

航空移動衛星通信システム(AMSS)とヘリサット試験事務との比較

資料1-3-2

1 一般条件

	航空移動衛星通信システム(AMSS)	ヘリサット試験事務	ヘリサット技術基準案	課題
(1) 必要な機能 (エは航空地球局の機能、その他は航空機地球局の機能)	<p>ア 人工衛星局を自動的に補足・追尾する機能 他の人工衛星局を追尾しようとしていることが検出されたときの送信停止機能</p> <p>イ 送信許可信号を受信した場合のみ送信が可能な機能</p> <p>ウ 制御信号により、送信する周波数及び電力が自動的に設定される機能</p> <p>エ 同時に通信を行っている全航空機地球局が隣接衛星に干渉を引き起こさないように送信出力を制御する機能</p> <p>オ 陸地方向の軸外輻射電力を地上系のほかの無線局に対する有害な干渉を与えないレベル以下に維持する機能</p> <p>カ 障害検出時送信停止 障害を検出した時及び航空地球局からの信号を正常に受信できなくなった場合には、送信を自動停止する機能</p>	<p>ヘリコプターのブレード、及び機体フロッキングによる追尾への影響、及び送信停止要件を検討する必要があった。追尾に対するブレードの影響については時間ダイバーシティにより対処し、特に問題はないが、機体フロッキングが生じた時にはジャイロによる追尾とし、一定時間(ジャイロ誤差が大きくなると予想される時間)内にフロッキングが解除される時には再追尾し、一定時間を過ぎた場合は衛星サーチを実施する動作とした。</p> <p>機体フロッキング時には、送信を停止した。</p> <p>送信電力のみリモート</p> <p>FDMA方式としており、全航空機地球に対する制御は行っていない。</p> <p>ブレード及び機体干渉時の送信停止機能を設けた。</p> <p>同左</p>	検討必要 AMSSに同じ AMSSに同じ 検討必要 検討必要 AMSSに同じ	<p>但し、ヘリコプター特有のケースとして以下の考慮する必要がある。 ①機体フロッキング時の送信停止 ②ブレード回転での衛星追尾 ③ブレード回転同期送信</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>多元接続方式として、スペクトラム拡散方式だけでなくFDMA方式も考慮すべきである。FDMA方式の場合は、全航空機地球に対する制御は不要。</p> <p>ヘリコプター特有のケースとして、以下の考慮することが必要。 ①ブレードに電波が当たる時には送信を停止 ②機体に電波が当たる時には送信を停止</p> <p>—</p>
(2) 適要周波数帯	送信周波数帯14~14.5GHz 受信周波数帯12.2~12.75GHz	同左	AMSSに同じ	—
(3) アクセス方式	アクセス方式を具体的に記述している フォワードリンク IPパケットを利用したTDM リターンリンク CDMA	フォワードリンク 4回繰り返し送信 リターンリンク バースト送信	検討必要	<p>ヘリサットではブレードの間隙を縫って受信する時間ダイバーシティと間欠送信方式を採用している。</p> <p>また、アクセス方式としてはフォワードリンクはTDM方式、リターンリンクとしてFDMA方式を採用しているが、場合によりCDMA方式を採用する場合もある。</p>
(4) 通信方式	インターネット接続の為の同報モード、IPプロトコル フォワードリンクが高速、リターンリンクは低速な非対称複信方式	航空機地球局からの映像伝送が主目的であり、制御を目的とするフォワードリンク、リアルタイムな映像伝送を目的とする同報モードでのリターンリンクの組合せによる非対称複信方式とした。動画映像伝送が主な目的とするため、フォワードリンクは低速、リターンリンクは高速回線の非対称複信方式となる。	検討必要	<p>映像伝送が主目的であり、IPは必須ではない。これより、IPに限定せず広い定義とすることを検討必要。</p> <p>複信方式についても、各種用途を考慮した検討が必要。</p>
(5) 変調方式	PSK方式、スペクトラム拡散	16年度実証試験:BPSK、スペクトラム拡散 18年度実証試験:BPSK、スペクトラム拡散なし	検討必要	将来の各種用途、高速化等についても考慮し、多値変調等各種方式を含めた広い定義とすることを検討必要。
(6) 電磁環境対策	ア 対人体 電波防護指針	同左	検討必要	基本的には、電波防護指針を遵守することが必要。ヘリコプターへの取付位置やアンテナが機体を指向する場合について確認が必要。
	イ 対航空機 RTCA/DO-160D規格を満足する	JIS-W0812規格を満足する	検討必要	ヘリコプターの安全な運行が可能な条件を検討することが必要。

