

「放送用周波数を有効活用する放送ネットワーク  
の技術的条件に関する調査検討」  
における

【令和5年度の成果】  
(STL/TTL/TSL高度化部分の抜粋)

放送サービス高度化推進協会 (A-PAB)

令和7年1月31日

## ○ 稠密に利用されている地上デジタルテレビジョン放送の周波数

- 地上アナログテレビジョン放送からデジタル方式に移行。移行により、地上テレビジョン放送用の周波数帯を370MHz幅(62ch)から240MHz幅(40ch)へ大幅に圧縮。これにより生じた空き周波数は、携帯電話等の通信サービスに利用。
- 現在、全国12,076局もの放送局(中継局等含む)が、40chを最大限有効活用して全国放送サービスを提供中。
- また、地上テレビジョン放送用の周波数帯は、ホワイトスペースとしてラジオマイクやエリア放送などのシステムと共用。今後、それらの無線局へのニーズが増加していくことから、これまで以上に効率的な周波数利用が必要。

## ○ 映像符号化技術の進展と超高精細度映像(4K等)の普及

- サービス開始から20年近くが経過した地上デジタルテレビ放送は、映像符号化方式としてMPEG2を使用中。より効率的な映像圧縮技術等が出現し、インターネット等において利用が拡大中。
- 4K8K衛星放送のサービス開始に伴い、超高精細度映像が普及拡大中。

