

ものづくりのための企業内教育（職場内教育）

—パワーエレクトロニクス教育の実施—

水口 拓弥*, 和田 礼, 畑田 研二, 出雲 宏行 (アルトナー)

田中 武 (広島工業大学)

Corporate Education for manufacturing (On-the-job training)
- Power Electronics -

Takuya Mizuguchi*, Rei Wada, Kennji Hatada, Hiroyuki Izumo, (Artner Co,Ltd)
Takeshi Tanaka, (Hiroshima Institute of Technology)

Artner Co, Ltd is currently depending on a variety of outsourcing system has been implemented as a high degree of technical assistance for completed of projects. "Making things" from it captures the essence of the whole until it has been customary in the design stage to construction stage of "making things" outside the conventional narrow range of preconceived ideas for the designers and the manufacturing. By the global financial crisis caused by bankruptcy of Lehman Brothers in September 2008, a great reform such as an increase in the level of clients' demand for engineers was provided in engineering outsourcing business which had been growing steadily until the time. We reported our training systems in response to the changes of clients' needs and constructed the system for training engineers meeting high demand levels of clients.

キーワード：ものづくり，企業内教育，技術者派遣，リーマンショック，パワーエレクトロニクス，インバータ，回路設計

(Keywords, Manufacturing, Corporate Education, Technician Dispatch, Bankruptcy of Lehman Brothers, Power Electronics, Inverter, Circuit Design)

1. はじめに

2008年9月15日リーマン・ブラザーズの破綻をきっかけに発生した世界同時不況以降，株式会社アルトナー⁽¹⁾が属する常用型の技術者派遣サービス業界は，縮小傾向にある一般労働者派遣業界からの新規参入，顧客となる製造業の技術者に対する要求レベルの高度化もあり，競争が激しくなっている。

技術者派遣サービス業界の顧客ニーズの流れは，「若手即戦力技術者」である⁽²⁾。若手技術者が即戦力となるまでの期間を短縮できる教育カリキュラムを構築することは，同業他社との差別化につながり会社の競争力を向上させる。

前回はこれらの背景の中で若手技術員を対象に，パワーエレクトロニクス分野のモータ制御用インバータに焦点を絞り，若手技術者を早期に設計に対応できるレベルに育成する為の教育カリキュラムを提案した⁽⁴⁾。この教育カリキュラムは「V字型教育」と呼称し考え方を図1に示す。

上流から下流に進むほど理論から物（インバータ）へ近

くなり，左側から右側に進むほど基礎的な勉強から実践へ推移していく。

フェーズ1ではパワーエレクトロニクスの基礎およびモータ制御用インバータの基礎を教育する。そしてフェーズ2では，フェーズ1で得た基礎知識を基に，実際にインバータの回路図を作成し，設計を行う。フェーズ1，2と実施するにあたり，実際に基板を検証，半田付けを行うなどの実践力の不足が懸念された。そこで実践力アップの為，株式会社アリテック⁽⁵⁾製インバータキットを用いて教育を行った。このキットは「蓄電タワー」と呼ばれ，ソーラーエネルギーを蓄電，昇圧，インバートしてAC100Vを取り出す装置である。

「V字型教育」カリキュラムを提案以降，若手技術者へ教育を実施してきた。その結果，徐々にではあるが成果が見えてきている。今回は実施しているカリキュラムの途中経過について報告する。

