

スマート降車予約システムの開発

Development of Smart getting off reservation system

Recently, information and communication technologies using GPS, cellular phone, and etc. have been spread to a public transportation system.

This paper proposes “A Smart Getting-Off Reservation System” including wireless LAN for a bus. In this system, there is no need to push the button for the next bus stop.

An application of smartphone will guide passengers the destination point, an estimated time of arrival, the fee, the landmark, and so on, when passengers get off, in the bus.

This is an effective way to filter individual information, deal with many different kinds of languages. In this paper, we would like to discuss the effectiveness of this system.

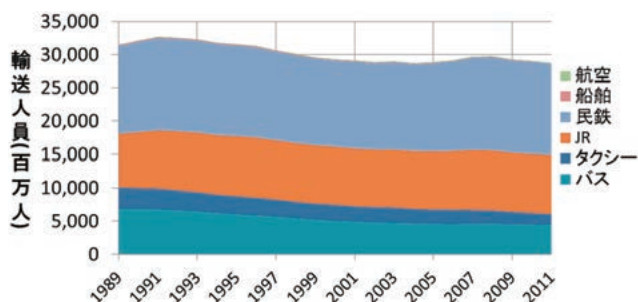
鶴田 祐紀
Yuuki Tsuruda

1. まえがき

鉄道・路線バス等の公共交通機関は、社会を支えるインフラとして高い信頼性が求められている。一方、特に地方において公共交通機関は利用者の減少による厳しい状況に置かれているとされており、乗客の増加や運営の効率化を促す手段が重要視されつつある。当社では、乗客の利便性を向上させる一手段として、情報通信技術を活用した「スマート降車システム」の開発について、当社のグループ会社である泰平電機株式会社(以下、「泰平電機」と記す)と共同で取り組んでいる。

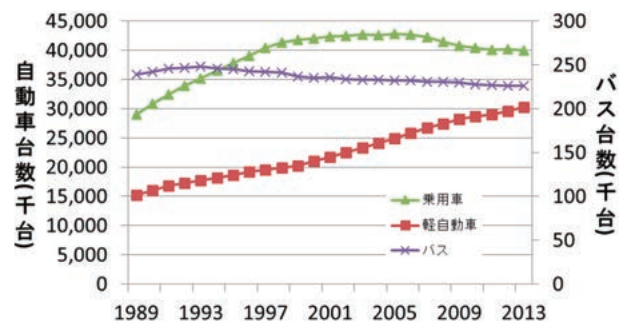
2. バスを取り巻く現在の状況

図1に輸送機関別の旅客輸送人員の推移を示す。長期的な傾向として、旅客輸送人員全体が減少していくなかで、バスの占める比率およびバスの旅客人員も減少傾向となっている。なお、2011年度の総輸送人員は287.8億人であり、対前年比で1.0% (約3億人)減少した。内訳としてはJRの輸送人員が増加(8.8億人, +0.2%)しているがバスは減少(4.4億人, -0.1%)しており、他の公共交通機関についても減少がみられる。



■ 図1 輸送機関別の旅客輸送人員推移
Fig.1 Number of passengers each public transportation system in Japan

図2に自動車(乗用車・軽自動車)とバスの保有数の推移を示す。バスが横ばいから減少に転じる一方、自動車全体の保有台数の伸びは続いており、特に軽自動車の伸びが顕著である。公益社団法人日本バス協会は「バス事業は陸上交通において自家用車にその領域を侵され、特に、軽自動車の伸びにより悪戦苦闘を続けている」と分析している^[1]。なお、バス事業者数は2000年の444事業者から2010年には1640事業者と大幅に増加している。これはバス事業者の分社化が進んだ結果であり、新規参入が増えているわけではない。



■ 図2 自動車保有数とバス保有数の推移
Fig.2 Number of vehicles and buses in Japan

3. 旅客のバス利用シーンと既存システムの動向

旅客は仕事や観光、通勤・通学等さまざまな目的を持って公共交通機関を利用しているが、旅客の目的は現在地から目的地へ移動することであり、公共交通機関を利用することそのものを目的としていることは、一部の観光鉄道等を除けば稀である。ここでは、表1に示すように目的地への移動にバスを使う旅客の行動について、「乗車前」「乗車中」「乗車後」の三つの状況に集約して検討する。

