

半導体の歴史

— その16 20世紀後半 インテルにおける
不揮発性半導体メモリとMPUの発明 —

ルネサスエレクトロニクス株式会社
生産本部 デバイス・解析技術統括部
MCU デバイス開発部 主管技師

おくやま こうすけ
奥山 幸祐

2つのプレゼント

他社に先駆けて真正面から新技術に挑戦し続ける企業精神と天才的な卓越した経営、そして偶然という幸運とで築かれてきた会社がインテルと言われることがある。しかしながら、天才的や幸運と言う表現は、その偉業を認めたものが後に神秘化して使う言葉かもしれない。当時のインテルでの研究開発、製造、営業や経営など、日々の戦いの中でそれぞれの立場の一人一人が人智を尽くした結果が、今のインテルを作り上げてきたものと考えられる。言い換えれば、インテル内で行われてきたことは、やるべきことをひとりひとりがそれぞれの立場で行った結果である。

ただ、そこにあったものは柔軟な思考回路を邪魔しないインテル独自の会社風土ではないだろうか。そして、その風土こそ、幸運をもたらす偶然を呼び起こし、柔軟な経営を可能にしたものではないだろうか。そこには純粋な価値観が貫かれている。創業時のノイス、ムーア、グローブら3人の気質という様なものが、遺伝子として、これまでのインテルのベースになっているように思える。競合他社に先駆けた独自技術を持ち、それによって事業を確立してゆく、いわば開拓精神、フロンティア・スピリットである。フェアチャイルドというオーナーの下では得られなかった自由が、新たな会社インテルを設立することで彼らの思考を跳躍させたものと考えられる。創業当時、業務執行役員となったグローブは社内の規律を正すために、朝の出勤に遅刻した人の名前を紙に書いて張り出すことまで行っている。張り出される対象者は幹部も例外でなかった。グローブはフェアチャイルド時代には乱れた規律の中で、正常な意見が通らなかった社風を経験している。それがフェアチャイルド・セミコンダクター凋落の主要因と痛感していたのである。

規律とその中で自由な意見を言える雰囲気、そして独自の新技術への思考、それらが今のインテルを作り上げた原動力と考えられる。今日のインテルは半導体製品の売上高、利益でトップの座を守り続け、最も投資効率の良い企業となっているだけでなく、半導体製造技術でもトップランナーとして走り続けている。

インテルは1970年に世界初のDRAMを生み出した時とほぼ同時期の翌年1971年に、偶然にも会社の運命を左右するほどの2つのデバイスを手に入れる。このプレゼントはノイスやムーアらによってインテルを創立する時には全く想定していなかった偶然的な産物である。この2つのデバイスを得たインテルの運の強さを痛感させられる。それらの偶然の産物が、1990年代以降にインテルを世界一の半導体メーカーへと押し上げる起爆剤となる。その1つが不揮発性半導体メモリ(NVM: Non Volatile Memory)であり、書き込み消去可能なEPROM(Erasable Programmable Read Only Memory)である。そして、もう1つがマイクロプロセッサ、MPU(Micro Processing Unit)である。

特に、後者のMPUは、今日のインテルを世界一の半導体メーカーに成らしめた産物であり、今日の電子機器の中核となる半導体デバイスである。このデバイスはメモリに記憶されたプログラムを読み込み、次にプログラムの指示に従って入力装置や記憶装置からデータを受け取り、データをプログラム通りに演算・加工した上でデータをメモリなどの記憶装置やディスプレイなどの出力装置に送るデバイスであり、演算プログラム内蔵の演算処理装置である。日本の電卓メーカーであるビジコンがインテルに持ち込んだ基本アイデアと製品仕様にインテルでシステムエンジニアとして務めていたテッド・ホフがそれまで持っていたコンピュータシステムの知識と統合することでMPUの構案を立案する。ビジコンが考えていた基本アイデアは、多くの種類の電卓モデルをそれぞれ別々に回路設計するのでは



