

# RFID タグを用いた買い物支援システムにおける 買い物客と商品の位置推定法

川口正太郎<sup>†</sup> 山下晃弘<sup>‡</sup> 松林勝志<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>東京工業高等専門学校 機械情報システム工学専攻

<sup>‡</sup>東京工業高等専門学校 情報工学科

## 1. はじめに

近年、屋内での位置推定法に関して多くの研究が行われている<sup>1)2)</sup>。応用例として小売店などにおける道案内や個別広告が考えられる。一般的な小売店では、季節やセールの関係で商品の陳列位置や内容は頻繁に変化するため、毎回商品の位置をシステムに登録することは現実的ではない。そこで本研究では、人の位置推定と同時に商品の位置を推定するシステムを検討する。

## 2. システム構成

買い物支援システムの構成を Fig.1 に示す。人の位置と商品の位置を同時に推定するために役割の異なる二種類のタグを張り付ける。棚には位置を登録した「位置固定タグ」を、商品または値札には商品とリンクして移動する「商品タグ」を貼り付ける。ある時間に読み取った位置固定タグから人の位置を推定する。商品の位置は位置固定タグと商品タグの読取履歴の類似度から商品タグの位置を推定する。

UHF 帯の RFID タグは最大で 10m 離れたタグを 1 秒間に 100 個読み取ることができる。また、タグの価格が安価で設置が容易なため、大量に設置することが可能である。

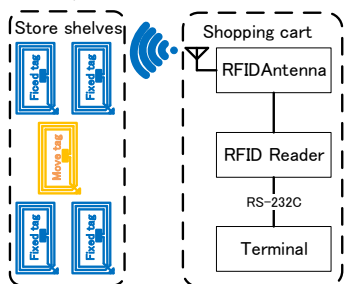


Fig. 1 System configuration

## 3. 買い物客の位置推定

商品棚に見立てた 8 枚のボードに、Fig.2 のように位置固定タグを貼り付け、実験用に約 10m の通路を構築した。RFID リーダは Unitech 社製 RM300 を使用し、ショッピングカート左側にアン

Position Estimation of Shoppers and Items to Support Shopping Behavior using RFID Tags

<sup>†</sup> Advanced Course of Mechanical and Computer Systems Engineering, National Institute of Technology, Tokyo College

<sup>‡</sup> Department of Computer Science, National Institute of Technology, Tokyo College

テナとタグが平行になるように設置し、Android 端末でリーダを制御し実験を行った。

実験ボードとアンテナの距離を 70cm とし、0m 地点から 10m 地点まで移動して計測した。5m/10m 地点での計測結果を Fig.4 に示す。色付けたタグが読み取れたタグであり、数値は電波受信強度が一番低かったものを 1 としたときの相対的な電波受信強度を示している。読み取れた全てのタグの位置に対して受信強度の重みで加重平均を計算した値を推定位置とした。

0m と 10m 地点は用意した実験環境の末端となり、位置の推定値の誤差が大きくなる。この問題を解決するために粒子フィルタを使い位置の推定を行った。Fig.5 に粒子フィルタ適用前後の誤差を示す。粒子フィルタを使うことで末端部での誤差を軽減できた。

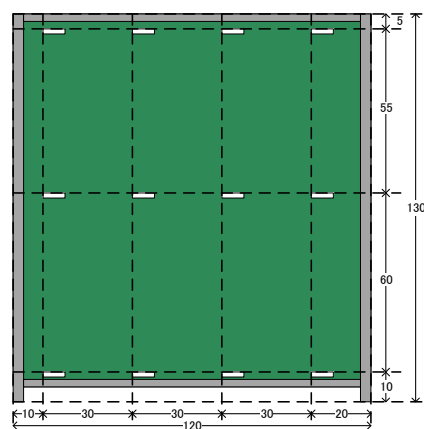


Fig. 2 The board which RFID tags paseted on



Fig. 3 Indoor experiment

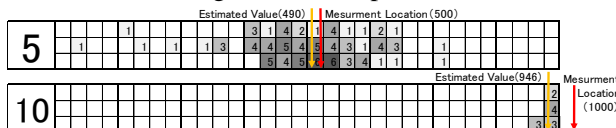


Fig. 4 Readable Tags and RSSI

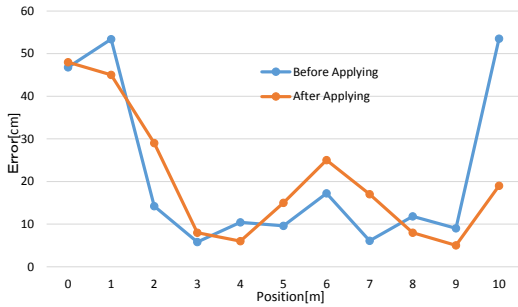


Fig. 5 Result Particle Filter Applying

#### 4. 商品の位置推定

位置固定タグ $A_i$ と商品タグ $X_j$ の読み取り可否の類似度から位置を推定する. 時刻 $t$ におけるタグ $A_i, X_j$ の読取結果を $a_{i,t}, x_{j,t}$ とする. 類似度を, 相関値, Apriori, Aprioriの改良の3つで計算した場合の位置推定精度について検証を行った.

