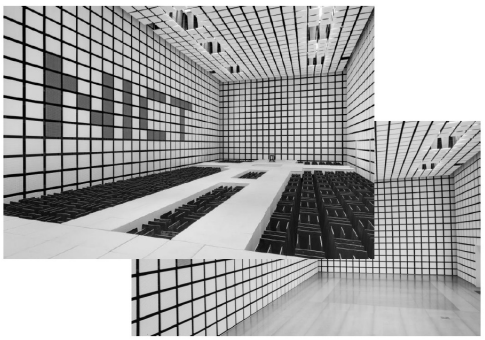
無断転載禁止

電波利用技術とEMC <1>

～ NICT における電磁環境技術の研究開発 ～

5G システムやワイヤレス電力伝送などの電波利用の拡大に向けて情報通信研究機構が取り組んでいる、安全・安心な電磁的環境の構築のための研究開発についてシリーズで紹介する。



NICT の 5 面 /6 面共用大型電波暗室

国立研究開発法人情報通信研究機構
電磁波研究所

平 和昌

松本 泰

＜はじめに＞

国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）は、情報通信分野を専門とする我が国唯一の公的研究機関である。情報通信技術（ICT）の研究開発を基礎から応用まで統合的に推進するとともに、産業界や大学、自治体、国内外の研究機関などと連携し、研究開発の成果を社会へ還元することでイノベーションの創出を目指している。

NICT では、2016 年度から始まった第 4 期中長期計画の中で「センシング基盤分野」の研究開発の実施を掲げている。センシング基盤分野では、電磁波を利用して人類を取り巻く様々な対象から様々な情報を取得・収集・可視化するための技術や、社会経済活動の基盤となる高品質な時刻・周波数を発生・供給・利活用するための基盤技術、様々な機器・システムの電磁両立性を確保するための基盤技術の研究開発を実施している。ICT を利活用して新たな価値を創造するためには、我々を取り巻く環境から様々な現象や状況を観測・測定することが必要である。そのためには、計測の基準を構築し、適切な形でデータ化してサイバー空間上の情報に置き換えていく必要がある。NICT 電磁波研究所では、「電磁波の特性を活かした、より正確な計測を実現することにより、社会を守るとともに、これまで見えなかったことを見ることにより、科学の新たな価値の創造を導く」ことを目標として掲げ、新たな電磁波応用分野の開拓を目指している。

上記のミッションを達成するまでの流れを図 1 に示す。すなわち、現実の世界である「リアルワールド」で起こる様々な自然現象や人為現象に対して、我々のコア技術である「電磁波を用いた正確な計測」を使って情報（データ）に置き換え、産業界やアカデミアとも連携してその情報を活用することにより、「社会を守る・生活を守る」ことや「科学の新たな価値を創造する」ことを実現していこうという流れである。電磁波を用いた正確な計測で得られる情報は、①科学技術や社会の基盤として計測の基準を定める「社会を司る機能の源となるデータ」、②観測・計測したデータが国民の生活を守る「社会における行動や判断の根拠となるデータ」、③従来不可能だった計測を実現させることにより得られる「新しい価値を導くデータ」に分類できるであろう。

本稿以降、シリーズで紹介する「電磁環境技術」は電波利用の観点で安心・安全な社会を構築するための技術であり、社会を司る機能の源となる情報を作り上げるものである。電磁環境技術には、社会で使われる様々な電気・電子機器や家電機器からの不要な電波の量を正確に計測する方法や、不要電波が通信システムや医療装置などに与える影響を評価する技術、測定器で計測された値が正しい値となるために必要な技術、人体が電波にさらされる量を正確に評価する技術などが含まれる。今後、我々は 5G システムや IoT の普及により、これまで以上に電波利用の恩恵を享受することになる。電波を利用する際の安心・安全を確保する技術、それが「電磁環境技術」である。

