

空間構成過程の記述法と 帰納論理プログラミングを用いた規則の抽出方法

一 居住空間構成法による空間構成過程の研究 その1 一

正会員
同
同

須貝成芳*1
杉浦徳利*2
岡崎甚幸*3

キーワード 居住空間構成法、帰納論理プログラミング、規則、空間構成過程

序 .

本論文では、居住空間構成法による空間構成過程における道具を配置する行為(以下、配置行為)の規則性に着目する。そこから、空間構成過程における作者の内面と作品との関わり方、また、空間構成過程を通して創発的に生成されてくる意図などを類推することを目的とする。居住空間構成法は、1/50 スケールのモジュール化された様々な壁、家具、人形などの模型(以下、道具)をホワイトボード上に自由に配置して具体的な建築空間を表現する手法である。まず本稿(その1)では、機械学習の枠組みの一つである帰納論理プログラミング(Inductive Logic Programming, 以下、ILP)を用いて、空間構成過程における配置行為の規則を抽出するための問題設定について説明する。これまでに、筆者はILPを用いて居住空間構成法による分裂病者の空間構成過程における配置行為の規則の抽出^{文献1}を試みた。本稿では引き続き、空間構成過程の記述法の更新、推論に利用可能な知識の追加をする。次稿(その2)では、ILPを用いて得られた規則の類似度に基づく作品のクラスタリングとその結果の考察を行う。

1. 配置行為の定式化

配置行為において、新たに配置された道具を主道具、主道具によって幾何学的に関係付けられた既配置道具を目的道具とする。配置行為では、「道具の配置順序」「道具の種類T」「道具の角度A」「道具が配置された時期PI」「道具の位置PO」「道具間の幾何学的関係R」について言及する。配置行為の具体的な内容を表すこれらの要素を総称して配置行為要素と呼ぶ。配置順序、種類T、角度A、幾何学的関係Rの具体例は筆者の先行論文^{文献1文献2}に準ずるので説明を省略する。時期PIは、全体の構成過程を4分割し、いつ道具を配置したかを表す。位置POは、ホワイトボードの面を巾方向に3分割、奥行き方向に3分割し合計9つの領域の内のどこに道具を配置したかを表す。ここで、sを主道具の配置順序、oを目的道具の配置順序とすると、 $G(s,o)$ を主道具と目的道具の間の幾何学的関係の値であるとし、 $D(s,o)$ が、主道具と目的道具の配置順序の差の値であるとする($s>o$, s,o :自然数)。このとき、 $R(G(s,o),D(s,o))$ を主道具と目的道具の間の

幾何学的関係とする。一度の配置行為における目的道具は複数個ある。従って、i番目に行われた配置行為で生じる主道具と目的道具の関係の集合 K_i は、

$$K_i = \{ R(G(s,o),D(s,o)) \mid s=i \}$$

と表すことができる。ただし、 $o \in \{1,2,\dots,i-1\}$ 。また、 T_i を配置順序iの道具の種類値、 A_i を配置順序iの道具の角度の値、 P_i を配置順序iの道具が配置された時期、 PO_i を配置順序iの道具に位置とする。このとき、i番目に行われた配置行為 H_i は、

$$H_i = [T_i, A_i, P_i, PO_i, K_i]$$

と表される。

2. 空間構成過程の定式化

空間構成過程Pは、配置行為の集合として、次のように一般的に表現できる。

$$P = \{ H_i \mid 1 \leq i \leq n \}$$

ただし、 $i \in \{1,2,\dots,n\}$ (n :配置された道具の総数)。

空間構成過程において、「一まとまりの道具が配置される過程」を配置構成過程とする。特徴的な配置構成過程を求める。ここで、「一まとまりの道具が配置される過程」を次のように数理的に定義する。図1に示すように、配置された道具をグラフの頂点とみなし、道具の幾何学的関係 $G(i,j)$ である道具iと道具jをそれぞれ頂点 N_i と頂点 N_j とする。空間構成過程Pを、頂点 N_i が頂点 N_j に隣接する(辺の向きが頂点 N_i から頂点 N_j である)有向グラフGとみなす。ただし、 $i \in \{1,2,\dots,n\}$, $j \in \{1,2,\dots,i-1\}$ (n :配置された道具の総数)。このとき、「一まとまりの道具が配置される過程」すなわち配置構成過程は、有向グラフGの部分グラフとして表される。

