

トラック輸送におけるモーダルシフトの可能性

Possibility of the Modal Shift in Truck Transportation

尹仙美 (流通経済大学大学院)・片山直登 (流通経済大学)・百合本茂 (流通経済大学)

Sunmi YUN, Naoto KATAYAMA, Shigeru YURIMOTO

要旨

トラック輸送による環境問題の解決策として、自家用トラック輸送から営業用トラック輸送へのシフトが推進されている。本研究では、判別分析を用いてトラック輸送における荷主の輸送手段選択行動を分析し、自家用トラック輸送および営業用トラック輸送の選択要因を明らかにする。さらに、判別分析の結果を用いて自家用トラック輸送から営業用トラック輸送にシフトできる可能性のある輸送量を推計し、シフトによるCO₂排出の削減可能性を検討する。

Abstract

In view of the environment and transport efficiency, it is urged to shift from the private owner-driven trucks to commercial trucks. In this paper, we discuss possibility of the modal shift by means of the discriminant analysis and estimate the volume of the shift, which would significantly reduce the CO₂ emissions.

1. はじめに

トラック輸送は柔軟な輸送サービスに対応することが可能であり、近年では、全輸送手段中、トンキロで半分以上、トン数で90%以上を占めている。このようなトラック輸送の増加により、環境問題、道路渋滞やエネルギー問題などトラック輸送に起因する経済的損失が深刻化している。これらの問題に対する解決策の一つとして、トラック輸送を鉄道や海運などの大量輸送機関に転換するモーダルシフトが推進されている。とはいえ、現実にはモーダルシフトはあまり進展せず、鉄道・海運の選択比率はここ10年間、両者を合わせても40%前後に留まっており、それ以上のシフトは困難な状況となっている。

一方、トラック輸送では、自家用トラック輸送に比べて営業用トラック輸送が効率的であることが知られている。このことから、トラック輸送部門における解決策として、自家

用トラック輸送から営業用トラック輸送へのシフトが考えられる。トラック→海運、トラック→鉄道などのモーダルシフトに比べて、自家用→営業用のシフトは同じ輸送手段であることから、比較的实现性が高いシフトであると考えられる。

モーダルシフトや輸送機関選択分析に関しては、従来から数多くの研究が行われている。神崎ら¹⁾は数量化理論Ⅱ類を用いた都市間物流における輸送機関選択要因分析を行っている。また、松尾²⁾³⁾⁴⁾は全国規模における輸送機関の判別分析とフェリー輸送へのモーダルシフト分析を行っている。しかし、従来の研究は、トラック、鉄道および海運などの輸送機関を対象とした輸送機関選択やモーダルシフトが中心であり、自家用トラック・営業用トラック輸送間の選択に関する分析はほとんど行われていない。

本研究では、はじめに距離帯別におけるト

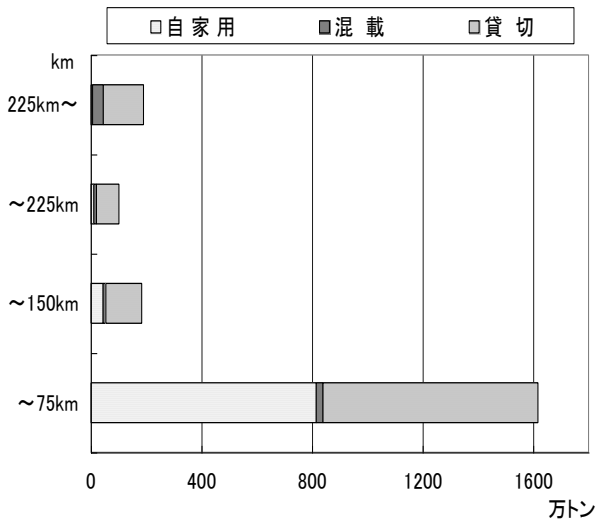


図1. 距離別のトラック輸送構成 (重量ベース)

