

Sakai を基盤としたプログラミング教育・学習支援システム

玉木久夫 (明治大学)

A Sakai-based system for supporting programming education/learning
Hisao Tamaki(Meiji University)

キーワード：プログラミング教育, 教育・学習支援システム, Sakai, 解答検査, 適応の出題, 対話的提出, コンテンツ開発, トレース力

1 始めに

講演者の研究室では、Sakai を基盤としたプログラミング教育・学習支援システムを開発し、学科の授業で実際に使用している [1, 3, 5]。また、その使用経験をもとに、教育・学習効果を高めるためのさまざまな手段、方法を研究している。この講演では、これまでに開発されたシステムについて簡単にまとめ、現在進行中の研究の構想について述べる。

2 実装済みおよび開発中のシステム

この節で報告するシステムについては、前回のカンファレンス講演でより詳しく報告した [5]。ここでは、概要を述べるに留める。

2.1 MAX/C

MAX/C は、C 言語プログラミング学習のための Web 上演習システムである。明治大学理工学部情報科学科の授業「プログラム実習 1」および「プログラム実習 2」を実施するために開発され、2005 年度よりそれらの授業で使用されている。週 1 回、ふたコマ (180 分) の授業のすべてが、このシステムを用いて行われている。MAX/C のコンテンツは、基礎知識を確認するためのドリル問題と実際にプログラミングを行う練習問題からなる。ドリル問題は、Web ページ上で解答し、プログラミング問題に対しては作成したプログラムをアップロードにより提出する。ドリル問題はさらに Yes/No および選択肢解答式の問題と、与えられたプログラム片をトレースするトレース問題からなる。これらの 3 つのタイプの問題に対して、MAX/C は解答の自動的な検査とフィードバックを行う。

MAX は Massive Algorithmic eXcersizer の略であり、理工学の学習には膨大な問題演習が不可欠であり、そのためにはアルゴリズムによる出題と解答検査・フィードバックを行うシステムが必要であるとの観点から、より広い範囲の学習支援システムとして構想されたが、プログラミング以外の学習内容への拡張には未だに手がついていない。

MAX/C は、開発当初には独自の Web アプリケーションとして実装されたが、2009 年度卒業研究で藤井により Sakai 上のツールとして移植され学習進捗管理やコミュニケーションのための様々な機能が付加された。さらに、藤井 [3] により、問題管理部分とユーザインターフェイス部分が Sakai の独立したツールとして分離・再構成され、様々な改良が加えられて現在に至っている。この再構成により、問題コンテンツを MAX/C 以外のツ

ルから利用することが可能になり、今後の研究・開発のための柔軟性が確保された。

2.2 MAX/Java

MAX/C の Java 版を目指して 2010 年度卒業研究で山下により開発された。MAX/C と同じく Sakai のツールとして実装され、Wasabi (上記の問題管理部分を実装する Sakai のツール) を利用している。提出プログラムの検査には、JUnit をベースに開発された JAST [2] を利用している。枠組みは稼働しているが、授業等での実用に供するためには、コンテンツの整備が必要な状態である。

2.3 MILES

MAX/C に、学習者の進捗状況に応じた問題提供を取り入れるために構想された。Model-based Interactive Learning Support の略である。学習者を、階層化された学習項目のそれぞれに与えた達成度の数値によりモデル化し、問題ごとに与えられた付与データと学習者モデルの照合により、問題の推薦を行う。2009 年度の卒業研究において、小芦と山田がシステム構築とモデル作成を開始した。試作版のモデルを完成して、そのシミュレーションによる評価と改良を行った段階であり [4]、来年度は授業での試用を計画している。

3 構想

講演者は、プログラミング教育・学習支援のためのシステムづくりを、開発開始のころには研究として意識していなかった。豊富な問題を提供し、解答検査とフィードバックを自動化して練習量を確保すれば、すべての学生がプログラミングの基本的な能力を身につけてくれるだろうと考え、支援システムの開発は一定の時間内に終了すると思っていた。MAX/C を授業で使用するなかで、この見方が過度に楽観的であることがすぐに判明した。多くの、ある程度の力のある学生にとっては、豊富な練習量は確実に実力向上に結びついていると思われる。しかしながら、プログラミングに強い苦手意識を持つ学生たちは、依然として無視できない割合で存在する。これらの学生が、プログラミングに必要な天賦の何ものかを欠いており、どのような学習支援も無駄でありかつ彼らに苦痛を与えるだけであるという見方が一部にあるが、講演者はこれに与しない。仮に、これらの学生のどのひとりでもまかされて、個人教授をする機会があるならば、必ず基本的なレベルのプログラミングを楽しむことができるまで支援することができると信じている。

そして、もしそれが一対一の個人教授で可能ならば、ITの力を借りることにより、ひとりの教師によってそのような支援をクラスの全員に与えることができるはずだ、とも信じている。この目標を集約したのが、「ひとりの教師に百人分の力を」という研究室の標語である。(蛇足ながら、この標語は、研究室のもうひとつの標語「1億年の計算を1秒で」と呼応している。)もちろん、この目標の達成は容易ではない。以下で述べる研究の構想は、この目標を相当な年月をかけて達成することを目指したものである。

