

総合制作実習「点描作画装置の製作」

大山有利*

点描により作画を行う装置の製作をテーマとして電子情報技術科の総合制作実習を実施した。これにより学生が製作した作品は、あくまで基礎的な技術の組合せながらも、地道な努力と小さな工夫を重ねる意欲的な取り組みにより、極めて動作が安定した製品として完成を見た。その後、この作品は近畿ポリテックビジョン2017において数ある展示作品の中から優秀作品賞に選ばれた。本稿では、学生が製作した作品の概要ならびに点描作画装置の製作を通じて学生に対して行った指導について報告する。

Keywords : 総合制作実習, 技術習得, 課題設定, 製作指導.

1. はじめに

「総合制作実習」は電子情報技術科の専門課程2年間の訓練の集大成となる実習として、電子情報技術科の訓練要素をできる限り盛り込み、学生作品を完成させるものである。通常の授業だけでは不足する経験を補う形で幾分複雑なシステムの製品開発プロセスを体験し、より完成度の高い製品の開発を学ばせることを目的としている。本稿では「点描作画装置の製作」[1]をテーマとした総合制作実習の実施について報告する。電子情報技術科では電子関連のハードウェア、ソフトウェアならびに通信に関する技術の基礎を学ぶ。それらの基礎的な技術を実社会におけるシステムに適用するには、開発プロセスで生じる多様な問題への対処や使用時のトラブルを防ぐものづくりについて学ぶ必要がある。これらに注意を払いつつ点描作画装置の製作を指導し、安定で確実な動作をする作品が仕上げられた。これは、基礎的な技術の組合せに拘り、生じた問題の一つ一つに対処し、小さな工夫を重ねた意欲的な取り組みの成果である。また、この取り組みを支えたのは、学生自身の興味や目標に対する意識であり、製作意欲を喚起するテーマの重要性を示すものである。以下に、取り組みの内容を課題設定、作品システム構成、製作指導の3項目に分けて順に述べる。

2. 総合制作実習で課す課題について

2.1 テーマ設定 総合制作実習において最初に問題になるのは、テーマの設定である。総合制作実習における学生のモチベーションが長期的に維持できるかどうかに関して、テーマ設定は極めて重要である。今回の総合制作実習では最初の課題としてテーマ設定を学生自身に課し、一定の制約条件を与えた上で学生に自由に発案させた。自ら発案したテーマを実現することで達成感を高める狙いがあり、今回の総合制作実習では大変成功したと言える。しかし、発想が貧困な場合やスキル不足で自ら納得のいくテーマが設定できない場合は、意欲の低下に繋がることもあり諸刃の剣である。ところで「やりたいこと」は人それぞれであり、グループ単位のテーマ設定も学生の意欲を半減させる可能性がある。これはあくまで筆者の主観であるが、一般的

傾向として成績上位の学生ほど「やりたいこと」に対する意欲が強いように思われる。成績下位の学生は、「やりたいこと」があっても、一人では実現できないという不安のためか、「やりたいこと」よりもグループを組むことを優先する傾向にあるようであるが、結果的に「それほどやりたくはないこと」に加わって意欲を半減させ、あまり良い結果には繋がらないと考えられる。一人ずつ別のテーマ設定を行えば、各自の希望やスキルに合った設定ができて好ましい。一方で、学生同士で相談できない、指導員の負担が大きいといった問題もあり、特に難易度の高いテーマではデメリットの方が支配的になる。筆者はこのような状況を踏まえて、軽めのテーマでもよいので可能な限り一人ずつ別の作品を作るように指導しているが、今回については学生が終始一人で取り組むにはいささか重すぎるテーマであった。それにもかかわらず、学生自身の希望により一人での取り組みとなった。これは、訓練としては相当に挑戦的であったと言える。