「バス停留所到着前」および「バス降車後」において、空間的な配置(現在地からバス停への道順、バスターミナルでのバ

■ 表1 旅客のコンテキスト(バス利用時)
Table1 Needed information for passengers
(bus getting on and getting off)

状況		旅客に必要な情報
バス乗車前	バス停留所到着前	どの交通手段を使うか？ (バス・鉄道・自家用車等)
		バス停がどこにあるか？
		どのバス停に向かえばよいか？
		運賃はいくらかかるか？
		時間はどれくらいかかるか？
バス乗車中	バス停留所到着後	どのバス停でどのバスに乗ればよいか？
		何時ごろ到着するか？
		乗り遅れたか？まだ間に合うか？ (バスがどこにいるか？)
バス降車後		どのバス停で降りればいいのか？
		あとどれくらい時間がかかるか？
		予定時刻に到着するのか？
		バス内の状況が知りたい
バス降車後		降車後どの方向・道を進めばよいか？
		降りたバス停で次はどうすればよいか？

ス停配置等)については多くのインターネット地図サービスが知られている。また、運賃や出発・到着時刻のような時間的なデータについては、主に鉄道を中心とした経路探索サービスが一般的に利用されている。

「バス停留所到着後」に対しては、バスロケーションシステムを提供しているバス事業者が多く存在する。バスロケーションシステムとは、運行中のバスの位置情報を収集し、利

用者や事業者を提供するシステムの総称である。バスは渋滞や工事等の道路状況、降雨や積雪といった天候、乗降にかかる時間、イベント等による突発的な乗客増等定時運行に影響を与える外部要因が他の公共交通機関に比べて多く、大きな遅れが生じることも少なくないことから、現在位置と時刻表に代わるより確実性の高い予想時刻を提供することで、待ち時間の不確実性から生じるストレスを減らし、バスの利便性を向上させることを目指している。当初はバスの位置を路上の感知器から検出し、電話回線や業務用無線によって収集し、バス停等の表示器を通じて旅客へ情報提供する方式であったが、近年はGlobal Positioning System(以下「GPS」と記す)や携帯電話回線が主流となり、情報提供も携帯電話やスマートフォンによる旅客個人への伝達が多くみられる。また、車載機器についてもスマートフォンを活用した例が見られる^[2]。

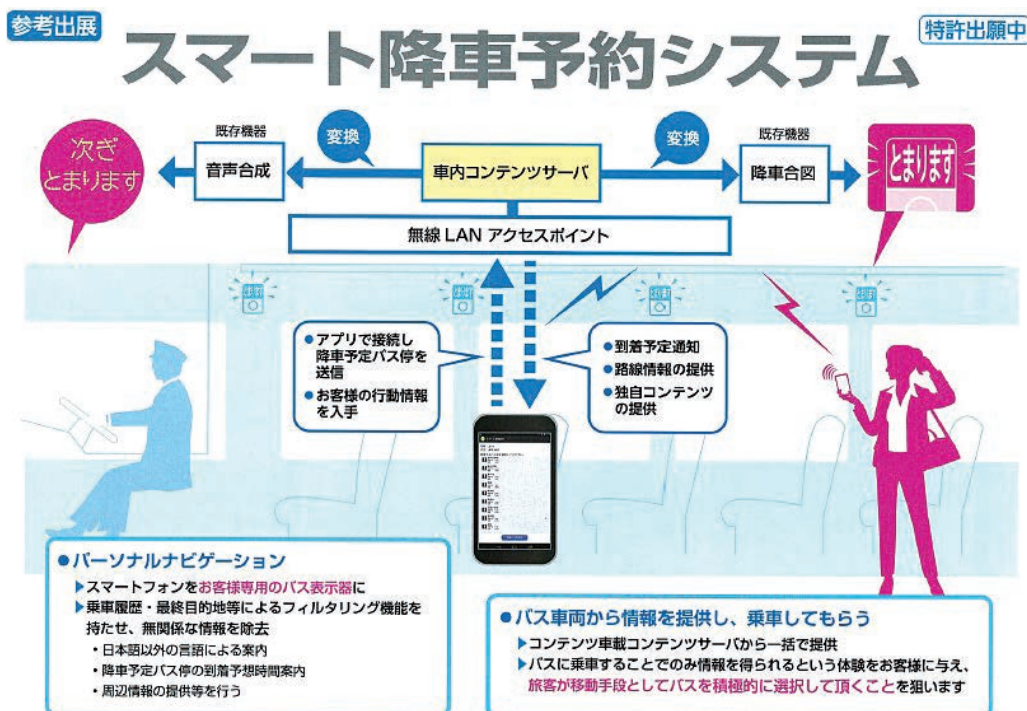
一方で、「バス乗車中」の状況に対するバスから乗客への情報提供は、車内ディスプレイによる旅客全員への案内が主流である。バスロケーションシステムのような旅客個人への情報伝達は一般的ではない。ただ、この領域についてもスマートフォンのアプリを通じた情報提供^[3]が登場しつつある。

