

意外と簡単！ 誰にでもできるサテライト通信

～ JARL 埼玉県支部・支部大会／ハムの集いー（2009年3月29日）～
de JK2XXXK／戸根 伸剛

1. マイナーな分野?! から来る誤解

「衛星通信」という言葉から来るイメージ

2. 衛星通信の魅力、とは

★衛星の見える時間帯だけ全力投球！

低軌道衛星（宇宙ステーションを含む）は最大で10数分程度

★お手軽な設備で広範囲の局と交信できる

衛星によっては、モバイルホイップでも交信可能
理論的には、衛星の可視範囲にいる局とは交信可能

★システムの研究や工夫の余地が大いにある

円偏波への対応、自動制御システムの導入、受信系の改善、etc.

★宇宙通信業務がお手軽にできる

宇宙を飛ぶ衛星を介した交信方法
現在はアマチュア局ならすべて宇宙通信業務（衛星通信・EME）をおこなってよい

★アワードハントができる

AJA・WASA-V/U/SHFでは独立したバンドとしてカウントされる
特記事項の対象（国内：AJD/WAJA/JCC/JCG、海外：DXCC）

参考：WACA…現在約10名が取得

DXCC…DJ5MN（#274）、JH2AYB（#251）

衛星を対象としたアワード（JAMSAT五衛星交信賞、JARL「ふじ」アワードなど）

3. 専門用語を知っておこう

AOS	Acquisition of Signal、衛星が可視範囲に入ること
LOS	Loss of Signal、衛星が可視範囲から出ること
MEL	Maximum Elevation、衛星の最大仰角
TCA	Time of Closest Access、衛星と観測者がもっとも接近する時刻。低軌道衛星ではこの時刻において、観測者側では衛星：最大仰角、ドップラーのシフト幅：0、ドップラーの周波数変化率：最大、となる
アップリンク	Uplink、地上局から衛星に向かって送信する信号、上り回線
ダウンリンク	Downlink、衛星から地上局へ向かって送信する信号、下り回線
トランスポンダ	Transponder、中継器、トラポンと略される
ループテスト	自分の出した電波が衛星を介して地球に届いているかどうかを確認する試験
送信固定	送信周波数を固定し、ドップラー効果で変わる受信周波数を追いかける交信方法
受信固定	受信周波数を固定すべく、ドップラー効果に応じて送信周波数を変える交信方法
天頂パス	衛星が頭上を通るようなパスのこと

衛星通信ではバンドをアルファベットで表記する

144MHz帯…V、430MHz帯…U、1200MHz帯…L、2400MHz帯…S、など

4. どんな衛星があるのか

★高軌道衛星

現在使えるものはない (P-3Eの打ち上げ待ち)

★低軌道衛星 (SSB/CW)

a) FO-29 (ふじ3号・JAS-2、ビーコン：435.795MHz)

アップリンク：145.900～146.000MHz

ダウンリンク：435.900～435.800MHz

《参考》145.910MHz送信固定で運用した場合のダウンリンク周波数

AOS：435.896MHz (MEL時と比べて+6KHz)

MEL：435.890MHz

LOS：435.884MHz (MEL時と比べて-6KHz)

b) VO-52 (HAMSAT/VU-SAT、ビーコン：145.936/145.860MHz)

アップリンク：435.225～435.275MHz

ダウンリンク：145.925～145.875MHz

《参考》435.235MHz送信固定で運用した場合のダウンリンク周波数

AOS：145.909MHz (MEL時と比べて-6KHz)

MEL：145.915MHz

LOS：145.921MHz (MEL時と比べて+6KHz)

c) AO-7 (AMSAT-OSCAR-7、Aモード時ビーコン：29.502MHz)

《Aモード》

アップリンク：145.850～145.950MHz

ダウンリンク：29.400～29.500MHz

※Bモード (432MHz↑/145MHz↓) はWARC'79の取り決めにより運用不可

※現在は24時間ごとにAモードとBモードが切り替わっています

※この衛星に限り、SSBでのアップリンクはUSBでおこなう (通常はLSB)

★低軌道衛星 (FM)

d) AO-51 (AMSAT-ECHO)

