

MR 環境を介したバス運行情報を用いた情報風景化による街の賑わいの体感

赤石 征也¹ 中小路 久美代¹

概要：本論では、バスの運行情報を地図上に可視化する Mixed Reality (MR) システムを用いて街の賑わいを感じられるのか実験をするためのシステム構築と実験の結果について述べる。本研究の目的は、地域バスの運行ルートや発着時刻などの情報を、底面地図と時間軸から構成される三次元空間内に視覚的に表現することで、街の主要な地域や時間帯による人々の往来の多寡といったものを、MR 環境を介して利用者が感じ取れるようにすることである。本研究で開発しているシステムについて説明し、実験の手順と結果について述べる。

1. はじめに

路線バスの運行経路や運行頻度を知ることで、その街の主要な地域や人々のおおよその動きといった、街の賑わいを大まかに感じることができるのではないかと考えた。我々が開発しているシステム BLIP (Bimodal Landscape Immersive Pop-up) は、Mixed Reality (MR: 複合現実) 技術と公共交通データを組み合わせることで、地域についての新たなユーザ体験の実現を目指して開発中のシステムである [1]。

我々は、地域の中で重要視されている要素や好まれている要素を、生活者が地理的空間と結び付けて重層的に感じ取れるような「風景」として生成することを情報風景化と呼び、公共交通の運行情報をディスプレイ上で街のかたちに重畳し立体的に表現する BEAm (Bus Engagement AMplified) を開発してきた [2][3]。BLIP は、これを MR 環境において実現、拡張するものである。

平面的なディスプレイ上での閲覧体験とは異なり、MR を用いることでユーザは、圧倒的な視点移動の自由度と直感的な操作性を得ることになる。街全体を上から見たり、横から見たり、のぞき込んだり、さらには循環する運行経路の中に身を置いたりすることで、新たな情報に気付くことができる。

今までの BLIP (以下「BLIP1」という) では、MetaQuestPro と Hololens2 の 2 つのデバイス用に、2 点のバス停を通るような経路表示をする機能を実装してきた。2 つのデバイスの比較と、用いる地図のサイズと様式の検証により、

BLIP1 に適した可視化手法が明らかになった。本論では、BLIP1 で実装した路線選択方式を変更して実装した [1] 系統別表示モードを用いて、街の賑やかさを感じることに ついての実験手順と結果について述べる。

2. 複数の都市に対応した拡張 BLIP

複数地域へ対応と新たな入力方式を実装した BLIP (以下「BLIP2」という) は BLIP1 同様に Unity 上で開発している。MR ヘッドセットは Hololens2 を利用している。地図と Unity 座標系との変換を行うため、MapBox 社が開発した Maps SDK for Unity[4] を利用している。BLIP1 では、ユーザが異なる 2 点のバス停を選択して経路を表すモードを実装した。BLIP2 では、系統別に表示切り替えができるモードの 2 つのモードを実装している。

2.1 GTFS:General Transit Feed Specification

可視化するバス停の地理的位置やバス経路情報、時刻表といった公共交通データとして、公共交通機関の時刻表と地理的な情報に関するオープンフォーマットである GTFS (General Transit Feed Specification) [5] を用いる。GTFS は複数の CSV 形式によるテキストファイルで構成されている。

BLIP1 では、函館市を対象に函館バスが提供する GTFS データを用いてシステムを実装した。被験者が土地勘のある地域では、どこら辺が賑わっているのか既知である可能性がある。土地勘のない地域の地図に対して実験を行うため、BLIP2 では、北海道函館市、青森県青森市、三重県津市、香川県高松市の 4 地域を対象とした。この 4 地域は国内の GTFS オープンデータの一覧から西日本と東日本で 2

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate, Hakodate, Hokkaido, Japan

