

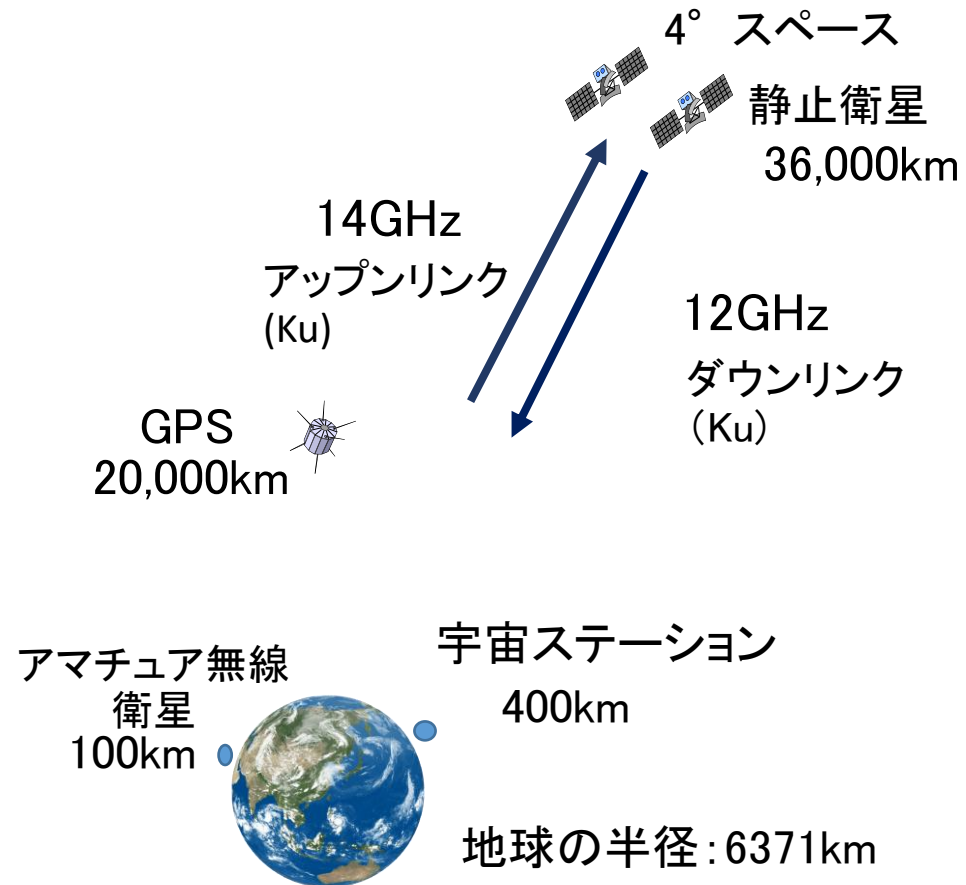
衛星通信地球局 の製作

- アマチュア無線局との違い および その豆知識 -

2022年11月5日

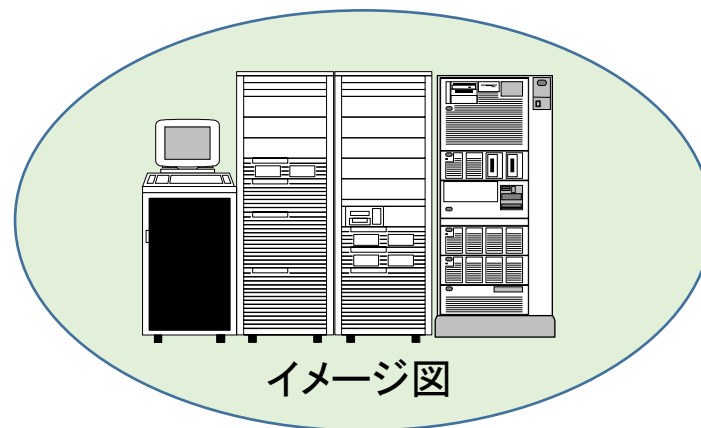
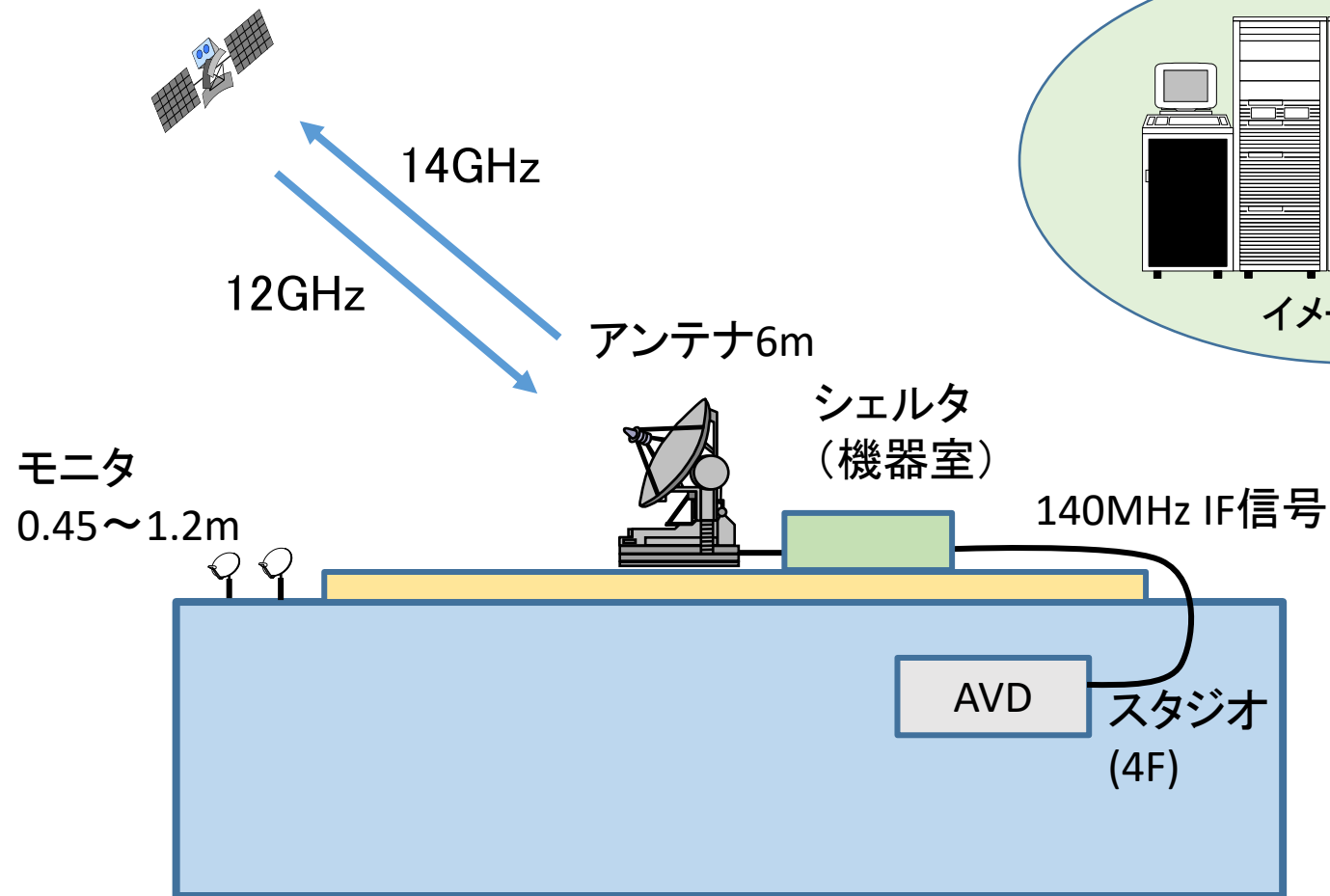
相野恒雄 (JP3HZM)

静止衛星の位置



地球局の構成

静止衛星 (Kuバンド)

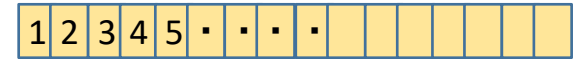


仕様とブロック図

- ・最大出力: 600W
- ・変調方式: QPSK
- ・伝送速度: 42.192Mbps
- ・映像配信: MPEG2 4CH多重
- ・スクランブル: M方式

