

# 東アジア域内における バルク貨物コンテナ化の要因分析

松田 琢磨<sup>1</sup>・花岡 伸也<sup>2</sup>・川崎 智也<sup>3</sup>・米澤 祐介<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 日本海事センター研究員 企画研究部 (〒102-0083 東京都千代田区麹町4-5)

E-mail: t-matsuda@jpmac.or.jp

<sup>2</sup>正会員 東京工業大学准教授 環境・社会理工学院 (〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1)

E-mail: hanaoka@ide.titech.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 東京工業大学助教 環境・社会理工学院 (〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1)

E-mail: kawasaki@ide.titech.ac.jp

<sup>4</sup>非会員 日揮株式会社 (〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい2丁目3-1)

E-mail: yonezawa.yusuke@jgc.com

本研究では、日本からASEANにまたがる東アジア域内の海上輸送に関して、ばら積み輸送されているバルク貨物のコンテナ化を促進する可能性を探るべく要因分析を行った。まず、海上輸送データを用いてクラスター分析を行い、品目別にコンテナ化の進展動向を明らかにした。次にクラスター別に、海上輸送量に占めるコンテナ輸送量のトンベースの比率であるコンテナ化率の決定要因を調べるため、同時方程式モデルを推計した。分析結果より、コンテナ化率の低い品目のコンテナ輸送を促進する観点から、港湾および陸上インフラ整備の重要性に加え、通関手続などの輸出入手続費用削減が重要であること、一部バルク貨物のコンテナ化がコンテナ輸送におけるインバランス解消の有用な手段となりうることが示唆された。

**Key Words :** containerization, bulk cargo, cluster analysis, simultaneous equation model, East Asia

## 1. はじめに

1960年代のコンテナ革命以降、海上輸送量に占めるコンテナ輸送量のトンベースの比率を示すコンテナ化率は上昇を続けてきたが、2000年代後半以降停滞している。IHS Global Insightデータ<sup>1)</sup>によると、世界全体のコンテナ化率は1995年の8.6%から2007年には12.9%まで上昇したが、以後は12%台で推移している。2006年までに北東アジアからASEANにまたがる東アジア域内では23.9%まで上昇したが、その後は低下傾向で2013年には19.6%となっている。

Rodrigue and Notteboom<sup>2)</sup>は、世界の港で取り扱われる一般貨物中のコンテナ貨物の比率が2007年までは増加傾向ながら、先進国では一般貨物からコンテナへの転換が完了に近く、同年以降停滞していることを指摘している。

一方、梱包せずばら積み船で運ばれることが多いバルク貨物をコンテナで運ぶ「バルク貨物のコンテナ化」が注目されている。Rodrigue and Notteboom<sup>2)</sup>は、コンテナ貨物増加にはニッチマーケットの開拓や輸送対象ではなかった品目のコンテナ化が重要としており、その一つとし

てバルク貨物コンテナ化を挙げている。

コンテナ輸送の効率性向上に対するニーズもバルク貨物コンテナ化が注目される理由である。いくつかのコンテナ航路で往復航の輸送量較差(インバランス)が存在し<sup>3,4)</sup>、運航費用の一定割合を空コンテナ返送が占めていることから<sup>5)</sup>、インバランス解消で空コンテナ返送費用(リポジショニング費用)分の削減が期待できる。バルク貨物コンテナ化が進んでいるのは、インバランスの大きい航路のうち貨物量が少ない方面(Backhaul)が中心とされ<sup>6)</sup>、リポジショニング費用削減の有効な解決策の一つと考えられている。

バルク貨物コンテナ化に関する研究として、二田ら<sup>6)</sup>はアジア・米国間におけるバルク貨物コンテナ化動向を整理し、米国発東アジア向け(日本除く)でのコンテナ輸送量増加がコンテナ化率上昇と正の相関があるとした。

Rodrigue and Notteboom<sup>2)</sup>はコンテナ化の進行要因に、[1]一般貨物からの転換、[2]インバランスのある航路における低運賃でのコンテナ使用、[3]トランシップ貨物増大、[4]経済成長によるコンテナ利用増加を挙げている。Lim and Wong<sup>7)</sup>は穀物貿易での輸送モード選択要因を検証す

るため、2008年に台湾の26荷主からアンケートを取り、ファジーAHPを用いて分析を行った。松田・川崎<sup>8)</sup>とKawasaki and Matsuda<sup>9)</sup>は、ロジックモデルを使用して米国発アジア行き輸送におけるばら積み輸送とコンテナ輸送の間の選択要因を分析した。

本研究では、東アジア域内(日本・韓国・中国・台湾・香港・マレーシア・シンガポール・タイ・ベトナム・インドネシア・フィリピン)を対象に、バルク貨物コンテナ化の促進要因について、クラスター分析と同時方程式モデルを用いて分析することを目的とする。クラスター分析を通じてコンテナ化率の品目別進展動向をつかみ、同時方程式モデルの推定でコンテナ化率の決定要因を抽出する。モデル推定ではクラスター分析で分割したクラスター別に、その特徴を明らかにする。

東アジア地域を選んだ理由の第一は近距離の外航コンテナ航路(近海航路)の中で輸送量が大きいこと、第二は地域内で経済発展や貿易の形が多様で、より包括的に要因を検討できること、第三は東アジア域内でコンテナ港湾整備が進んでおり、コンテナ化とコンテナ港湾整備との関係を検証できることである。

バルク貨物コンテナ化の促進は、コンテナ船社にとって取扱貨物の増加を意味する。東アジア地域は現在、コンテナ輸送量でアジア・北米、アジア・欧州の二大基幹航路を上回り、世界で最も多くコンテナが輸送されている。この地域でバルク貨物コンテナ化によって新規貨物が増えるとコンテナ船社の運賃収入が増え、さらにはインバランス緩和を通じた経営効率化にもつながる。コンテナ輸送が国際貿易を活発化させ、グローバル化促進に一役買ったことはよく知られており<sup>10)</sup>、担い手であるコンテナ船社の収入を増やし、リポジショニング費用を削減し市場環境を改善することには大きな意義がある。

論文の構成は以下の通りである。2.では品目別にコンテナ化の進展要因をクラスター分析する。3.では同時方程式モデルの定式化と分析に関する注意点を説明する。4.では同時方程式モデルの推定結果を説明し、5.では2.と4.の結果を踏まえた考察とまとめを行う。

## 2. 品目別クラスター分析

### (1) データと変数

コンテナ化進展要因についてクラスター分析を用いて分析を進める。ここでは、同様の特徴を持つ品目別にグループを分け、コンテナ化の進んだ品目とそうでない品目の特徴を分析する。2000~2014年を分析対象期間とし、東アジア地域のばら積み輸送量(メトリックトン(MT)ベース)、コンテナ輸送量(MTベース)、ばら

積み輸送貿易額(米ドルベース)とコンテナ輸送貿易額(米ドルベース)はIHS Global Insightデータ<sup>1)</sup>を用いる。同データはIHS社が各国貿易統計を集め品目別にモード別輸送量や貿易額を推計したものである。品目分類はISIC(国際標準産業分類)に基づき同社が行っている。また、コンテナ輸送量を海上輸送量で割って「コンテナ化率」を算出している。2000~2014年のコンテナ化率の平均値が99%以上または1%未満の品目はコンテナと他モードの競争がないと判断し、127品目を分析対象とする。

使用する変数は以下7つである。[1] 2007年と2000年のコンテナ化率の変化(%ポイント)、[2] 2014年と2007年のコンテナ化率の変化(%ポイント)、[3] 2000~2014年の平均コンテナ化率(%)、[4] 2000~2014年の平均単価(USD/kg)、[5] 2000~2014年の平均輸送量(MT)、[6] 2000~2014年のコンテナ輸送量の変化(MT)、[7] 2000~2014年のばら積み輸送量の変化(MT)。ばら積み輸送量は、全体の海上輸送量-コンテナ輸送量で算出しており、ばら積み船以外に一般貨物船で運ばれた貨物も含まれている。

