

# バス運行管理システムの開発と利用者分析

白濱 勝太<sup>1</sup>・森本 哲郎<sup>2</sup>・浅尾 啓明<sup>3</sup>・西田 純二<sup>4</sup>・上善 恒雄<sup>5</sup>

<sup>1</sup>非会員 大阪電気通信大学大学院 (〒 575-0063 大阪府四条畷市清滝 1130-70)  
E-mail: dt16a001@oecu.jp

<sup>2</sup>非会員 大阪電気通信大学大学院 (〒 575-0063 大阪府四条畷市清滝 1130-70)  
E-mail: dt15a001@oecu.jp

<sup>3</sup>非会員 ナレッジアーク研究所 (〒 534-0001 大阪市都島区毛馬町 3 丁目 2 番 3-429 号)  
E-mail: asao@karn.asia

<sup>4</sup>正会員 株式会社社会システム総合研究所 (〒 550-0002 大阪市西区江戸堀 1-22-4-503)  
E-mail: nishida@jriss.jp

<sup>5</sup>非会員 大阪電気通信大学大学院 (〒 575-0063 大阪府四条畷市清滝 1130-70)  
E-mail: jozen@oecu.jp

**概要:** 筆者等は独立行政法人国際協力機構 (JICA) の海外支援事業の適用を受けて、バスロケーションシステムを開発し、ラオスの首都ビエンチャン市に導入した。本システムは、バスに設置したスマートフォンから、現在位置や速度、運行状態などの情報をサーバーに集約する。この情報を用いて、バス利用者にバスの走行位置等を配信するとともに、運行管理の効率化を行う。さらに利用者がスマートフォン等を用いて本システムにアクセスすると、利用者の現在地や地図注目点などのデータが収集され、この情報を用いて利用者の時空間分布等の分析を行うことができる。バス速度情報を用いて、市内の渋滞箇所の検知を行っている。本論文では、開発したバスロケーションシステムを概説し、ラオスにおいて行った利用者分析の手法とその結果について報告する。

**Key Words :** スマートフォン, 位置情報, GPS, 可視化, バス

## 1. はじめに

GPS (Global Positioning System) 機能があるスマートフォンやタブレットの普及により、数多くの位置情報サービスアプリケーションが提供されている。例えば、歩行者ナビゲーションや、SNS でのつぶやき、位置情報を使ったゲームなどである。位置情報はとても有用な情報であり、都市内や都市間を移動する人や車の位置情報を収集し解析することで、都市の人流・交通流を把握することができる。これらを把握することで、交通政策、都市計画、渋滞緩和、災害対策などに活用できるデータになりうる。例えば、位置情報をデータベースに蓄積することで、ユーザの行動パターンを分析し、販促や観光などのマーケティングに生かしたり、速度を算出することで渋滞を検知したり、ライフログサービスの付加要素であったりと、様々な分野で活用できるデータとなる<sup>1),2),3),4),5),6),7),8)</sup>。

我々は、JICA<sup>1</sup> の海外支援プロジェクトにおいて、ラオスのビエンチャン市内で、運行中の公共バス 55 台を対象に開発したバスロケーションシステムを導入した。開発したバスロケーションシステムから取得した情報によりバス運行管理とバス利用者の利便性向上を実現することで、都市部の交通渋滞解消と市民への公共バス利用促進を図ることが、海外支援プロジェクトの目

的としている。

本論文では、開発したバスロケーションシステムの構成を説明し、このシステムの利用者から収集した位置情報などのデータを用いた分析の結果その手法について報告する。

## 2. 先行サービス

バスロケーションシステムとは、バスの定時運行の調整や、バスの運行状態を確認すること等をバス管理者側で行えるシステムだが、サービスとして利用者にも提供されているものもあり、ユーザは、インターネットやアプリケーションからバスの現在位置や、接近情報、時刻表などのデータを確認することができる。データの収集方法も様々あり、畠基成らが報告している停留所とバス間で無線通信を行わせ、バスが最後に止まった停留所のデータをサーバに送信する方法<sup>9)</sup> や、伊藤昌毅らが報告しているバスに GPS 付きのスマートフォンを設置し、現在位置のデータをサーバに収集する方法などがある<sup>10)</sup>。このデータから、バスの現在地や接近情報を知ることができる。

