

上海港における新規コンテナ・ターミナル整備の影響

IMPACT OF CONSTRUCTION OF CONTAINER TERMINAL AT SHANGHAI
ON THE CONTAINER CARGO FLOW IN ASIAN PACIFIC REGION

黒田勝彦*, 邵 穎**

Katsuhiko KURODA*, Ying SHAO**

1.はじめに

中国では1985年から1995年までの10年間に年平均31%という率で国際貿易貨物が増加しており、1995年に、中国港湾の国際貿易貨物の取り扱い量は30986万トンに達した。特に、今年香港が中国に返還され、中国の国際貿易貨物の流動は大きく変化しようと予想でき、国際貿易コンテナ・ターミナルの整備が急務となっている。

上海港は中国にある最大コンテナ・ターミナルである。1995年に取り扱ったコンテナ貨物は156.2万トンに達して、世界19位の貨物取り扱い港湾になっている。また、上海は中国の重要な経済開発区域と計画されており、将来にはコンテナ貨物がますます増えると考えられる。上海港におけるコンテナ・ターミナルをはじめとする港湾整備は国家的な重要課程となって来ている。上海港の現状と計画案は表1に示している。現在の上海港は喫水が浅いた

め、第3、4世代大型船の寄港が不可能である。欧米との貨物輸送はアジアの他のコンテナ・ターミナル（例えば日本、釜山、香港、シンガポール）を中継しなければならぬ。上海港では、2000年の想定取り扱い貨物量3億トン（内コンテナ貨物800万トン）に対して、今建設中の外高橋五号溝と言う港区計画案は掘り込み港区と平行式港区で構成

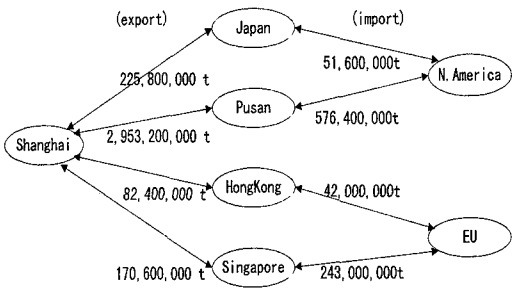


図1. 上海港のトランシップ貨物現状

され、年間取り扱い貨物量4300万トン、50000GT級コンテナ埠頭をはじめ、第3、4世代の大型船埠頭32バースで計画されている。また港区は4期に分けて段階施工され、2020年に完成する予定である。上海港に大型船が寄港可能になるとともに、中国国内のコンテナ貨物流動は変化する、同時に、中国継貨物量が5割以上を占めている香港、釜山、シンガポール及び日本の港湾の貨物量も大きく変化すると考えられる。本研究では、ゲーム理論のシュタッペルグ均衡を利用して、上海港の整備により東南アジアのコンテナ輸送市場均衡がどの様に変化するかを分析した。

2. モデルの構築

(1) 行動分析

表1.上海港の現状と計画

港	喫水 (米)	バース (個)	荷役能力 (トン/月)	取扱量 (トン/月)	対象船舶 (D.W.T)	港湾容量 (隻/月)
軍工港	-10	5	21,600	50,000	16,500	30
張華浜	-10	5	43,200	67,000	16,500	50
宝山	-9.4	3	21,600	50,000	15,000	20
外高橋1	-13	4	43,200	67,000	40,000	15
外高橋2	-13	10	108,000	100,000	40,000	65
外高橋3	-13	4	~	~	50,000	~
外高橋4	-14	6	~	~	50,000	~

