

パナソニックモバイルコミュニケーションズ株式会社

(4) 11/15/18GHz 帯等固定通信システム及び 22/26/38GHz 帯 FWA システムの高度化

(1) 施策の背景、課題等

エントランス回線の高速大容量化や制御技術等の導入のための技術的条件について検討します。検討する技術的条件の詳細は、別紙をご参照下さい。

(2) 施策の具体的内容、施策の目的を達成するための手段、方法

(2-1) 通信方式

固定通信システム及び FWA システムに適用する通信方式として、OFDM に偏波 MIMO を導入した方式を提案致します。詳細は、別紙をご参照下さい。

(2-2) 変調方式並びに制御技術

変調方式は、伝送効率を改善するため、多値変調方式を採用することを想定していますが、実際に使用する変調方式並びに制御技術(変調方式の適応制御等)は、諸条件に応じて適時選択する必要があると考えます。変調方式並びに制御技術(変調方式の適応制御等)として、同一データを複数キャリアに重複して配置する方式、偏波 MIMO において特定アンテナの変調多値数を少なく設定する方式、階層化ビットマッピング等を提案致します。詳細は、別紙をご参照下さい。

(2-3) 伝送効率改善

OFDM において、情報レート並びにシンボルレートを更に改善するために、GI(ガードインターバル)を削減し受信側での遅延歪み除去を行う方式、ガード周波数にもキャリアを配置する方式を提案致します。詳細は、別紙をご参照下さい。

(2-4) ピーク電力削減

OFDM において、ピーク電力を削減するために、送信側でのピークカット及び周波数領域フィルタリングを提案致します。詳細は、別紙をご参照下さい。

(2-5) MIMO 交差偏波間干渉補償

OFDM に偏波 MIMO を導入した方式において、MIMO 交差偏波間干渉補償の実現手段として、尤度計算量を削減した QR-MLD を用いた MIMO 交差偏波間干渉補償を提案致します。詳細は、別紙をご参照下さい。

(2-6) 複数の送信経路による安定した伝送路の確保

特に周波数が高い場合には、電波の直進性が強いことに加え、天候等の影響により、通信路が途切れる可能性があります。これを補償するために、複数経路を設けて SFN(Single Frequency Network)による通信を行う方法を提案します。詳細は、別紙をご参照下さい。

1. 施策の概要

(1) 施策の背景、課題等

最近のスマートフォンやタブレット端末の普及等による移動通信トラフィックの急増や移動通信システムのエリア拡張などに迅速に対応するためのエントランス回線の高速大容量化が求められるとともに、気象条件等の変化に自動的に対応する制御技術（適応変調、自動電力制御）等の導入の要望が高まっています。

このため、下記技術的条件について検討します。

- 11/15/18GHz 帯等固定通信システム等における変調方式の多値化、制御技術（適応変調、自動電力制御）等の導入に関する技術的条件
- 22/26/38GHz 帯 FWA システムにおける変調方式の多値化、制御技術（適応変調、自動電力制御）等の導入に関する技術的条件

(2) 施策の具体的内容、施策の目的を達成するための手段、方法

(2-1) 通信方式

固定通信システム及び FWA システムの利用イメージを、図 2-1-1 に示します。固定通信システム及び FWA システムは、周囲に反射物（山やビル等）が存在する環境において運用する場合も考えられるため、マルチパスによる歪を考慮する必要があります。また、通信システムと同様に、アナログ回路による歪（フィルタ特性等）を考慮する必要があります。

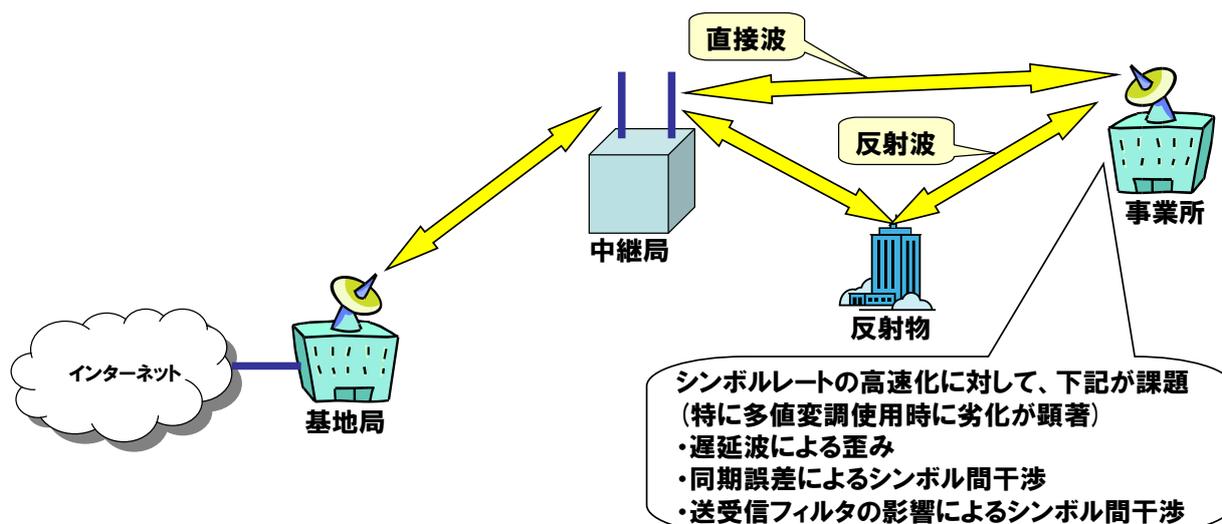


図 2-1-1 固定通信システム及び FWA システムの利用イメージ

更に、伝送効率を改善するため、偏波 MIMO を採用することを想定しています（理論的には、偏波 MIMO を採用しない場合と比較して、2 倍の情報レートにすることができます）。

上記想定に基づき、OFDM とシングルキャリア（等化器を使用）と比較した結果を、表 2-1-1 に示します。この表から、OFDM に対して偏波 MIMO を適用した場合、シングルキャリアと比較して、実現が容易である等の利点が多いことがわかります。

OFDM は、ピーク電力が大きくなる問題があることが知られております。しかし、シングルキャリアにおけるピーク電力は、急峻な帯域制限を行った場合（周波数を有効利用するためには、急峻な帯域制限を行う必要があると考えます）、OFDM と大差がなくなります。また、シングルキャリアに多値変調を適用した場合、シングルキャリアにおけるピーク電力は更に大きくなります。図 2-1-2～図 2-1-4 に、OFDM とシングルキャリアにおける瞬時電力分布（CPD）特性のシミュレーション結果を

示します(図 2-1-2~図 2-1-4 のグラフの横軸においては、平均電力を 0dB としています)。シミュレーションは、表 2-1-2 に示します条件で行いました(OFDM においては、振幅制限は行っていません)。QPSK の場合、OFDM とシングルキャリアとの瞬時電力差分は 1dB 程度ですが、16QAM の場合は OFDM の瞬時電力はシングルキャリアに対して 1dB 程度小さく、64QAM の場合は OFDM の瞬時電力はシングルキャリアに対して 1.5dB 程度小さくなります。以上より、今回の想定では、ピーク電力においても OFDM が不利になることはないと考えております。なお OFDM においては、振幅制限等を行うことにより、更に瞬時電力の削減が可能となります。

表 2-1-1 通信方式比較

通信方式	長所	課題
OFDM	<ul style="list-style-type: none"> 遅延波の補償が容易(シンボル間干渉を GI (Guard Interval) で吸収可能)。 偏波 MIMO の適用が容易。 多値変調の適用が容易。 タイミング誤差の補償が容易(タイミング誤差は GI で吸収可能)。 周波数ダイバーシチ効果により通信品質の改善が可能。 SFN の適用が容易(SFN の遅延時間差は GI で吸収可能)。 	<ul style="list-style-type: none"> マルチキャリアのためピーク電力大。 ※ただし、ピーク/平均電力=8dB(更に振幅制限を行うことで低減が可能)。
シングルキャリア	<ul style="list-style-type: none"> 急峻な帯域制限を行わない場合、かつ多値変調を適用しない場合は、ピーク電力小。 ※ただし、急峻な帯域制限を行うと、ピーク電力大(ロールオフ率=0.1では、ピーク/平均電力は 7dB)。また、多値変調適用時は、ピーク電力大(16QAM では、ピーク電力 3dB 増加)。 	<ul style="list-style-type: none"> マルチパス環境では等化器が必要となり回路規模大(回路規模削減すると、等化性能が劣化)。 偏波 MIMO を適用すると更に回路規模大(MIMO チャネル分離回路は等化器の 4 倍以上の回路規模が必要)。 多値変調を適用する場合にはピーク電力や等化器の回路規模が増加。 タイミング誤差により通信品質の劣化が大(高精度なタイミング同期が必要)。

表 2-1-2 シミュレーション条件

項目	値	備考
変調方式	QPSK/16QAM/64QAM	
シングルキャリアのロールオフ率	0.1	
OFDM のキャリア数	128	振幅制限無

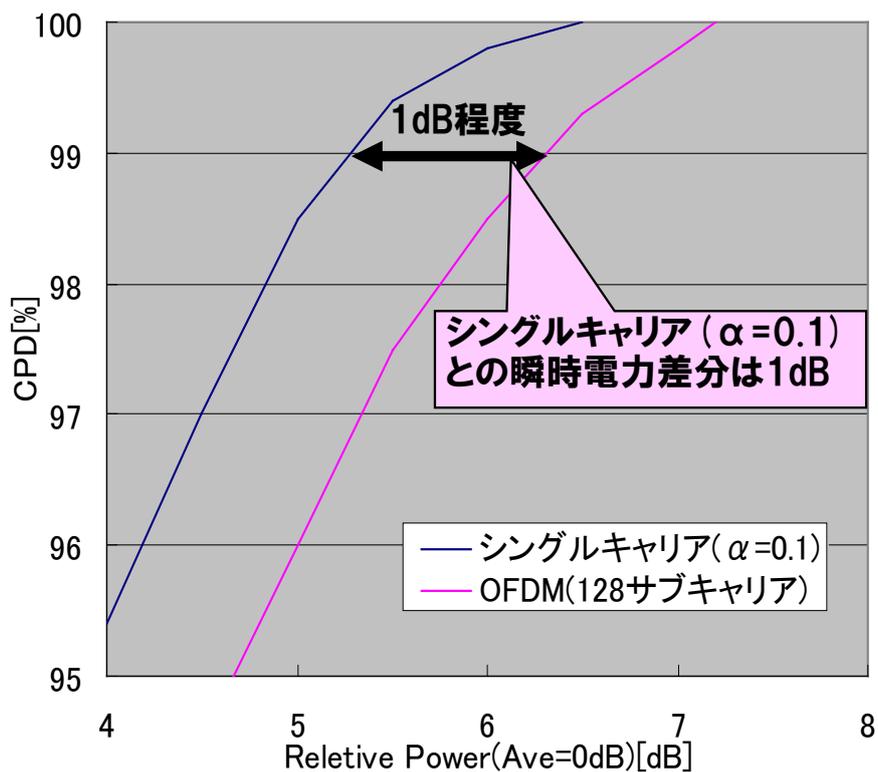


図 2-1-2 瞬時電力分布特性 (QPSK)

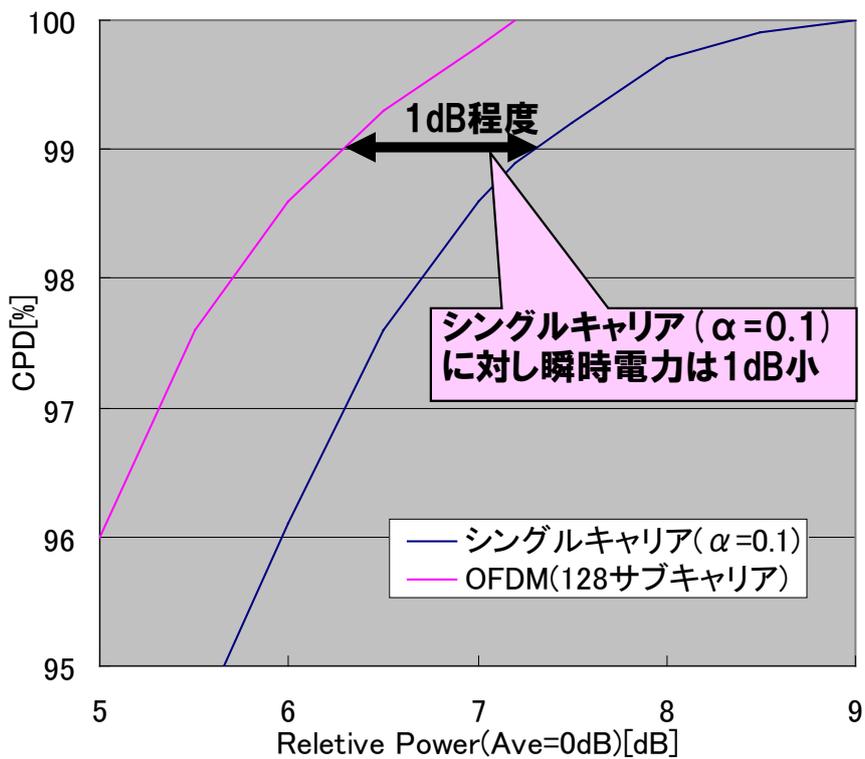


図 2-1-3 瞬時電力分布特性 (16QAM)

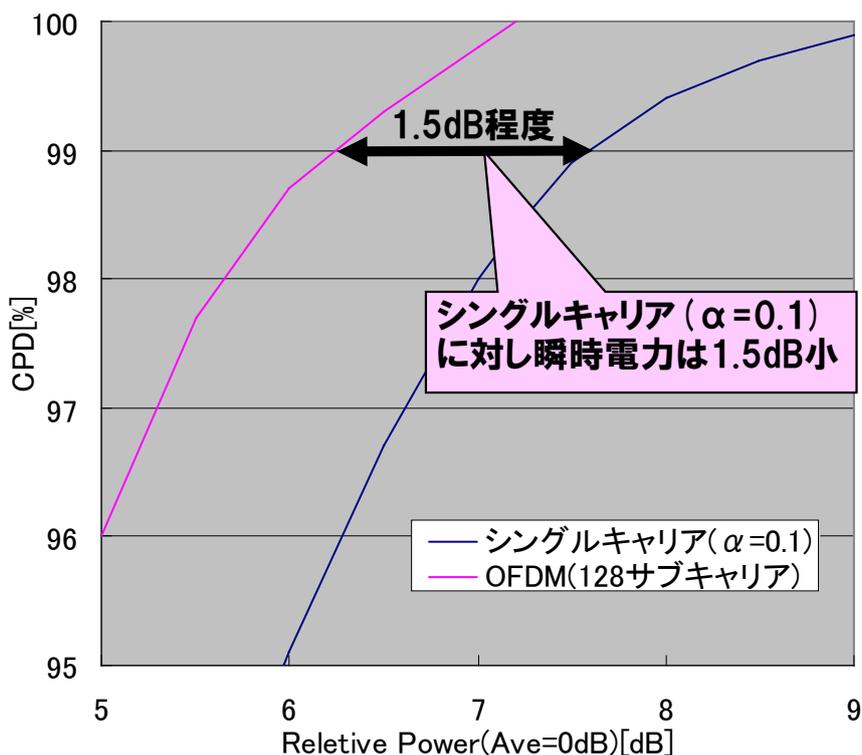


図 2-1-4 瞬時電力分布特性 (64QAM)

ここで、OFDM に偏波 MIMO を組み合わせ通信方式において、パイロット信号の送信方法を図 2-1-5 に示します。パイロット信号は、各キャリア毎に 1 本のアンテナから送信し、もう 1 本のアンテナからはヌル信号を送信します。

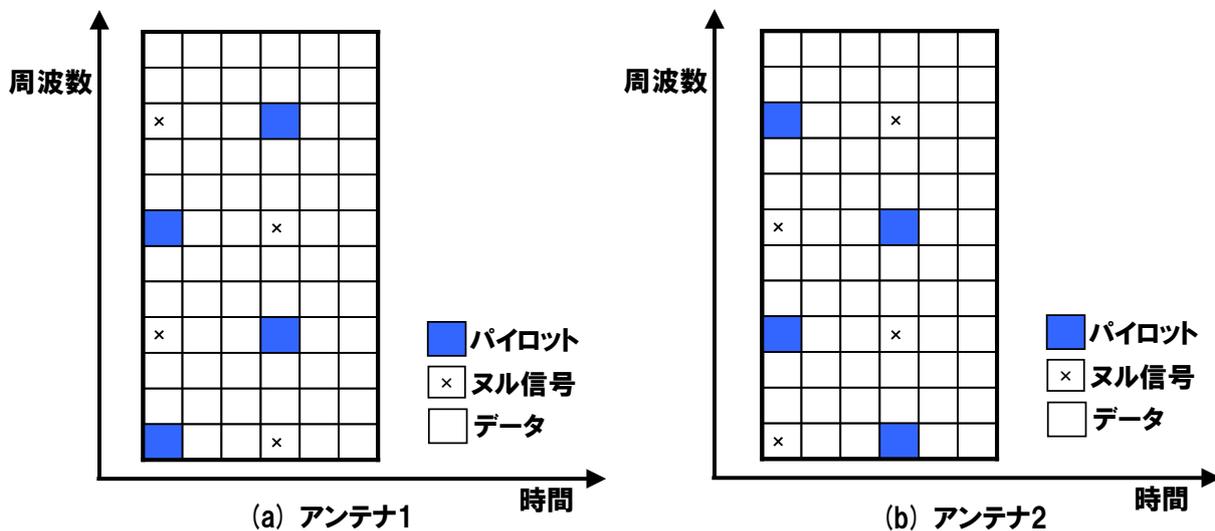


図 2-1-5 パイロット信号送信方法

なお、諸般の事情により、通信方式としてシングルキャリア(等化器を使用)を用いる必要がある場合、図 2-1-6 に示します Decision Feedback Equalizer (以下、DFE と示します) を応用した MIMO 交差偏波間干渉補償を提案致します。DFE を応用した MIMO 交差偏波間干渉補償を使用することにより、少ない回路規模(演算量)で、十分な干渉補償性能を得ることが可能となります。

