

# 基地局エントランス回線へのマイクロ波方式の適用

NTT DoCoMoの移動通信網を構成する伝送路は、回線コスト低減の視点から、特に効率構が重要な課題となっている。

本稿では、交換機と基地局間のエントランス回線作成を効率的に行えるマイクロ波方式について紹介する。

ちば たかひで あらき たつ や は せ が わ た く  
千葉 隆秀・荒木 達哉・長谷川 卓

## まえがき

自動車携帯電話のネットワークを構成する伝送路は、交換機相互を接続する県間伝送路および交換機と基地局を接続する県内（エントランス）伝送路に大別される。

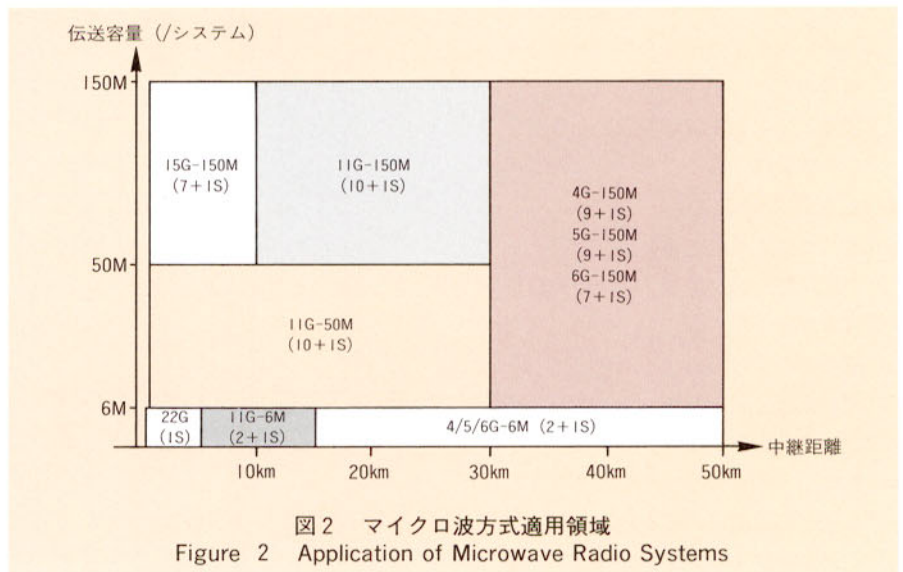
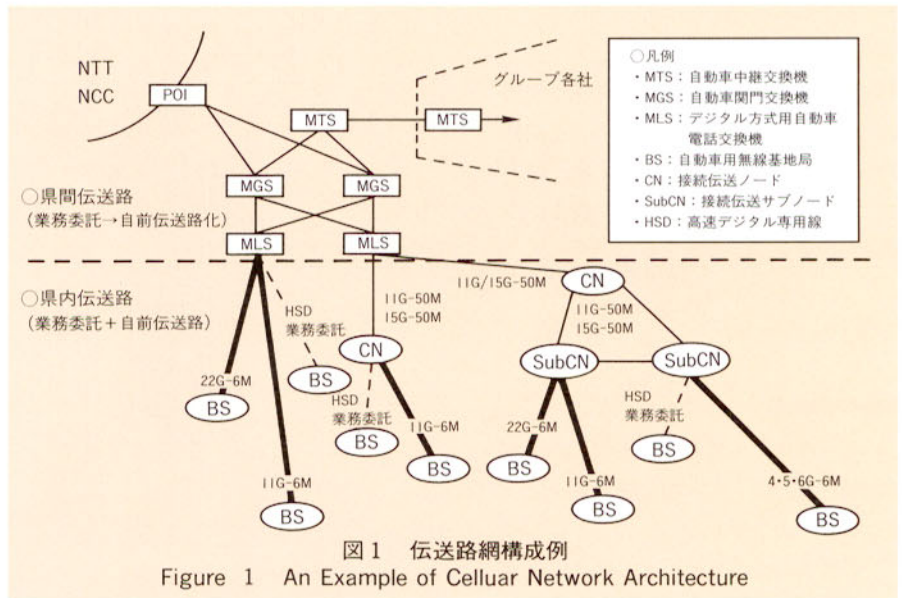
県間伝送路については、第1種電気通信事業者として独立した運営を図るため、NTTから分離独立後5年間でドコモグループ独自の伝送路網を構築することとし、主として大容量マイクロ波方式（4・5・6G-150M）により、計画的にその建設を進めているところである。

