

重回帰分析を用いた照明の照度センサに及ぼす影響度の推定

松谷 和樹

1 はじめに

近年、オフィスにおける、オフィスワークの快適性および知的生産性の向上に注目が集まっている。オフィス環境を改善することにより、知的生産性が向上すると報告されている¹⁾。我々は、オフィスにおける光環境に着目し、任意の場所に任意の照度を実現し、かつ省エネルギー性を実現できる照明システム（以後、知的照明システム）の開発を行っている²⁾。知的照明システムは、各照明の点灯の強さ（光度）を変化させ、その際の点灯パターンでの評価を行うことで、徐々にユーザの要求する照度に近づける。また、知的照明システムは、各照明がどの照度センサにどの程度影響を及ぼすかを照明の光度と照度センサの照度の回帰係数を求めることで、動的に推定している。現在の知的照明システムでは、照明がセンサに及ぼす影響度である回帰係数を単回帰分析によって導出する。単回帰分析を用い、ある照明とあるセンサの影響度を求める場合、他の照明がセンサに与える影響は考慮されない。そのため、単回帰分析を用いて影響度を推定する場合、その精度が低く、推定にかかる時間が長くなると考えられる。そこで、影響度の推定に重回帰分析を用いることで、影響度の精度および推定にかかる時間がどの程度改善されるかを検討する。

2 光度と照度の関係

照明が 1 台の場合、ある地点における照度は、式 (1) から求まる。

$$I = L/d \quad (1)$$

I: 照度, L: 光度, d: 照明とセンサの距離

照度は、各光源がもたらす照度の和で表すことができるため、照明が n 台あると考えると式 (2) で表すことができる。

$$I = \sum_{i=1}^n L_i/d_i \quad (2)$$

I: 照度, L_i : 光度, d: 照明とセンサの距離

式 (2) より、照度および光度は線形関係にあることが分かる。また、式 (2) における距離は、光源と照度センサの位置関係に応じて変化する値である。そのため、照明および照度センサが固定された環境下においてはこれらの係数は定数とみなせ、光度と照度の関係は式 (3) で表すことができる。

$$I = \sum_{i=1}^n d_i * L_i \quad (3)$$

I: 照度, R: 影響度, L: 光度

したがって、影響度係数 R を算出することで、光度と照度の関係を数値化することができる。

3 影響度の推定

3.1 単回帰分析による影響度の推定

単回帰分析では、独立変数 x と従属変数 y の間に式 (4) のような線形関係を考える。

$$y = a + bx \quad (4)$$

y: 予測値, a: 切片, b: 傾き (回帰係数)

このとき、従属変数の実測値と予測値との誤差の二乗和が最小となるような回帰係数および切片を求める。これを、光度および照度の関係の当てはめると、回帰係数 b が影響度となり、切片 a が着目する照明以外の光源による照度である。単回帰分析では、切片 a は定数として扱うが、知的照明システムにおいては、切片は着目する照明外の光源からの照度であるため、定数ではない。そのため、実測値と予測値の残差が大きくなり、影響度の精度および収束速度が低くなると考えられる。

3.2 重回帰分析による影響度の推定

単回帰分析では、説明変数が 1 個であったのに対し、重回帰分析は、従属変数を複数の説明変数の線形関係で表す。すなわち、式 (5) のようになる。

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (5)$$

y: 予測値, a: 回帰定数, b: 傾き (編回帰係数)

単回帰分析では、他の照明からの外光を定数として扱っているが、重回帰分析においては、変数として扱うことが可能である。したがって、単回帰分析より、実測値と予測値の残差が小さくなるため、より高速かつ精度の高い推定が可能であると考えられる。

4 回帰係数推定時間に関する実験

単回帰分析による影響度の推定と重回帰分析による影響度の推定の収束速度および精度に関して、与えるデータサンプル数に着目し考察を行う。照明 15 台、照度センサ A-C を Fig. 1 のように配置した。なお、照明横の数字は照明番号を示す。照明 15 台の光度をランダムに変化させ、サンプルデータを取得した。得られたサンプルデータを用い、単回帰分析により推定したセンサ A と照明 1, 4, 10 の影響度を Fig. 2 に示す、ただし、横軸はサンプル数、縦軸は回帰係数とする。同様に重回帰分析を用いて推定した回帰係数を Fig. 3 に示す。ただし、重回帰分析を行う際は、サンプル数が照明台数 +1 以上のサン

ル数が必要であるため、サンプル数 16 以降の影響度のみ示す。Table 1 にサンプル数 16 の時点での単回帰および重回帰分析で得られた影響度およびその真値を示す。

