

GA を用いた多段階販売センター最適立地選定に関する研究*

Research for Optimization of Multiechelon Sales Center
Based on Genetic Algorithm

相浦 宣徳**、高橋 均***、唐澤 豊****、佐藤 馨一*****

Nobunori AIURA, Hitoshi TAKAHASHI, Yutaka KARASAWA and Keiichi SATOH

1. はじめに

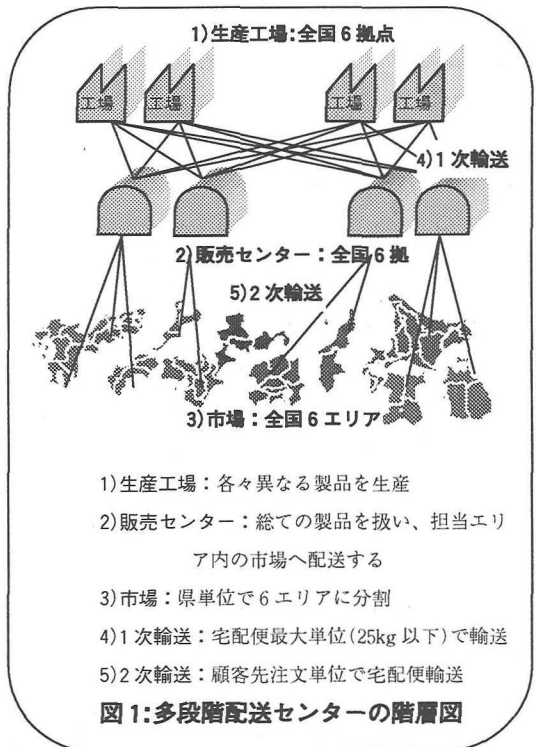
複数の生産拠点からの全国レベルへの輸配送を考
える場合、中間チャネル(販売センター)の在り方が
物流コストに及ぼす影響は大きい。しかし、これま
で多段階工場立地問題の解法として MMFLA
(Multiechelon Multiactivity Facility Location Allocation)
モデル等々が提唱、研究されてきたが、固定された
生産拠点、市場(エリア)に対する販売センターの立
地に関してはほとんど研究されてこなかった。

本研究は現実提示されている販売センター立地
問題の解決、並びに多段階販売センター最適立地問
題の解法の確立を目的とした。すなわち、輸送コス
トをベースとした多段階販売センター立地選定モデ
ルの開発を行い、さらに製品在庫の持ち方、各配送
センター拠点候補地における人件費、地代家賃等か
ら発送管理費、在庫維持費等のセンター運営費を考
慮した多段階立地選定モデルへの発展を図った。

2. 問題設定

本研究において取り上げた多段階配送センター
の階層図を図1に示した。異なる製品を生産する
工場から、1次輸送を経て各販売センターに総て
の製品が輸送される。販売センターでは一定期間
分の在庫量を確保しつつ、担当するエリアからの

受注により市場の顧客へ配送する(2次輸送)。
各企業では販売センターの合理化を進めており、
①販売センターの統廃合、②製品在庫の持ち方、
③エリアの再配分等々の検討が行われている。



3. 販売センター立地モデルの構築

販売センター立地モデルの全体構成を図2に示す。
本モデルは販売センター立地と在庫維持費等の販売
センター運営費に関する立地総コストの最小化を図
るものである。

*キーワード 産業立地、最適化技法

**学生員 修(工) 北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻
(札幌市北区北13条西8丁目、Tel 020-60-37212、Fax 011-706-2296)

***正員 株式会社 NTT メディアスコープ(東京都港区新橋 5-11-3 新橋
住友ビル 7F、Tel 03-3438-8400、Fax 03-3438-8508)

****正員 工博 神奈川大学大学院工学研究科経営工学工学専攻
(横浜市神奈川区六角橋三丁目 27 番 1 号、Tel 045-481-5661、Fax
045-413-6565)

*****フェロー 工博 北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻
(札幌市北区北13条西8丁目、Tel 011-706-6209、Fax 011-706-2296)

(1) モデル構築の前提

販売センター立地モデルの前提として以下の事項を定めた。

- 1) 立地される販売センター数は、与えられた販売センター数の範囲で決定する。
- 2) 配送段階は生産工場⇔販売センター⇔市場の2段階配送方式をとる。
- 3) 製品品目は複数品目とする。

