

地上デジタル放送における中継局ネットワークの検討

石田 昌之[†] 田中 秀和[‡]

日本テレビ放送網株式会社 〒102-8004 東京都千代田区二番町 14

技術統括局 技術開発推進部[†] 技術部[‡]

E-mail: [†]ishida@ntv.co.jp, [‡]hide@ntv.co.jp

あらまし 地上テレビジョン放送の実現に向けての技術的課題の1つとして中継放送局ネットワークの構築がある。SFNを原則とする地上デジタルテレビ放送は、従来のアナログ放送とは異なり、放送波中継の手法によらず、別途回線網の構築が必要となる。いわゆるTTL回線がベースとなるが、日本テレビが在京民放5社の代表幹事社をとめる群馬県内のネットワークを実際に建設した場合を例に課題の抽出とモデル例を提案する。

キーワード 地上デジタルテレビジョン、OFDM、SFN、TTL、CN

Study on the Networking of transmitters for DTTB

Masayuki ISHIDA[†] Hidekazu TANAKA[‡]

[†] Nippon Television Network Corporation 14 Nibancho Chiyoda-ku, Tokyo 102-8004 JAPAN

Technology Research & Development Engineering & Technology Division

E-mail: [†]ishida@ntv.co.jp, [‡]hide@ntv.co.jp

Abstract It is one of the important technical subjects towards realization of Digital Terrestrial Television Broadcast (DTTB) to construct a relay network of transmitters in the service area. Unlike the conventional analog Television, DTTB on the principle of SFN can not use the technique of relay programs by broadcast signal, because of construction of a transmitter system is needed isolation between receiving and transmitting antennas. Although the so-called TTL circuit serves as a base, we studied to make the example of a model of the networking of transmitters in Gumma prefecture is actually built..

Keyword DTTB, OFDM, Single Frequency Network (SFN), TTL, CN

1. はじめに

8月7日に開催された電波監理審議会において関東・近畿・中京の3大広域圏の地上デジタルテレビジョン放送用の周波数チャンネル・送信機出力などが諮問されたが、9月18日付けで原案通り答申された。これにより、いよいよデジタル放送中継局の置局検討が本格的に開始されることになる。

一方、関東地方の広域民放五社では、アナログ放送において、放送中継局の建設・保守管理・運用を共同で実施してきた。デジタル放送においても共同運用を維持する計画であるが、本報告では、日本テレビが代表幹事社をとめる群馬県における番組伝送回線を含めたデジタル中継局網のモデルを机上検討した結果と、検討の中で考案したCNリセットの考え方を紹介する。

表1 各デジタル中継局の送信機出力とチャンネル
(S:親局とSFNチャンネル)

県名	局所名	出力w	NTV	TBS	CX	ANB	TX	E	G
東京	親局	10,000	25	22	21	24	23	26	27
	新島	30	S	S	S	S	S	S	S
	八丈	10	S	S	S	S	S	S	S
	多摩	20	S	S	S	S	S	S	S
茨城	水戸	300	14	15	19	17	18	13	20
	高萩	10	38	41	35	44	46	39	47
栃木	宇都宮	100	34	15	35	17	18	39	47
	大田原	10	19	S	S	S	S	S	47
	日光	10	S	S	S	S	S	S	47
群馬	前橋	100	33	36	42	43	45	39	37
	沼田	5	S	S	S	S	S	S	27
埼玉	秩父	10	S	S	S	S	S	S	13
千葉	銚子	10	S	S	S	S	S	S	34
	勝浦	10	S	S	S	S	S	S	34
	東金	10	S	S	S	S	S	S	34
神奈川	平塚	100	S	S	S	S	S	S	19
	小田原	10	S	S	S	S	S	S	19

2. 関東のデジタル放送用中継局

表 1 は、今回示された親局と 16 の中継局の送信出力とチャンネルの表である。表中「S」と記述されたチャンネルは、親局と SFN を構成する場合であり、NTV に関して言えば 25ch である。大面積の関東平野をエリアとするため、北部 3 県の基幹局に MFN チャンネルが割り当てられていることが分る。

なお、電波産業会(ARIB)の検討によれば、番組を伝送する TTL (Transmitter to Transmitter Link) の伝送スパンは、50km 程度と考えられており、ほぼ 200km 四方をカバーする関東平野では、TTL の多段中継が必要になる。図 1 は今回の置局プランに示された 16 の中継局の位置を示したものである。図中  で表記した局名は、16 の中継局に対する TTL の通り中継局を示すものである。

