

ダイナミック プログラミングを用いた鉄道駅配置の決定

京都大学工学部 正 員 福山 正治
 京都大学工学部 学生員 小野 寛司

1. まえがき

ある地域に対する公共交通サービスが、一本の直線鉄道によってもたらされている場合の鉄道駅の最適配置は、古くから論じられて来た問題である。その内で C.B.D. へ集中する通勤交通を卓越させた一点集中一次元モデルに関しては、Vuchic (1966) や Wirasingha (1976) が解を示しているが、いずれも陽な形での解を導いておらず、近似計算を要する。

本研究においては、上述の研究例をふまえた上で一点集中一次元鉄道駅配置問題を D.P. に定式化し、その簡便性、適用性を論じる。

2. モデルの説明

(i) 仮定：図1のような、郊外から都心に向う一本の直線鉄道を考え、路線上に N 個の分割点をとる。都心へ集中するトリップは全て鉄道に沿って発生する $[P(x)]$ 。各トリップは

1つのアクセス交通、たとえば、徒歩、自動車、バス等を利用し、[速度 v] もよりの駅より鉄道に乗りかえ (速度 V) 都心へ行くものとする。アクセス交通機関のサービス網は充分細かくて、列車およびアクセス交通以外による旅行時間は無視する。列車の走行速度 V は一定とし、加減速による時間損失は駅における停車時間 $[S]$ に含めよう考える。

以上の条件下において、全てのトリップは所要時間を最小とするように経路や手段を選択するものと仮定し、各トリップが鉄道利用によって得る利便の総計を最大にするように鉄道駅の配置を決定する。

(ii) Shed-boundary: 各駅間に発生したトリップは、都心側の駅より鉄道を利用するものと、郊外側の駅より鉄道に乗るものに分類されるが、両者は Shed-boundary と呼ばれる境界をもつ。 i 駅と j 駅間の Shed-boundary は郊外側駅より次式の Δy だけ都心側に位置する。

$$\Delta y = \frac{1}{2} \{ (1 - v/V)(D_j - D_i) - vS \} \quad (i = 1, 2, \dots, N-1; i < j) \quad (1)$$

ここに D_i は i 駅の都心よりの距離である。

(iii) トリップの得る便益: 都心と点 i の間に m 個の駅を設けた場合、 i 駅に発生したトリップの得る便益 $B_i(m)$ [時/人] は次式で与えられる。[W は駅における列車の待ち時間]

$$B_i(m) = D_i (1/v - 1/V) - W - mS \quad (2)$$

よって、 i 駅と j 駅間において、Shed-boundary より都心側に発生するトリップの得る便益、郊外側に発生するトリップの得る便益は、それぞれ、 $B_i(m)$ 、 $B_j(m+1) - 2/v(D_j - x)$ で表現されるから、結局、区間 $[i, j]$ に発生する全トリップの得る総便益は次のようになる。

$$T_{ij}(m) = \int_{D_i}^{D_j - \Delta y} B_i(m) P(x) dx + \int_{D_j - \Delta y}^{D_j} \{ B_j(m+1) - 2/v(D_j - x) \} P(x) dx \quad (3)$$

(iv) 繰り返し関係: 点 i に駅を設け、都心と点 i の間に m 個の駅がある場合に、駅 i と郊外端との間に発生するトリップの得る最大総便益 $TB_i(m)$ を用いると繰り返し関係は、

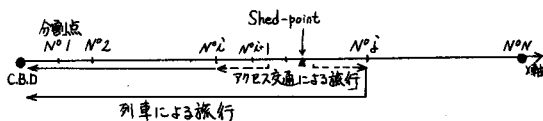


図 1

$$TB_{\lambda}(m) = \max_{\lambda=1,2,\dots,N} [TB_{\lambda}(m) + TB_{\lambda}(m+1)] \quad (4)$$

と表わされる。その際の最適政策 $\lambda(m)$ は、上式で最大を与える λ の値を入れればよい。

(b) 境界条件: (4) 式において $TB_{\lambda}(m) = 0$ ($m = 0, 1, 2, \dots, N$) とすると、 $\lambda = 1, 2, \dots, N-1, m = 0, 1, 2, \dots, N-2$ についての最適値関数値が計算される。次に、 To_{λ} を都心の次の駅を λ 地点に設けた場合に都心と λ 地点間に発生するトリップの得る総便益とすると、これは次式で表わされる。

$$To_{\lambda} = \int_{D_{\lambda-2}}^{D_{\lambda}} \frac{1}{2} (x - D_{\lambda-2} + x_{\lambda}) P(x) dx \quad (5)$$

