

電波は見えないので、その内容をとらえることがかなり難しいです。そこで、まず、わかりやすい例を用いて波（波動）とはなにか、から説明しましょう。

皆さんは、オリンピックで新体操の選手たちが演じているリボンの演技を見たことがあると思います。図 2-1 で選手は棒を手元で上下に振っているのですが、上下に振動すると波が 1 つの平面内において伝わっていきます。これが波のもっとも基本的で大事なまとめです。選手が今度は図 2-1 のように棒の手元をまるく回すと、リボン上をらせん状の波が端まで伝わっていきます。リボンの振動は上下または円周方向ですが、波の進む方向はそれと直角のリボンの先端の方向です。このような波の進行方向は直線に沿っているので次元波といいます。

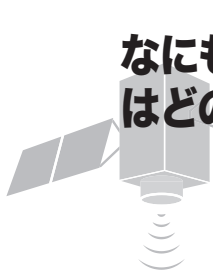
次に、静かな水面に 1 つの石を落とすことを考えましょう。図 2-2 を見てください。落ちた地点を中心に波が四方八方に広がってゆきます。水は石の落ちた地点で上下に動き（新体操選手のリボン棒の手元で上下振動に対応）、波は水面上を放射状に広がってゆくことから、これは二次元波といいます。

次に、電波の登場です。これは発信源を中心に、あらゆる方向に、つまり、立体的に広がってゆく電波で、三次元波です。しかも電波の進行方向と直角に振動する電界と、電界と直角に振動する磁界をもつ横波です（図 2-3）。

もちろん、この電波は目に見えませんが、表すとしたら図 2-3 のようになると考えられます。これは x , y , z の 3 つの面内での電界と磁界の姿で、中心には z 軸方向におかれた微小ダイポール（正負一対の電荷が、非常に短い距離を互いに近づ

なにもない真空中で電波 はどのように伝わるの？

Question 4



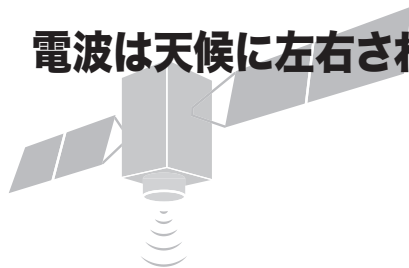
Q2 において新体操選手のリボンの棒の上下運動により空気の波動を伝えたり、石を落とすと水面に波紋が伝わるという話をしましたが、なにもない空間（真空）中に電波が伝わってゆくというのは、多くの科学者が同じ疑問をもちこの問題に挑戦しました。

まず、電波を伝える媒質として「エーテル」というものが考えられました。これは真空や物質の内部を満たし重さはないが弾性をもつ特殊な物質です。

そしてこの「エーテル」の存在を証明するためいろいろの実験が試みられましたが、そのどれもが否定的な結果に終わったのです。「エーテル」はとうとう生まれなかったのです。代わりに生まれたのが、かの有名な相対性理論で電波が真空中を伝わる仕組みが解明されたのです。

少し難しいので具体的な例を挙げましょう。たとえば、**Q3** で述べたように紙の下に磁石をおいて鉄粉を振りかけると鉄粉は磁力線に沿って規則的に並びます。これは、磁石のまわりには鉄粉を並ばせる力を持った磁場（磁界）があるからです。これと同じように電荷をもってくればそのまわりに電場（電界）ができることは**Q3** でも述べました。電荷は磁石のように身近にないものでは想像しにくいと思います。でもセルロイドの下敷きをセーターの脇の下でこすると摩擦電気により静電気が起こることを知っていますね。セルロイド板にたまった電荷によって電場ができ、それが紙片や髪の毛をひきつけます。このように、ある力をもった“場”は真空中でもできるのです。

つまり真空というのは、我々が普通に考えるような物は存在



14

電波は天候に左右されるの？

放送衛星からの電波（BS放送）の周波数は12GHzなのですが、確かに雨や雪や雲の影響を受けます。しかし、雪の日にテレビがよく見えなくなる理由の大半は、電波が降雪の中を通るとき弱くなるというよりは、パラボラアンテナの面や給電線に付着した雪によって弱められるからなのです。したがって、アンテナに雪がつかないようにすれば、雪の日でもきれいな映像を楽しむことができます。

