

プログラミング教育における動機づけ教授方法の提案と評価[†]

王文涌*・池田満*・李峰荣**

北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科*・名古屋大学大学院情報科学研究科**

近年、情報化社会の急速な発展に伴って、情報通信技術に関わる企業や大学などでプログラミング教育の重要性が高まってきている。これまで、効果的なプログラミング教育を支援する研究は様々な視点から活発に行われているが、本研究では、特に動機づけを高める教授方法に着目し、学習意欲を高めるための ARCS 動機づけモデルと、学習を効果的にするためのガニエの 9 教授事象という 2 つの ID 理論を基礎にして、動機づけ型教材を構成し、その特徴をとらえることを目指した。具体的には、動機づけ型教材と従来用いられることが多かった積み上げ型教材を Web 上で公開し、学習者の学習履歴データの収集とアンケート調査を行った。その結果、積み上げ型教材との相対的な比較において動機づけ教授方法が持つ特長が明らかになった。

キーワード：プログラミング教育、教授方法、動機づけ、ARCS モデル、ガニエの 9 教授事象

1. はじめに

プログラミング教育において、初心者に対する教育は特に重要であり、慎重に行う必要がある。なぜならば、学習初期には、構文理解が困難なことや、学習の達成感の低さから挫折し、苦手意識をもってしまう学生も少なくないからである。学生の学習意欲を損ない、効果的なプログラミング教育の実現が難しくなる。

これまでも効果的なプログラミング教育を実現するための研究が活発に行われている。例えば、高津・伊藤ほか (2003) は視覚からの刺激による構文理解の促進と疑似体験による達成感を提供可能とさせるシステムの構築を行っている。田口・島川 (2004) は、プログラミング言語の基本文法を学習する順序について、学習者の個人の理解度に応じて適応的に学習順序を変更する方法を提案している。久保・香川 (2005) はゲーム対戦による Web ペースプログラミング学習支援

環境の構想などの研究が行っている。その他、北・間座 (2006) はプログラミングスタイルを指導するためのプログラミング演習システムを提案している。このように、効果的なプログラミング教育を実現するために、様々な方法が提案されているが、プログラミング教育の動機づけ教授方法に着目して、プログラミング学習教材の構成指針を示し、その効果を実験的に分析する試みは著者が知る限り行われていない。

本研究では、動機づけ教授方法に着目し、従来の教材の多くで用いられている積み上げ型の教授方法の長所を継承し、欠点を改善するために、学習意欲を高めるための ARCS 動機づけモデルと、学習を効果的にするためのガニエの 9 教授事象という 2 つの ID 理論を基礎にして動機づけ教授方法を考案した。さらに、動機づけ教授方法の効果を実験的に分析するために、動機づけ教授方法に基づいた動機づけ型教材と積み上げ型の教授方法に基づいた積み上げ型教材 (Java 言語 e-Learning 教材) を開発し、Web 上でこれらの教材を公開して学習履歴データの収集、分析を行った。エンタリした学習者に 2 つの教材のうちから 1 つをランダムに選択して配信した。学習者の学習進捗状況、事前及び事後テスト、小テストなどの学習履歴データを用いて学習効果を分析した。事後アンケートも実施し、学習者から見た魅力を検討した。

以下、本稿では、2. でプログラミング言語の教材の現状について著者らの問題意識を述べた後、3. におい

2007年1月29日受理

[†] Wenyong WANG*, Mitsuru IKEDA* and Fengrong Li** : Proposal and Evaluation of the "Motivation-Oriented" Teaching Method in Programming Education

* School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology, 1-1, Asahidai, Nomi, Ishikawa, 923-1292 Japan

** Graduate School of Information Science, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8601 Japan

てその問題を解決するために構成した教育方法を述べる。さらに、その教育方法の効果を検討するために開発した教材の構成を4.で述べ、5.で教材の実運用に基づく教育効果に関する検討結果を述べる。

2. 教授方法の現状と問題点

学習者の学習情報源には、授業、書籍、CD-ROM、Web サイトなどがある。本研究では最初に、Java、Cの初心者向けに実際に用いられている教授方法の現状を把握するために、市販のJava、Cの入門書25冊について学習内容の提示順序を分析し、どのような教授方法が採用されているか調査した。その結果は図1に示したように、積み上げ型（知識を学習しやすく、かつ体系的な順序に配列して提示する）教授方法が52%、例題型（プログラム課題とプログラム例を提示して、それを理解する過程で知識を解説する）教授方法が32%、その他の教授方法は16%という現状であった。

以下では、プログラミングの教授方法の80%強を占める積み上げ型と例題型の2種類について、上記の分析過程で得られた問題意識とプログラミング教育に関する著者らの経験（学習者との対話を含む）から得られた知見をあわせて、本研究を始めた時点の著者らの問題意識を整理する。

