

## 参考資料

## 参考資料1 アンケート結果

国内の地中レーダー機器の使用実態を調査するため、構成員13事業者及びJ-GPR（コンソーシアム）13事業者の合計26事業者に対しアンケートを行った。

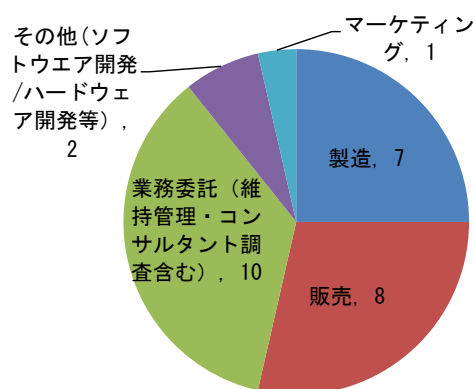
アンケート結果は以下のとおりだが、地中レーダー機器の諸元、利用状況に関して、一部公けに出来ない事情もあり公開可能な情報のみ掲載する。

アンケートの回答があった製品数は重複を除き37製品となる。

表中の※1の未回答は「不明、カタログ記載以上の開示不可等を含む」値である。

アンケートの回答は19/26事業者で73%であった。業種の内訳を以下に示す。

業務内容	回答数 (重複あり)
製造	7
販売	8
業務委託 (維持管理・コンサルタント 調査含む)	10
その他(ソフトウェア開発/ハ ードウェア開発等)	2
マーケティング	1



### (1) 現在、製造/利用/販売している地中レーダーの諸元等について

#### Q1 現在使用している地中レーダー機器

製造メーカーと製品名を表4-1にまとめた。海外製品で10事業者、国内メーカーで5事業者となる。合計15事業者で40製品となるが、制御装置に取り付けるアンテナを交換することで、機種としては64機種となる。

表4-1 製造メーカーと製品名一覧

	メーカー名 (製造/輸入)	製品名
1	3D-RADAR 社	3d-Radar
2	GEOSCANNERS 社	AKULA9000
3	GSSI 社	SIR-3000 (地中レーダー制御装置)
		SIR-4000 (地中レーダー制御装置)
		SIR-30 (地中レーダー制御装置)
		ユーティリティスキャン DF 300/800MHz (2周波)
		ストラクチャスキャン
		ユーティリティスキャン HS 350MHz
4	IDS (Ingegneria Dei Sistemi)	RIS Hi-Bright: Ground Penetrating Radar (GPR)
		Stream EM: Ground Penetrating Radar (GPR)
5	Mala GeoScience 社	RAMAC
6	Pulse Radar inc.	不明(当社名 ローダー)

7	Radar Portal Systems Pty Ltd	道路調査用ハイスピード3Dレーダーシステム [MiniPod]
8	ボッシュ (株)	D-TECT150CNT
9	川崎地質 (株)	車両牽引型マルチアレイチャープ式地中レーダー
		ステップ式 FM-CW 方式地中レーダー
10	(株) 光電製作所	GPR-8
		地中レーダーアンテナ KSD-20
		インパルス方式地中レーダー GPR-10C
		チャープ方式地中レーダー KSD-24
		インパルス方式地中レーダー KSD-8-20W
11	日本信号 (株)	地中レーダー グランドシア GN-01
		地中レーダー グランドシア GN-02
12	日本無線 (株)	地中レーダー (JEJ-55A)
		地中レーダー (NJJ-640)
		ハンディサーチ NJJ-95A
		ハンディサーチ NJJ-95B
		ミニ探査レーダー JEJ-62
		レーダマン・M (マスター) NJJ-86 (メーカー市販機 : NJJ-96)
		スマートフォン対応 RC レーダー ハンディサーチ NJJ-200
		ハンディサーチ NJJ-105
13	日本ヒルティ (株)	PS 1000 X-スキャン システム
14	三井造船 (株)	トンネル覆工検査車 (CLIC: Concrete Lining Inspection Car)
		線路下空洞探査車 2号機 (UTRAS2)
		マルチパスリニアアレイレーダー MPLA-245A
		路面下空洞調査用「地中レーダー」
15	Sensors & Software	NOGGIN Plus
		Pulse EKKO PRO
		Conquest System