地域ずつとなるように選択した。

BLIP1 では、便ごとの停留所情報と発着時刻を利用するにあたり、ルート情報、停留所情報、発着時刻のデータを組み合わせて、便ごとの経緯度座標とタイムスタンプを連関させたデータを生成し使用した。BLIP2 ではこれを応用し、系統情報、バス停情報を組み合わせて系統別に通過するバス停をリスト化し使用している。加えて、バス路線形状情報を系統情報と連関させて系統の ID からバス路線形状を検索できるようにした。

GTFS データの加工は事前に JupyterNotebook 環境で Python を用いて行い、BLIP2 用に新しい CSV ファイルを作成する。作成した CSV ファイルを Unity 内で読み込み使用する。データを加工することで、データ参照の回数を減らして BLIP システム実行時の処理軽減を図っている。

2.2 地図

BLIP1 では、Hololens2 に映し出す仮想の地図と、印刷した実物の地図との2つのパターンで感じ方の変化を検証した。MR の利点である実物の物体との連携を図るため、BLIP2 では実物の地図を利用することとした。BLIP1 で地図のサイズによる感じ方の変化が認められたため、地図のサイズは、1 辺が 2m の大きなサイズと 1 辺が 50cm の小さなサイズの地図を用意した。

地図に描かれている内容は、大まかな地形情報のみとし、道は描かれていない。図 1 から図 4 は、本研究用に作成した地図の画像である。BLIP2 利用時に Hololens2 側で地図の上に道を描画する。この時描画する道は、GTFS データから取得したバスの運行経路である。これにより、元々の地図に記された道の密度や建物の情報などから街の賑わいを察することなく、バス運行情報だけから街の賑わいの感じ方を観察することができる。

3. 時刻表データの可視化

BLIP2 では、BLIP1 と同様のバスの運行時刻表データを用いて、BEAm[3] と同様の情報風景化を行っている。本研究では、バスの運行経路と時刻表データの可視化に、Space-Time-Cube と呼ばれる手法を用いている。Space-Time-Cube は、Hägerstrand[6] によって考案された、空間的位置 (2 次元) と時間的位置 (1 次元) を統合的に表現した 3 次元のデータ可視化手法である。横軸と縦軸に地理的な 2 次元平面を表し、高さ方向に時間の概念を重ねることで、個人の行動軌跡を時空間上に投影できる。これにより、従来の 2 次元の地図上では表現しづらかった、空間変化に伴う時間的変遷を可視化できるという特徴がある。

BLIP2 では、BLIP1 同様に縦方向に配置された時間軸に沿って、各バス停座標位置に、上端が 0:00、下端が 24:00 となる時間軸を表示している。時空間中にバス停の座標と到着時刻からなる点をプロットし、それをつなぎ合わせて



図 1 函館市



図 2 青森市

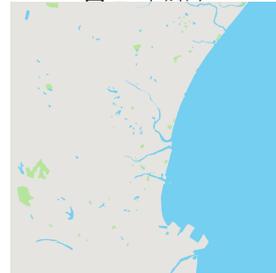


図 3 津市



図 4 高松市

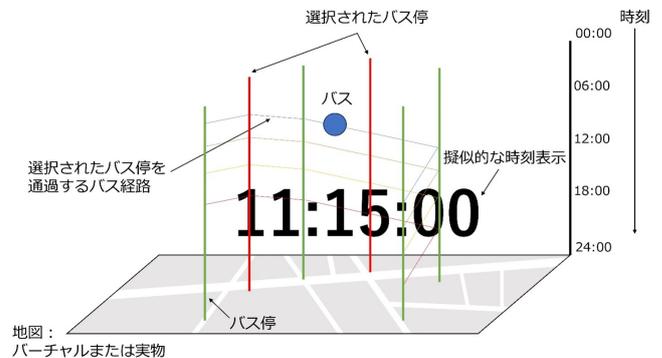


図 5 BLIP における視覚的表現

バス移動経路を表現している (図 5)。

1 日の時刻を 24 時間周期で擬似的に設定し、バスを表すオブジェクトを、この擬似的な時刻とバスの発車時刻に合わせて、バス移動経路の上を転がるように移動する。時刻ごとのバス位置が表示されることにより、ユーザは時間経過による各便のバスの位置関係を知ることができる。この際表示されるバスの移動経路とバス位置を表す球の色は、系統別に異なる色を設定している。