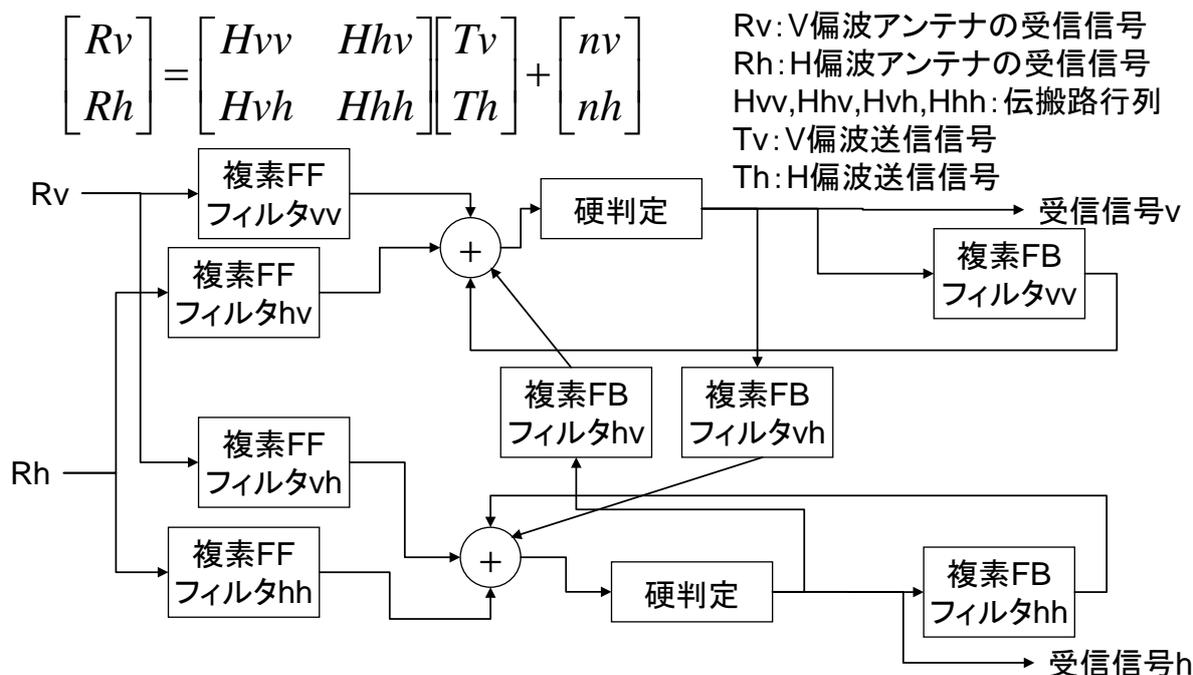


図 2-1-6 DFE を応用した MIMO 交差偏波間干渉補償

(2-2) 変調方式並びに制御技術

変調方式としては、伝送効率を改善するため、8PSK、16QAM、64QAM 等の多値変調方式を採用することを想定しています。ただし、実際に使用する変調方式並びに制御技術は、データの QoS や一部のデータ欠落が許容できる/できない等に応じて選択する必要があると考えます。変調方式並びに制御技術として、以下を提案致します。

(2-2-1) データ欠落が許容できない場合

伝送効率を改善するためには多値変調方式が有効ですが、QPSK 等の変調方式と比較すると、通信品質が劣化するという課題があります。このため、通信の状況等に応じて、変調方式並びに誤り訂正の符号化率を適応的に変化させます。変調方式並びに誤り訂正の符号化率を適応的に変化させることにより、気象条件等の通信の状況が変化しても、最適な変調方式並びに誤り訂正の符号化率を選択することができ、通信品質を劣化させることなく伝送効率の改善が可能となります。

ただし、他のデータより良好な通信品質が要求されるデータ(制御情報等)については、誤り耐性が良好な変調方式(QPSK 等)並びに誤り訂正の符号化率を使用することを想定しています。

変調方式並びに誤り訂正の符号化率を適応的に変化させた場合のブロック構成並びに動作原理を、図 2-2-1-1 に示します。受信側において、通信品質等に応じて適切な変調方式並びに誤り訂正の符号化率を選択するための制御情報を生成して、通信相手に通知します。通信相手は、通知された変調方式並びに誤り訂正の符号化率を選択するための制御情報を用いて、変調方式並びに誤り訂正の符号化率を選択して、データの送信を行います。

更に、干渉や消費電力の削減を図るため、変調方式並びに誤り訂正の符号化率を選択するための制御情報に加えて、受信感度に対する受信電力のマーヅンを示す制御情報も通知します。通信相手は、通知された受信感度に対する受信電力のマーヅンを示す制御情報を用いて、送信電力制御を行

います。

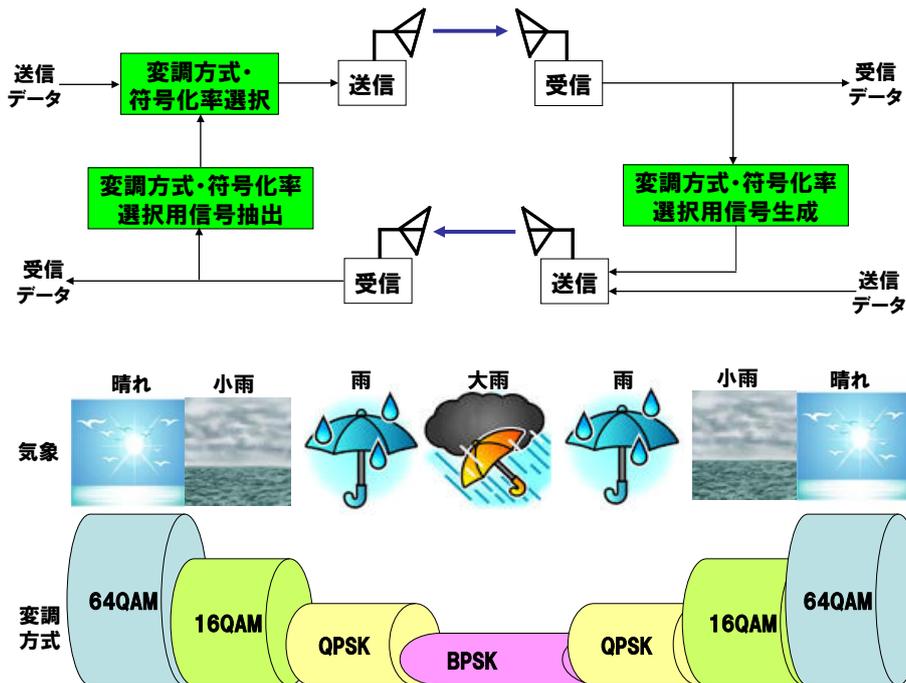


図 2-2-1-1 変調方式並びに符号化率の適応制御

ここで、通信品質が悪い(受信電力が低い場合や隣接チャネル干渉波が存在する)場合においては、図 2-2-1-2 に示しますように、同一データを複数キャリアに重複して配置する方式(受信時において、複数キャリアで送信された同一データを合成します)を提案致します。本提案方式は、変調多値数を少なくした場合と比較して、同一の伝送効率において通信品質を大きく改善することが可能となります(須藤浩章, 石川公彦, 太田現一郎, ”MMAC システムにおける OFDM の特性改善に関する一検討”, 信学全大 B-5-296 (2000-03))。なお本提案方式は、変調方式並びに誤り訂正の符号化率の適応制御と併用することも可能です。

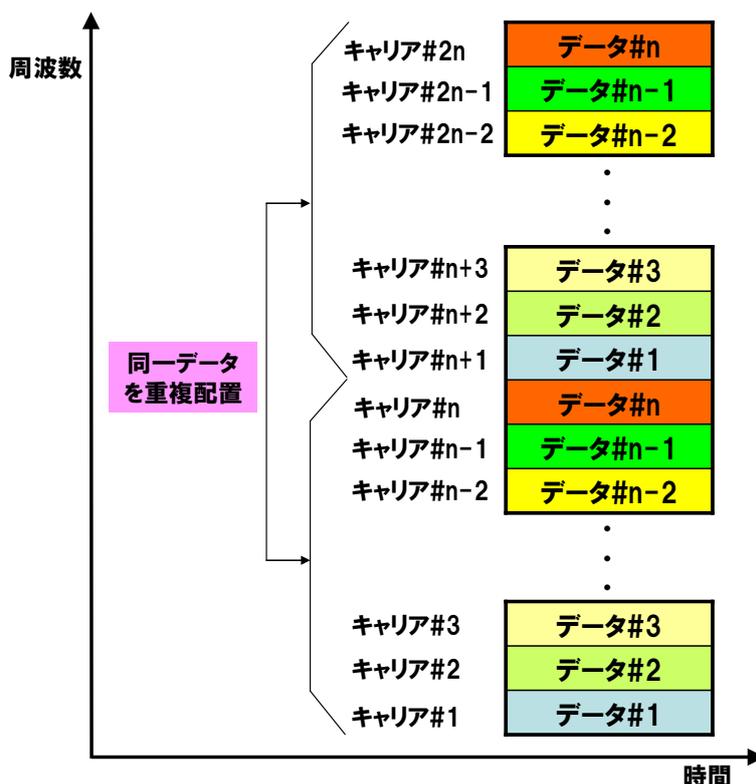


図 2-2-1-2 同一データを複数キャリアに重複配置

また、偏波 MIMO を適用した場合、図 2-2-1-3 に示しますように、特定のアンテナの変調多値数を少なく設定する方式を提案致します。例えば、どちらか片方のアンテナにおいては変調方式として 16QAM を適用し、もう片方のアンテナにおいては変調方式として QPSK を適用します。変調多値数を少なく設定したアンテナについては、他の情報より良好な通信品質が要求されるデータを配置することにより、良好な通信品質が要求されるデータの通信品質を改善することが可能となります。

特定アンテナの変調多値数を少なくし、良好な通信品質が要求される情報を配置

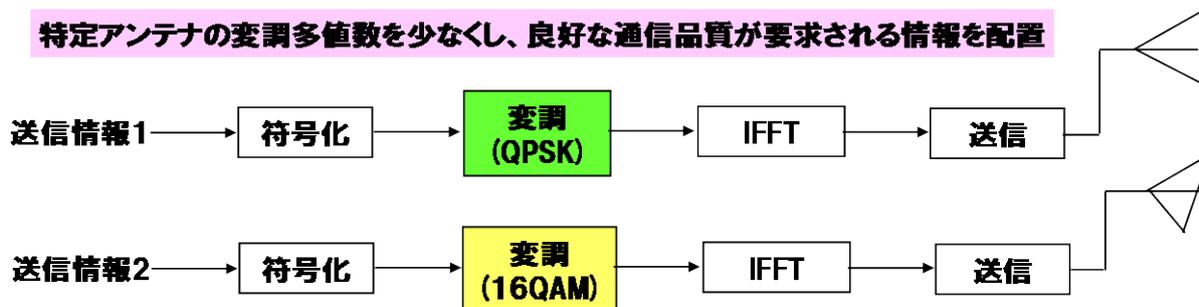


図 2-2-1-3 多値変調の MIMO への適用の実現手段

ここで、誤りが発生したデータは再送を行うことにより、通信品質を改善することを想定しています。しかし、再送を行うことにより通信品質は改善できますが、伝送効率が低下するという課題があります。このため、多値変調のビット位置によって通信品質が異なる点に着目し、図 2-2-1-4 に示しますように、多値変調の誤り易いビットのみを再送する方式(例えば、多値変調の上位 2 ビット以外のビットのみを再送します)を提案致します(受信時においては、前回送信された信号と再送された信号とを合成します)。

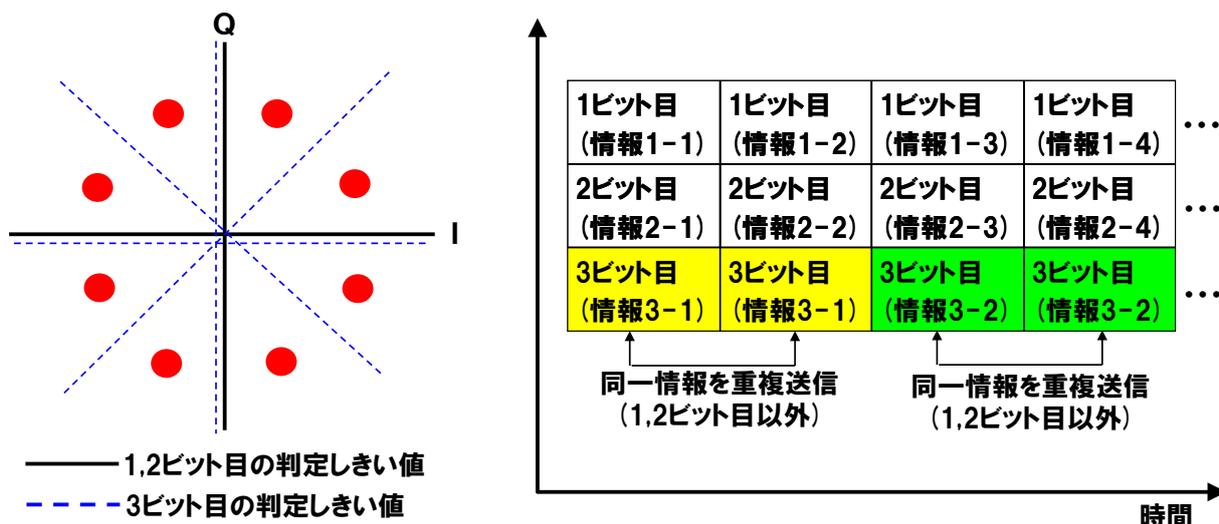


図 2-2-1-4 誤りやすいビットのみ再送

また、図 2-2-1-5 に示しますように、再送時における多値変調の信号配置を、前回送信時とは異なる信号配置に設定する方式(受信時においては、前回送信された信号と再送された信号とを合成します)を提案致します。例えば、初回送信時は、図 2-2-1-5 の信号配置 1 を適用し、再送時は、図 2-2-1-5 の信号配置 2 を適用します。このようにすることにより、多値変調において特定のビットが誤り易くなることを防ぐことができるため、通信品質を改善することができます。本提案方式は、図 2-2-1-4 に示します提案再送方式と併用することも可能です。

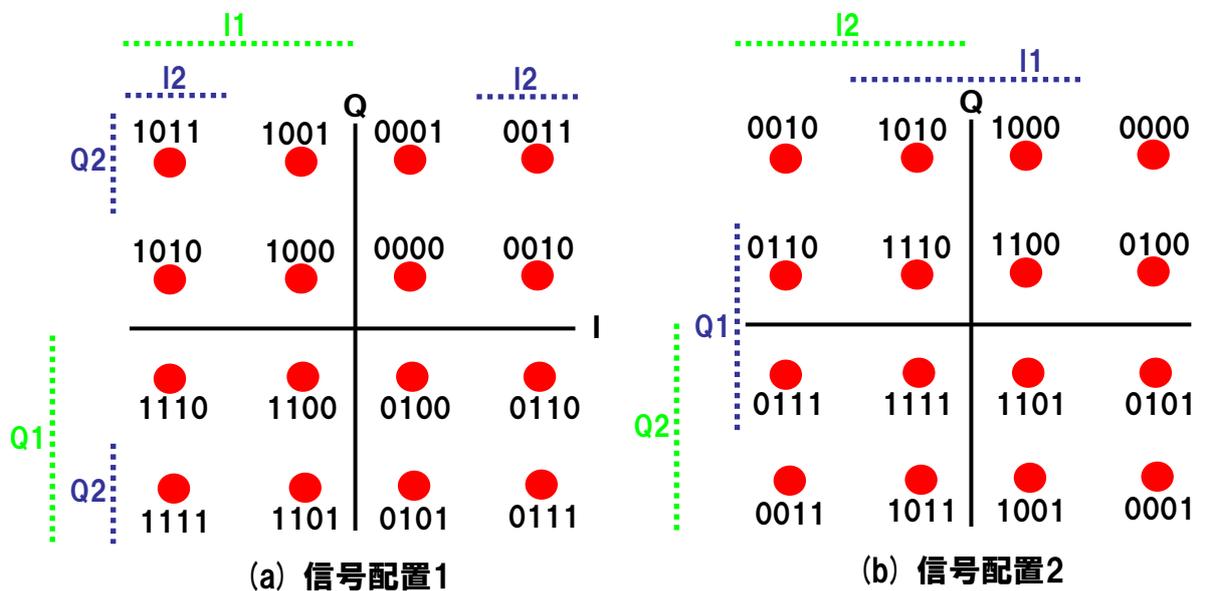


図 2-2-1-5 再送時における信号配置変更

更に、再送に要する遅延時間が比較的短い場合においては、多値変調を用いるのに不十分な通信品質であっても、多値変調を適用して通信を行うことも可能です。もし過剰品質の状態で行っているユーザが多い場合、リソースの無駄が多くなる場合があることが懸念されます。しかし、不十分な通信品質で通信を行い、再送により少しずつ通信品質を改善することにより、図 2-2-1-6 に示しますように、必要最低限のリソースで通信

を行うことが可能となります。多値変調を用いるのに不十分な通信品質であっても、多値変調を適用して通信を行うことは、特に通信を行っているユーザ数が多い場合に有効であると考えております。

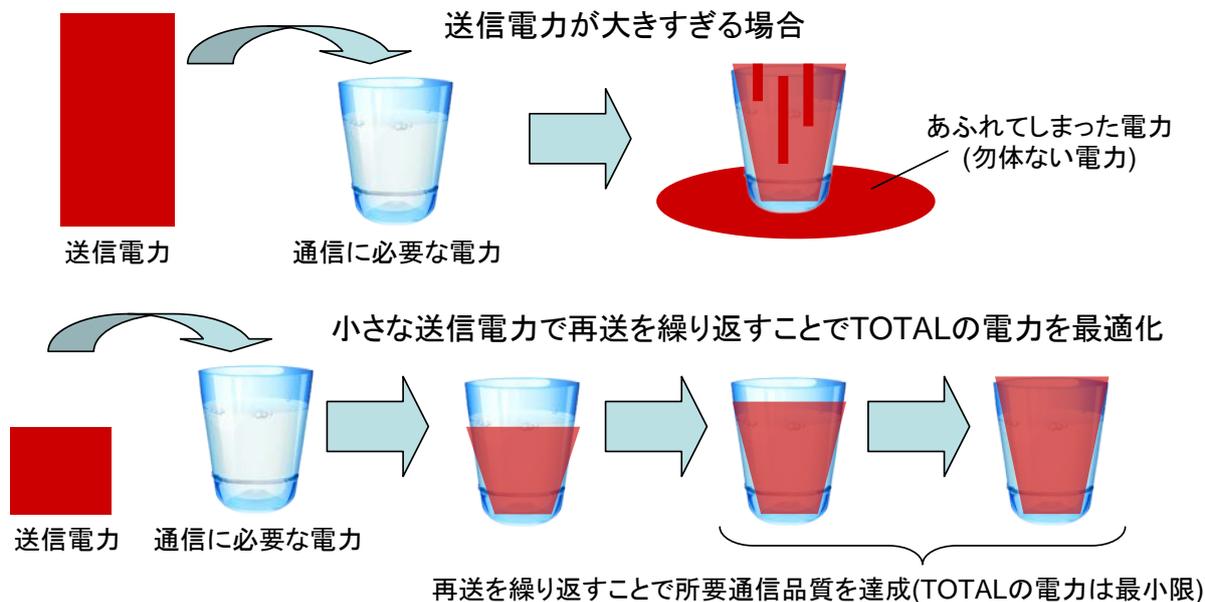


図 2-2-1-6 TOTAL の送信電力を最適化

(2-2-2) 一部のデータ欠落が許容可能な場合

一部のデータ欠落が許容可能な場合については、図 2-2-2-1 に示します階層化ビットマッピングを提案致します。多値変調は、図 2-2-2-1 の信号対雑音電力比(CNR)に対するビット誤り率(BER)特性に示しますように、同時に送信可能な 2 ビット毎に伝送品質が異なるという性質があります。そこで、この性質に着目し、各情報に要求される通信品質に応じたビット配置(他の情報より良好な通信品質が要求される情報については、多値変調の上位 2 ビットに配置する)を行うことにより、良好な通信品質が要求される情報の通信品質が劣化することを防ぐことが可能となります。したがって、受信電力が低い場合においても、最低限必要なデータを配置した上位 2 ビットは受信可能とすることができます。以上のように、階層化ビットマッピングを適用することにより、受信電力が低い場合においても、最低限必要なデータは受信可能となり、通信エリア拡大が可能となります。階層化ビットマッピングは、複数ユーザ宛のデータのように、変調方式並びに誤り訂正の符号化率の適応制御や再送を行うことが困難なデータに対して、特に有効となります。

