

# 授業支援型e-LearningシステムCEASを活用した自発学習促進スパイラル教育法<sup>†</sup>

荒川 雅裕<sup>\*1</sup>・植木 泰博<sup>\*2</sup>・冬木 正彦<sup>\*1</sup>

関西大学工学部<sup>\*1</sup>・関西大学先端科学技術推進機構<sup>\*2</sup>

大学での対面型集合教育において学生の自発的学習を促進し教育の質の向上を図ることを目的とした教育法を提案する。自発学習促進スパイラル教育法と名づける提案法は、授業と学習を統合的に支援する授業支援型e-LearningシステムCEASの特長を活かし、予習・授業・復習の連鎖を1つのサイクルとし、学生の自発的学習を促進するように教材配置と授業進行を組み合わせ、学期の間そのサイクルを繰り返して教育を実施する方法である。科目が対象とする知識を、宣言型知識と手続き型知識の2種類に分類し、それぞれを予習と復習の課題に設定し、複数の授業および一授業内においてこれらの知識で学習の階層構造を構成する。提案法を工学部専門課程における受講者が100人を超える大人数クラスでの論理的思考力を習得させることを目的とする上級プログラミングの科目の教育に適用し、期末テストとアンケートの結果の分析より提案法の有効性を示す。

## 1. はじめに

1980年代からの初等中等教育の変遷と少子化による18歳人口の激減の中で、大学は学生の「学力低下」や「学習意欲の低さ」、「基礎学力の多様化」の問題に直面し、教育の質の確保と、教育に関する外部評価への対応が大きな課題となっている。教育の質の確保については、大学のみで解決できる問題ではないが、大学での教育の実施状況は極めて深刻な状態にある。

大学での通常の教育実施形態は対面型集合教育(クラス授業)であり、科目履修の単位認定は、教室での授業と教室外での予習・復習の組み合わせにより評価するのが原則である。従来からこの仕組みが十分に機能しているとは言いがたい状況であったが、学生の基礎学力の低

下に伴い「授業改善」の努力を行なわない限り、教育の質の確保は困難な状況となってきた。とりわけ、積み上げ式の知識に基づき問題解決能力の育成を図る理科系の科目ではこの状況は深刻さを増している(小野寺・細川 2004, 寺田 2004)。

しかしながら、授業改善の努力や、さらに外部評価の対応のため授業の実施状況の記録を残すことなどは、担任者にとって大きな負担となっている。科目履修者が大人数である私立大学の担任者にとってはその負担の大きさは特に深刻である。

このような状況にある大学教育において、近年のインターネット技術の急激な普及を前提とした情報通信技術(以下ではITと略する)の利用は、授業改善を支援しかつ負担の軽減を図る上で可能性を有する手段の一つである。

「授業改善のためのITの活用」(私立大学情報教育協会 2001)には、教育方法の工夫の提案と色々な分野での授業改善モデルが紹介されている。これらは、既に試験的に実施されているが、日常化されているものではなく、授業の支援体制や情報機器等の施設設備環境、教員の情報活用能力などの条件が十分でないことにより普及が遅滞していると指摘されている。

インターネット技術を利用する教育支援システムとしては、北米で広く普及しているe-Learningシステムの活用が期待されている(先進学習基盤協議会 2003)。e-Learningシステムは、個別学習や協調学習、遠隔学習において活用の場が想定されているが、e-Learning用の

2004年4月9日受理

<sup>†</sup> Masahiro ARAKAWA<sup>\*1</sup>, Yasuhiro UEKI<sup>\*2</sup> and Masahiko FUYUKI<sup>\*1</sup>: Spontaneous Learning Activation Spiral Education Method Utilizing Web-Based Coordinated Education Activation System CEAS

<sup>\*1</sup> Department of Systems Management Engineering, Kansai University, 3-3-35 Yamate-cho, Suita, Osaka 564-8680 Japan

<sup>\*2</sup> Organization for Research and Development of Innovative Science and Technology, Kansai University, 3-3-35 Yamate-cho, Suita, Osaka 564-8680 Japan

教材コンテンツ作成の技術的・組織的支援の難しさが、普及のボトルネックとなっている。さらに、多人数の対面型集合教育での利用は、授業の補完的な役割に留まっている。これは、授業の進行との連携が従来の e-Learning システムでは、十分に考慮されていないことによる。

IT活用により授業改善を支援しかつ負担の軽減を図るには、「教育支援システム」とそれを利用する「教育実施手順」、「教育内容（科目内容）」を適切に組み合わせることが必要であると考えられる。

教育支援システムを利用した教育が成果をあげるためには、

- ・「教育内容」に関しては、通常の教科書も含め、適切な教材が用意されること、教育内容の知識が実施手順に則して構造化されていること
- ・「教育実施手順」は、上述の学生の状況を踏まえると、学習を促進する（学習せざるを得なくする 強制力が働く）ような実施手順であること
- ・「教育支援システム」は、担任者および学生の利用という観点から、大学での授業実施形態に則した利用が容易であること。すなわち、実施手順が容易に実行でき、構造化された知識が授業の進行と同期して容易に登録・利用できること
- ・さらに、従来問題であった教材の準備が容易であり、かつ多人数教育が実施できるために担任者の成績管理の負担軽減がシステムの的に考慮されていること

の要件を満たすことが必要と考える。

冬木ほか（2004）が開発したWeb型自発学習促進クラス授業支援システムCEASは、大学における授業と学習を統合的に支援することを目的とし、

- ・授業進行と教材の関係がわかり易い
- ・教材の作成/再利用は容易
- ・担任者の教材準備や成績管理の負担軽減が考慮されている

といった特長を有し、上述の教育支援システムとしての要件を満たしていると考えられる。

本論文では、この教育支援システムを利用することを前提として、多人数集合教育において、積み上げ式の知識を学生に習得させるために、学生の自発的学習を促進する一つの教育方法を提案する。提案法は予習・授業・復習の連鎖を1つのサイクルとし、教材配置と授業進行を、学生の自発的学習を促進するように組み合わせ、学期の間そのサイクルを繰り返すことにより、学生が学