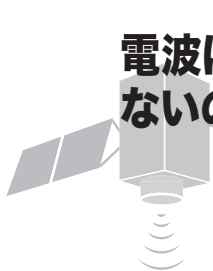
雪でも湿った雪、雨、さらに雨として降っていないくても雨粒を含んだ雲などの中を通るときは、電波のエネルギーは吸収されたり、散乱されて弱められます。とりわけ大雨のときには映りにくくなることがありますのを皆さんも経験されていませんか。その効果は周波数が高くなる（波長が短くなる）ほど大きくなるから、放送衛星よりも通信衛星（周波数20GHz）の方が影響は大きいのです。一方、普通のテレビやラジオの電波の波長は、雨粒の大きさに比べれば桁違いに長いことから、雨や雪には左右されないのです。

では雨や雪が降らなければ電波は弱くならないのでしょうか。いえそうとはいえません。対流圏内には必ず空気や水蒸気が存在しますから、周波数が高くなりミリ波の領域になると水蒸気の分子や酸素分子による吸収が特定の周波数で問題になってきます。図14-1に周波数を、0GHzから300GHzまで変えたとき距離1kmでどのくらい電波が吸収を受けるのかを表す曲線です。その中で22GHzと183GHzにある吸収の山は水蒸気分子によるもので、60GHzと119GHzにある山は酸素分子によるものです。

地球の大気は、高度約100km以上になると一部が電離して

電波は人間に危険はないの？

Question 19



携帯電波の普及により皆さんの周辺は電波で満ち溢れています。電波は人間に危険はないのでしょうか。

この種の電波強度に関する安全基準はやはり超大国が先がけて作っています。驚きなのはソ連（現・ロシア）とアメリカが、両国での基準が大きく異なることです。たとえば、ソ連の基準はアメリカのそれよりも2桁以上厳しいものとなっています。

アメリカとソ連とでは電波を浴びたときの人体への影響に対する考え方が根本的に違うのです。すなわち、アメリカではおもに電波による人体組織の発熱、すなわち熱効果を問題にしているのに対しソ連ではなんらかの非熱的な効果も含めて考慮しているということになります。


電波による熱効果、非熱効果をもう少し具体的に説明します。人間の体にあたった電波は、一部は反射しますが残りは体の中に浸透します。体内に入った電波は、電子レンジと同じ原理で熱に変わります。この熱が人体に影響を与えるというのが熱効果です。これをうまくコントロールして治療に用いることも行われていますが限度を超えればやけどをして細胞などが壊れてしまいます。

一方、非熱効果は高速で変化する電磁場の作用を、熱を介さず直接細胞自身が受けるものです。たとえ熱効果が起こらない程度の強さでも長時間浴び続けると中枢神経に影響を受けその結果、まだはっきりとしたことはわかっていませんが、疲労感、食欲減退などを起こすのではないかとわれています。

図 19-1 の横軸は周波数を、縦軸は電力密度（または電界強度）です。図中の上の折れ線がアメリカの基準で、その意味は

テレビのアンテナは高いほどいいの？

Question 26



自宅のテレビはゴースト（映像や音声がずれる現象）がひどいし、雑音も多くてよく見えないのに近くの友達のマンションのテレビはとてもきれいだということがあります。アンテナがマンションの屋上にあるからだという人もいますが、アンテナを高くすればよく見えるようになるのでしょうか。

この質問にはなんとも答えられません。なぜならゴーストは直接波（送信アンテナから受信アンテナに直接届く波）のほかに、反射波（送信アンテナから横方向に向かい、ビルなどで反射して受信アンテナに届く電波）が存在するために起こる現象です。

