

共同研究報告書

地域公共交通検証事業 —ふれあいバス運行に関するデータ分析および経路最適化—

研究代表者 山田俊行

2023 年 3 月 31 日

1 研究の概要

本事業は、2017 年 (平成 29 年) 3 月に締結された「国立大学法人三重大と川越町との連携・協力に関する協定」に基づいて、2022 年度に共同実施した研究である。研究の概要について以下に述べる。

■研究題目 地域公共交通検証事業：ふれあいバス運行に関するデータ分析および経路最適化

■研究の背景

川越町では、誰でも無料で利用できる「ふれあいバス」を運行している。「福祉バス」と位置付けられたこのバスは、平成 20 年度からの運行を継続している。ふれあいバスに関する町民を対象するアンケート調査結果から、利便性の向上のためには、運行時間の短縮をはじめとする運行形態の改善や、居住者の多い地区の近くにバス停を設置する必要性が明らかになった。これらの課題を解決し利便性の向上や運行の効率化を図るには、様々な観点からの検討とこれまでの事業の評価・検証が必要である。

■研究の目的

本研究では、下記の事項について調査・研究することにより、ふれあいバスの運行形態の効率化を図る。

1. 高齢者人口分布データに基づく評価指標の考案
2. 評価指標に基づくバス停位置の配置の検討
3. バス路線の検討のための道路網データの整理と分析
4. 最適化アルゴリズムを利用したバス運行経路の効率化
5. データ分析や最適化の結果の可視化

■研究体制

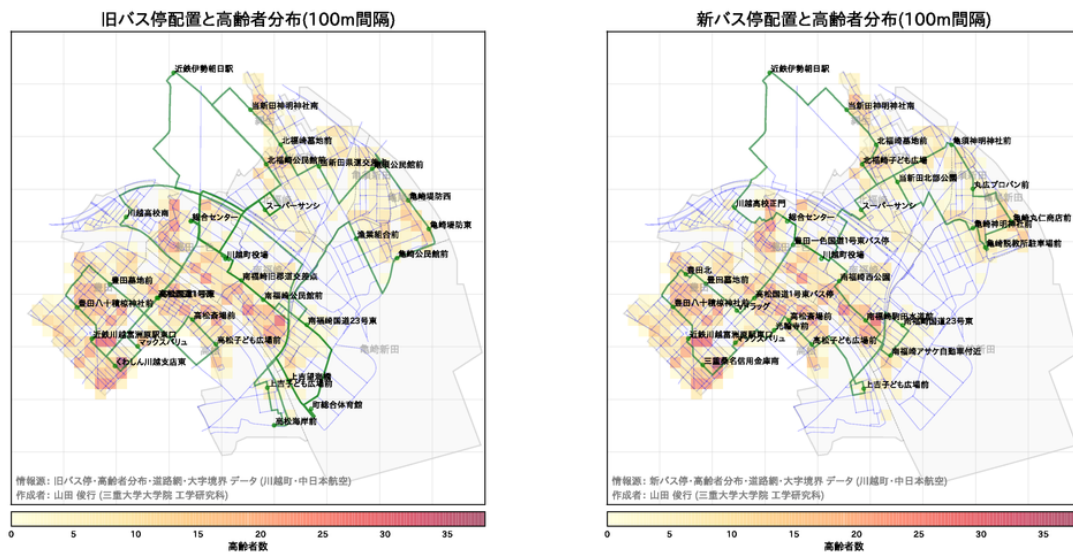
山田俊行 (三重大大学 工学研究科 情報工学専攻 講師) を三重大側の研究代表者とする。その役割は、研究総括およびアルゴリズムの考案と実現である。また、寺本直貴 (川越町役場 企画情報課 係長) を川越町側の担当代表者とする。その役割は、データの分析と評価モデルの作成である。なお、共同研究に必要なデータの

作成の際の抽出・加工などの業務には、民間企業の協力を受けている。

■研究期間 2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日。

■研究成果

本研究で実施した、高齢者人口の評価指標に基づくバス停位置の配置の検討や、バス運行経路の効率化の結果を以下に示す。二つの図は、川越町の地図上に高齢者の分布と共にバス停の位置やバス路線を表示したものである。左図が現行のバス路線であり、右図が本研究での検討結果に基づく新しいバス路線の案である。