JC-Sat 1: 150° E

周波数: 14GHz/12GHz

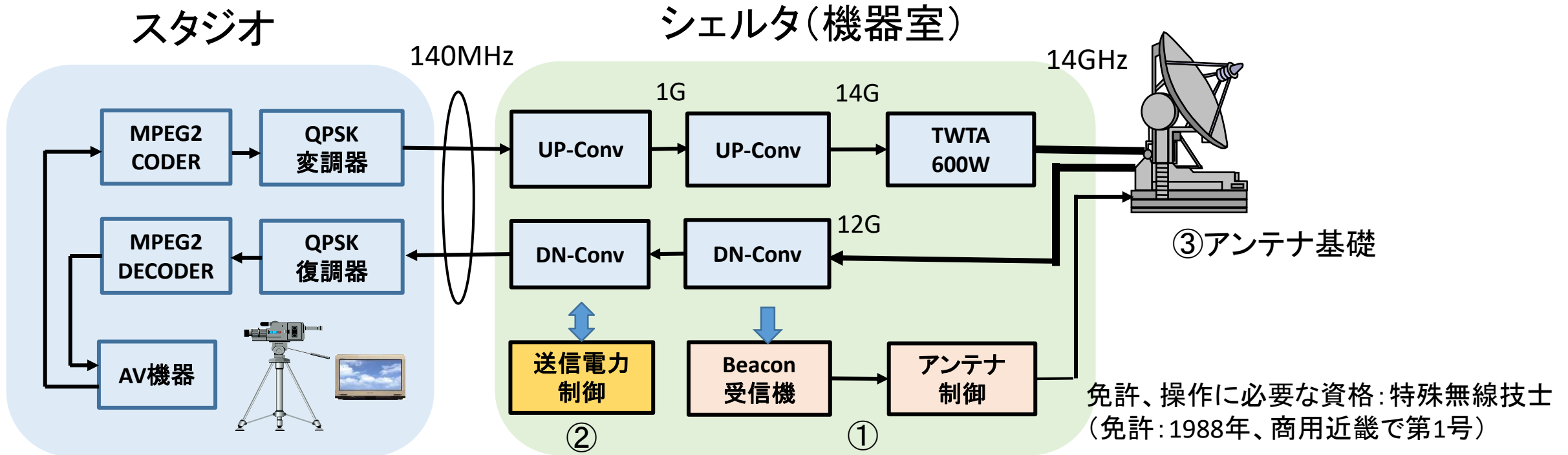


全帯域: 500MHz

トランスポンダ(TRX)数: 32

帯域: 27MHz/TRX

出力: 20W/TRX





Panasonic

PANA-SAT System

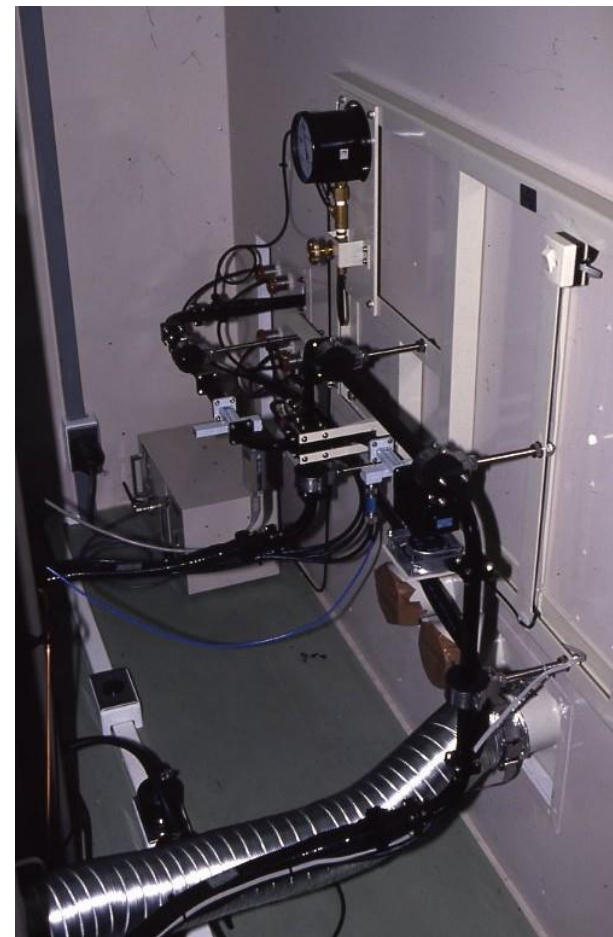
6mアンテナシェルタ内



ラック前面 (TWTAは一番奥)



導波管の配線 (上部)



冷却ダクト、導波管乾燥機

アンテナの利得、ビーム幅

6mアンテナの仕様

- ・送信/受信周波数: 14/12GHz
- ・直径: 6m
- ・利得: 57dB (14.25GHz)
- ・ビーム幅: 0.23度 (14.25GHz)

