

海空モーダルシフトとロジスティクスサイクル

——日本の対米輸出を中心に——

宮 下 國 生

- 1 はじめに
- 2 国際物流におけるモード選択行動——考察方法の検討
- 3 対米品目別革新物流モーダルシェア比率の決定——運賃比率型モデル
- 4 対米品目別革新物流モーダルシェア比率の決定——期待運賃比率型モデル
- 5 対米輸出ロジスティクスサイクルの導出
- 6 展 望

1 はじめに

国際物流における海空モーダル競争は、貿易の担い手である荷主企業による海空両モードのサービスに対する選択行動によって発生する。空運は主に旅客機のベリーか貨物専用機のいずれかによって相対的に高付加価値の完成品並びに部品などの半製品貨物を輸送する。これに対し海運は、ユニットロードシステムを持つコンテナ船によって、相対的に低付加価値の同様な貨物を輸送する。両モードはその意味ではお互いに有利な輸送領域を支配し棲み分けてはいる。しかし相互の領域が重なり合うグレーゾーンにおいては、経済環境の変化に応じて、荷主企業による激しいモード選択行動に巻き込まれるのである。

どのような要因がモーダルシフトを決定するのか。国際物流におけるモード選択行動を、ミクロ的に分析しようとする試みは、Lewis-Culliton-Steele (1956) をもって嚆矢とするが、それを受けて、Sletmo (1973), Sletmo-Williams(1981), Miyashita(1989, 2009, 2010), 宮下 (1988, 1994, 2002a, 2011, 2013a, 2015), Lewis(1994), 田村 (2011), 村上 (2014), Seabury Group (2014) などの一連の研究の蓄積がある。

一方で、この伝統的課題をさらに発展させて、モード選択行動と物流循環の関係に注目したマクロ的研究の試みが、Miyashita (2002b, 2010, 2013b), 宮下 (2011, 2014a, 2014b), Murakami-Matsuse (2014) によって展開されている。またとりわけ2000年代におけるモーダル競争の構造変化に注目した Tsuboi-Hyodo-Wakita (2011), Kato-Chin-Hanaoka-Kawasaki (2012) および小巻・加藤 (2014) もこのマクロ分析の流れに属している。

本稿は以上の研究の流れを受けて、日本の対米輸出にスポットを当てて展開されるものであり、

その目的は以下の2点である。1つは、主要貨物品目別に発生する海空モーダルシフトの実態をパネルデータによって計測して、普遍的に成立するモード選択メカニズムを解明することである。そこでは伝統的に使われてきた航空化率コンセプトの限界とそれに代わる革新的なコンセプトの意義を追加変数法に依って実証している。これを短期のミクロ的分析と呼べば、2つは、モード選択行動と物流循環の因果関係に注目した長期のロジスティクスサイクルを、両モード選択において発生する分布ラグの形状に注目して、計量的に導出するというマクロ的考察である。ここでは、サイクルの周期を確定するうえで、製品が標準化する前の標準差別化段階が大きな意義を持つことを明らかにする。

2 国際物流におけるモード選択行動——考察方法の検討

ここでは国際物流市場の構成をどう捉えるべきであるかについて、日本の対米輸出物流市場をモデルにとって明らかにしたうえで、この市場における品目別航空化率(modal share of air transportation)を考察して、モード選択に関わる長期要因と短期要因を特定する。

1) 対米国際物流市場の構成

航空化率とは、周知のように貿易額に占める空運貿易額の割合であり、ここで、

AV：対米航空輸送貿易額、

SV：対米海運輸送貿易額（ただし $SV=CV+LV$ ）、

CV：対米コンテナ海運貿易量

LV：自動車専用船と在来船による対米貿易量

とすれば、周知の伝統的な航空化率は

$$\text{対米航空化率} = AV / (AV+SV) = AV / [AV+(CV+LV)]$$

の百分率比で捉えられる。

これに対して後にみるように、空運貿易に対して、革新的物流モードであるコンテナ船利用に限定した海運貿易を空運貿易に対置した、革新物流モーダルシェア比率は、

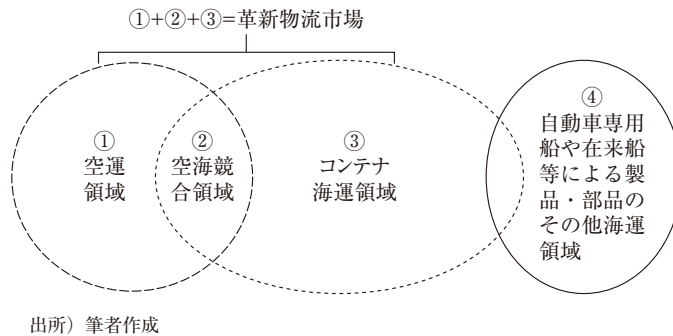
$$\text{対米革新物流モーダルシェア比率} = AV / CV = [AV / (AV+SV)] / [CV / (AV+SV)]$$

となる。

航空化率と革新物流モーダルシェア比率はそれぞれ特徴がある。一般には航空化率が使われているが、以下ではその意義と限界を明らかにし、なじみの薄い革新物流モーダルシェア比率の方が荷主の選択行動をよりよく捉え得る点に論及しよう。なお図1は製品・部品¹⁾国際物流市場の構

1) 製品・部品には空運やコンテナ海運で輸送可能な果物などの農産物や水産物を含む。

図1 製品・部品の対米国際物流市場の構成



成を示している。空運領域とコンテナ海運領域およびその競合領域（図1の①+②+③）が革新物流市場を構成する。これ以外に、コンテナ海運と部分的に重複する自動車専用船やブレイクバルク²⁾ 輸送に携わる在来船による輸送領域（④）がある。

2) 対米品目別航空化率とモード選択要因——長期要因と短期要因の特定

さて表1は、米国NAICSの3桁データを用いて、選択した代表的航空貨物15品目の航空化率（%）とkg当たり価値（USドル）を、米国の対日輸入（つまり日本の対米輸出：以下では、「対米輸出」に用語を統一）貿易より求めたもの³⁾である。いずれのデータも2008-2015年の8年間の平均値である。

