

[応用プログラムコース]

## ヒューリスティック探索による 8 パズルの解法

### データ構造

- 各タイルの位置を、横は左を基点とする  $x$  軸、縦は下を基点とする  $y$  軸として  $xy$  座標で表す。たとえば図 12.1(a) において番号 1 のタイルの位置は (1,3) と表される。
- 状態は 9 枚のタイル (空白は番号 0 のタイルと考える) から成る長さ 9 のリストで、番号  $i$  ( $0 \leq i \leq 8$ ) のタイルの位置  $(x_i, y_i)$  を第  $i$  番目の要素とする (リストのトップは 0 番目とする)。たとえば、図 12.1(a) の初期状態は [(2,3), (1,3), (2,2), (3,3), (3,2), (3,1), (2,1), (1,1), (1,2)] と表される。

### 考え方

- 位置  $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$  の間の差  $d$  を  $|x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$  と定義する。また、番号  $i$  のタイルに対して、状態  $S_1$  における位置と状態  $S_2$  における位置との差を  $d_i$  とし、状態  $S_1$  と状態  $S_2$  の距離  $totdist$  を  $\sum_{i=0}^8 d_i$  と定義する。
- 番号 0 のタイルをすぐ隣 (差が 1) の上下左右いずれかのタイルと互いの位置を交換することで、1 手すすむと考える。たとえば、図 12.1(a) の初期状態から図 12.1(b) の目標状態に到るには、番号 0 のタイルと番号 2 のタイルが互いの位置を交換すればよい。
- 探索木における各ノードは 1 手ごとの状態に対応する。

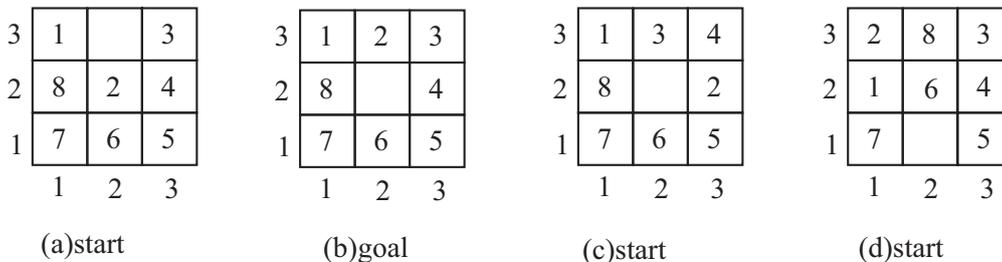


図 12.1

### 練習問題

1. 2 つのアトム A,B が、ある条件 cond を満たすとき、 $cond(A,B)$  と記述とする。リスト L1 に出現するアトム A で  $cond(A,B)$  を満たす A を 1 つだけ B で置き換えた結果が L2 である (それ以外のアトムはそのままとする) ような関係  $find\_atom(A,B,L1,L2)$  のプログラムを作成せよ。L1, A の具体値が与えられた時、B,L2 の具体値が求まるようにせよ。また、L1 に cond をみたく要素がない場合は失敗するようにせよ。たとえば、 $cond(a,zzz)$  が成り立つとき (確定節として記述されているとき)  $find\_atom(a,B,[a,b,c,a],L2)$  を実行すると  $B=zzz, L2=[zzz,b,c,a]$  となって成功する。(Hint: ボディが成り立てばヘッドが成り立つという Prolog の意味から考える。)

