

第9章 ギガビット研究会 (ギガビット時代におけるアンテナ・高速回路・EMC 設計研究会)

はじめに

2011年10月に国内外の16大学の協力を得て立ち上げた本研究会は、ギガビット時代における製品設計に必要な高周波アナログ技術者（ギガビットアナログ技術者）の養成と、大学の研究成果と知識のより有効な産業活用を目指し、シンポジウム、セミナーなど多岐にわたる活動を行っており、現在、法人会員、法人准会員合わせて79社、特別会員37名の規模になっています。

最近では、従来から高周波を扱っている通信機器、コンピュータ機器などに加え、パワーエレクトロニクス、車載電子機器、自動運転/ドローン、ワイヤレス電力伝送、ウェアラブル機器、介護・福祉ロボットを含む医療機器等々、高周波技術を必要とする分野が広範に拡大し、新たにEMC規制を設ける分野が広がってきました。それに伴い企業の方々から、高周波アナログ技術者の不足、企業内新人教育の必要性など数々の問題が指摘され、ギガビット研究会に対して多くの要望が寄せられています。今後も継続して会員の要望に応えられるよう提供できる内容を充実させていく予定です。

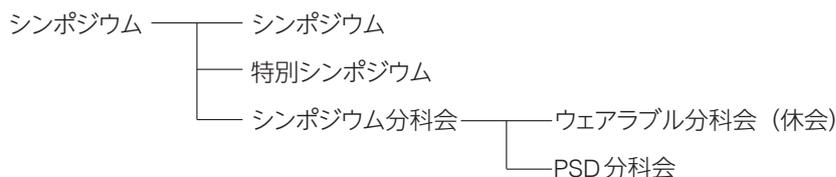
ギガビット研究会の概要、及び2020年度の活動内容の概略を以下に記します。

ギガビット研究会活動は大きく、シンポジウム、セミナー、会員企業個別対応に分かれています。

2020年度はコロナウイルス禍にあって、対面形式の活動が実施できませんでした。オンラインでの実施も初めての経験で通常の半分以下の企画事業の提供となりました。2020年度に行われたギガビット研究会諸活動の中で会員向けの主なイベントは次の通りです。

通常総会（オンライン）		1回
シンポジウム（オンライン）		1回
特別シンポジウム（オンライン）		5回
シンポジウム分科会（対面）	PSD分科会	0回
設計ガイドラインセミナー入門編（対面）	第1部 電気回路編	0回
	第2部 伝送線路編	0回
設計ガイドラインセミナー中級編（対面）		0回

9-1 シンポジウム



9-1-1 シンポジウム

シンポジウムは年2回開催し、ギガビット研究会についての活動報告および今後の活動計画などを会員と討議する場として行っています。2020年度はコロナ禍の影響もあり年1回オンライン開催とし法人会員、特別会員による総会も併せて行いました。

第18回 シンポジウム

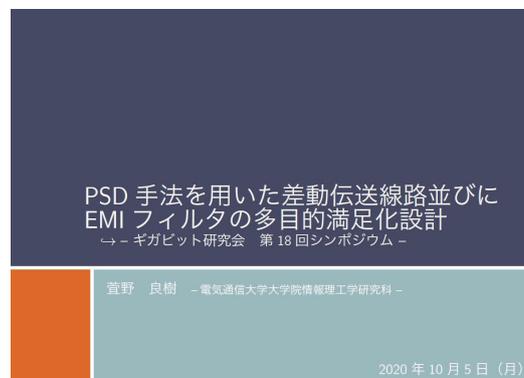
【開催日】2020年10月5日(月)

「PSD手法を用いた差動伝送線路並びにEMIフィルタの多目的満足化設計」

電気通信大学大学院 准教授 萱野 良樹

【講演概要】

第18回シンポジウムでは、萱野良樹准教授より「PSD手法を用いた差動伝送線路並びにEMIフィルタの多目的満足化設計」と題し、はじめにPSD手法について概説し、差動線路系へのPSDの単純な適用例として、等長配線用ミアンダ遅延線、並びに主要な対策部品の一つであるEMIフィルタの設計例についてご紹介いただきました。



