

人材育成のためのワンチップマイコン PIC ボードキットの開発

蔵屋英介¹⁾, 佐竹卓彦¹⁾, 神里志穂子²⁾, 山田親稔²⁾, 野口健太郎²⁾

沖縄工業高等専門学校 技術支援室¹⁾, 情報通信システム工学科²⁾

概要

発表者らは、実践的な計測を考慮した PIC トレーニングボードや人材育成向けの PIC ボードキットの開発を行い、ソフトウェア開発の人材育成や特別支援学校の教員を対象とした技術研修など実践してきた。技術研修では、まず PIC トレーニングボードを製作する過程で、工具の使い方、はんだ付けの仕方、部品の種類や見方などの電子工作の基礎的な技術を学び、さらにワンチップマイコン PIC を動作させるための C 言語によるプログラミングの基礎も学ぶ内容とした。電子工作で使用するテキストは、電子工作の基本がわかるよう初心者を対象にした記述をしっかりとまとめたほか、部品の写真を大きく載せるなど初心者でもテキストを見ながら製作に取り掛かれるものとした。本発表では、実践的な計測を考慮した PIC トレーニングボードや人材育成向けの PIC ボードキットの開発と、そのボードを「うるま地域ソフトウェア開発人材育成等事業」や地域の特別支援学校との連携による「特別支援学校の教員を対象とした技術研修」に活用した事例を紹介する。

1. はじめに

近年、ワンチップマイコンは、組み込み機器として自動車産業や家電製品などありとあらゆるものに使用されている。なかでも、Microchip Technology 社の PIC、Atmel 社の AVR、ルネサステクノロジ社の H8 などのワンチップマイコンには、RAM やフラッシュ ROM、汎用 I/O をはじめ、タイマーや USART、AD コンバーターを内蔵するものもあり、産業用の機器としてはもちろんのこと、ホビー目的で使用されることも非常に多くなった。開発言語も元来のアセンブラに加え C 言語や Basic などが加わり、初心者でも扱いやすい状況となった。一方、ユーザーの増加に伴い PIC などのワンチップマイコンのトレーニングボードも多種多様なものが販売されるようになったが、ワンチップマイコンを使用する場合、ハードウェアの開発も伴うため研究や、計測にそのまま流用できるようなものは非常に少ないのが現状である。発表者らも計測や研究などで PIC を使用する機会が増え、これまでに多くの制御機器や、計測機器の開発を行うと同時に実践的な計測を考慮した PIC トレーニングボードを開発し、授業や卒業研究に取り入れている。また、より実践的な計測を考慮した PIC トレーニングボードから基本的な要素を抽出し、はじめて電子工作に取り組む人でも容易に組み立てられ、プログラミング演習が行えるような人材育成向けの PIC ボードキットの開発も行っている。

本発表では、これまで取り組んできた実践的な計測を考慮した PIC トレーニングボードや人材育成向けの PIC ボードキットの開発を紹介するとともに、ソフトウェア開発の人材育成や特別支援学校の教員を対象とした技術研修への取り組みの事例を報告する。

2. 実践的な計測を考慮した PIC トレーニングボードの開発

PIC を用いたハードウェア開発において汎用性がありより実践的な計測を考慮した場合、次にあげる機能、要件が必要であると考えられる。(1)プログラムの書き込み、デバッグが容易であること、(2)計測、制御に必要なインターフェースを有すること、(3)PC あるいは他の機器との通信が容易であること、(4)時間情報を有していることなどが挙げられる。特に計測を行う場合、時間情報を有することは重要であるが、PIC などワンチップマイコンによる計測・制御ボードでは、ハードウェア、ソフトウェアへの負担もおおきくホビー感覚では容易に構成しうるものではない。発表者は、これまで「ヤンバルクイナのロードキル回避システム」¹⁾²⁾の開発を行っているが、電源事情の悪い環境でのセンシング、計測、

