

PLC による温度制御教材を活用したプログラミング および制御工学の早期教育による効果

三谷祐一朗^{*1}, 馬場勝人^{*2}

Effects of Early Education in Programming and Control Engineering Using PLC- Based Temperature Control Systems

MITANI Yuuichiroh^{*1} and BABA Katsuhito^{*2}

Abstract: The intensive course on thermal control demonstrated that early exposure to practical technology can strongly motivate students to pursue technical knowledge in control engineering. Conducted during the summer vacation in a concentrated format, the class enrolled 17 participants, ranging from first to fifth-grade students, which was three times the enrollment of a similar course offered the previous year. Notably, it is remarkable that three first- and second-grade students participated, despite the fact that the equipment used in the class was intended for fifth-grade students studying control engineering, a subject typically introduced in the fourth grade. The reports submitted by the participants suggest that the intensive course significantly enhanced their motivation to develop technical skills and knowledge relevant to higher-grade studies.

Key Words: Control engineering, PLC, Intensive course, PID control, Educational equipment

1. 緒言

沼津高専における選択科目の一つである「課題研究」を、「PLC (Programmable Logic Controller) およびタッチパネルを用いた温度制御装置の評価」というタイトルで実施した。この課題研究は、株式会社新冷熱技研との共同研究の一環として、2022 年度に製作した 8 台の温度制御教材を活用して、2023 年度より実施しており、今回は 2 回目の実施である。

新冷熱技研との共同研究は 2019 年度に開始しているが、その目的は、新しい制御技術を活用して、産業界に貢献することである。本報で紹介する教育は、その目的の達成のために、温度制御に関する技術を持った人材を育成しようとするのであり、それは、産業界において必須の技術でありながら、その技術を扱える人材が不足しているからである。新冷熱技研の主な業務は、ヒータや冷凍機のメンテナンスであるが、例えば古い制御機器に新しい技術を組み込み、再利用することで産業を支えたいという思いがある。そのようなニーズは数多く存在し、今後も増大していくことが考えられる。沼津高専の授業を通じて温度制御技術者として必要な教育を行い、その技術に興味を持つ学生が、例えば共同研究として実施する卒業研究を通じてさらに技術に磨きをかけ、新しい制御を

扱える技術者として、また、新冷熱技研のような会社と協力して、日本社会に貢献するというのが共同研究の目的である。

ここで実施した課題研究は、産業用コントローラである PLC を活用した PID 制御則による温度制御実験を、その実施内容としている。産業界において、温度や、または湿度の制御機器は一般に、そのメーカーが製作した制御器が内蔵されており、その制御器が故障した際には、そのメーカーに依頼して交換するしか修理の方法は無い。さらに、制御器が古くなった場合は、交換することもできず、その制御器が搭載された機器を廃棄するしかない。そこで、汎用制御機器の一つである PLC を活用して修理することができれば、専用の制御機器を交換したり、その制御機器を廃棄して新しい機器を導入したりするよりも、低コストで対処することが可能である。そのような動機から、PLC の技術者を育成することは、教育機関において重要であると考ええる。

2023 年度より開始した本課題研究は、受講対象となっている 1 年から 4 年における 5 学科すべての学生を対象として募集した。今年度は 5 月下旬に募集が開始され、募集の際に学生には、課題研究の担当教員、タイトル、概要、実施時期および受け入れ人数が公開された。募集期間は 6 月上旬までの約 2 週間設けられた。本課題研究を開始した初年度である 2023 年度においては、募集時の概要に専門的な内容が書かれてあることに起因してか、希望した 6 名全員が 3 年生であ

^{*1} 機械工学科 Department of Mechanical Engineering

^{*2} 株式会社新冷熱技研 Co., Ltd, Shinreinetsugiken

った。さらに、そのうち 1 名が途中で実施を辞退した。したがって最後まで取り組んだのは、3 年生 5 名のみとなったが、提出された日誌には、4 年次の制御工学にて講義を受け習得するようなレベルの考察まで書かれており[1]、本課題研究は、4 年次に学習する前に実施すると、制御工学に対する学習への強い動機付けになると、実施初年度に確信した。

2024 年の 6 月上旬に募集期間が終わり、希望者が決定した。今回は前回を大幅に上回る、1~4 年生に渡る異なる 3 学科の学生 17 名が受講を希望した。その際、1, 2 年生にはレベルが高く、実施が困難ではないかと感じられたため、特に 1 年生らには、受け入れ定員が 8 名であることから、今回は受講から外れる可能性がある旨を一度は伝えた。しかしその後、やる気を持って希望を出した学生であると考えなおし、限られた数の教材を使って、実施時期を第 1 期、第 2 期の合計 2 回に分けることを受講希望学生に提案した。具体的な実施時期を設定し、Forms を使って希望時期を調査して班分けを行った。なお、第 1 期に実施予定の学生が都合により欠席したため、実際には第 2 期の実施後、その欠席者のみを対象とした第 3 期を設けた。第 1 期~第 3 期はすべて夏季休業中に実施した。実施時間は原則 9 時から 16 時半までの、昼の 1 時間の休憩を除く 1 日 6 時間半とし、3 期とも連続する 4 日間にて実施した。