(2) モデルの条件

1) 生産工場：

- 1工場で複数製品を生産する(但し、本研究における命題では1工場1製品)。
- 工場別・製品別の最大供給量を設定する。

2) 販売センター：

- 各候補地毎に人件費及び地代家賃を設定する。
- 製品を扱わない販売センターは立地しない。

3) 市場：各市場毎に各製品の需要を設定する。

3) 輸送：各配送段階において各製品の輸送単位、単価を設定する。

(3) 最適立地探索の基本的アルゴリズム

販売センター立地問題を以下の3つの問題に分割して最適解を求める。これらは、立地総コスト最小となる販売センター立地、取り扱い製品品目及び数量の組み合わせを求めるものである。

[a 販売センター立地] 販売センター立地並びに取り扱い製品の最適集合を決定する。

[b 出力フロー] [a]により得られた集合を用いて、販売センターから市場まで輸送される製品品目・数量を決定する。

[c 入力フロー] [a]により得られた集合を用いて、生産工場から販売センターへ供給する製品品目・数量を決定する。

[a]は各販売センターの運営費に基づき、販売センター i ($i \in I = \{1, \dots, I'\}$, I' : センター立地数) を立地する決定係数、販売センター i で製品 p ($p \in P = \{1, \dots, P'\}$, P' : 製品数) を取り扱う決定係数を求める。

[b][c]では[a]にて決定された集合を基にした割り当て問題として、[b][c]各々について輸送費最小

となる割り当てを Greedy Method(貪欲法)により求める。

本研究では、[a]について次章以下で述べる遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm 以下 GA)を適用した。

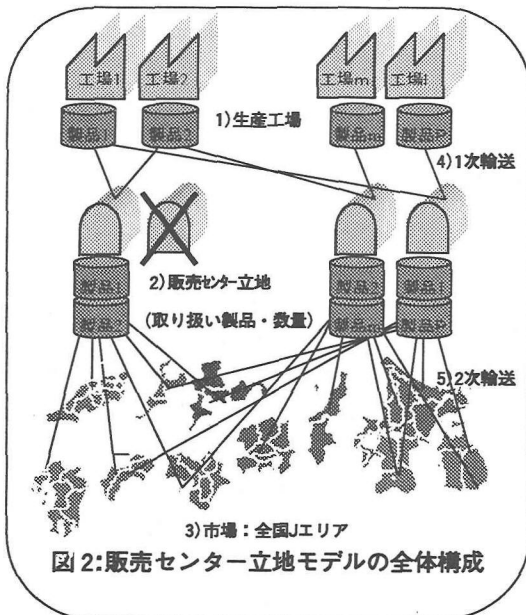


図2: 販売センター立地モデルの全体構成

4. GA による解法

本モデルを命題で示される設定変数(生産工場数:6、販売センター数:6、取り扱い商品数:6、市場数:6)で稼動させた場合、総当りによる最適解算出に必要な組み合わせ数は約690億通りに及ぶ。1組に要する計算時間が約0.0001秒であるため全組み合わせに要する計算所用時間は約2.8ヶ月を要する。これらの問題から、本モデルの計算効率の向上を目的として、組み合わせ最適化問題に対して大域的な探索能力を持つ遺伝的アルゴリズムを適用する。

(1) GA の適用

3. (3) 最適立地探索の基本的アルゴリズムにおいて販売センター立地問題を[a 販売センター立地]、[b 出力フロー]、[c 入力フロー]に分割した。これらに対し、GAにより[a]を扱い、そこで得られた集合をもとに各フロー問題([b][c])を多目的ナップザック問題とみため、Greedy Methodにより解き、

得られた割り当てによるコスト(1,2次輸送コスト)と、[a]の集合により発生する販売センター運営費をGAの適応度に組み込み、販売センター立地選定モデル全体として最適解を求めた。

