

A New Intelligent Lighting System that Provides Individual Illuminance with a Small Number of Illuminance Sensors

Masatoshi AKITA,^{*} Mitsunori MIKI,^{**} Tomoyuki HIROYASU^{***} and Masato YOSHIMI^{**}

(Received October 20, 2010)

We have proposed an intelligent lighting system that offers required illuminance to required locations. The intelligent lighting system has many illuminance sensors in order to achieve the individual illuminance. However, such many illuminance sensors cannot be installed in the actual office. In this research, we propose a new intelligent lighting system having a small number of illuminance sensors. The small number of illuminance sensors is used for obtaining the illuminance distribution by daylight. The illuminance distribution by the lighting fixture is calculated by the lighting simulation. The individual illuminance can be obtained from the optimum illuminance distribution considering the daylight. The experimental results show the effectiveness of the proposed method.

Key words : intelligent lighting system, lighting control, daylight, optimization

キーワード : 知的照明システム, 照明制御, 外光, 最適化

少数の照度センサを用いて個別照度を実現する 分散制御型の照明システム

秋田 雅俊, 三木 光範, 廣安 知之, 吉見 真聡

1. はじめに

近年, オフィス環境におけるオフィスワークの知的生産性, 創造性, および快適性の向上に注目が集まっている中¹⁾, 我々は各オフィスワークに個別の照度を提供できる知的な照明システム (以後, 知的照明システムと呼ぶ) の研究を行っている. 知的照明システムは任意の場所に任意の明るさを提供することで, ワークの知的生産性の向上や消費電力量の削減を実現するシステムである²⁾. 知的照明システムは照明, 制御装置, 照度センサおよび電力計から構成されており, 各

ワークは照度センサに目標となる照度を入力して机上に設置するだけで, 制御装置が自動的に照明の明るさを最適化する.

現在, 知的照明システムの実用化にあたって, 実際のオフィスへシステムの導入を行っている^{3, 4, 5, 6)}. その結果, システムの有効性が明らかになったが, 作業スペースの都合で机上面に照度センサを正しく設置できない状況が存在することが分かった. そのため本研究では, 各ワークが照度センサを机上に設置する必要のない新たな制御手法を提案する. 新たな制御手法では, 室内の設置可能な場所に少数の照度センサを設

* Graduate School of Engineering, Doshisha University, Kyoto

Telephone:+81-774-65-6921, Fax:+81-774-65-6716, E-mail:makita@mikilab.doshisha.ac.jp

** Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto

Telephone:+81-774-65-6930, Fax:+81-774-65-6796, E-mail:mmiki,myoshimi@mail.doshisha.ac.jp

*** Department of Life and Medical Sciences, Doshisha University, Kyoto

Telephone:+81-774-65-6932, Fax:+81-774-65-6019, E-mail:tomo@is.doshisha.ac.jp

置し、その値を基に制御装置がシミュレーション上で最適な点灯パターンを探索する。

2. 知的照明システム

2.1 知的照明システムの構成要素

知的照明システムとは、複数の照明器具がそれぞれ独立して照明の明るさ(光度)を調節することによってワーカーの要求照度を実現するシステムである²⁾。

知的照明システムは、複数の調光可能な照明、それに付属した調光制御装置、複数の移動可能な照度センサおよび電力計を1つのネットワークに接続することで構成する。各照明機器に搭載された制御装置には自律分散最適化アルゴリズムが組み込まれているため、全体として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。Fig.1 に知的照明システムの構成を示す。

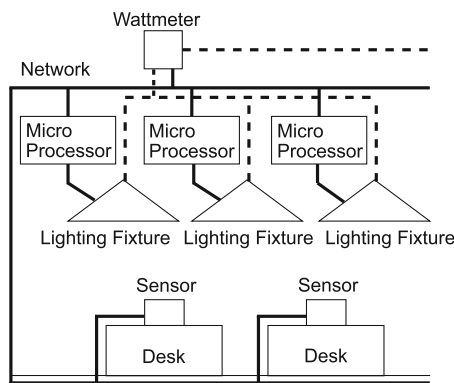


Fig. 1. Composition of Intelligent Lighting System.

2.2 知的照明システムの制御アルゴリズム

知的照明システムでは、各ワーカーは希望の照度(目標照度)をシステムに入力する。そして、各照明に組み込まれたマイクロプロセッサは自律分散アルゴリズムを用いて自身の光度の制御を行う。最適化手法は、Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient(ANA/RC)⁷⁾を用いる。

ANA/RCでは、設計変数を照明器具の光度とし、照度のある値以上にするという照度制約の下、消費電力を最小にすることで、最小の消費電力で目標照度を提供できる。さらに回帰分析によって、各照明が各照度センサに与える影響を学習し、それらに応じて光度

を変化させることで、最適な光度へ迅速に変化させることができる。ANA/RCの流れを以下に示す。

1. 初期光度で点灯する
2. 現在光度における照度情報(目標照度, 現在照度)および消費電力量を取得する
3. 現在光度における目的関数値を計算する
4. 次光度を生成し, 次光度で点灯する
5. 次光度における照度情報および消費電力量を取得する
6. 次光度における目的関数値を計算する
7. 回帰分析を行い, 影響度を推定する
8. 目的関数値が改良されている場合は次光度を受渡し, 改悪だった場合は現在光度で再度点灯を行う
9. 上記(2)に戻る

