

IC カードデータを用いたバスの利便性評価と改善策の提案

岐阜大学 学生会員 ○板津 光亮
岐阜大学 正会員 倉内 文孝

1. はじめに

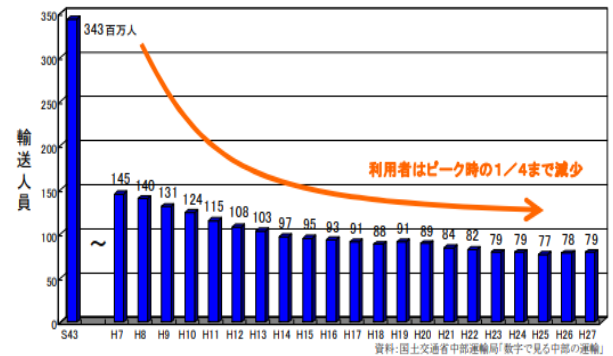
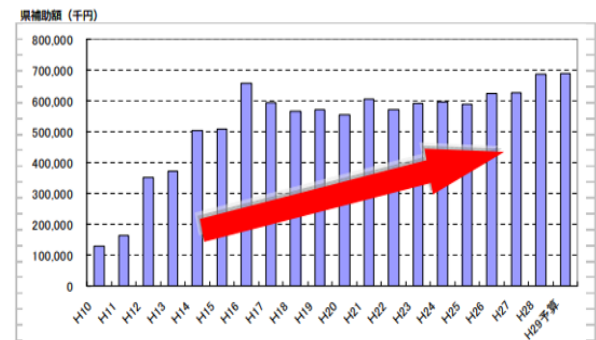
都市交通におけるバスは市民の移動の一端を担う重要な社会インフラであるが、地方の過疎化や交通集中等により十分に機能を果たしていないケースもあり、その効率的な利用が必要である。本研究で扱うしずつジャストラインは多くの系統、路線を運行することで円滑な交通サービスを可能にしてきた。しかし、重複路線がみられるネットワークにおいては過疎地を過剰に路線が走っていたり、逆に、人の多い地域ではバスの混雑が発生するなどの可能性も同様に存在している。図-1, 2 は輸送人員と静岡県補助金の推移をグラフに表したものである¹⁾。一方で、しずつジャストラインでは、専用 IC カードである LuLuCa の普及により、現在バス利用者全体の約 70%がこの IC カードを利用している。LuLuCa には利用者 ID、乗車日時、乗降車バス停、バス車両番号、バス路線 ID、支払い料金、カードタイプ（定期券 etc）が記録されており、これを利用することで利用者の行動に関する膨大な量のデータを得ることが可能である。

以上のような背景より、本研究では、2014 年 6 月以後の乗車日時、乗降車バス停、バス路線 ID のデータを解析し、それをもとに各路線の利用状況を把握する。そしてこの利用状況をもとに、現行サービスの課題抽出やその改善案についての提案を試みる。本研究では、特に路線重複による Level of Service を評価可能な hyperpath の概念²⁾を用いることで、路線の整理による効率化の評価を試みることにする。

2. 研究方法

2.1 適切性の判断

本研究では、まず静岡県の発表している地域間幹線系統の事業評価³⁾について検討する。これは、運行回数、収支率、乗車人員、ネットワーク構成、広域トリップ状況、公共施設、拠点施設へのアクセス状況、増収策、費用削減策の観点から各路線に点数をつけることで評価しているものである。この方法に準じた分析を行うことで、まずは現在の評価方法により表現できない項目についての検証を行う。

図-1 輸送人員の年推移¹⁾図-2 補助金の年推移¹⁾

2.2 Hyperpath

hyperpath とは、common lines problem により定義される経路集合に関する考え方である。ここで、common lines problem とは、頻度ベースで運行されている公共交通機関を想定した場合、「目的地に乗り場を共有している複数の路線を用いて到達することが可能な場合、それらの路線から魅力的な経路集合 (attractive set) を選択する問題」である。今、発駅から着駅に 2 つの路線が通っており、利用者はどちらの路線の車両がいつ到着するかを知らないとし、その状況下で期待所要時間を最小にするような行動をとるとすると、路線 1 と路線 2 のみを利用するという乗車方法に加え、「先に到着した路線に乗り乗る」という方法が生じうる。つまり、乗客の選択経路はもはや単一経路 (elementary path) ではなく、期待所要時間を最小にする経路集合、すなわち hyperpath を構成しうる、というのが hyperpath の概念である。

