

K-Skill プロジェクトにおける組込み技術者育成への取り組み

藤澤 義 範^{†1} 末 永 貴 俊^{†2} 與那嶺 尚弘^{†2}
佐 藤 淳^{†4} 野口 健太郎^{†3} 楡 井 雅 巳^{†1}

超広域高専連携プロジェクト (K-Skill プロジェクト) を通して筆者らが取り組んでいる組込み技術者の育成システムについての目的と概要について説明する。本プロジェクトでは、高専生のスキルの可視化およびスキルの保証システムの構築を進めている。本稿では、構築中のシステムの有用性について述べるとともに、スキルを向上させるために製作した学習教材について詳細に述べる。

Fostering of Embedded Technical Engineers on the K-Skill Project

YOSHINORI FUJISAWA,^{†1} TAKATOSHI SUENAGA,^{†2}
TAKAHIRO YONAMINE,^{†2} JUN SATO,^{†4}
KENTATO NOGUCHI^{†3} and MASAMI NIREI^{†1}

We explain the purpose and outline of embedded engineers fostering system on which we are working through the K-Skill project. In this project, we are building the visualization of skill and the warranty system of skill which the technical college student mastered. In this paper, while describing the usefulness of the system which we are building, the study support teaching materials manufactured for improvement in skill are described in detail.

1. はじめに

K-Skill プロジェクト¹⁾ は、Kousen-Kumikomi-Skill を略したもので、高専の本科卒業時に身につけている知識や技術、技能の可視化とそれらの質の保証を行うシステムを構築することを大きな目的としている。

本取組は、仙台高専が主となり、北は函館高専、南は沖縄高専までの 10 高専をまとめ、文部科学省大学改革推進等補助金「大学教育充実のための戦略的の大学連携支援プログラム」に応募して採択されたプロジェクトである。本プロジェクトの正式名称は、「超広域連携に立脚した高専版組込みスキル標準の開発と実践」で著者らはこれを K-Skill プロジェクトと呼んでいる(図 1)。

高専の本科卒業時に身につけるべきスキルは、産業界で導入が進んでいる ETSS²⁾ ヘスムーズに連結でき

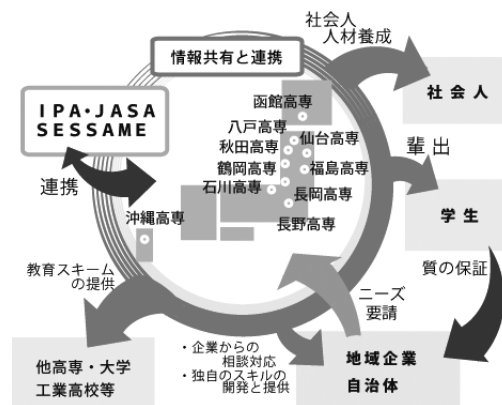


図 1 K-Skill プロジェクトの概念
Fig. 1 Outline of the K-Skill project

るスキルであることが望ましいと著者らは考えている。産業界で求められる組込み技術とは、単にプログラムのコーディングができるといった単純なスキルではなく、品質管理からデバイスの内部構造、組込み機器開発における上流・下流工程など、多岐にわたる分野の知識や技術が含まれている。

著者らは、それぞれ異なった高専および学科に所属しており、専門としている内容も異なる。したがって、単に高専と呼ばれる学校を卒業した学生が持つスキル

†1 長野工業高等専門学校
Nagano National College of Technology
†2 仙台高等専門学校
Sendai National College of Technology
†3 沖縄工業高等専門学校
Okinawa National College of Technology
†4 鶴岡工業高等専門学校
Tsuruoka National College of Technology

は、出身高専や学科によって異なるがそれが各高専の特徴とも言える。著者らは、高専の本科卒業生に対してどの高専を卒業しても組込み技術に関して一定の知識や技術、技能の質を保証するため、「高専版組込み技術スキル標準」を策定する必要があると考えた。

全国に配置された高専は、地域の特色を生かした独自のカリキュラムを掲げており、著者らが高専版組込みスキル標準を策定し、詳細な技術項目を掲げたとしてもそれを教授できない高専や学科が存在してしまい、ETSS へのスムーズな連結が困難になると考える。