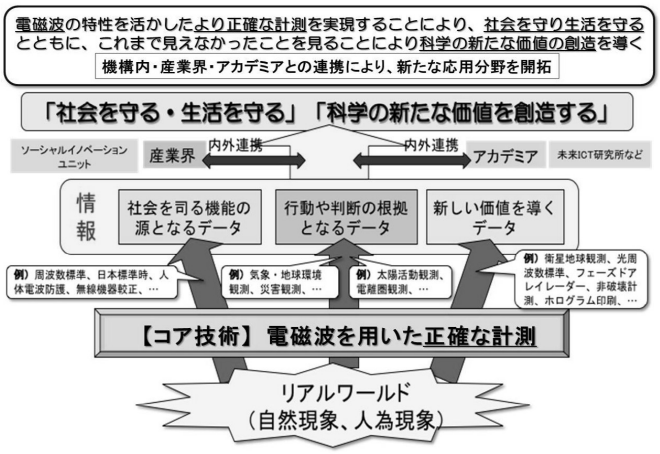


図 1　NICT のセンシング基盤分野における目標とそれを達成するまでの流れ

電波利用と電磁的両立性

現在、スマートフォンに代表される携帯端末は、それなしでは日常生活が難しい必需品となっている。またスマートハウス、コネクテッドカーや自動運転技術などの普及や進化により、無線通信機能を備えた高機能な電子機器としての家電製品や自動車が日常生活の様々な場面を支える時代も、すぐそこに迫っている。

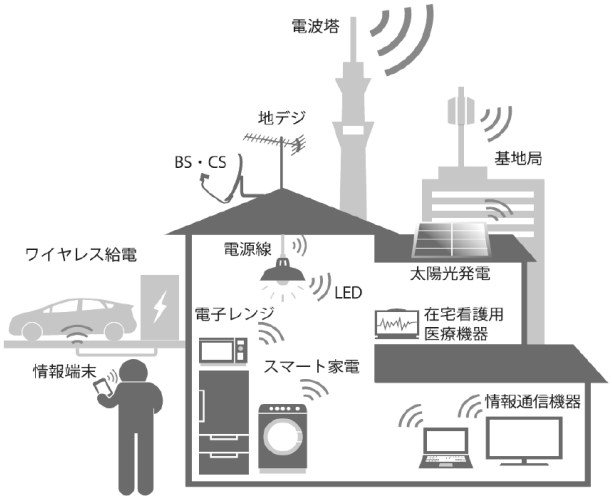


図２　日常生活を支える電子・電気機器の EMC

このように無線機器や電子機器は日々の暮らしに欠かせない存在であるが、その動作に伴って様々な電磁波が周囲に放射されることは意外に知られていない。例えば無線端末からは、通信に必要な意図的な電波の他に、不要な電波が放射される。またパソコンや家電製品からも、内部の電源回路や電子回路の動作に伴って非意図的な不要電波が放射される。一方、これらの通信機器・電子機器は、周囲の電磁的な環境によっても動作に影響を受ける。例えば無線機器は、受信すべき通信信号に不要な電磁波が混入すると、通信性能が低下してしまう（電磁干渉と呼ばれる）。また電子機器は、近傍の無線機器が発する強い電磁波が照射されると、内部の電子回路の誤動作が生じ、深刻な事故の原因となる場合もある。

私たちの現代の生活を支える様々な機器に、万一上記のような不具合が大規模に生じたとしたら、日常生活の機能が停止すると言っても過言ではない。このような事態を防ぐには、無線機器や電子機器が、お互いの発生する電磁波（エミッション）によって他の機器に悪影響を与えないことと同時に、与えられた電磁的な環境の中で満足に動作できる耐性（イミュニティ）を持つことが非常に重要である。これを「電磁的両立性」（Electromagnetic Compatibility：EMC）と呼ぶ。国際電気標準会議（International Electrotechnical Commission：IEC）の定義によれば EMC は、「装置やシステムが、置かれた電磁環境の中で、同じ電磁環境中の他のあらゆるものに許容できない妨害を与えずに満足に動作する能力」とされている。上記のように EMC は、機器と電磁環境との双方向の関係であることに注意が必要である。

EMC の考え方は、様々な機器から発生する電磁波による人体への影響にも適用される。例えば無線機器は、周囲の電子機器などから生ずる不要電磁波も含んだ電磁環境の中で満足な通信性能を達成する必要がある。通信性能を上げるには信号送信電力を増やせばよいが、無線機器からの放射電波が強すぎると近傍の人体への影響が生ずることも考慮しなければならない。

