

半導体の歴史

— その17 20世紀後半 超 LSI への道 —



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

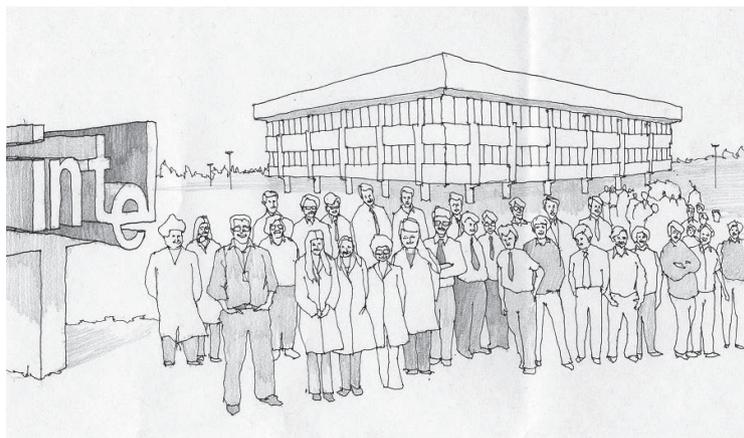
■ 草創期のインテル

インテルは1970年に DRAM を、そして1971年に EPROM と MPU を手に入れ、その後の10年間は DRAM を主製品として大きく飛躍する。世界初の DRAM（製品型名1103）はインテルの初期に多大な利益を生み、インテルの礎を固める製品となる。インテルは1971年から1980年にかけて、売上高は920万ドルから8億5460万ドルへ、利益は100万ドルから9670万ドルへと跳ね上がり、年率66%の驚異的な成長を遂げる。その前半は DRAM で、後半からは MPU が利益の中心となってゆく。

1971年度の利益は DRAM のセカンドソーシングとしてのマイクロシステムズ・インターナショナルへの技術供与による150万ドルのライセンス収入によるものである。この利益によってこの年に黒字化することで、株式の一般公開を果たしている。そして、1972年には1103の生産、販売が本格的になり、売上高がインテルの総売上高2340万ドルの

90%以上を占めるようになる。1970年に DRAM の見通しを得ると間もなく、急成長を支えるための生産設備の拡充、販売体制の整備を開始する。サンタクララにあるファブ（工場）1の南側に新しいファブ2を開設し1972年までに立ち上げると、1973年4月にはカリフォルニア州リバモアにファブ3を続けて開設している。また、マレーシアのペナン島に組み立て工場を設けている。販売体制もアメリカ、ヨーロッパ、日本の地域販売支社の他に、世界中の多数の販売業者を介して販売できる体制を整えている。これらの生産、販売体制を1970年から1971年のほぼ2年内に急激に立ち上げており、1970年には500を超える顧客と取引があったが、1972年には2倍近くに膨らみ、この短時間でインテルはグローバル企業へと成長している。従業員の数もインテル設立の1968年には数人であったものが、4年後の1972年には1002人に膨れ上がっている。1972年にマイクロシステムズ・インターナショナルとの技術供与契約が切れた時点で、2インチから3インチのウェーハの大口径化を積極的にはかり、ウェーハ1枚当たりの経済性を2倍以上に上げることで DRAM の独走態勢をさらに確固たるものにしていく。そして、この独走態勢は1974年までの4年間ほど競争にさらされていない。これは、マイクロシステムズ・インターナショナルが大口径化に失敗したこともあるが、他社が追従できないほど技術の難易度が高かったことにある。

1974年前半まではノイスが事業全体の方針を決定し、ムー



1973年頃のバウアーズ・アベニューのインテル社屋



1970年台前半頃の
ロバート・ノイス

アが技術開発に力を発揮し、生産、販売の全業務の執行をグローブが実行している。グローブは1103を「ひどく脆い」と表現しており、技術的には未完成であったが、顧客が努力して使用することで立ち上がったことは『半導体のはなし16』に記載した。技術を完成させるためには、まだまだ時間をかける必要があることを開発者たちがノイスに告げるが、ノイスは「製品の問題に関しては慎重な姿勢を取れば間違わずに済む。だがその場合は、持てる力を完全には活かせない」という哲学ともいえるべき考え方で、リスクを承知で設計を開始