貨物が高価値になるほど空運を志向されるとすれば、貨物価値と航空化率の間には正の相関があるはずである。表1の15品目についての航空化率と貨物価値の散布図は図2のとおりであるが、ここで両変数の相関係数を求めれば0.594になり、5%レベルで有意であった。ところが、図2の右上に黒丸でプロットされた、いずれも航空化率が70%を超えるアパレル・アクセサリーとコンピュータ・電子機器の2品目を除いた13品目について求めた相関係数は0.270であり、これは20%レベルでも有意ではなく、両変数の相関度は実質認められないことを示している。

したがって航空化率の決定因としての航空貨物の価値の単独機能はかなり限定されている。これは航空化率自体が、前記公式からも自明のように、コンテナ海運を含む貿易額総量に対する空運貿易額の相対比率を示すものであるから、航空化率の決定に関わる貨物価値は、本来ならば、空運貨物と海運貨物の相対価値比率に関わるものであるべきであろうからである。にもかかわらず、15品目全体では、航空貨物価値の単独的決定因機能は有効であったこと、つまり航空貨物価値の絶

2) コンテナ船で収容できない長尺貨物や重量貨物のことで、これらは在来貨物船で輸送される。

3) 品目分類は北米産業分類（NAICS）に従う。USA Trade on Line, US Census Bureauによる。理由は、日本財務省の貿易統計によっても、品目別航空化率は得られるが、その品目別kg当たり価値データを得ることができないことにある。

表1 対米輸出15品目の航空化率と航空貨物 kg 当たり価値

品目	航空化率	航空貨物価値
農産物 (111)	59.71	43.02
水産物 (114)	16.29	15.61
布地 (313)	21.31	32.43
繊維製品 (314)	4.94	41.90
アパレル・アクセサリー (315)	83.21	160.11
皮革製品 (316)	59.80	63.67
印刷物 (323)	47.43	44.63
化学製品 (325)	33.44	165.45
プラスチック・ゴム製品 (326)	8.85	40.22
機械 (電機を除く) (333)	31.47	122.16
コンピュータ・電子機器 (334)	71.99	231.90
電気機器・家電 (325)	29.52	88.55
輸送設備 (336)	15.63	94.58
家具・備品 (337)	17.27	24.46
その他製品 (339)	50.08	131.14

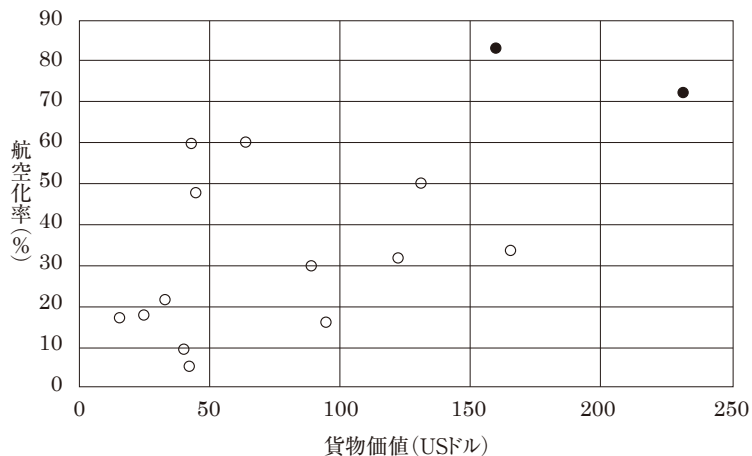
注) 1. 航空化率と航空貨物価値はともに2008-2015年の8年間の平均値である。

2. 単位は、航空化率：%，航空貨物価値：US ドル/kg.

3. 品目の後のカッコ内の3桁の数値は、NAICS コード番号である。

出所) 米国 NAICS データ (脚注1 参照) に基づき、筆者作成。

図2 対米輸出航空化率と貨物価値の15品目相関図



出所) 表1 のデータに基づき筆者作成。

対レベルだけでも空海の両市場を二分できる力があることには留意すべきである。

ところで周知のように、物流コストは、本来、場所移動のための空間費用 (運賃) と輸送時間に伴う時間コスト (利子) よりなるトータルコストで捉えられる。このうち、時間コストが上記の貨物価値の相対比率として関わる一方で、場所移動のための空間費用の海空相対比率もまたモード

選択に影響するであろう。では両決定因の寄与度はどのような関係になっているのであろうか。航空物流業界の現状を管見しよう。

Seabury Group による最近の荷主とフォワーダーに対するアンケート調査結果によれば、海空両モードの運賃差を最も重要なモード選択要因として選択した割合は、荷主回答者の86%、フォワーダー回答者の90%に上っている。なお両グループともに、将来においても運賃差をモードシフト要因として選択するとの回答割合は100%であった⁴⁾。

ちなみに、同調査結果では、フォワーダーの48%、荷主の20%が、プロダクトライフサイクルが成熟段階になることによって海運モードを選ぶと回答している。プロダクトライフサイクルは貨物価値の変化を決める長期の要因であり、運賃のような瞬発的な要因ではない。

その意味からすると、運賃は短期の、また貨物価値は長期のモード選択要因として位置づけられる。つまり前掲の図1において、①の空運領域と③のコンテナ海運領域を大きく二分するのが長期要因である貨物価値であり、一方②の空海競合領域への参入とそこからの撤退を決めるのが短期要因である運賃である、とみることができる。

3) 航空化率に優る対米革新物流モーダルシェア比率の機能

さらにこれとの関連で、航空化率は、ロジスティクスや SCM 戦略を立案実行する荷主企業からみてマイルドな指標に過ぎないことを明らかにしよう。戦略志向の荷主企業が注目するのは、航空物流と海運物流全体の関係ではなくて、航空物流をコンテナ海運物流と対峙させた革新的物流市場（図1の①+②+③の領域）における関係であるからである。空運荷主が代替的サービスとして意識しなければならない関連サービスは、海運サービス全体ではなくて、コンテナ海運サービスなのである。したがって、より明確に革新物流市場における空運と海運の関係を捉えるには、すでにふれたように、空運モーダルシェア（航空化率）をコンテナ海運モーダルシェアで除して得られる、対米革新物流モーダルシェア比率（AV/CV）にこそ注目する必要がある。

その理由は、対米革新物流市場（AV+CV）が対米物流市場全体（AV+SV）をどの程度支配しているのかをみれば明らかである。上記の15品目に注目して、2008-2015年について NAICS データを利用して求めた革新物流市場の支配率は、表2のとおり62~68%で、8年間の平均値は65.8%であり、予想以上に低い値である。

表2 対米輸出15品目の国際物流市場に占める革新物流市場の支配率（%）の推移

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
革新物流領域	63.7	67.6	65.5	67.4	67.5	65.6	66.1	62.9

出所) 表1のデータに基づき筆者作成。

4) Seabury Group (2014) p. 17.

