

**組込みシステムのプロジェクト指向学習に向けた  
eラーニングの手法およびシステムの研究開発 (082304002)**  
Implementing e-Learning Technology for Project-Based Learning for  
the Development of Embedded Software

**研究代表者**

湯川 高志 長岡技術科学大学  
Takashi Yukawa Nagaoka University of Technology

**研究分担者**

福村 好美<sup>†</sup> 高橋 弘毅<sup>†</sup> 山崎 克之<sup>†</sup> 山崎 誠<sup>††</sup>  
宮崎 敏昌<sup>††</sup> 矢野 昌平<sup>††</sup> 竹内 麻希子<sup>††</sup> 長谷川 直樹<sup>†††</sup> 三浦 元<sup>††††</sup>  
Yoshimi Fukumura<sup>†</sup> Hirotaka Takahashi<sup>†</sup> Katsuyuki Yamazaki<sup>†</sup> Makoto Yamazaki<sup>††</sup>  
Toshimasa Miyazaki<sup>††</sup> Shohei Yano<sup>††</sup> Akiko Takeuchi<sup>††</sup> Naoki Hasegawa<sup>†††</sup> Hajime Miura<sup>††††</sup>  
<sup>†</sup>長岡技術科学大学 <sup>††</sup>長岡工業高等専門学校  
<sup>†††</sup>財団法人にいがた産業創造機構 <sup>††††</sup>株式会社テクノホロン  
<sup>†</sup>Nagaoka University of Technology <sup>††</sup>Nagaoka National College of Technology  
<sup>†††</sup>Niigata Industrial Creation Organization <sup>††††</sup>Techno Holon Corporation

**研究期間** 平成 20 年度～平成 21 年度

**概要**

本研究は、組込みシステム開発のプロジェクト型実習(Project-Based Learning、PBL)において、学習者が時間的・空間的に頻りに集合することが困難な場合、また、学習者が持っている事前知識にバラツキがある場合でも、効果的な学習を実現する、eラーニングを用いた教育手法、および、それに必要なシステム技術の確立を目的とした。具体的には、組込みソフトウェア技術者教育におけるPBLを対象として、対面とeラーニングとのブレンド型の新たな教育手法を構築するとともに、学習者が協調的な学習を行う際の支援となるICT活用学習環境を研究開発した。このために、まず、従来の集合型の組込みソフトウェアPBLのうちの一部をeラーニングにより実施する学習プログラムを開発するとともに、これに適した学習支援システム技術を実現した。学習支援システムの機能としては、文字のみならず図やアニメーションを用いたコミュニケーション機能、協調設計環境と学習支援システムとの連携機能を研究開発した。

**Abstract**

This research project aims to implement e-Learning technology for project-based learning on the development of embedded software. The project is an attempt to design educational programs and support systems in order to achieve more effective project-based learning for learners who have various knowledge and skills and who are frequently unable to attend class. Specifically, the project considers a training program for embedded systems engineers and attempts to create a new program that blends face-to-face and e-Learning classes and to develop a computer-supported collaborative learning environment that uses information and communication technology.

**1. まえがき**

プロジェクトベース実習(Project-Based Learning、PBL)は、学習者がチームを組んで現実の問題に立ち向かうことにより、知識応用能力、チームワーク力、コミュニケーション能力等を養うことができると期待されている。これまで筆者らは、社会人技術者を対象とした組込みソフトウェア開発のPBL研修を実施して来た。PBLはチーム全員が揃うことを学習の前提としているが、社会人は時間的・空間的な制約が大きく、集合することが負担となる。また、PBLでは開発プロセスを疑似体験することにより学習効果を生むことが期待されるが、そのためには経験を効果的に知識や技能に昇華させる必要がある。

本研究開発は、これら課題の解決を目指し、情報通信技術(ICT)を活用したブレンド型eラーニングPBLプログラムを開発することを目的とした。具体的には、eラーニングと集合研修の組み合わせを最適化し効果的に学習できる教育プログラムを構築するとともに、これをICTにより支援する学習環境を開発した。さらに、開発した教育プログラムおよび協調学習環境を実践して評価した。

**2. 研究内容及び成果**

**2.1 集合型PBLの記録と分析による知見**

まず、集合型PBLにおける学習者の学習行動を記録し分析した。この結果、次のような教育プログラムとしての知見、および協調学習環境に対する要求が得られた。

(a) 組込みソフトウェア開発のPBLでは、開発技術や要素技術、管理技術を学習者自らの判断で実際に使用することが基本となるが、その際に確認およびフィードバックのために、小刻みにクロスレビューや集合レビューを実施することが重要である。

(b) PBLでは、プロジェクトの完成によって達成感が得られるが、それだけでは実は学習にはならない。プロジェクトの遂行過程に立脚した教訓を日常の実務でも応用可能なものとして明示的に意識できるために、ポストモルテム(振り返り)の実施が重要である。この際、プロジェクト遂行の経過や履歴を表示できるツールがあると良い。

