

都市内物流における貨物車選択モデルの構築とその応用

A Model of Modal Choice between Self-owned and Common Carrier Truck in Urban Area and its Applications

佐野可寸志*、三島 大輔**、越 正毅***、家田 仁****

By Kazushi SANO, Daisuke MISHIMA, Masaki KOSHI and Hitoshi IEDA

1. はじめに

都市内の交通混雑の解決策として、長期的な施策としての地下物流システムから、短期的な施策としての共同輸配送事業といったものが、提案されている。これらの施策を実施する際に最も重要である需要予測となると、必ずしも説得力のあるモデルは存在しない。需要予測の最大の課題は、輸送機関を選択する際に、荷送人は単純に費用が最小なものを選択するのではなく、商品の輸送に商活動が付随していることや緊急輸送への対応等も考慮して選択しているという行動を、いかに表現するかである。

そこで、本研究では、自家用貨物車と営業用貨物車の選択行動を分析することにより、金銭的な費用以外の効用にどのようなものがあり、かつその効用の大きさを定量的に把握し、需要予測モデルの精度の向上を図ることを目的とする。

なお、モデル化の対象としては、都市内物流においては、特別積み合わせ貨物（旧路線便）の占める割合は低いので、自家用貨物車と一般貨物車（旧区域トラック）を対象とする。

2. 都市内物流の輸送機関選択に関する研究

都市間貨物輸送に関する輸送機関分担の研究は都市内の輸送機関分担に関する研究と比較すると、かなりの研究の蓄積が内外に多く存在する。しかし、都市間と都市内では[1] 輸送方法の相違（都市間輸送は出発地と目的地を往復する輸送が多いが、都市内輸送では複数の目的地を巡回して輸送するケースが多い。）、[2] モード間の差違の相違（都市間輸送で

は各モード間のサービスレベルやコストの差が大きい。）、[3] 輸送活動と商活動との関連の相違（都市内輸送においては、輸送活動と同時に行われる商活動が重視されるケースが多い。）等の理由から、都市間輸送と都市内輸送では、基本的な構造が異なり、都市間の研究をそのまま都市内に適用できない場合が多い。

鹿島・森川¹⁾²⁾は、費用や時間等の経路特性と従業員数等の事業所特性を組み合わせ、各事業所における貨物車選択率をロジットモデルを用いて求めているが、数量化Ⅰ類による分析で効用関数を決定しており、経済理論上の整合性がなく説得力に欠ける。また、定井・渡辺³⁾は、自家用／営業用貨物車の機関選択と要因とのクロス集計を行い、クラーマーV係数により選択要因を抽出し、AID法を用いた分析を行っている。また、抽出された要因を、数量化Ⅰ類モデルを用いて選択行動を記述しているが、輸送コストを始めとする経済的条件をモデルに取り込んでいない。Chiang⁴⁾は、短距離の貨物輸送に8カテゴリーのロットサイズと鉄道、営業用貨物車、自家用貨物車、航空の4つの輸送機関を同時に決定する多項ロジットモデルを在庫理論に基づき提案している。これらは輸送費用、保管費用、輸送および保管時の価値の低下費用、受注費用、距離、各種のダミー変数から構成されるが、説明変数が22にも及ぶといった実用性の課題が残されている。

3. 自家用／営業用貨物車選択モデル

自家用／営業用貨物車の選択行動には、商活動との間に密接な関係がある。商活動の方法としては、ドライバーが輸送時に同時に行う「商物結合」方式とセールスマンが輸送時とは別に独自に行う「商物分離」方式の2通りの方法がある。「商物結合」方式

キーワード： 物資流動、交通手段選択

* 正会員 工博 東京大学助手 土木工学科
** 学生員 東京大学大学院 土木工学専攻
*** 正会員 工博 東京大学教授 土木工学科
**** 正会員 工博 東京大学助教授 土木工学科
(〒113 東京都文京区本郷7-3-1)
(tel 03-3812-2111, fax 03-5800-6868)

では、輸送の頻度と同頻度で顧客と顔合わせができることから顧客との接点も多く、売り上げ増につながりやすい。しかし、輸送と商活動が一体化しているため双方が効率的でない。また、商活動を行うドライバーに商品知識やセールス能力が要求され、誰でもがすぐにできるというものではない。一方、「商物分離」方式では、それぞれの専門の分野の活動に専念でき、双方が効率よく機能するが、セールスマンの人件費やセールス活動の費用が新たに必要となる。