一方、県内（エントランス）伝送路は、従来移動体通信事業がNTTとして一体的に運営されていたこと、また基地局が全国レベルで膨大な数にのぼり、かつ、それぞれの回線規模が比較的小さいなどの理由から、その多くをNTTに業務委託している状況にある。このため、営業費用に占める業務委託回線費用の割合は大きく、また需要増大に伴う今後の基地局の増加も合わせると、エントランス回線の業務委託回線費用削減は経営上の重要課題となっている。

本稿はこの課題の解決に有効なマイクロ波方式の適用について述べる。

### ■マイクロ波方式の適用領域の拡大

エントランス回線への自前マイクロ波方式の導入は、22GHz帯および4GHz帯





を使用したマイクロ波方式 (22G-6 M, 4 G-6 M) が適用されている。しかしながら、22G-6 M方式は、中継距離が3 km程度と短いこと、予備系を有さないこと、装置価格が高価であることなどの理由から新たな方式の開発が望まれていた。また、4 G-6 M方式については、4 GHz帯の大容量マイクロ波方式およびTV伝送用マイクロ波方式との電波干渉により、導入地域が制限される場合もあることから、これの代替方式の開発が望まれていた。

本稿では、22G-6 M方式の中継距離を延長するため、11GHz帯を使用して新規開発した11G-6 M方式を主体に、4 G-6 M方式の周波数帯を5, 6 GHz帯に拡張した5・6 G-6 M方式について概要を紹介する。11G-6 M方式は、小型・安価な特徴を活かし多くの基地局に、また5・6 G-6 M方式は光ケーブルの確保が困難な山上の新設基地局などへの導入が期待されている。図1に伝送路構成例、図2にマイクロ波方式の適用領域、表1に主要諸元を示す。

## 11G-6 M方式の開発

### ■開発の目標

新しいマイクロ波方式の開発に課せられた条件は、以下の課題を解決し、実現することである。

- ・業務委託回線を使用する場合に比べて、コスト的に有利となること
- ・ドコモグループのネットワークにマッチした入出力インタフェースを実現すること
- ・民間ビルにも設置が容易となるよう小型軽量化を図ること

### ■方式の基本条件

マイクロ波方式の主要な設計条件として、中継距離、伝送容量、使用周波数帯が挙げられる。

中継距離の検討にあたり、交換局～基地局間の距離分布を調査したところ、15 km以下に約50%、30km以下に80%以上が含まれることが判明した。また、NTTの業務委託回線使用料の基本距離が15kmであることを考慮すると、本方式は、15km

表 1 主要諸元

Table 1 Major Parameters of Microwave Radio Systems for Entrance Use

項目	方式	4G-6M方式	5・6G-6M方式	11G-6M方式	22G-6M方式
周波数帯		4GHz帯 ガードバンド	5・6GHz帯 ガードバンド	11GHz帯 ガードバンド	22GHz帯
周波数配置		5MHz間隔 コチャネル配置	5MHz間隔 コチャネル配置	5MHz間隔 コチャネル配置	5MHz間隔
キャリア数		1波	各1波	3波	10波
伝送容量/システム		6Mb/s	6Mb/s	6Mb/s	6Mb/s
変調方式		4PSK	4PSK	4PSK	4PSK
送信出力		21dBm	21dBm	28dBm	20dBm
標準中継距離		25km	25km	15km	3km
SD方式		2面SD	2面SD	—	—
アンテナ		1.2mD標準 (1.8/2.4/3.0mD)	1.2mD標準 (1.8/2.4/3.0mD)	1.2mD標準 (0.75/0.9mD)	0.6mD標準 (0.3/1.2mD)
誤り訂正		2ビット訂正 BCH符号	2ビット訂正 BCH符号	2ビット訂正 BCH符号	—
オペレーションシステムとのインタフェース		専用線インタフェース (2400b/s)	専用線インタフェース (2400b/s)	公衆網インタフェース (2400b/s)	公衆網インタフェース (2400b/s)

