

静的位置関係に関する自然言語文章の図解処理について

弘中 大介 横田 将生

福岡工業大学

〒811-0295 福岡市東区和白東 3-30-1

TEL:092-606-3131

あらまし 筆者らは、既に提案している心像意味論に基づきマルチメディア統合理解のための基礎研究として事象概念の体系的分析と記述を行っている。特に人間の視覚認知過程モデルを援用することにより空間的事象概念を属性空間に対応する軌跡として統一的に記述する方法について工夫を行ってきた。本稿ではこれらの方法を用いて静的位置関係に関する自然言語文章を図解処理する方法について報告する。

キーワード

自然言語理解, 静的位置関係, 図形生成

On Pictorial Translation of Natural Language Texts about Static Spatial Relations

Daisuke HIRONAKA Masao YOKOTA

Fukuoka Institute of Technology

3-30-1 Wajiro-higashi, Higashi-ku, Fukuoka-shi, Japan 811-0295

TEL:092-606-3131

Abstract The authors have been developing a systematic method for integrated multimedia understanding based on MIDST(Mental Image Directed Semantic Theory). Especially, we have proposed a unified method to describe spatial event concepts based on human visual cognition process. This paper describes a systematic method for pictorial translation of natural language texts about static spatial relations.

Key words

Natural Language Understanding, Static Spatial Relation, Picture Generation

1. まえがき

我々はこれまでに異種メディア間翻訳(略してメディア翻訳)の基礎研究として自然言語概念の分析を行っている。筆者らは事象概念の分

析と記述において時間的事象概念と空間的事象概念の2種類に分類している。これまでに空間的事象概念の記述に関する記述方法について人間の視覚的認知過程に関する考察に基づいたモデルを提案している^[1]。本稿ではこれに

基づいて静的位置関係を記述した自然言語文章から図形を生成する方法について報告する。

2. 文章表現と図形表現

人間は空間における事物の静的位置関係を自然言語や図形など異なるメディアで表現することができる。これは人間が異なったメディア間で同一のイメージを持ち、それを基本にメディア翻訳を行っていると言える。計算機によってメディア翻訳を行うには人間と同様にメディアの種類に依存しない意味表現を持つ必要がある。我々は既に提案している心像意味論 (MIDST: Mental Image Directed Semantic Theory) においてそれを可能にしている^{[1][2][3]}。

2.1 言語表現の図解処理における問題点

静的位置関係の言語的表現から図形を生成する場合において言語表現内には事物の位置関係表現が含まれているものそれらは厳密で一意的な位置や角度、色、形などを示していない。そのため人間は言語表現から図形へのメディア翻訳を行う場合、その事物が持つ標準的な情報と言語表現内の情報を統合し図形描画のために必要な情報を生成する。このことは人間の図解処理において図形表現は言語表現より多くの情報量が必要になることを意味する。これは事象概念を記述する軌跡式表現においても同様である。文章から生成された軌跡式には描画空間における正確な位置や形等の情報が不十分である場合が多い。それらの詳細な情報は文章から直接生成された軌跡式には記述されていないため事物概念をより詳細な記述に変形する必要がある。

2.2 軌跡式のレベル

上述のように軌跡式には同一の事象を記述する場合に情報量によるレベル分けが可能である。静的位置関係記述の図解処理においては

おおまかに以下の2つのレベルに分割することができる。しかし、本来、図1に示すように軌跡式における情報量の違いは無段階である。

(a)マクロな軌跡式(情報量:小)

位置関係を座標値などを用いず抽象的に表現した軌跡式。

(b)ミクロな軌跡式(情報量:大)

