

利用者ニーズに対応した到着時刻予測に基づくバス情報システムの実用的開発*

Instruction to Submit a Paper to Proceedings of Infrastructure Planning*

坂本邦宏**・菅野光司***・久保田尚****谷島賢*****

By Kunihiro SAKAMOTO**・Koji KANNO***・Hisashi KUBOTA****・Ken YAJIMA*****

1. はじめに

かつては国内輸送機関の要であったバス交通は、定時・低速走行の欠如、利用者の減少、バス事業者の経営・サービスの悪化という悪循環に陥っている。バス交通は、本来地域社会における不特定多数に与えられたモビリティとすて必ず確保されるべきもので、都市・地方の効率的活用においても重要な役割を担っている。今後さらに高齢化が進むと予測されるわが国にとっては、早急に解決しなければならない問題である。現在解決の道を探っている状態であるが、運行本数増加やバス優先レーンの設置といったハード的な手法、バス優先信号(PTPS)などのソフト的な手法によるバスの定時性確保を目的とした施策がある一方、デマンドバス、コミュニティバス、バスロケーションシステムなど利用者の多様なニーズに対応する施策などがある。特に、情報通信技術を用いた「バス情報提供システム」はすでに全国各地で実験や実用化がなされており成果を上げている。しかし、最先端技術を用いているが故に、年配者の使用性や維持費用の問題から、実用化したものの廃止されてしまったものや、実験段階で終わってしまったものも少なくない。

このような背景において、平成 12 年 11 月に埼玉県川越市にて「誰もが使用可能な操作性を持ったバス情報の提供」を理念とした「リクエスト方式の自動通知型バス情報提供システム」の交通社会実験が行われた¹⁾。本研究では、その実験結果を受け、実験時に浮き彫りとなった問題を改善し、さらに既

*キーワード:

** 正員、工修、埼玉大学工学部建設工学科
〒338-8570 埼玉県さいたま市下大久保 255
TEL 048-858-3549, FAX 048-855-7833

***正員、埼玉県

****正員、工博、埼玉大学大学院理工学研究科

*****イーグルバス株式会社

存のバスロケーションシステムから、その長所・短所等を検討することにより、実用システムとしての使用性、信頼性、安定性を持ち合わせた「バス情報提供システム」を構築することを目的とした。また、本研究で構築したシステムの主要機能である「バス到着時刻予測」の予測精度向上のための手法を見出すことを目的とし研究・開発を行った。

2. 新しいバス情報システムの提案と実用化の課題

(1) 既存バス情報システム

各地で導入が進んでいる様々なバス情報システムは、まず、①固定端末型として、バス停や駅に設置される電光掲示板などの不特定多数を対象とした固定端末(情報キオスク等)のものと、パソコンや FAX など利用者が特定される固定端末のものが挙げられる。次に②移動端末型として、携帯電話や PDA などによってどこでも自由に情報を取得できるものに区分できる。移動端末型の主なバス情報システムに関して、利用可能なインターフェイスとコンテンツについて表 1にまとめた。

表 1 既存の携帯端末型バスロケーションシステム

	インターフェイス	コンテンツ			
		現在位置情報	時刻表検索	路線図	到着予測
ポケケ(京都)	携帯端末用Web	○	○		
	Eメール(試験中)	○			○
バス到着予測システム(岡山)	携帯端末用Web		○		○
	インターネット	○	○	○	○
バスロケ(浜松)	携帯端末用Web	○			
	インターネット	○	○	○	
バス現在地情報システム(宮城)	携帯端末用Web	○	○		○
	インターネット	○	○	○	○
バスロケ(金沢)	携帯端末用Web	○			
	インターネット	○		○	
青葉台のバス情報システム(横浜)	携帯端末用Web		○		○
	インターネット		○		○
	Eメール				○
川越のバス情報システム(埼玉)	電話				○
	携帯端末用Web	○			○
	インターネット	○	○	○	○
	Eメール				○
	電話	○	○		○

利用可能なインターフェイスのほとんどは携帯端末の WEB 機能（i モード等）を利用したものや PC 用のホームページなどであり、既存のバス情報システムの課題点として、次の 2 点が指摘できる。

- ①バス交通の重要なターゲットである高齢者を含む IT 弱者にとって利用しやすいシステムに必ずしもなっていないこと。
- ②利用者は情報を能動的に取得しにいく必要があること。

