

MMRC-J-163

**PCのバス・アーキテクチャの  
変遷と競争優位：  
なぜ互換機メーカーは、IBM プラットフォームを  
乗り越えられたのか？**

—IBM がプラットフォームリーダーシップを失うまで—

東京大学ものづくり経営研究センター  
立本博文

2007年4月



東京大学21世紀COE [整備] **ものづくり経営研究センター**



# PCのバス・アーキテクチャの変遷と競争優位： なぜ互換機メーカーは、IBM プラットフォームを乗 り越えられたのか —IBM がプラットフォームリーダーシップを失うま で—

東京大学 COE ものづくり経営研究センター  
立本博文

2007 年 4 月

## 要約

PC 産業の生みの親である IBM は、PC という製品のプラットフォームリーダであった。互換機メーカーは、IBM が作ったプラットフォームの下で、互換機市場を形成していた。本論文では、IBM が主導していた PC マーケットにおいて、なぜ互換機メーカーが IBM プラットフォームをのりこえられたのか、バスアーキテクチャの変化に注目して論ずる。IBM のように、一度プラットフォームを作った企業の競争優位は堅固なはずである。しかし、互換機メーカーは、それを逆転させた。一体なぜ、互換機メーカーは、IBM のプラットフォームを覆すことが覆す事ができたのかを、明らかにする。

目次

PCのバス・アーキテクチャの変遷と競争優位 : ..... 1

なぜ互換機メーカーは、IBM プラットフォームを乗り越えられたのか..... 1

—IBM がプラットフォームリーダーシップを失うまで—..... 1

東京大学 COE ものづくり経営研究センター ..... 1

立本博文..... 1

    要約..... 1

    目次..... 2

1. はじめに..... 4

    本論文の問題意識..... 4

    本論文の構成..... 4

2. パソコンの歴史の概略：代表的なパソコンでみる歴史..... 5

    ボードコンピュータ ..... 5

    Apple II ..... 6

    IBM PC ..... 7

    IBM PC/AT ..... 9

    Compaq Deskpro 386：プラットフォームリーダーの転換点..... 10

3. バスをとおした分析..... 11

    なぜバスをみるのか？ ..... 11

    バス(Bus)とは何か？ ..... 12

    バスの変遷..... 14

        IBM PC から PC/AT の時代:PC Bus と AT Bus ..... 14

        バスブリッジの登場：Compaq 社 Deskpro/386 と Flex Architecture ..... 16

    インターフェースの標準規格化：アーキテクチャをオープン標準インターフェースで分断する..... 18

        ISA 規格：AT バスから ISA バスへ ..... 18

        IDE 規格：HDD のインターフェース規格の標準化..... 19

4. 考察とインプリケーション..... 22

    なぜ互換機メーカーが IBM プラットフォームを乗り越えることができたのか？ ..... 22

    拡張デバイスのプラットフォームはどうなったのか？ ..... 23

    標準化/オープンモジュール化と産業政策..... 24

## PCのバス・アーキテクチャの変遷と競争優位

---

まとめ.....	30
5. 付論.....	31
Bus War: MCA と EISA .....	31
引用文献/参考文献.....	33

## 1. はじめに

### 本論文の問題意識

PC 産業は、IBM が作ったものであるといっても過言ではない。1981 年に登場した IBM PC は、PC 市場自体を作り上げた。IBM は、業界のデファクトスタンダードになり、ソフトウェアベンダや拡張デバイスを提供するサードパーティは、IBM 社の PC をリファレンス PC として自社の製品を開発した。IBM PC は巨大な補完財市場を確立した。

しかし、1980 年後半～1990 年にかけて、PC 市場は互換機メーカーによって席卷されるようになり、IBM は PC 産業で失速してしまう。IBM はプラットフォームリーダーシップを失い、代わりに互換機メーカーがプラットフォームを作るようになる。

なぜ、互換機メーカーがプラットフォームを作ることができたのだろうか？この疑問が本論文のモチベーションである。

一般的には、互換機メーカーの台頭は、「IBM のオープンアーキテクチャ戦略」の失敗によるものだと考えられている。つまり、IBM が、システム BIOS や回路図を公開したために互換機メーカーの参入を許してしまったことが失敗の原因であると理解されている。

しかし、代表的なパソコンの歴史をみると、そのようなクローンパソコンのためだけに、IBM が力を落としたとはいえないことがわかる。最も大きな問題は、IBM がパソコンのプラットフォームリーダーシップを失ったことにある。プラットフォームリーダーでなくなった IBM は、自社によるパソコンの世代革新が出来なくなってしまったのである。

一方、互換機メーカーは、IBM に依存せずに、独自に新しい世代のパソコンを発売することが出来るようになった。なぜ、このような事態が起きたのだろうか？

本論文では、この疑問をパソコンの内部構造（バス構造）に踏み込む事で明らかにしていく。

### 本論文の構成

第2節では、パソコンの歴史を概略する。もともとパソコン市場は、IBM が作り上げたものであり、そこで IBM のオープンアーキテクチャ戦略が果たした役割について考察する。そして、Compaq が IBM よりも最新の CPU<sup>1</sup>を搭載した互換機を発売した事例を紹介し、プラットフォームリーダーシップの転換点を明らかにする。

第3節では、なぜ、第2節で行われたようなプラットフォームリーダーの転換が可能であったのかを、バス構造を追うことによって確認する。バス構造は、PC の内部構造であり、PC の各部品

---

<sup>1</sup> CPU は、Central Processing Unit の略。「CPU を LSI 化したもの」が MPU である。ただし、LSI 化されていない CPU はこの当時ほとんど無い。よって、CPU と MPU は、ほぼ同義語として扱われる。

の依存関係すなわち製品アーキテクチャを示している。Compaqのような互換機メーカーは、製品アーキテクチャの中に、インターフェースを作り、標準化することによって、IBMのプラットフォームリーダーシップを弱めていった。そして、互換機メーカーが独自にパソコンの世代進化をすることが出来るようにした事を明らかにする。

第4節では、互換機メーカーが行った戦略について、整理する。そして、そのような互換機メーカーが行った標準づくりについて、当時のアメリカの制度変革との関連性にふれる。

## 2. パソコンの歴史の概略:代表的なパソコンでみる歴史

### ボードコンピュータ

もともとパソコンは、現在のような姿ではなかった。最も古いパソコンは、ボードコンピュータの形をした製品であった。ボードコンピュータは、MPU<sup>2</sup> (Micro Processing Unit) にソフトウェアで様々な処理をさせるために開発されたものである。ボードコンピュータを購入し、ユーザ自身が筐体の中にボードコンピュータを組み付けなければならなかった。ボードコンピュータメーカーの中には、あらかじめボードコンピュータを筐体に組み込んだ「組立コンピュータ」を発売したメーカーもあった。

そのようなボードコンピュータメーカーで有名なメーカーがIMS社(IMSAI)、MITS社(Altair)などであった。ボードパソコン/組立キットパソコンによって、初期のパソコン市場は立ち上がった。このようなボードパソコンの用途は、ホビイストのための趣味品であったり、技術者のためのトレーニングキットであったりした。IMSAIやAltairは、主にホビイストをターゲットにした製品を発売していた(鈴木, 2006)。

一方、半導体メーカーが発売したボードコンピュータも存在した。半導体メーカーが開発したボードコンピュータは、技術者のトレーニングを目的としていた。その当時、ソフトウェアでMPUを制御する考え方それ自体が新しいものであり、技術者にそのコンセプトを理解してもらう必要があった。

MPU登場以前は、ハードワイヤードの組合せ回路のみによって構成される小規模LSIがほとんどであった。ハードワイヤード回路で制御された機器は、回路で設計された処理しか行うことができず、後から処理内容を変更することができなかった。この点、ソフトウェアで処理内容を記述できるMPUは、処理内容を柔軟に変更することが出来る画期的なものであった。MPUは、組合せ回路および状態遷移回路をもち、ソフトウェアをメモリ上にロード、レジスタでの演算を

<sup>2</sup> MPUはユーザーロジックが処理チップと独立のROMや外部記憶に存在するが、MCUは処理チップ内にユーザーロジックが存在する。MPUはユーザーロジックによる演算が強調されるが、MCUの方はユーザーロジックによるデバイスの制御が強調される。しかし、初期のボードコンピュータの頃は、MPUとMCUの違いを明確にしていなかった。本論文では、MPUという単語を用いる。

行うという、従来にはない特徴を持っていた。

ソフトウェアを変更することにより、さまざまな制御に適応する事ができるという MPU の可能性は非常に大きいものであった。半導体メーカは、技術者に MPU という考え方に慣れてもらうと同時に、自社の MPU の扱い方を知ってもらおうと、自社 MPU を搭載したトレーニングキットを発売した。INTEL 社が発売した INTELEC も、このような製品の代表であった。

半導体メーカが発売する MPU は、その MPU が搭載されているトレーニングキットが存在するかどうかに大きな影響をうけた。MPU を採用するシステムメーカは、MPU 自体の性能だけでなく、トレーニングキットやデバック機器(In-Circuit Emulator)などの開発環境をトータルに勘案して、MPU の購買を行っていた。このようなボードコンピュータ上で、DigitalResearch 社の CP/M、Microsoft 社の Basic 等のような初期の重要なソフトウェアが開発された。

MPU という考え方が普及するにつれ、組立が必要なトレーニングキットよりも、はじめから使えるオールインワンタイプのセット、すなわち現在のパソコンに近い形で製品を発売するメーカも出現した。この先駆けとなったのが、Apple 社の Apple II であった。

### Apple II

ボードコンピュータで育った市場は、技術者をターゲットにしたものであった。しかし、市場が大きくなるにつれ、技術者よりも一般コンシューマ向けの製品が趣向されるようになった。例えば、ボードコンピュータは、プリント基板上の配線を自分で修正したりすることもできたが、そのようなことは一般のコンシューマは望んでいなかった。むしろ、コンピュータ上で動くソフトウェアや、どのような外部機器が接続できるかに注目が集まっていった。

このような流れのなかで、現在のパソコンとほとんど同じような構成であるコンピュータが発売された。1977 年に発売された、Apple 社の Apple II である。Apple II は、組立キットではなく、世界で初めて個人向けの完成品コンピュータとして、発売された。Apple II は、Altair や IMSAI とは異なり、キーボードやコンピュータ本体 (CPU やメモリ) などを単一のパッケージとした最初のパソコンであった。



## PCのバス・アーキテクチャの変遷と競争優位

### 初めてのパソコン: Apple II



1977年 (米)アップル社より発売

■それまでのパソコンは、キットとして提供され、ユーザーが組み立てるタイプが一般的だった

#### ■オープンアーキテクチャの元祖

■回路図・システムBIOSを公開したため、サードパーティが参入し、拡張IOカードメーカーやソフトウェアメーカーが製品を提供した

Apple社は、Apple II向けのソフトウェアや拡張IOカードが容易に製品を作れるように回路図・システムBIOSを公開した。その意味で、オープンアーキテクチャの元祖であった。Apple社のこの戦略により、Apple II対応のソフトウェアや拡張IOカードおよび拡張IO機器が多数発売された。米国のパソコン出荷台数は、一般コンシューマ向けのパソコンを中心に年間約60万台になった。