3.1 対話的提出

個人教授を一対多の教育形態と比較したときの特徴は、まずその豊富な対話性(双方向コミュニケーション)にあるだろう。上記の目標を達成するための支援システムは、対話的である必要があると考える。教師と学習者の対話を支援する機能も重要であるが、ひとりの教師が百人の学習者と十分な対話を行うことはいかなる支援ツールのもとでも不可能である。したがって、教師の助手の役割を果たすために、システム自身が対話的な支援を行う必要がある。

我々の基本的なアプローチは「教材の作り込み」であり、人工知能は使用しない。対話に必要な情報を、徹底的かつきめ細かく教材作成者が記述する。

対話的要素の導入は、プログラミング問題に対する解答の提出場面から始める予定である。MAX/Cでは、提出プログラムに対して主に、テスト入力に対する実行による検査結果のフィードバックが行われている。これは、少なくとも次の2点において不十分である。

(1) 解答に誤りがあった場合、解答者がそのプログラムのどこが悪いのかを考えるための十分な情報が必ずしも与えられない。

(2) 解答者が十分に理解せずに正しいプログラムを提出した場合に、それを発見して学習の機会とすることができない。

(1)については、誤りに対して単にその旨のメッセージを発するのではなく、学習者とシステムが共同で誤りを発見してそれを正すための対話プロセスを開始することが有効であると考えている。

(2)についても、解答プログラムの提出時にシステムが適切な質問を発し、それに対する学習者の応答によっては、(1)と同様な対話プロセスを開始する。学習者が自分の提出したプログラムの動きを正確に理解しているかどうかを確認する作業は誤りを発見する作業と共通点の多いものになろう。これらの作業では3.3節で述べるトレースシートと名付けたツールの使用を計画している。

3.2 解答プログラム例を中心としたコンテンツ開発

MAX/C および MAX/Java では、プログラミング問題のひとつひとつに対して、教材作成者が問題文と解答プログラムの検査のための情報を記述しなければならない。後者は、最も一般的な形では、検査のためのプログラムとして記述される。上記のような対話的提出を可能にするためには、さらに対話プロセスを可能にするためのさまざまな情報を記述しなければならない。

目標を達成するための、膨大な作り込みを可能にするためには、これらの情報の記述を行うための統一的な枠組みが必要である。我々の方針は、解答プログラム例を核にして、それに対するタグづけによって様々な情報を付加するというものである。要求されたプログラムの動的な振る舞いの情報をシステムに対して提供することは、対話的提出を可能にするためには不可欠であり、その意味で、問題の記述の中で解答プログラム例が中心的な位置を占めると考える。

このようなタグ付きの解答プログラム例から、問題文、解答検査プログラム、そして将来は対話的提出のシナリオなどが、自動的に生成される。現在は、基本的なタグの設計と、限定的な仕様における問題文の自動生成の実装などを行っている。

3.3 トレースシート

トレースシート [6] は、プログラムの実行過程を表すスプレッドシートであり、その各列が変数に、各行が実行のステップに対応する。すなわち、ひとつのセルは、実行中のある時点における変数の値を表す。デバッグツールが、デバッグのために必要な実行情報を選択的に手際よく得ることを主眼としている(そしてそのためには、使用法に習熟する必要がある)のに対し、トレースシートはまずすべての情報を何の操作も介さずすべて見せることを主眼としている。初心者が、プログラムを見るときにその字面のみを見て習熟者のようにその裏にある実行過程を観ていないという観察から起案された。現在、Javaの部分的な仕様に対する実装を行い、自主講座等で評価のための実験的使用を行っている。

参考文献

- (1) S. Fujii, K. Ohkubo, H. Tamaki: MAX/C on Sakai - A Web-based C-Programming Course. In Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Supported Education, pp. 196-201, 2010.
- (2) 大久保和則: プログラミング教育用 Web アプリケーション構築基盤の開発, 明治大学大学院理工学研究科基礎理工学専攻情報科学系修士論文, 2010.
- (3) 藤井聡一郎: 統合 e-ラーニング環境 Sakai を用いたプログラミング教育システムの構築. 明治大学大学院理工学研究科基礎理工学専攻情報科学系修士論文, 2011.
- (4) 山田悠: C 言語学習システムにおける理解度モデルの構築とシミュレーションによる改良. 明治大学大学院理工学研究科基礎理工学専攻情報科学系修士論文, 2012.
- (5) 藤井聡一郎, 小芦勇介, 山田悠, 山下美穂, 玉木久夫: Sakai 上のプログラミング教育支援システム, 第 4 回 ja Sakai カンファレンス, 2011 年.
- (6) S. Fujii, H. Tamaki: Tracesheets - spreadsheets of program executions as a common ground between learners and instructors, manuscript, 2011.