

第1章

デジタル信号処理と DSPシミュレータ(Scilab)

さて、一人一台といった感じで、めざましい普及を遂げた携帯電話は、メールしたり、おしゃべりしたり、ラジオを聴いたり、写真をとったり、財布になったり、……と多彩な能力をもっています。これほどまでに携帯電話が皆さんを虜にするのに大きな役割を果たしているのが、実はデジタル信号処理なのです。

1.1 デジタル信号処理って何？

携帯電話は、小・中学校の理科で習った抵抗やコンデンサ、コイルなどで作っていた旧来の電話機の信号処理部分を、加減乗除(+, -, ×, ÷)の四則計算で代用し、実現しています。つまり、計算処理に関わるプログラムをいろいろと書き換えることによって、携帯電話が作られているのです(図1.1)。

「ホントに？」という感じで大きな驚きでしょうか?! 繰り返しになりますが、「携帯電話は四則計算で実現されている」のです。着信メロディの音やテレビ画面の映像だって、四則計算で作ることができるのですから。

● 携帯電話を支えるデジタル信号処理(≒四則計算)

筆者が携帯電話なるものを最初に目にしたのは1987年で、大きなショルダ・バッグ(重さが3kgぐらい)という感じでした。その後、現在のようなハンディ・タイプが登場し、利用料金も電話機本体もどんどん安くなって、急速に普及したのです。昔の携帯電話はアナログ方式で、一つの周波数帯でユーザは1人しか使用できず、しかも携帯電話で使用できる周波数幅が決められていたために、利用できるユーザ数に限界がありました。

そこで、この限られた周波数幅を効率よく使うために導入されたのが、デジタル方式です。音声デジタル数値に置き換え、四則計算することで、たとえばデジタル音声のデータ量を1/6に圧縮(ハーフ・レートという)して伝送することにより、一つの周波数帯を6人で同時に利用できるよう

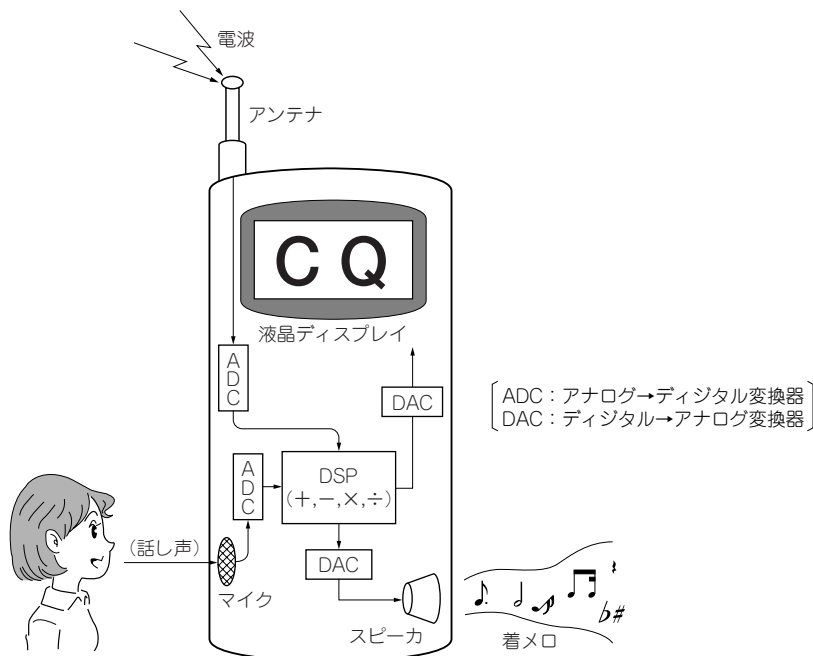


図1.1 携帯電話とデジタル信号処理

にしたのです。このような音声の数値計算による信号処理(デジタル信号処理: Digital Signal Processing, 頭文字を並べてDSP)という工夫によって、携帯電話が爆発的に普及する大きな原動力、そして推進力になったのです。

つまり、DSPは数値計算処理なのでLSI (Large Scaled Integration, 大規模集積回路)にすることができ、電話機本体を小型化できます。その結果、アナログ方式に比べて消費電力が少なく充電間隔も長くなり、たいへん使いやすい優れたものになりました。

とはいえ、スムーズな会話を実現するには、音声の圧縮と伸長(圧縮した音声の数値データをもとに戻すこと)をリアルタイム処理しなければなりません。そのためには、非常に高速に演算処理をするプロセッサが必要になるわけで、それができるのは世の中広しといえどもデジタル・シグナル・プロセッサ(Digital Signal Processor, 頭文字を並べてDSP)だけです。すなわち、DSPのお蔭で、携帯電話がこんなにも普及したのです。