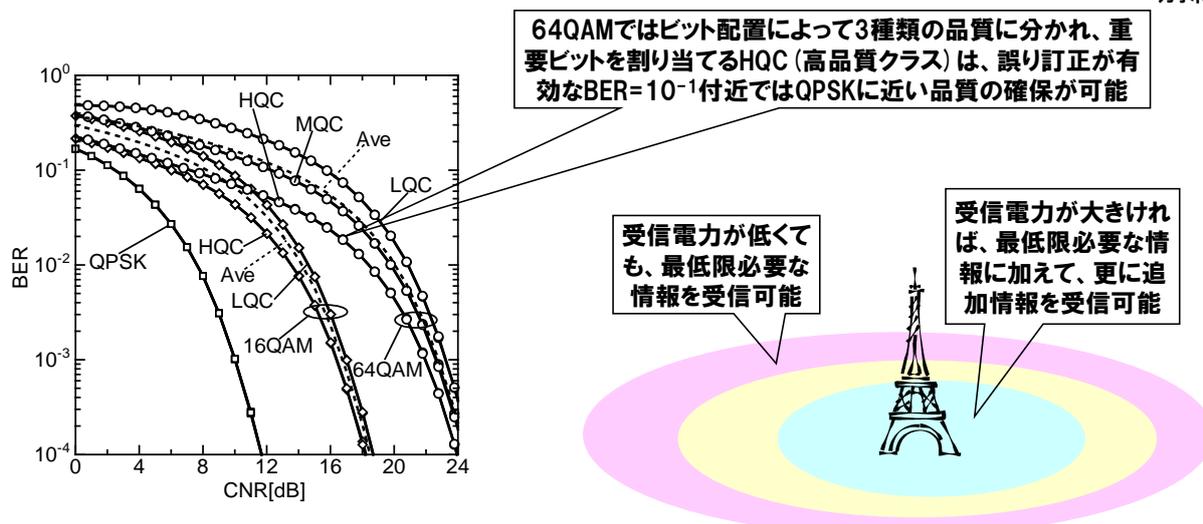


図 2-2-2-1 階層化ビットマッピングの動作原理

階層化ビットマッピングを行った場合の誤り率特性のシミュレーション結果を、図 2-2-2-2～図 2-2-2-3 に示します(図 2-2-2-2～図 2-2-2-3 において、HQC は多値変調の最上位 2 ビットにおける誤り率特性、LQC は多値変調の最下位 2 ビットにおける誤り率特性、Ave は通常の多値変調における誤り率特性を示します)。シミュレーションは、表 2-2-2-1 に示します条件で行いました。16QAM において階層化ビットマッピングを行った場合、16QAM の上位 2 ビットの誤り率特性は、通常の 16QAM における誤り率特性と比較しますと、ビット誤り率 (BER) 10^{-4} における信号対雑音電力比 (CNR) を 2.5dB 程度改善できます。このため、階層化ビットマッピングを行うことにより、通常の 16QAM を使用する場合と比較して、通信エリアを 1.7 倍程度に拡大することが可能となります。また、変調多値数を更に多くするにつれて、階層化ビットマッピングを行ったことによる CNR の改善効果が大きくなり、通信エリアの拡大効果が大きくなります。

表 2-2-2-1 シミュレーション条件

項目	値	備考
変調方式	16QAM/64QAM	
誤り訂正	ターボ符号	符号化率=1/2、 拘束長=4
伝搬路	AWGN	

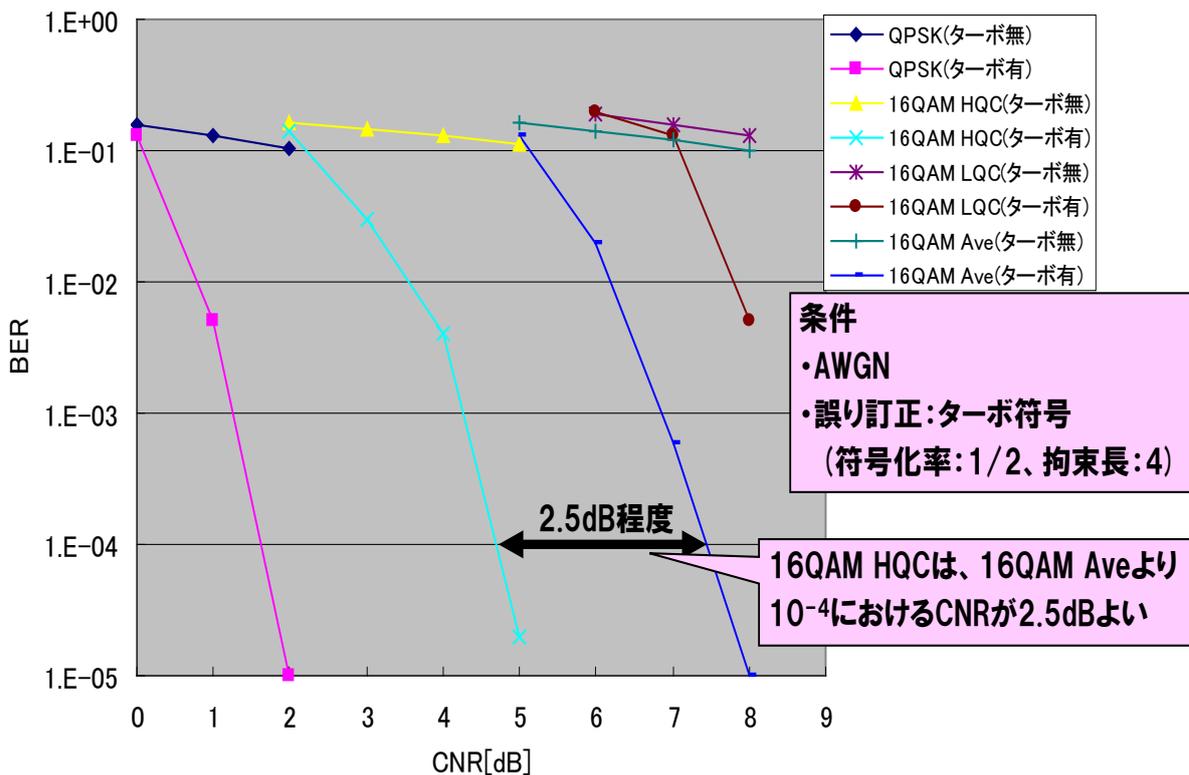


図 2-2-2-2 誤り率特性 (16QAM)

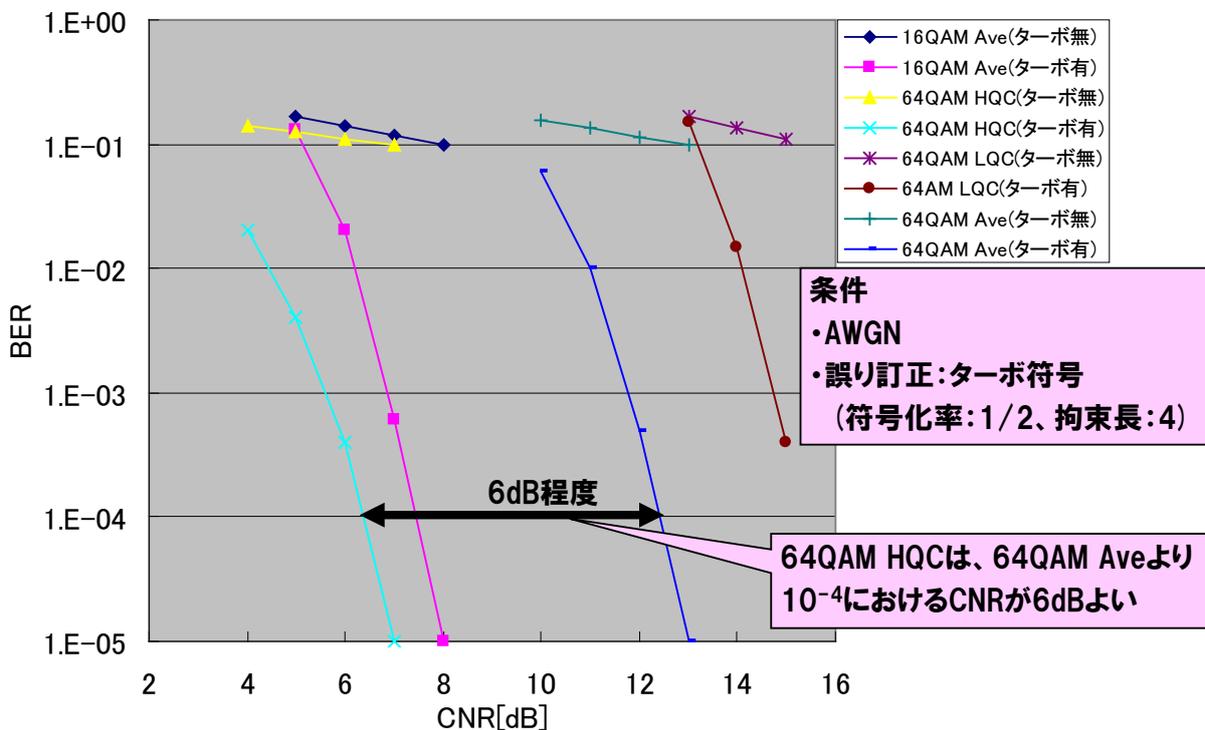


図 2-2-2-3 誤り率特性 (64QAM)

また、偏波 MIMO を適用した場合においては、図 2-2-1-2 に示します特定のアンテナの変調多値数を少なく設定する方式と併用することも可能です。特定のアンテナの変調多値数を少なく設定する方式と併用することにより、

受信電力が非常に低い場合においても、変調多値数を低く設定したアンテナから送信された情報は受信可能とすることができ、通信エリアを更に拡大することが可能となります。

(2-3) 伝送効率改善

OFDM の情報レート並びにシンボルレートを更に改善するため、下記を提案致します。

(2-3-1) 受信側での遅延歪み除去

OFDM は GI (ガードインターバル) を備えており、複数パスの相対遅延時間差 (τ) が GI 長に収まっていれば遅延歪みの影響を回避できます。しかし、 τ が大きいと GI 長を長くする必要がありシンボルレートが低下します。このため、受信側で遅延歪み除去を行うことで GI 長を短くします。

受信側での遅延歪み除去の実現手段を、図 2-3-1-1 (a) に示します。この方式は、同期ずれや遅延波によって生じる歪は OFDM シンボルの先頭部分にのみ生じることに着目し、短い GI でも受信側の信号処理にてその歪を除去するようにしたものです。例えば、OFDM シンボル長は $1008\mu\text{s}$ に対し、GI 長は $126\mu\text{s}$ の場合、GI 長は全体の 11.1% を占めていますが、この方式を用いることにより、例えば GI 長を $26\mu\text{s}$ に短縮できることを想定しますと、GI 長は全体の 2.5% まで削減できることとなります。このため、伝送効率を、8.6% 改善することが可能となります。

受信側での遅延歪み除去の別の実現手段を、図 2-3-1-1 (b) に示します。この方式は、GI を全 OFDM シンボルに挿入するのではなく、一定のシンボルをまとめて 1 つの長いシンボルに見立てて挿入し、受信側で一旦長いシンボルを周波数等化して歪を除去した後に、個々の OFDM シンボルを復調することで、GI の挿入数を削減するものです。本案においては、例えば、80OFDM シンボル中の 10OFDM シンボルにのみ GI を挿入することを想定しますと、GI 長は全体の 1.5% まで削減できることとなります。このため、シンボルレートを、9.6% 改善することが可能となります。

なお図 2-3-1-1 (a) 並びに図 2-3-1-1 (b) に示します遅延歪み除去手段は、いずれか 1 つの遅延歪み除去手段のみが実装可能となります。このため、実際に使用される伝搬環境、回路規模、諸費電力等を考慮して比較検討し、良い方を選択することを想定しています。

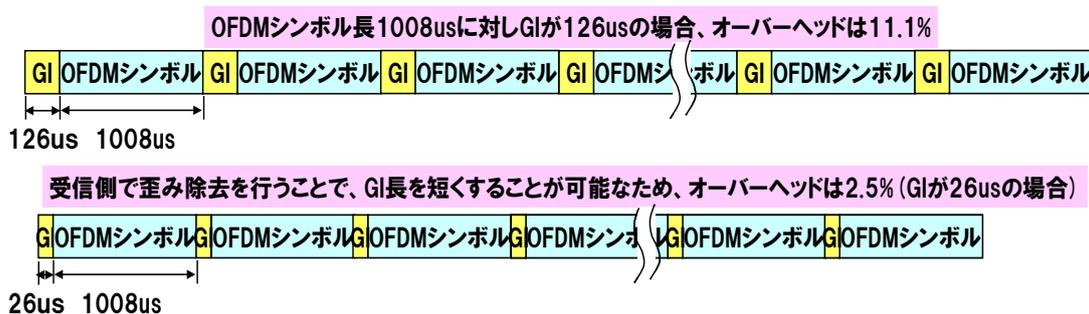


図 2-3-1-1 (a) 受信側での遅延歪み除去の実現手段

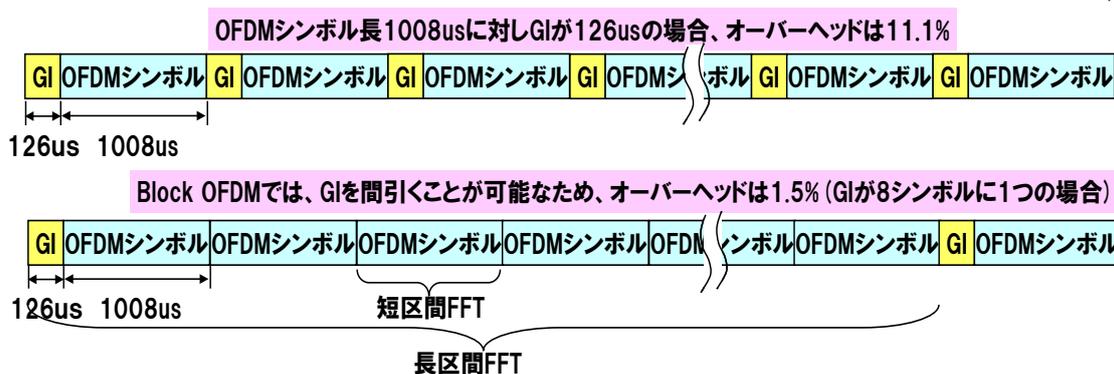


図 2-3-1-1 (b) 受信側での遅延歪み除去の実現手段(その2)

(2-3-2) ガード周波数にもキャリアを配置

帯域外漏洩を低減するため、一般に各チャネル間にガード周波数を設定します。ここで、例えばガード周波数が、全周波数帯域の7%を占めている場合、伝送効率はガード周波数分の7%だけ低下します。伝送効率を改善するために、ガード周波数にもキャリアを配置します。

キャリアをそのままガード周波数にも配置しますと、伝送効率は改善できませんが、当然帯域外漏洩が大きくなります。しかしながら、図 2-3-2-1 に示しますように、ガード周波数に配置したキャリアについては、伝送レートを他のキャリアより低く設定することで、帯域外電力漏洩を抑えることができます。例えば、ガード周波数の1/2の周波数帯に対してキャリアを配置し、伝送レートを他のキャリアの伝送レートの1/2に設定することを想定した場合、伝送効率を1.75%改善することが可能となります。

また、帯域外漏洩が増大することを防ぐため、ガード周波数に配置したキャリアは、送信電力を他のキャリアより低く設定することもできます。ガード周波数に配置したキャリアは、他のキャリアよりOFDMシンボル周期が長い(受信時のFFTサンプル数が多い)ため、受信時の信号対雑音電力比を高くすることが可能であるため、ガード周波数に配置したキャリアの送信電力を低くしても、受信品質を確保することが可能です。

更に、ガード周波数に配置したキャリアについては、隣接チャネル干渉により通信品質が劣化することを防ぐため、変調多値数を少なくする、誤り訂正の符号化率を低くする、同一情報を複数キャリアに重複して配置する(図 2-2-1-2)こともできます。

このほか、ガード周波数に配置したキャリアには、他のデータより良好な通信品質が要求されるデータは配置しない等の工夫も可能です。

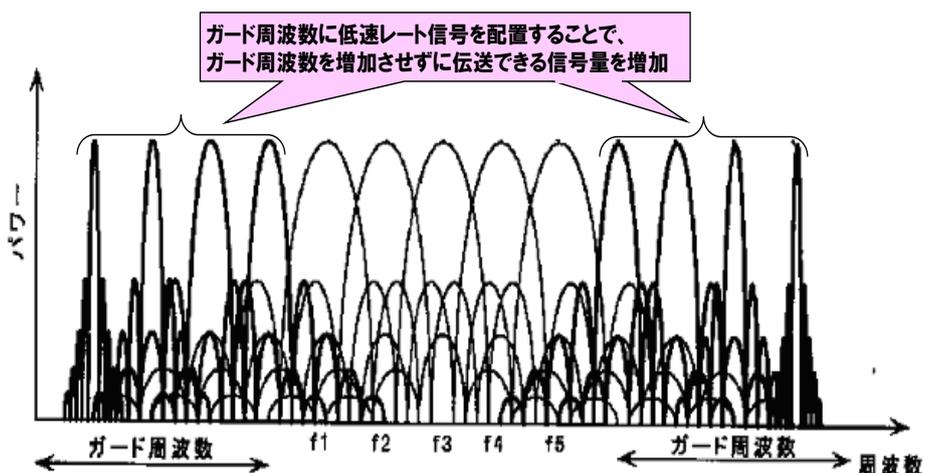


図 2-3-2-1 ガードバンドにもキャリア配置した場合の周波数構成

(2-4) ピーク電力削減

送信側でピークカット及び周波数領域フィルタリングを行うことで、ピーク電力を低減します。

ピークカット及び周波数領域フィルタリングの実現手段を、図 2-4-1 に示します。まず、送信側において、IFFT 後の OFDM 信号に対して、時間領域でピークカットを行います。次に、ピークカットを行った OFDM 信号に対して、周波数領域フィルタリング(帯域外信号を除去)を行います。以降、前記時間領域でのピークカットと周波数領域フィルタリングを繰り返します。

