

コンテナ船の貨物輸送量とハブ港湾決定の関連性の理論的分析

中原優太¹・小林潔司²・瀬木俊輔³

¹学生会員 京都大学工学研究科 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: nakahara.yuta.28s@st.kyoto-u.ac.jp

²フェロー会員 京都大学経営管理大学院 (〒 606-8501 京都市左京区吉田本町)

E-mail: kobayashi.kiyoshi.6n@kyoto-u.ac.jp

³正会員 京都大学工学研究科 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: segi.shunsuke.6e@kyoto-u.ac.jp

国際貿易がますます盛んになり港湾の重要性が増していく中で、日本の港湾は東アジアのハブ港湾としての地位を韓国や中国といった他国に奪われてしまっている現状がある。ハブ港湾は海運企業の航路計画によって決定されるが、その要素としては港湾における取扱貨物量と港湾設備規模が大きく関わっていると考えられる。本研究ではこの二点を考慮に入れた海運企業の輸送計画決定プロセスを理論モデル化し、コンテナ貨物輸送量がハブ港湾の決定に及ぼす影響を分析した。分析により、他のアジア諸国にハブ港湾の地位を奪われている日本においては、経済成長国からの貨物需要を取り込むことや、国内のコンテナ貨物を特定の港湾に集約することが、東アジアにおけるハブ港湾として成長するために必要であるという政策的知見が得られた。

Key Words: hub harbor, container freight, logistics

1. はじめに

近年のグローバル化や発展途上国の産業化に伴い、国際貿易の重要性がますます高まっている。その物流輸送の大部分を担うのは海上輸送である。日本船主協会が公表しているデータ¹によれば、日本においては、2015年時点で貿易量のうち重量ベースで99.6パーセントが船舶で取引されている。最近では、海運企業間の価格競争が激しくなり、規模の経済を迫及したコンテナ船の大型化によるコスト削減が進んでいる。その結果として、大型コンテナ船が寄港するハブ港湾とそれ以外の地方港湾の二極化が進行している。こうした港湾の二極化の流れの中で日本の港湾は出遅れてしまい、アジアにおける相対的な地位が低下しているという現状がある。国土交通省のデータ²によると、1980年において日本の神戸港は世界第4位のコンテナ取扱量を誇る世界有数の港湾であった。しかしながら、2015年度においては、コンテナの取扱総量自体は伸びているものの、最高でも東京港の29位となっている。1位の上海、2位のシンガポール、5位の香港、6位の釜山と、中国や韓国といった他のアジアの港湾が上位を占めている。このような状況の中で、大手の海運企業の欧州-アジア間の欧州航路や北米-アジア間の北米航路のような基幹航路において、多くの大型コンテナ船が日本を素通りしてしまっている。そのため日本の貨物の多くは一度、釜山といったハブ港湾に

運ばれ、大型コンテナ船に積みこまれ北米や欧州へと輸出されている。基幹航路に就航する大型コンテナ船が日本の主要港に寄港しなくなると、国際貨物の輸送時間の長期化や輸送費用の増加を招くことになり、日本産業の国際競争力を削いでしまうことに繋がりがかねない。このような観点から、海運企業のハブ港湾選定の決定プロセスについて分析し、有効な施策を講じることは、日本の国際海運戦略を考える上で意義深いものであると言える。そこで本研究では国をまたがって貨物を輸送する海運企業の輸送計画決定プロセスを理論モデル化し、モデルの分析を通して日本の海運戦略に有効な政策を提案する。

2. 本研究の基本的な考え方

海運企業の大規模コンテナ船による基幹航路の寄港港湾の決定、すなわちハブ港湾の決定に際しては、主に次の2つの要素が関係する。1つ目は港湾における取引貨物量である。ある港湾における取扱貨物量が多ければ、ハブ港湾を通してその港湾と貨物のやり取りを行うより、直接大型コンテナ船で乗り付けるほうが費用を抑えることができる。2つ目は港湾の設備の充実度である。大型コンテナ船は海底掘削のされた、ある程度規模の大きな港湾でないと入港する事ができない。また、大量のコンテナをさばくためにはクレーンといった設備が充

