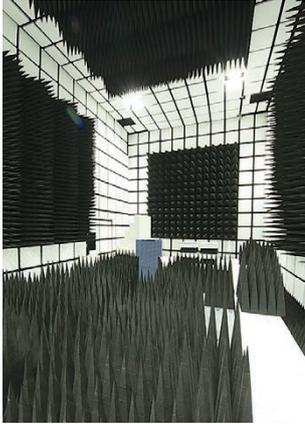


FEATURE

**IoT時代の電波利用を支える
電磁環境技術**

CONTENTS



FEATURE

IoT時代の電波利用を支える電磁環境技術

1 INTERVIEW

安全・確実な電磁環境の実現を目指して

松本 泰

4 スマートハウス・スマートコミュニティにおける
EMC問題への取組

呉 奕鋒

6 無線電力伝送システムに対する安全性評価技術の研究

安全性評価の世界標準を目指して

チャカロタイ・ジェドヴィスノプ

8 利用拡大が進む準ミリ波・ミリ波帯における
電波利用技術に対する安全性評価技術の研究

佐々木 謙介

10 特別INTERVIEW:次世代を担う研究者たちに聞く

NICTだからできる研究の魅力とは

チャカロタイ・ジェドヴィスノプ／呉 奕鋒／佐々木 謙介

TOPICS

12 NICTの知的財産③

個体の内部組織構造を有した数値対象体モデルを生成する方法、
プログラムおよびシステム

—ボクセル構造モデルの形状を自由自在に変形—

13 いざ、世界へ —NICTの様々な活動のグローバル化を推進—

新理事長就任のお知らせ／新組織発足のお知らせ

INFORMATION

14 ワイヤレス・テクノロジー・パーク 2017 (WTP2017) 開催のお知らせ

NICT展示施設 Information ② — 鹿島宇宙技術センター

表紙写真「ミリ波用ピラミッド電波吸収体」

黒いピラミッド状の物体は、入射した電波を吸収し再反射を防止する機能を持った電波吸収体で、ミリ波帯の電波を精密に測定するために使う電波無響室に取り付けられています。長さの異なる電波吸収体を組み合わせることによって、広帯域かつ斜入射に対する優れた吸収特性を実現しています。

INTERVIEW

安全・確実な電磁環境の実現を目指して



松本 泰 (まつもと やすし)

電磁波研究所 電磁環境研究室
室長

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などに従事。博士(工学)。

スマートフォンをはじめとする携帯情報端末から家電製品まで——。現在、我々の「便利な生活」の多くが、無線通信技術の発展によって成り立っている。この「便利な生活」のための道具は、100%が電波を利用する電子機器であり、それらからは例外なく電磁波が出されている。今や、我々は電磁波に囲まれて生活していると言って過言ではない。この電磁波は、周りのものにどのような影響を与えるのか。電磁波の周辺環境との相互作用の評価と、電磁波影響への対策の研究を進める、電磁波研究所電磁環境研究室の松本 泰室長にお話を伺った。

■電磁的両立性の追求とNICT

——研究室の名前にもなっている「電磁環境」の技術ですが、これはそもそもどのようなものなのでしょうか。

松本 私たちの身の回りにあふれるようになった電子機器からは、多くの電磁波が出ています。それは意図的に出しているものもありますが、出すつもりはないのに出てしまう電磁的な雑音もあります。

ある機器なり、システムなりが、他の機器や人に対し電磁的に悪影響を与えないように、同時に、他の機器の電磁波により、悪影響を受けないようにする——この双方向の能力や性質を電磁的両立性、もしくは頭文字を取ってEMC (ElectroMagnetic Compatibility) と呼びます。この両立性の確保が、電磁環境技術のテーマです。

特に近年、IoT、あるいは第5世代移動通信システムなどによる無線の利用がますます、しかも急激に増大する傾向にあります。NICTは総務省所管の国立の研究開発機関として、特に無線通信に関する電磁環境、電磁的両立性の研究をしています。

我々は5年ごとの中長期計画の下に動い

ていますが、今中長期(平成28~32年度)に関しては大きく2つの柱を設定しています。1つは「先端EMC計測」、そして、もう1つが「生体EMC技術」です。平たく言えば、前者は、モノとモノの間の電磁的両立性、後者はヒトとモノの間の電磁的両立性の研究です。

現在、先端EMC計測に関しては3つ、生体EMC技術は2つのチームが活動しています。

■いよいよ増大する「電磁的雑音」

——「先端EMC計測」、つまりモノとモノの間の両立性に関しては、どのような研究が行われているのでしょうか。

松本 先端EMC計測の中にも、いくつかのテーマがあります。

例えば、省エネ機器などが発生する電磁的雑音です。省エネ家電、例えばLED照明には、交流を直流に変換するスイッチング電源が使われています。あるいは太陽光発電にも、同様の仕組みで、逆に直流から交流に変換するスイッチング・コンバータが使われます。

これらの変換素子ではエネルギーのロスを少なくするためにスイッチのON/OFFの間の時間をできるだけ短くするのですが、その結果、広い帯域の電磁的雑音が発生します。このことで無線通信や地上デジタル放送などに妨害を引き起こす懸念があり、若干の実例も報告されています。

そうした電磁的雑音をどのように測るか、また、どういった影響を及ぼすかを定量的に評価するのが、我々の1つめのテーマとなります。実際に各機器の雑音を低減するといったことは個々のメーカーの仕事になると思いますが、我々はその前提として電磁的雑音の評価法を確立するとともに、電磁的雑音のレベルを規制する国際標準作り

IoT時代の電波利用を支える電磁環境技術

INTERVIEW

安全・確実な電磁環境の実現を目指して

にも関わっています。
 2つめのテーマとして、無線機器が発生する不要な電波の測定があります。どんな無線機も、本来発信すべき電波（所望波）に加えて、出さなくていい電波（不要波）がどうしても出てしまいます。この不要波についても電磁的雑音同様、ある値以下に収めるという国際的ルール作りが行われていますが、これに関しても、前提として“きちんと測る”ことが求められます。我々はそのための技術開発を行っています。
 3つめのテーマもこれと深く関わりますが、不要波を測定するにあたり、その正しさを担保する一測定器が正確かどうかを検証する一機能をNICTが担っています。専門用語で「較正」と言いますが、要するに、度量衡における原器の役割です。我が国に

おいては、物理標準は産業技術総合研究所（産総研）の管轄ですが、電波の基準に関しては、電波法上、NICTによる較正が基準となっています（図1）。

■人体への影響評価も細分化

—では、「生体EMC技術」の分野に関しては、いかがでしょうか。

松本 こちらはその名称から連想されたとおり、電波が生体（人体）に対してよくない影響を及ぼさないか、その安全性の確保に関する研究です。具体的には2つの柱があります。

1つめは電波が人体に当たるとどうなるかを定量的に評価する技術で、「ばく露評

価技術」と呼ばれます。もちろん人体実験をするわけにはいかないもので、基本的にはデジタルデータで人体を再現した「数値人体モデル」を用いた計算シミュレーションを行います。またこれは健康影響に関する事なので、我々のような工学系の研究者だけではカバーできない部分もあり、そうしたところは医学系の大学や他の研究機関との共同研究も行っています。

