

# 小規模中継局用レピータの開発

浅川 恵一\*・福田 晃\*

Development of Repeater Device for Small Relay Stations — by Keiichi Asakawa and Akira Fukuda — The transition to terrestrial digital TV broadcasting from analog broadcasting in Japan is scheduled to complete in 2011, and broadcasters are setting up necessary infrastructure across the country. However, investigations show that this shift will cause blind spots (places with poor TV reception) that did not exist during analog broadcasting to arise and affect about 300 thousand households in mountainous regions. A solution to this problem that is gaining widespread attention is the use of terrestrial digital broadcasting repeater devices (gap fillers) that allows relay stations to be smaller in scale, and demonstration experiments are done in many places. This paper reports on a compact, economically-efficient relay repeater device developed by the authors.

## 1. 緒 言

現在、2011年のアナログ放送の終了に向けて全国で地上デジタル放送の整備が進められている。

しかしながら、VHF帯からUHF帯に周波数帯が変更になることで電波の回折伝播が減少し、整備が進んでも山間辺地ではアナログには無かった難視聴地帯が残り、総務省の調査によれば、アナログ放送の終了時でもその数約30万世帯にのぼると云われている。

この対策として様々な方式が検討されている中で、地上デジタル放送用レピータ装置（通称：ギャップフィルラー、**図1**参照）を用いた方式が施設の規模が小さくなるということから関心が高まってきており、各地で実証試験が行われている。

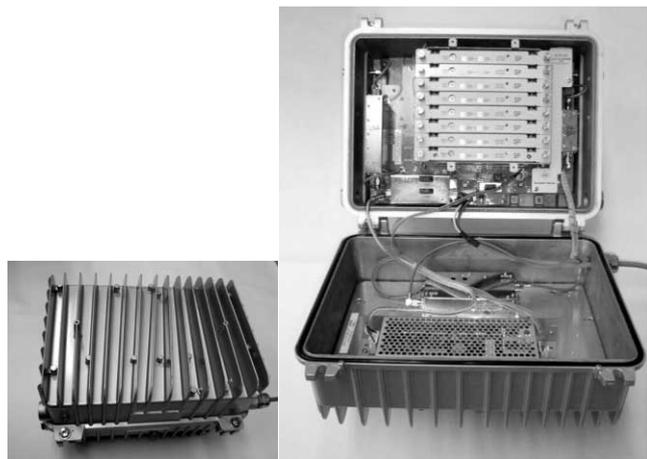


写真1、2 小規模中継局用レピータ外観

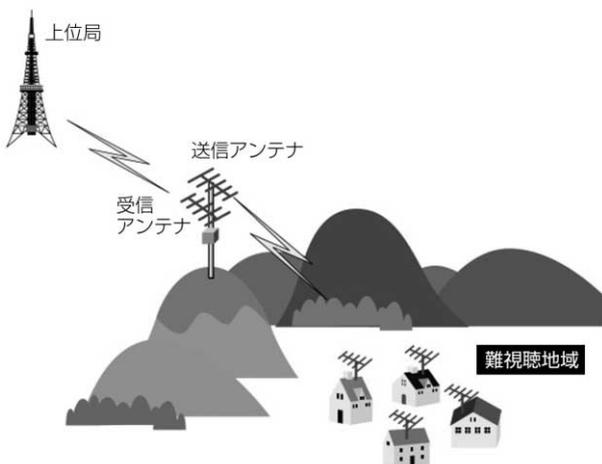


図1 レピータシステムの概要

総務省はこのシステムの普及促進を図るため、出力50mW以下の極微小電力局に適用する技術基準を緩和し、この基準は平成20年5月より施行されている。

当社は放送局建設をしてきたノウハウを生かし、小規模中継局の受注を目指す為、これまで唯一製作していなかった中継装置の開発に着手し、その結果、写真に示すような施工性、経済性に優れた小型の小規模中継レピータ装置が開発できた。

## 2. 技術基準と機器仕様

2-1 技術基準 緩和された技術基準の内容を表1に示す。

表1 緩和された技術基準<sup>(注1)</sup>

項目	規格
周波数の許容偏差	10Hz/20kHz <sup>(注2)</sup>
スペクトルマスク	40dB <sup>(注3)</sup>
空中線電力	50mW/ch以下
空中線電力の許容偏差	±50%以内
スプリアス発射の許容値	100μW以下
不要発射の許容値	25μW以下
占有周波数帯域幅	5.7MHz以下
副次的に発する電波等の漏洩	4nW以下

