

買い物客の行動分析のための  
BLE を用いた屋内測位方式検討用シミュレータの試作

A Prototype Simulator for Indoor Location Estimation Method by Using BLE

中島 颯人<sup>†</sup> 出口 利憲<sup>†</sup> 田島 孝治<sup>†</sup>  
Hayato Nakashima Toshinori Deguchi Koji Tajima

### 1. はじめに

近年、女性の社会進出による共働き世帯の増加に伴い、食品スーパーにおける客層が急激に変化している。従来の主なターゲットは片働き世帯の主婦層であり、売り場の配置や品揃えはそれに見合うように行われてきた。しかし、共働き世帯の増加などにより家族形態は変容し、市場構造の変化や価値観の多様化が生じている。そのため、長年蓄積されたノウハウによって設計されてきた店舗モデルが疑問視されている[1]。

また、流通経済研究所によると、ある商品についての購入を来店前に決めている割合は総購入量の 10~20%程度であり、残りの 80~90%は店内で買いまわる過程において購入を決定している非計画購買である[2]。つまり、売り場での売り方が食品スーパーの売り上げに大きく関係しているといえる。

これらのことから、これまで重視されてこなかった客層についても、購買動向をモニタリングして、新規顧客開拓の可能性を検討する動きが始まっている。買い物客の行動を詳しく分析するには、店舗内の正確な位置情報を取得する必要がある。近年、位置情報を正確に取得する方法として GPS が広く使われているが、店舗内では精度が落ちてしまい使いにくいのが現状である。また、他の無線機器などを用いた測位手法も提案されているが、性能を検討するための実験を、食品スーパーで頻繁に実施することは難しい。

そこで、本研究では BLE を用いた屋内測位方式検討用シミュレータの試作を行い、この課題の解決を目指す。試作したシミュレータは、食品スーパーに基づいたフィールド内で、電波強度シミュレーションを行う。これを用いることで、手軽に屋内測位手法を検討することができる。本稿では、シミュレータの実装と性能の検証について報告する。

### 2. 基本理論

真空で何もない空間（自由空間）に、一様に電波を発信している BLE ビーコンを設置する。このとき BLE ビーコンからの距離  $d[m]$  に対する受信信号強度  $RSSI$  は、フリスの伝達公式によって式 1 のように表すことができる[3]。

$$RSSI = PG - 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi d f}{c} \right) \quad [dBm] \quad (1)$$

ここで、 $PG$  は機器依存係数であり、BLE ビーコンの送信電力、受信アンテナの利得、送信アンテナの利得からなる発信機器や受信機器の固有の値である。また、 $f$  は周波数、 $c$  は光速である。

### 3. BLE ビーコンの特性を測定

#### 3.1 機器依存係数 $PG$ の測定

フリスの伝達公式から  $RSSI$  を算出してシミュレーションを行うには、機器依存係数  $PG$  が必要となる。そこで予備実験を行い、機器依存係数  $PG$  を実測値から計算して決定し、シミュレータに用いる。今回は、岐阜高専 電気情報工学科棟 3 階の廊下に BLE ビーコンと受信端末を設置し計測した。BLE ビーコンから受信端末の距離を、1m 間隔で 1m から 10m まで変化させ、それぞれの距離における  $RSSI$  を 30 秒ずつ測定し平均値を求めた。この測定を 6 回行い、測定結果を平均した。結果を図 1 の実線に示す。また、測定結果から機器依存係数  $PG$  を算出した結果を図 2 に示す。距離が 1m のときの  $PG$  は少し小さくなっているが、全体的にほぼ  $-20dBm$  から  $-25dBm$  の間に収まっていることが分かる。これを利用して電波減衰モデルを作成していく。例えば今回の廊下での実験における理論値は、機種依存係数  $PG$  の平均を式 1 に代入して算出すると図 1 の破線のようになる。

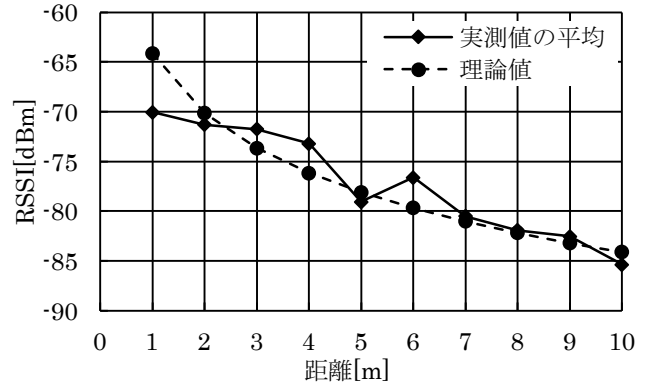


図 1 廊下での測定結果

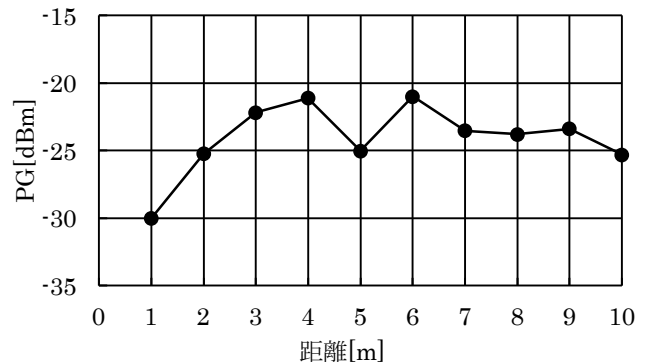


図 2 機器依存係数  $PG$  の算出結果

<sup>†</sup>岐阜工業高等専門学校 電気情報工学科  
National Institute of Technology, Gifu College

表 1 環境による影響

環境の種類	RSSIの変化
壁	増加する
棚	減少する
BLE ビーコン同士の干渉	減少する

### 3.2 環境による影響

実環境に近づけるためには、前項で算出した機器依存係数 $PG$ だけではなく、フィールド環境や他の BLE ビーコンの発信する電波による影響を考慮する必要がある。考えられる主な要因を表 1 に示し、それらを詳しく調べるために以下の 3 つの影響について実際に測定を行う。