2.2 作品イメージの具体化 テーマの設定後、完全に「無」の状態から自分なりの作品を作りあげるという作業は学生にとってかなり高いハードルとなる。そこで、最初の発想については、例えば mDrawBot[2]のような類似の既成品を先例として完成品をイメージさせる。その上で自分が作る作品像や自分なりのアイデアをブレインストーミング的なやり方で提案させた。この段階では実現の可否を問わず、自由な発想を可能な限り言語化させることに注力した。この段階では、例えば、ラッピング電車のボディー塗装を行なう長尺物用塗装装置、砂の代わりにビーズを用いる砂絵作成機など、多様な作品イメージが生まれた。指導員とのミーティングを重ねて、最終的にこれらの案の中から学生自身が点描画の作成装置を選択したのである。あらゆる製品開発において発想力は最も重要であり、その大切さを伝えたいという思いとともに、学生の自主的選択によるモチベーション向上に期待しての指導である。

2.3 開発スケジュールの立案 毎年2月に実施される発表会に間に合わせるためには、6ヶ月程度での完成を目指す必要がある。学生が制作物を自主的に選択した場合、年度初めにその実現性について判断すること

* 電子情報技術科

は必ずしも容易ではない。特に、開発経験のない学生が何の根拠もなくスケジュールを組んでも机上の空論に終わるし、学生によっては作品の具体化案そのものが期間内に実現困難な規模である場合もある。前述の通り自由な発想は貴重であり、それを否定することの弊害は学生の意欲半減にとどまらないが、その一方で、企業における納期の感覚を体得させる上で、限られた期間での作品完成は必須である。よって、この段階では、ある程度の夢物語を許容しつつもミーティングで「実現可能性」について検討し軌道修正を図る。開発スケジュールの立案は、機能を実現する方法論、デバイスの選択などと絡めて行き、「期間内で製作を終えることができる作品」の構想という形でまとめさせる。同時に、適切な要素技術を数多く織込み、単なる「作品」から「教材」として成立するように指導員が助言する。ここでいう適切な要素技術とは、徒に高度な技術や新規技術でなく、学生が将来就職した際に現場で役に立つ基礎となる技術を指している。高度なものや新しいもの、あるいは特殊なものは、その学生の就職後は使わなかったり応用の幅が狭くなったりするから、あくまで基本に忠実に作業できるように指導する。この指導方針は他の一般的教科と同様であるが、「教材」としての質はこの段階で決まるので、指導する立場では、一連の開発プロセスの中で最も気を遣うべき段階である。

2.4 機械技術と電子技術が交わる部分の技術習得 総合制作実習の中で、とりわけ本製作において学生が学ぶべき課題の一つは機械技術についてであった。電子情報技術科のカリキュラムには簡単な機械加工や機械図面は含まれているものの、機械設計はもとより基本的な機構や材料についての知識もほぼ与えられていない。高校の普通科卒の学生にとっては知識が皆無と言ってよい分野である。しかし、卒業後に工場の生産現場などへ就職することを考慮すれば、少しでも現場に近い設備や機器を知るべきである。もちろん電子情報技術科の学生であるから、自身で機械設計ができるまでのスキルは不要である。求められるのは、短時間で制御対象の機械について理解し、電気的あるいはソフトウェア的に制御を最適化するスキルである。したがって、一から作らせるのではなく、設計例を示して実際に出来上がる様を見せ、機械の組立てとはいかなるものかを教えていくことになる。ねじなどの機械要素や材料についての基礎知識、組立てに必要な機械工具の使用法やコツなども合わせて学ばせる。

2.5 電気機械の制御技術の拡充 残念ながらステッピングモータのような電気機械についても、電子情報技術科において学ぶ機会は少ない。基本的な電動機についての知見は得ていても、多種多様な電気機械についてわずかな時間で消化することはできない。製作開始当初、学生はステッピングモータについてもほぼ知識のない状態であった。当然、新たな技術の習得が必要となる。習得期間短縮のためいくばくかの基礎知識を付与し、あとは学生自身に調べさせる。なお、電子部品のマニュアルは、紙媒体の英文のものを含め、メーカーが提供しているものをそのまま学生に使ってもらう