習目標を達成する方法である（以後 自発学習促進スパイラル教育法 と呼ぶ）。すなわち、習得に必要な知識を分類、階層化し、授業と予習・復習をできるだけ短い期間で組み合わせ、教員からの知識の提示と学生の自発的な学習による知識習得を促進する。さらに、毎週の授業を契機として学生に自発的に予習・復習を継続して行なわせるためには、学生に対して強制力を働かせることと、多人数を対象とすることから特に教員側に生じる事務的な処理による負荷の軽減を教育実施の手順や利用するシステムの利用機能において考慮する。

自発学習促進スパイラル教育法は、教室外で行われる予習・復習をリモートサイトでの“遠隔学習”とみなすと、オンサイト（教室）での“対面学習・集合学習”を組み合わせた教育法であるという点で、ブレンディッドラーニング（玉木ら 2003）のひとつと見ることができる。しかしながら、企業や学校で実施される現在のブレンディッドラーニングは、“対面学習・集合学習”と“遠隔学習”のそれぞれの困難や非効率な面を補完するために導入されている。とくに、企業ではコスト削減の目的から遠隔での自己学習を中心に考えており、遠隔での自己学習では不可能あるいは非効果的とされる学習内容を補完するために“対面学習・集合学習”を導入している。

たとえば、企業の導入事例として、基礎工学に関して、遠隔での自主学習（レポート提出含む）と実機による演習（実習）の集合教育を組み合わせる教育法（先進学習基盤協議会 2003a）や、社内のリーダー育成教育に関して、技術的な業務知識を e-Learning システムによる遠隔での自主学習で、顧客対応やリーダーとしてのヒューマンスキルを集合学習で行う教育法（先進学習基盤協議会 2003b）がある。

学校への導入事例や研究では、玉木ら（2003）はビジネスプロセスの学習に対して、教師から学生へ理論の講義を“対面学習”によって行い、e-Learning システムを利用して遠隔環境でビジネスの疑似体験を実習の“自主学習”によって行っている。また寺嶋（2004）は、情報教科教職課程に関する教育方法や技術論の科目に対して、“対面学習”として教師から学生への授業と学生間ディスカッションの導入を行い、“遠隔学習”として e-Learning システムを利用した教師からの知識伝達（資料や質問に対するコメントの提示）と学生間の BBS の利用した相互学習を行なわせ、教師からの知識伝達とともに学生間の協調性育成の学習を、対面と非対面の両面から活性化を試みている。

一方、提案法の「自発学習促進スパイラル教育法」は“対面学習”での授業内容の理解が目的であり、“遠隔学習”を利用して、(1)学習内容を2種類の知識に分類し、各知識を関連付けた授業での説明と、(2)予習、授業、復習を一体とするサイクルによって理解を深める仕組みを構成する。この理由から、提案法は“対面学習”と“遠隔学習”を組み合わせているが、“対面学習”の内容の理解を促進する目的で“対面学習”と“遠隔学習”が一体化した教育方法であり、互いの学習内容の補完を目的とする従来のブレンディッドラーニング法とは異なる。

本論文では、自発学習促進スパイラル教育法を学部専門課程における受講者が100人を超える多数クラスでの上級プログラミングの科目に適用する。そして、論理的思考力を習得させることを目的とする教育において、提案法の有効性を実践データに基づき評価する。

## 2. 自発学習促進スパイラル教育法とその枠組み

自発学習促進スパイラル教育法は、学生の予習と復習を支援するインターネット技術に基づく情報システムの利用を前提とし、そのシステム上への教材の配置と、予習・授業・復習のサイクルの中で授業の進め方とを、学生に対しては学習への強制力が作用するように実施する教育方法である。

### 2.1. 教材の配置と予習・授業・復習の関連

自発学習促進スパイラル教育法が実施できるためには、科目の教育内容の構成を考慮した教材の配置と予習・授業・復習との関連の枠組みを予め設計しておく必要がある。ここでは、教育内容として、宣言的な知識と手続き的な知識の両方が含まれ、論理的思考能力の育成を目的とするような科目の教育を対象として論じる。ここで論理的思考能力とは、宣言的な知識に手続き的な知識を適用して解を導出できる能力であるとする。

#### (1)教育内容の知識の構造化

1サイクル内で習得する知識を論理的思考の必要性の有無により大きく2種類の知識に分類する(以下では知識A、知識Bと呼ぶ)。知識Aは、論理的な思考がそれほど必要でない知識であり、主として宣言的な知識に対応する。例えば語句の定義などが対応し、論理的な思考が必要な知識を得るための基礎となる知識であり、習得に必要な時間は短く、自主学習による習得は容易である。一方知識Bは、論理的な思考過程を経て獲得する知識を

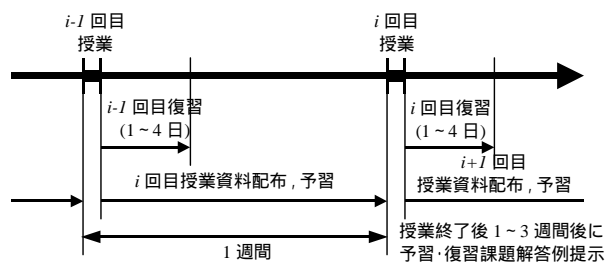


図1 予習・授業・復習の時間的関連

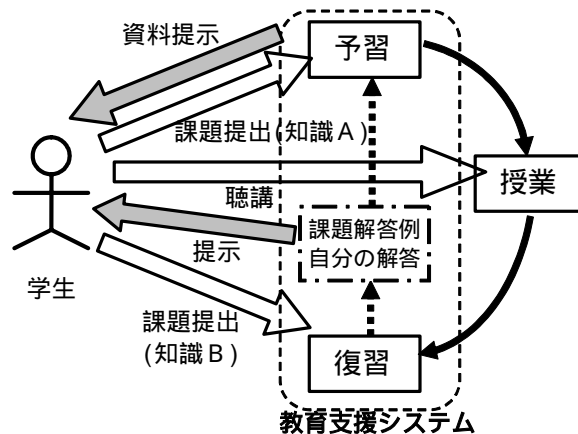


図2 学生とシステムのインタラクション

指し、手続き的な知識やメタ知識に対応する。この種の知識の習得には長い時間を必要とするが発展的な問題への対応も可能となる。例えば、論理式の導出やプログラムのアルゴリズムなどが該当する。

