

京都大学工学部 正員 長尾義三

○ 運 輸 省 正員 佐藤恒夫

〔1〕 緒言

本研究は、交通施設の規模を決定するための原単位としての容量の概念が、従来、定量的根拠をもたず、また、施設によって概念がまちまちであることに鑑み、統一的な根拠を与えようとするものである。

〔2〕 最適容量の概念

従来の容量概念は、架空の理想的条件を想定して得られた限界的な容量を、各種の修正値によって修正し、さらに、サービスの水準を加味して求められるものであり、あるいは、過去の統計値によって代表されるものであった。したがって、計画・設計に採用する容量値は、何ら意味の解らないものとなり、また、各種施設の統一的评价もなし得ない結果となる。すなわち、最適性の保証のないままに従来の容量が使われてきたのである。

元来、容量を構成する要素は、①交通需要量の不規則性、②交通対象・交通施設の価値、③交通対象の性状、大きさ、④資源の有効利用、⑤環境への影響、等であり、これらを考慮すると、容量は、次のような要件を具備している必要がある。すなわち、①施設の機能に関して合目的性、合理性を有していること、②客観性があること、③一般性が是認され、現実的であること、④国民経済的見地から評価されていること、⑤効率性の保証があること、⑥各種施設に対して統一的な基準で評価していること、などである。

以上の必要条件を満足する一つの基準として、費用便益基準が考えられる。施設を設けた場合の利用者等に係る費用 DC_k と、設けなかった場合の費用 DC_0 の差によって便益を考えると、施設建設による提供者の費用を SC_k として、総便益 N は次式で表わされる。

$$N = B - C = (DC_0 - DC_k) - SC_k \quad (i)$$

$$= DC_0 - (DC_k + SC_k) \quad (ii)$$

簡単のため、 DC_0 を交通量に無関係に一定と考える（便益を控え目に算定することになる）と、総便益を最大にするためには、(i)式の()内を最小にすればよい。

具体的には、 DC_k は利用費用で、交通用役に費消する費用、混雑による費用、外部費用等であり、 SC_k は施設費用で、施設建設に係わる費用、維持管理費用から成る（表-1参照）。

したがって、交通対象の単位あたりの総費用を最小にするような交通量をもって最適容量 Q^* とし、与件の交通需要量 Q_0 を Q^* で除することによって、すなわち、原単位法によつて、規模 K を決定するという考え方をとる。

〔3〕 最適容量モデル

容量を規定する基準として費用便益基準を採用するにあたって、以下の仮定をおく。

- ① DC_0 は交通量に無関係に一定である
- ② 交通量は DC 、 SC に対して非弾力的である
- ③ 利用に伴う費用は、時間に関して線形関数である
- ④ 交通対象の到着およびサービスは、ある確率分布で与えられる

以上の仮定により、

$$DC_k = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t = C_1 \cdot t \quad (iii)$$

$$SC_k = \sum_{j=1}^m \alpha r C_{ij}^0 / Q + \sum_{j=1}^m \alpha C_{ij}^0 / Q$$

$$= C_2 / Q \quad (iv)$$

$$TC = DC_k + SC_k = C_1 t + C_2 / Q \quad (v)$$

ここで、

C_i ; i 費用項目の発生費用 (円/時)

C_{ij}^0 ; j 費用項目の初期投資額 (円)

C_{ij}^0 ; j 費用項目の毎年費用 (円/年)

t ; 施設利用に係わる時間 (時/台)

Q ; 交通量 (台/時)

α ; 年費用を時間費用に換算する係数

r ; 毎年等価換算係数

コスト・インデックス β を

$$\beta = C_1 / (C_1 + C_2) \quad (vi)$$

と定義し、 $F = TC / (C_1 + C_2)$ 、 $\delta = \rho / (1 - \rho)$ とおくと、(v)式は次のようになる。

$$F = \beta t + (1 - \beta) / Q = 1/Q + \delta \cdot t$$

$$F = 1/Q + d(t_s + t_w) \quad (vi)$$

ここで、 t_s は、本来施設利用に掛かる時間であり、 t_w は、混雑のため余分に犠牲にする時間である。最適容量は(vi)式を最小にするような交通量であるから、極値の条件よりその条件式は次のようになる。

