

## 執務者が BLE ビーコンを携帯するビーコン携帯型知的照明システム

### An Application of Automatic Presence / Absence Operation by BLE Beacon Carried by Worker to Intelligent Lighting System

山下 俊樹<sup>†</sup>  
Toshiki Yamashita

三木 光範<sup>\*</sup>  
Mitsunori Miki

中原 蒼太<sup>†</sup>  
Sota Nakahara

間 博人<sup>\*</sup>  
Hiroto Aida

高谷 友貴<sup>†</sup>  
Yuki Takaya

#### 1. はじめに

現在の知的照明システムにおいて、執務者が知的照明システムを利用する際には、照度センサの在席ボタンを押すか、Web UI から在席操作を行い、執務者が一時的に席を離れる際や退社する際には同様に照度センサや、Web UI から離席操作を行う。そして、執務者の在離席操作に応じて、知的照明システムは執務者付近の照明の減光または消灯を行う。そのため、執務者が一時的に席を離れる際や退社時に離席操作を行わない場合、執務者がいない場所の照明が余分に点灯し続けることになり、省エネルギー性が低下する。

#### 2. 実際のオフィスにおける離席操作忘れ

本章では、六本木ヒルズの森ビル株式会社本社フロアの一部の照明 35 灯、執務者 27 名を有するオフィスで行った知的照明システムの実証実験の結果について述べる。実証実験の結果、執務者が在離席操作を手間と感じたり、操作自体を忘れるため、適切に在離席操作を行っていないことが判明した。実証実験では、12 時から 13 時の 1 時間は昼休みとして照明は消灯させた。また、朝最初に出勤する執務者が照明のスイッチを入れ、夜最後に退勤する執務者が照明のスイッチを切る。

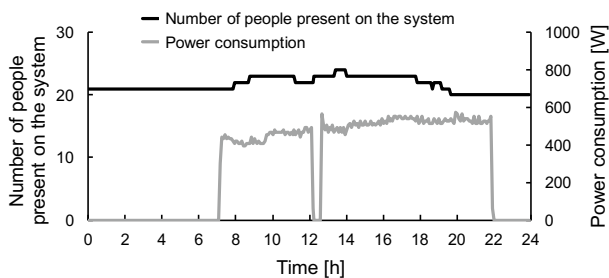


Fig.1 システム上の在席人数と消費電力

Fig.1 に、六本木ヒルズ森ビル株式会社本社で行った実証実験のうち、システム上で在席と扱われている執務者の数と消費電力のある 1 日のデータを示す。Fig.1 に示すように、22 時ごろに消費電力が 0 W になっているため、最後の執務者が退勤し、照明のスイッチを切ったことがわかる。しかしながら、システム上の在席人数を見ると、在席状態である執務者が依然多くいることから、離席操作を行わずに退社した執務者が多数いることがわか

\* 同志社大学理工学部

† 同志社大学大学院

る。離席操作を適切に行わない場合、実際には執務者が離席しているにもかかわらず、周囲の照明が減光または消灯せず、執務者が居ない場所に希望照度を提供し続けるため、知的照明システムの省エネルギー性が低下する。

#### 3. ビーコン携帯型知的照明システム

ビーコン携帯型知的照明システムは、執務者が携帯するビーコンと、オフィスに設置するビーコン電波の受信機を用いることで在離席操作を自動化し、離席操作忘れを防止する知的照明システムである。ビーコン携帯型知的照明システムの構成を Fig.2 に示す。

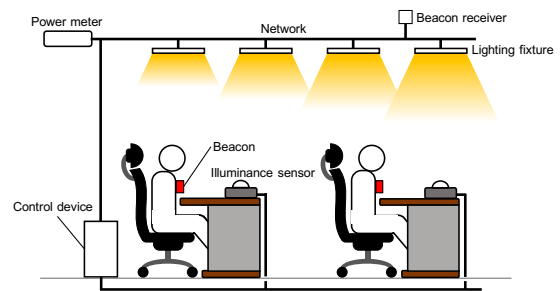


Fig.2 ビーコン携帯型知的照明システムの構成

ビーコン型知的照明システムは、制御 PC、調光可能な照明、電力計、およびビーコン電波の受信機を 1 つのネットワークに接続し、執務者が各自 1 台のビーコンを携帯することで構成する。

ビーコン携帯型知的照明システムは固定席のオフィスへの導入を想定しており、ビーコンを携帯した執務者が部屋に入室すると、部屋に設置された受信機は執務者のビーコンの電波を検知し、在席処理を行う。退室時は、執務者が携帯するビーコンの電波を受信できなくなったことを検知し、執務者の離席処理を行う。これにより、現在の知的照明システムにおいて執務者が手動で行っていた在離席操作を自動化し、離席操作忘れを防止する。

多くのオフィスでは勤務中の執務者は社員証を常に首から下げる必要があるため、社員証に取付可能な小型のビーコンを用いることで、置き忘れによって適切に在離席操作を行えない課題を解決できると考えられる。さらに、オフィス内にビーコン電波の受信機を複数設置することで、エリア検知を行うシステムも開発されており<sup>1)</sup>、提案手法でも実現可能である。

