

情報システム研究会 (98.3)

## オブジェクト指向集合教育の経験 その2

高橋 富夫 \*1 三笠 敬一郎 \*2

学習者は、新しい概念を自分の保有する既存の概念と比較をしながら理解しようとする。構造化パラダイムの経験者がオブジェクト指向の概念を理解しようとするときの最大の障壁は、擬人化してものを考えるという経験をもっていないことである。

CRC 法は、分析段階で参加メンバがオブジェクトそのものになりきることを徹底的に要求する。その点で、CRC 法は、擬人化してものを考える訓練には適した技法である。筆者らは、学習者の大部分が構造化パラダイムの経験者であるオブジェクト指向集合教育に CRC 法を適用していくつかの教訓を得た。

- ・集合教育では、本来の CRC 法をそのままの姿で実施することは効率の点で問題がある。
- ・クラスとインスタンスの相違、インスタンスの生成、継承、カプセル化については、通常の説明によって理解できる。
- ・CRC 法は、インスタンスの初期化、関係、ポリモフィズムの理解に効果がある。

本稿では、これまでの教育経験に基づき、集合教育を効果的に実施するためのコースの学習目的、教材、CRC 法の実施方法を述べ、CRC 法がどのようにオブジェクト指向概念の理解に貢献するかを評価する。

## An Experience with OO Classroom Education (No-2)

Tomio Takahash \*1 Keiichirou Mikasa \*2

People try to learn new concepts by comparing them with what they have already known. Traditional software engineers have difficulty in learning OO concepts because most of them are not familiar with the way of thinking of 'personification,' which is essential in OO modeling.

CRC method, one of OO analysis methods, forces analysts to be objects and it suits best to experience 'personification.' We have applied this method to OO classroom education, where most of the students are the users of traditional paradigm, and have learned much,

- (1) To be efficient in classroom, some modifications to CRC method are recommendable.
- (2) Such OO concepts as the difference between class and instance, instantiation, inheritance, and encapsulation can be learned by lecture.
- (3) CRC method is a good method to learn such OO concepts effectively, as, initialization of instance, relations, message-passing, and polymorphism.

Based on our experience, we describe course objectives, materials, an application of CRC method to classroom OO-education, and its evaluation.

---

\*1 261 千葉市美浜区中瀬 1-9-3 富士通 システム技術統括部  
1-9-3 Nakase Mihama-ku Chiba-shi; Fujitsu Ltd. SE technical Service & Support Div.

\*2 144 東京都大田区新蒲田 1丁目 17-25 富士通 システム技術統括部 ソリューション開発部  
17-25 Shinnkamata 1-choume Ota-ku Tokyo; Fujitsu Ltd. SE technical Service & Support Div.  
Solution Planning Dept.

---

## 1. はじめに

学習者は、新しい概念を自分の保有する既存の概念と比較しながら理解しようとする。構造化パラダイムの経験者がオブジェクト指向の概念を理解しようとするときの最大の障壁は、擬人化してものを考えるという経験をもっていないことである。

CRC法は [1][2]、分析段階で参加メンバがオブジェクトそのものになりきることを徹底的に要求する。その点で、CRC法は、擬人化してものを考える訓練には適した技法である。筆者らを、学習者の大部分が構造化パラダイムの経験者であるオブジェクト指向集合教育にCRC法を適用していくつかの教訓を得た。

- ・集合教育では、本来のCRC法をそのままの姿で実施することは効率の点で問題がある。
- ・クラスとインスタンスの相違、インスタンスの生成、継承、カプセル化については、通常の説明によって理解できる。
- ・CRC法は、インスタンスの初期化、関係、ポリモフィズムの理解に効果がある。

次章では、本稿で対象とする集合教育のコースの概要、コースの学習目的、受講者の知識と経験レベル、および、問題点を説明する。第三章では、第二章で述べた問題点に対応するために、集合教育の演習で使用しているCRCの概要を紹介する。第四章ではCRC法の効果を述べ、第五章では考察を行う。

## 2. 教育形態と教訓

本章では、集合教育のコースの概要、コースの学習目的、受講者の知識と経験レベル、および、問題点を説明する。

### (1) オブジェクト指向教育体系

オブジェクト指向のコースとして、オブジェクト指向の概念と表記法 (UML: Unified Modeling Language, 統一モデル言語) を扱う一日コース「オブジェクト指向入門」、オブジェクト指向分析を扱う二日コース「オブジェクト指向実践」[4]がある。さらに、言語別・製品別のコースを用意している。

本稿では、「オブジェクト指向実践」コースについて述べる。このコースは「オブジェクト指向入門」を受講済みであることを前提にしている。図1にコーステキストの目次を示す。