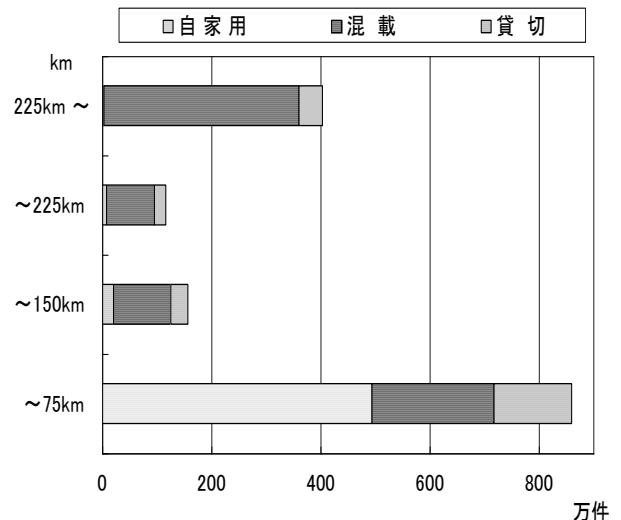


図2. 距離別のトラック輸送構成 (件数ベース)

トラック輸送の現状を分析する。続いて、モータールシフトの中でも、自家用トラック輸送から営業用トラック輸送へのシフトに注目し、判別分析を用いて自家用・営業用（宅配便等混載・一車貸切輸送）トラック輸送における荷主の選択行動を分析し、自家用・営業用トラック輸送の選択要因を明らかにする。さらに、判別分析の結果をもとに、自家用トラック輸送から営業用トラック輸送にシフトできると考えられる輸送量を推計し、シフトによるCO₂排出の削減可能量を検討する。

2. 距離帯別のトラック輸送の状況

距離帯別のトラック輸送の現状を分析し、自家用トラック輸送からシフトが可能と思われる品目を検討する。全国貨物純流動調査⁵⁾（2000年，3日間）データ，いわゆる物流センサデータでは輸送距離の調査が行われていないため，ここでは物流センサデータの発着地ゾーンから輸送距離を推定し，距離帯別にトラック輸送の現状を分析する。

具体的には，全国を227ゾーン（生活圏+20ゾーン）に分割し，全国の主要道路ネットワーク⁶⁾を用いて，ゾーンの主要都市間の最短輸送距離を求める。その最短距離データと2000年度物流センサデータの双方から，距離帯別・輸送手段別・品目別の貨物純流動デ

ータを作成する。

分析の対象とする輸送手段は，自家用トラック（以下，自家用），営業用トラックの一車貸切（以下，貸切）と宅配便等混載（以下，混載）とする。

(1) 距離帯別のトラック輸送

図1にトラック輸送における距離帯別の輸送構成（重量ベース）を示す。重量ベースでは，75km以上の中・長距離帯に比べ，75km未満の短距離帯で大半の輸送が行われていることがわかる。内訳をみると，75km未満の短距離帯では，自家用と貸切が圧倒的なシェアを占めている。輸送距離が長くなるにつれて自家用のシェアは減少するが，貸切は全距離帯においても相当の割合を占めている。一方，225km以上の長距離帯では，混載は自家用よりもシェアが高くなっている。

自家用トラック輸送に注目すると，自家用トラックの全輸送量のうち，75km未満の短距離帯のものが93.0%を占めており，自家用トラックは短距離中心の輸送手段といえる。また，貸切では，75km未満のものが68.6%，225km未満まで含めると87.2%となる。しかし，225km以上の長距離帯においても12.8%を占めており，各距離帯でまんべんなく利用されている。一方，混載は，重量ベースでの輸送の総量は少ないが，75km未満のものが29.6%，

