

照度を用いた屋内位置推定手法の検討

津崎 隆広
Takahiro TSUZAKI

1 はじめに

近年, 屋内位置推定に注目が集まっている. 屋内位置推定には Wi-Fi¹⁾ や Beacon, RFID など様々なアプローチで研究されている.

また, 近年, スマートビルの普及で個別に調光可能な照明を設置したビルが増えている. 照明を制御するプロトコルには DALI や BACNET が存在する. これらを用いて, ビルの照明を制御して, 省エネルギー化や快適な光環境の実現などが期待されている.

このような背景から本研究では調光可能な照明を用いた屋内位置推定手法を提案する. 照明を用いた屋内位置推定手法では, 照明の光度を位置に応じて, 照明の光度を段階的に変化するパターンを複数作成する. 作成するパターンと同様の光度を照明で再現する. その際の照度をパターンごとに計測し, パターンによる照度の差を用いて位置推定を行う. しかし, 窓などがある屋内環境を想定した場合, 照度センサは照明による照度の影響のみでなく外光からの影響も受けるため外光の影響を考慮する必要がある. 本研究では, 照明の調光間隔及びセンサの照度取得間隔を短くすることで外光の影響を減少可能なアプローチをする. そのために, 外光がない環境における照明の調光間隔及びセンサの照度取得間隔を短くすることによる推定精度への影響を検証を行う.

2 照明を用いた屋内位置推定手法

2.1 点灯グラデーションパターン

照明の位置によって, 段階的に異なる照明の光度を調光することにより, 調光する室内に照度の高いエリアと低いエリアができる. 照明の位置によって, 段階的に異なる照明の光度を調光する際に利用するパターンを点灯グラデーションパターンとする. 点灯グラデーションパターンを Fig.1 に示す. Fig.1 の色は, 光度が高いほど白色に近づき, 光度が低いほど黒色に近づく. 点灯グラデーションパターン P_i のそれぞれのパターンを以下に示す.

- P_1 : 全灯を一律点灯
- P_2 : P_1 の光度を最低光度とし, X 方向に光度を高くするパターン
- P_3 : P_1 の光度を最高光度とし, X 方向に光度を高くするパターン
- P_4 : P_1 の光度を最低光度とし, Y 方向に光度を低くするパターン
- P_5 : P_1 の光度を最高光度とし, Y 方向に光度を低くするパターン

複数の異なる点灯グラデーションパターンを作成し, 照

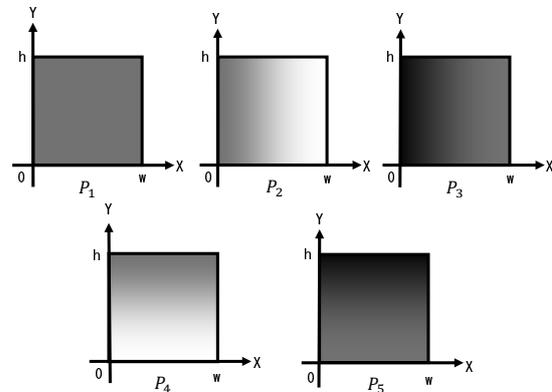


Fig.1 点灯グラデーションパターン

明を調光することで, 複数の点灯グラデーションごとに照度の高いエリア, 照度の低いエリアができる.

2.2 位置推定アルゴリズム

照明を用いた屋内位置推定手法では, 照明は全ての点灯グラデーションパターンでそれぞれ調光を行う. 点灯グラデーションパターンを P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 の順で照明を調光する.

点灯グラデーションパターン P_i による調光を行うとき, 基本光度 β と重み α を用いる. 基本光度 β は P_1 での光度を表し, 重み α は点灯グラデーションパターンによる光度の変化度合いを表す. 基本光度 β を大きくすると部屋全体が明るくなり, 点灯グラデーション重み α を大きくすると点灯グラデーションパターンの変更の際に照明の光度が大きく変化する. X 軸方向の大きさが w , Y 軸方向の大きさが h の長方形型の室内において, 座標 (x, y) ($0 < x < w, 0 < y < h$) にあるとき, P_1 から P_5 の各点灯グラデーションパターンは式 1 を利用し光度 L_i を決定する.

$$L_i = \beta + \alpha C_i(x, y) \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (1)$$

L_i : P_i の座標 (x, y) での光度

β : P_1 での光度

α : 重み

$C_i(x, y)$: P_i の座標 (x, y) での調光度

照度センサは, 式 2 のように, その場所の P_1 - P_5 の点灯グラデーションパターンの照度 I_i の集合 S をもつ.

$$S = \{I_1, I_2, I_3, I_4, I_5\} \quad (2)$$

I_i : P_i での照度センサの照度

P_1 での照度と P_2 - P_5 の照度の差分 D_i を式 3 に示す.