今回の 3 期に渡った課題研究の実施を通じて強く感じた事がある。それは、学年が上がって学ぶ予定の学習内容に早期に触れることは、ほぼ間違いなくその後の学習に対して良い影響を与える、ということである。1 年生たちは、スクラッチ等を使った基礎的なプログラミングの経験こそあるものの、実行中に複数の条件を、決められた時間ごとに変化させるような複雑な処理は、ほとんど経験が無かったはずである。ましてや、実機に対して産業界から要求されるような制御を行うことは、まったく初めてのことであった。それにもかかわらず、彼らなりにアルゴリズムを考案し、それをプログラムに落とし込んで実験を行い、さらに得られた結果に対して工学的な分析を行っている。この課題研究を通じて、特に 1, 2 年生はかなりの自信と、プログラミングや制御に関する学習に対する興味を持ったと確信できる課題研究であった。

2. 参加学生および実施時期

表 1 に、参加学生と実施時期をまとめた。赤字で示したのは 1 年生であり、合計 4 名参加した。実施は 3 期に渡り、各 4 日間ずつ実施した。なお、第 3 期における機械工学科 3 年の学生は、都合により、最初の二日間のみ参加となった。ここで、物質工学科の学生が居ないのは、ある程度自然であるが、制御情報工学科の学生も一人も希望していないことについては、何らかの調査が必要かもしれない。

表 1 3 期における参加者リスト

第 1 期 2024/08/08 – 2024/08/11	
機械工学科 3 年	8 人
第 2 期 2024/08/13 – 2024/08/16	
機械工学科 1 年	2 人
電子制御工学科 1 年	1 人
電気電子工学科 2 年	2 人
機械工学科 4 年	2 人
第 3 期 2024/08/27 – 2024/08/30	
機械工学科 1 年	1 人
機械工学科 3 年	1 人

3. 実験装置

図 1 に、課題研究にて使用した実験装置の概略図を示す。小箱内の温度を温度センサにて検知し、電熱線を用いて加熱、PLC より温度制御を行う装置になっている。PLC が内蔵するデジタル出力端子 00, 01, 02 よりそれぞれ、ファン、電熱線 1、電熱線 2 をリレーを介して稼働する。PLC に接続された温度測定ユニットにより温度を取得し、PLC 内に設定された目標温度に制御する。表示器は、入出力信号の操作やモニタ、温度変化のグラフ表示等に使用する[1]。

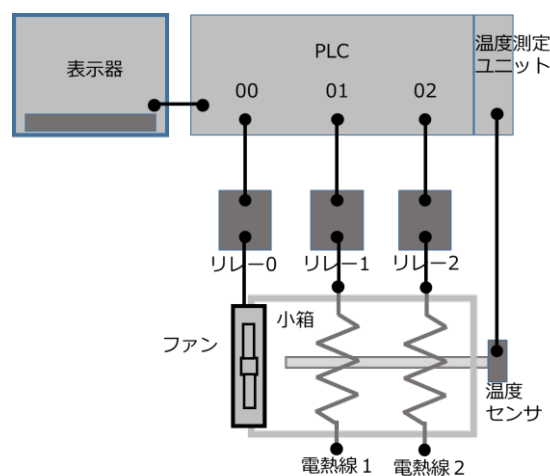


図 1 実験装置概略図

3. 実施内容

4 日間の実施予定の概要を以下に示す。昨年度の課題研究の実績を参考に、次のように事前に設定した。また、それぞれの内容に対する評価基準も、昨年度作成したループリックを提示して説明した[1]。

<1 日目>

- ハードウェアの諸設定
- ラダープログラムの作り方と基礎
- 表示器画面の作り方と PLC との連携
- ヒータによる加温テストと温度変化のデータ記録方法

<2日目>

- ・ ヒータや攪拌・冷却用ファンの強度の制御
- ・ PID 制御プログラムの作成と使い方
- ・ PID 制御器のオートチューニング方法とその設定パラメータの影響

<3日目>

- ・ 表示器へのリアルタイムでの温度グラフの表示
- ・ 表示器からの温度目標値やファン強度の設定
- ・ ファンの強度による PID 制御結果への影響の調査

<4日目>

- ・ 表示器へ複数回の測定データを重ねて表示
- ・ 表示器の複数ページの作成
- ・ P 制御, PI 制御, PID 制御の 3 種類の制御効果の比較

上記実施内容は、課題研究の開始時に説明した。しかし、学生の進捗状況を踏まえて、第1・2期において、3日目および4日目では、指示する内容を多少修正して伝達した。下記は、その指示内容である。

