

資 料

このページの資料は、[AVITEC](#) のホームページ

『 [航空保安無線施設の電波的性能](#) 』

<http://www.miyazaki-catv.ne.jp/~avitec>

における『航空保安無線施設の基礎知識』として準備したものです。

本資料は、

『[航空無線工学概論改訂版 鳳文書林 第2版 2004.3 川田輝雄](#)』

から抜粋したものであり著作権があります。

したがって、本書の内容や図表を他の書籍や報告書に引用される時は、あらかじめ下記のメールアドレスへご連絡いただき著者の許諾を得て頂く必要があります。よろしくお願いたします。

navcom@miyazaki-catv.ne.jp

川田輝雄

資料 9 電波航法システムおよびレーダシステムの一覧と発達

表 A 9-1 電波航法システムおよびレーダシステムの一覧

名称	周波数	送信電力	電波型式	有効到達距離	測定諸元	精度
1 NDB/ADF	200~1750kHz	20W~5kW	A2A	数10~500km	方位角	$\pm 5^\circ$
2 VOR	108~118MHz	50~200W	AXX	100~200NM	位相差	$\pm 3^\circ$
3 DME DME/N DME/P	960~1215MHz	100W~1.5kW	VXX	30~200NM	伝搬時間	DME/N ± 0.2 NM
4 TACAN 方位 距離	960~1215MHz	3~7.5kW	VXX	200NM	位相差 伝搬時間	$\theta \pm 2.5^\circ$ $\rho \pm 0.2$ NM
5 ILS LLZ GP マーカ	108~112MHz 328~335MHz 75MHz	約10W 2~5W 1~3W	A2X A2X A2A	25NM 10NM	変調度差 変調度差 変調音	LLZ $0.1^\circ \sim 0.5^\circ$ GP $0.1^\circ \sim 0.2^\circ$
6 MLS 角度系 DME	5031~5091MHz 3参照	10~20W 3参照	W1D VXX	30NM 30NM	時間差	AZ $0.076^\circ \sim 0.23^\circ$ EL $0.1^\circ \sim 0.14^\circ$
7 LORAN LORAN A LORAN C	1700~2000kHz 100kHz	130~160kW 400kW~3MW	P0N P0N	700~1400NM 1200~2400NM	時間差 時間差	0.5~数NM 0.25~3NM
8 OMEGA	10~14kHz	10kW	N0N	全地球上	位相差	1~2NM
9 DECCA	70~130kHz	1.2kW	N0N	350~590NM	位相差	50~750m
10 NNSS	399.968MHz 149.988MHz	1.25W 0.8W		全地球上	ドップラ 周波数	1波 $0.1 \sim 0.3$ NM 2波 0.1 NM以下
11 GPS L1 L2	1575.42MHz 1227.6 MHz	L1, C/A 28dBW L1, P 20.1dBW L2, P 20.1dBW		全地球上	時間差	SPS 約100m PPS 約22m DGPS 2~10m 干渉 2~5cm
12 ARSR	1200~1350MHz	2MW	P0N	200NM	伝搬時間	$\theta 2^\circ, \rho 450$ m
13 ASR	2700~2900MHz	約500kW	P0N	50~60NM	伝搬時間	$\theta 1.5^\circ, \rho 150$ m
14 PAR	9000~9160MHz	30kW	P0N	10NM	伝搬時間	$\theta 0.8^\circ, \rho 37$ m
15 ASDE	24250~24750MHz	30kW	P0N	3NM	伝搬時間	$\theta 0.3^\circ, \rho 3$ m
16 SSR	質問 1030MHz 応答 1090MHz MODE S	約1.5kW 18.5~27.0dBW	V1D V1D		伝搬時間	$\theta 3.5^\circ, \rho 0.2$ NM $\theta 0.1^\circ, \rho 0.03$ NM
17 航空機用 気象レーダ	5400MHz帯又は 9000MHz帯	5kW~125kW可変	P0N	150~300NM 可変	伝搬時間	$\theta 3^\circ \sim 8^\circ$ 可変 $\rho 300 \sim 900$ m可変
18 電波高度計 FMCW パルス	4250~4350MHz	0.2~0.5W 1kW	F3N P0N	FMCW 2500ft パルス5000ft	ビート 周波数 伝搬時間	± 2 ft又は距離の $\pm 2\%$ ± 5 ft又は距離の $\pm 5\%$
19 ACAS	質問 1030MHz 応答 1090MHz	27.0dBW以下 18.5~27.0dBW	V1D V1D	14NM	伝搬時間	$\theta \pm 9^\circ, \rho \pm 0.2$ NM
20 ドップラ ナビゲータ	8800~13500MHz	FMCW 0.2W パルス 1kW	F3N P0N	自立航法	ドップラ 周波数	飛行距離の0.5~1%

表 A 9-2 通信(C)・航法(N)・監視(S)の過去と将来

西暦年	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030
電気関連発明		三極管				トランジスタ								
航空機の発達		ライト兄弟		リンダーバーグ		コメット機	B727	B747		B777				
				DC3		DC8	DC9	DC10	MD80	MD11				
ICAO等					ICAO	JAL ANA	TDA							

1. 通信 (C) 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 2030

HF通信 (音声)				管制塔	ARTCC			洋上通信						
VHF通信 (音声)					管制塔, ARTCC									
VHFデータリンク								ACARS	AIRCOM	AVICOM				
衛星通信 (音声)	(AMSS)									インマルサット衛星				
衛星データリンク	(AMSS)													
MODE Sデータリンク													△	
航空通信ネットワーク	(ATN)												△	

2. 航法 (N) 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 2030

レンジ				実用 日本										
NDB/ADF			手動式DF		ADF	清水NDB								
VOR					ICAO標準	大島VOR								
DME						ICAO標準	羽田DME							
TACAN					実用	大島TACAN								
ILS					ICAO標準	羽田ILS								
MLS														△
LORAN A				実用						B727				
LORAN C					実用									
OMEGA								実用	B727, DC8-61					
ドップラNAV						実用			DC8 (防衛庁C1輸送機)					
INS/IRS								実用	B747					
GPS (GNSS)								打上開始	ブロックII B777					
GLONASS(GNSS)								打上開始						
機上気象レーダ														
電波高度計						実用	DC8							

