

# 学生の行動モデルを活用した 通学支援システムの提案

高橋健友<sup>†1</sup> 川本瑞己<sup>†1</sup> 清原良三<sup>†1</sup>

イベント会場やバスターミナルにおけるバス停の集中混雑を、利用者の持つ携帯電話から得られる位置情報を利用して緩和する通学支援システムを提案する。本システムではバス利用者の中でも特に着席を希望する利用者に焦点をあて、着席が可能かどうかの情報を提供する。バスの発車時刻より前からバス停に並ぶことによって担保していた着席が、携帯電話から提供される情報によって担保されるのであれば、バス停に出来上がる列の多くを占める着席希望者が長時間に渡りバス停に並ぶ事をしなくなり、バス停の混雑が緩和され、周辺施設や他の利用者への悪影響が軽減される。本論文では、バスの混雑状況の可視化を行う通学支援システムの全体アーキテクチャを示し、定性的な観点での検討結果を示した。

## A Proposal of the System which is Based on a Student's Behavior Model

KENTO TAKAHASHI<sup>†1</sup> MIZUKI KAWAMOTO<sup>†1</sup>  
RYOZO KIYOHARA<sup>†1</sup>

We propose a system which is based on a student's behavior model for commuting students by buses. In this system, we focused on students who wanted to be seated and the system provides the information that students can be seated or not. If the seat is secured by that information, students don't have to stand a line for long time and also have less trouble with the neighbors. In this paper, we show the system architecture and have some discussions.

### 1. はじめに

今日、「集中混雑」という現象は様々な場所で起こっており、その一つにイベント会場が挙げられる。イベント会場付近のバス停における集中混雑はバス利用者、バス停周辺の住民の両者に少なからずストレスを与える。

利用者の多くは時間に余裕をもってバス停に向かい、乗車可能なバスが来るまでバス停に並びバスを待っている。また、バスの乗車時間が長い場合は、着席できるように並ぶケースもある。このような行動をする利用者が増えればバス停には忽ち長蛇の列が出来上がり、周辺の道路や施設に悪影響を及ぼす。

また、利用者の立場からしてみれば、イベント会場におけるタイムスケジュールを組む際に「バス停に並ぶ時間」がスケジュールの何割かを占める事となり、イベントを楽しむ時間が短くなる。特にイベント会場のようなバスの台数に限りがある場合においてはバスに乗車する為に並ぶという行為が仕方のない事として扱われがちであると考え、本論文ではより身近な通学環境であるバスセンターで起きている「集中混雑」について混雑緩和の為にシステム提案を行う。

厚木バスセンターから神奈川工科大学に向かう急行バ

スは本数に限りがある為、利用者の多くはバスに乗れず講義に遅刻する可能性を懸念し早い時間からバス停に長蛇の列をつくる。またバスの乗車時間は道路の混雑状況によっては30分にもなるケースがあるためどうしても着席したい学生も多い。本論文ではバス利用者の中でも特に着席乗車を希望する利用者を対象にバスの混雑状況の可視化と情報を用いた利用者の誘導を行う事で、バス停に並ぶ事なくバスに乗車する事が出来るシステムを構築する。

### 2. 関連研究

「混雑」を解決する研究は様々な分野で行われている。ITSの分野においては渋滞情報の可視化を行い、その情報を提供する事[1]で、運転手に対して渋滞を避けた経路案内をし、渋滞が緩和されるといったシステムを提案している。

また、歩行者の動線解析を行い、歩行者の行動をモデル化、行動予測や行動パターンの代表例の提示などを行っている。そのモデルから得られる情報を用いて、商業施設での設備の稼働調整、商品の配置変更などの判断材料として利用する事を提案している[2][3][4]。

上述のように、可視化によって渋滞の緩和や経営判断を行っている為、本論文においても可視化が有効な手段であると考え、

<sup>†1</sup> 神奈川工科大学 情報工学科  
Kanagawa Institute of Technology,  
Dept. of Information and Computer Sciences