#### オブジェクト指向実践コース

- 第一章 オブジェクト指向の基本的概念 (クラス、インスタンス、カプセル化、関係、継承、メッセージ・パッシング、ポリモフィズム)
- 第二章 オブジェクトパターン (Peter Coadのいくつかのパターン)
- 第三章 ソフトウェア開発のプロセスモデル (滝モデル、プロトタイプ、RAD、繰り返し、スパイラルモデルなど)
- 第四章 開発手順 (アタ、ユースケース、シナリオ、シナリオ図、オブジェクト図、クラス図など)
- 第五章 デザインパターン (Gammaたちのいくつかのパターン)
- 第六章 主要製品紹介

図1 オブジェクト指向実践コースの目次

### (2) オブジェクト指向実践コースの学習目的

本コースの学習目的は、オブジェクト指向の分析ができることとしている。

### (3) 学習者の受講前知識と経験

オブジェクト指向の基本的概念について、本稿記述時点(97.11)の直前に実施した二つのコースでの、学習者の受講前の知識と経験を表1に示す。前述のとおり本コースの受講資格として、オブジェクト指向入門コースの受講を前提にしているが約半数の学習者がオブジェクト指向の基本的概念を十分に理解していない(「知らない」と「ピンとこない」の合計)とは言いがたい。そこで、初日の朝一番で、オブジェクト指向の基本的概念の説明をしている。

### (4) 擬人化

学習者の大部分は構造化パラダイムの経験者であり、擬人化してものを考えるという経験を持っていない [5]。例えば、ホテルのアプリケーションで、クラス「部屋」の「201号室」というオブジェクト、「シングル」という

表1 学習者の受講前の知識と経験

	クラスとインスタンスの相違	インスタンスの生成	インスタンスの初期値設定	関係	メッセージ・パッシング	継承	カプセル化	ポリモフィズム
知らない	8%	16%	29%	37%	32%	18%	21%	43%
ピンとこない	32%	24%	18%	35%	32%	18%	27%	18%
理解している	35%	40%	29%	21%	21%	37%	27%	24%
人に説明できる	18%	16%	16%	2%	10%	18%	18%	8%
使える	5%	2%	5%	2%	2%	5%	5%	5%

クラス「部屋仕様」のオブジェクトを考える。クライアントが、201号室のオブジェクトに室料を尋ねるメッセージを送る。201号室は、自分は自分の部屋の状態は知っているが、自分の室料は知らない。しかし、自分の室料をシングルオブジェクトが知っていることは知っている。そこで、シングルオブジェクトに尋ねて、その結果をクライアントに返す。世の中にホテルは沢山あるが、201号室のように知的なオブジェクトにお目にかかったことはない。まして、シングルという抽象的な概念のオブジェクトまでも知的である。Peter Coad [3] の表現を使うと、データとは「私の知っていること : What I know」であり、操作とは「私のすること : What I do」、関係とは「私の知っているひと : Who(m) I know」である。オブジェクトをこのようにあたかも人であるかのように扱うこと(擬人化 : personification) に面食らう学習者は多い。

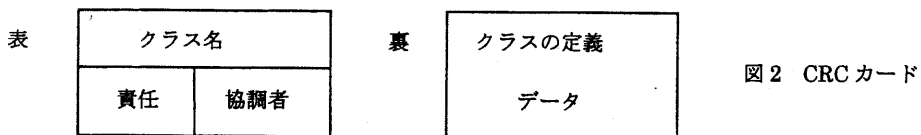
この擬人化を体験できる技法がCRC法である。

### 3. CRC法の適用

本章では、前章で述べた問題点に対応するために、集合教育の演習で使用しているCRCの概要を紹介する。

#### (1) オリジナルCRC法

CRC法は、CunninghamがTrctronixでオブジェクト指向を教えるために開発した。AT&Tではオブジェクト指向のモデル化のために使っている。CRC法の特徴の一つは分析段階でカード(10cm x 15cm)を使用することである。カードの表には、クラス名(Class)、責任(Responsibility)、協調者(Collaborator)を、裏には、クラスの定義とデータを書く。責任は可能な解(操作)を見つける手掛かりとなる。協調者とは、メッセージを送ったり送られたりするオブジェクトである。



分析は、CRCセッションと呼ばれる少人数(5~6名)からなるチームで行う。

- 通常、チームには、実務者、情報処理技術者に加えて、オブジェクト指向の専門家が参加する。
  - 問題文(要求仕様)よりクラスをブレインストーミングなどで抽出する。
  - チームのメンバは幾枚のクラス名が書かれたカードを机の前に置く。
  - メンバは、クラスとオブジェクトのふた役を演じる。
  - シナリオを決め、シナリオを実行する。メッセージをパスされたオブジェクトは、カードを持ち上げる。責任(操作)が終了すると、カードを机に戻す。
  - このシナリオ実行を通して、責任、協調者、データがカードに追加されてゆく。
- 本稿では、区別する必要があるとき、上記のCRC法をオリジナルCRC法と呼ぶ。