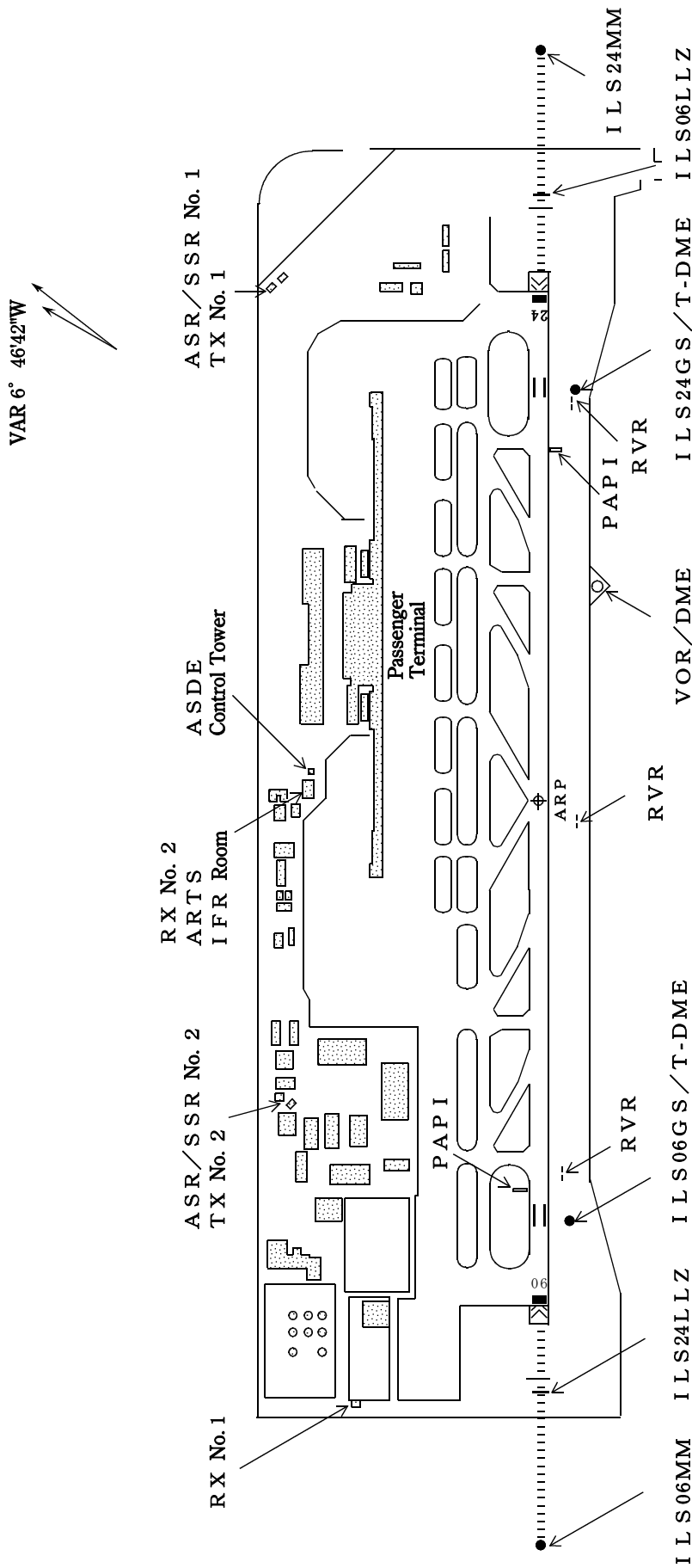
3. 監視 (S) 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 2030

GCA					実用									
ASR					実用		羽田ASR							
ARSR										箱根ARSR				
PAR							大阪PAR							
ASDE							名古屋ASDE						新SMGC	
SSR				IFF		実用	羽田SSR						モードS付き	
ORSR													モードS付き	
ADS (洋上)														
ADS (空港面)														
ACAS										ICAO標準			搭載義務化(1996.1.4)	

注1. 1900年以前の重要事項として、マックスウェルによる電波の理論的証明 (1865年)、ヘルツによる電波の存在の実験証明 (1887年)、マルコーニによる無線通信の成功 (1896年)がある。

資料11 関西国際空港等関連資料

- (1) 関西国際空港無線施設配置図
- ① 管制無線施設配置図 図A11-1 (p630) 参照
 - ② 無線施設周波数一覧表 表A11-1 (p631) 参照
 - ③ ILS 施設設置位置諸元 (p632) 参照
- (2) 関西国際空港計器進入／出発方式図
- ① KANSAI ILSRWY 06 進入方式図 (p633) 参照
 - ② KANSAI ILSRWY 24 進入方式図 (p634) 参照
 - ③ KANSAI VOR/DME RWY 06 進入方式図 (p635) 参照
 - ④ KANSAI VOR/DME RWY 24 進入方式図 (p636) 参照
 - ⑤ KANSAI STAR (標準到着経路) (p637) 参照
 - ⑥ KANSAI SID (標準計器出発方式) その1 (p638) 参照
 - ⑦ KANSAI SID (標準計器出発方式) その2 省略
 - ⑧ KANSAI SID (標準計器出発方式) その3 省略
- (3) 関西国際空港関連の無線施設写真
- 関西国際空港の無線施設の写真を本文の章の間に挿入した。
- ① ASR/SSR No. 1 アンテナおよび TX No. 1 アンテナ 写真1 (p44) 参照
 - ② IFR 室 (ASR/SSR の信号を ARTS で処理し表示している) 写真2 (p44) 参照
 - ③ 管制塔 (上段は管制卓, ASDE, ARTS DB, 下段は統括卓) 写真3 (p88) 参照
 - ④ KANSAI VOR/DME (KNE) 写真4 (p240) 参照
 - ⑤ AWAJI VOR/DME (AJE) 外観アンテナ 写真5 (p240) 参照
 - ⑥ KANSAI ILS24LLZ アンテナ 写真6 (p260) 参照
 - ⑦ KANSAI ILS24GS / T- DME アンテナ 写真7 (p260) 参照
 - ⑧ KANSAI ILS06IM (インナーマーカ) アンテナ 写真8 (p267) 参照
 - ⑨ KANSAI ILS06MM (ミドルマーカ) アンテナ 写真9 (p292) 参照
 - ⑩ KANSAI NDB (ロケータ) アンテナと太陽電池パネル (その1) 写真10 (p317) 参照
 - ⑪ KANSAI NDB (ロケータ) アンテナと太陽電池パネル (その2) 写真11 (p322) 参照
- (4) ARSRおよび航空交通管制部写真
- ① 山田 ARSR/SSR 施設外観 写真12 (p446) 参照
 - ② 東京航空交通管制部管制室 写真13 (p501) 参照
- (5) 航空衛星センター (ASC) 写真
- ① 神戸ASC (1) 写真14 (p508) 参照
 - ② 同上 (2) 写真15 (p508) 参照
 - ③ 常陸太田ASC (1) 写真16 (p514) 参照
 - ④ 同上 (2) 写真17 (p549) 参照
- (6) 航空機用気象レーダ写真
- 写真18 (p354) 参照