もう1つは、発生する様々な電波を健康被害を及ぼさないレベルに抑えるためのガイドライン（わが国では『電波の人体防護指針』が策定され、その一部が電波法の規制値となっています）に対し、実際の機器が合致しているかどうかを正しく判断する技術開発。これは「防護指針適合性評価技術」と呼ばれています。

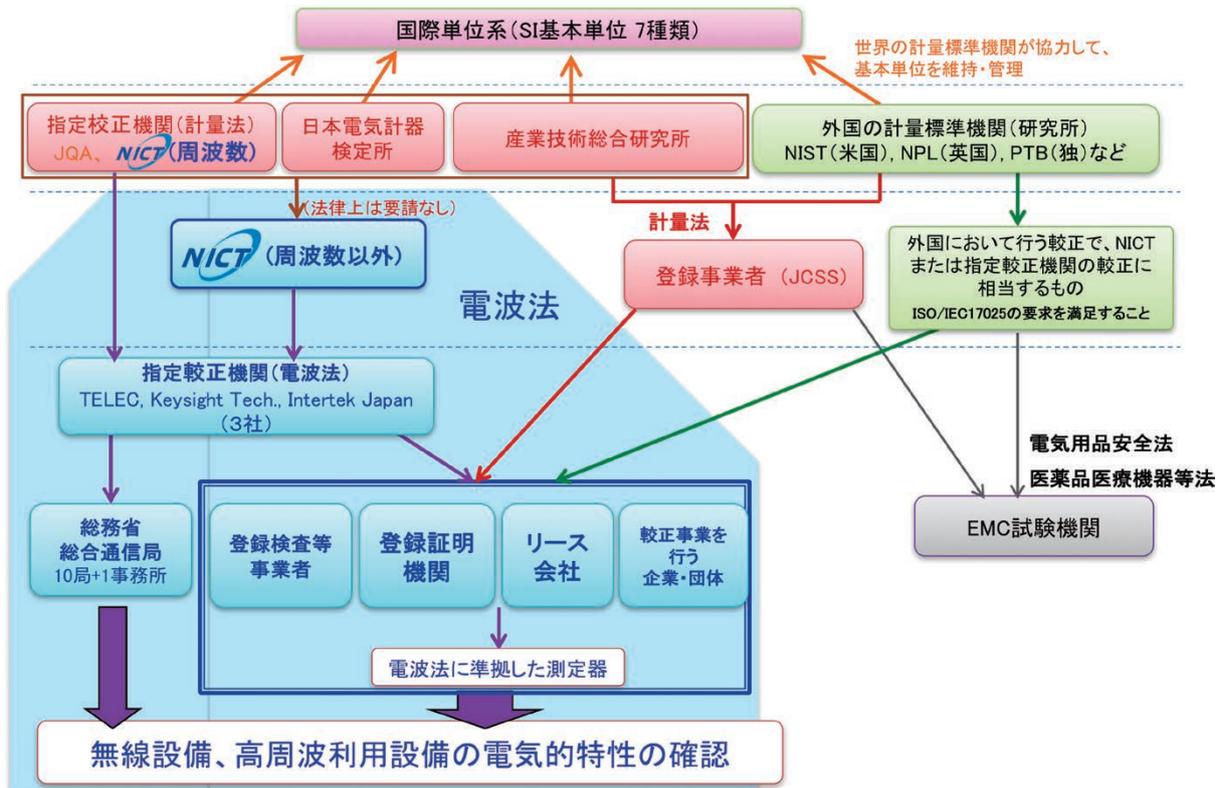


図1 我が国における無線設備用測定器の較正体系



大型電波無響室：様々な波長の電波（30 MHz～40 GHz）に対して精密な測定を行うために広い空間を確保し、室内での電波の反射を防止した実験設備（床にも吸収体を敷設した6面暗室（写真）の状態、D23.4m×W11.9m×H7.9m（内壁間））

これに関しては、例えば従来の携帯電話に比べ、スマートフォンの場合だと、耳元ではなく手で使うなど、もっぱら使用する位置も違ってきます。かつては通話だけだったのがインターネット接続がメインになり、通信の時間や内容も変わってくる。周波数もマルチバンド化により、時々に応じて様々な周波数が使われる。このようにパラメータが膨大になってきていることが、それだけ評価を難しいものになっています。

■無線技術の進歩とEMCの研究は表裏一体

——伺っていると、非常に多方面にわたって、細かく一つひとつ固めていかなければならない大変なお仕事という感じがします。

松本 ますます広がる電波の利用に関して不都合が起きないようにする研究ですから、最悪値想定というか、「こんなことも起こるかもしれない、こうしたことも考慮する必要がある」という事柄に対して、それぞれを突き詰めていかなければなりません。

特に、無線通信の技術の進歩と、EMCの研究開発というのは、常に表裏一体です。様々な情報端末、無線機器によって我々の生活は大いに便利になっていますが、その便利の裏側で事故が起きたりし

ないようにしなければならない。そのため研究は、公的研究機関がきちんと対処していくべきことだと思っています。

もともと、「影響がないこと」を証明するのは、非常に難しいのですが。

■進化を続ける無線技術を安心して利用するために

——IoT時代の進展に伴い、電波利用には今後も更に新しい動きが生まれてくるのではないかと思います。それに関し、どのように備えていく必要があるとお考えですか。

松本 要約すれば「電波・無線が、ますます広範なシーンで使われるようになる」ということだと思います。

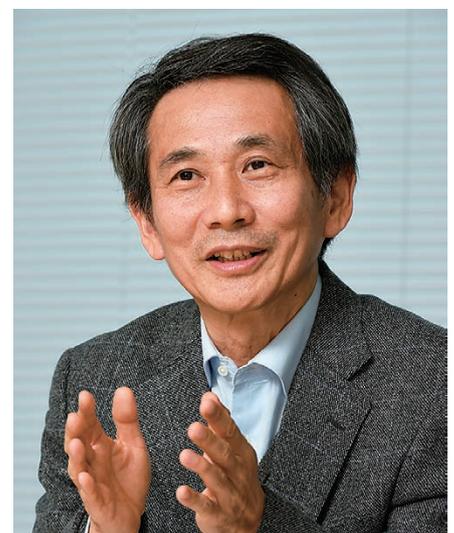
工場内のオートメーションだけでなく、家の中でも機器同士が無線で情報をやり取りする。高齢者の見守り、遠隔医療など福祉や医療の分野でも利用が広がる。スマートグリッドなど、インフラ分野でもより細かい制御が行われ、そこでも電波が使われます。

これは、一方で不要な電波もたくさん出てくることになります。家庭内、オフィス、産業の現場でも電磁波の干渉による不都合の可能性は高まると予想されます。

また、利用が進む分だけ電波が足りなく

なり、より高い周波数へ移行・拡大していくこととなります。当然ながら、こうした動きに対応した計測技術、較正の技術、人体への影響の評価技術などがまた新たに必要になってきます。さらに、携帯端末などの電波利用は世界的規模で進むわけですから、EMCの研究開発でも国際協調や国際標準化がますます重要となっていきます。

