



イリジウム 高度化システムの検討状況について

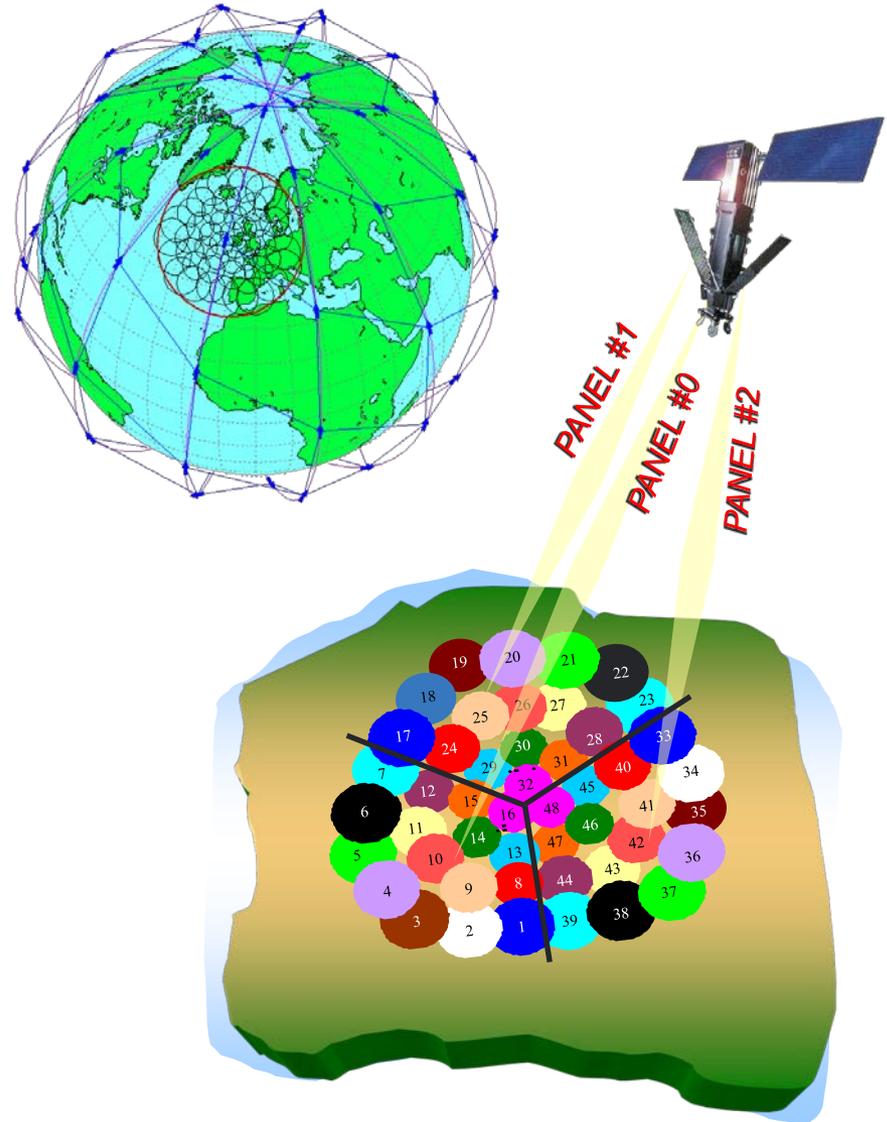
2018年1月18日

# グローバルカバレッジ

- 上空485マイル(780 km) の66機の低軌道周回衛星
- 南北の極を通る6つの軌道に各11機の衛星
- 1衛星の中に48個のスポットビーム、各スポットビームは直径約250 miles (400 km) をカバー
- 1つの衛星内の全てのスポットビームがオーバーラップ、ビームからビーム、衛星から衛星へ、音声通話とデータ通信はハンドオーバー
- 重なり合った各々の衛星が通信を行う (衛星間通信)

\*日本国内のイリジウムLバンド周波数は1621.35 MHz-1626.5 MHz

\*一方、ITUでは 1618.25 MHz-1626.5 MHzがイリジウムに割り当てられており、世界では一般的にはこの周波数で運用中



# イリジウムネクストとは何？

## イリジウムの次世代低軌道周回衛星ネットワーク

- 全体で3000億円のプログラム
- 66機の新衛星、9機の軌道予備衛星、6機の地上予備機での唯一のLEOアーキテクチャを保持し続けます
- 現行ネットワークと現行端末に完全な後方互換性、サービスを継続して提供します
- 2018年夏までに全ての打ち上げが完了予定、SpaceX Falcon 9 ロケットを使って8回の打上げ
- トータル40機の打ち上げが完了、次回打ち上げは3月中旬を予定  
残る打ち上げの予定
  - 10機 x 3 = 30
  - 5機 x 1 = 5