3. スマート降車予約システム

これらを踏まえ、当社および泰平電機が現在開発に取り組んでいる「スマート降車予約システム」について紹介する。

3.1 システムのコンセプト

スマート降車予約システムのコンセプトを図3に示す。こ



■ 図3 スマート降車予約システムのコンセプト
Fig.3 Concept of smart getting off reservation system

のシステムは、表1に示す「バス乗車中」の状況に対応する情報提供・意思伝達システムである。これまでの旅客全体を対象にしたものではなく、旅客個人を対象にしたシステムであり、単なる情報提供にとどまらず、旅客の意思を車両に伝達することを特長としている。

スマート降車予約システムの基本動作を以下に示す。

- (1) 車内ネットワークとして双方向の通信手段が用意されたバス内において、乗客が車内ネットワークに接続してスマートフォン(端末)内のアプリを起動
- (2) 乗車しているバス固有の情報(系統・行き先・通過予定バス停等)がダウンロードされて端末に表示
- (3) 乗客は降車したいバス停を選択してバスに送信
- (4) 降車したいバス停の一つ前のバス停に到着すると、乗客の端末に通知
- (5) 降車予定バス停がアナウンスされる区間に入ると降車ボタン押下を代行

GPSを使って目的地付近への接近をお知らせするスマートフォンのアプリは既に存在するが、GPSのほかに位置情報としてバス車載機器から通過バス停情報を取得する。また、単なる旅客への情報提供だけではなく、旅客が降車したいバス停の情報を車載機器に通知する機能を備える。これにより、バス発着とのより確実な連動を実現する。

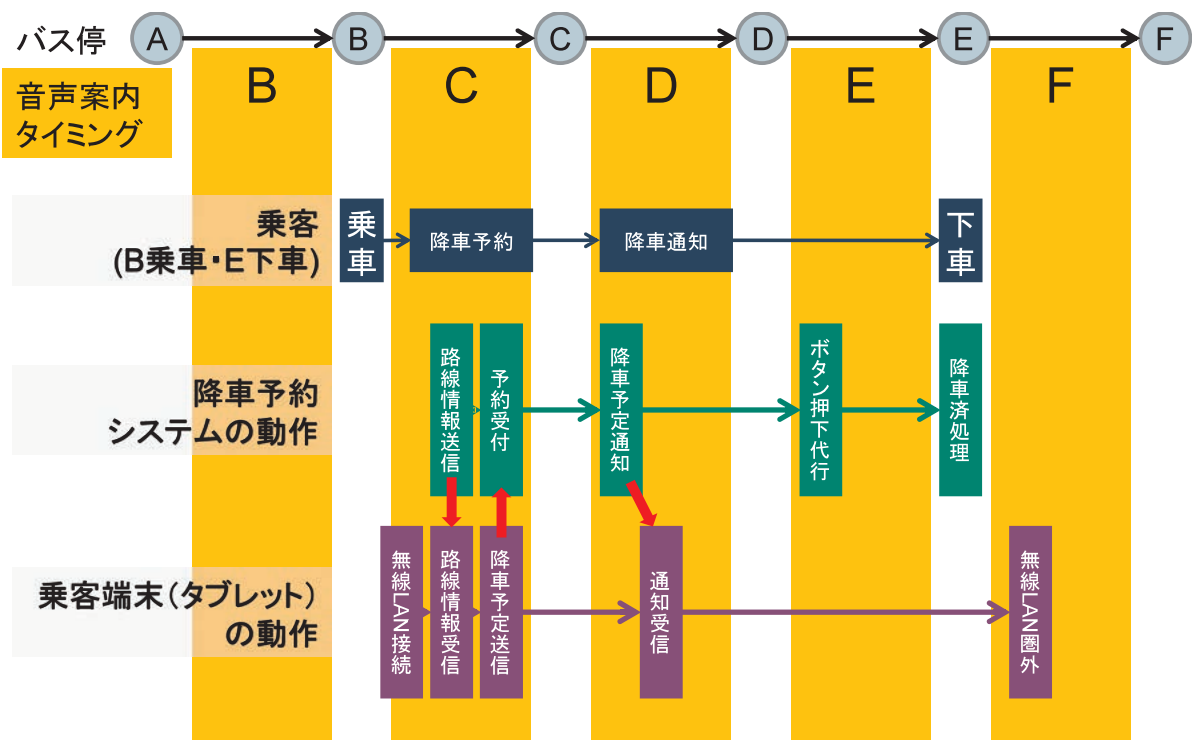
なお、双方向の車内通信ネットワークとしては、車載機器と連動するための自前の無線LANアクセスポイントのほか、近年増加している公衆無線LANについても想定している。

