

第284回群馬大学アナログ集積回路研究会

題目：「磁気とスイッチング電源回路設計」

講師： オーガナイザ 蓮村茂氏

(日立金属OB, EMC/電源技術コンサルタント)

日時：2015年10月16日(金) 13:00-17:30

場所： 群馬大学工学部(桐生キャンパス)

共同研究イノベーションセンター 3F 研修室

概要：

講演1：13:00~14:00 古賀誉大氏 (アンシス・ジャパン株式会社)

「4相インターリブインダクタ等磁性材料のモデリング、適用事例、
非接触給電の電磁界解析」

ANSYSが提唱するマルチフィジックスCAEソリューションは様々な産業や研究機関業務において活用されています。激化する製品開発において、日本独自の技術とノウハウを育て、世界を先導する製品開発を行う上でこの様なツールを自由に使いこなす技は技術者には必須となります。

ここでは、PFC回路を例として、大出力にも適用できる4相PFC用非線形インダクタのモデリングの解析事例を、回路解析モデルと電磁界解析で作成したモデルの比較結果をご紹介します。4相インダクタの構造をフェライト材とダスト材の組み合わせとして、回路解析では磁性材料の非線形特性をフリーの回路解析ツールLTspiceを使用してモデル化しています。電磁界解析では、材料特性と構造寸法によりモデル化し、回路解析と異なる手法の解析結果が、良く一致しているのを実感していただき、回路からモデルの作成が困難な場合は、電磁界解析より回路モデルを創出して、回路解析でシステム全体を解析する方法のアプローチも少しご紹介します。

全ての特性を詳細に解析するモデル化は困難であり、目的としている特性が得られる範囲に絞り、モデル化する技も必要です。電磁界解析による磁性材料の磁束の流れ、磁束密度、磁界強度、損失などの把握は、過渡的な状態の磁性材料飽和の確認や材料の小型構造検討には有効です。

※最新の電磁界解析ツールによる解析デモ時間がとれば、非接触給電の解析事例などもご紹介できればと考えております。

※テキスト、カタログ資料などは準備して配布いたします

※参加者の皆様には最先端の解析ツールで業界の動向や、ツールを使うことによるメリットなどを実感して頂ければと思っております。

講演2: 14:00~15:00 宮崎強氏 (テクトロニクス社)

「高効率パワー・デバイスを使用したスイッチング電源とスイッチング特性の測定」

1. 始めに

- ・スイッチング電源の主な測定項目
- ・周波数帯域と立ち上がり時間

2. 測定上の課題と解決方法

- ・フローティング測定に関する注意事項
- ・プローブ・ディスクューの重要性
- ・PFC付きスイッチング電源の評価

3. パワー解析ソフトウェアDPOPWRによる測定例

- ・安全動作領域(SOA)の評価とスイッチング・ロスの測定
- ・磁気コンポーネントの評価と解析
- ・近傍界プローブによる放射ノイズの測定と評価

4. テクトロニクスパワーアナライザの特徴

※最新の測定器による測定デモ 時間がとれば、非接触給電の測定と評価などもご紹介できればと考えております。

※テキスト、カタログ資料などは準備して配布いたします

講演3: 15:00~16:00

岡田芳夫氏(CQ出版(株)) 林重明氏、鶴谷守氏(パワーアシストテクノロジー(株))

「ワイヤレス給電キット、DCブラシレスモータ、関連セミナー、書籍の説明」

学生さんには実験の教材作りで時間を掛けるのではなく、その先の事に研究の注力をしてもらうのが意図としてあります。初心者の方は初めから作るのも教育の一環ですが、先輩が辿ってきた技術の蓄積を利用して、もっと高いレベルに研究の時間をかけていただき、世界の技術者と対等に議論できる人材に育てて頂きたいと思っています。

【展示と説明内容】

- ・ワイヤレス給電学習キット A・B・C

電磁誘導方式・電磁共鳴方式・電界方式の各種給電の基本原理を 実験を通じ学ぶことができます

- ・擬似共振実験キット

擬似共振動作とハードスイッチング動作を実現し擬似共振の効果とボトムスキップ動作の効果と間

欠動作効果など確認できます

- ・パワー半導体評価キット

SiC・Si・IGBTの各FETの特性を比較評価する。主基板と子基板を組み

合わせることでより5種類の特性評価が可能です。パソコンまたは調整装置などい
ずれかを使用し周波数やデットタイム等を可変できます。

- ・フルデジタル制御電源キット

インターリーブPFC+位相シフトブリッジDC/DCコンバータです。オプション
にコントロールモジュールを装備し従来のアナログ設計者が取り組みやすいように
工夫しました。