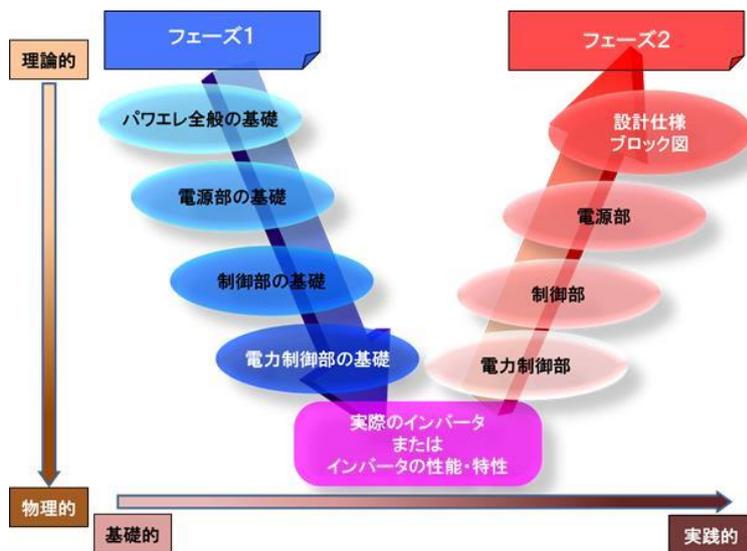


図1 V字型教育の構図
Fig.1. V-shaped education

2. V字型教育の進捗状況

〈2.1〉フェーズ1

V字型教育の流れに則り、「パワーエレクトロニクスの基礎」、モータ制御用インバータの「電源部の基礎」「制御部の基礎」「電力制御部の基礎」と段階的にテーマを定め基礎教育を進めた。

基礎教育は資料を使用して教育を行うが、今回は初年度であるため、今後の教育に使用する資料作成を行った。

資料は各自がテーマの中から担当する項目を決めて作成にあたった。作成した資料は若手技術者が皆で確認を行い、意見をフィードバックすることにより資料内容の向上を行った。

また、V字型教育はモータ制御用インバータに焦点をあてており、実際のインバータの基板に触れ、基板動作や波形を確認することが望まれた。そこで、それらを補うためインバータキット「蓄電タワー」を製作した。インバータキットはモータ制御用インバータではないが、インバータの基礎が網羅されている。このインバータキットを用いることにより実際の動きを確認することができ、基礎教育の時間を短縮することができた。インバータキットは回路図とサンプルとなる基板をもとに組立てを実施しており、どのような部品がどこに配置されており回路図としてはどのような繋ぎになっているかを確認しながら行った。また、組立てたインバータキットは回路図で確認しながら基板の動作確認を行った。

図2は今行行ったフェーズ1のテーマごとにおける基礎教育の流れであり、図3は今回製作したインバータキットである。

この流れで実施することにより、一つ一つの電気理論や部品、電気回路が実際にはどのような動きをしているのかイメージすることができ、イメージの難しい電気の流れを

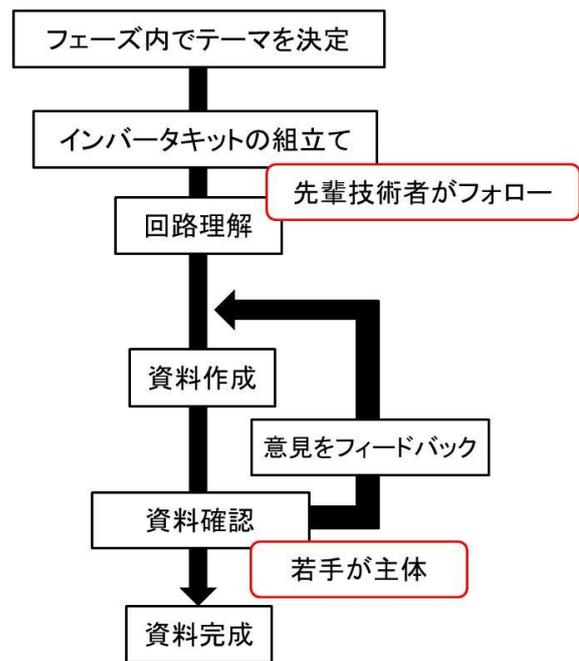


図2 資料作成の流れ

Fig.2. The flow of a documentation

明確に捉えることができた。また、電気のイメージを明確にして捉えて進めることにより各テーマの理解度が早まり、基礎の習得時間短縮が見られている。

テーマごとの進捗および成果は以下の通りである。

(1) パワーエレクトロニクス全般の基礎

このテーマではパワーエレクトロニクスの基礎全般にわたり、パワーエレクトロニクスの意味、使用されている分野、現在使用されているインバータの種類や特徴など幅広い意味でのパワーエレクトロニクスについて資料の作成し



図3 インバータキット

Fig.3. Inverter kit

た。幅広い内容で資料を作成することにより若手技術者がパワーエレクトロニクスのイメージを持つことができ、興味を持たせる効果を得た。また、幅広い知識を身につけることでパワーエレクトロニクスの基本的なことが理解できるようになった。

また、パワーエレクトロニクスの基礎では電気設計者として回路設計に必要な基礎についても資料を作成することとした。これはインバータの様々な回路や制御方法を習得しても抵抗やコンデンサという基本的な部品、オームの法則やキルヒホッフの法則など基本的な回路理論正しく理解していないと実際に設計にはつながらないためである。また、大学での専攻科により基本的な知識に差があるのも無視することができず、資料の作成が必要となる。