# イリジウムネクストでの進化

## イリジウムネクストによる通話品質とデータスピードの著しい向上

### 現在の衛星

音声通話: 2.4 Kb/s

ショートバーストデータ (SBD)  
イリジウムバースト

LBT データ:  
Circuit switched 2.4 Kb/s Up/Down

ブロードバンド:  
イリジウムオープンポート 最大134 Kb/s

現行衛星用の端末をサポート

### イリジウムネクストの性能

音声通話: 4.8Kb/s (HQ)  
and 2.4Kb/s (SQ)

ショートバースト(SBD)  
イリジウムバースト

イリジウムネクスト LBT データ:  
Circuit switched 2.4 Kb/s Up/Down  
22-88 Kb/s Up/Down

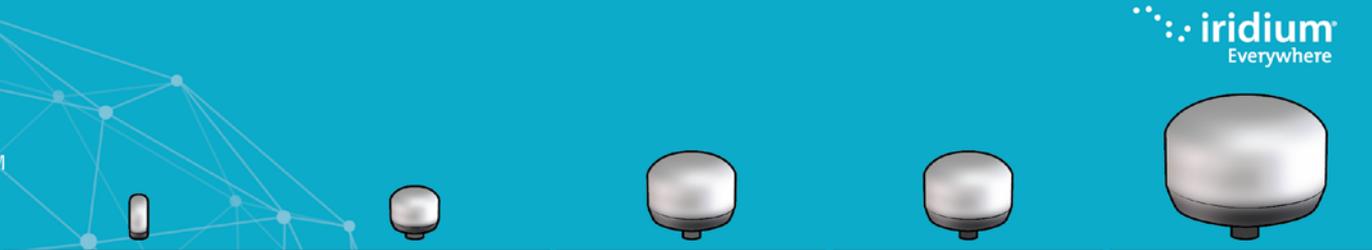
ブロードバンド:  
88 Kbps Up/Down  
176 Kbps Up/Down  
352 Kbps Up/Down  
352 Kbps Up / 700 Kbps Down  
512 Kbps Up / 1.4 Mbps Down

現行衛星用端末とイリジウムネクスト端末の双方をサポート

# イリジウムCERTUS 製品のサービスごとの発売時期

	2018 5月	2018 12月	2019	2020
Iridium Certus 350/700	350 	700 		
Iridium Certus 100/200		100/200 		
Iridium Certus 1400				1400 

# Iridium Certus<sup>SM</sup> Maritime



	Iridium Certus 100	Iridium Certus 200	Iridium Certus 350	Iridium Certus 700	Iridium Certus 1400
<b>Expected Availability</b>	late 2018	early 2018	mid 2017	late 2018	early 2020
<b>Above-Deck Equipment (ADE)</b> Height & Diameter	~ 150mm ~ 50mm	~ 150mm ~ 180mm	~ 270mm ~ 300mm	~ 270mm ~ 300mm	~ 450mm ~ 550mm
Form Factor	<i>Electronically switched and phase steered, horizon to horizon - no moving parts</i>				
<b>Below-Deck Equipment (BDE)</b> Form Factor	Standalone	Standalone	Standalone or Rack Mount	Standalone or Rack Mount	Rack Mount
<b>IP Data, Background</b> <i>all best-effort, maximum speeds</i>					
Vessel Receive	88 kbps	176 kbps	352 kbps*	704 kbps	1408 kbps
Vessel Transmit	88 kbps	176 kbps	352 kbps*	352 kbps	528 kbps
<b>IP Data, Streaming</b> Upload / Download Rate	56 kbps	128 kbps	256 kbps	256 kbps	256 kbps
<b>Telephony</b> Number of Voice Lines <i>determined by partner implementation</i>	x 2	x 3	x 3	x 3	x 3
<b>Target Markets</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Commercial fishing</li> <li>Sport fishing</li> <li>Leisure sailing</li> <li>GMDSS**</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Commercial fishing</li> <li>Tugs, tows &amp; river craft</li> <li>Leisure motor &amp; sail</li> <li>Sport fishing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Merchant shipping</li> <li>Commercial fishing</li> <li>Work boat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Merchant shipping</li> <li>Commercial fishing</li> <li>Large leisure</li> <li>Work boat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Offshore platforms</li> <li>Scientific research</li> <li>Cruise &amp; ferry</li> <li>Yacht</li> </ul>

\*134 kbps on Iridium legacy satellites

\*\*Pending IMO recognition

The Iridium Certus Maritime Product Portfolio is being developed by third-party manufacturers and as such, is indicative and subject to change without notice.