9-1-2 特別シンポジウム

特別シンポジウムは、ギガビット研究会に関係するテーマを広く採り上げ、その分野で実際に活躍されている方を講師に招き最新の技術や話題についてお話しいただくもので、大変好評をいただいています。今後とも、学会での講演、出版社やイベントでの講演などはまた少し異なった観点からの講演を、広く積極的に開催していく予定です。

2020年度は、ギガビット研究会において2015年度から発足されたPSD分科会での成果を会員の皆さまに広める目的でシリーズでのオンライン講演会を主として開催しました。

第30回 特別シンポジウム

【開催日】2020年11月25日(金)

「線路の動作を正しく理解するために」

ギガビット研究会代表 上 芳夫

【講演概要】

何となく知っているようで正しいのか分からないとよく言われる伝送線路に関するテーマを取り上げ、「線路の動作を正しく理解するために」と題して、本研究会 上代表が講演いたしました。

基板配線やワイヤーハーネスは伝送線路と呼ばれるものであり、その動作理論の根幹はHeavisideの導出した電信方程式で、この式はどのような条件のもとに成立し、物理的意味は何かを最初に取り上げました。次いで、複数の線路間でのクロストーク問題でのディファレンシャルモードとコモンモードとは何を意味しているのかを取り扱い、さらに、アンテナではない線路が何故外部からの電磁波を受信するのか、妨害を受けるのか、EMC規格でコモンモード電流が重要になるのは何故かなど、線路に関する現象の捉え方を回路論と電磁波論の観点から説明しました。

第31回 特別シンポジウム

【開催日】2020年12月16日(水)

「PSDによる回路設計シリーズ (I) :PSDを電気回路設計に適用するとは」

ギガビット研究会代表 上 芳夫

【講演概要】

PSD分科会での成果を会員の皆さまに広める目的でのシリーズ講演、第1回目は「PSDを電気回路設計に適用するとは」と題して、PSDとは何であるのか、特徴は何か、回路設計に適用できるのか、など初歩的なことを適宜デモンストレーションしながら、本研究会 上代表より解説しました。

第32回 特別シンポジウム

【開催日】2021年1月27日(水)

「PSDによる回路設計シリーズ(Ⅱ):フィルタ設計への適用を例題として」

ギガビット研究会代表 上 芳夫

【講演概要】

PSD分科会の成果シリーズ第2回目では、PSDを使用するために準備するメタモデリング用のデータと応答曲面法による近似式、データ数の削減を図るための実験計画法の直交表を用いる近似式、および得られた範囲解の適合性をモンテカルロ法で吟味し、PSD手法の有効性を確認しました。

ここではフィルタ設計への適用を例題としてデモンストレーションも行いました。

第33回 特別シンポジウム

【開催日】2021年2月26日(金)

「PSDによる回路設計シリーズ(Ⅲ):EMIフィルタ設計への適用例」

ギガビット研究会代表 上 芳夫

【講演概要】

PSD分科会の成果シリーズ第3回目では、デジタル技術を使用する電源系の雑音低減を図るEMIフィルタ設計を取り上げて講演いたしました。EMIフィルタに使用されるXコン、Yコン、CMチョークの基礎的な概念の考察から始め、これらで構成される4ポート回路網の各種解析法を示し、PSD手法を適用するための目的関数がどのような理論解析で表現できるのかを検討しました。応答曲面法による近似式、データ数の削減を図るための実験計画法による近似式、得られた範囲解の適合性の検証などは従前と同様に行いました。

第34回 特別シンポジウム

【開催日】2021年3月19日(金)

「宇宙線起因半導体ソフトウェアの対策と標準化」

NTT宇宙環境エネルギー研究所 岩下 秀徳

【講演概要】

第34回特別シンポジウムでは、NTT宇宙環境エネルギー研究所の岩下秀徳氏より「宇宙線起因半導体ソフトウェアの対策と標準化」と題し、ソフトウェアの発生メカニズムや対策、試験、標準化状況等についてご講演いただきました。多くの方々にご出席いただき大変好評でした。

9-1-3 シンポジウム分科会

分科会は、大学の研究者と企業の技術者が実際のソフトや機器を動かしながら技術的問題を議論する場です。大学の研究者の発表を材料として、あたかも同じ研究室・職場での侃侃諤諤の議論を目指しています。

