

知的照明システムにおけるワイヤレス照度センサの無線性能

松谷 和樹

1 はじめに

近年、オフィスにおける、オフィスワークの快適性および知的生産性の向上に注目が集まっている。オフィス環境を改善することにより、知的生産性が向上すると報告されている¹⁾。我々は、光環境に着目し、任意の場所に対して任意の明るさ（照度）を提供し、かつ省エネルギー性を実現する知的照明システムの研究を行っている²⁾。現在の知的照明システムでは、照度を取得するために有線の照度センサを用いている。有線の照度センサは、電力の供給や照度取得の遅延を考慮する必要はないが、制御用 PC に照度センサからのケーブルを集約するため、配線が複雑になる。また、照度センサの移動が容易でない。そこで、本研究では設置、および移動が容易であるワイヤレス照度センサを用いた知的照明システムを提案する。

2 知的照明システム

知的照明システムは、複数の調光可能な照明、複数の照度センサ、および電力計から構成される。ユーザが照度センサに目標照度を設定することで、各照明は自律的に明るさ（光度）を変化させ、最適な光度へ変化する。また、各照明は照度センサの位置情報を必要とせず、照明の各照度センサに対する影響度を把握することにより、位置関係を学習している。これにより適切な場所に適切な照度を提供する。

3 ワイヤレス照度センサ性能評価

ワイヤレス照度センサのシステムは、照度を取得する照度センサ、照度センサからデータを受信するコーディネータから構成される。知的照明システムに導入するワイヤレス照度センサ、およびコーディネータを試作した（株式会社プロビデント製）。Fig. 1 にワイヤレス照度センサの外観、Fig. 2 にコーディネータの外観を示す。



Fig.1 照度センサ



Fig.2 コーディネータ

3.1 仕様

・ワイヤレス照度センサ仕様

照度のセンシングには、NaPiCa 照度センサを用い、0~1200 lx の範囲で照度を測定できる。また、目標照度は 0~1200 lx の範囲で、50 lx 単位で設定でき

る。データの送信間隔は 0.5, 1, 2, 5, 10, 30, 60 および 300 秒に設定できる。データの送受信は、筐体に内蔵されたチップアンテナで行う。電源は、コイン電池（RC2450）から供給される。

・コーディネータ仕様

データの送受信は、長さ 100 mm のダイポールアンテナで行う。電源は USB 接続されるコンピュータから供給される。

・通信仕様

ワイヤレス照度センサ、およびコーディネータ間の通信は、省電力性に優れた短距離無線通信の規格である ZigBee に準拠している。各ワイヤレス照度センサはデータフレーム（27 bit）を送信する。データの送信が成功しなかった場合は、ランダムな時間間隔をあけ、データを再送する。コーディネータ、および PC 間は USB で接続し、シリアル通信を行いデータを送受信する。

3.2 無線性能の検証

ワイヤレス照度センサは有線照度センサと異なり、通信環境によってデータが取得できないといった事態が想定される。具体的には他の電波との干渉、および通信距離や障害物による電波の減衰などによりデータの受信が困難になることが考えられる。そこで、センサの台数、および通信距離の違いがデータの受信に与える影響を検証する。

3.2.1 センサ台数の影響

1 台のコーディネータに対して、1 台、10 台、および 20 台の照度センサからデータを送信し、500 回データの受信を行った。そのうち、データの衝突などによりデータの受信に遅延が発生した回数を測定した。また、データの送信間隔は 0.5, 1, 2 秒に設定し、それぞれの条件について測定を行った。実験結果を Table 1 に示す。

結果より、センサ台数が多いほど、通信の遅延回数が多くなる傾向にあることを確認した。

Table1 センサ台数と遅延回数 (単位: 回)

送信間隔\センサ台数	1 台	10 台	20 台
0.5 秒	1	5	47
1.0 秒	0	4	16
2.0 秒	0	11	22

3.2.2 通信距離の影響

コーディネータと照度センサを隣接させた場合、コーディネータと照度センサ間の距離を 10, 20, 30, 40 m 離

した場合において、それぞれの条件で 500 回データの受信を行い、遅延が発生した回数を計測した。実験結果を Table 2 に示す。

結果より、通信距離が 20 m を超えると、データの受信の遅延回数が増加することを確認した。

Table2 通信距離と遅延回数 (単位：回)