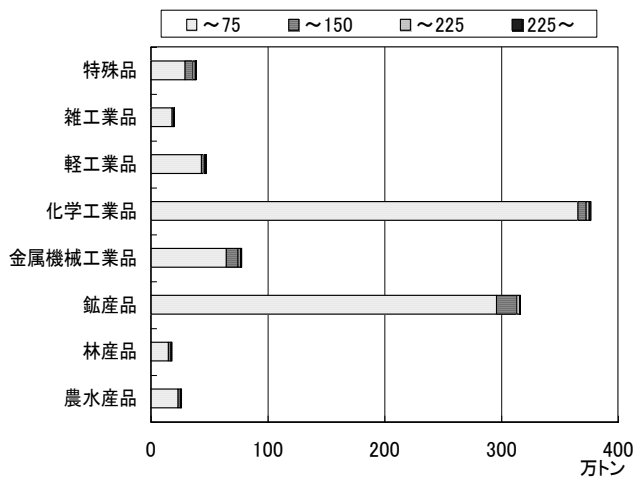


図 3. 品目別の自家用の距離帯構成（重量ベース）

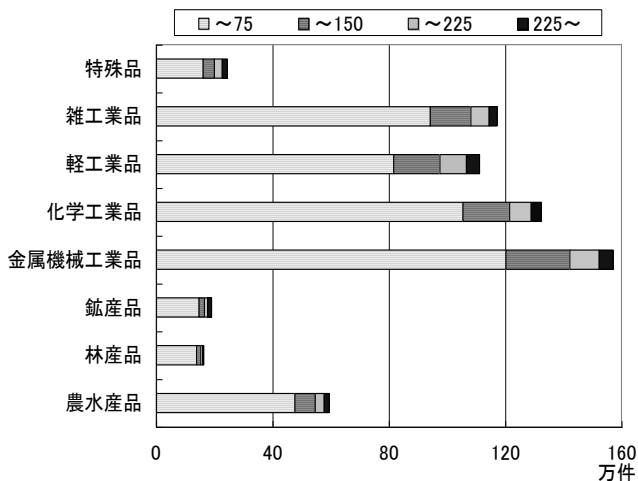


図 4. 品目別の自家用の距離帯構成（件数ベース）

225km 未満までで 53.2%，225km 以上では 46.8% となっており，長距離輸送の比率が高くなっている。

図2に，トラック輸送における距離帯別の輸送構成（件数ベース）を示す。自家用は，75km 未満において大きなシェアを占めるが，75km 以上では輸送件数が減少している。貸切も 75km 未満のものが多く，75km 以上でもある程度のシェアを占めている。混載は重量ベースではシェアが低い，件数ベースでは全距離帯で主要な輸送手段となっている。75km 以上では貸切や自家用よりも件数が多く，特に 225km 以上において 88.5% のシェアとなっている。

自家用トラック輸送に注目すると，自家用

トラックの全輸送件数のうち，75km 未満のものが 93.9% を占めており，重量ベースと同様に短距離の 75km 未満の輸送が中心となっている。貸切では，75km 未満のものが 60.0%，225km 未満までで 82.0% である。混載では，75km 未満のものが 28.9% であり，225km 未満まで含めても 53.9% であるが，長距離の 225km 以上の距離帯では 46.1% を占めており，混載は特に中・長距離輸送において大きな役割を果たしている。

(2) 距離帯別・品目別の自家用トラック輸送

自家用トラック輸送を品目別・距離帯別（重量ベース）に集計した結果を図3に示す。重量ベースで，75km 未満の短距離帯の輸送量が多い品目は，化学工業品および鈦産品で，これらの品目をあわせると，自家用トラック輸送の約 80% を占めている。75km～150km 未満では，鈦産品，金属機械工業品および化学工業品の輸送量が多くなっている。特に，金属機械工業品は 75km 未満の輸送量は化学工業品・鈦産品に比べて比較的少ないが，75km～150km の中距離帯における輸送量の比率は他の品目に比べて高くなっている。