2 研究結果の詳細

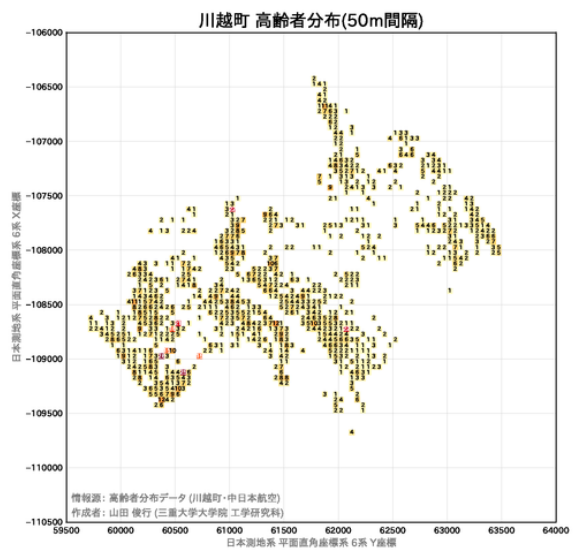
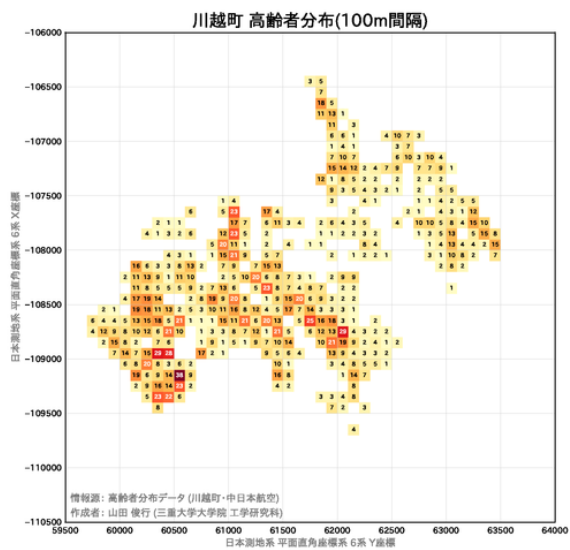
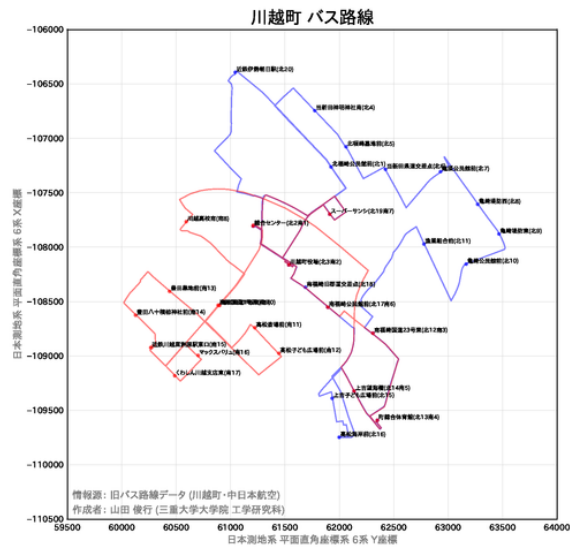
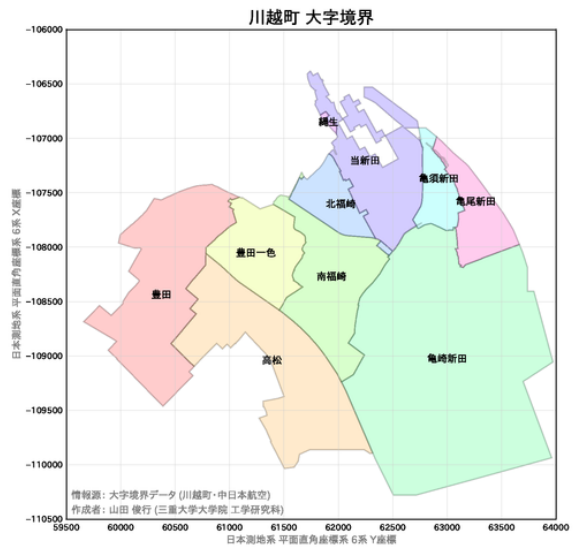
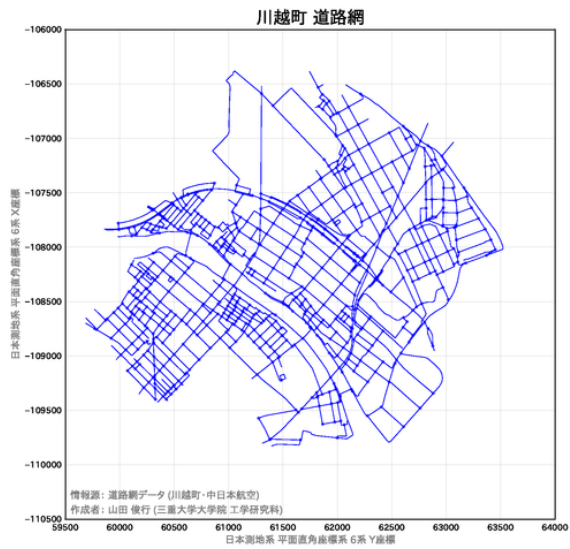
研究期間中に実施された研究結果の詳細について述べる。

