

# 地域公共交通に適応したバスロケーションシステムの開発

遠藤 雅樹<sup>1,2,a)</sup> 品川 達郎<sup>3,b)</sup> 山中 光定<sup>4,c)</sup> 人見 功治郎<sup>4,†1,d)</sup>  
高尾 和志<sup>4,e)</sup> 大野 成義<sup>1,f)</sup> 石川 博<sup>2,g)</sup>

受付日 2013年12月22日, 採録日 2014年4月3日

**概要:** 本論文では, 地方自治体などが運用する小規模な地域公共交通において適応できるバスロケーションシステムの開発について述べる. バスなどの公共交通の利便性向上には, 利用者に対して現在位置や到着時刻などの情報提供を行うロケーションシステムがあげられる. しかし, 一般的にロケーションシステムは初期投資や運用コストが高く, 特に利用者の減少により民間交通事業者が撤退した代替手段として地方自治体により運営される市民バスでの導入は困難である. そこで, 我々は, 地域の足として, 高齢者や旅行者には必要不可欠である地方都市の市民バスへ容易に導入・運用できるバスロケーションシステムを開発し, 平成 23 年度より富山県魚津市において実際に一般公開し運用を行っている. 本論文では, 市民バスロケーションシステムの開発とその活用状況について報告する.

**キーワード:** バスロケーションシステム, 組み込みシステム, Web アプリケーション

## Development of Bus Location System Adapted to Local Public Transport

MASAKI ENDO<sup>1,2,a)</sup> TATSUO SHINAGAWA<sup>3,b)</sup> MITSUSADA YAMANAKA<sup>4,c)</sup> KOJIRO HITOMI<sup>4,†1,d)</sup>  
KAZUSHI TAKAO<sup>4,e)</sup> SHIGEYOSHI OHNO<sup>1,f)</sup> HIROSHI ISHIKAWA<sup>2,g)</sup>

Received: December 22, 2013, Accepted: April 3, 2014

**Abstract:** In this paper, we describe development of bus location system that can be adapted in a small area public transport such as local government to operate. In order to improve the convenience of public transportation such as bus, there is a location system to provide information such as arrival time and current location to users. However, operating costs and initial investment of location systems generally has a high. For this reason, be introduced into public bus, which operates by a local government alternative route that withdrawal of bus company at the user decrease particularly difficult. Therefore, we developed a bus location system that can be deployed and operated easily to public bus, bus is essential for travelers and elderly people as foot of region. This system is made operational to the public from March 2011 in Toyama Prefecture Uozu actually. In this paper, we report on its utilization and development of public bus location system.

**Keywords:** bus location system, embedded systems, Web applications

<sup>1</sup> 職業能力開発総合大学校  
Polytechnic University, Kodaira, Tokyo 187-0035, Japan  
<sup>2</sup> 首都大学東京  
Tokyo Metropolitan University, Hino, Tokyo 191-0065, Japan  
<sup>3</sup> 職業能力開発総合大学校基盤整備センター  
Institute of Research and Development, Polytechnic University, Musashino, Tokyo 180-0006, Japan  
<sup>4</sup> 北陸職業能力開発大学校  
Hokuriku Polytechnic College, Uozu, Toyama 937-0856, Japan  
<sup>†1</sup> 現在, 京都職業能力開発短期大学校  
Presently with Kinki Polytechnic College Kyoto

### 1. はじめに

近年, 日本では世界的にみても際立った少子高齢化社会が進んでいる. 65 歳以上の人口は 3,079 万人を超え, 総人

a) endou@uitech.ac.jp  
b) Shinagawa.Tatsuo@jeed.or.jp  
c) yamanaka@hokuriku-pc.ac.jp  
d) hitomi@kyoto-pc.ac.jp  
e) takao@hokuriku-pc.ac.jp  
f) ohno@uitech.ac.jp  
g) ishikawa-hiroshi@tmu.ac.jp

口に占める高齢化率は24.1%に上昇している [1]。今後も高齢化率は増加すると予測されており、近い将来には自動車を運転できない高齢者が増加すると推察される。

一方で、地方都市では、モータリゼーションの進展や改正道路運送法にともなう規制緩和によって民間バス事業者の不採算路線の休廃止が増加し、公共交通機関の衰退が加速している。そのため、地方都市においては、通勤や買物などの日常生活における交通手段として自動車利用率が非常に高く、自動車を依存した生活スタイルとなっている。よって、現在でも自動車を使わない世帯や高齢者の生活利便性は都市部に比べて著しく低く、今後の高齢化社会をふまえると、公共交通の確保は各地方自治体において深刻な問題となることが懸念されている [2]。このため、多くの地方都市では、少子高齢化が進む中で、市民の足となる公共交通を確保することが市民生活を支える点で重要な課題となっている。

本論文のシステム開発対象とした富山県魚津市においても、市民の足としての公共交通における課題が存在している。市内中心部においては公共交通空白地域が以前から存在していた。また、中山間地域では過疎化が進むなど少子高齢化により人口は減少し、公共交通の利用者自体が減少した。加えて、自動車利用者の増加によって公共交通の利用率はさらに低下し、民間バス路線は、11路線中7路線が休廃止に追い込まれた。そのため、地域住民の足となる公共交通の確保ができなくなっている状況があった [3]。高齢化が急速に進んでいる現状をふまえると、近い将来、地域住民の足の確保ができないため市民生活に支障をきたす可能性があり、公共交通体系の確立が緊急の課題となっていた。そこで、魚津市は、平成12年度より公共交通活性化計画を策定し、魚津市公共交通活性化会議として地域の総力で魚津市民バスによる公共交通の確保に対する取り組みを行った。

本研究では、その取り組みの1つである市民バスの利用率向上のための情報提供・市民の意識啓発に対する施策として、市民バスにおいて適応できるバスロケーションシステムの導入検討および開発を行った。その中でも特に、高齢化が進む地方自治体がかかえる公共交通におけるコミュニティバスに対してバスロケーションシステムを導入し実運用を行う点を重視した。魚津市民バスは、携帯端末などを所持しない高齢者の利用が多く、バスロケーションシステムを導入しただけでは主な利用者である高齢者の利便性の向上につながらない。そこで、高齢者であっても自宅を出発する前などに市役所へ電話をすることでバス位置が分かるなど、現在の利用形態に合わせたシステムを構築した。さらに、高齢者以外の市民や市外からの観光客であっても市民バスが利用しやすいだけでなく、市役所の担当職員がメンテナンス可能なバスロケーションシステムを目指した。本論文では、平成23年度より富山県魚津市におい

て実際に一般公開し、魚津市民バスロケーションシステムとして実運用を行っているシステムの開発とその活用状況について報告する。

## 2. 開発背景と開発目的

本章では、本研究において対象とした市民バスの背景と開発目的について記述する。2.1節に開発背景、2.2節に開発目的を示す。

### 2.1 開発背景

本開発では、市民バスを運行する自治体の1つである富山県魚津市において運行している魚津市民バスへのバスロケーションシステムの導入を目指して開発に取り組んだ。本節では開発背景として、2.1.1項に魚津市民バスの背景、2.1.2項に魚津市民バスの課題を記述する。

#### 2.1.1 魚津市民バスの背景

魚津市民バスは、魚津市内の移動手段と地域活性化を促進するために市内全域をカバーし運行している。駅や市内の主要施設をはじめ市内に200カ所以上のバス停があり、市街地を移動可能な市街地巡回ルート（東回り・西回り）である市街地巡回バスと市内全域への移動が可能となる郊外ルート6路線である郊外地対策型バスの2種類があり、計8路線がほぼ毎日運行されている。

魚津市民バスの実施主体は市が担い、初期投資や事業費の市税による支援を行っている。市街地巡回バスは、受益対象地域が多数となるため民間事業者へ委託している。郊外地対策型バスは、受益対象地域を中心に地域NPO法人を設立し運営している。1路線につき年間約540万円程度の運行費用が必要であり、市は各地域NPO法人に対し、事業費の1/3以上を運賃などの収入により確保することを条件に支援を行っている。魚津市民バスの市担当者は、魚津市商工観光課の職員が他業務と兼務で担当している。バス運転手は、市街地巡回バスでは委託された民間事業者、郊外地対策型バスでは各地域のNPO法人がそれぞれ人材を確保している。

バス利用者の多くは魚津市在住の高齢者であり、主に買物や通院など日常生活の足として利用されている。また、朝・夕の時間帯には通勤・通学者による利用や観光シーズンには観光客の足としての活用もある。

#### 2.1.2 魚津市民バスの課題

魚津市民バスは、バス利用者へバスの位置情報などを伝達する手段がないため市民バスの利便性が低いとの結果が、魚津市の調査において得られた。この主な原因として、バス利用者がバスの通過情報を確認できないなど、バスの運行状況を把握できない点であることが判明した。現在の魚津市民バスの主な利用者は高齢者であり、その多くの利用者は携帯電話などの外出時の通信手段を持たない。そのためバス利用者は、自宅を出る前に市役所に電話をし、バス

の運行状況を確認してから外出することが多い。携帯電話を持つバス利用者であれば、出先のバス停などから問い合わせることもできるが、市役所職員は、これらの電話での問合せに対し、バス運転手へ電話連絡をしてバスの運行状況やバスの所在を確認し、利用者に伝える手段をとっていた。しかし、当然ながらバス運転手は、運転中であれば市役所からの電話対応は行えないため市役所からは実際の運行状況を把握できない場合が多かった。

