

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¹・花岡 伸也²・川崎 智也³・米澤 祐介⁴

¹非会員 日本海事センター 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

²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

³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

⁴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)

本研究では、東アジア域内の海上輸送において、コンテナ輸送されていないばら積み輸送貨物（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、品目別のコンテナ化の進展動向を検証した。次に、クラスター分析で分割したクラスター別に、各国間（航路）の海上輸送に占めるコンテナ貨物の比率（コンテナ化率）の要因を、計量経済モデルを用いて分析した。その結果、単価、海上輸送量、輸出入国のコンテナ取扱量、輸出入国のコンテナ輸送コストがコンテナ化率に影響を与える要因として識別されたが、単価を除くと影響の正負や大きさは品目によって差が見られた。

Key Words : containerization, bulk cargo, cluster analysis, econometric analysis, East Asia

1. はじめに

1960年代のコンテナ革命以降、コンテナ化率（海上輸送量に占めるコンテナ輸送量の重量ベースの比率）は上昇を続けてきたが、2000年代後半に入ってから停滞している。IHS Global Insightのデータによると、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、2007年以降は12%台が続いている。北東アジアからASEANまでの東アジア域内では23.9%まで上昇した2006年以降、低下傾向で2013年には19.6%となった。

コンテナ輸送の普及は、消費財や工業製品など一般貨物と呼ばれる品目がコンテナ貨物で輸送されるようにコンテナ貨物へ転換していくことから始まった。コンテナ輸送が定期船サービスの主流となってからも、コンテナ輸送への転換は続いていた。Rodrigue and Notteboom(2015)¹⁾は、一般貨物のコンテナ化が2007年まで増加傾向であったものの、それ以降変化がないため、とくに先進国でコンテナ輸送への代替が完了したと主張している。

その一方、近年は従来梱包せずにばら積み船を使って運ばれていた貨物（バルク貨物）をコンテナに詰めて運

ぶバルク貨物のコンテナ化が注目されている。Rodrigue and Notteboom(2015)¹⁾は、コンテナ貨物の増加にはニッチマーケットの開拓やこれまで輸送してこなかった品目のコンテナ化が重要としている。その一つとしてバルク貨物のコンテナ化が挙げられている。

コンテナ輸送の効率性向上のニーズもバルク貨物のコンテナ化が注目される理由である。いくつものコンテナ航路で往航と復航の輸送量の較差（インバランス）が存在する（Stopford, 2009²⁾; Notteboom, 2012³⁾）。コンテナ船での輸送費用の一定割合が空コンテナ返送によって生じている^{付録1)}。インバランスの解消によって空コンテナの返送費用（リポジショニング費用）を削減できる。バルク貨物の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で貨物量が少ない方面が中心であり（UNCTAD, 2013⁴⁾）、バルク貨物のコンテナ化は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。

しかしながら、これまでバルク貨物のコンテナ化の要因分析を行った研究は多くない。先行研究として挙げられるのは二田ら(2008)⁵⁾、Rodrigue and Notteboom(2015)¹⁾、Lim and Wong(2013)⁶⁾、松田・川崎(2013)⁷⁾とKawasaki and

Matsuda (2015)⁸⁾などである。二田ら(2008)⁹⁾はアジア・米国間におけるバルク貨物のコンテナ化動向を整理し、米国発東アジア向け(日本除く)のコンテナ化率で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ことを結論付けた。Rodrigue and Notteboom(2015)¹⁾はコンテナ化の進行要因として、①一般貨物からの代替、②インバランスを抱える航路における低運賃でのコンテナ使用、③トランシップの増大、④経済成長におけるコンテナ利用の増加を挙げている。Lim and Wong(2013)⁶⁾では穀物貿易における輸送選択における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(2013)⁷⁾とKawasaki and Matsuda (2015)⁸⁾は、ロジットモデルを使用して米国発アジア行きの輸送におけるバルク輸送対コンテナ輸送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分析する。東アジア地域を選定した理由の第一は、地域内のコンテナ輸送量が大いことであり、世界全体でコンテナ輸送量を増やすうえでも意義が高いことである。第二は、地域内の経済発展や貿易の形に多様性がみられ、より包括的に要因を検討できることである。第三は、東アジア域内でコンテナ港湾整備が進み続けているにもかかわらず、近年のコンテナ化率は低下傾向で、コンテナ港湾整備との関係について検証できるためである。

論文の構成は以下のとおりである。2.では品目別にコンテナ化の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。3.では地域間輸送(航路)別に、計量経済モデルの推定を行って分析を行う。クラスター分析を通じて、コンテナ化率の動向について品目別の傾向をつかむことができる。同時に、航路別に行う計量モデル分析においても、品目別の要素を取り込んだ形で考察ができる利点がある。4.では2.および3.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