**新たな放送サービスの実現など、更なる有効活用を図ることが必要**

### ① 置局に関する技術的条件

効率的な置局方策に基づく置局シミュレーションや実フィールドでの検証等を実施

### ② 中継に関する技術的条件

容量や耐性に優れた中継方式の技術的条件について調査し、放送ネットワーク構築方策を検討

## ① 効率的な周波数利用の実現

新たな放送サービス用の空き周波数の創出、  
ホワイトスペースの利用拡大

### 【具体的な成果】

- ・ 精密な地デジ周波数利用状況の調査により、一層稠密な利用の可能性を追求。等

## ② 新たな放送サービスの実現

4K放送や通信・放送融合サービス等を  
地上テレビ放送用周波数で実現

### 【具体的な成果】

- ・ 「地上放送高度化方式」及び「高度化導入方式(LDM)」の技術的条件のとりまとめ・ 既存地デジ受信機やCATV放送との両立性検証 等

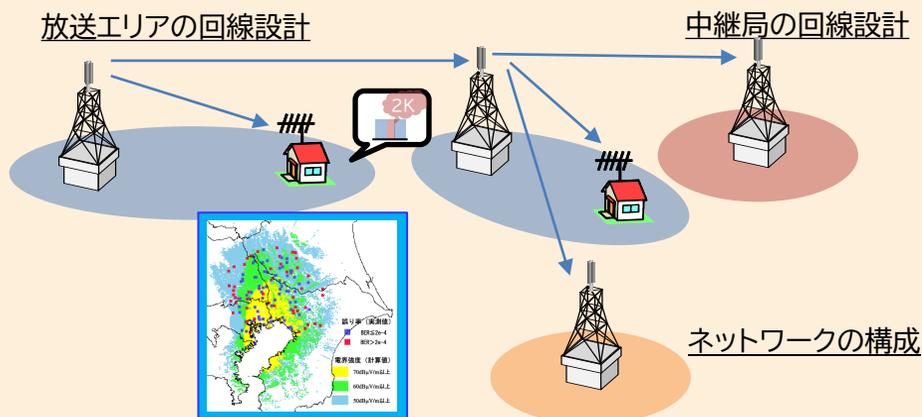


令和4年度までの技術試験事務を踏まえ、必要となる関連技術を検討

## 技術試験事務(R5～R7)

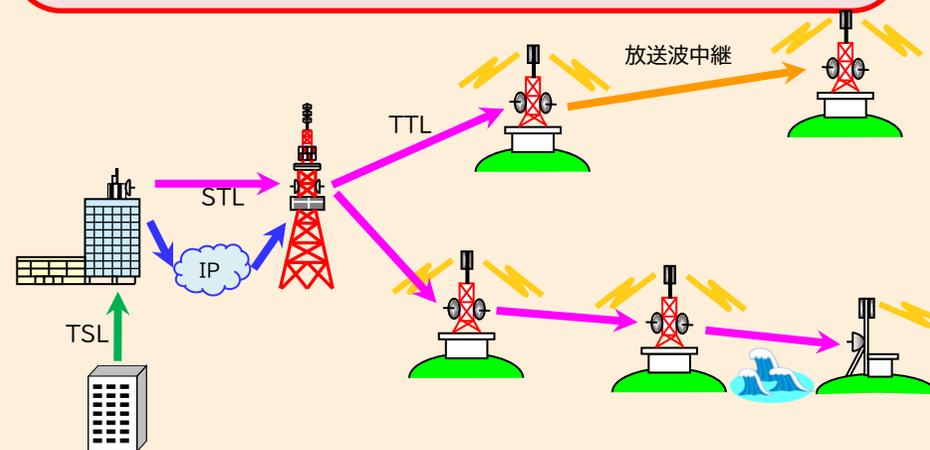
### ① 置局に関する技術的条件

効率的な置局方策に基づく置局シミュレーションや  
実フィールドでの検証等を実施



### ② 中継に関する技術的条件

容量や耐性に優れた中継方式の技術的条件につ  
いて調査し、放送ネットワーク構築方策を検討



## ②中継に関する技術的条件の検討

新たな放送サービスを全国的なネットワークを構築して実施する場合に必要な技術等の条件について、検討

●親局から中継局へ信号を伝送するためのネットワークのうち、放送波中継に関する検討

### ア① 放送波中継に関する調査検討

高度化方式に対応した等価判定装置の試作、試作器の性能評価

### ア④ 中継局の回線設計検討

#### ii) 多段中継のマージン量調査

中継局そのものの劣化マージン、中継局間の空間伝搬で生じる信号劣化から多段中継した場合の総合的なマージン量を推定し、モデル化

### ア④ 中継局の回線設計検討

#### i) 親局/中継局送信の等価C/N調査

非再生中継方式(放送波中継、IF-TTL)それぞれの等価CNの調査

### ウ② 実験試験局の運用に関する調整

2023年度に開設した実験試験局(親局規模2局(芝・東山)・中継局規模3局(鍋田・津局・伊勢))、(SHF TTL2局(東山・津))の運用

●演奏所から中継局へ信号を伝送するためのネットワークのうち、STL/TTL中継に関する検討

### ア② STL/TTL及びTSLに関する調査検討

高度化方式の信号を伝送するための新たなSTL/TTL方式の要求条件、移行方策等の基本的な方策の検討

### ア③ プログラム伝送方式に関する調査検討

再多重化装置等について、フレーム同期型信号への対応、複数プログラム伝送の場合の方式検討

### イ① STL/TTL/TSLと他システム影響調査 干渉計算手法に関する検討

既存STL/TTLとの共用条件の検討

### イ② STL/TTL/TSLと他システム影響調査 他システムとの共用条件検討

STL/TTLと周波数を共用する可能性のあり他の無線システムとの共用条件検討にむけた基礎調査

### ウ① マイクロ波STL/TTL回線の伝搬特性に関する調査

STL/TTLの伝搬特性の長期測定

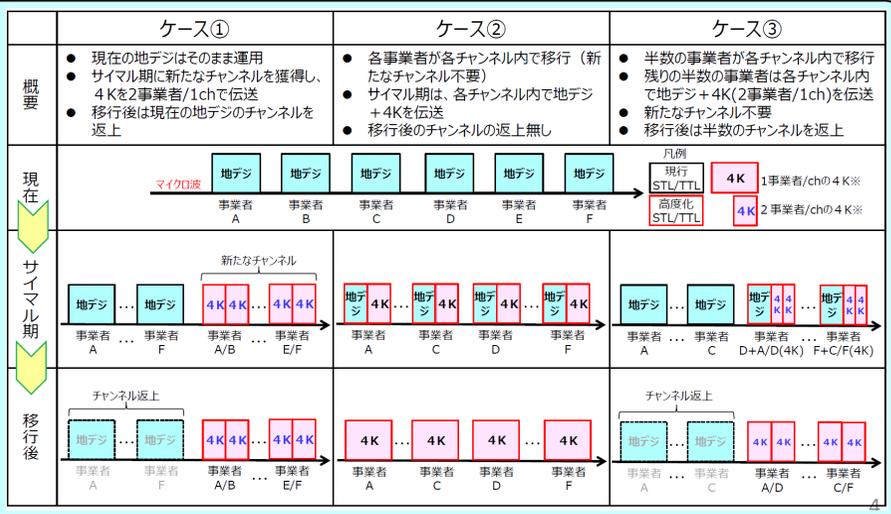
# 主な成果 (2)ア② STL/TTL及びTSLに関する調査検討

## 「課題」STL/TTL及びSTLについて、移行方策、要求条件を検討し、技術的条件を整理する

- 現行の放送ネットワークから地上放送高度化方式の放送ネットワークへの移行方法の検討した。
- 現行STL/TTL/TSLの要求条件を基に、高度化の放送ネットワークを構築する場合の要求条件を検討した。
- 現行STL/TTL/TSLの技術的条件を基に、新たな技術的条件を整理した。

