

# 商品価値の下落リスクを考慮した輸送手段選択モデルの構築

## Developing Transport Mode Choice Model Considering Depreciation Risk of Commodity Value

指導教授 轟 朝 幸

M3009 岸 悠 介

### 1. はじめに

長距離国際貨物輸送は、主に海上輸送と航空輸送によって輸送されている。両輸送機関の選択は、基本的には品目の特性によって異なるが、近年では原油価格高騰による燃料費の増加やサプライチェーンマネジメント技術の向上による輸送効率化などの影響から、国際貨物輸送における航空輸送の輸送量が減少する反面、海上輸送の輸送量が増加しており、航空輸送と海上輸送の間で貨物輸送量がシフトしているという現状が存在する<sup>1)</sup>。さらに、腐敗性貨物はリードタイムが長いと商品価値が大きく下落するため、割安な海上輸送が選択されない場合が多い。昨今では、電化製品において価格下落率が高くなっており、輸送時間、運賃とともに海上輸送と航空輸送の選択における意思決定に影響を与えているものと考えられる。

そこで本研究では、日本発米国向けの貨物輸送において、商品価値の下落リスクを考慮した輸送選択モデルを構築することを目的とする。具体的には、対象とする商品の価格推移を4週間追跡して価格下落率の推定を行い、運賃、為替レートなど、輸送手段の選択に影響を与えると考えられる要因を説明変数として集計ロジットモデルを構築する。また、価格の下落率についての感度分析を行い、荷主の輸送手段の選択にどの程度影響しているのかを明らかにする。

### 2. 既存研究の整理

国際貨物輸送や輸送機関分担に関する既往研究は多数存在するが、その中で商品価値の下落リスクを考慮したモデル構築を行っている研究は少ない。坪井ら<sup>2)</sup>は、国際航空貨物の需要変動の要因を説明するため、荷主の立場からみた物流費用を考慮した体積ベースの輸送手段選択モデルを定式化し、輸送手段選択時に影響を及ぼし得る要因について考察を行っている。分析結果から、従来のモデルに取り込まれてきた所要日数と輸送費用に加え、商品の価格下落率がモード選択に影響を与える可能性を示唆してい

る。しかし、モデルの定式化にあたって確率的な選択条件を考慮しておらず、実際には費用関数の大小で比較を行うにとどまっている。山田ら<sup>3)</sup>は荷主の意思決定に着目し、日本-東アジア地域の貨物輸送データを用いて、集計ロジットモデルを利用した重量ベースの輸送機関分担モデルを提案している。しかし、分担率が一方の輸送機関に偏った品目を対象にしており、品目別にモデルを構築していない。商品価値の下落率は品目別に大きく異なるため、品目別にモデルを構築するべきであると考えられる。

そこで本研究では、商品価値の下落率が比較的高い電化製品に着目して、デジタルカメラ、パソコンなど品目別に集計ロジットモデルによる輸送手段選択モデルを構築し、商品価値下落リスクが輸送手段選択率に与える影響を分析する。

### 3. 研究方法

本稿の流れを図-1に示す。日米間の貨物輸送の現状を輸送データより把握し、分析対象とする品目を選定する。次に、商品価値の価格下落率に影響する要因を考慮したモデルを構築し、パラメータを推定する。価格下落率における感度分析を行い、輸送手段選択に与える影響を明らかにする。

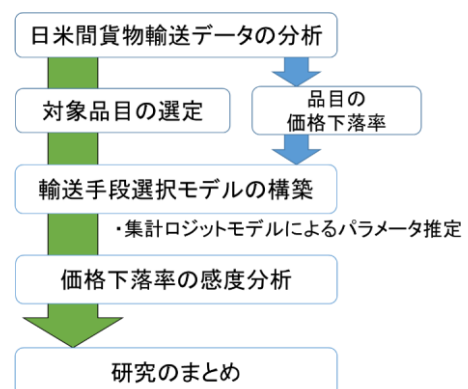


図-1 研究フロー

### 4. 分析対象と使用データ

#### (1) 対象経路

日本発米国向けの貨物輸送は貨物量も多く、重要

な基幹航路として位置付けられている。しかしながら、日本発米国向けの基幹航路（直行便）は年々縮小傾向にあり、釜山港や上海港を經由して輸送されることが少なくない。海外港湾を經由すると、直行便の場合と比較して商品価値の下落幅が大きくなり、輸送費用は割高だが、輸送時間が短く商品価値の下落が殆どない航空輸送を選択する可能性がある。そのため、本研究では日本発米国向け貨物輸送を分析の対象とする。