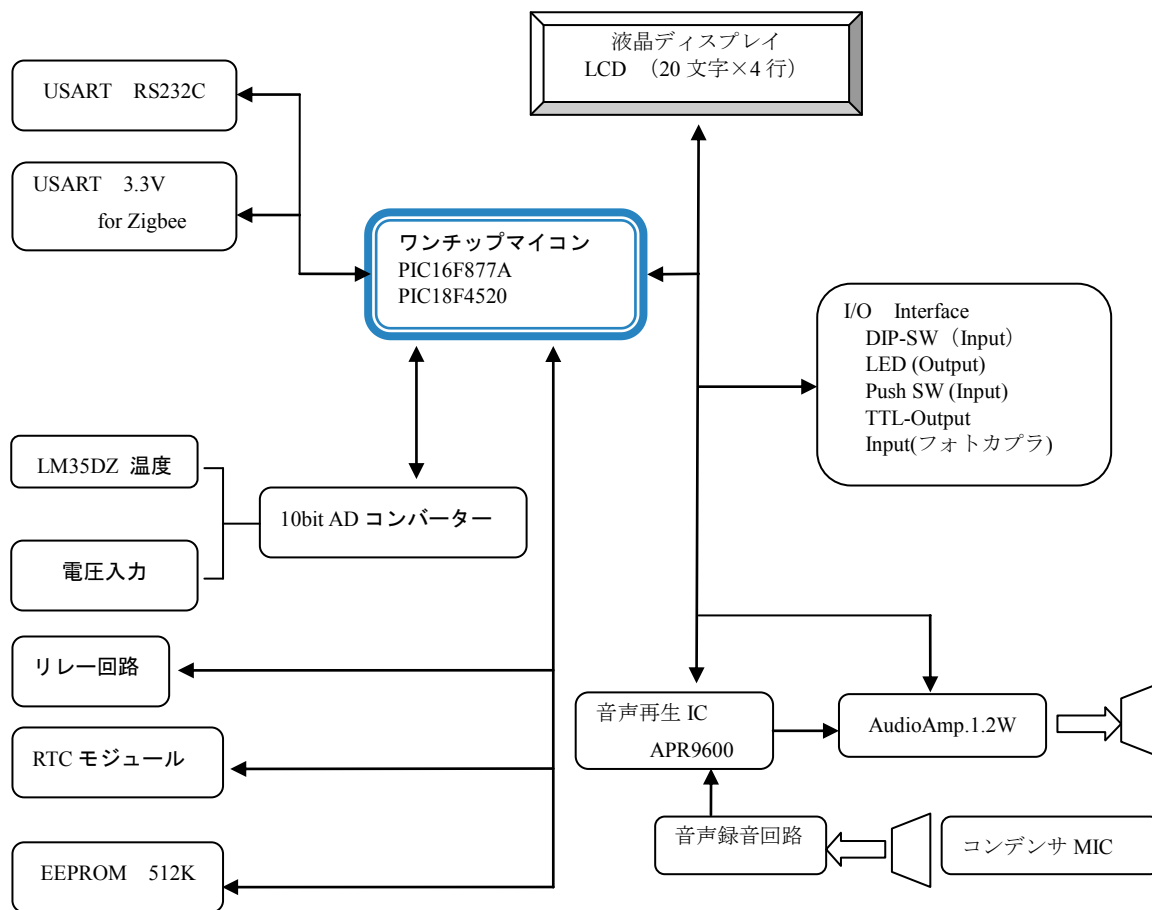


図 1 実践的な計測を考慮した PIC トレーニングボードのブロック図

制御においてこれらの要件は必要不可欠なものである。そこで、これまでの経験を生かし、図 1 に示す実践的な計測を考慮した PIC ボードの開発を行った。(図 2～図 3) ワンチップマイコンには、汎用性を考慮して PIC16F877A を使用し、フラッシュ ROM や RAM、EEPROM の拡張を図った PIC18F4520 へも対応できるようにした。さらに PC との RS232C を介した通信をはじめ最近注目されている小型無線モジュール Zigbee とのインターフェースも有する。時間情報については、電気二重層コンデンサでバックアップされたリアルタイムクロックモジュール (RTC-8564) により、電源へ接続しなくても 2 カ月以上保持し、PIC から I²C 通信により容易に取り出せる回路構成とした。I²C 通信によるプログラミング上の細かい手続きもすべてライブラリー化したのでメインプログラムにおいて簡単に現在時刻の取得やタイマーセットが行えるものとなっている。本ボードのもう一つの大きな特徴であるが、音声再生 IC と ChipEnable(CE)機能を持つオーディオアンプ (HT82V739 1.2W) を組み込んであるため、センシングやタイマーなどによってあらかじめ IC に録音した音声を再生することもできる。CE 機能を有するためオーディオアンプの待機電力は、1 μ A とごくわずかで、バッテリー駆動でも長時間の動作が可能である。