よって、利用者への情報提供は非常に効率が悪く時間のかかる作業であり、遅延時にはさらにバス利用者にストレスを加える要因にもなっていた。また、市役所へ問い合わせても正確なバスの運行情報が分からず十分な対応が得られないため、バス停で待つ利用者は、バスの通過情報が分からないまま真冬の降雪など悪天候の中で通過したバスを待ち続けることがあった。これらのことから、バス利用者にとっても待つ際に非常に不便な状況であることが課題となっていた。

## 2.2 開発目的

我々は、2.1.2 項に記述した市民バスの課題の解決手段として、魚津市民バスに導入・運用可能なバスロケーションシステムの開発に取り組むこととした。2.2.1 項に開発の目的、2.2.2 項に開発の要求項目、2.2.3 項にシステムの導入・運用条件を記述する。

### 2.2.1 本開発の目的

我々は、市民バスの課題を解決するためにバスロケーションシステムを用いた運行情報の提供を行う 2 つの手法について検討を行った。

まず、一般のバス事業者が導入するバスロケーションシステムを利用する手法である。このバスロケーションシステムは、運行管理システムに加え路線バスの時刻表編成システムや配車管理システムも組み合わせられた高機能なシステムである。実際に運用されている様々なシステムがすでに存在しており、多くの民間バス事業者や地域のコミュニティバスにおいても導入に向けた取り組みが行われている。しかし、このバスロケーションシステムは、初期費用や運用コストが高く導入が見送られる場合や導入後の運用コストが捻出できず運用を停止する事例が多く報告されている。そのため導入率も低く、2004 年 8 月の調べでは、約 80 社で導入されているが、それはバス事業者全体の約 16% でしかないとの調査結果もある [4]。

魚津市民バスでも、人件費や車両管理費を考えると、民間バス事業者への導入率も低い高コストなバスロケーションシステムは、コスト面で導入が困難であると判断した。これは、全国に数多くある魚津市民バスと同程度の規模やサービス水準のバス事業に共通することであり、大規模バス事業者などで利用される高機能なバスロケーションシステムは小規模なバス事業には適応できないことを示す。

次に、スマートフォンを利用したバスロケーションシステムを利用する手法である。近年、スマートフォンの普及にともない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活用も増加しており、様々な手法が提案されている。例として、伊藤ら [14] は、鳥取県内のバス事業を対象としたスマートフォンを用いたバスロケーションシステムの実運用を行っている。このシステムは、鳥取県内の産学官が連携し開発を行っており、一般的なバスロケーションシステムと比較し低コストに導入可能、かつ非常に高機能なシステムとなっている。

魚津市民バスにおいて同等のシステムを構築するには、高額な開発コストが発生する。また、高機能なシステムであるため魚津市が自前で運用することが難しい場合には、高額な運用コストを捻出する必要がある。さらに、運転手による系統番号入力などの操作が必要なことからバス事業者の協力はもちろん、運転手の教育も必要となる。しかし、現状でも人材確保が難しく、通常の運用体制を整えることにも苦慮している魚津市民バスのバス運転手に対して、スマートフォンの操作など運転業務以外の負担を増加させることは困難である。よって、スマートフォンを利用した高機能なバスロケーションシステムも運用面から導入は困難であると判断した。これは、鳥取県の事例のように産学官が連携しバスロケーションシステムの開発・運用のコストを捻出可能な体制が整った地域であれば活用可能であるが、魚津市のような財政面や人材面など運用側の要因からスマートフォンを利用したシステムであっても適応できない場合がある。

そこで、我々は、魚津市民バスに適応可能なバスロケーションシステムについて検討し開発に取り組むこととした。本システムは、魚津市民バスに求められている最低限の機能のみで構成し、魚津市が自前で運用可能なシステムの開発を目的とした。我々が開発したシステムは、富山県魚津市において平成 24 年度から実運用を行っている。本論文では魚津市民バスに適応したバスロケーションシステムの成果を記述するとともに地域公共交通に適応したバスロケーションシステムの可能性について示す。

### 2.2.2 開発の要求項目

我々は、魚津市民バスの運用側の導入および運用の容易性と高齢者を中心とした IT 弱者を含むバス利用者にとっての利便性を備えたバスロケーションシステムに求められている項目について魚津市との調整を行った。ここで、バスロケーションシステムを導入・運用する運用者は、魚津市の市役所職員と市民バスを実際に運転するバス運転手である。また、バス利用者は、高齢者などの情報端末を利用できない情報弱者を含むバスを利用する市民や観光客である。本開発では、バス事業者およびバス利用者が、情報端末の利用・操作に長けているわけではないことを前提に、運用者は最低限の Web 操作技術、利用者は電話利用がで



できれば利用可能なバスロケーションシステムとした。

以下に開発を進める際に要求された項目を示す。

- 対象とする市民バスは現在 8 路線で各路線にバス 1 台である。
- 高度な運行管理ではなく、バスの現在位置を取得できることを目標とする。
- 運用者である市担当者は入れ替わりもあり、全員が高度な情報技術者ではない。
- 運用コストを外部委託する予算は捻出できない。
- 運用者が自前で運用可能なシステムとする。
- バス運転手は高齢者が多く端末操作が不要なものとする。
- バス車内に設置可能な端末とし、設置が運用側で行えるものとする。
- 情報弱者であるバス利用者に対し運用側で電話対応可能な窓口を用意する。
- 携帯電話・スマートフォンを利用可能なバス利用者には Web によるバス位置などの情報公開を行う。

### 2.2.3 システムの導入・運用条件

本システムは、2.2.2 項に示した魚津市からの要求に対応した開発を実施した。開発を進めるにあたり、魚津市民バスに適応時に本システムの導入・運用に必要な条件を記述する。なお、本システムの概要については 3 章、本システムの導入・運用コストに関しては 4 章に詳細を記述する。

以下にシステム導入・運用に必要な条件を示す。

- 運用地域に 3G 回線網が設置されている。
- バスにシガーソケット電源と車載器の設置場所が確保できる。
- バスの位置を確認できる最低限の機能での運用で支障がない。
- 本システムの導入費用が捻出できる。
- 車載器の設置台数により増加するデータ通信費を捻出可能である。
- バスロケーションシステムの運用を行うサーバを確保および維持費を捻出可能である。
- 運用側に Web 上でのシステム管理が可能な人材を確保できる。
- 運用側に車載器をバスに設置できる人材を確保できる。
- 利用者に対して電話での問合せ窓口を設置する場合は、連絡先の周知と対応する人材を確保できる。

現時点の魚津市民バスの運用台数は、8 台であることから利用可能な台数は予備車両分を含め 10 台としたが、システム上で台数を増やすことは可能である。また、富山県魚津市の市民バスをターゲットに本システムを開発し実運用を行っているが、魚津市民バスと同等の条件を満たすことで他の地方自治体やバス事業者においても導入・運用が容易なバスロケーションシステムとした。魚津市における市

民バスの状況は、他地域においてコミュニティバスを運営する多くの地域公共交通にもあてはまる。よって、バスロケーションシステムの有用性は理解しながら、コスト面から導入できないバス事業者が多いと考えられ、その対策の一助となる可能性もある。前述の導入・運用に必要な条件を他の自治体やバス事業者が満たすことは比較的容易である。したがって、本システムを導入可能なバス事業者は多数存在すると考えられる。

## 3. バスロケーションシステムの概要

本章では、本研究において開発したバスロケーションシステムの概要について記述する。3.1 節にシステム概要、3.2 節に車載器概要、3.3 節に Web サイト概要について示す。

### 3.1 システム概要

図 1 にバスロケーションシステムの概要を示す。システムは大きく分け、市民バスに設置した車載器システムとサーバ上の Web サービスシステムで構成されている。車載器は、市民バスに 1 台ずつ設置する。GPS 衛星からの位置・時刻情報を GPS レシーバで受信し、マイコンボードで送信データに加工し、データ通信端末を用い、バス識別データとともに Web サービスシステムに送信する。また、電源は、バス車内のシガーソケットから電源ケーブルによって取得し、電源変換ボードによりマイコンメインボードと GPS レシーバに供給する。Web サービスシステムは、パソコンサイト、スマートフォンサイト、携帯電話サイトがあり、車載器からのデータを基に Web サイトを更新する。パソコンサイト・スマートフォンサイトは、地図上にバスのアイコンを表示し、バスの現在位置を確認できる。また、携帯電話サイトは、現在向かっているバス停を中心に前後のバス停情報をテキスト表示し、位置を確認できる。各サイトの位置情報は自動で更新され、リアルタイ

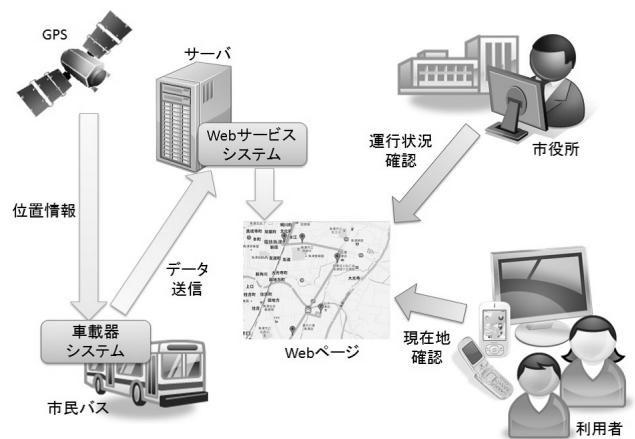


図 1 システム概要

Fig. 1 System summary.

