

2013年度論文ゼミ#4

Spiess, H., Florian, M.: Optimal strategies: A new assignment model for transit networks, *Transportation Research Part B*, Vol.23, No.2, pp.83-102, 1989.

2013/05/10

柳沼秀樹

1. イントロダクション

背景

- 自動車ドライバーと公共交通機関の旅客の行動原理は異なる(注1)
- 公共交通機関には“待ち時間”が存在
- 提案されている公共交通配分モデルはヒューリスティックであり、理論的な背景が不十分



目的

公共交通ネットワークを対象とした新たな経路配分モデルとその解法の構築

注1：利用者の行動原理

- Pre-route choice behavior

トリップ前の経路選択行動を意味し、出発前に選択可能な経路集合の比較した上で利用経路を決定
(離散選択モデルや利用者均衡配分が該当)

- En-route choice behavior

トリップ中の経路選択行動を意味し、逐次的に選択可能な経路集合から最適な利用経路を決定

2. 既往手法のレビュー(1)

- 既存の公共交通機関配分手法を比較
(Dial, 1967; Le Clercq, 1972; Andreasson, 1976)

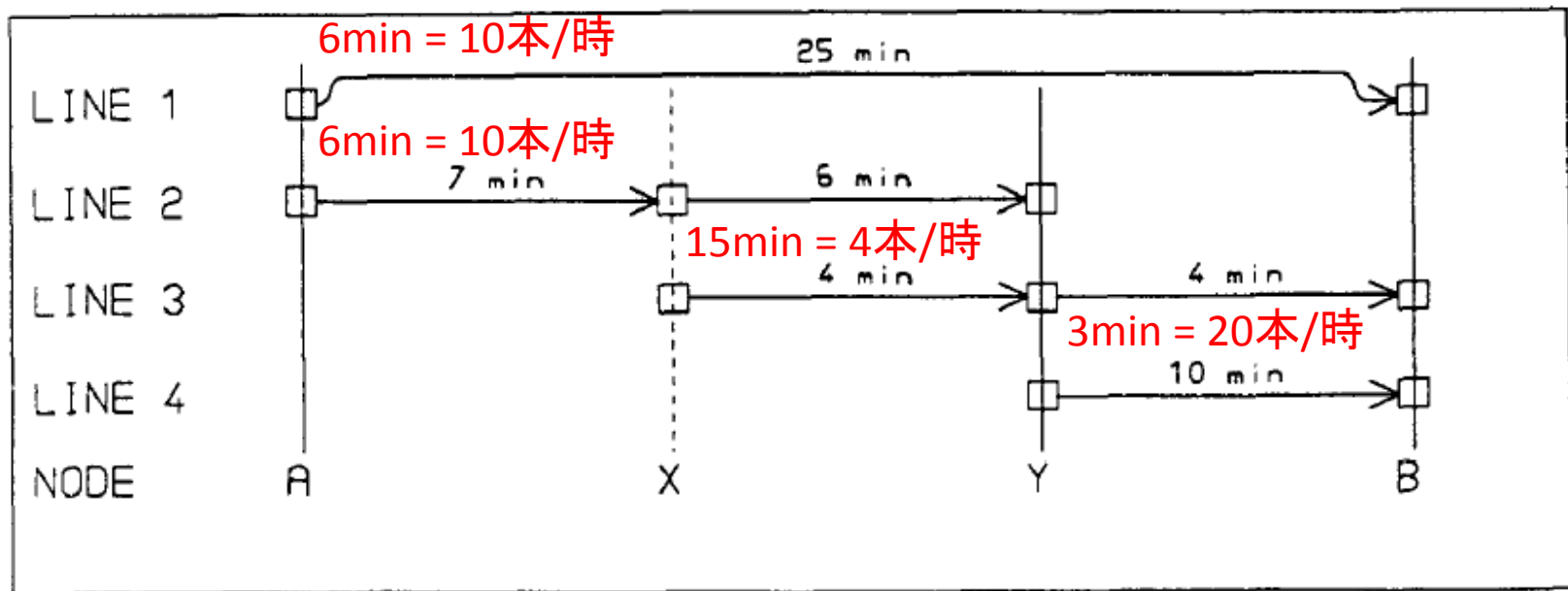


Fig. 1. An example transit network.