### 成果1 移行方策の検討

- 高度化へ移行する際の番組伝送方法(現在、サイマル期、移行後)、チャンネル(新たなチャンネルの要否、移行後のチャンネルの返上)、番組数(1チャンネルで伝送する番組数)を考慮して 3つのケースを仮定し検討した。(右図)
- 3つのケースに対して、STL/TTLに必要なビットレート、現在の放送ネットワークを維持するための所要C/N、2事業者を1chで伝送する場合の信号の同期手法について検討した。



### 成果2 要求条件および技術的条件の整理

<要求条件>  
 (STL/TTL)システム・伝送品質・技術方式について今後の検討項目を整理した。  
 (TSL)伝送容量・回線設計・設備整備(運用)について、整理した。

<技術的条件>  
 (STL/TTL)TS伝送方式、IF伝送方式について今後の検討項目を整理した。  
 (TSL)基本仕様案をまとめた。(右表)

項目	高度化TSL案	関連要件	現行TSL
周波数帯	C/M/D/N/E/F/G帯	II-②	B/C/M/D/N/E/F/G帯
占有周波数帯幅	17.5MHz以下	I-①	16.2MHz以下
最大送信電力	C/D帯:1W, M/N帯:2W E/F/G帯:0.5W 伝送路条件等による最大値:4W	II-①③	B/C/D帯:1W, M/N帯:2W E/F/G帯:0.5W 伝送路条件等による最大値:4W
伝送方式	ARIB STD-B71ベセスISO/MIMO	I-①②	ARIB STD-B12
変調方式	OFDM (4096QAM/1024QAM/256QAM/64QAM/32QAM/16QAM/QPSK) 伝送路の状況によって選択可とする	I-①②	シングルキャリア (64QAM/32QAM/16QAM/QPSK) 伝送路の状況によって選択可とする
クロック周波数	FFTクロック20.450743MHz付近		シンボルクロック13.97722MHz
誤り訂正符号 内符号/外符号	LDPCC符号/BCH符号	I-①②③	トレリス符号/RS符号
主信号	TS/IP	I-①	TS
最大伝送容量	400Mbps程度(MIMO/4096QAM)	I-①	84Mbps(64QAM)
送信装置の 電波の質	現行基準 (現行TSLの欄と同じ)	II-③	送信周波数偏差: ±20×10 <sup>-6</sup> 以内 送信出力偏差: ±50%以内 送信スペクトルマスク: -37dB @ ±9MHz, -47dB @ ±19MHz等
雑音指数	3dB以下 (G帯は4dB以下)	II-④	4dB以下 (G帯は5dB以下)
出力信号品質	固定劣化3dB以下	II-④	固定劣化4dB以下

# 主な成果 (2)ア③ プログラム伝送方式に関する調査検討

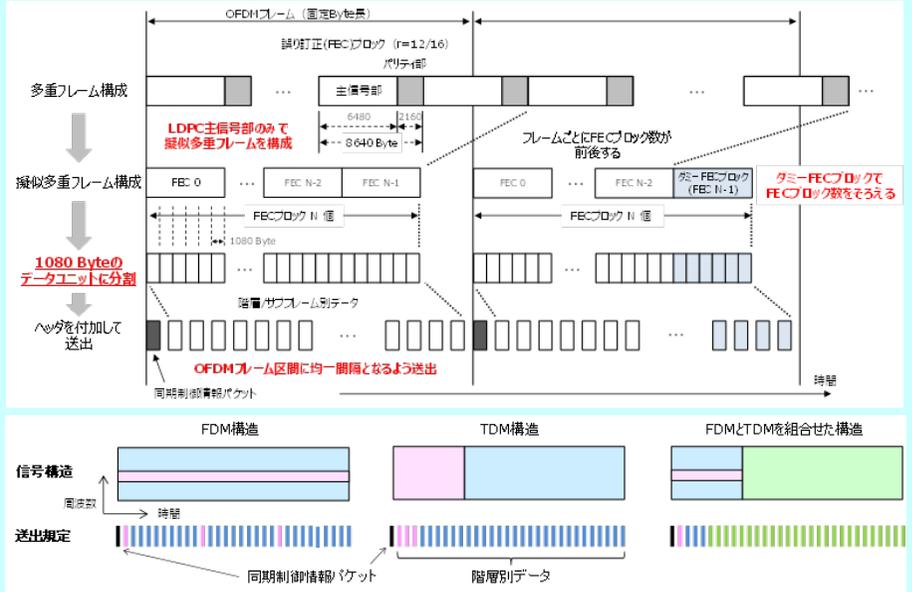
「課題」 再多重化装置・変調器・STL/TTLのフレーム同期信号型信号形式への対応、及び STL/TTLによる複数のプログラム伝送信号の多重伝送

