



# 25Gbps 対応光 Repeater 装置

Optical Repeater Corresponding to 25 Gbps Transmission

渡邊 聡朗\*  
Toshirou Watanabe

飯田 誠  
Makoto Iida

山内 聖司  
Kiyoshi Yamauchi

米田 晴紀  
Haruki Yoneda

5G（第5世代移動通信システム）の構築において、モバイルフロントホール（MFH）区間の伝送速度が従来システムの約2.5倍になっている。信号の高速化に伴い、シングルモードファイバの波長分散の影響で光伝送可能距離が短くなる課題がある。光伝送距離を延伸化する方法として、波長分散の影響が極小となる1.3 μm帯に波長を変換し、伝送特性を補償するため電気回路による波形生成処理を組合せ、30kmの伝送路まで適用可能なメディアコンバータ型の光Repeater装置を開発した。本稿ではこの25Gbps対応光Repeater装置について説明する。

In the construction of 5th generation (5G) mobile communication systems, the transmission speed at the mobile fronthaul (MFH) section is about 2.5 times faster than that of conventional systems. As the signal speed increases, there is a problem of shortening the optical transmission distance due to the effect of wavelength dispersion in single-mode fibers. As a measure to extend the optical transmission distance, we have developed a media converter type optical repeater that converts the wavelength to the 1.3 μm band, where the effect of wavelength dispersion is minimized. The repeater combines waveform generation processing with electric circuits to compensate the transmission characteristics and can be applied to transmission lines up to 30 km. This paper describes the 25 Gbps optical repeater.

キーワード：5G、モバイルフロントホール、光波長選択、3R機能

## 1. 緒言

当社は4Gモバイルフロントホール（MFH）<sup>\*1</sup>（図1）構築の際に使用される光集線装置<sup>\*2</sup>を開発、製造してきた。このMFHを5G用に展開する場合、伝送速度の高速化に伴い波形歪へのトレランスが小さくなり、MFH構築の際に大きな障害となる。例えば、4Gと同じロケーションに5Gアンテナを設置しようとした場合、MFHの伝送距離が長く、5Gアンテナを設置できないという課題が発生し、新たに無線中継機が必要となる場合がある。同じ伝送距離、同じ光ファイバを使用して信号を伝送する場合に、影響が

大きいのはシングルモードファイバの波長分散<sup>\*3</sup>である。一般的に波長分散による伝送ペナルティは距離に比例し、伝送速度の2乗に比例する<sup>(1)</sup>。例えば、4Gの最大伝送速度9.8Gbpsに対し、5Gの最大伝送速度は25.7Gbpsと約2.5倍になっており、波長分散によるペナルティは凡そ6.25倍となる。そこで当社では25.7Gbps信号の伝送距離を延長し、4Gと同じロケーションにアンテナを設置可能にする25Gbps対応光Repeater装置を開発した。

## 2. 基本コンセプト

開発した製品の基本コンセプトは以下の通りである。

(1) 【長距離伝送に有利なゼロ分散波長付近を使用する】

MFH区間は一般的にはシングルモードファイバが使用されており、従来使用しているCWDM<sup>\*4</sup>波長では波長分散の影響で長距離伝送が難しくなる。そこで長距離伝送に有利なゼロ分散に近い波長を使用する。

(2) 【25.7Gbpsで最大30km伝送、許容伝送損失22dBを確保する】

当該伝送速度で最大30km伝送、許容伝送路損失を22dBまで引き上げるには、当該伝送速度に対応した3R機能の追加が有効と考えられる。3Rとは信号再生（Regenerate）、波形整形（Reshape）、タイミング再生（Retiming）を行う伝送方式となる。この機能を装置に導入する。

(3) 【4G信号伝送にも対応する】

通信させる伝送速度に対応したSFP (Small Form-Factor

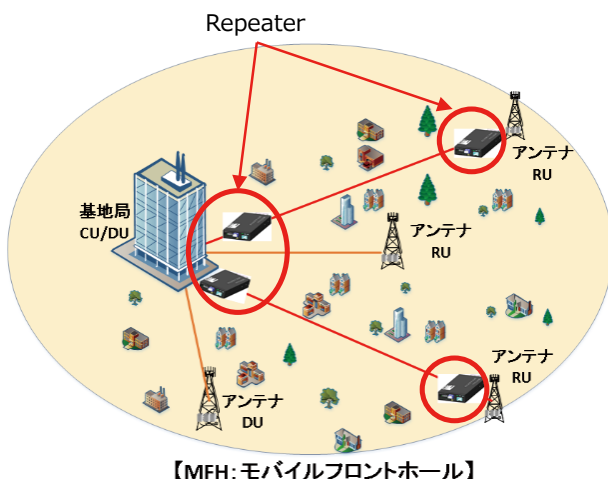


図1 モバイルフロントホールの基地局展開

Pluggable) を使うことにより、5G (eCPRI<sup>※5</sup>信号) だけでなく 4G (CPRI<sup>※6</sup>信号) にも対応する。

