

J-035

スマートフォンとマルチエリア型人感センサを併用した 在席・離席検出手法の検討

Verification of Presence Detection Method Using Multi-Area Infrared Sensor and Smartphone

寺井 大地*
Daichi Terai

三木 光範*
Mitsunori Miki

市野 博†
Hiroshi Ichino

間 博人*
Hiroto Aida

1. はじめに

オフィス環境を改善することで知的生産性が向上することが報告されている¹⁾。我々は任意の場所に任意の照度を提供する知的照明システムの研究を行っている²⁾。知的照明システムにおける在席・離席の切り替えは執務者が手動で行っている。実オフィスにおいて出勤時および退勤時は適切に変更されていたが、会議など一時離席する場合、適切に変更されていなかった。このため不必要な明るさが提供され、消費エネルギーが増加していた。

本研究では消費エネルギーを削減するため、細かく在席・離席の切り替えを行う在席・離席検出手法について検討する。提案手法ではスマートフォンを用いて執務者の位置を推定し、スマートフォンおよびマルチエリア型人感センサを併用することで在席位置を特定する。

2. 提案手法

2.1 提案手法の概要

本研究では在席・離席を行った執務者およびそのエリアをスマートフォンにより特定し、執務者の在席位置をスマートフォンとマルチエリア型人感センサにより特定する。本手法におけるアルゴリズムを図1に示す。

マルチエリア型人感センサはオムロン社が開発した赤外線を用いて熱源を検知する人感センサである。マルチエリア型人感センサは周囲 3.6 m × 3.6 m のエリアに関して 256 分割し、分割した区画の平均温度を出力する。検出可能範囲全体の温度がわかるため、エリア内に存在する熱源の数や位置の特定が可能である。

スマートフォンには加速度センサや地磁気センサ、輝度センサなど多種多様なセンサが内蔵されている。本研究では Android OS を搭載したスマートフォンである Sony Ericsson 社製の Xperia UL SOL22 を使用する。

2.2 スマートフォンによる執務者の位置推定

執務者の位置推定には PDR(Pedestrian Dead Reckoning)を用いる。本研究で利用する PDR ではセンサデータと特徴量計算により、歩数、進行方向および歩幅の3つのデータを取得することで移動位置を推定する³⁾。歩数と歩幅によって算出した移動距離とスマートフォン内蔵の地磁気センサから得た進行方向のデータと合わせて一歩ごとの位置を推定する。本研究において歩幅は被験者の身長から算出する。歩幅を求める式は

$$\text{歩幅 (cm)} = \text{身長} - 100(\text{cm})$$

を用いる。この式から算出される歩幅は一般的な人の平均歩幅と言われている。歩数データの取得にはスマートフォン内蔵の加速度センサを用いる。加速度センサから取得した3軸加速度を二乗和の平方根とし、この合成加速度の極大値を一歩として算出する。

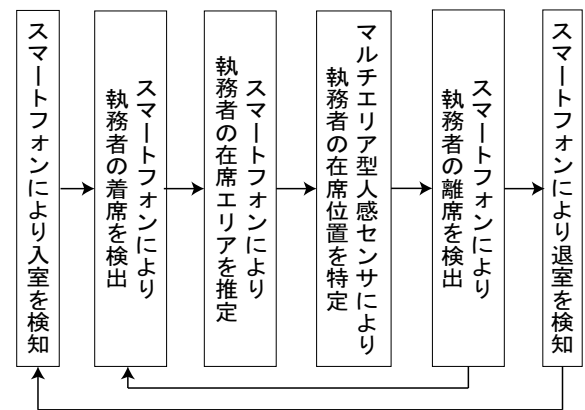


図 1: 在席・離席検出手法に用いるアルゴリズム

2.3 スマートフォンによる在席・離席状態の判定

前節の PDR では執務者の位置検出はできるが、在席については検出できない。そのため、スマートフォンを用いて在席・離席状態の判定を行う。離席時における執務者が所持するスマートフォン端末の水平面に対する角度は 90 deg 付近となる。一方、着席時はスマートフォンの水平面に対する角度は 0 deg 付近となる。