つぎに，自家用トラック輸送を品目別（件数ベース）に集計した結果を図4に示す。75km 未満の短距離帯の輸送件数が多い品目は，金属機械工業品，化学工業品，雑工業品および軽工業品である。これらの品目では，75km 以上の中・長距離帯でもある程度の件数の輸送が行われている。

このように，中・長距離帯における自家用輸送の比率の高い品目は鈦産品，金属機械工業品，化学工業品，雑工業品および軽工業品である。これらには，品目特性からみると必ずしも自家用である必要はないものも多く含まれ，営業用にシフトできる可能性が高いと考えられる。一方，砂利・砂・石材などの鈦産品や生コンクリートなどの一部の化学工業品は，自家用トラック輸送でも中・長距離帯におけるロットが大きく，他の品目と比較して

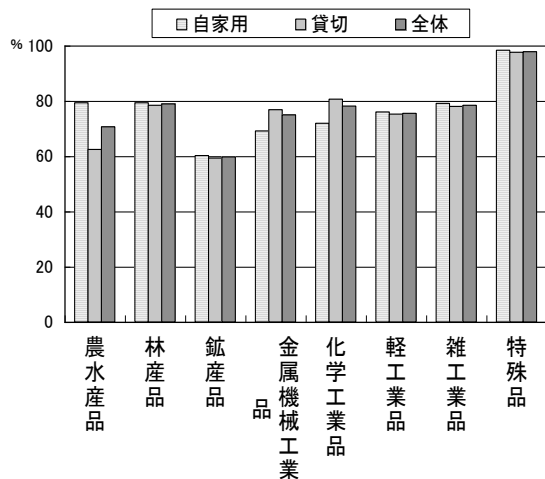


図 5. 品目別の自家用・貸切間の判別結果

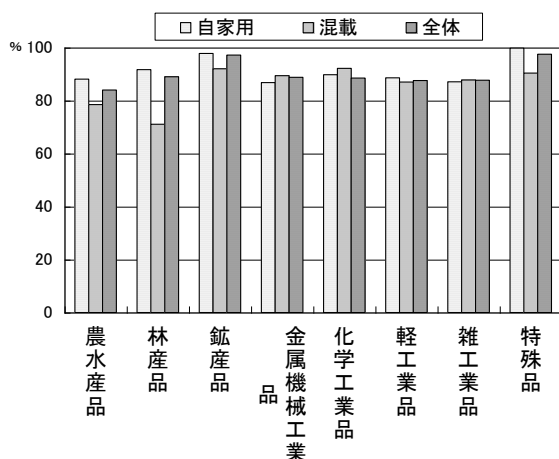


図 6. 品目別の自家用・混載間の判別結果

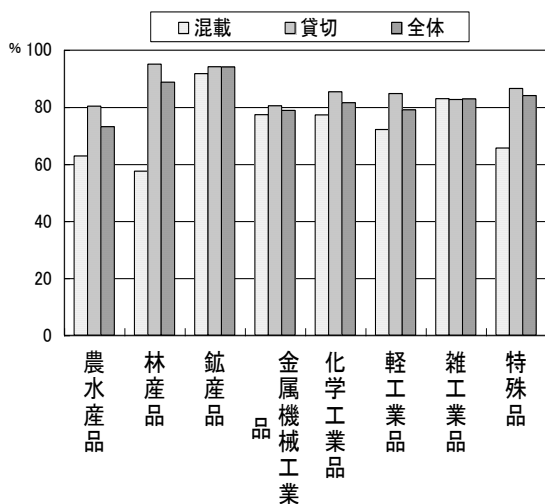


図 7. 品目別の混載・貸切間の判別結果

積載率も高いことが考えられる。従って、これらの品目は、自家用から営業用へのシフトが困難で、またシフトを行っても効率化の程度は小さいといえる。

3. 判別分析モデル

トラック輸送における 3 つの輸送手段相互について（自家用・貸切間，自家用・混載間，貸切・混載間），それぞれ品目別の 2 群判別分析を行うことにする。

分析の対象品目は 8 品目（農水産品，林産品，鉱産品，金属機械工業品，化学工業品，軽工業品，雑工業品，特殊品）とする^{注1)}。また，説明変数として，発業種ダミー（鉱業，製造業，卸売業，倉庫業），届け先区分ダミー（工場，営業倉庫，自家倉庫，問屋店頭，小売店店頭，卸売市場，建設現場，リサイクルセンター，個人宅，その他），所要時間^{注2)}，輸送ロット（重量／件数），輸送距離（log 値），IC（高速道路利用時のインターチェンジ）間距離（log 値）および IC 利用の有無を利用する。品目 j に対して，次の判別関数を用いる。

$$z_j = a_{0j} + a_{1j}x_{1j} + a_{2j}x_{2j} + \dots + a_{nj}x_{nj} \quad j \in M \quad (1)$$

z_j ：品目 j の判別関数値

M ：品目集合

x_{ij} ：品目 j に対する i 番目の説明変数，
ダミー変数では 0 または 1

a_{ij} ：品目 j に対する i 番目の判別関数係数

a_{0j} ：品目 j の定数項

n ：説明変数の数

4. 判別分析の結果

