

# 知的照明システムにおける無線センサノードの位置推定手法の検討

西原尚宏

Nishihara TAKAHIRO

## 1 はじめに

我々は、オフィス環境においてワーカーの知的生産性向上と省エネルギー化を目的とした知的照明システムの研究を行っており<sup>1)</sup>、ノンテリトリアルオフィスのような照度センサの移動を想定したオフィスに対して知的照明システムを対応させるための研究も進められている。知的照明システムを構成する上で、照度センサ移動の自動検出や各照明と各照度センサとの距離関係を表す光度/照度影響度の取得において、照度センサの位置情報は非常に重要である。

照明と照度センサの位置情報を推定する手法としては、影響度の推定値として算出される回帰係数から点灯している照明と照度センサとの直線距離を推定した後、推定された各直線距離を基に移動した照度センサの位置情報を推定する手法があるが、光度/照度影響度と回帰係数間の誤差が照度センサの位置推定の大きな誤差に繋がるため、実オフィス環境における運用が非常に困難である。

照度センサではなく、照度センサが付随した無線センサノードを導入し、無線センサネットワークを構築することで、センサノード間の RSSI (電波強度) を利用した位置推定手法を提案する。また、提案手法と従来手法を合わせることで、位置推定手法の精度向上を実現する。

## 2 無線センサノードの位置推定手法の検討

### 2.1 知的照明システムにおけるセンサ位置推定の先行研究

知的照明システムにおけるアルゴリズムの一つに ANA/RC (Adoptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient) がある。ANA/RC では、回帰係数を算出し光度/照度影響度の推定値としている。この回帰係数から点灯している照明と照度センサとの直線距離を推定した後、推定された各直線距離を基に移動した照度センサの位置情報を推定する<sup>2)</sup>。

### 2.2 センサネットワークによる位置推定検討

センサネットワークにおいて各端末の位置情報は、データそのものとしてだけでなく、センサから得られたデータを意味付ける重要な情報である。無線センサノードの位置をどのように推定するかがセンサネットワークにおける大きな課題の一つとして挙げられている。

無線センサノードの位置推定の手法にはセンサから得られる情報を基にして行うものやパケット受信時の電

波強度を基に行うものなど様々である。パケットを受信した際に電波強度を取得する機能を利用して無線センサノードの位置推定を行う手法を導入した。無線センサノードを知的照明システムの一部として室内で利用することを想定するため、電波強度を用いた既存のセンサノードの位置推定アルゴリズムのうち、室内における評価実験において最も精度が良いとされている Min-Max 法を用いた<sup>3)</sup>。

## 3 回帰係数を用いたセンサの位置推定実験

縦 6m 横 7.2m の室内環境を想定し、照明 15 台と照度センサ 1 台を利用した知的照明システムのシミュレーション実験で位置推定の精度を検証をした。実験結果を Fig. 1 に示す。

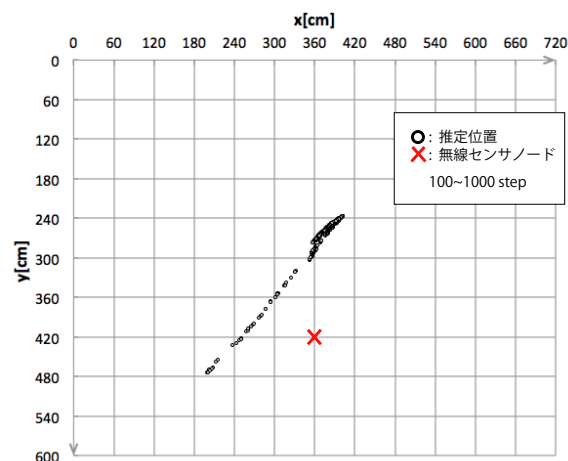


Fig.1 回帰係数を利用した位置推定

位置は一点として推定され、推定された回帰係数が影響度との誤差が小さい場合には高い精度で位置推定が可能である。しかし、回帰係数の推定にある程度時間がかかる上、回帰係数と影響度との誤差が大きい場合には位置推定は困難になる。

## 4 電波強度による無線センサノードの位置推定実験

### 4.1 Min-Max 法

Min-Max 法では、推定された距離を利用し推定領域を作成しその矩形の中心を推定位置とする手法である。Min-Max 法による位置推定を示した図を Fig. 2 に示す。この推定域は以下の数式 (1) より導かれる<sup>4)</sup>。

$$\begin{aligned} & [\max(x_i - d_i), \max(y_i - d_i)] \times \\ & [\min(x_i - d_i), \min(y_i - d_i)] \end{aligned} \quad (1)$$

位置推定に際して、無線センサノードを既に座標が分かっているアンカーノードと、位置を推定する対象のターゲットノードに分ける。(1)の*i*はアンカーノード番号を、*x<sub>i</sub>*、*y<sub>i</sub>*は番号*i*のアンカーノードの座標を表している。また、*d<sub>i</sub>*はターゲットノードと各番号のアンカーノード間の直線距離を表している。