そのほか、内蔵 10bitAD コンバーターでは、温度センサ IC (LM35DZ や LM60) による電圧データとオペアンプ (LMC662) でバッファした電圧を入力することができるため、センサーの出力をそのまま取り込み EEPROM に保存することができる。本ボードは、そのままでも制御や計測に使用できるように設計しているが、市販されている PIC の参考図書³⁾のプログラムも I/O ポートやアドレスの設定を合わせることで本ボードで動作させることができる。さらに、本ボードを専用基板により組立キット化し(図 4)、自ら回路図を見ながら製作できるようにした。一般的に PIC ボードによってセンシング、計測、制御を行おうとした場合、回路の十分な理解がないとソフトウェア開発もままならない。本ボードは、総部品点数 140 とやや多いものの、はんだ付けや基本的な電子部品の理解があれば容易に製作でき、あらかじめ用意したサンプルプログラムにより動作試験も容易に行えるようにした。

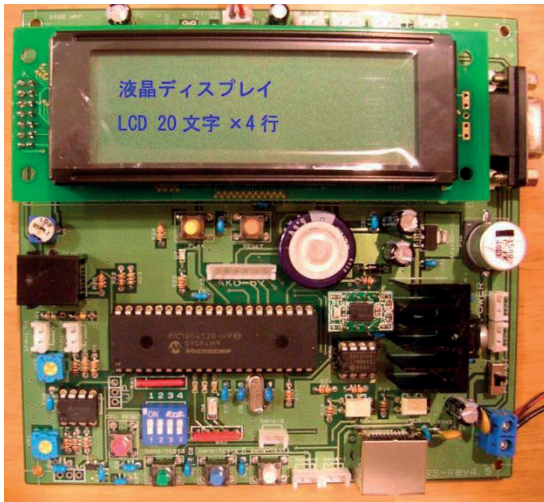


図2 実践的な計測を考慮した PIC ボード(全体)

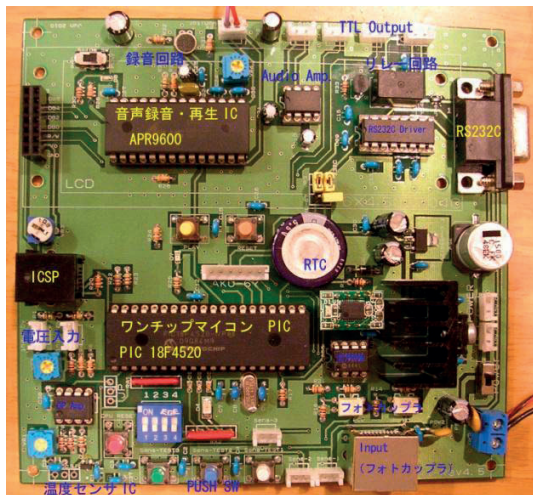


図3 PIC ボードの各機能

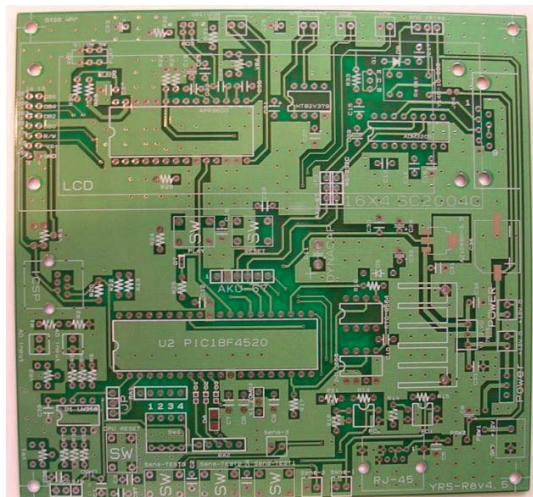


図4 PIC ボードの製作基板

3. 「創造研究」における PIC トレーニングボードの活用

本ボードは、選択科目「創造研究」の中で導入し製作から応用まで活用した。情報通信システム工学科の2~3年生を中心に2~3名のグループで本ボードの製作にあたり、その後、各テーマに沿ってハードウェアならびにソフトウェアの開発を行った。本ボードをもとに主に次のテーマについて取り組んだ。

