

動くランドマークとしてのバスの活用可能性の調査

菖蒲谷まい[†] 秋山 豊和[†] 河合由起子[†]

新井イスマイル^{††} 山本 寛^{†††} 春本 要^{††††}

[†] 京都産業大学先端情報学研究科 〒603-8555 京都府京都市北区上賀茂本山

^{††} 奈良先端科学技術大学院大学総合情報基盤センター 〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916 番地 5

^{†††} 立命館大学情報理工学研究科 〒603-8577 京都府京都市北区等持院北町 56-1

^{††††} 大阪大学データビリティフロンティア機構 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-8

あらまし 自動車だけでなく、自転車や歩行での移動にスマートフォン等の携帯端末によるナビゲーションシステムが広く利用されているが、移動中に携帯端末で経路を確認している間は視野が狭くなるため、衝突などの危険が伴う。これまでに移動中の経路確認動作を抑える手法として、記憶しやすく視認性の高いランドマークを用いたナビゲーションシステム（ランドマークナビ）が提案されている。ランドマークナビでは、川沿いの道や大通りといった現在地を把握しやすい道と遠方からも視認可能な高さのある建物を目印としてナビゲーションを行うが、複数の大通りが交差する都市部においては、該当の大通りを識別することが困難な場合がある。例えば、周辺住民への道案内では、バスが走行する大通りを「バス通り」として区別することで該当する道を特定することができるが、バスは限られた時間帯のみを走行するため、初めてその場を訪れる自転車や歩行者が認識できないことが多い。そこで、本研究ではバス運行管理システムのデータを活用してバスが視認できる時間帯を抽出することで、「バス通り」をランドマークとして活用する方法を提案する。バスは時刻表に従って走行するが、始発を除くバス停への到着には日によって異なる遅延が発生しており、時刻表ではバスの視認可能な時間帯は抽出できない。本研究では、バス運行データからバス停周囲 30m で停車しているならばバス停で停車中であるとし、その時間帯をバスが視認可能な停留時間帯の候補として抽出した。その結果、利用者数の少ないバス停では通過してしまい、ランドマークとしての利用は困難だが、始発や終点のバス停や利用者の多いバス停では一定時刻に 2~10 分程度の定常的な停留時間があり、バス通りの案内に利用可能であることを確認した。

キーワード バス, ランドマーク, 可視性, ナビゲーション, 歩行者

1. はじめに

ナビゲーションシステムは自動車だけでなく、スマートフォン等の携帯端末のサービスとして自転車や歩行による移動時にも広く利用されている。自動車では音声案内により画面を注視することなく移動可能であるが、自転車や歩行の場合は移動中の経路確認時に画面を注視することで視野が狭くなり、衝突などの危険が伴う。

その解決策として、記憶しやすく視認性の高いランドマークを用いたナビゲーションシステムが提案されている。ランドマークを用いたナビゲーションシステムの利用者は携帯端末による経路確認動作を低減できるため、周囲を確認しながら移動でき、衝突などの危険が軽減できる。音声によるリアルタイムナビゲーションもサービスとして提供されているが、ランドマークを併用することにより周囲を注意深く確認しながら移動するため安全性の向上が期待できる。従来の研究では、郵便局やコンビニエンスストア等ある程度近づかなければ視認できないが現在地を詳細に把握可能な点のランドマークや、電波塔や高層ビルなど遠方からでも視認可能で現在地を大まかに把握可能な面のランドマークの活用が検討されていた。しかし、これらのランドマークは性質の違いから同時に利用することが困難とされていた。そこで、大通りや川沿いの道などある程度近

づかなければ視認できないが、線状に広がりをもつ線のランドマークを新たに定義することにより、性質の異なる点と面のランドマークを同時に利用する手法が提案されている [1]。しかし、ランドマークとなりうる大通りが多数交差するような都市部では、該当する大通りを識別することが困難な場合が考えられる。例えば、近隣住民であれば、バスが走行する通りを「バス通り」として識別可能な場合が考えられるが、バスは限られた時間帯のみを走行するため、初めてその場を訪れる自転車や歩行者が認識できないことが多い。本研究では都市部におけるランドマークの視認性向上のアプローチとして、時間帯によって視認が容易な動的ランドマークの活用を検討する。まず、最初の例として、リアルタイムな運行情報が開示されているバスについてランドマークとして活用する方法を検討する。