アンディ・グローブ

なく、それぞれのモデルの命令セットなどのプログラムをソフトウェアとして不揮発性メモリ ROM に格納し、ソフトウェアで機能対応する手法である。ビジコンはこのアイデアを基にした製品構成をインテルに持ち込み、チップ設計から生産までを委託する。10進法のコンピュータ・アーキテクチャーで、15チップ構成で開発依頼している。この開発依頼を受けたインテルでは、ホフがシステム構成を再考し、2進法4ビット演算機で4チップ構成を提案する。これによって世界初のMPU、4004マイクロプロセッサが生まれる。当初、インテル自身、MPUが持っている将来性を含めた重要性に気がつくことなく、ビジコンに独占販売権を与えている。インテルが、MPUが電卓のみではなく、多くの電子機器に応用できる重要性に気がつくのは、その後まもなくである。

また、前者のEPROMは書き込み消去可能なROMである。それまでROMの書き換えに数か月の期間を必要としていたが、このEPROMに書き込んだプログラムは数分で書き換えることができる。このEPROMの出現はコンピュータのプログラム開発における調整期間を格段に短縮することになる。後年にはプログラムの書き込みだけでなく、種々のデータを書き込むことで通信や音響など幅広い分野で大量に消費されるデバイスとなってゆく。消去方式の進化により、当初、電気的に書き込みができ、消去を紫外線で行うUV-EPROMであったものが、消去も電気的に可能なEEPROM (Electrically Erasable PROM) となり、その後、日本の技術者によって電気的に一括消去できるFlash ROMのアイデアが生み出されることで、半導体メモリとしてはDRAMと並ぶ大きな産業へと成長してゆくデバイスである。

インテルが操業間もない頃にこれらの2つのデバイスを手に入れたことは、当初から計画されていなかった点から考えると偶然と言うべきではあるが、これらの偶然を手にしたのはインテルが技術を重要視し、それらの変化に対応し得る陣容を揃えていた賜物と考えられる。ノイス、ムーア、グローブらの技術的見識力の高さが、これらの陣容を揃えさせ、技術的変化に対応できたことにより得た偶然と言ってよい。計画的か、偶然かのどちらにしても、1970年初頭に、DRAM、EPROM、MPUの3つのカードをインテルは手にする。この3つのカードを上手に切つてゆくことで、今日の地位を築いてきている。実に上手にカードを切っている。その天才的プレーヤーが、前稿で述べたムーアやグローブである。偶然という運とプレーヤーの実力がうまくかみ合った結果、それによって、時代が欲するものを計画的に、しかもタイムリーに供給し続けたことが今のインテルを築いたと言える。これらの3つの新技術を生み出し、その技術を育むことにより他社との技術的差別化を図ることによって、他社とのコモディティ化を防ぎ、

独占的な地位を築くことで利益を上げ続けている企業がインテルである。独自技術がコモディティ化されてきたときの、次の独自技術への切り替えが実に素早い。3つのカードを1970年初頭に持ち得たことが、この切り替えを可能にしている。

EPROMの発明

.....



ドブ・フローマン

.....

EPROMを発明したのはドブ・フローマンである。フローマンは1963年にイスラエルのテクニオン工科大学を卒業し、渡米した後にフェアチャイルド社に入社する。ムーアやグローブらとともに研究開発に従事し、1969年にムーアらがインテルを創立すると行動を共にする。フェアチャイルドからインテルに移籍したばかりの頃、1969年にMOSIC製品の信頼性不良の解析を担当する。この不良はICを動作

