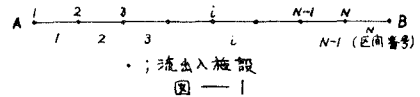


京都大学工学部 正員 工博 米谷栄二
京都大学大学院 学生員 工修 〇河上省吾

1. はじめに 現在、わが国の大都市はいずれも交通難にながまされてあり、その具体的現象としては、街路上の自動車交通の麻痺とラッシュ時の通勤通学輸送の混雑が挙げられる。このような交通問題を解決するためには、輸送需要に適合した輸送施設を整備する必要がある。ところで、輸送施設を整備する際に、いかなる輸送施設を、どのような規模で建設すべきかということが問題となる。本研究においては旅客輸送需要から輸送施設の路線が決定したとき、Dynamic Programmingの手法を応用して、この路線上の各地点に高速鉄道と道路のいずれを建設すべきか、さらに道路の場合はバス輸送と乗用車輸送のいずれを採用すべきかを輸送コストと所要時間の2つを考慮して決める方法について検討する。

2. 路線の決定およびその輸送需要の算定

都市地域における旅客の輸送需要調査から希望路線



図が得られ、これにより旅客輸送施設の路線が決定されたものとする。その路線A-Bを図-1のように適当な間隔〔この路線から通過地域への流出入点(停車場又は高速道路ならインターチェンジ)を設ける必要があると考えられる距離〕に分割し、各区間を番号で表わす。そして、区間の境界にその路線の流出入施設を設けるものとし、図のように番号をつける。流出入施設からの乗客客数を R_i 、降車客数を G_i とする。いまここでは一方向(1→N)の乗客についてだけ考える。というのは毎日の通勤、通学、買物のための交通などは必ず往復輸送であるから一方向だけを考えれば充分であるからだ。従って、各区間の通過人員 P_i は次式で与えられる。
$$P_i = \sum_{j=1}^i R_j - \sum_{j=1}^i G_j = P_{i-1} + R_i - G_i \quad (1)$$

ここに、路線上の各地点の輸送需要が求められたので、つぎにこの路線に採用すべき輸送機関について考察する。

3. 輸送機関の評価基準

数種の輸送機関の適否を評価することはきわめてむづかしいこと

であるが、ここでは次のように考える。都市地域の旅客輸送機関は、主に通勤、通学、業務、買物のための移動に利用されている。これらの目的のための移動は、移動そのものが目的である観光などと異なり、止むを得ず行なっているもので、それによる経済的および時間的損失は小さいほどよいと考えられる。従って、輸送用役を支払われる輸送費と輸送所要時間を金額に換算した額を合計したもの(総輸送費と名付けず)が最小になる輸送体系を最適輸送体系とする。輸送費は輸送施設の建設費、維持費および車両の購入費、維持費と運営費から算定し、また輸送所要時間により生ずる損失は輸送時間に1人当たりの時間価値(1時間当たりの収入と考えよう)を乗じたものと考える。この時間価値を決めることはむづかしいが、通勤者については、輸送中は働くことができなくて時間を無駄にしていると考えられ、その人の単位時間当たりの収入を時間価値と考えることができよう。なお非常勤者については別に考える必要がある。

4. 総輸送費

鉄道、バス、乗用車のいずれの輸送機関においても、その道路施設(線路お

および道路), 流出入施設(停車施設, 駐車場, インターチェンジなど)を建設する必要がある。また、いおれの輸送機関においても車両を大きくすることはできない。そこで、いま鉄道, バス, 乗用車を1, 2, 3(=k)で表わし、各輸送機関の区間iにおける乗客1人の単位距離当たり通路施設費, 車両施設費を $b_i(k_i)$, $c_i(k_i)$ とし、1人当たり(起終点施設でない)流出入施設費を $d_i(k_i)$ とする。 k_i は区間iの輸送機関を示す。また、路線上で輸送機関が変化する地点では、両者の連結施設(起終点施設)を建設する必要がある。たとえば、鉄道とバスの連結点では停車場とバスターミナルを建設する必要がある。よって、到着側の1人当たり連結施設費を $e_i(k_i)$ で示し、それに続く出発側の連結施設費を $f_i(k_i)$ で表わす。さらに、保安施設その他の費用を $g_i(k_i)$ で表わすことにする。施設建設費は地価の影響を強く受ける。これらの各輸送施設費は、輸送量すなわち通過人員の数により異なるので、輸送量に応じた施設費を算定する必要がある。また、区間毎の施設費を算定しがたいものもある。ところで、路線上の区間iとは、流出入施設iから流出入施設(i+1)の直前までと考える。1区間には1輸送機関を採用するものとして、区間iにおける輸送原価 $C_i(k_i)$ を計算すると次のようになる。

