

内貿および外貿バルク貨物を対象とした利用港湾/輸送機関選択モデルの構築 Model Development on Port/Mode Choice Behavior of domestic and international Bulk Cargo

山鹿知樹*・柴崎隆一**・角野隆***

By Tomoki YAMAKA*, Ryuichi SHIBASAKI**, Takashi KADONO***

1. はじめに

港湾貨物の種類について整理すると、外観でドライ・カーゴ（固体）、タンカー・カーゴ（液体）に大別される。また、撒のまま船倉に積込むバルク・カーゴと、定まった形状のものを積み付けるジェネラル・カーゴに区分することもできる¹⁾。さらに、定期船対象貨物については、コンテナを利用するコンテナ貨物と、コンテナに積み込むことが物理的に不可能なものや、荷動量が大きく専用船輸送の方が能率が高いものなどで構成される非コンテナ貨物に区分される²⁾。このうち、コンテナ貨物や内貿ユニットロード貨物に着目した分析は様々な形^{3) 4)}で行われているものの、非コンテナ貨物については、我が国の産業を支えるといった観点からも、コンテナ貨物と同程度に重要であるにもかかわらず、その流動等について分析・モデル化した例が相対的にあまり多くない。そこで本研究では、定期船・不定期船に関係なく、荷姿がコンテナ以外の貨物をバルク貨物と総称し、貨物輸送に関する政策の評価が可能となるような、外貿バルク貨物の港湾選択モデル、内貿バルク貨物の輸送機関・経路選択モデルの構築を、集計ロジットモデルにより検討した。また、構築したモデルを用いて大型岸壁整備などによる政策シミュレーションを行った。

2. 外貿バルク貨物の国内流動に関する分析

外貿バルク貨物の国内流動の分析を行うに当たり、陸上出入貨物調査⁶⁾のデータ(平成10~14年)を用いた。

図-1は、船積・船卸港から仕出・仕向地までの流動量を地域別にみたものである。輸出についてみると、中部が2,531千トンと最も多く、次いで関東が1,840千トン、九州が1,283千トンと続いている。輸入についてみると、関東が14,353千トンと最も多く、次いで中国が11,265千トン、中部が9,110千トンと続いている。また、輸入貨物のシェアは全ての地域において、約8~9割と大きくなっている。

図-2は、輸入貨物の平均輸送距離を地域別にみたものである。これによると、北海道が20.3kmと最も長く、次いで関東が17.1km、中部が16.3kmと続いている。

3. 外貿バルク貨物の港湾選択モデルの構築

(1) モデルの概要

外貿バルク貨物の港湾選択モデルの構築にあたっては、約9割を占める輸入貨物を対象とする。また、対象地域としては、他地域との貨物の出入がほとんどないことや、輸入貨物の平均輸送距離が最も長く、利用港湾について

*正会員, 北日本港湾コンサルタント(株)技術部(〒003-00029 北海道札幌市白石区平和通2丁目北18番18号, TEL: 011-863-911, t.yamaka@njpc.co.jp), **正会員, 博(工), 国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾システム研究室, ***国土交通省, キーワーズ: バルク貨物, 背後流動, 輸送機関分担, 港湾選択, ロジットモデル

複数の選択肢があると考えられる北海道を対象とする。まず、北海道の仕向地を全国251ゾーン区分⁵⁾に基づいた23ゾーンとし、各仕向地の利用港湾シェアを陸上出入貨物調査(平成11年)より算出する。これを各港湾における選択確率の実績値とする。次に、LOS(Level of service)データを作成する。ロジットモデルは、式(2)によって表されるLOSデータを説明変数とする効用関数 V_r を用いて、港湾 r の選択確率 P_r が式(1)のように表され、全てのサンプルにおける選択確率の積を最大にする未知パラメータを最尤推定法により推定するものである⁷⁾。最後に、得られた各港湾の選択確率から各港湾の取扱量を算定し、モデルの再現性を確認する。

図-3は、農林水産品を例として、仕向地における港湾利用の割合についてみたものである。全体的に近郊の港湾利用の割合が大きくなっているが、稚内港付近や網走港付近などのように港湾に比較的近い地域においても、複数の港湾利用がみられ、必ずしも距離が近い港湾を選択するとは限らないことが分かる。

