

子育て世帯へのネットスーパー利用に着目した配送計画問題

2018SS021 石丸幸太

指導教員 三浦英俊

1 研究の背景と目的

近年、ネットスーパーを利用する人が増えてきている。その中でも子育てをしている主婦に、ネットスーパーを利用する人が多いようだ。そこから、子育て世帯の多い市町村で、ネットスーパーを始めれば利益を見込めると考えた。本研究の目的はこの子どもの人口率が多い三重県三重郡朝日町を例として総務省統計局の国勢調査のメッシュコード別の年少人口を用いて、配送計画問題を解いてトラックを何台導入してどのようなルートで配送すれば、どの程度の利益を見込めるかを求める。

2 三重県三重郡朝日町

今回対象とした三重県三重郡朝日町を紹介する。朝日町は三重県の北東部、四日市市と桑名市にはさまれた面積わずか6平方キロメートルの小さな町だが、町内を国道1号線、JR 関西本線、近鉄名古屋線が貫いており、交通の便は非常によい。2005年から2010年にかけての国勢調査から人口増加率が日本の市町村でトップになり(東洋経済新聞 ONLINE)、さらに2015年には全体人口当たりの年少人口が21.7%で全国で1位になった(表1)。

表1 2015年の年少人口調査 [2]

⇒市町村の年少人口の割合のランキング

順位	コード	市区町村名	人口(人)	年少人口(人)	年少人口割合(%)
1	24343	三重県朝日町	10,257	2,225	21.7
2	40345	福岡県新宮町	30,299	6,280	20.7
3	17324	石川県川北町	6,339	1,296	20.4
4	47313	沖縄県宜野座村	5,594	1,140	20.4
5	47212	沖縄県豊見城市	60,627	12,206	20.1
6	46303	鹿児島県三島村	407	81	19.9
7	47350	沖縄県南風原町	37,217	7,380	19.8
8	47359	沖縄県伊平屋村	1,238	237	19.1
9	47348	沖縄県与那原町	18,126	3,418	18.9
10	40349	福岡県粕屋町	45,269	8,503	18.8
11	04423	宮城県富谷町	51,462	9,625	18.7
12	47210	沖縄県糸満市	58,471	10,870	18.6

3 メッシュコードについて

まずメッシュデータとは、地図上の情報をデジタル化したり各種統計情報をとるために地図上の経緯度方眼として定められた地域メッシュのことである。国土数値情報のメッシュデータは、総務省(旧総務庁)が定めた「統計に用いる標準地域メッシュおよび標準地域メッシュコード」に従って、それぞれの区域に関する統計データを編集したものである。メッシュコードは、メッシュデータの各区域に対し割り振られたコード。

4 ネットスーパーについて

ネットスーパーは1990年代後半にアメリカで始まり、1999年に「ココデス」というベンチャー企業によって日本に入ってきた。この「ココデス」は、家庭用雑貨商品や食料品をネットで受注し、西濃運輸と組んで全国各地に翌日中に配達するというモデルだった。

5 巡回セールスマン問題について

都市の集合および2都市間の移動コストが与えられているものとする。この時、セールスマンが全ての都市を1回ずつ通って最初の都市に戻る事が出来るルートのうち、総コストが最小になるルートを求める問題が巡回セールスマン問題である。

6 巡回セールスマン問題を用いた配送計画の定式化

配送拠点を含めた8点の頂点集合 $V = \{0,1,2,3,4,5,6,7\}$ として頂点間の距離 $d_{ij}(i, j \in V)$ を与える。まず i, j 頂点間に変数 x_{ij} を割り当てる。ただし x_{ij} と x_{ji} は区別しない (d_{ij} と d_{ji} も同様に区別しない)。さらに x_{ij} の値は0または1をとるものとする。そこから以下のような最適化問題が得られる。これだけでは V の部分集合 S が巡回路を構成することを許してしまうことになる。よって部分巡回路除去制約を加えなければならない。そのため、点の部分集合 S の中の点同士を結ぶ枝 (i, j) に対する変数の合計が $|S| - 1$ 以下にならなければならないという式を加えなければならない。以上の議論から巡回セールスマン問題は、以下のように0-1整数制約付き線形最適化問題として定式化される。

$$\text{最小化} \quad \sum_{i,j \in V} d_{ij} x_{ij}$$

条件

$$\begin{cases} \sum_{j \in V} x_{ij} = 2 & \forall i \in V \text{ (巡回路が } i \text{ を通る)} \\ \sum_{i,j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 & \forall S \subseteq V \text{ (巡回路除去制約)} \\ x_{ij} \in \{0,1\} & \forall i, j \in V \end{cases}$$

7 配送計画

250mメッシュで世帯から0~14歳の子供の人口の重みをつけてその中から乱数を用いて n 地点の配送地点をピックアップし、それを緯度経度から平面座標に変換する。次に、その平面座標から配送拠点となるスーパーセンターオークワ みえ朝日インター店を始点として python を用いて n 箇所の配送地点を周って配送拠点に帰ってくるという巡回セールスマン問題を解く。その結果が図のようになる



