

時区間論理に関する一検討(4)

2C-4

橋本 和夫 丸田 浩二 浅見 徹  
国際電信電話株式会社研究所

1 はじめに

区間論理は、もともと自然言語のテンスとアスペクトの時間的な意味を、形式意味論で規定するために提案された論理であり、命題の真偽値を時区間上で定義する論理体系である。最近では推論方式の研究においても、時間関係を陽に含む推論が注目されており、区間論理にもとづいて時間を区間として量子化し、その上で時間の順序関係や数量関係を論じようとする試みが進められている[3],[4],[5]。

これまでに提案された区間論理は、時区間の関係を論じる側面だけを強調するものが多い。しかし、時間の量子化は必然的に物質領域や空間領域での量子化をもたらすため、意味解釈の定義の中で時間だけを区間で扱うことには理論的な無理がある。本稿では、区間論理の問題点を指摘し、その解決方法について検討する。

2 区間論理の問題点

2.1 空間領域と時間領域の記述の関係

Dowty [2] は、 $BECOME(\phi)$  を  $\neg\phi$  から  $\phi$  への状態変化を意味する命題として、その解釈を区間論理上で次のように与えている。

- (1)  $BECOME(\phi)$  is true at  $I$  iff
  - (a) there is an interval  $J$  containing the initial bound of  $I$  such that  $\neg\phi$  is true at  $J$ ,
  - (b) there is an interval  $K$  containing the final bound of  $I$  such that  $\phi$  is true at  $K$ , and
  - (c) there is non-empty interval  $I'$  such that  $I' \subset I$  and conditions (a) and (b) hold for  $I'$  as well as  $I$ .

Dowty は (2) のように単純な状態変化としては記述できない文章の意味を、 $BECOME$  を用いて分析した。

- (2) John walked from the Post Office to the Bank.

ここで、 $P$  は John が郵便局にいる状態を表し、 $B$  は John が銀行にいる状態を表すものとする。このときの状態変化の時間的關係は以下のように表すことができる。Dowty は、(2) の状態変化は、

- (3)  $BECOME(\neg P) \wedge BECOME(B)$

と解釈されるべきだとした上で、(3) の解釈が成り立つ時区間は、(1) の  $BECOME$  の定義から一点しかなく、それより長い時区間で John が郵便局から銀行へと移動した場合に、適切に解釈できなくなると述べている。

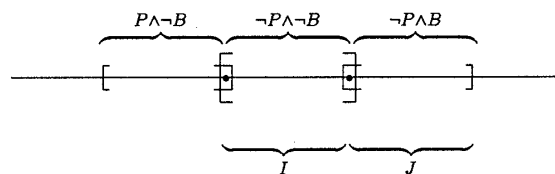


図 1: 例文 (2) での状態変化

2.2 物質領域と時間領域の記述の関係

上記の問題と類似した問題は、物質領域の記述にも現われる。

- (4) John drank a glass of beer.
- (5) John built a house.

(4) では、 $P'$  をグラスがビールで満たされている状態、 $B'$  をグラスが空の状態に対応させると、図 1 で John walked from the Post Office to the Bank に対して与えた時間関係と同じになる。(4) は、量 (a glass of) が指定された物質名詞 (beer) と時区間の関係であり、飲む (drink) に対するビールの量の関係が、(2) での歩く (walk) に対する移動距離 (郵便局から銀行まで) の関係に対応する。

(5) は、要素の全体を示す加算名詞 (a house) と時区間の関係であり、(4) ほどわかりやすい対応関係ではない。ここでは、家は、天井、壁、窓、... 等々、様々な構成要素からなるものとし、そのような要素(部分) からなる全体として家を認めることにする。指定される家が存在しない状態を  $P''$ 、存在する状態を  $B''$  に対応させる。この場合、 $\neg P'' \wedge \neg B''$  は、「家が立ち始めてしまったため、家(の部分)が存在しない訳ではない、しかし(完成した)家が存在する訳でもない」という状態を表す。

この前提のもとでは、(5) の状態変化は (3) と同様に与えられるので、家が立つという状態変化  $\neg P' \wedge \neg B'$  は、一点でしか成り立たなくなる。しかし、家が立つというイベントは瞬間的に成り立たないため、適切な解釈ができない。

3 検討

これらの問題を記述法上の問題とするならば、 $BECOME$  や  $\wedge$  の定義の仕方によって解釈の不都合を回避する方法が残されている。しかし、筆者はこの問題の根本的な理由は、意味解釈の定義の中で時間だけを区間で扱うというやり方自体にもあると考える。

まず第一に、/郵便局にいる(P)/銀行にいる(B)/という状態をもとにして *BECOME* だけで(2)の意味をとらえることに無理がある。郵便局 (*from the Post Office*) と銀行 (*to the Bank*) は、*John walked* で示されるイベントに空間的な起点と終点を与えているが、*P*, *B*, *BECOME* を用いて無理なく記述できるのは、

起点を離れる瞬間 (歩き始める瞬間)

*BECOME*( $\neg P$ )

終点につく瞬間 (歩き終わる瞬間)

*BECOME*(*B*)

だけであり、これらは別々の空間とそれに伴う時間で解釈されるべきである。起点と終点の間で真偽値が与えられるのは、*John* が歩く (*W*) というイベント (Activity) に対してである。

