

# スマートデバイスと BLE を用いたバスロケーションシステム

## Bus location system using a smart device and Bluetooth Low Energy

澤田 砂織 †      池上 周作 †      森 貴士 †  
Saori Sawada      Shusaku Ikegami      Takashi Mori

### 1. はじめに

バスロケーションシステムは路線バスの事業者が GPS や無線通信を用いて路線バスの位置を収集し、運行管理や、利用者への情報提供を接近表示器や Web サイト・メールなどにより行うシステムである。バスの現在位置情報の提供は、路線バスは鉄道と比べて、運転計画どおりの運行が難しく、利用者への利便性向上の手段として事業者が導入している。

京都市交通局においても、快適な路線バス利用の取り組みとして、バス停留所における専用無線を用いた機械式接近表示器、Web サイト・メールシステムを整備し、バスの位置情報提供手段として利用されてきた。

バス停留所の機械式接近表示器はこれまで 300 機が整備されてきたが、近年、外国人観光客を含めた観光客が増加する中、「はばたけ未来へ！ 京プラン（京都市基本計画）」においてもバス待ち環境の改善は重要な事業として掲げられ、バス停留所やその周辺施設におけるバスロケーションシステムの追加導入が計画されていた。

しかし、従来の専用無線を用いた機械式接近表示器では、専用に製造された機械を必要とし「高コスト（250～300 万円程度）」「長期の製造期間（2～3 ヶ月）」「設置場所が限られる」「情報更新の手間がかかる」といった課題により年間の設置台数は 5～10 台程度にとどまっていた。

我々が開発したバスロケーションシステムは、情報取得に公衆インターネット回線や携帯電話回線を利用し、市販のスマートデバイスと Bluetooth LE 対応端末を連携させ、表示装置として液晶ディスプレイを用いることで省スペース化し、既設電照柱型バス停留所への組み込みをはじめとする柔軟な機器構成を実現している。これにより、コストを 5 分の 1 に抑え、工期も 20 分の 1 まで短縮することに成功し、年間 60 台以上の展開を実現した[1]。また、これまで路線変更などが発生した場合、バス停留所の機械の表示部を入れ替える必要があったが、サーバ側の路線情報を更新し各バス停に配信することで素早い情報更新が可能となった。

本稿では、我々が提案するシステムについて京都市バスでの運用状況と運用の中で見えてきた課題や今後の展開について述べる。

### 2. 関連研究・事例

バスロケーションシステムでは、バスの位置情報の取得方式として、バス停のアンテナにてバス無線の情報から取得するもの・GPS 車載器の情報を専用無線にて取得するものが多く用いられている。

近年、スマートデバイスの普及により、スマートデバイスをバスに搭載し、バスの位置情報や遅れ時間を検出するという研究や[2]、スマートデバイスを GPS 取得用車載

器として使用する事で、システムを低コスト・柔軟に構築できるサービスとして展開されている事例がある[3][4]。

本システムでは、これまでバス停のアンテナとバス無線といった専用機器で実現していた、バス停でのバス接近情報をスマートデバイスと Bluetooth LE 対応端末を用いることで、低コスト・高精度な情報取得を実現している。

Bluetooth LE は近距離かつ超低消費電力の通信仕様であるため[5]、この発信器は電池で動作する小型端末として実現され、電波到達距離が数十メートルであることから、GPS が利用できない屋内での位置測位に利用されている。例えば、スマートデバイスと Bluetooth LE 対応端末を用いた位置特定では、人を対象とした屋内測位手法として Bluetooth LE ビーコンを空間に配置し、スマートデバイスを人が携帯し、スマートデバイスが検知したビーコンの電波強度から人の位置を計測しするものや[6]、Bluetooth LE ビーコンを子供や高齢者が携帯し、地域の人々が持つスマートデバイスで検知し、見守りを行う取り組みが進められている[7][8]

しかし、バスのような移動体に Bluetooth LE 対応端末を設置し、バス停にてその電波を検知し位置情報を収集する仕組みは、本システムが初めてと考える。

### 3. システム

#### 3.1 従来システム

京都市バスのバス停では、機械式接近表示器を用いて、バス系統別にバスの位置を、5 つ前・3 つ前・1 つ前(まもなくきます)のバス停にいることを示す表示を行い、バス停でのバス待ち利用者にバスの接近情報を知らせている。