アップリンク：

FM (V) 145.920MHz

FM (L) 1268.700MHz

QRP FM (Q) 145.880MHz

USB (V/L) 145.880/1268.700MHz

ダウンリンク：

FM (U) 435.300 (435.150) MHz

FM (S) 2401.200MHz

High Power (H) 435.300MHz

e) SO-50 (SAUDISAT-1C)

アップリンク：145.850MHz (+67.0Hz)

ダウンリンク：436.795MHz

※トランスポンダをONにするには74.4Hzのトーンを入れてカーチャックすること

★低軌道衛星 (その他)

AO-16 (145.920MHz-FM/437.026MHz-DSB)

AO-27 (145.850MHz/436.795MHz、FM)

DO-64 (435.570～435.530MHz/145.880～145.920MHz、SSB/CW)

宇宙ステーション (ISS、スクールコンタクトではダウンリンク：145.800MHz-FM)

※ARISSスクールコンタクト

兵庫県神戸市・Science Dream Association 3月31日 (火) 18:56～、8N3S

埼玉県さいたま市北区・宮原小学校 4月2日 (木) 18:14～、未定

岐阜県関市・武芸川中学校 5月中?!

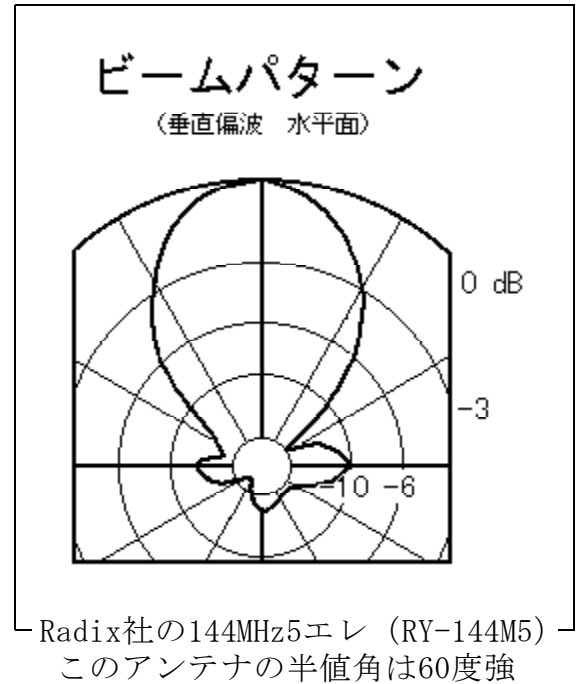
5. 衛星通信に必要なもの

★無線機

- a) SSB/CW衛星に出るならオールモード機
ただしSSB運用は要注意（アップリンク：LSB、ダウンリンク：USB）
TX：FT-817・RX：TH-F7、という組み合わせも実例アリ
- b) FM衛星に出るならFM機で
AO-51・AO-27なら、FM機であればなんでもOK
SO-50へも出るなら、145MHz帯でトーン（67.0Hz）を印可できる無線機を選ぶこと

★アンテナ

- a) モービルホイップ・GPでもそれなりににはできる
ただ受信する信号の強度は——？！
- b) 指向性アンテナを使うとFB
目安：145MHz帯…3～5エレ
435MHz帯…6～10エレ
既製品でお手軽に揃えるのなら——
HF-FOX727（北辰産業）
AY-207ST（Radix）
CLP5130-2（クリエート）、など
可能なら送信用・受信用を別々にするとよい



★同軸ケーブル

基本は「太く短く」
プリアンプはあった方がよい（GaAsで充分）

★方位角ローテータ・仰角ローテータ

なくてもできる——けど、方位角ローテータはあった方がよい

【コラム】衛星の飛び方

「東パス・西パス」と「北上パス・南下パス」の組み合わせ

=>ME Lは東か西、北や南にME Lが来るパスはない

JM1 L R A新井さんの研究によれば——

各低軌道衛星の平均した最大仰角は25～30度

アンテナがME L 60度まで対応できれば9割方のパスには対応できる

方位角・仰角ともに固定するなら？！

★衛星通信ならではの必需品

- a) ヘッドホン
衛星通信は自局のループを聞きながら運用するため
電話（SSB/FM）でのハウリング防止
- b) バンドパス・フィルター（BPF）
直接波の抑圧を防止するため、送信側へ挿入すると良い（なければ代用品で）
受信側へ入れる場合は、アンテナとプリアンプの間に入れること

