

**【回路設計 WEB ラボ最終回】エンジニアの On The Job Training (OJT) と
自らの駆け出しの頃からの思い出**

これまで長い間、ありがとうございました。

著者: 石井 聡

はじめに

大変、口惜しいと本人も思っておりますが、前回の技術ノートで「アナログ電子回路技術ノート」としての技術的話題のご提供は最後となります。

今回が回路設計 WEB ラボの最終回となり、最後ということで、これまで長い間とみに思ってきた、On The Job Training (OJT) について、自らの駆け出しの頃からの思い出を出だしに、つれづれなるままに綴ってみたいと思います。

2024年8月31日、秋田県大仙市「大曲花火大会」

8月20日あたりだったと思いますが、テレビで「大曲花火大会」が紹介されていました。開催は8月31日(土)。「俺、行ってみたい」と妻に話しをしたところ、彼女はホントに思いつきのダンナだなど思いつつも、ネットのサーチを開始してくれました。

宿泊施設に泊まらず、妻は新幹線もダメだろうと思い、弾丸バスツアーを選択。テレビ番組で紹介すぐにもかかわらず、サイトは停止せずにカード番号も入力でき、なんと! 数日前にも関わらず、チケットを手配することができました。

千葉出発のツアーで、千葉駅前を AM 5:40 分出発。大曲に PM 4:30 到着(笑)、そのまま PM 11:30 出発で日帰りという恐ろしい弾丸バスツアーです。

この花火大会は、単なる観客を集めて花火を見せるという観覧型ではなく、「全国花火競技大会」…つまりコンペティションです(長い歴史があり、第96回)[1]。全国の花火師、それもトップの花火師が会して、まるで甲子園かオリンピックのように、1年間練り上げてきた花火を順番に(アナウンス後に)打ち上げていく、という花火大会です。

それはそれは、素晴らしいアートでした(図1、図2)。

ちなみに帰りのバス出発は、1時間遅延して AM 24:30。千葉駅到着が AM 10:30(笑)。弾丸バスツアー翌日はずっと寝ていました。

花火師も芸術家としての伝承が行われる

観覧して思うわけです。「花火はアートだな」と。そして競技会であることから、1年間の鍛錬を一瞬で披露するんだなとも思うわけです。

花火も歴史は古いものですが[2]、花火の多岐な光の軌跡を魅せる技術は相当なものです。綿々と先代から継承されてきた、花火玉を美しいアートとして披露できる製作・製造技術は、それこそ匠の技といえるでしょう。この継承は、座学による教育というより、現場での実践(製作作業と対話)による実務による学びによるものが大きいはず。これこそ作業から学ぶ、On The Job Training に違いありません。



図1.大曲の花火(その1) 素人スマホ撮影、ご容赦を!



図2.大曲の花火(その2) こちらもご容赦を!

On The Job Training (OJT) に対する思い

新卒で製造メーカーに入社した1986年ごろに On The Job Training (OJT) という言葉を知ったのではないかと思います。以降、「OJT」として示していきましょう。

そのころ、OJT に対する思いは、「座学で教えることが面倒だろうし、単に作業負荷(量)に対応するためのマンパワーとして活用するための言い訳なのだろう」というものでした。

それが、結構経ってからだったと思いますが(これが頭の悪い証拠ですが…)、「OJT とは仕事を学ぶうえでの最高の教育手段だ」というところに至りました。教育という視点では、教育

アナログ・デバイス株式会社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイス社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。
©2024 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. 0

アナログ電子回路技術ノート

TNJ-103

を受ける側の真剣度が最大レベルに達するもの、ということもいえるでしょう。

そのころから考えることは、OJTで適切に業務を学び、それだけでは業務に関わる分野全般において凹凸ができてしまいますので、そこを座学や自己学習で補うこと、それらにより業務関連分野全般に精通できる社会人ができるといえることです。