#### 4. 入退室検知の検証実験

本実験では、実際の利用環境を想定し、実験室の中央に設置した 1 台の受信機で、部屋内の任意の位置にある

執務者が首から下げたビーコンの電波を受信可能であるかの検証を行った。ビーコンは Aplix 社の MyBeacon 汎用型 MB004 Ac を 1 台使用し、出力は最大値の 0 dBm とした。また、ビーコンは執務者が社員証に取り付けて携帯する場面を想定し、実験者の首からストラップで吊り下げた。受信機は Raspberry Pi 3 を 1 台使用し、部屋の中心付近の照明の発光面間のプレート裏面に設置した。実験室を 1.0 m 四方のグリッドに分割し、各グリッドの中心で RSSI の測定を行った。計測はビーコンを携帯する執務者の向きを 4 方向に変え、各地点につきそれぞれ 1 秒間隔で 5 回ずつ行った。実験環境を Fig.3 に示す。

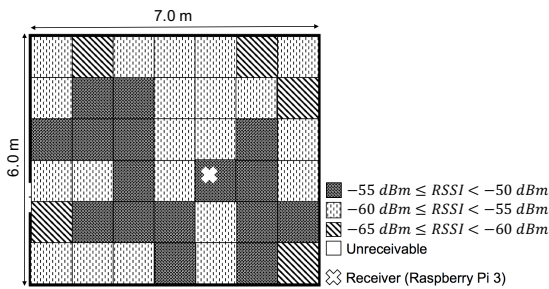


Fig.3 各グリッドにおける平均 RSSI

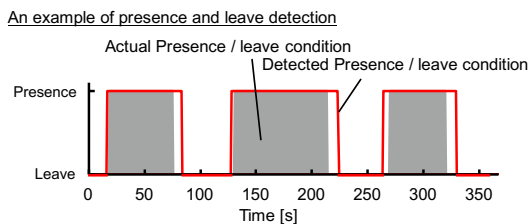


Fig.4 在離席履歴

Fig.3 のように、全てのグリッドで -65 dBm 以上の平均 RSSI を得られたため、実験室内でビーコンの電波を受信可能であることがわかった。また、Fig.4 に、実際の入退室と検知された入退室の履歴の一例を示す。ビーコンを携帯した執務者が実験室の扉の前に近づくと、その時点でビーコンの電波が検知されるため、オフィスの扉を開けて入室する少し前に入室検知が行われていることがわかる。また、退室後は、誤検知防止のために設けた 10 秒の離席検知待ち時間の後に退室検知されていることがわかる。これより、提案手法によって執務者の入退室を正しく検知できることを示した。しかしながら、執務者がオフィス前の廊下を通過する場合など、入室と誤検知する事態が考えられるので、そのような環境においては、入室時にも検知待ち時間を設けるなどの対応が必要と考える。

## 5. 提案手法における削減可能な消費電力量

本章では、執務者の 1 日の平均在席率を 90, 60, 30 % と変更した場合における、ビーコン携帯型知的照明システムの有無による平均消費電力の比較を行い、提案手法が省エネルギー性を向上できることを確認する。本実験では、照明 30 灯、執務者 33 名のオフィス想定する。執務者の目標照度は、20 % の執務者が 300 lx, 60 % の

執務者が 500 lx, 20 % の執務者が 700 lx を選択するものとする。各執務者のスケジュールは、9 時始業、18 時終業のオフィスの 1 日を想定する。1 日に 2 回の 30 分休憩、1 時間の会議および退勤を想定し、各イベントで離席操作を行う。離席操作を正しく行う割合は、実際のオフィスでの実証実験結果より 20 % で固定とした。それぞれの場合について、30 回ずつ消費電力を算出する。

省エネルギー性の検証を行ったシミュレーション環境の平面図を Fig.5 に、実験結果を Table 1 に示す。Table 1 には、離席操作を正しく行う割合が 20 % であるオフィスにおいて、ビーコン携帯型知的照明システムを用い、離席操作を正しく 100 % の割合で行うことで削減可能な消費電力の割合を執務者の平均在席率ごとに示す。なお、消費電力の割合は本実験環境と同環境のオフィスにおいて、最低 750 lx を満たすように一様点灯した一般的なオフィスの 1 日の消費電力を 100 % とした割合で示す。

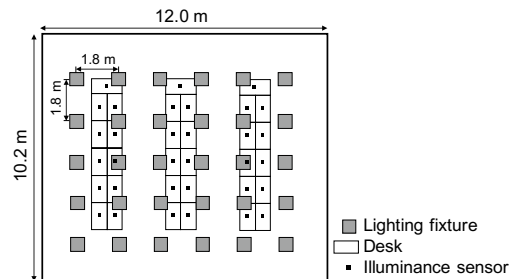


Fig.5 実験環境の平面図

Table1 消費電力の比較

平均在席率 [%]	離席操作を行う割合 [%]		削減可能な割合 [%]
	20	100	
90	62	55	7
60	57	49	8
30	45	36	9

各平均在席率において、提案手法を用いることで、消費電力が減少し、省エネルギー性が向上していることがわかる。その結果、提案手法を用いてシステムの省エネルギー性を向上可能であるといえる。

これらの結果から、執務者の在離席操作を自動化し、離席操作忘れを防止するビーコン携帯型知的照明システムを用いることで、知的照明システムの省エネルギー性を向上できるといえる。

## 6. むすび

本稿では、執務者が携帯するビーコンと、オフィスに設置するビーコン電波の受信機を用いたビーコン携帯型知的照明システムを提案し、提案手法が執務者の在離席を正しく検知し、在離席操作を自動化することで、省エネルギー性を向上させることを確認した。

## 参考文献

- 1) パナソニック株式会社. たった 5g のビーコンで始まる所在管理・動線分析の威力. <https://intrawave.jp/wp/wp-content/uploads/2015/12/40382df30dcf35ddbba92c7299503df15.pdf>.