## Q2 レーダー方式

変調方式	回答数 (製品数)
インパルス方式	18
FM-CW/符号化パルス/ステップ/ チャープ方式	12
未回答 ※1	7

Q 3 出力を制御する機能

出力を制御する機能	回答数（製品数）
走査中のトリガー信号	3
デッドマンスイッチ	3
スイッチ ON/OFF	6
ソフトウェアによる制御	3
無	13
未回答 ※1	9

Q 4 探査深度

形状	探査深度	回答数（製品数）
ハンディ型	1m 以下	11
	1.1～2m	2
	2m 以上	1
カート型	1m 以下	2
	1.1～2m	3
	2.1～3m	8
	5m	1
	12m	1
車載型	1m 以下	2
	1.1～2m	1
	5m	1
牽引型	2m	1
	10m	1
未回答 ※1	—	2

※探査深度は土質により大きく変動するので、上記値は標準値である。

Q 5 分解能

分解能	回答数（製品数）
1cm 未満	2
1～5cm	3
6～10cm	2
11～30cm	3
50～100cm	1
未回答 ※1	26

Q 6 輻射低減対策

輻射低減対策	回答数（製品数）
電波吸収体	24
走査面との距離を最小	5
無	8
未回答 ※1	4

※有効回答数 41

Q7 アンテナと地面からの距離

アンテナと地面の距離	回答数（製品数）
密着	11
1～10mm	9
11～50mm	8
51～100mm	3
101～200mm	1
201～300cm	1
未回答 ※1	4

Q8 測距方法

測距方法	回答数（機種数）
車輪型 （サーベイホイール）	26
GPS型（GNSS含む）	1
車輪+GPS（GNSS含む）	9
不明	1


(2) 利用状況について


主たる用途	重複回答数
1. 空洞に関する探査	27
道路面下空洞探査	23
河川堤防（空洞）探査	2
港湾構造物（空洞）探査	1
線路下空洞	1
2. コンクリートに関する探査	24
コンクリート内部探査	19
配筋・鉄筋調査	4
ジャンカ確認	1
3. 埋設物に関する探査	19
埋設物（埋設管）探査	19
4. 地質に関する探査	6
地下構造物調査	2
防空壕探査	2
地中遺構	1
地質構造調査（断層など）	1
5. 厚みの測定	4
コンクリートスラブ舗装・アスファルト厚	2
湖の堆積物厚さ	2

## 参考資料2 地中レーダー機器の諸元

※本諸元はメーカーのホームページやカタログ、アンケート結果から抜粋した内容です。  
 開示不可及び不明な項目は「-」となっている。

(50音順)

製造会社名	製造国				
3D-RADAR	米国				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
3d-Radar アンテナ例 DXG1820 	■路面下空洞、床板健全度、埋設管探査、遺跡調査	ステップ周波数	200MHz～3GHz	(L) 93～243 (W) 85 (D) 15	23～43

製造会社名	製造国				
GEOSCANNERS	スウェーデン				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
AKULA9000 	■路面下空洞	-	200～700MHz	-	-

製造会社名	製造国				
GSSI 社 (Geophysical Survey Systems, Inc)	米国				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
SIR-3000	■埋設物、路面下空洞、地層構造	インパルス	270MHz/ 400MHz/ 900MHz/ 1.6GHz	-	-
SIR-4000	■埋設物、路面下空洞、地層構造	インパルス	270MHz/ 400MHz/ 900MHz/ 350MHz/ 1.6GHz	-	-

SIR-30	■埋設物、路面下空洞、地層構造	インパルス	270MHz/ 400MHz/ 900MHz/ 1.6GHz	—	—
ストラクチャスキャン 	■コンクリート中の密集鉄筋や配管・空洞等	インパルス	1.6/2.6GHz パームアンテナから選択可能	(H) 38 (W) 16.5 (D) 10	1.8
ユーティリティスキャン DF 	■地下埋設管、空洞探査	インパルス	2周波システム。 300MHzと800MHz	(L) 33.5 (W) 31 (H) 15	—
ストラクチャスキャン mini (GSSI 社製) 	■コンクリート中の密集鉄筋や配管・空洞等	インパルス	1.6GHz	(H) 17.5 (W) 15.4 (L) 23.2	1.5