#### (2) 演習CRC法

このCRC法に対して、オブジェクトの基本的概念を学習するために、我々は以下のように変更して集合教育で使用した。

- (a) 初期状態では、クラスさんが登場する。

- ・各クラスさんは、一枚のカード (A4) を保有する。カードには、クラス名、データ名、関係、操作名が記述されている。
- (b) クライアントさんが登場し、適当なクラスさんから適当なインスタンスさんを生成する。
  - ・この時、クラスさんに向かって、大きな声で「new」と言ってオレンジを投げる。
  - ・オレンジを投げられたクラスさんは、フロアー（観客席）から、生成するインスタンスさんを見つけ、コンストラクタがあれば、インスタンスさんのデータを初期設定する。
  - ・生成されたインスタンスさんは、クラスさんからカードを渡される。クラスに定義されているデータの型のコピーし、初期設定されれば、その値を記録する。
- (c) 他のインスタンス（または、クラス）さんにメッセージをパスするときは、大きな声で、そのインスタンス（クラス）さん をよび、操作名を言って、そのインスタンス（クラス）さんにオレンジを投げる。
- (d) 操作が終了すると、メッセージをパスしたインスタンス（または、クライアント）さんにオレンジを返す。以降、区別する必要があるとき、この CRC 法を演習 CRC 法と呼ぶ。

#### 4. CRC 法の効果

##### (1) CRC 法の効果測定方法

二つのクラス (合計 37 名) について、以下の方法で測定をした。

- ・測定の対象知識と経験 (8 つの概念)
  - クラスとインスタンスの違い、インスタンスの生成方法、インスタンスの初期化の方法、メッセージパッシング、継承、カプセル化、ポリモフィズム
- ・知識と経験の深さ (5 レベル)
  - 知らなかった、ピンとこない、理解しているとおもう、人に説明できる、簡単なものなら使える
- ・測定の方法
  - 無記名のアンケート
- ・測定時点 (3 時点)
  - クラス開始前、第一章 オブジェクト指向の基本的概念の説明の直後、3 回の CRC 法による演習直後
- ・分析のためのグループ分け (2 グループ)
  - 知らないグループ : 8 つの概念のうち、一つでも知らなかったがある学習者群
  - 説明できるグループ : 8 つの概念のうち、一つでも人に説明できるがある学習者群

##### (2) 学習前理解度

クラス開始前の全体での「理解しているとおもう」の分布を表 2 に示す。全体 37 名、知らないグループ 20 名、説明できるグループ 13 名である。

表 2 学習前の理解度

	全体	知らないグループ	説明できるグループ
クラスとインスタンスの相違	59%	30%	84%
インスタンスの生成	55%	35%	92%
インスタンスの初期設定	51%	30%	53%
関係	27%	5%	76%
メッセージ・パッシング	35%	5%	100%
継承	62%	45%	84%
カプセル化	51%	25%	84%
ポリモフィズム	37%	15%	69%

グループ間で大きな隔りがある。おおまかにいって、クラスとインスタンスの違い、インスタンスの生成、継承、カプセル化は相対的に高く、インスタンスの初期設定、関係、メッセージ・パッシング、ポリモフィズムは相対的に低い。

##### (3) 知らないグループの CRC 法の効果

知らないグループについて、第一章のオブジェクト指向の概念の説明後、および、CRC 法演習後の「理解しているとおもう」の分布を表3に示す。

予備知識の少ない学習者に対して、概念の説明で、クラスとインスタンスの違い、インスタンスの生成、継承、カプセル化については、理解度を高めることができる。しかし、インスタンスの初期設定、関係、メッセージ・パッシング、ポリモフィズムの理解度を高めることが難しいことを示している。

CRC 法の演習は、インスタンスの初期設定、関係、メッセージ・パッシングの理解に貢献していることがわかる。しかし、ポリモフィズムについては、いまいちである。

表3 知らないグループの「理解していると思う」の分布

	学習前	概念説明後	CRC 法演習後
クラスとインスタンスの相違	30%	90%	100%
インスタンスの生成	35%	85%	100%
インスタンスの初期設定	30%	55%	80%
関係	5%	45%	80%
メッセージ・パッシング	5%	55%	90%
継承	45%	80%	80%
カプセル化	25%	65%	75%
ポリモフィズム	15%	40%	60%

