

## 電子技術キーワード解説

## 知っておきたい最新の動き

## [メタマテリアル]

今年（2008年）9月に開催された電気情報通信学会ソサイエティ大会では、メタマテリアルを利用した伝送技術の研究発表が相次いだとのこと。従来は、大学の研究者による発表が多かったのに対し、今回はメーカー、通信事業者の発表が多かったとのこと。ここに来て、実用化の動きが加速したように思えるメタマテリアルとはどのようなものでしょうか。

メタマテリアルとは、電磁気学および光学的性質において負の屈折率、負の誘電率・透磁率を持つという物質です。もちろん、自然界の物質にこのような特性を持っているものはありません。

なお、メタマテリアルを左手系物質とも呼ぶことがあります。これは、電磁波の挙動があたかもフレミングの左手の法則に従うようになるためです。通常自然界の物質は、フレミングの右手の法則に従います。この右手の法則と言っているのは、均質媒質中における電界( $\mathbf{E}$ )、磁界( $\mathbf{H}$ )、波数( $\mathbf{k}$ )の向きを示す座標系が右手の親指、人差指、中指に対応していることです。つまり、右手系では、 $\mathbf{k}$ は $\mathbf{E} \times \mathbf{H}$ （ベクトルの外積）の方向と等しくなります。これに対して、メタマテリアルでは、 $\mathbf{k}$ の方向は $\mathbf{E} \times \mathbf{H}$ の方向と逆向きとなり、左手のそれぞれの指が指す方向となるためです。

メタマテリアルは、興味深い現象を示します。例えば、スネルの法則は適用可能であるが、屈折は入射光と「同じ」側に起きる。ドップラー効果は逆方向に発生する。群速度と位相速度が一致しない。高周波は長波長となり短波長に変化しない。ポインティングベクトルの向きが通常物質と異なる。エバネセント波が増幅される。などです。

本物質は、金属、誘電体、磁性体、半導体、超伝導体などの小片からなる単位粒子、セルを波長に比べて十分小さい間隔で配列した構造体（人工媒質）として実現できることがわかっています。これまで、2000年に左手系媒質の実現、2002年にLC集中定数左手系媒質の実現、2004年にTHz帯人工磁性物質の実現、2006年に透明マントの提案、マイクロ波領域での実現などが行われてきています。

産業界への応用としては、波長で外形が支配される高周波素子であるアンテナ、結合器などを大幅に小型化できるとされています。さらに、広帯域カップラーの実現、電波吸収体などのマイクロ波、ミリ波帯デバイスの応用なども考えられています。

すでに製品化されたものもあります。今年8月、米ネットギアがメタマテリアル・アンテナを使い、アンテナ数を通常の3本から8本に増やしたIEEE 802.11nのアクセス・ポイント（AP）製品を開発しました。一般的な11nのAPは、3本のアンテナのうち電波状態が良い2本を選択し、MIMO（multiple-input multiple-output）による通信に使います。本製品では、8本の中から状況の良い2本を選ぶことで電波状態をさらに改善しました。アンテナの本数を大幅に増やせるのは、メタマテリアル技術で電波の指向性を変えられるからです。誘電率などの特性を自由に制御することで、干渉を避けることができます。

また、期待の大きいものに「スーパーレンズ」があります。屈折率が正の物質でできた普通のレンズでは、回折限界という理論的限界から光の波長よりも小さな対象の画像は得られません。しかし、屈折率が負のメタマテリアルでできたレンズ「スーパーレンズ」なら、この限界を突破し、もっと微細な構造物の像を得ることができます。ナノテクノロジーにとって非常に魅力的な特性です。一般に半導体の微細加工では、写真と同じ原理でレンズを使って回路パターンを縮小して半導体基板に焼き付けます（光リソグラフィ）。「スーパーレンズ」によれば、ナノメートルサイズの超微細回路を持つチップや、今より格段に

記録密度の高い光ディスクが実現することができます。

メタマテリアルの出現により、電磁気学がからむほとんどすべての現象は再検討を迫られているようです。屈折や回折限界など、完全に解明されたと考えられてきた基本的光学現象でさえ、屈折率が負の物質の登場で新たな修正が加えられることになりました。それでも、電磁界の巨視的挙動を支配するマクスウェルの方程式は今も輝きを失っていません。マクスウェルはやはり偉大です。

(<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20080819/312937/>などを参考)

Copyright (C) Satoru Haga 2008, All right reserved.

<p>技術・経営の戦略研究・トータルサポータ</p> <p><b>ティー・エム研究所</b></p>	<p>工学博士 中小企業診断士 社会保険労務士(登録予定) 代表 <b>芳賀 知</b></p>
<p>E-Mail: GHH12525@nifty.com      URL: <a href="http://tm-lab.a.la9.jp/">http://tm-lab.a.la9.jp/</a></p>	