

# 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

岸 悠介<sup>1</sup>・川崎 智也<sup>2</sup>・轟 朝幸<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 元日本大学大学院社会交通工学専攻（〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1-744）

<sup>2</sup>正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科（〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1-744）

E-mail: kawasaki.tomoya@nihon-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科（〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1-744）

E-mail: todoroki.tomoyuki@nihon-u.ac.jp

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、商品価値の下落率が高い貨物はリードタイムが長いと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。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5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。輸送手段選択モデルのパラメータ推定の結果より、価格下落率が輸送手段選択に影響を及ぼしうる要因であることが分かった。また、価格下落率について感度分析を行った結果、もともとの商品価値が比較的高く、価格の下落幅が大きい品目（i.e. 据置PC）ほど、輸送時間が長い海上輸送の選択確率が下がることが分かった。

**Key Words :** maritime/air transport mode choice, price depreciation, international logistics, logit model,

## 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、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いる。そのため、航空輸送と海上輸送の間で貨物がシフトしているという現状が存在する<sup>1)</sup>。しかし、商品価値の下落率が高い貨物はリードタイムが長いと価値が大きく下落するため、割安な海上輸送が必ずしも選択されない場合が多い<sup>2)</sup>。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。また、海上輸送において環境問題に配慮した減速航行を行う船社が見られるようになり、燃料費のコスト削減に成功している。輸送費用が安くなる一方で輸送日数は増えるため、価格下落率を考慮した際に海上輸送から航空輸送へとシフトする品目が増加することが考えられる。

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、日本ー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べきであると考えられる。

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5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ことを目的とする。

## 2. 分析の対象

### (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、釜山港を経由して輸送されることが少なくない。海外港湾を経由すると、直行便の場合と比較して輸送日数が長くなるため、商品価値の下落幅が大きくなる。そのため、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と考えられる。以上より、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。

米国内の目的地は東岸を対象とし、データとして扱う地域を図-1に示す。東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<sup>4)</sup>、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。

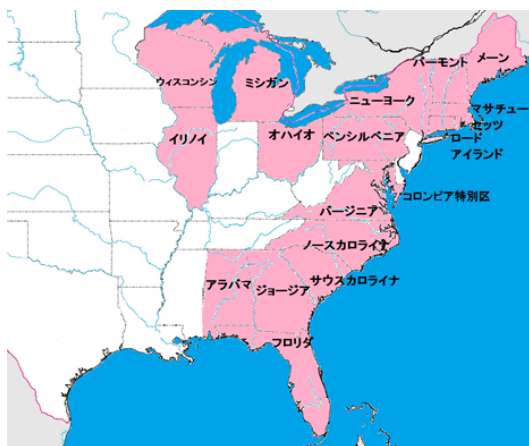


図-1 米国東岸側の分析対象地域

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。

### (2) 対象品目

日本発米国東岸着の電化製品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。東岸における3品目の輸送量の推移を図-2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比較的拮抗している。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、2013 年以降、以下の3品目は比較的海上、航空輸送が比較的拮抗するような傾向にある。

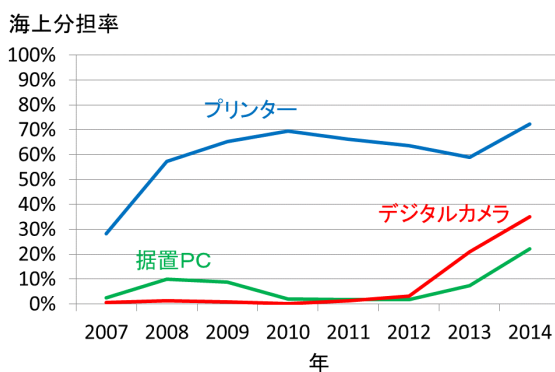


図-2 電化製品3品目の輸送量の推移

次に、日本発米国東岸着貨物における両輸送手段の貨物単価比率の推移を図-3 から図-5 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 倍航空の貨物単価が高いが、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、新製品を優先的に航空で輸送し、非新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可能性がある。