- ・ PIC プログラミングのトレーニング
- ・ GPS データの受信と表示
- ・ 各種センサー信号の取り込みと音声の再生

昨年度、創造研究において製作に取り組んだ学生は、そのまま卒業研究に活用している。創造研究や卒業研究にそのまま活用できる実践的な計測を考慮した PIC トレーニングボードの開発により、ハードウェア開発の負担を軽減するとともに、回路の理解、ソフトウェア開発などより実践的な PIC のトレーニング環境を整えることができた。

4. 人材育成のための PIC トレーニングボードの開発

沖縄県では、情報通信産業の高度化のための拠点の整備がすすめられ、うるま市には「沖縄 IT 津梁パーク」が建設されるなど、情報産業の振興に積極的に取り組んでいる。その一環として、発表者らは、「うるま市地域ソフトウェア開発人材育成等事業」に携わる機会を得た。この人材育成では、単なるソフトウェア開発の知識の習得にとどまるだけでなく、沖縄高専の実験施設や人材を活用し、本校の2~3年生で行う専門実験に相当する「ハードウェア基礎実験」や「センサーの原理と利用法」など、組み込み機器開発に必要な周辺技術に関する最低限の講義や実験もカリキュラムに取り入れた。また、ワンチップマイコンのプログラミング演習では、演習に使用するボードを自分で製作し、プログラム演習とともにマイコンの I/O ポートの役割など理解できるような取り組みとした。人材育成事業のカリキュラムを表1に示す。夏休み期間中である9月に開催時期を設定し、1日6時間×20日間、合計120時間のカリキュラムとなっている。この人材育成で使用した PIC トレーニングボードは、先の実践的な計測を考慮した PIC トレーニングボードから基礎的な部分を抽出し、マイコンボードとして最低限の内容が学べるものとして設計、開発を行った。特に、この人材育成の参加者の事前調査から、電子工作はもちろんはんだ付けも初めてという参加者が大半を占めていたので、初心者でも容易に製作で

きるようにパターンやシルク印刷など工夫した。マイコンボードのソフトウェア開発は、C言語とし、あらかじめ30時間程度のC言語のプログラミング演習を行った。

表1 うるま市地域ソフトウェア開発人材育成等事業で実施したカリキュラム

うるま市地域ソフトウェア開発人材育成等事業 カリキュラム (6時間×20日=120時間)	
カリキュラム内容	概要
1 導入、C言語プログラミング	ETEC 準拠テスト, Cコンパイラインストール, C言語の基礎知識
2 C言語プログラミング演習	式と演算, 制御文, 演習
3 C言語プログラミング演習	整数型と浮動小数点型, 配列変数, 定数, 演習
4 ハードウェア基礎実験	基礎的な実験装置の使い方, 論理回路など
5 ハードウェア基礎実験	AD変換, オペアンプ, フィルタなど
6 C言語プログラミング演習	関数, ポインタ, 演習
7 C言語プログラミング演習	構造体, ビットフィールド, 共用体, 演習
8 C言語プログラミング演習	C言語プログラミング総合演習, 研究会聴講
9 【講義】	センサーの原理と利用法
10 【講義】	ソフトウェア開発の標準的な分析, 設計手法等
11 組込みUML I	UMLで記述されたユースケース図やクラス図等, 各図の読解等
12 組込みUML II	UMLで記述されたユースケース図やクラス図等, 各図の読解等
13 ハードウェア基礎	マイコンの概要, 2進と16進, 論理回路とブール代数
14 ハードウェア基礎	デジタルICと基本回路, 命令セットアーキテクチャ
15 PIC製作	ワンチップマイコンPICトレーニングボードの製作
16 PIC製作	ワンチップマイコンPICトレーニングボードの製作
17 PICプログラミング演習	C言語とPICボードによる演習~LED, SWを使ったI/Oの演習
18 PICプログラミング演習	C言語とPICボードによる演習~LCDへのデータ表示とAD変換
19 PICプログラミング演習	C言語とPICボードによる演習~AD変換とタイマー
20 PICプログラミング演習	総合復習, ETEC準拠テスト, アンケート

