

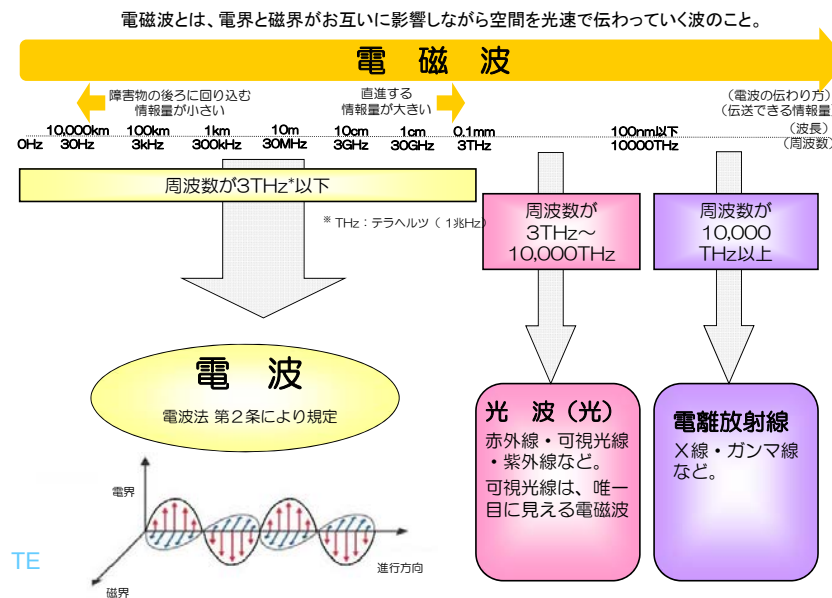
電波について...

今さらの話題と最近の技術の動きから

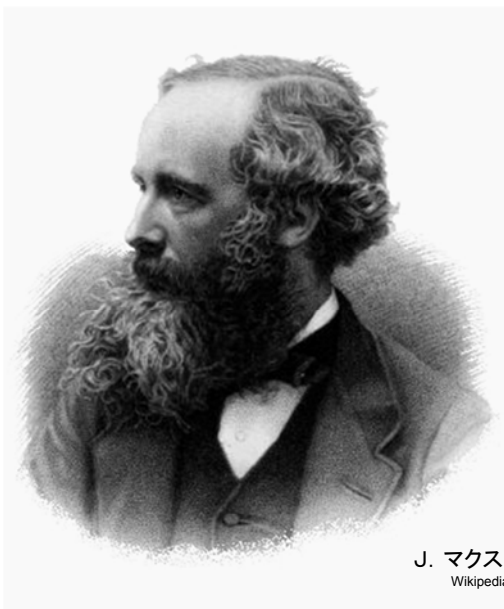


平成26年6月
 総務省 中国総合通信局 林 義也
 y.hayashi@soumu.go.jp

電波の範囲

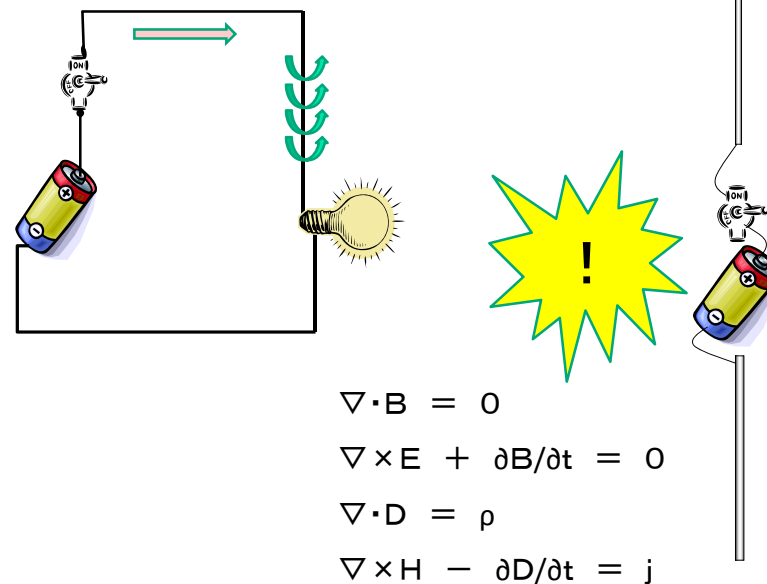


偉大なる先人たちの業績①

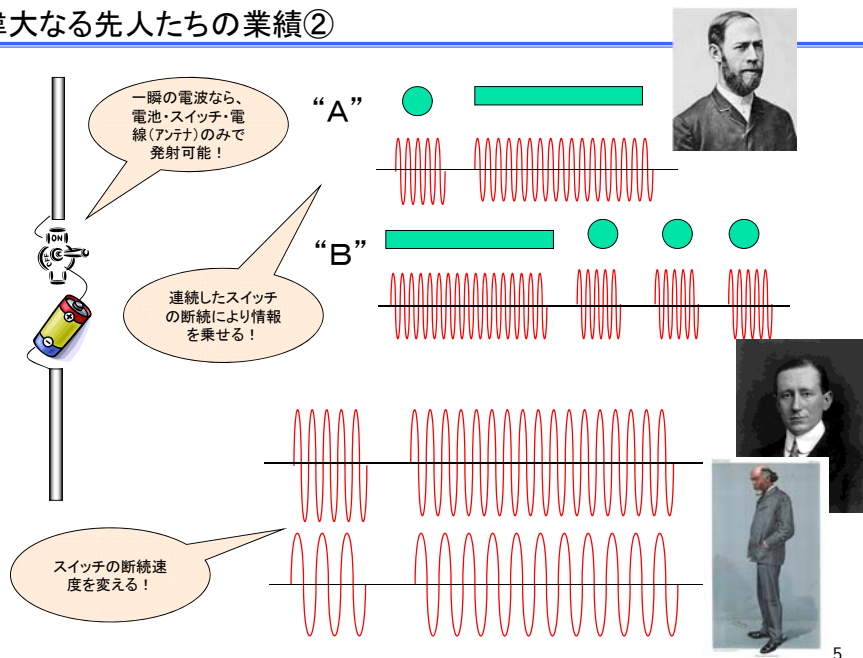


J. マクスウェル
Wikipediaより

大天才の実験 → 予言! ??? !!!