また、旅客個人への情報提供・案内を実現するため、旅客のスマートフォン(端末)を所有する旅客専用の表示器として利用する。これにより、将来的には多言語による案内や、降車予定バス停の到着予想時間案内、嗜好性の強い目的地付近の周辺情報提供等、個人に依存するさまざまな情報提供が実現できると考えられる。また、情報提供を増やすだけでなく情報を適度に抑制することも可能であり、過去の乗車履歴や知りたい情報の傾向等を設定するフィルタリング機能を持たせることで、到着予想時刻に通行できない道路の情報を除去し必要な情報に絞り込む、といったより旅客個人を指向した情報提供を実現させることが可能になると考えられる。

3.2 システムの動作シーケンス

旅客の乗車・降車を想定したシステムの動作シーケンスを図4に示す。○で囲まれたA～Fはバス停、黄色の帯は次バス停の音声案内(アナウンス区間)を示す。ここで、バス停Bで乗車し、バス停Eで下車する旅客は、バス停Cのアナウンス区間(バス停B～バス停C間)において無線LANへの接続と降車予約を行う。

バス停Eで降車するためにはバス停Eのアナウンス区間(バス停D～バス停E間)で降車ボタン押下の代行をする。なお、降車通知については前述したバス停Eのアナウンス区間でもよいが、図4では一つ前のアナウンス区間での通知を設定しているため、降車バス停通知はバス停Dのアナウンス区間(バス停C～バス停D間)となる。



■ 図4 乗車～降車までの動作シーケンス
Fig.4 Sequence of getting on and getting off

3.3 スマートフォン(端末)の画面例

スマート降車予約システムにおいて、旅客が持つスマートフォン(端末)画面例を図5に示す。

上段は乗車時の画面例である。乗車時において、車内ネットワーク経由でバスの系統・行き先・停車予定バス停・料金が表示される。路線図やバス外側の表示では分かりにくかったすべての停車予定バス停が画面スクロールにより表示されるため、旅客は早い段階で誤乗車に気づくこともできる。なお、この画面より降車予定バス停を選択し、送信することでバスに降車予定バス停の情報が伝達される。

図5下段は降車バス停通知の画面例である。降車バス停通知については、通知のタイミング(降車予定バス停のアナウンス区間か、それ以前か)および通知方法(音声・画面・バイブレーション・LED点灯等)を旅客の設定により任意に変更できる必要がある。また、単なる通知だけではなく、降車予



■ 図5 スマートフォン画面
Fig.5 Typical screenshot of smartphone

定バス停と目的地との連動機能(地図による道順案内・乗換情報の表示等)についても搭載を想定している。

3.4 デモキット

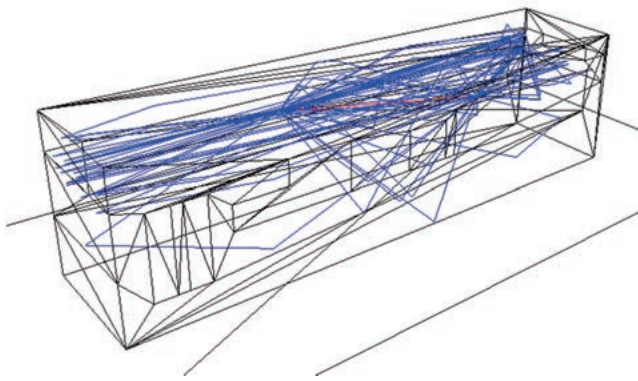
スマート降車予約システムはバス車載装置と連動するため、バス車内以外で動作させる場合は車載機器またはその代替機器が必要となる。図6にスマート降車予約システムの可搬型デモ機を示す。この可搬型デモ機はスマート降車予約システムの動作を客先でPRするために作られたもので、無線LANアクセスポイント・降車ボタン装置・小型PC(車内案内装置の代替)を一つのケース内に収納している。降車ボタン装置については、実際のバス車内でデモが実施できるよう外部端子により実際のバス車載機器とも連動可能となっている。実演時にはタブレット端末の操作により降車ボタンが点灯し、本体から通知音が流れる。