表3 対米輸出品目別革新物流市場支配比率：8年間平均値

品目	支配率
農産物 (111)	95.75
水産物 (114)	98.88
布地 (313)	88.38
繊維製品 (314)	89.25
アパレル・アクセサリ (315)	94.50
皮革製品 (316)	94.63
印刷物 (323)	86.89
化学製品 (325)	94.50
プラスチック・ゴム製品 (326)	95.50
機械 (電機を除く) (333)	79.63
コンピュータ・電子機器 (334)	95.25
電気機器・家電 (325)	87.38
輸送設備 (336)	36.88
家具・備品 (337)	94.67
その他製品 (339)	91.63
参考：15品目加重平均値	65.43

注) 品目別革新物流市場支配比率は2008-2015年の平均値である。
出所) 表1のデータに基づき筆者作成。

その大きな原因は、自動車等の輸送設備関係貨物の大半が、ここでいう革新物流市場を離脱した自動車専用船によって輸送されていることにある。革新物流市場の支配率の8年平均値を品目別に求めた表3によれば、輸送設備関係貨物の革新物流市場の支配率は36.88%であり、80%を超える支配率を持つ他の14品目と比較すれば突出して低い値である。しかも輸送設備関係貨物が15品目の貨物総量に占めるウェイトは0.456と極めて高いために、それが全体の革新物流市場の支配率を60%台にまで低下させたのである。

自動車専用船による輸送部分が、空運やコンテナ船の輸送に今後置き換わることはない。したがってこの事例から明らかのように、空運とコンテナ海運のモード選択行動とは本来無縁な自動車専用船輸送領域を考察から除外しなければ、モード選択の核心に迫ることはできないのである。また、例えば布地、繊維製品、機械(電機を除く)、電気機器・家電などの貨物品目の革新市場支配比率は70~80%台にあり、他の貨物品目に比べて、伝統的に在来船が活動していることがわかる。

これ等の品目別の輸送特性によって発生するノイズを除去するためにも、革新物流モーダルシェア比率、すなわちAV/CVにこそ注目する必要がある。そこで次節においては、対米革新物流モーダルシェア比率の決定関数を、品目別パネルデータを用いて検証しよう。

3 対米品目別革新物流モーダルシェア比率の決定——運賃比率型モデル

日本の対米輸出貿易における、15品目よりなる2008-2015年の8年にわたる標本120のパネルデータを用いて、革新物流モーダルシェア比率を、トータル物流コストの主たる構成要素である空間コストと時間コストのそれぞれに関する海空モード相対比率によって説明するモデルを構築しよう。

その場合、前節ですでにみたように、運賃は短期的決定因で、貨物価値は長期的決定因である。刻々と変化するモーダルシフトに注目する場合、短期の決定因である運賃が優位に機能するから、この機能を品目別に区別して抽出するモデルを構築する。

このモデルでは、以下にみるように両モードの運賃比率を決定因として重視するので、「運賃比率型モデル」と呼んでおこう。

ここで、

i：貨物の種類（ただし、 $i=1\sim 15$ で、1=農産物、2=水産物、3=布地、4=繊維製品、5=アパレル・アクセサリー、6=皮革製品、7=印刷物、8=化学製品、9=プラスチック・ゴム製品、10=機械（電機を除く）、11=コンピュータ・電子機器、12=電気機器・家電、13=輸送設備、14=家具・備品、15=その他工業製品を指し、これに対応する各貨物のNAICSの3桁コード名については表3を参照のこと。なお基準貨物は農産物である）、

j：貨物別パネルデータの配置期間（ただし $j=1\sim 8$ 。1=2008年、2=2009年…、8=2015年である）、

FAi：空運運賃、ただし貨物共通運賃（2011年=100、日銀データ⁵⁾）、

FCi：コンテナ運賃、ただし貨物共通運賃（2011年=100、日銀データ⁶⁾）、

AVWi：航空貨物iの貨物価値（kg当たりドル、NAICSデー）、

CVWi：コンテナ貨物iの貨物価値（kg当たりドル、NAICSデータ）、

DWi：貨物品目iの運賃比率の係数ダミー変数（ただし $i=1$ の基準貨物を除く。したがって $i=2\sim 15$ の時、 $DWi=1$ 。0、他はゼロ）、

とすれば、対米革新物流モーダルシェア比率（ AV_i/CV_i ）の決定関数の基本型は、

$$(1) \quad AV_i/CV_i = f(FA_i/FC_i, DW_i \cdot (FA_i/FC_i), AVW_i/CVW_i)$$

になる。

5) 日銀統計。空運輸出データについては信頼し得るデータはこれ以外にはない。そのため、地域無限定ではあるが本データを採用する。

6) コンテナ運賃に関しては各種の公表された地域別輸出運賃データがあるが、空運運賃データとの整合性を考慮して、同じ日銀統計のデータソースを用いる。

ここで特に考慮すべきは、すでに指摘したように⁷⁾、モード選択において荷主やフォワーダーが最も強い関心を示す要因は、航空運賃と海上運賃の差にあるという調査結果である。(1)式では、両モードの運賃を差ではなくて相対比率で捉えてはいるが、仮にその対数をとれば、対数化された運賃差になるので、基本的特徴は加味されている。このように運賃比率は短期的なモード選択要因として、図1の国際物流市場を構成する空海競合領域の大きさを決定する重要な要因であるので、(1)式には、追加変数法によって、この要因の品目別ダミー変数を係数ダミーとして付加している。

(1)式を対数1次式に特定すれば、(2)式を得る。

$$(2) \quad \ln(AV_i/CV_i) = a_0 + (a_1 + a_2i) \ln(FA_i/FC_i) + a_3 \ln(AVW_i/CVW_i)$$

ここで符号条件は $a_1 < 0$ 、 $a_2i > 0$ または $a_2i < 0$ 、 $a_1 + a_2i < 0$ 、および $a_3 > 0$ である。

