

本資料は下記書籍を基に作成されたものです。文章の内容の正確さは保証できないため、正確な知識を求める方は原文、参考資料を参照してください。

題目：携帯電話はなぜつながるのか

著者：中嶋信生・有田武美

発行日：2007年7月9日第1刷

出版社：日経BP社

# 携帯電話はなぜつながるのか

名城大学工学部情報工学科  
渡邊研究室  
伊藤智洋



## 始めに

- ◆現在では、携帯電話は非常に多くの人が使用しており、使用される状態や周囲の環境によって通信の品質が左右されます。
- ◆今回は、携帯電話の通信において通信の品質の確保や複数の人が何故同時に通話を行うことができるのか、そのために用いられる技術について説明します。

# 携帯電話の通信の構成

無線アクセスネットワーク、コアネットワーク

## 無線通信において大切なこと

- ◆ 通信品質の良さ
- ◆ 携帯電話端末の電池
- ◆ 周波数の利用効率

## 条件を満たすための重要な技術

- ◆ 「アンテナと電波伝搬」技術
- ◆ 変復調技術
- ◆ ダイバーシティ及び誤り訂正技術
- ◆ 無線アクセス制御

# 携帯電話のネットワーク構成

携帯電話はまず、無線アクセスネットワーク部分とコアアクセスネットワーク部分があります。

## 無線アクセスネットワーク

- ◆ 小規模なノードビル(無線アクセス制御等)
- ◆ 無線基地局

## コアネットワーク

- ◆ 大規模なノードビル(ゲートウェイ、ホームメモリー等)