ここに $x_{\lambda} = \frac{1}{2} \{ (1 - v/v') D_{\lambda} - vW \}$ であり、これは、アクセス交通のみによって都心へ到るトリップと、都心の次の駅へ引き返し λ 区間だけ列車を利用するトリップとの Shed-boundary である。結局、最大総便益 TB_{max} は

$$TB_{max} = \max_{\lambda=1,2,\dots,N} \{ To_{\lambda} + TB_{\lambda}(0) \} \quad (6)$$

で表まり、都心の次駅に決定すべき分割点番号は、上式で最大を与えてくれる λ で決まる。

3. 計算例

本研究においては、(3), (5) 式を数値積分した場合 (C-Type) の他に、次に示す (3'), (5') 式で換えた場合 (D-Type) についても計算した。

$$TB_{\lambda}(m) = \sum_{k=\lambda-2}^{\lambda} B_{\lambda}(m) P(D_k) + \sum_{k=\lambda+1}^N \{ \frac{1}{2} (D_k - D_{\lambda} + B_{\lambda}(m+1)) P(D_k) \} \quad (3')$$

$$To_{\lambda} = \sum_{k=\lambda-2}^{\lambda} \frac{1}{2} (D_k - D_{\lambda} + x_{\lambda}) P(D_k) \quad (5')$$

ただし、 Ω_1, Ω_2, π は、(3), (5) 式の積分範囲に対応する分割点番号の集合である。

諸パラメータ、トリップ分布は、それぞれ表 1、図 2 に、結果は表 2 に示した。

一見しえかわるように、 $W = 0$ とした場合、C-Type は、待ち時間を考慮しなかった Vuchic の結果にはほぼ一致している。

Wirsingha の結果は、トリップ発生を駅固において一定とした階段関数で近似したものであるため、かなりの相違が見られる。

また、トリップを分割点への集中と見なした場合 (D-Type) には、便益、駅の総数とも多く計算される傾向が見られた。

4. まとめ

本研究において明らかにした偶々とは次の三点である。第一には、有限個の分割点から D.P. で決定した最適駅配置は、Vuchic の結果に一致し、かつ、より簡明であること。第二には、トリップ分布の近似処理は駅配置を別ものにする可能性があること。

第三には、本研究では待ち時間を考慮したモデルを考察したが、計算例からは、駅配置は待ち時間に関しは現実の範囲内では感度が低いという結果が得られた。ただし、トリップ分布の形によらず、待ち時間が駅配置に大きな影響を持つこともありうると思える。

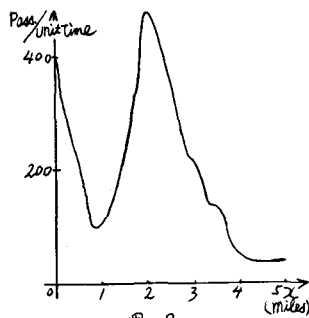


図 2
トリップ分布

表 1 パラメータ	
区間長	5 miles
分割点数 (N)	20
停車時間 (S)	35 sec.
列車速度 (V)	60 m.p.h.
アクセス速度 (V')	15 m.p.h.
待ち時間 (W)	0 ~ 10 min
(注) 分割は駅固隔	

表 2

Case No	Waiting Time	駅の位置 (mile)							便益
		1	2	3	4	5	6	7	
Vuchic's	0	1.993	2.814	3.575	4.307	4.922	5.00		(410)
Wirsingha's	0	1.5	2.5	3.5	4.05	4.65	5.00		1.08/4.5
N°1 D-Type	0	2.00	2.75	3.25	3.75	4.25	4.75	5.00	0.753
C-Type	0	2.00	2.75	3.50	4.25	4.75	5.00		0.735
2 D	1	2.25	3.00	3.75	4.25	4.75	5.00		0.631
C	1	2.00	2.75	3.50	4.25	4.75	5.00		0.613
3 D	2	2.25	3.00	3.75	4.25	4.75	5.00		0.513
C	2	2.25	3.00	3.75	4.25	4.75	5.00		0.498
4 D	3	2.25	3.00	3.75	4.25	4.75	5.00		0.405
C	3	2.25	3.00	3.75	4.25	4.75	5.00		0.389
5 D	4	2.50	3.25	3.75	4.25	4.75	5.00		0.297
C	4	2.25	3.00	3.75	4.25	4.75	5.00		0.285
6 D	5	2.50	3.25	3.75	4.25	4.75	5.00		0.207
C	5	2.50	3.25	4.00	4.25	5.00			0.196
7 D	10	4.00	4.50	5.00					0.019
C	10	4.00	4.75	5.00					0.015