

## 1D-7

## A B R -- 意識情報を用いた推論方式の提案

広沢 誠

新世代コンピュータ技術開発機構

## 1. はじめに

現在の推論システムには、計算可能性という課題と、解の非決定性、解の状況非依存性という問題がある。

計算可能性という課題は、資源の有限性に起因している。無限の計算速度と、記憶を持つのであれば推論システムは論理的全知(logical omniscient)であるが、現実には知識と処理の部分性[1]により、推論システムの知りえる知識は限られてくる[2]。

解の非決定性とは、現在の推論システムにおける以下の問題のことである。(1) 演繹において、複数の解が得られる時にどの解が最適なものあるかを決定できない(2) デフォルト推論においてどのExtensionを採用するかを決定できない。(3) 類推において、類推の対象をどの知識にするかを決定できない。類推を基礎技術とする事例推論[3]において得られる解と、Extensionの関係についての示唆が[4]でされている。

解の状況非依存性とは、推論システムが置かれている状況や、問題のコンテキストに合った適当な解を推論することができないことである。また、陽に知識として表現できないユーザの嗜好に依存した推論ができないことである。前者を解決する試みとしては、状況理論、後者を解決する試みとしてはフジイ論理、ニューラルネットワーク等がある。

本論文では、上記の問題に対処できる推論システムの枠組みであるA B R(Awareness-based Reasoning)を提案する。A B Rは、意識情報(各知識をどれだけ強く推論システムが意識しているかについての情報)を管理するAMS(Awareness Maintenance System)と、これを用いて推論を行う推論機構により構成される。そして、例として、A B Rの類推への適用を示す。

## 2. A B Rの構成

A B Rは、AMSと推論機構により構成される。意識情報(以下、Awarenessと呼ぶ)がコンテキストの違いに対応して複数個ある場合にはAwarenessを切り替える機構がAMSに必要な。本論文においては推論機構を中心にA B Rを説明する。

## 2.1 AMS

## (1) Awarenessの割り当て

A B Rでは、述語論理におけるobject定数(以下objectと呼ぶ)、predicate定数(以下,predicate)、リテラル、そして、ルール(normal rule, default rule)をエレメントと呼び、これに対して0から1の値を割り当てる。この値をAwarenessと呼び、xにAwarenessを割り当てる関数をA(x)とする。

## (2) Awarenessの更新

AMSは、A(x)の値を、推論機構やユーザなどから、入力された知識の周辺を活性化、非活性化させることにより更新する。

活性化は、(a) A B Rが外部から獲得した知識、(b) 外部からの質問に対して解答する時の推論パス上の知識よりnステップの推論を行った時にアクセスするエレメントのAwarenessを高めることである。非活性化は、A B Rが示した解が

不相当であるとユーザより入力された場合に、その解を導いた時の推論パス上の知識よりmステップの推論を行う時にアクセスするエレメントのAwarenessを下げることである。

この活性化と非活性化は、推論システムが注目(意識)している知識のパターン(Awareness)を、置かれている状況や、問題のコンテキストを反映するように適合させていくことをモデル化したものである。

## (3) コンテキスト(多重 Awareness 間)の切り替え

複数のAwarenessをAMSが管理している場合は、推論システムが置かれている状況や、問題のコンテキストを反映するように適当なAwarenessに切り替える必要がある(コンテキストの切り替え)。コンテキストの切り替えとしては、以下の3つの手段を検討中である。

- (1) ユーザによるコンテキストの選択
- (2) 推論システム主導によるユーザよりのコンテキスト獲得
- (3) ユーザによるコンテキストの提示(ex. 国語の読解問題)

## 2.2 推論機構

推論機構はA B Rが管理している知識のAwarenessを利用して推論を行う。推論は、Awarenessの利用法により、Type1とType2に分類される。

## (1) Type1の推論

Type1の推論では、Awarenessを推論に用いる知識を制限するために用いる。つまり、推論機構はAwarenessがしきい値以上の知識(AK: Awaired Knowledge)のみを用いて推論を行う。

default ruleがない場合には、全てのAKを用いて推論を行えばよい(関連した研究として[5]がある)が、default ruleがある場合には、次のように推論を行う。

