

路線バスの計画策定システムの構築 ～金沢市を事例に～

金沢大学工学部 正会員 高山純一
金沢大学大学院 学生員 ○原口友心
(株)パシフィックコンサルタンツ 正会員 加藤隆章

1. はじめに

地方都市におけるバス交通は、都市内およびその近郊において面的な交通サービスを提供する、きわめて重要な役割を担っている。しかし、近年の自動車交通の急速な普及に伴い、バスをはじめとした公共交通の利用者は年々減少を続けており、その運営状況は大変厳しいものとなっている。しかし、公共交通としてのバス交通の重要性を考えると、バス交通を整備し活性化させることが必要であり、バス事業者の採算性とバス利用者の利便性のバランスを保つことがポイントである。

そこで本研究では、バス交通活性化のための最適バス路線網計画策定システムの提案を行う。特にバスの運行スケジュール、ならびに運転士の数を考慮することにより、バス事業者の運行効率、人件費の最小化を考慮した最適バス路線網計画策定システムの構築を目指す。

2. 最適バス路線網計画の定式化

(1) バス事業者の運行に関する制約

バス事業は、その経営形態（公営、民営）を問わず採算性を考慮することが重要であり、特に利用者が減少を続けている昨今では、より効率の良いバス運行をしなければならない。

最適なバス路線網を計画するためには、次に示す要因を考慮することが必要である。

1)バス路線の長さ、2)バス台数の上限、3)バスの運行時間帯、4)運転士の数、5)バス全体の総走行距離、6)バス1台当たりの乗車密度、7)バス1台当たりの乗車延べ人数

したがって、バス事業者にとってはできるだけ運行効率を下げない路線を設定する必要があり、その観点から長大な迂回を含む路線は設定できない。またバス台数を過剰に投入することも非現実的である。

(2) システムの前提条件

本研究では、バスの起終点はあらかじめ決定しておくものとする。また、これらの起終点を結んだ系統（経路が未定で起終点のみ既知であるものを系統と呼び、経路が既知のものを路線と呼ぶ）を設定しておく。

- 1)着時刻指定のバス停間 OD(バス利用者の OD 需要)が既知であるものとする。
- 2)バス1台当たりの乗車可能人数は与えられているものとする。また、それを越える OD は運搬せず積み残しとして扱う。
- 3)乗客の乗り換えは、その利便性を考慮して1トリップにつき最大1回までの乗り換えとする。

(3) 最適化問題としての定式化

本システムにおいては、バス利用者とバス事業者の双方から見た最適化問題として定式化する。

目的関数

乗客1人当たりの平均所要時間の最小化

制約条件

- 1)各路線は、各系統の最短経路に対する迂回限界率をかけた許容迂回距離以下とする。
- 2)運行効率向上の観点から、乗車密度が少ないダイヤは削除する。
- 3)運転士の運転状況を考慮する。(最大連続ハンドルタイム：3時間、最大実労働時間：7時間)

3. システムの全体構成

本モデルは、まずネットワーク内の系統ごとに最短経路距離の探索を行い、距離の制約条件を満たし、かつ沿線 OD の多い第 n 番目経路までのバス路線の探索を行うサブモデル（路線限定サブモデル）と、運行頻度に応じて乗り換え地点の決定を行うサブモデル（乗り換え地点決定サブモデル）GA を用いて

Key Words : bus transportation planning, bus scheduling, genetic algorithm, bus deadhead

*:金沢大学工学部土木建設工学科 〒920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20

**：金沢大学大学院自然科学研究科環境基盤工学専攻

TEL 076-234-4613 FAX 076-234-4632 E-mail takayama@t.kanazawa-u.ac.jp.

最適バス路線網と運行スケジュールを求めるサブモデル（スケジュール決定サブモデル）、そして運転士の勤務形態を決定するサブモデル（運転士決定サブモデル）の4つのサブモデルで構成される。

本モデルは、路線の数ならびにスケジュールの順番により、解の候補が膨大な組合せとなる。そのため、総当り的な探索方法は事実上不可能である。しかし、確率的最適探索アルゴリズムの一種である遺伝的アルゴリズム（GA）を用いれば、近似解ながら効率的に解の探索が可能となる。このスケジュール決定問題は、バス1台あたりの受け持ちダイヤ数の増大と共に組合せが爆発的に増大するため、GAによる解法が有効と考えた。運転士に関しては、組合せの数が少ないため自ら作成した。

