

最適ネットワークに関する一考察

大阪市立大学工学部
阪急電鉄

正員 西村 昂
正員 ○ 柿本 浩一

1. はじめに

本研究はいくつかの地点をもつ地域において、各地点間のO.D.交通量と地点間距離が与えられている場合に、各地点を結ぶ交通ネットワークの形態を評価する基準とその評価による最適ネットワークを“近傍グラフ”と“限界効用”の二つの概念を利用して、近似的に探索する二つの方法を提案したものである。

2. ネットワークの評価と問題の定式化

ネットワークの最適性を評価する要素として、迅速性、快適性、経済性、確実性などが上げられるが、その他にネットワーク建設による経済効果、開発効果、公害、環境破壊も無視できない。ここではとくにネットワークの形態を評価する要素として総建設費と総移動距離を取り上げ、総建設費の制限のもとに総移動距離が最小となるネットワークを提案する問題に定式化すると

$$\text{目的関数 } T = \sum_i \sum_j x_{ij} d_{ij} = \sum_i \sum_j g_{ij} l_{ij} \rightarrow \text{Min} \quad (1)$$

$$\text{制約条件 } C = \sum_i \sum_j c_{ij} l_{ij} < C_c \quad (2)$$

となる。ここで、 T は総移動距離、 C は建設費

x_{ij} : 地点 i から地点 j へのO.D.交通量、 C_c は総建設費の制限

d_{ij} : “ ” のパスの距離、

g_{ij} : 地点 i と地点 j を結ぶ路線の区間交通量(ないとき $g_{ij}=0$)

l_{ij} : “ ” 区間距離(ないとき $l_{ij}=0$)

c_{ij} : “ ” 単位長さ当りの建設費(ないとき $c_{ij}=0$)

C_{ij} は工事内容や地価などによって異なるが、ここではモデル計算のための平均化し、図-1のように交通容量のみを意味すると、区間交通量のステップ関数で表わされる。 g_i は i 車線の交通容量を示し、 C_{ij} は i 車線の単位長さ当りの建設費を示す。

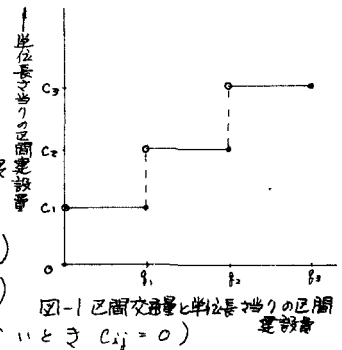


図-1 区間交通量と単位長さ当りの区間建設費

3. 最適ネットワークへのアプローチ

この問題に対して、すでに佐々木、前島論文²⁾において、図-1の関係が近似的に比例すると仮定したので T と C は比例し、そこで総建設費のみを考慮して、各地点を結ぶ最小の路線数のネットワーク tree から出発し、建設費が増加しないように路線の入れ換え、または、増加を行なう解法を提案した。これに対して、本報告ではより厳密な解を求めるために、最初のネットワークからヒューリスティックに改良して最適解にできるだけ近づくような二つの近似解法を提案する。そして、最初のネットワークを tree として、有効的に路線を加えていく解法を追加法と名づけ、最初のネットワークを完全連結グラフまたは実現可能な最大のグラフとして、路線を減らしていく解法を削減法と名づける。ここでネットワークは“近傍グラフ”の中から“限界効用”が最大または最小となるネットワークに改良される。“近傍グラフ”は、あるネットワークに路線を一本加えたグラフまたは路線

を一本取り除いたグラフをいい, “限界効用”は総建設費の変化分に対する総移動距離の変化分の比を示す。次に二つの近似解法の手順を示す。

(1) 追加法 ① 地点間距離の短い路線から順に地点を結ぶ。② ①によってループができるならば最後の路線をはずして①の操作をすべての地点が連結するまで続ける。できたグラフ tree も後に述べる入れ換えルーチンに入れる。③ 出たネットワークが最適 tree $g^*(n-1)$ となる。このときの目的関数を T^* , 総建設費を C^* とする。④ このときもし, $C < C_c$ ならば, $g^*(n-1)$ の近傍グラフを探索し, T と C を計算する。そして, $C < C^*$ ならば, C が最小となるネットワークを選び, すべての近傍グラフで $C > C^*$ ならば, 限界効用 S を計算し, その最大となるネットワークを選んで $g^*(n)$ とする。⑤ こうして再び $g^*(n)$ の近傍グラフを提呈し, ネットワークの改良を試みる。⑥ すべての近傍グラフの C が C_c を越えれば計算を終え, 最後に得られた最適ネットワークを全体の最適解とする。ここで入れ換えルーチンは次の手順をとる。① 任意のネットワーク $g(k)$ に $g(k)$ の co-graph を構成する路線を一本づつ加える。② ①によってできたループに対して 順に一本づつ路線を削減して新しいネットワークを作る。このネットワークの C と T を計算する。③ ①②をくりかえし, 得られたネットワークに対して $C < C^*$ なるネットワークがあれば, その最小のものを選ぶ。もし $C < C^*$ なるネットワークがなければ, 限界効用 S の最大となるネットワークを選ぶ。

(2) 削減法 ① 各地点間を連結する最大のグラフ g を作る。このときの C^* と T を計算する。② g の近傍グラフを探索し, その C と T を計算する。③ $C > C^*$ なるネットワークを除く。すべてのネットワークが $C > C^*$ なら計算を終え, g を全体の最適解とする。④ $C < C^*$ なるネットワークに対して限界効用 S を計算し, その最小となるネットワークを次の最適解とする。⑤ C^* がはじめて C_c 以下になるとき計算を終え, 最後に得られた g が全体の最適解となる。

4 計算例の結果と考察

地点が4点で, 表-1~表-4に示す条件のときのモデル計算の結果を総建設費と総移動距離の図-2に示す。③④の探索プロセスが矢印のように示され, 限界効用 S は矢印の回配を表わすことがわかる。点線は, 初めに紹介した佐々木前島論文で示された探索方法によるもので, ステップ数は追加法の13ステップ。削減法の2ステップと比較して6ステップと少ないが, 本報告の方がよい結果が得られた。

表-1 OD交通量

OD	1	2	3	4
1		1000	400	200
2	1000		600	800
3	400	600		200
4	200	800	200	

(台/時)

表-2 地点間距離

距離	1	2	3	4
1		7	6	4
2	7		5	9
3	6	5		5
4	4	9	5	

(km)

表-3 交通容量

車線数	1	2	3
交通容量	1000	2000	3000

(台/時)

表-4 建設費

車線数	1	2	3
建設費	1.0	1.4	1.8

(億円/km)

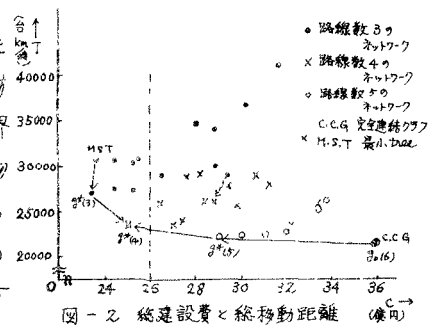


図-2 総建設費と総移動距離 (億円)

- 参考文献 1) 西村・鈴木「最適ネットワーク問題に関する一考察」第27回土木学会全国大会抄録
2) 佐々木前島「道路網形態に関する一考察」土木学会論文集 163号(1969)