■利用可能なデータ

本研究の開始に先立って、分析や検討用に以下のデータが川越町より提供された。

- 道路網データ
- 大字境界データ
- 現行バス路線データ
- 高齢者分布データ (100m 間隔と 50m 間隔での集計の 2 種類)

これらのデータを可視化した図を以下に示す。



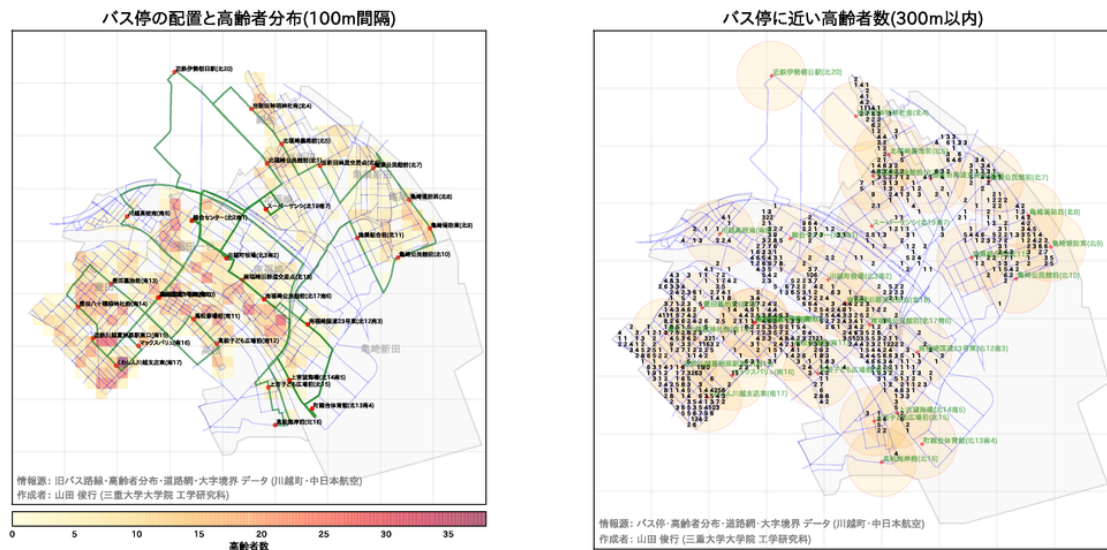
なお、川越町保有のデータを本研究で利用するため、次の集計と編集の作業が事前に必要になった。

- 高齢者数の区画単位での集計
- 道路の中央線の抽出や交差点での接続
- 不足する道路データ (国道など) の追加
- データ形式の変換

これらのデータ加工作業は中日本航空の協力により実施された。

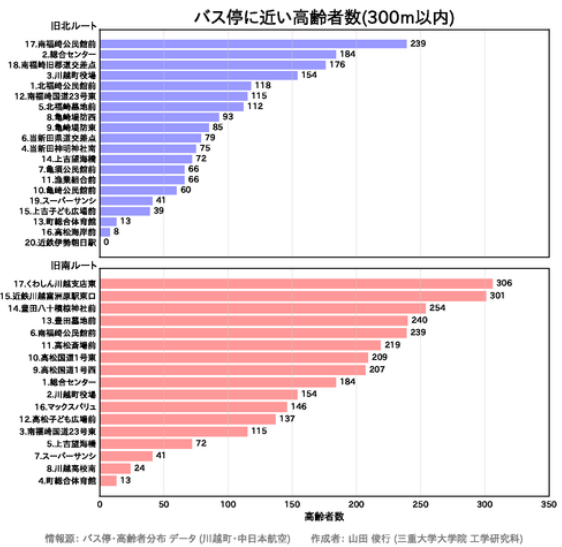
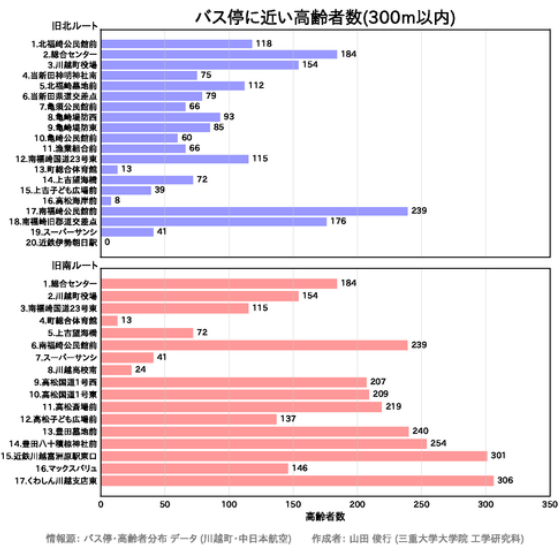
■需要の分析

