〈通信・制御〉

科目「実習」におけるマイコン制御実習の知識・技術の習得を目指す指導の工夫
――実習手引書とワークシートの作成を通して――

沖縄県立那覇工業高等学校教諭　友　利　博　義

Ⅰ　テーマ設定の理由

電気製品には、マイクロコンピュータ（以下マイコン）という演算処理や制御などを行う半導体が組み込まれている。携帯電話、自動車、パソコンといった身近な製品だけでなく、生徒の就職先の一つである工場の産業用ロボットなど幅広く活用されている。新高等学校学習指導要領第３章第２節工業第３項「実習」の第１「目標」に「(１)工業の各分野に関する技術を実際の作業に即して総合的に理解するとともに，関連する技術を身に付けるようにする。」と示され、実践的・体験的な学習活動を通して、様々な分野で活用されている制御に関する知識・技術を身に付けることは重要であると考える。

本校定時制電気科の生徒には、すでに社会で働いている者もいるため、工業に関する資格や検定に興味・関心を持ち、卒業後の進路を見据えて電気工事実習やパソコン実習に意欲的に取り組む様子がみられた。しかし、科目「実習」における制御実習で学んだ制御技術を社会の中でどのように活用するかを指導しているが、生徒は学んだ制御技術を実社会と結び付けて理解することが出来ていない。

これまでの本校定時制電気科で私が受け持っていたマイコン制御実習において、生徒は自ら実習手引書を参考に回路図を読み取り、配線し、ソフトウェアでプログラミングを行い、入力装置を操作することによって、出力装置の動作確認を行ってきた。その際、生徒から「プログラムの誤り」や「配線の誤り」など特定の技術における質問が多くあった。具体的原因として、①実習手引書において英語表記や文章などの文字情報が多く、理解しにくい、②作成する回路図の見方を理解していないことから、ジャンパ線の接続方法がわからないなどがあった。そのため、実習では、作成した回路の動作確認時に不具合が発生すると原因の特定のために時間がさかれ、実習がすすめられない状況があった。

本研究では、実習手引書に図や写真を挿入して視覚的理解を促し、電気の極性とジャンパ線の色を統一することによって極性を意識させる。また、作業手順のチェック欄や記入欄を設けることで、課題を完成するまでの過程を生徒が書くことができるような工夫をする。作業手順のチェック欄や記入欄を振り返ることで自己の考えを深めることが期待できる。さらに、ワークシートは実習手引書で学んだ内容を活用して新たな課題に取り組み、知識・技術の自己理解を促す。接続作業の苦手な生徒には、作業を支援するツール（回路記入ＯＨＰシート）を準備することで接続箇所の視覚的・物理的な理解を促す。作成した実習手引書とワークシートをマイコン制御実習において活用することを通して、制御回路と制御プログラムを作成する学習、作業内容を確認し、振り返るといった学習活動により知識・技術の習得を図ることができると考え、本テーマを設定した。

〈研究仮説〉

科目「実習」における単元「マイコン制御実習」において、視覚的理解を促す実習手引書やワークシートを活用し、生徒に作業手順を確認させることを通して、マイコン制御に関する知識・技術の習得が図れるであろう。

Ⅱ　研究内容

１　生徒の実態調査

(1) 目的

３年実習の単元マイコン制御実習におけるマイコンと制御に関するアンケート調査と生徒の知識の習得状況の調査を行う。これらの調査により生徒の実態を把握し、今後の授業計画や学習教材の作成における資料とする。

(2) 対象及び実施日

① 対　象：那覇工業高等学校定時制電気科３年実習履修生徒６名

② 実施日：令和３年５月 11 日（月）

(3) アンケートの結果

１学年の科目「電気基礎」「情報技術基礎」２学年の科目「実習」において制御に関する学習を修得済みの生徒を対象にアンケートを実施した。

「Ｑ１：マイコンを知っていますか」の質問にいいえと回答した生徒が４名おり、制御とマイコンを関連付けて理解していないことがわかった。また、はいと回答した２名の生徒にマイコンに対するイメージを聞いたところ「電子機器を制御する物」「機械や車などの制御」と回答しており、ある程度マイコンを理解している生徒もいることがわかった（図１）。

「Ｑ２：制御について知っていますか」の質問には、５名の生徒がいいえと回答しており、制御技術について理解していないことがわかった（図２）。

「Ｑ３：わかりやすい実習のために何を工夫してほしいですか」の質問にはパソコンなどを使うが２名、課題内容の工夫が２名、実習器具の工夫が１名という回答であった（図３）。理由としては、「パソコンは、どこの会社でも使うから」や「実際に実習器具を使って知る」という回答があった。