本節の冒頭に述べたように、電波を利用したシステムが生活の隅々にまで浸透する社会において、それぞれのシステムが障害を起こすことなく安全・安心に機能するためには、各システムによってどのような電磁的環境が作られるかを正確に把握し、その環境において各機器に起こりうる電磁的な障害や、人体への影響を評価・予測し、影響を回避する方策を明らかにすることが従来以上に重要となってくる。

NICT では、様々な無線機器や電子機器を、安心・安全に利用できる電磁環境の構築を目指した技術（電磁環境技術）の研究開発を行っている。電磁環境技術には幅広い学術的・技術的分野が含まれるが、最も基本となるのは、無線機器や電子機器によって生ずる電磁波や電磁環境を正確に計測する技術と、電磁波による機器・システムや人体への影響を理論的・実験的に正しく評価する技術である。具体的には下記の①から⑤に挙げる課題であり、それぞれの詳細については本連載の次号以降、順次紹介していきたい。

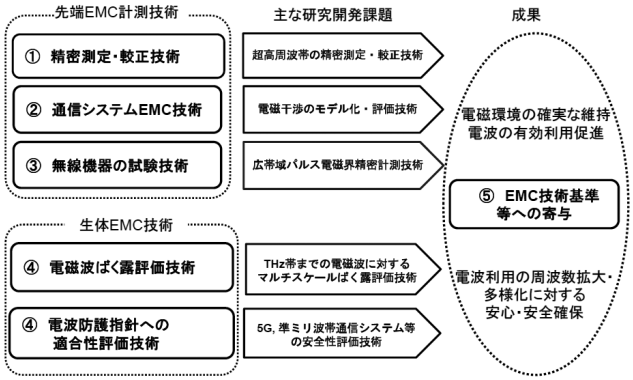


図３　NICT の行なう電磁環境技術の研究開発課題

①精密測定・較正技術：電磁環境の正確な把握のための基盤技術

電磁環境の正確な把握は、電磁的両立性の確保において最も基本となる。例えば様々な所望・不要な電波の強度やスペクトルが、正確に計測できることが必要条件である。また、測定に用いる機器そのものが正確でなければ、測定結果を信頼することができない。

測定器自体の正確さを担保するためには、使用する測定器の指示値を正確な基準値と比較して、両者のずれを測定する（較正と呼ぶ）ことが必要となる。NICT は電波法で定められた較正を業務として行ない、我が国の基準としての役目を果たすと同時に、正確で安定した較正を提供するための研究開発を行なっている。

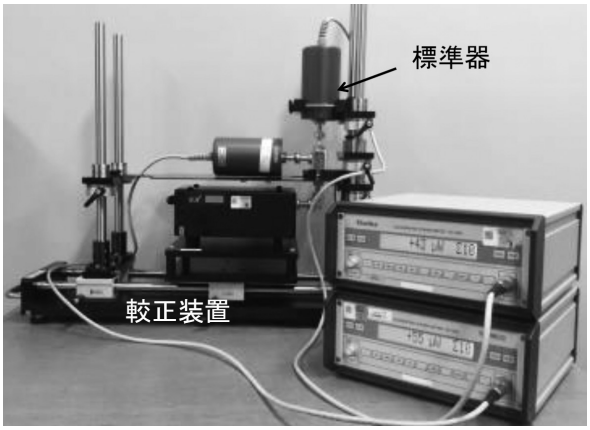


図４　220GHz ～ 330GHz 電力計較正系の開発

②通信システム EMC 技術：不要電磁波による無線通信への障害防止

電気・電子機器などから放射される不要電磁波（電磁妨害波）による通信・放送システムの障害を防止するには、電磁妨害波の発生・伝搬機構を明らかにすると同時に、電磁妨害波による通信・放送システムの受信品質劣化を定量的に評価し、品質劣化が許容限度以内にできるような妨害波許容値を定める必要がある。NICT では電磁妨害波発生機構のモデル化や数値シミュレーション、妨害波形のモデル化、通信品質劣化評価法や電磁干渉シミュレータ・エミュレータ技術の研究開発を進めている。