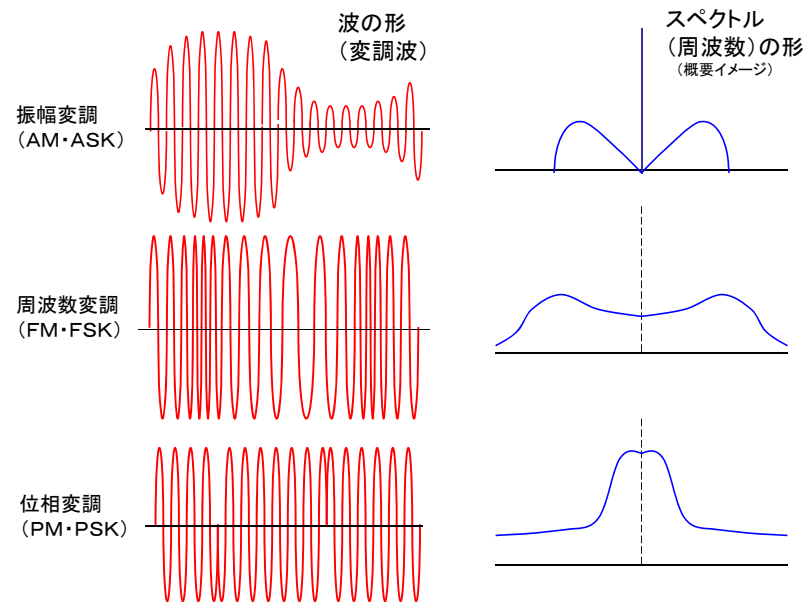


偉大なる先人たちの業績②



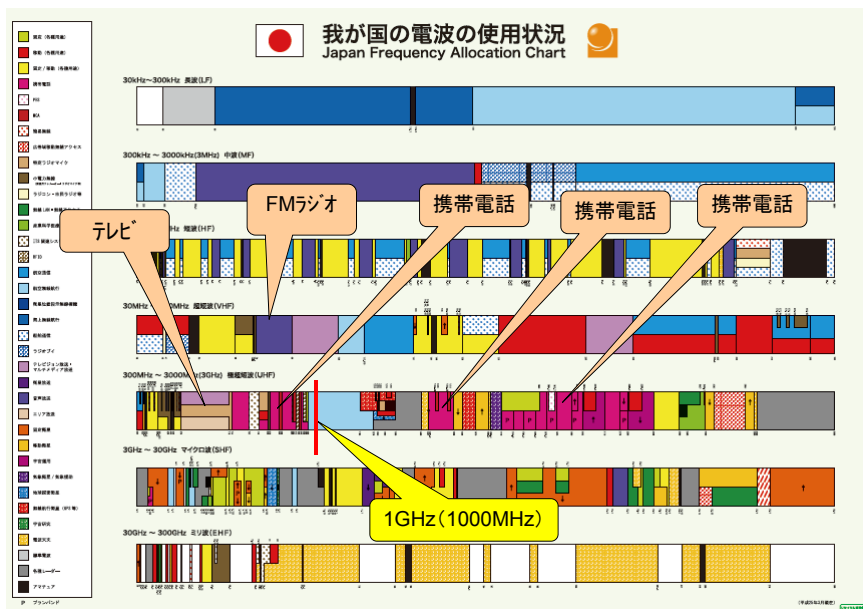
5

周波数利用には“幅”が必要



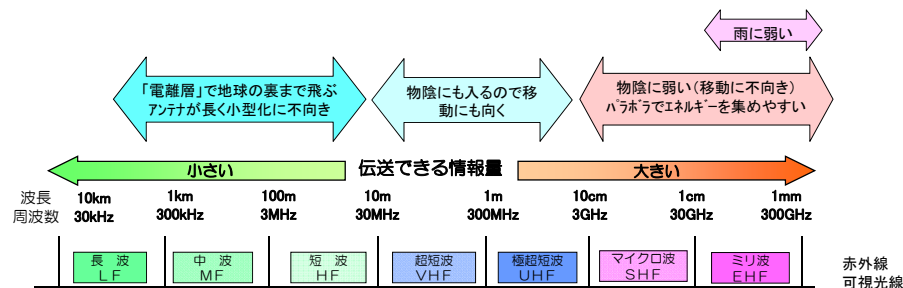
6

日本の周波数の使用状況

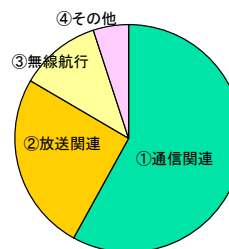


7

電波の使われ方の分類



【利用形態別の割合】
(3GHz以下の分配割合の概要)



利用しやすい30MHz~3GHzの範囲では

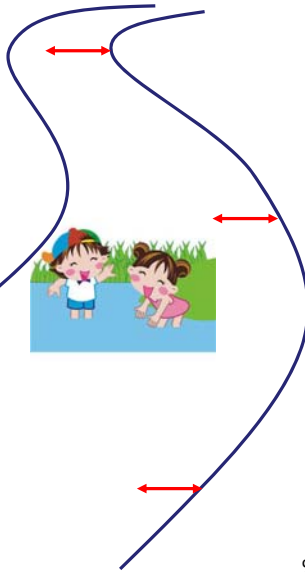
- ① 通信関連・・・携帯電話、無線LAN、航空・海上無線、MCA 警察・救急・防災無線、アマチュア無線など
- ② 放送関連・・・TV放送、ラジオ放送、衛星放送など
- ③ 無線航行・・・各種レーダー、航空・海上無線航行施設など
- ④ その他・・・電波天文、宇宙運用、気象衛星など