「Ｑ４：制御したい物は何ですか」の質問に

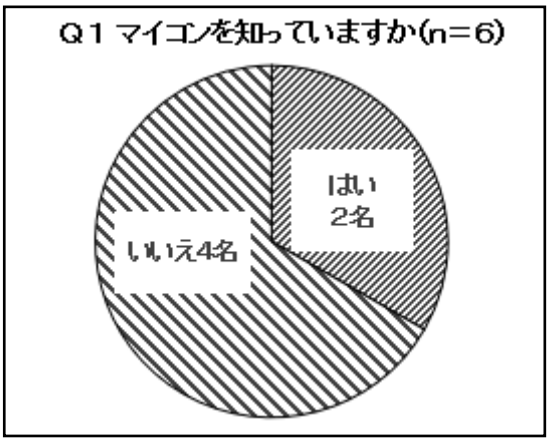


図１　生徒アンケート結果①

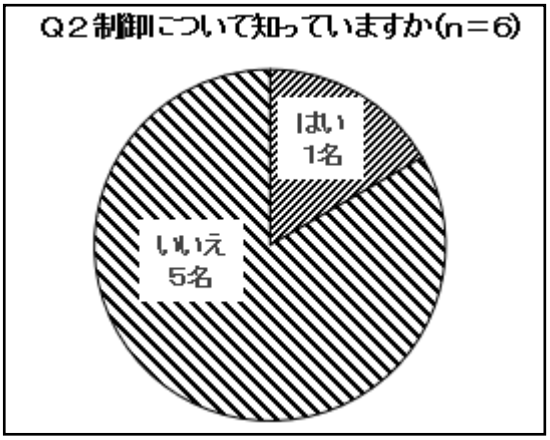


図２　生徒アンケート結果②

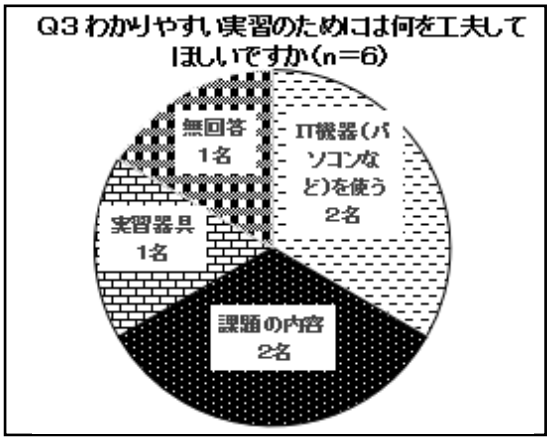


図３　生徒アンケート結果③

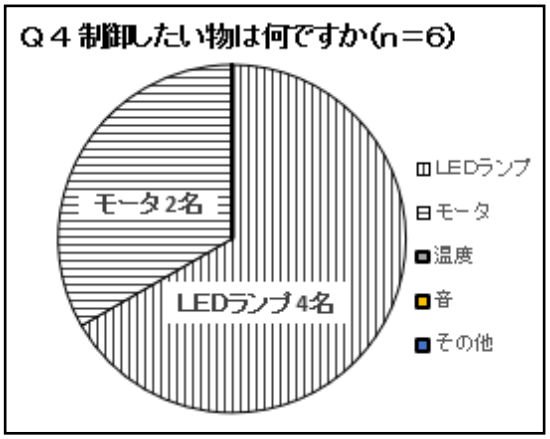


図４　生徒アンケート結果④

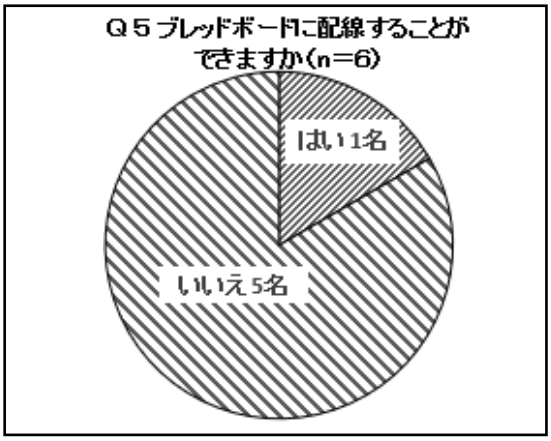


図５　生徒アンケート結果⑤

は、ＬＥＤやモータと回答する生徒が多く、どちらの装置も座学の科目で学習している内容と関連していることがわかった（図４）。

「Ｑ５：ブレッドボードに接続することができますか」の質問には、５名の生徒ができないと回答しており、回路作成における知識・技術が十分に身に付いていないことがわかった（図５）。

(4) 考察

生徒は、これまで授業において制御やマイコンについて学習してきた。しかし、マイコンについてのアンケート結果をみると、身近な生活にマイコンが活用されていることを知っている生徒もいるが、ほとんどの生徒が具体的にマイコンを説明できないことがわかった。制御についての質問では、否定的な回答が多かったことから、制御に関する知識の理解が得られていないことがわかった。わかりやすい実習には、課題内容と実習器具の工夫が必要であることがわかった。

そこで、パソコンを用いたマイコンによる制御学習を、既習知識を活用し、身近な生活と関連付けた学習展開にすることで、マイコン制御についての理解につながると考える。課題内容の工夫に関しては、生徒の意見を反映させるため、制御対象物としてＬＥＤを使用し、実習器具（ブレッドボードなど）に関しては、接続に関する作業や工程の理解を促すため回路記入ＯＨＰシートを活用して、接続作業の支援を図る。以上のことから、生徒へ実習内容の理解を促し、実習器具を容易に扱えるようにすることで、マイコン制御実習をスムーズに行うことが期待できる。

２　使用する教材の概要

本研究で扱うマイコンボードは（図６）、ＣＰＵとメモリ、周辺機能で構成されている（図８㋐）。作成したプログラムは、メモリで記憶し、ＣＰＵで実行される。周辺機能には、入出力装置とＣＰＵをつなぐ働きがあり、入力と出力のポートがある。

図６　マイコンボード

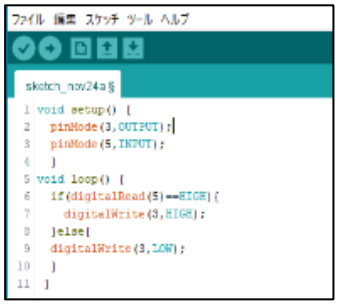


図７　ＩＤＥ画面

本研究では、入力ポートに㋑温湿度センサや㋒入力基板を、出力ポートには、㋓ＬＥＤを接続する。また、パソコンにＩＤＥ（統合開発環境）と呼ばれるソフトウェア（図７）をインストールし、プログラムの作成とマイコンボードのメモリへ書き込みを行うことで、マイコンボードの出力ポートに接続したＬＥＤを制御する。

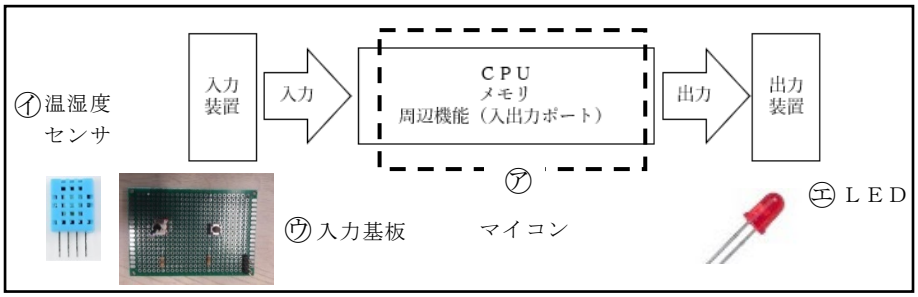


図８　マイコン制御の概要

３　教材・教具の作成

(1) 実習手引書

これまでの実習手引書は、図や写真による説明がなく、わかりにくいことから、生徒は、実習手引書を見て自身で考えず、担当教員や他の生徒に質問するなど、実習手引書が十分に活用されていない状況があった。そこで、図や写真を挿入して視覚的に理解を促すことと、学習する要点をまとめること、生徒が振り返ることができる記入欄を設けるなどの工夫を行

い、実習手引書を作成する。

制御学習における項目には、㋐作業手順のチェック項目を記載することで、課題完成までの見通しと作業内容の確認ができるよう工夫し、㋑使用するコマンドの解説や㋒実体配線図、㋓関連知識項目などは、図や写真を用いてわかりやすいように作成する。㋒実体配線図では、図や写真に、ブレッドボードの接続箇所を丸印で強調するなどして接続の誤りを防ぐ（図９）。

