

研究種目：基盤研究 (C)
研究期間：平成 19 年度～平成 20 年度
課題番号：19560531
研究課題名 (和文) ステークホルダー間のインタラクションを考慮した都市内物流行動モデルの開発
研究課題名 (英文) Development of Urban Goods Movement Model Considering Interactions among Stakeholders
研究代表者 佐野 可寸志 (Kazushi SANO) 長岡技術科学大学 工学部 准教授 研究者番号： 00215881

研究成果の概要：ステークホルダー間のインタラクションを考慮した都市内物流行動モデルとして、個別の非集計モデルの集合体として、マイクロシミュレーションモデルを構築した。まず、輸送形態 [流動ロットサイズ, 輸送頻度, トラックのサイズ, 自家用/営業貨物車選択, 顧客の割り当て, 輸送ルート] を決定する非集計モデルを構築した。これらのモデルの多くは、在庫理論等の経済合理性に基づいてモデル化されている。次に、それらを組み合わせることにより、動的なマルチエージェントのサプライチェーンシミュレーションモデルを提案し、その挙動を分析した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
19 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
20 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木計画学・交通工学

キーワード：交通工学・国土計画, 交通需要マネジメント, シミュレーション工学, 環境政策, ロジスティクス

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化防止のための「京都議定書」は、ロシアのプーチン大統領が批准法案に署名したことから 2005 年 2 月に発効した。二酸化炭素を中心とした温室効果ガスの総排出量を、基準年の 1990 年比で 6%削減することが必要であるが、運輸部門の 2004 年度における二酸化炭素排出量は逆に約 20%も増

加しており、これを大幅に削減する必要がある。貨物車のエネルギー消費量は輸送部門の約半分を占めることから、京都議定書を遵守するためには、貨物車の効率的な運用は非常に重要な課題である。

2. 研究の目的

本研究では、最後の総合的物流施策の評価

システムを現在得られるデータ類の存在を前提とし、また可能な限り実用的なものとして開発することを試みたものである。アカデミックには、いろいろな企業の行動原理を可能な限り明示的に取り込んだ点の特長である。これは、各種主体の行動原理そのものを社会的なムーブメントを通じてよりよい方向へと誘導していこうという社会マネジメントの発想が定着しつつある今日、評価システムに要求される非常に重要なポイントとなっている。

3. 研究の方法

本研究の交通量推計モデルは東京都市圏を対象に、貨物車サイズ毎のゾーン間 OD 交通量を推計するものである。この交通量予測モデルは 4 段階交通量推計法の考え方に従っているものの、個々の企業の物流行動を考慮するために、非集計モデルとマイクロシミュレーションを用いて企業および貨物自動車個々の行動を予測し、それらを集計することによって対象地域の貨物自動車交通量を算出している。同種の産業では、発生する貨物の品目、貨物発生量や配達頻度決定のパラメータなど、似通った物流特性を有しているはずである。従って本研究では、これらの特性を東京都市圏物資流動調査 1) (以下では「東京物流調査」という) の大分類業種である 13 業種別に分析する。大型貨物車と小型貨物車では、窒素酸化物(NO_x) 排出原単位や道路における占有面積に大きな差があるため、本研究では貨物自動車を最大積載量 5 トン以下の小型貨物車と大型貨物車の 2 種類に分けて扱う。

まず、輸送形態を決定する以下の 6 つのサブモデルを構築した。

(a) 貨物発生集中量推定モデル

東京都市圏物資流動調査より、サンプル企業の業種、従業員数、敷地面積、資本金等の企業属性および、調査日 1 日間の搬出入物資品目と重量、搬出入頻度といった搬出入物資データが得られるため、企業属性を説明変数とした 1 企業あたりの貨物発生集中量や顧客数を回帰分析により推定した。

(b) サプライチェーン・購入先決定モデル

各企業にとって最も効用の高いサプライチェーンと購入先を推定する。購入先企業の出荷量、距離抵抗を考慮し、所在地市区町村毎に集計した顧客位置分布パターンと一致するように推定した。また、本モデルを利用すると系列の見直しによるサプライチェーンの変化やそれに伴う貨物車流動の変化を分析することが可能となる。

(c) 輸送頻度、流動ロットサイズ推定モデル

東京都市圏物資流動調査より、調査対象の各フレートの搬出(配達)頻度とロットサイズが得られる。一組の荷主と顧客間のある期

間における取引量が一定だと仮定すると、配達頻度またはロットサイズのどちらか一方が決まると、もう一方は自動的に決定される。各企業は輸送コストと在庫コスト等の物流コストを最小化するように、輸送頻度を決定すると仮定し、最適な輸送頻度と流動ロットサイズを決定した。

(d) 自家用/営業用トラックとトラックサイズ選択モデル

自家用、営業用トラック(特別積み合わせ、一般貨物、物流子会社)選択と、一般貨物の積み合わせ、貸し切り選択と、大型、小型、軽自動車のトラックサイズ選択を 3 段階のネステッドロジットモデルで表現した。

