

4H-2

帰納学習によるレイアウト設計知識の獲得

高瀬昭子 大和田勇人 溝口文雄\*  
東京理科大学 理工学部

1 はじめに

Muggleton が提案した帰納的論理プログラミング [2] は一階述語論理の形式で与えられた事例から一般規則を学習することができる。制約の一般化 [3] はこの枠組みに制約の公理系を導入したもので、パターン情報のような定量データからの直接的な一般規則の学習を可能にする。

本論文では制約の一般化をレイアウト問題に適用し、必要な空間的関係を自動的に獲得することを試みる。

フロアプランニングのようなレイアウト設計を行う場合、取り扱うオブジェクト間の空間上の制約は代数方程式・不等式で表現されるので、問題を解くのに必要十分な制約集合を与えることは困難である。

ここでは図面の構成要素である部屋を線形制約で表現し、対象間の空間的関係を代数制約の形で自動生成する問題を取り扱うが、帰納的論理プログラミングのアプローチを利用してこのような図面を事例集合として複数与えれば、各部屋の間にある制約を自動的に抽出することができると考えられる。

2 基本的な考え方

図1は建物における部屋の配置を表す図面である。異なる部屋の間になり立つ関係は1枚の図面から導出することができるが、その関係が一般になり立つものかどうかは複数の図面を基に推論しなければならない。

そこで従来の学習の手法である *V-operator* と *LGG* を利用する。*V-operator* は逆導出という方法で事例と背景知識から規則を導くものであり、1枚の図面から関係を求めるときに用いられる。*LGG* は *V-operator* から導かれた関係を一般化するために複数の図面を必要とする。得られた関係は正事例を包含し負事例を包含しないものとなっている。

また、対象の図面は線形制約集合で与えられるので、その推論機構には代数系の取り扱いが要求される。そのために学習される知識はエルブラン領域に加えて実数領域も扱うことができる制約論理プログラムとして獲得さ

れる。これは従来の学習の手法に制約の一般化を加えた制約付き一般規則の学習によって実現される。このとき制約の一般化は全ての制約をカバーする最小の制約集合を求めるために行われる。そして最終的に得られた線形制約集合から定性的記述が獲得されることになる。

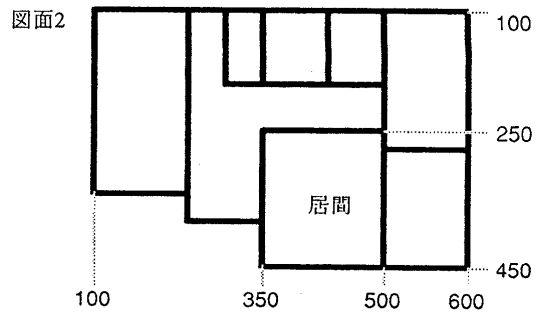
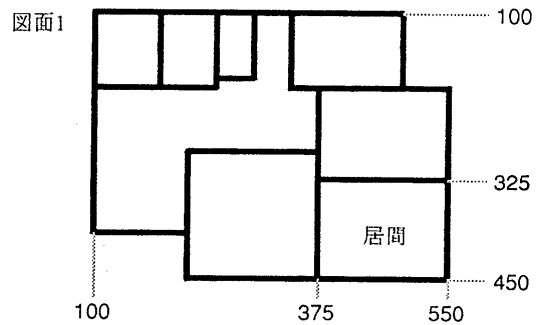


図1: 入力例 (一般住宅)

3 入力データ

ここでの入力図面は図面の構成要素であり、次の形式で記述される。このとき *H* は部屋の名称、*C* はその位置を表す線形制約集合である。

$$H \diamond C$$

\* Knowledge Acquisition for Layout Design using Inductive Learning  
Akiko TAKASE, Hayato OHWADA, Fumio MIZOGUCHI  
Science University of Tokyo

例えばオブジェクトが持つ制約を四方の壁  $E, W, S, N$  の値として与える。図1の図面1における居間 *living\_room* や建物 *building* は制約論理プログラミングとして次のように記述される。

```
living_room([El, Wl, Sl, Nl]) ◊
  {El = 550, Wl = 375, Sl = 450, Nl = 325}.
building([Eb, Wb, Sb, Nb]) ◊
  {Eb = 550, Wb = 100, Sb = 450, Nb = 100}.
```

