

# 北海道千歳市における バスロケーションシステムの実証開発

栗津 千尋<sup>1</sup>・高田 拓<sup>2</sup>・木滑 英司<sup>3</sup>・小松川 浩<sup>4</sup>・山川 広人<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 非会員 千歳科学技術大学大学院 光科学研究科 (〒066-0012 千歳市美々758-65)

E-mail:awatsu213@kklab.spub.chitose.ac.jp

<sup>2</sup> 非会員 千歳科学技術大学 総合光科学部 (〒066-0012 千歳市美々758-65)

E-mail: takada213@kklab.spub.chitose.ac.jp

<sup>3</sup> 非会員 株式会社ツヨシオカ (〒066-0074 千歳市緑町1丁目2-24)

E-mail:app@tsuyoshioka.jp

<sup>4</sup> 非会員 千歳科学技術大学大学院 光科学研究科 (〒066-0012 千歳市美々758-65)

E-mail:hiroshi@photon.chitose.ac.jp

<sup>5</sup> 正会員 千歳科学技術大学 理工学部 (〒066-0012 千歳市美々758-65)

E-mail:yamakawa@photon.chitose.ac.jp

本研究は北海道千歳市との共同研究の枠組みの中で、バスロケーションシステムの開発を実践的に行い、実用化を図るものである。この中で本稿では、システム運用者(地方自治体・バス事業者)の観点から、バスプローブデータの活用による機能の開発について述べる。ベースとなるシステムでは、バス利用者の不便の解決を狙い、複数のバス事業者により運行される市内の路線バスの運行状況(運行中のバスの位置および遅れ)を Web 地図上で確認できるようにしている。これに加え地方自治体の観点で、路線変更といった路線バス政策に活用できることを狙い、運行遅れの統計およびシステムの利用状況を可視化する。バス事業者の観点では個々のバスの運行管理業務内の改善ニーズに向けて運行トラブルの早期発見を狙ったデータ可視化を提案する。提案した機能を実運用に向けて評価する。

**Key Words:** バスロケーションシステム, 路線バス, 可視化, GPS, アクセスログ

## 1. はじめに

本研究では、地方都市の路線バスで運用されるバスロケーションシステムについて、利用者及びシステム運用者(バス事業者、地方自治体)の双方に向けて最適な運用支援を行うシステムの検討を目的としている。本稿では特に、蓄積されたバスプローブデータとバス利用者のアクセス履歴の活用の中で、システム運用者の支援を行える機能の追及を課題とした機能の開発について述べる。バスの運行状況を可視化し利用者に提供するバスロケーションシステムの開発事例は珍しいものではなく、幼稚園バスや地域のコミュニティバスや路線バスを題材とした実証開発の事例<sup>1,2)</sup>も報告されている。こうした中で、本稿の特徴は、北海道千歳市をフィールドとして、実際のシステム運用者であるバス事業者・地方自治体の支援も含めた機能を有するバスロケーションシステムを検討

し、実証開発を行う部分にある。本稿ではまず、ベースとなるバスロケーションシステム「ち～なび」<sup>4)</sup>のシステム導入環境、システム構成、バス利用者向け機能について述べる。これをベースとしたシステム運用者向けの支援機能の実現を課題としてプローブデータ・アクセス履歴の可視化ニーズを調査し、これに向けた機能を提案する。提案した機能を、システム運用者へのインタビューを通じて、評価し実運用に向けた課題やその改善手段を考察する。

## 2. ベースシステム「ち～なび」

本章では、実証開発のベースであるバスロケーションシステム「ち～なび」<sup>4)</sup>について、システム導入環境とシステム概要、バス利用者向け機能を述べる。

## (1) システム導入環境

新千歳空港を郊外に有している千歳市は、人口減少が課題とされている北海道において、市民の平均年齢の低さや人口増がみられる有数の都市である。しかしながら市街地は高齢化率が高く公共の移動手段が必要なことや、空港への往来も含む通勤・通学のための移動手段の確保の面で、市内中心部の循環や、中心部と郊外を結ぶための公共交通機関の存在が欠かせない。一方で、千歳市内を運行する路線バスの利用者は、近年、減少傾向にあり、その改善の手段として路線バス利用上のサービス充実が課題であった。これにむけて千歳市では、バス路線の再編及び新たな利用者むけサービスの充実を 2016 年 10 月に実施することを計画した<sup>9)</sup>。この計画の一環として千歳市と地元の大学・企業が連携した産学官連携体制により市内全域の路線バスの運行状況の公開・可視化を行えるようにすることを狙い、バスロケーションシステム「ち〜なび」が開発され、2016 年 10 月から試験運用が行われている。

