

# BLE ビーコンとスマートフォンを用いて執務者の在離席検知を行う ビーコン型知的照明システムの提案

中原 蒼太

Sota NAKAHARA

## 1 序章

著者らは、オフィス環境において執務者の知的生産性向上およびオフィスの省エネルギー化を目的とし、執務者が個別に要求する照度を低消費電力で実現する知的照明システムの研究・開発を行っている。知的照明システムは在席状態である座席には要求された個別照度を実現し、離席状態である座席には明るさを提供しないことで省エネルギーを実現する。

知的照明システムはその有効性が認められ、複数の実オフィスで実証実験を行ってきた。実証実験の結果、執務者の快適性の向上および約 30 % の節電効果を実証したが、詳細なログデータを解析した結果、退社時に離席操作を行わない執務者が多く、全執務者の 90 % が離席操作を正しく行わないことがわかった。退社時に離席操作を行わない場合、知的照明システムは執務者のいない座席に不要な明るさを提供するため、省エネルギー性が低下する。

そこで我々は、BLE ビーコンとスマートフォンを用いて執務者の在離席検知を行うビーコン型知的照明システムを提案する。本論文では、まず執務者の座席が指定されている固定席オフィスでのビーコン型知的照明システムについて述べ、次に近年注目が集まっているフリーアドレスオフィスでのビーコン型知的照明システムについて述べる。その後、BLE ビーコンとスマートフォンを用いた入退室検知の精度検証を行い、実環境にてビーコン型知的照明システムの動作確認実験を行う。そして、実オフィス規模の照明環境を模擬するシミュレータを用いて、現在の知的照明システムと比較してのビーコン型知的照明システムの省エネルギー性について検証する。

## 2 ビーコン型知的照明システム

### 2.1 概要

現在の知的照明システムには退社時に離席操作を行わない場合、執務者のいない座席に不要な明るさを提供するため、省エネルギー性が低下するという課題がある。その課題を解決するため、本論文では新たな在離席手法を用いるビーコン型知的照明システムを提案する。

本論文で提案するビーコン型知的照明システムは、部屋に設置した iBeacon 規格の BLE ビーコン (以下、ビー

コンとする) と執務者のスマートフォンを用いて執務者の在離席検知を行う知的照明システムである。ビーコン型知的照明システムは、執務者が部屋に在室しているかを執務者のスマートフォンが部屋に設置した BLE ビーコンの電波を受信しているかで判断し、執務者の在離席操作を自動で行う。これにより、システムが自動で離席操作を行い、知的照明システムの省エネルギー性低下を防止する。

本章では、座席が固定されている (以下、固定席とする) オフィスで執務者の離席忘れを防止するビーコン型知的照明システムについて述べる。

### 2.2 固定席オフィスにおけるビーコン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では、現在の知的照明システムの構成に加え、部屋の天井に BLE ビーコンを設置する。執務者の入退室検知は、執務者のスマートフォンが部屋に設置したビーコンの電波を受信するかで判断する。システムの初回利用時に、スマートフォンで生成した Universally Unique Identifier (以下、UUID) を執務者の識別 ID として制御 PC に登録する。この執務者の識別 ID と座席番号を紐付けることで、執務者の座席を特定する。ビーコンは各部屋に設置し、部屋固有の識別子を発信するよう設定する。固定席オフィスにおけるビーコン型知的照明システムの構成図を Fig. 1 に示す。

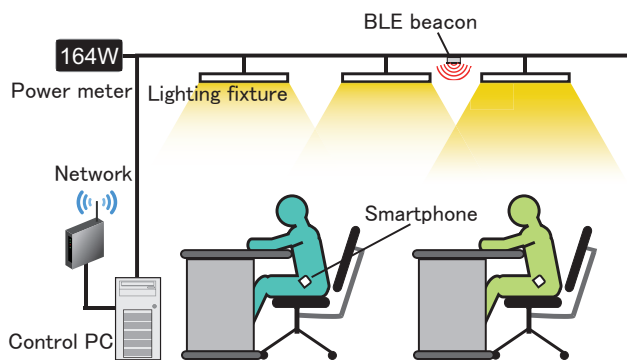


Fig. 1 The configuration of Beacon Type Intelligent Lighting System (Fixed Seat)

