

Title	PCのバス・アーキテクチャーの変遷と競争優位(標準化(2))
Author(s)	立本, 博文
Citation	年次学術大会講演要旨集, 21: 937-940
Issue Date	2006-10-21
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/6460">http://hdl.handle.net/10119/6460</a>
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般論文

○立本博文（東大ものづくり経営研）

1. はじめに（問題提起）

インテル社は、標準化戦略を事業戦略に巧妙に取り込む能力を持っている企業である。前掲の報告では、特に生産の分野に関して、インテルの標準化戦略についてふれたが、本報告では、同社の製品戦略について、標準化を事業戦略に取り入れるという視点から分析する。

2. PCのバス構造の説明

バス(bus)とは、コンピュータ内部で、各回路(CPUやDRAM,I/Oデバイスなど)がデータをやりとりするための伝送路のことである。バスには、さまざまな企業が提供した電子デバイスが接続される。よって、バスの構造を観察することによって、そこに関与する企業がどのような戦略をとっていたのかを把握することが出来る。PCのバスには、大きく分けて、3つの方式が存在する。

CPUの外部バスがそのまま、バスとして採用されていた。つまり、すべてのデバイスがCPUに直結している訳である。バスのクロックは、CPUの外部バスのクロックと同じである。非常にシンプルな構造である。バスのクロックとは、単位時間あたりに何回バスに信号を流すかの指標である。クロックが早いほど、データの転送回数が多く、高速のバスとなる。

(b)バスバッファ方式

多数のI/Oをバスに接続する場合、バスが長くなる。CPU直結バス方式のようにCPUの外部バスを単純に延長したのでは、信号の遅延が起こる可能性が出てきた。そのため、バスの途中にバスバッファを設けることにより、信号遅延を防ぐようにした。(ただし、バスバッファは、単なる「バッファ」であるため信号遅延の問題が完全に解消された訳ではない。バッファを使い切れれば信号漏れがおこる)これにより、ユーザは(a)方式よりも、多くのI/Oを利用することが出来るようになった。しかし、依然として、CPUの外部バスクロックがバスのクロックとなっている。

(c)バスブリッジ方式

高速CPUを採用したPCを開発する場合、「CPUの外部バスを利用する方式では、高速CPUを使った場合、ユーザー資産のI/Oカードの動作クロックとバスクロックが適合しないため、利用できなくなる」という非常に困った問題がおこる。これを解決するために、バスを高速CPUに近い側のバス(ローカルバス)と低速I/Oに近

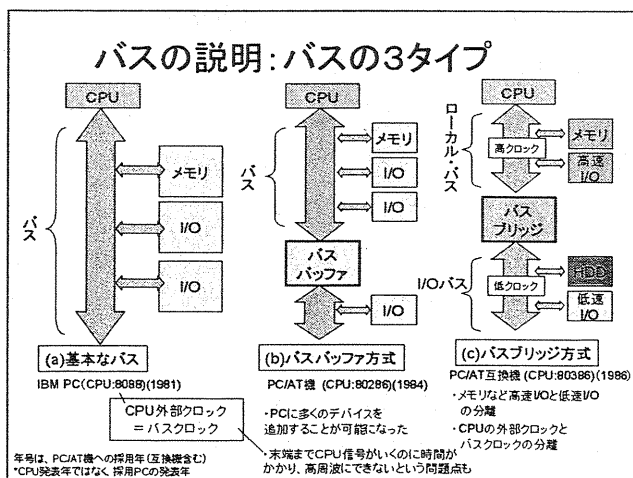


図1 3タイプのバス構造

(a)CPU直結バス方式

いバス (I/O バス) に分割し、その途中にバスブリッジを設ける方法がバスブリッジ方式である。バスブリッジは、バスバッファと異なり、「信号の待ち」をコントロールするため、信号遅延の問題が完全に解消されている。バスブリッジ方式により、CPU の外部バスと I/O バスの分離が実現した。拡張 I/O をつくるサードパーティは、パソコンというシステム全体をみなくてもよく、I/O バスの規約さえ守れば、自由に自社製品を作ることが可能になった。一方、CPU メーカーにとっても、ユーザ資産である拡張 I/O との適合性(この場合、クロック)の心配をする必要なく高速 CPU を作ることが出来るようになった。