2.1. 積み上げ型の教授方法

積み上げ型の教授方法は、プログラミング知識の断片をわかりやすく、かつ体系的な順序で提示する方法である（知識断片を解説した後で、その知識の具体例としてのコード例を提示している教材も積み上げ型に分類している）。この方法は、初心者がプログラミング知識を体系的に学習するのに向いていると思われるが、抽象的な知識の理解に労力と時間を費やすために、動機づけが低下するという問題が生じる可能性が高いと

考えられる。

2.2. 例題型の教授方法

例題型の教授方法は課題とそれに対するプログラム例を示し、その内容を解説する過程で構文などのプログラミング知識を教授する方法である。この方法は、具体的な課題の解決事例を示すことで、抽象的な知識の獲得だけではなく、プログラミングにおける問題解決スキルの習得も促すことが期待できる点で優れていると思われる。しかし、初心者にとっては、提示されるプログラムの理解が知識量と能力を超えていることが多く、動機づけの低下が生じる恐れがある。また、事例に過度に執着するために知識の体系的な習得に失敗する恐れがあると思われる。

以上は2つの教授方法の特徴と、初心者の立場から筆者らの問題意識を述べた。

本研究はプログラミング初心者の動機づけに着目し、教授方法を検討・改良することを目的としている。上の考察で述べたように、既存の教材の大部分が積み上げ型を採用しており、また、初心者に適応した例題型教材の構成は相対的に難しいと思われるため、本研究では、積み上げ型教材の短所を補う動機づけ教授方法を検討することにした。3章以降、積み上げ型教材を改良した動機づけ型教材の構成について考察する。

3. 動機づけ教授方法の構成

3.1. 基礎としたID理論

3.1.1. ARCS 動機づけモデル

「学習意欲」または教材の「魅力」を直接扱うシステム的な授業設計モデルとして、近年注目をあつめているものに、ジョン・ケラーの提唱するARCSモデルがある（鈴木（1995, 2000））。ジョン・ケラーが1983年に提唱したARCSモデルは、インストラクショナルデザイナーが学習意欲の問題に取り組むことを援助するシステムモデルである。学習意欲の問題と対策を、注意 ATTENTION・関連性 RELEVANCE・自信 CONFIDENCE・満足感 SATISFACTION の4要因に整理した枠組みと、各要因に対応した動機づけ方略、ならびに動機づけ設計の手順を提案したものであり（表1）、4要因の頭文字をとって、ARCSモデルと命名された。

3.1.2. ガニエの9教授事象

教授方略の例として、インストラクショナルデザインの領域で最も広く知られているものにガニエの9教授事象がある（鈴木（2000, 2002））。ガニエは、授業や教材を構成する事象を「学びを支援するための外側

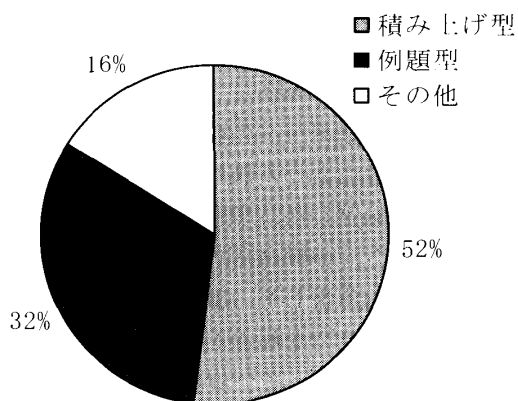


図1 教授方法の採用状況

表1 ARCS モデルの4因子と動機づけ方略

ARCS モデルの4因子	動機づけ方略
Attention: 注意	A-1: 知覚的喚起 A-2: 探求心の喚起 A-3: 変化性
Relevance: 関連性	R-1: 親しみやすさ R-2: 目的指向性 R-3: 動機との一致
Confidence: 自信	C-1: 学習要求 C-2: 成功の機会 C-3: コントロールの個人化
Satisfaction: 満足感	S-1: 自然な結果 S-2: 肯定的な結果 S-3: 公平さ

からの働きかけ（外的条件）」という視点でとらえ、認知心理学の情報処理モデルに基づいて学びのプロセスを支援する授業構成をまとめると9種類の事象に分類することが有効であるという結論に至り、それを9教授事象と命名した。つまり、人間がどうやって新しい知識や技能を習得するのかを説明する学習モデルを反映した形で、授業を組み立て、説明の方法を工夫し、作業を課していくと、効果のある授業が実現できるとする。学習行為におけるさまざまな教授事象の働きを表2に示す。

3.2. 積み上げ型の教授方法と2つのID理論

本研究では、最初に、積み上げ型の教授方法を採用している市販の入門書の学習項目を調査し、その説明順序を整理した。その結果、積み上げ型の教授方法の書籍は概ね、学習目標、構文の説明、例題、例題に対するプログラム、実行結果、まとめ、練習、解答例、小テストの説明順序で構成されることがわかった。