まず、コンテナ化進展要因について品目別にクラスター分析を用いて分析を進める。データは2000～2014年のデータであり、東アジア地域のばら積み輸送量(トンベース)、コンテナ貨物輸送量(トンベース)、ばら積み貨物の貿易額およびコンテナ貨物の貿易額についてIHS Global Insightデータを使用した。分析品目は197品目である。ただし、2000年から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、分析対象から外したため、最終

的な分析品目は127品目である。

クラスター分析を行うことで、同様の特徴を持つ品目ごとにグループを分け、どのような特徴を持った品目でコンテナ化が進んでいるのか、また進んでいないのかを見ることが出来る。使用する変数は以下の7つである。①2007年のコンテナ化率-2000年のコンテナ化率で計算した2000～2007年におけるコンテナ化率の変化(%ポイント)、②2014年のコンテナ化率-2007年のコンテナ化率で計算した2007～2014年におけるコンテナ化率の変化(%ポイント)、③2000～2014年の平均コンテナ化率(%), ④2000年から2014年における平均単価(USD/kg), ⑤2000～2014年における平均輸送量(トン), ⑥2000年から2014年におけるコンテナ輸送量の変化(トン), ⑦2000年から2014年におけるばら積み輸送量の変化(トン)。なお、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、ばら積み船で輸送された貨物量以外に一般貨物船で運ばれた量が含まれている。

これらの変数を用いた理由は以下の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、先述した通り世界におけるコンテナ化率が停滞するようになったためである。②平均コンテナ化率を用いた理由は、コンテナ化の停滞が、コンテナ化がほぼ完了したことによるものか否かを判断するためである。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際に起こるコンテナ化率上昇をコンテナ化率の進展と間違えて判断しないためである。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がある要素としてすでに先行研究でも取り上げられており、かつ品目のタイプを分類するためにも有効な要素であるためである。

これらのデータをK平均法(k-means clustering)を用いてクラスター分析を行う。K平均法は非階層型クラスター分析の一手法で、N個の観察値をk個のクラスターに分割する手法である。クラスター S_i の代表点 μ_i と、クラスター S_i に属するデータ \mathbf{x} の距離が近くなって式(1)の評価関数を満たすようにデータを分割する。

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

クラスター分析の結果を表-1に示す。クラスター番号の横のカッコに当該クラスターに含まれる品目数が示されている。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。

2000～2007年における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るものの、いずれのクラスターにおいてもコンテ

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 (10,000 トン)	2000-2014年 コンテナ 輸送量変化 (10,000 トン)	2000-2014年 ばら積み輸送量 変化 (10,000 トン)
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

ナ化が進行している。程度に差はあるものの、この時期は全体的にコンテナ化が進行していたことが改めて確認できる。一方で、2008～2014年におけるコンテナ化率の変化を見ると、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および7ではマイナスとなっている。1でも述べた通り、2007年前後を境としてコンテナ化の進行が全体として止まっていることが示されている。

平均コンテナ化率の高いクラスター(3, 4, 5および6)には、生鮮食品、機械、アパレル製品などが含まれ、海上輸送される中では小口でかつ価値が高い。これらの品目ではほかのクラスターに含まれる品目より先に一般貨物船での輸送からコンテナ輸送への転換がなされ、2007年ごろまでにコンテナ化が大きく進展した。

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がほとんど伸びず、新たに増えた貨物ではコンテナ輸送が利用され、コンテナ輸送がある程度定着した品目であることが示唆される。クラスター5にはアルミニウムやコンクリートでの製品、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、単価の低い品目群である。

クラスター4はアパレル原料と材料が占めている。2000年から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が、コンテナ輸送量の方がばら積み輸送量に比べて減少量が大きい。このクラスターに含まれる品目はすでにコンテナ化がかなり進んだ状況での減少であったため、全体の輸送量減少^{付録2)}がコンテナ輸送量の減少により大きく反映される形になったと考えられる。

クラスター3は機械や農産物が多くを占め、平均単価はすべてのクラスターの中で最も高い。その一方で平均コンテナ化率がクラスター4, 5および6に比べて低い。コンテナ輸送量の伸びはクラスター5や6に比べて穏やかであり、2007年以降コンテナ化率の伸びもわずかながらマイナスとなった。しかし、ばら積み輸送量の伸びも小

さいことから、新たに増えた貨物ではコンテナ輸送が利用されていることがわかる。

平均コンテナ化率が中程度のクラスター(1, 2および9)には、建材や化学製品などがおもに含まれる。これらのクラスターに含まれる品目の単価は1kgあたり1ドル強もしくはそれ未満であり、先に挙げた4つのクラスターに比べてかなり単価は低い。また、平均輸送量がより大きく、重い貨物となっている。クラスター1, 2および9の品目では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っている。

クラスター2の品目は化学製品、木材、果物となっているが、いずれも2007年以降コンテナ化率が低下している。この要因は、2000年代後半に入ってこのクラスターに含まれる品目ではばら積み輸送量が大きく増加したことにある。たとえば加工された果物に関しては2000年代後半以降、タイから中国向けの輸出が急増したが、ばら積みでの輸送が多かったことから同品目のコンテナ化率を大きく低下させることとなった。