以下はパワーエレクトロニクスの基礎で作成した資料項目の一部である。資料はパワーエレクトロニクスの基礎として21項目、基本的な知識として120項目作成した。

パワーエレクトロニクスの基礎

- ・パワーエレクトロニクスとは
- ・パワーエレクトロニクスの応用
- ・パワーエレクトロニクス応用機器と特徴
- ・電力変換と制御
- ・次世代パワー半導体デバイス
- ・パワーエレクトロニクス回路とは
- ・理想スイッチとしてのパワー半導体デバイス
- ・電動機、負荷の特徴
- ・インバータの種類

基本的な知識

- ・受動部品
- ・個別半導体
- ・デジタル IC
- ・アナログ IC
- ・基本的な電気・電子理論

(2) 電源部の基礎

モータ制御用インバータに用いられる電源部の基礎についての教育を行った。インバータキットでは電源回路、昇圧回路を確認することにより、電源 IC や DCDC コンバータの整流回路、昇圧チョッパ回路など電源部に使用される部品や回路の種類や特性を知ることができた。また、実際に波形を確認することにより電源電圧のオーバーシュートや電源ノイズなどを知ることが出来ている。資料としてはインバータキットで確認したものだけでなく、基準 IC や変換回路など基本的な部品や電源回路について作成した。

以下は電源部の基礎で作成した資料項目の一部である。電源部の基礎としての資料は45項目作成した。

- ・交流-直流変換回路
- ・直流-直流変換回路
- ・電源装置への応用
- ・基準電圧 IC
- ・整流回路
- ・フォトカプラ絶縁回路
- ・スイッチング回路

(3) 制御部の基礎

モータ制御用インバータに用いられる制御方法についての教育を実施した。インバータキットでは PWM (パルス幅変調) 制御の確認を行った。実際の波形で制御の様子を確認し理論だけではわからない波形の遅れやノイズによる影響などを確認することができた。また、安全回路を確認することにより、どのような電圧、電流、信号がフィードバックされ監視されているのか、どのような状態を監視すべきかなどを知ることができた。これらは実際の製品を確認しないと知ることができないことであり、設計経験者の設計ノウハウでもあるため短期間で設計スキルを習得するための助けとなっている。資料作成では PWM (パルス幅変調) 制御や PFM (パルス周波数変調) 制御など基本的な制御方法から、誘導電動機の制御方式など現在市販されているインバータが制御対象ごとに、どのような制御を行っているかなどを資料にまとめた。その結果、制御方法を幅広い視点で観ることができ、様々な分野での応用が可能な知識を身につけることが出来た。

以下は制御部の基礎で作成した資料項目の一部である。制御部の基礎として資料は20項目作成した。

- ・電力制御の基本方式
- ・PWM 制御 (パルス幅変調)
- ・PFM 制御 (パルス周波数変調)
- ・PAM 制御 (パルス電圧振幅波形制御方式)
- ・交流電圧の位相
- ・回転座標系と瞬時空間ベクトル
- ・電動機制御システムの基本構成

(4) 電力制御部の基礎

パワーエレクトロニクス技術にとって最も重要な部分であるパワーデバイスの制御方法、使用している部品についての教育を実施した。パワーデバイスの制御は電力変換やモータ駆動において中心となる技術であり、その技術を学ぶことによりインバータの出力制御だけでなくインバータにより制御される機器の制御方法についての知識を得ることができた。また、パワーデバイスとしてのダイオードやトランジスタ、IGBTなどの部品やIGBTを組み込んだパワーモジュールなど業務に直結するようなことについても知ることができた。インバータキットではFETを使用しているため、パワーデバイスの基本となる動きを確認することができ、電力制御部の基礎としては最適であった。

以下は電力制御部の基礎で作成した資料項目の一部である。電力制御部の基礎として資料は32項目作成した。

- ・スイッチによる電力変換と制御
- ・スイッチング動作による負の作用と対応
- ・パワースwitching回路の基本性質
- ・パワー半導体デバイス
- ・IPM
- ・パワー半導体デバイス適用の基本
- ・ダイオード
- ・FET

〈2・2〉フェーズ2

パワーエレクトロニクス、モータ制御用インバータの基礎についてはフェーズ1により習得できた。次にフェーズ2に進み実際に設計を行う上で、設計をするにあたり必要となる知識はフェーズ1で習得した部品や回路だけではない。

