

# 果樹園における農薬散布支援のための BLE ビーコンを用いた位置情報取得システム

亀田晃佑<sup>†</sup>

北陸先端科学技術大学院大学<sup>†</sup>

湯村翼<sup>‡</sup>

情報通信研究機構<sup>‡</sup>

リム勇仁<sup>§</sup>

北陸先端科学技術大学院大学<sup>§</sup>

丹康雄<sup>¶</sup>

北陸先端科学技術大学院大学<sup>¶</sup>

## 1 はじめに

果樹園ではスプレーヤなどの圃場機械を用いて農薬散布が年に複数回行われる。圃場が大規模になるほど農薬散布の進捗の確認が困難になるため、位置情報に基づき進捗を管理するシステムが求められる。一般的に屋外での測位技術には全天球衛星システム (GNSS) が用いられるが [1, 2], 木々の覆われた果樹園では使用できない場合がある。本研究では, Bluetooth Low Energy (BLE) ビーコンを用いた果樹園での位置情報取得システムを開発する。BLE ビーコンは消費電力が少なく, 安価である等の理由から広く利用されている。本研究で開発するシステムでは, BLE ビーコンの受信電波と果樹園での農薬散布の経路をもとに自己位置推定を行い, 推定された位置情報をもとに農薬散布の進捗を管理する。

## 2 BLE ビーコンを用いた位置情報取得システム

### 2.1 システム概要

本研究では, BLE ビーコンの受信電波に基づく位置情報を用いて, 果樹園で農薬散布の進捗を可視化するシステムを開発する。ユーザは端末を用いて自身の位置情報と農薬散布済みの圃場の経路を地図上で確認することができる。

### 2.2 システム詳細

このシステムは, BLE ビーコン, Web サーバ, 可視化を行う端末で構成される (図 1)。Web サ

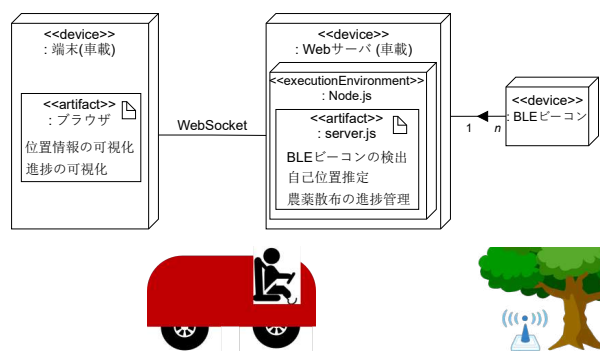


図1 システムの配置図

ーバと端末はスプレーヤに搭載され, 圃場で使用するために防水対策が施されたものを想定する。農薬散布の進捗を可視化する端末は, 故障した場合に安価に交換可能なものであることが望ましい。そこで, 圃場での使用に適した端末をユーザが選択できるように, システムのインターフェースを Web ブラウザで動作するよう実装した (図 1)。

Web サーバでは, BLE ビーコンの電波を受信するために Node.js ライブラリである noble を用いた。Web サーバはこの受信電波をもとに自己位置推定を行い農薬散布の進捗を管理する。自己位置推定は, BLE ビーコンの受信電波強度 (RSSI) を用いて行われる。

Web サーバでは, 自己位置推定の結果と農薬散布の進捗が端末に送信される。この通信を WebSocket で行うために, Node.js ライブラリの socket.io を用いた。socket.io で送信された位置情報と農薬散布の進捗は, Google が提供する API である Maps JavaScript API を用いて Google Map 上に可視化される。

このシステムを使用するために, ユーザは圃場の位置と BLE ビーコンの設置位置をシステムに事前に登録する必要がある。ユーザが容易に登録を行えるよう, これらの操作は全て端末の Google Map 上での操作で実装した。

BLE Beacon Based Location System for Pesticide Spraying in Orchards

<sup>†</sup> Kosuke Kameda, Japan Advanced Institute of Science and Technology

<sup>‡</sup> Tsubasa Yumura, National Institute of Information and Communications Technology