前節で述べたデータを、福祉バス向けの潜在的な需要の分析や、停留所の廃止や移設の検討材料として使う。まず、地図上でバス停の配置と高齢者分布を同時に表示したものを、次の左図に示す。高齢者数に応じた色の濃さにより高齢者が多い場所を示すことで、潜在的な需要が高い場所を直感的に把握できるようにした。



より詳しく数値で比較するため、バス停に近い高齢者数を集計する様子を示したものが、上の右図である。50m 間隔で集計した高齢者数を地図上に示し、赤い十字で示した各バス停を中心とする、半径 300m の円を橙色で表示している。円内に入る数値の和がバス停から 300m 以内に住む総高齢者数であり、これをバス停の潜在的な需要を見積もる指標として用いる。また、この図はバス停の移動や新設の適切な位置の検討にも利用した。

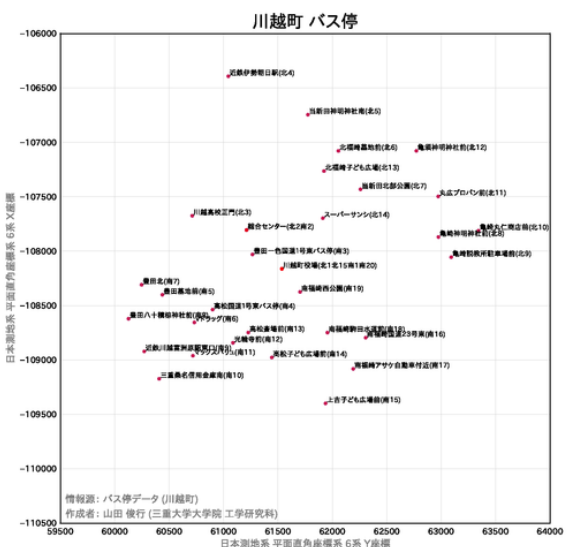
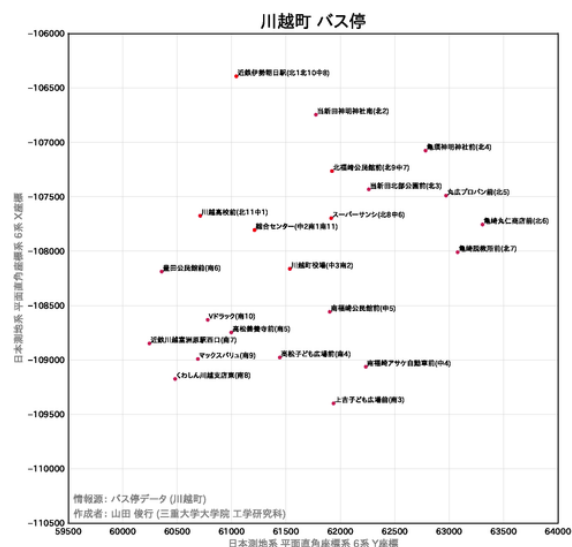
北ルートと南ルートの現行の 2 路線について、各バス停の近隣 (300m 以内) に住む高齢者数をグラフにして比較したものが次の二つの図である。左図には、バス路線の経路上のバス停の順に結果を示し、右図には、高齢者数の大きい順に並べ替えた結果を示している。



