

# 受信電波強度を用いた位置測定手法の提案

古舘 達也<sup>†</sup> 豊瀬 冬実<sup>†</sup> 堀川 三好<sup>†</sup> 菅原 光政<sup>†</sup>

<sup>†</sup>岩手県立大学 ソフトウェア情報学部

## 1. はじめに

近年，インターネットの様々な機能を活用して，実店舗に誘客し物販する O2O(Online to Offline)市場<sup>[1]</sup>が拡大している．特に，位置情報と連動したサービスは急速に普及しており，位置測定技術への関心が高まっている．

多くの位置情報サービスでは，位置測定技術として GPS(Global Positioning System)が利用される．しかしながら，屋内環境では GPS 電波の受信が難しく，Wi-Fi や Bluetooth の受信電波強度(以下，RSSI)を用いた手法が検討されている．RSSI を用いた手法は，導入負荷や利用者端末への対応の観点から期待される一方，障害物や人の往来の多い環境での利用は困難であるという課題がある．

本研究は，Bluetooth を用いた屋内での位置測定手法の提案と評価を行う．提案手法は，ベクトル空間モデルを用いることで，障害物の多い屋内環境でも位置測定可能な点に特徴がある．これにより，店舗など障害物の多い屋内での顧客位置情報の把握が可能となり，広告配信や店舗設計など様々な分野での利用が期待される．

## 2. 先行研究及び関連研究

表 1 に O2O で用いられる屋内位置測定技術の比較を示す．Wi-Fi や Bluetooth を用いる手法では RSSI の測定値に基づき，位置が既知である電波発信機 AN から，位置が未知の電波受信機 TN までの距離を求める．この時，3 つ以上の TN-AN 間距離がわかれば，円の交点から TN の位置を測定することが可能である．しかしながら，現実的にはフェージング等の影響から一点で交わることは少なく，この問題に対する解決案も実用的なものは少ない<sup>[2]</sup>．また，位置測定領域を複数のセルに分割し，セルごとに信頼度を求める手法も提案されているが，導入負荷が高く計算量も多くなるため実導入するのは困難であるという課題がある<sup>[3]</sup>．

表 1:位置測定技術の比較

	メリット	デメリット
Wi-Fi	導入コストが安い 対応端末が普及して	電波到達距離が長い 位置測定精度が低い
Blue tooth	いる	位置測定精度が低い
音波	位置測定精度が高い	高価な専用の音波発信機が必要
NFC	決済機能等との連携が容易	対応端末が少ない 電波到達距離が短い

## 3. 位置測定手法の提案

### 3.1. 位置測定の構成

図 1 に示すように，提案する位置測定手法は，3 個以上の電波発信機 AN と位置測定対象である電波受信機 TN から構成される．この時，TN は各 AN の RSSI を取得し提案手法を用いて位置測定を行う．

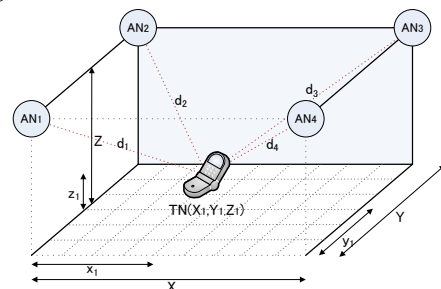


図 1:位置測定環境

### 3.2. 予備実験による測定準備

#### ① 距離と RSSI の関係の算出

AN 毎に RSSI と距離の関係を実測から算出する．この時，RSSI と距離の関係をより正確に算出するため，N 回測定を行い以下の式で近似する．

$$\hat{D} = p \log \left( \sum_{i=1}^N \frac{RSSI_i}{N} \right) + q \quad (1)$$

RSSI はある AN の受信電波強度を表し，距離  $\hat{D}$  は RSSI より求まる．また， $p, q$  は予備実験の実測値から対数近似を用いて求める定数である．

#### ② 理論値ベクトル空間モデルの作成

位置測定対象領域内に  $m$  個の AN が存在した時，重複のない 3 つの AN を選択することで，合計  $mC_3$  通りの組合せを求める．また，位置測定対象領域を任意の大きさのセルに分割し，あるセル P と各 AN の組合せ毎に距離を成分とする 3 次元ベクトル  $\vec{a}$  を作成する．同様に，すべてのセルにおいてベクトルを算出し，位置測定対象領域全体の理論値ベクトル空間モデルを作成する．

Proposal of Location Estimation Method using Received Signal Strength

Tatsuya FURUDATE<sup>†</sup> Fuyumi TOYOSE<sup>†</sup> Mitsuyoshi HORIKAWA<sup>†</sup> Mitsumasa SUGAWARA<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