実際には基板の製造方法や半田自動機の種類、法律や規格、製品や基板のEMC、インターフェースの種類など様々な知識が必要となっている。そこで若手技術者が業務について、まず初めに必要になると考えられる知識に焦点をあて教育を行った。また、教育した内容は資料にまとめ、今後の教育にも利用できるようにした。

(1) 設計や業務に必要な知識

設計や業務に必要な知識として、ノイズに関する資料、基板の種類や半田付けに関する資料、周辺インターフェースに関する資料についてまとめた。また、設計の次の段階ではあるが、実際に製品を作った際に世の中に出すために実施している信頼性試験の概略説明についても資料作成を行った。これらの資料を作成することにより、実務に近い知識を得ることが出来た。

作成した資料の一部は以下の通りである。設計や業務に必要な知識として29項目の資料を作成している。

- ・ノイズに関する基礎知識

- ・コンピュータ周辺インターフェース
- ・プリント基板実装
- ・信頼性試験
- ・製品の動作確認方法
- ・機構部品
- ・報告書の作成方法

(2) 回路図作成

教育を短期間で実施するため、インバータキットの回路図を機能別に分解しての回路図作成(写図)を行った。実際の回路を写図することは、設計を行うにあたり基本を知るための重要な方法である。これにより、どのような方法やルールで回路図が書かれているか、見やすい回路図とはどのような回路図かを知ることが出来た。また、実際の製品の写図を行うと回路図製作者がどのような思想があるか、どのような書き方の癖があるかも知ることができ、回路図を読む際の助けにもなった。図4は実際に写図を行った回路図である。

また、回路設計を行いながら、設計ツールの使い方を覚えていたのでは時間ばかりが過ぎてしまう。そこで写図を行うことにより設計ツールを設計前に習得することができた。

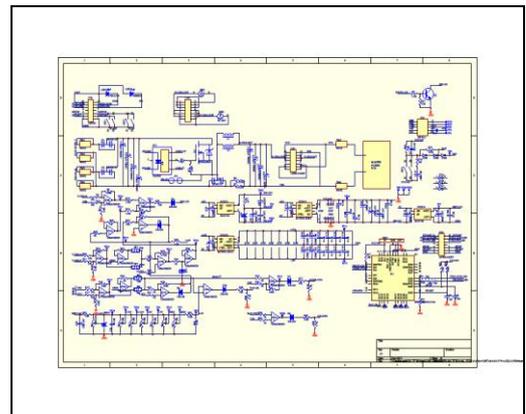


図4 作成した回路図

Fig.4. The created circuit diagram

〈2・3〉中堅技術者による勉強会の開催

ここまで若手技術者が主体となり、自らが実施することで技術力を向上させる教育カリキュラムを実施してきた。しかし、回路図の書き方やルール、測定機器の使い方など中堅技術者が直接ノウハウや技術を教えたほうが効率がよい技術もある。それらの技術に対しては中堅技術者が講師となった勉強会を実施している。勉強会は少人数を対象に業務の定時時間後や土曜日などを利用して実施しており、業務中は時間のあまり取れない中堅技術者から直接教育を受けることができる。中堅技術者より直接教育を受けることにより技術の習得時間の短縮につながっている。

また、オシロスコープや電源、デジタルマルチメータなどの機器を扱う際に、電源の電圧、電流リミットのかけ方、

オシロスコープのプローブ選定の方法など実際の業務でないと使用しないような技術についても習得することができている。

尚、今回のインバータキットの組立てでは基板が正常に動作しない箇所があったため、不具合箇所の調査、検証、対策を行った。不具合検証の方法を一連で実施することにより、不具合が起きた場合にどのような手順で検証を行えばよいかを知ることが出来た。

図5は若手技術者（右）が中堅技術者（左）より不具合検証方法の教育を受けている様子である。若手技術者が動作確認や不具合検証を行う際には中堅技術者がフォローにあたり、中堅技術者がつくことにより回路や動作としての事柄だけでなく、業務でのノウハウや経験、テクニックなどについても直接聴くことができている。



