

需要の不確実性を考慮した船社の地方港への寄港行動*

Port-Calling Behavior Analysis of Shipping Company under the Uncertainty of Demand*

稲村 肇**・佐藤聡一郎***

By Hajime INAMURA**・Soichiro SATO***

1. はじめに

日本の地方港は韓国航路に多く利用されており、オペレーションもほとんど韓国の船会社となっている。

(図-1参照) 従って、地方港湾の発展を考える際は使用する主体である韓国船社がいかなる理由によって寄港地や航路を決めているか、その行動原理を知る必要がある。そして将来船社がどのような行動をとるのかを予測することによって港湾整備事業における過剰もしくは過小な投資を未然に防ぐ一の方策になると考えられる。

船社の行動を分析するためにこれまでに様々な研究がなされてきた。家田ら¹⁾はアジア圏の重要港湾群発着のコンテナ貨物を対象とし、利用者均衡配分など3種類の配分仮説の下、ネットワーク配分を行い、各港湾の取扱貨物量及び船型毎のリンクフローを算出している。黒田ら²⁾は港湾整備の状況と与件に船社を上位プレイヤー、荷主を下位プレイヤーとし各港湾への貨物配分を定式化し、シュタックベルグゲーム理論に基づき均衡解を求め、フィーダー港湾の整備効果の検討を行った。

また稲村ら³⁾は日本発着の輸出入コンテナ貨物を対象に、各港湾におけるコンテナ本船と内航船間の輸送経路選択モデルをロジットモデルによって構築した。

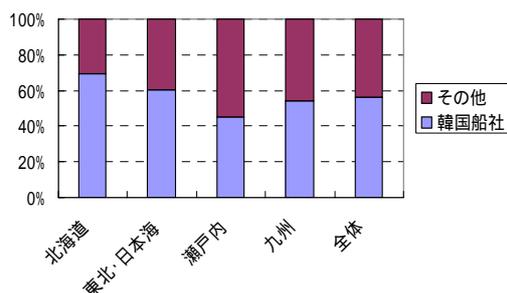


図-1 地方港湾のコンテナ航路に韓国船社が占める割合

*キーワード：統計的決定理論、行動分析、需要不確実性

**JFPA-会員 工博 東北大学教授 情報科学研究科
(〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉06)

***正会員 工修 川崎汽船 (〒105-8421 東京都港区西新橋1丁目2番9号(日比谷セントラルビル))

韓国船社の行動を分析したものに伊藤ら⁴⁾がある。こ

の研究では韓国船社の行動を船舶に注目して現状把握し、コンテナ輸送サービスつまり船社の行動に変化を及ぼす要因を分析している。結論として船社行動には貨物量や港湾特性という外的要因と船社間競争や効率化の追求といった内的要因が働いているとしている。またこの研究では、韓国船社は、一定航路に落ち着くまでに様々な航路を試し需要動向を把握している、すなわち地方港湾では需要予測に角に依存しない行動を韓国船社がしているとしている。

本研究は基本的に伊藤の研究の立場に立ち、需要の不確実性を考慮した上で、船社の地方港への寄港行動をモデル化し分析することを目的とする。そして、実際の港湾にモデルを適用し、実際の船社の行動実績と比較する事によって、そのモデルの妥当性を検証し、船社の行動原理を確認する。

2. 行動決定モデルの構築

本研究では韓国船社が中短期的な需要のトレンドと試験配船による需要変化をもとに行動を決定していると仮定して、統計的決定理論の適用を考えた。

(1) 基本前提

まずある時点において、船社が選択可能な行動としては次の二つを考える。

・現状の行動を継続する ・現状の行動を変化させる
例えばある対象港湾についての現状の行動が週1回の配船とすれば、船社として取り得る行動は週1回の配船の継続か、または週2回(0回)の配船への変化のどちらかとなる。対象港湾での貨物需要は船社の行動によって強く影響はされる、条件付き確率として自然の状態に対応させる。船社の情報収集活動(実験)は短期間の試験配船と定義する。従って、行動を継続する場合には実験は行わないことになる。

(2) 利潤

船社の行動を決定する価値基準としては期待利潤を採用する。これはある行動を選択した際の利潤と自然の状態の確率を乗じることによって算出される。利潤は以下の式によって求めることができる。

$$\pi(a, \theta) = r_a \times \theta - C_a^{fix} - C_a^{var} \times \theta \quad (1)$$