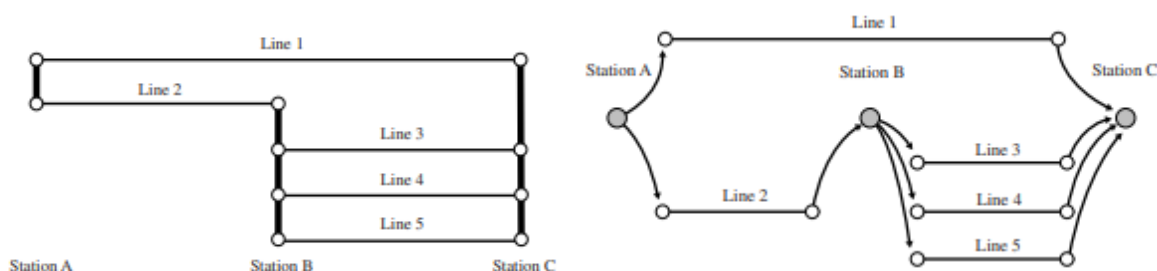


図-3 仮想ネットワークとグラフモデルによる表現 ³⁾

ここで、出発点 r と目的地 s を結ぶ hyperpath を p とすると、これは、ノードの集合 I_p 、リンク集合 A_p 、および経路分岐確率 T_p からなるグラフ $H_p = (I_p, A_p, T_p)$ で表現される。図-3は仮想ネットワークとそれをグラフモデルで表現したものである。³⁾hyperpath の一般化費用 g_p は以下のような式であらわされる。ここでは所要時間と待ち時間のみ考慮している。

$$g_p = \phi \sum_{a \in A_p} \alpha_{ap} t_a + \psi \sum_{i \in I_p} \frac{\beta_{ip}}{F_{ip}} \quad (1)$$

ここで、

t_a : リンク a の移動時間

ϕ : 乗車時間に関する時間価値パラメータ

ψ : 待ち時間に関する時間価値パラメータ

α_{ap} : hyperpath p におけるリンク a の通過確率

β_{ip} : hyperpath p におけるノード i の通過確率

第1項は所要時間による費用、第2項は待ち時間による費用を表している。また、一般化費用は分岐確率に従い確率的に表現される。 $1/F_{ip}$ はノード i における期待待ち時間を示しており、リンク a の運行頻度 f_a を用いて以下のように表される。

$$1/F_{ip} = 1/\sum_{a \in A_p} f_a \quad (2)$$

なお、式(1)に示した期待一般化費用となる hyperpath の算出は Dijkstra 法に準じた手法を用いて算出が可能である。

2.3 研究の流れ

本研究では、まず時間帯ごとの運行本数をもとに、hyperpath の概念を用いた利便性評価を行う。また、LuLuCa データをもとに、各路線の実際の利用者数を算定し、乗客密度を算出する。これらの算定結果と、静岡県の実業評価手法を適用した結果を比較しその差を分析するとともに、hyperpath の概念を用いた利便性評価の妥当性を検証する。さらに、乗車密度が低い路線を対象として、その改善について検討する。

3. まとめ

本研究では、hyperpath の概念を用いることにより、路線をネットワークレベルで評価することが可能である。つまり、過度な路線の重複がある場合、運行頻度の増加による待ち時間減少効果は低く、さらには乗客密度の低下も考えられる。したがって、このような路線重複が激しい幹線路線を集約することにより、サービスレベルを落とすことなく運行の効率化が図れると考えられる。また、集約により生じた余裕を混雑が激しい路線へ振り返ることで、ネットワーク全体のサービスレベルの向上も期待できる。このような路線改善の評価も含め、詳細は講演時に示す。

謝辞：

本研究の実施に際し、静岡鉄道株式会社にはデータの使用に関して多大なる協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献：

- 1) 静岡交通ニュース第108号, https://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-570/documents/koutunews108_1.pdf (平成29年4月1日発行)
- 2) F. Kurauchi, M. G. H. Bell and J.-D. Schmöcker: “Capacity-constrained Transit Assignment with Common Lines”, Journal of Mathematical Modelling and Algorithms, Vol.2, 309-327, 2003
- 3) 柳沼秀樹, 福田大輔, Schmöcker Jan-Dirk, 倉内文孝, “最小費用 Hyperpath 探索アルゴリズムによる鉄道経路選択モデルの選択枝集合形成”, 土木計画学研究・講演集, 40, CD-ROM, 2009.