2.4 マルチエリア型人感センサによる在席・離席検出

マルチエリア型人感センサは前述したように 3.6 m × 3.6 m の範囲を 256 分割し、分割した区画の平均温度を出力する。マルチエリア型人感センサを用いた人検出では計測ごとに前回の温度分布と比較することで人の検出を行う。現在の温度と前回の温度の差が +1.0 °C 以上の区画を着席区画とし、-1.0 °C 以上の区画を離席区画とする。着席区画および離席区画が 2 つ以上隣接している場合、対応する座席の在席・離席状態を切り替える。

3. 検証実験

3.1 執務者の移動位置推定実験

スマートフォンを用いた執務者の位置推定の精度検証および、執務者が着席した座席の特定が可能かどうかの検証実験を行い、それらに関する評価をする。実験は同志社大学香知館 104 号室で行った。入口から PDR を用いて被験者の移動軌跡を算出し、位置推定を行う。被験者は入口から各座席に向かって貼ったテープの上を歩行する。被験者のスマートフォン装着位置は被験者のスポンのポケットとする。50 回の試行を行い、被験者の在席位置とスマートフォンによって推定した位置との誤差を算出した。被験者の移動位置推定の結果を図2に示す。

被験者の位置推定の結果から、どの座席に着席したのかを判定する。なお、被験者が着席したと判定する座席は実験環境に配置したそれぞれの座席と推定位置の距離が最も近いものとする。被験者が実際に着席した座席と推定した移動位置との距離を誤差として評価する。推定し

*同志社大学 理工学部

†同志社大学大学院 理工学研究科

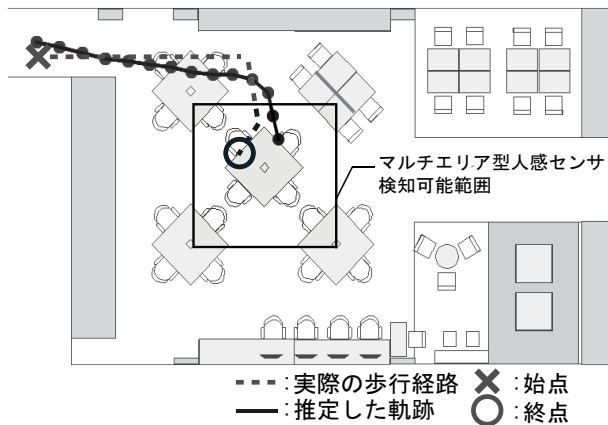


図 2: 被験者の移動位置推定の結果

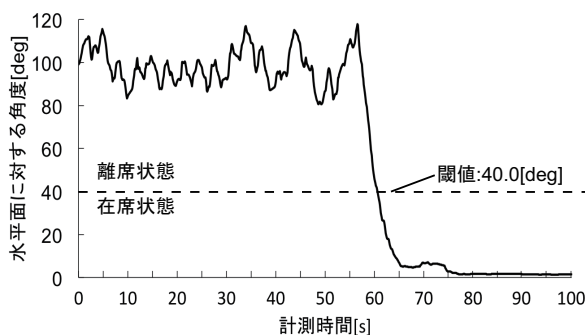


図 3: スマートフォン端末の水平面に対する角度計測

た移動位置と最も近い座席を被験者が着席した座席とし、マルチエリア型人感センサで検知可能な範囲を在席エリアとする。被験者の座席位置判定結果を表 1 に示す。

表 1: 移動位置推定による在席位置特定の評価

誤差 (m)		特定率 (%)	
最大値	1.87	在席位置	54.0
最小値	0.06	在席エリア	98.0
平均値	0.76		

表 1 からスマートフォンによる PDR のみで在席位置を特定することは容易ではないとわかる。しかしながら、位置推定の結果、被験者が実際に着席したエリアに設置されたマルチエリア型人感センサの検知可能範囲内に 98.0 % の割合で入っている。このため、PDR を用いた位置推定により、在席エリアは高精度で特定できるといえる。

