

株式会社ノイズ研究所40周年記念誌

EMCとともに40年

40th

Anniversary
Commemorative issue
of Noiseken

日本で EMC という言葉が使われだしたときから 40 年あまり、特にデジタル機器の普及に伴い電子機器の誤動作という社会的問題が出始めたときに株式会社ノイズ研究所は発足しました。

現在の EMC 規格が体系だって整備される以前のことで、各企業の技術者、大学等の研究者は手さぐり状態で実験、研究を進め独自の社内・業界規格、設計ルールを確立しようとしていました。

本誌は、現在の EMC が社会的に確立される過程においてご尽力された方々のお話をまとめることで、過去を知り、現在、未来の技術者の育成に役立ちたいという思いから、「EMC の温故知新」を目指して企画したものです。

目 次

001. 『黎明 挑戦 感謝』

株式会社ノイズ研究所 代表取締役社長 藤垣 正純

006. ノイズ研究所 創立 40 周年に寄せて

株式会社ノイズ研究所 取締役／東京農工大学 名誉教授 仁田 周一

010. 私と EMC

電気通信大学 名誉教授／電通大通信ミュージアム 学術調査員 芳野 越夫

014. EMC とその ‘こころ’

東北大学 名誉教授・工学博士 高木 相

016. 後輩に伝えたいこと

日本オートマテイクコントロール株式会社 技術顧問 瀬戸 信二

019. 私の EMC 研究との出会い ～研究活動 40 年を振り返って～

東海大学 名誉教授・工学博士 小塚 洋司

023. 私の EMC - 今は亡き先達との歩みは

電気通信大学 名誉教授、産学官連携センター特任教授 上 芳夫

026. ラジオ少年の行き着いた EMC

EM Consulting 株式会社／岡山大学 名誉教授 古賀 隆治

031. ファイバケーブルから EMC の研究開発へ

東京都市大学 名誉教授 徳田 正満

035. 間接 ESD を追いかけて 40 年

株式会社インパルス物理研究所 主任研究員 本田 昌實

038. ～EMC は永遠の課題～

一般財団法人 電気安全環境研究所 井上 正弘

041. EMC とともに 40 年を振り返る - EMC についての個人的な雑感 -

放送大学特任教授／秋田学習センター所長・秋田大学 名誉教授・工学博士 井上 浩

044. EMC との遭遇

拓殖大学 工学部情報工学科 澁谷 昇

048. EMC・ノイズ試験と対策

ノイズシールドジャパン株式会社 代表取締役 江口 次雄

051. いま思うこと

電気通信大学 名誉教授・工学博士 岩崎 俊

054. わが EMC 人生 ～ EMC と歩んで 40 年

株式会社ノイズ研究所 技術顧問／名古屋工業大学 名誉教授・工学博士 藤原 修

061. 車載電子機器の EMC との関わり

株式会社クオルテック EMC 技術研究室 室長・博士（工学） 前野 剛

064. EMC 黎明期 1970～1975 年の出来事

株式会社 e・オートマ 田路 明

068. 電磁界解析と逆問題の難しさ

東北大学イノベーション戦略推進本部

レジリエント社会構築イノベーションセンター 副センター長、特任教授 澤谷 邦男

071. EMC との出会いから 43 年、CISPR とともに 27 年を振り返って

NTT アドバンステクノロジー株式会社／電波利用環境委員会 I 作業班主任・博士（工学） 雨宮 不二雄

075. 私の人生を決めた EMC との出会いと後輩に伝えておきたいこと

STECS 代表：iNARTE EMC エンジニア、PS エンジニア 篠崎 厚志

080. 私の「EMC とともに」

一般財団法人 VCCI 協会 技術アドバイザー 長部 邦広

083. EMC の C はコーディネーション

谷川 廣治

087. 「EMC 測定に携わった 35 年間を振り返って」

一般社団法人 KEC 関西電子工業振興センター 専門委員会推進部 針谷 栄蔵

093. 通信線と EMC

九州工業大学 桑原 伸夫

097. 私と EMCJ 研究会

青山学院大学 理工学部 橋本 修

099. 人類滅亡の危機を救った EMC

東北学院大学・大学院工学研究科長（教授）・工学博士 嶺岸 茂樹

102. EMC 今昔 ～アナログからデジタルへ～

一般社団法人 KEC 関西電子工業振興センター 試験事業部 泉 誠一

106. 「一過性のノイズ障害」に対するノイズシミュレータの活用

株式会社電研精機研究所 ノイズトラブル相談室長 平田 源二

111. EMC と計算電磁気学

東京農工大学 教授・工学博士 宇野 亨

115. 優れた方々との出会い、変化に挑もう！日本アイ・ビー・エム株式会社

成長戦略事業／IBM デイスティングイッシュト・エンジニア 櫻井 秋久

『 黎明 挑戦 感謝 』

株式会社ノイズ研究所 代表取締役社長
藤垣 正純

EMC 試験器メーカ「足立ノイズ研究所」は 1975 年 3 月、東京都三鷹市の民家を本拠地として創業されました。3 ヶ月後の 6 月には『Noise Technical Report 第 1 号』を各社のエレクトロニクスエンジニア百数十名宛てに送り始め、15 年後の 1990 年にはこのレポートの登録メンバーは 7,000 人を超えるまでになっていました。今ではご記憶のエンジニアの方はさほど多くないと思いますが、当社はこのレポートをベースとして『雑音技術』や『ノイズ規格集』、『ノイズ対策マニュアル』、『IEC61000 - 4 シリーズ試験法マニュアル』などの冊子も発行してきました。この『Noise Technical Report』を 40 年にわたって発行し、またこれら技術情報冊子を刊行してきたことによって得た当社の「情報発信する EMC 試験器メーカ」という企業イメージは、今も貴重かつ何物にも代えがたい財産となっています。

「User の皆様方との交流を密にするとともに、お互いの Noise 問題研究の懸け橋にしたい」と挨拶した初回の『Noise Technical Report』で初代社長の足立 昭二氏を取り上げたテーマは、「電子機器の Noise margin 基準についてのお知らせ」でした。ここでは、①電卓（日本事務機械工業会 昭和 49 年 3 月 電源ラインインパルス試験）、②デジタル・ボルトメータ試験法、JIS 原案作成委員会の原案、③ IEC TC-9 車両搭載用電子機器の Surge test 基準、④火災報知器、衝撃電圧試験（第 23 条）（案）が紹介され、最後に「次号予定：印加インパルスの Rise time の差による誤動作電圧の変化について」と書か

れています。

当時の特徴的な出来事をいくつか記しておきますと、筆頭は日本が敗戦による最貧国状態から驚異的な経済復興を成し遂げて 1968 年に GDP 世界第 2 位に駆け上ったことでしょう。そして団塊の世代が 20 歳を超えた 1971 年にはアメリカがドル危機を乗切するために変動為替相場制に移行したいわゆるニクソンショックが起きて世界を震撼させています。エレクトロニクスの分野では、この年にコンピュータ貿易の自由化が実施されて日本政府は 3,750 億円の予算を付けて IBM に対抗するコンピュータの高度化計画試験研究に乗り出し、翌年 570 億円の国家予算で富士通・日立、日電・東芝、三菱・沖電気の 3 グループの技術研究組合を発足させています。まさに日本は戦後の人口増加、高度成長まっただ中であり、デジタル技術の黎明期といえる状況にありました。

電子式卓上計算機がカシオ計算機株式会社によって初めて発売されたのは、日本が GDP 世界第 2 位に躍進する 2 年前の事でした。たちまちこのカシオ計算機を追って大手家電メーカや中小新興企業がこの市場に参入し、最盛期には大小数十社が乱立しましたが、熾烈な淘汰の時代を経て 1970 年代には半減しています。ところで、この電卓は外貨を稼ぐ輸出商品でしたが、ノイズによる誤動作問題を抱えてその対応を迫られていました。この頃の電卓は電池内蔵型ではなく、AC ケーブルを使って外部から電源をとっており、同じテーブルタップに蛍光灯スタン

ドを繋いでスイッチを ON/OFF させると、この時に発生する電氣的ノイズが電源ケーブルを介して電卓に入って誤動作を引き起こすという品質問題を抱えていたのです。これらの電卓をインパルスノイズ試験器で測ると、誤動作が再現するインパルス電圧耐力が 150 V 前後しかなく、当然のことながら出荷後にクレームが生じる可能性が高いものでした。この問題解決に取り組んでいた日本事務機械工業会が、漸く 1974 年にインパルス電圧を 300 V とする電子式卓上計算機認定試験基準を決めています。今では「電源からパルスを印加して 300 V で誤動作しない」レベルが電卓の出荷基準とは信じられない感がありますが、黎明期のデジタル製品は品質検証試験の方法さえも各社手探り状態であり、ノイズ対策の前提となる誤動作を再現する実験に不可欠な電気雑音発生器さえも電気ドリルや電磁リレー等が代替物として使われている状況の中で良くここまで纏められたものと思います。

この『Noise Technical Report』の発行には私も最初から関与していましたが、いまこれを読み返しても、NTT 武蔵野通信研究所のエンジニアだった足立氏が、このようなデジタル技術の黎明期にデジタル機器の宿命的課題ともいえるノイズによる誤動作に遭遇し、1969 年にこの対策分野でも先端を走っていた IBM の研究文献に啓発されて「EMC 問題」にのめり込み、その技術と関連する情報の伝道者の道を歩もうとした意気込みが伝わってきます。それはまた、会社の創業に参加した我々 6 名が共有する想いでもありました。

会社は創業翌年、「ノイズ研究所」に社名を変更しました。私たちは、足立氏が三基電子工業時代に開発したインパルスノイズ試験器「INS」を車に積んで氏の NTT 時代の人脈を訪ね、またレポートの送付先エンジニアにアポイントメントを取って PR のデモをして回りながら、エンジニアの方々から様々

なノイズ試験のための雑音発生器の仕様を訊き、その開発見積書を作って提案する活動を毎日のように繰り返していました。何とかしてこれらの企業が考えている雑音試験器の開発を受注し、製品を開発し、納品後はその企業の了解を戴いてこれを自社の商品に加えることを追求していたのです。しかし我々の実力の程は別でした。受注できても製品開発に必要なキー部品入手の目途もなく、手元に開発に必要な要素技術があるか否かさえ後回しで、良く言えばチャレンジングですが、乱暴な営業スタイルでした。当然、受注できた試験器の開発は順調には進まず、困難も半端なものではありませんでした。受注できたこれらの試験器が様々な課題を乗り越えて何とか製品化できたのは、開発メンバーのなりふり構わぬ努力に加えて、お客さまはもとより『Noise Technical Report』を通じて交流できたデジタル技術者や研究者の方々の多大なるご協力が得られたからに他なりません。その結果、創業翌年から毎年数機種の新製品が加わり経営基盤も安定してまいりました。この場を借りて、多大なご支援を戴いた関係各位に改めて深く感謝の意をお伝えしておきたいと思います。

このような活動によってインパルスノイズ試験器の 2 kV 出力モデル、電圧変動試験器、高周波ノイズ検出器など販売機種も増えて社員数も 18 名となった 1979 年に、京滋・大阪以南を活動範囲とする大阪営業所を大阪府吹田市に開設しました。またこの年には、東京と大阪で 1 年毎に交互開催されていた電気業界最大の展示会「エレクトロニクスショー(大阪)」に初めて出展しました。会場では、隆盛期にあった家電メーカ各社が圧倒的な規模でアナログ家電製品を並べて多数のコンパニオンが華やかに微笑んでいましたが、当社のブースはその会場片隅の薄暗い 1 コマに製品を並べただけのものでした。来場者の殆どが「ノイズ研究所」という社名に首をかしげ

EMCとともに40年

ながら当社ブースの前を通り過ぎ、まれに EMC に関心があるエンジニアが立ち寄っても「雑音を生じさせる会社なんて成り立つのか？」と驚かれる状態でしたが、当社にとってこの出展は大手家電メーカーから数件の貴重な商談、また名刺数十枚を得られて満足できる結果となりました。

このエレクトロニクスショーへの参加は1990年で終わりましたが、1988年には日本能率協会が池袋のサンシャインビルで主催した第1回 EMC・ノイズ対策技術展には、出展を依頼できそうな企業の選定作業に協力するなど企画の段階から関与し、また現在まで連続出展しています。



1988 年 EMC・ノイズ対策技術展
ノイズ研究所ブース

近年、「NoiseKen」のロゴと社名が EMC 技術者の間で比較的知られるようになっていますが、これには創業以来続けてきた『Noise Technical Report』や技術冊子の発行と 1990 年代に機械電子検査検定協会（現在の日本品質保証機構：JQA）のエンジニアや東京農工大教授の仁田 周一先生他のご協力を戴いて各地で開催した EMC セミナー、それにこれら展示会連続出展等によるところが極めて大きかったと考えています。最近では、定年退職後の EMC エンジニアの方々が当社の展示ブース前を往時の仲間との待ち場所にされているとも聞きますが、感慨に堪えないものがあります。

ところで、私は 1990 年にノイズ研究所の 4 代目社長に就任しました。以来 26 年間社長職を続ける結果となりましたが、この間の様々な経営判断の中でも当社の事業に大きな影響を与えたのは 1997 年の米国 RCA 社が千葉県船橋市に所有していた電波実験場を買収したことです。これは、EMC 試験器メーカーとして必要な基礎的設備を所有し活用することによって情報収集力・開発力を強化し、かつ社内の技術者、営業部員などの専門的知識・能力を向上させるのが主目的でした。この施設保有の目的、必要性和重要性は現在も変わっていません。一方、この電波実験場設備の有効活用として EMC の受託試験事業に乗り出しました。テストラボ船橋の名称でスタートしたこの事業は、初めの数年間は順調でしたが、その後地上デジタル放送への切り替えに対応する設備更新が遅れたことから低迷を余儀なくされてきました。漸く昨年より体制刷新と共に徐々に設備の充実を図り、EMC 試験器メーカーらしい新たなサービスを提供し始めているところです。

2000 年にはこのテストラボを活用して EMC ソリューション事業を立ち上げました。その背景には、各々のメーカーが自社製品に責任を持つのは「管理された電磁環境の下で国内外規格や社内基準に合格したことを確認し出荷するまで」ですが、この基準に合格した機器が実際に使われるフィールドでは電磁環境が一定でなく他社の機器や設備と繋がって使用されるケースが殆どであり、そのような状況で EMC トラブルが発生している実態がありました。当時の日本画像医療システム工業会の RC107 委員会報告「医療施設における電磁障害」ではその結語に、①医療現場では知らない間に EMC 障害が発生している、②EMC 障害に気づかず機器の故障と判断している、③EMC 障害で診察や検査を中断したことがある、と指摘しています。これは生産機器や産業機器、流通、情報機器等の業種や分野を問わずにシステムが導入された多くの現場に共通する問題と推測

されます。しかし、このフィールドで生じている EMC トラブルを、その発生場所でトータルとして解決する企業も団体も見当たりません。ならば当社でこれをビジネスにしようとしたのです。例えて言うなら家屋やビル、工場や様々な処理施設などを 1 個の電気機器、その中にある各々の機器や設備を部品と捉えてビルや施設で発生している EMC トラブルを、当社で経験豊富なエンジニアがテストラボ船橋の設備や機器を使って解析し対策しようと考えたのです。

当社がこの事業をスタートさせると、工場や水処理施設、病院、設備やシステム会社、原子力関連の事業所など様々なところから問い合わせが入りました。しかし、いざ具体的に話を進めていくとお客さまが予算を確保できなかったり、施設稼働優先の為に調査や対策に必要な設備を休止できずに見送りとなるケースが殆どでした。中には大学の新築学生会館システムのトラブルやある市立病院の大型医療システム導入期のトラブル解決といった大いに遣り甲斐を実感できた成功事例もありましたが、それは施工会社の経営トップに EMC トラブル解決の成否が事業存続問題に直結する品質問題だという大きな危機意識があった極めて稀なケースでした。このような状況に運悪く当社内の事情も重なり、止む無くこの事業から撤退して現在に至っていますが、今もなおフィールドのあちこちではトラブルが解決されないまま応急的・場当たりの対応を繰り返している現場があります。今後も EMC エンジニアが活躍する余地は大きいと強く感じています。

また、近年はウェアラブル機器など身体に付ける

微小電子機器が増加して EMC 対策の領域が拡大・深化し、加えて電磁波の人体被爆等といった社会的問題への関心も高まっています。かつての新産業勃興期やこれまでとは異なるものの、今後とも EMC に関わる企業やエンジニアが、持てる知見、技術、ノウハウに一層磨きをかけて取組まねばならない課題は尽きることがないでしょう。

近年、私の周りを見渡すと、長年培った EMC の知識と対策ノウハウを生かして、退職後は以前にも増して充実した人生を送っている方々が少なくありません。

EMC は電磁環境両立性と訳され、その意味は「装置またはシステムが電磁氣的周囲環境に影響されず、また影響を与えず、設計通り動作しうる能力」と説明されています。彼らの強さと楽天性の源は、長年培った力量と同時に、この課題を実現するために個別製品の開発や生産、時には企業・業界の枠を超えて広く情報を共有し学びながら「目的通りバランスよく機能し合う状態を、その置かれた条件と環境を考慮に入れて実現させる」という EMC エンジニアの仕事の有り方に起因しており、多分それは、人が社会の中で如何に生きてゆくべきか模索するのに通じているからだろうと感じています。ところで私の場合は？

創業以来、数え切れないほど多数の皆様方から、様々なご援助とご指導ご鞭撻を賜り、誠に有難うございました。改めて御礼申し上げます。

著者略歴

藤垣 正純（ふじがき まさずみ）



- 1947 年 1 月 兵庫県豊岡市に生まれる
- 1965 年 3 月 兵庫県立豊岡高等学校卒業
- 1971 年 3 月 法政大学文学部日本文学科卒業
 その後専門紙記者等を経て
- 1975 年 4 月 足立ノイズ研究所創業に参加
- 1990 年 12 月 代表取締役社長に就任、現在に至る

ノイズ研究所 創立 40 周年に寄せて

株式会社ノイズ研究所 取締役／東京農工大学 名誉教授
仁田 周一

ノイズ研究所の極めて小さなユーザとして 30 数年、社員として中に入り数年を過ごした人間として EMC とノイズ研究所を振り返ってみます。

1. EMC の発展とその周囲環境

ある技術分野が発展するためには、その発展を支える環境が必要です。

- 1) 市場の形成（あるいは創造）、若しくは世間がその技術を必要としていること。
- 2) 技術に対応した産業が創られること。
- 3) 研究成果や技術動向を発表・議論する学会が組織化し、活性化すること。
- 4) 国際規格・標準化活動の組織化・活性化。

1)については、1925 年 3 月のラジオ放送開始から受信障害の問題が発生し、1926 年に 8 日間に渉り朝日新聞に東京放送局 技師長 北村 政治郎氏による「ラジオ聴取の妨害とその防止法」が掲載されています[1]。おそらくこれが我が国第一号の EMC 印刷物と思われ、上記 1)の世間が必要とした技術であることの証しです。

4)についてその後、1934 年には、IEC（国際電気標準会議）の下位組織として、CISPR（国際無線障害特別委員会）が設立され、AM ラジオの受信障害を防止するために、他の機器から放出される電磁波レベルの規制を始めています。3)については、1957 年 IEEE（米国電気電子学会）に EMC Society が設

立され、論文集の発行、国際会議が毎年おこなわれています。EMC はあらゆる電気・電子機器／システムの共通技術ですので、テレビジョン学会－テレビの製造ラインのような直接のつながりはないですが、毎年開催される IEEE EMC シンポジウムでは、200 社以上の展示ブースが軒を連ねています。電波暗室、オープンサイト、シールドルームなどの測定場の施工、アンテナ、スベアナ等のセンサ／計測器、フィルタのようなノイズ対策品／部品、電磁界シミュレータのようなソフトウェア、静電気試験器や、雷サージ試験のようなで試験機器、コンサルタント等、EMC 産業は、実に幅が広いことが分かります。

なお国際標準化活動は、IEC に CISPR 以外の EMC の TC（技術委員会）ができ、電気品以外の標準化を狙う ISO にも機械類の電子制御化に伴い、EMC を扱う TC が設置され、活発な議論、提案がされています。

2. 我が国の EMC を取り巻く環境

1925 年のラジオ放送開始と、その受信障害に関する新聞記事以来、電磁ノイズ問題は、多くの分野で語られ、それぞれの分野でノウハウの蓄積が進み、また議論がされてきました。学生時代には先生の口からノイズという言葉が出たのを記憶していますし、就職後も周囲からその言葉をよく聞いていました。当時、私はソフトウェア（プログラム作り）担当だ

ったので、関係ないことと聞き流していました。私事で恐縮ですが 1962 年よりプロセスの計算機制御を担当することになり、当時は技術提携の時代で、提携先のデッドコピーを作ることから始めていました。国内ユーザへの納入一号機は、提携先からの輸入品で、計算機としての試験は、良く確認されていました。ところがいざ制御を始めるに際し、プロセスからの温度、圧力及び流量の信号（特に熱電対からの温度信号）が±フルスケールで揺らぎ、データになりませんでした。オシロスコープをアナログ入力端子に当ててみると、1 V 以上の 50 Hz がのっていました。当時、シールドのシの字も知らなかったのですが、計算機へのケーブルは、信号線と電力線がバインドされ、信号線のシールド部もどこにも接続されていませんでした。今思えば常識外の事がおこなわれていました。とにかく色々ユーザにお願いしても、青二才の言うことなど聞いてくれませんし、社内のあちこちに質問しても解が得られるはずありませんでした。1963 年頃の話です。

その頃、同じ部門に五十嵐 善英氏（1962 年卒 現群馬大学名誉教授）が来て、解析力豊かな彼と検討して、配線のマニュアルを作ることになりました。その後、上司の薦めもあって、マニュアルの基本となる次の論文を出すことが出来ました。

【五十嵐善英，仁田周一：制御用計算機におけるアナログ入力線の等価回路，計測自動制御学会論文集，第 1 巻，第 2 号，pp.47-53，昭和 40 年 6 月】

その後、1970 年代に私はシステムエンジニア部門（主としてソフトウェア）に移り、海外出張や海外滞在も多くなり、ノイズ問題から遠ざかっていましたが、その間に EMC は、ひとつの技術分野としての確立が着々と進んでいたようです。1970 年代後半には、次の年表の動きがありました。

佐藤先生は、1960 年代、在外研究員としてスタンフォード大学におられた時、「今後、電気屋が世のた

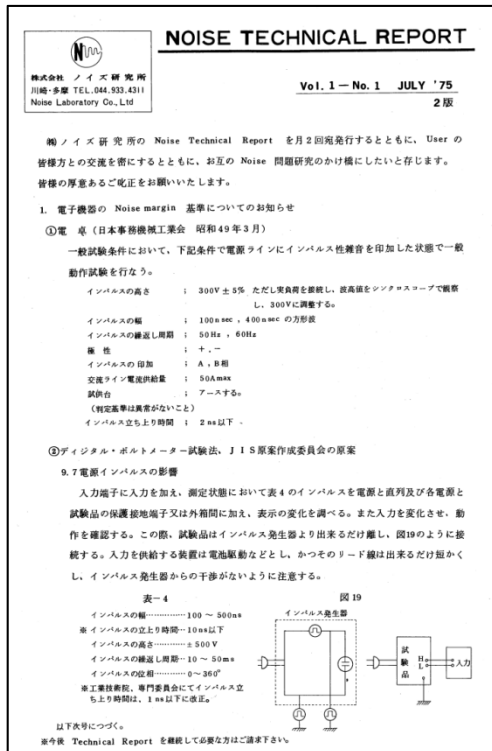
1975 年	株式会社足立ノイズ研究所設立 (1976 年にノイズ研究所に改名)
同年	Noise Technical Report の創刊 (ノイズ研究所創業者足立 昭二氏による。以後継続して発行)
1976 年	EMC 仙台ゼミナール発足 東北大学 佐藤 利三郎教授による。
1977 年	電子通信学会（現電子情報通信学会） 環境電磁工学研究会（EMCJ）発足、現在に至る。 初代委員長 佐藤 利三郎教授

め人のために役立つには、何をすべきか」を熟考され、「それは環境だ」と結論を得られた結果が EMC の日本語「環境電磁工学」に表れています。まさに高い思想に基づいた理念です。IEEE でも佐藤先生は、“Father of EMC, Japan” と称されています。

上の年表をみると、EMC の学会創設の前にノイズ研究所が出来ていて、これは驚くべきことです。NTT 武蔵野通研 OB の足立氏が、どのようなお考えで EMC の分野を立ち上げられたのかは、今更知る由もないですが、ビジネスというより、Noise Technical Report の発行による EMC の普及、認知度の向上に励まれたことは、正に「EMC の伝道師」と呼ぶにふさわしいです。この頃ノイズ研究所は、電源ラインインパルスノイズ試験器（略称 INS: Impulse Noise Simulator）を実用化し、ノイズに対する機器の耐力標準化へ寄与しています。

3. ノイズ研究所と私

会社には送られていた Noise Technical Report が創刊号より私の手元に回覧されるようになっていました。その後、東京農工大学へ転職してからは、私自身の所にも直接、無料で送られるようになりました。



創刊時の Noise Technical Report (1975 年)

足立氏のお宅が近いこともあり、よく内容について質問したり議論する機会をもてました。足立氏は、1978 年頃の EMCJ で、初めて発表したとき、「ノイズ研究所の社長の足立さん」と紹介されましたが、頂いた名刺には、「(株) ノイズ研究所 研究部 足立

参考文献

- [1] Fumio Minozuma: RADIO NOISE INTERFERENCE ACTIVITIES IN JAPAN, HISTORICAL REVIEW, Proc. IEEE EMC Symposium, Tokyo Japan, Keynote address, pp.1-12, May 1984.

昭二」とあり、びっくりしました。いかにも足立さんらしい一生現役技術者を表す事例です。

大学へ転職後、江口技術部長（現ノイズシールドジャパン）、平営業部長（故人）がよく訪問していただき、足立さんとの議論も含め、どれだけ私の研究にプラスされたか計り知れません。

4. 外から／内からみたノイズ研究所

弱小ユーザとして外から見たノイズ研究所は、技術開発型の企業でした。内から見てもそのことは変わりありません。私が注目したい一点は、技術部のデスクスペースと、実験室のスペースがほぼ同じであることです。技術部のエンジニアは、ずっと席を立てて実験室で、確認やデータの取得に努めています。

5. ノイズ研究所の今後

ノイズ研究所は、ユーザ様のご指導に基づき、その期待に沿うべく努力してきました。小規模ながら、“NoiseKen” は、世界ブランドでビジネス展開しています。

今後ともユーザ様のご指導を宜しく願います。

著者略歴

仁田 周一（にった しゅういち）



1960 年 3 月	京都大学工学部電気工学科卒業
1960 年 4 月より 1985 年 6 月	三菱電機（株）にて計算制御関連の業務に従事
1978 年 2 月	工学博士（論文博士）
1985 年 6 月より 2001 年 3 月	東京農工大学教授（工学部機械システム工学科）
2001 年 4 月より 2010 年 3 月	サレジオ工業高等専門学校教授（専攻科）
2001 年 4 月より現在	東京農工大学名誉教授
2005 年 6 月より 2009 年 6 月	（株）ノイズ研究所顧問
2009 年 7 月より現在	（株）ノイズ研究所取締役（非常勤）
2013 年 4 月より現在	電気通信大学客員教授（産学官連携センター）

工学博士

EMC，信頼性／保全性の研究に従事。IEEE，電気学会（終身会員），電子情報通信学会（フェロー），日本信頼性学会，プロジェクトマネジメント学会会員。

私と EMC

電気通信大学 名誉教授／電通大通信ミュージアム 学術調査員

芳野 赳夫

私が初めて典型的な EMC 問題に出会いその解決に携わったのは、第3次越冬隊員として1959年の南極昭和基地に於いてです。1958～9年に地球物理学的諸現象を国際的に同時観測し地球に対する知見を拡大する国際地球観測年(IGY)が企画され、当時の世界の有力国が地球の宇宙現象観測の窓とされる北極及び南極に観測基地の設置を計画していました。

我が国は、太平洋戦争の敗戦から10年も経たない時に、すでに学術会議で南極観測を含むIGYへの参加を決め、西堀栄三郎を越冬隊長とする11名から成る第1次南極観測越冬隊が1956～7年に初めて南極昭和基地で越冬に成功しました。1958年第2次観測隊は地球物理、気象等、極地に関する観測隊員による初めて大部隊を編成しましたが、非力の観測船“宗谷”が険しい氷状に阻まれ、越冬隊員を基地に残す事が出来ず、第2次観測は失敗に終わりました。

文部省は、第2次の失敗の経験から第3次隊員は、多芸に秀でた少数精鋭の隊員による越冬隊を編成する事になり、寺沢寛一電通大学長に、地球物理・電波物理学専門で、かつ機械・電気工学の経験があり、豊富な冬山の経験を持つ者として、私を村山隊長以下13名で構成する第3次隊越冬隊員の適任者の一人として推薦するとの連絡がありました。果たして私がその適任者であるかどうかは別として、取りあえずこれを承諾し南極に行くこととなりました。

1958年1月14日、ヘリの1番機に搭乗して昭和基地に着くと直ちに発電棟に飛び込み、1年間放置し雪に埋もれた20kW発電機といすゞ製6気筒エン

ジンの起動を試みました。第1次隊の敷設した配線の3相の負荷バランスを確かめ、持参した新しいバッテリーを使ってエンジンを始動し、送電すると基地中がパッと明るくなりました。

越冬開始後、私は発電機から3つの観測棟に新たに太い3相キャプタイヤコードを引きなおし、各棟には高感度の観測機器へ電力供給する分配電盤を、相間バランスを考慮しながら設置し、基地中の配線を完了した頃には、南極は既に夏が過ぎ、どんどん日が短くなっていました。やれやれ基地全体の配線は終わったなと思った瞬間、全隊員から、「強力な電波雑音の混信で、観測が全く出来ない、何とかしろと」の叱声の嵐が襲ってきました。

昭和基地はプレカンブリア紀からカンブリア紀の地球上では最も古い、10億年から5億年以前に噴出した片麻岩上に出来ており、岩の電気伝導度が極端に低くなっています。まるで宇宙空間に全機器が浮いたようで、接地点も単に内地のように地面に接地すれば良いと言う訳にはいきません。そこで当時の接地法の常識通り、発電機の3相スター配線の中点に太いワイヤを繋ぎ、この先に2m×2mの銅板を繋いで、これを最短距離の海岸の、厚く凍った海水を大変な苦勞をして穴を開けて、海水中に沈め接地点としました。

当時の知識から、これで解決できると思いましたが、この結果は全然だめで、特に超高感度の磁力計や、電位系等の観測機器は、電波雑音で全く観測できないままの状態でした。特に問題になったのは、

無線送信器のキーを押した時と、毎 15 分毎に短波帯全周波数をスイープして送信する電離層測定器の発する猛烈な混信です。この防止には、それまでの経験を基に、当時の全知識を総動員していろいろ試みましたが全然役に立ちません。さんざん考えた末、観測機器の接地点と、送信機器の接地点を電源線の接地から分離して独立の接地線を構築し、その線の先端に着けた銅板を、先の電源接地点から海岸沿いに 600 m 離れた場所の海水に沈めたところ、ひどい混信が嘘のように消え去り、各観測機が正常に稼働し始め、いよいよ第 1 級国際南極観測基地としての昭和基地をスタートする事が出来ました。

当時はまだ一般に知られていませんでしたが、この時の 2 重の接地法は、後にロケット、人工衛星、そしてデジタル機器の発達に伴い、現在では通信技術の常識となっているコモンモード接地と、これと分離独立した接地点を用いる信号モード接地または標準モード接地技法に相当する事を期せずして実行していた訳です。この分離接地は、南極で必要に迫られ、偶然考えだした方法でしたが、3 次越冬時代より 15 年後には、これが一般常識的技術として用いられるようになり、今考えると私の試みは、現在の EMC 関連技術の一步を開く大変に偶然な手法だったと懐かしく思い出されます。

その後の私は、ロケット、人工衛星による自然発生電磁波動現象と、電波天文の自然発生ノイズ電波観測から逆に宇宙プラズマの自然電磁現象研究の分野に従事し、常に観測される自然現象と混信するノイズの分離など、観測装置の EMC 対策に追われました。1982 年からスイスとポーランドで隔年に開催される国際 EMC シンポジウムに参加を求められ、2013 年まで各種委員として両者の発展に助力しました。

国内では、東北大の佐藤利三郎先生と、IEEE の EMC Society と電気通信学会の EMC 専門委員会との橋渡しの形で、IEEE EMC Tokyo Chapter の設

立に奔走した結果、1983 年に新 Chapter を設立する事が出来ました。この Chapter は、IEEE EMC ソサエティが米国国外に設立した最初の Chapter です。1984 年には、東京で電気通信学会主催、IEEE EMCS 共催の形で、第 1 回国際 EMC シンポジウム (EMC' 84 Tokyo) が開催され、以後 5 年ごとに我が国で国際シンポジウムが開催されています。当時私は、電子情報通信学会の EMCJ 委員長、IEEE EMC Tokyo Chapter のチェアマンを 2 期務めていました。

1997 年の電通大定年と同時に IEEE EMC ソサエティの Board of Director (BoD) の立候補を勧められ、1998 年 1 月 1 日に BoD メンバーに任命されました。メンバー構成は 20 名で、世界を Region 1 から 10 の地域に分けて、新しい技術研究の開発指導、研修、論文の採録と論文集の発行、国際シンポジウムの開催、指導、補助、会員のサービス及び新しい Chapter の開設など、世界の学会を纏める中心的存在として活躍しています。私はこの BoD メンバーを 1998 年 1 月から 2003 年 12 月までと 2007 年 1 月から 2012 年 12 月までの 12 年間在籍し、2004 年から 2006 年には Region 10(アジア・太平洋地区)の Coordinator を務め、計 15 年間を IEEE EMC Society のために尽くす結果となりました。

BoD の会議は毎年 4 回、主として全米内の主要都市を周回して行われます。このほかに世界各国の IEEE 支部が行うシンポジウム等の会合や、各国の EMC 関連会議に頻繁に出席する機会が多かったのですが、遂に 12 年間全会議を無欠席で通しました。会議では、常に積極的に討論に加わり、意見を述べ、幾多の提案を通す等努力した結果、多くのエリートクラスの外国人と心が通じ合える仲となり、私なりに彼らの信用を得る事が出来たと思っています。そのためか私に対していろいろな研究論文賞、感謝状がアメリカだけでなくスイスやポーランド等から多数授与され、特に 2008 年には IEEE EMC から最高位の” **Laurence G. Cumming Award** が授与さ

れました。この賞は日本人では東北大の佐藤利三郎先生に次ぐ二人目の受賞であり、私にとって最大の栄誉となりました。

BoD 退任後の 2013 年には、私の長年に亘る IEEE、特に EMC 分野に関する貢献が認められ、**2013 年度**

の **IEEE EMC HALL of FAME Award** が授与され、名誉殿堂入りする事に成り、この受賞は 18 人目で日本人では初めてで、かつて雲の上の人と思っていた大先生たちと肩を並べる名誉を与えられました。



私は今 86 歳、この 60 年間オーロラ等の宇宙空間の電磁現象の観測・研究に従事し、常に微細な電磁現象の観測機器に常に影響を与えるノイズの除去等の分野で、過去 40 年間、陰に陽にノイズ研の皆様にご多大のご助力を賜り、衷心から感謝申し上げる次第です。

現在の電子機器の凄まじい発展の中で、あらゆる

電子機器には絶えずノイズの混入が避けられなくなり、機器の小型化、集積化、複雑化などの影響で、回路基礎設計の段階からますます複雑化する EMC 対策を常に考慮せねば何も出来なくなっています。

私は、今後の電子機器の発展と成功は EMC を如何に征するか、将来の EMC 研究成果の蓄積とノイズ研究所の益々の発展に大いに期待いたしています。

著者略歴

芳野 赳夫（よしの たけお）



昭和 28 年 電気通信大学、電波工学科卒業 同大学助手任官
昭和 33－35 年 第 3 次南極観測隊、越冬隊員、電波物理学担当
昭和 50－52 年 第 17 次南極観測隊、隊長、越冬隊長
昭和 52 年－定年まで 電気通信大学、菅平宇宙電波観測所創設、所長
平成 9 年 電気通信大学、定年退官、電子工学科教授、名誉教授
平成 10－17 年 福井工業大学 主任教授
1998－2003 年 IEEE EMC Society Board of Director
2004－2006 年 IEEE EMC Society Region 10 Coordinator
2007－2012 年 IEEE EMC Society Board of Director
平成 20 年－現在 電気通信大学 Museum of Communications 学術調査員

E-mail : yoshinot@nisiq.net

EMC とその ‘こころ’

東北大学 名誉教授・工学博士

高木 相

EMC を我が国に導入されたのは、故元東北大学教授佐藤利三郎先生でした。先生は私に EMC の研究に協力を依頼されました。昭和 51 年 (1976) のことです。この年、私は東北大学教授を拝命したばかりの新米でした。EMC とは何か、果たして学問として成り立つのか、ということを議論しましたが、簡単に結論を得ることは出来ず、意見交換の場として私的な「EMC 仙台ゼミナール」を発足させて毎週土曜日の午後、佐藤研、高木研、他の関係者を集めて討論会を持ちました。現在これは東北大学電気通信研究所の工学研究会として公的なものとなって活動しています。学会では電子情報通信学会の研究会「環境電磁工学研究会 (EMCJ)」(命名者は佐藤先生 (初代委員長)) が発足し (EMCJ の J は Japan の意)、わたくしは幹事を仰せつかり、第 1 回研究会が 1977 年 5 月にもたれました。以後毎年 10 回の開催で継続しています。第 30 回 EMCJ は平成 19 年 10 月 25 日に記念行事が東北大学で行われています。

思い起こせば、当時我が国の科学技術は世界、特に米国に大きく遅れているところがありました。EMCJ の発足が IEEE EMCSS (S は Society) から 20 年遅れていたのです。EMC は、新技術の先端を切り開くための学術とは異なり、‘あらゆる電気技術の普遍的なバランスを保つための手段を追究する学術と技術である’、と言うことが出来ます。この理解に達するまでには時間がかかっています。

この時代、我が国の個々の技術は先進欧米にかなり接近するところまで来ており、日本の技術は優れ

ていると世界が認めるようになってきた時代でした。これは日本の技術者が生み出したもの、つまり、お客さんに喜んで使ってもらえるものを提供しようとする ‘こころ’ が世界に理解され始めたということでしょう。この ‘こころ’ が世界の多くの人びとに喜んでもらえる ‘もの’ を提供してきました。この ‘こころ’こそが EMC の神髄です。

‘技術は芸術である’と言ってもよいでしょう。芸術家は作品を売るために作るではありません。良いものを作成すれば高く買ってもらえるから、それで生きていける。ここに芸術家の ‘こころ’ があるのです。我が国の ‘ものづくり’ の原点もここにあります。‘自ら生み出したものに絶対に満足しない心’ が底辺に存在しています。