(1) モデルの構築の仮定

- 本研究では以下の仮定の下にモデルを構築する。
- ・1事業所に対し、複数の顧客はその対象圏域に一樣に分布し、その業種形態、取引量、輸送頻度は一定である。
- ・トラックサイズ、トラック台数は輸送量、輸送ロットに応じて、最適化されたものが与えられる。
- ・商活動の有無は外生的に与えられる。
- ・各事業所は貨物車選択の際に、自家用か営業用かどちらか一方の輸送形態を選択する。

本モデルでは、同一事業所において、自家用か営業用どちらか一方だけを選択するものとして取り扱っているが、実際には両方を使用しているケースが少なくない。今回行った、食料工業品を対象とした調査⁵⁾における同一事業所の自家用貨物車使用台数割合の分布を図-1に示す。

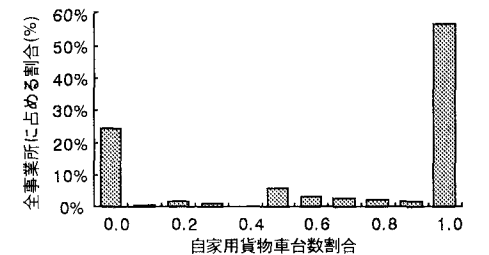


図-1 自家用貨物車台数の割合

自家用貨物車を100%利用している事業所が60%近くあるが、両方の貨物車を利用している事業所も、サンプル182の中34件(18.6%)あった。その内訳をみると、少ない方の台数が1台のものが約半数を占め、補助的に利用されている場合が大半で、同一事業所ではどちらか一方を選択するものとして取り扱うことに対する問題は少ない。

(2) モデルの構造および効用関数

本モデルは商活動がある場合とない場合の2つのモデルから成り立っている。商活動がない場合は自家用貨物車か営業用貨物車かの2選択肢の非集計ロジットモデルである。商活動がある場合は、営業用貨物車を使用した商物結合活動は実際には存在しないので、3選択肢の非集計ロジットモデルである(図-2)。図中の数字は今回の調査における各選択肢の選択事業所数である。

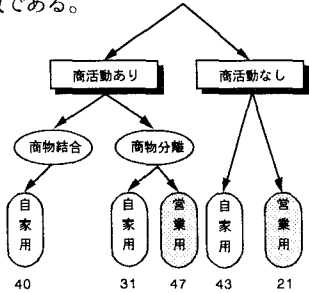


図-2 自家用／営業用貨物車選択構造

本モデルの効用関数は、物流費と商活動費から成る金銭的費用[a]、商物結合時の商活動量(セールス便益)1[b]、商物分離時の商活動量2[c]、付随活動の有無[d]、荷扱い特性[e]、冷凍冷蔵特性[f]の6つの説明変数から構成されている。

金銭的費用を計算する際には、すべてを積み上げて求めるのではなく未知パラメータを設定し実際の選択行動から推定する方法を用いた⁶⁾。なお、1ヶ月間の各事業所に発生する効用を集計単位として用いるものとする。以下、各変数の説明を行う。

