

照度，色温度を用いた屋内エリア推定手法の検討

市川 耀

Hikaru ICHIKAWA

1 はじめに

近年，屋内の位置を利用したサービスが注目を浴びている。

照明を用いた屋内位置情報サービスとしてフィリップスは，スーパーマーケットなどの小売店を対象とし Philips connected retail lighting system を提案している．このシステムは，LED による可視光通信を用い，利用者の周辺にあるお買い得情報を通知したり，購入したい商品への道案内が可能である．しかしながら，可視光通信では特殊な照明装置や受信側のセンサが必要となる．

また屋内の照明装置による位置推定手法として照明の光度が照度センサノードの照度に及ぼす明るさ具合 (照度/光度影響度) に基づく位置推定手法が提案されている¹⁾．この手法は，照度/光度影響度を回帰分析による学習を行うことで求めるため，位置推定時間が照明台数に比例して増加する．

そこで本研究では，照明を用い高速に屋内の位置を推定する手法として，光度を用いた相対位置推定手法と，色温度を用いた相対位置推定手法を提案する．これら提案手法では，光度や色温度の調光が可能天井照明と照度，色温度をセンシングする端末を用いる．センサの取得値は，センサの周辺にある天井照明の点灯パターンから大きく影響を受ける．点灯した瞬間の色温度と照度の点灯パターンとセンサからの取得値を比較し，相対的な位置関係を推定する．照明ごとに異なる光度や色温度で調光することにより，距離が離れるほど異なる光環境になるため，複数の端末の相対的な位置関係の検出が可能になる．また，照明の点灯パターンを変え，複数回変化させることにより精度の向上や，より広範囲のエリア検出を行うことが可能である．

2 提案手法

本手法は，調光可能な天井照明，および調光による変化の度合いを検知できるセンサを用い位置の推定を行う．照明が設置してある場所ごとに調光の度合いを徐々に変化させた調光パターン P_i を用い，パターンごとに調光を行う．ユーザはセンサを所持し，パターンの変化によるセンサ値の変化値を用い位置の推定を行う．

本手法で用いた照明の調光パターンを Fig. 1 に示す．Fig. 1 は，本手法において x 軸方向に w ， y 軸方向に h の部屋の大きさをもつ室内に照明の調光パターンを適用した図であり，色の濃さは照明による調光尺度の大小を表している．調光による尺度は光度，および色温度を本手法では用い，センサの取得値は照度，色温度を使用した．それぞれの手法について，照明は調光パターンを室

内の照明の場所に対応させた調光を行う．また，調光パターン P_1 は照明全灯一律で調光を行うパターンであり，他の $P_2 \sim P_5$ のパターンとの差分を取ることで， $P_2 \sim P_5$ それぞれのパターンによる特徴の変化を取得することが可能である．

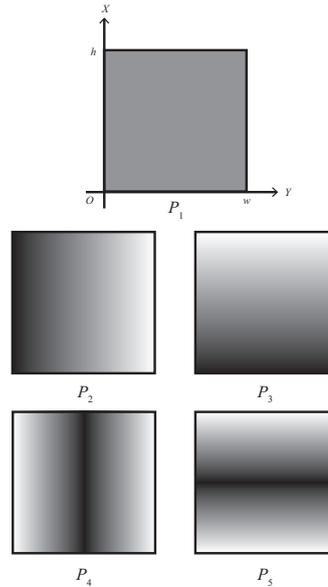


Fig.1 照明の調光パターン

センサが取得した値の変化値と，場所ごとに調光パターンから生成される調光の変化値を比較し，位置推定を行う．調光パターン $P_i (i = 1, 2, 3, 4, 5)$ による位置 (x, y) の照明の調光，センサによる取得値をそれぞれ $E_i(x, y)$ ， I_i と関係式 (1) のように表し，この目的関数を最小化する位置 (x, y) の探索を行うことで位置の推定を行う．

$$f_{xy} = \sum_{i=2}^5 \left| \frac{E_i(x, y) - E_1(x, y)}{\sqrt{\sum_{j=2}^5 \{E_j(x, y) - E_1(x, y)\}^2}} - \frac{I_i - I_1}{\sqrt{\sum_{j=2}^5 \{I_j - I_1\}^2}} \right| \quad (1)$$

3 評価

3.1 実験環境

照明 15 灯，センサ 8 台を用い，照度を用いた位置推定実験，および色温度を用いた位置推定実験を行った．照明は，RGBY の 4 色による調光がそれぞれの色に対して，1000 段階の調光可能なフルカラー LED 照明を使用した．

3.2 照度を用いた位置推定実験

照明の位置，センサの配置図，および座標系を Fig. 2 に示す。なお，センサは机上面に設置し，センサ間距離は 60cm とした。実験に際し，センサはセコニック社製のあのログ照度センサを使用した。また，調光パターンは， P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 の順番で調光を行い，パターンの最大の調光率と最低の調光率の調光差を調光可能範囲の 40%，8%，2% に条件を変え実験を行った。