*4-5ならびに15~20を発表者が担当

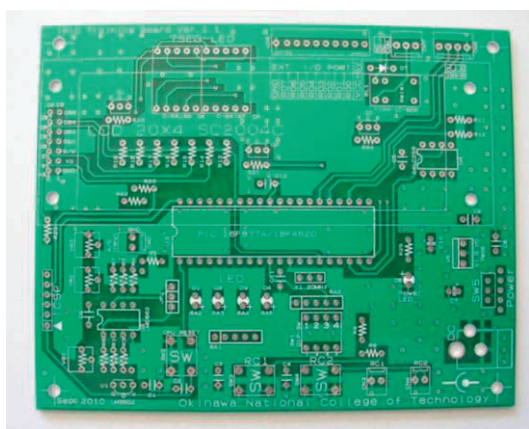


図5 人材育成用に開発した
PICトレーニングボード~専用基板

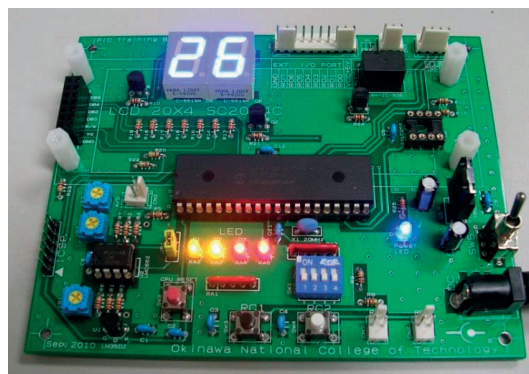


図6 人材育成用に開発した
PICトレーニングボード~完成

5. 特別支援学校の教員を対象とした技術研修の取り組み

近年、高等専門学校における地域貢献、地域連携が盛んにおこなわれる中で、障がい者やその教育・支援関係者への技術提供も積極的に行われている⁴⁾。沖縄高専でも、平成18年度より地域の特別支援学校と連携し AAC(Augmentative and Alternative Communication) 機器の開発や、e-AT (e-Assistive Technology) を活用した教材の開発を行っている⁵⁾⁶⁾。また、特別支援学校の教員が自立して AAC 機器などを製作や調整ができるように講習会を実施し、知識や技術などを習得してもらうといった取り組みも始めており、本年度には AT 教材製作のための技術研修を行うなど積極的に取り組んでいる。一方、特別支援学校の教員自らが、スイッチ教材や AAC 教材、e-AT を活用した教材を個々の児童生徒に合わせて改良あるいは新たに開発しようとしたとき、電子工作の技術をはじめ、電子回路やワンチップマイコンの基礎的な知識が必要となるが、自学自習で習得するには多大な時間と労力を要する。そこで沖縄高専では、社会人教育の一環として公開講座等の実績も多数あることから地域の特別支援学校との連携により特別支援学校の教員を対象とした e-AT を活用した教材の開発ならびに技術研修のカリキュラム開発に取り組んだ。