人々が安心して無線機器などを使えるためには、常に将来の無線技術の動向を見据え、できれば先回りをして何か問題が起きる前に対処できる態勢を整えていく。そのための研究が、我々に求められていることだと考えています。



スマートハウス・スマートコミュニティにおける EMC問題への取組



呉 奕鋒 (ウーイフォン)
電磁波研究所 電磁環境研究室
研究員

大学院博士後期課程修了後、2007年 NICT に入所。通信システム EMC に関する研究に従事。博士 (工学)。

太 陽光発電等の発電システム (供給側) と一般家庭やオフィス (需要側) の間の電力の流れを効果的に制御し、電力エネルギーの需要と供給のバランスを最適化する次世代送電網 (スマートグリッド) の導入が積極的に進められています。しかし一方で、図1に示すように、スマートグリッドを構成する機器 (例えばスマートメータなど) や、これらの機器に接続されている省エネルギー家電 (例えば LED 照明、インバータエアコンなど) から発生する不要な電磁波 (電磁雑音) によって、スマートグリッドの構成機器が誤動作を起こす可能性があることが指摘されています。

■はじめに

信頼性が高くスマートな電力インフラを構築するには、スマートグリッドがどのよ

うな電磁的環境に置かれるかを予想し、その環境下においても正常に動作するシステムを実現する必要があります。そのためには電源線に接続された機器が発生する電磁雑音を正確に測定する技術とともに、電磁雑音が周囲へ与える影響を適切に評価する技術が必須となります。そこで私は、電気・電子機器から発生する広帯域な電磁雑音を正確かつ簡易に測定するための測定技術の開発や、電磁雑音による通信・放送への影響評価技術の確立を課題とした研究開発を行い、スマートグリッドにおける EMC (ElectroMagnetic Compatibility: 電磁的両立性) の問題の解決を目指しています。本稿では、急速に普及が進んだ省エネ機器の一例として太陽光発電システムを取り上げ、電磁雑音の放射機構を検討した結果についてご紹介します。



*1 スマートハウス: IT技術を利用して、太陽光発電システム等からのクリーンなエネルギーの供給と、省エネルギー家電等による電力消費のバランスをネットワークでコントロールし、省エネとCO₂排出の削減を実現する住宅。

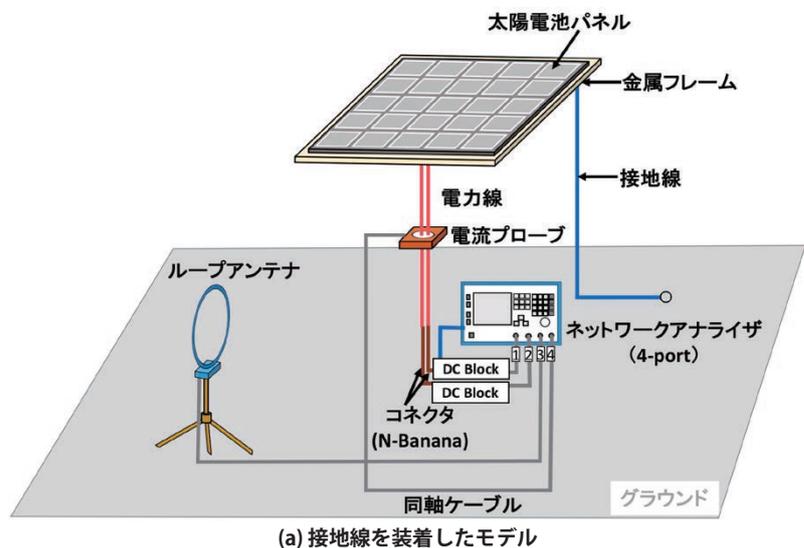
*2 スマートコミュニティ: 街全体において、電力の有効利用や再生可能エネルギーの活用など、あらゆるインフラに関する統合的管理にIT技術を取り入れ、環境問題への配慮と快適な生活を両立する次世代のまちづくり。

図1 スマートハウス*1・スマートコミュニティ*2のEMC問題

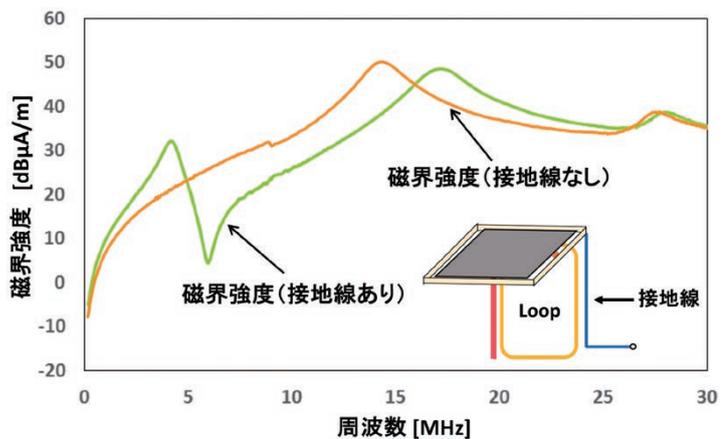
■太陽光発電システムからの電磁雑音の放射機構

太陽光発電システムには、太陽電池パネルで発生した直流電流を交流電流に変換する際のスイッチングに起因して、電磁雑音（スイッチング雑音）が発生するといった問題があります。このスイッチング雑音は太陽光発電システムの直流電源線を伝わって太陽電池パネルに達しますが、その一部は空間に雑音電波として放射されてしまいます。この太陽光発電システムから放射される電磁雑音による受信障害の発生を避けるには、まず太陽光発電システムの構造に依存した電磁雑音放射機構を明らかにする必要があります。

そこで私たちは、太陽光発電システムからの電磁雑音放射における支配的要因を特定し、太陽光発電システムの構成要素（太陽電池パネルや電力線）による電磁雑音放射特性の違いを明らかにしました。以下にその一例をご紹介します。図2 (a) に太陽光発電システムを簡易化したモデルを示します。接地線のない状態で電力線に太陽電池パネルを装着すると、2本の平行に張られた電力線上に太陽電池パネルによる分岐が発生し、2本の電力線の間で電流の順方向と逆方向のバランスが崩れます。すると、電流の一部が2線路を同じ向きに流れることにより、電力線全体があたかも一本線のアンテナのように振る舞い、図2 (b) の測定結果に示される放射雑音の原因となります。接地線を配置すると、メインの共振ピークのほか、低周波領域に局所ピークが確認されます。これは電力線、太陽電池パネル、接地線とグラウンド間に大きな電流経路のループが形成され共振が起こることによると考えられます。これらの結果は、太陽光発電システムから放射される電磁雑音においては、配線レイアウトの影響が支配的であることを示しています。以上のこ



(a) 接地線を装着したモデル



(b) 接地線における電磁雑音放射への影響

図2 接地線を装着した太陽光発電システムにおける電磁雑音の放射特性への影響

とにより、太陽光発電システムからの電磁雑音放射の基本的な振る舞いを明らかにしたことで、スイッチングに起因する電磁雑音放射の予測及び低減につながる有用な知見が得られたと考えます。

■今後の展望

スマートグリッドの普及に加え、家庭内のあらゆる製品が無線や有線でインターネットにつながるIoT (Internet of Things) の時代が到来しつつあります。

