

くらしの中の無線

井上宣邦

【はじめに】

本日の演題「くらしの中の無線」は非常に広い内容を含みますので、今日は、私たちのくらしに身近な「放送と通信」と「テレビジョン放送のしくみ」を中心にお話しします。

(1) 「放送と通信」では主に専門用語の意味と料金問題や設備関係の動向について解説します。

(2) 「テレビジョン放送のしくみ」では次の3点を中心にお話しします。

① テレビジョンのしくみ：基本となる光電変換，走査線，解像度について。

② カラーテレビジョン：赤・緑・青の強度を変えて混合すると全ての色を再現出来ること。

③ テレビジョン電波の受信障害：受信障害とその原因について。

最後に、放送と通信に使われる周波数帯と地上デジタル放送化についてお話しします。



2011年6月21日にTSS文化大学で講演する筆者

(1) 放送と通信

日本では放送と通信は公共性（電波の有限性，中立性）という性格から，厳しい法規制のもとで運用されています。

米国では無線が比較的自由に使用認可（届け出制）されているため，いわゆる無線の混信が比較的生じやすくテレビ分野では混信を避けるために有線のCATV（ケーブルテレビ）システムが発達していますが，日本では無線が厳しく法規制されているため混信の発生が少なくCATVが米国ほど普及していません。これは日米間の制度に対する考え方の相違かもしれません。

放送と通信の違いは，放送が“誰にでも開かれたOpenの世界”であるのに対して通信は“関係者だけに限られたCloseの世界”であるということです。その概略について説明しましょう。

① 用語の定義

まず「放送」の定義ですが，放送法第2条の1に「放送」とは、「公衆によって直接受信される

ことを目的とする無線通信の送信をいう」と規定されています。わかり易く言えば、「放送とは、電気通信技術を用いて不特定多数（大衆）に向けて音声・映像・文字などの情報を一方的かつ同時に送信する」ことです。

放送（ブロードキャスト）では、放送局からコンテンツ（番組）を電波に乗せて送るとみんなに送ることができます。「皆さん見てください！」と言って、リアルタイムにみんなが見るとというのが放送の形態です。つまり放送は **Open** の世界（1：nの対応）で、放送局から大衆（不特定多数の人）を対象として一方通行で送信します。送信された電波は規制される事なく誰でも受信できます。

一方「**電気通信**」は、電気通信事業法第2条の1に「電気通信」とは「有線、無線その他の電磁的方式により、符号、音響又は映像を送り、伝え、又は受けることをいう」と規定されています。

放送が **Open** の世界であるのに対して通信は特定多数の人を対象とした情報の双方向伝達方式です。例えばインターネットにはマルチキャストという技術はありますが、放送のように「宛先もなく聞く人もわかってないけれども、デジタル・データを送信する」という仕組みは厳密にはありません。特定の人たちに限定された **Close** された世界（1：1の対応）と言えます。

従って、通信事業者は情報伝達の秘匿性が求められます。**Close** の環境を作り維持する事が義務付けられます。その **Close** の環境を破壊する行為に対しては法律で規制されています。例えば電話の盗聴は犯罪となり、盗聴問題に関わる法律などが制定されています。

② 料金問題

放送は **Open** の世界であることから基本的には受信料は無料です。民間放送の場合、受信料は無料です。企業等のスポンサーが支払う広告料をおもな財源として放送事業者は運営しています。

NHK の場合、受信者は NHK と受信契約を締結する必要があり、当該契約に基づき NHK に対し受信料を支払う義務を負います。NHK は受信料をとる理由として、「いつでも、どこでも、誰にでも、確かな情報や豊かな文化を分け隔てなく伝える」という目的の達成のため、また特定の勢力や団体に左右されない独立性を担保するためであると説明しています。受信料を運営財源とする NHK の予算は国会の承認が必要です。

一方、電話会社等の通信事業者は **Close** の世界であるため秘匿環境の維持継続の義務を負います。たとえば携帯電話の場合、その情報交換の場に第三者を介入させることは許されません。このため、通信事業者は **Close** の世界の環境を提供する事とその環境維持が義務付けられ、利用者はその環境の下で利用する条件で契約を取り交わします。電話などの利用料金（基本料金、使用料金など）は安定した環境維持継続の一環として使用されます。