以上の(2)から(8)を探索の1ステップ(約2秒)とし、この処理を繰り返すことによって照明が各照度センサに与える影響を把握し、最小の消費電力で目標照度を実現する。また、(7)で求めた影響度を用いて、評価および次光度の生成を行うことで、素早く最適な光度へと変化させることができる。すなわち、知的照明システムでは各照度センサの位置情報を使っていない。このため、照度センサの移動が可能となる。

次に目的関数について述べる。本システムの目的は、消費電力量を最小化しつつ、目標照度を実現することである。したがって、これらを目的関数として定式化する。目的関数を式(1)に示す。

$$f = P + w * \sum_{j=1}^n g_j \quad (1)$$

$$g_j = \begin{cases} 0 & 0 < (Lc_j - Lt_j) \\ R_j(Lc_j - Lt_j)^2 & (Lc_j - Lt_j) \leq 0 \end{cases}$$

$$R_j = \begin{cases} r_j & r_j \geq T \\ 0 & r_j < T \end{cases}$$

n : number of Illuminance sensors
 w : weight, P : electric energy, L_c : Current illuminance
 L_t : Target illuminance
 r : regression coefficient, T : Threshold

式 (1) に示すように、目的関数 f は消費電力量 P と制約条件 g_j からなる。制約条件 g_j には、現在照度と目標照度との差を用いており、目標照度が満たされない場合にのみペナルティを掛けている。これにより、目標照度と現在照度が離れるほど、目的関数値が大きく増加する。また、回帰係数が閾値以下の場合には 0 を乗算する。これにより、回帰係数が低い照度センサが目標照度を満たされない場合には目的関数値が増加しない。ゆえに、回帰係数の高い、すなわちその照明が与える影響が強い照度センサにのみ最適化の対象を絞ることができる。また、制約条件 g_j には重み w を乗算しており、重み w 値の設定によって目標照度への収束を優先するか、消費電力量の最小化を優先するかを切り替えることができる。

3. 実環境における知的照明システムの検証実験

3.1 構築システムの概要

これまで知的照明システムは、我々の研究室において個別照度の実現と省エネルギーの効果があることを確認してきた。しかし、実際のオフィスでは照明の数や照度センサの数 (ワーカの数) も多く、人の影響、長時間稼働など様々な影響があると考えられる。そこで、知的照明システムの実用化に向けて、東京のオフィスに知的照明システムを導入し、検証実験を行う。

本システムは、各照度センサの照度および消費電力量を基に、最適化アルゴリズムにより各照明の光度を制御することで、各ワーカが要求する照度 (目標照度) を最小限の消費電力で実現する。

本システムを三菱地所株式会社が保有する大手町ビル (東京都千代田区) 内の都市計画事業室に導入し、検証実験を行う。都市計画事業室では、20m × 10m のフロアに 22 名のオフィスワーカがおり、各自の机の上に照度センサを 1 台ずつ設置する。都市計画事業室の照明配置を Fig. 2 に、照度センサ配置を Fig. 3 にそれぞれ示す。なお、図中の数字はそれぞれ照明 ID

とセンサ ID を表している。

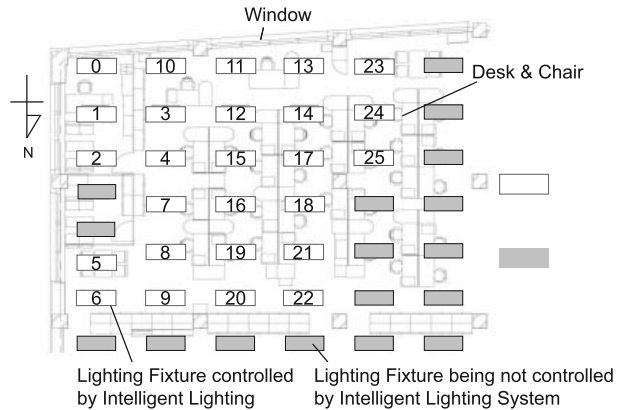


Fig. 2. Location of light.

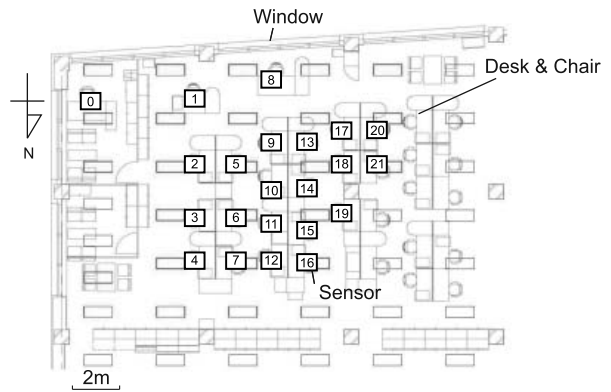


Fig. 3. Location of sensors.