注. 無線施設等の外観写真を、本文の章間の余白部に挿入したので参照のこと。

図A11-1 関西国際空港管制無線施設配置図

表 A11-1 関西国際空港無線施設周波数一覧表

業務	CALL SIGN または IDENTIFICATION	電波型式	周波数 (MHz)	送信電力	備考
A/G APP	Kansai Approach	A3E	120.25 258.3	V50w U100w	VはVHF帯, UはUHF帯を示す。
A/G ASR	Kansai Radar	A3E	120.45 261.2 125.5 124.7 121.15 121.5 243.0	V50w U100w	
A/G DEP	Kansai Departure	A3E	119.2 120.65 119.5 120.85 119.75 318.0 121.5 243.0	V50w U100w	
A/G TCA	Kansai TCA	A3E	121.1 125.3 270.8	V50w U100w	
A/G TWR	Kansai Tower	A3E	118.2 236.8 126.2 121.5 243.0	V30w U100w	
A/G GND	Kansai Ground	A3E	121.6 126.2	10w	
A/G DLVRY	Kansai Delivery	A3E	121.9 126.2	10w	
ATIS	Kansai Intl Airport	A3E	127.85	50w	
VOR	KNE	AXX	111.8	200w	342536N/1351517E
DME	KNE	VXX	1016 (Ch-55)	3 kW	ELEV 12.9m(42.3ft)
ILS-LLZ	IKD	A2X	108.1	10w	RWY24末端から325m
ILS-GP	-	A2X	334.7	2w	RWY06末端から315m, 中心線から120m
ILS-DME	IKD	VXX	979 (Ch-18)	100w	RWY06末端から315m, 中心線から130m
IM	-	A2A	75	1w	RWY06末端から0.14NM
MM	-	A2A	75	1w	RWY06末端から0.49NM, 中心線から7.5m
ILS-LLZ	IKN	A2X	110.7	10w	RWY06末端から325m
ILS-GP	-	A2X	330.2	2w	RWY24末端から356m, 中心線から120m
ILS-DME	IKN	VXX	1005 (Ch-44)	100w	RWY24末端から356m, 中心線から130m
IM	-	A2A	75	1w	RWY24末端から0.14NM
MM	-	A2A	75	1w	RWY24末端から0.49NM, 中心線から7.5m
LO	KN	A2A	346 kHz	5w	RWY24末端から5.51NM
ASR	-	P0N	2885	1kw	No. 1 Site 342623N/1351522E
SSR	-	V1D	1030	1kw	No. 2 Site 342528N/1351353E
ASDE	-	P0N	24500	30kw	342548N/1351431N (管制塔屋上)

付 録

付録1. ギリシャ文字及びアルファベットとその用法

(a) ギリシャ文字とその用法

大文字	小文字	読み方	用 法
A	α	アルファ	減衰定数, 直接波垂直角 位相定数, 反射波垂直角 反射係数, 大気減衰率, 伝搬損失*, 電離層減衰量
B	β	ベータ	
Γ	γ	ガンマ	
Δ	δ	デルタ	路程差, 位相差, 帯域幅 複素誘電率
E	ε	イプシロン	
Z	ζ	ゼータ	-----
H	η	イータ	動作効率, アンテナ開口効率, 自由空間インピーダンス 位相角, はさみ角
Θ	θ	シータ	
I	ι	イオタ	-----
K	κ	カッパ	磁化率
Λ	λ	ラムダ	波長
M	μ	ミュウ	透磁率, マイクロ
N	ν	ニュウ	振動数
Ξ	ξ	クサイ, クシー	-----
O	\omicron	オミクロン	-----
Π	π	パイ	円周率
P	ρ	ロー	固有抵抗, 角周波数
Σ	σ	シグマ	和*, 導電率, 標準偏差
T	τ	タウ	時間幅
Υ	υ	ウプシロン	-----
Φ	ϕ	ファイ	位相角, 入射角, 反射係数の位相角
X	χ	カイ	-----
Ψ	ψ	プサイ	接地角
Ω	ω	オメガ	角周波数, 立体角, 角速度, 抵抗値*

(b) 10のべきの呼称

量	記号	読み方
10^{18}	E	エクサ
10^{15}	P	ペタ
10^{12}	T	テラ
10^9	G	ギガ
10^6	M	メガ
10^3	k	キロ
10^2	h	ヘクト
10^1	da	デカ
10^{-1}	d	デシ
10^{-2}	c	センチ
10^{-3}	m	ミリ
10^{-6}	μ	マイクロ
10^{-9}	n	ナノ
10^{-12}	p	ピコ
10^{-15}	f	フェムト
10^{-18}	a	アト

注. 伝搬損失 Γ , 和 Σ , 抵抗値 Ω と大文字が用いられる他は,
普通, 小文字が用いられる。

(c) アルファベットとその用法

文字	用 法	文字	用 法
A	-----	N	回転数 [rpm]
B	磁束密度 [wb/m ²]	O	-----
C	静電容量 [F]	P	電力 [W]
D	誘電束密度 [C/m ²]	Q	電荷 [C], クォリティーファクター [倍]
E	電界強度 [V/m] · [N/C]	R	抵抗 [Ω]
F	周波数 [Hz], 電磁力 [N]	S	-----
G	コンダクタンス [S]	T	周期 [sec]
H	磁界 [Wb]	U	-----
I	電流 [A]	V	電圧 [V]
J	電流密度 [A/m ²]	W	-----
K	位相定数* [$2\pi/\lambda$]	X	-----
L	リアクタンス・インダクタンス [H]	Y	アドミタンス [S]
M	相互インダクタンス [H]	Z	インピーダンス [Ω]

注1. 位相定数には, 小文字のkが用いられる。

注2. コンダクタンスとアドミタンスには, S (シーメンス) 又は Ω^{-1} が用いられる。

付録 2. 物理定数

光速度	c	2.99792458×10^8	[m/s]
電子の電荷	e	$1.6021892 \times 10^{-19}$	[C]
電子の質量	m	9.109534×10^{-31}	[kg]
電子の比電荷	e/m	1.7588047×10^{11}	[c / kg]
プランク定数	h	6.626176×10^{-34}	[J·s]
ボルツマン定数	k	1.380662×10^{-23}	[J/k]
アボガドロ定数	N _A	6.022045×10^{23}	[/mol]
ファラデー定数	F = N _A e	9.648456×10^4	[C/mol]
熱の仕事当量	J	4.1855	[J/cal]
絶対零度	T _K	273.16	[° K]
万有引力定数	G	6.6720×10^{-11}	[N·m ² / kg ²]
真空の誘電率	ε ₀	$10^7/(4\pi C^2) \doteq 8.85418782 \times 10^{-12}$	[F/m]
真空の透磁率	μ ₀	$4\pi \times 10^{-7}$	[H/m]
固有インピーダンス	Z ₀	$(\mu_0/\epsilon_0)^{1/2} \doteq 120\pi$	[Ω]
地球の赤道半径	r	6378	[km]
月の赤道半径	r	1738	[km]