位置関係を図形として生成する場合に描画する空間に適合するように座標や色などの情報を値に変換したもの。

(a)は言語表現から直接生成可能な軌跡式に相当し(b)は直接図形に変換可能な軌跡式に相当する。

軌跡式の情報量を増加させる場合にマクロな軌跡式に陽に含まれない特徴(陽に記述されていない距離など)はデフォルト値を適用する。

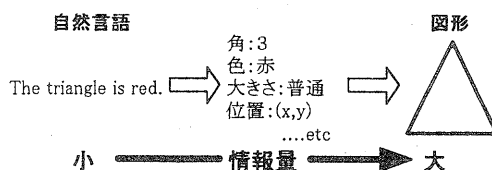


図1 表現方法による情報量

2.3 軌跡式内の事物概念の詳細化

文章から生成された軌跡式は事物概念 C(事象に出現する事物の概念)が含まれるが、この C は事物概念の定義および定式化^[2]から 0^+ (物自身の知覚像に対応する概念)と 0^{++} (他の特定の種類の事物との恒常的な関係に関する概念)に展開することができる。この C から 0^+ および 0^{++} の変換を行うことで元の軌跡式の情報量を詳細化(具象化)させることができる。

このとき展開前の軌跡式中において 0^+ および 0^{++} に含まれる原子軌跡と同じ属性空間のものが存在すれば元の軌跡式に記述されている原子軌跡式が優先される。

本稿では表1に示すように3段階の詳細化

を行うことで文章から図形に変換している。

表1 実験で用いる軌跡式のレベル

1	文章から生成される軌跡式
2	1を詳細化した軌跡式
3	位置に関するマイクロな軌跡式
4	生成される図形情報と対応する軌跡式

3. 図解処理

3.1 単語の意味記述

Egenhofer^[4] は、地理情報システム (GIS: Geographical Information Systems) の研究分野において、空間的関係を次の3種類に分類している:

(R1) 位相的關係 (topological relationships) 包含や交差などの関係がこれに相当し、領域を集合とする視点や状況によらない純粋に数学的な関係、

(R2) 計量的關係 (metric relationships) 距離や面積およびその大小関係など、

(R3) 順序的關係 (ordering relationships) 左右前後関係などがこれに相当し、視点や状況によって変化する関係。

ここでは主として R2 および R3 に係わる英語単語を対象として、実際に意味記述を与える。一般に単語の意味記述は概念部と結合操作部より成りそれぞれは “:” の前後を占める。前者は軌跡式を中心とする論理式であり、後者は表層的に依存関係にある単語の概念部と統合するための条件 (COND) および操作 (ARG, LOG, PAT) が記述されている (詳細は文献[2])。なお、品詞欄の単位詞とは数詞あるいは相当語句と結合して副詞相当となる。

3.2 意味記述例

(M1) be [動詞]

$(\phi, x, y, A_{01}) \wedge be^+(y): ARG(Dep.1, x);$

(M2) to [前置詞]

$(\phi, u, x, y, A_{12}) \wedge isr(u):$

COND(Gov(pos), be_v),

→ARG(Mdep(pos(noun)), y),

PAT(\$, (\phi, u, x, y, A_{12}), Dep(pos(noun))),

LOG(#, \Pi, \$),

COND(Gov(pos), noun),

→ARG(Gov, y),

PAT(\$, (\phi, u, x, y, A_{12}), Dep.1),

LOG(#, \Pi, \$);

(M3) left [名詞]

$(\phi, u, x, y, A_{12}) \Pi(\phi, u, left, left, A_{13}):$

ARG(Dep(morp(of)), x),

ARG(Gov, u);

(M4) right [名詞]

$(\phi, u, x, y, A_{12}) \Pi(\phi, u, right, right, A_{13}):$

ARG(Dep(morp(of)), x),

ARG(Gov, u);

(M5) m [単位詞]

$(\phi, u, 0, pm, A_{17}, G_s)(\phi, u, x, y, A_{12}, G_s):$

PAT(Gov, (\phi, u, x, y, A_{12}, G_s), @); ARG(Dep, p);

(M6) above [前置詞]

$(\phi, u, x, y, A_{12}) \Pi(\phi, u, right, right, A_{13}):$

ARG(Dep(morp(of)), x),

ARG(Gov, u);

(M7) under [前置詞]

