

知識表現における対象の部分的知識の取り扱いに関する一提案

3H-4

織田 充, 小林 要, 木村 高久

(富士通(株)国際情報社会科学研究所)

1. 目的

人間の持つ知識とは、現実世界に関する人間による記述である。人間の持つ知識を論じるには、世界の観察者、知識の記述者としての人間の特徴が問題になる。本研究では観察者としての人間の特徴として、対象の持つ属性、および、世界に存在する対象に関する識別が部分的である点に注目する。これら部分的識別を反映した知識のモデルとして、多重世界モデル(multi-world model)を提案する。

2. 部分的識別

(1) 対象が持つ属性の部分的識別

我々は、ある箱(Aで表す)を観察している場合、箱Aの見えない面があるにも関わらず、箱Aに記号“a”を割り付け、“aは...”などと箱Aを指示できる。

このことを次のように解釈する。①我々は記号aの指す意識世界 W_c での指示対象(概念)C(a)に対応し、現実世界 W_r に属す指示対象(認識対象) $O_c(a)$ の存在を前仮定する。②一方、我々がaの指示対象として実際 W_r に見出す対象(識別対象) $O_r(a)$ は、 $O_c(a)$ に属す属性を全て含むとは限らず、 $O_r(a)$ には“ $O_c(a)$ に属す未だ不明な属性が存在する可能性”が残される。

W_r に属す対象を属性の集合と捉え、対象 O_1 が対象 O_2 の“部分的対象(partial object)”であるとは、 $O_2 \supseteq O_1$ が成立する場合とする。このとき“未だ不明な属性が存在する可能性”は、識別対象が認識対象の部分的対象となる可能性を示し、次式で表される。

$$O_c(a) \supseteq O_r(a).$$

いま採用する世界記述言語Lの解釈を与える付値関数をVで表せば、我々の持つ付値関数Vは言語表現aの付値V(a)として、認識対象 $O_c(a)$ ではなく識別対象 $O_r(a)$ を割り付ける関数である。

以下論議を簡単にするため、異なる記号は異なる概念を指し、かつ認識対象も互いに異なると仮定し、意識世界を問題にしない。また以下、現実世界 W_r をWと略す。

(2) 世界に存在する対象の部分的識別

我々が“aを知らない”というとき、aの指示対象の存在を前提し、その上で、いかなる対象であるか不明(unknown)であることを主張している。このときaの指示対象が実際現実世界Wに存在する場合と、しない場合がある。

以下論議を簡単にするため、対象となる世界Wは唯一不変な世界とし、Lに属す任意の言語表現の指す識別対象は必ずWに存在すると仮定する。この仮定は記号の指示対象の非存在(non existence)の問題は扱わないことである。

世界に存在する対象の識別が部分的であるとは、世界を記述する言語に属す全ての言語表現の識別対象が定義されていないことである。このことを付値関数Vを部分関数として定義することで表す。

(3) 視点

我々は箱の全ての面を同時に見ることはできないが、箱の周囲を回ることで見えない面を知ることが可能である。このことは我々が世界に対し複数の視点を持ち得ることを示す。我々はそれらの視点を移動することで指示対象に関する知識を増すことが可能である。この我々が世界に対し多視点を持つことを、同一世界Wに対し、複数の付値関数が存在することで表す。

議論を簡略するために、任意の視点i, jで同一な言語表現に対する、それぞれの視点での認識対象は同一であるとする。この仮定により言語表現の状況に依存する使用を考慮しない。

3. 多重世界モデル

多重世界モデルMは次式で示す四つ組である。

$$M = \langle F, V, R, W \rangle.$$

Fは指標の空でない集合であり、Fの要素となる指標を“視点”と呼ぶ。VはFにより指標づけられる付値関数の集合であり、Rは視点間に成立する順序関係である。また、Wは世界に属す対象の集合を表す、束をなす集合族である。

4. 視点間関係

視点間関係Rは、視点間の移動可能関係を表すF上の半順序関係($R \subseteq F \times F$)である。Rを全順序関係とするFの部分集合を全て含む最小な集合族の元を“路”と呼ぶ。いま路を全て含む最小な集合をPで表す。路pの最小(大)元となる視点を路pの“始点(終点)”と呼ぶ。

5. 付値関数

Vは各視点での付値関数の集合 $\{V_i\}_{i \in F}$ である。 V_i が定義されるLの部分集合の像を視点iで観察される“部分世界”と呼ぶ。

An Approach to Knowledge Representation using Partial Object.