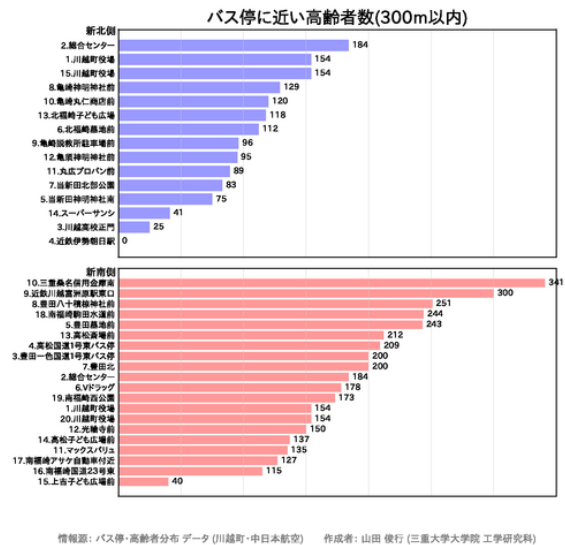
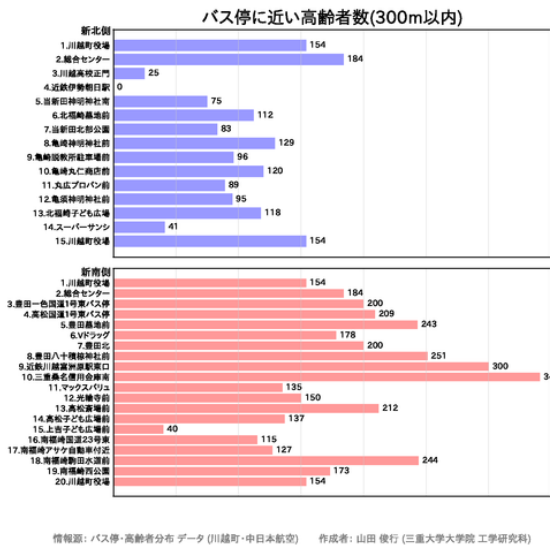
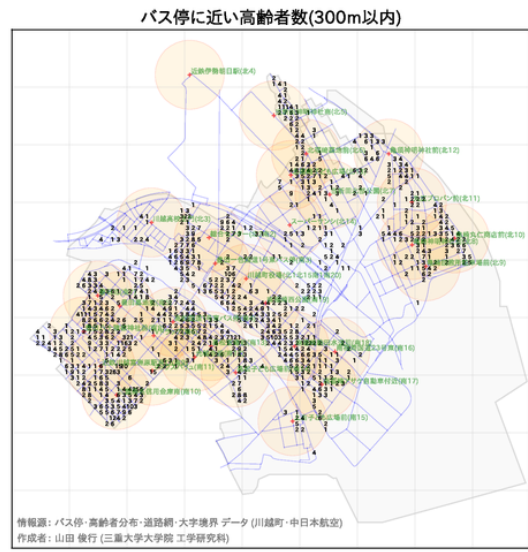
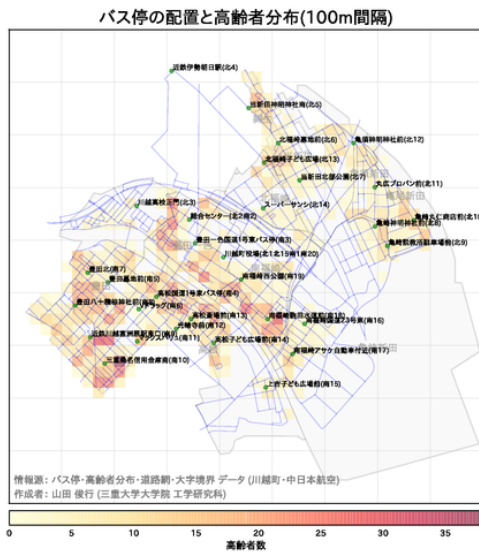
高齢者数の小さなバス停は、需要が低い可能性がある。この集計結果は、バス停の廃止や移設を検討する材料として利用した。

■バス停の配置の検討

前節での分析結果を基にして、新たなバス停の候補の検討を共同研究の期間に2度実施した。1度目は、バスを北・中・南の3コースに分けてバスを運行する案であり、これを次の左図に示す。2度目は、バスを北側・南側の2コースを8の字に接続する案であり、これを次の右図に示す。