- ・LLC共振電源実験キット

LLC共振電源の原理と動作を取得できます。オプションとしてパワーアップキッ
トやPFCキットも追加しています。

※カタログ資料などは準備して配布いたします

講演4: 16:00~16:30 松本勇二氏 (東邦亜鉛株式会社)

「電源の軽量化や薄型化、高効率化に適する磁性材料のご紹介」

高性能で高品質な電子部品をお届けするため、金属素材メーカーとしての強みを最大
限に活かして磁性材料開発から品質管理、技術営業までの一貫体制を構築しています。
安定供給はもとより、お客様ニーズに対応したスピーディーな製品開発や製造リード
タイムの早さへの高い信頼とともに、一貫体制ならではの技術サポートを提供してい
ます。市場のグローバル化が進むなか、他社に先駆けてアジア地域に生産拠点を設立
しました。また、即応力と高品質を兼ね備えた体制を確立しています。近年のエコ商
品の普及にともない、これからも軽量化や薄型化、電源の高効率化による省エネ化な
ど、環境に優しいものづくりに努めていきます。

※エレクトロニクス製品に必要不可欠なインダクタ・トランスの製品展示があります

※カタログ資料などは準備して配布いたします

講演5: 16:30~17:00 渡辺裕之氏 (ベーシックデザイン)

① 「電源インピーダンスのシミュレーション 解析と実基板との相関性」

② 「基礎の基礎、電源回路のレイアウト設計」

電磁界解析ツールを使用した実基板での解析事例となります。

講演 6: 17:00~17:30 蓮村茂氏 (日立金属 OB, EMC/電源技術コンサルタント)

「低雑音 LLC 共振電源の解析と測定法」

2015年6月24日に東京コンベンション・ホールで開催されたテクトロニクス／ケースレーイノベーション・フォーラム 2015で講演した内容の概要をご紹介します。講演資料は下記よりダウンロードすることができます。

<http://info.tek.com/jp-tif2015-tokyo-dl.html>

磁性材料部品の共振を把握しないで、半導体素子のノイズ対策を行っているのを多々見かけます。ノイズ発生源を可視化、特定して対策するのが効率的であります。EMC サイトなどでは周波数領域のデータでノイズ対策を行っているのが多いと思われます。ここでは短時間フーリエ変換等の可視化ツールを用いた解析の有効性を説明します。

オーガナイザ蓮村氏より

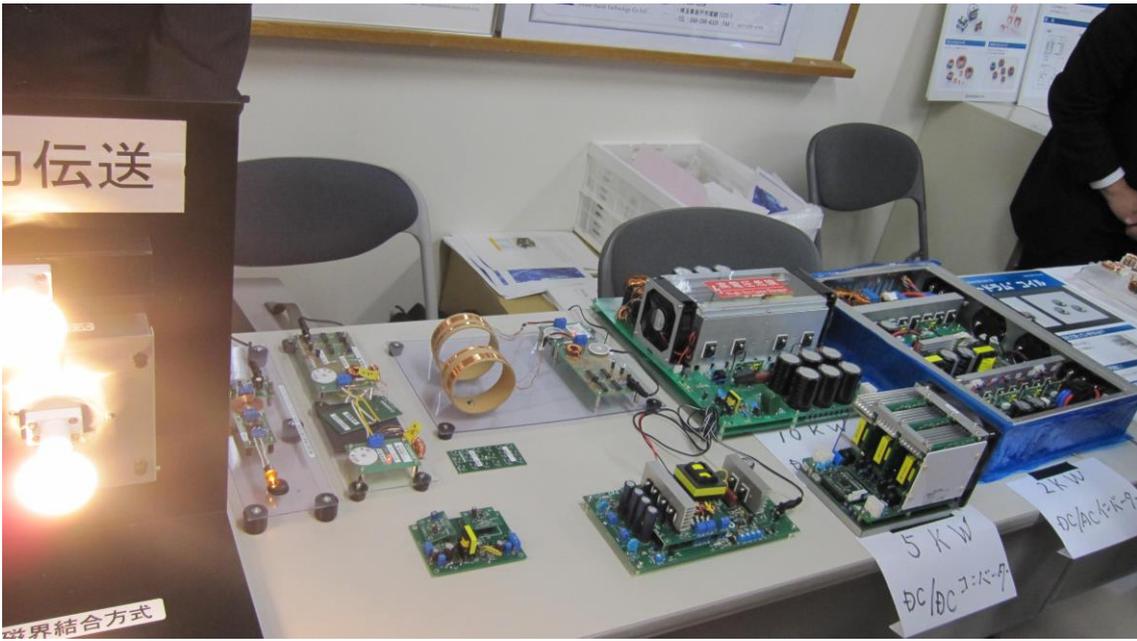
- (1) 教室の後ろにテーブルを置き簡単な展示をさせて頂く予定です。
- (2) 東邦亜鉛殿の磁性材料や ANSYS 殿の非接触給電に関する事例紹介は、今後の電気自動車分野への適用に際しても参考になるのではと思います。
- (3) 今まで群馬大学アナログ集積回路研究会で聴講させていただき、大変勉強になっております。今回の件で少しは学生さんに対しての貢献が出来れば幸いです。群馬大学アナログ集積回路研究会の益々の発展を願っており、可能であれば技術者の技術の発信の拠点として取り組んで頂ければ幸いです。