SIR 製品の構成品例（アンテナ種別）

アンテナ 270MHz 	アンテナ 400MHz 	アンテナ 900MHz 	アンテナ 1.6GHz 	アンテナ 2GHz 
--	--	--	---	--

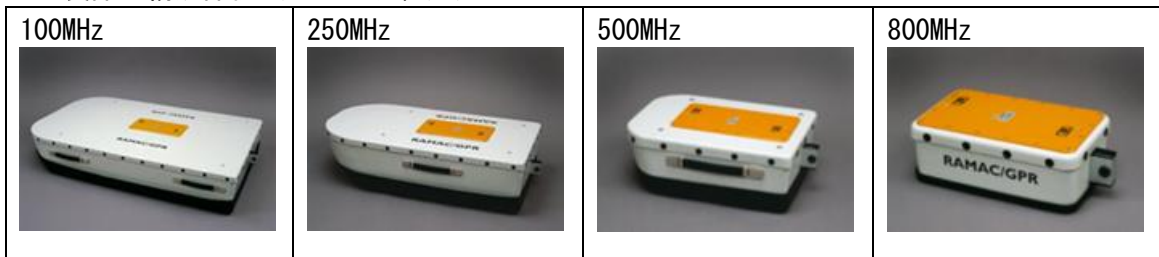
製造会社名	製造国				
IDS (Ingegneria Dei Sistemi)	イタリア				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
RIS Hi-BrigHT: Ground Penetrating Radar 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■コンクリートスラブ舗装・アスファルト厚</li> </ul>	インパルス	2GHz	(W) 42 (D) 93 (H) 23	18/36
Stream EM: Ground Penetrating Radar 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■地下埋設物</li> </ul>	インパルス	200/ 600MHz	—	—

※Stream EMはStream-Xが4台とHi-Modが4台から構成される


製造会社名	製造国				
Mala Geoscience	スウェーデン				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
RAMAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>■土質、岩盤層の検出</li> <li>■埋設管（埋設物）、ケーブル、地下貯蔵タンク、空洞（トンネル）の検出</li> <li>■考古学調査</li> <li>■水深測量の研究</li> <li>■氷河と極地調査</li> <li>■堆積学の研究</li> </ul>	インパルス	100/200/ 500/ 800MHz 2GHz	—	—






製品の構成品例（アンテナ種別）




製造会社名	製造国				
Radar Portal Systems Pty Ltd	オーストラリア				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
道路用ハイスピード 3D レーダーシステム MiniPod GPR 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 堤防や道路メンテナンス</li> <li>■ 広範囲の地下探査</li> <li>■ 高速道路の調査</li> </ul>	符号化パルス + 疑似雑音	200MHz ~ 4GHz	—	20kg/1ポッド 4 又は 8ポッド構成



製造会社名	製造国				
Sensors & Software	カナダ				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
NOGGIN Plus 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 鉄筋コンクリート、空洞、配管・埋設物探査</li> </ul>	—	1000MHz (500-1500 MHz) 500MHz (250-500M Hz) 250MHz (125-375M Hz)	(W) 63 (D) 41 (H) 23	2.3~ 7.3

Pulse EKKO PRO 	■埋設物探査、遺跡物探査	—	12.5MHz/25MHz/50MHz/100MHz/200MHz/250MHz/500MHz/1000MHz z	12.5MHz : (W) 736 (D) 11.4 (H) 1.6 100MHz : (W) 12 (D) 15 (H) 15	—
Conquest System 	■コンクリート探知機、鉄筋探査	—	1000MHz	—	—

製造会社名	製造国				
ボッシュ (株)	ドイツ				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
D-TECT 150CNT 	■コンクリート探知機 鉄筋、電気配線、金属、水の入ったプラスチック管、木材、金属、電気配線	インパルス	1.8~4GHz	(W) 9.7 (D) 12 (H) 22	0.7


製造会社名	製造国				
川崎地質 (株)	日本				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
車両牽引型マルチアレイチャープ式地中レーダー	■路面下空洞探査	チャープ	50~800MHz	—	—
ステップ式 FM-CW 方式地中レーダー	■防空壕調査、河川堤防内部構造調査、地質構造調査 (断層など)	ステップ	5~160MHz	—	—