まず $a_1 < 0$ は、モード選択を行う基準貨物である農産物の荷主または関連フォワーダーは、空運・海運運賃比率の変化とは逆方向に需要されるモード選択量（ここでは貨物輸送額）を変化させるという、正常な需要選択行動を仮定している。したがって他の貨物に特有な運賃比率弾性値を導くためのダミー変数の係数 a_2 の符号は正負のいずれであってもよいが、 $a_1 + a_2i < 0$ である。一方、相対的な貨物価値の上昇は時間費用を増加させるために、空運選好行動が強化されるであろう。したがって、 $a_3 > 0$ である。

(2)式に、15品目の2008-2015年におけるNAICSパネルデータを代入して、最小二乗推定法を用いて推定したところ、皮革製品、印刷物およびその他製品の3品目に関する運賃比率係数ダミー変数の係数のt値が50%以内でも全く有意でなかった。そこで下記の表4では、予めこれら3品目を推定から除いた12品目についての推定結果を示している。したがって推定サンプル数は120ではなくて96である。

対米革新物流市場における空運とコンテナ輸送のモード選択行動を説明する表4の推定結果は、いくつかの論点を提供している。

第1に説明変数のうち、モード別貨物価値比率の係数の符号 a_3 の推定結果はプラスで、符号条件にマッチする。しかしその一方で、モード別貨物運賃比率の係数の符号については、 $a_1 < 0$ であるものの、 $a_1 + a_2i$ の符号は2品目（アパレル・アクセサリー、コンピュータ・電子機器）をのぞき、他の11品目はすべてプラスになっていることである。これは設定した符号条件にマッチしない。

確かに $a_1 + a_2i > 0$ であれば、モード別運賃の相対比率に合わせて、モード選択がなされているという、正常な静学的需要行動より逸脱することになる。しかし将来の期待運賃をモード選択に強く反映し、いわゆる投機行動の下で現在需要を増加する行動が一般的である貨物については、

7) Seabury Group (2014).

表4 対米輸出品目別革新物流モーダルシェア比率の決定：運賃比率型モデル

決定因とその係数	推定された係数値 (a ₁ , a ₃) と貨物別調整係数 (a _{2i})	a ₁ +a _{2i}	
航空貨物運賃/海上コンテナ貨物運賃： a ₁ ln (FA _i /FC _i)	農産物：a ₁	-1.299**	-1.299
上記運賃比率の品目別 係数ダミー変数： a _{2i} DW _i *ln(FA _i /FC _i)	水産物：a ₂₂	2.844**	1.545
	布地：a ₂₃	2.076*	0.777
	繊維製品：a ₂₄	3.140***	1.841
	アパレル・アクセサリ：a ₂₅	-4.187***	-5.486
	化学製品：a ₂₈	2.663**	1.346
	プラスチック・ゴム製品：a ₂₉	5.029***	3.730
	機械（電機を除く）：a ₂₁₀	2.173**	0.879
	コンピュータ・電子機器：a ₂₁₁	-1.818*	-3.117
	電気機器・家電：a ₂₁₂	1.838*	0.539
	輸送設備：a ₂₁₃	3.375***	2.076
家具・備品：a ₂₁₄	2.736**	1.437	
航空貨物価値/海上コンテナ貨物価値： a ₃ ln(AVW _i /CVW _i)	12品目貨物共通：a ₃	0.389***	
定数項 = -1.214		統計量：RB 2=0.454, SE=0.83846, N=96	

注) 係数の添字である***, **, *は, それぞれ係数のt値が, 1%, 5%, 10%で有意であることを示している。
RB 2は自由度修正済み決定係数, SEは標準誤差, Nはサンプル数である。またパネルデータ分析であるのでダービンワトソン統計量は記載していない。

a₁ + a_{2i} > 0 になり得る。したがって、そのような貨物について部分的に動学的期待要因を取り込めば、表4の推定結果は必ずしも非合理的な行動を示すものではない。投機行動の下では、現在運賃の上昇が、将来の運賃のそれ以上の上昇を期待させるので、需要者である荷主やフォワーダーは、将来需要の一部を現在に転移させることによって現在需要を増加させるからである。

ここで、先にみたSeaburyグループの調査結果では、荷主とフォワーダーのうちで現在運賃を参考にしてモードシフトを考慮する割合はそれぞれ86%と90%であったが、さらに彼らがモードシフトの決定に際して将来運賃をも取り込んで考慮する割合は、実に100%であった⁸⁾ことを想起すべきである。もちろん彼らがその際、どのようなタイプの期待を持っているのかは上記の調査結果には示されていない。したがって表4の推定結果より、そこに延期ではなくて投機の期待が支配しているとの短絡的結論を導くことはできない。将来の運賃下落を期待するならば、需要者は現在の取引の一部を将来に繰り延べるといった延期行動をとる可能性もある。

8) 脚注4) 参照。

第2の論点は、説明変数である運賃比率の品目別係数ダミー変数では、皮革製品、印刷物およびその他製品の3品目について、事前の推定では全く有意な結果が得られなかったため、表4には、これらの3品目を除外して推定した結果が示されている。また同表には推定結果が示されているものの、布地、コンピュータ・電子機器、電気機器・家電の3品目の同様の変数のt値は10%以内で有意であるに過ぎない。したがって表4の推定結果は運賃比率型モデルでは品目別革新物流モーダルシェア比率を十分に決定できておらず、その結果が決定係数の低さにも表れている。

以上の2点を同時に克服するためには、モード別運賃比率要因が将来の運賃変化の期待要因を積極的に取り込むように機能することが望ましい。次節ではこのような運賃期待を考慮した品目別革新物流モーダルシェア比率の決定関数を推定する。

4 対米品目別革新物流モーダルシェア比率の決定——期待運賃比率型モデル

本節で期待運賃変数と呼ぶのは、モード別運賃比率の現在の値を1期前の値で除して得られる変数であり、それは

$$(3) \quad \text{期待運賃変数} = (FA_i/FC_i) / (FA_i(t-1)/FC_i(t-1))$$

と示される。この変数は期待運賃を運賃比率の成長率で捉えている。

そうであれば、新たに推定すべき革新物流モーダルシェア比率 (AV_i/CV_i) の決定関数の修正型である期待運賃比率型モデルは

$$(4) \quad AV_i/CV_i = f((FA_i/FC_i)/(FA_i(-1)/FC_i(-1)), DW_i * ((FA_i/FC_i)/(FA_i(-1)/FC_i(-1))), AVW_i/CVW_i)$$

