

学習意図に配慮した適応型 e-learning システムの提案

— AHP 援用による ECA ルールの構築 —

迫 明仁[†] 有安 浩平[†] 結城 敬介[†] 横田 一正[‡]

[†] 岡山県立大学情報系工学研究科 〒709-1197 岡山県総社市窪木 111

[‡] 岡山県立大学情報工学部 〒709-1197 岡山県総社市窪木 111

E-mail: sako@ss.oka-pu.ac.jp, {ariyasu, yuki, yokota}@c.oka-pu.ac.jp

あらまし 著者らは ECA ルールによりシーケンシングを行う適応型 e-learning システム ADEL の開発を進めている。現在の ADEL は、学習者個別の履歴に基づき、ECA ルールにより教材や演習課題等の構成を動的に組み替える仕組みを取っている。しかし、標準コースにバリエーションをつけることはできるが、学習者の興味や前提知識などへの配慮が欠けている。今回、一般の授業での学生の学習スタイルを分析し、そこからの知見を手がかりとして、より適応性の高いシステム構築のための考察を行った。そのひとつが AHP によるコース選択制の導入であり、さらに学習意思を考慮した ECA ルール構築の方向性の提案を行った。

The Adaptive e-Learning System which Considered the Intention of Students : Construction of the ECA Rule by AHP Use

Akihito SAKO[†], Kohei ARIYASU[†], Keisuke Yuki[†] and Kazumasa YOKOTA[†]

[†] Graduate School of Systems Engineering, Okayama Prefectural University

[‡] Faculty of Computer Science and Systems Engineering, Okayama Prefectural University
{111 Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197 Japan}

E-mail: sako@ss.oka-pu.ac.jp, {ariyasu, yuki, yokota}@c.oka-pu.ac.jp

Abstract Outline Authors are furthering development of the adaptive e-learning system ADEL which performs sequencing by ECA rule. The present ADEL has taken the structure which rearranges the composition of teaching materials, exercise subject dynamically by an ECA rule based on a student's leaning logs. However, although a variation can be attached to a standard course, the consideration to a student's interest, premise knowledge, etc. is missing. The study style of the student in a general lesson was analyzed this time, and consideration for a systems configuration with higher adaptability was performed by making the knowledge from there into a key. The one is introduction of the course selection system by AHP, and the directivity of the ECA rule construction which took the study intention into consideration further was proposed.

1. はじめに

著者らは、ECA (Event - Condition - Action) ルールによりシーケンシング制御を行う適応型 e-learning システム “ADEL” の開発を進めている。ADEL は、学習制御部、学習状態評価部、ECA ルール制御機構の 3 つの主要部分から構成されており、非同期型での運用を基本としている。

ADEL のアーキテクチャと ECA ルールによる学習シーケンシング制御の概要を図 1 および図 2 に示す^[1,2,3,4]。開発したプロトタイプ ADEL (ver.1.x) の学習制御部と ECA ルール制御機構は Ruby on Rails のフレームワーク上に実装され、学習状態評価部の DBMS には PostgreSQL を用いている。

現在、このプロトタイプ ADEL の評価実験

の 2 期目を実施中である。1 期評価実験の結果としては、システム上の問題として、クロスブラウザや学習ログ管理の効率などに関する課題が浮上したが、被験者（学習者）側の

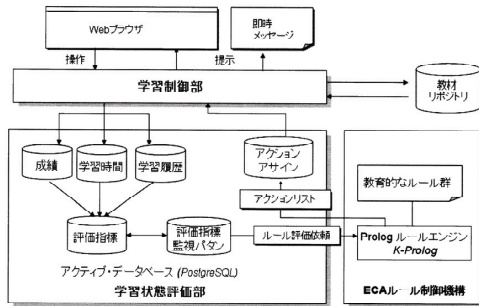


図 1. ADEL の基本構造

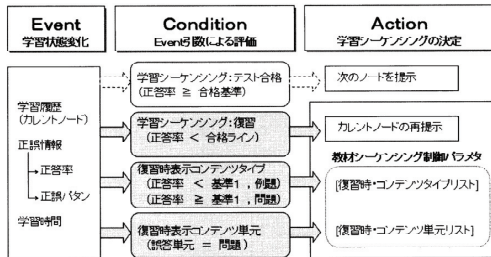


図 2. 学習シーケンシングの概要

問題としては、ADEL による学習体験をポジティブに評価する声がある一方、「紙ベースの学習の方が馴染みやすい」、「対面式でないため、途中で意欲が削がれた」などのネガティブな感想も少なからずあった。このような学習者の様々な反応は、学習スタイルないし教授設計理論上の課題を示唆している。