本報告では、二つ目の案についての分析結果を以下に示す。



このバス停の移設や廃止の見直しにより、以下の効果が期待できる。

- 堤防道路上などを避けて、高齢者の居住地に近くにバス停を移し、バス停までのアクセスを改善できる
- 各周回の運行時間が短縮でき、運行本数が増やせる

■運行経路の検討

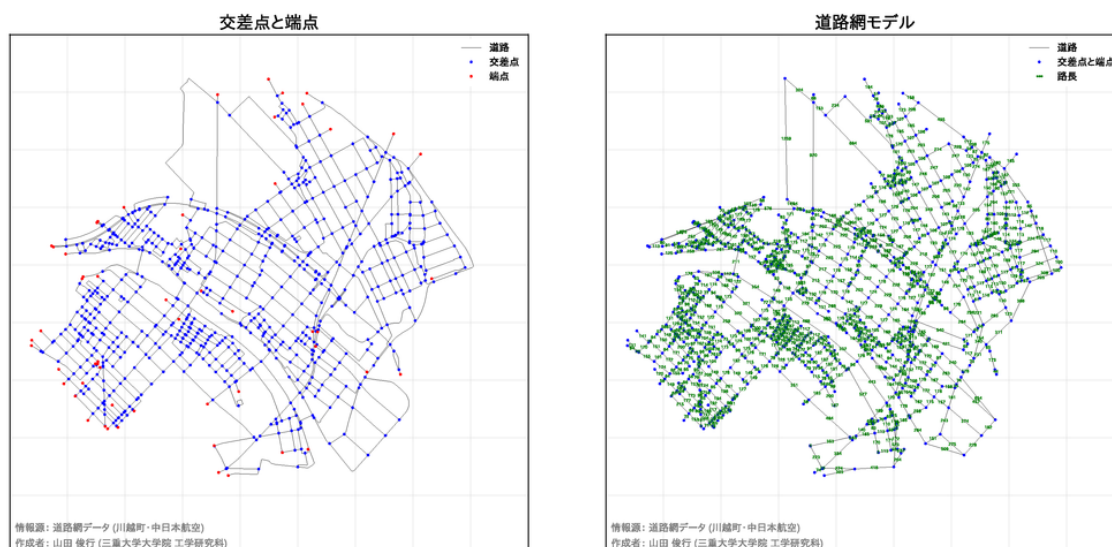
前節で検討したバス停の配置に基づいて、効率的なバス運行経路を検討する。検討対象となるバス路線は、北側ルートと南側ルートの二つのルートからなり、どちらも巡回路となっている。また、町でのバスの運行形態の見直しにより、運行経路の自由度を高めて利便性を向上させるため、運行車両をマイクロバスからバン型

(ハイエース) に小型化する方針での検討を進めた。

本研究では、効率の良いバス運行経路を求める問題を、道路網上の指定された点を1度ずつ通る最短巡回路を計算する問題としてとらえる。道路網上の巡回路を決めるには、どの交差点をどの順で通るかを考えれば十分である。そこで、最短経路の計算に使う道路上の代表点(交差点や端点)を抽出し、代表点の間の路長を道路データから算出する。

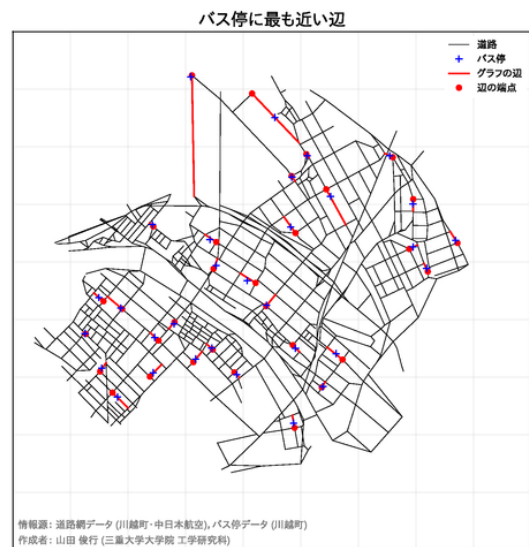
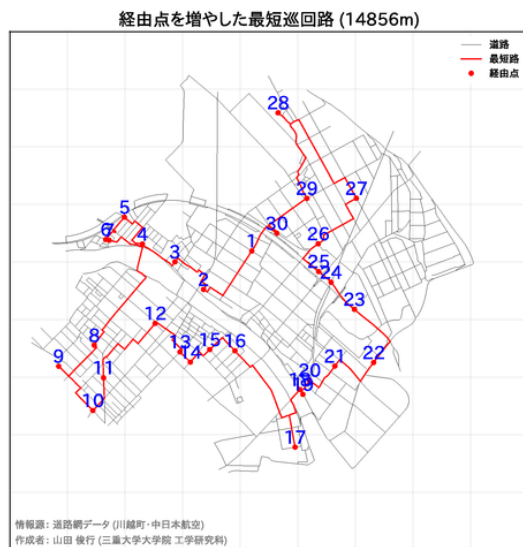
運行車両の小型化の方針に基づき、本研究での経路計画の際には、道幅のデータにより通行可能な道路をあらかじめ制限するのではなく、仮に全ての道路を自由に通行可能であると想定して道路網のモデルを作成した。事前に道路網モデルに現実の運行に必要な制約を全て盛り込むのではなく、経路の計算後に現実の道路でのバスの運行に不適切な点があれば、制約条件を付加して再計算をする方が、モデル作成や検討に必要な手間が少なくて済むと判断したためである。

下の左図が代表点を地図上に示したもので、下の右図が最短巡回路の計算に使う道路網のモデルである。直接到達できる道路がある代表点の間を線で結び、各線に点間の路長データを付随させている。

