

需要変動を考慮した最適バス路線網策定システムの構築

金沢大学大学院自然科学研究科 学生員 ○ 戸瀬 暖
 金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 高山純一 正会員 中山晶一郎
 金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 遠藤 玲 学生員 宮崎耕輔

1. はじめに

地方中核都市におけるバス交通は主に面的な輸送を担っているが、利便性の高い自動車交通への依存度が高まっているため、バス交通は経営効率化のため、度重なる運賃の値上げ、路線の縮小や減便といったバス交通のサービス水準の低下が進んでいる。そのため、バスの利便性が低下し、バス利用者数はますます減少するという悪循環を招いている。しかし、自動車を持たない人々にとって、バス交通は極めて重要な交通手段であり、エネルギー・環境問題、さらには高齢社会に対する観点からみても重要な交通手段である。バス交通を維持、活性化させるには、バス交通の利便性を向上させることによりバス交通を活性化させることが必要不可欠である。バス交通活性化方策としては、運行本数の増加、定時性の確保、コミュニティバスの導入など様々な方策が考えられる。本研究では、上記の問題を総合的に扱えるバス路線網再編問題を採り上げる。

これまでのバス路線網再編問題の定式化は、多くの地域で需要固定型によるバス路線網の策定が一般的であり、需要変動型を組み込んだミクロレベルの検討はほとんど行われていない。しかし、固定需要でつくられたバス路線網は、それが策定される前の需要によって設定されているため、バス路線網が設定されたことによる人々の交通行動の変化を考慮していない点に問題が残る。そこで、本研究では、サービスレベルの変化によって変動する OD 交通量を内生モデルとして扱い、従来、当研究室で開発してきたバス路線網策定計画システムに取り込むことで、より現実に近い状況を反映した最適バス路線網計画策定システムの提案を行う。

2. バス路線網策定システム構築の基礎理論

(1) システムの前提条件

効率的な解の探索を行うために必要であろうと思われる前提条件を以下に示す。

- ① バスの起終点はあらかじめ決定しておく。また、これらの起終点を結んだシステムを設定しておくこととする。
- ② バス停間 OD(バス利用者の OD)がサービスレベルにより変動するものであるとする(ただし、自動車 OD も含めた生成量は固定とした)。
- ③ バス 1 台あたりの乗車可能人数は与えられているものとする。また、それを超える OD は運搬せず積み残しとして扱う。
- ④ 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。
- ⑤ バスの 1 台当たりの最低乗車人数を与えておき、沿線 OD がそれ未満ならバスを回送させる。
- ⑥ バスの回送は続けて行わないものとする。(連続した場合は、2 回目の回送を待機とする)。

(2) 最適化問題の定式化

本システムにおいては、バス利用者から見た最適化という観点から、目的関数を乗客 1 人当たりの平均所要時間の最小化とする。

$$Z = \frac{\sum_i \sum_j \sum_k t_{ij}^\tau \cdot \delta_{ij}^k \cdot a_n |_{i,j}}{\sum_i \sum_j \sum_k t_{ij}^\tau} \Rightarrow \min.$$

subject to

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

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

$$Q_{mB,mD} \geq q$$

Z : 乗客 1 人当たりの平均所要時間(分)
 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 1、不可能であれば 0
 $a_n |_{i,j}$: 乗客 n が (i,j) 間を乗車したときの乗り換え待ち時間を含んだ旅行時間(分)
 $L(k)$: 路線 k の距離 (km)
 α : 係数 (許容迂回率)
 $L_{Min}(k)$: システム 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(人)
 C : バス 1 台当たりの最大乗車人数 (人/台)
 q : 1 ダイヤ当たりの最低乗車人数 (人)
 $Q_{mB,mD}$: (mB)号車のバスの(mD)本目のダイヤにおける延べ輸送人数(人)

キーワード: バス路線網再編, 遺伝的アルゴリズム, 需要変動

金沢大学大学院自然科学研究科 〒920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20
 Tel 076-234-4613 Fax 076-234-4632 E-mail takayama@t.kanazawa-u.ac.jp

3. バス路線網再編モデルの概要

(1) システムの全体構成

本システム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）、対象バス路線と初期バスダイヤから GA を用いて最適バス路線網と運行スケジュール（バスダイヤ）を決定するサブモデル（スケジュール決定サブモデル）、積み残した OD に対し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）、バス、自動車の LOS(Level Of Service)から利用交通手段を決定するサブモデル（交通機関決定サブモデル）の4つのサブモデルで構成される（図-1）。なお、路線限定サブモデル、スケジュール決定サブモデル、乗り換え地点決定サブモデルについては後述する文献 1)2)を参照していただきたい。