8

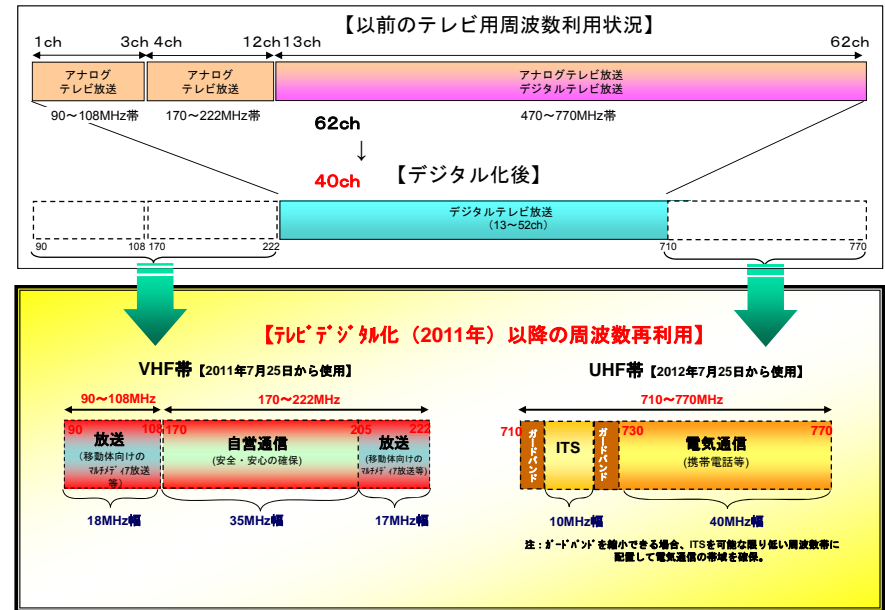
周波数と水の「分け合い・奪い合い」

ちょっと単純化した例え話

区分	川の水	周波数
もらえる「幅」	同じ「幅」をもらえるなら 使える水量は同一	同じ「幅」をもらえるなら、 送れる伝送容量は同一
場所の違いの利便性	上流は水がきれいで使 いやすい	低い周波数は遠くへ飛び やすくて使いやすい
場所の違いの利害対立	上流は全幅が狭く利害 が対立しやすい	低い周波数は全幅が狭 く利害が対立しやすい

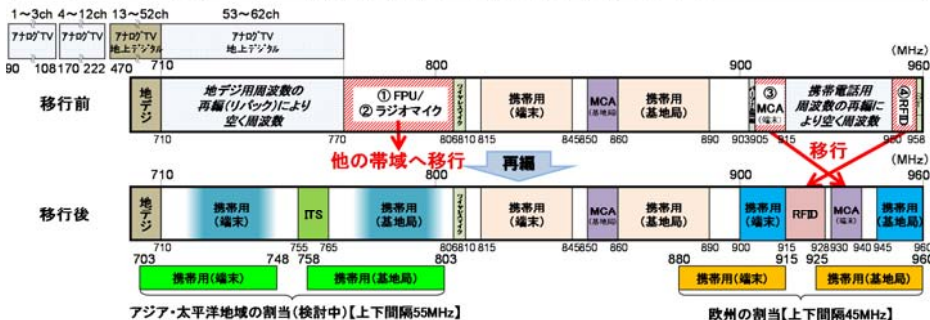


地上テレビ放送デジタル化後の空き周波数の有効利用



700/900MHz帯の周波数再編の概要

700/900MHz帯において、諸外国の周波数割当てと調和した携帯電話用周波数を最大限確保するため、MCA、RFID等の既存システムの周波数移行を行い、携帯電話事業者に割当て。



■移行対象のシステムの概要(平成23年7月末現在)

システム名	システムの概要	主な利用者(免許人数)	対象無線局数
700MHz帯			
① FPU	報道、スポーツ中継など放送事業で使用される可搬型システム。	NHK、民間放送事業者(43)	110
② ラジオマイク	各種興行やスタジオ等において、音声・音響等を伝送するためのワイヤレスマイクシステム。	NHK、民間放送事業者、劇場等の興行者(992)	20,746
900MHz帯			
③ MCA	同報(一斉指令)機能やグループ通話機能等を有する自営系移動通信システム。陸上運輸、防災行政、タクシー等の分野で使用。	運送事業者、地方公共団体等(12,426)	242,066
④ RFID	個体識別情報を近距離の無線通信によってやりとりするシステム(電子タグ)。物流等に用いられる。	物流関係事業者等(685)	87,672※

※免許千単位(平成23年6月末現在)を基に

ICTを活用したITS

ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム)とは、情報通信技術を用いて「人」「道路」「車両」を結び、一体のシステムとして構築することにより、交通事故削減や渋滞解消、環境効率の向上といった道路交通問題の解決を図るシステム

道路交通情報

OVICS (FM放送、2.5GHz帯、赤外線)

道路管理者、警察等から収集した道路交通情報を、FM多重(82.5MHz)、電波ビーコン(2.5GHz帯)、光ビーコン(赤外線)により車両へ配信。

狭域通信※(5.8GHz帯)

OETC

有料道路走行時、料金所で停車することなく課金処理を行うことができるシステム。

OITSスポット

高速道路を中心に全国約1600カ所に整備された設備により情報提供を行うシステム。見通しが悪い交通事故多発地点での事前の注意喚起等、安全運転支援情報の提供を実施。一部カーナビゲーションシステムに装備。

※ DSRC : Dedicated Short Range Communications

安全運転支援 (760MHz)

自動車同士や、道路等に設置された基地局との間で、自動車や周辺車両の位置、速度等の情報をやりとりし、交通事故を防止するシステム。

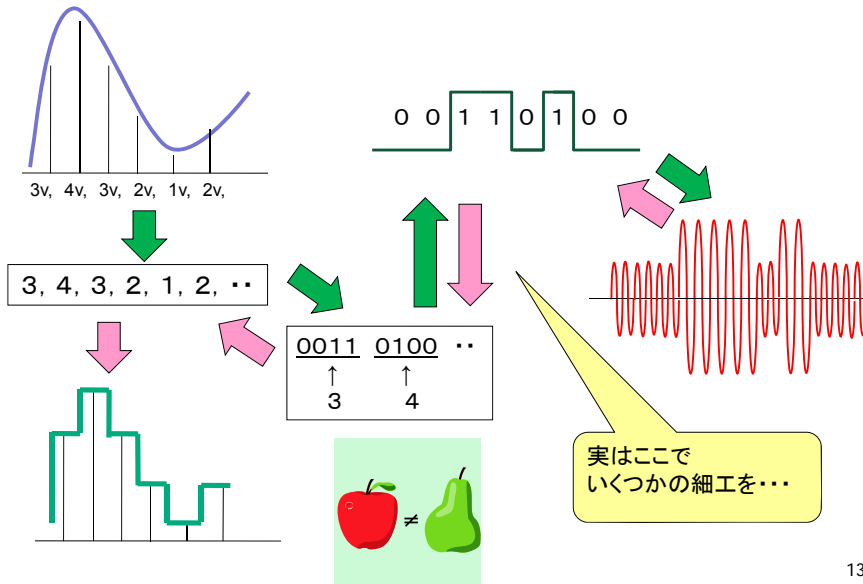
前方車両・障害物検知による車間距離確保やブレーキ (79GHz帯レーダー、76GHz帯レーダー、赤外線レーダー、光学カメラ)

