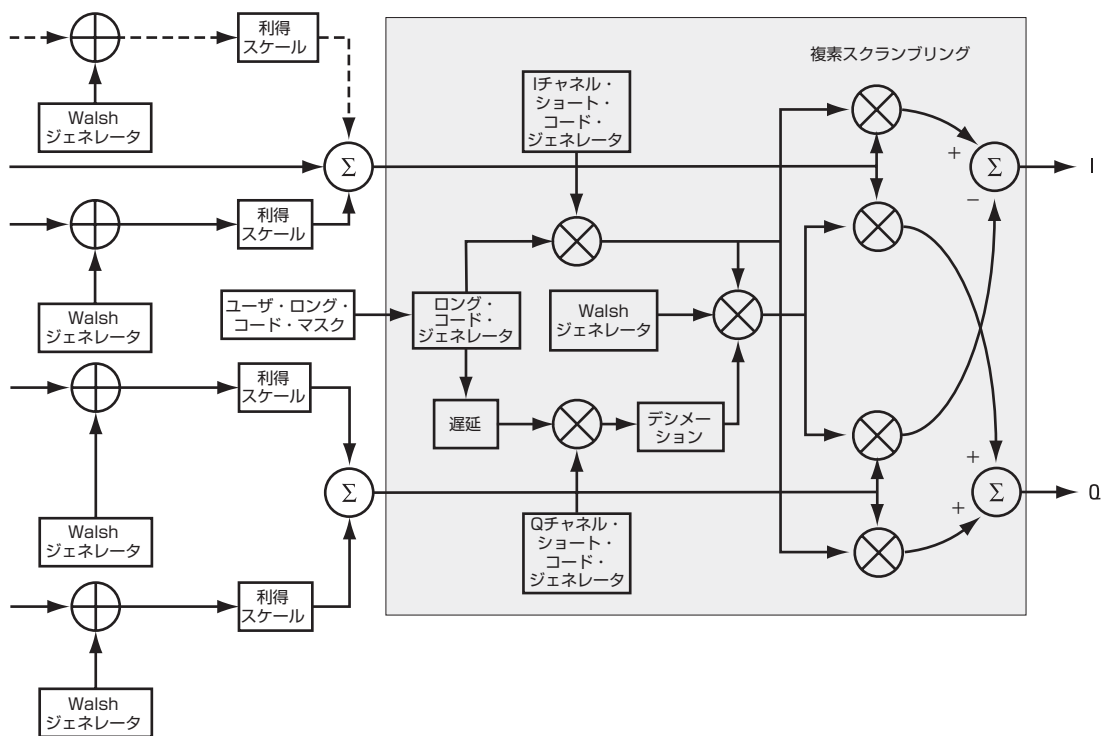


# CDMA2000移動機の デザインとテスト

Application Note 1358



# 目次

はじめに .....	3
<b>1 CDMA2000の基本概念 .....</b>	<b>4</b>
1.1 拡散レート .....	4
1.2 無線構成 .....	5
1.3 フォワード・リンク・エア・インタフェース .....	5
1.4 リバース・リンク・エア・インタフェース—HPSK .....	6
1.5 フォワード・リンク・パワー制御 .....	8
1.6 CDMA2000とW-CDMAの違い .....	8
<b>2 デザインと測定の問題 .....</b>	<b>9</b>
2.1 電池寿命の最大化 .....	9
2.1.1 CCDF .....	10
2.1.2 ACPR .....	11
2.2 変調精度の測定 .....	12
2.2.1 QPSK EVM .....	13
2.2.2 コンポジット $\rho$ .....	15
2.2.3 コード・ドメイン・パワー .....	19
2.2.4 シンボルEVM .....	23
2.2.5 シンボル・パワー対時間 .....	24
2.2.6 復調ビット .....	25
2.3 レシーバ性能の測定 .....	25
2.3.1 可変データ・レートでの性能試験 .....	25
2.3.2 準直交関数 .....	26
付録： AgilentのCDMA2000移動機デザイン／テスト用ソリューション .....	27
略語集 .....	31
参考文献 .....	32
関連カタログ .....	32

# はじめに

CDMA2000は、IMT-2000の第3世代(3G)グローバル無線通信システムの要件を満たす技術の1つで、IS-2000<sup>1</sup>とも呼ばれます。この広帯域符号分割多元接続(CDMA)システムの仕様は、3GPP2(Third-Generation Partnership Project 2)によって、IS-95-B CDMAシステムすなわちcdmaOneから派生する形で作成されました。3GPP2の協力組織としては、日本のARIB(電波産業会)、日本のTTC(Telecommunication Technology Committee、情報通信技術委員会)、米国のTIA(Telecommunications Industries Association、米国通信工業会)、韓国のTTA(Telecommunications Technology Association、韓国情報通信技術協会)があります。

IS-2000規格の最終決定とともに、最初の移動機デザインの完成とテストの段階になっています。本アプリケーション・ノートでは、移動機(MS)のデザインと測定における物理層(レイヤ1)に関する問題のうち、CDMA2000とcdmaOneの間で異なるものについて説明します。主に移動機開発の最終段階について扱いますが、製造の初期段階に携わるエンジニアの方にも参考になるはずです。本アプリケーション・ノートでまた、これらの分野に関わるAgilent TechnologiesのCDMA2000ソリューションについても紹介します。

本アプリケーション・ノートは、cdmaOneの測定と技術の基本について知識のある方を前提としています。本アプリケーション・ノートの全体を通して、cdmaOneを基準として使用します。cdmaOneシステムとCDMA2000システムの間での主な違いと、デザインと測定に対するその影響について説明します。cdmaOne測定の詳細については、**[1]**を参照してください。

---

1. IS-2000は、TIA(Telecommunications Industries Association)の3Gテクノロジーに関する仕様で、cdmaOneテクノロジーを進化させたものです。CDMA2000という名称はしばしばIS-2000と同義に用いられ、アクセス・フォーマットとシステムを指すこともあります。

# 1 CDMA2000の基本概念

CDMA2000が他のIMT-2000提案に対して優れている最大の点は、cdmaOneシステムと後方互換性があり、第2世代(2G)のcdmaOneシステムを3Gにスムーズに移行できることです。図1に示すのは、cdmaOneシステムからCDMA2000システムへの一例です。

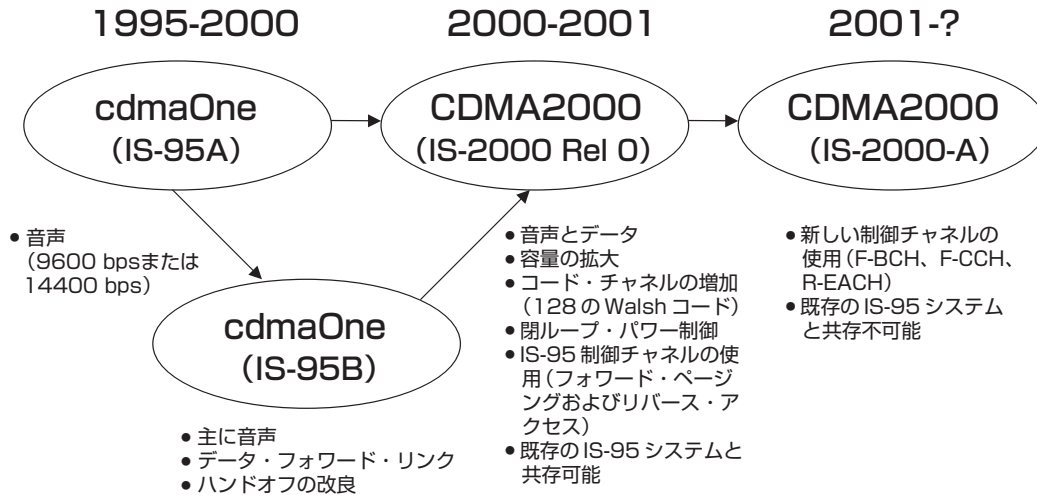


図1 cdmaOneからCDMA2000への移行

## 1.1 拡散レート

拡散レート (SR) は、最終的な拡散チップ・レートを1.2288 Mcpsを単位として表したものです。拡散レートにはSR1とSR3の2つがあります。

**SR1** : SR1信号のチップ・レートは1.2288 Mcpsで、cdmaOne信号と同じ帯域幅を占有します。SR1システムはシステム容量が2倍になるので、cdmaOneシステムの改良版と見なすことができます。cdmaOneとの主な違いは以下の通りです。

- フォワード・リンクで、高速なパワー制御と、デュアルBPSK (Binary Phase Shift Keying) の代わりにQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 変調を使用
- リバース・リンクで、コヒーレントな復調を可能にするパイロット信号と、HPSK (Hybrid Phase Shift Keying) 拡散を使用

**SR3** : SR3のCDMA2000信号のレートは3.6864 Mcps ( $3 \times 1.2288$  Mcps) で、cdmaOneの3倍の帯域幅を占有します。当初は、SR3システムにも存在意義があると考えられていました。その後の調査で、SR3のCDMA2000システムには意味がないことがわかり、現在は商業的な関心の対象になっていません。したがって、本アプリケーション・ノートではSR3については扱いません。

## 1.2 無線構成

無線構成 (RC) は、特定のチャンネル・データ・レートに基づいて物理チャンネル構成を定義します。各RCは、9.6 kbpsまたは14.4 kbpsを基本とするデータ・レートの組を指定します。これら2つは、cdmaOneでサポートされる既存のデータ・レートです。各RCはまた、拡散レート (SR1またはSR3) と物理コーディングも指定します。現在CDMA2000システムでは、フォワード・リンクに9種類、リバース・リンクに6種類の無線構成が定義されています。以下に例を挙げます。

- RC1は、cdmaOneの9600 bpsの音声トラヒックと後方互換性のあるモードです。これには9.6、4.8、2.4、1.2 kbpsのデータ・レートがあり、SR1で動作します。CDMA2000の新しいコーディングの改良は用いられません。
- RC3はCDMA2000固有の構成で、9.6 kbpsを基本とし、音声で4.8、2.7、1.5 kbps、データで19.2、38.4、76.8、153.6 kbpsをサポートし、SR1で動作します。

基地局 (BTS) または移動機は、同じSRの異なるRCを使って送信することができなければなりません。各RCの詳細については、[2]を参照してください。

## 1.3 フォワード・リンク・エア・インタフェース

CDMA2000 SR1チャンネルのフォワード・リンク・エア・インタフェースは、cdmaOneのものと同様によく似ています。互換性を維持するために、CDMA2000では、フォワード・パイロット (F-Pilot)、フォワード同期 (F-Sync)、フォワード・ページング (F-Paging) の各チャンネルでcdmaOneと同じ構造を採用しています。

CDMA2000では、以下のチャンネルから構成されるフォワード・トラヒック (F-Traffic) チャンネルが各ユーザに割り当てられます。

- 0~1個のフォワード基本チャンネル (F-FCH)
- RC1およびRC2では0~7個のフォワード補助コード・チャンネル (F-SCCH)
- RC3~RC9では0~2個のフォワード補助チャンネル (F-SCH)
- 0~1個のフォワード専用制御チャンネル (F-DCCH)

F-FCHは音声、F-FCCHとF-SCHはデータに用いられます。BTSも0~1個のF-DCCHを送信します。F-DCCHはトラヒック・チャンネル (FCH、SCH、SCCHのどれか) と対応しており、シグナリング・データおよびパワー制御データを伝送します。

cdmaOneとCDMA2000の最大の違いの1つは、CDMA2000のRC3~RC9では (デュアルBPSKでなく) 真のQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 変調が用いられることです。例として、図2にRC4のF-FCHのフォワード・リンク構造を示します。音声データのロング・コード・スクランプリングまでは、コーディングはcdmaOneと同じです。F-FCHは、リバース・リンクのパワー制御データ・ビットによってパンクチャされる場合があります。データはシリアル・ビット・ストリームから2ビット幅のパラレル・データ・ストリームに変換され、真のQPSK変調が生成されます。これにより、各ストリームのデータ・レートが2分の1になります。それぞれの分岐は128 Walshコードで拡散され、1.2288 Mcpsの拡散レートになります。この場合、各チャンネルの処理利得はcdmaOneに比べて2倍になります。各チャンネルは従来の半分のパワーで送信されますが、チャンネルが2個あるので見かけ上の利得は0です。各チャンネルの実際の処理利得は、チャンネルのデータ・レートとRCに依存します。

IとQのWalshスプレッドの出力は、cdmaOneで用いられるのと同じI/Qチャンネル・ショート・コードと複素乗算されます。フォワード・リンクで通常のスクランプリングの代わりに複素スクランプリングが用いられるのは、そのほうが干渉に対して強い方式だからです。

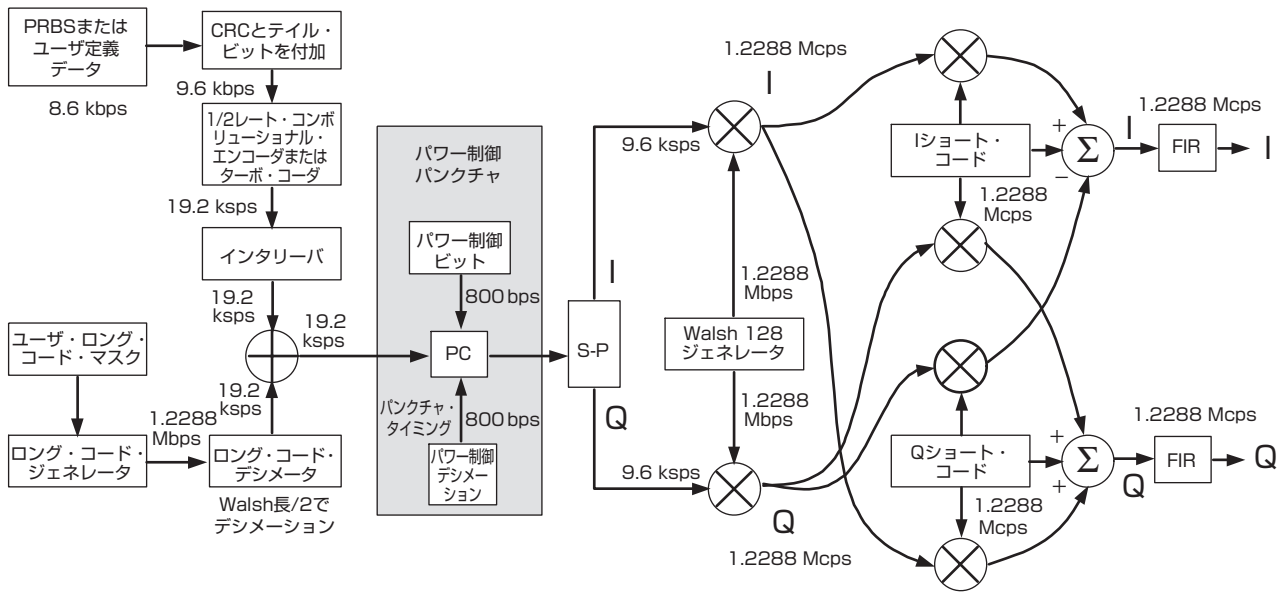


図2 CDMA2000のRC4のF-FCHのコーディングとエア・インタフェース

## 1.4 リバース・リンク・エア・インタフェース—HPSK

CDMA2000のリバース・リンクは、cdmaOneとは大きく異なります。高いデータ・レートを実現するため、MSは複数のコード・チャンネルを送信できます。最小構成は、BTSが同期検出を実行できるようにするためのリバース・パイロット (R-Pilot) チャンネルと、音声用のリバース基本チャンネル (R-FCH) です。他に使用可能なチャンネルとしては、データを送信するためのリバース補助チャンネル (R-SCH) やシグナリング情報を送信するためのリバース専用制御チャンネル (R-DCCH) などがあります。