- ・フレーム同期信号型信号形式に対応したプログラム伝送信号のインターフェース仕様を検討した。
- ・STL/TTLで複数のプログラム伝送信号を多重する場合の多重場所も含めた多重化方式を検討した。

## 成果1 プログラム伝送信号の仕様

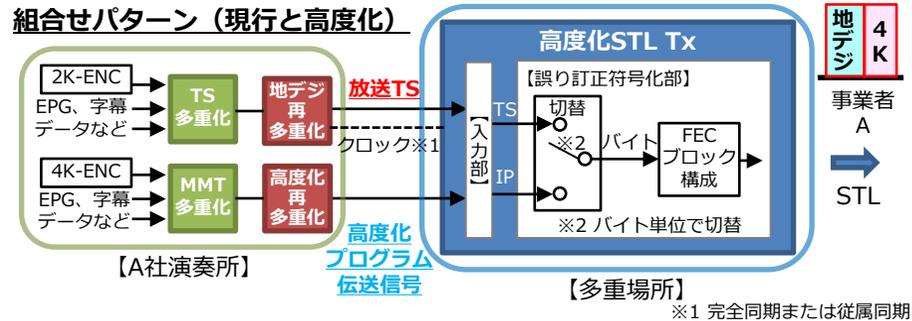
- ・これまで検討されてきたプログラム伝送信号の形式である XMI、STLPの特徴を踏まえ、変調器や再多重化装置の実装要件、STL/TTLの回線要件等を総合的に整理した(下表)。
- ・要件に適合する最適なプログラム伝送信号の仕様(レート及びパケット長は固定、LDPC/パリティ部は伝送無し、柔軟な信号構造に対応する送出順等)を検討した(右図)。

	再多重化装置	STL/TTL	変調器
プログラム伝送方式 (XMI) を用いる利点(O)・欠点(X)	X OFDMフレームを構成する分、内部遅延が大きくなる	O 固定パケット長、固定レートのため受信インターフェースの設計がしやすく、余分なバッファが必要ない X LDPCパリティが付加される分、伝送レートが大きくなる	O 固定パケット長、固定レートのため受信インターフェースの設計がしやすく、余分なバッファが必要ない
プログラム伝送方式 (STLP) を用いる利点(O)・欠点(X)	O OFDMフレームを構成せず、入力パケットにヘッダをつけて送出するため、低遅延にできる	X 可変パケット長、可変レートのため受信インターフェースで余分なバッファを持たせる必要がある O LDPCパリティがない分、伝送レートを小さくできる	X 可変パケット長、可変レートのため受信インターフェースで余分なバッファを持たせる必要がある
実装・回線設計に係る要件	・内部遅延を小さくする観点からOFDMフレームを構成せずに送出できる方式が望ましい	・内部遅延およびバッファを含む設計の観点から固定レートが望ましい ・STL無線区間の伝送レートを考慮し、オーバーヘッドが小さい方式が望ましい	・内部遅延およびバッファを含む設計の観点から固定レートが望ましい



## 成果2 複数のプログラム伝送信号の多重化方式

- ・2ア②「STL/TTL及びTSLに関する調査検討」で検討されているSTL/TTLの移行方法を想定して、プログラム伝送信号の組合せパターンを整理した。組合せパターンごとに多重場所と接続系統を整理し、多重場所と演奏所が分離されることに伴い考慮すべき点やクロック同期手法を検討した。
- ・それらが実現可能な望ましい多重化方式を検討した(右図)。