$$D_i = I_i - I_1 \quad (i = 2, 3, 4, 5) \quad (3)$$

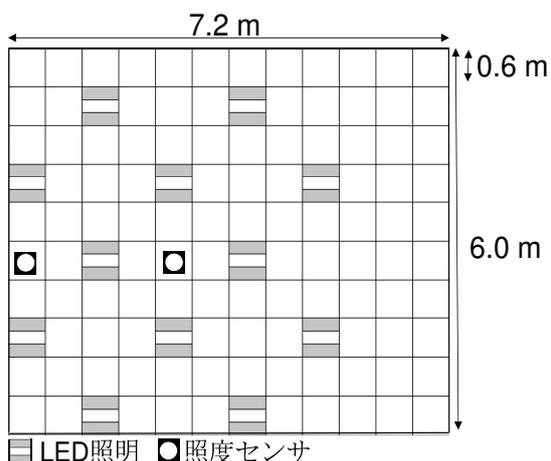


Fig.2 センサ配置図

D_2-D_5 の値は、それぞれの照度センサの位置により値が異なる。 D_2-D_5 の値を評価することにより照度センサの位置の推定を行う。推定する際には、点灯グラデーションパターンごとの照度と点灯グラデーションパターンの生成光度の差を最小化する目的関数を利用する。目的関数を式4に示す。

$$F = \sum_{k=2}^5 \left| \frac{D_i(x,y)}{\sqrt{\sum_{l=2}^5 D_l(x,y)^2}} - \frac{C_i(x,y)}{\sqrt{\sum_{l=2}^5 C_l(x,y)^2}} \right| \quad (4)$$

F : 目的関数

$D_i(x,y)$: 座標 (x,y) での P_i と P_1 の差分照度値

$C_i(x,y)$: 座標 (x,y) での P_i の生成光度

式4の目的関数を最小化する座標 (x,y) が照度センサの推定位置となる。

3 照明の調光間隔を短くすることによる位置推定精度への影響検証実験

3.1 実験概要

本実験では、照明の調光間隔及びセンサの照度取得間隔を短くすることによる位置推定精度への影響の検証を行った。実験場所は、KC111 で行い、センサは Fig2 のような照明の4灯間と3灯間に設置した。照明の調光間隔は、2000 ms, 1000 ms, 500 ms, 250 ms, 100 ms, 50 ms で行った。照明は SHARP 製のフルカラー LED を使用し、センサ部分には Arduino と NaPiCa 照度を使用した。照度は 700 lx 以内、各点灯パターンにおける調光幅は人が明るさの変化を知覚できない 7% 以内で行った。

3.2 実験結果

4 灯間での位置推定結果を Fig.3 に、3 灯間での位置推定結果を Fig.4 に示す。4 灯間での位置推定精度は部屋の真ん中で照度を取得したため反射光などの影響を受けづらく、実際の環境と点灯グラデーションパターンによる理想環境との差が少ないため 3 灯間での位置推定精度に比べ高い。照明の調光間隔を短くすることによる精度への影響はないため、外光がない環境において提案手法は 50 ms で位置推定誤差 0.6 m 以内を実現可能である。

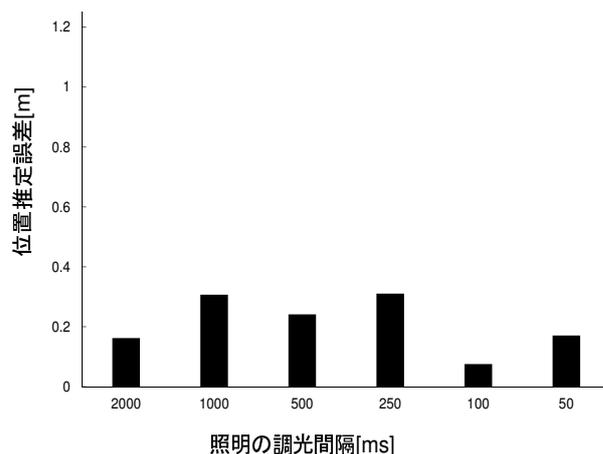


Fig.3 4 灯間における位置推定結果

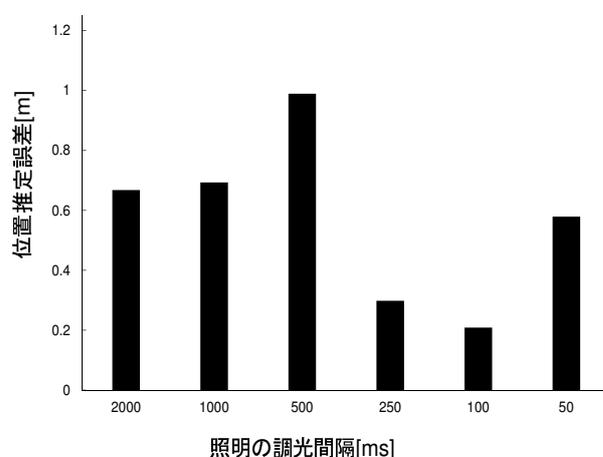


Fig.4 3 灯間における位置推定結果

4 結論と今後の展望

今回の実験によって外光がない環境において照明の調光間隔 50 ms で位置推定を行うことができた。今後は外光がある環境において、照明の調光間隔を短くした場合における位置推定精度検証を行う。その後、KC111 以外の環境でも提案手法の位置推定精度を検証するために照明シミュレータ²⁾を用いて様々な環境を構築し検証を重ねていきたい。

参考文献

- 1) Zheng Yang, Chenshu Wu, and Yunhao Liu. Locating in fingerprint space: wireless indoor localization with little human intervention. In *Proceedings of the 18th annual international conference on Mobile computing and networking*, pages 269–280. ACM, 2012.
- 2) J Alstan Jakubiec and Christoph F Reinhart. Diva 2.0: Integrating daylight and thermal simulations using rhinoceros 3d, daysim and energypus. In *Proceedings of building simulation*, volume 20, pages 2202–2209. Cite-seer, 2011.