本研究では，第 7 回全国貨物純流動調査（3 日間調査）データの中で，自家用・貸切・混載の各々を代表輸送手段とする全データを使用する。判別分析には SPSS ver. 11.5j を用い，判別はマハラノビスの距離，また，説明変数の選択は wilks のラムダを基準としたステップワイズ法を用いた。使用したトラックの輸送手段別・品目別のデータ数を表 1 に示す。図 5 に自家用・貸切間，図 6 に自家用・混載間，図 7 に混載・貸切間の判別率を示す。

自家用・貸切間では，鉱産品が約 60% と低

表1. 分析に用いるデータ数

品目	自家用	混載	貸切
農水産品	5,470	4,082	5,821
林産品	1,187	173	907
鉱産品	2,696	313	4,115
金属機械工業品	11,129	33,258	33,840
化学工業品	10,179	22,868	25,889
軽工業品	8,934	18,111	21,712
雑工業品	5,826	9,231	17,583
特殊品	2,313	759	5,394

表2. 化学工業品の判別率

輸送手段		判別率 (%)		
M ₁	M ₂	全体	M ₁	M ₂
自家用 [1.020]	貸切 [-0.401]	78.1 (36068)	71.9 (10179)	80.6 (25889)
自家用 [-2.038]	混載 [-0.907]	88.5 (33047)	89.8 (10179)	92.2 (22868)
混載 [0.845]	貸切 [-0.746]	81.5 (48757)	77.2 (22868)	85.3 (25889)

上段:判別率 下段: []内グループ重心値,()内データ数

M₁, M₂は下の欄に対応する輸送手段

判別率となっているが、それ以外の品目における全体の判別率は70%以上である。一方、自家用・混載間の全体の判別率は、全品目で80%を超えており、混載・貸切間の全体の判別率も70%以上の高い値となっている。このように、全体としてこの判別分析モデルは有効であると考えられる。

つぎに、8品目の中で輸送量が多く、自家用トラックの分担の割合も高い品目である化学工業品と金属機械工業品についての詳細な結果を示す。

(1) 化学工業品

化学工業品の判別率を表2に、自家用・貸切間の判別関数係数とF値を表3に、自家用・混載間の判別関数係数とF値を表4に示す。

化学工業品の判別率は、自家用・貸切間が78.1%、自家用・混載間が88.5%、混載・貸切間が81.5%であり、比較的高い判別率が得

表3. 化学工業品の自家用・貸切間の判別関数係数とF値

	係数	F 値
卸売業	1.726	6,036
倉庫業	-0.477	3,623
営業倉庫	-0.248	2,436
自家倉庫	0.082	1,473
小売店店頭	-0.081	1,229
建設現場	0.918	4,731
個人宅	0.461	1,837
所要時間	-0.010	2,094
ロット	-0.001	2,912
輸送距離 (log)	-0.235	6,861
IC 間距離 (log)	-0.073	1,340
IC 有無	0.512	1,635
(定数)	0.191	—

