

# ものづくり教材を用いた課題設定力と課題解決力の育成

辻 正敏

## Nurturing the Ability to Find and Solve Problems Using Manufacturing Educational Material

Masatoshi TSUJI

A teaching method that enables students to nurture their ability to find and solve problems via the use of manufacturing educational material is introduced in this paper. It is suggested that the most important point is to encourage students to solve problems themselves. And the following teaching methods are suggested. “adjust the degree of difficulty of the problem to suit them,” “put them in groups and encourage them to hold discussions.” In order to enable students to identify the problem easily, following ideas is carried out. “making a work piece defective,” and “attempting to extend the functionality of a work piece.” The results of classes conducted in accordance with the above suggestions and from the results of a questionnaire survey and the students’ attitudes towards problems it was confirmed that the educational materials and teaching method above can help students foster their problem finding and solving ability.

**KEYWORDS :** manufacturing educational material, ability to find problems, ability to solve problems

### 1. まえがき

企業では、課題設定や課題解決のできる創造性のあるエンジニアが求められており、それを受けて高専でも創造力のある人材の育成を教育目標として掲げている。しかしながら課題設定力、解決力が不足している学生が多数いるのが実状である。課題解決力の問題点として、学生に課題を与えても自分で解こうとせず、教員が解くのを待つ学生や、宿題を出しても人の答えを写す学生は後が絶えない。そのような学生は、単位さえ得られれば良い、卒業さえできれば良いとの考えから面倒なことはしようとししない。課題設定力に関しては、卒業研究の研究テーマや課題を教員任せにし、自分で設定しようとししない。与えられたノルマ以上の

ことはしない、などの問題が発生している。このような状態が続いていると、自分で問題を解決したという経験が得られないため、工学に対する興味が喪失し、自分の知識や技術に自信が持てなくなる。そして学生は、課題に対する興味や意欲をさらに失うといった悪循環に陥る。

電子回路の分野における課題を解決するためには、問題の原因を分析・推定する論理的思考と回路動作の理解や測定器を用いた評価方法の知識を必要とする。そしてこの課題解決力は、自分で問題を考え、調べ、対策する過程の中で育成されていく。したがって、課題解決力育成のためには、授業の中で学生にいかにも多くの課題を意欲的に取り組ませるかが重要である。そしてそのためには、学生が興味を持てる内容の課題を

適切な難易度にして与えることが大切である。学生は、課題を自分で解きたいと望んでいる。しかし課題の難易度が高すぎると、考えるのを諦め、評価点を得るために他人の答えを写す行動に走る。

2010年にアナログ回路設計の教材開発と実践(赤外線センサの製作)が紹介され、2011年にその後編である(アラームシステムの製作)が紹介された<sup>1), 2)</sup>。これらの教材は、赤外線センサシステムの製作を行うもので、この製作を通して、アナログ回路設計能力を育成することを目的として開発された。そしてこれらの教材を用いて実習を行った結果、学生の課題に対する取組が大変よく、学生の課題解決力・設定力が育成されるのが学生の取り組み姿勢より確認された。本論文では、このセンサシステムの製作によって学生の課題解決力が育成される理由を分析・考察すると共に、学生に課題解決力・設定力を育成するための、もの作り教材を用いた授業方法について紹介する。本論文は、初めに課題解決力・設定力を育成させるしくみについて説明する。次に意欲的な課題の取り組ませ方として、動機付けの工夫、教材を飽きさせない工夫、自力解決のさせ方の工夫、教員の称賛と励ましについて述べる。次に課題設定に対する動機付けと、設定した課題を実行させる方法について述べる。最後に授業実践後の学生の課題解決力・設定力の育成された結果について述べる。