以上のように、放送と通信とでは料金の意味合いが全く異なります。

③ 電気通信設備問題

放送・通信事業者は、事業の遂行に種々の設備を保有する必要があります。これらの設備に対し、電気通信事業法第41条では「電気通信回線設備を設置する電気通信事業者は、その電気通信事業の用に供する電気通信設備（その損壊又は故障等による利用者の利益に及ぼす影響が軽微なものとして総務省令で定めるものを除く。）を総務省令で定める技術基準に適合するように維持しなければならない」と規定されています。

これは、放送・通信事業者が設備業者の都合により運営が左右されない様、独立性を担保するためです。しかし、通信衛星（CS：Communication Satellite）と放送衛星（BS：Broadcasting Satellite）の出現から、設備である衛星を放送・通信事業者が所有する事は放送・通信事業者の体力や運営効率などから課題が生じてきます。設備の問題のみでなく、制度についても技術の進歩、業界の動向などから実状に合わせて常に検討が進められています。

④ 放送と通信の融合

通信衛星（CS）と放送衛星（BS）は似て非なりです。

通信衛星とはマイクロ波帯の電波を用いた無線通信を目的として宇宙空間に打ち上げられた人工衛星で、放送衛星は衛星放送専用設計・製作された人工衛星です。異なるメディアですが、衛星の導入によりサービス問題、設備問題、さらにデジタル化で放送と通信の共通基盤ができたこと

などから放送分野と通信分野の相互参入が進み、その境界が不明確になってきました。放送と通信の融合の幕開けです。両者の融合は、「制度的な融合」、「技術的な融合」、「業界的な融合」、「コンテンツの融合」の面から検討されています。

「制度的融合」に対して郵政省（現：総務省）は 1997 年 12 月に「通信衛星を利用した通信・放送の中間領域的な新たなサービスに係る通信と放送の区分に関するガイドライン」を策定しました。FM 文字多重放送、VICS などが試験運用後、導入されています。

放送と通信の融合は、一般的には、インターネット網のブロードバンド化や放送インフラのデジタル化に伴い、主に通信と放送を連携させたサービスが進展したり、通信業界と放送業界の相互参入が進展したりする現象を指します。

⑤ 用語は正しく使用（一語一意）

以上放送と通信の例からもお分かりのように情報の伝達は用語の意味を正しく理解し、使用する事から始まります。最近では、放送、通信という用語が安易に使用されていますが、すべての“用語”は技術用語を含め大切です。対話の対象者が同一用語に対して話者とは異なる意に解釈すると正しい情報伝達が成り立たず、また誤った解釈が生じてきます。それでは意思の疎通ができません。