# 主な成果 (2)ア④ i) 中継局の回線設計検討(親局/中継局の等価C/N調査)

## 「課題」 親局送信機、放送波中継送信機およびIF-TTL装置の等価C/Nを調査

- ・実験試験局(東山、津、伊勢、鍋田)において、親局及び中継局の等価C/Nを調査
- ・室内試験にてIF-TTL装置の等価C/Nを調査

### 成果1 親局送信機、放送波中継装置の性能調査

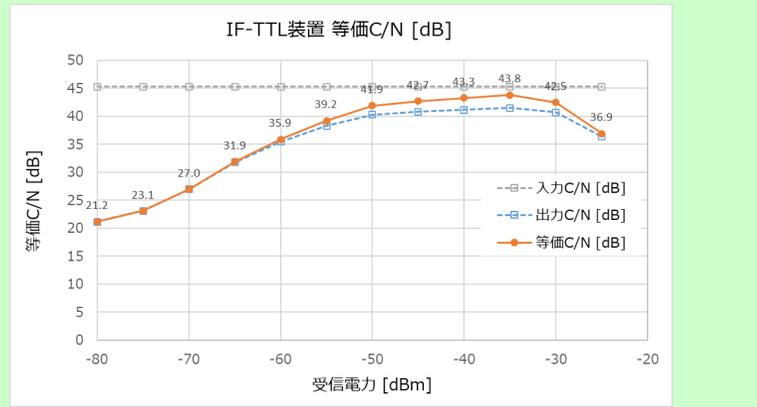
- ・実験試験局において、MERから換算した親局の等価C/Nは47dB以上、中継局の等価C/Nは46dB以上であった。
- ・位相雑音とIM特性から求めた等価C/Nは、親局で50dB以上、中継局で46dB以上であった。
- ・測定した等価C/Nは、地上デジタル放送用送信設備の共通仕様書等をもとに試算した地デジの等価C/N=45.2dBを上回った。

調査対象局	等価C/N(dB)				等価C/N(dB)	位相雑音(dBc)	IM特性(dBr)	等価C/N(dB)
測定法	①MER測定				②スペクトル測定	-	-	-
測定点	変調器	励振器 送信変換	電力増幅器 合成器	送信機	電力増幅器 合成器	送信機	電力増幅器 合成器	計算値 位相雑音+IM
東山実験試験局	49.6	50以上	47以上	47以上	52以上	-55.7以下	-52以下	50.4
津実験試験局	49.9	48以上	47以上	47以上	54以上	-52.9以下	-52以下	49.4
伊勢実験試験局	45.2	50以上	44以上	46以上	52以上	-47.6以下	-52以下	46.2
鍋田実験試験局	49.9	49以上	47以上	46以上	54以上	-54.5以下	-53以下	50.6
ISDB-T (参考)	-	-	-	45.2 <sup>※1</sup>	-	-50 <sup>※1</sup>	-47 <sup>※1</sup>	45.2 <sup>※1</sup>

※1 地上デジタル放送用送信設備 共通仕様書等をもとに試算

### 成果2 IF-TTL装置の性能調査

- ・IF-TTL装置の等価C/Nは、受信電力 -30dBm～-50dBmの範囲で41dB以上であった。(右図)
- ・地上デジタル放送用送信設備の共通仕様書等をもとに試算した地デジの等価C/N=40dBと同等の値が得られた。

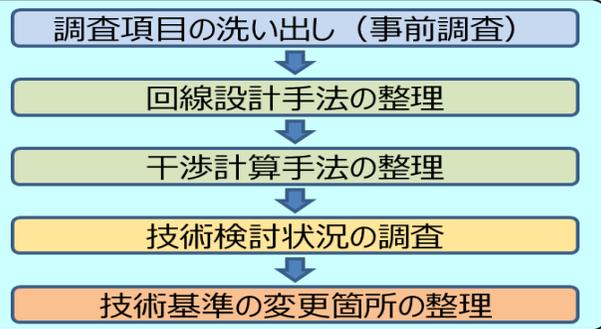


「課題」 現行地デジのSTL/TTL及びTSLの回線設計及び干渉計算手法を整理

- ・「デジタル方式のSTL/TTLの技術的条件」の答申、電波法関係審査基準について該当項目を整理
- ・STL/TTL/TSLの技術基準について、現行地デジと地上放送高度化方式の相違点を整理

成果1 干渉検討手法の整理

- ・平成14年1月28日付電気通信技術審議会「デジタル方式のSTL/TTLの技術的条件」の答申の項目と地上放送高度化方式のSTL/TTLの伝送パラメータの比較表を作成した。
- ・平成14年1月28日付電気通信技術審議会「デジタル方式のSTL/TTLの技術的条件」の答申、電波法関係審査基準、ARIB STD-B22 2.1版を参照し、該当項目の内容を整理した。



