

ギガビット研究会 第3回シンポジウム開催報告

ギガビット研究会 第3回シンポジウムが開催されました。

日時：2012年12月21日(金) 13:30～17:30

会場：国立大学法人電気通信大学

創立80周年記念会館「リサーチ」3F

プログラム

13:30-13:35 挨拶

13:35-14:35 基調講演「車載用電子機器の EMC 現状と今後」

株式会社デンソー技術開発センター

中村 克己氏

14:35-15:15 「電磁界理論に基づく伝送回路理論」(第1回)

研究会代表 上 芳夫

15:15-15:30 休憩

15:30-15:50 「ギガビット研究会の今後の取り組みについて」

研究会代表 上 芳夫

15:50-16:10 「PCB 上の非対称配線に起因する EMI/SI 問題の検討」(筋電義手分科会グループ1)

岡山大学 ○豊田 啓孝・五百旗頭 健吾・古賀 隆治

16:10-16:30 「PCB 上の非対称配線に起因する EMI/SI 問題の検討」(筋電義手分科会グループ1)

秋田大学 ○萱野 良樹・井上 浩

16:30-16:50 「IEC 規格に則った ESD 試験法と結果例」(筋電義手分科会グループ2)

鈴鹿高専 森 育子

16:50-17:10 「ESD インパルス波に対する遮蔽設計の基礎検討」(筋電義手分科会グループ2)

八戸工大 川又 憲

17:10-17:30 「TEM セルを用いた基礎資料」(筋電義手分科会グループ2)

電通大 肖 鳳超

発表等の概略は以下の通りです。

基調講演

基調講演は、株式会社デンソー技術開発センターの中村克己氏から、最近ますます重要性の高まっている自動車の EMC について現状の取り組みと将来動向についてお話しいただきました。要旨は以下の通りです。

まず、クルマ社会を取り巻く環境変化について次の点を認識することが大切である。

① 新興国を中心に車両が飛躍的に増加していることに伴う環境問題、エネルギーセキュリティ問題

② 高齢化の進展に伴う交通事故の社会問題化

③ 各産業分野(社会インフラ、家電、自動車など)の協力関係の輪を広げる活動の必要性

また、燃費規制の強化に伴い、更なる燃費向上が求められている。燃料エネルギーの 20%のみが走行に寄与しているのが現状で、残りは

排気、冷却、フリクション、伝達系などの損失

で占められている。従って、エネルギーの無駄を省くこと、回収・蓄積・変換によって再利用することなどに取り組んでいる。

次に、安全対策としては、運転者に危険を早期に知らせることや自動車自体が危険を察知してブレーキをかける追突回避システム等が導入されている。自動車の電気・電子システムの進化は目覚ましく、ベンツでは 1947 年当時にワイヤハーネス 40 本、ECU(Electronic Control Unit) は 0 個だったが、2006 年の S クラスではワイヤハーネス 約 2000 本、ECU 61 個になっている。ECU がエンジン、メータ、アクチュエータなどに用いられ、その数が増加するとともに、小型化・放熱設計が重要になる。

自動車の EMC については、法規制と自動車メーカーの仕様という 2 つの面から整理できる。

法規制としては、自動車は家庭のラジオや TV 受診を妨害しないこと(エミッション・EMI)、放送局や携帯電話等の電波で誤動作しないこと(イミュニティ・EMS)が挙げられる。自動車メーカーの仕様としてはカーラジオ等の車載受信機の機能を妨害しないこと(エミッション・EMI)、他の電気・電子部品が発生した電磁ノイズで誤動作しないこと(イミュニティ・EMS)が挙げられる。違法電波による障害でバスのブレーキが利きにくくなり人身事故が発生した事例もあり、自動車の電磁環境問題はますます重要になっている。

EMC 規制に関しては、新興国市場でも EMC 規制対応が必要になっている。法規、メーカー仕様とも、試験方法は国際規格を引用し、限度値、厳しさレベルは独自に設定して対応している。日本では自動車の EMC に関する法規制は行われていなかったが 2016 年から実施されることになっている。部品メーカーとしては EMC 試験を実施する前に試験内容をカーメーカーと協議、合意することが必要であり、製品構想段階で検討し基準を作成する必要がある。部品試験と車両試験のギャップを埋めることが重要である。(部品エミッション試験、部品イミュニティ試験の具体例やワイヤハーネスにおけるコモンモード雑音による EMI 発生メカニズム等が実験結果とともに解説されました。)

2020 年の EMC 要件として下記の項目が解説されました。

① エコ(電動化、計量化)

高電圧機器の EMC 対策

樹脂化によるシールド性能低下

② つながるクルマ

高速通信品質の保証



(基調講演の様子)