非同期型 e-learning システムは、時間的・空間的制約が少なく学習上の自由度は大きい。一方で学習が継続しにくい（脱落しやすい）傾向にあることは、従前から指摘されていることである。その対策として、メンタリングや FAQ 情報の充実、学習ログ解析によるアラート機能などの拡充が図られようとしているが、まだ十分な状態にあるとは言い難い。

本報告は、前述の学習スタイルないし教授

設計理論上の課題に対する対策（学習者の特性を考慮する方略）を検討することを目的として、通常の教授・学習過程（対面式の講義や演習・実習）の特性を分析することをまず行い、そこから得られる情報を参考に ADEL の適応性の改善策を考察するものである。

2. C 言語の授業における学習の様相

1 期 2 期の評価実験は、「C 言語入門」レベルの学習コースを設定して行った。設定した学習コースは著者らが所属する大学学部の 1 年生前期の授業科目の内容に部分的に相当するものであり、授業担当者からの助言も得て作成した。

その 1 年生前期の授業科目の受講者を対象とした質問紙調査法を行い、受講の動機や単元ごとの理解度、困難を感じた場合の対応などを回答してもらった。対象学生は 2 学科 3 クラスの学生 155 名で、無回答・不明などがあつた者を除いた 142 名分を有効回答とし、以下の分析を行った。

2-1. 学習状態の相違と特徴

図 3 は、① C 言語への関心、② 授業への取り組み、③ 単元ごとの理解度、④ 困難の理由、⑤ 困難への対応、⑥ 所属学科・クラスの 6 変数の個人別データを用いて、コレスポネンス分析（対応分析）を行った結果を示す（第 1 軸×第 2 軸の分布状況）。第 1 軸は主に理解度を、第 2 軸は困難の理由や対応などの相違を反映する軸とみられる。

学生個人の座標値は小さな丸印で示している。そのうち、C 言語入門の授業を受講する以前に、C 言語や他の計算機言語を学んだ経歴がある者（11 名）は若干大きめの丸印に示してある。

図 3 でまず注目されるのが、第 1 象限の右上に位置している 9 名分のプロットである。明らかに他とは距離が離れた特異的な集団を形成している。9 名のうち 6 名は C 言語や他