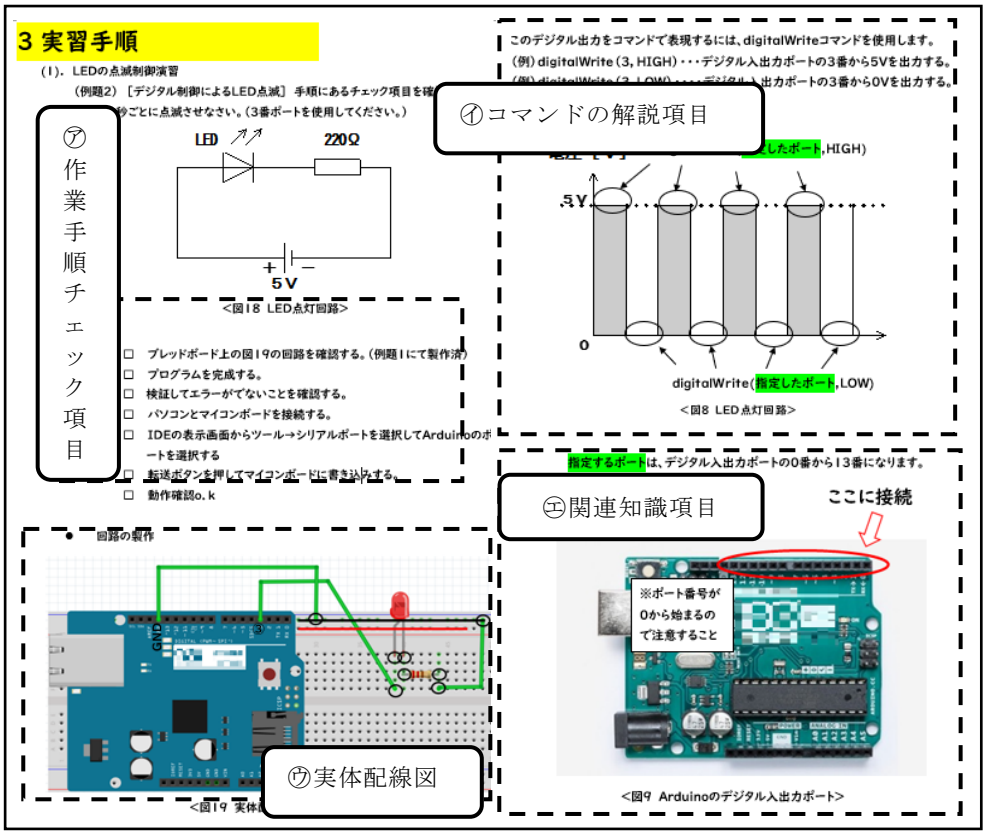


図９　実習手引書　（抜粋）

(2)　ワークシート

ワークシートは、マイコンボードに関する知識・技術の練習問題から、ＬＥＤを制御する問題までといった、課題の難易度を段階的にあげることに留意して、作成する。実習手引書と同様に課題を完成させるために必要な作業内容を作業手順チェック項目に記載し、課題完成までの見通しや作業手順を確認できるようにする（図 10）。制御プログラムの問題では、実習手引書で学習したコマンドのうち、問題で使用するコマンドの名称を作業手順のチェック欄に記載し、学習した内容の振り返りにより、適切な挿入箇所を考えさせる。応用問題では、センサを活用することで、どのような制御が可能になったかなどを記述式で答えさせる問題を設け、学習の取り組み状況が見取れるようにする。

(3)　入力基板

マイコンボードには入力や出力などのポートがある。実習ではマイコンボードの入力ポートには、スイッチやセンサを接続し、出力ポートにＬＥＤを接続、制御する。

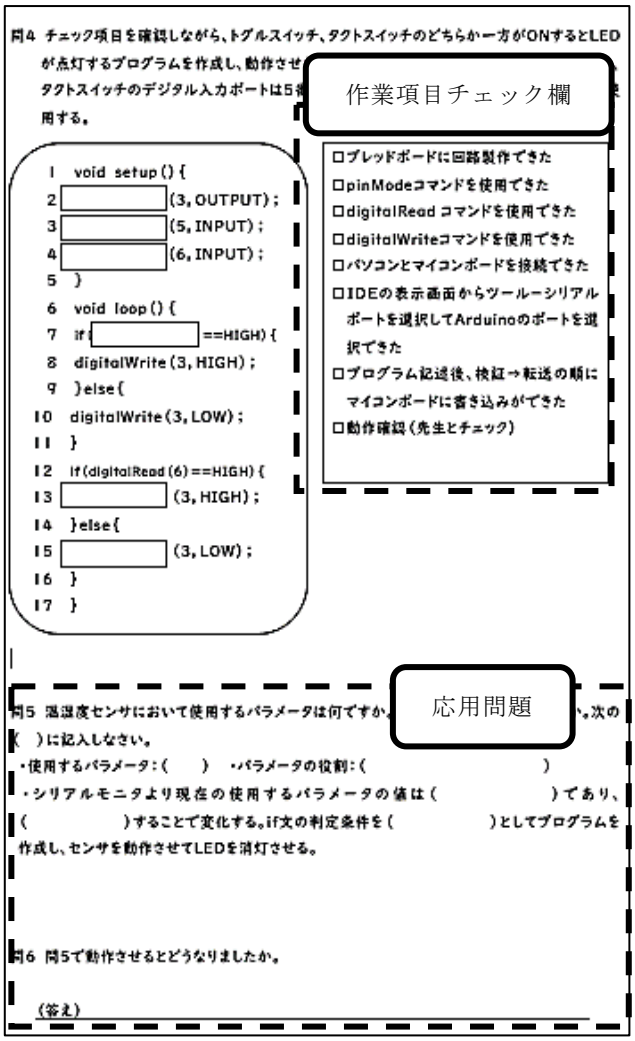


図 10　ワークシート（抜粋）

生徒は、回路図からブレッドボードへ接続する知識と技術の不足から、タクトスイッチの端子やトグルスイッチの端子をブレッドボードに取り付ける穴の位置を間違えるなど課題完成には至らず、作成に時間を要する場面が見受けられた。これらを踏まえ、使用する２つのスイッチをはんだ付けした入力基板を準備し、スイッチの端子理解を促し、入力ミスを減らす工夫を行う（図 11、図 12）。また、入力基板上には、ピンソケットを取り付け、ピンソケットとマイコンボードの入力ポートをジャンパ線で接続することで、各スイッチ操作によるオンとオフの信号を送れるようにする。

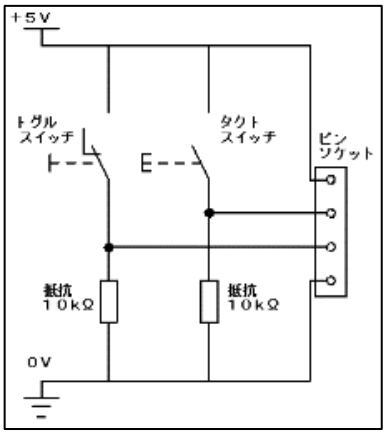


図 11　入力基板回路図

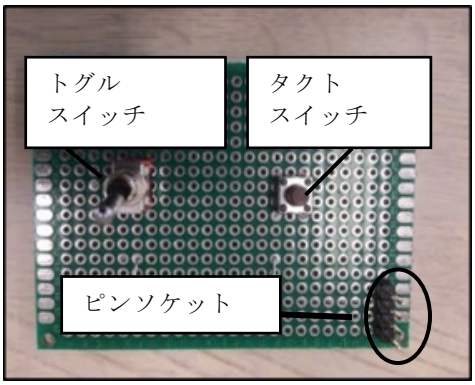


図 12　入力基板の外観

(4) 回路記入ＯＨＰシート

生徒は回路作成において、実習手引書での実態配線図を参考にブレッドボードに接続を行う。接続の注意点やブレッドボードの取扱いについて指導を行っているが、生徒はブレッドボードの挿入箇所の間違えに気付かず、回路作成を続ける場面が見受けられた。そこで、ＬＥＤの回路を記入したＯＨＰシートをブレッドボードに貼り付けることで、作成した回路を視覚的に確認できるよう支援する（図 13）。ＯＨＰシートは丸穴をあけ、貼り付けた状態でブレッドボードに接続ができるため、接続の誤りをなくすことにつながると考える。

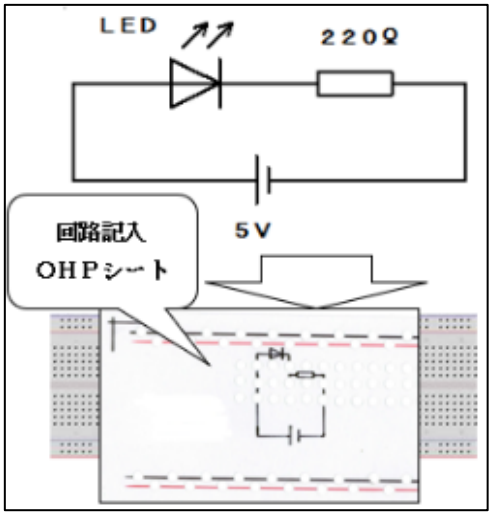


図 13　ＯＨＰシートの活用

Ⅲ　指導の実際

１　単元名　総合実習「マイコン制御」

２　単元の目標

(1) マイコンボードを用いた入出力制御についてこれまでの学びを踏まえて理解するとともに、ＬＥＤ制御に関連する技術を身に付ける。

(2) マイコンボードを用いた入出力制御について制御回路と制御プログラムに着目して、ＬＥＤ制御に関する課題を見いだすとともに解決策を考え、科学的な根拠に基づき結果を検証し改善する。

