01
6	"	12:35
7	"	13:52
8	"	15:09
9	"	16:04
10	"	16:29
11	"	17:14
12	"	17:48

4. 考察

4. 1 センサ設置位置について

設置位置は、今回実験した壁付けの他にも、天井に設置する方法も考えられたが、天井の高さは 2.4m 程度であることが多いため、身長が 1.6m 程度の人だと計測距離が 0.8m になる。

これは幅 1m の通路を歩くと想定した計測距離の 0.5m と比べて長くなり、測定温度は 2. 25℃低下 (50cm : 28. 5℃, 80 cm : 26. 25℃) するため室温との差が圧縮されることが予想される。

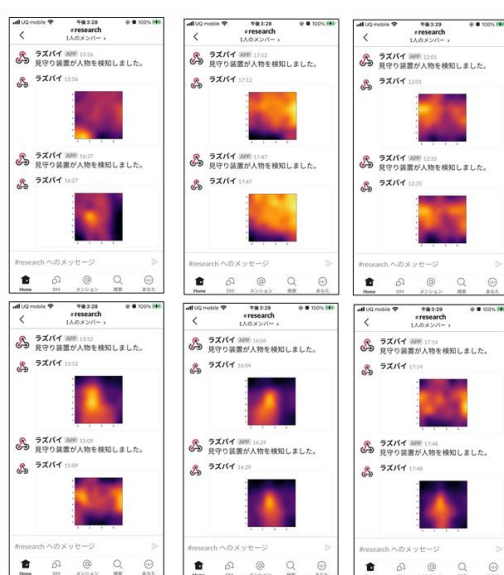


図10 スマートフォンへの通知画面

また、上部から計測すると頭頂部の毛髪の上から計測することになるため更に測定温度が更に下がるため（測定間隔 0.5m：顔面 28.5℃→毛髪部 26.5℃，測定間隔 0.8m：顔 26.25→髪 25.0℃）検知は更に難しくなる。

よって、設置位置は今回実験したとおり、肌の表面が露出している顔の温度が測定できる、壁付けで高さ 1.5m程度の設置が望ましい。

4. 2 人物検知の温度のしきい値について

予備実験では室温を 20℃前後と想定していたので、人物検知を判断するしきい値を 25℃に設定していたが、実証実験では室温が 25℃程度と高い目であったため、人物検知通知の誤通知が頻発した。そのためしきい値を 27℃に変更して実証実験を行った。夏場などに室温が 30℃近くにまで上がると体温との差が縮まるため、しきい値を設定が難しく誤通知が増えることが予想される。

実用化のためには、製品に温度センサを組み込み、その時々室温に応じた、しきい値を制御するプログラムや、別センサで補完するシステムも必要である。

4. 3 サーモ画像について

バイキュービック補間を使用することにより、64 (8×8) 画素のサーモ画像のスムージングを行い、人物のような形に見える画像を生成することが出来た。輪郭の分からない画像になることがあったが、これはサーモアレイセンサのフレームレートが 1fps であるため、計測時に人物に動きがあると全体の画素の温度が高く表示されてしまうことに起因する。これを解消するには、フレームレートの速いサーモアレイセンサを選定する必要がある。

5. まとめ

本研究では、汎用品のサーモアレイセンサとシングルボードコンピュータを用いた位置検知システムを試作し、実証実験を行ったところ以下のことがわかった。

- ・サーモアレイセンサを用いて人物の検出は可能であった。
- ・人物の検出の通知を、Web 経由で遠隔地の携帯端末に送信することができた。
- ・サーモ画像も同時に携帯端末に送信し、通知の内容確認も出来るようにした。

参考文献

1) イメージングソリューション. “画素の補間 (Nearest neighbor, Bilinear, Bicubic)の計算方法”. 2020-05-11. <https://imaging-solution.net/imaging/interpolation/> (参照 2022-01-19)