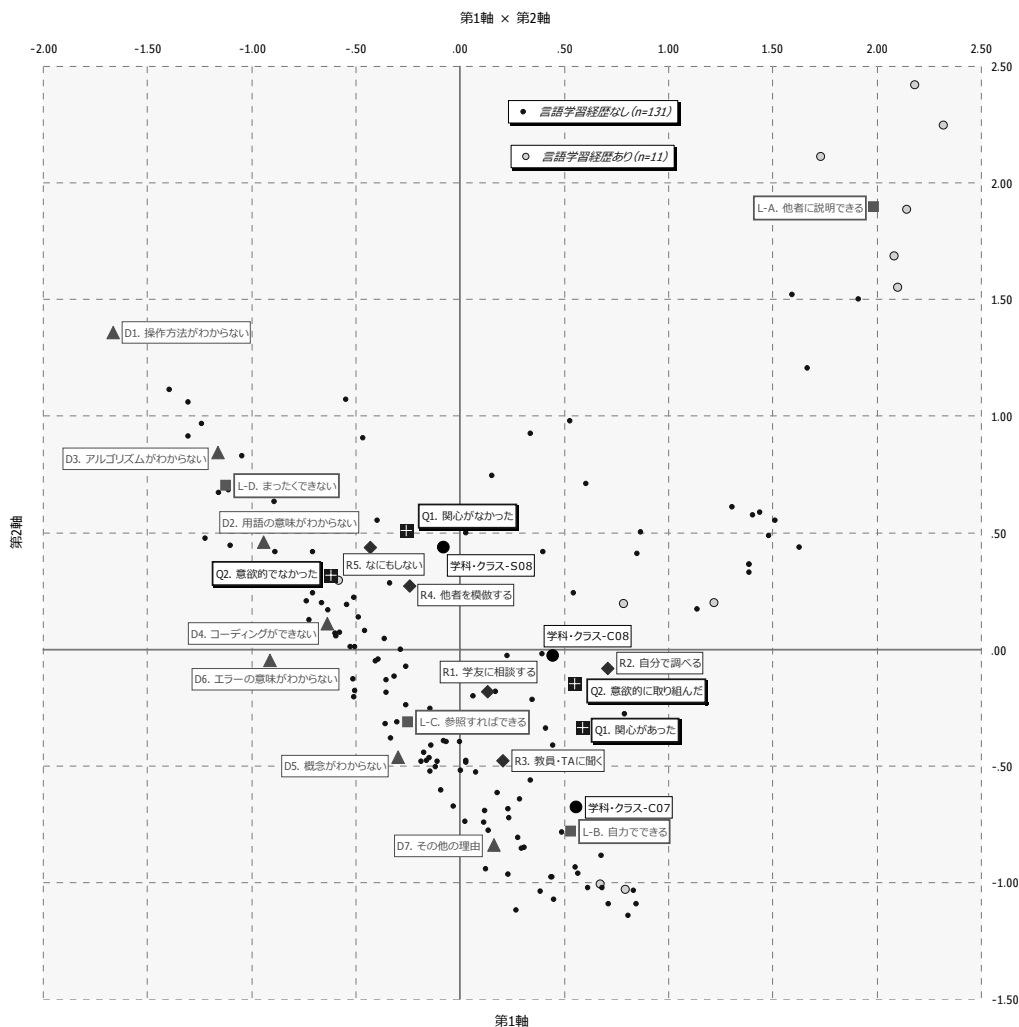


図 3. C 言語入門レベルの授業（演習）における学習者個別の様相

のコンピュータ言語の学習経験がある者であった。理解度は高く、当然困難な点もなく、他の学生たちに対する説明能力も備わった、いわば熟達レベルの学習者である。第 1 象限に位置している（全体の約 2 割）他の学習者もこれに近い存在であるとみられる。

しかし、最も大きな集団は、第 2 象限から第 4 象限に対角線状に列を成している学習者たちである。第 4 象限から第 3 象限、第 2 象

限への「流れ」は、関心や意欲、理解度、さらには困難な内容の深刻さまでも揃って変化しているようすがわかる。

第 4 象限にプロットされている学習者（全体の約 3 割）は、「C 言語に関心があり、授業に意欲的に取り組み、自力で演習問題が解けるレベルにあり」、わからない点などは「自分で調べる」、「教員・TA に聞く」、「学友に相談する」などのいわゆる「協調型学習」方略

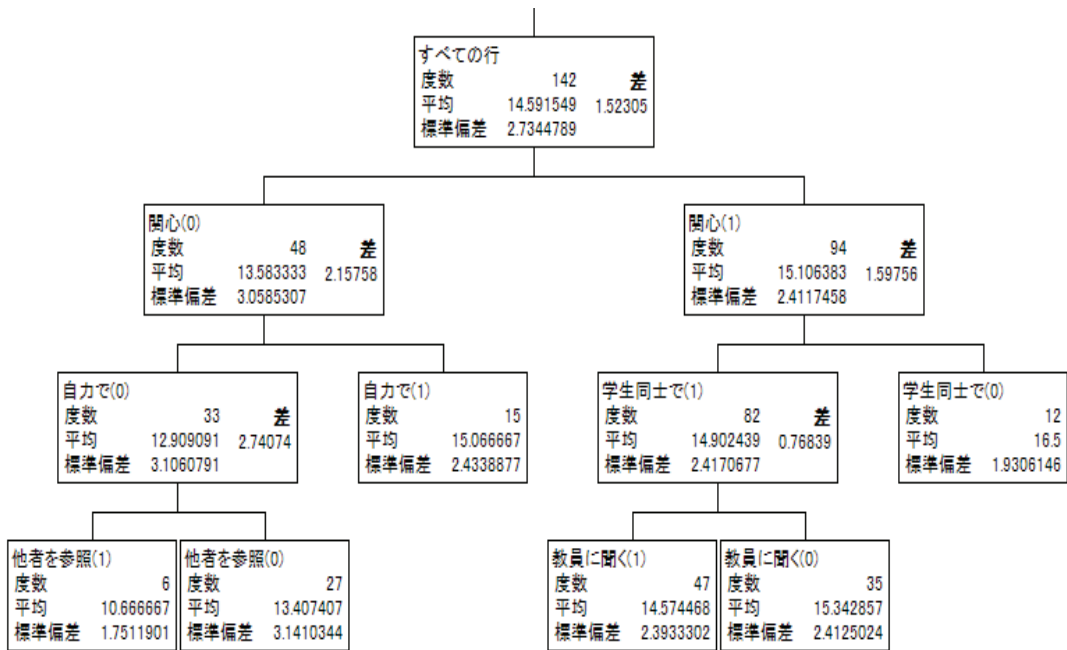


図 4. C 言語入門レベルの授業（演習）における学習行動の分類（決定木分析）

を積極的に取り入れている集団とみられる。

これと正反対に、第 2 象限に位置する学習者（全体の約 3 割）は、「関心や意欲が乏しく、理解できていない内容も多いが、それに対して何の対策も取らない、あるいは他の学習者の模倣で解決を試みている」といった学習行動を示している。