そこで、著者らは講義や実験実習による教育を補助するための e-learning の導入に取り組んでおり、ETSS へのスムーズな連結を試みている。図2に示すように e-learning の導入により、高専間のカリキュラムの差異が吸収可能となり、一定水準まで学生のスキルを高めることが可能となる。

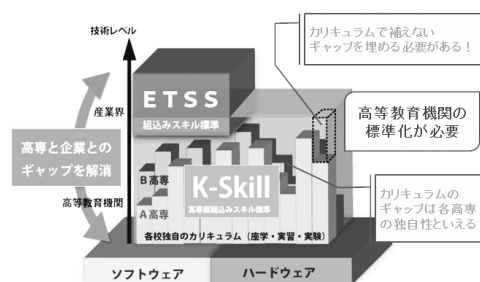


図2 e-learning の位置づけ
Fig.2 Purpose of the e-learning system

さらに、企業間で必要とされる知識や技術のばらつきを緩和するために、e-learning を活用し、就職を希望する企業で必要となる技術項目を学習することもでき、学生と企業との間での業務内容に必要なスキルのマッチングが行えると考えている。このように e-learning を活用することで、各高専のカリキュラムの差異を吸収するだけでなく、就職においても有益なシステムとなる。

上述した学習環境のもとで学生が獲得したスキルは、項目別にグラフ化すること（以下、スキルチャート）で可視化し、学生本人も自分のスキルの分布と習熟度の確認ができ、自己啓発のために継続的に学習することが期待できる。

本稿では、第2章で、スキルの可視化システムの概要、第3章で、質を保証する仕組みについて述べる。第4章で、本プロジェクトで利用する教育教材について詳しく説明し、最後に、まとめとして本プロジェクトの現状と今後の展望について述べる。

2. スキルの可視化システムについて

著者らが取り組んでいるスキルの可視化システムは、図3のような5項目でのスキルチャートを作成して、学生のスキルを可視化するシステムである。

スキルチャートの作成は、スキル管理システムや e-learning, e-Test などと連携してスキルチャートを作成する。学生は、講義や実験実習を通して、知識や技術、技能の習得を行う。これらの習熟度は、各高専のカリキュラムに則り、定期試験や小テスト、レポートなどで評価を行う。この評価とは別に高専版組込みスキル標準に対する習熟度を測定する。著者らは、この検定を e-Test と呼んでいる。

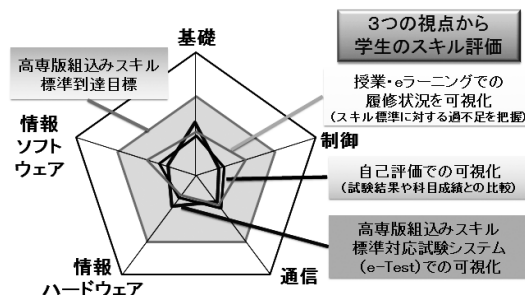


図3 可視化されたスキル
Fig.3 Visualized student's skill

e-Test の成績は、データベースで管理して、学生本人は自分の習熟度を一目で確認することができる。教員は、学生個人のスキルだけでなく、クラス全体または、学校全体のスキルの習熟度をスキルチャートで確認することができる。

3. 質を保証する仕組みについて

「質を保証する」とは、知識や技術、技能を教授する教育の質および、それらを身につけた学生のスキルの質の保証を意味している。即ち、学生が習得すべきスキルを学習する環境やコンテンツの内容、教材やテキストの内容などを向上させ、結果としてスキルの質を保証しようとする仕組みである。

例えば、e-Test を行いスキルチャートで弱い技術項目が見つかったとき、それを補う e-learning コンテンツの質が悪ければ、繰り返し学習してもスキルアップにはつながらない。つまり、その技術項目に対するコンテンツや教材を含めた教育環境の質が悪いと言える。逆に、質の高い教育下では、学生は継続的に学習活動を行い、自己啓発のために学習を進めることが期待でき、結果としてスキルアップにつながると考えて

いる。

このような質を保証する仕組みを構築するにあたり、社団法人組込みシステム技術協会に協力を依頼して高専版組込みスキル標準に対する対策問題の選定を行っている。

この e-Test の結果を時系列で集計することで学生が獲得したスキルの変遷を確認することができ、教育の質を保証することができる。e-Test は、インターネットを介した Web 検定となっている (図 4)。著者らは、検定に対する不正防止のため、通常のパソコンを使った検定を推奨せず、専用端末を使った Web 検定を推奨している。