(3) マイコンボードを用いた入出力制御について自ら学び、ＬＥＤ制御を入出力装置と関連させて活用し主体的に取り組む。

３　単元の設定理由

(1) 教材観

本単元では、マイコンボード、抵抗やＬＥＤ、スイッチなどの電子部品、ブレッドボード、温湿度センサを用いて、制御に必要な電子回路の作成、制御プログラムの作成、ライブラリの読み込み方法、温湿度センサとマイコンボードとのシリアル通信に関する知識・技術を身につけるための学習を行う。身近な生活には、マイコンによって制御されている家電製品や工業製品が数多くある。制御技術を身近な生活に関連付けて学べるようにマイコンボードを

教材・教具として用いることで、生徒のマイコン制御に関する基礎的な知識・技術の習得を目指す。

(2) 生徒観

本校定時制電気科では実習や座学科目において制御について学習している。しかし、事前アンケートからは制御を説明できない生徒が多く、知識・技術について理解が十分でないことがわかった。その一方で、マイコンが身近な生活に活用されていることを知っている生徒もおり、ＬＥＤ制御に関心を持っている生徒もいることがわかった。これらのことから身近な生活で活用されている制御技術と学習内容を関連付けて学べるようにマイコンボードを活用し、ＬＥＤの動作を確認しながら各種周辺装置の接続や制御を行うことで、生徒に興味・関心を持たせ、マイコン制御に関する知識・技術の習得を目指す。

(3) 指導観

本単元においては、実習手引書を参照させながらマイコンボードと電子部品の接続を生徒に行わせる。実習手引書やワークシートに記載したチェック項目を確認させることでマイコンボードの入出力ポートと制御対象を意識させながら、制御プログラムの作成に取り組ませることができる。実習手引書には、接続箇所がわかりやすいように写真や図などを挿入し、回路を記入したＯＨＰシートを活用して回路作成を支援する。実習手引書を活用して回路と制御プログラムの作成を行うことで、生徒のマイコン制御に関する知識・技術の習得を目指す。

４　単元の評価規準

知識・技術	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
マイコンボードを用いた入出力制御についてこれまでの学びを踏まえて理解しているとともに、ＬＥＤ制御に関連する技術を身に付けている。	マイコンボードを用いた入出力制御について制御回路と制御プログラムに着目して、ＬＥＤ制御に関する課題を見いだすとともに解決策を考え、科学的な根拠に基づき結果を検証し改善している。	マイコンボードを用いた入出力制御について自ら学び、ＬＥＤ制御技術を入出力装置と関連させて活用し主体的に取り組もうとしている。

５　単元の評価規準を学習活動に即して具体化

知識・技術	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
ア　ＩＤＥ画面とマイコンボードの特徴や機能について理解し、コマンドを用いて制御プログラムを作成できる。 イ　ＬＥＤ制御に関連したアナログ出力とデジタル出力の知識・技術を身に付けている。	ア　実体配線図を用いて回路作成を行い、ＬＥＤ制御に関する課題を見いだし、改善することができる。 イ　if 文コマンドの判定条件について改善を図った点やその理由を科学的根拠に基づき説明することができる。	ア　自ら進んで粘り強く学習に取り組み、主体的に学習改善に取り組もうとしている。

６　単元の指導計画と評価規準（４時間×２回：全８時間）本時（２回目）：５～８時間目

評価する場面は、次のとおり略記して示す。

（ワ）：ワークシート、（行）：行動観察、（実）：実習手引書

単元	回	【ねらい】・学習活動	評価の観点 知	思	態	記録	評価するポイント（評価する場面）
マイ	1	【マイコンボードのハードウェア構成とＩＤＥについて理解する】 １．身近で利用されている各電子部品の制御についてワークシートに記入させる。	ア			○	１．生活に利用されているマイコン制御について具体的に例をあげて理解できる。（ワ）
		２．マイコンボードのハードウェアの構成と統合開発環境（ＩＤＥ）にいて理解する。	ア			○	２．マイコンボードの各インタフェースの特徴や機能について理解できる。（ワ）
		【制御プログラムのコマンドを理解できる】 ３．ブレッドボードでの接続方法を考		ア		○	３．ジャンパ線を効果的に活用して電子回

コン制御実習		える。 ４．コマンドの使用を理解し、ＬＥＤ制御の流れを説明する。		ア		○	路を組み立てることができる。（ワ） ４．プログラムの動作を開始してから終了までの制御の流れを説明できる。（ワ）
	2	【ＬＥＤをデジタル出力制御し、設定時間で点滅させる】 １．delay コマンドを用いて電流の流れる時間と流れない時間を設定し図を用いて理解する。 ２．ＬＥＤを点滅させて設定した時間で制御できることを確認する。 【ＬＥＤをアナログ出力制御し、輝度制御できる。】 ３．アナログ出力制御を理解する。 ４．ＬＥＤの輝度を制御する。 【スイッチでＬＥＤ制御できる】 ５．スイッチでＬＥＤが点滅するプログラムについて考える。 【温湿度センサでＬＥＤ制御できる】 ６．温湿度センサを接続し、現在の温度と湿度を確認する。プログラムの判定条件を記述し、DHT11 のライブラリを利用して制御プログラムを作成し動作確認する。 【実習手引書で実習内容を振り返る】 ７．実習を作業項目のチェック欄と記入欄で振り返り、できた箇所とできなかった箇所を分析する。設定した目標に沿って学習内容の改善を図る。	イ イ イ イ	ア イ	ア	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	１．マイコンボードのデジタル出力について図を用いて理解できる。（ワ） ２．ＬＥＤの点滅をデジタル出力制御できる。（ワ・行） ３．アナログ出力制御について図を用いて説明し、理解できる。（ワ・行） ４．アナログ出力制御で輝度制御をできる。（ワ・行） ５．スイッチにてＬＥＤが点滅するプログラムを説明できる。（ワ・行） ６．温湿度センサを接続し、現在の温度と湿度を確認できる。判定条件としてセンサを動作させるためにしきい値を検討し、プログラムの判定条件を記述できる。DHT11 のライブラリを利用して制御プログラムを作成することができる。（ワ・行） ７．実習を振り返り、意欲的に学習改善しようとしている。（ワ・実）

７　本時の学習指導

(1) 検証授業

日程：令和３年 10 月 26 日（火）２～５校時

場所：電気科棟３階電気計算機実習室

対象：那覇工業高等学校　定時制電気科３年実習履修生徒（３名）

(2) 主題名

「マイコン制御実習２」

(3) 本時の目標

①　ＬＥＤ制御プログラムと制御回路を作成し、動作させることで、デジタル制御とアナログ制御に関する知識・技術を習得することができる。

②　ＬＥＤ制御プログラムと制御回路を作成し、センサの活用を通して適切なＬＥＤ制御動作を検証、改善することができる。

③　ＬＥＤ制御における制御回路と制御プログラムの作成について振り返り、ＬＥＤ制御学習の改善に向けて取り組もうとしている。

(4) 本時の評価規準

評価項目	具体的な評価指標		
	（B） 「おおむね満足できる」と判断できる状況	（A） 「十分満足できる」と判断できる状況	（C） 「努力を要する」状況と判断した生徒への手立て

