

# 高専研究室紹介

## 元民間企業半導体回路設計エンジニア、半導体人材育成に孤軍奮闘！ ～群馬高等専門学校 築地研究室～

電子情報工学科 講師 つきじ のぶかず 築地 伸和

### 1. はじめに

群馬高専の所在地は群馬県前橋市です。全国の高専の中でも珍しく県庁所在地に設置されている高専です。正式な所在地は前橋市となっていますが、地理的には前橋市と高崎市の市境に位置しています。高崎が近いこともあり、新幹線を使えば比較的簡単に東京へアクセスすることが可能です。また、本校のすぐ近くには前橋ICがあり、高速道路へのアクセスも良好です。全国の高専の中でも立地には恵まれているほうではないかと思えます。しかしながら、群馬県といえば、冬に吹き荒ぶ冷たく乾いた季節風である“上州のからっ風”が有名です。本校の西側には妙義山、北側には榛名山と赤城山がそびえたちます。遠くから眺める分にはとても美しい山々なのですが、自転車で通学する学生には冬場は風が強く大変かもしれません。図1は群馬高専のロゴマークです。このロゴマークは、“赤城・榛名・妙義の上毛三山に囲まれ、利根川が流れる豊かな大地で、心温かで澁刺としたグローバル・エンジニアが育つ群馬高専”を表しています。



図1 群馬高専のロゴマーク

群馬高専の本科は機械工学科、電子メディア工学科、電子情報工学科、物質工学科、環境都市工学科の5学科で編成されています。私は電子情報工学科で講師を務めております。本稿では、私の研究室の紹介とともに半導体人材育成の取り組みについて紹介いたします。

### 2. 自己紹介

私は令和2年4月より群馬高専電子情報工学科に着任しました。なお、私自身は小山高専電気工学科のOBです。着任以前はローム株式会社および日本テキサス・インスツルメンツ合同会社の2社にて、アナログ半導体集積回路の設計開発や顧客製品の設計サポートの業務に従事しておりました。

ローム株式会社においては、システム電源ICの設計開発に従事していました。スイッチングレギュレータ、リニアレギュレータ、オペアンプ、インターフェース、制御用ロジックなど様々な回路を経験しました。

日本テキサス・インスツルメンツ合同会社においては、顧客製品の設計開発サポートに従事しておりました。設計経験のあった電源ICだけではなく、高速差動インターフェースやD級アンプなどの回路もサポートを担当し、さらに幅広く経験を積むことができました。

日系および外資系の両企業で培った様々な経験を活かして、学生指導や研究に邁進するとともに、高専から優秀な学生を少しでも半導体業界に送り込みたいという気持ちで“孤軍奮闘”ならぬ“孤軍でも奮闘するぞ”という意志で取り組んでいます。なお、タイトルにある孤軍奮闘も同様に解釈いただけますと幸いです。

### 3. 研究室紹介

私の研究室にある主力の装置を1点紹介いたします。図2は周波数周波数特性分析器（FRA: Frequency Response Analyzer）といい、正弦波信号を被測定物に与えて、その周波数応答を求める計測器です。私が研究している電源回路の分野では、制御系のループゲインを測定するときに使用します。負帰還制御を用いた電源回路は、出力電圧を一定の状態に保つために位相補償回路を必要とします。位相補償回路の設計が不適切な場合、出力電圧が不安定になり、電源回路の後段に接続された電子機器が破損する恐れがあります。したがって、位相補償回路の設計が適切であるかを確認するため、電源回路のループゲインを測定し、安定性を評価することが重要となります。なお、周波数特性分析器はゲインを電圧/電流として測定することにより、被測定物のインピーダンスを測定することも可能です。