3.1 系統別表示モード

系統別表示モードは、ユーザが好きな系統を選択して表示切り替えができるモードである。初めは地図上にバスの通り道のみが表示されている。ユーザは Hololens2 の画面の正面に手のひらを向けると、手のひらの横に系統名が書かれたチェックボックスの一覧が表示される。チェックボックスに触れることで、その系統のバス路線を可視化する。チェックボックスが動作をする度にポップアップ演出が行われる。ユーザは、系統別のバスの動きを見たときに、それぞれのバスの位置関係から乗換予測をしたり、バス路

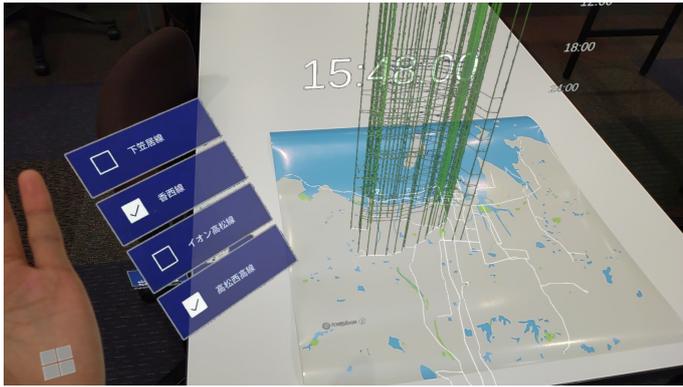


図 6 系統別表示モード（2つの系統選択時）

線の重なり具合を見たりして、その系統のバスの本数を確認することができる。図 6 は、高松市の地図で 3 つの系統を表示したときのスクリーンショットである。

4. ユーザ試行実験

ユーザ試行実験では、BLIP のバス運行情報可視化によって街の賑やかさが感じられるのか調査を行う。使用する地図のサイズによりユーザの MR 体験に変化があることから、2 パターンのサイズについてどのように影響があるのかも調査を行う。実験者が表示する系統を操作できるように、系統別表示モードを実験用に修正する。これにより、被験者は複雑な操作をすることなく、システムを体験することができる。

現状は 2 名の被験者に対して実験を行った。1 人目の実験終了後に、実験手順の見直しを行い 2 人目の実験を行った。以下、1 人目の実験を実験 1、2 人目の実験を実験 2 とする。

4.1 実験 1

4.1.1 実験手順

Hololens2 を PC と有線接続し、PC リソースでの処理と、実験者によるキーボードからの入力を可能にする。被験者には大きいサイズの地図 1 地域と、小さいサイズの地図 1 地域の合計 2 地域の体験をしてもらう。実験使用地図のパターンは表 1 に示す。被験者には、体験する地域の土地勘について調査を行うため、事前アンケートに回答を行ってもらう。事前アンケート内容を表 2 に示す。事前アンケートの回答の後、実験では使用しない地図でのデモ動画と図 5 を見せながら BLIP の見方を説明する。地図の体験順番は、大きい地図が先で、小さい地図を後とする。被験者に Hololens2 を被ってもらい、1 枚目の地図に実験者がバス路線を表示する。一度にすべてのバス路線を表示すると、システムの処理が遅くなることと、表示が重なりすぎて見づらくなることから、一度に 3 つの系統を表示する。実験者は 10 秒ごとに系統の表示切り替えを行う。1 つ目の地域の実験が終了した後、iPad とペイントツールを用い

表 1 実験使用地図パターン

パターン	大サイズ	小サイズ
A	函館	津
B	津	青森
C	青森	高松
D	高松	函館

表 2 事前アンケート

パターン○の地域に訪れたことがありますか	ある・ない
パターン○の地域の土地勘はありますか	ある・ない



(a) 高松市



(b) 函館市

図 7 実験 1: 各地図で賑わいを感じた場所

て賑やかだと感じたところに印をつけてもらい、なぜそう思ったのか記述してもらおう。2 つ目の地域も同様に実験を行う。2 つ目の地域の実験が終了した後、大きな地図と小さな地図で感じた違いについてアンケートに回答をしてもらう。