【知識・技術】 イ　ＬＥＤ制御に関連したアナログ出力とデジタル出力の知識・技術を身に付けている。	・ＬＥＤ制御に関連したアナログ出力とデジタル出力の知識・技術を身に付けている	（Ｂ）の状況に加え、 ・使用するコマンドの違いや使用するポートの違いを理解しているとともに、制御動作を説明できる。	・実習手引書の内容にそって繰り返し図を用いてアナログとデジタル出力の違いを説明し、理解させる。
【思考・判断・表現】 ア　実体配線図を用いて制御回路作成を行い、ＬＥＤ制御に関する課題を見いだし、改善することができる。 イ　if 文コマンドの判定条件について改善を図った点やその理由を科学的根拠に基づき説明することができる。	・実体配線図を用いて制御回路作成を行い、ＬＥＤ制御プログラムを作成することで、ＬＥＤ制御の課題を見いだし、改善することができる。 ・if 文のコマンドの判定条件について改善を図った点やその理由を科学的根拠に基づき説明することができる。	（Ｂ）の状況に加え、 ・接続する抵抗についてＬＥＤの特性を踏まえて理解することができる。制御プログラムで設定する時間や繰り返し回数の数値などの引数について意味を説明することができる。 ・if 文の判定条件によってどのようにプログラムが分岐するかを説明できる。	・行単位でコマンドの役割を確認するため実習手引書での制御プログラムのコメント文を参照するよう指導する。制御回路作成では、ＯＨＰシートのＬＥＤ回路図を参照させ、ブレッドボードでの使用方法の注意点を繰り返し説明しながら制御回路作成に取り組ませる。 ・if 文の判定条件についてフローチャートを用いて繰り返し説明する。
【主体的に学習に取り組む態度】 ア　自ら進んで粘り強く学習に取り組み、主体的に学習改善に取り組もうとしている。	・自ら進んで粘り強く学習に取り組み、主体的に学習改善に取り組んでいる。	（Ｂ）の状況に加え、 ・身近な生活と関連付けながら学習全体を振り返り、今後の学習改善の見通しを表現できる。	・他の生徒との対話を通して自己成長を認め合いながら自尊感情や学習意欲を高めるよう促す。

８　本時の展開

評価の観点（【知】知識・技術【思】思考・判断・表現【態】主体的に学習に取り組む態度）

学習展開	生徒の活動	教師の活動	使用教材
全体集合 **10 分**	【時鐘】２校時開始 ・生徒による号令。 ・今日の実習の内容 ・各実習室へ移動。	・号令、挨拶、出席点呼、身なり点検など ・諸連絡を説明する。	
導　入 **20 分**	・各種教材を受け取る。 【前時の復習】 ・マイコンボード、統合開発環境（ＩＤＥ）の使用方法を確認する。 【本時の流れの説明】 ・実習手引書とワークシートの説明を聞く ・本時の目標及び授業内容の説明を聞く。	・教材の配布 【前時の復習】 ・実習手引書を確認させる。 【本時の流れの説明】 ・実習手引書とワークシートの説明をする。 ・本時の目標及び授業内容の説明を行う。	マイコン制御 実習器具一式 実習手引書 ワークシート
展開① **60 分**	・ＬＥＤ点滅制御の方法について ①デジタル出力制御 digitalWrite コマンドを用いてＬＥＤ制御する。 ②アナログ出力制御（ＰＷＭ制御） delay コマンドと for コマンドを用いてＬＥＤ制御する。	①デジタル波形を図で説明し、プログラムでの記述方法について理解させる。 ②アナログ波形を図で説明し、プログラムでの記述方法について理解させる。	マイコン制御 実習器具一式 実習手引書 ワークシート 【知】イ
展開① **60 分**	○課題１　ＬＥＤを点滅制御する ①実習手引書の実体配線図から制御回路をブレッドボード上で作成する。 ②実習手引書でプログラムを完成させ、ＩＤＥに入力し、検証する。マイコンボードに転送し、ＬＥＤを制御する。 ○課題２　ＬＥＤの輝度を点灯制御する ①実習手引書の実体配線図から制御回路をブレッドボード上で作成する。 ②実習手引書でプログラムを完成し、ＩＤＥに入力し、検証する。マイコンボードに転送し、ＬＥＤを制御する。	①ブレッドボード上に制御回路を作成する。 ・机間指導を行い、接続の誤りがあれば実習手引書を参照させる。 ②適正にＬＥＤ制御できるよう制御プログラムを改善させる。 ・コマンドの記述の仕方について半角と全角の違いを注意させる。 ・机間指導を行い、わからない箇所は実習手引書を参照させる ①ブレッドボード上に制御回路を作成する。 ・机間指導を行い、接続の誤りがあれば実習手引書を参照させる。 ②適正にＬＥＤ制御できるよう制御プログラムを改善させる。 ・机間指導を行い、プログラムの検証エラーがあれば実習手引書を参照させる。作業項目でわからない箇所は実習手引書を参照させる。	マイコン制御 実習器具一式 実習手引書 ワークシート 【思】ア

展開② 80 分	○課題３　入力基板を回路に追加し、スイッチでＬＥＤを制御する。 ①実体配線図から入力基板とＬＥＤをブレッドボード上で接続し、課題の回路を作成する。 ②実習手引書で、プログラムを作成し、ＩＤＥに入力し、検証する。マイコンボードに転送し、スイッチを押してＬＥＤを制御する。 ○課題４　温湿度センサを動作させ、ＬＥＤを消灯させる。 ①実体配線図から温湿度センサとＬＥＤをブレッドボード上で接続し、課題の制御回路を作成する。 ②DHT11 のライブラリをマイコンボードに書き込み、温湿度センサの値をシリアルモニタで確認する。温度・湿度の計測値をしきい値として判定条件を検討する。制御プログラムを作成後、動作確認を行う。	①実体配線図からブレッドボード上に課題の制御回路を作成させる。 ・机間指導を行い、回路の接続不良があれば実習手引書を参照させる。 ②if 文の判定条件を考えさえ、スイッチを押下してＬＥＤ制御するプログラムを作成させる。適正に制御できるよう制御プログラムを改善させる。 ・机間指導を行い、動作に誤りがあれば実習手引書を参照させる。作業項目でわからない箇所は実習手引書を参照させる。 ①実体配線図から温湿度センサとＬＥＤをブレッドボード上で接続し、課題の制御回路を作成する。 ・机間指導を行い、回路の接続不良があれば実習手引書を参照させる。 ②シリアルモニタで現在の温湿度を確認させる。温度・湿度の計測値をしきい値として判定条件を検討させる。制御プログラムを作成後、動作確認させる。 ・わからない箇所は実習手引書を参照させる。	マイコン制御実習器具一式 実習手引書 ワークシート 【思】イ
まとめ 20 分	・ワークシートをまとめる。 ・学習内容を振り返り、間違えた箇所を考察する。 ・マイコン制御実習器具一式の接続をはずし、片付けを行う。	・ワークシートを整理させる。 ・学習内容を振り返り、間違えた箇所を考察させる。 ・教材・教具の片づけを指示する。	実習手引書 ワークシート 【態】ア

Ⅳ　研究仮説の検証

本研究では、科目「実習」における単元「マイコン制御実習」においてマイコン制御に関する知識・技術の習得を目指すために、実習手引書とワークシートを教材として活用し、全２回（８時間）の授業を行った。検証内容と検証方法をもとに、本研究のテーマである「マイコン制御に関する知識・技術」が身に付いたかの検証を行う（表１）。また、マイコン制御実習におけるブレッドボードでの制御回路作成と制御プログラムを作成させる、ＬＥＤ制御の学習活動をとおして、実習手引書やワークシートなどの教材及びＯＨＰシートなどの教具が適切であったかの検証を行う。

表１　検証内容と検証方法

研究仮説	検証内容	検証方法
科目「実習」における単元「マイコン制御実習」において、実習手引書やワークシートの活用をとおして、マイコン制御に関する知識・技術の習得を図る。	・教材・教具が「マイコン制御に関する知識・技術」を身に付けるために有用であったか	・検証後のアンケート ・検証前後の確認テストの比較
	・マイコン制御に関する「知識」が理解できたか ・マイコン制御に関する「技術」が身に付いたか	・実習手引書やワークシート ・ブレッドボードでの回路作成