・ [類似度A] 相関値

$$a_{i,t}, x_{j,t} = \begin{cases} 1 & (\text{タグが読めた}) \\ -1 & (\text{タグが読めなかった}) \end{cases}$$

$$C_{cross}(X_j, A_i) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N x_{j,t} * a_{i,t} \quad (1)$$

・ [類似度B] Apriori

AならばBの確率を式(2)のように計算する.

$$a_{i,t}, x_{j,t} = \begin{cases} 1 & (\text{タグが読めた}) \\ 0 & (\text{タグが読めなかった}) \end{cases}$$

$$C_{apr}(X_j, A_i) = \frac{\sum_{t=1}^N x_{j,t} * a_{i,t}}{\sum_{t=1}^N x_{j,t}} \quad (2)$$

・ [類似度C] Aprioriの改良 (Apriori\*)

Apriori はA→BとB→Aでは値が異なる. この2つの類似度の積をとることで順序の対称性が保証されるように式(3)のように計算する.

$$C_{apr*}(X_j, A_i) = \frac{\sum_{t=1}^N x_{j,t} * a_{i,t}}{\sum_{t=1}^N x_{j,t}} * \frac{\sum_{t=1}^N a_{i,t} * x_{j,t}}{\sum_{t=1}^N a_{i,t}} \quad (3)$$

・ 重みを考慮した位置推定

類似度上位 K=12 個の固定タグについて類似度を重みとする位置の加重平均を求める(式(4)).

$$Position(X) = \frac{1}{\sum_{A \in U} C_{apr*}(X, A)} \sum_{A \in U} C(X, A) * Position(A) \quad (4)$$

where U = {類似度上位K個のタグ}

Fig. 2 のボードに商品タグを4枚任意の位置に配置し, カートとボードの距離を変えたときの商品タグの位置推定誤差を Fig. 6 に示す. また, 固定タグの枚数をボード毎に12, 6, 4, 1枚に減らして推定した結果を Fig. 7 に示す. Fig. 6 では類似度の計算方法で大きな差は生じなかったが Fig. 7 では Apriori と Apriori\*では, 固定タグの枚数を減らしても相関値と比べ誤差の増加が抑えられることがわかった.

#### 5. 考察

Fig. 5では0から2mの地点で誤差が大きい結果となったが, これは粒子フィルタに初期値が入っていないため, 0m地点における棚の末端問題を解決できていないことが原因である. それ以外の場所では25cm以内の誤差で推定できた.

商品の位置推定を行う際は商品タグと固定タグとの読取可否の類似度をApriori\*で計算し, 類似度を重みとした位置の加重平均を推定位置とすることで平均30cmの精度で推定できることが明らかとなった.

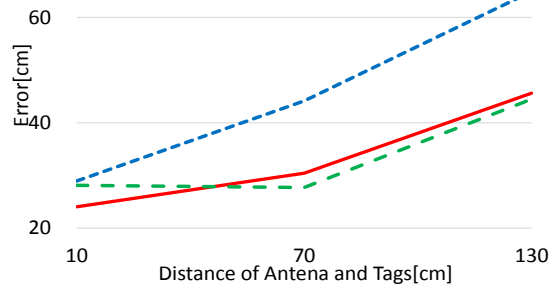


Fig. 6 Relationship between positioning error and the distance between RFID antenna and tags

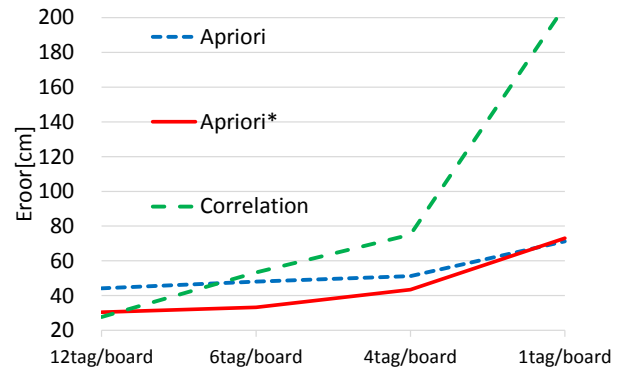


Fig. 7. Relationship between positioning error and the number of fixed tags on the board

#### 6. まとめ

本研究では, 小売店内での買い物客の位置と商品の位置を同時に推定する手法を提案した. 推定精度を検証するため, RFIDリーダを搭載したショッピングカートと固定タグを貼り付けたボードを製作し, 条件を変えてタグを読み取る実験を行った. 実験により人の位置推定は通路の中央で平均約20cm, 商品の1推定は平均30cmの精度で位置推定が行えることを確認した. 今後は実際のアプリケーションについて検討する.

#### 参考文献

- 川村諒ら: 実環境における無線LAN受信信号強度を用いた位置推定手法の検討, 情報処理学会研究報告第51号, 2010, 1-4.
- 村尾和哉ら: 住宅内に設置した人感センサを用いた住人の移動推定手法, DICO2011, 2011, 315-322.