

# スマートフォンとマルチエリア型人感センサを用いた在席・離席検知手法および知的照明システムにおける消費電力削減効果の検証

寺井 大地

Daichi TERAJ

## 1 はじめに

著者らは最小の電力で任意の場所に任意の明るさを提供する知的照明システムの研究・開発を行っている<sup>1)</sup>。知的照明システムでは執務者が離席している座席に対して、明るさが不必要と判断し、周囲の照明を減光することで消費電力を削減する。在席・離席は執務者が手動で切り替えているが、実オフィスに導入した際に在席・離席の切り替えを適切に行っていないことが分かった。

一方で、知的照明システムはノンテリトリアルオフィスへの導入が進められている。ノンテリトリアルオフィスでは個人が専用の座席を持たず、複数人で設備を共有する<sup>2)</sup>。しかし、個人の座席が固定されていないため、どの執務者がどの座席に在席しているのか管理することが容易ではない。そのため、ノンテリトリアルオフィスに知的照明システムを導入する場合、座席に執務者が在席しているか離席しているかだけでなく、どの執務者が在席しているかを特定できることが望ましい。

そこで本研究ではスマートフォンとマルチエリア型人感センサを用いることで、知的照明システムが導入されたノンテリトリアルオフィスにおいて執務者の在席・離席を自動的に検知するシステムを提案する。

## 2 マルチエリア型人感センサ

### 2.1 マルチエリア型人感センサの概要

マルチエリア型人感センサは、広い視野範囲と高精度なエリア温度検知を実現した非接触型の温度センサである。3.6 m × 3.6 m 四方における検出可能範囲を 256 分割し、それぞれの画素においてその画素内の平均温度を出力する。マルチエリア型人感センサは、検知範囲内の人の有無を判定する既存の人感センサと異なり、熱源の数および位置をある程度把握することが可能である。

### 2.2 マルチエリア型人感センサによる在席・離席検知

マルチエリア型人感センサは検知範囲内の熱源の数や位置を特定するが、オフィスには人の他に PC などの熱源が存在する。したがって、人間とその他の熱源を区別する必要がある。そこで、温度差分を用いて、執務者の在席および離席を検知する。

## 3 ノンテリトリアルオフィスにおける在席・離席検知

### 3.1 提案手法

ノンテリトリアルオフィスにおける在席・離席検知はスマートフォンにより執務者の位置を推定し、マルチエリア型人感センサを用いることで在席位置を特定する。提案手法では、執務者の入室を Wifi の電波により検知し、執務者の位置推定を開始する。位置推定は PDR (Pedestrian Dead Reckoning) を用いる。スマートフォンのセンサデータから歩数、進行方向および歩幅を算出することで移動軌跡を推定する。歩数と歩幅によって算出した移動距離と地磁気センサから得た進行方向のデータから位置を推定する。なお、歩幅は身長、歩数はスマートフォンの加速度センサから算出する。加速度センサから取得した 3 軸加速度の合成加速度の極大値を一步として算出する。なお、Wi-Fi の接続には数秒かかり、開始地点が一意に定まらないため、屋内の通路情報から補正を行う。また、加速度センサにより執務者の動作状態 (静止・運動) を判定し、静止状態と判定された時点で位置推定を終了する。位置推定を終えた時点における執務者の位置とマルチエリア型人感センサによる在席・離席検知により、執務者の在席位置を特定する。

### 3.2 検証実験

提案手法の有効性を検証するために検証実験を行った。被験者は建物の入り口から実験室内の目的の座席に向かって着席をする。Wi-Fi の電波を検知した時点で位置推定を開始し、在席エリアを特定する。特定した在席エリアのマルチエリア型人感センサから在席位置を特定する。なお、被験者は 4 人、施行回数は計 100 回である。

Fig. 1 に位置推定の一例を示す。被験者が着席したと判定する座席は推定位置との距離が最も近いものとする。推定した座席と実際に着席した座席の一致した割合を在席位置の特定率とする。推定した位置と実際に着席した、座席との距離を誤差として評価する。また、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 Table. 1 に示す。

