

アンテナ

新連載

【第1回】

考現学

～アンテナと電波の基礎知識～

藤本 京平 *Kyohei Fujimoto*



1.はじめに

「君、“Antenna”って知ってる？」

「アンテナ？ どうして？ もちろん知ってるさ。あの、屋根の上にあるテレビ受信用だとか、携帯電話<図1.1>についてのピュッと出して使うあれだろ？」

「そう。じゃ“Antenna”の意味はつぎのどれだか知ってるかい？ 帆桁、触角、空中線、長い棒、大きな槍…」

「空中線は当然として、触角だろう。」

「そうね。正解は正解だけど、実はね。全部正解なんだ。」

「へー、別の意味もあるの？」

「そう。空中線というのは、今ではむしろアンテナといわれる場合の方が多いけどね、辞書を引くと昆虫の感覚器としての触角も載っている。ところが、17世紀から19世紀にかけての辞書には帆桁とか、棒、槍、などがあるんだ。」

「ほんとう？」

「それでね、今、何故アンテナがアンテナと呼ばれているのか、“Antenna”の語源を調べてみたんだ。すると、元はラテン語のan(a)tempnaで、an(a)=up、temp=to stretch、つまり、上方に伸長する、といった様な意味だった。それが、展張した帆を支える柱に使われ、長い棒、大きな槍、と転用されて、つづりもantemnaへ、そしてantennaへと変化して現用されるようになった。19世紀の末に電波が無線通信に実用されるようになって、電波を出来るだけ遠くに届けようとして帆や、鉄塔を

使って線を高く伸ばしたりした<図1.2>。それがつまり“an(a)tempna”であり、“Antenna”といわれるようになったと考えられる。一般的には、“触角”からの類推のようにいわれているが、電波に“触れる訳”ではないので、むしろ高く伸ばした棒状の構造からの類推と考えた方が妥当と思う。その証拠に“Antenna”と呼ばれる前は、“vertical conductor”と呼ばれていた。直立した導体、これまさに“an(a)tempna”を思わせる表現だろう？」

「そうだね。」

「その外、terminal conductorとかwavegateなども使われていたようだ。しかし、判らないのは、“Antenna”が正確に何時から使われ始めたか、なんだ。1901年の文献には未だ、wavegateなどがみられるけど、1904年には“Antenna”が現われている。結局、その間ということになるが…」

という訳で、この稿は余談からのスタートである。標題は「アンテナ考現学～アンテナと電波の基礎知識～」であるが、まずは、アンテナの話の前に、電磁波とは何か、どのようにして発生するか、どのように伝わって行くか、など、説明し、それからアンテナからの電波の出方、実際に使われているアンテナの色々、と話を進めて行きたいと思う。

2.電波とは

電波は眼に見えないし、触って確かめることも出来ないの、その存在は判らな

いが、空間に無数に飛び交っている。そしてその数は益々増え続けている。電波は、使われなければ社会が成り立たない程、大切な存在である。その存在は、1864年頃にマクスウェルによって数学的に予測され、ヘルツが1886年から88年にかけての実験でそれを検証した。

しかし、電波は、1780年ころ、ガルバーニが火花の現象として観察していたし、ヘルツ以前にも離れた所に声を送る実験が1879年頃、ヒューズによってなされていた⁽¹⁾。電波に依るとは気付かれなかった時代なので、歴史に刻み込まれていないのは止むを得ない。

電波は、宇宙初期以来存在していて、それは、宇宙背景放射と呼ばれる、いわば150億年前のビッグバンの残光として、1965年にアメリカのペンジラスとウイリソンによって発見された。宇宙背景放射というのは、その創成期に高温、高压で熱核融合反応を起していた宇宙が膨張し、温度が3000度位に下がったところで、原子核と電子の結合により光(電磁波)が放出された、その名残りである。今日、宇宙のあらゆる方向から同じ強さ(絶対温度2.75K)で観測される^(*)。

静かな池に小石を投げると波紋が同心円状に広がっていく。それと同じ様に、電波は、一点から出ると、全ての方向に一律に広がって行く<図2.1>。その広がりは何かかという、電界(磁界)の速い振動が波として空間を伝わって行く現象である。音波は、同じように波として伝わる現象であるが、この場合は空気や物体の振動である。電界(磁界)の速い振動による波の発生については次の節で述べる。

電波は、光と同じ電磁波で、その波長の長い方をいう<図2.2>⁽²⁾。行く手に進

(*)1) 宇宙背景放射は、ペンジラスとウイリソンが天体から来る電波を観測している際、偶然発見したのであるが、最初はビッグバン宇宙理論を裏付ける大発見であることには気付かなかった。後に彼等はノーベル賞を受賞した。ノーベル賞は工学部門を対象としないのであるが、通信技術者である彼等の業績は、物理部門で評価された。工学者も諦めてはいけな

行を遮る何物もない空間(自由空間)では、光速(C=3×10⁸m/秒)で直進する。進んできた空間の媒質と違う媒質に当たると、反射する。電波を出して、その反射により物体のある方向と距離を知るレーダは、この性質を利用している。つまり、直進する性質から反射して戻ってきた方向が物体のある方向と知り、反射して戻ってきた時間を知れば、(光速÷時間)から距離が判る。方向を知るためには鋭い方向性のあるアンテナが必要で、そのためには、波長の短い電波、マイクロ波を使う。

波なので、その振動数(周波数f)と、一周期の波長(λ)との関係は

$$C[m/s]=f[Hz] \times \lambda[m]$$

例えば、波長1mの電波の周波数は、300MHzで、今よく見かける携帯電話には、波長約30cm(周波数1GHz近辺)や、約15cm(2GHz近辺)の電波が使われている。最近運用が始まった高速道路の自動料金所では、5.8GHz(約5.2cm)の電波が使われている。

電波は、違う媒質に入ると屈折する。遮る物の陰にも廻り込む場合がある(回折)。建物の陰でも携帯電話が使えるのは、電波の反射や回折により電波が届くからである。

複数の波が重なると、互いに干渉し合う。干渉とは、二つの波が同時に存在すると、互いに強め合ったり、弱め合ったりする現象である。このような現象は、都市内

でビルや建造物の多い所でも生じ、一点から出た電波が、反射や回折により遅れて到達する電波と干渉し合い、受信の強さが急激に落ち込むことがある。これはフェージングと呼ばれ、幾つかの経路を経て電波が到達する場合、マルチパス(多重経路)フェージングといわれている。

動きながら通信する移動通信では、マルチパス(多重経路)フェージングはつきものである<図2.3>。電波が弱まった点で通信が途切れることがあり、周波数1GHzの電波を使う携帯電話では、約15cmおきに急激な落ち込みが生じる。実際にはこれは不都合なので、ダイバーシティと呼ばれるアンテナ方式で、それを防いでいる。それには、二つのアンテナが使われ、どちらか強い電波を受けている方のアンテナに切り替えながら通信を続ける。携帯電話にも実は二つのアンテナがあって、このダイバーシティ方式が使われている。ピュッと出して使うホイップアンテナ(*2)の外に、もう一つのアンテナが内蔵されている<図2.4>。

3.電波の発生

電波は、火花で観察されて居ると述べた。その最初は、ガルバーニ(イタリアの解剖学者)といわれている。彼の妻は病弱で、毎日、蛙を食べるのがよからう、という医師のすすめで、ガルバーニが解剖する蛙を取りに彼の研究室に来ていた。ある

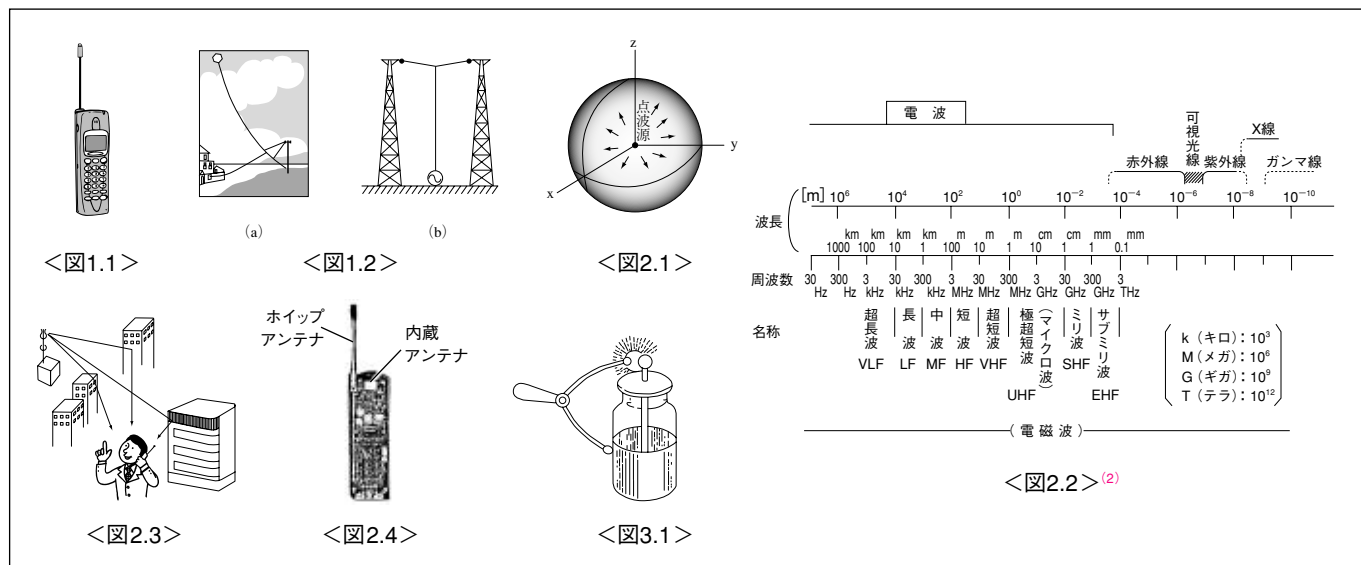
日、何気なく彼女が解剖用のメスで蛙の足にさわったところ、パチンと火花が出て蛙の足がピクッと動いた。傍に帯電している静電起電機があって、それからの電波をメスの先で受波していた、ということのようである(3)。1780年の話である。