1つの用語は1つの意味のみを表現するといわれています。いわゆる一語一意です。「正しい情報の伝達は正しい用語の使用から」です。

(2) テレビジョン放送のしくみ

① テレビジョンのしくみ

テレビジョンのしくみですが、今回はその中から基本となる光電変換、走査線、解像度について話をします。

【光電変換】

光電変換とは光のエネルギーを電気エネルギーに変換することです。その仕組みを「テレビカメラのしくみ」(図1)で説明しましょう。

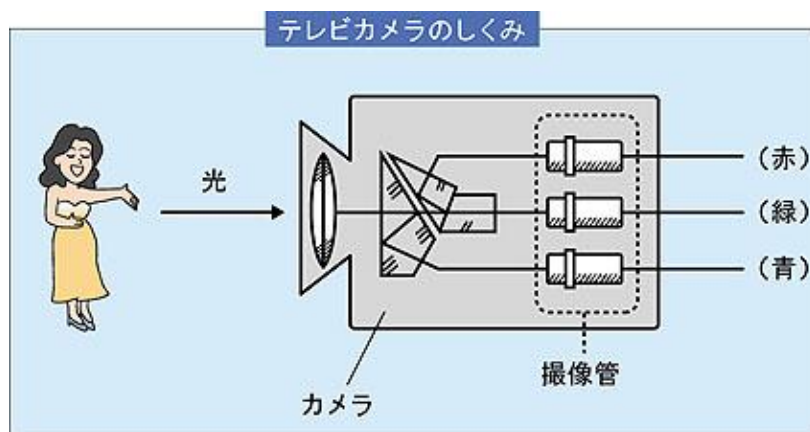


図1 テレビカメラのしくみ

テレビカメラの心臓部はプリズムと撮像管です。テレビカメラに入ってきた光は、プリズムで光（可視光）の波長による屈折率の違いを利用して光の3原色である赤・緑・青に分離されます。これらの波長の光は、撮像管で映像となり、電気の信号に変えられます。

赤、青、緑等の色はそれぞれ波長が異なり、私たちはその波長で色として視覚に感じます。赤色波長は(6.1×10⁻⁷m)近傍、緑色波長は(5.5×10⁻⁷m)近傍、青色波長：(4.5×10⁻⁷m)近傍です。

【走査線】

テレビ用語としての「走査線」は、電波法施行規則2条1項80号)で「走査とは、画面を構成

する画素の輝度又は色に従って、一定の方法により、画面を逐次分析して行くことをいう」と定義されています

テレビやディスプレイの画面では、映像は画素という小さい画面の単位に分割することができます。この画素を左から右へ、上から順に光らせることでテレビやディスプレイが映し出されます。このように順に光らせていくことを走査といい、走査線とは、走査によって描かれた画素の横1行分の軌跡のことを指します。送信側で走査した走査線は、受信側の画面上でもう一度組み立てられることにより、元の映像を再現しています。図2の走査線の概念をご参照ください。

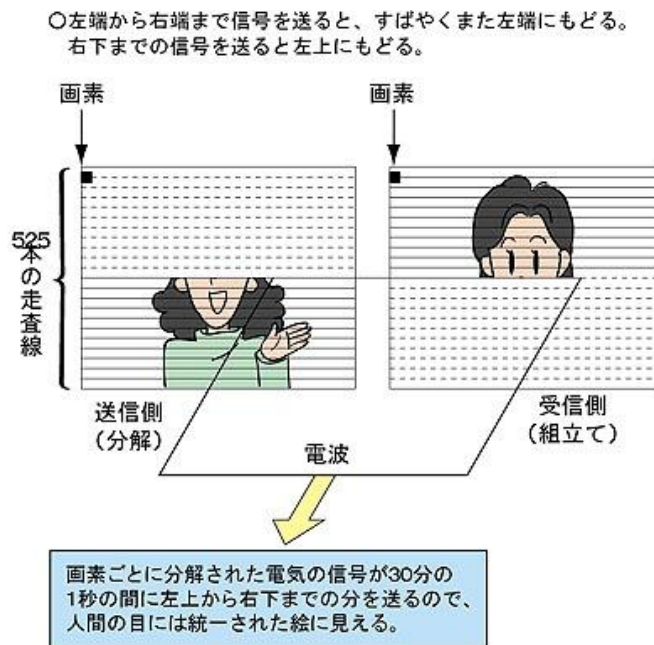


図2 走査線の概念

走査線の本数が多いほど、より高精細・高画質な映像を映し出すことができます。日本で採用されていた NTSC 規格のテレビの走査線は1 フレーム 525 本です。最近普及が進んでいる「ハイビジョン」は、1125 本の走査線を持ち、従来に比べ非常に高画質で表示することが可能となっています。

1 秒間に約 30 画面 (フレーム) という高速で画面を切り替えているので、私たちは目で各画面を認知することはできません。静止画面が高速で切り替わることによって、あたかも映像が滑らかな動きをしているように私たちは認識するのです。簡単にいえば、目の錯覚 (残像効果) を利用しているということです。家庭内の蛍光灯も同様に 1 秒間に 60 回点滅していますが、残像効果 (時間残像) によりちらつきを感じないのと似ています。

