

時間的表現を伴う信念と意図の知識表現による推論

1 M-3

伊藤丈朗, 乾伸雄, 小谷善行

東京農工大学 工学部 電子情報工学科 コンピュータサイエンスコース

1 はじめに

人間の信念や意図などの知識表現に時間が関与する場合に行う推論では、その知識の更新のために、様々な時間的表現の性質が関わってくる。本論文では、様相が与えられる動作に、他の動作や「明日」などの語で時間的制限をするために、「日」などの単位で与えた区間や、それらの前後関係で区間を定義し表現した。

2 時間的表現の分類

時間的表現は運用上、時点、時間の関係を表すものと、時点や時間的範囲などの、ある特定の時間を表すものに分かれる。時間表言語から知識を増やしていき、その後の時間経過による表現の変化をさせた推論結果を求めることを考える。

3 知識表現について

作成した知識表現は大きく様相論理、述語論理を用いた表現、時間に関する表現に分かれ、その組み合わせでの表現となる。

3.1 様相・述語論理による表現

本論文での知識表現は、様相論理、述語論理を用い、それらに時間関係を与えたものである。「信じている(believe)」という様相を B で、「意図している(intend)」を I で表す。

$$(Fs t_{rk} p) \equiv \phi$$

$$F: B, I$$

s : 人物, t_{rk} : 信じた、意図した時点(k :自然数)

p : 述語論理による文内容の記述

F, p, ϕ に対しては次の論理接続子を利用する。

\neg : 否定, \wedge : 連言, \vee : 選言, \supset : 含意, \equiv : 等値

また、 ϕ については他人に対する信念などの

ために、 ϕ どうしの入れ子になるものとする。

$$(Fs t_{rk} \phi) \equiv \phi_2$$

様相を中に含まない場合は、 p どうしの前後関係や、 p の成り立つ時間を T_p で表す。

$$(Fs t_{rk} (p T_p)) \text{ または } (Fs t_{rk} (p t_p))$$

t_{rk} : 各様相が成り立つ時点を表す

$$T_p = (t_{ps}, t_{pe})$$

t_{ps} : p が成立する時間の始点

t_{pe} : p が成立する時間の終点

t_p : p が成り立つ時点

t_{rk} どうしの関係を T_r で表すと二つの論理式の $k=1, k=2$ のときの時間の関係は $(t_{rk} T_r t_{rk})$ と表すことができる。

$T_r = (t_{rk} \{>, =, <\} t_{rk})$: $\{t_{rk}$ が t_{rk} より後、 t_{rk} と t_{rk} が同時、 t_{rk} が t_{rk} より前}

t_{rk} と t_{rk} の間隔を $(t_{rk} \text{ interval } t_{rk})$ のように書く。この時間間隔のための単位について 3.2.1 で示す。

また t_{ps} と t_{rk} 、 t_{pe} と t_{rk} についても T_r により時間関係を示す。

3.2 時間関係からの時点の決定

T_p は t_{rk} から見た形の相対的な表現か、時刻や日付など絶対的な表現である。両者を記述していった時間関係に反映させる場合、それらの「～日後」や「～日に」といった表現どうしがお互いのどこに当たるのか参照しあえる必要がある。「今日」、「明日」などの表現は日単位の表現であり、それ以下の単位の「今日」、または「今日」という区間に含まれる「今」を基準とする相対的な表現である。どれかの t_{rk} を「今」と決定してすることで他の t_{rk} が決定する。その決定を $t_{rk} \in \text{今}$ として表す。単位の大小に伴って、現在の時間である t_{rk} が「今」であるなら「今日」、「今日」であるなら「今週」というような関係が成り立つ。

3.2.1 時間単位について

時間間隔 interval が記述できる場合は、年、月、週、日、時間、分、秒などの一定の時間単位を用いて表す。これらは 7 日間が一週間であるように区間による区間の定義がなりたち、単位の大小間の繰り上がりなどによる互いの同じ区間量を持つ。