# Iridium Certus<sup>SM</sup> Aviation



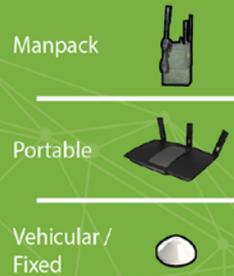
	Iridium Certus <b>100</b>	Iridium Certus <b>200</b>	Iridium Certus <b>350</b>	Iridium Certus <b>700</b>	Iridium Certus <b>1400</b>
<b>Expected Availability</b>	mid 2018	mid 2018	mid 2017	late 2018	mid 2020
<b>Antenna Class</b>	Low gain	Low gain	High gain	High gain	High gain
<b>Minimum Antenna Size</b>	~9cm (diameter)	~12 x 40 x 5.5cm	~51 x 11 x 6.5cm	~51 x 11 x 6.5cm	~51 x 11 x 6.5cm
<b>Antenna Type</b>	<i>All antenna are electronically steered - no mechanical tracking</i>				
<b>Minimum MCU Size</b>	2MCU	2MCU	2MCU	2MCU	4MCU (est)
<b>Telephony</b>					
Number of Voice Lines <i>determined by partner implementation</i>	x 3	x 3	x 3	x 3	x 3
<b>IP Data, Background</b>					
Receive	88 kbps	176 kbps	352 kbps*	704 kbps	1408 kbps
Transmit	88 kbps	176 kbps	352 kbps*	352 kbps	528 kbps
<b>IP Data, Streaming</b>					
Upload/Download Rate	56 kbps	128 kbps	256 kbps	256 kbps	256 kbps
<b>Target Markets</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commercial</li> <li>• Corporate</li> <li>• Rotorcraft</li> <li>• General Aviation</li> <li>• Government</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commercial</li> <li>• Corporate</li> <li>• Rotorcraft</li> <li>• General Aviation</li> <li>• Government</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commercial</li> <li>• Corporate</li> <li>• Government</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commercial</li> <li>• Corporate</li> <li>• Government</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corporate</li> <li>• Government</li> </ul>

\*134 kbps on Iridium legacy satellites

*The Iridium Certus Aviation Product Portfolio is being developed by third-party manufacturers and as such, is indicative and subject to change.*

© Copyright 2016 Iridium Satellite LLC. All rights reserved. Iridium and the Iridium logo are registered trademarks and Iridium Certus is a service mark of Iridium Satellite LLC and its affiliates. Information is subject to change without notice.

# Iridium Certus<sup>SM</sup> Land



	Iridium Certus 100	Iridium Certus 200	Iridium Certus 350	Iridium Certus 700	Iridium Certus 1400
<b>Expected Availability</b>	late 2018	late 2018	mid 2017	late 2018	early 2020
<b>Antenna</b>	 	 	 	 	TBD
Height & Diameter	~2.5 cm ~7.6 cm	~6.3 cm ~7.6 cm	~7.6 cm ~30.5 cm	~7.6 cm ~30.5 cm	
<b>Product Types**</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manpack</li> <li>• Portable</li> <li>• Vehicular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehicular</li> <li>• Fixed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Portable</li> <li>• Vehicular</li> <li>• Fixed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Portable</li> <li>• Vehicular</li> <li>• Fixed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehicular</li> <li>• Fixed</li> </ul>
<b>Telephony</b>					
Number of Voice Lines	x 2	x 3	x 3	x 3	x 3
<b>IP Data, Background</b> <i>all best-effort, maximum speeds</i>					
Download Rate	88 kbps	176 kbps	352 kbps*	704 kbps	1408 kbps
Upload Rate	88 kbps	176 kbps	352 kbps*	352 kbps	528 kbps
<b>IP Data, Streaming</b>					
Upload/Download Rate	56 kbps	128 kbps	256 kbps	256 kbps	256 kbps
<b>Applications**</b> <i>simultaneous usability</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Push-to-Talk</li> <li>• Situational Awareness</li> <li>• Email / Messaging</li> <li>• Voice-over-IP</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Push-to-Talk</li> <li>• Situational Awareness</li> <li>• Email / Messaging</li> <li>• Voice-over-IP</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Video Conferencing</li> <li>• Video Broadcasting</li> <li>• Web Browsing</li> <li>• Enterprise Apps</li> </ul>