【解像度】

テレビ受像機の性能を最も左右するのが画面解像度です。基本的に、液晶方式、プラズマ方式、ブラウン管方式のすべてに共通すると考えてください。

解像度は、ブラウン管式の場合は走査線数を表しますが、薄型テレビの場合は画素数を表します。液晶方式、プラズマ方式共に、画素 (ピクセル) と呼ばれる小さな点を縦横に並べ、それらの点を自発光あるいは透過光で光らせて画面を表示しています。同一の画面サイズの場合、ピクセル数が多いほど精密な表示が可能となり、きめ細かく美しい画面を楽しめます。

別の言い方をすると、小さな四角い点の集まりで写真などの画像をあらわします。細かい方眼紙のマス目ひとつひとつを様々な色で塗っていく「塗り絵」のようなものです。

その方眼紙のマス目 (=ピクセル) は正方形なので、マス目の大きさが大きければカクカクした画像に見え、小さければ小さいほどそれが目立ちません。1cm マスの方眼紙を塗り分けて絵を描くよりも、5mm マスの方眼紙を塗り分けた方がより緻密でキレイな画像に見えるのと同じことです。

図 3 では、一定面積を 1 マス (1×1) から 1 万マス (100×100) まで分割した時の画像の鮮明さの変化を示しています。

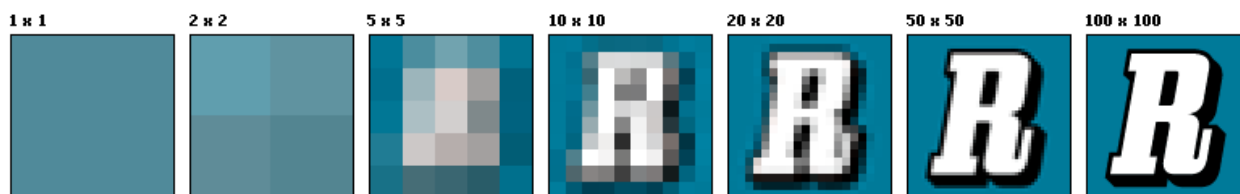


図 3 解像度の違い (1×1~100×100)

液晶テレビの画面解像度は 16:9 タイプの場合、フルハイビジョンTVは横 1920 ピクセル・縦 1080 ピクセルの画素を持ち、標準TVは横 854 ピクセル・縦 480 ピクセルの画素を持っています。

(参考) 単位 dpi(=Dot Per Inch)ドット・パー・インチ
類似の概念に ppi(=Pixel Per Inch)ピクセル・パー・インチ

② カラーテレビジョン

カラーテレビジョンには、「色」、つまり「カラー」がついています。

カラー受像機 (液晶, プラズマ or ブラウン管など) では画面の横線に、赤、緑、青の 3 色が順番に並んでいます。この 3 色の明るさが変わることによって、いろいろな色が出るのです。テレビに近づいて良く見てみると、赤、緑、青の小さな点が集まって映像を表示していることが分かります。大きなテレビほど分かりやすいと思います。一度、観察してみてください。ただし、長い間、見ていると目をいためますのでご注意ください。

送信側のTVカメラのプリズムで赤・青・緑の光の 3 原色に分離された光が、撮像管で電気の信号に変えられ、受信側の受像機上で 3 原色の明るさを変化させる事により、いろいろな「色」つまり「カラー」として復元されているのです。

[太陽光 (白色光) のスペクトル]

太陽光をプリズムに通すと、図 4 のように波長が分光されて虹 (7 色) のように見えます。

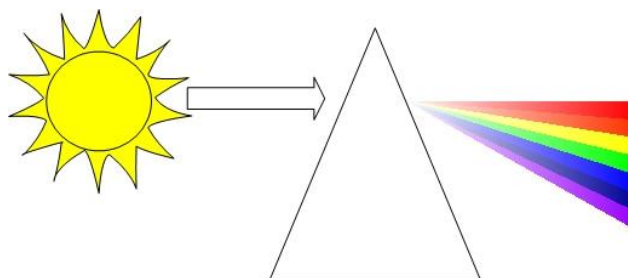


図 4 太陽光のスペクトル

虹は、よく晴れた日に太陽を背にすると観察できます。太陽の光が空気中の水滴によって屈折、反射され、水滴がプリズムの役割をするため、光が分解されて複数色の帯に見えるのです。虹の色の数は現在の日本では一般的に 7 色 (赤, 橙, 黄, 緑, 青, 藍, 紫) と言われていますが、ドイツでは 5 色, スウェーデンでは 6 色と言われています。

