

新世代通信技術を見据えた メタマテリアルの現状

小特集編集にあたって

編集チームリーダー 小塚洋司

人は長い間、自然に存在する材料に依存し、それらを縦横に駆使して各種新材料や道具を考案してきた。奈良正倉院における展示品の中の“琵琶”一つをとってみても、そこには、木材として紫檀、黒檀、イチイ、ツゲ、ビンロウジュなどが使われ、それぞれの木質を見抜き、巧みに生かし、使い分けされている。以来、13世紀ほど経た現在、科学・技術の発展と相まって材料技術は格段の進歩を遂げている。

本小特集で取り上げるメタマテリアル(Metamaterials)とは、“自然には存在しない”ことで特徴付けられる電磁波用途の人工材料を意味している。端的には、「電気磁気的な特性を持ち、自然には存在し得ない人工的に製作された構造体」のように定義される。メタマテリアルの象徴的なものは、誘電率、透磁率が同時に負の値を取る媒質である。この媒質中では、電磁波の進行方向を示す波動ベクトルと電波エネルギーの伝搬方向を示すポインティングベクトルが、互いに反対方向となるという現象が起きる。また、この媒質への入射波は、通常材料における屈折角が正であるのに対し、負の屈折角を取る。このため「負の屈折率媒質」とも呼ばれている。近年、このメタマテリアルの特異性が注目され、新たな特徴を持つ様々な電磁波応用デバイスが提案されている。マイクロ波伝送線路デバイスを例にとっても、フィルタ、共振器、方向性結合器、電力分配器などメタマテリアルの特性を巧みに利用したものが多く見受けられる。また、アンテナでは、前方、正面、後方と放射方向を自由に変更できる性能を持つものなどが注目されている。メタマテリアルに関する論文も既に多数発表され、メタマテリアル研究は最盛期を迎えた感がある。

筆者は、2009年6月ボストンで開催されたIEEEのIMS '09において、メタマテリアルに関するRump Sessionに出席する機会を得た。メタマテリアル研究の第

一線で御活躍の方々が、夕刻6時から延々と10時ごろまで、講演や熱気のこもった質疑応答をするというスタイルのセッションであった。ここでは、かなり突っ込んだ質疑応答もなされ、極めて有益な会議であったが、メタマテリアル研究の今後の進展には、“更に何かが必要”であるとの印象も受けて帰国した。

本小特集は、こうした現状を踏まえて、①この稀有なメタマテリアル概念をより積極的にとらえ、広義な意味での右手系も含め、新たな価値観や有効性などを掘り起こすこと、また、②この概念の一層の深化・体系化を図るヒントを模索すること、などを意識して企画したものである。その一手段として総合的な扱いを避け、「新世代通信技術」という一視点からの小特集を提案させて頂いた。

本小特集では、総説を設け、まずメタマテリアルの意味、研究経緯と現状、新世代通信技術とのかかわりなどについて概説する。ついで、第2章では左手系メタマテリアルの理論構成について、発展経緯を振り返りながら基礎的事項を平易に解説し、通信応用技術について言及する。第3章では伝搬信号の位相特性に非相反性を持たせた新しい右手/左手系複合メタマテリアルのマイクロ波・ミリ波回路、アンテナへの応用などについて述べる。第4章では実用的な見地から、アンテナの小形化や放射特性の制御性を容易にした移動体通信や高機能通信用アンテナなどについて紹介する。第5章では新しい情報通信の時代にふさわしい電磁環境対策材の開発を紹介し、現時点で可能な電磁波反射・透過制御材などについて述べる。第6章ではアクティブ素子を装荷した回路素子から成る右手系メタマテリアルとして、電波吸収体構成例を示し、新世代通信技術と融合し得る応用領域などを紹介する。

最後に、本小特集の発刊に際し、御多忙の中、原稿執筆に御協力頂きました執筆者の皆様、並びに本小特集編集チーム、編集委員会、学会事務局の皆様にも深く感謝の意を表す。

小特集編集チーム 小塚 洋司 川又 憲 笹山 浩二 藤野 義之 並木 周
浅井 孝浩 辻 弘美