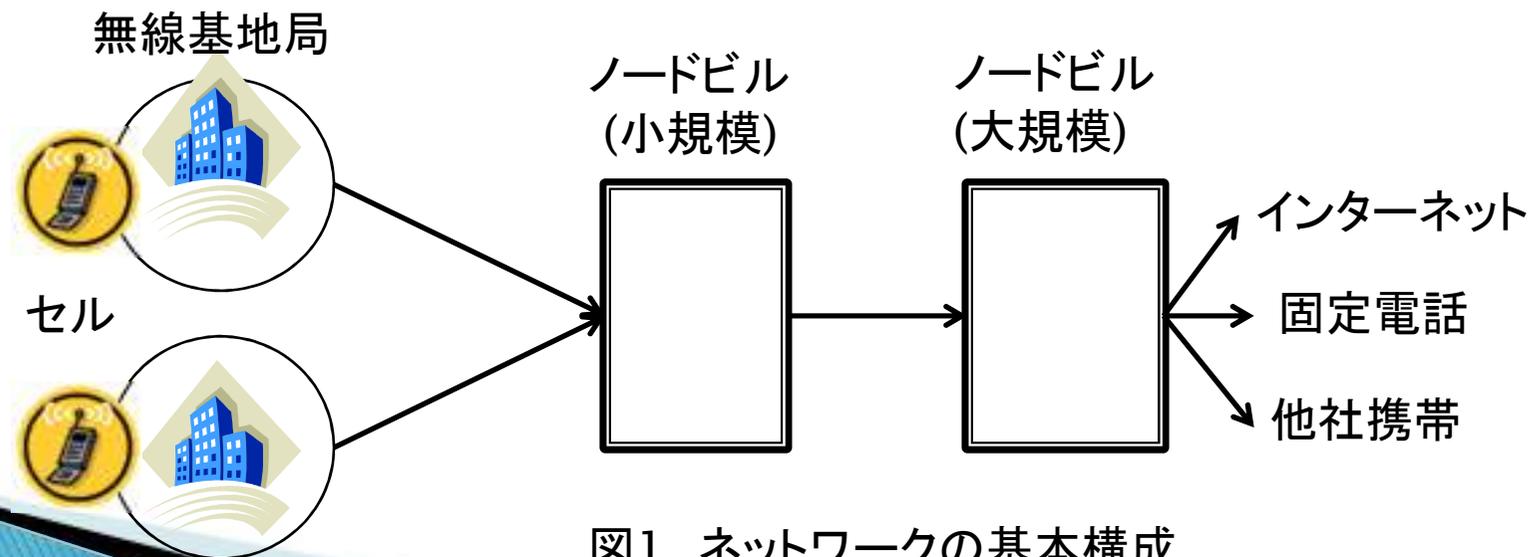


図1. ネットワークの基本構成

# 無線通信において大切なこと

## ◆ 通信品質の良さ

- 携帯電話同士の干渉の回避
- フェージング対策
- アンテナの感度
- 無線基地局からの電波送信

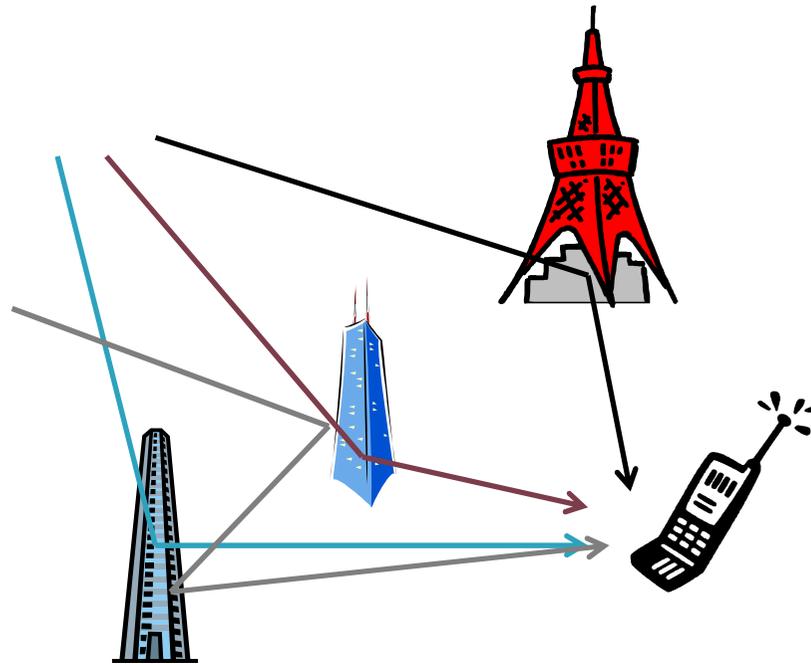
## ◆ 携帯電話端末の電池を長持ちさせる

- 無線基地局からの受信の制限

## ◆ 周波数の利用効率

## フェージング

- ◆「フェージング」とは、建物表面からの反射や回折によって、複数の電波が干渉して生じる現象である。
- ◆電波が干渉することにより、通信品質の低下及び情報の誤認識に繋がる。



# 「アンテナと電波伝搬」技術

## アンテナの工夫

- ◆ 無指向性
- ◆ モノポール型（長さは1/4波長分）  
一般的なアンテナであり、約4cmにおいて最も効率が良い
- ◆ 逆F型アンテナ（板の1周が1/2波長分）  
内部に格納され2枚の板で構成される。板と板の間から電波を送信し、約2cm角が最も効率が良い  
→フェージング対策として、2本のアンテナを使うこともある

# 「アンテナと電波伝搬」技術

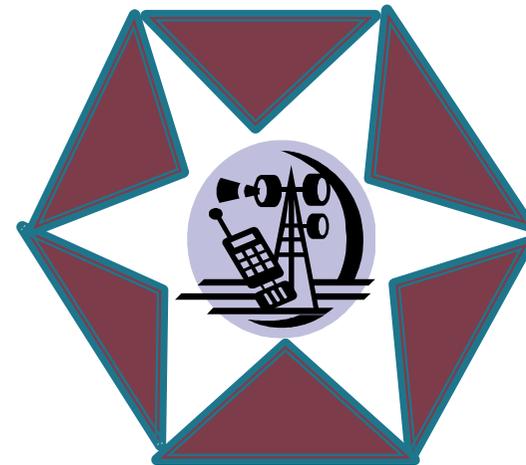
## 無線基地局の工夫

### 指向性の設定

水平方向に広い指向性、垂直方向に狭い指向性にして水平方向に高い利得を持たせる

### 扇の角度の設定

基地局の周囲360°を最大で6個のアンテナでカバーすることで利得を高くしている



# 変復調技術

## 変調

変調とは正弦波をルールに沿って変えることであり、このルールを変調方式という。

## 変調方式

PM (Phase Modulation、位置変調)