図1 配送ルート

8 待ち行列について

M/M/c 待ち行列は確率論の一分野である待ち行列理論の用語で、c 列に並んだ客や要求を c 個の窓口やサーバが処理する待ち行列で、待ち行列に到着する客や要求がポアソン過程に従い、窓口やサーバがこれらを処理する時間が指数分布に従うものを指す。しかし、今回は窓口はトラックとして扱うことにする。

9 待ち行列モデル (M/M/c) の主要式

$$(\text{平衡条件}) \quad \rho = \frac{\lambda}{c\mu} < 1$$

$$(\text{待つ確率}) C(c, u) = \frac{u^c}{(1-\rho)c!} p_0$$

$$(\text{平均待ち時間・滞在時間}) W_q = \frac{C(c, u)}{1-\rho} \cdot \frac{1}{c\mu}, W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

10 待ち行列モデルを用いて

初めに、朝日町の子育てしている世帯数が 2302 だったため、この値を使う。そして、荷下ろし時間 (T) を 0.1(時間)、トラックの速度 (V) を 40(km/h)、1 時間あたりの注文数 (λ) を 15(件)、トラックの台数を c とする。3.3 章より、配送計画を 2,3,5,10 地点でそれぞれ 30 通り解き、そこから配送平均距離 (d_n) を出した。次に、サービス率 (μ_k) と到着率 (λ_k) を解きそこで平衡条件を出す。そこから系内人数分布、待ち確率、平均待ち人数、平均系内人数、待ち時間分布を出してその後平均待ち時間と滞在時間を出す。

11 結果

今回の研究では、トラックの燃費を 7km/L として、ガソリン代を 160 円/L、人件費をトラック 1 台につき一人で 1 日 10000 円としている。そして、売上は 1 件あたり 4000 円としたとき 1 日で 480000 円とする。その時にトラック 3 台で配送した際に自動車のコストとネットスーパーの 1 日当たりのコストは下の表のようになる (表 4.1)。これらの結果から、コストとしては 2 地点ごとに配送した時と 10 地点ごとに配送したときで 1 日当たり 3255.6 円の差が出

ていた。その時に、1 世帯あたりの平均滞在時間が 28.1 分の差が出ていた。そして、利益に関しては、10 地点ごとに配送したときで 1 日 437297.1 円見込めることが分かった。

表 2 トラック 3 台で配送した自動車のコストと待ち時間

n地点	2	3	5	10
平衡条件(ρ)	0.61169837	0.57450082	0.52435564	0.48058122
サービス率(μ_k)	3.06523622	2.17580196	1.43032696	0.78030514
到着率(λ_k)	7.5	5	3	1.5
平均配送距離(dn)	5.04956525	6.38402612	7.96563388	11.2619971
平均待ち時間(W_q)(分)	28.0745212	28.43326	28.9395481	14.009606
平均系内滞在時間(W)(分)	47.648869	56.0092992	70.8879989	75.6989056
自動車の1日当たりの平均コスト(km)	302.973915	255.361045	191.175213	135.143966
自動車の1日当たりの平均コスト(円)	6059.4783	5107.22089	3823.50426	2702.87931
ネットスーパーの1日当たりのコスト	46059.4783	45107.2209	43823.5043	42702.8793

12 結論

本研究では子育て世帯の多い三重県三重郡朝日町を対象として 10 地点ごとの場合 437297.1 円の利益が出ることが分かり、実際にネットスーパーを導入するとよいと考えた。また、2 地点ごと配送するときと 10 地点ごとに配送するときで待ち時間は 30 分ほど遅くなることで、3000 円ほどコストがかかるため、10 地点ごとの配送でよいと考えた。

13 おわりに

今回は、朝日町を対象としたが、ほかにも過疎地域などネットスーパーの需要が高まる場所でも研究することでより導入に近づけるかもしれないと考えた。そして、ネットスーパーを利用することによって直接スーパーに来なくなる客が出たときにコストばかりかかってしまうため、ネットスーパーの新たな需要が必要だと考えた。

参考文献

- [1] 並木誠：『実践 Python ライブラリ Python による数理解最適化入門』, 朝倉書店, 東京, 2020.
- [2] 統計メモ帳, 『子供の割合が一番高い市町村は?』, <https://ecitizen.jp/Lc/Mame/Mame13,2010>
- [3] 国土交通省, 『メッシュデータについて』, https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/old/old_data_mesh.html,2022
- [4] 東洋経済 ONLINE, 『人口増加率トップは 35 % 増の三重県朝日町、その成長の理由は? 人口増減詳細解説・10 年国勢調査速報』, <https://toyokeizai.net/articles/-/\5990?ismmark=b,2011>
- [5] 三重県三重郡朝日町, 『三重県三重郡朝日町～子育て情報～』, <http://www2.town.asahi.mie.jp/www/contents/1001000000457/index.html,2022>