

## 会議エリアにおいて少数の照度センサで囲んだ空間を目標照度にする照明システム A Lighting System to Realize Target Illuminance at the Meeting Area with Minimum Number of Illuminance Sensors in a Meeting Room

三木 光範\*  
Mitsunori MIKI

吉見 真聡\*  
Masato YOSHIMI

東 陽平\*  
Yohei AZUMA

吉井 拓郎\*  
Takuro YOSHII

### 1. はじめに

我々はオフィスの光環境に着目し、個々の執務者の要求に応じた明るさを提供する知的照明システムの研究を行っている [1]。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、各執務者の机の上に設置することで目標照度を実現することができる。すでに知的照明システムを用いた実証実験を東京都内の実オフィスにて行っている。

そこでは会議室のような空間を均一な照度を実現する実験を行っていないが、今後は会議エリアにおける照度要求にも応える必要がある。本研究では、知的照明システムを用いて会議エリアにおいて均一な照度を実現する手法を提案する。

### 2. 知的照明システムによる会議エリアの照明

知的照明システムでは、回帰係数を用いた適応的近傍アルゴリズム (Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient: ANA/RC) [2] により照明の明るさ (光度) を決定している。ANA/RC は、各照明の光度と各照度センサの取得照度における回帰係数を逐次的に算出し、回帰係数に基づく近傍設計を組み込むことで照度センサの位置に応じて光度を増減する。このアルゴリズムを用いることで目標照度に速やかに収束し、かつ省電力性を実現する。

ANA/RC を用いて比較的に長い会議机上に均一の照度を実現した際の様子を図 1 の上段に示す。なお、各照度センサの目標照度を 800 lx に設定した。図 1 の上段から、図 1 のような環境では均一の照度を実現するために 4 台の照度センサが必要であることを確認した。また、照度センサを 4 台から 2 台に削減し会議機の両端に設置した際の照度分布図を図 1 の下段に示す。図 1 の下段から照度センサの設置場所のみ目標照度になり 2 台の照度センサ間は機の両端より暗くなることが確認できた。

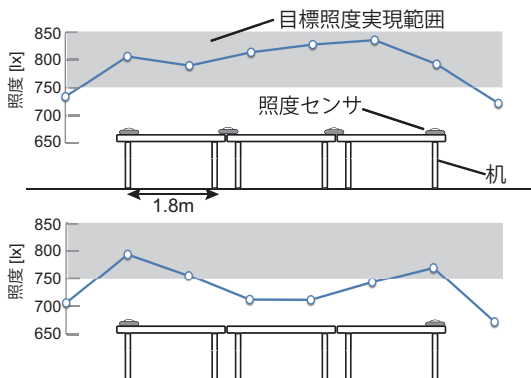


図 1: ANA/RC を用いた目標照度実現時の照度分布図

\*同志社大学

### 3. 照度センサ間に均一な照度を実現する知的照明システム

会議機の例を図 2 に示す。執務者のワークスペースの確保やコスト削減の観点から、細長い会議机には両端に 2 台、正方形の会議机には角に 1 台計 4 台という少数の照度センサを用いて、照度センサ間に均一の照度を実現する。2 台の照度センサ間の照度を均一な状態に収束する手法として、会議機の上部に設置されている複数の照明を 1 つのグループとして制御すること (グループ化)、すなわち複数の照明を均一の光度で点灯することが挙げられる。以下に 2 台の照度センサを用いたグループ化の詳細な手順、および概念図を図 3 を示す。

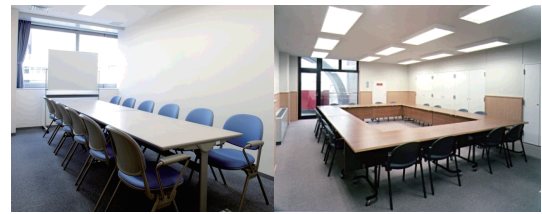


図 2: 会議室の例

1. 知的照明システムでは、照明の光度と照度センサから得られる照度の回帰係数から照度センサに最も近い照明が抽出可能であることを用いて、2 台の照度センサの上部の 2 灯の照明を抽出する
2. 知的照明システムのもつ照明の配置図を基に、抽出した 2 灯の照明の位置を線形的に結ぶ 1 次式を算出する
3. 算出した 1 次式と室内の各照明の最短距離に閾値を設け、閾値以内の距離にある照明を一つのグループとして均一な光度で点灯する

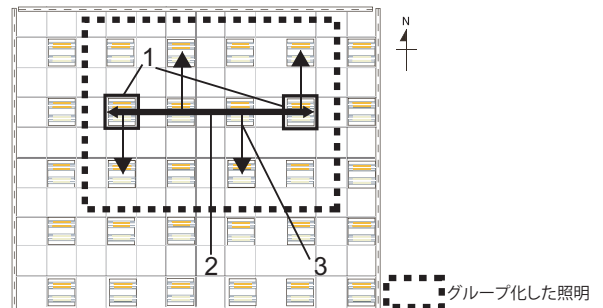


図 3: グループ化の流れ

グループに含まれる各照明の光度は山登り法に似た最適化アルゴリズムにより変化させるが、その場合の設計変数の変化 (これを次光度の決定という) として以下の A, B, および C の 3 つの手法を提案する。

- グループに含まれる照明1灯ごとに ANA/RC により次光度を決定し、それらの平均をグループに含まれる各照明の次光度とする
- 照度センサに最も近い照明2灯の次光度を ANA/RC により決定し、グループに含まれる残りの照明の次光度はその2灯の平均光度とする
- グループを1灯の照明として ANA/RC により次光度を決定する