\*134 kbps on Iridium legacy satellites

\*\*Depending on manufacturer implementation

The Iridium Certus Land Product Portfolio is being developed by third-party manufacturers and as such, is indicative and subject to change.

© Copyright 2016 Iridium Satellite LLC. All rights reserved. Iridium and the Iridium logo are registered trademarks and Iridium Certus is a service mark of Iridium Satellite LLC and its affiliates. Information is subject to change without notice.

# 現行衛星とイリジウムNEXTとの技術的仕様の比較

## 携帯移動地球局の送信装置

	現行衛星	NEXT衛星
変調方式	QPSK	QPSK, 16APSK
変調信号の送信速度	50 Kbps	1920 Kbps
占有周波数帯幅の許容値	31.5 KHz	590 KHz
日本での使用周波数	1621.35 MHz - 1626.5 MHz	1618.25 MHz - 1626.5 MHz

## イリジウムと国立天文台との調整状況について

- ~2017年12月  
国立天文台に対して情報提供を実施
- 2018年1月10日  
国立天文台とイリジウム本社の技術者との打合せを実施
- 2018年2月以降再度調整予定

### ■アップリンク

現在・未来とも電波天文台周辺での通信量は極めて低いため、離隔距離は不要であることを提案。

→離隔距離確保の要・不要は継続課題。また通信量の実績データが水沢天文台周辺のみであったため、臼田・鹿島も追加することとされ、実測スプリアスデータ等も含め今後再調整予定

### ■ダウンリンク

電波天文への干渉の改善手法(RASPモード)が北緯30度以上向け全世界に(含む日本向け)適用される。

機能の一つとして、日本等通信量の少ない地域では電波天文から離れた周波数を優先使用する。

## イリジウム第一世代のシステム

- イリジウムの衛星システムは、1997年より全世界的に稼働しています。これはITUにも届出がなされ、またそれとの調和が図られています。(HIBLEO-2)
- イリジウムは電波法に関する規則をすべて遵守しています。
- しかし、イリジウムの運営が、電波天文の運営に一定の影響を生じることがありました。特に、トラフィックの多い地点(ホットスポット)に近いところに位置するヨーロッパの国においてです。
- ドイツにおける電波観測所が、唯一、電波天文に使用される帯域においてITU-R勧告の基準を超える帯域外発射を補正観測により観測した場所になります。
- ドイツのようなトラフィックのホットスポットでサービスを提供する衛星は、最終増幅器において高次相互変調を生じ、電波天文帯(1610.6-1613.8 MHz)において帯域外発射をもたらすこととなります。
- 第一世代のイリジウム衛星の設計の制約により、これらの発射を大幅に減らす運用上の方法は存在しませんでした。
- 電波法に関する規則では要求されていませんが、イリジウムは次世代のシステム(イリジウムNEXTとして知られています)の設計にあたって、この問題に対応しました。