１　教材・教具が有用であったか

(1) アンケート

教材・教具が有用であったかを検証するため、検証授業後に、マイコン制御実習に対する興味・関心や実習の取り組みやすさなどについてアンケートを実施した（表２）。

表２　生徒アンケート結果⑥

アンケート質問内容（ｎ＝３）	アンケート回答結果
Ｑ６　制御実習に興味・関心を持ちましたか （持てた　少し持てた　あまり持てない　持てない）	少し持てた （３名）
Ｑ７　実習はスムーズにすすめることはできましたか （はい　いいえ）	はい（３名）
Ｑ８　ブレッドボードに接続することはできましたか	はい（３名）

（はい　いいえ）	
Ｑ９　マイコン制御に必要な知識が身に付いたと思いますか （はい　いいえ）	はい（３名）

「Ｑ６：制御実習に興味・関心を持ちましたか」の質問に、すべての生徒が肯定的な回答をしており、理由として「自分で制御をできたから」や「プログラム制御をしてどんな感じで動作するか楽しく思った」などの回答があった。

「Ｑ７：実習はスムーズにすすめることはできましたか」の質問においても、すべての生徒が肯定的な回答をしており、理由として「実習手引書がわかりやすい」や「やる気があったから」の回答があった。

「Ｑ８：ブレッドボードに接続することができましたか」の質問について、検証前は、ブレッドボードでの接続ができないと答えた生徒が６名中５名であったが、検証後は、検証前で接続ができないと答えた５名のうち実習を行った生徒３名が全員ブレッドボードでの接続ができたと回答しており、理由として「実習手引書の実体配線図を見たから」「実体配線図がわかりやすかった」との回答があった。

「Ｑ９：マイコン制御に必要な知識が身に付いたと思いますか」の質問では、３名とも肯定的な回答をしており、理由として「プログラムを作成したらプログラムどおりに動作させることができた」や「パソコンにつなげてＬＥＤが点滅したとき」といった回答があった。

(2) 確認テスト

制御対象物のＬＥＤに関しては、座学にて学習しているため、単元に入る前にＬＥＤ確認テストを行ったあと、検証授業終了後に、解答や解説は行わず、問題の順番を変えて、確認テストを実施した。

検証前は、各テスト項目において正答することができなかったが、検証後はＬＥＤの各項目に関する質問に対して正答が増えていた（表３）。また、ＬＥＤの極性の見分け方に関する問題では、ＬＥＤに極性があることを理解し、端子の長い方と短い方の極性をきちんと区別して解答していた（表４）。ＬＥＤやセンサの活用例を問う問題では、検証前よりも専門用語が多くみられ、ＬＥＤやセンサに関連した知識の向上がうかがえた。

ＬＥＤ回路とＬＥＤの使用電源の種類の問題では、解答が未記入であったため、改めて口頭により、この２つの問題について質問を行った。質問「ＬＥＤの使用電源の種類について」では実習と家庭で使用する電源を間違えて答える場面はあったものの電源の種類（交流・直流）を理解していることが分かった。質問「ＬＥＤの回路に関する問題」では、ＬＥＤが抵抗に必要な理由を「ＬＥＤ素子の保護のため」と正当な解答があり、どちらの質問にも生徒が内容を理解して答えていることがわかった。

表３　確認テスト結果

生徒	実習前後のＬＥＤ確認テストの正誤							
	ＬＥＤ回路図記号		ＬＥＤ基本回路		ＬＥＤの使用電源の種類		ＬＥＤの極性の見分け方	
	前	後	前	後	前	後	前	後
A	×	○	×	○	×	×	×	○
B	×	○	×	×	×	○	×	○
C	×	○	×	○	×	×	×	○

表４　確認テスト（抜粋）

ＬＥＤの極性についての問題		
	（検証前）	（検証後）
生徒Ａ	未記入	長い方が＋、短い方が－
生徒Ｂ	未記入	長さで見分ける
生徒Ｃ	長い端子は、本体に近い 短い端子は、電源に近い	足が長い方が＋、短い方が－
ＬＥＤの電流を調整するには何を接続するか		
	（検証前）	（検証後）
生徒Ａ	未記入	抵抗
生徒Ｂ	未記入	未記入
生徒Ｃ	未記入	抵抗

(3) 考察

生徒の解答からは、ＬＥＤやセンサを家庭で活用している様子が見て取れるなど、自身の生活で利用されていることの理解が得られた。

以上のことから今回作成したマイコン制御における教材・教具は生徒のマイコン制御学習に

有用であることがわかった。

２　マイコン制御に関する「知識」が理解できたか

マイコンボードの仕組み、制御回路作成と制御プログラム作成に関する知識を実習手引書の取り組み状況やワークシートの問題から見取るため、学習するコマンドの使い方や意味を含め、実習手引書で例題を解説しながら理解させ、ワークシートの問題に取り組ませた。

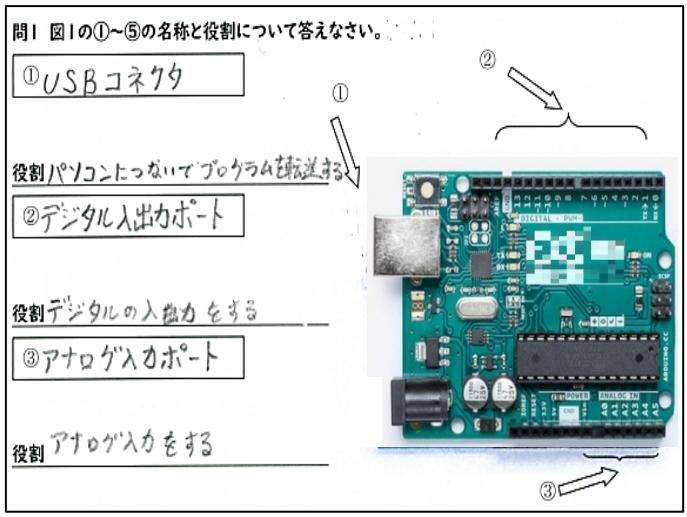


図 14　生徒Ａ使用のワークシート（抜粋）

実習手引書やワークシートでは、コマンドの意味や引数の指定、マイコンボードのポートに関する練習問題（図 14、図 15）からセンサを活用した応用問題へと少しずつ難易度をあげていき、取り組ませた。生徒への口頭による質問からも「わかりやすかった」「すすめていくことでできるようになった」といった回答があった。

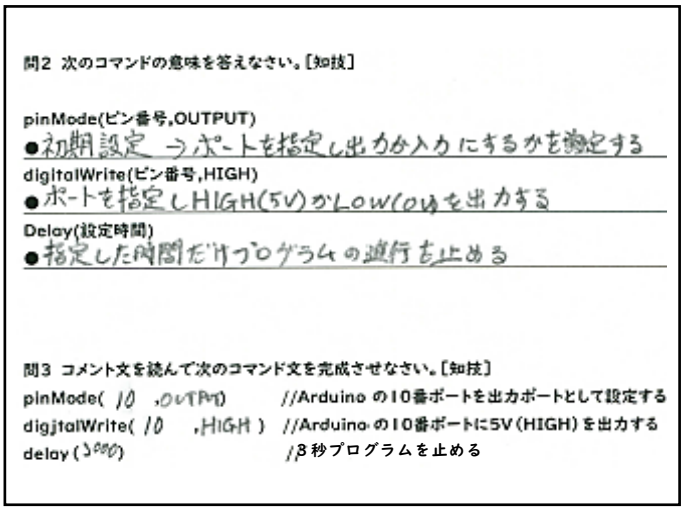


図 15　生徒Ａ使用のワークシート（抜粋）

さらに、実習手引書には、課題を作成するまでにうまくいかなかったことやわかったことを記入する箇所を設けたところ、生徒は、それぞれの課題に対してどう感じたかや完成後にどのような制御が行えたかについて記述していた。記述内容からは、生徒が課題を完成させるために少しずつ記録をとりながら知識を整理していることがうかがえた（図 16）。

