

令和 2 年 7 月 3 日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00490

研究課題名(和文) コンピュータエンジニアリング系科目を対象にしたアジャイル講義環境の研究

研究課題名(英文) Research on agile lecture environments for computer engineering courses

研究代表者

石畑 宏明 (ISHIHATA, Hiroaki)

東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・教授

研究者番号：90468885

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、コンピュータエンジニアリング関連の講義を対象に、講義とそれを確認する演習を短周期(15分から30分程度)で繰り返す「アジャイル講義」を可能にする講義・演習環境を構築した。開発した環境を、実際の教育で使用した学生の意欲向上の度合いを測定した結果、大人数講義において、成績中低位者を底上げし、成績上位者のやる気をさらに引き出した。本研究の成果により、今後のe-learning手法の高度化に貢献することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

講義を通して学生がコンピュータエンジニアリングについてもっと学びたいと思うような意欲の向上が見られるようになった。また、講義がつまらなく真剣に聞いていないような成績中低位者の成績向上も期待できる。コンピュータエンジニアリング系の科目で有効性が確認できれば、広範な他の科目へ適用していくことが可能である。本研究の成果により、Covid19を契機に今後多くなるであろうリモート講義などへの利用も含め、今後のe-learning手法の高度化に貢献することができた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we will focus on computer engineering related lectures. The "agile lecture" is a short cycle (15 to 30 minutes) of lectures and exercises to confirm the lecture. We have created a lecture and exercise environment that enables us to As a result of measuring the degree of motivation of students who used the developed environment in actual education, we found that In a large class, we were able to raise the level of low- and middle-achieving students and motivate the high-achieving students. The results of this study have contributed to the advancement of e-learning methods in the future.

研究分野：コンピュータアーキテクチャ・並列処理

キーワード：e-learning

# 様式 C-19, F-19-1, Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

理系の大学で行われているコンピュータエンジニアリング関連の講義内容は、論理式からコンピュータの構成、アーキテクチャ、並列処理技術まで多岐にわたる。いずれの教科も「新しい知識を習得する」タイプの講義である。

演習や実験のように、課題を与えて解かせる教科は学生が達成感を感じやすく意欲的に取り組める。これに対して、知識を伝えるだけの講義は、講義のやり方を工夫しないと、学生の意欲は低下していく。

図1に示すように、講義と演習を繰り返す方法は、技術や知識を効率良く習得・理解するために有効で、通常の講義の中でも取り入れられている。カリキュラム中の重要な科目では、「学生実験」や「演習」などを並行に実施して、意欲を維持できるように工夫している。一方、このような実験・演習科目は、準備・運営に手間暇がかかる上、学生への個別対応が求められるなど、教員への負荷は大きい。

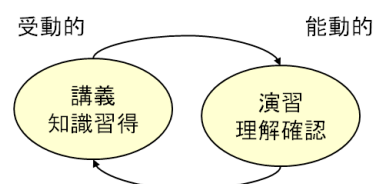


図1 講義と演習の繰り返し

実験・演習のような体験を通常の講義の中で、低い労力で行える事が望まれる。講義の合間に何かを操作してみる事により、学生も集中力を持続させやすいというメリットもある。

従来より「学生実験」や「演習」で学生の興味を維持するように工夫してきた。研究代表者の大学では、NAND ゲートなどの集積回路とスイッチやLED を使用したり、FPGA に簡単なプロセッサを構築する実験が行われていた。このような学生実験を大人数で行うのは非常に教員側の負荷が高いが、論理シミュレーションなどを利用した仮想環境を用いるアプローチがありうまく利用すれば、教員の負荷を低減できる。

最近では、「反転授業」「プロジェクトベースドラーニング」など種々の手法が提案・試行されている。反転授業は、学生に予習をさせ、教室では演習やディスカッションを行う。教員は、ディスカッションをリードしたり演習を解くのに手間取っ

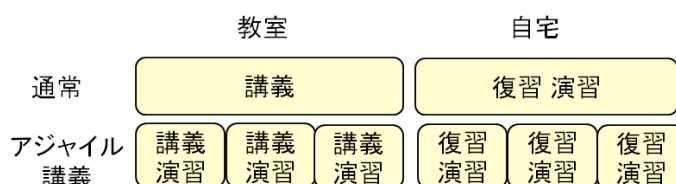


図2 アジャイル講義では、1 コマの講義中で講義と演習を短周期で繰り返す、自宅での復習も同様にする

ている学生をサポートしたりする。時間をかけて予習をすることが前提となるが、予習資料(多くは動画)作成に多くの労力が必要である。

プロジェクトベースドラーニングは、講義、実験、演習の積み上げ(詰め込み型教育、系統的教育)ではなく、具体的な課題を設定し、その課題解決に取り組むことを通して、自分の方法論を獲得するものである。これも、大人数への対応が難しく(数人のグループで行うのが一般的)カリキュラムの開発・整備・運用に多大なコストがかかる。