つぎに、教育内容に含まれる知識を、知識Aを下位、知識Bを上位とする階層構造に関連付けて一回の授業における学習順序を構成する。この構造化により学生の論理的な理解を高め、一般的な問題解決能力を身に付けることを期待する。構造化の具体的な例は、次章に示す。

#### (2)知識の配置と関連付け

学生に課す学習課題は、予習と復習に対しそれぞれ異なる種類の知識を対応させる。予習では、授業での理解の事前知識として、知識Aの習得を促す。授業実施時は、知識Aを知識Bと関連付けることや、他の知識Aを利用して知識Bを説明する。そして、復習において知識Bの確認を行なうことで1サイクルの学生の学習を完結させる。これにより、授業前は暗記による知識であったものが論理的に他の情報と関連付けられ、知識Bとして理解されるようになることを期待する。

#### (3)1サイクルでの学習要素の完結

1サイクルの学習に要する時間(タイムバケット)

は、通常の授業の時間間隔である1週間とし、学習内容(学習要素)は1サイクルで完結とすることが望ましい。サイクル内では知識A、知識Bを階層的に関連付けて学習する。

学生の学習進度が事前の計画よりも遅れる場合には、当該授業の復習課題と次回の授業の予習課題を変更することでそれ以降の計画を修正する。

#### (4)学習負荷の平準化

学期末テスト前の詰め込み的な集中学習を抑制するため、授業の開講期間において一教科の学習に必要な総学習時間を平準化する。すなわち、理解に必要な総学習時間を開講期間内で平均的に分散させる。タイムバケットごとに学習計画を立案し、予習と授業の教材を用意する。

授業の進行状況と学生の授業への参加状況から復習課題や提出時間を変更し、学生が継続的に学習を行なうように調整する。

### 2.2. 教育実施手順と 強制力

予習・授業・復習のサイクルでの教育実施手順と、学生に対して学習を促進する実施上の工夫について述べる。図1に実施にあたっての時間経過を、図2に予習・授業・復習の各フェーズにおける学生と教育支援システムのインタラクションを示す。

#### (1)予習

教員は当該授業が行われる一週間前より、教育支援システムに授業の資料を掲載する。学生は、その資料を授業が行われる日時までにダウンロードし、資料を読み、教育支援システム上に出題されている予習課題に解答する。予習課題は知識Aを対象とし、資料に記述している内容相当とする。ただし、資料の文章と同一の解答を避けるため、字数制限を設定する。これにより、資料の文章を自分の言葉に置き換えることで、学生は知識を習得し、かつ、学習のポイントを意識せざるをえなくなる。また、資料を読み、内容が理解できれば、授業にも興味が湧き、学習意欲が増すことが期待できる。

#### (2)授業

学生は授業の資料を持参し、授業を受ける。科目担任者は資料に基づき、重要な項目を強調する、論理的証明や問題を示すことなどにより知識Aを知識Bと関連付けて説明する。さらに、学生の授業中の反応から学習状況を推測し、復習課題の提出期限を設定する。もし、学習状況が悪ければ期限を短くするなどの対応を行なう。これにより、授業中に授業内容を十分に理解しなけ

表1 2003年度応用プログラミング授業内容

回数	内容	下位学習
1	スレッド	
2	GUI	
3	グラフィックス	
4	イベント処理1	
5	イベント処理2	
6	アプレット	
7	ネットワーク	
8	ネットワーク、入出力	
9	入出力	
10	オブジェクト指向プログラミング	
11	デザインパターン1	
12	デザインパターン2	
13	デザインパターン3	

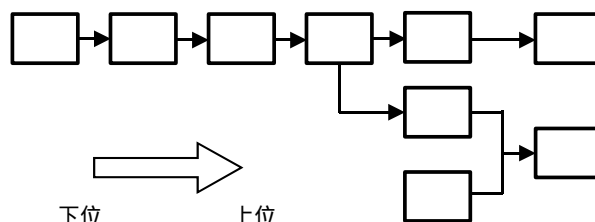


図3 講義「応用プログラミング」の学習階層構造(番号は表1の内容番号)

れば、復習課題を提出できなくなるため、学生は授業に対する集中度を高め、理解に努めるようになる。

#### (3)復習

担任者は授業終了後、教育支援システム上に復習課題を掲載する。学生は決められた期限までに復習課題の解答を教育支援システムに提出する。復習課題は授業の内容に関連し、知識Bを対象とする。これにより、復習課題を理解して解答するには授業中に説明を聞かざるをえない。さらに、授業終了の一定期間後(1~3週間)に教育支援システム上に本人の解答および予習と復習の解答例を提示し、学生に自分の解答と解答例を対比させ、自分の解答内容を自主的に理解させる。さらに、提出された解答の共通した間違いや問題のポイントやコメントを解答例に併記することで理解の促進を図る。

科目に予習・復習課題を課した場合、提出を怠ると学期末の成績評価で不利となるペナルティがあることは、この科目に限らず学生が周知していることである(2/3以上の課題提出および出席が単位認定の必要条件)。上述の実施手順によって、学生にはこのペナルティが暗黙の前提として作用するため、学習内容の理解を深め自発的学習を促進するような知識配置と一体化し

て強制力が発現する。

### 2.3. 教育支援システムとその利用形態

大学における授業と学習を統合的に支援することを目的に開発されたWeb型自発学習促進クラス授業支援システムCEAS（冬木ほか 2004）は、前述の教育方法の実施を支援するシステムとしての要件を満たしているのでこのシステムを使用する。

CEASは、クラス授業支援とe-Learningシステムの両方の機能を有しているが、今回の教育手順を実施するにあたっては、主として教材提示機能とアンケート収集機能を用いる。この機能でCEASを用いる利点を以下に示す。

