

フェリーターミナル計画に関する一考察

京都大学 正員 長尾 義三
 京都大学 正員 森杉 秀芳
 東急建設K.K. 正員 〇山 本 昇

Ⅰ フェリーターミナル施設計画の考え方

本考察は、国民経済的立場から考え、フェリーターミナル施設の最適規模、さらに、船舶の積載容量、運行時間間隔をも考慮した最適フェリー輸送システムの決定法を確立することを目的とする。このため、バルフサービスモデルを適用して到着自動車の動態解析を行ない、次節で述べる費用関数を評価基準とし、1日あたりのフェリースシステムのトータルコストが最小となる輸送システムを最適輸送システムとする。

Ⅱ フェリー輸送システム計画の評価基準

本考察においては、輸送需要量を与件としたとき、この需要輸送量をターミナルPからターミナルQへ輸送するのに必要な総費用のうちで、主要な変動費用である、ターミナル施設費用、船舶関係費用および利用者の待ち損失費用の合計値（この合計値を以下ではトータル費用と称す）が最小となる輸送システムを最適輸送システムとする。すなわち、1日あたりのトータルコスト $C^{(T)}$ は、

$$C^{(T)} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$$

ここに、 C_1 ；駐車場に関する費用（円/日）、 C_2 ；駐車場に入りきらない車の損失費用（円/日）、 C_3 ；船舶に関する費用（円/日）、 C_4 ；貨物輸送車の待ち損失費用、 C_5 ；旅客輸送車の待ち損失費用をそれぞれ表わす。また、 C_1 、 C_2 は駐車場（フェリーターミナル施設）を決定するのに必要な費用関数であり、 C_3 、

表-1 変数名とその定義

変数	単位	定 義	変数	単位	定 義
A_p	%	8トラップ1台の駐車占有面積	C_h	%	乗船員1人24時間あたりの人件費
C_A	%	駐車場単位面積あたりの償却費	L	km	1便の運航距離
L_n	台	8トラック換算駐車可能台数	C_{22}	%	1kmあたりの燃料費
C_{p1}	%	8トラップ1台1日当りの有料駐車料金	C_3	%	1kmあたりの油脂費
$\bar{W}$	日	平均待ち時間	M		$= \sum_{i=1}^{24} \alpha_i \beta_i$
N	%	1日に到着する8トラック換算自動車台数	α_i		各車種の8トラップに対する駐車占有面積比
π_j		待ち行列がj台である確率	β_i		車種別構成比
α	台	1便でサービスされる8トラック換算平均台数	C_{21}	%	i種貨物自動車の償却費
C_3	%	1船舶の償却費	C_{22}	%	i種貨物車の1台当り人件費
C_{21}	%	1船舶の保守修繕費	C_{23}	%	i種貨物車を積載している貨物の価額
C_{22}	%	保有船舶全てに対する火災保険料	r		利率（日歩）
d	隻	保有船舶台数	α_i	%	i種旅客車の平均乗車人数
k	便/日	1日あたりの便数	C_{24}	%	旅客1人の1日あたり平均時間価値
h	%	1便あたりの乗船船員数	C_{25}	%	i種旅客車の償却費

$$C_1 = A_p \cdot C_A \cdot L_n$$

$$C_2 = C_{p1} \cdot \bar{W} \cdot N \cdot \sum_{j=L_n+1}^{\infty} \pi_j (L_j - L_n - \alpha)$$

$$C_3 = \frac{1}{2} \{ d(C_3 + C_{21}) + C_{22} \} + \frac{1}{2} \cdot d \cdot h \cdot C_h + kL(C_{23} + C_4)$$

$$C_4 = \sum_{i=1}^B \frac{\beta_i}{M} N (C_{21} + C_{22} + r C_{23}) \cdot \bar{W}$$

$$C_5 = \sum_{i=1}^P \frac{\beta_i}{M} N (C_{24} + \alpha_i C_{25}) \cdot \bar{W}$$