Table. 1 から PDR による在席位置の特定は容易ではないとわかる。しかし、PDR による位置推定から在席エリアは高精度で特定できる。

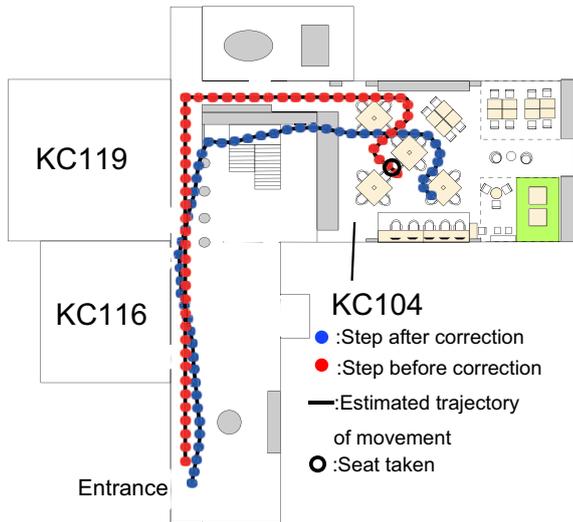


Fig. 1 Result of estimating the position of a moving subject after correction

Table 1 The result of determining the position of the subject's seat

error[m]		Specific rate[%]	
Max	0.88	seat	77.0
Min	0.06	area	100
Ave	0.42		

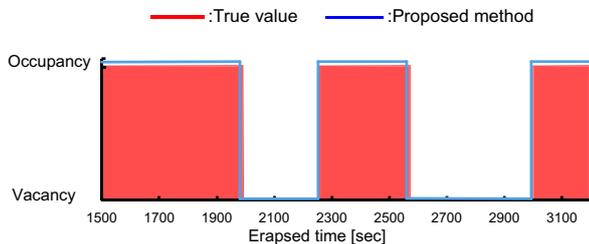


Fig. 2 The status of seat occupancy detection using high-resolution infrared sensors

PDR による在席位置の特定は容易ではないが、在席エリアは高精度で特定可能である。在席エリアの特定後、マルチエリア型人感センサにより、在席位置を特定する。在席検出結果の一部を Fig. 2 に示す。

検証実験の結果、在席検出率は 100 %であった。

#### 4 知的照明システムにおける消費電力削減効果

知的照明システムを導入しているオフィスにおいて、執務者が在席・離席の切り替えを忘れる場合と適切に変更する場合についてシミュレーションを行った。条件は知的照明システムを用い、各執務者の目標照度は 300~

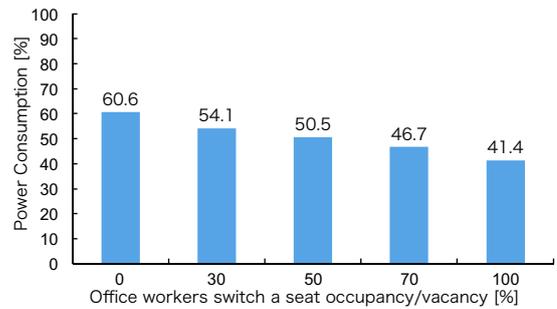


Fig. 3 Simulation result

700 lx とし、執務者の数は出勤および退勤時間帯に線形に増減すると仮定した。また、執務者の平均在席率は 70%、ノンテリトリアルオフィスであることを考慮し、執務者は 1 日に 1 回席の移動をするものとしシミュレーションを行った。

Fig. 3 にシミュレーション結果を示す。

一般的なオフィスで推奨されている机上面照度 750 lx をすべての照度センサで満たすように照明を一律に点灯した場合の消費電力を 100%とする。執務者が在席・離席を全く変更しなかった場合でも約 40%の消費電力を削減できることがわかる。これが知的照明システムの基本的な省エネルギー性能であり、本研究で提案するマルチエリア型人感センサを在席・離席検知手法を組み込んだ知的照明システムを導入することでさらに最大で約 20%の消費電力を削減できることがわかる。以上のことから本提案手法が有効であるといえる。

#### 5 結論

知的照明システムをオフィスに導入した際、在席・離席の変更が適切に行われないことが確認された。そこで、スマートフォンとマルチエリア型人感センサを用いた在席・離席検知手法を提案した。検証実験の結果、ノンテリトリアルオフィスにおいて執務者の在席・離席検知が可能であるとわかった。また、執務者が適切に在席・離席の変更を行う場合のオフィスにおける消費電力の削減効果について検証し、執務者が全く在席離席を変更しない場合において最大でおよそ 20%の消費電力を削減可能であると確認できた。

#### 参考文献

- 1) 小野景子, 三木光範, 米澤基. 知的照明システムのための自律分散最適化アルゴリズム. 電気学会論文誌, C, 電子・情報・システム部門誌, Vol. 130, No. 5, pp. 750-757, 2010.
- 2) Allen Thomas, J. and Gerstberger Peter, G. A field experiment to improve communications in a product engineering department: the non-territorial office. *the Human Factors and Ergonomics Society - Human Factors*, Vol. 15, No. 5, pp. 487-498, 1973.