

## 山間部における測定誤差を考慮した最尤法による猿移動経路推定

森 竜馬<sup>†</sup> 中井 一文<sup>‡</sup> 江崎 修央<sup>‡</sup> 杉浦 彰彦<sup>‡</sup>静岡大学 総合科学技術研究科<sup>†</sup> 鳥羽商船高等専門学校<sup>‡</sup>

## 1. まえがき

近年、サルなどの害獣による農作被害が増加傾向にある。猿の被害を軽減させるため、猿に発信機を装着し農村を囲うように AP(アクセスポイント)を設置することで、猿の襲来を予測する研究が行われている[1]。猿の行動範囲は広いいため効率的に猿を追い払うためには猿の移動経路を推定するシステムが必要であると考えられる。現在、屋内環境で優位である最尤法を用いた位置推定手法が三辺測量を用いた位置推定より有意であることが明らかになっている。そこで本研究では、最小二乗法を用いて最尤法による位置推定の測定誤差を減らし、猿の移動経路推定を行う。そして、猿の移動経路を推定しパターン化を行う。

## 2. 原理

## 〈2.1〉猿検知システム

猿検知システムでは、猿に取り付けた発信機から発せられる電波を AP が受信する。電波を受信した AP は、RSSI、受信機番号、発信機番号等の情報をサーバに送信する。この送信された情報を用いて位置推定を行う。

## 〈2.2〉RSSI と距離の関係

RSSI と距離の関係について説明する。発信機と AP の距離が近い場合、強い RSSI になる。発信機と AP の距離が遠い場合、弱い RSSI になる。このような関係性を用いて猿の位置を推定する。

## 〈2.3〉正解値の定義

本研究では GPS により測位された位置を正解値とし AP と GPS 測位点間距離の 20% 以内の推定位置を正解値とする。

“Estimation of monkey movement path by maximum likelihood method considering measurement error in mountain area”

<sup>†</sup>Mori Ryoma, Sugiura Akihiko  
Shizuoka University,

<sup>‡</sup>Nakai kazufumi, Ezaki Nobuo

Toba National College of Maritime Technology

## 〈2.4〉最尤法の原理

RSSI と最尤法を用いて位置推定を行う場合、距離  $r$  に対する RSSI の確率密度関数  $f(\text{RSSI}|r)$  が必要となる。ここで、一般的に AP、発信機間に遮蔽物以外のさまざまな障害物の影響によって、距離が同じであっても RSSI の値が変動することが知られている。この変動はシャドウイングと呼ばれる。シャドウイングの確率密度関数は式(1)で与えられ正規分布に従う[2]。

$$f(\text{RSSI}|r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(\text{RSSI} - \overline{\text{RSSI}})^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

$\text{RSSI}$ : 受信電波強度,  $\overline{\text{RSSI}}$ : 平均受信電波強度,  $\sigma(\text{RSSI} - \overline{\text{RSSI}})$  の標準偏差である。 $\overline{\text{RSSI}}$  は一般的に式(2)で求められ、式中の  $a, b$  は測定環境によって変化する。式(2)中の  $r$  は式(3)のようにユークリッド距離で求められる。

$$\overline{\text{RSSI}} = a \cdot \log_{10}(r) + b \quad (2)$$

$$r = \sqrt{(x - \hat{x})^2 + (y - \hat{y})^2} \quad (3)$$

推定位置は確率密度関数  $f(\text{RSSI}|r)$  積の最大にする  $(\hat{x}, \hat{y})$  となる。推定を行う場合 3 つ以上の AP で同じ発信機の電波を受信する必要がある。

## 〈2.5〉測定誤差制御手法

山間部での最尤法を用いた推定手法では、マルチパスなどの影響により誤差が生じることが分かっている。そこで本研究では、最小二乗法を用いて誤差を低減させる。その手順を以下に示す。

1. 最尤法により導出された推定位置を 1 分間隔のデータに区切る。
2. 区切られたデータごとに最小二乗法を行う。
3. 得られた直線より、最も誤差が少ない点を 1 分間隔のデータから選択する。
4. 選択されたデータが 1 分前のデータで導出された点と比較して分速 300m 以上離れていた場合異常値とし、手順 3 に戻る。分速 300m 以内であればその点を推定位置とする。後述では、この手法を誤差制御法とする。

表 1: 誤差制御法結果

	正解率[%]	平均誤差[m]
RSSI 法	45.5	158.3
Time 法	38.6	222.2
RSSI 法(誤差制御法)	45.2	125.7
Time 法(誤差制御法)	37.0	121.5

〈2.6〉3点同時検出の定義

最尤法を用いた位置推定を行うとき、3つ以上の AP で同じ発信機の電波を検出する必要がある。それらは±30秒以内の範囲のデータとする。また、本研究では±30秒以内で最も時間が近いデータで最尤法を行うことを Time 法、±30秒以内で最も RSSI が強いデータを用いて最尤法を行うことを RSSI 法と呼ぶ。

