

CS1 (8): オブジェクト, クラス, メモ リ管理

脇田建

2015.12.8

Scalaのデータ

- ❖ 原子的データ

- ❖ Bool, Byte, Short, Int, Long, Float, Double, String, Symbol

- ❖ 関数： $T1 \rightarrow T2$

- ❖ 構造的データ – 部分から構成されている。

- ❖ 項： $(T1, T2, \dots)$

- ❖ リスト： $List[T]$

- ❖ 配列： $Array[T]$

構造的データ – コンストラクタ

- ❖ 項 : $v1:T1, v2:T2, \dots$ ならば $(v1, v2, \dots) : (T1, T2, \dots)$
- ❖ リスト
 - ❖ Nil
 - ❖ $v: T$ かつ $l: List[T]$ ならば $v::l : List[T]$
 $3::(2::(1::Nil)) : List[Int]$ $"abc"::("def"::Nil) : List[String]$
- ❖ 配列 : $v1: T, v2: T, \dots$ ならば $Array(v1, v2, \dots) : Array[T]$
 $Array(1, 2, 3) : Array[Int]$ $Array("abc", "def") : Array[String]$

構造的データ – 部分の抽出

❖ 項：パターンマッチ

❖ $(1, 2, 3) \text{ match } \{$
 $\text{case } (x, y, z) \Rightarrow x + y + z \} \rightarrow 6$

❖ リスト：パターンマッチ

❖ **def** len[T](list: List[T]): Int =
 list **match** {
 case Nil $\Rightarrow 0$
 case _ :: list $\Rightarrow 1 + \text{len}(\text{list})$
 }

❖ 配列：演算子

❖ **val** v = Array(1, 2, 3)

❖ **v(1)** $\rightarrow 2$

代入

- ❖ 項へは代入不可

- ❖ リストへは代入不可

- ❖ 配列

- ❖ `val v = Array(1, 2, 3)`

- `v(1)` $\rightarrow 2$

- `v(1) = v(1) + 1`

- `v(1)` $\rightarrow 3$

走査：列の走査

❖ 要素の走査

❖ `val v = List(1, 2, 3)`
`for (x <- v) println(x)`

❖ `val v = Array(1, 2, 3)`
`for (x <- v) println(x)`

走査：インデックスを用いた配列の走査

- ❖ インデックスを用いた走査

- ❖ `for (i <- v.indices) println(f"v($i) = ${v(i)}")`

- ❖ ※ `Array(3, 3, 3, 3, 3).indices ⇒ Range(0, 1, 2, 3, 4)`

寄り道：Scalaの項についての注意

- ❖ `scala> ()`
- ❖ `scala> (0)`
`res39: Int = 0`
- ❖ `scala> (0, 1)`
`res40: (Int, Int) = (0,1)`
- ❖ `scala> (0, 1, 2)`
`res41: (Int, Int, Int) = (0,1,2)`
- ❖ `scala> (0, 1, 2, 3)`
`res42: (Int, Int, Int, Int) = (0,1,2,3)`

寄り道：項の要素数は22個までらしい

- ❖ scala> (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0)
res44: (Int, Int) = (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,0)
- ❖ scala> (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1)
res45: (Int, Int) = (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,0,1)
- ❖ scala> (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1, 2)
<console>:8: **error: object <none> is not a member of package scala**
 (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1, 2)
 ^

寄り道：Scalaの項の裏側を覗くと

package scalaのAPIマニュアルより

```
trait Product20[+T1, +T2, +T3, +T4, +T5, +T6, +T7, +T8, +T9, +T10, +T11, +T12, +T13, +T14, +T15, +T16, +T17, +T18, +T19, +T20] extends Product
```

Product20 is a cartesian product of 20 components.

```
trait Product21[+T1, +T2, +T3, +T4, +T5, +T6, +T7, +T8, +T9, +T10, +T11, +T12, +T13, +T14, +T15, +T16, +T17, +T18, +T19, +T20, +T21] extends Product
```

Product21 is a cartesian product of 21 components.

```
trait Product22[+T1, +T2, +T3, +T4, +T5, +T6, +T7, +T8, +T9, +T10, +T11, +T12, +T13, +T14, +T15, +T16, +T17, +T18, +T19, +T20, +T21, +T22] extends Product
```

Product22 is a cartesian product of 22 components.

```
trait Product3[+T1, +T2, +T3] extends Product
```

Product3 is a cartesian product of 3 components.

```
trait Product4[+T1, +T2, +T3, +T4] extends Product
```

Product4 is a cartesian product of 4 components.

