

# 携帯電話基地局情報を用いた名古屋地下鉄における 位置推定のための基礎データ開発

松原剛\*、金杉洋\*\*、熊谷潤\*、柴崎亮介\*、杉田暁\*\*\*

\*東京大学空間情報科学研究センター、\*\*東京大学地球観測データ統融合連携研究機構、

\*\*\*中部大学中部高等学術研究所

## 1. はじめに

人口が集中する都市部における人々の流動や分布を把握することは、都市計画・交通計画のみならず、災害シミュレーション等の分野においても極めて重要である。昨今のスマートフォンの普及に伴い、屋外においては特別な機器を使用することなく、GPS に代表される衛星測位技術により比較的正確に位置情報が取得できるようになった一方で、GPS 電波が届かない地下鉄空間等においては Wi-Fi アクセスポイントの情報を利用した測位方式[1]が主流となりつつある。しかし、数十キロメートル離れた位置座標を取得することや、全く測位できない箇所も存在する。原因として、地下鉄空間においては Wi-Fi 測位のためのアクセスポイントと位置情報のマッピングテーブルのデータが不足しがちな点や、Wi-Fi アクセスポイントは容易に移動や撤廃が可能であるため、頻繁にテーブルの更新が必要となる点が挙げられる。

そこで本研究では、昨今の地下鉄のほぼ全域を網羅しており、一度設置されれば頻繁に設置状況が変わらない特徴をもつ携帯電話通信網に着目し、スマートフォンが捕捉している携帯基地局情報(以下、基地局情報)を利用して現在滞在している地下鉄駅や路線を測位する方法を提案する。また、実際に本方式をスマートフォン上に実装し、名古屋市営地下鉄全線において、利用駅、および利用路線の特定を試みた。

## 2. 方法

### 2.1 概要

本研究では、まず各地下鉄駅で捕捉される基地局情報を可能な限り収集し、駅と基地局情報のマッピングテーブルのデータベースを作成する。実際に測位を行う際は、逆に現在捕捉している基地局情報から駅名を引き当てることで滞在中の駅と路線を推定する。

### 2.2 基地局情報と地下鉄駅対応テーブルの作成

#### 2.2.1 収集データ内容

本手法を適用するにあたり、名古屋市営地下鉄 6 路線の延べ 100 駅(表 2-1)の基地局情報を収集した。

データ収集は 2016 年 12 月から 2017 年 01 月にかけて行い、通勤・通学・帰宅時のラッシュ時は過度に駅や電車が混雑し、基地局電波が十分に捕捉できない可能性があるため、朝夕の時間帯は避けた。

計測には、スマートフォンがその時点で捕捉している CellTowerID(Cell-ID)、LocationAreaCode(LAC)、TimeStamp を記録する Android アプリケーション(図 2-1)を作成し、国内携帯電話キャリア 3 社(docomo、au、SoftBank)の基地局情報を収集した。(au は CDMA の基地局を除く)

表 2-1 駅数一覧

路線名	駅数
東山線	22
名城線	28
名港線	7
鶴舞線	20
桜通線	21
上飯田線	2
合計	100

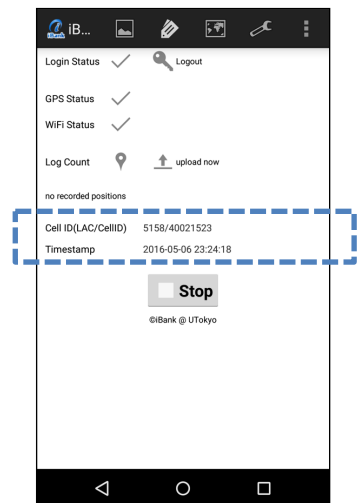


図 2-1 Cell-ID 記録アプリ

#### 2.2.2 データ収集方法

対応テーブルを作成するにあたり、最も課題となる点は計測者が現在滞在している駅を正確に把握することにある。乗車した車両と時刻表から、ある程度の把握は可能であるが、時刻表は分単位での記載であり、また列車遅延等の運行状況によっては正確な時刻と位置の把握ができない。そのため、より正確に基地局 ID を収集するため、実際に各地下鉄駅に降り、ある程度の時間をかけて滞在し、基地局情報を収集する方針と