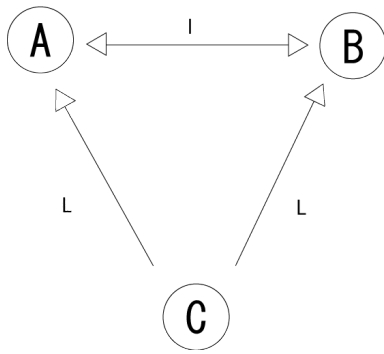


図-1 仮定する貨物輸送航路

分量必要となる。そのような設備が充実している港湾では大型コンテナ船が就航する際の障壁が少ない。本研究では、以上の点に着目し、二国にそれぞれ一定量のコンテナ貨物を輸送する海運会社の費用最小化問題を考え、海運会社の航路選択・港湾設備投資決定のプロセスを単純なモデルで表現する。その上で、各国への貨物輸送量の変化が海運会社の航路選択にどのように影響を及ぼすのか、さらには、各国の港湾設備がどのように整備されるのかを分析する。

3. モデル

(1) モデルにおける仮定

本研究では図-1に示すようにC国からA国・B国へそれぞれ一定量の貨物を輸送する海運会社を仮定する。C国からA国への貨物輸送量は q_a 、C国からB国への貨物輸送量は q_b である。C国からA国・B国への距離はLで等しく、A国・B国間の距離はlである。海運会社は大型コンテナ船と小型コンテナ船の二種類の船舶を所持している。大型コンテナ船は貨物量に対して規模の経済が働くが、大型コンテナ船を入港させるためには港湾の設備の整備が必要となる。本研究では海運企業の輸送に生じる費用、港湾の設備投資に生じる費用に着目して定式化を行う。海運企業はこれらの費用和が最小となるような輸送経路・港湾設備選択をおこなう。

(2) 海運企業の輸送費用

海運企業は貨物輸送において大型コンテナ船・小型コンテナ船の2種類の船舶を選択することができる。大型コンテナ船においては貨物量に限度は無く、その輸送費用は航行距離のみに依存する。一方、小型コンテナ船においては貨物1単位につき船舶が1隻必要となると考え、その輸送費用は輸送貨物量と輸送距離に依存する。C国からA・B国へは距離が長いので、必ず大型コンテナ船が選択される。

以上の仮定より、輸送貨物量を q 、大型コンテナ船一隻の単位距離運送費用を F 、小型コンテナ船一隻の単位距

離運送費用を f とすると、輸送距離 r における大型コンテナ船、小型コンテナ船それぞれの輸送費用 C_1, C_2 は次式で表される。ここで $F > f$ である。

$$\text{大型コンテナ船} : C_1 = r \cdot F \quad (1)$$

$$\text{小型コンテナ船} : C_2 = r \cdot f \cdot q \quad (2)$$

ある一定の貨物量 q^* を超える貨物量を扱うとき、大型コンテナ船を用いたほうが輸送費用を抑える事ができる。これは大型コンテナ船の規模の経済を表現している。このときの q^* は式(1)と式(2)が等しくなる時に与えられるので、次式(3)で表される。

$$q^* = \frac{F}{f} \quad (3)$$

(3) 港湾における費用

大型コンテナ船を入港させるためには港湾を広くする、水深を深くするといった設備投資が必要になる。このような設備を本研究では大型コンテナ船設備と呼ぶ。この設備投資費用を港湾利用1回あたりに換算したものを K とする。海運企業は港湾に対する設備投資の有無の決定を行う。設備投資を行う場合、その港湾において大型コンテナ船の利用が可能になる。

また貨物の積み替えを行うためのクレーンなどの設備の整備も必要となる。このような設備を本研究では貨物取扱設備と呼ぶ。設備投資費用はその港湾で取り扱う貨物量に比例し、各輸送ごとに換算して負担すると考える。港湾で扱う事ができる最大の貨物量を q_{max} とすると貨物取扱設備費用を港湾利用1回あたりに換算したものは $k \cdot q_{max}$ で表される。これらの設備投資費用は投資後においてサックコストとなると考える。

さらに港湾における従業員給与や貨物積み下ろしにかかる費用といった貨物量に対する可変費用も発生する。港湾で取り扱う貨物量を q としたとき、この費用は $w \cdot q$ で表す。

(4) 海運企業の設備投資決定と航路選択

海運企業が取り得る航路選択パターンとしては①全航路において大型コンテナ船を用いる。②A国まで大型コンテナ船で運送し、B国への貨物を小型コンテナ船に積み替えて運送する。③B国まで大型コンテナ船で運送し、A国への貨物を小型コンテナ船に積み替えて運送する。の3パターンが考えられる。A国、B国の港湾の整備に差が存在せず、大型コンテナ船設備、貨物取扱設備の整備が行われていない状況における、輸送1回あたりの費用をそれぞれ定式化したものが以下の3式となる。

$$\textcircled{1}: T_{AB} = (L+l)F + 2K + kq_A + kq_B + wq_A + wq_B \quad (4)$$

$$\textcircled{2}: T_{Ab} = LF + lfq_B + K + k(q_A + q_B) + kq_B + w(q_A + q_B) + wq_B \quad (5)$$

$$\textcircled{3}: T_{aB} = LF + lfq_A + K + k(q_A + q_B) + kq_A + w(q_A + q_B) + wq_A \quad (6)$$

