

知的照度センサを用いた知的照明システムの開発

雨宮明日香[†] 三木 光範^{††} 廣安 知之^{†††}

Smart Lighting System using Smart Illuminance Sensors

Asuka AMAMIYA[†], Mitsunori MIKI^{††}, and Tomoyuki HIROYASU^{†††}

あらまし 本研究では、新しい自律分散制御方式による知的照明システムとして、マイクロプロセッサを組み込んだ照度センサが照明を制御する方式の知的照明システムの構築を行う。赤外線通信により、1つの照度センサはその近くの数灯の照明器具に対して光度制御命令を送る。照度センサは各照明の光度をある一定の範囲でランダムに変化させ、確率的山登り法を用いて、照度制約を満足し、かつ電力量最小となる光度の最適化を行う。蛍光灯15灯、および照度センサ3台からなるシステムを構築し、動作実験を行った結果、すべての照度センサが目標照度に収束し、かつ使用電力量を最小化することができた。また、既に提案している照明自身による自律分散制御型の知的照明システムと比較して同等、もしくは一部では良好な結果を得ることができ、自律分散制御方式として新たな可能性を示すことができた。

キーワード 照明, 省エネルギー, 照度, 自律分散制御, 知的照明システム

1. ま え が き

近年、電子デバイス技術や情報処理技術の発展に伴い、使用者や環境に合わせてシステムが自身の動作を自律的に制御し、人間の負荷を軽減する知的なシステムの開発が数多く行われている [1], [2]。しかし、我々の生活に必要な不可欠な照明システムにおいてはあまり知的化が進んでいない。

現在の一般的な照明システムは、点灯パターンが電源配線、およびスイッチに依存し、使用者が望む点灯パターンを実現できない場合がある。また、照明に明るさを変化させる機能がないため、必要以上の明るさを提供する傾向にあり、使用電力量が非常に多くなっている。オフィスビルなどでは、照明に用いられる電力コストがビル全体の約 40% を占めているのが現状である [3]。

しかしながら近年、照明システムにおいても、使用

者の様々な要求に対応する点灯パターンの実現や、使用電力量の削減といった観点から知的化が進み始めている。例えばセルフコントロールシステムがその一つである [4]。このシステムの特徴は、照明に内蔵された照度センサが、環境からの反射光や昼光をセンシし、これに応じて調光可能な照明器具の光放射量を制御するもので、センスするエリア内の机上面照度を一定に保つ機能を有する。これにより設計時に意図した以上の光出力を抑え、省電力を図ることができる。また、このようなシステムを実際にオフィスビルに導入し、電力削減効果が得られたことも報告されている [5] ~ [7]。しかし、このようなシステムは、固定式の照度センサを用いて照明をセグメントごとに制御する方法を用いており、任意の場所に任意の照度を提供することが困難である。また、照明システムを制御する集中制御機構を有しており、耐故障性に優れていない上に、施工時の初期設定が複雑となる。

一方で、このような問題を解決する新たな照明システムとして、著者らは知的照明システムと呼ばれる照明システムの研究開発に取り組んでいる [8] ~ [10]。知的照明システムは、従来のコンピュータ制御された照明システム [11] と異なり、場所ごとに異なった照度を与えることができる。知的照明システムは、調光可能な照明器具、照明器具に組み込まれたマイクロプロ

[†] 同志社大学大学院工学研究科, 京都府
Graduate School of Engineering, Doshisha University, 1-3
Tataramiyakodani, Kyotanabe-shi Kyoto, 610-0394 Japan

^{††} 同志社大学理工学部, 京都府
Department of Science and Engineering, Doshisha University

^{†††} 同志社大学生命医科学部, 京都府
Department of Life and Medical Sciences, Doshisha University

セッサ, 移動可能な照度センサ, および電力計で構成され, これらをネットワークに接続する. 照明器具にはマイクロプロセッサが1台ずつ搭載されており, 各照明がネットワークに流れる照度情報, および電力量に関する情報を基に自律的に最適な点灯パターンを実現する. すなわち, 知的照明システムは自律分散制御による照明システムである. 知的照明システムに関する研究では, これまで個々の照明にマイクロプロセッサを組み込んだ自律分散制御方式を採用していた. しかし, 分散制御システムを構築する際には, システムの人工知能部分であるマイクロプロセッサをどのハードウェアに組み込むのかといった検討は重要な研究課題である.

