

# 第1章

# システム設計と マイクロプロセッサ

## 4004の登場からシステムLSIの普及まで

藤村雅史

ここでは、マイクロプロセッサの応用の歴史を振り返る。最初のマイクロプロセッサである4004の登場以来、しばらくは汎用計算機やパソコンの心臓部として活用されてきた。その後マイクロプロセッサの有用性が認められ、組み込み機器でも使われるようになった。最近では、ほとんどすべてのシステム機能を一つのLSIで構成できるようになっている。このようなシステムLSIと呼ばれるデバイスでは、マイクロプロセッサ・コアが活用されている。(編集部)

本誌の読者でマイクロプロセッサやマイコン(マイクロコントローラ)ということばを知らない方はいないでしょう。1971年に米国Intel社が4004を発表してから35年が経過しようとしています。現在のマイクロプロセッサは、周辺I/Oやメモリを1チップに集積しています。特定用途向けの場合は、システムLSIやSOC(system on a chip)と呼ばれています。処理性能やボード/チップという実現手段に違いはあるものの、マイコン・システムの構成としては

当初から基本的に違いはありません。大きく変わったのは、昔はコンピュータ=計算機だったのが、現在ではマイコンを核とした組み込みと呼ばれるアプリケーション分野が形成されていることです。制御機器のみならず、デジタル家電機器など、さまざまな用途でマイコンが使われるようになっていきます。

### ● パソコンとともに発展

組み込み機器は、パソコンの後を追いかけるように発展してきました。パソコンの発展経緯は、組み込み機器やそこで使われるマイコンの歴史を知るうえでたいせつです。そこで日本国内でのパソコンの発展経緯を、筆者の経験を交えながら簡単にまとめてみます。

図1にマイコンの世代分類とその世代を代表するパソコンを示します。時系列で見るとかならずしも正確ではありませんが、アーキテクチャや機能で大まかに見た場合、だいたいこのように分類できると思います。

4ビットで登場したマイクロプロセッサは、すぐに8ビットの時代を迎えました。米国Intel社の「8080」、米国Motorola社(現Freescale Semiconductor社)の「6800」、米国Zilog社の「Z80」、米国MOS Technology社の「6502」などです。

マイクロプロセッサの種類が増えてくると、8080やZ80が「80系」、6800や6502が「68系」と分類され、ユーザも2分化するようになりました。マイクロプロセッサの老舗はIntel社とMotorola社でしたが、パソコンへの搭載はZ80と6502が主流でした。6502は、米国Apple社の「Apple II」に代表される米国製パソコンの多くに搭載されていました。また、任天堂の「ファミリーコンピュータ」に搭載されたのは、当時のマニアならだれもが記憶に留めていることでしょう。



図1 マイコンの世代分類  
アーキテクチャや機能で大まかに分類した。時系列で見るとかならずしも正確ではないので注意してほしい。

Motorola社の製品が使われたのは、「究極の8ビット・マイコン」と呼ばれる「6809」が発表されてからであり、Intel社に至っては16ビットの時代になってからでした。

筆者がマイクロプロセッサを知ったのは、1976年夏に日本電気(NEC)が発売した「TK-80」(当時88,500円)でした。8080Aのアセンブリ言語で書かれたプログラムや、ユニバーサル・エリアへ追加するオーディオ・インターフェースなど、それまでとはまったく違うデジタルという世界にたいへん興味を持ちました。

マイクロプロセッサにはメモリが必須です。かつて半導体メモリが非常に高価だったころは、オブジェクト・サイズが小さいCISC( complex instruction set computer )アーキテクチャが主流( ほぼ100%? )でした。前述のTK-80には、ROM, RAM とともに最大1Kバイト( 標準はそれぞれ768バイト, 512バイト )しか搭載できませんでした。

この時代はソフトウェアの開発ツールなどは何もありませんでした。ノートに自分で罫線を引いたコーディング用紙にアセンブリ言語で書き込んだソース・コードを、CPUの命令セット・マニュアルを片手に人手で機械語に変換( ハンド・アSEMBル )して、オブジェクト・コードを作成します。とくに相対分岐のオフセット計算は、まちがい=マイコン暴走につながるので注意が必要でした。

机上デバッグが終わると、マイコンをHALT( クロックは供給されているが、実行を停止してバスを解放した状態 )して、オブジェクト・コードをメモリへ直接書き込んだ後、HALT解除+リセットで実行させていました。たいへんな手間と時間が必要でしたが、このステップを何回も繰り返し、ソフトウェアを入れ替えるだけでいろいろな動作をするマイコンのイロハを学びました。

TK-80の出現からわずか2年後の1978年夏、日本電気から日本メーカーとしては初のパーソナル・コンピュータ( パソコン )である「PC-8001」が発売( 当時168,000円 )されました。CPUは「μPD780C」というZ80互換品で、メモリはROM, RAM とともに最大32Kバイト( 標準はそれぞれ24Kバイト, 16Kバイト )を搭載していました。8ビット・マイコンのアドレッシング可能な空間すべてをサポートし、さらにN-BASICというインタプリタが組み込まれていました。そのため、電源をONすると“ピー”というピーブ音に続いて、CRT上にCopyrightメッセージが出力され、すぐにBASICマシンとして使えました。同時期に発行されていたパソコン雑誌には、ゲームやツールが毎月掲載されまし

た。言語を理解していなくても誌上のソース・コードをそのまま入力すればプログラムが動作するので、同じ機種を持っている友人たちと入力の速さと正確さを競ったりしていました。

その後、パソコンは多くのメーカーから発売されるようになりまして。32ビット時代の初めまで一世を風靡したPC-9801を経て、米国Microsoft社のWindowsの登場とともに、IBM PC AT互換機に主流が移り、現在に至っています。

● 組み込み機器が出現

パソコンによってマイコンの可能性が一般に知られるようになると、専用装置にマイコンを搭載しようという動きが出てきました。

今では組み込み機器と呼ばれていますが、当時は「マイコン応用システム」というのが一般的な呼び名でした。パソコンでは拡張の自由度が低かったため、S100バスやマルチバスなど、仕様が標準化されたバスを採用したCPUボードやI/Oボードなどの市販品を購入し、必要に応じて独自のメモリやI/Oを追加するなど、どのように使えるかを評価するところから開発作業が始まりました。アドレス・デコーダやウェイト生成、DMAコントローラなど、マイコンの基本動作のすべてがそこにありました。

用途としては、小型計算機としての活用が多かったのは当然ですが、「マイコン+ソフトウェア」構成の柔軟性が認知されるに従い、さまざまな制御アプリケーションでも使用されるようになってきました。安価な4ビット・マイコンを組み込んで機能アップを図った量産家電品や、ソフトウェアによるシーケンス制御( PLC : Programmable Logic Controller )などが続々登場しました。

家電品では、それまで決められた処理をただ順番に実行することしかできなかったものが、制御対象からセンサで取り込んだ情報をもとに処理内容を切り替えたり、制御関数のパラメータとして使うなど、きめ細かい制御ができるようになりました。ファジィ制御は家電品の質を飛躍的に向上させたと言っても過言ではありません。また、各制御対象で個別に処理していた内容も、マイコンの高性能化によって現在では集中制御が可能となり、より複雑な制御を容易に実現しています。

一方PLCでは、リレーとタイマの組み合わせで実現していたラダー制御を、すべてマイコンのプログラムに置き換えられるようになりました。ラダーが追加されてもハード