ムでバスの位置を確認可能となっている。さらにメンテナンスサイトから時刻表・路線情報などを修正可能である。

### 3.2 車載器概要

図2に車載器構成図を示す。電源変換ボードで、バスのバッテリー電源24Vをマイコンメインボード用電源5VとGPSレシーバ用電源12Vに変換し供給している。バス番号変更ボードでは、バス識別番号を設定し、バスを識別可能とする。GPS衛星からの位置・時刻情報をGPSレシーバで受信し、バス識別番号とともにデータ通信端末から1秒間隔でサーバにデータを送信する機能がある。

#### 3.2.1 実際の車載器

図3に車載器(ケース内部)を示す。車載器は、縦320×横200×厚さ70(mm)のケースに収納され各バスに設置されている。バスの車内にシガーソケットがあり、ケースの設置場所さえ確保できれば取り付け可能である。図4に示すように、車内に固定し利用している。

車載器は、平成24年度の改良によりGPSレシーバ電源と電源変換ボードの一体化によるコスト削減を図った。また、バッテリー電源12Vに対応し、普通自動車のバッテリーにも対応した。さらに、ケースも縦250×横170×厚さ70

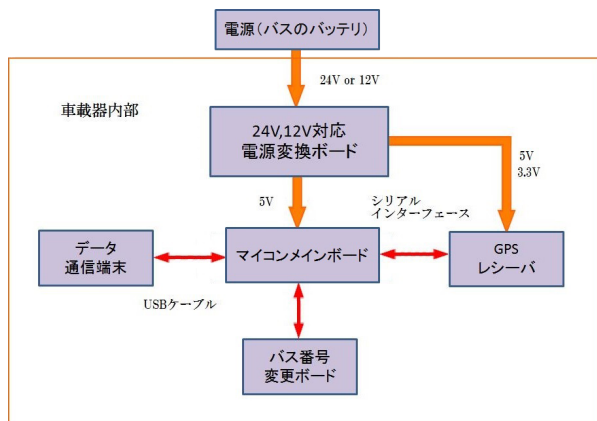


図2 車載器構成図

Fig. 2 Block diagram of vehicle-mounted device.

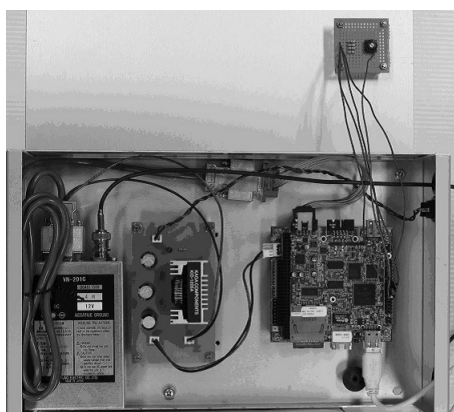


図3 車載器(ケース内部)

Fig. 3 Vehicle-mounted device (inside the case).

(mm)と小型化を図った。これにより、ポータブル性能が強化され、車両トラブル時に代替車両へ持ち運べるため、車体の変更などに柔軟に対応することが可能となった。

データ通信端末もLTE/3G回線対応の機種での運用も可能となり、選択可能なデータ通信端末の機種が増加した。また、現在利用しているデータ通信端末はグローバルIPアドレスであるため、車載器への遠隔アクセス機能を追加した。これにより、ソフトウェアのメンテナンスについては遠隔操作が可能となり、メンテナンス性が向上した。しかし、システムに導入するデータ通信端末の通信回線事業者によってはプライベートIPアドレスが割り当てられる。この場合には一般に遠隔アクセスができない。そこで、端末への遠隔アクセスを実現するには、VPNを利用する方法やNAT越え技術を利用する手法がある[5],[6]。本開発の車載器は、プライベートIPアドレスを割り当てられたデータ通信端末の場合は遠隔アクセスには対応していない。遠隔アクセス機能を利用する際は、データ通信端末の選択に制限が生じる。

現在行われている平成25年度の改良により、電源変換ボードとバス番号変更ボードを組み合わせて小型化を図っている。このため、ケースが縦200×横160×厚さ50(mm)とさらに小型化が進む予定である。

#### 3.2.2 車載器の動作

車載器は、車載器の電源を車両のシガーソケットに接続することで動作可能となる。車両のエンジンの起動・停止に連動し車載器の起動・停止も行われる。

車載器の動作は、エンジンスタートにより車載器が起動し、GPSモジュールが動作する。安定動作までに数分を要するが、時刻・緯度・経度情報の取得が開始されるとマイコンメインボードへの送信が始まる。マイコンメインボードでは、GPSモジュールからのデータを送信書式に変換し、サーバへの送信プログラムによりデータ送信を開始する。GPS衛星の補足エラーによる誤データや運行時間外のデータが送信された場合には、サーバ側で判断し処理を



図4 車載器設置例

Fig. 4 Installation example of vehicle-mounted device.

行っている。また、データ通信端末の接続が切れた際には、マイコンメインボードにより自動再起動を行う。

ここで、位置情報と同時に 3.2.1 項のバス番号変更ボードにより設定されたバス番号も送信している。送信された位置情報とバス識別番号により 3.3 節に記述する Web サイトにおいて、時刻表データとバス停通過時刻から現在の運行が第何便のバスかを自動判断している。

現在運用を行っている魚津市民バスにおいては、計 8 路線のうち、民間バス事業者が 2 路線、その他 6 路線を各路線地域の NPO 法人が運行しており、バス運転手もそれぞれで人材を確保している。高齢者の方が運転手となる場合が多いため、運転手にバスロケーションシステムや車載器の操作をする負担が不要となる仕様とした。

バス番号をあらかじめ設定した車載器を市役所職員がバスに設置することで、エンジンの ON/OFF によって自動でバス位置の送信/停止を行うため、運転手はバスロケーションシステムを意識せず、バスを運転することのみに注力することができる。また、車両故障時には代替車両へ車載器を付け替えることで継続してバス位置を送信可能である。別路線で運行をする際にはバス番号変更ボードによりバス番号を切り替える必要がある。しかし、魚津市の運用では、各路線を走るバスは単一車両であるためバス番号の切替え操作は通常作業としては不要となる。

よって、本研究で開発した車載器は、運転手への負担はなくシステムの起動忘れなどの人的なトラブルはいっさいない。また、車載器は車両番号設定スイッチにより設定したバス番号によって決められるバス識別番号とバスの位置情報を送信する機能に特化させることで車両変更や路線変更にも柔軟に対応可能である。しかし、出発便ごとに運行系統が変わる場合には現在のシステムでは運転手へのバス番号の切替え作業の負担が生じる。また、同一路線に複数のバスが同時に運行する場合には、システムとしては対応しているが現段階での実運用実績はない。

### 3.3 Web サイト概要

Web サイトは、車載器から送信されサーバに保存されたデータを基にユーザ（ブラウザ）からの要求に対してバスの現在位置をリアルタイムで表示する機能がある。バスから送信されたバス識別データと位置情報は、サーバに送られバスの現在地として記録される。サーバでは、バスからの位置情報とバス停の位置情報を基にバス停の通過情報を更新する。登録されたバス停の位置を中心に ±15m の範囲にバスの位置情報が入った時点をバス停通過時刻として処理している。実際の通過時刻とのずれは実験により実運用には支障がないことを確認している。この処理により、個々のバス停に機器を導入することなくバスの位置情報に加えバス停通過情報を取得することが可能である。さらには、Web サイトにおいてバス停の追加・変更が可能である

ため、魚津市民バスの半期ごとの路線変更や時刻表変更にも柔軟に対応可能となっている。

本システムのサーバはデータベースサーバ、Web サーバで構成され、PHP によるサーバサイドスクリプトにより動作している。データベースには、時刻表・バス停・ルートに関するテーブルなどがあり、システム運用者はブラウザを利用して各テーブルの編集を行う。そのため、システム全体の構造を意識せずに時刻表・バス停・ルートなどの編集を行うだけでシステムをメンテナンス可能である。また、車載器から送信されるバス位置情報も自動的にバス位置保存用のテーブルに格納しているため、システム運用者が意識する必要はない。また、バス位置などを確認するクライアントサイドは、JavaScript の非同期通信を利用し Google マップ\*1 上にバス位置やバス停、ルートを表示している。

#### 3.3.1 情報提供

Web サイトの情報提供画面には、パソコンサイト・スマートフォンサイト・携帯電話サイトがある。

図 5、図 6 にパソコンサイトの例を示す。スマートフォンサイトは、パソコンサイトをスマートフォンの画面サイズに調整したものでありパソコンサイトと同等である。図 5 は、ルート全体が確認でき、魚津市に土地勘がない場合であっても行き先と路線を視覚的に判断可能である。図 6 は、バスを中心として拡大表示することが可能な画面である。バスやバス停の詳細な位置を確認する際に利用できる。全体表示および付近表示は、Google マップを利用しており、ブラウザで 7 秒おきに自動更新可能である。この間隔は、実際に利用する際に画面更新の頻度が多いため視認性の悪さと、更新間隔が遅すぎてバスの通過を確認できない場合のバランスをとり調整した間隔である。

図 7 に携帯電話サイトの例を示す。携帯電話サイトはテキスト表示を行う仕様としている。表示した路線の通過済みバス停名 3 つ、現在向かっているバス停名、その後通過するバス停名 3 つを表示している。通過済みバス停には、実際に通過した時刻を表示しており、時刻表ではなく実際に運行している時刻から利用者がバス停への到着時刻を予想できる仕様となっている。

さらに、実運用に際して各バス停の案内板には、魚津市役所のバス窓口への電話番号が記載されている。また、市の広報資料として各家庭に配布されている市民バスのパンフレットにもバス窓口の電話番号が記載されている。これは、高齢者など自分でパソコンなどの操作をして情報提供画面を確認できない利用者が市役所のバス窓口で電話をかけて確認できるようにするための仕様である。この問合せに対応する市の担当者は、パソコンなどを利用しバス情報を確認し電話対応している。

よって、本システムは、多機能かつ高性能なシステムを

\*1 <https://maps.google.co.jp/>





図 5 パソコンサイト (全体表示)  
Fig. 5 PC site (Display of entire).