図 5-1 と図 5-2 に虹のしくみ を示します。

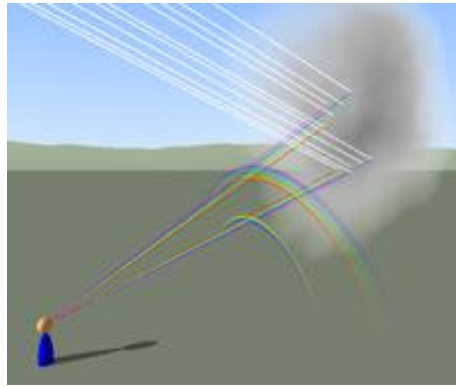


図5-1 虹のしくみ(下が主虹・上が副虹)

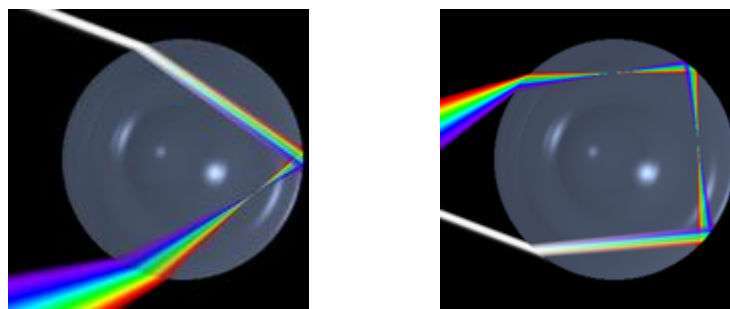


図5-2 虹のしくみ (左が主虹, 右が副虹)

以上のことから自然光（白色）である太陽光は7色が混ざり合わされたものであることがわかりになると思います。

光の色を混ぜ合わせるにつれて、色が明るくなります（=光のエネルギーが加算される）。混色を「加法混色」といいます。

光の場合、R（Red：赤）、G（Green：緑）、B（Blue：青）の3つの色の強度を変えて混ぜ合わせると、ほぼすべての色を再現する事が出来ます。

各色の分解像度が0～255の256段階とすると、

赤い光が256段階

緑の光が256段階

青い光が256段階

3色で、16,777,216色を表現する事が出来ます。

テレビは、赤・緑・青の光の3原色を混色して様々な色（カラー）を表現しているのです。

例えば

赤（R）と緑（G）が重なると黄（Y：Yellow）になります

緑（G）と青（B）が重なると空（C：Cyan）になります。

青（B）と赤（R）が重なると赤紫（M：Magenta）になります。

赤+緑+青 が重なると白（W：White）となります。

図6 光の三原色 をご参照ください。

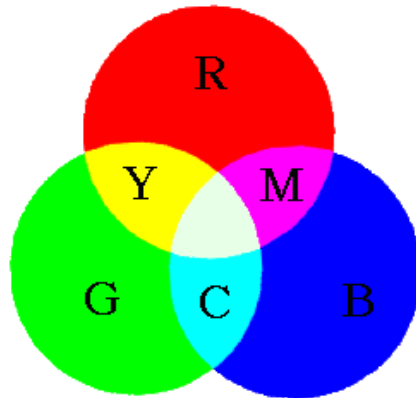


図6 光の三原色

③ テレビジョン電波の伝搬による受信障害

テレビジョン放送電波は伝搬状況により伝送信号が変質され受信障害を起こすことがあります。ここではその受信障害と原因についていくつか述べます。

〔減衰〕

減衰とは空間などの伝送路を流れる電気信号が、距離が延びることによって弱くなることです。一般に、信号は伝送距離が長くなるに従って小さくなりますが、その小さくなり方が相似的な場合を「減衰」といいます。減衰の基本は自由空間減衰です。