東武バスグループが提供している、システムは、東武バス On-Line<sup>2</sup> のサイトでバスの位置を検索することができる。乗車停留所名と降車停留所名入力すること

<sup>1</sup> 独立行政法人 国際協力機構

<sup>2</sup> "http://www.tobu-bus.com/pc/search/s50on\_index.php".

で、その間を走行しているバスが何時、乗車停留所に到着するのかを文字で把握できるシステムである。

沖縄本島路線バス総合案内システム<sup>3</sup>は、東陽バス株式会社、沖縄バス株式会社、那覇バス株式会社、株式会社琉球バス交通の4社が提供している。系統・路線・経由の3つを選択することで、バスと停留所の位置が、マークで地図上に表示されるシステムになっている。約1分毎にバスのマーク画像と位置情報が更新されている。バスの向きは8方向に対応している。停留所のマークから時刻表の確認を行うことができる。

しずてつジャストライン株式会社が提供しているシステム<sup>4</sup>は、地図を3×3の9つの地区に分割しており、選択した地区のバスの位置情報を地図上に表示するシステムである。正確なバスの位置情報ではなく、最後に到着した停留所点上にバスマークが表示されるようになっており、そのバスマークを選択することで、走行している路線名や、行き先、何時発かが確認できるようになっている。約30秒毎にバスが到着した停留所を更新し、バスマークの位置を変更している。バス停接近情報というサービスも提供しており、乗車バス停と行先を入力することで、接近しているバスが分かる。

鯖江市コミュニティバス つつじバス<sup>5</sup>のWebページで公開されており、地図上にバスの現在位置をバスマークとして表示しているタイプのものである。5秒毎にバスマークと位置が更新されており、全車両の表示が可能となっている。もちろん路線ごとのバスも表示され、停留所の位置もマークとして表示される。つつじバスのシステムでは、バスロケーションWEB-APIデータを公開しており、リアルタイムなバスの位置情報はもちろんのこと、路線毎のバス停の座標データや、路線ごとの時刻表データ、運行履歴データなどを扱うことができる。

### 3. ラオスの状況

我々は、ラオスの首都であるビエンチャンを中心として、バスロケーションシステムのサービスを提供している。本章では、ラオスにおける交通状況とバスの状況、スマートフォン保有率について述べる。

#### (1) 首都ビエンチャン市の交通状況

ラオス国ビエンチャン市都市交通開演のための位置情報・交通観測システム普及・実証事業進捗報告書<sup>11)</sup>によると、ラオスでの全車種合計が、2014年までの過去10年において、約3.5倍増加しており、二輪車が圧倒的に台数が多く、285,740台から1,164,537台(約4倍)に増

加している。Vanは3,777台から41,364台(約8.5倍)に増加しており、最も増加率が高く、次に10,063台から47,171台(約4.2倍)に増加しているSedan、38,214台から172,418台(約3.8倍)に増加しているPick-Upと続いている。

登録車両台数の県別の割合では、ラオス全国における2014年の自動車登録台数総計1,500,744台の内、約41%(620,756台)がビエンチャンにおける登録となっている。このように、車両台数は増加傾向にあり、ビエンチャンでの朝夕通勤通学時間帯に主に渋滞が発生している。信号などの整備もあまり行き届いて無く、道路渋滞を避けるためにオートバイが歩道に乗り上げて通過する場合もあり、歩行者の安全確保においても危険な状態となっている。また、路上駐車を起因とした道路混雑も増加している。