#### (1)教材提示機能

- ・授業の回数ごとに教材を割付け分類できる
- ・教材の登録が容易である

#### (2)課題解答に対するアンケート収集機能

- ・授業の回数ごとに課題を出題し、解答を自動収集できる
- ・収集した解答結果を授業回数ごとに表形式で表示し、結果をテキストファイル出力できる
- ・学生は一度提出した解答を修正できない
- ・アンケート機能の利用がWebブラウザ上に表示されるラジオボタンにより指定でき、アンケート実施の時間制御が容易に行なえる
- ・100名規模の解答結果を一覧できる

なお、予習と復習の課題提出にレポート提出機能を用いないのは、学生が解答するときの作業効率や担任者が評価するときの一覧性においてアンケート機能のほうが優れていたからである。

## 3. 自発学習促進スパイラル教育法の実践

### 3.1. 対象とする授業

自発学習促進スパイラル教育法を、関西大学工学部システムマネジメント工学科の2003年度秋学期のカリキュラムである「応用プログラミング」に適用し、その有効性を評価する。この科目は必修科目であり、該年度の履修者は175名である（この数は事務への届け出数であり、再履修者77名を含む）。

「応用プログラミング」はJava言語を利用し、プログラミング技術を習得する科目である。この科目を履修できる学生は、春学期でJava言語を利用してプログラミングの基礎を学習していることが前提であり、本科目では応用的な発展を目的として、GUIやイベント処理、

アプレットさらにはデザインパターンによるオブジェクト指向プログラミング技法の学習を目的とする。

表1は各回の授業内容を示す。授業は13回行なわれ、自発学習促進スパイラル教育法を第1回目の復習から第13回目授業まで適用し、第13回目の授業終了後、2週間後に期末テストを行なった。

プログラミング技術は知識と技術の積み上げにより習得できる技術と考えられる。本科目は春学期での科目を基礎として学習する仕組みとなっているが、表1に示すように本授業の13回の中にも学習の階層構造が存在する。表中の「下位学習」の番号が下位階層に相当する授業であり、図3に階層図を示す。なお、下位の学習とは、上位の学習を理解するために必要な基礎となる知識の学習を意味する。たとえば、図3で「入出力」の知識習得には「イベント処理」の知識は必要であるが、「アプレット」の知識は必要としない。本科目ではデザインパターンを利用するシステム設計論も取り扱っている。この内容は過去に行なったほぼ全ての授業の知識の積み上げによって習得される技術である。

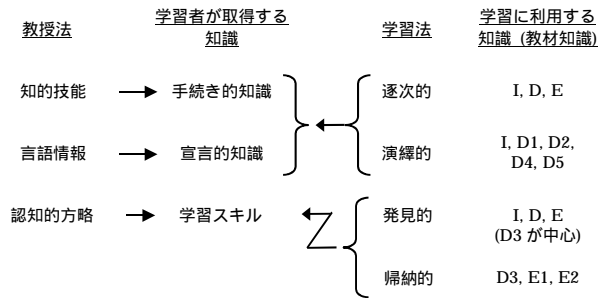
過去の研究から、学生の習得する知識と教授法、学習法の関連構成は図4のように考えられる（李正遠ら2003）。図4での手続き的知識を習得するためには、予備知識として宣言的知識や他の手続き的知識を必要とする。これは暗記に頼って得た宣言的知識を他の宣言的知識や手続き的知識と関連付けることで、学生はその知識を手続き的知識として習得し、発展的で複雑な新しい問題に適応できる能力の習得が期待される。

図4で示すように、関連付ける過程で論理的な複数の宣言的知識や手続き知識を論理的に関連付けながら知識間のつながりを逐次的かつ演繹的に説明することが必要である。図5はひとつの授業で論理的に知識の関連付けに対象とする授業内容の学習要素およびその構成を示す。さらに、学習要素と知識A、Bの関連および学習要素間の関連を示す。習得する授業内容を「目的」「特徴」「事例」に分類し、予習によって「目的」と「特徴」の概要を知識Aとして学生に習得させる。そして、授業において、図に示す「目的」「特徴」「事例」に関する詳細を他の知識と関連付けて説明を行ない知識Bとして学習する。

この関連付けにより、学生は宣言的知識である知識Aは手続き的知識である知識Bと組み合わせて理解すると期待される。なお、具体的な実施例を次節に記述する。

### 3.2. 実施方法

実施にあたっては、予習と復習が行ないやすいよう



学習に利用する知識 (教材知識) の例 (李正遠ら(2003)より引用)  
 I 紹介: 導入 (I1), 概念 (I2), 定義 (I3)  
 D 説明: 詳細 (D1), 関連説明 (D2), 例示 (D3), 手続き (D4), 特徴・性質 (D5)  
 E 応用: 応用 (E1), 実例 (E2)

図4 学習者が習得する知識と教授法, 学習法の対応

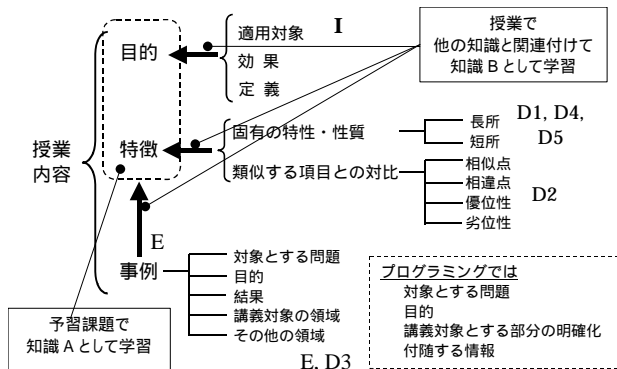


図5 授業フェーズにおける知識の関連付け

に各授業で学習要素が完結するように計画する。

一授業の学習サイクルは一週間とし、図2に示す期間で実施する。なお、復習課題提出期限は最大4日後とし、授業状況によって変更する。

予習課題は、資料の記述内容から語句説明を3~6問出題する。このとき、解答の条件として資料に記述されている文章に比べて短い字数の制限を設定する。出題例を図6(a)に示す。解答に要する時間は資料を読む時間程度とし、最大で30分程度を想定している。

授業では資料に基づき、知識Aと知識Bを関連付けるよう説明を行なう。

授業終了後、教育支援システムに復習課題を掲載する。具体的な課題の例を図6(b)に示す。課題はプログラムの記述などについて2~5問出題する。解答に要する時間は最大で一時間を想定している。また、授業終了直後に次週の資料と予習課題も提示する。さらに、課題の解答例と各自の解答を授業終了後1~3週間後に教育支援システム上に掲載する。

