



### 第3章 セル構成によるユーザ数増大, ハンドオーバー, パワー・コントロールなど セルラー方式の基礎と 移動管理・端末制御

佐藤 拓朗  
Takuro Sato

#### セル構成

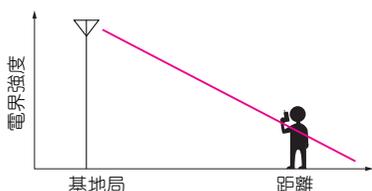
#### ■ ゾーン方式の登場

1946年に米国セントルイスで150 MHz帯を使って最初の自動車電話サービスが開始されました。1956年には450 MHz帯で12チャンネルを使ったサービスが開始され、1969年にIMTS(Improved Mobile Telephone System)として、自動交換方式によるサービスが開始されています。

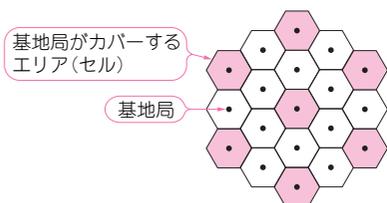
当時はモータリゼーションの真っ只中であり、運転しながらでも電話をしたいとの要求が大変強くなってきました。1971年にベル研究所からゾーン構成によるHCMTS(High Capacity Mobile Telephone System)が提案され、その後AMPS方式としてシカゴ・トライアルが行われました。その装置が第1章の写真1です。

#### ■ セルの形と周波数利用率

一つのエリアにいかにも多くの加入者を収容できるかは、加入者数の増大だけでなく、通信事業者の収入に



(a) 電界強度は距離に反比例する



(b) 隣り合ったセルに同一周波数を割り当てることはできない

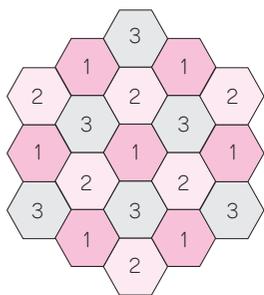
<図1> セルラー方式の基本アイデア

も影響するので重要な課題です。与えられた周波数で、一定のエリアでの加入者数がいくつになるかの指標として周波数利用率があります。

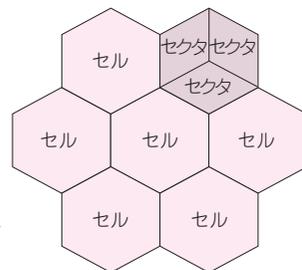
図1を見てください。FDMA方式では、同一周波数を隣接した基地局で使うと混信しますから、隣接したセルに同一周波数を割り当てることはできません。一方、電波は自由空間では距離の2乗(現実空間では約3.5乗)に反比例して減衰するので、十分離れれば同

<表1> セルの形と周波数利用率

セル構成	周波数利用率 $K$	セルの形と配置 $R$ : 半径, $D$ : セル中心間の距離
三角×3セル	$K = \left(\frac{D}{R}\right)^2$	
三角×6セル	$K = \frac{2}{3} \left(\frac{D}{R}\right)^2$	
正方セル	$K = \frac{1}{2} \left(\frac{D}{R}\right)^2$	
六角セル	$K = \frac{1}{2} \left(\frac{D}{R}\right)^2$	



〈図2〉  
三つの周波数を使えば隣接するセルからの混信を避けられる



〈図3〉  
セルとクラスタからなるゾーン構成

じ周波数を別の基地局で再利用できます。これがセルラー方式の基本です。

周波数利用率は、セルの形によって変化します。表1に、三角形セルによる3セル構成と6セル構成、正方セルの場合、六角セルの場合について、周波数利用率を求めてみました。表1の各図において、ピンク色の部分が同じ周波数を使えるセルとします。セルの半径を  $R$ 、同じ周波数を使えるセルの中心間の距離を  $D$  とすると、周波数利用率  $K$  は表中の各式で表せます。

また、六角形セルの場合、隣接する六つのセルからの混信を受けますが、図2のように少なくとも三つの周波数を割り当てれば、隣接セルからの混信を避けることができます。

幾何学が得意だった人はぜひチャレンジしてみてください。ここでは、結果だけを表に示します。

## 無線ネットワークと加入者数の増大化

### ■ マイクロセル化やセクタ化による加入者数増大

無線ネットワークは図3のように、六角形のセル構造で表すことができます。現実にはセル間に線が引いてあるわけではありませんが、基地局配置の設計思想として六角形をイメージしています。各セルには、基地

局が設置されています。これをゾーン構成と呼んでいます。また、各セルをいくつかのセクタに分けることにより、より密度の高いシステムを構成できます。これをセクタ方式と呼んでいます。

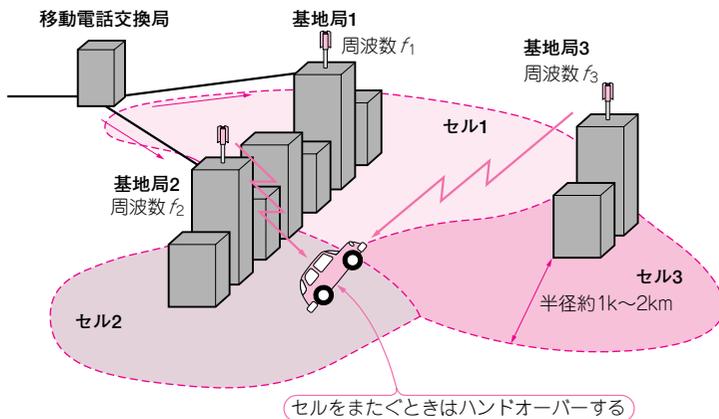
セルラー・システムにとって、このゾーン構成は加入者数を増大させるための重要な意味をもっています。無線のアクセス方式として、第1世代の携帯電話に使われたアナログ方式のFDMA (Frequency Division Multiple Access : 周波数分割多元) 方式について考えてみます。

#### ● セル・サイズと周波数利用効率

図4を見てください。携帯電話交換局から、各基地局へ有線のネットワークがつながっています。各基地局は、一定のエリアをサービス範囲として、決まった周波数で電波を送信しています。各基地局が同じ電波を出すとすると、移動局はどここのセルから到達した信号かわからなくなります。これがセル間干渉です。これを防ぐには、同じ周波数を隣接したセルでは使わないようにします。ある一定以上離れたセルで使うようにすれば良いのです。この距離は、信号と干渉信号の差を 12 dB 以上とるようにしています。この距離が幾らに相当するかは次式で求められます。

$$D/R \geq 4.6 \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 $D$  : 同じ周波数を使えるセル中心間の距離、 $R$  : セルの半径



〈図4〉  
FDMA(周波数分割多元アクセス)方式の構成