2 航空機地球局の無線設備条

(1)送信装置の条件

	航空移動衛星通信システム(AMSS)	ヘリサット試験事務	ヘリサット技術基準案	課題
ア 周波数の許容偏差	±72.5KHz(除くドップラーシフト)	±38KHz以内	検討必要	将来の各種用途、高速化等についても考慮した検討必要
イ 占有帯域幅の許容値	中継機の占有をベースに記述、99.5%	伝送帯域10MHz幅、99.5%	AMSSに同じ	—
ウ スプリアス発射の強度	43+10log(P)又は60dBcの緩いほう	50dBc(実力は60dBc)	AMSSに同じ	—
エ 空中線電力の許容偏差	無線設備規則第14条20項	同左	AMSSに同じ	—
オ 輻射電力の安定度	±1dB以内 設定EIRPが連続して保持されるべき運用時間内での安定度(システム内のパラメータ配分による)	輻射電力の安定度は+1.0dB/-1.5dB以内である。マイナス側に広いのは、本システムではフェーズドアレーアンテナを用いており、素子(モジュール)故障による送信アンテナ利得及び送信電力の低下を考慮したためである。	±1dB以内が適当と考えられる	—
カ 軸外輻射電力の許容値	・静止衛星軌道方向は無線設備規則54条の3／ITU-R S.728-1 ・隣接衛星に干渉を引き起こさない合意されたレベル以下	・無線設備規則第49条の18および第54条の3 ・隣接衛星方向は事業者間調整値以下	AMSSに同じ	—
キ 交差偏波電力の制御	交差偏波側の中継器を利用するシステムに有害な干渉を生じさせない十分小さな値(軸外についてはITU-R S.728-1が適当)	同左	AMSSに同じ	—
ク 送信断時の出力電力の許容	-50dBc以下	同左	AMSSに同じ	—
ケ 位相雜音	-54dBc/Hz @ 100Hz -66dBc/Hz @ 1KHz -74dBc/Hz @ 5KHz -74dBc/Hz @ 10KHz -85dBc/Hz @ 100KHz -105dBc/HZ @ 1MHz	-54dBc/Hz @ 100Hz -60dBc/Hz @ 1KHz -60dBc/Hz @ 5KHz -60dBc/Hz @ 10KHz -85dBc/Hz @ 100KHz -105dBc/HZ @ 1MHz	検討必要	将来の各種用途、高速化等についても考慮し見直し要否検討必要

(2)受信装置の条件

	航空移動衛星通信システム(AMSS)	ヘリサット試験事務	ヘリサット技術基準案	課題
ア G/T	3dB/K以上	2.5dB/K以上	AMSSと同じ	—
イ 副次的に発生する電波等の限度	設備規則第24条 4nW以下	同左	AMSSに同じ	—
ウ 位相雜音	-54dBc/Hz @ 100Hz -66dBc/Hz @ 1KHz -74dBc/Hz @ 5KHz -74dBc/Hz @ 10KHz -85dBc/Hz @ 100KHz -105dBc/HZ @ 1MHz	-54dBc/Hz @ 100Hz -60dBc/Hz @ 1KHz -60dBc/Hz @ 5KHz -60dBc/Hz @ 10KHz -85dBc/Hz @ 100KHz -105dBc/HZ @ 1MHz	検討必要	将来の各種用途、高速化等についても考慮し見直し要否の検討が必要。
エ 復調器としての性能	1x10-7	同左	AMSSに同じ	—

(3)空中線の条件

	航空移動衛星通信システム(AMSS)	ヘリサット試験事務	ヘリサット技術基準案	課題
ア 覆域	・空中線の最小運用仰角は3°(施行規則第32条) ・地表線へのEIRPは施行規則第32条の2	運用仰角は48°とした。 施行規則32条の2には問題なし。	AMSSと同じ	—
イ 偏波	直線偏波、または円偏波の使用	直線偏波を使用した	AMSSと同じ	—
ウ 放射特性	軸外輻射電力を満足している限り規定する必要なし(目安としてはRR Appendix8 AnnexIII)	同左	AMSSと同じ	—
エ 交差偏波識別度	10dB以上	15dB以上	検討必要	ヘリサットの条件を考慮して、交差偏波側の中継器を利用するシステムに有害な干渉を生じさせない十分小さな値について検討が必要。
オ 衛星の捕捉・追尾	追尾までの送信停止 適切な追尾精度の維持と外れた場合の送信停止	左記内容+機体干渉対策を実施	検討必要	送信波が自らの機体の一部と干渉し、回折等の影響により隣接衛星等の他の人工衛星局に電波干渉を及ぼす可能性があるアンテナ指向方向においては、送信を停止する機能を有するものとする。