その外、サバルは、蓄えられていたライデン瓶の電気が放電する際、火花が点滅し、振動しているように見えた<図3.1>、といい、また傍にあった鉄片が磁化されたことも観察している(1824年)(4)。

電波は、火花に依って発生している。火花は、高電圧がかけられた空間の絶縁破壊によって生じる放電現象である。放電は、高速の電子が原子に衝突してエネルギーを与え、不安定になった原子が元の状態に戻るとき光を発する現象である。更に衝突する電子のエネルギーが大きくなると原子はイオン化し、同じ様な現象を起こす。光波程の高い振動数でない場合が電波である。

火花でなくても、電荷を速く運動させると電波は発生する。例えば、今、十、一の電荷が相対して存在しているとすると<図3.2(a)>。十の電荷がーの方に移動すると、電気力線はそれに追隨して変化する<図3.2(b)>。電気力線は、図では便宜上、一本だけしか描いてない。大きい加速

(*2) ホイップは鞭を意味する。しなやかにたわむ柔軟な線で造られたアンテナなのでホイップと呼ばれているが、モノポールアンテナである。



度で+の電荷が-の電荷の方向に移動し始め、+の電荷と-の電荷が中間で行き交う際、移動の速度が小さければ相互に打ち消し合うが、大きければ、+の電荷と-の電荷は行き違ふ際、これまでと反対方向の電気力線が生じ<図3.2(c)>、今までであった電気力線は押し出されて空間に出る<図3.2(d)>。+の電荷と-の電荷が入れ替わった時、最初の電気力線の端は次ぎのその半波長だけ押し出される<図3.2(e)>。

これは電荷の移動の繰り返し周期の2分の1の時間で生じる。これが繰り返えされて交互に反対向きの電気力線が空間に放たれて行く。これが電波の放射である。

空間を伝わって行く様子は、<図3.3> (5)の様で、直交座標の垂直面上に電気力線を、水平面上に磁気力線を、それぞれの断面で示している。磁界は電界に直交しており、+-の電荷を含む軸に対して同心円状に拡がって行く。

よく、電波の発生は、電流素子を取り巻く磁界の輪に電界の輪が直交して交差し、その電界の輪に次ぎの磁界の輪が、と交互に連鎖的につながって伝わって行く、という説明<図3.4>が見られる。しかし、これは間違いである。これは、波のエネルギーが進まない定在波(*)である。

ここで一寸、マクスウエル方程式(定常状態)をみてみよう。波源の電流密度をJ、電界、磁界それぞれをE、Hとして、(ϵ :媒質の誘電率、 μ :媒質の透磁率)

$$\nabla \times H = J + \epsilon \partial E / \partial t = j \omega \epsilon E \quad (\partial / \partial t = j \omega)$$

$$\nabla \times E = -\mu \partial H / \partial t = -j \omega \mu H$$

この式で、 $\nabla \times$ の演算は、場所に関する微分であって、例えば $\nabla \times E$ は、その値がゼロでなければ、電界Eは場所によって違う値をもつことを示している。その値は、磁界Hに比例した値で、この磁界Hは、 $\partial / \partial t$ が示すように時間的に変化している。

その磁界Hに関する式 $\nabla \times H$ も同様で、

(*) 進む波(進行波)と、後退する波(後進波)が同時に存在し、互い重なり合うと、逆に打ち消し合う所が生じる。このような状態で波が進むことなく、一定の状態を保つような場合、これを定在波という。

磁界Hが場所により値が異なり、時間的に変化している電界Eに比例した値をもっている。電界Eと磁界Hは相互に関連しており、時間的にも同時に変化している。電界Eがゼロであれば磁界Hもゼロである。このようなことから、電界と磁界が交互に輪になって連鎖的につながっているとはいえないのである。

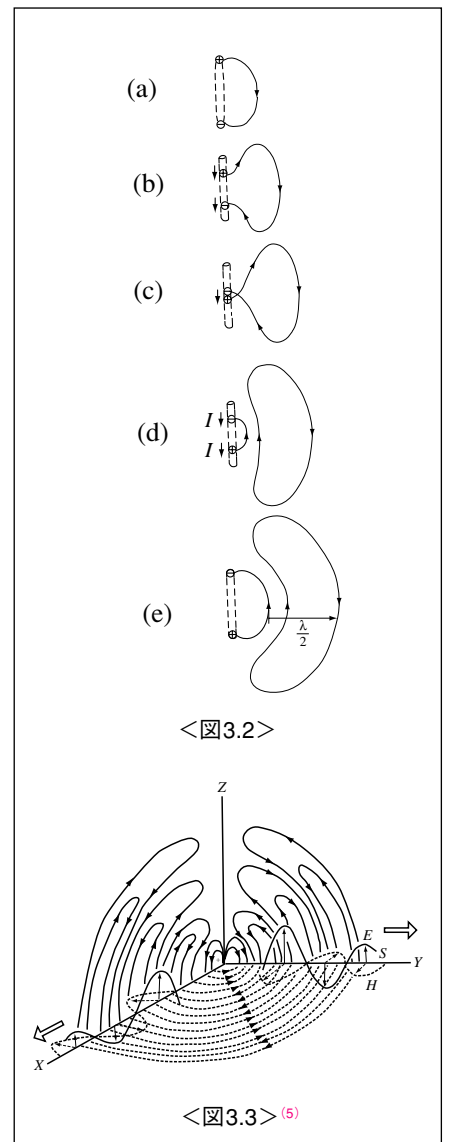
上の二つの式から、波動方程式が得られ、波の進む具合が示されるのは周知のことである。

電磁波のエネルギーは、 $(E \times H^*) = S$ の大きさで、電界と磁界に直交した方向に進む。このSは、ポインティングベクトルと呼ばれ、電磁波の進む方向と大きさ(電力密度)を示すものである。電界Eと磁界Hは相互に直交して進む<図3.5>。電界と磁界が交互に輪になった状態では、ポインティングベクトルが一方向でなく、前向きと後ろ向きが交互に現われる。つまり、エネルギーは進むことなく、停滞しており、定在波であることを示している<図3.4>。

電波は、これまで述べたように、電荷の速い移動により発生する。電荷の移動は、電流であり、その速い変化、或はその分布の速い変化により発生する。その様な現象は、電子管や半導体、蛍光灯の中、あるいは太陽、電波星、などでみられる。放電などによる電磁波の発生は、物理的にいけば量子効果、つまりエネルギー準位の移り変わりの際の放射現象によるといえる。放電ではないが、レーザーやメーザなどはまさにこの量子効果そのものによっている。

身近な自然現象の放電には、雷がある。雲の電荷が一挙に地上に放電して生じる。この放電は、雲と大地の間を電荷が瞬時に往き来して電波を発生する。ラジオを聞いている時、ガリガリとノイズ(雑音)が入るのをよく経験する。

天体が発する電磁波は、太陽のように核融合反応の際に発生するものや、電子が強い磁界の中で運動する際生じるものがあり、ノイズ状の電波として地球上で観測される。この電波は光では見えない天体の情報を伝えるので、電波による天体観測、電波天文に利用される。長野県の野辺山に直径45mの大きなパラボラアンテナ



があるが、代表的な電波天文用のアンテナである。ロシアには直径600mにわたり地上に建設した大きな電波天文用のアンテナがある。

4.電波の伝わり方

発生した電波は、空間を伝わって行く。電波が一点から出たとすると電波は全方向に一樣に放射される<図2.1>。この場合、電波は球面状に拡がるので球面波と呼ばれ、電波の源は点波源といわれる。点波源から出た電波は、ずーっと遠くに行くとある面積内では平面とみなしてもよいようになる<図4.1>。このような波を平面波という。一般的には、このような平面波で電波

を扱う場合が多い。物理的には点波源は存在し得ないが、利得など、アンテナの特性を記述する基準として用いられる。

電波が伝わる(伝搬)空間は三様に分けられる。何も遮る物のない開いた空間や、周囲が囲まれている閉じた空間、それと導体や誘電体の表面に沿って伝わせる導波路などである。

開いた空間で、行く手に何も無い場合、これを自由空間という。しかし、実際には、大地上や、ある程度、電波の進路に障害物のない空間を開いた空間として扱う。周囲の障害物の大きさに比べて波長が短く、障害物の影響が小さいと思われるような環境は、開いた空間と考えてよい。大地で反射があると直接来た波と干渉を起こし、場所によって強くなったり、弱くなったりする。

