

企業行動構造を明示的に考慮した大都市圏物流施策評価モデルの構築*

A Model for an Evaluation of Logistic Policies in Metropolitan Area Considering Firms' Behavior*

細谷涼子**・家田仁***・福田敦****・佐野可寸志*****・加藤浩徳***

By Ryoko HOSOYA**, Hitoshi IEDA***, Atsushi FUKUDA****, Kazushi SAN*****and Hironori KATO***

1. はじめに

一般に、企業の物流行動は大きく拠点間物流(幹線物流)と域内物流(端末物流)の2つに分けられる。ここで、拠点間物流については、環境面の配慮からモードルミックスなど各輸送モードの特性を考慮した輸送システムの検討や拠点間の輸送力確保のための大都市間物流システムの検討などがなされている。一方、域内物流については、集配送の共同化や荷捌き施設の確保といった検討はなされているが、流通加工や一時保管機能あるいはクロスドッキング機能等の物流拠点や道路ネットワークの整備を含めた輸送システムの検討は少ないと考えられる。

そこで、本研究では、このような域内での物流拠点の整備やロードプライシングの整備が物流へ及ぼす影響を評価するための手法を検討することを目的とする。具体的には、東京都市圏の企業を対象に、配達頻度やトラックサイズの選択といった物流行動を分析し、物流行動メカニズムを考慮した交通量推計手法を開発する。

2. 研究の方法

本研究は、大きく2つの部分で構成されている。前半部分では、交通量推計モデルを開発しその有効性を確認する。後半では、感度分析により物流施策の効果

を予測し評価する。本研究で評価する施策は、大型貨物車規制、ロードプライシング、及び物流センター整備の3つとする。

(1)交通量推計モデルの開発

交通量推計モデルは、業種別にトラックサイズ毎のゾーン間OD交通量を推計するものであり、その構造は図-1の通りである。

(a)貨物発生量、顧客数と顧客位置

まず各企業の1ヶ月あたり貨物発生量は、従業員数を説明変数する回帰式により推定する。同様に、顧客数についても、貨物発生量モデルと同様に回帰式にて推定する。また顧客位置については、道路交通センサスのBゾーンを用い、荷主ゾーン毎の現状顧客位置分布パターンに従った乱数を発生させて決定するものとする。ここで配達貨物量は、1荷主から全ての顧客への配達量が同じとして算出する。

(b)配達頻度とロットサイズ

配達頻度は、輸送コストと在庫コストからなる物流コストが最小になるように決定されると想定する。本研究では、物流コストは輸送コストや運転手コスト等のように配達頻度と旅行時間に比例するコストと、車両購入費や車両保険料といったロットサイズに比例するコストの二種類から構成されると仮定し、(1)式のように表す。

$$C_{kj} = \beta \cdot F_{kj} \cdot T_{kj} + \gamma \cdot \frac{Q_{kj}}{F_{kj}} \quad (1)$$

C_{kj} : 荷主 k から顧客 j への物流コスト[円]

β, γ : パラメータ

F_{kj} : 荷主 k から顧客 j への配達頻度[回/月]

T_{kj} : 荷主 k から顧客 j への旅行時間[時間]

Q_{kj} : 荷主 k から顧客 j への配達量[kg/月]。

(1)式は F_{kj} に関して下に凸の関数であるため、 F_{kj} に関する1階微分がゼロになる点がコスト最小である。なお、ロットサイズはそれぞれの配達で同じと仮定した。

*キーワード：交通行動分析，物資流動，物流計画
**正員，工修，鳥取大学工学部社会開発システム工学科
(鳥取県鳥取市湖山町南 4-101，TEL:0857-31-5314，
E-mail:hosoya@sse.tottori-u.ac.jp)
***正員，工博，東京大学大学院工学研究科
(東京都文京区本郷 7-3-1，TEL：03-5841-7451，
E-mail:ieda@trip.t.u-tokyo.ac.jp)
****正員，工博，日本大学理工学部
(千葉県船橋市習志野台 7-24-1，TEL:047-469-5355，
E-mail:fukuda@trpt.cst.nihon-u.ac.jp)
*****正員，工博，アジア工科大学
(E-mail:sano@ait.ac.th)