== 第1期 ==

<3日目>

- ① 表示器からの、目標温度やファンの強度の設定。
- ② 表示器への、リアルタイムでの温度グラフの表示。
- ③ 複数回の実験結果のグラフの、表示器への表示。
- ④ ファンにより電熱線を冷却し、設定温度まで下がったら、自動的に制御実験（実験時間は一定）を開始。合計3回実験を行い、1回ずつ目標値を変える。すべて自動（ファンの稼働～3回実験終了まで）。
- ⑤ 目標温度やファンの強度を、一定時間ごとに变化させた際の PID 制御による温度変化・制御入力の測定。
- ⑥ 異なる ATCalcGain 値に対する上記④の測定を実施し、制御性能の良い値を調査する。制御性能の良し悪しは；応答性（立上り）、目標値追従性（耐外乱性：ファンの強度の変化）、精度（目標値に対する誤差）。
- ⑦ 上記実験ごとに、ProportionalBand, IntegrationTime, DerivativeTime を記録し、それらの、ATCalcGain の値に対するチューニング値をグラフ化し、傾向を調査。

なお、上記⑥における ATCalcGain は、PID 制御におけるオートチューニング時の設定パラメータである。また、⑦における ProportionalBand, IntegrationTime, DerivativeTime はそれぞれ、比例帯、積分時間、微分時間と呼ばれる PID 制御におけるパラメータ（フィードバックゲイン）である[1]。

<4日目>

- ① ループリック再確認

- ② コイルの、セット・リセット命令

- ③ 表示器からの数値入力（ファン・電熱線の強度設定、目標値の設定など）

- ④ 表示器における複数ページの作成

- ⑤ オートチューニングにより調整された PID フィードバックゲインを用いた、P 制御, PI 制御, PID 制御による制御時の目標値の変化、ファン強度（外乱）の変化に対する応答の測定と考察。ProportionalBand, IntegrationTime, DerivativeTime の、それぞれの役割をデータから考察する。

- ⑥ 活動日誌・学修報告書の作成

第1期に参加したのが全員機械工学科3年生であったことから、特に3日目の内容を、著者が担当する4年次の座学「制御工学」にて学習することを意識した実施内容に修正した。すなわち、オートチューニングにより設計したPID制御器は、異なる大きさのステップ状の目標値や外乱に対する応答（動特性）は変わらないと気付くことを期待した。ただし4日目については、繰り返し実験を行い、その特徴を見出すことを最も期待する部分であったので、ほぼ予定どおりの内容を詳しく伝えたのみとした。

== 第2期 ==

<3日目>

- ① 制御に求められること：即応性、安定性、精度、耐外乱性の調査 ⇒ これらが高い方が良い制御と言える。
 - ② コイルの、セット・リセット命令
 - ③ 表示器からのファン強度や目標値の設定（数値入力）
 - ④ 表示器における複数ページの作成
 - ⑤ 表示器への、リアルタイムでの温度グラフの表示
 - ⑥ 複数回の実験グラフの、表示器への重ねての表示
 - ⑦ 異なる ATCalcGain 値に対する、目標値の変化への追従性や耐外乱性能の調査
- ※ なるべく手作業は少なくし、ラダープログラムにて自動化できるようにせよ。

<4日目>

- ① ループリックの内容の再確認。
- ② オートチューニングにより調整された PID フィードバックゲインを用いた、P 制御, PI 制御, PID 制御による制御時の、目標値の変化、ファン強度（外乱）の変化に対する応答の測定と考察。ProportionalBand, IntegrationTime, DerivativeTime の、それぞれの役割をデータから考察。
- ③ 異なる ATCalcGain に対する、チューニングされた3つのパラメータの値の傾向調査：グラフ化。
- ④ 活動日誌・学修報告書の作成。学修報告書の、報告文章の

下に、4 日間の感想を書くこと。

第 2 期は、プログラミングに興味のある 1 年生や 2 年生が参加していることが、最初の二日間の実施にて把握できたので、4 日目に予定していた表示器の高度な使用方法を 3 日目に習得させ、制御時の、諸条件を変えての制御性能の評価を行うためのラダープログラムを作成する時間を多く取れるようにした。産業界における製造現場で使用する PLC のプログラムに興味を持った学生が第 2 期の中に居たことが波及してか、表示器やラダープログラムを、教えていないことまで自主的に学んで作っている学生が数名見られた。また、4 年生も参加していたので、昨年度や、第 1 期には行っていない、上記③を加えた。これは著者自身も調査したことのない内容であり、しかし制御の立場から考えれば重要な調査である。学生の実験結果より、今まで把握していなかった新たなことが分かり、教育や研究に PLC を利用するうえで、大いなる収穫となった。4 日目はほぼ自主学習の時間としたが、学生たちが非常に楽しそうに実験している様子が印象的であった。