使用するコマンドの意味については、１回目の検証授業での学習を通して理解しているため、２回目の検証授業では、制御プログラムの中でコマンドをどのように活用していくかに重点をおいた。具体的には、実習手引書において制御プログラムの各行ごとにコメント文を設けてそれに適したコマンドを考えさせ、選択肢から選択させた（図 17）。ワークシートでは、コマンドを記述させて制御プログラムを作成させた。ＩＤＥ画面に入力した際に、スペルの誤りによるエラーが発生すると、生徒は、実習手引書の内容を思い出すなどして間違いに気付くことができていた。教材間で問題を関連付け、選択問題から記述問題へと段階的に難易度を上げたことで課題に取り組み易くなったと推測される。

生徒	記述箇所	記述内容
生徒Ａ	例題１	・プログラム作成がちょっとむずかしい
	例題２	・明るさが暗い ・後のdigitalWriteと後のpinModeのプログラムをまちがえた
	例題３	・だんだん明かるくなってだんだん暗くなっていく
	例題４	・digitalWriteとpinModeの書き方が反対 ・十一のさしまちがえ ・プログラムの一部がちがう

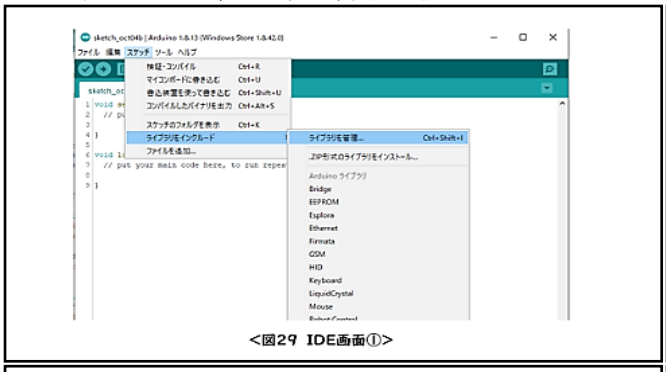
図 16　実習手引書の記入欄（抜粋）

２回目の検証授業では、応用問題としてエアコンなどの家電に幅広く利用されている温湿度セ

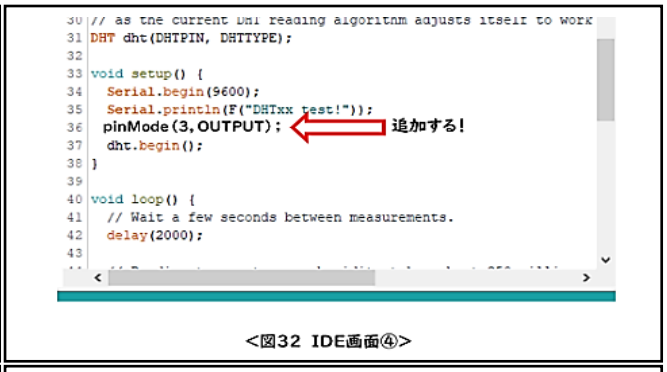
ンサで温度と湿度を計測する課題に取り組ませた。温湿度センサを動作させる制御プログラムは、複雑であるため、ライブラリと呼ばれる制御プログラムの集まりから、関連する制御プログラムを選択・ダウンロードさせた後に、必要な箇所を書き換えさせることで完成させる。具体的な操作方法は、実習手引書にて操作画面の遷移図を掲載し、参照させながら取り組ませた（図 18)。生徒は、書き換えたプログラムをマイコンボードのメモリに書き込み、動作させることにより、ＩＤＥ画面で現在の温度と湿度の時間的変化を確認することができた。ライブラリの利用や制御プログラムの書き換えを行わせることで、マイコンボードを活用する応用的な知識を理解させることができたと考える。

また、温湿度センサをスイッチの役割として活用させる課題からは、思考・判断・表

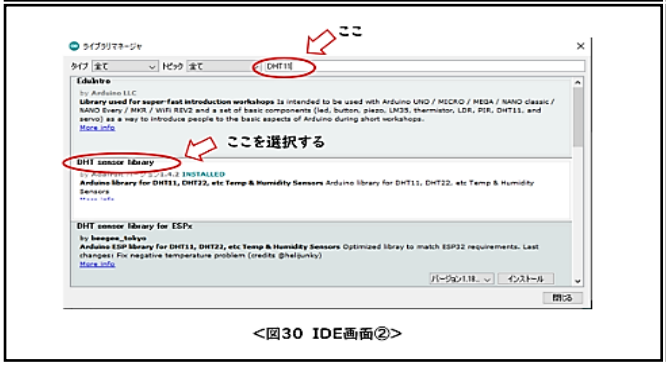
図 17　生徒使用の実習手引書（抜粋）



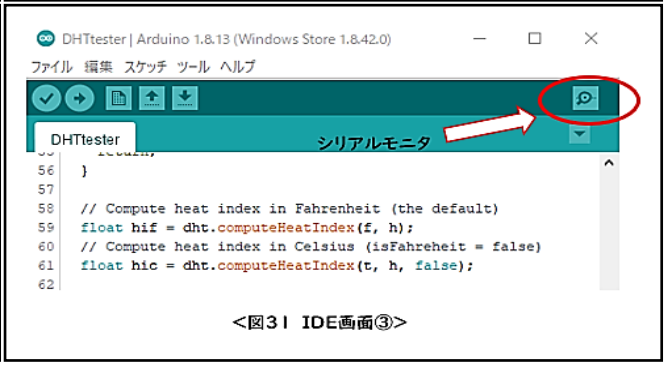
<図29 IDE画面①>



<図32 IDE画面④>



<図30 IDE画面②>



<図31 IDE画面③>

図 18　ＩＤＥ画面遷移図（抜粋）

現の観点を見取った。生徒は、現在の温度と湿度をＩＤＥ画面にて確認し、温度あるいは湿度のいずれかを判定条件として選択（思考）し（図 19㋑）、気温 30℃の値をしきい値（判断）に設定（表現）した（図 19㋐）。温湿度センサを手で温めるなどして温度を変化させることで、30℃を境目にしてＬＥＤをオンからオフに制御する知識と技術を学ぶことができた。

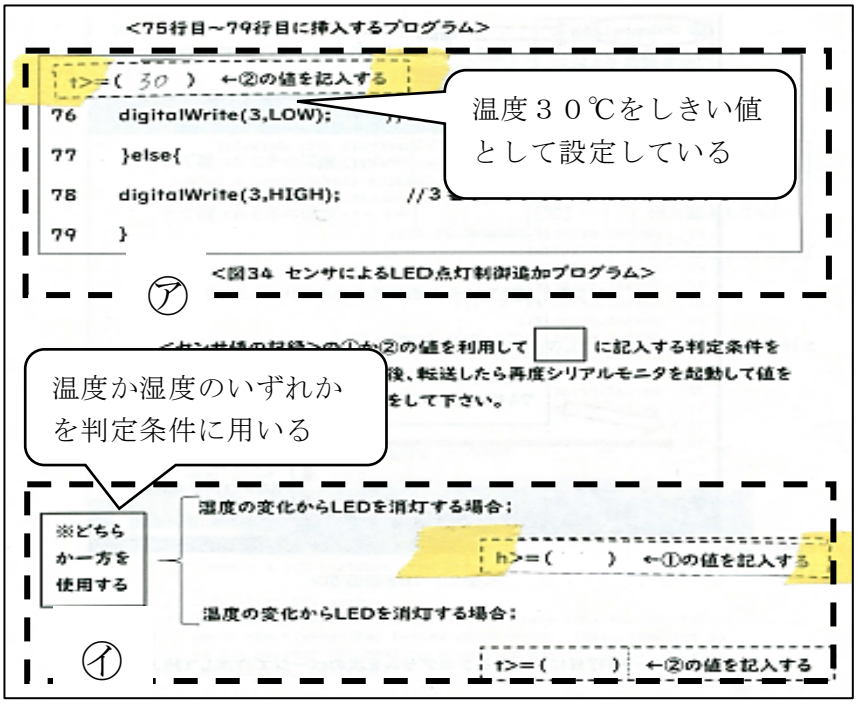


図 19　生徒使用の実習手引書（抜粋）

１回目の検証授業では、生徒全員が、実習手引書の課題を完成し、ワークシートに取り組むことができ、２回目の検証授業では、１名の生徒は、実習手引書の課題を完成後、時間内にワークシートの問題に取り組むことができなかった。原因として、生徒は、応用問題の回路作成に一つ一つ丁寧に作業手順を確認しながら取り組み、時間を費やしていたことが考えられる。マイコン制御に関する知識を自ら理解している取り組みが見られたが、課題の作成に時間がかかっていることから、学習内容の見直しが必要である（表５）。

