プログラミング言語論

第8回

LISP

担当：犬塚

今日の講義

LISP入門

- リスト構造とリストの操作
- 基本演算
- 基本的な制御構造
- 純粋関数型に反する機能

LISPは非常に多数の方言があるが、common lisp として統一規格が出て以来、これが主流。

LISPのデータ

- 変数ではなくデータ（オブジェクト）に型がある。
  （実際には効率等の面から変数にも型を与えられる）
- LISPのデータ型：表現によって決まる。
  - 数型（整数型、分数型、浮動小数点数型、複素数型）
  - 文字型　#¥a #¥newline
  - シンボル型　abc（＝aBc）
  - コンス型
  - 関数型
  - その他

  コンス以外をアトムという。

リスト

LISPのリストは

- （　）で要素を括った形式、
- 要素は空白で区切る。
- 要素にはLISPのどんなデータも入れることができる。
- リスト自身を要素としてもよい。

例　(1 2 3 4)　(a (b c) d (e (f)))

- 空リストは、() あるいは nil と表す。
- リストは用途は決まっていない。好きにデータ構造を表せる。

例　(taro
　　(fullname suzuki taro)
　　(hight 172)
　　(weight 67))

リストの基本演算　car, cdr, cons

- LISPの基本演算に car, cdr cons がある。
- car(カー), cdr(クダー)は当時の計算機のレジスタに由来する名称、cons(コンス)はconstruction。

(car '(a b c d)) → a
　　: 先頭要素を返す
(cdr '(a b c d)) → (b c d)
　　: 先頭要素を取り除いたリストを返す
(cons 'a '(b c d)) → (a b c d)
　　: 第2引数のリストの先頭要素として、第1引数の要素を加えたリストを返す。

car, cdr の組合わせ

- 2つ目の要素を取り出すには、
  (car (cdr '(a b c d))) → b
- 1つ目の要素であるリストの第2要素は、
  (car (cdr (car '((a b) c d)))) → b
- こうした演算はよく使うので、省略形がある:
  (cadr '(a b c d)) → b　　カードゥル
  (cadar '((a b) c d)) → b　　カダール

cとrの間にa,dを適当に並べるとこれらの演算を意味する
（たいてい4つ程度までサポート）

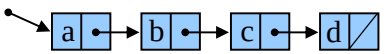
練習

- 以下の式のopに適切にリスト演算を入れて、aからeの各記号が答えになるようにせよ。
  (op '(a ((b) c) (d (e))))

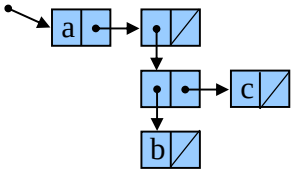
リストは連結リスト

- LISPのリストは連結リストで構成されている。

(a b c d e)

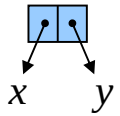


(a ((b) c))



コンス、点対

- LISPでは c/ をセルまたはコンスという。
- (cons x y) でコンスが1つ作られる。



- コンスの左をたどるのがcar，右をたどるのがcdr。
- consによってリストを表現できる。

例 (cons 'a (cons 'b (cons 'c nil)))
→ (a b c)

(cons 'a (cons (cons (cons 'b nil) (cons 'c nil)) nil))
→ (a ((b) c))

コンス、点対

- コンスを中置の「.」で表す形式もある。
- (cons x y) = (x . y)
  '(a . (b . (c . nil))) → (a b c)
  '(a . (((b . nil) . (c . nil)) . nil)) → (a ((b) c))
- この形式を点対(dot pair)という。
- 最後がnilでないリストは点対で表す。
  '(a . (b . (c . d))) → (a b c . d)

練習

- アトム(aや1のように記号のみからなるデータ)からcons を用いて、次のリストを作れ。また点対で表現せよ。
  ① (a (b) c)

  ② (1 (2 (3 (4 . 5))))

LISPの基本的制御構造

- マッカーシーの条件式
  (cond (条件 値) ...(条件 値))
  左から順に調べ最初に真となったときの値が返る。
  真となるものがない場合はnil。
- 条件には任意の式が使える。式が値nilのとき偽、それ以外では真を表す。
- 条件に用いる関数＝述語：末尾にpがつくものが多い。
  (zerop x) xがゼロであれば真。
  (null x) xが空リストのとき真。
  t いつも真であることを表す定数に束縛されている。

condを用いたプログラム例

例 つぎの関数absは絶対値を求める。

```
(defun myabs (x)
  (cond   ((plusp x)   x)          ; x>0 なら  x
          (t           (* x -1)    ; それ以外は -x
  ))
```

- 再帰的な定義と組合わせると多様な関数が定義できる。

```
(defun fact (x)
  (cond   ((zerop x)   1)
          (t  (* x (fact (- x 1))))
  ))
```

$$x! = \begin{cases} 1 & ;x=0 \\ x(x-1)! & ;x>0 \end{cases}$$

再帰定義を用いたリスト操作

- 再帰によるリスト操作はLISPの基本的技法である。
- リストXとYの連結(append)は次のように書ける。

```
(defun myappend (x y)
  (cond ((null x) y)
        (t   (cons (car x)
                   (myappend (cdr x) y)))
  ))
```

```
(myappend '(1 2 3)  '(4 5 6))
→ (1 2 3 4 5 6)
```


Myappendのトレース

```
(defun myappend (x y)
  (cond ((null x) y)
        (t   (cons (car x)
                   (myappend (cdr x) y)))))
```