本論文の構成は以下の通りである。2 章ではまず、本研究が対象とする動的ランドマークを用いたナビゲーションにおいて、動的ランドマークに求められる要件について記述し、その中で本論文が調査対象とした内容について述べる。次に 3 章では、本研究が対象としたバス運行データの定常的な特性を分析した結果について述べ、ランドマークとして活用できる可能性が最も高いバス停で停車中のバスについて、時刻表との関係やランドマークとしての活用可能性について検証した結果を示す。4 章では動的ランドマークによる経路選択が難しい状況として、

複数台のバスを同時に視認できる場合について述べる。最後に5章で本論文のまとめと今後の課題を述べる。

2. 動的ランドマークを用いたナビゲーション

本章では、ナビゲーションにおいて動的なランドマークを活用する上で、ランドマークに求められる要件について整理する。本稿が対象とするバスを用いてバス通りを特定し、ランドマークとするためには、バスを視認できる「場所」と「時間帯」の抽出が必要である。バス通りは線のランドマークに該当し、一定時間以上の視認時間がある場合にランドマークとしての活用が期待できる。

バス通りは線のランドマークに該当するが、目的地までのナビゲーションを行う上で、線のランドマークとして活用できる時間帯が存在する。その時間帯の中で、該当の通りがバス通りであると認識するのに十分な時間利用者がバスを視認することができれば、ランドマークとして活用できると考えられる。ここで、前述のような条件を満たすためには大きく分けて2つの課題について考慮する必要がある。

1. 対象とする動的ランドマークを視認するために十分な時間を確保できること。また、その時間帯がある程度正確に予測できること。
2. ナビゲーションシステムの利用者が対象とする動的ランドマークにたどり着く時間帯をある程度正確に予測できること。

これら2つの点がいずれも満たされた場合にはじめて対象とする動的ランドマークを活用できると考えられる。これらの課題について取り組む上で、本稿ではまずバスの動的ランドマークとしての活用可能性を検証するため、1の課題について、バス運行データを分析することによって、動的ランドマークとなり得る運行がどの程度存在するか調査する。2の課題については文献[2]や[3]などで歩行者の身体状況と周辺環境データ(心拍数と勾配度)を考慮した移動所要時間推定システムや歩行者ナビゲーションの特徴や要素技術を分類した歩行者ナビゲーションコンセプトリファレンスモデルが既に提案されており、これを参考に今後検討していく予定である。

3. バス運行情報とその分析

近年、General Transit Feed Specification (GTFS) [4]をはじめとして、公共交通機関の情報をオープン化し共有する動きが加速している。これらのデータは主にナビゲーションシステムで活用されており、さらに車両の現在位置を提供するGTFSリアルタイム[5]の提供なども進みつつある。GTFSリアルタイムの情報を用いることで、運行遅れなども考慮したナビゲーションが可能となるため、利用者の利便性が高くなる。現時点ではすべての公共交通機関で利用できるわけではないが、今後さらに多くの交通機関で導入が進むと考えられる。本研究ではこのようなリアルタイムな運行情報が開示されることを前提とし、現在GTFSリアルタイムの公開を進めている神戸市内に路

表1 運行データの属性一覧

種類	内容
bus	バス ID
bus_route	ルート ID
states	状態
location	緯度・経度
accuracy	GPS デバイス申告誤差
alti	高度
direction	真方位
kmh	車速
rpm	エンジン回転数
odo	乗務開始時からオドメーターキロ表示
total_odo	車両オドメーターキロ表示
pressure	気圧
temperature	気温
humidity	湿度
ad1	ブレーキ
ad2	右ウインカー
ad3	左ウインカー
ad4	ライト
ad5	ワイパー
ad7	前扉
ad8	後扉
accessory	イグニッション・アクセサリ
sim_career	SIM のキャリア
status_time	ステータス選択時からの経過時間
gps_speed	GPS 算出速度
timestamp	日時