これら変数を用いたのは以下[1]~[4]の理由による。[1] コンテナ化率の変化を2007年で切り分けた理由は、Rodrigue and Notteboom<sup>2)</sup>が同年前後で一般貨物からコンテナへの転換が停滞に転じたと指摘しているため、[2] 平均コンテナ化率を用いた理由は、コンテナ輸送への転換がほぼ完了したことでコンテナ化の停滞が起こったか判断するため、[3] コンテナ輸送量とばら積み輸送量を用いた理由は、ばら積み輸送量が大きく減少したためにコンテナ輸送量の減少にもかかわらずコンテナ化率上昇が起こっていないか判断するため、[4] 平均単価と平均輸送量を採用した理由は、これらがコンテナ化率に影響する要素として実務上重視されており、品目を分類するうえでも有効な要素であるためである。

クラスター分析はk平均法を用いる。k平均法は非階層型クラスター分析の一つで、N個の観察値をk個のクラスターに分割する。クラスター $S_i$ の代表点 $\mu_i$ と、クラスター $S_i$ に属するデータ $\mathbf{x}$ の距離が近くなり、式(1)の評価関数を満たすようデータを分割する。

$$\min_{\mathbf{x}} \sum_{i=1}^k \sum_{\mathbf{x} \in S_i} \|\mathbf{x} - \mu_i\| \quad (1)$$

### (2) 分析結果

クラスター分析の結果を表-1に示す。各項目で示している値は各クラスターに含まれる品目データの平均値である。また、各クラスターの主な品目を表-2に示す。

2000~2007年のコンテナ化率変化を見ると、クラスター7の2.1%からクラスター1の14.3%までかなり開きがあ

表-1 クラスタ分析の結果

番号	品目数	2000～2007年 コンテナ化率 変化 (%ポイント)	2007～2014年 コンテナ化率 変化 (%ポイント)	2000～2014年 平均コンテナ 化率 (%)	2000～2014年 平均単価 (USD/kg)	2000～2014年 平均輸送量 (10,000MT)	2000～2014年 コンテナ 輸送量変化 (10,000MT)	2000～2014年 ばら積み輸送量 変化 (10,000MT)
1	8	14.3%	2.1%	59.5%	0.65	590	315.0	77.4
2	5	9.5%	-8.0%	61.9%	1.05	1,302	599.5	338.9
3	44	5.7%	-0.1%	76.2%	10.52	23	7.2	0.5
4	3	8.2%	-0.4%	93.8%	4.22	136	-30.3	-9.8
5	20	10.5%	1.6%	79.2%	2.59	231	137.1	1.4
6	25	7.6%	1.1%	87.1%	7.13	83	48.3	1.2
7	10	2.1%	-0.1%	24.7%	1.76	214	42.8	105.6
8	5	4.9%	2.3%	20.7%	0.57	2,943	653.4	1,483.7
9	3	9.9%	4.3%	56.2%	0.43	154	-27.4	-75.2
10	4	3.0%	0.9%	11.3%	0.56	757	104.1	610.7

表-2 各クラスターに含まれる主な品目

番号	品目数	主な品目名
1	8	建築用石材・非金属製品、セメント・石灰石、肥料・農薬、金属構造物、粘土・セラミック製品、板、プラスチックくず、古紙
2	5	化学製品、野菜・果実加工品、無機化学化合物、プラスチック・ゴム、広葉樹の木材
3	44	農業機械、飛行機、桃など、牛肉(生・チルド)、鶏肉、豚肉、食器、香水類、ドライフルーツ、たばこ、銅製品、トウモロコシ・大豆油、靴、産業用炉、かんきつ類、金属加工機械、乳製品、楽器、大豆、ひまわり種子、輸送機械、動物
4	3	綿、合成繊維、織物類
5	20	アルミニウム、コンクリート・セメントなどの加工物、鉄鉄・鋼、一般産業機械、絶縁されたワイヤー・ケーブル・電池、キウイなど果物、金属製品、サイダーなど飲料、プラスチック管類、プラスチック製品、糖蜜など、パルプ、ゴム製品、紙、砂糖
6	25	リンゴなど果物、ベアリング・ギア、ボイラー・エンジン、キャベツ類、歯磨き・髭剃りなど、電気エンジン・発電機など、電気機械、その他の野菜と果物、床材など、肉類(加工済)、空調機、オレンジ類、塗料、木材、衣料、特殊機械
7	10	農作物・食べ物の残渣物、動物油・植物油、バナナ、干し草・飼料葉などの肥料、建設・鉱業用機械・器具、ペットフードなどの肉・魚、自動車、天然ゴム・レジン、米、木くず・木炭
8	5	鉄鋼のフラットロール製品、鉄・鉄鋼、有機化学品、砂・小石・砕石、石・粘土、その他鉱物
9	3	有機肥料、新聞紙・非塗工紙・紙板、脂肪種子(ゴマなど)・果物類
10	4	鉱物性タール・鉱油、パーム油・ココナツ油、ピッチコークス・石油コークス・瀝青、金属スクラップ

るものの、いずれのクラスターでもコンテナ化が進んでいる。この時期、全体的にコンテナ化が進んだことが改めて確認できる。一方、2007～2014年のコンテナ化率変化を見ると、コンテナ化の進行度合いが急速に小さくなり、一番伸びの大きいクラスター9でも4.3%にとどまる。クラスター2, 3, 4, 7ではマイナスである。2007年前後を境にコンテナ化の進行が全体的に止まっている。

以下では各クラスターに属する品目について、平均コンテナ化率の高いクラスターから説明を加える。平均コンテナ化率の高いクラスター(3, 4, 5, 6)には、生鮮食品、機械、アパレル製品などが含まれる。これらクラスターには海上輸送される中では小口かつ価値の高い品目が含まれている。これら品目では、一般貨物輸送から

コンテナ輸送への転換がほかのクラスターの品目より先に進み、2007年ごろまでにコンテナ化が大きく進展していた。

クラスター3は機械や農産物が多くを占め、平均単価は全クラスター中で最も高い。一方で平均コンテナ化率はクラスター4, 5や6より低い。コンテナ輸送量の伸びもクラスター5や6に比べ穏やかで、2007年以降のコンテナ化率の伸びはわずかながらマイナスとなった。ただし、ばら積み輸送量の伸びも小さい。ちなみにこのクラスターの品目にもコンテナ化率の低い品目があり、ブドウやスモモはコンテナ化率が6割程度である。またクラスター全体で見ても航路によってコンテナ化率が低くなるケースがあり、フィリピン・中国航路やマレーシア・ベト

ナム航路はコンテナ化率が5割を切っている。

クラスター4はアパレル原材料・製品が占めている。2000～2014年の間にコンテナ輸送量もばら積み輸送量も減少しているものの、コンテナ輸送量の方が減少量が大きい。このクラスターの品目はコンテナ化がかなり進んでいるため、トレードの減少<sup>12)</sup>がコンテナ輸送量の減少により大きく反映された。

クラスター5と6の品目はコンテナ輸送量が大きく伸びた一方でばら積み輸送量はほとんど伸びておらず、コンテナ輸送がある程度定着した品目といえる。クラスター5にはアルミニウムやコンクリートの製品、鋼材などが含まれており、機械や食品、衣類などが多いクラスター6に比べると重く、単価の低い製品群である。

平均コンテナ化率が中程度のクラスター（1, 2, 9）には、建材や化学製品などが含まれる。これらクラスターの品目単価は1kgあたり1ドル強またはそれ未満であり、先に挙げた4つのクラスターより単価はかなり低い。これら品目では2007年ごろまでコンテナ化が大きく進んだが、2007年以降はそれぞれ状況が異なる。

クラスター1には建材やリサイクル品が多く含まれている。コンテナ輸送量もばら積み輸送量も増えており、輸送量の伸びは一品目を除きコンテナ輸送量がばら積み輸送量を上回っている。2007年以降も半数の品目でコンテナ輸送量の伸びの方が大きく、2007年以降コンテナ化率の伸びは小さいもののプラスを維持している。

クラスター2の品目は化学製品、木材、果物で、いずれも2007年以降コンテナ化率が低下した。この要因は、2000年代後半にばら積み輸送量が大きく増加したことにある。たとえば果実加工品は2000年代後半以降、タイから中国へ輸出が急増したものの、ばら積み輸送が多かったためコンテナ化率は大きく下がった。

クラスター9にはリン酸塩などの肥料原料、新聞向けやコーティングされていない紙、採油用の種や果実が含まれている。これら品目は、自国もしくは東アジア域外からの調達に切り替わったため東アジア域内海上貿易量が減少傾向にあり、コンテナ輸送量よりばら積み輸送量の減少が大きいコンテナ化率が上昇した。取引縮小後にコンテナ輸送が残ったケースである。