③無線機器の試験技術：無線機器から放射される電波の質の評価

電磁環境の維持には、無線機器からの不要な電波の発射を一定レベル以下に保つ必要がある。これらの「電波の質」を検証する手段が無線機器の試験技術である。航行・救命用など高い信頼度が要求される無線機器に

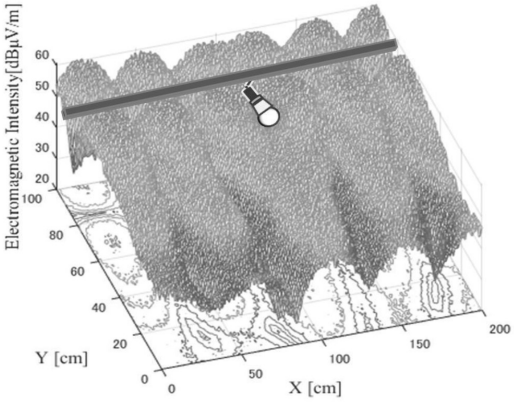


図５　LED 照明近傍の放射妨害波電界強度分布
電源線に沿って妨害波強度の強い領域が周期的に発生している

対しては、その性能・機能を国が型式検定試験によって確認する。NICT では、前身である電波研究所の時代から型式検定試験や関連する技術開発を長年実施してきた。型式試験は 2016 年度からは総務省との契約により民間企業が実施している。しかし新たな試験技術の開発には高い技術力を必要とするものもあり、NICT が開発を行ない、その成果が試験手順や技術基準に反映されている。

図６　船舶用レーダーの不要波測定法の開発
測定対象レーダーから放射される不要波（スプリアス信号）を 400m 程度離れた地点で計測する

④生体 EMC 技術：安全な電波利用の担保

電波に対する人体の安全性を確保するためには、まず、電波利用機器の使用状態において、人体がさらされる電波の総量を正しく見積ることが必要となる。これは電波ばく露量の評価と呼ばれる。一方、医学的・生物的見地から、電波ばく露によって生体に生ずる影響が健康上問題のない条件（電波防護指針）が定められている。電波利用機器の安全性を担保するには、その使用状態において電波防護指針に適合しているか否かを評価する手段（適合性評価技術）が必要になる。

NICT では共同開発機関とともに日本人の平均体型を持つ精密な数値人体モデルを用いた電磁界数値計算を中核とした、ばく露評価技術を開発してきた。またばく露評価に必要な生体組織の電気定数を精度良く測

定する技術も開発しており、世界最大の規模・周波数範囲の生体組織電気定数データベースを構築している。今後はミリ波～テラヘルツ帯の利用拡大により、高分解能・マルチスケールな数値人体モデルの開発、超高周波領域の生体組織の電気定数測定法の開発が必要となる。また、電波防護指針への適合性評価技術については、今後の複数アンテナを用いたビームフォーミングやMIMO機能を実現する高機能端末が、人体に近接して使われることによる影響などが課題である。

⑤研究成果の社会展開：国際標準化活動への貢献

以上のようにNICTにおける電磁環境分野の研究課題は、電波利用技術の進歩と表裏一体である。将来の電波利用の安全・安心を確保するには、電波利用の動向を把握し、それに伴って起こりうる問題を予想し未然に防止することが重要である。またNICTでは、研究開発で得られた成果や知見を用いて、IEC、CISPR（International Special Committee on Radio Interference: 国際無線障害特別委員会）、ITU（International Telecommunication Union: 国際電気通信連合）、IEEE（Institute of Electrical and Electronics Engineers: 米国電気電子技術者協会）などの国際標準化活動や、国際・国内の各種技術基準の策定への寄与を積極的に行なっている。標準化活動に際しては、関連する製造業者、通信事業者、民間試験機関などのニーズや動向を把握し、協力を得ることが不可欠であり、オープンフォーラムNICT/EMC-netを主催するなどの交流活動を行っている。