## 2. 課題解決力・設定力育成のしくみ

### 2. 1 課題解決力の育成

図1は課題解決力育成ループであり、ものづくり教材を用いて解決力を育成する仕組みが書かれている。予め学生には、基礎学力として座学や実験により電子回路の解き方、テスターやオシロスコープの測定方法を学習させておく。その後、学生を動機付けにより本教材に興味を持たせ、最初の課題に取り組みさせる。ここでは、課題を学生自身で考えさせ、成功・失敗体験をさせる。学生は、自分で考え、行動したことに関しては、その結果がどうであれ、課題に対する意欲や興味を向上させる。その後、もう少しレベルの高い次の課題に取り組みさせ、そこでも自力解決させる。こうして繰り返し課題を自力解決する過程の中で、学生の課題解決力は、育成されていく<sup>3)</sup>。ここで学生に意欲的に課題に取り組みさせるには、ものづくり教材を用いるのが、有効である。人には、(自分で何かを作りたい、完成させたい)というものづくりの欲求があり、それ

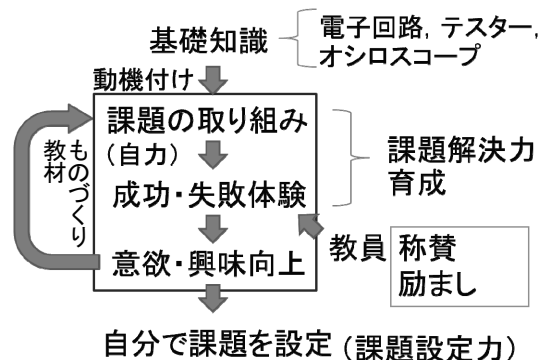


図1 課題解決育成ループ

を刺激しながら課題を与えていくことで、学生は自ら課題に意欲的に取り組むからである。また途中、教員の称賛や励ましがあると、学生の意欲はさらに高まり、このループは一層よく回転する。

### 2. 2 課題設定力の育成

ものづくり教材によって与えられる課題に何度も取り組み、課題の解決方法を学ぶと、学生は工学への意欲や興味、知識が向上する。すると、(より素晴らしい物をつくりたい。世界一の物を作りたい)といった人間が持つ創作による自己実現の欲求が湧いてくる<sup>4)</sup>。この欲求を持つと、人は自分で課題を立案・遂行するようになる。そしてその課題を遂行することで、さらなる好奇心を抱くようになり、また次の課題設定を行うのである。ただし課題を設定、及び遂行することがすぐにできる者と、そうでない者の個人差がある。放っておいてもこちらが想定していないような作品を作ろうとする学生がいる一方、新しいことをすることに對して、失敗を恐れる者や、自分の知識や経験に十分な自信がないとできない者もいる。そのような学生に教員が強制的にやらせたのでは、学生のチャレンジ意欲が薄れるため、あくまでも自分らの意思で課題を設定・遂行させるように仕向ける工夫が必要となる。

### 3. 課題解決力育成の実践

ここでは、実際の授業の中で行われた教材に対する動機づけの方法、教材に飽きさせない工夫、自力解決のさせ方について紹介する。

#### 3. 1 動機付け

課題に対する学生の取り組みを良くするため、授業の初めに、授業や教材の利点を十分述べ、学生に教材に対する興味と信頼を与えることが大切である<sup>5)</sup>。そこで本授業では、ガイダンスの時、この授業は「面白い」「実力が付く」「信頼出来る」「将来役立つ」ものであることを以下の手段で学生に理解させた。