#### (2) 首都ビエンチャン市のバス状況

ビエンチャンバス公社は耐用年数や走行距離を大幅に超過したバスを修理しながら運行していたが、JICAのビエンチャンバス公社運営能力改善プロジェクトにより、2012年6月にビエンチャンバス公社に42台の大型バス車両が提供され、車両が老朽化されていた部分が改善された<sup>12)</sup>。ラオスのバスは路線通りに運行しているのだが、バスが実際に止まる停留所は、CBS(Central Bus Station)やSBS(Southern Bus Station)といった大きな停留所だけである。ただ、決まった時間、場所に止まらないというだけで、バスは好きなところで乗降することが可能な状態である。

ラオス国ビエンチャン市都市交通開演のための位置情報・交通観測システム普及・実証事業進捗報告書<sup>11)</sup>のアンケート調査によると、CBSやバス路線付近の学生(てっちゃんねつと<sup>6)</sup>)に対して行い、平日休日で計298サンプルの結果から以下のことが分かった。バス路線を、利用する路線のみ知っていると答えたのが63.1%、バスの運行頻度を知らないと答えたのが46.9%、運賃を利用する路線のみ知っていると答えたのが66.9%という結果から、バス利用者は利用する路線以外の運行経路や運賃についてはあまり知らず、バスの運行頻度をあまり把握できていないということ。全体でバスの情報を、バス停から取得していると答えたのが32.0%、口コミから取得していると答えたのが27.3%であり、バスの情報取得は口コミやバス停の掲示物に頼っていること。全体でバスの平均待ち時間が、20分以下と答えたのが33.4%、30分以下と答えたのが18.6%、30分以上と答えたのが6.0%であり、バスの平均待ち時間は20分前後であるということが明らかになっている。

<sup>3</sup> "http://www.busnavi-okinawa.com/map/Location".

<sup>4</sup> "http://www.justline.co.jp/sekkin/" .

<sup>5</sup> "http://www.city.sabae.fukui.jp/users/tutujibus/" .

<sup>6</sup> ビエンチャン市内で開講されている日本語・パソコン等を教えるスクールで、主に高校以上の学生が在籍している。

ラオスのバスロケーションは、全部で 10 路線に対してサービスを行っている。

(3) スマートフォン保有率

ラオス国ビエンチャン市都市交通開演のための位置情報・交通観測システム普及・実証事業進捗報告書<sup>11)</sup>のアンケート調査によると、全体でスマートフォンを保有しているのは 57%であり、学生(てっちゃんねっと)は 85.1%と、学生の多くがスマートフォンを所持していることが明らかとなっている。

4. バスロケーションシステムの概要

我々が、開発したバスロケーションシステムは図 1 の様な構成である。本章では、バス、ユーザ、管理者それぞれのシステムを概説し、バスとユーザから取得しているデータについて述べる。

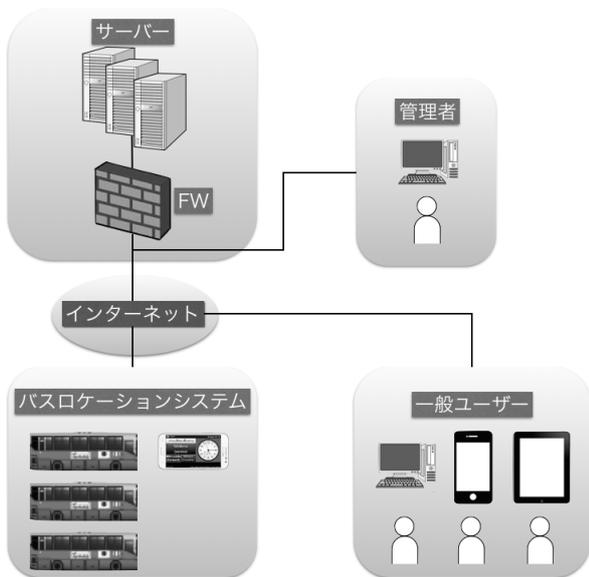


図-1 システム全体図

(1) バス側

a) システム概要

バスの位置情報は、バスに設置した GPS 付きスマートフォン (Android 端末) から取得している。そのスマートフォンに専用のアプリケーション (図 2) をインストールし、現在位置・速度・向き・運行状態・走行路線・バッテリー情報等を 1 秒毎にサーバに送信している。スマートフォンは Wi-Fi 機能を OFF にし、3G, LTE の通信規格でインターネットにつなげている。インターネットにつながらない場合は、端末に一旦サーバに送信する情報を保存し、再度つながった時にサーバに送信している。サーバが受け取ったデータは、サーバ