## 2. 研究の目的

本研究では、コンピュータエンジニアリング関連の講義を対象に、講義中に習ったことを演習で確認する「アジャイル講義」を可能にする講義・演習環境を構築する。アジャイル講義は、学生の理解度の向上を狙って研究代表者が提案している授業方法で、1コマの講義の中で、知識を伝える講義とそれを確認する演習、その結果のフィードバックを短周期で繰り返すものである。講義と演習を組み合わせる学習方法は、効果が高いが多数の学生を相手にするには、教員側の負担が課題になるという問題がある。そこで、これらをサポートする演習環境の構築を行い、実際の授業への適用を行う。環境の構築に当たっては、最先端の技術に触れさせることができるように工夫し、学生にさらに興味を持たせられるようにする。従来行ってきた講義に対して、成績の変化や学生の学習意欲の変化などを測定・評価し、アジャイル講義の有用性を実証する。

本研究では、講義とそれを確認する演習を短周期(15分~30分程度)で繰り返す「アジャイル講義」を効果的に実施するための環境を構築し、その有効性を示す。講義中の演習では、基礎的なことの確認から現場のエンジニアに近い環境を体験できるようなシステムを構築する。基本的なことを理解した学生が、最新の技術に触れることでさらに意欲の向上が期待できる。

## 3. 研究の方法

講義と演習を早く回すための以下の工夫が、本研究で開発するシステムの特色である。このために、4年間で、以下のようなツールや教材の開発を行った。

- 講義で使用する教材として、ビジュアルかつ操作可能な「インタラクティブツール」を開発した。対象の講義として、'コンピュータアーキテクチャ'、'論理回路'、'並列・分散処理'を選定し、それぞれに適する環境を構築した。与えたい知識をビジュアルに表現することにより理解が早くなる。提示された資料を学生が「操作」することにより、一層理解が深まる。研究代表者は、これまで科研費(22500052, 25330146)のサポートを得て、可視化の研究を進めてきており大きな成果を上げており、その経験を活かして開発を進めた。
- 学生が短時間に回答できるように、基本的かつシンプルな問題を出すようにした。プログラミングの演習などでは、穴埋め形式にしてポイントの部分のみを回答させるようにした。
- 演習問題の採点を、自動化した。文章解答の場合はキーワードが含まれるかなどで代用することとした。論理合成や並列処理の演習では、クラス全員分をほぼ同時に短時間で処理する必要がある。大規模クラスタやクラウドサービスを利用して、突発的な負荷上昇に対応した。処理中にエラーが出た場合、エラーメッセージの解説やヒントを追加提示するようにし、学生の独力解決を促すようにした。
- 回答の結果表示機能を持ち、演習問題の解答状況を表示するようにした。これにより、正答率の悪い場合はさらに追加の説明や演習を行うなど講義の軌道修正を可能にした。
- 現在の世の中のエンジニアが実際に使用しているレベルの環境を体験できるようにした。例えば、論理合成、キャッシュシミュレータ、種々の性能評価ツール、GPUによる並列処理など、これまで、講義では軽く触れるだけだった技術を体験できるようにした。

#### 4. 研究成果

28年度は、「論理回路」用のインタラクティブツールと並列処理のためのバッチ処理環境の構築を行った。論理回路用では、プロトタイプ済みのクリック可能な真理値表、状態遷移図、回路図、タイムチャートを整理・統合・問題追加を行った。また、ハードウェア記述言語(HDL)で論理を記述し、論理合成で回路を設計する手法を利用できるバックエンド環境の試作を行った。論理シミュレーションおよび論理合成には、フリーの論理シミュレータ Icaros とフリーの論理合成ツール ABC を使用している。前述の論理回路用に開発した回路図表示やタイムチャート表示の連携を検討している。これを組み合わせれば、これまで講義中で簡単に触れるだけであった、最新の論理設計手法を体験させることが可能になった。

並列処理用では、pthread, OpenMP, MPI のバックエンドを構築した。クライアント側はソースコードエディタそのままなので、c 言語用のものをそのまま利用できる。28年度の「並列・分散処理」の講義でトライアル使用を行った結果、学生によって進度の違いが大きく見られることが判明した。課題はプログラムの穴埋めなので単純なものであるが、教員側が簡単だと思っていることでも、「何か」がわからなくてできない学生が存在することが判明した。

29年度は、28年度開発した「論理回路」用のインタラクティブツールのトライアル、「並列処理」教育のバックエンドとして GPGPU を利用した並列処理への対応、新たに「コンピュータアーキテクチャ」講義用のインタラクティブツールの開発を実施した。論理回路のトライアルでは、150人ほどの講義で毎回本ツールを使用した演習を行わせ、講義の難易度・自分の理解度・講義内容の面白さについて5段階評価のアンケートを収集した。全アンケートを通して、評価4以上が20%,44%,46%と学生からの評価はとて好評であった。なお評価3はどれも4割程度、評価2以下は講義の難易度が(難しいと回答)が40%、理解度(わからない)が20%、面白さ(つまらない)が10%であった。