具体的な進め方を「イベント処理」を例にして以下に示す。

### 事前学習

設問1: イベントとは何か?(20文字以内)  
 設問2: イベント処理とは何か?(30文字以内)  
 設問3: イベント処理を行なうため必要となる(イベント)ソースとは何か?(30文字以内)

(a) 予習課題例

設問1: (イベント)ソース内でボタン等のコンポーネントの操作によって(イベント)リスナーを呼び出すために、コンポーネントにリスナーを登録するためのメソッドは何か? 具体的なメソッドを一つ挙げよ。  
 設問2: 配布資料の ButtonEvent1.java において、イベント処理によって実行されるメソッドは何か?  
 設問3: 配布資料 P5 の「リスナークラスの独立 HelloOut.java」のプログラムの 16 行目において、リスナークラスのコンストラクタの引数に this を入れる理由を説明せよ。

(b) 復習課題

図6 課題出題例 (第4回イベント処理1)

### (1)資料について

授業の1週間前に当該の学習内容に資料を e-Learning に提示する。

資料には学習内容を項目立て、図5に示す“目的”, “特徴”, “事例”を明示する。たとえば, “イベント”という用語に対して, 「プログラムへの働きかけ」(目的), 「GUIのボタンをクリックする.キーボードよりデータを入力するなどの操作」(特徴)の説明文を記述しておく。また, “イベント処理”という用語については, 「イベントに対応する応答及びそのプログラム処理」(目的), 「イベントを処理するプログラムは “イベントが発生した場合のみ” に呼び出される」(特徴)の説明文を記述しておく。“事例”として, 具体的なイベント処理の操作の画面の図を描画し, 各用語が対応する操作や状態を図で認知できるようにする。また, 具体的なプログラム例を示し, プログラムの詳細な処理とともに各用語が対応する内容を表記する。

### (2)予習課題について

予習課題として、図6(a)に示す課題を e-Learning システムのアンケート機能を通して出題する。配布資料には用語の目的(あるいは定義)や特徴が記述されているため、学習者は資料を読むだけで課題を解

答できる。しかしながら、資料の文章を単に写して解答するのでは思考が伴わないため、文字列数を制限して解答させる。たとえば、「イベントとは何か？」の問いに対しても目的の「プログラムへの働きかけ」だけでなく、他の解答も考えさせるようにする。多くの学生は特徴の内容も含めた記述を試みるため、自動的に文章の内容を知識 A として習得する。後日公開の解答例では、複数の解答例を示すとともに用語を理解するための“キーワード”を記述する。

#### 授業について

学生は各自で印刷した資料を持参し、授業に出席する。教員は、資料を利用して語句の定義や目的、特徴の説明を行い、具体的な例(プログラム例)を説明する。内容の重要度で説明の強弱をつけることや、資料の内容を理論づけて演繹的かつ逐次的に説明を行う(図 4 の学習法)。たとえば、「イベントとは何か？」の説明後、「イベント処理とはなにか？」さらに、「イベント処理の必要性や利用価値、効果は？」、そして、具体的にプログラム例を示し、「イベント処理の操作方法 特徴そして問題点など」と、前の説明事項を関連させて逐次的に説明を行う。

#### 復習について

復習課題として、図 6(b)に示す課題を e-Learning システムのアンケート機能を通して出題する。問題は授業で説明したが資料には記述されていない内容や発展的かつ応用的な問題とする。また、短時間で解答を行えるよう、プログラムの穴埋め、修正や説明などを問題とする。

### 4. 自発学習促進スパイラル教育法の評価

#### 4.1. テスト結果からみた学生の特性と提案法の効果

図7は授業回数に対する課題の提出者数と授業の出席者数を示す。学生間の情報伝達により、課題を提出する人数が授業の出席者数に比べて40名ほど多い。出席者数と課題の提出者数は授業回数に対してほぼ同数であることから、授業へ出席する学生と授業に出席せず課題のみを提出する学生がほぼ固定されていることが示唆される。

この科目を履修した学生の学習の特性を期末テストの結果から評価する。期末テストは2種類の問題から構成する。一方は(予習・復習)課題の内容からの出題であり、他方は「論理的な解釈を必要とする知識」を評価

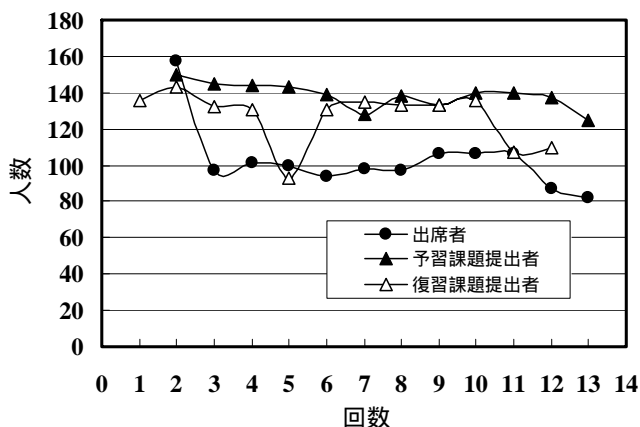


図7 出席者数と課題提出者数

プログラム (OutExe.java, Connector.java, Print.java, Main.java)と出力結果について答えよ。

プログラムのクラス図を作成せよ。

プログラムで適用されているデザインパターン名を述べよ。

のデザインパターンの利用目的を述べよ。

のデザインパターンにおいては OutExe クラスが対象とするプログラムの特徴を述べよ。

(A)の2行で this が利用される理由を述べよ。

(B)~(D)に適当な語句を入れよ。

プログラムを、委譲を利用したプログラムに変更する。

委譲を利用したクラス図を作成せよ。

委譲を利用したプログラムへは Connector クラスのみを変更すればよい。変更する Connector クラスを記述せよ。

<プログラム略>

図8 テスト問題 B (表現を一部変更)