### 3 実オフィス規模の照明環境における提案手法の省エネルギー性検証

#### 3.1 概要

ビーコン型知的照明システムの目的は、執務者の離席操作が行われないことによる知的照明システムの省エネルギー性低下を防止することである。そこで本章では、知的照明システムの導入を検討している最大規模の照明環境を想定し、離席操作が行われない割合を変化させてビーコン型知的照明システムの省エネルギー性を検証する。シミュレーション日数は離席操作忘れ率 90%、0%ともに 100 日間とする。オフィスにいる執務者の在席率は、一般的なオフィスを想定し全座席の 60%とする。離席操作が行われない割合は 2.2 節で述べた実証実験での割合である 90%と、ビーコン型知的照明システムが正常に動作する場合を想定した 0%の 2 通りとする。執務者は 9 時が始業時刻、18 時が定時退社時刻とし、18 時から 22 時の間に線形的に退社していくものとする。なお、12 時から 13 時の 1 時間は昼休みとし、全執務者が強制的に離席され、全照明が消灯するものとする。また、執務者が入社してから退社するまでの間に会議やトイレなどの一時的な離席は行われないものとし、シミュレーションは 1 分間隔で行うものとする。時刻と執務者の在席人数の推移を Fig. 2 に示す。

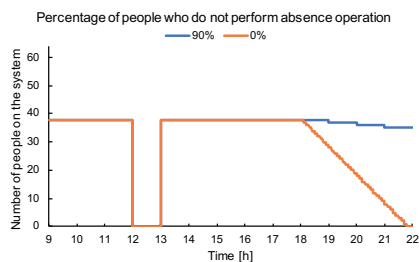


Fig. 2 Trend in the number of people in attendance

シミュレーション環境は知的照明システムの導入を検討している最大規模の照明環境を想定し、照明 100 灯、座席 64 席とする。本実験で用いるシミュレーション環境を Fig. 3 に示す。

Fig. 3 に示したシミュレーション環境は、18.0 m × 18.0 m × 2.6 m の空間であり、照度センサは JIS が推奨するオフィス机の高さである床面から 0.7 m の地点に設置する。シミュレーション環境の照明は、三菱電機照明株式会社製 LED 照明を用いる。シミュレーションにおける照度は、照明の設計資料の配光データを基にして照明の光度から逐点法を用いて算出し、壁やパーティションの影響は考慮しない。

構築したシミュレーション環境において、シミュレーション手法を用いて知的照明システムを動作させ、消費電力を照明の点灯光度から算出する。照明の消費電力

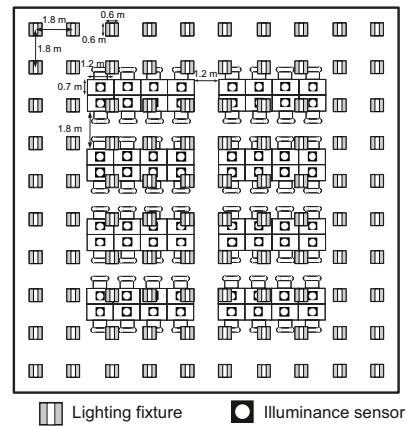


Fig. 3 Plane view of the experimental environment

を照明の点灯光度から算出するため、照明の点灯光度と消費電力の関係を検証する予備実験の結果を Fig. 4 に示す。

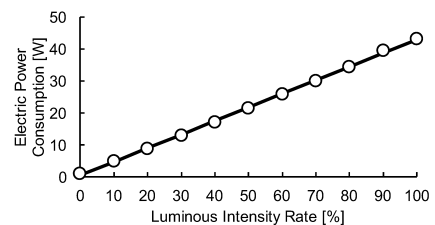


Fig. 4 Relation between luminosity and power consumption of a luminaire

Fig. 4 中のプロット点は実測値であり、直線は実測値を基にした回帰直線である。Fig. 4 から、照明の点灯光度と消費電力は線形関係にあることがわかったため、本実験ではこの結果から得られた算出式を用いて消費電力を算出する。

#### 3.2 省エネルギー性検証結果と考察

離席操作が行われない割合が 90%（現在の知的照明システム）の場合と 0%（ビーコン型知的照明システム）の場合におけるそれぞれ 1 日の平均消費電力量を Table 1 に示す。

Table 1 Average power consumption when changing rate of people who do not perform absence operation

Rate	Average power consumption [kWh]
90 %	13.1
0 %	12.5

離席操作が行われない割合が 90%（現在の知的照明システム）の場合における平均消費電力量は 13.1 kWh、0%（ビーコン型知的照明システム）の場合に平均消費電力は 12.5 kWh であり、このシミュレーション環境においてビーコン型知的照明システムは約 4.6%の省エネルギー性があることがわかった。