図 6 パソコンサイト (付近表示)  
Fig. 6 PC site (Display of near).

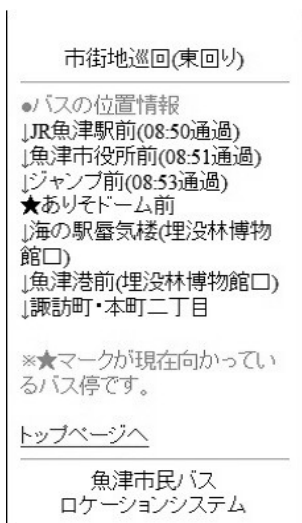


図 7 携帯電話サイト  
Fig. 7 Mobile phone site.

情報技術に長けた利用者が利用するのではなく、一般の利用者や情報弱者であってもバス情報の提供を受けられるシステムとして実運用可能なシステムである。高齢化や情報格差が生じている中で誰に対しても同等の情報提供を可能としているバスロケーションシステムは、同様の問題をかかえる全国の地方自治体に展開することも考えられる。

### 3.3.2 メンテナンス

次に、メンテナンスサイトについて記述する。一般的にメンテナンスを行う際は、システム導入を行った事業所や運用管理を行う事業所など専門家が行う場合が多い。そのためバスロケーションシステムの運用管理費も継続運用においては大きな負担となる可能性が高い。これは、一般的に路線バスなどの公共交通は、時刻表やバス停、ルートなどが定期的に変更されることや、バスの故障などの突発的な運休などが発生する可能性があるためである。

本開発の対象とした魚津市の場合、半期ごとに路線の

変更したい箇所を書きかえてください。(数字・アルファベット等は半角で入力してください)  
 変更が終わったら「決定」を、データを元に戻すときは「リセット」を押してください。

【市街地巡回(東回り)】 ルート 運行日: 毎日

停留所名 #cd5c5c	1	2	3	4	5	6	7	8
	第1便	第2便	第3便	第4便	第5便	第6便	第7便	第8便
JR魚津駅前	08:50	09:50	10:50	11:50	12:50	13:50	14:50	15:50
魚津市役所前	08:51	09:51	10:51	11:51	12:51	13:51	14:51	15:51
ジャンプ前	08:53	09:53	10:53	11:53	12:53	13:53	14:53	15:53
ありもどム前	08:54	09:54	10:54	11:54	12:54	13:54	14:54	15:54
海の駅気楼(埋没林博物館口)	08:56	09:56	10:56	11:56	12:56	13:56	14:56	15:56
魚津港前(埋没林博物館口)	08:58	09:58	10:58	11:58	12:58	13:58	14:58	15:58
諏訪町・本町二丁目	08:59	09:59	10:59	11:59	12:59	13:59	14:59	15:59
中央・イベントホール前	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00

図 8 時刻表メンテナンスサイト

Fig. 8 Maintenance site of timetable.



図 9 バス停メンテナンスサイト

Fig. 9 Maintenance site of bus stop.

見直しを行いルートや時刻表、バス停位置の変更を行っている。そのため、本システムも、定期的な変更や突発的な情報伝達が可能なメンテナンスサイトを用意し、市担当者がシステムメンテナンスを行うことができる機能を付加することで継続的なシステム運用を可能とした。

図 8 に時刻表メンテナンスサイト、図 9 にバス停メンテナンスサイト、図 10 にバス路線メンテナンスサイトの例を示す。時刻表メンテナンスサイトでは、時刻表の時刻変更、便の追加・削除を行うことが可能である。バス停メンテナンスサイトでは、バス停の新規追加・更新・削除を行うことができる。市民の要望により変化するバス停の変更に柔軟に対応できる。バス路線メンテナンスサイトでは、各路線のルート変更を行うことが可能である。バス停同様に定期的な見直しが発生するため変更に応じてルートを修正できる。

また、図 11 にシステム利用者へのメッセージを表示するトップページメンテナンスサイトを示す。利用者へのイベントによるルート変更や交通渋滞予測などの事前連絡や

車両故障や道路状況による大幅な遅延などの緊急時のメッセージを編集可能であり、運行情報に関する情報提供メッセージをパソコンサイトに表示することができる。

本システムには、大規模なバスロケーションシステムの持つ時刻表編成システムや配車管理システムなどの高度な機能はないが、市の担当者がメンテナンスサイトを利用し、時刻表、バス停、ルートおよびお知らせ情報を直接操作し運用できるため導入後の運用管理費が必要ないことも大きな特徴である。

### 3.4 拡張機能

本システムは、平成 23 年度に前節までに記述した機能を利用して、市街地巡回ルートの東回りと西回りの 2 路線で平成 24 年 3 月より実運用を開始した。

その後、平成 24 年度の開発では、魚津市民バスでの特殊な運行に対応可能なシステムとして機能拡張を行った。ここで、特殊な運行とは、上りと下りでルートが異なる路線や一部の区間をスクールバスとして運用する路線、便やバ





図 10 バス路線メンテナンスサイト  
Fig. 10 Maintenance site of bus routes.

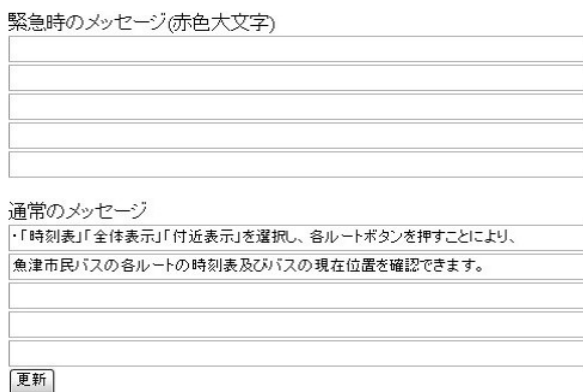


図 11 トップページメンテナンスサイト  
Fig. 11 Maintenance site of top page.

ス停によって事前予約が必要となるデマンド運行を指す。また、トップページメンテナンスサイトの情報提供機能についての改良も行った。これらの機能について、本節において記述する。

### 3.4.1 上下線で異なるルートへの対応

魚津市の中心部と郊外を結ぶ郊外ルートには、上りと下りでルートが異なる路線がある。このため市街地巡回ルートのように同一ルートの運行に対応したシステムでは郊外ルートに適用できないという問題が生じた。そこで、同一路線であってもルートの複数登録と時刻表の便番号を対応付けて管理する機能を追加した。

この追加機能によって上りのルートと下りのルートを変更することが可能となった。また、必要に応じてさらに複数のルートを用意することもでき、あらかじめ決まっているイベントや工事などで変更されるルートを事前準備し対応することも可能となった。

図 12 に同一路線での異ルートへの対応例を示す。左が郊外路線である天神ルート下りの第 3 便、右が天神ルート上りの第 12 便のパソコンサイトの画面である。バス停番号が同一地点であっても左右で異なることと、左右のマップによってバス停の表示位置が異なることが確認できる。

### 3.4.2 スクールバス運行時の対応

魚津市民バスでは、時間帯によってスクールバスとして運行を行う路線が存在する。そこで、時刻表の時間帯によってスクールバス運行の時間帯を設定可能とする機能を追加した。

図 13 にスクールバス運行時のパソコンサイトの例を示す。スクールバス運行時は、サイト上にスクールバスとして運行中であることを知らせるメッセージ表示とともに、バスのアイコンを変更する。この機能追加により、時間帯によって運行形態が異なる場合の時刻表の設定と表示変更を可能とした。

### 3.4.3 デマンド運行時の対応

魚津市民バスの郊外ルートでは、時間帯やバス停によって前日までの電話予約が必要なデマンド運行を行う路線が存在する。そこで、市の担当者が電話受付をした際に、本システムのデマンド予約画面から便とバス停の入力を行うことでデマンド運行に対応した。

図 14 にデマンド運行時のパソコンサイトの例を示す。デマンドバス運行時は、サイト上にデマンドバス運行時であることを知らせるメッセージを表示する。利用者は事前予約した時刻にバス停で待つことでバスを利用可能である。

しかし、現在のシステムでは、市の担当者の予約入力作業は自動化されていないため事前予約の件数が多い場合には担当者の作業量が増えるという問題がある。また、バス



図 12 同一路線での異ルートへの対応  
 Fig. 12 Corresponding to a different route on same route.



図 13 スクールバス運行時の対応

Fig. 13 Correspondence by the school bus at scheduled times.



図 14 デマンド運行時の対応

Fig. 14 Corresponding demand at scheduled times.