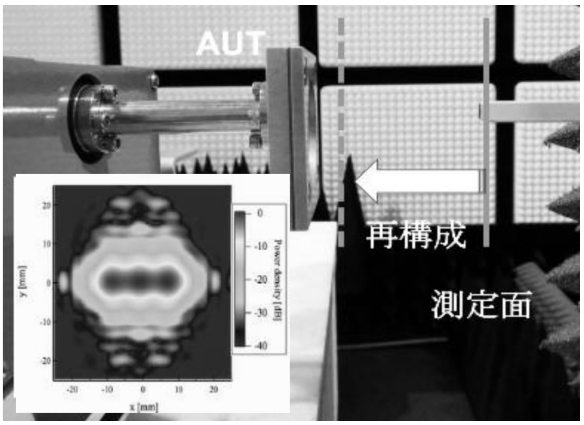


図７　5Gシステムを想定した電波防護指針適合性評価方法（アンテナ近傍の電力密度再構成手法）の開発

図８　NICT主催による電波防護に関する国際ワークショップ

❖❖ 筆者紹介 ❖❖

平　和昌

●略歴：1991年郵政省通信総合研究所（現NICT）入所。移動通信の電波伝搬、通信方式の研究開発に従事。2000年通信・放送機構へ出向、電子機器のEMC、電磁波セキュリティに関する研究開発に従事。2005年総務省へ出向、戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）のプログラムオフィサーとして制度の運営に従事。2008年NICT総合企画部、2011年同社会還元促進部門長、2012年同ネットワークセキュリティ研究所長、2016年４月から同電磁波研究所長。博士（工学）。
● EMC研究との出会い：大学で学生として所属していた研究室では、学生全員が電磁波に関する研究に取り組んでいました。当時の研究テーマとして「接近する伝送線路のクロストークの解析」や「電波を吸収する新素材の開発」などがあり、それらはEMCを解決する技術であることを学びました。EMC研究には電磁波の振る舞いを知ることが重要であり、それらはコンピュータを使って方程式を解くことで数値的に知ることができます。当時、私は電磁波の振る舞いのコンピュータ解析に取り組んでいました。
●現在の職務：自分自身が研究するという職務から10年以上前に離れ、研究所内の研究者が自由な発想で安心して研究ができる環境を作ることと、研究がスケジュールどおりに進むための支援と管理、外部機関と支障なく連携して研究できるための環境作りなど、いわゆる「マネージメント」と呼ばれる仕事をしています。研究に直接携われないために寂しい面がある一方、多くの部下の様々な研究テーマの今後を彼らと一緒に考えることができるという、通常の研究者では味わえない醍醐味があります。
●国の研究機関で働くことについて：国立の研究機関は国民からの税金で運営されています。その役割は、多くの国民に共通する便益を生み出すことであるとともに、民間企業では実施できない、あるいは実施しない役割を担うことです。そのような責務は、私自身の仕事に対する考え方ともマッチしており、とてもやりがいのある職場です。

松本　泰

●略歴：1985年郵政省電波研究所（現NICT）入所。移動体衛星通信の研究開発に従事、その後NASDA（現JAXA）、東北大学を経て、衛星搭載アンテナ、電磁環境技術に関する研究開発に従事。現在NICT電磁波研究所電磁環境研究室長。博士（工学）。
●担当研究内容：通信システムのEMC、電磁雑音の数学モデル、無線通信への雑音の影響評価法、電磁雑音の測定法などを担当しています。
● EMCの研究を始めたきっかけ：電磁環境分野の研究を始める前は、衛星通信と衛星搭載通信機器の研究をしていました。衛星打上げ後、衛星の受信する信号に様々な不要信号が混ざるのを経験したのがきっかけです。
●研究者の日常について：研究そのものの他に、自分や所属組織の研究環境をより良くするために必要な仕事も多いです。しかし時間があれば、今取り組んでいる研究課題の解決法や、将来に向けて研究テーマをどう発展させるか、仲間と議論しています。
●日頃の研究で大切にしていること：工学分野の研究なので、研究成果が誰の役に立つかをいつも意識しています。同時に、取り組む課題やその解決法が多くの分野の参考にもなるように、問題設定になるべく普遍性を持たせることも心がけています。
●国の研究機関で働くことについて：国立研究機関は国民の税金で運営されています。NICTの行なうEMC分野の研究では、その成果が様々な技術基準に反映され長い間使われることもあります。また較正技術の研究など、組織として長期間にわたって継続して取り組む必要がある課題もあります。どちらも研究成果が多くの人々に役立つように公平・中立的な立場で研究に取り組むことが大切だと思います。