ものづくり産業は大勢の人が協力してものを生産しますが、我が国のものづくりの秀でている所以を私は漆器産業を例に説明しています。漆器が完成するまでどれだけの手数がかかっているかということです。漆木を育てる人から最後に漆器の仕上げをする人までどれだけの年月と工程を踏んでいるかを見れば理解できます。多くの工程の中のひとつを一人の職人が受け持つのです。次の作業を担当するのは別の人はです。多くの工程を踏まなければなりません。職人の一人ひとりが完璧なものを次の職人に渡さなければなりません。良いものは作る人の技術でできるのです。良いものは、‘こころ’ なしにはできません。‘善のこころ’ です。

EMC を学術的に見れば、多くの技術のあり方を

横断的に、また客観的に判断する学術である、ということができます。具体的には、EMC は電気・電子・通信技術の人間社会への総合的貢献度の評価技術である、と言ってよいでしょう。技術の発展がもたらすマイナス面をいかに減ずるか、この課題に正

面から立ち向かうのが EMC です。しかしもっと広く、我々の地球を宇宙から眺めるように見て、すべてのバランスとアンバランスを見分けて、より良い地球のありかたを求めるのが EMC である、と言っても過言ではありません。

著者略歴

高木 相（たかぎ たすく）



生年月日	昭和 7 年（1932）3 月 31 日		
本籍	山口県岩国市周東町瀬越 1808-1		
学歴	昭和 26 年（1951）	3 月	岩国高等学校卒業
	同	4 月	九州工業大学入学（電気工学科）
	昭和 30 年	3 月	同上卒業
	同	4 月	東北大学大学院工学研究科修士課程進学（電気通信工学専攻）
	昭和 32 年	3 月	同上修了
	同	4 月	東北大学大学院工学研究科博士課程進学（電気通信工学専攻）
	昭和 35 年	3 月	同上修了（工学博士）
	職歴 昭和 35 年	4 月	東北大学工学部助手（通信工学科）
	昭和 38 年	4 月	東北大学工学部助教授(通信工学科)
	昭和 51 年	5 月	東北大学教授（工学部通信工学科）
	平成 7 年	3 月	東北大学退職
	同	4 月	東北大学名誉教授
	同	4 月	日本大学教授（工学部）
職歴	平成 11 年	3 月	同上退職
	同	4 月	東北文化学園大学教授（科学技術学部長）
	平成 15 年	3 月	同上退職
至 現在			

後輩に伝えたいこと

日本オートマテイクコントロール株式会社 技術顧問

(元三菱電機(株) 通信機製作所／元(独法) 情報通信研究機構(NICT) 専攻研究員) 瀬戸 信二

1. はじめに

与えられたテーマは、「後輩に伝えたいメッセージ」であります。お伝えしたいことは山ほどありますが、ここではページ数の制約もあるので、機器設計者(経験者)の立場から「EMCに関連する雑感」などにつき述べたいと思います。

2. 「EMC」についての各人各様の期待

EMCに関連する分野の方々と話をしている際にいつも感じることは、各人の「EMC工学」に対する期待の内容が、立場によつての違いが大きいことでもあります。

企業に勤務する方々の「EMC」に対する期待は、きわめて短絡的に「機器のEMI性能/EMS性能」を達成するための即効的な対策方法(設計手法/トラブル対策手法)を求めておられる場合がほとんどです。

一方、研究者の立場で「EMC」を考える場合には、前記の企業活動とはかなり違った方向、すなわち本来の「Compatibility」の研究であったり、個別のテーマに特化した研究である場合が多いことです。

筆者は、企業の設計部門に勤務していた期間が長く、そしてその後5年間のNICTの研究員を経験しました。この二つの時期における経験を比較し思い出すときに、「現場の技術者」と「研究者」のそれぞれにおける習熟の過程にはかなりの違いがあると感じています。

3. 「EMC」との出会い

私の三菱電機における仕事は無線通信機器の設計業務でありました。

設計(試作)において常に悩まされたのは「増幅器の雑音低減」などのほか、「増幅器の自励発振」や「回路間の不整合結合」などの問題であり、この解決のためにいつも長時間を費やしていました。

ある時期、防衛庁の装備品である「戦術用車両(戦車などの装軌車/トラックなどの装輪車)」の試作段階で、車種ごとに状況は異なりますが、電装品から発生する電氣的雑音(EMI)が原因で、搭載される無線通信機が通信不能となる事態が発生していました。

この対策支援を依頼されて、車両に対する電気雑音退治(EMI対策)をお手伝いすることになりましたが、この支援を通じて感じたことは、モノの形状や大小において類似性は全くないが、車両における雑音対策の過程というものが、日常的に行っていた無線通信機における「回路間の不整合結合対策」などと全く同じ手法であるということでした。

これが、私の「EMI対策を知りぞめし」始めでありました。

4. 「EMI設計」ということ

(「EMC設計」という語は若干意味不明であるため、以下は「EMI設計」と呼ぶことにします。)

機器設計者は、設計の着手時点で、達成したい機能・性能を満たすような「機能ブロック図」を作成

し、そのブロック図をさらに具体化する回路設計を進めて行きます。その過程では、意匠を含む筐体などの構造や、メカニカルな機能と電子回路の共働についての設計も行うこととなります。

これらの過程は、たとえ難題があってもポジティ

ブな気持ちが働く、設計者にとって気持ちがワクワクさせられる楽しい作業であります。

ところが、EMIに関連する設計というのは、決して楽しい作業ではありません。その理由は表に示したとおりです。

表 「一般部位の設計」と「EMI の設計」

	一般部位の設計の流れ	EMI 設計における問題点
設計作業の流れ	・ 機器構成としての「ブロック図」を作成する ・ 「ブロック図」の各部位に機能・性能を割り当てる 「接続図設計・部品選定」→「プリント基板設計」	・ 「EMI(対策)」を設計するための「ブロック図」が描けない ・ 「好ましくない結合」(空間的結合・線路間結合)の予測が困難 (「EMI 問題」は「ハードウェア設計のバグ」)
設計者が感じること	・ 自分の設計意図を、定量的に前向きに反映できる ・ 設計計算などの効果を実感できる ・ 高度な技術に挑戦できる ・ 設計内容が製品の差別化となる	・ なかなか設計者の思いどおりにならない ・ 問題なくできて、設計がよかったためかどうかの実感がない ・ 高度な技術的要素が少ない ・ 製品の差別化に結びつくことが少ない ・ 問題がない箇所の過剰の程度が不明である

長年にわたる機器設計者としての立場から思い起してみても、「EMI 対策」というものが、設計段階で完全に対処できるかどうかということに疑問を感じています。設計者の期待とは関係なく、どこかの部位で、予想できなかった「不良結合」や「寄生発振」が必ず起きるからです。

設計の段階で「EMI を予測したモデル図」を書くことができれば、このような問題にも対処可能ですが、実際にはこれらを予測した「モデル図」を描くことは困難です。

特に新製品の設計においては、かなり背伸びをして小型化・高性能化（高速化）・安価を狙うことになり、このため新規の LSI の採用、プリント基板の高集積化、部品点数の削減等による新規設計のリスクを背負うこととなります。これは EMI 対策設計のリスクでもあります。

前記したように、「モデル図」が描けなかった設計

技術（技能）の低さゆえに、試作後の動作確認の際には、必ずと言ってよいぐらい毎回のように、「設計の仕残し」が露見することになります。その内容とは、設計時に見落とした単純な問題であることが多く、単純なだけに余計に情けなくなります。

5. 「EMI/EMS 設計」スキルの向上のために

前記は設計時点での EMI 対策設計の困難性を述べましたが、EMS に対処するための設計については、さらに複雑な要素がからんでくるために、設計作業はもっと困難となります。

「EMI トラブルの多くはハードウェア設計のバグ」であり、バグは「設計の仕残し」であります。

「ものづくり」は必ずしも高度な技術ではなく、経験の積み重ね（技能の習熟）が重要です。

わが国の伝統として、従来はベテランの経験がうまく新人に伝わるような仕組みのもとに「ものづく

り」を得意としてきましたが、今やその伝統が軽視されるような風潮もみられます。

コストにおいて過剰設計とならないことを考慮しながら、「設計の仕残し」などの問題発生の場合にお

けるバックアップを準備する（考えておく）という
ような、ベテランの経験を新人の設計に反映させる
ような機会（「デザインレビュー（DR）」のような機
会）が、適切に機能する体制が必要と考えています。

著者略歴

瀬戸 信二（せと しんじ）



～2004 年 9 月 三菱電機(株)通信機製作所（尼崎市）において、「防衛用無線通信機器」「通信電子戦機器の設計・開発に従事。 そのかたわら、社内外の「EMC 対策支援」を実施

1988 年 わが国で初めて「TEMPEST 的盗聴」の実験に成功

～2010 年 3 月 （独法）情報通信研究機構（NICT）からの招聘を受け、「TEMPEST（漏洩電磁波）対策」「電磁波攻撃（侵入電磁波）対策」の研究に従事

現在：電気学会 スマートグリッドにおける電磁的セキュリティ特別調査委員会・委員長

電気学会 電磁環境技術委員会・委員

IEC SC77C 国内委員会／国際エキスパート

日本オートマテイクコントロール（株）技術顧問

私の EMC 研究との出逢い

～研究活動 40 年を振り返って～

東海大学 名誉教授・工学博士

小塚 洋司

序

「エディカレントを使って、がんを治癒せよ」。私が東海大学に赴任して暫く経過してから大学側から直接この課題を研究するよう命ぜられました。

私が大学で研究を開始した当時は、私学に対する国の工学系科学研究費の採択率は、わずか 2%程度と極めて低い水準にありました。このため、外部予算が獲得できず、紙と鉛筆で済む電磁界理論の課題と取り組んでいました。例えば、海洋波動のようなランダム表面からの電磁波散乱の一般解析法、 $1.55\mu\text{m}$ 帯零分散単一モード光ファイバの解析法の提案、キラル媒質、異方性など特殊媒質中の電磁波伝搬理論などの課題が挙げられます。

丁度この頃、海上保安庁からの委託研究の話がありました。これは海洋の水深、温度、塩分濃度などを光ファイバ系で統一した計測システムを開発してほしい旨の課題でした。当時、学内の研究機関で「光通信技術の計測制御系への応用」と題し研究を開始していましたので、この課題を受託することにしました。ところが、この研究過程で、東京湾で水深 100 m を限度に実験して欲しいとの要望が出てきたのです。防水技術も持たない私学の一研究室で、これは極めて過酷な研究となったことは勿論です。夢中でこの研究と取り組み、最後は、2 月中旬、寒風が吹きつける東京湾で海上保安庁の船に乗り込み、この実験を実施しました。この結果、水深に対する温度誤差が、海上保安庁側の測定器と 0.2 度の違いで、

まずは成功裏のうちに実験が終了し、ほっとしたことを思い出します。

また、教育面では、卒研ゼミナールにおける学生教育の活性化をはかる意味で、車でバーコード情報を読み取って情報通信をするという「コードセンシング通信システム」を考案しました。これは、バーコード情報を移動体が走行しながら読み取り車内に「画像」と「音声」の両方で、所定の情報を提供するという通信システムです。これも、バーコードに変えて、光や電波ビームをコードに見立てたもの、バーコードを磁気的に読み取るものや、ビデオカメラで遠方のコードを読み取る方式などを開発しました。当時のカーナビゲーションシステムの開発では、車内に地図だけの画像情報を出すシステムが検討されていました。しかし、この技術の安全性を補完する必要性を感じ、情報を「音声」でも知らせることが出来るシステム構成を新たに提案しました。そして、わが国ではじめて「音声」情報も出すことが出来るナビゲーションシステムを開発し、実車試験を実施しました。学内の警察庁ご出身の先生と共に、お役所にも「音声」を出すことの必要性を進言しにまいりました。これらの研究では、常に実車試験を 100 回以上繰り返し、導き出した誤り訂正の理論と照合してきました。一般の情報理論による誤り訂正は、ハミングの理論にせよ、BCH 符号理論にせよ、通常 2 進数で論じられています。しかし、この通信方式は 3 進数や 8 進数で扱う必要が生じます。このため、

ハミング符号理論や BCH 符号理論を 3 進数や 8 進数で扱う理論を導き出しての研究でした。このような研究をしていた折、出版社からバーコードの本を執筆して欲しいとの依頼があり「バーコードの秘密」として出版されました。これは後に、旺文社の高校英語の教科書に一部引用されています。この研究は、卒研究生や院生も全情熱を注いで取り組み、教育効果は極めて大きかったと振り返っています。

また、私の EMC 研究の一つに電波吸収体の課題があります。従来、カーボン材や磁性材料が吸収材として使用されてきました。しかし、これに飽き足らなくなり在職時の晩年には「材料定数等価変換法」や「集積回路」によるも、「電気制御可能な材料（自律制御型）」など「新しい電磁波材料概念」を提案し、応用例として電波吸収体を開発してきました。

こうした研究と常に併行して「エディカレントを使って、がんを治癒せよ」の課題は停年退職時まで続けることになりました。マイクロ波工学を専門としてきた私は、当初この課題に驚き、大きな戸惑いを感じました。その理由は、(1) エディカレントは生体表面にしか分布し得ない(2) この研究領域は、生体機能や、ひいては医療知識までが要求されるからでした。以下では、私の EMC 研究への契機となったがん温熱治療法の研究につき、やや詳しくご紹介いたします。

1. 課せられた課題の問題点

生体内での発熱作用を利用する治療法は、従来ジアテルミ（Diathermy、透熱療法）と呼ばれてきました。このうち、悪性腫瘍に対する温熱療法が、ハイパーサーミア Hyperthermia, 正しくは Hyperthermic Oncology)と呼ばれます。このハイパーサーミアは、細胞が 42.5 度以上温度において急激に生存率が低下するという W. C. Dewey 等の細胞生存率曲線に根拠を置いたものです。しかし、人体深部（通常 6 cm 以上の深さを意味する）の局所部位

を非侵襲的手段で（外科的な治具を使わず電磁波だけで）加熱することは至難の業です。その理由は、人体を深部局所加熱するためには、ビーム状の電磁波を照射する必要があるからです。このために、マイクロ波のような高周波でのアプリータ構成（アンテナに相当）を採用すれば、電波浸透の深さの原理から制約を受け、人体「深部」を加熱することはできません。逆に、波長が 30 m 程の 10 MHz 前後の RF 波を用いれば、電波をビーム状に照射することができません。この課題は、このように二律背反の問題に突き当たるのです。

1.1 深部領域加熱型アプリータの開発

ハイパーサーミア学会への参加時に、愛知がんセンターの医師の先生から、フェライトコアを採用したアプリータの加熱特性が、胸部がん用に向いているとのご示唆をいただきました。この開発を契機に、肝臓などの人体深部を「領域的に加熱する」アプリータとして、対向する「八の字型フェライトコアアプリータ」を開発しました。この八の字型コアの間に人体が位置します。この場合の渦電流制御法として「渦電流吸収体」と「補助電極」なる概念を新たに提案し、この深部加熱問題を解決しています。何分 kW オーダの電力をアプリータに投入しますので、フェライトコアの冷却の問題、コイルにストレートに流れる電流で特徴づけられる負荷と発振器間の整合の問題、ひいてはシールドの問題など、まさに EMC に関する周辺技術の確立にも、かなり腐心しました。

1.2 ワイヤレス高温発熱・温度測定インプラントの開発

低温度加熱のハイパーサーミアに対して、68 度前後で加熱するアブレーションセラピー（熱凝固療法）を目指した「局所高温加熱インプラント」も開発しました。これは、照射磁界周波数によって、微小な

円形や特殊形状のコイルが共振して発熱し、かつワイヤレスで温度測定を可能にしたものです。初期温度から数十度以上の温度上昇が得られます。所定の温度に対する温度制御も簡単に出来ます。

これは、まさに電磁誘導共鳴によるワイヤレスエネルギー伝送技術の応用で、2007年のMITの研究グループの発表より、はるか前にその有効性をICHO 国際会議等で発表しています。なお、温度測定は、MMICの発信周波数が、温度上昇と共に直線的に変化するという特異なものが存在することに着目したものです。これらの研究は、工学者単独では意味がありません。常に医療機関の医師の先生方と共同で進め、少なくとも動物実験をするという研究姿勢を貫いてきました。

このようなインプラントを使う治療法は侵襲的であるため、これまで認知されにくい治療法でした。しかし、近い将来、人体のサイボーグ化（身体器官の一部を人工物で置き換えること）が、急速に進展していくことが予測されます。事実、このワイヤレスインプラントの論文がIEEE MW Trans.に掲載された後、2年程経て米国でワイヤレス医療機器の研究會が立ち上がっています。これらのRF波の医療応用の論文は、IEEEのマイクロ波部門では発表できますが、日本のマイクロ波の学会では発表できません。このことも、私が電子情報通信学会のEMCJ発足当時から、40年以上にわたりEMC研究に関わることとなった一つの要因でした。

2. エディカレントの真の意味と EMC 研究への発展

東海大学松前重義総長（東海大学創設者）先生が示唆された「エディカレント」が、何を意味していたのか？この長い研究過程を経て、松前重義先生は、円形コイルインプラントのように、がん細胞内にくるくると回転する微小な渦電流を発生させて、一種の共振状態を発現し、エネルギーを効果的にがん細

胞に集中させ破壊することをイメージされていたものとの考えに辿り付きました。こうした研究が機縁となり、電気学会で電磁界の生体効果を調査する委員会の委員長を仰せつかることになりました。この調査結果は「電磁界の生体効果と計測」として電気学会から出版されました。この書の第1章概説の冒頭で「すべての科学・技術がエコシステム（生態系）を志向しているといわれている。ロボット技術は勿論のこと、ニューロコンピュータ――化学や材料技術に至るまで生体をモデルとして発展し続けている」と記しています。この部分の記述は他書からの引用でしたが「材料技術に至るまで」は、私の願望を追記したものです。生物は「ホメオスタシス」と呼ばれる機能によって、血圧や血糖値の急激な変動に対して、常に自律的に恒常状態を保つ制御作用を有しています。この生命現象と類似した「自律制御性をもつ材料」を実現するには、如何にすればよいか？これは、私が長年抱えてきた一つの命題でした。これが電磁波材料として実現できたのは、東海大学退職の数年前のことです。この構成は、周囲環境を検出できるセンサとマイクロチップコンピュータ、能動素子をもつマイクロ波回路を同一基板上に構成して、誘電率、透磁率を電氣的に制御して実現できます。この一種の人工材料を「自律制御型メタマテリアル(ACMM: Autonomous Controllable Metamaterial)」と命名しています。

この応用は、電波暗室、反射箱の電磁波制御など電波吸収体としての利用は勿論、時々刻々と変動する電磁環境の制御用構造体としての応用が広がります。また、GPSの対極の通信として提案しています局所場通信（LPS: Localized Positioning System）や、将来を見据えた電波信号機、ドローンや、航空機の正確な位置制御、自動車の自動運転化などに応用できる可能性を秘めています。

むすび

私と EMC との出逢いは、そのすべてが「エディカレントを使って、がんを治癒せよ」の課題に帰すると捉えています。もしこの研究課題を課せられていなければ、今日の EMC 研究の課題と遭遇することは無かったと思われます。また、これらの研究における私の一貫した研究観は、王陽明が論す「事上磨

錬」に尽きます。つまり、研究資源の乏しい中で、実際に必要となるモノをすべて現場で作りながら実験を繰り返し、理論解析もマクスウエルの方程式から必要な式を導き出し、高価なシミュレータに頼らぬ研究姿勢を貫くことに終始してきたことです。この考え方は、また学生教育にも極めて有益であったと振り返っています。

著者略歴

小塚 洋司（こつか ようじ）



1941 年神奈川県に生まれる。

1974 年 東海大学専任講師

1981～2007 年 東海大学教授

1995 年 4 月～1996 年 6 月 ハーバード大学客員教授

2003～2012 年 明治大学講師を兼務

2007 年 東海大学名誉教授

2012 年～現在 電気通信大学客員教授（産学官連携センター）

1980 年 工学博士（東京工業大学）

主な研究分野：環境電磁工学，マイクロ波，サーマルセラピー，電磁界理論の研究等。

主な著書：光・電波解析の基礎(コロナ社), 電気磁気学(森北出版), RF/Microwave Interaction with Biological Tissues (米国 Wiley, 共著)など。

主な活動歴他: 電子情報通信学会環境電磁工学研究専門委員会委員長, 電気学会計測技術調査専門委員会委員長, IEEE EMC Japan Chapter Chair, PIERs' 2006 General Vice Chair, IEEE MTT Trans. Special Issue Guest Editor 他.

電子情報通信学会通ソ功労賞、IEEE Technical Achievement Award 他、

電子情報通信学会終身フェロー、IEEE 終身フェロー。

私の EMC – 今は亡き先達との歩みは

電気通信大学 名誉教授、産学官連携センター特任教授
上 芳夫

1979 年（昭和 54 年）の 4 月某日、私は東北大学佐藤利三郎研究室に行きました。しかし、秘書の大田さんが「今日は花見で誰もいませんよ」。当時、私は電通大に併設の電気通信大学短期大学部という正式名称の夜間 3 年制工学系短大に所属しており、俗に内地留学という制度で佐藤研での派遣研究員となり、初出勤の日でした。当時の佐藤研の構成は長沢庸二助教授、越後宏助手、根元義章助手、新妻弘明助手の先生方で仙台青葉山の電気系研究棟の最上階の研究室は、まさに大部屋でした。佐藤先生の居室に挨拶に伺ったら、「発電所から送電するとき、繋がっているものが分からないのに、電流ハ、ナンボ流レンド？」と問われました。研究室に戻って長沢先生に「また、それか」と言われたことが昨日のように思い出されます。当初自分で準備したテーマは棚上げとなり、「伝送線路で電波を受けるのか」に挑戦することになりました。今流に言えば、「伝送線路の感受性（EMS）問題」です。「八木山の TV 局からの電波を屋上で受信する実験を」と、大きなアルミ製グラウンド板上に導線を張って伝送線路を作り、それを垂直に立て、回転させながら TV 電波を受信することを行うことになりました。「雨が降ったら計算」、「実験の結果が第一、理論式は簡単に」との佐藤語録に従い、悪戦苦闘の日々が今では懐かしい。当時は研究会等で発表すると「伝送線路はアンテナではない。電波を受信する性質は本来持っていない！」と批判されました。佐藤研での 1 年間は、研究以外の多彩な行事もあり、あっという間に終わってしま

いました。元の職場に戻って、実験システムを試行錯誤し、最終的には直径 2m のアルミ製の円形グラウンド板の中心部に 20 cm 長の導線を張り、この系を回転させる機構と、平面波の発生装置として当時の WRJ-1.4 の導波管に約 1 m 四方の開口面アンテナを付け、高さ 3 m の櫓の上に入射角が 45 度になるように設置するシステムを自作しました。最終的に出来上がった装置でのペンレコーダに描かれた測定結果の再現性は高く、実験の勘所を掴めました。或る日、佐藤先生から「実験を見に行く」との連絡があり、実験をご覧になって「これでよし」とのお言葉を貰いました。この問題は今では Taylor モデルと言われるものであり、これを実験的に検証することが出来ました。これに加え、外部効果を電界だけでの定式化、有限長線路での等価回路を提案した論文として“Circuit-concept approach to externally excited transmission lines,” IEEE Trans. EMC-27, no.4, Nov. 1985 を発表することができ、幸いにも多くの研究者の参考に供することが出来ました。その後は、このときに培った考え方、取扱手法は、電磁気学と電気回路とが融合する EMC 問題の取扱法のひとつとして、いろんな分野に発展させることが出来ました。いまでも「実験は正しい！ 計算が間違いじゃないのか」との佐藤先生の言葉が聞こえるようです。

1980 年代には、佐藤先生のお供をして EMC の国際会議や世界電波科学者連合(URSI)などに参加する

機会が多くあり、世界的な著名な方々とお近づきになったことは、その後の私の活動に大きな契機となりました。Motohisa Kanda (神田元久) さん(当時は米国 NBS、現 NIST 所属)や Crayton R. Paul 先生(当時はケンタッキー大学教授)とのつき合いはこれによるものです。1981 年にコロラド・ボールダーのコロラド大学であった EMC 国際会議のとき、NBS の Ma さん(TEM セルに関する論文などがある)が佐藤先生に声をかけてこられ、研究所内で Kanda さんにも紹介され、見学させていただきました。その後、Kanda さんは部長に昇格され、EMC アンテナの標準や校正等に関して日本企業の方々に多大な貢献をされてきました。今は故人となられた当時松下通工の前田篤哉氏もその一人であり、電通大の先輩・後輩の関係もあり EMC 国際会議で度々お会いし、氏を介しての人脈も広がりました。前田さんと一緒にボールダーの Kanda さん宅を訪ねたのは、ソ連でクーデターが起こり、崩壊したニュースが流れたときでした。Kanda さんには、公的には彼が IEEE Trans. EMC の Editor-in-Chief となり、彼から Associate Editor の指名を受けて 8 年間その役を続け、諸外国の研究者と知り合うことができました。Kanda さんの奥さん、藤原修先生と一緒に新宿で会食したのは何時だったのか、このときいただいたウエッジウッドの陶器に埋め込まれた時計は今も時を刻んでいます。また、2013 年にコロラド・デンバーでの国際会議の折、奥さんにお会いし、墓参りさせていただいたのが昨日のように思い出されます。

Paul 氏のご承知のように多数の著書や論文で知られています。バイブル的な EMC 概論の著者ですが、IEEE EMC の Award にその名が冠となっている Schultz 氏が Editor-in-Chief の際に Associate Editor の役にありました。未だ電子メールが発達していなかった時代、ファックスや EMS で論文のやり取りをした時代によく論文査読を頼まれました。同じ分野の EMC 問題を研究していたこともあり、会々と

声をかけて貰ったし、彼の著書の中に私の論文が参考に挙がっていることを光栄に思っています。

「ノイズ研」と耳にすれば、創立者である足立氏を思い出します。どういういきさつから氏と言葉を交わすようになったかは判然としません。あるとき、当時発売されたばかりの柳田邦男の「ガン回廊の朝」を熱弁された印象が強烈に残っています。ガンと闘う臨床医や研究者たちの苦闘、不屈の姿が描かれているこのドキュメンタリに、創立時のノイズ研と重ねて自分を鼓舞されたのかな、私への奮起もこの本を借りて促されたのかな、と想像しています。

現在の私は、電気通信大学産学官連携センターで企業との間でつくるコンソーシアム、「ギガビット時代におけるアンテナ・高周波回路・EMC 設計研究会」(略称ギガビット研究会)を担当しています。これは、企業向けの社会人教育プログラムの実施や、大学の研究成果と知識を産業界等で広く活用することを目的として活動する研究会です。この研究会が開催しているセミナーでは、回路理論であっても電磁気学的取扱法や考え方を前提として EMC 現象をとらえています。すなわち、巨視的な EMC 現象を取り扱う際には、あらゆる現象がマクスウエル方程式で支配され、電気回路での電圧電流は「電磁気学の特殊な条件下で定義」されること、フェーザ法表現では「正弦波定常状態」での「波」であり、「大きさ」と位相」で表現することが重要であること、電気回路的に取り扱う際の電磁気学的(暗黙の前提)条件を認識すること、などが不可欠ですとの立場をとっています。最近では異種分野でもデジタル技術や微小センサーを応用した機器が開発や実用化がなされています。これらには必然的に EMC 問題が内在しています。

大学における電気回路と電磁気学が無関係に授業され、伝送回路や電磁波工学の授業が単位削減や授業自体の消滅が広がっている現在、日本発の技術が

EMCとともに40年

確固としたものとなるためには、EMC 問題を電磁 として進めて欲しいものです。
気学に立ち戻って取り組む姿勢を産学官一体となっ

著者略歴

上 芳夫（かみ よしお）



1966 年 3 月電気通信大学卒業。

1970 年 都立大学大学院修士課程修了。同年電気通信短期大学助手、講師、助教授を経て、

1987 年 電気通信大学助教授。

1993 年 同大学教授。

2008 年 定年退職、電気通信大学名誉教授。

現在 同大学産学官連携センター特任教授。

高周波伝送回路、回路基板における EMC/EMI、電磁解析等の研究に従事。

工学博士。IEEE、電子情報通信学会（フェロー）会員。

ラジオ少年の行き着いた EMC

EM Consulting 株式会社／岡山大学 名誉教授

古賀 隆治

【生まれとラジオとの出会い】

第二次世界大戦末期、1945年1月1日に、今はJR高円寺駅の下になっている場所で生まれました。まもなく米軍の空襲を予測して疎開が始まり、我が家もその対象になりました。

父親の郷里で4年間の疎開のあと、姫路市の小学校に上がった1年生の7月末、私は軽い結核を患い、寝込みました。その後も体が弱く、50mも走るとしゃがみ込むような子供で、あだ名は「きゅうり」。名前のリュウジと、青く、細い体からの連想だったと想像します。

子供たちが外で遊んでいても私は家で本を読んだり、家に豊富にあった大工道具と木材で細工をしたりして遊んでいました。鉄砲、船など、おもちゃは全部自分の手作りでした。小学校3年生の頃には鉱石ラジオ、4年生からは真空管を使って作りました。インピーダンス、などという術語はラジオ雑誌を読んで、自然に頭に入っていました。厳密な意味はわからなくてもどんな場合に使うことばで、大きさと位相がある、ということは判っていて、後日、三角関数の勉強をするときにはここから逆に合成などをしたものです。6年の時には2A3シングル5球スーパーヘテロダイナ受信機、家ではそのラジオをずっと聞いていました。夏休みの工作の宿題にそれを学校へ持って行くことにしたのですが、先生の評価は「箱だけは自分で作ったのだな」。ラジオそのものは裸シャーシだったので、風呂の燃料にする木の端

材の中で少しは使えそうなものを組み合わせて箱を作り、外側はニスを塗ってきれいにしたものです。

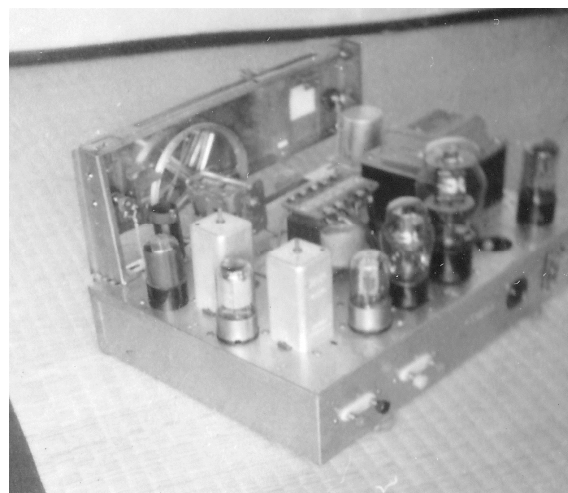


図1 2A3 シングル・スーパーヘテロダイナ受信機。今ならオーディオマニア垂涎的

中学3年はじめの春、私は新しく制度が設けられた第1回の電信級アマチュア無線技師の国家試験を受けに行くことにしました。この準備中、電波法規を一生懸命勉強していると、勉強しすぎると頭が割れるように痛くなる、という目に遭いました。高校3年生になり、大学受験を控えて同級生たちが「頭が痛い、頭が痛い」の合唱をしていた頃、私は体調と学習との間合いを測ることを覚えていて平気でした。

【研究室は回路網理論から原子炉制御へ】

進学した京都大学では、4回生になり、研究室の配属は電波伝搬か電気回路か、それともマイクロ波

か、と迷ったあげく、実験は将来やることにして、とりあえずは理論を、と思い服部嘉夫教授の研究室を希望しました。そこでは、受動線形回路の状態方程式について、主部たる行列の固有値の実数部は負またはゼロであることを回路の構造から導け、という課題をいただきました。半年間必死になって挑戦しましたが何も得られず、回路網トポロジーを勉強しただけに終わりました。

修士課程にあがった頃、私には改めて原子炉の最適制御をやれ、という命令が下りました。所属する組織が原子エネルギー研究所と改組されたためです。最適制御も回路理論も使う道具は同じだから、という説明でした。いろいろな最適化理論を勉強した挙げ句、炉心の中性子束分布の平坦化、動的静定問題、10 年にも及ぶ燃焼制御問題などを次々と解いていきました。研究の焦点は、複雑な原子炉をいかに簡単なモデルで表現するかにありました。その過程で勉強した原子炉制御の知識は 2011 年福島原発の事故で実感することになりました。

【岡山大学で大気ガスのレーザ計測と随伴スペクトルの着想】

学位を 1975 年にもらって少しほっとしたのち、1976 年 6 月、岡山大学工学部電子工学科電子機器学講座佐野博也教授の下に就きました。そこでは、波長を連続的に変えられるレーザを用いて希薄な大気中ガスの濃度を測ろうとしていました。そこで、私は原子炉制御の過程でなじんだモード展開の理論、実はヒルベルト空間論、を応用して掃引スペクトルからガス濃度を算出することを提案しました。ドリフトが劇的に減ります。

【鉛塩半導体レーザと高調波分光法】

いろいろな光源を試しつつ、さらに適当な光源はないかと物色していた頃、(株)富士通研究所で鉛化合物半導体を材料とする波長連続可変の赤外レーザ

が開発されたと知り、知人を通じて共同研究を申し入れ成立しました。このレーザは波長が掃引できるばかりでなく、その応答がとても早いことが特徴です。

測定したスペクトルから希薄ガスの濃度を算出するには計算機が必要です。そこで、日本で開発され、新聞記者向けに大はやりしていたノートブック型パソコンを入手して使うことにしました。随伴スペクトルの計算に必要な大量の乗除算は、ちょうど専用の IC が発売されたので小さなボードに実装して PC につなぐと、実に 100 倍の速度になりました。光学系についても設計法に習熟して、開発したバージョンは 15 種にもおよびました。

この研究はずいぶん発展しましたが、1988 年に勃発した第 2 次湾岸戦争を機に、この課題に米軍とロシア軍も参入してきました。イラク側がミサイルで神経ガスをばらまく、ということが懸念されたためです。それ以後は軍事関係者が増え、私の報告を聞いてもあまり反応がなくなりました。軍の人材と資源を用い、自前で技術開発を始めたことが原因と察したので、私はこの研究テーマからの撤退を考えたのですが、とりあえず一通りの技術をセットとして完成させるまで続けようと考え、終了は 2002 年頃になりました。

【電磁雑音対策】

大気汚染ガスの測定の研究は順調に進み、「測定できる」から「高感度で安定して測定できる」へとレベルを高めました。その間、レーザ装置やマイクロコンピュータから発生する電磁雑音に悩まされました。コンピュータの製造元へ電話をかけてみると、「我が社のコンピュータの電源にはノイズフィルタが入っているから問題ないはずだ」とおっしゃる。「いやコンピュータから雑音が出て困るのだ」と言うのと、「そんなことは気にしていない」という返事が返ってくる始末。

我が佐野教授はそこで、「困ったことは研究課題」と名言を吐かれ、EMC に関する研究を開始しました。私はもともとシステム屋で、先ず対象をうまくモデル化したあとに制御アルゴリズムを適用する、という手法に慣れていました。

【環境電磁工学の分野へ】

ちょうどそのころ和田修己氏が京大で博士課程を終え、我が研究室に赴任してきてくれました。マイクロ波が専門なので、私の Maxwell を無視したモデルを見るなり「目が点」になり、本格的なモデルの考察にかかってくれました。

【エキスパートシステム】

その後しばらくは、我が研究室は PCB の EMC 設計法の開発をエキスパートモデルでやろう、という方針で進めました。この方針を学会にて発表すると現場のエンジニアから多くのエールがきて、いろいろと貴重なアドバイスが得られました。担当は博士課程学生の宮下卓也氏で、現在は津山工業高専に勤務しています。

そのころ、市販のテレビは純然たるアナログシステムにデジタル機能を組み込むことが始まった時代でした。そこで発生した問題を学生とともに検討し、解決できました。複雑化した部品レイアウトを自動設計ツールに任せすぎたことが原因でした。その過程で勤務先から派遣されてこられた福本幸弘氏が、後に我が研究室に社会人学生として入学することになり、大胆な企画力で我々を助けてくれました。

【日本学術振興会未来開拓事業】

EMC に関する研究意欲が高まっていたちょうど 2000 年に佐藤利三郎先生、杉浦行先生などのお世話で日本学術振興会未来開拓事業の一部に採択され、その資金でいろいろな研究機材を整え、研究員として王志良氏に来てもらうことができました。王志良

氏は 16 歳で大学に進学、22 歳で博士学位を取得、という秀才で、それまで京都大学、総務省通信総合研究所を歴任してきた人物です。

【HISES】

王志良氏は、簡単に PCB 内の電磁界を計算できるアルゴリズムを考え出してくれました。PCB が厚み方向には波長に比べて十分薄い、ということを利用し、Helmholtz モードで展開するが、その無限級数を上手に簡略化して計算速度を上げようというものです。さらに和田氏と王志良氏が物理的検討を加え、無限級数といいながら、はじめの数項だけで十分な精度が出る工夫をしてくれました。その結果が HISES というソフトウェアで、実演すると現職のエンジニアが驚嘆する速度を発揮しました。このソフトウェアは後日別のプロジェクトにも応用され、PCB 設計の教育用ソフトウェア EMSCOT にも発展しました。

【平衡度不整合理論】

渡邊哲史氏が博士課程に入学してきました。伝送線について「平衡度不整合理論」というものを打ち出しました。古くは東北大学でアンテナ理論の一部として用いられていた概念を掘り起こし、転用したものです。この理論により電子装置につながれたケーブルになぜコモンモード電流が励振されるのか、ということを知りやすく説明でき、対策を定量的に打ち出すことが可能になりました。その証明に当たっては、「未来開拓事業」の予算で設置した電波暗室を用いて行った実験結果がものを言いました。モデル作りの発想があまりにも大胆なため、理論的な説明では聴衆がなかなか納得しないときも、最後に「これは実験結果で確かめた」の一言で片が付いたのは爽快でした。

【デジタル IC の等価回路モデル】

電子装置の電磁雑音の根元はデジタル集積回路です。それを、既製の等価回路モデルよりももっと簡単なものとして、すべて線形回路で表そう、というアイデアを和田氏が考え始めました。LECCS モデルです。こちらは福本氏らを中心とするチームが担当し、どんどん精度をあげて適用範囲を広げていきました。ヨーロッパでは、時を同じくしてよく似た ICEM モデルの開発が進んでいることをあとで知ったのですが、いまは IEC の場で、LECCS モデルと ICEM モデルを統合して世界標準にしようという検討がおこなわれています。社会人学生で参画した社会人博士課程学生の岡典正氏もこれに加わり貢献しました。

豊田啓孝氏は我が研究室修士課程から京大博士、横河電機（株）経由で岡山大就任以来、光システムの研究を経て、いまは EMC 研究の中心に立っています。上記の研究テーマ以外にも、半導体物理の成果を流用した Electromagnetic Band-Gap (EBG) による電磁雑音抑圧の研究や多数の電子機器がケーブルを介して組み合わさったシステム全体から出る雑音の抑圧などに力を注いでいます。