成果2 現行の技術基準との相違点の整理

- ・現行の技術基準のうち回線設計手法及び干渉計算手法について変更が必要な事項や、新たに定める必要がある事項について、最新の技術検討状況を調査して相違点を整理した。(一部抜粋して下表に示す)

項番	項目	現行地デジ		地上放送高度化方式	
		TS伝送方式	IF伝送方式	IP伝送方式	IF伝送方式
1	無線周波数帯	B/C/M/D/N/E/F/Gバンド	B/C/D/E/F/Gバンド	現行地デジTS伝送方式と同様	現行地デジIF伝送方式と同様
2	通信方式	単向通信方式	同左	現行地デジTS伝送方式と同様	現行地デジIF伝送方式と同様
3	変調方式	64QAM	主信号：OFDM変調 SC信号：4PSK パイロット信号：無変調	SISO-OFDM / MIMO-OFDM サブキャリア変調：32QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM	現行地デジIF伝送方式と同様
4	復調方式	同期検波方式	特に定めない	現行地デジTS伝送方式と同様	現行地デジIF伝送方式と同様
5	伝送容量	最大40.2Mbit/s以下	主信号：地デジと同一 SC信号：160kbit/s以下	50Mbit/s以上 (SISO-OFDM) 100Mbit/s以上 (MIMO-OFDM)	主信号：高度化方式と同一 SC信号：160kbit/s以下
6	クロック周波数	6.7MHz以下	特に定めない	高度化用に規定 (OFDM)	現行地デジIF伝送方式と同様

# 主な成果 (2)イ② STL/TTL/TSLと他システムとの共用条件検討

## 「課題」 周波数の共用条件を検討する他の無線システムを整理

- ・種類、周波数帯、用途ごとに無線システムを分類し、干渉検討に必要な各システムの諸元を整理
- ・混信保護比や干渉軽減係数の検討に向けて、M/Nバンドを共用する既存事業者との連絡体制を構築

### 成果1 他の無線システムの諸元整理

- ・無線システムを20種類に大分類し、周波数帯および用途ごとに中分類して各無線システムの諸元を整理した。（一部抜粋して下表に示す）
- ・今後の干渉検討に必要な諸元が含まれているかどうかを判定した。（含まれているシステムは○、含まれていないシステムは×で示す）

大分類	検討対象候補の既存無線システム	周波数帯	周波数関係	判定結果
1	各種レーダー	5,350-5,850MHz	Bバンド隣接	×
		9,200-10,250MHz	Eバンド隣接	
		10,500-10,550MHz	Fバンド隣接	
		13,250-13,900MHz	Gバンド隣接	
2	アマチュア無線	5,650-5,850MHz	Bバンド隣接	×
		10,000-10,250MHz	Eバンド隣接	
		10,450-10,500MHz	Eバンド隣接	
3	産業科学医療用システム (ISM)	5,730-5,875MHz	Bバンド隣接・共用	×
4	狭帯域無線システム (DSRC)	5,770-5,850MHz	Bバンド隣接	×
5	電気通信業務 (固定衛星アップリンク)	5,850-6,485MHz	B/Cバンド共用・隣接	×
6	電気通信業務 (固定)	5,925-6,425MHz	B/Cバンド隣接	×
7	電気通信業務 (固定・BCD)	5,850-5,925MHz	B/C/Dバンド共用・隣接	×
		6,425-6,570MHz		
		6,870-7,125MHz		
8	電通・公共・一般業務 (固定)	6,570-6,870MHz	Mバンド共用、C/Dバンド隣接	×
		7,125-7,900MHz	Nバンド共用・隣接、Dバンド隣接	
9	電通・公共業務 (固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク)	7,250-7,750MHz	Nバンド共用・隣接	×
10	超広帯域無線システム (UWB)	7,250-10,250MHz	Nバンド共用・隣接、Eバンド隣接	○
11	電波天文 (受動)	6,650-6,675.2MHz	Mバンド共用	×
		7,780-9,080MHz	Nバンド隣接	
		10,600-10,700MHz	Fバンド共用・隣接	
12	地球探査衛星業務 (受動)	6,425-7,250MHz	C/M/Dバンド共用	×
		10,600-10,700MHz	Fバンド共用・隣接	
13	移動体検知センサー	10,525MHz	Fバンド隣接	○
14	電気通信業務 (固定・移動)	10,700-11,700MHz	Fバンド隣接	○
15	電気通信業務等 (固定衛星アップリンク)	12,750-12,950MHz	Gバンド隣接	×

