

## 石器時代の携帯電話開発 その3

今回からは、移動体通信<sup>1</sup>を支えるテクノロジーについて説明します。

今回は移動体通信に対する要求条件とその要求を満たすテクノロジーについて列挙します。各テクノロジーについての詳細についてはその4以降で説明します。

### “使ってみたい”移動体通信

テクノロジーの説明の前に“使ってみたい”移動体通信について考えてみます。

いつでも、持ち歩き、そして気軽に使えるという事を考えると、その要求条件は以下のようになります。

- 小型, 軽量化
- 廉価なサービス
- 高品質

これらの要求条件について掘り下げて説明します。

### 小型, 軽量化

携帯電話端末の重さは7年前で300g, 4年前で200g, そして現在はようやく100gをきるようになってきました。

また重量だけでなく、形状についても携帯に便利な薄型タイプが多く出ています。

小型, 軽量の携帯電話端末を作るためには以下の二つのアプローチがあります。

- 携帯電話端末の構成部品の小型, 軽量化(アプローチ①)
- 小型, 軽量化を容易にするシステムの導入(アプローチ②)

アプローチ①は携帯電話端末自体を小型, 軽量にするために、端末を構成する部品に小型, 軽量のものを用いるということです。どちらかと言えば直接的なアプローチとなります。

アプローチ②は携帯電話端末のみではなく、基地局も含めたシステム全体の最適化を行い端末の小型, 軽量化を実現しようとするものです。

小型, 軽量化を実現するテクノロジーには以下のようなものがあります。

- システムチップ化(アプローチ①)
- 部品自体の小型化, 軽量化(アプローチ①)
- 高効率電池(アプローチ①)
- 高密度実装技術(アプローチ①)
- 間欠待ち受け<sup>2</sup>(アプローチ②)
- マイクロセル化(アプローチ②)

それぞれのテクノロジーを上のようにアプローチの①と②に分けてみました。

<sup>1</sup> 当時（1990年代半ば）は携帯電話がはやりだしたころで、それまでの主役自動車電話も含める意味で移動体通信と呼んでいます。このドキュメントの中では差し支えない限り移動体通信という言葉を使いません。

<sup>2</sup> 通常電話は発信しない限り、着信を待っている状態にあります。着信待ちをするためには端末は基地局からの電波を受信し続ける必要があります。間欠待ち受けとは、着信待ちの際の電波を受信する時間を間引く技術です。

また、簡単にそれぞれの説明をします。

システムチップ化というのは複数の部品で行っていた機能を一つの部品で実現する方法で、システムそのものが部品(チップ)になるというイメージでこう呼ばれています、複数部品を一つにまとめるので、当然、重量も、占有する場所も小さくなり、小型軽量化に寄与します。

部品自体の小型化、軽量化については特に説明は要りませんね。

携帯電話における電池の重さは全体の数十パーセントに及びます、この電池に効率が良い、高効率なものを使うことで、全体の重さを低減しようという考えです、また、同じ電池の重さ、大きさであっても効率が高いと途中で充電しなくても、長い時間待ち受けができる、長い時間通話ができるというユーザに対する利便性を向上させることにもなります。

高密度実装技術は私達の目に見えないところで技術を競っているテクノロジーです。携帯電話ではないのですが、その昔ノートパソコンを小さく軽く開発する部隊で現場の技術者が値を上げた事がありました、その時、そのチームのプロジェクトリーダーはじゃあ、水を入れてみようか?と言ったそうです。

そうです、部品を平面にぎっしり並べるだけではなく、三次元的に見て、隙間があればそこに別の部品を入れてしまおうという考え方をしろ、そう考えればまだまだ隙間があるだろうし、その隙間を部品で埋め尽くせば、それなりに小さくなるだろうという事を、このプロジェクトリーダーは言いたかったようです。このエピソード<sup>3</sup>のように密度がメチャクチャ高い実装をしているのが、携帯電話の技術と言えます。

ここまで、説明してきた4つのアプローチ①の要素技術は直接的なので、わかり易いのですが、アプローチ②はなぜ小型軽量化に寄与するか?少しわかりにくいと思います。

間欠待ち受け、マイクロセル化により、それぞれ待ち受け時と通話時の電池の消費を減らすことができ、その結果として、電池の小型、軽量化、ひいては端末全体の小型軽量化に貢献します。<sup>4</sup>