### IBM PC

パソコンという市場が拡大する中、1981年にIBM社は一般コンシューマのホビー用途のパソコンではなく、ビジネス用途のパソコンを発売した。IBM PCは爆発的にヒットし、年間約60万台であった市場が約160万台にまで急拡大した。

### IBM PC



IBM PC(1981/8)

CPU	8088/4.77MHz
RAM	16KB/64KB
VRAM	-
FDD	24インチ11747/16747
ディスク	5.40×200×5.70/320×200×4.8
サウンド	-

#### ■オープン・アーキテクチャ

- システムBIOSのソースコード公開 (ただし製品へのPC使用は、ライセンス)
- 回路図の公開
- 拡張IOメーカー・ソフトメーカーが参入
- コピーメーカーとクローンメーカーが参入
- 開発期間短縮のためジェネリックなパーツを使う
  - CPU: INTEL社 8088
  - OS: Microsoft社 MS-DOS
- 拡張IO主義: IOは(ほとんど)すべて後から拡張カードで実現する (FDなどは後からIOカードで実現する)
- 標準IO(オンボード)は、キーボード、カセットテープIFのみ
- CPUバス=外部バス(拡張IOバス)

パソコン市場に参入するにあたり、IBM社は既存パソコン市場で最も成功しているApple社が

## 立本博文

とっている戦略を参考にした。すなわち、システム BIOS のソースコード<sup>3</sup>の公開、回路図の公開をおこなったのである。IBM というブランドネームの効果もあったが、こうした同社のオープンアーキテクチャ戦略が成功の大きな要因であった。IBM PC 向けのソフトウェア製品および拡張 IO 機器が多数発売され、IBM PC の成功に大きく貢献した。

ここで注意が必要であるのは、IBM がシステム BIOS を公開したり、回路図の公開を行ったのは、後に出現する PC 互換メーカを育成するためではなかった。そのため、EGA や VGA のレジスタ（グラフィックスの描画に使用する）や、回路図のタイミングチャートは非公開であった。

また、IBM は、システム BIOS を公開はしたが、その BIOS を製品に組み込むためには、IBM のライセンス許諾が必要であった。このため、互換パソコンメーカは、IBM PC に似たパソコンを作ることはできたが、IBM PC と完全な互換性のあるパソコンを作ることは、IBM とライセンス契約を行わない限り困難であった<sup>4</sup>。

IBM 互換機を作ることが大変に困難であることは、日本や台湾の事例で見ることが出来る。IBM は日本や台湾の PC メーカに対しても、システム BIOS の利用を、ライセンス制とした。日本の PC メーカで IBM 社から BIOS のライセンス契約を行った（行うことができた）メーカは 1 つも無かった。

台湾 PC メーカは、IBM 社と互換の BIOS を搭載した IBM 互換機を 1983 年に独自に開発したが、翌 1984 年には IBM に提訴されたため北米に輸出することができなくなった。翌年には、これらの IBM 互換機を開発する台湾メーカに対して、IBM 社と台湾当局による一斉検挙が行われた。1986 年には、IBM 社の主張が認められる形で、和解が成立した。これ以降、台湾 PC メーカは Acer などのように正式にライセンスを受けた製品を自社ブランドで EU、北米に輸出するメーカ<sup>5</sup>と、米国 PC メーカ向けの PC の OEM ビジネスやマザーボードの OEM ビジネスを行うメー

---

<sup>3</sup> IBM がシステム BIOS で、IBM PC の権利を保護しようとした背景には、アメリカの知的財産権保護強化の動きが背景にある。1980 年に著作権法が改正され、コンピュータプログラムが著作権法の対象であることが明記された。コンピュータプログラムであるシステム BIOS は、改正された著作権法によって保護されることになった。

<sup>4</sup> のちに互換機メーカが台頭するのは互換 BIOS を供給するメーカが出現してからのことである。一番初期の互換 PC メーカは、自社で IBM PC と互換 BIOS を独自に開発しなければならなかった。そのような開発には、当然知財権に関するリスクが付きまとった。初期の互換 PC メーカである COMPAQ の最初の製品 Compaq Portable では、Compaq 社が独自に開発した互換 BIOS が搭載されていた。Compaq は、システム BIOS を開発するために 100 万ドルをかけた。互換 BIOS を開発することは非常に大きな参入障壁であった。後年、互換 PC メーカが数多く乱立したのは、Phoenix Technologies 社のように互換 BIOS を外販するメーカが現れたからである。Phoenix Technologies は、1984 年に互換 BIOS を発表した。

<sup>5</sup> Acer などのグループは、ブランド構築に苦戦し、必ずしも成功しなかった。Acer 社はその後

## PCのバス・アーキテクチャの変遷と競争優位

かに分かれることになる（水橋, 2001）。

IBM 社は、IBM PC に続き、ハードディスクを標準で内蔵装備<sup>6</sup>した PC/XT を 1983 年に発売した。XT は eXtended Technology の略である。CPU は、IBM PC と同じ 8088 であった。

### IBM PC/AT

1984 年に、IBM 社は、PC/AT を発売した。PC/AT は、PC with Advanced Technology の略である。1981 年～1983 年まで、8088 を採用したパソコンを IBM 社は発売していたが、ソフトウェアが高度化するにつれて、もっと高い処理能力を必要とするようになっていた。そのため、PC/AT では CPU に 80286 を採用した。現在の「AT 互換機」という名称は、この PC/AT に由来している。

PC/AT(1984/8)



IBM社 PC/AT(1984/8)

CPU	80286/16MHz
RAM	256KB(068) / 512KB(099)
VRAM	-
FD	5.25"/2HDx2 / 5.25"/2 / 5.25"/2
HDD	オプション(068) / 20MB(098)
グラフィック	800x200 / 44KB(019) / 1MB(230H/200) / 1+256色(EGA)
サウンド	-

- オープン・アーキテクチャ
  - AT=Advanced Technology:  
IBM PCのAdvanced Technology版という意味
- CPU: 80286/6MHz
- 外部バスとしてATバス(後にISAバスと呼称)
  - 拡張カードに対応するために、  
バスバッファ方式を導入

このころ、最初の互換機メーカーのグループが市場に登場しはじめた。互換機メーカーには、2種類が存在した。互換システム BIOS を自社で開発するグループと、互換 BIOS 外販メーカーから互換 BIOS を調達するグループである。前者のグループは、Compaq 等であった。Compaq は、百万ドルをかけて独自に互換 BIOS を開発した。しかし、ほとんどの互換機メーカーは、後者のグループであった。後者のグループは、Phoenix Technologies 社のような互換 BIOS の外販メーカーから、互換 BIOS を調達していた。

チップセットメーカーの存在も互換メーカーが乱立することの原因となった。PC/AT の互換機で初めてチップセットの概念が導入された。IBM 社の PC AT では、ディスクリット IC を組み合わせて、システム回路を構成していた。これを数個のチップにインテグレーションしたものが、チップセットである。

Chips & Technologies 社は、80286 を搭載した AT 互換機用のチップセットを 1985 年に発売した。PC AT のマザーボード上には、63 個の半導体が実装されていたが、Chips & Technologies 社のチ

---

マザーボードビジネスに軸を置いた。

<sup>6</sup> IBM PC/XT が装備した HDD は、ST-506 である。これに、拡張 IO ボードを添付していた。

## 立本博文

チップセットを利用すれば、PC-AT と 100%の互換性を持つ AT 互換機を 24 個のチップセットで構築することが出来た（ロバート・X・クリンジリー，1994）。ディスクリート IC で構成することに比べ、チップセットで構成したシステムは、大幅に安価にすることが出来た。このようなチップセット会社は、Chips&Technologies<sup>7</sup>社が最初であったが、すぐに複数社<sup>8</sup>が続いた。

しかし、互換機メーカーが IBM 製のパソコンと完全な互換性をとることは、実際は難しかったということは、留意しておくべきであろう。それは、互換機メーカーは、IBM 製パソコンと高い互換性を達成したことを売り物にしていたことから見て取れる。IBM 製パソコンと高い互換性をもつ Compaq 社製の互換機は、High Compatible Quality の略だともいわれた。パソコン上で動くソフトウェアは、デジタルの意味で互換性が必要である。つまり、完全な互換性があるか、そうでないのかが、ユーザーにとって重要な問題であり、99%の互換性では意味がなかった。99%の互換性があったとしても、ソフトウェアが動作しなかったり、拡張 IO デバイスが機能しなかったりするのであれば、それは互換性が無いものと見なされていた<sup>9</sup>。

### Compaq Deskpro 386 : プラットフォームリーダーの転換点

1986年9月に Compaq 社が Deskpro 386 を発売した。Deskpro 386 の発売は、業界に大きな衝撃を与えた。互換機メーカーが当時パソコン向け CPU としては最速であった INTEL 社製 80386 を搭載した AT 互換機を、IBM よりも早く発売した。互換機メーカーの方が最新の CPU を搭載したパソコンを、IBM PC 以来 PC の本家である IBM 社よりも、早く発売したわけである。この Deskpro 386 は、同時に初期の IDE タイプの HDD も搭載していた<sup>10</sup>。

---

<sup>7</sup> 1984年以降、はじめは北米を中心にこのようなチップセットメーカーが興った。1990年前後になると、台湾半導体メーカーがチップセット市場に参入した。UMC や SIS はその代表例である。

<sup>8</sup> Chips&technologies, VLSI, Opti,Cirrus Logic, SIS, Ali,UMC などがある。

<sup>9</sup> 「準拠している」と「完全互換」では、エンドユーザの視点では、大きな違いがあった。

<sup>10</sup> IDE (Integrated Drive Environment) という単語に関しては、注意が必要である。IDE は、当初、Compaq 社が自社のパソコンの特徴をしめすための「コンセプト」として使われた。その意味で、インテグレートされた環境 (Environment) である。しかし、IDE が広く普及した現在では、IDE は HDD の IF の規格と同一視されている。(ただし、HDD の IF 規格としては、IDE は正式な規格名ではなく、ATA 規格が正式な規格標準である)

### Deskpro/386 (1986/9)



- Compaq社 1986/9
- | CPU | 80386 (16MHz) |
|-----|---------------|
|-----|---------------|
- CPU 80386を採用した初のPC/AT互換機
    - AT=Advanced Technology
    - IBM PCのAdvanced Technology版という意味
  - CPU: 80386/6MHz
  - 外部バスとしてATバス(後にISAバスと呼称)
    - 拡張カードに対応するために、Flex Architectureを導入
    - バスブリッジ方式を導入
    - CPUバスと外部バスを分離した
    - PC/ATの拡張IOカードを利用できる用にした
  - Flex Architectureによって
    - IOカードを作るサードパーティ
    - 互換CPUメーカーに利益
    - AMDやHarris: INTELの80286のセカンドソース 386のライセンスを得られなかった(紛争状態)
    - 独自に80286の高速互換CPUを製造
    - 一部、INTELよりも早いCPUを互換メーカーに提供
  - IBMでなく互換メーカーが初めてのバス構造を提供
  - チップセットは、Compaqが開発(外販無し)