線をもつみなと観光バス株式会社の協力を得て、バス運行データの分析を行った。

3.1 バス運行データの仕様

本研究ではみなと観光バスから提供されるバス運行管理データを時系列データベースであるElasticsearch[6]に蓄積し、分析を行った。バスに搭載されているデジタルタコグラフから毎秒2回運行データが送信される。運行データにはバスID、ルートID、緯度、経度、エンジン回転数、タイムスタンプ等を属性としてもつ(表1)。分析対象期間は2018年10月とした。バスが定期的に確認できる地点として営業所やバス停がありこれらはランドマークとして利用可能であると考えられる。バス停での停車時刻は時刻表から求めることができると考えられるが、実際にはバスは早発を避けるため、多くの場合遅延ぎみで運行されている。また、遅延の程度は交通状況などによって変化すると考えられる。そこで本研究では、まず、時刻表と停留時刻の比較を行い、実際の運行と時刻表とのズレがどの程度発生するのかを確認した。また、バスが視認できる時間帯をランドマークとして活用するため、バス停停留時間帯を抽出した。

3.2 時刻表と停留時間の比較

JR住吉駅発エクセル東着の経路を対象に2018年10月15日(月)~19日(金)の運行を確認し、時刻表との差異がどの程度であるかを確認した。

図1はJR住吉駅を15:46に出発し、15:58にエクセル東に到着するバスの運行を横軸に時刻、縦軸に距離をとったグラフ

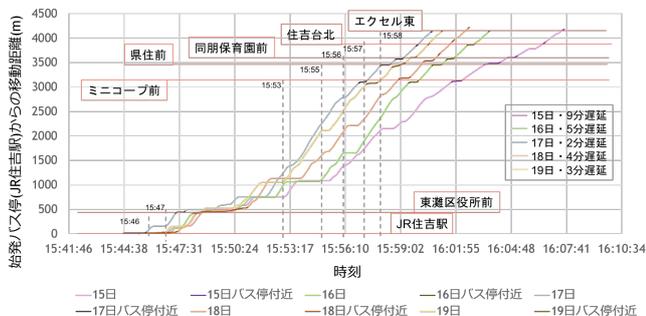


図1 JR 住吉駅 (15:46 発) の運行差 (2018/10/15~2018/10/19)

で表している。縦軸は始発バス停の JR 住吉駅を出発してからの移動距離 (m) を示している。赤枠には経由するバス停名を、水平方向の赤線はそれぞれのバス停までの距離を示している。垂直方向の灰色の点線は時刻表で示されている各バス停への到着時刻であり、各日の運行で色が濃い部分はバス停付近 20m 以内の運行データを示している。

JR 住吉駅の出発時から 10 月 17 日の運行を除いて若干の遅延があり、東灘区役所前以降では全日遅延している。特に東灘区役所前からミニコープ前の運行ではある程度の距離を走行するため日毎の運行差が顕著に表れている。グラフ上始発バス停からの移動距離が変動しない部分は交差点や信号による停車であり、各日の運行では概ね同じ距離走行した場所で停車していることから、バスが停車する交差点や信号はほとんど同じことが確認できる。これは、バス停以外でも信号や渋滞等での停車時間が動的ランドマークとして利用できる可能性を示している。一方、始発バス停から 1,000m 付近での停車は日毎に停車する時刻や長さが異なっているため、それ以降の運行に差を生じ、結果として終点バス停であるエクセル東への到着時刻は時刻表の時刻と比べ 2 分程度の遅延から 10 月 15 日の運行のように 9 分といった大幅な遅延まで変動が大きくなっている。道路状況は天気や曜日によって異なることが考えられるため、より詳細な遅延傾向の把握にはそれらを考慮する必要がある。

以上のように、単純に時刻表から停車時刻を抽出しただけでは、バスをランドマークとして活用することは難しいが、東灘区役所前のように、複数の日に共通して停車時間が見られるバス停も存在することが確認でき、運行データを活用することでランドマークが抽出できることがわかった。

3.3 バス停停留時間帯の抽出

バス停によっては複数の日に共通して停留が観測できることがわかったが、視認可能な長さの停留時間が確保できるか確認するため、どの程度の時間にわたって共通で停留しているかをデータベースに登録されているバス停 103 件を対象に調査を行う。バス停によっては、停車位置がバス停位置と異なるケースがあるため、バス停の周囲 30m の範囲で時速 0km になった場合について調査した。

