

# マルチメディア理解システム IMAGES-M における 静的位置関係の図解処理について

弘中 大介 横田 将生

(福岡工業大学)

## 1. まえがき

我々は、事象概念を時間的事象概念と空間的事象概念の2種類に分類し、体系的な分析および記述方法の研究を行っている[1]。本稿では特に人間の視覚的認知過程に関する更に深い考察に基づき、空間的事象概念の体系的な分析および記述方法について工夫を行ったので報告する。

## 2. 事象概念の統一的記述

空間的事象概念の体系的な記述のためには、時間的事象概念の記述において導入したイメージモデルである属性空間の軌跡との対応づけにおいて更に認知科学的事実、特に系列的認知過程に関する事実に基づいた工夫が必要である。

### 2.1 視覚認知過程モデル

人間の脳や視覚の働きに関する研究などの成果を基に空間的事象も時間的事象と同じく時間的要因を持つ属性空間の軌跡と対応づける統一的認知モデルを考案することができる。

(仮定 1) 属性空間における時間的軌跡は認知対象となる事物に関する記憶痕跡であり、人間がその事物に向けている注意の移動軌跡と一対一で対応している。

(仮定 2) 記憶痕跡が時間的事象と空間的事象のどちらに対応しているかの認識はその記憶痕跡に認識として含まれている。

(仮定 3) 認知対象となる事物が同時に複数個存在する場合にはそれぞれ一つずつ異なる注意が働いているとする。

(仮定 4) 一つの注意の移動軌跡は連続であり、対象事物に沿わない分節があってもよい。これは注意が対象の特徴点以外を跳躍する場合に相当する。

属性空間  $a$  における時間をパラメータとする軌跡は、式 (2-1) の原子軌跡単位で分節され記述されるが、この原子軌跡に対応して注意の移動軌跡が一対一で存在し、やはり原子軌跡として式 (2-2) のように表現する。この式において  $\alpha_y$  は、事物  $x$  の作用により、対象  $y$  に向けられている注意を指示し、 $A12$  は物理空間における位置という属性である。ただし、仮定 4 に相当する場合、すなわち、対象事物に沿わない注意は単に  $\alpha$  で指示する。

$$L(x, y, p1, p2, a), \quad a = (a, g, k) \quad (2-1)$$

$$L(x, \alpha_y, s1, s2, a12), \quad a12 = (A12, g, k) \quad (2-2)$$

式 (2-1) は、時間的事象の場合(解釈 1)のように解釈し、空間的事象の場合は、(解釈 2) のように解釈する。

(解釈 1) 「事物  $x$  の作用により事物  $y$  の属性  $a$  がある時間帯で、その対応する属性空間  $a$  において単調な値域  $[p1, p2]$  をとる。」

(解釈 2) 「事物  $x$  の作用により事物  $y$  の属性  $a$  がある空間帯で、その対応する属性空間  $a$  において単調な値域  $[p1, p2]$  をとる。」

以上のような仮定に基づき時間的および空間的事象を記述したものがそれぞれ以下の (2-3) および (2-4) である。これらの式において値  $Gt$  および  $Gs$  がそれぞれ時間的および空間的事象に対応する指標である。

$$\text{The bus reaches the city.} \\ \dots (\phi, y, p, z, A12, Gt) \dots \wedge \text{bus}(y) \wedge \text{city}(z) \quad (2-3)$$

$$\text{The road reaches the city.} \\ \dots (\phi, y, p, z, A12, Gs) \dots \wedge \text{road}(y) \wedge \text{city}(z) \quad (2-4)$$

ただし、これらの軌跡式表現は簡略化されている。

### 2.3 仮想領域の導入

人間は、ゲシュタルト心理学という形態などを含め、実際には存在しない物体あるいは領域を知覚することがある。我々は、そのような知覚対象を仮想空間領域 ( $isr$ : imaginary space range) と呼び、これを利用することで、種々の複雑な空間的事象の体系的な記述を可能にしている。

図 1 の空間的事象について考察しよう。

例 1 はこの事象を自然言語で表現した場合であり、式 (2-5) または (2-5') はこの事象の軌跡式表現例である。

(例 1)  $\square$  is between  $\bigcirc$  and  $\triangle$ .

$\bigcirc, \square$  and  $\triangle$  are in a line.

$$(\exists u, x, y) (((\phi, u, x, y, A12, Gs) \cdot (\phi, u, y, z, A12, Gs)) \\ \Pi(\phi, u, \rightarrow, A13, Gs) \wedge isr(u) \\ \wedge \bigcirc(x) \wedge \square(y) \wedge \triangle(z)) \quad (25)$$

$$(\exists u, x, y) (((\phi, u, x, y, A12, Gs) \cdot (\phi, u, y, z, A12, Gs)) \\ \Pi(\phi, u, \leftarrow, A13, Gs) \wedge isr(u) \\ \wedge \bigcirc(x) \wedge \square(y) \wedge \triangle(z)) \quad (25')$$