製造会社名	製造国				
(株) 光電製作所	日本				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
GPR-8	—	インパルス	350MHz	—	—
GPR-10C 	■ 地中の埋設管、空洞、構造物	インパルス	350MHz	(W) 70 (D) 75 (H) 78	60
KSD-20	■ コンクリート・空洞 厚さ	インパルス	800MHz	—	—
KSD-8-20W	■ コンクリート構造 物背面空洞	インパルス	1000MHz	—	—

製造会社名	製造国				
日本信号 (株)	日本				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
グランドシア GN-01 	■ 埋設物探査、空洞探査	チャープ	50~ 800MHz	(W) 64 (D) 88 (H) 109	60
グランドシア GN-02 	■ 埋設物探査、空洞探査	チャープ	70~ 850MHz	(W) 47 (D) 61 (H) 87	30

製造会社名	製造国				
日本無線（株）	日本				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
NJJ-640 	■地中の埋設管、空洞、構造物	インパルス	10～1000MHz	(W) 49.5 (D) 68.6 (H) 89.5	29
NJJ-105 	■コンクリート内部の埋設物（鉄筋、電配管、等）探査	インパルス	300MHz～2.3GHz	(W) 14.9 (D) 21.6 (H) 14.7	1.2
NJJ-200 	■コンクリート内部の埋設物（鉄筋、電配管、等）探査	インパルス	800MHz～3.4GHz	(W) 14.9 (D) 20.3 (H) 13.4	1.0
JEJ-55A	■地中の埋設物	インパルス	—	アンテナ (W) 70 (D) 88 (H) 34 本体 (W) 43 (D) 50 (H) 25	アンテナ 約 27kg 本体 約 20kg
JEJ-62	■コンクリート背面探査	インパルス	—	アンテナ (W) 30 (D) 37 (H) 18 本体 (W) 22 (D) 45 (H) 17	アンテナ 約 5kg 本体 約 10kg
ハンディサーチ NJJ-95B	■コンクリート内部の埋設物（鉄筋、電配管、等）探査	インパルス	500～1000MHz	(W) 14.9 (D) 21.6 (H) 14.7	1.1
ハンディサーチ NJJ-95A	■コンクリート内部の埋設物（鉄筋、電配管、等）探査	インパルス	500～1000MHz	(W) 14.9 (D) 21.6 (H) 14.7	1.1
レーダマン・M（マスター） NJJ-86 （市販機：NJJ-96）	■コンクリート背面探査	インパルス	300MHz	—	—

製造会社名	製造国				
日本ヒルティ (株)	リヒテンシュタイン 公国				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
PS 1000 X-Scan 	■コンクリート内埋 設物調査	インパルス	1~4.3GHz	(W) 19 (D) 32 (H) 14	8

製造会社名	製造国				
三井造船 (株)	日本				
製品名	用途	変調方式	周波数帯	外形寸法 (cm)	重量 (kg)
マルチパスリニアアレ イレーダ (MPLA-245A) 	■コンクリート内埋 設物調査	FM-CW	100MHz ~4.5GHz	(W) 40 (D) 25 (H) 25	7.8
路面下空洞調査用「地 中レーダー」	■道路下空洞	FM-CW	100MHz ~1.5GHz	—	—
トンネル覆工検査車 (CLIC: Concrete Lining Inspection Car)	■トンネルコンクリ ート覆工内部検査	MPA (Marti path Lina ally) レーダー	50MHz ~3.5GHz	—	—
線路下空洞探査車 2 号 機 (UTRAS2)	■線路下空洞、土木構 造物 (埋設物)	FM-CW	50MHz~ 1GHz と 50MHz~ 1.5GHz	—	—