**面白そう**：授業の初めにデモンストレーションを行い、完成品を披露する。

**実力が付く**：授業が終了時には、この作品の回路を理解し、設計ができるようになることを約束する。

**信頼出来る**：授業内容を論文発表して、その掲載された論文の概要や前年度に実施されアンケート結果を学生に配布する。

**将来役立つ**：学生に次の先輩のコメントを紹介して実績を示す。「卒研で実験装置を製作するのに大変役立った」「編入した大学で回路設計ができるのは、自分一人であった。クラス全員が自分のところに聞きに来た」

### 3. 2 教材に飽きさせないための工夫

学生に何度も課題を取り組ませるためには、教材に飽きさせないための工夫が必要である。そこで本教材の進め方は、多くの者が夢中になるロールプレイングのゲームと同じにした(図2参照)。ロールプレイングでは、プレイヤーをゲームに慣らさせるために、初めに弱い敵と戦わせる。敵は次第に強くなっていき、ゲームに飽きてきた頃に次の展開として、これまで開かなかった扉が開いて場面が洞窟の中に移る。そしてそこには、さらなる強い敵が潜んでいる。最後は、洞窟の中でボスに遭遇し、命がけで倒す。エンディングでは、お姫様を助けてハッピーエンドとなる。ゲームは、小ステージごとに区切られており、ステージの終わりごとに達成感が得られるようになっている。自分のキャラクタが徐々に強くなっていくと共に、敵のレベルも徐々に上がっていくことで、ステージのクリアレベルが適切に調整されており、ストーリーもワンパターンにならないように場面が次々と変わる。本教材も同様のコンセプトで次のように製作されている。赤外線センサの製作<sup>1)</sup>の例を挙げると、初めに簡単な電源回路より作らせ、次に少し難易度の高いアンプを製作する。飽きてきた頃に、これまで隠されていたトリガ&タイマー回路が開示され、そこではこれまでになかった定数計算が求められる。クライマックスでは、ゲイン変更の計算、シミュレーション、回路修正、周波数特性の測定と難解な試練が与えられ、エンディングでは、単位がもらえてハッピーエンドとなる。課題

	ロールプレイングゲーム	回路設計の教材
	課題レベル	小課題に区分
初め	弱い敵	電源回路
発展	やや手強い敵	アンプ回路
展開	扉開いて洞窟さらに強い敵	全体回路図が配布 定数計算
クライマックス	ボスに遭遇し倒す 難	ゲイン変更計算、 シミュレーション、評価
エンディング	お姫様を助けて...	単位もらえる

図2 ロールプレイングゲームと教材の進め方

レベルは学生の上達度に合わせて徐々に難しくして、無理のないように設定される。課題は小課題に分けられており、小課題の終わりには、動作を確認して課題をクリアした達成感が得られる。作業が進むにつれて、自分の作品の機能が追加されていき、完成に近づくのが実感できる。また各課題の内容は変化に富んでおり、常に新しいことが学べ、教材に飽きが来ないように工夫されている。

### 3. 3 自力解決のさせ方

学生は、他人に言われたままに行い、それがたとえ成功しても課題に対する好奇心はあまり沸かない。自分で考え、発見や体験したことに対しては、結果が成功であれ、失敗であれ興味を抱く。学生は、自分で考え、問題を解決していく過程の中で解決力を育成していく。したがって学生が課題に取り組んでいるとき、教師は、離れた場所より学生を見守ることが大切である。しかしながら、あまりにも課題レベルが高すぎて、解決手法の手がかりがないと、学生は、自分で考えることを諦めてしまう。そのため、学生ら自身で解決できる仕組みを作っておく必要がある。図3は本授業で用いた自力解決のさせ方を示すものである。

**レベル調整**：学生に与える課題レベルは、学生らが考えた際、半数が解ける程度のレベルに合わせる。学生の学力レベルは毎年違うため、作業を行う学生の理解度を見ながら教員の判断により、与えるヒントや配布する資料で調節する。本授業では、授業初めの15分間で講義により知識のおさらいを行い、そこでレベル調整を行った。

**調べることができる環境**：必要情報をすぐに調べることができるように、近くにネット検索できる環境を用意しておく。また、完成したサンプルを何気なく前に置

き、サンプルを見ることにより、自分で疑問点を解決できるようにする。

**理論値と測定値の比較:**授業の初めに行う講義の時間で、学生に各ノードのバイアス電圧や出力波形の理論値を計算させておき、製作後にそれらを測定させる。そうすることで、不具合があった時、理論値と測定値を比較することで、学生は不具合箇所を見つけやすくなる。

**回路シミュレータの活用:**複雑な回路計算をした際、本当に正しく計算されたか学生は不安に感じ、その先の製作を行うのに躊躇する。そこで計算結果を自分で確かめる手段として回路シミュレータを用いる。

**グループ相談:**自力で課題を解決できない場合は、グループ内で相談させる。本実習は、個人で1つの作品を製作するが、3~4人のグループ活動で作業を行う。

**教員のヒント:**学生が手を尽くしても解決できない時は、教員が解決できた学生を紹介するか、またはヒントを与え再度考えさせる。そして最終的に学生に答えを気づかせ、解決させるように仕向ける。

このように自分で課題に取り組むことにより、学生は課題への意欲や興味が向上し、自分のスキルに対する自信を持つことができるようになる。作品が動作しなかった時、教員がすぐに答えを与えると、課題解決力が育たないばかりか、自分で解決できなかったことに対して劣等感を抱かせる。