### 3. だれが PC の PF (バス構造) を変えたのか? -PF リーダの変化-

前節では、バスについての技術的な説明を行った。バスが PC というシステムを作る上でのプラットフォーム(PF)になっていることが理解できたと思う。本節では、歴史的に(a)(b)(c)のバスを誰が作ったのかについて、説明する。

①1981年の IBM PC が採用したのは、(a)CPU 直結バス方式であった。PC を広く普及させたのもとも初期のパソコンが、IBM PC である。CPU の外部バスをそのまま PC のバスとしたため、特別な電子部品 (バスバッファやバスブリッジといった部品) の開発を必要とせず、非常に短期間に IBM PC を開発することができた。

②つぎに、PC の大きな波となるのが、IBM が 1984 年に発売した PC/AT である。IBM PC/AT は、現在でも「PC/AT 互換機」と呼ばれるほど、スタンダードになった PC である。PC がユーザーに浸透していくとともに、ユーザーが必要とする拡張 I/O の数が増えていった。このため、信号遅延の問題が発生していた。これを解消するために、IBM PC/AT が採用したバス構造は、(b)バスバッファ方式であった。

③さらに、IBM PC/AT 以降、高速な CPU をつかった PC/AT 互換機が発売されるようになった。1986 年 Compaq 社が発売した Deskpro/386 は、CPU に INTEL 社の高速 CPU(80386)を採用した PC/AT 互換機である。同社は、Flex Architecture と呼ぶ(c)バスブリッジ方式を導入した。この出来事は、当時の PC 業界にとっては、2つの意味で革命的な出来事であった。一つは、PC という製品に拡張 I/O カードや CPU を供給するサプライヤにとって、「バスの規約さえ守れば」自由に自社製品の進化を行えるようになった。実はそれまでは、バスのインターフェースが「厳密に」決められていたわけではなく、IBM が公開していた「システム回路図」を参考に (IBM はシステム回路図は公開したが、タイミング特性は公開していなかった)、ボードベンダーは、タイミング特性を予測や実測で求めていた。この問題を解決するために、1987 年に IEEE で ISA(Industry Standard Architecture)としてタイミング特性の定義が行われた。これに先立つ 1986 年に、Compaq 社が Flex Architecture によって、CPU の外部クロックおよび PC システム回路設計に起因するのタイミング特性の問題を解決した。サプライヤは、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。二つめは、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いうことであった。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。

④1988~1991/92 年頃まで、IBM が提唱する MCA バスと互換機メーカーが提唱する EISA バスとの戦いが行われたが、PC 市場では別の動きが起こっていた。1990年に Microsoft 社が発売した Windows 3.0 が爆発的に普及したのだ。引き続き 1992年に発売された Windows 3.1によって PC に GUI は必須のものになった。この時期の PC で

Windows を動作させると、グラフィック性能が圧倒的に不足していた。そのため、互換機メーカーとグラフィックスカードメーカーは、VL バスを採用していった。VL バスは、当時主流であった Intel 社の i486 CPU の外部バスにグラフィックカードを直結する方式であり、(a)CPU 直結バス方式であった。

⑤VL バスは、CPU に直結しているため、CPU 世代進化のためには、非常に不都合なバスであった。

た。Intel を中心とした PCI SIG は、1992 年に PCI 1.0 を発表した。当初は、CPU とメモリとの間のローカルバスを中心とした仕様であったが、1993 年の PCI 2.0 では I/O デバイスとの I/F まで含んだ物となった。PCI は、高度な(c)バスブリッジ方式であった。1994 年以降、PCI を採用した PC が急速に普及していった。