並列処理機能拡張では、バックエンド側で GPGPU を使用した並列処理への対応を行った。GPU を使用する cuda や openacc といった並列プログラミング言語の実行環境を作成した。講義のためのサンプルプログラムまでは手が回らず、行列乗算のサンプルのみとなっている。並行して、他の科目への適用として、「コンピュータアーキテクチャ」用にインタラクティブツールを作成した。具体的には、クライアント側で動作する、MIPS CPU のアセンブラと命令セットシミュレータである。アセンブラは、web ブラウザに、アセンブリ言語のプログラムを貼り付けると、機械語の命令列(テキスト)が表示される。命令セットシミュレータは、アセンブラが出力した機械語をコピー&ペーストでシミュレータに貼り付けると実行できるものである。

30年度は、コンピュータアーキテクチャ講義向けのインタラクティブツールの試行と、ディープラーニング教育への対応準備を行った。「コンピュータアーキテクチャ」講義用の機能は前年度基本部分の開発を行っており、それを使用した講義を実施し効果を確認した。機能拡張として、「コンピュータアーキテクチャ」用にクライアント側で動作する MIPS CPU のアセンブラと命令セットシミュレータを開発し講義で使用してみた。アセンブラは、web ブラウザに、アセンブリ言語のプログラムを貼り付けると、機械語の命令列(テキスト)が表示される。命令セットシミュレータは、アセンブラが出力した機械語をコピー&ペーストでシミュレータに貼り付けると実行できるものである。

人工知能関連の技術、特にディープラーニングは昨今話題となり、学生も非常に興味を持っている。このようなプログラムを簡単に実行できるよう、バックエンド側の環境の試作を行った。プログラミング言語 python とディープラーニングフレームワークの一つである"chainer"に対応し、学生が簡単に人工知能のプログラムを記述・実行できる環境を作成した。人工知能

のトレーニングを行う上ではある程度大量のデータが必要となるが、トライアルに使用できる基本的なデータとして、まずは mnist と cifa10 を取り揃えた。他の演習科目と同様に、web から python のコードを投入するだけで、簡単にディープラーニングの処理が体験できるようになった。学生の PC には強力な GPU が搭載されていることは少ないが、現在使用しているバックエンドには、GPU が搭載されているので、ある程度大規模なモデルでの実験も可能なことを確認した。

31 年度は、コンピュータアーキテクチャ講義の試行、クラウド環境への対応、ディープラーニング教育への対応を行った。開発済みの「コンピュータアーキテクチャ」講義用の機能を使用した講義を実施し効果を確認した。この内容は、並列処理の機能と合わせて、講義の実施状況や学生の反応などについて電子情報通信学会教育工学研究会にて発表した。

人工知能関連の技術、特にディープラーニングは昨今話題となり、学生も非常に興味を持っている。この技術を簡単に実行できるようバックエンド側クライアント側ともに環境構築を行った。プログラミング言語 python と幾つかのディープラーニングフレームワーク (chainer, pytorch) に対応し、学生が簡単に人工知能のプログラムを記述・実行できる環境を提供できた。人工知能のトレーニングを行う上ではある程度大量のデータが必要となるが、トライアルに使用されるような基本的なデータとして、日本語英語の対訳データや ImageNet 画像データなどを準備した。他の科目の演習システムの利用方法同様に、web から python のコードを投入するだけで、簡単に処理が体験できるシステムとなった。学生の PC には強力な GPU が搭載されていることは少ない。このためディープラーニングの演習でも、学生の PC に乗り切る程度の小さなモデルを使用してあまり多くないデータで実験することになる。折角興味を持ってトライアルするのであるから、現実に近い規模のモデルを現実的な量のデータでトレーニングできないかと考えていた。本システムにより、人工知能の初学者が、ディープラーニングの処理の醍醐味を体験できる環境を提供できるようになった。

本研究では、コンピュータエンジニアリング関連の科目を対象に、講義と演習を高頻度で繰り返すアジャイル講義を、教員の負荷を高めることなく実施するための環境を開発・構築・運用した。このようなアプローチは、国内外にも類がないものである。大人数講義において、成績中低位者を底上げし、成績上位者のやる気をさらに引き出せたことを示せた。講義を通して学生がコンピュータエンジニアリングについてもっと学びたいと思うような意欲の向上が見られるようになった。講義がつまらなく真剣に聞いていないような成績中低位者の成績向上も期待できる。本研究の成果により、Covid19 を契機に今後多くなるであろうリモート講義などへの利用も含め、今後の e-learning 手法の高度化に貢献できた。コンピュータエンジニアリング系の科目で有効性が確認されたので、広範な他の科目へ適用していくことが可能である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石畑宏明, 矢崎俊志
2. 発表標題 情報系学部研究室でのプログラミング環境の構築と運用
3. 学会等名 電子情報通信学会 教育工学研究会 技術報告
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 長名優子, 石畑宏明, 菊池眞之, 伊藤雅仁	4. 発行年 2017年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 166
3. 書名 作って学ぶProcessingプログラミング入門	

1. 著者名 長名優子, 石畑宏明, 菊池眞之	4. 発行年 2020年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 166
3. 書名 Python版 作って学ぶProcessingプログラミング入門	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----