4.1.2 実験結果

実験 1 ではパターン D で実験を行った。被験者への事前アンケートでは、高松市に訪れたことがなく、土地勘がないという回答と、函館市に訪れたことがあり、土地勘はないという回答であった。

図 7 は、その地域の試行の後、賑やかであると感じた箇所を赤色で印をつけてもらったものである。図 7(a) の印は、「バスのボールがたくさん動いているのが見えて栄えているかなと感じた」という理由であった。図 7(b) 下部の印は、「どのバスも通っている箇所があった」という理由であった。図 7(b) 上部の印は、「バス停の本数が多かった」という理由であった。

地図のサイズに関しては、小さいサイズの方が面白かったという意見が見られた。「函館はバス経路が多くて見応えがあった」、「函館の土地勘が少しはあったから、関心を持ちながら見るのができた」という理由であった。

4.1.3 考察

被験者が高松市の地図につけた印の周辺情報を Google Map で調べると、大型商業施設はあるが、その他の施設、コンビニ、レストラン、ホテルは少ない。被験者がつけた印の少し東側にコンビニ、レストラン、ホテルの密集地域がある。大きな地図かつバス路線表示の切り替え間隔が短かったため、路線が多いと感じた場所と地理的位置にずれ

が生じたと考える。

同様に、函館市の印の周辺を調べると、下部の印では函館駅の周辺かつ有名な観光地の周辺でもある。上部の印では、周辺に施設は少なく、賑やかであるとは考えにくい。しかし、少し南側に主要なバスターミナルがあるため、高松市の印同様に路線が多いと感じた場所と地理的位置にずれが生じたと考える。

大きな地図と小さな地図の比較では、サイズの違いによる感じ方の変化ではなく、地域の違いによる感じ方の変化を回答された。これは調査目的の意図に沿った回答ではなかったため、質問の文言を変える必要がある。

4.2 実験2

実験1での考察から、実験2では実験手順に少し変更を加え、別の被験者を対象に実験を行った。

4.2.1 実験手順

事前アンケートとBLIPの説明は実験1と同様に行う。地図の体験順番は、小さい地図が先で、大きい地図を後とする。実験1同様に、被験者にHololens2を被ってもらい、1枚目の地図に実験者がバス路線を表示する。実験1では、3つずつ系統を表示していた。3つ表示だと路線の重なりを感じにくいことと、路線の地理的位置を記憶するのが難しいと判断した。実験2では一度に10個の系統を表示する。実験者は、30秒ごとに系統の表示切り替えを行う。1つ目の地域の実験が終了した後、iPadとペイントツールを用いて賑やかだと感じたところに印をつけてもらい、なぜそう思ったのか記述してもらい、2つ目の地域も同様に実験を行う。2つ目の地域の実験が終了した後、大きな地図と小さな地図で感じた可視化表現の違いについてアンケートに回答をしてもらう。

4.2.2 実験結果

実験2ではパターン2で実験を行った。被験者への事前アンケートでは、高松市に訪れたことがなく、土地勘がないという回答と、函館市に訪れたことがあり、土地勘はないという回答であった。

図8は、その地域の試行の後、賑やかであると感じた箇所に赤色で印をつけてもらったものである。図8(a)の印は、「縦の濃い印は大体の路線で通っていて、広い丸は基本的にバス路線が密集していたから」という理由であった。図8(b)下部の印は、「表示された系統の線を見て、ほとんどの系統でここを通っていた」という理由であった。図8(b)上部の印は、「10個ずつ表示されるパターンの中で、交通量が大幅に増えていたパターンがいくつか見られたから」という理由であった。