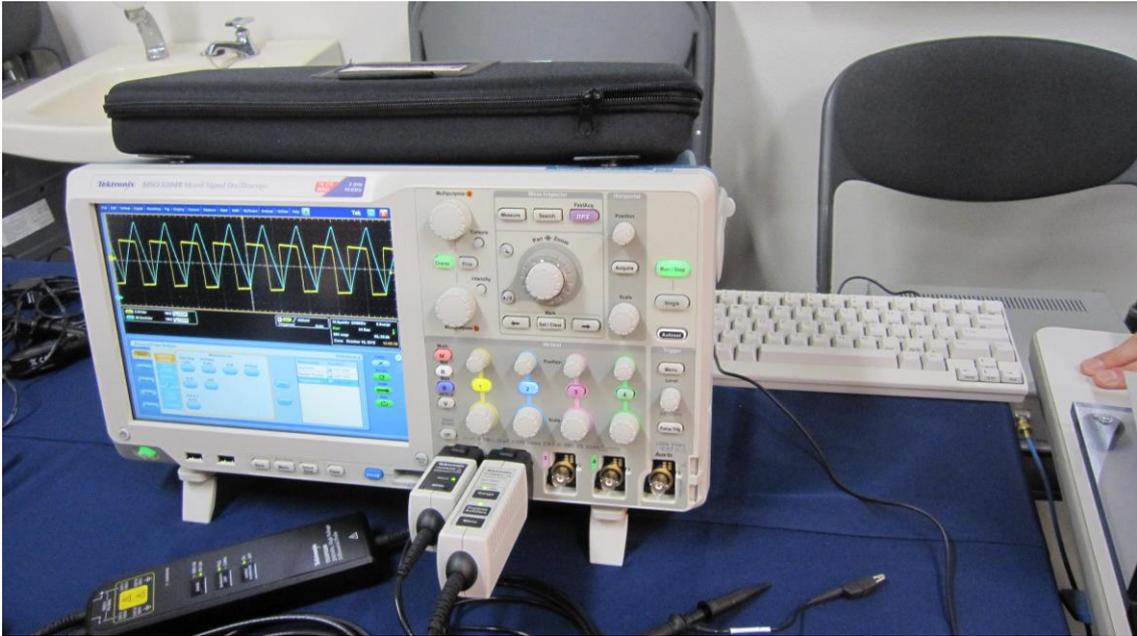










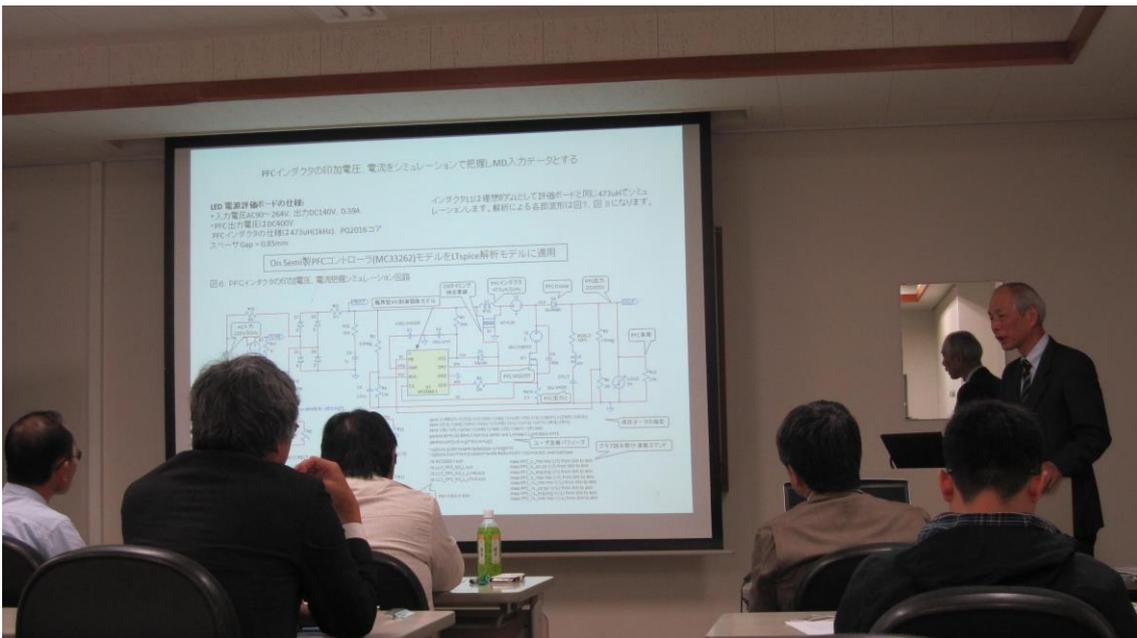














付録

磁気の歴史 (Wikipedia より)

