

知的照明システムのための回帰係数を用いた自律分散最適化アルゴリズム

—光度値と照度値の回帰係数を用いた位置関係の把握—

後藤和宏^{††}, 三木光範[†], 廣安知之[†], 池田聡[‡]

(同志社大学工学部)[†], (同志社大学大学院)^{††},

1 はじめに

我々は、必要な場所に適切な照度を自動的に提供することができる知的照明システムの研究開発を行っている。これまでに、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) を提案し、その有効性を確認している¹⁾。ANA/CC はランダムに照明の光度を変化させることで、照明と照度センサの概略的な位置関係を相関を用いて把握し、目標照度を満たしかつ省電力な状態への高速収束を実現する。しかし、相関による位置関係の把握は、照明と照度センサの影響を間接的に知り得ることはできたが、直接的に知り得ることはできない。

そこで本研究では、照明と照度センサの位置関係を光度と照度の変化量の因果関係から成る関係式として捉え、回帰分析することにより位置関係およびその距離を把握する。そして、把握した位置関係を用い効率的な探索を行う制御アルゴリズムを提案しその有効性を検証する。

2 照明と照度センサの位置関係の把握

相関による位置関係の把握では、ランダムに光度変化している照明の光度変化量と照度変化量の間相互関係の有無を知り得ることはできるが、照明の光度変化が照度センサの照度値に与える影響度合い (因果関係) を知り得ることはできない。そのため、相関係数の大きさを両者の影響度の大きさとして用いることはできない。

そこで、照明と照度センサの因果関係を説明しその位置関係を把握するために回帰分析を行う。

2.1 回帰分析による位置把握

照明と照度センサの因果関係を光度変化量、照度変化量の線形回帰モデルで定式化し、その回帰式を説明する回帰係数を求めることで両者の影響度合いを得る。

2.2 逐次型最小二乗法による回帰係数の推定

逐次型最小二乗法では、探索過程において再帰的に回帰係数を推定する。逐次型最小二乗法による回帰係数 β の推定は次の手順で行う。なお、 k は現在の探索ステップを示す。

- 観測予測誤差共分散 $S(k)$ を求める
$$S(k) = x(k)P(k-1)x(k) + R(k)$$
- フィルタゲイン $W(k)$ を求める
$$W(k) = P(k-1)x(k)S^{-1}(k)$$
- 推定値の誤差共分散 $P(k)$ を求める
$$P(k) = P(k-1) - W(k)S(k)W(k)$$
- 観測予測値 $\hat{y}(k)$ を求める
$$\hat{y}(k) = x(k)\hat{\beta}(k-1)$$
- 観測予測誤差 $\epsilon(k)$ を求める
$$\epsilon(k) = y(k) - \hat{y}(k)$$
- 推定値 (影響度合い $\hat{\beta}$) を求める
$$\hat{\beta}(k) = \hat{\beta}(k-1) + W(k)\epsilon(k)$$

以上の手順を繰り返すことにより、光度変化量を基準とした照度変化量の観測予測誤差を最小とする推定値 β を再帰的に推定することができる。回帰係数 β の大きさが照明に対する各照度センサの影響の大きさを表している。

3 回帰係数を用いたアルゴリズム

本研究で提案する制御アルゴリズムは、光度と照度の変化量から逐次型最小二乗法により回帰係数を動的に推定し、求めた回帰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) とする。ANA/RC の制御の流れを以下に示す。なお、照明がランダムに光度を変化させる場合、その光度変化はある一定の範囲にランダムに選択を行う。この光度変化の範囲のことを近傍という。

1. 各照明を初期光度で点灯させ、各照度センサには目標照度を設定する。
2. 各照明は各照度センサの照度および使用電力量を取得し、目的関数値を計算する。
3. 各照明はセンサ情報および回帰係数により7つの近傍範囲より適切な近傍を決定する
4. 設定された近傍内に次光度をランダムに生成し、照明をその光度で点灯させる。
5. 照度センサの照度を取得し、各照明において光度および照度から回帰係数を計算する。
6. 次状態の目的関数値を計算し、改善している場合、その光度を確定しステップ2へ戻る。
7. ステップ6で目的関数値が悪化した場合、与えた光度変化量を計算上キャンセルし、ステップ2へ戻る。