3.2 構築システムの構成

知的照明システムは自律分散制御アルゴリズムを用いているため、システムの制御形態として分散制御と集中制御のどちらもとることができる。本システムは既存ビルへの導入のため、照明 1 灯 1 灯に制御装置を搭載させることは容易でない。そのため、本システムは集中制御器を用いて構築を行う。

本システムのハードウェア構成は、システム制御用 PC が 1 台、照明器具が 26 灯、照明の明るさをコントロールするための調光制御器 (各 10 チャンネル実装) が 3 台、照度センサが 22 台、および A/D 変換器が 2 台である。以上の機器の接続を Fig. 4 に示す。なお、照明器具には "FB45123E-SP" (三菱電機) を用いる。この器具には昼白色蛍光灯 2 管、および電球色蛍光灯 1 管が設置されている。

知的照明システムの制御には、各照度センサの照度

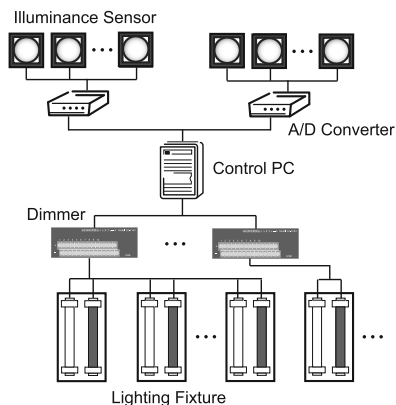


Fig. 4. Connection of equipment.

情報および消費電力情報が必要となる。照度情報の取得のために、各照度センサをシステム制御用 PC に接続する。ただし、使用した照度センサからの照度情報はアナログ信号で出力されるため、A/D 変換器を介してデジタル信号に変換した後に、システム制御用 PC に送信する。

一方、消費電力情報の取得は、リアルタイムに電力情報をネットワークで取得できる機器が入手できなかったため、電力量と比例関係にある照明の光度を基に推定する。事前に蛍光灯の光度と電力量の関係を調査し、光度より求められる電力量を照明台数分加算することで、全体の消費電力量の推定が可能となる。

3.3 実験結果

実際のオフィスにて本システムを数ヶ月に渡って動作させた結果を検証した。検証の結果、多くの場合で目標照度を実現することができたが、一部で複数の照度センサの値が同じになっている場合が存在した。

目標照度を実現できていた例として、ある日の照度センサ 20 の照度履歴を Fig. 5 に示す。また、複数の照度センサの値が同じになっているものの例として、ある日の照度センサ 10,14 の照度履歴を Fig. 6 に示す。

Fig. 5 より、照度センサ 20 は安定して目標照度を実現できていることが分かる。12 時から 13 時までの 1 時間照度が急激に低くなっているのは、三菱地所ではエコの観点から昼休みの間は照明を消灯させるためである。

Fig. 6 より、照度センサ 10 と 14 の照度値が 1 日を通してほぼ同様な遷移をしていることが分かる。各照

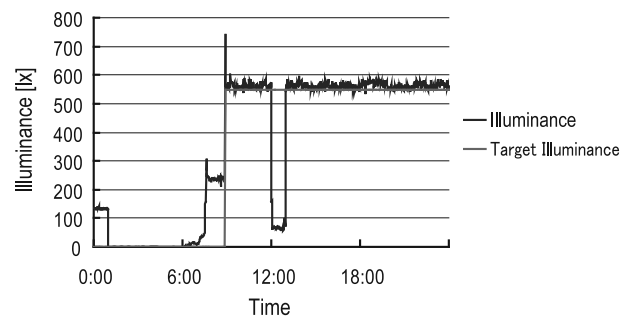


Fig. 5. History of illuminance (The location of a sensor is appropriate).

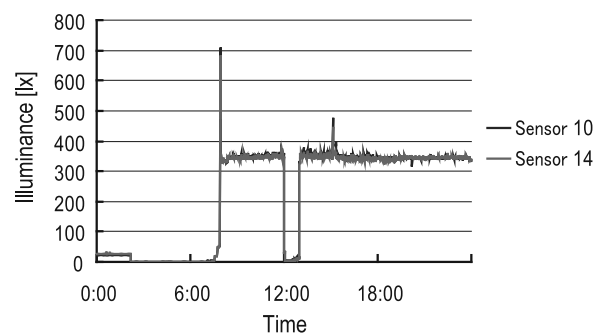


Fig. 6. History of illuminance (Two sensors are put with a close distance).

明はランダムに明るさを変化させていることから、このように照度履歴が一致することは起こりえない。そこで、実際のオフィスで原因を調査したところ、照度センサの配置に問題があることが分かった。照度センサ 10 と 14 の座席配置は Fig. 3 から向かい合った席になっている。どちらのワーカの作業面も書類などで作業スペースに余裕がなく、照度センサを設置することができず、席の奥のパーティションの上に設置していることを確認した。つまり、照度センサ 10 と 14 は同じ場所に並んで設置されていたことで、照度履歴が一致していた。このように、照度センサが机上面に設置されていないため、希望した照度を机上面にて実現できていない場合が存在することが分かった。

4. 少数の照度センサを用いた知的照明システム

4.1 システムの概要

前章で述べたように、固定席のオフィスではワーカの作業面に照度センサを設置することが困難な場合が

存在した。そこで、ワーカーの作業面に照度センサを設置することなくワーカーの指定した場所に要求された照度を最小限の消費電力で実現する新たなシステムを提案する。提案システムでは、ワーカーの作業面に照度センサを設置するのではなく、室内の照度センサが設置可能な場所で、かつその位置が既知である場所に少数の照度センサを設置し、その値を基にシミュレーション上で最適な点灯パターンを探索することを考える。