転職によるキャリアアップもOJTだといえるでしょう。

自らの電子回路技術 OJT①…子供から学生まで

それは中学生のころでした。同級生の S 君が、電波新聞社の月刊誌、「ラジオの製作」[3]を貸してくれました。彼のお兄さんが電子回路に興味があったようで（たしか工業高校に進学）、それを見ていて彼自身も興味を持ってきたようでした。

それを借りて読み始めた私は、それこそ鮮烈な印象をうけたものでした。内容もよく分からないまま、食い入るように読み、つづいて数冊を借り、以降、自身も購入するようになりました。

しかし内容は当時の私からすると高度すぎました。そして掲載されている記事をもとに何か電子工作をしてみようと思っても、部品を入手することができません。なかなか秋葉原に行くこともできませんし、お金もありません。ましては部品リストが何を示しているのか理解できないのです（笑）。いまでこそ、ネット通販による電子部品販売で、どこにいてもなんでも電子部品・機構部品、ICなどが入手できますが、当時は全く情報やルートがありません。

たまに秋葉原に部品を買いにいけば、高架下のラジオセンターの店員さんは「いくついるの？何百個？」といじめてきます（笑）。

それでも高校に入ったらアマチュア無線をやってみたい、と強く思ったものでした。

高校のころはアマチュア無線に没頭しすぎて…

中学校では運動部の部活と勉強に専念し、高校に入学しました。「高校に入ったら…」と我慢していた私は、さっそく無線部に入学しました。高校生の頃はそれこそ無線に没頭してしまいました。いや、没頭しすぎてしまいました。

アマチュア無線従事者の免許を取得し、最初は無線部の部室にある無線機を使って、無線局免許を取得してからは自宅も含めて、音声（Single Side Band = SSB）、モールス通信（Continuous Wave = CW）の通信を、アマチュア無線の定義である「金銭上の利益のためではなく、専ら個人的に無線技術に興味を持ち、正当に許可された者が行う自己訓練、通信及び技術研究のための無線通信業務」[4]という条文に倣って実践してきました（これはITUの「無線通信規則」の表記で、電波法では第五条第2項第二号に「個人的な興味によって無線通信を行うために開設する無線局をいう。」と規定されていますね[5]）。

それはそれこそ、「OJT-自己訓練」そのものでした。ここで海外との通信で英語に興味を示し（これで今のお勤めがあるようなモノですが）、さらに電子回路に深く興味を示してきました。ラジオの製作を参考に製作してみた7MHzの受信機はオーディオの異常発振音が鳴るのみで全く動かず…。これが無線回路設計技術者になりたいと思うルーツとなりました。

文化祭では世間からすればマイナーな展示を行い、世間からすればメジャーな体育館で行われるバンド演奏は恐ろしくて足を踏み入れることができませんでした。オタクだったわけです。

大学のころは8ビット・パソコンに没頭しすぎて…

高校生活の後半は、「流石にこれはまずい」と思い、だいぶ学業に戻り、なんとか大学に入学しました。当時は共通一次という試験があり、入りたかった通信系、電子系の大学・学部には

点数が足りなく挑戦できずで、なんとか二次試験逆転で電気工学科に滑り込みました。

大学では勉学もそこそこやりましたが、夢だったパソコンを、バイト代をはたいて富士通のFM-8 [6]（CPUはMC6809）を購入。さらにオタク度がアップしてしまいました。

8ビット・マイコンの走りはNECのPC-8001 [7]（CPUはZ80互換）でしたが、たしかMC6809の命令セット・アーキテクチャの美しさから、同CPUを用いたFM-8を購入したはずですが。

購入後の途中からは、技術評論社の月刊誌、THE BASIC [8]を購入しつつ、その影響をうけてプロテクト外しに専念。最初はカセットの記録媒体（フロッピー・ディスクは高価で購入できず）で、そのゲーム・ソフトをIPL（Initial Program Loader）から逆アセンブル解析し、プロテクトを外すことに専念。以降になんとか5インチのフロッピー・ディスクを購入でき、今度はディスクのゲーム・ソフトのプロテクト外しに専念しました。ホントにオタクでした…。BIOS（Basic Input and Output System）の逆アセンブル解析もかなりやりました。