(4) 監視・制御装置の条件

	航空移動衛星通信システム(AMSS)	ヘリサット試験事務	ヘリサット技術基準案	課題
	故障検出機能及び故障を検出した時は直ちに停波する機能 同左		AMSSと同じ	—

(5) 機内設備とのインターフェースの条件

	航空移動衛星通信システム(AMSS)	ヘリサット試験事務	ヘリサット技術基準案	課題
	影響を与えないインターフェースとする	同左	AMSSと同じ	—

3 航空地球局の無線設備の条

	航空移動衛星通信システム(AMSS)	ヘリサット試験事務	ヘリサット技術基準案	課題
	(1) 14.0-14.5GHzを使用する固定衛星業務用地球局と同じ	同左	AMSSと同じ	—
	(2) 航空機地球局の制御はネットワーク監視・制御センター(NCMC)からの制御信号を航空地球局から送出すことによって実行	ヘリサットでは、航空機地球局機能とNCMC機能を主局に持たせ、制御信号を主局から送出した。	AMSSと同じ	—
	(3) 航空地球局とネットワーク監視・制御センターとは高信頼度回線で接続	ヘリサットでは、航空機地球局機能とNCMC機能を主局に持たせ、各機能間を高信頼度回線で接続した。	AMSSと同じ	—

4 測定方法

	航空移動衛星通信システム(AMSS)	ヘリサット試験事務	ヘリサット技術基準案	課題
	国内で定められた測定法			
(1) 送信装置	周波数の偏差: 無変調で測定する、測定可能であれば変調でも良い。参考資料10に示す 占有周波数帯幅: スペクトラムアナライザを用いる スプリアス発射の強度: 記述 空中線電力の偏差: 記述 軸外輻射電力: スペクトラムアナライザにより平均電力密度を測定し、空中線の指向特性の値を加えて求める。 平均電力密度の測定はスペクトラムアナライザにより任意の周波数において40kHz帯域幅における平均電力を測定する。 なお、空中線の指向特性については航空機の機体の影響を考慮するため、空中線は機体に相当する擬似的地板に設置して測定することが適当である。	同左 同左 同左 ・電監検査: スパンロス法 ・工場内試験: 比較法 スペクトラムアナライザにより平均電力密度を測定し、空中線の指向特性の値を加えて求めた。なお、空中線の指向特性に対する機体(ブレードを含む)の影響については、シミュレーションを実施して軸外輻射電力の測定値に加味している。	AMSSと同じ AMSSと同じ 検討必要 AMSSと同じ AMSSと同じ	— — 電波法の改正内容に合わせて検討が必要 — —
	交差偏波識別度: 記述	レドームを実装した状態で測定した。 受検空中線と試験用矩形ホーンを両方の主ビームが一致するように正対させる。試験用矩形ホーンを回転させ、空中線に設定した偏波角とそれに直交する偏波角での受信電力を測定し、両者の比から設定値に対する偏波ずれを含んだ交差偏波識別度を求めた。	AMSSと同じ	—
(2) 受信装置	副次的に発生する電波などの限度: 記述 監視・制御機能: 記述	同左 ヘリサットでは、航空機地球局機能とNCMC機能を主局に持たせた。	AMSSと同じ AMSSと同じ	— —