## 廉価なサービス

次に廉価なサービス2つについて説明します、廉価なサービスには①廉価な端末価格と②廉価な通話料金の二つの意味があります。

日本においては、ほとんどの端末は、メーカーからサービス会社、サービス会社からユーザといった流れで、ユーザの手にわたります。

サービス会社では契約後の基本料、通話料の収入も見込んでユーザへの端末販売価格を設定するため、無料の端末が市場に出回る場合もあります。<sup>5</sup>

このような、流通形態になっているので、廉価な端末と廉価な通話料の二つを明確に切り分けるのは困難です。ここではこの二つを特には分けずに一緒に廉価なサービスとよぶことにします。

廉価なサービスを実現するためには以下の三つが大きな要素となります。

- 周波数の有効利用
- 基地局の低コスト化
- 端末の低コスト化

<sup>3</sup> 本当にあった話だそうです。

<sup>4</sup> 現在の携帯電話は待ち受け時間300時間、通話時間120分はざらですが、当時は待ち受け時間が数十時間、通話時間がやっと60分ぐらいでした、それでも電池が端末の重量に占める割合は30%程度あった事を考えると、システムの工夫(アプローチ②)により、小型軽量化をはかるというのは大変効率が良い方法であると言えます。

<sup>5</sup> もうこのころから無料端末というのはあったんですね。このようなビジネスモデルを最初に実行したのはアメリカのセルラー事業者のようです。実情を知らなかった我々はなんで0円で電話機を開発して売れるんだ?と非常に不思議がっていました。

この3つの要素について以下に説明します。

## 周波数の有効利用

移動体通信は移動体通信サービス会社がサービスを行って始めて使うことができます。

国によって事情は変わりますが、サービスを行う事業者は国や国の機関より、サービスに関する許可、認可を受けます。この時サービス会社はサービスを行うための周波数が割り当てられます。

日本においては、郵政省<sup>6</sup>によりこの許認可が行われます。

ラジオに使う周波数、テレビに使う周波数という具合に移動体通信サービスに使う周波数というものが決まっており、その量は有限です。

多くの周波数があればそれだけ多くのユーザに対してサービスが可能になるので、マスの効果でサービス単価を下げる事ができます。廉価にサービスを行うためには同一周波数あたりの使用可能なユーザ数を多くすればよいのです。

この構図を他のたとえで説明すると以下のようになります。

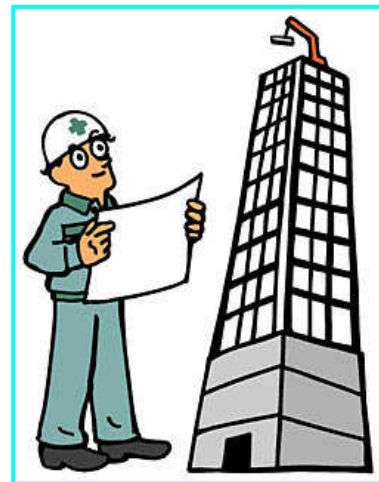
あるサービス会社、A社は国から都心の郊外にある広さの土地を貸し与えられました。国はA社に対して、この土地を有効活用して多くの人に役立てる事ができれば、そこから得る利益はA社のものにしても良いという契約をします。A社はこの土地に一人でも多くの人を住まわせて、多くの家賃収入を得ようとしています。

そのために、A社は土地を切り開き高層のマンションを建てたり、人が住みやすいように公園や学校、商店を作りました。国から借り受け、A社が開発した土地に、やがて多くの人が住むようになりました。A社は住人から家賃収入を得てこれまで開発に投資した費用を回収し、利益を出せるようになっていきます。そして、住人に長く住み続けてもらうために街灯を増やしたり、新しい道を作ったりして、A社は住みやすい街を発展させ、更に住人を増やしたり、家賃を上げ、利益を増やして行くのでした。

という感じでしょうか?国は郵政省であり、A社はNTTやDDI<sup>7</sup>にあたります。土地を切り開いたり、マンションを建てるのは、アンテナを立て、端末を開発するようなものでしょうか?出来上がった街に住人を呼び込まないといけないので、当然宣伝もするでしょう。また、他のサービス会社が開発した土地に住人をとられないように魅力的な街や、家賃体系を作る必要もあるでしょう。このように考えると周波数は土地と同じなんですよね、決められた土地の広さで多くの利益を上げるためにはマンションをより高層なものにしたり、密集していたとしても不快感を与えないような、住宅構造にするといった工夫が必要です。この工夫が移動体通信の分野で言えば周波数の有効利用になるのです。

例えばアメリカが採用したIS-54という第二世代携帯電話方式は第一世代と同じ周波数を使って3倍のユーザにサービスを提供できる方式でした。これは今まで平屋で一世帯しか住めなかった土地に3階建てのマンションを建て、同じ土地の広さに三世帯分の住人が住めるようになったのと同じです。3階建てにする分だけ多くの建築費がかかるのですが、それ以降は3倍の家賃収入が入ってくるという事になるのです。

