

熊本高専における電波技術の教育研究

平成 22 年 10 月に、熊本電波工業高等専門学校と八代工業高等専門学校が統合再編して、熊本高等専門学校（以下、熊本高専）が誕生しました。熊本高専での電波技術に関する教育研究を紹介します。

熊本高等専門学校
情報通信エレクトロニクス工学科
松田 豊稔



はじめに

熊本高専には、熊本キャンパス（旧熊本電波工業高等専門学校）と八代キャンパス（旧八代工業高等専門学校）があり、電波関係の教育研究は主に熊本キャンパスの情報通信エレクトロニクス工学科で行われています。また、八代キャンパスの建築社会デザイン工学科では、GNSS（Global Navigation Satellite System）の実験装置が導入され、測位衛星技術が研究されています。本稿では、熊本高専での電波技術に関する教育と研究の主な取組みについて紹介します。

教育体制

熊本高専情報通信エレクトロニクス工学科は、1 学年 40 名の学生定員で 16 名の教員が在籍し、ICT 分野で活躍する実践的技術者の育成を教育目標としています。カリキュラムは、情報通信、電子工学、ユビキタスネットワークを柱に編成され、電波工学はその基盤技術の一つとして位置付けられています。実践的技術の習得ということで、電波工学は講義とともに実験・実習を重視した教育体制になっています。

図 1 に示すように、電波関係の教科は、信号伝送工学（分布定数回路・フーリエ解析）と電磁波工学（アンテナ・電波伝搬・計測）、通信システム工学（通信方式）とコミュニケーション装置工学（通信機器・設備）、そして電気通信法規があり、高専の 4、5 年（大学学部 1、2 年）で開講されます。授業内容は、陸上無線技術士の 2 級から 1 級程度のレベルに設定されて

います。

電波工学に関する実験は、4 年生で伝送線路の実験、スペクトラムアナライザ、ネットワークアナライザの 3 テーマ、そして PBL の地デジ TV 放送受信アンテナの製作があります。ほとんどの学生が、アンテナの製作ははじめてで、アンテナをつないで TV 放送が画面上に映ると感動し、そして以外と簡単に電波が受信できることに感心します。実験では最初にダイポールアンテナを説明しますが、その後はインターネットなどで各自が調べ、（特性や理論は別にして）ユニークなアンテナを作成します（図 2）。この実験を通して、アンテナと給電線やコネクタそしてバランなど高周波素子の取扱いに学生が慣れてきます。5 年生では、アンテナの基礎理論の実証ということで、八木・宇田アンテナの特性評価とマイクロストリップアンテナの計算機設計の 2 つのテーマを実験します。こ

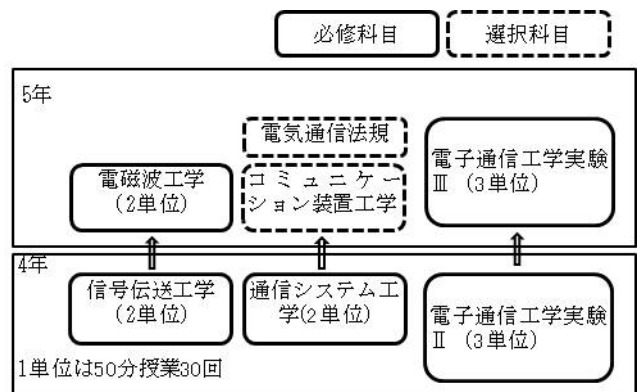


図 1 電波関係の教科とその系統



図2 地デジTV放送受信アンテナの自作例

これらの実験により、アンテナに対する理解を深め、また最近アンテナ設計の有力なツールとなっている計算機シミュレーションを経験します。

高周波設備・機器

熊本キャンパスには、電波暗室 (L:2.5m、W:6m、H:1.75m ターンテーブル付き) があり、表1に示すように高周波の基本的な計測器や基板加工機も揃っています。この設備を用いて、学生実験から教員研究まで高周波の実験が行われています。また、共同研究先など外部からの利用もあります。

表1 高周波計測器・機器

計測器	メーカー型番
ネットワークアナライザ	アジレント・テクノロジー社 E5071C アジレント・テクノロジー社 N5230A
スペクトラムアナライザ	アジレント・テクノロジー社 N9010A-526 ローテ・シュワルツ社 R&S FSH4/24
タイムドメインオシロスコープ	アジレント・テクノロジー社 86100C
ベクトル信号発生器	アジレント・テクノロジー社 N5182A
マイクロ波アナログ信号発生器	アジレント・テクノロジー社 N5183A
任意波形/ファンクションジェネレータ	日本テクトロニクス AFG3252-R5
RFインピーダンス/マテリアルアナライザ	アジレント・テクノロジー社 E4991A
次世代配線基板加工システム	日本LPKF(株) ProtoLaserS