キーワード 港湾計画

*フェロー会員 工博 神戸大学工学部建設学科
兵庫県神戸市灘区六甲台1-1
TEL&FAX:078-803-1016

**学生会員 工修 神戸大学大学院

戦略、港湾ユーザとしての船社の配船戦略、荷主の港湾選択戦略によって変動する。政府、船社、荷主を国際コンテナ輸送市場におけるゲームのプレイヤーと見なすことができる。三者の行動目的について、政府は国内荷主の港湾アクセス費用と国内コンテナバースの遊休損失の和を最小にする。船社は利益を最大にする。荷主は輸送コストを最小にする。ゲームにおいては、政府は、輸送需要を予測して、港湾利用者としての船社の配船戦略と荷主の貨物配分戦略が最適されることを情報として知って、整備戦略を決定する上位プレイヤーと見なす。船社は政府が示した港湾整備戦略に関する情報を知って、それが配船戦略決定上の制約となり、政府の下位プレイヤーになる。一方、荷主との間では、荷主の需要を予測して、荷主の行動に関する情報を持って、最大利潤をもたらす配船計画を提示する。この意味では、荷主に対して、船社は上位プレイヤーとなる。荷主は政府の港湾整備戦略と船社の配船戦略の枠内で、自分の最適貨物配分戦略を決定する。ゲームにおいて下位プレイヤーの立場にある。本研究では、政府の行動は既知であるとして、船社の配船頻度と港湾の選択を決めて、荷主の最適貨物配分を計算する。以上の定義をもとに次のように定式化できる。

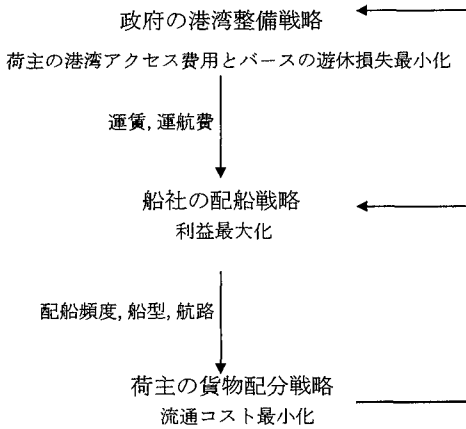


図 2. ゲームの均衡関係

(2) 定式化

船社の行動

$$SNR = RF - (CT + CP + CM + CB + CL) - (CF + CC + CS) \rightarrow MAX$$

(1)

sub. to

$$Y_{ij}^L, Y_{ij}^L \geq 0 \quad \forall i, l, j, L \quad (2)$$

$$z_i^L \leq Z_{i0}^L + Z_i^L \quad \forall i, L \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} \{ \lambda_{ij}^L \varphi_{ij}^L Y_{ij}^L + \sum_{j \in J} (\lambda_{ij}^L + \lambda_{ij}^L) \cdot \varphi_{ij}^L \cdot Y_{ij}^L \} \geq \sum_{k \in K} \sum_{L \in L} (C_{kk}^L + C_{kk}^L) \quad \forall \pi, L \quad (4)$$

ここで、

運賃収入 RF :

$$RF = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} f_{ij} \left[\sum_{k \in K} \sum_{L \in L} \{ X_{kijk}^L + \sum_{i' \in I} (X_{kijk}^{(1)} + X_{kijk}^{(2)}) \} \right] \quad (5)$$

L 型船のトン税 CT :

$$CT = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} G^L \cdot (\alpha_i + \alpha_j) Y_{ij}^L + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} G^L \cdot (\alpha_i + 2\alpha_j + \alpha_j) Y_{ij}^L \quad (6)$$

L 型船の入港費 CP :

$$CP = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} G^L (\beta_i + \beta_j) Y_{ij}^L + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} G^L (\beta_i + 2\beta_j + \beta_j) Y_{ij}^L \quad (7)$$

L 型船の水先料金 CM :

$$CM = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} G^L (pc_i^L + pc_j^L) Y_{ij}^L + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} G^L (pc_i^L + 2pc_j^L + pc_j^L) Y_{ij}^L \quad (8)$$

L 型船の岸壁使用料 CB :

$$CB = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} G^L \left\{ \tau_i^L (h_i^{L(i,j)} + \tau_i^L) + \tau_j^L (h_j^{L(i,j)} + h_i^{L(i,j)} + \tau_j^L) \right\} Y_{ij}^L \\ + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} G^L \left\{ \tau_i^L (h_i^{L(i,j)} + \tau_i^L) + \tau_j^L (h_i^{L(i,j)} + h_j^{L(i,j)} + \tau_j^L) + \tau_j^L (h_j^{L(i,j)} + \tau_j^L) \right\} Y_{ij}^L \quad (9)$$