前方車両や障害物の有無の検知や、これらとの距離を計測。走行時、車両や障害物をカーナビに強調表示するなどしてドライバーに通知。また、これらの情報を基に、前方車両との距離を一定に保持したり、緊急時にブレーキをかけたたりなど、様々な運転支援に応用。

左右・後方の障害物検知による状況把握 (24GHz帯レーダー、超音波レーダー、光学カメラ)

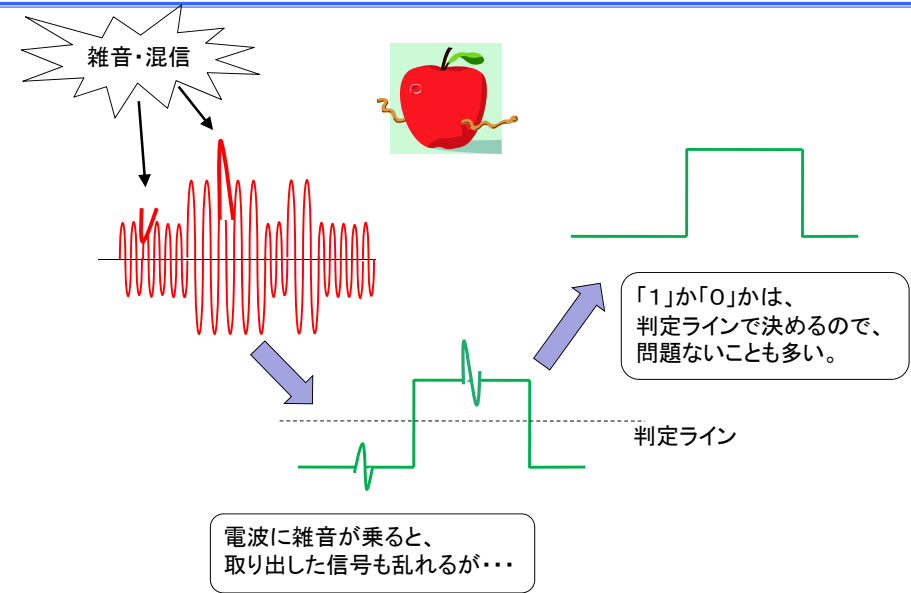
左右・後方の歩行者や障害物を検知し、ドライバーに通知。また、レーダー以外にも、車両の前後左右に取り付けた光学カメラにより周囲の状況を把握するものもあり。

デジタル無線方式の基本原理



13

デジタルの基本的な強み



14

いくつかの“細工”とデジタルの利点・・・ちょっと欠点

細工① 圧縮

同じ波形は1回しか送らない・単純波形で近似する・・・などの送るべき数字の「偉大な手抜き」
→ 周波数幅が少なくてすむ。1chの音声なら半分の周波数幅。同じ周波数幅なら2ch送れる。
(遅延の発生・音質のクセ・・・)

細工② 誤り訂正

「割り算した余り」や「1の総数」等を末尾に付け加えることで、誤りがわかる。
→ 電波の弱くなるぎりぎりまで音質・画質が低下しない。
→ 雑音や混信に強い・・・混信を受けても耳障りな雑音になりにくい。

細工③ 信号の合成(多重化)

音声とデータ等を小さな単位に区切って混合する。受け取る側でまた分ける。
→ 今や音声と文字(メール)併用は当たり前。更に「音の隙間に位置情報を混ぜて送る」とか・・・

細工④ 暗号化

数字を並べ替える、数字を置き換える
→ 秘話・暗号で、通信内容が漏れにくい

細工⑤ その他の高度な細工

「スペクトル拡散」などにより、特に混信に強く！

その他の特徴

“細工”が増えると規格統一(事前の申し合わせ)が大変！
「一つの機械で映像・音声何でも送れる」ので、価格も安くできる・・・はず？

15

伝送速度の例 (圧縮後)

速度概要	主な伝送内容	備考
数kbps・10kbps～	主に文字のみ → “会話に使える音声”が送れる	初期のパソコン通信 業務用デジタル無線・IP電話(実効)
数十kbps～	会話に十分な余裕の音質の音声 写真が何とか送れる	初期のデジタル通信サービス (ISDN等)
100kbps～	音楽鑑賞ができる音声 写真もスムーズ	初期のADSL デジタル音楽プレーヤ
1Mbps～	“まあまあ見られる動画(テレビ映像)”が送れる	無線LAN・無線アクセスの遠距離
5Mbps～	ひとまず鑑賞に耐えられるテレビ映像	DVD映像 携帯電話回線(下り)。ただし映像は制限されている場合も)
10Mbps～	きれいな映像で鑑賞できる(地デジTV級)テレビ映像	Blu-ray映像、地デジTV、 無線LAN・無線アクセスの近距離
	そして・・・	

占有する周波数幅との関係 ... 概ね $\text{bps} \approx \text{Hz}$ (PMの場合)
→ FMなら 4倍Hz。 AMなら 2倍Hz。(工夫次第で大きく変動するが・・・)