最後の第 3 期は、第 1 期、第 2 期とは異なる環境での実施を試みた。すなわち、教員からの説明や指導は最小限にとどめ、学生が資料を参照しながら自主的に学習するスタイルとした。ここで実施する課題研究は本来、PBL (Problem Based Learning) 形式での実施を想定しており、教員は、そのサポートに徹するのが理想的と考える。そこで、第 2 期を終了した時点で、口頭で学生に教えたことをファイルにまとめ、第 3 期では、それをマニュアルとして参照させて、学生のペースで進めさせた。教員は、学生の方からわからないことや機器のトラブル等が発生した際に、学生からの求めに応じたサポートのみを行った。驚いたことに、1 年生であるにもかかわらず日誌には、4 年時に学習する予定の、PID 制御の特徴を正確に分析できていた。進捗は他の期に及ばなかったものの、PID 制御器のチューニングの特徴を詳しく分析していた。

4. 実施内容の事例紹介と教育効果としての考察

昨年度と同様に、本課題研究においては、毎日活動日誌をその日の最後に書かせ、その都度教員が内容を確認し、翌日の冒頭にてコメントやアドバイスなどを伝えた。活動日誌より、学生たちが掲載したデータや、その分析内容を記載した文章をここへ引用し、その教育効果を述べる。なお、掲載する図は、学生が提出した日誌からのコピーであり、学生が作成した図をそのまま用いた。参加した学生のうち、3 年生以下には、PID 制御の特徴や理論について何も説明していない。彼らはすべて、実施中に取った実験データより自分なりに分析し、日誌として報告したことを強調したい。

まず図 2 は、1 年生が取った PID 制御結果である。35℃、

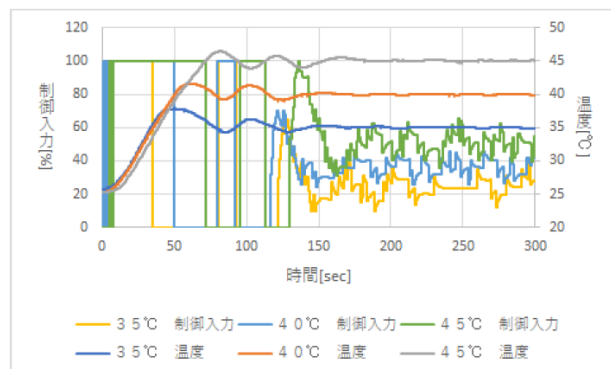


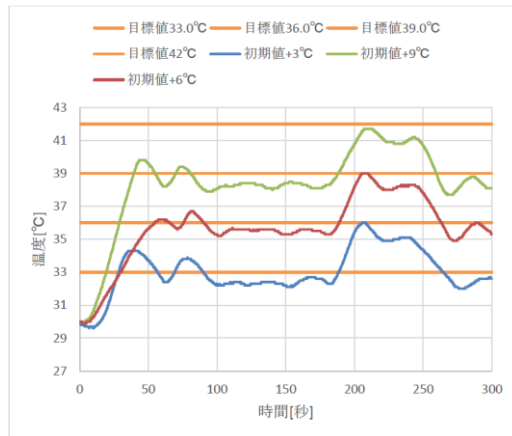
図 2 1 年生が取った PID 制御実験結果

40℃、45℃の、3 種類の異なる目標値に対する、温度と制御入力の時間的変化を表している。PID 制御性能を左右する、オートチューニングの設定パラメータはすべて同一なので、チューニングされた PID 制御性能はどれも変わらない。したがって、チューニング時の波形は、目標値に依存しないという思い込みがあり、昨年度の日誌にも、そのような考察が記載されていた。しかし熱の伝導を考えれば、目標値が高い程、入力がゼロになった際の温度の降下が速くなり、チューニングの時間は短縮されることになる。1 年生はこの点を鋭く観察し、下記のように日誌に記載していた。

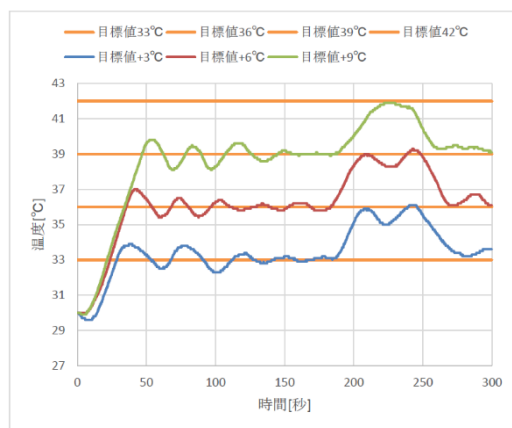
『一度目のオーバーシュートから目標温度以下になるまでにかかる時間の長さを比べると、目標温度が高いほどその長さは短くなっていることが読み取れる。また、35℃と40℃のグラフを比べると、制御入力を0%にしたタイミングは、35℃の方が早いにも関わらずその次の制御入力はほぼ同じタイミングで行われており、PID 制御が始まったタイミングはむしろ40℃の方が早いこともわかる。これらのことから、チューニングにかかる時間は単純に目標温度の高さに比例するのではなく、現在の温度と目標温度の差によっても変化すると考えられる。』

