

バスロケと乗り込み調査データを活用した コミュニティバスの路線網と時刻表の最適設計

土木建築学専攻 天藤 奈菜

1. はじめに

バスロケシステムは利用者の信頼性向上に大いに貢献するシステムであり、バスの運行をリアルタイムで把握できる上、過去の運行履歴データは業務改善のための基礎データともなる。本研究では、合志市のコミュニティバスである「レターバス」に導入されているバスロケシステムの GPS データと乗り込み調査を用いて、運行と利用実態を分析することによって、運行改善のための情報を得ること、これらの結果を活用して現行の時刻表とバス路線から最適化手法を使って改訂することを目的とする。

2. 利用データ概要

本研究で利用するのは合志市役所から提供を得たレターバスのロケーションシステム「いまココ」の平成 28 年 8、9 月の GPS データと、平成 29 年 9 月 26 日から 30 日に行った乗り込み調査データである。GPS データの項目は車両 ID、緯度、経度、時刻等、乗り込み調査の質問項目は性別、乗降バス停、乗り継ぎ、目的等について聞いている。

3. レターバスの運行実態

バスロケデータから運行実態の分析を行った結果、左回りは 6 便全てで遅延が生じている。平日に比べると休日の遅延時間が大きく、特に休日の 3、4 便目で遅延が起きており、3 便目の到着遅れが 4 便目の始発に影響している。遅延が増えるのは 6 便とも黒石-すずかけ台北間、南ヶ丘小前-新山間、合志庁舎-合志中間である。遅延を回復するためのバス停が 3 か所作られているが、遅延が回復せず、遅延が累積して大きな遅延となる便もある。これらのバス停ごとの遅延時間の分析結果から、遅延の実態や発生箇所が明らかになり、これらの情報をもとに効率的な時刻表を作成することが可能となる。

4. 利用者の利用実態

乗り込み調査データより利用実態について分析する。平日の利用者は左回りが 385 人、休日は 81 人であった。バス停別乗者数は、ゆめタウン光の森、ユーパレス弁天、ハローデイ・ナフコ、降車数はゆめタウン光の森、JR 光の森駅、辻久保が多い。また、乗車にも降車にも利用されていないバス停が左回りに 6 つもある。これらの情報は路線案を改訂する際に重要である。

5. 時刻表適正化モデル

バスロケデータと乗り込み調査データから得られた遅延時間や乗降者数、乗り継ぎ数などを用いて、現時刻表からの遅れを重み付けによって最小にする適正な時刻表を設定するため、次のように定式化される。

$$\min: \sum_{(i,j) \in P} w_{ij} s_{ij} \quad (1)$$

$$s. t. t_i - t_j \geq d_{ij} \quad \forall (i,j) \in P \quad (2)$$

$$t_i - t_j + s_{ij} \geq d_{ij} + \delta_{ij} \quad \forall (i,j) \in P \quad (3)$$

$$s_{ij} \geq 0 \quad \forall (i,j) \in P \quad (4)$$

$$t_1^n - t_{end}^{n-1} \geq T_1 \quad \forall n \in N \quad (5)$$

$$t_1^n \geq t_1^{n-1} \quad \forall n \in N \quad (6)$$

$$a^n \leq t_{17}^n \leq b^n \quad \forall n \in N \quad (7)$$

$$c^n \leq t_{43}^n \leq d^n \quad \forall n \in N \quad (8)$$

4つのシナリオで重み w_{ij} を作成した。図-1にその結果を示し、変動係数シナリオが適切であると分かった。

6. 最適路線網設定モデル

バス路線網では、総旅行時間の最小化するモデルを作成し、次のように定式化される。

$$\min: \sum_m \sum_k \left(t_k^m + \frac{R}{2f_k^m} \right) p_k^m \sum_i \sum_j x_{ij} \cdot \delta_{k,ij}^m \tag{9}$$

$$s.t. 0 \leq f_k^m \leq y_k^m \cdot f_{k,max}^m \quad \forall (k,m) \tag{10}$$

$$\sum_k \sum_m y_k^m = 1 \tag{11}$$

$$x_{ij} \leq cap \cdot \sum_k \sum_m \delta_{k,ij}^m \cdot f_k^m < x_{ij} + cap \quad \forall (i,j) \tag{12}$$

$$x_{ij} = \sum_k \sum_m \sum_o \sum_d \delta_{k,ij}^m \cdot r_k^{od} \quad \forall (i,j) \tag{13}$$

$$1 \leq M \leq M_{max} \quad \forall M \tag{14}$$

$$y_k^m \in \{0,1\}, \delta_{k,ij}^m \in \{0,1\} \quad \forall (i,j,k,m) \tag{15}$$

$$p_k^m = \frac{l_k^m}{n} \quad \forall (k,m) \tag{16}$$

その結果、図-2のような4路線のバス路線が適切であることが分かった。路線数が増えると、利用者の乗り換え回数は増えるものの、買い物や通勤、通学など、目的別に利用しやすい路線になっていると考えられる。