付録 3. 物質の電気定数

(国立天文台編, 理科年表 pp527~541より引用, 丸善 k k, 平 5)

(A) 抵抗率

ρ [Ω·m]

物質	ρ [Ω·m]
亜鉛	5.5
アルミニウム	2.5
アンチモン	39
インジウム	8.0
カドミウム	6.8
金	2.05
銀	1.47
クロム	12.7
コバルト	5.6
コンスタンタン	49
真鍮	6.3
水銀	94.1
スズ	11.5
セシウム	21
ビスマス	107
タリウム	15
タングステン	4.9
タンタル	12.3
ジュラルミン	3.4

物質	ρ [Ω·m]
鉄	8.9
銅	1.55
ナトリウム	4.2
鉛	19.2
ニクロム	107.3
ニッケル	6.2
白金	9.81
パラジウム	10.0
ヒ素	26
ベリリウム	2.8
マグネシウム	3.94
モリブデン	5.0
リチウム	8.55
ルビジウム	11.0

(B) 比誘電率

ε_s

物質	ε _s	10 ⁴ × tan δ
ステアタイト	6	2~20
雲母	7.0	10~2
水晶	4.5	2
ソーダガラス	7.5	100~80
鉛ガラス	6.9	17~13
石英	3.8	10~1
大理石	8	400
クラフト紙	2.9	45
ボール紙	3.2	80
ゴム (シリコン)	8.5	50~10
ゴム (天然)	2.4	15~100
ゴム (ネオプレン)	6.5	300
	~5.7	~900
パラフィン	2.2	2
海水	81	
湿地	30	
沃地	10	
乾地	4	
変圧器油	2.2	
空気	1	
酸化チタン	80~100	
チタン酸バリウム	1,000	
	~20,000	

注. tan δ = ε_s の虚数成分 / ε_s の実数成分

付録4. 周波数帯の呼称

(1) 電波の周波数帯の区分と呼称 (注1)

Band number	周波数 (注2)	呼 称	
		英 国	米 国
-1	0.03~0.3Hz	ULF	ultra low frequency
0	0.3~3Hz		
1	3~30Hz	ELF	extremely low frequency
2	30~300Hz		
3	300~3,000Hz		
4	3~30kHz	VLF	very low frequency
5	30~300kHz	LF	low frequency
6	300~3,000kHz	MF	medium frequency
7	3~30MHz	HF	high frequency
8	30~300MHz	VHF	very high frequency
9	300~3,000MHz	UHF	ultra high frequency
10	3~30GHz	SHF	super high frequency
11	30~300GHz	EHF	extremely high frequency

(2) レーダ用周波数帯の呼称

周波数 (GHz)	慣用区分		MIL 選定の呼称STD4631972(注3)
	英国	米国	
0.1	P	0.15	A
0.2		G	
0.3	L	0.25	0.25
		P	
	L	0.39	B
		L	
	S	0.5	C
		L	
	S	1.55	D
		S	
3.0	C	2.5	E
		S	
	X	3.9	F
		C	
	J	6.2	G
		X	
	K	10.9	H
		X	
	K	15.25	I
		Ku	
	K	17.25	10
		K	
	Q	20	J
		K	
30	O	27	K
		Q	
	V	33	
		Ka	
	V	35	
		O	
	V	46	40
		V	
	V	56	L
		V	
100	V	70	
		V	
	V	75	60
		V	
	V	W	M
		V	

注1. 電波法による電波の周波数範囲は、0~3THz(3,000GHz)である。

注2. 周波数の範囲は上限を含み、下限を含まない。

注3. MIL : Military specifications and standards (米軍規格)

付録 5. 電波の型式の表示

電波の主搬送波の変調の型式、主搬送波を変調する信号の性質および伝送情報の型式は、次の各号に掲げるように分類し、それぞれ当該各号に掲げる記号をもって表示する。ただし、主搬送波を変調する信号の性質を表示する記号は、対応する算用数字をもって表示することがあるものとする。

1. 主搬送波の変調の型式	記号
(1) 無変調	N
(2) 振幅変調	
① 両側波帯	A
② 全搬送波による単側波帯	H
③ 低減搬送波による単側波帯	R
④ 抑圧搬送波による単側波帯	J
⑤ 独立側波帯	B
⑥ 残留側波帯	C
(3) 角度変調	
① 周波数変調	F
② 位相変調	G
(4) 同時に、または一定の順序で振幅変調および角度変調を行うもの	D
(5) パルス変調	
① 無変調パルス列	P
② 変調パルス列	
ア 振幅変調	K
イ 幅変調または時間変調	L
ウ 位置変調または位相変調	M
エ パルスの期間中に搬送波を角度変調するもの	Q
オ アからエまでの各変調の組合わせまたは他の方法によって変調するもの	V
(6) (1) から (5) までに該当しないものであって、同時に、または一定の順序で振幅変調、角度変調またはパルス変調のうちの2以上を組合わせておこなうもの	W
(7) その他のもの	X
2. 主搬送波を変調する信号の性質	記号
(1) 変調信号のないもの	0
(2) デジタル信号である単一信号であるもの	
① 変調のための副搬送波を使用しないもの	1
② 変調のための副搬送波を使用するもの	2
(3) アナログ信号である単一チャンネルのもの	3
(4) デジタル信号である2以上のチャンネルのもの	7
(5) アナログ信号である2以上のチャンネルのもの	8
(6) デジタル信号の1または2以上のチャンネルと、アナログ信号の1または2以上のチャンネルを複合したもの	9
(7) その他のもの	X
3. 伝送情報の型式	記号
(1) 無情報	N
(2) 電信	
① 聴覚受信を目的とするもの	A
② 自動受信を目的とするもの	B
(3) ファクシミリ	C
(4) データ伝送、遠隔測定または遠隔指令	D
(5) 電話（音響の放送を含む。）	E
(6) テレビジョン（映像に限る。）	F
(7) (1) から (6) までの型式の組合わせのもの	W
(8) その他のもの	X

付録6．空中線電力の表示

1．空中線電力の定義

空中線電力とは、送信機から空中線系の給電線に供給される電力をいう。空中線電力は、発射する電波の型式によって、尖頭電力、平均電力、搬送波電力または規格電力で表示される。

