関数型プログラミング
第4回 リストと関数（2）

萩野 達也
hagino@sfc.keio.ac.jp

Slide URL

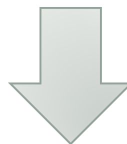
https://vu5.sfc.keio.ac.jp/slide/

リスト結合

- **xs ++ ys**
  - リスト **xs** と **ys** の結合したリストを返す
  - `(++)::[a]->[a]->[a]`
  - 右結合の演算子

append.hs

```
append xs ys = if null xs then ys
               else (head xs):(append(tail xs) ys)
```



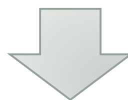
```
xs ++ ys = if null xs then ys
           else (head xs):(tail xs ++ ys)
```

リストの反転

- **reverse xs**
  - リスト **xs** を反転したリストを返す
  - **reverse::[a]->[a]**

rev.hs

```
rev xs = if null xs then []
         else append (rev(tail xs)) [head xs]
```



```
reverse xs = rs xs []
  where rs xs ys = if null xs then ys
                   else rs (tail xs) ((head xs):ys)
```

- **rs xs ys**
  - **xs** を反転させて **ys** と結合したリストを返す
  - **reverse xs == rs xs []**
  - **rs** を **xs** に関する分割統治で解く

多相的関数

- リストに関する関数はいろいろなリストに適用できる.
  - `[1,2,3] ++ [4,5,6] :: [Int]`
  - `[True,False] ++ [True] :: [Bool]`
- `(++)::[a]->[a]->[a]`
  - `a` は型変数
  - `a` はいろいろな型に具体化（instantiation）される
  - `a` は同じ型に具体化されなくてはならない
  - `[1,2,3] ++ [True,False]` では `++` の型の具体化で失敗する
- 多相的関数（polymorphic function）
  - `a` は型変数を含む型を持つ関数
  - オーバーロードとは異なる
    - 複数の関数を同じ名前にして，状況に応じて選ぶ
    - 多相的関数は，同じ関数が複数の型の要素に適用可能

その他のリスト関係の関数

- 前回は再帰を使って定義をしたが，もともとたくさん定義されている．
- **length xs**
  - リスト **xs** の要素数を返す．
  - **length::[a]-> Int**

```
length xs = if null xs then 0
            else length(tail xs) + 1
```

- **sum xs**
  - リスト **xs** の要素の合計を返す．
  - **sum::[Int]->Int**

```
sum xs = if null xs then 0
         else (head xs) + sum(tail xs)
```

リストの数列表記

- 一定の範囲の整数や文字などを含むリストを生成する特別な記法
  - `[1..7] == [1,2,3,4,5,6,7]`

```
[x .. y] = if x > y then [] else x:[(x + 1) .. y]
```

- 一定間隔で要素を並べることもできる
  - `[1,3..11] == [1,3,5,7,9,11]`

練習問題4ー1

- **[1,3..11] == [1,3,5,7,9,11]** と同じ働きをする関数 **ap** を定義しなさい.
  - **[1,3..11] == ap 1 3 11**
  - **ap** は等差数列を生成する

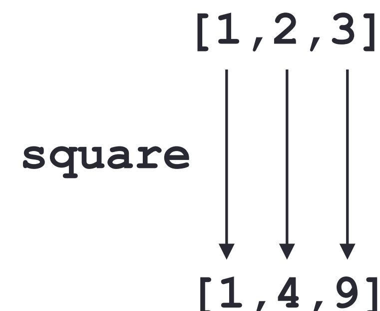
ap.hs

```
ap x y z = if x > z then []
           else ...
```

```
% stack ghci
Prelude> :load ap.hs
*Main> ap 1 3 11
[1,3,4,7,9,11]
*Main> ap 3 7 20
[3,7,11,15,19]
```

