関数型プログラミング

第5回　遅延評価

萩野　達也
hagino@sfc.keio.ac.jp

Slide URL

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

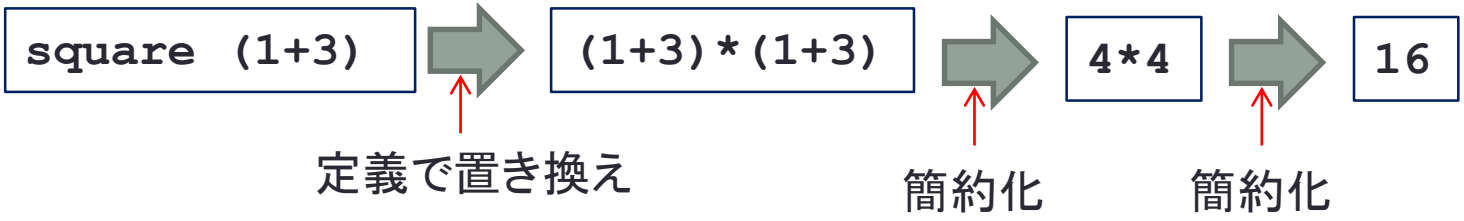
Haskellにおける評価

- 評価とは
  - Haskellでは与えられた式を**評価**することがプログラムの実行に相当します.
  - 評価とは，規則に従い値を計算することです.

- 置き換えモデル
  - 評価は，関数の適用を定義で**置き換え**ていくことで行われます.

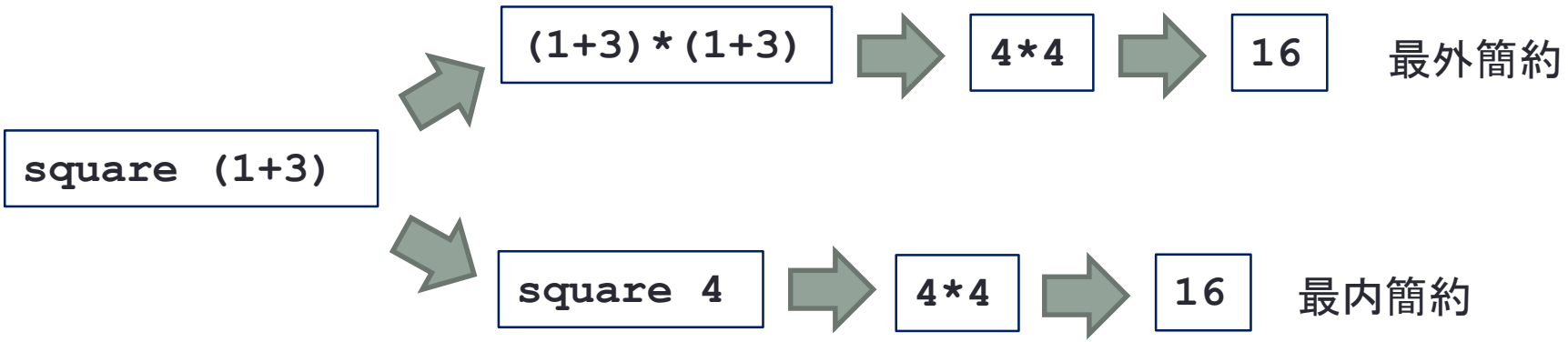
```
square n = n * n
```

関数名　　定義



最内簡約と最外簡約

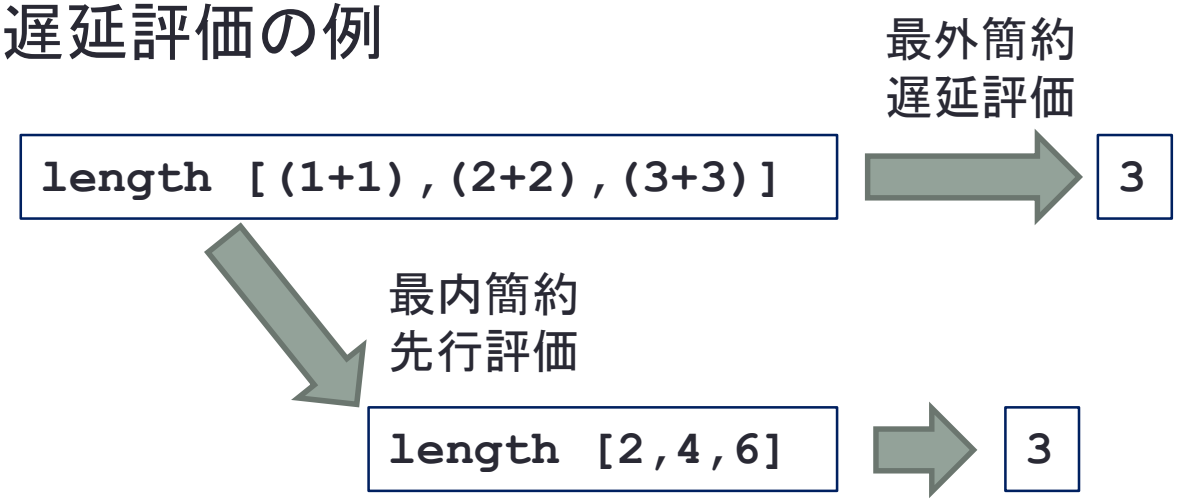
- 最内簡約
  - 内側から先に簡約化する.
  - 関数の引数を簡約化してから，関数の適用を展開する.
- 最外簡約
  - 外側から先に簡約化する.
  - 引数を簡約化せずに，関数の適用を展開する.