【EMI を介する情報漏洩】

五百簀頭健吾氏は、昔から私が取り組んでいたレ

ーザによる大気環境分析のテーマを引き継ぎ、南極越冬隊の経験を積んだ上でレーザレーダによる黄砂の観測を続けていました。そのうち、EMC 分野も手伝ってくれるようになり、現在ではハードウェアを介する情報セキュリティの問題に取り組んでいます。

【ノイズ研究所】

仁田先生からのご紹介もあり、ノイズ研究所の存在と仕事内容は早くから認識していました。最近ですが、ある開発プロジェクトが始まり、ノイズ研究所のご協力が得られそうになったのですが、基本構想があまりにも大胆というか無謀だったため、研究方針を確認しただけで中止に至りました。全く不可能というわけではないのですが、私が扱える研究資源の範囲では不可能という意味です。ノイズ研究所にはいろいろとご協力をいただきながらご迷惑をおかけしただけに終わったことを申し訳なく思っています。

【エピソード】

私は、親と叔父たちの影響でラジオいじりに手を染め、大学院時代にそれから卒業したと思ったら、結局電子回路の不具合対策に戻ってきました。運命には逆らえないものと悟りました。

著者略歴

古賀 隆治（こが りゅうじ）



S20 東京生まれ

S47 京大工博（電気工学専攻）修了

S47 京大原子エネルギー研究所にて原子炉制御の研究

S51 岡山大学講師

S61 教授

H11.4 岡山大学留学生センター長，岡山大学中国事務所（長春）所長

H22.3 岡山大学を定年退職，岡山大学特命教授

H22.9～24.3 中国地域八高等専門学校連携事業「国際交流支援」プロジェクト，コーディネーター

H23.1～H28.12 IEEE-EMCS Director-at-Large

H23.12～H25.3 岡山大学若手研究者（ポスドク）キャリア支援センター，コーディネーター

H24.4 EM Consulting(株)代表取締役

H27 より 8 月ごとに中国長春東北師範大学にて，「赴日本国博士留学生予校」専門日本語講師。

光ファイバケーブルから EMC の研究開発へ

東京都市大学 名誉教授

徳田 正満

1. はじめに

筆者は、1967 年に日本電信電話公社（現在の NTT）電気通信研究所に入所してから、光ファイバケーブルの実用化研究と通信システムの EMC に関する研究開発を実施してきました。光ファイバに関しては、実用化研究を最初から立ち上げて、世界一の性能を有する中継系用光ファイバケーブルを実用化しました。また、EMC に関しては、NTT の EMC 研究グループを立ち上げるとともに、IEC の TC77 と CISPR の両方に参画して、2006 年～2011 年には TC77 の国際議長も務めておりました。ここでは、それらの経緯を紹介しますが、関係各位の研究開発に対して参考になれば幸いです。

2. NTT における光ファイバケーブルの研究実用化

茨城電気通信研究所線路研究部に光ファイバケーブルの実用化研究に関するグループが発足したのは 1974 年です。そのグループは 3 名で発足しましたが、筆者は発足メンバーの一人であり、光ファイバケーブルの構造や伝送特性測定法に関する研究を零から立ち上げました。最初の実用化システムである中小容量光ファイバ伝送方式の現場試験が 1978 年に東京で実施されましたが、光ファイバケーブル全般に対する実行責任者として、ケーブル構造、敷設方法、接続方法、測定方法の基本戦略を作成して実行しました。その現場試験ルートを図 1 に示しますが、蔵前から学芸大学前（唐ヶ崎）の地下鉄日比

谷線沿いに約 20 km です。その時の光ファイバケーブルが 16 億円、端局装置が 4 億円、総経費が 20 億円と、現場試験経費としては最大級の経費を使用しました。この現場試験の結果、建設されました光ファイバケーブルの性能としては、当時の AT&T ベル研究所を抜いて世界一の性能を達成することができました。その後、大容量光ファイバ伝送方式に向けた光ファイバケーブルの研究実用化を推進し、1980 年に技術資料を送付しましたが、この方式は 1982 年から建設が始まりました札幌から福岡までの日本縦貫ルートに採用されました。

これらの実用化研究で筆者が行った最大の判断は、大容量光ファイバ伝送方式用の光ファイバケーブルとして、当時モダルノイズとして問題のあった多モード光ファイバを捨てて、当時接続損失で問題のあった単一モード光ファイバを採用したことです。これにより光ファイバの製造、敷設・線路設計が容易になり、中継系ばかりでなく、加入者光ファイバ伝送方式も単一モード光ファイバが使用されるようになり、その後の光ファイバ黄金時代を築く原動力になりました。この判断に当たって、筆者は、研究所の先輩から言われました「Simple is the best !!!」「Beautiful is the best !!!」を何度も呪文のように唱えました。ちなみに、筆者の博士論文は多モード光ファイバの伝送特性に関するものであり、その測定法は国際標準になっており、JIS 規格にも採用されていますが、その全ての技術を捨て去ったことになりました。筆者は、その当時から自分の判断が正し

かったと確信していましたが、年代を経過するに従って、その確信がますます深まっているのを感じています。筆者はこれらの功績により、光ファイバ伝送方式としては初めての日本電信電話公社総裁表彰・梶井賞を1982年に受賞するとともに、1986年には、電子通信学会の業績賞も受賞しました。その後、NTTとしては、光ファイバの長波長化、光ファイバ増幅、波長多重光伝送方式等の技術を研究開発し、十数年間世界のトップを走り続けました。



図1 東京の光ファイバ伝送方式現場試験ルート

3. 光ファイバケーブルから通信システムの EMCへ

1986年2月にNTT茨城電気通信研究所線路研究部にある線路研究室長から線路施設研究室長に異動しました。線路施設研究室の大部分は、通信と放送を提供する複合システムの実用化を目指して、加入者用の光ファイバケーブルに関する研究を行っていました。しかし、最初の導入を東京丸の内で行うために、当時の郵政省に許可申請をしましたが、許可

されませんでした。1986年頃のため、通信と放送を融合すると言うことは、郵政省にとりまして受け入れがたい状況でした。当時の郵政省が一度判断すると、最低10年は方針が変更しないと思ったため、加入者用光ファイバケーブル伝送方式の実用化は、10年以上遠のくと筆者は判断しました。事実、通信と放送の融合が議論されるようになりましたのは、十数年経過した後の2000年頃になってからであり、筆者の判断の正しさが証明された形になっています。材質が金属から絶縁物へ代わるという大転換に対応しました、中小容量光ファイバケーブルの最初の実用化を約5年で完成させ、世界のトップに押し上げました筆者にとって、10年以上も実用化できないと言うことは、とても耐えられないことでした。また、最初に実用化した中継系光ファイバケーブルは、何もかも新しかったですが、加入系はその発展系のため、中継系のような新鮮さは感じられませんでした。

線路施設研究室の中で5名ほどの室員は、通信システムの雷防護に関する研究を長年行っており、それを発展させて通信システムのEMCを研究する企画書を古賀氏(元熊本高等専門学校教授)と井手口氏(元九州東海大学教授)が1986年に作成しました。1985年にVCCI(情報処理装置等電波障害自主規制協議会)が発足し、コンピュータや通信機器から放射される妨害波を規制し始めた頃でした。筆者としては、加入系光ファイバケーブルよりも、通信システムのEMCの方に将来性を感じて、研究体制を大幅に強化することにしました。このような時に、NTTの研究所では、研究組織を地域別から機能別に大幅に変更する計画を進めており、武蔵野研究開発センターを中心にして、NTT通信網総合研究所を設立する準備をしていました。交換機、伝送装置、電話機等の通信システムに対するEMCの研究を、ケーブルを開発している線路施設研究室が束ねることは難しいと判断しまして、新しくできるNTT通信網総合研究所にEMCの研究部隊を移すことを画策

しました。幸い、NTT 通信網総合研究所の発足準備室長が、筆者の長年の知人である山縣氏でしたので相談しましたところ、快諾してくれました。1987年7月にNTT 通信網総合研究所が発足して、筆者は通信品質研究部通信 EMC 研究グループリーダーに就任しました。線路施設研究室に就任したときに5名しか在席しておりませんでした EMC 要員を、1年半で14名に増やして、茨城から東京に大移動しました。

NTT 通信網総合研究所の初代所長である五嶋氏は、通信 EMC 研究グループを高く評価してくれまして、研究体制の強化と施設の充実に尽力してくれました。最初に、D70等の交換機も測定できるように設計されました大型電波無響室を、1989年に武蔵野研究開発センター内に建設しました。この電波無響室は、3m法と10m法の放射エミッション試験が可能な電波無響室として、米国のFCC（米連邦通信委員会）にも登録されました。この電波無響室は、雑誌「スペクトラム」の1989年10月の表紙に掲載されたますが、それを図2に示します。また、1987年に通信 EMC 連絡会（主査：通信網総合研究所長）を設立しまして、NTT 全体の EMC 問題を検討できる体制を構築し、NTT が購入する通信装置の EMC に関する仕様を規定するためのガイドラインを策定しました。



図2 NTT 武蔵野 R&D センターに建設された
大型電波無響室の内部写真

4. おわりに

EMC は、「他の機器に妨害を与えず、かつ、他からの妨害に対しても影響されない機器の能力」と定義されていますが、人間で言うと聖人のような人ということになります。筆者は EMC 的な観点に立ちまして、今まで各種の問題に対応するように努力してきましたが、今後もこの方針に従って対応するように努力しますので、皆様のご支援をお願いいたします。

最後に、このような執筆の機会を頂きましたことを感謝申し上げます。

著者略歴

徳田 正満（とくだ まさみつ）



- 1967 年 北海道大学工学部電子工学科卒業
- 1969 年 北海道大学工学研究科電子工学専攻修士課程修了
- 1983 年 北海道大学より工学博士の学位授与

- 1969 年 日本電信電話公社に入社し電気通信研究所に配属
- 1984 年 日本電信電話公社茨城電気通信研究所線路研究室室長
- 1987 年 N T T通信網総合研究所通信 E M C 研究グループリーダー
- 1996 年 九州工業大学工学部電気工学科教授
- 2001 年 武蔵工業大学工学部電子通信工学科教授
- 2009 年 東京都市大学（校名変更）知識工学部情報ネットワーク工学科主任教授
- 2010 年 東京都市大学 名誉教授
- 2010 年 東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 客員共同研究員

- 1991 年～1993 年 電子情報通信学会環境電磁工学研究専門委員会委員長
- 1994 年～1996 年 IEEE EMCS Tokyo Chapter, Chairman
- 1998 年～2004 年 電気通信技術審議会 CISPR 委員会 F 分科会主任
- 2004 年～2014 年 情報通信技術審議会 CISPR 委員会 H グループ主任
- 1993 年～1998 年 IEC/SC77B 国内委員会委員長
- 1998 年～2005 年 IEC/TC77 国内委員会委員長
- 2005 年～2011 年 IEC/TC77, Chairman
- 2000 年～2006 年 IEC/ACEC (Advisory Committee on EMC), Member

1986 年：電子通信学会業績賞を受賞、1997 年：平成 9 年度情報通信功績賞受賞（郵政省）、2003 年：工業標準化事業功労者として経済産業大臣賞を受賞、2004 年：電子情報通信学会フェロー、2007 年：IEEE Fellow に昇格。

間接 ESD を追いかけて 40 年

株式会社インパルス物理研究所 主任研究員

本田 昌實

筆者は 1960 年代後半から大型計算機の保守業務に携わっていました。中でも、システムの安定性や信頼性を損なう諸々の電磁的な擾乱は非常に深刻な問題に発展する為、これに真正面から取り組まざるを得ませんでした。当時の大型計算機の論理素子はそれまでのディスクリートの DTL（ダイオード・トランジスタ・ロジック、論理振幅：6V）や TTL（トランジスタ・トランジスタ・ロジック、論理振幅：5V）から ECL（エミッタ結合ロジック、論理振幅：0.8V）への変換期にありました。この ECL は高速動作（ $t_{pd} \sim 0.4\text{ns}$ ）の反面、ナノ秒オーダーのスパイク状のノイズに弱かったのです。そして、このノイズの最たるものが後述する様に金属物体間で発生する静電気放電（ESD）だったのですが、ここに行き着くまでには、長い“格闘の日々”がありました。

現場経験で、もっとも手強いトラブルは CPU まわりの間欠障害（intermittent failure）でした。発生頻度は多くて数週間に一回、少ないときは数か月に一回しか発生しないのです。何れの状況も故障部品はどこにも存在せず（“証拠品”無し）、システムをクリアすれば正常に動作するので、原因究明作業は長期化することが多かったと記憶しています（信頼性理論は、故障部品が存在することを前提としています）。システムに備わっている ARM（Availability, Reliability, Maintainability）機能によるシステムの自動診断／障害回避／自動復旧は、完全故障に対しては有効ですが、この様な一過性の不具合事象に対しては充分ではありませんでした（私

見ですが、現在でもこの状況はあまり変わっていないと思います）。

この一過性トラブル原因の一つに、金属物体間で発生する ESD 事象があるとわかったのは 1970 年代の後半になってからでした。当時の常識として、ESD は人体帯電の結果生じるものであり、事実、キーボードや計算機筐体に人（指先）が直接触れた時にトラブルが発生することが多かったのです（人体帯電→指先／手に持っている工具からの放電→放電電流の注入→回路誤動作／部品破壊）。その為、（ハード／ソフトではない）トラブルが発生すると、まずは計算機オペレータの静電気（帯電電圧、電撃の有無、着衣、履物）を確認することから始まりましたが、1980 年代になると、オペレータの帯電／電撃経験と、システムの不具合事象が結びつかないことが多くなってきていました。その為、当初は“静電気ではない”として別の方向に進んでしまうことや、長期に及ぶ解析作業でも真相がわからず、“原因不明：NTF（no-trouble found）”として報告されてしまうケースもあった様です。筆者は、その後の半導体デバイス的高速／低電力化（例：ECL→高速 CMOS）と、大規模システムでの原因特定が困難な“一過性トラブル”の多発化との間には、強い相関があると思っています。

現場で経験した難解な一過性トラブルの多くは、後からわかったことですが、計算機筐体の近く（数十 cm から数 m）で発生した非直撃的な ESD 事象が

原因となっていたのです。帯電体は人体ではなく、金属物体／部品です。これを筆者はそれまでの人体からの直接的な ESD と区別する為、“間接 ESD” と称することにしました[1]が、多勢に無勢で当時はあまり理解されませんでした。

この間接 ESD によるトラブル事例は数多くありますが、殆どが間欠的で一過性でした。印象に残る事例としては以下の様なものがあります。

【中央制御卓の前でスチールパイプ椅子同士がぶつかった瞬間、システムが異常停止。現場調査の結果、オペレータが椅子から立ち上がると、この椅子が帯電することを発見。帯電電圧は数 kV（～5kV 未満）で、手で触れても電撃を感じない（電荷漏洩時定数：数秒～数十秒）。それまでは、オペレータの帯電に注目していて、椅子の帯電に気付かなかった。椅子を強制的に帯電させ再現実験を行なうと、5kV 程度で同一エラーが発生するが、電圧を更に上げて行くとエラー発生頻度は低下し、20kV 程度になると、エラーは全く発生しなくなる】

このトラブルをきっかけとして、筆者は帯電／放電電圧と電磁妨害（EMI）作用は比例しないのではないか、衝突を伴う ESD 事象は固定間隙での放電よりも強いのではないか、放電電流の注入よりも、過渡電磁界結合の方がインパクトは強いのではないか、等の疑問を抱く様になりました。

【オペレータがオフィスチェア（座高や背凭れ角度が調整出来る椅子）から立ち上がって暫らく経ってから、システムが Fatal System Error で沈黙。離席動作と異常発生タイミングに大きな開き（数秒～数十秒）があった為、原因究明に手間取る。原因が椅子の主脚内部にある緩衝機構での ESD（多重回発生する）であると断定出来たのは、現場に張り付いて一週間以上も経ってから】

このオフィスチェアによるシステムトラブルは同

じ頃（1980 年代後半）、米国でも発生していました。それは航空管制ターミナルの前で、管制官が椅子から立ち上がってから暫らく経って、レーダ制御装置（ARTS-III）が異常状態になり、管制業務が混乱してしまっただけです[2]。これらの椅子は、主脚にガスシリンダ等の緩衝機構がある為、椅子の上部と下部が電氣的に不連続になり、上部の静電気は逃げ場がありません。EMI 威力が強い理由は、多重回の放電が起こる事と、この様な構造の椅子は放電に際し、[頂部負荷空中線]として作用しているためではないかと推察しています。椅子のキャストの導電化や床の導電化は、この放電事象に対しては効果がないことになります。

これ以外にも数多くの間接 ESD トラブル（波源：床板、パチンコ玉、鍵束、鋏、等）を経験していますが、何れの状況も金属体から電子装置には放電電流は一切注入されていません。最近（2010 年代中頃）になっても相変わらず間接 ESD トラブルは発生しています。断定的ですが、この間接 ESD 事象は再現性／再起性が悪いこと、測定（特に時間領域）が困難なこと、関係する学際領域が広範囲に及ぶこと、理論が未確立なこと、等の理由により一般化されず、対策技術も未完成（未熟）のまま現在に至っていると考えています。

間接 ESD 事象を長いこと追いかけて来ましたが、多くの疑問が残ったままです。例えば；なぜ電圧の低い放電のほうが、EMI が強いのか？、なぜ離れているところで起こる放電なのに威力があるのか？、なぜ衝突する放電のほうが固定電極間での放電よりも強いのか？、なぜ波源（金属物体）と妨害を受ける装置との間に（相対）運動があると EMI 作用が強まるのか？、なぜ同じ電圧（電荷量）なのに“本物（摩擦剥離によって生じた静電荷）”のほうが、威力が強いのか？等で、これからもこれらを追求していくつもりです。

終わりにりましたが、今後、多くの若い技術者の方々が、この間接 ESD 事象に興味を持って頂ければ幸いです。現場は確かにキツイ (+3K?) ですが、現場で起こるトラブルをとことん突き詰めていくと、

そこにはサイエンス (可能性の発見) とビジネスチャンス (新製品の開発) が待っていると思っています。

参考文献

- [1] M. Honda, "A New Threat -EMI Effect by Indirect ESD on Electronic Equipment", IEEE Transactions, Industry Applications, Vol. IA-25, pp. 939-944, Sept/Oct. 1989.
- [2] Douglas Smith, "A New Type of Furniture ESD and Its Implications", EOS/ESD Symp. Proc., EOS-15, pp.1-5. 1993.

著者略歴

本田 昌實 (ほんだ まさみつ)

昭 40 北大・工教・電気卒。同年外資系コンピュータ会社に入社。大型計算機の保守業務に従事した後、平 8 に (株) インパルス物理研究所を創設。以来現場のトラブルシューティング、静電気/ESD 関連測定器の開発、同教育、同対策、ESD 監査、などの業務に従事。

著書 (共著) 「EOS/ESD 対策ハンドブック」の「間接 ESD」の章など。

～ EMC は永遠の課題 ～

一般財団法人 電気安全環境研究所

井上 正弘

私が EMC に関わり始めたのは約 36 年前の 1980 年頃でした。

当時、私は松下電器(現在はパナソニック)でカラーテレビの設計やビデオテープレコーダーの品質管理の仕事をしていたが、ドイツにおいて、世界で初めてテレビや FM ラジオのイミュニティ規制が始まり、試験方法の調査のためにドイツに行ったこともありました。

テレビや FM ラジオのイミュニティとは、放射電磁界や連続性の伝導妨害波による画面あるいは音声の劣化を軽減する耐性を法律で放送受信機に義務づけるもので、画期的な出来事でした。今ではその規格は CISPR 規格となり、EU の法令にもなっていま

すが、ドイツでその法令が発表された時、ドイツ国内だけではなく製品を輸出している日本の電機メーカーも大きな衝撃を受けました。試験設備や試験方法が皆目解らなかったため、工業会に委員会が設置され、ドイツに調査団が派遣されました。また、各メーカーが現地に試験サイトを立ち上げるために技術者を送り込みました。私もその中の一人としてドイツのハンブルグに 1 ヶ月近く滞在したことを思い出します。

写真は当時ドイツの試験サイトに設置された試験装置で、ストリップラインの周囲に吸収体をおいてシールド室の金属壁の影響を軽減しています。



その後、コンピュータなどの情報処理装置からの妨害の問題が注目されるようになり、1985年に CISPR 22 というエミッション規格が作られ、日本国内では VCCI（情報処理装置等電波障害自主規制協議会）という情報処理装置の電波障害防止を目的とする協議会が結成されました。VCCI は、当時、JEIDA(日本電子工業振興協会)・EIAJ(日本電子機械工業会)・JBMA(日本事務機械工業会)・CIAJ(通信機械工業会)という4つの工業会から構成されていました。JEIDA と EIAJ はその後統合され、現在 JEITA（電子情報技術産業協会）となっています。また、JBMA は現在 JBMIA（ビジネス機械・情報システム産業協会）に、CIAJ は情報通信ネットワーク産業協会となっています。

VCCI は情報処理装置や事務機器から発生する妨害波のみを扱っていました。イミューニティについては、CISPR 24 が発行された 1997 年ごろから、それぞれの工業会で自主的に情報処理装置のイミューニティ規格が作られ業界による自主規制が始まりました。この頃、私は JEIDA の専門委員会の委員として、情報処理装置のイミューニティ規格の検討にも携わっていましたが、このイミューニティ国際規格 IEC 61000 シリーズは、これまで経験したテレビやラジオのイミューニティ規格 CISPR 20 とは全くといってもよいほどやり方が違うので、最初はかなり戸惑いました。例えば、放射イミューニティ試験はアンテナではなくストリップラインで電界照射をする方法しか知りませんでした。また、ファースト・トランジェント／バースト試験で使用するクランプ装置の図面を見ても、実際はどのような装置なのか、想像が付きませんでした。

1985 年ごろから私は白物家電分野の CISPR 規格を専門として国際会議に参加するようになり、イミューニティ規格の分野から少し離れました。再度関わり始めたのは、松下電器を退職し、2002 年から JET(電気安全環境研究所)で仕事をするようになってから

で、実際に現場で試験をしながら IEC の SC77B 国内委員会や JIS 作成委員会にも参加するようになり、その頃からイミューニティ規格の全貌を理解することができるようになりました。この時にイミューニティ試験装置を専門的に扱っているノイズ研究所に色々と教えて頂き、理解を深めることができたことに、改めて感謝の意を表したいと思います。

また、2001 年から総務省の情報通信審議会の専門委員を拝命し、さらに CISPR 国内委員会の B 作業班主任を仰せつかってからは、太陽光発電システムからの妨害波抑制のための規格策定に注力するようになり、またイミューニティ試験の分野から距離をおくことになりましたが、最近話題になっている WPT(ワイヤレス電力伝送)システムの国内規格答申に関与し始めてから、これからは EMC(電磁両立性)の考え方がますます重要になってきたのではないかと考えています。なぜなら、新しいシステムがエネルギーを伝送するために空間に電磁波を放出すれば、反対にその影響を受けて困る機器もあります。例えば電気時計や各種無線業務があります。これらの機器に干渉を及ぼさないように、周波数を選び出力を抑制すべきであることは自明の理ですが、EMC という観点で考えると、被害を受ける機器もイミューニティを強化する必要があると思われます。このように、時代とともに、新しい機器やシステムが開発される度に EMC を考えなければならない時代になってきたのではないのでしょうか。周波数は有限の資源であり、決して新しく生まれることはありませんので、その周波数帯を利用する機器間で共存を図らなければなりません。そういう意味で、EMC は人類にとって永遠の課題と思うのです。

過去を振り返ると、VCCI が設立された 1985 年ごろから 20 年位は、放送受信への電波障害や電磁現象による機器の誤動作が問題視され、多くの技術者が問題解決に取り組み、大きな EMC ソサエティが生まれました。しかし、その当時活躍した人達は次々

に定年を迎え、リタイアしています。中には定年後も引き続きこの世界にとどまって仕事を続けている人もいますが、今、EMC ソサエティは世代交代の時期を迎えているのではないかと考えています。前

にも申しあげました通り、EMC は永遠の課題であり、誰かが引き継いでいかなければなりません。若い技術者が、新しい目で見えて新しい EMC 問題を解決されるよう期待している今日この頃です。

著者略歴

井上 正弘（いのうえ まさひろ）



- 1967 年 京都大学工学部卒業、同年松下電器産業株式会社に入社
- 1985 年 国際エキスパートとして CISPR 国際会議に初めて参加、以来 30 年間、主として家庭用電気機器や高周波利用設備等の国際規格作成に寄与
- 2001 年 情報通信審議会専門委員に就任
同年 12 月松下電器産業株式会社退社
- 2002 年 財団法人（現在一般財団法人）電気安全環境研究所に入職
- 2008 年 CISPR において太陽光発電システムの無線障害に関する国際規格策定チームのリーダーに就任（2013 年まで）
- 2009 年 電波利用環境委員会作業班主任に就任
- 2015 年 情報通信審議会専門委員及び電波利用環境委員会作業班主任を退任

EMC とともに 40 年を振り返る - EMC についての個人的な雑感 -

放送大学特任教授／秋田学習センター所長・秋田大学 名誉教授・工学博士
井上 浩

ノイズ研究所と小生が知りあうようになりましたのは、2000 年前後の IEEE EMC シンポジウムの展示会ブースで製品のご説明を受けてからのように記憶します。日本からの出展が必ずしも多くない中で、made in Japan で頑張っている姿、そして、それ以来送られて来たメールマガジンで気になる内容もあり、ブースには訪問するようにしていました。最近では、電気通信大学のギガビット研究会でいろいろとお世話になっています。

地方に在住する小生と EMC との 40 年間の個人的な関わりなどを、少しだけ雑感として申し上げたいと思います。

1. EMC 研究との関わりはじめ

著者が EMC と関わりを持ちましたのも丁度 40 年位になります。1975 年に東北大学工学部通信工学科高木相先生の元に、大学院電子工学専攻博士課程のオーバードクタから助手に採用して頂きました。その頃は、電子情報通信学会環境電磁工学研究専門委員会は創成期でした。一方、佐藤利三郎先生と高木先生で立ち上げられた仙台 EMC セミナールの月 1 回の勉強会は、ほとんど調査研究をしていました。東北学院大学、東北工業大学、時には企業も参加されました。EMC とは何か？ EMC のこれまでの研究、論文の紹介、さらにはメンバーの研究紹介などなどについて、資料を元に喧々諤々でした。まだ、都市の電気雑音は空電と電車や自動車からの電波雑音の研究がほとんどであったように記憶します。何も知

らなかった著者にとっては、EMC の哲学、現状、さらに多くの知識と知人を得たと思います。現在でも、東北大学の研究ゼミの一つとして継続していることは素晴らしいことと思います。

最初の EMC の研究的アプローチは、電気接点の研究を開始されていた高木先生からのご提案でした。「君は磁性体のノイズの研究をしているのだから、電気接点とノイズに関係する EMC 研究を立ちあげられないか」。既に、熊本大学相田貞蔵先生や内村圭一先生は、CISPR 規格の計測法で沢山の計測・解析を発表されていました。我々は規格とは異なる方法で、電気接点開離時アーク放電中のより詳しく電磁ノイズ計測を行い、データにしました。開離時アーク中のノイズ波形を時間率で計測した振幅確率で表す、いわゆる APD 特性の詳細な検討、さらにノイズモデルに展開していきました。現在では、EMC 問題は素子本体にも及んでいます。1978 年、ミネソタ大学に電子ノイズの権威であったファン・デア・ツィール (Van der Ziel) 教授を訪問した時に、磁性体のノイズと電気接点のノイズの両方をお話した所、電気接点ノイズに高い興味を示されたことを思い出します。

2. 研究の展開と広がり

1980 年に秋田大学に移動して、研究は 3 つの分野に広がりました。EMC の研究は継続し、秋田大学から要求のあった生体医工学 (Medical Engineering 当時は医用電子工学) の研究、更に超音波応用

(Ultrasonic Application) の研究です。

1990 年 10 月から 1991 年 7 月の 10 ヶ月間には、米国イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校生体超音波 (Bioacoustics) 研究室での在外研究を経験しました。丁度湾岸戦争が始まった時で、ある種の戦時下のアメリカにいた事になります。この時、Bioacoustics 研究室の Floyd Dunn (フロイド ダン) 教授の元で大学院生として超音波と生体の相互作用の研究をしていたのが、現在ミズーリ科学技術大学 (MST 当時は UMR) のドロニアク (James Drewniak) 教授でした。超音波照射による生体内の加熱効果を生体の特性測定に利用するものです。超音波も電磁波もその生体加熱効果についての米国内での研究の始まりは一つの研究室から始まっていることを知りました。ドロニアクとは、それ以来の共同研究者で友人としてお付き合いをしています。秋田大学が MST と姉妹校締結している所以になっています。またこの交流がきっかけになって、MST と日本の EMC 業界とのスムーズな関係構築ができていると自負しています。異なる分野でも EMC 問題は重要なテーマとして続いています。

小生の EMC 研究の対象が大きく動いたのは、「蛍光灯の放電と駆動回路からのノイズ問題」を相談されたことがきっかけでした。蛍光灯の放電ノイズとともに、駆動回路基板上のスイッチング素子と信号線路からの放射問題です。規格の遠方電磁界計測では問題にならなくとも、実際の使われ方では大きな問題を引き起こしているものでした。電力供給用の電線であれ信号伝送線路であっても、ある種の信号伝送 (シグナル・インテグリティ: Signal Integrity, SI) と電磁妨害 (Electromagnetic Interference, EMI) の双方が問題になることが、企業や工場での検討を通して明確でした。

3. EMC への対応

実際に起こっている問題点を明確にして、問題の

基本となる事項をモデル構造で実験や解析できることにより問題点や解決のアイデアを明らかにできると考えます。また、モデル実験と実際、さらにシミュレーションによって、なぜそうなるかについて説明ができることが大切です。そこで、少なくとも EMC の問題が解析・説明できる模擬装置やシミュレータが必要です。マクスウェルの方程式をある程度複雑な構造や空間レベルで計算できる事も必要になります。式の解き方の研究も必要ですが、どれだけ EMC の研究に寄与・貢献しているかが問題です。

現場の中から基本となる事項を取り出して、「くさいものにふたをすればよい」という考えから「臭いものは元から断つ」、百歩譲っても「臭いものも我慢できる範囲までに元から絶つ」ことを目指した研究をすることが肝要と考えています。電気信号 (物理現象) を使って、目的とする機能 (応用) を果たす。この両者の共存性は工学そのものの考え方であると思います。原理追求の科学と展開応用を目指す工学の間にある EMC は哲学を必要としていると思います。哲学を持って企業活動することが、EMC を扱う企業には使命であるとともに生き残りの要件になると思います。

4. 研究・学会活動を通して人生を知る

研究活動・学会活動さらに共同研究活動を通して、多くの知り合い・友人・仲間をえることができました。もちろんその中には、小生の研究室での学びや研究を通して成長していかれた学生も含まれます。互いに尊敬し合いながら活動を進めていくことは、それができることが、EMC の工学の一端を学んだ者の生きる道であろうと思います。

EMC は実学ではありますが、学術的な研究アプローチの学びの場は学会活動に求められると思います。学会を通じた活動は基本的には自由で開放的なものです。その結果、多くの志を共有する研究仲間や友人を得ることができますし、さらに社会に何ら

かの還元ができるものと考えています。また、研究以外にも学会・社会活動の歴史の記録も大切な事業だと思います。

EMCの40年を、著者の経験を通して振り返ってみました。社会のイノベーションには必ず利点と欠

点があると思います。電磁気現象に関しての欠点に対応する部分を解決することが EMC であると考えます。解決の過程から別なイノベーションを提案できるような企業に、ノイズ研究所がますます発展することを祈念して筆を擱きます。

著者略歴

井上 浩（いのうえ ひろし）



1947 年生

1975 年 東北大学修了

1975－1980 年 東北大学勤務

1980－2012 年 秋田大学勤務

2012 年 秋田県資源技術開発機構副理事長

2012 年 秋田大学名誉教授，電気通信大学客員教授（産学連携センター）

2013 年 放送大学特任教授／秋田学習センター所長

2001－2002 年度 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ機構デバイス研究専門委員会（EMD）委員長

2007－2008 年度 通信ソサイエティ環境電磁工学研究専門委員会（EMCJ）委員長
（2007 年 10 月，仙台で EMCJ30 周年記念会）歴任

2010－2012 年 IEEE EMCS 仙台チャプターチェアパーソン

2016 年から IEEE EMCS Board of Director

－「EMC との遭遇」－

拓殖大学 工学部情報工学科

澁谷 昇

かれこれ、35 年くらい前になるでしょうか？日本電気計測器工業会より研究室に突然電話がかかってきて、「工業会に新しい“ノイズ”の委員会（TC65/WG4 国内委員会）を設置するので、その委員に就任してください。」というものでした。

当時は、今でいう、エミッションもイミュニティもゴッチャになった世界で、そもそも、“イミュニティ”という用語もなかった時代でした。小職も伊藤健一先生のもとに来て数年目、ノイズの“ノ”の字も知らなかったのですが、“伊藤先生のところの若い人”、ということで、白羽の矢が当たったのかもしれませんが、1979 年に IEC/TC65/WG4 が発足し、それに伴って、当時日立におられた木下 敏夫氏を主査として、ノイズイミュニティ規格の審議・作成を行うために、TC65/WG4 国内委員会が立ち上げられたのでした。当時は、メールもなく、PC による文書作成機能もなく、IEC の文書も印刷物が直接郵送されてくるような状況であり、また、コピーもいわゆる“青焼き”でした。

TC65/WG4 で審議されたイミュニティ規格は、“IEC 801 シリーズ”であり、小職の知る限りでは、最初に作成された、国際的なノイズイミュニティ規格でした。IEC 801 シリーズのうち、最初に審議・作成されたのが、IEC 801-2（静電気放電イミュニティ試験）、および IEC 801-3（放射電磁界イミュニティ試験）でした。当時の WG4 国内委員会では、全くの手探り状態で、“日本でのノイズイミュニティ試験はどのように行われているのか？”、“イミュニテ

ィ試験が国際規格として適用可能であるかどうか？”など種々の議論があり、それをもとに、WG4 国内委員会で、いろいろな実験を行ったりもしました。なお、上記の 2 つの規格は、1984 年に第 1 版が発行されています。

その後、IEC 801 シリーズは初の EMC イミュニティ規格として広く知られるようになり、各国からその道のエキスパートが多数参加するようになりました。規格を審議・作成してゆく過程で、思い出深い試験が“IEC 801-2 静電気放電試験”でした。1986-7 年頃であったと記憶するのですが、この規格の審議の過程で、スイス PTT のリサー氏の提案で、ESD 放電は冬場に実際の環境下で起こる気中放電と、放電針を機器に直接接触させて行う接触放電とに分類されることになり、比較的安定している接触放電の電流波形を規格のなかで規定することになりました。次に、放電方式では、IBM 社で長く使われてきた方式（羽根方式）と（現在の ESD 試験で採用されている）放電ピストル方式との戦いがありました。これには ESD 放電現象の解析や、ESD 電流の立ち上がり時間などの ESD 放電の基本的な性質を理解する必要があり、審議の過程で、放電実験やノイズ実験が数多く行われてきました。これについても、意見が通らなかったアメリカの委員が、席をけて憤然と会議場を後にするなど、各国の利害の真剣な（？）対立もありました。

IEC 801-3 放射電磁界イミュニティ試験では、審議をはじめた 1980 年初頭は、アンテナを使うよりも

トランシーバから発生される電磁波を機器に印加して誤動作を引き起こす試験が主流であり、(電波暗室自体があまり普及していなかったこともあり)“電波暗室を使う”という発想は全くありませんでした。また、周波数範囲も ISM 機器に対応した 26 MHz～500 MHz でした。

さらに、印象に残っているのが、IEC 801-4 “EFT/B (電気的高速トランジェント/バースト) 試験” 規格の作成でした。1980 年代に日本で採用されていた“いわゆる EFT” 試験は、“矩形波試験” でした。これは、よく知られているように、同軸ケーブルと水銀リレーを使って、立ち上がり 1 ns の矩形波パルスを使用するもので、当時、出始めていたデジタル機器のノイズ試験として、既に一世を風靡している感がありました。ところが、この矩形波試験を主に行っているのは、アメリカと日本くらいで、ヨーロッパの各国ではほとんど普及していませんでした。そこで、IEC 801-4 の試験法は、いわゆる“リレーで発生するチャタリングノイズ”などを模擬すべきである。それに対して“電気的高速トランジェントは、どのようなノイズをシミュレートしているのか？”等々が議論されました。「IEC で作成するイミュニティ試験法は実際の電磁ノイズを模擬していなければならない。」これが、ヨーロッパの委員たちの主張でした。また、“立ち上り 1ns の波形がケーブルを伝わってゆくとき、その波形が保たれてはいないのではないか”、というような議論が延々とあり、「日本の提案した“矩形波”は、何をシミュレートしているのか？」、が問題になりました IEC でのノイズイミュニティ規格の作成は、ヨーロッパ各国で使われている試験法を採用する傾向が強く、また、IEC 801-4 に対応する試験器は当時存在していませんでした。

そこで、WG4 では高速過渡現象の試験波形として、立ち上がりが 5 ns 程度の、バースト波を採用する案が浮上しました。(当時はその波形を連続的に安定し



1991 年 SC65A/WG4 ハンブルグ会議の風景

て発生させることが難しく、接点を掃除しながら波形を発生させるといったことも行われていました。)そこで、矩形波試験器とバースト試験器の性能(優劣)を評価するために、WG4 会議の会場(1988 年、場所の記憶が定かではないが、ドイツのミュンヘンだったと思われます。)まで、日本から試験機器を持ち込んで比較試験を行ったこともありました。結局、矩形波試験器で使用している水銀リレーが入手困難(使用禁止?)となったこと、放電ギャップの改良が進んだことなどから、現在の形の試験方法に落ち着いたという経緯があります。

1989 年、八王子の拓殖大学で開催された WG4 会議では、主に、IEC 801-6 伝導性イミュニティ試験の規格が審議され、多数ある CDN (結合減結合回路網) の名前として、小嶋が CDN-M1、CDN-M2、CDN-F などの名称を提案して採択されたことや、当時は外国人が泊まれるようなホテルが八王子にはほとんどなく、宿泊や食事に苦労したことなどが、特に印象に残っています。また 1990 年には、当時の WG4 幹事の横河電機の小金丸氏や後任幹事の山武ハネウエルの谷氏(谷氏とはその後も WG4、SC77B および JIS の委員会でもご一緒し、現在も拓殖大学で共に仕事をしています。)と共にアイントホフェン会議に出席し、IEC 801-2、801-4、801-5 の審議に参加したこともありました。さらに、TC65/SC65A/WG4 国内委員会では、ほとんど全員参加で試験器と被試験機器

を持ち寄って、イミュニティ実験を繰り返し、その結果を国際会議の場で発表したことも、いい思い出として残っています。

その後、それまで学会や業界の1部で使われていた“EMC”という用語（現場では、単に“ノイズ”と呼んでいたと記憶している。）が広く普及し始めたのが1995年頃であったと記憶しています。当時の、東京大学の正田先生（東京大学名誉教授）、NTTの徳田先生（東京都市大学名誉教授）らにより、EMCのJISが作成され、“EMC”は“電磁両立性”という用語として正式に定義されました。小職も原案作成委員として参加していました。（IECのEMC規格、例えばIEC 1000-4-3が制定されたのが1995年で、そのJISが制定されたのが1997年です。）

