

BSAT-3c/JCSAT-110R衛星 燃料寿命の精査について

2024年6月26日

**株式会社放送衛星システム
スカパーJSAT株式会社**

BSAT-3c/JCSAT-110R衛星燃料寿命の精査及び高傾斜角軌道運用による燃料寿命／サービス提供可能期間延伸の検討

- 第4回ワーキンググループ会合後、燃料寿命延伸の2者間協議を開始。
- 通常運用時の燃料寿命再精査の結果、2030年9月まで運用可能である旨確認。
- 並行して高傾斜角軌道運用の許容範囲見極めを実施。再精査した燃料寿命を基に、高傾斜角軌道運用採用による燃料寿命／サービス提供可能期間の延伸について分析。
 - 対策(次スライド参照)を講じることで、軌道傾斜角1.15度まではサービス継続可能である旨確認。
 - この際の燃料寿命／サービス提供可能期間は最短で2031年10月末まで(通常運用時比で約1年延伸。通常運用時の燃料寿命の2-3か月前に高傾斜角軌道へ投入)。
- 新衛星打上げ時期の精査に向け、メーカー等に対して打上げ失敗時の衛星再打上げに要する期間を含む最新のスケジュール関連情報の聴取を実施中。

BSAT-3c/JCSAT-110R高傾斜角軌道運用に際して講じる対策

- 45cm CSアンテナ設置推奨エリア外に設置されたアンテナの一部に顕著な受信品質低下が発生する可能性あり
- 当該事象が発生した際には、視聴者(110度放送を再放送しているCATV局等を含む)に対し、衛星事業者負担を基本としたアンテナ交換を含む必要な対策(オンデマンド対応)を両者で実施
 - 本衛星が予備衛星であることも考慮



参考1：高傾斜角軌道運用の許容範囲の分析に際して採用したアプローチ

- **傾斜軌道運用中も衛星搭載ビームが通常運用時と同等の方向を指向するよう制御するとともに、3軸姿勢バイアス補正によりサービスエリア内の電波レベル低下を最小化(詳細は参考2に)**
 - **この際、軌道傾斜角が大まかに想定される程度であれば、本邦外への電波漏れ込み増加に伴う衛星側の出力レベル低下は不要であることもあわせて確認**
- **軌道傾斜角拡大に伴う以下の変動量を加味して回線設計を実施**
 - **サービスエリア内における衛星電波レベルの低下**
 - **放送受信アンテナの衛星方向アンテナ利得の低下**