そこで本研究では, 新しい自律分散制御方式による知的照明システムを開発するため, 照明器具ではなく照度センサにマイクロプロセッサを組み込み, 照度センサが照明器具を制御する方式の知的照明システムを構築する. 照度センサにマイクロプロセッサを組み込む方式を照度センサ駆動型知的照明システムと呼ぶ. これに対して, 既に提案している照明にマイクロプロセッサを組み込む方式を照明駆動型知的照明システムと呼ぶ.

2. 照明駆動型知的照明システム

照明駆動型知的照明システムとは, 複数の照明器具をネットワークに接続し, それぞれの照明器具に組み込まれた分散最適化アルゴリズムによって, ユーザの要求を満たすシステムである. 以下に, 照明駆動型知的照明システムの構成要素および特長について述べる.

2.1 照明駆動型知的照明システムの構成要素

照明駆動型知的照明システムは, 複数の知的照明機器と複数の移動可能な照度センサ, および電力計をネットワークに接続することで構成される. 知的照明機器とは, 光度の調節 (調光) が可能な照明とその明るさを制御するマイクロプロセッサからなる. すなわち照明駆動型知的照明システムは, 各照明機器にそれぞれマイクロプロセッサが搭載されており, そのため自律分散型のシステムとして動作することが可能である. 図1に照明駆動型知的照明システムの構成を示す.

2.2 知的照明システムの特長

2.2.1 自律分散制御

知的照明システムは自律分散制御の概念に基づいて制御を行う. すなわち, 全体を統括して制御する要素が存在せず, 個々の照明が共通のデータから自律的に

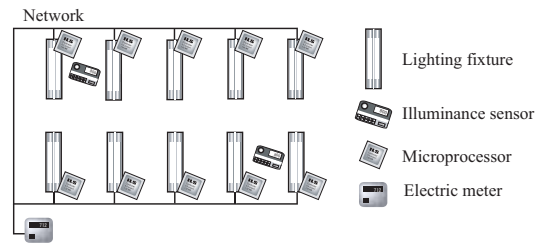


図1 照明駆動型知的照明システムの構成

Fig.1 The construction of a lighting fixture-driven smart lighting system

学習動作を行うことによって, 各場所の照度制御を行う. 集中管理機構を持たないため, システムの耐故障性が高く, ビルなどの大規模な環境においてもシステムの高い信頼性が得られる. また, 照明器具および照度センサの追加, および削減が容易であり, さらにビル照明の設計, および施工時に各照明器具や各照度センサに配置情報の設定が不要であるなど優れた特長を有している.

2.2.2 自律的な照度コントロール

現在の多くの照明システムでは, 配線により決められた点灯パターンしか実現できない. しかし, 知的照明システムでは, 照明の配線に依存しない任意の点灯パターンを実現するのみならず, 各照明機器を任意の光度で点灯させることが可能である. また, ユーザが照度センサに目標照度を設定するだけで, 照明や照度センサの位置情報を必要とすることなく, 自動的に有効な照明を判断し, 任意の場所に任意の照度を提供することができる. 照度センサの移動にも柔軟な対応が可能で, 不必要な照明を点灯させることがなく, 省電力を実現できる.

3. 照度センサ駆動型知的照明システム

3.1 知的照明システムにおける新たなモデルの検討

知的照明システムに関する研究では, これまで個々の照明器具にマイクロプロセッサを組み込んだ自律分散制御方式を採用していた. しかし, 分散制御システムを構築する際には, システムの人工知能部分であるマイクロプロセッサをどのハードウェアに組み込むのかといった検討は, システムの信頼性, 制御の容易さ, およびコストなどの点から重要な研究課題である. そこで, 照明器具ではなく照度センサにマイクロプロセッサを組み込み, 照度センサが照明器具を制御する

新しい自律分散制御方式による知的照明システムの検討を行う。照度センサにマイクロプロセッサを組み込んだ知的照明システムを照度センサ駆動型知的照明システムと呼ぶ。

知的照明システムでは、照明の数よりも照度センサの数の方が少ないことが予想されるため、照度センサ駆動型知的照明システムでは必要となるマイクロプロセッサの数を減らすことができ、コストの削減につながると考えられる。また、システムの改良等によるバージョンアップも容易に行うことができる。

3.2 システムの概要

照度センサ駆動型知的照明システムは、マイクロプロセッサを搭載した照度センサが自身の照度情報とネットワークに流れる使用電力量を基に自律的に動作し、その照度センサの近くにある照明を制御する自律分散型の照明システムである。マイクロプロセッサを搭載した照度センサを知的照度センサと呼ぶ。