こういった新技術社会がどのようなEMC問題を内包するかを明らかにし、それらに対するリスク評価技術を開発することは、IoTの信頼性確保のために極めて重要です。本稿では通信システムへの潜在的な妨害源として、太陽光発電システムの例を取り上げ、電磁雑音放射の仕組みをご紹介しました。今後の更なるIoT社会の浸透に向けて、電磁雑音抑制や電磁干渉回避のための技術基盤となり得る、電磁雑音の発生機構解析・評価技術の確立を目指しています。

無線電力伝送システムに対する安全性評価技術の研究

安全性評価の世界標準を目指して



中 間周波数帯(300 Hz-10 MHz)を利用する無線電力伝送(Wireless Power Transfer: WPT)技術は急速に進歩しており、近い将来広く普及する見込みです。本研究では、WPTシステムに対する人体の安全性評価について、用途や利用状況に応じて解剖学的数値人体モデルを用いた数値解析及び新しく提案したカップリングファクター(Coupling Factor: CF)による実際の適合性評価を行いました。本稿ではこれらの研究紹介と、WPTシステムに対するばく露評価法の標準化について、これまでの活動及び今後の展望を示します。

■研究背景

近年、中間周波数帯の電磁波を利用したWPTシステムを導入するニーズが高まっています。WPT技術によって、車載電池の小型化や様々な場所でのモバイル機器の充電が可能となり、機器の利便性が向上します。一方、WPTシステムの取り扱う電力は従来の無線通信機器よりも大きいため、周囲に発生する電磁界強度も大きくなります。そのため、WPT機器に近接する

人に好ましくない影響を及ぼさないよう、電波エネルギー量等を規定した電波防護指針に基づいて人体に対する安全性評価を行う必要があります。

中間周波数帯電波は、これまで身の回りではあまり用いられていなかったことから、安全性の検討が必ずしも十分に行われていません。また、ばく露評価方法も十分に確立されているとは言えません。特に100 kHz-10 MHzの周波数帯では、低周波で支配的な刺激作用の体内誘導電界(E_{in})及び高周波で支配的な熱作用の比吸収率(Specific Absorption Rate: SAR)の両方を評価する必要があります。また、人体の配置や姿勢が利用状況によって異なるため、用途に応じた評価を行わなければなりません。例えば、電気自動車(Electric Vehicle: EV)用WPTシステムは車体の底部に設置されているのに対して、パソコン・モバイル機器用WPTシステムは人体の極近傍に配置される可能性を考慮する必要があります(図1)。

そこで、WPTシステムを人体近傍に配置した数値解析を行い、それぞれのシステムに対応した適合性評価法を検討しました。

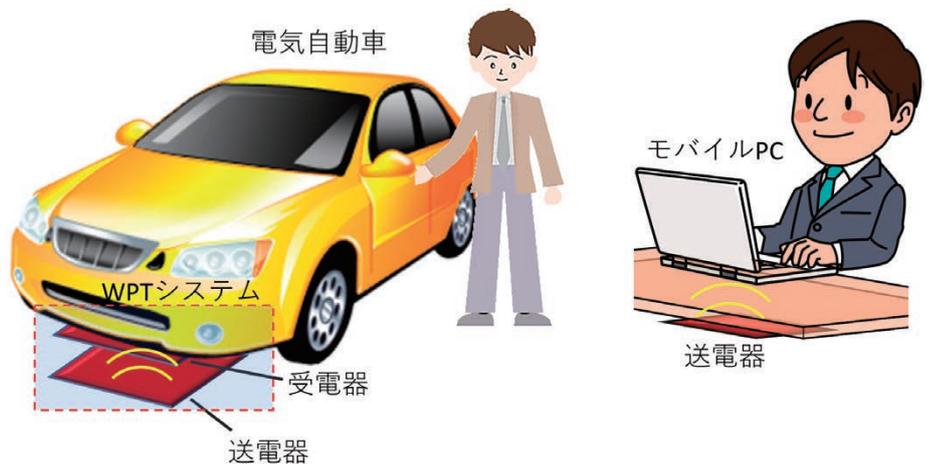


図1 WPTシステムを利用した電気自動車及びモバイル機器への充電のイメージ

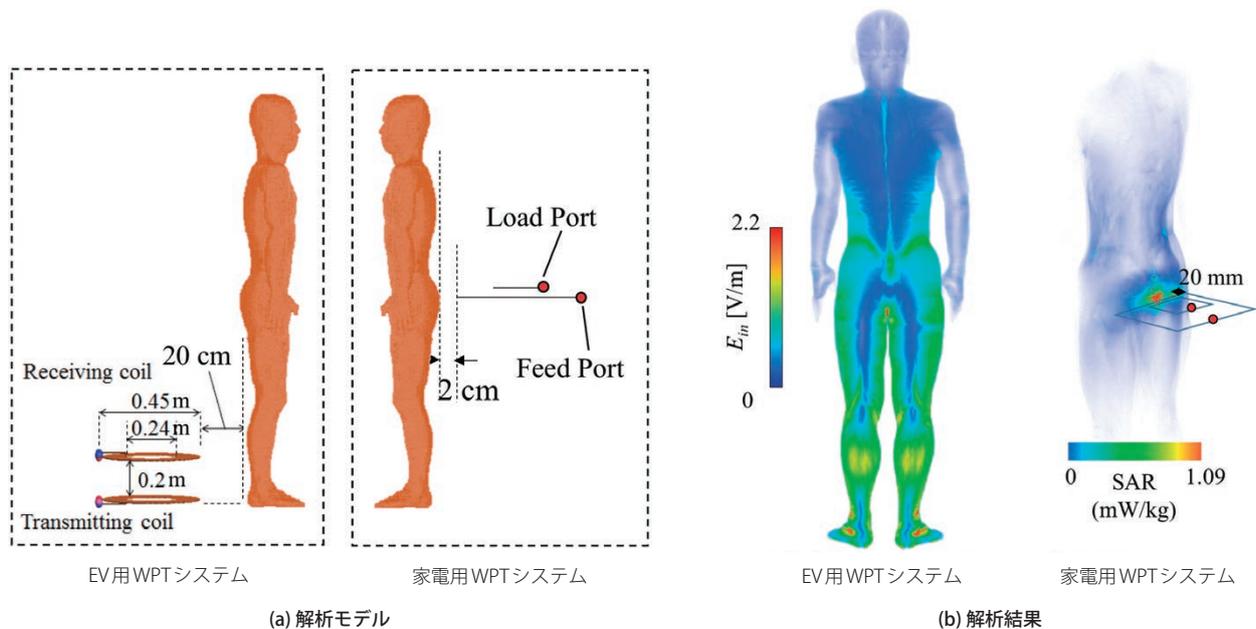


図2 EV用及び家電用WPTシステムに対する解析モデル及び解析結果

■ WPTシステム近傍における体内誘導量の数値解析

本研究では、インピーダンス法及び低周波解析のために新たに提案した、高速化改良時間領域有限差分法^{[1][2]}を用いて解析を行いました。NICTで開発した日本人成人モデルの近傍に、EV用及び家電用WPTシステムを図2 (a) のように配置し、解析した結果 (E_{in} 及びSAR) を図2 (b) に示します。図2 (b) よりEV用WPTシステムの場合、人体の下部(足や股の間等)に E_{in} が高いのに対して、家電用WPTシステムの場合、システムの極近傍の局所だけにSARが高いことが分かりました。