同じデータに決定木（回帰木）分析を適用した結果が図 4 である。ここでは、理解度を目的変数とし、他はすべて説明変数とした。2 分する枝の「理解度平均値」にはほぼ 1 程度の差がある段階まで分岐を繰り返した場合、その分岐数は 5 で、末端の枝数は 6 となった。

図に示されるように、理解度を分ける最初の分岐要因は C 言語への関心の有無である。しかし、関心がない学習者が必ずしも理解度が低いわけではなく、「自分で調べる」ことを行っている学習者（15 名）の理解度は全体の平均とほぼ同レベルとなっている。

関心がある方の枝でみると、分岐の要因に「学友に相談する」、次いで「教員・TA に聞く」が浮上ってきている。

なお、最も理解度が高い枝は「関心あり・学習との相談はなし（12 名）」であるが、これは図 3 で述べた熟達レベルの学習者とはほぼ同一の者で占められていた。

以上は、授業全体を通じての分析であったが、授業の展開（学習の内容）はその進行に合わせて、知識の集積が必要となる単元もあれば、内容が大きく変わる単元があったりする。次に、授業の進行（内容）と理解度および困難理由との関係に注目したい。

2-2. 授業の進行（内容）と学習の様相

今回調査を行った C 言語入門の授業（演習）は、学科・クラスを問わずほぼ 6 つの単元から構成されていた。その進行に合わせて、学習内容、理解度、困難理由をコレスポネンス分析により解析した結果が図 5 である。

図 3 と同様、第 1 軸は理解度を標示しているが、単元 I、II、III と単元 IV、V、VI とで理解度に大きな隔たりが出来ている。前半の 3 つの単元は、エディタの操作方法、コンパイルの仕方、簡単な式や入出力などの基本的な操作に関する内容で、C 言語プログラミング

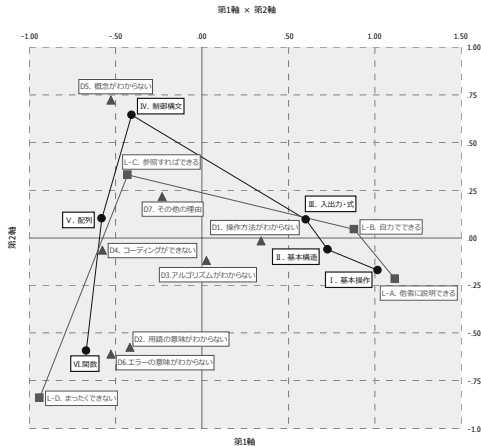


図 5. C 言語の授業内容と学習の様相

の本質部分に関わる箇所は少ない。後半では制御、配列、関数など、本質部分が含まれてくるので、一変して理解が困難になっているようすがみて取れる。

さらに単元（内容）により、困難さの理由も異なっている。制御の単元では「概念がわからない」、配列では「コーディングができない」、関数では「用語の意味やエラーの意味がわからない」といった対応がある。

理解しにくい場合の対処も制御や配列は「教科書などをみればわかる」が、関数では「宣言」、「返り値」、「引数」などの術語やエラーメッセージの意味、さらに修正すべき箇所の同定など、複数の困難要因が合わさった結果、「まったく（理解）できない」状態に陥りやすいことが示されている。

2-3. 授業の分析からみえてきたもの

以上の分析結果の要点を示せば、①熟達レベルにある学習者と一般の学習者とは様相が明らかに異なるため、別途の教授的配慮が必要、②授業科目（今回は C 言語の学習）への関心（内的動機）が理解度の最も大きな要因である、しかし③関心がない場合でも、自分で調べものをしたりする意欲（達成動機）があれば、理解度は高まる、④学ぶ仲間や指

導者に相談したりする「協調型学習」方略は理解度を高めるのに有効である、ということである。

3. 学習意図に考慮した e-learning システム

これまでみてきたものは、対面式集団型授業（演習）での学習者特性である。しかし、C 言語の授業（演習）では、個々の学習者がそれぞれ PC を操作し、学習した知識を確認する作業を伴っており、e-learning による学習と近い環境での学習といえる。

