

7C-2

あいまいさを含む時間概念の表現と推論

高橋 勝彦 井上 雅夫 井村 英夫  
同志社大学

1.はじめに

談話理解や予測などの問題を解決する際、時間に関する知識を考慮しなければならない場合がある。今までに、エキスパートシステムなどの機能として組み込むために、様々な時間概念の表現/推論方法が提案されている。しかし、人間の思考において時間概念はあいまいさを含む場合が多く、特に言葉で表現される知識はあいまいなものが多い。例えば、「自動車で1時間ぐらいかかる」、「3時頃までに着きたい」などという場合、その時間量や時刻は幅を持つものであり、特定することはできない。そこで本稿では、日本語の表現におけるあいまいな時間に関する知識を表現/推論する方法をファジィ理論をもとに提案する。また、時間にもなう距離や速度に関する知識にも、あいまいさを取り入れた時間推論の支援システムについて検討する。

2.定量的な時間の表現

2.1.時刻の表現

例えば、「3時頃」というような概念は、ファジィ表現を用いると次のように表わすことができる。

[0/2時50分, ..., 0.4/2時55分, ..., 1/3時, ..., 0.4/3時5分, ..., 0/3時10分]

これを、計算機上で次のように表現する。

interval [ 2時50分, 3時10分 ]

vector [ 0, 0.1, 0.4, 0.9, 1, 0.9, 0.4, 0.1, 0 ]

つまり、その時刻の前後10分を区間とし、凸形のメンバーシップ関数をベクトルで表わす。

2.2.時間量の表現

「3分ぐらい」というのと「3時間ぐらい」というのでは、そのあいまいさの程度は違う。そこで、あいまいな量は時間量に比例すると考え、時間量の±1/6を区間とし、時刻と同様に凸型関数をあてはめる。

2.3.イベントの時間に関する表現

あるイベントにおける時間の知識は、時刻、時間量及びその状態によって次のような関数で表現する。

event ( P, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, D )

これは、「イベントPは、時刻T<sub>1</sub>で、Dの状態(未来,過去,継続,時点)で、時間量T<sub>2</sub>続く」という意味である。

3.相対関係の表現

3.1.時刻の相対関係

日本語の表現における相対関係として、時刻X, Yについて、次のようなものが考えられる。

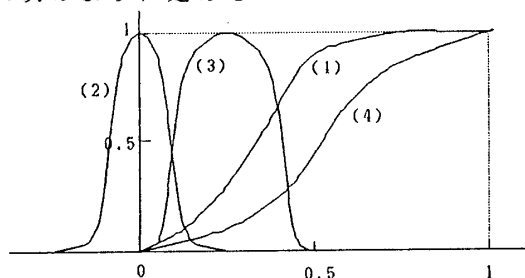
- (1) XはYよりも遅い。
- (2) XとYはほぼ同じ。

また、(1)の関係の程度を表現したもので、

(3) XはYよりも少し遅い。

(4) XはYよりもとても遅い。

というも考えられる。従って、(1),(3),(4)の逆関係を含め、7種類の関係があり、それぞれ次のように定める。



これらを計算機上でファジィ関係として、行列で表現する。例えば、(2)は次のように表わす。

$$\text{matrix} \begin{bmatrix} 1, & 0.8, & 0.2, & 0, & 0, & 0, & 0, & 0, & 0 \\ 0.8, & 1, & 0.8, & 0.2, & 0, & 0, & 0, & 0, & 0 \\ 0.2, & 0.8, & 1, & 0.8, & 0.2, & 0, & 0, & 0, & 0 \\ 0, & 0.2, & 0.8, & 1, & 0.8, & 0.2, & 0, & 0, & 0 \\ 0, & 0, & 0.2, & 0.8, & 1, & 0.8, & 0.2, & 0, & 0 \\ 0, & 0, & 0, & 0.2, & 0.8, & 1, & 0.8, & 0.2, & 0 \\ 0, & 0, & 0, & 0, & 0.2, & 0.8, & 1, & 0.8, & 0.2 \\ 0, & 0, & 0, & 0, & 0, & 0.2, & 0.8, & 1, & 0.8 \\ 0, & 0, & 0, & 0, & 0, & 0, & 0.2, & 0.8, & 1 \end{bmatrix}$$

3.2.時間量の相対関係

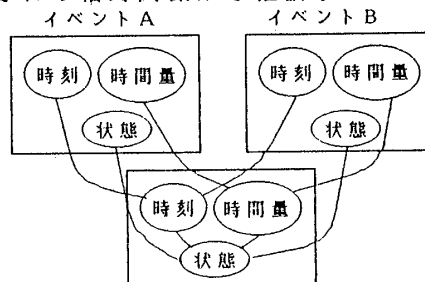
時間量の相対関係も時刻と同様、次のような関係が考えられる。

- (1) XはYよりも長い。
- (2) XとYはほぼ同じ。
- (3) XはYよりも少し長い。
- (4) XはYよりもとても長い。

これらも時刻の相対関係と同じように、逆関係を含め7種の行列で表現する。

3.3.イベントの相対関係

Allen[1]は時区間の前後関係を定性的に定義し、それを基本とした推論システムを確立している。ここでは、時区間をイベントとして捉え、時刻と時間量に分けて、時間量の状態を含めて考慮している。従って、イベントの相対関係は、それぞれの相対関係から推論することができる。



AとBの関係の相対関係

4. 推論

4.1. ファジィ推論

時刻, または時間量の相対関係はファジィ関係とみなせるので, 以下のようなファジィ関係方程式を導入する.

$$B = A \circ R$$

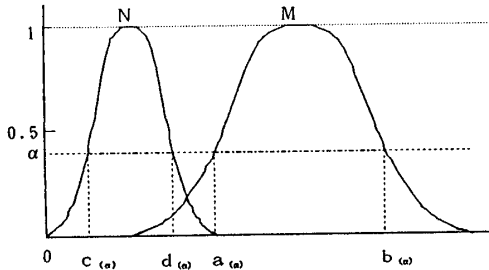
$$= \bigvee \{ \mu_A(x) \wedge \mu_R(x, y) \}$$

$\mu_A(x)$ : Aにおけるxのグレード  
 $\mu_R(x, y)$ : xとyの関係の強さ

これは, 最も代表的なmax-min合成である.