(2) 交通機関決定サブモデル

本研究では、新たに「交通手段決定サブモデル」を作成した。本モデルはバス LOS と自動車 LOS により生成量を各交通機関別に割り振ってバス需要と自動車需要を推計するモデルである。具体的手順を以下に記す。

まず、バス LOS についてはスケジュール決定サブモデルにより出力されたバス路線網・バスダイヤより設定する。また、自動車 LOS については初期値として与えた道路網より決定する。これらの LOS を用いて外部から与える生成交通量に対し、バスと自動車の二肢選択ロジットモデルを考える。なお、本研究は、初期モデルであるため生成交通量は変動しない（固定）と考えた。機関分担によって得られたバス OD をスケジュール決定サブモデルの着時刻指定 OD と置き換えて、再度、推計をする。これを何度か繰り返す。

そして、機関分担によって得られる人ベースのバス OD と自動車 OD を台ベースの自動車 OD に換算し、初期値として与えた道路網を用いて均衡配分を行い、各リンクの所要時間を推計する。各リンクの所要時間がある一定の値（最小）となったところで計算を打ち切る。収束しない場合はバス OD を再度、スケジュール決定サブモデルの着時刻指定 OD として扱い、計算をしなおす。

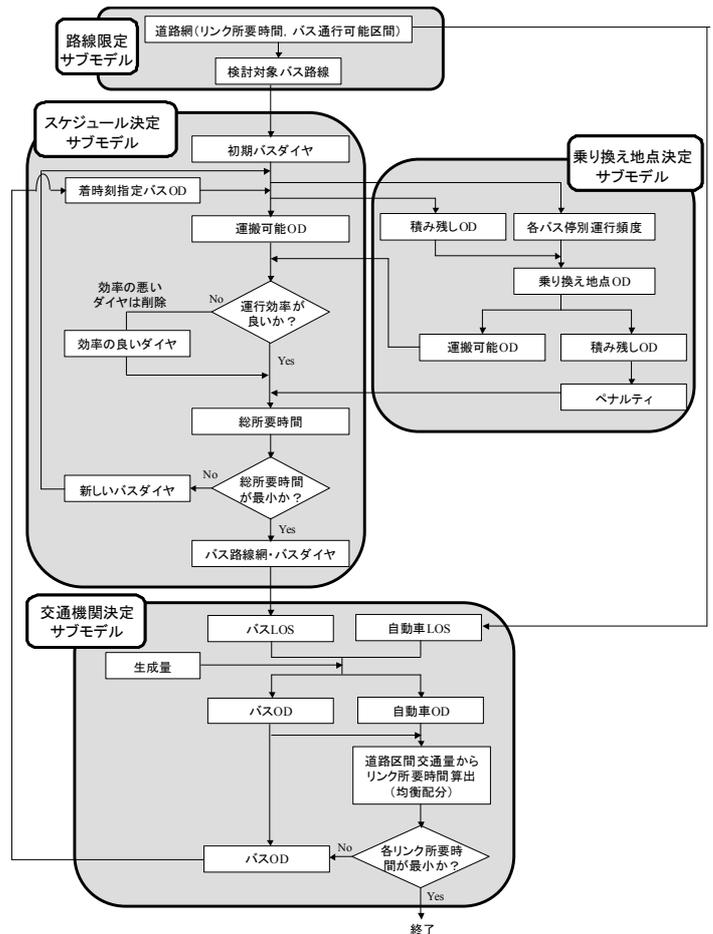


図-1 バス路線再編モデルのフローチャート

4. まとめ

本研究では、これまで別々の問題として扱われてきたバス路線網策定システムと交通需要予測について後者を前者に内生的に取り込み、一元化することで同時に考慮できるモデルを提案した。

本モデルは、バス交通のサービス水準の変更による需要変動を考慮できるため、より理想的なバス路線網とバスダイヤを提案できることが特徴である。

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) 高山純一・宮崎耕輔・塩土圭介：運行スケジュールを考慮したバス路線網最適化計画，都市計画論文集，32 pp547-552，(1997.11)
- 2) 高山純一・中山晶一郎・加藤隆章・原口友心：主要施設の移転に伴うバス路線網再編システムの構築，土木計画学研究，講演集，講演番号 238，(2002)(CD-ROM)