することで製品化に至っている。結局は、顧客まで巻き込んだ不良対策も含めて、1103を使わざるを得ない状況にしたことで急激に立ち上がっていくことになる。グローブを中心とする実務を遂行する側から見れば、設計、生産から販売までの全般に渡って大きな混迷と苦勞を抱え込むことになるが、結果的にDRAMが急激な勢いで立ち上がった面から考えると、ノイスの哲学が正しかったと思われる。

1974年になるとアーサー・ロックが副会長に退き、後任の取締役会長にノイス、社長兼CEOにムーアがそれぞれ昇格するとともに、グローブも取締役となり、引き続き副社長兼業務執行役員を続ける人事案が固まり、この人事案は翌年の4月に実施される。グローブは以後31年間取締役の座に留まることになる。

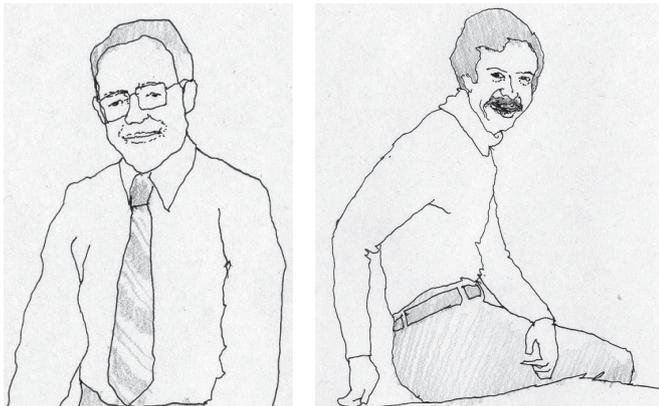
この年、1974年の5月頃までは市況も良く、それまでの急激なインテルの成長が続く。ところが、7月頃になると急激に市況が世界的に悪化する。半導体メーカーはどこも工場を操業休止にし、従業員の一時帰休や大がかりな解雇に踏み切りざるを得ない状況となる。

前年、1973年10月6日に勃発した第4次中東戦争の影響による第一次オイルショックの波及が急激に半導体市況に現れてきたのである。戦争勃発の10日後には石油輸出機構(OPEC)に加盟のペルシア湾岸の産油6ヶ国が、原油公示価格を1バレル3.01ドルから5.12ドルへ70%引き上げを公表し、その翌日には、アラブ石油輸出機構(OAPEC)が、原油生産の段階的削減を決定する。またOAPEC諸国はイスラエルが占領地から撤退するまでイスラエル支持国(アメリカ合衆国やオランダなど)への石油禁輸を相次いで決定する。さらに12月23日には、OPECに加盟のペルシア湾岸の産油6ヶ国が、1974年1月より原油価格を5.12ドルから11.65ドルへ引き上げる、と決定する。結果として、ほぼ

3か月で石油価格が4倍程度に値上がりする。この値上がりが各国の経済成長を足止めし、日本においても1974年は戦後初めてのマイナス成長の年となっている。アメリカ国内では、さらにウォーターゲート事件の発覚を受け、8月にニクソン大統領がホワイトハウスを後にするなど重なり、人々は意気消沈する。