### 3. 25Gbps対応光Repeater構成

25Gbps対応光Repeaterの装置外観を図2～図4に、装置仕様を表1～表3に、ブロック図を図5に示す。本装置は、通信させる伝送速度に対応したSFPを実装可能なポートと1心双方向通信が可能なWDM<sup>※7</sup>ポート (SC) を一つずつ持つ。基地局側装置 (SREP25-B) とアンテナ側装置 (SREP25-R) の対向で使用し、1心のシングルモードファイバで接続する。電源入力部は、使用電源環境に応じて、DC電源タイプ (-48V) とAC電源タイプ (100V/200V) を選択可能な構成とした。

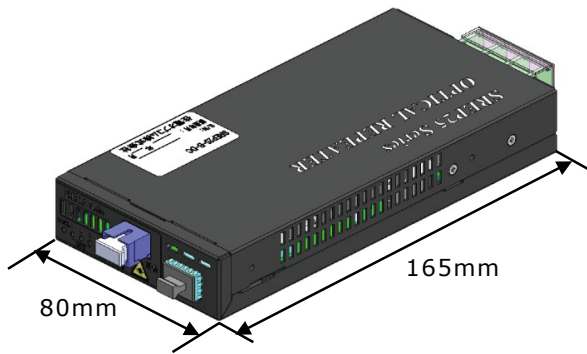


図2 装置外観図

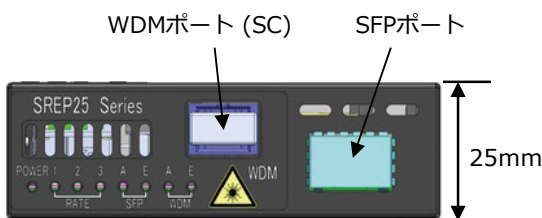
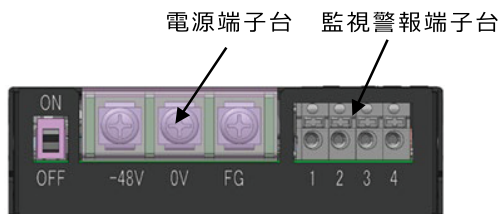


図3 装置正面図



(※AC入力タイプもあり)

図4 装置背面図

表1 仕様諸元 (本体装置)

項目	仕様
動作温度範囲	0℃～50℃
動作湿度範囲	65%±20%RH (結露なきこと)
電源電圧	DC: -48V (-40.5～-57.0V) AC: 100V / 200V
チャンネル数	1
冷却方式	自然空冷
監視機能	通信異常: 受信レベル異常 装置異常: SFP異常、装置異常
外形サイズ	W (80) × D (165) × H (25) mm
質量	0.5kg以下
消費電力	7W以下

表2 eCPRI/CPRIインタフェース諸元

項目	仕様
eCPRIビットレート	① 25.78125 / 10.3125 Gbps
CPRIビットレート	② 9.8304 / 4.9152 Gbps
	③ 2.4575 Gbps
eCPRI光出力	搭載するSFPによる
CPRI光出力	
eCPRI光入力	
CPRI光入力	
光波長	

表3 WDMインタフェース諸元

項目	仕様
WDMビットレート	25.78125 / 10.3125 / 9.8304 / 4.9152 / 2.4576 Gbps (搭載するSFPにより伝送データを自動レート判定)
波長	上り: 1300.05nm 下り: 1304.58nm
許容伝送損失	22dB以下
伝送距離	最大30km

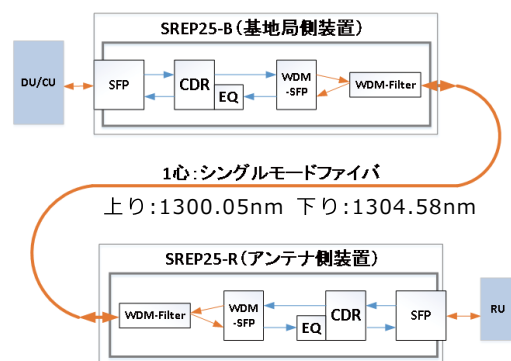


図5ブロック図

## 4. 25Gbps対応光Repeater特性

### 4-1 光波長選択

使用する波長に関しては、1.3μm帯の中で近年生産数量が増加し比較的low価格で入手性が良いLAN-WDM<sup>※8</sup>波長に注目し、その中でゼロ分散波長に近い1300.05/1304.58nmの2波長を選択した(図6)。この波長でシングルモードファイバ伝送後の特性を図7の測定系で評価した。