である。

(4)式を対数1次式に特定化するに当たり、右辺の第1項と第2項の成長率で捉えた期待運賃変数については、これで対数変換を代理させたとみなせば、

$$(5) \quad \ln(AV_i/CV_i) = b_0 + (b_1 + b_2 DW_i) ((FA_i/FC_i) / (FA_i(t-1)/FC_i(t-1))) + b_3 \ln(AVW_i/CVW_i)$$

を得る。

ここで期待運賃変数の係数値の符号条件は、 $b_1 < 0$ または $b_1 > 0$ で、 $b_2 > 0$ または $b_2 < 0$ であるから、 $b_1 + b_2 > 0$ または $b_1 + b_2 < 0$ である。つまり期待運賃変数の符号条件は不定であるが、 $b_1 + b_2 > 0$ であれば、運賃に関して投機的期待を持つ貨物であるのに対し、逆に $b_1 + b_2 < 0$ であれば、延期的期待を持つ貨物であると判断できる。一方、貨物価値比率の係数値の符号条件は $b_3 > 0$

である。

(5)式に、前掲の15品目の2008-2015年におけるパネルデータを代入して、最小二乗推定法を用いて推定したところ、印刷物およびその他製品の期待運賃比率係数ダミー変数のt値が30%以内でも優位でなかったため、これらの2品目を除いた13品目について再推定して表5の結果を得た。

期待運賃比率型モデルにしたがって推定された係数のt値はすべて1%以内で高度に有意であるので、表4の運賃比率型モデルに比して推定結果の統計的安定度は高く、決定係数も大きく上昇している。

また投機的期待を持つ6つの貨物項目を、期待運賃比率弾性値の大きい順に示せば、アパレル・アクセサリー：2.462、コンピュータ・電子機器：1.807、皮革製品：1.327、農産物：0.878、機械（電気を除く）：0.077、電気機器・家電：0.018となる。

このうち、期待運賃比率弾性値の符号が正であるものの、ほぼゼロに近い機械（電気を除く）と電気機器・家電の2品目は、投機的ポジションにあるものの、期待に対して中立的であるとみてよい。

一方、延期的期待に該当するのは7品目で、プラスチック・ゴム製品：-1.623、輸送設備：

表5 対米輸出品目別革新物流モーダルシェア比率の決定：期待運賃比率型モデル

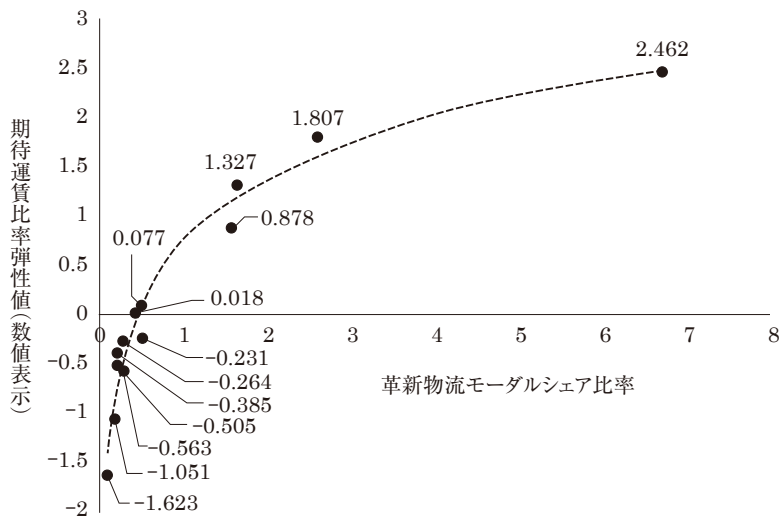
決定因とその係数	推定された係数値 (b ₁ , b ₃) と貨物別調整係数 (b _{2i})	b ₁ +b _{2i}	
航空貨物運賃と海上コンテナ貨物運賃の期待運賃比率： b ₁ (FA _i /FC _i)/(FA _i (t-1)/FC _i (t-1))	農産物：b ₁	0.878***	0.878
上記期待運賃比率の品目別係数ダミー変数： b _{2i} DW _i * (FA _i /FC _i) / (FA _i (t-1)/FC _i (t-1))	水産物：b ₂₂	-1.263***	-0.385
	布地：b ₂₃	-1.142***	-0.264
	繊維製品：b ₂₄	-1.441***	-0.563
	アパレル・アクセサリー：b ₂₅	1.548***	2.462
	皮革製品：b ₂₆	0.449***	1.327
	化学製品：b ₂₈	-1.109***	-0.231
	プラスチック・ゴム製品：b ₂₉	-2.501***	-1.623
	機械（電機を除く）：b ₂₁₀	-0.955***	0.077
	コンピュータ・電子機器：b ₂₁₁	0.929***	1.807
	電気機器・家電：b ₂₁₂	-0.860***	0.018
	輸送設備：b ₂₁₃	-1.929***	-1.051
	家具・備品：b ₂₁₄	-1.383***	-0.505
	航空貨物価値／海上コンテナ貨物価値： b ₃ ln(AVW _i /CVW _i)	13品目貨物共通：b ₃	0.298***
定数項 = -1.298	統計量：RB 2 = 0.906, SE = 0.20994, N = 104		

表6 対米輸出の期待運賃比率弾性値と革新物流モーダルシェア比率のデータ表

品目	期待運賃比率弾性値	革新物流モーダルシェア比率
アパレル・アクセサリ	2.462	6.69
コンピュータ・電子機器	1.807	2.59
皮革製品	1.327	1.63
農産物	0.878	1.57
機械（電機以外）	0.077	0.461
電気機器・家電	0.018	0.421
化学製品	-0.231	0.503
布地	-0.264	0.271
水産物	-0.385	0.196
家具・備品	-0.505	0.214
繊維製品	-0.563	0.274
輸送設備	-1.051	0.19
プラスチック・ゴム製品	-1.623	0.0975

出所) 期待運賃比率弾性値については表5掲載の推定値, また革新物流モーダルシェア比率データの出所は表1に同じ.

図3 対米輸出の期待運賃比率弾性値と革新物流モーダルシェア比率の相関図



出所) 表6に同じ.

-1.051, 繊維製品: -0.563, 家具・備品: -0.505, 水産物: -0.385, 布地: -0.264, 化学製品: -0.231である.