次に、その構成の欠点を明らかにするために、積み上げ型の教授方法(構成要素と手順)と2つのID理論(9教

授事象と動機づけ方略)の対応づけを行ったら、表3に示したような対応関係があることがわかった。

この表を見ると、積み上げ型の教授方法では、ガニエの9教授事象の事象1:学習者の注意を獲得すると、ARCSモデルのA-1:知覚的喚起とA-2:探求心の喚起に対応するものが欠落していることがわかる。つまり、学習の最初に学習者の注意を獲得する内容が設定されておらず、知識の獲得に多くの時間を費やすため、動機づけを低下させ、学習意欲をなくし、学習を途中でやめる可能性が高くなる問題が生じることが理論との対応から示唆されると言える。また、積み上げ型の教授方法はガニエ9教授事象の教授順序とも整合していない。

そこで、本研究では、理論によって示唆される問題を解決すれば、学習効果が改善されるのではないかと、という仮説をたてることにした。

3.3. 動機づけ教授方法

前節でのべた仮説に基づいて、積み上げ型教授方法に変更を加えて動機づけ教授方法を構成した。変更にあたっては、ARCS 動機づけモデルとガニエの9教授事象を基礎にした。

動機づけ教授方法は、学習内容知識に焦点をあてたごく小さなサイズのプログラミング課題（日本語でのプログラムする内容の記述；以下では「例題」と表記する）と実行結果（プログラムに期待される振る舞い）を示した後で、その例を手がかりにプログラム知識を教授する方法である。具体的には、例題と実行結果、学習目標、構文の説明、例題に対するプログラム、練習、解答例、小テスト、まとめの順序で説明していく。

動機づけ教授方法(構成要素と手順)と2つのID理論(9教授事象と動機づけ方略)は表4に示したような対応関係がある。この表を見ると、動機づけ教授方法では最初に例題とその実行結果を示すことにより、学習者の知覚的喚起と探求心の喚起などの学習を開始する

表2 ガニエの9教授事象

1. 学習者の注意を獲得する
2. 学習の目標を知らせる
3. 前提条件を思い出させる
4. 新しい事項を提示する
5. 学習の指針を与える
6. 練習の機会をつくる
7. フィードバックを与える
8. 学習の成果を評価する
9. 保持と転移を高める

表3 積み上げ型の教授方法と2つのID理論

積み上げ型の教授方法	2つのID理論
① 学習目標	事象2とR-2
② 構文の説明	事象3～5
③ 例題 例題に対するプログラム	事象6とC-2, S-1
④ 実行結果	
⑤ まとめ	事象9
⑥ 練習	事象6
⑦ 解答例	事象7
⑧ 小テスト	事象8

表4 動機づけ教授方法と2つのID理論

動機づけ教授方法	2つのID理論
① 例題と実行結果	事象1とA-1, A-2
② 学習目標	事象2とR-2
③ 構文の説明	事象3～5
④ 例題に対するプログラム	事象6とC-2, S-1
⑤ 練習	
⑥ 解答例	事象7
⑦ 小テスト	事象8
⑧ まとめ	事象9

動機づけ、学習意欲を高める効果が期待される。この教授方法に基づくことにより、効果的なプログラミング教育を実現できると考えている。

表3と表4を比較してみると、二つの教授方法の違いは主として、学習内容の提示順序の違いである。つまり、積み上げ型の教授方法に対して、動機づけ教授方法では、最初に例題と実行結果を示し、その次に、学習目標、構文の説明、例題に対するプログラムの順序で提示する。まとめの前に練習、解答例、小テストを行う。この学習内容の提示順序の違いだけで、どのくらい学習効果に違いが生まれるか？ということが本研究で実証的に得たい知見の主なものである。

4. 教材開発

4.1. 教材開発の概要

動機づけ教授方法の効果を検証するために、動機づけ教授方法に基づいた動機づけ型教材Aと積み上げ型の教授方法に基づいた積み上げ型教材Bという2つのJava言語e-Learning教材を開発した。2つの教材はJava初心者を対象に、Javaの基本文法を20レッスンに分けて設計する。効果を実験により対照しやすくするために、各レッスンで提示される学習内容は同じものを用い、レッスンの提示順序も同じものを用いる。異なるのは、表5に対比しているようにレッスン内の学習内容の学習順序である。紙面の都合で教材の学習項目の詳細については割愛し、2つ教材の全体イメージを示す(図2,3)。

4.2. 教材の構成

2つの教材は共に以下の6部分で構成する。

- ① コース利用案内：受講者に、本コースの特徴、構成、学習の進め方などを説明する。
- ② 実力確認：ランダムに配信した2つのグループの事前能力が等しいかどうかを確認するために、学習する前に事前テストを行う。