表 1 厚木バスセンター調査データ

項目	詳細	
急行バスの本数	8時台：10本 9時台：3本 計13本	
急行バスの運転間隔	8：25～9：05 2～5分間隔	
バス停に並んでいる人数	着席希望者	継続的に30名以上が列を成している
	非着席希望者	バスが来る度に短くなる

### 3. 現状把握と仮説

#### 3.1 観察

まずは厚木バスセンターの現状調査を実施した。表1に示すように、大学の1限目の授業に間に合うように設定されている急行バス13本ある[5]。

始発のバスに対しては出発の15分前の段階で既に、長蛇の列が出来上がる。

バスセンターには誘導員が配置され、図1に示すように着席を希望する学生が並ぶ列と、立ったままの乗車でも構わない学生が並ぶ列の2種類の列に分けている。この様に学生を希望別に分けて並べているにもかかわらず、双方の列ともに多数の学生が並んでいる。

立ったままの乗車でも構わない学生に関しては回転効率がよく、バスが来るたびに列の半分の学生が乗車していくが、着席を希望する学生に関してはバス1台あたりの座席数が決まっている為、なかなか列が短くならず、大勢の大学生の列が30分間バスセンター構内に出来上がる。

少人数がバス停に長時間並んでいる場合は、周辺施設や歩行者に対して迷惑がかかる事は無いが、大勢の大学生が長時間バス停付近に並んでいる場合、周辺施設を利用しに来た人が、施設に入りにくいなど迷惑をかけ、実際にクレームにもなっている。

また、観察からバス停付近に長時間に渡って並んでいるのはバス利用者の中でも着席希望者である為、本論文では、着席希望の列を解消する事によって、バス停付近の集中混雑の緩和を行う。

#### 3.2 仮説

着席希望者は早い時間から並ぶという行為によって「時間」をかけて自身が乗りたいバスに着席しようとする。

着席を希望する学生は混雑状況が見えず、自身が何時に出発する急行バスに着席する事が出来るのかがはっきりしない為、登校する学生数が日々変化していても、いつも通り早めに家を出発することで自身の着席を担保しているので、混雑状況が可視化される事で着席を希望する学生が長い時間並ぶ事によって担保していた着席を知る事によって

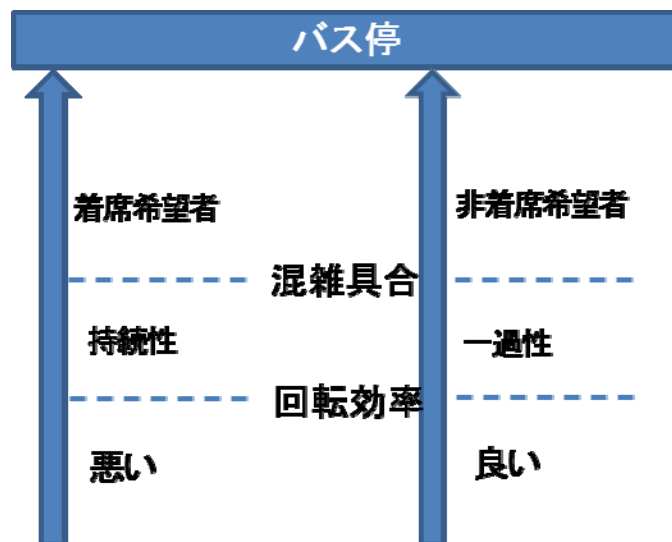


図1 バスセンターの現状

担保する事が可能になると考える。

本論文では、「混雑状況の可視化」がこの問題を解く一つの手法であると考えた。

一般的には集中混雑を「予約」というシステムによって解決している。世の中に普及している予約システムの多くは「予約料」を支払う事によって自身が希望する座席を確保出来るものである。

しかし、今回システムを利用する環境として想定しているのが駅と大学間であるという事、平日毎日利用するシステムであるという事から、バスの乗車料金に上乗せする形で予約料金を請求してもシステムは学生に馴染まない為、利用者が増えず予約料金を払わずとも座れる座席が発生し、システムが成り立たなくなる可能性がある。