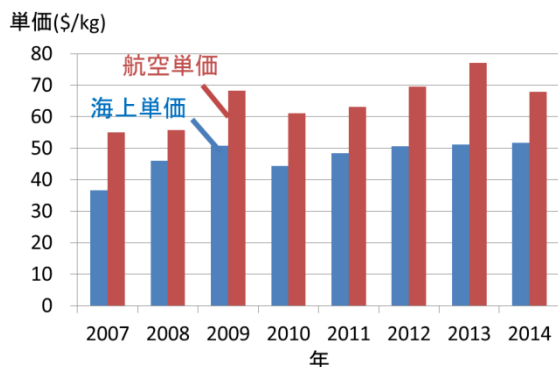


図-3 プリンターの貨物単価比率の推移

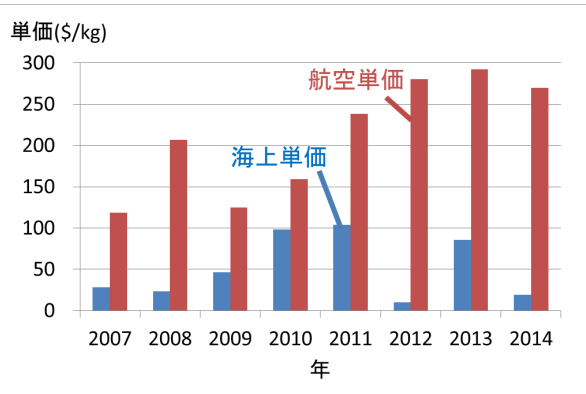


図-4 据置 PC の貨物単価比率の推移

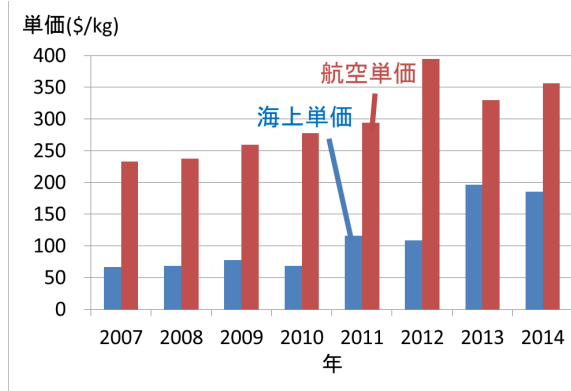


図-5 デジタルカメラの貨物単価比率の推移

### 3. 価格下落率

輸送品目の製品価値は、基本的には時間の経過とともに下落する。その際、例えば電化製品であれば劣化や消費者側のニーズの移行、生鮮食料品であれば消費期限といった変動要因が働くと考えられる。図-6、図-7 に日本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について、それぞれ新製品と非新製品の場合について示す。なお、本データはインターネットの通信販売サイトに掲載されている価格を5週間収集し、作成したものである。非新製品については、販売から半年経過した時点から5週間分の価格推移を追ったものである。各品目に

おいてメーカー、サイズ、価格の異なる製品をランダムに選択し、価格の平均値の推移を近似線で表している。新製品は非新製品に比べて下落率が高くなっているが、新製品は消費者の動向による影響が大きく、新規販売時の売上状況によって価格が変動しやすくなるためと考えられる。販売からある程度の時間が経過した非新製品は、消費者の動向を受けて既に価格が下落している状態であり、急激に販売価格が変動することがないため下落率が低くなったと推察できる。

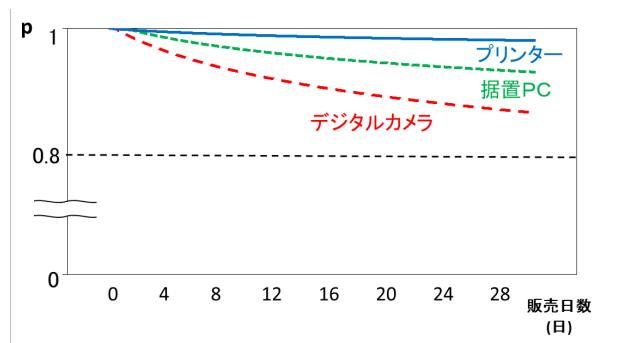


図-6 電化製品3品目の価格推移（新製品）

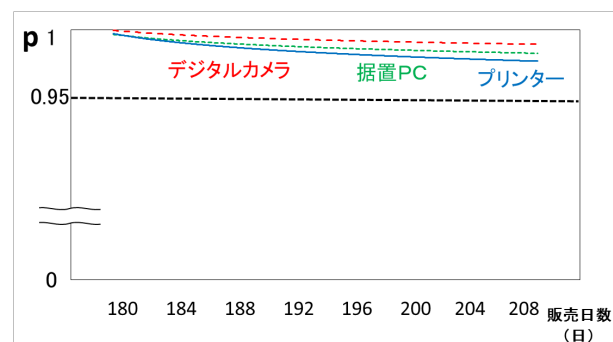


図-7 電化製品3品目の価格推移（非新製品）

変動要因 ( $\Delta p$ ) を価格下落率とし、手段選択モデルの構築に用いる。商品  $i$  の価格下落率を  $\Delta p(i)$  として、価格下落率の一般式を式(1)に示す。

$$\Delta p(i) = nt^\alpha \quad (1)$$

式(1)に示す通り、 $\Delta p(i)$  は輸送時間  $t$  の指数近似式である。指数近似式は、様々な形式の式のうち、最も決定係数  $R^2$  が高かったため採用した。式(1)のパラメータを表1に示す。

表-1 パラメータ推定の結果

|          | $\Delta p(\text{printer})$ | $\Delta p(\text{desktop PC})$ | $\Delta p(\text{digital camera})$ |
|----------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| $n$      | 1.00                       | 1.01                          | 1.00                              |
| $\alpha$ | -0.008                     | -0.034                        | -0.063                            |
| $R^2$    | 0.34                       | 0.92                          | 0.98                              |

