

## ビーコン型知的照明システムにおける近接特化型ビーコンの検討

## Consideration of Proximity Specialized Beacon in the Beacon-Type Intelligent Lighting System

中原 蒼太<sup>†</sup>      三木 光範\*      山口 浩平<sup>†</sup>      提中 慎哉<sup>†</sup>      間 博人\*  
Sota NAKAHARA   Mitsunori MIKI   Kohei YAMAGUCHI   Shinya DAINAKA   Hiroto AIDA

## 1. はじめに

我々は執務者の快適性・知的生産性の向上を目的とした知的照明システムの研究を行っており<sup>1)</sup>、実オフィスの一画にシステムを導入することでその有用性を検証している。また、執務者の離席操作忘れによる不要な照明の点灯を防止するため、我々は BLE ビーコン (以下、ビーコン) とスマートフォンを用いて、執務者の在離席処理を自動化するビーコン型知的照明システムの研究を行っている<sup>2)</sup>。現在のビーコン型知的照明システムでは、執務者の位置特定のため Aplix 社の MyBeacon 汎用型 MB004 Ac (以下、汎用型ビーコン) を各席に設置する。しかし、現在のビーコン型知的照明システムでは意図しない在離席操作が行われる場合があった。これは汎用型ビーコンは隣接設置するとビーコン同士が干渉し、スマートフォンでの受信信号強度 (RSSI) が不安定になることがあるためだと考えられる。

そこで本研究では、送信する電波の受信可能距離を近接域に制限可能な近接特化型ビーコンがビーコン型知的照明システムに利用可能か検討するため、近接特化型ビーコンの電波特性を検証し、近接特化型ビーコンを用いたビーコン型知的照明システムの動作検証を行う。

## 2. ビーコン型知的照明システム

## 2.1. ビーコン型知的照明システムの概要

ビーコン型知的照明システムは、ビーコンとスマートフォンを用いることで在離席操作を自動化する知的照明システムである。ビーコン型知的照明システムのイメージ図を図 1 に示す。



図 1 ビーコン型知的照明システムの構成図

執務者が部屋に入室し着席すると執務者のスマートフォンは机に設置されたビーコン電波を検知し、制御 PC に在席処理

命令を送信する。また、執務者が退室した際はスマートフォンがビーコン電波を受信できなくなったことを検知し、制御 PC に離席処理命令を送信する。これにより、現在まで執務者が手動で行っていた在離席操作が自動化することが可能となる。

## 2.2. ビーコン型知的照明システムの課題

現在のビーコン型知的照明システムは、スマートフォンでの RSSI が近接していると判定できる閾値以上でかつ、最も RSSI の高いビーコンの位置を執務者の位置として、在離席処理を行う。しかし、システムで用いる汎用型ビーコンの電波は、出力電波強度を最小の-20 dBm に設定しても 2 m 以上離れた場所まで到達する。そのため、各執務者の机に 1 台ずつ設置すると、ビーコン電波の干渉によりスマートフォンでのビーコン電波の RSSI が安定せず、執務者の位置特定に失敗し、意図しない在離席操作を行う場合がある。

## 3. 近接特化型ビーコンの電波特性検証実験

## 3.1. 実験概要

隣接設置などの用途でのビーコンの干渉を防止するため、送信する電波の受信可能距離を約 10 cm から 2 m に抑えることができる近接特化型ビーコンが Aplix 社により開発された。この近接特化型ビーコンがビーコン型知的照明システムに利用可能か検討するため、近接特化型ビーコンの電波特性を検証した。

## 3.2. 実験環境

出力電波強度とビーコンとスマートフォンの距離を変化させた際の、スマートフォンでの RSSI がどのように変化するかを検証した。本測定実験は同志社大学香館館 111 号室で行った。検証したビーコンは MyBeacon 近接特化型 MB004 At (以下、近接特化型ビーコン) である。計測距離は 0.1 m ごとの最大 1.0 m であり、計測方向は東西南北のそれぞれ 4 方向で、各地点につきそれぞれ 5 回ずつ RSSI を計測した。また、ビーコンの出力電波強度は最大値の-0 dBm から最小値の-20 dBm まで変更し、それぞれの出力での RSSI を計測した。なお、ビーコンの出力電波強度は 4 dBm 刻みで変更可能である。スマートフォンは iPhone 4S を使用し、ビーコンはインジケータランプが上に向くように机の上に設置した。

## 3.3. 検証結果

近接特化型ビーコンの RSSI 計測結果を図 2 に示す。

縦軸は平均 RSSI、横軸はビーコンからの距離である。図 2 のように、ビーコンの出力電波強度を下げるほど、スマートフォンでの受信信号強度は低くなるのがわかる。また、出力電波強度を変更することで、ビーコン電波の受信可能距離を制限することが可能であることがわかる。この検証結果から、近接特化型ビーコンは他のビーコンとの干渉を防ぎ、ビーコン型

