

商品補充を考慮した移動販売車両の巡回計画に関する研究

土屋 哲¹・谷本 圭志²・梶本 剛志³

¹正会員 鳥取大学大学院准教授 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)
E-mail:tsuchiya@sse.tottori-u.ac.jp

²正会員 鳥取大学大学院教授 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)
E-mail:tanimoto@sse.tottori-u.ac.jp

³非会員 生活協同組合コープこうべ

中山間地域で増えつつある買い物弱者の生活を支援するサービス形態の一つに移動販売がある。移動販売では、トラックやワゴン車に商品を積み、集落をまわって食料品や日用品を住民に届けることで、固定店舗までの移動が困難な住民の生活を支えている。しかし、移動販売車両には積載容量があるため、巡回ルートの後半に当たる集落ほど品切れや商品のバラエティ低下に直面する可能性が高くなる。このため、商品補充が容易な現場が移動販売において有利であると言える。本研究では、数理計画問題を用いて商品補充を考慮した巡回計画の作成を試みるとともに、補充店舗の意義について検討する。

Key Words : *shopping refugee, traveling salesman problem, dynamic programming, commodity replenishment*

1. はじめに

近年、中山間地域では、人口減少や少子高齢化の進行により、商業施設の地域撤退や公共交通の衰退などが進行している。そのため、地域住民の日常の買い物が困難となり買い物弱者が増加している。

買い物弱者の生活を支援するサービスの一つに移動販売がある。過疎地域などで小売店舗が撤退した地区では、トラックやワゴン車に商品を積み集落をまわることによって住民の生活を支えている。移動販売は、当日の朝に販売する商品を車に積み、巡回ルートを周るのが一般的である。積み込む商品は、当日周る集落の顧客を考え定番品やその時期のおすすめ品などを販売見込み量に応じて品揃えする。特に、降雪地域では移動販売が冬期の生命線の役割を果たしており必要不可欠なサービスとなっているところもある。

しかし、販売車の積載量には上限があるため、巡回ルートの後半にあたる集落ほど商品の売り切れやバラエティの低下がおこりうる。品揃えを常に一定以上の水準に保つためには、巡回中に商品補充が必要となる。商品補充のしやすさは店舗と訪問集落の位置関係により異なるが、補充が容易な条件を有する現場が移動販売において有利であることは間違いない。

こうした背景のもと、本研究では、商品補充を考慮した移動販売車の巡回計画を動的計画問題として定式化し、これを鳥取県西部の事例に適用して最適な巡回計画を求める。さらに、実際の巡回・補充と比較するとともに、補充店舗の意義について検討する。

2. 移動販売車の巡回計画モデル

(1) 基本的な考え方

移動販売で集落を巡回している途中に商品補充を考慮するとき、品切れ発生前に（予防的に）補充する場合と品切れが実際に発生した後で補充を行う場合とでは、発生前に補充しておく方が全体の走行距離は短くなる。走行距離が短くなるほど、移動販売業務にかかる時間や費用が少なくなり効率的な経営が行える。このため、移動販売車はより短い巡回ルートで販売を行うことが望ましい。複数の訪問地を効率よく回る計画は、巡回セールスマン問題として知られている。しかし、一般的に巡回セールスマン問題で最適化の基準として扱われる距離や時間の中に、商品補充という行動は考慮されていない。そこで本研究では、移動販売車両の巡回計画を、品切れ発生前に商品補充を行うという条件がついた巡回セールスマン問題として考え、巡回ルートを検討する。

(2) 巡回計画モデルの定式化

本研究では、上の問題を動的計画法を用いて定式化し、それを解くことにより終点から始点までの最短経路を求めることとする。訪問地点数を n 個、任意の地点を i ($i = 0, 1, 2, \dots, n$) で表し、各地点間が道路でつながっているようなネットワークを考える。ただし、 $i=0$ で表されるノードは移動販売の拠点であり、車両は最初にここから出発し、全地点を訪問し終えた後にここに戻ってくるものとする。