### 参考資料3 発射する電波が著しく微弱な無線局の電界強度の測定方法

郵政省告示第127号（昭和63年2月25日）を参照。

#### (1) 微弱無線設備の電界強度の測定

微弱無線設備の電界強度の測定は、郵政省告示第127号により以下のとおり定められている。微弱測定の構成図は図4-1のとおり。

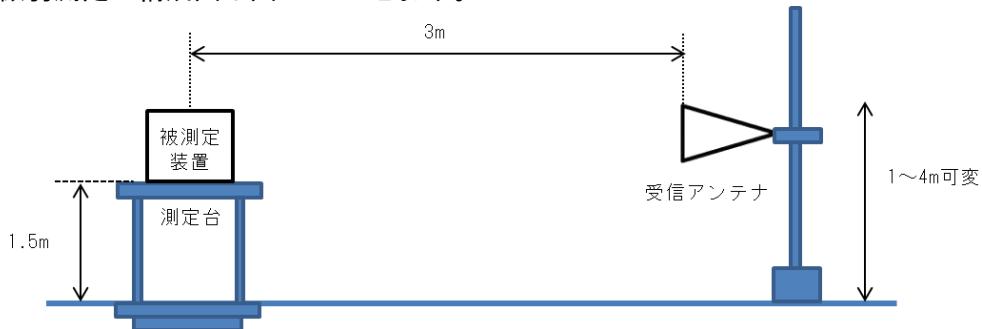


図4-1 微弱測定の構成図

以下に測定に関する規定を抜粋する。

#### 1. 試験場の条件

試験場は周囲に電波を発射する物体がなく、かつ、長径6m、短径5.2mの楕円の範囲内に測定の障害となる金属物体（測定の再現性を向上するために大地面に敷設する金網等を除く）がない平坦な場所であること。

#### 2. 被測定機器の設置条件

木その他の絶縁材料により作られた高さ1.5mの回転台の上に、通常の使用状態に近い状態で設置すること。

#### 3. 測定器の条件（ここでは150kHz以下は省略）

##### (1) 150kHzを超え1GHz以下の周波数

- 準尖頭値検波方式の電界強度測定器及び尖頭値表示が可能なスペクトラムアナライザであること。
- スペクトラムアナライザの分解能帯域幅は、10kHz、100kHz及び1MHzに設定できるものであること。

##### (2) 1GHzを超える周波数

- 尖頭値表示が可能なスペクトラムアナライザであること。分解能帯域幅は1MHzとすること。

#### 4. 測定用空中線の条件

##### (1) 30MHzを超え1GHz以下の周波数

- 80MHzを超える周波数は、測定する周波数に共振する半波長共振型のダイポール空中線であること。
- 他に、広帯域型空中線（複数の周波数の電波の測定を行うことができる）等の直線偏波空中線を用いることができる。

##### (2) 1GHzを超える周波数

- ホーン空中線であること。

#### 5. 測定の方法

##### (1) 30MHzを超え1GHz以下の周波数の測定方法

- ① 地上1.5mの位置に測定用空中線を垂直偏波を受信するように設置する。
- ② 電界強度測定器で測定した電界強度が最大となる方向に回転台を回転させ固定する。

- ③ 測定用空中線の地上高を 1m~4m まで変化させ、電界強度の最大値を測定する。
- ④ ①から③までと同様な方法により、水平偏波の最大値を測定する。
- ⑤ ③の値と④の値のいずれか大きい値が得られる状態において、スペクトラムアナライザにより、分解能帯域幅 100kHz とした時の電界強度  $E_1$ 、及び分解能帯域幅 1MHz とした  $E_{10}$  を測定する。
- ⑥ ⑤で測定した  $E_1$  と  $E_{10}$  の差が 3dB 以下の場合は③④のいずれか大きい値、3dB を超え 7dB 以下の場合は⑤の  $E_{10}$  の値、7dB を超える場合は⑤の  $E_{10}$  の値に 5dB を加えた値をもって被測定機器が発射する電波の電界強度とする。

(2) 1GHz を超える周波数の測定方法

- ① 地上 1.5m の位置に測定用空中線を垂直偏波を受信するように設置する。
- ② 電界強度が最大となる方向に回転台を回転させ固定する。
- ③ 地上高 1.5m で、被測定機器からの水平距離に反比例して電界強度が減衰する位置に測定用空中線を設置し、電界強度を測定する。この場合において、被測定機器と測定用空中線の水平距離が 3m と異なるときは、電界強度は距離に反比例して減衰するものとして、距離 3m における電界強度に補正する。
- ④ ①から③までと同様な方法により、水平偏波の電界強度を測定する。
- ⑤ ③の値と④の値のいずれか大きい値をもって被測定器が発射する電波の電界強度とする。