5.1. PIC トレーニングボードの開発とカリキュラム

e-AT 教材の製作、開発には、電子工作の技術が欠かせない。また、身近になったマイコン技術とスイッチ教材を組み合わせることにより、より視覚的あるいは発展的な教材開発が可能となる。そこで、技術研修を実施するにあたりワンチップマイコンを学習するための教材とカリキュラムの開発を行った。ワンチップマイコンは、組み込み機器として自動車産業や家電製品などありとあらゆるものに使用され、さまざまな種類のもので販売されている。初心者でも扱いやすく、開発言語も元来のアセンブラに加え C 言語や Basic など整っている Microchip Technology 社のワンチップマイコン PIC (Peripheral Interface Controller) をベースに教材の開発を行った。技術研修の教材となる PIC トレーニングボードは、全くはんだ付けの経験がない初心者でも容易に組み立てられるように専用基板を設計し、PIC の持つ基本機能を学習できるものとした。先の人材育成用の PIC トレーニングボードを技術研修用に改良し、専用基板を製作した。技術研修では、まず PIC トレーニングボードを製作する過程で、工具の使い方、はんだ付けの仕方、部品の種類や見方などの電子工作の基礎的な技術を学び、さらにワンチップマイコン PIC を動作させるための C 言語によるプログラミングの基礎を学ぶ内容とした。電子工作で使用するテキストは、電子工作の基本がわかるよう初心者を対象にした記述をしっかりとめたほか、部品の写真を大きく載せるなど初心者でもテキストを見ながら製作に取り掛かれるものとしている。図7にテキストの一例を示す。ここでの説明は、抵抗や7セグメント LED、電解コンデンサの取り付け方、完成したボードの調整 (LCD コントラストの調整) を説明したものであるが、ポイントとなる点を順序良く写真で示し、写真の流れを追えばある程度初心者でも理解できるようにした。また、専用基板上に部品番号を大きくプリントすることにより、写真付きの部品リストと対応が取りやすいようにするなど工夫した。

表2に特別支援学校の教員を対象とした e-AT 活用教材製作のための技術研修のカリキュラムを示す。技術研修は、1コマ3時間、全10回、合計30時間の内容で構成し、本研修を修了することにより、現場に持ち帰ってすぐに活用できるタイムエイド教材を製作する応用例も取り入れた。

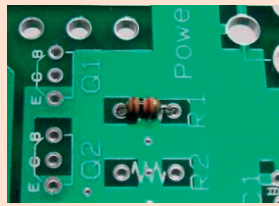
5.2. 対象ならびに目標

e-AT 活用教材製作のための技術研修は、既存の AAC 機器を含め e-AT を活用した教材を教育実践活動に取り組んでいる教員を対象とし、ワンチップマイコンを学習するための教材と技術研修として実施するためのカリキュラム開発を行った。技術研修を修了することにより、現場に持ち帰ってすぐに活用できるタイムエイド教材を研修内で製作することを目標とした。

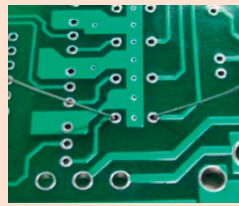
抵抗器の取付け方



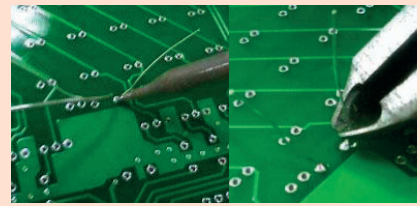
足を根元から折り曲げる



部品番号を間違えないように差し込む



裏側にして部品が落ちないように足を広げる



はんだづけ
余分な足をニッパで切り取る
足が飛ばないように手で押さえて切りましょう！

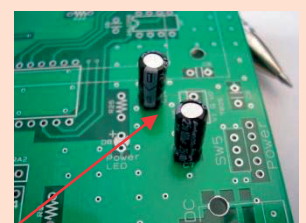
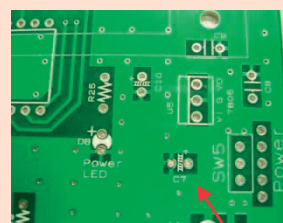
7セグメント LED、電解コンデンサの取付け方