そこで、前述の 2-3 知見を ADEL の適応性に改善に繋げる方策を検討することにした。

3-1. 前提知識および関心への配慮

前に触れたいわゆる熟達レベルの学習者には（関心の有無にかかわらず）一般の学習者とは別の上級学習コースを用意する方が望ましいと考えられる。これは対面式集団型の授業では難しいが、個別対応が特徴の e-learning システムを用いれば可能となる。現在の ADEL では、標準的な教材の範囲で解説の詳細さやヒントの内容、演習問題の難易度にバリエーションを持たせ ECA ルールでシーケンスの制御を行いつつも、学習コースの開始から終了までの各セッションは一律としている。例えば、熟達レベルの学習者には図 5 でみたように前半の 3 単元は省略して、第 4 単元以降の難易度の高い課題の学習に「飛び級」で移れる仕組みを考えて良い。

著者らが所属する「情報工学部」に入学したにも関わらず、「関心がなく、自力で」の問題解決を行っていないとみられる学習者が今回の調査では 2 割強いた（俗にいう「不本意入学」者の可能性もあるが）。彼らに対しては e-learning システムによる学習が相応しいかどうかという問題は残る。しかし、約 6 割の学生は「協調型学習」方略を取り入れ、平均的な学習レベルには達していることを考えると、非同期型 e-learning システムとして開発を行っている ADEL ではあるが、運用として協調

型学習環境を整備して、その環境下で学習を行わせる（一例を挙げれば、「グループ学習＝協調型学習」での運用）ことも対策として考えられる。

3-2. 内的動機および達成動機への配慮

C 言語の学習に関心があるといっても、到達水準をどのレベルに置きたいか、学習の困難語が変化しても学習を継続する意欲（達成動機）があるかなどは、内的に判断する場合は漠然としているし、何を優先して学習に取り組むことがその学習者に最も適しているも判断しがたい。仮に学習コースの選択肢を幾つか用意しても、選択できかねることとなる。

多基準の選択問題がある時の意思決定の手法として多層化意思決定法 AHP（Analytic Hierarchy Process）がある。目標（最終選択）・評価基準・代替案（選択肢）を階層構造に整理したうえで、各階層における要素同士の相対的な重要度をシステマチックに導き出し（一対比較法）、それを総合することで最適な評価・選択を図ろうという意思決定手法のことである。

AHP を用いるメリットとして、代替案の重みを数値化・視覚化できることに加え、意思決定データの一貫性（揺らぎのようす）を適合度指数で点検できる点が挙げられる。

e-learning での学習を行うにあたって、学習スタイルすなわち学習者の特性（前提知識や興味、意欲、協調型 vs 自力型）に対応できる学習コースが幾つか用意されており、学習者の意思でそれを選択させることでより適応性のあるシステムが構築できると考えられる。図 6 は AHP による学習コース選択の概要を示す。無論、ECA ルールにより各単元内でのシーケンシングは行う。図 5 のように、単元により内容や困難度が変化することもあるので、コースの途中でも AHP による意思確認を行い、コース変更を許容する仕組みを想定している。現在、評価基準・代替案の選定、ECA ルールへの追加の検討を行っている。

AHPによる学習意図の多段階確認

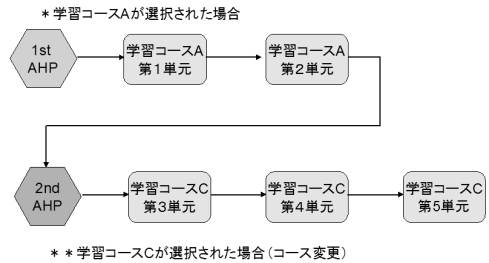


図 6. AHP による学習コースの選択

AHPによる学習意図の確認とコースの選択 2ndステージ

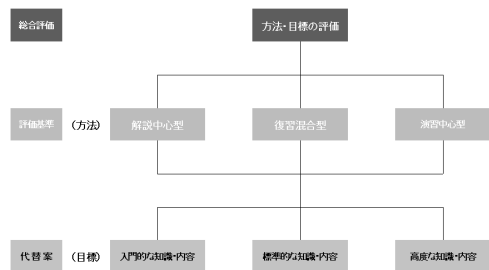


図 7. 学習の進行に応じた AHP の活用

文献

- [1] 延原哲也, ほか: ECA ルールを活用した e ラーニングシステムにおけるシーケンシング制御の改善, 日本データベース学会 (DBSJ) Letter, Vol 4, No 2, 81-84, 2005
- [2] 延原哲也, ほか: ECA ルールによる適応型 e ラーニング・シーケンシング制御モデル, DBWS2006, A1-1, 2006
- [3] 西 輝之, ほか: 適応型 e ラーニングに必要な診断的テスト機構, DBWS2006, A1-4, 2006
- [4] 小西 裕, ほか: 適応型 e ラーニングシステム ADEL における ECA ルール制御機構の実現, 電気・情報関連学会中国支部第 58 回連合大会, 473-474, 2007