## (2) 「ち〜なび」システム構成

ち〜なびのシステム構成を図 1 に示す。このシステムは Web アプリケーションとして構築している。フロントエンドとなる Web 画面上において、スクリプト言語を動作させることで、特別なアプリケーションを用いることなく、バスの GPS 情報の収集を行うことや、バス利用者がパソコンやスマートフォンの標準的な Web ブラウザからバスの運行状況を確認することをどちらもリアルタイムにできるようにしている。バスの GPS 情報は一般のスマートフォンを車載し、これを収集デバイスとして用いている(以下、このスマートフォンのことをバス端末と表記)。

導入先となる千歳市では路線バスを 3 つのバス事業者が分担し運行している。このため、バスの GPS 情報やシステムの実現に必要なマスターデータも複数の事業者のものが同時に管理され一元的に利用できることを前提としてシステム及びデータベースが設計されている。

## (3) システムが有する機能

本節では、システムが有するバス利用者向けの 2 つの機能について述べる。

### a) 運行状況可視化機能

本システムは千歳市内全域の路線バスの運行状況を可視化する必要がある。そのため複数のバス事業者によって運行される全ての路線バスについて、運行状況を確認できる機能を有している。表示例を図 2 に示す。具体的には Web ブラウザ上の住宅地図上にバスやバス停留所の位置をアイコンで表示している。情報の更新は画面の切り替えなどを必要とせず、すべてのバス事業者の情報

が同じ地図上に表示される。バスのアイコンをタップ(クリック)することで、吹き出しとして路線の詳細情報や、直前の停留所で計測された運行遅れが表示される。特に運行遅れは、積雪地帯である北海道千歳市において非常に重要な運行情報となる。また、ユーザーの利用データの蓄積を目的として、ユーザーが本機能にアクセスした地点、日時をデータベースに保存している。

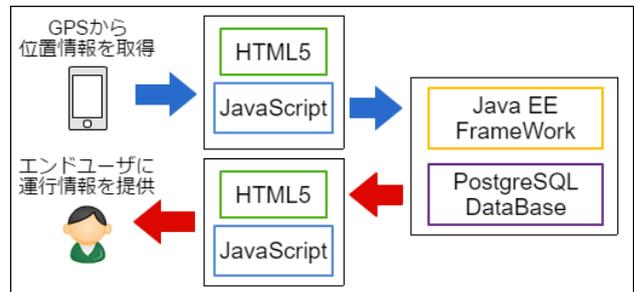


図-1 システム構成図



図-2 利用者側画面のUI例

### b) 乗務員の交番表に基づいた GPS 収集機能

バス事業者では、いわゆる「交番表」の運行スケジュールに基づいて日々のバス運行を行っている。交番表は、バス事業者で標準的に用いられている運行予定の管理表である。交番表には、乗務員がその日にバスを運行する予定の路線と、その路線の中でのバス停留所及び発着予定時刻の一覧が記載されており、乗務員はこの情報を確認しながらバス運行を行う。本システムでは複数のバス事業者の交番表から共通項を選び出しこれを交番データモデルとしてデータベース上にモデル化することで、システム上で各社の運行予定を管理できるようにしている。これにより、このデータモデルとひもづける形でバス端末から収集した GPS 情報をシステムに蓄積することができ、バスの運行路線・運行時間を特定する形で GPS 情報を利用できるようになる。本稿ではこれをバスプロ

ープデータとしている。図 3 にバス端末の表示例を示す。運転士が交番を選び運行を開始するボタンをタップすると、データモデル内の交番情報に基づいて以後の GPS 情報の送信を自動的に行う。これにより、運転士はその日の運行開始時にのみバス端末を操作すればよい形にしておき、システム導入による運転士の運行時の手間や操作の増大を最小限に抑えることを狙っている。



図-3 バス端末の表示例

### 3. 蓄積データ活用ニーズの調査

本章では、まず最初に本研究の問題意識について述べる。その後、システム運用者である千歳市役所とバス事業者に対する蓄積データ活用に向けたニーズの調査について述べる。

#### (1) 本研究の問題意識

「ち～なび」のシステム運用者を考えると、地方自治体である千歳市及びバス事業者があげられる。千歳市はシステム全体を運用し、市民をはじめとするバス利用者へ展開することや、地域の公共交通計画全体を統括している。バス事業者は日ごとのバス運行だけではなく、システムに不可欠となるバスの GPS 情報が正常に収集されるように運転士との調整やバス端末の管理・利用を担当する。こうしたシステム・運用体制による仕組みを持続可能にしていくには、日々のバス運行の中で蓄積していくデータを、地方自治体やバス事業者の担当業務や、システム運用上の問題解決に活かし、安定したシステム運用や発展的な改善につなげていくことが重要であろう。