次に図 3 は、2 年生が取った PID 制御結果である。図 2 と同様に、目標値を 3 種類に設定したことに加え、制御側を、P 制御のみ (図(a))、PI 制御 (図(b))、PID 制御 (図(c)) の 3 種類における制御性能の違いも検証している。上記と同様に、学生が書いた日誌からの抜粋を下記に示す。PID 制御に関する講義は受けていないはずだが、その特徴を正確に考察できていることに驚く。その日の実施内容における指示や説明において、「制御に求められること：即応性、安定性、精度」と示したが、それらの評価を、分かりやすいグラフを作成することで正しく行い、かつ、目標値を変化させて異なる条件下で検証している点が素晴らしい。

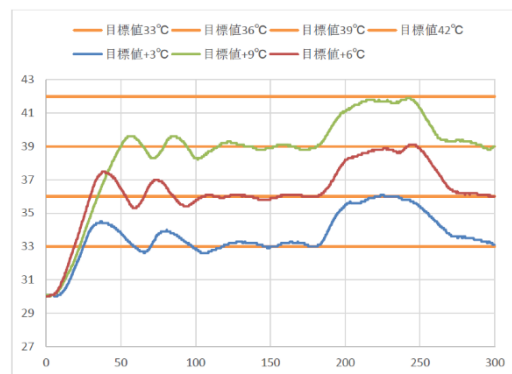
『図(a)より P 制御を用いた時は目標温度に正確に達すること



(a) P 制御結果



(b) PI 制御結果



(c) PID 制御結果

図3 2年生が取った制御実験結果

ができておらず、チューニングが完了し温度を一定に保とうとしている時でも温度に山ができてしまっているので正確性・安定性に欠けていると判断できる。一方でそれぞれのグラフを比較すると目標温度を変えた時に目標温度への近づき方が最も急なのはP制御であるのでP制御は即応性が最も高いと判断できる。

図(b)よりPI制御を用いた時は目標温度を維持している時の温度の山はP制御と同程度みられるがP制御と比べ目標温度とのズレは少ない。これよりPI制御は正確性が高いと判断できる。

図(c)よりPID制御を用いた時はP、PI制御と比べ目標温度を維持している時の温度の山が小さくなっている。これよりPID制御は安定性が高いと判断できる。

以上よりPID制御に用いられるProportional Band (以下Pパラメータ), Integration Time (以下Iパラメータ), Derivative Time (以下Dパラメータ)のそれぞれの役割を以下の通り考察する。

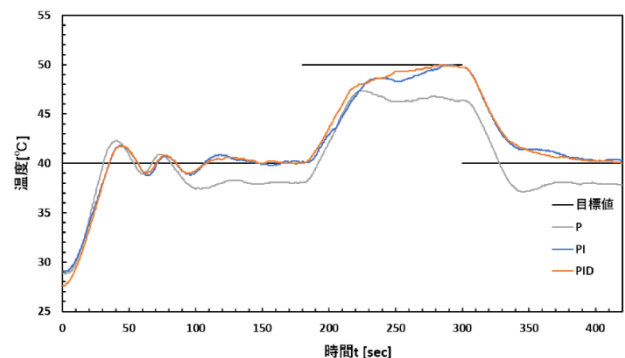
Pパラメータ：即応性の高さを決定するパラメータ

Iパラメータ：正確性の高さを決定するパラメータ

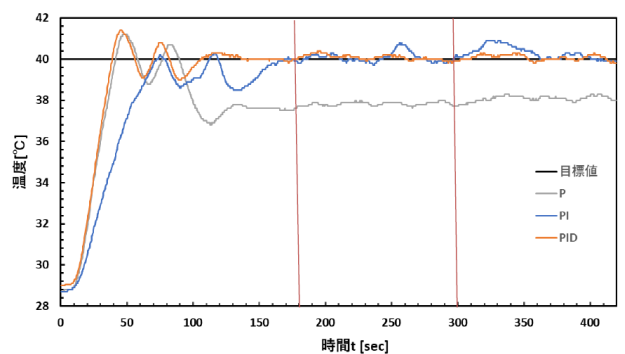
Dパラメータ：安定性の高さを決定するパラメータ』

比較として図4に、4年生が取ったPID制御結果を示す。

図(a)は目標値を変化させた際の、P制御、PI制御、PID制御の3種類の制御則における制御性能の比較、図(b)は外乱を与えた際の、同様の比較である。この4年生は、今年度前期に「制御工学I」の講義を受講しており、P、I、D制御の、それぞれの特性を把握している。その性能評価を定量的に行っている点は、4年生ならではの、と言えよう。なお、図(a)の黒い横線は、変化させた目標値を示す。図(b)の縦の赤線は、外乱(ファンの強度)を変化させたタイミングを示し、左側約1/3の時間は100%, 中央は80%, 右側は60%としている。これらより、PLCのオートチューニング機能を使った結果、目標値への応答性については、PI制御とPID制御の性能差はあまりないが、耐外乱性能については、PID制御が上回っている。