各チャンネルは、IまたはQのどちらかのパスに割り当てられます。例えば、RC3~RC6の場合、R-PilotはI、R-FCHはQに割り当てられます (図3参照)。

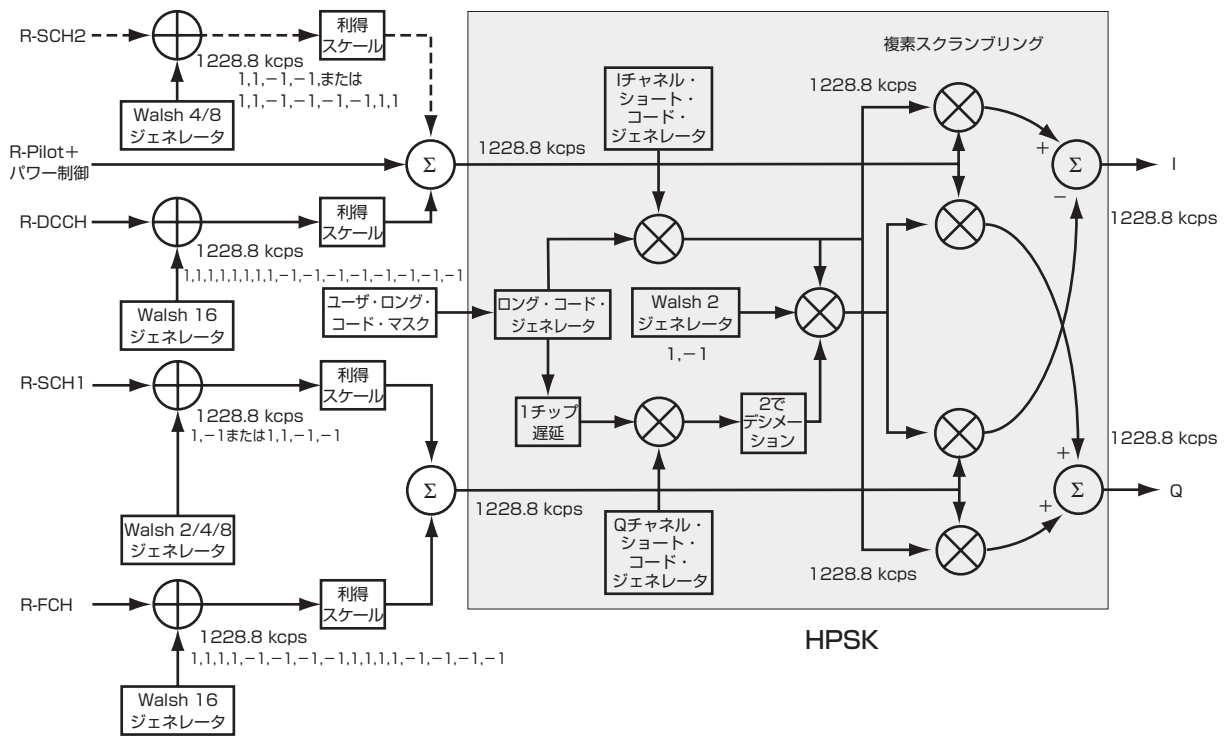


図3 CDMA2000リバース・リンク (SR1) のチャンネル加算とHPSK拡散の例

各チャンネルのレートとパワー・レベルは異なっていてもかまいません。このことが可能なのは、複素スクランプリングによってコンスタレーションが常に位相回転しているため、パワーが各軸間に均等に分配されるからです。

スクランプリングがない場合、各チャンネルのパワーが異なると、4QAM (Quadrature Amplitude Modulation) のコンスタレーションになります (R-PilotとR-FCHだけがアクティブな場合)。スクランプリングがある場合、2つのチャンネルのコンスタレーションは通常8個のポイントが円に沿って分布した形になり、角度分布は2つのチャンネルのパワーの比によって決まります。例えば、2つのチャンネルの振幅の違いが6 dBの場合、図4のコンスタレーションが生じます。これは8-PSK (8-Phase Shift Keying) のコンスタレーションに似ています (振幅の違いが7.65 dBであれば完全な8-PSKのコンスタレーションになります)。2つのチャンネルの振幅が等しい場合、コンスタレーション・ポイントのペアが一致して、QPSKに似たコンスタレーションになります。

I/Q測定極座標ベクトル

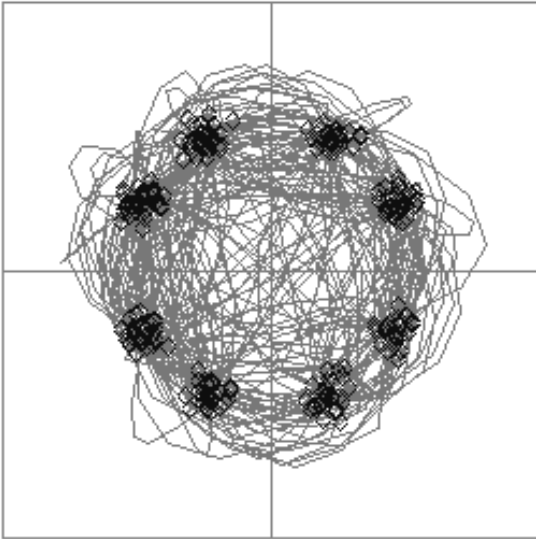


図4 R-PilotとR-FCHからなるCDMA2000のリバース・リンクSR1信号。  
R-FCHの振幅はR-Pilotの振幅より6 dB小さい。

基本の複素スクランプリングは、各チップに対して0、 $\pm\pi/2$ 、 $\pi$ ラジアン of どれかの位相回転を与えます。HPSKではこの考え方をさらに進めて、1チップおきに位相回転が $\pm\pi/2$ に制限される複素スクランプリングを定義しています。このように、ベースバンド・パルス・シェーピング・フィルタに入る位相遷移に制約を設けることにより、通常の複素スクランプリング(すなわち通常のQPSK)に比べて信号のピーク・アベレージ比が(約1~1.5 dB)低下します。HPSKの方法の利点は、信号のチャンネル数が2より多い場合でも変わりません。HPSKの詳細については、[3]を参照してください。

## 1.5 フォワード・リンク・パワー制御

CDMA2000の最大の改良点の1つは、フォワード・リンクのパワー制御です。MSからBTSに送信されるパワー制御データは、R-Pilotチャンネルと時分割多重化されます。既存のcdmaOneのリバース・リンク閉ループ・パワー制御と同様、CDMA2000のフォワード・リンク閉ループ・パワー制御は、毎秒800個のパワー制御ビットを送信します。これらのビットは、BTSが1 dB、0.5 dB、0.25 dBのいずれかの単位でパワーを増加または減少させることを指示します。より細かいステップを使うことで、低速移動または静止している移動機に対してより精密なパワー制御が可能になります。制御が精密になる(パワー・リップルが減る)と、平均パワーが下がり、システムの容量が増大します。

## 1.6 CDMA2000とW-CDMAの違い

3G携帯電話市場でCDMA2000と競合するもう1つの広帯域CDMAテクノロジーが、3GPP (Third-Generation Partnership Project) のW-CDMAです。3G携帯電話が世界中どこでも使えるように、W-CDMAとCDMA2000を統合すべきだという意見は数多くあります。しかし、これら2つのシステムは、同じCDMAテクノロジーに基づくとはいえ、かなりの違いがあります。主な違いは以下の通りです。

- 拡散レート (W-CDMAは3.84 Mcps、CDMA2000のSR1は1.2288 Mcps)
- 同期とBTS識別の方法 (W-CDMAはGPS (Global Positioning System) を使用しない)

W-CDMAユーザ機器 (UE)<sup>1</sup> のデザインとテストに関する問題については、[4]を参照してください。

1. W-CDMA仕様では、携帯電話機、ワイヤレス・コンピューティング・デバイスなど、W-CDMAシステムに対する無線アクセスを提供する装置のことを、UEと呼びます。



## 2 デザインと測定の問題



図5 MSの研究開発と製造の諸段階

図5に示すのは、MSの研究開発と製造の一般的なダイアグラムです。この章では、黒で強調表示されているMSの開発段階を中心に扱います。ただし、この中の一般的な情報は、MSのライフ・サイクルのどの段階に関わるエンジニアにとっても有益なはずで

この章では、CDMA2000のMSのデザインと測定に関する問題について、cdmaOneとの比較で説明します。CDMA2000の測定仕様は完全には最終決定されていませんが、一般的には、基本的な測定方法は、可能な場合、cdmaOneと同様であると仮定できます。したがって、このセクションでは、cdmaOne測定を基準として使用します。cdmaOneに関する情報については、[1]を参照してください。

MSのデザインとテストのためのAgilentのソリューション一覧については、付録を参照してください。

### 2.1 電池寿命の最大化

電池寿命の長さは、携帯電話機にとって重要な競争上の利点です。cdmaOneは、リバース・リンクの変調フォーマットとしてOQPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying) を採用しています。OQPSKは、信号エンベロープの遷移が0を通過するのを防ぐことにより、ピーク・アベレージ・パワー比を最小にします。ピーク・アベレージ・パワー比とは、信号のピーク・エンベロープ・パワーと平均エンベロープ・パワーとの比のことです。ピーク・アベレージ・パワー比が小さければ、信号の圧縮を防ぐための増幅器のマージンが小さくて済み、隣接周波数チャンネルへの干渉も少なくなります。このため、増幅器の動作効率を上げることができます。

CDMA2000では、高いデータ・レートを可能にするため、ハンドセットは複数のチャンネルを送信することができます。OQPSKやGMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) といった変調方式は、複数チャンネルで0交差を防ぐことができないので、この場合は不適切です。その代わりに、QPSKとHPSKを組み合わせることで、ピーク・アベレージ・パワー比を最小にします (HPSKの詳細については[3]を参照してください)。この方法では、基本構成 (R-PilotチャンネルとR-FCH) のピーク・アベレージ・パワー比が4 dB以上になる時間の割合は0.1%です (図6参照)。HPSKにはピーク・アベレージ・パワー比を下げる効果があるとはいえ、データ・レートを上げるためにアクティブなコード・チャンネルを増やしていくと、各コード・チャンネルの振幅ベクトルが加算されるため、ピーク・アベレージ・パワー比は上昇します。

重大な事態が発生するのは、高いデータ・レートで2つの補助チャンネルが必要になる場合です。この場合、HPSKの利点が失われるおそれがあります (セクション2.2.3参照)。高データ・レートのトラヒックのほとんどはフォワード・リンクで伝送されるため、この事態はまれにしか起きないと考えられます。

増幅器は、各チャネル構成で信号が示すさまざまなピーク・アベレージ・パワー比に対応できるとともに、良好な隣接チャネル漏洩電力(ACP)性能を保つ必要があります。

測定の観点からは、信号の統計的性質が測定結果に影響する可能性があります。特に隣接チャネル漏洩電力(ACPR)についてはその可能性が高くなっています。したがって、信号のチャネル構成の選択には十分な注意が必要です。現実には起きうるワースト・ケース、例えば最も負荷の大きい信号構成や最も高いピーク・アベレージ・パワー比などを対象とする必要があります。そのためには、CDMA2000リバース・リンク信号の統計的性質を定義する方法が必要です。それを可能にするのが相補累積分布関数(CCDF)です。

### 2.1.1 CCDF

CCDFは、特定のピーク・アベレージ・パワー比の分布を確率に対して表したもので、信号のパワー統計の性質を知ることができます。

図6は、R-PilotとR-FCHからなる信号と、R-Pilot、R-FCH、153.6 kbpsのR-SCH1、153.6 kbpsのR-SCH2からなる信号のCCDFを比較したものです。0.1%の確率では、2つの補助チャネルからなる信号のピーク・アベレージ・パワー比は、R-PilotとR-FCHだけからなる信号に比べて2 dB大きくなっています。すでに説明したように、一般的にコード・チャネルを追加すると信号のピーク・アベレージ・パワー比は上昇します[5]。

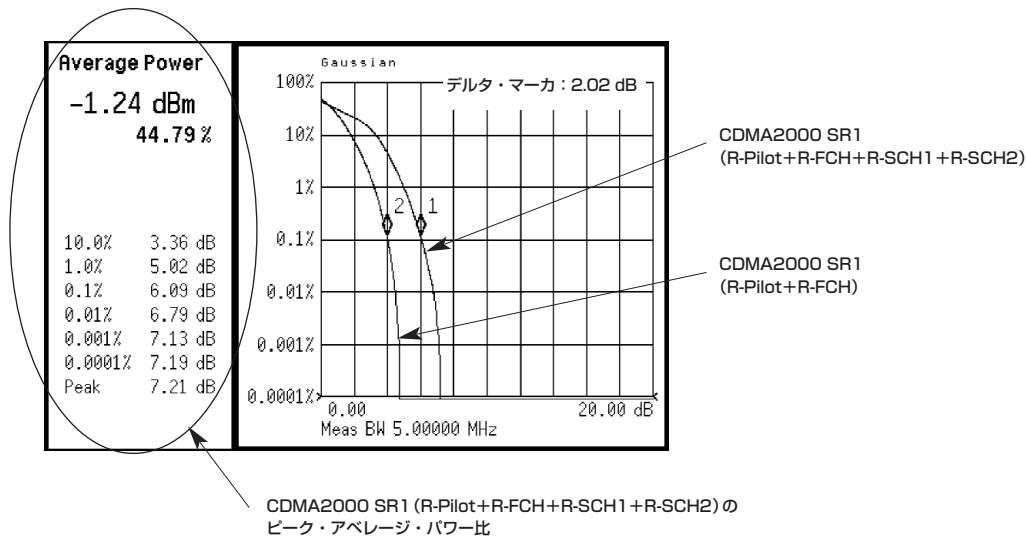


図6 チャネル構成が異なる2つのCDMA2000 SR1リバース・リンク信号のCCDF曲線

それでは、cdmaOneの統計的性質をCDMA2000と比較するとどうでしょうか。図7に、cdmaOneのリバース・リンク信号のCCDFと、R-PilotとR-FCHからなるCDMA2000信号のCCDFを示します。0.1%では、CDMA2000 SR1信号のピーク・アベレージ・パワー比はcdmaOne信号に比べて0.5 dB小さくなっています。

