

中京都市圏物流における業種別の鉄道輸送への 転換評価モデルの構築

大岩 大記¹・Wisinee Wisetjindawat²・藤田 素弘³

¹学生非会員 名古屋工業大学大学院 博士前期課程学生 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: cju13514@stn.nitech.ac.jp

²正会員 名古屋工業大学大学院助教授 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: wisinee@nitech.ac.jp

³正会員 名古屋工業大学大学院教授 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: fujita.motohiro@nitech.ac.jp

本研究では、中京都市圏内発の物流において、エネルギー消費の節約、環境負荷の軽減が期待されている鉄道輸送を推進していくために、アンケートデータを分析し、作成した輸送手段選択モデルの結果から荷主の輸送手段に与える要因を分析し、鉄道輸送へ転換するための政策を考案することを試みている。まずは、荷主の輸送手段選択の要因を分析するために、平成19年に実施されたアンケートデータを分析し、ロジスティック回帰分析により輸送手段選択モデルを業種ごとに作成した。作成したモデルの分析の結果、荷主が輸送手段を選択するにあたって、特に、鉄道駅までのアクセス距離の影響が大きいことが分かり、トラック輸送の多い地域にオフレールステーションの設置を想定することで、トラック輸送から鉄道輸送に転換することが分かった。

Key Words : freight movement, logistic regression model, truck and train, intermodal policies

1. はじめに

現在日本では、企業間における物流の運搬手段の中心はトラックであり、鉄道輸送の割合は非常に少ない。トンキロベースでは鉄道輸送の割合は1950年代に51.9%あったものの2005年には4.0%まで減少し、逆に自動車については1950年代に8.3%だったものが、2005年には58.7%まで上昇した。しかし、鉄道輸送は一度に大量の輸送が可能で、二酸化炭素排出量については営業用トラックのおよそ7分の1である。このような現状から、鉄道輸送の割合を増やすことで、一度に大量の荷物を運ぶことができ、エネルギー消費の節約、道路渋滞の解消、環境負荷の軽減、さらには現在懸念されつつあるトラックドライバー不足の解消などが期待される。

そこで本研究では、中京都市圏総合都市交通計画協議会が平成19年に実施した第4回中京都市圏物流調査および物流センサスのアンケートデータを分析し、輸送手段選択モデルを作成する。作成したモデルの分析を行うことにより、輸送手段選択の要因を分析し、鉄道輸送増加につながる政策を考案し、その評価をする。

2. 第4回中京都市物流調査、物流センサス概要

(1) アンケート対象地域

本研究では、中京都市圏総合都市交通協議会が平成19年10月から平成20年1月に行った第4回中京都市圏物流調査および、物流センサスで得られたデータを使用する。調査対象地域は、名古屋から約60km圏域の愛知県、岐阜県、三重県の各エリアであり、本研究では対象地域内を83のゾーン数に区分した中ゾーンを用いる。調査対象地域の中ゾーンの分布図を図-1に示す。

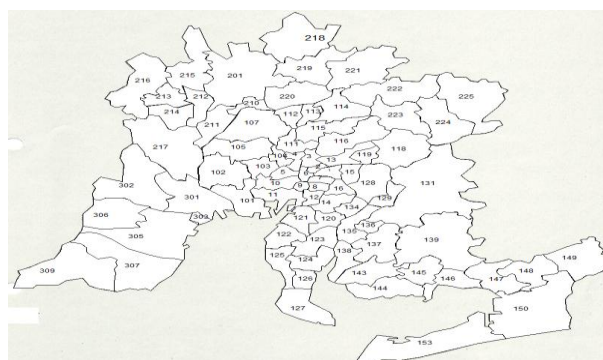


図-1 調査対象地域の中ゾーンの分布図

(2) アンケート調査項目

アンケートには事業所概要、搬出時貨物 OD、搬入時貨物 OD がある。輸送手段の選択は荷主が決定を行う場合が多いため、本研究では事業所概要と搬出時貨物 OD について分析を行う。事業所概要には会社の所在地、業種、従業員数区分、操業年次、敷地面積区分、年間出荷額区分、1日あたりの荷物の重量などが記載されている。また、搬出時貨物 OD には各貨物について、平均的な搬出があった任意の1日当たりの取り扱い重量、主な輸送手段、品目、発所在地、届先所在地、届先業種、荷下ろし先の施設区分、利用物流拠点などが記載されている。