(a) 目標値の変化に対する応答の比較



(a) 外乱に対する応答の比較

図4 4年生が取ったPID制御実験結果

ることが明確に分かる．ここでも同様に，下記に学生の日誌からの抜粋を示す．やや意外なのは，ファンの強度が小さい程，温度の目標値からの分散が大きくなっている点であるが，これは，制御対象とする箱内の空気の，ファンによる攪拌が充分行われず，温度分布が均一にならなかったことが原因だと思われる．これも課題研究にて新たに把握した点であった．

下記，学生の日誌からの引用である．

『図(a)より，P 制御を行った場合，目標値に到達せずに一定となっている．目標値が 1 回目の 40°C の時は目標値と一定となっている部分の平均値の差である定常偏差は， 1.92°C となっている．目標値が 50°C の時は，定常偏差は 3.51°C となっている．目標値が 2 回目の 40°C の時は，定常偏差は 2.04°C となっている．目標値が 40°C の時の 1 回目と 2 回目の定常偏差の違いは偶然誤差によるものであると考えられる．

PI 制御での定常偏差は，目標値が 1 回目の 40°C の時は 0.0138°C ， 50°C の時は 0.0149°C ，2 回目の 40°C の時は 0.314°C となっている．

PID 制御での定常偏差は，目標値が 1 回目の 40°C の時は 0.0634°C ， 50°C の時は 0.172°C ，2 回目の 40°C の時は 0.168°C となっている．これらより，PID 制御が最も精度が高く，続いて PI 制御，P 制御となっていると言える．

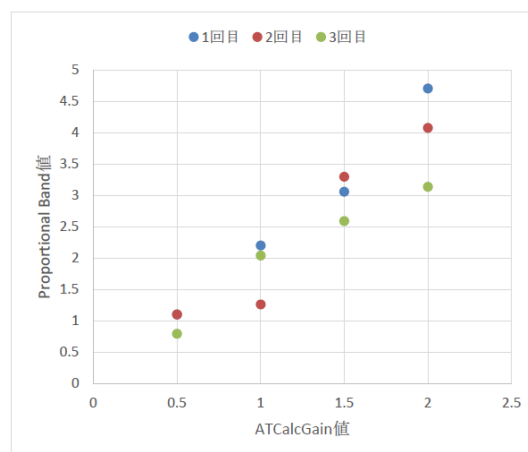
それぞれの制御方法でのそれぞれの目標値での分散の平均値は，P 制御では 0.187 ，PI 制御では 0.0155 ，PID 制御では 0.00645 となった．これらより，PID 制御が最も安定性が高く，続いて PI 制御，P 制御となっていると言える．目標値が 1 回目 40°C の時に一定になるのにかかる速度は，P 制御では 122s ，PI 制御では 145s ，PID 制御では 140s となっている．これらより，P 制御が最も即応性が高く，続いて PID 制御，PI 制御となっている．

これらの結果より，ProportionalBand は精度が低いが即応性を高めるための役割，IntegrationTime は即応性を低くするが精度を高める役割，DerivativeTime は安定性を高めるための役割を，それぞれ持っていると考えられる．

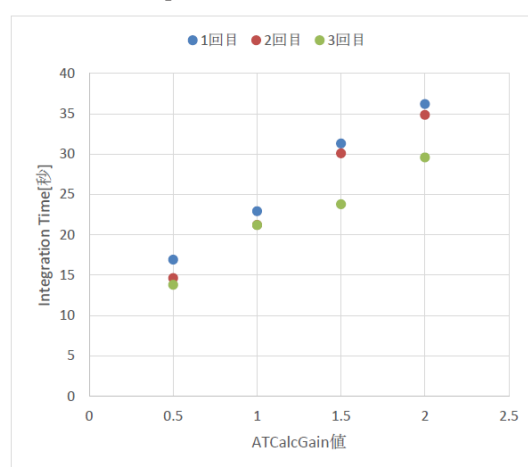
図(b)より，ファンの強度を 100% とした時の P 制御，PI 制御，PID 制御で一定となった温度の分散は，それぞれ 0.00270 ， 0.00533 ， 0.00224 となった．ファンの強度を 80% とした時の分散は，それぞれ 0.00838 ， 0.0564 ， 0.0155 となった．ファンの強度を 60% とした時の分散は，それぞれ 0.0162 ， 0.0954 ， 0.0168 となった．