シミュレーションを行う上で、照度に大きく影響を与える要素として照明からの光と外光による影響が考えられる。そこで、部屋に設置した数台の照度センサで取得した照度データを基に外光の照度分布を推定し、その値と照明による照度を算出し、ワーカーの要求する照度を実現する照明の点灯パターンを探索する。

本システムの構成を Fig. 7 に示す。本システムは照明と数台の照度センサ、および制御装置で構成される。

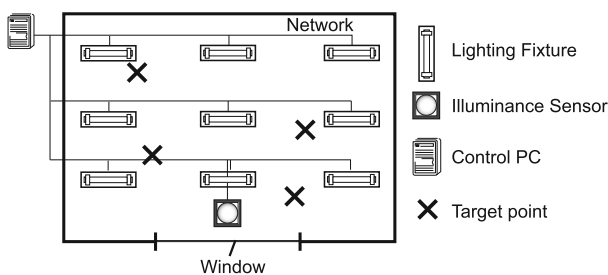


Fig. 7. Composition of system.

4.2 システムの制御

本システムでは、数台の照度センサによる実測値を基に、部屋全体の照度分布を推定し、最適な点灯パターンをシミュレーション上で決定する。以下に、本システムの制御の流れを示す。

1. ワーカーの位置情報および目標照度の読み込み
2. 指定された点灯パターンで点灯
3. 照度センサから照度データを取得
4. 照度データから外光による照度分布の推定
5. 照明の点灯状況から照明による照度分布を推定
6. シミュレーション上で最適な点灯パターンを算出
7. 上記2から6を繰り返す

本システムの目的は各ワーカーの希望する照度を実現し、消費電力を最小にすることである。このため、上記6において、最適な点灯パターンを算出する手法として第2.2節で説明した ANA/RC を用いる。

また、上記4の外光による照度分布の推定手法、および上記5の照明による照度分布の推定手法について次節で述べる。

4.3 外光シミュレーション

外光照度を推定する手法は既に提案されている^{8, 9)}。しかし、これらの手法は窓の透過率、保守率、太陽の方向など多くのパラメータを必要とし、さらに空の雲量やブラインドの角度などを検知する必要がある。また、ブラインドを想定していない場合、あるいはブラインドを想定した場合はブラインドによる影響を細かく取得する必要がある。

そこで、本システムでは外光照度のサンプルデータから部屋での外光照度をモデル化する。具体的には、室内に多数の照度センサを設置し、1日の照度推移データを取得する。その値を基に、部屋全体の外光照度の分布を推定する。サンプルデータから全体をモデル化する手法は最小二乗法や線形補間など様々な手法が考案されているが、今回は最もシンプルなモデル化手法である最小二乗近似を用いて行う。最小二乗法とは、回帰式を近似的に求める手法の一つであり、回帰式とサンプルデータとの誤差の二乗和が最小になるように回帰式の未知係数 β を推定する手法である。

本システムでは、位置座標を (x, y) 、外光照度を z としたとき、式(2)に示すモデルを基に外光照度分布関数を求める。なお、式(2)に示すモデルは実験的に求めたものである。

$$z = \beta_0 + \beta_1 x^3 + \beta_2 x^2 y + \beta_3 x^2 + \beta_4 x y + \beta_5 y^2 + \beta_6 y + \epsilon \quad (2)$$

上記に示した手法を用いたシミュレータの精度を検証するために動作実験を行う。実験環境を Fig. 8 に示す。実験では、外光式を作成するためのサンプルデータ取得用に照度センサを9台設置する。なお、外光推定の際に基準とする照度センサは窓の中央から内側に1m離れた地点に配置する。また、実験中は外光の直接光が入らないようにブラインドの角度を外向き45

度とする。

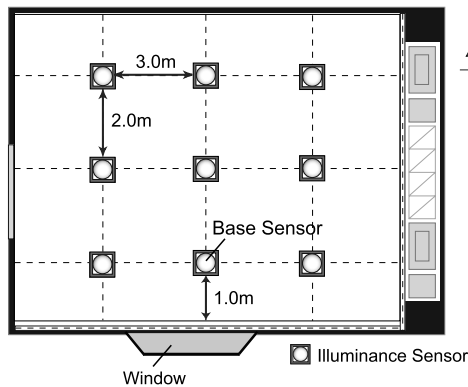


Fig. 8. Experimental environment.