## イリジウムNEXT: 第二世代のシステム

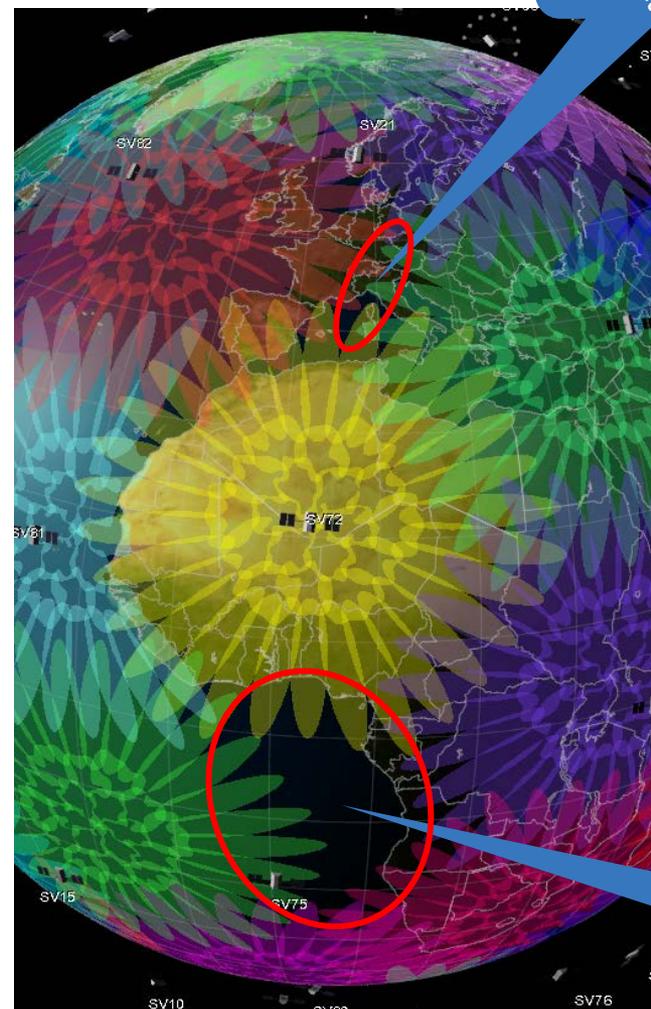
- イリジウムは、2008年頃、次世代のシステム(イリジウムNEXTとして知られています)の計画を始めました。
- 電波天文との共存のための解決策は、設計における重要な目標の一つでした。
  - 高性能の増幅器の仕様
  - 出力段階で追加されるノイズフィルター
  - システムにビルトインされた、ソフトウェアの再設定が可能な、高性能のトラフィック管理能力
- Thales Alenia Space (TAS) は2010年に、イリジウムNEXTの建設を選択しました。TASの設計はすべての目標を満たすものでした。
- 前例のない規模の計画、そしていくつかの障害にもかかわらず、イリジウムは衛星交換のための打ち上げを2017年1月に開始しました。
- 4つの打ち上げ(合計で40の衛星)が2017年12月23日までに成功裏に完了しました。75の衛星の完全な交換は、2018年中に完了することが予定されています。
- 新しい衛星は、ヨーロッパ及び北米における電波天文の既存の懸念に対応したのですが、同じ技術は、世界の他の地域における電波天文観測所についても、必要であれば適用することが可能です。

## イリジウムNEXTの設計の概要

- イリジウムは、電波天文の周波数帯における対域外干渉をさらに緩衝・低減する新たなアプローチを開発しました。
  - 「RASP 緯度ベースビームレイダウン」(RLBBL)アプローチ
    - 負荷分散ビームレイダウンテーブル:1つの衛星に要求される対象範囲を減らし、よってトラフィックの負荷を減らす
  - 加えて、電波天文の施設の上を通過する衛星については、混雑する周波数に伴って、周波数帯の上端に向けて送信帯を限定されています。
  - RLBBLは、高緯度にて起こる衛星の対象範囲の重複を利用したものです
    - 北緯30度から60度の衛星について、アクティブなビームをより少なくする
    - 1つの衛星が高負荷の地域をカバーする場合(たとえば西ヨーロッパ)、「負荷の小さい」、海上の隣接の衛星が一次的な衛星から負荷を分散し、一次的な衛星におけるRFの送信をより少なくする
    - より少ないRFの送信により、帯域外混変調のレベルを低くする
    - シミュレーションが完了しており、その結果を以下のチャートにおいて共有します。
- シミュレーションは、全ての電波天文の施設について、新しいアプローチがデータ損失に関するITU-R勧告(ITU-R RA.1513)を完全に満たしていることを示しています。

## 電波天文保護のための新たなアプローチ (1/3)

- 新たなアプローチは、高緯度にて起こる衛星の対象範囲の重複を利用したものです
  - 右の図は、北緯0度から50度までに要求されている衛星の対象範囲の違いを示しています。
  - これらの緯度におけるすべての衛星は再設定され、北緯30度以上については可能な限り最小の数のビームを動作させてカバレッジを提供するようになっています(次スライド参照)
  - 衛星あたりのアクティブなビームが少なくなることにより、帯域外の混変調歪みの総量とビームが運ぶノイズのレベルが低減され、各衛星に配置可能なサブバンドを生み出すことができます、