ようにしている。今日、ネット検索や翻訳ソフトなど調査を助けてくれるツールは多数あるので、それらを駆使しつつ内容を理解することで、技術英語や専門用語に馴れ親しみ、技術文書の読解力を高める機会となる。また、ソレノイドなど一部の部品は、過去の総合制作などで実績のあるものを使ってもらった。人的資源が少ない中で全ての資料調査をやろうとすると学生の負担が過大になり、できることまでとてもムリだと諦めてしまう恐れがある。このように作業量を調整しやすい部分で負担を加減する。

2.6 ソフトウェアの開発 ソフトウェアプログラミングは電子情報技術科の最重要要素であり、1年次においても相当な授業時間を割いていることから、基本的に自力開発を求めた。最低限でもフロー設計からコーディングまでをこなし、十分なデバッグを経て安定動作に結びつける。機械的に確実な動作が期待できる部分と、予期しない状況が起こりうる部分とを切り分け、例外処理をきちんと処理する必要がある。ソフトウェア仕様のレベル調整次第で、自身の掲げたハードルの高さにも手も足も出ず、途中で意気消沈する学生もいる。しかし、作品の成否はこのときモチベーションを維持できるかどうかにかかっている。幸い本作品では、そのようなことはなかったが学生の本気度が試される。

3. 作品のシステム構成の概要

3.1 機構 図1に示すように、直交座標系で動作する移動ロボットをベースとしている。X軸のペン移動はステッピングモータ(図1の M_x)を駆動源とするベルトドライブ構成で、機構的には単純かつオーソドックスな手法によっている。機械技術の基本的な要素を学ぶにあたっては特殊な仕掛けは不要であり、基本に徹することが好ましい。原点と上下限の位置検出スイッチを有し、いわゆる位置決め動作における原点復帰などの基本的な動作についても学べる構成である。Y軸方向のペン移動もステッピングモータ(図1の M_{y1}, M_{y2})によっているが、こちらは車輪として装置全体を移動させている。本体そのものが移動するのでY軸方向は任意の動作開始位置を原点とする。両輪の駆動を2個のモータで別々に行うため、モータの動作を同期させる必要がある。さらに駆動パルス数や回転角と本体の位置や速度との関係について考え、モータの位置制御について学べる。また、描画点を打つときのペンの昇降

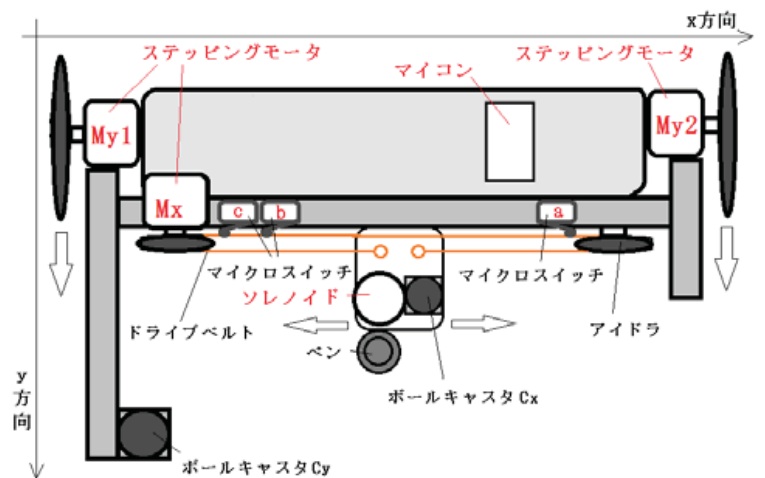


図1 装置の概要 (参考文献[1]より引用)