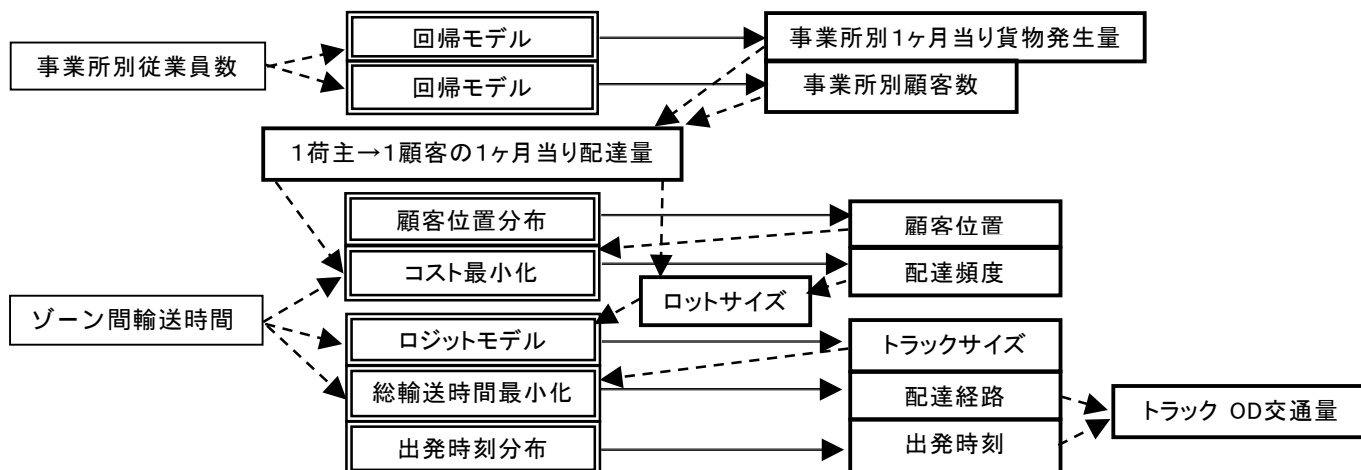


図-1 交通量推計モデルの全体構造

(c) 輸送主体、積替えの有無とトラックサイズ

輸送主体として自社(自家用トラック)と運送会社(営業用トラック)の2つを考える。運送主体は、ロットサイズ、従業員数、輸送時間をもとに合理的に選択されると仮定し、非集計二項ロジットモデルによって選択行動を表現した。同様に荷主から顧客への配達過程で積み替えを行なうか否かという選択問題とトラックサイズ選択についても、非集計二項ロジットモデルを適用した。

(d) 配達経路とトラック出発時刻

配達経路とは、1台のトラックが複数の顧客へ配達しなければならない時の配達順序のことであり、総旅行時間最小化と、積載重量及び運転手の勤務時間制約によって決定されるものと考えた。またトラック出発時刻は、既存研究¹⁾をもとに現状の出発時刻分布に従う乱数を発生させ、シミュレーションにより求めた。ひとたびトラック出発時刻が決定されると、各トリップの出発時刻は旅行時間と配達先での平均滞在時間より算出されるものとした。

(2) 物流施策の評価

(a) 大型貨物車規制

既存の企業の物流行動調査¹⁾を参考に、以下の条件に従って施策効果を推計することとする。

- 規制対象地域:環状7号線の内側
- 規制日時:平日午前7時~10時

各企業は規制が実施されるとき以下の3選択肢よりコストが最小となる行動を行うものと想定する。

- 選択肢1:配達時刻を変更する

- 選択肢2:1台の大型トラックから2台の小型トラックへの変更
- 選択肢3:1台の大型トラックから1台の小型トラックへの変更

(b) ロードプライシング

既存の企業の物流行動調査¹⁾を参考に、以下の条件に従って施策効果を分析することとする。

- 課金対象地域:環状7号線の内側
- 規制日時:平日午前7時~午後7時
- 課金方法:課金時間帯に課金対象地域に流入する度に課金額を支払う(コードンプライシング)
- 課金額と旅行時間短縮率:5ケースを想定