北海道における輸入貨物の陸上輸送機関の割合は、その他の輸送機関の割合が最も大きくなっているが、ベルトコンベアやパイプラインなどによる港湾直背後の輸送がほとんどであるため、モデル化にあたっては自動車輸送貨物を対象とする。また、対象品目は自動車輸送貨物の約9割を占める農水産品、林産品、鉱産品とする。なお、モデル構築に用いたデータには、原油、重油、石油製品などのタンカーカーゴは含まれていない。モデルの構築においては、北海道の特定重要港湾と重要港湾である表-1に示す12港を選択肢として設定した。



図-1 地域別の流動量

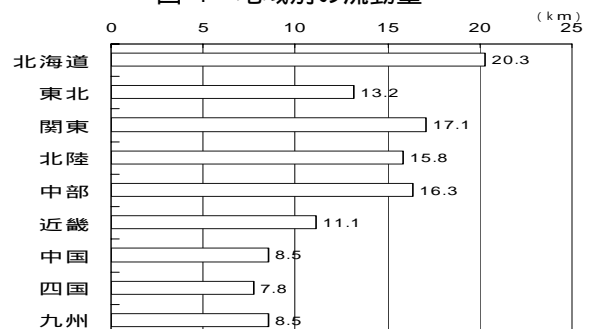


図-2 輸入貨物の平均輸送距離

$$Pr = \frac{\exp(Vr)}{\sum_{i=1}^n \exp(Vi)} \dots\dots\dots (1)$$

$$Vr = \alpha Xr + \beta Yr + \gamma Zr + \dots\dots\dots (2)$$

ここで、
 Pr: 港湾 r の選択確率(貨物量シェア)
 Vr: 港湾 r 選択時の効用関数
 n: 港湾数
 X, Y, Z: 説明変数
 α, β, γ: パラメーター

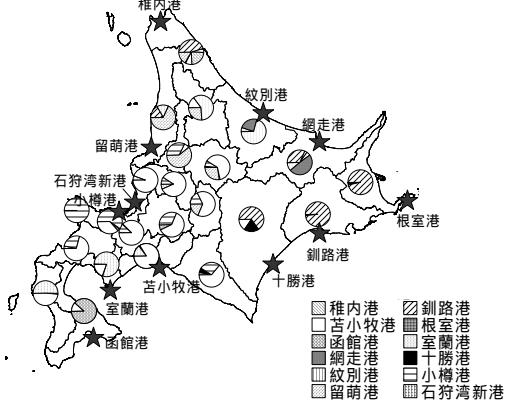


図-3 仕向地における自動車輸送貨物の利用港湾の割合(農林水産品)

(2) LOS データの作成

陸上出入貨物調査では、港湾において搬出・搬入される陸上貨物に着目しており、輸出入相手国は調査対象外となっている。また、海外から北海道までの海上輸送費用は、港湾から仕向地までの陸上輸送費用に比べ、港湾によってそれほど差がないと思われることから、海上輸送費用・時間については、考慮しないものとする。

(a) 陸上輸送料金

陸上輸送費用の設定にあたっては、港湾から仕向地(北海道 23 ゾーンを中心都市)までの距離を最短経路探索により設定⁸⁾し、港湾投資の評価に関するガイドライン 1999⁹⁾による 10 tトラックの運賃を用いて算出した。また、全国貨物純流動調査¹⁰⁾によると、北海道内発着バルク貨物の高速道路利用率は 0.9%であることから、一般道のみ利用と想定した。

(b) 陸上輸送時間

陸上輸送時間の設定にあたっては、仕向地を北海道 23 ゾーンの代表都市とし、港湾から仕向地までの輸送時間を(独)北海道開発土木研究所により公開されている「北のナビ」を用いて設定した。また、仕向地が港湾が存在する都市と同一都市である場合の輸送時間は 30 分と設定した。