3. アンケートデータ分析による現状把握

本章では、輸送手段選択モデルを作成するにあたって、輸送手段選択の要因となるものを分析する。

搬出時の出発地と目的地を結ぶ距離と主な輸送手段の関係について分析する。ここでは出発地と到着地の緯度、経度を座標に変換し、二点間を結んだ直線を距離とする。図-2 より、鉄道や船舶では輸送距離が長いことが分かる。鉄道や船舶は駅、港での荷物の積み替え等に時間が必要であるため、近場に対する輸送はトラックを選択していると考えられる。

搬出時について平均的な搬出があった任意の1日当たりの搬出重量と主な輸送手段の関係を図-3 に示す。これより、鉄道では1日当たりの搬出重量は大きく、荷主は費用、搬出回数を抑えるために、一度に大量の輸送が可能な鉄道の特性を生かし、搬出していると考えられる。

4. 輸送手段選択モデルの作成手順

(1) モデル式の概要

輸送手段選択モデルの選択肢はトラックと鉄道である。選択肢の番号はトラックを 0、鉄道を 1 とする。パラメータの推定にはロジスティック回帰分析と定数修正の方法を組み合わせた手法を用いる。まず、ロジスティック回帰式を式(1a)に示す。

$$\log \frac{p_1}{1-p_1} = Z = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (1a)$$

p_1 : 選択肢 1 を選択する確率

x_k : 説明変数

β_k : 説明変数に対するパラメータ

β_0 : 定数項

である。ここで、表-1 より鉄道輸送の件数はトラック輸送の件数に比べて極めて少ないことが分かる。仮に、

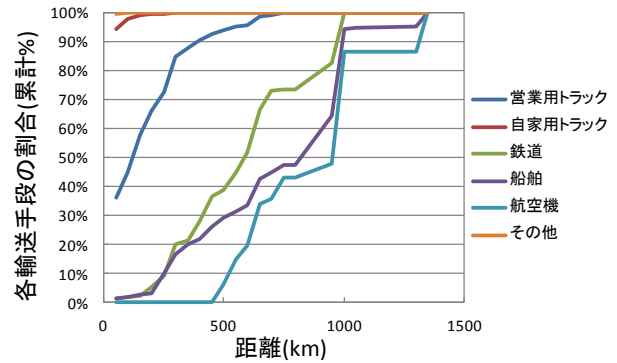


図-2 中京都市圏発の物流における距離と主な輸送手段の関係

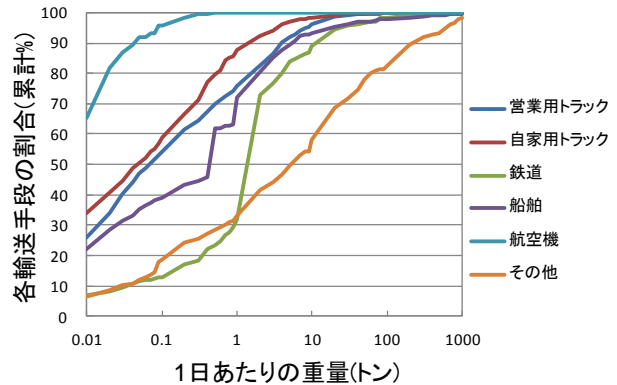


図-3 中京都市圏発の物流における1日あたりの重量と主な輸送手段の関係

表-1 各業種のトラックと鉄道のサンプル数

業種	トラック		鉄道		総計 件数
	件数	割合[%]	件数	割合[%]	
軽雑系製造業	7265	99.0	77	1.0	7342
化学系製造業	12273	99.5	62	0.5	12335
鉄鋼系製造業	2168	97.9	46	2.1	2214
金属製品製造業	987	97.8	22	2.2	1009
機械系製造業	8317	99.2	71	0.8	8388
倉庫業	6778	98.8	84	1.2	6862
総計	37788	99.1	362	0.9	38150

そのままのサンプル数でモデルを作成すると、モデルはトラック輸送の性質に依存する傾向が極めて強くなり、鉄道選択はほとんどないといった状況になる。そこで¹⁾にはこのような過小推定が発生する場合の改善方法が示されている。まず¹⁾を参照に、モデルに鉄道輸送の性質を反映させるために、トラックの件数を鉄道の件数の10倍の数になるようにランダム抽出を行う。その後、ランダム抽出で得られたサンプルを用いて、式(1a)のロジスティック回帰分析を行う。なお、その際得られたパラメータには'マークを付けておく。そして、トラックのランダム抽出を行ったことによるサンプルのバイアスをなくすために、定数部分に着目し、定数を

$$\beta_0 = \beta_0' - \ln \left[\left(\frac{1-\tau}{\tau} \right) \left(\frac{\hat{y}}{1-\hat{y}} \right) \right]$$