利得 G_i は、 $G_i = 4\pi \eta A / \lambda^2$

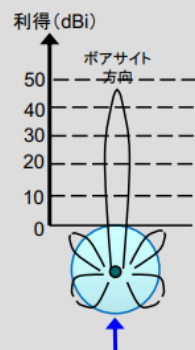
ただし、 A は開口面積(m^2)、
 η は開口効率(通常0.6-0.7)、 λ は波長(m)

ビーム幅 θ_i は、 $\theta_i = 75 \lambda / d$

ただし、 λ を波長(m)、 d は直径(m)

http://a2a.jp/resources/Satcom_v1.pdf

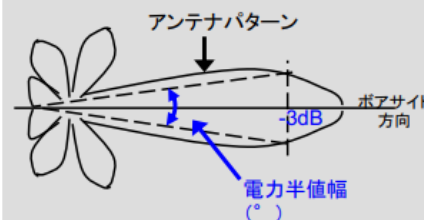
アンテナ利得 (開口効率60%の場合)



等方性アンテナのパターン

	アンテナ直径 (m)				
	1	2.4	6	10	
周波数 (GHz)	2	24.2	31.8	39.8	44.2
	4	30.2	37.8	45.8	50.2
	6	33.7	41.3	49.3	53.7
	11	39.0	46.6	54.6	59.0
	14	41.1	48.7	56.7	61.1
	20	44.2	51.8	59.8	64.2
30	47.7	55.3	63.3	67.7	

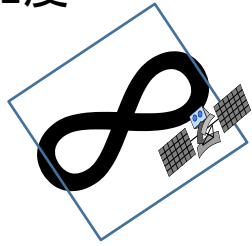
アンテナビーム幅



	アンテナ直径 (m)					
	0.45	0.6	1	2.4	6	
周波数 (GHz)	2	25.0	18.8	11.3	4.7	1.9
	4	12.5	9.4	5.6	2.3	0.94
	6	8.3	6.3	3.8	1.6	0.63
	11	4.5	3.4	2.0	0.85	0.34
	14	3.6	2.7	1.6	0.67	0.27
	20	2.5	1.9	1.1	0.47	0.19
30	1.7	1.3	0.8	0.31	0.13	

①アンテナ制御(ビーム制御)

±0.1度



14GHz

ビーム幅 0.23度

衛星は静止していない！少しずつずれていく。

衛星の位置の誤差のため、地上から見ると、1日周期で8の字を描くように見える。

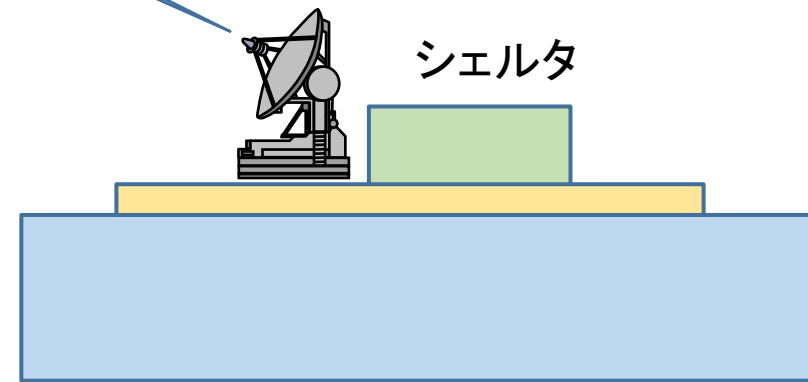
そのため、常にランダムにビームを動かし、ビームコン信号が増加する方に動かし、追従させる。

最大振れ幅規格: ±0.1度

(理由: 月などの引力、太陽風などの影響)

これを超える場合、燃料を噴射して元に戻す。

→燃料を使い果たしたら、静止衛星の墓場へ
(重力ポテンシャル最小 75E、105W)