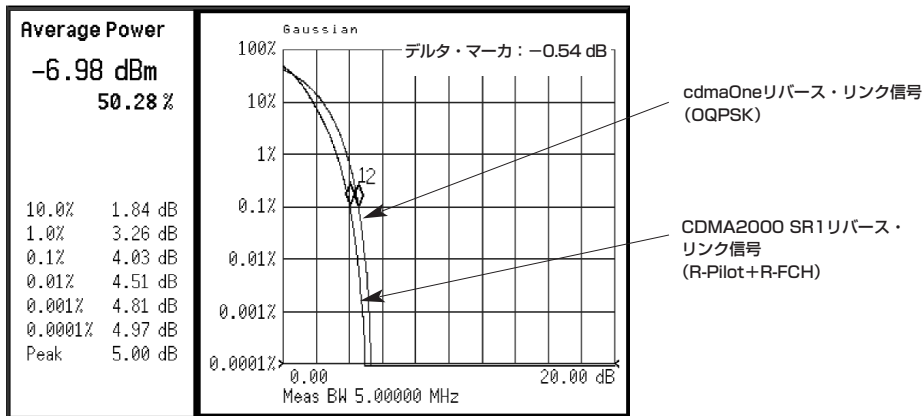


図7 cdmaOneとCDMA2000のリバース・リンク信号のCCDFの比較

CCDF曲線は以下のような場合に役立ちます。

- コンポーネントのデザインに必要なマージンを決定する場合。信号のCCDF曲線と増幅器の利得プロットを相関させます【5】。
- 特定の信号またはステミュラスのパワー統計を確認する場合。CCDF曲線を使えば、他のデザイン・チームから提供されたステミュラス信号が十分かどうかを検証できます。例えばRFデザイナーは、デジタル信号処理 (DSP) セクションから提供された信号が現実的なものかどうかをCCDF曲線を使って判定できます。
- コンポーネント・デザインが十分であることを確認する場合、あるいはサブシステムまたはシステムのデザインのトラブルシューティングを行う場合。システム・デザインの複数のポイントでCCDF測定を行うことができます。例えば、トランスミッタのACPRが大きすぎる場合、パワー・アンプの入力と出力でCCDFを測定してみます。増幅器のデザインが正しければ、2つの曲線は一致するはずですが。増幅器で信号の圧縮が発生していれば、増幅器の出力における信号のほうがピーク・アベレージ・パワー比が小さくなるはずですが

### 2.1.2 ACPR

ACPRは通常、隣接周波数チャネル(または指定された周波数オフセット)での平均パワーと送信周波数チャネルでの平均パワーの比と定義されます。ACPR測定はIS-95には含まれていませんが、各ネットワーク機器メーカーは一般的にコンポーネント・テストの性能指数としてACPRを指定しています【1】。

すでに説明したように、ACPRをテストする際には、信号のパワー統計を考慮に入れることが重要です。ピーク・アベレージ比が大きい信号は、隣接チャネルにより大きな干渉を引き起こす可能性があります。したがって、ACPR測定の結果は信号構成によって異なる場合があります。最も安全な方法は、少なくとも1つの負荷の高いCDMA2000ステミュラス信号を選択し、さまざまなチャネルの組合わせでテストすることです。

CDMA2000のACPR測定に対して適切なパラメータは、SRに依存します。SR1の場合、cdmaOneとCDMA2000でチップ・レートとフィルタリングが一致するので、cdmaOneと同じパラメータを使用できます。図8に示すのは、CDMA2000のSR1リバース・リンク信号に対するACPR測定です。

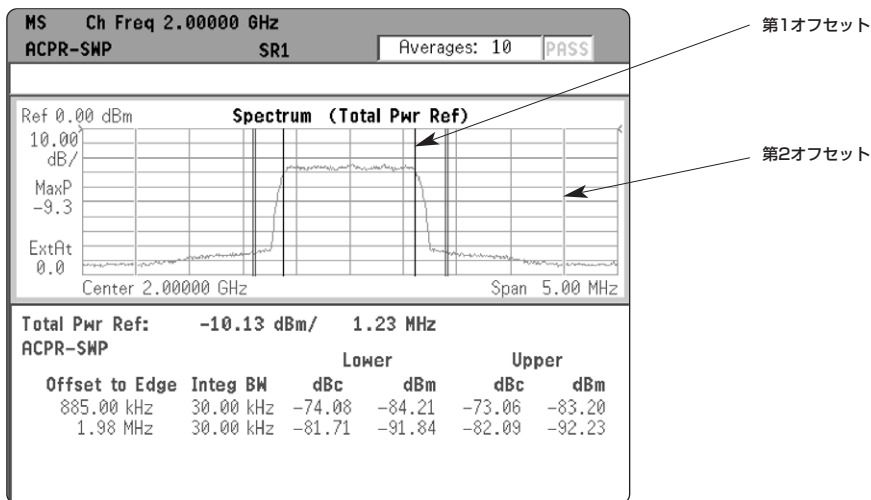


図8 CDMA2000のSR1リバース・リンク信号に対するACPR測定

## 2.2 変調精度の測定

CDMA2000のMSに対する変調精度の測定は、cdmaOneのMSの場合よりも複雑です。CDMA2000のMSは複数のチャンネルを送信できるので、小型のBTSと見なすことができます。したがって、CDMAのBTSに対して実行するのと同じ種類のテスト(コード・ドメイン解析など)が必要です。

CDMA2000のMSのトランスミッタの変調精度を解析するための測定としては、 $\rho$ (パイロットのみ)、QPSKエラー・ベクトル振幅(EVM)、コンポジット $\rho$ およびEVM、コード・ドメイン・パワー、コード・チャンネルごとのシンボルEVMなどが挙げられます。基本的なアルゴリズムを別にすれば、これらの測定は主に以下の3つの点で異なります。

- 単一のコード・チャンネルの解析に使う(QPSK EVM)か、複数のコード・チャンネルの解析に使う(コンポジット $\rho$ 、コード・ドメイン・パワー、シンボルEVM)か
- マルチチャンネル信号の解析に使用できる場合、各チャンネルに関する情報を提供する(コード・ドメイン・パワー、シンボルEVM)か、チャンネル間の区別なく信号全体に関する情報を提供する(コンポジット $\rho$ )か
- どのように(どの復調段階で)どのレベルで(チップ、シンボル)基準が作成されるか

どの測定を使えばよいかは、デザイン段階とテストの目的に依存します。一般的に、これらの測定はそれぞれ独自の情報を提供することで互いに補完し合う関係にあります。以下の各セクションでは、それぞれの測定でどんな情報が得られるかと、どのような場合に使用するかについて説明します。

### 2.2.1 QPSK EVM

デジタル通信システムにおいて、信号の劣化を客観的に評価するには、コンスタレーションを観察して、測定されたドットと基準位置との変位を図9のようにエラー・ベクトル(エラー・ベクトル)として求めます。

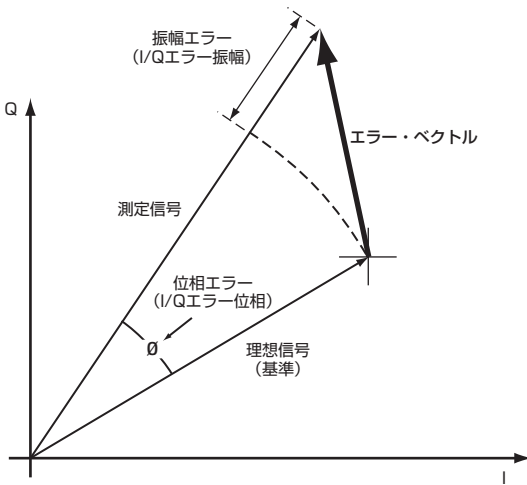


図9 エラー・ベクトルと関連パラメータ

基準位置を決定するには、受信信号をシンボルに復調することによって基準信号を作成し、そのシンボルを理想的に再変調します。例えば図10に示すのは、QPSK信号から理想基準を作成する方法です。

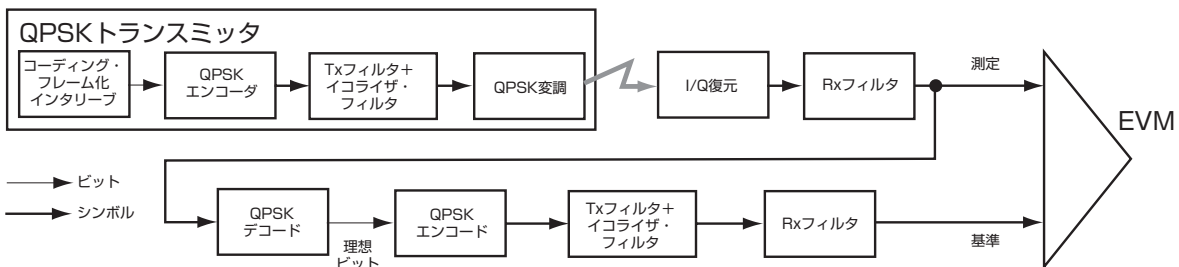


図10 QPSK信号のEVMを計算するプロセス

エラー・ベクトルの実効値 (RMS) を計算し、信号全体の振幅に対する割合で表します。これがエラー・ベクトル振幅 (EVM) です。EVMは変調品質の指標としてデジタル通信システムで広く用いられています (EVMをトラブルシューティングのために使う方法については[6]を参照してください)。

通常のQAMまたはPSK (Phase Shift Keying) 信号の場合、理想シンボル・ポイントは必ずI/Q平面上の特定のいくつかの位置にマッピングされます。CDMA2000のリバース・リンク信号は、I/Q多重化された複数のチャンネルから構成される場合があります。このため、各チャンネルの1ビットのシンボルはIパスまたはQパスにBPSKエンコード<sup>1</sup>されます。IまたはQパスには複数のチャンネルが追加されることがあります。結果のIおよびQ信号が拡散され、HPSKスクランブルされます (図3参照)。複素値のチップ・シーケンスはフィルタリングされ、その結果がQPSK変調器に供給されます<sup>2</sup>。図11のCDMA2000 MSトランスミッタはこのプロセスを示します。

1. この場合のBPSKエンコーディングとは、チャンネルの1ビット・シンボルをI (またはQ) パスに直列にマッピングするプロセスを指します。すなわち、チャンネルのシンボルはI (またはQ) レベルに直接変換されます。例えば、1001は1 -1 -1 1に変換されます。  
 2. この場合のQPSK変調とは、アップコンバージョンのプロセス (無線周波数 (RF) 搬送波をI/Qベースバンド信号で変調するプロセス) を指します。

結果のコンスタレーションは、物理チャネル構成に依存します。このコンスタレーションは、QPSKをはじめ既知のどのコンスタレーションにも似ていないのが普通です。ごく一部の特定のチャネル構成は例外で、例えばR-Pilotが1つ(またはR-FCHが1つ)だけの信号はQPSKのコンスタレーションにマッピングされます。振幅レベルが等しいR-PilotとR-FCHから構成される信号は、QPSKのコンスタレーションを45°回転したものにマッピングされます[3]。レシーバは位相回転の絶対値を認識しないので、レシーバからはQPSKコンスタレーションに見えます。

R-Pilotが1つ、R-FCHが1つ、または振幅レベルが等しいこれら2つからなる信号に対するトランスミッタの変調品質を評価するには、通常のQPSK EVM測定が使用できます。もっと複雑な信号はこの測定では解析できません。

シグナル・アナライザは、以下のどちらかの方法を使ってQPSK EVM測定を実行します。

1. 受信信号のQPSK EVMを測定します。復元したI/Q信号をイコライザと相補レシーバのフィルタに通し、復調した信号をトランスミッタ、イコライザ、レシーバのフィルタに通して作成した基準信号と比較します(図11a)。
2. 送信信号のQPSK EVMを測定します。I/Q復元した信号を、理想チップをトランスミッタのフィルタに通して作成した基準信号と直接比較します(図11b)。

どちらの方法でも同程度のEVM結果が得られ、どちらを使っても有効な変調品質測定を実行できます。ただし、得られるコンスタレーションは異なります。第1の方法では、4個の独立したコンスタレーション・ポイントが生じます。第2の方法では、図12aのようなあいまいなコンスタレーションが生じます。どちらの方法のコンスタレーションも正しいコンスタレーションです。この違いが生じるのは、第1の方法の場合、コンスタレーションはフィルタ後にレシーバに見えるものを表しているのに対して、第2の方法の場合、コンスタレーションはレシーバ・フィルタを通る前の送信信号を表しているからです。

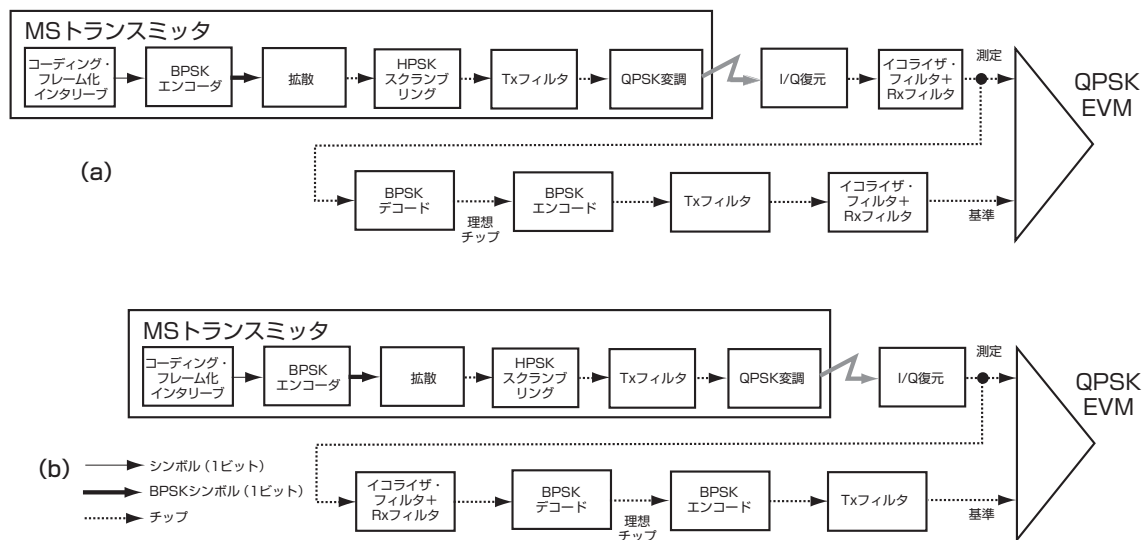


図11 CDMA2000リバーシ・リンク信号のQPSK EVMを計算するプロセス

いずれの場合も、QPSK EVMでは基準を作成するために信号をデスクランブル、逆拡散してシンボルとチップにすることはありません。したがって、ベースバンド・フィルタリング、変調、中間周波数 (IF) とRFによる劣化は検出できますが、拡散とスクランプリングのエラーは発見できません。また、QPSK EVMではマルチチャネル信号の変調品質は評価できません。

信号の逆拡散とデスクランブルが不可能な場合、QPSK EVM測定以外に方法がないこともあります。その意味で、RFデザイナーやシステム・インテグレータは、拡散またはHPSKスクランプリングのアルゴリズムが正しく動作しない場合に、トランスミッタのアナログ部の変調品質を評価するためにQPSK EVM測定を利用できます。例として図12に、I/Qゲインに問題があるトランスミッタと問題がないトランスミッタを対象とした、1つのR-Pilotに対するQPSK EVM測定を示します。