平均コンテナ化率が低いクラスター（7, 8, 10）には、金属や石、食用油などが含まれる。これらクラスターの品目単価は1kgあたり1ドル強もしくはそれ未満であり、単価は平均コンテナ化率が中程度のクラスターと同程度である。また、平均輸送量が一番大きく、かなり重い貨物である。これら品目では2007年ごろまでコンテナ化は大きく進展せず、また2000～2014年の間、ばら積み輸送量増加がコンテナ貨物増加より多かった。

クラスター7の品目は干し草などの肥料・飼料原料、動物・植物油、コメ、木くずなどである。単価や平均輸

送量はクラスター5とあまり差がないものの、平均コンテナ化率には大きな差がある。このクラスターでは2007年以降コンテナ化率が低下する品目とそうでない品目が半々に分かれ、肥料・飼料原料となる肉や魚、干し草類はわずかながらコンテナ化率が上昇した。

クラスター8の品目は鉄鋼製品、有機化合物や石である。東アジア全体で見るとこれら品目のコンテナ化率は低いものの、日本・中国間や日本・韓国間のコンテナ輸送では一定のシェアを持った輸送上位品目である<sup>13)</sup>。

クラスター10の品目はワセリンやヤシの実油などの油類と金属スクラップである。単価はクラスター9に次いで低く、平均コンテナ化率は最も低い。油類は専用コンテナでの輸送を有望視する実務家もおり、金属スクラップのコンテナ輸送は現在も米国から台湾<sup>9)</sup>やトルコへの輸出で一定のシェアを持っている。

### 3. 同時方程式モデルの概要

#### (1) モデルの定式化

同時方程式モデルでは、二国間の輸出入におけるコンテナ化率を最終的な被説明変数とし、輸出国と輸入国における貿易に関する特性、たとえば海上輸送量や輸出入費用などの影響の程度を明らかにする。具体的には、式(2)～(4)の同時方程式モデルで二国間貿易  $i$  の  $t$  年のコンテナ化率  $Y_{it}$  を推定し、要因を分析する。

$$\begin{cases} Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 Z_{it} + \beta_3 L_{it}^1 + \varepsilon_{it} & (2) \\ X_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{it} + \alpha_2 Z_{it} + \alpha_3 L_{it}^2 + \eta_{it} & (3) \\ Z_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 X_{it} + \gamma_2 Y_{it} + \gamma_3 L_{it}^3 + \mu_{it} & (4) \end{cases}$$

二国間貿易  $i$  における  $t$  年の海上輸送量を  $X_{it}$ 、ばら積み運賃に対するコンテナ運賃の比率を  $Z_{it}$  で示す。

$L_{it}^1$  は式(2)で、 $L_{it}^2$  は式(3)で  $L_{it}^3$  は式(4)で用いられる外生変数のベクトルをそれぞれ示している。 $\varepsilon_{it}$ 、 $\eta_{it}$  と  $\mu_{it}$  はそれぞれ誤差項を示している。

式(2)が最終的に目標となるコンテナ化率の推計式である。海上輸送貨物量とコンテナ輸送・ばら積み輸送の運賃を前提にコンテナ輸送比率を決定する、個別の輸送モード意思決定を集計した式である。

式(3)は、二国間の輸出入における全体の海上輸送量の推計式である。コンテナ輸送量、自分と相手の経済規模を前提に、海上輸送量（ロット）を決める個別の意思決定を集計した式である。この式の推定に当たり、経済規模として実質GDP、輸送コストの一部として二国間海上距離を説明変数に採用した。式(2)と式(3)は海上輸送とコンテナ輸送の需要量を決める需要関数となっている。

式(4)は、コンテナ輸送とばら積み輸送の相対運賃の推計式である。海上輸送量やコンテナ化率のほか船腹量などを前提に、コンテナ運賃とばら積み運賃の相対的大きさを推定する。式(4)はばら積み輸送とコンテナ輸送の供給関数を一つにまとめたものとなっている。本来は、ばら積み運賃とコンテナ運賃の相対水準だけでなく絶対水準も意思決定に影響するため、絶対額に基づくモデルを構築すべきである。しかし、各国間のばら積み運賃データは収集が難しいため、BDIに対するコンテナ運賃の相対的大きさを決めるモデルで推定を行う。

## (2) 分析に関する注意点

以下で分析に関する注意点を述べる。まず、ばら積み輸送とコンテナ輸送の選択が行われる間隔である。ばら積み輸送はある程度の期間にわたる使用分を一括で運ぶ。したがって同じ荷主による、同じOD間のばら積み輸送の頻度は高くない。たとえばある荷主が年度初めにコンテナ輸送を選んだ場合を考える、年度途中でばら積み輸送を行おうとしても輸送量が多すぎて一回で年度内の調達量を大幅に超過してしまう。そのため時間が経って、新たに運ぶべき貨物がある程度発生するまでばら積み輸送との選択は生じない。すなわち、一度輸送モードを選ぶと、次の選択まで一定の間隔が開くことになる。これはばら積み輸送とコンテナ輸送を併用するケースでも同様で、併用割合は一定期間変更できない。

実務者へのヒアリングでも、ある荷主から、年度初めの経営計画で航路別にばら積み輸送とコンテナ輸送の基本的な比率を定めておくという、上記の記述をサポートする指摘があった。ただし、ばら積み輸送を希望しても集荷が遅れたり、急がなければならない場合は、コンテナ輸送を臨時に用いるとのことであった。多くの企業は三か月、半年、一年単位で経営計画を策定し、より長期の経営計画も年単位で見直す。国や企業の間で会計制度や慣例の違いはあるものの、荷主は通常一年の間に1～数回の意思決定を行う。このモデルのように一年ごとに意思決定がなされると定式化することで、集計された形で輸送モードの選択動向を反映できる。

次は同時方程式モデルの推定に関するものである。同時方程式モデルによる定式化は、輸送量、コンテナ化率と運賃が同時に決まる性質を反映している。荷主が特定航路で特定財の輸出または輸入をする際、通常は輸送モードと輸送量を同時に決定する。荷主・フォワーダーと船社の交渉によっては運賃だけでなく貨物量や輸送モードのシェアも変動するため、貨物量や輸送モードシェアの決定は運賃とも同時になる。ばら積み輸送とコンテナ輸送を併用したり、別の船社やフォワーダーと契約を結ぶ荷主であっても、契約時点の違いがあるため多少タイミングがずれる可能性があるものの、海上輸送量、コ

ンテナ輸送量（コンテナ化率）、ばら積み運賃、コンテナ運賃はほぼ同時に決まると考えられる。

同時方程式モデルの推定に際しては、内生変数と誤差項が相関を持つ内生性の問題<sup>13)</sup>が生じる。これに対処するため、本研究では三段階最小二乗法（3SLS）で推定する。3SLSは、一段階目ですべての外生変数を用いて  $X_{it}$ 、 $Y_{it}$ 、 $Z_{it}$  の予測値を求める。第二段階ではこれらの予測値を用いて推定する。第三段階では前段階で得られた推計式から残差の分散・共分散行列を求め、それを用いて一般化最小二乗法で  $X_{it}$ 、 $Y_{it}$ 、 $Z_{it}$  を推定し直すことで最終的な推計結果を求める。

最後は陸続きの国の取り扱いである。本研究の分析対象は日本・韓国・中国・台湾・香港・マレーシア・シンガポール・タイ・ベトナム・インドネシア・フィリピン各国間の輸出入である。しかし、陸続きの国の場合、コンテナ輸送とばら積み輸送に加え、陸上輸送サービスも選択肢に入り、それがコンテナ化率に影響を与える。そのため陸続きの二国間の輸出入は除外している<sup>14)</sup>。

## (3) 説明変数、被説明変数と使用データ

説明変数、被説明変数とデータソースを表-3に示す。推定時には、コンテナ化率とコンテナ運賃のばら積み運賃に対する相対運賃を除くすべての変数で自然対数を取っている。自然対数を取ることで係数をパーセント単位で比較でき、解釈しやすいためである<sup>15)</sup>。コンテナ化率と相対運賃はもともと比率のため自然対数を取っていない。なお、港湾間運賃データの入手に制約があるため、分析期間はクラスター分析と異なる2010～2014年である。