以上の動作を繰り返すことにより、無駄のない動作で目標照度を満たすとともに省電力な状態へと素早く収束すると考えられる。

3.1 近傍決定の仕組み

ANA/RCでは、Fig. 1に示すように次光度生成に用いる近傍を7種類持つ。

各照明は、最小二乗法による推定で得た回帰係数 $\hat{\beta}$ を用いて、各照度センサとの近さを4段階でランキン

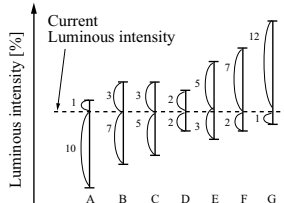


Fig. 1 Seven types of the neighborhood

グを行い、ランキンに従って7種類の近傍を適応的に使い分ける。ランキンには実験的に求めた3種類の閾値を用いる。

4 実環境試験

4.1 実験の概要

本実験では、提案アルゴリズムの有効性を検証するため、本研究室で構築した自律分散動作システムを用いて以下に示す2

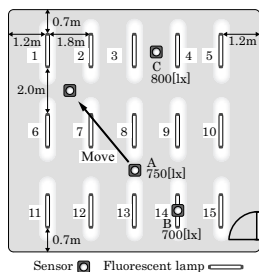


Fig. 2 Experiment environment

つの実験環境において実環境試験を行う。また、従来手法のANA/CCとの性能比較を行う。Fig. 2に実験環境を示す。

実環境試験1：環境に変化がない場合

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800 [lx]とする。

実環境試験2：照度センサが移動した場合

実環境試験1の定常状態(開始:1000探索目)から照度センサAを照明1,2,6,および7の中心へ移動させる。

4.2 実験結果

実環境試験1, および2の照度履歴をFig. 3, およびFig. 4に示す。横軸は時間を示しており、1ステップは0.7秒である。

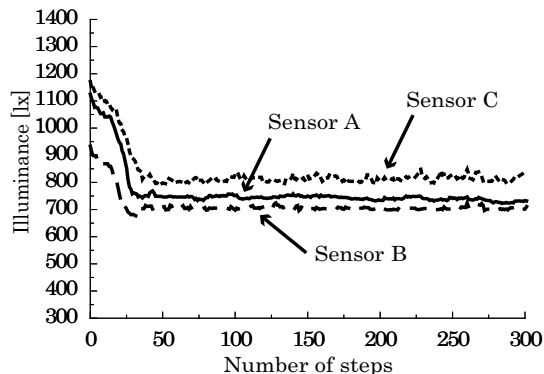


Fig. 3 Result of illuminance in ex.1

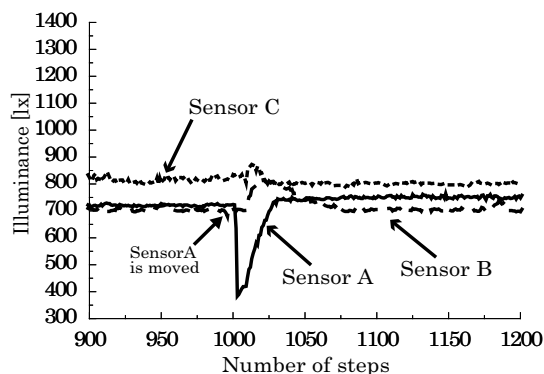


Fig. 4 Result of illuminance in ex.2

Fig. 3よりANA/RCは、探索回数約33回で各照度センサA, B, およびCの照度は747, 673, 846 [lx]となり、目標照度収束範囲に達している。紙面の関係上ここには載せていないが、ANA/CCでは、各照度センサA, B, およびCの照度が770, 716, 817 [lx]と約62回の探索回数を要した。また、Fig. 4より、照度センサAが移動した際、ANA/RCは探索回数約54回で、各照度センサA,B,およびCの照度が744, 743, 803 [lx]と回復することが確認できる。一方ANA/CCは、探索回数約119回で、各照度センサA,B,およびCの照度が744, 743, 803 [lx]と回復した。このようにANA/RCはANA/CCに比べ目標照度への収束速度が向上していることが確認された。

参考文献

- 1) K.Imazato M.Yonezawa M.Miki, T.Hiroyasu. Intelligent lighting control using correlation coefficient between luminance and illuminance. *Proc IASTED Intelligent Systems and Control*, Vol. 497, No. 078, pp. 31-36, 2005.