自由空間減衰量の式は $P_t/P_r=(4\pi d)^2/\lambda^2$ で表されます。

距離 (d) が遠くなるほど、周波数 ($f=C/\lambda$) が高くなるほど減衰量は増加します。

実際の空間にはビルなどの障害物が存在します。また降雨、降雪、地下街・ビル内なども障害物となります。障害物が存在すると減衰量はさらに増加します。

減衰量が増加すると受信レベルが減少してTVの画像にノイズなどによる画像劣化が生じます。

降雨・降雪時のBS受信画像、低い受信レベル(地下街・ビル内受信など)でのTVの受信画質・ラジオの受信、などがそうです。

図7 減衰と雑音のイメージ をご参照ください。

〔雑音〕

雑音(Noise)は処理対象となる情報以外の不要な情報のことです。雑音には、熱雑音($N=KTB$)、混変調雑音、インパルス雑音 等 があります。工学分野ではノイズと雑音は同義語です。現象としては掃除機操作中のTV画像のビート(縞模様)などがそうです。

減衰と雑音のイメージを図7に、ノイズの主な発生源を図8に示しました。

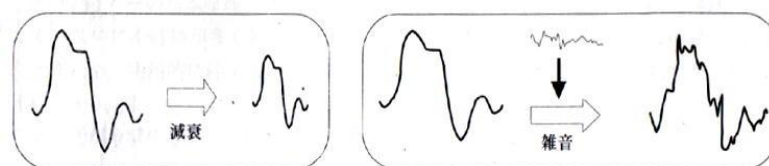


図7 減衰と雑音のイメージ



図8 ノイズの主な発生源

〔歪み〕

歪み(Distortion)は電子機器において入出力の非線形性によって生じる相似性の崩れを言います。たとえば3次歪みには次の3種類があります。

- A + B + Cタイプ(Triple Beat)
- 3 Aタイプ(Third Harmonics)
- 2 A ± Bタイプ(Inter Modulation)

これらの歪みは TV 中継器を経由した場合に生じる可能性があります。TV 画像には混変調 (特に赤色) として現れます。

〔マルチパス〕 (Multi Path , 多重波伝送路)

送信側の無線信号が2本以上の経路によって受信アンテナに達する時に生じる伝播現象です。マルチパスの原因は電離層の反射と屈折などを含みますが、山や建物と言った地上物の反射が主な原因となります。現象としてゴースト、音声縞 (TV で高音時発生する縞模様) などがそうです。

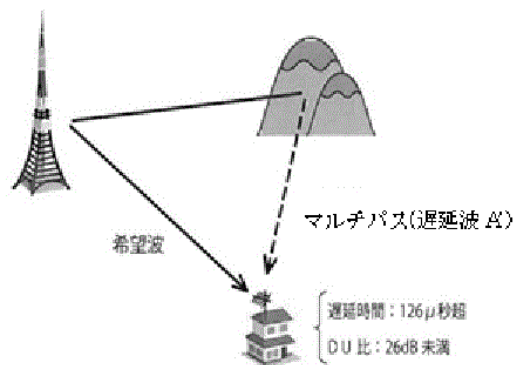


図9 マルチパスのイメージ

〔フェージング〕 (Fading)。

フェージングとは、無線通信において、時間差をもって到達した電波の波長が干渉し合うことによって電波レベルの強弱に影響を与える現象のことです

フェージングは、電波が地上の障害物や大気中の電離層などによって反射することによって生じます。時間差を持った波長は合成される際に互いに電波レベルを強めあったり弱めあったりする現象が現れます。そのため、AM 放送や携帯電話では音声が大きくなったり小さくなったりする現象が頻繁に発生します。

季節、夜間などによりこの現象は変化します。

以上のように、テレビジョン放送ではいろいろな原因により受信障害が生じます。同じ受信障害でもその原因は千差万別です。受信障害が生じたとき、各自でその原因を調べる事も一興かと思えます。

(3) 放送と通信に使われる周波数帯

最後に、参考に放送や通信に使われる周波数帯の名称を表1に示します。テレビジョン電波は現在、表1の中のVHF帯(1~12チャンネル)とUHF帯(13~62チャンネル)を使用しています。