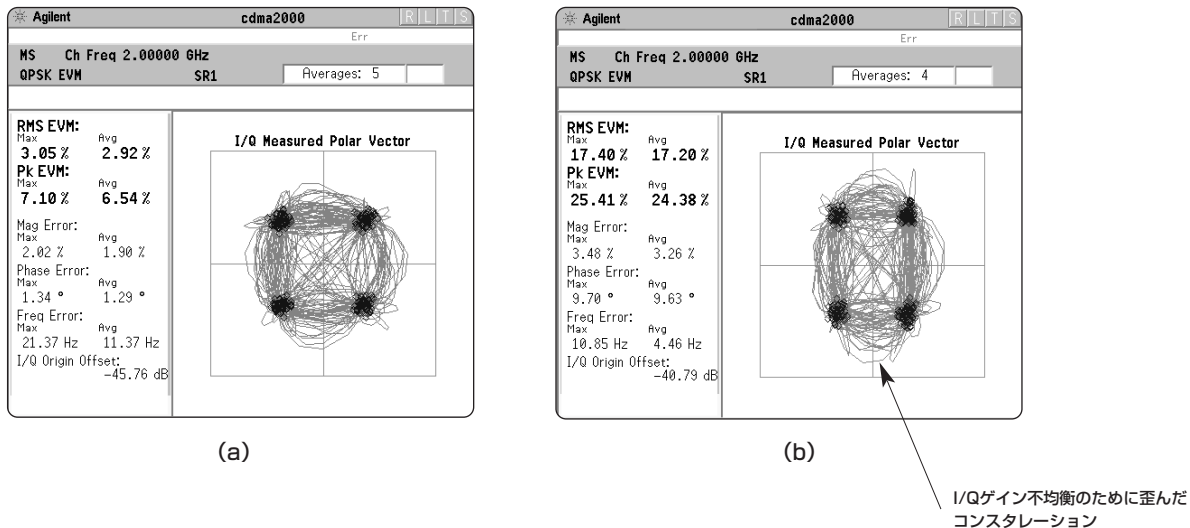


図12 R-Pilotチャンネル1つのCDMA2000リバース・リンク信号のQPSK EVM (a) 障害のない場合 (b) I/Qゲインの障害がある場合

障害のトラブルシューティングには、ベクトル・ダイアグラム、エラー・ベクトル対時間または周波数、振幅エラーおよび位相エラー対時間などが使用できます。例えば、ほとんどのI/Q障害 (図12bのI/Qゲイン・エラーなど) はベクトル・ダイアグラムを見れば容易に発見でき、イン・チャンネル・スプリアスはエラー・ベクトル・スペクトラムを解析することで検出できます[6]。

### 2.2.2 コンポジット $\rho$

CDMA2000でもcdmaOneと同様、変調精度に関して規定されている測定は $\rho$ です。 $\rho$ とは、相関パワーと全パワーとの比です。相関パワーを計算するには、周波数、位相、時間の各オフセットを除去し、補正後の信号と理想基準との間の相互相関を計算します。

cdmaOneでは、 $\rho$ 測定は1つのチャンネルからなるリバース・リンク信号に対して実行されます。CDMA2000では、 $\rho$ 測定は1つのR-Pilotからなる信号に対してだけ定義されています。実際には、 $\rho$ 測定はチャンネル構成に関わらず任意のCDMA2000リバース・リンク信号に対して実行できます。このため、この測定は通常コンポジット $\rho$ と呼ばれます。コンポジット $\rho$ を使うと、R-Pilotが存在する限り、チャンネル構成に関わらずトランスミッタの全体的変調精度を検証できます。測定アルゴリズムとしては、図13のように、測定した信号をデスクランブルして逆拡散し、基準信号を作成します。

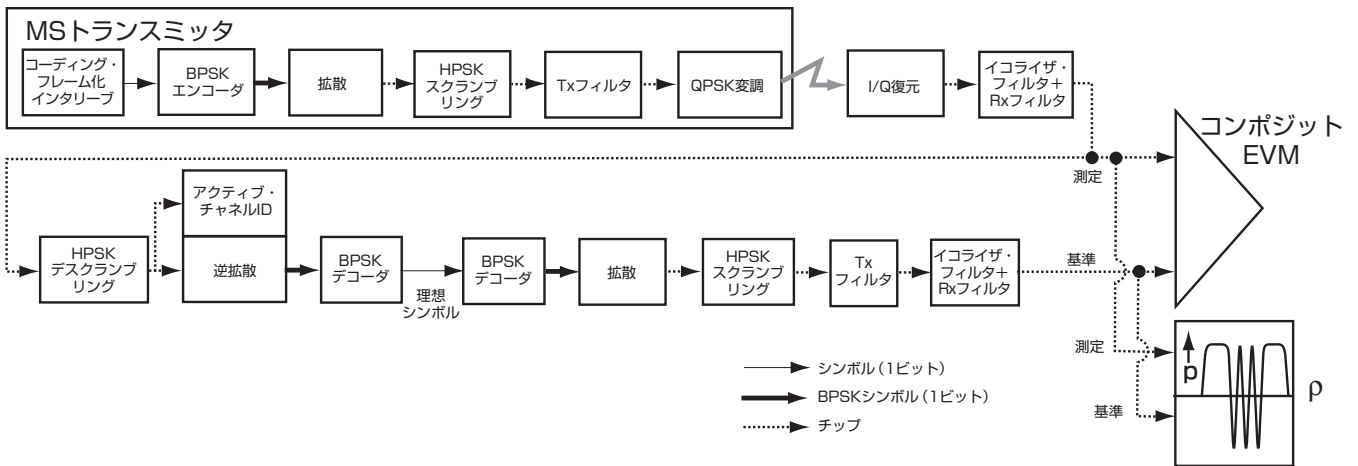


図13 CDMA2000リバース・リンク信号のコンポジット $\rho$ とコンポジットEVMを計算するプロセス

コンポジット $\rho$ 測定では、アクティブ・チャンネルの拡散とスクランプリングの問題すべてと、トランスミッタ・チェーンのベースバンド、IF、RFの障害すべてが考慮されます。ただし、コンスタレーション・ダイアグラムなどの他の変調精度測定と組み合わせない限り、 $\rho$  (またはコンポジット $\rho$ ) だけではエラーの原因を突き止めることはできません。図14aと14bは、コンポジット $\rho$ とこれらの測定の1つ (コンポジットEVM) およびコンスタレーションとの組み合わせを、R-PilotとR-FCHからなる信号と、R-Pilot、R-FCH、R-SCHからなる信号に対して示したものです。

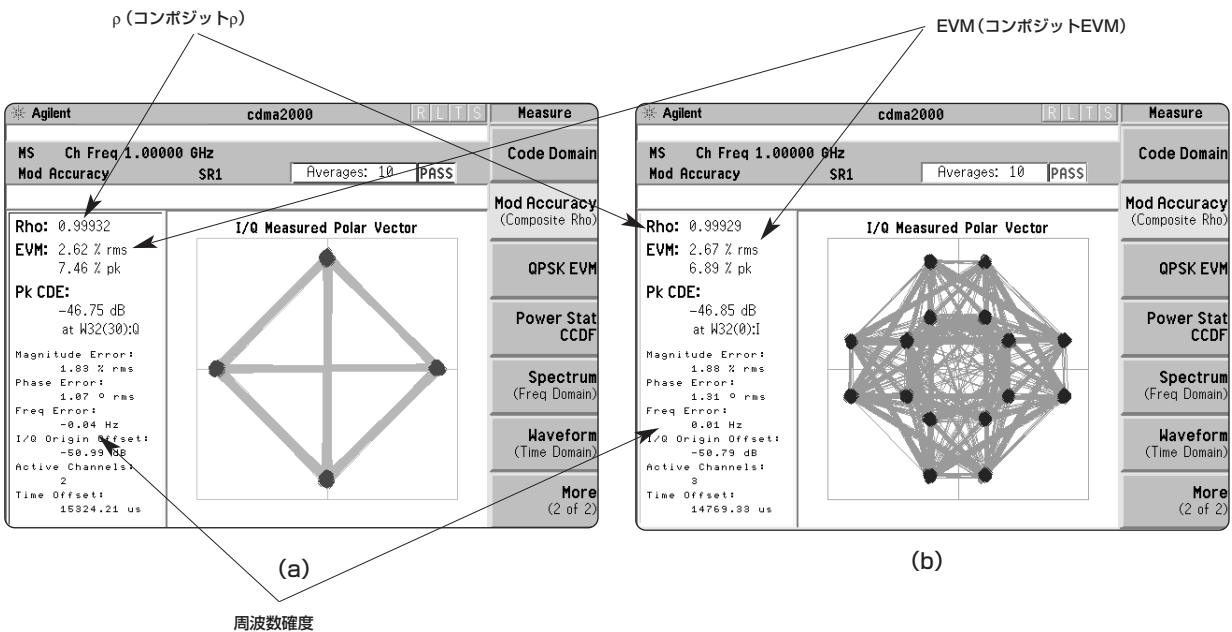


図14 コンポジット $\rho$ 測定(a)R-PilotとR-FCHからなるCDMA2000 SR1リバース・リンク信号 (b) R-Pilot、R-FCH、R-SCHからなるCDMA2000 SR1信号 (R-FCHは他の2つのチャンネルより3 dB小さい)

QPSK EVMと同様、コンポジットEVMは測定信号と理想信号のエラー・ベクトル差を計算します。異なる点は、コンポジットEVMはコンポジット $\rho$ と同じ基準を使用することです。すなわち、測定信号をデスクランブルし、逆拡散することで基準が作成されます (図13)。

コンポジット $\rho$ またはコンポジットEVMテストを実行することで、cdmaOneおよびIS-2000で要求されている周波数精度の指標も得ることができます (図14参照)。



以下に示すのは、QPSK EVM測定代わりにコンポジット $\rho$  (およびコンポジットEVM) を使用したほうがよい場合の例です。

- **マルチチャネル信号のトランスミッタの品質を評価する場合。**これが特に重要なのは、正しい統計的性質を持つ現実的な信号でトランスミッタのRF部(またはコンポーネント)をテストする必要があるRFデザイナーの場合です。すでに説明したように、チャネル数が増えるほど信号のピーク・アベレージ・パワー比は増大します。マルチチャネル信号の変調品質を測定することにより、CDMA2000リバース・リンク信号に対するRFデザインの性能をさまざまなストレス・レベル(さまざまなCCDF)で解析できます。マルチチャネル信号の変調品質を評価することは、マルチボード・ベースバンド・デザインの性能を解析する場合にも重要となります。例えば、異なるボード上のチャネルの間のクロック同期にわずかなタイミング・エラーがあると、変調品質の低下として現れることがあります。
- **拡散またはスクランプリングのエラーを発見する場合。**エラーの程度によっては、コンポジット $\rho$ 測定を実行する際に、アナライザが間欠的なアンロック状態を示したり、全くロックできなかつたりすることがあります。このような状態は、主に拡散やスクランプリングのエラーを示し、システム・インテグレータにとって問題となります。この問題が発生した場合、QPSK EVM測定を使って、トランスミッタの他の部分が正しく動作していることを確認します。スクランプリングまたは拡散のエラーによって測定のアンロック状態が生じない場合、エラー・ベクトル対時間表示を使って問題のあるチップを発見できます。
- **ベースバンド部とRF部の間の問題を発見する場合。**これらの問題も、システム・インテグレータにとって問題となります。これらの問題の一部はQPSK EVM測定で発見できる場合もあります。例えば、デジタル信号からの干渉によって生じる局部発振器(LO)の不安定性は、QPSK EVM測定で発見できます。しかし、信号との同期を必要とする問題はQPSK EVM測定では発見できません。例えば、I/Q入れ替わりのエラーは、QPSK EVM測定では完全に正常に見えます。これに対して、コンポジット $\rho$ 測定を実行すると、アンロック状態が生じます。
- **信号に大きな干渉を及ぼすエラーを解析する場合。**干渉が大きすぎると、QPSK EVM測定では真の理想基準を復元できない場合があります。このような場合、QPSK EVMとそれに関連する表示は不正確です。コンポジット $\rho$ 測定は信号をデスクランブルして逆拡散するので、信号の処理利得を利用できます。このため、信号の干渉が複数のチップ・エラーを生じるレベルを超えていても、アナライザは真の基準を復元できます。このように、被試験信号が干渉に埋もれている場合でも、コンポジット $\rho$ とコンポジットEVMは変調忠実度の真の指標となります。その意味で、これらの測定は、干渉のレベルが高い厳しいフィールド環境で特に意味を持ちます。システム・インテグレータは、コンポジットEVM測定を使ってMSの品質をシステム・レベルで解析できます。MSから送信された信号に外部干渉を適用することにより、EVMがどの程度悪化するとシグナル・アナライザが信号を復元できなくなるかを評価できます。これにより、実際のフィールド環境でBTSが信号を復調できるためには、MSトランスミッタの変調精度が最低どの程度でなければならないかを確認できます。コンポジット $\rho$ (またはEVM)の処理利得の利点も、まれにある大きい干渉にRFデザイナーやシステム・インテグレータが対処するために役立つことがあります。例えば、図15aに示すのはQPSK EVM測定の位相エラー対時間で、図15bに示すのはコンポジット $\rho$ (またはEVM)測定の位相エラー対時間です。どちらもLO不安定度が非常に大きいパイロットのみの信号が対象です。この例では、アナライザは信号を復調して基準を正しく計算できます。図15bの位相エラー表示を使えば、干渉を解析できます。