ここに示された期待運賃比率弾性値に基づく貨物分類は, 表6にみるように品目別革新物流モーダルシェア比率と対照すれば, モーダルシェア比率の低い貨物ほど延期型であるのに対し,

それが高い貨物ほど投機型であるとの対応関係がほぼ整合的に成立していることがわかる⁹⁾。その中で化学製品は、モーダルシェア比率の面からは、投機型に、一方期待運賃比率弾性値では延期型に分類されるという唯一特異な状態にある。したがって期待運賃比率モデルに基づく期待運賃比率弾性値の推定結果は、荷主やフォワーダーの現実の行動によく適合していると判断してよいであろう。期待運賃比率弾性値は、空海モーダル選択行動の分析に、新たな地平を拓き得るコンセプトである。

期待運賃比率弾性値と革新物流モーダルシェア比率の相関図は図3のとおりであり、両者の相関係数は0.85で、1%水準で有意である。ちなみに両変数の対数型近似曲線を描くと破線のようになり、強い相関関係を読み取ることができる。

5 対米輸出口ロジスティクスサイクルの導出

試みに、上記で用いたと同様の15品目8年間のパネルデータを基にして、貨物別価値比率変数の方に係数ダミー変数を設定して推定すると、肝心の期待運賃比率変数が全く有意度を失ってしまうという結果を得た。さらに進んで期待運賃比率と貨物別価値比率のいずれに対しても、貨物別係数ダミー変数を設定すれば、事態はさらに悪くなった。つまりそれで判明したことは、貨物別価値比率変数には、荷主やフォワーダーの短期の選択行動の変化を貨物別に細かく特徴づける機能はないという事実である。その意味で貨物別価値比率変数は、革新物流モーダルシェア比率決定の短期行動を長期の側面から支えていたがゆえに意味があり、したがって短期分析ではあくまでも従の役割を担っていたといえるのである。

貨物別価値比率変数の方に主たる機能を果たさせるには、そのための環境設定が必要である。すでに述べたように荷主またはフォワーダーはプロダクトサイクルに従ってモード選択を考慮する。これは期待運賃比率に主導される短期的なモード選択行動ではなくて、貨物別価値比率変数が支配する長期の選択行動である。

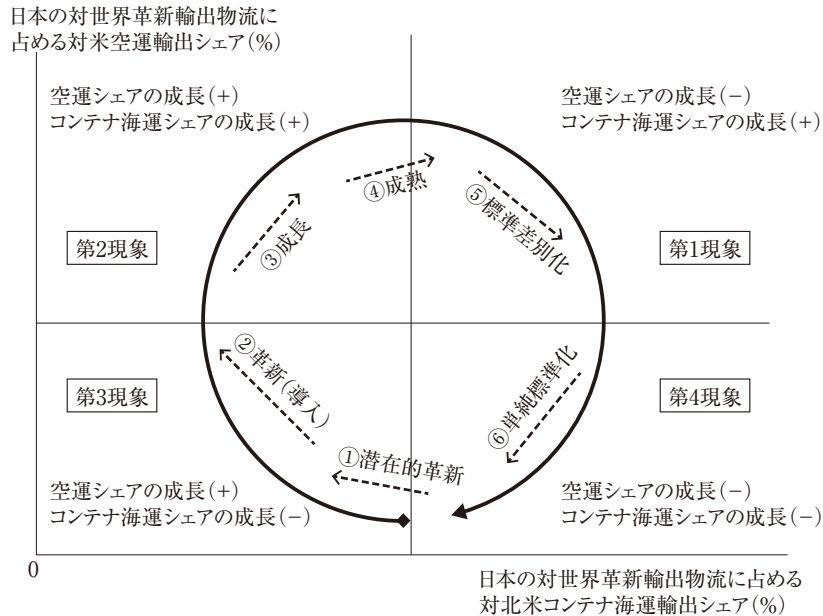
ここでは、コンテナ船による海運貨物の現在の移動は、空運による過去の革新貨物移動がラグを伴って出現したものであると考えるのである。プロダクトサイクルは、Vernon(1966, 1971)が唱え、Casson(1986)によって継承・発展され、Kotler-Armstrong(2014)などによって普及させられている。これらを総合すれば、プロダクトサイクルは潜在的革新・革新・成長・成熟・標準差別化・標準化の6段階より成る。このうち標準差別化段階を新たに設けて、プロダクトサイクルの長期継続性の存在意義を強調したのはCassonである。

それを物流モードの選択の視点から構成すれば、プロダクトサイクルとともに循環する図4の

9) 両変数の相関係数は0.85で、1%以内で有意である。

ようなモーダルシフトの理論的モデル像を構築することができる。本稿でロジスティクスサイクルと呼ぶのはまさにこのタイプの循環である¹⁰⁾。

図4 日本の対米輸出ロジスティクスサイクルの理論的モデル像



出所) 宮下 (2014b) 9頁掲載の図表4を若干修正。

ロジスティクスサイクルの特徴は、潜在的革新から成熟に至るプロセスでは空運が主導し、一方、成熟から標準化に向かうところではコンテナ船が優勢になるというように、プロダクトサイクルの変遷に従って長期のモーダルシフトが現れることである。したがって日本の空運とコンテナ船による対北米輸出額が日本の革新物流モードによる対世界輸出額に占めるシェアが連携して生み出すロジスティクスサイクルの理論的モデル像を図4のように捉えることは合理的である。同図にみる如く、ロジスティクスサイクルは3象限をスタートゾーンとして、時計回りに循環するので、それが2象限、1象限、4象限へと順次ゾーンを移すにつれて、その傾きがマイナス→プラス→マイナス→プラスへと変化すると仮定できる。

したがってここで、

AV：対米航空輸送貿易額（財務省貿易統計，100億円¹¹⁾），

10) 循環の推進力には、景気変動と構造変化が加わるが、しかし物流モーダルシフトの直接的エンジンはプロダクトサイクルである。

11) 品目別データについては、トン当たり価値を算出するために、米国の対日輸入（日本の対米輸出）

CV：対米海運輸送貿易額（財務省貿易統計，100億円¹²⁾），

WACV：日本の空運とコンテナ海運による対世界輸出額（財務省貿易統計，100億円）

とすれば，日本の対米コンテナ海運輸送額が日本の対世界貿易に占めるシェア CV/WACV（%）は，日本の対米空運輸送額が日本の対世界貿易に占めるシェア AV/WACV（%）の分布ラグによって決定される。