表5 2つの教材の学習内容の比較

教材Aー動機づけ型	教材Bー積み上げ型
1. 例題	1. 学習目標
実行結果	2. 構文の説明
2. 学習目標	3. 例題
3. 構文の説明	例題に対するプログラム
4. 例題に対するプログラム	4. 実行結果
5. 練習	5. まとめ
6. 解答例	6. 練習
7. 小テスト	7. 解答例
8. まとめ	8. 小テスト

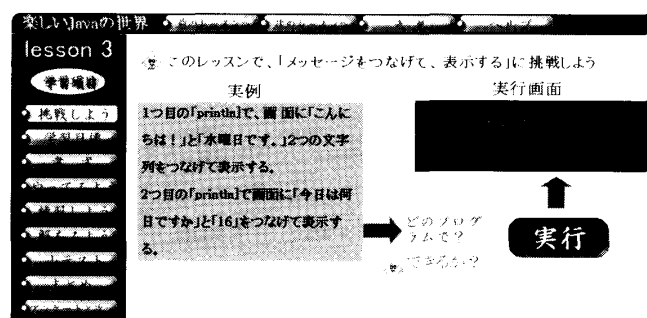


図2 動機づけ型教材A

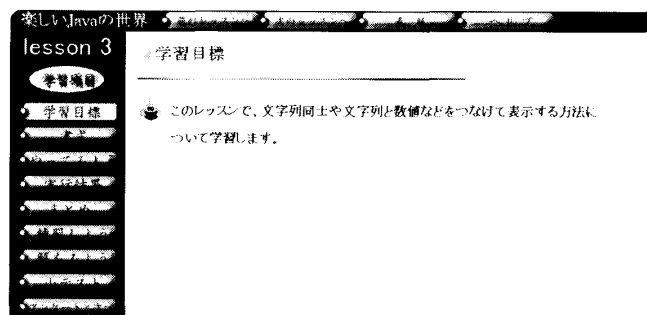


図3 積み上げ型教材B

- ③ はじめに：正式学習する前に、Javaの概要の学習、Java開発環境のインストールと環境変数の設定、実行手順の学習などの事前準備をする。
- ④ 学習レッスン(20レッスン)：Javaの基本文法を学習する。2つ教材のレッスンの学習内容の順序は教授方法に沿って構成する。レッスン毎に最後に小テストとアンケートを行う。
- ⑤ 学習成果確認：教材を学習後、学習効果を測定するために、事後テストを行う。
- ⑥ 学習修了へ：参考文献などを掲示する。

5. 教材の運用と教育効果の検討

5.1. 教材の配信方法

本研究では、2つのe-Learning教材をLMS(SATT社Attain2)に実装し、Web上で公開した。そして、エ

ントリした個々の学習者に、2つの教材のうちから1つをランダムに選択して配信した。学習者の学習進捗状況、事前及び事後テスト、小テストなどの学習履歴データを用いて学習効果を評価した。事後アンケートも実施し、学習者から見た魅力を検討した。

教材を公開するために、「楽しい Java の世界」という Web サイトを作った。図 4 に示したように、本サイトは、「はじめに」、「利用規約」、「新規登録」、「学習開始」、「お問い合わせ」、「更新情報」、「リンク」によって構成される。このような Web サイトを作成して、学習コースを公開している。公開している学習コースを Yahoo! のサイト、ベクターのサイト、Java 関連掲示板で学習コースを宣伝した。

Java 言語を学習したい受講者は Web サイトの新規登録で姓名、ログイン名、パスワード、メールアドレス、「どこで本コースを知りましたか」などの情報を入力して、ユーザー情報を登録する。そして、管理者はその登録情報に基づいて、受講者に動機づけ型教材 A あるいは積み上げ型教材 B をランダムに配信して、受講者へそのログイン名とパスワードなどの情報をメールで通知する。

5.2. 学習効果の検討方法

①受講者の修了率とレッスンの進捗率

本研究では、Web 上で応募した学習者に教材をランダムに配信して、自由学習の形で行った。この方法では、受講者の修了率とレッスンの進捗率を比較することによって、動機づけ教授方法は学習意欲を高めたかどうかという効果を検証できる。

②事前テスト/事後テスト

本研究は、同じ学習内容で、異なる教授方法間の効果を比較するものである。被験者として同一の受講者を用いることができないため、被験者集団間の学習能力、事

前知識などを確認することが必要である。このため、学習前に事前テストを行った。また、学習効果を確認するために、事後テストも実施した。本研究の事前テストと事後テストの問題は、各学習内容から一問ずつ、計25問で構成され、一問4点として、100点満点とする。