(c) 荷役機械の設置状況

表-1 に示す陸上出入貨物調査が実施された平成 11 年時点における各港の荷役機械の設置状況から、港湾のサービス水準を 3 段階で評価し、モデルの説明変数とした。各荷役機械の取扱貨物については、ニューマチックアンローダーが穀物類、クレーンが原木や石材・鉄鉱石など、アンローダーがチップや石炭などと想定し、品目別に各港のサービス水準を評価した。また、荷役機械が設置されていない港湾においても船上クレーンなどにより荷役が可能であることを考慮して、サービス水準の評価が最低ランクであっても荷役は可能としている。

表-1 各港の荷役機械の設置状況

	荷役機械の設置状況			サービス水準の評価		
	ニューマチックアンローダー	クレーン	アンローダー	農水産品	林産品	鉱産品
室蘭港	-	-	-	1	3	3
苫小牧港	-	-	-	3	3	3
函館港	-	-	-	3	1	1
小樽港	-	-	-	3	1	1
釧路港	-	-	-	3	2	2
留萌港	-	-	-	1	1	1
稚内港	-	-	-	1	1	1
十勝港	-	-	-	1	2	2
石狩湾新港	-	-	-	1	2	2
紋別港	-	-	-	1	1	1
網走港	-	-	-	2	1	1
根室港	-	-	-	1	1	1

(d) 岸壁最大水深

表-2 に示す陸上出入貨物調査が実施された平成 11 年時点における各港の岸壁最大水深に対する対象船舶の載重量トン数(DWT)をモデルの説明変数とした。また、陸上出入貨物調査には、専用岸壁で取り扱われる貨物も含まれているが、そのうちのほとんどがその他の輸送機関で運ばれているため、モデルの対象となる自動車輸送貨物の岸壁最大水深は公共岸壁におけるものを用いた。また、品目別の岸壁最大水深については、林産品と鉱産品が同一岸壁で利用されている実績を考慮し、農水産品と林産品・鉱産品を区分してバース水深を設定した。ただし、農水産品または林産品・鉱産品の輸入実績がない港湾においては、当該港湾の岸壁最大水深を用いた。

表-2 各港の岸壁最大水深・対象船舶

	農水産品		林産品・鉱産品	
	バース水深(m)	対象船舶(DWT)	バース水深(m)	対象船舶(DWT)
室蘭港	-120	30,000	-120	30,000
苫小牧港	-120	30,000	-120	30,000
函館港	-100	12,000	-100	12,000
小樽港	-130	40,000	-100	12,000
釧路港	-120	30,000	-120	30,000
留萌港	-100	12,000	-100	12,000
稚内港	-120	30,000	-120	30,000
十勝港	-100	12,000	-100	12,000
石狩湾新港	-100	12,000	-100	12,000
紋別港	-7.5	5,000	-7.5	5,000
網走港	-120	30,000	-120	30,000
根室港	-100	12,000	-100	12,000

(4) モデルの検討結果

農林水産品および鉱産品のパラメーターの推計結果を表-3 および表-4 に示す。モデルの説明力を判断する尤度比が高く、各パラメーターの符号などからみて、良好なモデルが構築できたと考えられる。

図-4 および図-5 は、推計されたパラメーターを基に各港湾の取扱貨物量を算定し、実績と比較を行ったものである。農林水産品については、室蘭港、石狩湾新港で過大推計、苫小牧港でやや過小推計、鉱産品については、室蘭港で過大推計となっているが、全体的にはロジットモデルの再現性としては概ね良好な結果と考えられる。

輸送時間と輸送料金のパラメーター比から時間価値を求めると、農林水産品が 201 円/トン・hr に対して、鉱産品が 541 円/トン・hr となる。石炭や鉄鉱石などのように、船卸されたあと港湾のヤードに長期間ストックされることが多い鉱産品に比べ、野菜・果物や水産品などの輸送においては、輸送スピードが要求されるケースが多いと考えられることから、一般的には、農林水産品の方が時間価値が高くなると予想される。しかし、内陸部の工場では、大規模なストックヤードを持たないことが

多く、石炭などの燃料の輸送においてもある程度の輸送スピードが要求されると考えられることや、北海道の場合、農林水産品のうち穀物や飼料などは、サイロなどに長期間貯蔵されるものが多いことから、本研究では鉱産品の方が時間価値が高くなったものと考えられる。