$(\phi, u, x, y, A_{12}) \Pi(\phi, u, down, down, A_{13}) \wedge isr(u):$

COND(Gov(pos), be_v),

→ARG(Mdep(pos(noun)), y),

ARG(Dep(pos(noun)), x),

LOG(\$, \Pi, #),

COND(Gov(pos), intrans_v),

→ARG(Mdep(pos(noun)), y),

ARG(Dep(pos(noun)),x),
 LOG(\$,Π,#),
 COND(Gov(pos),noun),
 →ARG(Gov,y),
 ARG(Dep,x),
 LOG(\$,Π,#);

(M8)lamp[名詞]

lamp(x) def (φ,x,v1,v2,A10) ∧ (φ,x,c1,c2,A32)
 ∧ (φ,x,lamp,lamp,A11) ∧ isr(u):LOG(Mgov,
 ∧,\$);

意味構造に現れる属性空間を表2に示す。

表2 属性空間のリスト

記号	属性名
A01	PLACE(事物の存在場所)
A10	VOLUME(物の体積)
A11	SHAPE(物の形)
A12	POSITION(物の物理空間での位置)
A13	DIRECTION(物の運動方向)
A32	COLOR(色)

3.3 図形生成手順

今回実験に使用した図形生成手順は以下の通りである。

- (1)入力文より軌跡式を作成する。(意味解釈過程)
- (2)生成軌跡式を詳細化する。(詳細化過程)
- (3)詳細化された軌跡式には isr*が複数存在するので仮想空間統合公理により isr を統合し事象概念の位置関係を示した isr のみを抽出する。(位置関係抽出過程)
- (4)詳細化された軌跡式から図形生成に必要な情報(色, 配置位置, 大きさ等)を取得する。(特徴抽出過程)
- (5)抽出された isr を元に図形を示す微小軌跡

* isr(imaginary space range):仮想空間領域に関する詳細は文献[1]を参照

式を作成する。

(6)微小軌跡式より図形情報を作成し描画する。

複数行での文章入力があった場合は手順(1)を複数回繰り返して得られた軌跡式を同時的連言を用いて接続する。

位置関係抽出過程において用いられる空間的事象に関する公理を次に示す。

3.4 特定属性空間中の軌跡に関する定式

(P-3) 空間的事象パターン可逆性公理

$$(\forall p_0, \dots, p_n)(X_1(p_0, p_1) \cdot X_2(p_1, p_2) \cdot \dots \cdot X_n(p_{n-1}, p_n) \supset_0 X_{n^r}(p_n, p_{n-1}) \cdot X_{n-1^r}(p_{n-1}, p_{n-2}) \cdot \dots \cdot X_{1^r}(p_2, p_1))$$

ただし, 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る。 X_{i^r} は X_i を構成する原子軌跡式の全ての属性値対 $[v_{i-1}, v_i]$ を, 以下の規則にしたがって始点と終点の逆転に依拠する属性値の変化を加味しながら, 空間帯 $[p_i, p_{i-1}]$ に対応するように属性値対 $[v_i^r, v_{i-1}^r]$ に書き換えたものである:

- 規則1) $a=A_{12}$ (物理的位置)のとき $v_i^r=v_i$,
- 規則2) $a=A_{13}$ (移動方向)のとき $v_i^r=-v_i$,
- 規則3) $a=A_{17}$ (移動距離)のとき $v_i^r=v_n-v_i$,
- 規則4) その他の属性のとき $v_i^r=v_i$.

(P-4) 仮想空間領域短絡公理

$$(\forall u, p_1, p_2, p_3, d_1, d_2, l_1, l_2, l_3)(\exists u', d_3, l_4) \\
 (((\phi, u, p_1, p_2, A_{12}, G_s)(\phi, u, d_1, d_1, A_{13}, G_s) \\
 (\phi, u, l_1, l_2, A_{17}, G_s)) \cdot ((\phi, u, p_2, p_3, A_{12}, G_s) \\
 (\phi, u, d_2, d_2, A_{13}, G_s)(\phi, u, l_2, l_3, A_{17}, G_s)) \supset_0 \\
 (\phi, u', p_1, p_3, A_{12}, G_s)(\phi, u', d_3, d_3, A_{13}, G_s) \\
 (\phi, u', 0, l_4, A_{17}, G_s) \wedge isr(u'))$$

