IV－９

# ＴＳＰアルゴリズムの貨物配送問題への適用

東北大学　工学部　学生員○須田　進
東北大学　大学院　学生員　久永健一郎
東北大学　工学部　正　員　稲村　肇

## １．はじめに

都市内の効率的な貨物配送計画は運送会社の運営面だけでなく、都市の交通渋滞緩和の面でも重要である。本研究では、貨物配送問題を最適車両配分問題および総配送距離最小化問題としてとらえ、従来から存在するＴＳＰアルゴリズム[*1]を拡張することによって両問題を同時に解くニューラルネットワークモデルを提案する。

## ２．貨物配送問題

本研究では、貨物配送問題を「Ｎ個の配送貨物が存在する地域に対して、Ｍ台の配送車両を投入する場合、全車両の総配送距離を最小にする問題」と定義する。配送車両数Ｍは貨物数Ｎおよび車両の積載限界（Ｋ［個／台］）に応じて設定する。ＴＳＰアルゴリズムの適用に際し、複数車両の運行を１車両が連続して必要回数運行するものとして扱う。この仮定は本問題の最適化の指標を総配送距離最小化とすることから、原問題と同値であり、車両のターミナル帰還数が配送車両数に相当する。

図-１は従来のＴＳＰアルゴリズムのニューロンマトリクスである。本問題においては図-２に示すようにターミナルに関して配送車両数Ｍ、ターミナルからターミナルまでの貨物数（≦Ｋ）に関する制約条件を設けることにより、従来のＴＳＰアルゴリズムの拡張を行った。

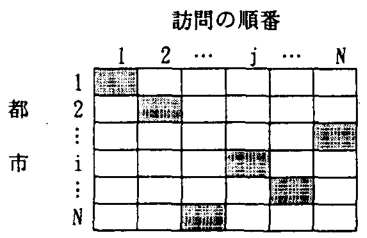


図-１　従来のＴＳＰニューロンマトリクス

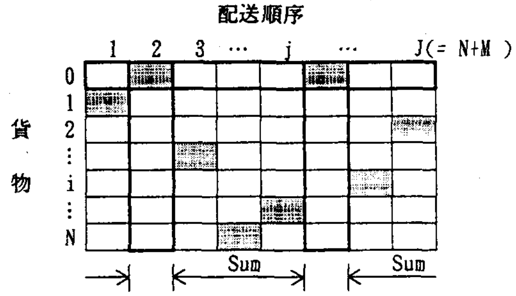


図-２　拡張ニューロンマトリクス

Sum ：１車両の貨物数（≦Ｋ）

本研究は配送車両の、ターミナルから再びターミナルへもどる経路を決定するため、配送順序の１番目はターミナル地点（貨物０）である必要はない。

（１）制約条件

ａ）物理的制約

ニューロンマトリクスが運行計画を表すためには以下の(1),(2)式を満たす必要がある。

$$\sum_{j}^{J} X_{ij} = \begin{cases} M & (i=0) \\ 1 & (i=1\sim N) \end{cases} \qquad (1)$$

$$\sum_{i}^{I} X_{ij} = 1 \quad (j=1\sim J) \qquad (2)$$

$X_{ij}$　：貨物 i が j 番目に配送される場合は１、配送されない場合は０。i=0はターミナル、i=1～Iは貨物をあらわす。

i,m　：配送貨物（地点）を表す添え字

j　：配送順序を表す添え字

M　：ターミナル帰還回数

N　：貨物数

J　：配送順序の総数

(1)式は、ある配送貨物に対し１度のみ配送する制約条件である。i=0のみ配送車両数回ターミナルへ帰還する制約条件である。(2)式はある配送順序に配送する貨物の個数は１個のみとする制約条件である。