海運企業は以上の(4),(5),(6)式から最も費用が小さくなるような選択をおこなう。以下では各パターンが選択されるとき条件式について整理する。

$$K + lF < (lf + k + w)q_B \quad \text{かつ}$$

$$K + lF < (lf + k + w)q_A \quad \text{のとき}$$

(4) 式の費用が最も小さくなるため、①の全航路において大型コンテナ船が用いられるという選択肢がとられる。

$$K + lF > (lf + k + w)q_B \quad \text{かつ}$$

$$q_B < q_A \quad \text{のとき}$$

(5) 式の費用が最も小さくなるため、②の、A国まで大型コンテナ船で運送し、B国への貨物を小型コンテナ船に積み替えて運送するという選択肢がとられる。このときAの港湾はハブ港湾として機能していると捉える事ができる。

$$K + lF > (lf + k + w)q_B \quad \text{かつ}$$

$$q_A < q_B \quad \text{のとき}$$

(6) 式の費用が最も小さくなるため、③の、A国まで大型コンテナ船で運送し、B国への貨物を小型コンテナ船に積み替えて運送するという選択肢がとられる。このときBの港湾はハブ港湾として機能していると考えることができる。

4. モデルにおける分析

(1) ハブ港湾の成立過程

以上の前提のもと、モデルにおける分析を行う。まずA国、B国の港湾の整備に差が存在せず大型船受け入れ設備の整備、貨物取扱設備の整備が行われていない状況を考える。ここで、全航路で大型コンテナ船を用いる事ができない場合、すなわち①の状況が起こらない時の貨物量が選択に与える影響を考察する。このとき各変数が従う条件式は以下ようになる。

$$K + lF > (lf + k + w)q_B \quad \text{かつ} \quad (7)$$

$$K + lF > (lf + k + w)q_A$$

このときの海運企業の選択を考える。(5)式と(6)式の費用差をとると以下の(8)式のようになる。

$$T_{Ab} - T_{aB} = (q_B - q_A)(lf + k + w) \quad (8)$$

$q_B > q_A$ のとき式(8)は正になるので③の場合が費用が最小となる。このときBの港がハブ港湾として機能する。一方、 $q_B < q_A$ のときはAの港がハブ港湾として機能する。このようにA港、B港どちらか片方のみがハブ港湾に選ばれるという状況においては単純に各港への貨物輸送量の大きい方がハブ港湾に決定されることが分かる。

(2) 貨物輸送量増加がハブ港湾決定に与える影響

次に過去において貨物輸送量 q_B より貨物輸送量 q_A の方が大きかったためにA国のみがハブ港湾に選定されてしまっている状況を考える。この状況においてA国への貨物量 q_A が一定でB国への貨物量が Δq_B だけ増加した時の企業の航路選択・設備投資選択の問題を検討する。A国では大型コンテナ船設備が、A・B両国の港湾ではそれぞれ $q_A + q_B$, q_B の貨物を扱う事ができる貨物取扱設備が整備されており、その整備費用はサンクされている。このときの各航路選択・設備選択パターンにおける費用は以下のように定式化される。現在の海運企業の選択は②であり、その費用は式(10)で表されている。

$$\textcircled{1}: T'_{AB} = (L+l)F + K + k\Delta q_B + wq_A + w(q_B + \Delta q_B) \quad (9)$$

$$\textcircled{2}: T'_{Ab} = LF + lf(q_B + \Delta q_B) + 2k\Delta q_B + w(q_A + q_B + \Delta q_B) + w(q_B + \Delta q_B) \quad (10)$$

$$\textcircled{3}: T'_{aB} = LF + lfq_A + K + k(q_A + \Delta q_B) + w(q_A + q_B + \Delta q_B) + wq_A \quad (11)$$

このときの最適な航路選択・設備選択を考える。まず、②より①の方が費用が小さくなる時のB国への貨物輸送増加量 Δq_B について考える。このとき、次式が成立する。

$$T'_{Ab} - T'_{AB} = lfq_B + wq_B - lF - K + (w + k + lf)\Delta q_B > 0 \quad (12)$$

式変形と条件式 (7) より,

$$\begin{aligned} \Delta q_B &> \frac{lF + K}{lf + k + w} - \frac{lf + w}{lf + k + w} q_B \\ &> q_A - q_B + \frac{k}{lf + w + k} q_B \end{aligned} \quad (13)$$

