

圧力センサ内蔵 BLE ビーコンを用いた執務者の在離席検知と在席状況の可視化

八十田 周作
Shusaku YASODA

1 はじめに

近年、オフィス環境が執務者の生産性に及ぼす影響に関する研究が広く行われており、オフィス環境を改善することが、執務者の知的生産性向上につながると報告されている^{1) 2)}。また、執務者のオフィスでの過ごし方が多様化しており、執務者のオフィス内での活動分析に注目が集まっている。オフィス内の活動分析の例としては在離席管理や人流計測などが挙げられる。在離席管理する利点としては執務者の勤怠管理や空きスペースの確認に利用できる。また空間内の執務者の数に合わせた換気量の制御や照明機器、空調設備と統合することで消費電力の削減につながる。

在離席状態を自動的に検出する手法としては、スマートフォンとマルチエア型人感センサを用いた手法がある³⁾。しかし、この手法では、執務者がスマートフォンを所持しなければならない問題、あらかじめアプリを起動しておくなど執務者が何かしらの操作をしなければならないという問題がある。そこで本研究では椅子の座面に圧力センサ内蔵 BLE ビーコンを設置することで、在離席操作を自動化し、在離席を管理をする在離席管理システムを提案する。

2 圧力センサ内蔵 BLE ビーコンを用いた在離席検知手法の提案

2.1 圧力センサ内蔵 BLE ビーコンの概要

圧力センサ内蔵 BLE ビーコンとは、BLE ビーコンに圧力センサが付属しており圧力を検知するとビーコン電波を発信するものである。BLE(Bluetooth Low Energy)とは省電力近距離無線技術である。ビーコン部の送信間隔は 100 ms~2000 ms, 受信電波強度は 4, 0, -4, -16, -20, -30 dbm の 6 段階設定することが可能である。Fig. 1 に圧力センサ内蔵 BLE ビーコンを示す。



Fig.1 圧力センサ内蔵 BLE ビーコン

2.2 圧力センサ内蔵 BLE ビーコンによる在離席管理システム

在離席管理システムとは在離席状況を Web 上で可視化しリアルタイムで確認できるシステムである。構成としては圧力センサ内蔵 BLE ビーコン, 受信機, Web サーバで構成される。本研究では、圧力センサ内蔵 BLE ビーコン

の受信機には Raspberry Pi 3 Model B+ を使用した。在離席管理システムの構成図を Fig. 2 に示す。

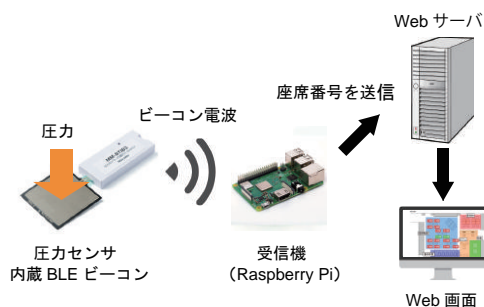


Fig.2 システムの構成

在離席管理システムは、圧力センサ内蔵 BLE ビーコンを設置した座席に、人が座ると圧力を検知し、電波を発信する。座席の識別にはビーコンの識別子に割り振った座席番号を用いた。次に、受信機がその電波を受信し、座席番号に対応した座席を在席と判断する。受信した座席番号を Web サーバに送信することで、Web 上で在席状況を確認できる。

3 提案手法による在離席検知実験

3.1 実験概要

作成した在席管理システムを用いて、在離席検知実験を行なった。圧力センサ内蔵 BLE ビーコンを同志社大学香知館 KC104 号室の標準執務スペースの座席に設置し、被験者には複数回在離席を行なった際に在離席を正しく検知できるかを検証する..

3.2 実験条件

圧力センサ内蔵 BLE ビーコンにおいて、ビーコン電波の送信間隔は 2000 ms に設定した、これはバッテリー消費を最小限に抑えるためである、電波強度は各席から受信機が受信できる最低値である-4 dbm に設定した。受信機の離席処理に必要な待機時間は誤認知防止のため 30 秒に設定した。圧力センサ内蔵 BLE ビーコンの設置場所はビーコン電波の受信回数が最も多かった椅子の先端から 15 cm に設置した。標準執務スペースの座席と椅子の座面に設置した図を Fig. 3, Fig. 4 に示す。

実験環境のレイアウト図に座席番号を割り当てた図を Fig. 5 に示す。受信機と最も離れた座席は 16 番席で距離は 9.2 m だった。被験者には 11 番席で在離席を繰り返してもらった。