※赤字は待ち時間(運行)

2. 既往手法のレビュー(2)

Dial (1967)

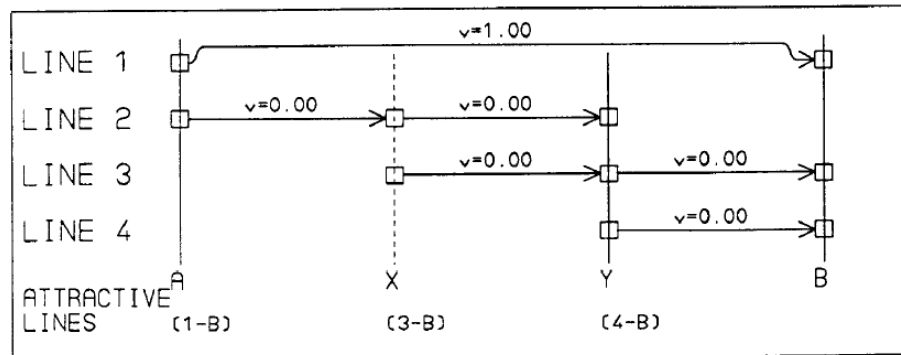


Fig. 3. Best path to node B. Expected travel time from A to B is 31 min.

最短経路探索に待ち時間を加えた手法

期待旅行時間: 31min

Le Clercq (1972), Andreasson (1976)

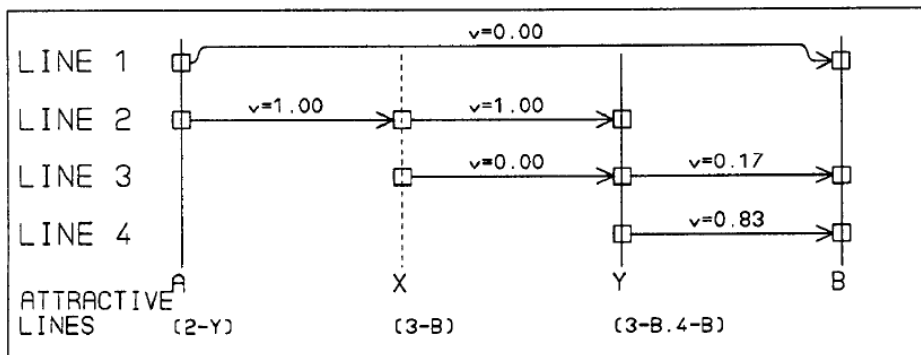


Fig. 4. Best transfer sequence. Expected travel time A to B is 30.5 min.

Common lines problems (注2)を考慮した手法

期待旅行時間: 30.5min

2. 既往手法のレビュー(3)

提案手法

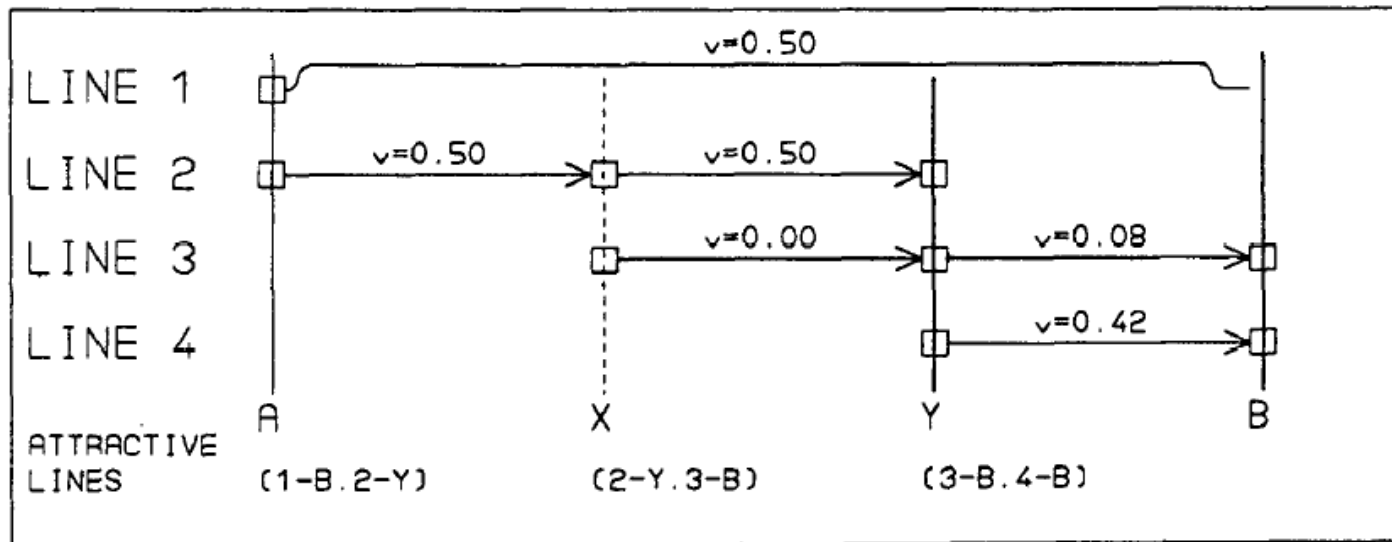


Fig. 2. Optimal strategy. Expected travel time from A to B is 27.75 min.