(1) 尖頭電力

通常の動作状態において、変調包絡線の最高尖頭における無線周波数1ヘルツの間に送信機から空中線系の給電線に供給される平均の電力をいう。

(2) 平均電力

通常の動作中の送信機から空中線系の給電線に供給される電力であって、変調において用いられる最低周波数の周期に比較して十分長い時間（通常、平均の電力が最大である約10分の1秒間）にわたって平均されたものをいう。

(3) 搬送波電力

変調のない状態における無線周波数1ヘルツの間に送信機から空中線系の給電線に供給される平均の電力をいう。ただし、この定義はパルス変調の発射には適用しない。

(4) 規格電力

終段真空管の使用状態における出力規格の値をいう。

2．空中線電力の表示

主搬送波の変調の型式	主搬送波を変調する信号の性質	空中線電力
A	1	尖頭電力 (pX)
	2	(1) 主搬送波を変調するものにあつては尖頭電力 (pX) (2) その他のものにあつては平均電力 (pY)
	3	(1) 放送局の設備にあつては搬送波電力 (pZ) (2) 航空機用救命無線機または航空機用携帯無線機であつて、伝送情報の型式の記号がXであるものにあつては、尖頭電力 (pX) (3) その他のものにあつては平均電力 (pY)
	7またはX	(1) 断続しない全搬送波を使用するものにあつては平均電力 (pY) (2) その他のものにあつては尖頭電力 (pX)
	8または9	平均電力 (pY)
B		尖頭電力 (pX)
C	3	(1) 放送局の設備にあつては尖頭電力 (pX) (2) 放送局以外の無線局の設備にあつては平均電力 (pY)
	7またはX	(1) 断続しない全搬送波を使用するものにあつては平均電力 (pY) (2) その他のものにあつては尖頭電力 (pX)
	8または9	平均電力 (pY)
F, G, H, N,		平均電力 (pY)
J, K, L, M, P, R, V		尖頭電力 (pX)

付録 7. デシベル換算表

d B 値	真値	d B 値	真値	d B 値	真値	d B 値	真値
0.0	1.000	19	8.91	47	224.0	74	5,010.0
0.1	1.012	20	10.0	48	251.0	75	5,620.0
0.2	1.023	21	11.2	49	282.0	76	6,310.0
0.3	1.035	22	12.6	50	316.0	77	7,080.0
0.4	1.047	23	14.1	51	355.0	78	7,940.0
0.5	1.059	24	15.8	52	399.0	79	8,910.0
0.6	1.072	25	17.8	53	447.0	80	10,000.0
0.7	1.084	26	20.0	54	501.0	81	11,200.0
0.8	1.096	27	22.4	55	562.0	82	12,600.0
0.9	1.109	28	25.1	56	631.0	83	14,100.0
1	1.122	29	28.2	57	708.0	84	15,800.0
2	1.259	30	31.6	58	794.0	85	17,800.0
3	1.413	31	35.5	59	891.0	86	20,000.0
4	1.585	32	39.8	60	1,000.0	87	22,400.0
5	1.778	33	44.7	61	1,120.0	88	25,100.0
6	1.995	34	50.1	62	1,260.0	89	28,200.0
7	2.24	35	56.2	63	1,410.0	90	31,600.0
8	2.51	36	63.1	64	1,580.0	91	35,500.0
9	2.82	37	70.8	65	1,780.0	92	39,800.0
10	3.16	38	79.4	66	2,000.0	93	44,700.0
11	3.55	39	89.1	67	2,240.0	94	50,100.0
12	3.98	40	100.0	68	2,510.0	95	56,200.0
13	4.47	41	112.0	69	2,820.0	96	63,100.0
14	5.01	42	126.0	70	3,160.0	97	70,800.0
15	5.62	43	141.0	71	3,550.0	98	79,400.0
16	6.31	44	158.0	72	3,980.0	99	89,100.0
17	7.08	45	178.0	73	4,470.0	100	100,000.0
18	7.94	46	200.0				

注 1. 電圧 V_2 の基準電圧 V_1 に対する dB 値は、 $20\log V_2/V_1$ 求められる。例えば、 $1\mu\text{V}$ を基準電圧 (0dB) とすると、 $100\mu\text{V}$ は $40\text{dB}\mu$ 、 $0.1\mu\text{V}$ は $-20\text{dB}\mu$ である。(上の換算表から直読できる。)

なお、 $\text{dB}\mu$ の最後の μ の文字は、基準電圧が $1\mu\text{V}$ であることを示している。

注 2. 電流 I_2 の基準電流 I_1 に対する dB 値は、電圧と同様に、 $20\log I_2/I_1$ で求められる。(上の換算表から直読できる。)

注 3. 電力 W_2 の基準電力 W_1 に対する dB 値は、 $10\log W_2/W_1$ 求められる。例えば、 1mW を基準電力 (0dB) とすると、 100mW は 20dBm 、 0.1mW は -10dBm である。(上の換算表の dB 値の $1/2$ となることに注意。) なお、 dBm の最後の m の文字は、基準電力が 1mW であることを示す。

注 4. 電力の dB 値は、電圧、電流の dB 値の半分である。これは、次式から理解されよう。

$$10\log W_2/W_1 = 10\log (V_2/V_1)^2 = 20\log (V_2/V_1) = 20\log (I_2/I_1)$$

注 5. ICAO Annex10 によると、VOR の通達範囲は、電界強度 $90\mu\text{V/m}$ 以上または電力密度 -107dBW/m^2 以上の範囲としている。これは、電力密度 $P = E^2/120\pi$ の式に、 $E = 90\mu\text{V/m}$ を代入して dB に換算すると、 $10\log P = -107\text{dB/m}^2$ として求められる。

注 6. 人間の耳は、普通、 120dB の音圧レベルの範囲を聞き取ることができる。 $120\text{dB} = 100\text{dB} + 20\text{dB}$ であるから、上表から $100,000 \times 10$ 倍 = 100 万倍の範囲となる。なお、聞きうる最小の音圧レベルは、 1kHz において $0.0002 \times 10^{-6}\text{bar}$ である。¹⁾

注 7. 人間の感覚は、刺激の対数に比例する。(ウエーバ・フェヒナの法則という。) 騒音で用いられるホンは、音圧レベルを人間が耳で音を聞いた場合の音の大きさで表したものであり、音圧レベル 90dB 以上では両者はほぼ一致するが、それ以下では音圧レベル値よりホン値は小さくなる。この傾向は、 1kHz 以下の低い周波数ほど著しい。例えば、 40 ホンに聞こえる 100Hz と 1kHz では、前者の音圧レベルは後者と比べて約 22dB 大きい。¹⁾