4. 金沢市におけるケーススタディ

提案した最適バス路線網策定システムを金沢市の実際の路線網に適用し、その妥当性と有効性を検証する。金沢市におけるケーススタディの計算実行条件は次の通りである。

- ・ バスの運行時間帯：6：00～23：00
- ・ バス路線の発着点：6 地点(金沢駅、香林坊、兼六園下、金沢大学、北陸大学、田上住宅)
- ・ バス 1 台当たりのバス乗車定員：50 名
- ・ 最低乗車人数：5 名(ケ - ス 1)、10 名(ケ - ス 2)
- ・ 回送：最低乗車人数を下回った場合
- ・ 待機：回送条件が連続で続いた場合

対象とする地域は、金沢市街地を中心とするネットワークである。路線限定の計算結果の一部を図 - 1 に、対象ネットワーク図を図 - 2 に示す。

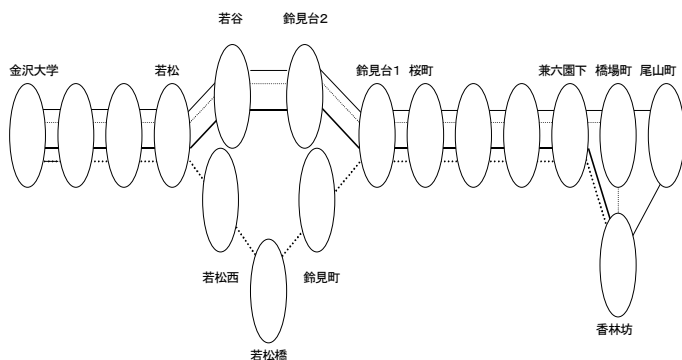


図 - 1 路線限定サブモデルで抽出された路線候補の一例
(金沢大学 香林坊)

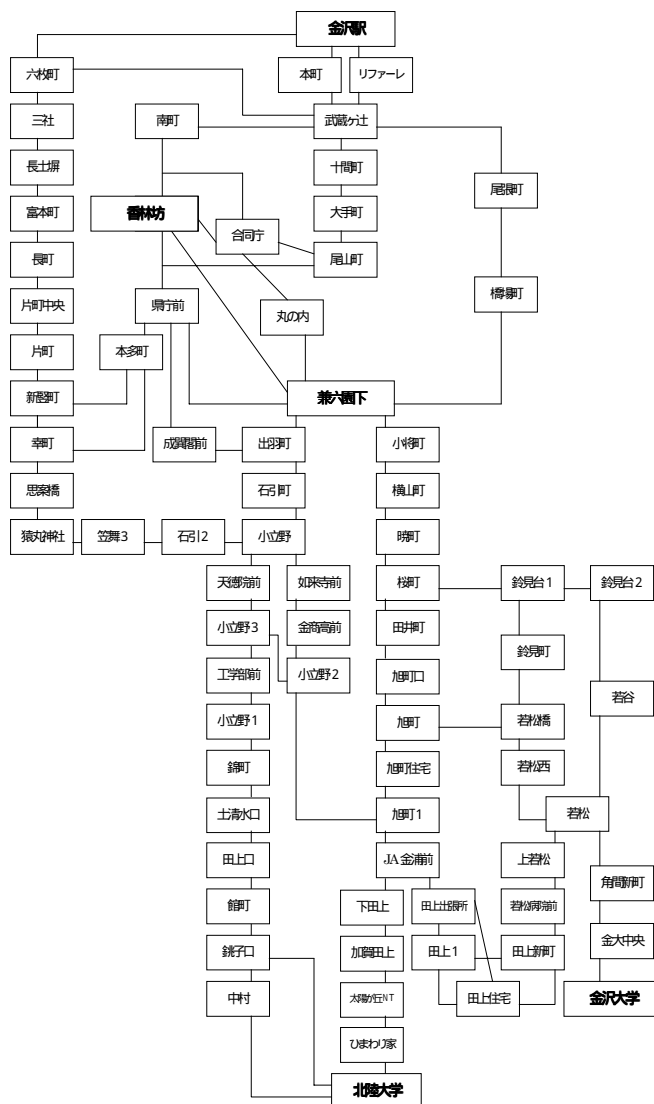


図 - 2 対象ネットワーク図

5. おわりに

本研究では、運転士・回送を考慮した最適バス路線網計画策定システムの提案を行った。これにより、与えられた着時刻指定ODができるだけ多く運搬されるという制約のもとで、利用者の総旅行時間を最小化することで利用者にとって最適な、しかも事業者にとって効率のよいバス路線を探索することができた。なお、詳しい計算結果等については、講演時に発表したい。

参考文献

- 1) 高山純一・宮崎耕輔・塩土圭介：乗客の乗り換えを考慮したバス路線網再編計画に関する研究、平成9年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集、pp661 - 662、1998.
- 2) 高山純一・塩土圭介・加藤隆章：バスの回送を考慮した最適バス路線網策定システムの構築、平成11年度土木学会学術講演会講演概要集、pp280 - 281、1999.