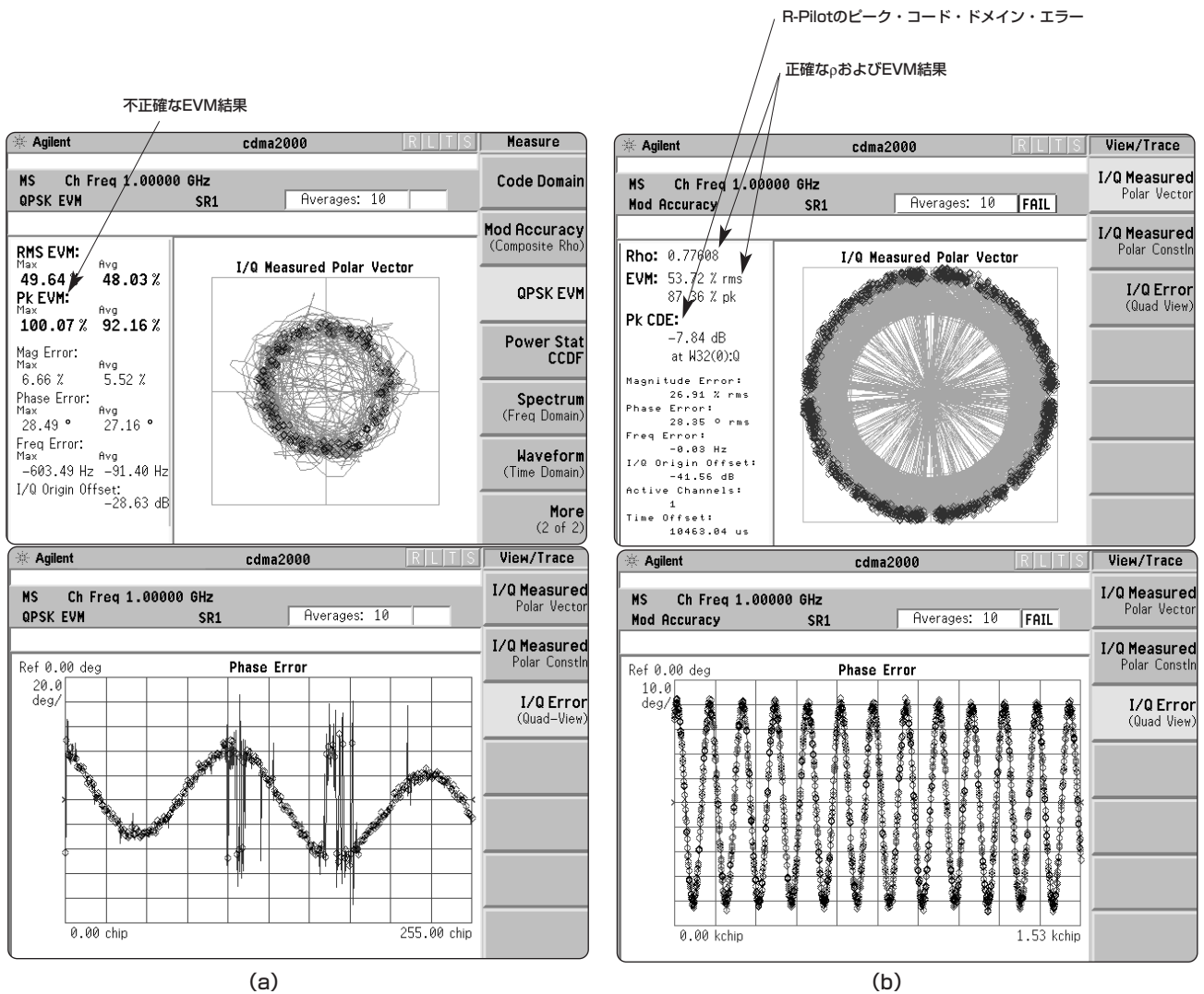


図15 LO不安定度がきわめて高いCDMA2000のR-Pilot信号。(a) QPSK EVMのベクトル・ダイアグラムおよび位相エラー対時間。(b) コンポジットEVMのベクトル・ダイアグラムおよび位相エラー対時間(コンポジット $\rho$ 測定とともに表示)。

コンポジット $\rho$ は、MSのライフサイクルにおける開発、性能検証、製造、設置のすべての段階において、トランスミッタ全体の性能指数として役立ちます。しかし、コンポジット信号のコードごとの構成も知る必要があります。これを調べるための主な方法は、コード・ドメインのパワー分布を見ることです。

### 2.2.3 コード・ドメイン・パワー

コード・ドメイン・パワーとは、コード・チャンネルの集合の中の信号パワーの分布を、全信号パワーに対して正規化して解析するものです。コンボジット波形を解析するためには、各コード・チャンネルをコード相関アルゴリズムによってデコードします。このアルゴリズムは、各コードの相関係数を求めます。チャンネルがデコードされた後、各コード・チャンネルのパワーが求められます。

CDMA2000の場合、RCによるデータ・レートとSRの違いを反映してWalshコードの長さが変化するため、測定が複雑になります。一般的に、データ・レートが高くなるほどシンボル周期は短くなります。特定のSRに対しては、最終的なチップ・レートは一定です。したがって、シンボル周期内のWalshコード・チップ数が少なくなり、Walshコード長は短くなります。

拡散に可変長のWalshコードを使用することの結果の1つとして、短いコードを使用すると、それから派生した長いコードがすべて使用できなくなります。図16にその説明を示します。4ビットのWalshコード、例えば1, 1,-1,-1を使った高いデータ・レートのチャンネルが送信されると、1, 1,-1,-1で始まるそれより長いWalshコードを使用する低いデータ・レートのチャンネルはすべて、レシーバの相関プロセスでの衝突を避けるため、オフにする必要があります。

Walsh 4				Walsh 8				Walsh 16			
0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
2	1	1	-1	2	1	1	-1	2	1	1	-1
3	1	-1	-1	3	1	-1	-1	3	1	-1	-1
				4	1	1	-1	4	1	1	-1
				5	1	-1	-1	5	1	-1	-1
				6	1	1	-1	6	1	1	-1
				7	1	-1	-1	7	1	-1	-1
								8	1	1	-1
								9	1	-1	-1
								10	1	1	-1
								11	1	-1	-1
								12	1	1	-1
								13	1	-1	-1
								14	1	1	-1
								15	1	-1	-1

図16 WalshコードのHadamard生成と、拡散に可変長Walshコードを使用することの結果

個々のWalshコード(関数)は $W_n^N$ と表されます。ここでNはコードの長さ、nは $N \times N$ のHadamard行列の列を表します。例えば、 $W_2^4$ は $4 \times 4$ のHadamard行列(4ビットのWalshコード)のコード2を表します。

したがって、 $W_2^4$ を使用すると以下のコードは使用できなくなります。

- $W_2^8$ 、 $W_6^8$
- $W_2^{16}$ 、 $W_6^{16}$ 、 $W_{10}^{16}$ 、 $W_{14}^{16}$
- $W_2^{32}$ 、 $W_6^{32}$ 、 $W_{10}^{32}$ 、 $W_{14}^{32}$ 、 $W_{18}^{32}$ 、 $W_{22}^{32}$ 、 $W_{26}^{32}$ 、 $W_{30}^{32}$  (図16には示されていない) など

同じ信号を調べるもう1つの方法として、関連するコード・チャンネル同士が隣り合うようにコード・チャンネルを並べ替えることもできます。このようなコード番号の割当ては、Walshコードのビット・リバース生成と呼ばれる方法によって可能となります。これはW-CDMAで用いられているコード生成方法です[4]。W-CDMAでは、この方法で派生したコードのことを、Walshコードに対してOVSF(Orthogonal Variable Spreading Factor)コードと呼んでいます。OVSFコードとWalshコードは、コード番号の割当てが異なるだけ

で、同じものです。この生成方法が「ビット・リバース」と呼ばれるのは、2進形式のコード番号がHadamard法に対して逆(MSBがLSBになる)だからです。例えば、図17のように、Hadamard法のWalsh 8行列のコード・チャンネル3(2進で011)は、ビット・リバース法のWalsh 8行列のチャンネル6(2進で110)になります。

Hadamard (Walshコード)				ビット・リバース (OVSFコード)			
実際のコード (Walsh 8)	コード番号 (10進)	コード番号 (2進)		実際のコード (Walsh 8)	コード番号 (10進)	コード番号 (2進)	
1 1 1 1	0	000		1 1 1 1	0	000	
1 0 1 0	1	001		1 0 1 0	1	001	
1 1 0 0	2	010		1 1 0 0	2	010	
1 0 0 1	3	011		1 0 0 0	3	011	
1 1 1 1	4	100		1 0 1 0	4	100	
1 0 1 0	5	101		1 0 1 0	5	101	
1 1 0 0	6	110		1 0 0 1	6	110	
1 0 0 1	7	111		1 0 0 1	7	111	

図17 Hadamard法とビット・リバース法

リバース・リンクの場合、すでに見たように、物理チャンネルがI/Q多重化されます。ピーク・アベレージ・パワー比を制限するために、HPSKが適用されます。しかし、HPSKを使うとWalshコードの選択が制限されます。この機能の利点を活かすには、同じチップが連続するペアからなる偶数番号のWalshコードしか使用できません。例えば、 $W_2^4 = (1, 1, -1, -1)$ はこの条件を満たしますが、 $W_1^4 = (1, -1, 1, -1)$ は満たしません[3]。

HPSKの利点を最大限に活かすため、各チャンネルのWalshコードは以下のように定義されます。

- R-Pilotは常にコード  $W_0^{32} = (1, 1)$  で拡散されます。
- R-FCHは常にコード  $W_4^{16} = (1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1)$  で拡散されます。
- R-DCCHは常にコード  $W_8^{16} = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1)$  で拡散されます。
- 1個のR-SCHだけを送信する場合、R-SCH1はコード  $W_2^4 = (1, 1, -1, -1)$  で拡散されます。 $W_1^2 = (1, -1)$  は最高のデータ・レートの場合のみ使用します。このWalshコードはHPSKの利点をなくしてしまうので、なるべく避けるべきです。
- 2個のR-SCHを使用する場合、推奨される構成は、SCH1に  $W_2^4 = (1, 1, -1, -1)$ 、SCH2に  $W_6^8 = (1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1)$  を使用することです。これら2つのコードは互いに直交しません。このことが問題にならないのは、図3に示すように、これら2つのチャンネルがI/Q多重化される(一方がI、もう一方がQで送信される)からです。このため、これらのチャンネルは使用する拡散コードとは無関係に直交します。データ・レートが高い場合、2つのSCHにこれより短いコードを使用することができます。

図18に、各チャンネルに対して選択されたコードがビット・リバース・コード・ツリーにマッピングされるようすを示します。濃いグレーのコードが選択されたコードです。薄いグレーのコードは選択されたコードに直交しません。

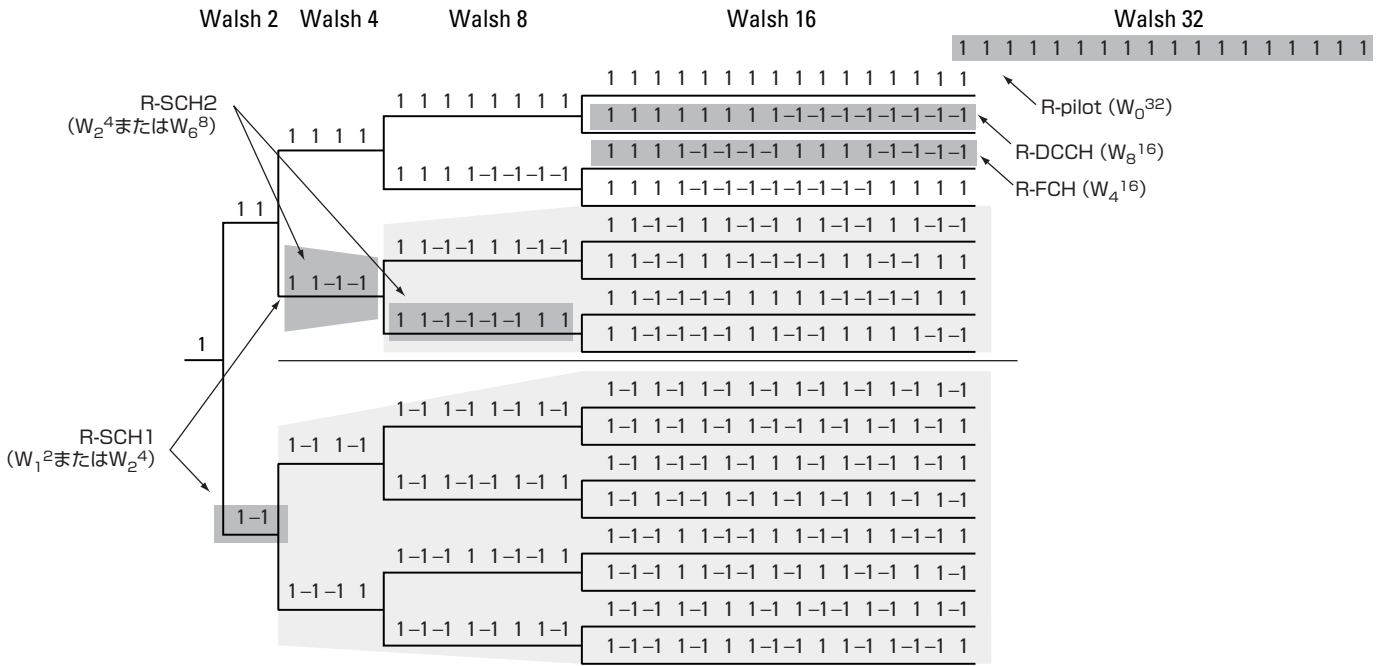


図18 リバース・リンクWalshコードのビット・リバースWalshコード・ツリーへのマッピング

ワースト・ケース (最高のデータ・レート) の場合、HPSKの要件は満たされません。これが起きるのはきわめてまれと考えられます。

Walshコードを定義することで、コード使用の衝突が避けられます。コード・チャンネル構成の選択を制限することで、信号のパワー統計 (CCDF) もよりよく決定されます。

コード容量に関しては、高いデータ・レート (短いコード長) のチャンネルのほうがコード空間をより多く占有します。例えば、 $W_1^2$ は $W_2^4$ の2倍、 $W_4^{16}$ の8倍のコード空間を占有します。コード・ドメイン・パワー表示では、幅の広いバーが短いコード (高いデータ・レート) のチャンネルを表します。図19は、R-Pilot、R-FCH、R-SCH1からなる信号のビット・リバース・モードのコード・ドメイン・パワー表示です。R-SCH1 ( $W_2^4$ ) はWalsh 16チャンネル ( $W_0^{16}$ と $W_4^{16}$ ) よりもはるかに幅が広がっています。

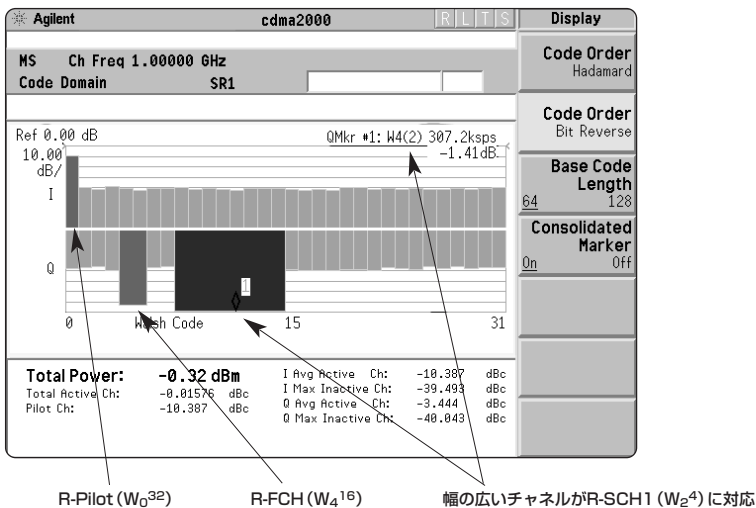


図19 R-Pilot、R-FCH、R-SCH1 ( $W_2^4$ ) からなる信号のコード・ドメイン・パワー

コード・ドメイン・パワー測定は、各Walshチャンネルが正しいレベルで動作しているかどうかを確認するためだけでなく、トランスミッタのデザイン全体の、コーディングからRF部に至るまでの問題を明らかにするために有用です。特に、非アクティブ・チャンネルのレベルは、特定の障害に関する有効な情報を与えてくれます[6]。エラー信号のコード・ドメインへの投影は、コード・ドメイン・エラーと呼ばれ、さらに注目に値します。コードに依存するチャンネル品質の変動を避けるため、エラーのパワーはいくつかのコードに集中するのではなく、コード・ドメインに均等に分布しているのが望ましいといえます。しかし、トランスミッタ障害の多く、例えば増幅器の圧縮やLOの不安定性は、コード・ドメインにおけるエラーの不均一な分布をもたらします。このような場合、アクティブ・チャンネルから失われたエネルギーが、ある決まった方法に関連するコード・チャンネルに現れます[1]。このため、コード・ドメイン・エラーがある制限値よりも小さくなるようにすることが重要です。ピーク・コード・ドメイン・エラー測定(図15bにコンポジット $p$ 測定とともに示したものは、信号の最大コード・ドメイン・エラーと、そのエラーがどのコード・チャンネルに属するかを示します。