★通過予報など

PC向け：日本各地の衛星通過時刻の予報（JAMSAT/日本アマチュア衛星通信協会）

<http://www.jamsat.or.jp/pred/>

SatTrack V3.1（7M3TJZ安田さん）

<http://predict.ariss.jp/overpass.html.ja>

表示例（比企郡小川町・八和田公民館における、A0-51の通過予報）

Date (JST)	Time (JST) of			Duration of Pass	Azimuth at			Peak Elev	Vis	Orbit
	AOS	MEL	LOS		AOS	MEL	LOS			
Sun 29Mar09	16:18:26	16:24:02	16:29:50	00:11:24	120	65	10	14.0	DDD	24947
	17:55:31	18:02:23	18:09:27	00:13:56	178	259	343	54.1*	DDD	24948

携帯向け：Satellite Forecast（JM1WBB関さん）

<http://gongon.com/persons/iseki/pred/i.html>

表示例

Tokyo A0-51
AOSLOS AOSLOS MEL EL
hhmmmm degdeg mmdeg
Sun 29Mar09
161829 121010 23065 14
175509 178342 02259 52

AOS : 16時18分に121度
 LOS : 16時29分に 10度
 MEL : 16時23分に 65度の方向で
 最大仰角は 14度



Satellite Forecast
QRコード

6. 実際の運用

★共通して言えること

- (1) 自局のループ（ダウンリンク）が聞こえない時は、送信し続けてはならない
- (2) 交信は簡潔に。冗長な言い回しや電文は好ましくありません

★低軌道衛星（SSB/CW）

国内QSOは送信固定が主流

送信固定でCQを出す局を呼ぶ時は、送信・受信両方を変える必要も？！

CW運用でも受信はSSBで

1KHz以上ズレて呼んでくる局もザラ

SSBは「LSB」でアップリンク（A0-7は例外）

受信はUSBでよい

送信出力は適正にすること

自局のループの信号強度は、ビーコンと同程度か若干落ちる程度がよい

過度の出力によるアップリンクは、トランスポンダのAGCをかける原因

ループテストは簡潔に

単点連打や連続キャリアによるループテストは控えましょう

1QSO・1IDで

移動SVCではラバースタンプQSOに徹することがパイルを捌くコツ

送信周波数と受信周波数は相関関係にある

【例】VO-52 送信：435.273/受信：145.871 → .877 → .883

FO-29 送信：145.997/受信：435.809 → .803 → .797

★低軌道衛星（FM）

145MHz↑435MHz↓の場合

FMの周波数帯域 16KHz

ドップラー効果による周波数変移 145MHz帯：±3KHz/435MHz帯：±9KHz

したがって送信周波数は固定し、受信周波数を徐々に可変しながら交信する

ループテストはPTTを1～2秒ほどONにするだけでよい

7. QSLカードの書き方

以下の2点が明記されていないと、
JARLのAwardには無効となります

周波数欄

アップリンク・ダウンリンクの各周波数
(例: 145/435、145↑435↓)

備考欄

使用した衛星名

(例: via VO-52、AO-51経由)

右はQSLカードの書き方の一例

周波数はMHzオーダーで表記するのが一般的

Confirming the QSO with **XU7CJA**

Date **2008-Nov-07**

UTC **1458**

Freq **145/435MHz**

2way **CW**

RST **599**

Rmks **via F0-29**

Printed by Turbo HAMLOG/Win Ver5.10b
TNX FB QSO, HPE UR FB DX es CU AGN, 73's

8. マナーetc.を守って運用しよう

基本は「耳を良くする」

「アリゲーター」は嫌われる

SSB/CW衛星でのパワー競争は厳に慎むべき行為
衛星の電源へ必要以上の負荷がかかる

FM衛星は1波を可視エリアにいるすべての局で共有
みんなで仲良く、効率的に
CQは間隔をあけること (30秒以上)