そこで本研究では、異なる役割を持ったシステム運用者である千歳市の担当者(以後、市担当者として記載)とシステムを利用しているバス事業者 A の担当者(以後、A 社担当者として記載)双方に蓄積データ活用ニーズ、バス運行管理及びバス運行上の問題に対するヒアリングによる調査を行った。以下からその結果を述べる。なお本システムは本来千歳市全域の路線バスを対象としており、本来であれば全事業者の担当にヒアリングすべきであるが、本研究の実施段階においては、本格的な利用実証を行っていたのが A 社のみであったため 1 社のみからヒアリングをしている。事業者が異なれば運用上の課題が異な

ることや複数の事業者の課題を抽象化し解決する必要があるが、この点は今後の課題としている。

#### (2) 市担当者へのニーズ調査

地方自治体側のデータ活用ニーズの調査として、市担当者へのヒアリングを行った。まず、「ち～なび」で蓄積されている情報がバスの位置情報、遅延情報、利用者がアクセスした時間と位置であることを伝えたのち、これらの情報を今後のバス路線改正や市の観光戦略に活用できるのかをテーマとして、可視化したい情報の表示方法を調査した。ヒアリングの結果、3 つのニーズが明らかになった。結果を以下に示す。

ニーズ 1: バスの路線ごとにそれぞれのバス停遅延情報をグラフなどで可視化することでバスの路線改正に活用したい。

ニーズ 2: 利用者のアクセス数と位置情報をグラフなどで可視化することで今後の観光戦略に役立てたい。

ニーズ 3: 上記 2 つの情報を月別・年別で表示することで今後データが蓄積され続けても、閲覧者にとってわかりやすい形で確認したい。

#### (3) A 社担当者へのデータ活用ニーズの調査

バス事業者側のデータ活用ニーズの調査として A 社担当者にヒアリングを行った。

##### a) 現在のバス運行管理についてのヒアリング

A 社は図 4 のように事業所と運行中バスの連絡手段として無線機を使用している。事業所では運行中の複数のバスを同時に管理しており、緊急時の連絡手段として、バスの運転士と事業所間で無線による指示や情報共有を行う。しかし、実際のバスの運行現場では運行中の複数のバスの状況を十分に把握できず、運行トラブルが発生する場面も存在することが分かった。特に把握が難しいものは、運転士の発着時間の勘違いによる早発及び発車忘れである。早発とは、予定された時刻より早くバスがバス停を発車してしまうことである。この場合、運転士は早発に気づいた時点でバス停に戻り運行を再開する。発車忘れとは、本来運行を開始する時刻であってもバスが運行を開始していないことを指す。こちらも運転士が発車忘れに気づいた時点で発車する。早発及び発車忘れはどちらもダイヤに大きな乱れが発生する原因となる。早発・発車忘れは運転士の勘違いといったヒューマンエラーで発生することが多く、無線による連絡手段だけでは事業所が早発や発車忘れの発生をリアルタイムに監視することや、発生時の運転士への迅速な確認・指示を行うことが難しい。この問題点に対する改善案としてプローブデータを用いて早発・発車忘れを通知してほしいというニーズが挙がった。

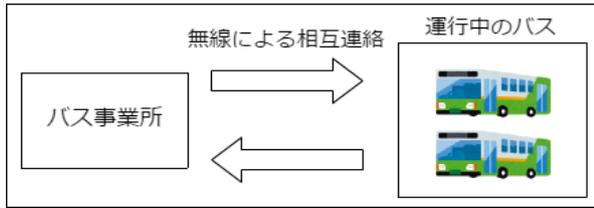


図4 現在のバス運用管理方法

また「ち〜なび」導入によって新たに現れた問題点も報告された。2(3)-a 項で述べたように運転士の一日の運行は交番で管理される。実際にシステムのバス利用者向け機能上にバスを表示するには、運転士がどの交番を運行するか車載バス端末から選択し収集できる必要がある。ここで発生する問題として、運転士が運行開始時のバス端末操作を忘れてしまい利用者画面にバスの GPS 情報が反映されない場合がある。この問題点に対する改善案としてバス端末から GPS 情報が収集されていない場合にその旨を事業所に通知してほしいというニーズが挙げられた。