Mitsuru Oda, Kaname Kobayashi, Takahisa Kimura

International Institute for Advanced Study of Social Information Science, FUJITSU LIMITED

本研究で“多重世界”とは各視点での部分世界が互いに重なり合った世界として、対象世界が識別される様を表す。

世界記述言語Lとして様相命題論理言語を用いる。以下にLの文に対し付値を与える、視点iにおける付値関数 V_i を再帰的に定義する。

- ① 原子文: 任意の原子文 α に対し、 $V_i(\alpha) \neq \emptyset$, もしくは $V_i(\alpha) = \emptyset$ のいずれか一方が成立する,
- ② 連言: $\forall \alpha, \beta, V_i(\alpha \wedge \beta) = V_i(\alpha) \cap V_i(\beta)$,
- ③ 選言: $\forall \alpha, \beta, V_i(\alpha \vee \beta) = V_i(\alpha) \cup V_i(\beta)$.

多重世界モデルでは、視点iで未だ α の識別対象が見出せないでいる状況を、識別対象 $V_i(\alpha)$ が空集合 \emptyset であると定義する。原子文 α が視点iにおいて $V_i(\alpha) = \emptyset$ であったとしても $O_c(\alpha) \neq \emptyset$ であることを前提する(非存在を扱わない)点に注意する必要がある。

6. 可能性(視点の拡張)

視点を移動した結果得られる世界の部分的識別を、移動する際に採用する路に関する付値関数として表現する。任意の路 $\{i_k\}_{k < n} (\in P)$ での付値関数 $V_{\{i_k\}_{k < n}}$ を以下の様に定義する。

$$V_{\{i_k\}_{k < n}}(\alpha) = \begin{cases} V_{i_{n-1}}(\alpha) \cup V_{\{i_k\}_{k < n-1}}(\alpha) & \text{if } n > 1, V_{i_{n-1}}(\alpha) \text{ is defined,} \\ V_{\{i_k\}_{k < n-1}}(\alpha) & \text{if } n > 1, V_{i_{n-1}}(\alpha) \text{ is undefined,} \\ V_{i_0}(\alpha) & \text{if } n = 1. \end{cases}$$

“付値関数 V は V' の拡張である”ことを $V \leq V'$ で表し、次式で定義する。

$$V \leq V' \Leftrightarrow V(\alpha) \subseteq V'(\alpha) \quad \text{if } V(\alpha) \text{ is defined.}$$

定義より路に関する付値関数間では次式が成立する。

$$\forall p, p' \in P, p \subseteq p' \Rightarrow V_p \leq V_{p'}.$$

路に対する付値関数を用い、様相演算子(\square, \diamond)を含む文の路に関する付値を以下のように定義する。

- ④' 可能性: $\forall \alpha, V_p(\diamond \alpha) = \cup_{p \subseteq p'} V_{p'}(\alpha)$,
- ⑤' 必然性: $\forall \alpha, V_p(\square \alpha) = \cap_{p \subseteq p'} V_{p'}(\alpha)$.

次に視点に関し、様相演算子を含む文の付値を定義する。

- ④ 可能性: $\forall \alpha, V_i(\diamond \alpha) = V_{\{i\}}(\diamond \alpha)$,
- ⑤ 必然性: $\forall \alpha, V_i(\square \alpha) = V_{\{i\}}(\square \alpha)$.