するための、授業では示していない論理的な記述を必要とする問題である。前者を問題 A、後者を問題 B とし、問題 A は 24 問、問題 B は 19 問を設定した。問題 A については予習・復習課題の全問題数 104 問から 24 問の出題となり、勘でテスト対策を行っても高得点は困難と思われる。問題 B はデザインパターンのプログラムに関する問題であり、一部を図 8 に示す。なお、問題 B 内の 3 つの小問題には部分点を与えたため、2 問分として算出した。

図 9 は各学生について課題の提出率と問題 A の正答率の散布図である。図より、課題の提出回数が多い学生の成績は広くばらついているが、提出回数が少ない学生(図中の )の成績は低い。

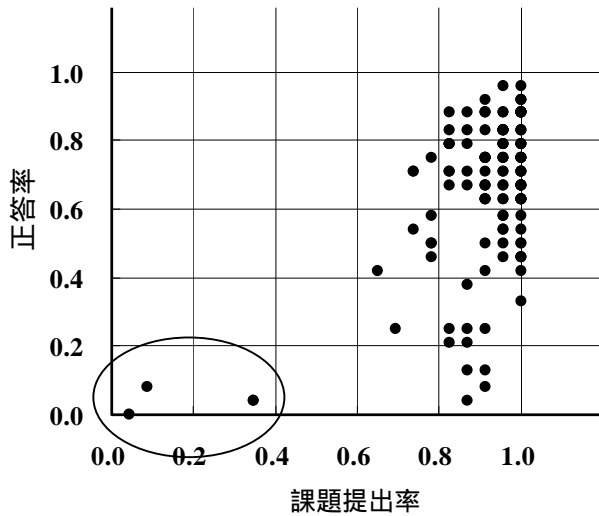


図9 各学習者の課題提出率と課題Aの正答率の相関

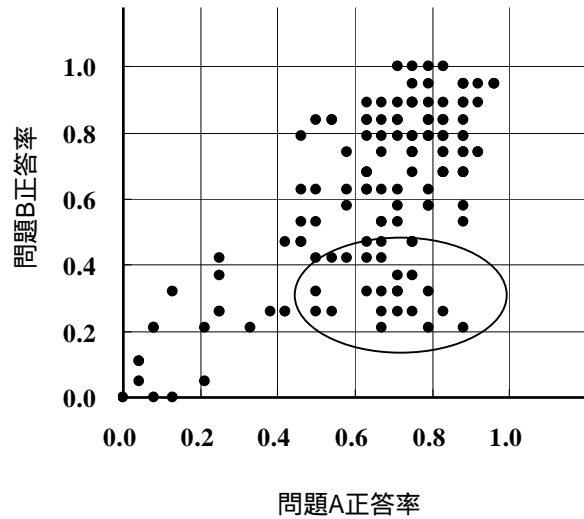
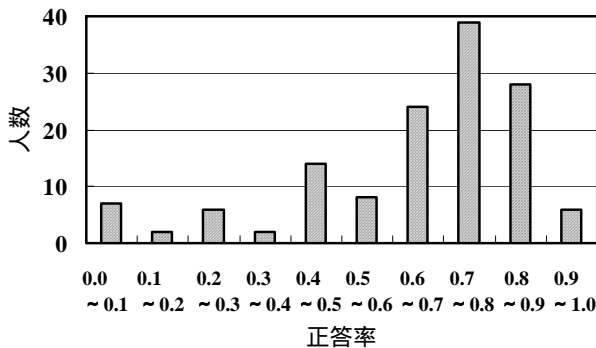
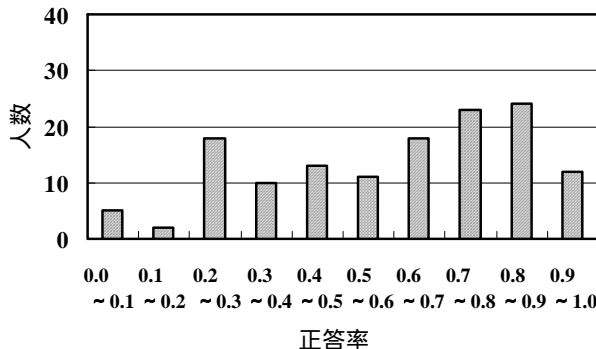


図11 各学習者の問題A, Bの正答率の相関



(a) 問題Aの正答率



(b) 問題Bの正答率

図10 各問題における正答率の人数の分布

図10の(a)と(b)はそれぞれ問題Aと問題Bにおける正答率の人数の分布を示す。問題Aでは正答率0.7~0.8の学生数が最大である分布が得られた。問題Aでは正答率0.8~1.0, 0.7~0.8, 0.6~0.7の学生数は136名中それ

ぞれ34名(29名), 39名(30名), 24名(18名)となる。ここで、( )内の値は後述のアンケート実施時(第9回の授業)の授業出席者全104名に関する人数である。上記の分布から正答率0.6(すなわち、60%)以上の学生数は97名であり、その内77名が授業に出席していた。(授業に欠席した学生の内12名は再履修の学生であった。)一方、問題Bは予習と復習の課題からは予測が困難な問題であるため、学生の論理的思考能力が反映されていると思われる。図10(b)では、正答率0.8~0.9に一つのピークがあるが、0.3付近にもピークが見られる。

より詳しく見るため、各学生の問題Aと問題Bの成績の相関を見る。図11に示す散点図は、の部分を除けば両問題の成績間に正の相関が現れている。この結果から、知識Aを習得した学生は知識Bも同様に習得していることが推測される。一方、の部分には、知識Aは習得できたものの知識Bの学習は困難であった学生群が存在することを示している。これらの学生群は授業における知識Aの知識Bへの関連付けの理解が不十分であったと考えられることから、彼らに対して授業での知識Bの説明を補助する資料の提供や提示方法(例えば、アニメーションによる説明の導入など)を工夫することが必要であると考えられる。

#### 4.2. 異なる年度のテスト結果との比較による評価

自発学習促進スパイラル教育法の導入効果を調べるため、2年前(2001年度)の期末テストと今回のテストの結果を比較する。2001年度では同一の資料<sup>1)</sup>を配布し、授業のみを行なった。2001年度のテストは本年度(2003



