

持続可能なバス交通システムへの数理最適化に基づくアプローチ ～新潟市 BRT の改善可能性の検討～

群馬大学 *齋藤 芽 SAITO Megumu
01406090 群馬大学 永野 清仁 NAGANO Kiyohito

1. はじめに

現在日本では、増加する高齢者の移動手段の確保が重要となっている。その一方で、特に地方の多くのバス事業者の経営は悪化している状況である。バス事業者の経営悪化は、運行本数減少や路線削減等のサービスレベルの低下につながり、さらに利用者が減少してしまうという悪循環を引き起こす。持続可能な社会を形成していくためには公共交通機関の整備が必要不可欠である。

本研究では、近年日本で導入されはじめている BRT (Bus Rapid Transit:バス高速輸送システム) に着目し、特に 2015 年に導入された新潟市の BRT について、数理最適化モデルに基づいた有効性検証を試みる。

2. BRT (Bus Rapid Transit) とは

国土交通省によると、BRT (Bus Rapid Transit:バス高速輸送システム) とは連節バス、PTPS (公共車両優先システム)、バス専用道、バスレーン等を組み合わせたバスシステムのことであり、その特色として定時性・速達性の確保、車両・設備の高度化、運行の効率化が挙げられる。

日本各地でも BRT の導入が進んできている。BRT はおもに以下の 2 つに大別される。

(a) 一般道を走行する路線

バスレーンの設置や、連節バスの使用等が特徴である。既存の公共交通システムの改善のために導入されることが多い。

(b) バス専用道路等を走行する路線

鉄道の代替交通手段として、廃線跡等を利用するものが多い。災害の復旧活動の一環として導入される場合もある (気仙沼線・大船渡線 BRT など)。

一般道を走行するタイプ (a) の BRT の代表例として、名古屋市の基幹バスがある。本研究で扱う新潟市の萬代橋ラインも、一般道を走行する BRT であり、2015 年 9 月に導入が開始された。

3. 新潟市の BRT について

3.1 新潟市における BRT 導入の背景

新潟県民の約 7 割の主な交通手段が自動車であり、マイカー依存が高いといえる。新潟市はマイカーによる二酸化炭素排出量が全政令指定都市の中で上位となっており、環境負荷軽減を目指していく必要がある。その一方で、新潟市のバス利用者数は、2010 年までの 10 年間で 40%、20 年間で 65% 減少していた。バス交通の課題として、市内中心部において、乗車密度の低いバスが集中し、非効率な運行となっていること、同名バス停が多数並び、乗り場がわかりにくいこと、バスが団子状態で運行するため、車道で乗客を降ろしたり、降車待ちをしたりしているバスが多いことなどの問題を抱えていた。

3.2 新潟市の BRT 導入の効果と問題点

バス交通の課題を解決し、将来にわたって持続可能なバスシステムをつくるために、新潟市では 2015 年 9 月に第 1 期 BRT の運行を開始した。これまで多くのバス路線が重複していた市内中心部は、新潟駅を起点とした約 7km の路線、萬代橋ラインを中心としたバス路線の再編によって中心部における集約化・効率化が図られた。図 1 は萬代橋ラインを走行する連節バスである。効率化によって生じた余力を新規路線の開設や郊外線増便にまわした。BRT 導入の結果として、新潟市はバス利用者を増加させることに成功した。



図 1:新潟市の連節バス

利用者が増えた一方で、BRT 導入による問題も発生している。「乗り換え」を前提としたバス路線の再編であるため、多くの利用者にとって不便になったという意見が市民から挙げられている。また、当初は萬代橋ラインについて、バス走行路の設置が予定されていたが未だに作られていない。

新潟市の BRT による新たな交通計画は順調に進んでいるとは言いがたい。現在、新潟駅周辺整備事業が行われており、公共交通機関の利便性が向上するとされている。その一方で、BRT の抱える問題点とコロナ禍が相まって当初予定されていた第 2 期 BRT の今後の事業計画は現時点で白紙に戻されている状況である。