この世界経済の冷え込みにより、半導体業界はかつてない低迷に陥り、年末までにインテルは、3500人いた従業員のうち30%超を解雇している。ノイスは発想豊かな夢想家であり、ムーアは技術面の大家であり、グローブは技術畑出身の経営科学者だったと言われている。ノイスがインテルで培った企業文化は、フェアチャイルド時代と同じくゆったりしたものであり、従業員を家族のように遇し、チームワークを重視している。この経営スタイルはその後のシリコンバレーで成功した各企業にも受け継がれている。ノイスは自分自身が高額収入を得られる経営者であっても、高級な社用車や専用駐車スペースや自家用ジェット機や専用オフィスを避け、階層化されていないゆったりした職場環境を好み、従業員はみな事業に貢献しているという考えから、特定の誰かに臨時収入を与えるということもしていない。このような特権を放棄した経営スタイルはインテルのその後のCEOに受け継がれている。ノイス自身、人の欠点を指摘したり、降格させたりするのをひどく嫌い、まして当時の不況の対策として解雇を告げるなどはもっての外、と言う性格の持ち主である。しかしながら、CEOと言う立場は、会社を合理的に経営するためには、解雇を通達することは辛い、必要に応じて解雇を通達する役割を果たさなくてはならない。ノイスは身を切られる思いをする。大量解雇をせざるを得なかったせいで、ノイスはインテルの経営に喜びを見いだせなくなる。この解雇を避けるために、インテルを他社と合併する可能性をも模索している。ノイスの困惑する様子を見ていたムーアは「しばらくの間なら自分が経営の指揮を執ってもいい」と持ちかける。ノイスはムーアにCEO職を譲り、経営を任せようと考え、インテルの売却や合併を思い留まる。ノイスは多くの人々を会社から追わなくてはならなかった心労も影響してか、私生活にも綻びが生じる。21年間連れ添った妻と離婚してしまう。ノイスは1974年にこれらの大きな試練に直面し、この年度を最後に経営の一線から退くことになる。前年の人事案によって1975年4月に経営上層部の体制が変更し、ノイス、ムーア、グローブの役割分担が改められる。ノイスはインテルの経営に割く時間を従来の4分の3に減らし、残りの時間を社外活動におくことになる。ノイスに代って経営を担ってゆくのがムーアであり、その業務を実行して行くのが取締りに就任したばかりのグローブである。

解雇をも含めたリストラを進めなければならない経営時には、ムーアとグローブの2人体制が適任であったと思わ



1970年台前半頃のゴードン・ムーアとアンディ・グローブ

れる。グローブはユダヤ人であることからハンガリーで共産党からの迫害を受け、耐え忍び、迫害をさけるために家族を置いて数人の友人とアメリカに亡命するという経験をしており、少年時代から人生の厳しさを経験してきている。心優しいノイスから、時としては厳しい心を持つことのできるグローブへと、1974年における経営責任者の交代はその後のインテルの成長には欠かせない出来事であったと考えられる。

この様な不況の中の1974年であったが、前半の伸びにより、売上額が前年の2倍を達成し、数字の上では不況を感じることができない。しかしながら、1975年は前年からの不況の影響を受け、インテルは期待外れの業績に終わる。売上額は僅かに伸びたが、初めて前年度を下回り、18%近く減少している。この時が、インテルの創業の中で最も厳しい経営状態となる。しかし、インテルでは、1974年からの苦しいこの時期に将来の景気停滞に備えた経営を実施している。研究開発費などへの投資を増強したほか、従業員を解雇する一方で、新しい人材に門戸を開き続けている。1974年に入社しているのが1998年にグローブの跡を継いで4代目のCEOになるクレイグ・R・パレットであり、そのパレットの跡を継いで2005年に5代目のCEOになるポール・S・オッターニである。クレイグ・パレットはインテルの工場を統率し、「そっくりそのまま複製する（コピー・イグザクトリー）」と言う手法を工場展開で実践したことで業界にその名を残している。2人ともがグローブ後のインテルを成長させている面から経営面でも逸材と言わざるを得ない。1976年になるとインテルは完全に息を吹き返し、売上高が前年の65.2%増加し、利益が54.2%も跳ね上がる。