参考資料 4 無線通信規則における電波発射禁止帯域と我が国の電波の使用状況

電波発射禁止帯域について

無線通信規則 (RR: Radio Regulations) 第 5. 3 4 0 号

以下の周波数帯の発射は、全て禁止する。

1 4 0 0 - 1 4 2 7 M H z

2 6 9 0 - 2 7 0 0 M H z (無線通信規則第 5. 4 2 2 号の条件によるものを除く。)

1 0. 6 8 - 1 0. 7 G H z (無線通信規則第 5. 4 8 3 号の条件によるものを除く。)

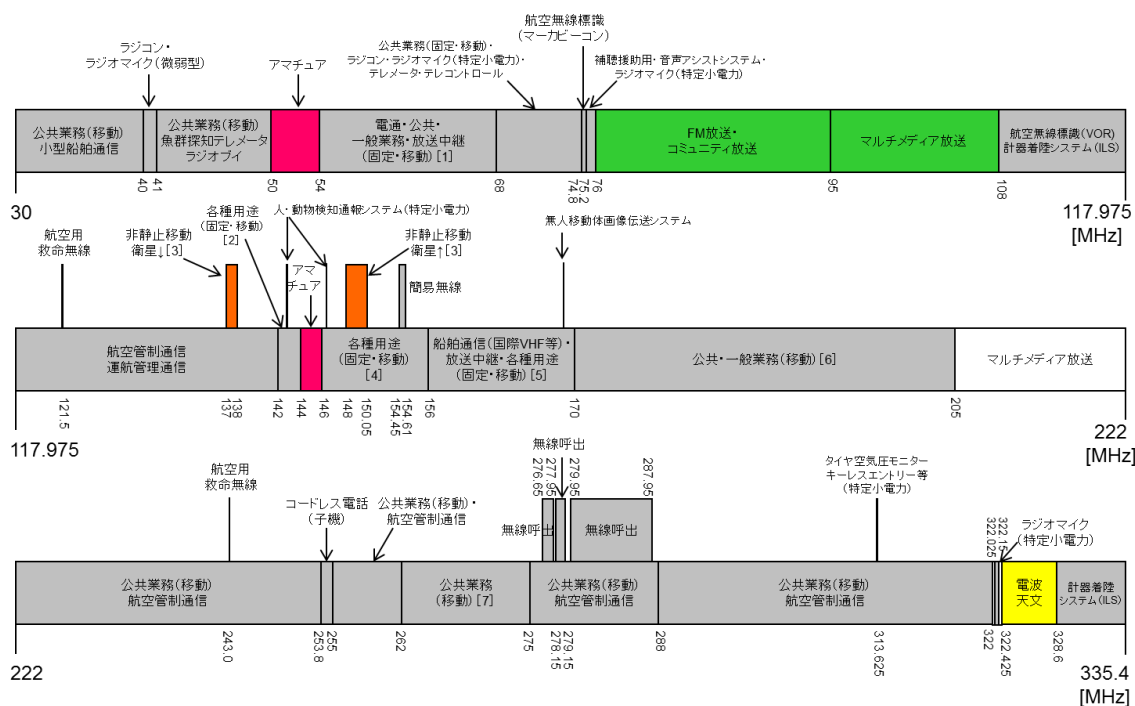
以下省略

電波の使用状況について

(総務省 電波利用ホームページより抜粋

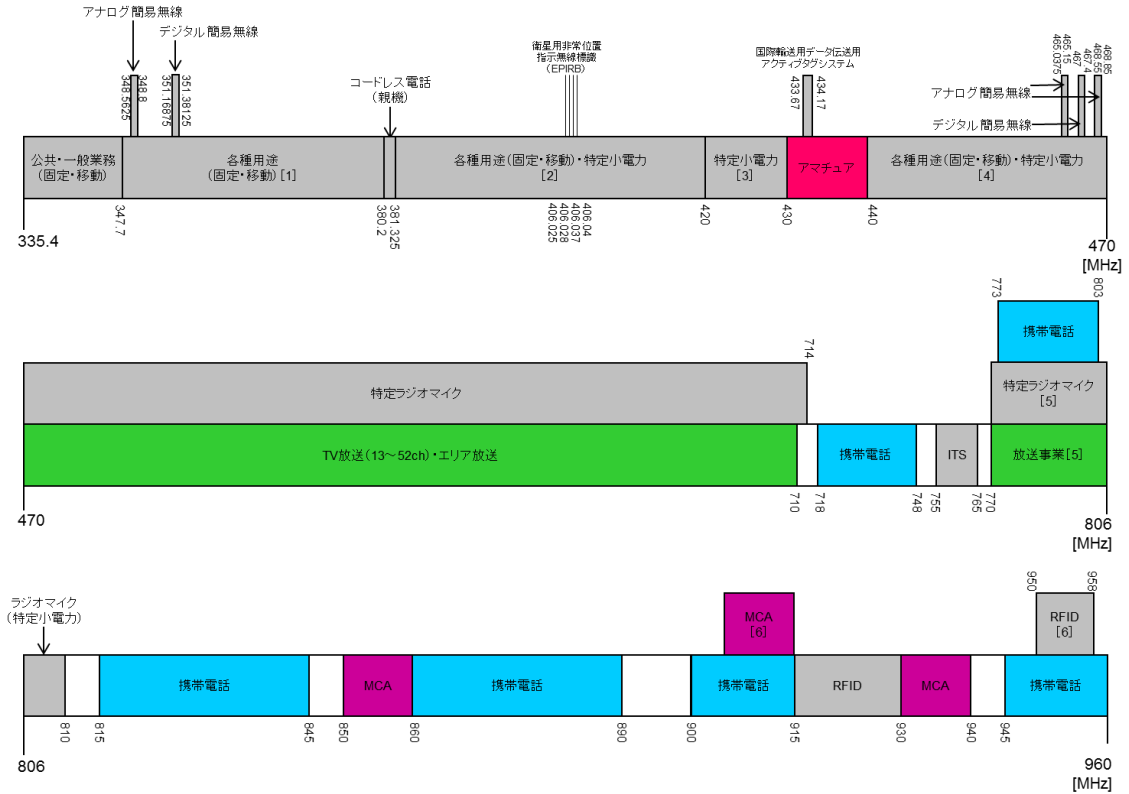
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/myuse/use/> )