3 フェリーターミナルにおける自動車の動態解析

自動車の到着がポアソン分布に従い、船舶の出航間隔が一定間隔のフェリーシステムを考えると、一定サービスのバルクサービスモデルが適用でき、平均待ち行列長 L_q (乗船中の車を含む)、平均待ち時間は次式で表わされる。

$$L_q = [1 - C(1 - \rho)^2] / 2(1 - \rho) + \sum_{i=1}^{C-1} (1 - \rho^i) / \lambda$$

$$\bar{w} = \{ (C - C + 1) / 2(1 - \rho) + \sum_{i=1}^{C-1} (1 - \rho^i) \} \cdot 1/\lambda$$

ここに、 C は船舶の積載容量 (8 トラック換算)、 ρ は船舶の利用率、 Z_i は $Z_i = e^{\rho C(1-\rho^i)} - 1 = 0$ なる方程式の $Z_i + 1$ なる根であり、 λ は平均到着台数である。

4 神戸ー淡路間航路における算定例

本例の場合、 $\lambda = 0.641$ 台/分 (8 トラック換算) である。出航時間間隔 T 、積載容量 C 、利用率 ρ 、平均待ち行列長さ L_q 、平均待ち時間 $\bar{w}$ をバルクサービスモデルを適用して求めた結果が表-2 に示されている。また、駐車場の建設費を 1 万円/㎡ とし、表-2 に示した11ケースそれぞれのフェリーターミナル最適規模を計算した結果を表-3 に示す。さらに、最適フェリーシステムを

表-2 待ち時間など

T (分)	C (台)	船舶数	$\rho = \lambda T / C$	L_q (台)	$\bar{w}$ (分)	w_c (分)
30	20	300 ^(a)	0.962	29.66	0.0217	17.20
	23	420	0.836	20.11	0.0114	19.22
	25	500	0.769	19.52	0.0107	19.22
	30	700	0.641	19.25	0.0104	19.23
45	35	900	0.549	19.23	0.0104	19.23
	30	700	0.962	38.80	0.0264	28.81
	35	900	0.824	29.36	0.0162	28.83
60	40	1100	0.721	28.90	0.0157	28.85
	40	1100	0.962	48.02	0.0312	38.31
	45	1300	0.845	38.64	0.0213	38.46
	50	1500	0.769	38.56	0.0209	38.46

表-3 フェリーターミナルの最適規模

決定するために、 C^0 と ρ との関係を図示したものが図-1 である。図-1 より、本例の場合、 ρ が $0.8 \sim 0.9$ の間でそれぞれの場合の最適フェリーシステムが存在していることが ρ が一定ならば、 C^0 は出港時間間隔 T が小さいほど低くなっていることがわかる。前者の原因は、 C_3 (船舶費用) は容量 (C) の増大に対して、ほぼ一定の増加を示すから、 C_4 および C_5 (待ち損失) は、 ρ の値が増大するにつれて、増加の割合が大きくなる傾向をもつという性質に

T (分)	C (台)	L_q (台)	C^0 (台)	C_1 (%)	C_2 (%)	C_3 (%)	C_4 (%)	C_5 (%)
30	20	60	1,163,323	5,664	160	681,286	327,971	148,242
	23	18	1,095,366	1,699	274	843,217	172,298	77,878
	25	15	1,204,368	1,416	170	967,968	161,718	73,096
	30	14	1,420,620	1,322	115	1,190,952	157,184	71,047
	35	14	1,644,014	1,322	115	1,414,346	157,184	71,047
45	30	51	1,306,329	4,814	107	772,053	399,006	180,349
	35	20	1,215,421	1,888	185	857,825	244,844	110,669
	40	17	1,303,343	1,605	151	957,046	237,288	107,253
60	40	40	1,578,149	3,776	173	905,508	471,532	213,140
	45	25	1,495,017	2,360	197	1,025,026	321,925	145,579
	50	21	1,688,333	1,882	154	1,237,540	315,880	142,777

もとずくものであり、後者の原因は、 ρ の値が一定であれば、 T の増大にしたがって C が大きくなり、このことは、 C_3 の増大を促し、一方で C_4 および C_5 が一定である状態を意味するからである。このように、本算定例のように、船舶の大規模化に伴う規模の経済の効かないような場合には、出港時間間隔を短くし、船舶の容量を小さくして、利用者へのサービスを向上させる輸送システムが国民経済的にみて最適フェリーシステムとなる。