②送信電力制御 -降雨による減衰を防ぐ-

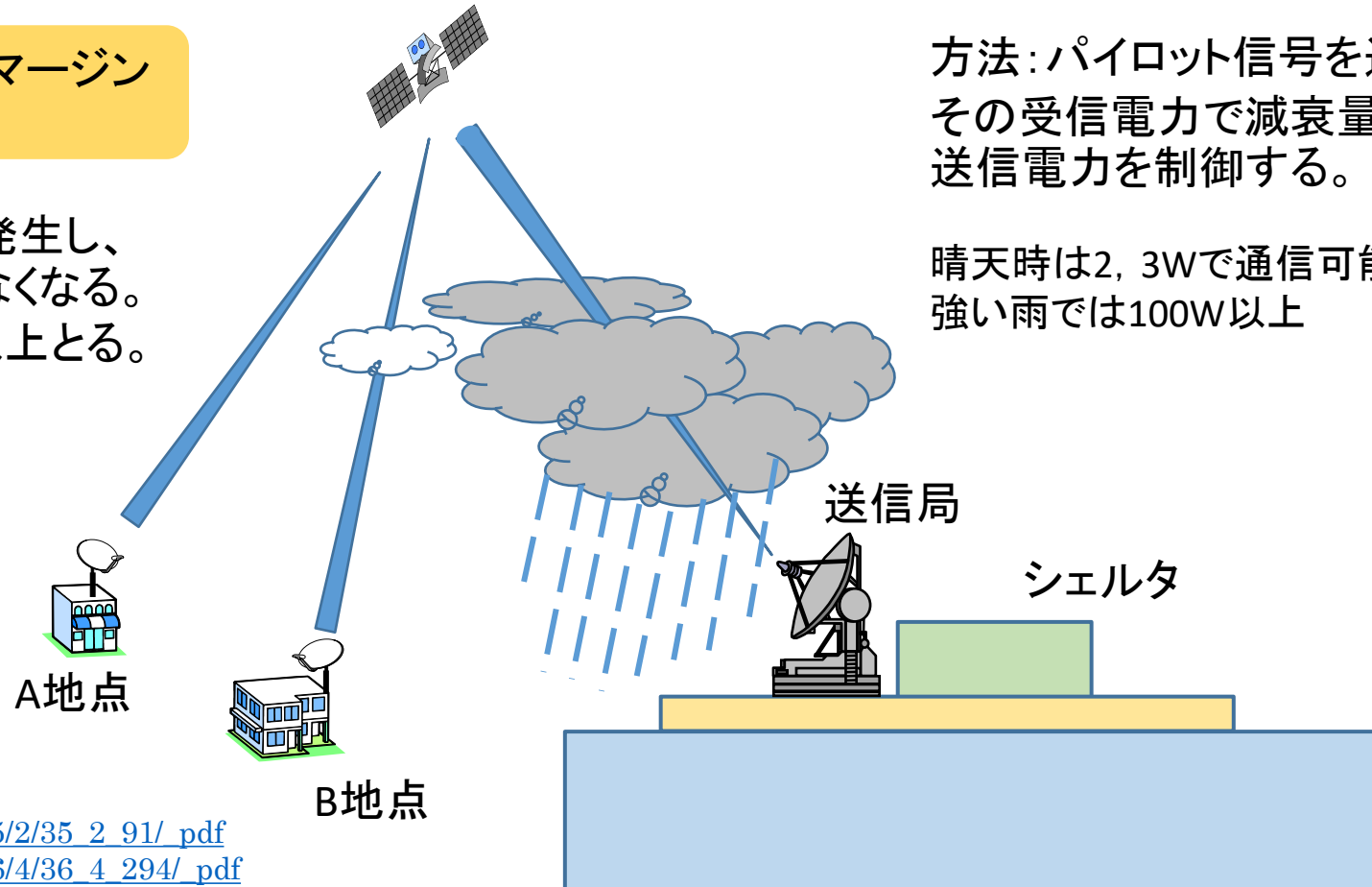
受信側で降雨による信号減衰がマージンを超えたら受信できなくなる。

同様に、降雨減衰は送信側でも発生し、その場合、全国一斉に受信できなくなる。送信側の稼働率は通常99.95%以上とる。

稼働率と減衰量(12GHz)
(主な12年の平均)

99%(90時間/年)	2.4dB
99.9%(9時間/年)	6.9dB
99.99%(0.9時間/年)	14dB

https://www.jstage.jst.go.jp/article/itej1978/35/2/35_2_91/pdf
https://www.jstage.jst.go.jp/article/itej1978/36/4/36_4_294/pdf



