

## PDRを用いたノンテリトリアルオフィスにおける在席・離席管理手法

寺井 大地<sup>††</sup> 三木 光範<sup>†</sup> 上南 遼平<sup>††</sup> 山口 浩平<sup>††</sup> 間 博人<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 同志社大学理工学部 <sup>††</sup> 同志社大学大学院理工学研究科

### 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[1]。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、明るさが必要ないと判断し、周囲の照明を減光あるいは消灯することで消費電力を削減している。在席・離席の判定は各執務者が手動で切り替えている。知的照明システムはその有効性が認められ、東京都内複数のオフィスで実証実験が行われているが、実オフィスに導入した際に執務者が在席・離席の切り替えを適切に行っていないことが分かった。

一方で近年、執務者が気分や好みに合わせて自由に座席を選択できるノンテリトリアルオフィスに注目が集まっており[2]、2012年に二子玉川ライズオフィスカタリストBAにノンテリトリアルオフィスにおける実証実験として知的照明システムが導入された。しかし、ノンテリトリアルオフィスでは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。そこで、ノンテリトリアルオフィスにおいて執務者の在席・離席を自動検知し管理する手法について検討する。提案手法では個人が所有するスマートフォンにより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 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

#### 2.1 提案手法の概要

提案手法でははじめに執務者の在席・離席状態を判定する。離席状態に遷移した場合にPDRにより位置推定を行い、在席エリアを特定する。特定した在席エリア型マルチエリア型人感センサにより在席位置を特定する。

#### 2.2 スマートフォンによる在席・離席状態の判定

執務者の在席・離席状態はズボンのポケットに装着したスマートフォン端末の水平面に対する角度から判定する。離席時において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およそ90 deg、着席時は0 deg付近となる。閾値を設定し、閾値以上の場合に在席状態、閾値未満の場合に離席状態と判定する。

#### 2.3 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。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。歩幅は被験者の身長から算出する。歩数の検出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。

PDRで推定した移動軌跡は相対位置であるため、開始位置を定める必要がある。そこで、Wi-Fiの電波をスマートフォンで計測し、特定の電波を検知した地点を位置推定の開始地点とする。また、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、位置推定する屋内の通路情報から補正を行う。

#### 2.4 マルチエリア型人感センサによる在席位置特定

マルチエリア型人感センサは直下の3.6 m四方を256分割し、各区画の温度を出力する人感センサである。温度分布から熱源の数や位置の特定が可能である。しかし、人とPCの温度が近いため、温度データでは区別することが容易ではない。そこで時間差分による温度変化から人とその他の熱源を区別する。また、座席の位置とマルチエリア型人感センサのエリアを対応付けしておくことで、執務者の在席位置を特定する。

### 3 検証実験

#### 3.1 実験概要

提案手法の有効性を検証するために精度検証実験を行った。実験は同志社大学香知館104号室で行った。被験者は香知館の入り口から104号室内の目的の座席に向かって着席をする。指定したWi-Fiの電波を検知した地点からPDRによる位置推定を開始し、在席状

The Management Method of Seat Occupancy and Vacancy Using Pedestrian Dead Reckoning in a Non-territorial Office

<sup>††</sup> Daichi TERAJ(dterai@mikilab.doshisha.ac.jp)

<sup>†</sup> Mitsunori MIKI

<sup>††</sup> Ryohei JONAN

<sup>††</sup> Kohei YAMAGUCHI

<sup>†</sup> Hiroto AIDA

Graduate School of Science and Technology, Doshisha University (††)

Doshisha University (†)

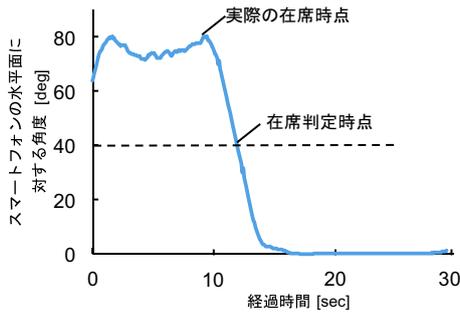


図 1: 在席・離席状態判定

態から離席状態に変化した時点で位置推定を終了し、在席エリアを特定する。特定した座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。在席・離席状態の判定精度、PDR による位置推定の精度およびマルチエリア型人感センサによる在席検知精度について評価する。なお、被験者の数は 4 人、施行回数は計 100 回である。