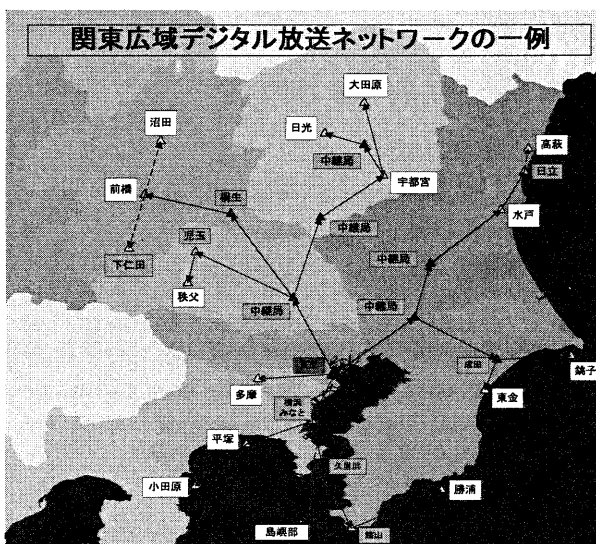


図 1 関東の中継放送ネットワークの一例

図 1 の例の場合、12 の TTL 通り中継局が必要になる。現在アナログの中継局が存在すれば、その施設を活用することを原則とするが、新規に 5 つの TTL 通り中継局を新設する必要がある発生する。

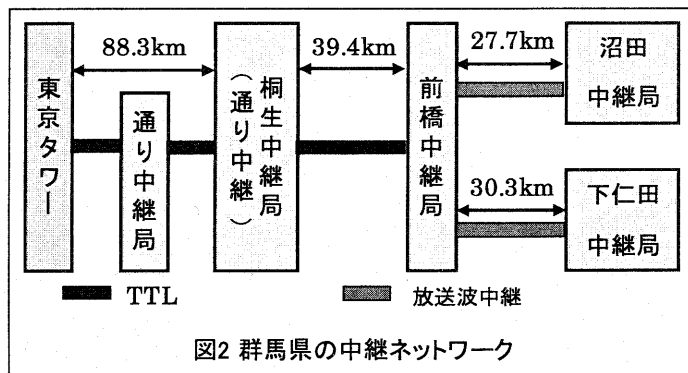


図2 群馬県の中継ネットワーク

3. 群馬県の中継局について

図 2 は、今回検討した群馬県内の中継局とその番組伝送ルートを示したものである。

チャンネルプランの中で群馬県内の主要中継局と指定されたのは、前橋・沼田の 2 局である。群馬県内の世帯カバレッジは、東京タワー親局を含めて 3 局で 90% を超えると考えられている。また、下仁田中継局も、県内の 2%~3% の世帯をカバーする重要性の高い中継局であり、今回の検討に加えることにした。

現在のアナログ放送では、フェージング対策として桐生中継局が一旦東京タワー親局を受信し、SHF 回線を使って前橋中継局まで伝送することにより安定した放送を確保している。デジタル放送においても引き続き TTL の通り中継局として同様の回線構成として使用することを検討の前提条件とした。

4. 今回の検討について

3 項で示した中継局ネットワークに対して、TS 伝送方式の TTL または光ファイバーなどにより番組を伝送すれば、伝送系の誤り訂正機能等を用いて、CN 劣化は問題とならないので回線網は実現可能と考える。今回の検討では、前橋中継局が東京タワーと異なるチャンネル (MFN) を割り当てられていることによる放送波中継の可能性を中心に検討する。

4.1. デジタル送信機の装置 CN

地上デジタル放送用送信設備共通仕様書 (略称オレンジブック) をベースに放送用送信機等の装置 CN を表 2 のように求めた。

オレンジブックは、ARIB 技術規格 STB-B31「地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式」を基にするが、その解説によれば、OFDM 多重化装置および送信機の CN 劣化要因は、位相雑音と IM でありその値を表の通り規定している。

大電力の親局送信機の等価 CN 値は、4 通りとされ実用上等価 CN43dB を確保することを求めている。現状の大電力親局用送信機の現実的な値として、今回の検討は 43dB で行うこととした。この値は、OFDM 変

調機と、親局用送信機の等価 CN の電力加算である。一方、親局に比べ高能率が求められない中継局用送信機では、総合 CN として 44.4dB を求めている。

4.2. 桐生中継局が東京タワーの放送波を受信する場合の回線設計

今回の検討の上で、重要な条件の 1 つは、前橋中継局が MFN チャンネルを持つことである。SFN 中継局の場合、特に大電力の

表2 放送機の装置CN

装置名	雑音要因	dB		総合CN
OFDM 多重化装置	位相雑音	56	49.81	-
	IM等価雑音	51		
親局用 送信機	位相雑音	50	-	-
	IM等価雑音	38	37.73	37.47
		43	42.21	41.51
		45	43.81	42.83
		48	45.88	44.40
中継局 送信機	位相雑音	50	45.88	44.40
	IM等価雑音	48		