(c) グループで設計を進めるフェーズでは、集合型の場合にはホワイトボードの利用が効果的であった。また、議論の進展とともにボードに何が書き込まれたかの経過が

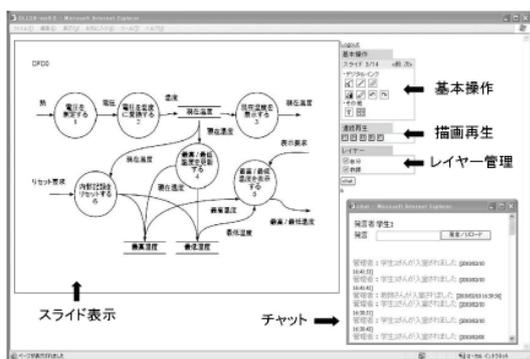


図1 オンライン共有ホワイトボード・システムのスクリーンショット

記録できるとなると高い効果が得られると期待できる。このため、履歴再生機能を持ったオンライン・ホワイトボード機能があると有用である。

## 2.2 協調学習環境

上記の知見に基づき、次のような機能を持った支援ツール群を開発した。

(1) 学習者グループの学習行動を蓄積するための共有レポジトリ・システム：文書・図表・プログラム等を蓄積・共有するマルチメディア情報蓄積機能と、電子掲示板としての機能とを兼ね備えたシステムである。

(2) 履歴再生機能付きオンライン・ホワイトボード・システム(図1)：既存のオンライン・ホワイトボード・システムは、学習者が描画したものをリアルタイムに共有するシステムであるが、本システムは、それに加えて描画の履歴を再生する機能を持つ。また、チャット機能と連携し、描画履歴再生時には、チャットの内容も同期して再生できるものとした。さらに、再生後に描画や発言を追記することも可能とした。これにより、再生して議論の経過を確認した上で、更に図やコメント文を書き込むことが可能となるため、学習者が必ずしも同時刻に学習してなくとも図を用いた議論をすることが可能となった。

(3) レビュー円滑化ツール(図2)：レビューでは、ある学習者が作成した設計書を他の学習者や教師が査読して議論し、その結果に基づき作成者が設計書を修正する。その後、修正された設計書が議論を反映しているか確認する。遠隔で実施する場合には、修正の確認に労力がかかりすぎるという問題があった。レビュー円滑化ツールは、この負担を軽減することを目的とし、元の設計書と改訂した設計書の差分をわかりやすく提示する。

開発したツール群は、オープンソースの学習管理システムである OpenSourceLMS と連携して動作するものとなっている。

## 2.3 教育プログラムの構築と実践を通じた評価

上記で開発したツールを活用することを前提とし、次のような方針に基づき教育プログラムを構築した：座学に対応する知識習得は従来型 e ラーニングを利用；個々の設計作業等、個人が独立して実施可能な単元は個別学習とし、統合レポジトリ・システムを利用して生成物を共有；レビュー円滑化ツールおよびオンライン・ホワイトボード・システムを利用して小刻みなクロスレビューを実施；ポストモルテムは、各種ツールに蓄積された生成物や議論の経過を参照しながら集合型で実施。題材は、ワンボードマイコンを用いた温度計プログラムの開発とした。

学習者が遠隔地にあることに加え学習する時間も学習者の都合に合わせることを想定しているため、集合型のプロ

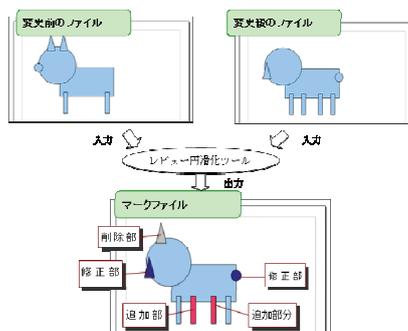


図2 レビュー円滑化ツールの動作概念図

グラムが5日間であるのに対し、同様の内容を21日間で実施するプログラムとなった。

学生を実験参加者とし、開発したツール類を用い、構築した教育プログラムに基づいて実践実験を実施し、その後でアンケート調査および学習過程の分析により評価した。結果、個別の設計作業、クロスレビューともに、対面での実施に近い内容となっていることが示唆された。

## 3. むすび

本研究開発の実施により、組込みシステム開発の PBL 研修を、学習者が集合できる機会が限られる場合にも実施できる、ブレンド型教育プログラムが構築でき、また、その支援ツールが開発された。実践による評価の結果、集合型研修と同程度の学習効果で実施可能であることが示唆された。

組込みシステム開発 PBL としては題材や対応マイコンの多様性が望まれるが、ここで構築したプログラムは、それ自体がひとつの実施例であるとともに、他の題材や対応マイコンのための教育プログラムを構築する際の雛形としての役割を果たすものと期待できる。

### 【誌上発表リスト】

- [1] T. Yukawa, H. Takahashi, Y. Fukumura, M. Yamazaki, T. Miyazaki, S. Yano, A. Takeuchi, H. Miura, N. Hasegawa: Implementing e-Learning Technology for Project-Based Learning for the Development of Embedded Software, 20th annual conference of the Society for Information Technology and Teacher Education (SITE2009), (2009年3月).
- [2] T. Yukawa, H. Takahashi, Y. Fukumura, M. Yamazaki, T. Miyazaki, S. Yano, A. Takeuchi, H. Miura, N. Hasegawa: Online Collaboration Support Tools for Project-Based Learning of Embedded Software Design, 13th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, pp.531-538 (2009年9月29日).
- [3] T. Yukawa, T. Iwazaki, K. Ishida, H. Takahashi, Y. Fukumura, M. Yamazaki, N. Hasegawa, H. Miura: A Blended Project-Based Learning Program on Embedded Software Design with Collaboration Support Tools, 14th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (2010年9月発表予定).

### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://kslab.nagaokaut.ac.jp/SCOPE/>