知的照度センサが照明を制御する場合、知的照度センサに影響を及ぼさない遠くの照明を制御する必要はない。そのため、知的照度センサの制御範囲を、近くの照明だけに限定する。そこで、この制御範囲の限定に赤外線通信技術を利用する。

各照明器具は固有の照明 ID をもち、その ID を照明器具に取り付けられた赤外線送信器を用いて送信する。知的照度センサはその信号を受信し、それ自身の近くに存在する照明器具の ID を知ることができる。

赤外線通信は指向性があるため、放射角度を調整することで、赤外線通信範囲を定めることができる。そのため、知的照度センサは赤外線通信範囲内の照明と通信を行い、照明 ID を取得することで、その照明が近くにあると認識することが可能となる。そこで、知的照度センサの制御範囲を、照明 ID の取得が可能な照明とする。このように、知的照度センサの制御範囲を限定して、制御の効率化を図る。

ただし、このように制御範囲が限定されても、各知的照度センサの照度に及ぼす各照明の影響は異なる。最小電力により、照度制約を満たすためには、影響の強い照明ほど高い光度にする必要がある。このことを実現するため、次に示す影響度調査を行う。

1 台の知的照度センサは制御範囲内の照明に対して、同期をとりながら照明の制御を行うことが可能である。そのため、制御範囲内の照明の光度を順に、人間には感知できない一定量を用いて変化させることで、各照明が知的照度センサに与える影響を評価することがで

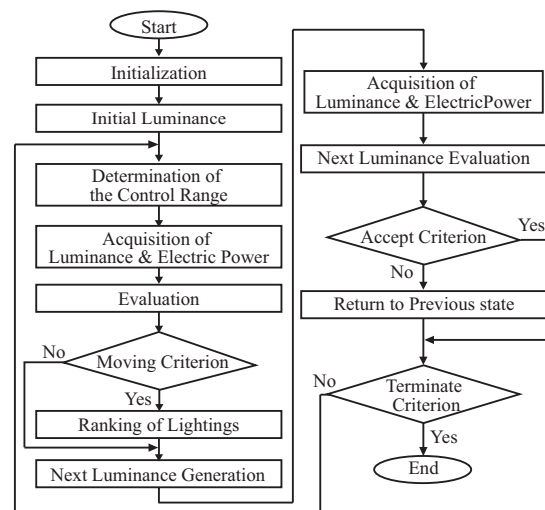


図 2 制御アルゴリズム
Fig. 2 Control algorithm

きる。これを影響度調査と呼ぶ。影響度が高い順に各照明のランク付けを行い、後に述べるようにこのランキングに基づいて照明の制御を行う。

3.3 制御アルゴリズム

制御アルゴリズムは確率的山登り法 (Stochastic Hill Climbing : SHC) をベースに改良したものである。本アルゴリズムのフローチャートを図 2 に示し、以下に説明する。また、各機器間で送受信される情報を図 3 に示す。

- (1) 知的照度センサに目標照度を設定する。
- (2) 各照明を初期光度で点灯させる。
- (3) 赤外線通信によって知的照度センサの制御範囲を決定する。
- (4) ステップ 3 で決定した制御範囲が以前と異なった場合、知的照度センサは移動されたと考え、3.2 節で述べた影響度調査を行い、各照明のランク付けを行う。移動が検知されない場合は何も行わない。
- (5) 知的照度センサはネットワークを介して制御範囲内の照明の光度、および全体の使用電力量を取得する。
- (6) 取得した情報、および自身の照度情報 (現在照度、目標照度) を基に、次節で説明する目的関数値を計算する。
- (7) 影響度調査によるランキング、および照度情報より、照明ごとに適切な光度変化範囲を決定する。なお、光度変化範囲とは現在の光度と次状態の光度の

差の最大値のことである。

(8) 光度変化範囲内に次状態の光度をランダムに生成する。

(9) 知的照度センサは制御範囲内の各照明に対して生成した次状態の光度を送信し、各照明の光度を変化させる。

(10) 次状態の目的関数値を計算する。

(11) 目的関数値が改良した場合、その光度を確定し、ステップ3へ戻る。目的関数値が改悪した場合、光度変化をキャンセルし、ステップ3へ戻る。

以上の動作を各知的照度センサが行うことで、目標照度に収束すると考えられる。なお、ステップ11においてステップ3に戻る理由は、ステップ4~11の動作時間内に照度センサの移動や外光が差し込む等の環境の変化に対応させるためである。