今までの動きを整理すると図 2 のようになる。

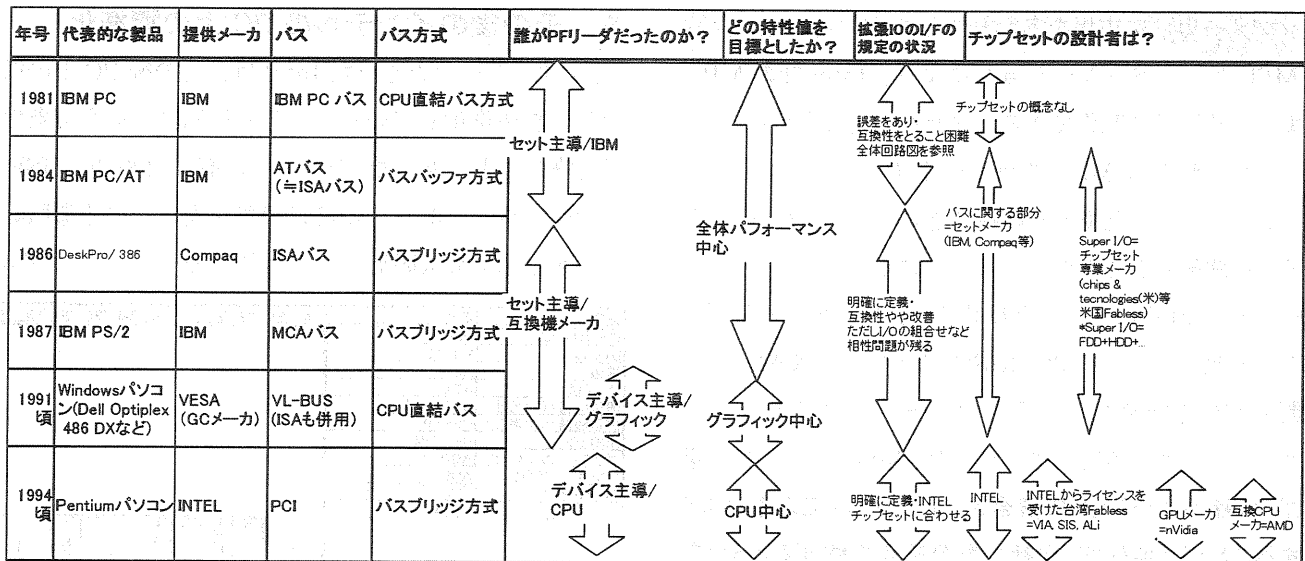


図 2 PC のバスと PF の変遷

#### 4. Intel から見たバス構造の変化 -インテル社の事業 (MPU 事業) とバス構造-

Intel は、1970 年に世界で初めて DRAM を発売し、1970 年を通して DRAM 事業を会社の主力事業としてきた。しかし、1978 年頃から日本の DRAM メーカーの猛追にあい、DRAM 事業からの撤退を決断したものの、1985 年には 2 万 6 千人いた従業員の内 8 千人の解雇、1986 年には 2 億ドルの赤字を計上した。

1985 年に Intel が戦略転換し、本格的に MPU ビジネスをする際に、まず始めに障害になったのは、IBM が PC の PF リーダであったという事実だった。IBM が Intel 社の CPU を採用した (1981 年 IBM PC) ことが、Intel の MPU 事業の始まりだが、IBM パソコンへの MPU 搭載が決まったとき、当時 Intel 会長だったムーア氏は、「ああ、大手の顧客がまた増えて良かった」という程度にし

か考えなかったという。MPU 事業は、Intel の主力事業ではなかった。1981 年に IBM PC が発売されると、PC は大きな市場へと育つ。1985 年の同社の最先端 MPU は、386 であったが、IBM は 386 の製造上の歩留まりの問題から納期を懸念し、386 の採用を見送った。IBM が 386 を採用した製品を発売したのは、386 の発表から 2 年たった 1987 年のことであった。

386 を採用した最初の製品は、Compaq 社の Deskpro/386 だった。Intel にとって、互換機メーカーが 386 を採用してくれたことにより、最先端 CPU を販売することが出来た。しかし、依然として、PF の主導権が Compaq 等の大手互換機メーカーにあったことは懸念材料だった。PF の主導権はセットメーカーにあったのだ。この懸念は、具体的には、次の 3 つの点に代表される。①互換機メーカーは、高価な Intel の CPU よりも、安価な互