まず、位置座標を (x,y) 、外光照射度を z としたとき、式 (2) に示すモデルを基に外光照射度分布関数を求める。式 (2) のモデルによって作成したモデル式を用いて推定照度を求め、1時間毎に実測値と比較した結果を Fig. 9 に示す。ただし、誤差の計算に用いるデータは指定時刻の前後 5 分の照度データの平均値とする。なお、各時刻における 9 台の照度データのうち、最大、最小、および平均誤差となるものを表示する。

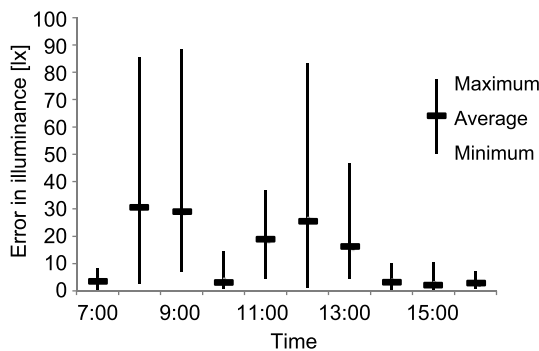


Fig. 9. Result of daylight simulation.

Fig. 9 から、最大誤差が最も大きい時間帯は 9:00 で 88.3 lx、最大誤差が最も小さい時間帯は 16:00 で 7.2 lx、および全データの誤差の平均値は 14.2 lx となった。50 lx 程度の違いは人間の目で感知できない程度の明るさである¹²⁾ ため、この結果はシミュレーションとして使用する上で問題のない誤差だといえる。

4.4 照明シミュレーション

照明による照度の計算手法についてはこれまで逐点法や光束法¹⁰⁾、モンテカルロ法を用いた照度計算¹¹⁾ など様々な手法が研究されている。これらは照明器具の光束、保守率、配光曲線や部屋の壁の反射率など様々なパラメータを設定することで高い精度を得ることができる。しかし、パラメータを設定するには部屋の照明器具や内装について詳しくなければいけない。

そこで、本システムでは照度を要求する箇所（照度希望点）を固定することで、簡易な手法による精度の高いシミュレーションを実現する。まず、各照明が 100%点灯した際に特定の場所に及ぼす照度値を実測し、その照度データをデータベースに保持する。照度を求める際は、データベースの値と各照明の点灯割合を基に、点灯比率に応じた照度の影響度を計算し、全体として与える照度を推定する。

上記に示した手法を用いたシミュレータの精度を検証するために動作実験を行う。実験環境を Fig. 10 に示す。実験では、照明 15 灯、ワーカを想定して照度希望点 3 か所とし、その場所に照度センサを設置する。

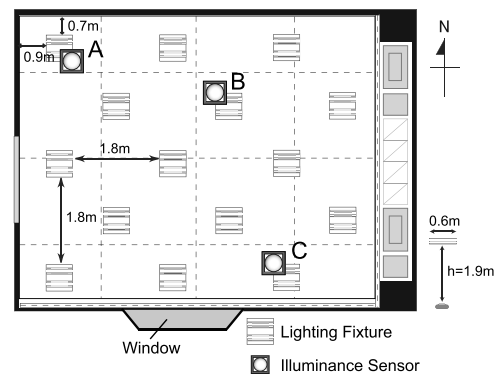


Fig. 10. Experimental environment.

全照明を均一で全点灯から 30%点灯まで 10%刻みで減光した場合の、実測照度とシミュレーションによる推定照度の値を比較する。

Table 1 に、照度希望地点 A,B,C での実測照度とシミュレーションによる推定照度の誤差を示す。

Table 1 のように、推定照度の誤差は全て 50 lx 以内に収まり、全体の平均誤差は 30.7 lx となった。50 lx 程度の違いは人間の目で感知できない程度の明るさである¹²⁾ ため、この結果はシミュレーションとして

Table 1. Result of lighting simulation.

Luminance[%]	PointA	PointB	PointC
100%	18	43	20
90%	-23	-17	-42
80%	-23	-15	-37
70%	-21	-17	-38
60%	-26	-25	-41
50%	-7	-31	-46
40%	-30	-38	-47
30%	-29	-40	-44

(Unit : [lx])

使用する上で問題のない誤差だといえる。

5. 提案システムの有効性の検証

5.1 動作実験システム

第4章で述べた少数の照度センサを用いた知的照明システムを構築し、提案システムの有効性を検証する。同志社大学の知的オフィス環境創造システム実験室 (KC-111) にシステムを構築した。提案システムのハードウェア構成は、調光制御可能な照明 15 灯、集中型調光制御器 2 台、集中制御用 PC1 台、A/D コンバータ 1 台、および複数の照度センサからなる。Fig. 11 に提案システムの構成を示す。以下に、各機器の詳細を述べる。

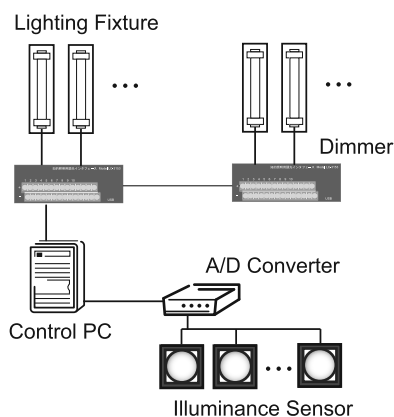


Fig. 11. Composition of the proposed system.

- 調光制御可能な照明

照明にはグリッドシステム天井用照明器具を用い、蛍光灯は“FHP45EN“ (パナソニック) を用いる。照明器具および蛍光灯を Fig. 12 に示す。照明を調光制御する方式として、インバータ制御方式を用いる。

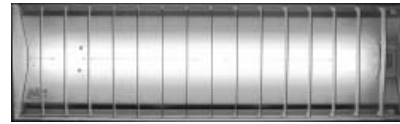


Fig. 12. Inverter fluorescent lamps.