従来、互換機メーカーは、MPU のスピード向上にあわせて、拡張バスの動作周波数もあげていた。この方針は、IBM が発売するパソコンも同様であった。しかし、拡張バスの動作周波数をあげると、メモリー拡張ボード、モデム・ボード、周辺機器を接続する拡張 IO ボードといった各種拡張ボードが使えなくなるという問題があった。IBM は、IBM PC ならば IBM PC 用の周辺機器、IBM AT ならば IBM AT 用の周辺機器を開発し発売する力があつたが、互換機メーカーにはそのような力はなかつた。

さらに、MPU のスピードにあわせて、拡張バスの動作周波数が高くなると、動作タイミングの精度の問題から、互換機メーカーは、IBM のパソコンと互換性がとりづらくなるという問題もあつた。ソフトウェアの面では互換性があつたとしても、ハードウェアの面で互換性がとれなくなる可能性があつたのである。

これに対して、Compaq では、Deskpro 386 を発売するにあたって、拡張バスの動作周波数を CPU の動作周波数にあわせずに IBM PC/AT の動作周波と同じとした。このため、IBM PC/AT 向けに開発された各種拡張ボードとの互換性をとることが出来た。この秘密は、Deskpro 386 が採用したバス構造にあつた。第3節では、バス構造の変化を見ることで、プラットフォームリーダーシップが、IBM から互換機メーカーに移つたことを明らかにする。

## 3. バスをとおした分析

### なぜバスをみるのか？

本節では、バスを中心に前節で紹介したパソコンのプラットフォームがどのように変遷したのかを明らかにする。

もともと、IBM がオープンアーキテクチャ戦略をとつたのは、ソフトウェアや拡張 IO デバイスなどの補完財が存在したためである。これら製品の開発会社(サードパーティ)は、市場がもっとも大きい IBM 社のパソコンのために、自社の製品を開発・販売していた。このため、サー

## 立本博文

---

ドパーティが販売する製品は、IBM 社のパソコンでは動作保障するが、互換機メーカーのパソコンでは動作保証できないという状況が長く続いた。

IBM は、この意味で、プラットフォームのリーダーシップを握っており、IBM 社の優位は確固たる物であった。互換機市場が存在したとしても、それはマイナーな存在であり、IBM がメジャーであることに変わりはない。

しかし、1980 年代後半から状況は大きく変化する。PC 産業において、IBM のプラットフォームリーダーシップを、互換機メーカーが奪うような事態が起きた。最も象徴的な出来事が、Compaq 社の Deskpro 386 発売であった。同時に、Compaq のような互換機メーカーは、拡張 IO 等の依存性の問題を解決しなければならなかった。このことは、互換機メーカーの重要な戦略であった。

これらの動きを見るためには、パソコンの製品構造、つまりパソコンの製品アーキテクチャに注目せざるを得ない。特に、拡張デバイス等とパソコン内部構造がどのような依存関係があるのかを見ていく必要がある。よって、本節では、バス構造の変遷を観察する。

### バス(Bus)とは何か？

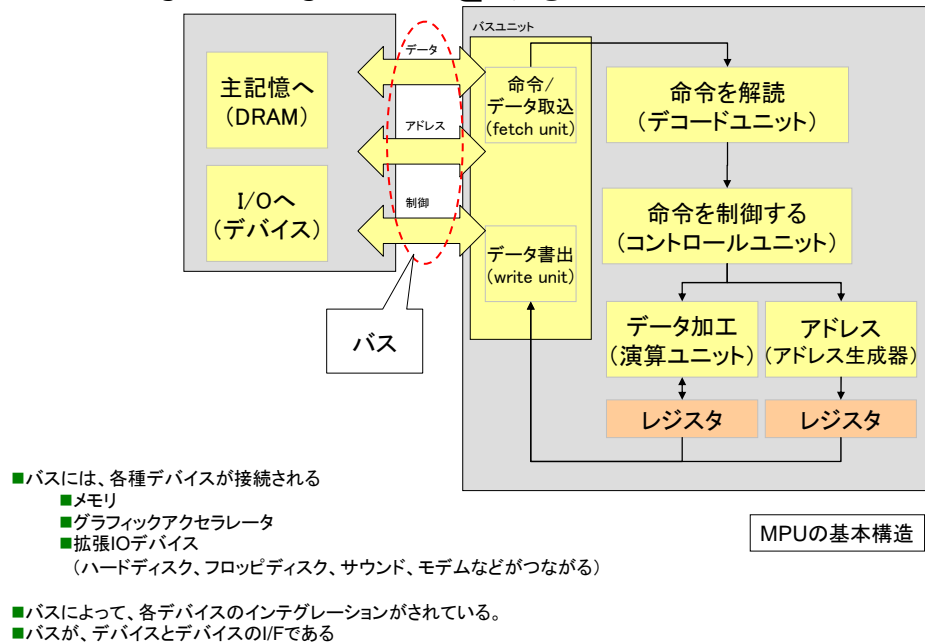
バスとは、CPU とすべてのデバイスがつながる信号線のことであり、デバイス間の依存性が象徴的に現れる領域である。バスの構造を中心に見ていくと、パソコンの製品アーキテクチャを理解することが出来る。

バスは、様々なデバイスと CPU が接続される信号線のことである。つまりバスによって、各種デバイスはインテグレーションされる。バスが各種デバイスのインターフェースになっているわけである。

パソコンに使われるデバイスは、さまざまな独立した部品サプライヤーから供給される。PC セットメーカーは、これら複数のデバイスをインテグレーションすることによって、パソコンを完成させる。バスがそのインテグレーションの中心舞台となる。

バスの起点は、CPU である。CPU がデータをやりとりしたり、デバイスを制御するために、バスを介してデバイスと信号のやりとりをおこなう。これが、バスの基本である。

## バスとはなにか?なぜバスをみるのか?



CPUには、データをやりとりするために、大きくわけて3つのバスが存在する。1つめは、メモリ空間に対してどの位置にデータを置くかをしめすアドレスバスであり、メモリアドレスを与える。2つめは、コントロールバスであり、データ転送をコントロールする制御信号を発行する。3つめは、データバスであり、データはこのバスを通して、目的とするメモリ空間に移動する。

データ交換をエラーなしの整った形で行うために、信号は複数のアドレス/バッファ回路にてバッファされ、増幅される。これら3つのバスがCPUの中で処理されたデータを出力し、また、CPUに対して処理してほしいデータを入力する。

PC全体のレベルでは、この3つの信号線をセットにして1つのバスと考える。さらに、バスが受け持つ役割や接続されるデバイスの違いなどから、いくつかの領域のバスに分割される。PC/AT互換機では、4つの基本的なバスが存在する。

1. ローカルアドレス（データ）バス：CPUと直結しているアドレスバス。
2. システムアドレス（データ）バス：PC/XTシステムのメインのアドレスバスである。このアドレスバスが、バススロット（拡張IOカードスロット）に配線される。
3. メモリアドレス（データ）バス：システムバスアドレスをマルチプレクスして、行アドレスとカラムアドレスが同時ではなく、時間的に連続にDRAMチップへ与える。
4. xアドレス（データ）バス：バッファとドライバーによりシステムバスから分離されたバスであり、マザーボード上のI/OユニットとROM-BIOSにアドレスを与える。たとえば、イ

ンタラプト（割り込み）コントローラ、タイマー、オンボードフロッピイコントローラのレジスタである。拡張アダプタの I/O ポートと拡張 BIOS はシステムアドレスバスによってアクセスされる。

この中で、注目すべきバスは、ローカルバス、システムバス、およびメモリバスの3つのバスである。特に、拡張 IO にターゲットを絞る場合は、システムバスに注目する。この基本的な構成を念頭に、バスの変遷を概観する。

## バスの変遷

### IBM PC から PC/AT の時代:PC Bus と AT Bus

IBM が IBM PC で採用したバス構造は、8088 CPU の外部バスをそのままローカルバスおよびシステムバスに拡張したようなバスであった。8088 の外部バスクロックが、そのままローカルバスおよびシステムバスに使われていた。つまり、CPU の外部クロックとシステムバスのクロックが同じであった。IBM PC では、8088 を 4.77MHz で動作させていたが、システムバスも 8088 の外部バス<sup>11</sup>とおなじ 8bit 4.77MHz で動作した。IBM PC のバスは、IBM 社の「IBM PC」で使われたバスである、という意味合いから、PC バスと呼ばれた。この形式のバスは、IBM PC/XT に対しても同様に採用され、XT バスと呼ばれた。

IBM PC/AT では、接続する拡張 IO デバイスが増加したために、PC バスを拡張する形で新しいバス（AT バス）が採用された。AT バスは、PC バスに C/D コネクタ<sup>12</sup>を追加する形で、拡張された。また、拡張 IO が多くなったため、バスバッファが多用された。バスバッファは、論理的には何もしないが、多数の入力に信号を分配する目的のために、同じ論理回路でもファン・アウト値（駆動力）を大きくした回路素子である。

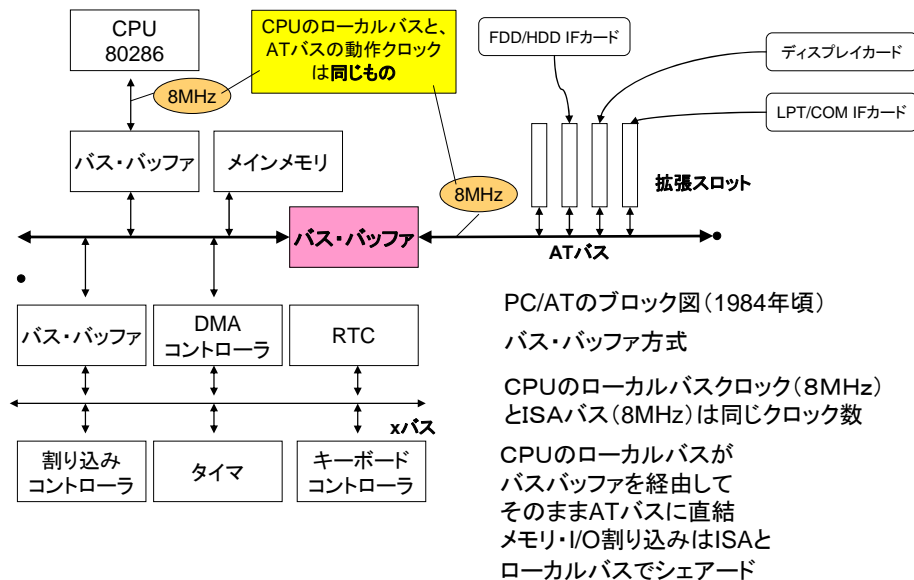
---

<sup>11</sup> 8088 は、CPU の内部バスが 16bit、外部システムへ接続する外部バスが 8bit。

<sup>12</sup> IBM PC/AT の拡張 IO ボードのコネクタの信号配置。A/B コネクタ部分が IBM PC で使用されていた信号。C/D 部分が PC/AT によって追加された信号ピン用のコネクタ。