図 1 にこの従来型のバスロケーションシステムのシステム構成を示す。

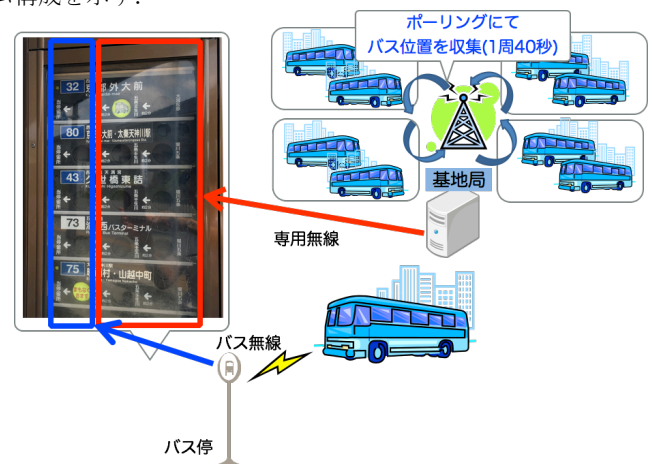


図 1 従来型バスロケーションシステム構成

この方式では、バス運転手の「次のバス停アナウンスボタンの押下」動作で得られる、「バスがどのバス停を通過したか」の情報を、基地局からのポーリングにより取得し、専用無線にて各バス停に配信することで、バスの接近通知表示を実現している。

また、バス停の専用アンテナにてバスが到着したことを検知し、「まもなくきます」の表示を消すことで、バスが既に到着・発車しているにも関わらず、未着に見える誤表示を回避している。

### 3.2 提案システム

本システムを検討するにあたり、従来システムの機能を満たしつつ、課題であった設置に関するコスト・期間・場所の制限を解決するシステムとして、次の条件を重視した。

- 1) システム構成の柔軟さ
- 2) 汎用機器の利用によるコスト削減
- 3) 既存システムへ影響を及ぼさない

図2に本システムの構成を示す。

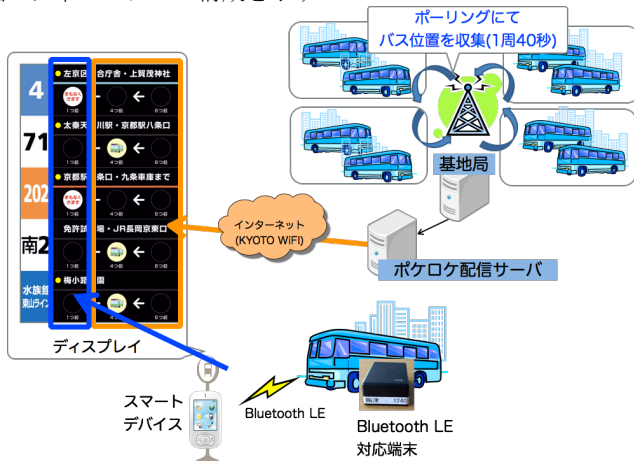


図2 提案バスロケーションシステム構成

本方式では、バス停にバス位置情報の受信及びバス接近情報を表示するスマートデバイスとディスプレイを配置し、バスの接近通知表示に必要なバスの位置情報取得については専用無線ではなく、京都市で整備し、基地局の多くがバス停に設置されている「KYOTO WiFi」およびLTE回線を使用することで通信環境を確保した。インターネット経由でのバス位置情報の配信は、我々が開発運用している、携帯やスマートフォン向け接近通知システム「ポケロケ」サービスの仕組みを利用した。これによりサーバから「当該バス停に停車するバス番号」「始発バス停から何個目のバス停にいるか」の情報が取得できるため、接近表示可能となる。

しかし、この「ポケロケ」サービスの仕組みだけでは、これまでバス無線で実施していた最接近表示「まもなくきます」の削除に関して、最大40秒のずれが生じる。この課題を解決するため、バスにバス番号を配信するBluetooth LE対応端末を搭載し、バス停のスマートデバイスにてBluetooth LE対応端末の電波を受信したタイミングで表示を消す仕組みとした。

先にも述べたようにBluetooth LE対応端末の電波到達距離は数十メートル(最大50m)程度であり[9]、バスが指示器を出し停車体制に入る距離から検知するには十分である。また、小型かつ電池で動作するためバスに新たに電源供給

システムを導入することなく設置でき、低コストであるため市バス全台に搭載可能なことから本システムに有効である。バス内の設置位置に関しては電波が極力人体の影響を受けないよう配置した。

### 4. 運用実績

2014年11月より順次導入を開始し、2016年7月現在、京都市バス800台にBluetooth LE対応端末を搭載し、京都市内169箇所のバス停に設置している。