していると、次第に動作不良になってくると言うものである。フローマンは、この不良が、ICチップ上に偶然に形成された「フローティング・ゲート」によって起こっていることを突き止める。2つの分離されたP型不純物拡散層の間の分離領域上に、ゲート電極となる導体が偶然に形成され、この導体がフローティング状態（電極が取られておらず電気的に浮いている状態）となっていた。2つのP型拡散層間に高電圧を印加して動作していると、次第に動作不良が起こってくることを突き止める。拡散層間に高電圧を印加していると「フローティング・ゲート」内に電荷が注入され蓄積してゆくことでP型拡散層間の低濃度N型拡散層の表面にP型反転層が形成されることで2つのP型拡散層間が電気的に接続されてしまうことを突き止める。物理現象として、2つのP型拡散層間に印加された高電圧によりホットエレクトロンが発生し、「フローティング・ゲート」に注入することで電荷が蓄積されることを明らかにする。フローマンは、この「フローティング・ゲート」へのホットエレクトロン注入現象を工業的に利用できるのではと考える。「フローティング・ゲート」の上に更にもう1層のゲート電極を設け、これを「コントロール・ゲート」とすることで、ホットエレクトロンの注入を自由に制御することを考え、EPROMの基本構造を提案する。これによって、世界で初めての電気的にプログラミングが可能な半導体メモリ、それも、恒久的に情報を保存できるものができあがる。フローマンらは、実際に16ビットのEPROMを搭載したチップを製作し、ムーアに見せている。フローマンは後に当時を振り返り、「私たちは、16個のソケットがついた16ビットの原始的なトランジスターをオシロスコープとパルス発生

器と組み合わせて、ゴードン（ムーア）のオフィスに運び込んだ。それぞれのビットは赤いランプで表示された。私たちにとってまったく初めてのことだったので、あたふたした。私たちはゴードンにボタンを押すことでデバイスにプログラミングすることができることをみせた。そして、デバイスが命令を記憶できることを実演してみせたのだ」と語っている。

後になって、メモリ上の記憶を消去するのに紫外線を利用できることが解り、UV-EPROMが完成する。世界で最初のUV-EPROMは1972年に発表された256×8ビット構成の製品名1702である。ICパッケージ上に紫外線を照射するためのガラス窓が設けてあり、チップを肉眼で見ることが出来る。通常使用時には、紫外線が当たらないようにガラス窓にはシールが貼られる。消去されたUV-EPROMは、ROMライターにより、再書き込みが可能である。書き込みは負電圧を高くして行い、この時、最初の書き込みを規定より高電圧で行うことにより、以降の書き込みが低めの電圧で行えるようになることをジョー・フリードリックが発見する。高い電圧で発生したホットキャリアがフローティング・ゲートとドレインの間の絶縁膜に捕獲され、この電荷がドレイン電界を強くするためである。これにより、それまで書き込み不良で低下していた歩留まりが劇的に向上する。この操作はインテルではウォーキングアウトと呼ばれている。ウォーキングアウトは厳重な企業秘密とされる。セカンドソース企業はEPROMをまねしようとしてもその歩留まりが最悪であり、インテルは2年以上にわたり市場を独占している。

価格はチップ本体の価格よりガラス窓を設けたパッケージの方が高くなり、コストは30ドル、市場価格は100ドルとなる。

EPROMはコンピュータの開発期間を劇的に短縮できる。それまではプログラムの記憶にはマスクROMを用いている。マスクROMは2進法の「1」、「0」の信号を、例えば、MOSFETのしきい値電圧 V_{th} を利用して、高い V_{th} 、低い V_{th} に置き換えて表現したものである。プログラムを書き換える度にマスクを作り変えて、ウエハプロセスを何ヶ月もかけて流し、マスクROMのチップを作り直すことになる。このマスクROMにデータを書くことを「ROMを焼く」と呼んでいたが、何か月もかけてROMに焼いていたものがEPROMでは電氣的に数分で書き込めるため、プログラムが失敗しても、すぐに書き直せるようになる。EPROMがインテルにもたらした利益はそのものの販売だけではない。後述するMPUの4004の販売をも助けている。4004はその動作をハードウェアコーディングではなくソフトウェアコーディングによっており、4004を使って何かをするならば当然プログラムが必要であり、そのソフトウェアの格納場所にEPROMは最適だったのである。4004と