SV21のビームが動作していても、ほぼ完全なカバレッジを達成

北緯50度

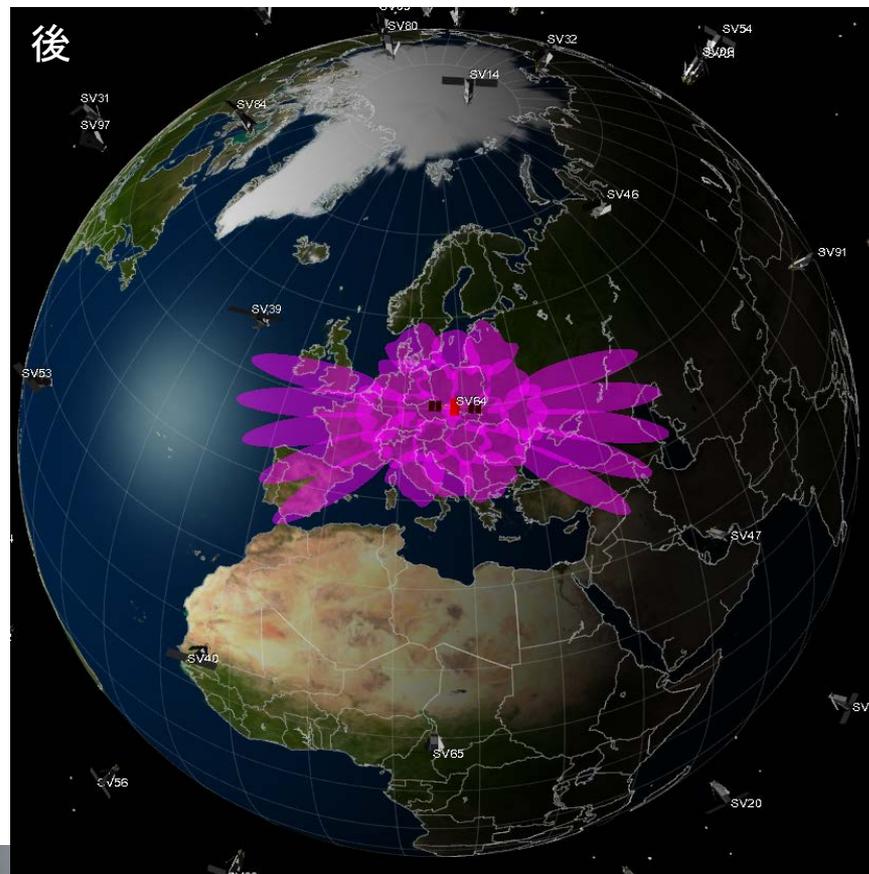
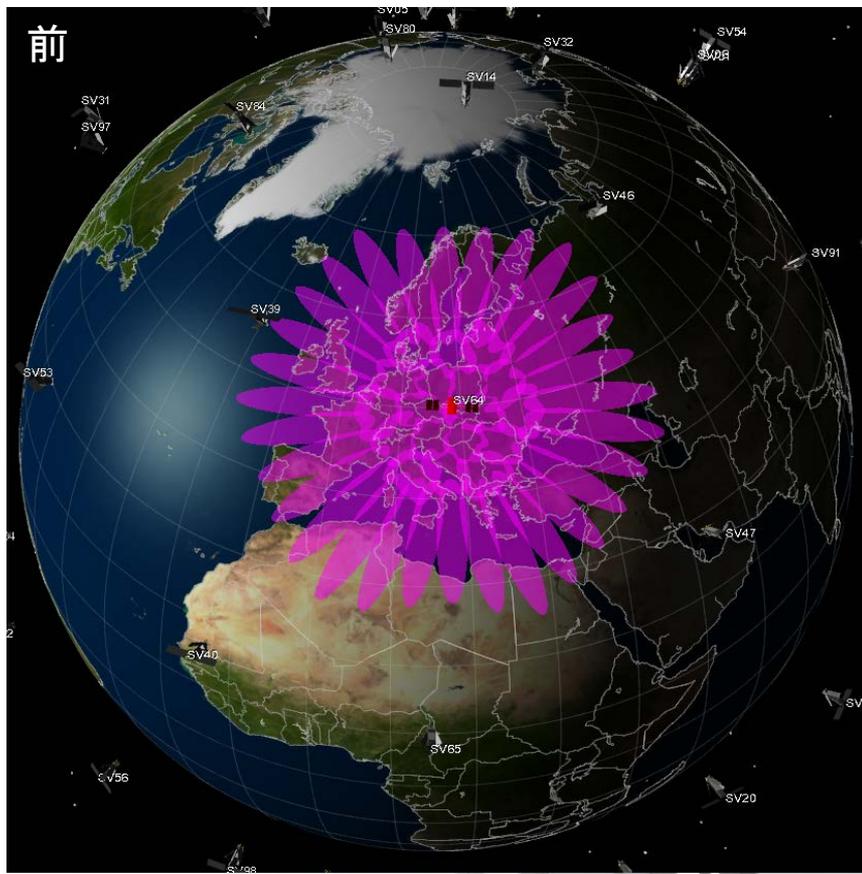
図は、一つの衛星の明らかな対象範囲を示すため、衛星のビームが無効化された場合の地域を示しています(イメージ図)