図 4 e-Test システム

Fig. 4 e-Test system for student's skill

e-Test による検定結果を各高専の成績にどのように反映させるかは各高専の担当者に任せることとなるが、少なくとも e-Test を受けることで、その学生が高専版組込みスキル標準に対してどのレベルにあるかは把握が可能である。

近年、高専生でも大学への編入学を目指している学生が少なくない。このような学生にとって e-Test がどの程度の負担となるかは現在のところ不明であるが、将来的に組込みエンジニアを目指す学生にとっては、大変有益なシステムであることは間違い。

4. スキル習得のための学習教材について

本章では、スキル習得のために開発した学習教材について述べる。本プロジェクトでは、2つの異なる教材を開発した。

1つ目の教材は、ARM アーキテクチャをコアにしているマイコンを使った教材である。この教材の特徴は、外部にさまざまなデバイスモジュールを接続することができ、モータ制御などのメカトロニクス向けの教材であると言える。

2つ目の教材は、ルネサスエレクトロニクス社製の国産アーキテクチャをコアにしているマイコンを使った多目的教材である。この教材の特徴は、液晶ディスプレイ

やタッチパネル、USB、ネットワーク機能を装備しているため、マルチメディア向けの教材であると言える。

これら異なる2種類の教材を使い、同じ組込みソフトウェアとは言え、制御側から見た組込みソフトウェアと通信やマルチメディア側から見たソフトウェアの開発実習が可能となる。

4.1 メカトロニクス向けマイコン教材

本マイコンボードは、デジタル回路に関する講義や実習を経て、マイコンの基本実習からロボット制御などの応用実習までを対象として設計した教材である。

各高専で標準化したカリキュラムを実施する場合、教材も統一したほうが望ましいと考えるが、これまで各高専で蓄積してきた教材や教育ノウハウを新たな教材のために構築し直すことは容易なことではない。

また、従来通りのカリキュラムであっても、5年間の教育カリキュラムを考慮した場合には、各学年で使う教材が異なる場合もあり、学生達にとってはその都度新しい知識を学び直す場合もあり得る。仙台高専の例では、第3学年から第4学年にかけて Z80 を用いた教材によるマイコン実習を行い、それ以降はロボット製作授業で H8 マイコン、卒業研究で PIC, AVR, ARM 等さまざまなマイコンを用いている。

そこで、各校の教材とノウハウを継承可能で、継続的なマイコン学習を支援する手段として、階層型構造を持つマイコンボードを開発した。

4.1.1 階層型アーキテクチャ

本マイコンボードにおける階層構造とは、「プロセッサ層」と「インタフェース層」、「ペリフェラル層」の3階層で構成されている (図 5)。

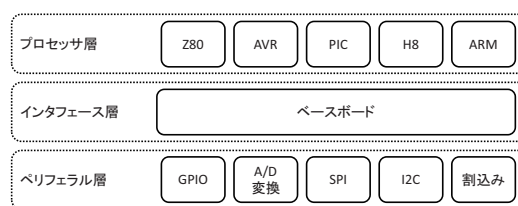


図 5 階層型アーキテクチャ

Fig. 5 Hierarchical architecture

各層には「メインボード」と「ベースボード」、「周辺ボード」が対応する (図 6)。プロセッサ層の「メインボード」は、MCU と最小限の周辺部品を搭載している。ペリフェラル層の「周辺ボード」は、実習で用いる周辺装置 (スイッチや LED, LCD など) を搭載した小型のボード群である。

また、インタフェース層の「ベースボード」は、メ

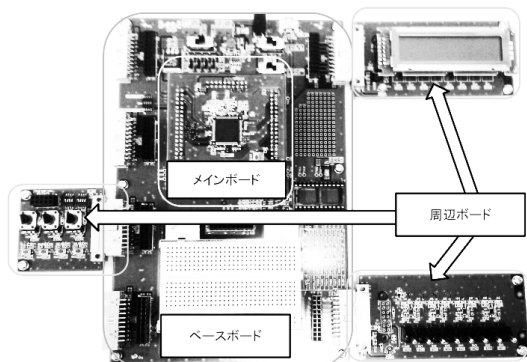


図 6 マイコンボードの外観
Fig. 6 Externals of microcomputer board

インボードおよび周辺ボードの中間に位置し、ペリフェラル層の各周辺ボードへの電源供給および信号のインタフェースを提供する役割を持っている。さらに、MCU 間のハードウェアの差異（ピン配置等）を吸収する役割を担っている。