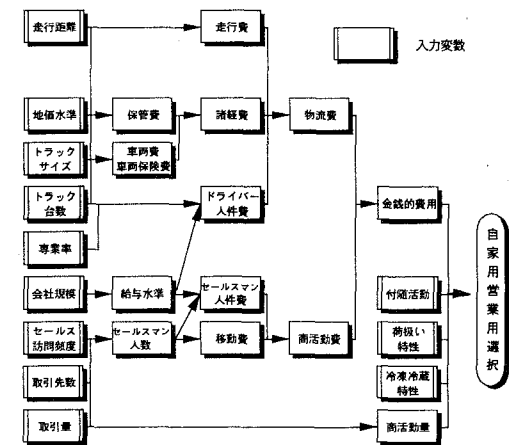


図-3 モデルの構造

[a] 金銭的費用

金銭的費用は、物流費と商活動費から構成され、さらに物流費は自家用貨物車物流費と営業用貨物車物流費の2通りが存在する。

・自家用貨物車物流費

自家用貨物車を選択した際にかかる物流費で、ドライバーの人件費と、トラックの走行費およびその他諸経費（維持費、保管費など）から構成される。

$$\text{自家用物流費} = \text{ドライバー人件費} + \text{トラック走行費} + \text{諸経費}$$

また、ドライバー人件費はトラックの台数と同数のドライバー人数と、賃金と專業率の積で表される。

$$\text{ドライバー人件費} = \text{ドライバー人数} \times \text{賃金} \times \text{專業率}$$

小規模の事業所では勤務時間の一部をドライバーとして勤務する勤務体系が存在するのでは專業率を以下の式で定義した。

$$\text{專業率} = \text{ドライバーとしての勤務時間} / \text{勤務時間}$$

トラック走行費は、燃費に代表されるが、文献調査^{7) 8)}や輸送会社に対するインタビュー調査から、燃費はトラックサイズの平方根に反比例するものとした。よって、トラック走行費は走行距離とトラックサイズの平方根とトラック台数に比例するものとして次式より求めた。

$$\text{トラック走行費} = \alpha_1 \times \text{走行距離} \times \sqrt{(\text{トラックサイズ})} \times \text{トラック台数}$$

諸経費は、車両費、車両保険費、保管費に代表されるが、文献調査⁷⁾や輸送会社に対するインタビュー調査から、車両費と車両保険費はトラックサイズ比例するものとした。また、保管費は車庫スペースに代表されるがこれはトラックサイズの平方根と事業所が立地している場所の地価に比例するものとして計算した。

$$\text{諸経費} = \text{トラック台数} \times \{ \alpha_2 \times \text{トラックサイズ} + \alpha_3 \times \sqrt{(\text{トラックサイズ})} \times \text{地価} \}$$

自家用物流費においては、ドライバーとセールスマンの人件費がもっとも大きなウェイトを占める。ドライバーとセールスマンの人件費は会社規模によって異なると考え、ここでは会社規模を表す指標として従業者数を取り、全国の従業者数別賃金水準⁹⁾をもとに月間賃金を推定した。

$$\text{月間賃金} = 9.1 + 4.7 \times \ln(\text{従業者数}) \quad (\text{万円/月})$$

・営業用貨物車物流費

営業用貨物車を選択した際に運送会社に支払う料金で、トラックサイズごとに異なる1台あたりの料金とトラック台数の積として求められる。

営業用貨物車支払い料金

$$= \text{トラック台数} \times \text{支払料金}$$

なお、営業用貨物車の1台1ヵ月あたりの支払料金は、料金表¹⁰⁾を参考に、次式より推定した。

$$\text{支払料金} = 3.984 \times \text{トラックサイズ} + 39.596 \quad (\text{万円/月})$$

・商活動費

物流とは別に商活動を行うことから発生する費用で、セールスマンの人件費と移動費から構成されるが、移動費はセールスマン人数のみに比例すると考えると、次式より商活動費が求められる。

$$\begin{aligned} \text{商活動費} &= \text{セールスマン人件費} + \text{セールス移動費} \quad (\text{円}) \\ &= \text{セールスマン人数} \times (\text{賃金} + \alpha_4) \end{aligned}$$

[b] 商活動量1（商物結合時）

ドライバーが輸送活動と同時に商活動を行うことにより発生する便益であり、一般的には専門のセールスマンが商活動を行う商物分離方式よりも低い値をとると考えられる。商活動量は訪問頻度と取引先数と取引量の積に比例すると考えられるので、次式により商活動量は求められる。

$$\text{商活動量1} = \beta_1 \times \text{訪問頻度} \times \text{取引先数} \times \text{取引量}$$

[c] 商活動量2（商物分離時）

セールスマンが輸送活動とは別に商活動を行うことにより発生する便益であり、一般的には、専門能力の秀でたセールスマンが商活動を行う商物分離方式の方が商物結合方式よりも、商活動量は高い値をとると考えられる。

$$\text{商活動量2} = \beta_2 \times \text{配達頻度} \times \text{取引先数} \times \text{取引量}$$

[d] 付随活動の有無（ β_3 ）

梱入れ等の付随活動を行う必要がある時には自家用を使用することが多いことから自家用のメリットとして付随活動の有無を0,1変数で取り入れた。

[e] 荷扱い特性（ β_4 ）

荷扱いに丁寧さが必要な品目を扱っている場合、営業用車に対する信頼性が低いことから自家用を利用しているという事業所がインタビュー調査の結果、多数いることが判った。これに対応して、荷扱いの丁寧さを要する品物を扱っている場合、自家用

のメリットとして0.1変数で取り入れた。

[f] 品目特性 (β_9)