以上のように、ピークカット及び周波数領域フィルタリングを行うことにより、帯域外漏洩を増大させることなく、ピーク電力を低減することが可能となります。

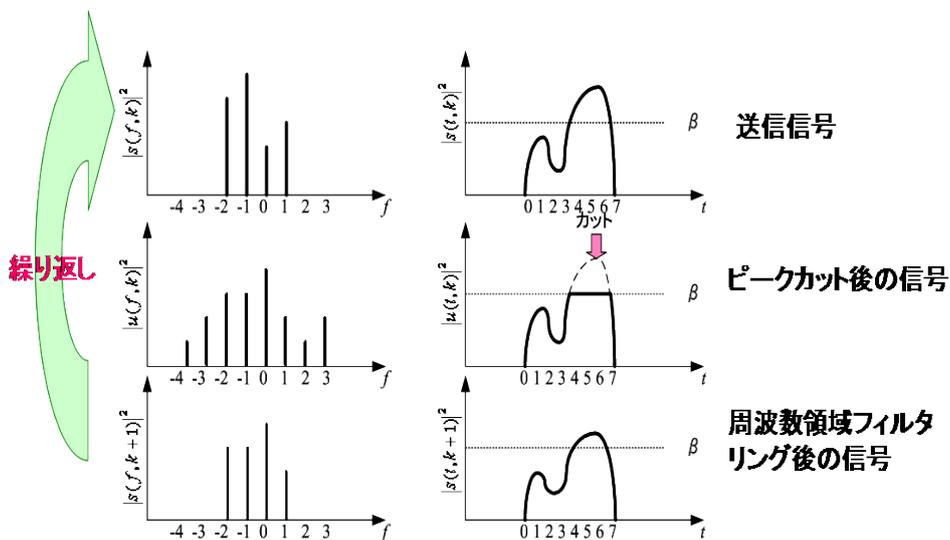


図 2-4-1 OFDM のピーク電力低減の実現手段

(2-5) MIMO 交差偏波間干渉補償

偏波 MIMO を用いた場合においても、マルチパス環境下においては偏波間の直交性が崩れる場合も発生すると考えておりますので、MIMO 交差偏波間干渉補償を行うことを想定しています。

図 2-5-1 に、MIMO 交差偏波間干渉補償の実現手段を示します。尤度計算量を削減した QR-MLD を用いた MIMO 交差偏波間干渉補償を行うことにより、MIMO 交差偏波間干渉補償の回路規模(演算量)削減が可能です。

また、以下の Timing 同期方式並びに AFC 方式を用いることにより、Timing 同期

の性能並びに AFC の性能を向上させることが可能となります。

- 複数アンテナにおいてそれぞれ同期確立した Timing のうち、最も早く同期確立した Timing を用いることにより、MIMO 受信時の Timing 同期性能を向上 (吉川博幸, 須藤浩章, 太田現一郎, "MMAC システムにおけるダイバーシチ受信時の OFDM 用シンボル同期に関する一検討", 信学総大 SB-3-6 (1999-03))
- GI の最前部と最後部を周波数オフセット検出に使用しないようにすることにより、AFC 性能を向上 (須藤浩章, 石川公彦, 太田現一郎, 望月伸晃, "MMAC-HiSWANaにおける OFDM 用 AFCに関する一検討", 信学ソ大 B-5-170 (2001-09))

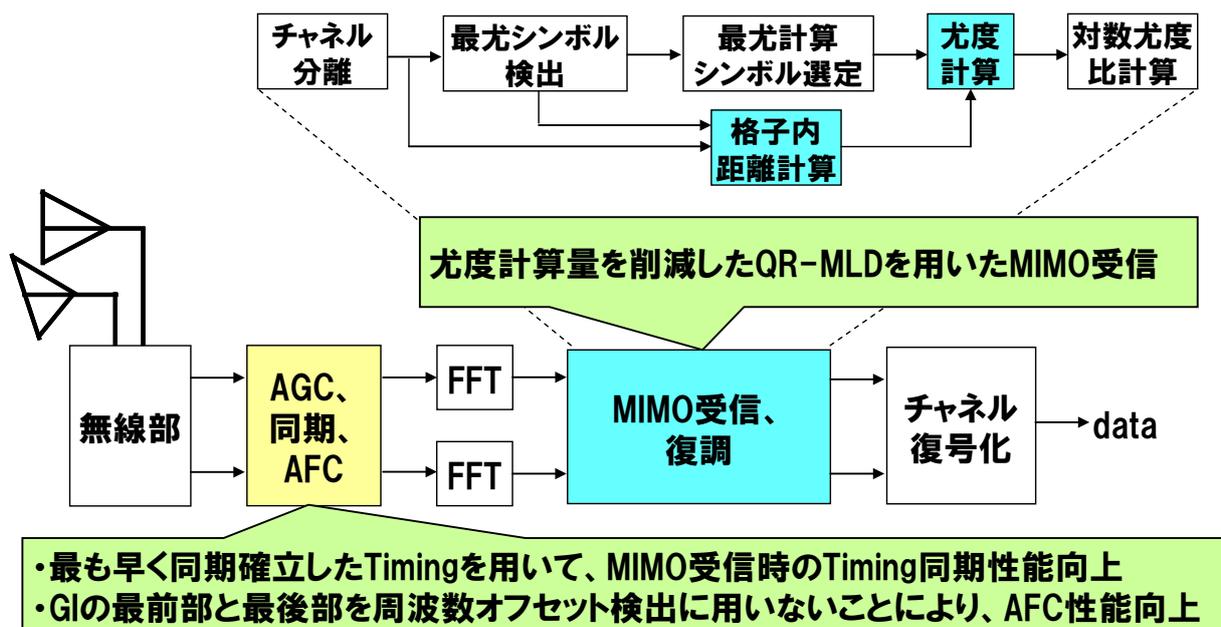


図 2-5-1 MIMO 交差偏波間干渉補償の実現手段

(2-6) 複数の送信経路による安定した伝送路の確保

特に周波数が高い場合には、電波の直進性が強いことに加え、天候等の影響による減衰、あるいは鳥その他の物体による遮蔽などの影響で、通信路が途切れる可能性があります。これを補償するために、複数経路を設けて SFN (Single Frequency Network) による通信を行う方法を提案します。OFDM 変調を行った場合には、GI によって遅延差を吸収できますので、経路長の差があった場合においても問題なく復調が可能ですので、常に複数経路での通信を行うこともできますが、メイン経路の伝送品質が低下した場合にのみサブ経路での送信を行うこともできます。更には、特定の日時のみ複数経路を用いたい場合には、可搬型の中継器で臨時にサブ経路を構築することも可能です。図 2-6-1 に複数経路による安定した伝送路の確保について示します。

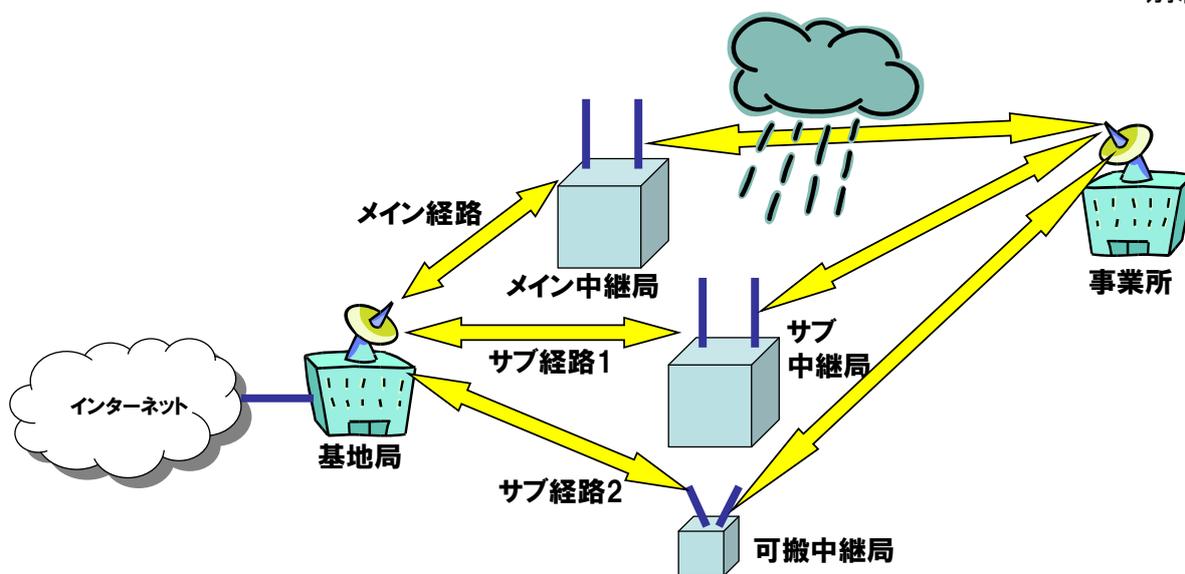


図 2-6-1 SFN による安定した伝送路の確保

2. イメージ図

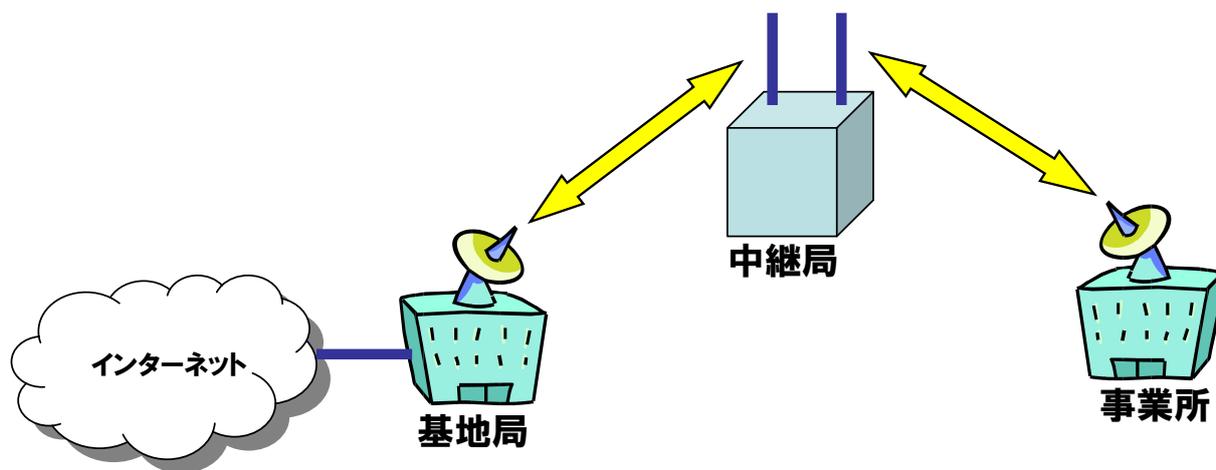


図 2.1 システムイメージ図

補足

本提案は「(4) 11/15/18GHz 帯等固定通信システム及び 22/26/38GHz 帯 FWA システムの高度化」について記載しておりますが、「(3) 6.5/7.5GHz 帯等可搬型システムの導入」においても、同様の技術が使用できるものと考えております。

また、変調方式としては、将来的には更に変調多値数を増やす(26QAM/1024QAM/4096QAM 等) ことについても検討しています。図 I-1~図 I-3 に示しますように、変調多値数を更に多くするにつれて、階層化ビットマッピングを行ったことによる CNR の改善効果が大きくなり、通信エリアの拡大効果が大きくなります。

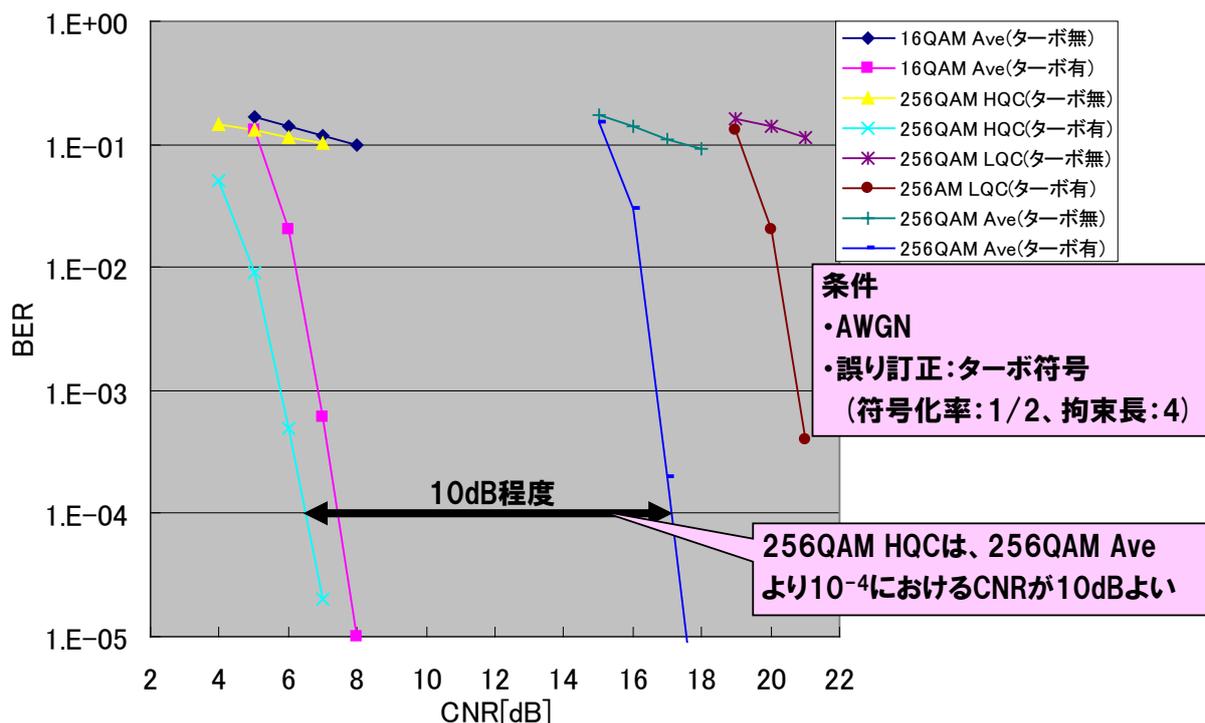


図 I-1 誤り率特性 (256QAM)

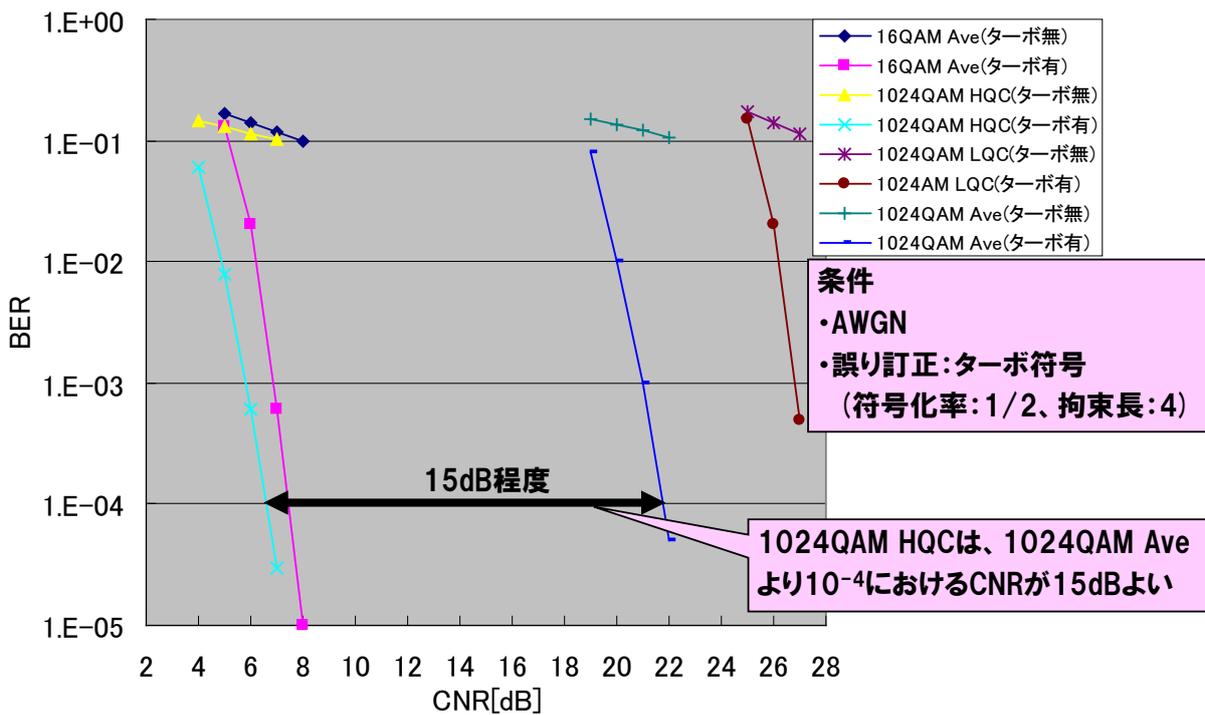


図 I-2 誤り率特性 (1024QAM)