ここで $\pi(a, \theta)$ は利潤、 r_a は運賃、 θ は自然の状態、

C_a^{fix} はコストの固定費部分、 C_a^{var} はコストの変動費部分、添え字の a は選択した行動であることを示している。つまり利潤は選択した行動と自然の状態によって左右される。次に自然の状態が船のキャパシティより多い場合の利潤は以下の式によって求めることができる。

$$\pi(a, \theta) = r_a \times X_a - (\theta - X_a) \times r_a - C_a^{fix} - C_a^{var} \times X_a \quad (2)$$

ここで X_a は船のキャパシティであり、右辺の第一項は運賃収入、第二項は機会損失、第三項・第四項はコストとなっている。機会損失は貨物需要、つまり自然の状態が船のキャパシティより大きい場合のみに発生し、その差分に運賃を乗じたものと仮定した。

コストについては臼井ら⁵⁾の分類にならって整理した。コンテナ定期船の輸送コスト項目には大きく分けて燃料費、港費、船費、貨物費がある。本研究ではこれらのコストをそれぞれ固定費（コンテナ扱い量に関係しない費用）、変動費（コンテナ扱い量に比例する費用）とする分類を採用した。つまり貨物需要である自然の状態によって変化する。

(3) 実験

実験に対して費用を考える。通常の情報収集活動は利潤に比べて小さいため考慮しない。試験配船は実際に短期間（本研究では6ヶ月）配船してみてその結果から中期（本研究では2年間）の貨物需要を予測する。つまり行動変化を実際に起こして、それによって貨物需要がどのようになるかを観察するのである。試験配船により次期に精度の高い予測を立てることが出来る。この場合の費用は試験配船が失敗に終わる（もとの行動に戻す）リスクで表すことが出来る。

(4) 自然の状態の確率

自然の状態の確率は期待利潤の算出に使用する。自然の状態の確率を求める基本的な流れを以下に示す。

1) 行動決定期までの過去の貨物量データから将来の貨物需要を予測する。まず月毎の貨物量データから移動平均を取り、季節変動値を求める。貨物量データから季節変動を除去した値を回帰分析し、将来の予測期待値と分散を求める。

2) 予測値と分散から正規分布を仮定して確率密度分布を求める。

3) その確率分布を代表的な値に離散化して確率とする。その際、然の状態の分類として、 $X - 2\sigma \sim X - \sigma$ といった予測値と分散からなる5つの範囲を設定し正規分布により確率を与える。

4) 次にその5つの範囲について具体的な数値に離散化する。例えば $X - 2\sigma \sim X - \sigma$ の範囲であればその範囲の確率の半分の累積確率を与える $X - 1.336\sigma$ を代表値とする。ここで $X - 2\sigma \sim X + 2\sigma$ の範囲の確率は0.972であるが、近似的に1に調整する。以下表-2に自然の状態の確率を予測値と分散を用いて表す。

表-2 自然の状態の確率

自然の状態	X-1.336	X-0.73	X	X+0.73	X+1.336
確率	0.14	0.15	0.42	0.15	0.14

現状の行動を継続する場合と変化させる場合では異なる需要予測プロセスを経る。すなわち、現状の行動を継続する場合は回帰分析による単純な外挿による貨物量の予測をおこなう。

行動を変化させる場合の予測は、行動を継続させる場合よりも不確実性が高いのは当然である。本研究では、以下の手続きによって行動を変化させる際の貨物需要を求めることとする。例えば図-2のような貨物需要の変化のデータと実際の行動変化の例で考えてみよう。