- 期待旅行時間: **27.75min**
- 既往手法よりも期待旅行時間が小さく, より最適な (最小となる) 経路選択が表現できている

3.モデル化：前提条件

- 頻度ベース運行
- En-route choice behavior
- Common lines problem
- 旅客の公共交通ネットワーク上での行動
 - 発地点から乗り場(駅)へのアクセス
 - 車両の待ち時間
 - 車両に乗車
 - 車両を下車
 - 徒歩による乗換
 - 乗り場(駅)から着地点へのイグレス

3.モデル化: Common lines problems

- 公共交通機関が持つ特有の問題
- Chiriqui and Robillard (1975)が定義

【定義】

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, それらの経路から魅力的な経路集合 (*attractive set*) を選択する問題

公共交通機関の配分手法は“*Attractive set*”を記述することを意味する

- 論文では*Attractive set*の1つを“**Strategy**”と呼称
- 利用者は期待費用が最小となる“**Optimal Strategy**”を選択する

3. 期待一般化費用の定式化

乗車時間

期待待ち時間

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

Hyperpath p のノード i における期待待ち時間(頻度の逆数):

$$1/F_{ip} = 1 / \sum_{a \in A_p} f_a$$

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

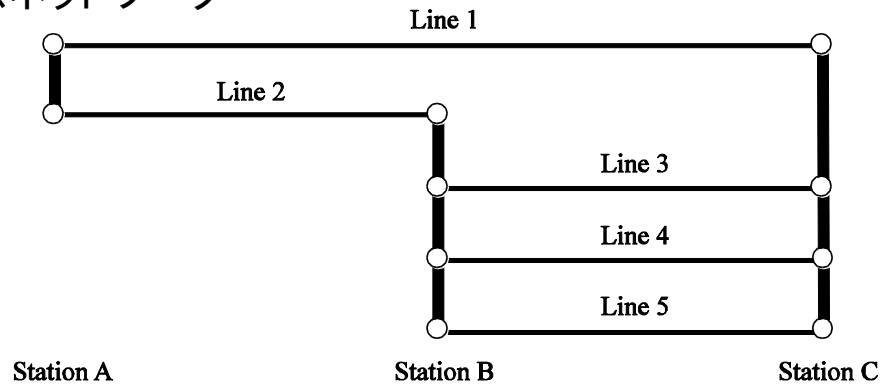
α_{ap} : hyperpath p におけるリンク a の通過確率

β_{ip} : hyperpath p におけるノード i の通過確率

期待一般化費用は乗車時間, 待ち時間および通過確率で表現
(通過確率は駅での路線選択を頻度を用いて表現している)

