事例からのルール獲得による問題解決に関する研究

6H−2

—巡回セールスマン問題への適用—

○松浦 賢一　嘉数 侑昇
北海道大学

1 はじめに

ルールに基づいた問題解決法は戦略的ルールの生成に難点があり，過去の事例を利用した問題解決法は類似事例の適用・修正が困難となる[1][2]．ここでは，これらの側面を相互に補完するようなモデルとして，事例から戦略的ルールを獲得し，そのルールによる分散協調型の問題解決を行う．また，この手法について巡回セールスマン問題への適用を試みる．

2 問題の表現と局所的戦略

Definition 1 事例，問題，解

$$M = (\boldsymbol{P}, \boldsymbol{S}) \tag{1}$$

$$\begin{aligned} where\ & \boldsymbol{M} : \text{事例} \\ & \boldsymbol{P} : \text{問題} \\ & \boldsymbol{S} : \text{解} \end{aligned}$$

Definition 2 問題の分割と局所的戦略

$$P_i \in \boldsymbol{P} \tag{2}$$

$$S_i \in \boldsymbol{S} \tag{3}$$

$$\begin{aligned} where\ & i \in \lambda,\ \ \lambda = \{1, 2, \cdots, |\, \boldsymbol{P}\,|\} \\ & P_i : \text{局所的問題} \\ & S_i : \text{局所的解} \end{aligned}$$

$$F_i : P_i \rightarrow S_i \tag{4}$$

$$where\ F_i : \text{局所的戦略}$$

3 局所的戦略のクラスター化とルール獲得

戦略的ルールの獲得のため，複数の事例における様々な局所的戦略 F_iを，その性質の類似性に基づいてクラスター化する．さらに，得られたそれぞれのクラスター C_k内の局所的戦略を抽象化したものを戦略的ルール R_k として獲得する．

$$C_k \in \boldsymbol{C} \tag{5}$$

$$R_k = (Condition_k, Action_k) \tag{6}$$

$$where\ k = 1, 2, \cdots, |\, \boldsymbol{C}\,|$$

$$Conditon_k = abstraction(\phi(C_k)) \tag{7}$$

$$Action_k = abstraction(\varphi(C_k)) \tag{8}$$

$$\begin{aligned} where\ & \phi(C_k) = \{P_j \mid j \in \lambda,\ F_j \in C_k\} \\ & \varphi(C_k) = \{S_j \mid j \in \lambda,\ F_j \in C_k\} \end{aligned}$$

4 戦略的ルールによる問題解決

与えられた問題$\boldsymbol{P}^{new}$に対する，分割された局所的問題 P_ξ^{new}それぞれに前述の戦略的ルールを適用し，並列に問題解決を行って解$\boldsymbol{S}^{new}$を得る．

$$P_\xi^{new} \in \boldsymbol{P}^{new} \tag{9}$$

$$where\ \xi = 1, 2, \cdots, |\, \boldsymbol{P}^{new}\,|$$

$$S_\xi^{new} = Action_\eta \tag{10}$$

$$where\ P_\xi^{new} \in Condition_\eta$$

$$\boldsymbol{S}^{new} = \{S_\xi^{new} \mid \xi = 1, 2, \cdots, |\, \boldsymbol{P}^{new}\,|\} \tag{11}$$

5 巡回セールスマン問題への適用

ここで対象とする巡回セールスマン問題は，コストを都市間の距離と設定する．また，距離行列は対称行列で，それぞれの距離間には三角不等式が成り立つものとする．

5.1 問題の表現と分割

三角不等式が成り立つため，問題は都市の座標値の集合で表現できる．この表現に対する局所的問題としては，各都市を単位とした近傍領域で表現する．すなわち，ある都市 Tの近傍領域の都市数を m とし，その領域内に存在する都市を距離または角度について昇順に $T^1, T^2, \cdots, T^m$ とすると，局所的問題 P_iは Tから T^kへの距離の分散 V^l，角度の分散 V^θ，両者の相関係数 $r^{l\theta}$ とする．

このような表現での局所的制約は，各都市の近傍領域内について接続する経路の存在が2本以内であり，これを満たすような局所的解 S_iは，Tから T^kそれぞれへの接続の可否を表現する．

$$P_i = (V_i^l, V_i^\theta, r_i^{l\theta}) \tag{12}$$

$$S_i = (s_i^1, s_i^2, \cdots, s_i^m) \tag{13}$$

$$where\ s_i^k \in \{connected_{(1)}, disconnected_{(0)}\}$$

A study on problem solving using acquired rules from cases —Applying to Traveling Salesman Problem
Kenichi MATSUURA, Yukinori KAKAZU
Hokkaido University

5.2 ルールの獲得とその表現

クラスター化のため，局所的戦略間の距離として次式を用いる．

$$d(F_i,F_j) \;=\; \sqrt{(V_i^l - V_j^l)^2 + (V_i^\theta - V_j^\theta)^2 + (r_i^{l\theta} - r_j^{l\theta})^2} \tag{14}$$