● デジタルとは何だろう？

そもそもデジタル信号処理のデジタル(Digital)は、アナログ(Analog)に相對する言葉です。デジタルとアナログ、この二つの言葉からは、たとえば時計、自動車の速度メータ、体温計などが連想されます。時計を例にとれば、図1.2に示す「時」だけを表示するデジタル時計では、正しい時刻が「9時15分」であっても表示された数字を読んで「時刻は9時」と「ハッキリ」言います。

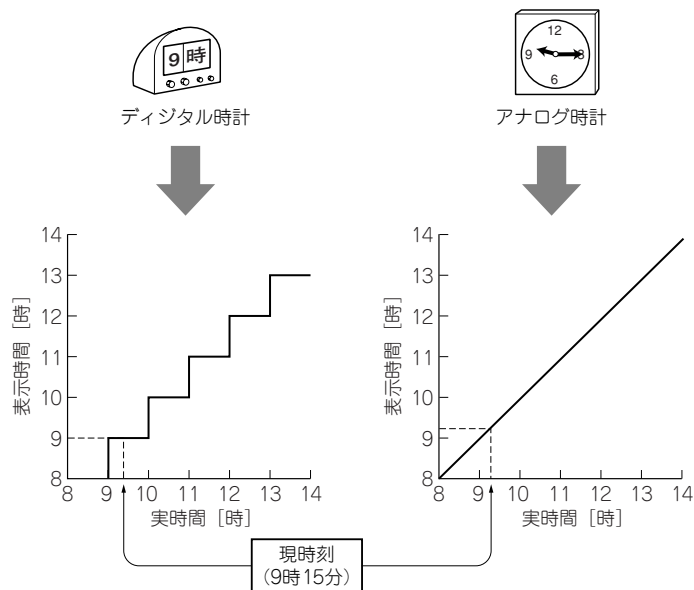


図1.2 アナログとデジタル

これに対して、「分」を示す短針の位置を見て「だいたい9時15分ぐらい」と、「だいたい」とか「くらい」という言葉をつけて言うのがアナログ時計，という感じです。ここで，この時間の変化をグラフにすると，デジタルは石段で，アナログは坂道になるでしょうか。つまり，中間がなく1段ずつとびとびの離散量として変化するのがデジタルで，アナログは変化を連続量として表現します。

ところが，デジタルの階段の段差を小さく(階段を細かく)するとどうでしょう。図1.2のデジタル時計では段差が1時間に相当しましたが，1段を1秒にすると正確に表現できます。さらに，段差を0.01秒，0.00001秒……と小さくしていくと，坂道と変わらなくなります。このようなデジタルの性質をうまく応用すると，アナログでは得られないような多種多様なメリットを実現できます。

● デジタルがモテるわけ

現在では，世の中，何でもデジタルといった感じになっていますが，映像用メディアのDVD(デジタル)とビデオ・テープ(アナログ)を対比させて，その理由を簡単にまとめておきましょう。

(1) 安定していて調整が不要

DVDはトレイに置くだけで，いつでも鮮明な画像，良質な音楽を再生できます。一方，ビデオ・テープの場合，鮮明な映像を再生するためには，テープの品質に気を使ったり，テープのたるみを取るなどの調整が必要です。

(2) 品質の劣化が少ない

ビデオ・テープは，何回も繰り返して鑑賞するとテープがすり減り，音も画像も劣化していきますが，DVDは半永久的にいつでも鮮明な画像，良質な音楽を再生できます。

(3) 編集, 加工, 処理が簡単で正確

たとえば, クライマックス場面を登録しておけば, DVDなら瞬時に頭出しをして再生できます。ビデオ・テープの場合, このような芸当はできません。

(4) 取り扱いが簡単

ビデオ・テープはたるみやズレが大敵で, 保管も高温多湿は厳禁です。一方, DVDは取り扱いにそれほど神経質になる必要はありません。

(5) 小型化できる

ビデオ・テープは約10 cm×20 cm×2 cmという厚みのあるサイズであるのに対し, DVDは直径わずか12 cmで厚み0.1 cmの薄い光ディスクです。ビデオ・テープでは20分程度しか記録できない高画質映像や高音質サウンドが, DVDはなんと8時間も記録できます。

(6) コンピュータ処理ができる

DVDならパソコンで処理ができます。さらに, 1枚のDVDの中に画像や音楽だけでなく, ゲームのプログラムを一緒に入れることも容易です。ビデオ・テープの場合には, ……どう考えても無理な話です。

これら(1)~(6)こそが, まさにデジタル化で得られるメリットなのです。もともと世の中にあるもの(音も, 画像も, 時刻も, 速度も)は, ことごとく連続したアナログ信号です。それをデジタル化することで, ここで紹介した(1)~(6)のほかにも, さらにたくさんのメリットを享受できるようになりました。

