領域ヒューリスティックスの獲得に関する研究

9D−6

○松浦 賢一 嘉数 侑昇
北海道大学

1 はじめに

一般に，問題解決は対象とする領域における表現形を設定した上で行われる．そして，その領域には解の満たすべき制約条件があり，またそのような解を導くために用いられる何らかの領域ヒューリスティックスが存在する．一般の問題解決システムでは，領域における表現形を設定すると同時に，これらの制約条件や領域ヒューリスティックスを先験的なものとして持たせることが多い．ここでは，そのような制約条件や領域ヒューリスティックスを正負の例から獲得することを目的とし，問題領域としてナップザック問題を採りあげる．また，獲得された領域ヒューリスティックスについて，その性質を議論する．

2 問題解決におけるヒューリスティックス

対象領域における表現形を $\mathcal{D}$とすると，問題解決行動は次のように表記できる．

「問題解決とは，ある問題表現 $P(\in \mathcal{D})$ から，目的 Jを満たすような解表現 Sへ，表現の変換を行うことである」

ここで，問題解決の目的 Jは次式のような写像で記述できる．

$$J : P \rightarrow S \tag{1}$$

しかし目的とは，問題表現と解表現の関係を表したものであり，具体的にどのようにして表現の変換を行うか(問題解決戦略)については示されていない．このような問題解決戦略における指針となるものを，ここでは領域ヒューリスティックスと呼ぶ．これは，探索すべき空間に制限を与え，また空間上の点について何らかの評価が行えるものである．一方，制約条件とは解の表現について制限を与えるものである．

3 制約条件の獲得

問題領域の表現形を $\mathcal{D}$上で，制約条件を満たすような解の集合 Sは次式で記述できる．

$$S \subseteq \mathcal{D} \tag{2}$$

すなわち，制約条件を獲得することは，それを満たすような部分集合 Sを獲得することと考えられる．

ここでは，$\mathcal{D}$としてベクトル空間を考え，このような部分集合の獲得として，判別分析を用いる．判別分析とは，与えられた2群を判別する関数 zを，次の手順によって求めることである．

(1) 与えられた，制約条件を満たす例の集合 $\mathcal{G}^1$，満たさない例の集合 $\mathcal{G}^2$において，次のものを求める．

$$\bar{G}^i = \frac{1}{|\mathcal{G}|^i}\sum_j^{m^i} G_j^i \tag{3}$$

$$V^i = \sum_j^{m_i}(G_j^i - \bar{G}^i)(G_j^i - \bar{G}^i)^T \tag{4}$$

$$\begin{aligned} where\ \mathcal{G}^i &= \{G_j^i \mid j = 1,2,\cdots,m^i\} \\ G_j^i &= (g_{j1}^i, g_{j2}^i, \cdots, g_{jn}^i)^T \end{aligned}$$

(2) (1)より，次の係数ベクトルを求める．

$$l = V^{-1}d \tag{5}$$

$$\begin{aligned} where\ V &= \tfrac{1}{m^1+m^2-2}(V^1 + V^2) \\ d &= \bar{G}^1 - \bar{G}^2 \end{aligned}$$

(3) 次式の $z(x)$ の符号で，$x(\in \mathcal{D})$ の判別を行う．

$$z(x) = l^T(x - \bar{\bar{G}}) \tag{6}$$

$$where\ \bar{\bar{G}} = \tfrac{1}{2}(\bar{G}^1 + \bar{G}^2)$$

4 領域ヒューリスティックスの獲得

前述のように，領域ヒューリスティックスとは問題解決戦略における指針であるため，与えられた例における問題解決戦略に着目して，ヒューリスティックスの獲得を行う．

(1) ある例における問題解決戦略を F^iとし，これは問題の記述 P^iから解の記述 S^iへの変換を行う写像 f_j^iから構成されるものと考える．また，f_j^iの集合を Fとする．

$$f_j^i : P_j^i \rightarrow S_j^i \tag{7}$$

$$\begin{aligned} where\ P_j^i &\subset P^i \\ S_j^i &\subset S^i \end{aligned}$$

$$F^i : \bigcup_j P_j^i \rightarrow \bigcup_j S_j^i \tag{8}$$

$$F = \{f_j^i\} \tag{9}$$

(2) 与えられたいくつかの例それぞれの F^iを，ヒューリスティックスの空間 $F \times Q$に対応づける．ただし，Qは F^i

---

A study on acqiring domain heuristics.
Kenichi MATSUURA, Yukinori KAKAZU
Hokkaido University