した。事前準備として各携帯電話キャリアの Android 端末を 1 台ずつ、計 3 台を用意し、全ての端末の時間を秒単位で合わせ、前述の Android アプリケーションをインストールし、3 台同時に携帯し、下記手順にて、計測を行った。

- (1). 地下鉄車両が各駅に停車後、ホームの端に降車、時刻と現在捕捉している基地局 ID、LAC を記録
- (2). 地下鉄ホームの端から反対の端まで歩き、捕捉している基地局情報が変化した場合には全て記録
- (3). 次の車両が来るまで(2)を続ける
- (4). 次の車両に乗車した時刻を記録

この手順を(表 2-1)に記載の全路線・全駅において各一往復分実施した。

### 2.2.3 データ収集結果

捕捉している基地局情報は静止していても数秒に 1 回程度の頻度で更新される場合もあれば、長距離を移動しても数分間変わらない場合もあった。また、延べ 100 駅に対し、ユニークな基地局 ID 数は 1 携帯電話キャリアにつき、300 基前後であった(図 2-2)。収集漏れや、計測期間後に設置された基地局も存在する可能性があるが、総データサイズは 10KB 程度であった。

例として東山線の au での計測結果(一部抜粋)を(表 2-2、図 2-3)に示す。一部の駅では 3 基以上の基地局セル ID が捕捉できるケース(中村日赤)がある一方で、複数の駅で同一の基地局情報(68730881/41600)が捕捉できるケースもある。

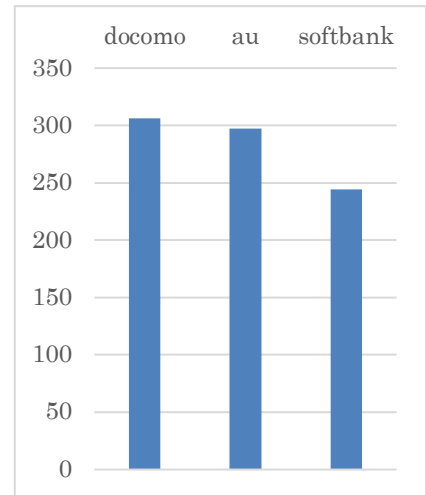


表 2-2 東山線(au のみ)の計測結果

国	キャリア	CellID	LAC	駅
440	51	68730883	41600	高畑
				八田
		68730882	41600	岩塚
				岩塚
		71810819	41600	中村公園
				中村日赤
68730881	41600	中村日赤		
		中村公園		
68712705	41600	本陣		
		本陣		

図 2-2 キャリア別基地局数

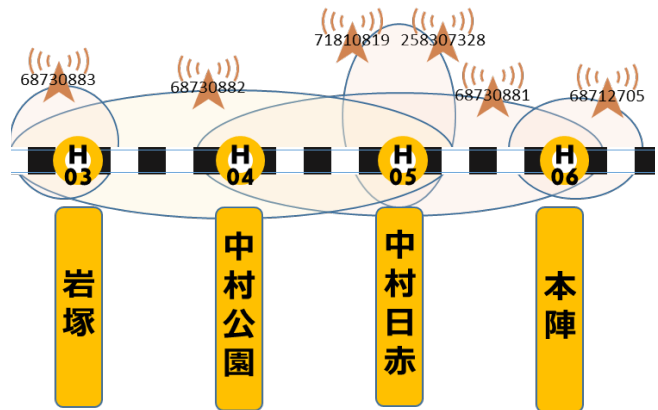


図 2-3 基地局の電波到達範囲イメージ

また(図 2-4)はキャリア別に見た場合に、一基の基地局アンテナがカバーする駅数である。SoftBank の基地局は半数以上が一駅に一基の割合で設置されており、電波が届く範囲は最大でも 3 駅程度に留まっていた。一方で、au の基地局は比較的広範囲のエリアで検出される傾向があり、最大 6 駅に亘って届く基地局もあった。