動作はソレノイド駆動によっている。プッシュ型直流ソレノイドのプッシュバー先端で、ペンを固定した板ばねを直接押し下げて紙面に点を打つ。

3.2 駆動回路 制御システムは図2の構成でステッピングモータ3基、ソレノイド1基を制御している。ステッピングモータ用のドライバICを用いた駆動回路はマイコンから直接的に制御する。位置検出スイッチ入力と合わせて、授業で学んだ一般的な入出力回路設計ならびにプリント基板設計・製作の復習として開発に取り組んでもらった。なお、ステッピングモータの駆動回路は2相励磁動作を採用している。必要なペンの移動ピッチ(0.9mm)がモータの回転角に比して長かったため、2相励磁採用により駆動パルス周波数を下げてモータの動作を安定させることを優先した。また、ソレノイドの駆動回路はトランジスタによる半導体スイッチでシンプルに構成した。

3.3 ソフトウェア 開発はマイコン基板(Raspberry Pi 3)上のC言語コンパイラで直接行なっている。マイコンにLinux系のOSを搭載してC言語開発環境を整備することで、授業で使用してきたLinuxやC言語への理解を深めることができる。また、近年のマイコンの処理能力向上によって画像など比較的大きなデータの処理も可能になってきており、小規模システムでも画像処理を学ぶことができる。本作品においても写真等の濃淡画像を描画するにあたって簡単な画像処理を行っている。すなわちビットマップ画像を16階調のグレースケール画像に変換し、さらにその1画素を縦4ドット×横4ドットの点集合として2値化する。例えば、20×20画素の原画像は80×80ドットの点描データに変換されることになる。このため、描画速度の問題は初期の段階で明白であった。仮にソレノイドの吸引動作時間を0.3s、80×80ドットのうち点を打つ比率を50%としてもペンの昇降時間だけで960s必要になり、その外にX-Y移動時間やドウェルタイムも確保する必要がある。しかし、重要なのは、総合制作における作品の性能確保ではなく、このようなシーケンスをプログラムしながら、動作を時間軸でも評価して、性能を上げる『工夫をどのように凝らすか』であると考えている。例えば、ドット配置データを画素ごとではなくドット1列ずつに変換後取出して点を打ち、無駄なペン移動を減らしている。その一方で、高速化のためにX軸の±双方向での点打ちはせず一方向のみで点を打ち、精度や仕上がりを優先している。このようなト

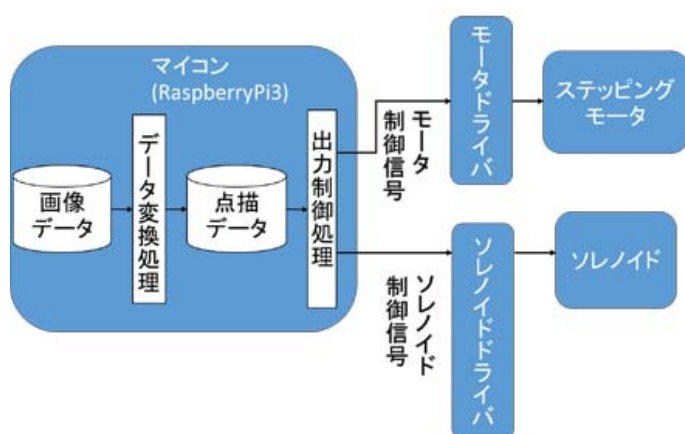


図2 制御システムの構成 (参考文献[1]より引用)

レードオフの際のバランス感覚を養うことも大切であろう。

4. 作品完成までの経過と指導

4.1 部品調達 比較的期間の長い実習ではあるが、作品の構想から行うとなると、部品調達についての学習に割ける時間は少ない。特に、専門課程2年になったばかりの学生は工業部品の知識がまだまだ乏しいため、構想や予算、作業性、調達可否などを勘案して適切な部品を指導員がある程度提示しなければならない。その際、各部品の選定理由などを併せて説明することで、学生の知識を拡充することができる。また、各部品の入手が容易であるかどうか確認するときも学生に対する指導の機会となる。すなわち、一般の電気製品に補修用性能部品の最低保有期間というもの知られているように、学生作品にあっても完成後のメンテナンスや故障に対して配慮するように指導する。