各企業は、ロードプライシングが実施されるとき、以下の3選択肢よりコストが最小となる行動を選択すると想定する。

- 選択肢1:輸送形態変更せず
- 選択肢2:配達時刻を変更する
- 選択肢3:トラックサイズ変更

(c) 物流センター整備

物流センターを利用する場合と利用しない場合のコストの相違点として、以下の点が挙げられる。

- 物流センターの建設および維持管理費
- 積み替えのための労働力コスト
- 輸送コストの差額

もし、これらのコストの合計がゼロ以下ならば、物流センターを利用する方が利用しないよりコストが安いことになる。従って、この場合には企業は物流センターを利用

すると予想される。それぞれの企業は現在既に、これらのコストを計算し物流センターを利用するか否かを決定していると考えられる。そこで本研究では、物流センターの建設・維持費が公的補助金等により減少した場合に、何パーセントの企業が新たに物流センターを利用するかを、東京都区外の荷主から都区内の顧客への配達について検討する。

3. 分析結果と考察

(1) 交通量推計モデルの推定結果

東京都市圏物資流動調査データを用いて、基礎分析ならびにモデルパラメータの推定を行った。

(a) 貨物発生量、顧客数と顧客位置

15 業種別に貨物発生量と顧客数の回帰モデルを推定した結果、いくつかの業種では相関係数値が低いものの、いずれも説明変数の説明力 (t値) は十分な結果が得られた。また荷主から顧客への平均距離を業種間で比較すると、いくつかの業種では 50km 以下であるものの多くの業種が 50km 以上であり、全業種の平均は 79km であることがわかった。

(b) 配達頻度

全業種の平均配達頻度は月に 19.5 回であることがわかった。これらのうち金属機械系製造業、軽雑系製造業、製品系卸売業、小売業、電気・ガス・水道業では、一ヶ月の平均配達回数が 30 以上であった。これは1日2回以上の配達を意味している。

(c) 輸送主体、積替えの有無とトラックサイズ

二項ロジットモデルのパラメータ推定を行ったところ、一部で ρ^2 値が低い業種もあるが、的中率は全ての業種で 70% 以上の良好な推定結果が得られた。現況再現性について確認したところ、卸売業以外の業種では、自家用トラック選択率の推定値は、東京都市圏物資流動調査の値より過大となっていることがわかった。これはロットサイズが大きいほど営業用トラックの選択確率が高いモデルに対して、近年の多頻度少量配達傾向の拡大によりロットサイズが小さくなっているためと推察される。

(d) 配達経路とトラック出発時刻

トラック運転手の1日の勤務時間は、東京都市圏物資流動調査データをもとに1台のトラックの平均日旅行時間から求めた。その結果、大部分の業種で8時間以下

であり、これは我が国の標準的な日労働時間とほぼ一致していることがわかった。またトラックの平均積載量は東京都市圏物資流動調査データをもとに、最大積載量に平均積載率を乗じて算出した。小型トラックの平均積載率は、同業種の大型トラックのそれより明らかに小さいことがわかった。これは小型トラックでは荷物の積み残しを防ぐために、ある一定の余裕スペースが取られているためと推察される。トラック出発時刻については、ほとんどの業種のピーク時間が午前9時台であるものの、業種毎に多少の相違が見られることがわかった。

(e) 開発した推定モデルの有効性確認

以上のモデルを用いて推定されるOD交通量を道路交通センサス²⁾ および東京物流調査³⁾の値と比較した結果が表-1である。

表-1 研究対象地域より発生する交通量

単位: 千トリップ/日	小型 トラック	大型 トラック	合計
モデルによる 再現値	4,065	1,371	5,436
東京物流 調査	3,879	1,285	5,164
道路交通 センサス	5,320	2,580	7,900

本モデルは、東京都市圏物資流動調査データをもとにしているが、モデル再現値はかなりの精度で元データと合致していることがわかる。なお、センサスと東京物流調査の値の相違は、サンプリングの違いによるものと推察される。同様に、走行台キロについても再現性をチェックしたところ、既存調査データより過大となる傾向が見られた。これは、顧客位置分布を特定するとき、元データに荷主データがないゾーンについては、都県毎に集計した顧客位置分布を用いたことが原因の1つと考えられる。この補正については、今後の課題である。

