

# 山陽小野田市高泊地区のデマンド型交通における運行経路の検証

## Verification of operation routes for Demand Responsive Transportation at Takadomari Area in Sanyo-Onoda City

今村有亜<sup>1</sup> 山本頼弥<sup>2</sup> 井上啓<sup>1</sup>

Yua Imamura<sup>1</sup>, Raiya Yamamoto<sup>2</sup>, Kei Inoue<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 山陽小野田市立山口東京理科大学

<sup>1</sup> Sanyo-Onoda City University

<sup>2</sup> 常葉大学

<sup>2</sup> Tokoha University

**Abstract:** In Takadomari Area in Sanyo-Onoda City, Yamaguchi Prefecture, a community bus service was discontinued due to declining ridership. However, it was difficult to plan new routes for the buses as the routes were limited due to the narrow width of the roads. In this situation, a demand-responsive transport system was introduced in the Takadomari area to provide a means of transport while meeting the needs of residents. Currently, Sanyo-Onoda City entrusts the decision of routes to the operating system of a taxi company. Because of this situation, Sanyo-Onoda City requires a method for verifying whether the operation of the demand-responsive transport system in the Takadomari area is appropriate. The purpose of this study is to propose a method to verify the actual routes operated based on the operating records of the Demand Responsive Transportation system in the Takadomari area.

### 1. はじめに

山口県山陽小野田市高泊地区では、コミュニティバスを運行しているが、1日当たりの乗車人数が少なく、経路の見直し等が必要になっていた。しかし、該当地区では、道路幅が狭いという理由からルートが限られており、現状より広範囲にバス路線を拡大することが困難であった。そうした中、住民のニーズを満たしながら移動手段を確保する方法として高泊地区にデマンド型交通を導入した[1]。

デマンド型交通(Demand Responsive Transportation 以下 DRT)とは、定時・定路線のバス運行に対して、電話予約などにより必要に応じて柔軟な運行を行う公共交通の一つの形態である。DRTは、運行ダイヤ、発着地の自由度の組み合わせにより、多様な運行形態が存在し、定路線型、迂回ルート・エリアデマンド型、自由経路ミーティングポイント型、自由経路ドアツードア型がある[2]。

高泊地区の DRT では自由経路ミーティングポイント型を採用しており、業務委託されているタクシーが予約内容にしたがって所定の乗降地点[3]を回る運行をしている。1台のタクシーには運転手を除

く3名が乗車することができ、この前提のもとで利用者を目的地まで運ぶ運行経路と配車台数を決定する。現状、山陽小野田市は運行経路の決定を委託したタクシー会社の運行システムに委ねている。山陽小野田市は、運行データはあるが運行システムを持っていないため、その運行が適切かを判断することが難しい。そのため、山陽小野田市は DRT の運用が適切か検証する方法を確立することが課題の一つになっている。

山陽小野田市ではこれまでも厚狭北部地域に DRT を導入しているが、厚狭北部地域では迂回ルート・エリアデマンド型を採用しており、厚狭北部地域のデータを参照しながら検証することは難しい。また、第3著者の主催する研究室でも、これまでに厚狭北部地域の DRT の計画・運行支援を行うために、地理情報システムのひとつである QGIS 用のプラグイン ([4][5]など)を開発してきたが、同様の理由によりそのまま活用することが難しい。

そこで、本研究の目的は、高泊地区における DRT の運行記録に基づいて、実際に運行した経路の検証をできるようにすることである。

具体的には、運行データに基づき各運行における

実際の総運行距離と最短と考え得る総運行距離を求めることができるようにする。また、自由経路ミーティングポイント型の乗り合い型 DRT であるため、ある利用者に着目した場合に迂回をしている場合もある。そのため、ある乗客がどの程度迂回しているか検証できるようにする。加えて、上記検証が実務上許容可能な時間で実施できるようにすることも目指す。

## 2. 検証方法

### 2.1 利用データ

本研究では、山陽小野田市役所から提供していただいた 2022 年 10 月 1 日から 2024 年 6 月 19 日までの高泊地区運行記録を利用して検証を行う。このデータには、配車日付、出発地建物名、出発地到着時間などの情報が記載されている(表 1)。この記録を辿ることで運行したタクシーが実際にどの乗降地点をどのような順番で通って運行したかを求めることができる。