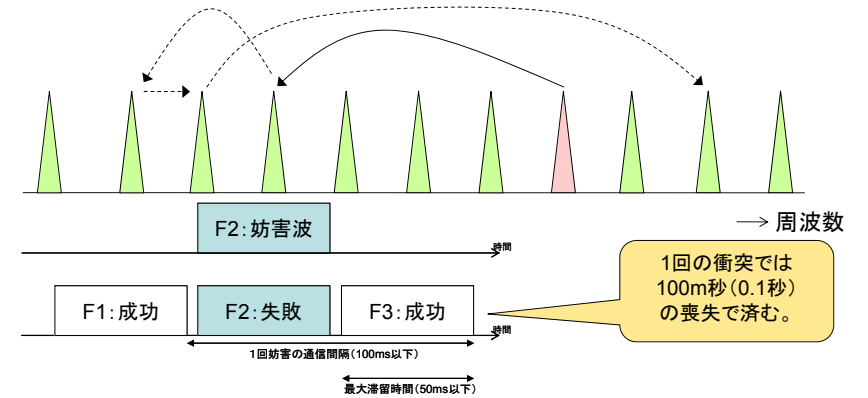
16

ワイヤレス(無線)ブロードバンドシステム

種類(通称)	周波数帯	電力(到達距離)	伝送速度(公称最大)	備考
無線LAN (WiFi, 11b/g/n)	2.4GHz帯 5GHz帯	10mW(実効100mW程度) (100m程度)	数十Mbps	免許不要
無線アクセス (登録型無線アクセス)	5GHz帯	250mW(数百m~1km)	数十Mbps	登録(簡易な免許)
地域WiMAX	2.5GHz帯	20w/0.2W (面的整備を想定)	数十Mbps	免許(通信事業)
全国ブロードバンド (WiMAX, XGP)	2.5GHz帯	20W/0.2W (面的整備を想定)	数十Mbps	免許(全国通信事業)
その他①携帯電話系 (3.9世代他)	800MHz帯~ 2GHz帯	0.5W~100W (面的整備を想定)	数Mbps~100Mbps (月間最大パケット量等に制限)	免許(全国通信事業)
その他②ミリ波伝送系	50GHz帯 (簡易無線) 59GHz帯 (小電力無線)	30mW(簡易無線; 数km) 10mW(小電力無線; 最大1km程度)	100Mbps程度	いずれもパラボラなど指向性アンテナ利用 免許・登録・免許不要
その他③ Zigbee, UWB等	910MHz帯~ 9GHz帯	(数m~100m程度)		

17

デジタルによる周波数の特別な利用方法(その① 周波数ホッピング)

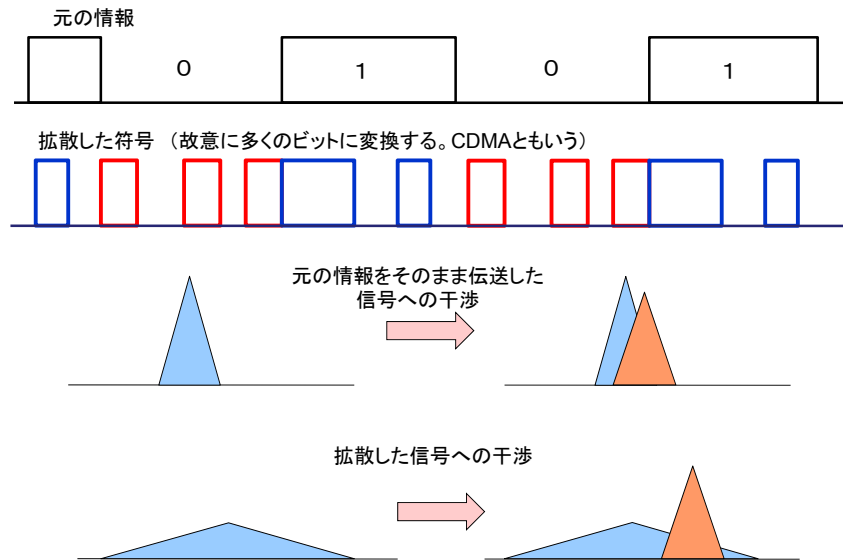


特性	2.4GHz帯航空機用ラジコンにおける規定値(注)
拡散率(拡散幅)	5以上(一部10以上)
滞留時間	0.05秒以下 (無線LAN等では0.4秒以下)
滞留時間の合計	“0.4秒×拡散率”のサイクル内で0.4秒以下

(注: ホッピングを行わない場合はキャリアセンスを実施)

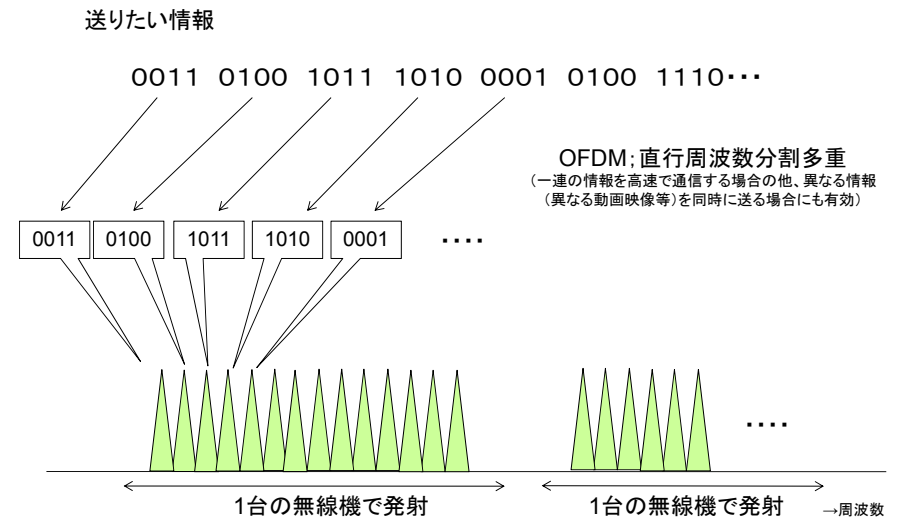
18

デジタルによる周波数の特別な利用方法(その② 直接拡散)



19

デジタルによる周波数の特別な利用方法(その③ OFDM)



OFDM; 直行周波数分割多重
(一連の情報を高速で通信する場合の他、異なる情報(異なる動画映像等)を同時に送る場合にも有効)