注1：平成20年5月、無線局免許手続規則の一部を改定する省令、極微小電力でテレビジョン放送を行う放送局の送信設備及びその技術的条件を定める件の一部を改定

注2：SFNの同一周波数で中継する場合：10Hz

MFNの周波数変換する場合：20kHz

注3：隣接チャンネルにアナログ波がない場合と、アナログ波があつて自局の実効輻射電力の10倍以上である場合に適用可能。

**2-2 機器仕様** 本レピータ装置は、表1に示す緩和された基準に対して、施工性と経済性を重視し、表2に示す仕様とした。

伝送チャンネル数は、NHK（総合、教育）と民放局（キー局5+ローカル局1）を考慮し、最大8チャンネルとし、各チャンネルは任意に選択できるように柔軟性を持たせた。

表2 開発目標主要緒元

項目	仕様
入力・出力周波数	470MHz～710MHz
チャンネル数	8
入力・出力インピーダンス	50Ω
入力レベル	-77dBm～-37dBm
出力レベル	最大50mW/ch
群遅延特性	1000nsec以内
遅延時間	16μsec以内
監視項目	低雑音増幅器の動作電流 各チャンネル入力・出力レベル
監視出力	監視結果をLED表示
スケルチ機能	チャンネル入力レベルが所定範囲内でない場合にチャンネル出力を減衰させる
外形寸法	34×24×22cm
質量	15kg以下
冷却方式	自然空冷
電源・消費電力	AC100V、55W以下

### 3. 設計概要

**3-1 構成と信号の流れ** 本装置の信号レベルダイアグラムを図2に示す。図3に本装置のブロックダイアグラムを示す。

入力信号のレベル範囲（40dB）は、過去デジタル中継局の受信状況から、求められている技術基準より10dB低い-77～-37dBm/ch（30～70dBμV、50Ω）の範囲で動作するように設計した。

入力信号は低雑音増幅器（LNA）で増幅された後、8分岐され、それぞれチャンネルプロセッサに入力される。チャンネルプロセッサでは、帯域制限を行い自動利得制御増幅器（AGC）により一定レベルの信号を出力する。各チャンネルプロセッサからの信号は再び合波され、電力増幅器からチャンネルあたり10～50mWの信号を出力する構成とした。

低雑音増幅器（LNA）に地上波デジタル放送波以外の不要な妨害波が入力されても混変調特性が劣化しないよう最大入力レベルに対して十分なマージンを持たせた。またチャンネルプロセッサ内の自動利得制御増幅器のAGC範囲は±10dB程度とし、現地の受信状況に合わせて手動でアッテネータ調整（±20dB）が出来るようにした。

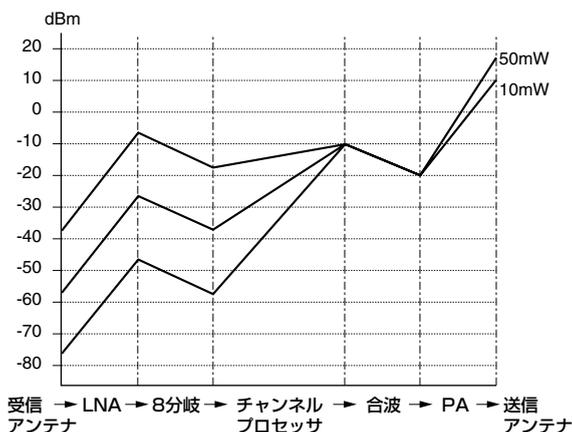


図2 信号レベルダイアグラム

**3-2 トータル性能** トータル性能の指標は地上デジタル放送信号の特性評価の一つであるMER（変調誤り率）とし、装置内のレベルダイヤを検討し、雑音指数を4dBにすることで、最低受信レベル（-77dBm）においてこのMERが25dBを目標に設計した。

#### 3-3 ユニット設計

##### (1) 筐体

筐体は屋外に単独で長期に使用する環境から気密性、耐候・耐久性の良いアルミダイキャスト製にした。発熱の大きな電力増幅器（PA）、電源ユニットは筐体に直接実装し、放熱性を向上させた。