#### 3.2.1 壁による影響測定

BLE ビーコンの近くに壁がある場合、壁による反射によって RSSI が増加すると考えられる。そこで、壁に近づいたときの RSSI の変化を調べる。壁、BLE ビーコン、受信端末を一直線に設置し、壁と BLE ビーコンの距離を 1m 間隔で、1m から 10m まで変化させたときの RSSI を測定する。

#### 3.2.2 棚による影響測定

BLE ビーコンと受信端末の間に障害物がある場合、それによって RSSI が減少すると考えられる。食品スーパーにおける代表的な障害物は棚である。そこで BLE ビーコンと受信端末の間に棚が入ったときの RSSI の変化を測定する。

#### 3.2.3 BLE ビーコン同士による影響測定

RSSI が変化する要因として、BLE ビーコン同士による影響も考えられる。そこで BLE ビーコンと受信端末の間に他の BLE ビーコンが存在するときの RSSI の変化を調べる。測定対象の BLE ビーコン、他の BLE ビーコン、受信端末を一直線に設置し、BLE ビーコン同士の距離を変化させたときの RSSI を測定する。

## 4. 実装

3 章で測定した BLE ビーコンの特性より、シミュレータの試作を行う。そのフローチャートを図 3 に示す。

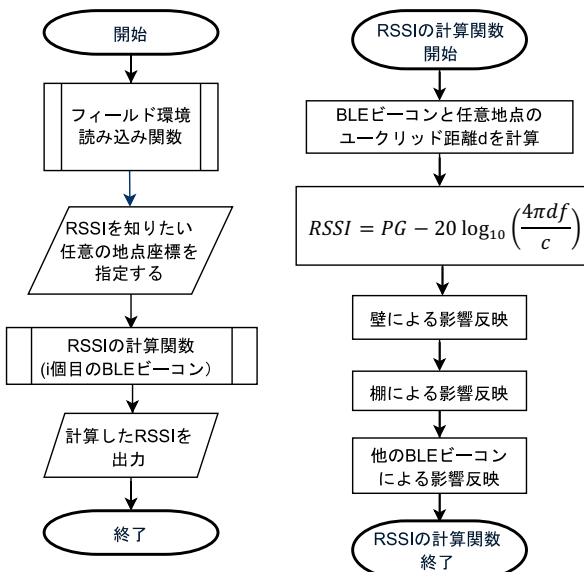


図 3 実装したシミュレータのフローチャート

本シミュレータでは、フィールドの大きさ、棚の総数、各棚の位置、BLE ビーコンの総数、各 BLE ビーコンの位置などのフィールド環境をあらかじめ入力しておき、RSSI を調べたい地点の座標を指定することで、その地点での各 BLE ビーコンから発信された電波の RSSI を計算して提示する。その座標と BLE ビーコンのユークリッド距離を算出し、その距離から RSSI の計算を行う。このときに、3.1 項で算出した機器依存係数 $PG$ を用いる。さらに 3.2 項で測定した環境による影響を反映させる。

## 5. 評価実験

食品スーパーの環境に比較的近い岐阜高専 図書館で、実装したシミュレータに対する評価実験を行う。BLE ビーコンと測定点の詳細を表 2 に示す。本棚の最上段に BLE ビーコンを縦 120cm 横 148cm 間隔で 12 個設置し、それらの RSSI 値を縦 90cm 横 148cm 間隔の 24 ヶ所の測定点で 2 回ずつ測定した。現在は図書館における実測値の測定を完了しており、今後はこれと同じ状況を試作したシミュレータで再現し、実測値との比較を行う予定である。

表 2 評価実験の環境

	BLE ビーコン	測定点
全体の個数	12 個	24 個
縦間隔	120cm	148cm
横間隔	90cm	148cm

## 6. まとめ

本研究では、買い物客の行動分析のための BLE を用いた屋内測位方式検討用シミュレータの試作を行った。そのために実空間における RSSI の減衰特性を測定し、それを用いて電波減衰モデルを作成した。また、環境による RSSI の変化の測定も行い、電波減衰モデルへの影響を検討した。それらを用いたシミュレータの試作、評価実験を行っている段階である。

その後の課題として、1 種類のデバイスのみでの測定結果からシミュレータを作成しているため、機器に依存していることが挙げられる。技術仕様から情報を入力することで他のデバイスでもシミュレーションを可能にする必要がある。また、今回は図書館での評価を行ったが、実際の食品スーパーでの精度は未知数である。今後は実際の食品スーパーでも精度実験を行い、シミュレータの有用性を検証していきたい。

### 参考文献

- [1] 鈴木雄高, “FSP データを用いた食品スーパーにおける男性顧客の購買行動分析”, 公益財団法人流通経済研究所 (2010).
- [2] 流通経済研究所, “インスタ・マーチャライジング-製配販コラボレーションによる内場作り”, 日本経済新聞出版社(2008).
- [3] ITU-R, “Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radio communication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz”, Recommendation ITU-R, Vol.2015 (2015).