### 3.3. RSSI からの位置測定手法

#### ① 実測と距離の算出

TNがm個のANから RSSI を受信した時、式(1)を用いAN毎に距離を推測する。

#### ② 実測値ベクトルの作成

実測と距離の算出より求めたAN毎の距離を成分とし、実測値ベクトル $\vec{b}$ を作成する。

#### ③ 類似度の計算

位置測定対象領域のセルPにおける理論値ベクトル $\vec{a}$ と実測値ベクトル $\vec{b}$ の類似度を求める。

図2はベクトル類似度の概念図であり、 $\vec{a}, \vec{b}$ のなす角 $\theta$ が小さい( $\cos \theta = 1$ )ほど類似度が高くなる。よって、セルPにおけるあるANの組合せの理論値ベクトル $\vec{a}$ と実測値ベクトル $\vec{b}$ の類似度は以下の式によって求まる。

$$\cos \theta = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|} \quad (2)$$

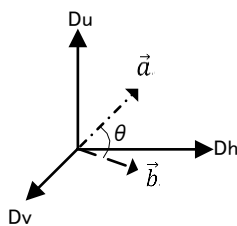


図2:ベクトル類似度の概念図

#### ④ 重みの付与と位置測定

TNの実測値から求まる距離 $\hat{D}$ は、距離が短いほど精度が良いと言う特徴がある。そこでANの組合せ毎に $\hat{D}$ の積の逆数を重みとし、セルPにおける類似度 $P_s$ を求める。同様にすべてのセルにおいて類似度を算出することで、最も類似度が高いセルが算出可能であり、当該セルを提案手法に基づく予測位置とする。

## 4. 実証実験

### 4.1. 実験環境

障害物の少ない理想空間での精度確認を目的に、ANには020専用Bluetooth発信機BLU300(株式会社イーアールアイ)を、TNにはSO-04D(ソニー株式会社)を利用した。また、縦15m×横15m(225 m<sup>2</sup>)の空間に8個のANを設置し、高さはAN2.9m, TN1.2mとした。計測は、3.75m間隔の格子状に25の計測ポイントで20回RSSIを取得し、セルは縦0.1m×横0.1mとして類似度を算出した。

### 4.2. 実験結果と考察

図3は、ANの設置個所と各計測ポイントにおける重みつき予測結果を示しており、ANに近い位置であるほど正確性の高い位置測定が可能で

あった。

表2は計測ポイント全体での重みを付与した場合と、付与しない場合の計測結果を表している。重みを付与した場合としない場合を比較すると、平均値が0.37m程度改善され位置予測の正確性が高まった。また、標準偏差が小さくなり精度も向上している。

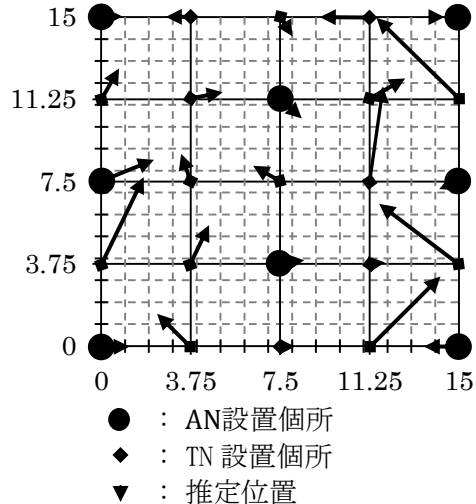


図3:計測ポイント毎の位置測定結果

表2:実験結果(誤差[m])

	重みなしの場合	重みありの場合
平均値	2.31	1.94
標準偏差	1.46	1.4
最大値	4.93	5.2
最小値	0.1	0.55

## 5. おわりに

本稿では、020での位置情報サービスを想定し、ベクトル類似度を用いた位置測定手法の提案を行った。提案手法は、実運用での導入負荷が少なく、また実証実験から位置測定精度についても有効性を示した。

今後の課題としては、ANからの距離が離れている場合の測定誤差の改善、障害物の多い環境での位置測定精度の検証が必要である。また、提案手法はTNが静止した状態での位置測定であり、移動TNについても検討を行いたい。

### 参考文献

- [1]総務省 情報通信国際戦略局 情報通信経済室:「020に係わる利活用の先進事例に関する調査の請負-報告書-」(平成24年)pp.2-30
- [2]高階孝敏, 藤井雅弘, 渡辺裕:携帯電話のBluetooth機能を用いた位置認識システムの開発, 情報処理学会第70回全国大会講演論文集, pp.3-279-280
- [3]大槻知明, 北古賀紀明:位置測定システム及びプログラム, 公開特許公報(A)2008-241278