大きな地図と小さな地図の比較では、大きいサイズは線で視界が埋め尽くされたため視界が悪かったため、小さいサイズの方が見やすかったという意見が見られた。



(a) 高松市

(b) 函館市

図8 実験2: 各地図で賑わいを感じた場所

4.2.3 考察

被験者が高松市の地図につけた印の周辺情報をGoogle Mapで調べると、国道30号と国道11号が含まれる地域で、周辺には高松駅があり、コンビニ、ホテル、レストランが密集していることがわかった。

同様に、函館市の印の周辺を調べると、下部の印の範囲内は函館駅から観光地である五稜郭までの中間地点であった。商業施設は少ないが、市営電車が通る大通りであった。BLIP2の可視化表現から主要な場所同士を結ぶ中間地点も賑やかだと感じられると考える。

上部の印の範囲内では、周辺に大型商業施設、主要バスターミナル、複数のコンビニやレストランがあることがわかり、賑やかな地域に印をつけられたと判断する。

地図のサイズに関して、賑やかさを感じる上では小さいほうが見やすいと考える。大きい地図では仮想オブジェクトも大きくなるため、視界を悪くさせ地理的位置とバス路線を結び付けて見るができなかった可能性がある。しかし、実験1よりもバス路線の観察時間を増やしたためか、実験者が賑やかであると判定した箇所に印がつけられている。

5. 今後の展望

2回のユーザ試行実験により、実験の設計で見直す点はいくつか見られた。例えば、賑やかであると感じたところに印をつけるというプロセスでは、自由に印をつけられるようにした。これでは、被験者によって印の大きさも形も変わるため、実験後の分析が難しくなる。印をつけるプロセスでは、地図にグリッド線を表示し、印をつけられると箇所を限定することが有効である。他にも、実験後のアンケートの意図が伝わりにくかったため、アンケート手法を4件法にしたり、項目を細分化したりすることが考えられる。

最終的に、BLIPが街の賑わいをどのように感じさせるのかを明らかにするため、より多くの被験者を集め全パターンで実験を行う。ユーザのフィードバックや実測データをもとに、システムの効果や改善点を洗練させ、効果的なMR環境におけるバス運行情報の可視化手法を探求する。

システムに関して、BLIP2で実装した系統表示モードで

は、膨大な量のオブジェクト生成と探索処理によって、システムの処理速度が大幅に遅くなってしまっている。GTFSデータの探索アルゴリズムを見直し、システムの軽量化を図ることが課題である。

また、GTFSデータの加工については自動変換の仕組みを作る必要がある。それぞれの組織が提供するGTFSデータは記述形式にばらつきがある。例えば、テキストファイル内の項目の順序が地域によって異なる場合があったり、要素をダブルクォーテーションで囲っていたりする場合がある。現状はその地域ごとにデータ加工用プログラムを作成している。本研究である程度の記述パターンを把握できたため、どの記述パターンでも対応できるプログラムの作成を課題とする。

謝辞 本研究の遂行にあたってご協力いただいた、山本恭裕氏および松原伸人氏に深く感謝します。

参考文献

- [1] 赤石征也, 柏木敏朗, 山本恭裕, 中小路久美代, MR 環境における公共交通データ可視化システムの提案, 情報処理学会研究報告, Vol.2023-EC-69, No.19, pp.1-2, Oct.27, 2023.
- [2] 山本恭裕, 松原伸人, 中小路久美代, 街の営みの理解に向けた路線バス運行情報を用いた可視化環境の提案, HIC2 2020, HI 学会, pp.427-429, 2E4-4, (2020).
- [3] 中小路久美代, 山本恭裕, 松原伸人: 路線バス運行情報を用いた情報風景化の試作, インタラクシオン 2020 論文集, pp. 776-780 (2020).
- [4] Mapbox, Maps SDK for Unity, available from (<https://docs.mapbox.com/unity/maps/guides/>)
- [5] GTFS.org, General Transit Feed Specification, available from (<https://gtfs.org/>)
- [6] Hägerstrand, T.:What about people in regional science? Papers in regional science, 24, pp.6-21 (1970).