0度

SV75のビームが動作しない場合、広いエリアがカバーされなくなる

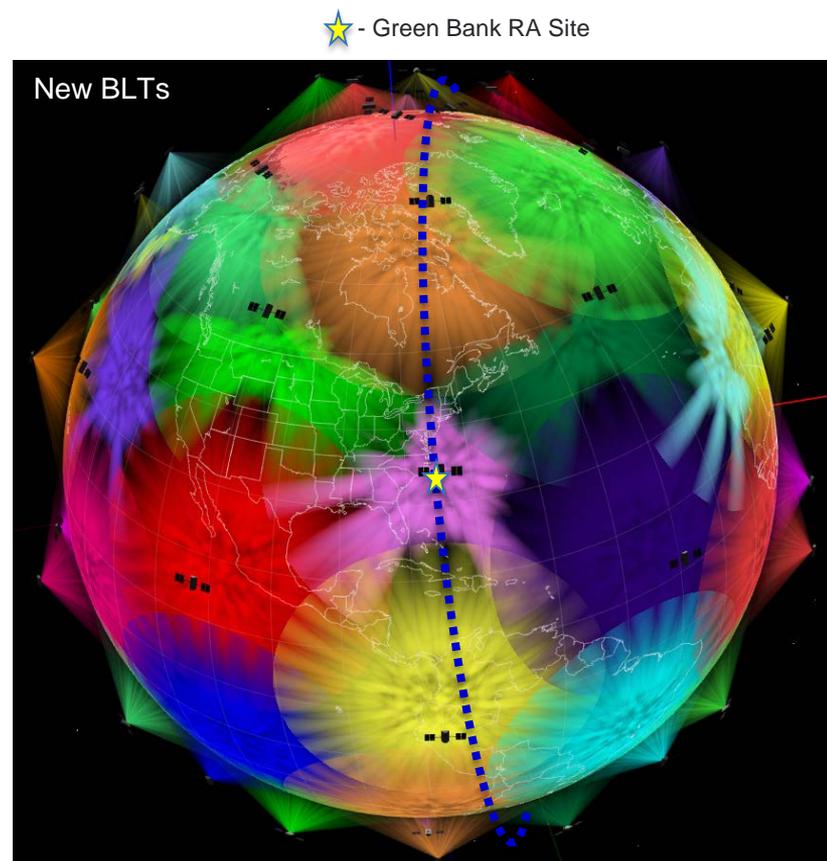
## 電波天文保護のための新たなアプローチ (2/3)

- ビームレイダウン範囲アプローチ – 前と後
  - ビームレイダウンテーブルが、ビームの時間的な有効化を定義します。
  - 新しいアプローチが定義される前は、48全てのビームが稼働し、一つの時間帯あたり32のビームが稼働していました。
  - 以後は、28のビームが稼働し、1つの時間帯あたり14ビームのみが稼働します。



## 電波天文保護のための新たなアプローチ(3/3)

- ビームレイダウンテーブル(BLTs)は、どのビームが稼働するかを、緯度に応じて、4秒の間隔をもって定義します。
- 南から北に進む場合、ビームは北側のビームが北緯30度に掛かるときに停止され始めます(反対も同様です)
- 最終目標は、28以下のビームを稼働させ(48のうち)、時間帯あたり14以下のビームを稼働させることです
  - 以前の実装では、時間帯あたり最大32のビームを稼働させていました。
  - 要求される地理的範囲がより小さくなることにより、電波天文の施設の近くでトラフィックを提供するためのサブバンドが少なくなります
  - 時間帯あたりアクティブなビームが14以下となり、電波天文の施設上空を通過する衛星による帯域外の混変調歪みの総量とビームが運ぶノイズのレベルが非常に低減されます。



