責務を意識したオブジェクト指向開発のための 初級 Java 演習における整列算法の題材

Problems about Sorting Algorithm in Java Programming Exercises based on Stepwise Development and Responsibility as Object-Oriented Approach

石井 怜央*1, 辻 健人*1, 富永 浩之*1
Reo ISHII*1, Kento TSUJI*1, Hiroyuki TOMINAGA*1
*1 香川大学工学部
*1 Faculty of Engineering, Kagawa University
Email: s18g455@stu.kagawa-u.ac.jp

あらまし:本研究では、Java 入門に続き、責務を意識したオブジェクト指向開発手法のプログラミング演習を提案している.整列算法を題材として、処理の構造化、機能の分割と拡張、データの抽象化など、模範コードの穴埋めや修正を通して学習させる.本論では、課題の構成について議論する.まず、本課題で学生に習得させたいオブジェクト指向の概念を検討する.その上で、対応した模範コードを構築し、穴埋め箇所を検討する.

キーワード: オブジェクト指向, 初級 Java プログラミング, 段階的開発, 整列算法

1. はじめに

大学情報系学科では、オブジェクト指向プログラミング(OOP) として、C++/Java 言語を対象とした入門授業が開講されている。そこでは、クラス継承、インスタンス生成、メソッド定義など、必須な文法事項を習得する。しかし、学生は C 言語のような手続き的な処理の記述に留まりがちである。

本研究では、それに続く、オブジェクト指向による設計と実装を実践的に行う演習を提案している [1][2]. また、教育効果の高い問題設定と、必要機能を提供する演習支援システム TooDex を開発している(図 1). 本システムでは、実行性能テストと品質検証テストの 2 段階のテスト手法を用いて、オブジェクト指向開発の学習を支援する.

2. 責務を意識した OOP の演習の概要

本演習では、模範コードの一部を隠蔽して設問として出題し、チームで分担して解答する。達成度や理解度を確認するため、システム上で実行性能テストと品質検証テストを実行する。

実行性能テストは、入出力サンプルと実行結果の 照合や処理速度など、ブラックボックスへの機能要件としての外部評価を行う、チームの各メンバが分担したコード部分のみを模範コードに差し替えて実行する個別テストと、チーム全体でコードを統合して実行する集結テストがある.

品質検証テストは、非機能要件であるソースコードの品質を問う内部評価である. 凝集度や結合度などの観点から、コードの安全性や拡張性などを試練コードで検証する. ソフトウェアメトリクスによる静的解析で、冗長性や複雑度が異常な値を示すコードには警告を与える.

段階的な設問により、オブジェクトの責務を意識させ、テスト駆動やリファクタリングを誘導する.

責務を意識したコーディングとしては、以下のよう な項目がある。

- ・ある1つの目的のために振舞いのみを実現
- ・必要な情報のみを参照し、必要な情報のみを開示する
- ・不要な機能を持たず、余計な副作用は持たない 抽象メソッドによるインタフェースの統一
- ・他のオブジェクトとは最小限のメッセージ通信のみ

3. 整列算法の題材とする課題例

本研究では、典型的な事例として、各種の整列算法を採用する[3]. ただし、個々の算法そのものは既習とし、開発手法の題材として扱う. したがって、C言語でのプログラムは予め提示しておき、オブジェクト指向プログラミングの観点から、Java言語に移植する例題となっている. 以下に、開発手順を述べる. 扱うクラスやメソッドは、表1の通りである。

(1) データ構造の主要クラスの概略的な設計

まず、整数を持つデータ構造を用意する. 2 つのデータが正順かどうかを判定する比較メソッドも実装する. 次に、データ列のクラスを用意する. データの比較メソッドによって、整列済かどうかの内部状態を判定するメソッドを用意する. また、格納順で標準端末に出力するメソッドや、要素を交換するメソッドを実装する.

(2) データ構造の生成

データ数を与えて、整列の対象となるデータ列を生成する抽象クラスを用意する。その下に定義されたそれぞれの下位クラスで、抽象メソッドをオーバーライドし、3 通りのメソッドを実装する。それぞれのクラスで、0,1,2,..,n の整列済のデータ列、標準端末からの入力指定によるデータ列、ある範囲の乱数によるデータ列などを生成する。抽象クラスの具体化、上位クラスからの継承による派生クラスの生成などを実習する。

(3) 仕様に沿った関連クラスの部分的な実装

データ列を生成する抽象クラスの下位クラスを実装する. 入力からデータ列を生成する場合, 入力メソッドを実装する. 標準端末から文字列として与えられたデータを, 整数を持つデータクラスのインスタンスに格納し, それをコレクションに push していく.