知的照度センサは非同期的に照明器具に対して制御信号を送信する。この信号はイーサネットケーブル、無線LAN、あるいはBluetoothなどの通信メディアを用いて知的照明のネットワークに送信される。このため、各照明器具は非同期的に複数の知的照度センサから、異なった光度制御命令を受け取る場合がある。このとき、各照明器具がこれらの異なる光度値から実際に点灯する1つの光度値を決めなければならない。この場合その方法として、1) 最大値をとる、2) 平均値をとる、および3) 適当な重みをつけて算出する、という3つが考えられる。最大値をとった場合、照度制約条件は必ず満たすことができるが、最小電力という観点からは局所最適解になると考えられる。一方、重みをつけて算出する方法では、その重み係数の決定は容易ではない。このため、ここでは平均をとる方法を採用する。ここで用いている制御アルゴリズムは、SHCをベースにしたものであるため、各知的照度センサから送られてくる光度値は現在光度に対してある範囲内のランダムな光度値であり、それらを平均してもある一定の範囲のランダムな光度値となっており、最適解に収束することが期待できる。このとき、知的照度センサ同士が通信を行えば同期的に照明の制御を行うことができるが、照度センサの追加および削減が容易であるといった自律分散制御によるメリットを損なうことや、照度センサ数の増加に伴って通信負荷が増大するといった問題が生じる。例えば、大規模なオフィスでは数百人が同一室内で執務を行っている場合もあり、このとき照度センサの数も数百台となり、照度センサ同士が情報を交換することは極めて困難となる。

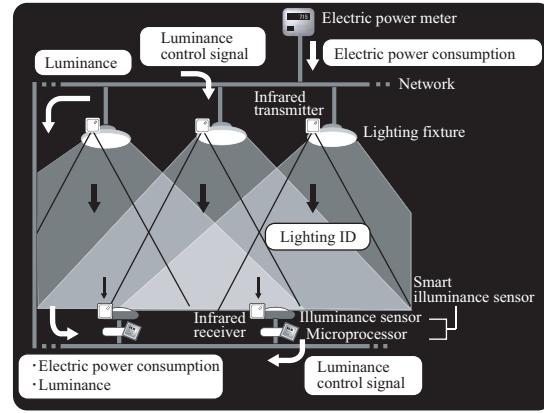


図3 各機器間で送受信される情報
Fig.3 Sending and receiving information

3.4 目的関数

知的照明システムでは、照度センサを置いた場所の照度を目標として設定した照度以上にし、かつ使用電力量の最小化を目的としている。これらを定式化する式(1)のようになる。

$$f_i = P + w \cdot g_i \quad (1)$$

$$g_i = \begin{cases} 0 & (Lc_i - Lt_i) \geq 0 \\ (Lc_i - Lt_i)^2 & (Lc_i - Lt_i) < 0 \end{cases}$$

i : Illuminance sensor

P : Electric power, Lt : Target illuminance

w : Weight, Lc : Current illuminance

各照明の光度を設計変数とし、照度センサ i に関する目的関数 f_i の最小化を目的とする。 f_i は、使用電力量 P と照度に関する制約条件 g_i に重み w をかけたものとの和である。重み w の値が小さいと使用電力量 P が f_i に大きく影響するため、省電力を重視した目的関数となる。一方で重み w の値が大きい場合は、現在照度 Lc_i を目標照度 Lt_i に近づけることを重視した目的関数となる。今回は、現在照度 Lc_i と目標照度 Lt_i の差が $\pm 50lx$ 以内になる最も小さな重み w を予備実験により決定した。照度制約 g_i は、現在照度 Lc_i が目標照度 Lt_i より大きい場合は0、すなわちペナルティはなしとなる。一方、現在照度 Lc_i が目標照度 Lt_i より小さい場合は、それらの照度差の2乗となる。全ての照度センサの現在照度 Lc_i を目標照度 Lt_i と一致させることは、照明の配置および光度に制約があり物理的に不可能であるため、このような照度制約