### 3. 4 教員の称賛と励まし

教員の褒め言葉は、学生を大いにやる気にさせる。教員は学生を褒めるため、学生の作業を注意深く見ている必要がある。「早くできたね」「きれいに作ったね」「工夫しているね」「面白いことに気づいたね」「うまくなったね」ちょっとしたことでよいので褒めて回る。

普段あまり褒められることが少ない学生が、筆箱を使い基板を固定して半田づけ作業をやりやすくしていた。「筆箱を台にするなんて、考えたね」と私が褒めると、「そんなこといわれてもうれしくありませんよ」とつつかえしながらも、その後一生懸命作業をしている姿を見ることができた。教員からの称賛や励ましの言葉や、学生が成功した時に共に喜ぶ教員の姿は、(もっとうまく作りたい、早く完成させたい)という学生の意欲を掻き立てる<sup>6)</sup>。

## 4. 課題設定力育成の実践

本教材では、学生が課題の設定や立案をしやすくす

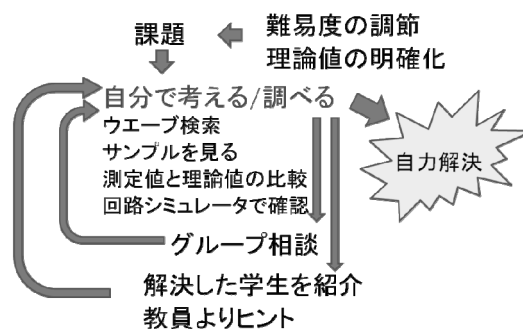


図3 自力解決のさせ方

るため、またその設定した課題に取り組むのを後押しするために次の工夫がされている。

・模範回路を与えない

教員が提示する回路は、完成されて非の打ちどころがないものを与えるのではなく、あえて不完全で、製作後に使い勝手が悪いものにしておく。そうすることで学生は、製作した後に自分の作品に不満を感じる。

「もっとこうしたい」「完全なものにしたい」といった創作欲求が刺激され、自分から不具合箇所を修正する。

本教材では、次の箇所を不具合箇所とした。赤外線センサのアンプ回路<sup>1)</sup>では、センサの感度が低めになるように設計されており、定数変更により感度を上げることができるようにした。また赤外線センサのLED駆動回路<sup>1)</sup>では、NPNトランジスタを用いて待機時の消費電流を大きくし、電池が早く消耗するようにした。アラーム装置の音量調節の回路<sup>2)</sup>では、音量ボリュームを、半分まで回さないと音が出ないようにした。またアラーム装置のトランスミッタ<sup>2)</sup>の箇所では、送信パワーを低く設定した。

・拡張できるようにしておく

本教材のセンサ部には、拡張端子としてリレーの出力端子が用意されている<sup>1)</sup>。改良時には、この端子を利用することで、自作した機器を赤外線センサの応答によりコントロールでき、オリジナルのシステムが作れるようにしてある。

・コンテストを開催する

赤外線センサの感知距離を互いに競い合わせることで、学生は与えられたスペック以上の性能を自ら求める<sup>1)</sup>。

・先輩の優秀作品と製作者名を紹介する

歴代の先輩が製作した改良作品や優秀作品とその製作者名を一覧表に載せて配布し、その先輩をチャレンジした勇敢な学生として讃える。こうして自分の名前

を残したいという学生の名誉欲を刺激する。

- ・発表会を開く

授業最後に行う発表会では、工夫点を中心に発表させる。工夫を凝らした作品をみんなに紹介できる場を作ることで、チャレンジ意欲は高まる。なお、2011年度の授業では、最後の発表をこれまでグループで行っていたものを個人発表に変更し、独自性をPRしやすくした。