#### 4. データ活用ニーズを満たす機能の提案

本章では、3 章で行ったヒアリングによって明らかになったデータ活用ニーズに対し提案した機能を述べる。

提案機能は図 5 のように既存システムへの機能拡張の形で実装した。それぞれの機能を次節から述べる。

##### (1) 地方自治体に向けた支援機能の提案

地方自治体に向けた支援機能として、バスプローブデータ、利用者アクセス情報の可視化機能を提案する。

##### a) バス停ごとの遅延回数の可視化機能

本機能は、3(2)節に示したニーズ 1 の解決を狙っている。「ち〜なび」に登録されている交番表データからバス停ごとの発着予定時刻を取得し、実際の運行時に取得された発着時刻と照らし合わせる。これにより運行遅れの回数を(ここでは 1 分以上の遅れがあった場合にカウントする)計算し可視化する。可視化の際は、バス停ごとに棒グラフを表示する。実際の表示画面を図 6 に示す。路線ごとに始点から終点までのバス停を横軸として、バス停ごとの遅れ回数を縦軸としている。これにより、ニーズ 3 についても満たすものとなっている。

##### b) 利用者数の可視化機能

本機能は 3(2)節に示したニーズ 2 の内、利用者数の可視化ニーズの解決を狙っている。「ち〜なび」では、個人を特定する形でのアクセス日時と場所の収集はしていない。そのため、ブラウザがシステムにアクセスした際に一定期間同一のものを維持する形で自動的に発行する

セッション id の数を利用者数とみなす。その上でセッション id の発行数を可視化することで利用者数の可視化機能とした。実際の表示画面(月別)を図 7 に示す。この機能では、セッション数の累計を月別もしくは年別で切り替えて表示でき、ニーズ 3 も満たしている。

##### c) 利用者のアクセス位置の可視化機能

本機能は、3(2)節に示したニーズ 2 の内、アクセス位置の可視化の解決を狙っている。実際の表示画面(月別)を図 8 に示す。前項で述べた、セッション id ごとの位置情報を Web 地図にピン止めする形で表示している。この機能も、月別・年別の単位で表示の切り替えが可能であり ニーズ 3 も満たしている。