最外簡約と遅延評価

- Haskellでは最外簡約によって式の評価を行う.
  - なるべく評価を後で行うので遅延評価（lazy evaluation）になっている

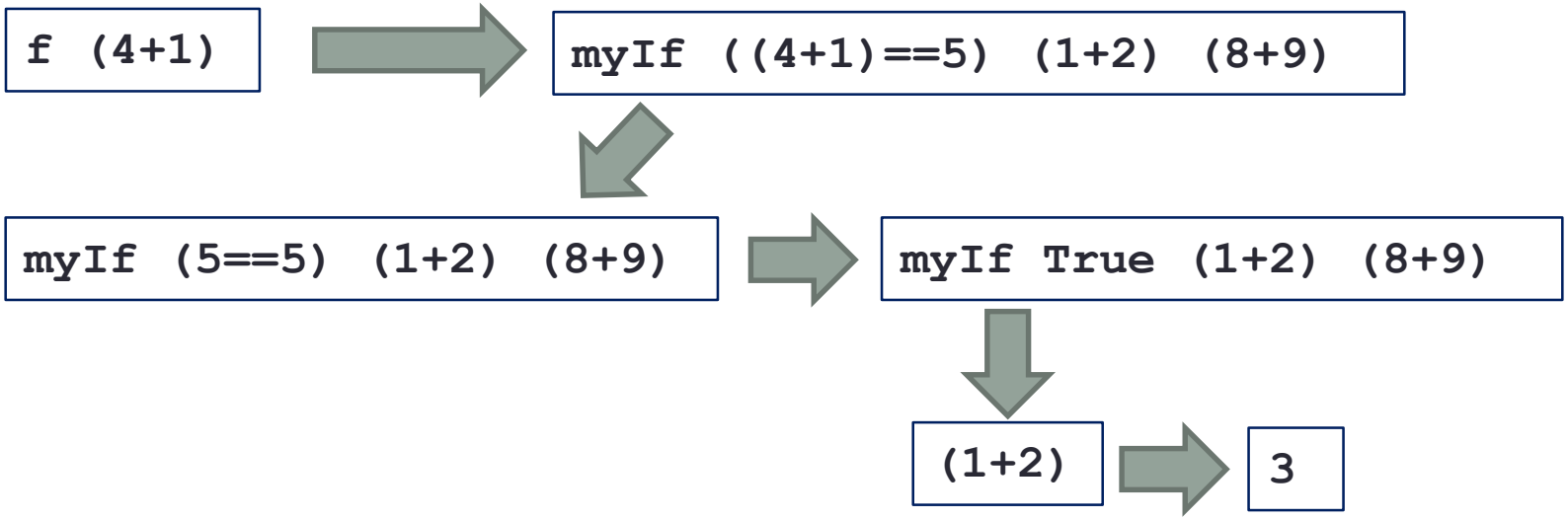
- 遅延評価の例



遅延評価の例

```
myIf :: Bool -> a -> a -> a
myIf True  t e = t
myIf False t e = e

f n = myIf (n==5) (1+2) (8+9)
```



遅延評価の利点・欠点

- 利点
  - 不要な計算を減らすことができる
  - 無限の長さのリストを扱うことができる
    - `ints n = n : (ints (n + 1))`
  - インターフェイスを統一できる
    - 「木構造→リスト→処理」としてもリストが実際に一度に作成されるわけではない
    - リスト処理に関するものを用意することで統一できる
- 欠点
  - 思った順番で操作を実行することが難しい
  - デバッグしにくい
    - C言語のようにスタックトレースを出すことができない

