

組込みシステムの実践的なプログラミング教材の開発と 主体的な学修を促進させる授業デザイン

Development of Practical Programming Teaching Materials for Embedded Software and Class Design to Promote Active Learning

下戸 健

福岡工業大学情報工学部

Abstract: If the embedded software has no output, such as running the system, we cannot check the program. Additionally, in the highly specialized subjects, it is difficult to change the lecture to an active learning style. Therefore, this study is aimed to develop practical programming teaching materials for embedded software. By using ICT (Information and Communication Technology) in lectures, our class design encourage active learning by allowing students to demonstrate their creativity. Students are tasked to collect information on the lecture from the Internet at the level appropriate to each student. This is a task for active preparation. Following this, students are divided into pairs, and each lecture consists of in-class assignments that relate to the contents of the lesson. This engagement and student interaction presents active learning in the classroom at work. An initial survey at the beginning and at the conclusion of the course was conducted to measure the effectiveness of active learning and knowledge of embedded system in the classroom. In result, students who are skilled in information-gathering capabilities were able to gather information from the Internet. Thus, it was possible to have active learning in specialized subjects.

Keywords: active learning, embedded software, practical programming teaching materials

1. はじめに

本学では、学生の「知識定着」と「能動的な学修態度の涵養」の実現を図るため、「AL (Active Learning) 型授業推進プログラム^[1]」に全学的に取り組んでいる。一方、高度な専門科目は、学科としての教育内容や修得させる知識の定着に重点が置かれており、体系的に学修し特定の課題を解決していく。これは一般的な学問研究の基本である。したがって、対極に当たる専門知識を応用して特殊な課題を解決するといった授業に改善することは困難である^[2]。そこで、ICTを用いてAL型授業推進に資する目的で専門科目の授業改善を検討した。

対象科目は本学科カリキュラムの専門教育

科目である「組込みソフトウェア^[3]」(3年次、2単位、2クラス(50名×2))とした。達成目標は、①組込みソフトウェアについて理解し説明できること、②組込みシステムについて理解し説明できること、③電子機器の基本的な制御・処理方法について説明できることである。授業では、組込みシステムの技術や組込みソフトウェアに関する制御・処理方法について学んでいく。しかし、システムを動かすといったアウトプットがないため、座学にとどまっているのが現状であり、本学の授業評価アンケートにおいても、「実際に機器を動かしながら授業ができれば今より知識が身に付くのではないかと思います」「実験でマイコンは扱ったことがあったので多少は内容が理解できたが、やはり実際に扱いながら授業をしたい」といった意見が認められた。組込みシステムはハードウェアとソフトウェア

Takeshi Shimoto
Fukuoka Institute of Technology
E-mail:simoto@fit.ac.jp

で構成されるため、ソフトウェアだけ学修しても、ハードウェアを動かさなければ、そのプログラムが有効かどうか確認することができない。したがって、ハードウェアとソフトウェアを体系的かつ実践的に学ぶことで、学修効果を飛躍的に向上させることができる。

一方、文部科学省中央教育審議会は、学生が主体的に問題を発見し解を見出していく学士力が重要であるとしている。それに伴い、アクティブラーニングやPBL型教育など、学生の主体的な学修を促す取り組みが盛んに実施されており、学士力を育成するような授業内容にすることが重要となっている。

そこで本研究では、主体的な学修を促進させるために、ICT活用の授業デザインの構築による教育改善を目的とした。大学教育において注目されているのが、ICTの活用、Open educationおよび反転授業である。ICTの普及によりコンピュータやインターネットが整備され、教室外においてもデジタル教材を共有することが可能となった。さらに、スマートフォン普及率が90%を越す⁴⁾20代以下においては、インターネットを駆使した情報収集能力に長けている。しかし、知識の応用や活用が苦手という現状がある。Open educationにおいては、知の分散や流動において非常に有効である。しかし、得た知識を協同で活用することができないことや、コンテンツの経年劣化が問題点として挙げられる。反転授業では、予習の効果を高められ、授業自体の学修効率も向上させることができる。しかし、学生の個人差を考慮した動画レベルの設定が問題点として挙げられる。そこで、Open educationと反転授業の特性および学生の高い情報収集能力を活かすようにICTを活用して、専門科目においても能動的学修を促し、創造性を発揮するような授業を構築した。

2. 教育改善の内容と方法

開発した教材の外観を図1示す。まず、特別な環境のみではなく、PCがあれば作業ができる教材とした。次に、ソフトウェアは低学年でC言語を学修することから、C言語をベースとし、ハードウェアは分解および組立てが容易にできるものとした。最後に、組み込みシステムの基本的な技術である、出力制御、デジタル入力制御、アナログ入力制御、タイマー処理、PWM (Pulse Width Modulation) 制御および割り込み処理を学べるものとした。これらを満足するように教材を細かな部品で構成し、一人1台となるように100セット作製し、持ち運びも容易となるようにした。