換チップメーカ(AMD, Cyrix など)の互換 CPU を採用しがちだという点②セットメーカは、全体システムのバランスを重視するため、CPU よりは他のデバイスに投資する可能性。実際に、前述の windows マシンでは、CPU よりもグラフィックカードに対して投資をおこない、VLバスという Intel の製品進化を停滞させるような不都合なバスまで作ってしまった。③IBM 社と Motorola 社の「PowerPC」や Sun Microsystems 社の「SPARC」、DEC 社の「Alpha」といった RISC タイプの高性能 MPU (RISC チップメーカ) に市場を奪われてしまうの可能性。高性能 MPU は、エミュレーションにより、Intel 社の MPU とまったく同じに動作できる。また高性能であれば、OS レベルでこれらの MPU をサポートすれば、アプリケーションレベルで、互換性を維持できるので、Intel 社抜きに PC を開発することが出来るようになる。

つまり、Intel には、自分のポジションを奪ってしまうような互換チップメーカ、RISC チップメーカや、自社の製品進化を止めてしまうようなセットメーカ/グラフィックカードメーカが存在した。つまり、Intel にとって、「条件①: 自社のポジションに競合メーカが入ってこれないようにすること」と「条件②: 自社の製品進化を妨げるような存在を排除すること」が、MPU 事業で勝ち抜く条件となっていた。

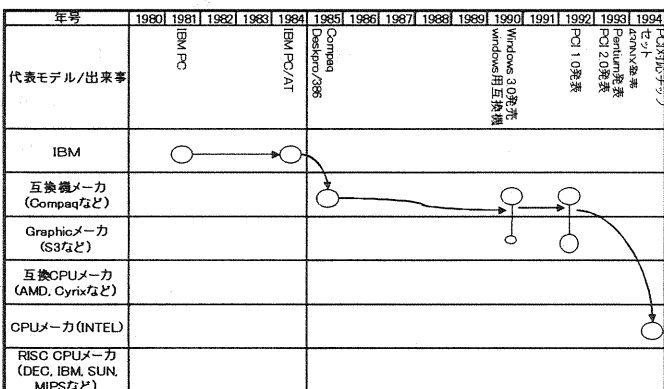


図 3 PF リーダの変遷

この2つの条件を実現したのが 1992 年の PCI バスである。1991/92 年頃採用されていた VL バスは、(a)CPU 直結バス方式を採用していたため、Intel が次の世代の

CPU を出荷することに大きな障害になりつつあった。これを回避するためには、(c)バスブリッジ方式に戻す必要があった。これを実現したのが PCI というバス標準である。また、PCI バスを実現するチップセットを Intel が供給することで、互換 CPU メーカが容易にインテルのポジションに入り込めないようにした。このようにして、インテルは PC の PF リーダとなることによって、自社の MPU 事業を安泰なものとしていった (図 3)。

## 5. その後のインテルの PC 上の標準化

PC の PF リーダとなった Intel は、その後 PC 上の様々な部分を標準化していった。その目的はあくまで条件①②を守ることであった。その一例は高梨(2006)の USB の標準化の事例である。Intel は標準化を自社の事業戦略のツールとして最大限活用する用になっていった (図 4)。

分類	名称	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00
ローカルバス	PCI 1.0											
I/Oバス	PCI 2.0											
電源	ACPI 1.0											
MB形状	ATX											
周辺機器バス(低速)	USB1.0											
周辺機器バス(高速)	USB2.0											
HDD I/F	Ultra DMA											
グラフィックバス I/F	AGP 1.0											
オンボードサウンド	AC97											
PC全体設計	PC98-System Design											
メモリ I/F	PC100...											

INTEL社が発売したchipset												
	420TX(486用)	430LX	430NX	430FX	440BX/440GX							

■は、Intel社が関わった標準

図 4 PC 上の規格/標準化

## 謝辞

本報告は、経済産業省・標準化経済性研究会で著者が担当する研究の一部を纏めたものである。この研究会推進にご尽力頂いた経済産業省技術環境局の横田室長(現、リイクル推進課長)および江藤室長に謝辞を申し上げたい。

## 一参考文献一

- (1) 小川、新宅、善本(2006) “製品アーキテクチャ論に基づく日本企業の標準化・事業戦略”、研究・技術計画学会、第21回年次学術大会(2006年10月)、ホット 이슈 2C23
- (2) 高梨(2006), ” パーソナル・コンピュータの汎用インタフェースをめぐる標準化競争 “、研究・技術計画学会、第21回年次学術大会(2006年10月)、ホット 이슈 2C16