4.2. 相対関係の推論

ファジィ関係方程式において, 二つのベクトル表現のファジィ集合からファジィ関係Rを算出する方法として, いろいろ考えられているが[2], その算出された行列はどれも直感的に判断しにくい. ここでは, その関係は前述の7種類のうちのどれかに判断できれば良いとする. そこで, 次のような処理を行なう.



ファジィ集合M, Nの0.1から1までのグレードαでカットを行い, それぞれの区間を

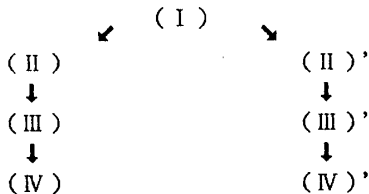
$$M(\alpha) = [a(\alpha), b(\alpha)]$$

$$N(\alpha) = [c(\alpha), d(\alpha)]$$

とし, 次の計算を行なう.

$$V = \sum_{\alpha=0.1}^1 [\alpha * \{ (a(\alpha) - c(\alpha)) + (b(\alpha) - d(\alpha)) \}]$$

このVの値によって次のような流れで判断する.



対象が時刻の場合, 以下のような推論ができる.

- (I) |V|が小さい → MとNはほぼ同じ
- (II) Vが正で比較的小さい → MはNより少し遅い
- (III) Vが正で大きい → MはNよりとても遅い
- (IV) Vが正 → MはNより遅い
- (II)' Vが負で比較的小さい → MはNより少し早い
- (III)' Vが負で大きい → MはNよりとても早い
- (IV)' Vが負 → MはNより早い

4.3. 速度と距離との関連

時間を取り扱う上で関わりを持つのが速度と距離である. その関係は,

$$\text{距離} = \text{速度} * \text{時間}$$

であるので, 時間にあいまいさを取り入れると,

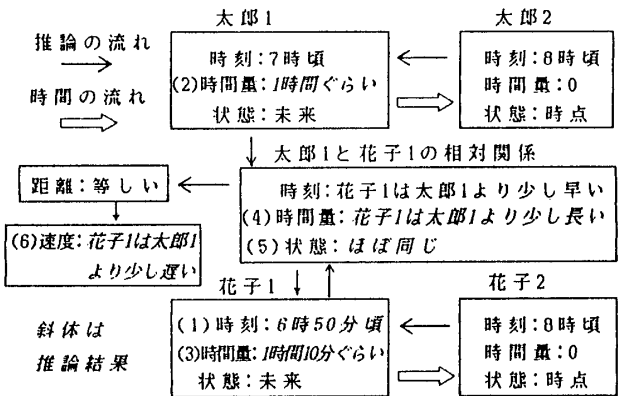
必然的に速度と距離にもあいまいさが生じる. 従って, 速度と距離にも時間と同様な概念を用いて, 表現/推論を行なう. 実際は, 時間量とほぼ同じような概念で処理ができる.

5. 具体的な適用例

例えば, 次のような文章から時間に関する知識の表現と推論を行なう.

- (I) 「太郎は7時頃家を出た」
- (II) 「花子は太郎よりも少し早く家を出た」
- (III) 「二人はほぼ8時に学校に着いた」

これらは, 太郎と花子のイベントからなる知識である. これから, 次のような時刻や時間量に関する推論が可能である.



推論の流れは次のようになる.

- (1) 太郎1の時刻と二人の時刻の相対関係より, 花子1の時刻がわかる.
- (2) 太郎1の時刻と太郎2の時刻から太郎1の時間量がわかる.
- (3) 花子1の時刻と花子2の時刻から花子1の時間量がわかる.
- (4) 太郎1と花子1の時間量から二人の時間量の相対関係がわかる.
- (5) 太郎1と花子1の時刻/時間量の相対関係, 及びそれぞれの状態から, イベントの相対関係は, ほぼ同じだということがわかる.

また, 二人の家と学校との距離が等しいとすると, 以下の推論も可能である.

- (6) 二人の時間量の相対関係と距離が等しいということにより, 「花子1は太郎1より少し遅い」となる.

6. おわりに

時間推論にあいまいさを取り入れることにより, 柔軟な表現や推論が可能になった. その反面, 矛盾チェックがあいまいになり, 厳密な判断が難しくなる. また, 時間に関する知識の他, 速度や距離の概念を取り扱おうとすると, 処理量が増加するため推論の効率をいかに高めるかが今後の課題である. また, 時間推論に限らず日本語で表現される知識の推論に応用していきたい.

7. 参考文献

[1] Allen, J.F., Towards a General Theory of Action and Time, *Artificial Intelligence* 23(1984)123-154.  
 [2] 水本, 最近のファジー理論, *情報処理* 29(1) (1988)11-22.