- ・半導体部品を余らせておく

良く使う半導体の素子であるオペアンプ、コンパレータ、論理ゲートは、1つのICパッケージの中に複数入っている。余った素子で、ちょっとした回路を作れるようにしておくことで、部品調達の手間がなくなり、学生は工夫する意欲が湧く。抵抗やコンデンサー、トランジスタは部品棚に用意しておき、自由に使うことができるようにする。

- ・改良案のヒントを提示する。

全く改良案が思いつかない学生に対しては、ネットで改良案を探させる。それでも改良に対してやる気が乏しい学生に対しては、教員より簡単にできておもしろい、取って置きの改良案のヒントを与えてやる。

## 5. 結果

### 5-1 課題解決力の育成結果

図4~6は、本教材に取り組んでいる学生の写真であり、定数計算、回路修正、周波数特性の測定をしている場面である。どれも、面倒な作業であるが、学生の取り組み姿勢は大変良く、普通の座学や実験では見られない一生懸命取り組む姿が見られた。

図7は、センサの製作時における学生の教員に対する質問回数を授業回数ごとに示したグラフである。初めのころの授業では、教員に対する質問回数が多く、問題解決を教員に頼る学生が多かったが、授業の回数が進むに従い質問回数が徐々に少なくなる。課題を自力で解決させることにより、学生は課題解決の手法を学び、課題解決力を高めたものと考えられる。9回目と13回目の授業で学生の質問回数が多くなったのは、回路シミュレーションの操作方法に対する質問に回答したためと、最後の授業で教員が完成させることができない学生に援助をしたためである。

### 5-2 課題設定力の育成結果

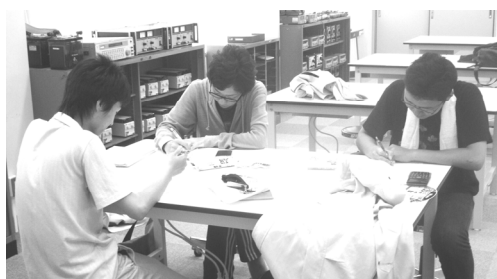


図4 定数計算の風景



図5 定数変更の風景

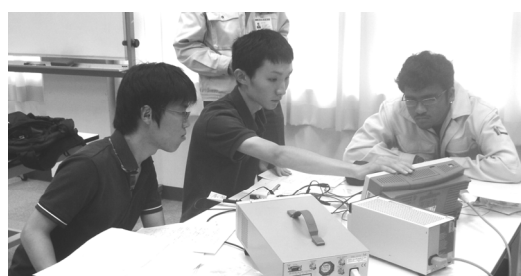


図6 周波数測定風景

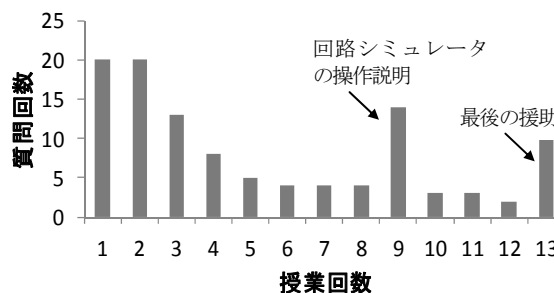


図7 学生の質問回数

2011年度は、授業の進捗を早め、最後に行われる改良時間をこれまでの2コマより3コマに増やした。その結果12名中9名は、自主的に改良作業に取り組み、

改良に取り組む学生が約 2 倍となった。以下に 2011 年度の学生の改良した作品例を挙げる。学生は、自分で回路を調べ、部品を調達して作品を完成させた。

- ・ソーラーバッテリー動作 (図 8 参照)
- ・AM 受信回路 (図 8 参照)
- ・キラキライルミネーション
- ・暗くなるとセンサが動作する回路
- ・救急車のサイレン音
- ・モスキート音 (17kHz の不快音)