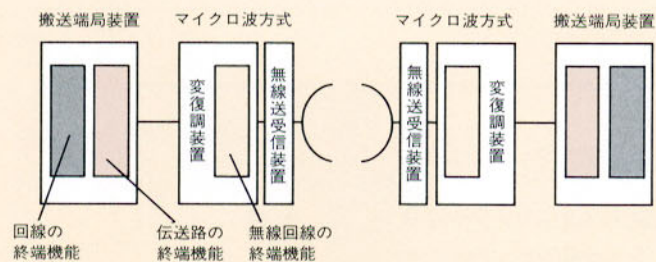


図3 従来のマイクロ波方式による回線構成  
Figure 3 System Configuration of Existing Microwave Radio System

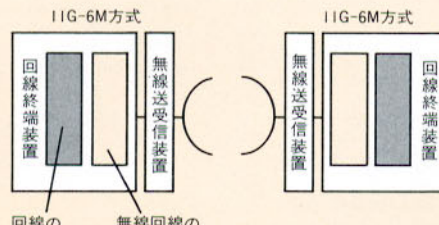
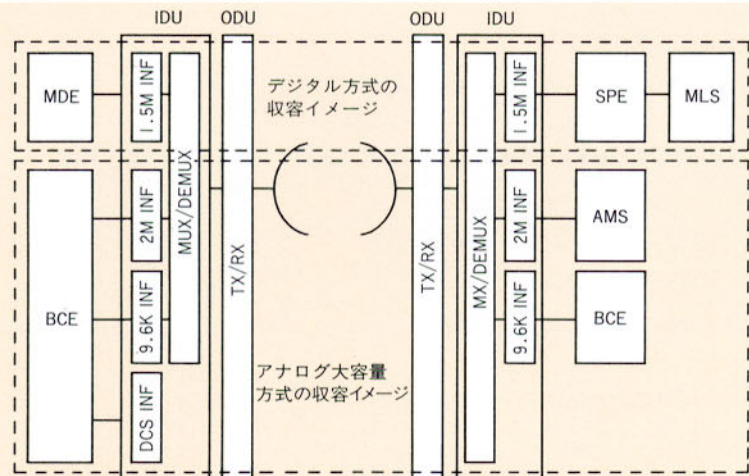


図4 11G-6M方式による回線構成  
Figure 4 System Configuration Using 11G-6M System



IDU: 回線終端装置 (屋内装置) ODU: 無線送受信装置 (屋外装置)  
MDE: 基地局変復調装置 SPE: 音声処理装置 MLS: デジタル方式用交換機  
BCE: 基地局無線制御装置 AMS: アナログ方式用交換機  
INF: インタフェース部 DCS: クロック供給部 MUX/DEMUX: 多重/分離部 TX/RX: 無線送受信部

図5 デジタル/アナログ方式の多様なインタフェースへの対応  
Figure 5 Various Interface Adoption for PDC System and Analog Cellular System



を直接中継可能なことが必要である。

伝送容量は、エントランス回線に収容される基地局 (BS) の最大回線数に支配される。現状においてデジタル方式BSにおける最大キャリア数が48であること、およびハーフレート方式の導入による伝送路利用効率の向上を考慮すると、今後の需要の増大に対してエントランス回線の伝送容量は6 Mb/s×2で十分であると考えられる。

使用周波数帯は、中継距離15kmを実現可能であること、既設のマイクロ波方式との電波干渉が少ないこと、必要十分な伝送容量が確保できることなどを考慮して決定した。

## 11G-6 M方式の概要

本方式は11GHz帯を用い、4相位相変調方式 (4 PSK) により、1無線システム当たり6.3Mb/sの信号を最大2系列伝送可能な小容量マイクロ波方式である。以下にその特徴を述べる。

### ■回線終端機能

従来、マイクロ波方式をエントランス回線に適用する場合は、マイクロ波方式自体、回線終端機能を持たないため、図3のように搬送端局装置と組み合わせて線を構成している。

エントランス回線をマイクロ波方式で構成する場合、このように搬送端局装置を使用するとシステム規模が大きくなり、投資額が膨らみ設置スペースも増加することとなる。これを改善するため、11G-6 M方式では図4に示すように回線終端機能を取り込むことにより、搬送端局装置を個別に設置することを不要とし、経済化・省スペース化を図っている。

### ■ユーザ・網インタフェースの採用、クロック抽出分配機能の追加

本方式は、デジタルおよびアナログ自動車携帯電話方式のそれぞれ異なる回線インタフェースを収容可能なように設計されている。図5に11G-6 M方式にこれらを収容した場合の回線構成イメージを示す。

