

スケジューリングを考慮した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 ○塩土圭介

福山コンサルタント(株) 正会員 宮崎耕輔

1 はじめに

近年の自動車交通の増大により、都心部では慢性的な交通渋滞が多く発生している。一方、面的な交通サービスを提供するバス交通の利用者は、道路混雑による遅延（バスの定時性の低下）や運賃の値上げもあってかなり減少が続けている。また、その結果が路線の縮小や減便などのサービス低下を引き起こし、それがまた利用者離れを起こすといった悪循環を招いている。特に鉄道などの大量交通機関があまり発達していない地方都市においては、その傾向が顕著であり、この悪循環を取り除くことが重要な課題である。そのためには、現在のバスのサービスレベルを改善させることが重要であり、特に交通需要に対応した路線網の再編による、より効率的な運行が望まれる。

バス路線構成問題は、従来計画者の経験と直感によるものがほとんどであり、路線網全体を最適化することはなされていなかった。そこで、ある制約条件の下で目的関数となる乗車人数、総所要時間などの指標を最適化するバス路線網構成システムの考案がなされてきた。しかしながら、バス路線網構成問題には、道路網と違いバスの運行頻度（バスダイヤ）というものを考慮する必要がある、一般には大変大きなプログラムとなることが知られている。バスダイヤを考慮すると、着時刻指定ODが得られればその需要に見合ったダイヤが組める。しかしながら、路線網とバスダイヤの同時決定問題は、ほとんどなされていない。

我々は既に、遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm 以下、GA と記す）を用いて、最適な路線網とバスダイヤの同時決定を行うモデルの提案を行っている。¹⁾ しかし、バスの折り返しを考慮していないため、実際の適用に当たっては短時間のダイヤしか組めないという課題が残されている。そこで本研究では、バスダイヤにバスのスケジューリング問

題を組み込んだバス路線網再編計画策定システムを提案する。

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、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、収益など）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乗車密度が小さいバスを多く走らせたり、または回送距離が長くなるようなスケジュールは、運行効率上望ましくないので、回送距離を含めた総走行距離に対してバス利用者をできるだけ多く運ぶことができるように、目的関数を次のように設定する。

（総輸送人数）／（総走行距離）⇒最大化

- ②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。
- ③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。
- ④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。
- ⑤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。
- ⑥本モデルでは、乗り換えは考慮しないこととする。

本研究では、新たにバスの折り返しを考慮しており、1台1台のバスに注目して、運行する経路の順路をGAによって求めるものとする。

(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になる。

目的関数

$$\frac{T^{\tau}}{\sum_k L^{\tau}(k)} = \frac{\sum_i \sum_j \sum_k t_{ij}^{\tau} \cdot \delta_{ij}^k}{\sum_k L^{\tau}(k)} \Rightarrow \text{Max.} \quad (1)$$

制約条件

$$L(k) \leq \alpha \cdot L_{\text{Min}}(K) \quad (2)$$

$$x_{i,i+1,k}^{\tau} \leq f_k^{\tau} \cdot C \quad (3)$$

ここに、 T^{τ} : 対象時間帯 τ におけるネットワーク全

体の総輸送人数

$\sum_k L^{\tau}(k)$: 対象時間帯 τ におけるネットワー

ク全体の総運行距離(km)

t_{ij}^{τ} : 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(km)

α : 係数 (許容迂回率)

$L_{\text{Min}}(K)$: 系統 K の最短距離(km)

f_k^{τ} : 対象時間帯 τ における路線 k の運行頻度

$x_{i,i+1,k}^{\tau}$: 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(人/台)

3 バス路線網再編モデル

(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 (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、総運行距離に対してできるだけ多くの客を輸送できるようにバスの運行スケジュール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。

(2) GA を用いたバス運行スケジュール決定法

本研究では、バスのスケジューリングを組み込んだバスダイヤ決定法に対し、GA を以下のように適用

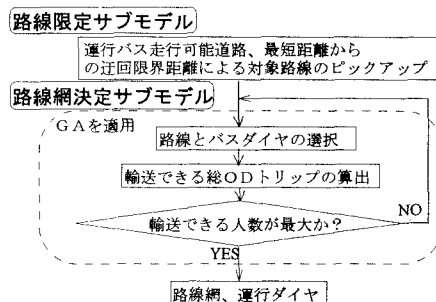


図-1 本モデルのフローチャート

した。

バスがある決められた発着点からバスを運行する際、路線限定モデルによって探索された路線の中から任意の1路線を選択して運行する。線列には各路線に対応してコードを設ける。各路線に通過バス停とその通過時刻を対応させることで、その路線の所要時間が求まるので、対象時間帯までの運行を行った時点で線列を打ち切る。それを運行バス台数分用意し、それをつなぎ合わせて1本の線列とする。概略を図-2に示す。

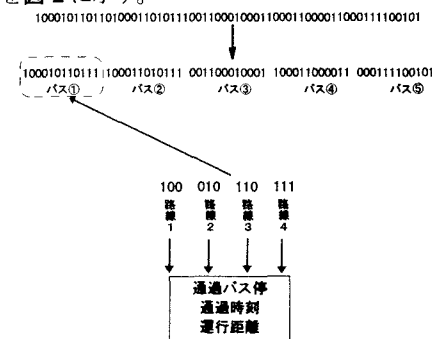


図-2 GAにおける線列の設計方法

4 おわりに

本研究では、バスのスケジュールを考慮したバス路線網再編問題に対し、GAを用いて効率的に最適解を求める解法を提案した。これにより、実際のバスの運行形態に近いバスダイヤが組めるものと思われる。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) たとえば高山純一、宮崎耕輔：バスダイヤを考慮した最適バス路線網再編計画策定に関する研究、土木計画学研究・論文集、No. 13、pp. 827-836、1996年8月
- 2) 浦田康滋・有村幹治・田村亨・樹谷有三・斉藤和夫：GAを用いた複数モードのスケジューリング、土木計画学研究・論文集、No. 13、pp. 821-826、1996年8月