よって、「予約料」を用いない予約システムを構築する事が望ましいと考える。

#### 3.3 学生の行動モデル

本論文においては混雑状況の可視化を行い、利用者から着席希望情報を収集する事で簡易的な着席予約システムの構築を行う。しかし、この予約システムを構築するだけでは利用者が「学生」であることからキャンセル放置など学生特有の問題が発生する事が考えられる。そこで、一般的な予約システムではなく、利用者である「学生」の行動モデルを考慮した予約システムが必要である。

### 4. 方式検討

#### 4.1 前提条件とその妥当性

今回提案するシステムに関してはシステムの利用者が以下の3つの条件を満たしている前提で研究を進めていく。

1. 全員が携帯電話を保持している
2. 着席したい人が全員システムの入力要求に応答

する

### 3. ID の情報提供を許可する

これら3つの前提条件に関する妥当性について、1の条件についてはスマートフォンだけではなく、従来の携帯電話もサポートする事により携帯電話(スマートフォンも含む)の普及率から妥当であると考えられる[6].

2の条件については、利用者によって妥当性が大きく変わってくる条件であるが、本研究では「神奈川工科大学に所属する学生」という不特定多数ではなく、特定多数に対するアプローチである為、妥当であると考えられる。

3の条件については端末側からの情報取得を朝の特定の時間のみにする事で個人への干渉を少なくし、IDを用いて取得した情報をバス着席の可視化システムにのみ使う事を利用者に対して明確に提示する事で承諾して貰える為、この条件も妥当であると考えられる。

## 4.2 学生の行動心理

「学生の行動心理」の中でも、朝の登校時に限って成り立つ「学生」の3つの心理に注目した。

1. 講義に間に合うのであれば出来るだけ遅い時間のバスに乗車したい
2. ある程度長い時間バス停に並んでも着席してバスに乗車したい
3. 一度予約した座席に座れなくなった場合、わざわざキャンセルを行わない

### 4.2.1 出来るだけ遅い時間のバスに乗車したい

この心理に関しては座席の分配方法を工夫する。今回の場合、着席希望が後方に集中し座席数に対して希望学生が圧倒的に多くなり、1限に間に合うバスに乗れない学生が生じるという問題が起こる。

また、電車の運転遅延などにより希望するバスに着席できなかった学生にも対応する為、ある程度の空席マージンを遅い時間帯のバスに確保しておかなければいけない。しかし、このマージンを確保しすぎると空席のままの席が生じ、本システムを利用していない学生でも着席する事が出来、本システムを利用する意義の損失にもつながる。

この安全マージンと空席を可能な限りつくらないというトレードオフをいかに上手くシステム化するかが、本システムが利用者にとって利用する価値のあるものであるかどうかを左右する点である。

### 4.2.2 並んでも着席してバスに乗車したい

この心理については登校用のバスではなく、下校用にバスに乗車する学生を観察した事から得られた考えである。夕方、駅前に向かうバスを待つ学生の多くには、「満席ではあるが空間的に余裕があり、立ったまま乗ることができるバスを見送って10~15分後のバスに着席乗車する」という行動が見られた。

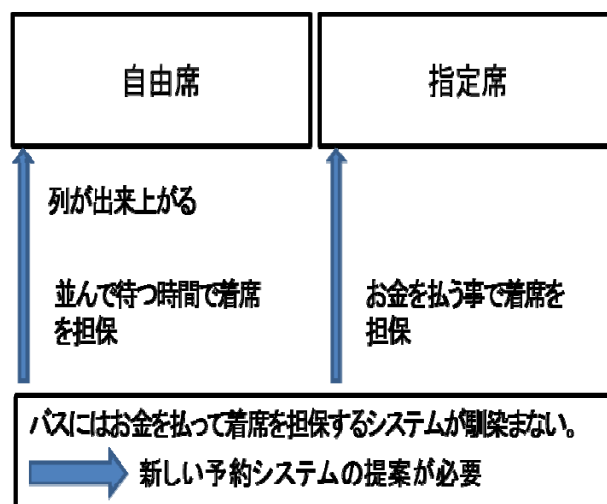


図2 予約モデル

このような行動の背景には、大学と駅前を結ぶバスが道路の混雑状況によっては乗車時間が30分以上になる事が挙げられる。また、学生は社会人などと違い、時間にある程度の余裕がある為、時間よりも着席を重視する傾向にある。