表4. 化学工業品の自家用・混載間の判別関数係数とF値

	係数	F 値
製造業	1.756	11,868
卸売業	0.772	7,601
倉庫業	2.516	19,701
営業倉庫	0.073	5,089
自家倉庫	-0.103	5,551
問屋店頭	0.347	10,055
建設現場	-1.492	12,816
個人宅	-0.757	8,672
その他	-0.166	6,768
所要時間	0.034	15,197
ロット	-0.001	6,101
輸送距離 (log)	0.337	32,953
(定数)	-3.257	—

られた。

化学工業品の自家用・貸切間のグループ重心値は、自家用が1.020、貸切が-0.401である。表3をみると、貸切が選択される要因は、輸送距離が長い、所要時間がかかる、ロットが大きい、発業種が倉庫業、届け先地が営業倉庫の場合などであることがわかる。また、自家

表5. 金属機械工業品の判別率

輸送手段		判別率 (%)		
M ₁	M ₂	全体	M ₁	M ₂
自家用 [-0.981]	貸切 [0.323]	74.9 (44969)	69.1 (11129)	76.8 (33840)
自家用 [-1.744]	混載 [0.584]	88.8 (44387)	86.8 (11129)	89.4 (33258)
混載 [0.586]	貸切 [-0.576]	78.8 (67098)	77.3 (33258)	80.4 (33840)

上段:判別率 下段: []内グループ重心値,()内データ数

表6. 金属機械工業品の自家用・貸切間の判別関数係数とF値

	係数	F値
卸売業	-1.505	6,186
倉庫業	0.736	4,331
工場	-0.340	3,359
営業倉庫	0.239	1,290
問屋店頭	-0.193	1,094
建設現場	-0.228	1,994
個人宅	-1.984	2,313
その他	0.147	1,184
所要時間	0.007	1,754
ロット	0.005	2,751
輸送距離 (log)	0.312	8,540
IC間距離 (log)	0.145	1,415
IC有無	-0.893	1,564
(定数)	-0.672	—

用が選択される要因は、発業種が卸売業、届け先地が建設現場や個人宅である場合などである。

自家用・混載間のグループ重心値は、自家用が-2.038、混載が-0.907である。表4より、混載が選択される要因は、輸送距離が長い、所要時間がかかる、発業種が倉庫業や製造業である場合などである。また、自家用が選択される要因は、届け先地が建設現場や自家倉庫である場合などである。

(2) 金属機械工業品

表7. 金属機械工業品の自家用・混載間の判別関数係数とF値

	係数	F値
製造業	0.497	10,665
倉庫業	1.134	13,926
工場	-0.419	8,703
自家倉庫	-0.388	5,625
卸売市場	-0.671	4,506
建設現場	-0.767	7,374
個人宅	-0.444	5,005
所要時間	0.039	20,123
ロット	-0.016	6,383
輸送距離 (log)	0.422	34,601
IC間距離 (log)	0.108	3,765
IC有無	-0.637	4,097
(定数)	-2.462	—

金属機械工業品の判別率を表5に、自家用・貸切間の判別関数係数とF値を表6に、自家用・混載間の判別関数係数とF値を表7に示す。

金属機械工業品の判別率は、自家用・貸切間が74.9%、自家用・混載間が88.8%、混載・貸切間が78.8%であり、比較的高い判別率が得られた。

自家用と貸切間のグループ重心値は、自家用が-0.981、貸切が0.323である。表6より、貸切が選択される要因は、輸送距離が長い、ロットが大きい、IC間の距離が長い、発業種が倉庫業、届け先が営業倉庫である場合などである。自家用が選択される要因は、発業種が卸売業、届け先地が工場、個人宅である場合などである。