練習問題5－1

- たらいまわし関数をHaskellとC言語で作ってみて実行時間を比較しなさい.

tarai.hs

```
main = print (tarai 20 10 5)

tarai :: Int -> Int -> Int -> Int
tarai x y z = if x <= y then y
                        else tarai (tarai (x-1) y z)
                                   (tarai (y-1) z x)
                                   (tarai (z-1) x y)
```

tarai.c

```
#include <stdio.h>

int tarai(int x, int y, int z) {
  if (x <= y) return y;
  else return tarai(tarai(x-1,y,z),tarai(y-1,z,x),tarai(z-1,x,y));
}

main() {
  printf("%d\n", tarai(20,10,5));
}
```

練習問題5－2

- 無限数列「1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,.....」作成し，その先頭の20個を出力しなさい．

ints.hs

```
main = print $ take 20 $ ints 1

ints n = n:(ints(n+1))
```

- 「ints 1」は「[1..]」と書くことができる．

ints2.hs

```
main = print $ take 20 [1..]
```

練習問題5－3

- 奇数だけの無限数列を作りなさい.
  - 1, 3, 5, 7, 9, 11, ...
- 先頭の20個を出力しなさい.

odds.hs

```
main = print $ take 20 $ odds 1

odds n =
```

- 無限数列 [1..] から奇数だけ選び出すことで同じことをしなさい.

odds2.hs

```
main = print $ take 20 $ filter ...
```

再帰呼び出し

- 関数型プログラミング言語ではfor文やwhile文のような繰り返しがないので，再帰呼び出しを使って繰り返しを実現しています．

```
tarai :: Int -> Int -> Int -> Int
tarai x y z = if x <= y then y
                        else tarai (tarai (x-1) y z)
                                   (tarai (y-1) z x)
                                   (tarai (z-1) x y)
```

taraiの再帰呼び出し

```
ints n = n:(ints(n+1))
```

intsの再帰呼び出し

- 再帰呼び出し
  - 関数の定義において自分自身を直接・間接的に呼び出すこと

練習問題5－4

fact.hs

```
main = print $ fact 10

fact 0 = 1
fact n = ...
```

- 階乗は1からその数までの数字をかけたものである.
  - 1! = 1
  - 2! = 1×2
  - 3! = 1×2×3
  - 4! = 1×2×3×4
  - 5! = 1×2×3×4×5
- 階乗は再帰的に定義することができる.
  - 5! = 5×4!
  - 4! = 4×3!
- 上記のHaskellのプログラムは階乗を計算する関数**fact**を定義し，10!を計算するものです．完成させなさい.

練習問題5－5

- フィボナッチ数列 $f_0, f_1, f_2, \cdots$ とは
  - $f_0 = 1$
  - $f_1 = 1$
  - $f_n = f_{n-1} + f_{n-2}$
- フィボナッチ数列の先頭の20個を出力しなさい.

fib.hs

```
main = print $ take 20 $ map fib [0..]

fib 0 = 1
fib 1 = 1
fib n =
```

- 先頭の100個を出力するとどうなりますか？

練習問題5－6

- 与えられた数の約数を出力するプログラムを書いてみましょう.
- 数は引数として与えられます.

factor.hs

```
import System.Environment

main = do args <- getArgs
          print $ factors $ read $ head args

factors n = filter divisible [1..n]
  where divisible m = ...
```

- 余りを計算するには:
  - `x `mod` y`

```
% ./factor 144
[1,2,3,4,6,8,9,12,16,18,24,36,48,72,144]
```

練習問題5－7

- 素数は，自身と1以外では割り切れない数のことです．
- 2から始まる最初の100個の素数を出力しなさい．

prime.hs

```
main = print $ take 100 $ filter isprime [2..]

factors n =

isprime n =
```

```
% ./prime
[2,3,5,7,...,541]
```

練習問題5－8

- 双子素数を求めてみましょう.
  - 3と5は両方素数で，差が2なので，双子素数です.
  - 5と7も両方素数で，差が2なので，双子素数です.
  - 7と11は両方素数ですが，差が4なので，双子ではありません.
- 小さい方から20組の双子素数を出力するプログラムを作成しなさい.

twin.hs

```
main = print $ take 20 $ ... $ map pair [1..]

pair :: Int -> (Int,Int)
pair x = (x, x+2)

istwin :: (Int,Int) -> Bool
istwin (x,y) = ...
```

- 対は次のようにして作ることができます.
  - `(x, y)`

```
% ./twin
[(3,5), (5,7), (11,13), (17,19),..., (311,313)]
```