また、実際のWPTシステムの周囲で測定した入射電磁界を用いたばく露評価手法を新たに開発し、数値モデル化が困難な実際のWPT製品に対するばく露評価も行えるようになりました。

■ カップリングファクター(CF)による適合性評価

実際のWPT製品に対する適合性評価を行う場合、高度な数値解析が困難です。また測定が容易な入射電磁界による安全性評価は人体へのばく露を想定しているため、WPTシステムのように不均一なばく露に対しては、体内誘導量に基づく評価に比べて厳しすぎます。そのため、予め体内

誘導量と入射磁界を関連付けたCFを求めておくことで、測定入射電磁界のみで体内誘導量を等価的に評価する手法を新たに提案しました^[3]。CFは熱作用及び刺激作用について以下の式で表すことができます。

$$a_{c1} = \left(\frac{\sqrt{SAR_{max}^{10g}}}{H_{max}} \right) / \left(\frac{\sqrt{SAR_{limit}^{10g}}}{H_{limit}} \right)$$

$$a_{c2} = \left(\frac{E_{max}^{in}}{H_{max}} \right) / \left(\frac{E_{limit}^{in}}{H_{limit}} \right)$$

- SAR_{max}^{10g} : 最大局所10g平均SAR
- SAR_{limit}^{10g} : 最大局所10g平均SARの制限値
- E_{max}^{in} : 体内誘導電界強度
- E_{limit}^{in} : 体内誘導電界強度の制限値
- H_{max} : 人体を占める空間内の最大磁界強度
- H_{limit} : 磁界の制限値

上記の定義によって求めたCFは、それぞれEV用及び家電用WPTシステムで、0.050及び0.0041となります。実際の適合性評価の際に、CFを測定磁界強度に掛けた結果を用いることで、過剰に制限された出力を、安全性を確保しながら大きくできます。例えば、EV用WPTシステムに対して、CFとして0.05を用いることで入力電力を400倍大きくできます。

■ 今後の展望

今後、WPTシステムは工場ロボットや体内カプセル内視鏡等への様々な応用が期

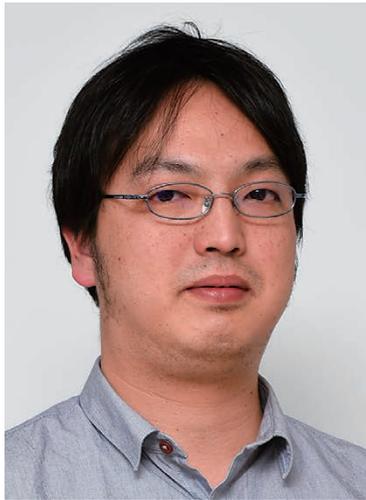
待されています。また、電波受信方式のWPTシステムの実用化も検討されています。そのため、それぞれのシステムに対しても適切な安全性評価法の開発が必要になります。

最後に、WPTシステムの安全性評価について、日本では、当研究室での計算結果に基づき総務省情報通信審議会の答申が行なわれ、世界に先駆けて技術基準が作成されました。一方で、平成27年度より、国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission: IEC)において、WPTシステムの適合性評価方法についての検討が開始され、技術報告(Technical Report: TR)が発行される予定です。当研究室では、国際標準化会議を通じてWPTシステムに対する人体の安全性を確保し、WPTシステム利用増加が想定される未来社会基盤の強化に精力的に取り組んでいきます。

参考文献

- [1] J. Chakaroathai, K. Wake, S. Watanabe, "Convergence of a single-frequency FDTD solution in numerical dosimetry," IEEE Trans. MTT, vol. 64, no. 3, pp. 707-714, Mar. 2016.
- [2] J. Chakaroathai, K. Wake, S. Watanabe, "Scalable GPU-parallelized FDTD method for analysis of large-scale electromagnetic dosimetry problems," ACES Journal, vol. 31, no. 6, June 2016.
- [3] K. Wake, I. Laakso, A. Hirata, J. Chakaroathai, et. al., "Derivation of Coupling Factors for Different Wireless Power Transfer Systems: Inter- and Intralaboratory Comparison," IEEE Trans. EMC, vol. 59, no. 2, pp. 677-685, Dec. 2016.

利用拡大が進む準ミリ波・ミリ波帯における電波利用技術に対する安全性評価技術の研究



佐々木 謙介 (ささき けんすけ)

電磁波研究所 電磁環境研究室
研究員

大学院修了後、2011年 NICT に入所。極低周波からサブミリ波帯までの生体組織等の物理定数測定や準ミリ波帯・ミリ波帯における安全性に関する研究に従事。
博士 (工学)

新しい無線通信システムに準ミリ波帯 (10~30 GHz)・ミリ波帯 (30~300 GHz) の利用が検討されています。これに伴い、準ミリ波・ミリ波帯における電波利用技術を安全かつ安心して利用するための調査・研究が求められています。電磁波研究所では、新しい電波利用技術に対する人体安全性に関して、生体組織の電気定数についての研究や体内に吸収される電力量等の解析・測定技術の研究を推進しています。また、電波への人体ばく露に対する防護指針値の制定・改定やこれらの指針値に対する適合性評価技術の国際規格策定のための標準化活動を行っています。

■次世代無線通信技術に対する安全性評価研究

日本国内における通信トラフィックは年々増加しており、より高速な通信を可能とするシステムが求められています。60 GHz帯を用いた WiGig (Wireless Gigabit) は実用化されており、また次世代 (第5世代: 5G) の携帯無線端末・基地局に準ミリ波帯 (10~30 GHz)、ミリ波帯 (30~300 GHz) の利用が国際電気通信連合 (ITU) にて検討されています。電磁波研究所では、これらの新しい無線通信技術の普及において、電波を安全に利用するため

の調査研究、そして安全を担保するための技術開発を行っています。

■電波ばく露による人体の応答を決定づける生体組織の電気定数測定技術

人体が電波にばく露された際の体内での透過・吸収量等を評価する上で、人体を構成する各生体組織の電気的な物理定数 (以下、電気定数)、具体的には誘電率・導電率を正確に把握する必要があります。生体組織の電気定数は組織の組成や周波数によって異なるため、準ミリ波帯・ミリ波帯における各生体組織の電気定数を測定する必要があります。

そのため電磁波研究所では、生体組織の電気定数を正確に測定するための装置を開発しています (図1)。そして、安全性評価研究の推進において必要な生体組織、具体的にはブタ等から採取される組織*の電気定数を測定・分析しています (図2)。特に、ミリ波帯での電気定数測定に関する研究報告は少なく、ここでの成果のほとんどが世界で初めて取得されたものです。これらの研究成果を利用することで、人体が電波にばく露された際の電磁界の散乱現象や体内での吸収現象を正確に評価することが可能となります。