Fig.3 実験に使用した椅子



Fig.4 設置位置

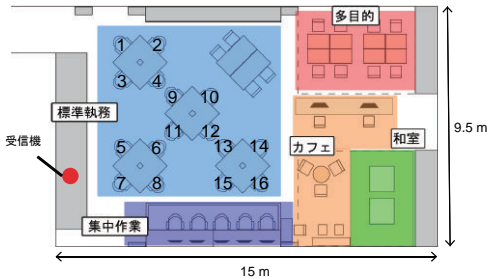


Fig.5 実験環境 (同志社大学香知館 KC104 号室)

3.3 実験結果

ログデータから得られた在離席状態と KC104 号室に設置した IP カメラで在離席が正しく行われているか比較した。確認した在離席状態の一例を Fig. 6 に示す。執務者の在離席状態は、在席状態を 1、離席状態を 0 とした。

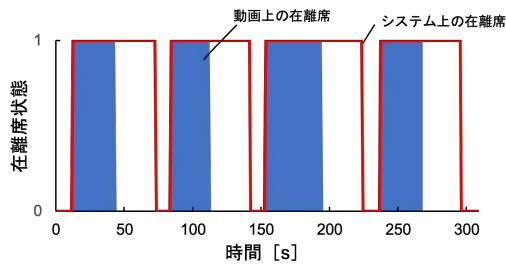


Fig.6 執務者の在離席状態

Fig. 6 の結果から受信機側の待機時間をビーコン電波が人や障害物によって減衰し不安定であることから誤認識防止のため 30 秒に設定したため、動画上の離席から 30 秒後にシステム上で離席になっている。このことから在離席を正しく検知できていることがわかった。

4 在離席ログデータ取得実験

4.1 実験概要

圧力センサ内蔵 BLE ビーコンを同志社大学香知館 KC104 号室の標準執務スペースの 16 席に設置し、在離席ログデータ取得実験を行なった。圧力センサの設定に関しては在離席検知実験と同様の設定で行なった。

4.2 実験結果と考察

5 日間の取得した In/Out ログデータから各席の使用率と各座席の平均在席時間を Fig. 7 と Fig. 8 に示す。Fig. 7 の使用率は各座席の在席時間の総和における各座席の在

席時間の割合で求めた。

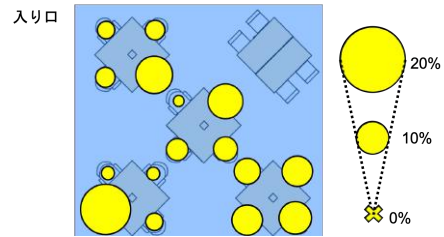


Fig.7 各座席の使用率

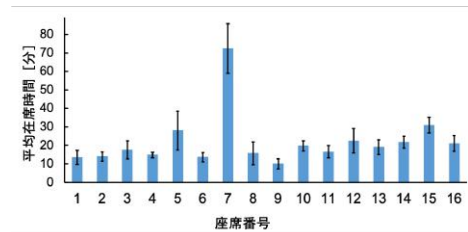


Fig.8 各座席の平均在席時間

入り口から最も離れている 14, 15, 16 番席の使用率が高く、平均在席時間が長い傾向が見られた。このことから入り口から離れたエリアは人気の高いエリアであることがわかる。一方、入り口が死角となる座席は利用率が低い傾向があることがわかった。これは入り口が死角となり、誰が研究室に入ってきたかの確認ができないことに起因すると思われる。また、全体的に平均在席時間は 10 分～20 分だった。このことから標準執務スペースの利用者は在離席を頻繁に繰り返す傾向があることがわかる。

5 今後の展望

本研究では、圧力センサ内蔵 BLE ビーコンを用いたオフィス内の在離席検知を目的とした在離席管理システムの作成と提案システムによるログの取得を行なった。取得したログから 1 週間分の標準執務スペースの座席使用率を可視化することができた。

今後はさらにログデータを収集し、分析する。また、標準執務スペース以外に、圧力センサ内蔵 BLE ビーコンの導入を予定している。さらに、照明や空調設備との統合も考えている。在離席情報や人数に合わせて、照明機器や空調を自動制御することで消費電力を削減できると考えている。

参考文献

- 1) 西原直枝, 田辺新一: 中程度の高温環境下における知的生産性に関する被験者実験. 日本建築学会環境系論集, pp. 33-39, 2003.
- 2) 大林史明, 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 2006, No. 1322, pp. 151-156, 2006.
- 3) 寺井大地, 三木光範, 上南 遼平, 山口 浩平, 間博人: PDR を用いたノンテリトリアルオフィスにおける在席・離席管理手法第 78 回全国大会講演論文集, ネットワーク, 2016.