

類推論における制御知識の学習

4 E-1

平賀 智

(株) コンピュータ アプリケーションズ 応用技術研究室

1はじめに

拡張性に課題の残る演繹推論に代わって類推論が期待されるが、正当化問題が障害となる。このため推論の制御知識が必要になる。従来、制御知識は人間が固定的に与えた。本研究は、推論主体が持つべき制御知識の学習機構を検討する。学習機構には、有効な制御知識を獲得し状況変化に伴う再構成が必要になる。この第一歩として、遺伝的アルゴリズムを応用した初步的モデルによる実験的検証を行い、学習機構の起点を得た。

2類推論

未知な問題(ターゲット)に直面した時、知識不足や効率性から演繹推論がとれない時がある。この時人間は、既知の類似問題の解・解法(ベース)を利用(投射)し、未知問題の解・解法を推測する。これを類推論という。この過程を機械的に処理することが期待されるが、正当化問題が障害となる。

【正当化問題】

- ・あるターゲットに対し何をベースとするか?
- ・どの性質を持って類似性とするか?
- ・ある類似性に対し、どんな性質が投射されるか?

これに対し、Winstonは「類似性は因果関係 CAUSE を保存する」とし、Gentnerは構造写像理論「システム性の条件を満たし、高階な関係 CAUSE によって関連づけられた属性が一群のまま投射されやすい」とした。しかしターゲット・ベースにはこれらを満たす属性群が複数(無限)にあるのが一般的であり、何を手がかりにして重要なものを選択するのかという疑問が残る。このため何らかの制御知識が必要になる。

3.研究趣旨

3.1制御知識

本研究では制御知識を、【類推の目的・状況に応じて、「どの性質を持って類似性とするか?」、「どの性質に注目すべきか?」の手がかりとなるヒューリスティックス】とする。従来は、人間が目的・状況を想定し有効な制御知識を固定的に与えていた。しかし、AIを期待する領域は状況変化を伴うことが多く、固定された制御知識では満足な機能は得られない。

3.2制御知識の学習・創造

状況に適合し状況変化に追従するように制御知識を再構成する学習機構を考える。この機構は創造的¹である。論理的導出では更にメタなレベルでの制御知識が必要になり、何の解決にもならない。そこで、一般的なものと

¹創造とは、「既知の情報を統合して未知の情報を発明／発見する過程。導出される情報は元の情報の論理的帰結であるが、創造される情報はそうではない点が異なる[2]」

はかなり異なる(後述)が、遺伝的アルゴリズムを応用する。

3.3遺伝的アルゴリズム(以下GA)

GAは、生物の進化論的アプローチで情報の最適化を狙う。本研究ではGAの以下の特徴に着眼した。1)Building-block(以下Bb)によって探索を効率化する。BbはGAにおける(広義の)制御知識である。GAはBbを作り上げる機能を内存する。2)創造的である。乱数の確率的な要素が含まれ完全なる導出ではない。3)多点探索を行なう。最適解と同時に準最適解も保存する。準最適解は状況変化に追従するのに有効である。4)基本動作が単純なため、工夫を盛り込める。

4実験による検証

4.1モデル構成・概要

初步的モデル(fig.1)を作成し検証した。本来は、類推の対象領域が状況変化を起こし、これに適合・追従するように制御知識が学習される。しかし今回は学習部分のみのため、状況変化の代用が必要となる。よって以下は、類推の対象ではないことに注意されたい。

モデルを交通系にたとえる。経路条件(rc0:橋、rc1:信号～rc9:商店街)とその渋滞への影響度合いが設定された4つの経路(r1～4)がある。問題は車(g1～30)が独自に一つの経路を選択することである。この際【渋滞度が予想でき、かつ、空いている経路】をテーマとする。車はAタイプ・Bタイプの知識を持つ(fig.2)。Aタイプ知識は経路条件の組合せである。車はいくつかの組合せを持ち、組合せ毎にテーマに対する有効性に応じた適合度が記される。この知識が制御知識に該当する。Bタイプ知識はその車が最近の3回その経路を選択した時、実際にその経路を選択した車の台数である。両知識とも各車独自のものである。経路選択の手順を下記に示す。経路選択を全車一斉に行なう。

- 1) Aタイプ知識から適合度に応じた確率で一つの組合せを選ぶ。
- 2) 1の組合せと各経路の経路条件との対応から、渋滞への予想影響度を経路毎に計算する。
- 3) 2の値とBタイプ知識の経路毎の平均台数とを乗じ、経路毎の予想渋滞度を計算する。
- 4) 予想渋滞度の最も空いている経路を選択する。
- 5) 4の経路について、経路に設定された経路条件の影響度合いの合計と、その時その経路を選択した車の総数を乗じ、実際の渋滞度を計算する。
- 6) 4の予想渋滞度と5の実際の渋滞度の差から経路選択の成否を判定する。
- 7) 6の成否により今回用いた組合せの適合度を修正する。
- 8) 1にもどる。

4.2 状況変化の代用

交通系では各車の経路選択が状況変化を起こす。一つの経路に多数の車が集まれば渋滞を起こす。つまり、ある経路の条件に対応する A タイプ知識であっても、渋滞によって有効性が変化する。よって、評価関数が集団の内部状態によって変化する。この点が一般的 GA と異なることに注意されたい。