開いた空間では、電波の強さ(電界の大きさ)は、距離に比例して小さくなる。電力でいえば自乗に比例して弱まる。自由空間では、波長の自乗にも比例して弱まる(減衰)。例えば、携帯電話の場合、1GHzの電波で仮に1Wの電波が出されていたとすると、1km離れた地点では、0.00175Wになる。実際の携帯電話は、弱い電波でも受けるように高感度に設計されている。衛星放送の場合は、地上約3万6千kmの頭上に衛星があり、12GHz(波長2.5cm)の電波を100Wの電力で出されているとしても、地上では 3×10^{-10} Wという弱

い電波になる。それでアンテナには高い利得のパラボラアンテナなどが使われる。

電波の進路を遮る物があれば反射し、あるいは、その中を透過したり、場合によっては陰に回り込む回折をする。そのため、都市内の電波の伝わり方(伝搬)は非常に複雑になる。

閉じた空間とは、電波が外に出ないように導体などで囲まれた内部を指し、断面が円形や矩形の導波管<図4.2>や、コンクリートのトンネル、地下道などが該当する。電波は、これらの内部で反射を繰り返して伝わっていく<図4.3>。光ファイバもこの類である。都市内のビルの谷間でも、ビルの壁で反射を繰り返して導波管の中と同じように伝わって行くことがある。

完全な閉空間ではないが、誘電体を金属導体で挟んでその中を伝わせる平行平板やマイクロストリップライン<図4.4>もある。完全に閉じていないので、その周囲から電波の洩れがある。それで、その洩れを積極的に利用して平行平板やマイクロストリップラインをアンテナとして動作させるようにしたものがある。マイクロストリップアンテナ<図4.5>は、長さが $1/2$ 波長や $1/4$ 波長の構成で、代表的な平板状アンテナとして一般によく使用されている。

導波路は、電磁界のエネルギーをその表面に集中して、空間への洩れが少なく電波を進ませるもので、表面波線路といわれ

る。これには、マイクロストリップラインの上面の導体ストリップを取り除いた構造や、導体線路に誘電体を被せた線路などがある。<図4.6>。このような線路からは多少電波の洩れがあり、この洩れを利用した洩れ波アンテナというものもある。地球の表面を伝わる長波の電波も表面波である。

ここまで、電波の基本的な事柄のさわりだけ説明してきた。アンテナについては、次回、実際に使われている例を取り上げながら、話しを進めてゆく。

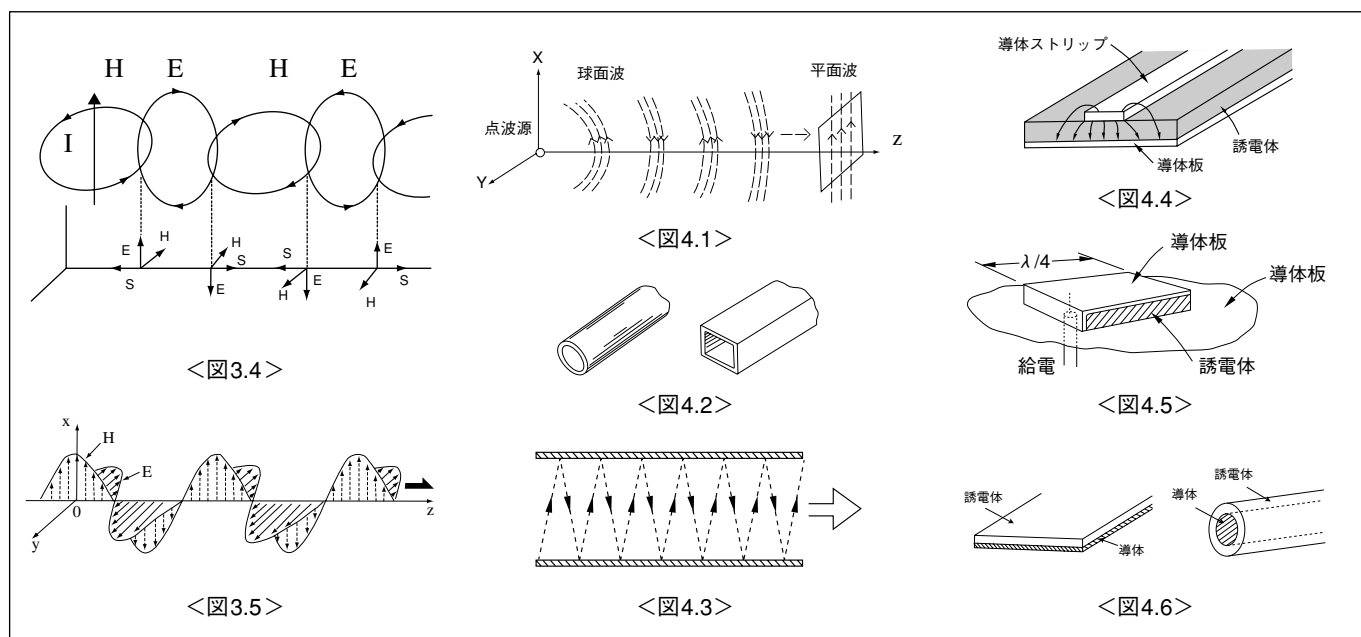
参考文献

- (1) 徳丸仁、“電波技術への招待” p.42、講談社
- (2) 藤本京平、“電波応用” p.210、共立出版
- (3) 徳丸仁、“電波技術への招待” p.38、講談社
- (4) 同上 p.39
- (5) 藤本京平、“電波応用” p.15、共立出版

著者略歴

藤本 京平(ふじもと きょうへい)

昭和28年 東京工業大学卒業
松下電器産業(株)入社
昭和36年 オハイオ州立大学客員研究員
昭和54年 筑波大学物理学系教授
平成5年 筑波大学名誉教授
新潟大学工学部教授
平成7年 国際科学振興財団専任研究員
工博、IEEE Life Fellow
著書/Small Antenna、入門電波応用 など



アンテナ

連載中

【第2回】

考現学

～アンテナと電波の基礎知識～

藤本 京平 *Kyohei Fujimoto*



長さのもので、実際の場合、残りの半分は携帯電話の筐体(実際には内、外部の金属部分、シールド板など)がその役をしている。細い線状のアンテナ(ダイポール、モノポール)は一般的にはよく知られたアンテナであるが、これが携帯電話などに取り付けられるとその特性は大きく変わる。

しかし、まずはその基本的な特性に触れてみよう。

ダイポールアンテナ

細い導線のダイポールアンテナは、アンテナとして最も一般的で、かつ基本的なものである。前回、電磁波の発生の源は、電荷の速い移動(加速度運動)によるとして、十、一の電荷の動きから説明した。電荷の運動は電流であり、先回の説明を電流の時間的変化に置き換えて考えれば、ダイポールアンテナはまさにそれを実現したものの、といえる。電流といっても、直流ではアンテナの様に先端が開いている導線に電流は流れない。振動を速くしていくと、つまり高周波にすると、電流が流れ始め、かつ、電磁波が放射がされるようになる。高周波になると何故、電流が流れるようになるのか。

再びマクスウエルに登場してもらおう。コンデンサでもそうなのだが、極板の間(空間)には直流は流れないが、高周波の電位をかけると極板には電流が流れ込む。空間に電流は流れないのに一体この電流は何処に行くのだろうか。それは極板間に高周波の電位を与えると、極板間の電位が時間的に変化し、それが流れ込んだ電流に連続して一つの閉回路を作る、つまり、この電位の時間的変化は導体の中を流れる電流と全く対等の働きをするので、一種の電流として扱える、というわけである。これは、マクスウエルが提唱した変位電流(displacement current)の概念に外ならない*1。マクスウエルは、絶縁体と呼ばれる物体の中では、電流が流れていなくても電気的効果は伝搬する、と考え、力学的モデルを使って(1)それが分子自身の電荷の変位によって起きる誘電体分子の分極の現象と類似していると洞察し、変位電流の概念を導き出した。これから更にこ

アンテナは幾つ？

「君、Antennaの複数はどう書く」
「また問答かい?。あんまり人を馬鹿にした様な質問をするなよ。もちろん、sをつけた Antennas だろう?」

「そう。だけどね、これもかつては s でなく、naeをつけた Antennae が使われていたんだ。しかし触角の意味ではまだこれが使われている。」

「じゃ、何時頃から変わったんだい?」
「1950年頃からだ。アメリカのクラウス(Kraus)先生が、アメリカ人らしく、naeより簡単な表現の s を用いたのに始まる。Antennas というクラウス先生の名著があるが、それ以来、まずアメリカで広く使われる様になり、やがて世界的に用いられるようになった。ヨーロッパでは、しばらくは nae が残っていたけれども、最近ではほとんど s をつけるようになってる。」

「ところで、携帯電話には幾つアンテナがあるか知ってるかい?」

「また、わかりきったことを聞くの? 一つだろう?」

「そうじゃないんだ。三つあるのさ。」
「え?、三つも?」

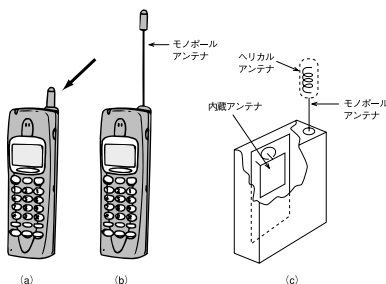
「そう。見えないけど、三つあるんだ。」
「じゃあ、どこにあるのさ。」

「一つはね、内蔵だから見えない。別の一つは見えてるけどわからない。それは携帯電話の細い棒のアンテナの先の一寸太い頭、君達、あれを持って引っぱり出すだろう。あの中にアンテナがある<図1(a)矢印>。」