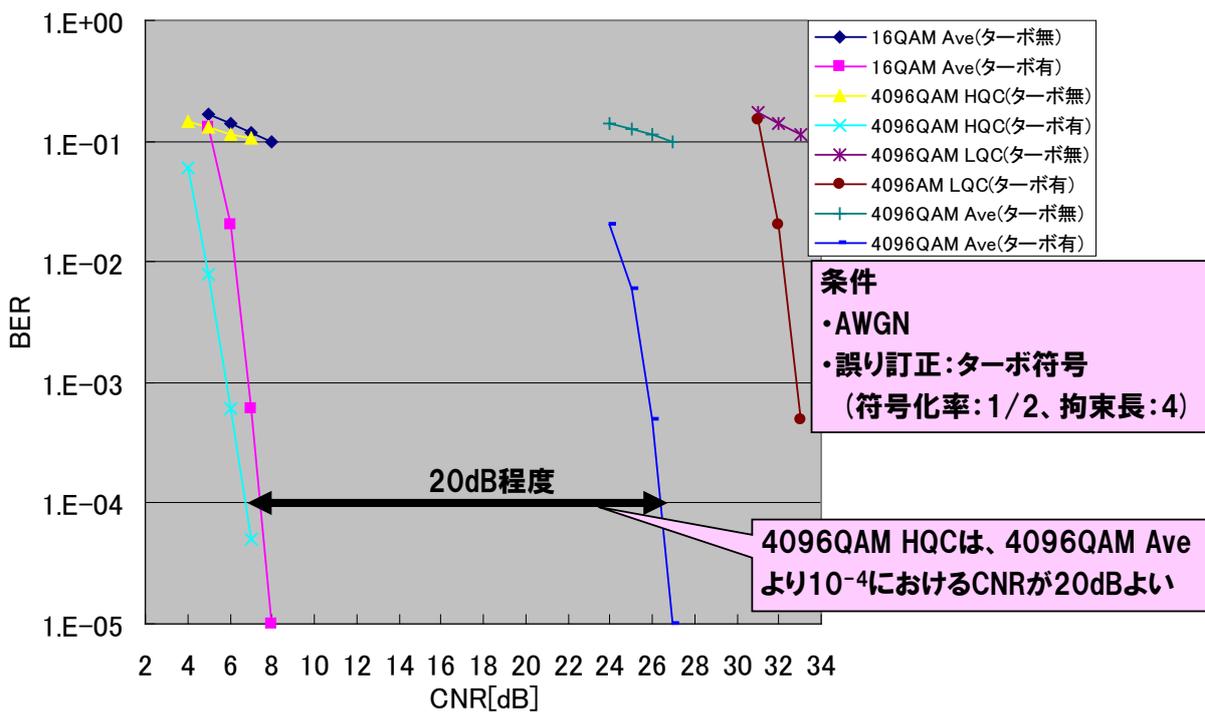


図 I-3 誤り率特性 (4096QAM)

業務用陸上無線通信の高度化等

<提案名>

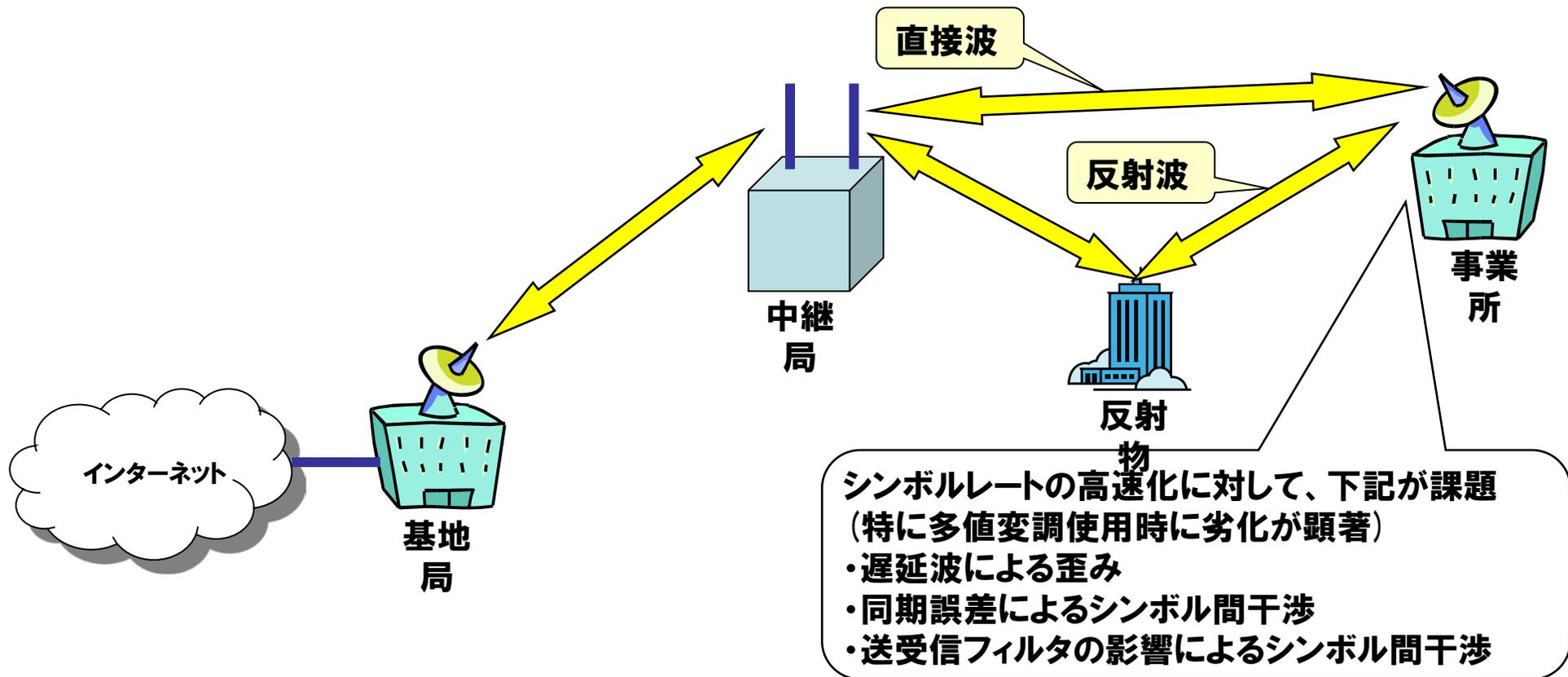
(4)11/15/18GHz帯固定通信システム及び
22/26/38GHz帯FWAシステムの高度化

<提案者>

パナソニック モバイルコミュニケーションズ株式会社

基本通信方式に関する提案内容

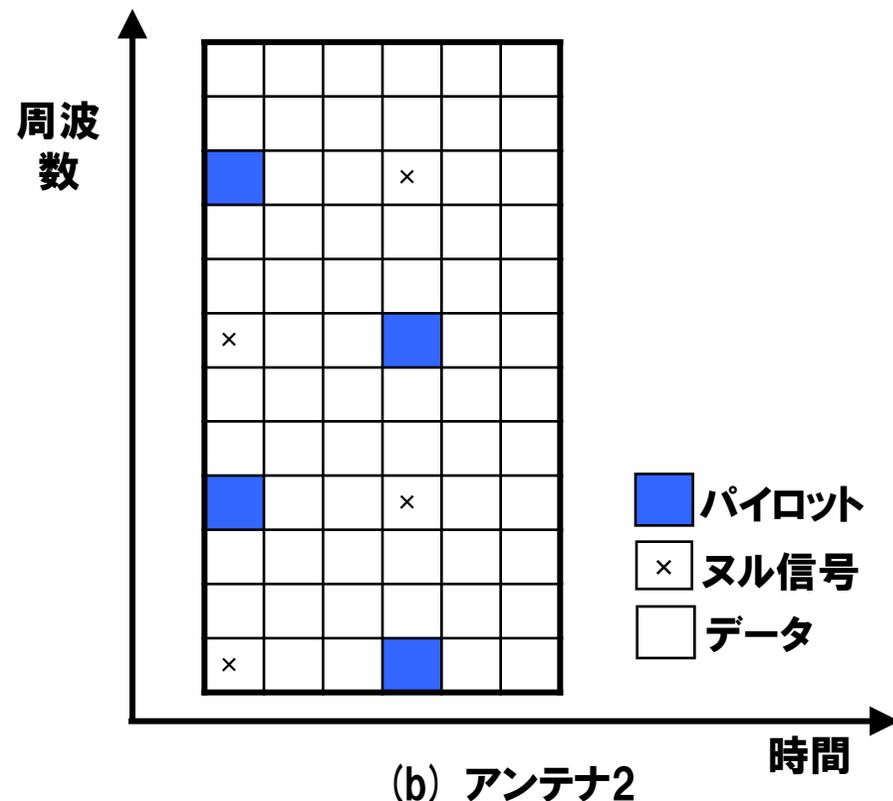
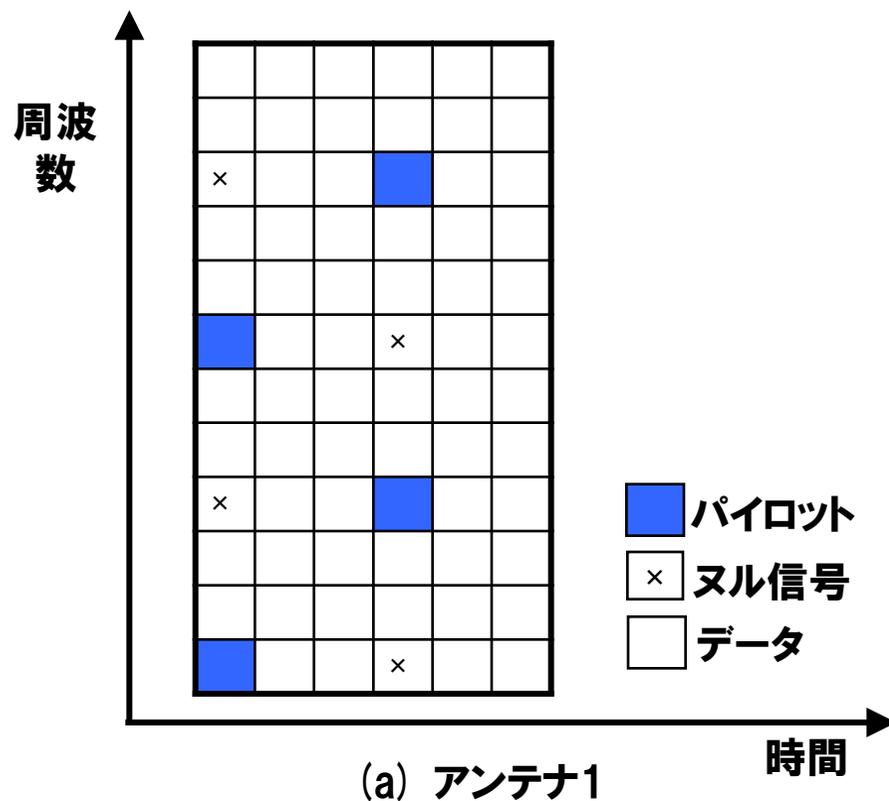
基本通信方式の提案内容(1)



- 下記を考慮した場合にOFDMの導入が有利であるため、OFDM (+MIMO) を導入
- ・遅延波による歪み対策が容易 (ガードインターバルと周波数等化で吸収可能)
 - ・受信信号の劣化要因対策が容易 (ガードインターバルと周波数等化で吸収可能)
 - ・MIMOの導入が容易 (受信演算の負荷の軽減が可能)
 - ・急峻な帯域制限を行ったシングルキャリアとのピーク電力差分少

基本通信方式の提案内容(2)

MIMOにおけるパイロットは、各キャリアごとに1本のアンテナから送信し、もう1本のアンテナからはヌル信号を送信する

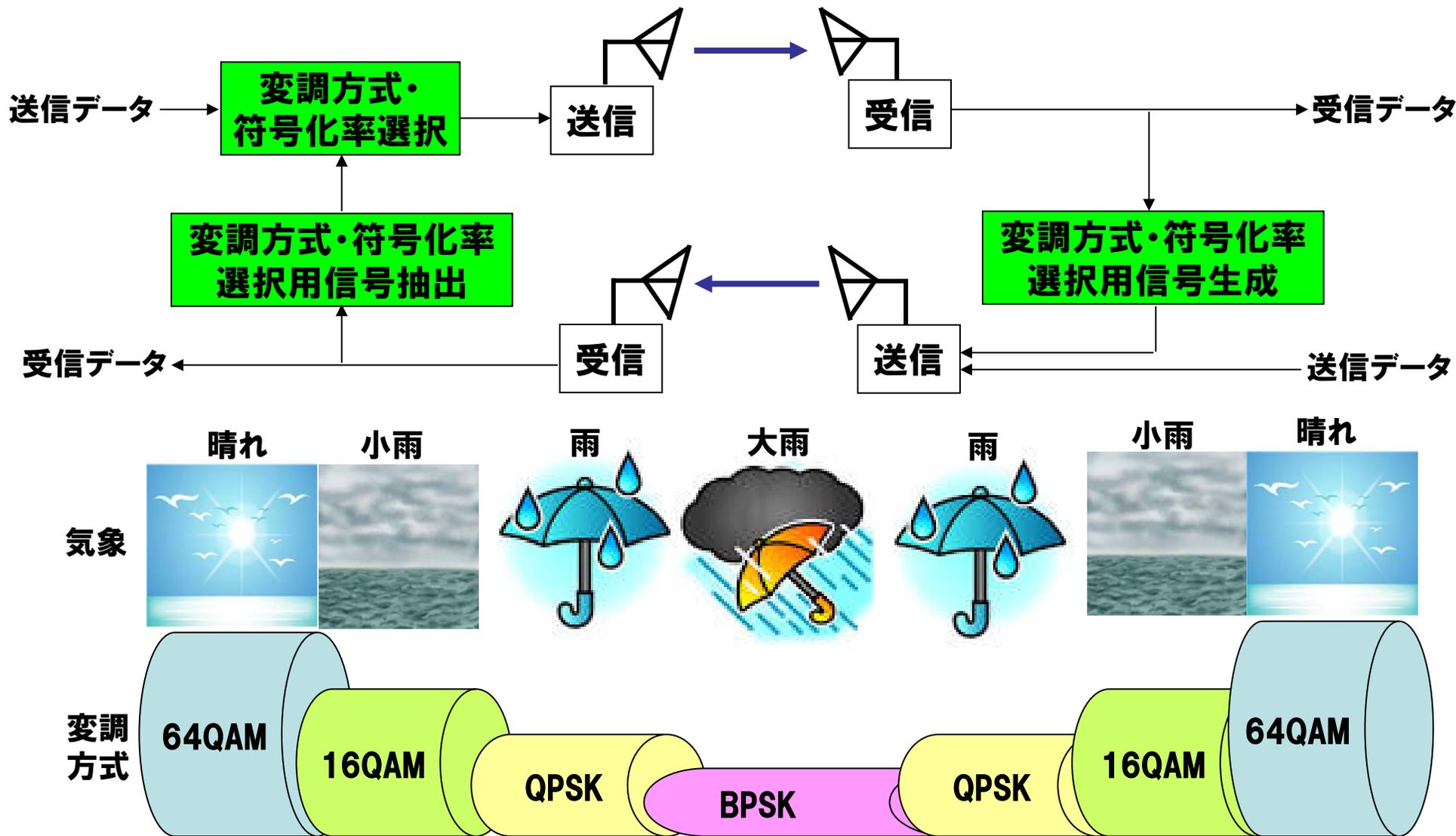


変調方式の多値化、制御技術(適応変調等) に関する提案内容

(1)データ欠落が許容できない場合の提案内容

変調方式並びに制御技術の提案内容(1-1)

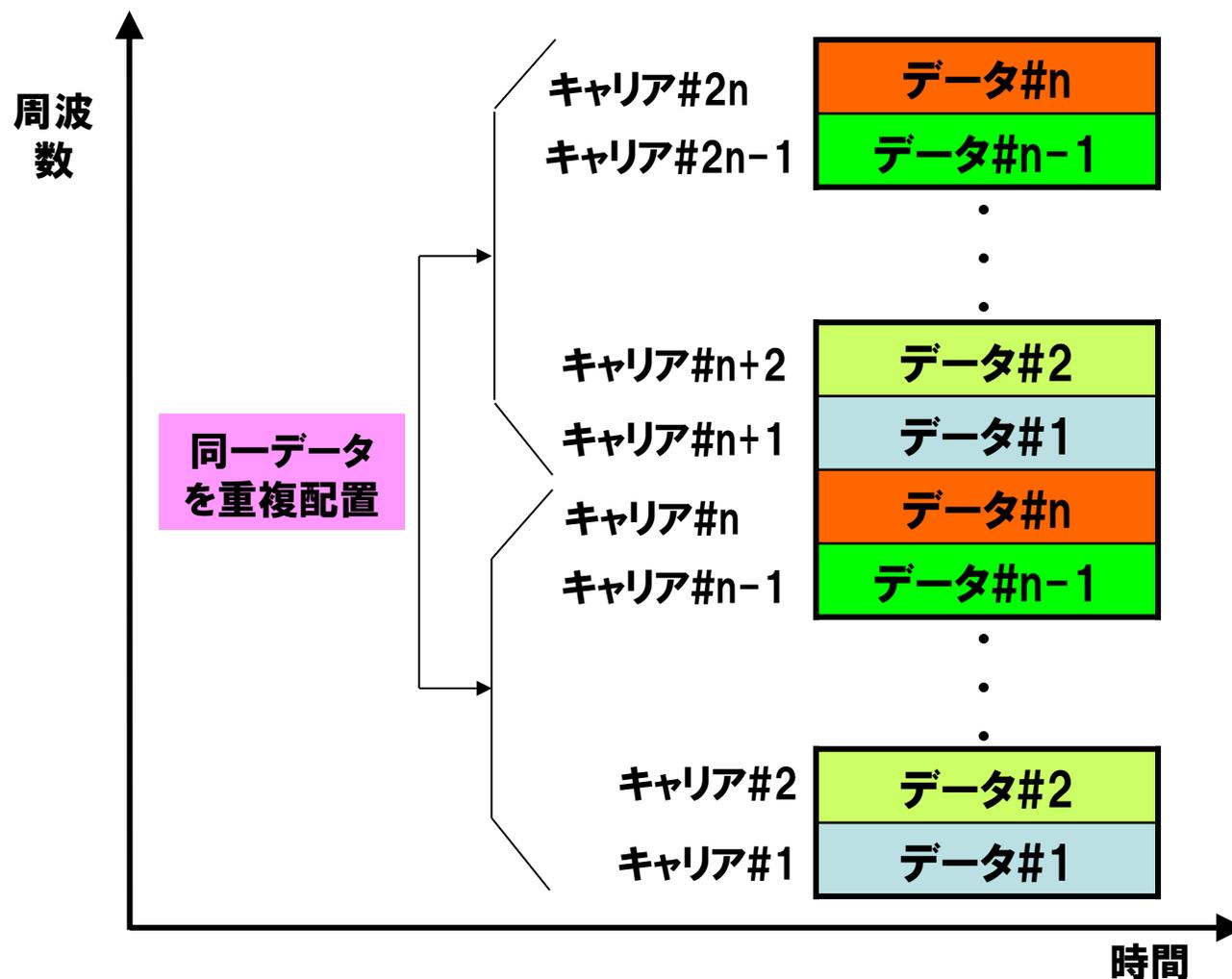
「**変調方式や誤り訂正の符号化率の適応制御**」により、気象状況等が変化しても通信品質を劣化させずに、伝送効率を改善することが可能



変調方式並びに制御技術の提案内容(1-2)