本研究では、時刻表適正化モデルと最適路線網設定モデルは別々に計算を行っている。今後、実際に運行改善を行うためには、2つのモデルを合わせたモデルを提案する必要がある。バス停間での最適路線網設定モデルが提案できれば、時刻表適正化モデルを往復数とバス停でつなげることができ、バス路線網と時刻表を同時に決定することができると思われる。今後、そのようなモデルを提案することが課題である。

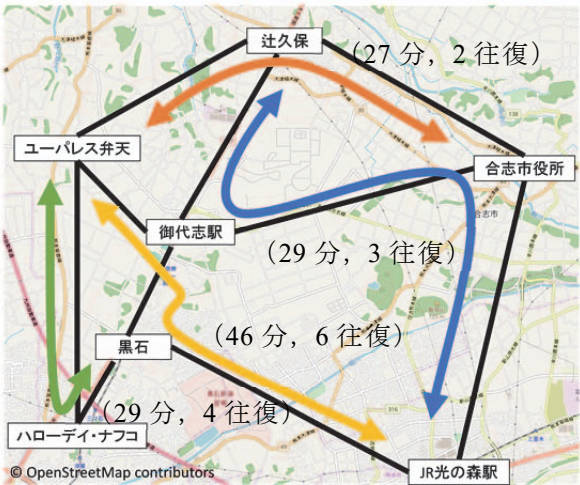


図-2 最適バス路線網（4路線）

注）（ ， ）は片道運行時間と往復数を示す。

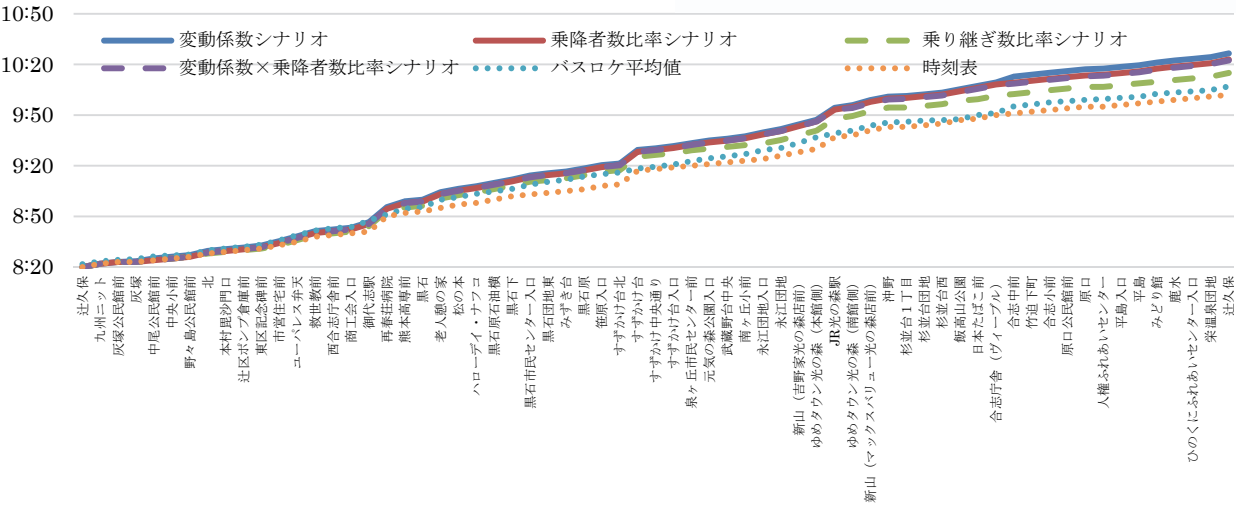


図-1 遅延シナリオ別の時刻表改訂案（2便目）