③ 自動・自律運転

ノイズで誤動作しない高信頼性

以上の通り、自動車 EMC の問題点、法規制の動向、EMC 試験の具体例、今後の課題など盛りだくさんの重要課題について分かりやすくまとめて頂きました。

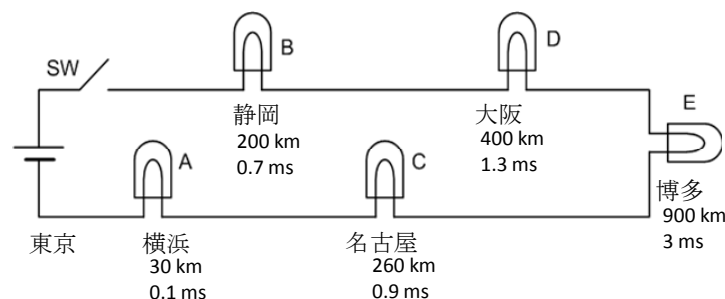
「電磁界理論に基づく伝送回路理論」(第1回) 研究会代表 上 芳夫

今回のシンポジウムから数回連続でギガビット研究会の上代表による「電磁界理論に基づく伝送回路理論」の講演を行うことになりました。内容は、研究会で主催している設計ガイドラインセミナーの内容を要約して皆さんにご紹介するものです。概要は次の通りです。

我々電気屋は電気回路の方が考え易い。今迄の電気製品を作る上ではそれでよかったが、EMC の問題を解決するためには電磁気を理解することが必須である。しかし、大学では電磁気と回路を全く別に扱ってきた。設計ガイドラインセミナーは、電磁気と回路はどのような関係にあるのかを理解し EMC 問題を解決するための電磁波論的な見識をしっかりと身につけてもらうための社会人教育として企画された。今日、シミュレータが多用されているが、シミュレータで出てきた結果が正しいのか、その結果がどのような意味を持っているのかを判断できる力を付けてもらうことも目的である。

以上の説明に続いて、下図のスライド「まえがきに代えて」が示され、この講演の目的は「電球がどの順序で点灯するか」を答えられることであるという主題が設定されました。

1. まえがきに代えて



東京駅から博多駅まで2本の線を張り、東京駅に直流電池を、新橋にスイッチを、横浜、静岡、名古屋、大阪、博多に電球を図のように付けた。系は無損失であるとする。

新橋のスイッチをオンにした瞬間、それぞれの位置に設置された電球は順々に点灯していく。電球はどの順番で点灯するでしょうか？

続いて、下記のキーワードに関する解説が行われました。

- ・ 集中定数回路と分布定数回路
- ・ 分布定数回路：伝送線路では？ 電磁波論との関係は？
- ・ 電気回路の手法を電磁波論からみると

電磁気現象を説明する基本式は、Maxwell の方程式と電荷保存則である

Kirchhoff の法則を電磁気現象として見ると

- ・電気回路は電磁波論の特殊解

電磁気学では電界と磁界はベクトル

電気回路では電圧と電流はスカラ

- ・回路素子を電磁波論からみると

Ohm の法則、コイル(インダクタンス)、コンデンサ(キャパシタンス)等は電磁気学では
キャパシタを流れる電流は

- ・電信方程式とは

回路論では

電磁波論では

(注：右記のリンクから使用されたスライドを参照できます。

[資料へのリンク](#))

「ギガビット研究会の今後の取り組みについて」 研究会代表 上 芳夫

ギガビット研究会の 2012 年度の事業報告と今後の取り組みについて、研究会の上代表から説明がありました。概要は下記の通りです。

今年度はシンポジウムを 2 回、特別シンポジウムを 4 回、設計ガイドラインセミナー 5 回、第一線技術者養成講座 2 回を行った。また、今年度から始まった「筋電義手分科会」は、2 グループに分けて各先生方に研究を委託した。

グループ 1：妨害波問題、信号品質と電源品質問題

グループ 2：ESD 問題、イミュニティ問題

今後の予定としては、設計ガイドラインセミナーで収録した講義内容を、DVD に記録した e ラーニング版を配布していく。(ホームページ参照：<http://www.sangaku.uec.ac.jp/gigabit/>)

また、機械系、化学系出身の技術者向けにやさしい電磁気学を、身近な電磁気現象を認識することから始める「初級者向けセミナー」を企画し、資料の作成を開始した。

(注：右記のリンクから使用されたスライドを参照できます。

[資料へのリンク](#))

以下、5 件の発表は電気通信大学横井教授が開発中の「筋電義手」に搭載される組み込み型の CPU を含む小型制御ボード(筋電義手用制御基板 REK-0001)を対象とする分科会(筋電義手分科会)の研究内容の報告です。