表-3 農林水産品（輸入）のパラメーター推計結果

説明変数	パラメータ	t 値
輸送料金（円）	-6.90.E-04	-1.02
輸送時間（hr）	-1.39.E-01	-0.24
荷役機械の設置	1.34.E+00	4.26
岸壁水深（DWT）	3.26.E-05	1.48
尤度比	0.51	
尤度比（自由度調整済）	0.50	
時間価値（円/トン・h）	201	
サンプル数	39	

表-4 鉱産品（輸入）のパラメーター推計結果

説明変数	パラメータ	t 値
輸送料金（円）	-7.24.E-04	-0.68
輸送時間（hr）	-3.92.E-01	-0.42
荷役機械の設置	1.57.E+00	2.23
岸壁水深（DWT）	2.51.E-05	0.51
尤度比	0.53	
尤度比（自由度調整済）	0.52	
時間価値（円/トン・h）	542	
サンプル数	18	

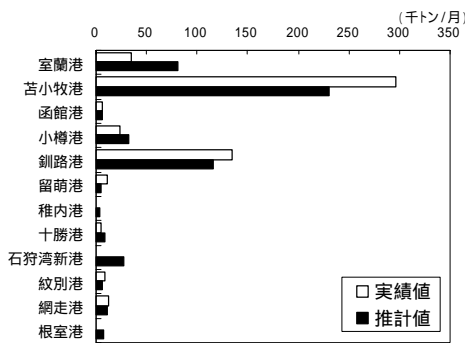


図-4 農林水産品の推計値と実績値

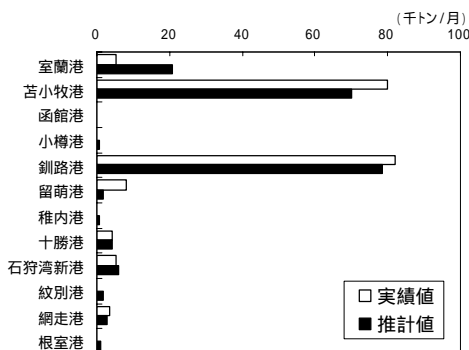


図-5 鉱産品の推計値と実績値

(5) モデルを用いた政策シミュレーション

(a) 大型岸壁整備による港湾取扱貨物の変化

ここでは、モデルの時間移転性を確認するため、モデル構築の対象年次である平成 11 年以降に石炭の輸入を目的として供用が開始された紋別港の-12 m岸壁を対象に、鉱産品の港湾選択モデルを用いて港湾取扱貨物量変化のシミュレーションを行った。

図-6 は、紋別港の岸壁最大水深が-7.5 mから-12 mと

なった場合の港湾取扱貨物量の変化について、シミュレーションによる推計値を年間値に換算（12 倍）し、港湾統計¹¹⁾による実績値と比較したものである。これによると、平成 11 年の現状再現値では実績値と比べ過大推計であり、平成 14 年の推計値では実績値と比べやや過小推計となった。平成 11 年の現状再現値が過大推計であるにもかかわらず、平成 14 年の推計値が、やや過小となった要因としては、紋別港の大型岸壁整備のプロジェクトと同時に防波堤の延伸や沖防波堤の整備も実施されており、貨物船の入港に対応可能な港内静穏度が確保されたことなど、モデルに考慮していない要因も貨物量増加に寄与したためと考えられる。さらに、モデルの構築に用いた陸上出入貨物調査の実施年に比べ、シミュレーション対象の-12 m岸壁供用開始年で北海道全体の鉱産品の輸入量は増加しており、モデル構築に用いたデータとシミュレーション対象年における鉱産品の需要量の違いも推計値が過小評価となった要因と考えられる。