また、クラスター分析の結果を受け、127品目を10クラスターに集約し、各クラスターの品目の海上輸送量やコンテナ輸送量などを合計して推定する。

### a) コンテナ化率 ( $Y_{it}$ ) の推計式で用いる外生変数

コンテナ化率の推計式(2)で用いる外生変数は、輸出入国のコンテナ取扱量、輸出入国の輸出入費用と二国間のコンテナ輸送量のインバランスである。

輸出国と輸入国のコンテナ取扱量は、その年に当該国の港において輸出、輸入、トランシップ、空コンテナ輸送の形で取り扱われたコンテナの量を示している。日本以外の国についてはUNCTADが毎年発表している数値<sup>9)</sup>、日本については国土交通省港湾局発表の数値<sup>15)</sup>を使用している。本研究ではコンテナ取扱量を当該国港湾インフラの処理能力の代理変数として用いている。取扱量は当該国コンテナ港湾での処理能力の高さを反映している。処理能力が高い港には多くのコンテナ船が立ち寄るため空コンテナを利用しやすく、効率的にコンテナが取り扱われていることからコンテナ輸送が行いやすい。そのためコンテナ化率も高いと推測される。

輸出国で輸出にかかる費用と輸入国で輸入にかかる費

表-3 使用した変数とデータソース

変数名	単位	データソース	平均値	標準偏差	観測数
コンテナ化率( $Y_t$ )の外生変数					
輸出国コンテナ取扱量	TEU	UNCTAD, 国土交通省	25,780,806	36,404,639	54
輸入国コンテナ取扱量	TEU	UNCTAD, 国土交通省	25,780,806	36,404,639	54
輸出国輸出費用 (物価考慮済)	米ドル/コンテナ	世界銀行	710	200	99
輸入国輸入費用 (物価考慮済)	米ドル/コンテナ	世界銀行	785	283	99
インバランス	TEU	IHS Global Insight	32	195,298	1,487
海上輸送需要 ( $X_t$ ) の外生変数					
輸出国実質 GDP	2005年基準 100 万米ドル	世界銀行	1,041,226	1,587,146	99
輸入国実質 GDP	2005年基準 100 万米ドル	世界銀行	1,041,226	1,587,146	99
輸出入国間距離	海里	AXS Alphaliner	1,503	788	110
相対運賃 ( $Z_t$ ) の外生変数					
1年前のばら積み船船腹量	100 万 DWT	Clarksons Research	577	123	5
1年前のコンテナ船船腹量	1,000TEU	Clarksons Research	14,702	1,895	5
1年前の重油価格 (380CST,シンガポール)	USD/メトリックトン	Clarksons Research	554	115	5
複数の式で用いる外生変数					
単価	米ドル/kg	IHS Global Insight	6	21.98	13,545
年ダミー	-	-	-	-	-
内生変数					
コンテナ化率	%	IHS Global Insight	0.59	0.31	12,711
海上輸送量	MT	IHS Global Insight	547,807	1,633,330	13,545
コンテナ運賃	USD/FEU	Drewry Shipping Consultants	949	248	494
BDI	指数	Baltic Exchange	2,977	2,279	9

用指標は世界銀行が発表している“doing business”データベース<sup>10</sup>から取得した。同データは国際物流の民間専門家から得た情報を基に作成され、コンテナ貨物一つの輸出入にかかる費用をドル換算しており、物価変動も考慮している。この費用は、当該国の陸上輸送の代理変数であるだけでなく、輸送関連の法制度が輸送を阻害しない形で確立・運用されている場合には手続費用が小さくなることから制度インフラ状況の代理変数にもなっている。これら費用の上昇はコンテナ輸送を阻害するためコンテナ化率を下げると考えられる。

二国間のコンテナ輸送量のインバランスは、全品目でのコンテナ貨物の輸送量と輸入量の差である。本研究ではインバランスを“「輸出国が輸入国から輸入したコンテナ輸送量」－「輸出国が輸入国に向けて輸出したコンテナ輸送量」”で定義し、IHS Global Insightデータ<sup>11</sup>から算出している。日本が輸出国、中国が輸入国である場合のインバランスは“日本が中国から輸入したコンテナ輸送量－日本が中国へ輸出したコンテナ輸送量”となる。インバランス増大は輸入量が相対的に大きくなっていることを意味し、輸出側のコンテナ輸送運賃に下落圧力を加え輸出側のコンテナ輸送量を増やすと考えられる。

#### b) 海上輸送需要 ( $X_{it}$ ) の推計式で用いる外生変数

海上輸送需要の推計式(3)で用いる外生変数は輸出国・輸入国の実質GDPと輸出入国間の海上距離である。

実質GDPは世界銀行のデータベースより2005年基準のものを取得した。二国間距離はAXS Alphalinerデータベースから、輸出国・輸入国間で最もコンテナ取扱量の大きい港間の距離を算出した。コンテナ取扱量の最も大きな港は、東京（日本）、釜山（韓国）、上海（中国）、高雄（台湾）、香港（香港）、ポートケラン（マレーシア）、シンガポール（シンガポール）、レムチャバン（タイ）、カイメップ（ベトナム）、タンジュンプリオク（インドネシア）、マニラ（フィリピン）である。

#### c) 相対運賃 ( $Z_{it}$ ) の推計式で用いる外生変数

相対運賃の推計式(4)で用いる外生変数は1年前のばら積み船船腹量、1年前のコンテナ船船腹量と1年前の重油価格である<sup>12</sup>。船腹量は供給水準を示す。現在の配船サービスは過去時点での保有船腹をベースに船社が事前に決めるため、過去の船腹量を採用している。ばら積み船船腹量増はばら積み輸送の供給曲線を右にシフトさせるためばら積み運賃下落につながり、コンテナ船船腹量増はコンテナ輸送の供給曲線を右にシフトさせコンテナ運賃下落につながる。ただし、これら効果が相対運賃にどう影響するかは事前には明らかではない<sup>13</sup>。

また、燃料費は運航費の中で大きな割合を占め、日本郵船、商船三井、川崎汽船の邦船三社では2015年度の運航費の31.2%が燃料費である<sup>14</sup>。したがって、燃料価格変動は運航費の変化を通じ市況に影響を与える。BAF

(Banker Adjustment Factor) を適用し過去の燃料価格に応じ運賃を上下させることもある。通常はコンテナ船の方が高速で燃料消費が多い<sup>17)</sup>ため、燃料費上昇は相対運賃押し上げ方向に作用すると考えられる。

#### d) 複数の推計式で用いる外生変数

説明変数のうち、複数の推計式で用いるのは単価と年別ダミー変数（年ダミー）である。単価は二国間貿易でのクラスター別平均単価であり、海上貿易額を海上輸送量で割って算出している。クラスター分析では単価の高い品目で平均コンテナ化率が高くなる傾向が見られた。単価が高い品目は在庫費用も高く、一回当たり輸送量を小さくして在庫費用を小さくするインセンティブがある。小口輸送はコンテナ輸送に適するため、単価が高くなるとコンテナ化率は上昇すると推測される。

年ダミーは2010年以外の輸送について、その年に行われた輸送であることを示すため用いている。年ダミーを使用する理由は、各年に起きた個別事象など、モデルで設定した変数では取り扱えない各年固有の効果をコントロールしてより正確に推定することにある。品目が変わっても各年固有の効果をコントロールすることの重要性は変わらないため、特定クラスターの分析で先験的に年ダミーを除外することはしていない<sup>18)</sup>。

#### e) 内生変数

コンテナ化率と海上輸送量のほかに内生変数として用いるのは相対運賃であり、コンテナ運賃をばら積み運賃で割って求めている。コンテナ運賃データは英Drewry Shipping Consultantsが毎月発表する各港間の運賃指標<sup>19)</sup>である。これは各港でフォワーダーから集めたスポット運賃の平均値で、本研究では年平均値を用いる。データが存在しなかった場合近くの港発着の運賃を用いる。

ばら積み運賃はバルチック海運指数(BDI)を使用する。これは英バルチック海運集会所 (Baltic Exchange) が毎営業日に発表するばら積み船定期用船料の指数である。集会所に加盟するパネリストと呼ばれるシップブローカーから船のサイズや航路別に報告を受けた用船料を加重平均して算出する。本研究では年平均値を用いる。