(2) 社会実験結果からの課題と解決案

前述の課題点を加味し、平成 12 年に川越市で実施された P&BR 社会実験の一環として、バス情報提供実験が実施された。その際提案された事項は、①リクエスト型接近通知システム（利用者が事前にバス停と時刻を指定し、指定された時刻付近でそのバス停に到着する到着予測を事前にメールや電話で通知するシステム）と、②音声によるバス情報の提供であった。実験結果からは、リクエスト型バス接近通知については、意識調査結果から肯定的意見が多数（利用する 20%、無料なら利用 30%、使用性が上がれば利用 20%）となり、本システムにおいて実用化した。音声案内についての同様に本システムでの実用化を行った。

(a) 到着予測の精度の問題

実験時の手法としては、走行するバスに対して到着する 5 分・10 分前のおおよその地点を事前調査によって決定し、その地点を中心とした特定エリアにバスが進入するとリクエストデータと照合が行われ、自動的に情報提供が行われた。この場合、事前に設定した地点そのものの精度の問題、交通状況の変化により事前予測した地点が変化する問題が生じていた。このため、本研究では実走行しているバスの位置をデータベースとして利用し、過去の走行状況から動的に予測を行うシステムに変更した。

(b) リクエスト予約方法の問題

実験時には、バス利用者は実験本部に電話をかけて、オペレータとの会話を通して到着予測のリクエストを行った。これはフレキシブルな対応ができるという利点はあったが、時間がかかることやオペレータの費用等、実用化にむけては大きな問題があった。本研究では、リクエスト方法の完全自動化を行い、WEB および音声（CTI：Computer Telephony

Integration）によるシステムに変更した。

(3) 実用化へ向けての課題

(a) 位置取得の方法

バス位置の取得方法に関しては、普及が進んでいる GPS による手法で問題なしと判断した。特に川越地区は高層ビルが少なく GPS 衛星を補足できない地点がほとんど無いこと、SA 解除による位置情報精度の向上等、大きな課題はない。

(b) 費用

バスロケーションシステムにおける費用の問題は大きい。システム開発や設備導入等の莫大なインシヤルコストは、補助金を適切に活用することでバス事業者としての負担は軽減も可能である。一方、毎日のランニングコストについても十分な検討が必要である。本研究では、普及型 GPS 機器の活用による初期コストダウンと、パケット通信網を使うことでバス位置情報の取得にかかる費用を安価に抑えることにした。

3. CO-EDO システムの開発

(1) CO-EDO システムの概要

以上の様に、移動端末型のバス情報システムに関する一般的課題、実験時に判明した課題、実用化へむけての課題を整理した上で、平成 14 年 3 月から、実用化システムとして「CO-EDO システム」の運用を開始した²⁾。対象路線は、イーグルバス株式会社（本社：川越市）が運営する「小江戸巡回バス」である。本路線は、川越駅を始発点とし、中院、喜多院、蔵の街、菓子屋横丁などの川越の各観光名所を巡回し川越駅へ戻る、路線長約 10km、運行時間約 50 分の路線（1 日 14 便、ミニバス）である。路線の特徴としては、巡回ルートが一方向だけであり、乗客の大部分がそのルートに従って観光をする観光客であることがあげられる。なお、平成 14 年 1 月から 3 ヶ月間を試用期間とし、利用者モニターを募った上で使用性の向上を図った。

(2) CO-EDO システムの機能

(a) バス利用者のための機能

リアルタイムバス情報提供サービス

PC の WEB、WEB 機能付携帯電話、自動音声応答の三種類をインターフェイスとし、バスの現在情

報をリアルタイムに配信する。利用者は、任意のインターフェイスで情報を得ることができる（表 2）。

表 2 リアルタイムバス情報提供の種類

①バス現在位置情報・現在遅れ情報	現在位置情報は、PC 等の WEB では簡易地図上に表示、携帯電話 WEB では簡易バス停表示、音声電話では音声によりどのバス停間にいるかといった情報が音声で提供。同時に、現時点でバスが定刻よりどれだけ遅れているかという情報が、「遅れ〇〇分」と表示。
②バス予測到着時刻情報	過去のバス運行データより、バス停への予測到着時刻を算出し提供。PC 等の WEB では全バス停で次到着バスの予測時刻を表示。携帯端末 WEB では各バス停について、次に到着するバスの予測到着時刻を表示することに加え、各バスについて今後の運行予測を表示。
③バス車内の混雑情報	バス車内の混雑状況は、「空席あり・立ち席あり・混雑」の 3 段階に分けて表示。この情報は、高齢者等座席を必要としている人々にとっては有効な情報であると思われ、また混雑の情報を得た利用者が次のバスへ転換することによる利用客分散の効果も期待。
④付加情報	標準時刻表やバス停付近の観光情報といった利用者にとって有益と思われる情報も提供。