コード・ドメイン・パワーに関連して、IS-95規格では、BTSに関して、パイロット・チャンネルとコード・チャンネルの間の許容時間差と、パイロット・チャンネルとコード・チャンネルの許容位相差を規定しています[1]。CDMA2000のMSはさまざまな点でBTSに似ているので、これらのテストはIS-2000規格のMSに関する部分に含められる可能性があります。ただし、デジタル加算が用いられる場合はこれらは無意味です。デジタル加算にはチャンネル間の遅延と位相シフトを防ぐ効果があるからです。

コード・ドメイン・パワーを調べるほかに、特定のコード・チャンネルの解析にも意味があります。以下の各セクションでは、さまざまな解析ツールとその使用方法を紹介します。図20は、これらの測定の基準の計算方法を示しています。

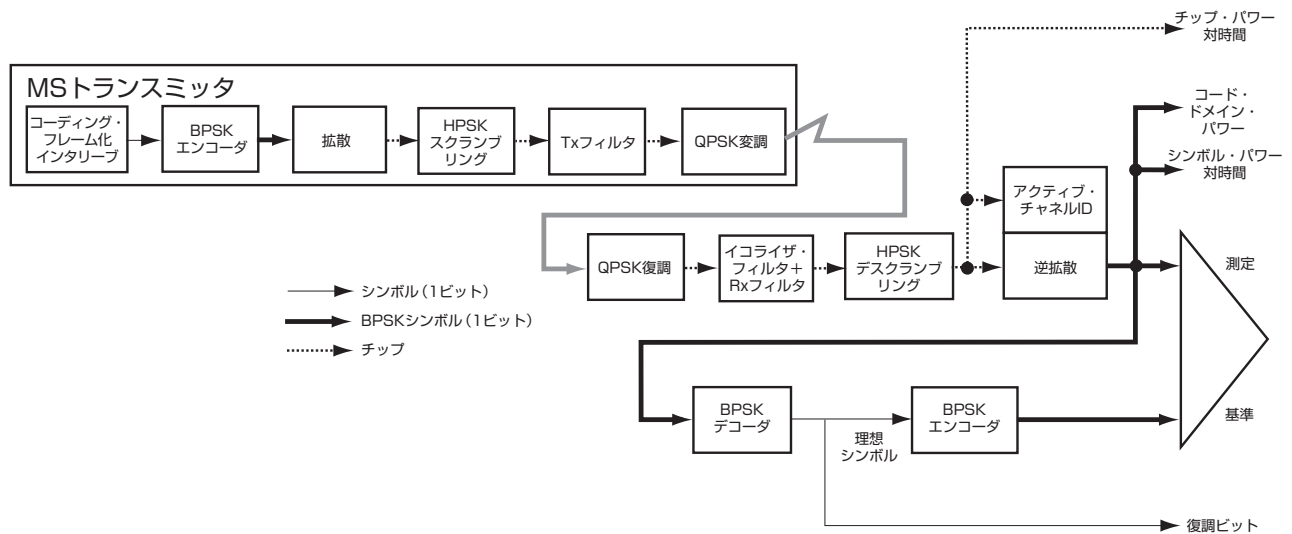


図20 CDMA2000リバース・リンク信号のコード・ドメイン・パワー、シンボルEVM、シンボル・パワー、チップ・パワー対時間、復調ビットを計算するプロセス

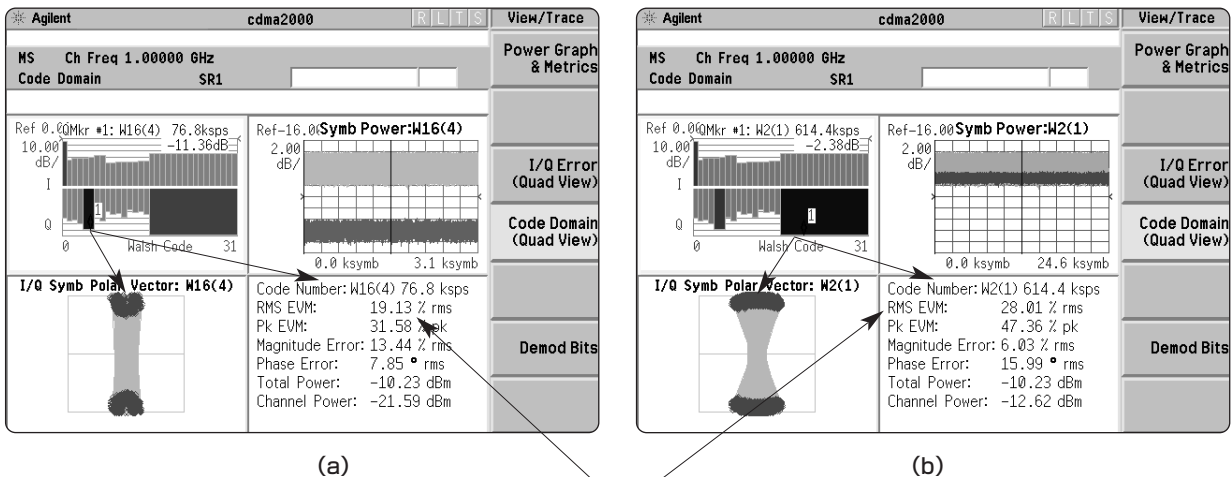
## 2.2.4 シンボルEVM

信号をデスクランプリングして逆拡散することにより、複数のコード・チャンネルが存在する場合でも、特定のコード・チャンネルのコンスタレーションをシンボル・レベルで解析できます。測定された信号は複素デスクランプリングされ、逆拡散され、BPSKデコードされてシンボルになります。この理想シンボルがBPSKエンコードされて、BPSKシンボル・レベルの基準が得られます。この基準が、測定されて逆拡散されたシンボルと比較されます(図20)。

シンボルEVMに影響するRF障害は、コンポジットEVMにも影響します。例えば、増幅器の圧縮の問題はコンポジットEVMとシンボルEVMの両方の測定に表れます。ただし、処理利得のために、シンボルEVMでは障害が見えにくくなります。それではなぜシンボルEVMを使用するのでしょうか。

シンボルEVMは、RFと復調されたシンボルとをつなぐ役割を果たします。これには処理利得が含まれるので、ベースバンド・エンジニアにとってより現実の性能に近い変調品質の指標が得られます。その意味で、これはそのチャンネルでユーザが実際に体験する品質と考えることができます(ビット・エラー・レート(BER)の逆数と同様)。

シンボルEVMとチップEVMの関係は、Walshコード長に依存します。短いWalshコードのチャンネル(処理利得が小さい)の場合、チップの変調エラーはシンボルEVMに大きな影響を与えます。これに対して長いコードのチャンネル(処理利得が大きい)の場合、チップの変調エラーはシンボルEVMにそれほど影響を与えません。したがって、データ・レートと変調品質の間には妥協が存在します。この意味で、シンボルEVMは特に、ベースバンドDSPエンジニアが、異なるデータ・レートのチャンネルの品質にさまざまな障害がどのような影響を与えるかを解析するために役立ちます。例えば、図21は、R-Pilot、R-FCH、R-SCH1 ( $W_1^2$ ) からなる信号のCDMA2000コード・ドメイン・パワー測定(ビット・リバース表示)です。この信号には高周波のLO干渉の影響が出ています。図21aは、R-FCH ( $W_4^{16}$ ) チャンネルのコンスタレーションとシンボルEVM(約19%)です。図21bは、データ・レートが高いR-SCH1 ( $W_1^2$ ) チャンネルでは、シンボルEVMが大きくなる(約28%)ことを示しています。



高いデータ・レートのチャンネルでは障害のために高いシンボルEVMが生じる

図21 R-Pilot、R-FCH ( $W_4^{16}$ )、R-SCH1 ( $W_1^2$ ) からなる信号のCDMA2000コード・ドメイン・パワー測定(ビット・リバース表示)。信号には高周波LO干渉の問題が見られる。(a) R-FCHのシンボルEVM測定。(b) R-SCH1のシンボルEVM測定。

## 2.2.5 シンボル・パワー対時間

特定のコード・チャネルのパワー対時間(またはパワー対シンボル)の解析は、特にMSのパワー制御システムのさまざまなチャネルに対するパワーと応答を監視するために役立ちます。例えば図22は、図21と同じ信号で障害がない場合にR-FCHのシンボル・パワーが0.5 dB増加することを示します。

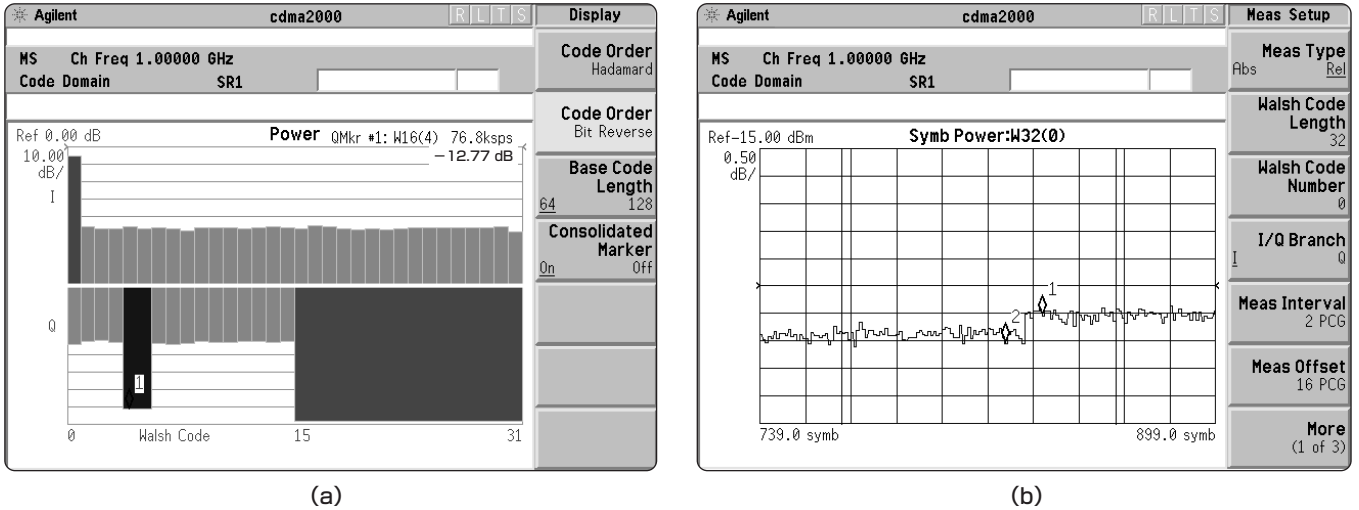


図22 (a)R-Pilot、R-FCH( $W_4^{16}$ 、 $-12.77$  dB)、R-SCH1( $W_1^2$ 、 $-3.77$  dB)からなる信号のCDMA2000コード・ドメイン・パワー測定(ビット・リバース表示)。(b)R-FCHのシンボル・パワー対時間。

図23に示すのは、シンボル・パワー対時間と、信号のチップ・パワー対時間の組み合わせです。これは特に、システム・インテグレータが一連のパワー制御コマンドに対するパワー・アンプの応答(リップル)を解析するために有効です。

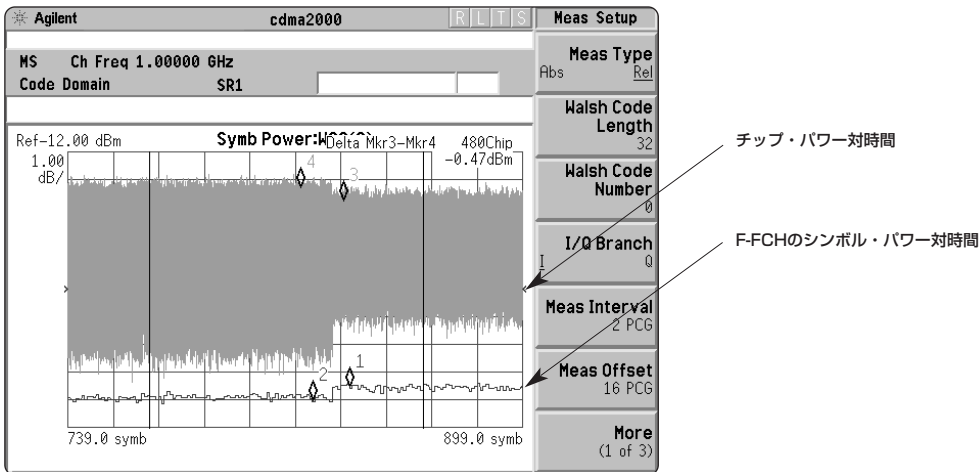


図23 R-Pilot、R-FCH( $W_4^{16}$ 、 $-12.77$  dB)、R-SCH1( $W_1^2$ 、 $-3.77$  dB)からなる信号のチップ・パワー対時間と、R-FCHのシンボル・パワー対時間の組み合わせ



## 2.2.6 復調ビット

各コード・チャネルに対してデスクランプリングと逆拡散の後の復調シンボルを得ることにより、シンボル・パターンが正しいかどうかを検証できます。これが特に重要なのは、パワー制御ビットに対してです。パワー制御はシステム性能にとって非常に重要です。CDMA2000の場合、MSはR-Pilotを使ってBTSにパワー制御ビットを送信します。パワー制御ビットはパイロット・データ・ビットと多重化されます。図24に示すのは、前の図と同じチャネル構成のCDMA2000信号のR-Pilotの復調ビット(デインタリーブとデコードの前のシンボル)です。