(2)GAによるコーディング

表1に本モデルにおけるGAのコーディング方法を示す。

表1：GAのコーディング方法

コード化	販売センター別取扱製品の2進数表現(6センター×6製品の36ビット)
初期集団の発生	指数分布を適用したランダム発生(初期遺伝子数：100)
適応度	目的関数+ペナルティ
交叉	一様交叉(50対50)
突然変異	突然変異率によるビット反転
終了判定	最大世代数を設定(1,000世代)

(3)販売センター立地の遺伝子表現

個体の遺伝子表現は、各製品を取り扱う販売センター立地を2進文字列(0:取扱わない、1:取扱う)により行い、それらを並べたものを1つの個体とする。このとき1つの個体を表すために必要な遺伝子数は、販売センター数×製品数である。センター数6、製品数6の場合、遺伝子表現は図3になる。

各ブロックは各販売センターがどの製品を扱っているかを示している。各ブロック毎に左から製品1、製品2、……、製品6を表しており、遺伝子が0の場合はその販売センターでは対象となる製品を取り扱わない。図3において、センター1では製品3のみを取り扱い、同様にセンター2では製品2,4を取り扱う。また、センター5は取り扱い製品がないため立地されない。

センター1	センター2	センター3	センター4	センター5	センター6
001000	010100	101000	001000	000000	001001

↓
001000010100101000001000000000001001

図3：遺伝子表現

5. 多段階販売センターの最適配置の探索

多段階販売センターの最適配置探索を行うために用いた計算機環境は表2に示す通りである。

表2：計算機環境

使用機種	DEC ALPHA STATION 500
使用OS	Digital UNIX V4.0A
使用言語	C言語

(1)使用データ

表3に示す条件をモデルサイズとして販売センター立地選定及び製品取り扱い形態の最適解を算出する。なお、市場エリア数については、①各販売センター担当エリア再配分の必要性、②2次輸送に宅配便を使用の2点から現状値とは異なる設定とした。GA操作における適応度として使用する費目及び算出に用いたデータを表4に示す。

表3：モデルサイズ

項目	数値	備考
生産工場数	6	現状数値
製品数	6	現状数値(1工場1製品)
販売センター候補地数	6	現状数値
市場エリア数	12	宅配便料金区分による(現状値：6)

表4：費用算出データ

算出費目	使用データ
1次輸送費	各工場・各販売センター間の宅配便運賃(宅配便最大単位 25kg 以下に設定)
2次輸送費	各販売センター・市場エリア間の宅配便運賃(客先注文単位毎に設定)
販売センター運営費	各候補地における (1) 基準賃金 (2) 倉庫・配送センターにおける基準地代家賃

(2)シミュレーション結果

①輸送費用、②総費用(輸送費+センター運営費)の2面から選定した販売センターの最適立地と現状とのコスト比較を表5に示した。また、選定された販売センター立地、取り扱い製品及び担当エリアを表6,7に示す。

(a)費用面からの考察

輸送費および総輸送費からの選定を行った結果、現状に比べ8~11%程度コストが削減されている(表5)、特に②総費用から選定では約1,500万円の削減結果を得ている。①輸送費から選定での輸送費削減は、現状での輸送・在庫形態(総ての製品を各工場から輸送し、総ての販売センターで保有)と、表6から判断されるように工場⇄販売センター間の1次輸送距離が大幅に減少され、輸送費用が安価にな

ったと思われる。また、②総費用から選定では、拠点集約効果によりセンター運営費が約 22%削減されている。

(b) 拠点集約面からの考察

②総費用から選定において、入間市(埼玉)、豊田市(愛知)、守口市(大阪)、鹿本(熊本)に所在する販売センター選定され、販売センター数が 6 から 4 へ集約されている。これは当初予測された、「人件費、地代家賃が安価な地域への集約」とは反する結果となったが、全国規模の輸送拠点として常に有力視される「東京、愛知、大阪、博多」に準拠している点、総費用の約 7 割を輸送費が占める点から妥当な結果と言える。