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、輸送量の伸びは一つの品目を除いてコンテナ輸送量がばら積み輸送量を上回っている。2007年以降についても半数の品目でコンテナ輸送量の伸びの方が大きいため、2007年以降コンテナ化率の伸びは小さくなっているもののプラスを維持している。

クラスター9の品目にはリン酸塩など肥料原料、新聞向けやコーティングがなされていない紙、採油用の種や果実といったものが含まれる。これらの品目は、東アジア域内からの輸入による調達から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に東アジア域内の海上貿易量が減少している。減少はコンテナ輸送量よりもばら積み輸送量の方が大きく、そのためにコンテナ化率が上昇している。取引量が小さくなってコンテナ輸送が残ったケースといえる。

平均コンテナ化率が低いクラスター（7, 8および10）には、金属や石、食品の中でも油などが含まれている。これらのクラスターに含まれる品目の単価は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3つ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、かなり重い貨物となっている。クラスター7, 8および10の品目では2007年ごろまでもコンテナ化は大きく進展しなかった。

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と大きく異なるものの、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、干し草類など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、有機化合物や石となっている。東アジア全体で見るとこれらの品目のコンテナ化率は低いものの、日本・中国間や日本・韓国間では一定のシェアを持った上位品目となっている¹⁰⁾¹¹⁾。

クラスター10の品目はワセリンやヤシの実油のような油類と金属スクラップである。単価が最も低く、平均コンテナ化率も最も低い。油類は専用コンテナを用いた輸送を有望視する実務家もあり、金属スクラップのコンテナ輸送は現在でも米国から台湾向け⁷⁾やトルコ向けといった航路で一定のシェアを持っている。

3. 航路別分析

(1) 分析モデル

航路別分析では、(2)式で示される同時方程式モデルを用いて、二国間貿易*i*における*t*年のコンテナ化率 Y_{it} を推定するモデルを構築し、どのような要因が影響するか分析する。

$$\begin{cases} Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 L_{it}^1 + \varepsilon_{it} \\ X_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{it} + \alpha_2 L_{it}^2 + \eta_{it} \end{cases} \quad (2)$$

二国間貿易*i*における*t*年の海上輸送量が X_{it} であり、 L_{it}^1 は Y_{it} を求める式で用いられる外生変数のベクトル、 L_{it}^2 は X_{it} を求める式で用いられる外生変数のベクトルである。本研究においては L_{it}^2 に含まれる外生変数はすべて L_{it}^1 に含まれている。 ε_{it} と η_{it} はそれぞれ誤差項を示している。

しかしながら、同時方程式の分析を行う際には、内生変数と誤差項が相関を持つ内生性の問題^{付録3)}が生じる。これに対処するため、二段階最小二乗法(2SLS)を用いて(3)式の推定を行う。

$$\begin{cases} Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 L_{it}^1 + \varepsilon_{it} \\ X_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 K_{it} + \alpha_2 L_{it}^1 + \eta_{it} \end{cases} \quad (3)$$

一段階目の回帰式では、操作変数 K_{it} と外生変数 L_{it}^1 を用いて二国間貿易*i*における*t*年の海上輸送量 X_{it} を最小二乗法を用いて推定する。二段階目の回帰式においては、第一段階の回帰式を推定することで得られた推定値 \hat{X}_{it} と外生変数 L_{it}^1 を用いて、最小二乗法でコンテナ化率 Y_{it} を推定する。

航路別分析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、それが輸出国と輸入国のどのような特性によって影響を受けるかを分析する。対象国は日本・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・フィリピンのそれぞれの国間での輸出入である。しかし、二国間が陸続きになっている場合、輸送方法がコンテナ船とその他の海運というモードに加え、陸送が存在し、これもコンテナ化率に影響を与えると考えられる。そのため陸続きになっている二国間の輸出入は今回の分析では除外した。具体的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。

(2) 説明変数と使用データ

使用した説明変数（操作変数と外生変数）とデータソースは表-2に示している。推計の際には、コンテナ化率を除くすべての変数で自然対数を取って用いている。ただし、クラスター分析と異なり、データの制約があるため分析を行った期間は2006年から2014年となっている。

また、航路別分析では前節のクラスター分析で使用したのと同じく127品目を10のクラスターに分割して推計を行う。具体的には、それぞれのクラスターに属する品目について各国間の海上輸送量とコンテナ輸送量を合計することでクラスター別に推計している。さらに、表-2で挙げた以外にも年ダミーを使用している。

a) 操作変数 (K_{it})

説明変数のうち、第一段階の推計で用いるのは輸出国・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取得した2005年基準のものをを用いている。二国間距離は、AXS Alphalinerが提供している港間距離のデータベースから、輸出国・輸入国の間で最もコンテナ取扱量の大きい港同士の距離を算出した。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ime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）となっている。

