

# 携帯基地局情報と公開情報を利用した地下鉄内位置情報提供システムの検討

松原剛・金杉洋・熊谷潤・柴崎亮介

## Positioning System for Subway Line Environment Using Mobile Phone Cell-IDs and Open Information Go MATSUBARA, Hiroshi KANASUGI, Jun KUMAGAI and Ryosuke SHIBASAKI

**Abstract:** GPS is considered most efficient positioning technology for outdoor environment. However, positioning underground remains a difficult task because of the lack of GPS signal. To solve it, we started to develop a positioning system for subway lines using cellular network antenna IDs. In this paper, we tried to show how to improve the accuracy of positioning, using the train information which was published by subway companies. It contains train timetable, current position of trains, etc. In this research, we found that combination of the cell-IDs and train information makes it possible to specify the train we are using.

**Keywords:** 携帯基地局情報(cell id), 地下鉄駅 (subway station), 屋内測位(indoor positioning system), スマートフォン (smart phone)

### 1. はじめに

昨今の都市圏の主要交通手段である地下鉄において、人口の一極集中に伴い、その構造は複雑化の一途を辿っており、利用者にとって現在滞在中の駅、利用路線、および乗車中の列車車両をリアルタイムに特定するニーズが高まっている。

位置測位の方法として、屋外においては GPS に代表される衛星測位技術が主流となった一方で、GPS が使えない屋内や地下空間における測位技術は Wi-Fi 電波を用いた測位方式を代表に複数の方式が提案されている。しかし、これらの屋内測位技術はその性質上、屋内施設内や駅構内のナビゲーションシステム等、施設単位でのサービスに

特化して設置されることが一般的であり、測位対象となる領域は当該施設内での移動に限定されるという特徴があるため、地下鉄乗り換え案内等の連続した施設間の移動を対象としたサービスには適していない。

また、乗車中の列車車両を特定する方法としては JR 東日本アプリ (JR 東日本, 2016) 等、車両から特定の信号を発する方法が実用化されているが、普及範囲は限定的になっており、地下鉄においてはほとんど普及が進んでいない。

本論文では、昨今の地下鉄のほぼ全域を網羅している携帯電話通信網と、東京メトロが提供している列車運行情報 (東京メトロ, 2015) に着目し、地下鉄における利用駅、利用路線、および利用列車車両の特定を試みた。

---

松原剛 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1

東京大学 空間情報科学研究所センター

Phone: 03-5452-6417

E-mail: matsubara@csis.u-tokyo.ac.jp

## 2. 提案手法

本論文で提案する手法では、まず利用者の利用駅の特定を行い(2.1 節), 次に利用路線と進行方向を特定し(2.2 節), 利用列車車両の特定を行う(2.3 節).

### 2.1 利用駅の特定

#### 2.1.1 既存技術

地下鉄坑内における現在位置(駅)の測位方法として最も普及している技術としては、スマートフォンに標準で搭載されている、携帯電話基地局の固有情報(Cell-ID)と Wi-Fi アクセスポイントの固有情報(MacAddress)を用いた測位方式が挙げられる。この方式は、駅等に既設の通信アンテナの固有情報と位置(駅)情報の対応テーブルを作成し、おおよその位置を把握する手法である。

実際に都営浅草線で Android 端末を用いてどの程度の駅が特定できるかどうかを実測してみた結果、16 駅中 11 駅で測位が可能であったものの、5 駅では測位が不可能であった。また、駅と駅の間や快速等で通過した駅では計測ができないケースがあった。また、駅に列車が完全に停止し、しばらく経過しないと計測できないといった特徴もあった。

これらの原因として、指標となるデータ(Cell-ID/MacAddress)と実座標(駅)のマッピングテーブルが充分収集できていない点と、Wi-Fi 電波の到達距離が短い点が挙げられる。

#### 2.1.2 提案手法

利用列車車両を特定する目的のためには、利用駅と進行方向を可能な限り早期に欠損無く特定する必要がある。そのため、Wi-Fi 電波よりも到達距離が長く、列車の進行方向が早期に予測できる特徴を持つ携帯電話基地局を用いる測位方式に着目し、その対応テーブルを拡充させ、駅の特定性能を向上させる方法を試みた(松原ら, 2016)。