また、郵政省は限られた、たった数社にこの周波数を使う権利を与えるので、審査は当然きつ



<sup>6</sup> 現在の総務省

<sup>7</sup> 当時はまだ KDDI はありませんでした。

くなります。審査の観点は本当にユーザにとって便利なサービスを廉価で提供する事をやってももらえるのだろうか?と言うところに尽きます。もし、選定した会社より、安く良いサービスができる会社があったとしたら、国民が使いにくく高い携帯電話サービスに甘んじなくてはいけなくなるからです、これは郵政省、ひいては国の判断ミスという事になってしまいます。このような判断ミスがないように、審査は様々な角度から厳しく行われます。上記の例え話では国はA社に土地を貸し与えたようになっていますが、日本はそのような感じ<sup>8</sup>になっています。アメリカなどではオークションで周波数を地域毎に売ってしまうのが一般のようです。

周波数の有効利用(すなわち土地の有効利用)のためのテクノロジーには以下のようなものがあります。

- 音声符号化
- 誤り制御
- ダイバーシティ
- 高効率変復調技術

### 基地局の低コスト化

廉価なサービスのために、基地局をいかに低コストで実現するかということも重点がおかれています。人が住んでいるところにまんべんなくサービスを提供するためには数万～数十万の基地局を日本中に作らなければなりません。このような数の基地局が必要なので、廉価のサービスのためには基地局単価の低コスト化は絶対必須となっています。

基地局のコストを下げる方向としてデジタル化と分散処理が進んでいます。

初期の移動体通信システムにおいては、端末のエリア切り替え処理(この処理のことをハンドオーバーと呼びます。)のほとんどを基地局側で行っていました。<sup>9</sup>

このハンドオーバー処理はシステムが新しくなると共に、徐々に端末側の処理に移ってきました、すなわち分散処理が進行することになったのです。

また、基地局の低コスト化は、マイクロセル化の促進にも寄与し、その結果、小型、軽量の端末の実現も可能になってきました。

基地局自体が低コストであれば多くの基地局を設置して基地局がカバーするエリアを小さくする事(マイクロセル化)ができます。

低コスト基地局の成功の一例をPHSに見ることができます。

PHSはシステム仕様自体が廉価な基地局で実現できるよう決められました。このためサービス会社は短期間で広いサービスエリアの立ち上げに成功し、急速な展開に成功したのです。

基地局の低コスト化を実現するテクノロジーには以下のようなものがあります。

- ハンドオーバー
- 誤り制御
- デジタル化

### 端末の低コスト化

端末の低コスト化は個々の構成部品の低コスト化と高集積化による部品点数の削減により実現されています。

<sup>8</sup> 厳密には貸し与えるのではないので、“感じ”という表現にしています。

<sup>9</sup> この当時はアステル、NTT パーソナルが DDI ポケット共に健在でした。アステルは電力会社が母体なので、電柱に NTT パーソナルは公衆電話の電話ボックスに PHS の基地局を設置しました。

構成部品の低コスト化は携帯電話加入者数の伸びにより、需要が見込めるため、より廉価な部品が、次々と開発されています。<sup>10</sup>

また、高集積化のポイントは、デジタル化にありました。

これは、今までアナログで行っていた処理をデジタルに置き換えるといった単純なものではなく、システム仕様そのものをデジタル化に適した仕様(第二世代、第三世代携帯電話の事です。)に変えることでした。

図 1は新しいシステムに切り替わった場合の端末コストの変化を表したものです。

縦軸が端末のコストまたは部品点数, 横軸は時間です。

古いシステムから新しいシステムに切り替わった場合, 切り替わった当初は部品コスト, 製品コストは新規開発なので, 古いシステムの端末コストを上回ります。

しかし, 新しいシステムはデジタル化が容易で, 小型化, 低コスト化できるような仕様が決められているので, 部品点数の削減が行われ, 図 1のようにコストが下がるスピードは旧システムよりも速くなります。