運転手への予約状況の連絡も担当者レベルの電話連絡などで行っており、予約状況を自動で通知する機能は備えていない。

### 3.4.4 トップページメンテナンスサイトの改良

平成 23 年度に開発したトップページメンテナンスサイ

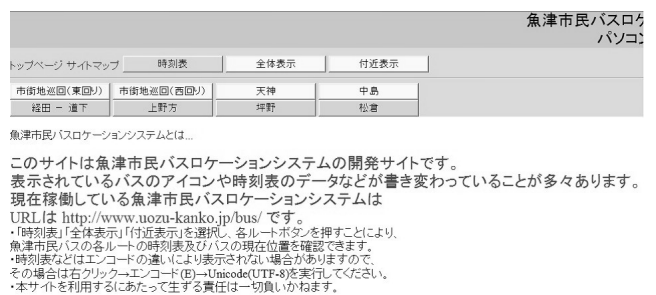


図 15 運行情報の表示 (パソコンサイト)  
 Fig. 15 Display of operation information (PC site).

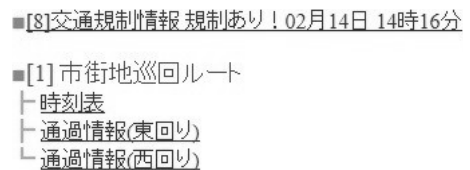


図 16 運行情報の表示 (携帯電話サイト)  
 Fig. 16 Display of operation information (Mobile phone site).

トでは、利用者へのイベントによるルート変更や交通渋滞予測などの事前連絡や車両故障や道路状況による大幅な遅延などの緊急時の運行情報に関する情報提供をパソコンサイトで行う。しかし、テキストサイズやフォントサイズ、文字色の変更などが行えなかった。そこで、交通規制情報のテキストサイズやフォントサイズ、文字色の変更の選択肢を増やすことで発信する情報に応じた表示を可能とした。また、パソコンサイトだけでなく、スマートフォンサイトと携帯電話サイトでも運行情報を表示可能とした。

図 15 にパソコンサイトでの運行情報の表示例を示す。フォントサイズや色を変更しトップページに運行情報を表示可能とした。図 16 に携帯電話サイトでの運行情報表示例を示す。携帯電話サイトでは、交通規制情報の表示を行いリンク先に詳細情報を表示することとした。

### 3.4.5 拡張機能追加後

本システムでは、運行中のバス位置を公開する機能と時刻表・バス停・ルートのメンテナンスを行う簡易なバスロケーションシステムに加え、平成 24 年度に拡張機能の開発を行い、魚津市における特殊な運行に対応する機能を追

表 1 導入コスト  
Table 1 Deployment costs.

システム	一般業務用無線			スマートフォン			本システム		
	5台	10台	20台	5台	10台	20台	5台	10台	20台
導入台数	5台	10台	20台	5台	10台	20台	5台	10台	20台
免許	必要			不要			不要		
基地局	数百万円			不要			不要		
車載器/台	数十万円			約2万円~			約4万円		
合計 [円]	数百万~	数百万~	数千万~	約10万~	約20万~	約40万~	約20万	約40万	約80万
評価	×			◎			○		

加した。

この拡張機能を追加し、平成 25 年 3 月から郊外路線の天神ルートと中島ルートの 2 路線を追加し 4 路線での実運用を開始した。現在行われている平成 25 年度の開発では、さらに郊外ルートである上野方ルートと経田-道下ルートの 2 路線の追加を行う予定である。

#### 4. システムの運用と評価

本章では、これまでのシステム運用の実績と評価について記述する。

##### 4.1 運用実績

本研究は、魚津市との共同研究として平成 23 年度に開始し、平成 24 年 3 月に魚津市観光協会\*2のサイトで市街地巡回ルート（東回り・西回り）の 2 路線のバスロケーションシステムとして実運用が開始された [7]。平成 24 年度には新たに郊外ルート（中島ルート・天神ルート）の 2 路線に対応し車載器の小型化などの改良を行った [8]。平成 25 年 12 月現在で魚津市民バスの 4 路線で実運用中である。

##### 4.2 コスト面

本節では、導入コスト・運用コスト・保守性・拡張性の面から評価を行った。比較対象としたシステムは、民間バス事業者を導入されている一般業務用無線を用いた場合と近年導入事例が増加しているスマートフォンを用いたバスロケーションシステム [9], [10] とした。なお、一般業務用無線を用いたバスロケーションシステムは、実運用しているバス事業者からは情報を得られなかったため、一般業務用無線を用いているタクシー会社からの聞き取り調査を基にバスロケーションシステムとして運用した場合の必要経費を計算した。

###### 4.2.1 導入コスト

本システムで開発した車載器は、平成 23 年度に開発した 2 台の製作に 272,160 円の費用がかかった。基板の改良などを実施した平成 24 年度の改良により 2 台の製作に 105,000 円の費用となった。また、車載器に接続するデータ通信端末も導入コストとして必要となるが、本システム

で導入した端末料金は月額運用コストに組み込まれているためここでは除外した。

ここで、表 1 に導入コストについて一般業務用無線を用いたシステムとスマートフォンを利用したシステムの場合、それぞれ導入台数を 5 台、10 台、20 台として比較を行った結果を示す。設定した台数は、平成 26 年 4 月現在で魚津市において実運用を行っている 5 台、魚津市での運用の最大数 10 台（8 路線+予備 2 台を想定）、さらに多くの台数を想定した 20 台とした。表には記載していないが、システムの導入用のサーバが別途必要となるため自前でサーバを用意できない場合には、数千円からのレンタルサーバの契約料が別途必要となる。また、一般業務用無線を用いたバスロケーションシステムの場合には、収集した情報を一般業務用無線網からインターネット回線網を經由して利用者に公開するシステムが必要となるためさらに導入コストがかかることとなる。

スマートフォンや本システムは、免許や基地局が必要となる一般業務用無線と比較すると安価となる。ただし、表に示した 20 台を超えてさらに多くの台数を必要とする中規模以上のバス事業において導入する場合には、一般業務用無線による導入が最も安価となる場合がある。スマートフォンと本システムの比較では、安価なスマートフォンを採用したシステムと比べ本システムの車載器は高額となる。よって、導入コスト面から検討するとスマートフォンが優位となる。

しかし、本システムに利用している組込みマイコンは近年低コスト化・高性能化が進んでおり、本システムのマイコンボードより安価で高性能なボードが市場に普及している。現時点では実験段階だが、安価なボードを採用した車載器の開発も行っている。よって、今後は車載器もスマートフォンと同等以上の導入コストに抑えられる可能性も期待できる。

###### 4.2.2 運用コスト

本システムでは運用コストとしてレンタルサーバの月額費用とデータ通信端末の月額費用が必要となる。現在運用中のシステムでは、レンタルサーバ代の月額が約 5,000 円、データ通信端末の月額が約 5,000 円となっている。データ通信端末は、各路線に 1 台ずつ車載器が設置されているた

\*2 <http://www.uozu-kanko.jp/>



表 2 運用コスト  
Table 2 Operating costs.

システム	一般業務用無線			スマートフォン			本システム		
	5台	10台	20台	5台	10台	20台	5台	10台	20台
導入台数	5台	10台	20台	5台	10台	20台	5台	10台	20台
通信費/台	不要			980円～			5,000円		
サーバ料金	数千円～			数千円～			5,000円		
月額 [円]	数千～			約1万～	約1万5千～	約2万5千～	約3万	約5万5千	約10万5千
評価	◎			○			△		

め4台分の費用が必要である。平成23年度のデータ通信費用は、平成24年3月からの市街地巡回ルート2路線では月額約10,000円となった。平成24年度のデータ通信費用は、市街地巡回ルート2路線と平成25年3月からの郊外ルート2路線の追加分の4路線で割引の適用により月額約19,000円となった。よって現段階では、本システムにおける運用コストは、月額約25,000円が必要となる。

ここで、表2に運用コストについて一般業務用無線を用いたシステムとスマートフォンを利用したシステムの場合、それぞれ導入台数を5台、10台、20台として比較を行った結果を示す。設定台数については、表1と同様である。運用コストは、導入コストがかかるもののデータ通信費が不要な一般業務用無線が最も安価となる。スマートフォンと本システムは、導入台数に応じてデータ通信費が増加するためバスの台数によって運用コストが増減する。スマートフォンと本システムを比較すると、本システムではMVNOなど月額費用が安価なプランを利用していないためスマートフォンの安価なタイプと比較すると高額となる。よって、運用コスト面で優位な順序は、一般業務用無線、スマートフォン、本システムとなる。

本システムでは、現在は主に、NTTドコモ社製USBデータカードL-03D<sup>\*3</sup>を利用している。端末を選定する際は、バスが運行する市街地から郊外、中山間部における電波のカバー率を携帯電話事業者大手3社と比較し、最もカバー率が高かったNTTドコモを選択した。また、バス運転手の操作を不要とするためデータ通信専用の機種とし、Linuxでの利用実績のあるL-03Dを選択した。さらに、魚津市が回線契約可能で端末の破損時などの対応を行える点を重視して選定した。運用形態によっては、MVNO事業者など別の回線を利用することで運用コスト削減方法も検討可能である。しかし、本システムでは市の担当者みでの運用を想定したため、MVNO通信特有のアンテナピクトやバッテリー消費に関する問題に対応可能な人材確保などの運用面の負荷を軽減し実運用を行っている。そのため、運用時に対応可能な技術者の確保を前提にスマートフォンと同等の運用コストに抑えることは可能となる。

4.2.3 保守性

本システムにおける車載器本体は、平成24年3月の実

表 3 保守性

Table 3 Serviceability.