■ 図6 可搬型デモ機
Fig.6 Portable demonstration system

4. バス車内の電波伝搬

現在開発しているスマート降車予約システムには無線LANを通信基盤として利用するが、実際の運用に当たってはバス内の電波伝搬について把握し、無線LANのアクセスポイントをどこに設置すればよいかを考える必要がある。例えばバスの形状を考慮すれば、縦方向に長く横方向に短いカバー範囲を持つことが望ましい。例えば無線LANを降車予約のみで使用するのであれば、一人当たりの通信容量は少なく済むため、アクセスポイントを少なくして1台当たりのカバー範囲を広くするLCX(Leaky Coaxial Cable)のような指向性を持つアンテナの採用が考えられる。一方で、降車予定バス停や目的地に関連した多彩な情報提供を行おうとすればクラウドとの連携が考えられるため、携帯電話キャリアが提供する公衆無線LANの利用もひとつの手段として考えられる。ここでは、例としてバス内に複数のアクセスポイントを設置した場合の電波伝搬シミュレーションを図7に示す。



■ 図7 電波伝搬シミュレーション
Fig.7 Radio propagation simulation

今回はバス車内に複数のアクセスポイントを設定し、三次元レイトレース法による電波伝搬シミュレーションを行った(株式会社 構造計画研究所の「RapLab」を使用)。この手法では、電波を光線に見立て、送信点から受信点に到達する電波を幾何光学的理論に基づき追跡することにより、受信レベル、伝搬損失を算出する。図7はバス車内にアクセスポイントを設置した場合であり、バス車内で反射が発生していることが伺える。ただし、今回のシミュレーションは車体と窓のみを考慮しており、座席や車内の支柱等、バスの車種に依存する要素を組み込んでいないため、実際にはこれらが影響を与えらる。なお、車内の混雑度や旅客がスマートフォンを持つ位置(手持ち・胸ポケット・鞆の中)については、シミュレーションだけではなく旅客が乗車した実車による検証が必要であろうと考えられる。

執筆者略歴



鶴田 祐紀

2005年入社。現在、研究所技術研究部次世代調査研究室および事業開発部に所属し、新事業および新製品に関する調査・提案・試作に従事。

電気学会、電子情報通信学会、情報処理学会会員。

5. むすび

以上、スマート降車予約システムについて概要を述べた。現在開発を行っているのは無線LANを主体にした双方向システムだが、音声ビーコンに代表される単方向システムについても検討を行っていく予定である。

本システムの狙いは、旅客に対してバスに乗車することで情報を得られるという体験を与え、旅客が移動手段としてバスを積極的に選択し、バスに乗車する理由づけを与えることである。また、既存の車載機器の動作に影響を与えず、かつバス内に無線LANという車載機器と連携可能な情報インフラを提供することで、点検保守業務の現場で活用することも考えられる。

本システムは現在開発途上の段階である。共同開発先であり、バス関連事業を主体とする泰平電機の関係者に感謝の意を表するとともに、なるべく早い段階での実車による実証実験の実現を目指していく所存である。

参考文献

- [1] 日本バス協会(編), 2013年版 日本のバス事業52, 平成26年3月, pp.1-10
- [2] 伊藤昌毅, 川村尚生, 菅原一孔:「スマートフォンを利用したバスロケーションシステムの開発」電子情報通信学会論文誌D, Vol. J96-D No.10(2013), pp.2327-2339
- [3] 松本貴之, 小林郁生, 湯浅光平, 福田道隆, 石間計夫, 竹林由尋:「『JR 東日本アプリ』の開発」鉄道サイバネ・シンポジウム論文集 51(2014-11), p5