2018 年 10 月の運行データについて時刻を 1 秒間隔に区切り、各時間帯に該当バス停で停車していた日数をカウントした。

JR 住吉駅~エクセル東を往復する経路に含まれるバス停の調査結果を図 2~図 4 に示す。グラフの横軸は時刻を表し、縦

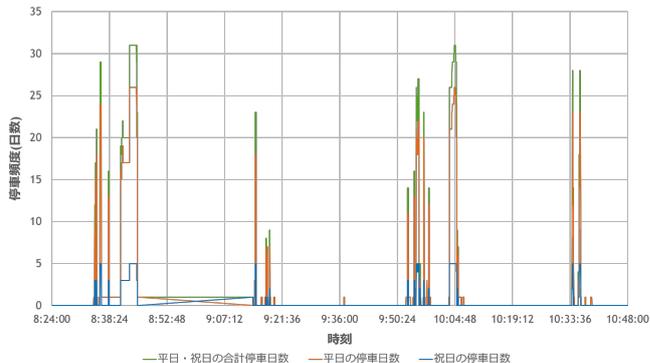


図2 バス停停留時刻と停車日数 (ミニコープ前)

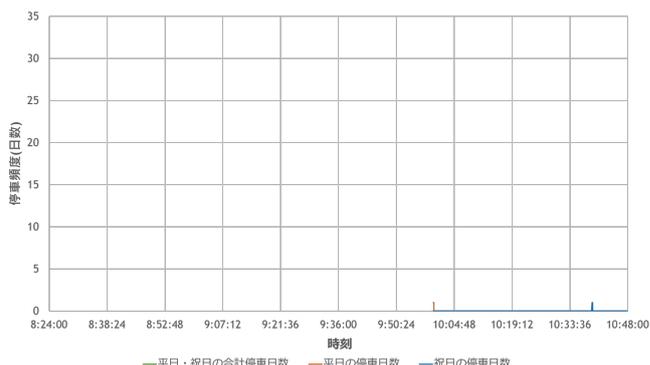


図3 バス停停留時刻と停車日数 (住吉台北)

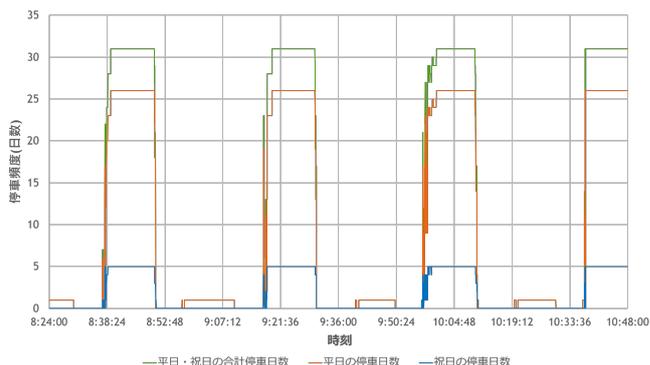


図4 バス停停留時刻と停車日数 (エクセル東)

軸は該当時刻に停車していた日数を表している。平日 (月~土) と祝日 (日・祝) では時刻表が異なることを考慮し、平日運行の停車日数を橙色、祝日の停車日数を灰色、平日・祝日を含めた該当期間全体の停車日数を緑色とした。図 2 と図 3 は運行経路上中間に位置するバス停であり、図 4 は終点バス停である。いずれも見易さのため、午前中の通勤・通学時間帯のみを提示している。

中間バス停であるミニコープ前では停車日数の多い時間帯が確認できる。中間バス停では利用者の乗り降りが完了次第すぐに出発する。そのため、停車日数が最大となる時間帯は限られているが、2 分程度の滞留時間が確保されているため十分視認可能である。同じく中間バス停である住吉台北では、バス停での停車日数がほとんどないことがわかる。バスはバス停が無人の場合停車することなく運行するため、このバス停では利用者



図5 ランドマークとして利用可能なバス停

が少なく通過することが考えられる。終点バス停であるエクセル東では、全日バス停停車中に5分~10分程度の停留時間が得られることがわかる。これは、エクセル東到着後はJR住吉駅に向けて運行するが、出発時刻まで十分な時間が設けられており、ある程度遅延が発生していても時刻表通りに出発できるように調整されているためである。

以上のように、中間および終点バス停など、バス停によって停車時間は異なるが、ランドマークとして視認可能な停留時間があることが確認できた。特にエクセル東のような遅延が発生していても時刻表通りに出発できるように時間調整されているバス停では十分なバス視認時間が確保できる。その他にも8:30~17:00と時間帯は限られるが、六甲病院のバス停では十分な停留時間帯を確認した。時間帯から乗降客は病院勤務者よりも病院利用者が多いことが考えられ、利用客の多寡だけでなく年齢や傷病の有無等乗降客の属性もバス停停留時間帯に関連すると考えられる。一方で、住吉台北の例のように利用客が少なく通過することが多いバス停では、ランドマークとして利用することは困難である。