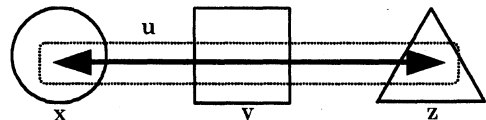


図1 空間的事象の例

### 3. 単語の意味記述例

一般に単語の意味記述は概念部と結合操作部よりなり、以下の例において: の前後がそれぞれの部分に相当する[2]。

(例-2)  $m$  [単位詞]の意味記述

$$(\phi, u, 0, pm, A17, Gs)(\phi, u, x, y, A12, Gs)$$

PAT(Gov, (φ, u, x, y, A12, Gs), @): ARG(Dep, p);  
 (例-3) left [名詞]の意味記述  
 (φ, u, x, y, A12, Gs)(φ, u, ←, ←, A13, Gs) ∧  
 isr(u):ARG(Gdep1, y), ARG(Dep(of), x),  
 LOG(#, ∧, Dep(of));

#### 4. 空間推論で用いられる知識

自然言語理解処理で用いられる知識は以下の3種類である:

K1: 自然言語そのものに関する知識

文法および意味に関する知識

K2: 論理に関する知識

通常の記号論理, 軌跡式に関する知識

K3: 世界に関する知識

現実世界における事物や法則に関する知識

このうち空間推論処理において用いられる知識はK1の文法知識を除く全てである。

K3に属する定式で本稿に関係するものは以下のようなのが存在する。ただし $\circ$ は同時的含意である。

##### A-1: 空間的事象パターン可逆性公理

( $\forall p_0, \dots, p_n$ )( $X_1(p_0, p_1) \cdot X_2(p_1, p_2) \cdot \dots \cdot X_n(p_{n-1}, p_n)$ )

$\circ X_n(p_n, p_{n-1}) \cdot X_{n-1}(p_{n-1}, p_{n-2}) \cdot \dots \cdot X_1(p_2, p_1)$

$X_i$  は空間帯 $[p_i-1, p_i]$ における任意の原子軌跡式の結合列であり、 $X_i$ は $X_i$ を構成する原子軌跡式の全ての属性値対 $[vi-1, vi]$ に対応するように規則に従って属性値対 $[vir, vir+1]$ に始点と終点の逆転に依拠する属性値の変化を加味して書き換えたものである。

##### A-2: 仮想空間領域短絡公理

( $\forall u, p_1, p_2, p_3, d_1, d_2, l_1, l_2, l_3$ )( $\exists u', d_3, l_4$ )  
 ((( $\phi, u, p_1, p_2, A12, Gs$ )( $\phi, u, d_1, d_1, A13, Gs$ )  
 ( $\phi, u, l_1, l_2, A17, Gs$ ))  $\cdot$  (( $\phi, u, p_2, p_3, A12, Gs$ )  
 ( $\phi, u, d_2, d_2, A13, Gs$ )( $\phi, u, l_2, l_3, A17, Gs$ ))  
 $\circ$  ( $\phi, u', p_1, p_3, A12, Gs$ )( $\phi, u', d_3, d_3, A13, Gs$ )  
 ( $\phi, u', l_4, A17, Gs$ )  $\wedge$  isr( $u'$ ))

$d_i$  は単位ベクトル

$l_4 = |(l_2 - l_1) \cdot d_1 + (l_3 - l_2) \cdot d_2|$

$d_3 = |(l_2 - l_1) \cdot d_1 + (l_3 - l_2) \cdot d_2|/l_4$

##### A-3: 仮想空間領域統合公理

( $\forall u_1, u_2, \omega$ )( $\exists u_3$ )( $X(u_1, \omega) \Pi Y(u_2, \omega) \wedge$  isr( $u$ )  
 $\wedge$  isr( $u_2$ )  $\circ$  X( $u_3, \omega$ )  $\cdot$  Y( $u_3, \omega$ )  $\wedge$  isr( $u_3$ ))

ただし、 $X(u_1, \omega)$ および $Y(u_2, \omega)$ は属性A12の値である $\omega$ を共有する仮想空間領域 $u_1$ および $u_2$ に関する軌跡式であり、 $X(u_3, \omega)$ および $Y(u_3, \omega)$ は $\omega$ において $u_1$ および $u_2$ を新たな仮想空間領域 $u_3$ として結合するに当たり、連続性を確保するために $X(u_1, \omega)$ および $Y(u_2, \omega)$ にA-1を適用したものである。

#### 5. 空間推論処理

以下の4文が指示する事象は同一時間帯に生じているとする。

(a) The chair is 1m to the right of the flower-pot.

(b) The chair is 3m to the left of the box.

(c) The read lamp hangs above the chair.

(d) The black cat lies under the chair.