研究活動

電波工学に関する研究は、熊本キャンパスでは情報通信エレクトロニクス工学科の教員が行っており、主な研究分野として計算電磁気学 (電磁界解析のシミュレーション) と EMC (Electromagnetic Compatibility) があります。また、八代キャンパスでは測位衛星技術に関する研究が行われています。ここでは、熊本高専での研究活動報告として、熊

本キャンパスの二つの研究事例と八代キャンパスの研究事例を紹介します。

❖ 研究事例 1 ❖

熊本キャンパス情報通信エレクトロニクス工学科
芳野 裕樹
y_yoshino@kumamoto-nct.ac.jp

～人体近傍電界通信機器からの電界ばく露による体内誘導量に関する検討～

近年、人体を介して電界による近距離通信を行う人体近傍電界通信機器 [1] が開発されています。この技術は送信機から印加された電界が、着衣または人体と静電誘導及び誘電分極によって結合することで、人体表面に電位が分布し、人体近傍に配置した受信機と結合することで通信を行うものです。このため、人体近傍のみで通信可能であることが特徴であり、個人認証等への応用に向けて研究開発が行われています。しかしこの技術は、電界信号が人体を伝わる時、心臓への影響などの医学的問題に対するリスクの可能性が指摘されており、安全性について評価する必要があります。本研究では、胸部または足元に配置した送信機からの電界ばく露による体内誘導量を、FDTD (Finite-Difference Time-Domain method) 法による数値計算によって検討し、ガイドラインと比較することで安全性の評価を行っています。図3は、情報通信機構が開発した解剖学的構造を有した数値人体モデルを使用して求めた、人体内の電界強度及び電流密度分布です。図3で得られた各体内誘導量をガイドラインと比較した結果から、人体近傍電界通信機器で想定されている入力電圧は、ガイドラインの制限値に達する入力電圧と比較して十分低いことが示されました。

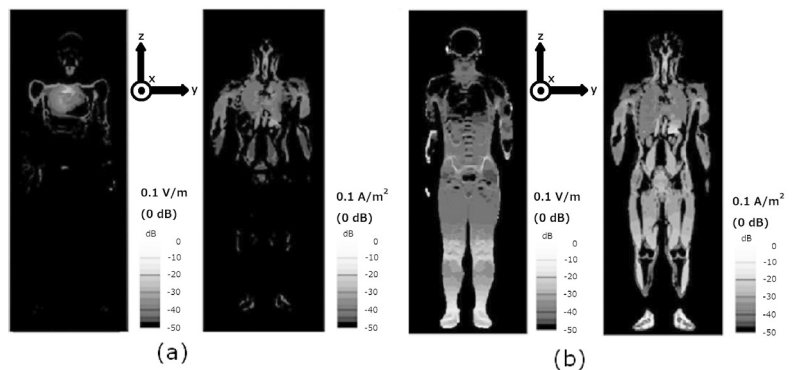


図3 胸部電極 (a) および足元電極 (b) からの電界ばく露による体内誘導量分布

❖ 研究事例 2 ❖

熊本キャンパス情報通信エレクトロニクス工学科
下塩 義文
shimoshio@kumamoto-nct.ac.jp

～広い導体板のインピーダンス計測に関する研究～

最近の車は多くの電子回路、コンピュータが使用されるようになり、電子機器へと変化しています。また、車の内部にはラジオ、カーナビ、ETC といった無線を使うシステムが数多く搭載されています。このようにエレクトロニクス製品となった車の車体は信号の伝送路、基準電位として使用されています。車体は溶接や、ねじ止めで構成されており、信号はこれらの各部を經由して伝送されることになります。車体における信号伝送系を解析しようとする場合、車体自体のインピーダンス特性を明確にしておくことが必要になります。ところが、これを測定しようとする車体はサイズが大きいため、たとえばヘッドライトの付近からパーキングランプのあたりまでの車体のインピーダンスを測定するためには測定器からその地点まで測定用のケーブルが必要です。その際、この測定用ケーブル自体がインダクタンスになり、正確な値を計測することができないという問題が生じます。そこで、ケーブルの一次定数を測定するときに使用されるオープン・ショート法を利用して車体のインピーダンスを測定することを試んでいます。これは、車体上に別の導体を敷設し、これと車体でできる回路を伝送路と考え、その一次定数を測定した後、導体部分の値を差し引くと

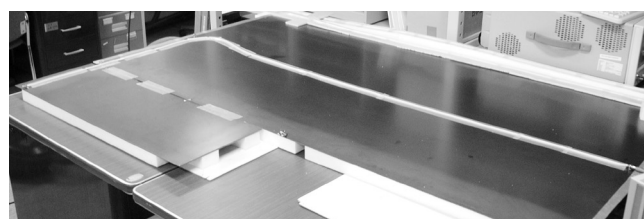


図4 測定回路(下)と測定装置(上)