パスの時間は長くて10数分しかない、ということ
効率のよい交信を心掛けよう

ループテストの注意点

簡潔に。声を出すならコールサインで

ドップラーの聞こえ方

145MHz帯 約±3 KHz

435MHz帯 約±9 KHz

AOS/LOS付近は緩やか、MEL前後は急激

衛星あつての楽しみ

一度打ち上げたら、直接のメンテナンスは事実上不可能

参考となるサイト

「アマチュア衛星通信初心者のためのWiki」(JN1BPM鈴木さんら)

<http://wiki.livedoor.jp/amateursatellites/>

「サテライトNOW!」(JM1LRA新井さん)

<http://www2s.biglobe.ne.jp/~jmlra/chat/index.html>

「500円八木アンテナ」(JAMSAT)

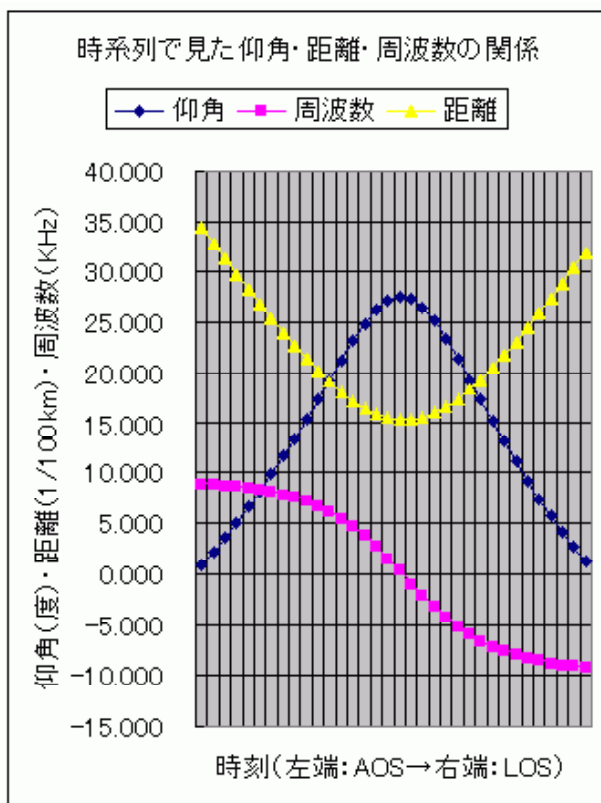
<http://www.jamsat.or.jp/features/cheapyagi/index.html>



サテライトNOW!
QRコード

CU AGN via Satellite! 73's de JK2XXK/Taka

(Cooperator: JM1LRA/Arai・JHφPVF/Kuni)



【資料1】 通過予報サイトでの実際の表示例

SatTrack V3.1 (Orbit Prediction)

衛星の選択	ISS (ZARYA) ▼	NORAD 番号 25544
観測地点	東京都 ▼	35.683 北緯 ▼
	都道府県名の場合は、都道府県庁所在地	139.733 東経 ▼
予測開始日	2009年 ▼ 1月 ▼ 1日 ▼	予測期間 1 ▼ 日
	開始日を今日に設定	
最小仰角	0.0 ▼ 度 <small>(出力書式が「詳細表示」の場合のみ)</small>	出力書式 簡易表示 ▼
タイムゾーン	JST (+09.00) ▼	UTCからの差 +09.00 (± 時間)

010869 Since 03/31/2006 Statistics
 Satoshi Yasuda 7M3TJZ/AD6GZ
 E-mail: 7m3tjz@jklzrw.ampr.org

7M3TJZ SatTrack V3.1 Orbit Prediction

Satellite #28375 : A0-51 [+]
 Data File : tlex.dat
 Element Set Number: 346 (Orbit 24870)
 Element Set Epoch : 24Mar09 02:11:42.078 UTC (1.1 days ago)
 Orbit Geometry : 692.80 km x 814.19 km at 98.056 deg
 Propagation Model : SGP4
 Ground Station : Lat/Long 36.075404N 139.286889E --- PM96PB
 Time Zone : JST (+9.00 h)