実行例:

```
(myappend '(a b c) '(d e f))
   (null '(a b c))は偽  → (cons 'a (myappend '(b c) '(d e f)))
(myappend '(b c) '(d e f))
   (null '(b c))は偽  → (cons 'b (myappend '(c) '(d e f)))
(myappend '(c) '(d e f))
   (null '(c))は偽  → (cons 'c (myappend '()  '(d e f)))
(myappend '() '(d e f))
   (null '())は真  → '(d e f)
(cons 'c (myappend '()  '(d e f)))＝(cons 'c '(d e f))＝(c d e f)
(cons 'b (myappend '(c)  '(d e f)))＝(cons 'b '(c d e f))＝(b c d e f)
(cons 'a (myappend '(b c)  '(d e f)))＝(cons 'a '(b c d e f))＝(a b c d e f)
```


練習　次のリスト操作関数を定義せよ

- リストxの最後の要素を取り出す (mylast x)
- 数のリストxの要素の合計得る (mysum x)

LISPの関数呼出しと関数定義

- 関数適用は、前置き表現で行われる。
  (関数　値　値 …)
  LISPは値には型があるので、関数を適用する際に型違反であれば、エラーとなる。

- 関数定義は次の形式で定義される。
  (defun 関数名 (x y …)　関数本体)

例　(defun myplus (x y) (+ x y))

LISPの関数呼出しとクォート

- LISPの式は、すべてリスト形式で表される。
- すると、(a b c d)としたとき次のものが区別できない。
  - 4つの要素からなるリスト
  - 関数aに対するb c dの適用する
  - b c dもシンボルそのものか、その値か、
- オブジェクトxを評価せず、そのままのデータとしたいとき (quote x) とかく。'x はその省略記法。

したがって、

- (a b c d)とかけば、関数aに変数b c dの値を適用。
- (a 'b 'c 'd)とかけば、関数aにシンボルb c dを渡す。
- '(a b c d)と単にリスト。

その他の制御構造

- 関数定義において、途中結果を変数に置きたい場合がある。
  $f(x)$ = max(y,z), ただし $y=x^2$, $z=10x$
- こうした局所的変数は次の let 形式で扱える。

```
(let (
       (変数　式) … (変数　式)
     )
     本体式)
```

```
例　(defun func (x)
      (let ( (y (* x x))  (z (* 10 x)))
        (max y z)
      ))
```

- letは変数の値を順に計算し、前の計算結果をその後の計算に反映させる。反映させないバージョンにlet＊がある。

本来の関数型に反する機能

- 変数への代入:
  - シンボルに属性を付加する形で、代入が可能　－　setq
  - それ以外にシンボルに様々な属性を与えることができる（pリスト）
- 手続き的プログラムの機能　－　progn
- 破壊的リスト操作　－　rplaca, rplacd
- 入出力関数など　－　print, format

set, setq

- setは、シンボルに値を割り当てる。
  (set 'x '(1 2 3))
- 第1引数のシンボルはたいていいつもquoteされるので、これを含めた形式として次を許す。
  (setq x '(1 2 3))
- setqでなくsetを使うのは、たとえば次の場合。
  (setq x 'a)
  (set x '(1 2 3)) → xにはaが、aに(1 2 3)が代入される。

progn形式

- LISPも手続き型言語と同様の形式を持つ。
  (progn 式 式 ・・・ 式)
- 式を順に評価し、最後の式の値が全体の値になる。
- 最後の式以外の値は捨てられる。
- これが意味があるのは、途中の式がsetqのような副作用のある形式の場合のみ。
- さらに、ラベルとgoto文も持つ。

- let形式の本体式は、複数置くことができる。この場合の解釈はprognと同じ＝implicit prognという。

破壊的関数：rplaca, rplacd

- rplaca (ルプラッカ、replace car), rplacd (ルプラクディ、replace cdr)は リストを破壊的に操作する
- 副作用を目的としている。

(setq x '(a b c d))
(rplaca x 1) → x=(1 b c d)
(rplacd x '(2 3)) → x=(1 2 3)

メモリ構造

- LISPは関数型言語という抽象的性格の反面、メモリ使用を気にする必要がある。

```
(setq x '(1 2 3))
(setq y (cons 100 x))     → y=(100 1 2 3)
(rplaca x 99)             → x=(99 2 3) y=(100 99 2 3)
(setq x '(4 5))           → x=(4 5) y=(100 99 2 3)

(setq x '(1 2 3))
(setq y (cons 100 x))     → y=(100 1 2 3)
(rplacd x y)              → ?
```

- データの等価性も2種類（実際は更に多数）ある。
  - (eq x y) 同じメモリ領域または同じアトム
  - (equal x y) 印字名が同じ

練習

次を順に評価したとき、その式およびx,yの値どうなるか答よ？

```
(setq x '(nagoya inst tech))
(setq y (cons x x))
(eq  x (cadr y))
(rplacd x 'cs)
(rplaca x 'nit)
(eq  x (car y))
(eq  (cons x x) y)
```


練習

- リストを使って多数の人物のデータを記録している。
  (データ1　データ2　…　)
- 各データは次の形式。
  (人物名　(属性1　データ) (属性2　データ) …)
- この形式のデータリストLに対し、次の関数を書け。
  (**getdata**　L　人物名　属性)
  で人物のその属性を返す関数。
  (**putdata**　L　人物名　属性　値)
  属性を値で書換える関数。属性がなければ追加する。
  (**putdataL**　人物名　属性　値)
  putdataと同様の機能を、グローバルな変数Lの内容を書換える方法で実現せよ。

まとめ

- LISPは代表的関数型言語。リスト処理を中心とし、記号処理が得意。
- 統一規格common lispは広範囲に用いられている。
- 関数の定義、適用が計算の中心。
- 純粋な関数型に反する仕組みを多数用意する。

追加

- LISPは変数宣言を意識する必要がない。そのため、メモリの回収の仕掛けが重要＝ガーベージコレクション。