3 名の学生は、作品完成の作業が遅れたため、改良の意欲が乏しい状態であった。その学生には、LED 点滅のさせ方やアラーム音の音色を変え方のヒントを個々に与えた。例えば、LED をチカチカ点滅させる方法として、余った論理ゲート<sup>2)</sup>でパルス発振回路を製作し、LED を接続したらどうなるか考えさせた。またアラーム音<sup>2)</sup>の音色を変える方法として、発振回路の 2 つの周波数を変えることによりピーピーの音がどのような音に変わるかを考えさせた。学生は自分で答えを推測した結果、それを確かめてみたいとの衝動に駆りたてられ、自主的に製作に取り組み始めた。このように多くの学生が本教材を改良して、自ら課題設定を行う姿がみられた。

図 9 は、2011 年度の授業終時に実施されたアンケート結果である。「他の作品を作ってみたいですか?」の質問に対する回答である。評価 5 が是非に作ってみたいである。結果は、多くの学生が評価 5 に回答した。これより本授業によって学生は、さらに高い技術目標を持ったことが分かる。

「この授業は総合的に何点ですか?」この質問に対して、全員が非常に良いである評価 5 を回答した。そのコメントには、単に面白かっただけでなく、1 年間を通して技術的に大きく成長でき、ものづくりに対する意欲が向上したことが書かれていた。本論文で紹介したものづくり教材を用いた学習方法が、学生の課題解決力、課題設定力の育成に大きく役立つことが証明された。

## 6. あとがき

課題解決力・設定力育成の仕組みを述べ、もの作り教材を用いた課題解決力・設定力を育成するための授業方法について紹介した。そして本教材を用いて授業を実践した結果より、紹介した手法は、課題解決力・設定力の育成に有効であることが分かった。本教材で製作した作品は、赤外線センサシステムであり、電気関係の学科で用いるものであるが、作品内容が他学科

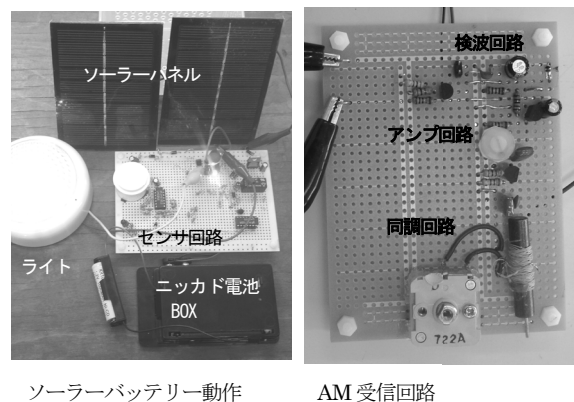


図 8 学生改良作品

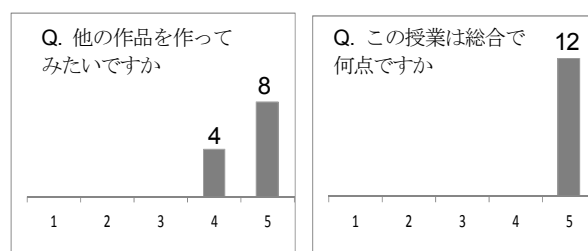


図 9 学生アンケート結果

でよく製作されるロボットや車や橋に変わったとしても、学生は同様に夢中で課題に取り組むと考えられる。ものづくり教材を用いることができるのは、高専教育の大きな強みであり、今後の高専教育で、ますます活用されるであろう。今回紹介した授業方法が、高専学生の課題解決力・設定力育成に少しでも役立てば幸いである。

## □参考文献

- 1) 辻正敏 アナログ回路設計の教材開発と実践(赤外線センサの製作), 高専教育 No. 34, pp. 441-446 (2011)
- 2) 辻正敏 アナログ回路設計の教材開発と実践 2 (アラームシステムの製作), 高専教育 No. 35, pp. 61-66 (2012)
- 3) 明橋大二 子育てハッピーアドバイス 3, 1 万年堂出版
- 4) Wikipedia, 自己実現の欲求, <http://ja.wikipedia.org>, (2011)
- 5) 諸葛正弥 プロ教師力アップ術 55, 中央美版, pp. 38-43 (2007)
- 6) 明橋大二 子育てハッピーアドバイス大好き! が伝わるほめ方\*叱り方, 1 万年堂出版 pp. 46-48 (2010)