

## プログラミング作法

r4(4)

リスト L1 に含まれる要素 X をすべて削除したリストが L2 であるという関係を表す述語 `del_element(X,L1,L2)` のプログラムを作成せよ。

- よくある解答 (間違いではない)

```
del_element(_, [], []).
del_element(X, [Y|L1], L2) :- X=Y, del_element(X, L1, L2).
del_element(X, [Y|L1], L2) :- X\=Y, del_element(X, L1, L3), L2=[Y|L3].
```

- 改善点

第 2 節: Y を使う必要なし. 同一節の中の変数は同一のものに置換 (代入) される.

第 3 節: 第 1,2 節を失敗した場合に実行されることから,  $X \neq Y$  の場合しか単一化されない.

また, 第 3 引数の形は head unification で決まり, リストの要素はボディゴールを実行した結果具体値と単一化される.

- 望ましい解答

```
del_element(_, [], []).
del_element(X, [X|L1], L2) :- del_element(X, L1, L2).
del_element(X, [Y|L1], [Y|L2]) :- del_element(X, L1, L2).
```

## デバッグについて

- 実行のステップごとのトレース

```
?- trace,goal.<CR>
```

- 割り込み - 実行中に停止しなくなった場合に数回実行するとよい

```
C-c
```

- その他よく使う命令

- a (abort) デバッグの中断
- w (write) 省略された部分を完全に表示
- s (skip) それ以下の実行の表示をスキップ

- トレースの終了

```
?- notrace.<CR>
```

- デバッグモードの終了

```
?- nodebug.<CR>
```

## 変数について

- 実行時に同じ節が再帰的に何度も呼ばれると, システムによって呼び出しごとにその節の変数には異なる変数が準備される. (第 2 回講義の資料「sum の実行過程の補足」参照.)
- '\_' (underscore) からはじまる数字はシステムが導入した変数である. 同じ番号のものには同じ値が代入される.

詳しくは教科書または SWI-Prolog の URL を参照のこと.

## 練習問題

1.  $\text{are\_edges}(N,M)$  は、有向グラフにおいてノード  $N$  を始点とするエッジの終点のリストが  $M$  であるという関係を表すとする。図 5.1 において成り立つ  $\text{are\_edges}$  をすべて記述してデータベースを作成せよ。(たとえばノード  $a$  を始点とする場合は  $\text{are\_edges}(a,[b,c])$  となる。) 次に、演習問題 r3(1) で作成した述語  $\text{list\_length}$  を使って、ノード  $N$  を始点とするエッジの数が  $K$  本であるという関係を表す述語  $\text{n\_of\_edges}(N,K)$  のプログラムを作成せよ。図 5.1 だけでなく、一般のグラフも扱えるようにすること。たとえば、 $\text{n\_of\_edges}(a,K)$  は  $K=2$  となって成功する。

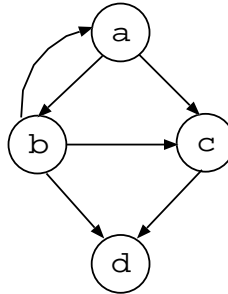


図 5.1

2. 組み込み述語  $\text{member}$  を使ってリスト  $L$  が重複する要素をもつかどうかを判定する述語  $\text{has\_duplication}(L)$  の再帰的なプログラムを作成せよ。たとえば、 $\text{has\_duplication}([b,a,a])$  は  $\text{true}$  となり、 $\text{has\_duplication}([a,b])$  は  $\text{false}$  となる。