表 1 高泊地区運行記録

配車日付	出発地建物名・部屋番号	出発地到着時刻	目的地建物名・部屋番号	目的地到着時刻	車両名	利用数
2023/5/31	山陽小野田市民病院玄関前	2023/5/31 10:00	郷 2	2023/5/31 10:05	102	2
2023/5/31	山陽小野田市民病院玄関前	2023/5/31 10:00	高浜 1	2023/5/31 10:09	102	1
2023/5/31	西の郷 1	2023/5/31 10:00	小野田旭町郵便局	2023/5/31 10:06	109	1

### 2.2 運行経路の算出方法

#### (1) 実際の運行経路の算出方法

本研究で用いる運行データには、2.1 で述べた通り運行エリア内の乗降地点をどの順で辿ったかという運行順の情報が記録されており、実際にどのような経路にて運行したかについては不明である。そのため、本研究では、運行データ上の運行順で乗降地点を辿る設定にてダイクストラ法を用いることで、実際の運行経路と想定される運行経路を算出する。

実際の運行順について、例えば、表 1 に示した運行記録からは次のように判断できる。配車日付・出発地到着時刻・目的地到着時刻から 2023 年 5 月 31 日の 10 時便に予約があることが分かる。そのうち「山陽小野田市民病院玄関前」から「郷 2」へ行く利用者は 2 人で予約している。また、車両名を見ると「102」と「109」があり 2 台で運行している。出発地到着時刻と目的地到着時刻から 2023 年 5 月 31 日の 10 時便は、車両「102」が「山陽小野田市民病院玄関前」で利用者を 3 人乗せている。その後、「郷 2」へ行き利用者 2 人を降ろす。最後に「高浜 1」へ行く。また、車両「109」では「西の郷 1」で利用

者を 1 人乗せて「小野田旭町郵便局」で降ろしている。このようにして実際の運行順を決定している。

#### (2) 最短と考え得る運行経路の算出方法

最短と考え得る運行経路も算出する際に、乗降地点の運行順についても、より最適になるものを検討できるようにする。詳細は 2.4 節、3 章で説明するが、実際の運行と同じ利用者の乗降地点と車両数を設定することで、運行順の組み合わせを算出できるアルゴリズムを実行する。そして、それにより求められた運行順に対してダイクストラ法を用いて運行経路を算出する。

### 2.3 検証で扱う指標

ある運行が適切であったか評価するにあたり、指標を設定する必要がある。DRT を評価する指標はいくつ考えられる。そこで、本研究では運用側の立場から評価できる(1)総運行距離を評価指標として設定した。また、利用者の立場から評価できる(2)迂回倍率を参考指標として用いた。

しかし、総運行距離と迂回倍率はトレードオフの傾向にあるので、総運行距離が短くなるような運行をすると迂回倍率は大きくなり、迂回倍率が小さくなるような運行をすると総運行距離が長くなってしまふ。また、迂回倍率は利用者の主観視点が入り、値の良し悪しを評価することが難しい。そこで、本研究では総運行距離を評価すべき指標とした。

(1)総運行距離は、ある運行を行ったときに、最初の乗客を乗せてから最後の乗客を降ろすまでの総距離である。実運行における総運行距離と本研究で求めた総運行距離を比較し、より短い経路で運行できる場合があるか検証する。

(2)迂回倍率は、ある乗客が複数人でサービスを利用した時に、一人でサービスを利用した場合の距離(すなわち、ある乗降地点間の最短距離)に対してどのくらい迂回することになったかということを示す指標である。高泊地区では、ミーティングポイント型を採用しているため、ある利用者が乗車した後、後から乗車した利用者を先に降ろし、その後に降車するルートも考えられる。このとき、一人で乗車した場合よりも大きく迂回している可能性がある。より短い経路で運行した場合でも、この迂回倍率が大きい場合は乗客に対して必要以上に遠回りをしているという意識を持たせてしまうかもしれない。そのようなルートになっているかを検証する指標として迂回倍率を用いる。

参考文献[6]の距離迂回率  $AI^i$  を参考に、本研究では

迂回倍率 $L_i$ を以下の式で定義した.