高階関数

- 関数型プログラミング言語
  - 関数を通常の値のように扱う
- 高階関数
  - 関数を引数とする関数
  - 関数を返す関数



- **map f xs**
  - 関数 **f** をリスト **xs** の要素それぞれに適用したリストを返す
  - **map::(a->b)->[a]->[b]**

```
% stack ghci
Prelude> let square n = n * n
Prelude> map square [1,2,3]
[1,4,9]
Prelude> map square [1..10]
[1,4,9,16,25,36,49,64,81,100]
```

練習問題4－2

- **map** を自分で定義しなさい.
  - 名前の重なりを避けるために **maap** を定義

maap.hs

```
maap f xs = if null xs then []
            else ....
```

- **xs** について分割統治を考える
  - **xs** が空リストのときには，何もしなくても良い
  - そうでないときには，**tail xs** に **maap** を再帰的に適用した結果と **head xs** に **f** を適用した結果をつなげる.

練習問題4ー3

- 1 から **n** までの奇数の2乗の和を計算する関数 **os** を **map** などもとから定義されている関数(ここで紹介したもののみ)を使って定義しなさい.
  - $1^2 + 3^2 + 5^2 + \cdots\cdot + n^2$

os3.hs

```
os n = ...
  where square n = n * n
```

filter 関数

- リストの中から条件に合うものだけを選ぶ. O
  - `filter::(a->Bool)->[a]->[a]`
  - `filter p xs`
    - `p` は真偽値を返す関数
    - `p` が `True` となる `xs` の要素だけを選ぶ.
  - `filter even [1,2,3,4,5]` → `[2,4]`
    - `even` は偶数かどうかを調べる関数
  - `filter odd [1,2,3,4,5]` → `[1,3,5]`
    - `odd` は奇数かどうかを調べる関数
  - 約数のリストを求める関数 `divisors`

```
divisors x = filter divisible [1..x]
  where divisible y = x `mod` y == 0
```

練習問題4ー4

- **filter** を自分で定義しなさい.
  - 名前の重なりを避けるために **filteer** を定義

filteer.hs

```
filteer p xs = if null xs then []
               else ....
```

- **xs** について分割統治を考える
  - **xs** が空リストのときには，何もしなくても良い
  - そうでないときには，**tail xs** に **filteer** を再帰的に適用した結果と **head xs** について **p** がどうなるかでリストを作る.

練習問題4ー5

- n 以下の素数のリストを計算する関数 primes を定義しなさい.
  - `primes 10` → `[2,3,5,7]`
  - `primes 50` → `[2,3,5,7,11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47]`

primes.hs

```
primes n = filter isPrime [1..n]
  where isPrime n = ....
```

- `[1..n]` の中から素数であるものを選べばよい.
- 約数が2つの数が素数である.

文字型

- Char型
  - ユニコード文字

- 文字リテラル
  - 'a'
  - '*'
  - ' '

- エスケープシーケンス

記述例	意味
'\t'	タブ
'\n'	改行
'\r'	復帰
'\v'	垂直タブ
'\f'	改ページ
'\a'	ベル
'\b'	バックスペース

記述例	意味
'\NNN'	10進数表記の数値NNNに対応する文字
'\oNN'	8進数表記の数値NNに対応する文字
'\xNN'	16進数表記の数値NNに対応する文字
'\^X'	コントロールX
'\''	シングルクォート
'\"'	ダブルクォート
'\\'	バックスラッシュ(あるいは＼記号)

文字に関する関数

- 大文字・小文字の変換

関数	使用例	意味
`toLower :: Char -> Char`	`toLower c`	文字 c がアルファベットの大文字のとき小文字を返す．それ以外の場合には文字 c 自身を返す．
`toUpper :: Char -> Char`	`toUpper c`	文字 c がアルファベットの大文字のとき小文字を返す．それ以外の場合には文字c自身を返す．

- 文字と整数との変換

関数	使用例	意味
`ord :: Char -> Int`	`ord c`	文字 c の文字コードを返す．
`chr :: Int -> Char`	`chr n`	文字コードが n の文字を返す．