知り合い経由で紹介された設備会社にて、日立のS1 [9]というパソコンで業務ソフトをBASICで何本も書いたりしてお金を貯めました（そしてFM-8がFM-7 [10]にグレードアップ）。また立川にある開発メーカーでZ-80のアセンブラ（当然デバッグ無し）開発もバイトで行い、これらでアセンブラ/BASICでのコーディングの力が相当つきました。これも「OJT-自己訓練」そのものでした。

アマチュア無線はこの期間からほぼお預けで、以降は今まで閉局状態です。それでもこのころ、数年かけてプロの無線技術士の資格を2級、1級と取得していきました。

大学4年になって、K先生の周波数精密測定の実験室に入りました。そこでは初めて「アラン分散」というもの、PLL技術、OPアンプ技術を学びました。周波数の精密測定ということで、位相ジッタが大切になるわけですが、当時はPLLの位相ノイズ

（Single Side Band, SSBノイズ）の理論的仕組みが全く分からず、ただただOPアンプで作ったループ・フィルタで動作するPLLの周波数安定度を周波数カウンタを使って16ビットパソコンのPC-9801 [11]とGP-IBを使って計測していました。GP-IBもかなり突っ込んでやった覚えもあります。

さらにはPLL位相ノイズの仕組みが全く分からないのに、先生に「理論的に攻めたいです」などと、向こうみずなことを言っていたものでした。OPアンプに関する輪講などもありましたが、仮想ショートについて今一つうまく、正しく理解することができないという情けない状況でした。それでもその卒業研究も「OJT-自己訓練」そのものでした。

PLLの位相ノイズ・SSBノイズについては（以降に記述するように）、社会人になって無線通信機器を設計・開発するようになって、忙しさにかまけて理論的仕組みは全く分からないまま、アナログ・デバイセズに入社後にOPアンプの知見も加わったうえでようやく理解できたものでした。

自らの電子回路技術 OJT②…就職後に入った電子機器メーカーでふたつの部署を渡り

入社した会社は、訳あって世間でメジャーではない会社に入社。最初は精密位置計測機を製造・販売する小さい部署に配属されました。

ホントは日本で超一流の無線機器を設計・製造するメーカーに入社したかったのですが、訳あって諦めたのでした。その会社には会社見学にも行き、素晴らしい技術や製品を見て、「どうしても入りたい！」と思ったものでしたが…。そこに入社していたら全く違う人生になっていたものでしょう。

アナログ電子回路技術ノート

TNJ-103

入社後7年間で一番成長したと思う

この部署では電子機器における先端に近い（大げさかな？）ことをやっており、16ビットのプロセッサ MC68000 [12]を使った大規模なシステムや、Z-80 ベースのシステムを開発していましたが、私はフォトダイオードの光電変換回路、アナログ回路を担当しました（いまでいう Transimpedance Amplifier; TIA）。

ここでもとりあえず動く回路は作ることができるものの、「光電変換回路の周波数特性はどう考える？」という質問には、「普通の電圧帰還アンプならわかるけど…」という感じで答えられるレベルではありませんでした。また「出力がなんだかノイズっぽいぞ…」と不安感を抱くこともありましたが、改善の手立てはありませんでした（分かりませんでした）。それでも書籍を読んでアナログ回路について一生懸命勉強しました。

論理回路も経験し、最初は（初めて）2000 ゲート程度のゲートアレーを設計しましたが、そのときは同期回路という概念を知る由もなく、完全非同期でこのゲートアレーを設計しました。「論理設計はこんな混沌としたものではないはずだ」という思いから辿りついた本は、CQ出版の「ASICの論理回路設計法」[13]というもので、これで同期回路の概念を理解でき、大きく論理回路に開眼しました。また PAL (Programmable Array Logic) /FPGA (Field Programmable Gate Array) の走りの時期であったことから、Lattice の PAL 16V8 を ABEL (開発ツール) を使って、また Xilinx の XC2000 を XACT (同) を使って論理回路設計をしました。同期設計が理解できてしまえば、こんなに楽しいものはありませんでした。シミュレーションのとおり動くからです。IBM-PC 互換機で走る Xilinx の開発ツール XACT の合成時間が相当かかっていた覚えがあります。