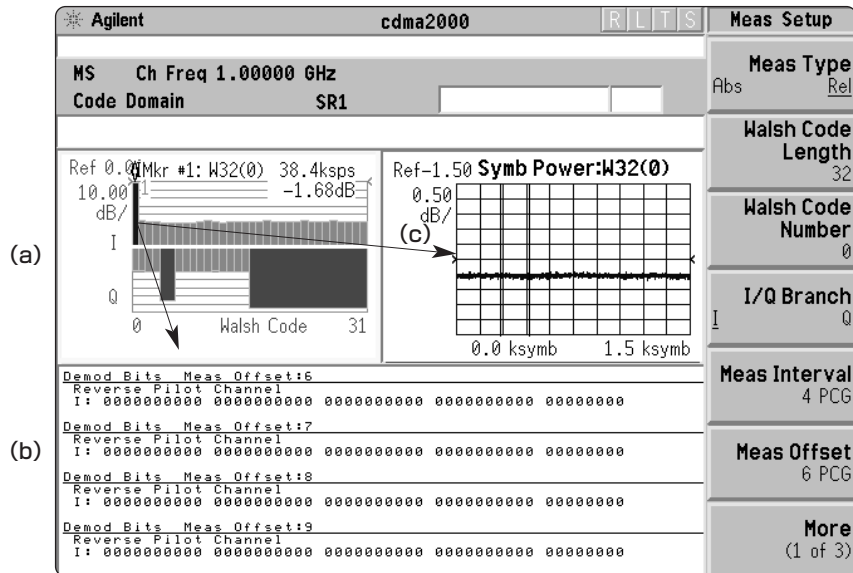


図24 R-Pilot、R-FCH( $W_4^{16}$ 、 $-12.77$  dB)、R-SCH1( $W_1^2$ 、 $-3.77$  dB)からなる信号のCDMA2000コード・ドメイン・パワー測定(ビット・リバース表示)。(b) R-Pilotの復調ビット。(c) R-Pilotのシンボル・パワー対時間。

復調ビットは、ベースバンドのコーディング、インタリーブ、パワー制御ビットのエラーを発見するために重要なトラブルシューティング・ツールです。BTSとMSの間の通信に問題がある場合、状況を明らかにするために復調ビットが役に立つことがしばしばあります。復調ビットを解析することで、エラーの原因がMSのコーディングとインタリーブにあるのか、それともBTSのデインタリーブとデコードのプロセスにあるのかが明らかになります。

## 2.3 レシーバ性能の測定

CDMA2000フォワード・リンクのエア・インタフェースはcdmaOneに似ているので、cdmaOneの移動機レシーバ・テストと同じ問題と測定がCDMA2000にも当てはまります。ただし、CDMA2000の場合、3Gシステムにとって基本的ないくつかの要素(可変データ・レートと大きい容量)のためにテストが複雑になります。以下の各セクションでは、これが移動機レシーバ・テストに与える影響と、適切なテストのために必要な信号源の新しい要件に関して説明します。

### 2.3.1 可変データ・レートでの性能試験

すでに見たように、CDMA2000では可変データ・レートのために異なるRCとWalshコードが採用されています。MSレシーバは、チャネルを復調するためにそのデータ・レートを知る必要があります。IS-2000規格では、レシーバ性能を検証するため、異なるRCとデータ・レートで多数のチャネルの復調性能試験を実行するように要求しています。これは、テスト時間とテストのための信号源の要件という2つの点で問題となります。

これらのテストを実行するには、可能なすべてのRCとデータ・レートのチャネルからなる完全にコーディングされたフォワード・リンク信号をシミュレートできる信号源が必要です。パラメータを変更し、データを入力できる必要があります。このための最善の方法は、リアルタイムCDMA2000ジェネレータを使うことです。これを使えば、チャネル構成やパラメータを変更して新しい信号を生成することが数秒でできます(販売されているCDMA2000リアルタイム・ジェネレータについては付録を参照してください)。

### 2.3.2 準直交関数

高いデータ・レートのチャネルは、BTSのコード空間を多く占有します。場合によっては、高いデータ・レートで送信しているわずかな数のユーザ(ときには1人のユーザ)が使用可能なコードをすべて使い切ってしまうこともありえます。コード空間を広げるため、IS-2000規格では既存のWalshコードを補完する新しい直交コード・セットを指定しています。この新しいコードは準直交関数(QOF)と呼ばれます。QOFはコード空間を広げる代わりに干渉を増やすという副作用があります。

レシーバは、QOFチャネルの干渉が存在してもWalshチャネルを復調できなければなりません。したがって、レシーバ・テスト信号源はQOFコードで拡散されたCDMA2000チャネルを生成する必要があります。

## 付録：AgilentのCDMA2000移動機 デザイン／テスト用ソリューション

このセクションでは、CDMA2000のMSデザインの開発とテストのためのAgilentのソリューションを紹介します。

### デザイン・ソフトウェアとハードウェア検証用 シミュレーション

Agilentの電子デザイン・オートメーション・ソフトウェアと、信号源やシグナル・アナライザなどのAgilentのテスト機器とを接続することで、デザインと製造の早い時期に問題を発見でき、開発のリスクとコストを最小限に抑えることができます。Agilent Technologiesのシミュレーション・テスト接続ソリューションを使えば、ハードウェアの測定器だけでなく、Advanced Design System (ADS)を使ったシステムや回路のデザインとシミュレーションをデザイナーの道具として利用できます。コネクテッド・ソリューションを使うことによりデザインのトレードオフや仮定を評価するためのシミュレーションをすばやく実行でき、シミュレートした信号を実際のRFテスト信号に変換してハードウェア・テストに利用できます。反対に、DUTから測定した出力信号をADSに取り込んで、シミュレーション環境で詳細な解析を行うこともできます。

CDMA2000システムのデザイナーは、コネクテッド・ソリューションを利用して以下のことを実行できます。

- シミュレーションを使って欠けているハードウェアをモデリングすることにより、部分的なRFハードウェアによってシステム・レベル性能を評価する
- シミュレーションを使って欠けているベースバンド機能をモデリングすることにより、RF性能(BERなど)を評価する
- デザイン／製造サイクル全体を通じてシステム性能の連続性のある評価を行うことで、リスクとコストを低減する
- シミュレートした障害を使って、システム性能をテスト・ベンチで評価する

CDMA2000コンポーネントのデザイナーは、コネクテッド・ソリューションを使うことで、コンポーネントが実際に使用される環境を反映した現実的な信号を使用できます。以下のような用途が挙げられます。

- コンポーネントDUTのテスト/デモンストレーションを行う。トランスミッタ/レシーバ・チェーンをシミュレーションでモデリングすることにより、システム内でどのように動作するかを示す。
- シミュレーションでモデリングしたさまざまな信号フォーマットを使って、コンポーネントのテスト/デモンストレーションを行う。
- DUTの性能限界を評価する。入力信号がどの程度劣化していても仕様を満たすことができるか。

コネクテッド・ソリューションとADSのCDMA2000ライブラリの詳細については、[www.agilent.com/find/advanced](http://www.agilent.com/find/advanced)を参照してください。

## 信号生成

コンポーネント・テストのためには、Agilent E4438C ESGとオプションE4438C-4011の組み合わせにより、フォワード/リバース・リンク方向のマルチキャリアCDMA2000テスト信号を生成できます。統計的に正しいこれらの信号は、実際の信号と全く同じようにCDMA2000移動機のコンポーネントとサブシステムにストレスをかけるように設計されています。使いやすいインターフェースを使って、以下のことが可能です。

- 拡散レートを選択する (SR1またはSR3)
- マルチキャリア・テストのための最大12個の搬送波を生成する
- テーブル・エディタを使って、各搬送波に対して最大256個のチャンネルを必要に合わせて設定する
- 3GPP2標準設定を含む定義済みCDMA2000チャンネル構成の中から選択する
- 信号のピーク・アベレージ・パワーをクリッピングして、増幅器への負荷を減らす
- 信号のCCDF曲線とコード・ドメイン・パワーを表示する

E4438C ESGの性能が必要な場合、基本的な機能を持つESG-D/DPシリーズRF信号発生器も用意されています。

レシーバ・テストのためには、E4438C ESGとオプションE4438C-4011<sup>1</sup>の組み合わせによって、完全にコーディングされたフォワード/リバース・リンク・フレームを持つCDMA2000テスト信号を作成できます。高レベルのチャンネル・コーディングにより、レシーバの復調解析機能をさまざまなデザイン段階で徹底的に評価できます。完全にコード化されたフレーム列が搬送波上で連続的に生成され、BTSの感度、ダイナミック・レンジ、隣接チャンネル選択度、トラヒック・チャンネル復調、FER/CRC検証、BERテストを実行できます。使いやすいインターフェースにより、以下のことが可能です。

- フィルタ・タイプやロング・コード・ステートなどのBTSパラメータを設定する
- 便利なテーブル・エディタを使ってチャンネルを構成する
  - パイロット、同期、ページング、クイック・ページング、基本、補助1、補助2、OCNSなどのチャンネル・タイプを選択する
  - Walshコード、データ・タイプ、無線構成、ビット・レート、個別チャンネル・パワーなどの関連パラメータを定義する
- 1台のESGで最大8個のフォワード・リンク・チャンネルをシミュレートする
- ベースバンド検証のためのシングルエンドまたは差動I/Q出力を選択する
- ノイズの影響をテストするためにEb/NoまたはC/Nを変更する

これら2つのアプリケーションのためのCDMA2000信号は、RC1またはRC2を選択した場合、IS-95システムと互換性があります。その他のCDMA機能、仕様、アプリケーションについては、AgilentのウェブサイトにあるオプションE4438C-401プロダクト・オーバービュー (カタログ番号5988-4430JA) をご覧ください。Agilent ESGの詳細については、[www.agilent.co.jp/find/ESG](http://www.agilent.co.jp/find/ESG)をご覧ください。

---

1. ベースバンド・ジェネレータ、オプションE4438C-001 (8Mサンプル波形メモリ) またはオプションE4438C-002 (32Mサンプル・メモリ) が必要です。1台のベースバンド・ジェネレータで、コンポーネントおよびレシーバ・テスト・アプリケーションのための任意波形モードとリアルタイム・モードの両方をサポートします。

## CDMA2000 1xEVテスト

E4438C ESGは、Signal Studioソフトウェア・オプションを付加することで、CDMA2000 1xEVテスト信号を生成できます。Signal Studioオプションは、ESGで再生する1xEVテスト信号を作成するためのグラフィカル・ユーザ・インタフェースを提供します。標準で指定されている高いデータ・レートと変調タイプが選択可能です。さまざまなクレスト・ファクタとチャンネル設定でコンポーネントをテストするための信号を作成できます。トラヒック・チャンネルと制御チャンネルの完全なコーディングと、疑似ランダム・ペイロード・データにより、アクセス・ターミナル・レシーバのフォワード・リンクのPERおよびBERテストを実行できます。最新の1xEVテクノロジーについては、[www.agilent.co.jp/find/signalstudio](http://www.agilent.co.jp/find/signalstudio)をご覧ください。

## パワー・メータおよびセンサ

Agilent EPM-Pシリーズ・パワー・メータとE9320ピーク・アベレージ・パワー・センサを使えば、CDMA2000信号のピーク、アベレージ、ピーク・アベレージ比パワー測定が可能です。高速テスト時間に加え、 GPIB経由で毎秒最大1,000個の補正済みデータの転送が可能です。この結果、スループットを改善でき、発売と製造スケジュールを守ることができます。E9320ピーク・アベレージ・パワー・センサは、最大ビデオ帯域幅が5 MHzで、CDMA2000パワー測定に最適です。

EPM-Pアナライザ・ソフトウェアは、CD-ROMで提供されるPC上のツールで、パルスおよび統計解析が可能です。CDMA2000に対しては、パワー分布の統計解析により、増幅器の圧縮テストなど、システム・デザインを最適化するために不可欠な測定が実行できます。パワー・メータおよびセンサの詳細については、[www.agilent.co.jp/find/powermeters](http://www.agilent.co.jp/find/powermeters)をご覧ください。

## バッテリー・ドレイン解析のための電源とソフトウェア

Agilent 66319B/D、66321B/Dシングルおよびデュアル出力高性能電源は、内蔵されたDSPベースのデジタル化測定システムにより、きわめて高速な過渡出力応答を実現します。14565Aデバイス特性評価ソフトウェアと組み合わせることで、バッテリー・ドレイン電流をミリ秒から数週間単位で記録し、解析できます。デジタル無線機器のテストのための以下の機能を搭載しています。

- メイン・バッテリー (シングルまたはデュアル出力) およびパワー・アダプタ (デュアル出力) を代替
- 高速な出力応答とプログラム可能な出力抵抗により、バッテリーの特性をエミュレート
- パルス状の電流ドレインから生じる長いケーブルの過渡電圧降下を最小化
- バッテリー充電回路のテストと校正のためのメイン出力のソース/シンク機能
- すべての動作モード (オフ、スリープ、スタンバイ、アクティブ) でバッテリー電流ドレインを正確に測定可能
- 14565Aソフトウェアと組み合わせて、最高15.6 msの分解能で電流ドレイン波形を捕捉してグラフ化、解析
- 14565Aソフトウェアと組み合わせて、最大1,000時間という長期間のバッテリー・ドレインを記録。データ・ログまたはCCDF表示によって結果をグラフ化、解析

電源の詳細については、[www.agilent.co.jp/find/mobilepower](http://www.agilent.co.jp/find/mobilepower)を参照してください。

## 信号解析

下の表は、Agilentシグナル・アナライザと、それぞれのCDMA2000 MSトランスミッタ・テストのための測定機能の一覧です(2002年11月現在)。シグナル・アナライザの詳細については、[www.agilent.co.jp/find/spectrumanalyzer](http://www.agilent.co.jp/find/spectrumanalyzer)を参照してください。

表1 CDMA2000 SR1のためのアジレント製品の信号解析機能

CDMA2000		Agilentシグナル・アナライザ				
		ベクトル・シグナル・アナライザ			スペクトラム・アナライザ	
測定		E4406A VSA トランス ミッタ・ テスタ <sup>1</sup>	89400A シリーズ・ ベクトル・ シグナル・ アナライザ <sup>2</sup>	89600 ベクトル・ シグナル・ アナライザ <sup>2</sup>	PSA シリーズ・ スペク トラム・ アナライザ <sup>1</sup>	ESA-E シリーズ・ スペク トラム・ アナライザ <sup>1</sup>
チャンネル・パワー		●	● <sup>3</sup>	● <sup>3</sup>	●	●
占有帯域幅		●	● <sup>3</sup>	● <sup>3</sup>	●	●
帯域内 エミッション	ACPR	●	● <sup>3</sup>		●	●
	帯域内 スプリアス	●	● <sup>3</sup>		●	● <sup>3</sup>
帯域外エミッション (スプリアス/高調波)					● <sup>5</sup>	● <sup>3</sup>
ピーク・アベレージ・パワー比		●	●	●	●	●
CCDF		●	●	●	●	●
変調品質	ρ	●	● <sup>4</sup>	●	●	
	QPSK EVM	●	●	●	●	●
	コンボジット EVM	●		●	●	● <sup>5</sup>
	I/Qオフセット	●	●	●	●	● <sup>5</sup>
	周波数確度	●	●	●	●	● <sup>5</sup>
	コード・ ドメイン・パワー	●		●	●	● <sup>5</sup>
	シンボルEVM	●		●	●	● <sup>5</sup>
	シンボル・パワー 対時間	●		●	●	● <sup>5</sup>
	コンボジット・ チップ・パワー 対時間	●		●	●	● <sup>5</sup>
復調ビット	●		●	●	● <sup>5</sup>	

注記:

1. CDMA2000 測定構成済み。
2. CDMA2000 (または cdmaOne) 測定の一部が構成済み。他の測定のパラメータは指定通りに手動で設定する必要があります。
3. 手動測定(自動スプリアス・サーチまたは ACPR 測定はなし)
4. ρにはいくつかの解釈があります。89400シリーズ・ベクトル・シグナル・アナライザは、いくつかの仮定の下で ρ 測定を実行できます。
5. 手動測定。
6. オプションの89600ソフトウェア・リンクを使って測定を実行できます。

## Agilent 8960シリーズ10ワイヤレス・ コミュニケーション・テスト・セット用 CDMA2000移動機テスト・アプリケーション

アジレントのCDMA2000移動機テスト・ソリューションは、CDMA2000移動機の品質とRF性能を検証するために必要な基本的なRFパラメトリック・テストおよびコール・プロセッシングを提供し、製品デザインの最終決定と製造までの時間を短縮します。このテスト・ソリューションは、コール・プロセッシングを使って超高速のCDMA2000トランスミッタ/レシーバ・テストを実行する能力があり、標準のテスト・サービス・オプションまたは移動機校正用のテスト・モードでトラフィックまたは基本チャンネルを設定します。CDMA2000移動機テスト・アプリケーションの詳細については、[www.agilent.co.jp/find/8960](http://www.agilent.co.jp/find/8960)をご覧ください。

トランスミッタ・テスト：

- 最大パワー
- 最小パワー
- マルチコード波形品質 (コンポジット $\rho$ およびEVM)
- ハンドオフ波形品質
- 開ループ・パワー確度
- 開ループ・パワー校正
- アクセス・プローブ・パワー
- コード・ドメイン・パワー

レシーバ・テスト：

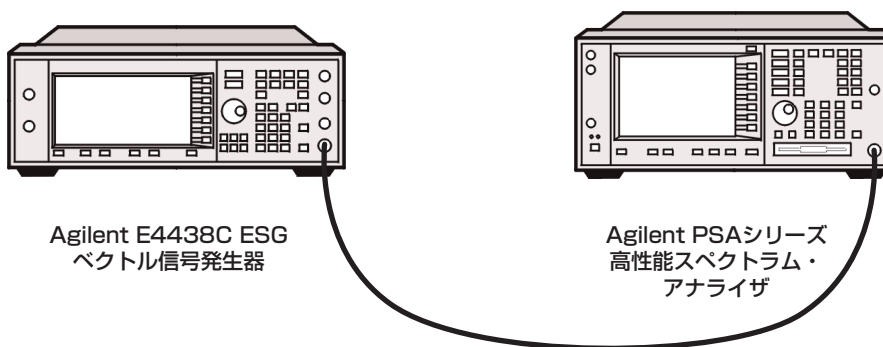
- 感度
- ダイナミック・レンジ
- 付加白色ガウス・ノイズ (AWGN) を伴う復調

完全にコード化されたCDMA2000フォワード・リンク・エミュレーションは、RC1~5と、これらの構成に対応するすべての補助チャネル・データ・レートをサポートします。信号生成機能としては、CDMA2000チャネル (F-pilot、F-sync、F-paging、F-FCH、F-SCH、F-OCNS)、CDMA2000変調 (パイロット/同期/ページング・チャネル用のパラレルBPSK、F-FCH用のQPSK)、AWGN信号源 (最小帯域幅1.8 MHz) が用意されています。使いやすいフロントパネル・コントロールと GPIB によるリモート制御により、フォワード・リンク・エミュレーションを柔軟に制御できます。

このCDMA2000テスト・ソリューションは高性能のAgilent 8960シリーズ10テスト・セットに基づいているため、超高速の測定速度、プログラミングの容易さ、正確さ、信頼性、世界に広がるサービスとサポートといった利点も得られます。これらの定評ある特長により、テスト開発時間を短縮し、スループットを改善し、サポート・コストを最小限に抑えることができます。8960シリーズ10は強力なマルチフォーマット・テスト・プラットフォームでもあり、現時点でGSM (Global System for Mobile communication)、GPRS (General Packet Radio Service)、AMPS (Advanced Mobile Phone System) /IS-136に対応したテスト・アプリケーションが用意されているので、業界最高の製造の柔軟性が得られます。

## 測定例に使用した機器

本アプリケーション・ノートの測定例と画面イメージは、以下の機器を使って得たものです。



# 略語集

2G	.....Second Generation (第2世代)
3G	.....Third Generation (第3世代)
3GPP2	.....Third-Generation Partnership Project 2 (第3世代パートナーシップ・プロジェクト2)
ACP	.....Adjacent Channel Power (隣接チャンネル漏洩電力)
ACPR	.....Adjacent Channel Power Ratio (隣接チャンネル漏洩電力比)
ADS	.....Advanced Design System (アドバンスド・デザイン・システム)
AMPS	.....Advanced Mobile Phone System
ARIB	.....Japanese Association of Radio Industries and Businesses (日本の電波産業会)
AWGN	.....Additive White Gaussian Noise (付加白色ガウス・ノイズ)
BPSK	.....Binary Phase Shift Keying (バイナリ位相シフト・キーイング)
BTS	.....Base Transceiver Station (基地局)
CCDF	.....Complementary Cumulative Distribution Function (相補累積分布関数)
CDMA	.....Code Division Multiple Access (コード・ドメイン多元接続)
cdmaOne	.....EIA/TIAの第2世代標準 (一般にIS-95と呼ばれる) を指す名称
CDMA2000	.....EIA/TIAの第3世代標準 (IS-2000) を指す名称
CRC	.....Cyclic Redundancy Check (巡回冗長検査)
DS	.....Direct Sequence (直接シーケンス)
DSP	.....Digital Signal Processing (デジタル信号処理)
EVM	.....Error Vector Magnitude (エラー・ベクトル振幅)
F-DCCH	.....Forward Dedicated Control Channel (フォワード専用制御チャンネル)
FER	.....Frame Error Rate (フレーム・エラー・レート)
F-FCH	.....Forward Fundamental Channel (フォワード基本チャンネル)
FIR	.....Finite Impulse Response (有限インパルス応答)
F-Paging	.....Forward Paging (フォワード・ページング)
F-Pilot	.....Forward Pilot (フォワード・パイロット)
F-SCCH	.....Forward Supplemental Code Channel (フォワード補助コード・チャンネル)
F-SCH	.....Forward Supplemental Channel (フォワード補助チャンネル)
F-Sync	.....Forward Sync (フォワード同期)
F-Traffic	.....Forward Traffic (フォワード・トラフィック)
GMSK	.....Gaussian Minimum Shift Keying (ガウシアン最小シフト・キーイング)
GPIB	.....General Purpose Instrument Bus
GPRS	.....General Packet Radio Service
GSM	.....Global System for Mobile Communications
GPS	.....Global Positioning System
HPSK	.....Hybrid Phase Shift Keying (ハイブリッド位相シフト・キーイング)
IF	.....Intermediate Frequency (中間周波数)
IMT-2000	.....International Mobile Telecommunications-2000
I/Q	.....In-phase/Quadrature (同相/直交位相)
IS-136	.....米国のタイム・ドメイン多元接続の暫定標準
IS-2000	.....EIA/TIA暫定標準2000 (CDMA2000参照)
IS-95	.....米国の符号分割多元接続の暫定標準
LO	.....Local Oscillator (局部発振器)
LSB	.....Least Significant Bit (最下位ビット)
MS	.....Mobile Station (移動機)
MSB	.....Most Significant Bit (最上位ビット)
OCNS	.....Orthogonal Channel Noise Simulator (直交チャンネル・ノイズ・シミュレータ)
OCQPSK	.....Orthogonal Complex Quadrature Phase Shift Keying (直交複素クォドラチャ位相シフト・キーイング)
OQPSK	.....Offset Quadrature Phase Shift Keying (オフセット・クォドラチャ位相シフト・キーイング)
OVSF	.....Orthogonal Variable Spreading Factor (直交可変拡散率)
PSK	.....Phase Shift Keying (位相シフト・キーイング)
QAM	.....Quadrature Amplitude Modulation (クォドラチャ振幅変調)
QOF	.....Quasi-Orthogonal Functions (準直交関数)
QPSK	.....Quadrature Phase Shift Keying (クォドラチャ位相シフト・キーイング)
R&D	.....Research and Development (研究開発)
RC	.....Radio Configuration (無線構成)
RF	.....Radio Frequency (無線周波数)
R-CCCH	.....Reverse Common Control Channel (リバース共通制御チャンネル)
R-DCCH	.....Reverse Dedicated Control Channel (リバース専用制御チャンネル)
R-EACH	.....Reverse Enhanced Access Channel (リバース・エンハンスド・アクセス・チャンネル)
R-FCH	.....Reverse Fundamental Channel (リバース基本チャンネル)
RMS	.....Root Mean Square (2乗平均平方根、実効値)
R-Pilot	.....Reverse Pilot (リバース・パイロット)
R-SCH	.....Reverse Supplemental Channel (リバース補助チャンネル)
SR	.....Spreading Rate (拡散レート)
TIA	.....Telecommunications Industries Association (米国通信工業会)
TTA	.....Korean Telecommunications Technology Association (韓国情報通信技術協会)
TTC	.....Telecommunication Technology Committee (日本の情報通信技術委員会)
W-CDMA	.....Wideband-Code Division Multiple Access (広帯域符号分割多元接続) (3Gシステム)
UE	.....User Equipment (ユーザ機器、P8参照)

これらの略語や無線産業に関するその他の用語については、  
[www.agilent.com/find/wireless](http://www.agilent.com/find/wireless)にある無線用語集をご覧ください。

## 参考文献

- [1] 『Understanding CDMA Measurements for BSs and Their Components』  
Application Note 1311、カタログ番号5968-0953E
- [2] Ken Thompson, "Concepts of cdma2000," Wireless Symposium, 1999.
- [3] 『HPSK Spreading for 3G』 Application Note 1335、  
カタログ番号5968-8438E
- [4] 『W-CDMA携帯電話端末のデザインとテスト』  
Application Note 1356、カタログ番号5980-1238J
- [5] 『Characterizing Digitally Modulated Signals with CCDF Curves』  
Application Note、カタログ番号5968-6875E
- [6] 『デジタルRF送信機デザインのテストおよびトラブルシューティング』  
Application Note 1313、カタログ番号5968-3578J

## 関連カタログ

- 『89400 Series Vector Signal Analyzers』カタログ番号5965-8554E
- 『E4406A ベクトル・シグナル・アナライザ』カタログ番号5968-7618J
- 『EPMシリーズ パワー・メータ』カタログ番号5965-6380J
- 『EPM-Pシリーズ シングル/デュアル・チャネル・パワー・メータE9320ファミリ ピーク/アベレージ・パワー・センサ』カタログ番号5980-1471J
- 『ESA-Eシリーズ・スペクトラム・アナライザ』カタログ番号5968-3278J
- 『ESGファミリRFデジタル/アナログ信号発生器』カタログ番号5968-4313J
- 『ESG信号発生器/オプション201リアルタイムIS-2000移動体レシーバ測定』  
Product Note、カタログ番号5968-9551J
- 『ADSと測定器リンクによるConnected Solution』  
Application Note 1394、カタログ番号5988-6044JA
- 『Considerations When Selecting a System Power Supply for Mobile Communications Device Testing』 Application Note 1310、カタログ番号5968-2424E
- 『Designing and Testing cdma2000 Base Stations』 Application Note 1357、  
カタログ番号5980-1303E
- 『EDA-Instrument Connected Solutions』 Configuration Guide、カタログ番号5988-6561EN
- 『Fundamentals of RF and Microwave Power Measurements』  
Application Note 64-1B、カタログ番号5965-6630E
- 『Generating Custom, Real-World Waveforms for 3G Wireless Applications』  
Application Note 1298、カタログ番号5968-8388E
- 『デジタルRF受信機デザインのテストおよびトラブルシューティング』  
Application Note 1313、カタログ番号5968-3579J
- 『E4440A PSAシリーズ・スペクトラム・アナライザ』カタログ番号5980-1283J
- 『89600シリーズ超広帯域ベクトル・シグナル・アナライザ』カタログ番号5980-0723J
- 『8960シリーズ10無線通信テスト・セット』カタログ番号5968-7876J

MATLABはMath Work, Inc.の登録商標です。

MicrosoftとExcelは、Microsoft Corporationの米国における登録商標です。

アジレント・テクノロジー株式会社

本社 〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

計測  
お客様窓口

受付時間 9:00~19:00  
(12:00~13:00も受付中)  
※土・日・祭日を除く

FAX、E-mail、Webは24時間受け付けています。

TEL ☎0120-421-345  
(0426-56-7832)

FAX ☎0120-421-678  
(0426-56-7840)

E-mail:contact\_japan@agilent.com

電子計測ホームページ

<http://www.agilent.co.jp/find/tm>

- 記載事項は変更になる場合があります。  
ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2003

アジレント・テクノロジー株式会社

### サポート、サービス、およびアシスタンス

アジレント・テクノロジーが、サービスおよびサポートにおいてお約束できることは明確です。リスクを最小限に抑え、さまざまな問題の解決を図りながら、お客様の利益を最大限に高めることにあります。アジレント・テクノロジーは、お客様が納得できる計測機能の提供、お客様のニーズに応じたサポート体制の確立に努めています。アジレント・テクノロジーの多種多様なサポート・リソースとサービスを利用すれば、用途に合ったアジレント・テクノロジーの製品を選択し、製品を十分に活用することができます。アジレント・テクノロジーのすべての測定器およびシステムには、グローバル保証が付いています。製品の製造終了後、最低5年間はサポートを提供します。アジレント・テクノロジーのサポート政策全体を貫く2つの理念が、「アジレント・テクノロジーのプロミス」と「お客様のアドバンテージ」です。

### アジレント・テクノロジーのプロミス

お客様が新たに製品の購入をお考えの時、アジレント・テクノロジーの経験豊富なテスト・エンジニアが現実的な性能や実用的な製品の推奨を含む製品情報をお届けします。お客様がアジレント・テクノロジーの製品をお使いになる時、アジレント・テクノロジーは製品が約束どおりの性能を発揮することを保証します。それらは以下のようなことです。

- 機器が正しく動作するか動作確認を行います。
- 機器操作のサポートを行います。
- データシートに載っている基本的な測定に係わるアシスタンスを提供します。
- セルフヘルプ・ツールの提供。
- 世界中のアジレント・テクノロジー・サービス・センターでサービスが受けられるグローバル保証。

### お客様のアドバンテージ

お客様は、アジレント・テクノロジーが提供する多様な専門的テストおよび測定サービスを利用することができます。こうしたサービスは、お客様それぞれの技術的ニーズおよびビジネス・ニーズに応じて購入することが可能です。お客様は、設計、システム統合、プロジェクト管理、その他の専門的なサービスのほか、校正、追加料金によるアップグレード、保証期間終了後の修理、オンサイトの教育およびトレーニングなどのサービスを購入することにより、問題を効率良く解決して、市場のきびしい競争に勝ち抜くことができます。世界各地の経験豊富なアジレント・テクノロジーのエンジニアが、お客様の生産性の向上、設備投資の回収率の最大化、製品の測定精度の維持をお手伝いします。



Agilent Technologies

March 31, 2003

5980-1237J

0000-00DEP