米国内の目的地については、東海岸を対象とする。東海岸着に限定した理由としては、本研究で使用する Zepol の TradeView において、米国の到着港湾及び空港は判別可能であるが、最終到着地が不明であるためである。例えば米国西海岸の港湾に到着したコンテナ貨物は、全体の 50～60% が鉄道輸送によって米国中部または東部などに輸送されるため、航空輸送と比較して米国内の荷動き（イグレス）状況が海運と航空で大きく異なる。一方、米国東海岸の港湾着では、ほとんどがパナマ運河またはスエズ運河経由の” All water” であるため、米国内の荷動きに航空輸送と大きな差が生じず、海上輸送と航空輸送の比較が可能と考えられるためである。

### (2) 使用データ

本研究では日本発米国向けの貨物データを扱うため、米国の輸出入貨物データを掲載している Zepol 社の「TradeView」における 2007 年 1 月から 2013 年 12 月までの月次輸送データを用いる。TradeView は個々の輸送契約を詳細に載せている船荷証券（B/L）を電子化したデータベースであり、米国発着貨物の輸送重量や輸送費用などを把握可能である。

### (3) 対象品目

対象品目の候補については、以下の 3 点を特徴として有している品目である。

- ・ 消費者のニーズにより価格変動が起こりやすい品目（電化製品）
- ・ 時間の経過とともに価値が下がる品目（生鮮食料品、生花など）
- ・ 運賃負担力のある品目（電子機器など）

運賃負担力のある電子機器などは速達性が求められるため、海上で輸送されるケースは比較的少ない。生鮮食料品・生花に関しても、冷凍コンテナ等による輸送技術の向上から海上でも輸送されているが、品

目によっては航空との輸送分担率で大きな偏りが見られる。そのため本研究で対象とする品目は、輸送分担率の偏りが比較的小さく、消費者ニーズが価格の下落に反映されやすい電化製品を対象とする。

## 5. 基礎集計

日本発米国東海岸着の対象品目の輸送データのうち、輸送量の多い 3 品目（デジタルカメラ、プリンター、据置 PC）について、海上および航空輸送の輸送分担状況などを把握するために基礎集計を行った。東海岸における 3 品目の輸送量の推移を表 1 に示す。据置 PC とデジタルカメラにおいては航空の輸送量が多いが、近年では海上の分担率が増加してきている。一方、プリンターについては海上の輸送量が多いが、航空との輸送分担率はほぼ均等であり、偏りが無い。海上および航空輸送については、通常輸送分担率に大きな偏りが存在するが、以下の 3 品目は比較的海上、航空輸送が拮抗している。そのため、これらの品目においては輸送機関選択問題として取り扱うことが可能であると考えられる。

表 1 電化製品 3 品目の輸送量の推移

年	据置PC (海上)	据置PC (航空)	プリンター (海上)	プリンター (航空)	デジタルカメラ(海上)	デジタルカメラ(航空)
2007	0.02	0.98	0.28	0.72	0.01	0.99
2008	0.64	0.36	0.57	0.43	0.01	0.99
2009	0.09	0.91	0.65	0.35	0.01	0.99
2010	0.02	0.98	0.69	0.31	0.00	1.00
2011	0.02	0.98	0.66	0.34	0.01	0.99
2012	0.02	0.98	0.64	0.36	0.03	0.97
2013	0.07	0.93	0.59	0.41	0.21	0.79
2014	0.22	0.78	0.72	0.28	0.35	0.65

