



AH13203 遠坂 拓也
指導教員 岩倉 成志

1. はじめに

東日本大震災により被害を受けた三陸地域では、仮設住宅の建設や、高台移転事業等の進展に伴い、短期間に土地利用が急速に変化し、住民の行動や人口分布は大きく変化した。このような時々刻々と変化する移動ニーズに対応した公共交通ネットワークの迅速な再編は住民の生活利便性向上や生活不活発病防止のためにも重要である。路線バスは、ルート変更が鉄道に比べて容易なため土地利用変化に即応する路線バスネットワーク計画を形成できる。

これまでの地方部の路線バスネットワーク計画は、交通需要データを用いた検討でなく、バス事業者の経験に依存していた。しかし現在、自動車や徒歩などの行動を携帯電話等の位置情報データから OD 推計できるため、このようなデータを用いた検討ができる。また、バス事業者が現在抱える問題は、乗務員の人員確保であることがヒアリング調査によって明らかになった。既存研究では、利用者コストのみを考慮したバスネットワークの最適化が大半で、事業者コスト等の要素は考慮されていない課題がある。

そこで本研究では、仮想の簡易ネットワークを用いて利用者・事業者ともに最適なバスネットワークの構築を図る方法論の検討を目的とする。

2. 最適バス路線網構成システム

本研究では枝村ら¹⁾が構築した最適バス路線網構成システムを用いる。定式化すると以下の式(1)~(7)のようになる。

$$\min Z = \sum_i \sum_j \left\{ t_{ij}^1(x,y) + t_{ij}^2(x,y) + t_{ij}^3(x,y) \right\} q_{ij}(x,y) \dots (1)$$

$$s.t. \quad \sum_k x_k \leq M \dots (2)$$

$$\frac{\sum_i \sum_j r_{ijkl}(x,y) q_{ij}(x,y)}{y_k} \leq C \dots (3)$$

$$\sum_k a_k x_k y_k \leq B \cdot T \dots (4) \quad 0 \leq r_{ij}(x,y) \leq 1 \dots (5)$$

$$x_k = 0 \text{ or } 1 \dots (6) \quad y_k = 0, 1, 2, \dots \dots (7)$$

t_{ij}^1 : i から j へのトリップのバス待ち時間, t_{ij}^2 : i から j へのトリップ乗車時間・バスを使わないときは徒歩所要時間, t_{ij}^3 : i から j への

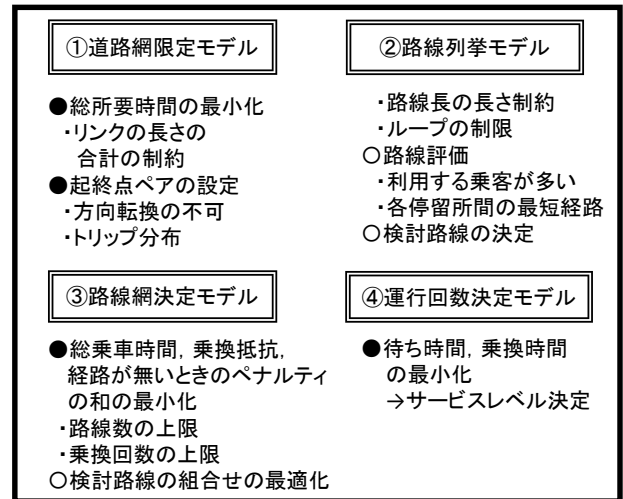


図 1 最適バス路線網構成システムのモデル構造

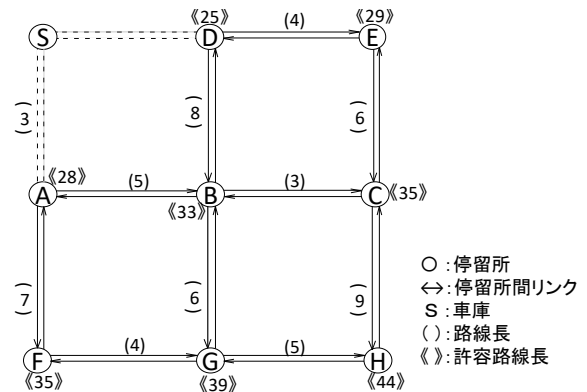


図 2 簡易ネットワーク

トリップの乗り換え時間, q_{ij} : i から j へのトリップ数,
 $x: \{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots\}$: 路線 k が路線網に含まれるとき $x_k = 1$ 含まれないとき $x_k = 0$, $y: \{y_1, y_2, \dots, y_k, \dots\}$ 路線 k の区間 l を通過するものの割合, r_{ijkl} : i から j へのトリップのうち、路線 k の区間 l を通過するものの割合, a_k 路線 k の往復所要時間, M : 最大路線数, C : バスの定員, B : 運行可能バス台数, T : バス運行時間

モデル構造を図 1 に示すように、このシステムは 4 つのモデルから利用者の最適な路線網と運行回数を求めるものとしている。

3. 簡易ネットワークでの検討

図 2 のような簡易ネットワークで月間停留所間疑似 OD を与え、起終点ペアを A と H として最適路線を検討した。本検討では簡易ネットワークを与えているためバス道路網限定は行わない。

3-1. 路線列挙モデル

疑似 OD を与え、アルゴリズムに従い路線列挙を行った結果を図 3 に示す。本検討では、より多くの路線を列挙するために最長路線長の制約を緩く設定した。最長路線長の制約を変えることで実用的にも対応することが可能である。