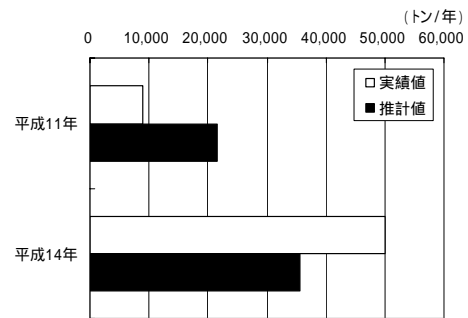


図-6 紋別港の推計値と実績値

(b) 高速道路整備による港湾取扱貨物の変化

ここでは、高速道路整備による港湾取扱貨物量の変化について、政策シミュレーションを行う。図-7 は、北海道の高規格幹線道路網とシミュレーションの対象とした想定供用区間を示したものである。区間（夕張～十勝清水）、区間（本別～釧路）が個別に供用を開始し、想定供用区間は高速を利用して輸送されると仮定した場合、港湾取扱貨物量の変化を推計した。想定供用区間とが供用した場合、ともに影響が最も大きかった釧路港における港湾取扱貨物量の変化をみることにする。想定供用区間が供用した場合は、約 900 トン/月（変化率 0.46%）の取扱量増加がみられたが、想定供用区間が供用した場合は、約 10 トン/月（変化率 0.01%）の取扱量増加しかみられなかった。このことから、区間に比べ道央圏の高速道路と結ぶ区間を整備した方が港湾取扱貨物量に及ぼす影響が大きいことが分かった。

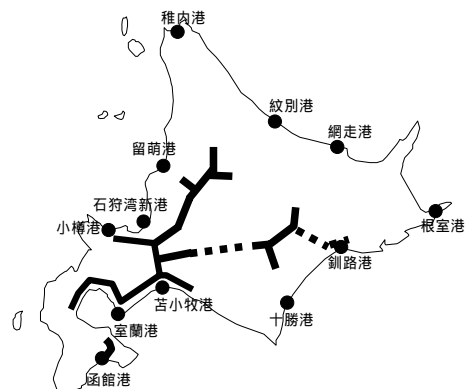


図-7 北海道の高規格幹線道路網

3. 内貿バルク貨物の輸送機関・輸送経路選択モデルの構築

(1) モデルの概要

内貿バルク貨物の輸送機関・経路選択モデルの構築にあたっては、発着地間において、船の選択が複数みられる北海道 - 関東間を対象とする。また、複数の輸送機関の利用があり、その他船舶のサンプル数が 37 と多い金属機械工業品を対象としてモデルを構築する。

輸送機関・経路選択モデルの構築にあたっては、外貿バルク貨物の港湾選択モデルと同様の理由から集計ロジットモデルを用いる。また、全国貨物純流動調査の 3 日間調査データを用い外貿バルク貨物の港湾選択モデルと同様の方法で輸送機関・経路ごとの流動量を算定し、モデルの再現性を確認する。

モデルの構築においては、北海道 - 関東間における経路別の貨物輸送実績 (40 トン以上/3 日間) を勘案し、図-8 に示すトラック (短距離フェリー) 1 経路、フェリー-3 経路、RORO 船 1 経路、その他船舶 6 経路の 11 経路の選択肢を設定した。

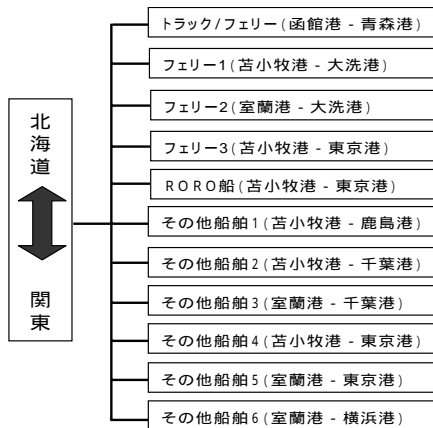


図-8 代表輸送機関・経路選択ツリー

(2) LOS データの作成

所要時間 (陸上輸送時間, 海上輸送時間, 積卸時間), 輸送料金 (陸上輸送費用, 海上輸送費用), 輸送機関別流動ロット, 運航頻度の逆数をモデルの説明変数とした。

(3) モデルの検討結果

金属機械工業品のパラメーターの推計結果は表-5 に示すとおりである。モデルの説明力を判断する尤度比が高く, 各パラメーターの符号などからみて, 良好なモデルが構築できたと考えられる。図-9 は, 輸送機関・経路別の流動量を算定し, 実績と比較を行ったものである。輸送機関別にみると, 概ね良好な再現性であると考えられる。また, 経路別にみると, 東京港 - 苫小牧港のその他船舶でやや過大推計, 東京港 - 室蘭港のその他船舶でやや過小推計となっているが, 全体的にはロジットモデルの再現性としては概ね良好な結果と考えられる。また, 推計されたパラメーターから求めた金属機械工業品の時間価値は 987 円/トン・hr となった。