この自然言語文から得られる概念記述は(5-1)で

ある。

( $\phi, y_1, x_1, x_1, A01, Gt$ )( $\phi, u_1, y_2, y_1, A12, Gs$ )  
 ( $\phi, u_1, \rightarrow, \rightarrow, A13, Gs$ )( $\phi, u_1, 0, 1m, A17, Gs$ )  
 ( $\phi, y_4, x_2, x_2, A01, Gt$ )( $\phi, u_2, y_3, y_1, A12, Gs$ )  
 ( $\phi, u_2, \leftarrow, \leftarrow, A13, Gs$ )( $\phi, u_2, 0, 3m, A17, Gs$ )...  
 $\wedge$  be\*( $x_1$ )  $\wedge$  be\*( $x_2$ )  $\wedge$  hang\*( $x_3$ )  $\wedge$  lie\*( $x_4$ )  
 $\wedge$  chair( $y_1$ )  $\wedge$  flower-pot( $y_2$ )  $\wedge$  box( $y_3$ )  
 $\wedge$  lamp( $y_4$ )  $\wedge$  cat( $y_5$ ) (5-1)

(a)~(d)の概念記述

まず、(5-1)に同時的連言に関する簡約律を適用し、仮想空間領域に関する部分だけを抽出すると(5-2)のようになる。

( $\phi, u_1, y_2, y_1, A12, Gs$ )( $\phi, u_1, \rightarrow, \rightarrow, A13, Gs$ )  
 ( $\phi, u_1, 0, 1m, A17, Gs$ )( $\phi, u_2, y_3, y_1, A12, Gs$ )  
 ( $\phi, u_2, \leftarrow, \leftarrow, A13, Gs$ )( $\phi, u_2, 0, 3m, A17, Gs$ )  
 ...  $\wedge$  isr( $u_1$ )  $\wedge$  isr( $u_2$ )  $\wedge$  isr( $u_3$ )  $\wedge$  isr( $u_4$ )  
 $\wedge$  chair( $y_1$ )  $\wedge$  flower-pot( $y_2$ )  $\wedge$  box( $y_3$ )  
 $\wedge$  lamp( $y_4$ )  $\wedge$  cat( $y_5$ ) (5-2)

isr関連部分の抽出結果

以下、この(5-2)を最初的前提とする特徴的な推論処理の例をいくつか示す。概念記述の後の英文はその記述に対応する自然言語表現である。

[推論処理例 1] A-1の適用例

A-1(空間的事象パターン可逆性公理), 簡約律

(5-2)  $\rightarrow$  ( $\phi, u_1, y_1, y_2, A12, Gs$ )( $\phi, u_1, \leftarrow, \leftarrow, A13, Gs$ )  
 ( $\phi, u_1, 0, 1m, A17, Gs$ )  $\wedge$  isr( $u_1$ )  $\wedge$  chair( $y_1$ )  
 $\wedge$  flower-pot( $y_2$ )

“The flower-pot is 1m to the left of the chair.”

(5-2)  $\rightarrow$  ( $\phi, u_3, y_4, y_1, A12, Gs$ )( $\phi, u_3, \downarrow, \downarrow, A13, Gs$ )  
 $\wedge$  isr( $u_3$ )  $\wedge$  chair( $y_1$ )  $\wedge$  lamp( $y_4$ )

“The chair is under the lamp.”

[推論処理例 2] A-3の適用例

A-3(仮想空間領域統合公理), 簡約律

(5-2)  $\rightarrow$  (( $\phi, u_5, y_2, y_1, A12, Gs$ )( $\phi, u_5, \rightarrow, \rightarrow, A13, Gs$ )  
 ( $\phi, u_5, 0, 1m, A17, Gs$ ))  $\cdot$  (( $\phi, u_5, y_3, y_1, A12, Gs$ )  
 ( $\phi, u_5, \rightarrow, \rightarrow, A13, Gs$ )( $\phi, u_5, 0, 3m, A17, Gs$ ))  
 $\wedge$  chair( $y_1$ )  $\wedge$  flower-pot( $y_2$ )  $\wedge$  box( $y_3$ )  
 $\wedge$  isr( $u_5$ ) 注:これを(5-3)とする

“The box is 3m to the right of the chair

which is 1m to the right of the flower-pot.”

[推論処理例 3] A-2の適用例

A-2(仮想空間領域短絡公理)

(5-3)  $\rightarrow$  ( $\phi, u_7, y_2, y_3, A12, Gs$ )( $\phi, u_7, \rightarrow, \rightarrow, A13, Gs$ )  
 ( $\phi, u_7, 0, 4m, A17, Gs$ )  $\wedge$  flowerpot( $y_2$ )  
 $\wedge$  box( $y_3$ )  $\wedge$  isr( $u_7$ )

“The box is 4m to the right of the flowerpot.”

#### 6. むすび

今回我々は、人間の視覚認知過程モデルを援用することによりこれまで困難であった客観的分析記述を可能にすることができ、それによって空間推論を行うことができた。

##### 参考文献

- [1] 横田, 弘中, 笠: “マルチメディア統合理解のための空間的事象概念の体系的分析と記述”, 電子情報通信学会技術研究報告, TL99-26(1999)
- [2] 横田, 他: “自然言語理解システム IMAGES-I の意味解釈過程”, 電子通信学会論文誌 J69-D, 5, pp.777-784(1986)