EPROMで素早く簡単に小さなコンピュータを設計できるようになる。

ムーアは後年、EPROMについて次のように言っている。「もうひとつの出来事は、我々がEPROMの役割を正しく評価できなかったことだ。EPROMはマスクROMと比べて高価で、コンピュータ用プログラムの試作段階でのみ使用されるものだと思っていた。量産するのはマスクROMだけでよいと考えていたので、EPROMの価格は高く設定したままだった。しかし、EPROMはソフトウェアエンジニアの心の支えになっていた。エンジニアは常に自分のコードを微調整できる状態にしておきたいと思っていたし、マスクROMにすることで調整が効かなくなるのを嫌がっていた。だからEPROMの出荷量はDRAMほどではないが、かなり大きなものになり、我々は出荷量が大いことをできるだけ隠す羽目になった。そして1985年までEPROMは我が社でもっとも利益率の高い製品ラインだった」

フローマンはインテルに入社し、すぐにムーアらに故国のイスラエルでの研究開発拠点の開設を進言している。ムーアらはフローマンの熱意に押されて、開設を許可する。1973年秋に開設する運びとなり、その後発生した4次中東戦争で延期するも、1974年にイスラエル・ハイファ市に研究開発センターとしてイスラエル・デザイン・センター（IDC）を開設する。その年にフローマンは米国からイスラエルに戻り、技術者として次世代チップの開発に取り掛かる。最初はたったの5人からのスタートし、その後、1981年に開発したMPU「8088」は米IBMが自社のパソコン用に初めて調達したものであり、その後のインテルのMPU事業の成長にとって欠かせない「マイルストーン」になる。フローマンの生み出したIDCは更に1990年代には「ペンティアム」シリーズで中核的な役割を果たし、2003年にはノートブック型パソコン向けの低消費電力タイプの「セントリーノ」も大ヒットし、2005年に業績不振だったインテルを救っている。

MPUの発明

世界最初のMPUである4004チップを開発したのはインテルのマーシャン・E・ホフ・ジュニア（テッド・ホフ）、フェデリコ・ファジン、スタンレー・メイザーの3人とビジコン社の嶋正利の4人である。きっかけは日本の電卓メーカーであるビジコンが提案した基本アイデアから始まる。MPUはビジコンが「メモリの内容を変えるだけで、種々の電卓モデルに対応する」と言う、所謂、ソフトウェアをROMに格納するストアード・プログラム方式のチップセットを提案し、インテルに発注したことをきっかけに生み出されたものであり、このビジコンの考え方を基にテッド・ホフがシステム基本構成を構築したものである。そして、この基本構成を基に嶋、ファジン、メイザーの3人が設計開発し

仕上げている。開発資金はビジコンが出資している。これらの事を考えるとMPUは日本のビジコンが生みの親と言っても過言ではない。

.....



小島義男

.....

ビジコンの社長である小島義男の父は戦前から機械式計算機の輸入販売を営み、小島は父の会社に1943年に入社し、その時点から計算機の仕事をライフワークとする。父の和三郎は1945年に「日本計算器」を設立し、苦勞して機械式計算機を完成させている。その後、父を亡くした後に、責任者の立場についた小島は、機械式計算機が次第に電子化されてゆく計算機の進化を研究しながら、自らも数々の機器を開発してゆく。1957年には販売部門を分離し、「日本計算器販売」を設立する。この日本計算器販売が後に使うブランド名が「ビジコン」であり、ビジネス・コンピュータの略である。日本計算器販売は大きなコンピュータから小さなコンピュータ、電卓までのフルラインを取り扱う販売店を目指してゆく。大きなコンピュータは三菱電機製のコンピュータを中心に品ぞろえし、小さなコンピュータを独自開発する手法をとる。そして、小さなコンピュータとして最初に自社開発したのが1966年7月に市場投入した「ビジコン161」という電卓である。メモリに磁気コアメモリを使うことで低価格化を狙う。磁気コアメモリを採用することで電子デバイスの使用数を大幅に減らし、288,000円という、当時としては低価格の電卓に仕上げ、大ヒット商品となる。

.....