これらの結果から，ファンの強度が小さいほど分散は大きくなっている．また，PI 制御は PID 制御に比べて分散が大きくなっているこの結果より，DerivativeTime は耐外乱性を高めるための役割を持っていると考えられる．』

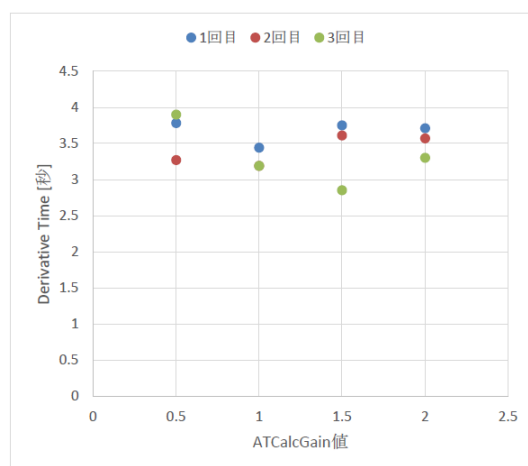
図 5 に，PID の制御性能を左右する，オートチューニング



(a) Proportional Band 値の変化



(b) Integration Time 値の変化



(c) Derivative Time 値の変化

図 5 2 年生が取った ATCalcGain に対するチューニングされたパラメータ値

における設定値 ATCalcGain に対する，チューニングされた，制御パラメータ値の変化について検証した例を示す．このデータは 2 年生が取ったものであるが，とてもわかりやすくまとめられている．ここで ATCalcGain は，その値を小さくすると即応性，大きくすると安定性を向上させることができるパラメータである．PLC のオートチューニング機能は，

Proportional Band 値を増やし、かつ Integration Time を増大することでそれらを調整しており、Derivative Time については、あまり変化していないことが、学生の調査により新たに知ることができた。下記、学生の日誌からの抜粋である。

『図(a)より Proportional Band 値は ATCalcGain 値に対して単調に比例していると判断できる。図(b)より Integration Time も ATCalcGain 値に対して単調に比例していると判断できる。図(c)より Derivative Time については ATCalcGain 値が上がるにつれて値の増加と減少を繰り返している。正確な挙動はうまく掴めなかった。』

5. 参加学生からの感想

課題研究の成果として提出が義務付けられている「学修報告書」の最後に、著者が独自に学生に、4 日間の実施した感想文を書かせた。学生が書いた感想文の中から、特に印象に残った文章をここに紹介する。

＝ 第3期 機械工学科1年生＝

『今回の課題研究では、主に「プログラムによる制御に対する苦手意識を克服したこと」、「研究活動の魅力に気付くことが出来たこと」、「資料作成能力を向上させられたこと」の3点が特に重要な学びであったように感じています。

まず1点目についてです。私は元々、プログラミングによるロボットの制御をしていたことがあるのですが、エラーの原因が全く分からなかったり条件文の書き方がわからなかったりし、「プログラミング」や「制御」というものにかなり苦手意識を持っていました。

しかし、今回の活動でプログラムを基礎的なことから順序に沿って学んだり、先生に丁寧に教えていただいたりしたことでプログラムの構造や必要な要素などを明瞭に理解することが出来、ここまで実験を進めることや制御に対する苦手意識をなくすことを実現できたように思います。

次に2点目についてです。こちらは、自分が気になった疑問や関係性を実験と考察によってある程度長い時間をかけて明らかにしていくという活動を自由にできる課題研究であったからこそ、これまで実験時間や自由度の都合であまり楽しかったと思えなかった研究活動を楽しめると思うことが出来たのだと思います。

最後の3点目です。今回の活動では、プログラムを扱ったデータをもとめたりすることが多かったため、その過程でグラフや画像などを扱って資料(日誌)を作成する機会が多くありました。そのため、資料作成の経験を積むことが出来、自分の能力の向上に役立てることが出来たのだと思います。また、途中先生から教えていただいたコピーやペーストなど

のショートカットキーや Excel の扱い方などもとても資料作成の参考になりました。

とはいえ、これら制御や研究、資料作成の技能はまだまだ未熟であることも痛感しています。そのため、今後の学生生活では、これらの技能を自習や実験科目などで磨いていき、社会で通用するレベルにまで引き上げていきたいと思います。』