3. “Strategy” の例

仮想ネットワーク

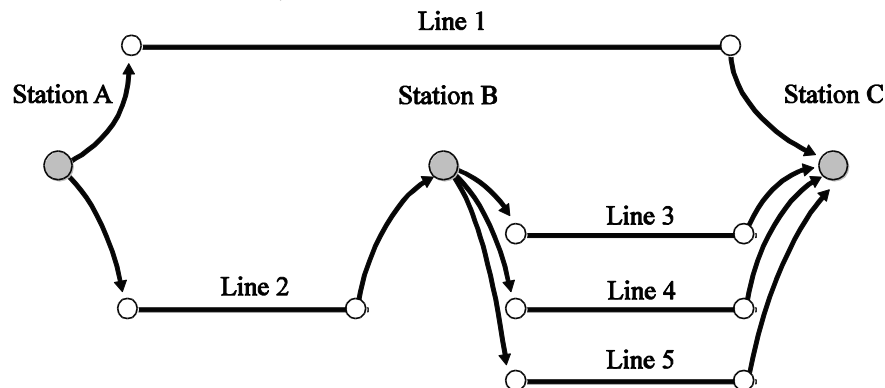


仮想サービス水準

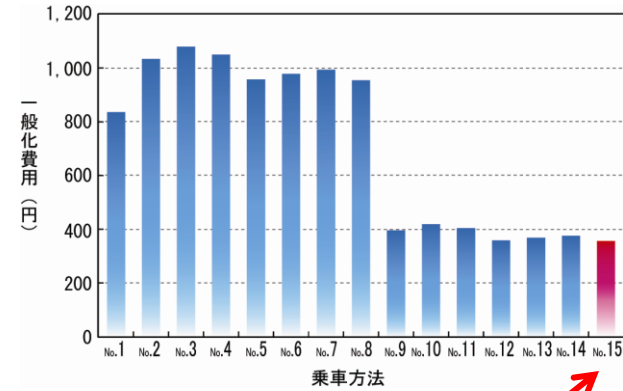
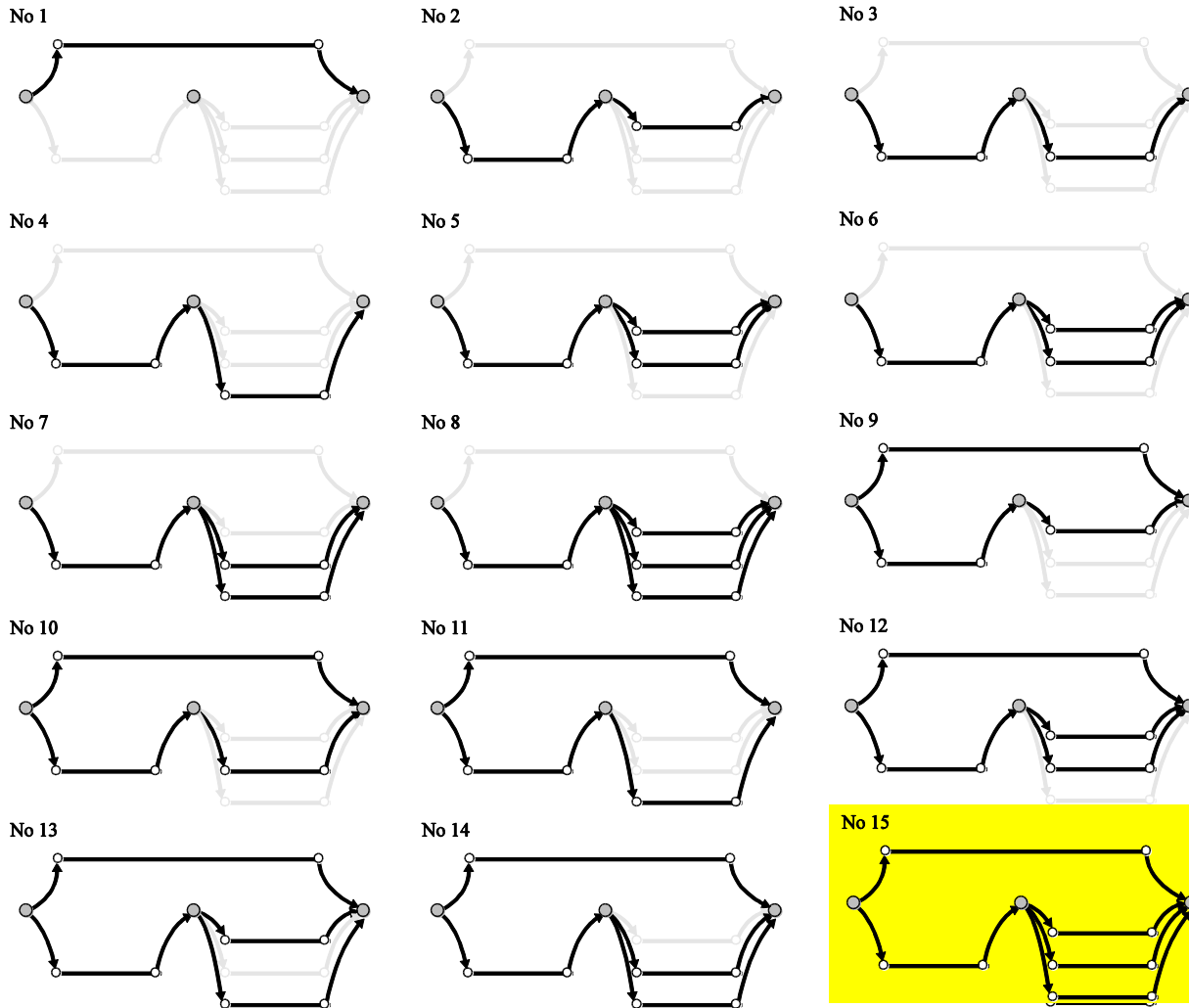
路線	所要時間 (分)	運行頻度 (本/時)
Line 1	22	6
Line 2	12	6
Line 3	10	10
Line 4	12	10
Line 5	15	20