##### (2) 低雑音増幅器（LNA）

低雑音増幅器（LNA）は、電力増幅器と同一筐体内に実装しており、装置内の信号の回り込み共振や信号の劣化を

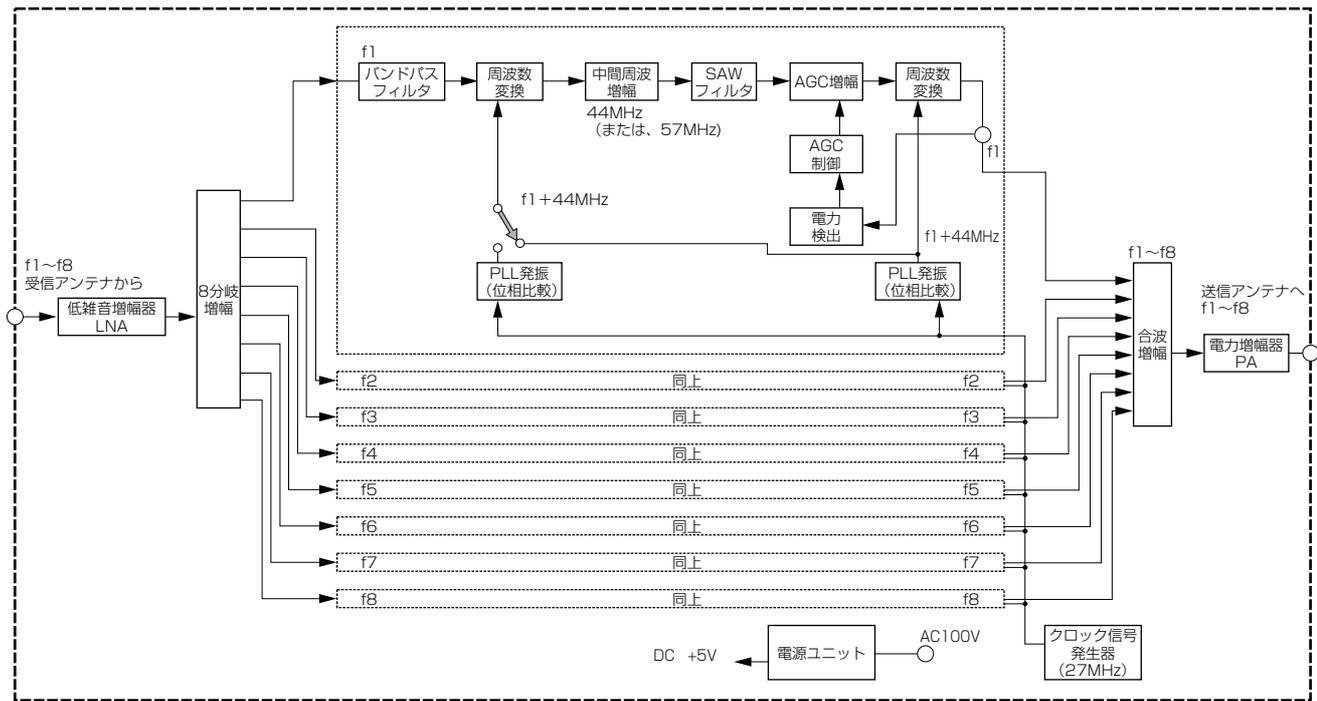


図3 装置のブロックダイアグラム

低減する為遮へい構造を工夫し（写真3）、電源を同軸ケーブルに重畳する方式を採用した。

また、雑音特性の良好なデバイスの前段に電圧降下型の耐雷素子を設けることにより雑音指数2.7dB、耐雷性10kVを得た。

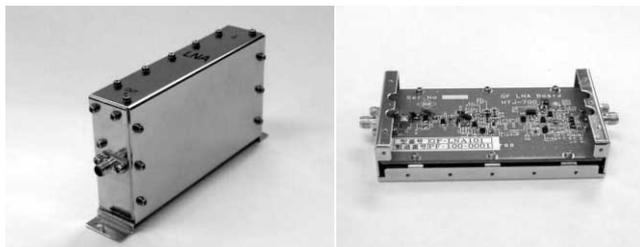


写真3 低雑音増幅器 (LNA)

### (3) チャンネルプロセッサ

周波数変換部は、アップヘテロダイン方式を採用し、局部発振器はPLLで構成した。

本レピータ装置は単独で使用し、他の機器とのインターフェイスを考慮する必要が無いためSAWフィルタには通常の放送機器では使用しない、中間周波数44MHz（または57MHz）の汎用部品を使用した。

小型化のため各チャンネル用のチャンネルプロセッサが近接して配置していることから、クロック信号の漏洩など内部干渉の影響を低減する為、各チャンネルプロセッサのPLL発振回路へのクロック信号分配部はローパスフィルタ