$$L_i = \frac{L_{detour}}{L_{min}} \quad (1)$$

$L_{min}$  = 各利用者の乗り場から目的地までの最短距離

$L_{detour}$  = 他の人の乗降地点を回って降りるときの距離

迂回倍率が1倍だと実際の経路と最短経路が同じことを表しており、倍率が大きくなるほど利用者にとって遠回りをしている経路であると言える。

結果は、実際の運行の総運行距離より本研究で求めた運行の総運行距離が小さい経路を求めることを優先とする。

## 2.4 本研究で用いるアルゴリズム

本研究では、複数人の利用者をどの車両に乗せるか、その車両の中でどの順番で利用者を乗降させるかを考える必要がある。

そこで、利用者をどの車両に乗せるか割り当てる方法を全探索、割り当てられた車両内での乗降順を決める方法として全探索と遺伝的アルゴリズムを条件によって使い分け、運行順を求めた。

### (1) 遺伝的アルゴリズム

本研究では、運行順を決める際に遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm 以下 GA) を使用した。GA は、自然界の生物進化に着想を得たアルゴリズムで選択、交叉、突然変異により適応度が高い個体を残す最適手法である。GA は他の最適化手法に比べて、構成が比較的簡単に広範囲な課題に適用可能[7]であり、常に複数個の局所最適解を保持し、その中で改良をはかる[8]特徴がある。

GA の処理手順を以下に示す。まず、以下に出てくる用語の説明をする。染色体とは、個体の持つ遺伝情報を記述したものである。また、染色体の基本構成要素を遺伝子と呼ぶ。本研究に GA を適用する時の手順を 3.1~3.5 で述べる。

#### 1. 初期集団の生成

一般的には、決められた個体数の染色体をランダムに生成する。

#### 2. 終了条件 (世代数) が満たされるまでループ

##### (a) 適応度の評価

1. で生成された初期集団の各々の個体に対して適応度の評価を行う。

##### (b) 選択

各々の個体に適応度が決定されたら、選択を行う。基本的に、適応度の高い個体がより多くの子孫を残す機構になる。これにより良い個体を生成する遺伝子が集団の中に広がる。

##### (c) 交叉

交叉を行う個体対が決定されたら、染色体の交叉を行う。交叉方法もいろいろ提案されているが、基本的には双方の染色体の一部ずつを取ってきて子孫の染色体を作る。

##### (d) 突然変異

交叉の後に突然変異を加える。これはある確率で染色体の一部の値を変える操作である。

これらの操作が終了すると、新しい世代の個体集団が作られたことになる。そして、この新たな集団に対して、また適応度の評価、選択、交叉、突然変異を行い、さらに新たな世代を作っていく。この処理手順で最終的に適応度が高い個体を近似解とする。

## 3. GA のプラグインへの適用

### 3.1 解の候補となる経路の生成 (初期集団の生成)

ランダムで近似解の候補となる経路を生成した。生成する経路はあらかじめ設定しておいた「個体数」分生成した。なお、ランダムでも条件に合う経路のみ生成した。条件とは、すべての地点を一度ずつ訪れる経路、訪問しない地点が無い経路、利用者の降車地点が乗車地点よりも先に来ない経路、利用者が3人以上乗車していない経路である。

### 3.2 経路の総運行距離の評価 (適応度の評価)

本研究では、2.3 で述べた指標のうち総運行距離を用いて適応度を以下のように定義した。

$$\text{適応度} = \frac{1}{\text{総運行距離}} \quad (2)$$

(2)式により、総運行距離が短い経路を適応度が高い経路とすることができる。

### 3.3 親となる経路の選択 (選択)

ここで、次の世代に残す経路を選択する。最初に

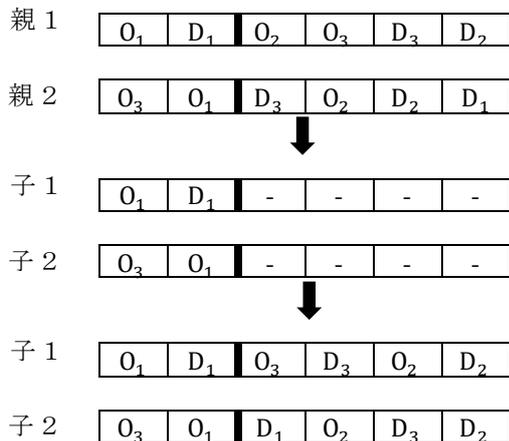
適応度が高い経路から順番に一定の割合（エリート保存率）でそのまま次の世代に残す。次に、先程選択した経路も含めて適応度が高い経路が選ばれやすいように親となる経路を選択する。ここで親として選択された経路は交叉、突然変異の操作を行う。

