

海上貨物輸送機関の利用特性に関する研究

A Study on the Characteristic of Marine Cargo Transportation

高田 裕巳*・渡辺 豊**・山田 猛敏***

By Hiromi TAKADA, Yutaka WATANABE and Taketosi YAMADA

In Japan, marine transportation has been one of the most important means of freight transport. In addition, the necessity is rising more and more in Modal Shift. This paper clears the characteristic of utilization of marine cargo transportation compared with road transportation, and the possibility of making use of High Speed Transport Ship. For those kinds of questions, logit models can be used. We also try to explore a good use of High Speed Transport Ship.

As a result of this study it is realized that marine cargo transportation has more applicability for freight transport in future.

1. はじめに

海上貨物輸送は、長距離を大量に低コストで運ぶという特徴を生かして、日本経済の発展に貢献してきた重要な輸送手段である。自動車輸送や鉄道輸送に比べて輸送速度では劣るものの、長距離輸送における大量の貨物積載量と低廉な運賃は、海上輸送機関が優れており、将来にわたって海上輸送機関が持つ役割の大きさは、無くなることはないと考えられる¹⁾。

また、近年、自動車輸送における人手不足、交通渋滞、環境汚染等の問題が深刻化し、海上輸送機関へのシフトの必要性が議論されるようになり、海上

輸送機関の重要性は高まっている²⁾。

さらに最近、海上輸送と自動車輸送や航空輸送の中間的なモード（中速度、中コスト、中量）を求める声が高まり、高速貨物船が計画されている^{1) 2) 3)}。

そこで、本研究は、①長距離（本研究では片道輸送距離が400km以上を考える）で、②自動車輸送と競合するルートを対象とし、貨物の海上輸送機関選択行動について、都道府県単位のマクロデータにより集計ロジットモデルを適用する。そして、海上輸送機関がどのような条件や考えのもとに選択されているのかを、自動車輸送と対比して検討し、その利用特性について考察する。さらに高速貨物船について、その利用可能性を検討する。

キーワード 海上貨物輸送、集計ロジットモデル、高速船

*学生会員 東京商船大学大学院運送工学専攻

** 正会員 東京商船大学商船学部助教授

***正会員 東京商船大学商船学部教授

(〒135 東京都江東区越中島2-1-6)

2. 海上輸送機関による国内貨物輸送の現状

2. 1. 国内海上貨物輸送の特徴

現在、国内貨物輸送の機関別輸送分担率は、輸送トン数で見ると、自動車輸送に大きく依存している。

その分担率は、90.5%にも及んでいて、しかも増加傾向にある。これに対して、海上輸送の分担率は伸び悩んでおり、わずか 8.3%に過ぎない（図 1）。

ところが輸送トンキロ数で見ると、自動車輸送は年々伸びてはいるが、分担率では51.2%にとどまっているのに対して、海上輸送では輸送トン数に比べて、非常に高い比率（43.7%）になっている。

また、海上輸送の主要品目としては、鉱産品、金属機械工業品、化学工業品等が挙げられる（図 2）。

以上のようなことから、海上貨物輸送が原材料や重量物等の大量輸送に向き、長距離に強い特性を持ち、自動車輸送とは役割が異なるのではないかと考えられる。

2. 2. 国内海上貨物輸送ルートの特徴

海上貨物輸送の利用特性の検討する場合、その輸送ルートとしては、①海上貨物輸送は長距離に強い特性があること、②海上輸送機関の受け入れ体制が確立している地域を結んでいること、が考えられる。また、海上貨物輸送は港湾が存在する都道府県だけでなく背後圏の貨物も取り扱い、その地域一帯に影響を及ぼしていると考えられる。

そこで本研究では、全国を運輸省による23地域に分類し（ただし京浜葉と東関東は2地域を合わせて南関東とした）、これらの地域間輸送として海上輸送を考えた。さらに分析対象ルートとしては、道路輸送からの転換が容易な長距離フェリー輸送航路に基づいて考え、主要ルートを選び出し、そのルートに存在する地域のすべての組み合わせを考えた21地域間、往復も考慮して42ルートを設定した（表 1）。