図1 開発した教材の外観

ICT活用の授業デザインについて、改善前後の授業の流れを図2に示す。従来の授業において、予習については、シラバスを見て授

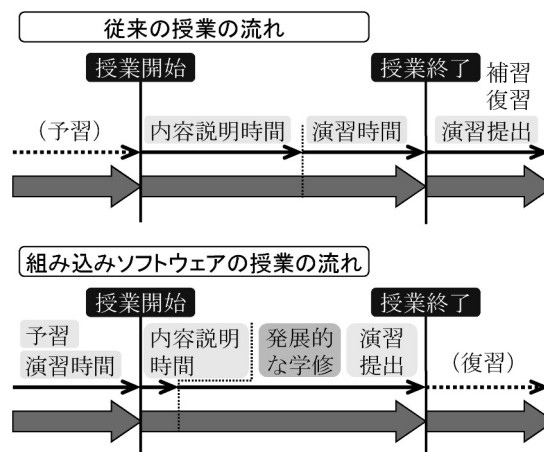


図2 改善前後の授業の流れ

業内容を確認するように学生に促すが、ほとんどしてこないのが現状である。授業開始でその回の内容を説明し、その後、演習課題を課す。授業内で演習を終わらせるのは難しく、授業後に提出するのが大多数である。演習問題は授業内容を理解したかどうかに関心が集まるため、全体に統一の課題が課せられ、創造性を発揮させることは困難である。そこで、授業内容を事前に開示し、主体的に学修を促進させることによって、授業の流れを大幅に変更し改善することにした。

事前に開示する授業内容は、毎回の修得しなければならない内容と例となるサンプルプログラムと回路図である。毎回の授業の課題は、その回の内容に沿った唯一のシステムを二人一組で作製し、授業内で提出することとした。ICTの普及により、学生は開示した授業内容を期間中いつでもどこからでも見ることができる。情報収集能力に長けている学生は、開示した授業内容をキーワードとして、インターネット上の膨大なデータの中から必要な情報を収集し、学修を進めていく。Open educationや反転授業のように、コンテンツを指定するのではなく、学生自身の能力に見合った必要な情報を抽出する手段となるように、適切に授業内容を開示するのが特徴である。二人一組にしたのは責任を持たせる意味もあるが、協同学修型にするためでもある。提出を間に合わせるためとパートナーに迷惑を掛けないようにと、学生は能動的に学修し、さらに、課題で唯一のシステムを作製しなければならないため、情報を収集し学修するだけでなく、開発した教材を用いて知識の応用や活用をすることになる。授業開始時には授業内容のほとんどを修得しているため、少ない時間で重要事項を説明することができる。その後はパートナーとディスカッションを繰返し、協同作業することで課題とな

るシステムをさらに発展させることになる。これは学生自らが授業内容を越えて学修することになるだけでなく、創造性を発揮した作品が創られることになり、授業は発展的な学修になる。教員においては、それぞれの学生が異なったシステムや問題を抱えることになるため、TAやSAとともにそれらに対する問題解決へのファシリテーション、提出されるシステムの確認、個別能力に対する指導に徹する。授業内でシステムを提出するため、授業終了後は次回の予習の時間に充てられる。

以上のように、学生は授業の流れを把握して授業に臨み、目的に応じて自主的に学修し、システムを動かすというアウトプットにより省察することになる。さらに、コミュニケーションを組織したり、認識を共有したりするといったアクティブラーニングの要素が組込まれた授業デザインとなっている。

開発した教材を用いて教育実践を行い、次ページ表1に示すアンケート調査を行った。「A」の項目では、ハードウェアとソフトウェアを体系的かつ実践的に学ぶことで、専門知識である組込みシステムに関する理解が向上したかを調査した。アクティブラーニングは学修者が能動的に学修することによって、認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図るとされており、これらが重要であると考えた。涉猟した結果、各分野で重複する部分があったが、文部科学省が定義する学士力^[5]および経済産業省の提案している社会人基礎力^[6]を参考にすることで網羅することができたため、「B」から「D」の項目を設定した。「E」のその他の項目である、授業外で学修したかどうかの問いに関しては、どのように学修したかも記述してもらった。記述内容から、予習のために利用、復習のために利用、授業に関係なく自己学修のために利用、および利用せずとそ

