

# 電波はどこから出るのか

アンテナ工学と環境電磁工学のはざままで

岐阜大学 工学部 電気電子工学科 教授 中村 隆

Prof. Takashi Nakamura  
Department of Electrical and Electronics Engineering  
Gifu University



## はじめに

「プリント基板から電波が出て困る。何とかできないか」というのが、環境電磁工学の問題である。「電波が出る」とは、放射のことである。放射するのはアンテナと相場が決まっている。とすると、「基板はアンテナか？」と聞けば、違うという。どう違うのか？ 基板には回路が配線されており、回路は素子と線路からなっている。素子はとても小さくて放射しそうにはないし、線路が放射するとはどの教科書にも書いて無い。やむなく現場では、パソコン、シールド、吸収体などなど経験的な対策を講じて、何とか凌いで来たけれど、泥縄的で何とも心許無い。

結論からいえば、線路とアンテナを区別するのを止め、伝送と放射を区別するのを止めればいい。そうすれば、電波の真実の姿が見えて来る。線路は、『放射しないアンテナ』であり、アンテナは『放射する線路』である。放射効率が違うだけである。本稿では、線路とアンテナを兄弟とみなし、電波の伝送と放射の本質的なメカニズムに迫る。

## アンテナとは何か

antenna を英和辞書で引くと、

【動】《節足動物やカタツムリなど渦虫類の》触角、大触角：《ワムシ類の》感触器：【電】アンテナ、空中線(aerial)。

とある。ちなみに、中国語では天線(テンシェン)と言ひ、空に張り巡らせた大型線状アンテナを想起させる。無線通信華やかなりし頃を偲ばせる。

アンテナの原意は触角であり、いわゆるセンサのことである。人間のセンサは、五感と言って、視覚(目)、聴覚(耳)、臭覚(鼻)、味覚(口)、触覚(皮膚)の5つがある(第6感はまだ解明されていない)。中でも重要なのは目と耳で、これらは光と音を感じる。

これらに相当する電気のセンサは、電波センサと音波センサである。音波センサはマイクとスピーカであり、それぞれ受信センサと送信センサである。これに対して電波センサは、単にアンテナと呼ばれる。しいて分けるならば、受信アンテナと送信アンテナになる。

本来は、送受共用できるモノと考えるのが良い。例えばインタホンのようにマイクとスピーカは一体であり、音波と電気回路のトランスデューサ(変換器)である。従って、『アンテナは電波と電気回路のトランスデューサ』ということになる。

## アンテナは何故必要か

アンテナは、通信のために必要である。通信の3大要素は、正確 迅速 秘密保持 であり、光速で動作する電気通信はこれにうってつけである。

通信には、有線通信と無線通信があり、音波でイメージすると、「糸電話」と「メガホン伝達」といえる。糸電話の信号は糸上を伝搬し減衰しない。これは1次元伝送で、漏れることは無い。これに対して、メガホン伝達の信号は空間を伝搬し、距離 $r$ に反比例して減衰する。これは3次元伝送で、漏れることを意味している。無線通信では、漏れることはやむを得ないとしても、線を張らないという機動性のメリットがある。この状況の中で、如何に相手に大きな信号を送るかがポイントである。それには、送り手の口を大きく(大口：メガホン)し、聞き手の耳を大きく(大耳：イヤホン)することが重要である。

従って、電気通信では大口と大耳がアンテナということになり、無線通信におけるアンテナの役割は極めて重要である。

## どうやって飛ばすか

「飛ばす」ことをアンテナの専門用語では、放射とい

う。音波でイメージすると、スピーカや楽器からどのように音が聞こえるかを想像するとよい。放射の仕方には、大別してスピーカ型と楽器型がある。

スピーカ型は、非共振 広帯域 大型 であり、あらゆる周波数の音を大電力で放射する。これはパラボラアンテナの1次放射器であるホーンに相当する。これに対してギターなどの楽器型は、共振 狭帯域 小型 である。これに相当するアンテナはダイポールアンテナであり、最もシンプルな構造としてアンテナの基本になっている。

さて、ここでお寺の鐘の音を考えてみよう。鐘が「よく響く」のは、「共振」しているからである。また、「よく響く」とは「遠くまで聞こえる」ことであり、これは「遠くまで飛んでいる」からである。「飛ぶ」とは、「放射する」ことであるから、『共振すればよく放射する』ことになる！ 電波もこうやって飛ばすのが基本である。