(e) 配送ルートとトラック出発時刻推定モデル

配送のツアー開始時刻の選好モデルを、アンケート調査や道路交通センサス自動車起終点調査の結果から推計した。また、配送ルートは TSP の簡易解法を援用して、最短ルートを探索する。これらを集計することにより、時間帯別車種別の貨物車 OD 表が作成できた。

(f) 時間帯車種別別交通量配分モデル

上記モデルで推計した貨物車交通量と道路交通センサス自動車 OD 調査の乗用車をあわせて、0-3, 3-6, 6-9, 9-12, 12-15, 15-18, 18-21, 21-24 という 3 時間間隔に配分する。配分交通量については、貨物車(大型および小型)交通量および乗用車交通量を求めるために、車種毎の走行特性や経路選択特性、車種間の相互作用を考慮できるように、既存の利用者均衡配分法を拡張した手法を開発した。

4. 研究成果

本研究では、物流施策を走行台キロ、 NO_x 排出量およびコストを指標として、物流施策を比較評価した。走行台キロは OD 交通量に OD 間距離を乗じた値の和で算出される。 NO_x の排出量は、OD 交通量に OD 間距離と走行速度の違いを考慮した NO_x 排出原単位を乗じて推計した。

物流施策により走行台キロや NO_x が減少しても、その実施に莫大な費用がかかると、施策の実現は難しい。そこで、各物流施策を実施した場合の企業の費用増加分を推定し、物流施策により NO_x 排出量を 1 kg 減少させるための企業負担コストも施策の評価指標とした。

(1) 大型貨物車規制の導入効果分析

環状 7 号線の内側の地域を対象に、平日の午前 7 時から 10 時までの 3 時間にわたり大型貨物車規制を実施すると想定した。この施策の実施により各企業は、①配達時刻を変更、② 1 台の大型貨物車から 2 台の小型貨物車への変更、③ 1 台の大型貨物車から 1 台の小

型貨物車への変更、の3つの選択肢のうち最適なものを選択する。

規制対象となる各貨物車について費用最小となる選択肢を選択した結果、各選択肢の選択割合は既存の調査結果とほぼ近い以下の値となった。

- ・ 選択肢1 (配達時刻の変更) : 43 %
- ・ 選択肢2 (大型貨物車1台→小型貨物車2台) : 54 %
- ・ 選択肢3 (大型貨物車1台→小型貨物車1台) : 3 %

この結果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。大型貨物車については減少する傾向にあるものの、貨物車サイズ変更のために小型貨物車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。これは大型貨物車のNOx排出原単位が、小型貨物車のそれよりはるかに大きいためである。

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時以前には大型貨物車交通は発生しない結果となった。もし規制時間をさらに長く設定するならば、NOx排出量はより減少すると期待される。

(2) ロードプライシングの導入効果分析

平日の午前7時から午後7時の間に、環状7号線の内側に流入する貨物車にサイズに応じた課金を想定した。この施策の実施により各企業は、①現状のまま、②配達時刻の変更、③貨物車サイズの変更、の3つの選択肢のうち最適なものを選択する。既存調査データをもとに各選択肢の選択割合を推定したところ、調査結果をほぼ再現できる結果が得られた。ケース2およびケース4の小型貨物車1,000円、大型貨物車2,000円という課金額は、輸送形態を変更するにはやや低い金額といえる。

ロードプライシング実施によって大型貨物車による走行台キロとNOx排出量は減少するが、貨物車サイズ変更の選択肢のために、小型貨物車の値は増加する。大型貨物車規制では「大型貨物車1台から小型貨物車2台への貨物車サイズ変更」という選択肢も設定しているのに対して、ロードプライシングでは「大型貨物車1台から小型貨物車1台への貨物車サイズ変更」のみである。このため走行台キロの総量は変化せず、NOx排出総量はケース1で16%減少した。

(3) 物流センター整備の効果分析

本研究では現在積替えなしで荷主から顧客へ配達されているトリップを対象に、物流センターの建設・維持費が現状のまま(ケース1)、あるいは公的補助金等により75%(ケース2)、50%(ケース3)、25%(ケース4)へ

減少した場合に、それぞれ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検討する。また、物流センターの位置は、既存のトラックターミナルや流通センター位置を考慮して、足立区、江戸川区、板橋区、大田区に建設するものとした。なお既存調査より、物流センターの建設費と維持費は、搬出貨物1トンあたり10,000円/日、積替え費用は5,000円/トンとして計算した。

各選択肢の選択割合を推定したところ、表-1の結果が得られた。ケース1の結果は、現状では適切な位置に物流センターがない等の理由で物流センターを利用していないトリップが、本研究で想定した位置に物流センターを設置された場合には、1.7%のトリップが新たに物流センターを利用することを意味している。ケース4より、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と推定された。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貨物車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貨物車積載率を上げると、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排出量はわずかに減少しなかった。