一方、現在EMC規格を取り扱っているTC77も、1973年に設立された当時のタイトルは、「系統を含む電気装置間の電磁両立性（Electromagnetic Compatibility）」でしたが、1981年、さらに1992年にタイトル、組織および所掌範囲が大幅に改変されて、現在のような、TC77、SC77A、SC77B、SC77Cが誕生しました。

それに伴って、TC65/SC65A/WG4で作成されていた“EMC イミュニティ規格 801 シリーズ”は、

イミュニティの基本規格“IEC 1000-4 シリーズ（後に規格番号を5桁にするという変更が行われて、61000 シリーズとなりました。）”として、TC77に引き継がれて、審議・制定されることになりました。小職がTC77に関係を持つようになったのは、SC65A/WG4の主査を務めていたからであり、その後、SC77B国内委員、SC77B国内委員長、TC77国内委員長、さらにIECのSMB（標準管理評議会）傘下の諮問委員会であるACEC（電磁特性諮問委員会）の委員を務めることになりました。ACECはTC77、SC77A/B/C、CISPR/S/A/B/Hのそれぞれの委員会の委員長/幹事、SMB任命の委員、および、EMC関連のTC/SC（TC13、TC22、TC46、TC62、SC65A、TC69、TC106など）の委員長/幹事などで構成されており、EMC問題に対するIEC活動への助言、指導および調整を行っています。9年間に及ぶACEC委員も2015年9月30日を以て退任しました。今後も、もう少しEMCにかかわってゆくつもりです。

最後に、この原稿を執筆している最中に、伊藤 健一先生が亡くなりました。享年93歳でした。合掌。



2013年 ACEC Geneva 会議の風景

著者略歴

澁谷 昇（しぶや のぼる）



1947 年 山口県で出生

1970 年 大阪大学理学部物理学科卒

1972 年 大阪大学大学院理学研究科修士課程修了

1972 年 大阪大学大学院理学研究科博士課程入学

1972 年 DAAD 奨学生として、西ドイツ チュービンゲン大学へ留学

1975 年 帰国後、博士課程に復学

1978 年 大阪大学大学院理学研究科博士課程修了（理学博士）

1978 年 東京農工大学工学部助手

1987 年 東京農工大学工学部助教授

1987 年 拓殖大学工学部助教授

1993 年 拓殖大学工学部教授 現在に至る

以後 2016 年までに IEC/ACEC 委員会委員（IEC/APC 活動推進会議、ACEC 分科会主査）、

IEC/TC77 国内委員会委員長、IEC/SC77B 国内委員会委員長、IEC/TC65/SC65A/WG4 国内委員会主査等を歴任。

EMC・ノイズ試験と対策

ノイズシールドジャパン株式会社 代表取締役

江口 次雄

EMC との関わりはノイズ研究所に入社した 1983 年、ノイズ研究所設立 8 年目に相当する年からになります。当時は電子機器、コンピュータ等に対するノイズ試験規格も存在しない状態でしたが、水銀リレーを使用した方形波発生器でコンピュータ向けのノイズ試験が提案され、普及が始まったころでした。高速の立ち上がりを持つ方形波は、当時では不要なくらいの周波数範囲を持つ試験で 1000 V の試験器が普及していました。試験方法も種々議論があり、試験器メーカーでは各社主張があったことを覚えています。

主な論議は出力同軸ケーブルの問題と、50 Ω 終端抵抗の位置の問題だったと記憶しています。ノイズ研究所では同軸ケーブルでノイズを伝送するのは不自然だとしてケーブルを取り除きグラウンドプレーンを敷いて、電子機器の電源ケーブルを伝送線路として、グラウンドプレーンより一定の高さでの印加を提案し、それが結果的に現在の IEC 61000-4-4 とほぼ同じ環境であったことが記憶にあります。

以後、静電気試験器のコンデンサディスチャージ方式も国内の N 社と共同で開発しました。現在の方式とは多少異なりますが、当時からエアーディスチャージの不安定さは知られており、リレー印加方式を採用しました。

当時は試験規格もなく、各電子機器メーカー、特に大量生産を行う家電機器メーカー各社は品証部を主体にノイズ試験レベルを検討している状態で、市場でのトラブルを減少させるため次第に試験レベルを上

げ、一定の不良率を確保するには 1500 V～2000 V の試験が必要との結論を持つに至りました。それで試験器メーカーでも 2000 V 機が主流となり、現在では 4000 V 機の需要も出ています。

そのころ IEC では 801 シリーズでシーケンス機器のためのノイズ試験環境が国際規格として IEC SC65A で検討されており、その試験規格の日本案を作成する国内委員会に小生も出席していました。メンバーは電磁気学の大学教授(拓殖大学の澁谷先生)と各社民間のエンジニアで構成され、IEC より提案される内容に対して審議し回答する事が繰り返されていました。残念ながら方形波ノイズ試験器は採用されませんでした。広帯域ノイズを一度にかけることは理論的にも正しく、ファースト・トランジェント/バースト試験が国際化されても、日本国内では今でも活用されています。試験環境は日本国内で方形波ノイズ試験として使用されているものとはほぼ同じで、電源ケーブルの高さと長さが異なる程度です。但し、IEC 61000-4-4 規格の立ち上がりの規定は現在では 5 ns とやはり遅すぎると言わざるを得ません。IEC の基本的な考えである「自然界の現象を再現するのが基本」とするには少々足りないと感じます。

各種ノイズ(高周波ノイズ、RF 放射ノイズ、静電気ノイズ、雷ノイズ、瞬断瞬停ノイズ)のシーケンス向けノイズ試験環境を検討するのが終了するころ、完成度が高いということで全電子機器に適応する規

格であるベーシックスタンダードへの格上げが決定し、すべての電子機器に採用される試験レベルを商品群規格で規定することとなりました。

1991年にノイズ対策室長に就任する2年ほど前より、ノイズ試験に合格しない顧客の機器を対策する部署に就任しました（当時は顧客サービスの一環で無料）。

動作する機器と回路図、ソフトの動きをわかる人を揃えて、試験をしながら対策を行います。年間120台ほどの電子機器の対策を実施しました。

一番複雑な対策となったのは、あるメーカーのパソコンを扱った時です。一台のパソコンに設計担当者が7～8名いて、回路図も厚さ5cmほどありました。

ノイズを印加しながら現象をみてどのハードが動作するとエラーが起きるかを判断し、その部分の回路図を開いて弱い部分を対策する作業を繰り返します。現象が理解できない設計者もいて、要領を得ない場合も多々あり、対策部品が山盛りにつきます。当時はノイズで誤動作すること自体を認識していない設計者もいて、そうはなりませんと言い張られることもありました。

ほとんどの場合、その日1日で対策は終了します。それができないのは、パターン自体が悪く基板の設計そのものを変更しなくてはならない場合です。変更後に同じ試験をしてみずいところを修正するわけですが、ほとんどは注意点を細かく指示しますので簡単に試験は終了します。その対策方法はどんどん対策部品を追加していく方法をとります。終了後、

顧客の社内で試験をしながら一つずつ外していただく事で、残った部品を対策に追加する方法でした。

対策室に所属している間に、ノイズの結合量、導体のノイズを受ける量、対策の方法等の基礎実験を繰り返し、データを取りました。そのおかげで顧客の技術部内でのノイズ対策セミナーの資料には事欠かない状態で、ノイズ対策手法の話をすることができました。しかし、身につまされていない状態ではなかなか身につかないようで、同じ人が対策に来るケースも多々ありました。

ノイズ対策の技術は継承されにくいのも事実で、技術者が入れ替わると元に戻るのも困った現象です。あるメーカーでは、ノイズトラブル事例とその対策方法をまとめた、厚さ13cmのファイルを3冊分も用意してありました。そして、その担当者の悩みは、そのファイルをだれも見えてくれないことでした。

現在は、最も手薄と思われる、自動化された工場でのノイズ対策をメインに行っています。そのような工場では、ラインに技術者がおらず、機器納入メーカーに「異常ありません」と言われると途方に暮れてしまうからです。誤動作を引き起こすノイズはいつも発生しているとは限らないからです。

現在、必要な測定器のひとつはノイズの監視装置です。空間波と伝導ノイズの監視が顧客の要求にあります。株式会社ノイズ研究所の末永い発展とノイズの追及を願います。

著者略歴

江口 次雄（えぐち つぐお）



- 1966 年 4 月 岩崎通信機株式会社 入社
- 1983 年 3 月 同 退社
- 1983 年 4 月 株式会社ノイズ研究所 入社
- 1991 年 4 月 ノイズ研究所 ノイズ対策室 室長就任
- 1995 年 1 月 同 テストラボ船橋 初代事業部長 就任
- 1998 年 4 月 同 技術本部長 就任
- 2000 年 1 月 同 電磁環境事業部長 就任
- 2000 年 2 月 同 常務取締役 EMC ソリューションジ事業部長就任
- 2002 年 9 月 同 退社
- 2003 年 1 月 ネミコンノイズ株式会社 設立
- 同 代表取締役 就任
- 2004 年 7 月 ノイズシールドジャパン株式会社社名変更

いま思うこと

電気通信大学 名誉教授・工学博士
岩崎 俊

1. はじめに

ノイズ研究所が創立された1975年（昭和50年）といえば、私が北大大学院の博士課程を修了し、電子技術総合研究所（電総研、現産業技術総合研究所）でマイクロ波計測標準に関する研究を開始した年で、40年という歳月にひとときわ感慨を覚えます。

この40年、ノイズ研究所は主にEMC試験機器の分野で着実に発展を遂げ、技術指向のユニークな会社として国内外に独特の存在感を持つにいたっています。私も大学の教員時代に、静電気放電（ESD）試験器の貸与を受けるなど研究に種々のご支援ご協力をいただきました。今回の記念冊子に執筆のお誘いを受けましたので、EMCに関連する研究履歴などをご紹介します。

2. 電子技術総合研究所とトロント大学での研究

電総研入所後高周波研究室に配属となり、計測標準特にマイクロ波インピーダンス標準の研究に従事しました。ここで習得した伝送線路の回路的な取り扱いや実験技術はEMCの基礎となるものでした。この研究に続いて、光ファイバーの特性に関する基本的な計測技術の研究を始めましたが、縁あってカナダのトロント大学で平面スパイラル広帯域アンテナの研究を行う機会を与えられました[1]。当時は光ファイバーとそれほど関係のない寄り道をしたような気もしましたが、これが後で空間の電磁波計測の研究を行うときに大きく役に立ちました。このアンテナの応用として、氷の厚みを測定するためにカナ

ダ北極圏に一ヶ月あまり滞在して実験を行ったことは良い思い出です。

電総研で研究と同時に研究マネジメントも行うことになって、職責上、光ファイバー関係およびEMC関係の工業規格を制定するための各種委員会に出るようになり、「計測標準とトレーサビリティ」以外のもう一つの標準である「工業標準化」が重要であることを認識しました[2]。一般には計測標準よりもむしろIECやJISなどの工業標準化の方が良く知られていると思います。EMCにおいては、特に試験方法や計測方法の標準化が重要です。

3. 電気通信大学電子工学科での研究

平成6年に電気通信大学に移り、EMC関連の研究として計測用アンテナの特性測定や過渡電磁界の測定などに関する研究を始めました。「本来実用的テーマという印象の濃いEMCの研究をなぜ大学で行うのか」という質問も受けましたが、「電子・電気関係の学科における最も重要な専門科目は電磁気学と電気回路学だが、電磁環境工学はその境界領域にあって、学問的にまだ十分完成していない」と答えていました。たしかに、その言葉に嘘はありませんが、実際には道は遠いというべきでしょう。

写真はTRLキャリブレーションというネットワークアナライザの校正法を送受アンテナ系全体に適用してアンテナ係数を決定するために試作した標準ダイポールアンテナです[3],[4]。実験過程でウレタンの支持具はその影響が大きすぎるのが分かり、実

際には軽い発泡スチロールに置き換えました。



4. おわりに

EMC は物づくりに係わる実用的なテーマです。勘と経験に頼りがちな電磁干渉 (EMI) やイミュニティ関連の設計を系統的なものとし、試作を行わないで結果の予測を可能にするには、理論的な支柱が必要です。

マクスウェルの方程式をそのまま適用するには複

雑すぎる実際のシステムに対して、一部分のみを電磁界解析して電気回路の電圧源や電流源などに置き換え、システム全体を電気回路的に取り扱う方法があります。しかしながら、実験結果との照合はシンプルなモデルに対してのみ行われ、実際のシステムのどのような範囲にどのような精度で適用できるのかは明らかではありません。

EMI やイミュニティに関連した測定は回路測定ほどの精度は要求されないので、適用範囲を拡張するために、測定結果に対して適切なモデル化により理論的な補正を導入するなど、簡単で有効な方法があるかもしれません。

ESD などの放電現象から発生する近傍過渡電磁界の測定も、難しいが興味深いテーマだと思います。3 次元の過渡電磁界を精度よく測定できれば、ESD の電磁界発生メカニズムを解明し、ESD 現象を電磁界発生源としてモデル化するための有力なデータになると思います。

参考文献

- [1] T. Iwasaki, A. P. Freundorfer, and K. Iizuka: “A Unidirectional Semi-circle Spiral Antenna for Subsurface Radars”, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol.36, No.1, pp.1-6 (1994)
- [2] 岩崎 俊: “工業標準化の進路”, 標準化と品質管理, Vol.42, No.11, pp.56-59 (1989)
- [3] T. Iwasaki and K. Tomizawa: “Systematic Uncertainties of the Complex Antenna Factor of a Dipole Antenna as Determined by Two Methods”, IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol.46, No.2, pp. 234-245 (2004)
- [4] 岩崎 俊: 電磁波計測 – ネットワークアナライザとアンテナ –, コロナ社 (2014)

著者略歴

岩崎 俊（いわさき たかし）



- 1970 年（昭和 45 年） 北海道大学工学部 電子工学科 卒業
1975 年（昭和 50 年） 同大学 大学院工学研究科 博士課程 修了（工学博士）
同年 電子技術総合研究所 入所
1989 年（昭和 64 年） 電子技術総合研究所 光電波システム研究室長
1994 年（平成 6 年） 電気通信大学電子工学科 教授
2008 年（平成 20 年） 電気通信大学 名誉教授
- 1985 年（昭和 60 年）～1986 年（昭和 61 年） カナダ トロント大学 客員研究員
1993 年（平成 5 年）～1995 年（平成 7 年） 計測自動制御学会 先端電子計測部会 主査
2000 年（平成 12 年）～2001 年（平成 13 年） 電気学会 計測技術委員会 委員長

わが EMC 人生 ～ EMC と歩んで 40 年

株式会社ノイズ研究所 技術顧問／名古屋工業大学 名誉教授・工学博士

藤原 修

1. はじめに

ノイズ研究所は、1975 年に故足立昭二氏が創立された「株式会社足立ノイズ研究所」に端を発し、翌年の 1976 年に現在の社名に変更されましたが、実はその年の 11 月に 28 歳の小生は株式会社日立製作所中央研究所を自己都合で退職し、大学へ戻った時期でもあり、ノイズ研究所の歩みが EMC (ElectroMagnetic Compatibility) という共通因子をもって偶然ながら小生のそれとぴったり重なっていたことには、2013 年からノイズ研究所に非常勤の技術顧問としてお世話になって 3 年も経過するのにまったく気づきませんでした。この機会に今年 68 歳になる小生の歩んだ 40 年にわたる EMC の道のりとノイズ研究所の顧問就任で目の当たりに実感したものを記すことで記念誌「EMC とともに 40 年」の執筆者としての責を果たさせていただきます。

2. EMC と出会って

2.1 ドロップアウト

小生は団塊の世代であり、24 歳で就職した 1973 年当時はわが国も高度経済成長真っ只中であったため、いわゆる終身雇用制度が確立していた企業にあって途中放棄した輩は人生の落伍者といわれるのが世の常であり、28 歳でドロップアウトした小生もこの烙印を背負っての一大転身でした。ちょうどその頃、故佐藤利三郎先生（東北大学名誉教授、東北学院大学名誉教授）によって「環境電磁工学研究専門委員会 (EMCJ)」という新しい分野 (EMC) を研

究する学会組織が電気学会と電子通信学会（現在の電子情報通信学会）にまたがって新設され、1977 年 4 月から発足する予定にありました。恩師の故雨宮好文先生（名古屋大学名誉教授）は、EMC 創始者の故佐藤利三郎先生とともに EMC の専門研究会設立に奔走されておられた時期でもあり、このようなときに小生が大学に舞い込んだため、この分野で「生きる」との恩師からの強い勧めがあって、EMC のなんたるかもわからぬまま、退路を断っていた小生にはその世界に飛び込む以外にほかの選択肢はありませんでした。

2.2 学位取得

企業の落ちこぼれが大学で生きてゆくには、なにはともあれ学位を取得しなければならず、このために恩師から与えられたテーマは漠然と「自動車点火雑音」をやっでは、とのことでした。研究所勤務時代は計算機実装技術開発に明け暮れていたこともあり、あと先のない小生にとっては、点火プラグ 1 本で学位が取れるのかという一抹の不安を覚えたことが、小生にとっては経験のない放電が絡む基礎研究のテーマに希望をもってやるしか道はなく、寝食忘れて研究に没頭しました。1977 年 12 月に名古屋大学で EMCJ 主催の「環境電磁工学研究会」（以降は EMC 研究会）が開催されることとなり、それに向けて実験三昧から得られた結果を、当時「雑音の神様」とよばれていた故蓑妻二三雄先生（当時は東京農工大学教授）を初めとして EMCJ 委員長の故佐藤

利三郎先生、EMCJ 幹事の高木相先生（東北大学名誉教授）、さらには EMCJ 専門委員の恩師を含む故赤尾保男先生（名古屋大学名誉教授）、故松本伍良先生（北海道大学名誉教授）という錚々たる先生がたがおられる前で緊張しながら発表しましたが、会終了後に箕妻先生とトイレで偶然お会いし、「連れしょん」しながら、「点火プラグは古くて新しい問題」だが「あれでは論文にならんよ」と「笑みを浮かべながらも」批判され、目の前が真っ黒になりました。しかし、退路を断っている小生としては、大先生に研究をけなされても、このテーマを続けるしか生きる道はなく、恩師に勇気づけながらも、とにかく研究を続けました。その甲斐もあって2年後には学位論文を纏めるだけの研究成果をあげられ、学位を無事取得できましたが、あの最初の報告が小生の電気学会での処女論文として開花し、後でわかったのですが、その論文で故佐藤利三郎先生のご推薦もあって1980年に電気学会から論文賞を授与されることになりました。こうして、いっけん、華々しく順風満帆のEMCの研究人生が始まったかのようでしたが、内心は、企業を脱落した中途半端な輩が本当に研究で飯を食ってゆけるのか、今後も研究論文をコンスタントに出し続けられるのか、という不安が渦巻き、この分野の研究で生きていくだけの自信は実はありませんでした。

3. アカデミアに入って

3.1 テーマ変更

1980年助手に就任したとき、大学業務に慣れないうちに恩師から「マイクロ波の生体影響実験」を突然命ぜられ、それまでとはがらりと専門分野の異なる研究に戸惑いましたが、これが大学での小生の主要な研究分野の柱を形成するテーマになろうとは、そのときは夢にも思いませんでした。このドラスチックともいえる研究テーマの大変更で研究に対する不安を抱く暇もなく、名古屋大学での助手4年、講

師1年があったという間に過ぎ、1985年には恩師の定年退職をもって小生は母校の名古屋工業大学へ助教授として配置換えになり、研究テーマも自由に決められる立場になりましたが、当時の教授であった故阿座上孝先生（名古屋工業大学名誉教授）のもとでレーザー光生体影響の研究を手伝いながら、携帯無線機の発する電波の人体吸収や上昇温度などの生体影響に関する、いわゆる「生体 EMC」という新たな分野の研究へと移行していきました。そのとき、元日立製作所ご出身の大橋朝夫先生（愛知工業大学名誉教授）との出会いで「静電気」のミステリーに魅了され、これをサブテーマとして研究をやろうと決めたのでした。当時の国立大学の教官（大学教員は国立大学では教官とよばれておりました）は、学位取得後は教官の思いつくまま如何なるテーマでも研究してよい自由な環境にあり、現在の大学法人化で推奨される企業との共同研究は、大学研究の自主性を損なうものであり、また、自分自身で研究テーマをみつけられず、いわゆる研究者の資質には欠かせない問題発掘能力のない教官のやることにもみられ、むしろ批判的な雰囲気がありました。

3.2 帯電／放電

小生が名古屋大学助手時代の1983年頃から、静電気放電（ESD: ElectroStatic Discharge）の計算機への影響問題について本田昌實氏（当時は株式会社日本ユニシス勤務、現在はインパルス物理研究所を創設され、静電気の機器障害と不可思議現象を、現在なお夢をもって追い求められております）がEMC研究会で矢継ぎ早に発表されておられましたので、名古屋工業大学に赴任した小生としては放電前の「帯電」に注目し、放電発生状況を事前に予測する名目で帯電分布の可視化、歩行帯電、帯電電位、床電位、…、と思いつくまま学生達と「遊びとも思える研究」を楽しみましたが、某教授から「わかりきった当たり前の研究」と陰でばろくそにけなされ、

回り回っての噂で意気消沈しながらも、国内外で論文発表を続けました。このねばりのお陰で国際会議録やジャーナル誌に論文がいくつも掲載され、海外からも多くの手紙をもらうまでになりましたが、工学の世界にあってはサイエンスを指向とした「帯電」ではインパクトはなく、それ故に研究費も取りにくく、やむを得ず、電子機器を電磁的に脅かす“ESD”へと工学的テーマに変更したのです。そのきっかけのひとつは、1989年のスイス連邦工科大学での第8回EMC国際会議で米国国立標準技術研究所(NBS: National Bureau of Standards、現在のNIST: National Institute of Standards and Technology)のMa博士の論文発表との出会いでした。かれは、ESD発生器から1.5 m離れた場所で測定された放射電界のピークが充電電圧と共に上昇、4 kV で最大 150 V/m に達し、その後は充電電圧の増大と共に減少したことを報告され、さらには同時測定された放電電流からダイポールモデルで計算した放射電界とその測定波形とが概ね一致したとのことでした。150 V/m もの強大な放射電界が放電点からわずか1.5 m離れた場所で観測されたことに周囲の驚きもありましたが、当時の小生にはぴんと来ず、放電電流から放射電界を予測できても、それはマクスウェル方程式の正しさを追認するだけであり、むしろ小生の関心事は、ESDで発生する放射電界が特定の充電電圧で何故に最大となるのか、その際の決定因子は何か、などに向けられ、この体験も帰国後にESD研究へ向かわせたのでした。

3.3 生体 EMC

昭和から平成に移る1988～1989年の頃は、郵政省(現在の総務省)で「電波防護指針」策定に関わる委員会が発足し、その傘下の「防護指針分科会」に多氣昌生先生(当時は東京都立大学助教授)らと一緒に助教授であった小生も若手の調査研究員として会に参加し、小生の研究室でも指針策定のための「生

体 EMC」に関する研究テーマが増え続ける中、1991年に人体頭部のFDTD(Finite-Difference Time-Domain: 時間領域差分法)モデルを当時の研究室学生であった加藤晃氏が医学書の脳地図を片手に自らの頭を参考に手作りで開発してくれました。このモデルは、組織数わずか5種類でしたが、2.5 mmのセルを20万個も積み上げての国内初の大労作であり、これによって電波の人体頭部への吸収解析が驚くほど進みました。この成果でEMCJから招待講演を依頼され、1995年2月に「電波の人体影響とSAR計算」(SAR: Specific Absorption Rate、比吸収率: 単位体重あたりに吸収される電波電力)と題し、電磁界の人体頭部へのFDTD法を用いた吸収計算結果をわが国で初めて公開しましたが、そのときの座長が仁田周一先生(当時は東京農工大学教授)でした。仁田先生は、小生よりもひとまわりもご年輩で既にEMCの大御所であり、1985年に三菱電機から東京農工大学へ教授として転身された頃から国内外のEMC関連の学会、研究会、国際会議にてたびたびお会いし、小生と同じ企業出身者ということもあり、いつもご配慮・ご指導をいただいております。1993年にEMCJ委員長、1999年にはわが国での第4回EMC国際会議組織委員長を歴任されましたが、まさか小生の退職以降にノイズ研究所で再びお世話になるとは想像もしませんでした。

3.4 ドシメトリ

1993年11月に小生が教授に昇格し、さらに1997年に王建青氏が助手(現在、名古屋工業大学教授)として小生のグループに加わってからは、携帯電話の発する電波の人体頭部への吸収電力並びに上昇温度の数値解析が飛躍的に発展し、ドシメトリ(Dosimetry: 電磁界に曝された生体内の電界、電流密度、SARを定量すること)に関する論文も爆発的に生まれました。この研究成果の一部によって2000年には電子情報通信学会から論文賞を授与さ

れましたが、その1年前の1999年には小生の研究室で学生の頭のMRI(Magnetic Resonance Imaging：磁気共鳴像)から、わが国初の日本人頭部解剖学的詳細モデル（組織数：17種類、セルサイズ：2 mm）が開発でき、これによって携帯電話による頭部へのSARや上昇温度のきわめて確度の高い数値計算が可能となっておりました。このモデルをベースに北里大学と当時の郵政省附属機関であった通信総合研究所（現在の国立開発法人・情報通信研究機構）との共同で郵政省がサポートする人体全身FDTDモデル開発プロジェクトが発足し、2002年には日本人成人男女の人体全身モデル（組織数：51種類、セルサイズ：2 mm）が完成した経緯があります。

3.4 EMC/ESD

第三ミレニアムの2000年頃、海外から生体EMC研究の講演を頼まれる頻度が増えたのですが、1996年から2001年にかけて火花放電発生火花抵抗則に基づくFDTDシミュレーション、金属体間ESDに伴う過渡電磁界のFDTD解析も並行しておこない、2000年にはノイズ研究所製のESD試験器を対象としたFDTDスケルトンモデルを開発しましたが、これらはいずれも国内外で初めての試みでした。2002年には、現実のESD試験器に近いFDTDモデルが完成し、接触／気中放電に対する放電電流波形のFDTDシミュレーションをおこない、論文を発表しておりました。このよう状況から、小生のグループから発信したESD研究も国内外の大学・研究機関で関心をもたれ、2003年に韓国ソウル開催のアジア太平洋マイクロ波会議(Asia-Pacific Microwave Conference)においてESDに関する招待講演を頼まれました。そこでは、小生のグループの構築になるESD試験器のFDTDモデルを用いた放電電流波形のシミュレーション事例を紹介し、妥当性をノイズ研究所製のESD試験器(TC-815P)からの測定波形との照合で示すといった研究内容を講演しましたが、

終了後にモデリングに関する質疑は一切なく、「どうしたら、そのようなきれいな放電電流波形が得られるのか」という質問を受け、はたと困りました。そのときは、試験器は日本のノイズ研究所から購入したのだから、彼らに問い合わせさせてくれというように応えましたが、あとで韓国グループから、自分達の試験器では小生が示したような放電電流波形は得られず、波形がもっと歪で汚いとのことでした。そのとき、ノイズ研究所製作の試験器が解析的手法による設計ではなく、試行錯誤に基づく「匠の技」の結集にあったことには、小生がノイズ研究所の技術顧問になるまで気づくはずはありませんでした。

4. 定年を迎えて

4.1 定年制度

総務省（2001年中央省庁再編で自治省、総務庁、郵政省を統合して設置）の小生も参加した国家プロジェクトが一段落つき、小生の定年もカウントダウンに入ってきた時期にEMCの世界では機器エミッションよりもイミュニティ問題に関心が深まり、小生のグループでも国際規格IEC(International Electromechanical Commission)準拠のESD試験器を対象としつつも、大学でしかやれない研究をやろうと、とにかく思いつく限りのテーマで研究をやり、論文を発表し続けておりましたが、2012年3月小生はついに大学を退職するに至りました。大学では毎年の年度初めにまっさらな学生達が研究室に配属され、かれらとともに小生の考えつくテーマでのEMC研究を楽しみ、共同作品を論文として発信、学生達は年度末に修了・卒業してゆくといったサイクルを32回も繰り返してきたのですが、定年制度によって、研究テーマが溢れ続けているにもかかわらず、このサイクルが断ち切られることになり、そのときはさすがに落ち込みました。アイデアがいくら出ても、これを実行する学生がいなくなって自分ひとりでは何も生み出せず、まさに「色即是空」の心境に陥っ

たのでした。

4.2 ギガビット研究会

年金支給年齢が60歳から65歳に引き上げられたことに及んで、それまでの雇用を確保せよとの政府の意向から、63歳定年制を採る名古屋工業大学では、定年延長ではなく、定年後の2年間だけの継続雇用制度を採用しましたが、小生らの世代は過渡期にあり、雇用延長は1年限りでありました。小生の場合は、2012年に大学をいったん退職し、総合工学プロジェクト研究所(大学の書類上のバーチャル研究所)で1年限りの非常勤雇用の身分でしたが、退職時にEMCのアカデミアにあって学者の鏡と常日頃から小生が尊敬する上芳夫先生(電気通信大学特任教授／名誉教授)から、電気通信大学産学官連携センターにギガビット研究会を設立し、技術者のためのEMC教育をおこなうので、そのコンサルティングに参加してほしいとの打診があり、ふたつ返事で2012年4月から電気通信大学産学官連携センターの客員教授(非常勤)に就任することとなりました。

5. 技術顧問として

5.1 経緯

大学定年を迎えて、現役時代にノイズ研究所製のESD試験器、ファラデーケージ、テーブル型試験環境セットを使ってさんざん研究をおこなってきた経緯もあり、取締役として仁田先生もおられるノイズ研究所で「社会還元」として同社の技術者達との交流をもちたい意思のあることを上席部長の石田武志氏に相談した結果、仁田先生を介して代表取締役社長の藤垣正純氏と面会する運びとなりました。その際、技術者との交流を通じて、技術者にはできれば学位取得を目指してほしく、大学においては業務内容にマッチしたテーマであれば、仕事を続けながら学位取得が可能となる社会人博士コースが用意されていることをご説明し、上席部長の石田氏が電気通

信大学大学院の社会人博士コースへ進学することをお認めいただきました。こうして、2013年4月からノイズ研究所の非常勤の技術顧問として、石田氏と仁田先生との三人会合を定期的にもつこととなり、小生もノイズ研究所の技術内容に初めて触れることとなりました。その一方、石田氏は、電気通信大学大学院博士後期課程の入学試験にパスし、2013年10月から上芳夫先生を「背後霊」に肖鳳超先生(当時は電気通信大学准教授、現在は教授)を指導教員として同大学院に在籍することとなりました。

5.2 匠の技

技術顧問になって初年度は、ノイズ研究所製のESD試験器に関して大学にて小生のグループでおこなってきた研究成果を示し、日頃から思い抱いていた問題点を説明しながら、開発の方向性を知りたく議論してもらいましたが、信頼ある「ものづくり」には試行錯誤を積み上げての説明しにくい独自の「匠の技」があり、とても解析のまな板にのる代物ではないと痛感させられました。とくに、石田氏のもつESDデータは大学で小生が思いもよらなかった目を見張るものがあり、本当に「びっくりぽん」でした。これは、石田氏が多くの顧客からの技術上の様々な相談に対して真摯に対応してこられた経験から必要に迫られて取得された、まさに新鮮かつ生きたデータであり、現場を知らない大学教員にはとても太刀打ちできないと思い知ったのでした。

5.3 博士誕生

その頃、2014年にわが国で第7回目のEMC国際会議(組織委員長:首都大学東京 多氣昌生教授)が東京で開催されることもあり、急遽、そこへ石田氏に論文を投稿してもらうこととなりましたが、多くの貴重なデータから現場での実施者しか知り得ないESD試験器の問題を対象に論文を纏められ、めでたく採択されました。さらに、この論文は優秀論文賞

候補のひとつに推挙されたものの、惜しくも落選してしまいましたが、これをベースに纏めた論文が電子情報通信学会の英文論文誌に無事採択され、石田氏の処女論文として公開されました。それ以降はとんとん拍子に論文が生まれ、2015年夏にはドイツのドレスデンで開催された欧州とIEEEとの合同のEMC国際会議で採択された石田氏の論文がセッション論文179篇中15篇のベスト論文賞候補に入り、最終的にはベストこそ逃したものの、2篇の佳作（優秀論文）のひとつに選ばれました。石田氏は、ジャーナル誌4篇の公表論文（査読あり）を学位論文として集約され、2016年3月に電気通信大学から学位を授与されました。むろん、ノイズ研究所としては初めての博士（工学）の誕生となります。

6. おわりに

わが国には「ものづくり」にかけては大企業がまねのできない世界一級の最先端技術レベルを誇る中

小企業が数多くありますが、EMC試験器においては「匠の技」を有するノイズ研究所もそのひとつであります。EMCとともに40年も歩んできた小生が同じ年数をかけて発展してきたノイズ研究所の「匠の技」を目の当たりにして、EMCは実は”know-why”の領域ではなく、その神髄はドイツのマイスターやわが国の「ものづくり」に熟練した達人のもつ”know-how”の領域にあり、それ故に「EMC設計」ではなく、依然として「EMC対策」とよばれる所以ではないかと思ひ至りました。「まねのできない技」は、実は誰にも継承できず、後継者が現れなければ、残念ながら、その達人が鬼籍に入って消失する運命にあります。したがって、将来にわたって持続しながらも「追随を許さない技」こそノイズ研究所が目ざすところであり、これを継承する技術者の育成が小生に課せられた宿題といい聞かせ、ノイズ研究所で培われた「匠の技」をさらに磨き上げられることを祈念しつつ筆を擱きます。

著者略歴

藤原 修（ふじわら おさむ）



- 1948 年 大阪市生まれ
- 1971 年 名古屋工業大学工学部電子工学科卒業
- 1973 年 名古屋大学大学院工学研究科修士課程修了
- 同 年 (株)日立製作所中央研究所入所
- 1976 年 (株)日立製作所中央研究所退職
名古屋大学大学院研究生
- 1980 年 名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了
工学博士
- 同 年 名古屋大学工学部・助手
- 1984 年 名古屋大学工学部・講師
- 1985 年 名古屋工業大学工学部・助教授
- 1991-1992 年 スイス連邦工科大学・客員教授
- 1993 年 名古屋工業大学工学部電気情報工学科・教授
- 2012 年 名古屋工業大学退職
名古屋工業大学名誉教授
- 同 年 名古屋工業大学総合工学プロジェクト研究所プロジェクト教授（2013 年 3 月雇用期間満了）。
電気通信大学産学官連携センター客員教授
- 2013 年 株式会社ノイズ研究所技術顧問（非常勤）

現在に至る。

車載電子機器の EMC との関わり

株式会社クオルテック EMC 技術研究室 室長・博士（工学）

前野 剛

ノイズ研究所創立時の 1975 年に私が何をしていたのか思い起こしてみますと、その頃は自動車部品メーカーへ入社して 3 年のまだ駆け出しの技術者でありましたが、無我夢中で勉強しながら車載用トランシーバを設計していた頃でした。それから少しして、先輩達の設計した 144 MHz 帯の受信機の高周波増幅部、周波数変換部、局部発振器を変更し、中間周波増幅器以降をそのまま借用することにより 430 MHz 帯受信機を完成させました。この試作機を自動車に搭載して実車試験を行なった所、弱電界の環境においてもメリット 4 位で非常に高感度受信できていたものが、自動車のエンジンを掛けると途端にメリット 2 以下の酷くノイジーな受信状態になってしまいます。不思議なことに設計母体としていた 144 MHz 帯受信機ではこの様なことは全く起きません。調べてみると、この受信機はナローバンドに対応していた 144 MHz 帯受信機の中間周波増幅器を帯域フィルタとしてのメカニカルフィルタのみ広帯域のものに変更して、他はそのままワイドバンド対応の 430 MHz 帯受信機に採用し、最大周波数偏移で変調を掛けた状態で歪率と S/N が最良になる様に調整していたため、結果的に第二中間周波増幅器が複数の増幅回路を間に介するスタガ同調回路になってしまっていたことが原因であることが分かりました。同調トランスの負荷 Q がワイドバンド対応には適正でないことにより、通過帯域幅が不足気味になっていたために、複数ある同調トランスの調整如何で、特定の増幅器直前の通過特性が通信帯域から僅かに離

調した状態になり、そこでそのトランスの同調峰にある点火雑音の成分の方が受信信号のレベルよりも大きくなってしまふことにより、酷い受信状態になっていた訳です。当時は各社で受信感度競争をしていたために、この中間周波増幅器の利得をあり余る状態にしていたことも、この様な調整が出来てしまったことの要因です。勿論、すぐに同調回路の負荷 Q を下げて帯域幅を拡げ、感度調整も同調峰を全て希望信号の中心周波数に揃えるよう、無変調で雑音抑圧感度が最大になる調整のみに変更したために、この問題は解決しました。ここでつくづくノイズの恐ろしさと、電子機器を自動車に搭載することの恐ろしさを思い知りました。今思えば、これが私の EMC との最初の出会いであった訳です。

その後、担当が変わり、車載超音波機器（ソナー製品）の開発から量産化を行った後、管理職として、ナビゲーションシステムのハードを長く担当した後に、超音波機器やキーレスエントリーシステム等を含むボデー系製品全般に関わるようになりました。これらは全て車載電子機器ばかりですので、自動車メーカー様の方々と深く関わるようになりました。

自動車の開発工程は一般的に先行試作を行なった後に試作部品（ここでは電子機器も部品と呼びます）を集めた複数回の試作を経て量産相当品を集めた複数回の量産試作を経て量産になります。特に試作時には毎回、自動車メーカー様から設計変更の要請があり、その度に電子機器もかなりの変更を余儀なくされますので、関係外の方が思っておられるようにゆ

っくりと開発をする暇などどこにもありません。こんな中で、自動車としての EMC 性能の確認は原則、最終試作段階までに行われます。ということは、このステップで車載電子機器は全くの新開発品であれ機能・性能はもとより EMC 性能も完成していなければなりません。また、日本も国土交通省が国連規定 ECE R10 を 2011 年 8 月に法規として導入しましたので、猶予期間 5 年を経過する本年には強制法規となります。つまり、欧州向けと同じに EMC 認証を受けなければ型式認定されません。また、認定機関により EMC 認証がされると、搭載されている機器類はその後は勝手に変更できません。

また、EMC による不具合の原因は設計不良ですので、同じ電磁環境の場所では同一製造の自動車は同じ不具合を起こします。これが、人身事故に繋がるような不具合であればコールの対象となってしまう可能性が非常に大きいため自動車メーカーは EMC に対して非常に慎重であり、多くは、専門の部署があつて最終試作段階で相当慎重に確認をされ、電子機器メーカーに対して厳しいというのも当然であろうと思われます。