4.3 学習の評価

学習機構は、以下の点を満足しなければならない。

- 1) その時々において、他車の動きをみて、A タイプ知識を使い分けること
- 2) 全経路に対応する A タイプ知識を（再）構成し、状況により適合度を最適に設定すること

4.4 GA の動作

GA は、遺伝子内の Bb (の候補) を強く意識するよう工夫した。一車を一個体としその A タイプ知識を遺伝子とした。A タイプ知識内の組合せを一つの Bb の候補とし、組合せの適合度をそのまま Bb としての適合度にした。そして、適合度の高い Bb を持つ遺伝子を交差の親とし、低い Bb を突然変異の対象とする傾向を持たせた (fig.3)。

これにより、【適合度が高い Bb からなる遺伝子をその状況で有効な制御知識として類推機構に適用する】ことができる。

4.5 結果・考察

「30 車、経路選択 400 回中 9 回毎に GA の世代交代、経路条件 r1[橋, 道幅, 警察], r2[橋, 道幅, 学校], r3[橋, 信号, 駅], r4[橋, 消防署, 警察]」(渋滞への影響度合いはすべて同じ)」を 1 集団として 5 集団の実験を行なった。学習メカニズムの良否を調べるために、各車の動きの分析が必要である。評価項目を完全に満たすには至っていないが、部分的に満たそうとする車が現れた。学習機構への起点である。一例を fig.4 に記す。この状況は、r3 に完全に対応する Bb[橋, 信号, 駅] が集団内に広がり r3 が渋滞をおこし始めたという変化を含む。これに対しこの車は n=45 では Bb[橋, 信号, 駅] で r3 を選択し、この Bb の適合度を高めていたが、n=48 からは渋滞のため低下している。そして別の Bb[道幅, 学校] を使い r2 を選択するようになる。Bb[道幅, 学校] は r2 と部分的に対応し適合度を高める。この車は、状況変化に追従し Bb (A タイプ知識) をうまく使い分け (評価項目 1)、適合度を状況にあうように設定している (評価項目 2)。しかし、図には現れていないが、この後 Bb[橋, 信号, 駅] の適合度が極度に低下し、死滅状態になってしまった。

4.6 改善点

Bb の適合度の低下が極度すぎる。次の状況で有効になる可能性があるため、ある程度の適合度を保ち適宜使い分けるように改善を要する。また空間の広さに対する実時間性にも検討を要する。

5まとめ

類推の制御知識を状況変化に追従し獲得する学習機構の構築を試みた。実験的に検証し改善点を含むが起点を得た。

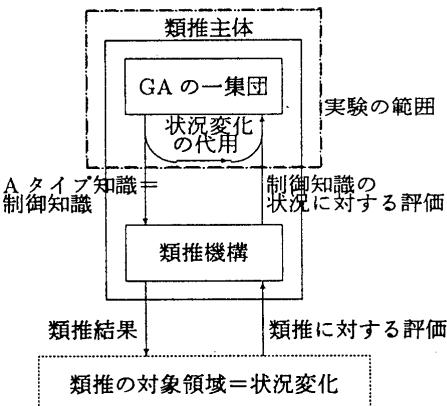


fig.1 類推推論全体

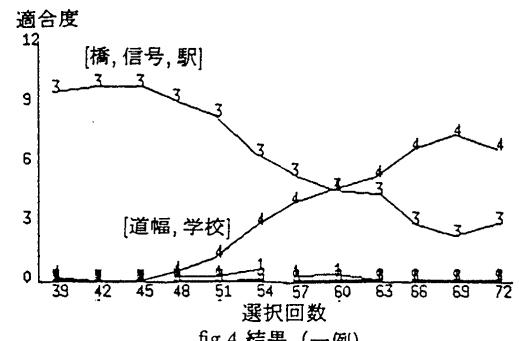
A タイプ知識
 $g([[\text{橋}, \text{看板}, \text{歩道}]-5, [\text{陸橋}, \text{歩道}]-2])$
 ・ [橋, 看板, 歩道] の組適合度 5、以下同じ。

B タイプ知識
 $gr([7, 13, 5], [4, 5, 12], [9, 7, 9], [8, 12, 2])$
 ・ r1 について 7 台, 13 台, 5 台だった。以下同じ。

fig.2 A タイプ知識 B タイプ知識

交差	突然変異
$g([\text{橋}, \text{看板}]-6, [\text{歩道}]-2)$	$g([\text{坂}, \text{看板}]-3)$
\times	\downarrow
$g([\text{駅}, \text{道幅}]-6, [\text{山}, \text{看板}]-2, [\text{坂}]-1)$	$g([\text{橋}, \text{看板}]-1)$
\downarrow	
$g([\text{橋}, \text{看板}]-x, [\text{駅}, \text{道幅}]-y)$	

fig.3 遺伝的操作



参考文献

- [1] 松原 仁
“フレーム問題への対応という視点からみた類推モデルの考察” 人工知能学会研究会資料 SIG-KBS-9102-2(9/11) 他一連の文献
- [2] 中島秀之
“状況依存性からみた知能像” 日本認知科学会 第 8 回大会 発表論文集 1991
- [3] Jaime G. Carbonell
“類推学習：過去の経験による計画の定式化と一般化” (知識獲得と学習シリーズ 2 R.S.Michalski 電総研人工知能研究グループ訳 学習と問題解決 第 1 章)