## 4. 同時方程式モデルの推定結果

以下では、同時方程式モデルの推定結果を表-4から表-6に示し、その結果について述べる。表-6下部に示す同時方程式システム全体の決定係数は0.62~0.97であり、推定結果は一定の再現精度を維持している<sup>20)</sup>。

### (1) 海上輸送需要に関する推定結果

#### a) 輸出国・輸入国の実質GDP、二国間距離の係数

海上輸送に関する推定結果を表-4に示す。輸出国の実

質GDPの係数の符号はいずれのクラスターでも正であり、ゼロと有意に異なっている。輸出国の経済発展が海上輸送量増加につながっている。

輸入国の実質GDPの係数はクラスター4と9を除き符号はいずれのクラスターでも正かつゼロと有意に異なっている。一部品目を除き輸入国の経済発展と需要拡大が海上輸送量増加につながっている。クラスター4は係数が負で有意にゼロと異なっていた。このクラスターは製造業のうち軽工業で用いられる原材料が占める。経済発展に伴い輸入国でサービス産業化が進み、製造業者が海外へ拠点を移すためこのような結果になったと推察される。

クラスター9の品目は自国調達や東アジア以外からの輸入が増え東アジア域内貿易量が減少している。この動向が輸入国の経済成長に伴って起こったため、係数が正でゼロと有意に異ならなかったと考えられる。

二国間距離の係数は、クラスター4を除き符号はいずれのクラスターでも正で、クラスター2, 7, 10ではゼロと有意に異なっていた。輸送距離が長くなると大量の貨物を一度に運べるばら積み輸送がコスト面で優位になる。これに加えクラスター7と10の品目は表-1の通りもともとコンテナ化率が低い。したがって、これらクラスターの品目では二国間距離の長い貿易で海上輸送需要増加につれてばら積み輸送が多く用いられる可能性が高い。ただし、比較的単価が高くコンテナ化率も相対的に高いクラスター2の品目では、ばら積み輸送だけでなくコンテナ輸送も選ばれている可能性がある。

#### b) コンテナ化率の係数

コンテナ化率の係数は基本的に正であり、6つのクラスターでは有意にゼロと異なっている。これらクラスターではコンテナ化率上昇に沿って海上輸送量が増えており、コンテナ輸送増が海上輸送量増につながっている。

一方でクラスター4や10のようにコンテナ化率の係数が負かつ有意にゼロと異なる場合、輸送量を減らすためコンテナを用いていると考えられる。ばら積み輸送していた貨物でも輸送ニーズが小さくなるとばら積み船で運べなくなり、輸送手段が変更される。需要縮小への対策としてコンテナ輸送が用いられる可能性を示唆している。

#### c) 相対運賃の係数

相対運賃の係数については傾向が分かれた。クラスター3と5は係数が負かつ有意にゼロと異なっている。これらのクラスターは比較的コンテナ化率が高く、コンテナ運賃に対し需要が比較的敏感である。コンテナ運賃が上昇すると、輸送費用が上昇して輸入に対する需要が減退すると考えられる。クラスター1, 6, 9は係数が正でかつ有意にゼロと異なっている。これらクラスターは、いずれも先のクラスター分析において、コンテナ輸送量の増加(減少)がばら積み輸送量の増加(減少)を上回って(下回って)おり、コンテナ運賃上昇に対して比較的

表4 海上輸送需要に関する推定結果

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6	Cluster 7	Cluster 8	Cluster 9	Cluster 10
輸出側実質 GDP (対数値)	0.599*** (0.059)	0.937*** (0.057)	1.079*** (0.079)	1.263*** (0.115)	0.882*** (0.043)	0.756*** (0.065)	0.655*** (0.072)	0.996*** (0.144)	0.543*** (0.086)	0.345*** (0.091)
輸入側実質 GDP (対数値)	0.347*** (0.064)	0.688*** (0.048)	0.595*** (0.067)	-0.374*** (0.124)	0.449*** (0.034)	0.554*** (0.086)	0.283*** (0.057)	0.502*** (0.049)	0.137 (0.086)	0.895*** (0.061)
輸出入国間距離 (対数値)	0.140 (0.121)	0.527*** (0.106)	0.231* (0.127)	-0.331 (0.302)	0.057 (0.081)	0.070 (0.124)	0.650*** (0.151)	0.078 (0.126)	0.014 (0.117)	0.326** (0.156)
コンテナ化率	2.926* (1.677)	9.848*** (1.040)	9.115*** (1.836)	-32.88*** (4.906)	0.115 (0.924)	32.47*** (6.053)	0.736 (1.731)	10.12** (4.298)	6.829*** (1.313)	-7.070* (3.868)
コンテナ運賃/BDI	2.547*** (0.800)	-0.880 (0.762)	-10.37*** (0.952)	0.740 (1.596)	-1.146** (0.528)	1.946** (0.860)	1.254 (0.938)	-0.222 (1.051)	7.085*** (1.046)	0.173 (1.035)
単価 (対数値)	-0.419*** (0.118)	-0.781*** (0.117)	0.033 (0.147)	0.349 (0.256)	0.034 (0.153)	0.394*** (0.088)	0.420*** (0.103)	-0.751*** (0.280)	-0.874*** (0.126)	-0.166 (0.103)
2011年ダミー	-0.590** (0.298)	0.490* (0.291)	3.408*** (0.387)	-0.130 (0.616)	0.469** (0.193)	-0.569* (0.340)	-0.297 (0.358)	0.324 (0.339)	-1.640*** (0.413)	0.174 (0.394)
2012年ダミー	-1.501*** (0.550)	0.711 (0.538)	7.185*** (0.697)	-0.503 (1.129)	0.878** (0.367)	-1.314** (0.617)	-0.773 (0.655)	0.215 (0.690)	-4.385*** (0.726)	0.132 (0.723)
2013年ダミー	-0.864** (0.360)	0.508 (0.351)	4.341*** (0.457)	-0.485 (0.743)	0.551** (0.239)	-0.798* (0.409)	-0.489 (0.427)	0.037 (0.436)	-2.769*** (0.485)	0.144 (0.471)
2014年ダミー	-1.190*** (0.429)	0.500 (0.412)	5.070*** (0.512)	-0.462 (0.862)	0.612** (0.287)	-1.113** (0.487)	-0.628 (0.503)	-0.042 (0.536)	-3.437*** (0.574)	0.312 (0.545)
定数項	-4.724*** (1.571)	-17.96*** (1.608)	-13.79*** (2.820)	30.03*** (7.052)	-4.571*** (1.464)	-34.96*** (6.088)	-6.700*** (1.634)	-9.957*** (1.688)	-9.139*** (2.121)	-7.284*** (2.070)
観測数	472	472	472	469	472	472	472	472	465	470
修正済み決定係数 <sup>⑨</sup>	0.2952	0.3677	-2.380	-0.3082	0.6706	-1.3751	0.3924	0.6357	-0.1585	0.3058

注1: カッコ内は標準誤差を示している。

注2: \*, \*\*, \*\*\*は、係数がそれぞれ10%, 5%, 1%の水準で有意にゼロと異なることを示している。

需要が敏感ではない品目である。そのため、コンテナ運賃の上昇局面でもコンテナ輸送が増える、またはあまり減少しなかったとみられる。これら以外のクラスターは係数が有意ではなく、運賃が海上輸送量に与える影響が大きくなかった。これらクラスターの品目は、海上輸送需要が運賃に対し非弾力的な傾向が強いと考えられる。

## (2) 相対運賃に関する推定結果

ばら積み運賃に対するコンテナ運賃の比率である相対運賃に関する推定結果を表5に示す。一年前のばら積み船の船腹量の係数はすべてのクラスターで負かつ有意にゼロと異なり、ばら積み船船腹量増加に合わせ相対運賃が下がっている。一年前のコンテナ船船腹量の係数はすべてのクラスターで正かつ有意にゼロと異なり、コンテナ船の船腹量増加に合わせ相対運賃が上がっている。

海上輸送量の係数はすべてのクラスターで正かつ有意にゼロと異なり、海上輸送量の増加に合わせコンテナ輸送運賃が相対的に高くなっている。これは、1年から数年にわたる比較的長期の契約が少なくないこと、また、一回の航海で運ぶ量が多く航海頻度が小さいため海上輸送量など市場の動向に対して比較的鈍感なことが背景の一つと考えられる。一方、コンテナ輸送の場合、輸送契