にキャッシュすると同時にファイルに書き込んでいる。バスドライバーは、このアプリケーションを使うことで、自分の運行状態と運行路線を設定することができ、管理者側からのメッセージを受け取ることができる。ラオスのバスロケーションシステムでは、Android 端末 Samsung 社の Galaxy Core Prime を使っている。



図-2 アプリケーション画面

b) バスから取得するデータ

バスに設置されたスマートフォンから約 1 秒毎に以下のデータが、サーバに送信される。

- 管理者が作成したバスアカウントの ID .
- バスの運行状態 .
- スマートフォンが取得した緯度・経度 .
- 管理者が作成した路線の ID .
- 座標の誤差の大きさ .
- 速度 . 単位は m/s .
- 北を 0 とした向き . 0 から 359 までの値を取得できる .
- バッテリー残量 . 0 から 100 までの値を取得できる .
- バッテリー状態 .
- バッテリー充電状態 .

サーバは、送られてきたデータを受け取った際、データに受け取った時間を追加し、保存している。

バスの運行状態は、運行、営業外、回送、トラブル、ログアウトの状態を 5 つのビットで表している。ラオスのサービスでは、営業外という運行状態を利用していない。ラオスは気温が高く、バス内では端末機器の温度が高くなり、特にバッテリー温度により充電不能になるなどトラブルの直接的原因になるため、バッテリーの温度や充電状態を監視している。

(2) ユーザ側

a) システム概要

ユーザは Web ページにアクセスすることで、バスの現在位置をリアルタイムに確認することができる。このシステムでは、バスの現在位置や走行路線、運行状態などは、1 秒毎に更新され、バスの運行状態によって

バスマーカの表示や向き，色が変わる．バスの運行状態は運行，回送，トラブルの3つあり，状態によって地図上での表示が変わる．運行状態であれば，地図上に通常のバスマーカが表示される．回送状態は，バスのドライバーが休憩中もしくは，走行路線が変更される時であり，地図上にバスマーカは表示されない．トラブル状態は，道路環境や，天候などの影響により，バスの運行に支障もしくは，走行路線が変更される際になる状態であり，地図上に赤色のバスマーカが表示されるようになっている．バスマーカの向きは36方向に対応している．他にも，利用したい路線を選択することで，その路線を走行しているバスマーカだけを表示させたり，バスマーカを選択することで，バス番号や運行路線を確認することが出来たり，管理者側から路線ごとのバスの運行状況やトラブルについてのお知らせを受け取ることができる．

更に，このシステムでは，自分の位置情報送信を許可することで，自分の位置を把握することができる．これにより，利用者の位置情報をサーバに収集している．

ラオスのバスロケーションシステム(図3)はインターネットで公開しサービスを提供しており<sup>7</sup>，バスの現在位置の確認やバスの走行速度からの渋滞情報，Wi-Fiパケットセンサのデータからの渋滞情報などを確認することができる．



図-3 ラオスバスロケーションシステム



図-4 バス走行速度からの渋滞情報

<sup>7</sup> <http://lao.busnavi.asia/index.php>



図-5 Wi-Fiパケットセンサのデータからの渋滞情報

#### b) ユーザから取得するデータ

ユーザのデータは，特定のアクションを行うことによって，サーバに送信している．特定のアクションとは，自分の位置を中心にするボタンを押下，表示する路線を変更，マップの移動，再度のWebページアクセス，マップのズームレベル変更，の5つのアクションである．このアクションを行うことで，以下のデータがサーバに送信される．