付録 8. 公式等

1. 三角関数

(1) 図のような三角形について次の関係式が成り立つ。

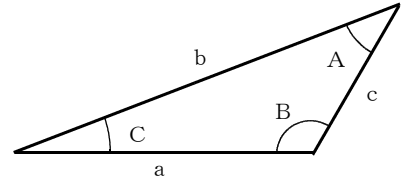
(ただし R は、外接円の半径である。)

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

$$b^2 = c^2 + a^2 - 2ca \cos B$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$$



(2) 一般式 (次に記した加法定理と関連づけて記憶しておくとうい。)

$$\sin(-A) = -\sin A \quad \sin(90^\circ - A) = \cos A \quad \sin(180^\circ - A) = \sin A$$

$$\cos(-A) = \cos A \quad \cos(90^\circ - A) = \sin A \quad \cos(180^\circ - A) = -\cos A$$

$$\tan(-A) = -\tan A \quad \tan(90^\circ - A) = \cot A \quad \tan(180^\circ - A) = -\tan A$$

$$\sin^2 A + \cos^2 B = 1$$

(3) 加法定理 (任意の角 X, Y について次の関係式が成り立つ。)

① 加法定理

$$\sin(X \pm Y) = \sin X \cos Y \pm \cos X \sin Y \quad \cos(X \pm Y) = \cos X \cos Y \mp \sin X \sin Y$$

$$\tan(X \pm Y) = \frac{\tan X \pm \tan Y}{1 \mp \tan X \tan Y}$$

② 倍角の公式

$$\sin 2X = 2 \sin X \cos X \quad \cos 2X = \cos^2 X - \sin^2 X = 2 \cos^2 X - 1 = 1 - 2 \sin^2 X$$

$$\tan 2X = \frac{2 \tan X}{1 - \tan^2 X}$$

③ 半角の公式

$$\sin^2 \frac{X}{2} = \frac{1 - \cos X}{2} \quad \cos^2 \frac{X}{2} = \frac{1 + \cos X}{2} \quad \tan^2 \frac{X}{2} = \frac{1 - \cos X}{1 + \cos X}$$

(4) 和⇔積の公式

① 和→積

$$\sin X + \sin Y = 2 \sin \frac{X+Y}{2} \cos \frac{X-Y}{2} \quad \sin X - \sin Y = 2 \cos \frac{X+Y}{2} \sin \frac{X-Y}{2}$$

$$\cos X + \cos Y = 2 \cos \frac{X+Y}{2} \cos \frac{X-Y}{2} \quad \cos X - \cos Y = -2 \sin \frac{X+Y}{2} \sin \frac{X-Y}{2}$$

② 積→和

$$\sin X \cos Y = \frac{1}{2} \{ \sin(X+Y) + \sin(X-Y) \} \quad \cos X \sin Y = \frac{1}{2} \{ \sin(X+Y) - \sin(X-Y) \}$$

$$\cos X \cos Y = \frac{1}{2} \{ \cos(X+Y) + \cos(X-Y) \} \quad \sin X \sin Y = -\frac{1}{2} \{ \cos(X+Y) - \cos(X-Y) \}$$

2. 代数

(1) 代数の和

$$1+2+3+\dots+n=\frac{n(n+1)}{2}$$

$$1+r+r^2+\dots+r^n=\frac{1+r^{n+1}}{1-r}$$

$$1^2+2^2+3^2+\dots+n^2=\frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

(2) 行列式

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} = a_1 b_2 - a_2 b_1$$

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{31}a_{22}a_{13} - a_{32}a_{23}a_{11} - a_{33}a_{21}a_{12}$$

(3) 指数

$$a^m \times a^n = a^{m+n} \quad (a^m)^n = a^{mn} \quad (a b)^m = a^m b^m$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

(4) 対数

$$\log_a XY = \log_a X + \log_a Y \quad \log_a \frac{X}{Y} = \log_a X - \log_a Y \quad \log_a X^n = n \log_a X$$

$$\log_a X^{1/n} = \frac{1}{n} \log_a X \quad \log_b a = \frac{\log_c a}{\log_c b} \quad \log_b a \log_a b = 1$$

$$\log_{10} X = \log_{10} e \log_e X \quad \log_e X = \log_e 10 \log_{10} X \quad \log_{10} e = 0.434294$$

$$\log_e 10 = 2.30259 \quad e = 2.71828$$

(5) 複素数

$$j = \sqrt{-1} \quad j^2 = -1 \quad j = e^{j\frac{\pi}{2}}$$

$$\dot{Z} = X + jY \quad \dot{Z} = Z(\cos\theta + j\sin\theta) = Z e^{j\theta}$$

$$Z = |\dot{Z}| = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad \theta = \arg \dot{Z} = \tan^{-1} \frac{Y}{X}$$

$$\dot{Z}_1 = X_1 + jY_1 = Z_1 e^{j\theta_1}, \quad \dot{Z}_2 = X_2 + jY_2 = Z_2 e^{j\theta_2} \quad \text{とすると,}$$

$$\dot{Z}_1 \pm \dot{Z}_2 = (X_1 \pm X_2) \pm j(Y_1 \pm Y_2)$$

$$\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 = Z_1 Z_2 e^{j(\theta_1 + \theta_2)} = Z_1 Z_2 \{\cos(\theta_1 + \theta_2) + j\sin(\theta_1 + \theta_2)\}$$

$$\dot{Z}_1 / \dot{Z}_2 = (Z_1 / Z_2) e^{j(\theta_1 - \theta_2)} = (Z_1 / Z_2) \{\cos(\theta_1 - \theta_2) + j\sin(\theta_1 - \theta_2)\}$$

3. 級数展開

(1) マクローリンの定理

$$f(x) = f(0) + f'(0)x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \frac{f'''(0)}{3!}x^3 + \dots + \frac{f^n(0)}{n!}x^n + \dots$$

(2) テーラーの定理

$$f(x+h) = f(x) + f'(x)h + \frac{f''(x)}{2!}h^2 + \frac{f'''(x)}{3!}h^3 + \dots + \frac{f^{(n)}(x)}{n!}h^n + \dots$$

(3) 指数関数

$$e^x \equiv \exp X = 1 + \frac{X}{1!} + \frac{X^2}{2!} + \frac{X^3}{3!} + \dots$$