■ インテル DRAM 事業の凋落

この時点で屋台骨を支えているのは依然として DRAM

事業である。しかしながら、この DRAM 事業は、次第に他社との競争を強いられる状況になってくる。1974年当たりから競合他社が4KビットDRAMに参入し出し、同年のインテルの市場シェアが82.9%であったものが、1975年には45.6%、1976年のこの年には19.0%まで減少して来ている。1976年当時には、既にDRAMはインテルの独断場ではなくなっていたのである。この時点でのインテルは次世代DRAMの発売を他社に先駆けようと躍起になっているメーカーの1社にすぎない。記憶容量が前世代の4倍もある次世代DRAM製品が、メーカー各社によって開発されていく。4Kビットから16Kビットへの移行では、インテルは競合他社に遅れまいと必死にもがいている。この市場シェアの減少はその後とも止まることなく、インテルがDRAM事業から撤退する前年の1984年の1.3%まで減少し続ける。

DRAM市場の成長期には、チップの設計が急激に変化している。4K世代の市場シェアを新興企業のモステックに奪われている。モステックはDRAMの設計に周辺回路を組み込み、顧客がチップ上でメモリ管理ができるようにする。これを機に、DRAMはユーザーにとっての使い勝手が重視されるようになる。そのため、インテルはメモリ・システム・オペレーション事業部を売却している。周辺回路の提供する付加価値がチップそのものに統合され、DRAM顧客の大半がDRAMの使い方を学んでしまったためである。

1979年に、市場シェア減少に歯止めをかける為、16Kビット製品で、それまで3個の電源を必要としていたものに対して5V単一電源方式を他社に先駆けて開発するためにリソースを集中させる。所謂、独自技術での差別化を目指したのである。しかし、他社がその間に次世代の64kビット製品の開発にリソースを集中させて成功することで打ち碎かれている。インテルは単一電源化と言う独自技術の戦略を採用し、多くの資源をその技術開発に集中させたことは、単一5V電源の16Kビット品のシェア100%を獲得すると言うプレミアムを獲得することになるが、それによって次世代64kビット製品への遅れを取ることであり、その後の市場シェア争いにおいて致命的な結果となったとも言える。この時点で全体のシェアは5.8%まで減少してしまう。DRAM市場シェア争いの競合他社の大部分は複数の日本企業である。この日本企業のDRAM開発については後に記述する。

■ MPU 事業の躍進

インテルが1971年にMPUを発明していなければ、現在まで半導体メーカーとして生き延びることは難しかったと思われる。これらのDRAMの厳しい事業状況の一方で、1971年に発明したMPU分野の製品が市場規模を次第に大きく伸ばしてきているのも1976年当時、この時期である。この時期に製品化しているインテルの初期のMPUは4004、

8008、8080とも日本メーカーのビジコン、精工舎などが共同開発したことで生み出されたデバイスである。特に、4004はビジコンがMPUの基本コンセプトを考案し、MPUを生み出すきっかけを作ったデバイスである。それらの様子が奥田耕士著『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』に当時の関係者とのインタビューと言う形で記載されている。

前稿でインテルの最初の4ビットMPU 4004について記載した。インテルはこのデバイスを共同開発社のビジコンとの契約で1971年から3年間はビジコン以外に販売できない。しかしながら、当時、プロセッサを使って様々な小型コンピュータあるいはコンピュータ的な情報機器を作ろうとしているのはビジコンではなかった。顧客がいるのにインテルは4004を売れない。そのために早急に次のモデルを投入する必要に迫られている。インテルではビジコンから注文のあった10万個の電卓向けにチップセットを生産する一方、社内ではチップセットの権利を巡ってもう一度交渉すべきだとの議論が起こり、テッド・ホフは、このチップセットが幅広い用途に応用できると考えていたので、社内で熱心に働きかける。その結果、ビジコンに対して、電卓用には使わない条件でチップセットの権利を返してもらい、その見返りに、チップセットの値引き提案を申し出る。ビジコンは財政的に窮地にあったので2つ返事でこの申し出に応じていたのである。その後、ノイスらはこのプロセッサを資金確保のためにカナダベルの半導体子会社にライセンスしている。