「ふーん、そうか。だけど、何で三つもあるの?」

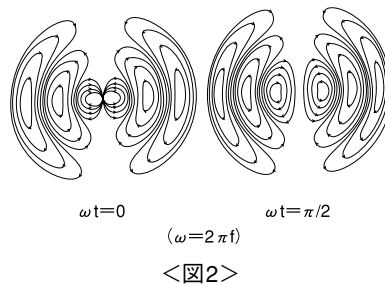
「それはね。前回、説明したけど、都市内などで送信された電波が地形や建物などで反射したり、回り込んだり(回折)して届き、受信状態が悪くなることもある(マルチパスフェーディング)。それを救うダイバーシティを行うためなんだ。後でまた説明するけど。」

というわけで今回も余談から始まったが、前回が、電磁波について基礎的な事柄のさわりだったので、今回は実際に使われている携帯電話のアンテナについて説明しよう。三つある、というのは通常の携帯電話の場合で、PHS(かつては簡易携帯電話といわれていた)では一つである。欧米の携帯電話の場合もダイバーシティを行わないので一つが多い。ここでは我が国の携帯電話の例を紹介する。三つのアンテナの内のメインは、一本の細い棒、モノポールアンテナ(monopole antenna)である<図1(b)および(c)>。いわばダイポールアンテナ(dipole antenna)の半分の



<図1>

の電流が固有の磁界を形成すること、その磁界の時間的変化が電界を発生する(電磁誘導電界)など、一連のマクスウェルの方程式を示し、変位電流によって空間を伝わる電磁波*1の存在を予言した。後に、ヘルツがこれを実証し、マルコーニにより電波が無線通信に実用されるようになった。アンテナも色々なものが生まれてきた。ダイポールアンテナに流れ込む高周波の電流は、空間を変位電流として伝わっていく、これが電磁波の放射である。小さいダイポール素子からの放射の有様をヘルツは図で示した<図2>。



電波はドーナツ状に放射される<図4>。これを座標上で表わすと、垂直面内では8の字状<図5(a) x-z 面だけ示してある>、水平面内(x-y 面内)では円形(無指向性)<図5(b)>になる。このような表現を放射パターン図という。入力インピーダンス(給電点における電圧と電流の比、給電点インピーダンスともいう)は、半波長の場合、約(73 + j 43) ohm である。ダイポールアンテナは、半波長より少し短い長さで共振(リアクタンスがゼロ)する。通常、50ohmの負荷に対して整合したダイポールアンテナは、アンテナの利得評価の基準(0dB)としてよく用いられる。アンテナの利得が何dBd 等と言うのはダイポールアン

テナと比較した値である。

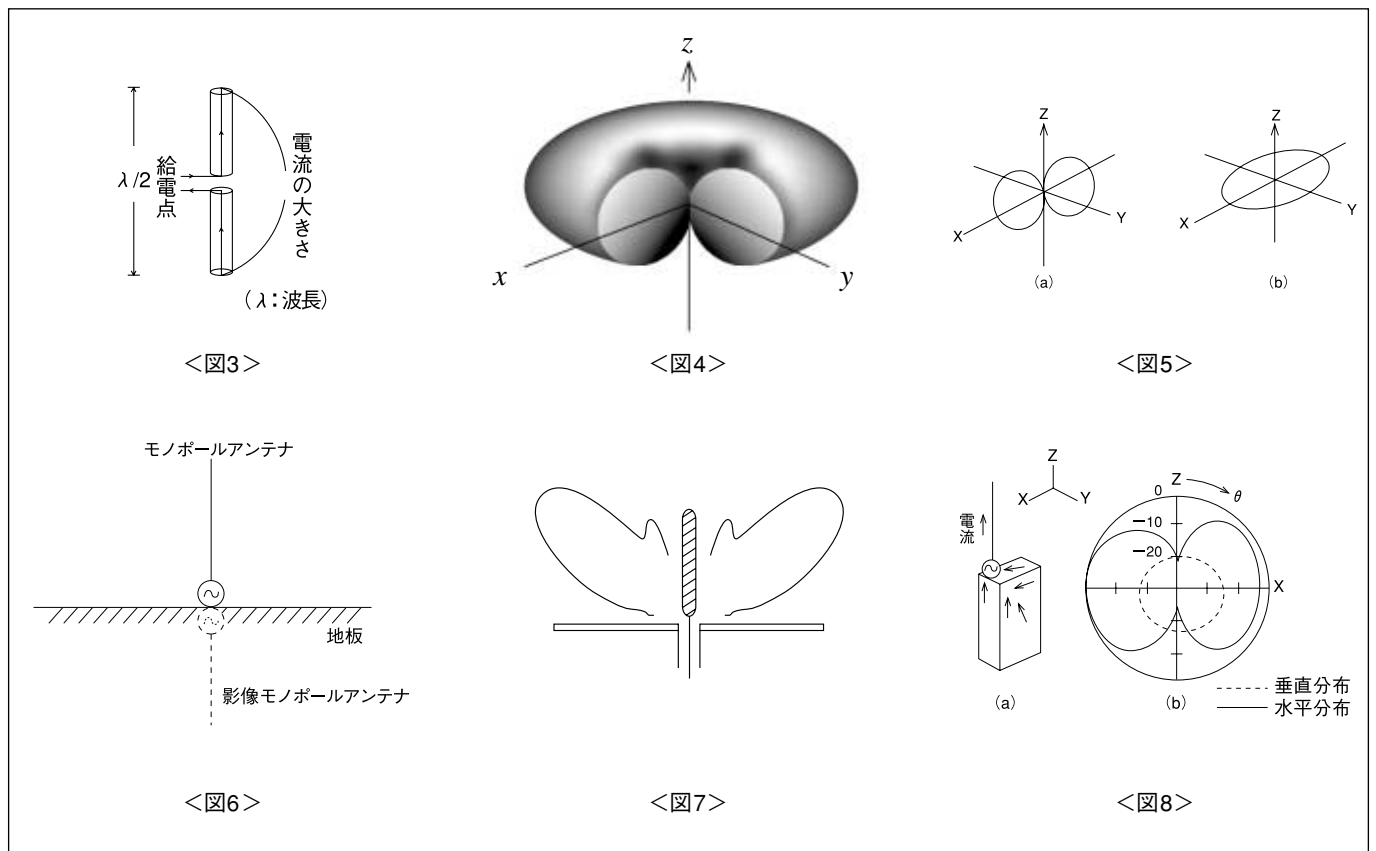
実際の携帯電話にはダイポール素子ではなく、モノポール素子がよく使われる。モノポールは、1/2波長ダイポールの約1/2の長さ(1/4波長)だけでなく、3/8、あるいは5/8波長の素子も使われる。地板上(金属導体、Ground Plane、理想的には無限大)にある1/4波長のモノポール素子は、その映像を考えると1/2波長ダイポールと同じように扱える<図6>が、放射は言うまでもなく上方、片面内だけで<図7>、入力インピーダンスは1/2になる。

携帯電話で使われているモノポールの場合、筐体が地板というより、その対の素子の役割をするので、非対称であるがダイポールを形成している。そのため、特性は当然、細い線状のダイポールとは異なったものになる。例えば、筐体の横方向に流れる電流<図8(a)>*2のために水平成分の放射も生じ、放射パターンはドーナツ状からずれてくる<図8(b)>。入力インピー

(*2) この電流は、後で述べる内蔵アンテナ(PIFA)の励振によるもの大きい。

さて、ダイポールアンテナに流れ込む電流が最大になるのは、その長さが使う電波の波長の約半分の場合である。アンテナ素子上の電流の大きさはおよそ正弦波状をしており<図3>、アンテナが垂直に置かれていれば<図4、座標軸 Z 軸上>、

(*1) マクスウェル自身は、彼の論文などで“変位電流”や“電磁波”なる用語を用いていなかったようで、最初に変位電流を用いたのは、フィッツジェラルド(1888)である(2)。



ダンスもアンテナの素子寸法と共に筐体の寸法(長さ、幅、など)によっても変わる。かつては筐体が地板と同じ作用をする、という考え方で携帯機の1/4波長モノポールアンテナは1/2波長ダイポールアンテナと同等という考え方で設計がなされていた。しかし、筐体もアンテナとして働いているという認識から筐体を含めたアンテナの設計が最初に行われたのは1968年のことである⁽³⁾。1980年代になって詳しい解析がなされ、この時論じられた概念⁽⁴⁾が現在の携帯電話用アンテナの設計の基礎になっている。

筐体に電流が流れていることには、利点と欠点と両面がある。利点は、利得の低い、かつ、狭帯域な小形のアンテナ素子を用いても筐体に流れる電流による放射が加わってそれが向上するのである。実際の携帯電話では、内蔵するアンテナはできるだけ小さい方がよい。それで今まで平板状で小形な板状逆Fアンテナ(PIFA: Planar Inverted-F) <図9>が多く使われてきている。このアンテナはもともと狭帯域特性(比帯域1ないし2%)であるが、これ

を筐体に設置すると、帯域は広がり、携帯電話に必要な広い帯域(最大で17%)が実現される。また、同時に利得も向上している。筐体に流れる電流は、実はこのPIFAが筐体を励振して生じたもので、その結果、アンテナの実効的な寸法が大きくなっているのである。PIFAに限らず、他の内蔵小形アンテナでも同様なことがいえる。