嶋正利

.....

嶋正利は、この翌年1967年にビジコンに新卒として入社している。嶋自身は東北大学理学部の化学を専攻していたが、当時、化学工業が不況の真ただ中にあり、就職難であったことから、化学教室の教授の友人である小島が経営する会社を紹介して貰い、ビジコンに入社することになる。嶋にとっては全く畑違いの業務であったが致し方なかった。入社後の嶋はビジコンの子会社、日本計算器製造茨木工場への出向や、三菱電機のコンピュータ部門にソフト関連の実習をするなどで実務面での実力を養成するとともに、高橋茂著『デジタル電子計算機』、宇田川銈久著『論理数学とデジタル回路——オートマトン入門』などを熟読し、電子計算機への知識を深めてゆく。

1968年頃になるとビジコンでは第2世代電卓としてDTL

やTTLなどの論理ICを用いた電卓の開発を手掛けている。この頃になると電卓ビジネスが拡大し、OEM供給が増え続ける。各社の新機種モデルに対応し、僅かな仕様差ごとに新たなICまたはLSIの設計、製造を行う必要が出てくる。この対応策として「メモリの内容を書き換えるだけで、異なった電卓モデルをつくることができる」というアイデアがビジコン内で湧いてくる。ソフトウェアをROMに格納するストアード・プログラム方式である。複数のOEM製品のLSIチップセットを、ソフトウェアを使うことにより同一チップセットで対応するものである。そして、ビジコンは前記したごとく、15チップから成る、プログラム格納のためのROM付きで、10進法を用いた演算処理用のチップセットの構想を作り上げる。

このアイデアを実現するために、小島はアメリカ半導体業界の情報収集を進める。1968年に米国のリサーチ会社と契約し、1,000万円以上の調査費をかけて情報の収集、分析を行っている。その結果を見て、このチップ設計、生産を委託先としてインテルとモステックの名前をリストアップする。当時のインテルは創業したばかりのベンチャー企業であったが、小島がフェアチャイルド社時代からのノイス、ムーアの実績と名声を信用しての決断である。この年の6月に小島は、嶋を含めた3人にストアード・プログラム方式の電卓用のLSIをインテルに発注するためにアメリカ出張を命じている。嶋はビジコンの子会社、電子技研の社員として旅立つ。

嶋ら3人を迎えたインテル側の交渉役になったのがテッド・ホフである。ホフはコンピュータのアーキテクチャー技術の専門家であり、ニューヨーク工科大学を卒業後、1962年にスタンフォード大学から博士号(電子工学)を取得し、ニューラルネットワーク(神経回路網)の研究に取り組んでいたが、インテル創立とほぼ同時期にグローブがコンピュータのシステムエンジニアとして採用した人物である。ちなみに、1968年8月2日のグローブの日記に「人材関連

.....



テッド・ホフ

.....

システム担当者探しが本格化 1人(ホフ)は確保できそうな見込み……」と書かれてある。インテル創業後の12番目の従業員である。グローブらが、ホフを雇用した目的はメモリ製品(DRAM, SRAM)を設計する際のシステム設計者としての役割である。この時点では、MPUの発想は皆無であった。そのホフが入社1年目にビジコンとの交渉役として参画し、嶋らの説明を聞くにつれ、電卓に興味を持ち始め、自分でシステム構成の設計をしてゆくことでMPUの構成が生み出されることになる。嶋らが自分たちの構想