いう方法です。この方法により測定できることは確認できていますが、車体のインピーダンスは抵抗が小さいこと、導体を一様に敷設するのが困難なことなどから測定精度が課題になります。また、低域においては車体内部の内部インダクタンスが生じるため、車体材料の透磁率が関係することとなり、その特性の把握も行う必要があります。現在は、これらの課題の解決に向けて研究を行っているところです。図4は、測定回路及び測定装置(インピーダンスアナライザ)を示したものです。

❖ 研究事例 3 ❖

八代キャンパス建築社会デザイン工学科
入江 博樹
rie@kumamoto-nct.ac.jp

～マルチ GNSS シミュレーション実験装置を用いた測位衛星技術の開発～

米国の NAVSTAR/GPS に代表される測位衛星技術は、最近では社会インフラといっても良いほど、世の中に浸透しています。平成 26 年 1 月時点での測位用人工衛星は、米国 31 機、ロシア 24 機、中国 14 機、欧州連合 4 機、日本の準天頂衛星システム QZSS が 1 機と、多くの数が利用され、さらに静止軌道



図5 マルチ GNSS シミュレータ装置(写真中央)

衛星を利用した測位補完システム(SBAS) 3 機が運用されています。これらをまとめて GNSS (Global Navigation Satellite System) と呼びます。平成 25 年度に熊本高専八代キャンパスに、マルチ GNSS シミュレーション実験装置が導入されました。本システムは次の 4 種類の信号発生源を有して、各種の衛星測位システムの実験環境を提供できるように構成されています。

- (1)マルチ GNSS 信号発生シミュレータ装置(図5)
 - (2)チョークリング付きマルチ GNSS アンテナ(図6)
 - (3)マルチ GNSS 対応の高周波信号レコーダ装置
 - (4)IMES (Indoor Messaging System) 送信装置
- です。本システムを用いれば、様々な環境下での



図6 チョークリング付きマルチ GNSS アンテナ



図8 社会人講座「無線通信技術者講座」の様子



図7 漂流ブイシステム KUNOICHI KNO1-11γ

GNSS の電波信号を発生させることができ、さらに多くの実験を屋内で行えるようになりました。現在、このマルチ GNSS シミュレータ装置を用いて、測位衛星技術を利用した機器の開発を行っています。図7は、株式会社鶴見精機と共同開発している漂流ブイシステム KUNOICHI KNO1-11γ [2] で、GPS を用いて沿岸海域の表層流を計測する装置です。

社会活動

熊本高専では、毎年、社会人講座として「無線通信技術者講座」を開講しています。内容は、第1級陸上特殊無線技士国家試験対策の講習で、受講者は放送局や無線機器設備の仕事、またアマチュア無線をしている人です。図8は、今年1月に実施した無線通信技術者講座の様子で、講師（本学科西山英治教授）の他に補助学生（一陸技取得の5年生で写真左端）が付いています。

また、熊本は半導体関連の企業が多く、高周波技術に対するニーズがあり、熊本高専では地場企業の技術者を対象とした高周波関係の講演会やセミナーを実施しています。最近では、「電磁界解析と有限要素法」のタイトルで地場企業の高周波関係の技術者を対象に

講演会を行いました。

おわりに

情報通信エレクトロニクス工学科では、5年卒業時に長期養成課程により第1級陸上特殊無線技士の資格が認定されます。第1級陸上無線技術士（一陸技）についても、教員は情報提供と質問に答える程度で、取得希望の学生は、ほとんど自学で試験に合格しています。また、例年、通信事業など電波関係の業種に就職する学生が一定数おり、大学や専攻科の進学先で電波関係の研究を希望する学生もいます。このように、当学科の電波技術に対する教育目標はある程度達成できていると考えています。

とはいえ、ICTの進展に伴い、電波技術が高機能化・多様化しており、教育現場でもその対応が求められています。もちろん、電波工学の基礎・基本は変わりませんが、信号の高速化や素子の高密度化またEMCなどエレクトロニクスの技術者として電波技術の知識が必要となってきています。限られたカリキュラムの中で、こういった電波技術の新しい内容を如何に取り入れていくかが教育現場での課題となっています。読者の皆様から、ご意見やアイデアなど頂ければと思っております。本学科への連絡先（メールアドレス）及び学科のURLは、下記の通りです。

tmatsu@kumamoto-nct.ac.jp
http://www.te.kumamoto-nct.ac.jp/

参考文献

- [1] 門 雄一, 品川 満: "人体近傍電界通信技術「レッドタクトン」とその応用例," NTT 技術ジャーナル, NTT, vol.22, No.1, pp.16-19, Jan. 2010.
[2] <http://www.tsk-jp.com/index.php?page=/product/detail/41>