方法:パイロット信号を送信し、その受信電力で減衰量を計算し、送信電力を制御する。

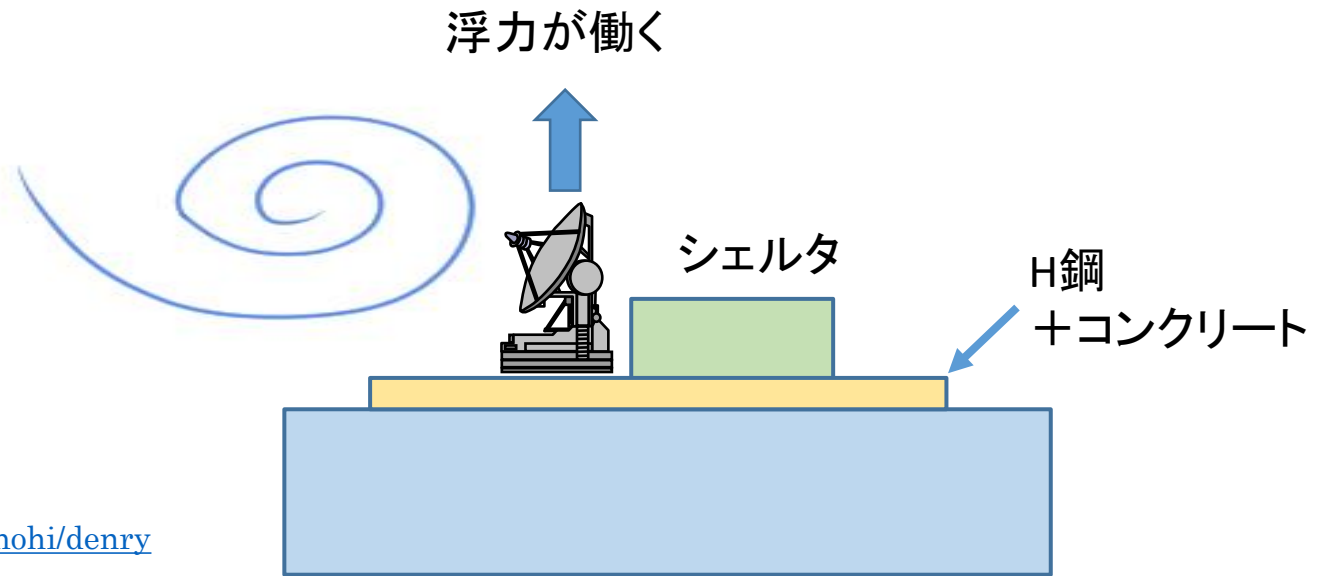
晴天時は2, 3Wで通信可能
強い雨では100W以上

③アンテナの耐風力設計

耐風速:55m/秒(当時の業界標準)
浮力:15トンが発生する

浮力に対抗するため、
屋上にH鋼を組み、その上に30トンの
コンクリートを置く

台風が来たらアンテナを上に向ける
(風圧最小)



