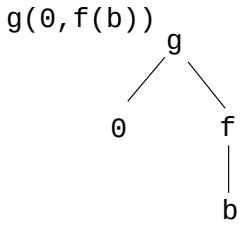
記号処理

Prolog はデータとして，数値だけではなく，項を扱うことができる．(データは構造を持ったオブジェクトであり（文字列を使って表現されるが），「文字列を前から見ていく」という概念はない．

- 変数 (variable) は大文字または '_' ではじまる文字列である．
- 定数 (atom) は小文字ではじまる文字列である．
- 構造 (structure) は func($T_1,\ldots,T_n$) の形をしている．ただし，func はファンクタと呼ばれる演算子，$T_1,\ldots,T_n$ は項である．
- 項 (term, データオブジェクト) は変数か定数か構造である．

構造の木表現



注意：項はデータ，すなわち引数として扱うものなので，ゴールと混同しないこと．
ゴールは pred($T_1,\ldots,T_n$) の形をしている．ただし，pred は述語記号 (関係)，$T_1,\ldots,T_n$ は項である．リストも list(H,T) という構造を持つ項の 1 つと考えてよい．

テストデータが複雑な形なので，タイプミスのないようプログラム中に
`test(X) :- subst(f(f(b)),X).`
と定義しておくなど工夫せよ．
最初は単純なデータでテストしてそれから複雑なデータでテストするようにせよ．また，単純なデータを使ってエラーの原因を特定すること．

練習問題

1. 以下の文法 ($\mathcal{G}_1$) にかなったもののみがデータとして与えられるとする．このとき，項 Term がアトム a を含むかどうかを判定する述語 ocr_a(Term) のプログラムを作成せよ．たとえば ocr_a(f(f(a))) は成功し，ocr_a(f(f(b))) は失敗する．$\mathcal{G}_1$ **はプログラムが対象とする言語であり，プログラミング言語と混同しないように注意．(**$\mathcal{G}_1$ **をプログラムの一部として記述するのは間違いである．)**

   ($\mathcal{G}_1$)
   ```
   Term ::= Alphabet | f(Term)
   Alphabet ::= a | b
   ```

2. 文法 ($\mathcal{G}_1$) にかなったもののみがデータとして与えられるとする．項 T1 に出現するアトム a をすべて c に書き換えた結果が項 T2 であるという関係を表す述語 subst(T1,T2) のプログラムを作成せよ．たとえば，subst(f(f(a)),X) は X=f(f(c)) となって成功し，subst(f(f(b)),X) は X=f(f(b)) となって (書き換えなしで) 成功する．

3. 文法 ($\mathcal{G}_1$) にかなったもののみがデータとして与えられるとする．項 Term に含まれるファンクタの数が N であるという関係を表す述語 n_functors(Term,N) のプログラムを作成せよ．たとえば n_functors(f(f(f(a))),X) は X=3 となって成功する．

4. 文法 ($\mathcal{G}_2$) にかなったもののみがデータとして与えられるとする．項 T1 に出現するアトム a をすべて c に書き換えた結果が項 T2 であるという関係を表す述語 subst2(T1,T2) のプログラムを作成せよ．たとえば，subst2(f(g(1,f(a))),X) は X=f(g(1,f(c))) となって成功する．

($\mathcal{G}_2$)

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

演習問題 (r6)

$*$ 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．

(1) 文法 ($\mathcal{G}_2$) にかなったもののみがデータとして与えられるとする．項 T1 に出現するアトム A をすべて項 B に書き換えた結果が項 T2 であるという関係を表す述語 subst_atom(A,B,T1,T2) のプログラムを作成せよ．たとえば，subst_atom(a,g(b,b),g(a,f(1)),X) は X=g(g(b,b),f(1)) となって成功する．

(2) 文法 ($\mathcal{G}_2$) にかなったもののみがデータとして与えられるとする．与えられたアトム A が与えられた項 Term に出現する回数が C であるという関係を表す述語 count_ocr(A,Term,C) のプログラムを作成せよ．count_ocr(a,f(g(a,f(a))),C), count_ocr(b,f(g(a,f(a))),C), count_ocr(a,f(g(b,f(a))),C) についてそれぞれ動作確認せよ．

(3) 文法 ($\mathcal{G}_2$) にかなったもののみがデータとして与えられるとする．項 T1 に出現するファンクタ f をすべて h に書き換えた結果が項 T2 であるという関係を表す述語 subst_functor(T1,T2) のプログラムを作成せよ．subst_functor(f(g(a,f(a))),T2), subst_functor(f(g(a,f(a))),T2) subst_functor(f(g(b,f(a))),T2) についてそれぞれ動作確認せよ．

(4) 文法 ($\mathcal{G}_2$) にかなったもののみがデータとして与えられるとする．与えられた項 Term に含まれるファンクタの数が N であるという関係を表す述語 n_of_functors(Term,N) のプログラムを作成せよ．項以外のものは入力されないと仮定してよい．たとえば n_of_functors(f(g(a,f(b))),X) は X=3 となって成功する．

(5) 文法 ($\mathcal{G}_2$) にかなったもののみがデータとして与えられるとする．与えられたアトム A が与えられた項 Term に出現するかどうかを判定する述語 ocr_check(A,Term) のプログラムを作成せよ．ocr_check のみを用いて (他の述語を使わず) 再帰的に定義すること．
ocr_check(a,f(g(a,f(a)))),
ocr_check(b,f(g(a,f(a)))), ocr_check(a,f(g(b,f(a)))) について動作確認せよ．

(6)* 文法 ($\mathcal{G}_3$) にかなったもののみがデータとして与えられるとする．与えられた項 (Term) に含まれる部分項のリストが L であるという関係を表す述語 list_of_subterms(Term,L) のプログラムを組み込み述語 append (text pp.69-70 conc と同じ) を使って作成せよ．ただしリストは重複を許すとする．また，項以外のものは入力されないと仮定してよい．たとえば　list_of_subterms(f(g(a,f(b))),X) は X = [f(g(a, f(b))), g(a, f(b)), a, f(b), b] となって成功する．

($\mathcal{G}_3$)

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

(7) r6 の練習問題 4 についてレポートせよ．(i) プログラムの各節の論理的意味 (**命題の形になっていること**)，(ii) `?- subst2(f(g(1,f(a))),X)` を実行したときの動作 (**トレースを貼り付けてはいけない.「ゴール」「実行」「単一化（ユニフィケーション)」という用語をすべて用いてどのゴールとどの節のヘッドが単一化されて変数がどう書き換わり，どのゴールが呼ばれるなどを段階的に記述すること．**).