このように, デジタル信号処理はこうしたデジタル化(数値化)によって得られるメリットをさまざまな製品や場面で実現する, 魅惑的な技術と言えます。

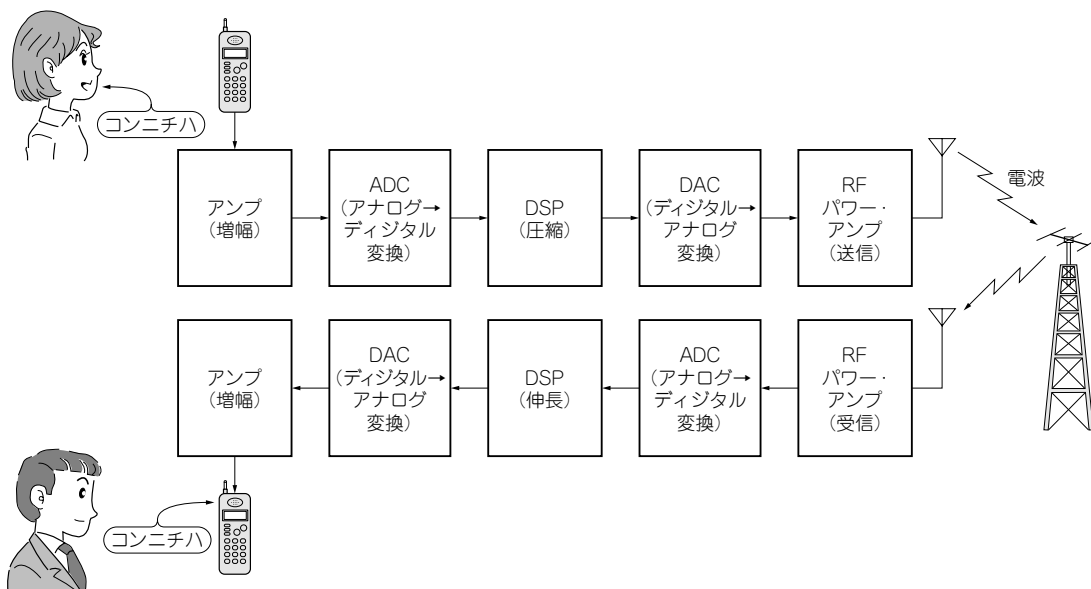


図1.3 携帯電話とデジタル信号処理

● 携帯電話の内部を探ってみれば…

携帯電話を小型・軽量化できた要因は、なんといっても部品の小型化と集積化が進んだことです。それでも携帯電話の中には部品がぎっしりと詰め込まれていて、その総数はなんと数100個もあります。その中から、通信に関わるとくに重要な部品をピックアップしてみると図1.3のようになります。

- ① シャベった声はマイクを通してアンプに入力されて増幅され、ADC (Analog Digital Converter, アナログ→デジタル変換器)に送られます。ここで、アナログ音声信号はデジタル音声信号(数値データ)に変換されてDSPへ送られます。
- ② DSPはこれをリアルタイムで四則計算をして圧縮し、DAC (Digital Analog Converter, デジタル→アナログ変換器)にボタン・タッチします。
- ③ DACは圧縮されたデジタル信号を電波で送るために、アナログ信号に変換してRF (Radio Frequency)パワー・アンプに渡します。
- ④ RFパワー・アンプは受け取ったアナログ信号を変調・増幅し、アンテナから送信します。
そして、通話相手の携帯電話がその微弱な信号をアンテナで受信すると、信号は次のように順に処理されていきます。
- ⑤ RFパワー・アンプで増幅・復調してADCに送られ、アナログ信号をデジタル信号に変換します。
- ⑥ このデジタル信号は圧縮されているため、DSPで四則計算をして伸長し、もとのデジタル音声信号(数値データ)に戻します。
- ⑦ 伸長したデジタル音声信号をDACがアナログ音声信号に変換します。
- ⑧ アナログ音声信号はアンプで増幅され、スピーカから相手の話し声として聞こえてきます。

● いろいろなデジタル信号処理技術

携帯電話でも使われているデータの圧縮という技術は、デジタル信号処理の技術の中でもっとも注目されているものですが、簡単に概要を説明しておきましょう。

(1) データの符号化・復号化

データ量の圧縮(元に戻すことは伸長という)はデータの符号化・復号化に含まれる技術で、高速通信や大容量データ記録に使われています。データの符号化とは、デジタル信号(数値)を、あるルール(アルゴリズム、計算式)に基づいた手法で符号に置き換えることを言い、置き換えられた符号を符号化したときの逆の手法でもとのデジタル信号に戻すことをデータの復号化といいます。

そして、データの送受信や記録時におけるエラーを検出して訂正できるしくみを提供する誤り訂正符号は、データの符号化・復号化技術の代表格です。誤り訂正符号を用いると、CDやDVDのデータを再生する際に、キズなどで信号と信号との間にあるはずの信号がなくなった場合、前後の信号からなくなった信号を予測して復元できます。