アリストテレスによれば、世界最古の磁性に関する科学的議論をしたのはタレス（紀元前 625 年-545 年）だという。

同じころ古代インドでは医師ススルタが磁石を手術に利用している。

古代中国では、紀元前 4 世紀の『鬼谷子』に「磁石は鉄をひきつける」という磁性に関する記述がある¹。紀元 20 年から 100 年の間に書かれた『論衡』には「磁石が針をひきつける」という記述がある。11 世紀中国の科学者沈括（1031-1095）は『夢溪筆談』で方位磁針について記述している。

1187 年、アレクサンダー・ネッカムはヨーロッパで初めて方位磁針とその航海への応用を記述した。

1269 年、ペトルス・ペレグリヌスが書いた『磁気書簡』 (*Epistola de magnete*) は、磁石の性質について記した現存する最古の論文である。

1282 年、イスラムの物理学者で天文学者、地理学者のアル＝アシュラフが磁石と方位磁針の性質について記述している。

1600 年、ウィリアム・ギルバートが *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure* (磁石及び磁性体ならびに大磁石としての地球の生理) を出版。その中で地球をモデル化した *terrella* を使った様々な実験結果を示している。そういった実験により、彼は地球自体が磁性を持っていて、それによって地磁気が発生して方位磁針が北を指すのだと結論付けた。それまでヨーロッパでは、方位磁針を引き付けているのは北極星（ポラリス）だという説や北極にある巨大な磁石でできた島だという説が信じられていた。

電気と磁気の関係の解明は 1819 年、コペンハーゲン大学の教授だったハンス・クリスティアン・エルステッドが電流によって方位磁針が影響を受けることを発見したのが始まりである。

その後、アンドレ＝マリ・アンペール、カール・フリードリヒ・ガウス、マイケル・ファラデーといった人々が実験を行い、電気と磁気関係をさらに明らかにしていった。

ジェームズ・クラーク・マクスウェルはそれまでの知見をマクスウェルの方程式にまとめ、電気と磁気と光学を一分野にまとめた電磁気学を生み出すことになった。

1905 年、アインシュタインはそこから特殊相対性理論を生み出した。

スイッチング電源

米国 NASA のアポロ計画にて考案される。

(以下 Wikipedia より)

スイッチング電源 (switched-mode power supply、略称 : SMPS) あるいはスイッチング方式直流安定化電源とは、商用電源の電力変換装置などとして広く利用されており、フィードバック回路によって半導体スイッチ素子のオン・オフ時間比率 (デューティ比) をコントロールする事により出力を安定化させる電源装置である。

高速にスイッチングを行う事から EMI が発生しやすい。

スイッチングトランジスタなどを用い、交流電源を直流電源に変換する装置。スイッチング式直流安定化電源とも呼ぶ。小型、軽量で、電力変換効率も高いものである。

交流は直流に整流され、スイッチングレギュレータと呼ぶ電力調整部分は、起動回路、平滑回路、過電流・過電圧保護回路、ノイズフィルタ回路等を付加したものである。

シリーズレギュレータのように、高い入力電圧から低い電圧を得るために電圧降下分を半導体素子の能動領域や抵抗に負わせジュール熱として放出する方式とは異なり、半導体素子の飽和領域と遮断領域における動作のみで所望する電圧を得ることができるため、半導体素子の電力損失を少なくでき、電力変換効率を高くすることができる。

スイッチング電源には「降圧 (ステップダウン)、昇圧 (ステップアップ)、昇降圧」という分類と「定電圧、定電流、定電力」という分類がある。

出力電圧制御は、スイッチングレギュレータ部のデューティ比で行う。デューティ比の設定は、出力電圧の検出電圧と基準電圧を誤差増幅器によって比較しスイッチングレギュレータ部に帰還をかけることで行う。

入力・出力間を絶縁する場合は、誤差増幅信号をフォトカプラでスイッチングレギュレータ部に伝達する。スイッチングレギュレータ部のオン・オフ周波数は高いほど電圧の変動 (リップル) が小さくなり高速な応答が可能であり、使用するトランス、平滑リアクトル、コンデンサ等の小型化も可能となり、電源全体の小型化、軽量化を図ることができる。

回路設計においては、伝導ノイズや不要輻射も考慮される。

LED 点灯回路など電圧による制御が困難・非効率な場合には定電流型を使用する。