第一段階の推計式は実質GDPと二国間距離を説明変数において重力モデルの形をとっており、実質GDPの係数にとると予想される符号は正、二国間距離の係数にとると予想される符号は負である。

b) 外生変数 (L_{it}^1)

説明変数のうち、第一段階と第二段階の両方で用いる外生変数は二国間のコンテナ輸送量のインバランス、バルチック海運指数(BDI)、輸出国および輸入国のコンテナ取扱量、輸出国でコンテナの輸出にかかるコストと輸入国でコンテナの輸入にかかるコスト、さらには品目の単価である。

二国間のコンテナ輸送量のインバランスは、すべての品目に関するコンテナ貨物の輸出货量と輸入量の較差を示している。本研究では“輸入国から輸出国側が輸入したコンテナ貨物の量－輸出国側が輸入国に向けて輸出したコンテナ貨物の量”で定義し、IHS Global Insightのデータ

から算出している。たとえば、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貨物の量から日本が中国へ輸出したコンテナ貨物の量を引いた量”で定義される。インバランスが大きいことは輸入量が極端に大きくなっていることを意味しており、輸出側のコンテナ輸送運賃の下落圧力となって輸出されるコンテナ貨物の量を増やすと考えられ、インバランスの係数にとると予想される符号は正になる。

バルチック海運指数(BDI)は、英国のバルチック海運集会所 (Baltic Exchange) が毎営業日に発表しているばら積み船の定期用船料に関する指数である。集会所に加盟してい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ごとの運賃を報告してもらったものを加重平均することで計算される。本研究では年平均値を用いている。BDIの値はばら積み輸送の運賃の状況を反映しており、BDIが高くなればコンテナ輸送で運ばれる貨物の割合が大きくなると考えられる。そのためBDIの係数にとると予想される符号は正になる。なお、本研究ではコンテナ運賃のデータも収集して分析を行ったが、推計の際に除外されてしまったため、ばら積み輸送の運賃に関するデータのみを説明変数としている。

表-2 使用した変数とデータソース、符号条件

変数	単位	データソース	平均値	標準偏差	観測数	第一段階 符号予想	第二段階 符号予想
説明変数のうち、第一段階のみで用いる操作変数 (K_{it})							
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	-	
説明変数のうち、第一段階・第二段階で用いる外生変数 (L_{it}^1)							
インバランス	TEU	IHS Global Insight	32	195,298	1,487		+
BDI	指数	Baltic Exchange	2,977	2,279	9		+
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 輸出コスト	米ドル/コンテナ (物価考慮済)	World Bank	710	200	99		-
輸出国 輸入コスト	米ドル/コンテナ (物価考慮済)	World Bank	785	283	99		-
単価	米ドル/kg	IHS Global Insight	6.00	21.98	13,545		+
被説明変数							
コンテナ化率 (Y_{it})	%	IHS Global Insight	0.59	0.31	13,545		
海上輸送量 (X_{it})	トン	IHS Global Insight	547,807	1,633,330	12,711		

輸出国および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"Review of Maritime Transport"に掲載されていたもの、日本については国土交通省港湾局によって発表された数値を使用している。本研究ではコンテナ取扱量は当該国の港湾インフラの代理変数として用いている。取扱量の大きさは当該国のコンテナ港湾における処理能力の高さを反映していると考えられる。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、係数がとると予想される符号は正になる。

輸出国の輸入にかかるコストおよび輸入国の輸出ないしは輸入にかかるコスト指標は世界銀行が発表している"doing business"データベースから取得した。この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ている。コンテナ一つの輸出ないしは輸入にかかる費用を米ドルに換算しており、さらに物価変動も考慮している。コンテナの輸出または輸入にかかるコストは、当該国の陸上輸送と制度面でのインフラの状況を代理する

変数となっているが、これらのコストが上昇するとコンテナによる輸送が阻害されるため、これらのコストの係数がとると予想される符号は負になる。

単価は、二国間貿易におけるクラスターごとの平均単価となっており、海上貿易額を海上輸送量で割ることで算出している。クラスター分析でも単価の高い品目の平均コンテナ化率が高くなる傾向が見られているが、単価が高い品目はその分高い在庫費用がかかるため、一度の輸送量を小さくする一方で輸送頻度を高くして在庫費用を小さくしようとするインセンティブが生じる。小口輸送はコンテナ輸送に適するため、平均単価が高い航路においてコンテナ化率は上昇すると推測され、単価の係数がとると予想される。

(3) 推計結果

a) 第一段階の推計結果

第一段階の推計結果を表-3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た。輸出国の経済発展が海上輸送量の増加につながっていることが示されている。