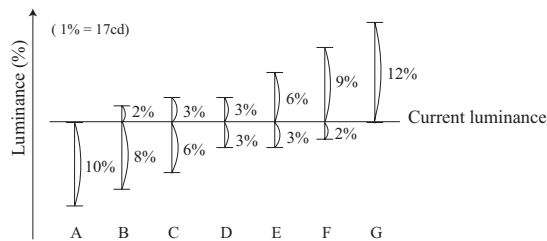


図 4 7 種類の光度変化範囲
Fig.4 Seven neighborhoods

を用いる。この目的関数を用いることにより、使用電力量を最小とし、かつ照度制約を満足する調光制御を行うことが可能となる。

この目的関数は各知的照度センサにそれぞれ与えられるものであり、各知的照度センサがこの目的関数の最小化を行うことで、システム全体の最適化が行われる。

3.5 光度変化範囲（近傍）

照明の光度のランダムな増減には、図 4 に示す 7 種類の光度変化範囲を用いて、次状態の光度の生成を行う。光度変化範囲を 7 種類とした理由は、表 1 に示す選択基準から、最小限必要な数として試行錯誤により設定した。この光度変化範囲は、確率的山登り法における設計変数の変動範囲、すなわち近傍であり、以下では近傍と呼ぶ。図 4 中の数値は最大点灯光度を 100%としたときの、相対的な割合を示しており、これらの数値は予備実験によりチューニングした値である。

A は急激に光度を下げることを重視した近傍であり、B は A よりゆるやかな減光を重視した近傍である。C、D、および E は光度の調整を行う近傍である。その中でも、C は減光傾向、E は増光傾向を持つ近傍である。また、F はゆるやかに、G は急激に光度を上げることを重視した近傍である。知的照度センサは図 4 の 7 種類の近傍の中から、影響度調査によるランキング、および照度情報に基づき、表 1 に示した選択基準に従って、各照明に対して適応的に 1 つの近傍を割り当て、その範囲に乱数を用いて次状態の光度を生成する。

4. 動作実験

4.1 実験概要

実験は、調光可能な 15 台の蛍光灯器具、15 台の調光信号発生装置、15 台の調光制御用コンピュータ、15 台の照明用赤外線通信装置、3 台の照度センサ、3 台の照度センサ信号処理用コンピュータ、3 台の赤外線

表 1 光度変化範囲の選択基準

Table 1 The selection standards of neighborhood

Current illuminance	Ranking			
	1st	2nd	3rd	4th
Larger than target illuminance	C	B	B	A
Convergence state at target illuminance	E	D	C	C
Smaller than target illuminance	G	F	E	D

表 2 パラメータ設定

Table 2 Parameter settings

Number of fluorescent lamps	15
Number of illuminance sensors	3
Weight	1.0
Target illuminance [lx]	750, 700, 800
Maximum luminance [cd]	1700
Minimum luminance [cd]	510
Initial luminance [cd]	1700

通信機能付き照度センサ、1 台の電力計、およびネットワーク機器から構成される約 60m² の知的照明システム実験室で行った。この構成により、照度センサ駆動型知的照明システムおよび照明駆動型知的照明システムの両方の実験が可能となる。なお、ネットワークに関して、コンピュータ同士はイーサネットに接続し、照度センサと照度センサ信号処理用コンピュータ間の通信は Bluetooth を用いた。

照度センサ駆動型知的照明システム (Sensor-Driven Smart Lighting System: Sensor-SLS) の有効性を確認するため、2 つの実験環境で動作実験を行い、目標照度を満たしつつ省電力な状態が実現できるか検証を行う。また、すでに有効性が示されている照明駆動型知的照明システム (Lighting-Driven Smart Lighting System: Lighting-SLS) [8] ~ [10] との比較を行う。実験に用いたパラメータ設定を表 2 に示す。

4.2 実験 1 [環境に変化がない場合]

実験環境を図 5 に示す。この図は、知的照明システム実験室の平面図であり、蛍光灯および照度センサの位置を表している。また、図中の円形は、赤外線通信による通信範囲、すなわち知的照度センサの制御範囲を示している。通信範囲は、赤外線発光ダイオードのパワーおよび個数によって変化する。ここでは、机上面に設置した知的照度センサとの赤外線通信範囲を天井面で半径約 2m の内側となるように調整した。これにより、1 台の知的照度センサと通信できる照明は照度センサの置く場所によって、図 5 のように並行に配

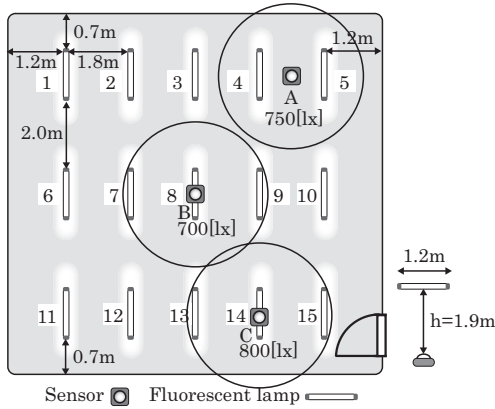


図 5 実験環境 (実験 1)