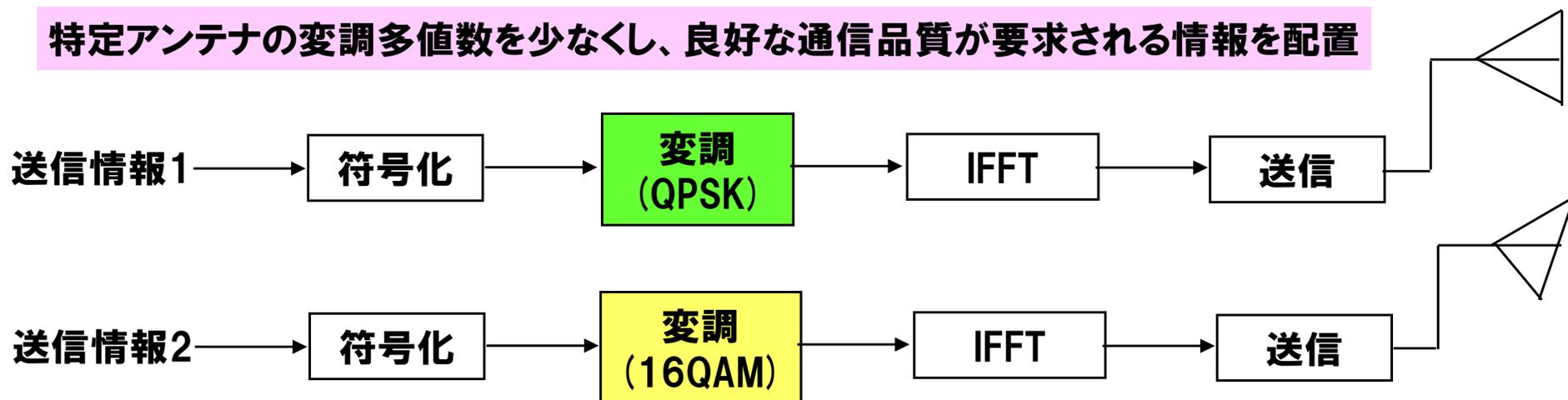
「**同一情報を複数キャリアに重複して配置**」により、変調多値数を減らした
場合と比較して、同一伝送効率で通信品質を大きく改善

※本技術は、隣接チャネル干渉波が存在する場合においても有効



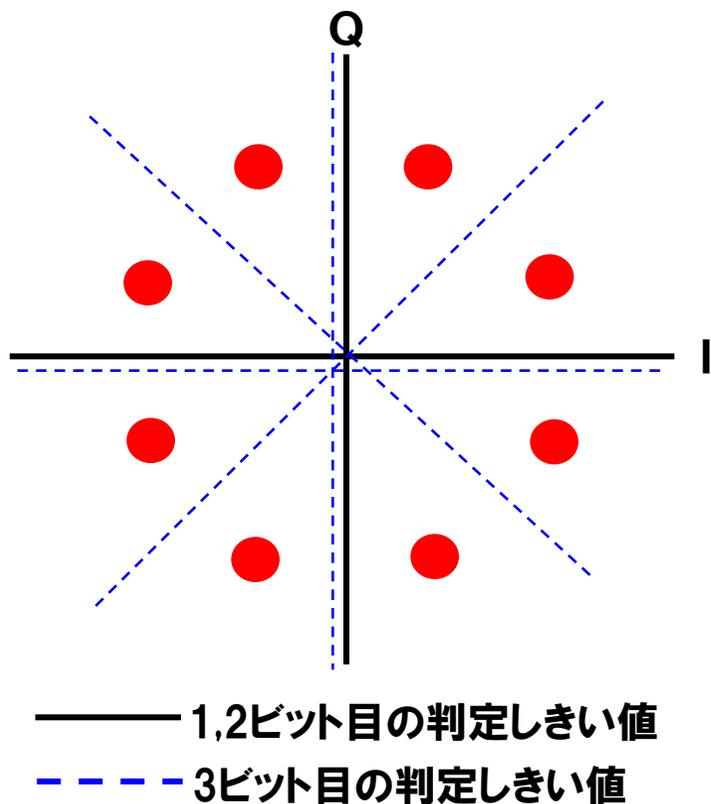
「**偏波MIMOの特定アンテナの変調多値数を少なく設定**」により、
重要信号の品質を確保しながら情報レートを高速化

特定アンテナの変調多値数を少なくし、良好な通信品質が要求される情報を配置



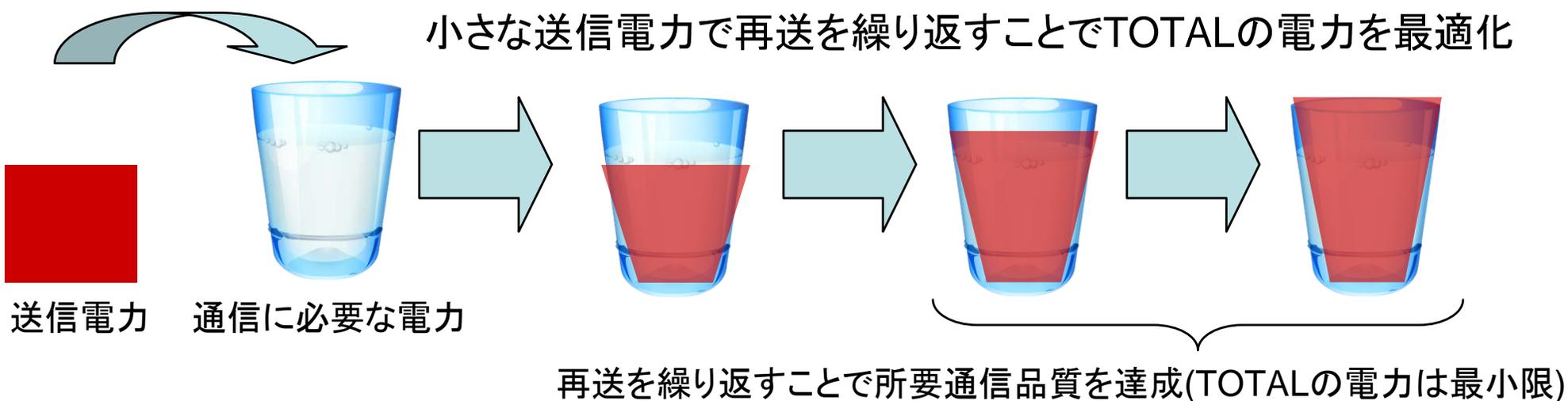
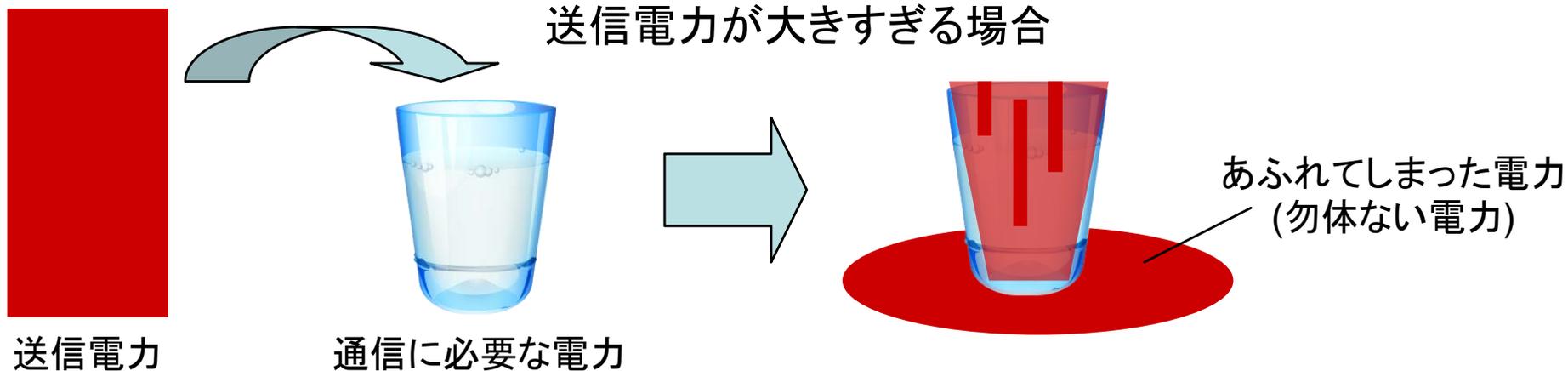
変調方式並びに制御技術の提案内容(1-4)

「多値変調における誤りやすいビットのみ再送」により、
通信品質を劣化させずに情報レートを高速化（再送情報量を削減）



変調方式並びに制御技術の提案内容(1-6)

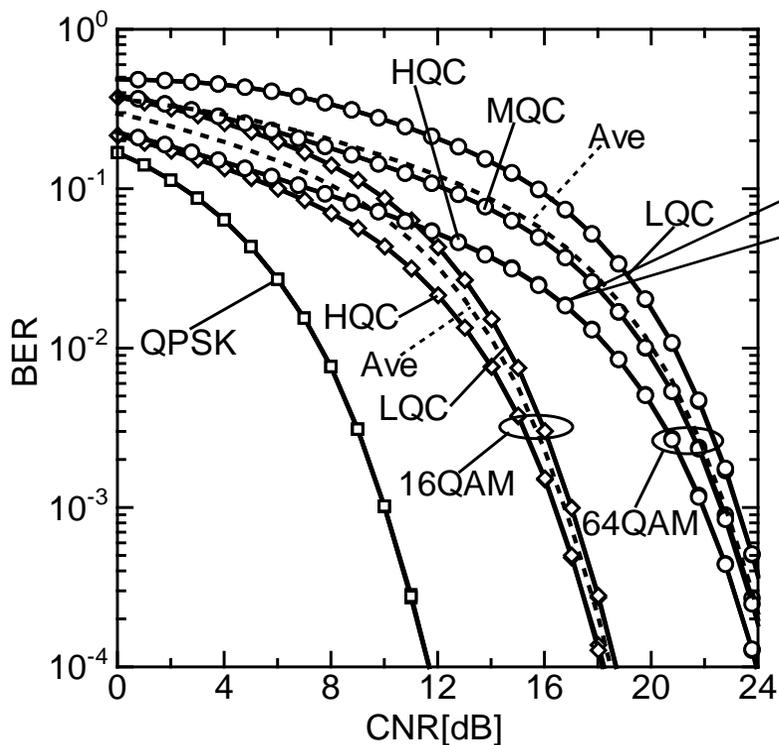
「不十分な通信品質で通信し、再送を繰り返す」により必要最低限のリソースで通信する
※通信を行っているユーザ数が多い場合、特に有効



(2)一部のデータ欠落が許容可能な場合の提案内容

変調方式並びに制御技術の提案内容(2-1)

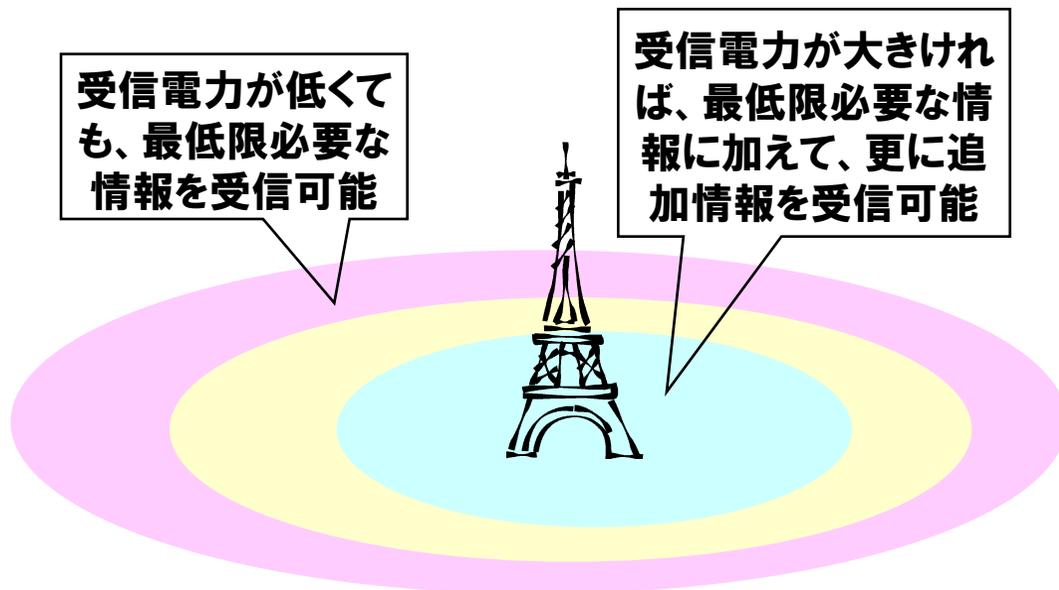
「階層化ビットマッピング」により、重要信号の品質を確保しながら情報レートを高速化
※適応変調や再送が困難な情報(複数ユーザ宛情報等)に対して特に有効



64QAMではビット配置によって3種類の品質に分かれ、重要ビットを割り当てるHQC (高品質クラス)は、誤り訂正が有効な $BER=10^{-1}$ 付近ではQPSKに近い品質の確保が可能

受信電力が低くても、最低限必要な情報を受信可能

受信電力が大きければ、最低限必要な情報に加えて、更に追加情報を受信可能

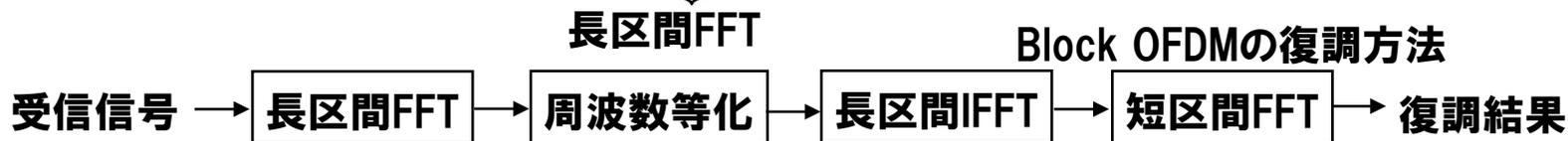


その他提案内容

OFDMの周波数利用効率向上の提案内容

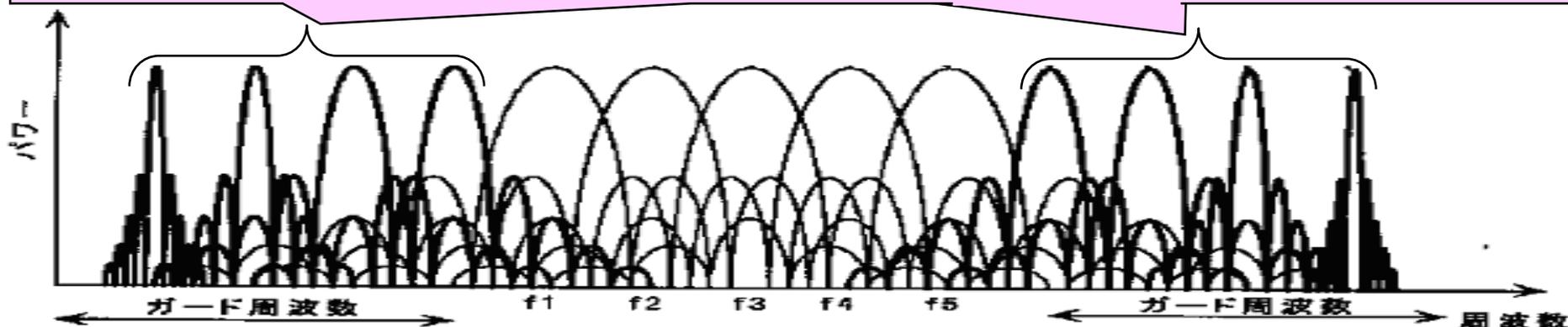
「Block OFDM」「マルチパス干渉キャンセラ」でガードインターバル (GI) を削減

Block OFDMでは、GI (11.1%) を間引くことが可能なため、オーバーヘッドは1.5% (GIが8シンボルに1つの場合)