最も早くインテルにアクセスしてきた企業は大型コンピュータを操作するための簡易端末である「リモート・ターミナル」を作っていた米国のデータポイント社と、パソコンの走りとなるデスクトップ・コンピュータを作っていた日本の精工舎である。

精工舎の田淵紀雄は、すでに個別の半導体を組み上げて作っていたデスクトップ・コンピュータ「S100」や「S200」を高性能化するためにプロセッサを作ってくれるメーカーを1968年に探し始めている。1970年に2回目のアメリカ出張の時にインテルを訪問しているが、その直前の5月にノイスが来日して、日本に製品を紹介するセミナーを開いているところに田淵が出席し、初めてノイス、テッドの両名にあって。この時、ノイスらはプロセッサを「マイクロコンピュータV」と命名して紹介している。ビジコンが出資して開発した4004である。この時点で、精工舎はSシリーズの次期モデルに、テレプリンタ、磁気テープによるストレージなどを装備したフルスペックを考案していたため、4ビットのプロセッサでは処理が重く、さらに高性能のプロセッサを求めている。これに対して、テッド・ホフが8ビットのプロセッサ8008のアイデアを出してくる。この8008はデータポイント社対応に検討していたものである。

しかし、後日データポイント社は、性能が低すぎると20個もの補助半導体が必要なことを理由に不採用としている。精工舎はこの8008の占有権を取るためにお金を支払う。8008の開発費は3億円で、精工舎はその6分の1に当たる5000万円を負担している。1970年当時、インテルは資金に困っている時期である。インテルと精工舎が共同開発し、最初の2000個について占有権を持つという契約内容である。

開発におけるインテル側のスタッフはテッド・ホフ、フェデリコ・ファンジ、嶋正利らである。嶋は、この時すでにデジコンからインテルに移籍している。ホフがベースを考えて、精工舎が追加のインストラクションを追加する共同作業で進めている。精工舎では実働モデルとなる「S301」のデスクコンピュータを持っていたため、OSに相当するファームウェアを具体的に提案している。「S301」はディスクリットで構成した関数電卓のようなもので、この「S301」で8008と等価の回路を組んでいたのである。8008は1972年8月に発売される。8ビット、クロック周波数200KHz、トランジスター数3,500個、プロセス世代は10 μ mで構成される。精工舎は8008を「S300」の上位機種である「S500」に適用している。「S500」はプロセッサのソケット部分を空けて、1972年5月に完成しており、8月の8008の実物が届くと、ソケットに8008を装着し、動作確認後にすぐに発売している。1972年に完成している精工舎の「S500」は、1970年代末から1980年初めに登場してくる個人向けのパソコン「ホビー用の組み立てキット」「アップルII」「PC8001」などの元祖とも言える。

精工舎は8008に続く、8080の開発にも協力している。「S500」にさらに機能を付け加えたいという話が精工舎内ででるとともに、インテル自身も2000個の出荷を超えると積極的に生産量を増やしプロセッサの機能をどんどん拡張してゆく。そして、すぐに次世代の8080の開発に取り掛かる。この開発も精工舎との共同開発となる。8008の開発で互いの力を理解していたためである。インテルが部分ごとの回路を設計し、精工舎が全体を実働させてゆく。プロセッサの機能テストするテストも精工舎が作っている。8080は1974年に完成が発表される。8ビット、クロック周波数2MHz、トランジスター数6,000個、プロセス技術6ミクロンで構成される。8080を搭載した「S7000」は1974年8月に発売している。8008を搭載した「S500」は年間2000台から3000台売れているが「S7000」は運が悪く、第1次オイルショックにぶつかり殆ど売れていない。精工舎は1975年に一部機能を省いて価格を下げた「S5500」を投入し、ほぼ5000台を1台150万から300万円で売っている。