PSD分科会

2020年度は、新型コロナウイルス感染拡大にともない対面形式での分科会開催が不可能であったために、「PSDによる電気設計シリーズ」として、オンラインでの特別シンポジウムとして3回にわたってデモンストレーションを交えながら開催しました。

PSDとは、Preference Set-based Design（選好度付セットベース設計）の頭文字を取ったもので、電気通信大学の石川晴雄名誉教授が開発した「多目的最適化設計」の手法であり、機械系で適用されて多くの成果を得ています。大学発の研究成果を広く展開して社会に貢献する活動の一環にと、ギガビット研究会では石川先生の協力の下に、PSD手法を電気系に適用するために2015年度に分科会を立ち上げました。

多目的最適化設計とは、多くの目的（要求性能）を同時に最適化（満足）するように多くの設計変数を決める協調設計のことを言います。従来の設計での「解析（analysis）による試行錯誤的な手法」から脱出し、「合成（synthesis）を行う設計手法」を目指そうと考えています。セットベースとは、集合論に基づくことを意味し、選好度とは設計変数範囲の評価・決定過程を数学的に取り扱うための指標で、これによって他のセットベース手法とは異なり定量的な評価を明確にしながらか設計変数範囲を決定している利点があります。

◆PSDを適用した回路設計に関する公表成果（2020年度）

- [1] 萱野 良樹, 上 芳夫, 肖 鳳超, “選好度付きセットベースデザイン手法を用いた2層型電波吸収体の多目的満足化設計”, 信学論C, vol.J103-C, no.5, pp.257-260, May 2020.
- [2] 萱野 良樹, 宮永 和明, 井上 浩, “選好度付きセットベース設計手法を用いた 電気接点用片持ち梁のロバスト設計”, 信学技報, EMD2020-2, Jul. 2020.
- [3] 萱野 良樹, 上 芳夫, 肖 鳳超, “選好度付きセットベース設計手法を用いたロバスト設計 -回路設計への適用-”, 信学技報, EMD2020-7, Jul. 2020.
- [4] Y. Kayano, Y. Kami and F. Xiao, “EMI Filter with Attenuation Pole for Differential Paired-Lines and Its Design by PSD”, Proc. of the 2020 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe 2020), #403, Sep. 2020.
- [5] 萱野 良樹, 上 芳夫, 肖 鳳超, “減衰極をもつ差動信号用EMIフィルタとPSDによる設計”, 2020年信学ソ大, B-4-20, p.196, Sep. 2020.
- [6] Y. Kayano, K. Miyanaga and H. Inoue, “Novel Multi-Objective Design Approach for Cantilever of Relay Contact using Preference Set-based Design Method”, IEICE Trans. Electron., vol.E103-C, no.12, pp.713-717, Dec. 2020.
- [7] 萱野 良樹, 上 芳夫, “セットベース設計手法を適用した電気回路設計”, 設計工学, vol.55, no.12, pp.725-731, Dec. 2020.
- [8] 萱野 良樹, “差動伝送線路の信号品質劣化及び不要電磁放射とその対策技術”, 2021年信学総大, BCI-1-3, pp.SS-117-SS-118, Mar. 2021.
- [9] 小池 健介, 萱野 良樹, 肖 鳳超, 上 芳夫, “選好度付きセットベースデザイン手法を用いた安定化電源回路の最適設計と設計解のロバスト性の評価”, 2021年信学総大, B-4-18, p.256, Mar. 2021.

これまでの特別シンポジウムおよびシンポジウムにおける講演の内、最近の講演に関しては講演者の了解が得られたものに関しては、Youtubeに非公開動画として視聴者および期間限定で公開しました。

9-2 セミナー

セミナー	設計ガイドラインセミナー 入門編	(第1部～第2部)
	設計ガイドラインセミナー 中級編	
	設計ガイドラインセミナー 上級編	(第1部～第7部)
	設計ガイドラインセミナー eラーニング版	(第1部～第7部)

9-2-1 設計ガイドラインセミナー入門編

「やさしい電磁気学から始める電磁波・伝送回路の基礎」(初心者・新入社員教育用)

最近の企業現場にみられる、バックグラウンドが電気系出身者ではないとか、電気系出身者であっても電磁波や高周波回路、伝送線路などを未履修の若手技術者が多いこと、企業内教育がこれらに対応しきれていないことなどに応えるために、設計ガイドラインセミナー入門編を立ち上げました。