約は基本的に一年以内で航海頻度も高く、スポット貨物の割合も大きい。そのため、運賃は市場の状況を相対的に速く織り込む。コンテナ輸送の方が市場動向に合わせた運賃変化が速いためこの結果になったと考えられる。

## (3) コンテナ化率に関する推定結果

### a) 輸出側コンテナ貨物取扱量の係数

コンテナ化率に関する推定結果を表6に示す。輸出側コンテナ貨物取扱量の係数は、クラスター5を除き、平均コンテナ化率の高いクラスター(3, 4, 6)で有意にゼロと異ならなかった。これはコンテナ化率の高い製品で輸出側港湾インフラ整備の影響が基本的に小さいことを示唆している。

平均コンテナ化率が中程度のクラスター(1, 2, 9)ではいずれも有意にゼロと異なるものの符号が異なっている。クラスター2と9では負かつ有意にゼロと異なっており、コンテナ港湾インフラ整備が進むとコンテナ化率が低下することが示唆されている。コンテナ港湾インフラ整備が進んでいる場合、ばら積み貨物専用バースの整備も進んでいることが多い<sup>⑩</sup>。これら品目では港湾インフラ整備に合わせ、規模の経済を追求してばら積み貨物専用バースを用いている可能性がある。クラスター1

表-5 相対運賃に関する推定結果

	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4	Cluster5	Cluster6	Cluster7	Cluster8	Cluster9	Cluster10
1年前のばら積み船 船隻量 (対数値)	-60.48*** (6.602)	-60.26*** (6.823)	-60.32*** (6.686)	-59.36*** (6.843)	-60.06*** (6.581)	-61.23*** (7.126)	-59.98*** (7.395)	-59.71*** (6.631)	-58.35*** (6.803)	-58.60*** (7.081)
1年前のコンテナ船 船隻量 (対数値)	107.3*** (11.79)	106.9*** (12.18)	107.0*** (11.94)	105.3*** (12.22)	106.6*** (11.75)	108.7*** (12.73)	106.4*** (13.21)	105.9*** (11.84)	103.6*** (12.15)	103.9*** (12.65)
1年前の重油価格 (対数値)	0.113 (0.145)	0.138 (0.150)	0.150 (0.147)	0.155 (0.151)	0.126 (0.145)	0.100 (0.157)	0.102 (0.163)	0.139 (0.146)	0.125 (0.150)	0.174 (0.156)
海上輸送量 (対数値)	0.066*** (0.008)	0.043*** (0.007)	0.031*** (0.009)	0.029*** (0.006)	0.054*** (0.009)	0.042*** (0.009)	0.069*** (0.008)	0.046*** (0.006)	0.050*** (0.006)	0.035*** (0.007)
コンテナ化率	-0.120 (0.112)	-0.492*** (0.097)	0.184 (0.117)	0.011 (0.214)	-0.045 (0.095)	-2.691*** (0.487)	-0.679*** (0.229)	-0.411*** (0.142)	-0.431*** (0.074)	0.566 (0.441)
2011年ダミー	-0.007 (0.027)	-0.005 (0.028)	-0.003 (0.027)	-0.005 (0.028)	-0.007 (0.027)	-0.006 (0.029)	-0.010 (0.030)	-0.009 (0.027)	-0.016 (0.028)	-0.004 (0.029)
定数項	-645.9*** (70.43)	-643.0*** (72.78)	-643.9*** (71.33)	-633.8*** (73.01)	-641.4*** (70.20)	-651.7*** (76.00)	-640.6*** (78.89)	-637.7*** (70.74)	-623.3*** (72.57)	-625.1*** (75.55)
観測数	472	472	472	469	472	472	472	472	465	470
修正済み決定係数 <sup>注9)</sup>	0.5406	0.5037	0.5370	0.5126	0.5513	0.3368	0.4134	0.5433	0.4960	0.4614

注1：カッコ内は標準誤差を示している。

注2：\*，\*\*，\*\*\*は、係数がそれぞれ10%、5%、1%の水準で有意にゼロと異なることを示している。

注3：2012年以降の年ダミーは推定時に除外された。

では係数が正かつ有意にゼロと異なり、港湾整備に合わせコンテナ化が進展する結果となっている。

平均コンテナ化率の低いクラスター（7，8，10）でも結果は一致していない。典型的なばら積み品目の多いクラスター8と10の係数は負（10は有意）で、これら品目では港湾インフラ整備に合わせ規模の経済が追求されると考えられる。食品などが多いクラスター7の品目では、コンテナ港湾整備に沿ってコンテナ輸送をしやすい環境が構築されるためコンテナ化が進むと考えられる。

#### b) 輸入国側コンテナ貨物取扱量の係数

輸入国側コンテナ貨物取扱量の係数をみると、平均コンテナ化率の高いクラスターではクラスター5を除き負かつ有意にゼロと異なっている。平均コンテナ率が中程度のクラスターでもクラスター1を除き負かつ有意にゼロと異なっている。港湾インフラが整った輸入国でばら積み輸送が増えコンテナ化率が下がることを反映している。平均コンテナ化率が低いクラスター7と10では係数が正かつ有意にゼロと異なり、コンテナ港湾が整備されればコンテナ化率が高まる可能性を示唆している。

#### c) 輸出国側輸出費用・輸入国側輸入費用の係数

輸出国側輸出費用の係数をみると、平均コンテナ化率の高いクラスターのうちクラスター4，5，6の符号は負でゼロと有意に異ならない。これら品目は比較的単価が高いこともあり、輸出費用が少し変わっても輸送モードの変更要因にならないと考えられる。ただし、クラスター3の係数の符号は負かつ有意にゼロと異なり、輸出費用増がコンテナ化率を下げる結果となっている。

平均コンテナ化率が中程度のクラスター（1，2，9）

では、クラスター2と9で係数が負かつ有意にゼロと異なり、輸出費用増がコンテナ化率を下げている。実務者からはばら積み輸送に比べ通関をはじめコンテナ輸送の手続負担が大きいことが指摘されており、とくにコンテナ化率が高くない品目についてはこれらの手間を含む取引費用負担がコンテナ輸送増加を妨げている可能性がある。クラスター1では係数が正かつ有意にゼロと異なり、輸出費用増がコンテナ化率上昇につながっている。

平均コンテナ化率が低いクラスター（7，8，10）では結果は一致せず、クラスター8と10の係数の符号は負、クラスター7は係数が正かつ有意にゼロと異なる。クラスター8や10で輸出費用増がコンテナ化率を下げ、クラスター7でコンテナ輸送を増やすことが示唆されている。

輸入国側輸入費用の係数は、6つのクラスターで負になっており、これらのクラスターでは輸入費用増がコンテナ輸送を阻害している。ただし、クラスター1，3と10では正かつ有意である。クラスター3では単価が高いため輸入費用増を意に介さないと思われるのに対し、クラスター1や10は単価が低いにもかかわらず輸入費用増を気にしない傾向となっている。

#### d) 単価・インバランス・海上輸送量・相対運賃の係数

単価の係数はクラスター1，6，10を除き正かつ有意にゼロと異なっており、基本的に運賃負担力の高い品目でコンテナ輸送が選ばれる、従来の見解と整合的な結果となった。負かつ有意なのは単価の低いクラスター10のみであった。