Fig. 5 Experimental environment (exp1)

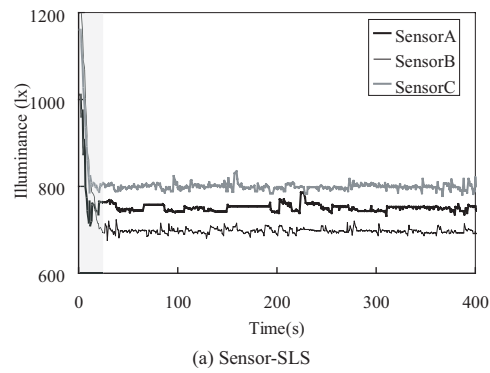
置された照明器具 2 灯もしくは 3 灯,あるいは図 8 のように長方形に並んだ 4 灯となる。なお,この範囲の照明器具のみで机上面照度 750lx という JIS 基準を満足することができる。設置する照度センサ A, B, および C の目標照度はそれぞれ 750, 700, および 800lx とする。

実験は 10 回行い,ほとんど同様の結果を得た。そのため,典型的な結果をここで示す。各知的照度センサの照度履歴を図 6 に示す。図の横軸は時間,縦軸は照度を示している。図 6 (a) は Sensor-SLS による実験結果,図 6 (b) は Lighting-SLS による実験結果を示している。また, Sensor-SLS と Lighting-SLS の使用電力量の履歴を図 7 に示す。図の横軸は時間,縦軸は全ての照明が最大点灯光度で点灯したときの使用電力量を 100%としたときの割合を表している。

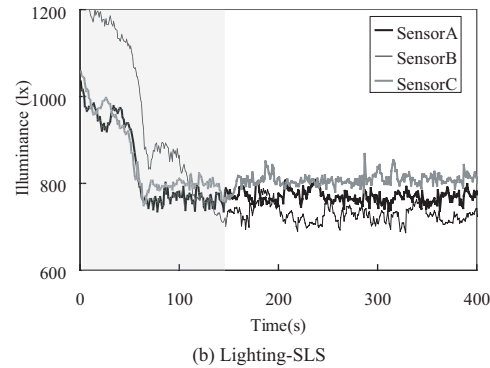
図 6 (a) より, Sensor-SLS では実験開始後,照度が減少し,約 20 秒で照度センサ A, B, および C の照度が 735, 715, および 805lx となり,ほぼ目標照度に収束している。それに対して,図 6 (b) より, Lighting-SLS は実験開始後,約 120 秒で全ての照度センサが目標照度に収束しており, Sensor-SLS がより高速に目標照度に収束していることがわかる。また, Sensor-SLS の方が収束後に照度が安定している。

次に,図 7 より, Sensor-SLS では電力量の減少もより高速であることがわかる。さらに, Sensor-SLS の方が Lighting-SLS よりも使用電力量を約 10%削減できた。

Lighting-SLS では各照明が大きな影響を与える照度センサを特定するため,相関係数を用いてソフト



(a) Sensor-SLS



(b) Lighting-SLS

図 6 照度履歴 (実験 1)

Fig. 6 Illuminance history (exp1)

的にお互いの影響度を把握していることから,照度収束にはある程度の繰り返し数が必要となる。一方, Sensor-SLS では赤外線通信というハードウェアを用いて知的照度センサの近傍の照明を特定し,その中で 3.2 節で述べた影響度調査を行うことで高い影響度の照明を容易に特定できるため,収束が早くなったと考えられる。また,使用電力量に関しても Lighting-SLS では離れた位置にある照明と照度センサとの相関が高くなってしまふことが,少数回の光度変化では偶然に起こり得るため,正しい影響度の把握ができず近い照明が低く,遠くの照明が高い光度で点灯するという状況が生じ,影響度の把握を容易にできる Sensor-SLS より電力が大きくなったと考えられる。

4.3 実験 2 [照度センサを移動させた場合]

探索開始から 500 秒後,図 8 のように照度センサ A を照明 6, 7, 11, および 12 の中心へ移動させた。

各知的照度センサの照度履歴を図 9 に示す。図 9 (a) は Sensor-SLS による実験結果,図 9 (b) は Lighting-SLS による実験結果を示している。