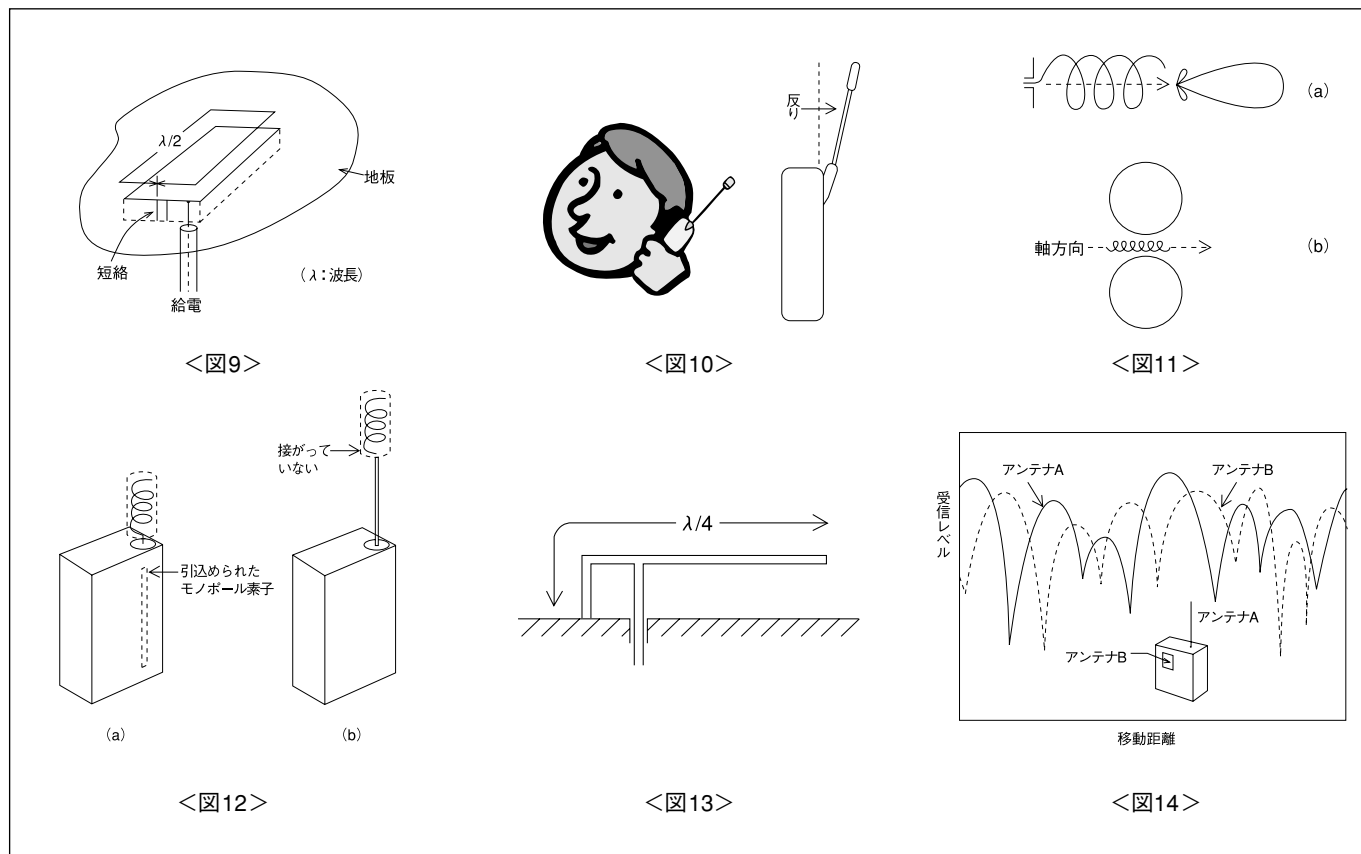
逆に、不利な面は、携帯電話を手で持って通話する際、手や頭の影響を受けてアンテナの特性が劣化することである。手の影響は比較的大きく、一般的に6dBから10dBの利得低下を生じる。これは、筐体に流れる電流が手や頭の影響で変化し、共振周波数やインピーダンスが変わるからで、そのため、整合のズレ、従って利得の低下を生じる。また、電波が手や頭に吸収されることによる利得の低下(放射電力の減少)もある。

電波が頭に吸収されて脳を損傷する懸念がある、という議論がなされてきているが、その因果関係はまだはっきりしない。それで、少なくとも脳への影響がほとんど考えられない程度に電波の強さを制限する

規制、あるいはガイドラインがあって、携帯電話からの放射を弱くする(PHSはもともと弱い)、あるいは放射をできるだけ頭に向けない、といった方策が色々と検討されている。携帯電話のアンテナは筐体への取り付けの際、少しでも頭から離れるように考えられ、また、横から見るとモノポール素子は外向きに反らせて頭から遠ざかるように工夫されている<図10>。

ヘリカルアンテナ

次に、モノポールの先端についているアンテナは、プラスチックのカバーで覆われていて見えないが、中味はコイル状でコイルアンテナとも呼ばれる。コイルといっても螺旋状で、小さいヘリカルアンテナである。通常のヘリカルアンテナは、太く、放射はその軸方向<図11(a)>であるが、このアンテナは直径が小さく、放射は軸に直交(normal)した方向<図11(b)>である。それでこのアンテナは、ノーマルモードヘリカルアンテナ(Normal Mode Helical Antenna: NMHA)と呼ばれる*3。放射は、



小形ダイポールと同じで、ドーナツ状である<図4>。インピーダンスは、一般的には小さく、整合をとるには給電点近くでタップダウンする方法がよく用いられる。

NMHAが携帯電話に用いられるのは、小形であること、放射が小形ダイポールと同じであることによる。小さくできるのは、螺旋状に巻いた線に沿って電波が進む進行波形の素子なので、線の全長が1/4波長でも外形が短縮されるからである。また直径も小さい。これをモノポールアンテナの先に取り付け、受信状態では、引っ込められたモノポールアンテナに代わり動作させる。この時、モノポール素子とは切り離されており、単独で働く<図12(a)>。モノポール素子は、通話する際引き出し、これを働かせる<図12(b)>。その際、NMHAはモノポール素子とは接続されていないので飾りのような存在になる。このような、二つのアンテナの使い分けは巧妙にされ、給電点近くの接続の仕方や整合の取り方、さらに前述したような筐体への取り付け方法など、メーカ各社が知恵を絞った高度なノウハウが隠されている。たかが一本の棒、などと思っはいけない。

板状逆 F アンテナ(PIFA)

今一つのアンテナ、板状逆 F アンテナ(PIFA)<図9>は、現在の携帯電話の内蔵アンテナとして最も多く使われている。それは、小形で、コンパクトに作れて内蔵に適し、特性も携帯電話に相当であることによる。帯域が狭いのは、前述したように筐体に取り付けると拡がるので実用になる。もともと、長さが約1/4波長の線状逆 F アンテナ(IFA)<図13>から派生したもので、その水平素子を板状にしたアンテナである。とはいえ動作原理は異なる。形は方形で、その周囲長は約1/2波長である<図9>。給電点近くで短絡を設け、そこまでの間隔を変えて整合し易いインピーダンスに調整する。前述したように、このPIFAは筐体を励振する素子となっている。

(*3) “normal mode” を訳して“正規モード”などとしている文献もあるが、これは誤りである。

実際のPIFAは必ずしも方形でなくて色々変えられている。例えば、周囲長を短くして共振を得るためにスリットをいれたり、周囲の部品の取り付けやその影響を避けるために変形されて、一見これがPIFAかと思ふようなものまである。

携帯電話のアンテナは、アンテナ素子だけでなく、筐体もアンテナとして働いているので、これらを一つのアンテナ系として扱う。それで従来の携帯電話用アンテナ系の設計概念は、筐体を積極的に利用する考え方が主流である。しかし、最近では、筐体に電流を流さない、つまり、頭や手の影響を小さくする考え方、従って筐体に電流を流さない方策が検討されるようになってきている。

ダイバーシティ

ダイバーシティは、モノポールとPIFA、あるいはNMHAとPIFAの組み合わせでなされる。前者は主に通話時、後者は待ち受け時(モノポールを引っ込めた状態)に使用される。ダイバーシティというのは、都市内などでマルチパスフェーディングによる受信の途切れを軽減するために用いるもので、アンテナを二つ使い、どちらか受信状態の良い方に切り替えて常に安定した受信を行うようにする。アンテナを少し離して設置しておく、それぞれの位置で到来電波の振幅や位相が違い、一方で振幅が落ち込み受信レベルが非常に低くても他方の振幅は大きい場合があり、そちらのアンテナに切り替えるのである<図14>。

ダイバーシティには、いくつかの方法があり、上に述べた方式は、アンテナを空間的にある間隔で配置して使うのでスペースダイバーシティという。別に偏波を利用する偏波ダイバーシティという方式もある。二つのアンテナへの到来電波の振幅や偏波の違いが大きい程、その効果が大きく、また、二つのアンテナ間の結合も小さい方が好ましい。これらの度合を相関係数という尺度で評価し、ダイバーシティ効果の大小を論じる。この値はアンテナの間隔、電波伝搬の環境、到来電波の特性、などで異なるが、相関係数が小さい程、ダイバーシティ効果は大きく、ダイバーシティを行わないア

