

# 貨物車配送経路計画問題の混雑課金政策分析への適用

○ 熊本大学 学生員 孫学強

熊本大学 正会員 円山琢也

株式会社九電工 正会員 高木良太

## 1. 研究背景と目的

自動車からの環境負荷排出量の多くが貨物車に起因するといわれているが、混雑課金実施時のシミュレーションを行った既存研究のほとんどは、貨物車を人流の自動車と同等に扱うにとどまっている。貨物車配送問題を考慮して、最適混雑課金領域設定問題を考えた研究はない。本研究では、既存の研究<sup>2)</sup>及び貨物車配送経路計画問題(VRP 問題)の研究を踏まえ、混雑課金の導入により、貨物車独自の配送経路の変化などについて研究することを目的とする。

## 2. 配送経路計画問題モデルの改良

VRP 問題とは、デポから顧客を巡回する貨物車の配送ルート最適化することによって、最小のコストの配送経路を求める問題である。

VRP 問題の解法には、遺伝アルゴリズム(GA)がよく使われているが、顧客数の多い大規模な VRP 問題を解く際、ランダムに生成した初期解では、適合度の高い最適解を得ることが困難という欠点がある。本研究では、大規模の VRP 問題の初期化に Ray Scan 法<sup>3)</sup>を用いる。Ray Scan 法は、初期生成の際にも、適合度の高い「花びら型」を得ることが出来、高い適合度の最適解を得るには有利である。ランダム生成解との比較を図 1 と図 2 に示す。\*“x”は顧客位置、“●”はデポ位置。

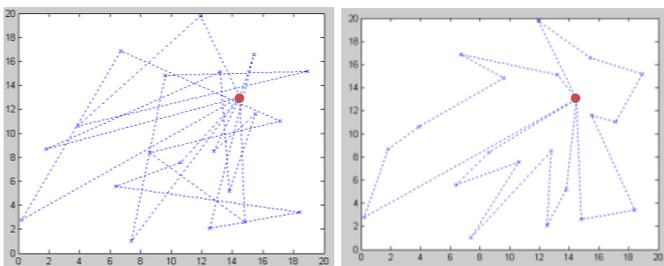


図1 ランダムで生成した初期解 図2 Ray scanで生成した初期解

図から見ると、Ray scan 法で整理された初期解は、ランダム法で生成した初期解より無駄な経路が少なくなっており、初期生成の際にも高い適合値の個体を得られることが分かった。

本研究では、配送総費用を目的関数とし、最小となる時を最適配送とする。配送総費用は、貨物車の移動による費用(eg.走行距離、走行リンクによる所

要時間など)、配送する貨物車数、走行行為によって発生した金銭的費用 (eg. 混雑課金、高速道路料金など) の3つで構成される。

本研究で構築したプログラムのフローを図 3 に示す。

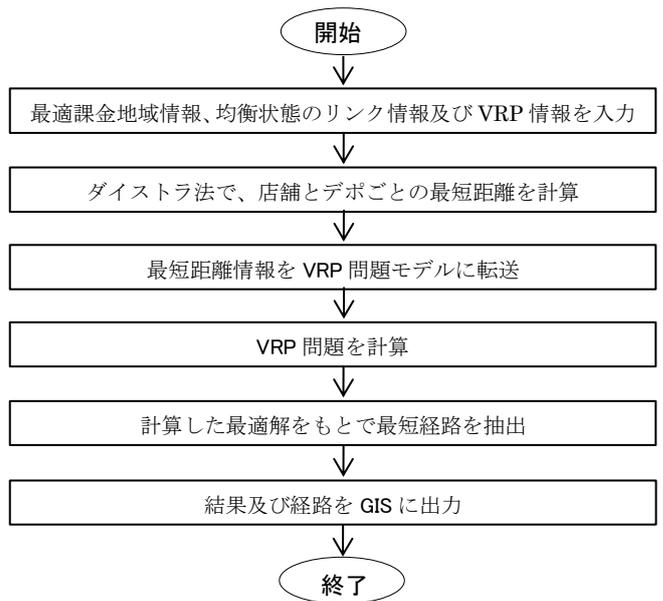


図3 プログラムのフロー

そこで、最短経路の計算では C++、VRP 問題モデルの計算では Matlab を利用した。必要なデータをソフトウェアの間に転送するため、エンジン関数を利用した。

## 3. 混雑課金の単純ネットワークへの導入

まず、図 1 の顧客間の配送情報に混雑課金を導入し、VRP 問題を実行した。最適解を図 5 で示している(円の部分は課金領域である)。比較のため、混雑課金を考慮しない場合の最適解<sup>3)</sup>(課金領域は筆者が比較するための追加したものである)を図 4 に示す。