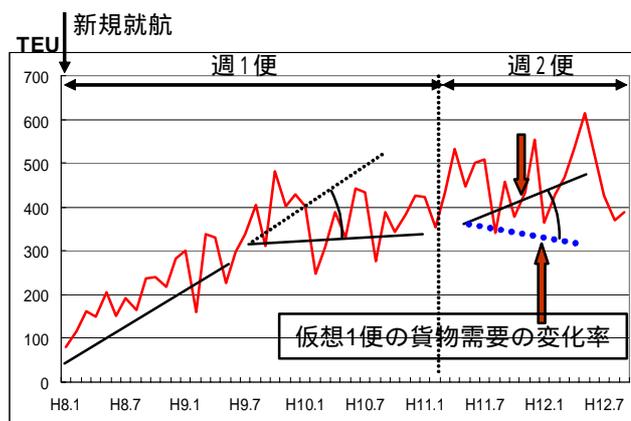


図-2 行動を変化させる場合の確率の導出

行動決定者が H10.9 時点にいる場合には、週2便にする際の貨物需要の変化率はわからない。しかし H8.1~H10.9 のデータを見ると、H8.1 から一年半の間で週1便の就航により貨物需要が伸び、その後は安定した伸びになっていると確認できる。そこでこうした需要変化が1便から2便への増便の場合にも生じると仮定する。すると、H9.7~H10.9の貨物需要の変化は H8.1~H9.7 の変化率として考えることができる。

次に行動決定者が H12.9 時点にいる場合を考える。この時は週2便を継続する際の貨物需要の変化率は既知だが週1便にする場合の貨物需要の変化率はわからない。そこで H10.9 時点で考えた週1便と週2便の貨物需要の変化率の差をこの時点でも適用する。つまり図-2のように同じ差分をとって仮想的な週1便の貨物需要の変化率を算出することとする。他の時点においても継続する場合の貨物需要の変化率から変化する場合の貨物需要の変化率を算出する。

ここで行動を変化させることは常に「実験」つまり情報収集のための試験運航としているため、現状の行動を継続する場合よりも予測値の分散を低く設定する。その値は、継続する場合の %（本ケースでは0.8）と仮定する。これにより離散化した自然の状態の代表値が予測値 X に近づき、予測値の精度が高くなるという現象

を表現することができる。

(5) ディジションツリー

船社の行動をディジションツリーで示したのが図-3である。行動の意思決定は6ヶ月ごとに行うものとし、常に6ヶ月後の行動についての意思決定するものとする。つまりH10.3時点での意思決定はH10.9からの行動の意思決定である。また価値基準は、行動を変化させる又は継続させる時点から2年間の期待利潤の合計とする。

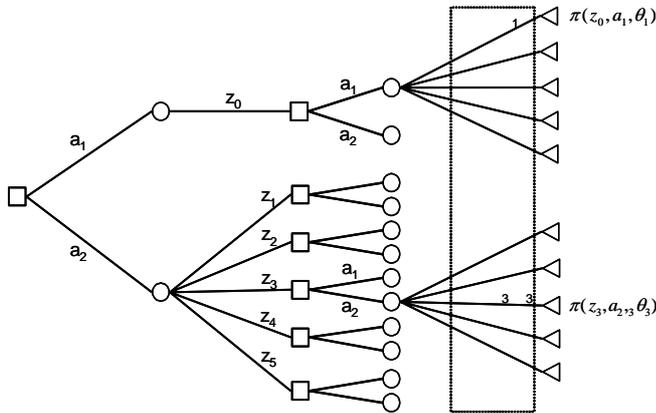


図-3 船社の行動に関するディジションツリー

次にディジションツリー内の z_i という変数についての説明をする。「実験」つまり試験運航によって行動を変化させる6ヶ月後、以降2年間の予測値の精度を上げることが出来るとしている。 z_0 は行動を継続させるダミーである。 $z_1 \sim z_5$ はそれぞれ期待予測値の10%以上, 5%以上10%以下, -5%以上5%以下, -10%以上-5%以下, -10%以下が実現してしまう確率を予測値と分散より与える。それぞれの値から2年間分の予測値すなわち自然の状態を求める。

「実験」のうち試験運航については次のように表した。例えばH10.3時点では週1便の配船とするとH10.9時点では上記の $z_1 \sim z_5$ が得られる。この中の $z_1 \sim z_3$ に関しては貨物需要の増加が見込めるためH10.9からの貨物需要の変化率として週2便の貨物需要の変化率を用いる。一方 z_4, z_5 に関しては貨物需要の増加が見込めないためH10.9からH11.3の貨物需要の変化率は試験配船の週2便の貨物需要の変化率を用いるが、残りの期間であるH11.3からH12.9の貨物需要の変化率は週1便の貨物需要の変化率を用いることとする。反対に現状が週2便の場合も同様に扱う。このようにして試験配船を表現する。