### 3.4 地点の組み替え(交叉)

交叉は、2つの親の経路を組み替えて子の経路を作る操作である。

本研究で扱う問題では交叉手法によっては解として不適切な経路（致死遺伝子）が作られる可能性がある。この問題における致死遺伝子とは3.1で述べた条件に合わない経路である。

一般に、巡回セールスマン問題を解く際に、致死遺伝子を抑制する代表的な交叉手法として Goldberg によって提案された部分写像交叉がある。しかし、部分写像交叉はランダムサーチと同程度の性能しか示さないことが知られている[9]。また、部分写像交叉は巡回セールスマン問題に対してはすべての地点を一度ずつ訪れる経路や訪問しない地点が無い経路の生成を抑制することができるが、本研究で扱う問題では、利用者の降車地点が乗車地点よりも先に来る経路の生成を抑制しることができない。そこで参考文献[10]で提案されている交叉手法をもとに交叉手法を改良した。改良した交叉手法の手順を以下に示す。なお、利用者1は $O_1 \rightarrow D_1$ 、利用者2は $O_2 \rightarrow D_2$ 、利用者3は $O_3 \rightarrow D_3$ を移動するものとする。



まず、交叉点を1つランダムに決める。交叉点より前の地点はそのまま子に引き継ぎ、交叉点より後の地点は未定とする。

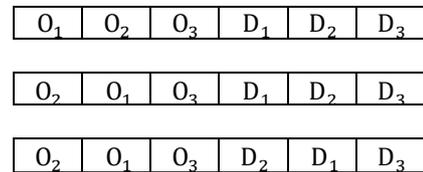
次に、子1に対して親2の地点を、子1のすでにある地点に重複しないように最初から順番に追加する。親2の1番目の $O_3$ は子1に含まれていないので、子1の未定の場所である3番目に追加する。親2の2番目の $O_1$ は子1にすでにあるため追加しない。このように、親2の $D_3$ を子

1の4番目に追加、親2の $O_2$ を子1の5番目に追加、親2の $D_2$ を子1の6番目に追加、親2の $D_1$ は子1にすでにあるため追加しない。このように子1を作る。子2も同様に親1を参照しながら作る。

### 3.5 経路の変更(突然変異)

突然変異は経路内の乗降地点を変更する操作である。

突然変異手法のひとつに「交換」がある。「交換」とは、ランダムな2つの地点を入れ替える手法である。しかし、本研究にそのまま「交換」を使用してしまうと選ばれる地点によっては、利用者の降車地点が乗車地点よりも先に来てしまい、致死遺伝子を作ってしまう可能性がある。そこで、本研究では地点の交換ではなく、利用者の交換となるように改良した。以下に流れを示す。



ランダムに入れ替える利用者を2人決める。今回は利用者1と利用者2を入れ替える対象とした。

まず、利用者1と利用者2の乗車地点を入れ替える。

次に、利用者1と利用者2の降車地点を入れ替える。このようにすることで、致死遺伝子を作ることなく突然変異することができる。

### 3.6 パラメータ

GAに用いるパラメータは予備実験を行い、パラメータごとの結果を比較しながら実験的に設定した。予備実験は、具体的に、次に示す手順で行った。まず、運行データの中から乗降地点を一つ選択する。次に、選択した乗降地点において最短となる総運行距離を全探索にて算出する。その後、パラメータを変更しながら総運行距離を算出し、全探索で求めたものと比較していく。

これにより、全探索と同等の結果が得られたパラメータが以下のものであり、本研究でも同じ値を採用した。

- 個体数：300
- 世代数：100
- 交叉率：100%
- エリート保存率：20%
- 突然変異率：4%

### 3.7 全探索とGAの実行時間の比較

使用するアルゴリズムは各人数に対して実行時間が短い方を採用した。

表 2 1台当たりの人数と運行順を求めるアルゴリズムの実行時間

	全探索(秒)	GA(秒)
1人	0.002	1.32
2人	0.006	1.46
3人	0.08	2.62
4人	0.15	2.86
5人	7.46	2.52
6人	1520.34	3.22

