

# 山田アナログ学校

## タイトル:「PLL とフィードバック制御」

講師: 山田隆章先生 (ソニーOB、半導体技術コンサルタント)

[http://www002.upp.so-net.ne.jp/Yamada\\_Takaaki/](http://www002.upp.so-net.ne.jp/Yamada_Takaaki/)

日時: 8月3日(月)12:30-14:00、16:10-17:40

8月4日(火)10:00-11:45、13:00-14:15

場所: 群馬大学 ATEC 2Fセミナー室

- 内要
- 1 PLL の分類と応用分野
  - 2 PLL の基本構成(周波数逡倍の例)
  - 3 PLL の基本としての制御理論
    - (1) 4WS 車の走行にみる1次系フィードバック制御
    - (2) 2WS 車の走行にみる2次系フィードバック制御
    - (3) 2次系フィードバック制御の安定化
    - (4) 伝達関数と制御の安定性を表わす指標  
回路数学1 線形システムにおける  $e(j\omega t)$  と伝達関数
  - 4 PLL の理論と理論通りにいかない現実問題
    - (1) PLL の構成要素とその動作
    - (2) PLL のオープンループ伝達関数
    - (3) ニコルスチャートと PLL の安定性
    - (4) PFD とチャージポンプの現実問題
    - (5) PLL 設計例
    - (6) 設計通りの動作をしない要因と対策

### 講義のポイント:

フィードバック制御の問題は日常生活においても人間が無意識にこなしている行動の一つである。それを意識化して制御の理解に繋げようと言うのがここでの私の狙いである。そして PLL への道にも入っていく。

フィードバック制御は 1950 年までにはほぼ完成された理論体系である。サンプリング定理等でおなじみのナイキストやボード線図のボードもこの時代に制御理論の完成に大きく貢献した人として知られている。しかしそれから 50 年余りたった今日、電子工学や機械工学を学ぶ人にとっては今なおとつきにくい理論として敬遠されがちである。その理由としてまず頭に浮かぶのは、いきなりラプラス変換が出てくる事である。何故ラプラス変換が必要なのが解らないまま、使い方に慣れる事が要求される。そのせいか私は今でもラプラス変換が好きではない。

私の場合、幸いしていたのはラプラス変換を使わなくても問題が解ける数学力があつた事で、自分流の制御理論のこなし方を身に着けてしまった様だ。今思えば、ラプラス変換は便利なシミレータのような物だったかも知れない。これは入力の時間変化も変換の対象としている事による。しかし入力波形を自由に選んで結果が出せる回路シミレータを普通に使っている現在においては、ラプラス変換の重要度はあまりないのではないか

と思う。それより周波数領域での単純な伝達特性とか、入力が無いクローズドループでの複素固有解(系の複素的な固有振動数を表す)を解く事の方が本質的に重要だと思う。

だからラプラス変換がどうもと言う人も安心(?)して本講座の制御理論を学んでみて欲しい。但し2階定係数線形常微分方程式の解き方を復習しておく事。

\*\*\*\*\* 山田隆章氏を群馬大に迎えて \*\*\*\*\*

ソニーOBの山田隆章氏を迎えて、群馬大学の回路系研究室の学生に対して 講義をしていただいた。山田氏はソニーにて MOS アナログ回路技術者として活躍され、現在は独立、半導体技術コンサルタントをされている。何年か前にソニー(当時)の萩原良昭氏のご紹介を受け、群馬大学にてご講演をいただいた。最近 展示会や学会で偶然お会いすることが何回もあり、これも何かのご縁と思い、今回学生教育ためのご講義をお願いした次第である。私も同席して講義を拝聴した。最も印象に残ったのは、PLL 回路で位相比較回路がそれまでは外国メーカーの特許に基づくものが多用されていた中で、山田氏がそのエッセンスを解明してそれを超える位相比較回路をよりシンプルな回路構成で実現した話である。

同氏のお話をうかがうと、技術に対する考え方がきわめてまじめであることに気がつく。技術へのアプローチが緻密な理論に基づいている。「イメージで理解する」、「直観を重視する」、「素早く仕事をする」というより、「理論に基づく」、「数式を多用する」、「丁寧に時間をかけて考える」ことを重視する。同氏の個人的な資質とともに、理学部物理学科で学んだということも理由かもしれない。同氏の講義テキストには次のように書かれている。

- 「How to を詰め込むことはものづくりの近道であるが、これに頼りすぎればすぐに時代の変化に対応できなくなる。」
  - 「原理から出発することは遠回りのように見えるが、原理は How to よりもはるかに長い寿命をもつ。」
  - 「回路図や手順よりも大事なのはその背景にある原理である。」
- このような姿勢で、企業でのいくつものチャレンジングな技術・製品開発に携わり、特許出願200件前後、ISSCCでの論文発表・共著者5件等多くの業績をあげられた。また、次のように技術への考え方がバランスのとれた柔軟なアナログ技術者である。
- 「アナログとデジタルは難しさのポイントが異なる。」
  - 「アナログ回路設計を匠の仕事という人は、テクノロジーの進歩に目を背けている人かもしれない。」

企業技術者でこのような方には初めてお会いした。

山田氏がソニーに入社されたときには、井深大氏が会長、盛田昭夫氏が社長であり、盛田氏に対しては次の言葉で次のことが印象に残っているとのことである。

- 「お客さんの言う通りのものを作るのは Customer Oriented ではなく Custom Made である (のすごいものはできないかもしれない)。Customer Oriented とはお客さんが口には表現できないことをその意を汲み取って満足するものを作ることである。」

私は 1986 年ごろ盛田昭夫氏の著者「メイド・イン・ジャパン」を読み大きな感銘を受けた。当時は「国際化教育」が流行りであったが、この一冊を読むことがどの国際化教育よりも優ると思った。その後米国に渡ることになったが、この一冊が米国社会や国際社会を理解するのに極めて有益であった。そのことを思い出しながら話をきいていた。

巷ではアナログ技術の魅力を伝えるために、「アナログ技術は面白い」「アナログは差別化技術であり収益性が高い」「産業界でのニーズが大きい」「米国ではアナログ技術者はデジタル技術者より給与がよい」「アナログ技術の教育が必要」等のことが言われているが、何かが足りないと常々思っていた。最近 UCLA の Abidi 研究室で一緒した園田裕樹さん(ルネサステクノロジ社)に久しぶりにお会いしたが次のように語られていた。

「若手技術者のやる気を引き出すキーワードは、「世界一」、「世界初」である。  
世界一の研究開発、世界初の製品開発を行える環境をつくってやる必要がある。」

そのとき「足りなかったのはこれだ」とはっとした。すなわち、大学の電気電子工学科で学生に伝えなければならないものの一つは、「電子技術者という職業・仕事に対する夢」であり、産業界がそれが実現できる魅力ある仕事を提供できれば、学生・若手技術者は自然に育つであろうということに気がついた。

山田氏のお話をうかがいながら、同氏がエレクトロニクス技術・産業の発展の中で「自由闊達ニシテ愉快ナル理想工場」で非常に良い仕事をされ「電子技術者としての夢」を実現してきたという印象を受けた。今回同氏を招聘したことは、その「理論を重視するアプローチ」を学とともに、「電子技術者という職業・仕事に対する夢」を再考するのに良い機会になったと思っている。

(群馬大学 小林春夫)