- ◆ BPSK (Binary Phase Shift Keying、2相位相変調)
- ◆ QPSK (Quadrature Phase Shift Keying、4相位相変調)

BPSK、QPSKともにキャリアの位相を変えて相手に情報を伝えます。この際、音声をデジタル化した0と1の数値をキャリアの位相に割り当てます。

BPSK:「0」を「位相変化無し」( $0^\circ$ )、「1」を「逆相」( $180^\circ$ )

QPSK: QPSKでは2ビットずつ位相に割り当てる

「00」( $0^\circ$ )、「01」( $90^\circ$ )、「11」( $180^\circ$ )、「10」( $270^\circ$ )

以上に提示した、BPSKでは2通り、QPSKでは4通りの位相を使い、情報を送信する。

情報を送信する最小単位を「シンボル」と呼び、BPSKでは1シンボルで1ビット、QPSKでは1シンボルで2ビット送信できます。

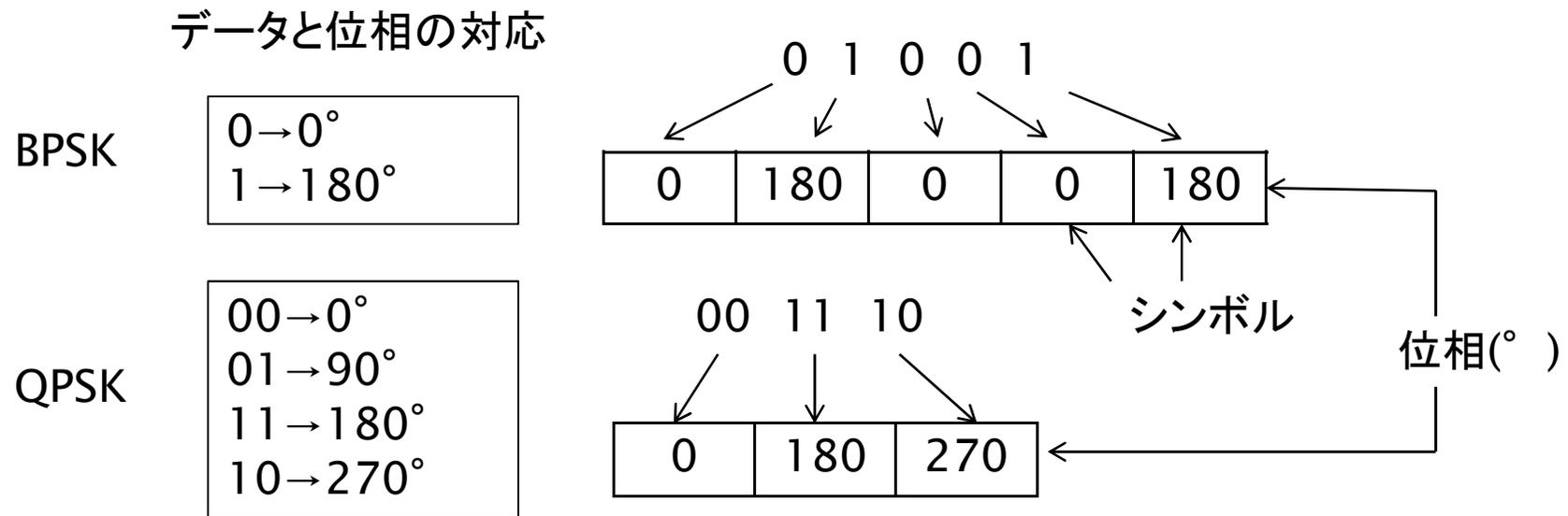


図2. BPSKとQPSKの違い

一般的に、携帯電話ではQPSKが用いられます。これはQPSKの方が、電波に多くの情報を乗せるため通信速度が上がるためです。ただし、BPSKではデータが壊れにくいという利点もあり電波が弱い部分で役に立ちます。

この変調方式の違いが、周波数の利得効率へ影響します。

無線通信では、フェージングの影響などを考慮し、以下の手順で復調を行っている。

1. ふり幅の一定化
2. 全波整流(波形に負の値を全て正に変換する)
3. 1/2分周(周波数を半分にして、送信側のキャリアを作る)
4. 1と3の波を掛け合わせる
5. 平滑化して元の波に戻す
6. -1を0に変換

