

グラフ理論を用いたバス路線の最適化 ～前橋市を対象として～

群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 ○学生員 青木 清剛
群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 森田 哲夫

1. はじめに

(1) 研究の背景・目的

バスの路線決定には、「起終点をニーズに合わせる」、「乗り換え抵抗を減らす」などの留意点が定められているだけで明確な基準がなく¹⁾、バス事業者の経験に依ることが多い。また、決定された路線を評価する手法も確立されていないのが現状である。

本研究は、地方都市の公共交通不便地域において、高齢者のモビリティ確保や公共交通の需要増加をめざし、グラフ理論を用いたバス路線の探索手法を提案することを目的とする。対象地域は、前橋市の JR 新前橋駅南側地区とする。

(2) 研究の位置づけ

土木計画学分野におけるグラフ理論の応用研究は、森田・藤田らの研究²⁾によると、ネットワーク最適化に多くみられ、'70年代以降、継続的に行われてきたが、バス路線を対象とした研究³⁾⁴⁾は少ない。また、バス路線決定に関する他の手法として GA (遺伝的アルゴリズム) を用いた研究⁵⁾があるが、分析作業の負荷が大きいと考えられる。

以上の研究動向を踏まえ、本研究は、近年の主要な計画課題であるバス路線計画を対象とし、バス事業者や自治体担当者が地域の条件に応じた代替案を実務ベースで作成できる手法、評価指標を提案する研究として位置づけられる。

2. バス路線の探索手法

グラフ理論とは、ある現象に対して一定の法則を見出し、これを“点”と“辺”を用いて幾何学的な図形として表現するものであり、以下にバス路線探索への応用方法を示す。

(1) グラフの作成

対象地域は、居住人口約 3 万人、学校、病院等の立地する住宅系市街地である。本地域は路線バスのサービス水準が低かったため、住民の要望を受け、2007 年 11 月より、循環バス「マイバス・西ルート」の運行が開始された。

グラフの点に相当するものは、対象地域をいくつかの単位に分割したゾーンの代表点 (重心) とする。本研究では、ゾーンを町丁・大字界 (28 ゾーン) とし、点には居住人口、発生交通量等の属性を与える。発生交通量は、前橋・高崎都市圏パーソントリップ調査の発生交通量モデル⁶⁾により

推計した通勤目的発生交通量とした。辺に相当するものは、循環バス車両 (27 人乗り) が通行できる主要道路とする。

(2) バス路線の探索方法

本研究では、グラフ理論研究における最短経路探索やハミルトン閉路問題の適用を考えるため、バス路線計画へ適用する際には、循環型のバス路線の探索を行う。前節において作成したグラフの規模であれば、図上で探索作業が可能であり、バス事業者や自治体担当者の実務に取り入れることが可能と考える。より大規模なグラフの場合には、最短経路探索プログラムを援用することになる。

(3) バス路線の探索条件

バス路線の最適化ルートは、探索条件により異なる。また、対象地域によって計画課題が異なること、同一の対象地域であっても社会経済状況により計画課題は変化することから、地域の特性や住民ニーズに応じたバス路線を設定することが望まれる。本研究においては、以下に示す探索条件を設定し、分析を行うこととした。

a) サービス範囲を考慮した探索：交通需要の多い地区を優先する、運行効率・定時性を考え路線長を制約するなど、サービスする範囲に制約を与えた探索

b) サービスする地区の属性を考慮した探索：高齢者向けのバス路線、通勤交通に対応したバス路線など、サービスを提供する対象の属性を考慮した探索

さらに、より現実のバス路線計画への適用できる手法を提案するため、以下の条件を加えた分析を行う。

c) 主要施設を考慮した探索：DRT(Demand Responsive Bus)を想定した、主要な施設へ迂回するルートの探索

d) バスの循環方向の探索：利用者が短距離で目的バス停に到達できる循環方向 (右回り、左回り) の探索

e) 既存循環バス路線の検証：マイバス・西ルートについて、本研究の手法を用いた検証結果による路線の改善

(4) バス路線の評価指標

探索されたバス路線の評価指標については、利用者からみたサービス水準、バス事業者からみた運行効率などを念頭におき、サービス人口・同比率、延長あたりサービス人口など、複数の評価指標を算出する。

キーワード グラフ理論、バス、最適化、前橋市

連絡先 〒371-8530 前橋市鳥羽町 580 群馬工業高等専門学校環境都市工学科 TEL027-254-9179 E-mail : tmorita@cvtl.gunma-ct.ac.jp

3. バス路線の探索結果（ケーススタディ）

a) サービス範囲を考慮した探索

全ての居住者にサービスする路線（条件 1）、居住人口の 9 割をカバーできる路線（条件 2）、既存の循環バス事例から路線長を約 10km に制約した路線（条件 3）を探索した。複数の評価指標で比較することにより、サービス範囲に制約を与えると、直近のバス停からサービスを受けられる人口は減少するが、路線長あたりサービス人口が増加し、採算性の高い路線が設定できることなどがわかる。以上から、グラフ理論を用いることにより、人口分布や運行効率を考慮した路線探索ができることが明らかになった。