輸入国の実質GDPの係数はクラスター7と9を除くと係

表-3 第一段階の推計結果

説明変数 /クラスター	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
輸出国実質 GDP	0.604*** (0.051)	1.035*** (0.047)	0.522*** (0.032)	0.706*** (0.074)	0.832*** (0.037)	0.725*** (0.034)	0.830*** (0.070)	1.326*** (0.059)	1.327*** (0.070)	0.873*** (0.071)
輸入国実質 GDP	0.381*** (0.058)	0.179*** (0.049)	0.0683** (0.035)	-0.510*** (0.081)	0.230*** (0.040)	0.158*** (0.036)	0.00468 (0.077)	0.220*** (0.064)	-0.161** (0.076)	0.559*** (0.077)
輸出入国間距離	0.0526 (0.068)	-0.177*** (0.061)	-0.354*** (0.042)	-0.334*** (0.099)	-0.172*** (0.049)	-0.271*** (0.045)	0.683*** (0.092)	-0.380*** (0.079)	-0.576*** (0.092)	-0.231** (0.094)
インバランス	-0.252*** (0.073)	-0.0802 (0.065)	-0.0983** (0.045)	-0.0311 (0.106)	-0.144*** (0.053)	-0.149*** (0.048)	-0.193* (0.099)	-0.0325 (0.084)	-0.132 (0.099)	0.0312 (0.100)
BDI	0.731 (1.770)	0.0318 (0.071)	0.528 (1.102)	0.0147 (2.603)	0.487 (1.278)	-0.233 (1.159)	0.0655 (2.408)	0.312 (2.037)	-1.360 (2.417)	-1.249 (2.447)
輸出国 コンテナ取扱量	0.143 (0.095)	-0.480*** (0.085)	0.320*** (0.059)	0.855*** (0.139)	0.00513 (0.068)	0.0978 (0.063)	-0.483*** (0.128)	-0.336*** (0.110)	-0.869*** (0.129)	-1.131*** (0.130)
輸入国 コンテナ取扱量	0.234** (0.099)	0.668*** (0.088)	0.544*** (0.062)	1.430*** (0.145)	0.421*** (0.071)	0.380*** (0.065)	0.579*** (0.134)	0.494*** (0.114)	0.367*** (0.134)	0.766*** (0.136)
輸出国 輸出コスト	0.0786 (0.247)	-2.949*** (0.228)	-0.402*** (0.153)	1.236*** (0.360)	-0.605*** (0.178)	-0.601*** (0.165)	-0.425 (0.336)	-1.707*** (0.283)	-0.846** (0.342)	-3.796*** (0.339)
輸入国 輸入コスト	0.641*** (0.200)	0.917*** (0.179)	0.575*** (0.125)	3.169*** (0.292)	0.675*** (0.144)	0.526*** (0.131)	0.969*** (0.272)	0.704*** (0.231)	0.603** (0.271)	1.164*** (0.279)
単価	-0.381*** (0.047)	-0.0846* (0.045)	0.424*** (0.028)	-0.883*** (0.091)	-0.0802* (0.043)	0.350*** (0.037)	0.492*** (0.070)	-0.0258 (0.048)	-0.680*** (0.064)	-0.105 (0.071)
年ダミー	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
定数項	-14.562 (13.085)	2.693 (11.638)	-11.031*** (8.147)	-54.698*** (19.255)	-8.493 (9.449)	-3.908 (8.574)	-7.752 (17.797)	-3.020 (15.074)	18.528 (17.907)	25.166 (18.089)
観測数	900	900	900	897	900	900	900	900	887	896
修正済決定係数	0.5035	0.6538	0.7351	0.4823	0.7013	0.7259	0.4023	0.6181	0.4922	0.4745
操作変数 F 値	62.19	165.62	99.01	54.57	174.00	152.30	81.95	171.48	134.88	61.22

注1: カッコ内は標準誤差を示している。

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

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た。こちらでは輸入国の経済発展と需要拡大が海上輸送量の増加につながっていることが示されている。しかしながらクラスター7では有意性が満たされず、クラスター9では係数が負で有意となっている。

クラスター7には飼料原料や木くずなど経済発展が進むことで需要が増えるとは考えにくい品目が含まれていることが、係数が有意性を満たさなかった大きな要因であると考えられる。また、クラスター9の品目はクラスター分析の節でも触れた通り、自国調達や東アジア以外からの輸入が増えたことで東アジア域内の貿易量が減少している。これが輸入国の経済成長に伴って起こっているために、クラスター9については実質GDPの係数が負かつ有意という結果になったものと考えられる。

二国間距離の係数はクラスター1と7を除くと係数の符号はいずれのクラスターでも負であり、ゼロと有意に異なっていた。こちらでは二国間の距離が広がるほど海上輸送量が減少する傾向にあることが示されている。しかしながらクラスター1では符号が正になっており、クラスター7では係数が負かつ有意となっている。クラスター1や7の品目では、距離の長い二国間貿易が盛んに行われ、これらの貿易ではばら積み船での輸送が比較的好まれている可能性が高い。そのことが二国間距離の係数に影響を与えたと考えられる。