また、生体組織の電気定数は人体安全性評価だけでなく、医療応用技術の開発研究等にも利用される、極めて利用価値の高い基盤的な情報といえます。このことから、今後はより多様な生体組織、例えば脳を構成する詳細な組織の電気定数を測定・分析することにより、世界最大規模の組織数や周波数範囲を有する生体組織電気定数のデータベースの構築に向け、研究開発に取り組んでいきます。

* 主に畜産副産物 (家畜から食肉を生産する際に派生する副産物) を使用しています。



図1 (左) 準ミリ波・ミリ波帯における電気定数測定装置。直径100 mm程度の試料の電気定数を測定する装置。(右) 直径10 mm程度のセンサ型の装置であり、採取量が少ない生体組織の測定に適しています

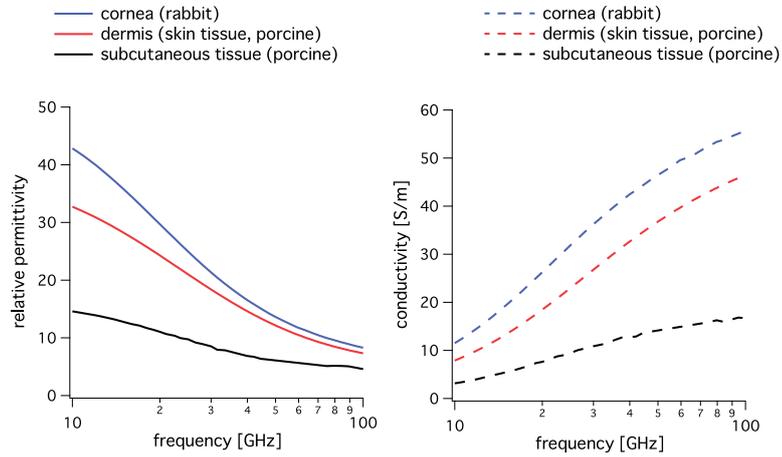


図2 生体組織の電気定数 (実線：比誘電率、点線：導電率)
青線：角膜 (ウサギ)、赤線：真皮 (ブタ)、黒線：皮下組織 (ブタ) の測定結果

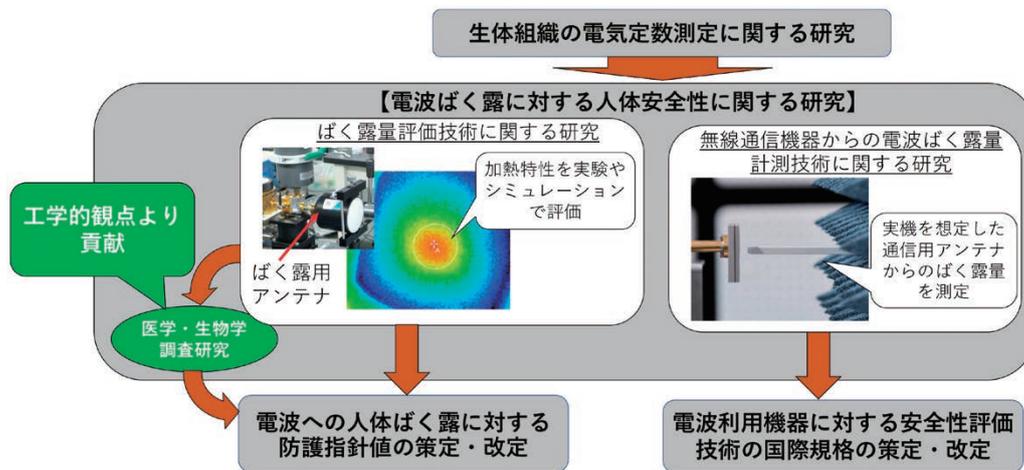


図3 電波の安全性評価研究に関する電磁波研究所の取組

■電波ばく露量の評価技術に関する研究

電波ばく露量とは、生体に入射される電力束密度や、電波ばく露の際の人体内部での電力吸収量や加熱の程度といった、生体内での誘導量を指します。準ミリ波帯・ミリ波帯の電波は体表での電力吸収が大きいため、体表組織での電力吸収に起因する加熱が主要な生体作用として知られています。電磁波研究所では生体中の電力吸収特性や加熱特性を、シミュレーションを用いた手法や人体の電気的特性を模擬した生体等価ファントム等を利用した実験的手法により評価することで、調査・研究を推進しています (図3)。

また、電波ばく露による生体影響を評価するにあたり、医学・生物学的な知見が不可欠です。電磁波研究所では医学系大学や生物学系の研究機関と連携し、電波ばく露による生体への医学・生物学的影響、例えば電波ばく露による組織の加熱に起因する

炎症等の生体影響の程度や熱以外に起因する生体影響の有無の調査について、共同研究を推進しています。これらの共同研究では、再現性の高い実験を可能とする装置開発やその装置のばく露量評価など、工学的観点から研究の推進に貢献しています。

準ミリ波帯・ミリ波帯の電波ばく露における人体安全性については、十分な科学的知見が得られておらず、引き続き調査・研究が求められています。実際、電波への人体ばく露に対する防護指針値 (以下、指針値) を作成している、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) や米国電気電子学会 (IEEE) において、これらの周波数帯における指針値の改定に向け、議論が進められています。電磁波研究所では上述の調査・研究成果に基づいて、国際的なリスクマネジメント活動に貢献することで、電波を安全・安心に利用するための指針値の策定・改定に貢献しています。

■新しい無線通信技術に対する安全性を担保するための研究活動

新しい無線通信技術の実用化において、無線端末等の実際の機器からのばく露量を正確に把握し、指針値への適合性を評価する必要があります。

現在、国際電気標準会議第106専門委員会 (IEC TC106) では5Gシステムを含む、準ミリ波帯・ミリ波帯を利用した無線通信機器からのばく露量を測定するための国際規格の策定に向け、議論が進められています。5Gシステムの日本国内でのサービス開始は2020年を予定しており、この国際規格の策定は喫緊の課題として挙げられます。NICTはこのIEC TC106における標準化活動の国際エキスパートメンバーとして参加しており、新しい電波利用技術を安全・安心に利用するための国際規格の策定に向け、活動しています (図3)。



特別INTERVIEW：次世代を担う研究者たちに聞く

NICTだからできる研究の魅力とは

電磁環境研究室での研究生活とはどんなものなのか。そのやりがい、将来の抱負は何か。それぞれに研究内容（P4-9）を紹介していただいた3人の若手研究者、チャカロタイ・ジェドヴィスノプ氏（左）、呉奕鋒氏（中央）、佐々木謙介氏（右）に語っていただいた。

中立で最先端を行く NICTのEMC技術

一現在の研究分野に関わることになったきっかけや、NICTで研究することの魅力とはどんなことでしょうか？

佐々木：大学では電波のシミュレーション技術の研究に関わり、そこから人体への影響に関する研究へと進みました。こうした研究は、企業でも製品づくりの一環として検討されることもありますが、メインとして推進していくことは難しいと思います。NICTは国内で唯一、EMCを専門とする組織のある、国

立の研究機関です。中立的な立場で最先端の研究に携われる点にひかれました。

また、我々は基本、工学系の出身ですが、特に人体への影響に関しては、医学系や生物学系の分野との交流もあって初めて発展が見込める。ここではいろいろな機関との共同研究のチャンスもあるので、そんなところにも興味とやりがいを感じています。