このようなことが背景にあり、電子機器の最終試作品では何が何でも EMC 設計は完成させなければならぬのですが、機能・性能を発揮させるのに精一杯の開発新製品の場合には EMC 性能の確保は先送りになりがちであります。しかも、上司からは回路設計者なのだから EMC 設計は出来て当たり前であると思われる風潮も、残念ながらあります。

ある時、量産間近なのにも拘らず電子機器のエミッション問題が解決できず、自動車メーカーから毎日厳しくフォローされている状態に音を上げた設計者が、上司に勧められて私の所に相談に来るということがありました。偶然その上司は私が少し前まで無線通信機の設計をしていたことを良く知っていた方でした。その時は運も手伝い、2 時間程で完全に問題が解決してしまいました。すると、このことが

伝播して社内各所の設計担当者が少しずつ私の所に相談に来るようになりました。当然、問題を完全に解決できないことも多いのですが、相談に来られる方は徐々に増えていきました。こういったことが通じたのか大手自動車メーカー様の EMC 担当部署の方に少しは知って戴けるようになったようです。

その後、自動車電話・携帯電話の品質保証を少し担当した後、これまでの私の経歴を知っていた経営層より、2002 年より専任として全社の EMC の面倒を見るよう指示されました。ここであらためて EMC 専任の技術者としてスタートを切ったわけです。この時、大手自動車メーカー様に挨拶に伺った所、「御社の系列会社も含むどの部署のどの製品が EMC の不具合を起こしても、全てあなたに言えばいいのですね。」といわれ、冷や汗をかきながら「本音は嫌ですが、理論的にはそういうことになります。」等と恥ずかしいお答えをしたことが思い出されます。専任としては遅咲きではありますが、考えてみると長い期間、前記までの下地があった訳です。また、このようなことになった途端に、それまであちこちに散在していた社外活動が私の所に集められてしまい、微力な小職にも拘らず、主に以下の要職を経験させて戴くことになりました。

- ・電子情報通信学会 環境電磁工学研究専門委員会 委員 (2002 - 2007 年)
- ・自動車技術会 電子電装部会 CISPR 分科会 幹事 (2002 - 2004 年)
- ・自動車技術会 電子電装部会 部会長 (2004 - 2008 年)
- ・中部エレクトロニクス振興会 電磁環境委員会 副委員長 (2002 - 2009 年)
- ・日本能率協会 企画委員会 委員 (2006 年 -)

これらを通じて諸先生方、諸先輩の方々とお近づきになることができ、多くの知己を得ることができ、これまでの不勉強に恥じ入るようになりました。また、このような経験の後押しもあり、自動車用電

子機器の EMC が私のライフワークのようになり、あらためて一生勉強であるということを感じている次第です。以前の会社を退社後、縁あって現在の会社に勤務することになりましたが、現在、電子機器メーカー様を始めとして多くの会社様の電機・電子機器の EMC コンサルティングをさせて戴いております。さらに、こういう機会がなければ、浅学菲才な私如きが論文を書くようなこともなかったとも思い

ます。本当に多くの方々にお世話になりました（勿論、ノイズ研究所にも）。この場をお借りしてお礼を申し上げる次第です。

私の EMC 歴は潜伏期間も含めると期せずしてノイズ研究所の創立以来の年数と同じ 40 年になるということに気付きました。あらためて、ノイズ研究所のますますのご発展をお祈りさせていただきます。

著者略歴

前野 剛（まえの つよし）



1972 年 3 月 東北大学工学部通信工学科卒業

2009 年 3 月 名古屋工業大学大学院工学研究科博士後期課程修了

1972 年 株式会社デンソー入社。車載 VHF/UHF トランシーバ、超音波近接センサ（車 両 OEM では世界初）、ナビゲーションシステム、ボデー系電子機器類の開発・量産化設計を 行い、携帯電話/自動車電話の品質保証を担当後、EMC 担当部長として全社 EMC 統括業務に携わった。

2012 年 クオルテックに移籍し、現在に至る。

博士（工学）。

日本能率協会企画委員会 委員。電気学会、電子情報通信学会、自動車技術会 会員。

EMC 黎明期 1970～1975 年の出来事

株式会社 e・オータマ

田路 明

1975年(昭和50年)のノイズ研究所創立当時はEMCと言う用語はあまり一般化してなかったように思います。私は、その5年前にカシオ計算機に入社したので、1970年から1975年頃のデジタル機器とノイズ問題を紹介し、その後の40年の進歩を認識し、次の40年を考えるヒントになればと思います。当時は、デジタル電子機器が電子式卓上計算機や作表会計機械として、事務所や一般家庭で使われ始めた頃で、それまでの大型コンピュータの様に電磁環境が管理された場所で使用されていたのと違い、多様な電磁環境で使われることになりました。電子式電卓計算機のロジック回路の主要素子は、トランジスタからTTLを通り越してMOS IC[金属(Metal)-半導体酸化物(Oxide)-半導体(Semiconductor)-集積回路(Integrated Circuit)]そしてLSIへと変化していく時代で、ロジックICの電源は24Vで、クロック周波数は60kHz程度でした。

そんな時代背景の中、AC電源で駆動する電卓が市場で誤動作して、その原因として同じ電源系につながる電動計算機(日本ではタイガー計算機で有名な手回し式計算機の手回しをモーターにしたようなもの)からのノイズが疑われました。再現実験に小型ボール盤の整流子のバネを緩めてスパークさせ、電源に火花放電ノイズを重ねさせて行っただけで、伝導ノイズ試験の最初の体験になります。この試験は再現性の低いものでしたが、後に同軸ケーブルの信号遅延を利用したインパルスノイズシミュレータが使われるようになってから改善されました。インパルス出

力は矩形波で、波高値とパルス幅を可変し印加タイミングも電源の位相と同期させることとランダムにすることができるようになりました。原因不明の市場不良を再現するために、インパルスを一昼夜印加したこともありましたが、インパルス出力端子が開放状態で波高値を所定の値に調整しても、供試機器(EUT)の電源ラインに結合させた状態では波高値が変わり波形も乱れます。通常、出力側と負荷側の間はインピーダンスマッチングが取れていないので、波高値は開放端より低くなり、インパルスの反射によって大きめのリングングが発生します。当時はロジック回路の動作周波数が低かったので、高周波伝送理論などはあまり考慮しなくても回路は正常動作しましたが、EMCに関することになると、高周波の知識が必要でした。この頃、電卓戦争と言われたほど、多くのメーカーが電卓業界に新規参入し、激しいコスト競争が行われていました。その一方で、電卓の品質維持が課題となって、日本事務機械工業会が1974年に電卓の「品質認定制度」(BMマーク)を立ち上げました。その認定条件の一つとして、雑音許容度が設けられました。それは電源ラインにインパルス高さ300V、パルス幅100nsと400nsを電源周期に同期させ両極性を両相に印加して異常がないことと規定されています。そして、印加インパルスの波高値の確認は、30MHz以上のシンクロスコープで行うことが規定されていました。今のオシロスコープの性能と比較すると、かなり低いものでした。

次は静電気放電試験の体験談です。乾燥地帯で使用されていたプリンタ電卓の MOS IC が高電圧によりゲート破壊されていました。当時の MOS IC のゲートは高インピーダンスで静電気放電などによる耐電圧対策が不十分だったので、その対策として IC 周辺回路に保護素子を挿入し、製品実装で放電電流が回路に回り込まないように迂回ルートを作りました。

た。その市場不良の再現実験や対策検討用に製品レベルの静電気放電(ESD)試験が行われる様になりました。最初の ESD 試験器は図 1 に示すような社内製で、手持ちの放電棒の先端電極を高電圧端子に接触させ①コンデンサに高電圧を充電し、コンデンサの帯電漏れが少ないうちに、速く②供試機器に先端電極を接触させるものでした。

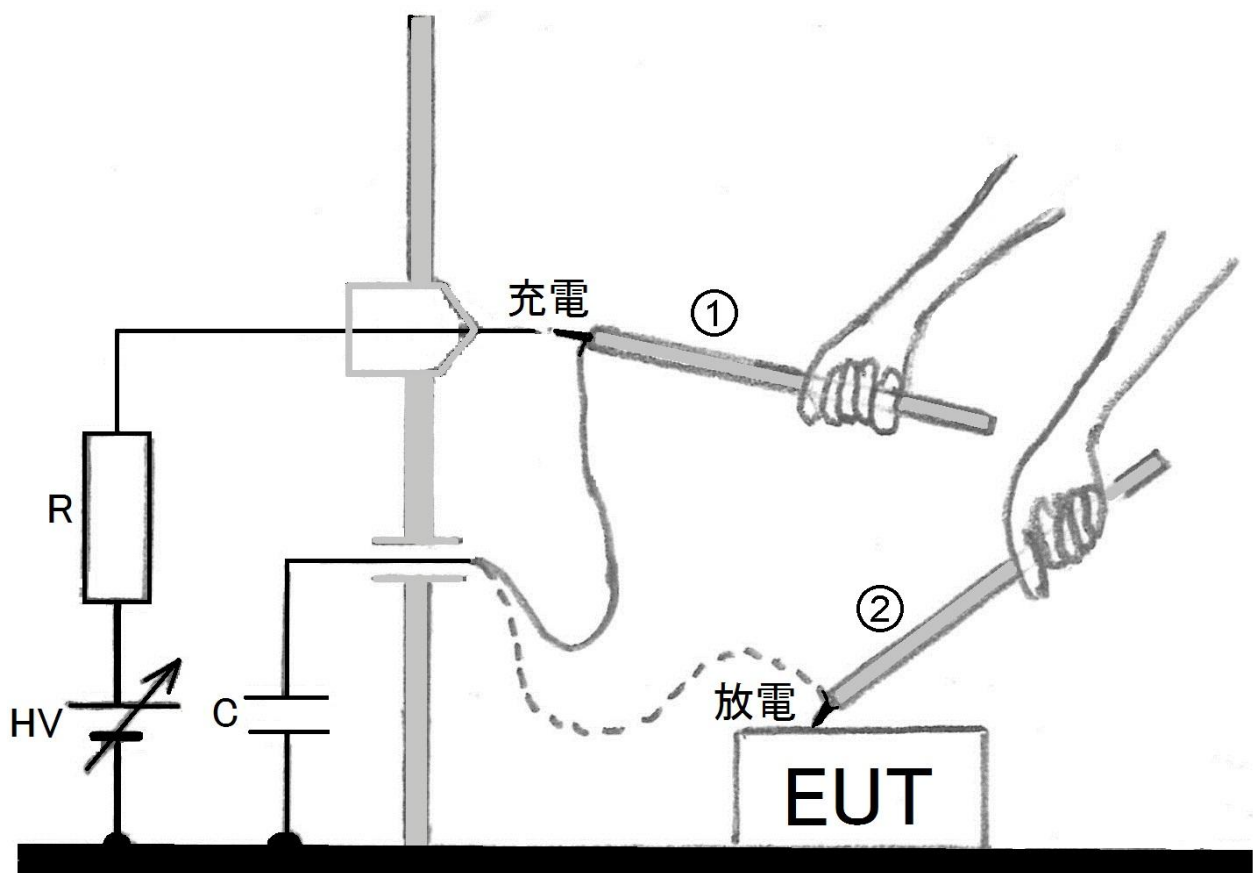


図1 静電気試験器略図 (HV は高圧可変電源、R は充電電流制限抵抗、C は帯電用コンデンサを示す)

これは、先端電極をコンデンサに充電後、漏れ電流で電圧が下がる前に放電させるために、素早く先端電極を EUT に近づける必要がありました。その操作速度によって、試験結果が変わりますが、ESD に対する強度の大雑把な比較はできました。それより大きなバラツキ要因は湿度の影響で、雨の日は緩い試験になりましたので、品質保証担当者は晴れの日を選んでいたようです。バラツキ要因をもっと詳し

く調べるために、ESD を電氣的に観測しました。ESD は単発現象なので、ストレージオシロスコープをシングルトリガで動作させて観測しましたが、このトリガは放電の少し前に手動で行う特技が必要でした。当時はアナログ方式のブラウン管に残像を残す方式だったので、輝度最大でも、やっと見られる程度で遅い波形しか残りません。波形記録は写真撮影です。速い波形を見ようと普通のオシロでも観測

しましたが、人間の目の残像記憶に頼るしかありませんでした。それでも、観測された波形は放電ごとに違うことは分かりましたので、これが試験結果のバラツキ要因だろうと推測しました。今のデジタルオシロは常に一定期間 A/D 変換して記憶しているので、トリガの前後を後から見ることができ、しかも分解能が GHz レベルなので、当時見えなかった放電現象の速い立ち上がり波形が容易に見えるようになって、ESD 試験のバラツキ要因削減検討に役立っていることと思います。

個人的な探究心で、ESD の人体帯電モデルが正しく試験器で模擬されているか確かめるため、図 1 の高電圧の充電端子を指で触り、人体に帯電させて、指から放電させてみました。試験器の放電が人体帯電の放電と合っているかは良く分かりませんでした。人体帯電状態で、指を静電電圧計に触って足を上げると静電電圧計の針が上がって、 $Q=CV$ の関係が成り立っていると実感できて感激しました。これは、人体静電容量が人体姿勢により変ることが実験で確かめられたことになります。

設計技術としてシグナルインテグリティ (Signal integrity) やパワーインテグリティ (Power integrity) が最近注目されていますが、当時の回路性能を確保する仕事と同じで、私の最初の体験は、キーボードから基板への配線の束でクロストークが問題になって対策したことが、これに該当すると思います。これは浮遊容量が悪さの原因ですが、回路図には書かれていません。現物を確かめなければ分かりません。

このような EMC 問題解決を後から現場技術者に任せると、設計変更の費用が大きくなります。従って、設計段階から良好な EMC を実現するためには、シグナルインテグリティとパワーインテグリティは必要で、それと同時に EMC 要素の作り込みです。この様な考え方から、IEEE の国際 EMC シンポジウムに、信号および電源インテグリティの専門家も多く参加してもらうために、その名称に Signal and Power Integrity が、2017 年のワシントン DC 開催から追加されることになったそうです。

EMC に関する重要なことは、回路図に書かれていない、電磁気学的な電気の振る舞いを漏れなく把握し、モデル化して設計で作り込むことです。EMC 問題解決で行き詰ったら、EMC は自然現象で物理法則には従うので、必ず前提条件の見落としが有るはず。検討された電磁気現象以外に何か見落とししているものはないか追求すれば、解決策のヒントが得られるはずです。

製品性能が向上し、要求品質が高くなった現在、EMC レベルを維持するための、設計や評価の技術は向上したと思います。その要素には、計測機器、試験機器、CAD/CAE の性能向上があります。そして、日本の技術者が IEC、CISPR などの国際規格審議へ参加し、主要な貢献をするようになった先人たちの努力もあります。将来、この延長線上に発展し、EMC 分野で活躍する次世代の方々に期待しています。

著者略歴

田路 明（たじ あきら）



1970 年 3 月 東海大学 工学部 電子工学科卒業

1970 年 4 月 カシオ計算機株式会社 入社

1988 年まで、デジタル機器、ポケット型液晶テレビやカードラジオなどの回路設計、品質評価、その後、EMC 関係のコンプライアンス支援、電波半無響室の導入と管理運用などを担当。

主な社外活動として一般社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会（略称：JBMIA）の電磁環境小委員会委員長や CISPR 関係の国内委員会委員などを務めた。

2009 年 3 月: 株式会社 e・オータマ入社 現職

電磁界解析と逆問題の難しさ

東北大学イノベーション戦略推進本部 レジリエント社会構築イノベーションセンター

副センター長、特任教授 澤谷 邦男

1. まえがき

電子通信学会（現在の電子情報通信学会）に環境電磁工学研究専門委員会（EMCJ 研究会）が設立されたのは筆者が大学院博士課程を修了し助手に採用された直後であったと記憶しています。また、筆者が所属していた研究室の隣は EMCJ 研の設立と運営に指導的役割を果たされた佐藤利三郎教授の研究室であり、EMC の研究を横目で見ながら若い時代を過ごしました。当初は発表件数もあり多くはなかった EMCJ 研究会でしたが、関係者のご努力により次第に活動が活発になり、確固たる地位が築かれました。また、1984 年以来 5 年毎に合計 7 回の EMC の国際会議を日本で開催しており、国際的な認知度も高まってきたことは EMC 研究の 40 年の着実な歩みを裏付けていると感じております。

本稿では EMC に関わった 40 年を振り返り、主に電磁界解析・シミュレーションと逆問題の難しさについて感じていることを述べます。

2. EMC との関わり

筆者は学生時代から教員までの 40 年余の期間、アンテナ・電波伝搬、電磁波理論に関する研究を続けてきました。この研究分野はアンテナや回路からの放射を扱うという意味で EMC のエミッションの分野と本質的に同じですので、EMC の研究にも興味を抱いていました。また、1994 年から 2 年間 EMCJ 研の幹事を努め、1999 年 5 月に東京で開催された EMC' 99/Tokyo では組織委員会と運営委員会の副

委員長を務めさせて頂き、EMC に関する多くの研究発表に接することができました。さらに 2000 年から 5 年間に亘り通信・放送機構仙台 EMC リサーチセンターのプロジェクトサプリーダーを努め、電波を発生する波源の位置を推定する研究に携わることができました。

3. 電磁界のシミュレーション技術について

上述のように、アンテナからの放射と線路や回路からのエミッションは全く同じですので、アンテナ・電磁界の数値解析法や測定法も本質的には全く同じです。電波の放射を扱う主な数値解析技術にはモーメント法（Method of Moments、MoM）、時間領域差分法（Finite Difference Time Domain method、FDTD 法）[1]及び有限要素法（Finite Element Method、FEM）があります。MoM の歴史は古く、1915 年にロシアの Galerkin がその手法を提案していますが、アンテナからの放射問題に使われ始めたのは 1960 年代末頃です。FDTD 法は Yee が 1969 年に発表した手法で、Maxwell の方程式を数値的に解く方法です。この手法は大容量のメモリと高速計算が必要であるため、1980 年代までは 2 次元問題など限られた構造にしか適用できませんでしたが、計算機の発達に伴い 1990 年代半ば頃から現実的なモデルに対して、電波だけでなく光波にも利用されるようになりました。EMC の分野で FDTD 法は電波の電力が人体のどこにどれくらい吸収されるのかを解析する技術、いわゆるドシメトリ解析など

に威力を発揮しています。FEM は元々建物や航空機などの構造解析に用いられてきた技術でしたが、1960 年代に電波の解析に利用されるようになりました。これらの手法は計算機の発達によってかなり普及し、これらの手法に基づいた電磁界シミュレータも市販されています。

電磁界シミュレータは電磁界を扱う技術者・研究者にとって有用なツールになることが期待されますが、現実には必ずしも簡単にはいかない場合が少なくありません。これは、それぞれのシミュレータが得意とする構造を持っていることに起因します。従って、シミュレーションの原理の適用限界とそれぞれのシミュレータの得手不得手を理解しないと期待通りのシミュレーション結果が得られないことになります。また筆者の経験では、バグとしか思えない変な計算結果が得られることもあります。この問題を回避するためには、シミュレータの利用者同士の情報共有が重要であり、利用経験のある人から予め得手不得手を聞いておくことが大事だと思います。

4. 逆問題の難しさ

仙台 EMC リサーチセンターのプロジェクトでは電波を発生する波源の位置を推定する研究を行いました。アンテナや回路の高周波電流が分かっているとき、この電流によって放射される問題を順問題と呼ぶのに対して、放射される電磁界から波源の電流や位置を推定する問題は逆問題と呼ばれており、波源推定は逆問題に属します(図 1)。EMC リサーチセンターでは複数の手法を用いて波源推定を行いました[2]。また、このプロジェクトが終了した後も MoM の理論を利用した波源推定に関する研究を継続しました[3]。さらに、最近の数年間には空港などの保安検査の装置として、人体が発生するミリ波熱雑音を画像化するミリ波パッシブイメージング装置の開発にも進めてきました[4]。それぞれの手法の特徴

を生かした成果は得られましたが、順問題に比べて逆問題の難しさを痛感しました。その原因は、位置推定の分解能が波長にほぼ比例することから、特に周波数が低い場合に分解能が低下することです。また、実際の測定においてはノイズが混入し、その影響が大きいことも原因の一つです。さらに逆問題では答が一意に決まるという保証がないため、得られた結果の信頼性を保証することが出来ないことも難しさの一つです。

結論として、逆問題は 100 点満点の成果を得ることは容易ではなく、例えば 60 点程度で妥協せざるを得ないと思います。また、1 つの手法だけに頼るのではなく、複数の手法を組合せることが重要であると考えています。

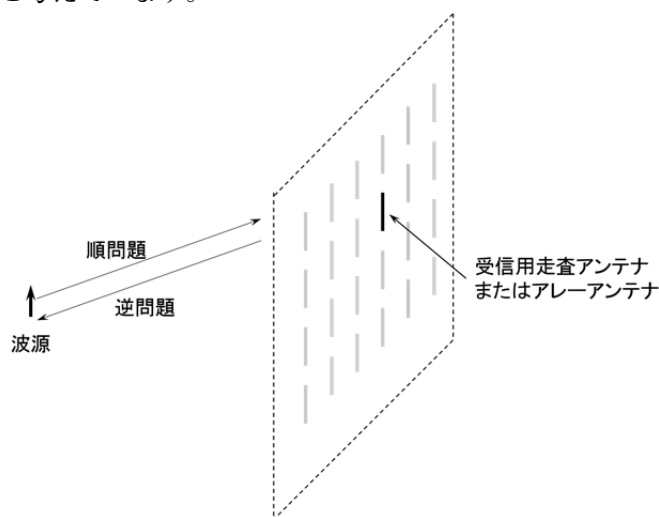


図1 順問題と逆問題

5. まとめ

以上、筆者のつたない経験から、電磁界シミュレータには、採用している手法によって得手不得手があることを知っておくことが重要であること、逆問題は難しく 100 点満点を目指すのは困難であり、複数の手法を組み合わせる必要があることを述べました。

参考文献

- [1] K. Sawaya, “Numerical Techniques for Analysis of Electromagnetic Problems,” IEICE Trans. Commun., Vol.E83-B, No.3, pp.444-452, March 2000.
- [2] 澤谷邦男, “電波の可視化,” 電子情報通信学会誌, Vol. 87, No.10, pp. 842-844, Oct. 2004.
- [3] Chen, S. Kato, and K. Sawaya, “Estimation of Current Distribution on Multilayer Printed Circuit Board by Near-Field Measurement,” IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, Vol.50, No.2, pp.399-405 May 2008.
- [4] 澤谷邦男, 佐藤弘康, 水野皓司, “ミリ波イメージング,” 映像情報メディア学会誌, Vol. 67, No. 6, pp. 465-467, June. 2013.

著者略歴

澤谷 邦男（さわや くにお）



1971 年東北大学工学部通信工学科卒業。

1976 年同大学院博士課程修了。同大助手、助教授、教授、研究支援者を経て東北大学産学連携機構イノベーション戦略推進センター特任教授

プラズマ中のアンテナ、プラズマ加熱用アンテナ、超伝導アンテナ、電磁波の散乱・回折、移動通信用アンテナ、アレーアンテナの研究に従事。

工学博士。

IEEE ライフフェロー、電子情報通信学会フェロー、映像情報メディア学会会員。

1981 年電子通信学会学術奨励賞、1988 年電子情報通信学会論文賞、2006 年同学会通信ソサイエティ Best Paper Award、2009 年同学会論文賞・喜安善市賞、2014 年同学会通信ソサイエティ優秀論文賞受賞。

EMC との出会いから 43 年、CISPR とともに 27 年を振り返って

NTT アドバンステクノロジー株式会社／電波利用環境委員会 I 作業班主任

博士（工学） 雨宮 不二雄

1. EMC との出会いと標準電話機の研究実用化を通じた EMC

私が EMC に遭遇したのは電電公社武蔵野通研（当時）に入社して半年ほど経った頃、先輩に連れられて回転ダイヤル式の黒電話機をプッシュホンに替えて戴いたお客様宅での、ラジオ放送混入問題の現場調査に出向いた時でございます。黒電話機の時は何事もなかったのですが、プッシュホンからラジオ放送が2階でも聞こえる音量で出力され、深夜放送が夜通し聞こえて安眠できないので何とかして欲しいという苦情でした。私はこの調査の際、念のため新品のプッシュホン（小箱入り）を持参していましたが、お客様宅の近くで社用車から降りました時に小箱の中からラジオ放送が聞こえてくることに気付き、大変驚いたことを今でも鮮明に覚えています。

このお客様宅で発生していたラジオ放送の混入は、現場調査に先立つ打合せで、電話局（交換機）からお客様宅までの通信線路がアンテナとなり、通信線路に誘導したラジオ放送波がプッシュホン内のダイオードブリッジ（注：黒電話機には能動回路がありませんのでダイオードブリッジはありません）で検波されて、電話機の受話器から出力されることが原因であろうと推定されていました。現場調査では、電話機の着信待受状態と通話状態とでは状況が大きく異なり、着信待受状態では通話状態に比べラジオ放送の出力音量が遙かに大きいことが判明しました。そして、着信待受状態では電話機の通話回路には 2

本の通信線のうちの 1 本のみが接続された状態になっていることから、プッシュホンがまさに、通信線路（アンテナ）、ダイオード（検波器）、受話器（スピーカ）で構成される鉱石ラジオとして機能していることを改めて確認しました。

この現場調査では、ダイオードにコンデンサを並列接続して検波機能の抑制を図ろうとしましたが十分な効果が得られず、接点が 1 つ多いフックスイッチを用いて着信待受状態では受話器を切り離す対策を併用して急場を凌ぎました。この結果は、当時研究所で取り組んでいました電子化電話機の研究実用化にも多大なインパクトを与え、2 本の通信線が通話回路に接続される通話状態ではラジオ放送の出力音量が大幅に低下することを足掛かりに、検波機能の抑制ではなく、電磁誘導の基本に立ち戻って雑音混入そのものを抑止する対策設計法の検討を迫られました。

この検討で得られました結果は、電話機の実用化に向けたチェックリスト（機械的強度、耐環境性等）に新たに追加された放送波誘導耐力の確認フローに逐次導入され、類似の雑音混入問題の未然防止に役立てていくことになりました。私にとりましては、研究室に閉じ籠っているだけでは真の実用化は覚束ないという、貴重な教訓を与えてくれた現場調査であったと思っています。

2. 電子化電話機の研究実用化を通じた EMC

次に、最初の電子化電話機（701P 形電話機：ミニ

プッシュホン)の研究実用化の際に直面しました EMC 事例と、その解決に向けた体験をご紹介します。

東京タワー近傍の高層ビルにオフィスを構えていた東京通信局に、ミニプッシュホンの試作機を設置して現場試験を開始しました矢先に、通話の相手側の電話機にミニプッシュホンから送られてくる音声より遥かに大きな雑音が出力され、通話ができないという深刻な問題が発生しました。ミニプッシュホンの受話器からの雑音は、通話の相手側と比べて大幅に低いレベルでした。

本件は上述しましたプッシュホンでの経験を復習した上で取り組みましたが、問題の発生メカニズムが全く異なることに気付くまでに時間を要してしまいました。試行錯誤の末、VHF テレビの映像電波(振幅変調波)が、ハンドセットのコールコードや電話機内部のリード線等を介して通話回路 IC に混入し、映像電波に含まれている垂直同期周波数の 60 Hz とその高調波が、送話回路部で復調・増幅されて相手側に送付されるというメカニズムが判明したのですが、次にはこの問題を解決するための非常に困難な EMC 対策の検討が待ち受けていました。この検討は多岐に渡り、その成果は新たな電子化電話機、さらには通信網のデジタル化に呼応するデジタル電話機器の EMC 設計に反映されていきましたが、紙面の都合もありますので、ここでは通話回路 IC の送話器接続端子に現れる VHF テレビの映像電波(最高は 12 チャンネルの 230 MHz 帯)を、コンデンサの挿入により抑制した対策事例と、その検討で得た教訓をご紹介します。

当時、230 MHz 付近まで容量性を保つコンデンサが存在するのか、どのように回路基板へ実装すればリード線の影響を無くすることができるのか等についての経験や知見を持ち合わせていませんでした。また 100 MHz 以上のインピーダンスを測定できる機器の入手に時間を要する状況でしたので、100 MHz

までの測定結果から 200 MHz 付近のインピーダンスを推定しながら検討を進めていましたが、当時入手できました高周波特性が非常に良いコンデンサを使用しても、リード線がある限り(現在のチップコンデンサのようなものではありませんでした)挿入しても殆ど効果がない(場合によっては逆にノイズレベルが増加)との結論に至りました。そこでプリント配線基板上に基板材料(ガラスエポキシ)を誘電体とするコンデンサを形成し、これを通話回路 IC の送話器接続端子のピン間に配置するという窮余の策を提案しました。この提案は、現場試験の全国展開が迫っている時期に基板の配線パターンや実装の変更を強いることになってしまいますので、実用化グループ内で物議を醸しましたが、予備実験等の結果、このコンデンサの挿入によりテレビの映像電波を抑制できる見通しが立ちましたので、対策として採用されることになりました。

この案件では時間的な制約もあり、本来行うべき IC 内の回路構成に関する EMC 対策の検討と、その結果に基づく IC の作り直しまでには至りませんでした。このため、問題が発生する度に付加的な事後対策を行うのでは真の実用化とは言えないのではないかという疑念を生み、予め想定される EMC 問題を抽出・整理した上で、可能な限り研究段階で解決して事業部門に引き渡すのが研究所の使命ではないかとの教訓を、私を含め多くの関係者に残してくれました。

3. 通信 EMC の基盤研究と CISPR エキスパート業務を通じた国際標準化

電電公社が NTT に民営化されました後、NTT は電話機を始めとする通信端末機器の研究実用化から手を引くことになり、私は電話機の研究実用化部門から、通信 EMC の基盤研究を担当する部門に異動するとともに、ITE(情報技術装置)の EMC 規格を担当している CISPR/G(当時)のエキスパートと

して国際標準化活動も開始することになりました。以来 CISPR/E（放送受信機等を担当）と CISPR/G をマージして設立された CISPR/I（マルチメディア機器を担当）での活動も含め、27 年が経過しようとしていますが、この間、EMC 基盤研究の成果をベースとして ITE およびマルチメディア機器の EMC 規格の発行と改訂に向けた寄与活動を続けてきました。多くは語れませんのでここでは、CISPR 24（ITE のイミュニティ規格）における「通信ポートの伝導イミュニティ試験レベル」の制定に関わる事例を紹介し、EMC の標準化業務を通じて会得しました標準化活動を進めていく際の心構えのようなものをご紹介します。

CISPR 24 初版の発行に向けた草案を準備中の段階で、0.15 MHz～80 MHz の伝導イミュニティ試験の試験電圧として、基本規格の IEC 61000-4-6 に準拠して 3 V（一定）が提案されましたが、日本より国内外の 10 機種の手話機の試験結果を報告し、全ての電話機が規格を満足しない、世界中で使用されている電話機に顕著なイミュニティ問題が発生していない等のことから、提案されている試験レベルは実態に合わず試験レベルを変更すべきであることを提案しました。これに対し各国は、日本の報告のみで試験レベルを変更できない、更にデータを収集して継続検討すべきとの見解を示しましたので、その後日本より追加測定とシミュレーションの結果を報告して試験レベルの変更を再度提案しました。審議では、日本提案に基づく修正に賛成、基本規格と異なる試験レベルは避けるべき、試験レベルは変更せず判定基準を変更してはどうか、判定基準の変更は許容できないノイズレベルが基準となり望ましくない等のホットな議論が継続しました。

本案件は採決により、取り敢えず試験レベルは 3 V（一定）で判定基準を変更する案が採用されることになり、判定基準には雑音の可聴限界ではなく、人間の快適受聴レベル（一部の周波数については過

大な受聴レベル）が導入されてしまいました。本件に関する審議はその後も長らく継続し、CISPR 24 第 2 版修正 1 の発行の段階で試験レベルがようやく本来あるべき姿に変更され、CISPR 35（マルチメディア機器のイミュニティ規格）の発行に向けた検討でも同一の試験レベルを採用する運びとなりましたが、ここまで辿り着くまでに 18 年もの歳月を必要としました。

本案件は、検討を開始した段階から、各国の通信機器と音響機器の EMC エキスパートが密接なりエゾン体制を構築して標準化を推進して来ていれば、多少なりとも紆余曲折を避けることができたものと反省しています。このような経験も忘れずに CISPR/I での標準化活動を継続していますが、できるだけ円滑な標準化の推進に寄与していくためのポイントは、なかなか実行が伴わず会議の度に反省しているのですが、自分の意見を持ち提案には実験等による裏付けを有していること、相手の意見・提案にコメントできること、個々の意見・提案の共通点を探りだし、これを糸口としてソリューションを見出すための議論ができること、の 3 点ではないかと思っています。

4. むすび

社会人となって間もない頃に EMC と遭遇し、以来、電話機の研究実用化の一環としての EMC および基盤研究としての EMC を 43 年間、そして CISPR のエキスパートとして 27 年間 EMC の国際標準化に携わってきました。この間、多くの方々と知合う機会を得、情報・意見交換等の場を通じまして幾多の、そして一方ならぬご指導・ご鞭撻を賜り現在に至っております。今回、ノイズ研究所の 40 周年記念誌の発行に際しまして寄稿する機会を頂戴いたしましたので、私の泥臭い経験の中から数例をご紹介します、EMC 活動の実践を通じて得ました教訓や心構えの一端を披露させて戴きました。少しでも関係者の皆

さまのご参考になりましたら誠に幸いです。

著者略歴

雨宮 不二雄（あめみや ふじお）



- 昭和 46 年 3 月 東北大学工学部・通信工学科卒業
- 昭和 48 年 3 月 東北大学大学院工学研究科・電気及通信工学専攻修士課程修了
- 昭和 48 年 4 月 日本電信電話公社（現 NTT）入社、武蔵野電気通信研究所に配属、以来
電子化電話機・デジタル電話機器の研究実用化、通信システムの EMC 試験・評価法の
基盤研究と EMC 国際標準化、EMC に起因する故障の技術協力等の業務に従事
- 平成 12 年 4 月 NTT アドバンステクノロジー(株)に転籍、電波事業部 EMC センタに配属、以来
EMC 試験サービス、電磁環境調査、EMC 国際標準化等の業務に従事
- 平成 19 年 3 月 博士（工学）（東北大学）

- 平成元年 10 月 郵政省電気通信審議会 CISPR 委員会調査研究員、CISPR G 作業班エキスパート
- 平成 7 年 5 月 電子情報通信学会環境電磁工学研究専門委員会（EMCJ）幹事
- 平成 8 年～平成 26 年 EMC 国際シンポジウム国内大会（4 回）の運営委員会副委員長
- 平成 13 年 6 月 総務省情報通信審議会 CISPR 委員会（現電波利用環境委員会）I グループ主任、
CISPR I 小委員会副セクレタリ、CISPR I 作業班エキスパート
- 平成 20 年 10 月 CISPR 運営委員会委員

- 平成 19 年 IEC 活動推進会議・議長賞、日本電気協会・澁澤賞
- 平成 20 年 電子情報通信学会・業績賞、通信協会・前島賞、IEC 1906 賞
- 平成 23 年 文部科学大臣表彰・科学技術賞、電波産業会・電波功績賞

私の人生を決めた EMC との出会いと後輩に伝えておきたいこと

STECS 代表：(Shinozaki Technical Creation and Support)

STECS

iNARTE EMC エンジニア、PS エンジニア

篠崎 厚志

私は、足立ノイズ研究所として創立された当時、創業者の足立さんとの出会いがきっかけで EMC の道に入りました。

人生の終盤に差し掛かり振り返ってみると、この出会いが人生を決めたと思っています。

現役時代は評価をされない EMC の道を選んだことに後悔することが多々ありましたが、今はこの道を選んで良かったと痛感しています。この道に導いて頂いた足立さんには非常に感謝しています。EMC に命を救われ、日々を送っていると言っても過言ではないです。リタイア後は、「教育が大事です」とある方に言われました。「今日行く」所がある事が重要です。無かったら地獄の日々を送ることになっていたと思います。我が家には某国の元首領様と誕生日が同じ統治者がいますから・・・。

EMC の歴史は昭和 30 年代に端を発していると聞きました。当時は受信機器のローカルオシレータの不要輻射が問題になっていた様です。この対策は家電メーカーにとって大きな課題になり、見かねた松下幸之助さんが、各メーカーばらばらに対応することに無駄を感じ、メーカーの壁を越え一緒に研究する場所が必要と判断され、KEC 関西電子工業振興センターを設立されたとお聞きしています。今この精神が忘れられようとしていることが気になります。大手メーカーの内向き指向が強まり、EMC シンポジウム等での講演を制限するメーカーが増え、シンポジウムの継続が難しくなっています。講師を引き受け

て頂ける方が見付かっても会社が許可しないケースが多発しているのです。大手メーカーが基礎技術を指導し、中小メーカーの技術者育成をして来た結果、世界に誇る技術立国を確立できたと思っています。技術者の教育を辞めてしまったら、誰が中小メーカーの技術者育成を行うのでしょうか？中小メーカーの技術力を上げてこそ新たな分野での世界挑戦が出来るのではないのでしょうか？松下 幸之助さんの精神を是非継承して頂きたいと思います。

次世代の EMC 技術者の育成にも支障が出ています。この分野は業種やメーカーの枠を超え、知恵を出し合う取り組みが出来るのです。私達を育てて頂いた環境と逆行しています。

更に変な秘密主義が芽生え、企業の枠を超えて連携して来た EMC 技術者の繋がりが希薄になってしまった様に感じています。EMC を語る上で各社の製品情報等の機密事項を語る必要はなく、規制・規格の技術解釈情報等を気軽に交換していたのですが、それも出来ない雰囲気になっていませんか？その結果何処でも同じ様なことに迷い、同じ失敗をしていると感じています。EMC は企業の枠を超えた共通課題だと思っていますので、オープンな情報交換出来る環境を維持して行って欲しいものです。

プロの EMC 技術者とは、フィールドで発生する電子回路の誤作動原因特定、いわゆるトラブルシューティングが出来る力を持った人でしょう。情報は自

分から発信しないと欲しい情報は入って来ません。また、自社製品とは関係ない分野の EMC には興味を持たないという人もいますが、EMC は共通技術であるため、トラブル解析法を知るには解析の場数を踏むことが大切だと思っています。多種多様な EMC トラブルの現場を経験することが EMC のプロになるためには必要なことです。EMC 規格適合試験をして合否判定をする仕事であれば、コンピュータの自動計測のスタートボタンを押せば PC が測定機器を制御し測定結果が出る時代ですので、そこには技術的な知識を必ずしも必要としません。リストラによって経験豊富な EMC の専門家が職場を去ってしまい、相談や指導を仰ぐ人が社内に居なくなってしまったという声も聞きます。その結果、技術者の必要知識として製品に要求される規格、規制を知らずに開発設計を進め、販売直前になって販売対象国で売れないという問題に直面し、私たち MTEP * 専門相談員に支援要請されるケースが多くなっています。この相談から見えてくる課題もあります。企業規模に関係無く経営者が製品を海外に輸出する時に対象国の法規制適合が必要になるという認識が全く無く、担当者が対応を背負わされてしまい苦労することが多いという事です。法適合試験は小型の電子機器でも 100 万円を超える費用が掛かってしまうこともあり、企業規模によっては大きな負担となり、担当者が決裁できないこともあります。日本国内では法規制の整備が遅れたため、規制対象とならずに売れる物が結構あり、認識不足になっていると感じています。「日本ではそんな法律を要求されたことはなかった」「誤魔化してでも売りなさい」となってしまうこともある様です。違反が発覚した場合は全て企業経営者の責任になり、ペナルティが科せられ最悪の場合は企業存続にも影響することになります。MTEP 専門相談の情報交換会時に企業経営者に対する法規制教育の必要性が毎回上げられています。