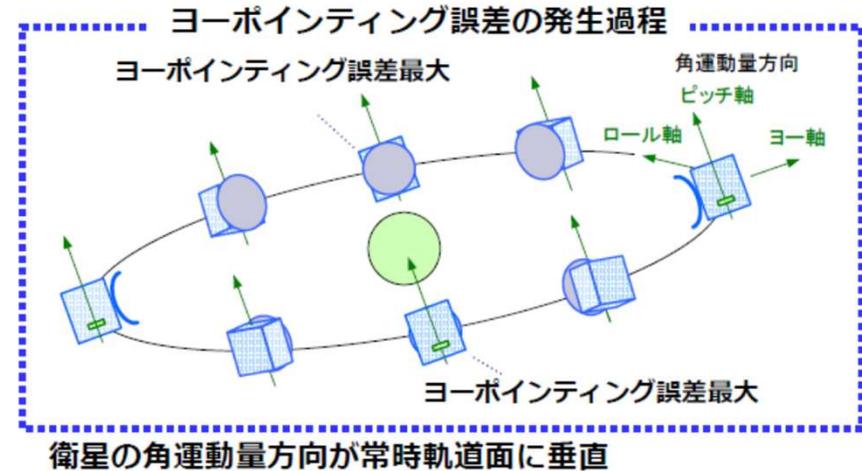
参考2：高傾斜角軌道における衛星運用手法

高軌道傾斜角とポインティング誤差

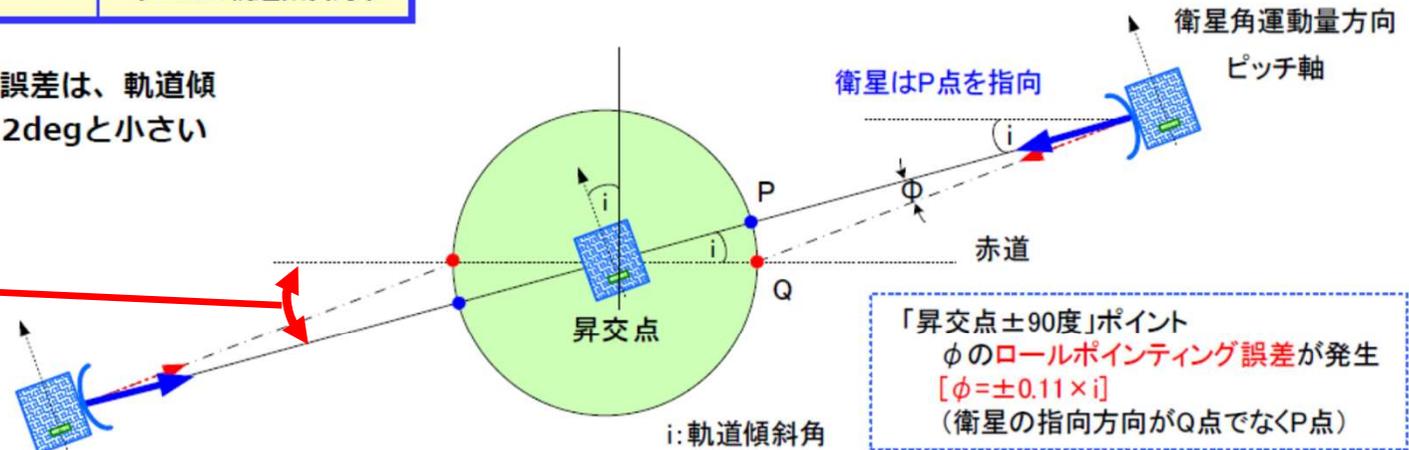
- 軌道傾斜角の増加
 - 0.078度/月、0.93度/年
 - 2年間で1.86度増加
- ポインティング誤差

	昇交点、降交点	昇交点±90度
ヨーポインティング誤差	最大 (軌道傾斜角 <i>i</i>)	ゼロ
ロールポインティング誤差	ゼロ	最大 (0.11×軌道傾斜角 <i>i</i>)

ピッチポインティング誤差は、軌道傾斜角2度でも最大0.012degと小さい



軌道傾斜角

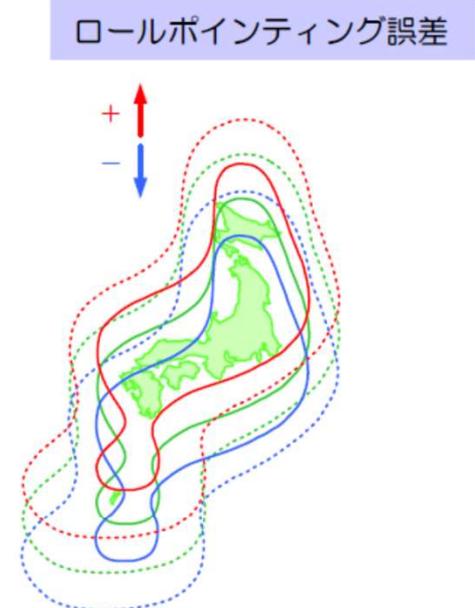
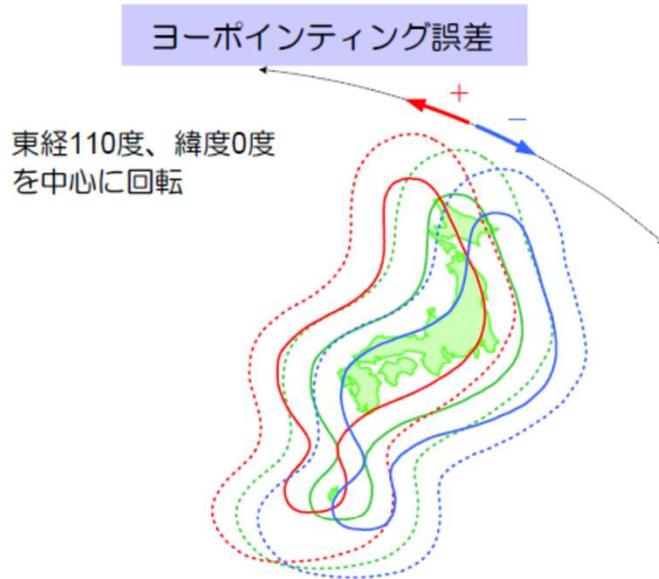


〔図表は2007年の前回高傾斜角運用の際の説明資料を再掲〕

「昇交点、降交点」ポイント
+*i*(または-*i*)のヨーポインティング誤差が発生
(「昇交点±90度」での衛星の赤道面に対する傾き[±*i*]が、ヨーエラーに転化)