表 2 の結果より、車両内の利用者が 1 人から 4 人であれば全探索、5 人以上であれば GA により運行順を求めた。

## 4. 結果

### 4.1 結果の見方

結果には、利用者ごとの乗降地点一覧、乗降地点地図、算出した運行順、総運行距離・迂回倍率を記載されている。地図上の赤枠は各利用者の乗車地点を表しており、青枠は各利用者の降車地点を表している。枠内の番号は利用者番号と同じ番号が割り振られており、その利用者が乗降する地点を表している。しかし、他の利用者と乗降地点を共有している場合は、地図上の枠が重なっており利用者番号と乗降地点の番号が異なっている場合がある。この場合は最後に登録された人の利用者番号が登録されている。なお、利用者番号*i*は利用者*n*と同じ番号を指す。

例)

	乗車地点	降車地点
利用者 1	赤 1	青 2(青 1)
利用者 2	赤 2	青 2

この例の場合は、利用者 1, 2 の降車地点が同じ場所であることを表している。

### 4.2 検証結果1

検証結果 1 は利用者数が 4 人、車両数が 1 台の場合である。なお、その時の各利用者の乗降地点を表 3, その地図上での位置を図 1 に示す。

表 3 検証結果 1 での各利用者の乗降地点

	乗車地点	降車地点
利用者 1	赤 1	青 1
利用者 2	赤 3(赤 2)	青 4(青 2)
利用者 3	赤 3	青 4(青 3)
利用者 4	赤 4	青 4



図 1 検証結果 1 における乗降地点

検証結果 1 での実際の運行順と本研究で求めた運行順を表 4 に示す。

表 4 検証結果 1 での運行順

	乗降地点の運行順
実際の運行順	赤 4→赤 1→青 1→赤 3(赤 2)→赤 3→青 4(青 2)→青 4(青 3)→青 4
本研究で求めた運行順	赤 4→赤 1→青 1→赤 3(赤 2)→赤 3→青 4(青 2)→青 4(青 3)→青 4

また、その時の総運行距離と迂回倍率の結果を表 5 に示す。2 つの経路とも同じ運行順で総運行距離、迂回倍率も等しくなっているため、実際の運行は適切であると考えられる。

表 5 検証結果 1 での総運行距離と迂回倍率

	総運行距離	迂回倍率
実際の運行順	5.5km	1.28 倍
本研究で求めた運行順	5.5km	1.28 倍

また、実行時間は約 0.11 秒だった。

### 4.3 検証結果2

検証結果2は利用者数が7人、車両数が2台の場合である。なお、その時の各利用者の乗降地点を表6、その地図上での位置を図2に示す。

表6 検証結果2での各利用者の乗降地点

	乗車地点	降車地点
利用者1	赤1	青1
利用者2	赤3(赤2)	青7(青2)
利用者3	赤3	青7(青3)
利用者4	赤4	青4
利用者5	赤6(赤5)	青6(青5)
利用者6	赤6	青6
利用者7	赤7	青7



図2 検証結果2における乗降地点

検証結果2での実際の運行順を表7、本研究で求めた運行順を表8に示す。

表7 検証結果2での実際の運行経路

	乗降地点の運行順
利用者1,4	赤4→赤1→青4→青1
利用者1,2,5,6,7	赤3(赤2)→赤3→赤7→ 青7(青2)→青7(青3)→青7→ 赤6(赤5)→赤6→青6(青5)→青6

表8 検証結果2での本研究で求めた運行経路

	乗降地点の運行順
利用者1,4,5,6	赤4→赤6(赤5)→赤6→青4→赤1 →青6(青5)→青6→青1
利用者2,3,7	赤3(赤2)→赤3→赤7→青7(青2) →青7(青3)→青7

また、その時の総運行距離と迂回倍率の結果を表9に示す。実際の総運行距離は本研究で求めた総運行距離より2.24kmほど長かった。しかし、迂回倍率に着目すると実際の運行順の方が0.42ポイントほど小さくなっていった。したがって、この便の実際の運