インバータ制御とは、デジタル波形の1周期あたりのパルス信号幅の割合 (Duty 比) を任意に変化させることで調光する技術である。デジタル信号で得られる方形波の Duty 比により光度が変化する。Duty 比が高いほど明るく点灯し、低いほど暗く点灯する。Fig. 13 に Duty 比と光度の関係を示す。Fig. 13 より、Duty 比 30 から 100 % は光度が線形に変化しているのがわかる。よって、本システムでは、各蛍光灯の調光可能な光度の範囲を 400 から 1300 cd(30~100 %) とする。

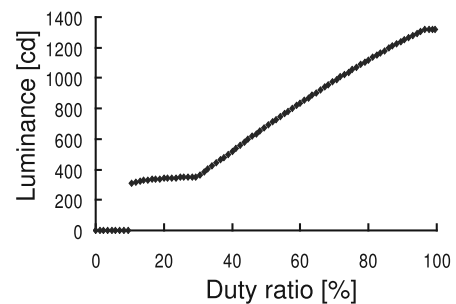


Fig. 13. Duty ratio and Luminance intensity.

- 調光制御機

調光制御機には“Model LC-3155” (東洋電子工業) を用いる。調光制御機を Fig. 14 に示す。この調光制御器は調光制御ポートが 10 チャンネル設置されており、同時に 10 台の照明を調光制御することが可能である。調光信号を送る際の変調方式には PWM (Pulse Width Modulation) を用いる。PWM は、パルス波の Duty 比を変えて

パルス信号を出力する時間を長くしたり、短くすることで変調する方法である。PWMによって変調したパルス信号を蛍光灯器具に送信することで調光を行う。



Fig. 14. Dimmer.

● 照度センサ

照度センサには“ANA-F11”（東京光電）を用いる。照度センサを Fig. 15 に示す。この照度センサは 0 から 2000 lx まで計測可能で、その値を 0 から 2 V のアナログ電圧として出力する。そして、出力されたアナログ電圧を A/D コンバータを介してデジタル信号に変換し、照度値を PC に取り込むことができる。



Fig. 15. Illuminance sensor.

5.2 動作実験の概要

構築したシステムの動作実験を行い、提案システムの有効性の検証を行う。動作実験は 2 種類の環境において行う。一つ目は曇天日の比較的外光の影響が少ない日に、二つ目は晴天時の比較的外光の影響が大きい日に、それぞれ照度希望地点の位置および目標照度の値を変更して実験する。動作実験は、10 秒毎に照明の点灯パターンを変更することで外光の変化に対応し、照度希望地点において要求照度を安定して実現できているかを検証する。

なお、本実験では人間の目で感知できない程度である 50 [lx] を目標照度を実現できているかの判断基準

に用いた。すなわち、実現照度が目標照度の上下 50 [lx] 以内なら目標照度を実現できているとする。また、実験中は外光の直接光が入らないようにブラインドの角度を外向き 45 度とする。

● 実験環境 1

照度センサ 1 台、およびワーカー 3 名を想定して照度希望地点を Fig. 16 に示すように配置する。照度希望地点 A, B および C における目標照度をそれぞれ 500 lx, 600 lx および 750 lx とする。

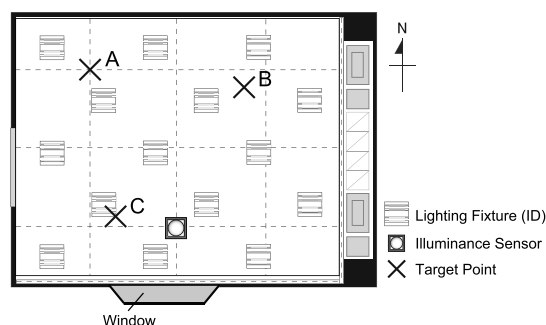


Fig. 16. Experimental environment 1.

● 実験環境 2

照度センサ 1 台、およびワーカー 3 名を想定して照度希望地点を Fig. 17 に示すように配置する。照度希望地点 A, B, C における目標照度をそれぞれ 600 lx, 800 lx, 700 lx とする。

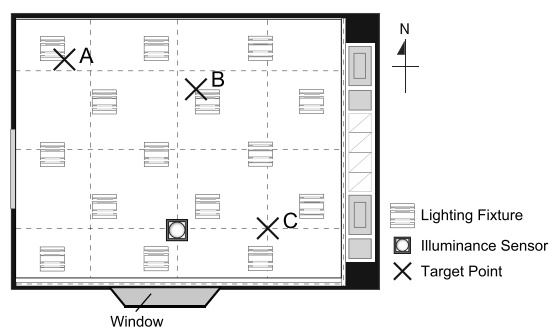


Fig. 17. Experimental environment 2.

