ML 演習 第 3 回

おおいわ
April 24, 2001

資料について

- 演習ホームページ
  http://www.yl/~oiwa/lecture/ocaml/ に
  - 毎回のレジュメの PDF
  - 課題提出状況一覧

  を載せました

今回の内容

- 例外の処理
- 副作用のサポート
  - reference
  - 変更可能フィールド
  - 複文

例外 (1)

- 例1: ベクトルの正規化

```
# let normalize (x1, x2) =
    let n = sqrt (x1 *. x1 +. x2 *. x2)
    in (x1 /. n, x2 /. n);;
val normalize : float * float -> float * float = <fun>
# normalize (3.0, 4.0);;
- : float * float = 0.600000, 0.800000
```

→ (0, 0) が与えられたとき?

例外 (2)

- 2つのベクトルのなす角

```
# let angle v1 v2 =
    let ((x,y),(x',y')) = (normalize v1, normalize v2)
    in acos (x *. x' +. y *. y');;
val angle : float * float -> float * float -> float = <fun>
# let degree_of_radian x = x *. 180.0 /. 3.1415926535897;;
val degree_of_radian = float -> float = <fun>
# let angleD v1 v2 = degree_of_radian (angle v1 v2);;
val angleD : float * float -> float * float -> float = <fun>
# angleD (1.0, 0.0) (0.0, 0.5);;
- : float = 90.000000
```


例外 (3)

- 方法1: エラーを示す値を決めておく

```
# type 'a option = None | Some of 'a;; (* 実は組み込み型 *)
type 'a option = None | Some of 'a

# let normalize (x1, x2) =
    let n = sqrt (x1 *. x1 +. x2 *. x2) in
    if n = 0.0 then None else Some(x1 /. n, x2 /. n);;
val normalize : float * float -> (float * float) option = <fun>
# normalize (0.0, 0.0);;
- : (float * float) option = None
```

例外 (4)

- この方法の欠点: 使いづらい!!

```
# let angle v1 v2 =
    match  (normalize v1, normalize v2) with
     (None, _) | (_, None) -> None
   | (Some(x,y), Some(x',y')) ->
                    Some(acos(x *. x' +. y *. y'));;
val angle : float * float -> float * float -> float option = <fun>
# let angleD v1 v2 = match angle v1 v2 with
  None -> None | Some x -> Some (degree_of_radian x);;
```


例外の送出 (1)

- 例外の定義と送出 (1)

```
# exception ZeroVector;;
exception ZeroVector
# raise ZeroVector;;
Uncaught exception: ZeroVector.

# exception BadArg of float;;
exception BadArg of float
# raise (BadArg 5.0);;
Uncaught exception: BadArg 5.000000.
```


例外の送出 (2)

- 例外の利用

```
# let normalize (x1, x2) =
    let n = sqrt (x1 *. x1 +. x2 *. x2) in
    if n = 0.0 then raise ZeroVector else (x1 /. n, x2 /. n);;
val normalize : float * float -> float * float = <fun>
# normalize (3.0, 4.0);;
- : float * float = 0.600000, 0.800000
# normalize (0.0, 0.0);;
Uncaught exception: ZeroVector.
```


例外の送出 (3)

```
# let angle v1 v2 =
    let ((x,y),(x',y')) = (normalize v1, normalize v2)
    in acos (x *. x' +. y *. y');;
val angle : float * float -> float * float -> float = <fun>
# let angleD v1 v2 = degree_of_radian (angle v1 v2);;
val angleD : float * float -> float * float -> float = <fun>

# angleD (1.0, 0.0) (0.0, 0.5);;
- : float = 90.000000
# angleD (0.0, 0.0) (0.0, 0.5);;
Uncaught exception: ZeroVector.
```


例外の処理 (1)

- 発生した例外を処理する

```
# let angle_str v1 v2 = try
     "Angle is " ^ string_of_float (angleD v1 v2)
   with ZeroVector -> "Not defined.";;
val angle_str : float * float -> float * float -> string = <fun>

# angle_str (1.0, 0.5) (2.0, 3.0);;
- : string = "Angle is 29.7448812969"
# angle_str (1.0, 0.5) (0.0, 0.0);;
- : string - "Not defined."
```


例外の処理 (2)

- 応用例

```
# exception Zero;;
# let prod l =
    let rec f = function [] -> 1
      | hd::tl -> if hd = 0 then raise Zero else hd * f tl
    in try f l with Zero -> 0;;
val prod : int list -> list
# prod [1;2;3;4;5;0;7;8;0];;
- : int = 0
```