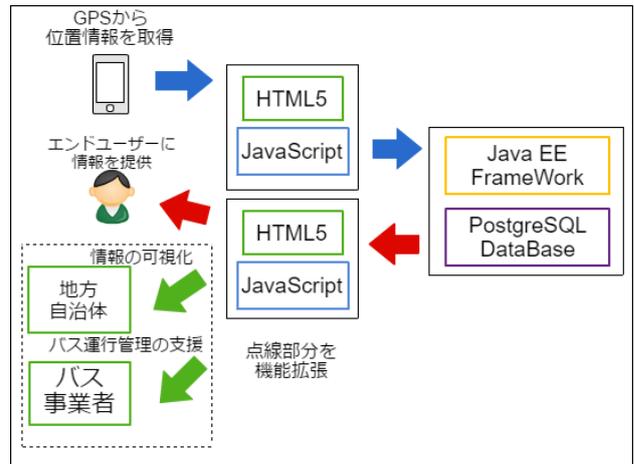


図5 機能追加後のシステム構成図

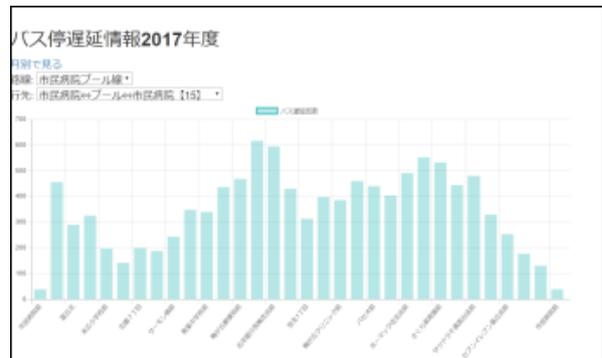


図6 バス停ごとの遅延回数の可視化機能画面

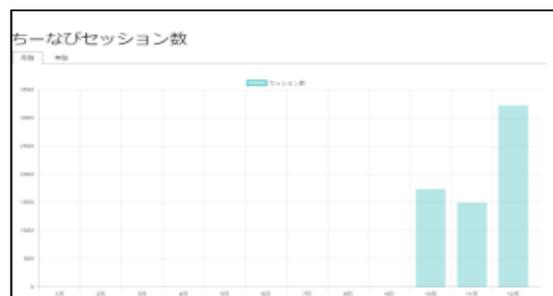


図7 利用者数の可視化機能画面



図-8 利用者のアクセス位置の可視化機能画面

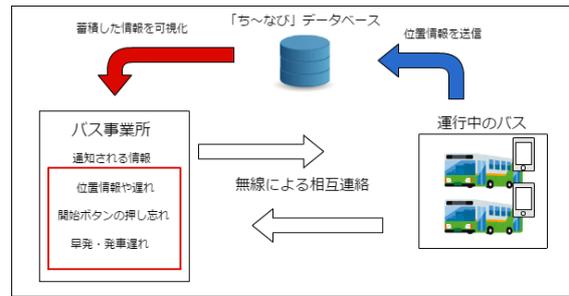


図-9 新たな運行管理体制

(2) バス事業者に向けた支援機能の提案

バス事業者に向けた支援機能として、早発・発車忘れの検知や、バス端末の稼働状況の検知を行える事業所向け機能を提案する。これらの機能を実装することで図9赤枠に示すような、「ち〜なび」を経由したバス運行状況を事業所が把握できるようになる。

a) 事業所向け機能の基本画面

本項では、蓄積データ可視化システムの事業所向け機能の基本画面について述べる。画面イメージを図9に示す。バス利用者に向けた機能と同様に地図上にバス現在位置を表示するが、ここでは機能を使うバス事業者のバス情報のみを表示することや、地図上に表れないバスの状況(図中の赤枠部分のような待機中など)を掲載する工夫を行う。これにより、事業所に特化した、バスの運行状況の可視化を狙っている。

b) 早発・発車忘れ検知画面

本項では、事業所向け機能の基本画面をベースにした早発・発車忘れ検知する画面について述べる。本機能は、3(3)節のヒアリングで挙げられた早発・発車忘れの通知を行ってほしいというニーズへの対応を狙っている。バス運行に早発・発車忘れの恐れがある場合の画面を図11に示す。赤枠部分は、バスの運行開始前に出発してしまった可能性や、すでに運行開始時刻であるにもかかわらず、発車していないといった異常を示す。また、画面上の工夫だけではなく、音声や警告音による通知も加えることも望ましいと考えられる。こうした検知は、交番によるスケジュール、バス端末からのGPS情報、バス停の位置情報などから十分判断できると考えている。例として、始点となるバス停から一定時間移動していない、基準となる時間よりも早く複数のバス停を通過するといった判断基準が考えられる。



図-10 事業所向け機能の基本画面



図-11 早発・発車忘れ検知機能



図-12 バス端末の異常検知機能

### c) バス端末の異常検知の画面

本項では、事業所向け機能の基本画面をベースにしたバス端末の異常を検知する画面について述べる。本機能は、3-3 節のヒアリングで挙げられた、運転士の操作ミスや操作忘れなどでバス端末が GPS 情報を送信できないといった異常への対応ニーズを満たすことを狙っている。バス端末の異常を検知している際の画面を図 12 に示す。赤枠部分は、本来運行が開始される交番の路線であるにも関わらずバス端末の GPS 情報が収集されていないことを表している。こうした条件で検知することにより、通信回線のトラブルや、経路上や端末上の異常による GPS 精度の悪化といった場合にも事業所が早急にキャッチアップできる可能性がある。

## 5. 評価と考察

本章では、3 章で述べたニーズに基づき提案した機能について、インタビュー方式による担当者からの評価について述べる。その上で、提案に向けた改善点や課題を考察する。

### (1) 地方自治体に向けた支援機能の評価

本節では地方自治体向けに提案する 4(1)節の機能についての評価を述べる。評価は提案したそれぞれの機能ごとに行う。提案機能は、バス路線の改正や観光戦略に利用したいというニーズの解決を狙ったものであることから、それぞれの機能を実際に使ってもらうことで、「目的に向けて活用できるか」「蓄積データの表示方法は適切であったか」をインタビュー形式で評価した。なお提案機能は地方自治体向けであるが、有効利用の方法の模索やバス遅延情報(1 分以上の遅れを計上し可視化する)といった基準の妥当性を図るため、一部の機能についてはバス事業者である A 社にも評価対象を拡大して行った。評価者は市担当者 1 名、A 社担当者は 2 名である。

#### a) バス停ごとの遅延回数の可視化機能

市担当者 1 名と A 社担当者 2 名を対象としたインタビュー結果を以下に示す。

[内容]

設問 1. 本機能で表示された情報じゃ今後のバス路線改正に使える情報でしたか。

- ・使える
- ・どちらかといえば使える
- ・どちらかといえば使えない
- ・使えない

設問 2. 表示方法(グラフ、月別・年別表示等)は適切でしたか。

- ・適切
- ・どちらかといえば適切
- ・どちらかといえば適切でない
- ・適切でない

[市担当者 1 名からの評価]