L 型船の燃費 CF :

$$CF = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} \left\{ f_c^{L(1)} 2st_i^L + f_c^{L(2)} (h_i^{L(i,j)} + h_j^{L(i,j)} + \tau_i^L) \right\} Y_{ij}^L \\ + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} \left\{ f_c^{L(1)} (2st_i^L + 2st_j^L) + f_c^{L(2)} (h_i^{L(i,j)} + h_j^{L(i,j)} + h_i^{L(i,j)} + h_j^{L(i,j)} + \tau_i^L + 2\tau_j^L + \tau_j^L) \right\} Y_{ij}^L \quad (10)$$

船員費 :

$$CC = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} \alpha^L (\alpha_i^L Y_{ij}^L / 365) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} \alpha^L (\alpha_j^L Y_{ij}^L / 365) \quad (11)$$

L 型船の償却費 CS :

$$CS = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} \alpha^L (\alpha_i^L Y_{ij}^L / 365) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} \alpha^L (\alpha_j^L Y_{ij}^L / 365) \quad (12)$$

荷役料金 CL

z_i^L : i 港における L 型船用バースの需要数

$$z_i^L = \left\{ \sum_{j \in J} (h_i^{L(i,j)} + \tau_i^L) Y_{ij}^L + \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} (h_i^{L(i,j)} + \tau_i^L) Y_{ij}^L \right. \\ \left. + \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} (h_i^{L(i,j)} + \tau_i^L + h_i^{L(i,j)} + \tau_i^L) Y_{ij}^L + \sum_{j \in J} \sum_{L \in L} (h_i^{L(i,j)} + \tau_i^L) Y_{ij}^L \right\} / 365$$

z_i^L : i 港における L 型船用新規整備バース数

Z_{α}^L : i 港における L 型船用既存パース数

$X_{ijk'}^0$: k ゾーンから i,j 港経由、k' ゾーンまでの直航便
貨物量

$X_{ijk'}^1$: k ゾーンから i,l,j 港経由、k' ゾーンまでのコーリ
ング貨物量

$X_{ijk'}^2$: k ゾーンから i,l,j 港経由、k' ゾーンまでのフィー
ダー貨物量

$Y_{\alpha\beta}^L$: 年間に α, β 港間に配船された L 型船の総便数

$Y_{\alpha\gamma}^L$: 年間に β 港経由、 α, γ 港間に配船された L 型
船の総便数

$ht_{\alpha}^{L(\alpha,\beta)} = (\lambda_{\alpha\beta}^L + \lambda_{\beta\alpha}^L) \cdot cp^L / u_{\alpha}^L$: α 港における L 型船
の荷役時間

$\lambda_{\alpha\beta}^L$: α, β 港航路における L 型船のロード・ファクタ

cp^L : L 型船のキャパシティ

τ_{α}^L : α 港における L 型船の荷役時間以外の滞在時間

$f_{\alpha\beta}$: α, β 港間海上運賃率

GT^L : L 型船の総トン数

pt_{α} : α 港で出入港一回つきのトン税率

pf_{α} : α 港で出入港一回つきの港税率

pc_{α} : α 港で出入港一回つきの水先料金率

v_{α} : α 港での荷役料金率

fc^L : L 型船一日の燃料費

cc^L : L 型船の船員費

ct_{ij}^L : i,j 港間の L 型船のサイクルタイム

$$ct_{ij}^L = (ht_i^{L(i,j)} + \tau_i^L + ht_j^{L(i,j)} + \tau_j^L + 2st_{ij}^L) \quad (13)$$

ct_{ij}^L : l 港経由、i,j 港間の L 型船のサイクルタイム

$$\alpha_{ij}^L = \left\{ ht_i^{L(i,j)} + \tau_i^L + ht_j^{L(i,j)} + \tau_j^L + 2st_{ij}^L \right\} + \left\{ ht_i^{L(i,j)} + ht_j^{L(i,j)} + \tau_j^L + \tau_i^L + 2st_{ij}^L \right\}$$

cs^L : L 型船の償却費 (14)