## 演習問題 (r5)

\* 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。

以下の問題において、リストの先頭は 0 番目ではなく 1 番目と数える。

- (1) 有向グラフにおいて、全ノードのリストを  $G$ 、各ノード  $N$  に対して、それを始点とするエッジのリストが練習問題 1 のように述語 `are_edges` を使ってデータベースに記述されているとき、このグラフのエッジの総数は  $E$  であるという関係を表す述語 `n_of_all_edges(G,E)` のプログラムを練習問題 1 で作成した述語 `n_of_edges` を使って作成せよ。たとえば、図 5.1 の場合、`n_of_all_edges([a,b,c,d],E)` は  $E=6$  となって成功する。
- (2) 整数から成る長さ 1 以上のリスト  $L$  のすべての要素の平均値が  $V$  であるという関係を表す述語 `average(L,V)` のプログラムを、r3 練習問題 2 の `sum_list` および演習問題 r3(1) の `list_length` を使って作成せよ。
- (3) (名前, 点数) の組を要素とするリスト  $L$  に対して全員の平均点が  $A$  であるという関係を表す述語 `average_score(L,A)` のプログラムを作成せよ。また、点数  $X$  の判定を  $R$  とするとき、 $X$  が 60 点以上ならば `ok`、そうでなければ `ng` であるという関係を表す述語 `judge(X,R)` のプログラムを作成せよ。これらを使って全員の平均点が 60 点以上であれば `ok`、そうでなければ `ng` であるという関係を表す述語 `judge_list(L,R)` のプログラムを作成せよ。たとえば `judge_list([(ann,45),(bob,85),(cris,60),(dick,90)],R)` は  $R = ok$  となって成功する。
- (4) 組み込み述語 `member` を使って、リスト  $L1, L2$  が共通の要素を持っていることを表す述語 `has_common_element(L1,L2)` のプログラムを作成せよ。たとえば `has_common_element([a,b,c],[d,b])` は `true` となり、`has_common_element([a,b,c],[d])` は `false` となる。
- (5) リスト  $List$  の要素がすべて整数であるとする。 $List$  の要素の中で、ある整数  $X$  未満のもののリストが  $S$  であり、 $X$  以上の要素のリストが  $L$  であるという関係を表す述語 `partition(List,X,S,L)` のプログラムを作成せよ。 $List, X$  の具体値が与えられた時、 $S, L$  の具体値が求まればよいものとする。たとえば、`partition([4,6,2],5,S,L)` は  $S=[4,2], L=[6]$  となって成功する。
- (6)\* リスト  $L1, L2$  と、ある整数  $X$  に対して、 $L1$  と  $L2$  の間に  $X$  を挿入したリストが  $L$  であるという関係を表す述語 `connect_lists(L1,X,L2,L)` のプログラムを、組み込み述語 `append` を使って作成せよ。たとえば、`connect_lists([1,2],3,[4],L)` は  $L=[1,2,3,4]$  となって成功する。
- (7)\* (5) で作成した述語 `partition` および (6) で作成した述語 `connect_lists` を使って、要素が整数であるリスト  $L1$  をクイックソートによって昇べきの順 (小さいものから大きなものへの順) に並びかえたリストが  $L2$  であるという関係を表す述語 `qsort(L1,L2)` のプログラムを作成せよ。ただし、与えられたリストの最初の要素をピボット (大きい数と小さい数をわけするための基準値) としてとるものとし、 $L1$  の具体値が与えられた時、 $L2$  の具体値が求まればよいものとする。たとえば、`qsort([5,4,6,2],L2)` は  $L2=[2,4,5,6]$  となって成功する。
- (8) 練習問題 2 の解答例プログラムの (i) 各節の論理的意味および (ii) `?- has_duplication([b,a,a])` を実行したときの実行過程を示せ。(i) については **命題の形になっていること**、すなわち、引数への入出力を書くのではなく、「 $C$  である」「 $A$  かつ  $B$  ならば  $C$  である」のように記述すること。 $[X|L1]$  は「頭部が  $X$ 、尾部が  $L1$  のリスト」と書いてもよいし、このままでもよい。(ii) については第 3 回資料にある参考例、第 1 回の資料「Prolog の実行過程」、第 2 回資料「sum の実行過程の補足」などを参考に、「ゴール」「実行」「単一化 (ユニフィケーション)」「バックトラック」という用語をすべて用いて段階的に説明せよ。**(トレースを貼り付けてはいけません。)** ただし組み込み述語 `member` については結果だけでよく細かい説明は不要。
- (9) 今回の演習問題 r5 (1)-(8) (論理的意味と実行過程を含む) の解答にあたって生成 AI を少しでも使用したものの番号をすべて記述せよ。