3.2 スマートフォンを用いた在席・離席状態判定手法の検証実験

在席・離席状態を判定するために、水平面に対するスマートフォン端末の角度の閾値を決定した。歩行時と着席時における加速度を取得し水平面に対する角度を算出した。計測結果を図 3 に示す。この結果より在席状態と離席状態の閾値は 40.0 deg とした。

本節における提案手法の有効性を検証するために在席・離席状態の精度検証実験およびその評価を行った。被験者が着用しているズボンのポケットにスマートフォンを

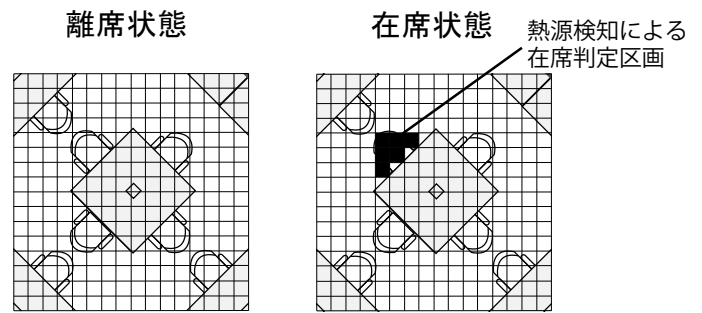


図 4: マルチエリア型人感センサによる在席検出

装着し、在席と離席を 1 分ごとにそれぞれ 100 回繰り返して行った。その様子をカメラで撮影し、スマートフォンを用いて判定した在席・離席状態とカメラ画像との比較を行った。在席・離席状態を判定する間隔は 1 秒とする。

比較の結果、100 % の検出率でスマートフォンをポケットに装着した状態において在席・離席の状態を判定することができた。よって、本在席・離席状態検出手法は有効であるといえる。

3.3 マルチエリア型人感センサによる在席・離席位置推定の検証実験

マルチエリア型人感センサにより取得した温度データを用いて、在席・離席位置を推定する実験を行った。実験環境は同志社大学香知館 104 号室の天井中央に設置したマルチエリア型人感センサ直下の机である。取得した温度データを 5 秒毎に比較し、温度の差が +1.0 °C 以上の区画を着席区画とし、-1.0 °C 以上の区画を離席区画として、在席・離席の検出を行った。本実験では被験者が 1 分毎に在席と離席を繰り返して、在席と離席を 100 回ずつ行った。実験の様子をカメラで撮影し、マルチエリア型人感センサが在席・離席を検出した位置と比較を行った。在席検出の結果を図 4 に示す。

その結果、在席検出率が 97.0 %、離席検出率が 96.0 % となった。スマートフォンによる在席・離席状態判定とマルチエリア型人感センサによる在席・離席位置検出を併用することで高精度でどの執務者がどの座席に在席しているのか推定できる。

4. 結論

スマートフォンを用いた PDR のみで執務者の在席・離席検出を行うことは容易ではない。しかし、スマートフォンとマルチエリア型人感センサを併用することで在席・離席検出の精度が上がり、どの執務者がどの座席に在席しているのか推定することができ、細かい在席・離席の切り替えが可能となった。

参考文献

- [1] 大林文明, 富田和宏, 服部瑤子, 河内美佐, 下田宏, 石井裕剛, 寺野真明, 吉川榮和. オフィスワークの生産性向上のための環境制御法の研究—照明制御法の開発と実験的評価. ヒューマンインタフェースシンポジウム, Vol. 1, No. 1322, pp. 151–156, 2007.
- [2] 光範, 三木. 知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム. 人工知能学会誌, 2007.
- [3] 上坂大輔, 村松茂樹, 岩本健嗣, 横山浩之. 手に保持されたセンサを用いた歩行者向けデッドレコニング手法の提案. 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 2, pp. 558–570, 2011.