4. おわりに

本研究では, 外貿バルク貨物について港湾選択モデルの構築, 内貿バルク貨物について輸送機関・経路選択モ

デルの構築を行った。また, 構築したモデルを基に政策シミュレーションを行った。構築されたモデルは, ロジットモデルとしては概ね良好な再現結果となっている。ただし, 結果の一部に過大推計や過小推計も見受けられるため, 今後は, 荷主による港湾および輸送機関の選択要因などの分析を行い, 説明変数の検証・追加などによって, モデルのさらなる精度向上が必要であると考えられる。また, バルク貨物の流動状況をより正確に予測できるように, 今回のモデル構築に用いたデータに加え, 必要に応じて別途調査を実施することも必要と考えられる。さらに, より普遍的なモデル構築に向け, 地域特性を説明変数に考慮するなどして, 今回構築したモデルを, 他地域へ適用することも重要と考えている。

表-5 金属機械工業品のパラメーター推計結果 (重みあり)

説明変数	パラメータ	t値
陸上輸送時間 (hr)	-1.26.E+00	-26.05
海上輸送時間 (hr) + 積卸時間 (hr)	-2.50.E-01	-31.70
陸上輸送料金 (円/トン)	-1.28.E-03	-16.12
海上輸送料金 (円/トン)	-1.16.E-04	-9.15
流動ロット (トン/件)	1.48.E-02	31.53
1/運航頻度 (便/週)	-1.42.E+01	-12.60
千葉港ダミー	2.20.E+00	53.48
尤度比	0.66	
尤度比 (自由度調整済)	0.65	
時間価値 (円/トン・hr)	987	
サンプル数	92	

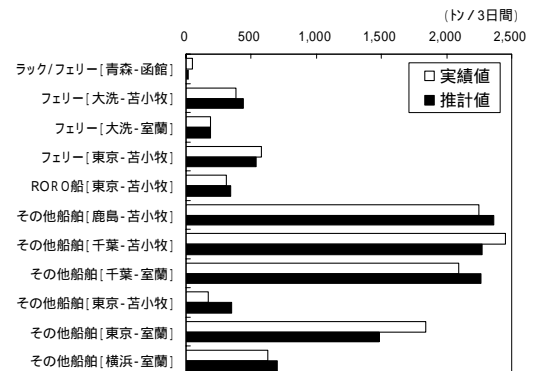


図-9 金属機械工業品の推計値と実績値

参考文献

- 1) 小林義久, 池田宗雄: 港湾知識のABC, 2002.
- 2) 日本海上コンテナ協会: コンテナ用語辞典, 1974.
- 3) 平井洋次, 田中淳, 渡部富博: 東アジアにおける国際海上コンテナ貨物流動モデルの構築, 国土技術政策総合研究所資料, No.45, 2002.
- 4) 田中淳, 柴崎隆一, 渡部富博: 内貿ユニットロード貨物の輸送機関分担に関する分析, 国土技術政策総合研究所資料, No.60, 2003.
- 5) 運輸政策研究機構: 長期輸送需要予測に関する調査報告書, 2001.
- 6) 国土交通省総合政策局情報管理部: 陸上出入貨物調査, 1998 - 2002.
- 7) (社)交通工学研究会: やさしい非集計分析, 1993.
- 8) 柴崎隆一, 渡部富博, 角野隆: 国際海上コンテナ貨物の国内自動車輸送における通行上の制約と経済損失に関する分析, 国土技術政策総合研究所研究報告, No.18, 2004.
- 9) 港湾投資の社会経済効果に関する調査委員会: 港湾投資の評価に関するガイドライン1999, 1999.
- 10) 運輸省港湾局: 平成12年度全国貨物純流動調査, 2000.
- 11) 国土交通省総合政策局: 港湾統計 (年報), 1999