と電卓についてホフに説明をするが、電卓の論理があまりにも複雑であるために、ホフは理解できずにいたようである。そのため、インテル側の感触があまり芳しくないと感じた嶋らは、それに代わる相手としてインテル以外の半導体メーカーを数社訪問している。ところが、それから2か月後の8月下旬に、ホフは新しい構想を嶋らに提示する。2か月間をかけ、電卓の論理を理解するとともに、コンピュータのアーキテクチャー技術の経験をフィードバックすることで4004マイクロプロセッサを中核にした世界初のマイクロコンピュータシステム「MCS-4」の原型になるシステム構成を示したのである。ホフのアイデアで注目される点は、ビジコン側が10進法に基づくコンピュータ・アーキテクチャーを提案していたものに対して、2進法を用いた4ビット演算機を提案したことである。これによって10進法の複雑さから解放され、システムの柔軟性が確保される。もう1点は、ROMをマクロ命令の格納に使うと同時に、電卓機能を備えた様々な回路が同一チップセットでできるように考慮した命令セットの形式を採っていたことである。

インテルを訪問してから3か月後の9月に嶋らはビジコン側と打ち合わせるために一時帰国する。小島は「プロセッサの考え方を採用すれば、フレキシブルで先の応用が期待できる。ワード処理からキャラクター処理に移り始めていたコンピュータの進化にも対応しやすい。電卓の枠の中だけで考えたくなかったので、ゴーサインを出しました」と後に述べている。小島の考えていた、コンピュータのフルラインを揃えようとする戦略に、プロセッサのアイデアがぴったりとはまった形になるのである。ビジコンとインテルは1969年4月28日に基本合意書をつくり、契約の検討に入っていたが、このホフの構成案をもとに1970年2月6日に本契約を結ぶ。その契約書には、

- ・インテルとビジコンはROMオリエンテッドな計算機向けICとしてARU（現在のCPU）、ROM、RAM、シフトレジスターで構成されるシステムを共同開発する。
- ・このICはカタログモデル以外も含めたデスクトップ・カリキュレータ向けに独占的に提供するものであり、インテルが今後3年間に開発費の1部6万ドルを順次返却していく間はビジコン以外のメーカーに同ICを販売しない。
- ・ビジコンは3年以内に6万キットを購入する。

などの23項目が明記される。メモリメーカーとしてスタートしたインテルは、気軽に独占権を与えたことから分るように、まだプロセッサ事業の有望性に気づいていないことが判る。

1970年4月に、今度は嶋が一人で再度アメリカ出張する。嶋としては、今回の出張は前年の9月以降、インテル側が設計を進めており、それをチェックするためのものと考えていたが、ホフと会ってみると、設計は全く進められては

おらず、フェデリコ・ファジンという、2日前に入社したばかりの回路設計技術者を押し付けられ、「後の仕事は彼が担当するから」と言い残し、部屋を出て行ってしまおうのである。これには温厚な嶋も怒らずにはおられず、烈火のごとく怒る。ホフはすでに部屋から出て行っているため、後に残されたファジンにむかって『チェックするために来たのにチェックするべきものがなにも用意されていない。アイデアができていただけだ』と憤慨する。ファジンはインテル側の正式なプロジェクト・マネージャーに任命されていたのである。このファジンとの出会いが後の嶋の人生を大きく変えることになる。1974年になるとファジンはインテルを退社し、ザイログ社を創設し、嶋もそこに加わることになるのである。この日のファジンと嶋の出会いは2人にとって運命的な出会いとなったのである。ファジンはイタリアのパデューア大学で半導体物性を学んだ後、イタリアのSGS-フェアチャイルドを得て、アメリカのフェアチャイルド社に入社し、その後、インテルに加わっている。論理設計、回路設計の経験を持ちながら、シリコン・ゲートの研究の第一人者であり、半導体集積回路全般に精通した優秀なエンジニアである。