3. 海上貨物輸送機関の選択に関連する特性

貨物輸送における海上輸送機関の選択行動に関連する特性として、以下の3つが考えられる。

3. 1. 運航ルート特性

運航ルート特性としては、輸送距離、輸送品目、貨物を取り扱う港湾施設の規模が考えられる。

(1) 輸送距離

貨物を同じ目的地に輸送するにしても、陸路と海路では距離が異なってくる。海上輸送では、長距離に強い特性が見られたので（図 1）、輸送距離が海上輸送機関の選択に影響を与えると考えられる。

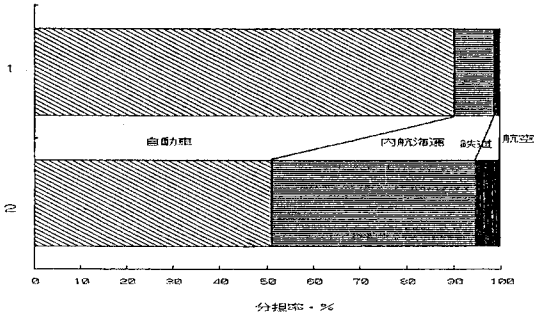


図 1 機関別輸送分担率^{4) 5)}
1:輸送トン数、2:輸送トンキロ数
平成元年度、年間実績値

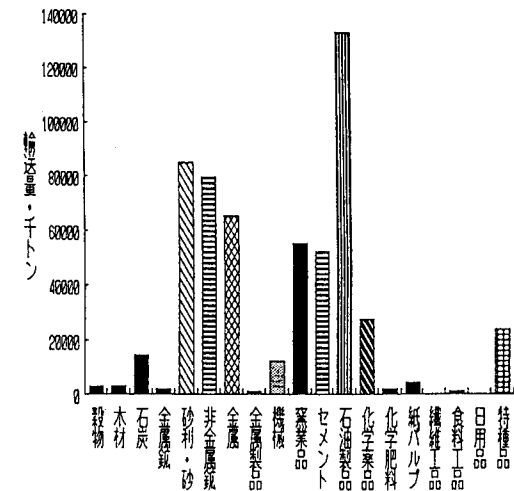


図 2 主要品目別海上貨物輸送量⁵⁾
平成元年度、年間実績値、(主要品目のみ)

表 1 分析対象21地域間ルート

1. 北海道－南関東	12. 東東北－南関東
2. 北海道－東東北	13. 東東北－阪神
3. 北海道－中京	14. 東東北－北九州
4. 東東北－中京	15. 東東北－南九州
5. 南関東－北九州	16. 南関東－中京
6. 南関東－南九州	17. 南関東－阪神
7. 阪神－北九州	18. 中京－阪神
8. 阪神－南九州	19. 中京－北九州
9. 北海道－阪神	20. 中京－南九州
10. 北海道－北九州	21. 北九州－南九州
11. 北海道－南九州	

(2) 輸送品目

輸送品目は、地域産業を反映し、各運航ルートでシェアが異なっている。海上輸送に適した貨物かどうか、また各品目の単価や輸送量によっても海上輸送機関の選択に影響を与えられる(図2)。

(3) 施設規模

海上貨物輸送機関の貨物取扱拠点である港湾においては、その運航ルートや、貨物の出発側か到着側かによって、輸送品目の取扱量が変わってくる。したがって、施設規模は各地域の重要度や生産・消費規模などを反映する1つの指標となると思われるので、海上輸送機関の選択における重要な要素となると考えられる(図2)。

3. 2. 輸送サービス特性

輸送サービス特性としては、輸送時間と輸送料金を考える必要がある。

(1) 輸送時間

海上貨物輸送の輸送時間は、距離と時間との間には高い相関があり、長距離輸送に限って考えると、800km以上の距離では、自動車よりも時間がかかることが分かる(図3)。つまり、長距離輸送に強い特性を持っている海上輸送は、付加価値の高い貨物、時間的価値の高い貨物に対しては、輸送機関の選択において不利になると考えられる。

(2) 輸送料金

一般に長距離輸送における海上輸送の料金体系は、自動車輸送料金と比較すると、安く設定されている(図4)ので、多少時間がかかろうと安く貨物を運びたい荷主は海上輸送を選択すると考えられる¹⁰⁾。

3. 3. 輸送機関の能力特性

海上輸送機関が持つ能力特性として、輸送機関の速度性能と積載能力を考えた。

(1) 輸送機関の速度

近年、物流の高速化、特に輸送時間の短縮化が進む中で、輸送機関の速度は重要性を増している。また、輸送機関の速度は、輸送時間や料金に直結する重要な特性であると考えられる¹¹⁾。