b）積載に関する制約条件

積載に関する制約条件は本来、不等式制約である。図-2において拡張ニューロンマトリクスは0,1の2値で表されており、1車両の貨物の積載量Sumが積載限界Kを超えなければ前後K+1番目以内にターミナルに帰還していることになる。よって、ターミナルに関するニューロン$X_{0j}$において、前後それぞれのk+1個のニューロンの総和は1となる。これより、(3),(4)式を導入し、等式制約とすることで、TSPの適用を可能にした。

$$\sum_{k=1}^{K+1} X_{0,\,j-k} = 1 \qquad (3)$$

$$\sum_{k=1}^{K+1} X_{0,\,j+k} = 1 \qquad (4)$$

（2）目的関数

従来のTSPアルゴリズムと同様の(5)式を目的関数とする。

$$\frac{1}{2}\sum_{i}^{I}\sum_{j}^{J}\sum_{m}^{I} d_{im} X_{ij}(X_{m,\,j+1}+X_{m,\,j-1}) \rightarrow min \qquad (5)$$

$d_{im}$ ：i 地点と j 地点間の距離

(5)式は総配送距離を表している。貨物iをj番目に配送するとき、その前後の順番j-1, j+1に配送する貨物の地点間距離の総和を最小にする目的関数である。

## 3．TSPアルゴリズムの適用

TSPアルゴリズムの拡張点を考慮して定式化を行う。ターミナルに関するニューロンと貨物に関するニューロンでは、性質が異なる。よって、それぞれに関して評価関数$\phi_1$, $\phi_2$として定式化をおこなった。ここでは紙面の都合上、評価関数$\phi_1$のみを(6)式に示す。評価関数$\phi_2$には従来のTSPアルゴリズムを用いた。

$$\begin{aligned}\phi_1 = &+\frac{A_1}{2}\Big(\sum_{j}^{J} X_{0j} - M\Big)^2 \\ &+\frac{B}{2}\sum_{j}^{J}\Big(\sum_{i}^{I} X_{ij} - 1\Big)^2 \\ &+\frac{C_1}{2}\left(\sum_{j}^{J}\Big(\sum_{k=1}^{M+1} X_{0,\,j-k} - 1\Big)^2 \right. \\ &\qquad \left. +\sum_{j}^{J}\Big(\sum_{k=1}^{M+1} X_{0,\,j+k} - 1\Big)^2\right) \\ &+\frac{D_1}{2}\sum_{i}^{I}\sum_{j}^{J}\sum_{m}^{I} d_{im} X_{ij}(X_{m,\,j+1}+X_{m,\,j-1}) \end{aligned} \qquad (6)$$

ここで、$A_1$, $B_1$, $C_1$, $D_1$は正の重み係数である。

## 4．結論

本研究では貨物配送問題にニューラルネットワークを用いたTSPアルゴリズムを適用し、積載限界および総配送距離を考慮した配送車両のスケジューリングモデルを作成した。TSPアルゴリズムでは考慮されていなかった不等式制約である積載限界に関する制約を、ニューロンマトリクスが0,1で表現されることに着目して、等式制約として評価関数に組み入れることができた。

ニューラルネットワークによるTSPアルゴリズムは最適解ではないが、良い近似解を短時間で求めることができることが知られている。本研究で作成したモデルをプログラミングすることにより、短時間で比較的良い配送計画を求めることが期待される。

*1：Hopfieldの提案した相互結合型ニューラルネットワークモデルによるTSP（Travelling Salesman Problem、巡回セールスマン問題）の解法を指す。

＜参考文献＞

1)D.W.Tank & J.J.Hopfield:"Neural Computation of Decisions in Optimization Problems",Biol. Cybern. 52,(141-152),1985

2)塚口,毛利,松井:都心商業地における物資共同輸送システムの導入に関する一考察,土木学会論文集, No.401/IV-10,pp23-31,1989.1

3)平野:Cでつくるニューラルネットワーク,壮光舎印刷,1991.3

4)M.Takeda and J.w.Goodman: "Neural networks for computation:number representations and programming complexity,Applied Optics,Vol. 25, No.18, pp.3033-3046,1986