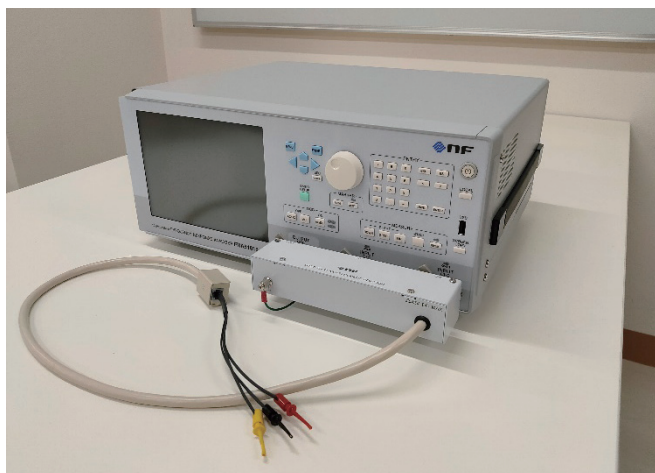


図2 周波数特性分析器

次に、周波数特性分析器を用いたループゲイン測定法に関する研究事例を紹介します。本研究 [1, 2] では、電源回路の帰還回路を切断することなくループゲインを測定する方法を提案し、安定性の評価が可能か検証した結果を報告しています。図3に提案方法による電源回路のループゲイン測定法を示します。提案方法では、出力インピーダンスを用いてループゲインを間接的に求めます。従来方法によるループゲイン測定では帰還回路の一部を切断し、AC信号を注入する必要がありましたが、提案方法では不要です。図4は提案方法と従来方法のループゲイン測定結果の比較を示しています。測定対象は電源ICを用いた降圧形DC-DCコンバータです。提案方法の測定結果より、クロスオーバー周波数が36kHz、位相余裕が45degと安定性を評価することができます。また、両方の測定結果がクロスオーバー周波数を少し超えた範囲まで一致していることも確認できます。提案方法を応用すれば、負帰還回路の安定性を最終製品の量産工程で試験し、保証することが可能と考えています。本成果は高信頼性・高安全性が要求されるアプリケーションへの応用が期待されます。

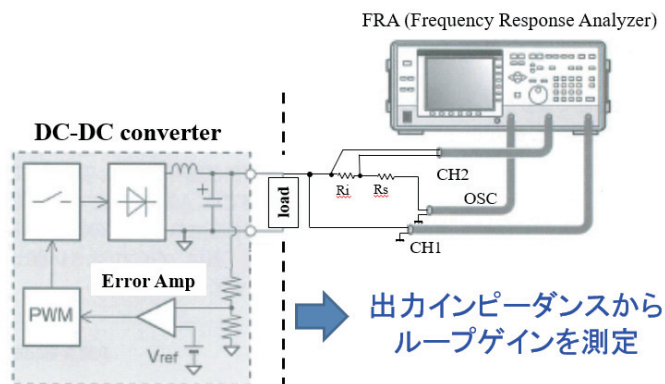


図3 提案方法によるループゲイン測定法

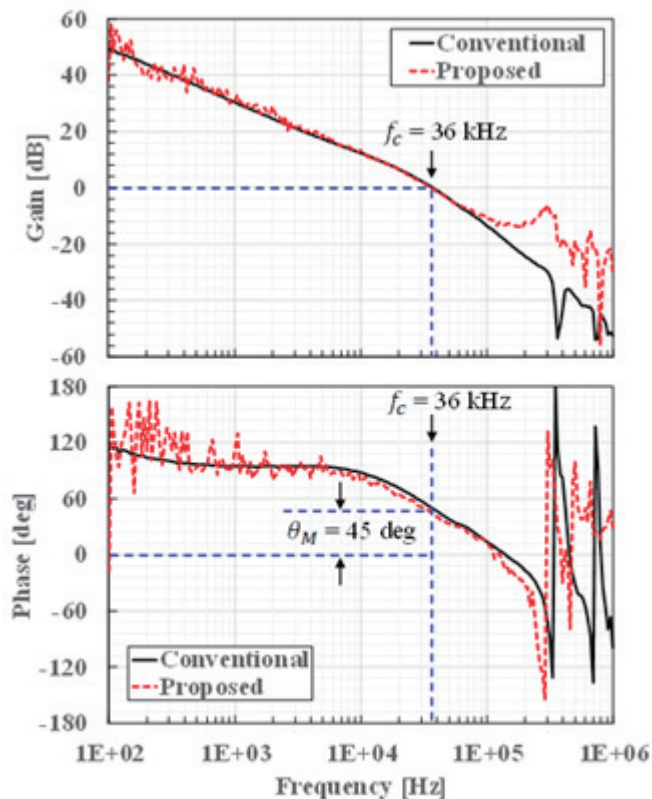


図4 提案方法と従来方法のループゲイン比較 [1]