荷主の行動

$$\text{Min} = TAC + RF + ITL \quad (15)$$

sub. to

$$X_{ijk'}, X_{ijk'}^{(1)}, X_{ijk'}^{(2)} \geq 0 \quad ; \forall k, i, l, j, k' \quad (16)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ijk'} + \sum_i \sum_j (X_{ijk'}^{(1)} + X_{ijk'}^{(2)}) = C_{ik'} \quad \forall k, k' \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \sum_k \sum_{k'} X_{ijk'} + \sum_k \sum_{k'} (X_{ijk'}^{(1)} + X_{ijk'}^{(2)} + X_{ijk'}^{(3)} + X_{ijk'}^{(4)}) \\ \leq \sum_k \sum_{k'} \lambda_{ij}^L \cdot Y_{ij}^L + \sum_k \sum_{k'} \lambda_{ij}^L \cdot Y_{ij}^L + \sum_k \sum_{k'} \lambda_{ij}^L \cdot Y_{ij}^L ; \forall i, j \end{aligned} \quad (18)$$

$$\sum_k \sum_{k'} X_{ijk'}^{(1)} \leq \sum_k \sum_{k'} \lambda_{ij}^L \cdot cp^L \cdot Y_{ij}^L \quad ; \forall i, l, j ; \lambda_{ij}^L = \text{Min}(\lambda_{ij}^L, \lambda_{ij}^L) \quad (19)$$

ここで、

荷主の国内陸運コスト：

$$TAC = \sum_k \sum_{k'} \sum_{i,j} \sum_{l} (p_{ki}^L + p_{kj}^L) \cdot \{X_{ijk'} + \sum_{l} (X_{ijk'}^{(1)} + X_{ijk'}^{(2)})\} \quad (20)$$

貨物の海上運賃：

$$RF = \sum_{i,j} \sum_{l} f_{ij} \left[\sum_k \sum_{k'} \{X_{ijk'} + \sum_{l} (X_{ijk'}^{(1)} + X_{ijk'}^{(2)})\} \right] \quad (21)$$

輸送間に発する金利コスト：

$$\begin{aligned} ITL = \sum_k \sum_{k'} \sum_{i,j} \sum_{l} pc_{ik'} \cdot X_{ijk'} \cdot (1+\eta)^{365 \cdot \left(2 \sum_{i,j} Y_{ij}^L + 2 \sum_{i,j} Y_{ij}^L + 2 \sum_{i,j} Y_{ij}^L \right) \cdot \sum_{i,j} \alpha_{ij}^L / TL} \\ + \sum_k \sum_{k'} \sum_{i,j} \sum_{l} pc_{ik'} \cdot X_{ijk'}^{(1)} \cdot (1+\eta)^{365 \cdot \left(2 \sum_{i,j} Y_{ij}^L \right) \cdot \sum_{i,j} \alpha_{ij}^L / TL + \sum_{i,j} \alpha_{ij}^L / TL} \\ + ILT \end{aligned} \quad (22)$$

$$ILT = \left\{ \sum_k \sum_{k'} \sum_{i,j} \sum_{l} pc_{ik'} \cdot X_{ijk'}^{(2)} \cdot (1+\eta)^{365 \cdot m + 365 \cdot (m-1) \cdot n \cdot \sum_{i,j} \alpha_{ij}^L / TL + \sum_{i,j} \alpha_{ij}^L / TL} \right. \\ \left. + \sum_k \sum_{k'} \sum_{i,j} \sum_{l} pc_{ik'} \cdot X_{ijk'}^{(2)} \cdot (1+\eta)^{365 \cdot m' + 365 \cdot (m'-1) \cdot n' \cdot \sum_{i,j} \alpha_{ij}^L / TL + \sum_{i,j} \alpha_{ij}^L / TL} \right\} \quad (23)$$

p_{ki}^L : k ゾーンから i 港までの陸運賃率

$pc_{ik'}$: k, k' ゾーンの単位輸出入貨物当たりの価格

η : 利率

3. ケーススタディ

対象航路は、アジア-北米、欧州とし、ゾーンについて国内ゾーンを日本の各都道府県、海外ゾーン

は韓国、華中、香港、シンガポール、北米、欧州とし、港湾について、国内は京浜、名古屋、阪神、関門の4港湾、海外港湾は釜山、上海、香港、シンガポール、ロッテルダム、ロサンゼルス、と設定した。