7セグメント LED
基板の形に合わせて取付 (●) が下
【取り付け向きがあるので注意】

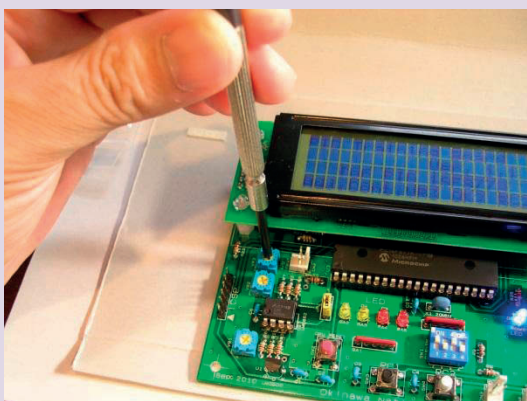


電解コンデンサの取付け
長い足がプラス (+)
電解コンデンサの側面にも (-) のマークがある



【取付向きがあるので注意】

完成した PIC ボードの調整～LCD のコントラストの調整



LCD はコントラストの調整が必要です。VR3 を小型の【+】のドライバーで見やすい表示となるよう調整します。



LCD のコントラストが正常に調整できると写真のように文字が正常に読めるようになります。調整が終わりましたら、RC2 のタクトスイッチを押します。

図 7 製作テキストの抜粋

表2 特別支援学校の教員を対象とした e-AT 活用教材製作のための技術研修のカリキュラム

技術研修【トレーニングボードキットで学ぶワンチップマイコン PIC】		
実施内容 (3時間×全10回)		
1	【講義・製作】	オリエンテーション、キット配布、工具の使い方、はんだ付けの練習
2	【製作】	PIC トレーニングボードの概要、部品の種類と用途、回路図の見方
3	【製作・実習】	テスター (DMM)の使い方、PIC ボードの完成、基本的な動作確認
4	【講義・演習】	入門～C 言語プログラミング
5	【講義・演習】	C 言語によるプログラミング演習～その2
6	【講義】	PIC とは？ワンチップマイコンについて、デジタルの世界
7	【演習】	LED、SW を使った I/O の演習、タイマーと 7SEG-LED の表示
8	【演習】	液晶へのデータ表示と A/D コンバーター
9	【製作・演習】	応用例：スイッチ教材との融合～ウルトラマンタイマーをつくろう 1
10	【演習】	応用例：スイッチ教材との融合～ウルトラマンタイマーをつくろう 2

5.3 e-AT 活用教材製作のための技術研修の取り組み

研修の実施にあたっては、連携している特別支援学校を通し、具体的な実施内容、参加しやすい曜日、時間を事前に調査し、スケジュールを決定した。本研修は長期間にわたるために、あらかじめ研修の具体的な内容等を周知し、参加しやすい環境を整えるなど、十分な事前調整を行った。研修は、木曜日 17:30～20:30 (6回) と土曜日 9:00～16:00 (2回) とし 6 週間にわたり実施した。特別支援学校の教員が参加しやすい形態としたことで沖縄県内の特別支援学校 5 校より 23 名の教員が受講し、PIC トレーニングボードの製作、C 言語によるプログラミング演習に取り組んだ。その様子を、図 2 ならびに図 3 に示す。実施場所は、沖縄高専の実験室やプログラミング演習室などの設備を活用し、講義、製作、実習、演習を行った。受講者の多くがほとんどはんだ付けの経験もない状態であったが、受講者全員が、PIC トレーニングボードを完成させることができた。プログラミングについても大多数が未経験者であったが、15 時間にわたるプログラミング演習を実施したことで、基本的なプログラミング技術を習得することができた。



図 8 技術研修における PIC トレーニングボードの製作



図 9 C 言語によるプログラミング演習

回) とし 6 週間にわたり実施した。特別支援学校の教員が参加しやすい形態としたことで沖縄県内の特別支援学校 5 校より 23 名の教員が受講し、PIC トレーニングボードの製作、C 言語によるプログラミング演習に取り組んだ。その様子を、図 2 ならびに図 3 に示す。実施場所は、沖縄高専の実験室やプログラミング演習室などの設備を活用し、講義、製作、実習、演習を行った。受講者の多くがほとんどはんだ付けの経験もない状態であったが、受講者全員が、PIC トレーニングボードを完成させることができた。プログラミングについても大多数が未経験者であったが、15 時間にわたるプログラミング演習を実施したことで、基本的なプログラミング技術を習得することができた。