4. BRT の数理モデル

4.1 対象とするバス路線

本研究では、新潟市の BRT である萬代橋ラインを対象とする。萬代橋ラインは全長約 7km の市内中心部を走行する路線である。バス路線図を図 2 に示す。萬代橋ラインは、朝 7, 8 時台は 3 本に 1 本程度が快速バスとして運行されている。

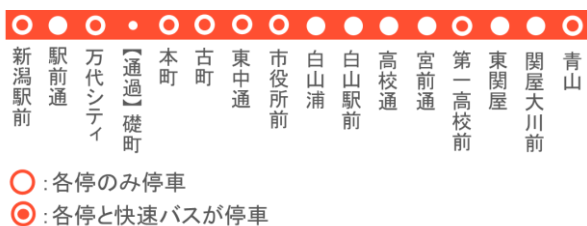


図 2: 萬代橋ラインのバス路線図

本研究では、新潟市の BRT の利便性向上を目的として、萬代橋ラインの快速バスの最適な運行方法について検討する。現状の快速バスでは、始点の新潟駅前と終点の青山を除いて 6 か所のバス停で停車する。このような運行方法は利用者にとって最適なのだろうか。数理最適化モデルに基づいて、現状の運行方法の評価と最適な運行方法について検討する。

4.2 数理最適化モデルに基づく BRT の評価

萬代橋ラインの快速バス運行方法について評価するための最適化数理モデルについて説明する。

本研究では特に、混雑する朝の時間帯を対象とする。朝 7 時～7 時 15 分に新潟駅前から青山に向かう萬代橋ラインのバス 5 台のうち 2 台の快速バスの運行スケジュールを最適化の対象とし、以下の条件

を設定した。

- 5 台のバスのうち 2, 4 台目を快速バスとし、残りを各停バスとする
- 快速バスは各停バスを追い越さない
- 2 台の快速バスは共通のバス停を通過する
- 乗客移動情報のデータはバス停の利用者数に比例するように作成

BRT 運行スケジュール最適化問題を、森ら [1, 2] の鉄道運行計画の研究を基にして、混合整数計画問題として定式化した。また、ソルバーとして Gurobi Optimizer 9.1.1 を使用した。実験結果 (図 3) から、快速バスが通過するバス停数が 2 のとき、乗客の総移動時間が最小化されることが分かる。本研究ではさらに、専用道路を導入した場合のシミュレーション等について検討を行う。

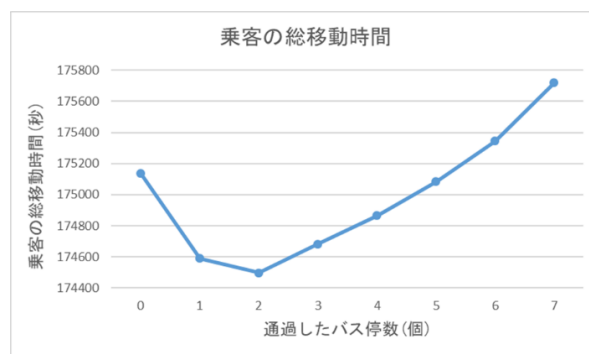


図 3: 通過バス停数ごとの最小総移動時間

5. おわりに

本研究では新潟市における BRT の有効性について検証している。数理最適化に基づく計算結果は、現行バスシステムの改善可能性について示している。近年は新型コロナウイルスの影響により、公共交通機関の事業者は大きな打撃を受けている。持続可能な社会の実現のために、状況に応じて最適化された公共交通システムを構築していく必要がある。

参考文献

- [1] 森 拓哉, 渡邊翔一郎, 古関隆章: 数理計画法に基づく全列車各駅停車の路線に優等列車を取り入れることによる旅客総旅行時間の最小化, 電気学会論文誌. D, 産業応用部門誌 135 (12), 1153-1159, (2015)
- [2] 森 拓哉, 古関隆章: 混合整数計画法を用いた方向別複数線の運転整理支援, 電気学会研究会資料 TER, 交通・電気鉄道研究会 2013 (1), 43-48, (2013)