(2) 輸送機関の積載能力

海上輸送機関は自動車輸送にない大量輸送が可能である。積載能力は、運航頻度や必要台数に影響を及ぼすため、海上輸送機関の選択における重要な要素になると考えられる¹¹⁾。

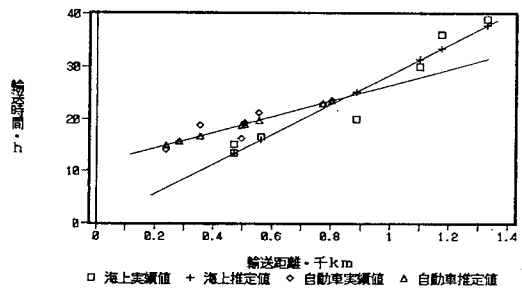


図3 海上輸送と自動車輸送の輸送時間^{5) 10)}

長距離フェリー輸送時間と高速道路開通区間の自動車輸送時間：実線は回帰直線

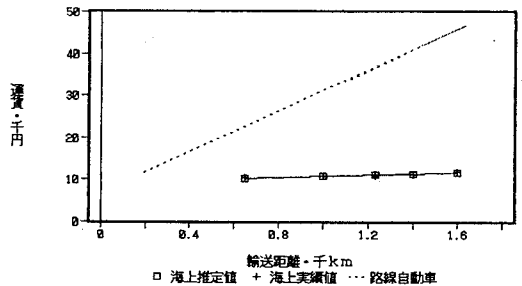


図4 海上輸送と自動車輸送の料金¹⁰⁾

20ft海上コンテナ貨物と一般路線貨物自動車運賃の1tあたりの料金を試算

表2 海上輸送の選択に関連する変数(適用データ)

	海上輸送 (v.)	自動車輸送 (v.)
運航ルート特性	輸送距離 ・ 海上輸送航路の距離^{8) 10)} 輸送品目 ・ 各輸送機関における品目別貨物輸送量⁹⁾ 品目は運輸省の9品目分類に従う 輸送品目 (農水産品、林産品、鉱産品、金属機械工業品、化学工業品、紙工業品、雑工業品、特産品、その他) 施設規模 ・ 特定重要港湾と重要港湾で取扱う貨物量のシェア^{7) 8)} (各地域の貨物量/全国総貨物量)	・ 県庁所在地間距離⁹⁾ (全国自動車路線営業キロ程度) ・ バースのシェア⁹⁾ (各地域のバース数/全国総バース数)
輸送サービス特性	輸送時間 ・ 実際に運航(運行)されている、各輸送機関の主要ルートの輸送距離と輸送時間の変異値から回帰分析を行なった求めた、輸送時間の推定値を適用¹⁰⁾ 輸送料金 ・ 沖縄航路運賃同型コンテナ運賃表の、20ftコンテナ長距離輸送における距離と料金の実値値から回帰分析を行なって求めた、1トンあたりの輸送料金(20ft積載時の約8割16t積みとした)の推定値¹⁰⁾	・ 一般路線貨物自動車運送事業運賃表に基づいた、貨物1トンあたりの料金¹⁰⁾
輸送機関能力特性	輸送機関の速度 ・ 輸送距離と輸送時間の相関を調べて、ルートに関係なく速度を時速20knot (35km/h) とした¹⁰⁾ 輸送機関の積載能力 ・ ルート別1台あたりの貨物積載量(内航船舶+自動車輸送船における貨物総トン数/総隻数)⁹⁾	・ 輸送距離と輸送時間の回帰分析から求めた推定速度¹⁰⁾ ・ ルート別1台あたり貨物積載量⁹⁾ (自動車輸送量/自動車保有台数)

4. 輸送機関選択モデルによる分析

4. 1. モデルの定式化

今回の研究では、貨物が海上輸送機関を選択する行動を反映するモデルとして、集計ロジットモデルを適用した¹⁴⁾。

(1) 集計ロジットモデルの適用

海上輸送機関と自動車輸送機関の選択において、海上輸送機関を選ぶ確率をPとしてモデル化した。

$$P = \frac{e^U}{1 + e^U} \dots (1)$$

$$U = a_1 x_1 + \dots + a_i x_i + \dots + C$$

ここで P : 海上貨物輸送機関の選択確率
a_i : パラメータ
x_i : 変数 (v₁ - v₂)
v₁ : 海上貨物輸送機関の選択要素
v₂ : 自動車貨物輸送機関の選択要素
C : 定数