(c) 輸送・在庫形態からの考察

「総ての製品を、総ての販売センターで保有し、近距離エリアの市場に向けて発送する」現状の輸送・在庫形態が、販売センター⇔市場間の 2 次輸送を重視したものである。これに対して①輸送費から選定においては、販売センター周辺の工場からの製品のみを在庫として持ち、全エリアに発送を行う、工場⇔販売センター間の 1 次輸送を重視したものとなった。また、②総費用から選定による結果は、各販売センター周辺の工場で生産される製品は各々販売センターのみ保有し、廃合されたセンター周辺工場の製品は他のセンターが保有し、近距離エリアへ各々発送する。いわば、現状と①輸送費から選定の中間的位置付けに存在する。

表 5：費用比較

(単位:千円)				
項 目	センター数	輸送費	運営費	総費用
現状	6	97,038 (69.8%) <100.0%>	42,031 (30.2%) <100.0%>	139,069 (100.0%) <100.0%>
①輸送費用 から選定	6	86,291 (67.4%) <88.9%>	41,645 (32.6%) <99.1%>	127,936 (100.0%) <92.0%>
②総費用 から選定	4	91,049 (73.6%) <93.8%>	32,684 (26.4%) <77.8%>	123,733 (100.0%) <89.0%>

(注 1) 現状については現状条件に基づきモデルで算出

(注 2) 表内()は総費用に占める割合、<>は現状との比率を示す

(d) 探索時間からの考察

最適立地選定までの探索時間は約 20 秒前後と総当たりによる処理時間(推測 2.8 ヶ月)に比較して大

幅な削減が達成された。

表 6：最適立地選定結果～①輸送費用から選定

センター所在地	取扱製品	担当エリア
仙台市(宮城)	製品 1(宮城)	全エリア
入間市(埼玉)	製品 2(埼玉)	全エリア
豊田市(愛知)	製品 3(愛知)	全エリア
守口市(大阪)	製品 4(大阪)	全エリア
佐伯郡(広島)	製品 5(広島)	全エリア
鹿本郡(熊本)	製品 6(熊本)	全エリア

(注)取扱製品内()は工場所在県を示す

表 7：最適立地選定結果～②総費用から選定

センター所在地	取扱製品	担当エリア
仙台市(宮城)		
入間市(埼玉)	製品 1(宮城)	北東北、南東北、北海道、関東、信州
	製品 2(埼玉)	全エリア
豊田市(愛知)	製品 1(埼玉)	中部、北陸、近畿
	製品 3(愛知)	全エリア
	製品 5(広島)	北東北、南東北、北海道、関東、信州、中部、北陸、近畿
守口市(大阪)	製品 4(大阪)	全エリア
佐伯郡(広島)		
鹿本郡(熊本)	製品 1(宮城)	中国、四国、九州、沖縄
	製品 5(広島)	中国、四国、九州、沖縄
	製品 6(熊本)	全エリア

(注)取扱製品内()は工場所在県を示す

6. おわりに

本研究では、現実問題として提示された命題について最適解の算出・検討を行うと共に、輸送費、センター運営費両者を考慮した多段階立地選定モデルを開発した。また、最適化技法として GA を適応することにより大幅な探索時間の削減を達成し、今後のモデルサイズ拡張への足掛かりを確立した。

今後の課題として、さらに大規模な問題への適応、最適化技法としての GA についての検証があげられる。

参考文献

- 1) Mahmoud, Mohamed Moustafa: "An Efficient Algorithm For The Multichelon Multiactivity Facility Location-Allocation Problem under Economics of Scale", The Thesis for Ph.D, University of Pennsylvania, 1984
- 2) 唐澤豊: "物流システム入門", 株式会社現代工学社発行, 1976 年 1 月 20 日初版
- 3) 角田直登, 内田 智史, 唐澤 豊: "GA による MMFLA モデルの解法", 日本経営工学会平成 8 年度秋期大会予稿集, pp. 260-261
- 4) 相浦宣徳, 唐澤豊, 佐藤肇一: "GA による MMFLA モデルの解法", 日本物流学会誌, 1998 (To be appeared)