隣接	10 m	20 m	30 m	40 m
0	3	34	34	37

4 ワイヤレス照度センサを用いた知的照明システムの動作実験

4.1 実験概要

本実験では、10 台のワイヤレス照度センサを用いて、知的照明システムの動作実験を行う。今回実験を行った実験室 (幅 7.2 m × 奥行き 6.0 m) を Fig. 3 に示す。実験室に調光可能な白色蛍光灯 15 灯、ワイヤレス照度センサ 10 台、コーディネータ 1 台を設置した。天井から照度センサが設置されている机上までの距離は 1.9 m とした。また、ワイヤレス照度センサの送信間隔は 0.5 秒とし、各照度センサの目標照度は、センサ 1 から順に 600, 650, 600, 550, 600, 700, 600, 750, 650, 800 lx と設定した。各センサの照度が収束した後、センサ 9 を地点 A に、センサ 10 を地点 B にそれぞれ移動させ、照度が収束するか確認した。

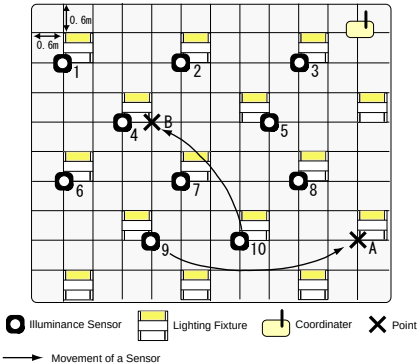
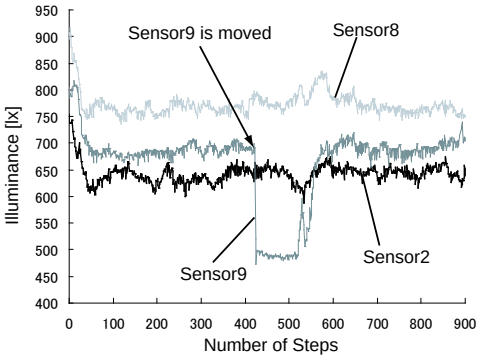


Fig.3 実験環境 (平面図)

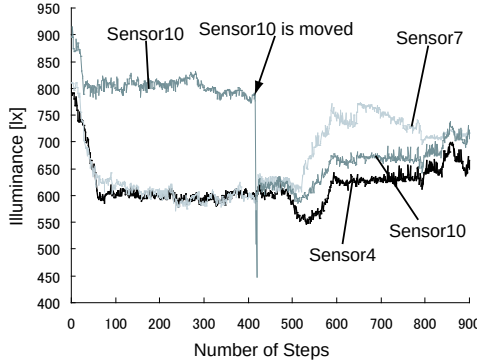
4.2 実験結果および考察

収束後の各照度センサの照度を Table 3、センサ 2、センサ 8、およびセンサ 9 の照度の履歴を Fig. 4(a)、センサ 4、センサ 7、およびセンサ 10 の照度の履歴を Fig. 4(b) にそれぞれ示す。ただし、縦軸は照度 [lx]、横軸は探索回数を示す。なお、1 回の探索は 1 秒程度である。

Table 3 より、移動前では、全てのセンサの照度が目標照度の ± 50 lx 以内に収束していることが確認できた。センサ 9 は移動後、照度が下がったが、100 ステップ程度で影響度を学習し、その後 50 ステップ程度で目標照度へと収束した。目標照度の高いセンサ 10 を、比較的目標照度が低いセンサ 4、センサ 7 の近くへ移動させたため、これら 3 台のセンサの目標照度は満たされなかった。



(a) センサ 2、センサ 8、センサ 9



(b) センサ 4、センサ 7、センサ 10

Fig.4 照度履歴

Table3 各照度センサの目標照度と実現照度

SensorID	目標照度 [lx]	移動前照度 [lx]	移動後照度 [lx]
1	600	564	570
2	650	647	643
3	600	614	596
4	550	600	642
5	600	612	604
6	700	692	702
7	600	597	706
8	750	753	762
9	650	691	685
10	800	777	674

以上の結果より、複数台のワイヤレス照度センサを用いた場合でも、知的照明システムが正常に動作することを確認した。

参考文献

- 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. オフィスワークのプロダクティビティ改善のための環境制御法の研究—照明制御法の開発と実験の評価. ヒューマンインターフェースシンポジウム 2006, 2006
- 三木光範. 知的照明システムと知的オフィスコンソーシアム. 人工知能学会, Vol.22, No3, pp.399-410, 2007