

**「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(平成 25 年度採択)**  
**研究概要**

番号	研究課題名	研究代表者
No.25-2	物流の効率化と環境負荷の低減の両立を目指した道路政策についての研究開発	京都大学 教授 谷口 栄一

物流の効率化と環境負荷の低減の両立を目指した道路政策を立案することを実現するため、貨物車交通マネジメントの方法論を確立することを研究目的として、都市物流施策を評価するためのタイムウィンドウ付き配車配送計画モデル及びマルチエージェントモデルに関する研究開発。

**1. 研究の背景・目的 (研究開始当初の背景・動機、目標等)**

道路政策において、物流の効率化を考える場合、一般的にはより所要時間が短く、信頼性の高い道路ネットワークを構築することが基本となる。しかし、交通渋滞が慢性化し、環境問題・交通事故の問題を抱える大都市においては、既存の道路ネットワークを活用し、物流を効率化するとともに、環境の改善・省エネルギー・交通安全に資する貨物車交通マネジメントを実施することが重要な課題となる。荷主・物流事業者にとっては、物流の効率化すなわちコスト削減が目標となるが、一方、住民にとっては、環境の改善・省エネルギー・交通安全が目標となる。両者のバランスをとり、物流の効率化と環境負荷の低減の両立を目指した道路政策を立案することが日本の経済発展にとって重要な課題である。このような背景のもと、本研究においては、物流の効率化と環境負荷の低減の両立を目指した道路政策を立案するための貨物車交通マネジメントの方法論を確立することを目的とする。

**2. 研究内容 (研究の方法・項目等)**

大阪府域における物流事業者 4 社の集配トラック (合計 115 台) の走行履歴を、GPS 付プローブ装置を用いて 1 か月間にわたって収集した。これらのデータを用いて主に土地利用との関連について分析を行うとともに、土地利用を考慮したタイムウィンドウ付き配車配送計画モデルを開発し、プローブデータとの比較を行った。さらに、荷主、物流事業者、共同配送事業者、行政、顧客などの都市物流に関連する利害関係者の行動をモデル化したマルチエージェントモデルを開発し、大阪府の道路ネットワークに適用した。このモデルでは、利害関係者が強化学習を通じて行動を決定するものとした。共同配送、NO<sub>x</sub> 排出量の少ない道路リンクを通過したときにエコポイントを行政が荷主に与えるグリーン物流、パーキングマネジメントなどの複数の都市物流施策を実施した場合の効果について検証を行った。

**3. 研究成果 (図表・写真等を活用し分かりやすく記述)**

大阪府域において、土地利用を考慮したタイムウィンドウ付き配車配送計画モデルを適用して計算した結果とプローブデータによる測定値との比較を行った。その結果、土地利用を考慮したタイムウィンドウ付き配車配送計画モデルの最適経路は、プローブデータの測定値と比べて住居専用地域を通過する走行時間を削減できることがわかった。したがって、このようなモデルを活用することによって、コスト削減とともに住居専用地域における環境の改善に貢献できると考えられる。また、大阪府域において、VRPTW-SF モデルを適用して計算した結果とプローブデータによる測定値との比較を行った。その結果、VRPTW-SF モデルの最適経路は、プローブデータの測定値と比べて病院・学校・老人ホームなどの近くを集配トラックが通過する回数・距離を削減できることがわかった。したがって、このようなモデルを活用することによって、コスト削減とともに病院・学校・老人ホームなどの近くにおける環境の改善に貢献できると考えられる。

複数の利害関係者の行動をモデル化したマルチエージェントモデルを用いて大阪府域を対象として複数の都市物流施策の評価を行った。その結果、共同配送とグリーン物流の併用は、経済

的観点・環境的観点からみてバランスのとれた成果が期待できることがわかった。また、グリーン物流施策を単独で実施するよりも共同配送と組み合わせるほうが大きい効果が得られることが示された。すなわち、マルチエージェントモデルを用いることによって、コスト削減や環境負荷低減を両立させ、各利害関係者のそれぞれの目的をある程度満足させるような施策の組み合わせを見つけることができる。

本研究において提案している貨物車交通マネジメントの方法は、都市部における貨物車交通マネジメントの公民連携の協議会 (Freight Quality Partnership : FQP) において活用することができる。このような協議会において、都市物流施策を実施した場合の効果についてマルチエージェントシミュレーションを行って予め把握し、効率性と環境負荷低減を両立させる貨物車交通マネジメントを実施することができる。

#### 4. 主な発表論文 (研究代表者はゴシック、研究分担者は下線)

- 1) Teo, J.S.E., Taniguchi, E. and Qureshi, A.G. Evaluation of urban distribution centers using multiagent Modeling with Geographic Information Systems, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol.2478, pp.35-47, 2015.
- 2) Teo, J.S.E., Taniguchi, E., Qureshi, A.G., Mai, V.P. and Uchiyama, N., Towards a safer and healthier urbanization by improving land use footprint of last-mile freight delivery, 94<sup>th</sup> Annual meeting of Transportation Research Board, 2015.
- 3) 小川慶輔、谷口栄一、Ali Gul Qureshi、中村有克、Joel S.E. Teo、マルチエージェントシステムを用いた都市内物流施策の評価に関する研究、第50回土木計画学研究発表会、2014.

#### 5. 今後の展望 (研究成果の活用や発展性、今後の課題等)

今後、本研究で得られた成果を実際に行政が都市物流施策を実施する場合に適用するために、配車配送計画モデルにおいて、顧客の需要、配送トラックの動き、貨物の動きなどについて、これまでよりも格段にデータ数が多いビッグデータが使用できるようになってくるので、より高速で配車配送計画の最適解を求めることができるようなアルゴリズムを開発することが課題である。そのためにたとえば並列計算によるメタヒューリスティクスのアルゴリズムの開発が期待される。また、都市物流施策を評価するためのマルチエージェントモデルにおける各利害関係者の行動を記述する際に用いる強化学習モデルについて、動的に変化する環境に適切に対応するために、シミュレーションの各エピソードにおいて、取るべき方策を選択できるような学習モデルを開発することが課題である。そのためにたとえばAdaptive Dynamic Programmingなどによるより高度な学習アルゴリズムの開発が期待される。

#### 6. 道路政策の質の向上への寄与 (研究成果の実務への反映見込み等)

本研究で得られた研究成果のうち、最も重要なものはマルチエージェントシミュレーションを用いた貨物車交通マネジメントのシステムである。このシステムを実務に反映させるために最もふさわしいのは各利害関係者が一堂に会する公民連携の協議会 (Freight Quality Partnership: FQP) であり、その協議会において、荷主、物流事業者、行政、住民などがそれぞれ持っている情報・データを提供して共有することが重要である。そのような情報・データを用いてマルチエージェントシミュレーションを行い、これから実施しようとする貨物車交通マネジメント施策の事前評価を行い、コスト削減、CO<sub>2</sub>・NO<sub>x</sub>・SPM排出量削減、渋滞緩和効果などの項目について高い効果が得られる複数の施策の組み合わせを選択することができる。その後、実際に施策を実施して、その効果を評価し、もし予想外の結果が出れば、またフィードバックをして同じプロセスとたどる。このようなPDCAサイクルのマネジメントを行うことによって、効率的かつ環境にやさしい都市物流システムを構築することができる。このような方法は、道路の賢い使い方につながるものであり、道路政策の質の向上に資するものである。また、物流は地域経済の土台となっているので、地域の社会経済的発展に大きな貢献をすると期待される。

#### 7. ホームページ等 (関連ウェブサイト等)

特になし。