ここで，シラーラグ型の分布ラグを仮定し，対数線形型に特定化すれば（6）式を得る．ここに， d_i = シラーラグ係数（ラグウェイト）である．

$$(6) \quad \ln(CV(t)/WACV(t)) = c_0 + \sum_{i=1, t} d_i \ln(AV(t-i)/WAS(t-i))$$

同式に1991-2015年の25期のデータを投入し，最小二乗法を用いて推定すれば（7）式を得る．

$$(7) \quad \ln(CV/WACV) = 1.4747 + \sum_{i=1, t} d_i \ln(AV(t-i)/WAS(t-i))$$

i	0	1	2	3	4	5	6
d_i	0.0827	0.0970	0.1244	0.1549	0.1719	0.1695	0.1244
	(0.58)	(1.25)	(1.75)*	(2.09)**	(2.41)**	(2.39)**	(1.67)
i	7	8	9				
d_i	0.0194	-0.1424	-0.3271				
	(0.28)	(-2.03)*	(-2.41)**				

d_i 計：0.474743

推定期間：2000-2015，分布ラグ推定：Shiller 法，平滑度 = 1.0

RB 2 = 0.727, SE = 0.102, DW = 1.68, N = 25

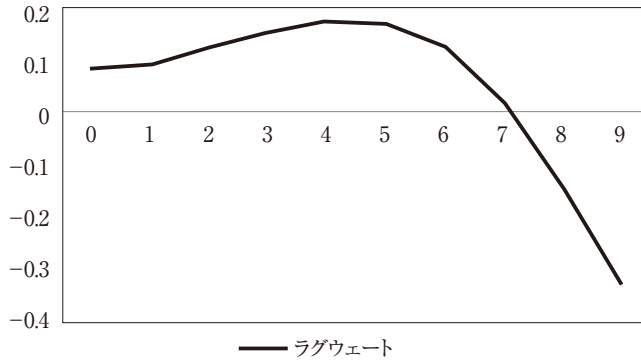
この推定された係数値で捉えた10期（0～-9期）にわたる分布ラグ係数の推移（図5参照）をロジスティクスサイクルのモデル図である図4に当てはめれば，そこには，最も遠い-9期から0期に向かって10年にわたって右回りに循環するロジスティクスサイクルの姿を見出すことができるのであろうか．この点を確認するには，ラグ係数の符号が各象限のサイクルの理論的傾き（1・3象限はマイナス，2・4象限はプラス）に合致しているのかを検証しなければならない．

推定された（7）式の分布ラグ係数の符号は，-9～-8期ではマイナスであるのに対し，-6～-2期ではプラスである．マイナス符号期は，空運のプラス成長とコンテナ海運のマイナス成長がみられるプロダクトサイクルの潜在的革新期と革新期に当たり，一方プラス符号期は空運とコン

に関わる NAICS データを用いたが，集計データとしては，財務省貿易データ（運送形態別輸出額）を用いる．

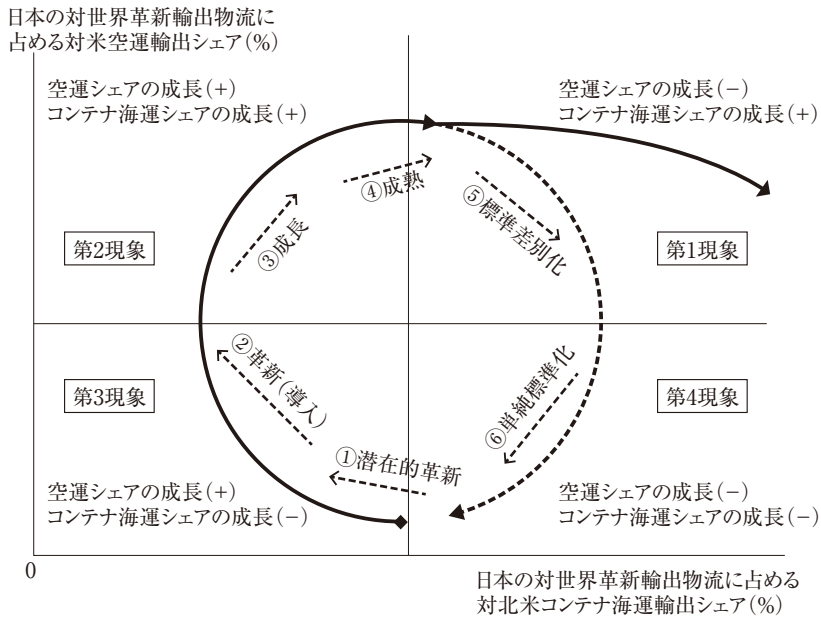
12) 同上．

図5 推定された分布ラグ係数（ラグウェート）の形状



出所) (7) 式の推定結果による。

図6 推定結果に基づく日本の対米輸出ロジスティクスサイクルの姿



注) 破線のサイクル部分は、現実には1象限で実線のように屈折する。

テナ海運が共に成長期から成熟段階にある。つまりプロダクトサイクルの潜在的革新段階と革新段階および成長段階と成熟段階は、このいずれれもが空運がプラス成長を達成している時期に当たっている。なお-7期は係数値が実質ゼロであるので、革新期から成長期への転換期に当たる。

一方、空運がマイナス成長期にあれば、コンテナ海運がプラス成長期にある標準差別化段階（係数の符号はマイナス）コンテナ海運もマイナス成長期にある単純標準化段階（係数の符号はプラス）が現れるはずである。しかし-5~-2期の成長・成熟の2段階を経た後も、-1~0期の係数の

符号はプラスであるものの、その t 値は10%以内でも有意ではなく、したがって係数の値は実質的にゼロである。そうなるのは、このとき空運もコンテナ海運もお互いにすでに棲み分け領域を確定し終えたので、いずれもがリード力を発揮し得ていないからである。この姿が標準差別段階の実態である。現実にはこの段階はもっと長く継続するであろうが、推定で明らかにし得たのはその初期の姿であろう。現実にはさらにその先に、単純標準化段階は存在するとしても、それを実証することは困難である。