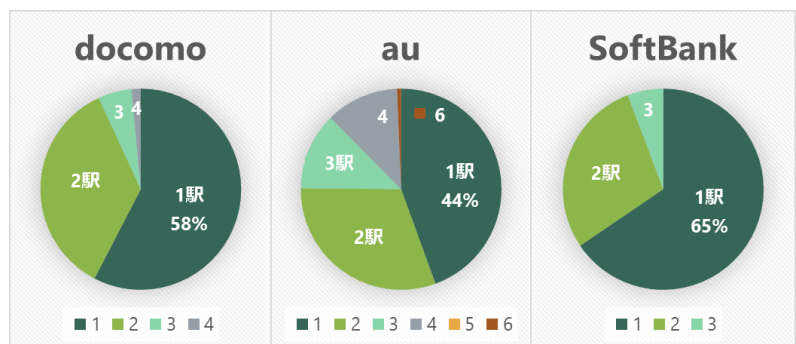


図 2-4 キャリア別 1つの基地局がカバーする駅数

### 2.3 地下鉄駅推定方法

2.2 節で収集したテーブルを参照し、現在駅を推測する Android アプリケーションを作成した(図 2-5)。捕捉された基地局に紐づく駅が 1 駅の場合は、推測駅を確定し、マーカーを置く。複数の駅に紐づく場合は、捕捉した基地局の履歴から地下鉄路線に沿って列車の進行方向を推測し、一番近い駅にマーカーを置く。駅座標は「駅データ.jp」[2]のデータを参照した。

- ・開発環境：Android Studio 2.1
- ・動作対象：Android OS 4.0 以降

なお、今回は基地局 ID 収集アプリケーション、駅測位アプリケーション双方を Android OS 用に作成したが、基地局情報の規格は共通のため、iOS でも同等のアプリケーションを作成することが可能である。



図 2-5 駅測位アプリ

## 3. 結果

### 3.1 実測結果

2.3 節で作成したアプリケーションをインストールした Android 端末を 3 キャリア分それぞれ 1 台ずつ用意し、実際に名古屋市営地下鉄全線の始点から終点までの区間を地下鉄に乗車して一往復した。駅に着いてからドアが開いてから閉じるまでの間を「停車中」とし、停車中に常に正しい駅を指していた場合には(◎)、停車中に一瞬でも正しい駅を指した場合には(○)、停車中に常に正しくない駅を指していた場合には(×)の 3 段階の指標で記録した。(表 3-1)に東山線の往路での計測結果を示す。

表 3-1 東山線の駅測位結果(全キャリア)

駅名	d	a	s	備考
高畑	◎	×	◎	a:複数駅候補のため特定不能
八田	◎	×	×	s:高畑を指したまま
岩塚	◎	◎	◎	
中村公園	◎	×	◎	a:岩塚を指したまま
中村日赤	◎	◎	◎	
本陣	◎	×	◎	a:中村日赤を指したまま
亀島	◎	◎	◎	
名古屋	×	○	×	d/s:亀島を指したまま
伏見	◎	◎	◎	
栄	◎	◎	◎	
新栄町	◎	◎	◎	
千種	◎	×	◎	a:新栄町を指したまま
今池	◎	◎	◎	
池下	×	×	◎	d/a:今池を指したまま
覚王山	◎	◎	◎	
本山	◎	◎	◎	
東山公園	◎	◎	◎	
星ヶ丘	◎	×	○	a:東山公園を指したまま
一社	◎	◎	◎	
上社	◎	◎	◎	
本郷	◎	×	◎	a:上社を指したまま
藤が丘	◎	◎	◎	