ンテナに比べて平均的に高い出力(ダイバーシティ利得)が得られる。実際の携帯電話では、アンテナの間隔は狭い(0.1ないし0.2波長)が、相関係数は0.5以下で実用には充分のダイバーシティ効果が得られ、ビル陰など乱れた電波の環境でも通話が途切れることなく使用されている。

以上、我が国の携帯電話に使われているアンテナがどのようなものか、一例を紹介した。見かけ上、一本の棒しかわからないが、実は三つのアンテナが使われており、しかもそれらは色々な条件に対応して設計されている高機能なアンテナである。上記の他、チップアンテナといってセラミックで作られた(表面や内部にアンテナ素子がある)小形のものや、マイクロストリップアンテナなどもあるが、これらについては次回に譲る。

今回は、携帯電話用以外に、最近話題になっている色々なアンテナ、たとえば機能アンテナ、信号処理アンテナなどの紹介をしたい。

参考文献

- (1) カルツエフ、早川光雄、他訳、“マクスウエルの生涯”、p.226、東京図書、1976
- (2) 徳丸 仁、“光と電波”、p.4、森北出版社、2000
- (3) K.Fujimoto, "Loaded Antenna System Applied to VHF Portable Communication Equipment", IEEE Trans. VT-17, pp.6-13, 1968
- (4) 平沢、藤本“直方導体に取り付けられた線状アンテナの特性”、信学論、J65、B、no.4, pp.1133-1139, 1982

著者略歴

藤本 京平(ふじもと きょうへい)

昭和28年 東京工業大学卒業
松下電器産業(株)入社

昭和36年 オハイオ州立大学客員研究員

昭和54年 筑波大学理工学系教授

平成5年 筑波大学名誉教授

新潟大学工学部教授

平成7年 国際科学振興財団専任研究員

工博、IEEE Life Fellow

著書/Small Antenna、入門電波応用 など

アンテナ

最終回

【第3回】

考現学

～アンテナと電波の基礎知識～

藤本 京平 *Kyohei Fujimoto*



考現学って？

「また、例によってお尋ねしよう。君、“考現学”って知ってるよね？」

「え？ また質問？」

「そう。せっかく題名がそうなっているのに意味を知っててもらわないと話し甲斐がない、というものさ。」

「そうねえ、知らないわけじゃないけど、説明しろといわれると一寸自信がないね。」

「じゃ説明するけど、考現学というのはね、実は考古学に対する造語なんだ。考古学が遺物や遺跡によって人類の古文化を研究する学問であるのに対して、考現学は現代の社会現象を組織的に研究する、それによって現代の真相を考察しようという学問なんだ⁽¹⁾。」

「それでは逆にお聞きする。”アンテナ考現学”^{*1}とは、どういう学問なの？」

「なに、逆襲？」

「そう。たまにはそうさせてよ。」

「そうかい。仕方ないね。さしずめ現代のアンテナ技術、その利用の状態、など時代に応じてどのような状況にあるか、を考察する。そしてどのような課題があるか、その取り組み、これからの発展の傾向、などについて探究する学問といってよかろう。」

「難しい話になりそうだね。」

「いや、実際には学問として存在しているわけじゃなく、今ここでは比喩的に使っ

ているので、余り固く問い詰めないで欲しい。始めから気軽に聞いてもらうつもりで、“学”などといわず、電波の放射や、電磁波の基礎的な事柄のさわり、そして現代の華形、携帯電話に使われているアンテナ、などのお話しをしてきた。今回もそんなつもりでいる。」

「そうか。安心したよ。」

「今回は、携帯機器初期の頃のアンテナの考え方から、現在携帯電話に用いられているアンテナの種類、技術、設計思想、などを説明した。また、人が持って使う際の問題点、課題、などにも触れた。系統的とまではいかないけれども、現在最もホットな話題、移動通信の、その中で最も身近な存在の携帯電話のアンテナについて、三個あってどのように使われているか、など、大まかにはお判り頂けたと思う。」

というわけで、今回は、もう少し広く色々なアンテナの紹介をし、そして、移動通信用アンテナにはどのような課題があるか、また将来へむけての動向、などについてお話しをしていきたい。

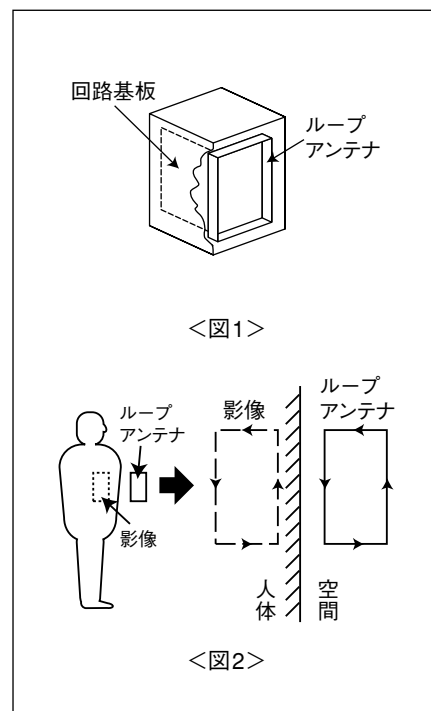
その前に、一寸訂正させて頂きたい。前回 Antenna の複数 Antennas が使われ出したのは1950年頃、Kraus によって、と記したのは間違いで、実は1910年に Marconi がノーベル賞受章の際の講演で使っていたそうである⁽²⁾。

色々なアンテナ

モノポール、NMHA(Normal Mode

Helical Antenna)、板状逆Fアンテナ(PIFA)などが、携帯電話用に使われていることは前回説明した。これら以外に移動通信用にはどのようなアンテナが使われているのか、アンテナの分類に従って代表的なものを取り上げてみよう。アンテナを形状から分類すると、線状、平板状、固体状、開口面状、などがある。また、これらを配列したアレイアンテナがあり、配列して使うことにより色々機能を持たせて動作させることが出来る。

線状アンテナで代表的なのは半波長ダイポールアンテナで、一般によく使われているし、基準アンテナとしても使用される。携帯電話にはその初期(450MHz帯)に使用されたことがある。しかし、半波長は長く、携帯機本体(筐体)から大きく突出するのが好ましくないので1/4波長モノポールなど、短い素子が主流になった。今では3/8波長とか5/8波長のモノポールが主に採用されている。これは、筐体に流れる電流を小さくする寸法である。筐体がアンテナの一部となり、流れている放射電流が最も少なくなるのは、アンテナ素子寸法が半波長の時である⁽³⁾。しかし、半波長ではインピーダンスが非常に大きいので実用機では整合の取りやすい長さの素子が使われているのである。



(*1) 本題は菊水電子工業(株)藤川貴記課長の命名による。

この他、ループアンテナがある。初期の箱型のポケットベルに使用され、現在も続いている<図1>。このアンテナは、ポケットベルをポケットに入れて使うと、入れないときより感度が上がるように設計されている。普通のアンテナは、人体等が近づくと特性が劣化するのが常識的であるが、このアンテナはそうでない。不思議に思えるであろうが、ループの面を人体に直交するようにして置くと、人体の中に生じる影像が元のループと同じ向き(電流の向きが同じ)になるので<図2>、人体前面に生じる磁界は二つのループのそれが相加されて増大する。つまり、ポケットベル受信の感度が上がるのである。更に、超小形(約20分の一波長)でありながら適正に整合が取れ、またポケットベルをどの向きに置いても適当に感度を得られるように設計されている。これは、平衡型のループ素子を不平衡で給電するという、本来はやってはいけない非常識な構成にして、アンテナ系にループモードとダイポールモードを同時に発生させ、その複合の特性を利用しているのである。複合モードの利用は、小形アンテナ設計の一つのキーポイントである。このループアンテナは、たかがループ、されどループ、ノウハウの詰まったアンテナといえる。

この他、最近の携帯電話に使われている線状素子としてメアンダライン<図3>がある。ジグザグの線に沿って電波が進むので、NMHAと同じように長さを実効的に短く出来る。モノポール先端のNMHAの代わりに使われたり、内蔵アンテナとして用いられたりしている<図4>。