- ユーザを判別するためのID．
- 選択している言語．
- ユーザが選択した路線のID．
- 地図注目点の緯度・経度．
- 地図のズームレベル．
- ユーザのグローバルIPアドレス．
- ユーザのユーザエージェント．
- 特定のアクション．

ユーザの位置情報は，ユーザが位置情報の送信を許可することで，上述したデータに追加される．許可した際は，特定のアクションだけではなく，30秒毎に位置情報を含めたデータを，サーバに送信している．サーバは，送られてきたデータを受け取った際，データを受け取った時間を追加し，ファイルに保存している．

#### (3) 管理者側

管理者は，専用のWebページにアクセスすることで，バスの路線や停留所，バスのアカウント情報などを作成・編集することができる．更に，バスの運行状態を把握することによって，ユーザに対して路線毎にメッセージを送信したり，バスに対して運行指示を送信したりすることができる．管理者は，運行状態だけではなく，ユーザのアクセス数，アクセス位置，利用路線，利用言語，バスに設置されているスマートフォンのバッテリー状態などをリアルタイムにモニタリングすることができる．モニタリングシステム(図6)は，左からバス走行履歴から算出される速度分布，Wi-Fiパケットセンサによる道路区間ごとの走行速度，バスの位置情報と運行状態の一覧，バスロケーションシステムの利

用者の位置とアクセス時間，利用路線，利用言語の統計を表示している。



図-6 モニタリングシステム

バス走行履歴から算出される速度分布（図 7）は，バス側から取得している速度から，直近 30 分間のデータを可視化したものである．このデータは 1 分毎に更新され，時速 20km 以下の部分を赤く表示している．これにより，どこで渋滞が発生しているか，把握できるようにしている．速度が取得できなかった情報に関しては，連続的な位置情報と時間から速度を算出している．

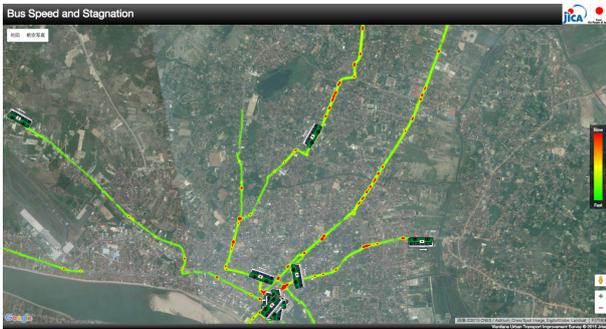


図-7 バス走行履歴から算出される速度分布

バス管理者にとって，バスが走行している路線の渋滞状況を把握することは大変重要である．渋滞を把握することで，バスの遅延発生時に臨時バスの出発の指示，ユーザからの問い合わせの対応，バスに対してメッセージを送り走行する道路を一時的に変更させる等の指示を出すことができる．また，渋滞緩和のための道路政策を行うためのデータになりうる．

### 5. バスロケーションシステムのデータ分析

本章では，前章で述べたユーザから取得しているデータを用いた利用者分析の結果と考察について述べる．

#### (1) 利用者のアクセス位置・路線・言語

##### a) 分析

2015 年 12 月から 2016 年 3 月までのデータの中から位置情報を許可しているユーザを抽出し，利用者分析を行った．この期間中で全体利用者数は 7010 名おり，位置情報を許可していた利用者数は半数以上の 3963 名

