

デマンドバスにおける最適運行台数の導出

Computation Method for Optimal Operation Number of cars of the Demand Bus

2141023 大庭 佑斗

Yuto OOBA

指導教員 秋葉 知昭

In this study, an experiment was conducted using a demand bus system operating in Saitama City as a model. I proposed a computation method that explores the shortest path from reservation data and subsequently derives the optimal operation number of cars for the demand bus. Since the routes between each bus stop can be represented as a network model, Dijkstra's algorithm was adopted as the method for finding the shortest path. Additionally, Monte Carlo simulation was used to perform repeated random sampling to derive the optimal operation number of cars. From the experiments conducted on the model used in this study, it was determined that the optimal operation number of cars is four.

1. 緒言

日本のバス業界では労働環境改善を目的に令和6年4月から労働条件が見直され、一部路線の便削減や廃止が進む中、地域交通維持が課題となっている[1]. 予約制のデマンドバスは乗務員数を抑えられるが、適切な運行台数や人員配置が必要で、不適切な配置はコスト増や負担増を招く[2]. 本研究ではダイクストラ法とモンテカルロシミュレーションを用いて最適な運行ルートと台数を算出し、人材配置の適正化や乗務員負担軽減を目指す。

2. 公共交通の現状

日本では人材不足が深刻化しており、特にバス業界では労働環境改善を目的に令和6年4月から労働条件の見直しが行われる[1]. この改革により一部路線の運行便削減や廃止が進み、地域交通維持が課題となっている。注目されるデマンドバスは予約時のみ運行する仕組みで、乗務員数を抑えられるが、適切な運行台数や人員配置が課題である[2]. 不適切な配置はコスト増や負担増を招き、効率化を妨げる可能性がある。本研究ではダイクストラ法とモンテカルロシミュレーションを活用し、最適な運行ルートや台数を算出することで効率的な運行計画を立案。これにより人材配置の適正化や乗務員の負担軽減が期待される。

3. 最短経路問題とダイクストラ法[4]

3.1 ダイクストラ法

最短経路問題を解く方法としてはベルマン-フォード法、ダイクストラ法、ワーシャル-フロイド法などが挙げられる。ダイクストラ法は、各節点への最短経路を始点の周辺から1つずつ確定し徐々に荷を広げていき、最終的にはすべての節点への最

短経路を求めるというものである。エッジ数を m 、ノード数 n をとしたときの計算量は、優先度付きキューを使う場合 $O((m+n)\log n)$ となる。

3.2 モンテカルロシミュレーション

モンテカルロシミュレーションは、不確実性を伴う問題に対して確率モデルを設定し、乱数による反復計算を行うことで結果の分布やリスクを評価する手法である。変数の確率分布を用いて何度もシミュレーションを実行し、その結果から統計的性質を導き出す。これにより複雑な現象やシステムを仮想的に再現し、将来予測やリスク分析を定量的に行える点が特長である。

4. 予約状況を考慮した最短経路探索法

本研究では、埼玉県さいたま市岩槻区の AI デマンド交通「チョイソコさいたまいわつき号」の柏崎地区を対象に、最適運行台数を導出する。本モデルは49箇所の停留所を設置した完全予約制の乗合交通で、住民の移動利便性向上を目的として導入された。運行ルートはダイクストラ法で最短経路を探索し、モンテカルロシミュレーションを実行し予約状況に基づいた運行計画を分析する。

5. 実験及び考察

本研究の実験結果を次に示す。

図 5-1 は運行台数ごとの燃料費の分布を示したものである。これらから、次のことを読み取ることができる。まず燃料費の中央値について、運行台数が増加するにつれて一貫して増加する傾向が確認された。運行台数の増加に伴い総移動距離が増え、燃料消費量が比例して増えたことによるものと考えられる。またばらつきについては、運行台数が増加するにあたり、150 円ほど縮小しているが、