③レッスンの小テストとアンケート

各レッスンの学習効果を確認するために、各レッスンで小テストを行う。その小テストの成績を比較して、二つの教材の各レッスンの効果を検討した。また、各レッスンの理解度と学習の楽しさについて簡単なアンケートを行った。アンケートは図 5 の形式で4段階の回答を求めた。

5.3. 学習効果の検討

教材は公開後、約60人から応募があり、これらの受講者を2つのグループに分け、各グループを30人とした。動機づけ型教材 A を学習したグループを GA、積み上げ型教材 B を学習したグループを GB と表記する。

5.3.1 有効受講者の定義

前に述べたように、2つの教材はコース利用案内、実力確認、はじめに、学習レッスン、学習成果確認、学習修了へという6つの部分で構成した。

受講者が学習項目を完了した箇所とその人数を調べた結果を表 6 に示している。

60名の受講者のうち1個以上の学習レッスンを完了した受講者（以下では有効受講者と呼ぶ）はグループ GA で23人、グループ GB で22人であった。

5.3.2 被験者集団間の均質性

受講者に2種類の教材をランダムに選択して配信し、2つのグループに分けたが、学習者の事前学習意欲やプログラミングの既有知識や経験、学習能力などの因

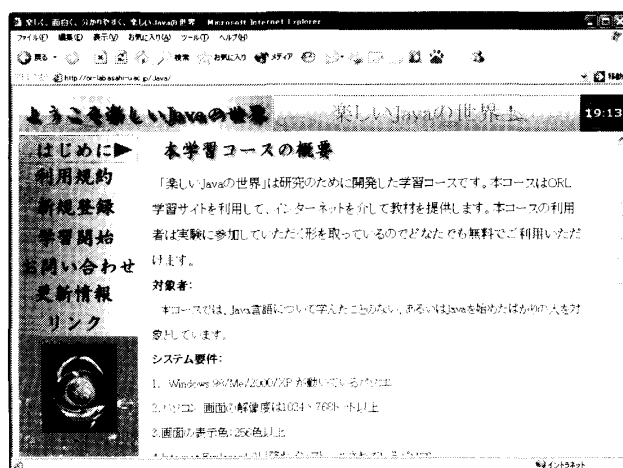


図 4 Web サイト「楽しい Java の世界」

このレッスンを学習してどの程度理解できましたか？
下の中から1つ選んで[回答]ボタンをクリックしてください。

☐ よく理解できた
☐ だいたい理解できた
☐ あまり理解できなかった
☐ 理解できなかった

このレッスンの学習は楽しかったですか。

☐ 楽しかった
☐ 普通
☐ あまり楽しなかった
☐ 楽しなかった

[回答]

図 5 アンケートの質問項目

表6 項目を完了した受講者数

項目	利用案内 とテスト	はじ めに	1 個以上の 学習レッスン	全てを 修了
GA	30	26	23	13
GB	30	25	22	8

素は学習効果に影響するため、これらの要素がグループ間で均質でなければ、結果の信頼性に影響を及ぼす。この均質性の問題について、以下に考察する。

(1) 有効受講者の既有知識と経験

受講者の既有知識・学習経験・学習能力は厳密には事前テストで計れるものではないが、均質性についてある程度の目安をえることができると考え、統計的検定を試みた。グループ GA の23人とグループ GB の22人の事前テストの成績を t 検定で行った ($t(39)=0.041, p<.05$)。結果、統計的な有意差がないとの結果が得られた。

(2) 学習前の学習意欲

本研究では、有効受講者のデータのみを用いた。有効受講者は Web 上でユーザーの申請とパスワードの取得、事前テスト、Java 概要の学習、Java 開発環境のインストールと環境変数の設定、実行手順の学習などの煩雑な作業を経て、学習レッスンへ進み、その一部を完了したこと、程度差はあっても、十分な学習意欲があると推想できる。

5.3.3. 学習効果の比較

(1) 受講者の修了率とレッスンの進捗率

グループ GA では23の中、13人がすべての学習レッスンを修了した。グループ GB では22人の中、8人がすべての学習レッスンを修了した。さらに、進捗状況を確認するために、各グループの学習者は「どのレッスンまで学習したか」を集計した。その結果、動機づけ型教材 A の受講者が平均13.04レッスンまで学習し、積み上げ型教材 B の受講者は平均10.36レッスンまで学習した(表7)。本研究は平均学習したレッスン数/総レッスン数(20)の比率をレッスンの進捗率と定義する。