〈2.7〉移動経路のパターン化

移動経路をパターン化する手法について説明する。推定された位置のデータを元にデータの分類を行い移動経路のパターン化を行う。

3. 実験

猿と同じ発信機と GPS を持った人間が山間部を歩き、データをサーバに蓄積させる。受信したデータを用いて GPS による測位された位置データと誤差制御法を適応させた位置推定座標と比較する。

精度の比較には、正解率、平均誤差の2つの指標を用いる。正解率とは〈2.3〉に述べたものである。平均誤差とは、推定位置と GPS により測位された点の距離の差の平均値である。

これらの指標を基に RSSI 法、Time 法による位置推定精度の比較、誤差制御法を使用した位置推定精度の比較を行う。

4. 結果

最尤法を用いて推定された位置を誤差制御法に適応させた推定位置と GPS により即位された位置を比較した結果を表1に示す。表1の正解率は、正解値となったデータの割合を示しており、RSSI 法を用いて誤差制御法を使用した正解値は45.2%となり、誤差制御法を使用しない値と比較してほぼ同等な結果となった。一方、平均誤差では、32.6[m]誤差を減らすことができた、Time 法を用いて誤差制御法を使用した正解値は1.6%下回ったが、平均誤差では100.7[m]誤差を減らすことができた。この結果、誤差制御法は有効であることがわかる。RSSI 法と Time 法の誤差制御法を適応させた移動経路を図1と図2に示す。

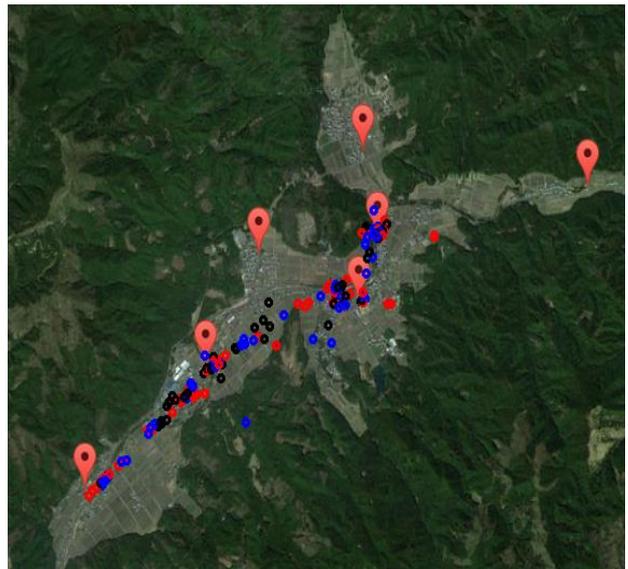


図 1: 移動経路 (RSSI 法)

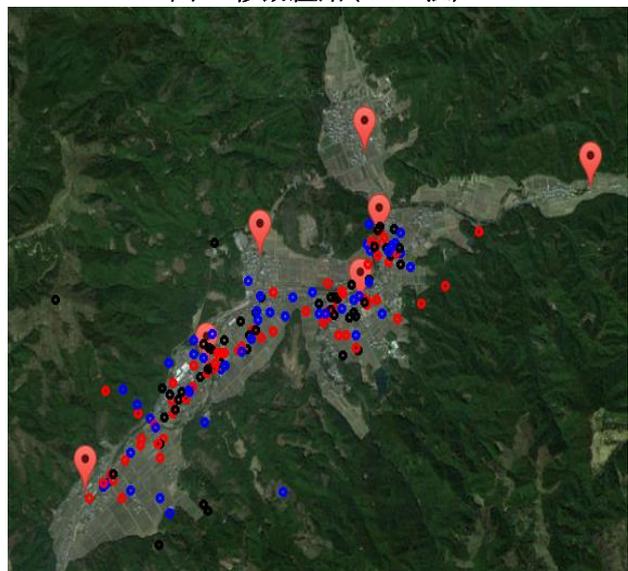


図 2: 法移動経路 (Time 法)

5. まとめ

最小二乗法を用いて測定誤差法を使用した結果、誤差制御法使用しない結果と比較して、正解値は同等であったが、平均誤差を大幅に減少させることに成功した。これにより、誤差制御法が有効であることがわかった。

Reference

[1]伊藤将章, 中井一文, 江崎修央, 山崎直人, 糀谷齐, 杉浦明彦:猿検知システムの測定による群れごとの周期性を加味した出現予測システム,情報処理学会第76回全国大会論文集 2014(1),695-697  
 [2]畠中 理英, 達可敏充, 渡邊賢治, 尾上孝雄:透過減衰を考慮したホームネットワーク向け位置推定, 情報処理学会 Vol. 50 No. 8 1835-1844 (Aug. 2009)