3.3 p を時間表現の語で制限する場合

$(Fs t_{rk} (p T_p R_j))$

$R_j = \{\text{before, till, after, during}\}$: T_p に対する制限
例えば「太郎は今日までに実行する」という場合である。

T_p が t_{rk} に対して「今日」という範囲であり、その日「まで」という場合には $R_j = \text{till}$ として表す。 $(t_{rk} \leq t_{pe})$, $(t_{ps} \text{ interval } t_{pe}, \text{ 一日})$, $t_{rk} \in \text{今}$ という時間関係となる。

3.4 p を別の p で制限する場合

次の文のような時間制限を持つ p についての意図を考える。

「太郎は次郎が食事を終えるまで待つことを意図している。」

$p_1 = \text{待つ(太郎)}$, $p_2 = \text{食事する(次郎)}$ であるが、 p_1 についての (p_{1s}, p_{1e}) 、 p_2 についての (p_{2s}, p_{2e}) が用意される。それらの動作のどの段階を適用するかを P で表す。 P についてを 3.4.1 に示す。

3.4.1 動作についての時点の指定

$P = \{\text{begin, while, end}\}$

$P(p)$ でそれぞれ、 p を「し始めた」、「している」、「し終えた」時点を指す。

$(I \text{ 太郎 } t_{rk} (P(p_1) P(p_2) R_2))$

$R_2 = \{\text{before, after, within, then}\}$

：「まで」、「以降」、「の内に」、「のとき」

p_1 に関しての p_2 の制限の仕方を表す。

$(I \text{ 太郎 } t_{rk} (\text{end}(\text{待つ(太郎)}) \text{end}(\text{食事する(次郎)}) \text{then}))$

4 時点の関係と様相からの意味

・信念について^{[1][2]}

その否定を信じる $(Bs t_{rk} (\neg p T_p))$

単に信じてはいない $\neg (Bs t_{rk} (p T_p))$

という状態などとの競合が起きるまで、その信念が持続するものとする。

・意図について

意図については時間的な限界がある。

$(Is t_{rk} (p T_p))$

時点 t_p に p が成立することを意図している。

$t_{rk} < t_{ps}$ のとき

将来 p であることを意図している。

$t_{ps} < t_{rk}$ のとき

p が不成立であれば意図が不実現

5 時点が更新される場合への利用

次の文について時間が進み、各時点の表現を更新する場合を見てみる。

「太郎は、明日花子が来ると信じている。」という文に対して日付が一日進んだ場合は次のようになる。

(B 太郎 t_{r1} (来る(花子) 明日))

ここでの「明日」という期間と t_{r1} の関係を表すために、同じ「日」を単位とし、 t_{r1} を含む語である「今日」との関係により、次の条件を持つ。

$(t_{p1} < t_{r1})$, $(t_{r1} < t_{p2})$, $(t_{p1} \text{ interval } t_{p2} \text{ 一日})$

ここでの「明日」はここに様相が与えられた時点である t_{r1} から見てということになる。この次に花子が来た場合にそれが t_{r1} についての明日になったかどうか分かる必要がある。各語の更新にあたり (B 太郎 t_{r2} (来る(花子) T_{p2})) となる t_{r2} 、 T_{p2} を用意する。それを $t_{r2} \in \text{今}$ として t_{r1} 、 t_{p1} 、 t_{p2} 間の前後、間隔単位の関係から t_{r1} への関係語を導く。

6 終わりに

信念、意図などの様相演算子に対し、時間的表現語を用いた時間関係の推論を行うための知識表現に対する提案をした。今後システムとして実装を行う。

参考文献

[1] 磯崎秀樹：信念とコミットメントの変更 p に関する時間推論, 人工知能, 79-2, 1991.
[2] 磯崎秀樹：エージェント指向プログラミングの実現に向けて 他社の信念の推定法, コンピュータソフトウェア, Vol.14 No.4, pp.19-32, 1997.