すべてのクラスターについて修正済決定係数は一定の説明力があることを示唆している。さらに、操作変数となっている輸出国の実質GDP、輸入国の実質GDPおよび二国間距離が弱操作変数でないことについても、第一段階目で検定を行い、弱操作変数ではないことが示唆された^{付録4}。

b) 第二段階の推計結果

第二段階の推計結果は表-4に示す。比較的コンテナ化が進展している品目が含まれるクラスター（3, 4, 5および6）では、クラスター4を除いて海上輸送量の係数が負でかつゼロと有意に異なっており、海上輸送量の増加がコンテナ化率の上昇につながらない結果になっている。クラスター4の品目はコンテナ化がかなり進展して、ほぼコンテナ化が完了した状態にある。海上輸送量の多い航路ではコンテナ化率が高いという状況が推計結果に反映されたと考えられる。

一方、クラスター3, 5, 6の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とクラスター分析の結果は示していたが、航路別にみると海上輸送量の多い航路ではばら積み輸送が用いられる傾向があることが示唆される。

コンテナ化が中程度に進んだ品目が含まれるクラスター

表-4 第二段階の推計結果

説明変数 /クラスター	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
海上輸送量 (当てはめ値)	-0.0573*** (0.010)	0.0167*** (0.005)	-0.0380*** (0.011)	0.0110*** (0.003)	-0.0814*** (0.007)	-0.00810** (0.004)	-0.0194*** (0.006)	0.0103*** (0.002)	0.0560*** (0.006)	0.00504* (0.003)
インバランス	-0.0451*** (0.010)	0.00724 (0.008)	-0.0230*** (0.009)	-0.00956** (0.005)	-0.0338*** (0.009)	-0.00418 (0.004)	-0.0219** (0.009)	0.00727* (0.004)	0.0482*** (0.012)	0.00838** (0.004)
BDI	-0.0666 (0.242)	-0.0457 (0.190)	-0.235 (0.207)	-0.0318 (0.116)	-0.056 (0.213)	-0.0346 (0.091)	-0.0587 (0.230)	-0.0594 (0.094)	-0.117 (0.287)	-0.075 (0.093)
輸出国 コンテナ取扱量	0.0571*** (0.013)	-0.0510*** (0.008)	0.0321** (0.014)	-0.00949 (0.007)	0.0555*** (0.011)	0.0100* (0.005)	0.00243 (0.009)	0.0125*** (0.005)	-0.0764*** (0.011)	-0.0184*** (0.003)
輸入国 コンテナ取扱量	0.0861*** (0.011)	-0.0225*** (0.008)	-0.0225** (0.009)	-0.0344*** (0.004)	0.0220** (0.009)	-0.0136*** (0.004)	0.0301*** (0.008)	-0.00584* (0.003)	-0.0784*** (0.008)	-0.00867 (0.005)
輸出国 輸出コスト	0.0996*** (0.033)	-0.146*** (0.020)	-0.0331 (0.025)	0.0367** (0.017)	0.0418 (0.027)	-0.00078 (0.012)	0.165*** (0.027)	0.00449 (0.011)	-0.183*** (0.036)	0.0304*** (0.010)
輸入国 輸入コスト	0.118*** (0.026)	-0.0145 (0.017)	0.0191 (0.018)	-0.0844*** (0.011)	-0.0333* (0.019)	-0.0161** (0.008)	-0.0299 (0.019)	-0.0347*** (0.008)	-0.237*** (0.022)	-0.0102 (0.010)
単価	0.0466*** (0.007)	0.0892*** (0.005)	0.0943*** (0.007)	0.0527*** (0.005)	0.124*** (0.007)	0.00899*** (0.003)	0.0328*** (0.008)	0.0684*** (0.002)	0.122*** (0.009)	-0.000853 (0.003)
年ダミー	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
定数項	-1.492 (1.812)	2.862** (1.389)	2.919* (1.536)	2.104** (0.872)	1.256 (1.579)	1.465** (0.673)	-0.133 (1.675)	0.507 (0.690)	5.833*** (2.089)	0.794 (0.671)
観測数	900	900	900	897	900	900	900	900	887	896
決定係数	0.1574	0.3501	0.2475	0.1423	0.3596	0.0606	0.0073	0.6272	0.2719	0.1452

注1: カッコ内は標準誤差を示している。

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

ー(1, 2および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。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が、海上輸送量の多い航路ではコンテナ化が比較的進んでいることを示唆する結果となっている。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おもにコンテナ輸送で貨物が運ばれている。そのため、海上輸送量の多い航路=コンテナ輸送の多い航路となっていることが結果に反映されている。

一方、クラスター1の品目では、第一段階の結果で、距離の長い二国間貿易でばら積み船での輸送が比較的好まれている可能性が高いと述べたが、それと整合的な結果となっている。すなわち、全体で見ると新たな貨物がコンテナで運ばれている可能性が高いものの、距離の比較的長い航路を中心に海上輸送量の多い航路ではばら積み輸送が好まれていると考えられる。