データの圧縮・伸長技術は、誤り訂正符号にもう一段階のデータ処理を加えたものです。その処理プロセスは、ちょうど「生わかめ(データに相当)を保存(データの記録)や輸送(データの送受信)しやすいように乾燥(データ量の圧縮)させて水分を出し切って固めておき(符号化)、食べるときにお湯を

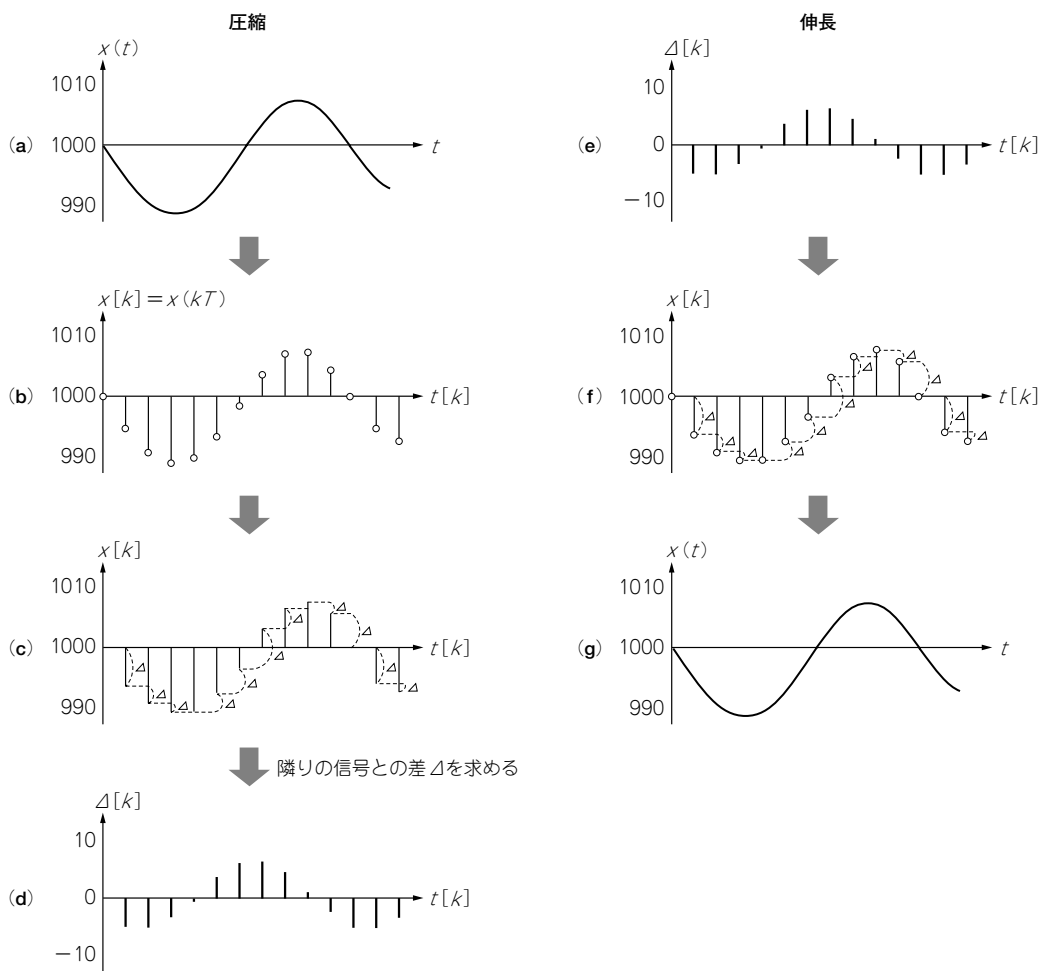


図1.4 デジタル信号処理技術に基づくデータの圧縮・伸長

注いでフワフワにする(復号化)「乾燥ワカメ」にたとえることができます。

数値データとして、具体例を示しておきましょう。まず、図1.4(a)の信号を図1.4(b)のようなデジタル数値に変換します。次に、それぞれの値を直前の値と比べて、その差だけの値(差分値という)を引き算して求めます。すると、1000の近傍で4けたの数値が1けたの数値になって、無駄を省けることがわかります[図1.4(c)→(d)]。生ワカメから水分を取って固める。これが圧縮。4けたの数値が1けたで済むわけですから、保存も輸送も楽になります。

逆に、圧縮したものを元に戻す(1けたの数値から元の4けたの数値を再現するには、最初の値1000に1けたの差分値を次々に足し算すればよいわけです[図1.4(e)→(f)]。乾燥ワカメに水分を加えてフワフワにする。これが伸長。すると、もとのデジタル信号が再現されるというわけです[図1.4(g)]。