5 周波数共用条件

	航空移動衛星通信システム(AMSS)	ヘリサット試験事務	ヘリサット技術基準案	課題
(1) 固定衛星業務	隣接する人口衛星方向の軸外等価等方輻射電力の総和は、当該人口衛星局との間で調整により合成された値を超えないこと	同左	検討必要	多元接続方式として、スペクトラム拡散方式だけでなくFDMA方式も考慮すべきである。FDMA方式の場合は、電力の総和ではなく個々の局に対する規定として検討必要。
(2) 固定業務	航空機地球局は、その見通し領域内の地上固定局と共にしている周波数においては、送信による地表面の最大電力密度は以下の値を超えないこと	検証報告では、勧告ITU-R M.1643に対して、高度4000ft時、EIRP=33.9dBWとした時に15dB程高いとの報告となっている。	検討必要	ヘリサットについてもAMSS同様に固定局が運用している周波数帯(14.4GHz以上)を除いた周波数帯での運用を前提とすると、日本国内では実運用上問題ないと考えられる。
(3) 電波天文業務	14.47-14.5GHzで運用されている電波天文局の見通し領域内では、航空機地球局は14.47-14.5GHzの周波数による送信を行わないこと。 14-14.47GHz帯の電波を使用する場合において、同領域内で送信することが許された一つの航空機地球局からの送信による当該電波天文における地表面の最大電力束密度は、14.47-14.5GHz帯において、以下の値を超えないこと。 $-190 + 0.5 \cdot \theta \text{ dB(W/(m}^2/150\text{KHz})}$ $\theta \leqq 10^\circ$ $-185 \text{ dB(W/(m}^2/150\text{KHz})}$ $10^\circ < \theta \leqq 90^\circ$ ここで θ は水平線方向を基準とした電波の到来角	(見通し範囲でのフライトを避けた)	検討必要	左記規定を満足するよう電波天文業務の帯域を抑圧するフィルタを用いる等の対策を講じることが必要。
(4) 宇宙研究業務	航空機地球局は、14.136-14.264GHzで運用されている宇宙研究業務用地球局のその見通し領域内では、運用に合意された条件が定められるまでは当該周波数での送信は停止すること。	(見通し範囲でのフライトを避けた)	検討必要	現状では宇宙研究業務要の割当帯域はないことを考慮し、今後本規定の削除も含めて検討することが望ましい。

6 その他配慮すべき事項

	航空移動衛星通信システム(AMSS)	ヘリサット試験事務	ヘリサット技術基準案	課題
	航法計器などに対する影響が無いように配慮	耐空審査において航法計器などに対する影響がないことを確認した。	AMSSに同じ	—