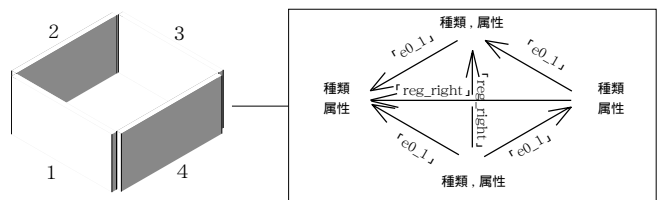


図1 空間構成過程のグラフによる表現
(図中の丸は道具を、数字は道具の配置順序を表す)

3. ILPによる規則の抽出法

ILPは、個々の事例を一般化して新たな概念を導き出す、帰納推論(Inductive Reasoning)を、一階述語論理

A method of description of spatial composition process and a method of extracting rules by Inductive Logic Programming
A study of spatial composition process with Architectural Space Montage Technique Part1

SUGAI Shigeyoshi, SUGIURA Noritoshi, OKAZAKI Shigeyuki

上で展開する枠組みである。本論文では、ILPシステムの一つである Progo^{文献3}を用いた。帰納推論では、教師がある概念の例である正事例および反例である負事例および推論に利用できる背景知識を提示する。コンピュータは、正事例に対して真となり、負事例に対して偽となる分類規則を仮説の生成と評価を繰り返すことにより発見する。本論文では、Progolを用いて「特定の作品の空間構成過程を分類する規則」(以下、規則)を発見する。規則は作品の特徴的な形態が生成される過程を表す。

3.1 正事例および負事例の記述法

特定の作品の空間構成過程における、配置構成過程を正事例、その他の作品の配置構成過程を負事例とする。配置構成過程は、述語 act/2 で表現する。以下に事例の書式を示す。

act (最後に配置される道具番号, 作品番号)。

事例の記述の第一項には、配置構成過程の中で最後に配置された道具の道具番号が代入される。従って、各作品ごとに配置された道具の総数と同数の事例が存在する。第二項には、学習の目標概念に設定した作品の番号が代入される。正事例および負事例の記述例を図2示す。

正事例の記述	負事例の記述		
act(25001,ex25).	act(8001,ex25).	act(13001,ex25).	act(14001,ex25).
act(25002,ex25).	act(8002,ex25).	act(13002,ex25).	act(14002,ex25).
⋮	⋮	⋮	⋮
act(25184,ex25).	act(8047,ex25).	act(13151,ex25).	act(14054,ex25).
最後に置かれる道具の番号が25184の配置構成過程は、作品25の空間構成過程である	最後に置かれる道具の番号が8047の配置構成過程は、作品25の空間構成過程でない	最後に置かれる道具の番号が13151の配置構成過程は、作品25の空間構成過程でない	最後に置かれる道具の番号が14054の配置構成過程は、作品25の空間構成過程でない

図2 作品25の空間構成過程の分類規則を求める場合の正事例と負事例の記述

3.2 背景知識の記述法

3.2.1 空間構成過程の記述法

空間構成過程を、5種類の配置行為要素を用いて一階述語論理で記述する。道具の種類を type/2、道具の角度を angle/2、道具が配置された時期を period/2、道具の位置を position/2、道具間の幾何学的関係を relation/4 で表現する。述語の後部の「/2」は述語が2つの項を持つことを表す。以下に、各配置行為要素の書式を示す。

- type (道具番号, 道具の種類)。
- angle (道具番号, 道具の角度)。
- period (道具番号, 道具が配置された時期)。
- position (道具番号, 道具の位置)。
- relation (主道具の道具番号, 道具間の幾何学的関係, 配置順序の差, 目的道具の道具番号)。