#### (4) 説明できるグループのCRC法の効果

説明できるグループが、第一章のオブジェクト指向の概念の説明後、CRC 法演習後の「使える」の分布を表4に示す。

受講前に基本的な概念のいくつかを説明できる知識と経験をもつ学習者も、その概念を「使って」分析ができるのと受講前に捉えている比率は低い。

基本的な概念の説明によって、受講前低かったインスタンスの生成、関係、メッセージ・パッシングについて、ある程度の向上が見られる。

CRC の演習によって、説明だけでは不十分であったインスタンスの初期設定、メッセージ・パッシング、継承、カプセル化の比率が上がっている。

表4 説明できるグループの「使える」の分布

	学習前	概念説明後	CRC 法演習後
クラスとインスタンスの相違	15%	30%	38%
インスタンスの生成	7%	23%	30%
インスタンスの初期設定	15%	23%	38%
関係	7%	25%	23%
メッセージ・パッシング	7%	23%	38%
継承	15%	23%	46%
カプセル化	15%	23%	38%
ポリモフィズム	15%	23%	30%

## 5. 考察

ここでは、演習 CRC 法の評価とオリジナル CRC 法との違いを補足する。

### (1) 擬人化

オリジナル CRC 法は分析メンバを、演習 CRC 法は学習者をオブジェクトそのものになりきらせる。ともに、擬人化してものを考える訓練には適している。オリジナル CRC 法は少人数で実施するが、集合教育では多数の学習者を対象にして学習効率を求める。第四章の数字は、学習者の事前の知識や経験によって学習効果に差がある

が、演習 CRC 法が集合教育で、基本的なオブジェクト指向の概念の学習に有効であることを示している。主要な工夫点を以下に整理する。

- ・クラスとインスタンスの相違、インスタンスの生成

演習では、最初にクラスとクライアントが登場する。アプリケーションプログラムがメモリ上に読み込まれた状態である。オレンジがクラスに投げられたとき、クラスが観客席よりインスタンスをつれてくる。また、オレンジは、クラスに投げられたり(クラス操作)、インスタンスに投げられたり(インスタンス操作)する。観衆(学習者)は、これらを視角的に確認できる。

オリジナル CRC 法では、メンバは複数のクラス、複数のインスタンスを担当する。オブジェクト指向の初心者にはクラスとインスタンス、インスタンス同士の違いで混乱することがある。演習 CRC 法では、一人の学習者が兼務で演じるすることはない。集合教育なので役者はふんだんにいるのでこれが可能である。

- ・インスタンスの初期設定

インスタンスは生成されると、クラスからデータの型がコピーされたカードを渡され、コンストラクタがあれば、初期値を書き込む。観衆は視覚によって確認できる。

- ・関係

集約と関連は、オブジェクト指向初心者になかなか理解されないが、CRC 法は、各オブジェクトがだれを知っているかをカードに明示的に既述するので、学習者にわかりやすい。オレンジを投げるときに、その相手と呼ぶが、「その人を知っていますよね」といって確認できる。

- ・メッセージ・パッシング

オレンジを投げる、オレンジを受け取る、オレンジを返すという行為の印象は強烈である。

- ・継承

インスタンスは生成されたとき、直属のクラスとスーパークラスのデータの型を継承することを確認できる。また、オレンジが受け取ったとき、直属のクラスにその操作があることを確認する。ないときは、スーパークラスを逆上り確認する。

- ・カプセル化

クラスのカードには、データと操作(責任)が一体で書かれている。インスタンスは、自分の知っていること(データ)と自分のすること(操作)を視覚的に体験できる。

- ・ポリモフィズム

説明ではなかなか理解されないこの概念に対しても、CRC 法は強烈である。異なるクラスから生成されたインスタンスは、同じメッセージでも振る舞いが異なることを確認できる。

## (2) インスタンスのライフタイム

オリジナル CRC 法では、だれが、いつ、インスタンスを生成するかや破壊するかについては、分析ではなく設計で扱っている。しかし、オブジェクト指向の概念を理解する上では不可欠なので、演習 CRC 法では、インスタンスのライフタイムを可視化できるようにした。学習者に高い評価を得ている。

### (3) カードについて

オリジナル CRC 法のカードは 10cm x 15 cm である。集合教育では多くの学習者に少し距離があっても見えるように A4 のカードを使っている。太めの筆記用具で書くので、一枚のカードの情報量はむしろ少ない。また、カードの表には、クラス名、操作、関係、データを書いている。操作は責任、関係は協調者に相当する。裏は使っていない。

## 参考文献

1. A Laboratory For Teaching Object-Oriented Thinking; Kent Beck Ward Cunningham; OOPSLA 89 Proceedings; Oct. 89
2. Using CRC Cards: An Informal Approach to Object-Oriented Development; Nancy M. Wilkinson; SIGS BOOK ; 1995
3. Object Models; Peter Coad; Prentice Hall; 1995
4. OO 集合教育の経験; 高橋 富夫、田中 達雄、吉原 哲宏 ; 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会 オブジェクト指向シンポジウム; 1996 6
5. 言語体験による繰り返し型オブジェクト指向グループ学習; 高橋 富夫、深沢 竜一、吉原 哲宏; 情報処理学会 情報システム研究会; 1997 3