Imperative Features

- 副作用に依存したプログラミングのサポート
  - reference (破壊的代入)
  - 変更可能フィールド
  - 複文

13

Reference

- 変更可能なセル

```
# val a = ref 0;;
val a : int ref = {contents=0}
# !a;;
- : int = 0
# a := 5;;
- : unit = ()
# !a;;
- : int = 5
```

14

変更可能なレコード

```
# type mutable_point = { mutable x:int; mutable y:int };;
type mutable_point = { mutable x : int; mutable y : int; }
# let p1 = { x = 5; y = 3; };;
val p1 : mutable_point = {x=5; y=3}
# p1.x <- 6;;
- : unit = ()
# p1;;
- : mutable_point = {x=6; y=3}
```

(cf.) type 'a ref = { mutable contents : 'a }

15

複文

```
# let increment x a = (x := !x + a ; !x);;
val increment : int ref -> int -> int = <fun>
# let a = ref 0;;
val a : int ref = {contents=0}
# increment a 5;;
- : int = 5
# increment a 5;;
- : int = 10
```

16

unit 型

- () が唯一の値

```
# ();;
- : unit = ()
```

- 用途
  - 副作用以外に意味のない関数の返り値
  - 引数の不要な関数に与えるダミー値
    - C++ の void 型に相当

17

課題1

- "Turtle" のモデルとして、現在の位置と頭の向きを記憶するデータ型 turtle を作り、次の4つの動作を実現する関数群を定義せよ。
  - (0,0) に新しい turtle を生成する
  - turtle を n 歩前に進める
  - turtle を左に k 度回転させる
  - 現在の turtle の位置を返す

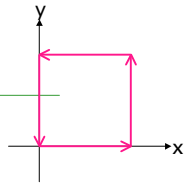
18

課題1 (仕様)

- type turtle = (any implementation)
- val new_turtle = unit -> turtle
  - 新しいタートルを生成
- val advance = turtle -> float -> unit
- val rotate = turtle -> float -> unit
  - タートルの位置を移動させる
- val locate = turtle -> float * float
  - 現在の位置を (x, y) のペアで報告

19

課題1 (例)




```
# let t1 = new_turtle ();;
val t1 : turtle = { … }
# advance t1 1.0; locate t1;;
- : float * float = 1, 0
# rotate t1 90.0; advance t1 1.0; locate t1;;
- : float * float = 1, 1
# rotate t1 90.0; advance t1 1.0; locate t1;;
- : float * float = 0, 1
# rotate t1 90.0; advance t1 1.0; locate t1;;
- : float * float = 0, 0
(*計算誤差で値が正確に0にならないのは気にしなくて良い*)
```

20

課題1 (ヒント)

- 三角関数
  - sin, cos, … : float -> float (弧度法)
  - π = atan 1.0 *. 4.0 (必要なら…)
- データ型
  - 変更可能なレコードが最適か?

21

課題2

- Stack のデータ構造を表現する多相型を定義し、次の操作を実装せよ。
  - new_stack: 新しい stack の作成
    - new_stack の返り値の型は明示する (次回以降説明)
  - push: 要素を頭に追加
  - pop: 先頭要素を取り出す
    - 空 stack に対する pop は例外を送出

22

課題2 (例)

```
# let s = ( new_stack () : int stack);;
val t1 : int stack = ……
# push s 1;;
- : unit = ()
# push s 2;;
- : unit = ()
# pop s;;
- : int = 2
# pop s;;
- : int = 1
# pop s;;
Uncaught exception: EmptyStack.
```

23

課題2 (ヒント)

- データ型の実際の定義は?
  - 実はシンプルに
    type 'a stack = { mutable c : 'a list }
    でよい…
    - push: リストの先頭に要素を追加
    - pop: リストの head を取り出す、
      取り出した後の stack はリストの tail

24

課題3 (optional)

- 課題2と同様に Queue を作れ。
  - new_queue: 新しい queue の作成
  - add: 新しい要素を末尾に追加
  - take: 先頭の要素を取り出す
    - Stack と似てますが、ずっと難しいです。

25

提出方法

- メ切: 2001年5月7日 (月) 24:00
- 提出先: ml-report@yl.is.s.u-tokyo.ac.jp
- 題名: “Report 3 (学生証番号)”

26