## (a) Step1

AKに含まれるdefault ruleの中に明らかに矛盾するルール群がある場合には、Awarenessが最高であるルールを他のルールをAKより削除する。例えば、 $p \rightarrow q$ と $p \rightarrow \neg q$ がAKに含まれており、 $A(p \rightarrow q)$ が0.8、 $A(p \rightarrow \neg q)$ が0.7である場合には、 $p \rightarrow \neg q$ をAKより削除する。

## (b) step2

AKに含まれるdefault ruleをAwarenessの大きさによりprioritizeした後にprioritized default reasoning[6]を行う。

Type1の推論では、複数の矛盾するdefault ruleがある場合にも、Extensionが1つだけに決まるという性質を持つ。Extensionが1つの場合に複数の解答が導かれた場合には、Awarenessが大きい方を最適解とする。例えば、MihoとShizukaが解である場合に、以下の関係が成り立てば、Mihoを最適解とする。

$$A(\text{Miho}) > A(\text{Shizuka})$$

更に、AKをAwarenessのしきい値を減らしていくことにより段階的に増やすことが可能であることを利用して一種のIterative Deepeningを行なうことができる。

これにより、有限資源内での推論が有効に行なわれる。

## (2) type2 の推論

Type2 の推論は Awareness を AK を選ぶためだけでなく、その推論の過程においても用いる。例えば、Like(Shizuka, Beer), Like(Miho, Wine) という知識を持っている場合に、Like(Yuki, x), Liquor(x) ? という質問があったとしよう。この時、 $A(\text{Miho}) * A(\text{Like}(\text{Miho}, \text{Wine})) * A(\text{Wine})$  が  $A(\text{Shizuka}) * A(\text{Like}(\text{Shizuka}, \text{Beer})) * A(\text{Beer})$  より大きければ Wine が解として最適であると推論する。

## (3) 2つの推論の使い分けについての考察

場合に応じて、2つの推論を使い分けることができる。Type2 の推論は、Type1 の推論とは異なり、意識のパターン情報を推論過程にも用いているという意味で、より人間に近い推論であるといえる。したがって、類推や CBR (Case-Based Reasoning : 事例に基づく推論) に向いてような人間に近い推論の際に Type2 の推論より有効である。

## 3. 類推への適用

Type2 の推論を類推に適用する。例題としては以下の "由貴さんが好きなお酒" に関する問題を考える。

由貴さんが好きなお酒 : 誠君は、大好きな由貴さんをデートに誘うために、由貴さんの一番好きなお酒を知っておく必要があると思った。誠君は、調べても判らなかつたので、静香さん、美穂さん... がどのお酒を好きかという知識を用いて類推をする。この時、以下の情報があるとする。

$$A(\text{Miho}) * A(\text{Like}(\text{Miho}, \text{Wine})) * A(\text{Wine}) = 0.8$$

$$A(\text{Shizuka}) * A(\text{Like}(\text{Shizuka}, \text{Beer})) * A(\text{Beer}) = 0.6$$

ここでは、類推とは、 $P(x, y)$  という形の述語がある場合に、 $x = A1$  とした時に、 $R(y)$  を満たす  $y$  を見つける推論であるとする。類推は、 $P(A1, B1)$  という知識があり、 $Qj(A1)$  と  $Qj(Ai)$  が共に満たされる場合に、解が  $B1$  であるとする推論する。ここで、 $Qj$  は、知識ベースに存在する述語の連言である。類推を、以下のデフォルトルールとして表現することができる。

$$\frac{P(Ai, y) \wedge R(y) \wedge Qj(A1) \wedge Qj(Ai)}{P(A1, y)}$$

推論は、類推に用いる知識を選択するステップと、解候補を上記知識を生成するステップと、最適解を選択するステップにより構成される。例題を用いて説明を行う。例題で解くべき問題は、Like(Yuki, x), Liquor(x) ? である。

### (1) 知識選択ステップ

$Ai, Qj$  や、推論に用いる知識を、Awareness を用いて選択するステップである。例えば、 $Ai$  として、Shizuka, Miho,  $Qj$  として、Female, Japanese, Female  $\wedge$  Japanese を選択する。

