

IV-140

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

金沢大学工学部 正会員 高山純一*
金沢大学大学院 学生員 ○加藤隆章**
(社)システム科学研究所 正会員 塩土圭介

1 はじめに

バス路線再編問題は、従来から計画者の経験と勘によってなされるものが大部分を占め、システム全体の最適化はほとんどなされていなかった。そこで、ある制約条件下での数理最適化問題として定式化した研究がいくつかなされてきた。しかし、バスの運行に関する制約を明示的に考慮したモデルはほとんど見られない。

そこで著者らは既に、乗客の乗り換えを含んだバス路線選択行動を明示的に考慮したバス路線網再編計画システムの構築を行い、乗り換え待ち時間を含んだ平均所要時間を最小化できる路線網、スケジュールの同時決定手法の提案を行っている¹⁾。しかし、バス台数を与件としているため、乗客のピーク・オフピーク時に対応したスケジュールが決定しにくく、実際の適用にはまだいくつかの課題が残されている。そこで本研究では、乗客のピーク・オフピーク時を考慮するため、バスの回送を取り扱った最適バス路線、並びに最適運行ダイヤの探索を、遺伝的アルゴリズム(GA)を援用して行う方法を提案する。

2 バス路線網再編のための定式化

(1) 定式化のための前提条件

最適バス路線網を策定する際には、バス利用者から見た利便性(運行頻度が多い、乗り換えが少ないなど)と、事業者から見た効率性(運行距離が短い、収益が多いなど)の両面のバランスをいかにとるかが最も重要と思われる。

これらのことを考慮して次の前提条件を設定する。

- ①対象ネットワーク内でのバスの起終点(たとえば、バスターミナルの位置)は予め決定しておくものとする。そして、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ぶ、なお経路が既知であるものを路線と呼ぶ)を設定しておくものとする。

- ②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。

- ③バスの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。

- ④バスの1ダイヤ当たりの最低乗車人数を与える。ODがそれ未満ならばバスを回送・待機させる。

- ⑤運行時間帯とバス1台当たりの受け持ちダイヤ数を決定しておき、運行時間帯を越えた場合はそのダイヤで運行を打ち切るものとする。

- ⑥バスの折り返しや待機は発着点(起終点)で行うものとする。

- ⑦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。

- ⑧バスの回送は、運行コストを考慮して連続して行わないものとする。

(2) 最適化問題の定式化

以上の条件により、最適化問題を定式化すると以下のようなになる。

目的関数⇒乗客の平均所要時間の最小化

制約条件・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。

・最終的な積み残しODはなくなるようにする。すなわち、1回までの乗り換えで全てのODを運ぶこととする。

・運行効率の観点から、乗車密度が少ないダイヤは回送・待機または削除する。

3 バス路線網再編モデルの概要

(1) モデルの構成

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

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 〒920-0942 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 076-234-4650 FAX 076-234-4644 E-mail takayama@k1news1.cc.t.kanazawa-u.ac.jp.

決定サブモデル)、そしてGAを用いて回送を考慮した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)の3つのサブモデルで構成される(図-1)。

(2) 回送を考慮したスケジュール決定サブモデル

今まで、バス台数を与件とし、回送を取り扱わずスケジュール決定をしていたため、対象時間が長時間になると乗客のオフピーク時にはバスの運行が空バスだらけになる恐れがあった。そこで本研究では回送をするための条件を与えることにより、バスが回送または待機するように設定した。

具体的には、初期遺伝子（図-2）にランダムに路線番号を割り当て、まずダイヤ作成を行う。割り当てられた路線でバスが運搬する OD が、1 ダイヤ当たり最低乗車人数以下の場合、バスはその路線では運行せず回送させる。回送して着地点に到着したバスは、次の路線においても上述と同様、最低乗車人数を調べ運行するか回送するかを決定を行う。ここで、前運行が回送で次運行も回送ならバスは運行せずに発着点で待機し、一定時間待機した後再び運行するものとする。バスの回送は路線の最短経路を通り、運行時間は営業運転時の時間から乗客の乗り降りの時間（バスの停車、発進遅れを含む）を引いたものとする。また、バスの運行で回送が多いと利用者の利便性が確保されないので、バスの回送が少なくなるように制限を付け、極力バスが営業運転するように工夫するものとする。

また、乗客のピーク時にはバスの最大乗車人数を増やして、より利便性の高いシステムの構築を行う。

4 金沢市におけるケーススタディ

(1) 計算の実行条件

対象地域は、金沢市金石街道を中心とするネットワークで、都心部の香林坊、兼六園下と、郊外部の大野、金石地区の相互間を結ぶ路線とした(図-3)。

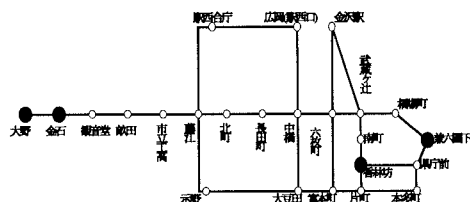


図-3 ケーススタディの対象ネットワーク

実行条件・バス運行時間：6:30～12:30（6時間）

・バス路線の発着点：4地点

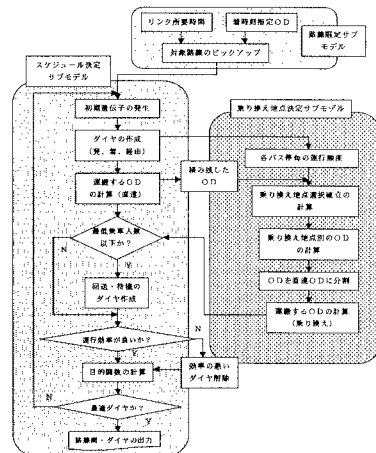


図-1 バス路線再編モデルのフローチャート

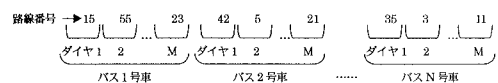


図-2 本モデルにおける遺伝子の設計方法

- ・バス台数：10 台
- ・バス 1 台当りの最大乗車人数：50 名
- ・1 ダイヤ当りの最低乗車人数：10 名

(2) 計算結果

乗客の平均所要時間の収束状況を、図-4 に示す。世代数が進む毎に、平均所要時間がある一定の値に収束しているのが判る。最終的には、一定の値への収束が見られた。GA のパラメータは、最大世代数：200、人口サイズ：50、交差率：0.6、突然変異率：0.05 とした。

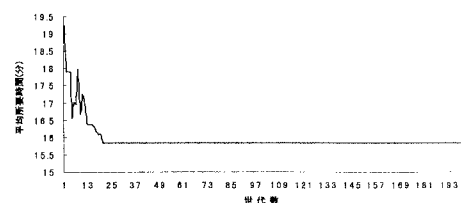


図-4 乗客の平均所要時間の収束状況

5 おわりに

本研究では、バスの回送を考慮した最適バス路線網策定システムの提案を行った。これにより、利用者、事業者の現実の制約に、より近い形での定式化と、ピーク・オフピーク時に対応した効率的な最適バス路線網の探索が行えると思われる。

参考文献

- 1) 塩土圭介：バス交通活性化のための最適バス交通計画の立案とその評価に関する研究、平成 9 年度修士学位論文、1998 年 3 月。