20

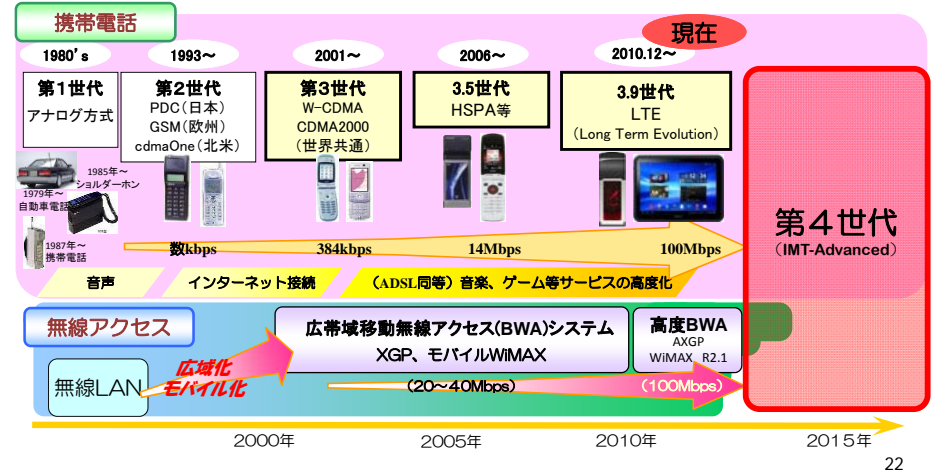
世界の地上デジタルテレビ放送方式

米国、欧州、日本の3方式が地上デジタルテレビ放送の世界標準となっている

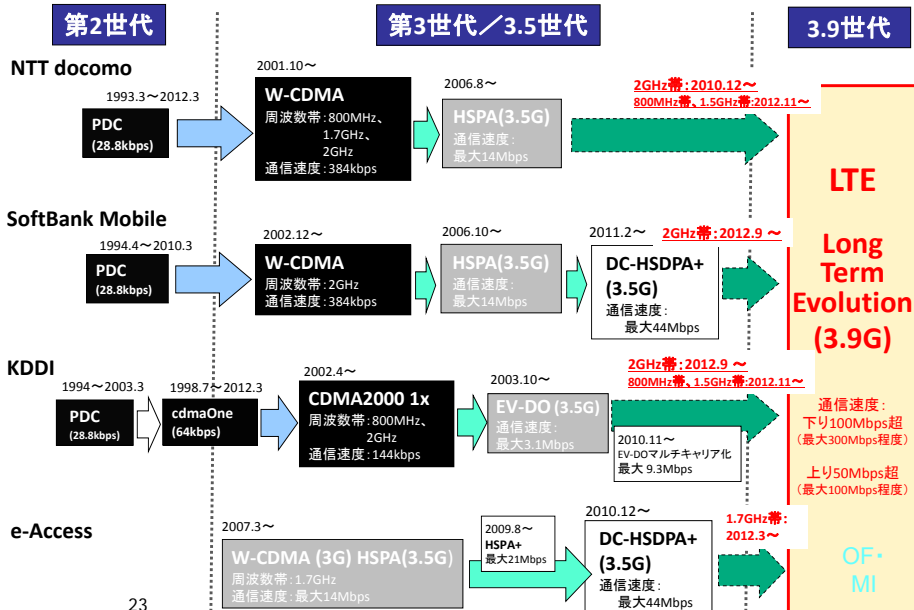
	米国方式 ATSC	欧州方式 DVB-T	日本方式 ISDB-T
放送開始	1998年	1998年	2003年
伝送方式	<p>シングルキャリア (アナログTV方式の改良版)</p>	<p>マルチキャリア</p>	<p>マルチキャリア (13セグメント構成になっており、移動体向けや固定向けの柔軟なサービスが可能)</p>
移動中のハイビジョン放送受信	不可能	不可能 (標準画質のみ可能)	可能
携帯端末向放送	別のテレビチャンネルが必要	別のテレビチャンネルが必要	同一のテレビチャンネルで可能 (ワンセグ)
緊急警報放送	未対応	未対応	可能

携帯電話の進歩・・・第4世代はいつ来るの・・・

○国際標準化の進展等を踏まえ、第4世代移動通信システム(IMT-Advanced)の2015年頃の我が国への導入に向けて必要となる技術的条件や他システムとの共存条件等に関する検討を開始(平成24年4月～ 情報通信審議会)

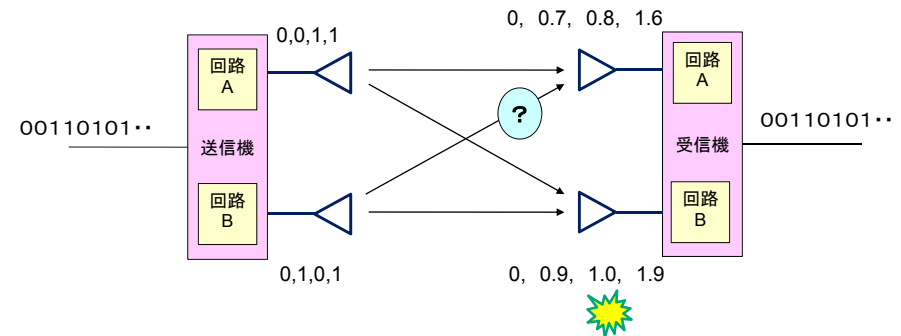


携帯電話サービスの高度化の進展



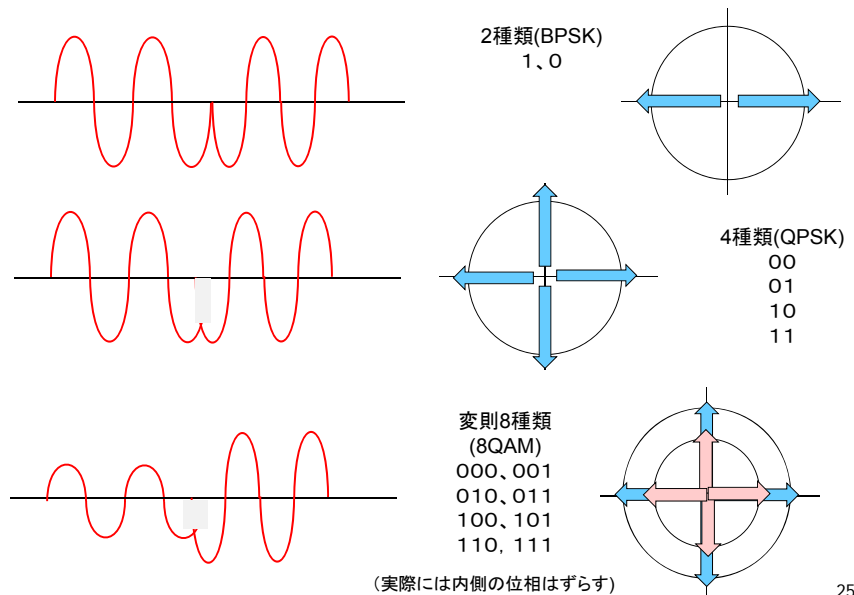
ちょっと怪しい? 最新技術 (何倍も送れるMIMO@LTE)