システム	一般業務用無線	スマートフォン		本システム
		単純	複雑	
入手性	◎	△		○
サーバ	△	◎	○	◎
保守費	×	○	△	○
評価	×	○	△	○

運用からシガーソケットと車載器本体を接続する電源ケーブルの断線による破損以外の故障はない。今後経年劣化による故障などについてはデータ収集を続けている。本体に故障が生じた場合も、マイコンメインボードと電源・GPS基板が個別に取替え可能なため、部品交換により自前で修理可能な点は、本開発による車載器の大きな利点である。

ここで、表3に保守性について一般業務用無線を用いたシステムとスマートフォンを利用したシステムとの比較結果を示す。なお、表中のスマートフォンの項目列「単純」は、構築したシステムが本システムと同等にバス位置を送信するだけの機能に限定し自前で保守管理できると想定した場合、項目列「複雑」は大規模なシステムに組み込まれている高度な運行管理システムや配車管理システムを含むなど自前で保守管理できないと想定した場合を示す。

同機種の入手性の面からは、無線機の商品として無線通信会社から供給されている一般業務用無線が最も優れていると考えられる。ただし、無線機の保守メンテナンスは自前では実施できないため運用管理費が発生する。また、一般業務用無線網とインターネット回線網のネットワークに精通した技術者が必要であり、サーバの保守作業はスマートフォンや本システムと比較して高度な技術が必要となる。そのため、サーバ運用を自前でできない場合もあり、スマートフォンや本システムに比べ保守性が低下し運用管理費の増加につながる。

スマートフォンは、長期的に同機種の入手は困難であり機種にあわせた調整作業が必要となるため、自前での管理が難しくなる可能性もある。また、高機能で複合的なシステムであるほどシステムメンテナンスが難しくなるため、システム構成が複雑な場合はサーバの保守管理を外部委託に頼る必要がある自前でのサーバの保守性が低下し保守費が上がる。一方で、本システムと同等に機能を単純化する

\*3 <https://www.nttdocomo.co.jp/product/data/l03d/>

ことでサーバの保守性は本システムと同等になる。

本システムは、一般業務用無線と比較すると同機種の入手は難しいものの、スマートフォンと比較すると長期的に入手可能なマイコンボードやセンサ類を使用しているため同機種の入手性は良くなると考えられる。また、データ通信端末に依存したシステムではないため、データ通信端末の機種変更による影響を受けない。保守管理費は、機能を単純化し自前でのサーバ運用を可能としたことで、バス事業の大幅な見直しによる運用形態の変更がない限りは必要ない。

よって、同機種の車載器入手性の面から、一般業務用無線、本システム、スマートフォンとなると考えられる。しかし、サーバの保守を含めた保守管理費は外部依存度が低いほど安価になることから、スマートフォンのシステム構成が単純な場合には安価な順に、本システムとスマートフォンが並び、一般業務用無線となる。システム構成が複雑なスマートフォンのシステムと比較する場合には、本システム、スマートフォン、一般業務用無線となる。

4.2.4 拡張性

バスロケーションシステムの機能拡張には、車載器のハードウェア、ソフトウェアおよびサーバ側の拡張がある。ここで、表 4 に本システムの拡張性について一般業務用無線を用いたシステムとスマートフォンを利用したシステムとの比較結果を示す。

まず、一般業務用無線の拡張性について述べる。一般業務用無線は車載器として商品化されており、メーカーオプション以外の拡張は一般的にはできないため、ハードウェアとソフトウェアともに拡張性は低いと考えられる。また、サーバ側の機能拡張は、一般業務用無線とインターネット回線に精通した技術者が必要となるためスマートフォンや本システムと比較し拡張性は低く、機能拡張にはコストがかかる。

表 4 拡張性  
Table 4 Scalability.

システム	一般業務用無線	スマートフォン	本システム
車載器拡張性	×	○	◎
ハードウェア	メーカーオプション以外は基本的に拡張不可	本体で認識可能な外部機器を追加可能	マイコン仕様上ではセンサなどの接続で自由度のある拡張が可能
車載器拡張性	×	○	○
ソフトウェア	メーカー製造のため修正不可	ソフトウェアによる機能拡張は自由度のある拡張が可能	
サーバ拡張性	×	○	○
拡張コスト	高	低	高
評価	×	○	◎

次に、スマートフォンの拡張性について記述する。ハードウェアの拡張性は、機器に内蔵されたセンサに限定した機能拡張であればソフトウェアのみで対応可能である。また、内蔵された無線機能などを利用した外部機器の追加も可能であるためハードウェアの拡張性は比較的高い。ただし、スマートフォンアプリケーションや外部機器の開発に精通した技術者が必要であるとともに、スマートフォンの機種変更により同等の拡張機能を維持するには運用管理費も必要となる。ソフトウェアの拡張性は、本システムと開発環境や手法は異なるものの、本システムと同等に自由度のある拡張が可能である。サーバの拡張性についても本システムと同様に、無線回線とインターネット回線が必要となる一般業務用無線を用いたシステムと比較すると拡張性が高いと考えられる。

本システムは、機能を限定しバスロケーションシステムの導入および運用管理を簡単に行えるシステムとしたため拡張性を抑えている。しかし、マイコンボード自体の仕様では各種センサを搭載し拡張を行うことが可能である。このため、電子回路およびソフトウェアに精通した技術者と拡張コストを考慮しなければ、スマートフォンと同等のセンサ類の導入やスマートフォンでは対応できない外部機器との接続も可能となる柔軟なハードウェアの拡張性を備えている。また、ソフトウェアの拡張性はスマートフォンと同等に自由度のある拡張が可能である。サーバの拡張性についてもスマートフォンを用いたシステムと同様に一般業務用無線とインターネット回線が必要となる一般業務用無線と比較すると拡張性が高いと考えられる。

よって、拡張の容易さは、スマートフォン、本システム、一般業務用無線となるが、拡張の柔軟性の面では、本システム、スマートフォン、一般業務用無線となると考えられる。

4.3 システムへのアクセス数

本節では、バスロケーションシステムへのアクセス数と乗車数についての特徴を示す。

4.3.1 月別アクセス数

表 5 に本研究により開発したバスロケーションシステムへの平成 25 年 10 月と 11 月のアクセス数と乗車数の合計を示す。ここで、一意な訪問者は月ごとのユニークなアクセスユーザ数である。訪問者は、アクセスユーザの延べ数である。乗車数は、システムの実運用を行っている市街地巡回ルート（東回り・西回り）と郊外ルート（天神ルート・中島ルート）の 4 路線の月別の延べ乗車数を示す。

表 5 月別アクセス数  
Table 5 Number of monthly access.

	一意な訪問者	訪問者	1 日平均	乗車数
10 月	423	1,752	56.2	9,621
11 月	428	1,576	52.5	9,166

システムの1日平均のアクセス数は、10月56.2件・11月52.5件であった。乗車数の1日平均は10月・11月あわせて約308人となるため、バス乗車数の約17.7%がシステムを利用していると考えられる。ただし、アクセス数の中には、バスロケーションシステムにアクセスだけを行い実際にはバスを利用しないユーザが含まれている。また、市役所に電話で問合せを行ってバスの運行状況を確認する高齢者の数は含まれていない。よって、システムの実際の利用率とは多少異なるものの、420人以上の利用者が存在し、1日に複数回利用していることが確認できる。

4.3.2 時間帯別平均アクセス数

ここでは、バスロケーションシステムへの時間帯別平均アクセス数について述べる。時間帯別アクセス数については、サーバのアクセスログから各路線ページへのアクセス数を基に時間帯別集計を行った。また、乗車数については、各路線のバス運転手が日別・便別・バス停別に記録した乗降者数を、魚津市が集計し、作成した月別・路線別の各バス停における乗降者数の集計表を提供していただき時間帯別集計を行った。図17に平成25年11月分の時間帯別平均アクセス数を示す。月別に大きな違いは見られなかったため、平成25年11月分を例とした。また、グラフにはシステムの実運用を行っている市街地巡回ルート（東回り・西回り）と郊外ルート（天神ルート・中島ルート）の4路線分の時間帯別乗車数の11月分集計もあわせて示した。平均アクセス数と乗車数を比較すると、次の傾向がある。

6:30や8:20に見られる乗車数のピークは、始発便の利用者によるものである。始発便については、定刻どおりの運行を開始するためシステムの利用者はほとんどいない。

9:00過ぎから徐々にアクセス数が増加し、バスの乗車数のピーク前後にあわせてアクセス数もピークとなる傾向にある。交通状況などで多少の遅延が発生するため、バス利用者がシステムを利用してバス位置などを確認していると考えられる。

12:00頃にいったんバスの運行休止の時間帯がありバスの乗客数は下がる。しかし、午後にかけてシステムのアク

セス数は増加している。特に午後便の出発時刻にあわせたピークが13:00前後に見られ、その後も午前よりアクセス数が多い傾向が続く。

16:00前後からアクセス数が急激に増加し19:00頃まで続く部分がある。この部分は、1日の中で最もシステムが利用されている時間帯である。これは、学校や会社からの帰宅時に帰りのバスを調べる際のシステム利用によるものがほとんどである。特に最終便の時刻確認やバス位置の確認に利用している場合が多い。

これらの傾向から、本システムを実際に利用する乗客は、帰宅時のバス情報の確認を行う際に最も利用していると考えられる。最終便の有無によって別の移動手段を考えなければならないため、実際の市民生活の足を有効活用するためのシステムとして利用されていることが確認できる。