(1) 式を変形すると

$$\log \left(\frac{P}{1 - P} \right) = U$$

となり、これを重回帰分析する。

(2) 変数の選択

今回の分析では、3章の分析から運航ルート特性（輸送距離、輸送品目、施設規模）、輸送サービス特性（輸送時間、輸送料金）、輸送機関能力特性（輸送機関の速度、輸送機関の積載能力）を変数として採用した（表2）。

4. 2. 分析結果

(1) パラメータの検討

以上のような考えに基づき、表2における変数のうち相互に独立な変数の組み合わせにより分析した結果、5つの有意なモデルが得られた（表3）。

これらのモデルから、運航ルート特性では、同じ目的地に貨物を輸送する場合でも、輸送距離が自動車輸送に比べて海上輸送が短いときに、海上輸送を選ぶと考えられる（モデル①④⑤）。長距離では海上輸送距離の方が短いことがあり、自動車輸送料金に対して運賃が低廉になることが要因の1つになっていると考えられる。また全てのモデルに取りこめることができた鉱産品がプラスの要素となり海上輸送向きであることを示し、特種品についても同じことが言える。輸送サービス特性では、輸送時間がかかり、輸送料金が安い程、海上輸送を選択する確率が高くなる（モデル①②③⑤）。輸送機関能力特性では、速度については運賃と同様にマイナスの要素となり、積載能力では、自動車輸送に対して海上輸送が大きい程、海上輸送を選択するプラスの要素となっている（モデル①③④）。

(2) 海上貨物輸送機関の選択についての考察

今回の研究で得られた5つのモデルは、長距離輸送において、付加価値や時間的価値のある貨物に対しては向かないものの、多少時間がかかっても大量に安く輸送すればよいという場合に、海上輸送が選ばれることを示している。これより、海上輸送機関に対する一般に考えられているような特性を、これらのモデルが良く表わしていると考えられる。また、これらのモデルは、輸送時間を短縮しなくても、現在の海上輸送機関の積載量を大きくしたり、輸送料金を下げることによって、海上輸送機関の選択確率

表3 集計ロジットモデルのパラメータ推計結果

モデル	①	②	③	④	⑤
変数					
距離差	-0.002439 (-3.033)**	-	-	-0.001890 (-2.326)*	-0.003026 (-3.616)**
鉱産品	2.3984332 (3.4849)**	3.0562519 (4.1727)**	2.5730998 (3.8266)**	1.8016470 (2.4666)*	3.1211767 (4.6544)**
金属機械	-	-	-	1.7043927 (2.3845)*	-
化学工業	-	-	-	-	0.8713374 (1.6093)
特種品	2.6880518 (2.5863)*	3.5587906 (3.2652)**	2.6694701 (2.5373)*	-	3.0808976 (2.7906)**
時間差	0.1461660 (5.4706)**	0.1044427 (3.4692)**	0.0780144 (2.6136)*	-	0.1758301 (6.2691)**
運賃差	-	-0.000032 (-3.375)**	-	-	-
速度差	-	-	-0.058192 (-2.940)**	-	-
積載能力	0.0007417 (2.9110)**	-	0.0009504 (3.8187)**	0.0031367 (5.2731)**	-
Y 切片	-	-	-	-2.142829 (-1.858)	-
R ² 乗	0.6991388	0.6328631	0.6955099	0.6305373	0.6544231

() 内はt値、 **: 1%有意、 *: 5%有意

が高まることを意味している。よって海上輸送は今後も運用され続けなければならない重要な輸送手段と考えられ、海上輸送の持つ特徴（低速、大量、低コスト輸送）をより生かすことで、貨物の海上輸送へのシフトが高まる可能性があり、今後さらに海上輸送の重要性が増すと考えられる。

4. 3. 高速貨物船の輸送特性

次に、高速貨物船の利用可能性について、本研究で得られた5つのモデルを用いて考える。まず、海上輸送の選択に関連する要素のうち、輸送サービス特性（輸送時間、輸送料金）と輸送機関能力特性（輸送機関の速度、輸送機関の積載能力）について、高速貨物船の数値に直した変数（以後、高速貨物船関連変数と記す）を各モデルに適用し、選択確率推定値を求め、現在の海上貨物輸送が高速貨物船輸送に移行した場合、既存船舶輸送に対して高速貨物船輸送の選択値がどのような傾向を示すのかを検討した。例としてテクノスーパーライナー（時速50knot、貨物積載量1000 t、料金はトラックと同程度を目標とする現在計画中の高速貨物船。以後T S Lと記す）を取り上げ、速度を84km/h（湾内減速を考慮し全速力時の9割）として時間を設定し、貨物積載量は満載状態の1000 t、輸送料金は一般路線貨物自動車運賃表に基づいて算出したものをモデルに適用した。