図5 教育の様子

Fig.5. An educational situation

3. ヒューマンスキルの向上

ここまで、若手即戦力技術者の育成とし技術についての教育について述べてきた。しかし、実際の業務を行うにあたり技術だけでは即戦力とは言い難い。例えば、現在の電気基板は集積、高密度化が進み、一人の技術者がすべての設計を行うことが困難になっている。幾人もの技術者が設計箇所を分担して一つの基板を作成していくのが主流である。そこで重要となっているのがコミュニケーション能力である。どんなに優れた技術力を持っていてもコミュニケーションが取れなければ業務は円滑に進まず、優れた技術者とは言えない。このようにコミュニケーション能力を始めとした、ヒューマンスキルの向上が若手即戦力技術者の育成には必要不可欠となっている。そのため今回の教育カリキュラムでも様々な取り組みを行った。

(1) 資料発表会の開催

フェーズ1の資料作りにおいて、作成した資料の確認の際に若手技術者を中心とした資料発表会を開催した。この資料発表会には中堅技術者も参加しているが、発言は極力抑え、助言や間違っている箇所の指摘にとどめるようにし

た。若手技術者が中心となり資料発表会を開催することにより発表内容への意見や質問、感想が言いやすく、普段発言が苦手な若手技術者が、自ら発言することを促す環境が作られた。他の人が作成した資料を見ることにより、自身で作成した資料がどのように見られるのか、どのような書き方をした資料が見やすく相手にとって分かり易いのかを知ることもでき、自身の考えをアピールする力、プレゼンテーション力の向上にもつなげることができた。

(2) 回路図動作説明会の開催

インバータキットの組立て、動作確認、写図と教育を行い回路の理解が深まったため、若手技術者が中堅技術者に対して行う回路図の動作説明会を実施した。回路動作を理解している中堅技術者に説明するためには、発表する若手技術者自身も深く回路動作を理解している必要があり、回路動作に関する知識の向上につながった。また、人に説明することにより、どのように説明すれば相手が理解できるかなどを知ることができ、それらの力も向上も図れた。これらの力は実際の業務においても必要であり、DR（デザインレビュー）など自身の設計した回路を説明する際に役立つことになる。

(3) 教育体制のチーム化

資料作成、インバータキットの組立て、動作確認を行うにあたり、少人数でチームを組んで実施した。少人数チームで行うことによりスケジュールの確認や調整、組立ての協力、引き継ぎなどが必要となり、チームでの動き方、考え方を体験させることができ実際の業務につながっている。また、実際にチームで行うことによりコミュニケーションを苦手とする若手技術者にもコミュニケーションの重要性を知らせることができ、少しずつではあるが自らコミュニケーションをとるようになってきている。

4. おわりに

今回は現在進めている教育カリキュラムの進捗状況について発表した。従来の教育では業務に必要な知識が優先となり、一部の知識や回路に注目して教育を行うものとなっていた。そのため、一部の項目では技術があるが、全体や他の箇所となると技術がないということもあった。しかし、V字型教育のシステムは教育の対象となるインバータ全体を見通しながら基礎、応用と段階的に進んで行くため、システムとしての技術が理解できている。また、技術に対する理解が早くの習得までの時間が短くなっている。

実際に従来の方法で教育を行っていた若手技術者と比較してもV字型教育を行った若手技術者は一人で業務を任せ、満足のいく結果を出せるようになるまでの期間が1年要していた教育期間が半年程度に短縮した。

V字型教育を行った若手技術者は順次、設計者として配属され始めている。

今回はこの教育カリキュラムをおこなった若手技術者の教育成果となる設計配属状況について発表する。

謝辞

若手技術者育成のための教育カリキュラム立案に当たりまして、広島工業大学 田中武先生に御教授頂きましたこと改めて御礼申し上げます。

文 献

- (1) <http://www.artner.co.jp/index.html>
- (2) 出雲宏行, 水口拓弥, 和田礼, 畑田研二, 田中武:「ものづくりのための企業内教育—リーマンショック後の研修体制—」, 電気学会教育フロンティア研究会資料, FIE-12-023, pp.21-26,(2012)
- (3) 出雲宏行, 和田礼, 田中武:「ものづくりのための企業内教育(半導体関連)—教材作成—」, 電気学会電子回路研究会資料, ECT-10-010, pp.51-55(2010)
- (4) 水口拓弥, 和田礼, 畑田研二, 出雲宏行, 田中武:「ものづくりのための企業内教育(職場教育)—パワーエレクトロニクス—」, 電気学会教育フロンティア研究会資料, FIE-13-013, pp.63-68,(2013)
- (5) <http://www.aritec.com/company.html>