### 3.2 在席・離席状態判定の判定精度

スマートフォン内蔵の加速度センサからスマートフォン端末の水平面に対する角度を計測し、被験者の在席・離席状態を判定する。図 1 にスマートフォン端末の水平面に対する角度を示す。図 1 に示すように、在席状態と離席状態の判定は正確にできることが分かった。また、実際に在席した時点から在席状態と判定されるまでに約 1 秒の遅れがあるが、これは算出した角度を 25 点平均により平滑化しているためである。

### 3.3 PDR による位置推定の精度検証

PDR による位置推定の精度について検証する。位置推定は入室を検知した地点から開始し、被験者の在席・離席状態が離席状態に移移するまで行う。また、算出した移動軌跡と通路情報を比較し、補正を行う。被験者の位置推定の一例を図 2 に示す。

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座席と推定位置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表 1 に示す。

表 1 から PDR による在席位置の特定は容易ではな

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    | 1.13 | 在席位置    | 68.0 |
| 最小値    | 0.06 | 在席エリア   | 98.0 |
| 平均値    | 0.46 |         |      |

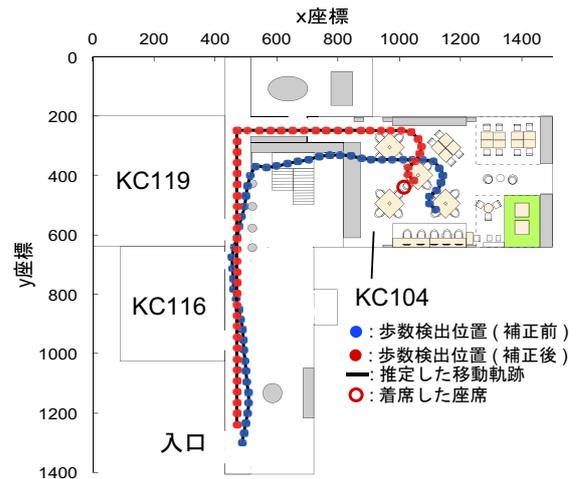


図 2: 被験者の移動位置推定の結果

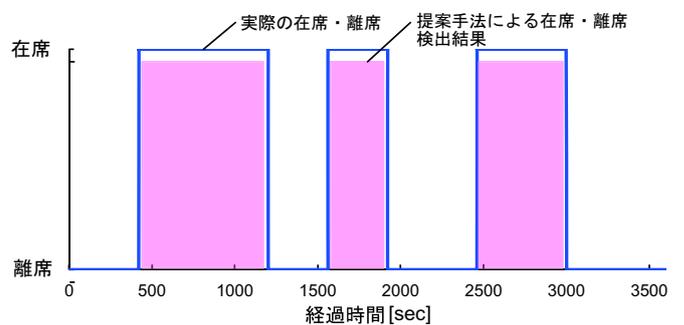


図 3: マルチエリア型人感センサによる在席検出

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。

### 3.4 マルチエリア型人感センサによる在席位置特定の検証実験

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、そのエリアに設置されている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図 3 に示す。

検証実験の結果、在席検出率は 100 %であった。個人が所有するスマートフォンにより、在席状態を判定しているため、マルチエリア型人感センサによる在席検出と合わせることで、どの執務者がどの座席に在席しているか高精度で推定できる。以上のことから、提案手法を用いることによりノンテリトリアルオフィスにおいて執務者の在席・離席の管理を自動化し、細かい在席・離席管理が可能となる。

#### 参考文献

- [1] 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, pp. 399-410, 2007.
- [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.