表-1 各選択肢の選択割合

企業が負担する物流センターの建設・維持費	物流センターを利用しない	物流センターを利用する
100 % (ケース 1)	98.3 %	1.7 %
75 % (ケース 2)	97.2 %	2.8 %
50 % (ケース 3)	96.6 %	3.4 %
25 % (ケース 4)	95.5 %	4.5 %

(4) 環状道路の整備

東京外環道の整備が終了した場合の効果を実測した。図-1に整備後の各ゾーンにおける貨物車トリップの増減を、表-2に都市圏全体での平均旅行速度、貨物車走行台キロ、NOx排出量の変化を示す。

旅行速度の向上による交通費用の低下により、東京都市圏の広範囲のエリアでトリップ数の増加がみられる。また、貨物車の総走行距離は増加するが、渋滞緩和効果により、平均旅行速度の上昇によるNOxの排出原単位の減少による効果の方が大きく、都市圏全体でのNOx排出量は減少する。

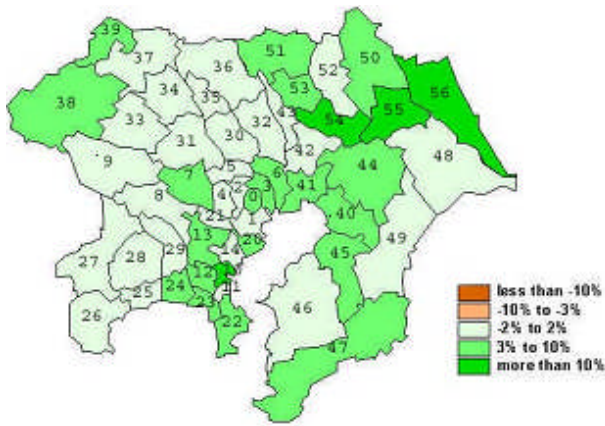


図-1 環状道路建設による貨車トリップ

表-5 環状道路の建設効果

	単位	建設前	建設後	増減率
平均旅行速度	kph	22.0	22.5	2.2%
走行台キロ				
小型車	1000 VKT/day	615,210	630,970	2.6%
大型車	1000 VKT/day	120,079	128,632	7.1%
合計	1000 VKT/day	735,289	759,603	3.3%
Nox排出量				
小型車	1000 kg/day	764	762	-0.2%
大型車	1000 kg/day	434	434	0.1%
合計	1000 kg/day	1,198	1,197	-0.1%

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

Pairoj Raathanachonkun, Kazushi Sano and Wisinee WISETJINDAWAT ESTIMATION OF TRUCK ORIGIN-DESTINATION BASED ON COMMODITY FLOWS, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 7, pp. 1099-1113, 2007.12
http://www.jstage.jst.go.jp/article/easts/7/0/1099/_pdf/-char/ja/

Raathanachonkun Pairoj, SANO Kazushi, Wisinee Wisetjindawat, MATSUMOTO Shoji: Truck Trips Origin Destination Using Commodity Based Model Combined with an Empty Trip Model Journal of the Transportation Research Board, No. 2008 Freight Systems, pp.43-50, 2007

IEDTKE G, TAVASSZY L., Wisetjindawat W. A Comparative Analysis of Behavior-Oriented Commodity Transport Models, . Proceeding at the 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January, 2009, Washington DC.

Large-scale MAS of urban citizens - preliminary results from the application of MATSIM to Lyon, MARCHAL F., Wisetjindawat W., Proceeding at the Agent Based Spatial Simulation Conference, Paris, 24-25, Nov 2008.

[学会発表] (計 4 件)

Pairoj Raathanachonkun: ESTIMATION OF TRUCK ORIGIN-DESTINATION BASED ON Transportation Studies, Dalian (China) September 2007

Raathanachonkun Pairoj, : Truck Trips Origin Destination Using Commodity Based Model Combined with an Empty Trip Model Transportation Research Board 2007 Annual Meeting, 07-2224, Washington D.C. January 2007

Wisinee Wisetjindawat: Micro-simulation Model for Modeling Freight Agent Interactions in Urban Freight Movement, Transportation Research Board 2007 Annual Meeting, Washington D.C., January 2007

三瓶真幸, 佐野可寸志, 松本昌二, 土屋 哲: 新潟市を対象としたミクロ交通シミュレーションの適用, 第 25 回土木学会新潟会研究調査発表会, 2007 年 11 月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐野 可寸志 (Kazushi SANO)
 長岡技術科学大学 工学部 准教授
 研究者番号: 00215881

(2) 連携研究者

Wisinee Wisetjindawat
 名古屋工業大学 工学部 助教
 研究者番号: 40534376
Pairoj Raathanachonkun
 Burapha University 講師