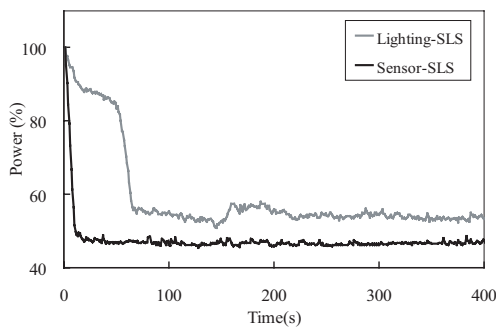


図 7 使用電力量の履歴
Fig. 7 Electrical power history

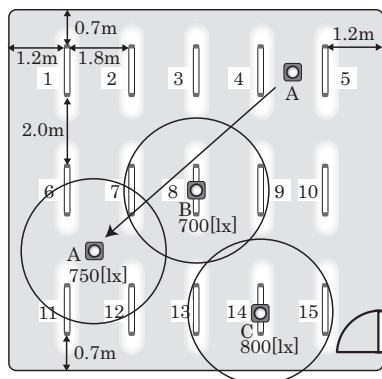
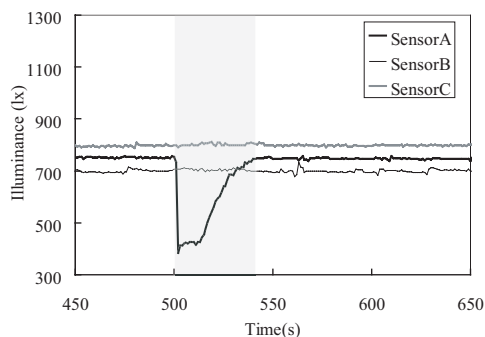


図 8 実験環境 (実験 2)
Fig. 8 Experimental environment (exp2)

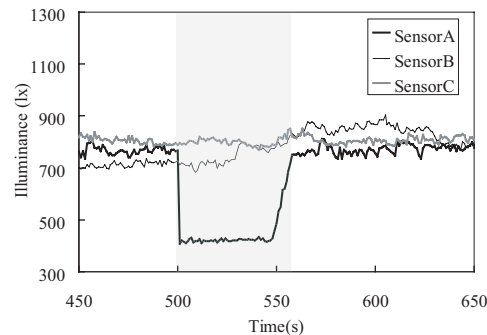
図 9 (a) より、照度センサ A の照度が移動直後 (探索開始から 500 秒後) に目標照度より大きく減少するが、その後約 40 秒で目標照度まで回復していることがわかる。図 9 (b) も同様に、照度センサ A の照度が移動直後に目標照度より大きく減少するが、再び目標照度に達するまでに約 60 秒を要しており、照度センサを移動させた場合も、Sensor-SLS の方が素早く目標照度を満たしていることがわかる。このとき、Lighting-SLS では、移動していない照度センサ B の照度にも影響を与えていることが確認できる。

また、照度センサ A の移動前、および移動後の照明の定常状態を図 10 に示す。

図 10 より、最終的な各照度センサの照度は 752、703、および 801lx となり、目標照度に収束していることがわかる。図 10 (a) と (b) を比較すると、照度センサ A が移動した場所に近い照明は光度を上げ、移動前の場所で明るく点灯していた照明は最小点灯光



(a) Sensor-SLS



(b) Lighting-SLS

図 9 照度履歴 (実験 2)
Fig. 9 Illuminance history (exp2)

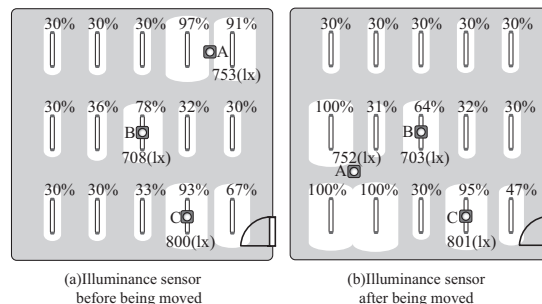


図 10 照明の定常状態

Fig. 10 Steady state of luminance

度まで下がっていることが確認できる。これによって、照度センサ駆動型知的照明システムは、環境の変化にも対応した目標照度への収束、および使用電力量の削減が実現できることがわかった。