ビジコン向け電卓用チップセットのシステム構成は既にホフが構築しており、ビジコンの回路図を機能ごとに整理し直し4つのチップセットにまとめ上げている。最終的に「4000ファミリー」と呼ばれ、ROMプログラムメモリ(4001)、RAMレジスターメモリ(4002)、I/O(入出力)、拡張シフトレジスター(4003)、そしてCPU(4004)の4つのチップで構成されている。実際に共同で開発が始まると、特に「プロセッサの元祖」となる演算処理部(CPU)の4004チップの設計には、嶋が論理設計、ファジンが回路設計、レイアウトを担当している。更にファジンは4000ファミリーの開発全般の推進役を担当し、精力的に業務を進行してゆくことで、1970年12月には最初の4004ウェーハが完成する。しかしながら、全く動作せず、ウェーハ作成段階でマスク1枚が処理されていないことが原因であることが解る。マスク修正し再度試作し完成したのが1971年3月である。そして、その1ヵ月後に、ビジコンにて、このチップを搭載した電卓のエンジニアリングモデルを完成している。これが、世界初のMPU搭載電卓となる。

最後の1人のスタンレー・メイザーは、サンフランシスコ州立大学で数学、プログラミングを学んだソフトウェア技術者であり、このプロジェクトでもソフトウェアの構築で貢献する。メイザーは親切な男で、特に当初段階で嶋とホフとの間に立って情報交換の円滑化を図る。英語に弱い嶋にとって、通訳的な役割を兼ねている。

これらのMPU開発を詳しく記した『日本半導体 半世紀』の著者である志村幸雄は、これらの出来事を、「何よりも特徴的なことは、日本企業(ビジコン)の提案を米国企業(イ

ンテル)が正面から受け止め、日米合作で実現したことにある。日本側技術者の嶋正利の表現を借りれば、「アプリケーション技術者の“WHAT”とLSI技術者の“HOW”が融合して初めて成功への道が開かれた」のだ。日本人はとにかく、何をつくるかの“WHAT”に弱いとされているが、マイクロコンピュータに関する限り、その論法はあてはまらない。」と記述している。小島義男が率いるビジコンの「メモリの内容を書き換えることで異なった電卓モデルを発生させる」と言った新しい思考、いわゆる、嶋正利の言う“WHAT”がMPUを生み出したことは間違いない事実である。井深太の「トランジスタラジオ」や佐々木正の「電卓」に続く、小島、嶋らの「MPUのアイデア」と言った日本の技術者達の“WHAT”が、1950年代から1970年代前半までのトランジスタからLSI、そしてMPUへの技術革新を可能にしている。

これらの技術革新と合わせて、インテルにて発明されたDRAM、EPROMなどのメモリ技術がその後の半導体技術発展の核になってゆく。これら、DRAM、EPROM、MPUの3つの革新的な技術が1970年から1971年の短い期間に、しかも創立して2、3年の新生インテルと言う小さな集団の中で立て続けに生まれたことは奇跡的な出来事と言える。

この奇跡と、それを無にしない卓越した企業経営、飽くなき新技術への探求が今日のインテルを築いている。

(文中、敬称を略させていただきます)

参考文献

- 日刊工業新聞社発行 奥田耕士著『インテル日本法人社長 傳田信行 インテルがまだ小さかった頃』
ダイヤモンド社発行 志村幸雄著『にっぽん半導体半世紀 二十世紀最大の技術革新を支えた人と企業』
ダイヤモンド社発行 リチャード・S・テドロウ著、有賀裕子訳『修羅場がつくった経営の巨人 アンディー・グロブ 上』
ダイヤモンド社発行 ロバート・A・バーゲルマン著、石橋善一郎、宇田理監訳『インテルの戦略』
ウイキペディア フリー百科事典 EPROM
日経ビジネス On Line 『インテル・イスラエルの35年』
(挿し絵 奥山明日香)

次回

第18回 半導体の歴史 —その17 20世紀後半 日本における半導体メモリの発展—