次に起点を離れる瞬間は歩き始める瞬間であり、終点につく瞬間は歩き終わる瞬間であることから、空間的な区間 (起点と終点で指定される距離) が時間的な区間 (開始点と終了点で指定される時区間) を陰に規定している。例えば、午後1時に郵便局を出発し、午後2時に銀行についたとする。起点と終点が明らかで時間的な開始点と終了点が会話の中で意味がある場合、(2)と同じ状況下で、(6)が了解可能な文となる。

(6) *John walked from 1:00PM till 2:00PM.*

区間論理では、時区間についてはサブセットをとる様々な操作が定義されている。しかし空間的な区間については定義がない。従って、郵便局にも銀行にもいない間 ( $\neg P \wedge \neg B$ ) としか記述しないのだが、これは片手落ちで、そのために(3)のような不自然な記述を強引に解釈しなければならなくなり苦しむことになる。この場合、ある空間的な経路が存在して、その起点が郵便局で終点が銀行となっていることを想定すべきであろう。そうすれば、郵便局と銀行を結ぶ経路上での区間と、1時から2時までの時区間との関係 (1対1対応) を無理なく説明できる。

同様な議論は、物資領域の記述についても成り立つ。

(4)は物資名詞の場合で、物資の量と時区間とが1対1に対応する。*a glass of* に対応する液体の量 *V* が存在して、起点が *V*、終点が0(グラスが空)で指定されている。(4)が成り立つ時区間を *I* とし、その任意のサブセットを *J* とするとき、*J* に対して1対1に *V* のサブセット *X* が存在し、*John drank X* が *J* で成り立つ。

(5)の場合には、加算名詞を物資領域の点としてではなく、幾つかの構成要素に分解可能な複合体としてとらえている。従って部分と全体の関係が時区間と対応する。この場合、起点は家の構成要素の空集合であり、終点は構成要素全体としての家 *H* である。(5)が成り立つ時区間を *I'* とし、その任意のサブセットを *J'* とするとき、*J'* に対して1対1に *H* のサブセット *X'* が存在し、*John was building X'* が *J'* で成り立つ。

#### 4 意味解釈の拡張について

意味解釈は、時間・物質・空間の間の関係を考慮して規定しなければならず、その点からするとこれまでの区間論理の定式化は不十分である。ここでは、*John walked from the Post Office* の場合について、時間と空間の間の関係を意味解釈に反映する方法を考える。

$\phi$  は *John walked*、 $P_0$  は *the Post Office* を表すものとする。また *P* を空間上のある座標とすると、*at(John, P)* は *John* が *P* にいることを表す命題である。*interp*( $\phi, I$ ) は命題  $\phi$  の時区間 *I* での真偽値を割り付ける関数であり、*I* は  $\phi$  が成り立つ開区間である。

$$\begin{aligned} \text{interp}(\text{from}(\phi, P_0), \{t_0\} \cup I) &= 1 \Leftrightarrow \\ [\text{interp}(\phi, I) = 1 \wedge t_0 = \text{inf}(I) \wedge t_0 \notin I \wedge \\ \text{interp}(\text{begin}(\phi), \{t_0\}) = 1 \wedge \\ \forall t [t \in I \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \exists f [f(t) = P \wedge \\ \text{interp}(\text{at}(\text{John}, P), \{t\}) = 1 \wedge \\ f(t_0) = P_0]] \quad (7) \end{aligned}$$

ただし、*f* は時刻 *t* から場所 *P* への関数であり、*I* 上の連続関数である。

#### 5 まとめ

区間論理では、時間・物質・空間の各領域は密接な関係があり、一つの領域での量子化が他の領域での量子化を要求する場合がある。本稿では、時間だけを区間で扱うことには理論的な無理があることを、幾つかの例で示した。またより一般的な区間論理へと拡張する方法についての提案を述べた。

謝辞 日頃ご指導いただき、KDD 上福岡研究所小野所長、浦野次長、及び知能処理研究室の諸君に感謝いたします。また、 $\text{\TeX}$  のインストールと本稿のフォーマットについては、KDD 上福岡研究所の堀田孝男氏に多大の協力を御指導を頂きましたことを深謝いたします。

#### 参考文献

- [1] Vendler, Z, *Linguistics in Philosophy*, Cornell University Press, Ithaca, New York, 1967
- [2] Dowty, D. R., *Word Meaning and Montague Grammar*, D.Reidel Publishing Co., 1979
- [3] Bertram C. Bruce, *A Model for Temporal References*, *Artificial Intelligence* 3 1972
- [4] Drew McDermott, *A Temporal Logic for Reasoning About Processes and Plans*, *Cognitive Science* 6 1982
- [5] James F. Allen, *Towards a General Theory of Action and Time*, *Artificial Intelligence* 23 1984
- [6] 橋本, 丸田, 浅見, 時区間論理に関する一検討, 情報処理学会第36回全国大会, 5P-7, 昭和63年3月
- [7] 橋本, 時間関係の解釈に関する一検討, 第2回人口知能学会全国大会, 2-13, 昭和63年7月
- [8] 橋本, 丸田, 浅見, 時区間論理に関する一検討(2), 情報処理学会第37回全国大会, 3H-8, 昭和63年9月
- [9] 橋本, 丸田, 浅見, 時区間論理に関する一検討(3), 情報処理学会第38回全国大会, 3F-3, 平成1年3月