## 演習問題 (r12)

- (1) 8 パズルでタイルの位置  $T_1$  と  $T_2$  の差を  $D$  とするとき、これらの関係を表す述語  $d(T_1, T_2, D)$  のプログラムを作成せよ。
- (2) 8 パズルで状態  $S_1$  と状態  $S_2$  の距離を  $D$  とするとき、これらの関係を表す述語  $totdist(S_1, S_2, D)$  のプログラムを作成せよ。さらに、探索木におけるノードの評価値を、そのノードに対応する状態と目標状態との距離とすると、ノード  $Node$  とその評価値  $Value$  の関係を表す述語  $node(Node, Value)$  のプログラムを  $totdist$  を使って作成せよ。ただし目標状態  $G$  については  $goal(G)$  が成り立つとせよ。(  $G$  に具体的な値がはいった形で確定節として記述されている。 )
- (3) 状態  $S_1$  から移行可能な状態を  $S_2$  とするとき、 $S_1, S_2$  の関係は隣り合う 1 組のタイルの位置が入れ替わったものである。  $E$  を番号 0 のタイルの座標、 $T$  を番号 0 のタイルと位置を交代するタイルの座標、 $L1$  を交換前の番号 1~8 までのタイルの座標のリスト、 $L2$  を交換後の番号 1~8 までのタイルの座標のリストとすると、これらの関係を表す述語  $swap(E, T, L1, L2)$  のプログラムを、練習問題を参考にして作成せよ。次に、8 パズルで状態  $S_1$  から移行可能な状態を  $S_2$  とするとき、これらの状態の関係を表す述語  $edge(S_1, S_2)$  のプログラムを  $swap$  を使って作成せよ。 $S_1$  の具体値が与えられた時、 $S_2$  の具体値が求まるようにすること。たとえば、図 12.1(a) を  $S_1$  とすると、 $swap( (2,3), T, [ (1,3), (2,2), (3,3), (3,2), (3,1), (2,1), (1,1), (1,2) ], L2 )$  は  $T=(1,3)$ ,  $L2=[ (2,3), (2,2), (3,3), (3,2), (3,1), (2,1), (1,1), (1,2) ]$  ) となって成功する。(図 12.1(b) も  $S_2$  の別解として得られる。) また、 $edge([ (2,3), (1,3), (2,2), (3,3), (3,2), (3,1), (2,1), (1,1), (1,2) ], S_2)$  は  $S_2=[ (1,3), (2,3), (2,2), (3,3), (3,2), (3,1), (2,1), (1,1), (1,2) ]$  となって成功する。
- (4) r9\_6 を参考にして、8 パズルの山登り法による探索  $hc\_puzzle(Path)$  のプログラムを完成せよ。図 12.1(a),(c) それぞれを初期状態としたときのデータもプログラム中に記述し、それぞれの解を確かめよ、(それぞれ 1 手、4 手で目標状態に到達する。) 解は 1 つ得られればよい(別解を求めると無限ループになる可能性があるので注意)。  
また、図 12.1(d) を初期状態としたときは無限ループに陥ることを確かめよ(実行が停止しないことがわかればよい)。  
目標状態はいずれも図 12.1(b) とする。
- (5) r11\_4 を参考にして、初期状態から目標状態に至る経路がループになる場合でも対応できるように(同じ状態を二度と通らないように)、 $hc\_puzzle(Path)$  を改良したプログラム  $hc\_puzzle\_2(Path)$  を作成せよ。図 12.1(d) を初期状態としたときに解が得られることを確認せよ。
- (6) レポート問題なし。ダミーとして何か text ファイルをいれてください。

## 演習問題 (r12b)

r12 で upload してください .

- (1) リスト  $L$  の頭から  $N$  個の要素を取り除いたものが  $L1$  であるという関係を表す述語  $\text{drop2}(L,N,L1)$  のプログラムを作成せよ ,  $N$  が  $L$  の長さを越える場合は組み込み述語  $\text{write}$  を使って 'Too short' というメッセージを出力するようにせよ . ただし ,  $N$  には 0 以上の整数のみが入力されるものとする . たとえば ,  $\text{drop2}([1,2,3,4,5],2,L1)$  は  $L1 = [3,4,5]$  となって成功する .
- (2) (名前 , 英語の成績 , 数学の成績) を要素とするリスト  $L$  に対して , 英語と数学の平均点をそれぞれ  $EA, MA$  とするとき , これらの関係を表す述語  $\text{average}(L,EA,MA)$  のプログラムを作成せよ . たとえば ,  $\text{average}([(\text{alice},75,30),(\text{bob},50,65),(\text{cris},96,70)],EA,MA)$  は  $EA = 73.6667, MA = 55$  となって成功する .
- (3) (名前 , 英語の成績 , 数学の成績) を要素とするリスト  $L1$  に対して , 英語と数学の成績の和を合計点を計算し , (名前 , 合計点) を要素とするリストが  $L2$  であるという関係を表す述語  $\text{total\_score}(L1,L2)$  のプログラムを作成せよ . たとえば ,  $\text{total\_score}([(\text{alice},75,30),(\text{bob},50,65),(\text{cris},96,70)],L2)$  は  $L2 = [(\text{alice},105),(\text{bob},115),(\text{cris},166)]$  となって成功する .
- (4) 項  $\text{Term}$  が以下の文法 ( $\mathcal{G}$ ) で定義されているとき , 与えられた項  $T1$  に出現するファンクタ  $g$  を  $h$  に変換したものが  $T2$  であるという関係を表す述語  $\text{rewrite\_func}(T1,T2)$  のプログラムを作成せよ . たとえば ,  $\text{rewrite\_func}(g(a,g(f(0),1)),T2)$  は  $T2=h(a,h(f(0),1))$  となって成功する .

( $\mathcal{G}$ )

```
Term ::= Alphabet | Digit | f(Term) | g(Term,Term)
Alphabet ::= a | b
Digit ::= 0 | 1
```

ただし ,  $h$  は 2 引数のファンクタである . また ,  $T1$  には文法  $\mathcal{G}$  になかったものしか入力されないと仮定してよい .

- (5) 以下のような木構造が定義されており , 各ノードには異なる整数がラベルとして付加されているものとする . このように定義された木  $\text{Tree}$  において , 指定されたラベル  $\text{Label}$  が出現するノードが存在するかどうかを判定する述語  $\text{exist\_label}(\text{Label},\text{Tree})$  のプログラムを作成せよ .

```
Tree ::= t(Node,Tree,Tree) | t(Node,Tree) | Node
Node ::= Integer
```

たとえば ,  $\text{exist\_label}(2, t(1, t(1,2,3), t(2,1)))$  は成功する .

- (6) 解答例 r11b\_5 についてレポートせよ .