図1は、現状（ケース1）及び上海港整備後（ケース2）についての、各港湾におけるトランシップ貨物量を示している。上海港の費用が他の港湾より安いため、トランシップ貨物量が増加するとともに他の港湾のトランシップ貨物が減少する。図2はケース1とケース2の場合に取扱貨物量の変化を示している。図3はケース1(点線)とケース2(実線)の場合に上海港から欧米行きの貨物流動状況を示している。ケース1のトランシップ貨物はほとんど直航便貨物になっている。表2はケース1とケース2の場合に船社の配船頻度の変化を示している。上海港のトランシップ貨物量を減少することより、上海

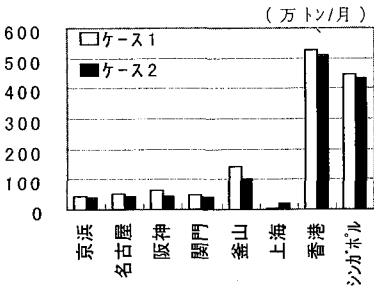


図3.トランシップ 貨物

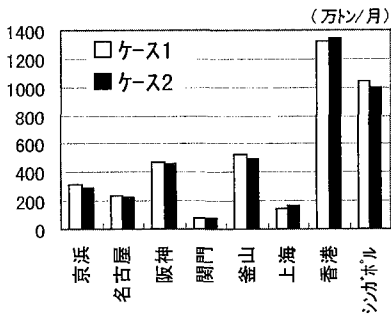


図4.取扱貨物量

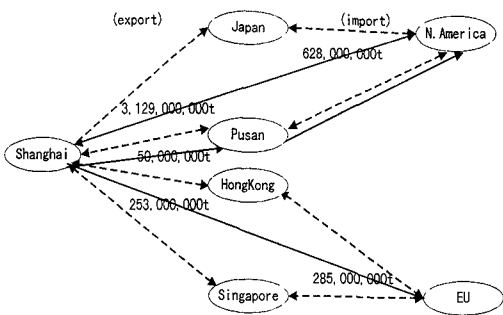


図5.上海から欧米行きの貨物流動

	釜山	上海	香港	シンガポール	ロッテルダム	ロス
京浜	22.12	12.30	20.74	21.19	----	25.02
	21.08	10.60	21.23	10.5		20.61
名古屋	9.60	15.90	12.50	39.41	----	8.90
	12.19	12.20	6.33	34.26		6.74
阪神	20.84	13.10	23.31	26.71	----	22.13
	24.84	3.30	18.00	23.29		19.85
関門	30.66	2.39	13.50	0.89	----	-----
	24.18	3.24	23.44	2.83		
釜山	----	20.02	63.21	40.13	----	53.99
		28.90	40.83	41.31		50.95
上海	----	----	14.42	9.20	0.00	0.00
			12.42	3.42	8.94	
香港	----	----	----	60.56	18.08	65.59
				64.50	16.11	60.23
シンガポール	----	----	----	----	29.68	-----
					27.12	

港と繋げる港湾の配船頻度はほとんど減少することが予想される。

4. おわりに

今回の研究では、船社と荷主の二者のシュタックルベルグ均衡を用いて、二者の市場均衡解を求めることにより、上海港における新規コンテナ・ターミナル整備の影響を分析した。今後の研究は政府、船社、荷主の三者の市場均衡を分析し、中国における妥当な外貿コンテナ・ターミナルの整備戦略を見いだすことを目的としている。

〔参考文献〕

- 黒田勝彦、楊賛：An Application of Stackdbeg Problem to International Container Movement, proc. of Computer Applications in Engineering, The 1st JSPS-NUS Seminar on Integrated Engineering, pp125-134(1996)