## 4. 半導体人材育成の取り組み

図5は私の研究室の学生達です。令和4年度は本科卒研究生が5名、専攻科生が2名います。これまでに本科生4名、専攻科生1名が卒業・修了していきました。私の研究室では電源回路を主軸として、環境発電、ワイヤレス電力伝送などのアナログ回路の研究テーマに取り組んでいます。本研究室では回路研究をシミュレーション検証で終わらせるのではなく、部品選定、基板設計、部品実装、計測評価まで取り組むことを大事にしています。アナログ回路の世界では、シミュレーションでは理論通りの動作を確認できたのに、実機では想定通りに動いてくれないなんてことがよく起こります。このような問題が起きた場合ですが、経験が浅いうちは原因の特定に苦労します。計測器で測定した値や波形から原因についての仮説を立て、問題を切り分けるための実験を何度も繰り返すことで、ようやく原因を突き止めることができます。このようなハードウェアのデバッグを何度も経験して、アナログ回路の技術を少しずつ習得していくものです。泥臭い作業で時間もかかるのですが、実践的に手と体を動かして学ぶ以外に良い方法はないように思います。

図6は卒研究生が Design Spark PCB という CAD を用いて設計した PCB 基板です。この卒研究生は夏休みも自主的に



図5 研究室の学生達

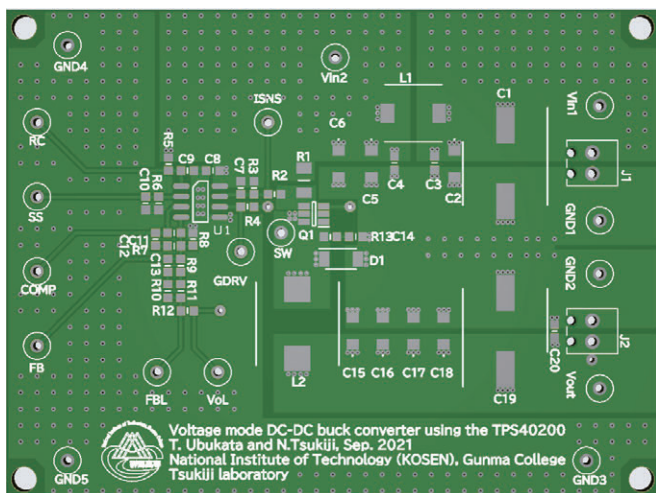


図6 卒研が設計したPCB基板

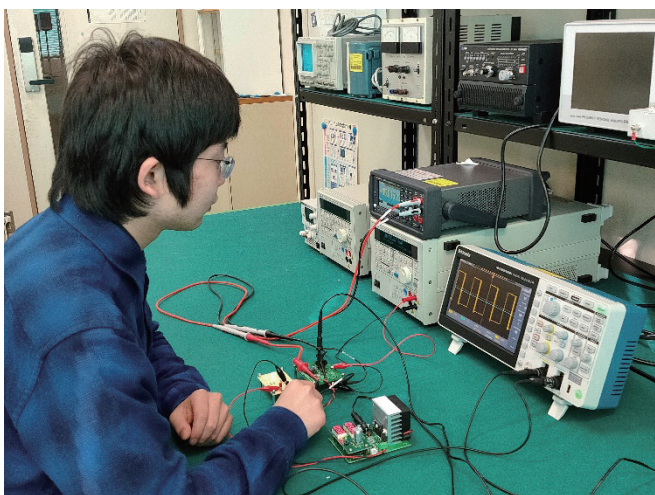


図7 オシロスコープを用いた実機評価

研究室に通い、約1カ月かけて基板を完成させてくれました。なお、回路設計と部品選定は基板設計より前の工程です。使用する部品まで決めておかないと、基板の実装パターンが決まりません。そして、基板が完成した後に部品を実装し、計測評価によく着手できます。もちろん問題があればハードウェアのデバッグが必要です。図7はオシロスコープを使って実機評価している様子を示しています。最近では、半導体部品メーカーから集積回路の評価ボードが有償で提供されることが多くなりました。評価ボードは周辺部品が全て実装された状態で提供されます。このような評価ボードは大変便利ですが、基板設計、部品選定、部品の実装方法などを学ぶためには、実際に自分で作ってみるしかありません。