受講者の修了率とレッスンの進捗率という進捗状況を図6に示す。動機づけ型教材 A の修了率は56.5%、積み上げ型教材 B の修了率は36.4%となった。さらに、

表7 進捗状況の統計

項目	修了人数	やめた人数	学習した レッスン数
GA	13	10	13.04
GB	8	14	10.36

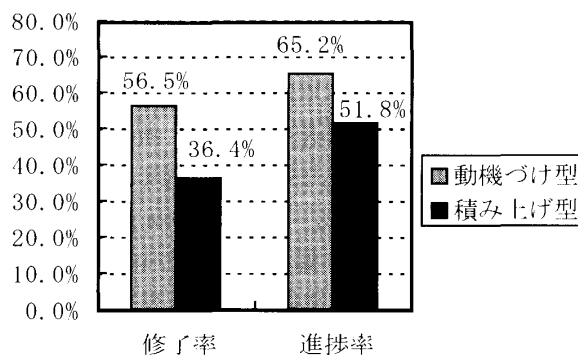


図6 受講者の進捗状況

各グループのレッスンの進捗率では、動機づけ型教材 A の進捗率は65.2%、積み上げ型教材 B の進捗率は51.8%である。

以上の結果から、動機づけ型教材 Aの方が、学習を促す効果があったと言える。2つのグループにおいて、有効受講者に対する事前テストの成績検定は有意差がないため、レッスンの進捗率の差を信頼できると考えられる。修了者の事前状況は修了率の評価に影響する。受講者の修了率の差を確認するため、修了者のみに対して、事前テストの成績検定も必要と考える。ウィルコクソン順位和検定を行った結果、2つのグループ間の修了者は学習する前に成績差がなかった ($\underline{Q}=58<W1=83<\overline{Q}=110$)。すなわち、2つのグループにおいて、有効受講者の事前テストの検定と修了者の事前テストの検定は共に差がないため、この修了率の差は教授方法の違いで起こったと考えられる。この修了率の差を信頼できると考えられる。つまり、動機づけ型教材 A の修了率と進捗率が良くなったことを確認できた。動機づけ型教材 A は積み上げ型教材 B より共に修了率と進捗率が高い原因は以下のことと考えられる。

動機づけ型教材 A と積み上げ型教材 B は学習項目の教授順序の違いだけである。つまり、従来の積み上げ型教授方法に対して、動機づけ教授方法では、最初に、例題とその実行結果を示すことにより、受講者の知覚的喚起と探求心の喚起などの学習を開始する動機づけ効果があった。学習意欲を高めることができたため、修了率と進捗率が高くなった。

(2) 各レッスンの小テスト

各レッスンの学習効果を検討する指標として小テストを行った。有効受講者の全小テストの平均点数としては、動機づけ型教材 A が85.4、積み上げ型教材 B が79.0である。動機づけ型教材 A は積み上げ型教材 B より平均6.4点高い(図7)。

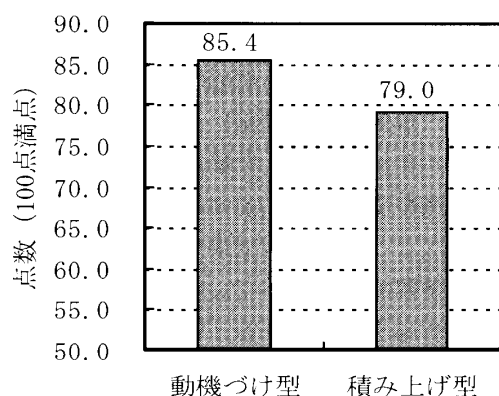


図7 小テストの比較

ここでは、有意水準 $\alpha = 0.05$ で t 検定を行った。結果、小テストの平均点数は統計的に有意な差があった ($t(34)=2.344, p<.05$)。動機づけ型教材 A の方が優位な結果になった。このことから、動機づけ型教材 A は積み上げ型教材 B より学習効果の面で優位にあると言える。

(3) 事前及び事後テスト

事前及び事後テストの比較は20レッスンを全て修了した者 (GA13名, GB 8名) について分析した。図8に示したように、動機づけ型教材 A の成績が事前テストの平均44.3点から事後テストの平均80.0点まで向上した。動機づけ型教材 A は平均35.7点向上した。積み上げ型教材 B の成績が事前テストの平均46.0点から事後テストの平均74.0点まで向上した。積み上げ型教材 B は平均28.0点向上した。動機づけ型教材 A は積み上げ型教材 B より平均7.7点高い。

修了者のみの標本数が少ないため、ウィルコクソン順位和検定で検定した。結果は事前テスト ($\underline{w}=58<W1=83<\overline{w}=110$) と事後テスト ($\underline{w}=58<W1=67<\overline{w}=110$) 共に統計的に有意な差がないため、修了