(4) 対数関数

$$\log(1+X) = \frac{X}{1} - \frac{X^2}{2} + \frac{X^3}{3} - \frac{X^4}{4} + \dots \quad (-1 < X \leq 1)$$

$$\log X = 2 \left[\frac{x-1}{x+1} + \frac{1}{3} \left(\frac{x-1}{x+1} \right)^3 + \frac{1}{5} \left(\frac{x-1}{x+1} \right)^5 \right] \quad (0 < X < \infty)$$

(5) 三角関数

$$\sin X = \frac{X}{1!} - \frac{X^3}{3!} + \frac{X^5}{5!} - \frac{X^7}{7!} + \dots \quad (|X| < \infty)$$

$$\cos X = 1 - \frac{X^2}{2!} + \frac{X^4}{4!} - \frac{X^6}{6!} + \dots \quad (|X| < \infty)$$

(6) オイラーの公式

$$e^{jX} = \cos X + j \sin X$$

$$e^{-jX} = \cos X - j \sin X$$

$$\cos X = \frac{e^{jX} + e^{-jX}}{2}$$

$$\sin X = \frac{e^{jX} - e^{-jX}}{2j}$$

(7) 二項定理

$$f(x) = (1+X)^n = 1 + nX + \frac{n(n-1)}{2!}X^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!}X^3 + \dots \\ + \frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-r+1)}{r!}X^r + \dots + X^n$$

4. フーリエ級数

f(x)が, $-\pi < x < \pi$ において

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nX + b_n \sin nX)$$

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dX$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nX dX$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nX dX$$

5. 微分

$$\frac{d}{dX} X^n = n X^{n-1}$$

$$\frac{d}{dX} a^x = a^x \log a \quad (a \neq 0)$$

$$\frac{d}{dX} e^x = e^x$$

$$\frac{d}{dX} \log_a X = \frac{1}{X} \log_a e$$

$$\frac{d}{dX} \log X = \frac{1}{X}$$

$$\frac{d}{dX} \sin X = \cos X$$

$$\frac{d}{dX} \cos X = -\sin X$$

$$\frac{d}{dX} \tan X = \frac{1}{\cos^2 X}$$

6. 積分

$$\int X^n dX = \frac{1}{n+1} X^{n+1} \quad (n \neq -1)$$

$$\int (aX+b)^n dX = \frac{(aX+b)^{n+1}}{(n+1)a}$$

$$\int \frac{1}{X} dX = \log X$$

$$\int \frac{1}{aX+b} dX = \frac{1}{a} \log (aX+b)$$

$$\int \frac{X}{X^2+a^2} dX = \frac{1}{2} \log (X^2+a^2)$$

$$\int \frac{1}{X^2+a^2} dX = \frac{1}{a} \tan^{-1} \frac{X}{a}$$

$$\int \frac{1}{X^2-a^2} dX = \frac{1}{2a} \log \left| \frac{X-a}{X+a} \right|$$

$$\int \frac{X}{\sqrt{a^2-X^2}} dX = -\sqrt{a^2-X^2}$$

$$\int e^{kx} dX = \frac{1}{k} e^{kx}$$

$$\int a^x dX = \frac{1}{\log a} a^x \quad (a > 0, a \neq 1)$$

$$\int \log X dX = X \log X - X$$

$$\int \sin X dX = -\cos X$$

$$\int \cos X dX = \sin X$$

$$\int \sin^2 X dX = \frac{1}{2} (X - \sin X)$$

$$\int \cos^2 X dX = \frac{1}{2} (X + \sin X)$$

付録9. 三角関数表

度	sin	cos	tan
0.0	0.0000	1.0000	0.0000
0.1	0.0017	1.0000	0.0017
0.2	0.0035	1.0000	0.0035
0.3	0.0052	1.0000	0.0052
0.4	0.0070	1.0000	0.0070
0.5	0.0087	1.0000	0.0087
0.6	0.0105	0.9999	0.0105
0.7	0.0122	0.9999	0.0122
0.8	0.0140	0.9999	0.0140
0.9	0.0157	0.9999	0.0157
1.0	0.0175	0.9998	0.0175
1.1	0.0192	0.9998	0.0192
1.2	0.0209	0.9998	0.0209
1.3	0.0227	0.9997	0.0227
1.4	0.0244	0.9997	0.0244
1.5	0.0262	0.9997	0.0262
1.6	0.0279	0.9996	0.0279
1.7	0.0297	0.9996	0.0297
1.8	0.0314	0.9995	0.0314
1.9	0.0332	0.9995	0.0332
2.0	0.0349	0.9994	0.0349
2.1	0.0366	0.9993	0.0367
2.2	0.0384	0.9993	0.0384
2.3	0.0401	0.9992	0.0402
2.4	0.0419	0.9991	0.0419
2.5	0.0436	0.9990	0.0437
2.6	0.0454	0.9990	0.0454
2.7	0.0471	0.9989	0.0472
2.8	0.0488	0.9988	0.0489
2.9	0.0506	0.9987	0.0507
3.0	0.0523	0.9986	0.0524
3.1	0.0541	0.9985	0.0542
3.2	0.0558	0.9984	0.0559
3.3	0.0576	0.9983	0.0577
3.4	0.0593	0.9982	0.0594
3.5	0.0610	0.9981	0.0612
3.6	0.0628	0.9980	0.0629
3.7	0.0645	0.9979	0.0647
3.8	0.0663	0.9978	0.0664
3.9	0.0680	0.9977	0.0682
4.0	0.0698	0.9976	0.0699
4.1	0.0715	0.9974	0.0717
4.2	0.0732	0.9973	0.0734
4.3	0.0750	0.9972	0.0752
4.4	0.0767	0.9971	0.0769
4.5	0.0785	0.9969	0.0787
4.6	0.0802	0.9968	0.0805
4.7	0.0819	0.9966	0.0822
4.8	0.0837	0.9965	0.0840
4.9	0.0854	0.9963	0.0857
5.0	0.0872	0.9962	0.0875
5.1	0.0889	0.9960	0.0892
5.2	0.0905	0.9959	0.0910
5.3	0.0924	0.9957	0.0928
5.4	0.0941	0.9956	0.0945
5.5	0.0958	0.9954	0.0963
5.6	0.0976	0.9952	0.0981
5.7	0.0993	0.9951	0.0998
5.8	0.1011	0.9949	0.1016
5.9	0.1028	0.9947	0.1033