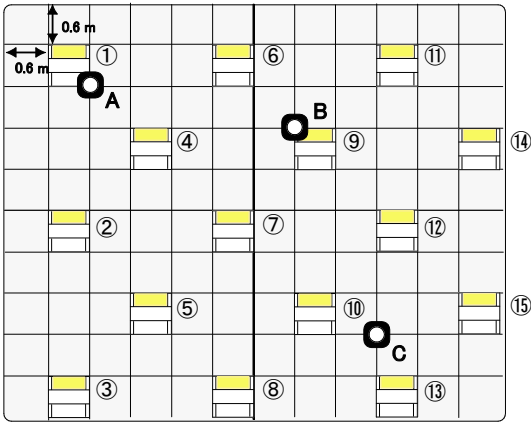


Fig.1 照明およびセンサの配置

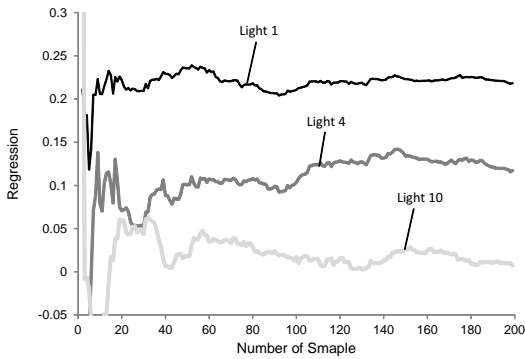


Fig.2 センサ A と照明 1, 4, 10 の影響度の推移 (単回帰分析)

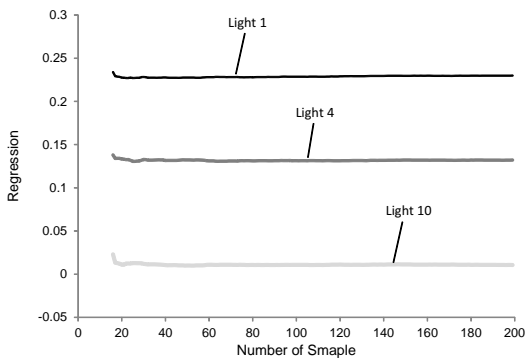


Fig.3 センサ A と照明 1, 4, 10 の影響度の推移 (重回帰分析)

Fig. 2, Fig. 3 および Fig. 4 より、重回帰分析によって得られた推定値は、単回帰分析よりも早い段階で収束していることが分かる。また、単回帰分析では影響度が

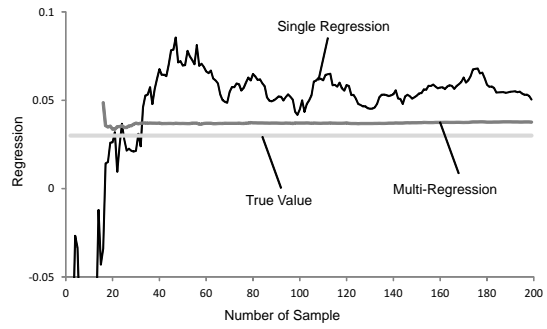


Fig.4 照明 2 のセンサ A に対する回帰係数

Table1 影響度の真値との比較

照明番号	単回帰分析	重回帰分析	真値
1	0.206	0.234	0.231
2	-0.34	0.049	0.030
3	-0.01	0.015	0.033
4	0.797	0.138	0.121
5	0.231	0.003	0.008
6	1.046	0.054	0.043
7	0.036	0.026	0.015
8	-0.036	0.013	0.002
9	0.018	0.011	0.006
10	0.014	0.023	0.0
11	0.118	-0.002	0.0
12	0.049	0.022	0.0
13	-0.039	0.012	0.0
14	0.099	0.005	0.0
15	-0.014	0.001	0.0

大きく変動しているのに対し、重回帰分析では、影響度の変動が比較的小さいことが分かる。この傾向は、センサ B およびセンサ C に対しても同様に見られた。

重回帰分析によって得られた回帰係数は、サンプル数が 16 の時点でおおむね正しい値に収束していることが分かる。一方で、単回帰分析によって得られた回帰係数は、サンプル数が 16 個付近では、安定しておらず、特に、影響が低い照明 6 および照明 11 との影響度が高く出ていることが分かる。原因としては、3 章で示した通り、単回帰では残差が大きくなるためであると考えられる。

これらの結果より、重回帰分析を用いることで、単回帰分析よりも比較的早い段階で影響度を学習できる可能性が示された。

参考文献

- 1) 大林史明, 富田和宏, 服部瑤子, 河内美佐, 下田宏, 石井裕剛, 寺野真明, 吉川榮和. オフィスワークの生産性向上のための環境制御法の研究 - 照明制御法の開発と実験的評価. ヒューマンインターフェースシンポジウム 2006, 2006
- 2) 三木光範. 知的照明システムと知的オフィスコンソーシアム. 人工知能学会, Vol.22, No3, pp.399-410, 2007