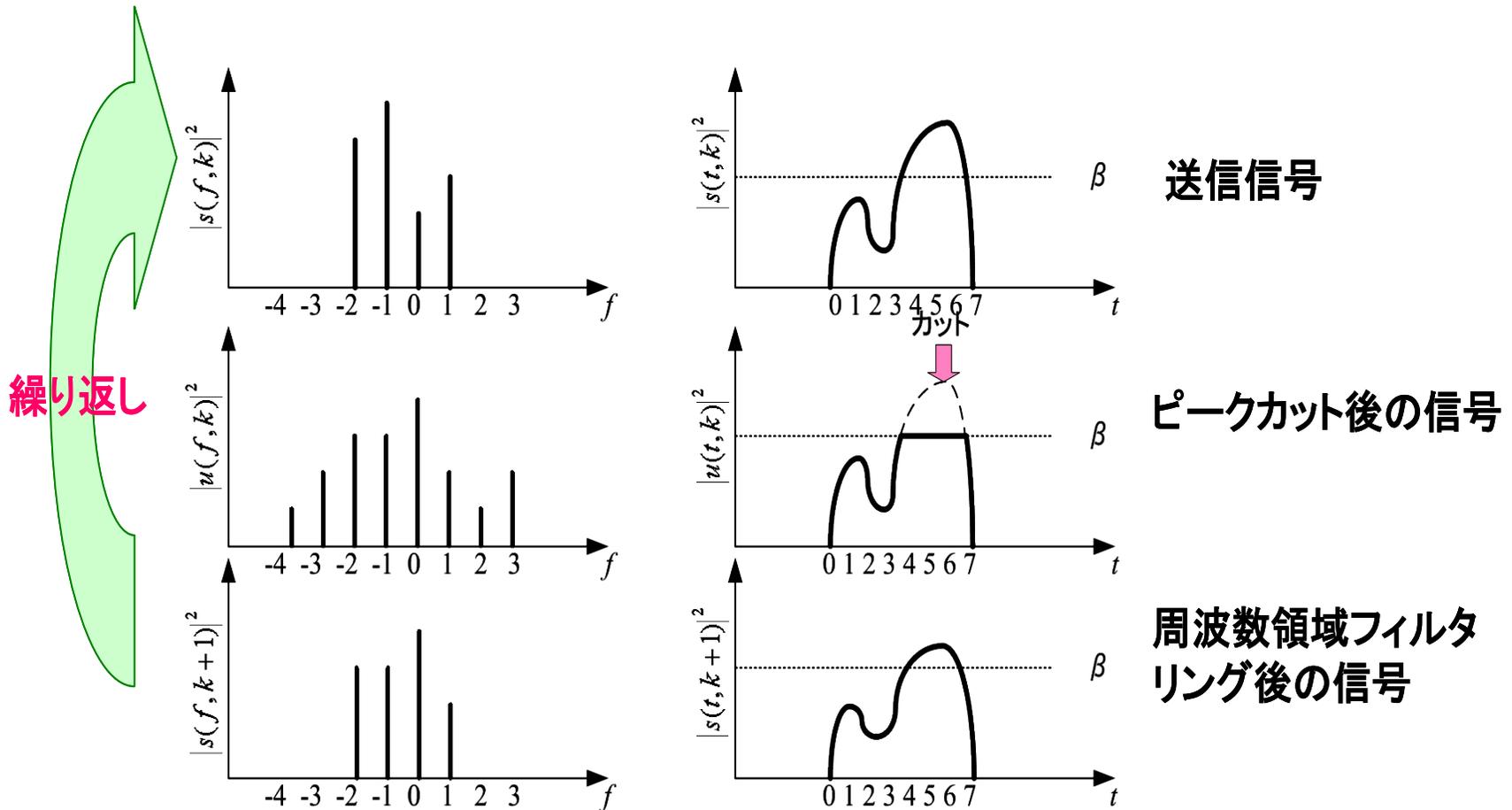
「ガード周波数への低速信号配置」により、ガード周波数を有効利用

ガード周波数 (7%) に低速レート信号を配置することで、ガード周波数を増加させずに伝送できる信号量を増加



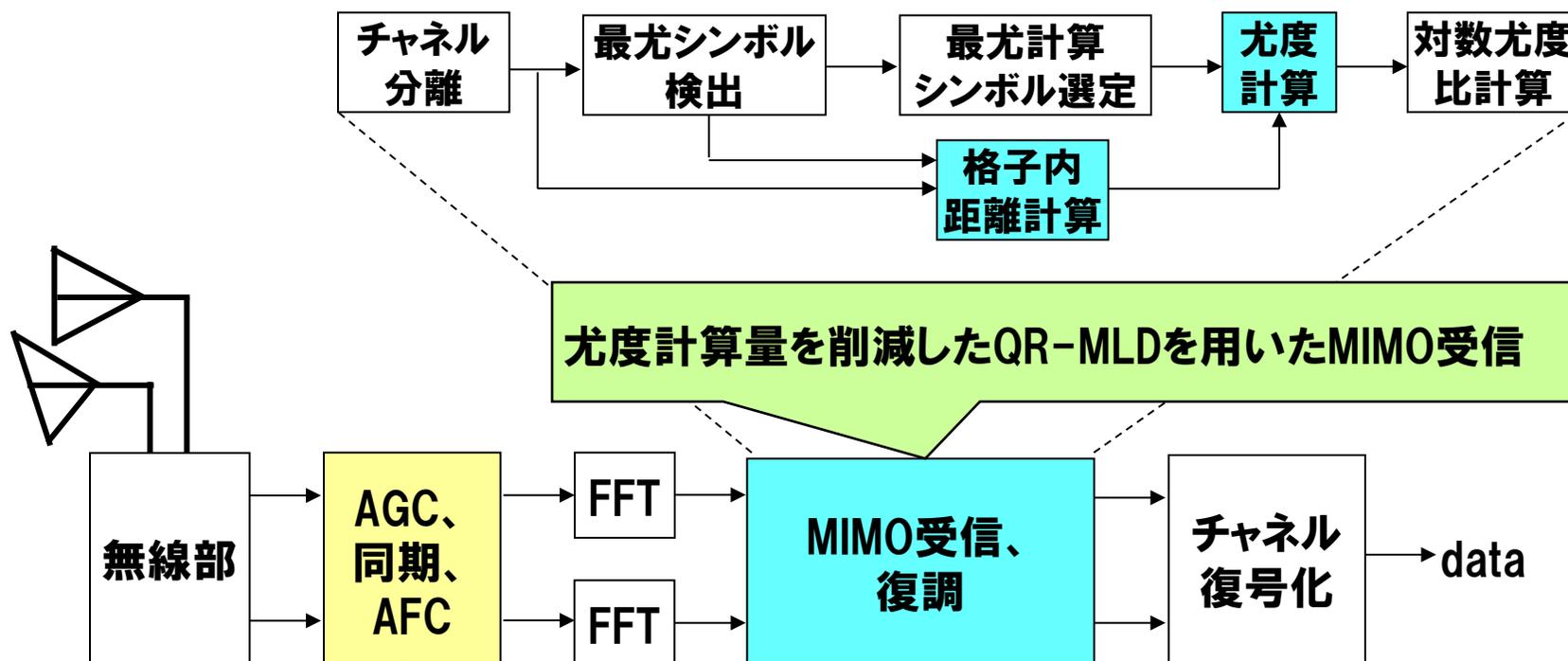
OFDMのピーク電力削減の提案内容

「時間領域でのピークカットと周波数フィルタリングの繰り返し」により、OFDM信号のピーク電力を抑圧



MIMO交差偏波干渉補償の提案内容

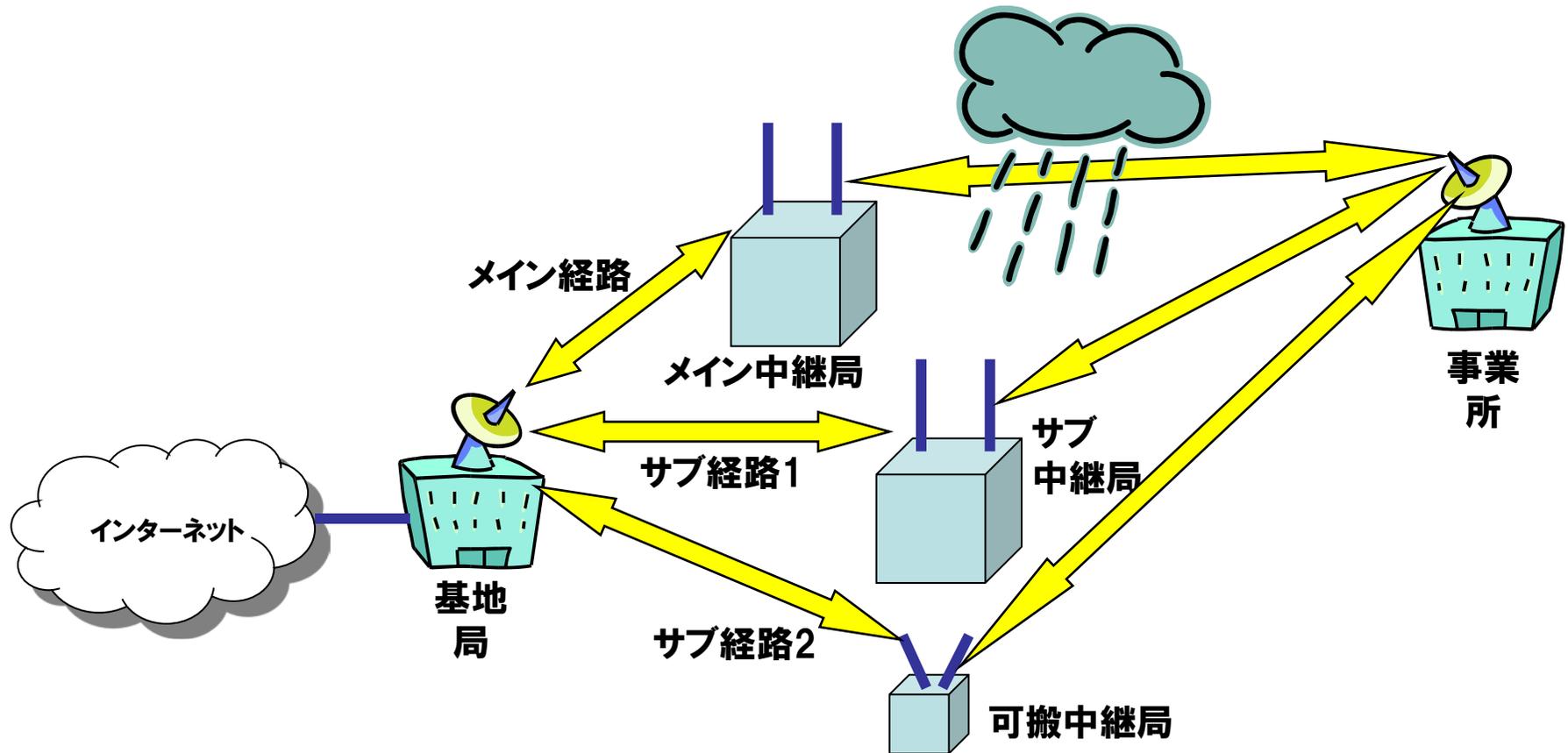
「尤度計算量を削減したQR-MLDを用いたMIMO交差偏波間干渉補償」により、MIMO交差偏波間干渉補償の回路規模（演算量）を削減



- 最も早く同期確立したTimingを用いて、MIMO受信時のTiming同期性能向上
- GIの最前部と最後部を周波数オフセット検出に用いないことにより、AFC性能向上

経路制御の提案内容

「複数経路を設けてSFNによる通信を行う」により、通信路を安定確保する

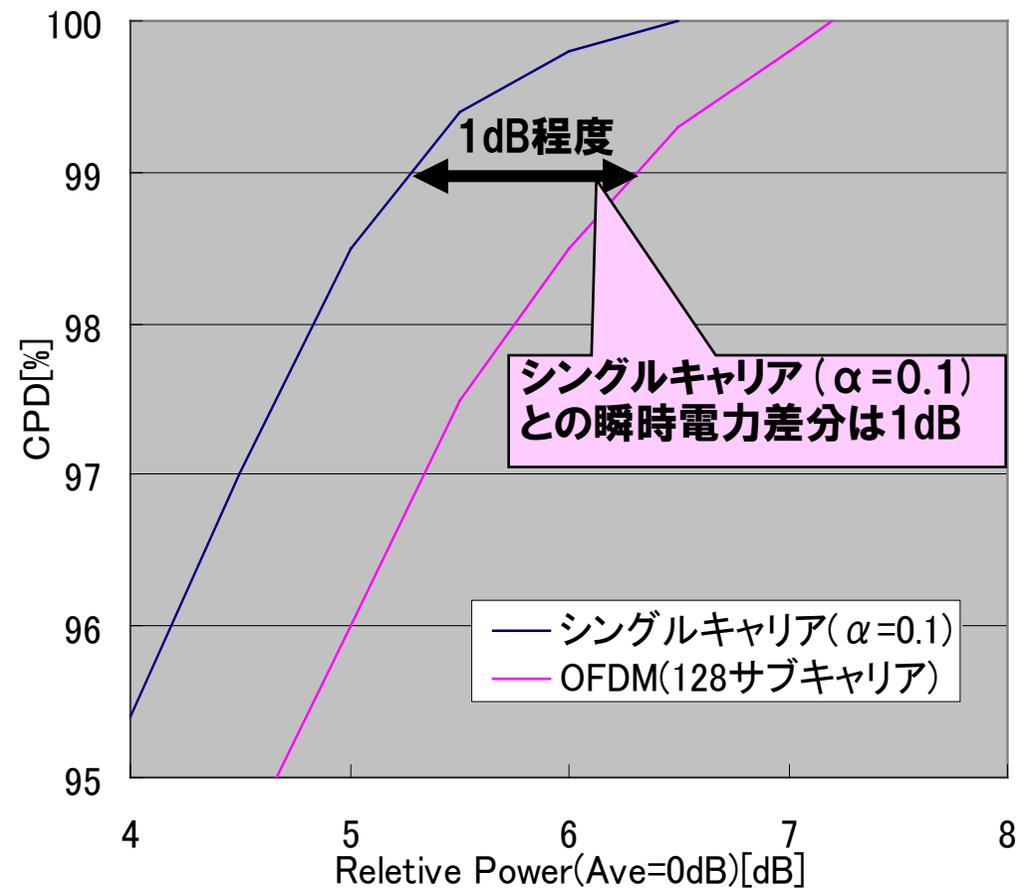


補足説明用資料

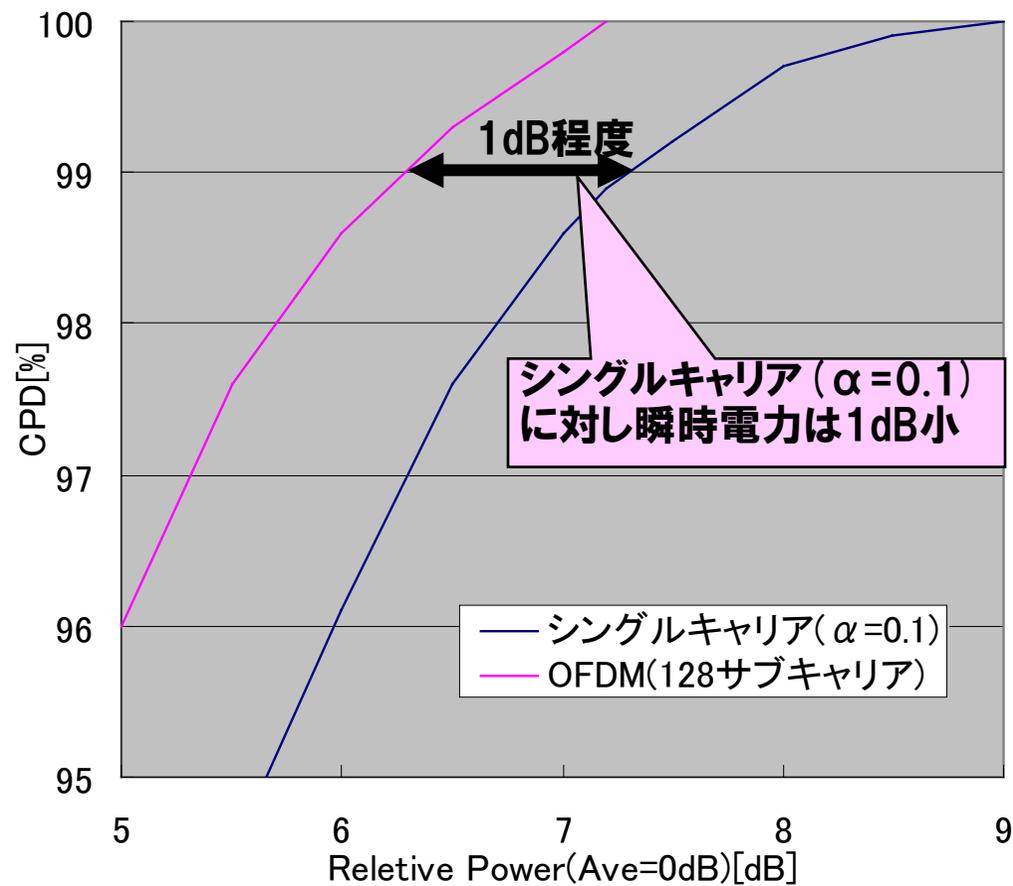
基本通信方式に関する補足説明用資料

基本通信方式の補足説明(1)

OFDMの瞬時電力分布: QPSKではシングルキャリア ($\alpha=0.1$) との電力差分1dB程度
16QAMではシングルキャリア ($\alpha=0.1$) より瞬時電力1dB小
※「ピークカット (P17参照)」によりOFDMの瞬時電力を更に抑圧



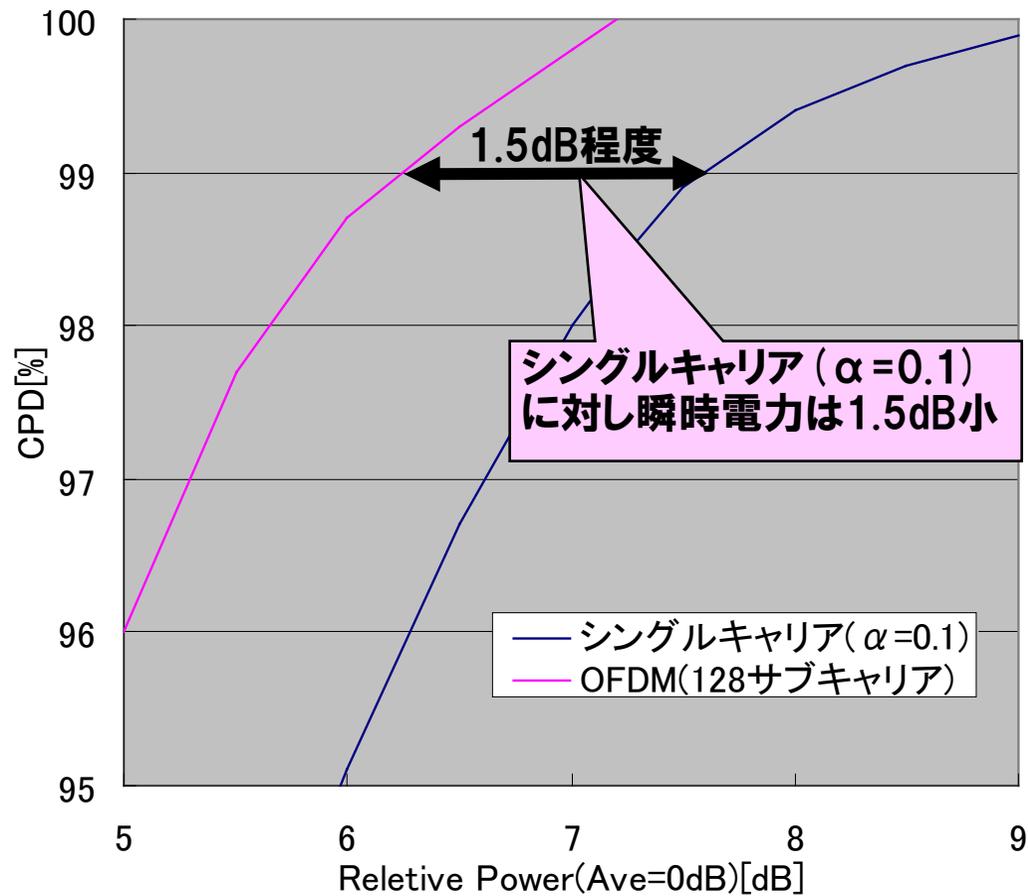
(a) QPSK



(b) 16QAM

基本通信方式の補足説明(2)

OFDMの瞬時電力分布:64QAMではシングルキャリア ($\alpha=0.1$) より瞬時電力1.5dB小
※「ピークカット (P17参照)」によりOFDMの瞬時電力を更に抑圧