(1) 選択確率上昇モデル

モデル④では、全ルート中30ルートで海上輸送の選択確率がT S Lに置き換えることで上昇することが分かった。このルートでは積載量を1000 tにすることにより平均して大量輸送となり、コスト低減の影響を受けると考えられる。しかし高速貨物船関連変数は積載能力しか存在しないので海上輸送の選択確率の上昇には既存船舶の規模を大きくすればよいことになり、T S Lの導入には説明が不十分である。

(2) 選択確率下降モデル

モデル①では、T S Lを導入することで海上輸送の選択確率は全てのルートで下がり、利用可能性は低く（図5、図6）、モデル②③⑤においても同様なことが言えた。T S Lの特徴である輸送時間の短縮効果より、自動車や既存船舶によるメリットの方が大きいため、シェアを落としてしまうと考えられる。そこで高速貨物船輸送の選択向上を検討する上で、さらに有効なモデルの適用を考える必要がある。

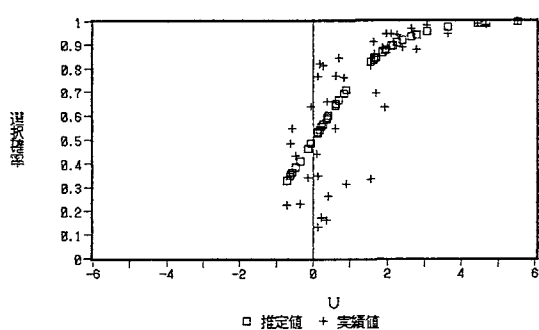


図5 海上輸送機関選択確率 モデル①

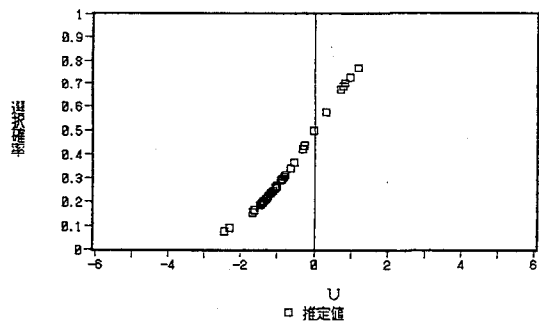


図6 T S L選択確率 モデル①

表4 5品目モデルのパラメータ推計結果

変数	⑥	⑦	⑧
金属機械	3.9412736 (7.2566)**	-	-
軽工業品	3.2406324 (2.5625)*	-	-
特種品	3.2368666 (3.2535)**	3.0413406 (2.1332)*	3.3722042 (2.4134)*
時間差	-	0.0940023 (2.6841)*	0.0971104 (2.8056)**
運賃差	-	-0.000043 (-1.929)	-
速度差	-	-	-0.073786 (-2.996)**
積載能力	0.0025958 (4.8413)**	0.0021231 (2.7290)**	0.0007674 (2.7934)**
Y 切片	-2.088707 (-2.2432)	-1.978761 (-1.5377)	-
R 2 乗	0.7468115	0.5164062	0.5173642