と変形する。他のパラメータ値は $\beta_k = \beta_k'$ とし、

$$Z = \beta_0' - \ln \left[\left(\frac{1-\tau}{\tau} \right) \left(\frac{\hat{y}}{1-\hat{y}} \right) \right] + \beta_1' x_1 + \beta_2' x_2 + \dots + \beta_k' x_k$$

$$p_1 = \frac{1}{1 + \exp(-Z)}$$

$$p_0 = 1 - p_1$$

により、全件数の確率を算出する。また、

\hat{y} : サンプル抽出時の鉄道件数/サンプル抽出時のトラックと鉄道の合計件数

τ : 実際の鉄道件数/実際のトラックと鉄道の合計件数

であるが、本研究ではモデル作成を業種・品目ごとに行い、実際のトラック件数、鉄道件数を得ることができなかったため、サンプルの鉄道件数とモデルによる鉄道の選択件数が等しくなる τ を求め、利用することとする。なお、²⁾ではトラックの件数を鉄道の件数と等しくする方法を採用しているが、本研究ではトラックの件数を鉄道の件数の 10 倍に減らす方法の方が良い結果を得られたので、そちらを採用する。

(2) 各輸送手段の輸送距離、所要時間、費用の算出

届け先が中京都市圏内の場合には鉄道利用がないため、本研究では届け先が中京都市圏外のものに絞ってモデルを作成する。本研究では各中ゾーンの市町村の役所もしくは役場を出発地点と定義する。到着地については、到着地の都道府県庁を到着地点と定義する。

トラックについては 2 トン車、5 トン車、10 トン車の利用を仮定する。鉄道輸送については 12 フィートコンテナを積載量 5 トンのコンテナ、20 フィートコンテナを積載量 10 トンのコンテナと仮定し、³⁾、⁴⁾、⁵⁾を参考に、トラックと鉄道の輸送距離、所要時間、費用を算出する。

また、鉄道輸送について、出発利用鉄道駅がアンケートに記載されていない場合は、名古屋貨物ターミナル駅、名古屋南貨物駅、半田埠頭駅、岐阜貨物ターミナル駅、多治見駅、四日市駅、豊橋オフレールステーション、刈谷オフレールステーションの中で会社に最も近い鉄道駅を利用すると仮定する。到着の鉄道駅は各都道県に 1 つ代表駅を定め、その鉄道駅を利用すると仮定する。

5. モデル推定結果と鉄道輸送への転換政策

(1) 輸送手段選択モデルの作成結果

輸送手段選択モデルは鉄道利用のある軽雑系製造業、化学系製造業、鉄鋼系製造業、金属製品製造業、機械系製造業、倉庫業で業種ごとに作成するが、各業種とも鉄道利用の多い品目を対象に輸送手段選択作成することで、その品目に対しての鉄道輸送への転換を目指す。各業種のパラメータの推定結果を表-2、表-3に示す。

表-2 軽雑系製造業、化学系製造業、鉄鋼系製造業のパラメータの推定結果

説明変数	業種 (品目)		
	軽雑系製造業 (軽工業品)	化学系製造業 (化学工業品)	鉄鋼系製造業 (金属機械工業品)
鉄道費用とトラック費用の差[万]	-3.094.E-01 ***	-2.136.E-01 ***	-2.580.E-01 ***
鉄道所要時間とトラック所要時間の差[時間]	-	-7.643.E-02 ***	-
出発鉄道駅までの発送料/トン [万/トン]	-1.535.E+00 ***	-1.091.E+00 ***	-2.531.E+00 ***
1年間の出荷頻度[回/年]	-	-1.828.E-03 ***	-3.251.E-03 ***
届け先都道府県北海道ダミー (北海道=1, それ以外=0)	-	6.188.E+02 ***	-
届け先都道府県福岡県ダミー (福岡県=1, それ以外=0)	1.447.E+00 **	3.061.E+00 **	-
出発鉄道駅の20ftISO規格コンテナの取り扱いの有無(取り扱っている=1, 取り扱っていない=0)	-	8.086.E-01 **	-
(定数)	-1.197.E+00 ***	-	-
γ	9.091.E-02	9.091.E-02	9.091.E-02
τ	2.680.E-02	1.450.E-02	9.070.E-02
$\ln \left[\frac{(1-\tau)}{\tau} \right] \cdot \frac{\hat{y}}{1-\hat{y}} \cdot \frac{1}{1-\hat{y}} \cdot \frac{1}{\hat{y}}$	1.321.E+00	1.916.E+00	2.533.E-03
修正後定数-鉄道	-1.321.E+00	-1.916.E+00	-2.533.E-03
トラック的中率	99.4	99.7	98.7
鉄道的中率	54.1	54.4	41.3
合計的中率	98.8	99.4	97.5
Nagelkerke R 2 乗	0.724	0.933	0.811
トラックサンプル数	4746	9028	2117
鉄道サンプル数	61	57	46
合計サンプル数	4807	9085	2163