30MHz~335.4MHz

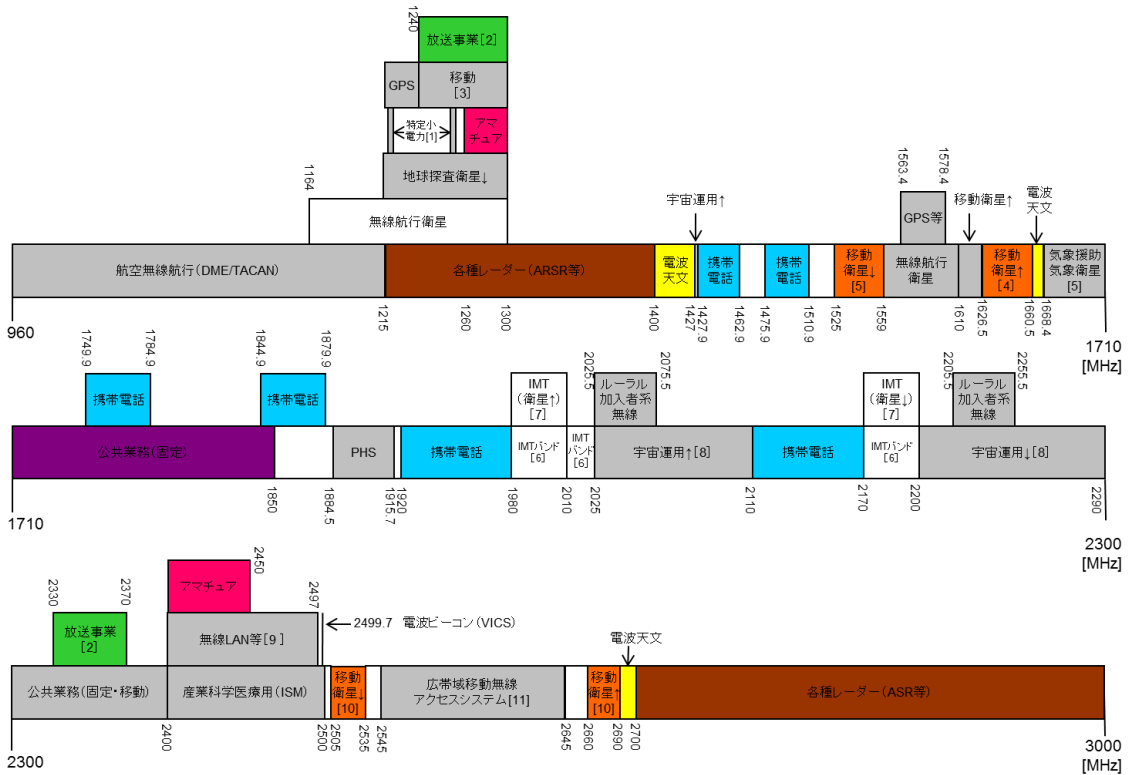




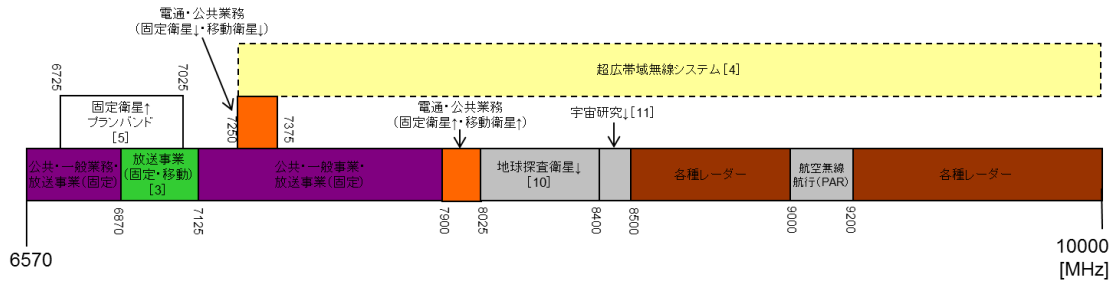
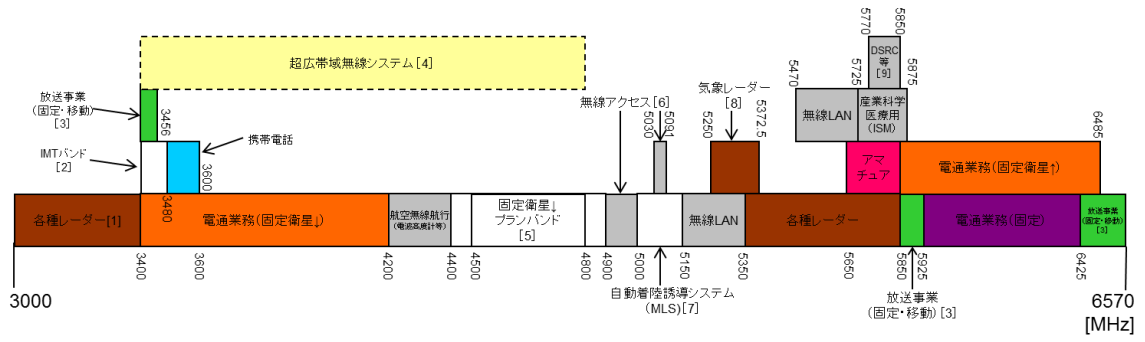
### 335.4MHz～960MHz



### 960MHz～3000MHz



### 3000MHz ~ 10000MHz



参考資料5 主な媒質の比誘電率

媒質	導電率 (S/m)		比誘電率	
	乾燥状態	湿潤状態	乾燥状態	湿潤状態
空気	0		1	
真水	$10^{-4} \sim 10^{-2}$		81	
海水	4		81	
粘土	$10^{-3} \sim 10^{-1}$	$10^{-1} \sim 1$	2~6	15~40
花崗岩	$10^{-8} \sim 10^{-6}$	$10^{-3} \sim 10^{-2}$	5	7
土壌(砂質)	$10^{-4} \sim 10^{-2}$	$10^{-2} \sim 10^{-1}$	4~6	15~30
土壌(ローム)	$10^{-4} \sim 10^{-3}$	$10^{-2} \sim 10^{-1}$	4~6	10~20
土壌(粘土質)	$10^{-4} \sim 10^{-1}$	$10^{-1} \sim 1$	4~6	10~15

参照元 : D. Daniels , Ground Penetrating Radar 2nd Ed. , 2004