図 26-1 のように、建物の屋上の受信アンテナには直接波と大地反射波とが同時に受信されます。2つの波が、合成されここで干渉という考えが大事になります。2つの波の伝搬路の差が何波長分あるかにより、図 26-2(b) では、A、B 波の振幅の最大の山と山が重なり強めあうことになります。これを同相といいます。すなわち位相が揃っているという意味で、逆の場合が(c)です。当然のことながら(c)のように A の振幅の山の部分と B の谷部分とが重なることもあり、これを逆相といいます。この場合の合成波はほとんどゼロの状態で、合成波は極めて小さな振幅になります。

本題のテレビのゴーストの原因としては、いろいろ考えられます。

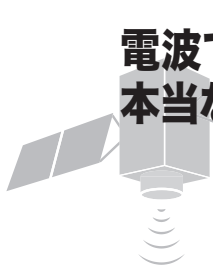
- (i) 受信点での雑音が強くて、到来電波（受信強度）が弱い
ため、ゴーストを引き起こしているのか、
- (ii) 近所に本当に雑音を出すものがあるのか

26

テレビのアンテナは高いほどいいの？

電波で天気がわかるって 本当なの？

Question 36



本当です。天気予報の情報を得るのに電波が活躍しています。電波で直接出しているわけではないですが、気象レーダが主役であることは事実です。皆さんは、山のこだまを知っていますね。レーダ (radar) もそれと同じ原理で、電波を標的に向かって発射しそれから返ってくる電波を受けて標的の位置や状態を知る装置です。気象レーダは、主として雨粒が標的になるのです。

レーダで雨粒の大きさや量、雨を含んだ雲の動きが測れば、雨量や雨域とその移動の様子がわかります。図 36-1 はいろいろな電波を用いた気象レーダのまとめです。いろいろな気象レーダを用いて天気予報ができるということになります。台風が、接近すると皆さんも見たことがある気象レーダや気象衛星データによる雨雲の動きが、テレビで時々刻々と放送されます。

電波の波長が長い中波や短波は戻ってきませんが、いわゆるマイクロ波になると電波は雨粒で反射して戻ってきます。おおまかに雨粒の直径は、0.1 ~ 6mm くらいです。6mm より大きな雨粒は、降ってくる間に壊れて小さくなってしまいます。そして大きな雨粒ほど、電波を強く反射します。たとえば、直径 2mm の雨粒は、直径 1mm の雨粒の約 64 倍も強く電波を反射します。つまり、雨粒による電波の反射の強さは雨粒のほぼ 6 乗に比例するのです。

次に雨量ですが、気象レーダの電波が照射している空間の中に大きな雨粒がたくさんあるとき地上に降ってくる雨の量も多く、雨粒によって反射され戻ってくる電波の強さも強くなる



皆さんも町へ出かけられると、いろいろな建物の入り口の所に Wi-Fi 可能などのステッカーが貼ってあるのを見ていませんか。Wi-Fi も電波に関係しているのでしょうか。

まず、最近よく耳にする LAN についてお話しします。「Local Area Network」の頭の文字を取ったもので、家庭や会社など限られたエリア内においてパソコンなどの機器同士をケーブルなどで接続しデータのやり取りを行えるコンピュータ・ネットワーク（通信網）のことです。無線 LAN は、パソコンやテレビ、スマホ、タブレット、ゲーム機などのネットワーク接続に対応した機器を、無線すなわち電波を用いて LAN に接続する技術のことです。Wi-Fi は Wireless Fidelity の略で現在、世界標準で広く利用されています。Wi-Fi に用いる周波数は 2.4GHz 帯と 5GHz 帯で、カバーする距離は 100m 程度です。無線 LAN は一般家庭、オフィス、ホテルなどにとどまらず空港などの公共施設でも使用できるようになっています。データ通信やインターネット接続に用いられます。

まず電柱から引かれた固定回線は、モデム（変復調装置）などの機器につながっています。しかし、**図 47-1**のように、途中からケーブル（有線）はなくなっています。パソコンには、「無線 LAN 対応」と書いてありアンテナが内蔵されパソコンに直接ケーブルをつながなくても、パソコンは電波によってインターネットにつながっているのです。Wi-Fi ルーターと呼ばれる機器が、周囲に電波を発信し、パソコンはルーターからの電波をキャッチします。

Wi-Fi を利用すれば、**図 47-2**のようにスマホやタブレット