貨物車選択に大きく効いてくるものとして、要冷凍・冷蔵食品が挙げられる。これは、冷凍・冷蔵施設を要する貨物車は営業用にはあまりなく、また取扱いを誤ると溶けるなど商品価値の下がるものが多く、自家用貨物車で運ぶことが多い。よって取扱い品目が冷凍・冷蔵食品である場合、自家用貨物車のメリットとして0.1変数で取り入れた。

(3) パラメータの推定

食料工業品を対象に実施した⁴⁾調査データを用いて前節で構築したモデルを推定した結果を以下に示す。

表-1 推定結果

変数	パラメータ値	t 値
金銭的費用	-0.04	-6.17
商活動量1	0.62×10^{-5}	2.76
商活動量2	0.31×10^{-4}	3.33
付随活動	1.47	4.28
荷扱い特性	2.91	3.54
冷凍・冷蔵	0.85	2.26

尤度比	0.56
的中率	70.7%

4. 自家用／営業用貨物車選択モデルを用いた分析

(1) 規制緩和による営業用貨物車の運賃の低下

物流2法の改定や規制緩和の流れに沿って運送業に対する規制が緩和され、競争が激しくなり、運賃が低下する可能性が大きい。今回は、営業用貨物車の運賃が低下した場合の自家用貨物車の選択率を求めた。

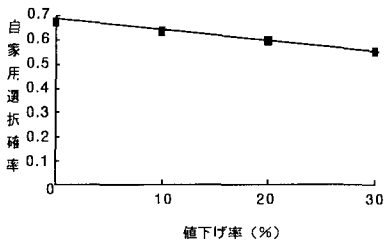


図-4 運賃の低下による自家用選択率の変化

(2) 営業用貨物車への信頼性の向上

自家用貨物車を利用している事業所の中には、コスト的には営業用貨物車の利用の方が有利であるが、荷扱いの丁寧さに関する不信感のために自家用貨物車を利用するケースが多い。今回は、不信感が払拭された場合の営業用貨物車の選択率を求めた。丁寧

な荷扱いを必要とするものを、丁寧な荷扱いを必要としないものとして計算した。その結果、現状30.7%である営業用貨物車の選択確率が37.8%へと23.1%増加した。

5. まとめ

本研究では、商活動や付随活動などの非金銭的費用を考慮した貨物車選択モデルを構築し、シナリオ分析を行った。また、これまであまり取り入れられていなかった金銭的費用も、各変数を構造的に取り入れるよう考慮した。

今後の課題としては、季節変動などの貨物量の波動の考慮や、制御可能な変数を取り込むといったモデルの拡張が挙げられる。また、本研究では食料工業品に限定したものの、対象品目を広げそれらに対する移転性も検討する必要がある。

<参考文献>

- 1) 鹿島 茂、森川 優：都市内貨物の貨物車選択構造に関する一考察、土木計画学研究発表会講演集、土木学会、2、pp.132～138、1980
- 2) 鹿島 茂：共同輸送の導入効果計測法に関する研究、都市計画学会学術研究発表会論文集18、pp.445～450、1983
- 3) 定井喜明、渡辺 武、戸根秀孝：貨物輸送における自家用・営業用自動車の分担に関する研究、土木学会第37回学術講演会講演概要集、第4部、pp.1～2、1982
- 4) Y.S.Chiang, P.O.Roberts and M. Ben Akiva: A Shortrun Freight Demand Model; The Joint Choice of Mode and Ship-ment Size, Massachusetts Institute of Technology Center for Transport Studies CTS Reports 80-16, July 1980
- 5) 三島大輔、佐野可寸志、家田 仁：都市内物流の自家用／営業用貨物車選択構造、土木学会第49回学術講演会講演集、pp.252～253、1994
- 6) 家田 仁、佐野可寸志、常山修治：マロ集配輸送計画行[※]の構築とその「地区型共同集配送」評価への適用、土木計画学研究論文集、No.10、pp.247～254、1992.11
- 7) 東京都都市計画局：既成市街地における地下物流システム等の可能性に関する調査報告書、pp.2～43、1994.3
- 8) カーゴニュース：主要荷主の運賃・倉庫料金の実態（第15回改訂版）主要企業94社におけるトラック運賃・倉庫料金の平成5年度契約料率の実例、1993.11
- 9) 矢野一郎監修：表8-14 賃金・生産性・資本装備率の規模別格差 日本国勢図会 1993年版、pp.99、1993.6
- 10) 1993貨物運賃と各種料金表、株式会社交通日本社