

第IV部門

国際物流における標準化の経済便益評価に関する一考察

京都大学大学院

学生会員 ○堀 慶太

京都大学大学院

正会員 松島 格也

京都大学大学院

フェロー会員 小林 潔司

1. はじめに

経済活動のますますの国際化に伴い、国際物流の重要性が増している。わが国においても、シームレスアジアの実現が必要であり、なかでも海陸一貫輸送におけるボトルネックの解消が問題となっている。現状では、コンテナの規格が様々であり、港湾でコンテナ船から降ろされたコンテナをトラックに積み込むコンテナターミナルがボトルネックとなっている。本研究では、このコンテナターミナルにおけるコンテナ取引をモデル化し、国際標準統一市場と異なる規格が混在する市場を比較する。そして、国際標準化の経済便益を、市場厚の経済性の概念を用いて説明する。また、本研究では市場厚の経済性に焦点を絞るため、国際標準統一市場での、異なる規格のコンテナとトラックのミスマッチングは考慮しないとする。

2. 基本モデル

(1) モデルの前提

本研究では、コンテナをトラックに積み込む市場をモデル化する。当該市場を利用する際意思決定主体は、コンテナ所有者と、トラック企業である。コンテナ所有者は、期待効用を考慮して、コンテナの平均到着率 λ を決定する。独占市場を仮定し、全てのトラックは1社のトラック企業に属しているとする。そしてトラック企業は、利潤が最大となるように、トラックの平均到着率 μ と、トラックで一度コンテナを輸送するときの輸送賃 p を決定する。国際標準統一市場では、コンテナターミナルを利用するコンテナとトラックは、国際標準規格に則ったものであるとする。すなわち、取引が行われる窓口は1つである。一方、異なる規格が混在する市場では、トラック、コンテナとも2種類の規格が存在し、同じ規格のコンテナとトラックの組み合わせのみが成立する。つまり窓口は2つである。そして、トラック企業は各規格ごとに異なる輸送賃を決定する。

(2) トラック企業の行動モデル

トラック企業は、トラックを制約なく所有しており、企業の利潤を最大にするように、トラックを市場に送り出す。いずれのタイプのトラックもトラック企業から送り出されれば、必ず待ち行列に並ぶと仮定する。企業の利潤 π の最大化行動は

$$\max_{\mu, p} \pi = p\lambda - \mu S(\lambda, \mu) - \mu c \quad (1)$$

と表せる。ここで、 $S(\lambda, \mu)$ はトラックの待ち時間で λ, μ の関数となる。待ち時間 $S(\lambda, \mu)$ の導出過程については、後に説明する。また、 c はトラック1台を動かすのにかかる取引費用の総計とする。

(3) コンテナ所有者の基本行動モデル

1単位のコンテナをトラックに積載して輸送することで得られる効用を v と表す。いま、1つのコンテナを当該市場において輸送した場合、時間のタームで表した、コンテナ所有者が得られる効用は

$$U = v - p - T(\lambda, \mu) \quad (2)$$

と表せる。 $T(\lambda, \mu)$ はコンテナの待ち時間で、導出過程は次節で説明する。

トラックを利用する可能性のあるコンテナの確率効用項 v が、区間 $[0, \bar{v}]$ 上で確率分布関数 $F(v)$ (確率密度関数 $f(v)$)に従って分布すると仮定する。ここに、 $\bar{v}$ はコンテナがトラックを利用することによって得られる効用の上限値である。この時、コンテナ所有者はトラックを利用する効用が正となる場合にのみ、この市場でトラックを利用することになる。したがって、この市場を利用するコンテナは、

$$T(\lambda, \mu) + p \leq v \quad (3)$$

を満たすものである。潜在的コンテナの総数を $\bar{H}$ とすれば、トラックを利用するコンテナ数 h は

$$h = \bar{H}\{1 - F(T(\lambda, \mu) + p)\} \quad (4)$$

で表せる。個々のコンテナの市場への到着間隔が互いに独立な同一のポワソン到着(平均 $1/\nu$)に従うと仮定すれば、 h 個のコンテナによる平均到着率は $\lambda = h\nu$ と表せる。したがって、長期均衡におけるコンテナの到着率は

$$\lambda^* = \sigma\{1 - F(T(\lambda^*, \mu) + p)\} \quad (5)$$

を満足するような λ^* に決定される。ここで、 $\sigma = \nu\bar{H}$ である。

(4) 2重待ち行列モデルと市場厚の経済性

コンテナターミナルにおける市場では、単一の窓口だけが整備されており、トラックとコンテナの双方が単一の待ち行列を形成するので、2重待ち行列を用いて表現する。 $m > 0$ の場合は m 台のトラックが待ち行列を形成している状況を、 $m < 0$ は m 個のコンテナが待ち行列を形成している状況を表す。そして、トラックの待ち行列長上限値 M は外性的に与えられるものとし、 $\mu \geq \lambda$ とする。トラックとコンテナの平均到着率が μ, λ の時、