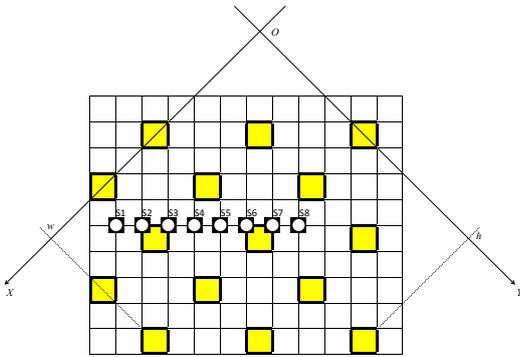


Fig.2 照明位置およびセンサ配置図

位置推定の結果は，調光範囲がいずれの場合にもそれぞれのセンサの平均誤差が約 40 cm の誤差の精度であった。調光範囲が 2% の際のそれぞれのセンサの位置推定誤差の結果を Fig. 3 に示す。この結果から壁に近いセンサの誤差は高いが，中央に近い照明は 50 cm 未満の位置推定誤差で推定できていることが確認できる。

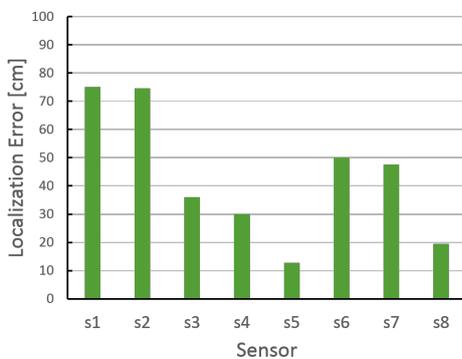


Fig.3 光度を用いた手法位置推定誤差（調光範囲 2%）

また，それぞれの調光幅，センサごとの調光パターンの変化による照度値の最大変化幅は，Table 1 のようになった。行がそれぞれの調光変化幅による位置推定による分類，列がそれぞれのセンサに照度値の変化である。この表より，調光の変化幅が小さくなるにつれ照度の最大変化幅が小さくなっていることが確認できる。特に，調光率変化幅 8% の時のセンサの最大照度差の平均値が 54 lx であり，変化幅変化幅 2% の時の全センサの最大照度差が 22 lx であった。このことから，調光変化幅が 8% 以下で調光パターンを作成することにより，人間の目でちらつきを感じない範囲の変化で位置推定を行うこと

ができた。

Table1 パターンの変化による照度値の最大変化幅 [lx]

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
40	411	405	345	262	217	227	197	139
8	83	79	69	52	41	45	39	26
2	22	21	19	12	10	12	10	8

3.3 色温度を用いた位置推定実験

照明およびセンサの配置は，Fig. 2 と同じ条件で行った。また照明の色温度は，2400 K，3000 K，4200 K，6500 K，9000 K の 5 段階で調光パターンによる調光を行った。センサは，コニカミノルタ製の色彩照度計を使用し，計測を行った。

Fig. 4 は，色温度を用いた位置推定実験のセンサごとの位置推定誤差のグラフであり，平均の位置推定誤差は，約 35 cm となった。また，グラフの概形が Fig. 3 と類似しており，照度を用いた位置推定手法と色温度を用いた位置推定手法では，位置推定誤差が大きい位置と小さい位置が類似していることが確認できた。

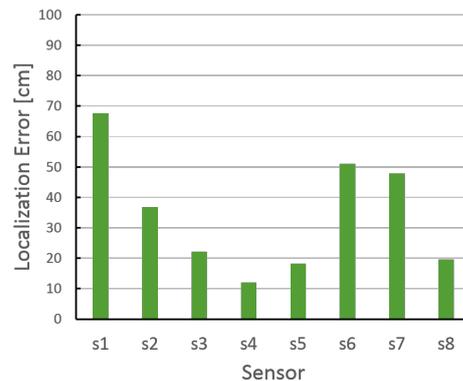


Fig.4 色温度を用いた手法位置推定誤差

4 まとめ

照度を用いた位置推定手法，色温度を用いた位置推定手法ともに 5 ステップで位置推定を行うことを確認した。本実験環境では，平均約 40 cm の推定誤差の精度で推定でき，本手法の有効性を確認できた。また，照度を用いた位置推定手法では，本実験環境において調光パターンの調光幅を照明調光可能幅の 8% 以下で調光することにより，人間の目でちらつきを感じない範囲で位置推定を行うことができた。

参考文献

- 1) M. Miki, K. Yoshida, Y. Hirano, and H. Ikegami. Estimation of illuminance sensor positions and improvement of energy efficiency in the distributed control lighting system. pp. 137–142, May 2013.