この為、バス停付近には大勢の学生が30分間長蛇の列を成していた。この行動心理から、前述の安全マージンのための空席を「測位データに基づいてバス停の近くにいる学生に分配する」というシステムの構築を行うと、このマージンの空席を目的とした列が朝のバス停でも起きる事が十分に考えられる。

しかし、それでは本研究の目的であるバス停の混雑緩和と相反するシステムとなってしまう為、当日の空席分配に関しても学生がバス停に集中せずに分散させる事の出来るシステムの構築が望ましいと言える。

### 4.2.3 キャンセルを行わない

この心理については今回の予約システムにおいて予約料やキャンセル料といった利用者にペナルティを課していない事から生じるのではないかと考えたものである。今回提案する予約システムには座席予約を行った後、都合が悪くなり、当日その座席に座れない時に「キャンセル」を促すシステムが存在しない。

しかし、学生が日常的に利用するシステムに対して課金を前提として構築するとバス利用者に対して本システムが普及しない事が懸念される。

従来、料金を徴収する事によってキャンセルを促すシステムは多く存在するが、本研究では利用者から料金を徴収せずに「学生の行動心理」をうまく利用する事で突発的な空席を最小限にとどめる。

## 5. 提案手法

### 5.1 提案手法概要

図2に示すように新幹線やグリーン車を有する通勤電

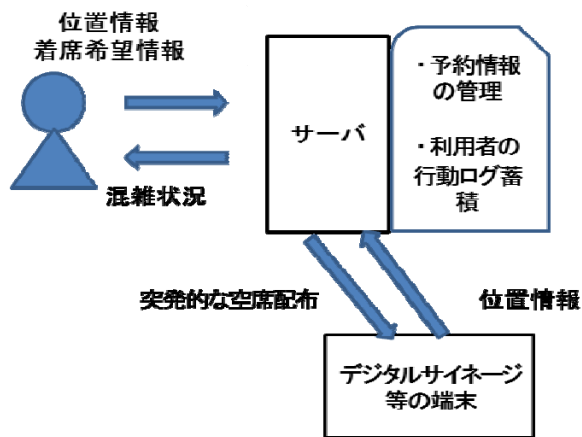


図3 提案手法概要

車において、自由席と指定席の違いは着席を時間で担保するのか、金銭で担保するのかの違いである。

電車と違い、車掌のような指定席に座っている乗客を管理する人がいない事もありバスには金銭で着席を担保するシステムは馴染まない事が考えられる。

現在大学と駅前を結ぶ急行バスは自由席のみである為、着席したい学生が並んで待つ事で着席を担保しているので毎朝バス停付近に長蛇の列が出来上がる。

そこで今回は、金銭による座席の担保を行わず、バス停の集注混雑を緩和する予約システムについて述べる。

提案するシステムは図3に示すように、学生から位置情報と着席してバスに乗車したいかどうかという着席希望情報を収集する事で着席を希望する学生に対して、希望するバスへの着席が可能かどうかといった混雑情報の提供を行う。

着席を希望する学生にはバス座席の予約を行ってもらい、学生がバス停に向かう時間の分散を図る。また、位置情報を収集している為、学生の最寄り駅から何時発の電車に乗ると予約したバスに乗車する事ができるのかといったデッドラインを示すことで、学生の利便性を向上させるとともに、システム側で予約を強制キャンセルするラインを明確にする。

上述の様な機能が Google Now として Google のスマートフォン向けプラットフォーム Android4.1 から実装されている。Google Now は、端末内のカレンダー情報、スケジュール情報、GPS による現在位置情報といった複数の情報を連携され、ユーザがどのような情報を必要とするかを予測した上で提示する[7]。

病欠や、バス停までの公共交通機関の混雑や不通によって当日突然空席が発生する事が考えられる。この空席に対して対策を行わないと、この空席を期待してバス停に列が出来上がってしまう事が予想される。