11G-6 M方式では、図5に示すような

各種のインタフェース信号を同一システムに混在収容可能となるよう、回線終端装置に多重化機能を付加している。また、民間ビルなどクロック信号の供給が困難な場所に無線基地局が開設できるよう、クロック抽出分配機能 (DCS機能) も追加している。

### ■セット予備方式による装置故障に対する信頼性の向上

22G-6 M方式は、予備システムを持たない構成となっていたが、装置故障が発生した場合においてもサービス中断とならないように、11G-6 M方式では予備構成を採用し、信頼性を向上した。予備構成としては、3ポイントに限られた周波数を有効に利用するため、装置予備構成 (セット予備方式) としている。

### ■誤り訂正機能の採用による回線品質の向上

伝送路の符号誤り率が高いと、電話サービスにおいては歪み、データ伝送においてはスループット劣化を引き起こす。こうしたサービス品質の劣化を防止するために本方式では、BCH二重誤り訂正方式を採用し、 $10^{-6}$ BER以下程度のランダムな符号誤りに対して、エラーフリーを実現している。

### ■降雨時における警報の発動と切替回避

本方式は、回線の障害が装置故障によるものか、降雨によるものかを判定し、降雨時の不要な切替を回避するとともに保守者に対して降雨障害の警報を発動する機能を有している。

### ■公衆回線を使用した監視制御方式

本方式の主たる目的の1つである経済化を実現するために、本システムとオペレーションシステム間の監視制御インタフェースとして公衆回線を採用している。これにより、従来の専用線による監視制御に比べ大幅なランニングコストの削減を実現している。

### ■他11GHz帯方式との共存を図った周波数配置

既存の11GHz帯マイクロ波方式は、全国的に数多く導入されている。このため、

- ・本方式はこれら大中容量マイクロ波方式のガードバンドを使用して周波数を配置する (図6参照)
- ・さらにガードバンド内に配置した周波数の使用順位は、(1)、(2)、(3)の順とすることにより、相互の共存を容易としている。

なお、本方式では、現用の2システムが同一周波数ポイントに配置され、各システムの無線信号が直交した偏波面で伝搬されるコチャネル配置を採用している。

### ■装置構成

図7は、本装置の装置イメージである。屋内には、回線終端装置 (IDU: InDoor Unit) が設置され、屋上もしくは鉄塔上にはアンテナと一体で構成された無線送受信装置 (ODU: OutDoor Unit) が設置される。回線終端装置と無線送受信装置の間は、IFケーブルで接続される。図8にアンテナと無線送受信装置の外観を示す。図9は、現用2システム、予備1システムが実装された場合の機能ブロック図である。

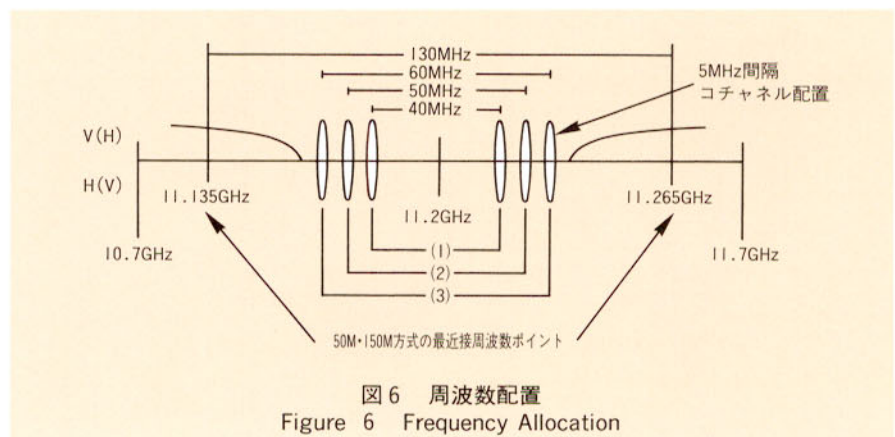


図6 周波数配置  
Figure 6 Frequency Allocation



## 5・6G-6M方式の概要

5・6G-6M方式は、4G-6M方式の機能を5・6GHz帯で実現したものであり、いずれの方式も4PSKにより、1無線システム当たり6.3Mb/sの信号を最大2系列伝送可能な小容量マイクロ波方式である。