旅客の行動をグラフで表現



3. “Strategy”の例



No15が最適

Optimal Strategy



4. 計算アルゴリズム (Optimal strategyの探索)

Part 1: Find optimal strategy

1.1 (Initialization)

$$u_i := \infty, i \in I - \{r\}; u_r := 0;$$

$$f_i := 0, i \in I;$$

$$S := A; \bar{A} := \emptyset.$$

1.2 (Get next link)

If $S = \emptyset$ then STOP,

otherwise find $a = (i, j) \in S$ which satisfies

$$u_j + c_a \leq u_{j'} + c_{a'}, a' = (i', j') \in S;$$

$$S := S - \{a\}.$$

着ノードから発ノードに向かって最小リンクを探索

1.3 (Update node label) If $u_i \geq u_j + c_a$ then

$$u_i := \frac{f_i u_i + f_a (u_j + c_a)}{f_i + f_a},$$

$$f_i := f_i + f_a, \bar{A} := \bar{A} + \{a\};$$

go to step 1.2.

ノード*i*での待ち時間が最小値より大きくなるまでリンクを追加する

4. 計算アルゴリズム(交通量配分)

Part 2: Assign demand according to optimal strategy

2.1 (Initialization)

$$V_i := g_i, i \in I;$$

2.2 (Loading)

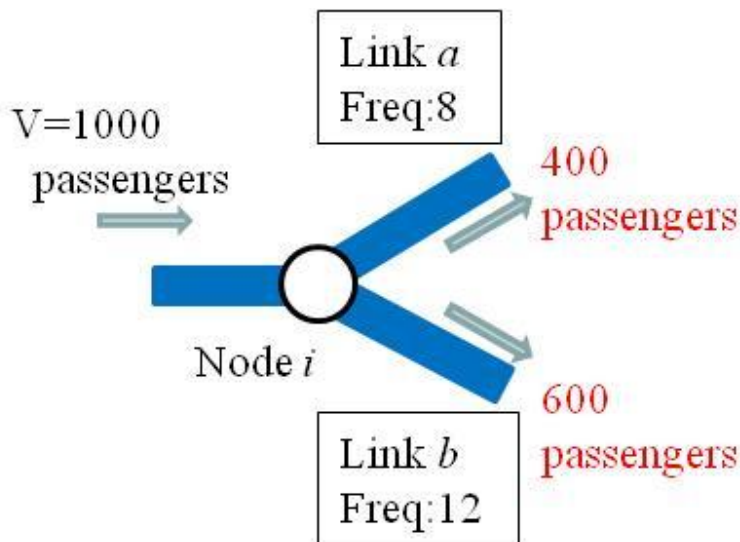
Do for every link $a \in A$, in decreasing order of $(u_j + c_a)$:

$$\text{if } a \in \bar{A} \text{ then } v_a := \frac{f_a}{f_i} V_i,$$

$$V_j := V_j + v_a,$$

$$\text{otherwise } v_a := 0.$$

得られたOptimal strategyに路線頻度の重みを用いて旅客を配分する。



リンク a とリンク b の頻度をそれぞれ $8, 12$ (times/hour) と仮定する

ノード i に 1000 人の乗車客が存在する時、リンク a とリンク b にはそれぞれ 400 ($=1000 \times \frac{8}{8+12}$) and, 600 ($=1000 \times \frac{12}{8+12}$), が配分される。

5. 実ネットワークでの計算例

- 提案手法をEMME2に実装
- データおよび結果の詳細には触れていない
- なお、アルゴリズムの計算量は $O(m^2)$

City	Computer	# Transit Lines	# Line Segments	# Zones	# Generalized Links	Execution Time (seconds)
Winnipeg	Microvax II	67	4,205	154	15,590	450.30
Winnipeg	DSI/780 on IBM/AT	67	4,205	154	15,590	186.70
Montreal	IBM 3091	283	18,720	700	73,082	712.58
Stockholm Inner City	SUN/3	38	1,058	185	4,509	149.96
Oakland (AC Transit)	Microvax II	108	6,452	272	22,074	1602.61
Ottawa (OC Transpo)	Vax 11/780	140	7,698	380	78,758	1713.15

Table 5. Execution times

5.モデルの拡張(課題点)

- 具体的には示されていないが、混雑を考慮したモデルが非線形最適化問題として定式化可能であることを示唆
- リンクフローに依存して待ち時間が単調に増加する混雑関数(effective frequency)を構築

ご清聴ありがとうございました