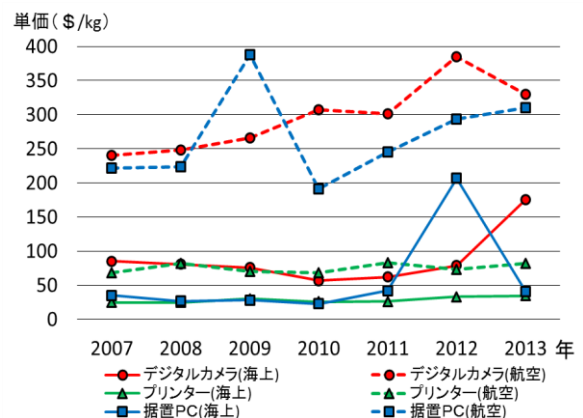


図 2 電化製品 3 品目の貨物単価の推移

次に、日本発米国東海岸着貨物における両輸送手段の貨物単価の推移を図 2 に示す。3 品目のう

ち、デジタルカメラと据置PCでは海上と比較して約5倍航空の輸送単価が高いが、プリンターでは約2.5倍に留まっており大きな差が見られなかった。据置PCは、航空の貨物単価が海上と比較して非常に高いにもかかわらず、月次データにおける輸送量は海上とは差が大きな差が見られなかった。一般的に航空輸送は海上輸送に比べて輸送費用が高く、航空の場合は海上に比べて輸送できる重量が限られている。そのため、新しく製造された商品を優先的に航空で輸送し、販売されてから時間の経過した製品などを海上で輸送するなど、米国での生産状況によって輸送手段を切り替えていると考えられる。

### 6. 価格下落率

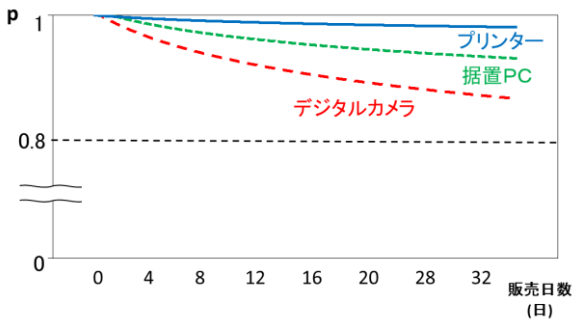


図-4 電化製品3品目の価格推移

図-4は、国内で販売されている電化製品の対象品目の価格下落率を示している。商品の販売開始日から販売5週目までの価格を収集し、近似曲線で表したグラフである。輸送品目の商品価値は、超短期の場合を除き、基本的には時間の経過とともに下落する。各品目の価格下落率に関する一般式を式(1)に示す。

$$\Delta p_i = nt^\alpha \quad (1)$$

$\Delta p_i$  : 品目  $i$  の価格下落率

$t$  : 輸送日数

$n, \alpha$  : パラメータ

商品の価格下落率は輸送日数  $t$  を引数とした関数である。 $n$  と  $\alpha$  については、近似曲線式を表すパラメータである。図-4で示した本研究で収集した商品価格は、新製品を対象にしている。しかしながら、実際に輸送されている製品（本研究においてモデル化に用いたデータ）は、新製品と非新製品が混在している。ZepolのTradeViewでは、新製品だけのデータを

抜き出すことはできない。そのため、モデル分析の際には輸送されているすべての製品を新製品と仮定して分析を行う。

### 7. 分析方法

本研究では、海上-航空の2種類の貨物輸送を対象とした集計ロジットモデルを用いて分析を行う。集計ロジットモデルの式を式(2)、(3)に示す。

$$P_1 = \frac{\exp(V_1)}{\exp(V_1) + \exp(V_2)} \quad (2)$$

$$V_i = \sum \beta_n Z_n \quad (3)$$

$P_i$  : ある個人が輸送手段  $P_i$  を選択する確率

$V_i$  : 輸送手段  $i$  を選択する際の効用確定項

$\beta_n$  :  $n$  番目のパラメータ

$Z_n$  :  $n$  番目の効用項

$\Delta p_n$  は海上輸送時における輸送品目の価格下落率を表している。一般的には、日本から米国東海岸へ海上で輸送する際は、パナマ運河を經由して向かうルートを選択するため、輸送日数は約1ヶ月要する。このことから、本研究では海上輸送の日数を4週間と仮定して分析を行う。航空輸送については、輸送距離にかかわらず1日以内に輸送されると仮定する。輸送日数が短いほど価格下落率は小さくなるため、係数の符号は負となる。

$CIF_n$  は輸送時に要する運賃・保険料などの輸送貨物を荷揚げするまでの費用を海上と航空の比率（海上/航空）で表している。この値が小さくなるほど海上輸送の費用が航空輸送に比べて安価となり、輸送選択されやすくなると考えられるため、係数の符号は負となる。

$IPI_n$  は米国の鉱工業生産指数であり、業種の生産動向を知ることが可能である。米国はアジア地域からの輸入が多く、日本で製造された電化製品も輸入している。米国内の生産が活発化することで外部からの輸入量も増加し、海上と航空どちらの輸送量も同じように増加すると考えられるため、係数の符号は正負どちらをも取り得る。