## バスの変遷(PC/AT)



バスバッファを多用することにより PC/AT では多数の拡張 IO カードを利用することが出来た。この拡張 IO カードの中には、HDD 用の拡張 IO カードなど、現在から見てほぼ必須の IO も数多く含まれていた。そのため、前述のように多くの拡張 IO 機器に対応する事が必要となり、バスバッファが多用された。

バスクロックと CPU の外部バスクロックが同期して動作する方針は、IBM PC と同様に IBM PC/AT でも採用された。このことは、大きな問題をはらんでいた。同じ PC/AT マシンであっても、搭載する CPU モデルが異なると、バスのスピードが異なることになる。

実際に PC/AT シリーズでは、バススピードがモデル間で異なるという問題が生じた。初代 PC/AT モデルでは 6MHz だったバススピードが、最終的に発売された PC/AT モデルでは 8MHz になってしまった。PC/AT シリーズで採用された INTEL 社製の CPU 80286 の外部バススピードが、初代 PC/AT とそれにつづく PC/AT のモデルシリーズでは異なっていたためであった。

さらに、互換機メーカーが作った PC/AT 互換マシンでは、AT バスが 10MHz というマシンも発売された。もっとも大きな原因は、PC バスから AT バスにかけて、バスの仕様、すなわちアクセスタイミング特性を IBM が公開しなかったためであった。拡張 IO 機器をつくるボードベンダーは、不明なタイミング特性を実測や推測で求めなければならなかった(トラ技コンピュータ, July 1995, p.47)。とくにバスバッファを多用したシステムの場合、信号のタイミングがずれるという問題も大きくなる。IBM が公開したものは、あくまで回路図であり、タイミング特性は含まれていなかった (トランジスタ技術編集部, 1997) (インターフェース編集部, 2004)。

バスクロックと CPU の外部バスクロックが同期して動くというコンセプトは、高速な CPU を使った場合、例えば 80286 から 80386 へと代替わりした場合、16MHz の 80386 では高速すぎて、AT バス用に開発された拡張 IO カードを使用できなくなるという問題点もはらんでいた。

さらに、別の問題点として、同一バス上に高速資源と低速資源が混在しているという問題もあった。例えば、PC/AT 用の拡張メモリは、AT バス上のバススロットに拡張メモリカードを差すという形式で提供されていた。CPU のボトルネックは、メモリ上にあるインストラクションの取り込み速度である。よって、メモリを、汎用の拡張バスに置くということには、低速な資源に高速なメモリと CPU 間のデータのやりとりを邪魔されてしまう点で問題となる。マウスや RS-232C のような低速な資源とメモリのような高速な資源を同じバス上に配置し、同じクロックで動作させることには、無理があったのだ(Macorney E. Saitmayer, 1995)。

IBM 互換機メーカーにとって、バスのアクセスタイミングが定義されていないことや、低速資源と高速資源の混在は、深刻な問題であった。MPU が高速になると、アプリケーションソフトのレベルでは互換性があったとしても、ハードウェアのレベルでは互換性があるとはいえない状況になってしまうからである。

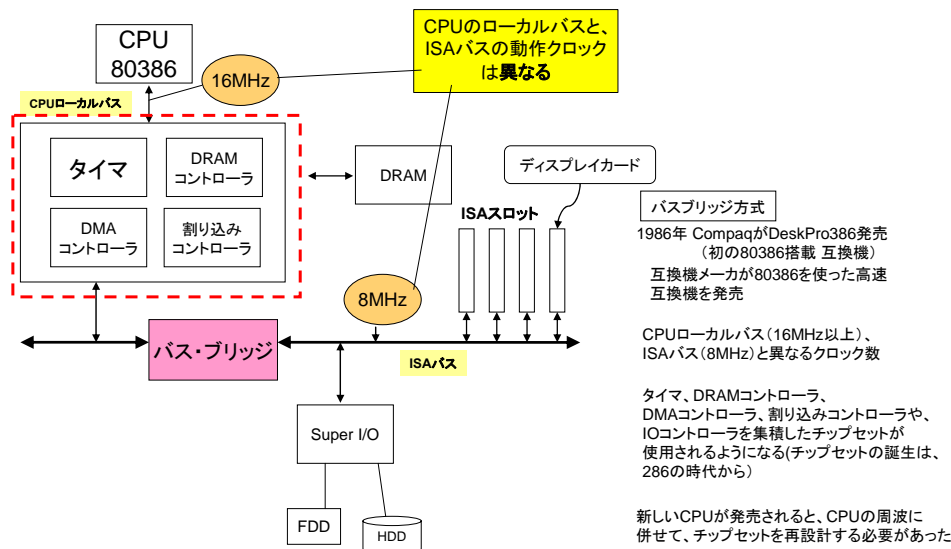
しかし、互換機メーカーと IBM 純正の PC との互換性がとりづらいという状況は、ある意味では、IBM 製のパソコンの価値を上げていた。拡張 IO デバイスメーカーは、IBM 向けの拡張デバイスをはじめに作るからである。このままの路線で行けば、互換機メーカーが互換性の面で苦しくなると予想された。

### バスブリッジの登場 : Compaq 社 Deskpro/386 と Flex Architecture

80386 を採用した PC システムでは、CPU の外部クロックをそのままバスクロックにするという方針をとることは困難であった。80386 では、CPU のバス幅が 32 ビットに拡大されると共に、動作クロックが 16 MHz (最終的には 33MHz) へと高められた。

PC/AT 時代のパソコンのアーキテクチャでは、ローカルバスの延長にあるシステムバスは CPU の動作クロックに合わせてバスクロックも上がるのが普通であった。例えば、PC/AT ではローカルバスもシステムバスも同じ、8MHz で動作していた。しかし、80386 を搭載した場合、CPU の外部バスと同じクロックまで拡張 IO デバイスが接続されるシステムバスのクロックをあげるとすると、33MHz にする必要がある。既存の拡張 IO デバイスは 8MHz であったので、互換性はとれなくなる。

## バスの変遷 (Deskpro386以降の互換機)



COMPAQ 社は、IBM を含めた PC メーカーのなかでもっとも早く 80386 を採用した互換機メーカーであった。COMPAQ は、Flex Architecture とよばれるアーキテクチャの変更を行うことにより、互換性の問題を解決した。

アーキテクチャ変更のキーポイントは、CPU と拡張 IO の間に、バスブリッジと呼ばれるチップセットをおき、CPU の外部バスにつながるローカルバスと、拡張 IO がつながるシステムバスを完全に分離することである。ローカルバスは CPU の外部バスクロックと同じに動作するが、システムバス側は 8MHz で動作するようにタイミングを定義した。このシステムバス側のタイミングは、IBM PC/AT の AT バスと同じであった。このため、分離された低速のシステムバス側では、PC/AT で使用された従来の拡張 IO 機器がそのままつかえた。

Compaq 社の 80386 を搭載した PC システムでは、IBM PC から IBM PC/AT まで一貫していた CPU 外部クロックをシステムバスのクロックとするというアーキテクチャが覆され、バスブリッジによってローカルバスとシステムバスを分離するという新しいアーキテクチャが採用された。そして、これを行ったのが、PC 産業を生み出した IBM 社ではなく、一互換機メーカーであった Compaq 社であったことが、業界に大きな衝撃を与えた。バス構造を変革して良いのは、IBM だけであるという雰囲気が業界の中にあっただからである。IBM がもっていたプラットフォームリーダーシップが、互換機メーカーである COMPAQ に移ってしまったのだ。

COMPAQ は、この新しいアーキテクチャを 1986 年 9 月に発売した Deskpro 386 で採用した。Deskpro 386 は CPU に当時最新のインテル社の 80386 を使用しており、かつ、それまでユーザが購入した拡張 IO 機器をそのまま使えるシステムバスを用意していたので、大きく成功したのである。

Compaq は、この新しいアーキテクチャを「Flex Architecture (Flex Bus Architecture)」と呼んだ。そして、ローカルバスとシステムバスを分離するバスブリッジ<sup>13</sup>に、「Flex Architecture」にもとづき、自社で開発した「ステート・エンジン」チップを、Deskpro 386 に搭載した (岩淵,1995)。

### インターフェースの標準規格化：アーキテクチャをオープン標準インターフェースで分断する ISA 規格：AT バスから ISA バスへ

ところで、Flex Architecture のようなアーキテクチャの変化は、技術的な要因だけで成功したのではないことに留意する必要がある。Flex Architecture で用いられたバスブリッジという手法自体、当時の技術的には難しい物である。だが、バスブリッジは、言葉の通り、「2つの異なるプロトコルをもつバスをブリッジ (変換してつなぐ) する」ものである。

AT バスは、先述のように IBM が PC/AT で採用したバスであるが、それは、タイミング特性が規定されているわけではなく、いわば as-is の規格であった。IBM PC/AT で動作しているバス特性が AT バスであり、それ以上でもそれ以下でもなかった。拡張 IO デバイスメーカーは、IBM PC/AT 上で動作するように、実機を使って調整するしかなかった。

AT バスのタイミング特性が規定されていないのであれば、バスブリッジすることが難しい。そこで、Compaq 等の互換機は、「もともと IBM 製品の内部バスであった AT バスを標準規格化してしまう」という行動をとった<sup>14</sup>。

1987 年に AT バスは、ISA(Industry Standard Architecture)として機構および電氣的な仕様を IEEE

<sup>13</sup> バスバッファとバスブリッジは、異なる役割を持つ。バスバッファは、駆動力を高めるが、ロジックには何の影響も及ぼさない。バスブリッジは、異なる 2つのバス・プロトコルの存在を前提にして、2つのバス間のデータの橋渡しをするものである。バスバッファによってつながれた場合、同じアドレス空間にデバイスは存在する。それに対して、バスブリッジによってつながれた2つのデバイスは、異なるアドレス空間に存在する。

<sup>14</sup> ISA は、いくつかの文書によってその仕様が定義されている。

1. 工業用の組込 PC/AT ボードのバスとして、ISA バスを機構的および電氣的特性が「IEEE Draft Standard P996」として規定された。この最初の発表は 1987 年であった。P996 の厳格な仕様 (IEEE P996.1) は、1992 年に発表された。
2. EISA (拡張 ISA) バスを定義する過程で、ISA バスのタイミング特性を規定した。EISA バスは、ISA バスの 32bit 拡張バスである。EISA Specification のはじめのバージョンは、1988 年に発表された。規格書は有料であったが、規格そのものは無料であったため、誰でも無償で利用することができた。この規格は、互換機メーカー 9 社で制定された。
3. IBM が自社の新シリーズ PC 「PS/2 シリーズ」を発表する際に、「PS/2 Technical Reference」で、ISA バスの信号特性とタイミング特性を定義した。