インバランスの係数をみると、クラスター1，2，3，5，6は係数が負かつゼロと有意に異なる。また、4と7でも

表-6 コンテナ化率に関する推定結果とシステム決定変数

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6	Cluster 7	Cluster 8	Cluster 9	Cluster 10
輸出国コンテナ取扱量 (対数値)	0.136*** (0.037)	-0.045*** (0.010)	-0.008 (0.020)	-0.014 (0.009)	0.051*** (0.019)	-0.004 (0.004)	0.023** (0.011)	-0.002 (0.005)	-0.061*** (0.012)	-0.013*** (0.004)
輸入国コンテナ取扱量 (対数値)	0.158*** (0.040)	-0.057*** (0.012)	-0.048*** (0.015)	-0.035*** (0.006)	0.016 (0.016)	-0.011** (0.005)	0.046*** (0.014)	-0.019*** (0.005)	-0.050*** (0.010)	0.040*** (0.011)
輸出国輸出費用 (対数値)	0.155** (0.067)	-0.086*** (0.026)	-0.069* (0.039)	-0.012 (0.026)	-0.029 (0.049)	-0.003 (0.011)	0.122*** (0.041)	-0.051*** (0.016)	-0.145*** (0.041)	-0.006 (0.026)
輸入国輸輸入費用 (対数値)	0.320*** (0.091)	-0.016 (0.021)	0.065** (0.033)	-0.129*** (0.018)	-0.022 (0.034)	0.00001 (0.008)	-0.069** (0.030)	-0.040*** (0.011)	-0.109*** (0.026)	0.064*** (0.018)
インバランス (対数値)	-0.030** (0.013)	-0.019*** (0.006)	-0.028*** (0.008)	-0.002 (0.004)	-0.026*** (0.009)	-0.005** (0.002)	-0.003 (0.010)	0.002 (0.004)	0.003 (0.007)	0.012*** (0.004)
海上輸送量 (対数値)	-0.172*** (0.043)	0.077*** (0.011)	0.009 (0.019)	0.006 (0.005)	-0.053*** (0.017)	0.014*** (0.005)	-0.043*** (0.014)	0.027*** (0.003)	0.096*** (0.008)	-0.032*** (0.007)
コンテナ運賃BDI	0.738*** (0.211)	-1.128*** (0.086)	-0.090 (0.067)	-0.027 (0.035)	-0.359*** (0.093)	-0.256*** (0.028)	0.282** (0.129)	-0.154*** (0.038)	-0.940*** (0.080)	0.314*** (0.055)
単価 (対数値)	-0.005 (0.025)	0.060*** (0.009)	0.084*** (0.010)	0.045*** (0.007)	0.133*** (0.013)	0.0004 (0.004)	0.045*** (0.012)	0.063*** (0.003)	0.108*** (0.012)	-0.008** (0.004)
2011年ダミー	-0.223*** (0.067)	0.333*** (0.037)	0.007 (0.029)	0.0003 (0.016)	0.082** (0.034)	0.078*** (0.012)	-0.095** (0.045)	0.025* (0.015)	0.221*** (0.037)	-0.088*** (0.019)
2012年ダミー	-0.484*** (0.137)	0.743*** (0.064)	0.036 (0.051)	0.009 (0.027)	0.222*** (0.064)	0.171*** (0.021)	-0.206** (0.089)	0.085*** (0.028)	0.564*** (0.061)	-0.194*** (0.038)
2013年ダミー	-0.270*** (0.084)	0.440*** (0.045)	0.023 (0.036)	-0.005 (0.019)	0.127*** (0.042)	0.104*** (0.014)	-0.134** (0.058)	0.045** (0.019)	0.332*** (0.045)	-0.110*** (0.026)
2014年ダミー	-0.337*** (0.104)	0.547*** (0.053)	0.054 (0.042)	-0.0001 (0.022)	0.167*** (0.050)	0.131*** (0.017)	-0.155** (0.070)	0.065*** (0.022)	0.425*** (0.051)	-0.126*** (0.030)
定数項	-5.367*** (1.733)	2.662*** (0.437)	1.803** (0.707)	2.546*** (0.409)	1.060 (0.832)	1.132*** (0.182)	-0.718 (0.585)	0.869*** (0.243)	3.985*** (0.574)	-0.656*** (0.232)
観測数	472	472	472	469	472	472	472	472	465	470
修正済み決定係数 <sup>注9)</sup>	-1.691	-1.936	0.2433	0.1167	0.210	-0.5360	-0.4503	0.5225	-0.7804	-1.901
システム決定係数 <sup>注9)</sup>	0.6637	0.9517	0.7394	0.6403	0.6595	0.9677	0.6228	0.7997	0.9428	0.7284

注1: カッコ内は標準誤差を示している。

注2: \*, \*\*, \*\*\*は、係数がそれぞれ10%, 5%, 1%の水準で有意にゼロと異なることを示している。

有意にゼロと異なるが係数は負である。これら品目は、インバランスの大きな航路、すなわち輸入が大きく超過している航路においてコンテナ化率があまり高くない傾向を示唆している。一方、クラスター8と9については係数が正、10は正でかつ有意にゼロと異なる。この結果は、インバランス拡大につれてこれら品目のコンテナ化率が高まる可能性があることを意味している。クラスター8, 9, 10の品目は表-1にもある通り、コンテナ化率が低く、単価も低いバルク貨物が多く含まれる。そのため、これら品目がコンテナで運ばれるようになることが、インバランス対策として有用な手段となる可能性を示唆している。一方、コンテナ化率が低く、バルク貨物を含むクラスター1や7の係数は負であり、インバランスが大きい航路でもコンテナ化が進んでいない。インバランス対策としてバルク貨物コンテナ化を進める場合、これら品目での促進策のあり方が課題となる。

海上輸送量の係数は、コンテナ化が進展している品目のクラスター(3, 4, 5, 6)では、クラスター6を除い

て係数が負でかつ有意にゼロと異なるか、有意ではなかった。コンテナ化が進展している品目では、基本的に海上輸送量増がコンテナ化率上昇につながらない結果であり、これら品目ではコンテナ化の進展が近年停滞していることと整合的である。コンテナ化が中程度のクラスター(1, 2, 9)では、クラスター1を除いて海上輸送量の係数は正でかつゼロと有意に異なっていた。これら品目では新たな貨物がコンテナで運ばれている可能性が高い。クラスター2では2000年代後半にばら積み輸送量が増加し、全体的なコンテナ化率は下がる傾向にあるものの、海上輸送量の多い航路ではコンテナ化率が高くなっていることを示唆している。クラスター9の品目は海上輸送量が全体で減少しており、二国間貿易が生き残っている航路ではコンテナ輸送で貨物が運ばれているため、このような結果となったと考えられる。平均コンテナ化率が低いクラスター(7, 8, 10)をみると、クラスター7と10では海上輸送量の係数は負でかつゼロと有意に異なっていた。これら品目では海上輸送量の多い航路では規模

の経済を追求したばら積み輸送が好まれる傾向を改めて示唆している。一方でクラスター8の係数は正かつ有意にゼロと異なっており、海上輸送量の多い航路でコンテナ輸送が多く用いられていることを示唆している。

相対運賃の係数をみると、平均コンテナ化率が高いクラスター（3, 4, 5, 6）や中程度のクラスター（1, 2, 9）では基本的に負であり、コンテナ運賃の相対的上昇はコンテナ化率を下げている。平均コンテナ化率が低いクラスター（7, 8, 10）の結果は一致しておらず、運賃の相対的上昇があまり考慮されていないことが示唆される。

## 5. 結語

本研究では、日本からASEANにまたがる東アジア域内の海上輸送に関して、バルク貨物のコンテナ化に注目して要因を分析した。

まず、2000～2014年の海上輸送に関するデータを用いてクラスター分析を行い、品目別のコンテナ化進展動向を明らかにした。まったくコンテナ輸送が用いられていないか、完全にコンテナ輸送で運ばれている品目を除いた127品目を、コンテナ化率の動向や単価など7基準をもとに10クラスターに分割した。

クラスター分析の結果2.(2)からは、以下[1]～[5]の考察が得られる。[1] どのクラスターを見てもRodrigue and Notteboom<sup>2)</sup>の指摘通り、2007年前後を境にコンテナ化の進行が止まっていること、[2] 平均コンテナ化率の高いクラスターは平均輸送量が小さく単価が高く、中程度から低いクラスターは単価が低い傾向にあること、[3] 平均コンテナ化率の低いクラスターでは2007年以前もコンテナ化があまり進んでいなかったこと、[4] コンテナ化率が低いクラスターに属する品目でも航路によってはコンテナ輸送が多いこと、[5] コンテナ化率が高いクラスターでも属する品目や航路によってはさらなるコンテナ化の余地が残されていること。

次に、分割したクラスター別に、コンテナ化率の要因を分析するため、同時方程式モデルを用いて海上輸送量やコンテナ輸送量のインバランス、輸出国と輸入国のコンテナ取扱量、コンテナの輸出や輸入にかかる費用、品目単価などを説明変数とした分析を行った。

同時方程式モデルによる分析結果からは、以下[1]～[8]の考察が得られる。[1] 海上輸送量のコンテナ化率への影響は、コンテナ化率が中程度の品目でプラス、低い品目ではマイナス、高い品目では海上輸送量とコンテナ化率には必ずしも有意な正の相関がないこと（4.(3) d)より、以下同様）、[2] 相対運賃のコンテナ化率への影響は、コンテナ化が進んでいない品目を除きマイナスであること（4.(3) d)）、[3] 輸入国側のコンテナ港湾整