- ・設問 1→どちらかといえば使えない
- ・設問 2→適切

・設問 1 でどちらかといえば使えないと答えた理由

バスの遅延回数の表示だけではどの路線のどのバス停間の遅延回数が多いかまではわかる。しかし、バス路線改正では具体的にどのバス停の遅延が多いか、現在のバスダイヤから何分変更するかという点が出てくる。回数だけでなく平均遅れ時間なども欲しい。

・その他の意見

月別で見ることができると冬間の遅延回数が多いことが分かったが降雪量などで遅延回数がどの程度変わるかなども見たい。

[A 社担当者 2 名からの評価]

- ・設問 1→使えない、どちらかといえば使えない
- ・設問 2→適切、適切
- ・設問 1 でどちらかといえば使えないと答えた理由

現在のままでは、時間が出ていないので実際にバス路線改正時には使えないため、具体的な時間の表示が必要。現在の表示では定刻の時間から 1 分以上遅れているものを遅れとみなしてカウントしているがそこを 5 分以上遅れているものなど設定できるようにしたい。

・その他の意見

バス路線改正では毎日運航を行っているバス運転士の意見等を参考にして時間を決めている(運転士の毎日の運行の経験から特定のバス停間は遅れることが多いなど)。

#### b) 利用者数の可視化機能

市担当者 1 名を対象としたインタビュー結果を以下に示す。

[内容]

設問 1. 本機能で表示された情報は今後の観光戦略に使える情報でしたか。

- ・使える
- ・どちらかといえば使える
- ・どちらかといえば使えない
- ・使えない

設問 2. 表示方法は(グラフ、月別・年別表示)適切でしたか。

- ・適切
- ・どちらかといえば適切
- ・どちらかといえば適切でない
- ・適切でない

[市担当者 1 名からの評価]

- ・設問 1→どちらかといえば使える
- ・設問 2→適切
- ・設問 1 でどちらかといえば使えると答えた理由  
徐々に利用者が増えているのが分かった。冬季になると利用者が増えていそうなことが読み取れた。今はデータが少ないが、今後データが増えるにつれて正確性が増すと考えられるので良いと思う。

・その他の意見  
グラフにカーソルを合わせなければグラフの数値を見ることができないので棒グラフの上の方に数値を出してもらいたい。

### c) 利用者のアクセス位置の可視化機能

市担当者 1 名を対象としたインタビュー結果を以下に示す。

[内容]

設問 1. 本機能で表示された情報は今後の観光戦略に使える情報でしたか。

- ・使える
- ・どちらかといえば使える
- ・どちらかといえば使えない
- ・使えない

設問 2. 表示方法(グラフ, 月別・年別表示等)は適切でしたか。

- ・適切
- ・どちらかといえば適切
- ・どちらかといえば適切でない
- ・適切でない

[市担当者 1 名からの評価]

- ・設問 1→使える
- ・設問 2→適切
- ・設問 1 で使えると答えた理由

利用者がどのエリアで利用しているの多いかがわかることによりアクセス位置の多いところに Wifi 設置をして利用者増加を図るなど具体的な観光戦略を立てることが出来て良い。

- ・その他の意見

おおよそで範囲を決めてアクセスした場所のランキングと具体的な数値を出してほしい。またアクセス者が観光客なのか市内利用者なのかが知りたい。

## (2) バス事業者に向けた支援機能の評価

本節ではバス事業者向けに提案する。4(1)節の機能についての評価を述べる。評価は提案したそれぞれの機能ごとに行う。ただし、研究スケジュールの関係上、実際に動作する機能ではなく、画面イメージのみをバス事業者に提示した上で、「バス運行管理の支援となりそうか」についてインタビュー形式で評価した。実運用を考えると、利用を想定した印象による評価と利用を伴う実

践による評価には違いがあると考えられ、追加調査が今後の課題であることを付記しておく。評価者は A 社担当者 2 名である。なお、以下のインタビュー内容を全ての機能で共通して評価している。

[内容]

設問 1. 今回提示した内容はもし実際の業務で導入した時にバス運行管理の支援となると思いますか。

- ・思う
- ・どちらかといえば思う
- ・どちらかといえば思わない
- ・思わない

### a) 事業所向け機能の基本画面

A 社担当者 2 名を対象としたインタビュー結果を以下に示す。

[A 社担当者 2 名からの評価]