### (2) 解候補生成ステップ

各デフォルトルールと、選択した知識により、 $P(A1, y)$  を満たす  $y$  を生成するステップである。例えば、Like(Yuki, y) を満たす  $y$  の候補として、Beer, Wine を生成する。

### (3) 最適解選択ステップ

$Qj$  を満たすオブジェクトがどれだけ多く、そして強く (Awareness が大きい)  $P(A1, y)$  を満たしているかにより、最適な  $y$  を選択する。Prefer( $y1, y2$ ) で  $y1$  が  $y2$  より答えとして適当であることを示す関係であるとする。最適解  $y1$  は、以下の式により求められる。

$$\neg \exists y \text{ Prefer}(y, y1)$$

Prefer( $y1, y2$ ) の決定アルゴリズムは、推論システムの用

途に合わせたものを採用することができる。ここでは、Prefer( $y1, y2$ ) として以下のものを採用する。

$$\text{Prefer}(y1, y2)$$

$$= \text{true if } ((\text{Pre}(y1, Qj) - \text{Pre}(y2, Qj)) \geq C_{\text{Prf}})$$

$$= \text{false (others)}$$

Pre( $y, Qj$ ) は、 $Qj$  を満たす object  $Ai$  が  $P(Ai, y)$  を満たしている割合を  $A(Ai) * A(P(Ai, y)) * A(y)$  で重みで加重して平均して求めたものである。 $C_{\text{Prf}}$  は定数である。 $Qj$  は、特殊なものから用いていき、これで最適解がきまらない場合には、これより一般的な  $Qj$  を用いて決定していく。例題では、最も特殊な Female  $\wedge$  Japanese をまず  $Qj$  として用いる。これで最適解が見つからなければ、Female または、Japanese を用いる。

例題で、 $C_{\text{Prf}}$  を 0.1 とすると、 $Qj$  を Japanese  $\wedge$  Female とした時に、prefer(Wine, Beer) となるので、Like(Yuki, Wine) が解となる。

## 4. 考察

Like(Yuki, Wine) が解として求まるのは、以下の知識を知識選択ステップで選択しなかった (意識していなかった) からである。

$$\text{Mormon}(Yuki), \quad \frac{\text{Mormon}(x) : M \neg \text{Drink}(x, y)}{\neg \text{Drink}(x, y) : M \neg \text{Like}(x, y)}$$

この知識を意識していたならば、Like(Yuki, Wine) を導きだせないのに対して、ABR はこれを導いてしまうので、このことは、ABR の欠点であるように思えるかもしれない。しかし、人間の推論機構の特徴は、状況、コンテキスト、嗜好に合わせて、矛盾を含む知識より適当な知識を切りだして、これを用いて推論を行うということを考えると、重要ではないモルモン教徒に関するルールを、あえて用いないことができるのは ABR の特長であると評価できる。

## 5. おわりに

本論文では、環境やコンテキスト、ユーザの嗜好を反映した推論システムの枠組みである ABR を提案した。ABR は、適切に限定した知識を用いて推論することにより、有限資源内での問題解決という課題と、状況などに合わせて最適な解を求めるという課題を解決する試みである。したがって、ABR が有効なものになるか否かは、適切な Awareness の更新ができるか否かにかかっている。これからは、Awareness の更新の方法、コンテキストの切り替え等について詳細な検討を行っていく。

## 参考文献

- [1] 橋田 浩一 "制約と言語", ディスコースと形式意味論ワークショップ論文集 161-170 ソフトウェア科学会 (1988)
- [2] Fagin, R and Halpern, J.Y "Belief, Awareness, and Limited Reasoning", Artificial Intelligence 34 (1988) 39-76
- [3] Kolodner, J (ed.) "Proceedings of a Workshop on Case-based reasoning" (1988)
- [4] Koton, P and Chase, M.P "Knowledge Representation in a Case-based reasoning system: Defaults and Exceptions", KR89'
- [5] Crawford, J.M and Kuipers, B "Toward a Theory of Access-limited logic for Knowledge Representation", KR89'
- [6] Brewka, V.G "Nonmonotonic Reasoning: From Theoretical foundation towards efficient computation" Doctor thesis Hamburg Univ. (1989)