京都市バスの主要路線に位置し、1日にバスが300回以上停車する利用頻度の高い20バス停(A-T)についてのBluetooth LE対応端末の1日あたりの検知率の最大値・最小値・平均値を図3に示す。

期間：2016/04/11 - 2016/06/30

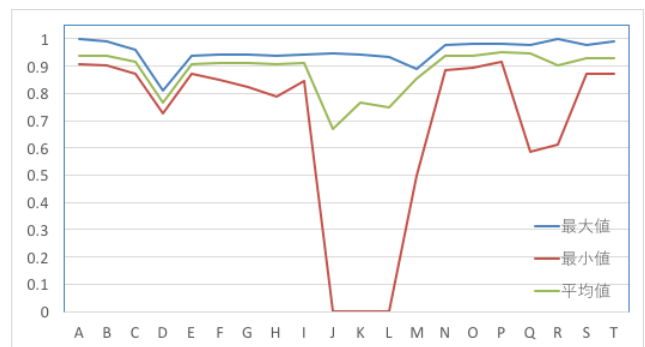


図3 バス停別検知率

これを見ると、ほぼ全てのバス停で平均して75%以上の検知率が得られていることがわかる。100%の検知率ではないが、検知に失敗した場合遅くも40秒後には、ポケロケ配信サーバのバス位置情報を元に最接近通知「まもなくきます」の表示が消えるため、一定のサービスレベルは維持できていると考える。なお、検知率の最小値が下がっているバス停は、受信側の障害により一時的にBluetooth LE対応端末の電波を受信できない状況になったものである。

なお、バスに搭載しているBluetooth LE対応端末についての、経年における検知率の変化は現在データの収集と分析を進めている。

### 5. まとめ

本稿では、スマートデバイスとBluetooth LE対応端末を用いて、バス停での接近通知を実現するバスロケーションシステムの構築と運用実績について述べた。システムの安定稼働には、障害が発生した際の早期発見と対応は不可欠である。本システムの障害の原因は、

- 1) スマートデバイスの不調
- 2) ネットワーク障害
- 3) Bluetooth LE対応端末の未検知

が多く、現在、1) 2) に関してはサーバにて一定期間通信のないスマートデバイスを検知し、システム運用者にメールにて通知し、運用者が現地確認を行う仕組みを入れている。3)に関しては時期を決めた一斉メンテナンスを行なっているが、メンテナンス前の時期は著しく検知率が下がる状況も発生する。

今後も本システムの市内全域展開が進む中，なるべく現地確認を減らす障害対応を行う仕組みや，Bluetooth LE 対応端末の検知率の経年変化から一定自動的に障害が発生することを予測し運用者に通知する仕組みを入れるなど，コストも考慮しつつ引き続きこれら運用の課題に取り組むものである。

## 謝辞

本システムの安定稼働に至るまで，様々な障害を共に乗り切って頂き，本論文執筆を快く御了承頂きました，京都市交通局技術課様と，新型接近表示器をご覧頂いている全ての利用者の皆様に心より御礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] “「はばたけ未来へ！ 京プラン」実施計画(政策編)進捗状況 No.22007”  
<http://www.city.kyoto.lg.jp/sogo/page/0000121138.html>(2016/07/29 時点)
- [2] 金谷直樹，笹間俊彦，河村尚生，菅原一孔 “スマートフォンを用いたバスロケーションシステムの開発” 電気・情報関連学会中国支部第 61 回連合大会講演論文集, p.399 (2010).
- [3] “BusGo” <http://info.bus-go.com/> (2016/07/29 時点)
- [4] “バスこっち” <http://buskocchi.desuca.co.jp/pc.html?>  
(2016/07/29 時点)
- [5] “Bluetooth Low Energy”  
<https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/bluetooth-technology-basics/low-energy>  
(2016/07/29 時点)
- [6] 古館達也，堀川三好，工藤大希，岡本東 “Bluetooth Low Energy ビーコンを用いた屋内測位手法に関する研究” 情報科学技術フォーラム講演論文集 14(4), p.311-312(2015)
- [7] “全国初！市全域ですべての小中学生を見守る「見守りサービス実証実験」を実施します”  
<https://www.city.minoh.lg.jp/edushien/houdou/20160204houdou.html>(2016/07/29 時点)
- [8] “おでかけあんしん見守り事業”  
<http://www.city.nagaokakyo.lg.jp/0000004257.html>(2016/07/29 時点)
- [9] Robin Heydon “Bluetooth Low Energy: The Developer's Handbook” Prentice Hall (2012)