$$C_i(k_i) = \begin{cases} P_i L_i \{b_i(k_i) + c_i(k_i) + f_i(k_i)\} + (R_i + G_i) d_i(k_i), & k_i = k_{i-1} \text{ のとき,} \\ P_i L_i \{b_i(k_i) + c_i(k_i) + f_i(k_i)\} + P_{i-1} h_i(k_{i-1}) + P_i h_i^*(k_i), & k_i \neq k_{i-1} \text{ のとき,} \end{cases} \quad (2)$$

ここに、 L_i は区間iの距離を表わす。輸送機関としての適否の評価を行なうには、前述のように輸送所要時間も考慮すべきなので、総輸送費 $C_i(k_i)$ は次のように考える。 $v_i(k_i)$ を輸送機関 k_i の区間iにおける平均速度とすると、輸送時間は $L_i/v_i(k_i)$ であるから、1人への平均時間価値を α とすると、区間iの輸送時間による損失は $\alpha L_i P_i / v_i(k_i)$ となる。従って、 $C_i(k_i) = C_i(k_i) + \alpha L_i P_i / v_i(k_i)$ (3) が得られる。また、異なる輸送機関を連結する地点では、乗換之時間と要するから、輸送機関 k から k' への乗換之時間を $t_{kk'}$ とすると、乗換之人員が Q なら $Q t_{kk'}$ の損失を生じ、これが総輸送費 $C_i(k_i)$ に加算される。このとき、路線全体での総輸送費は、 $\sum_{i=1}^N C_i(k_i)$ で、この値が最小となる $\{k_i\}$ を求めるのが本研究の目的である。

5. Dynamic Programming の定式化 ところで、次の関数を定義する。

$$f_n(k_{n-1}) = \min_{\{k_i\}} \sum_{i=n}^N C_i(k_i), \quad f_0(0) = 0, \quad k_0 = k_{-1} = 0 \quad (4)$$

そうすると、 $f_i(0) = \min_{\{k_i\}} \sum_{i=1}^N C_i(k_i)$ (5) が路線全体の最適計画における総輸送費を表わしてあり、このとき $\{k_i\}$ を求めれば輸送施設の最適連結計画を得ることができる。いま(4)式を用いると

$$f_{n-1}(k_{n-2}) = \min_{\{k_{n-1}\}} \begin{cases} P_n X_n(k_{n-1}) + (R_n + G_n) d_n(k_{n-1}) + f_n(k_{n-1}), & k_{n-1} = k_{n-2} \text{ のとき} \\ P_n X_n(k_{n-1}) + P_{n-1} h_{n-1}(k_{n-2}) + P_{n-1} h_{n-1}(k_{n-1}) + \alpha t_{k_{n-2} k_{n-1}} (P_{n-1} - G_{n-1}) + f_n(k_{n-1}), & k_{n-1} \neq k_{n-2} \text{ のとき} \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{ここに } X_n(k_n) = L_n \{b_n(k_n) + c_n(k_n) + f_n(k_n) + \alpha / v_n(k_n)\}$$

という $n=1, 2, \dots, N$ に対する繰返し関係を得る。また、 $f_{N+1}(k_N) = 0$ で、路線の最終点には必ず終点施設を設けなければならぬので、次式を得る。

$$f_N(k_N) = \min_{\{k_{N+1}\}} \begin{cases} P_N X_N(k_N) + (R_N + G_N) d_N(k_N) + P_N h_N(k_N) \\ P_N X_N(k_N) + P_{N+1} h_{N+1}(k_N) + P_{N+1} h_{N+1}^*(k_N) + P_{N+1} h_N(k_N) \end{cases} \quad (7)$$

(7)式により、 $f_N(1), f_N(2), f_N(3)$ が計算できると、(6)式の繰返し関係を用いて $f_n(k_{n-1})$ を順次求めることができる。そして、 $f_2(k_1)$ が求まると次式によって $f_1(0)$ を求めることができる。

$$f_1(0) = \min_{\{k_1\}} \{P_1 X_1(k_1) + P_1 h_1^*(k_1) + f_2(k_1)\}, \quad k_1 = 1, 2, 3 \quad (8)$$