### 成果2 連絡体制の構築

- ・M/Nバンドを使用する電通・公共・一般業務の無線システムを利用するステークホルダーを調査して連絡体制を構築した。

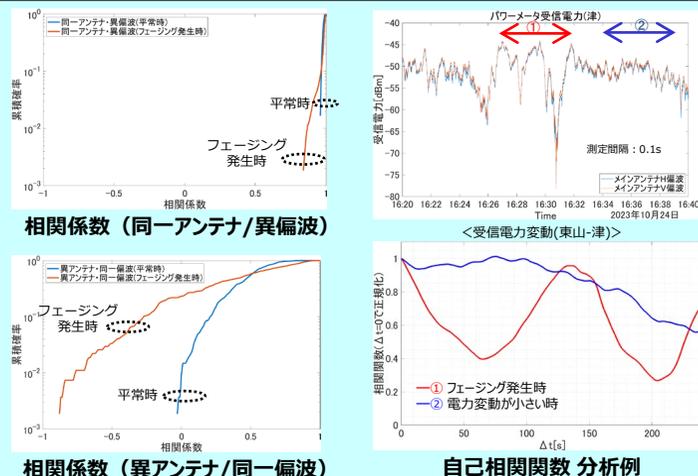
# 主な成果 (2)ウ① STL/TTL回線の伝搬特性調査

## 「課題」 マイクロ波STL/TTL回線の伝搬特性を長期観測して分析する

- ・名古屋地区SHF実験試験局の再免許を取得し、マイクロ波TTLの伝搬特性の長期観測を行った。
- ・マイクロ波帯TTL回線の電波伝搬特性、IP-TTL伝送特性、IF-TTL伝送特性を分析した。

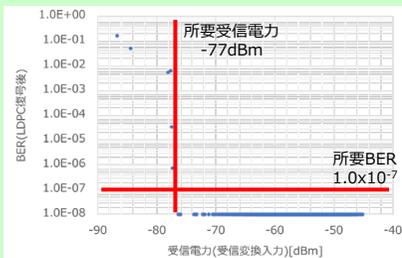
### 成果1 マイクロ波帯TTL回線の電波伝搬特性の把握

- ・ 平常時とフェージング発生時の受信電力の偏波間/アンテナ間相関特性やフェージング発生時の時変動特性を分析した。
- ・ 受信電力の偏波間/アンテナ間相関特性について、同一アンテナ/異偏波の場合、平常時と比べて、フェージング発生時の方が相関係数に若干広がりが見られるが依然として1に近い値に分布していること、異アンテナ/同一偏波の場合、平常時と比べて、フェージング発生時において相関係数が低いサンプルも多くみられることを確認した。
- ・ 受信電力の自己相関関数を計算して、フェージング発生時の受信電力の時変動特性(変動周期等)を分析した。

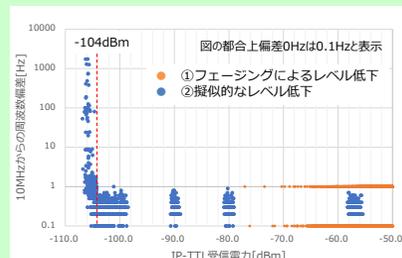


### 成果2 IP-TTL伝送特性、IF-TTL伝送特性の把握

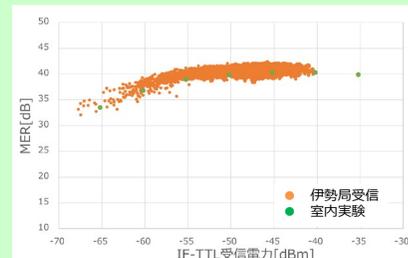
- ・ (IP-TTL) フェージング発生時のBER特性やクロック伝送特性を分析した。調査期間中に観測されたフェージングでは、MIMOにおいて所要受信電力を下回ることがなければ、BERエラーが発生していないことを確認した。また、フェージングによる受信電力の変動範囲において、再生クロックの周波数偏差は1Hz以下であり、擬似的に受信電力を-100dBm以下に低下させても再生クロックは安定していた。
- ・ (IF-TTL) フェージング発生時の受信電力対MER特性を分析した。伊勢局受信の結果は、AWGN環境の室内実験の結果とほぼ一致していたことを確認した。



IP-TTLの受信電力対BER(MIMO)



