

[基本プログラムコース]

演習問題 (r12) [基本プログラムコース]

- (1) (名前, 英語の点数, 数学の点数) 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, $\text{average}([(alice, 75, 30), (bob, 50, 65), (cris, 96, 70)], EA, MA)$ は $EA = 73.6667, MA = 55$ となって成功する.
- (2) 以下の文法 (\mathcal{G}) が定義されており, 式は Expr で定義されている. 与えられた式 E に suc が N 回出現するという関係を表す述語 $\text{n_of_suc}(E, N)$ のプログラムを作成せよ. たとえば $\text{n_of_suc}(\text{plus}(\text{suc}(0), \text{suc}(\text{suc}(0))), N)$ は $N = 3$ となって成功する. ただし, E にはこの文法に従う式のみが入力されると考えてよい.

(\mathcal{G}) $\text{Expr} ::= \text{plus}(\text{Expr}, \text{Term}) \mid \text{minus}(\text{Expr}, \text{Term}) \mid \text{Term}$
 $\text{Term} ::= 0 \mid \text{suc}(\text{Term})$
- (3) (2) の文法 (\mathcal{G}) が定義されているとき, 与えられた式 (Expr) X に出現する 0 をすべて $\text{suc}(0)$ に置き換えた結果が Y であるという関係を表す述語 $\text{replace_term}(X, Y)$ のプログラムを作成せよ,
 たとえば $\text{replace_term}(\text{minus}(0, \text{suc}(0)), Y)$ は $Y = \text{minus}(\text{suc}(0), \text{suc}(\text{suc}(0)))$ となって成功する. ただし, X にはこの文法に従う式のみが入力されると考えてよい.
- (4) 同一要素を含まないリストが集合を表すものとするとき, リスト X, Y の共通集合が Z であるという関係を表す述語 $\text{intersect}(X, Y, Z)$ のプログラムを作成せよ. たとえば, $\text{intersect}([a, b], [c, b], Z)$ は $Z = [b]$ となって成功する.
- (5) 以下のような文法で木構造が定義されているとする. ノードには a または b がラベルとして付加されている. この木 $T1$ において, a とラベル付けされた葉ノードのラベルをすべて c に置き換えたものが $T2$ であるという関係を表す述語 $\text{subst_leaf_label}(T1, T2)$ のプログラムを作成せよ. たとえば, $\text{subst_leaf_label}(t(a, t(b, a, b), t(a, a)), T2)$ は $T2 = t(a, t(b, c, b), t(a, c))$ となって成功する (図 12.1 参照). ただし, $T1$ には以下の木構造に従う表現のみが入力されると考えてよい.

$\text{Tree} ::= t(\text{Node}, \text{Tree}, \text{Tree}) \mid t(\text{Node}, \text{Tree}) \mid \text{Node}$
 $\text{Node} ::= a \mid b$

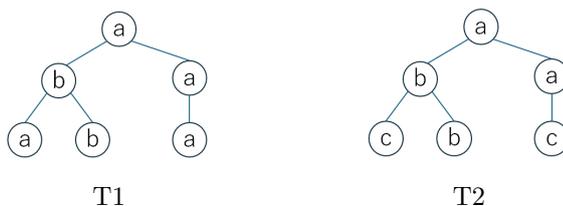


図 12.1

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．

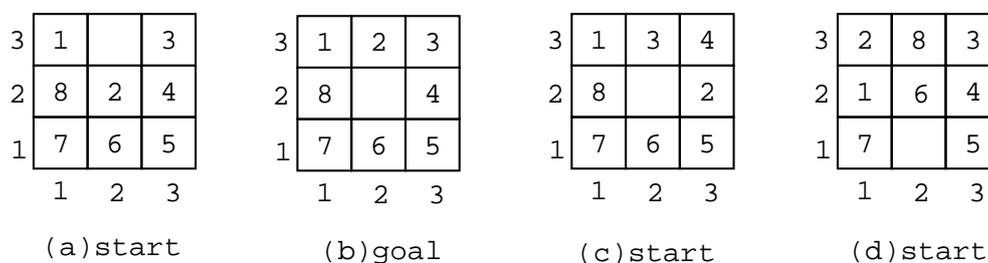


図 12.2

練習問題 [応用プログラムコースのみ]

1. 2つのアトム A,B が，ある条件 cond を満たすとき， $cond(A,B)$ と記述するとする．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) [応用プログラムコース]

* のついている問題はオプションなのでできる者のみ解答せよ。

- (6) 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。
- (7) 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。)
- (8) 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換するタイルの座標、 $L1$ 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。(複数解が存在し、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。
- (9) オプション問題 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。なお、r9(6) はオプション問題なので、未解答のものはまず r9(6) の解答を試みできる範囲で本問に取り組むこと。できたところまでで本問の解答として提出してよい。
- (10)* (9) のプログラムを改訂して閉路がある場合でも有効に(同じ状態を二度と通らないように)山登り法による探索を行う $hc_puzzle_2(Path)$ のプログラムを作成せよ。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。