いた．月ごとの利用者数は以下の図 8，9，10，11 の通りである．

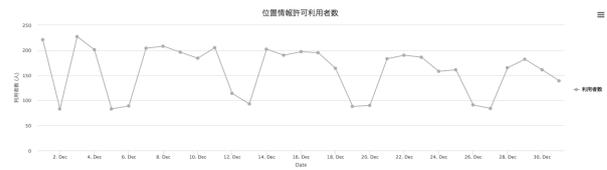


図-8 2015 年 12 月の位置情報許可利用者数

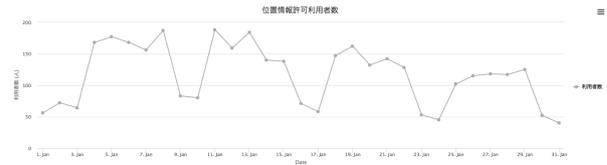


図-9 2016 年 1 月の位置情報許可利用者数

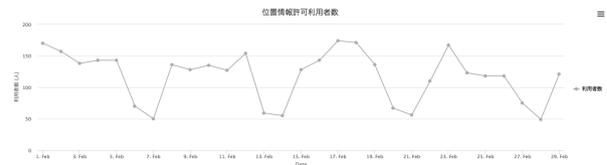


図-10 2016 年 2 月の位置情報許可利用者数

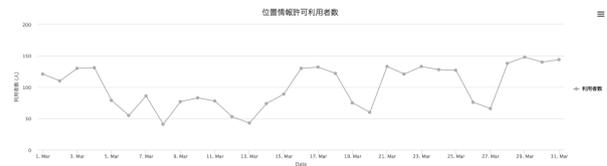


図-11 2016 年 3 月の位置情報許可利用者数

図 12 は，2015 年 12 月から 2016 年 3 月まで，利用者がアクセスした際の位置情報を可視化したものである．ラオスでは前述したとおり，路線に沿った場所であればバスに乗降できるため，ユーザが集中している場所がバス停とは限らない．8，9，10，11，12，13 をみて明らかになったことは，下記のとおりである．

- ラオス国立大学や CBS，Tha Ngon からのアクセスが多い．
- 1 週間単位で見ると，土日のアクセス数は，月から金までのアクセス数と比べると少ない．
- 選択している路線は 29 と 31，23 の割合が高く，3 つともラオス国立大学を通る路線である．
- 97%以上がラオス語を選択している．

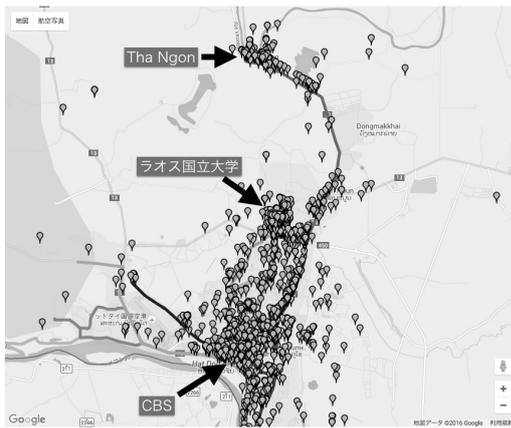


図-12 アクセス位置

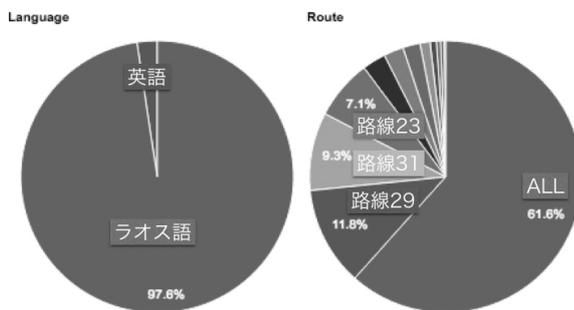


図-13 2014年12月から2016年3月までの路線・言語データの割合

## b) 考察

月曜日から金曜日のアクセス数が多いのは、通勤通学に利用しているユーザが多いからであると思われる。利用されている路線もラオス国立大学を經由するのが多いことから、学生もしくは大学勤務している利用者が多いと考えられる。