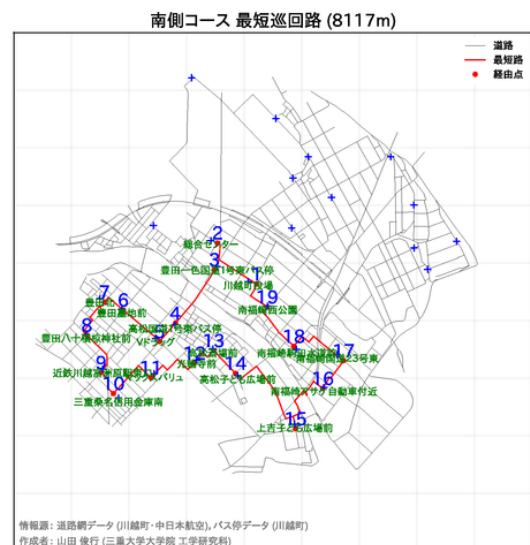
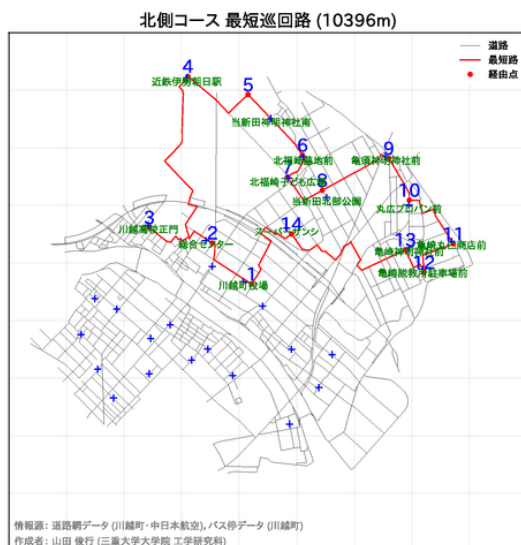


全ての巡回路について各路長を計算して路長が最も短いものを選ぶ、総当たりの単純な計算方法には限界がある。これは、通過する中継点の数が増えると、巡回路の総数が急増するためである。事前の準備実験の結果、現実的な時間(1分以内)で計算可能な問題規模としては、経由する交差点の数が11程度が限界であった。本研究では最短巡回路を計算するためのより強力な方法として知られている、線形計画法と分枝カット法とを組み合わせる計算方法を採用した。この方法は、今回の共同研究で必要な規模の最短巡回路を求めるのに十分な性能をもつ。下の左図は、川越町の道路網の交差点を無作為に30点選んで、最短の巡回路を計算した結果である。

バス停の位置座標は道路網モデルの交差点の座標とは一致しないため、バス停に最も近い道路上の、バス停に近い方の交差点を、巡回路上で経由すべき点として指定する。下の右図がバス停に近い交差点を選び方を図示したものである。



前述の計算方法を、新たに提案する北側と南側のバス停に適用した結果を下図に示す。バス停に最も近い交差点を通過する最短の巡回路が得られた。



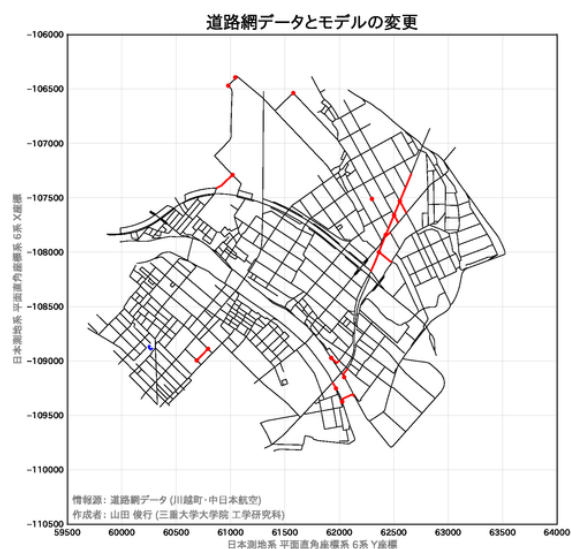
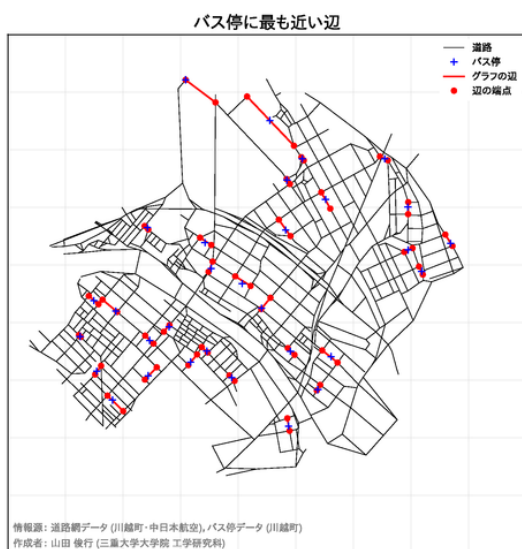
この計算方法を現実のバス路線に適用する際には、主に次の二つの問題点がある。