トラックとコンテナの平均待ち行列長は、それぞれ

$$E(m > 0 : \lambda, \mu) = M - \frac{\rho}{1-\rho}(1-\rho^M) \quad (6)$$

$$E(m < 0 : \lambda, \mu) = \frac{\rho^{M+1}}{1-\rho} \quad (7)$$

と表せる．ここで， $\rho = \lambda/\mu$ である．トラックの平均待ち時間 $S(\lambda, \mu)$ ，コンテナの平均待ち時間 $T(\lambda, \mu)$ は

$$S(\lambda, \mu) = E(m > 0 : \lambda, \mu)/\mu \quad (8)$$

$$T(\lambda, \mu) = E(m < 0 : \lambda, \mu)/\lambda \quad (9)$$

となる．トラックが市場に到着した際、待ち行列長が M に達している確率は $p(M) = 1 - \rho$ と表される．

式(8)，(9)より，任意の $\mu > \lambda \geq 0$ ， $\theta > 0$ に関して

$$T(\theta\lambda, \theta\mu) < \frac{1}{\theta}T(\lambda, \mu) \quad (10)$$

$$S(\theta\lambda, \theta\mu) < \frac{1}{\theta}S(\lambda, \mu) \quad (11)$$

が成立する．すなわち，コンテナとトラックの平均到着率が共に θ 倍になれば，系全体におけるコンテナとトラックの平均待ち時間は $\frac{1}{\theta}$ 倍となり減少する．つまり，コンテナターミナルにおいては，市場に参入するコンテナとトラックの数が多くなればなるほど，市場が効率化していくという市場厚の経済性ははたらく．

3. 2つの市場の比較

(1) 国際標準統一市場

トラック企業の利潤最大化行動は

$$\max_{\mu, p} \pi = p\lambda - \mu S(\lambda, \mu) - \mu c \quad (12)$$

と表せる．ここで， c はトラック1台を動かすのにかかる取引費用の総計とする．コンテナとトラックが単一の窓口で待ち行列を形成するため，待ち行列は， λ と μ の関数となる．そして，コンテナの均衡状態は

$$\lambda^* = \sigma\{1 - F(T(\lambda^*, \mu) + p)\} \quad (13)$$

を満足するような λ^* に決定される．

(2) 異なる規格が混在する市場

企業の利潤の最大化行動は

$$\max_{\mu_1, \mu_2, p_1, p_2} \pi = p_1\lambda_1 + p_2\lambda_2 - \mu_1 S(\lambda_1, \mu_1) - \mu_2 S(\lambda_2, \mu_2) - (\mu_1 + \mu_2)c \quad (14)$$

と表せる．ここでタイプ k ($k = 1, 2$)のトラックが設定する運賃を p_k ，タイプ k ($k = 1, 2$)のトラックの到着率を μ_k ，タイプ i ($i = 1, 2$)のコンテナの到着率を λ_i と表している． $\mu = \mu_1 + \mu_2$ ， $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$ である．そして，各タイプのコンテナの均衡状態は

$$\lambda_1^* = \sigma_1\{1 - F_1(T(\lambda_1^*, \mu_1) + p_1)\} \quad (15)$$

$$\lambda_2^* = \sigma_2\{1 - F_2(T(\lambda_2^*, \mu_2) + p_2)\} \quad (16)$$

を満足する λ_1^* ， λ_2^* により表せる．また， $\lambda_1 = \lambda$ かつ $\lambda_2 = 0$ ，もしくは $\lambda_1 = 0$ かつ $\lambda_2 = \lambda$ となる端点解も均衡解となる可能性もある．

このような分離市場では，コンテナの所有者は，期待効用の大きい方の市場を選択する．そのため，片方

の市場の期待効用が大きいと，そちらの市場のみが利用され，2つの市場が成立しないので長期的に

$$v_1 - p_1 - T_1(\lambda_1, \mu_1) = v_2 - p_2 - T_2(\lambda_2, \mu_2) \quad (17)$$

となることが必要となる．

(3) 数値計算事例

国際標準統一市場において，基本ケースとして， $\bar{v} = 5.0$ ， $\sigma = 5.0$ ， $c = 0.50$ ， $M = 1$ と仮定する．異なる規格が混在する市場では，潜在的コンテナ総数は，国際標準統一市場と同じであるので， $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$ となることに留意して， $\bar{v}_1 = \bar{v}_2 = 5.0$ ， $\sigma_1 = \sigma_2 = 2.5$ ， $c = 0.50$ ， $M = 1$ と仮定する．2つの市場での均衡状態を表-1に示す．2つの市場を比較すると，トラック企業の利潤だけでは

表-1：2つの市場の均衡状態

	p	μ	λ	利潤	総効用	社会厚生
国際標準統一市場	2.59	3.65	2.06	3.07	2.12	5.19
規格が混在する市場	2.50	4.00	2.00	2.00	2.00	4.00

なく，コンテナ所有者の総効用と社会厚生も，国際標準統一市場の方が大きくなることが分かる．

また潜在的コンテナ利用者の総数 $\bar{H}$ が変化するとき，つまり σ を変化させたときのトラック企業の利潤とコンテナ所有者の総効用，社会厚生のそれぞれについて，国際標準統一市場と異なる規格が混在する市場の差分の様子を図-1に示す．図より σ の増加，つまり潜在的に

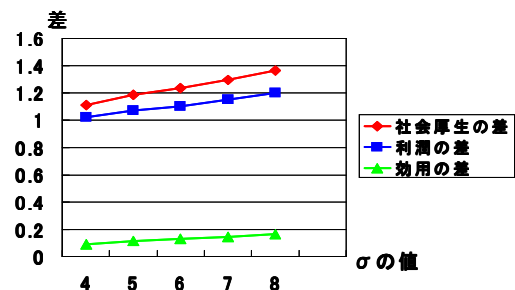


図-1： σ を変化させたときの差分の様子

トラックを利用するコンテナの総数の増大に伴って，国際標準統一市場を選択する方が，トラック企業だけではなく，コンテナ所有者側にとっても優位であることが分かる．

4. おわりに

国際標準化には，利用者が増加するとその利用の価値が増すという，市場厚の経済性が存在する．本研究では国際物流の標準化の市場厚の経済性を，2重待ち行列を用いることで表現した．そして，国際標準化が，トラック企業，コンテナ所有者双方にとって便益があり，潜在的利用者が多いほど，より国際標準化が優位になることが示せた．