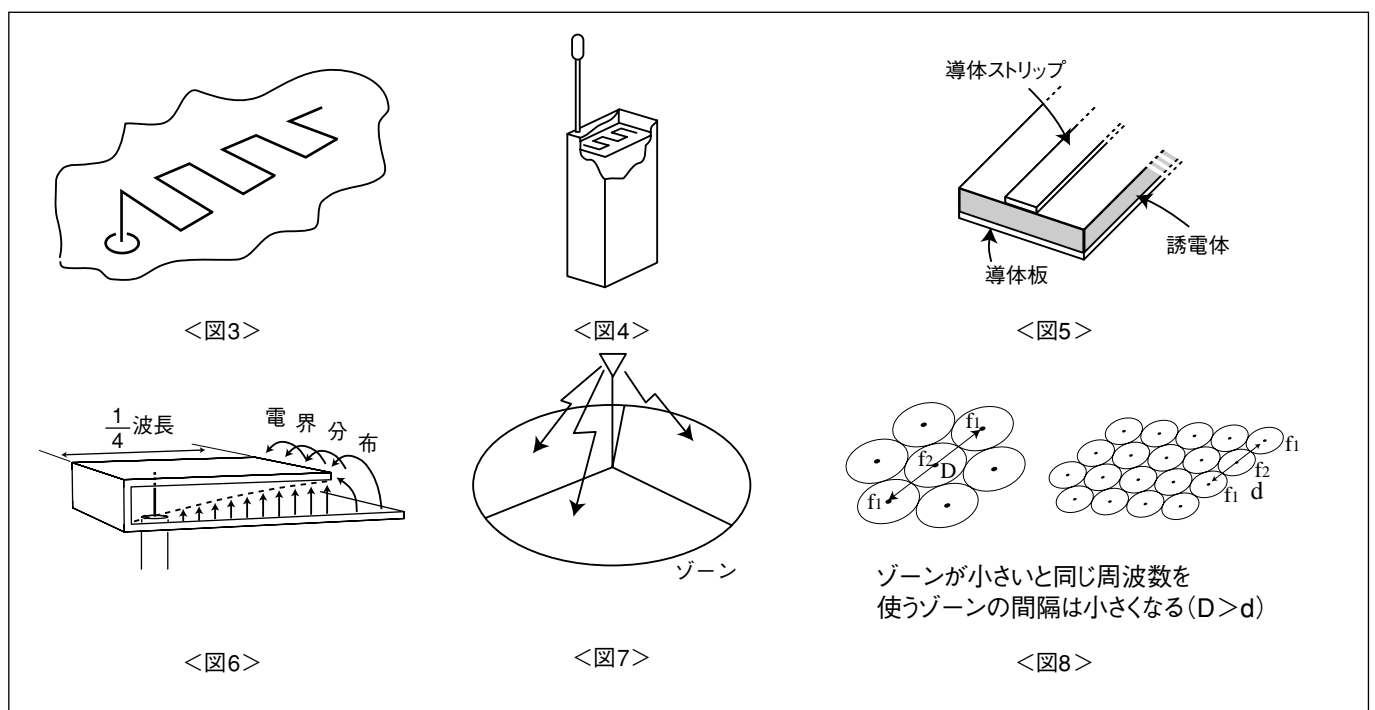
平板状アンテナでは、板状逆Fアンテナ(PIFA)の他、マイクロストリップアンテナ(MSA)、が代表的である。MSAは、元々伝送線であったマイクロストリップライン<図5>を適当な長さ(通常1/4波長)に切り、線路を形成する導線と基板との間の電界の洩れを放射に利用するアンテナである<図6>。通常、3ミリとか4ミリといった薄さで、これがアンテナなのか、と思うような平板である。しかし数dBの利得が得られ、一般的には比較的狭い帯域であるが、給電方法によっては十分実用になる帯域(数%以上)が得られるので広く用いられている。薄い構成なので、小形の機器や、高さや厚みが許されない場所に多く使われている。

MSAは、小形携帯機器だけでなく、移動通信基地局用のアンテナにも使われている。かつては、基地局のアンテナは大形でビルの屋上などに設置されるのが普通であった。しかし、最近では小形、軽量が

望まれ、屋上だけでなく、建物の壁などにも取り付けられるようになった。それは必要なアンテナの数が増えたこと、ビルの屋上を使うのが難しくなってきたこと、などによる。その理由は、携帯電話の利用者が急増し、利用出来る無線のチャンネル数を増やすため、使用周波数帯が800MHzと1500MHzになり、また、ゾーン〔通信範囲〕を周方向三分割(三セクタ化)する<図7>、などで必要なアンテナの数が一基地局あたり最低6基(送信・受信及び3セクタ)必要となった。更にダイバーシティ用に3基が加わる。実際には送信・受信用を1基に収めているので外観は6基である。二周波数帯用とするとこの2倍の数になる。これら全てのアンテナを屋上に設置するにはスペースがないのと耐重量の問題がある。その上、一基地局が通信する範囲(ゾーン)が次第に狭くされ*2、基地局の数が増加して来て更に多数のアンテナが必要となった<図8>のである。

基地局のアンテナには、適切にゾーン

(*2) ゾーンを小さくすると、同じ周波数を繰り返し使用できるゾーンの間隔が狭く出来る<図8>。そうすると一地域で同じ周波数が使えるゾーンの数が増えるので、利用できるチャンネルの数を増加出来る。セクタ化も同じ考え方である。



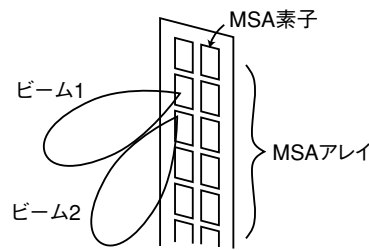
内を照射する放射パターンが要求され、実際にな必要なパタンの形成にMSAアレイが使われている。最近の基地局には、二周波(dual frequency)用、二ビーム(dual beam)用など一基で複数の動作をさせる進歩したアンテナが使われている。<図9>。

固体状のアンテナは、最近開発が進み、多く使われるようになってきたもので、チップアンテナ(chip antenna)と呼ばれるものや、誘電体共振型アンテナ(Dielectric Resonance Antenna: DRA)、などがある。チップアンテナは、見かけは長方形の固体であるが、セラミックなどの基体の内部にNMHAやメアンダラインなどのアンテナ素子が入っている<図10>。非常に小さく出来るので携帯電話などの携帯機器に多く使われている。しかし、小形であるだけに利得は低く、帯域幅も狭い。携帯電話などでは、前回述べたように筐体に流れる電流を利用して実用になる特性を得ている。

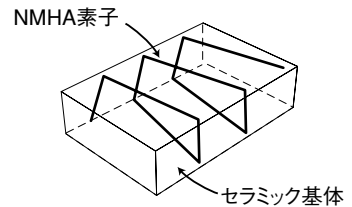
DRAは誘電体を直接励振してアンテナとして動作させる。円筒形、長方形、色々あるが、キャビティと同様に内部で共振させ、周囲から放射させる構成である。小形アンテナとしてこれから実用になるアンテナの開発が期待される。

開口面アンテナは、文字通り、口を開いたような形のアンテナで、その代表はパラボラアンテナである。ホーンアンテナなどもあるが、移動通信用には余り使われないので、本稿では省略する。

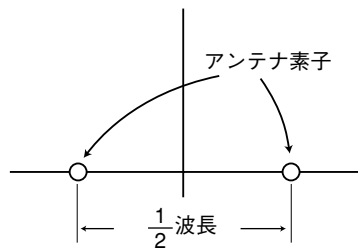
次に、アレイアンテナは、幾つかのアンテナ素子を配列(アレイ;array)して動作させるアンテナである。望みの放射パターンを形成したり、ビームを複数作ったり(マルチビーム)、ビームの向きを変えたり(偏向)、振ったり(走査、追跡)する。それは、配列したアンテナ素子に流す電流の振幅や位相を変えて行う。例えば二つの全方向性アンテナ素子が半波長の間隔で配列されているとしよう<図11>。それぞれに同じ振幅で同じ位相の電流を流す(励振すると、電波はそれぞれから一様に放射されるが、正面方向には最大の放射をし、直交方向ではゼロになる<図12>。これは半波長の間隔の場合、正面方向では同じ



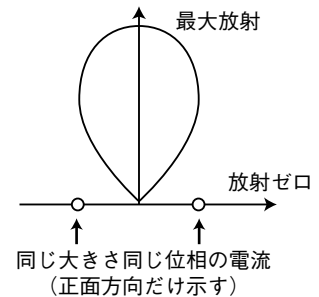
<図9>



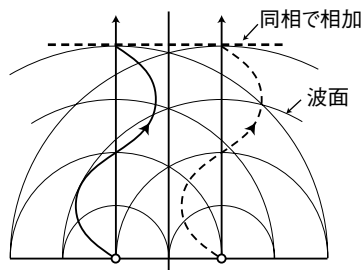
<図10>



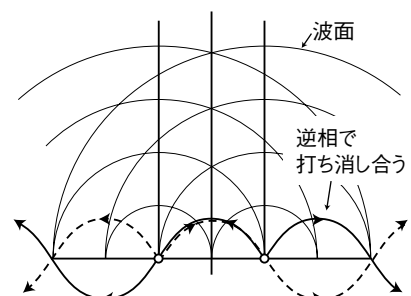
<図11>



<図12>

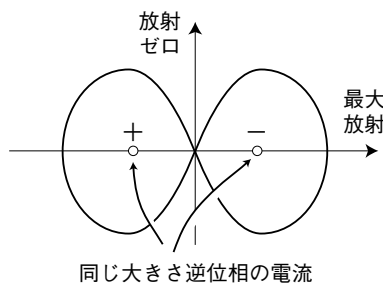


(a) 正面方向
(正面方向だけ示す)

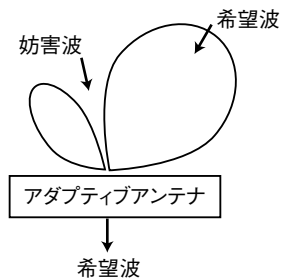


(b) 直交方向

<図13>



<図14>



<図15>

位相の電波が相加される<図13a>が、直交方向ではそれぞれの電波の位相が逆相になり、打ち消し合うからである<図13b>。もし、始めから逆相で励振すると放射の最大方向は直交方向になる<図14>。

このようにアレイアンテナでは素子の励振電流を変えて放射パターンを変えることが出来る。それでアンテナの素子数を増やし、励振を適当に行えば、色々な機能を持つアンテナシステムが実現出来る。配列は直線状だけでなく、円周状、正形状、など目的に応じて行う。高い利得、望みの放射パターンの形成、その変化、制御、などにより、高品質の信号出力、環境に応じた高機能な通信システム、などが実現できる。一つの大形アンテナで大電力の放射が出来ない場合も、多数素子を用いて一素子にかかる電力を軽減してこれを実現する利点もある。