## PCのバス・アーキテクチャの変遷と競争優位

で規定された。さらに、1988年に、互換機メーカー9社は「EISA Specification」を定義し、その中でISAバスの信号特性およびタイミング特性が規定した。

ちょうど同時期に、IBMは自社の新世代のパソコンのための新しいバスを定義した。MCAバスとよばれる新世代バスは、クローズポリシーで運用されるため、互換機メーカーは何かの新しいバスを定義する必要があった。EISAバスは、ISAを拡張したバスとして定義され、そのプロセスで、ISAバスのアクセスタイミング仕様も詳しく規定された。

これにより、互換機メーカーおよび拡張IOサプライヤーは、規約さえ守れば「独自に」自社の製品を作ることが可能になった。それまで、IBM PC/AT用のバスは、単に「AT BUS」と呼ばれていた。IBMは、PC/ATの回路図を公開していたが、タイミング特性について定義を行っていなかった。IBMにとっては、IBM PC/ATの実物をつかって、拡張IOボードメーカーにタイミング検証をしてもらえばよかった。

しかし、拡張IOボードメーカーにとっては、IBM社のPC/ATの他に、多くの互換機メーカーが提供するPC/AT互換機向けにも拡張IOボードを開発していた。このため、機構特性、電気特性、タイミング特性が明確に定義してあることは、非常に重要なことであった。PC/ATのバスであったATバスは、IEEEの場で明確に定義されたISAバスとなった。また、さらに詳しく互換機メーカー9社が集まって定義したEISA仕様書の中で、タイミング特性までも規定された。

IBMでなく、互換機メーカーであるCompaqがこのようなPCのPFを定める上で重要な革新を行ったと言うことは、大きな出来事であった。IBMは、PC市場のリーダーの存在から脱落し、IBMとCompaqを中心とする互換機メーカーの対立の構図が明らかになった。

### IDE規格：HDDのインターフェース規格の標準化

互換機メーカーがIBMのプラットフォームから逃れるために、システムバスとCPUの依存性を切るようなアーキテクチャの変更を行ったことを前節で述べた。それでは、システムバスに接続される拡張デバイスは、どうであったろうか？

1980年代、もっとも重要な拡張デバイスはHDDドライブであった。この節では、拡張デバイス側のインターフェースに注目して、互換機メーカーがIBMプラットフォームの影響を排除するために、HDDドライブとパソコン（ホスト側コンピュータ）のインターフェースをどのように変化させたかを説明する。

IBM社のPCシリーズ中、初めて正式な拡張装備にHDDが採用されたのは、PC/XTであった。PC/XTでは、拡張IOカード上に拡張ROMを配置し、HDDと拡張IOカードの間のインターフ

エースには ST506<sup>15</sup>が用いられた。ST-506 は、Seagate Technologies 社が 1980 年に開発した HDD のモデル名称であると同時に、拡張 IO カードの間の物理的なインターフェース仕様名でもあった。ハードディスクと拡張 IO カードの間は、ケーブルによって接続され、ケーブル上をアナログ信号が伝達された。

ST-506 は、PC/XT ではじめて採用されたが、PC/AT<sup>16</sup>でも引き続き使い続けられた。PC/XT と PC/AT での ST506 の大きな違いは、システム BIOS で ST-506 をサポートするかどうかであった。PC/XT は、拡張 BIOS を拡張 IO カード上に配置し、PC のシステム BIOS で拡張 BIOS を呼び出す(INT 13h 拡張)ことによって ST506 を制御した。それに対し、PC/AT ではシステム BIOS 内に ST506 の入出力ルーチンを組み込んでいた。拡張 BIOS を必要としなかった。ただし、依然として PC/AT 用の ST506 は、拡張 IO カード上に HDC を配置していた。ST-506 のシステムでは、HDD ドライブからアナログ信号 (MFM 信号) で拡張 IO カード上の HDC にデータが伝達された後、HDC でアナログ信号が Bit Data に変換されて、PC/AT ホストバスにデータを転送した。

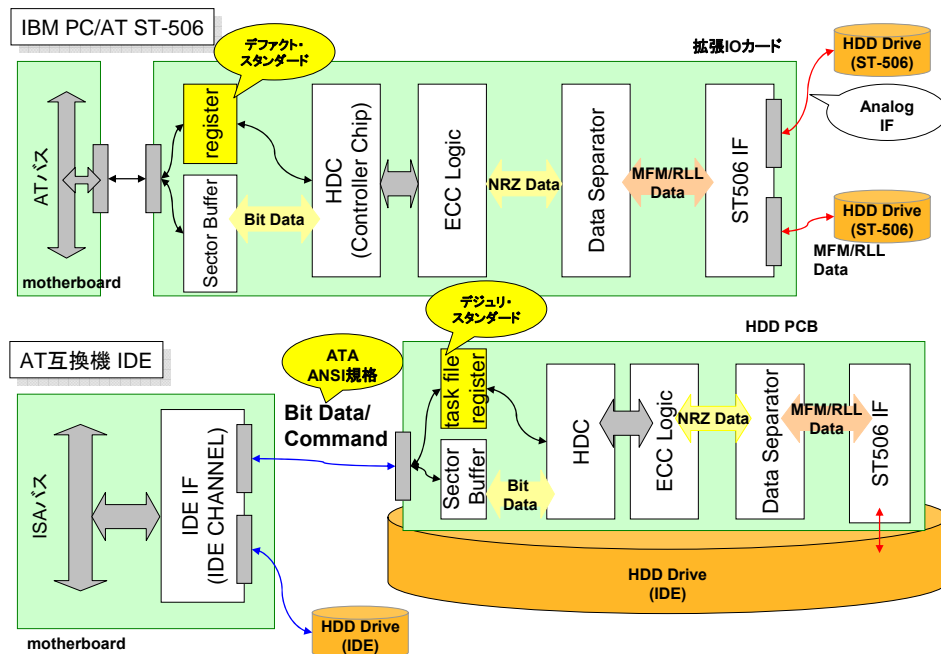
PC/AT システムでは、システム BIOS に HDD ドライブの入出力ルーチンを組み込んでいた。このため、HDD メーカーは、IBM のシステム BIOS で自社の HDD が動作するかを確認しながら開発を行う必要があった。HDD ドライブとシステム BIOS の間に、依存性が存在した(Hans-Peter Messmer, 1993)。

HDD のインターフェースで大きな変化が訪れたのは、1986 年に Compaq 社が発売した Deskpro 386 でのことであった。Deskpro 386 で初めて IDE インターフェースというコンセプトが登場した。それまでの PC 用 HDD は、拡張 IO カードと HDD がバンドルして販売されていたが、IDE では、マザーボード上のコネクタに HDD を接続しさえすれば HDD が動作する。拡張 IO カードが必要ないインターフェースとして IDE が登場した。IDE では、従来拡張 IO カード上に存在した HDC を HDD の PCB 上に配置した。マザーボード上には、簡単なインターフェースとバッファを設けただけであった。これにより、Compaq 社には、HDD に対する柔軟性と拡張 IO のためのバススロットを節約できるというメリットがあった。また、マザーボードに接続されるコネクタ上を、デジタルデータで伝達されるため、アナログデータにありがちなノイズの問題なども大幅に解消された (岡村, 2002) (インターフェース編集部, 2002)。

<sup>15</sup> ST-506 もしくは ST-412。ST-412 は、ST-506 の後継インターフェース

<sup>16</sup> IBM PC/AT に採用されていたディスクコントローラ (HDC) は、Western Digital 社の WD1003。WD1003 は、ST-506 インターフェースをもつ。WD1003 の性能に満足できない IBM PC/AT ユーザは、拡張 IO スロットに、ESDI カードや SCSI カードを搭載して高速な転送レートを持つインターフェース手に入れた。それに対して、SCSI カードは、エントリーレベル製品(Seagate 社 ST01/02)や高価で高性能なアダプタ (Adaptec 社 AHA-1540A や Western Digital 社 FASST 等) が主な選択肢であった。

## HDD Controller and Interface



Deskpro 386 では、IDE 開発を Compaq 社、Western Digital 社、CDC 社（Control Data Corporation 社。CDC の磁気ディスク部門は後に Seagate に買収される）が共同して行った。CDC のハードディスクの PCB 上に、Western Digital の HDC を組み込むものであった。しかし、Deskpro 386 で開発した IDE は不完全であったため、1987 年 Compaq 社は Conner Peripheral 社と共同して Compaq 社製パソコン Portable III に搭載する HDD 用に再度デザインし直した IDE を搭載した。このバージョンの IDE では HDD のインターフェースに ST-506 を採用し、HDD の PCB 上に HDC を搭載した。マザーボード上には IDE コントローラが配置され、マザーボード上の IDE コントローラと HDD の PCB 上の HDC が通信を行うようになった。パソコンからは、タスクファイルレジスタ(task file register)のみが見える構造になった。この IDE が現在の IDE インターフェースの起源となっている。

Compaq と Conner の成功をみて、各ドライブメーカーは IDE 相当品を一斉に開発した。しかし、明確な標準規格もなく（もともと IDE は Compaq 社が自社の PC 製品のために開発した独自規格であったため、明確な規格が無かった）、各社が独自の機能拡張を行ったため互換性が問題になった。このため 1988 年に各ドライブメーカーが集まり、CAM（Common Access Method）委員会をつくり、標準化案を 1991 年に ANSI に提出した。この標準化案では、HDC へどのようなコマンドを発行するのか、というコマンドセットなどが提案された。この標準化は、AT Attachment interface(ATA)と呼ばれる。

現在 IDE は、ATA と同じに意味合いに捉えられるが、実際には、IDE は各社毎の IDE が存在

し、それを標準規格にしたものが ATA(ATA-1)である。

## 4. 考察とインプリケーション

### なぜ互換機メーカーが IBM プラットフォームを乗り越えることができたのか？

PC 産業は、IBM が作った物であり、互換機メーカーは、IBM が発売した IBM パソコンを互換性の基準にしていた。IBM は、ソフトウェアメーカーや拡張デバイスメーカーのために、システム BIOS や回路図を公開した。このため、IBM パソコンの上で動作するソフトウェアや拡張デバイスが大量に供給された。

互換機メーカーは、IBM が著作権を持つシステム BIOS を乗り越えるため、IBM 著作権を侵害しない互換システム BIOS を獲得する必要があるがあった。

Compaq などのメーカーは、多額の費用と労力をかけて、独自に互換 BIOS を開発した。他方、Phoenix Technologies のように互換 BIOS を専門に販売するメーカーも現れた。このことによって、IBM パソコンと互換性のあるパソコンを互換機メーカーが発売することが出来るようになった。