同様に図面2では次のようになる。

```
living_room([El, Wl, Sl, Nl]) ◊
  {El = 500, Wl = 350, Sl = 450, Nl = 250}.
building([Eb, Wb, Sb, Nb]) ◊
  {Eb = 600, Wb = 100, Sb = 450, Nb = 100}.
```

## 4 学習の方法

入力に対する学習結果は図面中の異なる部屋同士の空間的関係として得られる。次に実際の図面から獲得される関係について、そこで用いられる学習の手法とともに説明する。

### 4.1 1つの図面内での一般化

普通、演繹推論とは事実  $A$  と規則  $B \leftarrow A$  から  $B$  という事実を推論するものである。しかし  $V$ -operator は背景知識  $A$  が与えられたときに事例  $B$  が存在すれば  $B \leftarrow A$  という規則を推論するという、逆導出の操作を行うものである。

*living\_room* を前景知識とし、それに対する背景知識として建物 *building* を与える。そのとき図1の図面1,2に対してそれぞれ  $V$ -operator を適用した結果は以下のようになる。

図面1 :

```
living_room([El, Wl, Sl, Nl]) ◊
  {El = 550, Wl = 375, Sl = 450, Nl = 325}
← building([Eb, Wb, Sb, Nb]) ◊
  {Eb = 550, Wb = 100, Sb = 450, Nb = 100}.
```

図面2 :

```
living_room([El, Wl, Sl, Nl]) ◊
  {El = 500, Wl = 350, Sl = 450, Nl = 250}
← building([Eb, Wb, Sb, Nb]) ◊
  {Eb = 600, Wb = 100, Sb = 450, Nb = 100}.
```

### 4.2 2つの図面間での一般化

$V$ -operator の適用によって2組の背景知識と事例から導出された2つの規則の一般化を求めるものが *LGG* である。このとき一般化された規則は、2つの規則の *Head*

部と *Body* 部同士をそれぞれ一般化したものから構成される。

上記の2つの関係から求めた *LGG* は次のようになる。

```
living_room([El, Wl, Sl, Nl]) ◊
  {500 ≤ El ≤ 550, ..., Sl = 450, ...}
← building([Eb, Wb, Sb, Nb]) ◊
  {550 ≤ Eb ≤ 600, ..., Sb = 450, ...},
  {Eb = -El + 1100, ..., Sl = Sb, ...}.
```

ここでリテラルに付随する制約が区間に一般化されることに注目されたい。これは居間の東側の壁を例にとると、図面1ではその値は  $El = 550$  であるが、図面2では  $El = 500$  であるので、この2つの値を包含するような線形制約として得られたものである。

また、最後に付加された制約集合は、*Head* 部と *Body* 部に出現する属性が等しい変数間の制約である。例えば居間と建物の東側の壁はそれぞれ  $500 \leq El \leq 550$ ,  $550 \leq Eb \leq 600$  という区間をとるが、互いに  $Eb = -El + 1100$  という関係を保ちながら変化する。これは全ての制約をカバーするような最小の制約集合として求められ、平面上では凸包を構成する。

結果として最後に付加された制約集合からは居間は建物の南側に位置するということが分かる。

更に高齢者向けに設計された図面を事例集合として与えた場合、以下のように一般住宅では得られなかった寝室とトイレの隣接関係等が抽出される。

```
lavatory([El, Wl, Sl, Nl]) ◊ {320 ≤ El ≤ 600, ...}
← bed_room([Eb, Wb, Sb, Nb]) ◊
  {375 ≤ Eb ≤ 700, ...},
  {Eb = 1.6 * El + 3.58, ..., Nl = Sb, ...}.
```

## 5 まとめ

本論文では帰納的論理プログラミングの適用によりレイアウト設計に必要な空間的関係を自動的に獲得することができることを示した。この方法によって得られた知識は代数制約として表現されるので、そのまま実問題に適用することが可能である。

今後は知識を実際にフロアプランニングに利用し、その有効性を実証することを考えている。

## 参考文献

- [1] G. D. Plotkin. A Further Note on Inductive Generalization. *Machine Intelligence* 8, 1971.
- [2] S. Muggleton. Inductive Logic Programming. *New Generation Computing*, Vol.8, 1991.
- [3] 高瀬, 大和田, 溝口. 帰納的論理プログラミングの画像理解への応用. 人工知能学会第6回全国大会, 1992