

# 短距離無線技術を活用したフレキシブル公共交通システムの研究開発 (102302005)

## Flexible Public Transportation Systems using Short Range Wireless Technologies

### 研究代表者

行松 健一 秋田大学大学院工学資源学研究科  
Ken-ichi Yukimatsu Akita University

### 研究分担者

山村 明弘 内海 富博  
Akihiro Yamamura Tomihiro Utumi  
秋田大学大学院工学資源学研究科  
Akita University

研究期間 平成 22 年度～平成 23 年度

### 概要

本研究では、DRT(Demand Responsive Transport)の概念を拡張し、地域全体をカバーする新たなオンデマンド型バスシステムの実現方法を検討した。具体的な成果としては、① 乗客の利便性とバスの運行効率を両立させるオンデマンド運行アルゴリズムを開発し、バス運行シミュレータによって、その有効性を実証した。② 乗客からデマンドを受け取るとともに乗客に様々な情報を提供するインテリジェント・バス停を新たに開発し、その有用性を示した。③ 短距離無線技術を用いたバス停-バス間通信の実現方法を実験によって検証し、本システムに適用可能であることを示した。

### Abstract

This paper presents the research results to realize our proposed public transportation system by using advanced computer and network technologies. To provide efficient bus routing control according to customers' demands, we proposed several on-demand bus routing algorithms and evaluated them by using our newly-developed bus transportation simulator. As the demand input media, we developed an experimental "Intelligent Bus Stop" and verified its feasibility. The feasibility of wireless communications between a routing control center and all demand responsive buses using short-range wireless technologies has been proved by consecutive field experiments.

## 1. まえがき

高齢化と人口減少が進む地域社会において、路線バスやローカル鉄道等の廃止によって日常の移動手段が奪われるという深刻な問題が生じている。特に自家用車を利用できない高齢者が、病院などに行こうとしても、タクシー以外に利用できる交通手段がないと、経済的に大きな負担を強いられることになる。本研究では、こうした状況を打開するため、利用者にとっての利便性と低コストを両立させる新たな公共交通機関（フレキシブル・バスシステム）の実現を目指して、情報通信技術を活用したシステムの開発を進めた。

## 2. 研究内容及び成果

### 2.1 地域公共交通の現状

秋田市とその周辺エリアにおいて、路線バスの輸送人員は、平成 8 年から平成 18 年までの 11 年間で前年比平均 4.6%の減少傾向が続いており、この状況は現在も変わっていない。その主たる原因は、人口減少と自家用車の普及であるが、その結果としてほとんど乗客を乗っていない状態でも決められた路線とスケジュールに従ってバスが運行されることになり、採算性が年々悪化している。現状ではその打開策として路線の縮小や廃止（秋田中央交通では、平成 20 年からの 2 年間で約 50 路線を廃止）が続いているが、それは乗客の利便性を益々低下させることになり、一層利用者の減少を招くという悪循環に陥っている。

これに対して、秋田市では平成 19 年度に「秋田市地域公共交通協議会」を発足させ、住民アンケートなどに基づいて改善策を議論してきたが、上記の問題を根本的に解決する方策は、未だ明らかになっていない状況である。

### 2.2 フレキシブル・バスシステムの提案

こうした状況を踏まえて、情報通信技術を活用することで新たな解決策を見いだそうというのが、本研究の狙いである。我々は、バスの運行効率を向上させるため、予め決められた路線やスケジュールでバスを運行するのではなく、乗客のデマンドに応じてバスを効率よく運行するシステムを提案した。これが「フレキシブル・バスシステム」である。その概念図を、図 1 に示す。

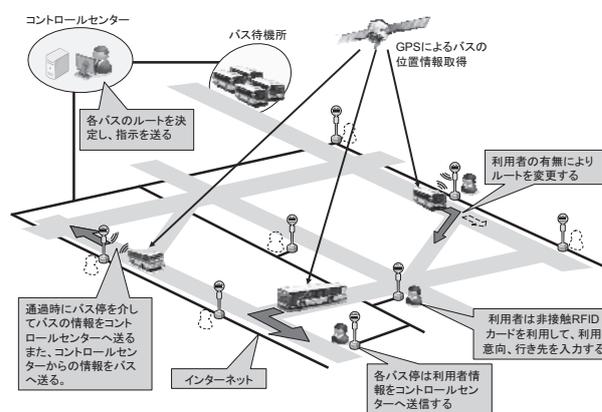


図 1. フレキシブル・バスシステムの構成概念

バスに乗りたい乗客は、近くのバス停で希望する行き先を入力する。その情報をコントロールセンターに集め、他のバス停で待つ乗客や乗車中の乗客のデマンドも考慮して乗客の待つバス停に向かうバスを決める。

類似のシステムとして、路線バスが廃止されたエリアの代替交通や空港利用客のための乗り合いタクシーなどのいわゆる DRT(Demand Responsible Transport)があるが、これらは目的地や運行エリアが限定されること、予め電話などで予約する必要があることから、利便性は必ずしも高いとは言えない。「フレキシブル・バスシステム」は、秋田市のような中規模都市のエリア全体をカバーするオンデマンド型バスシステムである。