参考2：高傾斜角軌道における衛星運用手法(続き)

ヨー／ロールポインティング誤差とEIRPの低下



ヨーポインティング誤差によるEIRP低下 [単位：dB]

軌道傾斜角	0.5度	1.0度	1.5度	2.0度
最大ポインティング誤差角	0.5度	1.0度	1.5度	2.0度
稚内	1.1	2.0	2.9	4.0
東京	0.6	1.2	1.7	2.3
与那国	0.7	1.0	1.3	2.0

ロールポインティング誤差によるEIRP低下 [単位：dB]

軌道傾斜角	0.5度	1.0度	1.5度	2.0度
最大ポインティング誤差角	0.055度	0.11度	0.165度	0.22度
稚内	0.9	1.6	2.2	3.2
東京	0.2	0.6	0.8	1.0
与那国	0.8	1.5	1.7	2.2

〔 図表は2007年の前回高傾斜角運用の際の
説明資料を再掲 〕

高軌道傾斜角運用 (IOC) では、ヨー／ロールポインティング誤差が補正され、EIRP低下はほぼゼロ

参考2：高傾斜角軌道における衛星運用手法(続き)

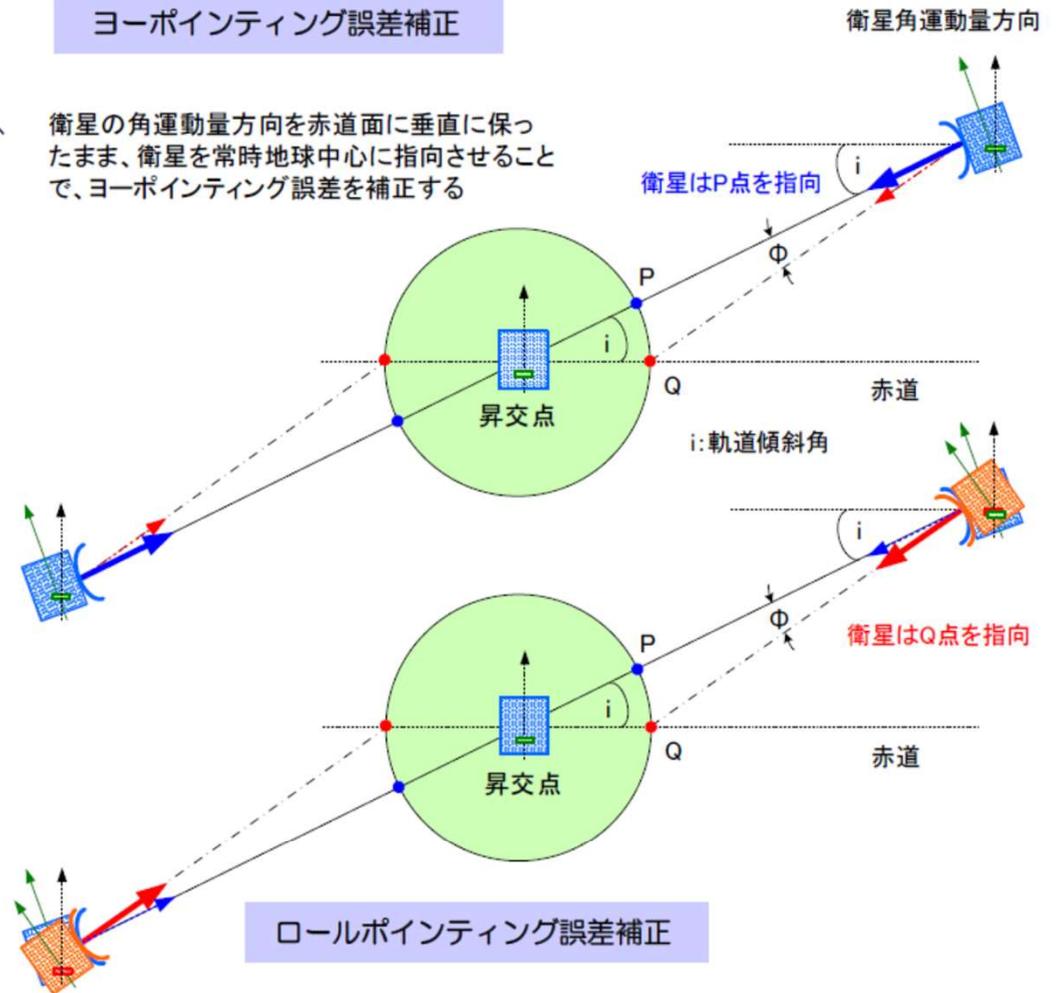
高軌道傾斜角運用の考え方

高傾斜角運用による寿命外延長運用

- 衛星搭載したソフトウェアにより直接制御し、ヨーポインティング誤差及びロールポインティング誤差を補正

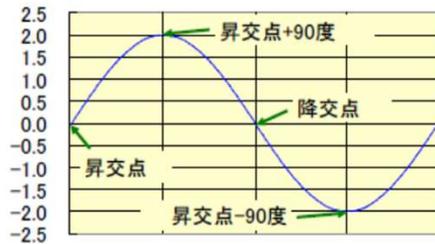
ヨーポインティング誤差補正

衛星の角運動量方向を赤道面に垂直に保つたまま、衛星を常時地球中心に指向させることで、ヨーポインティング誤差を補正する



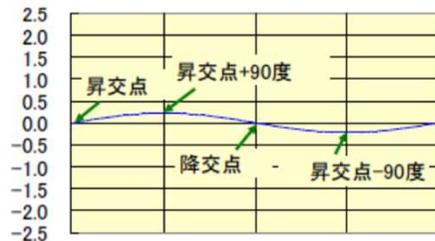
角度調整の24時間推移
(軌道傾斜角=2.0度)

ヨーポインティング誤差補正



$$i \times \sin \omega_0 t$$

ロールポインティング誤差補正



$$0.11 \times i \times \sin \omega_0 t$$

ロールポインティング誤差補正

衛星搭載のソフトウェアによりロールポインティング誤差を補正

〔図表は2007年の前回高傾斜角運用の際の説明資料を再掲〕

参考3：衛星放送ワーキンググループ(第4回: 2024-02-13)資料4-2抜粋

衛星放送に係るインフラコストの低減 論点に係る考え方

4

共同衛星の打上げ時期

<論点> JCSAT-110Rの燃料寿命の終期をどのように考えるか。