行順は利用者の迂回倍率を小さくする運行をしていると考えられる。

表9 検証結果での総運行距離と迂回倍率

	総運行距離	迂回倍率
実際の運行順	11.66km	1.08倍
本研究で求めた運行順	9.42km	1.5倍

また、実行時間は約64.37秒だった。

### 4.4 検証結果3

検証結果3は利用者数が3人、車両数が2台の場合である。なお、その時の各利用者の乗降地点を表10、その地図上での位置を図3に示す。

表10 検証結果3での各利用者の乗降地点

	乗車地点	降車地点
利用者1	赤1	青3(青1)
利用者2	赤2	青2
利用者3	赤3	青3



図3 検証結果3における乗降地点

検証結果3での実際の運行順を表11、本研究で求めた運行順を表12に示す。

表11 検証結果3での実際の運行順

	乗降地点の運行順
利用者1,3	赤1→赤3→青1→青3(青1)
利用者2	赤2→青2

表12 検証結果3での本研究で求めた運行順

	乗降地点の運行順
利用者1,3	赤3→赤1→青1→青3(青1)
利用者2	赤2→青2

また、その時の総運行距離と迂回倍率の結果を表13に示す。この便では実際の運行と本研究で求めた

運行で運行順は異なったが、総運行距離と迂回倍率は2つの間に大きな差はなく、実際の運行は適切であると考えられる。

表 13 検証結果3での総運行距離と迂回倍率

	総運行 距離	迂回 倍率
実際の運行順	5.66km	1.15 倍
本研究で求めた運行順	5.61km	1.13 倍

また、実行時間は0.0秒だった。

#### 4.5 検証結果4

検証結果4は利用者数が6人、車両数が2台の場合である。なお、その時の各利用者の乗降地点を表14、その地図上での位置を図4に示す。

表 14 検証結果4での各利用者の乗降地点

	乗車地点	降車地点
利用者1	青5(赤1)	青2(青1)
利用者2	青5(赤2)	青2
利用者3	赤6(赤3)	青3
利用者4	赤4	青4
利用者5	赤5	青5
利用者6	赤6	青6



図 4 検証結果における乗降地点

検証結果4での実際の運行の運行順を表15、本研究で求めた運行順を表16に示す。

表 15 検証結果4での実際の運行順

	乗降地点の運行順
利用者5	赤5→青5
利用者1,2,3,4,6	赤4→赤6(赤3)→赤6→青4→ 青3→青5(赤1)→青5(赤2)→ 青2(青1)→青2→青6

表 16 検証結果4での本研究で求めた運行順

	乗降地点の運行順
利用者1,2,5	赤5→青5(赤1)→青5(赤2)→ 青5→青2(青1)→青2
利用者3,4,6	赤4→赤6(赤3)→赤6→ 青3→青4→青6

また、その時の総運行距離と迂回倍率の結果を表17に示す。実際の総運行距離は本研究で求めた総運行距離より1.12kmほど長く、迂回倍率についても0.27ポイントほど大きくなっていて、実際の運行順より本研究で求めた運行順の方が総運行距離、迂回倍率ともに大きくなっていて改善の余地がある経路だと考えられる。

表 17 検証結果4での総運行距離と迂回倍率

	総運行 距離	迂回 倍率
実際の運行順	9.75km	1.41 倍
本研究で求めた運行順	8.63km	1.14 倍

また、実行時間は約12.94秒だった。

#### 5. 考察

今回頂いたデータの内、乗り合いがあった(利用者が2人以上)便は384便あった。また、4.2から4.5で紹介した事例は運行データ内で便数が多い上位4つを順番で紹介した。この4パターンは乗り合いがあった便全体の約90%を占めていた。

今まで紹介した事例も含めて頂いたデータには以下のような事例がみられた。また、距離は差が250m以内であれば同等だとし、迂回倍率は0.1ポイント以下であれば同等とした。

1. 実際の運行と求めた運行が同じ運行順で同じ距離と迂回倍率(検証結果1)
2. 実際の運行が求めた運行と比べて距離は長く迂回倍率も大きい(検証結果4)
3. 実際の運行が求めた運行と比べて距離は長い迂回倍率は小さい(検証結果2)
4. 実際の運行が求めた運行と比べて距離は長い迂回倍率は同等
5. 実際の運行が求めた運行と比べて距離は同等で迂回倍率は大きい
6. 実際の運行が求めた運行と比べて距離は同等で迂回倍率は小さい
7. 実際の運行が求めた運行と比べて距離は同等で迂回倍率は同等(検証結果3)