表1 授業アンケート項目

Number	Questionnaire content
A. 知識・理解に関する項目	
Q1	組込みシステムについて明確に理解・認識している
Q2	ハードウェアについて明確に理解・認識している
Q3	ソフトウェアについて明確に理解・認識している
Q4	組込みシステムのプログラミングについて明確に理解・認識している
Q5	電子機器の基本的な制御・処理方法について明確に理解・認識している
B. 汎用的態度に関する項目	
Q6	コミュニケーション能力の重要性について明確に理解・認識している
Q7	自分の意見を分かりやすく伝え相手の意見を丁寧に聞くことができる
Q8	課題や問題に対して、理論的に考え行動することができる
Q9	問題解決能力の重要性について明確に理解・認識している
Q10	問題を解決するために、自主的に活動することができる
Q11	常に疑問を持つ姿勢が身についている
C. 態度・志向性に関する項目	
Q12	自ら計画を立て行動することができる
Q13	他者と協調・協働して行動することができる
Q14	他者に方向を示し、目標実現のために行動することができる
D. 総合的な学修経験と創造的な思考力に関する項目	
Q15	現状を分析し目的や課題を明らかにすることができる
Q16	過去の学修経験を基に、目標・目的を見つけることができる
E. その他	
Q17	授業外で学修した

の他に分け、時間の利用状況について調査した。

対象者は「組込みソフトウェア」の履修者とした。全15回のうち、第1回から第6回までは従来の授業形式で実施し、第7回から第15回は授業改善して実施した。教材利用および授業内容改善の事前と事後にあたる第6回と第15回で5件法によるアンケート調査を行い、符号検定を行った。符号検定はある教育の前と後の効果を調べることができ、教育前と教育後の二つの標本について、それぞれのデータの対の大小関係に基づいて検定

される。したがって、成績の良し悪しに関わらず、全ての学生にとって効果があったかどうかを符号で表して検定することができる。「A」の項目では通常の授業を行っても値が上昇することが考えられるが、本授業デザインでも専門知識を修得し理解できているかを確認するものである。「B」から「E」の項目はアクティブラーニングに関するものであり、通常の授業では値は上昇しない内容となっているため、効果測定を行うことができる。

3. 主体的な学修を促進させる授業デザインによる改善効果とその確認

教材利用による授業改善の事前と事後に実施したアンケートについて、平均と標準偏差および符号検定の結果を次ページ表2にまとめる。アンケートの有効回答数は74であった。

知識・理解に関する項目は組込みシステムに関する内容である。結果では、すべての項目で2点台から有意な上昇が認められた。これは、ハードウェアとソフトウェアの同時開発を体系的にかつ実践的に学修できたため、組込みシステムについて理解を深めることができたと考えられる。したがって、改善した授業内容でも専門知識の修得および理解ができることを示唆している。

汎用的態度に関する項目の結果において、すべての項目で有意な上昇が認められた。コミュニケーション能力に関するQ6は、事前の値が 3.7 ± 0.8 とすべての項目の中で最も高い値を示したにも関わらず、事後の値が 4.2 ± 0.7 と有意に上昇した。これは、他のアクティブラーニング形式の授業やカリキュラム内の授業において、コミュニケーションの重要性を十分に認識していたが、二人一組でシステムを作製するという学修形式により、

表2 授業アンケートの結果

アンケート 番号	事前	事後	Sign Test P value
知識・理解に関する項目			
Q1	2.1±0.8	3.6±0.7	<0.01
Q2	2.1±0.7	3.4±0.7	<0.01
Q3	2.2±0.8	3.5±0.7	<0.01
Q4	2.3±0.8	3.5±0.8	<0.01
Q5	2.1±0.8	3.4±0.7	<0.01
汎用的態度に関する項目			
Q6	3.7±0.8	4.2±0.7	<0.01
Q7	3.1±0.9	3.7±0.8	<0.01
Q8	3.0±0.8	3.6±0.8	<0.01
Q9	3.2±0.9	4.0±0.7	<0.01
Q10	2.8±0.8	3.6±0.7	<0.01
Q11	2.8±0.7	3.5±0.8	<0.01
態度・志向性に関する項目			
Q12	3.4±0.8	4.0±0.7	<0.01
Q13	3.0±0.7	3.5±0.7	<0.01
Q14	3.0±0.7	3.6±0.7	<0.01
総合的な学習経験と創造的な思考力に関する項目			
Q15	2.9±0.8	3.5±0.6	<0.01
Q16	2.9±0.7	3.5±0.6	<0.01
その他			
Q17	1.9±0.9	3.5±1.1	<0.01
【授業外での学修時間】 予習に利用70.2%, 復習に利用14.3% 自己学修に利用1.2%, 利用せず他14.3%			

共同学修者と教え合いながら試行錯誤を繰り返す、知識を修得できたためだと考えられる。

態度・志向性に関する項目において、すべての項目で有意な上昇が認められた。自ら計画を立て行動できる能力であるQ12では、自主性を促進させるような授業の流れにしたことで自身の能力に合わせて予習をし、授業に臨んだためだと考えられる。他者と協調・協働して行動できる能力であるQ13と、他者に方向を示し、目標実現のために行動できる能力であるQ14は、チームワークやリーダーシップのことであり授業を通じてこれらを発揮できたと考えられる。