- バス停近くの交差点は通過するが、バス停前の道路を通過しない場合がある
- バスの通行に適さない (堤防道路など) 道路を通る場合がある

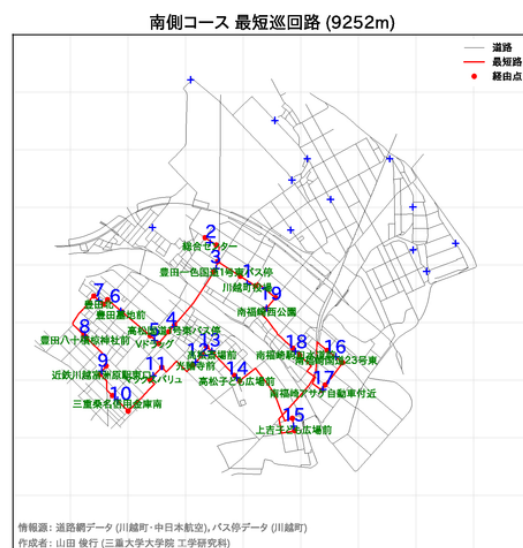
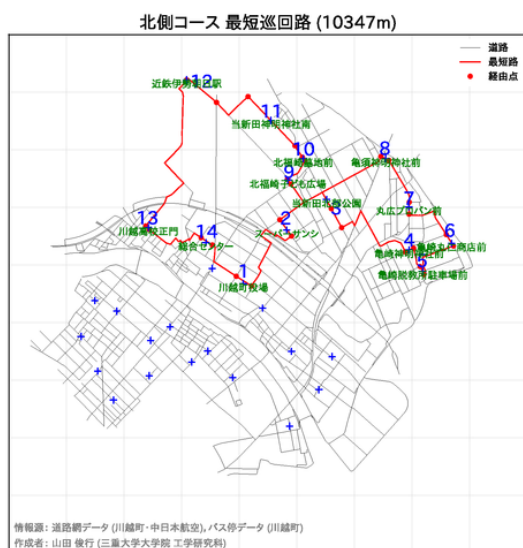
これらの課題を解決するため、本研究では、解くべき問題や道路網のモデルに次の変更を加えて、通行に不適切な場所が無くなるまで最短巡回路の計算を反復する方法を採用した。

- バス停に近い方の交差点だけでなくバス停を挟んだ逆側の交差点も通る最短路を求める
- 最短巡回路上にバスでの通行に不適切な場所があれば、その道を通らない制約を道路網モデルに加える

次の左図にバス停前の道路の両側の交差点の抽出結果を示し、右図に通行禁止等の制約条件を付加するために道路網モデルに加えた変更箇所を示す。



最終的に得られた北側と南側の二つのコースの最短巡回路を以下に示す。



なお、制約なしのモデル上では、巡回路を右回りしても左回りも総路長が同じなので、どちらも最短巡回路の一つとなる。しかし、現実には一方通行の道路や横断禁止の交差点があるため、制約ありのモデルでは、逆回りの経路を計算するときに、制約条件を満たす別の巡回路が必要になる点に注意が必要である。

運行経路の見直しの結果、次の効果が見込めることを確認した。

- 周回時間の短縮 (60 分→ 40 分)
北コースと南コースの 1 週の運行時間がそれぞれ約 60 分だったが、見直しにより、北側ルートと南側ルートの 1 周が約 40 分となり、約 20 分短縮できる。
- 運行本数の増加 (8 便→ 12 本)
運行ルートの見直しによる周回時間の短縮の結果、便数を増加できる。
- バス停までのアクセスの改善
居住地に近い場所へバス停を移設するため、バス停までのアクセスの向上が期待できる。

3 結論

本研究で得られた主な研究成果は次の通りである。

- 格子状小領域に分けた高齢者人口分布に基づくバス停の評価指標を考案した。
- 評価指標に基づいて、川越町のバス停の廃止・移動・新設やバス停の位置を検討した。
- 川越町のバス経路検討用の道路網モデルを構築した。
- バス経路向け制約付き最短巡回路の探索方法を考案した。
- バス停やバス経路の見直しに、本研究のバス停評価法や経路探索法が利用できることを確認した。
- 各種の分析や最適化の結果を視覚化した。

今後、これらの研究結果を、町、運行事業者等の事業実施主体に加えて、地域公共交通会議とも共有し、多様な観点や意見を取り入れることで、川越町における地域公共交通全体のあり方の検討がさらに深まることを期待する。