以上の作業を行い、元の信号に戻しています。

# ダイバーシティ及び誤り訂正技術

## ダイバーシティ

ダイバーシティとは、複数のアンテナを利用することで通信品質を保つ技術です。通常二つのアンテナを使います。

各アンテナにおいて受信する電波は独立しており、共に電波強度が鋭く落ちる確率は低い。

→各アンテナで受信した信号を、強い方を取るもしくは各電波を合成することで通信品質を保っている。

ダイバーシティの技術を用いることで、以下の図の様に強度が極端に落ちて  
いる部分が改善されていることが分かる。

利用選択は、最も受信強度が高くなるパターンを取得するアルゴリズムに  
よって選択される。

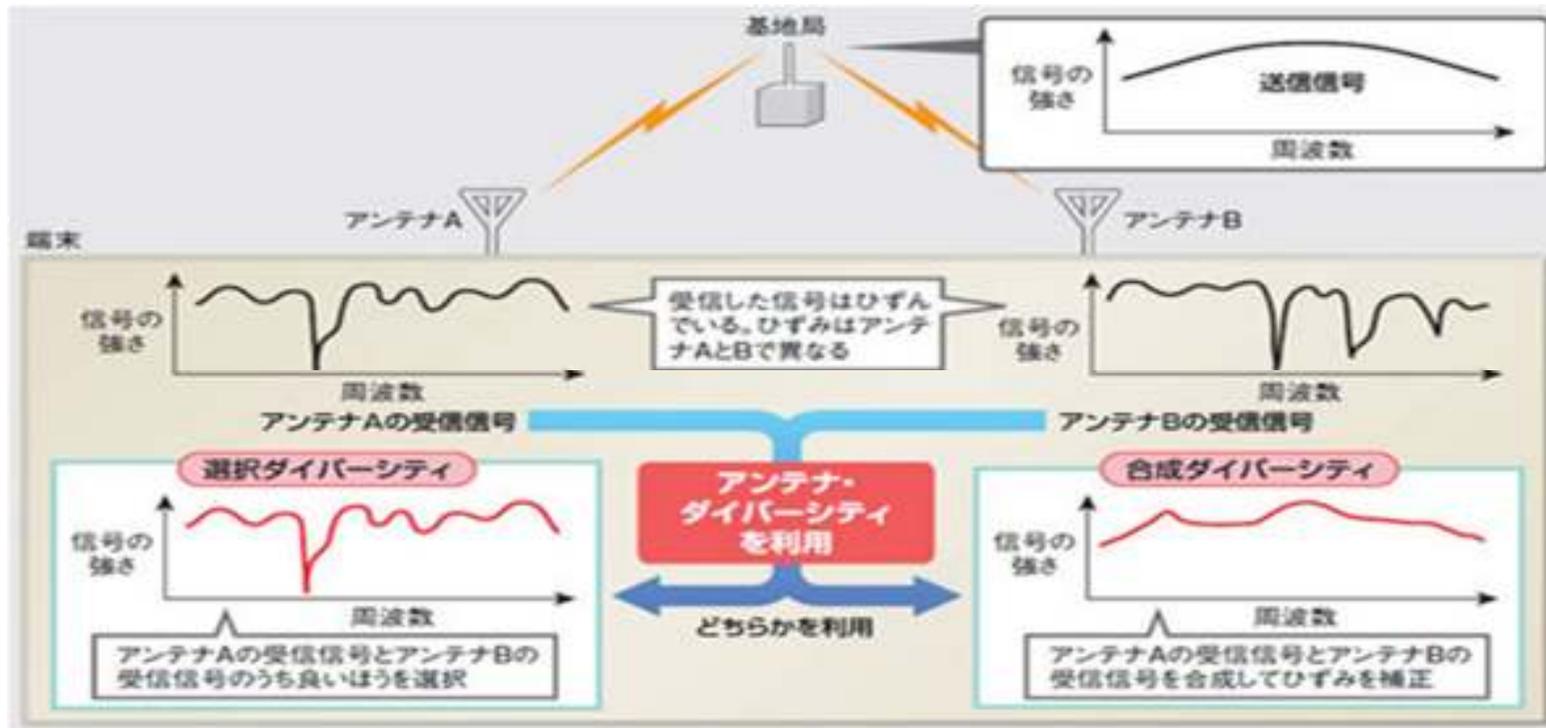


図3. ダイバーシティを利用した通信品質の改善

参考:ダイバーシティとビーム・フォーミング-マルチアンテナ  
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20071203/288601/>