5. むすび

本研究では、照度センサにマイクロプロセッサを搭載した、新しい自律分散制御方式による知的照明シ

テムとして、照度センサ駆動型知的照明システムの構築を行い、動作実験によって有効性の検証を行った。動作実験の結果、照度センサ駆動型知的照明システムは環境の変化にも対応した素早い目標照度への収束、および使用電力量の削減を実現することができた。また、従来の照明駆動型知的照明システムより良好な結果を得ることができた。これにより、照度センサ駆動型知的照明システムは、新しい自律分散制御方式による知的照明システムとして有効であると考えられる。

文 献

- [1] M. Miki, and T. Kawaoka, "Design of intelligent artifacts: a fundamental aspects," Proc. JSME International Symposium on Optimization and Innovative Design(OPID97), pp.1701-1707, Sept. 1997.
- [2] 三木光範, 進化する人工物, オーム社, 東京, 1999.
- [3] オフィスビルの形態とエネルギーの消費実態, http://www.eccj.or.jp/office_bldg/02.html
- [4] 鶴岡伸一, "センサを応用した省エネ照明システムの開発," 電気設備学会全国大会, pp.37-38, 1997.
- [5] P.J. Littlefair, "Predicting lighting energy use under daylight linked lighting controls," Building Research and Information, vol.26, no.4, pp.208-220, July 1998.
- [6] A.I. Slater, W.T. Bordass, and T.A. Heasman, "People and lighting controls," BRE information paper IP 6/96, pp.1-8, CRC Press, Garston, 1996.
- [7] D.H.W. Li, and J.C. Lam, "An investigation of daylighting performance and energy saving in a daylit corridor," Energy and Buildings, vol.35, no.4, pp.365-373, May 2003.
- [8] M. Miki, T. Hiroyasu, and K.Imazato, "Proposal for an intelligent lighting system, and verification of control method effectiveness," Proc. IEEE CIS, pp.520-525, 2004.
- [9] 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," 人工知能誌, vol.22, no.3, pp.399-410, May 2007.
- [10] M. Miki, K. Imazato, and M. Yonezawa, "Intelligent lighting control using correlation coefficient between luminance and illuminance," Proc. IASTED Intelligent Systems and Control, vol.497, no.078, pp.31-36, 2005.
- [11] J.M. Alonso, J. Ribas, J.J. del Coz, A.J. Callejaand, E. Lopez, and M. Rico-Secades, "Intelligent control system for fluorescent lighting based on lonWorks technology," Proc IEEE IECON'98, vol.1, pp.92-97, Aachen, Germany, Aug. 1998.

(平成 xx 年 xx 月 xx 日受付)



雨宮明日香

1984年生。2007年同志社大学工学部知識工学科卒業。同年、同志社大学大学院工学研究科修士課程入学。知的照明システムにおける新たな知的性のメカニズムの導入や学習を用いた対話的最適化アルゴリズムの高機能化等の研究に従事。IEEE, 情報処理学会各会員。

処理学会各会員。



三木 光範

1950年生。1978年大阪府立大学大学院工学研究科博士課程終了, 工学博士。大阪府立工業研究所研究員, 金沢工業大学助教授を経て1987年大阪府立大学工学部航空宇宙工学科助教授, 1994年同志社大学工学部教授。進化的計算手法とその並列化, および知的なシステムの設計に関する研究に従事。著書は「工学問題を解決する適応化・知能化・最適化法」(技法堂出版)等多数。IEEE, 米国航空宇宙学会, 情報処理学会, 人工知能学会, システム制御情報学会, 日本機械学会, 計算工学会, 日本航空宇宙学会等会員。超並列計算研究会代表。文部科学省学術フロンティア研究プロジェクトリーダー。知的オフィス環境コンソーシアム会長。



廣安 知之 (正員)

1997年早稲田大学理工学研究科後期博士課程終了。同志社大学工学部准教授を経て2008年同志社大学生命医科学部教授。創発的計算, 最適設計, 並列処理などの研究に従事。IEEE, 情報処理学会, 電子情報通信学会, 計測自動制御学会, 日本機械学会, 超並列計算研究会, 日本計算工学会各会員。

Abstract A smart lighting system based on a new autonomous distributed control method was developed to control lighting using illuminance sensors. By using infrared ray communication, one illuminance sensor sends a luminance control directive to several lighting fixtures located nearby. The luminance is made to change randomly within a fixed range to optimize the illuminance using the stochastic hill climbing method. The result of operational experiments using illuminance sensors that were preset to the target illuminance showed that the brightness at specified locations approached the target illuminance. The electrical power consumed by the lighting system was also minimized.

Key words Lighting, Energy saving, Illuminance, Autonomous distributed control, Smart lighting system