Product22 までしか
定義されていない

巨大な構造をどのように扱う？

現実の問題（スマホ@kakaku.com）

- | | | |
|-----------|------------|---------------|
| 1. 製品名 | 12. テザリング | 23. パネル種類 |
| 2. 人気 | 13. バッテリー | 24. Wi-Fi |
| 3. レビュー評価 | 14. カラー | 25. Bluetooth |
| 4. クチコミ件数 | 15. 最大待受時間 | 26. NFC |
| 5. 登録日 | 16. CPUコア数 | 27. カメラ画素数 |
| 6. キャリア | 17. 文字入力方法 | 28. 撮影用フラッシュ |
| 7. SIMサイズ | 18. 幅 | 29. 手ぶれ補正 |
| 8. OS種類 | 19. 高さ | 30. サブカメラ |
| 9. 販売時期 | 20. 厚み | 31. 4K撮影 |
| 10. 画面サイズ | 21. 重量 | 32. GPS |
| 11. 内蔵メモリ | 22. 画面解像度 | 33. 海外使用 |

Nexus 6を項で表すと...

❖ `val nexus6 = ("Nexus 6 32GB SIMフリー", 66, 0, 224, "2014/11/13", "ワイモバイル", "USIMカード (nanoSIM)", 'Android', "?", 5.96, 64, true, ...)`

巨大な構造の扱い

- ❖ 部分構造が同じ型の場合
 - ❖ アクセスの順序が線形なら `List[T]`
 - ❖ ランダムアクセスが必要なら `Array[T]`
- ❖ さまざまな型のデータを複合したい場合
 - ❖ 巨大な項： (v_1, v_2, v_3, \dots)

巨大な項の扱いの問題

- ❖ 項が内蔵できる項目数は22まで
- ❖ 多数の項目を持つ項に対するパターンマッチは困難
- ❖ 10番目の要素を取り出すために、こんなことは書きたくない

$t = (v1, v2, \dots, v20)$

$t \text{ match } \{$

$\text{case } (x1: T1, x2: T2, \dots, x20: v20) \Rightarrow \{ x10 \}$

$\}$

ひとつの解決

- ❖ 巨大な項を分解したものを項としてまとめる
- ❖ `val t = ((1, 2, 3, 4), (5, 6, 7, 8), (9, 10, 11, 12))`
- ❖ `t match { case (_, (_, y3, _), _) => y3 } → 7`

ひとつの解決

- ❖ 巨大な項を分解したものを項としてまとめる
 - ❖ `val t = ((1, 2, 3, 4), (5, 6, 7, 8), (9, 10, 11, 12))`
 - ❖ `t match { case (_, (_, y3, _), _) => y3 } → 7`
- ❖ もうひとつの問題
 - ❖ 項目数が増えると順番を覚えられない

オブジェクト

```
❖ object nexus6 {  
    val name = "Nexus 6 32GB SIMフリー"  
  
    val popularity = 66  
    val nReviews = 0  
    val nComments = 224  
    val since = "2014/11/13"  
    val carrier = "ワイモバイル"  
  
    val simSize = 'nanoSIM  
    val osType = 'Android  
    val available = "?"  
    val displaySize = 5.96  
    val memoryGB = 64  
    val tethering = True  
    ...  
}
```

```
❖ object iphone6 {  
    val name = "iPhone 6 64GB SIMフリー"  
  
    val popularity = 49  
    val nReviews = 4.13  
    val nComments = 451  
    val since = "2014/9/10"  
    val carrier = "SIMフリー"  
  
    val simSize = 'nanoSIM  
    val osType = 'iOS  
    val available = "?"  
    val displaySize = 4.7  
    val memoryGB = 64  
    val tethering = Hopefully  
    ...  
}
```


nexus6 オブジェクト vs iphone オブジェクト

- ❖ `print(nexus6.name)` → “Nexus 6 32GB SIM フリー”
- ❖ `print(iphone6.name)` → “iPhone 6 64GB SIM フリー”
- ❖ `for (phone <- List(nexus6, iphone6))
 print(phone.name)`

<console>:12: error: value **name** is not a member of Object
for (phone <- List(nexus6, iphone6)) print(phone.name)

^

nexus6 と iphone6 の型は ?