4.3.3 曜日別平均アクセス数

図18にバスロケーションシステムへの平成25年11月分の曜日別平均アクセス数を示す。最もアクセス数が多いのは金曜日となっており、週末の飲み会などに合わせマイカーではなくバスで通勤する利用者が多いことを示す。また、土曜日でも平日とほとんど変わらない利用が認められる。これは、仕事や学校が休みであっても利用する場合や観光客の利用などにより一定の利用があるためである。日曜日については、市街地巡回ルートのみでの運行となり郊外路線は運行していないためアクセス数も減少している。

4.4 魚津市役所からの報告

我々の開発したバスロケーションシステムを実際に運用している魚津市から得たバスロケーションシステムに対する評価について以下に示す。

- 魚津市職員が各種会議で事例発表を行っているが、行政関係者はもとより、交通事業者や利用者側の各団体からも、製作スキームに対して高い評価を得ている。
- 利用者からのバスの運行状況への問合せに対して、運転手との連絡を行わないので、安全運行を継続しながらのスムーズな案内ができており、利用者の満足度・利便性向上に向けて、必要不可欠なサービスとなっている。

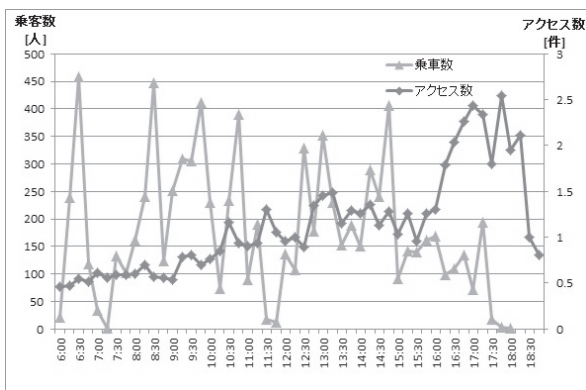


図17 時間帯別平均アクセス数

Fig. 17 Average number of access according to time.

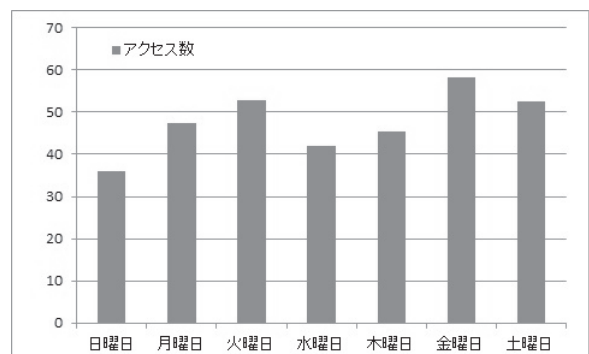


図18 曜日別平均アクセス数

Fig. 18 Average number of accesses by day of week.



- 共同研究も3年目を迎えて大学校と市との絆が深まるにつれ、バスロケーションシステムという貴重なインフラを基礎に、ショッピングセンタでの運行状況表示機設置や、バス車両を選ばないバスロケーションシステム機器の製作など、開発開始当初は想像もできなかった機能の進化をとげている。

次に、魚津市の運用担当者からのヒアリングによる利用者からの電話による問合せ状況について述べる。魚津市役所では、バス運用専門の担当者があるわけではなく、常時様々な問合せがある部署内で電話応対を行っているため、バスに関する問合せの正確な件数の把握は難しい。しかし、事務職員1人あたり月に4~5件の電話応対を行っていることから、月に平均十数件の電話受付を行っているかと推測できる。また、問合せ元は、ショッピングセンタやバス停前など屋外や出先からが多く、問合せの時間帯は、朝と昼に多い傾向にあるが、大幅な遅延や事故などのトラブルがなければ少なく、降雪時や車両故障時、突発的なトラブルなど利用者に遅延が予測できない状況で増えるため、件数は一定ではない。

これらに対し、本システム導入前は、利用者から市役所への問合せ、市役所からバス運転手へ状況確認、市役所からバス利用者へ状況を報告する、という対応を行っており、少なくとも3~5分の対応時間が必要であった。また、バス運転手が運転中の場合は、電話対応ができないため市役所からは運行状況が把握できない場合もあった。本システムを導入したことで、利用者からの電話問合せを受けた市担当者が、Web上でバス位置を確認し利用者に伝えることが可能となり、対応時間が平均1~2分以内に改善された。よって、本システム導入前と比較し対応時間の削減ができたとともに、利用者の側にも正確な遅延状況を伝えることで満足してもらえるケースが増加し、窓口業務が改善されたとの調査結果が得られた。これは魚津市がかかえていた導入当初の課題の克服につながっている。さらに、バスの早発に関する問合せにもシステムの通過時刻を確認し対応できることから、簡易の運行管理システムとしても利用できるとの報告も得られた。また、現在、電話での問合せが多いショッピングセンタなどのバス待合所には、運行状況表示機の設置を進めており利用者が直接確認できる設備を整える予定となっている。

以上のことから、バスロケーションシステムは市民バスの利便性を高める一助となっていることが確認できる。よって、本システムは、技術面からだけでなく、運用面からも評価され、バス利用者・バス運転手・市役所のそれぞれが活用できるシステムとして開発できた。さらに、現在も機能面での強化が図られ、より使いやすいシステム、かつ、利用者の増加により安定した継続運用を目指すことのできるシステムとしてバスロケーションシステムの開発が続いている。

#### 4.5 今後の展望

平成23年度から開始された本システム開発は、平成24年度の開発を経て魚津市民バス4路線で実運用が行われている。現在も魚津市との共同研究は続けられており、平成25年度は2路線へのシステム導入を目的に開発が続いている[11]。また、市内主要施設への設置を目的としたバス情報の表示端末の開発にも着手している[12]。さらには、観光客をターゲットとした観光情報との連携も視野に入れ観光情報の自動収集システムに関する研究も行っている[13]。

## 5. 関連研究

これまでも都市におけるバスロケーションシステムを含む公共交通について様々な研究が行われている。

大谷[4]は、バスロケーションシステムの課題を整理し、バスロケーションシステムの継続的な運用を図るための対処方策について研究を行っている。我々は、対処方策の1つとして実運用に即した必要最低限の機能に特化させた。そのうえで特定の利用者に限らず利用者の利便性を向上させながら継続的な運用ができるバスロケーションシステムの開発を行い、実運用に結び付けた。

伊藤ら[14]は、スマートフォンを利用し、鳥取県全体をカバーするバスロケーションシステムを開発している。このシステムは、鳥取県のバスネットと連携しており、鳥取県以外で実用化するにはバスネットと同等のシステム構築が必要となり、どのバス事業に対しても導入可能というわけにはいかない。本システムでは、機能を限定しバスロケーションシステムとすることで、小規模なバス事業への導入および運用管理を簡単に行えるシステムとした点に特徴がある。

坂田ら[9],[10]は、Android端末を利用した簡易バスロケーションシステムの開発を行っている。このシステムは、愛知県日進市の市内巡回バス(くるりんばす)において平成26年2月末までの予定で実証実験として試験的に運用を行っている。

松田ら[15]は、熊本都市圏バスにおけるバスロケーションシステムを想定し、利用者・バス事業者向けのアプリを開発し実験を行っている。スマートフォンを使うという意味で伊藤らと同じ開発を行っている。しかし、実験を行っているものの、実運用可能なシステム開発には至っていない。

山田ら[16]は、5.8GHz-DSRCを活用した高速路線バスのバスロケーションシステムを開発している。DSRCを用いることで通信費を抑えることは可能であるが、高速道路などのDSRCのインフラ整備が進んだ路線に対して有用なシステムであり、地方都市におけるコミュニティバスでも使えるシステムではない。

新谷ら[17]は、幼稚園・保育所の送迎バスの位置を保護者にメールで通知するシステムを開発し商品化を行っている。

る。しかし、特定のユーザ向けに開発されたもので、誰でも使えるシステムではない。また、システムのメンテナンス（コース変更や運行時間の変更）をバス運用者が行うことを想定したシステムではない。

平沢ら [18] は、バスロケーションシステムを利用する来訪者を対象にした観点から考究を行っている。我々は、地図上にバス位置を表示することで土地勘のない来訪者であっても視覚情報から行き先を確認できる案内を実現したことで、平沢らの示す改善策の1つの手法となっている。

Ferris ら [19] は、シアトル地域の公共交通機関のリアルタイムな到着情報を提供するアプリケーションである OneBusAway を公開し、OneBusAway 利用者に対して調査を行い、その評価を行っている。アメリカ国内の都市において実運用を行いながらも、特定のモバイルデバイスのプラットフォームにあわせて調整することができる一方で、様々な種類のデバイスが日ごとに増加しているモバイルデバイスすべてに対応したアプリケーションの開発のリソースを持っていないことにも言及している。

Kjeldskov ら [20] は、オーストラリアのメルボルンのトラムなどの公共交通システムを利用するためのルート計画ツールをユーザに提供するモバイル情報サービスの設計について議論している。コンテキスト・アウェア・コンピューティングにより利用者の行動パターンにあわせた情報提供を行うための研究を行っている。

Google 乗換案内 [21] は、2005 年 12 月に Google Labs のプロジェクトとして開始され、世界中の 400 以上の都市で登録された交通機関データによる乗り換え案内を提供している。また、GTFS (General Transit Feed Specification)<sup>\*4</sup> を利用した乗換案内パートナープログラムに参加することで Google 乗換案内に無料で情報提供を行うことが可能となる。しかし、リアルタイムな運行情報の提供にはバスからの位置情報送信が必要となるため、本システムで運用している車載器などが必要である。そのため、地域のコミュニティバスを運行する地方自治体などが独自で開発し運用管理を行うことは困難である。