つまり、既存の実習教材（モータ制御基板など）を周辺ボードとしてベースボードに接続すれば、異なるメインボードでどんな MCU を使っても同一の制御対象物を制御する学習教材となり、MCU の差異などの学習もすることができる。

この階層構造の利点は、各高专でこれまでに蓄積してきたノウハウや資産を生かし独自の周辺ボードやメインボードの開発を行うことができれば、ベースボードを使い、各高专で開発したボードを共有することができ、実習内容にも幅を持たせることができ、基礎から応用まで学習できる柔軟な教材となる。

このように、階層型構造を導入することでさまざまなデバイスの学習に柔軟に対応できる教材となった。これにより、標準化したカリキュラムへ移行する際の各高专の負荷を軽減できると考えている。

実際に、今回製作したメカトロニクス向けマイコンボードは、基礎教育を行うことを想定し開発を行った。次項以降で、今回製作した各層のボードについて説明する。

4.1.2 メインボード

メインボードは、プロセッサ層に位置するボードで、ベースボードとのインタフェースさえとることができれば、どのような MCU でも対応できるのが本教材の特徴でもある。

今回製作したメインボードは、MCU とそれを駆動させるのに必要な最小限の部品のみを備えたボードである。製作したメインボードの MCU には、ARM コ

アのマイコンの中でも高機能で使い易く安価で手に入ることから NXP 社製 LPC1768 (ARM Cortex-M3) を採用した。

4.1.3 ベースボード

ベースボードは、インタフェース層に位置するボードで、メインボードと周辺ボードとの仲介を行う役割を担っている。主な役割は、電源供給と各種 MCU ボードと周辺ボードとのピンアサインの差異を吸収することである。

ベースボードは、外部から電源を供給される。外部から供給できる電源としては汎用の AC アダプタの他に、ラジコン用 7.2V ニッカドバッテリー、USB のバスパワーがある。このようにさまざまな外部からの電源供給に対応させることで、ロボットなどの自立して動くものに本ボードを組込んで使用することも考慮した設計となっている。

さらに、ベースボードには、小型のブレッドボードを装備している。このブレッドボード上に簡単な回路を組むことができ、その出力をベースボード外部へ出力できるジャンパーピン用のソケットも装備されており、汎用性にこだわったボードの設計となっている。

ベースボードには、7つの周辺ボードとのコネクタを備えている。それぞれのコネクタには、次の機能を使うことができるようになっている。

- RS-232C 用コネクタ：開発用 PC との通信に用いるインタフェースである。開発用 PC との接続以外にも他のデバイスとの通信にも使用可能である。1チャンネル分装備されている。
- GPIO 用コネクタ：8bit の GPIO コネクタである。MCU によっては、これらのポートに別の機能が割り当てられている場合があるので、必ずしも汎用の入出力ボードと言うわけではなく、MCU に依存して機能は変更される。2つの GPIO コネクタを装備している。
- A/D 変換器と例外処理用コネクタ：今回使用しているマイコンでは、このコネクタには、3チャンネル分の A/D 変換入力と A/D 変換の最大電圧を示す V_{REF} 、例外処理に状態遷移するための 2種類の外部割込み、マスクできない外部割込み (NMI)、リセット入力があったコネクタである。
- SPI 用コネクタ：今回使用しているマイコンでは、このコネクタには、2チャンネル分の SPI 用コネクタが装備されている。
- I²C 用コネクタ：今回使用しているマイコンでは、1チャンネルの I²C 機能を持っており、これを接続するためのコネクタが装備されている。

4.1.4 周辺ボード

周辺ボードは、ペリフェラル層に位置するボードである。今回の開発では、マイコンの基礎技術習得に必要な次の3種類の周辺ボードを用意した(図6)。

- A/D変換器と割込みボード
- トグルスイッチとLEDボード
- キャラクタLCDボード

上記の3種類の周辺ボードとARMマイコンが装備されたメインボード、ベースボードを組み合わせてのことによって、さまざまな実習を展開できる。考えられる実習について一部を紹介する。