表-3 金属製品製造業、機械系製造業、倉庫業のパラメータの推定結果

説明変数	業種 (品目)		
	金属製品製造業 (金属機械工業品)	機械系製造業 (金属機械工業品)	倉庫業 (農水畜産品、化学工業品、軽工業品、雑工業品)
鉄道費用とトラック費用の差[万]	-2.954.E-01 ***	-1.841.E-01 ***	-2.083.E-01 ***
鉄道所要時間とトラック所要時間の差[時間]	-2.064.E-01 ***	-	-
鉄道輸送距離とトラック輸送距離の差[km]	-	-1.074.E-02 **	-1.642.E-02 ***
出発鉄道駅へのアクセス距離 [km]	-2.468.E-01 ***	-	-1.081.E-01 ***
出発鉄道駅までの発送料/トン [万/トン]	-	-1.592.E-03 **	-
搬出時の1日あたりの重量[トン]	9.190.E+00 ***	3.867.E-01 ***	4.487.E-01 ***
1年間の出荷頻度[回/年]	-8.644.E-02 ***	-2.779.E-02 ***	-6.403.E-03 ***
届け先都道府県福岡県ダミー (福岡県=1, それ以外=0)	-	3.043.E+00 ***	1.688.E+00 ***
届け先業種軽雑系製造業ダミー (軽雑系製造業=1, それ以外=0)	-	-	1.593.E+00 ***
届け先業種機械系製造業ダミー (機械系製造業=1, それ以外=0)	-	1.896.E+00 ***	-
届け先施設ダミー (倉庫類=1, それ以外=0)	-	-	3.416.E+00 ***
品目ダミー (化学工業品=1, それ以外=0)	-	-	-1.346.E+00 *
出発鉄道駅の30ftコンテナの取り扱いの有無(取り扱っている=1, 取り扱っていない=0)	3.166.E+00 ***	4.266.E+00 ***	-
(定数)	-	-7.324.E+00	-4.144.E+00
γ	9.091.E-02	9.091.E-02	9.091.E-02
τ	5.000.E-02	2.565.E-02	2.730.E-02
$\ln \left[\frac{(1-\tau)}{\tau} \right] \cdot \frac{\hat{y}}{1-\hat{y}} \cdot \frac{1}{1-\hat{y}} \cdot \frac{1}{\hat{y}}$	6.419.E-01	1.335.E+00	1.271.E+00
修正後定数-鉄道	-6.419.E-01	-8.659.E+00	-5.414.E+00
トラック的中率	98.4	99.3	99.2
鉄道的中率	42.9	26.1	45.7
合計的中率	96.7	98.7	98.5
Nagelkerke R 2 乗	0.903	0.619	0.693
トラックサンプル数	774	7705	5721
鉄道サンプル数	21	69	81
合計サンプル数	795	7774	5802

***:1%有意 **:.5%有意 *:10%有意

これより、搬出時の1日当たりの重量、出発鉄道駅の30ftコンテナの取り扱いの有無、1年間の出荷頻度の各パラメータ値より、1日あたりの重量が大きく、大量輸送が可能なコンテナの使用が可能で、出荷頻度が少ないほど、荷主にとって鉄道が利用しやすいことが考えられる。また、出発鉄道駅へのアクセス距離、発送料のパラメータ値より、出発鉄道駅まで距離がより短く、発送料がより安いほど、鉄道を利用しやすいことが考えられる。

(2) 鉄道輸送への転換政策

各業種とも作成した輸送手段選択モデルを用いて、鉄道の費用、所要時間、出発鉄道駅へのアクセス距離などの説明変数の値を変化させ、その時の輸送手段の変化を分析した結果、金属製品製造業における、出発鉄道駅へのアクセス距離の変化が最も大きい影響を与えていることが分かった。そこで金属製品製造業において、輸送手段選択モデルでトラックを選択した 774 件を対象に、鉄道輸送に転換するために短縮する必要のある出発鉄道駅へのアクセス距離を算出する。そして、表-4 のような範囲に分割し、その範囲に含まれる件数と全 774 件に占める割合を表-4 に示す。また、図-4 には鉄道輸送に転換するために短縮する必要のある出発鉄道駅へのアクセス距離が 20km 以下のものが各中ゾーンに何件分布するかを示す。図-4 より、ゾーン周辺に鉄道駅がなく、なおかつ鉄道駅を設けることで、鉄道輸送に転換することが期待されるゾーン 128 (長久手市, 日進市, 東郷町) 129 (みよし市) の地域に着目し、ゾーン 128 に新たな鉄道貨物駅として名古屋貨物ターミナル駅とを結ぶオフレールステーションの設置を想定する。オフレールステ

