

GAを用いた最適バス路線網再編計画に関する研究

金沢大学工学部 正会員 高山純一、金沢大学大学院 学生員 ○ 宮崎耕輔

1. はじめに

地方都市におけるバス交通は、面的な公共サービスを担う非常に重要な交通機関であるが、最近の自動車普及率の増加に伴いバス利用者数は年々減少する傾向にある。

バス交通を整備し活性化するためには、バスのサービスレベルを向上させる必要があり、具体的には、バス需要に対応したきめ細かなバス交通整備計画の立案とその評価が必要となる。たとえば、バス利用者の利便性を向上させるためには、①バスターミナルの建設を含めたバス路線網の再編、②バスの運行方法や運賃制度の見直し、③案内情報システムの整備などが必要である。

バス路線網再編計画において、従来より行われてきた研究には様々なものがあるが、目的関数の設定方法について分類すると、①総所要時間の最小化¹⁾や、②採算性の最大化²⁾の大きく2つのタイプが挙げられる。また、出力されるものは、路線網と同時に運行回数を求める研究^{1),2)}が圧倒的に多い。しかし、バスの運行回数だけでなく運転手の運行計画や採算性の検討も行えるバスダイヤを取り込んだ研究の例はほとんどない。

そこで、本研究では、バスダイヤを考慮したバス路線網再編の新しい手法を提案する。具体的には、まず①目標到達時刻が既知のバス停間OD交通量（バス利用者OD）が与えられているという条件下で、バス利用者をできるだけ多く運ぶことができるように、運行可能バス台数と所要時間（各路線の所要時間、本研究では距離を用いる）を制約条件とした最適化問題として定式化する。次に、②この組み合わせ最適化問題の解法に、遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm 以下、GAと記す）を用いて解く方法（最適な路線網とバスダイヤの同時決定を行うモデル）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

本研究では、以下のように前提条件を設定した。

路線限定サブモデル

運行バス走行可能道路、最短距離からの迂回限界距離による対象路線のピックアップ

路線網決定サブモデル

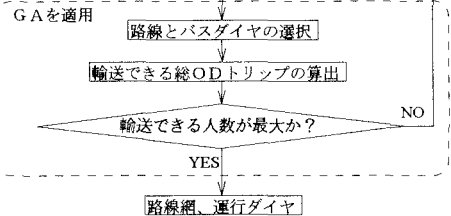


図-1 本モデルのフロー

- ①対象ネットワーク内での起終点（バスターミナルの位置等）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が既知であるものとする。
- ③対象ネットワークにおいてバスの運行が可能な道路網が与えられているものとする。
- ④バスの総台数と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。
- ⑤本モデルでは、乗り換えは考慮しないこととする。
- ⑥バスの運行は折り返しを考慮せず、片方向のみを考慮するものとする。

以上のように前提条件を設定した。⑤については、本来乗り換え需要があるので考慮する必要があるが、ここでは初歩的モデルとして考慮しないものとする。また、⑥については、対象とする時間帯を通勤時間帯に限定し、短時間であるので折り返しを考慮しないことにした。

(2) 最適化問題の定式化

以上の条件により最適化問題の定式化を行うと以下ようになる。

$$\text{目的関数} \quad T^* = \sum_i \sum_j \sum_k f_{ij}^* \cdot \delta_{ij}^* \Rightarrow \text{Max.} \quad (1)$$

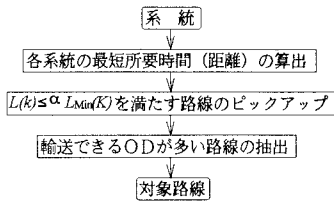


図-2 路線限定サブモデルのフロー

制約条件 $L(k) \leq \alpha \cdot L_{Min}(K)$ (2)

$$\sum_k f_k^T \leq B \quad (3)$$

$$x_{i,j+1,k}^T \leq f_k^T \cdot C \quad (4)$$

ここに、 T : 対象時間帯 τ におけるネットワーク全体の総輸送人数

t_{ij}^T : 対象時間帯 τ におけるバス停 i からバス停 j へのバス利用者(OD交通量)

δ_{ij}^k : 路線 k によりバス停 i からバス停 j へのトリップが可能ならば $\delta_{ij}^k = 1$ 、不可能であれば $\delta_{ij}^k = 0$

$L(k)$: 路線 k の距離

α : 係数(許容迂回率)

$L_{Min}(K)$: 系統 K の最短距離

f_k^T : 対象時間帯 τ における路線 k の運行頻度

B : 総バス台数

$x_{i,j+1,k}^T$: バス停区間 $(i, i+1)$ における対象時間帯 τ での路線 k における断面交通量

C : バス1台当たりの最大乗車人数

3. バス路線網再編モデル

本モデルは以下に示すサブモデルにより構成される。まず、ネットワーク内の系統ごとに距離による最短経路の探索を行い、距離の制約条件(式(2))を満たす第 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、各系統でどの経路を採用するかを運行可能バス台数(式(3))を制約条件として、できるだけ多くの客を輸送できるような路線の組み合わせを求めるサブモデル(路線網決定サブモデル)の大きく2つのサブモデルで構成される。

4. GAを用いた最適バス路線網決定法

本研究では、バス路線網とバスダイヤの組み合わせ最適化問題を以下のようにコーディングすることによりGAを適用した。

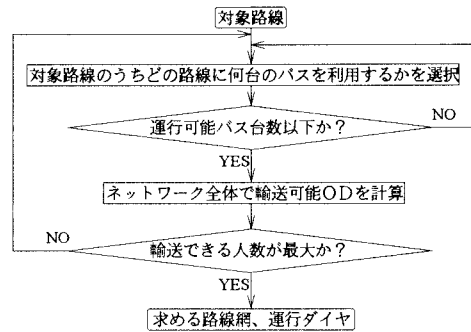


図-3 路線網決定サブモデルのフロー

路線限定モデルより探索された対象路線を乱数を発生させて選択し、さらにその選択した路線に1時間に何台のバスを運行させるかについても乱数により与えることとする。ただし、ネットワーク全体のバス台数の総和は、本モデルの前提条件である運行可能バス台数以下であるという制約のもとで決定する。なお、本モデルでは、現実的なバスダイヤの編成を考慮して最大5分ピッチまでの運行ダイヤとする。したがって、ここでは1時間に最大12本までのバスを運行することができるものとして考える。

このようにして選択した路線において、ネットワーク全体での輸送可能人数の最大化を目的関数とする組み合わせ最適化問題として定式化する。

5. まとめ

本研究では、バス路線網再編計画策定のためのシステムモデルの開発を行った。このモデルの特徴は、路線網とバスダイヤを同時決定することにある。

すなわち、路線限定モデルで対象路線の限定を行い、路線網決定モデルで組み合わせ最適化問題を解くことにより、路線網とバスダイヤを求める方法である。

参考文献

- 1) 枝村俊郎、森津秀夫、松田宏、土井元治: 最適バス路線網構成システム、土木学会論文報告集、第300号、pp.95~107、1980年。
- 2) 藤田昌弘、稲村肇、須田熙: 採算性を考慮したバス路線の決定、土木計画学研究・講演集、No.8、pp.177~184、1986年。
- 3) 天野光三、銭谷善信、近東信明: 都市街路網におけるバス系統の設定計画モデルに関する研究、土木学会論文報告集、第325号、pp.143~154、1982年。
- 4) 天野光三、小谷通泰、山中英生: 都市内公共輸送網の計画システムに関する研究、土木学会論文集、第377号、pp.39~48、1987年。