<sup>§</sup> Yuto Lim, Japan Advanced Institute of Science and Technology

<sup>¶</sup> Yasuo Tan, Japan Advanced Institute of Science and Technology

### 2.3 受信電波と経路に基づく自己位置推定

このシステムでは、受信電波強度 (RSSI) を用いた自己位置推定の手法を実装した。受信電波強度は距離  $d$  (m) に応じて減衰する値として自由空間において以下の式で表される。

$$d = 10^{\{(TxPower - RSSI)/20\}} \quad (1)$$

ここで、TxPower は BLE ビーコンの送信電力を表し、送信フレームに含まれる。

今回想定する自己位置推定の特徴として、等間隔で木々が並ぶ果樹園での農薬散布では、スプレーヤは図 2 のような直線的な移動を繰り返すと考えられる。この場合、自己位置は式 1 から導出される BLE ビーコンからの推定距離とスプレーヤの進む経路を用いて一か所に推定できる。自己位置推定のための BLE ビーコンの設置間隔は、任意の位置で最も近接するビーコンの受信電波強度が最大になるような距離が適切であると考えられる。この間隔が大きいほど、設置する BLE ビーコンの総数を抑えることができ、結果としてコスト削減に繋がる。

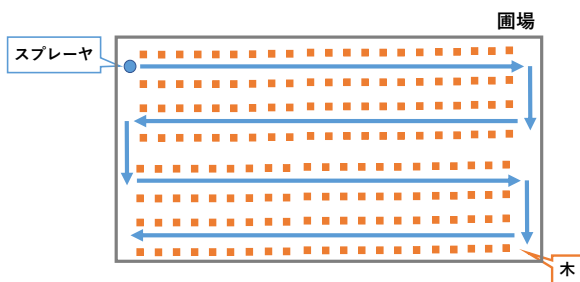


図2 スプレーヤの移動例

### 2.4 システム使用の流れ

まず、ユーザは圃場の地図を用意するために、圃場の位置をシステムに登録する必要がある。ユーザは位置情報取得システムを使用する前に表示される地図上で一点を選択することでシステムに圃場の登録が可能である。

次に、ユーザは、BLE ビーコンを圃場に設置し、その BLE ビーコンをシステムに登録する。圃場の登録と同様に、ユーザは地図上の一点を選択する。すると、Web サーバは BLE ビーコンの受信を開始し、ブラウザには近隣の BLE ビーコンの名前とアドレスが表示される。ユーザは、設置対象の BLE ビーコンを選択し、登録が完了する。

次に、ユーザは、地図上に表示されたビーコンマーカーを一つずつ通過する順番に選択することで農薬散布の経路を登録する。Web サーバは選択されたビーコンの順番でスプレーヤが移動することを前提に、自己位置推定や農薬散布の進捗を管理する。

上記の操作を行うことで、ユーザは位置情報取得システムの使用が可能となる。図 3 はこの位置情報取得システムを実際に使用している様子を表す。推定された端末の自己位置は黄色の円で表示される。BLE ビーコンは青色の円で表示され、近接を検知したビーコンは赤色の円で表示される。また、予めユーザが決定した経路は地図上に青色の直線で表示される。経路上の次に向かうビーコンに対して近接を検知すると、農薬散布済みの経路として通過した直線が赤色で表示される。これらの表示によって、ユーザは推定された自己位置と農薬散布の進捗を端末の Web ブラウザで確認することができる。



図3 システム使用中のブラウザの様子

## 3 まとめ

本研究では、果樹園での農薬散布支援を目的とし、BLE ビーコンの受信信号に基づく位置情報取得システムを開発した。このシステムでは、Web サーバを用いて BLE ビーコンが検出され、WebSocket と Maps JavaScript API を用いて Web ブラウザ上で位置情報と農薬散布の進捗が可視化される。果樹園に対応する測位手法として、BLE ビーコンの受信電波強度を用いた農薬散布の経路上での自己位置推定によって圃場での位置情報取得が実現する。

## 参考文献

- [1] Marcos Duarte, Filipe Neves dos Santos, Armando Sousa and Raul Morais. Agricultural Wireless Sensor Mapping for Robot Localization. *Robot 2015: Second Iberian Robotics Conference*, Vol. 1, Nov. 2015.
- [2] Jing Guo, Xingxing Li, Zhenhong Li, Leyin Hu, Guijun Yang, Chunjiang Zhao, David Fairbairn, David Watson and Maorong Ge. Multi-GNSS precise point positioning for precision agriculture, *Precision Agriculture*, Vol. 18, No. 5, Mar. 2018.