顕著に拡大縮小するという事は確認されなかった。

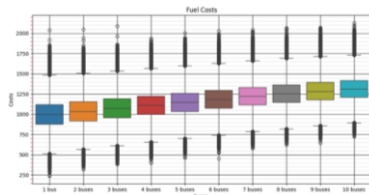


図 5-1 各台数の燃料費の箱ひげ図

図 5-2 と図 5-3 は、運行台数ごとの遅延ペナルティの分散を示している。1～3 台では遅延ペナルティの中央値が高く、分布も広い。4～6 台においては中央値が低下し、分布も狭まり外れ値の幅も小さくなる。7～10 台では中央値がさらに低下し、分布も非常に狭くなることで遅延ペナルティがほぼ一定に収束する。

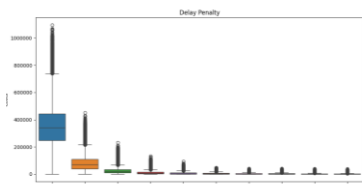


図 5-2 各台数の遅延ペナルティの箱ひげ図

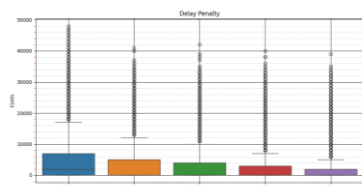


図 5-3 6～10 台の遅延ペナルティの箱ひげ図

図 5-4 と図 5-5 は運行台数ごとの総コストの分散を示している。1,2 台では総コストの中央値が非常に高く、分布の幅も広い。特に 1 台の場合は外れ値が多い。中央値は 3,4 台の時が最も低く、分布の幅は台数が増えるごとに狭まっている。

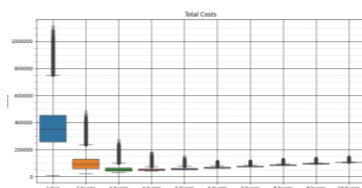


図 5-4 各台数の総コストの箱ひげ図

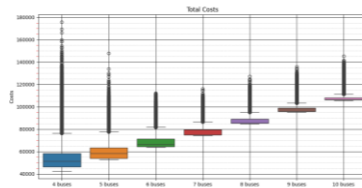


図 5-5 4～10 台の総コストの箱ひげ図

本モデルでは、デマンドバスの最適な運行台数は 4 台と結論付けられる。これは、燃料コストの中央値が低く分散も小さいため、運行コストが安定しているためである。箱ひげ図分析からも、4 台運行時は極端に高いコストが少なく、予測可能性が高いことが示されている。3 台以下では供給不足、5 台以上では供給過剰となるリスクがあるため、4 台は需要と供給のバランスを取り、運行効率と利用者満足度の両立が期待できる。以上の点から、4 台が最適な運行台数であると論じられる。

6. 結言

本研究は、デマンドバスの最適運行台数を導出することを目的とし、移動距離に遅延ペナルティを加えた移動コストをモンテカルロシミュレーションで算出した。結果、運行台数 4 台で総コストが最小となった。これは、台数増加による遅延ペナルティ減少に対し、人件費増加が上回るためと考えられる。また、遅延ペナルティの設定値が総コストに大きく影響することが示された。今後の課題として、予約順処理による経路問題が挙げられる。遅延ペナルティを加味した経路アルゴリズムを用いることで、計算量は増えるが、より正確な解が得られると考えられる。

文 献

- [1] 厚生労働省: バス運転者の改善基準告示 | 自動車運転者の長時間労働改善に向けたポータルサイト (<https://driver-roudou-jikan.mhlw.go.jp/bus/notice>)(2025 年 01 月)
- [2] さいたま市: さいたま市／岩槻区柏崎・美幸町地区において A I デマンド交通「チョイソコさいたまいわつき号」の実証実験を行っています (<https://www.city.saitama.lg.jp/001/010/018/005/p091399.html>)(2025 年 01 月)
- [3] 国土交通省: デマンド型交通の手引き (<https://www.tb.mlit.go.jp/hokkaido/content/000174202.pdf>)(2025 年 01 月)
- [4] 江幡俊介: 主要道路に右左折を考慮した最短経路の解法・千葉県の場合・千葉工業大学社会システム科学部経営情報科学科 2019 年度 卒業研究