自家用と混載間のグループ重心値は、自家用が-1.744、混載が0.584である。表7より、混載が選択される要因は、輸送距離が長い、所要時間がかかる、発業種が倉庫業である場合などである。また、自家用が選択される要因は、ロットが大きい、届け先地が工場、建設現場である場合などである。

金属機械工業品と化学工業品ともに、輸送

表8. 品目別のシフト可能率 (%)

農産品	林産品	鉱産品	金属機械
10/53	13/50	58/69	17/55
化学工業品	軽工業品	雑工業品	特殊品
9/26	11/44	8/33	3/1

件数ベース/トンキロベース

表9. 自家用から営業用へのシフト可能量

	現状	シフト可能量	シフト後
自家用	31,597	-13,979	17,618
混載	24,801	318	25,118
貸切	117,751	13,661	131,412
合計	174,149	0	174,149

単位：万トンキロ/3日間

表10. 型別 CO₂ 排出係数および構成比率⁷⁾⁸⁾

	CO ₂ 排出係数 (g/t・km-C)		小型車・普通車 構成比率(%)	
	小型車	普通車	小型車	普通車
自家用	3,049	372	77.2	23.8
営業用	819	178	8.7	91.3

表11. シフトによる CO₂ 排出量の変化(万トン/年)

	現状	シフト後	変化量
自家用	9,379	6,876	-2,503
営業用	4,059	4,299	240
合計	13,438	11,175	-2,263

距離が長い、ロットが大きい、発業種が倉庫業、届け先地が営業倉庫の場合には貸切が選択される傾向がある。また、輸送距離が長い、輸送時間がかかる、発業種が倉庫業の場合には混載が選択される傾向がある。

5. 自家用輸送から営業用輸送へのシフト

トラック輸送に対する判別分析の結果を用いて、自家用トラックから営業用トラックへのシフトが可能な輸送量(トンキロ)を推計する。営業用トラック輸送へのシフトを考えると、(1)式で示した判別関数値によって、現在、自家用で輸送されているものが営業用(貸切・混載)と判別された場合、すなわち自家

用のデータの判別関数値が営業用の重心値に近い場合には、営業用トラックを利用できる要因を備えていると考えることができる。そのため、自家用を営業用として判別された輸送量は自家用から営業用にシフトできる可能性が高いと考えられる。

自家用輸送から営業用輸送へシフト可能な品目別の比率を件数ベースおよびトンキロベースで集計した結果を表8に示す。件数ベースとトンキロベースでは、シフト可能率がかなり異なっている。これは、現在、自家用であるが営業用として判別されているものの多くは長距離輸送のケースが多いため、トンキロ値が大きくなり、トンキロベースでの比率高くなるためである。しかし、鉱産品は件数ベースでもシフト可能率が高くなっている。

自家用から営業用へのシフト可能な輸送量を全品目について集計したものを表9に示す。現状の輸送量は17億4149万トンキロであり、全体の約8%の1億3979万トンキロがシフト可能であると考えられる。このうち、約3%の318万トンキロが混載に、97%の1億3661万トンキロが貸切にシフトすると考えられる。

営業用トラックは自家用トラックと比較すると実車率や積載効率が高く、輸送効率面で優位にあり、その結果、CO₂の排出係数が小さくなる⁷⁾ことが知られている。このため、シフトすることによって輸送効率が向上し、輸送費用やCO₂排出量を削減できると考えられる。ここでは、CO₂排出量に注目し、シフトによるCO₂排出の削減量を推計する。自家用および営業用トラックの型別CO₂排出係数⁷⁾および構成比率⁸⁾を表10に示す。なお、このCO₂排出係数は平均的な積載率の場合である。