余談ですがアナログ・デバイスに入社後、広報の人と話しをしていたところ、その人は過去に Xilinx Japan に在籍していたとのこと。XC2000 や XACT、XCELL (Xilinx の無料技術誌) の話題でひと花をさかせました。

論理回路については、以降一回り大規模なゲートアレーを開発し Mixed Signal システムでの超低消費電力動作の測長機器を開発したり（これを経験論文として技術士試験を受験し合格）、VHDL を習得し、より大規模な回路設計に取り組むようになりました。

この部署には7年間いましたが、下手くそ英語レベルで通訳も結構やらされたりして、それこそ人生のうち一番エンジニアとして成長した、「OJT—自己訓練」そのものの日々でした。「社会人になったら無線機器の設計をしたい」と思っていたものの、本当にいろいろなことを経験しました。

無線機器の部門に異動

同じ社内に無線機器を設計する部門があり、8年目にそこに異動しました。ここは自らの求めていた「無線機器」とは毛色が異なった製品を設計・製造するところで、異動は気乗りしていませんでした。

送信電力的にもかなり小さい機器を開発していましたが、アマチュア無線をやっていたこともあり、放射電力が低いことから初めて担当した製品の設計で気を抜いてしまい、回り込みの高周波整流がマイコン IO ポートの論理を変えてしまうという失敗をやらかして、市場回収という失態をしてしまいました（汗）。

それでも少しして、新規事業でマイクロ波の通信システムを開発するプロジェクトに参画し、本来求めていた「無線機器」にかなり近い製品を開発できるようになりました。Y 大学の K 先生の研究室に訪問するようになったのもこのころでした。

実際の通信システムの開発と K 先生の指導で、それこそ日々は「OJT—自己訓練」そのものでした。結果、MHz 帯から GHz 対のいろいろな機器の開発を行いました。そこには高周波回路、マ

イコンの組み込みソフトウェア、論理回路、電波法とその申請作業などなど本当に多岐の業務がありました。

しかし忙しさにかまけ、PLL の SSB ノイズの理論的仕組みは、大学の研究室からやってはいたものの、相変わらず全く分からないままでした。スペクトラム・アナライザの画面を見ながら「どうしてこのような SSB ノイズのスペクトルになるのか」とずっと不思議に思っていました。

またディスクリートで VCO (Voltage Controlled Oscillator) を作ったときに、用いるデバイスを、バイポーラ・トランジスタがまだ使える（ギリギリの）周波数であったにもかかわらず、低消費電流が必要なケースであったので、GaAs FET を使って組んだことがありました。「なんだか SSB ノイズが大きいな」と思っていたのですが、GaAs FET の大きな $1/f$ ノイズが SSB ノイズに影響を与えていることに気がつかず、そのままにしてしまった思い出などもあります（アナログは難しいです！）。

二束のわらじを3年間継続し

この部署に異動し結構経ってから、K 先生からお誘いがあり、仕事にプラスして学業（研究）を行うという二束のわらじ状態が3年ほどつづき、なんとか学位を取得することができました（ホントに死ぬかと思いましたが）。ここで実践と理論とのギャップをかなり埋めることができたと思います。

帰宅後に自宅での研究を、翌朝近くまで眠さで訳わからなくなるまで行ったり、会社の仕事が終わってから、自家用車でアクアラインを西行して輪講に参加しトンボ返りするという日々、一回り以上離れた若い学生と議論できたこと、人生で一番濃い時代だったと思います（繰り返しますが、ホントに死ぬかと思いましたが）、今となれば楽しかった思い出です。

このころ憧れの「トランジスタ技術」誌に初めて記事を寄稿できるようになりました。

自らの電子回路技術 OJT③…アナログ・デバイスに転職し

アマチュア無線での海外通信をきっかけに高校生のころ興味を示した英語は、新卒入社以降も勉強を続け、そして二束のわらじ状態のときも結構実践したこともあり、外資メーカへの興味が膨らんでいました。アナログ・デバイスも憧れの会社でした。