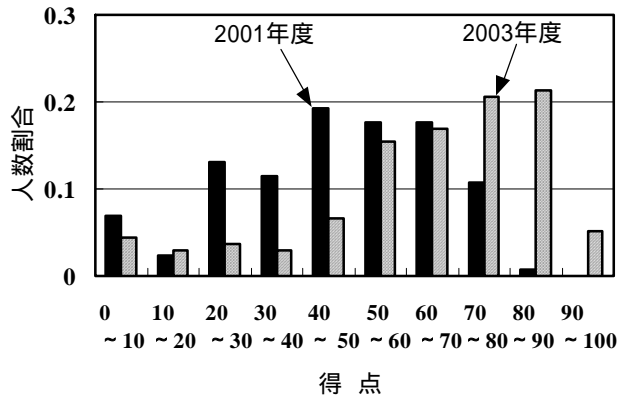


図12 異なる年度の得点分布の比較

年度の問題と類似する問題を出題した。年度間の比較により、授業を中心として教員から学生への一方向の知識伝達による従来の教育法に対する、強制力のある自発的学習を取り込んだ提案法の効果を調べる。

図12は、2001年度と本年度のテストの得点に対する人数の割合である。なお、問題AとBの配点を同一にして比較するため、2003年度の配点比を2001年度に合わせた<sup>2)</sup>。

2001年度と2003年度のテスト問題は同一ではないため、厳密に成績を比較することはできない。しかしながらこの図から、得点40~50をピークとするならかな2001年度の得点分布が、2003年度には80~90をピークとする得点分布に大きく変わったことがわかる。

この比較と図11の散布図から、自発学習促進スパイラル教育法の実施が、知識の種類に拘らず学力の向上をもたらしたこと、さらに論理的な思考をもとに発展的な解決が必要な問題に関しても、その学習が困難でない学生に対しては、論理的思考力をより向上させる効果があったことが明確に示された。

提案法には、予習・復習にアンケート形式の小テストを組み込むことで強制力を働かせる実施上の工夫がなされている。上述の評価では、2003年度と同一の資料を授業中に配布し予習・復習課題を課さなかった、すなわち学習への強制力を働かせなかった2001年度の場合との比較を行なった。もし、2003年度の履修者を2つのグループに分け、一方のグループにはこの強制力を働かせず、すなわち予習・復習課題を課さずにCEASによる教材呈示のみを行なう授業の実験を行なえば、提案法のより詳しい評価が可能であったと考えられる。しかしながら、より良いと期待される教育を公平に実施するという理由によりそのような実験は行っていない。

#### 4.3. アンケートから見た教育法の評価

自発学習促進スパイラル教育法は、その実施過程において学生に学習を促進する仕組みとなっているが、それが学生からどのように評価されているか、学生に対して実施したアンケートから分析する。アンケートは第9回目の授業で実施し、授業出席者104名を対象とした。

アンケートは2種類を同時に用意し、(1)記名式による教育実施方法に関する意見の論述回答と、(2)無記名による「授業内容」、「教授方法」、「授業による成果」、「受講態度」の5段階評価の回答を求め、106名から回答を得た。

(1)のアンケートの回答から、本教育実施方法について主に以下の不満が挙げられた。

1. (復習課題の)提出期限が早い (53名)
2. (復習)課題が難しい (24名)
3. (予習,復習の課題とも)文字数の制限に従った解答が困難 (14名)
4. 自宅からネットワークの接続ができない場合がある(自宅にネットワーク環境がない) (7名)
5. (予習,復習の課題を)一度提出すると修正が行えない (8名)

1, 2, 3の回答は予期された結果であり、学生が自分で課題を行なった意見と見ることができる。これらの不満は、これまで受講した科目においては授業に連動した課題学習を行っていないことを表しており、予習・復習の時間を平準化し、少ない学習時間を設定しているにもかかわらず、予習・復習が学生に対して負担となっていることがわかる。

4の回答は、教育支援システムを導入した教育を行なうにはネットワーク環境の整備の必要性を示している。5の回答は、学生に「一度提出すると修正できない」ことを意識させることで短時間に密度の高い自主学習を実現し、自分の解答と解答例の比較を自発的に行なうことを期待していたことに対する学生の評価である。課題提出後の処置は今後、検討する必要がある。

つぎに(2)に関する質問の一部を以下に、その回答を図13に示す。

- (質問1)教科書・配布資料の利用は適切でしたか？  
 (質問2)宿題・演習は講義内容を理解する上で効果的でしたか？  
 (質問3)全体として、この授業を受講して満足しましたか？  
 (質問4)この授業を通じて、知識が深まった、能力が高まったと感じますか？

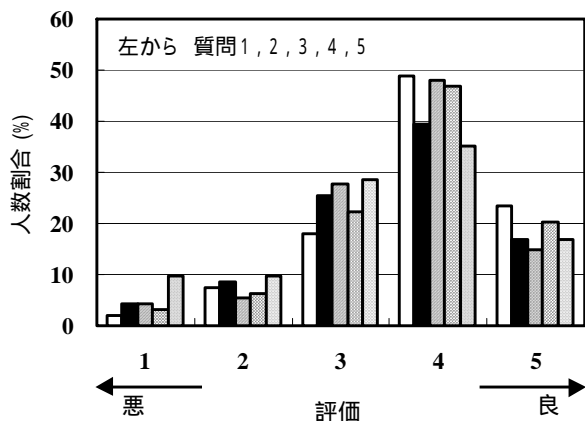


図13 アンケート結果

(質問5)この授業に触発されて、さらに深く学習したいと思いませんか？

図中の棒グラフは左より質問1,2,3,4,5の回答結果の人数割合を示す。なお、5段階評価は「5：強くそう思う」、「4：そう思う」、「3：そう思わない」、「2：そう思わない」、「1：全くそう思わない」で評価している。以下では、各質問に対し5と4の評価の総人数に対する割合を算出し、その割合を該当質問に肯定的な意見として評価する。