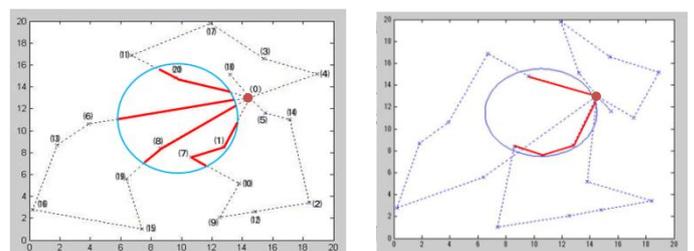


図4 混雑課金を考えない最適解

図5 混雑課金を導入した最適解

図で示された通り、もともと3台の貨物車とも都心部を通過するため、2台の貨物車だけ都心部を通過するに変わっただけではなく、都心部の交通量も減少した。混雑課金が貨物車も影響を与えていることを示されている。

しかし、図4で示された通り、需要点が直線で繋がっていることで、本当の配送経路のシミュレーションが困難である(例えば、図では課金領域を通過している経路が、実際には、迂回することもある)。そこで、実都市への適用を考えた。

#### 4. 現実ネットワークへの適用

混雑課金政策の導入により、VRP問題の変化をより現実的に分析するため、既存研究の蓄積がある宇都宮都市圏への適用を行った。

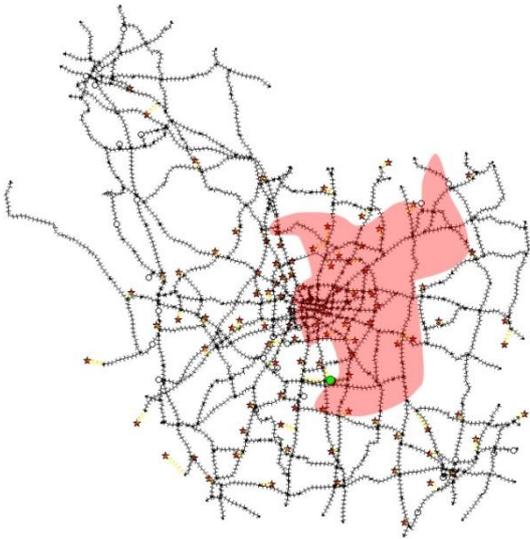


図6 課金領域及びネットワーク情報

##### (1)対象ネットワーク

本研究では、宇都宮市のあるコンビニエンスストアの一部を対象(図6の赤い星はチェーン店である)とする。

また、図6の緑円にある物流センターを対象コンビニエンスストアのデポとする。デポの位置がちょうど課金地域と非課金地域の境界付近にあり、好位置だといえる。

##### (2)適用の設定情報

表1 各種設定情報

VRPに関する情報	最大貨物車台数	最大積載量	最大走行時間	
	5台	2000kg	500分	
GAに関する情報	最大世代数	個体数	交叉確率	突然変異確率
	2000世代	20	0.9	0.09

本研究では、孫ら<sup>2)</sup>によって設定された宇都宮都市圏

の課金領域(図6の赤い部分)を混雑課金の導入をシミュレーションする際の課金地域とする。

なお、VRP問題に関する情報を、表1にまとめた。

##### (2) GISによるリンク単位の結果の視覚化

VRP問題を実行した最適解を図7で示している。図で示した通り、配送点ごとの経路が直線でつながっているのが分かるが、現実の経路選択を表現しておらず:「1. 混雑課金の導入などの現実政策の導入効果を分析しにくい; 2. 交通混雑などを考慮できない; 3. どの道路を利用するかわからない」などの問題がある。そこで、GISソフトウェアのMapinfoを用いて、均衡状態のリンクごとの所要時間をもとに最短経路への配分を行い、VRP問題のリンク単位の視覚化を行った。

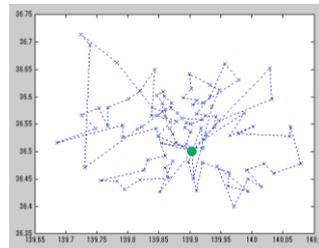


図7 配送リンクを考慮しない

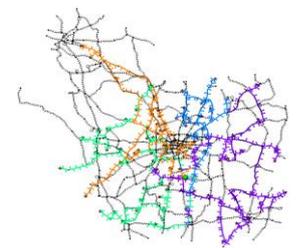


図8 リンク単位の結果の視覚化

視覚化を行った結果を図8に示す。図より、色別でルートごとの走行経路を表現することにより:より現実の走行路線、そして道路に与える影響を表現のみとどまらず、課金リンク情報を加えることにより、細かく分析することもできるようになった。

#### 5. 今後の展開

課金領域を導入し、貨物車配送行動を分析するため、本研究では、課金領域の導入に適するVRP問題の視覚化を新たに開発し、実都市(宇都宮)へ適用によって、その有用性を示した。

今後の展開として、VRP問題の視覚化を用い、課金政策が貨物車配送行動に与える影響について分析して行きたいと考える。

##### 参考文献

- 古川雄一、円山琢也、原田昇:ロードプライシング実施時の貨物輸送の変化に関する研究、土木学会論文集D(土木計画学), Vol.62, No.1,74-83,2006.1
- 孫学強、円山琢也、高木良太:GAと山登り法の組み合わせによる混雑課金設計法の改良、平成23年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集,4-027,2012.3
- 孫学強、邱增旭、趙明磊:車両経路計画問題遺伝算法的改進黨研究, working paper