$ER_n$  は日米間の通貨レート（ドル/円）である。この値が大きくなると相対的にドルが安くなるため、米国側の輸入が減少すると考えられる。こち

らも  $IPIn$  と同様に、海上と航空どちらの輸送量も同じように変動する考えられるため、予想される係数の符号は正負どちらをも取り得る。

### 8. パラメータ推定・感度分析

構築したモデルを用いてパラメータ推定を行った。その結果を表-2に示す。

表-2 パラメータ推定の結果

説明変数	デジタルカメラ		据置PC		プリンター	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値
定数項	-26.25	-3.15	-3.28	-0.22	7.30	0.66
価格下落率	-0.01	-1.54	-0.04	-10.73	-0.16	-2.45
輸送総経費	0.68	9.78	0.10	2.63	0.74	9.29
鉱工業生産指数	0.31	3.30	0.22	1.30	0.25	3.07
通貨レート	0.00	-0.02	-0.11	-1.46	0.02	0.42
自由度調整済み尤度比	0.382617		0.265153		0.306802	
サンプル数	84					

推定結果から、3品目とも尤度比が0.25以上となっており、比較的良好なモデルが構築できたといえる。海上と航空の輸送運賃の比を表す  $CIF_n$  は、t値が有意であることを示している。これは、輸送手段選択に費用が影響していることを示しており、当然の結果と言える。価格下落率を表す変数  $\Delta p_n$  のt値が一様に負であることから、価格の下落率が大きくなるほど航空での輸送選択確率が高くなることがわかった。プリンターでは  $ER_n$  の符号が正となっている。このことから、通貨レートが高くなるとデジタルカメラ、据置PCについては航空輸送の、プリンターについては海上輸送の選択確率が上がる結果となった。しかし、どの品目もt値が低いことから、選択にはそこまで影響を及ぼさないといえる。変数  $\Delta p_n$  のt値は3品目の中でも据置PCが最も大きな値をとった。これは、商品1個当たりの単価が最も大きいため、価格の下落による影響を最も受けやすいためだと考えられる。

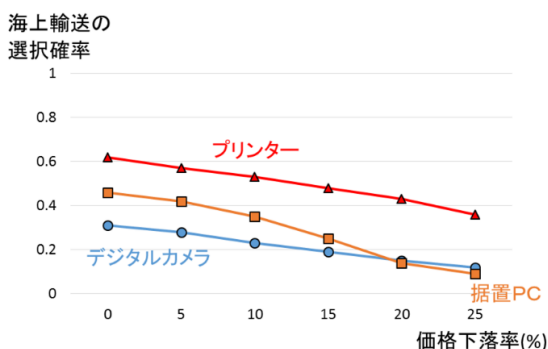


図-5 価格下落率と海上輸送の選択確率の関係

次に、価格下落率の値を変動させた際の選択確率の変化を見るため、感度分析を行った。図-5に示した分析結果から、いずれも下落率が大きくなると海上輸送の選択確率が下がることがわかった。据置PCについては、製品自体の商品価値が高く、その分下落幅も大きくなったと考えられる。

### 9. まとめと今後の課題

本研究では、電化製品を対象に集計ロジットモデルを用いた輸送手段選択モデルの構築を行い、商品の価格下落と輸送手段選択との関係について分析を行った。その結果、商品価格の推移データから、品目ごとに価格の下落率が異なることを明らかにし、鉱工業生産指数や為替レートといった輸送相手国の経済状況を加味した変数も用いることで、比較的良好な選択モデルを構築することができた。また、感度分析から価格下落率の上昇とともに海上輸送の選択確率が下がることが明らかになった。

今後の課題として、本研究では集計ロジットモデルを利用したモデルを構築したが、非集計データを用いることにより精緻なモデルを構築することができると思われる。価格下落率については、日本国内における製品の価格情報を用いて分析を行ったため、米国に輸入された日本製品の価格情報を用いてモデルの妥当性を確認する必要がある。また、本研究ではモデル分析の際に、すべての輸送品を新製品と仮定して分析を行ったが、実際の輸送状況とは異なるため新製品の輸送データを得て分析を行う必要もある。

### 参考文献

- 1) John Joseph.Coyle : Transportation : a supply chain perspective , South-Western Cengage Learning , 2011
- 2) 坪井竹彦、脇田哲也、兵藤哲朗 : 物流費用を考慮した海上—航空国際貨物輸送モード選択モデル試案、季刊運輸政策研究、Vol.12、pp.32-41、2010年1月
- 3) 山田忠史、濱田邦裕、北村充、飯田誠 : 東アジア圏との国際貨物輸送機関分担に関する一考察、日本船舶海洋工学会論文集、No.5、pp.63-69、2007年6月