備は、コンテナ化率の低い品目でコンテナ化率を上げる可能性があるが、ばら積み輸送設備がおおむね同時に整備される<sup>注10)</sup>ため、コンテナ化率の高い品目でコンテナ化率を下げる可能性もあること（4.(3) b)）、[4] コンテナ化率の低い品目を中心に輸出側側の輸出費用引き下げはコンテナ輸送を促す可能性があること（4.(3) c)）、[5] 輸入国側の輸入費用引き下げもコンテナ輸送を促す可能性があること（4.(3) c)）、[6] 運賃負担力の高い品目がコンテナ輸送される傾向にあること（4.(3) d)）、[7] 一部バルク貨物のコンテナ化はインバランス解消の有用な手段となりうること（4.(3) d)）、[8] 一部バルク貨物ではコンテナ化がインバランスの解消方向に進まずこれら品目でコンテナ化をどう進めるかが課題であること（4.(3) d)）。

コンテナ化率の低い品目のコンテナ輸送を促す観点からは、港湾インフラや陸上インフラの整備に加え、港に運ぶまでの費用と陸揚げ以降の費用、通関手続など輸出入手続費用の削減も重要になる。インバランス解消の観点からもこれら施策は重要である。ただし、具体的施策の検討は今後の課題である。また、本研究では近海航路でのバルク貨物コンテナ化を分析したが、海運会社・荷主双方にとって重要な基幹航路のバルク貨物コンテナ化についても検討が必要である。

謝辞：本研究はJSPS科研費16K16358の助成を受けたものである。

## 注

- 1) Stopford<sup>3)</sup>が北米航路を想定して作成した航海キャッシュフローモデルでは、総航海費用の2.9～4.1%がリポジショニング費用である。
- 2) 日本海事検定協会<sup>11)</sup>では、2003年と2013年のアジア域内（北東アジアからインドまで）のアパレル関連品目の貿易動向を分析している。合成繊維や織物では経済発展を受けて中国では自国内での調達が増えたことが示されている。このような要因がクラスター4の品目の輸送量減につながったと考えられる。
- 3) 内生性が存在する場合、係数が一致性を失うため、通常の最小二乗推定が適切な推定値でなくなる。
- 4) 実際に除外したのは中国・ベトナム間、中国・香港間、マレーシア・シンガポール間、マレーシア・タイ間、マレーシア・インドネシア間の5つのペアである。
- 5) 過去の変数を用いることで、船腹量の決定に関する同時性の問題を回避できる。
- 6) たとえば、ばら積み輸送とコンテナ輸送の供給関数を線形と仮定し、これをもとに相対運賃の関数を一次近似で求める場合、船腹量の係数の符号はもとの供給関数の定数項の符号にも影響を受ける。そのため、推定された船腹量の符号が正負いずれかは事前に特定できない。
- 7) 2015年度の日本郵船、商船三井、川崎汽船の単体損益計算書内運航費項目での燃料費割合の加重平均値。
- 8) 一部年ダミーが除外されるケースが表5で見られる。これ

はそれらの年ダミーを残すことで生じる完全な多重共線性の問題によって回帰係数を決定できない事態を回避するため、推計時にソフトウェアが行ったものである。

- 9) 本研究の推計モデルで決定係数が負の値を取る式がある。3SLSを含む同時方程式モデルでは個別式の決定係数が負の値や1以上の値を取ることが知られている<sup>19)</sup>。このようなこともあり同時方程式モデルでは決定係数がモデルの適合度として適切性を欠くとの指摘もある<sup>19)</sup>が、推計結果の説明力を示すべく、同時方程式システム全体の説明力を示す決定係数を算出し表-6下部に示している。
- 10) 本研究で用いたIHS Global Insightデータで2000～2014年の世界各国のコンテナ輸送量（輸出量と輸入量の合計）とばら積み輸送量（輸出量と輸入量の合計）の相関係数を取ると0.78と強い正の相関を示す。これは国単位で見た場合コンテナ港湾整備とばら積み港湾整備がおおむね並行して進むことを示唆している。

#### 参考文献

- 1) IHS Global Insight データベース, <http://myinsight.ihsglobalinsight.com>
- 2) Rodrigue, J-P. and Notteboom, T. : Looking inside the box: evidence from the containerization of commodities and the cold chain, *Maritime Policy & Management*, Vol. 42, No. 3, pp. 207-227, 2015.
- 3) Stopford, M.: *Maritime Economics*, 3<sup>rd</sup> Edition, Routledge, 2009 (邦訳: マリタイム・エコノミクス(上)(下), 日本海運集会所).
- 4) Notteboom, T. : Container Shipping, In: *The Blackwell Companion to Maritime Economics* (ed. Talley, W. K.), Wiley-Blackwell, 2012.
- 5) UNCTAD, *Review of Maritime Transport* 各年版
- 6) 二田義規, 赤倉康寛, 渡部富博: 世界のコンテナ船動向及びコンテナ貨物流動分析—米国-東アジア間におけるコンテナ化の動向—, 国土技術政策総合研究所資料, No. 467, 2008.
- 7) Lirn, T.-C. and Wong, R.-D. : Determinants of grain shippers' and importers' freight transport choice behavior, *Production Planning & Control*, Vol. 24, No. 7, pp. 575-588, 2012.
- 8) 松田琢磨, 川崎智也: バルク貨物コンテナ化の決定要因について—北米/韓国・台湾航路における金属スクラップ輸入の分析—, *海運経済研究*, No. 47, pp. 65-73, 2013.
- 9) Kawasaki, T. and Matsuda, T. : Containerization of bulk trades: A case study of US—Asia wood pulp transport, *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 17, pp. 179-197, 2015.
- 10) Bernhofen, D.-M., El-Sahli, Z. and Kneller, R.: Estimating the effects of the container revolution on world trade, *Journal of International Economics*, Vol. 98, pp. 35-50, 2016.
- 11) 日本海事検定協会: アジア圏における国際物流の動向と物流システムの構築に関する調査研究報告書, [https://www.nkkk.or.jp/pdf/public\\_business\\_report\\_4-17-26.pdf](https://www.nkkk.or.jp/pdf/public_business_report_4-17-26.pdf), 2015.
- 12) 松田琢磨: 2015年日本・中国間コンテナ荷動き・運賃動向, 日刊CARGO, 2016年2月10日号, 2016.
- 13) 松田琢磨: 日本・韓国間コンテナ航路の動向(1)概要, 日刊CARGO, 2014年12月12日号, 2014.
- 14) Stock, J. H. and Watson, M. W.: *Introduction to Econometrics*, 2<sup>nd</sup> Edition, Pearson Education, 2007 (邦訳: 入門計量経済学, 共立出版).
- 15) 国土交通省港湾局: 港湾統計(年報), 各年版
- 16) World Bank: *Doing Business* データベース, <http://www.doingbusiness.org/data>
- 17) International Maritime Organization: *Second IMO GHG Study 2009*, 2009.
- 18) Drewry Shipping Consultants Limited: *Container Freight Rate Insight*, 各月版
- 19) 松浦克己, コリン・マッケンジー: *EViews* による計量経済分析, 第2版, 東洋経済新報社, 2012.

(2017. 2. 24 受付)

## A QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE BULK CARGO CONTAINERIZATION IN EAST ASIA

Takuma MATSUDA, Shinya HANAOKA, Tomoya KAWASAKI  
and Yusuke YONEZAWA

This study aims to identify the factors that would enhance containerization in intra-East Asian trade, especially containerization of bulk cargo, which has been mainly transported by bulk carriers. To this purpose, the authors first conducted a cluster analysis for intra-East Asian seaborne trade by k-means clustering to analyze the commodity-wise tendency of containerization on various trade-routes. For most of the commodities, the advancement of containerization weakened after 2007, and it was confirmed that unit prices and volumes of cargo relate to the degree of containerization for each commodity. Secondly, a simultaneous equation model analysis was conducted to identify the critical factors that would encourage containerization for each cluster. It was found that the reduction of transaction costs for exporting and importing may enhance containerization of bulk cargoes and containerization of some bulk cargoes may help to reduce container trade imbalances in the intra-East Asian seaborne trade.