度	sin	cos	tan
6	0.1045	0.9945	0.1051
7	0.1219	0.9925	0.1228
8	0.1392	0.9903	0.1405
9	0.1564	0.9877	0.1584
10	0.1736	0.9848	0.1763
11	0.1908	0.9816	0.1944
12	0.2079	0.9781	0.2126
13	0.2250	0.9744	0.2309
14	0.2419	0.9703	0.2493
15	0.2588	0.9659	0.2679
16	0.2756	0.9613	0.2867
17	0.2924	0.9563	0.3057
18	0.3090	0.9511	0.3249
19	0.3256	0.9455	0.3443
20	0.3420	0.9397	0.3640
21	0.3584	0.9336	0.3839
22	0.3746	0.9272	0.4040
23	0.3907	0.9205	0.4245
24	0.4067	0.9135	0.4452
25	0.4226	0.9063	0.4663
26	0.4384	0.8988	0.4877
27	0.4540	0.8910	0.5095
28	0.4695	0.8829	0.5317
29	0.4848	0.8746	0.5543
30	0.5000	0.8660	0.5774
31	0.5150	0.8572	0.6009
32	0.5299	0.8480	0.6249
33	0.5446	0.8387	0.6494
34	0.5592	0.8290	0.6745
35	0.5736	0.8192	0.7002
36	0.5878	0.8090	0.7265
37	0.6018	0.7986	0.7536
38	0.6157	0.7880	0.7813
39	0.6293	0.7771	0.8098
40	0.6428	0.7660	0.8391
41	0.6561	0.7547	0.8693
42	0.6691	0.7431	0.9004
43	0.6820	0.7314	0.9325
44	0.6947	0.7193	0.9657
45	0.7071	0.7071	1.0000
46	0.7193	0.6947	1.0355
47	0.7314	0.6820	1.0724
48	0.7431	0.6691	1.1106
49	0.7547	0.6561	1.1504
50	0.7660	0.6428	1.1918
51	0.7771	0.6293	1.2349
52	0.7880	0.6157	1.2799
53	0.7986	0.6018	1.3270
54	0.8090	0.5878	1.3764
55	0.8192	0.5736	1.4281
56	0.8290	0.5592	1.4826
57	0.8387	0.5446	1.5399
58	0.8480	0.5299	1.6003
59	0.8572	0.5150	1.6643
60	0.8660	0.5000	1.7321
61	0.8746	0.4848	1.8040
62	0.8829	0.4695	1.8807
63	0.8910	0.4540	1.9626
64	0.8988	0.4384	2.0503
65	0.9063	0.4226	2.1445

度	sin	cos	tan
66	0.9135	0.4067	2.2460
67	0.9205	0.3907	2.3559
68	0.9272	0.3746	2.4751
69	0.9336	0.3584	2.6051
70	0.9397	0.3420	2.7475
71	0.9455	0.3256	2.9042
72	0.9511	0.3090	3.0777
73	0.9563	0.2924	3.2709
74	0.9613	0.2756	3.4874
75	0.9659	0.2588	3.7321
76	0.9703	0.2419	4.0108
77	0.9744	0.2250	4.3315
78	0.9781	0.2079	4.7046
79	0.9816	0.1908	5.1446
80	0.9848	0.1736	5.6713
81	0.9877	0.1564	6.3138
82	0.9903	0.1392	7.1154
83	0.9925	0.1219	8.1443
84	0.9945	0.1045	9.5144
85	0.9962	0.0872	11.4301
86	0.9976	0.0698	14.3007
87	0.9986	0.0523	19.0811
88	0.9994	0.0349	28.6363
89	0.9998	0.0175	57.2900
90	1.0000	0.0000	-

参考文献

本書の作成にあたっては、下記の多数の文献を参照し、また図表等を引用させて頂いた。参照及び引用させて頂いた著者に対して深く感謝致します。なお、引用箇所及び参照箇所の表示は次のように行った。

- 1) 引用した図表等は、本文の該当個所の右上に文献番号を記載するとともに、下記の文献一覧表中に関連するページと図番及び図名称を下線を引いて示した。
- 2) 参考にした文章及び図表等は、本文の該当個所の右上に文献番号を記載するとともに、下記の文献一覧表中に関連するページ及び内容のキーワードを記載した。読者がさらに深く学ぶときの参考としてほしい。
- 3) 下記の文献一覧表中でページ表示のないものは、全般的に参考とした文献である。
- 4) なお参考文献は、著者が入手した範囲内のものを記載したものである。1章電気物理、2章電気回路、3章半導体、4章電子回路、5章電源等の基礎的部分については、ここに記載したもの以外に多数の参考書籍等がある。

資料

- 1) 運輸省航空局編：航空保安業務の概要， p48（図42 航空交通管制情報処理システムの概要）， p51（図43 航空交通管制情報処理システム概念図）， p52（図44 飛行計画情報処理(FDP)システムの情報の流れ）， p54（図46 RDP の情報の流れ）， p55（図47 RDP 表示の種類）， p56（図48 ARTS の情報の流れ）， p57（図49 ARTS の表示例），（1995）
- 2) 運輸省航空局編：システム管理研修第5編 ARTS-RDP，（1995）
- 3) 運輸省航空局無線課編：航空衛星システム概説書， pp38～41（FANS の CNS 機能の概念）， pp58～64（衛星監視機能）， pp54～57（衛星航法機能）， pp65～71（COSPAS- SARSAT）（1992）
- 4) 北 幸雄，加藤 敏，佐渡邦夫：運輸多目的衛星計画について，航空無線4号，航空保安無線システム協会，pp4～12，（1995）
- 5) 馬場耕一：次世代航空保安システムのあり方（航空審議会答申；平成6年6月13日）について，航空無線創刊号，航空保安無線システム協会，pp4～11，（1994）
- 6) 岡田和男：将来の航空航法システム（衛星を中心としたシステム），航空無線創刊号～3号連載，創刊号 pp64～69，2号 pp67～74，3号 pp63～71，航空保安無線システム協会，（1994～1995）
- 7) 川田輝雄：pp448～450（エリアナビゲーション）， pp450～451（飛行管理システム），電波技術ハンドブック，第3章電波航法，日刊工業新聞社，（昭 63）
- 8) J Powell :Aircraft Radio Systems, PITMAN PUBLISHING LIMITED, p203（図12.1 General area navigation system）（1981）

- 9) 岡田実編：航空電子装置，日刊工業新聞社，pp80～85 (RNAV システム)， (1979)
- 10) 航空電子システム編集委員会編：航空電子システム，日刊工業新聞社，pp397～408 (飛行管理システム開発の
現状と将来動向)， (昭 58)
- 11) 航空宇宙電子システム編集委員会編：航空宇宙電子システム，航空保安無線システム協会，pp212
～215 (フラ
イトマネジメントシステム)， (1995)

付 録

- 1) 伊藤健一：デシベルのはなし，日刊工業新聞社，p112～113 (ホンと d B，図5.11 フィレッチャーマンソンの
等感度曲線)， (1990)