ただし,

$$d_i \text{ は単位ベクトル,} \\
 l_4 = |(l_2 \cdot l_1) \cdot d_1 + (l_3 \cdot l_2) \cdot d_2|, \\
 d_3 = ((l_2 \cdot l_1) \cdot d_1 + (l_3 \cdot l_2) \cdot d_2) / l_4.$$

(P-5) 仮想空間領域統合公理

$$(\forall u_1, u_2, \omega)(\exists u_3) (X(u_1, \omega) \Pi Y(u_2, \omega) \wedge \\
 isr(u_1) \wedge isr(u_2) \supset_0 X^c(u_3, \omega) \cdot Y^c(u_3, \omega) \wedge isr(u_3))$$

ただし、 $X(u_1, \omega)$ および $Y(u_2, \omega)$ は属性 A_{12} の値である ω 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 ω において u_1 および u_2 を新たな仮想空間領域 u_3 として統合するに当たり、連続性を確保するために $X(u_1, \omega)$ および $Y(u_2, \omega)$ に可逆性公理 (P-3) を適用したものである。

3.5 実験

以下の文章が指示する事象が同一時間帯に生じているとする。文章が表す位置関係を図 2 に示す。

- (a) The lamp above the chair is small.
 (b) The red pot is 1m to the left of the chair.
 (c) The blue big box is 3m to the right of the chair.

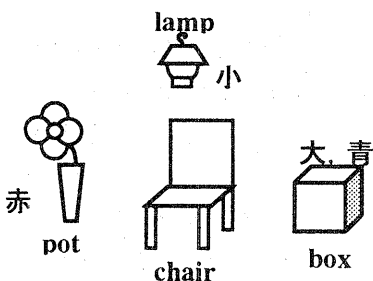


図 2 文が示す位置関係

意味解釈過程において文 (a) ~ (c) より得られる意味構造は以下ようになる。

$$\begin{aligned} & (\phi, a, \text{small}, \text{small}, A_{10}) \Pi (\phi, b, c, a, A_{12}) \Pi \\ & (\phi, b, \text{up}, \text{up}, A_{13}) \Pi (\phi, a, d, d, A_{01}) \wedge \text{be}^+(d) \wedge \\ & \text{chair}(c) \wedge \text{lamp}(a) \wedge \text{isr}(b) \end{aligned} \quad (3-1)$$

$$\begin{aligned} & (\phi, a, \text{red}, \text{red}, A_{32}) \Pi (\phi, a, b, b, A_{01}) \Pi \\ & (\phi, d, 0, 1, A_{17}) \Pi (\phi, d, c, a, A_{12}) \Pi \\ & (\phi, d, \text{left}, \text{left}, A_{13}) \wedge \text{isr}(d) \wedge \text{pot}(a) \wedge \text{be}^+(b) \wedge \\ & \text{chair}(c) \end{aligned} \quad (3-2)$$

$$\begin{aligned} & (\phi, a, \text{blue}, \text{blue}, A_{32}) \Pi (\phi, a, \text{big}, \text{big}, A_{10}) \Pi \\ & (\phi, a, b, b, A_{01}) \Pi (\phi, d, 0, 3, A_{17}) \Pi (\phi, d, c, a, A_{12}) \\ & \Pi (\phi, d, \text{right}, \text{right}, A_{13}) \wedge \text{isr}(d) \wedge \text{box}(a) \wedge \end{aligned}$$