この問題に対しては、学生をバス停以外の場所に分散させるシステムを構築する。

表2 様々なキャンセルペナルティ

	予約入力量	着席の担保	ペナルティ
提案モデル	膨大な量	情報	システム利用権限
電車 航空機	必要最小限の予約	料金	キャンセル料金
ファストバス (ディズニーランド)	システム側で制限	時間(利用する数十分前~数時間前に発行)	施設利用不可

## 5.2 位置情報取得手法

着席を希望するバス利用者の位置情報を得るために、利用者の現在の位置を計測し座標値に変換する機能を持つ測位装置として GPS(Global Positioning System)を用いる。

本研究では、測位装置によって得られる利用者の位置と、位置が計測された時刻を対応付けたデータを測位データと呼ぶ。

測位データは近年様々なサービスで利用されており、ユーザが測位データの送信に同意すると、より高価値な情報が提供されるサービスも増えている。本研究ではこの測位データを蓄積する事によって利用者がバスに乗車するまでの行動傾向を把握する事が出来、利用者により価値の高い情報を提供する事ができると考える。

この測位データに加え、利用者の時間割情報と利用者から週単位で翌週以降の乗車を希望するバスを指定してもらう事で得られる情報の2つを組み合わせる事によって利用者が着席可能なバスの可視化を行う。また、可視化のみならず利用者の誘導も行う事でより利用者が本システムを利用する価値が高まり、バス停の混雑緩和への効力も強まる。

## 5.3 当日空席分への対応アルゴリズム

単純にバス停の近くにいる学生に対して当日空席分を配布するというアルゴリズムを構築すると、これを目的とした行列が出来上がってしまう為、駅付近の特定の施設にいる学生に対して当日空席分を分配するアルゴリズムを構築する。

携帯端末の通信量の増加に伴い各キャリアがコンビニエンスストアや喫茶店などの施設に Wi-Fi スポットを設置する動きが活発になってきている。この Wi-Fi スポットを利用する事で GPS が利用できなくとも、駅周辺の施設内に利用者があるかの情報は容易に取得する事が出来るようになってきている。この様なアルゴリズムを構築する理由2つある。

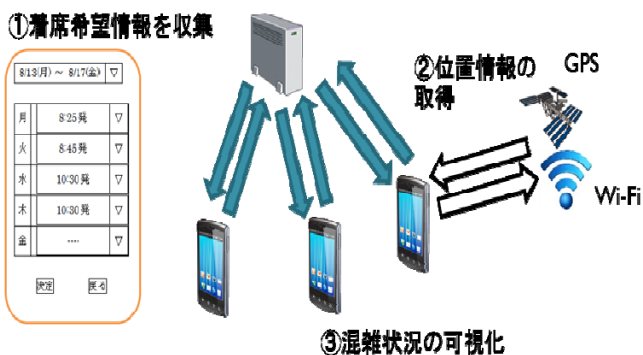


図5 システム構成図

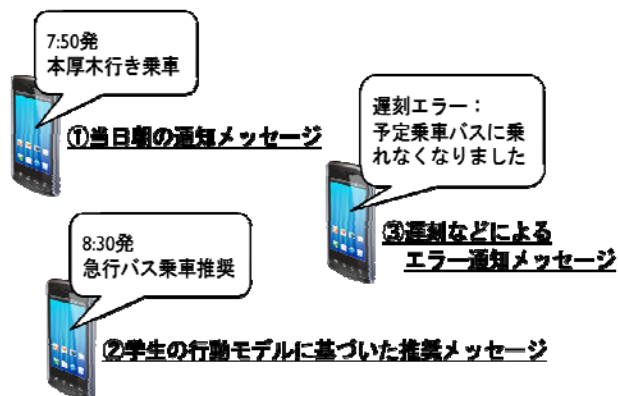


図6 端末への可視化モデル

1. 本論文の目的であるバス停付近に行列を作らない
2. 拡張性, 実現可能性の向上

前者については前述の通りである. 後者については駅周辺にあるコンビニや喫茶店などを対象とした場合, ビジネスモデルが描けるという利点がある.