5.3 動作実験の結果および考察

5.3.1 実験環境 1

曇りの日の 13 時 30 分から 15 時 45 分まで 135 分間動作実験を行う。照度データは毎秒取得し、1 分ご

とに照明を消灯することで外光照度の計測を行う。

得られた照度履歴を Fig. 18 に、外光照度履歴を Fig. 19 に、部屋の中央奥の照明 6 と部屋の中央窓側の照明 8 の光度履歴を Fig. 20 にそれぞれ示す。

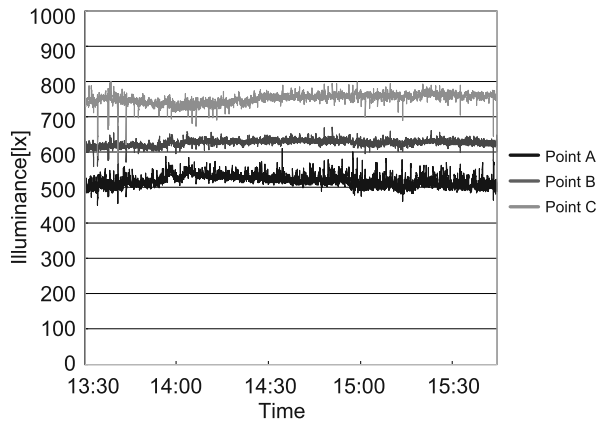


Fig. 18. History of illuminance (experiment 1).

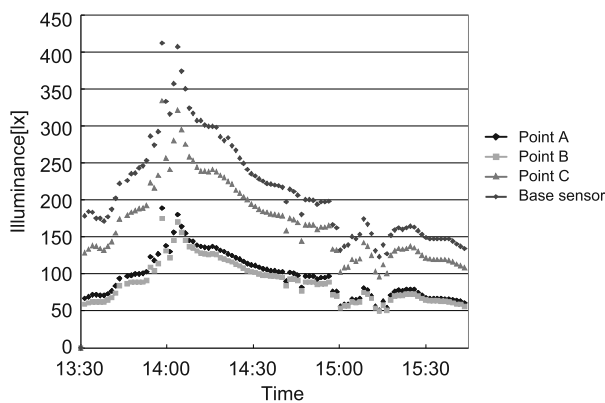


Fig. 19. History of daylight (experiment 1).

Fig. 18 より、全ての照度希望地点において実現照度が目標照度の上下 50 [lx] 以内の範囲にあることが分かる。Fig. 19 と Fig. 20 の照明 8 から分かるように、外光の影響が 14 時付近まで増加し、それ以降減少していくことに対して、照度を一定に保つために照明の光度を調整している。外光照度が高くなれば、照明の光度を下げ、外光照度が低くなれば照明の光度を上げている。また、Fig. 20 の照明 6 では外光の影響が少ないため、照明の光度の変化はあまり見られない。このように、提案システムは外光の変化に対応し、目標

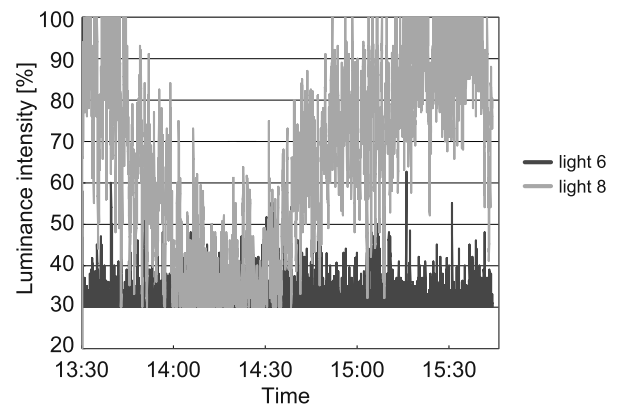


Fig. 20. History of luminance (experiment 1).

照度を実現できることが分かった。

5.3.2 実験環境 2

晴れの日 12 時 00 分から 14 時 30 分まで 150 分間動作実験を行う。照度データは毎秒取得し、1 分ごとに照明を消灯することで外光照度の計測を行う。

得られた照度履歴を Fig. 21 に、外光照度履歴を Fig. 22 に、部屋の中央奥の照明 6、部屋の中央真ん中の照明 7、部屋の中央窓側の照明 9 の光度履歴を Fig. 23 にそれぞれ示す。

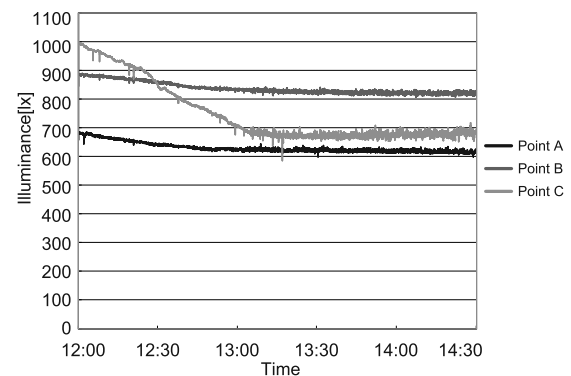


Fig. 21. History of illuminance (experiment 2).