4.2 実機の製作について 製作において生じた問題と対策や工夫について記しておく。

1) 車輪の滑り…車輪の機械加工に時間をかけないために市販のアルミ製プーリを流用したが、車輪と台の間の摩擦が小さく、電線が軽く引っ張られる程度で滑った。現象そのものは単純であるが、目視での確認が困難であったので、「車輪が滑っている」という事実を確認する方法について考える必要があった。「どうも滑っているらしい」という推測で行動するのではなく、『明確に原因を突き止め、最も適切な対策を施す』という基本的なアプローチを実行させる機会として貴重であった。なお、この問題は、プーリにゴムリングを嵌めるといった機械的な対策を施して解決した。

2) ペンの固定と振動対策…描画の際、点打ちの衝撃によりペン先が傷みやすい。ペンをゴムリングに引っ掛けて固定することで、ペン交換の容易性とクッション性を同時に確保している。ペンを固定している板ばねも点打ちの衝撃を緩和するために使用している。しかし、衝撃が吸収される代わりに、板ばねで生じる振動が大きく長く残り、ドウェルタイムも延びてしまった。このため、振動を抑制するダンパが必要であったが、構造の工夫と制振材料の採用により、極めて小さく簡単な仕組みで制振を実現している。多数の制約条件のもとで対策を工夫する訓練となった。

3) 制御回路基板の小型化…ステッピングモータごとに合計3組のドライバ回路が必要になるため、制御回路基板は当初計画よりもかなり大きくなった。メンテナンス性などについても指導する必要があるから、コネクタを多用して修理交換可能なブロック化することなどにより、基板面積は学生の試作段階よりもさらに大きくなることもある。最終的に、積層構造とすることで小型化を図ることができたが、これは何度も基板の試作と修正を繰り返した学生の粘りの成果である。

4) 電源の供給方法…各々の回路に対し、複数電圧の電源を必要としたが、一般的なレギュレータICや小型電源アダプタの活用に加えて、駆動回路の工夫なども行ない、全体の小型化を図っている。これは、一般的ではない独自の技術を採用するときの予備試験などを

やってみせる機会となった。

5) 回路焼損の問題…今回の製作過程においても、マイコン基板やモータドライバといった基幹部品の焼損があった。過去、毎年のように起きる事象である。不注意による不適切な回路接触、あるいは単純な接続ミスや知識不足による誤配線など原因はさまざまである。毎年、異なる学生がやってしまうので、なくなることはない。しかし、学生のこうした失敗は、注意深く作業できるようになるための貴重な経験である。初めから注意深くできれば言うことはないが、やってみて初めて気づくことも多い。さらにはそういった失敗が起きない設計にまで思考が及べば、それは大きな成長である。大切な経験であると割り切り、予算効率の問題があったとしても十分な予備部品を準備して臨みたいものである。ただし、これらは非常用であって学生には予め告知せずにおき、失敗したときの対応について学生が考える機会とすることも忘れてはならないであろう。

4.3 動作の安定性について 動作が安定でかつ確実であることは、筆者が本総合制作実習において常に重視し、課題として強く学生に求めていることである。商品開発において、頻繁にトラブルを起こすような設計は完全に失敗作と言ってよい。筆者が学生作品を見てきた中では、故障しにくい設計やトラブル時の対応、故障を防ぐメンテナンスといった視点が欠落しているものが多いように思う。前述のように随所に工夫を凝らし、十分な試運転と改良を行えば、学生であっても故障しにくい機械が作れる。本作品の動作は非常に安定している。作品展示の際、展示発表者が製作者ただ一人であるため離席を余儀なくされることもあったが、本作品では無人で動作させたまま何の躊躇もなく離席可能であった。製作者の自信の表れである。