また，クラスターを抽象化したルールは，次のような表現とする．すなわち，そのクラスターに属するすべての局所的問題を含む領域を条件部とし，T^kへの接続の可否についての期待値を行為部とする．

$$Condition_k \;=\; (\boldsymbol{V}_k^l, \boldsymbol{V}_k^\theta, \boldsymbol{r}_k^{l\theta}) \tag{15}$$
$$where\ \forall i, F_i \in C_k \Rightarrow\ V_i^l \in \boldsymbol{V}_k^l,\ V_i^\theta \in \boldsymbol{V}_k^\theta,\ r_i^{l\theta} \in \boldsymbol{r}_k^{l\theta}$$

$$Action_k \;=\; (\boldsymbol{s}_k^1, \boldsymbol{s}_k^2, \cdots, \boldsymbol{s}_k^m) \tag{16}$$
$$where\ s_k^j = \frac{1}{|C_k|} \sum_{\substack{F_i \in C_k \\ 1 \le j \le m}} s_i^j$$

このようなルールについて，**Fig.1** に示す．

5.3 戦略的ルールによる問題解決

各都市に上述の戦略的ルールを適用して問題解決を行うが，ルールの行為部の期待値は対応する都市間の経路の選択荷重の更新に用いる．そして，経路の選択荷重があるしきい値を越えると，その経路の選択が確定する．また，問題全体としての制約を満たすため，2本の経路が確定して連結された都市はそれ以上選択荷重の更新を行わないものとする．

5.4 計算機実験

学習事例として準最適解と思われるものを用い，$m = 4$について戦略的ルールを獲得した．これらのルールのいくつかについて **Table.1** に示す．また，これらを用いて問題解決を行った結果を **Fig.2** に示す．なお，**Fig.2** において，太線は確定した経路を表す．

これらより，角度の分散が比較的大きな場合には距離を重視する傾向が確認された．

6 おわりに

事例における局所的戦略よりルールを獲得することによって，分散協調型の問題解決を試みた．

参考文献

[1] Golding,A.R. and Rosenbloom,P.S. : Improving Rule-Based Systems through Case-Based reasoning, Proc. of AAAI-91, pp.22-27(1991).

[2] 石川，寺野：戦略構造からの類推による問題解決学習，第6回人工知能学会講演論文集,pp.125-128(1992).

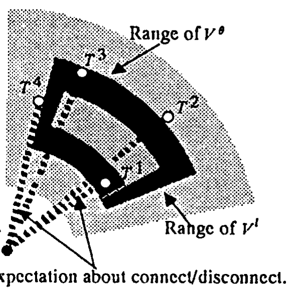

Fig.1 A rule for TSP

Condition			Action			
$\boldsymbol{V}^l$	$\boldsymbol{V}^\theta$	$\boldsymbol{r}^{l\theta}$	T^1	T^2	T^3	T^4
0.76 ∼ 1.38	0.52 ∼ 1.00	0.52 ∼ 0.86	0.17	0.19	0.26	0.34
0.05 ∼ 0.20	2.18 ∼ 2.93	0.19 ∼ 0.96	0.83	0.50	0.45	0.06
0.04 ∼ 0.53	0.31 ∼ 0.68	−0.62 ∼ −0.39	0.94	0.38	0.50	0.09
0.96 ∼ 1.17	0.48 ∼ 0.64	−0.09 ∼ 0.13	0.41	0.53	0.47	0.60
0.05 ∼ 0.70	0.97 ∼ 1.44	−0.59 ∼ −0.48	0.41	0.53	0.47	0.60
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Sequence of $T^1, \cdots, T^4$ is ascending order of distance.

Table.1 Example of acquired rules

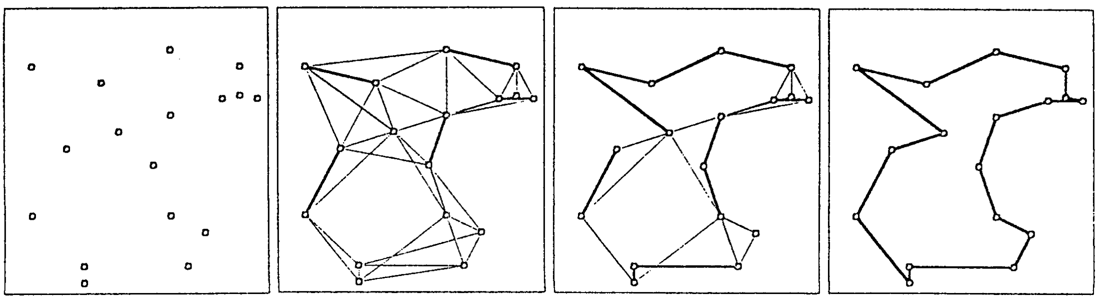

Fig.2 Problem solving process of TSP