Fig. 21 より、13 時以降では全ての照度希望地点において実現照度が目標照度の上下 50 [lx] 以内の範囲にあることが分かる。13 時以前に関しては、Fig. 22 のように外光の影響がとても強い。Fig. 23 から分かるように、13 時以前は照明 7 と照明 8 は自身の光度を最小点灯光度である 30 % 点灯に抑えているが、そ

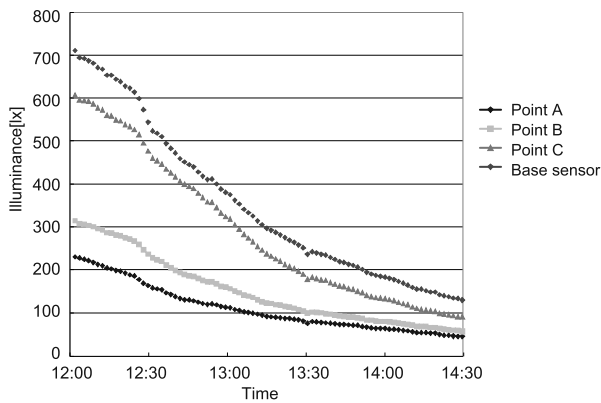


Fig. 22. History of daylight (experiment 2).

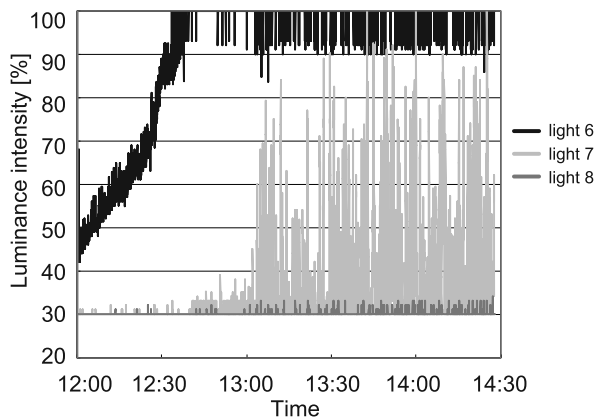


Fig. 23. History of luminance (experiment 2).

れでも実現照度は目標照度を高く上回ってしまった。さらに目標照度に近づけた場合、照明の最小点灯光度がより低いLED照明などを用いる必要がある。

また、Fig. 23 から分かるように、窓から離れた照明6は外光の影響が少なくなるにつれて、照度希望地点Bの目標照度を満たすために光度を上げている。窓に最も近い照明8は外光と他の照明で全ての希望照度が満たされているため、光度を低く保っていることが分かる。部屋の真ん中にある照明7に関しては、外光や他の照明の光度変化に対応しながら自身の光度を調整している。このように、各照明がそれぞれ最適な挙動をすることで目標照度を安定して実現することができる。

以上の結果より、提案システムを用いることで、机

上面に照度センサを設置することなく机上面に要求照度を提供できることが確認できた。

6. まとめ

実オフィスに導入した知的照明システムの長期の実証実験の結果、システムの動作により個別照度が実現でき、省エネルギーに効果があることを確認したが、ワーカが作業スペースに照度センサを設置することが困難な場合が存在することが分かった。この問題を解決するため、少数の照度センサを用いた知的照明システムの新たな制御手法を提案した。実験システムを構築し、検証実験を行った結果、少数の照度センサで従来の知的照明システムと同等の効果を発揮することができた。これにより、実オフィスにおいても知的照明システムを問題なく導入することができると考えられる。

参考文献

- 1) 「クリエイティブ・オフィス推進運動実行委員会」の開催について
<http://www.meti.go.jp/press/20070615008/20070615008.html>
- 2) 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, Vol. 22, No. 3, pp. 399~410. 2007
- 3) コクヨ ニュースリリース
<http://www.kokuyo.co.jp/press/news/20081118-889.html>
- 4) 照度・色温度可変型照明制御「知的照明システム」の実証実験を開始
<http://www.mec.co.jp/j/news/pdf/mec090331.pdf>
- 5) エコツェリアが次世代実証オフィスにリニューアル! プレスリリース
<http://www.ecozzeria.jp/information/2009/10/post-4.html>
- 6) 「丸の内」と「六本木」で「知的照明システム」の実証実験を同時に開始

<http://www.mori.co.jp/company/press/release/2010/02/20100225110000001867.html>

- 7) 池田聡, 三木光範, 廣安知之. 知的照明システムを用いた実執務環境における最適な照度. インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集 16th, pp. 121-124, 2006.
- 8) 一ノ瀬雅之, 石野久彌, 村上周三, 郡公子, 井上隆, 木下泰斗. 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発 (その25) 昼光利用照明計算について. 空気調和・衛生工学会学術講演論文集. 1101-1104. 2008.
- 9) 菊池卓郎, 井川憲男. All Sky Model-Lを導入した昼光照明計算プログラムの性能検証. 日本建築学会環境系論文集 No.629, pp.865-871, 2008.
- 10) 岩崎電気株式会社 ライティング講座 -光束法による照度計算
<http://www.iwasaki.co.jp/kouza/221/>
- 11) 大谷義彦, 大川守, 内田暁, 山家哲雄. モンテカルロ法を用いた照度計算の検討について. 照明学会誌 82-2. pp.105-111. 1998”.
- 12) 鹿倉智明, 森永宏之, 中村芳樹. オフィス照明環境における明るさ変動知覚に関する研究. J.Illum.Engng.Inst.Jpn, Vol. 85, No. 5, pp. 346-351, 2001.