$$\text{be}^+(b) \wedge \text{chair}(c) \quad (3-3)$$

詳細化を行った意味構造は以下ようになる。

$$\begin{aligned} & (\phi, \text{isr}, \text{chair}, \text{lamp}, A_{12}) \Pi (\phi, \text{isr}, \text{up}, \text{up}, A_{13}) \Pi \\ & (\phi, \text{lamp}, \text{be_p}, \text{be_p}, A_{01}) \Pi \\ & (\phi, \text{chair}, \text{medium}, \text{medium}, A_{10}) \Pi \\ & (\phi, \text{chair}, \text{black}, \text{black}, A_{32}) \Pi \\ & (\phi, \text{chair}, \text{chair}, \text{chair}, A_{11}) \Pi \\ & (\phi, \text{lamp}, \text{small}, \text{small}, A_{10}) \Pi \\ & (\phi, \text{lamp}, \text{black}, \text{black}, A_{32}) \Pi \\ & (\phi, \text{lamp}, \text{lamp}, \text{lamp}, A_{11}) \wedge \text{isr}(\text{lamp_isr}) \wedge \\ & \text{isr}(\text{isr}) \wedge \text{be}^+(\text{be_p}) \wedge \text{isr}(\text{chair_isr}) \end{aligned} \quad (3-4)$$

$$\begin{aligned} & (\phi, \text{pot}, \text{be_p}, \text{be_p}, A_{01}) \Pi \\ & (\phi, \text{chair}, \text{medium}, \text{medium}, A_{10}) \Pi \\ & (\phi, \text{chair}, \text{black}, \text{black}, A_{32}) \Pi \\ & (\phi, \text{chair}, \text{chair}, \text{chair}, A_{11}) \Pi (\phi, \text{isr}, 0, 1, a_{17}) \Pi \\ & (\phi, \text{isr}, \text{chair}, \text{pot}, A_{12}) \Pi (\phi, \text{isr}, \text{left}, \text{left}, A_{13}) \Pi \\ & (\phi, \text{pot}, \text{medium}, \text{medium}, A_{10}) \Pi \\ & (\phi, \text{pot}, \text{red}, \text{red}, A_{32}) \Pi (\phi, \text{pot}, \text{pot}, \text{pot}, A_{11}) \wedge \\ & \text{isr}(\text{isr}) \wedge \text{pot}(\text{pot}) \wedge \text{be}^+(\text{be_p}) \wedge \text{isr}(\text{chair_isr}) \end{aligned} \quad (3-5)$$

$$\begin{aligned} & (\phi, \text{box}, \text{be_p}, \text{be_p}, A_{01}) \Pi \\ & (\phi, \text{chair}, \text{medium}, \text{medium}, A_{10}) \Pi \\ & (\phi, \text{chair}, \text{black}, \text{black}, A_{32}) \Pi \\ & (\phi, \text{chair}, \text{chair}, \text{chair}, A_{11}) \Pi \text{isr}(\text{chair_isr}) \Pi \\ & (\phi, \text{isr}, 0, 3, A_{17}) \Pi (\phi, \text{isr}, \text{chair}, \text{box}, A_{12}) \Pi \\ & (\phi, \text{isr}, \text{right}, \text{right}, A_{13}) \Pi (\phi, \text{box}, \text{big}, \text{big}, A_{10}) \\ & \Pi (\phi, \text{box}, \text{blue}, \text{blue}, A_{32}) \Pi \\ & (\phi, \text{box}, \text{square}, \text{square}, A_{11}) \wedge \text{isr}(\text{isr}) \wedge \\ & \text{box}(\text{box}) \wedge \text{be}^+(\text{be_p}) \end{aligned} \quad (3-6)$$

位置関係抽出過程において (3-4) ~ (3-6) より得られる意味構造は以下ようになる。

$$\begin{aligned} & (\phi, \text{isr}, \text{chair}, \text{lamp}, A_{12}) \Pi (\phi, \text{isr}, \text{up}, \text{up}, A_{13}) \wedge \\ & \text{isr}(\text{isr}) \end{aligned} \quad (3-7)$$

$$\begin{aligned} & (\phi, \text{isr}, 0, 1, A_{17}) \Pi (\phi, \text{isr}, \text{circle}, \text{pot}, A_{12}) \Pi \\ & (\phi, \text{isr}, \text{left}, \text{left}, A_{13}) \wedge \text{isr}(\text{isr}) \end{aligned} \quad (3-8)$$

$$\begin{aligned} & (\phi, \text{isr}, 0, 3, A_{17}) \Pi (\phi, \text{isr}, \text{chair}, \text{box}, A_{12}) \Pi \\ & (\phi, \text{isr}, \text{right}, \text{right}, A_{13}) \wedge \text{isr}(\text{isr}) \end{aligned} \quad (3-9)$$