キャリア数は11G-6M方式の3波に対し、5・6G-6M方式は周波数帯ごとに各1波であり、標準中継距離は11G-6M方式の15kmに対し25kmとなっている。

4G-6M方式からの主な変更点は、ODUについては周波数帯を変更(4GHz帯→5・6GHz帯)し、またIDUについて

では、11G-6M方式用IDUと同様に回線終端機能を追加したため、これまでのようにI-MUXやモジュールD2などの搬送端局装置の使用を不要としている。このIDUは、4G-6M方式用のODUにも適用可能であり、4・5・6G-6M方式としてシリーズ化を図っている。

## 11G-6M方式の導入

### ■方式適用条件

周波数帯の使用順位は、22G→11G→4G→6G→5Gであり、中継距離が約3kmまでは、22G-6M方式を適用する。中継距離が長くなることにより降雨断率が満足できない場合は、11G-6M方式を適用



図8 屋外装置とアンテナ  
Figure 8 Outdoor Unit and Antenna

する。

なお中継区間距離が約15km以上で、11G-6M方式1ホップで降雨断率を満足できない場合は、経済性および実現性を考慮して中間中継所の建設、または4・5・6G-6M方式の適用を検討する。

### ■システム設計の特徴

11G-6M方式は、主としてMLSが設置される通信機械ビルと移動無線基地局が設置されるビル間を結ぶ伝送路となり、MLS設備ビルから放射状に多ルートが計画されると予想される。その場合、既設ルートだけでなく、将来計画ルートとも干渉上問題がないように使用可能な周波数3波の中から使用する周波数とアンテナ種別を決定することが必要となる。

また、既設ビルを使用するケースが多いため、アンテナ設置場所が制限されることから、伝搬路の見通し調査や都市計画などを十分調査する必要がある。

### ■周波数使用順位

原則として、周波数の使用順位は図6の(1)を第一優先とするが、干渉上使用できない場合に限り(2)、(3)の順で使用する。既設アナログ方式との干渉は、特に制御線周波数と近接することから、干渉検討を十分行う必要がある。11G-6M方式との周波数関係を図10に示す。