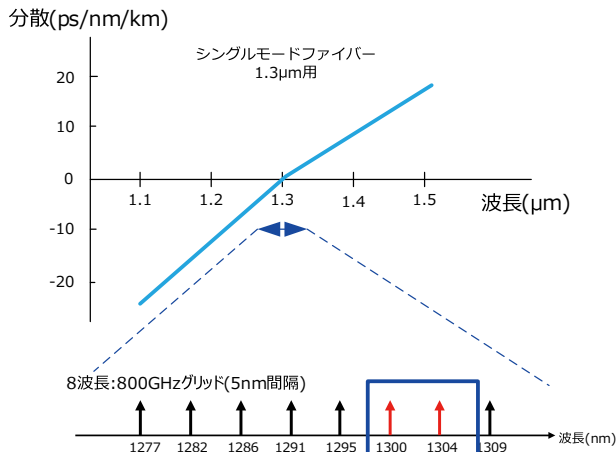


図6 分散特性の影響を受けない波長選択

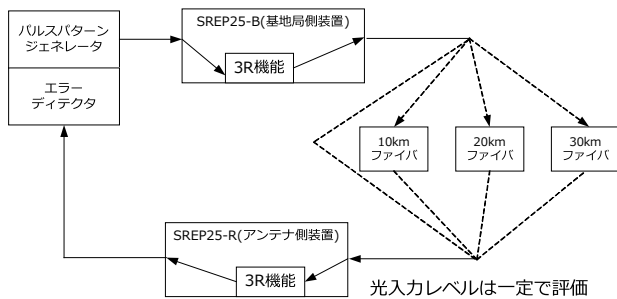


図7 選択した波長の距離に対する誤り率の測定系

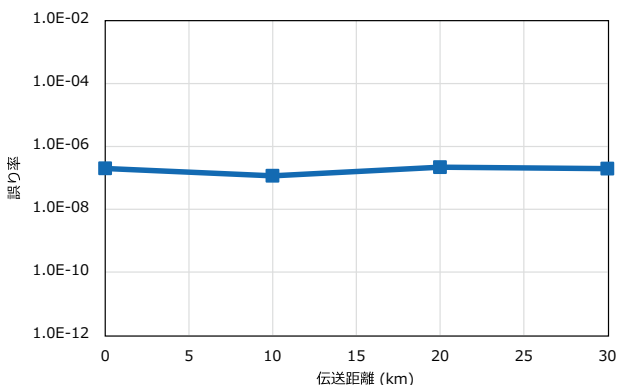


図8 選択した波長の距離に対する誤り率

図8に伝送距離を変化させた場合の誤り率の変化を示す。距離に対する誤り率の変動はほぼゼロであり、波長分散の影響を受けていないことが確認できる。

### 4-2 3R機能

伝送速度25.7Gbpsでの許容伝送損失を22dB確保するため、3R機能を実装した。図9、図10の測定系を使い、3R機能の有無で30kmを伝送させた場合の伝送特性の比較評価をした。測定では前方誤り訂正(FEC)<sup>※9</sup>が有効時にエラーフリーとなる誤り率<sup>※10</sup>5.0E-05を基準として評価した。

図11に評価結果を示す。3R機能がない場合、誤り率が極端に劣化し基準の5.0E-05を超える。一方3R機能がある場合、誤り率は-22.6dBmで5.0E-05となり、装置基準の