ジェドヴィスノプ（ジェド）：タイの高校を卒業後、1999年に日本に留学して高等専門学校で電気工学を学び、大学・大学院で本格的に無線技術に関わるようになりました。その後、NICTで無線

電力伝送技術に関し研究員の募集があり、それをきっかけに現在の仕事に就いています。

無線電力伝送が実用化されれば、電気自動車が走行しながら充電したり、ノートPCをケーブルなしで充電するなども可能になります。一方で、その安全性の評価と担保が重要になる。責任とともに大きなやりがいも感じます。

呉：EMCの分野は、目に見えない部分が多く、一見地味ですが非常に重要な研究です。NICTならそれを深く掘り下げることができると思いました。ここは「根本的なことを知りたい」という

Q：休日の過ごし方、
あるいは趣味は？



休日はバスケットボールで汗を流しています（呉）



根っからのインドア派。趣味ですか？ 赤本を黙々と解くと、でしょうか（佐々木）



日本に来てから温泉が好きになりました。家族旅行はもっぱら温泉ですね（ジェド）

研究欲を満たすことができる場所です。そして、研究で得られた技術、現実の電磁環境に関する様々な知見は、電磁環境分野のみならず、他分野にも貢献できることに魅力を感じます。

くじけないところに道は開ける

一研究者として心掛けていること、姿勢として必要だと思うことはどのようなことでしょうか？

佐々木：初心を忘れないことです。大学で培ったものだけでなく、NICTに入ってから初めて触ったものも多いのですが、ここは若手研究者が成長するための環境も整っていて、自分に成長する気があればいくらでも伸びていきます。それだけに、挑戦する心を保ち続けることが重要だと思います。

呉：大学在籍時、様々な勉強をするわけですが、そのときはそれぞれが一体何の役に立つのか、なかなか見えていませんでした。しかしNICTに入って研究をしていくなかで、それらがひとつにつながっていきました。現在、これまでの勉強で培った専門知識を活かし、IoTのEMC問題の解決に取り組んでいます。過去に自分のやってきたことが無駄ではなかったと実感できました。

ジェド：安全性評価という分野はまだ

まだ取り組むべきことも多く、変化も激しいので、継続的に研究を重ねていくことが重要です。それだけに粘り強さ、集中力が必要だと思います。

続けていく間には、どうしてもうまくいかないときもあります。そんな時、くじけずにやっていくことが大切。積み重ねていくことは、必ず将来の自分のためになります。

また、佐々木さんが言ったように、医療など異分野とのコラボレーションもある。交流をするうえで情報収集なども重要だと思っています。

世界へと広がる夢

一NICTに入る以前に描いていたご自分の夢（目標）と、これからの目標を教えてください。

佐々木：学生時代、何がやりたいか聞かれ、そのときにこんな研究をしたいと答えたことは、NICTに来て約3年でほぼ実現していました。私の場合、その時々、良いと思う道を選んでいく感じです。

呉：グローバル化が進展する中で国際競争に打ち勝ち、世界トップの研究レベルを維持するためには、国際的視野を持った人材とのつながりが重要です。今後は、世界中の研究者とのパートナー

シップを強固なものとし、国際競争力の強化を推し進めたいです。研究者として、この分野のスペシャリストとして、未知の世界に挑戦し続け、世界中の人々にも感動や影響を与える研究をしていきたいと考えています。

ジェド：昔は日本に来ること、日本で勉強することが目標でした。念願かなって来日後は、いろいろなところで学ぶ選択肢がありましたが、情報通信の分野は発展が早く、社会にも役立つということで、この道を選び、歩んできました。

モノの設計や製作よりも、それを支える技術を研究したい。この先の、自分が進む道が、だんだん見えてきたかな、という気はしています。





個体の内部組織構造を有した数値対象体モデルを生成する方法、プログラムおよびシステム

—ボクセル構造モデルの形状を自由自在に変形—

NICTでは、電波の人体に対するばく露評価を目的として、解剖学的な構造を有する、日本人の標準体型の数値人体モデルを開発してきました。このモデル自体は直立不動状態ですが、本手法を使うと内部構造を保持したまま、短時間で任意姿勢に変形することが可能です。これにより、様々な状況を模擬した各種シミュレーションが容易になりました。

■技術の概要・適用分野等

人体のモデルは、CGアニメの世界から各種研究用まで様々なものがありますが、人体の内部構造（骨格や各種臓器等）を正確に模擬したモデルはそれほど多くはありません。これらのモデルを使って各種の評価を行う場合、評価の主体が人体であるため、様々な姿勢に対する評価が求められます。

NICTでは、日本人の標準体型を有する数値人体モデルを開発してきましたが、内部構造を有するモデルであるため、単に関節の角度を変えただけでは、内部組織構造が破壊されてしまいます。そこで本手法では、まず元々のボクセルモデル（小さな立方体）から体表面情報だけを取り出してから変形します。次に変形した体表面情報をボクセルモデルに変換し、内部構造データを当てはめつつ、元のデータと比較しながら臓器等の位置を調整することで、内部組織構造を有したモデル

の姿勢変更を可能としています。

■利用・応用・連携先の探索

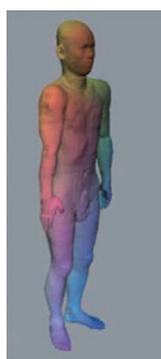
NICTでは、人体に対する電波の安全性評価を目的として、数値人体モデルを開発してきましたが、このモデルと本技術を組み合わせることで、例えば、各組織に弾性率を設定して自動車衝突時の人体への影響を調べる、吸収線量を設定してがんなどの病気に対する放射線治療のシミュレーションに応用するなどといった、新たな需要開拓にも取り組めるものと期待しています。

さらに、今後普及が見込まれるIoTなど無線技術の発展等、電波関連の分野にとどまらず、人体モデル以外の動物モデル等の変形にも応用できるので、意外な分野への展開もあり得ると考えています。

本モデル及び本技術に興味をお持ちの企業等がありましたら、下記連絡先までお問い合わせください。



ボクセルモデル
(臓器等の内部構造を有するが骨と皮膚のみを着色)



ポリゴンメッシュ
(皮膚情報のみを残してその他内部構造を全て削除)



姿勢変形
(複数の関節を曲げて希望の姿勢に変更)



ボクセルモデル
(元のデータと比較しながら位置調整をして内部構造を設定)

図 本技術を使って姿勢変形した例

〈特許情報〉

特許番号：特許第5500683号（平成26年3月20日登録）

発明の名称：個体の内部組織構造を有した数値対象体モデルを生成する方法、プログラムおよびシステム

〈連絡先（問合せ等）〉

イノベーション推進部門 知財活用推進室

E-mail: ippo@ml.nict.go.jp

TEL: 042-327-6950 FAX: 042-327-6659

いざ、世界へ —NICTの様々な活動のグローバル化を推進—

グローバル推進部門統括 西永 望

スマートフォンなどのいわゆるデジタルデバイスのコモディティ化に伴い、様々なICTサービスがその発祥地から国境を越え、世界中で利用されるようになっていきます。日本国内に目を向ければ、少子高齢化に伴う人口減少によって国内市場は縮小し、国内市場のみを対象にしては大きな成長は望めません。そのため、いかに世界で戦うか、が重要となっています。