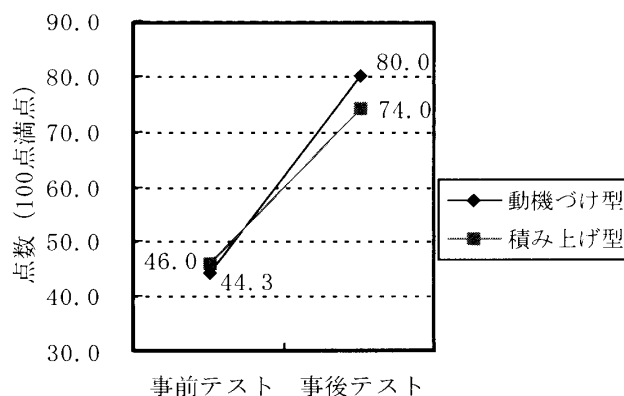


図8 事前及び事後テスト

者のみの比較において2つ教材の成績向上の点数差が不明確であった。

この理由としては20レッスンを全て修了した者だけを対象とした分析であったためデータ数が少なすぎたことが第一に考えられる。また、修了者は典型的に、学習意欲が高く十分な学習能力があったために教材の動機付け効果の有無にかかわらず、事後テストで問われた知識を修得できた可能性も高いと考えられる。

事前・事後テストから学習効果の差が優位でなかったことは、前項(2)で分析した有効受講者の小テストで成績の優位な差があったことと一見矛盾しているように思われるが、以下のような説明が考えられる。

小テストはレッスン毎に実施されているため、有効学習者の小テストのデータには、コースを途中でやめた学習者 (一部のレッスンを完了した学習者) の成績も含まれている。このため、データ数が相対的に多くなり統計的に有意と判定することができた。また、有効学習者は修了者より意欲が相対的に低く、学習能力も相対的に劣っていると予想され、動機付け効果が有効に働く余地が多かったことも理由として考えられる。

いずれにしても、この問題については、被験者を増やし、実験条件の設定を工夫するなどして、明らかにする必要があると考えている。

(4) 理解度及び楽しさの調査

本研究では、受講者に対して、各レッスンを終了後、レッスンの「理解度」と「楽しさ」の2つの項目についてアンケート調査を行った。その結果、動機づけ型教材 A では、よく理解できた受講者は75.0%、それに対して、積み上げ型教材 B では、よく理解できた受講者は41.0%である。動機づけ型教材 A では、楽しかった受講者は71.0%を占めて、積み上げ型教材 B では、楽しかった受講者は44.0%である (図9)。

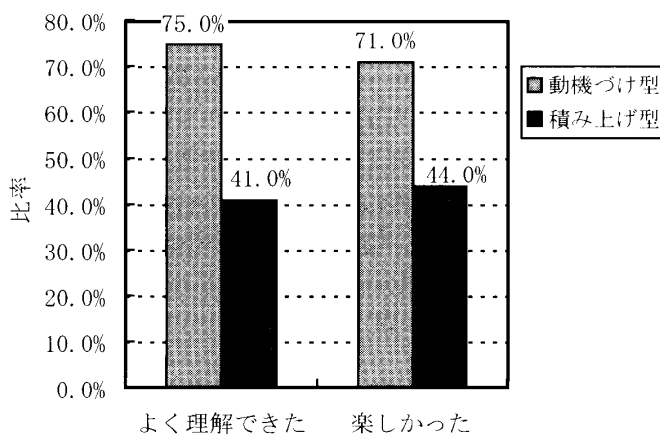


図9 魅力度の比較

ここでは、有意水準 $\alpha = 0.05$ でZ検定を行った。結果、理解度($T=5.57 > Z(0.05)=1.64$)と楽しさ($T=4.65 > Z(0.05)=1.64$)は共に統計的に有意な差があった。動機づけ型教材Aの理解度と楽しさの比率が共に高かった。相対的に動機づけ型教材Aの方が、受講者が理解しやすく、学習に魅力を感じたと確認できた。

5.3.4. 考察

以上の学習効果の比較をまとめて、以下の3つの結果を得た。

- 1) 受講者の修了率、レッスンの進捗率の比較において、共に動機づけ型教材Aの方が良くなった。動機づけ型教材Aは積み上げ型教材Bより、魅力があることを確認した。
- 2) 各レッスンの小テストの比較において、小テストの平均点数差はあった。動機づけ型教材Aの方が優位な結果になった。動機づけ型教材Aは積み上げ型教材Bより、成績向上の効果があることが確認できた。
- 3) アンケートの理解度と楽しさの調査結果において、動機づけ型教材Aの理解度と楽しさの比率が共に高かった。相対的に動機づけ型教材Aの方が、受講者が理解しやすく、学習に魅力を感じていたと確認できた。

以上の評価結果によって、動機づけ型教材Aは効果があることを確認できた。つまり、学習意欲を高めるためのARCS動機づけモデルと、学習を効果的にするためのガニエの9教授事象という2つのID理論を用いて提案した動機づけ教授方法が有効であることを確認できた。動機づけ教授方法が有効になった理由として、以下のことが考えられる。