システム BIOS は、CPU と各種 IO をソフトウェア的に結合するものである。互換 BIOS が登場したことにより、パソコンのソフトウェア的な意味での結合部分を、IBM がコントロールすることができなくなった。IBM がプラットフォームを支配する重要な要素の 1 つが IBM のコントロールから離れた瞬間であった。

しかし、互換システム BIOS の登場によって、すぐに IBM のプラットフォームリーダーシップが無くなったわけではない。IBM がつくったプラットフォームは、システム BIOS だけに集約されているわけではなく、ソフトウェアもハードウェアも含めた PC 全体設計に及んでいる。ソフトウェア的な結合が互換システム BIOS の登場によって IBM から離れたとしても、ハードウェア的な結合は未だ IBM のコントロール下であった。

IBM は、ハードウェア的な結合部分、すなわち、バスのタイミング特性などは公開しておらず、また一部の描画レジスタも公開していなかったため、100%の互換性をとることは難しかった。たとえ、互換システム BIOS によって IBM と互換性のあるパソコンを開発できたとしても、それは、「ほぼ」互換性のあるパソコンであり、完全な互換性ではなかった。エンドユーザーの視点では、「ほぼ」互換性のあるパソコンは、デジタル信号で演算をするパソコンにおいて互換性のないパソコンと同義に捉えられる。このため、互換機メーカーは、「完全な」互換性を求めて、IBM のパソコンをリファレンスしないわけにはいかなかった。

つまり、例え互換機が発売されたとしても、依然として IBM がプラットフォームリーダーシッ



## PCのバス・アーキテクチャの変遷と競争優位

プをもっており、最新鋭のCPUであったりHDDなどは、IBMが自社のパソコンに採用した後、互換機メーカーがIBMの方式を解析して互換性を保持するように自社の互換機に実装していた。

IBMがプラットフォームリーダーシップを持つ限り、ソフトウェアメーカーや拡張IOデバイスメーカーは、IBMのパソコンで動作するようにソフトウェアやデバイスを開発した。互換機メーカーはIBMとの互換性保証せざるを得なかった。ある特定の互換機のためだけに動作するソフトウェアや拡張デバイスを開発するソフトウェアメーカーや拡張デバイスメーカーは居なかった。皮肉なことに、互換機メーカーが乱立するほど、その正本としてのIBM社のパソコンの価値が高まるという結果になった。

特にCPUが世代代わりする際には、IBMがプラットフォームリーダーを持っていることが、互換機メーカーにはボトルネックになっていった。IBMがプラットフォームリーダーシップを持つ限り、IBMよりも最新のCPUを使ったパソコンを、IBMよりも早く上市することはできなかった。

この状況を劇的に変えたのが、Compaq社がDeskpro 386の時に採用したFlex Architectureであった。Compaqが提唱したFlex Architectureは、このようなIBMのプラットフォームリーダーシップを奪う役割をもっていた。この結果、Compaqはメジャーメーカーの中でもっとも早く当時最新のCPUである386CPUを搭載したパソコンを上市することが出来た。Flex Architectureでは、ローカルバスとシステムバスを分割し、拡張IOデバイスが接続するシステムバスは、IBM PC/AT機で採用されていたATバスのタイミングと同じにした。このため、ユーザーは、IBM PC/ATで使用していた拡張IOデバイスを使用し続けることができた。

さらに、互換機メーカーは、デファクトスタンダードで決まっていたATバスの特性を、IEEEで標準化した。1987年にIEEEでISAバスの機構的・電気的特性を定義した。

さらに、1988年には、Compaqを中心とする互換機メーカー9社が集まり、ISAバスのタイミング特性を定義するとともに、次世代のISAバスとしてEISAを定義した。有力な互換機メーカーは、IBM社の独自バスであったPC/ATのATバスをISAバス規格として再定義することによって、IBMのデファクトスタンダードを奪い、デジュリスタンダードに転換した。このことにより、IBMのプラットフォームリーダーとしての地位は著しく弱められた。

### 拡張デバイスのプラットフォームはどうなったのか？

同様の流れは、パソコン本体側だけでなく、拡張デバイス側でも確認された。当時のPC/XT,

PC/AT で採用された HDD は、ST-506 という業界標準（デファクトスタンダード）のバスであった。

互換機メーカーは、コスト削減のために、ST-506 に変わる新しい HDD インターフェースを開発した。IDE インターフェースである。Compaq 社は、IDE インターフェースのコンセプトを 1986 年に Deskpro 386 ではじめて市場に登場させた。

IDE インターフェースでも、パソコンのシステムバスにおける ISA バスと同様の事が起きた。つまり、標準化である。IDE インターフェースは、Compaq 社の製品コンセプトであった。安価であること、ノイズ耐性にすぐれていること等のメリットが IDE にはあった。

Compaq 社の成功をみて、多くのドライブメーカーが IDE ドライブを製品化するようになり、Compaq のような互換機メーカーが期待した安価なドライブがたくさん出るようになった。しかし、もともと Compaq 社の製品コンセプトであった IDE は、標準規格が存在せず、互換性の問題が発生するようになった。

そこで、1988 年に当時のドライブメーカーが集まり、互換性の問題を解決するために CAM 委員会（Common Access Method Committee）を結成した。同年、Western Digital や Conner は、IDE の仕様を整備し、ANSI に提案した。IDE の仕様は、1994 年に正式に承認され、これが ATA インターフェースとなった。これにより、互換機メーカーが欲していた安価で互換性の確保されたドライブが大量に供給されるようになった。

もともと IBM が HDD をパソコンに導入し、そこで使用するインターフェースを決めていた。しかし、IDE の概念は、互換機メーカーから登場し、さらにそれを ANSI 規格とした。IBM がもっていた HDD のインターフェースに対するプラットフォームリーダーシップは、互換機メーカーが IDE を ANSI 規格にしたことによって無くなってしまった。

### 標準化/オープンモジュール化と産業政策

IBM のプラットフォームリーダーシップを互換機メーカーが打ち破る際に、製品アーキテクチャ内にインターフェースを作り、さらに IEEE や ANSI で標準化を行うという手法が、システムバスでも HDD インタフェースでも共通して観察された。

もともとは、インターフェースがなかったり、インターフェースが存在したとしても IBM 社内仕様であった部分を、オープン標準化という手法を使って、IBM のプラットフォームを切り崩していった。

もともと IBM の製品のバス規格であった AT バスを、IEEE 規格の ISA バスへと再定義したことにより、AT バスから ISA バスへの転換が行われた。このことにより、互換機メーカーは、IBM に依存せずに製品の世代進化を行うことが可能になった。

## PCのバス・アーキテクチャの変遷と競争優位

HDD ドライブのインターフェースの事例では、IBM が PC/XT, PC/AT で採用していた ST-506 インターフェースから IDE インターフェースへと転換した。さらに IDE インターフェースを ANSI 規格にした。このことによって、互換機メーカーは、IBM プラットフォームの世代進化とは全く関係なく、安価で大容量のドライブを手に入れることができたのである。

ところで、IBM プラットフォームを切り崩すために互換機メーカーが使った、標準化という手法は、アメリカの 1980 年代の政策と深く関係していたことに留意する必要があるだろう。

もともとアメリカは、独占禁止法の影響が強く、共同研究開発は独占禁止法の対象とされている。共同研究開発が、独占禁止法の対象であることはアメリカ、EU、日本すべてにおいて同じである。ただし、すべての共同研究開発が米国反トラスト法の対象になるわけではなく、取引を不当に制限する場合や排他的な制限条項がある場合に規制対象となるのである。

しかし、アメリカの反トラスト法は、シャーマン法、クレイトン法、連邦取引委員会法を中心に多次元的な制度の下で成り立っているため、1980 年代以前のアメリカでは、企業間で共同研究を行うことが大変困難であった。なぜなら、多元的な法制度の下でどのような共同研究が認められるか、明確でないからである。また、アメリカの産業政策は、独占に対して厳しい姿勢をとっており、企業が共同研究をするハードルは高かった。

アメリカの 1980 年代は、ヤング・レポート<sup>17</sup>に代表されるように、アメリカの産業競争力強化のために大きく産業政策を変更し、それにともない制度変更を行った時期であった。アメリカが産業政策を変更し、産業競争力強化に向かった背景にあったのは、新興諸国（とくに日本と代表とする東アジア諸国）の台頭によるアメリカ産業の国際競争力の低下であった。国際競争力の再構築のための産業政策は、カーター政権からはじめられ、レーガン政権がこれを受け継いだ。

産業競争力強化のためにさまざまな施策がとられたが、その背景にある大きな流れは、企業間の共同研究を推進することによるイノベーション促進と、知的財産権を強化することにより R&D 投資による成果を保護することにあつた。前者の共同研究促進を取り込んだ代表的な戦略が互換機メーカーが標準化という戦略であり、後者の知的財産権保護強化が IBM が自社プラットフォームを守るためにシステム BIOS を公開した企業行動の背景であった。

---

<sup>17</sup> 1985 年に大統領「産業競争力」委員会は報告書(通称ヤング・レポート)を発表し、米国の国際競争力低下の問題はドル高だけでないとして、本格的な産業競争力強化に官民が取り組むよう呼びかけた。

まず、共同研究促進について説明する。1980年に司法省は「研究のための共同事業に関する反トラストガイド(Anti Trust Guide Concerning Research Joint Ventures)」を公開し、共同研究に対するガイドラインを明確にした。ガイドラインでは、共同研究事業の性格、共同研究に付随する制限、共同研究への参加および成果のアクセスに関する制限の3つの点からガイドラインが示された(平林,1993)。ガイドラインを示すことにより、どのような共同研究であれば行って良いのかという問題を明確にした。例えば、「反トラスト法にかかる参加者の市場シェアの訴追基準」や「研究成果に対して第三者が自由にアクセス出来るのであれば反トラスト法の問題は生じない」等が明確になった。

1984年には、「国家共同研究法(NCPA: National Cooperative Research Act of 1984)」が施行され、前述のコンソーシアム型規格提案活動を行いやすくなった。国家共同研究法では、共同研究開発の契約を届け出る制度が設けられ、司法省および連邦取引委員会に届けられた共同研究開発が反トラスト法違法とされたとしても、クレイトン法(3倍損害賠償)の規定にかかわらず、実損害額までの賠償で済むことになった。国家共同研究法は、1993年6月に改正され、国家共同研究生産法(NCRPA: National Cooperative Research and Production Act of 1993)となった。研究開発だけでなく、生産に係る共同事業についても届け出により反トラスト法に触れなくなった。国家共同研究生産法を受けて、SEMATECHが設立された。

共同研究におけるガイドラインの明示(1980年)や、国家共同研究法の施行(1984年)がなければ、互換機メーカーがコンソーシアムをつくって、標準規格を提案するような行動はやりにくかったものと考えられる。

