

自律分散制御に基づく知的照明システム

システム概要および自律分散制御アルゴリズム

朝山 絵美[†], 三木 光範^{††}, 廣安 知之^{††}, 米澤 基^{†‡}, 今里 和弘^{†‡‡}

(同志社大学大学院)[†](同志社大学工学部)^{††}

1 はじめに

近年, 照明システムに対する要求は高度化しており, 照度を調節することのできるセルフコントロールシステム¹⁾などが存在する. しかし, このようなシステムは任意の場所に任意の照度を自律的に提供することができない. これらの問題を解決するには, 従来と異なる方式のシステムが必要となる. 本研究では, 上記問題を解決する知的照明システムの提案と共に, システムを制御する自律分散型のアルゴリズムの開発および性能の検討を行う.

2 知的照明システムとは

2.1 知的照明システムの概要

知的照明システム²⁾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の協調動作によってユーザの要求を満たすシステムである. 以下に知的照明システムの特長を述べる.

2.1.1 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. 個々の照明が共通のデータから自律的に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大規模なビルにおいてもシステムの高い信頼性が得られる.

2.1.2 自律的な照明コントロール

この知的照明システムは, 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, 適切な場所に適切な照度を提供することができる. 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.

2.2 知的照明システムの構成

知的照明システムは, 複数の知的照明器具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. 知的照明器具とは制御装置を備えた照明である. これにより, 個々の照明が自律的に動作することが可能となる.

3 制御アルゴリズム

3.1 相関係数を用いた適応的近傍アルゴリズム

本研究で提案する照明制御アルゴリズムは, 確率的山登り法(Stochastic Hill Climbing: SHC)という汎用最適化手法をベースに照明制御用に相関係数に基づく近傍設計を組込んだものである. 以後提案アルゴリズムを相関係数を用いた適応的近傍アルゴリズム(Adaptive Neighborhood Algorithm using Correlation Coefficient: ANA/CC)³⁾と呼ぶ.

このアルゴリズムを用いて, 式(1)の目的関数を最小化する.

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

n, j : 照度センサの数 w : 重み

P : 消費電力 g : 現在の照度と目標照度の差

以下にこのアルゴリズムの流れを説明する.

1. 全ての照明を初期光度で点灯させ、目標照度を設定する。
2. 各照度センサの照度および電力を取込み、目標照度との差と電力から目的関数値を計算する。
3. 各照明が相関係数を用いて設定された3種類の次光度生成範囲から1つを選択し、その生成範囲内で次光度を生成し点灯させる。
4. 照度センサから現在の照度を取込み、各照明において光度および照度から相関係数を計算する。
5. 次状態の目的関数値を計算する。目的関数値が良好な場合、その光度を確定しステップ2へ戻る。
6. ステップ4で目的関数値が悪化した場合、与えた光度変化量をキャンセルし、ステップ2へ戻る。

4 動作実験

4.1 実験の概要

基本動作実験システムを構築し、自律的な照度コントロールを実現できることを検証する。構築した実験環境の下、以下に示す3つのパターンに対し、ANA/CCを適用して有効性の検証を行う。また、相関係数を組込まないSHCとの性能比較も行う。

1. 実験1：環境を固定した場合
設置する照度センサの目標照度はセンサAを750[lx]、センサBを800[lx]、センサCを600[lx]とする。照度センサの配置はFig. 2の通りである。
2. 実験2：照度センサを移動させた場合
3. 実験3：知的照明器具が故障した場合

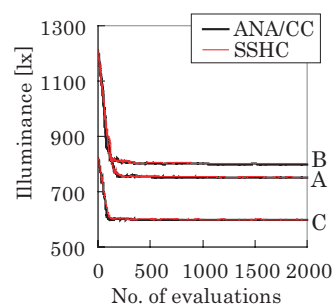


Fig. 1 Illuminance history

4.2 実験結果

実験1の結果について述べる。Fig. 1に照度の履歴を示す。各結果は30試行の中央値である。また各図の横軸は探索回数を示す。

実験開始後、初期の照度が減少し、探索回数約200回で各照度センサが目標照度に収束していることがわかる。また、探索が進むにつれて電力の最小化が行われている。定常状態における光度はFig. 2に示すようになっており、定常状態における電力は初期状態と比べて約46%減少した。また、紙面上割愛したが、ANA/CCとSHCの比較では、照度の収束に要する探索回数はほぼ同等だが、電力最小化においてはANA/CCがSHCの約4倍高速である。

実験2および3に関しても、適切な解探索を行うことが確かめられた。

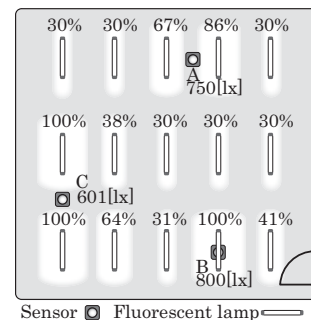


Fig. 2 Experiment result

5 まとめ

本研究では、移動可能な照度センサの情報をもとに、自律的に任意の場所に任意の照度を与えることができ、かつ省電力を実現する知的照明システムの提案を行った。また、自律的な照度コントロールを行う自律分散型の制御アルゴリズムとして、相関係数を用いた適応的近傍アルゴリズムを開発した。動作実験結果より、本研究で開発したANA/CCは知的照明システムの制御アルゴリズムとして非常に有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 他鶴岡伸一. 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.
- 2) Imazato K Miki M, Hiroyasu T. Proposal for an intelligent lighting system and verification of control method effectiveness. *Proc IEEE CIS*, pp. 520-525, 2004.
- 3) Imazato K Yonezawa M Miki M, Hiroyasu T. Intelligent lighting control using correlation coefficient between luminance and illuminance. *Proc IASTED Intelligent Systems and Control*, Vol. 497, No. 078, pp. 31-36, 2005.