総合的な学習経験と創造的な思考力に関する項目において、Q15とQ16ともに有意な上昇が認められた。唯一のシステムを作製することを課題としているため、学生はこれまで修得した知識や収集した情報や授業で学修し

た内容を応用し、創造性を発揮してシステムを作製しなくてはならず、そのプロセスを実践したことが結果に反映されたと考えられる。現状を分析し目的や課題を明らかにできる能力であるQ15は、システム開発で発生した問題の解決がPDCAサイクルに基づいて行われたからだと考えられる。過去の学修経験を基に、目標・目的を見つけられる能力であるQ16は、問題解決や創造性を発揮するのにカリキュラム内で学修した専門知識を幅広く使用したためだと考えられる。

その他の項目の結果において、授業外で活動した時間は全ての項目において最も低い1.9±0.9であったが有意に上昇した。さらに、全体の70.2%が予習に時間を費やしていたことが確認された。適切に授業内容を開示したことと実機を用いた授業内容にしたため、回路を組むことやプログラミングすることを不得意とする学生は、積極的に予習を行っていた。さらに、授業内で課題を達成するために、アイデアを具現化するための資料をインターネットから収集して授業に臨む学生も認められた。学生が収集していた資料は多種多様であったが、授業内容に関連するものであり開発しようとするシステムに必要なものであった。学生自身らはそれらの内容を理解し積極的に活用していた。したがって、主体的な学修が積極的に起こったと考えられ、本研究で授業デザインは有効であったと考えられる。

最終課題は教材のパーツと修得した知識を応用してオリジナルのシステムを開発することとし、難易度によって評価した。学修した内容が含まれているほど評価が高くなるため、学生は情報収集を行い創意工夫して創造性溢れるシステムの開発を行っていた。回路やプログラミングが不得意な学生は、授業で作製してきたシステムを用いて、サンプリングデータを設定した範囲で平均化してノイズ

を除去する工夫などが組込まれていた。プログラミングが得意な学生は、他のプログラミング言語と組合せ、開発したシステムをコントローラーとしてオリジナルのゲームを開発していた。ハードウェアが得意な学生は、評価対象にならないことを承知で機器を揃え、Webカメラからの映像を基に無線でロボット制御するシステムを開発していた。学生それぞれの能力に合わせた創造性ある作品を確認することができ、創造性育成にも寄与できたと考えられる。

授業改善した年度以前と以後において、本学の授業評価アンケートの意義があったか（最大値4点）というアンケート項目は、3.50点から3.63点に上昇し、受講生の成績は75.2±11.2点から84.3±11.0点に有意に上昇していた。以上のことから、本手法による授業改善の効果はあったと考えられる。

4. 結果と考察

実践的なプログラミングが行える組込みシステム教材の開発を行った。さらに、ICTを活用した授業を構築することで、専門科目においても能動的学修を促すことができた。ICTが普及している現代において、情報収集能力に長けている学生に、知識を応用および活用するような授業デザインにした。情報収集のキーワードとなるように適切に授業内容を開示することにより、学生はICTを高度に利活用して自身の能力に見合った情報を収集し主体的に学修するようになった。本研究の授業デザインにおいて最も効果があったと考えられるのは、どの学生においても予習における主体的な学修が有効に働いたことであった。授業中にパートナーと課題を提出するために、本講義を不得意とする学生は早めに教材を触ったりプログラミングしたりし、得意とする学生はシステムをブラッシュアップさせ

るために、積極的に情報収集し学修していた。これは、学生が自身のポテンシャルを認識して自ら行動していたことを示唆しており、全てのアンケート項目で有意に上昇したことに繋がったと考えられる。ICTの普及とICTを高度利活用する現代の学生の特徴を捉えた本手法は、コンテンツの経年劣化や学生の個人差を考慮する必要はなく、社会の技術発展に伴い最新の情報を収集して学修することができる。したがって、どの専門科目でも応用することができ、主体的な学修を促進させることができ、教育改善できると考えられる。

参考文献および関連URL

- [1]福岡工業大学「AI型授業推進プログラム」
<http://www.fit.ac.jp/ap/> (2015.7.10日参照)
- [2] 谷口浩二, 犬塚潤一郎: 産学教育連携の理念と私たち産業と教育のオープン化, 社会と人間性の課題. 実践女子大学生活科学部紀要52, pp.63-78, 2015.
- [3]経済産業省: 組込みシステム産業の課題と政策展開. 2011.
- [4]総務省: 平成26年(2014年)の情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査. 2015.
- [5]文部科学省中央教育審議会: 学士課程教育の構築に向けて (答申). 2008.
- [6]経済産業省「社会人基礎力」
<http://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/>
(2015.7.10日参照)