### 3.2 携帯電話キャリア別成功率

(図 3-2 駅特定成功率(全路線)はキャリア別に全線往復の成功率を集計した結果である。停車中に指している駅が変化することは少なかった。

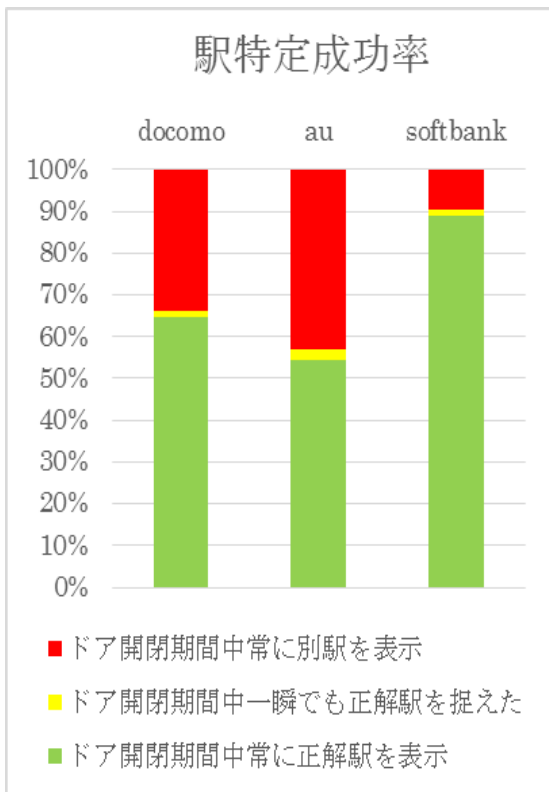


図 3-2 駅特定成功率 (全路線)

d: docomo / a: au / s:SoftBank

## 4. 考察

### 4.1 駅特定成功率

駅特定成功率は、携帯キャリアごとに大きく異なる結果となった。

**docomo**：6～7割程度の駅で駅・路線共に正確に特定することができたが、複数駅に亘って電波が届く基地局も多く、その区間では精度が落ちた。

**au**：全体を通じて、駅を移動しても前の駅を指し続ける傾向が強く、また複数路線が交差する駅での路線判定に弱い特徴も現れた。同一基地局 ID の電波を中継する機器の設置率が高いと思われる。

**SoftBank**：9割近くの駅で、駅・路線共に正確に特定することができた。各基地局の電波到達距離が短く、駅単位で基地局を設置している箇所が多いものと推測できる。また路線の特定率も高く、駅の構造上、路線ごとに階が異なる駅では階の移動時に路線の変更を検出することもできた。

### 4.2 データサイズ

地域と携帯キャリアを、例えば名古屋市営地下鉄内の SoftBank 等に絞った場合は基地局 ID 数は約 300 基程度であり、データベースとしてアプリケーションに内包できるサイズ(apk サイズ 3MB に対して 10KB 程度)であることが判った。そのため、本手法ではオフラインで駅推定を行うことが可能であり、パケット通信が重量課金体系の環境では通信コスト面で有効であることが分かった。

### 4.3 課題と展望

本計測結果において、浮き彫りとなった課題について述べる。

#### (1) 複数候補駅からの選択

今回の調査により、複数駅に亘って捕捉される基地局が想定よりも多いことが判明したため、候補の中から一意に現在駅を選択する方法を検討する必要がある。今回は簡易的に、前回捕捉された駅から最も近い駅を選択しているが、Wi-Fi 測位の結果と併用し、相互に補完しあうことで、精度を高めることが可能であると考えられる。

#### (2) 他路線、他施設への拡大

今回は名古屋市内の地下鉄に限ってテーブルを作成したが、スマートフォンの標準的な機能のみを使用しているため、国内外の地下鉄においても同様の手法を適用可能であると考えられる。また、地下鉄駅のみならず、他の屋内空間として特定のビルの地下階や地下街等での位置特定にも本手法は有効と考える。

## 5. まとめ

本研究では、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)や利用路線を特定することを目標に、携帯基地局情報を利用した測位方法を提案し、名古屋市営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)、および利用路線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亘って電波が到達する基地局エリアの場合や、携帯キャリアによっては一意に特定が困難であるという課題も浮き彫りになった。他方式と組み合わせることにより、双方の強みを生かした駅測位が可能になると考えられる。

## 6. 謝辞

本研究は中部大学問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究 IDEAS201611 の助成を受けたものです。

### 参考文献・データ

[1] Wi-Fi positioning system: wikipedia: 参照先 <[https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi\\_positioning\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_positioning_system)> (参照 2017-03-30)。

[2] 株式会社コードプラス：駅データ 無料ダウンロード 『駅データ.jp』、入手先 <<http://www.ekidata.jp/doc/station.php>> (参照 2016-05-09)。