「デモ実験」を取り入れながら「式を用いずに定性的な説明でEMC現象の基礎を理解する」ことを目的に、波形発生器とオシロスコープをセットとする測定システムを用意し、各受講者に直接実験に取り組んでいただいています。

【入門編】

第1部「電気回路編」：電気系以外の出身者を対象

第2部「伝送線路編」：電気（交流）回路を履修済みの電気系、または同等の知識を有する方を対象

第1部「電気回路編」

1. 直流での電圧・電流と電界・磁界
2. 回路素子と電磁界
3. 交流での電磁界と回路素子
4. 交流での回路解析の手法

第2部「伝送線路編」

1. 集中定数回路（復習）
2. 伝送線路の基礎
3. クロストーク現象の基礎

【受講者の声】

- ・講義では難しかった部分が自ら実験することで理解が深まる。
- ・初歩的な電気回路の基礎を広く学ぶことができ、非常に有意義だった。
- ・電気回路についての知識がなかったので大変勉強になった。回路学と電磁気学を分けて説明されており素人でも分かりやすかった。
- ・交流回路が「電力」を送る線路であるのは目からウロコだった。直流と交流の違いを理解するのに非常に有用だと感じた。
- ・数式として理解していることを実験することで現象まで理解することができた。現象を理解することで問題が起きた際の原因究明に役立つことができる。
- ・クロストークの発生原理が実験を通してよく理解できた。



9-2-2 設計ガイドラインセミナー中級編

「ベクトルネットワークアナライザ- (VNA) を使いこなすために!」

2019年度からは電気回路や電磁気学の初歩的な素養のある方向けに、「ベクトルネットワークアナライザ (VNA) を使いこなすために」と副題をつけた中級編を新たに実施しました。最近では非常に多くの技術者がベクトルネットワークアナライザ (VNA) を使って、回路網の振る舞いを表現・評価する手法としています。VNAは通常の電圧や電流を測定するのではなく、ある条件下での回路網の特性・性質を直接測定する機器です。このため、電気系専攻の学部授業でもこれを取り上げることは稀です。

この中級編は、VNAの測定値の意味、基本的な回路網での他の表現法との関係から始めて、EMCの分野では必ず出てくる伝送線路を中心に、その振る舞い、評価の考え方を学習するセミナーです。

このセミナーでは、受講者一人ひとりに準備された簡易型のVNAを用いて、各自で測定を行い、測定した結果から知りたい特性などを求め、特に、EMC現象を理解できるようにすることを目指しています。使用するVNAは帯域500MHzの2ポート測定器ですが、4ポートでの測定も出来るようにしています。

【中級編】

1. ベクトルネットワークアナライザを使う
2. 回路網解析
3. 伝送線路
4. Heavisideの電信方程式の解表現
5. クロストークの原理
6. 多線条線路

【受講者の声】

- ・ VNA でどのような要素を測定できるか理解できた。回路網の図が分かり易かった。
- ・ 伝送線路の実験がグラウンドの効果や磁界発生状態を視覚で確認できた。
- ・ 仕事でネットワークアナライザを使用して製品の検査など行っているが、ネットワークアナライザで何を測定しているのが完全に理解していない部分もあるので、基礎的なことを知ることができた。

9-2-3 設計ガイドラインセミナー上級編

これまでに必ずしも明確な理論的背景が与えられていなかった設計ガイドラインの内容を、シミュレーションの結果等を交えながら詳細に解説します。設計ガイドラインの理論的背景を理解することにより、現実の製品設計の現場において応用のきく人材を養成し、試作機器の動作不良といった事態を避け、試作期間の短縮を目指します。またセミナーの中で使用したシミュレーションソフトは、受講生の方が職場で実際の業務に使用することが可能となっています。全体は7部に分かれており、それぞれeラーニング版が用意されています。

- 第1部 「ギガビット伝送を高周波的に見ると」
- 第2部 「デジタル回路をアナログ高周波回路として取り扱うために」
- 第3部 「クロストーク(結合)を評価するために」
- 第4部 「伝送線路の不連続はどんな働きをするか」
- 第5部 「フレキシブル線路やハーネスの動作を理解するために」
- 第6部 「ディファレンシャルモード伝送では」
- 第7部 「線路論から見る伝送線路での電磁界結合と電磁波放射現象」