あとはアマチュア無線局と同じ

その他

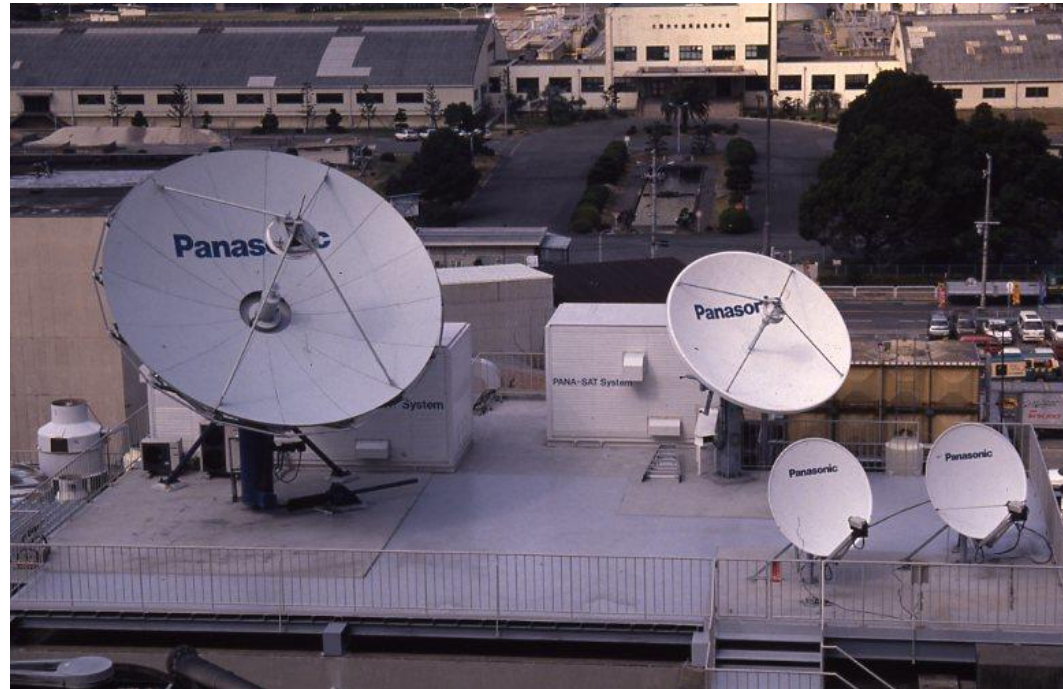


ハムなら、カタログを見ておそらく設計ができます。多分。

避雷針は必要か？
太陽食と太陽妨害

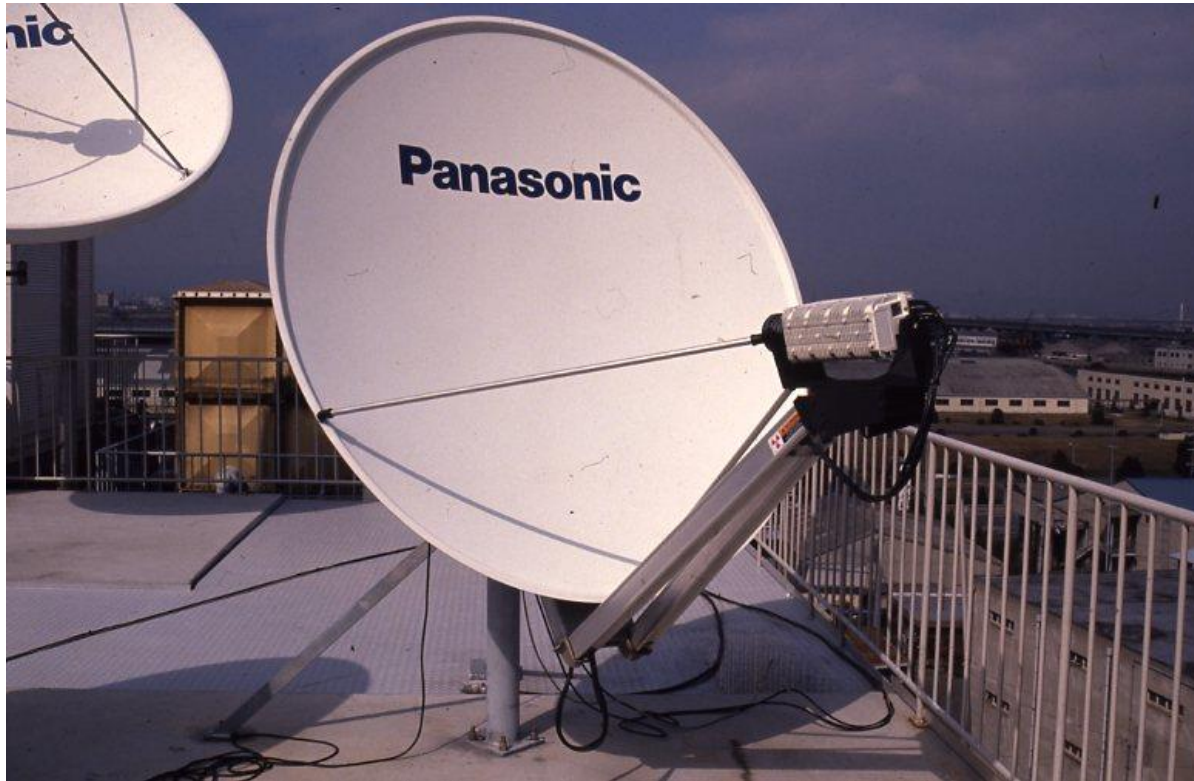
エピソード

- ・カラスが導波管膜を破る
- ・守口市の上空を円盤が飛んでいく
- ・夏休みの注意事項
- ・ネジ穴の位置が違う！
- ・スクランブルがかかっていない！
- ・運用開始 最初の番組



その他の地球局

1.8mアンテナ
VSAT地球局 (SSPA 5W)



3.7mアンテナ用
オール内製小型地球局
(300W)