k 番目に地区 i に移動販売車が訪問し、地区 i での販売後の残積載量が T であるとする。残積載量 T が $k+1$ 番目に訪問する地区 j の売上量を下回るときに、商品補充をするために拠点に帰る。地区 i 以降の距離を $V_i(k, T)$ とすると、 $V_i(k, T)$ は次式で表される。

$$V_i(k, T) = \begin{cases} \min[\min[l_{ij} + V_j(k+1, T - A_j)], \\ j \in K(T - A_j) \setminus \{i\} \setminus a_j(k+1, T - A_j) \\ i \notin a_j(k+1, T - A_j) \\ l_{i0} + \min[l_{0j} + V_j(k+1, T - A_j)] \\ j \in N \setminus \{i\} \setminus a_j(k+1, T - A_j) \\ i \notin a_j(k+1, T - A_j) \\ l_{i0} \end{cases} \quad (1)$$

ただし、地点 i から j までの距離を l_{ij} 、 $k+1$ 番目に訪問する地点を j 、訪問する地点の全集合を N 、地区 i における購入量を A_i 、拠点での補充量を S 、次点に移動後も欠品が発生しない地区の集合を K で表す。また、 $\alpha_i(k, T)$ は、 k 番目に地区 i に移動販売車が訪問し、そこでの販売後の残積載量が T であるときに、その地区以降に訪問する地区の集合であり、次式で表される。

$$\alpha_i(k, T) = \begin{cases} \{j^*, \alpha_{j^*}(k+1, T - A_j)\} & (k \leq n-1) \\ \phi & (k = n) \end{cases} \quad (2)$$

以上のようにして定式化された問題を backward 計算で解き、最短の巡回ルートを求める。

3. 簡易ネットワークにおける数値計算例

鳥取県西部で移動販売を展開している民間業者を対象にした実態調査のデータを用いて計算に必要な諸条件を設定し、巡回ルートを求める。図1は、ある一日に1台の移動販売車が訪れる地点を簡略化（以降、これを「集落」と呼ぶ）したネットワークを示す。また、表1は集落間の距離行列であり、直接結ばれているノードのみ

道路距離で計測した数値を示している。さらに、調査より一人当たりの購入量の目安となりうる値を設定する。

計算の結果、初期積載量（すなわち、車両の積載容量と考えてよい）が比較的少ないとき、最短の走行距離は 56.42(km)、最適な巡回ルートはノード番号順で {0,5,0,3,4,1,2,0,10,0,9,8,0,6,7,0} と {0,5,0,2,3,4,1,0,10,0,9,8,0,6,7,0} となる。いずれも、巡回途中に4回商品補充を行っていることが判る。また、初期積載量が多くなりあるしきい値を超えると、最短走行距離は変わらないものの、{0,10,0,9,8,0,6,7,0,5,0,3,4,1,2,0} と {0,10,0,9,8,0,6,7,0,5,0,2,3,4,1,0} の巡回ルートも解に加わる。

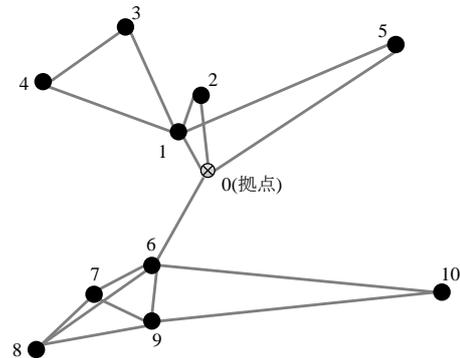


図 1. 移動販売で巡回する集落の位置関係

表 1. 集落間の距離行列（単位：km）

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0		0.72	1.48			5.1	2.18				
1			1.47	2.4	2.3	5.2					
2											
3					2.7						
4											
5											
6								0.67	1.78	0.82	8.22
7									1.57	1.25	
8										2.4	
9											8.48
10											

4. おわりに

本研究では、商品補充を考慮した移動販売車の巡回計画問題を動的計画問題として定式化し、簡易なネットワークおよび条件設定の下で最適解を示した。上記の定式化を、拠点以外に補充店舗がある場合の巡回計画問題に拡張することも可能であり、そうした場合には補充店舗が移動販売の効率的展開にどう影響するか見ることがができる。この点も含めて、詳細は講演時に譲る。