

フルカラー LED 照明を用いた屋内位置推定手法の検討

梅田 玲旺

Reo Umeda

1 はじめに

近年, LED 照明が注目されておりビルのスマート化により調光可能な LED 照明を持つ施設が増加している. また, 調光調色可能な LED 照明を持つ施設も存在している. 照明の色を用いることにより人の気分や使用目的等に応じ室内を変化させることが可能となり, 屋内での照明設備はより多様な色と明るさを実現することが考えられる. 屋内位置推定には様々な方法が存在するが本稿では, 調光調色可能な LED 照明と照明光を検知可能なカラーセンサを用いる位置推定手法を行う¹⁾. 提案手法は, まずフルカラー LED 照明を調光調色し, 照明を RGBY の各色ごとに段階的に点灯する. 点灯後, 推定を行う対象空間の任意の場所でカラーセンサの値を取得し, カラーセンサの値と計測した関係式を用い推定したカラーセンサの値比較し, 位置を推定する.

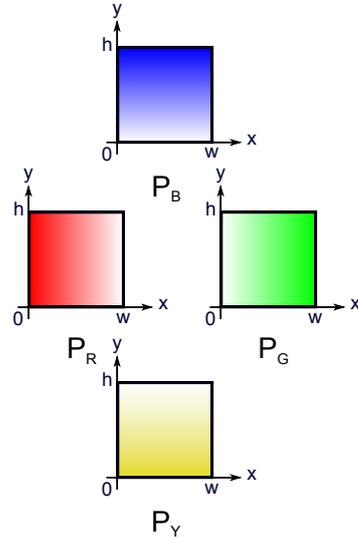


Fig.1 使用する色グラデーションパターン

C_R, C_G, C_B, C_Y を式 1, 式 2, 式 3, 式 4 に示す.

2 フルカラー LED 照明を用いた位置推定手法

2.1 学習フェーズ

位置推定を行うための近似式の作成を行う. 照明 1 灯とその直下に 1 個のカラーセンサを配置する. この照明 1 灯と 1 個のカラーセンサを用い, RGBY の 1 色ごとに調光率を変化させていき, カラーセンサで調光率毎の値を取得する. その後, 照明の調光率とカラーセンサで取得したカラーセンサの値を使用し, 照明の調光率を入力として出力をカラーセンサの値になるように近似式を作成する.

2.2 調光フェーズ

位置推定を行うために照明の色グラデーションパターンを構築する. 色グラデーションパターンとして全 4 パターンの図 1 を用意した.

すべての色グラデーションパターンは位置推定を行う室内で調光調色した場合を表しており, 室内の大きさは長方形の縦 h , 横 w である.

色グラデーションパターンを $P_i(P_R, P_G, P_B, P_Y)$ とし, それぞれの光度を $C_i(C_R, C_G, C_B, C_Y)$ とする. 光度は $0 \leq C_i \leq 1$ とする. 次に色グラデーションパターン P_i について述べる. P_R, P_G, P_B, P_Y はそれぞれ赤, 緑, 青, 黄を光度 0 から 1 まで段階的に変化するパターンである. P_R, P_G, P_B, P_Y のそれぞれの光度である

$$C_R = 1 - \frac{x}{w} \tag{1}$$

$$C_G = \frac{x}{w} \tag{2}$$

$$C_B = \frac{y}{h} \tag{3}$$

$$C_Y = 1 - \frac{y}{h} \tag{4}$$

x : 照明の X 座標, y : 照明の Y 座標

w : 部屋の X 座標方向の大きさ

h : 部屋の Y 座標方向の大きさ

2.3 推定フェーズ

ILUF では, 色グラデーションパターン P_R, P_G, P_B, P_Y をそれぞれを同時に調光する. 色グラデーションパターン P_R, P_G, P_B, P_Y による調光を行うとき, 最高光度 β と色グラデーション重み α を用いる. 最高光度 β は調光を行う際, フルカラー LED 照明を段階的に変化させるときの最も光度が高い場所での光度を示す. 色グラデーション重み α はフルカラー LED 照明を段階的に変化を行う際, 最大光度から最も光度の低い光度の差の光度を示す. 最高光度 β を大きくすると室内全体が明るくなり, 色グラデーション重み α を大きくするとフルカラー LED 照明の色が段階的に変化させる際に, 室内全体が暗くなり最低光度が低くなる. 横 w , 縦 h の長方形の室内において座標 $(x, y)(0 \leq x \leq w, 0 \leq y \leq h)$ にあるとき P_R, P_G, P_B, P_Y の各パターンは式 5 を利用し光度を決定する.

$$L_{xy} = \beta - \alpha(1 - C_i(x, y)) \tag{5}$$

L_{xy} : 座標 (x, y) にある照明の光度, β : 最高光度
 α : 色グラデーション重み
 $C_i(x, y)$: 色グラデーションパターン P_i による座標 (x, y) の光度

カラーセンサの実測値を $S_n (1 \leq n \leq 3)$ とし, カラーセンサの値を近似式を用い推定した値を $A_n (1 \leq n \leq 3)$ とする. S_1, S_2, S_3 はそれぞれカラーセンサで取得した値の赤色成分, 緑色成分, 青色成分である. A_1, A_2, A_3 はそれぞれ近似式を用い推定したカラーセンサの値の赤色成分, 緑色成分, 青色成分である.