- マイコンの基本実習:トグルスイッチとLEDボードを使って、GPIOの使い方を学習できる。マイコンにおけるもっとも基礎的なポートの使い方を学習する。
- マイコンの割込み実習:A/D変換器と割込みボードを使って、A/D変換器の仕組みと動かし方、割込みの概念や使い方などを学習することができる。
- LCDへの文字表示:LCDには、コントローラが装備されており、そのコントローラとの通信を確立するための手順や信号のタイミングなどを学習することができる。さらに、上記2つの実習を組み合わせることで、A/D変換結果をLCDへ表示させることができ、スイッチからの割込みでA/D変換器を起動させることなどもでき、応用した実験実習へ展開が可能である。

上述したように、今回製作したメカトロニクス用マイコンボードは、汎用性を重視した設計を行った。今後は、さまざまな周辺ボードを開発し、通信をメインとした実験実習の展開やフラッシュメモリを使ったファイルシステムの学習の展開などにも応用が可能である。

4.2 マルチメディア向けマイコン教材

今回製作したマルチメディア向けマイコン教材を著者らは、MEMEs (Multipurpose Educational Material for Embedded software ミームス)と呼んでいる。MEMEsは、ワンボード上に必要と思われる全てのデバイスが搭載されている。未使用端子は外部拡張可能な状態になっており、必要に応じて外部に新たなデバイスを接続することができる。MEMEsの開発者は、これまで様々な社会人向け講座用の教材開発及びテキストを執筆した経験³⁾⁴⁾⁵⁾があり、この経験を元にMEMEsの開発を行った。

4.2.1 MEMEsで学習可能なこと

MEMEsは、マルチメディア向け教材であるため、QVGA対応のTFT液晶ディスプレイや4線式抵抗膜

タッチパネルセンサ、USB1.1対応ホストコントローラ機能、10/100Mbpsに対応した有線ネットワーク機能、3軸の加速度センサ、フラッシュメモ리카ードスロット、VGA出力可能なCMOSカメラなど、マルチメディア向けのデバイスが実装された教材である。

MEMEsは、MCUのデータバスを使ったパラレル通信の他にI²CやSPIなどのシリアル通信、USB通信、ネットワーク通信など、組み込みで必要とされる主だった通信を総合的に学習できる。さらに、フラッシュメモ리카ードを挿入してメモリデバイスとして使用出来るだけでなく、OSのファイルシステムを学習することで、フラッシュメモ리카ードを使つてのパソコンとのデータのやり取りが可能である。現在のところ、テキストにはFATファイルシステムについてのみ記述されている。

また、CMOSカメラからの1フレームをSRAMに一時的に保存してそれをマイコンに転送する制御のためのFPGAを搭載している。FPGAの学習は目的の範囲外ではあるため、HDL言語の詳細な内容は紹介程度に留めている。

このCMOSカメラから取り込まれたフレーム画像は、そのままTFTディスプレイに表示させることもできるが、マイコン内部で処理をしてから表示することもできる。このように扱うことで、画像処理といったマイコンから一歩踏み出した学問分野への応用も可能となっている。ただし、リアルタイムにCMOSカメラの画像をTFTディスプレイに表示することは考えていないので、動画のフレームレートは7.5fps程度である。図7にMEMEsの全体写真を示す。

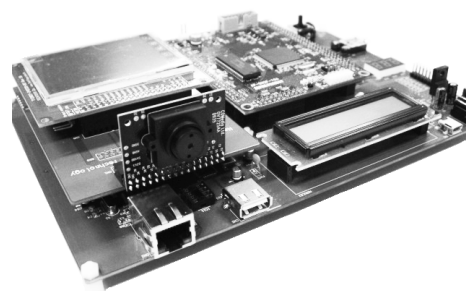


図7 MEMEsの全体写真
Fig. 7 Picture of MEMEs

4.2.2 高専における学習ロードマップ

MEMEsの利用は、高専本科の第3学年から第5学年までの3年間での学習ロードマップを考えている

(図8)．第3, 4 学年では, 主に, マイコンの機能および周辺デバイスの使い方について学習し, 第5 学年では, TCP/IP や USB, CMOS カメラを使った画像処理など, マイコンの学習から一歩踏み出した応用技術について学習できるようなロードマップを考えている.