港湾の整備が全く行われていない状態においては、少しでも貨物輸送量が多い港湾がハブ港湾となった。しかし、今回の場合 A 港に整備したコンテナ取扱設備費用 kq_B がサンクコストとして作用するため、単純な貨物量の差である $q_A - q_B$ より $\frac{k}{lf + w + k} q_B$ だけ多く、B 国への貨物輸送需要が発生しない限り B 国に大型コンテナ船が就航しないことが分かる。

同様に、②より③の方が費用が小さく場合を考える。このとき次式が成立する。

$$\begin{aligned} T'_{Ab} - T'_{aB} &= lf(q_B - q_A) + w(q_B - q_A) \\ &\quad - K - kq_A + (w + k + lf)\Delta q_B > 0 \end{aligned} \quad (14)$$

式変形より,

$$\begin{aligned} \Delta q_B &> \frac{K}{lf + k + w} + q_A - \frac{lf + w}{lf + k + w} q_B \\ &= q_A - q_B + \frac{K + kq_B}{lf + k + w} \end{aligned} \quad (15)$$

この場合においては、貨物取扱設備の整備費用 kq_B に加えて、A 国における大型コンテナ船の受け入れ設備の整備費用 K がサンクコストとなり、単純な貨物量の差である $q_A - q_B$ より $\frac{K + kq_B}{lf + k + w}$ だけ多く、B 国への貨物輸送需要が発生しない限り B 国に大型コンテナ船が就航しないことが分かる。

また、 q_B が増加した時①、③どちらの選択がなされるか整理する。式 (9) と式 (11) の差は以下の式で表すことができる。

$$T'_{AB} - T'_{ab} = lF - lfq_A - kq_A - wq_A \quad (16)$$

よって、 $q_A > \frac{lF}{lf + k + w}$ のとき、①の選択がなされ、 $q_A < \frac{lF}{lf + k + w}$ のとき③の選択がなされる。貨物量が増加した時どちらの選択がなされるかは A 国への貨物量によって決まることが分かる。

(3) 政策的知見

モデルの分析において仮定した状況は現在の釜山港 (A 国の港湾) と日本の港湾 (B 国の港湾) に当てはめて考えることができる。釜山港は日本をはじめとした東アジア各国のハブ港湾として機能しており、大型コンテナ船の欧州・欧米基幹航路に設定されている。一方、日本の港湾は設備面で大型コンテナ船の受け入れ体制が整っておらず、コンテナ輸送需要も低い。そのため、日本発着のコンテナ貨物であっても、釜山港で積み替えられて諸外国へ又は諸外国から輸送される、港湾のフィーダー化が顕著である。本研究では日本の港湾と釜山港に設備

において大きな違いがなかったとき、日本への貨物量によっては日本がハブ港湾として機能していた可能性が示唆された。また、一度釜山港がハブ港湾として整備されると、港湾設備のサンクコストの影響で日本における貨物量が多少増えたとしても日本がハブ港湾として整備されないことが示された。そのため日本がハブ港湾として機能するためには大きな貨物需要を確保する必要があるという知見が得られた。

以上のようなモデルの考察を踏まえると、ASEAN 諸国といった現在急成長を続けている国々との貿易コンテナ量を増やすことによって、間接的に日本の港湾が基幹航路やハブ港湾に設定される可能性がある。また、日本国内の港湾のコンテナ需要を国内フィーダー航路によって、京浜港や阪神港といった日本の国際コンテナ戦略港湾に集荷することで、1つの港湾の取扱貨物量を高める施策も有効であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、貨物輸送費用と港湾の設備投資費用に着目し、海運会社のコンテナ船の航路選択・港湾設備決定モデルを理論的に定式化した。またモデルの分析により、日本の港湾戦略において、貨物の輸送絶対量を増やすこと、国内において1つの港湾に貨物を集約させることが、日本の港湾の地位を高める上で有効であることが明らかになった。今後の課題としては、貨物需要が運賃に対して弾力的である環境を新たに仮定し分析することで、両国の荷主の費用負担とコンテナ船ネットワークの関係を明らかにすることが挙げられる。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本船主協会: SHIPPING NOW 2016-2017 データ編。
- 2) 国土交通省 統計情報 世界の港湾別コンテナ取扱個数ランキング (1980年, 2015年 (速報値))

(?? 受付)

Theoretical analysis of the relationship between cargo transport volume of container
ships and hub port determination

Yuta NAKAHARA, Kiyoshi KOBAYASHI and Shunsuke SEGI