- ・設問 1→思う
- ・設問 1 で思うと答えた理由

「ち〜なび」の画面では、路線ごとにバスの現在位置を見ることができるが、交番ごとに運行状況を見ることができるのでバスの運行状況が一目でわかって良い。

- ・その他の意見

バスに関して時刻通りに運行しているか、何時に〇〇バス停にバスがくるのかなどの問い合わせが電話で来ることがある。現在は電話の問い合わせを受けた時に交番表ほどの紙面を用いて、問い合わせ内容にあったバスを特定しているが、時間がかかってしまう。そのような問い合わせにも今回提案された画面ですぐに対応できるようにしたいが、現在の画面では対応できないと思う。交番名と合わせて始発時間などを表示することで電話問い合わせに対しても対応できるようになりそうなので更にバス運行管理の支援となりそう。

### b) 早発・発車忘れ検知画面

A 社担当者 2 名を対象としたインタビュー結果を以下に示す。

[A 社担当者 2 名からの評価]

- ・設問 1→思う
- ・設問 1 で思うと答えた理由

現在の運行管理方法では運転士のミスによる早発や発車忘れは利用者より早く察知することはできないため、このような機能があると非常にバス運行管理が楽になり、利用者のサービス満足度向上につながると思う。

- ・その他の意見

実際に実装する際にはどの程度の精度で早発や発車忘れを検知できるのかが気になる。

### c) バス端末の異常検知の画面

A 社担当者 2 名を対象としたインタビュー結果を以下に示す。

[A 社担当者 2 名からの評価]

- ・設問 1→思う
- ・設問 1で思うと答えた理由

バス運転士の中には、スマートフォンの操作になれていない人もいたため、必ずこのようなミスは起きてしまう。「ち～なび」導入後からはバスが正常に表示されているか「ち～なび」の画面と交番表などの紙面を見ながら確認していた。この手間を自動で検知できるのは非常に良い機能だと思う。

- ・その他の意見  
特になし

## (5) 考察

評価結果から提案機能の改善点や課題に向けた考察を述べる。

### a) 地方自治体に向けた提案機能の考察

3(2)節で明らかになった 3 つのニーズと対応する機能を考察する。ニーズ 1 を解決するバス停遅延情報可視化機能の評価結果は、現在の機能ではバス路線改正には十便に役立つことは難しいという結果であった。バス路線改正ではバス停間を何分と定める必要があるが、現在表示している情報では遅れが多いバス停はどれかという点のみ判断できる情報であり不十分であった。バス路線改正に活用できる情報として提供するには、バス停間の遅れ回数に加えて、バス停の平均遅れ時間といったバス停間の発着猶予の判断や仮説に役立つ、有益な情報の可視化を追求する必要がある。また、評価者の意見で挙げたように、降雪量など天候の情報と関連した可視化も重要な視点であろう。旧来より降雪地帯にある北海道では、バスロケーションシステムのニーズや効果が高いと言われており、本システムの有効性を向上させる上で重要だと考えられる。更に、バス事業者側からの意見として「バスの遅れとしてカウントされる閾値を変えたい」という意見も挙げた。こうした点にも、前述の天候情報の関連や時間帯による混雑といった外部要因を考慮することでより妥当性の高い路線改正への情報となる。

ニーズ 2 を解決する利用者数・アクセス位置の可視化機能の評価は、概ね良好な結果であった。特に、アクセス数や位置情報がわかることで市担当者が具体的な観光戦略を構築することに役立つといった意見が得られた。今後更にデータが蓄積されることで、より精度の高い情報になるとも考えられる。しかし、可視化の方法については改善の余地がある。グラフだけではなく、より閲覧性・操作性の高い可視化手段を検討すべきである。アクセス位置の可視化機能は、利用者がシステムにアクセスした位置情報のみを表示しており、アクセス場所の偏り・時間変化、アクセス者の属性といった詳細な情報の可視化を実現することでより観光戦略に役立つといったことも考えられる。一方で、市内外の居住者や観光客と

いった判別は現時点のシステム内の情報だけでは極めて難しいと考えられる。より観光戦略に寄与するシステムを追求するには、バスロケーションシステムの枠を超えて、市民参加型のサービスや観光客支援のサービスなどとオープンデータや認証基盤技術を使い、課しか情報を充実させる総合的な交通観光システムへの発展などの可能性も見据えていく必要がある。ニーズ 3 はそれぞれの機能の月別・年別表示の評価として概ね良好な結果を得ることができたが、実証を続け、評価対象を拡大し、改善点を模索していく必要がある。