(2) 物流施策の評価

以下では、開発したモデルを用いて、3つの施策の導入効果についてシナリオ分析を行う。

(a) 大型貨物車規制の導入効果分析

各選択肢の選択確率モデルを推定したとき、既存の調査結果¹⁾とほぼ近い値が得られた。得られたモデルを用いて大型貨物車規制実施後の走行台キロと NOx 排

出量を試算したところ、大型トラックについては減少する傾向にあるものの、トラックサイズ変更のために小型トラックの値は増加していることがわかった。その結果、走行台キロの総量は 34%増加したにもかかわらず、NOx 排出総量は 17%減少した。これは大型トラックの NOx 排出原単位が、小型トラックのそれよりはるかに大きいためである。これを時間帯別に見ると、規制時間を午前7時から午前 10 時までと設定しているため、午前 10 時以前には大型トラック交通は発生しないこととなった。もし規制時間をさらに長く設定するなら、NOx 排出量はより減少するものと期待される。

(b)ロードプライシングの導入効果分析

既存の調査¹⁾データをもとに各選択肢の選択確率モデルを推定したところ、調査結果をほぼ再現できる結果が得られた。ロードプライシング実施によって大型トラックによる走行台キロと NOx 排出量は減少するが、トラックサイズ変更の選択肢のために、小型トラックの値は増加することがわかった。大型貨物車規制では「大型トラック1台から小型トラック2台へのトラックサイズ変更」という選択肢も設定しているものの、ロードプライシングでは「大型トラック1台から小型トラック1台へのトラックサイズ変更」のみである。このため走行台キロの総量は変化せず、NOx 排出総量は 16%減少した。

(c)物流センター整備の効果分析

物流センターの建設維持費が4分の1まで減少した場合でも、たかだか 4.5 %の企業しか新たに物流センターを利用しないことがわかった。この利用率の低さはシミュレーションにおいて、物流センターを利用する場合も利用しない場合も同じトラック積載率を用いていることが原因の一つであると考えられる。従って物流センターを利用する場合のトラック積載率を上げると、物流センター利用率も上がるはずである。物流センターの建設維持費負担割合が半分のケースにおいては、3.5%の企業しか新たに物流センターを利用しないため、走行台キロおよび NOx 排出量はわずかしこ減少しなかった。

(d)物流施策の比較

表-2に、NOx 排出削減量とコストの観点から物流施策を比較している。これより大型貨物車規制によって NOx 排出量を1kg 減少させるためには、企業が5万円負担しなければならない。一方、ロードプライシングによって NOx 排出量を1kg 減少させるためには、企業は2

万4千円の負担でよい。物流センター整備の場合、企業は物流センター建設維持費を半分のみ負担すればよい。そのため、企業のコストは約1億3千万円減少する。しかし NOx 排出量は、4kg しか減少しない。この比較より、NOx 排出量とコストから見たときロードプライシングが最も効率的な施策といえる。

表-2 NOx 排出削減量とコストによる施策比較

	NOx 排出削減量 [kg] (A)	追加コスト [千円] (B)	(B) / (A) [千円 / kg]
大型貨物車規制	-28,968	1,438,876	-50
ロードプライシング	-28,479	669,365	-24
物流センター整備	-4	-129,387	32,347

4. おわりに

本研究では首都圏を対象に、各企業の物流行動を考慮したいくつかの物流施策評価が可能なシミュレーションモデルを開発した。個々のサブモデルは精度に幾分か課題が残るものの、全体として交通状況推定の枠組みを示すことが出来た。

シミュレーションの結果、NOx 削減量の視点からはロードプライシングが最も効率的な施策であるという結果であった。今後、同様に CO₂ 等、他の環境負荷要因の軽減効果についても分析していくべきと考えられる。また本研究では、道路ネットワーク上での配分を取り扱うことができなかったが、渋滞や局地的環境負荷に与える影響を分析するためには、こうした配分についても取り組むべきと考える。いずれも今後の課題としたい。

参考文献

- 1)佐野可寸志・金子雄一郎・加藤浩徳・福田 敦・家田仁「アンケート調査に基づく物流関連企業の行動メカニズムの把握」土木計画学研究・講演集, No.24(CD-ROM), 2001.
- 2)建設省道路局:道路交通センサス,1999.
- 3)建設省都市開発局:東京都市圏物資流動調査, 1982,1994.