特徴抽出過程において(3-4)~(3-6)より得られる意味構造は以下になる。

抽出される事物: lamp, pot, chair, box

(ϕ , lamp, small, small, A₁₀) Π
 (ϕ , lamp, black, black, A₃₂) Π
 (ϕ , lamp, lamp, lamp, A₁₁) (3-10)

(ϕ , pot, medium, medium, A₁₀) Π
 (ϕ , pot, red, red, A₃₂) Π (ϕ , pot, pot, pot, A₁₁)
 (ϕ , chair, medium, medium, A₁₀) Π
 (ϕ , chair, black, black, A₃₂) Π
 (ϕ , chair, chair, chair, A₁₁) (3-11)

(ϕ , box, big, big, A₁₀) Π (ϕ , box, blue, blue, A₃₂) Π
 (ϕ , box, square, square, A₁₁) (3-12)

(3-7)~(3-9)から得られる位置の微小軌跡式は以下の通り。

(ϕ , chair, [230, 230], [230, 230], A₁₂)
 (ϕ , lamp, [230, 70], [230, 70], A₁₂)
 (ϕ , isr, chair, lamp, A₁₂)
 (ϕ , pot, [150, 230], [150, 230], A₁₂)
 (ϕ , isr, chair, pot, A₁₂)
 (ϕ , box, [470, 230], [470, 230], A₁₂)
 (ϕ , isr, chair, box, A₁₂)

この微小軌跡式による位置情報を基本に更に各事物の持つ形状データを付加することで図形と対応できる最終の微小軌跡式が得られる。下の図3に描画された図形を示す。

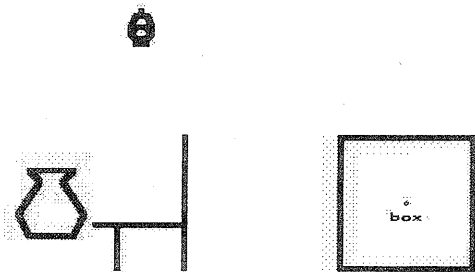


図3 実際に出力された図形

4. むすび

今回、以下のような結果(A1, 2)が得られた。

(A1)軌跡式の詳細化を行うことで抽象的な位置表現から表現空間に合わせたマイクロ軌跡式を抽出が可能となった。

(A2)マイクロ軌跡式は図形情報と対応するため自然言語文章からの図形描画が可能である。

今後の課題としては以下のもの(P1-3)が上げられる。

(P1)文章中で陽に表現されない情報を詳細化過程において補うため事物固有の情報をデフォルト値として用意しているがそれらの数が十分でない(デフォルト値の収集)。

(P2)「長い箱」や「角の丸い四角形」等のように表現する図形自身を変形するための属性設定とその分析記述を行う必要がある(属性変更機構の追加)。

(P3)現在、表現空間が平面であるので、「奥行き」や「重なり」などを表現できるように表現空間の拡張を行う必要がある(表現空間の三次元化)。

参考文献

- [1]横田,他:“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および記述”,電子情報通信学会技術研究報告, pp.1-10, TL99-26(1999)
- [2]横田:“心像意味論を構成する基本概念の性質”,福岡工業大学言語情報工学研究所彙報,第5巻(1994)
- [3]横田,他:“自然言語理解システム IMAGES-I の意味解釈過程について”,電子通信学会論文誌, J69-D, 5, pp.777-784 (1986).
- [4]Egenhofer, M, J. : “ Point-set topological spatial relations”, Geographical Information Systems, 5-2, pp.161-174(1991).