- 1.のような運行は 250 便あり，全体の約 65%が適切な運行をしていたと言える。
  - 2.のような運行は 22 便あり，全体の約 5.7%が改善の余地がある経路であると言える。
  - 3.のような運行は 48 便あり，全体の約 13%が利用者の目線に立って運行していたと言える。
  - 4.のような運行は 18 便あり，全体の約 4.7%が総運行距離を短くするような改善の余地がある経路であると言える。
  - 5.のような運行は 4 便あり，全体の約 1%が迂回倍率を小さくするような改善の余地がある経路であると言える。
  - 6.のような運行は 12 便あり全体の約 3.1%であった。本研究では総運行距離が小さい経路を適切な運行としていたが，総運行距離が同等で迂回倍率が小さいのであれば実際の運行の方が適切な運行をしていたと言える。
  - 7.のような運行は 25 便あり全体の約 6.5%が総運行距離と迂回倍率が大きな差がないため適切な運行をしていたと言える。
- また，実際の運行順が分からない便（到着時間が書かれていない，利用者が 4 人乗車しているなど）が 5 便あり，それらは計算ができなかった。

## 6. まとめ

本研究では山陽小野田市が DRT の運用が適切か検証する方法を確立することが課題の一つになっていることを踏まえて，高泊地区における DRT の運行記録に基づいて，実際に運行した経路の検証をできることを目的とした。目的達成の判断材料として総運行距離をできるだけ短くすること，どれだけ迂回しているか確認することができること，計算時間が実務上許容の範囲内であることを挙げた。結果・考察より以上の項目は達成できたと言える。また，本研究で使用したデータでは最大の利用者数が 7 人でその時の車両数が 2 台であった。しかし，今後 DRT の利用が増え，利用者数と車両数が増えた時に計算時間が，実務上の許容範囲を超える可能性がある。現在，運行順を求めるアルゴリズムは全探索と GA を使い計算時間を抑えられているが，利用者の配車の仕方が全探索であるため，そこで時間がかかると考えられる。そこで，今後の課題として利用者の配車の仕方も最適化手法などを使い計算時間を抑える必要があると考える。

## 参考文献

- [1] 山陽小野田市：第 27 回地域交通会議資料 3, <https://www.city.sanyo-onoda.lg.jp/uploaded/attachment/53266.pdf>, (Accessed 2024/11/06)
- [2] 国土交通省：続・デマンド型交通の手引, <https://www.tb.mlit.go.jp/hokkaido/content/000174198.pdf>, (Accessed 2024/11/06)
- [3] 山陽小野田市：とまり号乗降地点配置図, <https://www.city.sanyo-onoda.lg.jp/uploaded/attachment/63088.pdf> (Accessed 2024/11/06)
- [4] 古嶋佑脩, 倉持直行, 加藤暢恵, 井上啓：山陽小野田市のデマンド型交通の運行管理者を支援するソフトウェアの試作, GIS-理論と応用, Vol.27, No.1, pp.49-54 (2019)
- [5] 山本頼弥, 河野聖也, 井上啓：山陽小野田市のデマンド型交通向け巡回経路探索用 QGIS プラグインの使いやすさ向上と機能追加, 人工知能学会第二種研究会資料, SIG-CCI-005-02 (2019).
- [6] 国土交通省：道路事業における防災機能の評価手法（暫定案）について, [https://www.cbr.mlit.go.jp/road/syouiinkai/pdf/h23\\_dai\\_haifu03.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/road/syouiinkai/pdf/h23_dai_haifu03.pdf), (Accessed 2024/12/06)
- [7] 前川, 玉置, 喜多, 西川：遺伝的アルゴリズムによる巡回セールスマン問題の一解法, 計測自動制御学会論文集, Vol.31, No.5, pp.598-605 (1995)
- [8] 茨木, 組合せ最適化の手法—巡回セールスマン問題の例から—, 電気学会論文誌 C, Vol.114, No.4, pp.411-419 (1994)
- [9] 北野宏明編：「遺伝的アルゴリズム」, 産業図書 (1993)
- [10] 内村, 斎藤, Takahashi：遺伝的アルゴリズムによる乗客輸送の最適化, 電気学会論文誌 D, Vol.117, No.7, pp.891-897 (1997)