## 誤り訂正技術

- ◆ 誤り訂正技術とは、アンテナで受信し復調した後、通信品質を改善する技術です。
- ◆ 本来「1」だった値を受信側が「0」と誤認する場合、この値を元に戻す技術であり、ダイバーシティと併用し品質を保っている。
- ◆ 誤り訂正には大きく分けて以下の2通りの方法があります。
  - FEC(Forward Error Correction)
  - ARQ(Automatic Repeat reQuest)

→ARQは無線通信部分で利用することは無いので、今回は説明しません。

## FEC(前方誤り訂正)

- ◆ FECとは、送信者側が情報に冗長性を付与することで、受信者側が誤りを検出し訂正することを可能にする技術です。
- ◆ FECの利点は、データの再送を防ぎ、高スループットを平均的に達成出来る。  
→再送がコスト高になる場合や不可能な場合に適用される。
- ◆ ビット誤り率は、一般的に100分の1( $10^{-2}$ )~1000分の1( $10^{-3}$ )として設計している。

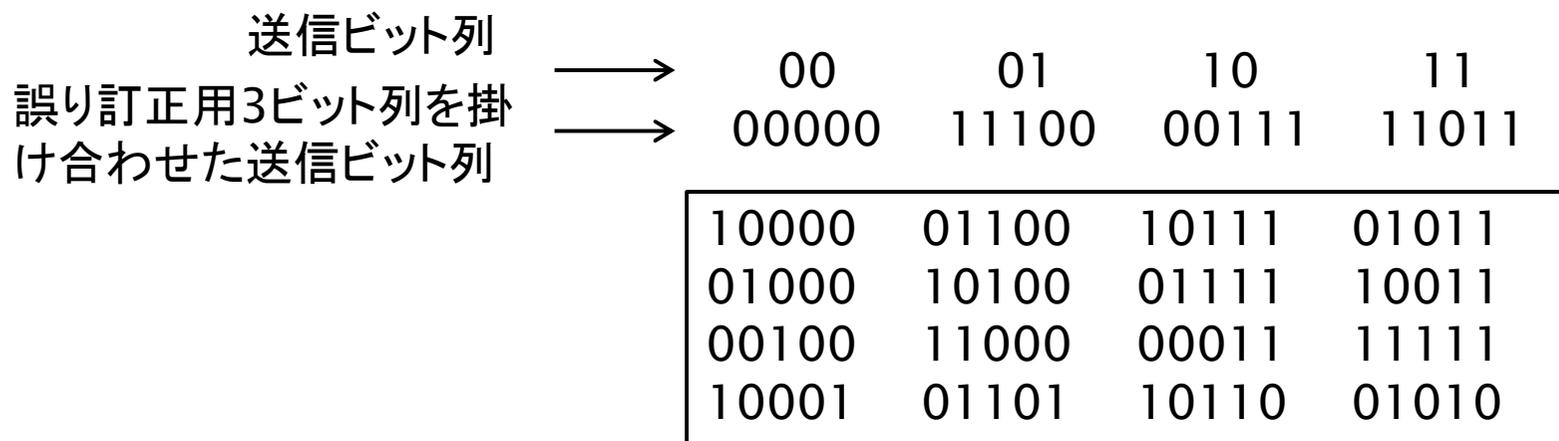


図4. FECの仕組み

上の表では、枠内に順に1ビット目、2ビット目、3ビット目、2ビット誤りがあった場合のビット列を示してある。

3ビット冗長性を付けることで、1ビットの誤りであれば元の情報を読み取ることが可能であることが分かる。

ただし、2ビット誤りが発生した場合、01における2ビット誤りと、11における1ビット目が誤りが同じ値になり判別することが出来なくなっている。

## 無線アクセス制御

無線アクセス制御技術は、各世代ごとに以下のような方式を使用している。

- ◆ 第一世代:周波数分割方式  
FDMA(Frequency Division Multiple Access)
- ◆ 第二世代:時分割方式  
TDMA(Time Division Multiple Access)
- ◆ 第三世代:符号分割方式  
CDMA(Code Division Multiple Access)