3. ケーススタディー

酒田港が外航コンテナとして日韓航路のみであり、更に1社のみオペレーションという単純な条件である事から対象港湾として選んだ。またデータとしてH8.1~H18.9までの月ごとの貨物取扱量を国土交通省東北地

方整備局酒田港湾事務所より入手した。また運賃及び費用については臼井らの結果を使用した。

表-3 運賃・費用推計の結果

	(TEU)	(\$)	(\$/TEU)	(\$/TEU)
区間	船型	固定費用	変動費用	推計運賃
酒田~釜山	342	57581	735	1122
酒田~釜山	342 x 2	115162	735	1102

4. 分析結果と考察

(1) ケース設定

以上のような船社の行動決定モデル、費用、運賃データを用いて酒田港での高麗海運の配船行動を分析する。対象期間はH10.3~H17.9であり、6ヶ月ごとの行動決定を分析した。またH10.3の時点で得られた行動決定の選択肢はH10.9から実施されるものとする。

船社が貨物需要予測に際し使用するデータの期間により以下の2ケースを考えた。

Case1 過去1年間の貨物需要データを用いて予測

Case2 過去2年間の貨物需要データを用いて予測

Case1 の場合は短期のデータでの予測なので、行動が変化しやすいと考えられる。またCase2はその逆の行動が期待される。また行動の選択肢は酒田港の動向を踏まえ、船(342TEU)を週1回寄港させる行動と週2回寄港させる行動の二つを与えた。

(2) 分析結果

分析結果を図-4に示す。実際に高麗海運がとった行動はH8.1~H10.9とH16.9~H17.3が週1便、それ以外が週2便となっている。

実績の行動変化と比較するとCase1, Case2共に便数変化のタイミングは一致しており、この船社の行動モデルは船社の行動をほぼ的確に表しているといえる。

次に行動決定の要因の分析をする。図-5はCase1, Case2において週2便の場合の貨物需要の変化率の経年変化を示したものである。丸印で囲んだ点は実際に2便の行動を選択している。貨物需要の変化率が半年に100TEU以上の増加を示す行動決定月においては2便を選択している事が分かる。更に変化率が100TEU以下の行動月でも2便を選択している場合がある。これは60~80TEUの増加であっても行動開始月の貨物需要の予測値が450TEU以上であれば週2便の行動を選択するという事である。

(3) Case1 と Case2 の比較

行動変化の回数について、Case1はH10.3~H17.3の間に9回の行動変化をしているのに対して、Case2では5回の行動変化となっている。これはCase1のような短期のデータでの予測においては貨物需要の変化率が変化しやすいために行動が変化しやすく、Case2のようなある程度長期のデータの予測においては貨物需要の変化率が安定的なために行動を継続しやすいという当初の予想を

裏付けている．図-5 を見ても分かるとおり，Case2 の方は貨物需要の変化率が安定している期間が長くなっている．特徴的なのは H11.9~H13.9 で，Case1 の貨物需要の変化率は毎期増減しているが，Case2 の貨物需要の変化率は 17TEU 増加で安定している．その結果 Case1 ではこの期間に行動を毎期変化させることとなる．このように考えると行動変化の回数に対してより実際の行動とある程度整合性があるのは Case2 の方であるといえる．