() 内は t 値、 **: 1%有意、*: 5%有意

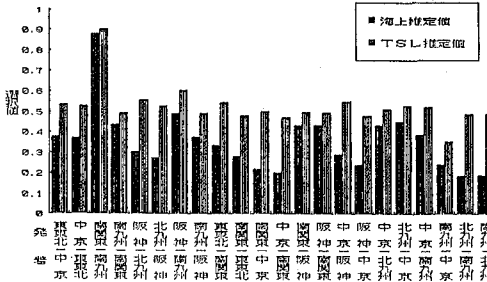


図7 海上輸送とT S L輸送の選択値の相違

(料金を0.8倍、積載能力を1.5倍) モデル⑦

(3) 5品目モデルの適用

高速貨物船は、ある程度まとまった量で、付加価値や時間的価値の高い貨物を対象とすることが考えられる。また積載量が1000tであること、高速荷役を可能とするコンテナ輸送が考えられることから、積載貨物を5品目（農水産品、金属・機械工業品、軽工業品、雑工業品、特種品）に絞り、これに距離差、時間差、料金差、速度差、施設規模（発側）・（着側）、積載能力を加えた12要素で分析した結果、3つのモデルが有意となった（表4）。これらのモデルにおいて、モデル⑥では決定係数（ R^2 乗）が最も高いが、高速貨物船関連変数が積載能力しか存在せず、モデル④と同様にTSLの導入には説明が不十分である。モデル⑦と⑧では決定係数がほぼ等しく、ともに高速貨物船関連変数が3つあるが、モデル⑦では運賃差、モデル⑧では速度差が存在する。ここで、2章から4.2章までの分析で、海上輸送は長距離、大量、低コスト輸送に優れており、この特性をより生かすことで海上輸送の利用が高まると考えられるため、高速貨物船の導入においても、輸送速度よりも輸送料金が重要だと考えられる。よって、高速貨物船の効果的な利用を考える上で、モデル⑦を適用して検討を行なう。

4. 4. 高速貨物船の有効利用の検討

そこで、TSLの速度は変わらないものとして、料金と積載量の数値を変えて選択値を求める。例として積載量を計画目標の1.5倍（1500t）、料金を自動車比0.8倍で設定すると、料金と積載量の両変数が取りこめたモデル⑦においてTSLの選択確率が大きく上昇するルートが出てきた（図7）。上昇したルートは、いずれも海上輸送距離で400～1000kmである。一般に、400km以内のルートでは自動車輸送を選択し、1000km以上のルートでは、既存船舶による海上輸送が適していると考えられる。よって、高速貨物船は、より輸送サービスや輸送機関能力の改善に努め、貨物を定期輸送向きの品目に絞り、ルートを400～1000kmの距離に合わせて国内輸送に導入すると、利用可能性が高まると考えられる。

5. おわりに

本研究は、国内貨物輸送における海上貨物輸送機

関の選択について、自動車輸送と対比してマクロ的に分析し、さらに得られたモデルから、高速貨物船の利用可能性について検討した。この結果、海上貨物輸送機関の選択には、輸送距離、輸送品目、輸送料金、速度、積載能力が影響を及ぼしていることが分かり、一般に言われている、長距離に強く、大量に安く運ぶ特徴が今回のモデルで裏付けられ、これらの特徴をより生かすことで、海上輸送機関の利用が高まることが可能であると考えられる。また、高速貨物船の導入については、現段階で計画中の輸送サービス面や輸送機関の能力が国内輸送事情に合わないため利用可能性は高いとは言えない。しかし輸送ルートと品目を限定し、積載量や料金を改善することにより、有効な輸送機関になると考えられる。

また、今後の課題としては、ミクロ的な分析を行い、今回の結果と比較し、検討する必要があると考えられる。

謝辞

今回の研究にあたり、東京商船大学運送工学科鶴田三郎助教授、フットワーク・エクスプレス（株）川西伸吾氏より有益な助言を頂いたことに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本交通政策研究会、「わが国の貨物輸送における構造変化と自動車の役割に関する研究」、日交研シリーズA-149、P.44～P.60、1992年
- 2) 運輸経済研究センター、「環境保全に資する幹線物流体系のモーダルシフトのあり方に関する調査研究報告書」、1990年
- 3) 井上、「テクノスーパーライナーの実用化と将来展望」、経済・産業の動き、P.31～P.61、1991年
- 4) 全日本トラック協会、「トラック91」、1991年
- 5) 運輸省貨物流通局、「数字でみる物流1990」、1990年
- 6) 人文社、「日本分県地図地名総覧・平成3年度版」、1990年
- 7) 運輸省運輸政策局情報管理部、「貨物地域流動調査・旅客地域流動調査」、1991年
- 8) 運輸省港湾局、「港湾統計」、各年度別報告書
- 9) 週刊東洋経済、「地域経済総覧1991」、1991年
- 10) 交通日本社、「貨物運賃と各種料金表」、1989年
- 11) 渡辺、苦瀬、新谷、「輸出入コンテナ貨物の陸上輸送における一貫輸送と積み替え輸送の選択に関する研究」、土木学会、土木計画学研究講演集 No.12、P.473～P.480、1989年