- ❖ scala> nexus6
res7: **wakita.lx08.object_bug.nexus6.type** =
wakita.lx08.object_bug.nexus6\$@f86536f
- ❖ scala> iphone6
res8: **wakita.lx08.object_bug.iphone6.type** =
wakita.lx08.object_bug.iphone6\$@52611e69

オブジェクトは便利だが、そのままでは
集合的に使えない (traitあるいはクラス)

- ❖ クラスはオブジェクトの雛形：クラスを雛形にオブジェクトを製造
- ❖ クラス：オブジェクト
- ❖ 鯛焼器：鯛焼

クラスの定義

❖ class クラス名(クラスの引数) {
 val 定数名 = ...
 var 変数名 = ...
 def 関数の定義
}

オブジェクトの作成

❖ new クラス名(クラスの実引数)

Complex クラス

```
❖ class Complex(_re: Double, imaginary: Double) {  
    val re = _re  
    val im = imaginary  
    def plus(c: Complex): Complex = {  
        new Complex(_re + c.re, imaginary + c.im)  
    }  
    def minus(c: Complex): Complex = {  
        new Complex(re - c.re, im - c.im)  
    }  
    ...  
}
```


クラス, オブジェクト, インスタンス

- ❖ Complexクラスを雛形として, Complex型のオブジェクトを作成する.
- ❖ Complexをnewして, Complexクラスのインスタンスを得る
- ❖ 複素数 $3+4i$ を表すオブジェクト c は, Complexクラスのインスタンスです.
- ❖ 複素数 $3+4i$ を表すオブジェクト c のクラスは Complex です.

new とメモリ管理

- ❖ `new Complex(re, im)` を実行すると, `Complex` クラスのインスタンスが生成される = このインスタンスを管理するための記憶領域が消費される.
- ❖ 例: `complex1.scala`: `Complex` を 1M 個生成したときの記憶領域の消費状況を調査するコード

memory.scala: 記憶領域消費量の計測

- ❖ $(1 \ll 20, \text{すなわち } 1\text{M個})$ のComplexクラスのインスタンスを生成したときの記憶領域消費量を計測
- ❖ `runtime.gc()`: その時点以後に利用されないとわかっている記憶領域を掃除(garbage collect \rightarrow gc)して, 将来再利用できるようにしておく.
- ❖ `memoryTest1`と`memoryTest2`の微妙な違いが, 大きな計測結果の違いをもたらすことに注意

結果の分析: memoryTest1

- ❖ 要素数Nの配列vを作成する。しかし、Scalaの実行時システムはvが以後の計算で用いられないことを発見し、直後の runtime.gc で配列が占めている記憶領域を回収する。このため、あたかも配列が記憶領域を占めていないかのような結果が表示された。

```
[info] Test 1> 0 bytes used. 0 bytes, or 0 words, per a Complex object
```


結果の分析: memoryTest2

- ❖ Scalaの実行時システムに配列vが後の計算で使用されることを知らせるために、配列の要素を乱択してメソッドの返り値としている。

- ❖ Complexオブジェクト1個について6ワード。

```
[info] Test 2> 54525968 bytes used. 52 bytes, or 6 words, per a Complex object
```

- ❖ Arrayの要素としてComplexオブジェクトを指すポインタ (1word)
- ❖ Complexオブジェクトの生成パラメタ(_re, _im: 2words)
- ❖ val re; val im: 2words
- ❖ 残り1wordは、オブジェクトとクラスの関係を表現するためのオーバーヘッド

小さな修正で記憶領域を削減可能

- ❖ `val` 宣言を `def` 宣言に変更するだけ. つまり, `re`, `im` を定数ではなく, メソッドとして再定義

`val re = _re` \Rightarrow `def re = _re`

`val im = _im` \Rightarrow `def im = _im`

- ❖ 定数を記憶する必要がなくなり2ワード分削減

[info] Test 2> 37748752 bytes used. 36 bytes, or 4 words, per a Complex object

Mandelbrotのこれはなに？

Default

Default

1. Default

```
[4] lx08.mandelbrot1.Mandelbrot
[5] lx08.mandelbrot2.Mandelbrot
[6] lx08.mandelbrot3.Mandelbrot
[7] lx08.object_bug.run1
[8] lx08.object_bug.run2
```