#### (A) Cell-ID と駅の対応テーブルの作成

東京都内の都営地下鉄および東京メトロの 274 駅に降りてホームを端から端まで歩き、国内携帯

キャリア(NTTdocomo, Softbank, au)の Cell-ID と LocationAreaCode(LAC)を収集し、駅との対応テーブルを作成した。(図 2-1)は対応テーブルのイメージである。複数の駅に渡って電波が届く基地局もあれば、到達距離が短いものも存在した。

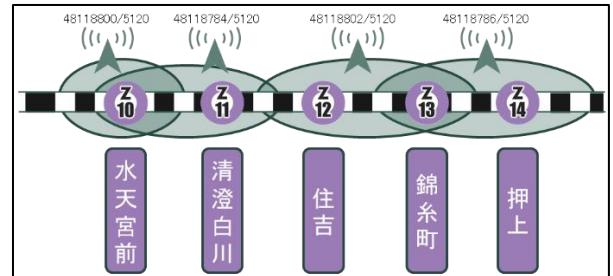


図 2-1 Cell-ID と駅の対応関係の概念図

#### (B) 実測結果

上記で収集したテーブルを用い、(2.1.1 項)と同様に都営浅草線で駅測位を行ったところ、16 駅中全てで停車中の駅を特定することができた。

#### 2.2 利用路線と進行方向の特定

利用者が地下鉄に乗車し、列車が移動を開始すると、捕捉している Cell-ID が変化する。それらの履歴と、地下鉄線内の駅順テーブルを参照することにより、利用路線と進行方向を確定する。

#### 2.3 利用列車車両の特定

利用列車車両の特定には上記で判明した利用駅、利用路線、および進行方向に加え、東京メトロが公開している列車運行情報を利用する。

#### 2.3.1 東京メトロ API 仕様

東京メトロが公開している東京メトロ API では、列車ロケーション情報、運行情報、駅時刻表等、様々なデータが取得できるが、本論文では列車ロケーション情報を主に使用した。(表 2-1)に実際に取得した値を記載する(一部抜粋)。

toStation に値が入っていた場合には fromStation と toStation の間を当該列車が走行中(列車の座標は駅と駅の中間点とみなす)であることを意味し、null が入っていた場合には fromStation に停車していることを示す。また、始発駅、終着駅を参照す

ることで、進行方向を特定することができる。

表 2-1 列車ロケーション情報 API 取得値

キー	説明	取得値例
sameAs	路線名. 列車番号	TokyoMetro.Ginza. A2325
railway	鉄道路線	TokyoMetro.Ginza
frequency	更新頻度	90
delay	遅延時間	0
startingStation	列車の 始発駅	TokyoMetro.Ginza. Asakusa
terminalStation	列車の 終着駅	TokyoMetro.Ginza. Shibuya
fromStation	列車が出発 した駅	TokyoMetro.Ginza. Asakusa
toStation	列車が向か っている駅	null

