

日産科学振興財団 理科 / 環境教育助成 成果報告書

回次：第 5 回 助成期間：平成20年11月1日～平成21年10月31日（期間1年間）

テーマ：ワイヤ放電加工機の開発におけるモノづくり教育

氏名：平尾 篤利

所属：国立高等専門学校機構
福島工業高等専門学校

登録番号：08135

1. 課題の主旨

昨今、全国の教育機関において、モノづくり教育に対する要求が多い。このため、モノづくりを組み込んだ実習・授業が広く行われている。しかし、現在のモノづくり教育は市販のキットを用いた『組み立て』に留まっているのが現状である。一方、高等専門学校では、モノづくりを重視した実践的な技術者の育成を目指した教育を実施している。この、モノづくりや高等専門学校におけるロボコンなどの部品製作には、放電加工機が利用されている。これは、放電加工機が高精度に材料を加工することができ、さらに材料の硬さに依存することなく加工が可能であるからである。材料の硬さに依存しないため、放電加工機は自動車産業の金型生産などに広く用いられ、精密加工に対して不可欠な加工機となっている。

そこで本研究では、パームトップ型の放電加工機を自作することを目的とする。加工機を自作することで、設計、発注、加工および組立などについて幅広く学習することができる。さらに、放電回路、制御回路なども自作し、放電加工の加工原理、電子回路および電気回路についても学習する。このように加工機、放電回路および制御回路、これら全てを自作することで幅広い学習効果が期待できる。

2. 準備

本研究の実施内容は以下の3つに大別される。

- 1) 設計・製図・3Dモデルの構築:3D-CADを用い、自作加工機の干渉を確認する。
- 2) 放電加工機の自作:加工機の構造部品の選定・加工(ボール盤, 旋盤, フライス盤)
- 3) 電気回路・制御回路の製作:放電回路の学習および製作(分圧, バッファ, フィルタ)

以上の研究を実施するため、加工部品および電気・電子部品を学生と共に選定する。

3. 指導方法

1) 設計・製図・3Dモデルの構築

パームトップ型放電加工機の設計、仕様の検討、コンセプトを決定するため、3D-CAD(既設:福島高専)を用いる。設計する加工機の各部品に対して、担当する学生を決め、全学生が設計に携われるようにする。この各部品を3D-CADのアセンブリ機能を用い、組み立て図への構築を行う。アセンブリデータは、部品データの寸法と連動しており、部品データの寸法変更がアセンブリデータへ反映される。これらの事を実施するに当たって、3D-CAD使用経験の無い学生へは、操作方法を指導し、簡単な部品から設計させる。近年、汎用部品を購入する際、この購入部品に対して3D図面がインターネット上に公開されていることが多い。そこで、この図面のダウンロードおよび3D図面への構築方法を指導する。

2)放電加工機の自作

3D-CAD によって自作する加工機的设计をもとに、パームトップ型放電加工機を自作する。3次元を2次元の図面におこした、部品図を参考に加工する。部品は、汎用のボール盤、旋盤、フライス盤などの工作機械を用い加工する。特にタップの立て方に注意が必要である。タップを斜めにしてしまうと、ネジも斜めに出来てしまい嵌めあいに問題を生じる。そこで、ボール盤にタップを着け、ドリルチャックを手で回しながら、タップを噛ませることでネジを垂直にきる方法を指導する。

3)電気回路・制御回路の製作

機械科に所属する学生に限らず、電気・電子回路を苦手とする学生は多い。そこで、自作加工機の主軸にステッピングモータを用いた自動制御を実施し、主軸制御回路を学生と共同で製作する。主軸制御回路によって、電極とワーク間の平均電圧を観察し、最適な極間状態を維持させる。また、フィルタ(微分・積分回路)やロジックといった、数学の理論と実験とで相互学習を実施する。

4. 実践内容

1)参加者

国立高等専門学校機構 福島工業高等専門学校 機械工学科所属の4年セミナー生および5年卒業研究生を対象とする。

2)パームトップ型放電加工機の開発および実演

自作する加工機の主軸に長尺ボルトを用い、手動で回転させることで主軸制御を行う。手動操作することで、いかに放電加工の極間距離制御が困難であるか、学生自身に体験させることができる。また、自動制御においても、放電加工は、1秒間に数千回から数万回の放電が発生しており、この一発一発の極間電圧を制御することは、機械的応答性を考慮すると不可能である。そこで、ローパスフィルタによって高周波をカット、平均化、比較回路によって主軸の制御を行う。

5. 成果・効果

1)設計・製図・3Dモデルの構築

3D-CADのアセンブリ機能を用い、設計した部品の組み立てを実施した。組み立ての外観を図1に示す。放電加工は加工槽内にワークが固定され、液中放電が一般的だが、ここでは、加工槽を示していない。図1に示したように、加工機の外観および主軸干渉などの確認を行うことが可能となった。電極工具の取り付け部は、スライダ部と平行に稼働することができ、電極工具の挙動を確認した。また、構造解析を実施し、応力による変形調査を行った。他に電源回路・電源ボックスなどを3次元モデル化している。