2台の照度センサを用いてグループ化を行った際の照度分布を図4に示す。実験では、照明30灯、収束に用いる照度センサ2台 (sensor A, sensor B)、および照度センサ間の照度の計測に用いる照度センサ4台を図5の通りに配置した。なお、収束用の照度センサ2台の目標照度を800 lxに設定し、1ステップを4秒として300ステップ(20分)まで実験を行った。1~100ステップでは照明と照度センサの回帰係数を算出する際に用いるサンプルデータを収集し、100ステップ目で照明のグループ化を行う。101ステップ以降でグループに含まれる照明は上記で示したBの手法に基づき次光度を決定した。

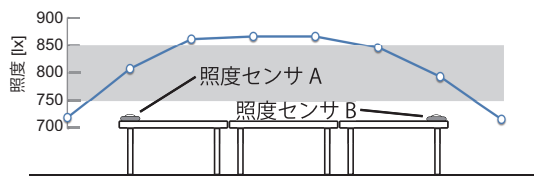


図4: 次光度決定手法Bによる収束時の照度分布図

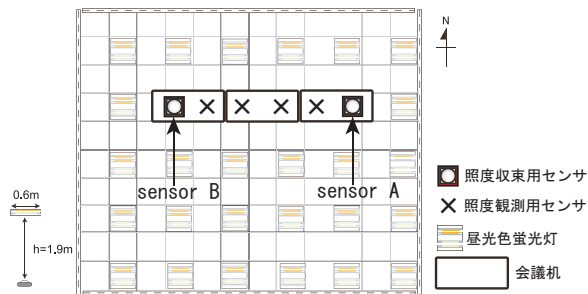


図5: 実験環境

図4から会議机の中心部分が両端に比べ照度が高くなることを確認した。そのため、グループ化した照明の中心となる照明を減光する。照明の配置図を基に、2台の照度センサに最も近い照明2灯を結んだ距離を算出し、その距離の一定割合以上、抽出した2灯から離れていれば減光対象とする。減光対象の照明の光度に減光倍率を掛けることで減光し2台の照度センサ間に均一な照度を実現する。減光倍率を1.0倍から0.1倍ずつ変化させ2台の照度センサの照度が均一になるまで減光する実験を行った。なお、実験環境は図5と同様である。

手法Aにおいて減光倍率を0.9倍に設定したとき、手法B、および手法Cにおいて減光倍率を0.5倍に設定したときの実験開始から20分後の照度分布を図6に示す。図6から、手法Aでは実験に用いた収束用照度センサ、および観測用照度センサのいずれも取得照度が目標照度を下回ることが確認できた。グループ内に所属する全ての照明の次光度を ANA/RC により算出し、その平均値をグループ内の照明の光度とするためグループ内の全て

の照明が互いに依存関係にある。そのため、点灯光度の低い照明を加味し、収束速度が遅く実験開始から20分後でも目標照度への収束には至らなかった。よって、手法Aによる2台の照度センサ間における均一な照度の実現は断念した。

続いて手法B、およびCによる実験では減光対象の照明の減光倍率を0.5倍に設定することで会議机に均一な照度を提供することが確認できた。

手法Bでは、図6より一部が820 lx前後であるものの両端を含め800 lxに収束し誤差が少ないことが確認できた。一方手法Cでは、図6よりSensor A付近の照度がSensor B付近より高いことが確認できた。知的照明システムでは、目標照度を下限として収束するため、グループ化した照明の両端に属する照明を均一な光度で点灯する際は、会議机の両端のうち片方の照度が高くなる可能性がある。そのため、照度センサ間の照度を均一にする際は、手法Cによる光度決定は不適であると言える。

上記の結果より、本実験環境下では手法Bによる次光度の決定、および減光倍率を0.5倍に設定した組み合わせが2台の照度センサ間の照度を均一にする際に最適であることを確認した。

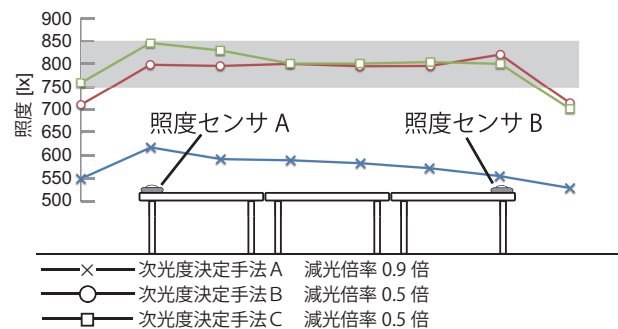


図6: グループ照明の中心を減光した際の各次光度決定手法による照度分布図

#### 4. まとめ

本手法により少数の照度センサを会議机の端に設置することで、机上面を均一の照度に収束することを可能にした。また、制御に用いる照度センサの数を減少することでコストの削減も実現した。但し、本手法では予め室内の照明の配置図を所持していること、また減光対象となる照明の減光倍率が環境によって異なることなど改善の余地がある。

#### 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 (2007), pp.399-410.
- [2] Shingo Tanaka, Mitsunori Miki, Tomoyuki Hiroyasu and Mitsuharu Yoshikata, "An Evolutional Optimization Algorithm to Provide Individual Illuminance in Workplaces", IEEE Int'l Conf. on System, Man, Cybernetics (SMC 2009), pp.941-947, 2009.