### 2.3 オンデマンドバス運行方式の検討

オンデマンドバスの運行アルゴリズムについて、当初は運搬経路問題や配送問題として扱われている先行研究を踏まえて論理的なアルゴリズムを見いだすべく検討したが、扱うべき変数の数が非常に多く、複数の乗客に対してバス停での待ち時間と目的地までの乗車時間を最適化するための目的関数を定義するのはほぼ不可能であるとの結論に至った。

そこで、オンデマンドバスの運行方法としては、「バスの現在位置に対して、乗客が待つ各バス停までの距離をそれぞれの待ち合わせ乗客数で正規化した値、および乗車中の乗客の目的地までの距離を降車予定乗客数で正規化した値を求め、その値が最小になるバス停に向かう」という比較的単純なアルゴリズムを基本とし、現実的な道路網モデルにもとづくオンデマンド運行方式のシミュレーション評価に研究の重点を移した。

バス運行システムのシミュレーション評価を行うためのツールとして、新たに専用の「バス運行シミュレータ」を開発した。本シミュレータを用いて、上記のようなオンデマンド運行方式が、どのような条件下で従来の路線バス型運行方式に比べて有利になるのかを定量的に評価した。秋田市の現状を踏まえて考えると、提案方式が十分有効であることを示すことができた。

### 2.4 インテリジェント・バス停の開発

利用者と本システムとのインタフェースの役割を果たすインテリジェント・バス停のパイロットモデル(ハード/ソフト)を試作し、大学のオープンキャンパス来場者などに利用の擬似体験をしてもらった。情報機器の操作に不慣れた高齢者にも容易にデマンド入力できるように工夫したインタフェース

(ICカードとタッチパネルを併用)を提供することで、提案システムが十分機能することを確認した。

図2が、試作したインテリジェント・バス停実験機である。市販の組込用パソコンやタッチパネル、ICカードリーダー、ミニプリンタ、人感センサなどを組み合わせたもので、技術的には直ちに実用化が可能である。



図2. インテリジェント・バス停実験機

## 2.5 短距離無線技術を活用したモバイル通信の実現

本システムでは、すべてのバスの運行ルートを決定するコントロールセンターとバスとの通信が不可欠である。移動するバスとの通信には、3Gネットワークの利用など様々な方法が考えられるが、対象エリアの随所に設置され、すべてのバスが必ずアプローチするバス停を中継ステーションとして利用し、バスとバス停とを短距離無線(今回の検討では Zigbee を採用)で結ぶ方式がコスト面で最も有利であると考えた。

Zigbee は、本来数 m から数十 m 程度の距離での端末固定型無線通信を主たる対象とした方式であるが、屋外での実証実験を重ねた結果、時速 60km 程度までの移動体と固定基地との間で 100m 以上の距離まで正常に通信可能であることを確認した。見通し外となる場合は誤り率が增大するが、中継アンテナの増設やデータの再送を行うことで、本システムへの適用は十分可能である。

### 3. むすび

これまでの研究では、フレキシブル・バスシステムを実現するための要素技術を中心に検討し、主要なシステム構成技術については、概ねフィージビリティが確認できたと言える。実用化するには、インテリジェント・バス停の新設などかなりの初期投資が必要であり、技術的にもシステム全体の信頼性維持対策のほか、異常時における対処方法、バス停への給電やコントロールセンターとの通信リンクの実現方法、バス運転者とのマン・マシンインタフェースなど検討すべき課題は数多く残っているが、地方のバスシステムが抱える困難な状況を打開する一つの有効な方法として、実用化に向けた検討を継続する予定である。

おわりに、本研究を推進するにあたりご支援いただいた総務省「戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)」に深く感謝の意を表したい。

#### 【誌上発表リスト】

- [1] Razi Iqbal, Kenichi Yukimatsu, Tatsuya Ichikawa: "The Flexible Bus Systems Using Zigbee as a Communication Medium", the Proceedings of 4th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS'2011), Published in IEEE Xplore, ISSN: 2157-4952, (2011.2)
- [2] Razi Iqbal, Kenichi Yukimatsu: "Intelligent Transportation Systems using Short Range Wireless Technologies," Journal of Transportation Technologies, Vol. 1, No. 4, pp.132-137 (2011.10)
- [3] 市川達也, 高橋将寛, 行松健一, 武田真由美, 斉藤努: 「フレキシブル・バスシステム導入による収益性・利便性の評価」, 2012年度日本オペレーションズ・リサーチ学会 春季研究発表会, (2012.3)

#### 【報道発表リスト】

- [1] “秋田大「オンデマンド型バス」研究 国が2年間資金援助”、秋田魁新報、2010.8.17
- [2] “秋大がバスシステム研究 通信回線で効率運用”、秋田魁新報、2011.10.20

#### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://erbium.ie.akita-u.ac.jp/about.html>