MIMO (Multiple IN Multiple OUT)
○ いわば一種のダイバーシティ(複数のアンテナを装備した相互補完)だが、アンテナ相互の位置関係(伝送特性)の違いを利用して演算を行い、近距離なら2倍~数倍の伝送速度も可能。



複数のアンテナから、同じ周波数で、異なる情報を送る。当然、混信してしまうが、アンテナの位置関係の違いによる微妙な伝送特性の違いを直前/直後に測定し、逆参照により受信側で情報を回復する。でも・・・

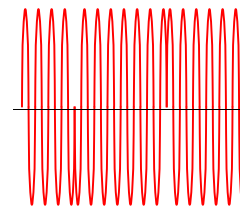
PSKの高速化・・・そして禁断の・・・



25

PMとFM・・・FMの逆襲

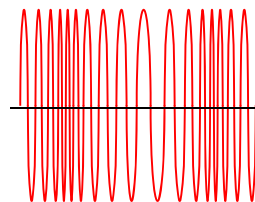
位相変調
(PM)
・PSK



○ 同じ周波数幅なら
伝送容量(速度)が大きい

現在のデジタルの王道

周波数変調
(FM)
・FSK



○ 回路(増幅器)が単純
○ 特に雑音に強い
× (同一帯域幅では)伝送速度が
小さい

低い伝送速度でも使える
音声符号化回路(コーデック)の開発

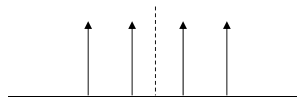
26

4値FSK方式の導入

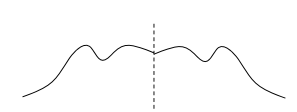
簡易無線等へのデジタル方式として「4値FSK方式」の導入。

- ・ 周波数を変化させるFM方式の一種。
- ・ アナログFMとの切替(併用)製品も作りやすい
- ・ 振幅が一定のため、無線機器が作りやすく、電源(電池)の利用効率も良い。
- ・ ビットレート(通信速度)が比較的低いので、デジタル音声の伝送が困難であったが、低い速度に対応した音声符号化回路(CODEC)の普及により実用化に目途。

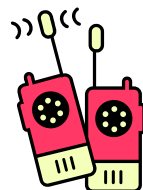
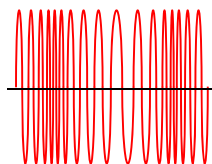
4値FSKの概念



実際のスペクトルイメージ例



周波数変調
(FM)



27

電波の効率的利用とは① 単純な命題

命題①

電波を利用しつつも、混信をせずに、如何にたくさんの通信を行うか。

- 異なる周波数を使えば混信せずすむ。
・・・でも、周波数は有限。(通信には「幅」が必要)
★ できるだけ狭い周波数でも通信できるように

命題②

同じ周波数を使用しつつも、混信をさせないためにはどうしたらいいか。

- 同一周波数の再利用の手段としては・・・

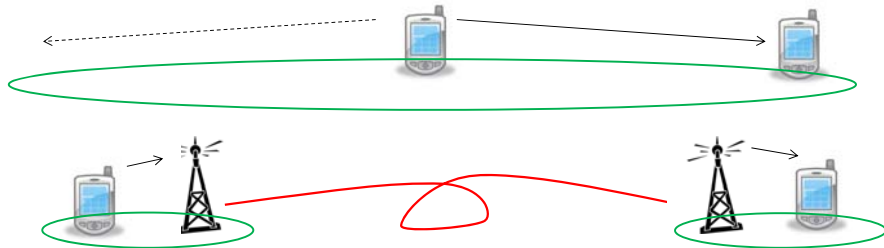
- ★ 場所が離れていれば同一周波数が使える。
(☆ 応用 場所が少しだけ離れている場合、送信・受信方向を厳しく絞れば同一周波数が使える)
- ★ 時間割を分けて使うならば同一周波数が使える。
(☆ 応用 思い切ってスペクトル拡散すれば周波数が重複しても耐えられる。)
(☆ 応用 しっかり誤り訂正をすれば周波数が重複しても耐えられる。)