アレイアンテナは、これからの移動通信に基地局だけでなく、携帯機にも利用されるであろう。これからのアンテナシステムであるアダプティブアンテナや、ソフトウエアアンテナについては次に述べる。

移動通信用アンテナの課題

今、移動通信の大きな傾向として次の5つが考えられる。

- ・パーソナル化
- ・グローバル化
- ・マルチメディア化
- ・多次元ネットワーク化*3
- ・ソフトウエアの導入*4

アンテナの課題は、これら全てに対して

(*3) 多次元ネットワークというのは聞きなれない語なので説明すると、情報システムが、今あらゆる観点で融合化の傾向にあり、移動—固定、有線—無線、地上—衛星、電波—光波、マイクロ波—ミリ波、アナログ—デジタル、など種々なネットワークの接続により、高度な次元のシステム形態に進む過程にある。典型的な例として、携帯—インターネットの接続や、光ファイバー無線システム〔ミリ波〕ネットワーク、更に今研究が進んでいる移動基地局による自律チャネル制御システムがある。

小形化、機能化、など難しい問題があり、これを解決して要求を満足するアンテナを実現することであろう。

具体的な例として、携帯機では、本体が小形化されるにつれてアンテナも小形になるが、特性を落とさずに小形化するのは難しく、それを克服しなければならない。特に広帯域の場合大変である。また、人が持って使用する場合の特性劣化の軽減策、一方で人体への電磁波の影響を出来るだけ小さくする工夫、などなど、問題は山積している。更に、干渉波の除去、広帯域信号(マルチメディア)の高品質受信、マルチパス環境下での安定した通信品質の確保、これらを満足するアンテナシステムの開発が必要である。次に述べるアダプティブアンテナ、ソフトウエアアンテナ、などの実用化も大きな課題である。

アンテナの小形化の手法には色々ある。その内で、先述した複合モードの利用は、まだこれから大いに検討されてよい課題である。更に、Integrated Antenna Systemの応用も一候補である。これは高機能なアンテナ、知能化アンテナ、などの実現にも有用である。Signal Processing Antennaはこの類に入る。

次に、現在、研究開発が進められているアダプティブアンテナと、ソフトウエアアンテナについて説明しよう。

アダプティブアンテナ (Adaptive Antenna)

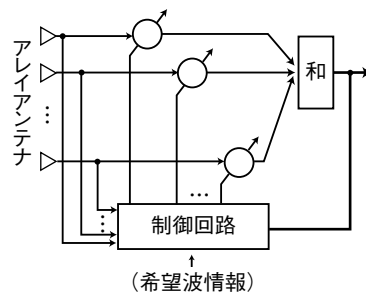
アダプティブアンテナは、到来する電波、電波の伝搬環境などに適応して動作

(*4) 通信システムの進化した一つの形態で、ソフトウエア無線と呼ばれる。ハードウエアは共通として、目的とするシステムに対応したアルゴリズムに基づくソフトウエアを搭載し、多目的通信システムとして機能させる。例えば携帯電話も日、米、欧とそれぞれ違うPDC、AMPS、GSMなどを運用しており、この他PHS、DECTなどがある。一つの端末で全世界何処に行ってもどのシステムにも使えるようにするには、それぞれのシステムに対応したソフトウエアを内蔵し、それを切り替える機能を持たせる。

し、高品質の信号出力を得る機能を持つアンテナシステムである。具体的にいうと、例えば、通信する目的の到来波(希望波)以外に妨害となる干渉波(非希望波)がある環境で、これらが同時にアンテナに入っても、干渉波の方を受信せず、希望波だけを受信する働きをする機能を持つ。放射パターンは希望波方向に最大、妨害波方向にはゼロ(ヌル;null)である<図15>。これによって妨害波を受け付けず、希望波だけを受信し、高いSN比で信号を出力する。

パーティ効果というのがある。立食パーティなどで、誰かと話をしている時、その傍で喋っている人達の会話は耳に入らない。実は、耳に入っているが聞き入っていないのである。これは、感覚的に受容していても、知覚として認識していないのであって、これはパーティ効果といわれている。面と向かっている人との会話、つまり希望波は受信して出力(認識)しても、傍から入ってくる会話、非希望波は受信(感知)しているが出力(認識)していない。まさにアダプティブアンテナの動作である。とてつもなく大きな声(妨害が過大な場合)や、自分に関係ある話が耳に入るとパッとそちらに耳を向ける。これは意識がそちらを捕らえる結果で、人間の勝手なアダプティブネスである。

では、アダプティブアンテナはどのようにしてそのような動作をさせるのか。それは、アレイアンテナ素子各々の出力を制御して希望波だけを得るようにする訳であるが、妨害を受け付けない、あるいは希望波を最大に受信するアルゴリズムに基づいて各素子の出力に設けた回路に信号を加え、その出力の和を取り出す操作をする<図16>。そのアルゴリズムには色々ある。



<図16>

干渉波を除去するのは移動通信では非常に重要なことで、干渉妨害を受け付けないようにすれば、多くのチャンネルが同時に使える(多くの電波が同時に存在出来る)ようになり、限られた周波数を有効に使うために役立つ。

アダプティブアンテナには、干渉波を除去する機能と、複数のビーム(マルチビーム)を形成する機能がある。複数の細いビームは空間を分割することに等しく、小さいゾーンを多く形成するに等しい。従って同じ周波数で多くの移動局が使用でき、チャンネルの有効利用が可能である。通信する相手が移動してもビームはそれを追従する。このようなアダプティブアンテナはスマートアンテナと呼ばれている。スマートというのは、“容姿端麗”ではなく、この場合、賢い、目先が利く、すばしこい、などの意味である。いわば知能的な動作をするアンテナシステムなので“スマート”なる語が使われるようになった*5。

チャンネルの有効利用には、周波数を分割する、時間を分割する、符号による、などの方式があるが*6、マルチビームによる場合は、空間を分割する方法なので、SDMA(Space Division Multiple Access)と呼ばれている。研究開発が盛んで、これから導入が期待されているシステムである。

ソフトウェアアンテナ

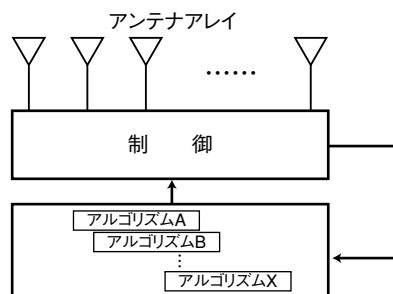
アレイアンテナは、その励振を変えて放射パターンを作り、また変え、制御することによって色々な機能を作り出せることがわかった。そこで、励振の仕方をダイバーシティとか、アダプティブ制御とか、幾つかのアルゴリズムに従って行い、複数の高い機能を持ったアンテナシステムを構成する概念が生まれた。ソフトウェアアンテナと呼ばれるアンテナシステムである。目的に応

(*5) これはしかし、文学的表現なので適切ではなく、術語として制御の分野で定着している“アダプティブ(適応)”を使う方が好ましい。

(*6) それぞれ、周波数分割マルチプルアクセス(FDMA)、時分割マルチプルアクセス(TDMA)、符号分割マルチプルアクセス(CDMA)、と呼ばれている。



じたソフトウェアを幾つか搭載し<図17>、適宜それを切り替えて動作させる。例えば、マルチビームの形成、ダイバーシティ、干渉波除去、などそれぞれのアルゴリズムに基づくソフトウェアにより、必要な機能を発揮させるアンテナシステムである。目下盛んに研究開発が進められている。



<図17>

むすび

三回にわたって多少独断を交えながらアンテナ考現学を記させて頂いた。とてもアンテナ全体については無理なので、移動通信用に限り、且つ、携帯機用を主に取り上げた。専門でない方々にも読んで頂けるよう、出来るだけ判りやすく、と思いつつ、稿が進むにつれて記したい事柄が増え、記述が散漫になって理解され難い面もあったかと考える。

しかし、大まかに現在の移動通信用アンテナ、特に携帯電話用にはそんなアンテナ

が使われていたのか、など知って頂ければそれだけでも幸である。

意外な方から意見を聞かされたり、議論を求められたりして筆者自身も勉強させて頂いた。本稿を記す機会を与えられた菊水電子工業(株)に深謝して筆をおかせて頂く。

参考文献

- (1) 広辞苑
- (2) PELOSI G, ET.AT., “ANTENNAE”, IEEE, ANTENNAS AND PROPAG. MAGAZINE, VOL.42, NO.1, FEB.2000, PP.61-63.
- (3) 平沢、藤本、“直方導体に取りつけられた線状アンテナの特性”、信学誌、J65, B, NO.4, PP.1133-1139, 1982.

訂正

第2回の図8で、垂直分布は、垂直成分、水平分布は、水平成分の誤り。

著者略歴

藤本 京平(ふじもと きょうへい)

昭和28年 東京工業大学卒業
松下電器産業(株)入社

昭和36年 オハイオ州立大学客員研究員

昭和54年 筑波大学物理工学系教授

平成5年 筑波大学名誉教授
新潟大学工学部教授

平成7年 国際科学振興財団専任研究員

工博、IEEE Life Fellow

著書/Small Antenna、入門電波応用
Mobile Antenna Systems Handbook、
わかる移動通信技術入門 など