	Date (JST)	Time (JST) of			Duration of Pass	Azimuth at			Peak Elev	Vis Orbit
		AOS	MEL	LOS		AOS	MEL	LOS		
Sun	29Mar09	05:06:32	05:12:52	05:19:24	00:12:52	34	93	151	16.0	VDD 24940
		06:44:37	06:51:57	06:59:33	00:14:56	6	285	206	54.3*	DDD 24941
		08:25:39	08:29:42	08:33:54	00:08:16	336	302	267	4.8	DDD 24942
		16:18:26	16:24:02	16:29:50	00:11:24	120	65	10	14.0	DDD 24947
		17:55:31	18:02:23	18:09:27	00:13:56	178	259	343	54.1*	DDD 24948
		19:39:41	19:42:09	19:44:45	00:05:04	253	274	297	1.9	VVV 24949
Mon	30Mar09	04:29:03	04:33:07	04:37:14	00:08:12	54	87	121	4.4	VVV 24954

Since 02/13/2006 HomePage <http://www.ariss.jp> Weblog <http://7m3tjz.at.webry.info>
 Satoshi Yasuda 7M3TJZ/AD6GZ E-mail: 7m3tjz@jklzrw.ampr.org

【資料2】スクールコンタクト@神戸での質問リスト

Proposed questions for SDA: (***)

1. How do you like your meal in the ISS?
2. Have you come across the UFO?
3. How does the earth look like from the station? Is it bigger or smaller than you had expected?
4. What will you do if you become ill in the space?
5. How do the stars around look like? Are they beautiful?
6. Can you take a bath in the ISS?
7. What is the most important duty in the ISS life?
8. What entertain you most in the routine at the station?
9. What kind of experiments are you making in the station?
10. How fast is the ISS traveling around the earth?
11. What was the hardest job you have done in the station?
12. Is it tiring to keep yourself floating at zero gravity?
13. Is it warm or cool inside the station?
14. Do you bring oxygen from the earth when you leave for the space? Is there any possibility of running out of oxygen?
15. How do you sleep in the station?
16. How big is the ISS?
17. What made you most surprised in the space?
18. How does the earth look like from the station?
19. What kind of space food do you like best?
20. What is the temperature like out in the space? Is it hot or cold out there?
21. Could you eat and drink without any problems at zero gravity?
22. Does the space look endlessly when you look out over from the window?
23. What is the most difficult thing to do in the routine in ISS?
24. Beside the sun, the earth, the moon, what other planets or stars can you see from ISS?
25. Does the space look beautiful from ISS?
26. What kind of impression did you have when you were in the space for the first time?
27. What do you think is inconvenient about the ISS life?
28. How do you deal with the garbage in the ISS?
29. Which standard time are you using in the ISS?
30. What is the most necessary thing if we live in the space for a long time?

※現時点（2009年3月25日1500JST）で、ARISSスクールコンタクト@宮原小学校での質問リストは、まだ公開されていません。ARISSスクールコンタクトに関する情報は以下のURLにて。

<http://www.amsat.org/amsat/ariss/news/arissnews.txt>（英語）

【資料3】 リニア衛星 (F0-29・V0-52) における アップリンク・ダウンリンクの周波数関係 (送信固定を前提)

★ F0-29 ★

UpLink (MHz)	DownLink (MHz)		
	AOS	MEL	LOS
Beacon	435.801	435.795	435.789
145.900	435.906	435.900	435.894
145.910	435.896	435.890	435.884
145.920	435.886	435.880	435.874
145.930	435.876	435.870	435.864
145.940	435.866	435.860	435.854
145.950	435.856	435.850	435.844
145.960	435.846	435.840	435.834
145.970	435.836	435.830	435.824
145.980	435.826	435.820	435.814
145.990	435.816	435.810	435.804
146.000	435.806	435.800	435.794

★ V0-52 ★

UpLink (MHz)	DownLink (MHz)		
	AOS	MEL	LOS
Beacon-1	145.934	145.940	145.946
Beacon-2	145.854	145.860	145.866
435.275	145.919	145.925	145.931
435.230	145.914	145.920	145.926
435.235	145.909	145.915	145.921
435.240	145.904	145.910	145.916
435.245	145.899	145.905	145.911
435.250	145.894	145.900	145.906
435.255	145.889	145.895	145.901
435.260	145.884	145.890	145.896
435.265	145.879	145.885	145.891
435.270	145.874	145.880	145.886
435.275	145.869	145.875	145.881

Memo :