### ■アンテナの決定方法

本方式で使用するアンテナ口径は、1.2

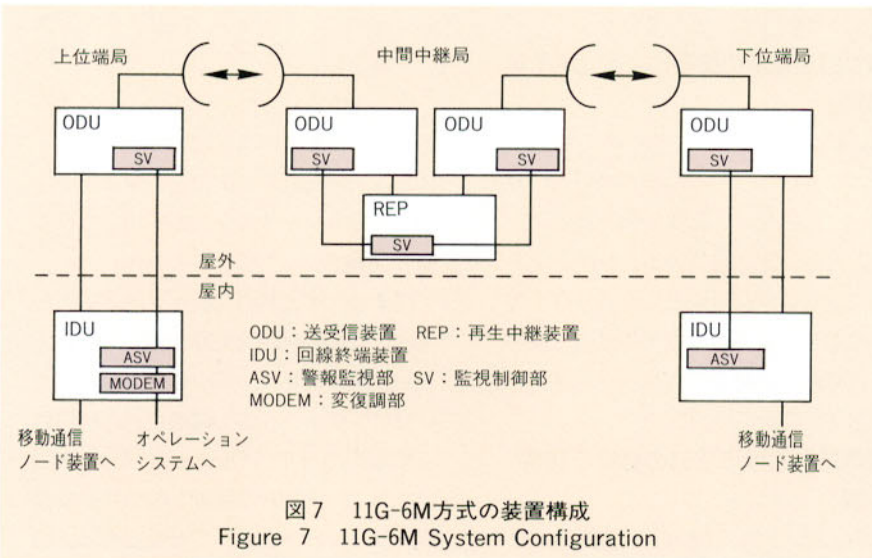


図7 11G-6M方式の装置構成  
Figure 7 11G-6M System Configuration

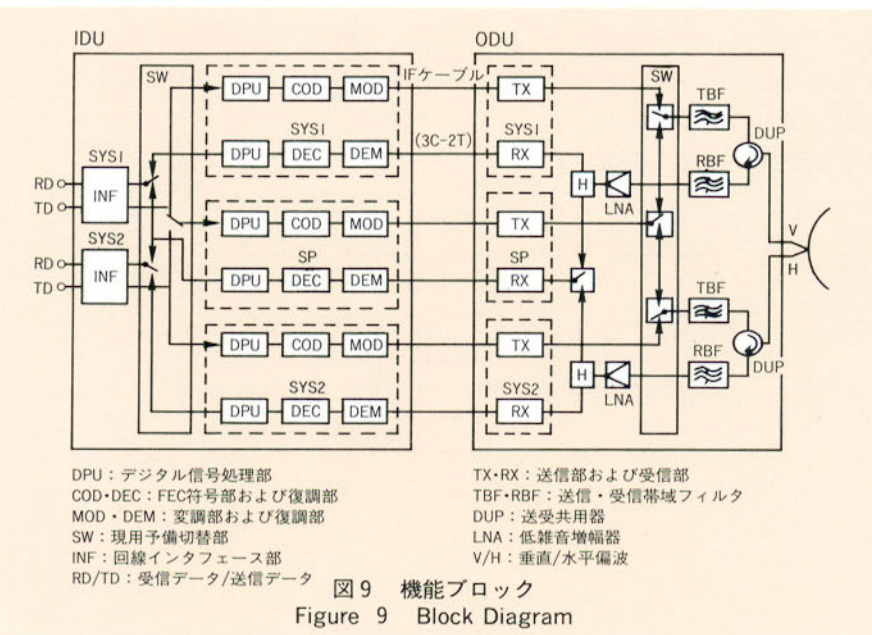


図9 機能ブロック  
Figure 9 Block Diagram

制を満足するよう、ペントハウスにポールを取り付けたり、屋上床面に直接ポール基礎を作成するなどの工法上の工夫が必要である。その場合、ビルの強度条件からも検討が必要となる。以上のような中継距離や設置工法上の条件から、最終的にアンテナの種別が決定される。

## あとがき

22G-6M (10波)、11G-6M (3波) および4・5・6G-6M (各1波) の計16波を活用することにより、業務委託回線を自前伝送路化することが可能となっている。今後、民間ビルなどの中継局への適用も視野に入れ、経済性を考慮し、自前伝送路化を具体化する方針である。

【アナログ方式制御線】  
(11G-T3, T5, T7等)

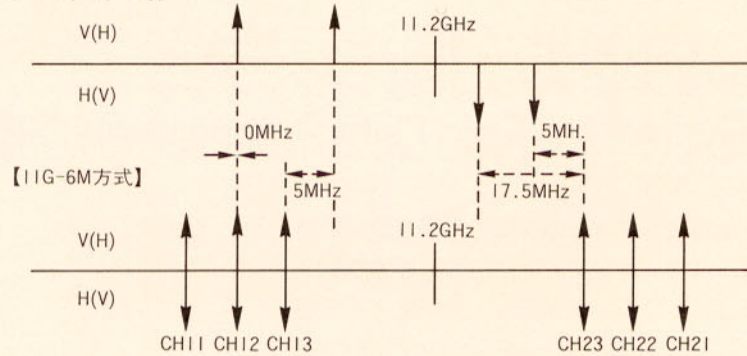


図10 アナログ方式制御線との周波数関係

Figure 10 Frequency Channels Assignments for Analog Microwave Radio Systems and 11G-6M System

m (標準) のほか、0.75mと0.9mの3種類あり、開口面積が大きいアンテナほど利得が大きい。従って、中継区間距離が長くなるに従い、利得の大きなアンテナ

を適用する。

民間ビルなどへのアンテナ設置は、屋上面に窓拭きゴンドラ、ヘリポートなどがあるため、アンテナ保護角や航空法規

### 用語解説

#### ■ 4 相位相変調方式 (4 PSK)

4 PSK (4 Phase Shift Keying) とは、4 値の情報信号によって搬送波の位相を変化させて伝搬する方式。

#### ■ 回線終端

回線終端機能とは、網同期に従う搬送端局装置が持つ、

- ・各回線ごとの警報監視
- ・接続されるノードに対する、回線状態の通知

機能をいう。

#### ■ BCH 二重誤り訂正方式

BCH符号化方式は、主信号に冗長ビットを付加することにより、伝送路で発生した

符号誤りを検出し、訂正を行う代表的な符号化方式。本方式で採用している二重誤り訂正方式は、同時に2ビット符号が誤った場合において訂正が可能である。

#### ■ ガードバンド

大・中容量方式の周波数配置において、低群周波数帯と高群周波数帯は、送信波と受信波で干渉を起さないようにある一定の周波数離れをとって配置されている。ガードバンドとは、この低群周波数帯の最高周波数と高群周波数帯の最低周波数の間の周波数帯をいう。