回路により帯域制限をした。

PLL内の位相比較基準信号は、分周比を最適化して位相雑音を低減し、必要な基準周波数を得る様にした。

周波数許容偏差は基準信号の周波数精度の影響を低減する為にソフトウェアで温度補償を制御し、5ppm以下の精度を確保することにより、20kHzの許容偏差を満足した。

このチャンネルプロセッサは、保守性を考慮してそれぞれ脱着可能な構造とした。

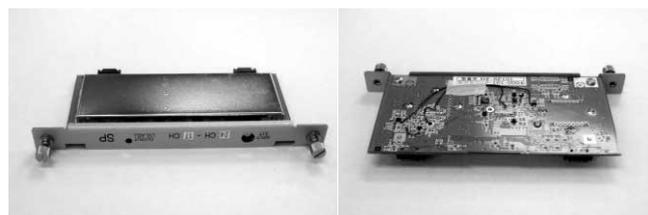


写真4 チャンネルプロセッサ

### (4) 電力増幅器 (PA)

#### ① 50mW/ch用電力増幅器

8チャンネルの信号を増幅し、規格のスペクトラムマスクを満足するにはおよそ0.5Wクラスの増幅器が必要であり、OFDM信号に対応するためバックオフを9dBとしている。その為、LDMOS-FET素子を用い90度ハイブリッド回路構成とした。但し、規格を満たす為には全UHF帯に対応することは難しく、3バンドに分けて対応することとした。

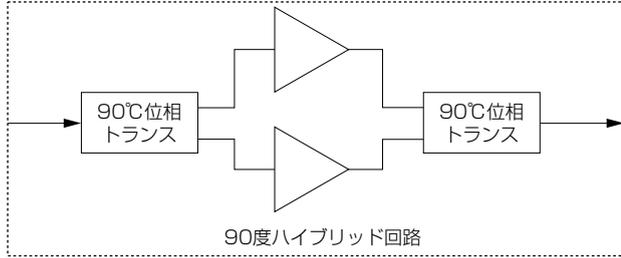


写真5 電力増幅器とブロック図 (50mW/ch、0.4W)

② 10mW/ch用電力増幅器

8チャンネルの信号を増幅し、規格のスペクトラムマスクを満足するにはおよそ0.1Wクラスの増幅器が必要であるが、これには安価な汎用広帯域増幅素子を採用し、バッ

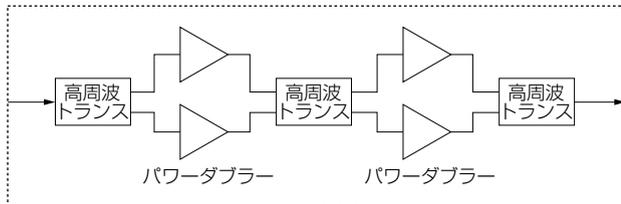
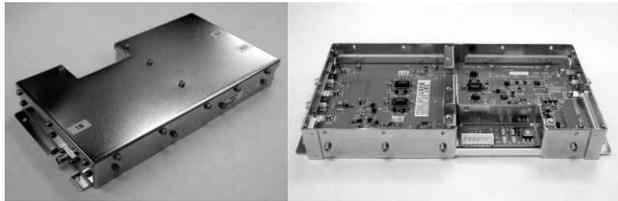


写真6 電力増幅器とブロック図 (1mW/ch、0.1W)