8080は6個のチップで構成され、8008の10倍の毎秒29万回の命令を処理できる。この処理能力からマイクロプロセッサ市場は、新しい利用法が開拓されるにつれ爆発的に拡大して行く。この8080がインテルのマイクロプロセッサ事業

を本格化させたデバイスと言っても過言でない。8080はモトローラの6800の1年前に発売されており、最終的には8ビット市場をほぼ手中に収める。一方、モトローラの外に新たな競争相手も登場する。ザイログである。ザイログはインテルにいたフェリデコ・ファンジと嶋正利ともう一人の設計技術者が立ち上げた企業である。グローブは、それらの技術者を失ったことでインテルのマイクロプロセッサ計画は1年も遅れたと語っている。インテルは顧客に対して、セカンドソースからの供給を保証するため、いくつかのメーカーに8080を生産するライセンスを与えている。8ビットMPUの8080はチップ1枚の値段が360ドルと高額で売れ、出荷から5か月で8080の研究開発費を回収している。

競合他社

インテルの第2世代MPUである8ビット製品8080が市場に出始めるとDRAMと同様に競合会社が出てくることで、インテルの先行者としての優位性が脅かされてくる。モトローラのMC68000、ザイリンクスのZ80と言った競合が出てくることで、8ビット世代ではインテル、モトローラとザイリンクスの3社での競い合いになる。8ビット世代のみでは最終的には最もシェアを確保したのはザイリンクスのZ80である。更に8ビットから16ビットへの移行で熾烈な競争が繰り広げられていく。ナショナル セミコンダクターは1973年から1975年にかけてIMP-16とPACEというプロセッサで一步先んじたが、使用したプロセス技術が原因で、性能に問題を抱える。次にテキサス・インスツルメンツがTMS9900をリリースしたが、広く使われるには至っていない。そして、1977年/78年にインテルが8086/8088をリリースする。しかし、モトローラのマーケティング部門は68000をより完全な16ビット設計にすることが重要と考える。このため、68000はハードウェアとしては複雑なものとなる。当時、MPUの能力を表す指標としてトランジスター数が使われていたが、8086は29,000個であり、68000はその倍以上のトランジスター数となる。これらの会社に対してインテルは各世代とも先行して開発し市場に投入することと、各世代間の互換性を徹底しながら機能拡張することの2つを守り抜くことで世代が進むごとにシェアを確保し、MPUの最終的な勝利者となってゆく。重要なことは、自社で持っている技術を中心に考えるのではなく、顧客が何を欲しているかを正確に掴み、その要求を叶えられるように努力することが、最終勝利をもたらすと言う事と思われる。インテルは、顧客が使用しているソフトなどの使用環境を可能な限り継続でき、その上で顧客が欲している機能アップを進めてゆくことに各世代で徹していく。そして、それを他社より先に実現させることに全力を尽くす。顧客要求対応（使用環境の継続と機能アップ）と開発スピードの2つにリソースを集中させて、顧客に答えるこ

とに徹底したことが今日までのインテルのMPU事業の成功を可能にしている。また、この時に、モトローラやザイリンクスなどの競合会社の存在が危機意識を生み、インテルのMPU製品を洗練させていったものと思われる。

モトローラ

1928年にGalvin（ガルビン）兄弟が“Galvin Manufacturing Corporation”（ガルビン・マニュファクチャリング・コーポレーション）を設立する。1930年に世界初のカーラジオMotorola 5 T71型を開発。“Motorola”とは、“Motor”（モータ、自動車）の“ola”（オーラ、音）という意味である。1947年に社名をブランド名であった“Motorola”に変更し、1950年代に半導体部門を設立している。