3.4 ランドマークナビゲーションシステムでの活用

ランドマークとして利用可能なバス停および時間帯の存在が確認できたが、ランドマークナビゲーションシステムで利用するためには、さらに、ナビゲーションに利用する線のランドマークとしての道路名称の抽出と、より定常的に利用できるランドマークの抽出が必要となる。まず、道路名称については、オープンデータとして公開されているOpenStreetMap(OSM)データが利用可能なルーティングエンジンであるOpen Source Routing Machine(OSRM)[7]を利用してバス停座標から最も近い道路ネットワーク情報を取得して抽出した。また、定常的に確認できる箇所の抽出については、2018年10月の期間中25日間以上同一時間帯に停留時間があるバス停を抽出した。図5中赤丸が抽出したバス停を示している。抽出したバス停の停留時間帯には長短および多寡に差はあるが、定常的な停車時間が確認できるバス停であるため、一定の利用者がいることが伺える。一方で、取得できた道路名称は国道2号線や山手幹線、フラワーロード等といった著名な道路に限られており、これらの道路に隣接していないバス停は道路名称を取得することができなかった。OSMデータから道路ネットワークを構築するため道路名称がない道路も多数存在する。駅前等のランドマークとして活用が期待できるバス停も含まれているため、別途道路名

称を取得する方法の検討が必要である。また、OSMデータの充実にも期待したい。

3.5 バスの視認性調査

実際に走行しているバスが視認可能かどうか現地にて調査を行った。最寄り駅からの道案内を想定し、2つのバス停を例に視認性について確認を行う。

- 神戸三宮
駅に接する道路上にバス停があり、バス停では数人がバスを待っており、抽出していたバス停留時間帯よりも早い時間にバス停に到着した。出発時間までは待機しており、3分ほどの停留時間帯が確認できた。図6は最寄り駅付近の交差点から見たバスの様子である。バスの車体も青色と特徴的で視認性は高いと考えられるが、付近に阪神電車やショッピングモール等特徴的な建物が多く存在した。利用頻度の高いバス停ではあるが、周辺に既存のランドマークが多いと相対的にランドマークとしての価値は下がる。



図6 バス停: 神戸三宮

- RIC ふれあい会館前
六甲アイランド病院前の向かいにあるバス停である。六甲アイランド病院がランドマークとして活用できそうだが、街路樹が多く近くの交差点から病院を視認することは難しい。図7は付近の交差点側から見たバスの様子である。交差点にも特に特徴的な建物が存在しないため、移動時にバスを視認できればランドマークとしての活用が考えられるが、神戸三宮とは異なり車体の色は白である。車体に社名ロゴが記されていたため対象車両であることは識別できるが、外装の変化には注意が必要である。

他にも確認したところ運行経路毎にバス外装が異なっていた。バス車両をペイントし広告として利用する場合もあり、バス車両のデザインが統一されているか多様であるかはバス会社により方針が異なるため考慮する必要がある。

また、実際に歩行者がランドマークナビゲーションとして利用するには、バスが視認できる地点まで歩行者を誘導しなければならぬため、歩行者の移動速度を考慮した停留時間長が必要である。文献[8]では実証実験により歩行者ナビゲーションシステム利用時の平均歩行速度が2km/h~6km/hであるこ



図7 バス停: RIC ふれあい会館前

とを示している。この結果を参考にすると歩行者の平均移動速度 4km/h と 2km/h・6km/h でどの程度の時間差があるかを調査する必要がある。例えば、駅付近のバス停である神戸三宮を対象に歩行速度に対する最寄駅からの移動時間差から必要な停留時間を求めると、2分前後の停留時間帯が必要である。これらはナビゲーションシステム側で解決する問題だが、ある程度の視認時間帯が確保できていないとランドマークとしての活用は難しいことが考えられる。