- 利用する前に Data.Char モジュールを import する必要がある.

```
import Data.Char
```

文字列型

- String型
  - 文字のリスト
  - [Char]型

- 文字列リテラル
  - "string"
    - ['s','t','r','i','n','g']
  - "Keio"
    - ['K','e','i','o']
  - "abc\ndef\n\"hello\65\tend"

文字列は文字のリスト

- リストに関する関数は文字列に適用することができる.
- 文字列の長さを求める
  - `length "Keio"` → `4`
- 文字列を結合する
  - `"Keio" ++ " " ++ "SFC"` → `"Keio SFC"`
- 文字列を反転させる
  - `reverse "Keio"` → `"oieK"`
- 文字列を文字コードのリストにする
  - `map ord "Keio"` → `[75,101,105,111]`

練習問題4−6

- 与えられた文字列のアルファベット(A〜Z, a〜z)を1文字ずつ次の文字にずらすことで暗号化する関数 **caesar** を作成しなさい.
  - `caesar "Keio"` → `"Lfjp"`
  - `caesar "XYZ123"` → `"YZA123"`

caesar.hs

```
caesar s = ...
```

- 文字列のそれぞれを変換すればよい.
- 文字コードに変換して考えるとずらしやすいかもしれない.

```
conv ch = chr(ord ch + 1)
```

文字	コード
A	65
B	66
Z	90
a	97
b	97
z	122

- すべての文字をずらしてしまっている.
  - アルファベットだけに限定したい.

練習問題4－7

- 与えられた文字列が回文であるかどうかを判定する関数 palindrome を定義しなさい.
  - `palindrome "山本山"` → `True`
  - `palindrome "みがかぬかがみ"` → `True`

palindrome.hs

```
palindrome s = ...
```

- 文字列を反転させて，同じ文字列かどうかを調べればよい.

- 2つのリストが等しいかどうかを調べる.

```
listEq xs ys = if null xs then null ys
               else ...
```

- `xs` の分割統治を考える.

練習問題4―8

- **n** までのFizz Buzzの数列を作る **fizzBuzz** 関数を作りなさい.
  - **1〜n** までのリストですが, 3の倍数のときは数字ではなく **Fizz**, 5の倍数のときは **Buzz**, 両方のときは **Fizz Buzz** に置き換えたリストを作りなさい.
  - **fizzBuzz 7** → **["1","2","Fizz","4","Buzz","Fizz","7"]**

fizzBuzz.hs

```
fizzBuzz n = ...

main = purStr(unlines(fizzBuzz 100))
```

100までのFizz Buzzを表示

  - **1〜n** までのリストのそれぞれの数字を文字列に置きかえる.
  - 数字と文字列の混在のリストは作れないので, 数字も文字列に変換する.
    - **show::Int->String**
    - **show 123** → **"123"**
    - **map show [1..5]** → **["1","2","3","4","5"]**

リストに関する関数

関数名	適用例	意味
`(:)::a->[a]->[a]`	`x : xs`	リスト **xs** の先頭に **x** を付け加えたリストを返す
`head::[a]->a`	`head xs`	リスト **xs** の先頭の要素を返す
`tail::[a]->[a]`	`tail xs`	リスト **xs** から先頭の要素を取り除いたリストを返す
`null::[a]->Bool`	`null xs`	リスト **xs** が空リストなら **True** を返す
`length::[a]->Int`	`length xs`	リスト **xs** の長さを返す
`reverse::[a]->[a]`	`reverse xs`	リスト **xs** を反転させたリストを返す
`(++)::[a]->[a]->[a]`	`xs ++ ys`	リスト **xs** とリスト **ys** を連結したリストを返す
`map::(a->b)->[a]->[b]`	`map f xs`	リスト **xs** の要素に **f** を適用した結果のリストを返す
`filter::(a->Bool)->[a]->[a]`	`filter p xs`	リスト **xs** の要素に **p** を適用して **True** のものだけを抽出したリストを返す

まとめ

- リスト
  - もともと定義されている関数
  - `++`
  - `reverse`
  - `length`
  - `sum`

- 高階関数
  - `map`
  - `filter`

- 文字と文字列
  - 文字列は文字のリスト