慣用の名称	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF	
(英語)	Very Low Frequency	Low Frequency	Medium Frequency	High Frequency	Very High Frequency	Ultra High Frequency	Super High Frequency	Extremely High Frequency	
周波数範囲	3 ~ 30 KHz	30 ~ 300 KHz	300 KHz ~ 3 MHz	3 ~ 30 MHz	30 ~ 300 MHz	300 MHz ~ 3 GHz	3 ~ 30 GHz	30 ~ 300 GHz	30 GHz ~ 3 THz
主な用途	オメガ(電波航法)	ロラン	中波ラジオ アマチュア無線	船舶・航空無線 アマチュア無線	テレビ放送 FMラジオ アマチュア無線	携帯電話, PHS テレビ放送 アマチュア無線	衛星テレビ放送 衛星通信 アマチュア無線	50G簡易無線 衛星通信	電波天文(宇宙電波の受信)

表1 周波数帯の名称

最近、話題になっている地デジ化(地上デジタル放送化)後はVHF帯のTVチャンネルはすべてUHF帯のチャンネルに移行されます。地デジ化後のVHF帯のテレビジョン電波は他の業務用に利用されます。デジタル化により限られた周波数を効率的に利用できるようになります(表2)。

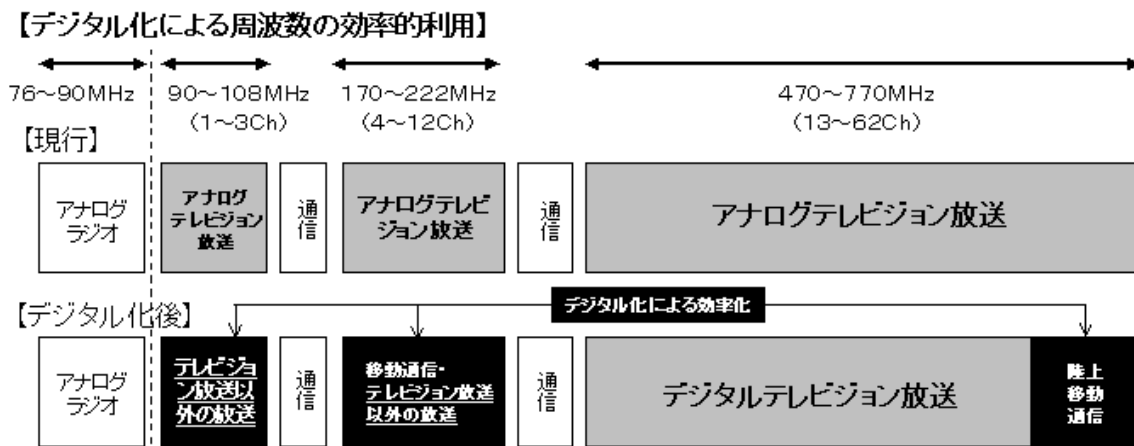


表2 デジタル化による周波数の効率的利用

【おわりに】

「くらしの中の無線」と題して無線分野の入り口をほんの少しのぞいてみました。無線分野は語りきれないほどの奥深いものです。しかし、無線通信が始まったのはわずか100年前のことです。

1895年、イタリアのマルコーニが無線電信の実験に成功したのがスタートです。マルコーニはさらに、1901年に凧で吊り上げたアンテナを受信用に使う事で実験に成功、大西洋横断電信ケーブルに対抗すべく研究を始め1902年に北米側からの初の大西洋横断無線通信に成功するなどその業績は顕著なもので1909年ノーベル物理学賞を受賞しています。

その後の無線分野は低周波から高周波へ、音声(Aural)から映像(Visual)へ、アナログからデジタルへ、そして大容量・高品質・多重伝送へとその進歩は目を見張るものがあります。それでも、この分野はまだまだ発展途上と言えます。これからの100年はどのような姿になっていくのでしょうか？

夢があります。関心があります。楽しみです。

本稿は、2011年6月21日（火）にTSS文化大学で行った講演の概要で、掲載するに当たり一部、加筆したものです。

本稿は、広大マスターズの安藤忠男先生（「学問の散歩道」担当）に多くの貴重なアドバイスをいただき完成しました。厚くお礼を申し上げます。