Enter number: 4

```
[info] Running lx08.mandelbrot1.Mandelbrot
[info] [GC (Allocation Failure) 65536K->7866K(251392K)
[info] [GC (Allocation Failure) 73350K->5446K(251392K)
[info] [GC (Allocation Failure) 70947K->5972K(251392K)
[info] [GC (Allocation Failure) 71508K->6365K(316928K), 0.0046064 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 137352K->7875K(316928K), 0.0048746 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 138931K->8390K(445440K), 0.0054520 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 269984K->9127K(445952K), 0.0052693 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 270759K->10193K(708096K), 0.0032237 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 533457K->12210K(708096K), 0.0039433 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 535474K->13320K(863744K), 0.0044015 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 692744K->15836K(863744K), 0.0043712 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 695260K->17252K(864768K), 0.0041943 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 697204K->23595K(863744K), 0.0033203 secs]
```

Mandelbrot's microscope {{{-2.000000-2.000000i},{2.000000+2.00...

終了 戻る 前へ ★

Mandelbrotのこれはなに？

- ❖ Scalaの実行時システムは記憶領域が欠乏すると自動的にGCを実施し， 記憶領域の再利用を図る

```
[info] Running lx08.mandelbrot1.Mandelbrot
[info] [GC (Allocation Failure) 65536K->7866K(251392K)
[info] [GC (Allocation Failure) 73350K->5446K(251392K)
[info] [GC (Allocation Failure) 70947K->5972K(251392K)
[info] [GC (Allocation Failure) 71508K->6365K(316928K), 0.0046064 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 137352K->7875K(316928K), 0.0048746 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 138931K->8390K(445440K), 0.0054520 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 269984K->9127K(445952K), 0.0052693 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 270759K->10193K(708096K), 0.0032237 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 533457K->12210K(708096K), 0.0039433 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 535474K->13320K(863744K), 0.0044015 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 692744K->15836K(863744K), 0.0043712 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 695260K->17252K(864768K), 0.0041943 secs]
[info] [GC (Allocation Failure) 697204K->23595K(863744K), 0.0033203 secs]
```


Mandelbrotは記憶領域を大量消費しているの？

- ❖ Complex.scalaの実装によれば，複素演算を一回評価するごとにオブジェクトが一回生成する．

```
// クラスの引数(_re, _im)を利用して定義した例
def plus(c: Complex) = new Complex(_re + c.re, _im + c.im)

// re, im関数を利用して定義した例
def minus(c: Complex) = new Complex(re - c.re, im - c.im)
```

Mandelbrotは記憶領域を大量消費しているの？

- ❖ Complex.scalaの実装によれば，複素演算を一回評価するごとにオブジェクトが一回生成する．
- ❖ 初期化で2個のComplexオブジェクトを生成．最大255回のループで2回ずつの複素演算を実施 ⇒ ピクセルごとに最大512個のオブジェクトを生成

```
def color(x: Int, y: Int): Color = {  
    val c = complex(x, y)  
    var z = new Complex(0, 0)  
    var n = 0  
    while (n < 255 && z.abs <= 2) {  
        z = z*z + c  
        n = n + 1  
    }  
    Color.hsb(30, 1, n / 256.0)  
}
```


Mandelbrotは記憶領域を大量消費しているの？

- ❖ Complex.scalaの実装によれば，複素演算を一回評価するごとにオブジェクトが一回生成する．
- ❖ 初期化で2個のComplexオブジェクトを生成．
- ❖ Color.hsbはColorオブジェクトを生成

```
var z = new Complex(0, 0)
var n = 0
while (n < 255 && z.abs <= 2) {
  z = z*z + c
  n = n + 1
}
Color.hsb(30, 1, n / 256.0)
}
```

Mandelbrotは記憶領域を大量消費しているの？

- ❖ Complex.scalaの実装によれば，複素演算を一回評価するごとにオブジェクトが一回生成する．
- ❖ 初期化で2個のComplexオブジェクトを生成．
- ❖ Color.hsbはColorオブジェクトを生成
- ❖ gc.strokeLineもメソッドのなかでオブジェクトを生成するらしい

```
def draw(gc: GraphicsContext) {  
  gc.clearRect(0, 0, w-1, h-1)  
  for (x <- Range(0, w-1)) {  
    for (y <- Range(0, h-1)) {  
      color(x, y)  
      gc.stroke = color(x, y)  
      gc.strokeLine(x, y, x, y)  
    }  
  }  
  stage.title = theTitle()  
}
```


