

電波の伝わり方（電波伝搬）

家屋の屋根にはアンテナが一樣に同じ方向を向いて設置されていました。そんな情景も今では牧歌的でどこか懐かしくなりました。いまやテレビ、ラジオはケーブルテレビや衛星放送、あるいはネットを介して視聴する時代が変わろうとしています。いま早川地震電磁気研究所は、そんなアンテナと電波を使って地震の「前兆現象」を捕捉しようと日夜研究を続けています。

1.伝搬

テレビ、ラジオを例に挙げて説明します。電波は姿、形が見えませんが、確実に私達の身の回りを飛び交っています。カメラで撮影した映像やマイクで拾った音声を電気回路で信号処理します。これをテレビ局やラジオ局が建てたアンテナ（テレビ塔）から電波としてあらゆる方向に送信します。この電波を屋上のアンテナで受信して、テレビ、ラジオで映像信号、音声信号に再度変換します。つまり送信局から発信した電波は、空气中を伝わって遠く離れた受信局まで到達します。この発信された電波が遠方へ伝わっていく様子を「伝搬」といいます。

2.電波の特徴

-電波強度と伝搬距離の関係-

電波は、伝搬途中に大気を漂う塵や水分（雲）と衝突して進行方向を曲げたり（反射）、吸収されて徐々に弱まります（減衰します）。最近、各地でその地域でしか視聴できないローカルFM放送局が増えてきました。一方で新聞番組欄に掲載されるようなFM放送は、かなり広いエリアで視聴することができます。大きな放送局は、大勢のリスナーを獲得するために広い範囲をカバーできるように強い電波を発信しています。この強さを示す単位を「W（Watt）：ワット」といいます。多額の電気代がかかりますが、電波の発信源が強い信号を発信すれば、かなり遠方まで電波は伝搬します。

-直進性（透過性）-

電磁波は、“光”と同様に“光速で直進する”特長があります。例えばレントゲン写真撮影で使用するX線は光よりも波長が短く、透過性に優れています。“透過性”とは“物体を突き抜ける能力”と言い換えることができます。先ごろ話題になったピラミッドの内部を写真撮影するという発想は、まさにこれと同じ考え方です。実際には、 α 線や β 線といったX線よりもさらに波長が短い（周波数の高い）電磁波を使用します。このように波長が短い電磁波は、周りの環境（電磁界）の影響を受けにくくただ直線で伝搬します。送信局が空に向けてこの直進性の高い電磁波を発信すると、この電磁波は二度と地上に戻ってくることはありません。

-反射・透過-

電波は基本的には直進すると述べましたが、これは電波が伝搬する媒質が一様である時のことです。電波が異なる媒質にぶつかると、その境界において波の一部のエネルギーは反射されます。また、その他の波のエネルギーは異なる媒質へ曲がって侵入します。この時の電波の反射、透過方向は小学校で習ったスネルの法則に従います。

周波数帯		呼称	周波数	波長	伝播方法	主な用途
VLF	Very Low Frequency	超長波	3~30KHz	10~100km	地球と電離層の間を伝播	水中通信（潜水艦通信）、クジラの声
LF	Low Frequency	長波	30~300KHz	1~10km	地球と電離層の間を伝播 地表波	電波時計、標準電波
MF	Medium Frequency	中波	300~3,000KHz (0.3~3MHz)	100m~1km	昼間：地表波 夜間：電離層(E層)反射	AMラジオ
HF	High Frequency	短波	3~30MHz	10~100m	電離層(E層)反射 電離層(F層)反射	短波放送、アマ無線
VHF	Very High Frequency	超短波	30~300MHz	1~10m	直接波 電離層(E _s 層)反射	FMラジオ、TV放送、防災無線、 業務無線、アマ無線、
UHF	Ultra High Frequency	極超短波	300~3,000MHz (0.3~3GHz)	10~100cm	直接波	TV放送、業務無線、無線LAN、
SHF	Super High Frequency	マイクロ波	3~30GHz	1~10cm		衛星放送、衛星通信、高速データ通信、 軍事用レーザー
EHF	Extremely High Frequency	ミリ波	30~300GHz	1~10mm		