グループ 1 は、基板配線に起因する EMC のうち、SI(信号品質)問題や EMI(電磁障害)問題の原因となる配線の非対称・不連続等による諸問題のメカニズムを明らかにして設計ガイドラインにつなげることを目指して研究しています。グループ 2 は、電磁耐性について ESD(静電気放電)や外部電磁波に対する耐性(イミュニティ)に関する研究を行い、測定結果から電磁界結合のメカニズムを明らかにし、設計ガイドラインにつなげることを目指しています。各グループからの報告概要は次の通りです。

「PCB 上の非対称配線に起因する EMI/SI 問題の検討」(筋電義手分科会グループ 1)

岡山大学 ○豊田 啓孝・五百旗頭 健吾

筋電義手用制御基板 REK-0001 を対象として、

- ① 回路基板に取り付けられたコネクタを介してケーブルと接続する場合に生じる EMI 問題
 - ② 回路基板上の多線条配線の曲がりや非対称配線で生じる SI 問題
- に関する検討結果が報告された。

制御ボードへのケーブル接続時の放射測定に関しては、(1) 200mm のフラットケーブルを介して 360Ω 負荷を接続した場合、100MHz と 150MHz に主として水平偏波に放射のピークが観測された。150MHz のピークはフェライトコアで抑制できた。(2) 1000mm のフラットケーブルを介して 360Ω の負荷を接続した場合、ケーブルを長くすることで、ピークが低周波側にシフトし、100MHz のピークに重なった。ケーブルに起因すると考えられる放射はフェライトコアで抑制できたが、抑制が困難な放射が 100MHz に存在する。今後さらに検討する。

非対称配線に起因する SI 問題に関しては、ミックスモード S パラメータによる評価を行った。大きな迂回によりモード変換が生じることが確認できたが、今回対象とした線路では大きな迂回も信号伝送に与える影響は大きくなかった。

今後は、今回の結果に対する詳細な考察を行う。可能であれば平衡度(電流配分率)を用いた考察を行う。

「PCB 上の非対称配線に起因する EMI/SI 問題の検討」 (筋電義手分科会グループ 1)

秋田大学 ○萱野 良樹・井上 浩

『近傍電磁界測定による配線法や相互接続での諸問題の評価と展開』という副題で報告された。筋電義手用制御基板 REK-0001 のレイアウトから典型的なパターンを抽出して実験した。差動伝送線路中の電氣的不平衡の発生要因は屈曲部や非対称な平衡線路等である。ここでは屈曲部の形状の異なる 4 種類の非対称平衡線路について、(1) 電圧波形(25MHz)、(2) 透過係数 $|S_{dd21}|$ の周波数特性、(3) 不平衡 $|S_{cd21}|$ の周波数特性、(4) 磁界分布の測定(1GHz)、(5) 近傍電界(放射)の測定等に関する実験結果が報告された。

今回の実験から、幾何学的な非対称性を持つ差動伝送線路構造の SI/EMI に関して以下の知見が得られた。

- (1) SI の観点では、等長配線により S_{cd21} は改善
- (2) 高密度な等長配線は、電磁界結合により不平衡が増加
- (3) EMI 観点での遠方電界は平衡・対称な差動伝送線路構造以外では効果的な抑制効果は得られない

すなわち、一度位相差が生じると偶モード伝搬部分で強い放射を生じる。ミアンダ配線は終端ではなく、位相ズレの直後で行うことが大切である。

今後は、密結合モデル、コネクタを含む相互接続モデル、等価回路モデルの開発を行ない、そこから得られた知見による設計ガイドラインの検討などを行う。

「IEC 規格に則った ESD 試験法と結果例」 (筋電義手分科会グループ 2)

鈴鹿高専 森 育子

筋電義手用制御基板 REK-0001 に関して、IEC(国際電気標準会議)規定の ESD(静電気放電)に対する電子機器のイミュニティ試験(IEC61000-4-2)に則った試験を行った。基板近傍に配置した VCP(垂直結合板)への EDS ガンによる接触放電を 50ms 毎に連続数百回行うバースト間接放電試験を全てのレベルで行い、PWM(パルス幅変調)出力波形(周期: 20ms、パルス幅: 0.75ms)をデジタルオシロスコープにより観測した。PWM 出力波形の目視による観測では、すべての試験レベルにおいて PWM 出力波形(周期、パルス幅)に乱れは確認できなかった。また、波形を計算機に取り込み、パルス周期の統計解析を行った結果、ヒストグラムには PWM 波形の一周期 20ms 以外に顕著なピークは認められなかったが、累積相対度数には周期 15ms 以下の 1V を超えるインパルス波形が 20%程度混在していた。これらの結果から、同基板は IEC イミュニティ試験をクリアしたものと一応は判断できるが、繰り返し試験を実施中に制御基板の動作が不可逆的に停止するという事態になった。この原因は、現時点では故障原因は特定されていないが、ESD 放電が引き起こした EOS(Electric Over Stress)によるものと思われる。故障原因を特定し、ESD イミュニティ試験による EOS 発生機構の解明と対策が今後の課題となる。