今回のアルゴリズムは学生を施設に誘導する為, その施設を学生が利用する事で施設の利益につながる事が見込めれば施設側も本システムに協力的になり, 学生側へのシステム利用の付加価値の提案も行えると考え.

この様に「システム対学生」に限られた範囲でのシステム構築だけでなく, 駅周辺施設を巻き込む事でより大きな価値を生み出す事の出来る拡張性が高いと考える. また, 利用価値の最大化が行えれば学生が利用しない机上の空論のシステムではなく, 学生に利用して貰えるシステムを構築する事が出来るため, 実現可能性も高くなると考えた[8].

#### 5.4 予約キャンセルへのペナルティ

今回のシステムは予約によって, 座席配分を行う為, 当日学生が予約をキャンセルしないと予約しなくても座れる席が出来てしまい, システムを利用するメリットがなくなり, 学生が利用しなくなるという事が考えられる.

そこで, システム側から強制的に予約をキャンセルするとともに, ペナルティを課すことで前の章でも述べた「キャンセルを行わない」という学生の心理に対応する事を目指す.

強制的に予約のキャンセルを行う日時に関しては, システム側から学生に対して最寄り駅から何時分発の電車に乗らなければ間に合わないかを提示する. この情報と利用者の携帯電話から取得する位置情報を利用して, 予約したバスに間に合う電車に乗らなかった場合には, システム側で強制的に予約をキャンセルするとする.

予約を強制的にキャンセルするだけでは, 「予約を放置しても勝手にキャンセルしてくれるからいいや」ととりあえず, 予約だけを行うユーザが増えると思像される. そこで, 強制的に予約をキャンセルされた利用者に対して一定のペ

ナルティを課す事を検討した.

表2に示すように予約の形態によってペナルティは様々である. 今回は, システムの利用権限を規制する事をペナルティとする. システムを利用できないという事は, つまり着席をして急行バスに乗車する事が出来ないという事である為, 本システムを利用するユーザに対してはかなり重いペナルティであると考えた.

また, 上述の様なペナルティを課すことで, ユーザー一人あたりが入力する予約量がある程度制限され, 特定のユーザが座席を独占するという事を未然に防ぐことができると考えた.

## 6. システム構成

4章の提案に基づき, FeliCaを搭載したAndroidスマートフォンを用いて通学支援システムの実装を行った. スマートフォンを用いて学生から着席希望情報を収集する. ここでいう着席希望情報とはどの時間帯の通学バスに乗車したいかというものである. この着席希望情報とともにスマートフォンに搭載されているGPSから位置情報と時刻を収集する.

GPSが利用できない場合はWi-Fiアクセスポイントから大まかな位置を特定する.

サーバにはGoogle App Engineを用いる. 今回のシステムでは利用者にIDを付与するので, Google IDを用いた利用者管理ができる事, システムを同時に利用する人数が最大でも1000人に満たない事が予測される為, Google App Engineでも十分に処理しきれる量のトラフィックである事が理由として挙げられる.

図6に示すように着席希望情報から, 学生を通学バスに分配する. ここで特定のバスに希望が集中した場合, GPSを用いて取得した朝の時間帯の過去の行動ログを参考にし, 行動スタイルに最適な代替りのバスを推奨する.

当日の朝はGPSとWi-Fiアクセスポイントを用いて学生の現在位置から予約したバスに乗車できるか否かをサーバ側で判断し, 最寄り駅から何時の電車に乗るべきかを誘導



図7 端末画面

する。これらの誘導に学生が従わず、最寄り駅に指定の時間までに到着しない場合、サーバ側で判断し自動キャンセルを行う[9]。

当日突発的に発生する座席に関しては駅周辺施設（コンビニエンスストアや喫茶店など）にデジタルサイネージを設置し、デジタルサイネージ端末や、コンビニに設置されている端末にタッチした学生に対して配布するシステムを構築する。

上述のようなシステムを構築する事で、学生をバス停から分散させることができる。また、位置情報を学生の所持している端末ではなく、デジタルサイネージから取得する事で端末の消費電力軽減を図る事が出来る。