質問1の結果から約70%の学生が配布資料の内容に満足していることがわかる。その一方で、質問2の結果では55%程度の学生しか、予習・復習が効果的でないと回答している。このことは、本教育方法の実施中は学生に強制的な学習の負荷がかかるため、学生の中には本教育方法が効果的でないと意見を持つ者や科目内容に満足していない者が存在することを示唆している。しかしながら、学習終了時では期末テストの問題Aの結果ではアンケートに回答した人数相当で学習の効果が見られているので、自分では予習・復習の効果がないと回答をした学生にも効果が表れていることが示唆される。

質問3の回答から約60%の学生が受講に満足しており、質問4の回答から約70%の学生が授業内容を理解する上で授業は効果的で知識が深まったと回答している。予習・復習の課題による負荷に対しては不満がある一方で、授業に対して評価が高い。これは多数の学生が授業内容を理解しており、学生の不満はあっても予習あるいは復習と階層化した授業の実施による知識の積み上げの効果と考えられる。

また、質問5の結果から半数以上の学生が本科目を通して、さらに学習したいとの学習意欲を示していることがわかる。

## 5. おわりに

本論文では、Web型自発学習促進クラス授業支援システムCEASの特長を活かした自発学習促進スパイラル教育法を提案した。提案法は、予習・授業・復習をサイクルとし、教材配置と授業進行を自発的学習を促進するように組み合わせ、学期の間そのサイクルを繰り返す。科目が対象とする知識を、2種類に分類し、それぞれを予習と復習の課題に設定し、複数の授業間および一授業内において2種類の知識で学習の階層構造を構成し、スパイラル型に継続的に学習を促す。この方法を論理的思考力を習得させることを目的とする多人数クラスでの上級プログラミングの科目に適用した。期末テストとアンケートの結果を分析し、提案法の有効性を示した。

自発学習促進スパイラル教育法は大多数の科目で適用可能であり、論理的な理解を必要とし、座学を対象とする理系科目での適用により大きな効果が期待できる。たとえば、数学、物理、化学、情報系の座学とする科目は効果が期待できる。一方、実験や実習などの実機を利用し、発見的、機能的な学習を行う科目に対する適用は困難である。今後は他の科目への適用とともに実験や実習と併用する教育法の検討を試みたい。

本研究を進めるにあたり貴重なコメントをいただいた関西大学外国語教育研究機構北村裕教授に感謝します。関西大学大学院生辻昌之君にはCEASのシステム開発およびデータ収集に関して感謝します。さらに、共同研究開発を行っているパナソニックラーニングシステムズ(株)と、教務システムとのデータ連携で協力を受けた新日鉄ソリューションズ(株)に謝意を表します。なお本研究の一部は、平成16年度関西大学重点領域研究助成金によって行った。

注1)本年度の資料は2001年度の資料を修正したものである。表1の第1回から第10回までの授業の資料は誤字脱字の修正のみ行なっている。また、デザインパターンの資料については取り扱うパターン数を2001年度に比べて約50%増やした(パターン数を8から13へ増やした。)

注2)2001年度のテストの問題は5つの設問から構成される。3つの設問は、語句説明など既に授業で示され、暗記による知識Aで対応できる問題であり、2003年度の問題Aに対応し、全体の64%の配点を与えた。残りの2つの設問は問題Bと同一の問題

を含み、解答には論理的な知識を必要とする知識 B に対応する発展的内容の問題であり、全体の 36% の配点である。2001 年度の問題は既に破棄されているため、2003 年度の問題 A と問題 B の配点を 2001 年度の配点に合わせて調整した 100 点満点の得点を図 12 に示している。なお、2001 年度の問題は問題が後日広まわないよう、問題を試験終了後回収した。

## 参 考 文 献

- 冬木正彦, 辻昌之, 植木泰博, 荒川雅裕, 北村裕(2004) Web 型自発学習促進クラス授業支援システム CEAS の開発. 教育システム情報学会誌, 21 : (掲載予定) 日本教育工学会 (2000) 教育工学事典. 実教出版, 東京 : 94-96
- 小野寺彰, 細川敏幸(2004) 2006 年問題と理学系の物理基礎教育. 大学の物理教育, 10 : 14-17
- 李正遠, 関一也, 松居辰則, 岡本敏雄(2003) 学習履歴情報に基づいた学習過程のダイジェスト化. 信学技報, ET 2003-8 : 43-48
- 先進学習基盤協議会 (ALIC) (2003) eラーニング白書 2003/2004 年版. オーム社, 東京
- 私立大学情報教育協会 (2001) 2001 年版 - 大学教育への提言 - 授業改善のための IT の活用. 社団法人私立大学情報教育協会, 東京
- 寺田貢(2004) 工学系の物理教育, これまでの 10 年, これからの 10 年. 大学の物理教育, 10 : 18-21
- 玉木欽也, 小酒井正和, 松田岳士(2003) eラーニング実践法. オーム社, 東京 : 74-77
- 先進学習基盤協議会編(2003a) eラーニングが創る近未来教育. オーム社, 東京 : 76-83
- 先進学習基盤協議会編(2003b) eラーニングが創る近未来教育. オーム社, 東京 : 84-91
- 寺嶋浩介(2004) 教育方法・技術論におけるブレンディッドラーニングとしての WebCT 利用. 第 2 回日本 WebCT ユーザカンファレンス予稿集: 75-80

## Summary

Aiming to promote students spontaneous learning and to improve education quality and level for

mass education at college level in Japan, an educational method named the Spontaneous Learning Activation Spiral Education Method is proposed. The proposed method exploits the advantages of the web-based coordinated education activation system CEAS, which supports teachers' classroom teaching and students' preparation and review studies in an integrated way. The proposed method requires the spiral repetitions of the learning cycle of preparation study, classroom teaching and review study during the school term where assignment materials are deployed for preparation and review studies synchronizing with class instruction progress so that students are forced to study at classroom as well as at home. The contents to be taught in the courses are classified into declarable and procedural knowledge. They are assigned to preparation and review assignments respectively, and the learning hierarchy of the course contents is formed within and across a class teaching.

The proposed method is applied to the engineering course for the advanced programming with more than one hundred attendants, and its effectiveness in enhancing students ability in logical thinking is demonstrated by analyzing the final examination scores as well as questionnaire results.

Key Words: education method, e-Learning, CEAS, spiral, hierarchy