この感想文を読んで気づいたことは、教育現場において、社会の流れに追従すべく、情報処理やプログラミングの早期教育に注力しているが、場合によってはそれが逆効果となり、苦手意識を持たせる結果を生む、ということである。PID 制御はもちろん、微分や積分もまだ学習しておらず、プログラム言語の練習も、高専入学後は授業にて扱っていない1年生に対して、本科5年にて使用する制御機器を使って、課題研究と称する PBL 形式の自主学習をさせることに、最初はかなり抵抗を感じていた。そして案の定、課題研究の初日、1年生たちは、プログラムを作成するソフトウェアの操作につまずき、2年生以上の学生たちにかかなりの遅れを取っていた。また、与えられた課題に対してアルゴリズムを考える力も乏しく、プログラムの作成に四苦八苦していた。しかし、3日目頃から自分なりに考え、要領はあまり良くないものの、プログラムを作成できるようになっていった。上記感想文を書いた学生は、教員があまりサポートせず、自主学習に任せた第3期の1年生であり、3期の参加者の中で最も心配な状況だったはずだが、4日間を通じて目に見える成長が強く感じられた。

現在なされる教育は一般に、基礎から順に積み上げることが当たり前のようにになっている。しかし今回の例のように、生産現場という社会から求められる技術を、専門的なことを学習する前に体験させ、その魅力をこれから学ぼうとする学生に感じさせることは、学びに対する意義を理解することにつながり、教育現場において、非常に良い効果を生み出すと確信した

もう1例紹介する。

＝ 第2期 電気電子工学科2年生 ＝

『PLC は実機とのやり取りが遅く、デバッグに時間がかかる。しかし、簡単に PWM や PID 制御ができるのはとても良いところだと思った。本来は工場などで使用されるのであろうが、家庭内のオートメーションに利用したいと思った。例えば、ごみの自動分別、空調の調整などだろうか。

正しい用途(工場など)で利用するとしたら、「設備の温度を測り、過熱状態になったら装置を緊急停止する」、「水位の低下を検出し、アラートを発する」、「ある空間内にいる人数を把握し、決まった人数よりも多くなりそうなら、進入不可

にする（ゲートを閉めるなど）」といったことで使えそうだ。汎用性が高い分、いろいろなところに使えようである。

欲を言うなら、こういう装置が家庭にあったらいいと思う。ただ、この類の装置は非常に高価なので、そう簡単に手に入れられないだろう…

最後に、こういった業務用のシステムを実際に動かせることにととてもうれしく思った。名前では聞いていた PLC や、固定金具の DIN レールを実際に見ることができた。業務向けの圧着端子として有名なフェールール端子も使われていると見受けられる。（PLC への信号入出力とか）こういうものが工場にあると考えるとわくわくする。』

この学生は既に、専門知識をある程度有しており、PLC を使ったプログラミングとはどんなものなのか、とても興味を持って本課題研究を受講したと思われる。まだ 2 年生だが、このような自主的に学ぶ機会を多く設けることで、劇的に成長してくれそうな印象を与えてくれた。この学生は、表示器の画面作成において、こちらが学生に提示したマニュアルに無い事を自ら調べて習得し、その技術を活用していた。また、教えられたことをそれだけに留めず、応用したり拡張したりする試みを積極的に行い、大変楽しそうに取り組んでいたのがとても印象に残っている。

6. 結言

本課題研究は、生産現場で必須の産業用コントローラである PLC を使い、さらに、産業における必須の技術である温度制御をテーマとして、PBL スタイルで実施した。参加した学生は、1～4 年の異なる 3 学科に所属しており、昨年度の実施時とはかなり異なる状況での実施となった。結果として、この課題研究は学生の成長に寄与すると確信するとともに、今後の方向性を深く考えさせられたものとなった。

現在、多くの企業において、人手不足が深刻な問題となり、採用活動が活発に行われている。また、企業の求人活動を支援する動きも増加しており、教育現場に多くの提案や相談が寄せられるようになった。一方、高専における教員数は減少し、教育の質の保証が難しくなっている現状がある。さらに、コロナ禍の影響か、学生の特性や考え方も、以前に比べて大きく変化しており、教員が望む理想的な学習の効果が得られない状況が散見されるようになった。

このような問題を解消する一手段として、企業で働く社員が教育現場に入り、教員の教育活動に協力してもらうことが考えられる。実際の現場で求められる技術であることを、企業の方が学生に提示したうえで、企業が学生に求める技術を学生が高専にて企業から直接学ぶことができれば、学生は明確かつ具体的な動機づけを持って学習することができ、企業



(a) 第 1 期



(b) 第 2 期

図 6 課題研究実施の様子

はその会社の PR になり、また、その業界に学生の興味を引くことができると考える。つまり、学生にとっては非常に良いキャリア教育であり、企業にとってはその業界に対するマッチングにつながると期待できる。

本課題研究にて取り扱った PLC のプログラミングや温度制御は、間違いなく今後も必要とされる技術であり、ぜひとも企業の方と共に、高専での教育に活用したいと考えている。

図 6 は、第 1 期、第 2 期の受講の様子である。学生たちは、時折相談しながら、とても熱心に取り組んでいた。彼らの、高専での成長を心より願う。

参考文献

- [1] 三谷、馬場、開発した温度制御教材の課題研究における利用、沼津工業高等専門学校研究報告第 58 号、2024、pp.1-8