## 6. おわりに

本論文では、富山県魚津市の市民バスに適応したバスロケーションシステムの開発について報告した。平成 24 年 3 月に 2 路線でのバスロケーションシステムの実運用が始まり、平成 25 年 3 月には 4 路線に拡張された。実運用開始以降、電源ケーブル破損とサーバ障害により情報提供を停止した期間が合計で約 3 週間あるものの、車載器の故障などはなく正常な稼働を続けている。

また、平成 25 年 10 月 3 日に魚津市民バスは、平成 13 年 10 月の運行開始からの乗車累計 150 万人を達成し地域

コミュニティの活性化を実現している。さらに、魚津市公共交通活性化会議でのバスロケーションシステムを含めた取り組みは、富山県内初となる平成 25 年度地域公共交通優良団体として国土交通大臣より表彰された<sup>\*5</sup>。現在も魚津市のコミュニティバス事業は継続して運用されており、それにともない魚津市との共同研究も継続してバスロケーションシステムの開発が続けられている。

本研究により、地域の公共交通を支えるバスロケーションシステム基盤の開発を行った。本システムは、地方自治体などが運用する小規模な市民バスなどのバス事業に対して、導入および運用管理を容易に行える点で有用なバスロケーションシステムであると考えられる。今後は、この成果が特定の地方都市だけでなく同様の課題をかかえる自治体などにおいても実運用可能で有用なシステムとなるか導入事例を増やし検討を行い、今後予想される少子高齢化社会に必要な地域交通を支えるシステムとしてさらに改良していくことが課題である。

**謝辞** 本研究をまとめるにあたり市民バスの利用状況情報の提供など多くのご協力をいただいた魚津市役所の皆様に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 内閣府：平成 25 年版高齢社会白書，入手先 (<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/index-w.html>) (2013).
- [2] 国土交通省：平成 21 年度国土交通白書，入手先 (<http://www.mlit.go.jp/statistics/file000004.html>) (2009).
- [3] 魚津市産業建設部商工観光課市街地活性化室：魚津市における公共交通活性化の取組みについて，入手先 ([http://www.tb.mlit.go.jp/hokushin/hrt54/com\\_policy/rennrakukai%20toyama.html](http://www.tb.mlit.go.jp/hokushin/hrt54/com_policy/rennrakukai%20toyama.html)) (2010).
- [4] 大谷達彦：バスロケーションシステムの運用に関する検討，一般財団法人国土技術研究センター JICE REPORT, Vol.9, pp.33-38 (2006).
- [5] Rosenberg, J. et al.: Session Traversal Utilities for NAT (STUN), RFC5389, IETF (2008).
- [6] Mahy, R. et al.: Traversal Using Relays around NAT (TURN): Relay Extensions to Session Traversal Utilities for NAT (STUN), RFC5766, IETF (2010).
- [7] 山中光定，高尾和志，遠藤雅樹：共同研究「市民バスロケーションシステムの開発」，第 20 回職業能力開発研究発表講演会，3-15 (2012).
- [8] 山中光定，高尾和志，人見功治郎，品川達郎：市民バスロケーションシステムの開発，北陸職業能力開発大学校紀要，Vol.13, p.9 (2012).
- [9] 坂田暁彦，松本幸正，鈴木秀和：利用者ニーズの把握と Android 端末を利用した簡易バスロケーションシステムの開発可能性，平成 23 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.263-264 (2012).
- [10] 坂田暁彦，松本幸正，鈴木秀和：簡易バスロケーションシステムによる地域活性化の可能性，土木計画学研究・講演集，Vol.45, pp.232-237 (2012).
- [11] 山中光定，柴垣ゆかり，高尾和志，人見功治郎：市民バスロケーションシステムの開発，北陸職業能力開発大学校

<sup>\*4</sup> <https://developers.google.com/transit/gtfs/?hl=ja>

<sup>\*5</sup> [http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo03\\_hh\\_000114.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo03_hh_000114.html)

紀要, Vol.14, p.8 (2013).

- [12] 田中一基, 大西広真, 山中光定, 高尾和志, 人見功治郎, 柴垣ゆかり: バス情報ディスプレイシステムの開発, 北陸職業能力開発大学校紀要, Vol.14, p.9 (2013).
- [13] 遠藤雅樹, 大野成義, 石川 博: 地域サイト及びブログの観光情報融合のためのキーワード自動抽出手法の検討, 第158回データベースシステム研究発表会, A1-2 (2013).
- [14] 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, pp.2327-2339 (2013).
- [15] 松田佳祐, 野原浩大朗: スマートフォンアプリによるバスロケーションシステムの開発と試験的導入, 熊本大学政策研究, No.4, pp.81-90 (2013).
- [16] 山田晴利, 平井節生, 吉永弘志, 真部泰幸, 今村和人, 小川智弘: 5.8GHz-DSRCを活用した高速バスロケーションシステムの開発, 土木計画学研究・講演集, Vol.34, No.279 (2006).
- [17] 新谷公朗, 井上 明, 中島 一, 金田重郎: 携帯メールを用いたバスロケーション報知システムの開発と評価, 同志社政策科学研究, Vol.4, No.1, pp.27-44 (2003).
- [18] 平沢隆之, 平井節生, 畠中秀人, 中谷光夫, 松本章宏, 三好孝明: 来訪者向けバス案内の改善に関する考察, 第6回ITSシンポジウム2007, P1-50, pp.309-314 (2007).
- [19] Ferris, B., Watkins, K. and Borning, A.: OneBusAway: Results from Providing Real-Time Arrival Information for Public Transit, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.1807-1816 (2010).
- [20] Kjeldskov, J., Howard, S., Murphy, J., Carroll, J., Vetere, F. and Graham, C.: Designing TramMate, a context-aware mobile system supporting use of public transportation, *DUX '03: Proc. 2003 Conference on Designing for User Experiences*, pp.1-4 (2003).
- [21] Google transit partner program, available from <http://maps.google.com/help/maps/transit/partners/faq.html> (June 2009).



遠藤 雅樹 (正会員)

2000年職業能力開発総合大学校電子工学科卒業。2002年同大学校研究課程修了。高知職業能力開発促進センター、北陸職業能力開発大学校を経て、現在、職業能力開発総合大学校に勤務。主にWebマイニングの研究に従事。日本データベース学会会員。



品川 達郎

1997年職業能力開発総合大学校福祉工学科卒業。1999年同大学校研究課程修了。沖縄職業能力開発大学校、関東職業能力開発大学校、北陸職業能力開発大学校を経て、現在、職業能力開発総合大学校基盤整備センターに勤務。



山中 光定

1992年職業訓練大学校電子工学科卒業。1994年同大学校研究課程修了。石川職業能力開発短期大学校、中部職業能力開発促進センターを経て、現在、北陸職業能力開発大学校に勤務。主に組み込みシステム開発分野の研究に従事。映像情報メディア学会会員。

に従事。映像情報メディア学会会員。



人見 功治郎

1987年同志社大学工学部電気工学科卒業。1989年同大学大学院工学研究科電気工学専攻博士課程前期修了。京都職業訓練短期大学校、北陸職業能力開発大学校を経て、現在、近畿職業能力開発大学校附属京都職業能力開発短期大学校に勤務。主にプログラム開発の教育訓練に従事。

期大学校に勤務。主にプログラム開発の教育訓練に従事。



高尾 和志

富山大学大学院理工学教育部博士課程単位取得退学。関東、石川職業能力開発促進センター、UNRWA Wadi-seer VTC、中部職業能力開発促進センターを経て、現在、北陸職業能力開発大学校に勤務。マイコン・FPGA・電子回路を用いた制御システムの設計製作の教育に従事。

路を用いた制御システムの設計製作の教育に従事。



大野 成義 (正会員)

金沢大学大学院自然科学研究科博士課程修了。博士(理学)。博士(工学)。滋賀職業能力開発短期大学校を経て、現在、職業能力開発総合大学校に勤務。Webマイニングの研究に従事。日本データベース学会、日本物理学会各

会員。





石川 博 (フェロー)

首都大学東京システムデザイン学部  
情報通信システムコース教授。東京大  
学理学部情報科学科卒業。東京都立大  
学，静岡大学を経て2013年より現職。  
東京大学博士(理学)。著書に『データ  
マイニングと集合知—基礎から Web，  
ソーシャルメディアまで』(共立出版)，『集合知の作り方・  
活かし方—多様性とソーシャルメディアの視点から』(共  
立出版)，『次世代データベースとデータマイニング』(CQ  
出版社)，『JavaScriptによるアルゴリズムデザイン』(培風  
館)，『データベース』(森北出版)等。国際的論文誌 ACM  
TODS, IEEE TKDE, 国際学会 VLDB, IEEE ICDE 等を  
含め学術論文多数。1994年情報処理学会坂井記念特別賞，  
1997年科学技術庁長官賞(研究功績者)受賞。情報処理  
学会データベースシステム研究会主査，情報処理学会論文  
誌(データベース)共同編集委員長，International Journal  
Very Large Data Bases Editorial Board，日本データベース  
学会理事歴任。電子情報通信学会フェロー。ACM，IEEE  
各会員。

(担当編集委員 高山 毅)