デジタルサイネージを設置する店舗側にも、デジタルサイネージを目的に来店した学生のうちの数名は施設を利用する事で儲けが発生するので、店舗側にもメリットがあると考えられる。

### 6.1 端末側の動作

#### 予約機能

- ・週単位で通学バスダイヤを表示
- ・着席を希望するバスを選択できる

#### 通知機能

- ・予約したバスに間に合う最寄り駅からの電車を通知

#### 行動ログ

- ・朝の一定の時間、行動ログを収集
- ・行動モデルに適したバスの推薦

### 6.2 サーバ側の動作

#### 予約管理機能

- ・端末から送られてきた情報に基づき、学生を座席に分配
- ・満席の場合は他のバスを推薦
- ・当日の強制キャンセル

- ・当日の突発的な空席に対応

## 7. おわりに

本研究では主にGPSやWi-Fiスポットといった測位装置を用いたモデルを提案した。しかし今後、駅周辺に限らずコンビニエンスストアなどにデジタルサイネージが普及する事が期待できる。これらが普及する事で、消費電力やプライバシーの問題が発生するGPSやWi-Fiスポットなどの従来の測位装置ではなく、消費電力が少なく、端末からの情報提供が利用者の意思によるものであると明確なNFCなどを用いる事が可能になる。情報提供の形に関しても携帯端末に情報を表示することを主としているが、情報表示の主をデジタルサイネージとする事で携帯端末の負担を軽減する事も可能になる。

また、Google Nowの様に利用者である学生に関する様々な情報と提案したシステムとを連携する事も可能である。例えば、時間割と連動する事によって、学生がその日に乗るべきバスを自動で提示する事や、教授側に今回のシステムが収集した情報を提示する事で朝の段階で、講義への参加学生数がある程度わかる為、配布資料の印刷枚数の調整が行えるなどの拡張性を備えている。

その他にも、今回問題視しているバス停の混雑緩和を物理的に解決する為、バス会社に対して本システムが収集した情報を提示する事にも大きな価値があると考えられる。

今後、提案したシステムについて、学生の行動モデルを定義し、シミュレーションを行う事で本システムが学生に与える影響を評価する。

## 参考文献

- 1) 中瀬裕多, 日江井太郎, 清原良三, 齋藤正史, 神戸英利: 車載スマートフォンにおけるプローブデータ圧縮方式, 情報処理学会研究報告 Vol.2012-ITS-50 No.10
- 2) 浅原彰規, 丸山貴志子, 佐藤暁子: 混合マルコフモデルに基づく歩行者動線解析方式, 情報処理学会論文誌 Vol52 No.1 187-196(Jan,2011)
- 3) 浅原彰規, 佐藤暁子, 丸山貴志子: 混合自己回帰隠れマルコフモデルによる歩行者行き先予測, 情報処理学会論文誌 Vol53 No.1 342-351(Jan,2012)
- 4) 浅原彰規, 寺本やえみ, 丸山貴志子: PFLOW データを用いた主動線抽出方式の比較評価, マルティメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2012)シンポジウム, 平成24年7月
- 5) 神奈川中央交通: 「厚木バスセンター・神奈川工科大学」急行バス時刻表  
[http://dia.kanachu.jp/bus/timetable?busstop=19001&pole=2&pole\\_seq=2&apply=2012/09/21&day=1](http://dia.kanachu.jp/bus/timetable?busstop=19001&pole=2&pole_seq=2&apply=2012/09/21&day=1)
- 6) 日経BPコンサルティング調べ「携帯電話・スマートフォン“個人利用”実態調査2012」  
<http://consult.nikkeibp.co.jp/consult/news/2012/0726sp/>
- 7) Google Now: <http://www.google.com/landing/how/>
- 8) 高梨郁子, 菅沼優子, 久永聡, 田中敦, 田中聡: インタラクティブデジタルサイネージシステムと携帯電話による歩行者誘導, 情報処理学会研究報告 2006-ITS-28(10)(2007)
- 9) 梶克彦, 河口信夫: UGCを利用した無線LAN屋内位置情報基盤, 情報処理学会論文誌 Vol.52 No.12 1-11(Dec.2011)