IP-TTLの受信電力対クロック周波数偏差



IF-TTLの受信電力対MER

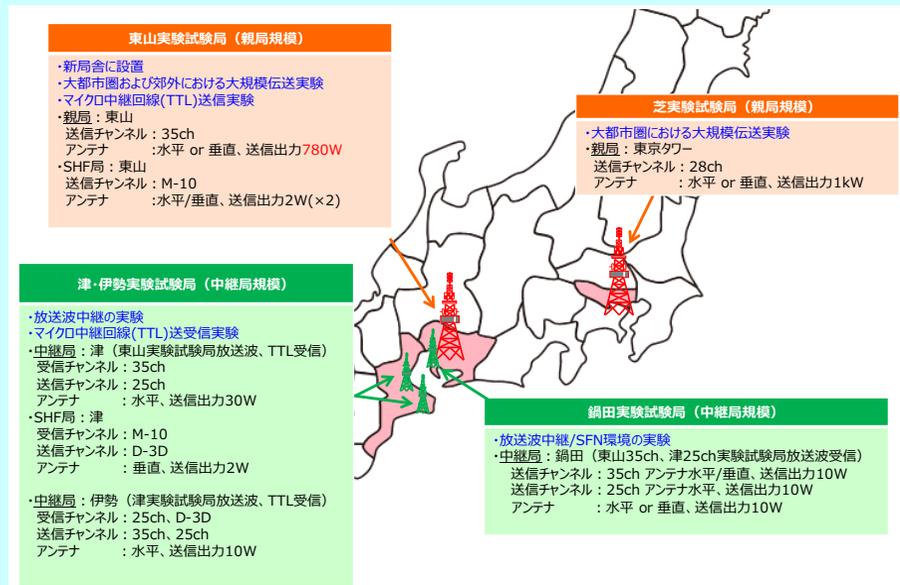
## 主な成果 (2)ウ② 実験試験局の運用に関する調整

「課題」 東山実験試験局（UHF・SHF）設備を移動・再設置し無線局免許状を取得する。

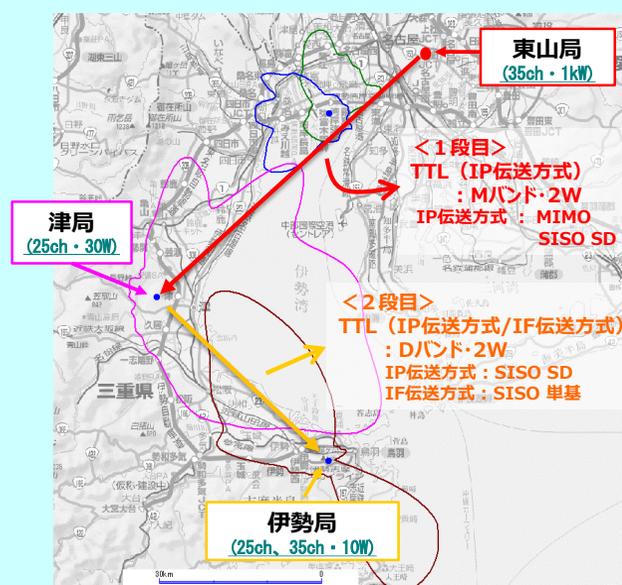
昨年度まで運用していたUHF局（芝・鍋田・津・伊勢）およびSHF局（津）実験試験局の無線局免許状を取得する。

- 東山実験試験局（UHF・SHF）を移動・再設置工事を実施した。  
UHF局5局（芝・東山・鍋田・津・伊勢）およびSHF局2局（東山・津）の実験試験局の無線局免許状を取得し、置局技術検討ならびに中継技術検討の調査環境を構築した。
- 実験試験局オペレーションセンターおよび地デジ高度化実験受信対策センターを開設し適切な運用調整を行い電波発射を実施した。

成果1：本年度開設した実験試験局7局を適切な運用調整を行い、調査環境を構築して電波発射を実施した。



地上放送高度化に関わる実験試験局一覧（全国5カ所・7局）



SHF実験試験局によるマイクロ波TTL中継ルート

成果2：地デジ高度化実験受信対策センターに入電された受信障害への対応を行った。

- 受付期間：2023年4月1日～2024年3月29日（予定）
- 受付件数：3件（2024年2月13日現在）
- 受信障害申告：1件（東山実験試験局エリア内の集合住宅にて、既設ブースター入力端子にバンドエリミネーションフィルターを取付け）