リクエスト型接近通知サービス

このサービスは、利用者が乗車するバス停に対し、希望した時刻に最も近い時刻に到着するバスの接近時に、音声電話または電子メールにて接近情報を通知するものである。接近通知の申し込み(リクエスト)方法は、PC の WEB、携帯端末 WEB、電話（プッシュ音）を利用した自動音声応答システム 3 種類がある（図 1 に携帯 WEB の例を挙げる）。

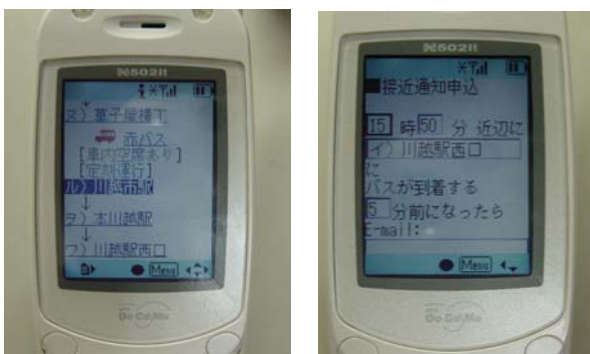


図 1 携帯端末の画面例

（右：バス現在情報、左：リクエスト入力画面）

PC・携帯端末 WEB のリクエストでは「電子メールによる通知」のみリクエストできる。電子メールは詐称によるいたづらが容易なため「WEB フォームにメールアドレスを入力→そのアドレスに対して仮予約完了通知のメールを発信→そこに記載されている URL のリンクをクリック」することで予約が

完了する手順としてアドレス詐称を防止した。同様に、音声電話によるリクエストは、リクエストの際の発信者番号通知を必須とし、CTI システムで発信者番号が取得できた場合のみ接近通知の発信を行うこととした。

(b) バス管理者のための機能

バス管理者のための機能としては、①全バスの現在位置確認、②運行記録データの保管が挙げられる。①では、バス運行本部においてバスがどの位置にいるかをリアルタイムに地図上で確認することができ、さらに車内の混雑状況もわかるため、従来の無線によるシステムと併用することでスムーズな臨時バス（混雑時の増便）の運行決定等より効率的なバス運用が可能となる。②では、全バス停の到着時刻、区間の混雑状況の全てが記録されており、運行見直し等におけるバス事業者の貴重なデータとなる。

4. 到着予測の検討

(1) 到着予測の概要と要因

到着予測の処理については、具体的には以下の二種類の予測を実施している。

- ①バス接近通知に用いる「バス停到着 5 分前位置・10 分前位置」の予測
- ②リアルタイムバス情報に用いる、各バス停における「次バス到着時刻」の予測

到着時刻予測を行うにあたっては、天候等様々な原因を考慮して予測を行うべきであるが、全てを考慮するのは困難で計算量も多い。天候等、自動的にデータ取得が難しいものは予測に用いる要素から外した。また、実運用期間が短いこともあり「季節」は要素としない。以上のような事を考慮した上で、到着時刻予測に用いる要素を以下のように設定した。

(a) 過去のバス停間運行時間

小江戸巡回バスは、約 30 分に 1 本運行されている。この点から予測を行うバスにおける「バス停間運行時間」は、30 分前に同路線を通過した前便のバスと類似したものになるであろうという仮定のもと、これを予測の要素とした。「バス停間運行時間」はバス停到着から、次バス停に到着するまでの時間である。よって、この「バス停間運行時間」で

は、バスがバス停に停止していた時間、例えば乗客の乗降時間等、とバスが走行していた時間、例えば渋滞遅延等、がどちらも考慮された要素であり、解釈としてはバス路線の道路状況、乗客数、乗客の属性等の影響を考慮した数値であると言える。