3.6 今後の課題

ランドマークとして利用可能なバス停および時間帯の存在が確認できたが、ランドマークとしての利用可否は乗降客数やその乗降時間に大きく依存していることがわかる。現在新たに乗降数カウンタの設置を進めているため、今後乗降客数との相関について検証を進めていく予定である。また、バス停で停車中のバスとして、バス停周囲 30m 以内に存在する時速 0km の運行データを用いたが、神戸市のバス停の設置場所は神戸市道路占用許可基準第 25 条により「道路が交差し、接続し又は屈曲する地点並びに横断歩道から 5メートル以内には設置しないこと」と定められている [9]。このことから、今回設定した範囲内には信号や交差点による停車も含まれる可能性があり、取得したバス停停留時間帯を最大値として実際にバス停に停車し、視認できる時間は短くなることが懸念される。

また、抽出したバス停停留時間帯は過去の運行データより求めたものであるため、実際にランドマークナビゲーションシステムに組み込んだとき、3.2 節で確認したバス運行例のように 5 分を超えるような遅延が発生すると想定通りにバスを視認できない場合が考えられる。例えば文献 [10] では、リアルタイムおよび過去の運行情報からバスの到着時刻を予測する手法を提案しているが、このような技術を活用することで、ランドマークとして利用可能な時間帯を予測する必要があると考えられる。

4. 複数台のバスが視認できる場合の分析

複数の大通りが交差するような分岐地点でも動的ランドマークの活用により、迷うことなく経路選択できることが期待できる。しかし、分岐地点で 2 台以上のバスが異なる経路で同時に視認できる場合、ランドマークナビゲーション利用者は一意に該当する大通りを識別できない可能性がある。以下では今回対象としたデータの中で、複数台のバスが視認できるケースに

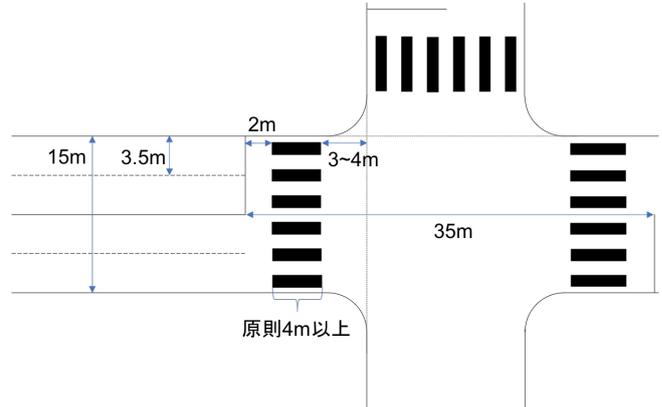


図8 交差点構造例

ついてどの程度発生するか調査を行った。2018年10月の運行データを対象とし、日毎の運行ごとに時刻を1秒間隔に区切って分析する。このとき大通りの交差点でバスを同時に視認可能とする距離に関しては調査が必要である。普通道路の車線幅員は 3.5m 程度と規定されており [11]、大通りの車線数が 4 車線程度であるとすれば、道路幅のみで 15m 程度になる。また、交差点全域でバスを同時に視認可能とする場合は横断歩道の有無や停止線位置についても考えなければならない。設計便覧案の道路編 [12] を参考に交差点の構造例を図 8 に示す。停車線位置から向かいの車線の停車線位置まで 35m 程度の距離があり、それぞれにバスが停車している場合を考えると、同時にバスが視認可能とするにはバス間距離が 40~50m 程度必要である。車線数も変動することが考えられるため、バス間距離が 50m 以内であれば同時に視認可能であるとする。また、日常的に複数台のバスが視認される場所であるかも確認するため、同時刻の別日のデータ同士でもバス間距離が 50m 以内であれば集約し、視認可能日数を求める。結果として、同時に視認可能なバス台数が多く、日常的に視認できる地点としてはバス会社の営業所が挙げられ、営業終了後の時間帯が大半であった。営業所外となると日常的に確認できる地点は少なかったが、該当期間である 1ヶ月のうち 1日のみであれば比較的広い範囲で複数台のバスを視認できる場所が存在する。直線道路であれば複数台のバスを同時に視認しても経路選択を誤ることがないが、交差点等の分岐地点では考慮が必要である。複数台のバスを同時に視認可能な交差点の例として図 9 のような神戸三宮駅付近の交差点がある。神戸明石線上の運行履歴にはルート ID があり、神戸国際大学前から新神戸駅に向かうバスであることが予測される。一方フラワーロード上の運行履歴にはルート ID がなかったが、走行中の経路からおそらく新神戸から神戸国際大学前までのバスであると考えられる。このように 1 系統の往復路上の交差点で複数台のバスが同時に視認可能な場合があると確認できた。定常的に発生するものではないが、交差点などの分岐地点ではこのようなケースがあることを考慮しておく必要がある。