今回は、現在主流となっている第三世代のCDMAについて説明します。

# CDMA

CDMAは元々軍事用の「スペクトル拡散」という技術を応用した方式である。

CDMAには以下のような3個の特徴がある。

- ①高速データ通信が可能
- ②色々な通信速度のチャネルを混在できる
- ③周波数の利用効率が低い

CDMAでは、情報に符号(コード)を掛け合わせ(拡散)て送信し、受信側で同じコードをかけて(逆拡散)元の情報を復元します。

- 拡散 / 逆拡散のコードが分からなければ傍受出来ない
- 同じ周波数を使っても混信しない

# スペクトル拡散とは

送信情報に拡散(直行)コードを掛け合わせることで、パルス伝送速度を速くするものである。

拡散(直行)コードを用いることで、同じ周波数を使用しながら異なる通信チャンネルが混信せずに使用することが出来る。

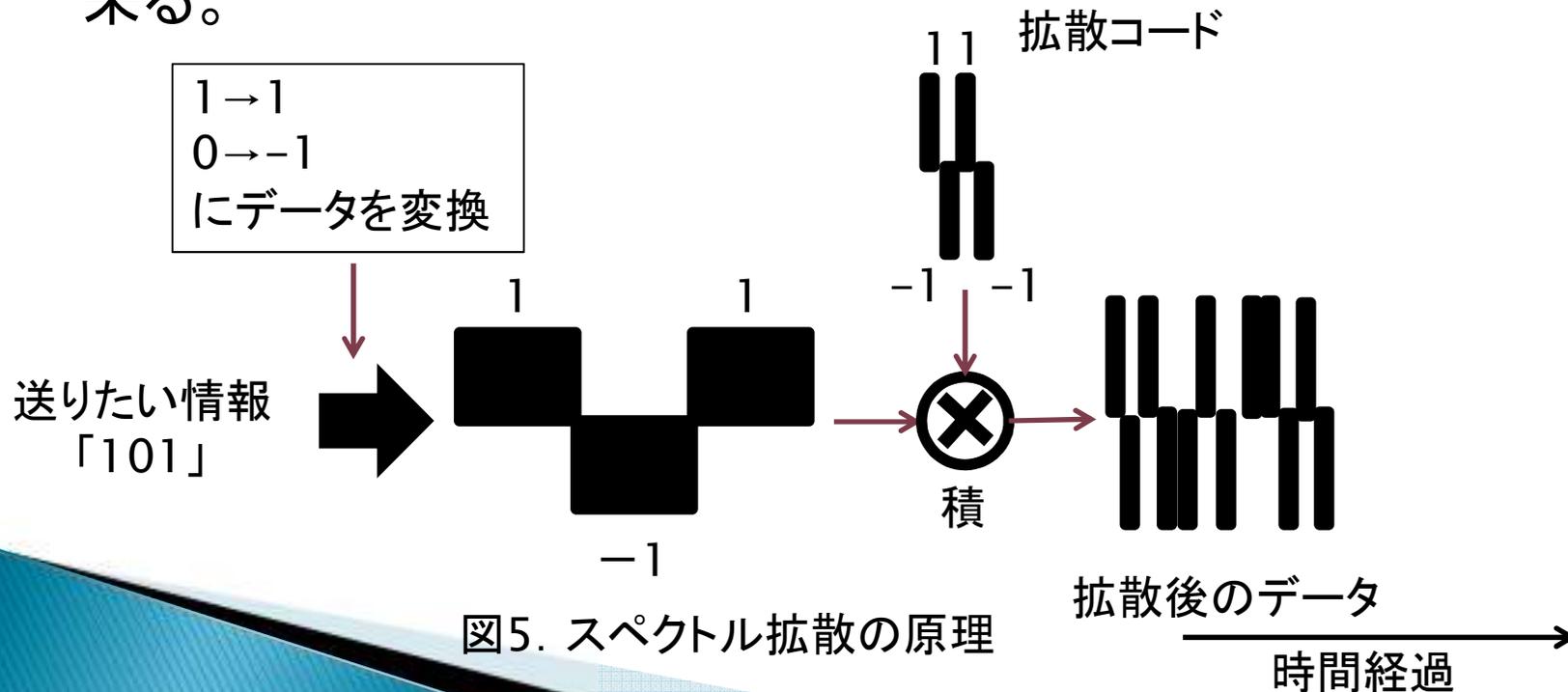


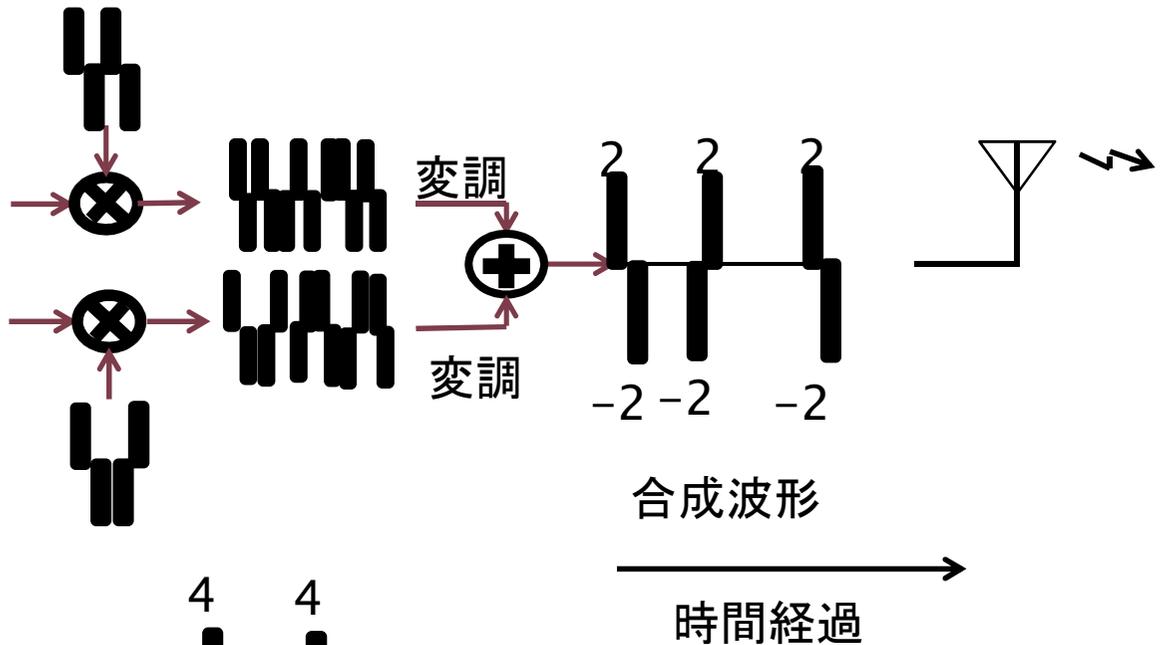
図5. スペクトル拡散の原理

# 無線基地局の動き

チャンネル1  
「101」



チャンネル2  
「100」



# 携帯端末の動き

チャンネル1の例

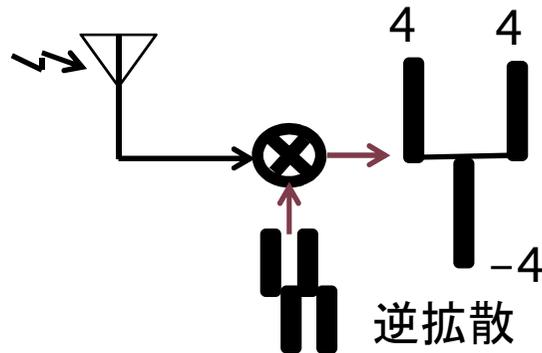


図6. CDMAの多重・伝送のイメージ

以上の動作を行うことで、混信を防いでいる。これはコードを用いないと逆拡散できないため可能となっている。

# 結び

無線通信には、様々な障害が存在している。これに対して、障害に対する技術が開発されることで通話が可能となっていることが分かる。

携帯電話が普及するに連れて、限られた周波数帯域の使用効率をどのようにして上げているのか、そして技術がどのように進歩してきたのかが分かる。