平均コンテナ化率が低いクラスター(7, 8および10)ではクラスター7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。これは、コンテナ化が進展していない品目でも海上輸送量の多い航路ではコンテナ化が比較的進む傾向にあることを示唆する結果となっている。一方、クラスター7に含まれる品目に関してはクラスター1と同様、距離の長い二国間貿易でばら積み船での輸送が比較的好まれている可能性が高いことを示す結果となっている。

インバランスの係数は、平均コンテナ化率の高いクラスター(3, 4, 5および6)ではいずれも符号が負となっていた。クラスター6を除くと、係数が有意にゼロと異なっている。コンテナ化率の高い品目では、インバランスを拡大する方向で貿易が行われている、ないしは二国間貿易のうち主要方面(mainhaul)で貿易が行われていることが示唆される。平均コンテナ率が中程度のクラスター(1, 2および9)では、ばら積み輸送の利用が進んでいたり、貿易量の縮小が進んでいたりクラスター間の状況が大きく異なることもあり、品目によって符号や有意性の状況が分かれている。クラスター1では係数が負でかつ有意にゼロと異なるが、クラスター2は係数が正であるものの有意にゼロとは異なっていない。クラスター9は係数が正かつゼロと有意に異なっている。平均コンテナ率が低いクラスター(7, 8および10)では、クラスター8と10で係数が正かつゼロと有意に異なる。

BDIの係数は平均コンテナ化率の状況を問わず基本的に負となっており、予想される符号と異なるが、いずれも有意となっていない。これは、東アジア域内の海上輸送においてコンテナ輸送とばら積み輸送が競合的な関係にはないことを示唆している。

輸出側コンテナ貨物取扱量の係数は平均コンテナ

化率の高いクラスター(3, 4, 5および6)では基本的には正かつ有意となっており、予想される符号と基本的に一致する。平均コンテナ率が中程度のクラスター(1, 2および9)では、クラスター1では係数が正かつ有意であるが、クラスター2と9では係数が負かつ有意となっている。これまでの分析からクラスター1の品目は長距離のばら積み輸送が好まれると考えられるが、輸出国側のコンテナ貨物取扱量の係数を見るとその理由の一つに輸出国側のインフラ整備が進んでいないことが理由になっている可能性が示唆される。また、クラスター2の結果からは、ばら積み輸送が大きく増加している状況では、輸出国側のインフラ整備がコンテナ化率の上昇に貢献しない可能性が示唆される。平均コンテナ率が低いクラスター(7, 8および10)では、輸出国のコンテナ貨物取扱量の係数の状況は分かれている。クラスター7では係数が有意になっておらず、クラスター8では負かつ有意、クラスター10では正かつ有意である。

輸入側コンテナ貨物取扱量の係数は平均コンテナ化率の高いクラスター(3, 4, 5および6)ではクラスター5を除いて負かつ有意となっており、予想された符号と異なる。港湾インフラが整っている輸入国の場合、バルク貨物を受け入れる港湾設備も整っている可能性が高いためコンテナ化率が下がってしまうこと、フィーダー船などで運ばれる場合には大きな港がなくとも貨物を受け入れられるという状況を反映していると考えられる。平均コンテナ率が中程度のクラスター(1, 2および9)や平均コンテナ率が低いクラスター(7, 8および10)でも負かつ有意の品目がみられている。

輸出国側の輸出コストの係数は平均コンテナ化率の高いクラスター(3, 4, 5および6)では基本的にゼロと有意に異なっていない。これらの品目は比較的単価が高いため、コンテナ貨物の輸出コストの変更が輸送モードを変更する大きな要因となっていないと考えられる。平均コンテナ率が中程度のクラスター(1, 2および9)では、クラスター1では係数が正かつ有意であるが、クラスター2と9では予想と同じく係数が負かつ有意となっている。クラスター1ではコンテナ輸送が比較的増える傾向にあることから、輸出コストの増加があまり考慮されていないのではないかと考えられる。平均コンテナ率が低いクラスター(7, 8および10)でも基本的に係数が正かつ有意である。

輸入側コンテナ貨物取扱量の係数は平均コンテナ化率の高いクラスター(3, 4, 5および6)では基本的に負かつ有意であり、予想された符号と一致している。平均コンテナ率が中程度のクラスター(1, 2および9)では、クラスター1では係数が正かつ有意であるが、クラスター2と9では予想と同じく係数が負かつ有意となっている。クラスター1では輸入コストの増加もあまり考慮されて

いないのではないかと考えられる。平均コンテナ率が低いクラスター（7, 8および10）でも基本的に係数が負となっているがかつ有意になっていない。

単価の係数はクラスター10を除いて正かつ有意になっており、予想と一致し、クラスター分析の結果とも整合している。

4. 結語

本研究では、日本からASEANにまたがる地域である、東アジア域内の海上輸送に関して、これまでコンテナ輸送がなされてこなかった貨物のコンテナ化、とくにばら積み輸送がなされてきた貨物（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うことを目的に分析を進めてきた。