表５　教材の取り組み状況と得点

生徒	実習手引書の取り組み状況	ワークシートの点数（１００点満点）
A	○	90/100
B	○	―
C	○	100/100

３　マイコン制御に関する「技術」が身に付いたか

制御技術に関する「技術」は制御プログラムを実行させ、ＬＥＤを制御させることで見取った。生徒は、チェック項目に従って課題完成までの見通しと作業内容の確認を行った（図 20）。

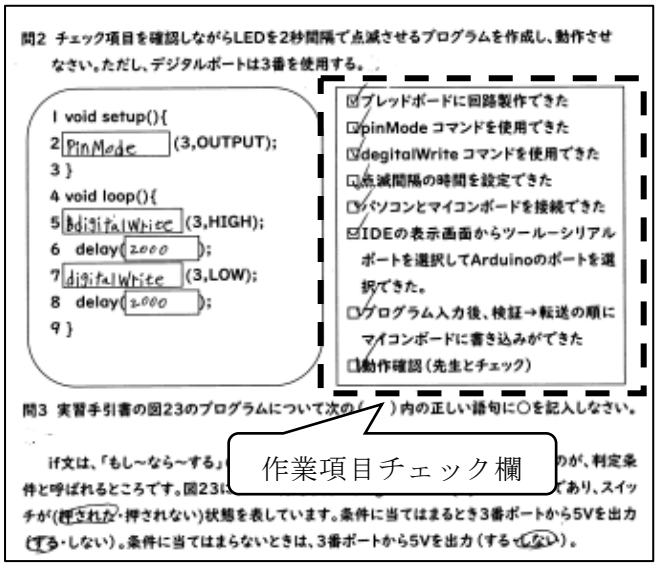


図 20　生徒使用のワークシート（抜粋）

課題にはデジタル出力によるＬＥＤ点灯と点滅制御、アナログ出力によるＬＥＤ輝度（明るさ）制御、スイッチや温湿度センサからの信号によってＬＥＤを制御する内容を設定した。課題を完成させるために使用するコマンドやポートへの接続作業など必要な作業手順についてチェックさせた。作業のチェック項目には、生徒に「マイコン制御実習には欠かすことのできない技術」を理解してもらうため、制御プログラムの検証、パソコンとマイコンボードとの接続、マイコンボードの接続ポートの選択、制御プログラムの転送を設定した。

回路作成では、ブレッドボードでの接続の誤りをなくすため、チェック項目において担当教員との動作確認の項目を設け、接続の誤りがないことを確認し、動作させた。１回目の検証授業で

は、ブレッドボードでの回路作成の課題に取り組ませたが、生徒の中には、実体配線図から、配置する部品と部品の接続部分をブレッドボードにどのように取り付ければよいか理解できない生徒もいた。そこで、２回目の検証授業では、実体配線図においてブレッドボードにおける端子挿入箇所の強調や回路記入ＯＨＰシートの活用をとおして接続作業を支援した。

実習を行う中で、生徒は、自ら回路作成を行い、制御プログラムを作成し、マイコンボードにプログラムを転送することで、ＬＥＤを制御させることができており、検証授業をとおして、マイコン制御に関する技術が身についたと考える。

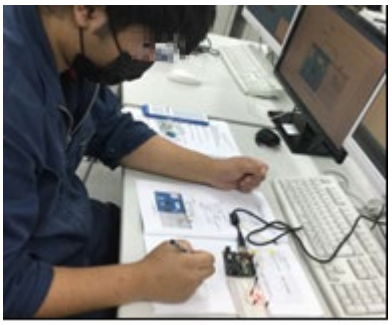


図 21　検証授業の様子

４　検証のまとめと考察

本校定時制電気科では、これまで、科目「実習」において学んだ知識を活用し、実践的・体験的な学習活動を行ってきたが、事前のアンケート結果からは、マイコンや制御に関する知識・技術が身に付いていない課題があった。そこで、科目「実習」におけるマイコン制御実習における実習手引書とワークシートの作成を行い、作業手順の確認や実習手引書の内容を振り返る学習活動により、マイコン制御に関する知識と技術の習得を目指すことを目的に検証を行ってきた。

制御回路や制御プログラム作成の学習において作業手順を確認させ、ブレッドボードでの接続作業が苦手な生徒には、実習手引書を活用してブレッドボードにおける接続の挿入箇所を強調し、回路を記入したＯＨＰシートをブレッドボードに貼り付けることで接続作業の支援を行った。これまでの実習では、生徒は実習手引書を活用する姿勢があまりみられなかったが、新たな実習手引書をもとに生徒一人一人がマイコン制御実習の課題に取り組むことで、知識・技術の習得がみられた。生徒は、課題完成にいたるまでに実習手引書を活用して課題を解決しようとする姿勢がみられ、アンケートからも生徒が、興味・関心をもって実習に取り組んだことがわかった。ワークシートでは、関連知識を実習手引書で振り返り、一つ一つ作業項目を確認しながら課題を完成する場面もみられ、自信を深めていく様子がうかがえた。また、本研究では、学習したＬＥＤ制御に関する知識・技術を身近な生活に関連付けることなどの学習活動が十分でなかったと考える。実習手引書の記入欄を活用するなどして今後の授業改善につなげていきたい。

Ⅴ　成果と課題

１　成果

(1) マイコン制御実習において、実習手引書とワークシートなどの教材を活用することで、生徒は、作業項目を一つ一つ確認しながら回路や制御プログラムを作成することができ、マイコン制御に関する知識・技術の習得を図ることができた。

(2) 回路作成が苦手な生徒でも、補助教材ＯＨＰシートを活用することで回路作成を行い、理解を促すことができた。

２　課題

(1) 動作確認時に作業手順のチェック漏れや実習手引書の記入欄への未記入もみられたため、作業手順のチェックや実習手引書の記入欄への書き込み時間を確保する必要がある。

(2) 実習担当教員との動作確認だけでなく、生徒自身が安全に留意し、正確に回路作成を行えるように回路接続手順の追加も検討する。

〈参考文献〉

文部科学省国立教育政策研究所教育課程センター　2021　「『指導と評価の一体化』のための学習評価に関する参考資料」
田中博之　2020　「『主体的・対話的で深い学び』学習評価の手引き」　株式会社　教育機関研究所
文部科学省　2018　「高等学校学習指導要領解説工業編」
高木孝頼　2014　「みんなのArduino入門」　株式会社リックテレコム

〈参考WEBサイト〉

ニッポンの産業技術50年
https://www2.jsf.or.jp/industry50/mamechishiki/mamechishiki06-1.html（最終閲覧2021年５月）