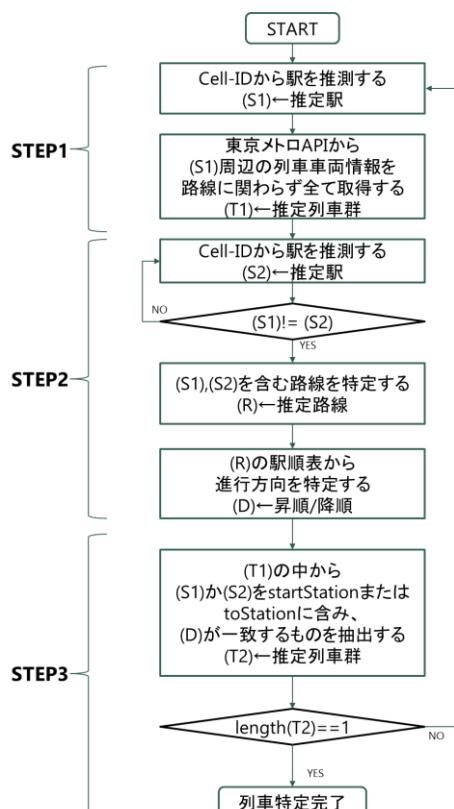


図 2-2 利用列車推定アルゴリズム

### 2.3.2 利用列車車両推定アルゴリズム

下記の手順で利用列車の特定を行う(図 2-2)。

(Step1). 地下鉄駅到着直後：現在駅周辺の列車情報を探して路線に関わらず全て取得し、利用列車車両候補として記憶する。

(Step2). 列車発車後：Cell-ID が変化するタイミングで利用路線と進行方向を推定する。

(Step3). Step1 で得られた列車群から路線と進行方向で絞込みを行う。一意に決定できなかった場合には Step1 に戻りやり直す。

列車推定が成功した後は、frequency に従って列車ロケーション API を定期的にウォッチし、当該列車の現在位置の更新を行う。

### 3. 本手法の適用結果

#### 3.1 千代田線での適用結果

上記アルゴリズムを実装した Android アプリを携行し、実際に東京メトロ千代田線国会議事堂前駅から赤坂駅を経由し、乃木坂駅へ移動した際の計測結果を示す(図 3-1)。



図 3-1 千代田線での計測結果

図中の赤のマーカーは(2.1 節)で推定した地下鉄駅、黒の列車アイコンは(2.3.2 項)で取得した車両位置を示す。まず国會議事堂前駅では周辺の 3 車両が検出された(09:58)。その後、列車が発車し赤坂駅に到着すると、捕捉している Cell-ID が変化し、利用路線(東京メトロ千代田線)と進行方向(代々木上原方面)が確定したため、この条件に合致する列車を 3 車両の中から一意に特定できた(10:00)。その後、乃木坂駅に到着したが、東京メトロ API から返される列車位置は赤坂駅と乃木坂駅の中間点だった(10:02)。

### 3.2 本手法の課題と考察

#### 3.2.1 列車車両特定までの所要時間

本手法では、利用列車車両を特定するために、利用路線の確定と進行方向の情報が必要となるため、利用者が一駅ないし二駅程度移動しないと列車を一意に特定することが困難であるため、数分～十分程度かかることがあった。地磁気センサー等を用い、進行方向を早期に特定するなどの改善の余地がある。

#### 3.2.2 乗り換えの検出

利用者が特定された列車を降車し、別の列車に乗り換えた際には、ステータスをクリアし(2.3.2 項)の手順を最初から行う必要があるが、現状では現在位置(駅)と推定列車位置の乖離がある程度進むまでは検出ができない。降車や別路線への乗り換え等、駅構内での移動は Wi-Fi 測位等の別の方法を併用して検出する必要がある。

#### 3.2.3 列車遅延

東京メトロ API では、列車の遅延時は 5 分以上の遅延をもって初めて検出が可能となるため、列車が遅延している際には、駅推定の時間誤差と、列車位置情報の誤差の蓄積により、列車を特定することが困難なケースがあった。また、列車遅延情報が API に反映されるまでには若干時間がかかるため、遅れ始めた直後は検出が困難となるケースがあった。

## 4. おわりに

本論文では、地下空間等の GPS が使えない環境において、標準的な方法では位置測位が充分に行えない現状を鑑み、一般的に普及しているスマートフォンの機能のみを使って現在位置(駅)や利用列車車両を特定することを目標に、携帯基地局情報と東京メトロ API を利用した測位方法を提案し、東京都内の地下鉄を対象に検証した。

検証の結果、一定の精度で現在位置(駅)、利用路線、および乗車車両の特定が可能であったものの、駅間の距離が近く複数駅に渡って電波が到達する基地局エリアの場合や、列車の遅延時には一意に駅や車両を特定できないといった課題も浮き彫りになった。今後、地磁気センサーや別の測位方法の併用、推定アルゴリズムの改善を行い、さらなる精度向上を試みる。

## 謝辞

本研究を行うに当たり、東京メトロ API の存在は必要不可欠であり、多くの新しいサービスの可能性を示唆いただいたことに感謝いたします。

## 参考文献

- JR 東日本 (2016) : JR 東日本アプリでの列車位置情報サービスがさらに進化します、入手先 <<https://www.jreast.co.jp/press/2015/20160203.pdf>> (参照 2016-05-09).
- 東京メトロ (2015) : 東京メトロオープンデータ開発者サイト、「オープンデータとして提供するデータ」、入手先 <[https://developer.tokyometroapp.jp/update\\_term\\_of\\_use](https://developer.tokyometroapp.jp/update_term_of_use)> (参照 2016-05-09).
- 松原剛・金杉洋・熊谷潤・柴崎亮介(2016) : 携帯基地局情報を用いた地下鉄内測位システムの検討、マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOMO2016), CD-ROM ISSN 1882-0840 情報処理学会シンポジウムシリーズ Vol.2016, No.1