表-4 金属製品製造業での鉄道輸送に転換するために短縮する必要のある出発鉄道駅へのアクセス距離と件数の関係

鉄道輸送に転換するために短縮する必要のある出発鉄道駅へのアクセス距離[km]	鉄道輸送に転換する件数	全774件に占める割合[%]
～1km	5	0.6
～3km	17	2.2
～5km	40	5.2
～7km	59	7.6
～10km	79	10.2
～15km	185	23.9
～20km	225	29.1
20km以上	549	70.9
総計	774	

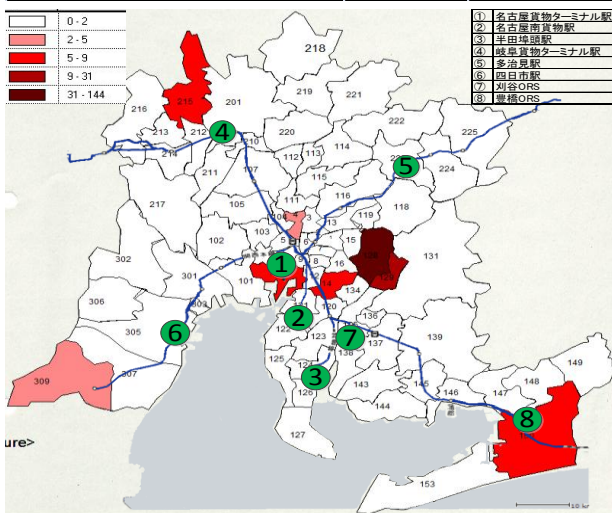


図-4 金属製品製造業での鉄道輸送に転換するために短縮する必要のある出発鉄道駅へのアクセス距離が 20km 以下の件数分布

表-5 金属製品製造業での政策実施時の鉄道輸送への転換割合、二酸化炭素排出量の削減割合

政策実施前のトラック選択件数	774
政策実施後の鉄道選択件数	129
トラック輸送から鉄道輸送への転換割合[%]	16.7
二酸化炭素排出量の削減割合[%]	13.2

ーション(略称 ORS)とはレールから離れた貨物駅として設置し、拠点駅との間をトラックにより輸送する施設のことである⁹⁾。オフレールステーション設置による鉄道輸送への転換の件数と割合、二酸化炭素排出量の削減割合について表-5 に示す。これより、新たに鉄道貨物駅を設置し、出発鉄道駅へのアクセス距離を短縮した結果、トラック輸送から鉄道輸送に転換し、環境に優しい物流が期待できる。

6. まとめ

本研究では、第四回中京都市圏物流調査および物流センサスのアンケートデータを分析し、各業種とも品目を絞り輸送手段選択モデルを作成することで、荷主の輸送手段選択に影響を与えている要因を算出することができた。作成した輸送手段選択モデルから、出発鉄道駅へのアクセス距離に着目し、鉄道輸送への転換が期待される地域に対して新たにオフレールステーションの設置を想定することで、トラック輸送から鉄道輸送に転換することができた。しかしながら鉄道の的中率は低く、今後はモデル精度改善に努め、鉄道輸送に転換するための政策を、よりの確で現実的にしていく予定である。

参考文献

- 1) M. Guns, V. Vanacker: Logistic regression applied to natural hazards: rare event logistic regression with replications
- 2) Gary King, Langche Zeng: Logistic Regression in Rare Events Data
- 3) 一般貨物自動車運送事業貸切運賃料金に係る範囲(課税事業者用): 事業区域を定める貨物自動車運送事業運賃料金(平成 11 年 3 月 26 日付近運賃振公示第 2 号近運賃適公示第 1 号で公示された「原価計算書の添付を省略できる範囲」近畿運輸局管内)
- 4) 佐野可寸志, 三島大輔, 越正毅, 家田仁: 都市物流における貨物車選択モデルの構築とその応用, 土木計画学研究・論文集 No12, 1995 年 8 月
- 5) 日本貨物鉄道株式会社(JR 貨物)HP: エリア別サービス案内
- 6) 日本貨物鉄道株式会社(JR 貨物): 刈谷オフレールステーションの開業について

(?)