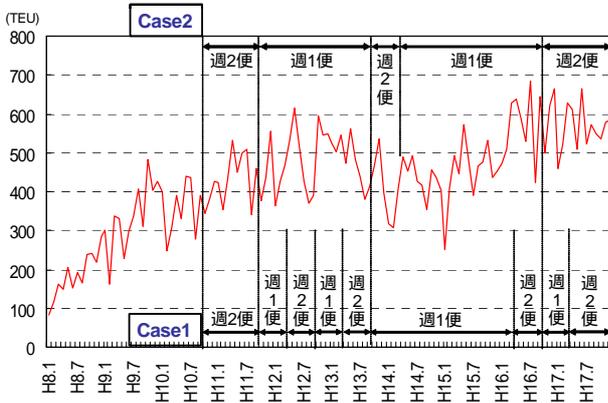


図-4 分析結果

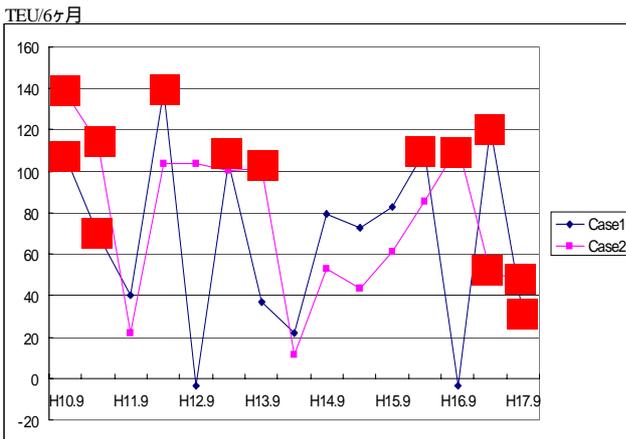


図-5 週 2 便の貨物需要の変化率の経年変化

次に実際の貨物需要データと Case1 と Case2 の分析結果である配船行動より，利潤を算出してみた．期間としては H10.3~H18.9 までである．表-4 にその結果を示す．

表-4 利潤比較

	実績	Case1	Case2
利潤	\$8,368,971	\$10,762,352	\$11,084,859

Case1, Case2 共に実績の利潤よりも高い値となっており，実績より効率的な配船行動であることがわかる．その中で Case2 が最も効率的であることも示されている．もちろん実際は他港湾との兼ね合いや他船社の類似航路の影響もあるだろうが，酒田港単独でさらに競争がないと仮定した際には，高麗海運にとっては Case2 がより経営効率が高い配船行動であるということが明らかになった．

(4) 船社の試験運航のサンクコストの推計

以上のように Case2 が高麗海運にとって，より効率的な配船行動が明らかになったが，これは実際の行動とは一致しない．H11.9~H13.9 の期間においては実績では 2 便だが分析結果では 1 便という結果になっている．一般に船社にとって週 2 便から週 1 便に減便するのはリスクが高い行動である．つまり利便性が下がることにより貨物取扱量が半分以下になる恐れがある．そこでそのリスクを考えて決断を先に延ばし週 2 便を継続したと考えられる．このことから船社が試験減便のリスクをサンクコストとしてある程度の額を設定しているといえる．そのサンクコストをここでは行動が一致しない月の週 1 便と週 2 便の期待利潤の差と定義して算出した．表-5 にその結果を示す．

表-5 サンクコストの算出

	H11.9	H12.3	H12.9	H13.3	H14.3
期待利潤(週1便)	\$1,591,572	\$3,205,810	\$3,332,962	\$3,413,469	\$2,098,469
期待利潤(週2便)	\$1,423,238	\$3,095,719	\$3,293,442	\$3,344,145	\$1,954,435
サンクコスト	\$168,334	\$110,091	\$39,520	\$69,324	\$144,034

	H14.9	H15.3	H15.9	H16.3
期待利潤(週1便)	\$1,760,131	\$2,003,311	\$1,755,613	\$2,735,158
期待利潤(週2便)	\$1,580,519	\$1,854,608	\$1,583,913	\$2,566,098
サンクコスト	\$179,613	\$148,702	\$171,700	\$169,060

この結果を見ると H12.9 と H13.3 を除いて \$140,000 ~ \$180,000 の間の額に収まっている．この結果から高麗海運としては週 2 便から週 1 便に行動を変化させる際にはリスクとして最低 \$180,000 のサンクコストを設定していることが推計された．以上のことより船社は \$180,000 のサンクコストにより減便することが出来ずに結果として約 \$2800,000 もの利益を逸したことになる．

5. 結論

本研究では統計的決定理論を船社の行動に適用し，需要の不確実性を考慮した上で，船社の地方港への寄港行動をモデル化した．そしてそのモデルを酒田港へ適用し分析を行った．分析の際には Case1, Case2 といった二つのケースを想定して分析した．そして結論として以下の点が明らかとなった．

(1) 構築した船社の行動モデルは実際の船社の考えと整合性があることを確認した．

(2) Case1 と Case2 の分析結果を実際の配船行動と比較した結果，Case2 の配船行動がより効率的な配船行動であることが明らかになった．

(3) 配船行動の次善解である Case2 と実際の行動の差を分析する事によって，週 2 便から週 1 便に行動を変化させる際に船社が潜在的に考えているサンクコストが少なくとも 180,000 ドル以上であることを明らかにした．

参考文献 紙面の関係し省略いたしました．