$$\partial t_w / \partial Q = -1 / (dQ^2) \quad (vii)$$

(vi)式中の待ち時間 t_w は、ターミナル施設においては従来から考えられていた。すなわち、交通対象の到着をランダムとし、施設におけるサービスを指数型と仮定すると、次式によって与えられる。

$$t_w = \frac{\mu a^K}{(K-1)!(K\mu-\lambda)^2} \cdot \frac{1}{\sum_{n=0}^{\infty} \frac{a^n n! + a^K / (K-1)! (K-a)}{(K-1)! (K\mu-\lambda)^2}} \quad (viii)$$

μ ：サービス率(台/時)

λ ：到着率(台/時)

K ：施設規模

a ： λ/μ

路線施設においては、混雑による走行中の遅れを待ち行列理論で説明した例は少ないが、ここでは次のように考える。施設が本来提供し得る最高速度 V_n (規格速度)と、その速度を維持して一定の走行を行うために必要な車頭間隔 D から、サービス時間を

$$t_s = D / 1000 V_n \quad (ix)$$

によって与え、ランダム到着、一定サービスを仮定して、待ち時間(遅れ時間)を次式により計算する。

$$t_w = \frac{1}{\mu} \sum_{i=1}^{\infty} e^{-a} \left[\frac{a^i}{i!} - \frac{K}{a} \sum_{j=i+1}^{\infty} \frac{a^j}{j!} \right] \quad (x)$$

$\mu = 1/t_s$ (台/時)

[4] 最適容量の試算例

(1) 路線施設の容量(道路)

規格速度 $V_n = 75.5 \text{ km/h}$ 、車頭間隔 $D = 28 \text{ m}$ として待ち行列理論により遅れ時間を求め、 $Q-V$ 曲線による推定曲線および観測値と比較したものが図-1である。

また、規格速度 50 km/h の道路を想定し、コスト・インデックス β と規模 K をパラメトリックに与えて最適容量を計算すると表-2の如くなる。

(2) ターミナル施設の容量(ライナー・ボート)

積荷量 3000 トンの船舶を想定し、荷役速度 μ および β 、 K をパラメトリックに与えて、最適容量を計算した結果が表-3である。この場合は、容量と年間の取扱貨物量で表わしている。

[5] 結言

最適容量の試算により、①利用者の価値が相対的に高くなると、同じ需要量に対して、容量を小さくして規模を大きく考えるべきこと、②容量を大きくするには、規模よりもサービスの水準の向上のほうが有効であること、等の結論が得られた。

表-1

		費用項目
施設費用	固定費用	用地取得費
		整地費
		建設費
		維持費用固定部分
		管理費用固定部分
		環境対策費
利用費用	可変費用	固定資産税
		維持費用可変部分
		管理費用可変部分
		損害保険費
		経常的検査費
		運搬具償却費
	固定費用	人件費
		利用者の価値
		燃料費
		潤滑油費

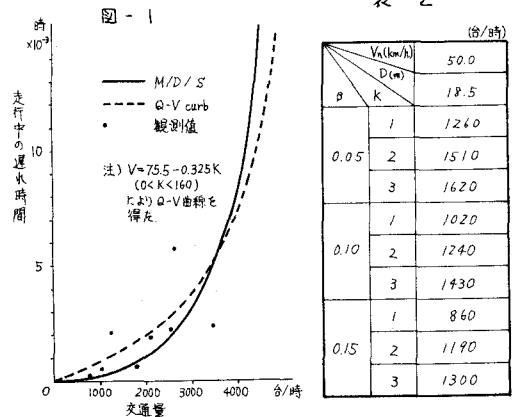


表-3

		(万t/年)		
β	K	1000	2000	3000
0.70	1	13	22	29
	2	16	27	36
	3	17	30	41
0.80	1	10	20	25
	2	14	24	32
	3	16	27	36
0.90	1	8	13	19
	2	12	20	26
	3	13	22	31

注：積荷量、 μ ：荷役速度。