B-SAT	スカパーJSAT
<ul style="list-style-type: none">● BSAT-3c/JCSAT110Rのメーカーのロッキード・マーチン社からは燃料を36.35kg残すと2029年5月21日終了との情報でしたが、軌道外投棄で使用する12kg以上の燃料が残ると障害になるため、当社で最終計算を行いました。通常運用では2030年5月終了と考えています。● 当衛星が予備衛星であることから、可能な限りの寿命延長を第1に考えるべきです。これにより、次期衛星の仕様の検討期間も十分確保できます。燃料を多く消費する南北方向の軌道制御を控えることで寿命を延長できます。その際には通常運用時と同一のサービスエリアを確保するためのポインティングをきめ細かく調整する技術を採用します。これが高傾斜角運用による寿命延長であり当社でも十分な実績があります。● 受信への配慮として追尾機能の無い小口径の家庭用受信アンテナ及びCATVヘッドエンドの受信アンテナに対して、衛星位置の振れが受信劣化を起こす角度（指向方向からの角度）以下に保つ必要が出てきます。このため、衛星の軌道傾斜角が受信アンテナの受信保護の限度に達する前に運用を終了します。● 当社もCSの予備衛星の必要性は認識しており、現在CS放送の予備機に使用されているBSAT-3c/JCSAT110Rは共同衛星であることから、2社協力のもと高傾斜角運用による寿命延長を図ることが最善と考えます。● <u>仮に高傾斜角運用により安全性を見て1年7か月の延長を行えば、2031年12月まで予備衛星の運用が可能と考えます。</u>	<p>BSAT-3C/JCSAT-110R（現在のBS/CS共同衛星）の通常の運用を前提とした燃料寿命は衛星メーカーからの最新の計算値によると2029年5月となっている。</p> <p>仮に衛星の傾斜角運用を行い、燃料寿命を延ばす場合には、時間とともに南北方向の振れ幅が大きくなるため回線の受信レベルが下がっていく。回線品質の劣化が許容範囲に収まる範囲までの延命となる。隣国との周波数調整内容にも留意する必要がある。</p> <p><u>傾斜角運用の影響</u></p> <ul style="list-style-type: none">・受信アンテナの指向方向と電波到来方向のずれにより回線品質の劣化を与える。とりわけ1.2メートル級の大きなアンテナで受信をしているCATV局等での回線品質の劣化は著しい。・さらには、サービスエリアの端（北海道、沖縄など）において衛星からの電波の強さが低下する。