「ESD インパルス波に対する遮蔽設計の基礎検討」 (筋電義手分科会グループ 2)

八戸工大 川又 憲

ESD および電気接点放電に起因する広帯域インパルス性電磁雑音に対して効果的な筐体シールドを設計するための基礎データの収集を目的として実験を行った。ESD 等によって放電に起因した複雑な電圧・電流変化が生じる。この過渡電圧・電流変動は非常に急峻かつ高速であり、直接的あるいは間接的に影響を与える広帯域電磁雑音となる。EMC の観点から多くの研究が行われてきたが未だに難問題である。ここではまず、Half TEM Horn によるインパルス性過渡電磁界の発生装置を試作し、インパルス波印加・評価システムを構築した。そのシステムを用いて、インパルス波に対する筐体シールドモデル(スリットなし、45mm 長の単一スリット、85mm 長の単一スリット、65mm 長の 3 列のスリットの 4 種類のモデルを使用した。スリットの幅はいずれも 4.5mm)の遮蔽特性を検討した結果、シールドモデルのスリット形状およびその配置(向きなど)が遮蔽効果に大きく影響することを確認した。さらに、ESD イミュニティ試験を模擬して、インパルス波をシールドモデルに直接印加した結果、シールドボックス内部の応答は、Half TEM Horn を用いた結果と概ね同様の傾向を示した。実際に遮蔽ケースを作った場合、どうしてもスリットが付くことになると思うが ESD 試験でインパルス波を撃つとき、例えばフラットケーブルにコネクタが付いている状態のどの場所で撃つかによって明らかにケース内部の電磁気的様相が違ってくることを確認できた。

「TEM セルを用いた基礎資料」 (筋電義手分科会グループ 2)

電通大 肖 鳳超

筋電義手用制御基板 REK-0001 の放射電磁雑音に対するイミュニティを周波数領域で検討するために TEM セルを用いる。筋電義手の制御パルスは PWM なので、その放射特性を測定する。その前段階として TEM セルの構造と使い方についての解説が行われた。TEM セルは本質的に大型の角型同軸伝送線路であり、その内部に供試機器を置き、実験する装置である。なお、同軸部と通常同軸線路の間にテーパ部がある。

TEM セルを用いると、(1) 任意波動インピーダンスの波を生成し、電界(磁界)のみを印加する放射イミューニティ試験を行うことができる。また、(2) 放射電界または放射磁界の測定を行うことができる。

今回は TEM セル測定系のセットアップを行い、基礎実験として、(1) FR4 基板上に制作したマイクロストリップ 50Ω 線路と、(2) 真鍮製グラウンド上高さ 2mm に幅約 2cm の真鍮板を配置した空中配線 50Ω 線路の 2 つのサンプルについてイミューニティ試験を行った。その結果、マイクロストリップ線路では、電界結合による出力が磁界結合による最大値よりも 6.5dB 小さくなっていること(空中配線 50Ω 線路では、ほぼ同レベル同レベル)が分かった。これは、誘電体中の電界(E_{die})は空気中の電界(E_{air})を比誘電率(ϵ_r)で割ったものであるが、FR4 の ϵ_r が 4.7 であるから丁度 $1/4.7 \rightarrow -6.5\text{dB}$ となり、これは磁界結合出力の最大値と電界結合出力との差に一致する。すなわち、誘電体の有無でイミューニティが大きく異なることが分かった。

閉会の挨拶 名古屋工業大学 名誉教授 藤原 修

要旨は以下の通りです。

盛りだくさんの発表があり質問時間が無かったので、もう少し質問時間がとれば良かったと思う。今回初めて、分科会活動の報告が行われた。筋電分科会では 8 つの大学の先生方が分担してエミッションとイミューニティの検討を行っている。EMC ではローエミッション、ハイイミューニティが求められるがまだ解決していない。難しい問題をこれから解決して行こうという試みであり、グループ毎に大御所の先生が見守られる中で、若手研究者の先生方が知見を深め、設計ガイドラインを確立できるよう努力しておられる。今回の発表に対してお聞きの方の中にはご不満の向きもあると思うが、まだとっかかりで、これからである。次回は 2 課題ぐらいに絞って、皆さんとディスカッションを深められるようにしていただくと良いと思う。

懇親会

シンポジウム閉会后、大学会館 3F のレストラン・ハルモニアにおいて懇親会が行われ、親睦が深められました。

以上