図4 各種電波の伝播方法

3.地上波

送信局から受信局（アンテナ）までの経路を、地上を這うようにして伝搬する電波のことをいい、3種類の伝搬経路があります。

-直接波-

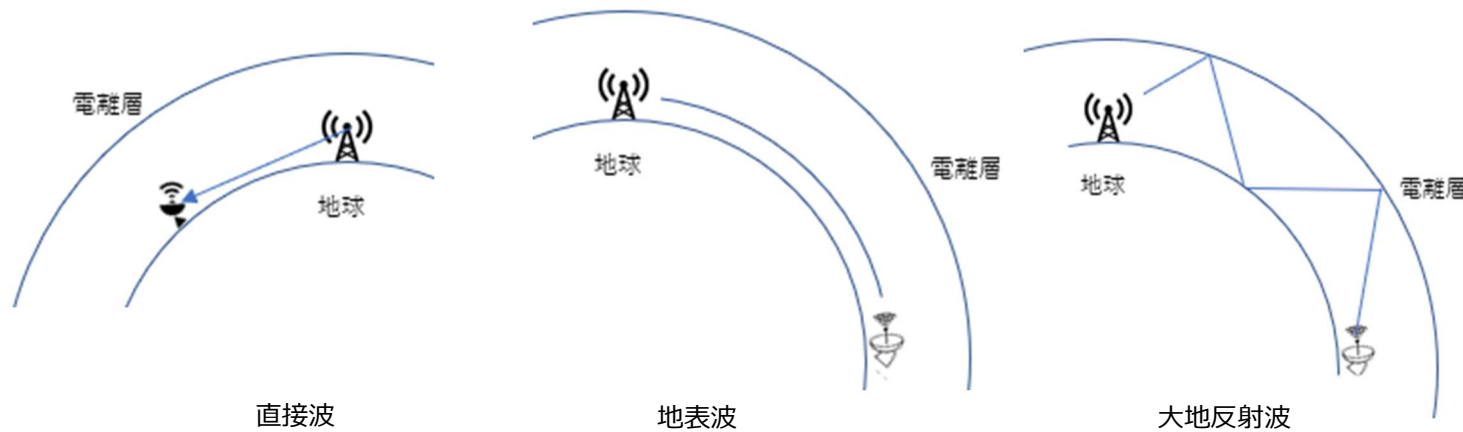
送信局から受信局に向けて最短距離を一直線に伝搬する電波のこと。スカイツリーや東京タワーが高いのもこのため、タワーの先端から発信した電波は見通し距離の範囲内で受信が可能です。これは光と似たVHFやUHFなど高い周波数帯域の電波の特徴です。

-地表波-

地球は球状で、大地は円周に相当し湾曲しています。地表に沿って伝搬する性質を持つ電波が存在します。これは HF 帯以下（周波数が低い）の電波に共通する特徴です。FM ラジオよりも AM ラジオの方が遠方でも聴くことができるのは、まさにこの特徴を利用しているからです。早川地震電磁気研究所が観測に使っている電波もこうした特徴を備えています。

-大地反射波-

電波は大気中だけでなく、大地で反射しても伝搬します。VHF や UHF など直線性の高い電波をアンテナで受信すると、そこでは送信局から一直線に飛んでくる“直接波”と一度大地で反射した“大地反射波”の 2 つの経路で届いた電波をまとめて受信しています。このとき 2 つの信号の間には「位相ズレ」というものが発生します。



4. 電離層反射波

地球を取り巻く“電離層”が電波伝搬に非常に重要な役割を果たします。復習を兼ねて“電離層”についてまとめておきます。

- 地表からの高度は、約 60～400 km 程度、
- 紫外線など電磁波の影響を受けて、大気中の分子が電離され電子状態になっている、
- 電子密度の違いで複数の層に区別されます。低高度から順に、D 層、E 層、F 層（F1 層と F2 層に分類）、
- 各層の電子密度は一定ではなく、1 日の中でも、また季節ごとにある一定の周期で変化します。
- 太陽活動の影響を受けて、層が厚くなったり薄くなったりします。HF 帯（30MHz）以下で周波数が低い電波ほど電離層で反射しやすい傾向があります。

早川地震電磁気研究所が観測に使っている VLF/LF 波はこの周波数帯の電波です。これら低周波数の電波が送信局から発信されると、先ずこの電離層で反射して地上に戻ってきます。そこ（地表）で再び反射して再び電離層に向かって飛んでいきます。電波は少しずつ減衰しながら電離層と地表の間で反射を繰り返しながら数千 km～数万 km 遠方まで伝搬します。これはかなり遠方からやってくる電波を受信することができるという意味でもあります。電波の周波数（波長）によって、反射する電子層が異なりますが、これを説明すると長くなりますので割愛します。