を構成する f_j^i の頻度を表すものとする．このようにして，同様な変換写像の集中する部分は Q が大きくなっているような超曲面 H が生成される．この，H が問題解決におけるヒューリスティックスを表している．

5 ナップザック問題におけるヒューリスティックス

5.1 問題領域の設定

対象とする問題領域として，ナップザック問題を採りあげる．この領域の表現 $\mathcal{D}$ を，次のように設定する．

$$\begin{aligned}\mathcal{D} \;=\; & (Knap, Load\_num, \boldsymbol{Load\_size}, \boldsymbol{Load\_cost}, \\ & Sol\_num, Sol\_size, Sol\_cost) \qquad (10)\end{aligned}$$

where	$Knap$	:	ナップザックのサイズ
	$Load\_num$	:	荷物数
	$\boldsymbol{Load\_size}$	:	個々の荷物のサイズの集合
	$\boldsymbol{Load\_cost}$	:	個々の荷物のコストの集合
	Sol_num	:	ナップザックに入れた荷物数
	Sol_size	:	入れた荷物サイズの合計
	Sol_cost	:	入れた荷物コストの合計

また，問題解決戦略 F^i を構成する f_j^i として，$\mathcal{D}$ より次式を設定した．

$$f_j^i \;:\; (load\_size_j^i, load\_cost_j^i) \rightarrow \{Ins, Not\_ins\} \qquad (11)$$

where	j	=	$1, 2, \cdots, Load\_num$
	$load\_size_j^i$	:	j 番目の荷物のサイズ
	$load\_cost_j^i$	:	j 番目の荷物のコスト
	Ins/Not_ins	:	ナップザックにその荷物を入れる/入れない

5.2 実験結果

いくつかの正負の例を与えて制約条件の獲得を行った結果，Fig.1 のような領域が得られた．これは，ナップザック問題の実際の制約条件に近いものである．

また，ヒューリスティックスとしては Fig.2 の超曲面が生成された．この超曲面において，頻度 Q の値の大きいほど，その荷物を入れる割合が大きいことを示し，逆に小さいほど，その荷物を入れない割合が大きいことを示す．つまりこの超曲面は，サイズが小さく，コストの大きい荷物を優先して入れると良好な解が得られるということを意味している．

6 おわりに

問題解決における領域ヒューリスティックスを，その問題領域の正負の例から獲得することを試みた．また，獲得されたヒューリスティックスについて，その性質を議論した．

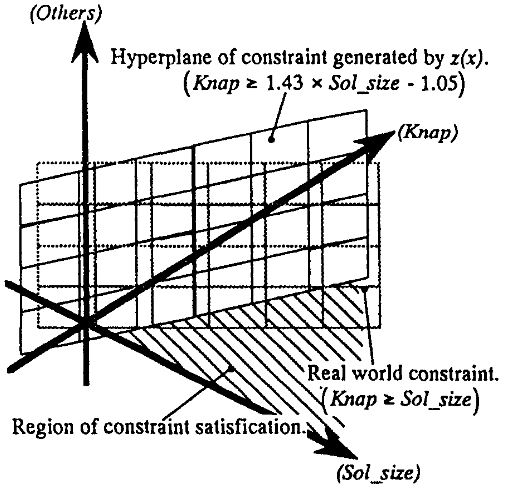

Fig.1 Acquired constraint and the real one.

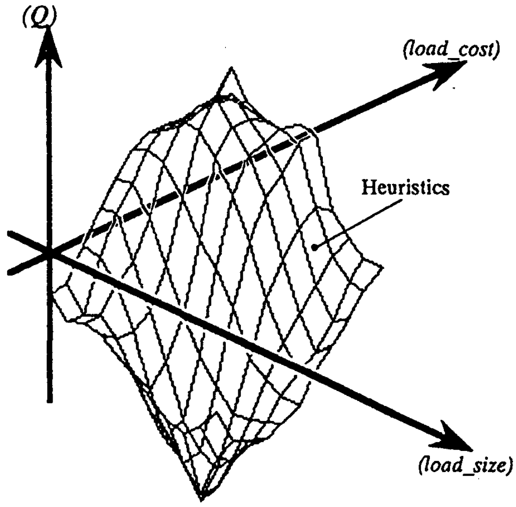

Fig.2 Acquired heuristics.

参考文献

[1] Laird,P.D. : Learning from Good and Bad Data, Kluwer Academic Publishers, (1988)

[2] Pitas,I., Milions,E., and Venetsanopoulos,A.N. : A Minimum Entropy Approach to Rule Learning from Examples, IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics, Vol.22, No.4., pp.621-635, (1992).

[3] 奥野：続多変量解析法，日科技連出版社,(1976).

[4] 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).