(4) データの汎化と抽象クラス

数値データのクラスを汎化した、抽象クラスを用意する.データとしては、実数値、文字列、複数値のベクトルなども扱う.比較メソッドもデータに合わせてオーバーライドする.文字列ならば辞書式順序、ベクトルならば総和や二乗平均での大小を用いる.データ列の生成を行う下位クラスも必要な修正を行う.

(5) 特化クラスでの整列算法の具体実装

まずは、単純整列算法を実現する.整列処理の抽象クラスを用意し、整列メソッドを定義する.このメソッドの実行後、データ列の内部状態は整列済みになる.抽象クラスの特化クラスは、単純選択法、単純挿入法、単純交換法の3つで、指定範囲に対する独立したメソッドとして実装する.各メソッドは、簡単なテストコードから試行的に呼び出し、単体テストで確認する.問題文には、C言語での実装例を開示し、Java の Sequence 型および NumData 型に、これを適応するような形で実装してもらう.この段階では、関数分割や、比較回数や交換回数の最適となどは問わない.ここで、結合度を抑えて凝集度を高めるモジュール化、オブジェクトと責務の分担を意識させる.

(6) 単純整列算法のリファクタリング

前段階で実装した単純整列算法の部分配列への拡張を行う.具体的には、整列算法アルゴリズムの内側のループをプライベートな別関数に切り分けるというリファクタリングを行う.これを問題としては、リファクタリングによる入している意図としては、リファクタリングによるコードの修正を体感させるためである.最も小さいスコープで、単純なリファクタリングの例を扱い、受講者にリファクタリングを意識させる.内側のループをプライベートな別関数に切り分けるメリットとして、各種の単純整列算法の特徴を比較しやすくなる.再帰法への書換えが明確になる.

(7) 例外処理

単純整列算法のメソッドに対して,範囲外の入力が行われたときに適切に例外処理を行うように修正する.この問題のテストでは,範囲外の入力をあえて行い,例外が投げられるかどうかを検証する.例えば,問題の要件定義で,データ列の最大長が100とされていると仮定する.その要件下で,列長が150あるデータ列をメソッドに渡たす.このとき,メソッドは要件外の入力に対して,バリデーションを行い適切な例外処理を行わなければならない.

4. おわりに

責務を意識したオブジェクト指向開発のための初級 Java プログラミング演習を提案している. 支援システム TooDex を開発している. 効果的な題材として整列算法を取り上げ、課題としてのクラス設計や開発手順を議論した. 今後は、問題をシステムに登録し、試行実践を行う.

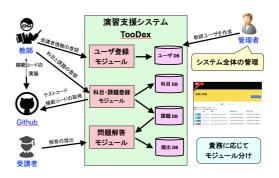


図1 支援システム TooDex の概要 表1 扱うクラスやメソッドの一覧

クラス / メソッド	機能
(1) NumData	整数データを持つデータ構造
isOrder()	2つのデータが正順か確認する
(1) Sequence	整数データ列のデータ構造
isSorted()	データ列が整列済みか確認する
output()	データ列を標準端末に出力する
swap()	指定位置のデータを交換する
(2) SequenceGenerator	データ列を生成する抽象クラス
generate()	データ列を生成する
(2) NormalGenerator	整列済みデータ列を生成する
(2) InputGenerator	入力からデータ列を生成する
(3)input()	標準端末から入力を受け取る
(2) RandomGenerator	乱数生成で乱列を生成する
(2) ShuffleGenerator	データ列の撹拌で乱列を生成する
(4) Data	整列するデータ構造の抽象クラス
(5) Sort	整列算法の抽象クラス
sort()	データ列を整列する
(5) SelectSort	選択ソートを行う
(5) InsertSort	挿入ソートを行う
(5) ExchangeSort	交換ソートを行う

参考文献

- (1) 玄馬史也, 富永浩之: "オブジェクト指向の入門的な開発スタイルを意識させる初級 Java プログラミングのグループ演習の構想", 情報処理教育シンポジウム SSS2015, Vol.2015, No.9, pp.1-6 (2015)
- (2) 辻健人, 玄馬史也, 富永浩之: "オブジェクト指向における段階的開発への誘導を目指す初級 Java 演習支援の課題検討", 教育システム情報学会 第40回 全国大会, Vol.40, pp.331-332 (2017.09)
- (3) 石井怜央, 辻健人, 富永浩之: "オブジェクト指向における段階的な開発とテスト駆動を誘導する応用 Java 演習の支援システム ~ 整列算法のコードの修正と拡張を題材とする演習進行の仮想実験とユーザ評価 ~", 信学技報, Vol.118, No.46, pp.11-16 (2018.05)