まずは、2000年から2014年の海上輸送に関するデータを使用してクラスター分析を行い、品目別のコンテナ化の進展動向について検証を行った。クラスター分析では完全に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つの基準を基に10のクラスターに分割した。

クラスター分析の結果からは、以下の①から⑤のような考察が得られる。①東アジア域内でも全体として2007を境にコンテナ化の進行が止まっており、個別品目に突出した傾向ではないこと、②平均コンテナ化率の高い品目は平均輸送量が小さく単価が高い傾向があり、平均コンテナ化率の中程度から低い品目は単価が低い傾向があること、③平均コンテナ化率の低い品目は安価で重い貨物を効率的に輸送すべく基本的にばら積み輸送が多く用いられたため、2007年より前で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貨物でかなり運ばれているものがあること、⑤コンテナ化率が高いクラスターに属する品目でも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、各国間（航路）における海上輸送に占めるコンテナ貨物の比率（コンテナ化率）の要因を調べるため、計量経済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、輸出国および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コスト、ばら積み輸送の運賃指数であるBDIや品目の単価などを説明変数とした分析（航路別分析）を行った。

航路別分析の結果からは、以下の①から⑥のような考察が得られる。①比較的コンテナ化率の高い品目であっても海上輸送量が増えるとばら積み輸送が用いられるようになること、②コンテナ化の進展していない品目では海上輸送量が増えるとコンテナ化率が高まるようになる

場合があること、③ばら積み輸送の運賃による影響がみられず、東アジア域内の海上輸送においてコンテナ輸送とばら積み輸送が即時的な競合関係にはないと考えられること、④輸出国側のコンテナ港湾整備はコンテナ化の進展に貢献する可能性があることとみられること、⑤輸入国側のコンテナ港湾整備はコンテナ化の進展に役立つかどうかは不明であること、⑥コンテナ化率の高い品目は主要方面で運ばれているが、コンテナ化率の低い品目の主要航路でない方面（backhaul）でコンテナ輸送されていること。

とくに、コンテナ貨物での輸送量を増やし、インバランスを解消するという観点からは平均コンテナ化率が低く、主要航路でない方面（backhaul）でおもに運ばれているようなクラスター8や10の品目のコンテナ化推進、まさに「バルク貨物のコンテナ化」が重要であると考えられる。先に述べた通り、これら品目のコンテナ化率は低いもののコンテナ輸送の実績はすでに存在しているため、その経験が東アジア域内の輸送に転用できるのか、また荷主や船社が輸送を促進するためには何が必要であるかが考えるべき課題となってくる。

謝辞：本研究はJSPS科研費16K16358の助成を受けたものです。

付録

- 1) Stopford(2009)²⁾では、北米航路を想定した航海キャッシュフローモデルを作成している。ここでは、起用する船舶の大きさによって異なるものの、総航海コストの2.9~4.1%がリポジショニング費用となっている。
- 2) 日本海事検定協会(2015)⁹⁾では、2003年と2013年のアジア域内（日本など北東アジアからインドまでの地域）における主要品目の貿易動向の分析を行っており、アパレル関連品目もその中に含まれている。アパレル原料の一つである綿（クラスター4にも入っている）に関しては中国が自前での調達からインドや米国などから輸入することが増えている。合成繊維や織物に関しては中国経済が発展したことで、自国内での調達が進んでいる。このことがクラスター4に関する品目の輸送量減少につながっている。
- 3) 内生性が存在する場合、通常の最小二乗法で推定を行うと、係数が一致性を失い、適切な推定値でなくなってしまう。
- 4) 表-3にある”操作変数F値”は、通常の回帰分析の際に報告されるF値と異なり、操作変数の係数すべてがゼロであると帰無仮説を検定するためのものとなっている。なお、10より大きくなれば、弱操作変数ではないという一つの指標となる¹²⁾。

参考文献

- 1) 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.
- 2) Stopford, M., *Maritime Economics 3rd 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).
- 3) Notteboom, T. : Container Shipping, in *The Blackwell Companion to Maritime Economics* (ed Talley, W. K.), Wiley-Blackwell, 2012.
- 4) UNCTAD, *Review of Maritime Transport 2013*.
- 5) 二田義規, 赤倉康寛, 渡部富博: 世界のコンテナ船動静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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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, 2015.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) Stock, J. H. and Yogo, M. : Testing for Weak Instruments in Linear IV Regression, in *Identification and Inference for Econometric Models: Essays in Honor of Thomas J. Rothenberg* (ed J.H. Stock, J. H. and Andrews, D.W.K.), Cambridge University Press, 2005.

(2016.?.??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 analyze the factors that stimulate containerization, especially bulk cargo containerization in intra-EastAsia. First, we used the 'k-means clustering', and found that for most of goods, advance of containerization process was weakened after 2007. We also identified that unit prices and cargo tonnage might relate to containerization.

Then we analyze the explanatory factors which would encourage containerization by simultaneous equation model for each clusters. We found that container trade imbalance may push bulk cargo containerization in the intra-EastAsia seaborne trade.