これらの数値を用いて、自家用から営業用へのシフトによるCO₂排出の変化量を算出した結果を表11に示す。シフトによって自家用では2,503万トン/年のCO₂が削減し、一方、営業用では240万トン/年のCO₂が増加することになる。全体として、自家用から営業用へシ

フトが行われた場合、CO₂排出削減量は2,263万トン/年と推計され、これは現状の16.8%減に相当する。

6. おわりに

本研究では、はじめにトラック輸送を距離帯別に検討し、その現状を分析した。続いて、判別分析を用いてトラック輸送における荷主の輸送手段選択の要因を分析し、自家用トラック輸送から営業用トラック輸送へのシフト可能性について考察した。さらに、自家用トラック輸送から営業用トラック輸送にシフト可能な輸送量およびCO₂排出の削減可能量を推計した。

COP3の京都議定書で日本は2010年までに温室効果ガス排出削減の数値目標で1990年比6%を削減することになっている。この数値を達成するため、各部門ごとにCO₂排出抑制対策が設けられ、物流部門においても自家用トラック輸送から営業用トラック輸送へのシフトがその一つの方策になっている。今回の分析では自家用トラック輸送から営業用トラック輸送へのシフトによってトラック部門におけるCO₂排出量が現状より約17%削減できることを示した。しかしながら、自家用トラック輸送から営業用トラック輸送にシフトする際に諸々の問題が存在するため、現実的には必ずしもシフト可能量すべてが達成される訳ではない。これらの問題点を一つずつ明らかにし、どのようにすれば、自家用トラック輸送から営業用トラック輸送にシフトできるのか、そのための具体的な施策も考える必要がある。

今回は、品目による選択要因の相違に注目し、品目別の判別分析を行うことによって、トラック輸送の選択要因を明らかにした。しかしながら、発業種や届け先の相違によって輸送形態が異なるため、トラック輸送の選択要因も異なることが考えられる。このため、今後、発業種別や届け先別などのより細分化した分析を行うことが必要であると考えられる。

モデル設定の粗さやセンサデータに無い自営判別要因の考慮など、残された課題はあるものの、本研究で示した自家用トラック輸送から営業用トラック輸送へのシフト量やCO₂排出量削減量は、費用削減や環境改善に対しての一つの指針を与えるものと考えられる。

なお、本研究は科学研究費基盤研究C（課題番号13680526）の成果によるものである。

注

注1) 物流センサスでは、79品目を8品類にまとめているが、一般的には品目という用語が使用される場合が多いので、ここでは物流センサスでいう品類を品目といている。

注2) 所要時間とは出荷から目的地に到着するまでの時間で、走行時間に積替えや端末輸送の時間も含む。時間に関する要因としては、発着時間の柔軟性も有効と思われるが、使用可能なデータの関係で到着までの所要時間のみにとどめた。

参考文献

- 1) 神崎紘郎, 杉山保利, 浦野隆: 都市間物流における輸送機関選択要因の分析, 高速道路と自動車, Vol. 27, No. 11, pp. 58~65, 1984.
- 2) 松尾俊彦: 内航海運の輸送機関選択に関する研究, 日本航海学会論文集, No. 83, pp. 113~120, 1990.
- 3) 松尾俊彦: 荷主の輸送機関選択問題とモーダルシフト, 広島商船高等専門学校紀要, 第14号, pp. 99~111, 1992.
- 4) 松尾俊彦: フェリーを活用したトラック輸送のモーダルシフトに関する研究, 東京商船大学博士論文, 2001.
- 5) 国土交通省: 「第7回全国貨物純流動調査報告書」, 2000.
- 6) 貨物自動車運賃研究会編: 「全国貨物自動車営業キロ程図」, 交通日本社, 2002.
- 7) 環境省: 「平成14年版 環境白書」, 2002.
- 8) 全日本トラック協会:
<http://www.jta.or.jp/chosa/yuso2002/y01-2.html>, 2002