(b) 曜日の区分

本路線は市内の観光地を巡回するため、土休日は乗客も多くなり乗降時間による遅れが生じることが多い。また、川越という土地自体が観光地であるため、土休日は道路混雑も発生しバスの遅れを生じさせている。よって、平日と土休日では「バス停間運行時間」も異なるとして予測の要素とした。

(2) 実稼動システムにおける予測

以上から CO-EDO システムでは、直前に走行した（前便）バスの「バス停間運行時間」を、そのまま「予測バス停間運行時間」とする簡易的な到着予測システムで運用を開始した。始発便は、曜日を考慮した上で過去の始発便のデータを検索して利用する。現在の予測状況の結果を表 3 に示す。また、代表的なバス停区間についての予測結果を図 2 に示す。

表 3 現在の予測精度

区間	予測誤差（絶対値）			
	平均（秒）	標準偏差（秒）	最大値（秒）	最小値（秒）
川越駅西口(乗車)→本川越駅(乗車)	117.3	105.8	925.0	0.0
本川越駅(乗車)→中院	97.6	77.8	464.0	0.0
中院→喜多院	73.8	65.3	452.0	0.0
喜多院→総合福祉センター	92.5	72.9	418.0	0.0
総合福祉センター→富士見橋跡	77.1	73.0	568.0	0.0
富士見橋跡→本丸御殿	65.5	61.5	542.0	0.0
本丸御殿→大手門	98.5	84.8	597.0	0.0
大手門→蔵の町	47.6	48.1	524.0	0.0
蔵の町→菓子屋横丁	40.2	35.2	225.0	0.0
菓子屋横丁→川越市駅	67.4	65.5	576.0	0.0
川越市駅→本川越駅(降車)	107.6	157.7	1693.0	0.0
本川越駅(降車)→川越駅西口(降車)	85.0	98.9	1199.0	0.0
全体	80.0	86.0	1693.0	0.0

予測精度については概してあまり精度が高いとは言いがたく、5 分以上の誤差が発生するケースもある。この原因としては、予測に用いている「バス停間運行時間」は、バス停に到着した時刻から次のバス停に到着するまでとなっている設定が挙げられる。この「バス停間運行時間」には「バス停における停止時間」と「バス停間走行時間」の 2 種の内容を含んでおり、それぞれ別々の要素の影響を受けている。精度向上を図るためには、これらをまとめて考慮することは適切ではなく、別のものとして考慮する必要があると考える。特に本路線では、平日に予定運行時刻より早めに到着して、時間調整のために停止することが多い。

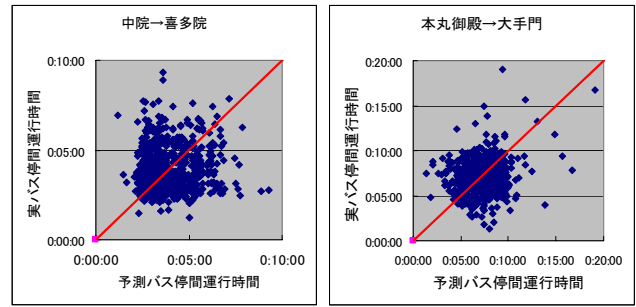


図 2 バス停間運行時間の予測値と実測値

表 4 バス停間運行時間の区分

分類	内容	大きな影響要素
バス停停止時間	乗客の乗降時間 定刻より早く着いた場合の調整時間 等	乗客数
バス停間走行時間	通常の走行時間 渋滞による遅れ時間 信号による停止時間 等	バス路線の道路状況

5. おわりに

本研究では、バス交通を支援する有効なツールであるバス情報提供システムについて、社会実験の結果を踏まえ、使用性、信頼性、安定性等を持ち合わせた実用化システムとして開発した。今後は利用者のヒアリング等により問題点等の整理を予定している。また、バス到着時刻予測を行う上で考慮しなければならない要素を明解化し、今後さらに蓄積されるであろう運行データを解析することにより、より精度の高い到着時刻予測の手法を生み出すことが課題である。またバス管理者に対する機能についても十分生かしきっているとは言えないため、管理者を含めたシステム利用者にとっても使いやすく便利なシステムにすることも大きな課題である。

参考文献

1) 澤良規、坂本邦宏、久保田尚：リクエスト・自動コール型バス情報提供システムに関する実験的研究、第 21 回交通工学研究発表会論文集、pp.105-108, 2001.12
 2) <http://www.co-edo.com/> (PC および携帯端末共通)