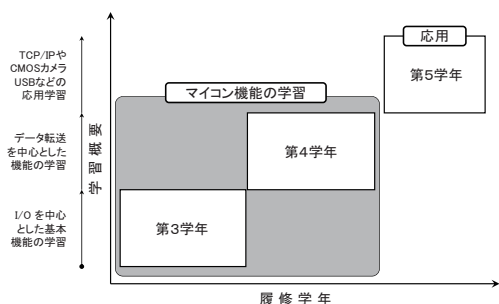


図8 MEMEsの活用ロードマップ

Fig. 8 Roadmap for learning using MEMEs

各学年では, 次のような教授内容を検討している. 括弧内には, 技術項目の名称を表している.

- 第3 学年では次の学習内容が考えられる. テーマとしては, 「ラインエディタ」の作成である.
 - 3桁7セグメントLED表示機能(ダイナミック点灯制御)
 - 2軸アナログジョイスティック(A/D変換器)
 - 2x16のキャラクタLCD表示機能(汎用入出力制御)
 - 汎用スイッチ(汎用入出力制御または外部割込み)
- 第4 学年では次の学習内容が考えられる. テーマとしては, 「ミュージックプレイヤー」の作成である.
 - シリアル通信機能(調歩同期通信と同期通信)
 - 音楽ファイルの再生機能(ファイルフォーマット)
 - QVGAのグラフィック表示機能(データベース制御)
 - 4線式タッチパネル機能(SPI通信)
 - I²C EEPROM(I²C通信)
 - 圧電スピーカ(PWM制御)
 - SDカードへの読み書き機能(ファイルシステム)
- 第5 学年については, 選択学習方式にして, 画像処理とTCP/IP, USBのいずれかを選択する方法を考えている. 学習内容としては次のものが考えられる.

- 3軸加速度センサ(I²C通信)
- USBホスト機能(バスの制御技術とUSBプロトコル)
- 10/100Mbps有線ネットワーク機能(バスの制御技術とTCP/IP)
- CMOSカメラからの画像取り込み機能(バスの制御技術と画像処理技術)

著者らは, MEMEsを使った上記のような学習計画を考えている. しかしながら, 高専の第1, 2 学年である程度の基礎教育がなければこのような学習に耐えることは難しいのではないかと懸念しており, 低学年でのスキルアップが必要であると考えている.

5. おわりに

本稿では, 著者らが取り組んでいるK-Skillプロジェクトの目的と概要について報告し, 高専卒業時に身につけているスキルの可視化と学生の持つスキルおよび教育の質を保証する仕組みについてこれらの有用性を報告した. また, 知識や技能, 技術を高めるための2種類のマイコン学習教材についてハードウェア構成の違いや利用目的の違いなど, 詳細な説明を行った.

K-Skillプロジェクトの現状として, スキルの可視化用システムのデータベースエンジンやe-Test用専用アプリケーションの改善などを進めている. e-Testは, 一部の高専生に協力を依頼し模擬試験を実施し, 問題点を洗い出しシステムの改善につなげている. 今年中に試用サイトを立ち上げる予定である.

今後の展望として, 高専版組込みスキル標準の策定を完了させ, e-learningのコンテンツの充実をはかる一方でe-Testの問題の充実をはかり, 学習環境の質の向上を行う. その後, 現在10高専で行っている本取り組みを全国の高専へ展開していく予定である.

参考文献

- 1) K-Skillプロジェクトホームページ:
<http://hirose.sendai-nct.ac.jp/renkei-gp/>
- 2) IPASEC: 組込みスキル標準ETSS概説書
- 3) 藤澤, 中島, 楡井: 「組込み技術」初級講座向け教材の開発, 組込みシステムシンポジウム2008論文集, pp. 15-22 (2008).
- 4) 藤澤, 中島, 楡井, 太田, 北野, 岸: 地域と連携した組込み技術講座の展開, 平成20年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp. 656-657 (2008).
- 5) 藤澤, 中島, 楡井: 地域と連携した組込み技術基礎講座, 工学教育57巻4号, pp. 60-64 (2009).