384kbps拡散時のPFD値、および1.5Mbps拡散なしのPFD値

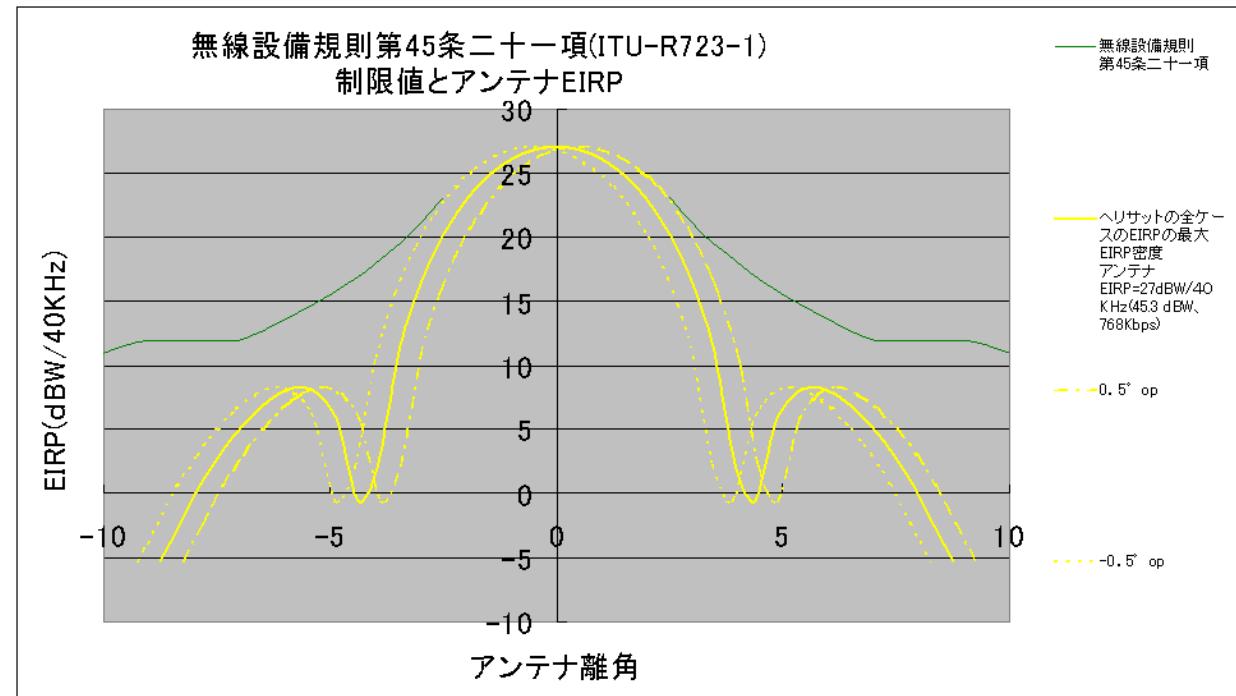
<実用機:暫定>

現在想定している回線諸元は以下のとおりです。

電力密度の規定としては、無線設備規則41条21項があり、今回使用するアンテナパターンとアンテナの追尾精度 0.5° o-pを考慮すると $27\text{dBW}/40\text{kHz}$ 以下が目安となります。(次ページに詳細を示す)

回線ケース	RL1	RL2	RL3	RL4	
回線タイプ	SD	SD	SD	SD	
伝送速度	0.384Mbps	0.768Mbps	1.536Mbps	1.536Mbps	UNIT
変調方式	$\pi/2$ シフトBPSK($R=1/2$)			QPSK ($R=1/2$)	
運用EIRP	42.8	45.3	45.3	45.3	dBW
シンボル速度	1.34	2.68	5.21	2.60	Msps
占有帯域幅	1.50	3.00	5.83	2.92	MHz
割当て帯域幅	1.61	3.22	6.25	3.12	MHz
電力密度	27.55	27.04	24.15	27.17	dBW/40kHz
所要C/N	-0.2	-0.2	-0.2	2.8	dB

現在、想定している回線諸元でのPFD制限値



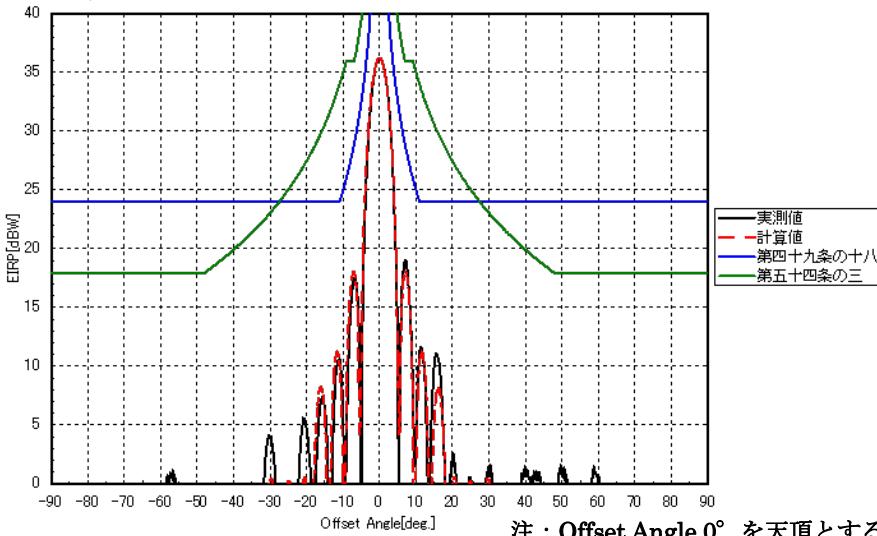
送信空中線から輻射される四〇kHz帯域当たりの電力は、次の表の上欄に掲げる区別に従い、それぞれ同表の下欄に掲げるとおりのものであること。

主輻射の方向からの離角(θ)	最大輻射電力(一ワットを〇デシベルとする。)
二・五度以上七度未満	次に掲げる式による値以下 $33 - 25 \log_{10} \theta$ デシベル
七度以上九・二度未満	一ニデシベル以下
九・二度以上四八度未満	次に掲げる式による値以下 $36 - 25 \log_{10} \theta$ デシベル
四八度以上一八〇度以下	(一)六デシベル以下

<検証機>

384Kbps 6倍拡散及び消防庁1.5Mbps伝送時PFD制限値

(AMSSの規定が無かった為、無線設備規則第49条の18および無線設備規則第54条の3を適用した)



[ビーム走査方向 (AZ, EL) = (0°, 90°) /
AZ=90° カット面/0° 偏波]