このようにして、図6にみるように、破線のサイクル部分は、現実には1象限で実線のように屈折するのである。

推定結果の符号に当てはめれば、-9~-8期が潜在的革新期・革新期、-7期が転換期、-6~-2期が成長期・成熟期、-1~0期が標準差別期になる。

このようにして推定に関係した1990-2015年において、推定できたプロダクトサイクルの期間は10年である。企業の盛衰は約20年を単位に変化するといわれるが、ロジスティクスサイクルは、まさにその半分に期間に当たっている。裏を返せば、経営者は一世を風靡するプロダクトを社会に提供しても10年で陳腐化することを肝に銘ずるべきである。

6 展 望

以上で考察したモーダルシフトとロジスティクスサイクルの実証分析は、景気予測あるいは構造化変化の予測の分野においてなお拡張して発展させることができる。従来、モード選択行動を景気先行指数との関連で実証的に分析したものはない¹³⁾ので、この分析課題は緒に就いたばかりではある。

例えば、1980年代から2010年代までの日本の対アジア輸出並びに対世界輸出にみられる荷主企業の国際輸送モード選択結果が、日本の景気動向を先行的に捉えているのではないかという仮説を提示し、これを時系列データを用いて計量的に推定するという試みがなされている¹⁴⁾。その際、荷主企業による輸送モード選択のプロセスにも踏み込んで、その構造を示す必要がある。その際想定するモード選択行動には、本稿で取り上げたモード別市場運賃と貨物価格という国際物流の枠内レベルのほかに、日本の海外直接投資の規模、海外諸国の貿易ネットワークの拡がり、SCMの機能などのグローバル経済レベルの要因も合わせて作用しているとみなければならない。そのような日本の地域別輸出構造が、タイムラグをもってグローバルに波及していく様相は、分布ラグによって捉えられる。このように、本稿の分析は、新たな研究領域を開拓するベースを提供してい

13) モード選択行動指標を含まないが、主要な7つの交通データを用いた優れた研究として、太田・奥村・浅岡（2001）207-216頁を挙げることができる。

14) 宮下（2014a, 2014b）。

るのである。

謝辞：本研究は、JSPS 科学研究費16K03964の助成を受けたものである。

参考文献

- 太田和博・奥村泰宏・浅岡均「交通データによる景気動向の短期的予測」『交通学研究』45号。
- 小巻康之・加藤一誠（2014）「海運・空運のマクロベースの実証分析—弾力性アプローチの利用—」『海運経済研究』48号。
- 田村幸士（2011）「我が国における品目別の国際航空貨物実態」『運輸政策研究』14巻1号。
- 宮下國生（1988）『海運』見陽書房。
- 宮下國生（1994）『日本の国際物流システム』千倉書房。
- 宮下國生（2002a）『日本物流業のグローバル競争』千倉書房。
- 宮下國生（2011）『日本経済のロジスティクス革新力』千倉書房。
- 宮下國生（2013a）「アジア現地ロジスティクス競争優位と海空物流競争：日本の輸行動を中心に」航政研シリーズ, No.569。
- 宮下國生（2014a）「国際輸送モード選択行動の景気先行性の実証分析」『海運経済研究』48号。
- 宮下國生（2014b）「国際物流モード選択行動と景気動向予測」『ていくおふ』No.136。
- 宮下國生（2015）「国際物流における海空モーダル競争」根本敏則・後藤孝夫・大井尚司編『現代交通問題考』成山堂。
- 村上英樹（2014）「製品のライフサイクルと空運・海運選択」『ていくおふ』No.134。
- Casson, M. (1986) *Multinationals and World Trade*, Allen & Unwin.
- Kato, T., A. Chin, S. Hanaoka and T. Kawasaki (2012) "Investigating Sea Shift in International Freight Transport: A Case between Southeast Asia and the U.S.," *4th International Conference on Transportation and Logistics, Busan*.
- Kotler, P. & G. Armstrong (2014), *Principles of Marketing*, 15th global edition, Pearson.
- Lewis, H. T., J. W. Culliton and J. D. Steele (1956) *The Role of Air Freight in Physical Distribution*, Harvard University.
- Lewis, D. B. (1994) *Air Transport versus Ocean Transport in the 1990's*, FTL Report 94-6, Flight Transportation Laboratory, MIT.
- Miyashita, K. (1989) "Competition of Sea and Air Transportation Services and Their Effects on the Intermodal Transport", World Conference of Transport Research (ed.), *Transport Policy, Management and Technology towards 2001*, 1989, Western Periodicals.
- Miyashita, K. (2002b) "International Logistics and Modal Choice", in C. Th. Grammenos (ed.), *The Handbook of Maritime Economics and Business*, Ch.37, Informa Professional.
- Miyashita, K. (2009) "Structural Change in the International Advanced Logistics," *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Vol. 25, Issue.1.
- Miyashita, K. (2010) "International Logistics Strategy and Modal Choice", in C. Th. Grammenos (ed.), *The Handbook of Maritime Economics and Business*, 2nd edition, Ch.34, Lloyd's List,
- Miyashita, K. (2013b) "Logistics Cycles in Japan Export Trade to Asia", *Proceedings of the 2013 International Conference on Logistics and Maritime Systems*, organized by National University of Singapore.

- Murakami, H. and Y. Matsuse (2014), "Dynamic Analysis of Product Lifecycle and Sea/Air Modal Choice: Evidence of Export from Japan", *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Volume 30, Issue 3.
- Sletmo, G. K. (1973) *Demand for Air Cargo: An Econometric Approach*, Institute for Shipping Research and Business Administration.
- Sletmo, G. K. and E. W. Williams, Jr. (1981) *Conference in the Container Age*, Macmillan
- Tsuboi, T., T. Hyodo and T. Wakita, "International Marine/Air Cargo Modal Split Model Considering Logistics Cost," *Transport Policy Studies' Review*, Vol.12, No. 47.
- Vernon, R. (1966) "International Investment and International Trade in the Product Cycle," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. LXXX.
- Vernon, R. (1971) "The Product Cycle Hypothesis in a New International Environment," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 41.
- Seabury Group (2014), "Mode Shift: Impact and How to Respond", *IATA World Cargo Symposium, 11 March 2014*. <https://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/modal-shift-cargo-mar14.pdf> (20 Jan. 2016)
- USA Trade on Line, US Census Bureau: *State Import by NAICS Commodities*. <https://usatrade.census.gov/> (16 Mar. 2016)

(関西外国語大学外国語学部教授 商博)