次に、学校見学会での取り組みを紹介します。群馬高専では中学生向けの学校見学会を年に2回開催しています。図8は学校見学会で研究室の紹介をしている様子を示しています。私の研究室では実機のデモ展示もしており、オシロスコープを使ってDC-DCコンバータの動作波形を見る、D級アンプでオーディオ信号を増幅した音を聴くという“体験”を重視しています。“半導体集積回路が身近なところでたくさん使われており、現代の生活にかかせない基盤となっている”ということを実感してもらうことが狙いです。半導体の重要性を認識してもらうための草の根運動のつもりで真剣に取り組んでいます。

最後に、授業での取り組みを紹介します。私は電子情報工学科にて、電子回路、集積回路工学、制御工学などの授業を担当しています。令和4年度には電子回路の授業の一環として、電子情報工学科の3年生と4年生を対象に半導

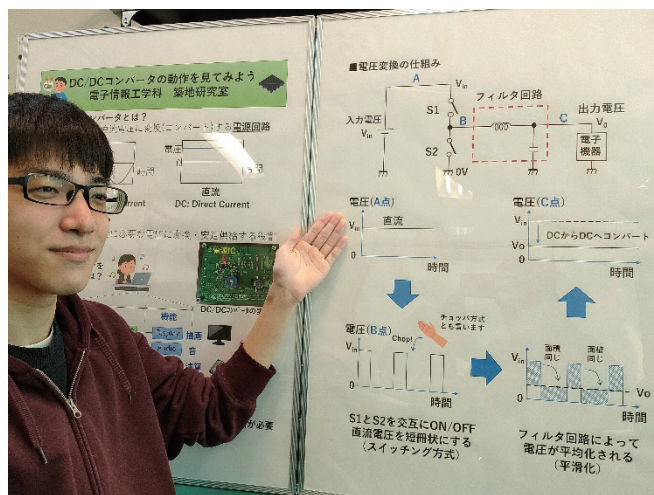


図8 学校見学会でのパネル展示



図9 JEITA/SEAJ 共催キャリア講演会

体産業に関するキャリア講演会を開催しました。図9はキャリア講演会の様子を示しています。本講演はJEITA（電子情報技術産業協会）およびSEAJ（日本半導体製造装置協会）の皆様にご協力をいただき、学生達に半導体に関する基調講演と群馬高専OBによる体験談をお話いただきました。講演後のアンケート結果では、講演を聞く前にはあまり「関心がなかった」と答えた学生が多かったのですが、講演を聞いた後は「興味をもった」と答えた学生が多く見られました。また、講演が「有意義であった／非常に有意義であった」との意見が大多数でした。今後も継続して講演会を開催し、半導体人材育成に貢献したいと考えております。

## 5. おわりに

群馬高専は、国立高等専門学校第1期校（12校）の一つとして昭和37年（1962年）に設置されました。現在、国公立あわせて全国で57校の高専が設置され、令和4年（2022

年）で高専制度は60周年の節目を迎えました。すなわち、1期校である群馬高専も60歳の還暦を迎えたこととなります。偶然ではありますが、このようなタイミングで原稿執筆の機会を頂きましたので、微力ながらも本稿をきっかけに、少しでも多くの皆様に高専での教育・研究活動の取り組みを知ってもらえれば幸甚に存じます。

### 参考文献

- [1] N. Tsukiji, Y. Kobori, H. Kobayashi, "A Study on Loop Gain Measurement Method Using Output Impedance in DC-DC Buck Converter", IEICE Transactions on Communications, vol. E101-B, no. 9, p.1940-1948, (Sep. 2018).
- [2] N. Tsukiji "Loop Gain Evaluation Using Output Impedances in DC-DC Boost Converter", International Conference on Technology and Social Science 2021 (ICTSS2021), IPS-02-3, Online, (Dec. 9, 2021).