例えば、反トラスト法において、複数メーカーが共同して研究する場合(これには、共同して研究した結果に基づく標準仕様の策定も含まれる)、共同研究コンソーシアムに参加するメーカーの市場シェア合計が20%以上の場合には、反トラスト法の対象となる可能性がでてくる。一定のシェアを持つメーカーが共同して策定した標準仕様の作成は、市場参加者に対して排他的な企業行動である可能性があると考えられたわけである。

しかし、このような共同研究の全てが反トラスト法の対象となるわけではない、と明記したのが先のガイドラインである。共同研究には、イノベーションを促す競争促進的な効果を持つことがあり、個別に違法性が判断されることを明示したのである。さらに、ガイドラインを受け継ぎ、共同研究の意義を協調し、共同研究を促進したのが国家共同研究法である。

ガイドラインでは、「共同研究の性格」「プロジェクトの範囲、存続期間」「共同研究成果へのアクセス性」などを勘案して、適法性を定める事が明示されている。一定基準以上のシェアをもつ複数メーカー同士が定めた標準仕様(=共同研究成果)に対して、第三者が自由にアクセスできることを担保すれば、共同研究による標準仕様の作成も反トラスト法の対象と

はならない。この基準を明確にしたことの意味は大きい。シェア基準で言えば、CAM 委員会や EISA 仕様を策定した委員会は、反トラスト法の対象になる可能性もあったと思われるが、このようなアメリカの制度変革により合法的に標準規格を策定することが出来たわけである。

一方、IBM がシステム BIOS を公開して、IBM プラットフォームを守ろうとした企業行動にもアメリカの知的財産権政策が深く影響していた。このことにも留意が必要だと考えられる。

企業間の共同研究強化が 1980 年代のアメリカの産業政策の一つの方針であるとするれば、知的財産権の保護強化は、もう一つの柱であった。

1980 年に、著作権法が改正され、コンピュータプログラムが著作権法の保護の対象であることが明記された。これにより、IBM のシステム BIOS が著作物として保護されることが明確になった。1984 年には、半導体チップ保護法が制定され、半導体のマスクパターンについて権利者に 10 年間の独占権を認めた。アメリカ国内での知的財産権保護政策は、着実に進展した。

しかしながら、知的財産権保護をアメリカ国内で強化するだけでは、アメリカの国際競争力の強化にはつながらないことは、明白であった。知的財産権を侵していると考えられたのは、アメリカ国内企業ではなく、むしろアメリカ国外の企業であったからである。このため、1985 年のヤングレポートでは、二国間交渉と多国間交渉を並行して行うアプローチが提言されていた。すなわち、二国間交渉のための道具が米国通商法 301 条（スーパー301）であり、多国間交渉の道具がガットのウルグアイ・ラウンドであった。

1974 年に制定された米国通商法 301 条は、不公正な貿易慣行をとる外国政府に対して、大統領が報復行為をとることを認める法律である。しかし、当初の 301 条は、不公正な貿易慣行に、知的財産権保護の不備・欠如が含まれていなかった。しかし、1984 年の通商法改正により、不合理な貿易慣行の例として外国政府の知的財産権保護の欠如が明記された。1985 年に韓国とブラジルが、改正通商法 301 条に基づく初の調査・交渉対象国に指定された。交渉の結果、1986 年に韓国とアメリカの間で、知的財産権保護に関する協定が結ばれた。

多国間交渉の場として選ばれたのは、ガット (GATT: General Agreement on Tariffs and Trade, 関税と貿易に関する一般協定) のウルグアイラウンド(1986年)における知的所有権の貿易関連の側面に関する協定 (TRIPS 協定: Trade Related Aspects of Intellectual Property) の締結交渉であった。一般に、先進国と新興国とでは知的財産権に対して異なる立場をとる。先進国

## 立本博文

は、R&D 投資を既に行っており、知的財産権に対して保護する立場をとる。一方、新興国では、技術導入を阻害しないように、知的財産保護の緩やかな運用を行う立場をとる。このため、通常の多国間交渉の場<sup>18</sup>では、数の多い新興国が有利になる可能性がある。アメリカが選んだガットのウルグアイラウンドでは、関税交渉、通商関連投資措置交渉などいくつかの交渉を1つのパッケージにして、一括して締結国が受諾するというパッケージ方式がとられることが特徴であった。このため、アメリカは、知的財産権強化に消極的な国に対して関税交渉などとセットにした提案をおこなった。

TRIPS 協定は、他の交渉結果の協定とともに、1995 年 1 月 1 日に発行した。これにより、従来、著作権法などの知的財産権履行のためのよりどころとなるベルヌ条約やパリ条約に比べると、遙かに迅速かつ効率的に、知的財産権保護の条約履行を推進し、知的財産権の保護強化を進めることが出来るようになった。

パソコン産業において、知的財産権の保護強化は、大きな影響を及ぼした。1980 年に改正された著作権法によって、コンピュータプログラムが著作権により保護されることが明記された。これにより、1981 年に IBM PC で公開されたシステム BIOS が知的財産権として保護されることが明確になった。

知的財産権保護により、大きな影響をうけた一例が、日本のパソコン産業であり台湾のパソコン産業である。日本のパソコンメーカは、知的財産権の侵害を理由に北米市場に輸出することは出来なかった(小川, 2007)。また、台湾パソコンメーカが IBM の厳しい取り締まりを受けて、模倣品を発売することができなくなった状況は本稿前述の通りである。

知的財産権の保護強化は、新興国に対してアメリカ企業の競争優位を担保することには貢献したが、アメリカ国内の企業同士では、複雑な様相を見せた。

IBM のシステム BIOS に含まれる知的財産権に抵触しないようにするためには、Compaq 等の初期の互換機メーカは、独自に互換 BIOS を開発する必要があった。この開発作業は、大変困難

---

<sup>18</sup> 例えば、知的財産権のためのフォーラムとしては、世界知的所有権機関 (World Intellectual Property Organization, WIPO) が有名である。しかし、WIPO は、ベルヌ条約とパリ条約を所管しており、両条約は、加盟国が条約義務を履行することを確保する手段が弱い。例えば、当時国間で紛争が起こったときに、国際司法裁判所に付託できると規定しているが、国際司法裁判所の審理には通常長い時間がかかるものである。また、もし、国際司法裁判所で知的財産権の保護の欠如が認められたとしても、相手国に対して、知的財産保護を強制するような具体的な措置をとることを認めていない。さらに、WIPO における意志決定は、加盟国全ての賛成を必要とするコンセンサス方式であったため、知的財産権保護強化を狙う先進国と、知的財産権の緩やかな運用を求める新興国との間でギャップが生じた場合、意志決定が不可能になってしまうという危険性も含んでいた。

## PCのバス・アーキテクチャの変遷と競争優位

な物であったが、全く解決方法が無いわけではなかった。著作権を乗り越えるために、Compaqがとった開発方式は、「クリーンルーム方式」という手法であった。クリーンルーム方式とは、既存のBIOSのソースコードを全く見ずに、独自に全く新しくBIOSのソースコードを作ることである。これにより、IBMのBIOSの著作権に抵触することなく、新たな互換BIOSを作りだすことができる。ただし、「クリーンルーム方式」にも、注意が必要である。BIOSなどのコンピュータプログラムを保護していたのは著作権であり、著作権が保護しているのは「表現それ自体」である、という点である。このため、たとえクリーンルーム方式で開発されたとしても、結果として、開発成果物がIBMのBIOSとの類似性が高い物であれば、IBMの知財に抵触する可能性もあった。このため、クリーンルームで開発されたコードが、なるべくIBMのソースコードに類似していないように開発することが必要であった。類似性の判断は、一概に出来る物ではなく、リスクがつきまとう。このため、技術力のない中小の互換機メーカーでは、互換BIOSを開発することは困難を極めた。これを助けたのが、互換BIOSだけを専門に開発し外販するPhoenix Technology社のような会社であった。1984年に互換BIOSを1984年に発売するようになると、IBMがシステムBIOSの著作権だけで、IBMのパソコンを保護することは難しくなった<sup>19</sup>。

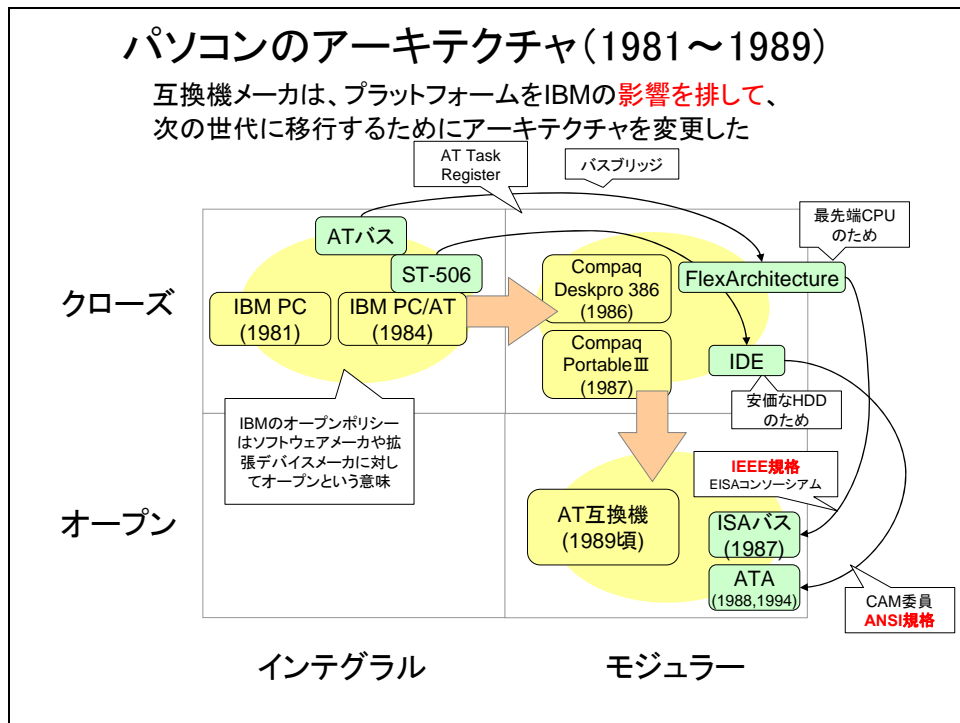
互換BIOSによって互換機が作りやすくなったとはいえ、1984年の時点では、まだIBMプラットフォームは健在であった。互換性はあくまで、IBMの純正パソコンに対する互換性であり、「いかに高い互換性をIBMパソコンととることができるか？」が互換機メーカーの付加価値であった。そのため、IBMが新しいパソコンのシリーズを開発し発表するたびに、互換機メーカーは、新たに回路やシステムBIOSに対して互換性の検証をする必要があった。また、いつまでIBMが回路図やシステムBIOSを公開し続けるのかという点についても、IBMの方針一つに任されていた。このため、IBMのプラットフォーム支配力は確固たる物であった<sup>20</sup>。この状況を一変させたのが、CompaqのFlex Architectureによるバスの分割であり、さらに、分割したシステムバスを公的標準(IEEEやEISAコンソーシアム)でオープン標準化することであった。これにより、互換機メーカーはIBMとは全く無関係に自社のパソコンを作ることが出来るようになった。IBMプラットフォームの影響から、互換機メーカーは抜け出すことが出来たわけである。