私は現役時代に電子回路設計を担当していた時に EMC 問題と遭遇し、定年前の 20 数年間は EMC を専門に担当してきました。片手間では出来ない分野だと感じています。静電気による誤作動問題が露呈し始めた 1980 年前後、米国 FCC が世界で始めて EMI 規制を始めた 1985 年頃は注目されましたが、その後は EMC 冬の時代に入り、全く注目されなくなりました。その時には EMC は評価されないから後輩に押し付けて EMC から逃げてしまった人もいました。この状況が欧州の EMC 指令が発効する前の 1994 年頃まで続き、EMC 技術者がこのまま EMC 分野に留まって良いのか迷った時代でした。このころ所属していた当時の KEC 関西電子工業振興センターの EMC 研究会が心の拠り所になっていました。研究の飲み会になれば愚痴のオンパレードでしたが、同じ思いをしている仲間が居るとことを知って、日頃のストレスの良い発散の場であったと思います。1990 年当時この研究会の主査であった、近畿大学教授 佐々木先生の言葉は今でも忘れることが出来ません。「EMC は絶対に必要な技術分野です。3 年間我慢しなさい。」その間は EMC 研究会で発散しなさいということでした。「CE マーキングが強制化されれば EMC は必ず見直される。1993 年を過ぎれば EMC 指令対応が必要になる。」この予告通り、EMC は再び注目されることになりました。この時ほど人の繋がりの心強さを感じたことは有りませんでした。

EMC 指令への対応の必要性を経営トップに理解して頂いて以降、試験設備の導入に必要な予算を承認して頂ける様になったのです。状況は様変わりしました。当時の一番の思い出は EMC 試験業務のセンター化でした。欧州の EMC 指令が発効する前は EMI のみの対応で良く、事業部個別で対応が出来ていたのですが、イミュニティも要求され、更に放射エミッション測定は 10 m 法が基準となるため、それまでの 3 m 法の測定施設では対応出来ないという

問題もあり、10 m 法の電波暗室の導入が必要となり、数億円の投資が必要となったのです。その結果、それまでの様な事業部別の対応では投資効率、人材効率を考えても出来ない規模になったのです。このような状況になるまで何回か EMC センターの設置を働き掛けていたのですが、総論賛成、各論反対という状態が3年間程続き、こうした状態に希望を失い私は、この時に転職を考えました。そのことを先輩に相談した時に、社内の企業化公募に応募してみて採用されなかったら辞めたらよいと言われたのです。企業化公募には30を超える提案があった様です。私以外の提案は、全て上司経由で窓口となっていた部門に提出されていた様です。私は、上司経由で提案すると葬り去られると思っていましたから、起案書を直接窓口に提出しました。結果的にこれが正解で、この提案が認められ、企業化ではなくセンター化を実現出来ることになったのです。提案は通ったのですが、上司に一言も相談せずに提案したことでマイナス査定をされました。それでもセンター化出来れば良いと思っていました。企業化することは目的では有りませんでした。

その後試験所認定を取得し、対外的にも通用する試験所にすることが出来ました。更に東南アジアの現地工場への EMC 試験施設導入と試験所の立ち上げを担当しました。インドネシアではスラバヤ工科大学へ出向き学生の採用面接も行い人材育成から手掛け、シンガポールでは、現地スタッフと共に EMC 試験所認定取得に挑戦し、1 年余りで試験所認定制度である SINGLAS 認定を取得することが出来ました。異なる国籍（4 ヶ国）のメンバーと一緒に国民性の違いを乗り越えて仕事が出来、非常に良い経験をさせて頂いたと思っています。

EMC の仕事を始めてから幾度となく辞めたいと思ったことがありますが、現役が終わって今振り

返って見ると、この仕事をしていて非常に良かったと思っています。EMC の仕事していたことによって、全く違う分野の EMC 技術者とのネットワークも広がり、非常に多くの人脈が出来きました。特に航空機搭載機器の EMC トラブル解析を手掛けたことがきっかけで、電子航法研究所の研究活動を通じて航空機の EMC に関わることも出来ました。これらの仕事を通じて美人揃いの CA の皆さんと飲む機会も何回かありました。浮かばれる機会の少ないと思われる EMC を担当していたから、めぐり会えた楽しい時の思い出です。

EMC への理解が無かった時代に同じ悩みを語りあい、慰めあって来たことが、他では出来ない人との関係を築くことに繋がったと思っています。EMC が評価されない時代を耐えることが出来たもう一つの支えは会社の先輩でした。「明けない夜は無い」、「出る釘は打たれるが、出過ぎた釘は打たれない」と言って励まして頂いたことを忘れることが出来ません。信念を持って訴えればいつか分かって頂ける時が来るということです。釘も出過ぎてしまえば無視出来なくなるということです。

卒業して早いもので6年になり、この間に長野県工業技術総合センター 電子部に嘱託として勤務し5年間の任期を満了し、年金生活者になる予定でしたが、信州大学工学部 航空宇宙システム研究センター 航空機システム部門の設立に伴いコーディネーターと呼ばれ、航空機の EMC に関係する仕事をするようになりました。最後は航空機に関わる仕事で終わればと願っていましたが、実現するとは思いませんでした。

今までの経験をこの技術指導の中に全て込めて置いて行くことが出来ればと思っています。

*MTEP: 広域首都圏輸出技術支援センター (Metropolitan Technical Support Network for Export Products)
関東甲信越の公設工業試験場が連携し、中小企業の輸出支援事業を行っている。

<http://www.iri-tokyo.jp/mtep/>



1992年 短冊状のアルミ箔とビニールを交互に吊るし、風を送って帯電させ機内で発生する静電気放電を模擬した実験。静電気検出器が鳴りっぱなしになった。



機内電磁環境調査



CAの皆様と楽しいひととき (フランクフルトにて)



1997 年 実機を用いた経路損失特性評価試験

著者略歴

篠崎 厚志（しのざき あつし）



セイコーエプソン株式会社において、国内やシンガポールで EMC 試験所を立ち上げ、試験所認定取得した。
また CE マーキング等、自己立証制度に対する社内基準制定などを行った。 EMC 試験グループ課長

（一社）電子情報産業協会（JEITA）EMC 専門委員会・マルチメディア委員会委員、（一財）VCCI 協会技術専門委員会委員、iNARTE Japan EMC 委員会委員、CRC（認定委員会）責任者、日本適合性認定協会（JAB）EMC 試験所審査員、（独）電子航法研究所 監視通信領域客員研究員、旧（独）電子航法研究所 監視通信領域客員研究員、長野県工業技術総合センター旧精密・電子部門 電子部嘱託を歴任
現在は MTEP 専門相談員（東京都、長野県）、（公財）長野県中小企業振興センター登録専門家として EMC に関する技術支援活動を行うと共に、信州大学 工学部 航空宇宙システム研究センター航空機システム部門のコーディネーターとして勤務している。

私の「EMC とともに」

一般財団法人 VCCI 協会 技術アドバイザー
長部 邦広

私のノイズ研究所との関わりは、1990 年代に入ってからだと思います。私の元勤務先パナソニックモバイルコミュニケーションズ(株)(旧松下通信工業)の佐江戸工場にある EMC テクニカルセンターを創設した時期、EU の EMC 指令に対応したイミュニティ試験設備の充実が急務として、IEC 61000-4-2 に基づく静電気放電試験室をセンター内に設置した時からです。当時 EMC 試験機器、特にイミュニティ関連試験機器については海外メーカーが主流の中で国内メーカーとして奮闘されていたことを思い出します。私がパナソニックを退社してからは、国内外の EMC 技術展、技術シンポジウム等で出展されているノイズ研究所ブースに立ち寄るぐらいで、繋がりとは殆どなくなりましたが、これからも国内 EMC 測定・試験機器メーカーとして、ご活躍を期待しています。

さて、私の「EMC とともに」は、私が EMC 業務に専念することになった 1980 年代前半からということになります。1981 年からその翌年にかけて、EMC 指令のベースになった TV/FM 受信機に対するエミッション要求にイミュニティ要求を加えたドイツ FTZ (Fernmeldetechnische Zentralamt:電気通信技術中央局) 規制に対処するため、松下製品を欧州に輸出する主要販売拠点であったドイツ松下電器に FTZ テストラボを創設することになり、そのメンバーとして、当時私が駐在していた英国から参加、その後ドイツ松下電器に転勤して 4 年間そのラボに駐在した時から始まりました。

松下電器入社当初は、製品設計担当として、放送受信機の局部発振器からの漏れに対する米国 FCC 規制や北欧各国のエミッション規制に対する測定と対策を製品開発の一項目として行った経験はありましたが、EMC を専門として担当することになるとは思ってもいませんでした。1980 年代後半、日本に帰任すると、VCCI 自主規制が始まっており、VCCI の技術専門委員会、国際専門委員会に委員として参加したのを初め、松下通信の主要関連工業会である JEITA (当時 JEIDA)、CIAJ そして JBMIA (当時 JBMA) の EMC 関連の委員会委員として、多くの EMC を担当する方々との出会いがありました。JEIDA 当時の EMC 委員会では、CISPR24 の国内答申を基にした JEIDA イミュニティ規格を作成する分科会で、私は ESD 試験法の作成担当をさせていただきました。このようなところにもノイズ研究所との繋がりがあったことを思い出します。

1990 年代は、元の勤務先、松下通信工業製品の EMC 試験を集中的に実施する EMC テクニカルセンターを創設した本部部門の一員として、CISPR 22 に基づくエミッション試験用電波暗室や IEC 61000-4 シリーズに基づくイミュニティ試験設備等、EMC 試験への対応を充実させてきました。これらの試験設備を設置するにあたっては、国際規格に準拠した評価法により対応しましたが、その評価法にも、いろいろと課題があることを知りました。中でも測定距離 10 m のエミッション測定用として私が設計を担当した大型電波暗室は、理想的な特性を求

めた結果、シールド室の外形寸法は、概ね、幅 30 m ×奥行 40 m ×高さ 13 m という規模になり、電子・電気機器製品のエミッション測定用電波暗室としては多分、現在でも国内最大級の規模であると自負しています。1990 年代後半には、松下通信工業の主力製品であった携帯電話の急激な普及により、携帯電話から発信する電磁波による人体への影響についての議論が高まり、IEEE の SCC34/SC2 委員会に松下の代表として参加し、人体頭部の比吸収率を測定する SAR 測定法規格策定に関わりました。

そして、2000 年代になると、1997 年に発行された情報処理装置のエミッション試験規格 CISPR 22 第 3 版の改訂作業が始まり、特に通信ポートの伝導妨害波試験法と許容値の要求を追加する作業から、VCCI 技術専門委員会の代表として CISPR/I 小委員会の WG3 に 2002 年からエキスパートメンバーとして参画し、現在もメンバーとして活動しています。その結果として、CISPR 22 第 5 版、第 5.2 版そして第 6 版までに VCCI の意見が随所に反映されるようになりました。VCCI の技術専門委員会では、2000 年から 5 年間委員長として VCCI 技術基準の改訂作業にも関与しましたが、VCCI 技術基準のユーザである VCCI 会員、特に試験設備の登録されている試験所の意見を取り入れながら、伝導エミッションと放射エミッションの試験毎に試験設備と試験法を記載している CISPR 22 の規格構成から、試験設備、試験配置、試験法の章立ての中に電源ポート、通信ポート、エンクロージャポートの要求を記載する構成に技術基準を一新しました。この改訂により、現行の VCCI 技術基準 (V-3) は CISPR22 と全く違うと勘違いされた方もおられましたが、試験規格としての要求事項そのものは、ほぼ同一の内容です。並行して、2003 年からは、新規作業としてマルチメディア機器エミッション規格 CISPR32 の審議が始まりましたが、2012 年 1 月に第 1 版、2015 年 3 月に第 2 版が発行され、同年 12 月に CISPR32 第 2 版に基

づく国内答申がされました。VCCI では、現在この国内答申を基に、新たな技術基準を作成し発行する準備をしています。

- ・図式化されたホスト機器とモジュラー機器分類
- ・測定距離 3m と 10m、それぞれに放射妨害波試験許容値を設定
- ・EUT 最大外周円境界とアンテナ間を放射妨害波測定距離として設定
- ・放射妨害波試験の EUT サイズ制限設定
- ・水平基準金属面による伝導妨害波試験
- ・市場抜取り試験を適合確認試験と同じ試験条件で実施

等々、その殆どが現行 VCCI 技術基準を始めとする規程類に既に導入されているか、今までに技術専門委員会で議論されてきた内容として、CISPR 32 に反映されています。新技術基準が発行された時は、是非、その内容を確認して欲しいと思います。つまり、新たな CISPR 32 ベースの VCCI 技術基準による自主規制への移行に、それほど違和感はないと確信しています。

突然、現在の話しに戻って書いてしまいましたが、その後、私は 2005 年から 2014 年まで、VLAC (電磁環境試験所認定センタ) において、ISO/IEC 17025 に基づく品質システムで運用する EMC 試験所の認定業務を担当しました。この間、VLAC が加盟している APLAC (Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation) および ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) に VLAC 代表として参加し、国内外の認定機関による EMC 試験所含め各種試験に対する認定業務の状況を知る機会を得ました。そこでは、試験所として共通の課題でもある測定不確かさ算出についての議論で、EMC 試験の特殊性というか難しさを改めて感じました。つまり、主な EMC 試験であるエミッション測定においては、試験所間の相関性をデシベルの単位で議論しており、それが当然のこととして認識さ

れています。試験所認定の世界で、このレベルの測定不確かさを議論している試験分野は他に見当たりませんでした。もちろん、EMC 試験の特殊性として正当化するつもりはありませんが、その他分野と測定不確かさを同じレベルで議論が出来るようにするには、測定設備、測定機器、そして試験法に新たな考え方が必要なのかもしれません。

以上、私の「EMC とともに」歩んできた経験から、EMC への配慮は、非常に広い分野に渡っており、特に新しい分野においては重要な検討課題になっています。つまり、製品開発においては、電磁両立性の言葉通りエミッションを発生する側と受ける側のバランスを保つための計測技術、試験技術、そして試験法として標準化する技術を整えて、両側面から同じレベルで EMC を評価できるようにすることが必要と感じています。その意味でノイズ研究所の役

割は、これからも大変重要ではないかと思います。

最後になりましたが、ノイズ研究所の 40 周年にあたり、次の言葉を贈ります。これは、EU において、科学分野、特に計測および試験に関するモットーとして掲げられているものです。

“There is no science without measurements, no quality without testing and no global market without standards.”

つまり、

「計測せずに科学は無い、試験を行わずに品質は無い、そして標準を持たずに市場は無い。」

ということだと思います。

ノイズ研究所の今後 50 周年、100 周年と、さらなる発展をお祈り申し上げます。

著者略歴

長部 邦広（おさべ くにひろ）

1971 年 ：松下電器産業株式会社入社
1980 年～：イギリス松下電業駐在
1982 年～：ドイツ松下電器駐在
1986 年 ：松下通信工業株式会社入社
2005 年 ：株式会社電磁環境試験所認定センター入社
2014 年～：一般財団法人 VCCI 協会非常勤勤務

E-mail：osabe@vcci.jp

EMC の C はコーディネーション

谷川 廣治

1. 静電気ノイズとの出会い

「暴走？」

何のことか分かりませんでした。銀行の監視カメラが暴走してフィルム全コマを一気に撮影してしまった、非常ベルが鳴り響き、警察も出動して大騒ぎだった、と言われました。

70年代半ば当時、勤めていた Y 社設計部でのことです。「東洋のスイス」と言われ、時計で有名な S 社など精密機器産業が盛んな諏訪湖を囲む地域では聞き慣れない言葉でした。まだビデオカメラなどが普及していない時代、長尺の映画用フィルムを使用した銀行向けの監視カメラを開発、納入していました。多角化の一環として始めたばかりの事業で、ようやく欧州への輸出も始まったばかりでした。

タイムインターバルで数分に 1 コマ、銀行のカウンター越しに店内の様子を営業時間中ずっと撮影し続けるものです。35 ミリの映画用フィルムは 1 本で 3000 コマ余りが撮影でき、通常のインターバル撮影以外に緊急時には、たとえば非常ベルのスイッチに連動して、残りのフィルム全部を 1 秒に 24 コマの動画を撮影して銀行強盗などを記録する機能を持っていました。この機能が誤動作してドイツの銀行に納入した監視カメラが、装填したばかりのフィルム全コマを撮影したと言うのです。

現地に開発者が出張して分かったことは、銀行の床は毛足の長い絨毯が敷かれ、部屋の隅に設置されたインターバルタイムの設定用パネルを操作した際

に、並行した非常ベル回線に静電気ノイズが飛び込んだと言うものでした。

当時電気・電子技術者は少なく、私も対策に借り出され、社内で再現実験をしましたが、現象は起きませんでした。いろいろと調べた結果、ようやくノイズ研に辿り着き、当時の本社（東京都三鷹）を訪ねたことを思い出します。静電気試験器をお借りしたか、購入したかは定かではありませんが、何とか対策を行うことができました。このときが初めての静電気ノイズとの遭遇でした。

この経験は、当時、私が開発を担当した、社内としては初の CPU を搭載した速度違反車両の取締り装置にも活かされました。おかげで高速道路上での作動テストでも静電気に悩まされることはありませんでした。

2. EMC 規格との出会い

80年代初めに O 社で医療機器システムの開発を担当しているときにも、EMC を意識することは少なかったと記憶しています。80 年代半ばになって JEITA（当時は日本電子機械工業会：EIAJ）の EMC 委員会に参加することになり、EMC 規格（IEC 802 シリーズ）に接するようになり、EMC 規格との日常が始まりました。

この委員会活動の中で、通常は知りえない多くの同業他社の EMC 担当者との知己を得ることになりました。そうこうする内に EMC 主査となり、勤務先社内の担当範囲を超えて業界全体の EMC 対応を

担うことになり、実に多種多様な医療機器に巡り合うことになりました。

3. EMC 法制化に出会って

主査として初めての JEITA 主催 EMC 規格のセミナーを開催することになり、厚生労働省医療機器審査管理室に講演を依頼しました。EU が電気機器に対する EMC 指令 (EMCD) を始め、医療機器に対しても医療機器指令 (MDD) の中で EMC 規格の適用を求める状況にあり、日本の規制当局の見解が知りたくて企画したものでしたが、この講演において突然、日本の薬事法で EMC 規格への適合を求めるとの発言がありました。

ここから日医機協 (現医機連：日本医療機器産業連合会) EMC 委員会 (現技術委員会 EMC 分科会) を中心に医療機器への EMC 規格法制化の対応が始まりました。

医療機器は、製造・販売にあたって当該国の医療機器認証を得なければなりません。日本では薬事法 (現・医薬品・医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律) によって医用安全規格 IEC 60601-1-2 への準拠が求められ、この中では EMC 規格も IEC 61000 シリーズへグレードアップし、規格の勉強や業界内への周知のために、再三にわたって EMC セミナーを開催し、エミッション、イミュニティ毎に各具体規格について分担して講演・執筆することが増えました。

法制化を適用する医療機器の範囲や適合の証明方法、薬事申請書への記載方法など、規制当局と関連業界との整合を諮りながら一つ一つを確定していきました。医機連は国内の医療機器の種別毎に分かれた 19 団体からなる連合会であり、注射器、ピンセットなどの EMC と無関係の物から、MRI、PET-CT などの大型医療機器まで多彩な機器があり、団体毎に適用する規格値が異なり、対応に必要な対策費用や適合証明を得るまでの EMC 試験の費用なども大

きく異なり、調整は困難を極めました。しかし、幸いなことに業界大手の企業ほど、既に輸出のために EU の EMCD 適合を果たしていて、国内向け製品への適合も、費用などを除けば、技術的には比較的容易と判断されました。

全国の EMC 試験所にも医療機器規格の適合試験のために積極的な準備・協力をいただき、この過程で多くの試験担当者の方々と交流させていただいたことも嬉しく思い出されます。

こうして医療機器の EMC 法制化は、3 年の移行措置期間を経て施行され、大きな山を越えて定着しました。日本の製品群では、医療機器が唯一の EMC 法制化適用製品となり、他業界の EMC 担当者からの注目を浴びることにもなりました。

4. EMC いろいろ

(1) 携帯電話の EMC

ある日、JEITA/EMC 分科会に、当時ドコモの野島俊雄先生 (北海道大学名誉教授) が来られて、「医療機器が携帯電話の影響を受けて誤動作する事例が増えている。」と対応への協力を要請されてきました。

心臓病の患者さんをサポートするペースメーカーが、携帯電話の電波によって誤動作するなど、当時の新聞などには社会問題として大きく取り上げられていました。総務省委託による電波の医療機器等への影響に関する調査研究会が立ち上り、医療機器業界の代表として参加するようになりました。医療機器各社とペースメーカー各社の機器を持ち寄って総当りで影響の検討及び対応を行いました。これは毎年調査研究報告書が公表されています。これらの活動により、ペースメーカーを装着する患者様の安心・安全に寄与し、病院内での携帯電話使用規制、電車内での携帯電話規制などにも大いに貢献することができました。

(2) 航空機と医療機器

救急ヘリコプターの中で、除細動器（患者さんの心臓の細動を抑える目的で高電圧のパルスを与える機器。現在は AED として一般市民も使用可能となった。）を作動させたところオートパイロットが解除された事例が発生しました。幸い事故には至らなかったですが、病院内だけではなく医療機器が使用される航空機、救急車、船舶等多く的环境下の EMC が検討対象になってきました。

旅客機にも患者さんが医療機器を帯同して乗ることが多く、航空会社が一つ一つ搭乗の可否を判断していました。往復の航空会社が違うと、同じ医療機器の扱いが異なるなどのトラブルもありました。心臓移植などで渡米しようとするれば、ベッドを始め医師、看護師などと、多数の医療機器を機内に設置して環境を整える必要があります。これらの医療機器を一定の基準で判断しようと、航空会社 (JAL、ANA) や国土交通省航空局など、普段はお会いすることも無い技術者達と基準の検討をおこない、大型ジェット旅客機の電波環境を知るために、数年に一度のオーバーホール中の機内を見学して多くのアンテナ類や無線機器類を見せてもらったことも貴重な思い出になりました。

また、自衛隊が運用する救難救助飛行艇 US-2 にも多数の医療機器が搭載されているため、EMC が検討されました。一度状況を聞いてだけで試乗できなかったことは残念でした。

(3) その他の EMC

ペースメーカーなど体内挿入機器と体外機器との通信に用いる周波数割り当てのために、総務省での検討会に参加し、気象用ゾンデや電波天文台が使用する周波数帯との干渉検討も得がたい経験となりました。

商品の値札を電子化して、バーコードに代わる電子タグの検討が盛んであり、商品の電子タグを電波により非接触で読み取ることで、カートの商品を一度に丸ごと認識するもの (RFID 機器) ですが、これは医療機器をも含む物流過程で使用されるため EMC も検討されました。ISO/IEC 規格として日本から提案するための原案作成委員会が持たれ、野島先生の推薦もあり参加しました。SCM (Supply Chain Management) などは全くの専門外でしたが、新しい知見が得られました。

核爆発のインパルスは、飛んでいる航空機が急遽着陸して墜落を回避するアーノルド・シュワルツェネッガー主演「トゥルー・ライズ」、ジョン・トラヴォルタ主演「ブローケン・アロー」の映画でしか見たことがありませんが、そんな日常とは懸離れたインパルスの規格を開発している K 氏にも親しくさせていただきました。

5. 日本 ME 学会 (現日本生体医工学会) の医療電磁環境研究会

初代会長 故・古幡博東京慈恵会大学教授により、医療機器の EMC について医療機器メーカ、携帯電話メーカ、大学など研究機関のみならず建築学会などとの交流も行い、医療機器のほか、院内の通信環境や病院建物そのものの EMC 対策も検討するなど、実に幅広い活動が今も続けられています。

幹事として参加させていただき多くの専門家との知己を得ることができ、医療機器 EMC 規制へのアドバイスなども得られました。

6. 語呂合わせとまとめ

EMC 対策には、Electronics と Mechanics のコンパチビリティだけでなく、コーディネーションが大切なことが身に沁みて分かりました。同様に Engineering (工学) と Medical (医学) についても

言えます。EとMのコーディネーション。多くの先輩諸氏によって、人と人、業界と業界、機器と機器等、異種なもののコーディネーションが図られました。

リタイアして5年、EMCで身についたコーディネ

ーションのノウハウを活用して、今は生涯学習コーディネータとして、教育委員会等との協働で居場所を求める高齢者と参加者を求めるサークルやNPO団体等とのコーディネーションをボランティアで行っています。

著者略歴

谷川 廣治（たにかわ こうじ）



- 1971 年 株式会社ヤシカ入社 速度違反車両撮影装置など特種機器の開発を担当
- 1979 年 オリンパス株式会社 第三開発部（内視鏡開発部）に転職。内視鏡システムやレーザーメス、気腹機器など手術機器の開発を担当
- 2006 年 日本医療機器産業連合会に出向 国際部勤務。技術委員会、国際政策委員会、ISO/TC210（医用安全規格）委員会などの事務局を担当
- 2011 年 オリンパス及び医機連を定年退職
- 2016 年 産業能率大学情報マネジメント学部ライフ・マネジメントコース卒業

E-mail : kowji-tani@hi-ho.ne.jp

EMC 測定に携わった 35 年を振り返って

一般社団法人 KEC 関西電子工業振興センター 専門委員会推進部

針谷 栄蔵

1. はじめに

私は「一般社団法人 KEC 関西電子工業振興センター」に勤務し、平成 23 年 12 月末で定年を迎え、現在は嘱託として勤務しております。ここでは、私が約 35 年間、EMC 関連業務に携わって定年を迎えるまでの歴史と反省を含めた雑感を述べさせていただきます。

2. 入社当時の EMC 測定

私が KEC に入社したのが 1977 年でした。1977 年当時の主要試験製品は、FM ラジオ、TV、CB トランシーバでした。初めの仕事は、TV 受信機の局部発振器から漏れ出る妨害波を 30 m のオープンサイト（写真 1 参照）で測定することでしたが、初めから測定器を操作できるはずもなく、試験品のアンテナ接続線の極性を切り替える仕事が続きました。これには全くやりがいを感じられませんでした。「俺の仕事はこれで良いのか？」という疑問を常に持っていて、「明日にはこの仕事を辞めてやる！」と考えていました。入社後の数ヶ月間、仕事での生きがいは、如何に早く測定をこなすかに特化していました。当時の測定器は協立電子工業製の妨害波測定器を使用しており、当然マニュアル操作のものしかなく、周波数の安定度も良くなく、測定中は常に微調する必要がありました。作業環境も悪く、冬場は隙間風の入る木造小屋に、石油ストーブを焚いて寒さを凌いでいました。



写真 1 1970 年代に建設したオープンサイト

入社して 2 年後頃、アメリカの FCC がサイト減衰量評価の理論特性式を公表し、FCC にファイリングしている試験所はサイト減衰量のデータを提出することが求められました。少しだけ、技術的に論議される雰囲気が出てきました。それまでは、自分自身が何も勉強しないで、ただ規格どおりの測定をこなしていただけで、この FCC からのサイト減衰量評価要求がきっかけで、遠方界での電波伝搬理論を再度勉強し、アンテナのインピーダンス特性測定、整合損失、ケーブル損失、バランの特性、・・・など種々の問題点が湧き出るように発生しました。内容も理解しないまま、単なる補正係数として使っていたアンテナ係数とは何か？を考え、理論的にほぼ一致することを確認できただけで満足していました。当時の放射エミッション測定にはダイポール・アンテナのみを使用していたため、理論的に取り組みやすかったのが幸いしたのかもしれません。また、測

定には、ネットワークアナライザなどという便利な計測器は無く、General Radio (GR) 社の RF ブリッジを使用して必要な周波数毎にインピーダンス測定を行いました。そのマニュアル的操作が EMC 測定の初心者であった私には非常に面白く感じられたことを覚えています。

3. FCC コンピュータ機器の EMI 規制(1979-1981)

1979 年 10 月 11 日、FCC がコンピュータ機器の EMC 規制を開始することを公開（文書番号 20780）しました。これは、パート 15、サブパート J: コンピュータ機器の妨害に対する規格でしたが、業界の反響が大きく、少しの期間延期されました。その当時の国内試験所は、RCA、JQA、KEC の 3 箇所だけでしたが、この FCC 規格開始に伴い、いくつかの民間試験所が出現しました。また、国内の新聞・雑誌などでも、コンピュータ機器からの電磁波妨害による電子機器の誤動作について報道することが増えました。日本電子工業振興会の雑誌「電子工業月報」に、FCC のコンピュータ規制に関する解説記事の執筆依頼が KEC に持ち込まれました。当然、一番若かった私に執筆が押し付けられ、アパートに帰宅してから、原稿を書かざるを得ませんでした。もちろんワープロなどという機材は無く、原稿用紙と雲形定規、ロットリング（製図用のインクペン）を使用してグラフを描画していました（得意分野でもありました）。

何年か過ぎて、その時の原稿を眺めると、間違いだらけで嫌気がしてきますが、反面こんなこともあったなと懐かしくも感じられます。

4. 電磁波シールド効果評価装置の開発

(1980-現在に至る)

上で述べましたように、コンピュータ機器に対する FCC 規格対応のために、1980 年初めには材料メーカーなどの企業が EMC 事業に新規に参画し始めま

した。このため、材料メーカーが電磁波シールド評価のために KEC の試験所を利用することが増加し始めました。当時は、金属製の箱に測定材料を取り付けて、材料がある場合と無い場合の漏れ電磁界を測定するという、その場しのぎの測定方法で実施していました。当然のことながら、測定値の再現性は乏しく、シールド効果がマイナスということも発生し、何とかしなければならないと考えました。

電子機器の筐体に関しての電磁波シールド効果ですから、近傍界での電磁波シールド効果を測定する必要がありました。いろいろ試行錯誤を重ねた結果、1983 年に電磁波シールド評価装置、KEC 法を開発し、電子通信学会、電磁環境工学研究会（EMCJ）で論文発表を行いました。電磁波シールドの測定装置は、それまではアドバンテスト法（当時はタケダ理研工業）が主流でしたが、EMCJ での発表後は県単位での工業試験所にも多く導入され、KEC 法が業界のデファクトスタンダードになったように思えます。この KEC 法による電磁波シールド効果の測定は、さまざまな人々から多くの批判を受け、周りには助けてくれる人はおらず、批判的な人々に対応するために電磁気学および電磁波理論の習得にも努力しました。このときの経験のおかげで、自分自身が少しだけ進歩し、業界にも受け入れられたように思えます。いろんな分野の方々から講演依頼もあり、この時期の苦労が以降の職務の基礎になったように思います。また、事業としても、KEC 会員の増大と、年間 500 万円程度ではありましたが売り上げにも貢献できました。

5. EMC 研究会への参加 (1980-1992)

1980 年代、西ドイツ（当時は西と東に分かれていた）が放送受信機関連装置のイミュニティ規制を法制化し、それまでのエミッション測定技術に加えて、イミュニティ測定技術が必要となりました。これを

機に、KEC の委員会組織として「EMC 研究会」を発足し、各企業の技術者が集まって、共同実験を頻繁に開催しました。この研究会活動を通して、私自身の外部社会との人材ネットワークが大きく広がりました。協立電子工業の福沢 久さん（故人）、赤井電機の秋間 誠さん（現在ドイツ在住）、東北大学の佐藤 利三郎先生（故人）、長澤 庸二先生、名古屋工業大学の池田 哲夫先生、エプソンの篠崎 厚志さん、現 IPS の渡辺 力男さん、など……。特に、協立電子工業の福沢 久様には、実務的な事項を多く学びとることができました。また、実験に集まってくださった各企業の技術者の方々には、日ごろの仕事に対する執念（簡単にあきらめない）を学び取ることができました。

6. FCC Part 68 電話端末装置の測定業務開始 (1991-2000)

1990 年代初めは、家庭用電話機、家庭用 FAX が売れ出した頃です。当時の試験所所長の業務命令で、全く右も左も判らない状態のもとで電話端末装置の FCC 試験業務を開始することになり、私が担当となりました。相談できる人は誰もなく、不慣れな有線関連資料（Tip, Ring、縦バランス etc. などといった EMC 関係には出てこなかった言葉の意味すら判らない状態でした）を調査勉強しました。その後、会員企業の方からの依頼で、家庭用電話機の依頼試験を始めて行うことになりました。初めての依頼試験および試験レポートの作成に、ものすごく苦労しました。依頼日からレポート提出まで 1 週間の期限を切られ、旧式のワープロ機を駆使して試験レポートのフォーマットを完成させる必要がありました。このときの数日間は、事務所の研修室の机の上で 1、2 時間程度の仮眠をとりながら作業を続けなければなりませんでした。また、その当時は電圧計などの基本測定器以外は市場では入手できなかったため、休日には大阪の日本橋に部品を探しに出かけ、プリ

ント基板から製作して、KEC 独自の自動測定システムを構築しました。残念なことに、この業務は、韓国や台湾メーカの安い機器の市場参入により、事業として長続きはしませんでした。当時の会員会社のご要望に応えることができたと考えております。

この頃、上の測定業務の効率化のために始めたパソコンでの自動測定用プログラムに興味を持ち始めました。NEC PC9800 シリーズに付属していた BASIC を使用して、自動計測のプログラムを製作。その後、C 言語による CISPR 20 用プログラム、電磁波シールド効果測定プログラム、データのグラフ化プログラム、放射イミュニティ試験プログラムと次々に開発していきました。このプログラム開発を通して C 言語を習得し、C 言語の学習を通して自宅に UNIX 環境の構築を図りました。TeX、AWK、SED、Perl と呼ばれる UNIX では定番のソフトウェアと出会い、仕事のスピードも格段に上がりました。このときの知識が後の品質管理に必要な種々のデータベース構築にも役立っています。しかし、妻から毎月支給!?されるお小遣いのほとんどは、コンピュータ関連の書籍や機器の購入に消えてしまいました。

7. ヨーロッパ諸国のイミュニティ規制と試験所認定制度 (1995-1998)

1996 年に、ヨーロッパの EMC 指令が強制となりました。これにより、民間の試験所も含めて、事業利益が増収となりました。それまで、苦しい時代が続き、当時の KEC 専務理事も試験所に来て、経営会議を開き、職員に檄を飛ばしていました。いくつかの民間試験所が長引く不況に耐えられず、閉鎖されたのもこの頃です。

KEC では、このヨーロッパの EMC 指令に対応できるように 10m 電波暗室を含む電磁環境計測センターを建設しました。そのための報告書づくりが大変でした。人気の全く無い計測センターで、連日深

夜まで、実験調査を行いました。何か「ガタッ」と音がする度に、周囲の様子を見回りに行っていました。

ISO 17025 による試験所認定取得の必要性が出てきたのもこの頃です。私を含めて、職員の試験所認定取得に対する意識は低く、認定取得担当者の方は苦勞されていました。最初に NVLAP の認定取得し、のちに自動車関連の EMC 測定で必要性のあった A2LA の AEMCLP 認定取得につなげていきました。A2LA の認定取得にあたっては、当時の専務理事から他機関の協力を得るように指示がありましたが、これを断り、KEC 単独で推進することを決めました。これにより、私自身の取り組みにあせりがあったためか、他の職員からの反発を受けていたように思います。しかし、このときの経験は、後の品質保証部長時代の業務や試験所審査員としての業務に大きな財産として残っていきました。

8. アンテナ校正事業 (1998-2001)

ISO 17025 による試験所認定が進む中で、これを支える計測器の校正サービス環境の整備が問題となってきました。中でも、EMI 測定の中心機材であるアンテナ校正は非常に重要な問題でした。このため、日本で信頼できるアンテナ校正試験所事業の立ち上げに取り組みました。技術的事項は私が担当し、若い職員二人の協力を得て、基礎実験を2年程続けた結果、ほぼ自信の持てる校正方法を完成し、NVLAP の認定取得申請まで進みました。しかし、国内の心無い人たちの横槍によって認定審査を断念しました（当時アメリカの NIST に在籍していた神田先生から受審を止めろと言われ、経営会議で中止を決定しました）。日本国内に、他人の足を引っ張る人が如何に多いことか痛感させられました。しかし、この時期のイギリス NPL での1週間の単独研修（下手な英語で話すことのコンプレックスが小さくなった）、NEC2 という電磁界計算ソフトウェアの習得

（解析的手法では困難な問題をある程度解決できた）、アンテナ校正における課題も明確にすることができ、多くの収穫がありました。

9. けいはんな試験センターの建設 (2003-2006)

オープンサイトでの測定事業に限界を感じ、また車載用電子機器の事業拡大のために、元専務理事の笠原さんのご指導のもとに、「けいはんな試験センター」の建設に向けた構想を開始しました。初めの2年は困難を極めていました。会員企業の資金援助や政府の補助金を当てにせず、独自に建設用地の確保、建設資金の調達について取り組みました。笠原専務理事の根強い取り組みで、道が開けていくことを学びました。KEC に勤務させて頂いた期間の中で、一番充実していた時期であったと思います。日常業務に加えて、このプロジェクトに係わる申請書作成や、業者との折衝、京都府庁との折衝、KEC 副会長への説明・・・など、あっと言う間に時間が過ぎ去った気がします。

10. EMI/EMC 測定技術入門書の編纂 (1997-2011)

過去に実施した実験結果をまとめるべく、自分のメモとして「測定技術入門書」の執筆を40歳後半から開始していました。原稿はマイクロソフトの Word ではなく、LaTeX と呼ばれる技術論文専用のフリーソフトウェアを使用して執筆し、現時点では330ページに達しています。過去の実験結果のほんの僅かしか記載できていない（データが残っていないなど）のが課題です。この執筆のきっかけは、「自分たちの知識は過去の先人たちによる業績の恩恵の上に成り立っている」との思いからです。これは、UNIX の知的所有権主張による営利行為は許しがたいものとして ATT/BELL 研究所に勤務していたリチャード・ストールマンが UNIX とは異なるシステムの開発を提唱し、GNU と呼ばれる民間団体を設立した時に述べた言葉です。どんな人でも、他人