新卒で入社した会社は23年弱在籍していましたが、2009年1月1日からアナログ・デバイスにお世話になることになりました。

アナログ・デバイスでは、アナログを根幹から学ぶことができ、セミナーをアウトプットとして「OJT」の日々を送ってきました。

得られた、とくに大きな成果としては、① 上記に示した TIA の周波数特性とノイズ特性、② OP アンプや SW 電源の帰還回路の安定性（位相余裕）、③ 上記に示した PLL の位相ノイズ（SSB ノイズ）と安定性（これは帰還回路として OP アンプなどと全く同じということも）、④ ADC システムをシグナル・チェーンとして考えたときの NF (Noise Figure) の考え方、⑤ フィルタの伝達関数と2次アクティブ・フィルタ設計との関係、⑥ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) 通信方式の概念、このあたりといえるでしょう。

WEB ラボの記事執筆も OJT そのものだった

この WEB ラボの記事執筆も、OJT…自己訓練そのものだったといえるでしょう。記事のネタを考えると、自分が興味を示していたこと、これまで「どうなっているのだろう」と疑問を

アナログ電子回路技術ノート

TNJ-103

もっていたこと、深く追求してこなかったこと、これらを取り上げていきました。

そしてそれを答えが無いまま執筆をスタートしていきました。つまり執筆の最初は、答えがないまま・分からないままなのです。そして筆を進めるごとに、MS Word の数式エディタで数式を書き進めるごとに、「ああ、なるほど、こういうことなのね！」と気づき、理解し、さらに次の記事につながっていく、というプロセスだったのです。

これまでずらりと 102 の記事が並んだ結果になりましたが、それぞれ執筆してきたときのことを考えると、思い出深い記事ばかりです。40 歳代と WEB ラボを執筆してきましたが、それこそ「OJT-自己訓練」そのものの日々だったといえるでしょう。

まとめ

人生全てが学びだと思う、今日この頃。OJT というキーワードを基に、この最終回の記事を組み立ててみました。それこそ年齢によりインプット／アプトプットも減ってきているなど最近は思いますが、これからも長く安定して自己訓練／自己鍛錬ができればいいなと思っています。

長い間、本当にありがとうございました。またどこかでお会いできればと思います。

E N D

参考文献

- [1] 大曲の花火 第 96 回全国花火競技大会公式ホームページ, <https://www.oomagari-hanabi.com/>
- [2] 花火（「花火の歴史」の部分）, Wikipedia, <https://ja.wikipedia.org/wiki/花火>
- [3] ラジオの製作, Wikipedia, <https://ja.wikipedia.org/wiki/ラジオの製作>
- [4] アマチュア無線, Wikipedia, <https://ja.wikipedia.org/wiki/アマチュア無線>
- [5] e-gov 法令検索, 電波法, <https://laws.e-gov.go.jp/law/325AC0000000131>
- [6] FM8, Wikipedia, <https://ja.wikipedia.org/wiki/FM-8>
- [7] PC-8000 シリーズ, Wikipedia, <https://ja.wikipedia.org/wiki/PC-8000シリーズ>
- [8] The BASIC, Oh! FM-7, <https://fm-7.com/museum/products/f53xpx8u/>
- [9] 最強の 8 ビットパソコンの称号を得た機種の一つ「日立 S1」, AKIBA PC Hotline!, <https://akiba-pc.watch.impress.co.jp/docs/column/retrohard/1266241.html>
- [10] FM7, Wikipedia, <https://ja.wikipedia.org/wiki/FM-7>
- [11] PC-9801 シリーズ, Wikipedia, <https://ja.wikipedia.org/wiki/PC-9801シリーズ>
- [12] MC68000, Wikipedia, <https://ja.wikipedia.org/wiki/MC68000>
- [13] 小林芳直, ASIC の論理回路設計法, CQ 出版社