- 1) 動機づけ教授方法では、最初に、例題とその実行結果を示すことにより、受講者の知覚的喚起と探求心の喚起などの学習を開始する動機づけ効果があった。そのため、受講者の学習意欲を高めて修了率とレッスンの進捗率が高くなった。
- 2) 動機づけ教授方法は、ガニエの9教授事象に基づいて学習内容の提示順序を構成した。この9教授事象の順序は認知心理学の情報処理プロセスに従うので、受講者は学習内容が理解しやすく、学習が楽しいと感じた。そのため、成績向上の効果があった。

6. お わ り に

以上の評価結果によって、学習意欲を高めるための

ARCS動機づけモデルと、学習を効果的にするためのガニエの9教授事象という2つのID理論を用いて提案した動機づけ教授方法が有効であると確認できた。現状では、一事例による検証にすぎず、一般論は展開できないが、今後も継続的に検証を進めていきたい。

今後、多様な受講者の事前知識、経験、学習特性などの個人差によって、学習効果の差を分析したい。また、個人の学習特性によって、学習行動、教授方法の好みと効果も違うと見られる。学習者の学習特性と教授方法の好みとの関係も分析したい。今後の教育では、学習者中心として、多様な学習者の個人知識や能力、学習スタイル、性格などの個人特性を認識して、個人適応型学習コンテンツの提供により、適切な学習行動と学習効果が得ることが重要と考えている。

謝 辞

本研究にあたり、ご指導いただきました朝日大学の板谷雄二教授、教材の設計と訂正にご助言をいただきました服部徳秀教授、有益な議論をいただきました岐阜大学総合情報メディアセンターの加藤直樹教授に心から感謝を申し上げます。

参 考 文 献

- 王文涌, 李峰荣, 板谷雄二 (2006) 魅力のあるJava言語 e-Learning 教材の開発と評価—ARCS モデルとガニエの9教授事象を用いた動機づけ教授方法の提案—. 日本教育工学会第22回全国大会講演論文集: 875-876
- 王文涌, 李峰荣, 板谷雄二 (2006) プログラミング教育における魅力のある e-Learning 教材の開発と評価. 電子情報通信学会技術研究報告, **ET2006-56**: 31-36
- R.M.ガニエ, L.J.ブリッグズ (1986) 教授事象, カリキュラムと授業の構成. 北大路書房, 京都, pp.192-197
- R.M.ガニエ (1988) 教授のための学習心理学. サイエンス社, 東京
- 北英彦, 間座秀幸ほか (2006) プログラミングスタイル指導のためのプログラミング演習システム. 日本教育工学会第22回全国大会講演論文集: 693-694
- 久保候明, 香川考司 (2005) ゲーム対戦による Web ベースプログラミング学習支援環境の構想. 教育システム情報学会30周年記念全国大会講演論文集: 279-280

- 鈴木克明 (2000) ARCS モデル. 教育工学事典, 実教出版, 東京, p.2
- 鈴木克明 (2000) ガニエの9教授事象. 教育工学事典, 実教出版, 東京, p.211
- 鈴木克明 (2002) 教材設計マニュアルー独学を支援するために. 北大路書房, 京都, p.79
- 鈴木克明 (1995) 「魅力ある教材」設計・開発の枠組みについてーARCS 動機づけモデルを中心にー. 教育メディア研究, 1(1) : 50-61
- 高津陽平, 伊藤小琴ほか (2003) 疑似体験による Java 学習システム. 情報処理学会第65回全国大会講演論文集, 4 : 397-398
- 田口浩, 島川博光 (2004) プログラミング教育における個人の理解度に応じた学習順序の決定. 第3回情報科学技術フォーラム講演論文集 : 343-344

Summary

In recent years, with rapid development of the information society, the number of the people who learn a programming language in companies and universities are increasing. The role of programming education becomes more important in the organizations. Until now, variety of researches on effective programming education has been carried out from various viewpoints. In order to solve the

problems of the “pile-up” teaching method, this research proposed the “motivation-oriented” teaching method based on the two instructional design theories: 1)ARCS Motivation Model for raising study volition and 2)Gagne’s Nine Events of Instruction. Then, to clarify the feature of the proposed method, the two e-Learning materials, the “motivation-oriented” material and the “pile-up” material for Java e-Learning were developed and the comparative study with the two materials was carried out. The teaching materials were then published on the Web, allowing anonymous novice learners learn Java programming. Each learner was provided a material randomly selected from the two materials. Then, the effect of the “motivation-oriented” teaching method was investigated by analyzing the data on learning activities and the answers to questionnaires. The result shows that we can expect the “motivation-oriented” teaching method has relatively better educational effect compared to the “pile-up” teaching method.

KEY WORDS: PROGRAMMING EDUCATION , TEACHING METHOD , MOTIVATION , ARCS MOTIVATION MODEL, GAGNE’S NINE EVENTS OF INSTRUCTION

(Received January 29, 2007)