場合回り込みの問題から放送波中継が実現できないが、MFNであれば、放送波中継を検討する余地がある。表3は、東京タワーの放送波を、桐生中継局が受信し、IF方式TTLで、前橋中継局へ伝送する想定での回線設計例である。伝送パラメータのモデルとしてはARIB STD B-31を用いた。桐生中継局の送信機入力としてCN 36dBが確保されている。

更に、前橋中継局にIF方式TTL伝送するが、TTL1段の等価CNを34dBと仮定すると、前橋の送信機入力では、CNが31.8dBとなる。ただし、中継局用放送機の等価CNを44.4dBとしたが、IF伝送のためOFDM変調機の劣化は発生しないので、前橋中継局の送信機出力端では、CN 31.77dBとなる。

表3 東京タワー親局放送波を桐生中継局で受信する場合

①親局受信波のCN	43.00	備考
前段からの距離(km)	88.30	
②受信電界(dBμV/m)	78.40	NTVの伝送シミュレータによる
③フェージング損失	19.00	約90kmに対するフェージング
フェージング時電界	59.40	②-③
④受信アンテナ利得	15.00	1.8m グリッドパラボラ(750)
⑤補正值	-3.70	2.1(相対利得)と1.6(500)
⑥I/p	-15.13	545MHz 25ch
⑦フィーダー損失	-2.00	
⑧終端補正值	-6.00	
⑨終端電圧	47.57	
dBm換算	-107.00	
⑩受信電力(dBm)	-59.43	
⑪熱雑音kBT(dBm)	-106.37	6×13/14MHz、300度K
⑫NF(dB)	3.00	
⑬雑音電力 ⑪+⑫	-103.37	⑪+⑫
⑭CN ⑩-⑬	43.94	⑩-⑬
⑮干渉の劣化合計(dB)	38.20	B.31で定義
⑯桐生送信機入力CN	36.17	①+⑭+⑮
⑰IF TTL1回線のCN	34.00	34と仮定
⑱前橋の受信CN	31.94	
⑲前橋送信機出力	31.77	

表4 沼田・下仁田中継局 前橋放送波中継

中継局名	沼田中継局		下仁田中継局	
桐生⇒前橋間の伝送	IF	TS	IF	TS
①前橋受信波のCN	31.77	44.40	31.77	44.40
前段からの距離(km)	27.70	27.70	30.30	30.30
②受信電界(dBμV/m)	58.10	58.10	71.60	71.60
③フェージング損失	8.50	8.50	9.00	9.00
フェージング時電界	49.60	49.60	62.60	62.60
④受信アンテナ利得	15.00	15.00	15.00	15.00
⑤補正值	-3.70	-3.70	-3.70	-3.70
⑥I/p	-15.86	-15.86	-15.86	-15.86
⑦フィーダー損失	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00
⑧終端補正值	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00
⑨終端電圧	37.04	37.04	50.04	50.04
dBm換算	-107.00	-107.00	-107.00	-107.00
⑩受信電力(dBm)	-69.96	-69.96	-56.96	-56.96
⑪熱雑音kBT(dBm)	-106.37	-106.37	-106.37	-106.37
⑫NF(dB)	3.00	3.00	3.00	3.00
⑬雑音電力 ⑪+⑫	-103.37	-103.37	-103.37	-103.37
⑭CN ⑩-⑬	33.41	33.41	46.41	46.41
⑮干渉の劣化合計(dB)	38.20	38.20	38.20	38.20
⑯桐生・下仁田送信機入力	28.95	31.91	30.76	36.77
⑰桐生・下仁田送信機出力	28.86	31.74	30.63	36.26

4.3. 沼田・下仁田中継局への伝送

次に、前橋中継局の後段にある沼田・下仁田の両中継局への伝送を検討する。この2局は、東京タワー親局と同じ25chを使ったSFN局であるが、エリアが、東京タワー親局から見て山陰となり遮蔽されるためSFN混信はほとんど生じない。よって送出タイミングの調整も必要なく、放送波中継によるSFNを実現できる可能性がある。表4のIFと表記した列が、この場合は、

(東京タワー)⇒放送波⇒(桐生中継局)⇒IF方式TTL⇒(前橋中継局)⇒放送波⇒(沼田・下仁田中継局)という伝送ルート構成になる。

結果として、下仁田中継局は、CN 30dB以上の送信機入力レベルが得られ、中継局用送信機の等価CNが44.4dBであるので、CN30dB以上の放送が可能となる。一方、沼田中継局では送信機入力の時点でCN 30dBを割っており、当然放送で30dB以上のCNを得ることはできない。