#### 4. モデル

本研究では、海上、航空の輸送手段を対象に、二項集計ロジットモデルを用いてモデル構築を行う。二項集計ロジットモデルの効用関数を式(2)に示す。

$$V_{ij} = \beta_1 \Delta p + \beta_2 CIF + \beta_3 IPI + \beta_4 ER \quad (2)$$

$\Delta p$  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、日本から米国東岸へ海上で輸送する際は、パナマ運河を経由して向かうルートを選択するため、輸送日数 ( $d$ ) は 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 日で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、符号条件は負であると考えられる。

$CIF$  は、輸送時に要する運賃、保険料などの総輸送経費であり、本研究では海上と航空の比率 (海上／航空) で表す。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、海上輸送が選択されやすい状況となると考えられるため、係数の符号条件は負と考えられる。

$IPI$  は、米国の鉱工業生産指数であり、米国内の景気動向を示す GDP の代替変数として利用する。鉱工業生産指数を GDP の代わりに用いる理由は、本研究で用いるデータが月次データであるためである。輸入側である米国内の経済状況が良くなると、輸入量が増加し、輸送容量が大きい海上輸送がより好まれるものと考えられる。しかし、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と考えられる。

$ER$  は、日米間の為替レート (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。 $IPI$  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。

以上の説明変数を用いて、パラメータ推定を行った結果を表 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     |       |
|----------------|----------|-------|----------|--------|----------|-------|
|                | 係数       | 値     | 係数       | 値      | 係数       | 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<br>尤度比 | 0.382617 |       | 0.265153 |        | 0.306802 |       |
| サンプル数          | 84       |       |          |        |          |       |

推定結果から、3 品目とも自由度調整済み尤度比が 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考えられる。価格下落率を表す変数  $\Delta p$  が負であることから、価格下落率が大きくなるほど、航空の輸送選択確率が高くなる要因となっていることがわかった。海上と航空の総輸送経費の比を表す  $CIF$  は、全ての品目において  $t$  値が 1% 有意水準で統計的に有意となった。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、期待通りの結果と言える。なお、鉱工業生産指数の  $t$  値は 10% 有意水準においても有意とは認められなかったため、輸送手段選択には影響を及ぼさないものと考えられる。

#### 5. 感度分析

本稿では、日本から米国東海岸までの輸送日数を 28 日と仮定した。しかし、減速航行や荷揚げ、荷卸しによる港湾の経由といった要因により、輸送日数が変動することが予想される。例えば、東京から東海岸のニューヨークまでの輸送日数と、釜山からニューヨークまでの輸送日数はそれぞれ 22 日、23 日であまり変化はない。しかし、東京からハブ港である釜山を経由してニューヨークへ向かうとなると、東京から釜山までの輸送日数に加え、釜山での積み替え作業や手続きによる時間ロスが発生する。その結果、直行便と比較しても約 4 日程度の遅れとなる。そこで、こうした輸送日数を変動させた際の選択確率の変化を、感度分析を用いて行った。

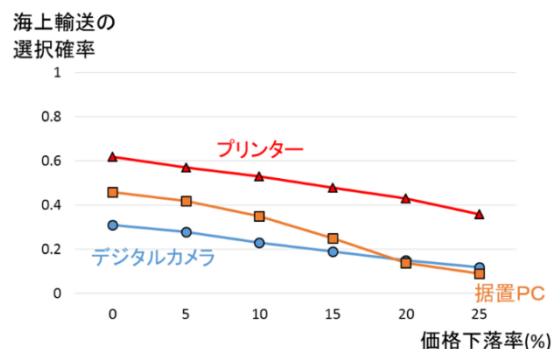


図-8 価格下落率と海上輸送の選択確率の関係

図-8 に示した分析結果から、商品の価格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。プリンターとデジタルカメラはほぼ同じ下落幅だったのに対し、据置 PC の下落幅は 15 パーセントを境に大きくなった。これは、商品価値の高さから、損失が大きくなる海上輸送を避けるためだと考えられる。

## 6. おわりに

本研究では、電化製品3品目を対象として集計二項ロジットモデルを利用した輸送手段選択モデルの構築を行い、製品価格の下落リスクと輸送手段選択との関係について分析した。輸送手段選択モデルのパラメータ推定の結果より、価格下落率が輸送手段選択に影響を及ぼしうる要因であることが分かった。また、価格下落率について感度分析を行った結果、もともとの商品価値が比較的高く、価格の下落幅が大きい品目（i.e. 据置PC）ほど、輸送時間が長い海上輸送の選択確率が下がることが分かった。さらに、鉱工業生産指数やCIFが輸送手段の選択に影響を与えていることを明らかにした。また、為替レートについては、統計的有意性が認められなかった。

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、より精緻なモデルを構築することが出来ると考えられる。さらに、価格下落率についても、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、米国に輸入された製品の価格情報を用いてモデル構築を行うべきである。これらは今後の課題である。さらに、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ため、価格下落率は商品に

よって異なることが予想される。しかし、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。本研究では、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ったが、価格下落率については過大評価されている可能性がある。これも今後の課題としたい。

## 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.
- 4) 久保 麻紀子, 松田 琢磨 : パナマ運河拡張後の国際物流動向 (コンテナ貨物を中心に) , 日本海事センター, 2014.
- 5) オーシャンコマース : 2013 年度版国際輸送ハンドブック, 2013.

(2014.4.25受付)