5. おわりに

本論文ではランドマークナビゲーションシステムにおいて、動的なランドマークを導入することを提案し、運行データが公



図 9 複数台のバス視認可能地点例

開されているバスについて動的ランドマークとしての利用可否の検証を行った。視認可能なバスの運行状況としてまずはバス停停車中のバスに注目し、時刻表と実際のバス停到着時間の違いを踏まえてバス停停留時間帯と停車日数を調査した。その結果、時間帯にもよるが、始発・終点バス停や利用客が多いバス停ではバスを視認可能であり、ランドマークとしての活用可能性を確認できた。一方で、実際の視認可能性については抽出したバス停停留時間帯を実地にて確認する必要がある。

しかし、ランドマークナビゲーションシステムで歩行者にバスを視認させ、バス通りに案内するにはバスが停車する通りと停留時間帯をシステムに組み込む必要がある。現時点ではバス停の位置のみ提示しているが、実際にナビゲーションで活用するにはバス停周辺の運行ルートに沿って、どの程度の範囲の道路をランドマークとするかを検討する必要がある。

また、渋滞発生時等交通状況の変化によりバスが大幅に遅延した場合、事前に想定していたバス視認時間にバスがこない場合が考えられる。これに対応するためには、到着時間予測の技術を適用する必要があると考えられる。さらに、バス停での停車時に限らず、信号や交差点での停車時もランドマークとして利用可能であると考えられる。このような走行中のバスもランドマークとして利用できるように検討する予定である。

謝 辞

本研究開発の一部は JSPS 科研費基盤研究 (C)15K00162 の助成ならびに総務省 SCOPE の委託研究 (受付番号 171507010) の委託を受けたものである。また、データ収集ではみなと観光

バス株式会社に協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

文 献

- [1] 森永寛紀, 若宮翔子, 谷山友規, 赤木泰宏, 小野智司, 河合由紀子, 川崎洋. 点と線と面のランドマークによる道に迷いにくいナビゲーション・システムとその評価. 情報処理学会論文誌, Vol.57, No4 112, 2016.
- [2] 夏堀友樹, 白石陽. 歩行者ログを用いた移動所要時間推定システムの提案. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム. 2013
- [3] 間邊哲也, 長谷川孝明. 歩行者ナビゲーションコンセプトリファレンスモデルの提案. 電子情報通信学会論文誌, A, Vol.95-A, No3, 2012
- [4] Google Transit APIs, 静的 GTFS の概要 (2019 年 1 月確認) <https://developers.google.com/transit/gtfs/?hl=ja>
- [5] Google Transit APIs, GTFS リアルタイム (2019 年 1 月確認) <https://developers.google.com/transit/gtfs-realtime/?hl=ja>
- [6] elastic, Elasticsearch と kibana のマネージドサービス (2019 年 1 月確認) <https://www.elastic.co/jp/>
- [7] OSRM (2019 年 1 月確認) <http://project-osrm.org/>
- [8] 大藤武彦, 内田敬, 佐藤光, 田名部淳, 丹下真啓 "歩行者ナビゲーション (HIT ナビ) システムの開発と実証実験に基づく評価" (2019 年 1 月確認)
- [9] 神戸市占用許可基準要綱. 2007 (2019 年 1 月確認) <http://www.city.kobe.lg.jp/life/town/road/senyo/img/senyoukijun.pdf>
- [10] Xu, Haitao and Ying, Jing, "Bus arrival time prediction with real-time and historic data", Cluster Computing, vol. 20, no. 4, pp.3099-3106 (2017)
- [11] 道路構造令の各規定の解説 幅員構成に関する規定. 国土交通省 (2019 年 1 月確認) http://www.mlit.go.jp/road/sign/pdf/kouzourei_2-2.pdf
- [12] 設計便覧 (案) 第 3 編 道路編 第 14 章 交通安全施設. 国土交通省 近畿地方整備局 (2019 年 1 月確認) https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/jigyousya/technical_information/consultant/binran/etsuran/qg18v10000005ecr-att/sekkei03_14.pdf