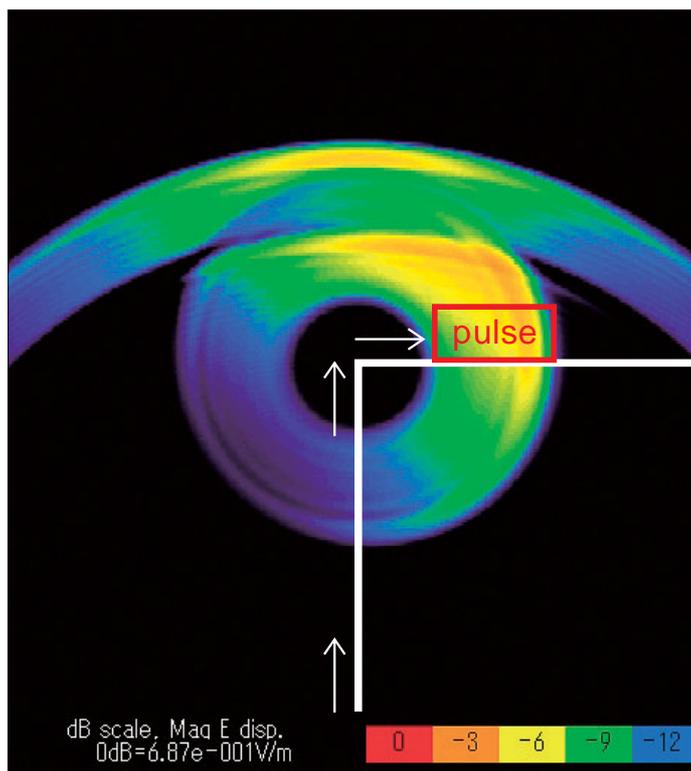
### どこから飛ぶか

電流があるから放射することに間違いはない。しかし、どこから飛ぶかとなると諸説紛々である。次の2つの説が有力である。

全体放射説：これは微小ダイポールの集合と見なして取り扱うミクロ的な考え方で、数学的には非常に巧く解析できるし、実験結果ともよく合う。しかし、物理的に本当に正しいかどうか疑問である。一例が、「送電線の怪」といわれるもので、一方の電線からプラスの放射があり、他方の電線からマイナスの放射があることになる。そして、十分遠方でこれらがキャンセルするから結果として放射界は観測できないと説明されている。電波はそんな無駄なことをしているのだろうか？

不連続部放射説：これは「線路からは放射しない」とするマクロ的な立場で、電流が不連続的に変化する所から放射するとして解析される。物理的には直観とよく合っているが、数学的に厳密な方法はまだ見出されていない。

第1図に、パルス電流が線路に流れたときの放射界を示す。全体放射説による計算結果である。線路は下から上に伸び、中心で直角に右方向に曲げられている。パルス波は線路を曲がって少しの位置にいる。放射波は、立体的に球であるが、図では2つの円で示されている。円の中心は、下端の給電点と中心の屈曲部である。この不連続部から放射しているように見えないだろうか？



第1図 曲りからのパルス波放射

### おわりに

歴史的に見れば、力と知恵のあるものがこの競争社会に勝ち残って来た。科学的に見れば、この世を支配しているのはエネルギーと情報ということになる。これらの最適な形態が電気である。人類が電気を知ったのは2600年前であり、琥珀( electron )が物を引き寄せたことが電気の由来である。しかし、電波を知ったのはほんの120年前、そして、コンピュータが60年前、インターネットが40年前、携帯電話が20年前と、ここ100年ほどで目覚しく発展している。情報は周波数に置き換えて伝えられるので、ますます高周波化している。

いまのところ、電波がどこから放射してしようと、何とかなる。しかし、いずれ残された周波数が足りなくなる。より高周波化すれば、回路とアンテナの区別ができなくなり、そもも言っておれなくなる。線路とアンテナのはざままで、「流れるべきか、飛ぶべきか、それが問題だ」と、電波も悩むだろう。(と思う)

中村 隆(なかむら たかし)氏 略歴

昭和52年 3月 東北大学大学院工学研究科電気及通信工学専攻  
博士課程修了(工学博士)

昭和52年 4月 東北大学電気通信研究所 助手

昭和53年 4月 岐阜大学工学部 講師

昭和60年 4月 岐阜大学工学部 助教授

平成 3年 5月 岐阜大学工学部 教授

主に、電磁波の伝送と放射に関する研究に従事。