<sup>19</sup> 知的財産権でプラットフォームを保護すると手法は、IBMプラットフォームでは失敗したかのように見えるが、その後の流れとしては、むしろこの傾向は強まった。IntelがCPUとチップセットで作り出したIntelプラットフォームでは、知的財産権をベースとした特許紛争およびライセンス許諾によりIntelプラットフォームを守る手法がいたる所に使われている。

<sup>20</sup> 実際にIBMは、1987年に発売したPS/2シリーズでは、回路図などをクローズにした。また、知的財産権をベースにして積極的にライセンス政策をおこなった。もしも、Compaqなどが行ったバスブリッジによるバスの分断(1986年)や、オープン標準化(1987年、1988年)が1年遅ければ、現在のパソコン産業の様相も相当に異なっていたものと思われる。

まとめ

IBM が立ち上げたパソコン産業は、当初 IBM がプラットフォームをもっていた。しかし、互換機メーカーは、IBM プラットフォーム内にインターフェースを作り、そのインターフェースを公的標準にしたり、コンソーシアム標準にしたりすることによって、IBM のプラットフォームリーダーシップを奪っていった。その結果、互換機メーカーは、IBM よりも先に最新鋭の CPU を使えるようになるなど、プラットフォーム世代進化を IBM 無しに行うことが出来るようになった。これにより、IBM のパソコン産業での地位は著しく低められたのである。



互換機メーカーが使った標準化という手法は、1980年代のアメリカの産業政策と関係していると思われる。すなわち、独占禁止法重視から、共同研究による国内のイノベーションを促進させた。この結果、互換機メーカーが委員会をつくって ANSI や IEEE に規格を提案できるようになったり、委員会自体が標準規格を発表するようになったりした。

共同研究の促進と同時に行われた知的財産権の保護は、1980年代に行われたアメリカ産業政策の大きな柱である。システム BIOS の著作権という知的財産権で、IBM は同社のパソコンを守ろうとした。これには一定の効果があり、とくに海外の模倣品メーカーや互換機メーカーに対しては、強い圧力となった。この事例は、日本のパソコンメーカーや台湾のパソコンメーカーに見ることが出



来る。パソコン産業の付加価値は、アメリカ国内に残されることとなった。

しかし、アメリカ国内の IBM と互換機メーカーとの競争に関して言えば、複雑な結果となった。すなわち、Compaq 等の互換機メーカーは、クリーンルーム方式で互換 BIOS を開発したため、システム BIOS による IBM パソコンの保護が無効化された。さらに互換 BIOS を専門に開発・外販する Phenix Technologies の様な会社が登場したため、IBM 互換パソコンを簡単に作ることが出来るようになっていった。

ただし、互換 BIOS が流通したために、IBM のプラットフォームリーダーシップが失われたのではないことを、再度、強調しておかなければならない。互換性は、IBM の純正パソコンに対しての互換性であり、IBM が新しいパソコンシリーズを発売すれば、それに従った互換性をいちいち作らなければならない。さらに IBM が回路図やシステム BIOS の公開をやめれば、互換性を維持することは、ほとんど出来なくなってしまう。IBM プラットフォームの威力は健在であり、IBM の地位は確固たる物であった。

この状況を一変させたのが、先の Compaq 社の Deskpro/386 のバスブリッジの事例であり、さらに、IEEE や EISA コンソーシアムにおけるバスのオープン標準化の事例である。オープン標準化を行うことにより、IBM プラットフォームとは、全く無関係に互換機メーカーは、自社のパソコンを作ることが出来るようになった。また、拡張 IO をつくるメーカーや、ソフトウェアベンダーも、IBM プラットフォームへの依存性から脱却し、IBM プラットフォームとは無関係に自社の製品を開発・販売することが出来るようになったわけである。つまり、オープン標準化自体が、IBM プラットフォームの影響力を排除する戦略だったわけである。

## 5. 付論

本論文で述べたような互換機メーカーの台頭に対して、IBM がどのような対抗策をとったのかを、本論文の最後に紹介する。

### Bus War: MCA と EISA

互換機メーカーの台頭に対して、IBM は、1987 年に PS/2 シリーズを発表して、挽回をおこなった。PS/2 シリーズには、MCA と呼ばれるバスを用いた。

マイクロチャネルの特徴は、①高速バスであること、②ソフトウェアで自動的にアービトレーション (IO 等の資源を調整すること) を行うこと、③それまでの AT Bus とは非互換であること、等が特徴であった。

MCA バスが、従来の拡張 IO 機器と互換性がないという点は、評価が分かれるところであった。AT BUS は、AT 互換機メーカー毎にタイミング特性にばらつきがあり、明確な定義がされておらず互換性の面で問題があった。このため、従来の拡張 IO との互換性を犠牲にして、まったく新し

## 立本博文

い BUS を作り出した方がよいという意見もあった。一方、前述のように、Compaq などは、MCA バスが登場した 1987 年に、IEEE で ISA バスの機構的・電気的特性を定義し、1988 年に EISA 仕様でタイミング特性を明確に定義した BUS として使い続ける意向をもっていた。

IBM はそれまでのオープンアーキテクチャ路線を変更し、MCA バスを非公開とした。サードパーティーが、MCA バス用の拡張 IO 機器を開発するためには、IBM からのライセンス<sup>21</sup>が必要であり、IBM は MCA の使用にあたっては、ライセンスを求めるようになった。

### PS/2 (1987/4)



(米) IBM PS/2 (1987/4)

モデル番号	CPU	HDD
モデル5550	8086/8MHz	HDD20MB
モデル5540	80286/8MHz	HDD20MB
モデル5560	80286/10MHz	HDD20MB
モデル5560	80286/10MHz	HDD40MB/70MB
モデル5570	386DX/16MHz	HDD70MB/140MB

- CPU: INTEL社 8086~386DX
- OS: Microsoft社 DOS/ OS/2(16bit用)
- バス構造: MCA(マイクロチャネルアーキテクチャ)
  - ロイヤリティ発生
  - MCAを必要とする高速アプリケーション不在
  - ISAとの互換性なし
- それまでのATバスに対して、MCAはクローズポリシーをとり、IBMにライセンス料支払う
- クローンメーカーからの反発にあり、クローンメーカーは独自にEISAバスを提唱
- MCAバスとEISAバス間での主導権争い  
IBM vs クローンメーカー(Compaq等)

1987年4月にIBMは、PC/ATの後継機種として、PS/2シリーズを発表した。PS/2シリーズは、Compaq Deskpro 386の発売から7ヶ月過ぎてはいたが、当時最先端の32bit CPUであるIntel 80386を採用していた。しかし、PS/2は、成功しなかった。IBM PS/2は、IBM互換機用のソフトウェアならばほとんど利用することが出来た。また、OS/2という新しいOSが、PS/2には搭載されていた。しかし、PS/2は、PC/ATシリーズとの拡張IOカードの互換性<sup>22</sup>がなかった。また、IBMは、PS/2の内部システムをPC/ATのように公開しなかった。IBM PS/2用に拡張IOカードを開発するためには、IBMのライセンスを受ける必要があった。そのため、拡張IOボードメーカーの多くは、IBM PS/2用にボードを開発することを躊躇した。そのため、PS/2は成功することはなかった。

<sup>21</sup> MCAバス対応の拡張IOボードを作成する場合、IBMに対してライセンスを求めなくてはならなかった。その理由は、本稿中でのべたように、IBMがオープンポリシーの反省から、情報を一般に公開せず、特定のメーカーに対してのみに公開する、という方針転換をとったことが主要因である。しかし、MCAでは、現在で言うところのプラグアンドプレイ機能をもっており、プラグアンドプレイを行うためには、拡張IOボードメーカーにIDを配布し、各拡張IOボードにメーカー及び拡張ボード固有のIDを付与する仕組みが必要であることも関係している。同様の仕組みは、PCIバス対応の拡張IOボードでも採用されており、メーカー固有のIDを発行してもらうためには、PCI SIGにメーカー登録をする必要がある。

<sup>22</sup> また、当時標準の5インチフロッピーディスク装置ではなく、3.5インチのフロッピーディスク装置をPS/2では採用した。

IBM の PS/2 の MCA のロイヤリティの動きに対して、1988 年 9 月に PC/AT 互換機メーカー (AST, Compaq, Epson, HP, NEC, Olivetti, Tandy, Wise, Zenith) の 9 社の互換機メーカーが EISA バスの仕様を開発し、決定した。EISA バスは、ISA バスの 32bit 拡張バスとして定義された。EISA バスは、ISA バスと混在することができる上位互換のバスであった。

しかし、MCA バス、EISA バスは双方とも、高性能機種に採用されるにとどまり、おおきな影響を与えることはなかった。MCA や EISA が登場したものの、両者は普及はほとんどしなかった。MCA や EISA は、ハイエンドのソリューションとしては普及したものの、大部分の PC には、影響を与えなかった。従来の ISA バス対応から、MCA や EISA に乗り換えるためには、そのような高速なバスを必要とする明確な応用用途が必要であったが、1980 年末には、そのような明確な仕様用途を特定することができなかった。そのため、パソコンのシステムバスには、依然として低速な ISA バスが使われ続けた。

### 引用文献/参考文献

- ロバート・X・クリンジリー(1994) 『コンピュータ帝国の興亡』 アスキー
- 岩淵 明男(1995) 『コンパックの奇跡—高品質・低価格を実現した驚異の経営・生産革命』 オークス出版
- 岡村 博司編著(2002) 『ハード・ディスク装置の構造と応用—記録・再生の原理とメカニズム&インターフェース』 CQ 出版
- 平林 英勝編著(1993) 『共同研究開発に関する独占禁止法ガイドライン』 商事法務研究会
- トランジスタ技術編集部 (1997) 『IBM PC と ISA バスの活用法—DOS/V マシンのインターフェースを拡張するハードウェア設計』 CQ 出版
- インターフェース編集部 (2002) 『ATA(IDE)/ATAPI の徹底研究』 CQ 出版
- インターフェース編集部 (2004) 『PCI バス&PCI - X バスの徹底研究—電気的特性の基本からバス・プロトコルの詳細まで』 CQ 出版
- Macorney E. Saitmayer(1995), 「世界標準パソコン IBM PC と MS-DOS の変遷」『トラ技コンピュータ 1995 年 7 月号』, pp.26-50, CQ 出版
- Hans-Peter Messmer(1993) The indispensable PC hardware book, Addison-Wesley.
- 鈴木 哲哉(2006) 『古典電脳物語』 ラトルズ
- 小川 紘一(2007) 我が国エレクトロニクス産業にみるモジュラー化の進化メカニズム -マイコンとファームウェアがもたらす経営環境の歴史的転換-, MMRC ディスカッションペーパー, No. 145