利用者が Web ページにアクセスした際の位置情報で、バスを利用したい地点を抽出することで、停留所を新しく設置したり、バス路線の調整をしたりすることができる。多くのユーザが利用する時間帯を抽出することができれば、位置情報や選択路線などを照らし合わせることで、バスの本数の調整を検討することができる。今回の分析では、英語を選択しているユーザが少なかったが、増加すれば観光などのマーケティングにも利用できるデータになりうる。

## 6. まとめ

本論文では、我々が開発したバスロケーションシステムの構成を説明し、位置情報などを用いた利用者分

析の結果、及び考察について報告した。利用者分析を行うことで、管理者側は、停留所、バス路線、時刻表などの調整を行いやすくなるようにできると考えられる。

今後は、利用者分析を進めてシステム側で停留所、バス路線、時刻表などの調整を提案できるようにする方法を模索したいと考えている。他にも、センサを用いたドライバーの疲労・眠気検知できるように、バス側で取得できるデータを増やし、脈波センサや加速度センサ等を用いて、ドライバーの疲労や眠気を検知できるようにし、危険な道の抽出や運転手の健康状態を管理できるようにしたいと考えている。

## 謝辞

本研究の一部は総務省の「戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE)」(受付番号: 150201013) の支援を受けて実施された。またラオスにおけるバスロケーションシステムの導入は、独立行政法人国際協力機構の『ラオス国ピエンチャン市都市交通改善のための位置情報・交通観測システム普及・実証事業』の委託事業として実施されたものである。

## 参考文献

- 1) 横山 誌及, 「位置情報マーケティングの可能性-行動履歴を活用した顧客へのアプローチ-」, IT ソリューションフロンティア, 2014 年 11 月.
- 2) 笹川 可菜, 「モバイル端末向けの位置情報を利用した情報推薦システム」, 公立大学法人会津大学会津大学短期大学部経営情報コース卒業研究論文, 2011 年.
- 3) 観光庁, 「位置情報などを活用した観光行動の調査・分析の方向性について」, 観光ビッグデータを活用した観光振興 / GPS を利用した観光行動の調査分析, "http://www.mlit.go.jp/common/001045195.pdf".
- 4) 神崎 優子, 「ライフログサービスに適した位置情報分析手法の研究」, 高知工科大学フロンティア工学コース修士学位論文, 2010 年 3 月.
- 5) 深沢 香代子, 「位置情報サービスアプリケーションのためのサービス提供プラットフォームの提案」, 電子情報通信学会, 2005 年.
- 6) 高橋 昂平, 下條 彰, 柑本 真佑, 中村 匡秀, 「位置情報を含むライフログの可視化サービス開発支援フレームワーク」, 電子情報通信学会, 2012 年.
- 7) 遠藤 貴裕, 永見 健一, 吉田 美寸夫, 吉澤 菜津子, 「位置情報サービス開発における今日の課題とインテックの取組」, INTEC TECHNICAL JOURNAL, 2015 年.
- 8) 林 亜紀, 松林 達史, 澤田 宏, 「位置情報を利用した情報配信のための習慣度算出手法」, 『日本データベース学会和文論文誌 Vol.13-J No.1』, 2014 年 10 月.
- 9) 畠基成, 鈴木秀和, 足達元, 北瀬和之, 大森昭嗣, 松本幸正, 渡邊晃, 「無線センサネットワークを用いたバスロケーションシステムの開発」, 『マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム』, 2013 年 7 月.
- 10) 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 Vol.J96-D No.10, 2013 年 10 月.
- 11) 社会システム総合研究所, 「ラオス国ピエンチャン市都市

交通改善のための位置情報・交通観測システム普及・実証事業進捗報告書（第 1 回）」, 2015 年 11 月 .

- 12) JICA 「ビエンチャンバス公社運営能力改善プロジェクト-プロジェクト概要-」, ”<http://www.jica.go.jp/project/laos/010/outline/index.html>” .

## Development of bus management system and user analysis

Shota SHIRAHAMA, Tetsuro MORIMOTO, Hiroaki ASAO, Junji NISHIDA, Tsuneo JOZEN