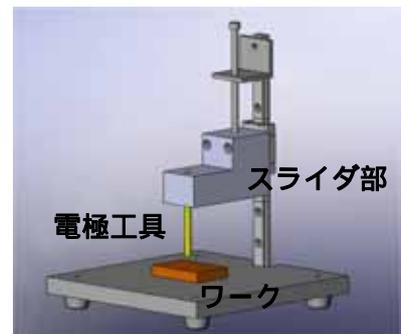


図1 パームトップ型放電加工機

2)放電加工機の自作

設計図を参考にしてパームトップ型放電加工機を開発した。図2に自作加工機の外観を示す。電極工具を固定しているスライダ部は、自重で下がるため、輪ゴム(図2参照)やバネなどを用い上部へ引っ張るよう工夫している。スライダ部に固定した電極工具および加工槽に固定したワークから、それぞれ放電電源のプラス極およびマイナス極に接続されている。また、加工液には、放電加工用の油を用いている。実際、放電加工するためには、電極工具とワーク間を数 μm の極間距離に制御する必要がある。そこで、回転部に取り付けた長尺ボルトを手動で回転させることで、スライダ部



図2 自作加工機の外観

の上下制御(極間制御)を行っている。手動加工機は、操縦者の感覚によって制御しており、放電が発生する際の音や光、いわゆる五感を働かせる必要がある。電極工具に黄銅(3mm)を用い、アルミ板(t=1mm)に放電加工した結果、数分で穴を開けることに成功した。図3に本校主催オープンキャンパスにて自作加工機の展示および実演を行った様子を示す。加工機を製作した学生自身に原理の説明や加工実演させることで、福島高専の取り組みを市民の人へ知ってもらった。さらに、小・中・高校生に対してモノづくりの楽しさを体験させることが出来た。



図3 自作加工機の実演様子

3) 電気回路・制御回路の製作

自動放電加工機は、ステッピングモータを主軸に用い、手動加工機で行っていた作業を自動化する。この自動化用の制御回路は、分圧・バッファ・ローパスフィルタ・コンパレータ・ロジックから構成されている。ローパスフィルタによって放電電圧の高周波をカットし、その平均化した電圧を制御信号に用いる。コンパレータを用い平均化した電圧を参照電圧と比較して、高い場合は極間距離が離れた状態にあることから電極工具を近づける方向に送る。

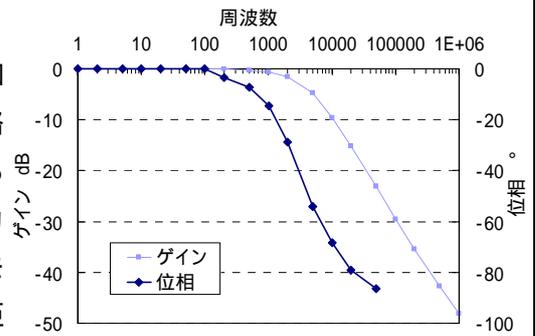


図4 周波数特性(ボード線図)

逆に小さい場合は極間距離が狭く、短絡が多い状態となっているため電極工具を離す方向に送る。参照電圧は加工条件から放電頻度が高くなるよう決定している。図4にローパスフィルタ(積分回路)通過後の出力波形の振幅と位相差を測定し、周波数特性線図(ボード線図)を示す。

6. 所感

本研究で実施したパームトップ型放電加工機の開発によって、以下に示すことが得られたと考えている。

3D-CADを用いた3Dモデルの設計によって、CADソフトの操作方法を学習することができた。また、インターネット上に多くの市販部品が公開されていることを知ることができ、CADソフト利用の幅が広がった。

加工機を自作することで、設計、発注、加工および組み立てなどについて幅広く学習することが出来た。さらにこれらを実施することで、モノづくりに対する楽しさを実際に体験できるだけでなく、加工技能の習得などモノづくりの全体を把握することが出来たと考えている。

電気・電子回路を自作することで他分野を融合した学習が出来たと考えている。これによって他分野への苦手意識の克服などに貢献し、多分野へ発展できる人材育成に貢献できたと考えている。

オープンキャンパスなど外部への発表会を通して、教育機関や市民に対するアピールができたと考えている。モノづくりに関心がある小・中学生に具体的な興味をいだかせることができ、理系進学への希望者増大に対して貢献できたと考えている。

7. 今後の課題や発展性について

今後の課題として、自作装置を考案することに、とても時間を必要とした点である。モノづくり経験の少ない学生にとって、簡単な設計でも時間がかかってしまった。モノづくりは、小さな経験の積み重ねが重要であり、直ぐ身につくモノでないことが感じられた。今後は、時間配分を考える必要がある。

8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

福島工業高等専門学校主催オープンキャンパス、自作放電加工機の展示および実演、2009年11月

口頭発表: 日本理科教育学会・東北大会において発表予定