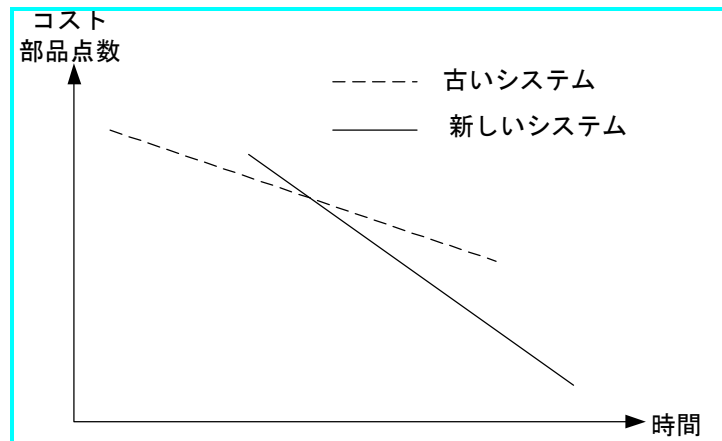


図 1 コストの変化

デジタル回路とアナログ回路を比較した場合, デジタル回路のほうがより高集積化に適しており, 部品点数の削減に寄与します。その差が図 1のような形で現れることになるのです。これも第二世代携帯電話でシステムそのものからデジタル化をした恩恵と言えます。

図 1は部品点数の削減の様子を表しているので, 端末の小型, 軽量化も当然おなじ傾向になります。

端末の低コスト化を実現するテクノロジーには以下のようなものがあります。

- デジタル化
- システムチップ化
- 誤り制御

## 高品質

小型, 軽量化, 低コスト化でユーザのニーズに応じてきましたが, 品質を落としてしまつては, ユーザは逆に離れていってしまいます。

携帯電話等のシステム仕様を作成する場合, 品質の基準は固定回線網の電話と同等以上に設定されます。

<sup>10</sup> この当時は携帯電話が爆発的に普及する兆しが見えはじめ業界全体がイケイケドンドンの状態でした。

しかし移動体通信では電波を使って通信を行わなければなりません。

電波という不安定な媒体を介して、固定回線網と同等以上の品質を保持するためのテクノロジーには以下のようなものがあります。

- 誤り制御
- ダイバーシティ
- ハンドオーバ
- 音声符号化
- マイクロセル化

## テクノロジーマップ

ここまで要求条件と、それを実現するテクノロジーについて説明してきました。

要求条件とテクノロジーの相関を図 2にまとめました。

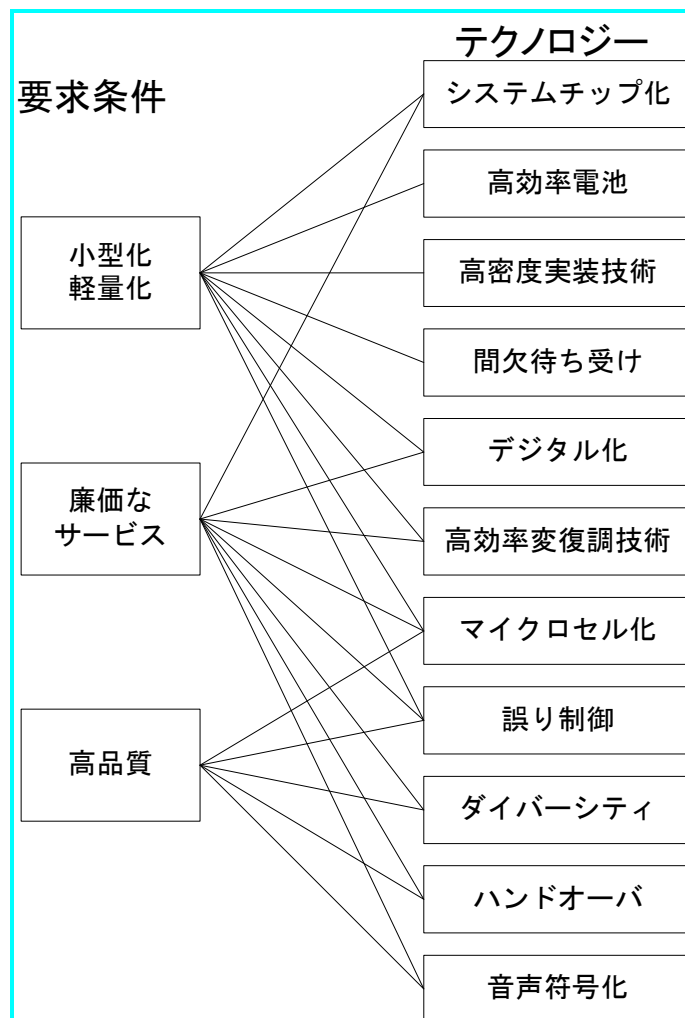


図 2 テクノロジーマップ

この図より1つの要求条件を複数のテクノロジーにより実現していることがわかります。

次回以降は各テクノロジーについて説明します。