から学んで成長してきたのです。この言葉に感銘を受けました。

11. あとがき

EMC 測定の本質は電磁波の測定ですから、電磁気学、高周波伝送、電波伝搬などの基礎学問の習得が必要でしょう。私自身も、学生時代にこれらの専門講座を決してマスターしたわけではなく、正直に言えば、今現在でも理解できていない事の方が大半です。大学院時代の恩師である先生に、年賀状でその事を伝えたところ、「判らないことが判っただけ、君は成長したのだよ」と言われました……。一方、経験を積み重ねても、間違った解釈をしたままにしていることもあります。諸先輩の方々にもご経験があると思われませんが、講演会などで自信満々に話した事が後で間違っていた事にある日突然気がついて、恥ずかしさのあまり顔を真っ赤にしてしまうことが何度もありました。また、実験結果の説明付けができなくて何年もの間ほったらかしの状態にしていることもたくさんあります。もちろん全ての事が解決できるとは限りませんが、多くの場合、未解決のまま残っていた事は、何年後かに再度遭遇するという事です。そして、集中して取り組み、解決できた事は、決して忘れませんし、将来の仕事内容に不思議と関係してくる事です。後輩の方々に助言できることと言えば、この事です。日々忙しい中で、未解決の事はメモしておき、頭の隅に置いておくことが大切ではないかと思います。

最近の測定器はソフトウェアの塊に見えます。物理現象を良く理解した人が使用するには便利この上ないものなのですが、初心者の方々に対しては適切であるとは思えません。私の入社当時は、高周波インピーダンスを数点測定するのにも、スロットド・ラインという治具を使用して一つの周波数につき30分程度要していたのですが、今ではネットワークアナライザを使用して何万ポイントの測定も、1秒以下で結果が判ります。しかし、何かのミスで、物理現象としてあり得ない結果が表示されたとしても、物理現象を理解していない初心者の方々は、その結果を正しいものとして受け入れてしまうことが多いように思えます。この弊害として、結果を物理現象として考えないための測定ミスも多く見受けられます。また、仕事ですから利益を上げなければなりません。試験所の中でも、試験方法が正しいかどうかを追求しない技術者の方々が多くなった気がします。

以上、雑多な事ばかり述べましたが、読者の方々の何かのきっかけにでもなれば幸いです。私は現在も嘱託として勤務させて頂いており、今までの経験を生かした活動をしたいと考えております。皆様方とお会いする機会があれば、声をかけていただければ幸いです。最後に、ノイズ研究所の発展と、皆様方のご健康とご活躍を祈念しております。

著者略歴

針谷 栄蔵（はりや えいぞう）



1977 年 4 月 （社）関西電子工業振興センター 生駒試験所 入社

入社後、EMC 計測の調査研究に従事。

- 1) 電磁波シールド効果の測定技術(KEC 法の開発)、
- 2) 電子機器のイミュニティ評価技術
- 3) アンテナ校正方法の調査研究
- 4) 電波暗室の評価方法検討

[役職]

1998 年 4 月 計測技術部 部長

2002 年 4 月 生駒試験所 副所長 および 品質保証部長 兼務

2006 年 1 月 生駒試験所 所長

2011 年 12 月 定年退職、以後嘱託として勤務

現在に至る

[対外活動]

CISPR/A 国内検討会 委員

日本適合性認定協会(JAB) および VLAC 試験所技術審査員

NARTE EMC 技術者

通信線と EMC

九州工業大学
桑原 伸夫

1. まえがき

通信線は通信システムの基本構成要素の一つであり、導体を使用した同軸ケーブル、撚線ケーブルが使用され、常に EMC 問題と直面して来ましたが、光ファイバケーブルは、低損失、無誘導特性から EMC 問題解決の切り札と考えられて来ましたが、コストと使いやすさから、現在でも、STP ケーブルや UTP ケーブルと言った導体を使用した通信線が広く使用されています。そして、その現状に伴い、通信線にかかわる EMC 問題は依然存在しています。本稿では、筆者が経験してきた、広く通信に使用されている、撚線を使用した通信線(以下単に通信線と呼ぶ)と EMC の関わりについて述べます。

2. 誘導雷サージ

通信線やその近傍に雷放電が発生すると、その放電電流を波源として通信線の端末にコモンモード電圧が発生します。この電圧は、場合によっては 10kV を越えることもあり、誘導雷サージと呼ばれ、通信機器の主たる故障原因の一つです。そのため、ITU-T や IEC ではサージに対するイミュニティ試験法を発行しています。

私が誘導雷サージ(以下単に雷サージと呼ぶ)の研究を始めた頃、日本では、半導体を使用した通信機器の電子化が進み始め、雷サージによる故障が深刻化しはじめた時期でした。そのため、私が所属していたグループでは、雷サージの観測を実施し、その特性把握を実施していました。観測の結果、ユー

ザ端と局舎端で雷サージ波形が異なる現象が観測され、私はその原因の究明を命ぜられました。研究の結果、波形が異なる原因はケーブルに使用されている金属シースの遮蔽特性によるものであることがわかりました[1]。これはシールド理論の基礎ですが、このことを確認するために、多くの時間と研究費を必要としました。今から振り返れば、EMC 技術における経験の重要性を認識される事例です。

その後も、通信線に関わる雷サージの研究は行われましたが、光ファイバ通信が進歩した現在においても、雷サージによる通信設備故障は依然生じており、さらなる研究が必要となっています。

3. 通信信号の漏洩

1980 年代の後半から、CISPR において、通信ポートの妨害波規制の検討が本格化しました。当時、ISDN(Integrated Services Digital Network)の普及が進み始め、日本では、通信信号の振幅が大きい TCM(Time Compression Multiplexing)方式を使用していました。そのため、規制化への対応を目的として、通信線から漏洩する信号成分の研究に取り組みました。本来は、理論解析により、信号の漏洩電磁界成分を把握したかったのですが、時間的な制約もあり実験線路を用いた実態把握に取り組みました。検討の結果、通信端末が十分な平衡度(LCL)を有していれば、ISDN 通信信号の漏洩は大きな問題にはならないことを確認しました[2]。

通信線はその後も xDSL 等多様な通信方式で使用

されています。そして、利用方法の進歩に伴い、新たな EMC 問題が生じており、現在も研究が進められています。

4. 回路網を用いた誘導・信号漏洩解析

大学に勤務することとなり、一時中断していた通信線間の誘導、通信線からの信号漏洩問題の研究を再開しました。これまでは、時間的な制約もあり、測定が主でしたが、大学では十分な時間があり、これまでできなかった誘導・信号漏洩の解析に取り組みました。

誘導・信号漏洩の解析法については、FDTD 法、モーメント法等さまざまな方法があります。しかし、マックスウエル方程式を解く方法は、計算機負荷が大きく、構造が複雑な通信線の解析には適さないと考えました。当時、回路網を直列接続することにより分布定数線路解析を行う方法が報告されており、

この方法は、計算機負荷も軽く分岐を含む複雑な線路に対する適用性も良いので、回路網を用いて通信線の誘導・信号漏洩解析法の研究に取り組みました。

研究を行った基本モデルを図 1 に示します。図に示すようにこのモデルは送信機 ([Fin])、受信機 ([Fout])、線路の微小部分 ([Fi]) を回路網で表して回路方程式を解くことにより、線路の微小部分のコモンモード電流を求め、この電流を波源として信号の誘導・漏洩量を解くもので、計算負荷が軽い他に、線路定数として、ネットワークアナライザ等で測定した測定値を使用できる利点もあります。

まず、図に示すような、最も単純な UTP ケーブルから漏洩する信号レベルを解析し、測定結果と比較した結果、300 MHz 程度までは、この方法で、信号漏洩の解析が可能になりました[3]。そこで、その後、この方法を用いて以下の研究を行いました。

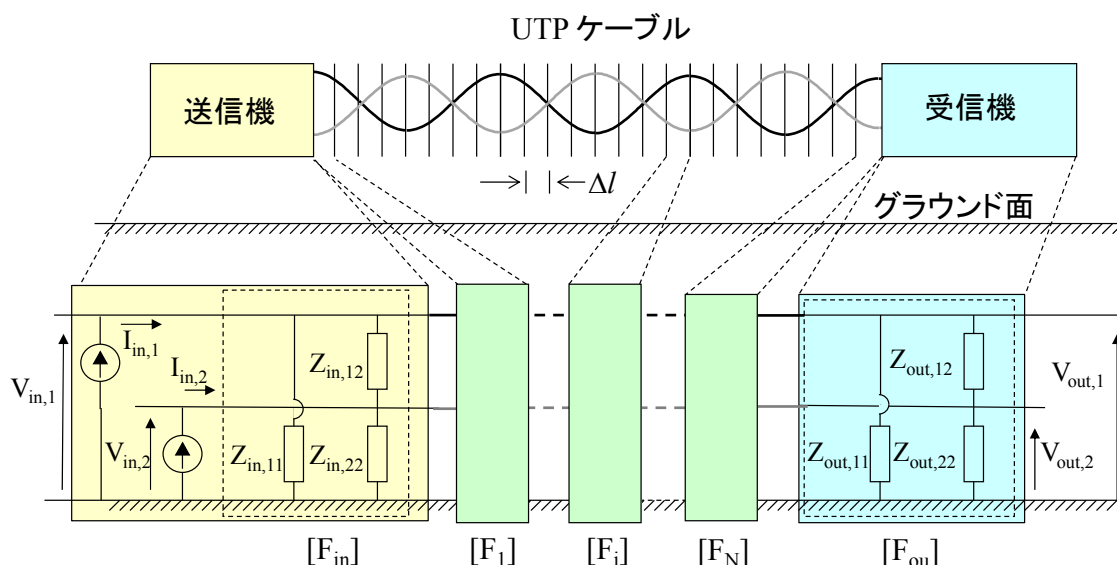


図 1 回路網を用いた UTP ケーブルの解析の基本モデル

(1) 回路網を用いた解析法の周波数上限の研究

まず、この解析法の周波数上限の研究を行いました。研究は測定値、モーメント法を用いた解析値と回路網を用いた解析を比較することによって実施しました。その結果、2GHz 程度までは回路網を使用

した解析が可能になりました[4]。

(2) 多対化の研究

回路網を用いた解析は対数が増えるとマトリックスの次元数が大きくなります。そのため、2 対の通信線に相当する、UTP と 2 W 電力線間の誘導解析

までは検討を行いました[5]、それ以上の対数については、マトリックスの自動生成の問題が解決できませんでした。そのため、モデル化が比較的容易な、モーメント法を用いて4対で構成されるUTPケーブルまでの解析を行いました。しかし、対数が増えるに従って、対間の結合により信号の漏洩特性が複雑になり、現象を十分に解明できないまま現在に至っています。

(3) 分岐の研究

回路網を使用する方法の利点は、分岐による影響を解析可能なことです。そのため、家の中の配電線を対象として分岐含む通信線からの信号漏洩の研究に取り組みました。その結果、実際の家までは無理でしたが、簡単な分岐を含む通信線であれば、漏洩する信号量の解析が可能であることがわかりました[6]。

4. まとめ

通信線の誘導・信号漏洩の問題は、多くの場合、通信線の構造の複雑さから、企業にいた時代は主に実験により特性の解明を行ってきました。大学で研究を開始するにあたり、これまで時間上の制約からできなかった解析により信号の漏洩量を推定する問題に取り組みました。結果として、残念ながら、通信線の複雑さの壁を崩すことはできませんでした。測定によりある程度対応できるので、必ずしも多対の通信線からの信号漏洩の解析は必須ではないですが、将来、別の研究者がこの問題に取り組むことを期待します。

参考文献

- [1] 桑原, 古賀, 元満, 田口, “架空・地下複合線路端末に生ずる誘導雷サージ”, 信学論(B), J65-B, No.1, pp.31~38, Jan. 1981.
- [2] F. Amemiya, N. Kuwabara, and T. Ideguchi, “Estimation of electromagnetic interference field emitted from telecommunication line”, IEICE Trans. Commun., Vol.E78-B, No.2, pp.159-167, Feb. 1995.
- [3] 濱田, 牧, 下塩, 徳田, 桑原, “平衡度を考慮した解析法によるツイストペアケーブル放射電磁界特性”, 信学論(B), J86-B, No.4, pp.703~713, April 2003.
- [4] N. Kuwabara, Y. Inshida, and M. Kawabata, “Calculation of Electromagnetic Field Emitted from UTP Cable by Moment Method from 0.3 GHz to 2 GHz.” IEICE Trans. Commun., Vol.E92-B, No.6, pp.1974-1980, June 2009.
- [5] 下妻, 下塩, 秋山, 桑原, “電力線搬送通信信号が誘導によりVDSL通信に与える影響の研究” 信学論(B), J89-B, No.4, pp.576~584, April 2006.
- [6] 三吉, 桑原, 秋山, 田島, “4ポート回路網を用いた屋内配電線から放射される磁界強度解析法”, 信学論(B), J90-B, No.6, pp.593~600, June 2007.

著者略歴

桑原 伸夫（くわばら のぶお）



1977 年 3 月 静岡大学大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了
 1977 年 4 月 日本電信電話公社入社
 1977 年 5 月 茨城電気通信研究所入所
 2001 年 3 月 日本電信電話株式会社退社
 2001 年 4 月 九州工業大学工学部電気工学科 教授
 2011 年 6 月～2013 年 5 月 電子情報通信学会環境電磁工学研究専門委員会委員長
 2014 年 1 月～2015 年 12 月 IEEE EMC Society Japan Chapter Chair
 2011 年 電子情報通信学会フェロー

私と EMCJ 研究会

青山学院大学 理工学部長
橋本 修

EMCJ 研究会の設立趣意書が 1977 年に当時の電子通信学会に提出され、ますますこの分野の研究が重要となるという話を聞いたのは、私が東工大の博士課程に在学していた時でした。当時、研究指導を下さっていた清水 康隆先生が、これからは EMC 問題が大変に重要な研究分野となると熱く話していただいたのが、昨日のように鮮明に思い出されます。あれから 38 年も過ぎ、その研究課題も種々なものに広がり、ますます EMC の重要性が高まっている今日です。

EMC 分野の中での私の研究は、電波吸収体と材料定数測定がメインとなります。それらの研究も大学において、はじめてからすでに 25 年以上もたって

いることを考えると、随分と EMCJ 研究会にはお世話になり続けています。研究会でのコメントや質問を頂き、私は、それらを糧に成長させて頂いたと感謝しております。また、上 芳夫先生と越後 宏先生が EMCJ 委員長の折に、2000 年からは研究会幹事、及び 2002 年から 2008 年まで専門委員をさせて頂くなど、このような学会活動も含めて、多くの大学の研究者や企業の研究者、技術者と交流させて頂きました。写真にあります EMCJ 研究会創立 25 周年記念は、私が幹事の時でもあり、青山学院のアイビーホールで開催させて頂きました。この祝賀会も私にとりましては、素晴らしい思い出として心に残り、さらに今の人生を豊かにして頂いております。



2002.11.29 EMCJ 設立25周年記念祝賀会 於 アイビーホール青学会館

さて、電波吸収体の応用分野も、建築分野、通信分野、自動車分野、物流分野などさまざまな分野にひろがり、その応用に要求される周波数領域や付加価値も多様化しています。最近では、材料面からのアプローチだけでなく、金属パターンやアクティブ素子を用いたアプローチでかなりの付加価値が実現されている研究も多く発表されるようになりました。ますます、この分野の研究が、材料定数測定も含めて活発に行なわれることを望んでいます。

現在は、EMCJ 研究会とともに MW 研究会を中心に、発表させて頂いておりますが、2014 年からはエレクトロニクスソサイエティ会長として、上述致しましたように多大な恩恵を頂いた研究会等の活性化などにも取り組ませて頂いております。最後に若い諸君は、是非、学会の種々の議論の場を通じて、大学や企業内の議論に止まらず、別の視点からの質問やコメントを頂き、より素晴らしい研究の糧として頂ければ幸いです。

著者略歴

橋本 修（はしもと おさむ）



昭和 51 年 電通大・電気通信・応用電子工卒。

昭和 53 年 同大学院修士課程了。同年（株）東芝入社。

昭和 56 年 防衛庁入庁。

昭和 61 年 東工大大学院博士課程了。

平成 3 年 青学大助教授。

平成 6～7 年 イリノイ大客員研究員。

平成 9 年 青学大教授。

工博、環境電磁工学、生体電磁工学、マイクロ波・ミリ波計測に関する研究に従事。

平成 2 年 防衛論文賞、平成 15 年 エレクトロニクス実装学会論文賞、平成 18 年 電子情報通信学会第 9 回エレクトロニクスソサイエティ賞等各受賞。

主な著書に、「マイクロ波伝送・回路デバイスの基礎」（オーム社）他 28 件。

電子情報通信学会 MW 専門委員長（平成 18～19 年）、EST 専門委員長（平成 23～24 年）、IEEE MTT Japan Chapter Chair（平成 21～22 年）、エレクトロニクスソサイエティ会長（平成 26 年～）、電子情報通信学会（フェロー）、電気学会（フェロー）、エレクトロニクス実装学会、日本建築学会、IEEE 各会員。

人類滅亡の危機を救った EMC

東北学院大学・大学院工学研究科長（教授）・工学博士

嶺岸 茂樹

1970年代はじめ頃、当時東北大学教授の佐藤利三郎先生が中心となって、東北大学、東北学院大学、東北工業大学の先生方が集まって勉強会をはじめたのが EMC のはじまりと聞いております。1977年に EMC 仙台ゼミナールが発足し、私は数年後から参加しました。月に1回、ゼミナールという勉強会がありましたが、EMC、環境電磁工学、電磁環境という言葉すらありませんので、まず、英語に対応する日本語の専門用語を作ることから始めました。一方、研究としては、何をするのか、どうすればよいのか、何が何だかさっぱりわかりませんでした。先生方は自分の研究分野において、どのように進めたらよいのか、みなさん手探り状態でした。

佐藤先生は EMC 仙台ゼミナールのメンバーに対して「工学とは社会に役立つものでなければならない。ノイズは今後社会問題になる。ところで、東京に足立ノイズ研という会社ができたが、企業としてあるべき姿、ビジョンを参考にして、社会に役立つためには、大学として何をやるべきかを考えて研究しろ」と言われました。ノイズって研究するものなの？ノイズの企業ってなに？というのがみなさんの感想でした。当時はインターネットもホームページもありません。申し訳ありませんが、足立ノイズ研究所のことを知ったのは、それから数年ぐらい経ってからでした。

1977年に電子情報通信学会に環境電磁工学研究会が発足しましたが、研究会でも総合大会でも発表者

は EMC 仙台ゼミナールのメンバーがほとんどでした。唯一、メンバー以外の発表者が当時好青年だった藤原修先生（名古屋工業大学名誉教授、ノイズ研究所技術顧問）でした。

EMC が始まったころの研究対象は火花放電、アーク放電など放電に伴う過渡電磁ノイズが主流でした。当時放電や高電圧関係は、放電に伴うインパルス性電圧の大きさだけを問題にしておりましたが、藤原先生がはじめて、タイムドメインと周波数ドメインの両方から検討し、ラプラス変換、フーリエ変換を駆使して放電波形まで踏み込んだ研究をされていたので、EMC 仙台グループでは一目を置くようになり、藤原先生の研究手法に注目しました。振り返ってみると、この藤原流が EMC の“学”のはじまりだったと思いますし、日本で最初に EMC 分野で博士の学位を取ったのも藤原先生だったと思います。

私は「放電に伴う過渡電磁波は広帯域なので、分布定数線路理論を導入しろ」という佐藤先生の御指導の下で、佐藤手法と藤原手法を取り入れて研究を行っておりました。国際会議デビューは、Sixth International Wroclaw Symposium on EMC, 1982 で、当時、高木相先生（東北大学名誉教授）が日本の取りまとめ役を行っており、私に与えられたテーマは「Fundamental Research on the Noise Generation from Switching Contact Circuit」でした。

また、1984年にアジアではじめて EMC の国際会

議が東京で開催され、私ははじめて裏方の準備等のお手伝いをしました。これが国際会議の裏方デビューです。

あれから 40 年の間に、電子情報通信学会や電気学会の EMC 研究会や全国大会での研究発表数もかなり増え、内容も充実してきました。EMC に関する各種国際規格も制定されましたが、ノイズ問題はますます深刻化しています。国際規格に準拠した EMC 試験機が国内外の数多くの企業で製造されていますが、なかなか規格に合致したものが少ないようです。その点ノイズ研究所は、創立以来、一貫してノイズ問題に取り組み、国際規格に忠実な各種 EMC 試験器だけではなく、独自の EMC 試験器を世に送り出し、人類滅亡の危機を救ったといっても過言ではありません。まさに「先見の明があった」ということであり、ノストラダムスやスティーブジョブズに勝るとも劣らないと思います。

たとえば、静電気放電 ESD の EMC 研究の世界的権威者の 1 人である米国ミズーリ大学 (Missouri University of Science and Technology) の Pommerenke 氏は、「Full Wave Model for simulating a Noiseken ESD Generator」というテーマの研究を国際会議 (IEEE International Symposium on EMC, Aug.2009) で発表しております。まず、テーマに Noiseken という企業名が入っていることに驚きました。次に、この論文では、ノイズ研の静電気試験器を分解し、各部品の構成および部品一つひとつを詳細に調べ、理論値と実験値が合致することを証明し、国際規格にもっとも合致した波形を生成す

るということで絶賛しているということに驚きました。また、もう一人の世界的権威者の藤原修名古屋工業大学名誉教授もノイズ研の静電気試験器を使った研究論文を国内外の学会に数多く発表しており、国内外の学会の最優秀論文賞など数多く受賞しております。まさにノイズ研の最も信頼できる世界の標準機と言える試験器を使ったおかげで受賞したといっても過言ではないでしょう。

ところで、ノイズ研究所は神奈川工業技術開発大賞を受賞して神奈川県知事から表彰されたり、社員である石田武志氏が 2015 年 IEEE EMC 国際シンポジウムにおいて優秀論文賞を受賞するなど、技術レベルのみならず、研究レベルも相当高く、たいへん驚いております。

現在、東北学院大学では、私の他に川又憲教授、石上忍教授、佐藤文博教授、林優一准教授の 5 人体制で EMC の研究を行っております。とくに電気学会電磁環境技術委員会委員長の川又憲教授はノイズ研の静電気試験器を使って静電気放電 ESD の EMC の研究を行っております。

最後になりましたが、佐藤利三郎先生は、「The Father of EMC in Japan (IEEE EMC Society Newsletter, No.229, Spring2011 の表紙)」と言われており、「学」・「官」の EMC の発展に多大なる貢献をされましたが、ノイズ研究所は「産」の EMC パイオニアとして、これからもますます世界のパイオニア企業、世界で最も信頼できる企業として発展していただきたいと思います。

著者略歴

嶺岸 茂樹（みねぎし しげき）

1981 年東北学院大学大学院博士後期課程修了。同大電気工学科助手、講師、助教授を経て、1999 年電気情報工学科教授、2016 年大学院工学研究科長、現在に至る。

この間、宮城県技術アドバイザー、電気学会電磁環境調査専門委員長、米国電気電子学会 IEEE EMC Sendai Chair を歴任。

電子情報通信学会活動功労賞、EMC2009 Kyoto Meritorious Deed Award、IEEE Certificate of Appreciation for Contribution を受賞。

EMC 今昔 ～アナログからデジタルへ～

一般社団法人 KEC 関西電子工業振興センター 試験事業部

試験事業部長付担当部長 泉 誠一

創立からのノイズ研究所は EMC 試験の中でも特にインパルス性イミュニティ試験器で電気・電子業界に貢献してされました。私は 1978 年に KEC に入職して以来、EMC に関わり続けておりますが、まさにノイズ研究所とともに歩んできたと言っても過言ではありません。当時（1970 年代）は“イミュニティ試験”という用語がまだ一般的ではなく、Military Standard における“Susceptibility Test（感受性試験）”と表現していました。その後、西ドイツが EMC 規制を強制法規とし、日本から欧州向け輸出が増えつつあった AV 機器の EMC 対策に対して日本企業が苦勞することになり、KEC 内の EMC 研究会にて試験法を調査する WG が立ち上がったことで、初めて“Immunity”という用語を知ったことを印象深く記憶しております。私が担当していた EMC 試験はエミッション測定が主でイミュニティ試験は稀でしたが、その中で ESD 試験を担当する機会もありました。当時は IBM が推奨していた羽根（VANE）方式静電気放電シミュレータ（図 1）が人体からの放電に最も近い状態を実現と言われていましたが、形が大きく使い勝手が良くないことから、その後、コンデンサ方式静電気放電シミュレータ（図 2）に置き換わり現在に至っており、NoiseKen 製の試験器が広く使われていることは言うまでもありません。

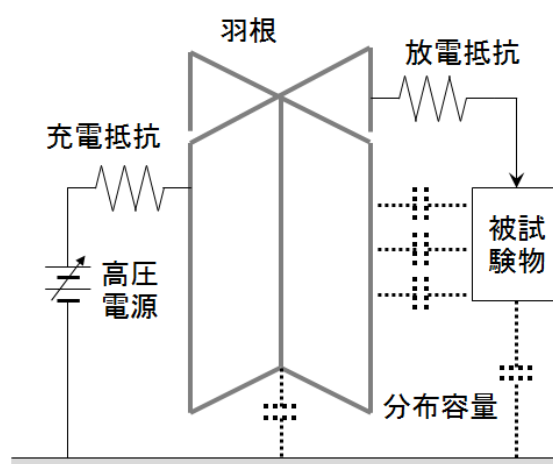


図 1 羽根（VANE）方式静電気放電シミュレータ

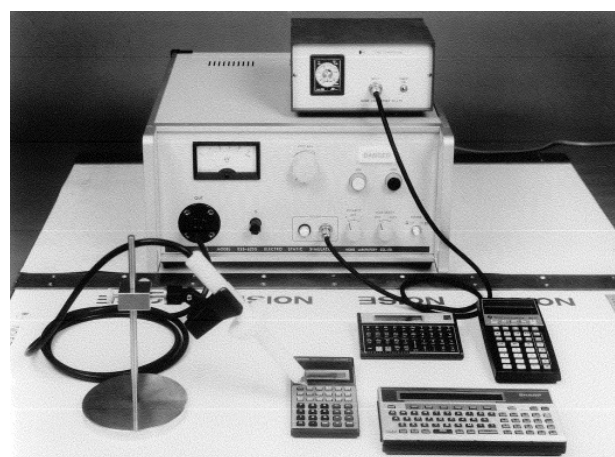


図 2 コンデンサ方式静電気放電シミュレータ

当時の EMC 試験に関わる第三者試験機関は JMI（現 JQA）、RCA 電波試験所（現 NoiseKen テストラボ船橋）そして関西における KEC の 3 機関が電気・電子機器の輸出検査に貢献していました。エミ

ッション測定はオープンサイト (30 m/ 3 m) (図3) で超アナログ計測器を使用して測定を行っていました。



図3 オープンサイト

放射エミッション測定では協立電子製のKNM-502とKNM-601、伝導妨害エミッション測定ではKNM-402(C)で、チューニングダイヤルを回して手動掃引、ロータリーSWでRFアッテネータを切替えアナログメータの針を0 dB目盛りに合わせてような測定でした。

EMI測定は、上述しましたようにオープンサイトで、天候に左右され、外来ノイズに悩まされながらの測定、現在の電波暗室内での測定では考えられない苦労の連続でした。大雨で設備が水没、夏季は雷で午後から全く測定できない、近隣農家の草刈機のノイズ、送電線の絶縁不良によるノイズ等々でした。

一方、スペクトラム・アナライザもアナログ方式のヒューレット・パッカードHP141T(図4)、タケダ理研(現 アドバンテスト)TR4110Mを使い、周波数とレベルをSG置換で読み取っていました。当時のスペクトラム・アナライザはメインフレーム(Display Unit)に測定周波数帯域に対応したRF Unit、IF Unitを組み込むものでした。

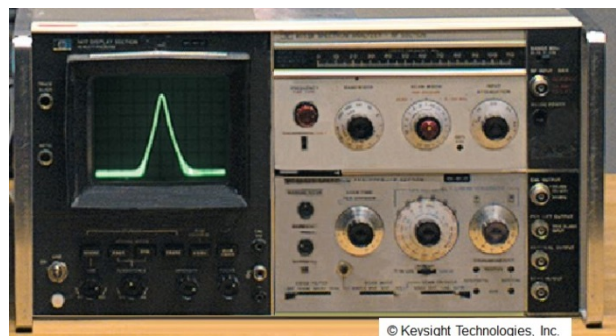


図4 HP141T

その後、スペクトラム・アナライザのデジタル化が進み、HP 8568A/B、HP8566A/B、タケダ理研TR4172(図5)という画期的な機種が現れ、使い勝手が飛躍的に向上し、必然的にEMI測定の自動化への取り組みがはじまりました。



図5 TR4172

自動化の課題はターンテーブルとアンテナ昇降機の制御の自動化でしたが、装置の試作を担って頂いた企業のご支援によりオープンサイトに設備を導入、自動ソフトウェアはHP-BASICによる手作り、外来ノイズ識別は不十分ではありましたが業界初のEMI測定自動化を実現することができました。現在の自動計測ソフトウェアは測定データの処理は優れていますが、基本的動作は当時と殆ど同じですので、特に時間的に変動するエミッションを測定する場合は自動測定に100%依存することのないよう、注意

を払って頂ければと思います。また、デジタル化されたスペクトラム・アナライザは検波出力つまりベースバンド信号を A/D 変換してデジタル処理をしますが、RF 入力ポートから IF セクション至る回路はアナログ技術です。測定対象に応じた処理（例えば、外付けアッテネータ、フィルタ、等の接続）や機能設定の最適化が必要です。最近ではデジタル処理技術が一層進化し、FFT 方式やリアルタイム方式のスペクトラム・アナライザが入手しやすくなり、タイムドメイン計測が EMC 試験でも実現可能となるなど進化し続けています。

EMC 試験は電子・電気機器の上市を支援するための業務であり、そして海外規格調査は試験に先立ち必然的な業務です。ところが当時は今とは異なりインターネットを活用する手段はありませんでしたので、現地調査団を編成して海外出張する、これは頻繁には実行できなく、通常は、KEC 会員企業様の現地出先事務所を通して規制当局から情報を収集することが最も有力な手段でした。また、当時から米国 FCC は日々規制改定情報を発行、それを航空便で取り寄せて内容を精査していましたが、その殆どが関係外の情報で宝探しに膨大な時間を費やしていました。加えて、手に入れた規格情報は当然ながら英文、辞書を片手に読み、内容を理解するために規格制定の背景や専門用語の意味と解釈、測定装置の仕様や入手方法など、諸先輩の方々に教を請うことが多々ありました。

現在ではインターネットの活用で必要とする情報の殆どを即時に入手することが可能になりましたが、EMC 試験規格が制定される過程や解釈について規格文書を読むことで理解することは難しく、その際に手助けとなるのは国際会議に参加された専門家から提供される情報です。NoiseKen『ノイズテクニカル・レポート』は、特に IEC/SC 77B に関して貴重な情報を発信され業界に貢献しておられます。今後とも継続して下さい。

これからの新産業分野の進展、例えば、スマートシティーやスマートハウスでは、再生可能エネルギー対応機器、蓄電システム等の動作を最適化するためのホームマネジメント・システムやスマートメータの誤作動を防ぐためにもノイズシミュレータが重要です。更に、自動車搭載部品の電動化、自動車の電源が電力系統に接続されることにより新たな電磁的妨害に晒されることによる誤作動を防ぐためにもノイズシミュレータが重要です。新産業分野では試験規格が未整備で試験法が定まっていませんので、実環境をシミュレーションでき、かつ試験結果の再現性が確保できる試験器の開発に株式会社ノイズ研究所が力を注がれることを期待致しております。

未筆ながら、株式会社ノイズ研究所の一層のご発展と皆様方のご活躍を祈念致しまして、お祝いの言葉とさせていただきます。

著者略歴

泉 誠一（いずみ せいいち）



1978 年 社団法人関西電子工業振興センターに入職

以来、産官学共同調査、EMC 試験、技術・品質マネージャー、事業運営に携わる。

「一過性のノイズ障害」に対するノイズシミュレータの活用

株式会社電研精機研究所 ノイズトラブル相談室長

平田 源二

1. はじめに

電研精機研究所は、EMI のソリューションカンパニーとして、電源トラブル全般の対策製品の開発・製造・販売、更に、ノイズ相談・ノイズ調査・現地技術援助などの実践的なコンサルティング活動を行っています。

コンピュータへの依存が高まっている今日において、1回のトラブルでも社会インフラが機能しなくなったり人身事故の恐れがある重大事故、企業としての信用を失いかねない深刻な障害、極めて緊急性が高く損失額も大きいトラブルなど、ノイズ相談の内容は、個人レベルから国家プロジェクトに関わるものまで多種多様です。

このようなご相談の中で、月に1回や年に数回程度しか発生しない「一過性のトラブル」は、原因究明の手掛かりとなるデータが極めて乏しいため、トラブルの原因が分からないまま試行錯誤を繰り返されているケースも少なくありません（図1参照）。

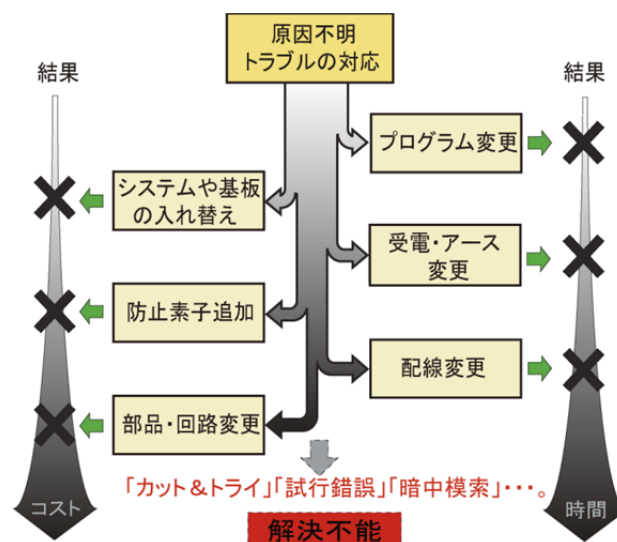


図1 原因不明トラブルの対応

弊社では、「一過性のトラブル」の調査と対策効果の確認の際に、ノイズ研究所のノイズシミュレータ「INS-4020」を用いて、高い成果をあげています（写真1参照）。



写真1 ノイズシミュレータ（INS-4020）

2. 電子機器のトラブルと障害要因

電子機器は、表1に示すような様々なトラブルを起こすことがあります。

これらのトラブルを引き起こす要因を大別すると、表2に示すように、「EMIによる障害要因」と「EMI以外の障害要因」に大別できます。

表1 電子機器のトラブル

誤動作・誤判定	音声障害（雑音）
データの読み誤り	計算ミス
ハードの破壊	暴走・機能停止
精度不良	ソフトの消滅
電波障害	S/N比の低下
通信障害	画像や表示の乱れ

表2 電子機器のトラブル要因

■EMIによる障害要因	■EMI以外の障害要因
①高周波ノイズ	①プログラムミス
②高調波	②オペレーションミス
③電圧変動	③温度や湿度の影響
④静電気	④機械的振動などのストレスの影響
⑤雷サージ	⑤導電性粉塵や腐食性ガスの影響
⑥低周波磁場	⑥部分的な劣化
⑦瞬時停電	⑦その他の外乱（コンピュータウイルス）

3. ノイズシミュレータによる「一過性のノイズ障害」への応用

ノイズ障害が発生している現場では、インバータやサーボ機器、ランダムに ON/OFF を繰り返すリレーや開閉器など、数多くのノイズを発生する機器が稼働しています。

ノイズは波動現象の性質を持つため、複数の機器から漏れるノイズの「位相」と「極性」が一致すると、「重畳現象」により、ノイズレベルが瞬間的に上昇して商用電源ラインに伝導したり空間に放射して伝播します（図2参照）。

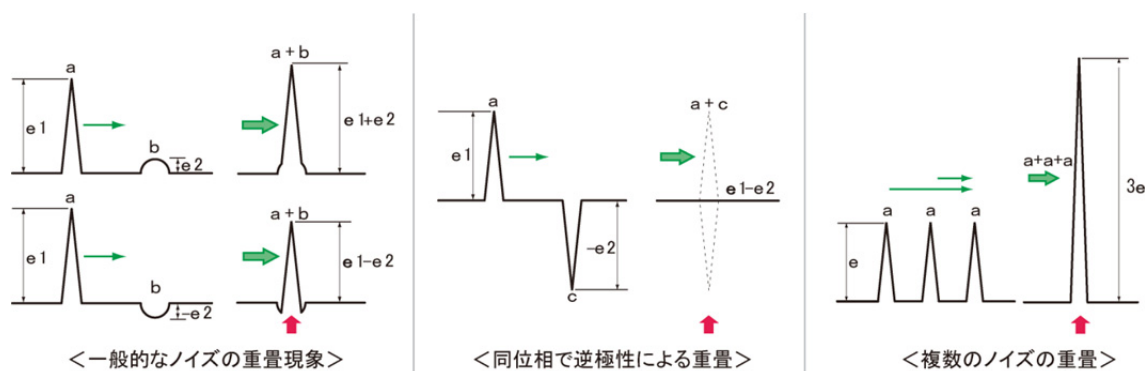


図2 ノイズの重畳現象

重畳現象によるノイズ障害の多くは偶発的に発生するため、現地でノイズ調査を行っても現象を確認することは難しく、社内でエージングを行ってもト

ラブルを再現できることは極稀です。

ノイズシミュレータは、立ち上がり時間が1 ns の方形波パルスを出力できますので、DC～数100 MHz

に分布する極めて広帯域の高周波ノイズ成分を高電圧かつ定量的に発生させることができるため、ノイズ源が特定できない「一過性のノイズ障害」でも、比較的短時間でトラブルを再現できます。

弊社では、「一過性トラブル」の検証試験と、ノイズ障害が疑わしい場合の対策効果確認を以下の2つの手順によって行っています。

手順1…伝導イミュニティ試験と対策

手順2…伝導+放射イミュニティ試験と対策

4. 手順1…伝導イミュニティ試験と対策

トラブル機器に伝導ノイズのみを印加できるよう

に、グラウンドプレーンを設置し、ノイズシミュレータの出力ケーブルには電磁シールドを施して放射ノイズを防止します。

トラブル機器に接続するケーブルは、可能な限り電源ケーブルのみとします。

供給電源ラインに戻るノイズや供給電源ラインから侵入するノイズは、《ノイズカットトランス》を挿入し、広帯域に遮断します（図3参照）。

試験の結果、トラブル機器の伝導ノイズマージンが低い場合は、ノイズマージンが最大になるようトラブル機器の供給電源ラインにノイズ対策を施します。

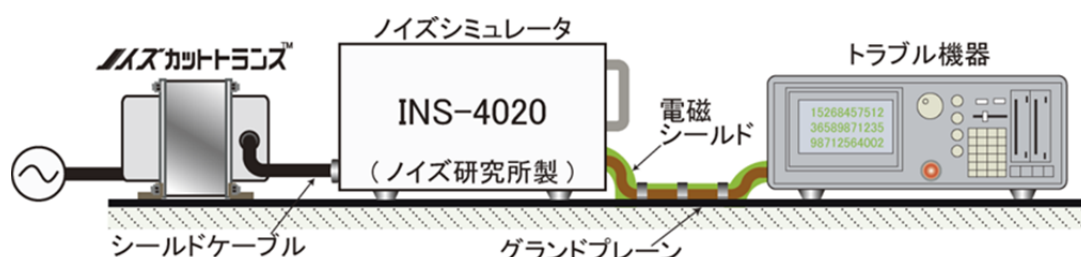


図3 伝導イミュニティ試験

対策の一つとして、トラブル機器への供給電源ラインに《ノイズカットトランス》（写真2参照）を挿入することで、ノーマルモード、コモンモード共に

パルス幅 50 ns~1 μ s でノイズマージン 2000 V をクリアさせることが可能になります。



写真2 《ノイズカットトランス》

5. 手順2…伝導+放射イミュニティ試験と対策

手順1 から、グラウンドプレーンと電源ケーブルに

施した電磁シールドを取り除き、ノイズシミュレータから放射ノイズが漏れやすくなるようにします。

トラブル機器は、周辺機器と共に木製テーブルの上に設置し、ケーブルもできるだけ多く接続して実際の接続状況を再現し、放射ノイズの影響を受けやすくなるようにします。(図4参照)。