各述語の第一項の道具番号は、4~5桁の数値で表し、下の3桁で、道具の配置順序を、上の1~2桁で作品の番号を表す。各述語の第二項には各配置行為要素の値が代入される。述語 relation/4 の第三項は、主道具と目的



```

type(25002,flower).
angle(25002,0).
period(25002,firstQ).
position(25002,center_middle).
relation(25002,on_fuzzy,1,25001).
type(25003,flower).
angle(25003,0).
period(25003,firstQ).
position(25003,center_middle).
relation(25003,on_fuzzy,2,25001).
type(25008,fence).
angle(25008,90).
period(25008,firstQ).
position(25008,center_middle).
relation(25008,independ,no_dif,no_obj).
type(25010,fence).
tool_angle(25010,90).
period(25010,firstQ).
position(25010,center_middle).
relation(25010,reg_far,2,25008).
relation(25010,e0_1,1,25009).
type(25003,flower).
angle(25003,0).
period(25003,firstQ).
position(25003,center_middle).
relation(25003,on_fuzzy,2,25001).

```

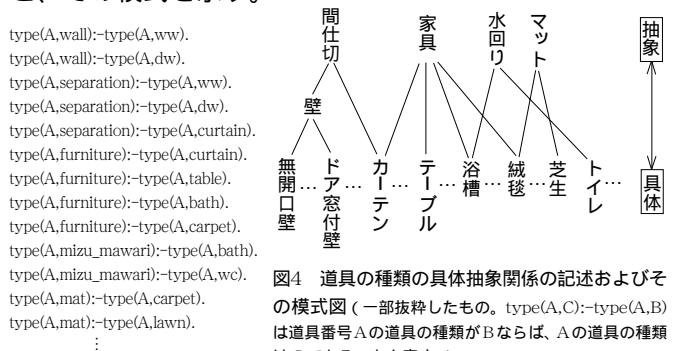
事例25の3番目の配置行為では、花を0度の角度で2手前に置かれた道具に対して on_fuzzy の幾何学的関係にかつボードの中央に置く
<途中省略>
type(25008,fence).
angle(25008,90).
period(25008,firstQ).
position(25008,center_middle).
relation(25008,independ,no_dif,no_obj).
事例25の8番目の配置行為では、柵を90度の角度で独立してかつボードの中央に置く
<途中省略>
tool_type(25010,fence).
tool_angle(25010,90).
period(25010,firstQ).
position(25010,center_middle).
relation(25010,reg_far,2,25008).
relation(25010,e0_1,1,25009).
事例25の10番目の配置行為では、柵を90度の角度で2手前に置かれた道具に対して reg_far の幾何学的関係にかつ1手前に置かれた道具に対して e0_1 の幾何学的関係にかつボードの中央に置く

図3 作品25の10回目の配置行為までの空間構成過程の記述 (2,3,8,10回目の配置行為を抜粋。各回の配置行為要素の記述の下の括弧内にその内容を日本語で記す。上図中の番号は道具の配置順序を表す。)

道具の配置順序の差が数値で代入される。空間構成過程の記述は、背景知識として Progol に与えられ、これらの記述またはその第二項および第三項が一般化された記述を組合せることにより仮説が生成される。空間構成過程の記述例を図3に示す。

3.2.2 配置行為要素の具体-抽象関係の記述法

道具の種類、角度、幾何学的関係の値の具体-抽象関係の記述を推論に利用できる背景知識として与えた。図4に道具の種類に関する具体-抽象関係の記述の一部と、その模式を示す。



4. まとめ

居住空間構成過程による空間構成過程を定式化し、一階述語論理で記述する方法、および Progol を用いて特定の作品の特徴的な形態が生成される過程を表す規則を抽出するための知識の与え方を提案した。

参考文献

- 1) 杉浦徳利 他 居住空間構成法による作品の制作過程から規則性を抽出するシステム 日本建築学会近畿支部研究報告集 1999年6月
- 2) 杉浦徳利 他 分裂病者の居住空間構成法による空間構成過程から規則を抽出するシステム 日本建築学会大会学術講演梗概集 1999年
- 3) Muggleton, S Inverse Entailment and Progol, New Generation Computing, 13, 1995

* 1 京都大学大学院博士前期課程 Dept. of Archi. and Environmental Design, Graduate School of Eng., Kyoto Univ.
* 2 京都大学大学院博士後期課程 Dept. of Archi. and Environmental Design, Graduate School of Eng., Kyoto Univ.
* 3 京都大学大学院生活空間学専攻 教授 工博 Prof., Dept. of Archi. and Environmental Design, Graduate School of Eng., Dr Eng.