5.4 技術研修におけるタイムエイド教材の製作

これまでの地域の特別支援学校との連携で e-AT を活用した教材を教育実践活動に積極に取り入れたいとする技術的なニーズがあることが明らかとなってきている。そこで、技術研修では、「応用例：スイッチ教材との融合～ウルトラマンタイマーをつくろう」と題し、現場に持ち帰ってすぐに活用できるスイッチ教材との組み合わせによるタイムエイド教材の製作を行った。ウルトラマンタイマーは、いわゆる 3 分タイマーであり、ワン

チップマイコンのタイマー機能を活用して製作した。PIC トレーニングボードには数字を大きく表示できる 7 セグメントの LED のほか、赤や緑、黄の LED を有する。これらの表示機器を活用し、より視覚的なタイマーの製作を行った。表示の方法、視覚効果、さらには、サウンドドロップ⁷⁾ といった音声玩具と組み合わせ、受講者それぞれが工夫して製作にあたった。さらに、スイッチ教材と組み合わせ、乾電池式の扇風機を動作させるなど、これまで取り組んできたスイッチ研修の成果とも融合し、e-AT を活用した教材の製作に取り組んだ研修となった。

6. むすび

ワンチップマイコンは、組み込み機器として家電製品などありとあらゆるものに使用され、産業用の機器としてはもちろんのこと、ホビー目的で使用されることも非常に多くなった。開発言語も元来のアセンブラに加え C 言語や Basic など加わり、初心者でも扱いやすいソフトウェアの開発環境が整いつつある。ユーザーの増加に伴い PIC などのワンチップマイコンのトレーニングボードも多種多様のものが販売されるようになったが、ハードウェアの開発も伴うため、初心者にはまだまだ敷居が高い。筆者も計測や研究などで PIC を使用する機会が増え、これまでに多くの制御機器や計測機器の開発を行ってきたが、これまでに苦勞してきたことをこれからチャレンジしようとする方の手助けに少しでもなればと思いこのプロジェクトをスタートさせた。独自の計測システムの開発と並行して地域の特別支援学校との連携による教材開発への協力体制から、人材育成用の PIC トレーニングボードの開発に発展し、さらには人材育成事業や技術研修を通して社会人教育へ展開することができた。これらの取り組みにより沖縄県における情報通信産業の高度化への取り組みに寄与できる機会が得られたこと、特別支援教育における技術的なニーズが非常に多いこと、e-AT を何とか活用して教材を製作し、積極的に教育活動へ実践しようとする特別支援学校の教員の熱意など、身をもって経験することができたのは大きな収穫であった。また、今回のような長期間の研修が、同じ興味や技術的な悩みを持つ技術者や教員のコミュニケーションの場となり、お互いの関係づくりに役立つなど副次的な成果も得られた。今後、単なるマイコンボードの製作に終わらず周辺技術の応用を視野に入れ人材育成に取り組んでいきたいと考えている。特別支援学校との連携においては、スイッチ教材と組み合わせる新たな教材開発を行うための基礎的な技術を身に付け、マイコン技術の習得によりより視覚的、発展的教材の開発の足掛かりとなることを期待したい。

【参考文献】

- (1) 藏屋英介他, “ヤンバルクイナのロードキル回避システムの開発”, 平成 20 年度京都大学総合技術研究会報告集, 平成 21 年 3 月
- (2) 藏屋英介他, “ヤンバルクイナのロードキル回避システムの開発～第 2 報～”, 平成 21 年度九州・沖縄地区技術研究会 in 熊本大学, 平成 21 年 9 月
- (3) たとえば 後閑 哲也, 【改訂版】 C 言語による PIC プログラミング入門, 技術評論社など
- (4) 上原信知, 釜野勝, 正木和夫, 高山直子, 「高専生のボランティア活動による知的障害児(者)のための電子工作教室」, 高専教育第 31 号, pp797-802 (2008)
- (5) 佐竹卓彦, 神里志穂子, 野口健太郎, 津嘉山稔子, 野口智徳, 「AAC 教材製作を通じた特別支援学校との連携」, ATAC2009 Proceeding
- (6) 野口智徳, 他「沖縄工業高等専門学校との連携による AAC 教材と電動箱車の開発と活用事例」, ATAC2009 Proceeding
- (7) 株式会社バンダイ Web サイト <http://www.bandai.co.jp/index.html>