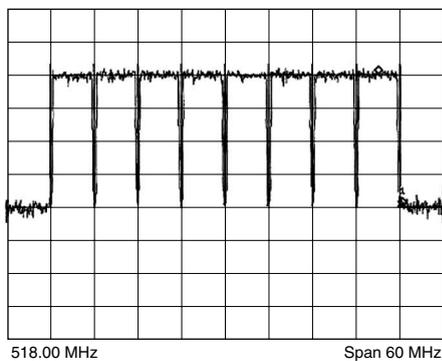


図4 50mW/ch用電力増幅器の8隣接チャンネル出力信号特性

クオフを9dBとした。プッシュプル、パワーダブラーの回路構成とし、広帯域素子を採用したことで全UHF帯をカバーすることができた。

図4に、50mW/ch、8隣接チャンネル伝送時の出力特性を示す。

4. 評価

4-1 技術基準項目の特性 図5に示すように0.1~3GHzにわたって、スプリアスは0.1μW以下の基準を十分に満足した。

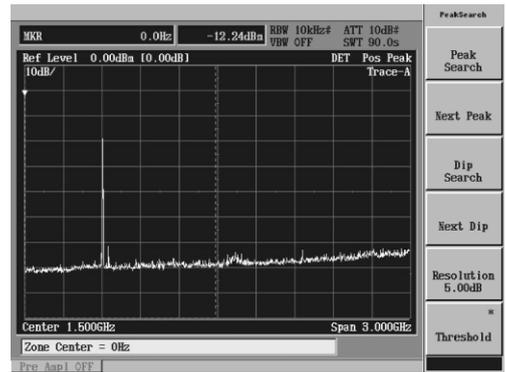


図5 スプリアス特性

図6にスペクトルマスク特性を示す。40dBマスクを十分に満足した。

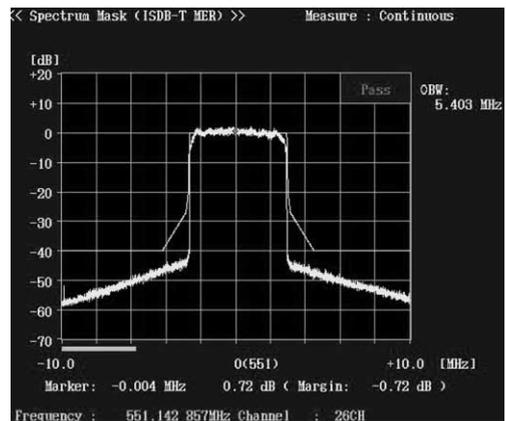


図6 スペクトルマスク特性

4-2 伝送品質 最低受信レベル (-77dBm)において、MERの評価を行ったところ、24.8dBとなり、目標の25dBとほぼ同等の結果となった。測定結果を図7に示す。

実際の地上デジタル放送を受信した疑似伝送評価で実用に供する十分な特性を得た。

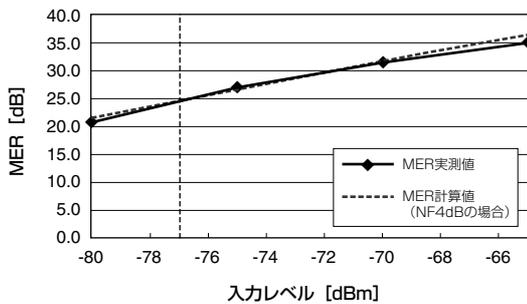


図7 MERの評価結果

## 5. 信頼性評価試験

環境への信頼性評価として、表3に示す項目を実施し、全て満足する結果を得た。

表3 信頼性評価項目

試験項目	試験内容
高温通電試験	フル実装で50℃環境に24時間放置
低温保存	-35℃の環境に12時間放置、コールドスタート
振動試験	1.5mm振幅20～55Hzスイープを3方向2時間加振
電源電圧変動	85～115V、60または50Hz
雷サージ試験	10kV
VCCI	クラスB

## 6. 実用実験

エリアへの実用試験として株式会社静岡第一テレビ他静岡民放の御協力により、静岡県岡部地区にて実験局を設置して小規模不感エリアへ伝播確認実験を実施した。

図8に実験局エリアを示す。エリアでの受信状況は受信レベル、品質（MER、画質）ともに良好であった。

レピータ設置前後の測定値の比較表を表4に示す。



図8 実験局サービスエリア

表4 実験局事前事後比較

項目	事前	事後
受信レベル	30dB $\mu$ V/m	70dB $\mu$ V/m
MER	8dB	26dB
画質	映らない	良好

送受信同一チャンネルによる回り込みの影響を測定したが、機器の調整（システム利得）により改善が見られた。（図9）

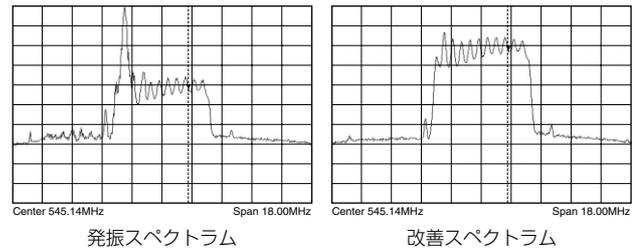


図9 回り込み発振改善状況

## 7. 結 言

今回の開発で本装置の実用性を確認できた。今後販売に向けてPRを進めていきたい。そのために技術適合認定制度に対する認定取得を計画している。また客先からの要求が考えられる遠隔監視機能についても検討を進めている。

## 8. 謝 辞

本装置の実用実験に当たり、御協力を頂いた株式会社静岡第一テレビならびに静岡民放各社に感謝をいたします。

### 参 考 文 献

- (1) JCTEA、STD-019-1.0、「地上デジタルテレビジョン放送用ギャップフィルアとその機器」

### 執 筆 者

浅川 恵一\*：システム事業部 無線システム部 主査  
放送送信システムのシステム設計に従事



福田 晃\*：住電オプコム(株) 開発部門 主幹  
光・無線関連製品の設計・開発に従事  
IEEE 会員  
映像情報メディア学会会員  
情報処理学会会員



\*主執筆者