\* 同志社大学 理工学部

† 同志社大学大学院 理工学研究科

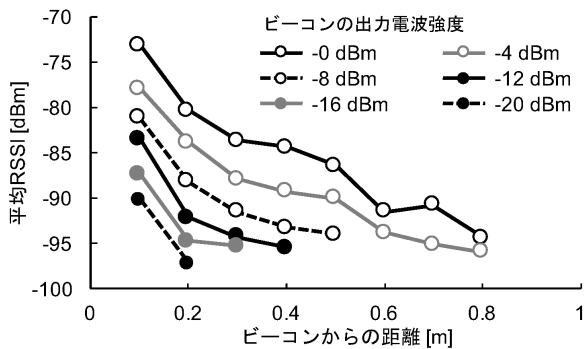


図 2 近接特化型ビーコンの平均 RSSI

知的照明システムにおける意図しない在離席操作を防止することが可能であると考えられる。

#### 4. 近接特化型ビーコンを用いたビーコン型知的照明システムの動作検証

##### 4.1. 実験概要

近接特化型ビーコンを用いたビーコン型知的照明システムの動作実験を行った。スマートフォンは執務者 A, B, C から順に, iPhone 4S, iPod touch 第 6 世代, iPhone 6 を使用した。なお, 全ての手順において, スマートフォンはスリープ状態で実験を行い, 操作は一切行わない。ビーコンは Aplix 社の MyBeacon 近接特化型 MB004 At を使用し, 電波出力は -20 dBm に設定した。このビーコンを各執務者の机に 1 台ずつ設置する。執務者のスマートフォンで受信したビーコンの識別情報を基にスマートフォンの位置を特定し, 在席処理命令を制御 PC へ送信する。本システムで執務者が部屋に入室し, システム上で在席になるまでの流れを以下に示す。

- (1) 執務者はスマートフォンをビーコン付近に置く
- (2) スマートフォンは受信したビーコン電波の識別情報から位置を特定する
- (3) スマートフォンは特定した位置および目標照度を制御 PC へ送信する
- (4) 制御 PC は受信した位置の在席処理を行い, 照明の点灯パターンを探索する
- (5) 探索した照明の点灯パターンで照明を調光する

また, 離席処理は, 在席時に受信していたビーコン電波をスマートフォンが受信しなくなった際に行う。知的照明システムの制御アルゴリズムは照度センサを用いない数値計画法制御である。そのため, 執務者が在席する机に設置した照度センサは目標照度実現性の確認のみに用いた。実験は近接特化型ビーコンの電波特性検証実験と同じく香知館 111 号室で行った。システム動作実験を行った香知館 111 号室の環境を図 3 に示す。

本実験での執務者の流れを以下に示す。

- (1) 20 s : 執務者 A (目標照度 300 lx) が座席 1 に着席
- (2) 100 s : 執務者 B (目標照度 500 lx) が座席 5 に着席
- (3) 180 s : 執務者 B が座席 6 に移動
- (4) 260 s : 執務者 C (目標照度 700 lx) が座席 8 に着席
- (5) 340 s : 執務者 A が離席

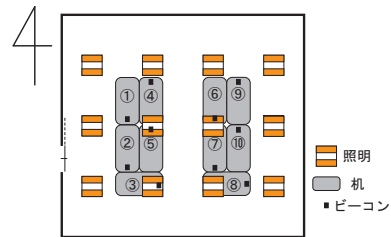


図 3 システムの動作検証環境

- (6) 420 s : 執務者 B が離席
- (7) 500 s : 執務者 C が離席

##### 4.2. 実験結果

各座席での照度履歴図を 4 に示す。

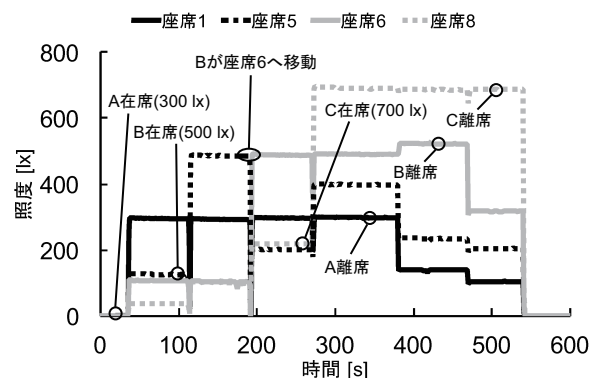


図 4 各座席での照度履歴

図 4 から, 執務者の在席・離席・座席移動を正常に検知し, 目標照度を実現していることが確認できる。また, 執務者が実際に離席してから離席処理が行われるまで, 約 50 秒の処理遅延が発生しているが, これは iOS の仕様であるビーコン領域判定の遅延処理が原因である。近接特化型ビーコンを用いることで, ビーコン電波の RSSI ではなくビーコン電波の有無で在離席を検知できるようになった。そのため, iOS のビーコン電波のバックグラウンド検知を利用可能になり, スマートフォンでプログラムがスリープ状態であっても在離席処理命令を制御 PC へ送信可能になった。

##### 5. 結論

本研究では, 電波の受信可能距離を近接域に制限した近接特化型ビーコンがビーコン型知的照明システムに利用可能か検討するため, 近接特化型ビーコンの電波特性の検証を行った。そして, 実際のオフィスを想定しシステムの動作の検証を行った。検証の結果, 近接特化型ビーコンを用いてもビーコン型知的照明システムが正常に動作することが確認できた。

##### 参考文献

- 1) 三木光範, 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, Vol. 22, No. 3, 2011.
- 2) 中原 蒼太, 三木 光範, 山口 浩平, 提中 慎哉, 間博人, BLE ビーコンを用いた在離席操作を自動化するビーコン型知的照明システムの提案, 2016 年度人工知能学会全国大会。