9-3 会員企業個別対応

会員の方々には個別の問題を抱えそれに具体的にに対応することを希望されることが多く、そのご要望にできるだけ応えるために、出張セミナー、個別コンサルテーション、個別共同研究・受託研究などの制度を設けています。いずれも会員企業個別の問題をなるべく具体的に扱うために機密保持を厳守し必要に応じて契約を行います。

9-3-1 出張セミナー

設計ガイドラインセミナーを社内で行ってほしいという会員企業に対して行っているもので、設計ガイドラインセミナー及び設計ガイドラインセミナー入門編の内容をベースに実際の業務内容に即して行います。今後は、会員企業の技術内容や製品をベースにした講義と実験・測定を行うことを目指しています。

9-3-2 個別コンサルテーション、個別共同研究・受託研究

会員の方々から気軽にご相談いただき個々の問題の明確化や対応可能性の検討等を行えるよう無料のプレ個別コンサルテーション制度を設けています。双方で十分に検討したうえで、個別コンサルテーション、個別共同研究・受託研究に本格移行できる制度です。移行後は、電気通信大学を始めコンサルティンググループ、国内研究グループのメンバーが所属する大学の規則等に則って行い機密保持のために必要な手続きも行います。

2020年度は、会員企業と機密保持契約を結び3件の個別共同研究・個別受託研究を実施しました。コンサルティンググループの専門家の先生と組んで、理解の難しい電磁界シミュレーション結果を如何に物理的現象として理解するか、如何に設計に応用するかなど会員企業のご要望に短期間でお応えし成果を上げることができました。

ギガビット研究会の活動内容は、ギガビット研究会ホームページに報告されています。

<http://www.sangaku.uec.ac.jp/gigabit/index.html>

9-4 組織

国内研究グループ		
所 属	研究者	専門分野
岡山大学	古賀隆治、豊田啓孝、五百旗頭健吾	PCB 関連
兵庫県立大学	畠山賢一、山本真一郎	電磁界（電磁波シールド、人工材料）
京都大学	和田修己	PCB 関連、チップレベル EMC
九州工業大学	松嶋徹	PCB 関連、チップレベル EMC
名古屋工業大学	藤原修、王建青、安在大祐	ESD、生体、人体通信
岐阜大学	中村隆	電磁界理論（アンテナ）
東海大学	小塚洋司、村野公俊	電磁界（電波吸収体、人工材料）、イミューニティ測定
青山学院大学	橋本修	電磁界解析（電波吸収体、遮蔽）、材料測定
東京都立大学	多氣昌生、清水敏久	生体効果、パワーエレクトロニクス
電気通信大学	上芳夫、肖鳳超、萱野良樹、安藤芳晃	伝送理論、電磁界解析、コンタクト雑音、PCB、電磁波プローブ
東京工業大学	西方敦博	電磁界理論、材料測定
芝浦工業大学	須藤俊夫	回路実装関連
東北大学	山口正洋、曾根秀昭	磁界プローブ、電磁セキュリティ
秋田大学	井上浩	コンタクト雑音、PCB、電磁波プローブ
秋田県立大学	戸花照雄	PCB、電磁界解析
東北学院大学	川又憲、嶺岸茂樹、石上忍	コンタクト雑音、ESD、通信 EMC
鈴鹿工業高等専門学校	森育子	ESD
一関工業高等専門学校	川上雅士	最適化・満足化設計
海外研究グループ		
Missouri University S&T	Jun Fan	PCB 関連
コンサルティンググループ		
岡山大学	古賀隆治	PCB 関連
名古屋工業大学	藤原修	ESD、生体
岐阜大学	中村隆	電磁界理論（アンテナ）
東海大学	小塚洋司	電磁界（電波吸収体、人工材料）
電気通信大学	上芳夫、福澤恵司、雨宮不二雄	伝送理論、電磁界解析、高周波伝送、通信システムの EMC 技術と標準化
東北学院大学	越後宏	伝送線路、電磁波
秋田大学	井上浩	コンタクト雑音、PCB、電磁波プローブ