

# 外光の影響を考慮し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 11 年。屋内位置推定には Wi-Fi<sup>1)</sup> や Beacon<sup>2)</sup>, RFID<sup>3)</sup> 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、外光の影響をフーリエ変換を用いることで、位置推定における外光の影響を除去の検討を行う。

## 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。

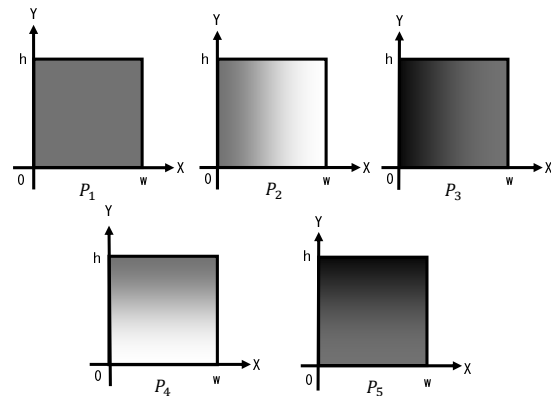


Fig.1 点灯グラデーションパターン

### 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  $\beta$  と重み  $\alpha$  を用いる。基本光度  $\beta$  は  $P_1$  での光度を表し、重み  $\alpha$  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  $\beta$  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  $\alpha$  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

$\beta$ :  $P_1$  での光度

$\alpha$ : 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。

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

$D_2-D_5$  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 外光の影響を除去する方法の検討

外光の存在する状況を想定する場合、照度センサには照明からの光だけではなく、外光を取得してしまう。しかし、外光を取得していても、点灯パターンを点灯している間に明るさが変化しない外光だった場合、目的関数で用いる照度差は変化しないため、位置推定精度が低下しない。よって、本研究は、点灯パターン点灯中に明るさが変化する外光の影響について考慮する必要がある。

今回はフーリエ変換を行い、周波数成分において外光を除去できないかを検討する。外光の照度変化は1秒おきに照度を取得する場合、大きくても数 lx であるため、雑音に部類すると考えられる。雑音の除去としてローパスフィルターが存在するため、今回外光がある環境で取得した照度に対して、フーリエ変換を行い、高い周波数成分をカットすることで、雑音として外光の影響を削減できるかを検討する。実験環境を Fig.2 に示す。今回は、部屋の真ん中で行った。フーリエ変換前とフーリエ変換後の照度を Fig.3 と Fig.4 に示す。結果より、ローパスフィルターを適用し、照度の補正を行うことはできなかった。原因としては、今回は、外光照度は上昇する形であったため、ローパスフィルターを用いても、外光の影響を除去することはできなかったと考えられる。外光は、雲に隠れたりすれば照度が上昇したり、下降したりするが、雲に隠れない場合は照度が単純に上昇したり、下降したりする。外光特性を把握しフィルターの設計を行う必要があると考えられる。

### 4 今後の展望

本研究では、フーリエ変換を行い、ローパスフィルターを設定し、逆変換を行って、外光の影響を削減できないか検討した。結果として、外光の成分が周波数の高い部分に集中しているわけではないため、ローパスフィルターでは外光の影響を削減できなかった。今後の方針として、外光の成分がどこに存在しているのかの検討、外光のモデル定義など、外光の取扱い方について検討していく必要がある。同じ光を扱う、可視光通信の分野において外光をどのよう

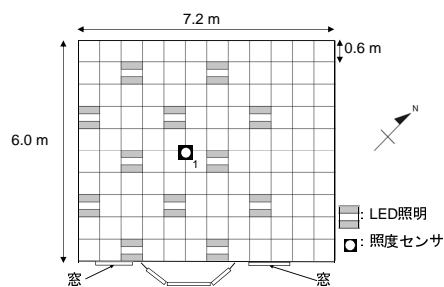


Fig.2 実験環境図

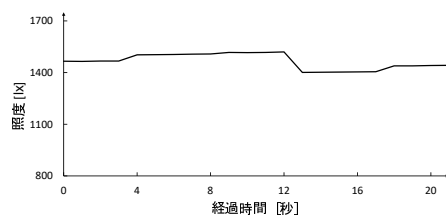


Fig.3 ローパスフィルターを通す前の照度履歴

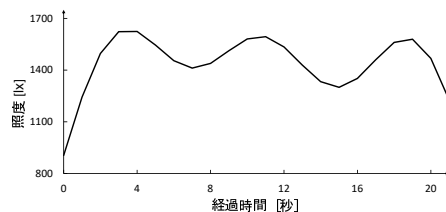


Fig.4 ローパスフィルター通した後の照度履歴

に扱っているか調査の必要もあると考えられる。

### 参考文献

- 1) 岩田亮介, ザカント, 阪口啓, 荒木純道. 位置指紋法を用いた wi-fi 測位ののための位置指紋収集管理システム (poster session, 国際ワークショップ). 電子情報通信学会技術研究報告. SR, スマート無線, Vol. 114, No. 284, pp. 135–142, oct 2014.
- 2) Yuan Zhuang, Jun Yang, You Li, Longning Qi, and Naser El-Sheimy. Smartphone-based indoor localization with bluetooth low energy beacons. *Sensors*, Vol. 16, No. 5, p. 596, 2016.
- 3) Paramvir Bahl and Venkata N Padmanabhan. Radar: An in-building rf-based user location and tracking system. In *INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE*, Vol. 2, pp. 775–784. Ieee, 2000.