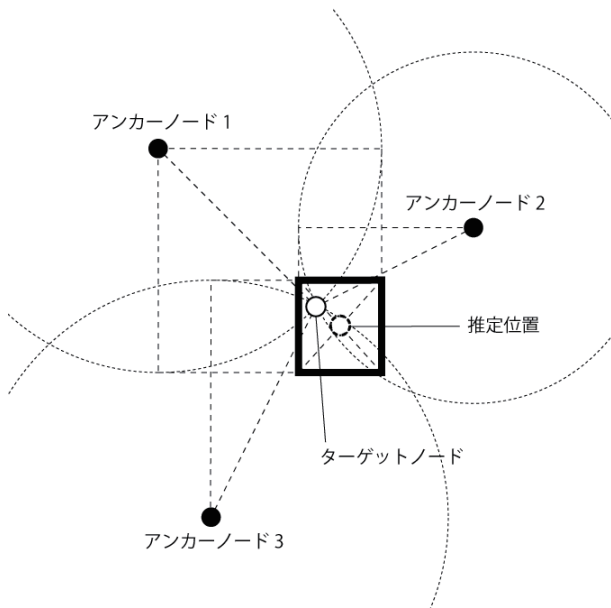


Fig.2 Min-Max 法による位置推定

#### 4.2 Min-Max 法による無線センサノードの位置推定域算出実験

縦 6m 横 7.2m の室内にて、7 個の無線センサノード Iris をアンカーノードとし、1 個の無線センサノードの位置の推定域を算出する実験を行った。アンカーノードと位置推定を行うノードの配置を以下の Fig. 3 に推定域と共に示す。ターゲットノードはその推定域内に入っており、推定域は位置推定に利用可能であると考えられる。

本推定域は数秒程度で算出できた。しかしながら推定域は広く、精度は高くはない。ただし、電波強度からの距離推定精度の向上、電波の干渉を補正するレイク受信や Min-Max アルゴリズムの改善などで推定域を更に狭めることによる精度向上の見込みがある。

#### 5 知的照明システムにおける無線センサノード位置推定手法の検討

回帰係数から推定した距離を利用し、三点測量により得られた推定位置と、Min-Max 法により得られた位置の推定域を重ね合わせた図を Fig. 4 に示す。

2つの手法の積集合の推定域では、それぞれの手法における位置推定域の精度が改善出来ていることが分かる。回帰係数の精度が向上するまでの間、数ステップ程度で

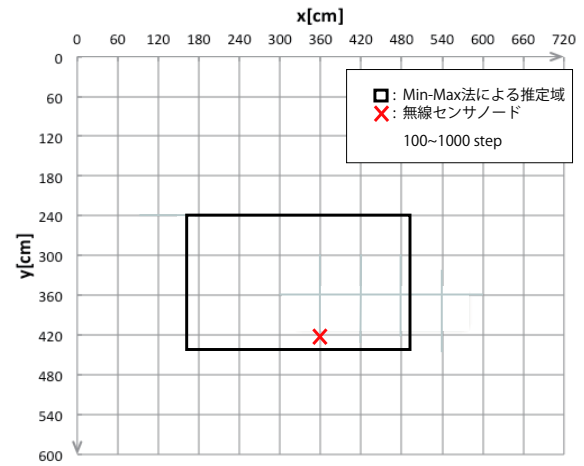


Fig.3 Min-Max 法による無線センサノードの位置推定

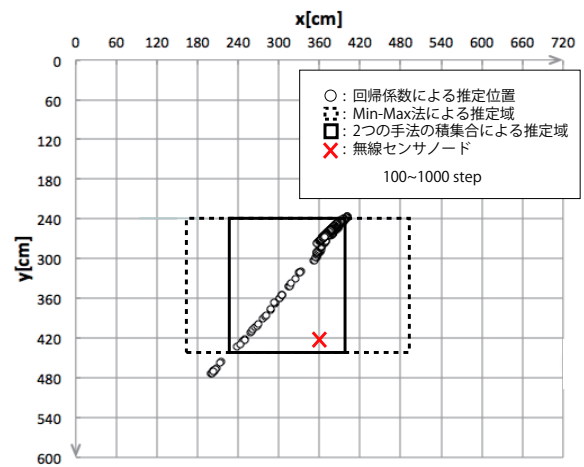


Fig.4 推定域を重ね合わせた図

推定域を算出可能な Min-Max 法を用いてセンサノードの位置推定域を算出し、その後回帰係数の精度が十分に向上して回帰係数による位置推定を行うといった利用方法も考えられる。

#### 参考文献

- 1) M. miki, T.Hiroyasu, and K.Imazato "Proposal for an Intelligent Lighting System, and Verification of Control Method Effectiveness," Proc CIS, vol.1, pp.520-pp.525, Dec, 2004.
- 2) 吉井拓郎" 知的照明システムにおける照度センサの位置推定を用いた消費電力量の削減".
- 3) Giovanni Zanca, Francesco Zriz, Andrea Zanella and Michele Zorzi "Experimental comparison of RSSI-based localization algorithms for indoor wireless sensor networks".
- 4) Koan Langendoen, Niels Reijers "Distributed localization in wireless sensor networks: a quantitative comparison".