したがって, カラーセンサの値 S_i と近似式を用いたカラーセンサの値 A_i の類似度が最大になる座標 (x, y) が推定位置と考なる. 次に, 最適化問題の x, y を設計変数とした, 目的関数を式 6 に示す.

$$F = \sum_{k=1}^3 \left(\frac{S_k(x, y)}{\sqrt{\sum_{l=1}^3 (S_l(x, y))^2}} - \frac{A_k(x, y)}{\sqrt{\sum_{l=1}^3 (A_l(x, y))^2}} \right)^2 \quad (6)$$

F : 目的関数

$S_i(x, y)$: 座標 (x, y) でのカラーセンサの値

$A_i(x, y)$: 座標 (x, y) での近似式を用いたカラーセンサの値

式 6 はカラーセンサの値から近似式を用いたカラーセンサの値の差の二乗する. また, それぞれの分母はカラーセンサの値と近似式を用いたカラーセンサの値の大きさを揃えるために, カラーセンサの値と近似式を用いたカラーセンサの値をそれぞれ二乗和の平方根で除算する.

3 評価

3.1 位置推定実験環境

フルカラー LED 照明の光の RGB 成分を検知することができるセンサとして浜松ホトニクス社製のデジタルカラーセンサを用いた. カラーセンサを Arduino に接続しデータを取得した. R, G, B, Y それぞれに対し, 調光率を 1 から 1000 まで 2 秒ごとに変化させカラーセンサで値を取得した.

位置推定に用いる色グラデーションパターンを点灯させるとき, 最大調光率を変化させ, 最大調光率から最小調光率までの変化幅も変化し位置推定精度を検証した. カラーセンサを図 2 のように配置した. 色グラデーションパターンである P_R, P_G, P_B, P_Y を同時に調光し, 図 2 のように点灯させ, カラーセンサで値を取得した.

3.2 ILUF の位置推定精度評価

図 3 は, それぞれ最大調光率を 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 % に設定した場合の ILUF のセンサ 8 個の平均位置推定精度の実験結果である. 位置推定誤差が最小では 0.47 m, 最大では 3.30 m となった. 最大調光率から最小調光率までの変化幅を大きくすると位置推定誤差が最大調光率 20 % 以外は誤差が減少した. また, 最大

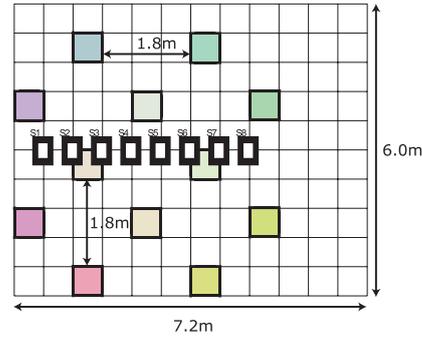


Fig.2 位置推定時の色グラデーションパターンとカラーセンサの配置

調光率が 20 % の場合も変化幅が 60 % までは誤差が減少傾向している. 最大調光率から最小調光率までの変化幅を大きくすることにより位置推定誤差を減少させることができる.

最大調光率を大きくすると最大調光率 20 %, 100 % 以外は最大調光率から最小調光率までの変化幅が同じ場合, 位置推定誤差が減少した. 最大調光率 100 %, 最大調光率から最小調光率までの変化幅 10 % のとき位置推定誤差が増加したのは, フルカラー LED 照明の光度が高いため直上のフルカラー LED 照明以外のフルカラー LED 照明や反射光の影響が大きくなってしまったためだと考えられる. 最大調光率を大きくすることで位置推定精度を向上できる.

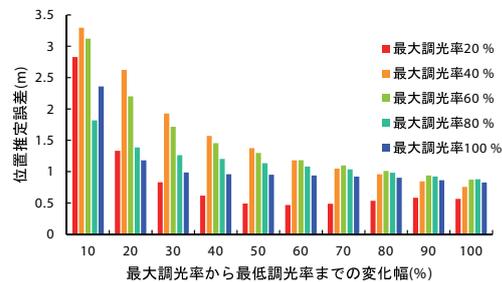


Fig.3 位置推定結果

4 結論

本研究では, フルカラー LED 照明を用いた屋内位置推定手法を提案した. 提案手法は, フルカラー LED 照明の RGBY の各色を照明の場所ごとに段階的に異なる明るさに点灯し, その照明の色をカラーセンサで受光するにより実現した. 位置推定精度は, 実験環境においてセンサ 8 台の平均の推定精度誤差が最も良い場合で 0.5 m であった. したがって, 本研究は照明を 1 度点灯させ位置推定可能である.

参考文献

- John Krumm, Gerry Cermak, and Eric Horvitz. Rightspot: A novel sense of location for a smart personal object. In *UbiComp*, Vol. 2864, pp. 36–43. Springer, 2003.