4.4. 桐生⇒前橋間 TS 伝送の場合

次に、桐生中継局より前橋中継局への TTL 伝送に関して TS 伝送化すること、もしくは、前橋中継局で「受信 IF 信号を一旦ベースバンドで復号し、放送用 TS を再構成すること」場合を検討した。その理由は、復号することにより放送波の誤り訂正符号を利用し、伝送上の CN を「リセット」させることが可能であるからである。この場合の回線設計が表 4 の右側の TS の列である。前橋の送信機に入力される信号は、親局の OFDM 多重化装置の出力と同等のノイズレベルまで回復することになる。

この場合の、回線構成は、(東京タワー)⇒放送波⇒(桐生中継局)⇒(CN リセット)+TS 方式 TTL⇒(前橋中継局)⇒放送波⇒(沼田・下仁田中継局)である。

表 2 の OFDM 多重化装置、中継放送機の CN44.4dB で前橋中継局が放送を実施することになり、IF 伝送に比べ 5〜6dB の CN 改善が得られる計算になる。

送信出力の CN に関して、STD-B.31 の解説によれば、「親局のように広いエリアのフリンジで規定の 9dB の時間率マージンを確保するには、CN37dB を確保する必要がある、その値を下回るとマージン量が低下し、カバー可能なエリア面積が減少する。30dB 以下では、受信機の受信限界を下回る可能性がある」とされている。群馬県内の前橋・沼田・下仁田各中継局の安定した放送エリアの確保と、将来想定される後段中継局へ

の番組伝送を考えれば、CN のリセットを 1 段挿入することの有効性が理解できる。

4.5. エリアフリンジにおける受信状態

表 5 は 3 つの中継局のフリンジにおける受信特性を回線設計した例である。IF 伝送方式による場合では、CN 値が、22dB を割ってしまうことがあり、64QAM、符号化率 7/8 のケースでは、受信不可能となる場合が生じる恐れがある。

5. 考察と今後の目標

CN のリセットは、中継ネットワーク回線構築にあたっての懸案である CN 劣化を解決する手段として有効であると期待される。また、今回のケースでは、放送波の活用により(東京タワー)⇒(桐生)間に必要とされる TTL 回線 2 段を削減できる可能性もあり、コストの低減化を併せて図ることができる。日本テレビでは、今後、OFDM の放送波や IF 信号を一旦復号し、再多重する手法を CN リセットと名付け、群馬県の他にも、どのようなケースで実現可能か等を引き続き検討する予定である。

一方、CN リセットの弱点は、時間インターリーブを解くことによる遅延の増加である。遅延時間は、エリア末端への安定した放送とのトレードオフであり、優先順位の検討が必要である。

表5 群馬県内の3つの中継局エリア内での受信

中継局名	沼田中継局		下仁田中継局		前橋中継局	
桐生⇒前橋間の伝送	IF	TS	IF	TS	IF	TS
①中継局送信機出力CN	28.86	31.74	30.63	36.26	31.77	44.40
エリア内の最大距離(km)	20.00	20.00	15.00	15.00	50.00	50.00
②標準受信電界(dBμV/m)	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
③フェージング損失	4.00	4.00	4.00	4.00	8.00	8.00
フェージング時電界	56.00	56.00	56.00	56.00	52.00	52.00
④受信アンテナ利得	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
⑤ /p	-15.86	-15.86	-15.86	-15.86	-15.86	-15.86
⑥終端補正值	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00
⑦終端電圧	41.14	41.14	41.14	41.14	37.14	37.14
⑧dBm換算	-108.75	-108.75	-108.75	-108.75	-108.75	-108.75
⑨受信電力	-67.61	-67.61	-67.61	-67.61	-71.61	-71.61
⑩外来雑音(700K)	-102.69	-102.69	-102.69	-102.69	-102.69	-102.69
⑪熱雑音kBT(dBm)	-106.37	-106.37	-106.37	-106.37	-106.37	-106.37
⑫NF(dB)	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
⑬雑音電力 ⑩+⑪+⑫	-99.87	-99.87	-99.87	-99.87	-99.87	-99.87
⑭受信機単体CN ⑨-⑬	32.25	32.25	32.25	32.25	28.25	28.25
⑮受信機出力CN(dB) ①+⑭	27.22	28.98	28.36	30.80	26.66	28.15
⑯干渉・マルチパス25(dB)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
⑰受信機等価CN	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
⑰CN ⑮+⑯+⑰	21.78	22.21	22.07	22.53	21.61	22.02

6. まとめ

日本テレビは、群馬県の放送中継局の担当幹事社として地上デジタル放送用の TTL 等による回線網構築を検討している。その中で、CN リセット手法を考案することにより、安定した放送の確保と TTL 回線数の削減の可能性を机上検討した。

参考文献

- [1] ARIB STD B-31「地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式」