「災害・防災情報のための衛星デジタル伝送技術に関する調査検討報告書」平成16年3月 頁3-7より

電波法無線設備規則第四十九条の十八

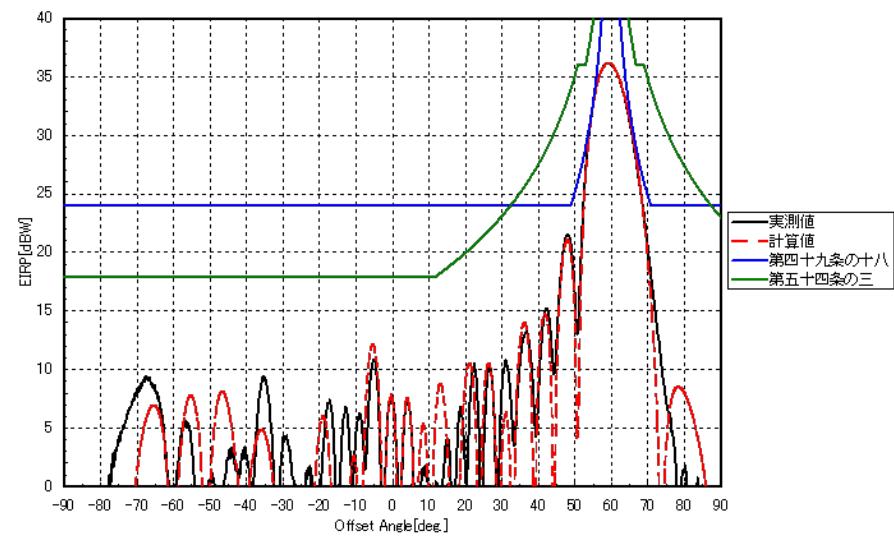
携帯移動衛星データ通信を行う無線局の無線設備

軸外輻射電力規定

静止衛星軌道の傾度±3° 以内の全ての方向に送信空中線から輻射される40 kHz帯域幅当たりの電力密度P(θ)の規格

$$P(\theta)=26 - 25 \log\theta - 10 \log N(dBW/40 kHz) \quad 2.5^\circ \leq \theta < 11^\circ$$

$$P(\theta)=0 - 10 \log N(dBW/40 kHz) \quad 11^\circ \leq \theta < 180^\circ$$



電波法無線設備規則第五十四条の三 他の一の地球局によって
その送信の制御が行われる小規模地球局の無線設備

軸外輻射電力規定

送信空中線から輻射される40 kHz帯域幅当たりの電力密度P(θ)
の規格

$$P(\theta)=33 - 25 \log\theta (dBW/40 kHz) \quad 2.5^\circ \leq \theta < 7^\circ$$

$$P(\theta)=12 (dBW/40 kHz) \quad 7^\circ \leq \theta < 9.2^\circ$$

$$P(\theta)=36 - 25 \log\theta (dBW/40 kHz) \quad 9.2^\circ \leq \theta < 48^\circ$$

$$P(\theta)=-6 (dBW/40 kHz) \quad 48^\circ \leq \theta \leq 180^\circ \quad 3$$

追尾性能(実用機:暫定)

(1) 衛星追尾

追尾方式: スキャン方式

追尾誤差: 0.5° o-p以内

衛星識別: 受信信号内の基地局からの制御信号情報により当該衛星を識別

(2) アンテナ駆動

駆動方式: 方位(AZ)方向、仰角(EL)方向、偏波(POL)回転

駆動範囲例 : 方位 360° 連続 仰角 5° ~90° 偏波 -90° ~+90°

駆動速度例 : 方位方向 最大 約 30° /sec
仰角方向 最大 約 30° /sec

(3) ヘリコプター運用条件

飛行最大速度 : 160Kt

最大高度 : 11000ft

バンク角 : ±30°

ピッチ角 : ±20°

追尾性能(検証機)

(1) 衛星追尾

追尾方式：ローブスイッチ追尾方式

追尾誤差：0.68° rms以内

(送受アンテナが別の為、機体歪等を誤差要素に想定して計算されている)

衛星識別：受信信号内の基地局からの制御信号情報により当該衛星を識別

(2) アンテナ駆動

駆動方式：方位(AZ)方向、仰角(EL)方向、偏波(POL)回転

駆動範囲例：方位 360° 連続 仰角 30° ~ 90° 偏波 -90° ~ +90°

駆動速度例：方位方向 最大 約 30° /sec
仰角方向 最大 約 20° /sec

(3) ヘリコプター運用条件

飛行最大速度 : 100Kt

最大高度 : 10000ft

バンク角 : ±15°

ピッチ角 : ±10°