世界を唯一不変とする仮定から、次式が成立する。

$$O_c(\alpha) \supseteq V_i(\diamond \alpha) \supseteq V_i(\square \alpha) \supseteq V_i(\alpha).$$

7. 否定, 包含

視点iで $\sim \alpha$ が成立するとは、視点iで未だ α の識別対象が見出せない($V_i(\alpha) = \emptyset$)と解釈する。また視点iで $\alpha \supseteq \beta$ が成立するとは、識別対象間の包含関係 $V_i(\alpha) \supseteq V_i(\beta)$ が成立することと解釈する。

- ⑥ 否定: $\forall \alpha, V_i(\alpha) = \emptyset \Rightarrow V_i(\sim \alpha) \neq \emptyset$,
- ⑦ 包含: $\forall \alpha, \beta, V_i(\alpha) \supseteq V_i(\beta) \Rightarrow V_i(\alpha \supseteq \beta) = V_i(\beta)$.

付値 $V_i(\alpha \supseteq \beta)$ を $V_i(\beta)$ と定義するのは、 $V_i(\alpha) \supseteq V_i(\beta)$ が成立するのが少なくとも $V_i(\alpha) \cap V_i(\beta) = V_i(\beta)$ が成立する場合であり、 $V_i(\beta)$ に属す元のみが問題になるためである。

8. 推論

視点i($\in F$)で文 α の識別対象が \emptyset でない(ある)ことを $\models_i \alpha$ ($\neg \models_i \alpha$)で表す。多重世界モデルでの推論は以下のように規定される。

$$\begin{aligned} & V_i(\alpha) \neq \emptyset \Rightarrow \models_i \alpha, \quad V_i(\alpha) = \emptyset \Rightarrow \neg \models_i \alpha, \\ & \neg \models_i \alpha \Rightarrow \models_i \sim \alpha, \\ & \models_i \alpha \text{ and } \models_i \beta \Rightarrow \models_i \alpha \wedge \beta, \\ & \neg \models_i \alpha \text{ or } \neg \models_i \beta \Rightarrow \neg \models_i \alpha \wedge \beta, \\ & \models_i \alpha \text{ or } \models_i \beta \Rightarrow \models_i \alpha \vee \beta, \\ & \neg \models_i \alpha \text{ and } \neg \models_i \beta \Rightarrow \neg \models_i \alpha \vee \beta, \\ & \models_i \beta \text{ and } \models_i \alpha \supseteq \beta \Rightarrow \models_i \alpha, \\ & \models_i \alpha \Rightarrow \models_i \square \alpha, \quad \models_i \square \alpha \Rightarrow \models_i \diamond \alpha. \end{aligned}$$

9. 知識

我々は、目の前には歩いている鳥しか観察されなくとも、“鳥は飛ぶ”という知識を持ち得る。

このことを多重世界モデルでは、“鳥は飛ぶ”という知識は現視点iでの部分世界 W_i で観察される事実の(識別対象間の包含関係 $V_i(\text{鳥}) \supseteq V_i(\text{飛ぶ})$)を表すのではなく、世界W全体を見ることが出来る(視点iの拡張となる)視点において成立する事実(認識対象間の包含関係 $O_c(\text{鳥}) \supseteq O_c(\text{飛ぶ})$)を表すと解釈する。

したがって、“鳥は飛ぶ”は、視点iでの部分世界 W_i の任意の拡張において“鳥が飛ぶ”ことが必ず見出されること、つまり“鳥は飛ぶに違いない”と翻訳する。このため“鳥は飛ぶ”は視点iでの次式が示す記述になる。

$$\square \diamond (\text{鳥} \supseteq \text{飛ぶ}).$$

これに対し“鳥が飛ぶ”は、 $V_i(\text{鳥}) \supseteq V_i(\text{飛ぶ})$ が成立する主張と解釈し、“鳥 \supseteq 飛ぶ”と記述される。

10. 結び

世界の観察者および記述者としての人間は、その有限な能力ゆえ、対象の持つ属性の識別および、世界に存在する対象の識別が部分的である。人間の持つ知識のモデルは、この人間の世界の識別の部分性を反映する必要がある。本研究では、世界の識別の部分性を、部分的対象の導入および付値関数を部分関数と置くことで表現する知識のモデル(多重世界モデル)を提案した。

参考文献

- (1) Tanaka, Y.: Vocabulary Building for Database Queries, RIMS Symposia on Software Science and Engineering, (Kyoto, 1982).
- (2) 織田 充, 田中 譲, : 多重世界論理に基づく知識表現, 情報処理学会研究報告 Vol.85, No.19, (1985).