3-2. 路線評価関数

列挙された路線の良否を判断する指標として路線評価関数を設ける。路線を評価するために次の 2 つの基準を満たすことが望ましいと考えられる。

①乗客が多いこと、②各ノード間の最短経路を成すこと。

①の条件は、路線長あたりの各停留所間の最短所要時間と OD の積で表す。②の条件は、総乗車時間に対する最短所要時間の合計の割合で表す。路線評価関数は①②の積で定め、この値が大きいほど良い路線とする。

3-3. 路線決定モデル

本検討では一つの路線のみを決定する為、乗り換えは考慮しない。そのため、路線網決定ではなく、路線決定を行った。経路がない場合はペナルティーを与えた。また、被災地の時々刻々と変化する移動ニーズと OD 変化に対応できるかどうかを確認するためにノード D と E の OD を極端に減らして分析を行った(表 1)。OD 変化前は路線②が、変化後は路線⑥が決定され、妥当な結果が得られた。

3-4. 乗務員運用・運行回数決定モデル

事業者側の要素として乗務員の運用を考慮し、乗務員の連続勤務可能時間内での運行回数をサービスレベルの問題として決定する。制約として最大乗務員数を設定することで一つの路線に何人まで人員を割けるかを検討できる。乗務員運用モデルのアルゴリズムは次のようになる。

- ①初期値として $t' = 0, n_{ij} = 0$ とする。
 - ②実所要時間 d^{ij} を求める。
 - ③ $(W - l_{cout} - t') - (d_{ij} + l_{jin}) \leq 0$ なら⑥へ。
 - ④ $t' = t' + d_{ij}, n_{ij} = n_{ij} + 1$ とする。
 - ⑤ i と j を入れ替え、③へ戻る。
 - ⑥経路ごとの乗務員一人当りの運行回数を書き出し計算終了
- W : 連続運転可能時間, i : 始点, j : 終点, t' : 連続営業時間, n_{ij} : ij 間の運行回数, l_{cout} : 車庫から始点までの最短所要時間, l_{jin} : 終点 j から車庫までの最短所要時間

表 1 月間 OD 表

		OD変化前								OD変化後									
発着		A	B	C	D	E	F	G	H	発着		A	B	C	D	E	F	G	H
A		120	150	200	100	120	150	250	A		120	150	20	15	120	150	250		
B	100		60	170	80	80	170	140	B	100		60	15	10	80	170	140		
C	120	50		250	110	130	190	160	C	120	50		15	20	130	190	160		
D	250	150	180		60	120	80	120	D	20	15	10		30	20	15	10		
E	110	160	120	80		120	150	200	E	20	15	15	10		20	15	15		
F	130	120	100	150	160		120	130	F	130	120	100	20	15		120	130		
G	200	100	90	160	100	100		160	G	200	100	90	15	20	100		160		
H	300	210	180	150	180	200	140		H	300	210	180	20	10	200	140			

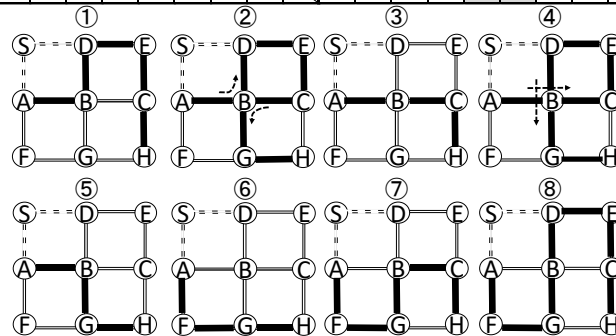


図 3 路線列挙結果

表 2 4 時間運行サービスレベル

サービスレベル	A	B	C	D	E
乗務員数(人)	5	4	3	2	1
運行間隔(分)	16	20	27	40	80
総待ち時間(分)	8	10	14	20	40
総所要時間(人・分)	1,307	1,410	1,591	1,927	2,960
総所要時間の価格(人・円)	26,138	28,205	31,822	38,538	59,205
総所要時間の価格差(人・円)	2,067	3,617	6,717	20,667	59,205
事業者コスト(円)	50,000	40,000	30,000	20,000	10,000
事業者コスト増加量(円)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

OD 変化前で決定された路線②に乗務員運用モデルを適用した結果を表 2 に示す。連続運転可能時間を 4 時間、路線②に割ける人員の上限を 5 人として設定し、停留所での平均待ち時間は路線の運行間隔の半分と仮定して総所要時間を算出した。時間価値を 20 円/分、乗務員月収を 300,000 円とし、バス会社支出の 50% を乗務員賃金をとって事業者コストを算出した。サービスレベルを 1 上げたときの総所要時間の価格差が事業者コスト増加量を下回らない値を運行回数として決定する。

4. おわりに

本研究では、バス事業者へのヒアリング調査から従来の最適バス路線網構成システムに乗務員運用に加え、簡易ネットワーク上で路線列挙、路線決定、乗務員運用、運行回数の決定を行った。また、本研究では 1 路線のみで行ったが、路線が複数存在する路線網で乗換え等を考慮した検討が今後の課題である。

参考文献

- 1): 枝村俊郎・森津秀夫・松田宏・土井元治: 最適バス路線網構成システム, 土木学会論文集, 第 300 号, 1980 年
- 謝辞: 本研究を行うにあたりヒアリング調査にご協力いただいた国際興業株式会社に厚く御礼申し上げます。