## (6) バス事業者に向けたバス運行管理支援機能の試作の考察

3(3)節 a 項で明らかになった 2 つのニーズと対応する機能を考察する。1 つ目の「早発・発車忘れも含めたバス運行情報の把握をしたい」、2 つ目は「運転士のバス端末操作ミスにより『ち～なび』に GPS 情報が送信されていないことを通知してほしい」であった。それぞれのニーズごとに考察を述べる。ニーズ 1 を解決する事業所向け機能の基本画面、早発・発車忘れ検知画面の評価は良好な結果を得ることができた。これらの機能により、バス運行で生じる早発・発車忘れや「ち～なび」導入により生じた運転士のバス端末操作ミスの問題を解決することによってバス事業所や運転士の負担を軽減することができると考えられる。特に、早発・発車忘れの発覚方法としてバス利用者からの苦情という現状は好ましくないということから早発・発車忘れ通知機能は高評価であった。しかしヒアリングから新たな課題も見つかった。バス事業所にはバスに関して時刻通りに運行しているか、何時にどのバス停にバスが来るのか、次の発車時間はいつかなど様々な問い合わせが多数寄せられる。そうした問い合わせがあった場合「ち～なび」の画面や交番表などの紙面で問い合わせがあったバスの特定を図るが、現在の画面では問い合わせに対してバスが特定しにくいため時間がかかってしまうという課題である。様々な問い合わせに対してバスを特定するために必要な情報としてバスの運行情報、バスの路線名、遅れ情報、バスの始発時間などの情報が必要である。事業所向け機能の基本画面では、始発時間の表示がないため、バスの運行状態などの場所に始発時間を表示することにより多くの問い合わせに対応でき、バス運行管理の支援の向上に繋がると考えられる。また機能の実装時にどの程度の精度で、早発・発車忘れを検知できるかというシステムの精度の面で検証すべき点はあるといえる。ニーズ 2 を解決するバス端末の異常検知機能の評価でも良好な結果を得ることができた。「ち～なび」実装時より、運転士のバス端末操作ミスがないかは「ち～なび」画面上と交番表などの紙面を見ながらの確認作業が必要であったが、自動で検

知できる仕組みにより手間が省け、業務内容も削減が出来ることからバス運行管理の支援に繋がると考えられる。しかし実装時にどの程度バス端末の操作ミスを検知できるかは検証の必要がある。また、前述の通り本機能は画面イメージによる評価を行っていることから、実践体制を整えた上で、市内の全バス事業者に拡大した再評価が必要であろう。

## 6. おわりに

本研究では、地方都市の路線バスで運用されるバスロケーションシステムについて、利用者及びシステム運用者(バス事業者、地方自治体)の双方に向けて最適な運用支援を行うシステムの検討を目的とし、蓄積されたバスプローブデータとバス利用者のアクセス履歴の活用の中で、システム運用者の支援を行える機能の追及を課題とした機能を提案した。提案には地方自治体及び一部のバス事業者からのインタビュー形式での評価を行い、改善点や課題を洗い出した。本システムは、2017年5月から市内全域のバス運行に対応し、実証試験が継続される。こうした中で、本研究で提案した部分において、実用化に向けた取り組みを継続していく。

謝辞：本研究にご協力いただいた千歳市企画部(交通政策担当)の皆様、千歳相互観光バス株式会社の各位に謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 小野寺 瞬, 岡本 東, 堀川 三好, 菅原 光政: 幼稚園を対象としたバスロケーションシステムの運用・評価, 情報処理学会研究報告情報システムと社会環境 (IS), 1-8, 2013-IS-124
- 2) 遠藤雅樹: 他: 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”, 情報処理学会論文誌 データベース, Vol.7, No.2, pp.117-134 (2014)
- 3) 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
- 4) 山川広人, 木滑英司: スマートフォンを用いたバス運行状況システムの試用: 路線バス事業者の利用における課題の整理, 第 14 回 ITS シンポジウム発表論文, 2-C-06 (2016)
- 5) 北海道千歳市: 千歳市交通戦略プラン Part I 千歳市地域公共交通網形成計画, <https://www.city.chitose.lg.jp/docs/98-79005-179-951.html> (2017年4月28日確認)

?

## Experimental Development of Bus Tracking System in Chitose, Hokkaido

Chihiro AWATSU, Taku TAKADA, Eiji KINAMERI,  
Hiroshi KOMATSUGAWA and Hiroto YAMAKAWA

We experimented to development of City-Bus Tracking System in Chitose, Hokkaido. The system is implemented as a web application that is used smartphone-based gps tracking as source of city-bus probe data and user access logs. The paper proposes two supporting functions that are aimed sustainability and stable operation for local government and bus operators as a system provider. And, we analyzed the usability of functions in an interview for system providers as testing phase.