伝導イミュニティ試験に比べノイズマージンの低下が確認された場合には、周辺機器やケーブルが放射ノイズの影響を受けていることが考えられますの

で、ノイズマージンが最大になるようにグラウンドやシールド、コモンモードチョークの挿入等を併用し、放射ノイズ対策を行います。

ここまでの試験と対策により、ノイズマージン2000Vをクリアさせることができれば、実際の電磁環境においても「一過性のノイズ障害」は激減します。

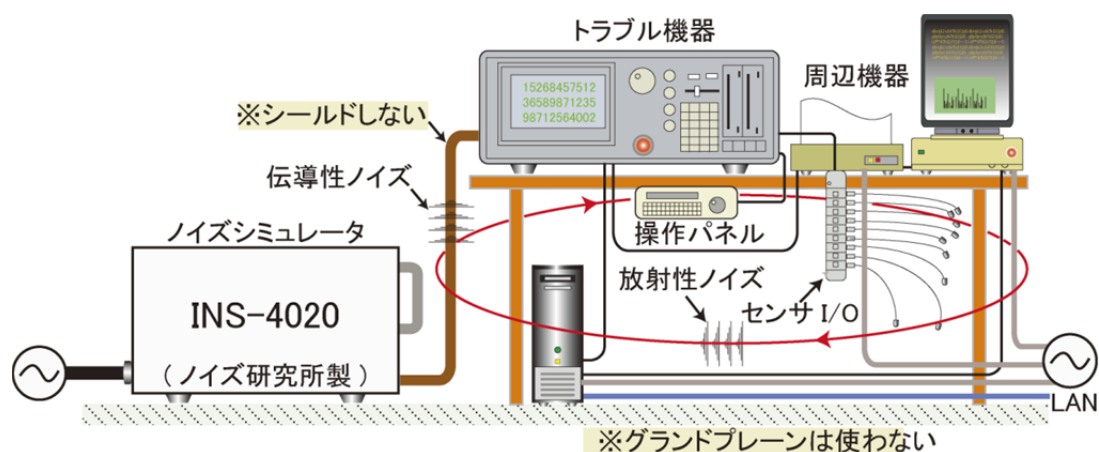


図4 伝導+放射イミュニティ試験

6. 終わりに

ノイズ障害防止に対応するには、原因究明と対策方法の検討が必要になります。

弊社では、「ノイズトラブル相談室」がノイズトラブルの解決に向けて、国内外を問わず活動しており、その調査に用いる測定機材や試験装置は重要な存在です。

これからもノイズ研究所との相乗効果が発揮され、そのことが同時に EMC 分野の発展に寄与することにつながるのであれば、それは大変望ましいことと考えます。

ノイズ研究所の一層のご発展を祈念申し上げます。

著者略歴

平田 源二（ひらた もとじ）



ノイズトラブルを数多く解決してきた実績をもとに、日本能率協会、日刊工業新聞、インターネプコン、高度ポリテクセンター、全国の工業試験場などで、ノイズ対策セミナーの講師を担当。

EMC と計算電磁気学

東京農工大学 教授・工学博士
宇野 亨

1. まえがき

水と油のようでもあり、ご存命なら佐藤利三郎先生にひどく叱られそうなタイトルですが、文献などを調べてみると、必ずしもそうではなく、少なくとも汽水域程度には達しつつあると感じられることもあります。そこでここでは、EMC との関わりや、思い出などを含めて計算電磁気学の歴史と現状を簡単に紹介してみたいと思います。

筆者が本格的に電磁界解析の分野に携わるようになったのは大学院に入学した 1980 年代初頭からですが、その頃にはすでに計算機に適した電磁界解析手法の研究が主流になりつつありました。それまでは基本的な問題に対する知識と経験を積み重ねることによって実際の問題に対する電磁界の性質を予測しようとするものでしたが、計算機が広く普及するようになったこの頃から、実際のモデルを直接数値解析するための電磁界計算手法を研究する分野が急速に発展しました。この分野を総称して計算電磁気学と呼びます。

筆者の指導教授は安達三郎先生(故人)でしたが、助手として雇っていただいた頃からは特にこの分野の研究を進めるように指導されました。その後、安達先生の退官に合わせて東京農工大に移りましたが、安達先生と共に、電磁界シミュレータ MAGNA/TDM (http://www.engineering-eye.com/MAGNA_TDM/) 開発できたことは貴重な経験でした。現在では国内外を問わず色々な電磁界シミュレータが広く普及し、アイデアの具現化や製品化

に少なからず貢献していることと思います。しかし、シミュレータが全ての問題を解決できる訳ではありません。どのような計算手法を用いているかや、それに内在する近似に応じて適用できるモデルにも計算精度にも自ずと限界があります。したがって、シミュレータの出した結果を盲目的に信じるのは危険で、出力結果を正しく判断するためには電磁界や EMC に関する正しい知識と経験が不可欠であるのは言うまでもありません。

一方、農工大に移ってから仙台や湯沢に呼んで頂いてこのような話をしましたが、その度ごとに佐藤先生から厳しい指導を頂きました。また、懇親会では皆様からただただ慰められるばかりでした。しかし、何度も話をする機会を与えて下さったということは、この分野もまんざら捨てたものでもないと思っていたのではないかと思います。

2. 計算電磁気学

EMC は専門ではないので、アンテナと電波伝搬の分野に限って計算電磁気学に関する幾つかの事柄を紹介しますが、その歴史を振りかえると、図1のように電子計算機が登場する 1960 年代後半を境に取り組み方が一変します。黒の矢印はノイズ研究所が創立された 1975 年です。

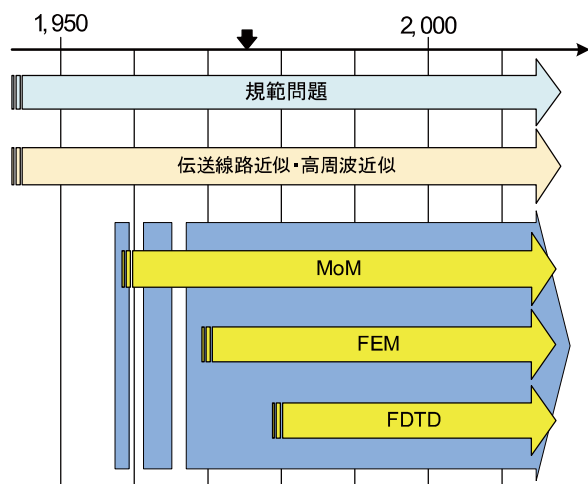


図1 電磁界解析法の変遷

規範問題とは、球や円柱といった座標系に一致する形状をもつ物体に対する電磁界の問題で、標準的な電磁気学の教科書にも載っていますから、簡単に計算できそうです。しかし実は、効率的な数値計算法が開発されるまでは正確な値は求まりませんでした。簡単な例として、 $\sin x$ を定義式通りに計算してみてください。 x が大きくなると正確な値が求まりません。これが数値計算の難しさの一例です。

さて、EMC やマイクロ波の分野では、問題を伝送線路モデルで置き換えて議論することが多いと思います。定性的な振る舞いを見通すには非常に有効な手段ですが、定量的な物理量を正確に知ろうとするにはやや難があると思います。また、アンテナでは放射が重要ですが、EMC やマイクロ波の分野では放射「損」と言いますので、似た分野であるにも関わらず興味の対象が大分違うと感じることも少なくありません。一方、高周波近似とは電磁波の粒子的な性質に着目した近似法で、物体が波長に比べて大きな場合に適しています。計算機負荷は小さく、物理現象の理解が容易であるなどの利点もあります。高校の物理で学んだ幾何光学がその代表です。

1960 年代後半に入って電子計算機が普及し始めると、実際の具体的な問題を解きたいという要求が高まり、計算機に適合した電磁界解析法の研究が盛

んになりました。その代表がアンテナなどの解析に良く用いられるモーメント法(MoM : method of moments)です。70 年代になると有限要素法(FEM : finite element method)が登場しました。いずれも周波数領域の解析法で、最終的には行列方程式を解くことに帰着されます。これに対して FDTD(finite difference time domain)法とは、マクスウェルの方程式を差分近似する方法で、過渡応答が直接計算できる点に特徴があります。周波数特性は時間応答を数値的にフーリエ変換して求められます。これらの基本的なアイディアは流体力学や解析力学の分野で古くから知られていましたが、アンテナや電磁界解析の分野に広く応用されるようになったのは、コンピュータが広く普及し始めた 1980 年代以降です。

2.1 電子計算機の登場以前

電子計算機が登場する前でも数値計算が不要であったわけではありません。たとえば、導体球や円柱による平面波散乱の厳密解表現が分かっていたとしても、電磁界の空間分布や周波数特性を知るには、数値計算が不可欠です。また、簡単な形状のアンテナであっても、インピーダンスを求めようとすると積分方程式を数値的に解かなければなりません。

このために用いられたのが図 2 のタイガー計算機で、その原型は 19 世紀の後半には発明されていたといわれています。筆者は経験が無いので実感は湧きませんが、グラフを描くのには大変な苦勞があったと聞いています。「計算精度は体力しだい」というようなことも伺ったことがあります。



図2 タイガー計算機

(情報処理学会・コンピュータ博物館提供)

2.2 電子計算機の登場

タイガー計算機の国内生産は 1968 年頃をピークに 1970 年前後には一気に急落していますので、この前後に電子計算機が普及し始めたのだと思います。筆者が電子計算機に初めて出会ったのは、直後の 1970 年代初めで、図 3 に示す計算機を学生実験の一環として使った記憶があります。当時は茨城県日立市の隣町にある高専に通っていたので、近くの会社からの払い下げであったのかもしれませんが、機械系の同級生は NC(numerical control)旋盤とか NC フライス盤というようなことを言っていましたから、日本の工業界全体がこの頃にアナログからデジタルへ一気に移行しはじめたのだと推測されます。また、友人は卒業研究の一環として逆行列のプログラムを作っていましたが、「手で計算した方が速いね」と嫌味を言われていました。当時の計算機とはこのようなレベルでした。

その後の電卓戦争と言われた時代を経て、関数電卓やパーソナルコンピュータが登場し、どこにいても、まさにパーソナルに電磁界計算ができるようになりました。大型計算機の発展もめざましく、現在では計算機メモリにおいても計算速度においても天文学的と言ってよいほどです。使用環境も夢のように改善され、紙テープや IBM カード、フロッピーディスクなどはいつの間にか使わなくなりました。さらに、新幹線などで移動中でもノートパソコンがあれば比較的大規模な計算を実行することもでき、メモリが足りない時にはネットワークを介してスーパーコンピュータに接続することもできるようになりました。気忙しい限りです。

電子計算機によって空間的、体力的な困難は軽減されたでしょうが、それでも計算機がすべてを解決した訳ではありません。たとえば、 100×100 の逆行列はパーソナルコンピュータでも簡単に計算できますが、 $10^{20} \times 10^{20}$ という巨大な行列となるとスーパ

ーコンピュータでも不可能で、特別な工夫が必要になります。



図 3 著者が初めて使った電子計算機と紙テープ
(情報処理学会・コンピュータ博物館提供)

2.3 現状と将来

これまでに開発されてきた電磁界解析手法のほとんどは、解析対象を微細領域に分けて正確に計算しておき、それを重ね合わせることによって全体の問題を解こうとするものです。波長に比べて大きな問題は本質的に不得手です。しかし、計算機的能力が格段に向上したため、現在ではかなり大きな問題も解析できるようになってきています。例えば、我々がよくお世話になる地下 4 階、地上 6 階の機械振興会館全てを 3 mm の立方体で分割したとします。理化学研究所設置のスーパーコンピュータ「京」を使えば、会館内に人が何人いても FDTD 法を用いて 1 GHz 程度までの電磁界が正確に計算できます。計算時間は約 40 時間です。もちろんやったことはありますが、おおざっぱな見積もりをしてみるとこうなります。

一方、波長に比べて大きな物体からの電磁界散乱に適した幾何光学近似法などは、近傍界が本質的となるアンテナの入力インピーダンスの計算には使用できませんが、最近は市街地の電波伝搬解析に利用されています。これも計算機能力が向上したためであると考えます。

しかしながら、前にも述べたように、計算機が全

てを解決してくれる訳ではありません。また、その能力にもいずれ限界が来るでしょうから、新しい計算手法の開発も続けなければならないでしょうし、何よりも大切なことは、計算結果を正しく判断できる電磁界や EMC に関する正しい知識と経験、それを養う教育だと思います。

3. むすび

本稿では、EMC と計算電磁気学と関わりやその基本的な考え方、特徴を筆者の経験を通して紹介させていただきました。理屈っぽくなってしまったところもあるでしょうし、誤解や独断的な表現も多分に含まれていると思います。ご容赦下さい。

EMC は学問的にも技術的にも重要な分野です。ノイズ研究所が今後ともその中心的な役割を果たして行かれることを期待します。

著者略歴

宇野 亨（うの とおる）



昭和 55 東京農工大・工・電気卒。

昭和 60 東北大学大学院博士了。工博。同年助手。

平成 3 同助教授。

平成 10 東京農工大・工・教授。この間、電磁波逆問題や計算電磁気学などの研究に従事。

平成 23 電子情報通信学会・アンテナ・伝播研究専門委員会委員長。

平成 27 日本学術会議・URSI-B 小員会委員長。

現在、 2016 アンテナ伝搬国際シンポジウム（ISAP）実行委員長

著書「FDTD 法による電磁界およびアンテナ解析」、「電磁気学」（いずれもコロナ社）など。

優れた方々との出会い、変化に挑もう！

日本アイ・ビー・エム株式会社 成長戦略事業

IBM ディスティングイッシュト・エンジニア (IBM Distinguished Engineer) 櫻井 秋久

約 30 年間 IT 企業社員の立場から EMC に関わって来ました。私の経験を述べることで同時に国内外の EMC の進展の経緯をお伝えすることができれば望外の喜びです。

EMC との出遣い (1982 年～1990 年)

1982 年に日本アイ・ビー・エム株式会社へ入社し、小田急江ノ島線湘南台駅から 2km 程のところにあったグローバル市場に向けた製品開発を担う藤沢開発研究所に配属されました。大型計算機の組み立てなどを行う藤沢工場の中に間借りするように建てられた瀟洒な 2 階建てのビルで、IBM の大型計算機をリモートで利用するための世界向けの通信端末機器の開発に従事しました。製品の開発期間は約 3 年、「完全性の追求」という当時の IBM の信条にも支えられ、製品仕様の一つを決めるにもかなりの研究時間をかけることが許されていました。開発部門の新人は IBM 社内標準試験を担当するのが常で、当時まだ日本ではあまり知られていない EMC 試験（対策を含む）も米国（FCC）、ドイツ（VDE）を含むグローバル市場を対象とする製品開発では必須のものでした。藤沢研究所の屋上には当時の日本では珍しい EMI 評価用の 3m/10m のオープンサイトが設けられていました。測定室を一步出れば富士山を望むことができる（今思えば）とてもいい場所でした。大学で電磁波、マイクロ波に関する研究を学んだ私でしたが、この EMI には面食らい、悩まされました。そもそも電気製品から不要な電磁波が放射されてい

るという認識がなく、上司から試験条件としてディスプレイモニタの画面表示は英数文字をランダムに表示し、通信用ケーブルを接続し、通信ケーブル、電源ケーブルの配置については写真をとっておくようにと指示されても、ちっともその本質を理解せず、実験報告の際にでたらめ（＝ランダム、本人）にガチャガチャとキーインした文字が表示されたディスプレイモニタ画面の写真を前に上司から「再現性」について篤と説教された覚えがあります。その後もこの EMI には苦勞させられ続けます。放射値を適合レベルまで下げることができずに、明け方まで及ぶ実験に明け暮れました。EMI が規制値に適合できずに開発の遅れが生じ、製品発表を遅らせるという事態も多く発生するようになって来ました。事態解決のため、IBM 全体に向けた指針が出され、「製品の開発に際して、事前に EMC のエキスパートから設計に対してレビューをもらう」ことが必須要件とされました。これにより、米国、ドイツ、イギリス、フランス、日本などの開発研究所がリードする形で設計のコンピテンスも有する EMC ラボの充実が図られました。これは 1984 年頃だと思います。測定サイトの特性評価は国際標準で定められているにもかかわらず、各測定サイト間でのデータ不一致にも悩まされました。したがって、開発中の製品を米国、ドイツ、イギリスなど当該国の IBM 開発研究所に持ち込み試験・対策を行うことも恒常化し、海外の IBM 技術者と直接協業する機会に恵まれました。ノースカロライナ州ラーレーの IBM 開発研究所の

EMC ラボでは、今日 IEEE を中心に活躍が目覚しい T. Hubing 氏が学位取得に向け製品からの放射問題の抽象化に取り組んでいましたが、時間に追われる私達は製品の対策に精一杯で、その時に EMC 設計につながる彼の素晴らしい考えを真に理解することができなかったことは残念でした。この頃にはパーソナルコンピュータ (PC) が徐々にオフィスに浸透し始め、日本 IBM でも PC の開発が進められました。事務機器としての通信端末は、規格上はクラス A でしたが、PC はクラス B ということで EMI の対策手法が大きく変化しました。1985 年末には CISPR 22 の発効に合わせて国内でも情報機器を対象に自主規制が開始されました。また研究所も大和中央林間の新しい社屋 (大和研究所) へと移転しました。この大和研究所の地下には 10m の電波暗室 (半無響室) が 2 基、3 メートルが 1 基あり、24 時間フルに使われる状態でしたが、それでも足りずにしばしば山梨の山奥のオープンサイトまで出向いて実験をしました。今では考えられないことですが、大和研究所から山梨のサイトの往復にはタクシーをチャーターするという豪華振りでした。ある意味カネと時間をかけ EMI 対策を行っていたわけですが、1990 年には効率よく EMC 設計対策を施す組織が必要ということで、大和研究所の技術支援部門である EMC ラボに様々なことで一番注文をつけていた私に EMC ラボへの運命的な異動命令が出され、マネージャとして就任することになりました。

EMC 対策から EMC 設計へ (1990 年～2005 年)

EMC ラボのマネージャ等が一箇所に集い課題の共有と協業を目的とした社内ワークショップが毎年開催されていましたが、30 代前半で初めて行ったフロリダのボカラトーン (当時 IBM PC の中心的開発研究所) でのワークショップは EMI サイト評価で用いられる Three Antenna Method の発案者である A. A. Smith、羽式 ESD 試験装置の開発責任者であ

り、国際規格化の世界で有名であった R. Calcavecchio をはじめとして、世界中からその国を代表するような人々が集まり、その考え方、専門性について大いに啓発されました。また、IBM ボカラトーンには理路整然と EMC 対策を語る技術者がいて、その考え方に目を開かされ、その後に、EMC 対策と呼ばれている技術を何とか設計というものに昇華させることはできないかと腐心するきっかけになりました。異動して間もないある日、ある専門誌の記事で米国の IBM の基礎研究所で、幾つかの論理素子を搭載した小型の PCB を、モーメント法を用いて数値解析したという IEEE の論文紹介を偶然目にし、これだ、これだと興奮し、直ぐに当該研究所へと出向きました。この研究所は「IBM T.J. Watson Research Center」という IBM の基礎研究所の総本山とも言えるところでした。論文の著者グループで、PEEC (Partial Equivalent Electric Circuit) の開発で知られる Albert Ruehli が率いる電磁界シミュレーションの研究チームから開発中の種々の手法について難解な説明を受け、どうしたら大和研究所で開発が始まったノート PC へ応用できるのだろうと悩みました。実は彼等と会うまでは、日本は独自にシミュレーション技術を開発すべきと考えていました。昼食時に「あの日本人を知っているか? Hi Leo!」とその呼びかけに振り向いた人は、あのノーベル物理学賞の江崎 玲緒奈氏でした。とにかくレベルが違いました。この瞬間に基礎は彼等に任せて我々は応用技術の開発に専心しようと決め、帰国後は EMSIM と呼んだモーメント法をベースとした電磁界シミュレータの応用技術の開発に同僚とともに明け暮れました。専門誌への投稿を契機に学会からも呼ばれ、大先生とも知らず、いい加減な理解のまま講演なども行いました。先生方の寛大さに助けられたとは言え、冷や汗ものです。

あるとき、米国の同僚の机の上にあった分厚い本をパラパラとめくると、これまでの EMC のテキスト

トブックには見たことがないオリジナリティと格式を感じました。これが Clayton Paul 教授の名著「Introduction to EMC (邦訳: EMC 概論)」でした。「これを是非日本の技術者に見せたい!」と思い、直ぐに出版元と Paul 教授の承諾を得て、懇意の大学の先生に出版社をご紹介頂き、私の部門に所属する技術者全員で翻訳しました。800 ページを超える大著である上に、間違いのない日本語にするというのは思ったより大変な作業でした。出版を手がけて頂いたミマツ社 (現 科学情報出版) には、佐藤 利三郎先生に監修をお願いして頂くなど、大変お世話になりました。

技術開発をする中で多くの事に気づくことになります。可能であれば製品丸ごとシミュレーションしたいと思うのですが、もし解析できたとしても、逆に結果が正しいかどうかは容易に判断できません。解析規模は得られる結果の正しさが物理的に納得できるものでなければならぬわけです。IBM の各 EMC ラボでは製品ごとに、経験などから得られた設計ノウハウがありましたので、それらを集約し、EMSIM により数値的に検証し、ルール化するという活動を米国の EMC ラボにいた現在では IEEE EMC チャプターで大活躍の Bruce Archambeault 等と共同で展開し、最終的に EMCEP というルールチェッカを開発しました。これはプリント基板の設計を EMC 設計の観点からレビューし不適切な箇所を示すというものです。2000 年位からは EMC 設計、開発のサービスを社外のお客様にも広げ、自動車、携帯電話など IT 機器以外にも取り組みました。シミュレーション技術もモーメント法に加えて、FDTD、有限要素法、レイトレース法などの応用に取り組みました。PC に搭載される無線のためのアンテナ設計も開始し、自家中毒現象に向けた対策技術の開発も行いました。解析のためのツール活用にも注力しワークベンチファラデーケージ法、PCB 磁気プローブ法、プローブスキニング法などを取り

入れ、数値シミュレーションとの連携について研究しました。

新たな展開 (2005 年～)

2005 年には PC 事業の事業売却が実施され、多くの時間が他社への技術支援に向けられることになりました。EMC の設計、試験技術の開発で培った技術に応用し、RFID システムの通信評価、特殊 RFID タグアンテナの開発などにも取り組みました。また数値シミュレーションを基礎とした製品開発における EMC 設計プロセスを開発し他社への提供を行いました。長年運営委員長などを務めた VCCI を 2009 年に VCCI が自主規制協議会から財団法人になった翌年に退任しました。ここでは国内外で EMC 規制、規格に関わる多くの方々と親交を結ぶことができました。

世の中はビッグデータ、アナリティクスなどがバズワードとして飛び交うようになりました。ある時、大手自動車メーカーとの打ち合わせで「100 万メッシュの解析を弊社のモーメント法シミュレータは実用的に扱える」と力説した際に、「凄いことだけど、うちで設計開発に用いるにはもう 4 桁必要」と回答をされました。極めて非現実な回答ではあったのですが、実際というものに対応するには、これまでとは異なる「新しい」アプローチが必要なのだという思いを強くしました。物理一辺倒の解析から、ビッグデータなどの解析に用いられるアナリティクス技術などの応用です。物理的解析とアナリティクスを融合したようなイメージです。面白いことに海外でも、応用の分野は異なりますが Physical Analytics という言葉が度々聞かれるようになってきました。また技術の進化も顕著になりつつあります。残念ながら EMC ではまだその様なことは起きてはいませんが、スマートグリッド、スマートコミュニティのような新しい社会システムが実際化して行く中では、きっと必要とされる変化だと確信しています。

2010 年からはスマートシティ、スマートコミュニティと言われる事業領域で数値気象予測をベースに様々な事業の開発に取り組んでいます。新しい分野で得られた知識・経験をこれまでの知識・経験に重ね合わせることで、思いがけない広がりや、気づきがあります。もっと早くこのような機会に積極的に

チャレンジしておくべきだったと反省しています。若い方々には専門を深めるためにも是非幅広い経験を積むことをお勧めしたい、そう思っています。

最後になりましたが、振り返りの文章を書く機会を与えて頂いたノイズ研様に深く感謝します。40 周年おめでとうございます！

著者略歴

櫻井 秋久（さくらい あきひさ）



1982 年 九州大学大学院総合理工学研究科修了

1982 年日本アイ・ビー・エム株式会社入社

藤沢研究所にて世界向け汎用端末の製品開発に従事。その後、製品技術部門へ異動し、製品試験技術マネージャを経て EMC（Electromagnetic Compatibility）技術開発マネージャ。数値シミュレーションを応用した EMC 製品設計技術の研究、開発に従事。2000 年に IBM シニアテクニカルスタッフメンバー（STSM）に、2005 年に IBM ディスティングイッシュド・エンジニア（技術理事）にそれぞれ就任。2005 年より大和研究所・技術開発センターマネージャ。2010 年よりスマートシティ領域において R&D 部門を積極活用した新規ソリューション、事業開発に従事。IEEE、電子情報通信学会会員。 EMC 概論、EMC 概論演習など翻訳・著書多数。

E-mail：akihisa@m.ieice.org

NECがPC-8001発売
ソニーがウォークマン発売

米インテル社がi8086発売
成田空港開港

米アップル社がApple II発売
米デジタルリサーチ社がCP/M発売
米ザイログ社がZ80発売

山陽新幹線が博多まで開通

米インテル社がi8080発売
コンビニ第一号、東京・豊洲にオープン
円為替、変動相場制に移行
第一次オイルショック

カシオ計算機が電卓カシオミニ発売
マクドナルド一号店、銀座に開店
米IBM社がフロッピー・ディスクを開発
米ドルと金の交換を停止（ニクソンショック）

大阪で日本万国博覧会開催

1970 '71 '72 '73 '74 '75 '76 '77 '78 '79

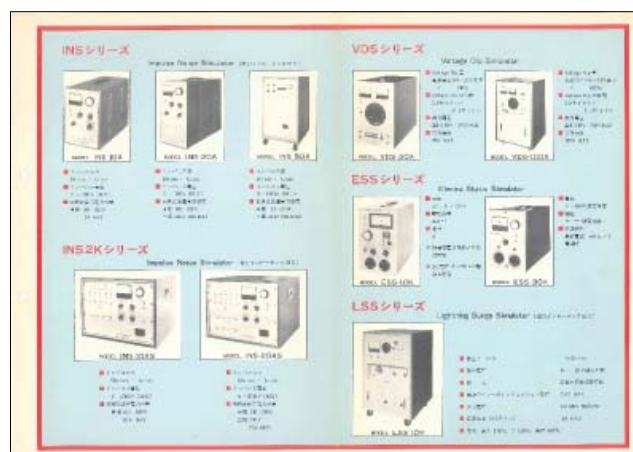
NoiseKen 写真館

株式会社ノイズ研究所に社名変更

株式会社足立ノイズ研究所 設立（東京都三鷹市井口）



社屋（1975年7月～1977年8月）



当時の製品カタログ



当時の事務スペース



メンテナンス作業

自動車の生産台数が世界第一位に

米IBM社がPC(5150)発売
神戸ポートピア開幕

NECがPC-9801発売
五百円硬貨発行

東京デイズニランド開園
任天堂がファミリーコンピュータ発売

米アップル社がMacintosh発売

米マイクロソフト社がウィンドウズ出荷
ドル高是正のプラザ合意成立

音楽CD販売枚数がレコードを超える

国鉄、JRに分割民営化

瀬戸大橋開通
東京ドームが完成
青函トンネル開通

東証平均株価3万8915円
独ベルリンの壁、撤去始まる
消費税スタート、税率3%
平成と改元

'80

'81

'82

'83

'84

'85

'86

'87

'88

'89



本社を川崎市多摩区登戸に移転



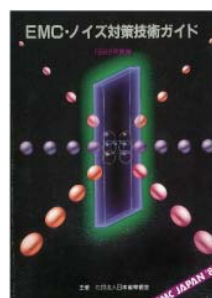
第一回EMC・ノイズ対策技術展



社屋(1984~1990年)3階部分



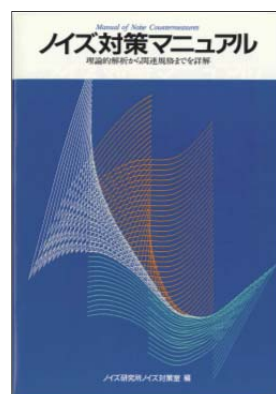
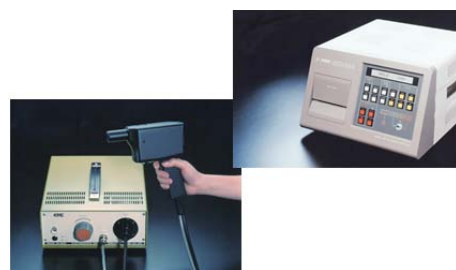
1989年EMC・ノイズ対策技術展



写真提供:(一社)日本能率協会さま



1989年エレクトロニクスショー



1980年代に制作した数々の技術冊子

EU統一通貨ユーロ誕生

NTTドコモがiモードのサービス開始

長野冬季オリンピック開催

山一証券ほか金融機関の破たん相次ぐ
消費税が5%に引き上げ

EMC指令にてEUに輸出する装置の一部に

CEマーキングの付与を義務付け
米マイクロソフト社がウィンドウズ95発売

カシオ計算機がデジタルカメラQV110発売

地下鉄サリン事件
阪神大震災

関西国際空港開港

ニューヨーク為替市場1ドル1100円突破

EU（欧州連合）発足

東海道新幹線「のぞみ」登場

ソビエト連邦崩壊

東西ドイツ統一

東証株価2万円を割る（9ヶ月で約50%）

1990 '91 '92 '93 '94 '95 '96 '97 '98 '99

本社を川崎市麻生区上麻生へ移転



電磁波可視化装置特許ライセンス契約（栃木県）
ノイズ・イミューニティ試験の受託と
対策相談業務開始



千葉県船橋市にてテストラボ事業を開始

本社機能の一部を川崎市麻生区万福寺に移転



1991年ふくしま計量計測器展



上：創立当初より発行してきた「ノイズ テクニカル レポート」を一冊の本に



テストラボ船橋



社屋（1990～2000年）



1992年 EMC・ノイズ対策技術展

消費税が8%に引き上げ

東京スカイツリー開業

東日本大震災

中国が日本を抜いてGDP世界第2位に

米アンドロイド搭載スマートフォン発売

米リーマンブラザーズ経営破たん

世界同時株安(サブプライムショック)

米アップル社がiPhone発売

日本の総人口初の減少

新札発行(一万円札は野口英世、
五千円札は樋口一葉に)

地上波デジタル放送始まる

米同時多発テロ

国内でBSデジタル放送始まる

2000 '01 '03 '04 '05 '07 '08 '10 '11 '12 '14



金沢大学との産学連携により

空間電磁界可視化システムを商品化

中国にサービス拠点を設立



ISO/IEC 17025認定を取得



本社及び柿生事業所を相模原市千代田に移転



社屋(2000年～)



EMCセミナー風景



2015年 EMC・ノイズ対策技術展



左: 技術部上席部長 石田の論文
『Best paper award (Honorable mention:佳作)』
(Joint IEEE International Symposium on
Electromagnetic Compatibility and EMC Europe,
Dresden 2015)



EMC・ノイズ対策技術展のブース来場者プレゼントとして制作した「試験法マニュアル」「規格ガイドブック」等



ノイズ研究所経営理念(=志)

- 1 私達は、エレクトロニクスの産業分野で、製品の安全性と信頼性を高めるための EMC 関連機器、部品、サービスを開発・提供する国際的な企業を目指します。
- 2 私達は、謙虚な姿勢と顧客第一主義を活動の基本として、お客さまと社会から支持・信頼され、高収益が許される事業を創造し、社会に貢献します。
- 3 私達は、常に新しい目標に挑戦しながら喜んで働き、お互いの幸福を求めて、公正で明るく夢のある会社を築きます。

編集後記

ノイズ研究所が発足した 1975 年、私は高校生でしたが、未来の電子エンジニアを目指し学校が終わると（勿論当時の）秋葉原に通い、パーツショップやジャンク屋巡りにいそしむマニアな学生でもありました。この時代の家電製品は、オーディオブームなどもあり、アナログが主流でしたが、電卓やデジタル表示時計、またスイッチング制御など生活にも、徐々にデジタル化の兆しが出てきた頃でもあります。社会人になった 1980 年代初頭には、マイコンブームを伴うデジタル化の波によって、コンピュータ制御機器の設計やプログラムの開発に日々時間を費やしていました。たまたま私が設計、納品した製造装置が、ノイズで暴走するクレームが発生し、ノイズ試験器のユーザの立場でノイズ研究所に相談に行ったのが運の尽き、EMC の世界に身を置く破目になりました。それから 25 年以上、EMC 関連製品を開発してきました。

当社が創立 40 年を迎えたのを機に、当時の EMC の世界は発展途上であり、多くの業界、学会等の人々の努力によって築かれ、当社もそれに支えられてきたことを改めて認識し、自分がこの業界で育てられた様に、また若い技術者・研究者にもそれを知ってもらいたいという想いがつり、この記念誌を発行することになりました。本誌は、EMC の 40 年を支えて頂いた諸先輩の業界の方々及び先生方のご好意でご執筆いただきました。ご協力いただいた皆様、大変ありがとうございました。またお声掛けしても、諸事情でご執筆に至らなかった方にもお礼申し上げます。さらに配慮が足らずお声掛けできなかった方には、お詫び申し上げます。

寄稿していただいた原稿が徐々に集まるにつれて、皆様の EMC に対する想いを存分に感じ取れ、編集冥利に尽きる思いです。自分が若いときにはあまり聞く耳を持っていなかったにもかかわらず還暦間近の歳となると人の言葉の重みが身に染みる状況となり、若い方という想いで始めたことですが、この記念誌の作成にあたり私が一番楽しんでいいのかもしれない。

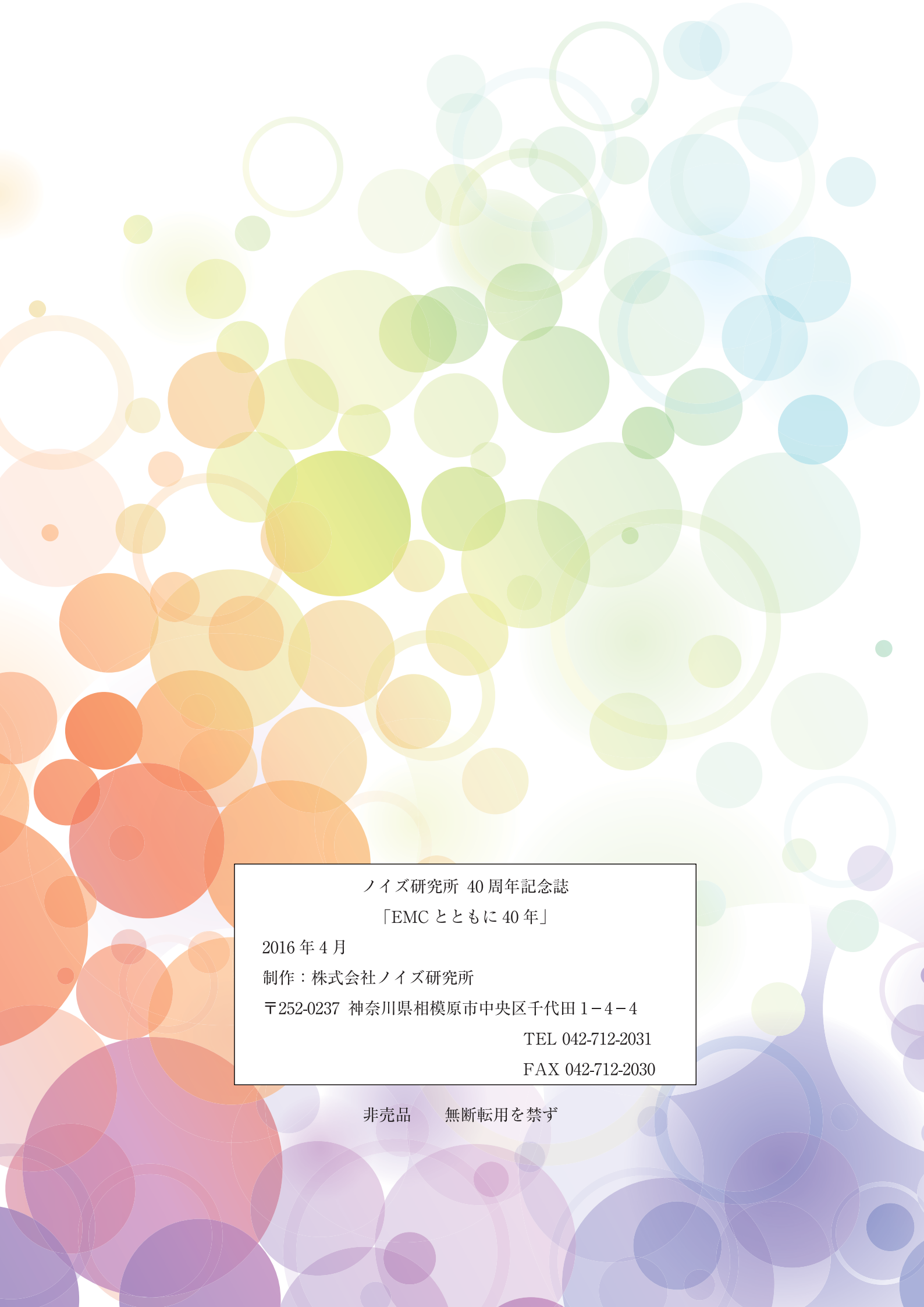
一中小企業が、このような冊子を纏めることにためらいもありましたが、EMC 業界・学会への恩返しと、小さな社会貢献となれば幸いです。

「EMC とともに 40 年」企画委員会

委員長 技術部上席部長 博士(工学) 石田 武志

委員

山崎 裕子／大石 聡一



ノイズ研究所 40 周年記念誌

「EMC とともに 40 年」

2016 年 4 月

制作：株式会社ノイズ研究所

〒252-0237 神奈川県相模原市中央区千代田 1-4-4

TEL 042-712-2031

FAX 042-712-2030

非売品 無断転用を禁ず