## 電波天文保護のための新たなアプローチ (3)

### ● “RASPモード”の要素

使用されるRASPの機能	目的
サービスクラウディング	上方のチャンネルに対して最大限の出力の供給を強制する
周波数クラウディング	運用する帯域を最小限にする (周波数の再利用を増やす)
ビームの管理	電波天文施設上空の衛星ビーム数の最小限化 (帯域外発射の低減)
スペクトル制限のテーブル	経度緯度に応じた衛星の帯域の制限

- サービス及び周波数のクラウディングは、電波天文施設をカバーする衛星においてのみ
- ビームの管理
  - 新ビームレイダウンアプローチを参照
- スペクトル制限テーブル
  - 帯域制限は、グローバルな2度のグリッド解像度により経緯度に応じてコントロール可能
  - 電波天文をカバーする衛星について12から14のサブバンドに制限可能
  - 電波天文施設をカバーしない衛星に関してはライセンスを受けた最大限の帯域を使用

- シミュレーションの結果
  - データ損失の結果

データ損失	各シミュレーション実行における アクティブなサブバンド*		
	10	12	14
エフェルスベルグ	1.26%	1.50%	1.86%

\*1サブバンドは333 kHz

- エフェルスベルグに関するシミュレーションの結果は、北緯30度より上にある、高負荷トラフィックの地域の全ての電波天文施設に関しての指標ともなる。
- より低負荷トラフィックの地域の電波天文施設に関してはさらに良い結果が得られるであろう
- イリジウムは、衛星が電波天文施設上空を通過する際さらに良いデータ損失の結果が達成できるよう、ビームのレイダウンやスペクトル制限のパフォーマンスの高精度化を続けることが可能

## RASP導入

- イリジウムNEXTは従来のイリジウム衛星を置き換える衛星であり、新しい衛星は従来のサービスと上位互換性を持ちます。それぞれ10の衛星の4回の打ち上げが2017年に完了しました。
- イリジウムNEXT衛星の送信レベルは従来の衛星と同一です。
  - 従来の衛星の変調方式: BPSK 及び DE-QPSK
  - イリジウムNEXT衛星の変調方式: BPSK, DE-QPSK, QPSK, 8PSK 及び 16APSK
  - イリジウムNEXT(QPSK 及び 16APSK)のための将来のイリジウム Certus<sup>SM</sup> Waveformsは、他の変調方式と同じ相対電力レベルで送信されます。
  - イリジウムNEXTシミュレーションはこれらの波形を含みます。
- **イリジウムNEXT衛星の電波天文帯における帯域外発射は、従来の衛星の者に比べ非常に低いものです。**
  - RASPの機能が、比較的ユーザーの負荷がより高い西ヨーロッパ地域においてデータ損失に関するITU勧告の内容を満たすようにするために、使用されます。
  - 日本及び他の北半球上のトラフィックの負荷は、西ヨーロッパに比べて軽いものです。
    - 結果、帯域外発射はもっと低く、そのためRASP機能はITU勧告を満たすためには必要というわけではありません。
  - RASP機能は、高負荷のトラフィックの地域か、低負荷のトラフィックの地域かにかかわらず、電波天文の帯域における帯域外発射を世界的な範囲で処理します。

## 要約

- イリジウムは、このRASPアプローチに関する情報を共有できることを嬉しく思います
- RASPモードは、北緯度地域に適用されます。これには、日本、米国、ドイツが含まれます。
- このアプローチは、イリジウムNEXTの衛星が完全にデプロイされればすぐ、高緯度にて起こる衛星の対象範囲の重複を利用して、電波天文の帯域における帯域外発射をITU勧告に適合するようにするものです。
- このアプローチは、イリジウムの従前の努力及び設計の特性（追加のフィルタリング、衛星ソフトウェアの変更、及び地上のプロセスの変更）を補完するものです。
- この新しいRASPアプローチは、電波天文側のご懸念に対応するものであり、ITU-Rのデータ損失に関する勧告に全て沿うものです。



Thank You!