28

電波の効率的利用とは②

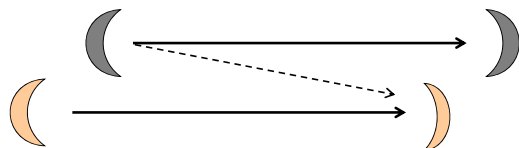
★ 場所が離れていれば同一周波数が使える。

- ・ 電波を遠くに飛ばすことは、遠くまで他人の邪魔をすることになる。
- 電波はできるだけ飛ばさずに、できるだけ有線(光ケーブルなど)の力を借りる。



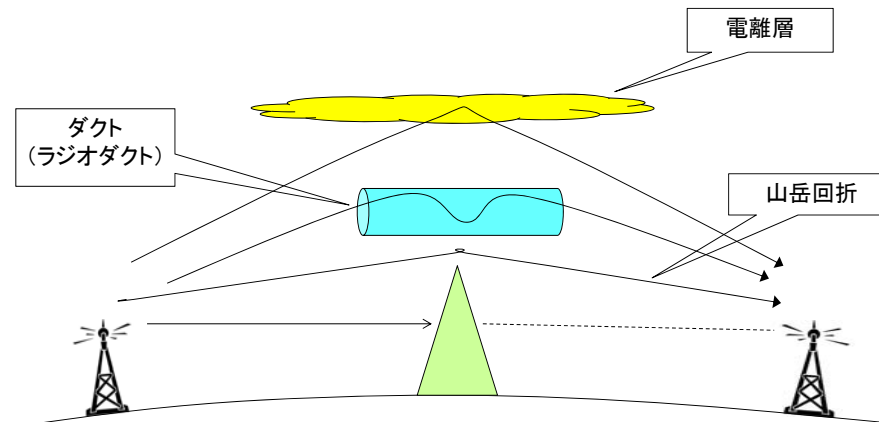
☆ 場所が少し異なる場合、送信方向・受信方向を厳しく絞れば同一周波数が使える。

- ・ パラボラアンテナなどでの通信。
- 移動通信には不向き。

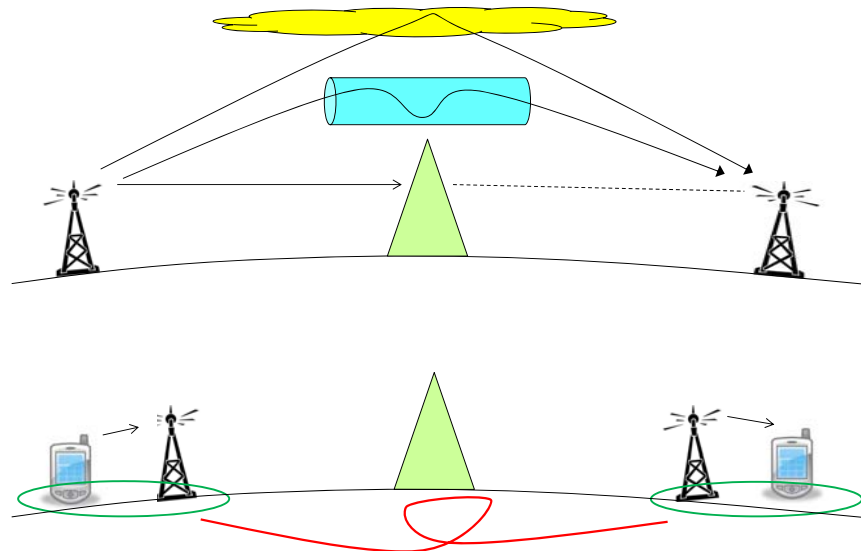


29

山は邪魔者か？



山は邪魔者か？



電波の効率的利用とは③ 周波数効率の新たな選択肢

「圧縮」技術の向上 (「所要ビットレート」の低下; 音声伝送の「手抜き」の例)

- ・ 1台の携帯電話が、ずっと会話に使われることはない。
- ・ 会話の最中も、片側の話者は黙っている。会話も途切れる。
- ・ 音声振動は、微小時間の中で同じ波形が繰り返されるので手抜きをする。

低速で長時間の送信

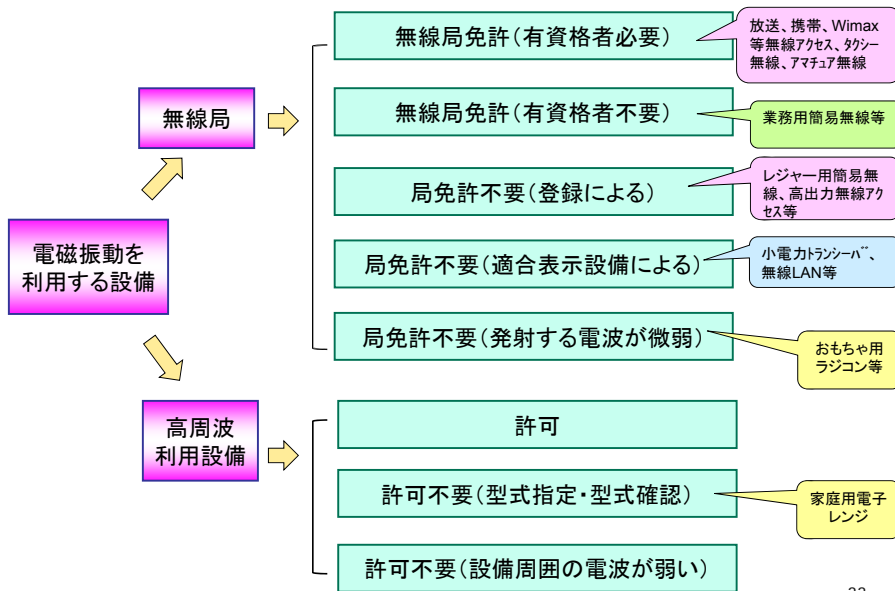
高速で短時間の送信

- ★ 同じ周波数はできるだけ使用しない
- ・ 狭帯域化、同一帯域幅での伝送容量の拡大
- ・ チャンネル(周波数)の自動切り替え
- ・ それでも最小限の時間分割(チャンネル共有)も

- ★ 計画的に同じ周波数(周波数重複)を利用
- ・ 積極的に時間分割
- ・ スペクトル拡散の利用
- ・ 強力な誤り訂正

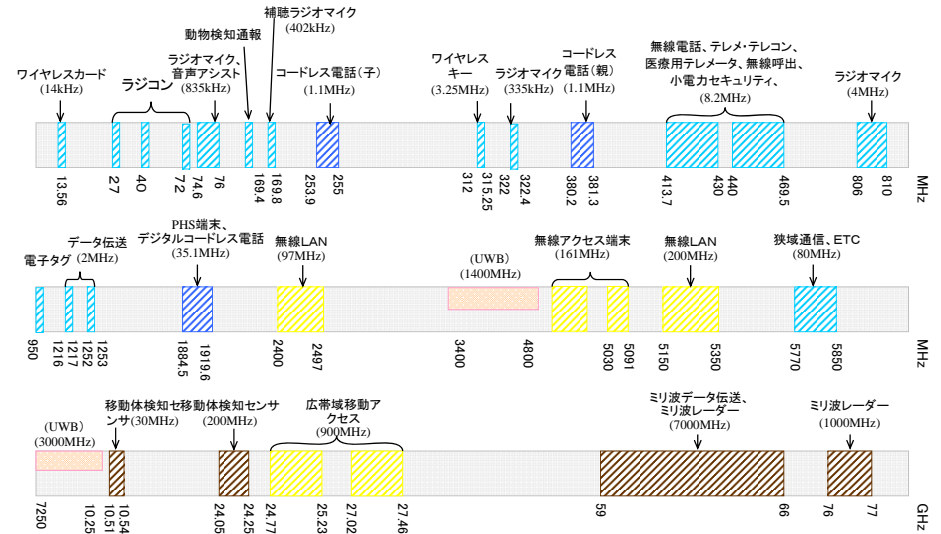
32

無線局の免許等制度



33

免許不要局の周波数



電波の約1割は免許不要の局に割当て

34

ありがとうございました。

ユビキタス(Ubiquitous)
 …… 神は各所に遍在する。

通信における「ユビキタス」

- どこでも通信する
 ……全国(全地球?)で、わずかな場所でも(机の上と下、自動車の乗客と車体…)
- 利用者が意識していなくても通信する
 ……気づいていないのに使える・いつの間にか役に立っている…でも…