グローバル推進部門では、世界のICT産業の集積地、シリコンバレーを起点として、NICTの様々な活動を世界に広げるために、2つの取組をしています。

1つは研究開発成果の海外展開に向けた取組です。シリコンバレーには、有名なICT大企業が集まっているだけでなく、多くのスタートアップと呼ばれる、まだ生まれて間もないベンチャー企業が数多くあります。ここでは、企業規模の大小を問わず、自社の強みと現在ある技術を巧みに組み合わせ、全く新しい価値を生み出す、イノベーションを実現しています。そのため、NICTの研究開発成果をこのシリコンバレーで多くの人々の目に触れさせるため、ここで開催される展示会で技術展示を行っています。平成28年度は、サンフランシスコで開催された2つの展示会（7月及び9月に開催）で、NICT研究開発成果を展示しました。

もう1つは、日本のスタートアップの海外進出支援です。NICTの活動のひとつに、起業家甲子園・起業家万博という、ビジネスプランコンテストがあります。これは若き起業家に対し、NICTが運営するメンタープラットフォームがビジネスの“イロハ”を指導し、ビジネスプランに磨きをかけるものです。平成28年度は、過去の起業家万博（中小企業向け）の成績優秀者に対し、西海岸の展示会での展示スペースを提供したり、起業家甲子園（学生向け）の参加者に、シリコンバレーのベンチャーエコシス

テムがどのように機能しているのかを現地で学んでいた、グローバルな視点をもった起業家マインドを醸成するシリコンバレー起業家育成事業（シリコンバレーブートキャンプ）を実施しました（2月20～23日に開催）。また、NICTの情報通信ベンチャー支援センターのWebページ（<http://www.venture.nict.go.jp/>）に西海岸発ベンチャービジネス情報のコラムを設け、西海岸の情報を発信しています。

NICTでは今後も、NICT発の技術も含め、日本のICTが世界の一翼を担えるよう、海外展開を推進していきます。さらに、NICTに関係する皆さんがいつでも、世界随一のイノベーションの先端情報を取り込むことができるようにしていきます。



（上）平成28年9月に開催されたTech Crunch Disrupt SFにて、サイバーセキュリティ研究所成果の展示を実施。（下）ビジネスチャット事業のChatWork山本敏行氏と議論するシリコンバレーブートキャンプ参加者

新理事長就任のお知らせ／新組織発足のお知らせ

■新理事長

平成29年4月1日付けで、当機構理事長に 徳田 英幸が就任いたしましたので、お知らせいたします。

（慶應義塾大学環境情報学部教授/大学院政策・メディア研究科委員）

■新組織

平成29年4月1日から、ソーシャルイノベーションユニットに以下の組織を設置いたしました。

- ・ナショナルサイバートレーニングセンター
- ・知能科学融合研究開発推進センター

WTP 2017

WIRELESS TECHNOLOGY PARK

新時代の価値を創造する ~5G + IoTの挑戦~
 2017年5月24日(水)~26日(金)
 東京ビッグサイト(西1ホール)にて開催

ワイヤレス・テクノロジー・パーク (WTP) は、無線通信技術の研究開発に焦点を当てた専門イベントです。WTPは、展示会、セミナー及びアカデミアプログラムを通じて、産学官の連携及び国際競争力強化を目指し、新たなビジネス創出へとつなげる交流の場として開催しております。

今年はメインテーマに「新時代の価値を創造する ~5G + IoTの挑戦~」を掲げ、2020年の実用化に向けて世界的な取組が進む第5世代移動通信システム (5G) や、IoTを支えるワイヤレス技術等、最先端の無線通信技術及び動向が分かる様々な企画を予定しております。

NICTは、展示や講演を通じて、ワイヤレスネットワーク技術を中心とした最新成果を紹介いたします。多くの皆様のご来場をお待ち申し上げます。



WTP2016の様子

- 同時開催
- ・ワイヤレスジャパン2017
 - ・運輸・交通システムEXPO
 - ・IDE TOKYOドローンソリューション&技術展
 - ・電子情報通信学会スマート無線 (SR) 研究会

主催：国立研究開発法人情報通信研究機構、YRP 研究開発推進協会、YRP アカデミア交流ネットワーク
 詳細はWTP2017ホームページ (<http://www.wt-park.com/>) をご覧ください。

NICT 展示施設 Information ②

鹿島宇宙技術センター

URL:<http://ksrc.nict.go.jp>

宇宙通信展示館では、これまで実施してきた実験、研究を理解していただくため各コーナーに分けて展示を行っています。

宇宙通信についてもっと知りたい！そんな疑問に模型やパネル、映像などを使い説明、紹介をしています。私たちが取り組む新しい宇宙通信の世界を体験してください。

- 開館時間…9:00~16:00
 - 休館日…毎週月曜日 (祝日は開館)、年末年始
 - 場所…茨城県鹿嶋市平井893-1
 - 連絡先…0299-82-1211
 - 入場料…無料
- ※駐車場あり。団体見学や研究員の説明をご希望の場合は2週間前までにご連絡ください (団体見学は平日のみ)。



34m アンテナ (1/50模型)



本アンテナは1988年に「西太平洋干渉計プロジェクト」の本土局として設置されたVLBI観測専用です。現在周波数比較プロジェクトの要の局として、3-14GHzの超広帯域の信号を一度に受信できる新しい受信機を搭載し、従来より格段に精度の高いVLBI観測技術の開発に活用されています。

きずな【WINDS】(1/16模型)



きずな【WINDS】は高速衛星通信技術の研究開発のために2008年2月に打ち上げられた衛星で、日本本土及び東南アジア10都市をカバーするマルチビームアンテナ (MBA) と広域電子走査ビームアンテナ (APAA) を搭載。東日本大震災、熊本地震の際には被災地との臨時衛星通信回線に使用されました。

静止衛星軌道 (1/1億 模型)



1960年代前半に最初の静止衛星が打ち上げられて以来、数多くの衛星が打ち上げられています。本模型は、現在使われている静止衛星330機以上の位置を表したものです。10~15年使用後、静止衛星は本軌道よりも350km以上高い「墓場軌道」と呼ばれるところに移され、その一生を終えます。

口径35cm光学望遠鏡模型



地球を周回する人工衛星やスペースデブリ (使い終わった人工衛星やロケットの一部などのこと) の観測を行う反射式の望遠鏡。本センター本館の屋上に、同じ仕様のもので2台設置してあります。夜空に見える星々や惑星・小惑星などの太陽系天体を撮像することも可能です。

※NICT 展示施設4か所をシリーズでご案内しています



NICT NEWS No.463 APR 2017

編集発行
 国立研究開発法人情報通信研究機構 広報部
 NICT NEWS 掲載URL <http://www.nict.go.jp/data/nict-news/>

〒184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1
 TEL: 042-327-5392 FAX: 042-327-7587
 E-mail: publicity@nict.go.jp
 URL: <http://www.nict.go.jp/>
 Twitter: @NICT_Publicity

ISSN 1349-3531 (Print)
 ISSN 2187-4042 (Online)

(再生紙を使用)