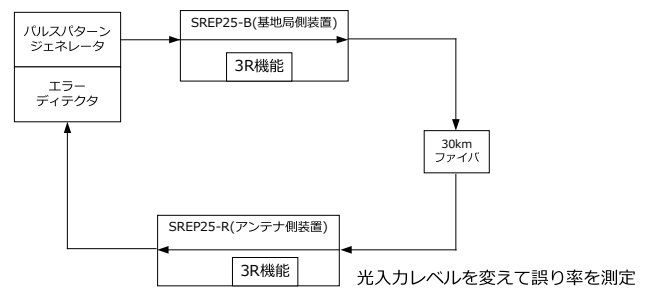


図9 3R機能無しの場合の測定系

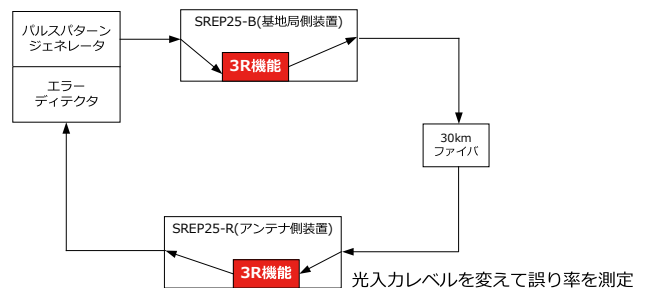


図10 3R機能有りの場合の測定系

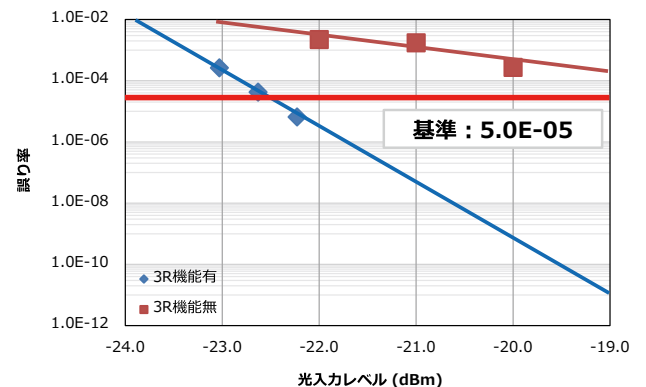


図11 伝送距離30km時の受信感度特性

-22dBm に対し 0.6dB 余裕を持つことになり、30km の長距離伝送を実現している。

#### 4-3 信頼性試験

表4の信頼性試験項目に対し全て良好な結果であり、実用に十分な信頼性を備えていることを確認した。

表4 信頼性試験項目と結果

項	試験項目	条件	判定
1	高温試験	①温度：+70℃、保存時間：72時間、 通電なし ②温度：+55℃、通電時間：96時間、 通電あり	良好
2	低温試験	①温度：-20℃、保存時間：72時間、 通電なし ②温度：-5℃、通電時間：96時間、 通電あり	良好
3	温度サイクル試験	温度-15℃～55℃、サイクル数：5回、 通電あり	良好
4	静電気許容試験	接触：±4kV、 空中：±8kVで装置の各所へ印加	良好
5	雷サージ試験	±0.5kVのコンビネーション波形を L1,L2,PEの各ポートへ5回(1分間隔)で 印可	良好
6	放射/伝導妨害波 試験	VCCI技術基準(VCCI-CISPR32:2016) のクラスAを満足すること	良好
7	振動試験	周波数：10～55Hz、片振幅：0.75mm 振動時間：各方向45分 振動方向：X、Y、Z	良好
8	衝撃試験	衝撃力：50G 衝撃方向：3方向 正弦波パルス：11ms	良好

## 5. 結 言

本稿では25Gbps対応光Repeater装置の、最適な波長選択の考え方及び3R機能追加について紹介した。本装置により25Gbpsでも最長30km伝送が可能となり、4Gと同じロケーションに5Gアンテナを設置する選択肢を広げることで5Gシステム構築に貢献できるようになった。今後も5GMFH構築を容易にする技術、製品の開発に取り組んでいく。

### 用語集

#### ※1 モバイルフロントホール

移動通信における基地局装置のベースバンド処理部と無線装置間の回線。

#### ※2 光集線装置

複数の光ファイバの伝送信号を波長多重し、1本の光ファイバで伝送する装置。

#### ※3 波長分散

波長の違う光が光ファイバの中を伝搬する速度がそれぞれ違うために伝搬時間の差=遅延が発生する現象。

#### ※4 CWDM

光ファイバの伝送密度を高めるWDM(Wavelength Division Multiplexing:波長分割多重)技術の一種で、波長密度の低い通信方式

#### ※5 eCPRI

Evolved CPRI:無線基地局とアンテナ部の通信に使用されるイーサネットをベースとした通信規格。

#### ※6 CPRI

Common Public Radio Interface:無線基地局とアンテナ部の通信に使用される通信規格でアナログ信号のデジタルサンプリングを基本とする規格。

#### ※7 WDM

Wavelength Division Multiplexing(波長分割多重):1つの回線に複数の回線の信号やデータをまとめて同時に送受信する多重化技術の一つで、光ファイバ回線などで波長の異なる複数の光信号を利用する方式。

#### ※8 LAN-WDM

1.3um帯の波長間隔約5um(800GHz)の4波長:1295.56nm、1300.05nm、1304.58nm、1309.14nmで波長分割多重する方式。約0.4nm(50GHz)間隔のDWDMと比較すると波長間隔が広く、精密なレーザ温度の調整が必要ない。

#### ※9 前方誤り訂正(FEC)

データの記録・読み出しや送受信を行う際の誤り訂正方式の一つで、誤りが起こることを見越してあらかじめ冗長な符号を付加したデータを送り、受け手が元のデータを復元する方式。

#### ※10 誤り率

デジタル伝送において伝送信号に誤りの発生する確率。

### 参考文献

- (1) 滝澤康裕、梅田大助、「40km伝送を実現する5G無線アクセスネットワーク用波長多重伝送方式」、SEIテクニカルレビュー、第197号(2020年7月)

---

執 筆 者

渡邊 聡朗\* : 住電オプコム(株) 主査



飯田 誠 : 住電オプコム(株)



山内 聖司 : 住電オプコム(株) 次長



米田 晴紀 : 住電オプコム(株) 部長



---

\*主執筆者