4.4 完成作品 図3が完成した作品である。また、図4はこの作品によって描画された画像を写真撮影したものである。ドット数が200×200と少ないため粗削りではあるが、点描らしい画像再現となっている。この画像の出力サイズは縦横約180mmである。

5. おわりに

以上のように、開発プロセスでの問題解決や使用時トラブルを防ぐものづくりに留意して指導を重ねた結果、安定で確実な動作をする作品に仕上げることができた。学生作品ならではの荒削りな部分も多々残されてはいるが、短期間でここまで仕上げた学生には賛辞を贈りたい。何より良かったのは、学生自身の満足度が大いに高かったことである。これで所期の目標は達せられたと考える。決して一人の力で成しえたものではなく、周りの多くの協力を得て完成した。しかし、自身の作品を良くしたいという学生の意欲と希望が大きな原動力となり、周囲を動かしたことは疑う余地がない。本作品は近畿ポリテックビジョン2017において展示部門の優秀作品賞に選ばれたが、その結果の受賞であると考えられる。

最後に、本作品を通じた学生の技術習得についての所感を述べたい。わかって楽しいが最もうまくいくこ

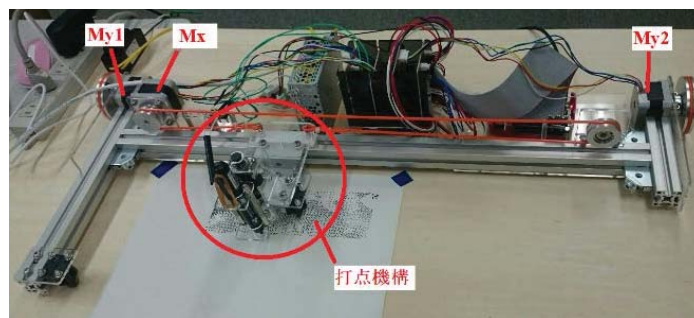


図3 完成した作品 (参考文献[1]より引用)



図4 作品によって紙面上に描画された画像

とは間違いないし、わからなくて楽しくないのが習得に際して最も非効率的であることも大方の予想どおりであると考えられる。しかし、「わからないけど楽しい」と「楽しくないがわかる」は甲乙つけがたく、各々にどちらがよいか、意見の分かれるところであろう。残念ながら、学生にとって利用した技術すべてを理解するのはなかなか難しいのが現状である。実際、今回の作品に取組んだ学生は成績優秀者であったが、それでもなお技術力としては未熟なまま終わっている部分が多い。しかし、ものづくりは楽しいという意識や今後もっとやってみようという意欲へと繋がることはほぼ間違いないであろう。取組む内容はわれわれと異なるのだが、秋津コミュニティ顧問である岸が記した「楽しいと思えば続けられる」「『わかる』に重きを置くと、わかったことで満足してしまい先に続きにくい」[3]という言葉は興味深い。学生が授業の内容を超えて技術を磨いていくためには、学校で習得する技術そのものよりも面白みを経験することが大切である、という半ば当たり前のことに改めて思い至った次第である。

謝辞

ここに、果敢に総合制作実習に取組んで良い作品を仕上げ、また、本稿に図を提供してくれた大塚真子君ならびに彼女をサポートしてくれた諸氏に謝意を表す。

文献

- [1] 大塚真子：“点描作画装置の製作”，近畿職業能力開発大学校 平成28年度総合制作実習・開発課題実習報告書, pp.38-39, 2017.
- [2] Makeblock Co., Ltd.: mDrawbot, <http://www.makeblock.com/mdrawbot-kit/>, 参照: 2017.06.15.
- [3] 岸 裕司: 「わからないけど楽しい！」まち育てに必要なワクワク感, WEDGE Infinity 2014.11.20.記事, <http://wedge.ismedia.jp/articles/-/4446>, p.3. 参照: 2017.06.12.

(2017年06月30日提出)