課題：Mandelbrotの記憶領域消費量を削減しなさい

- ❖ `complex.scala`を修正して，オブジェクトの生成を抑制
- ❖ `color`メソッドの`while`にはいる前での，`c`と`z`の初期化でのオブジェクトの生成を抑制
- ❖ `Color.hsb`メソッドの呼び出し回数を削減
- ❖ `gc.strokeLine`への対応方法は見つかりませんでした。
(いい線までいったのだけど．．．)

課題: complex.scalaの修正

- ❖ object Complex (class Complexではないことに注意)にplusメソッドを追加しなさい.
 - ❖

```
def plus(c1: Complex, c2: Complex, c3: Complex) {  
    ...  
}
```
 - ❖ plusの働きはc1とc2の和をc3に保存すること. このためには, まずは class Complexでval宣言されている re と im を変数 (var) として宣言しなおして下さい.
 - ❖

```
val c1 = new Complex(3, 0)  
val c2 = new Complex(0, 4)  
val c3 = new Complex(0, 0)  
Complex.plus(c1, c2, c3) → このあと  $c3 = 3 + 4i$  となる.
```
- ❖ plus ができたら, minus(c1, c2, c3), times(c1, c2, c3), neg(c1, c2)を追加しなさい. それぞれ, 減算, 乗算, 符号反転

課題: colorメソッドの修正(1)

- ❖ colorメソッドのwhile文のなかで実施する複素演算をComplex objectに追加したメソッドを用いて書き直さない。
- ❖ ここでの変更が記憶領域無駄遣いの主因である。変更前と変更後で、それぞれMandelbrotを起動するときに表示されるログを比較し、その変化を論じなさい。

課題: colorメソッドの修正(2a)

- ❖ `class Complex` (`object Class`ではないことに注意) に以下の修正を施しなさい.
- ❖ 定数として宣言されている`re`と`im`を変数にしなさい.
- ❖ `def set(_re: Double, _im: Double) { ... }`
- ❖ `set`の働きは, `Complex`オブジェクトの`re`, `im`をそれぞれ`_re`, `_im`で破壊的に変更すること.

課題: colorメソッドの修正(2b)

- ❖ colorメソッドの冒頭付近では、 z の初期化にあたって`new Complex(...)`している。これは、colorメソッドが呼び出されるたびに（つまりピクセル数だけ）実施されるため効率が悪い。
- ❖ z の宣言をcolorメソッドの外に移動しなさい
- ❖ colorメソッド内では、 z を $(0 + 0i)$ に初期化したい。つまり、`Complex`クラスに追加した機能が使えるはずだ。
- ❖ この修正を施せば、一画面の描画ごとにピクセル数 $(800 \times 600 = 48万)$ 個の`Complex`の生成を削減できる。

課題: colorメソッドの修正(2c)

- ❖ colorメソッド内では、zの初期化と同様にcも初期化している。このためにcolorメソッド内では明示的にnew Complexしていないが、実はcomplexメソッドのなかでnewしている。
- ❖ 元々の `def complex(x: Double, y: Double): Complex = { ... }`
- ❖ 変更後 `def complex(x: Double, y: Double, c: Complex) { ... }`
- ❖ この変更の気分は、object Complex の plus メソッドなどと同様
- ❖ complexメソッドの修正ができれば、それにあわせて color メソッド内の c の初期化を修正し、そのために new Complex が発生しないようにしなさい。

課題: colorメソッドの修正(2d)

- ❖ colorメソッドの最後に `Color.hsb(30, 1, n / 256.0)` を返しているが、このために `Color.hsb` メソッドは `Color` オブジェクトを生成してしまっている。つまり、ピクセルを点描するたびに `Color` オブジェクトを生成している。
- ❖ プログラムのなかで利用している色は、`Color.hsb(30, 1, 0..255)` の256種類しかない。あらかじめ、256色のカラーパレットを配列に用意し、`Color.hsb` メソッドを利用するかわりにカラーパレットに保存されている色を利用すればオブジェクトを生成せずにすむ。
- ❖ 以下の配列の宣言をcolorメソッドの外側に置き、`Color.hsb` の呼び出しをこの配列の参照で置き換えればよい
 - ❖ `val colors: Array[Color] = Array.tabulate(256){ i => Color.hsb(30, 1, i / 256.0) }`