表-1 バス路線の探索結果

	条件 1	条件 2	条件 3
路線長 [km]	16.2	11.3	10.4
サービス人口 [人]	31,100	26,900	25,600
サービス人口比率 [%]	100.0	86.5	82.4
路線長あたりサービス人口 [人/km]	1,930	2,390	2,470
バス停平均アクセス距離 [m/ゾーン数]	0	480	514

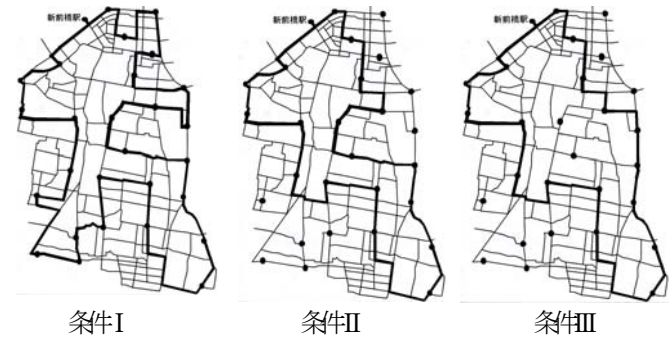


図-1 バス路線の探索結果

b) サービスする地区の属性を考慮した探索

前項のようにサービス範囲に制約がある場合、高齢者や通勤者の地域内の偏りがあると異なった探索結果が得られ、地域の特性に応じた路線を設定できると考えられる。点に高齢者人口、通勤目的発生量を与え、路線探索を行ったが、対象地域には人口分布の偏りが少ないことから、探索路線に変化はなかった。ただし、探索手法としては適用可能であり、他地域での更なる分析で有用性を明らかにしたい。

c) 主要施設を考慮した探索

学校や病院などの主要施設を考慮することで、その地域への来訪者を考慮した迂回ルートを探した。本分析においては、ゾーン内に主要施設が存在する場合に迂回することとした。この迂回ルートは、朝夕の通学時の時間帯別路線設定や、通院者向けの需要対応運行に適用できると考えられる。



注: 条件 3 について主要施設を考慮
図-2 主要施設を考慮した探索結果

d) バスの循環方向の探索

バスの循環方向別に運行距離とサービス人口比率累積値の関係を検討した（終着は新前橋駅）。路線の後半に増える方が、乗車距離が小さくなり利用者の利便につながる。その結果、右回りが効率的であるという結果が得られた。

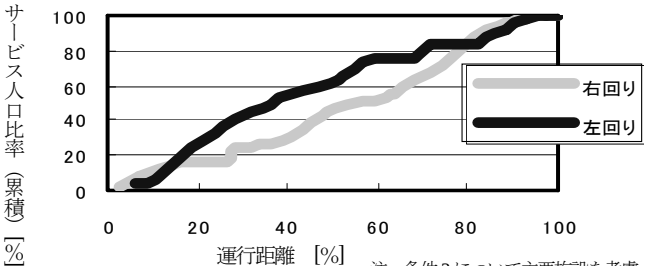


図-3 運行距離とサービス人口比率の関係

e) 既存循環バス路線の検証

循環バス「マイバス・西ルート」について本研究の指標を用いて評価し、既存路線の改善点を提案する。既存路線に隣接する人口密度の高いゾーンに迂回することにより、サービス人口比率が上昇する。本手法は既存路線の改善にも活用できると考えられる。



図-4 既存路線の検証

表-2 マイバス・西ルートの検証

	現ルート	改善ルート
路線長 [km]	11.2	12.3
サービス人口 [人]	18,300	22,100
サービス人口比率 [%]	58.8	71.0
路線長あたりサービス人口 [人/km]	1,630	1,800

4. まとめ

本研究では、①グラフ理論を用いたバス路線の最適化分析を行うための手法を提案した。この手法はサービス範囲や地区特性を考慮した路線探索が可能であり、複数の指標を用いた評価を行うことができる。②前橋市を対象としたケーススタディを行った結果、本手法の有用性を確認できた。また、新規のバス路線設定だけでなく、既存路線の検証・改善提案を行うことができた。

謝辞：本研究は、群馬工業高等専門学校 藤田慎也講師（数学、専門：グラフ理論）の協力を得て進めました。ここに謝意を表します。

参考文献

1) 社団法人 土木学会：バスサービスハンドブック，2006
2) 森田哲夫・藤田慎也・塚田伸也：交通計画課題に対応したグラフ理論の適用性に関する考察，土木学会土木計画学研究講演集 No.36, CD-ROM, 2007
3) 菅原操・森地茂・岩井壮三：バス路線網の決定手法に関する研究，土木学会年次学術講演会講演概要集 第 4 部 Vol.29, 1974
4) 白石萌・森田哲夫：公共交通の利便性向上を目指した新前橋周辺地区の交通計画，第 34 回土木学会関東支部技術研究講演概要集，CD-ROM, 2006
5) 例えば，太田俊昭・池田弘幸・三原徹治：GA を用いた新交通・輸送システムの最適路線計画，土木計画学研究・講演集 No.18(2), pp.549-552, 1995
6) 前橋・高崎都市圏総合都市交通計画協議会：第 2 回前橋・高崎都市圏パースントリップ調査報告書 4.交通計画編，1996.3