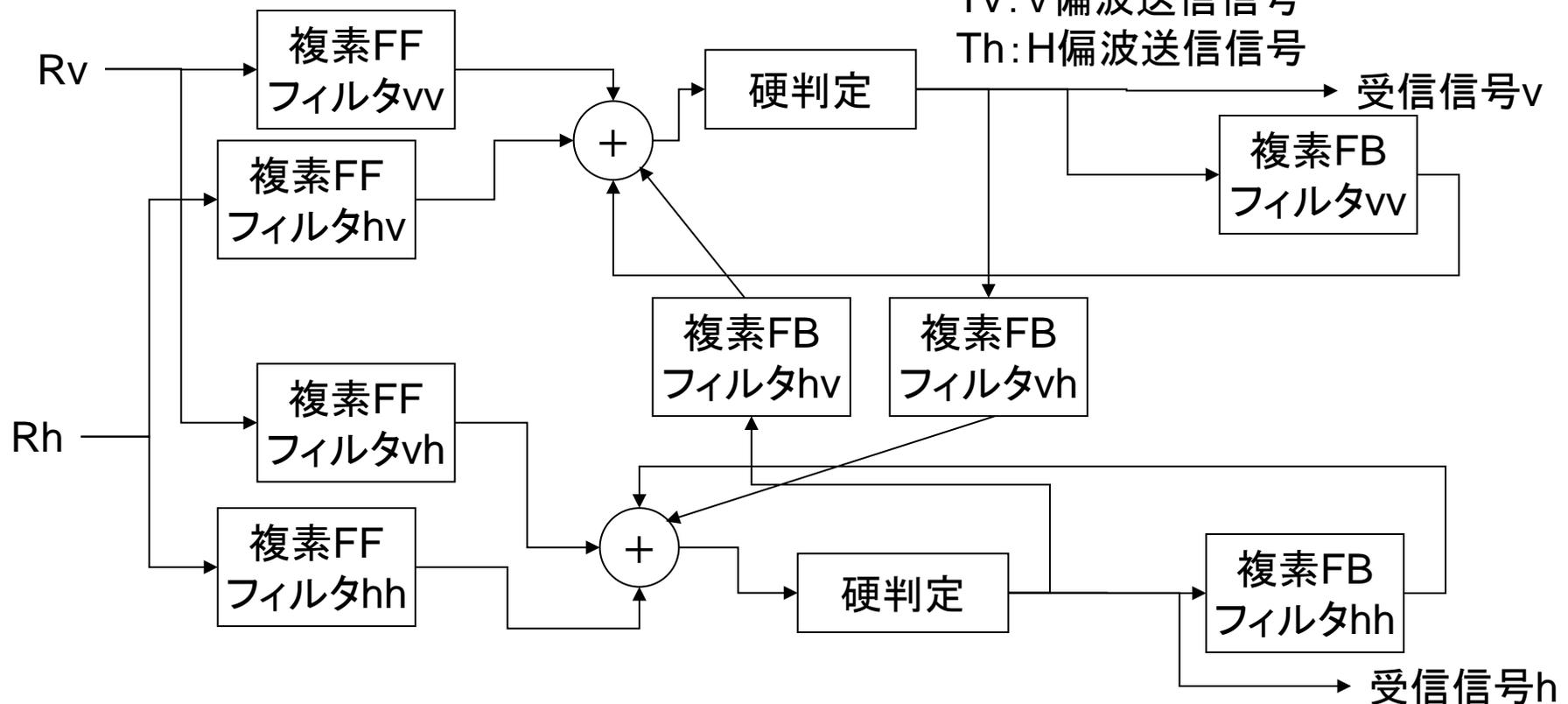
(c) 64QAM

基本通信方式の補足説明(3)

諸般の事情でシングルキャリアを用いる場合、「DFEを応用したMIMO交差偏波間干渉補償」により、少ない回路規模(演算量)で、十分な性能を得ることが可能

$$\begin{bmatrix} R_v \\ R_h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{vv} & H_{hv} \\ H_{vh} & H_{hh} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_v \\ T_h \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_v \\ n_h \end{bmatrix}$$

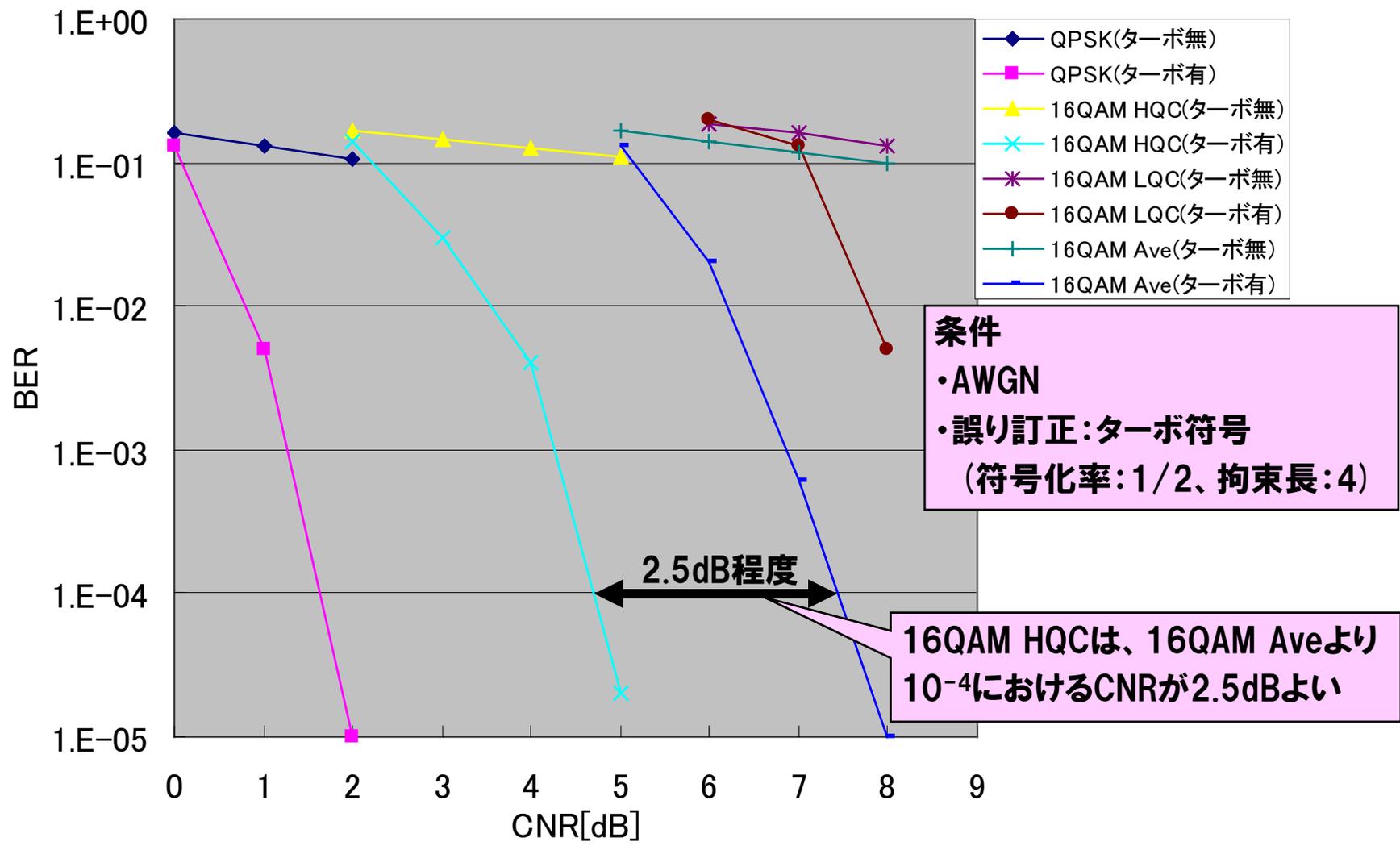
R_v : V偏波アンテナの受信信号
 R_h : H偏波アンテナの受信信号
 $H_{vv}, H_{hv}, H_{vh}, H_{hh}$: 伝搬路行列
 T_v : V偏波送信信号
 T_h : H偏波送信信号



**変調方式の多値化、制御技術(適応変調等)
に関する補足説明用資料**

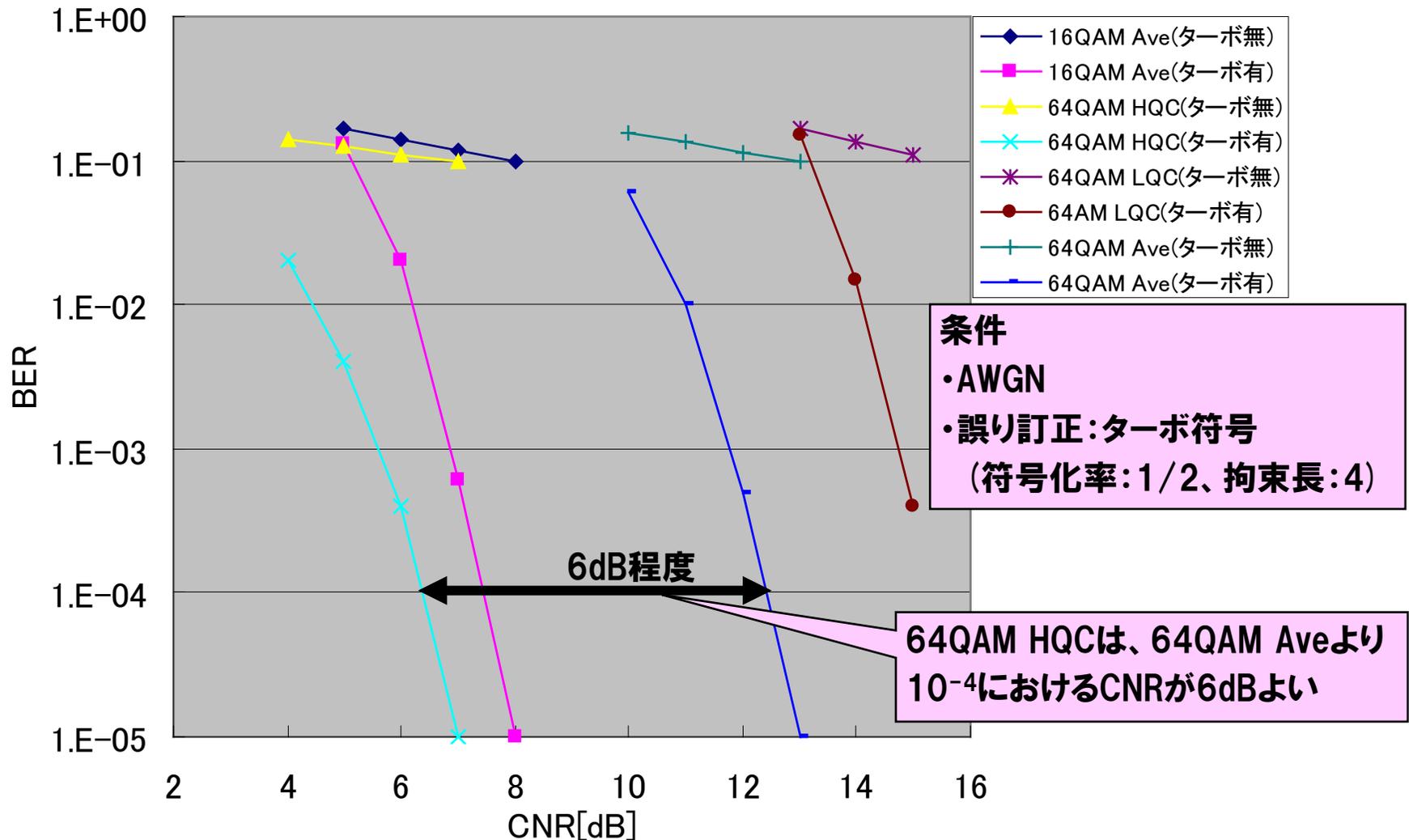
変調方式並びに適応制御の補足説明(1)

階層化ビットマッピングの効果:通常の16QAMより、エリアを1.7倍程度に拡大可能



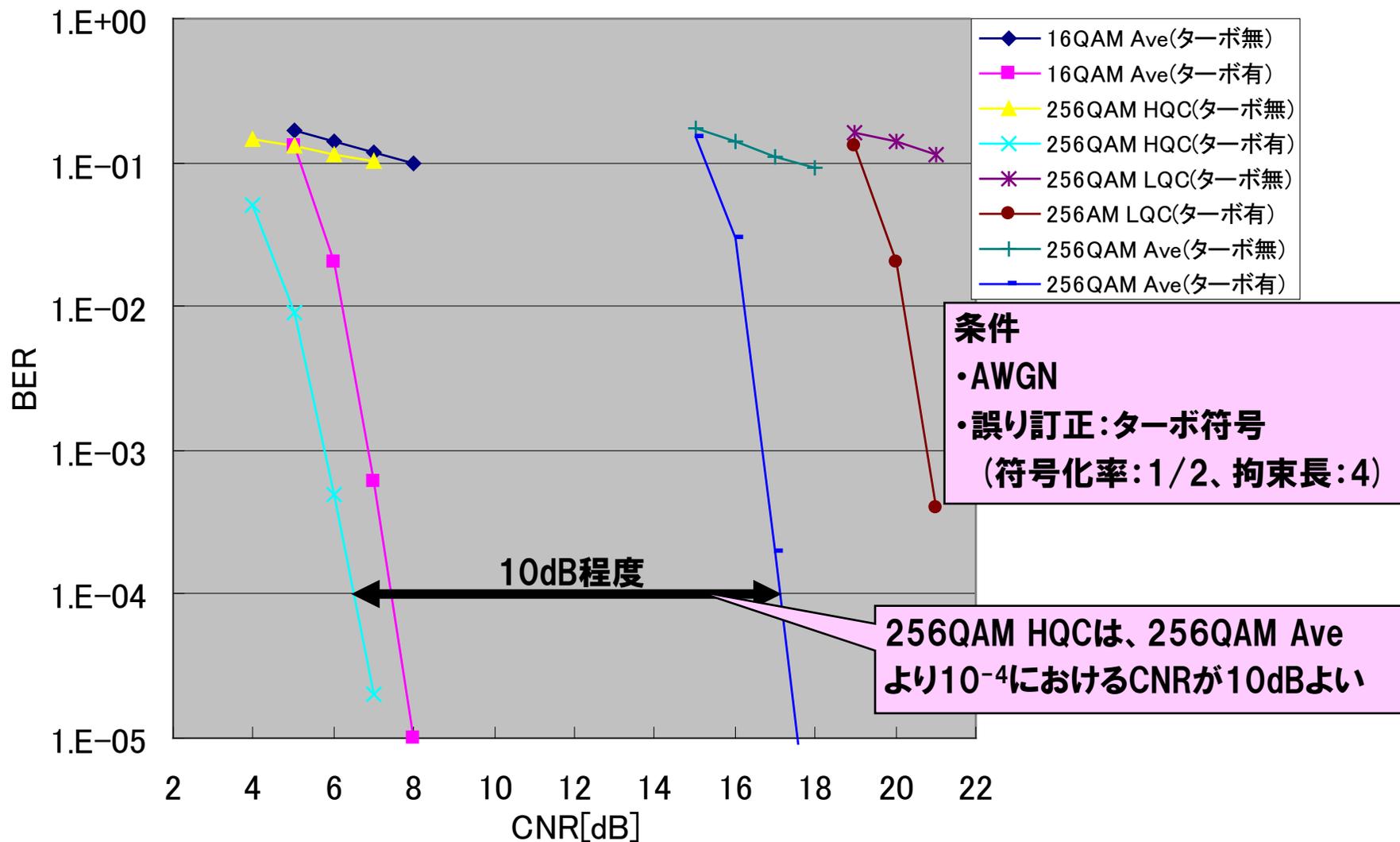
変調方式並びに適応制御の補足説明(2)

階層化ビットマッピングの効果:通常の64QAMより、エリアを4倍程度に拡大可能



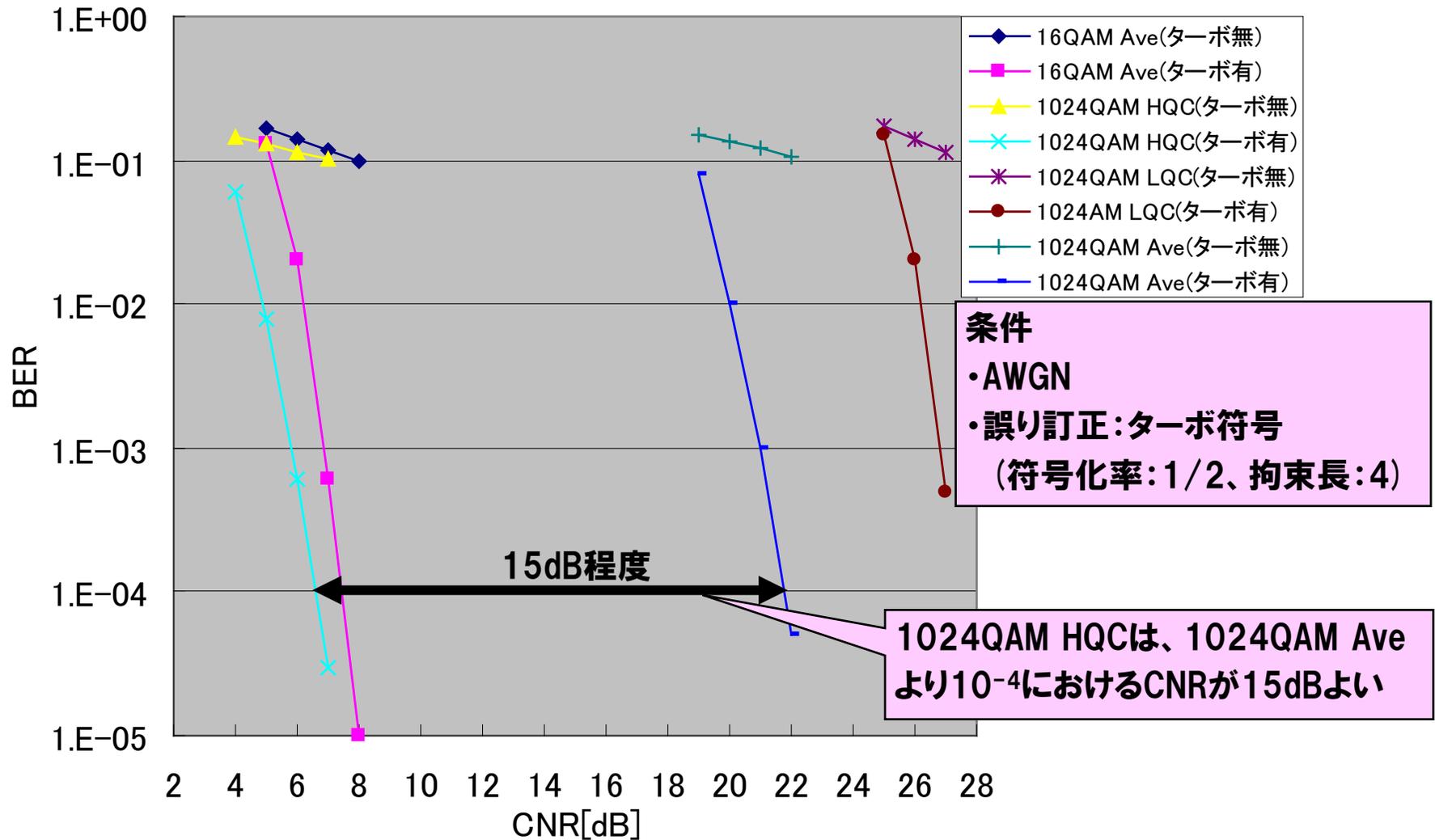
変調方式並びに適応制御の補足説明(3)

階層化ビットマッピングの効果: 通常の256QAMより、エリアを10倍程度に拡大可能



変調方式並びに適応制御の補足説明(4)

階層化ビットマッピングの効果:通常の1024QAMより、エリアを50倍程度に拡大可能



変調方式並びに適応制御の補足説明(5)

階層化ビットマッピングの効果: 通常の4096QAMより、エリアを100倍程度に拡大可能