1974年にモトローラ初のMPU“MC6800”を発表する。MC6800（6800）は8ビットのMPUであり、ミニコンのアーキテクチャと、プログラム分析に基づいて設計されている。PDP-11（ディジタル・イクイップメント・コーポレーション（DEC）が1970年代から1980年代に販売した16ビットミニコンピュータシリーズ）のアーキテクチャを参考にしたといわれ、同時期のインテルの8080に比べて、洗練されていたと言われることもあるが、インデックスレジスタが一つしかなく、ブロック転送が非常に面倒であるなど、さまざまな弱点も抱えている。これらの弱点を克服することを目的として1979年初に32bit MPU“MC68000”を発売する。68000は1976年に開始されたMACSS（Motorola Advanced Computer System on Silicon）プロジェクトから出てきたものである。68000は、3.5 μ m ルールのHMOSプロセスで製造された。HMOSはhigh-performance n-channel MOSの略称であり、depletion-load NMOSとも呼ばれ、論理回路の実装にn型MOSFETを使ったデジタル回路様式である。NMOSロジック技術に基づいており、より高速だが製造費が高い。性能増幅率と価格上昇は半導体製造技術の進歩により他の方法がより安く作れるようになったので1970年代末には廃れる。一時期、インテルの8086とモトローラの68000に使用されたが1980年代初頭にはCMOSの台頭により陳腐化している。

68000の技術サンプルは1979年末に出荷される。量産チップは1980年に出荷され、当初のクロック周波数は4、6、8MHzだった。10MHz版は1981年、12.5MHz版が1982年に登場している。HMOSでは最高速の16.67MHz版（12F）は1980年代終盤まで生産されていない。

68000は従来製品との互換性を考慮するような妥協したアーキテクチャにはしないということが開発の初期に決定される。これは、利用者がその新システムを一から新たに学ぶ必要があることを意味しており、一種の賭けである。最終的に、6800系の周辺デバイスとのインタフェースの互換性だけは持つこととなったが、6800のコードは実行でき

ないものとなる。しかし、その後の拡張における互換性には最大限の注意が払われ、68000に乗り換えさえすれば今後が保証されるようにしている。例えば、CPUのレジスタは32ビット幅とされたが、外部バスはより小さく設計され、アドレスバスは24ビット幅であり、データバスは16ビット幅となっている。対照的に8086/8088のレジスタ幅は16ビットであり、アドレスバスは20ビット、データバスは16ビットだった。MACSS チームは、PDP-11やVAX システムのようなミニコンピュータのプロセッサに影響を受けている。命令セットはハードウェアの制限よりもソフトウェア開発の観点で設計される。そこには、ミニコンピュータでの開発になれた技術者がプログラミングしやすいものにしよとの考えがある。

開発が進むと同時に、製品名の選定が行われる。“68000”という名称は6800との連続性を想起させるよう選択されたが、これらの間に設計上の類似点はあまりない。集積されたトランジスタ数が68,000だったからとも言われているが、実際には70,000に近い。68000の単純な命令は4クロックサイクルで実行できたが、複雑な命令の実行にはもっと時間がかかった。8MHzの68000で、平均性能は約1MIPS弱だった。典型的なプログラムで平均をとると、68000のコードはインテルのプロセッサよりも一命令あたりにできることが多く、コードのサイズが小さくて済んでいる。また、インテルプロセッサが、8080との互換性を重視した結果、汎用レジスタの不足や、スタック構造による実行速度の低下に苦しんだ事に対して、十分な数のレジスタと、当時としては先進的な内部設計のため、実行速度の面では8086シリーズに対して優位に立っている。さらに68000は24ビットリニアアドレッシングによって最大16MBの連続するメモリ空間をサポートし、この空間内の任意のアドレスへのダイレクトアクセスを可能としている。これは開発当時としては非常に広大なメモリ空間である。これに対しインテルのチップは従来の8080や8085の8ビットプロセッサとの間でソフトウェアのソースコードレベルでの互換性を確保するため、従来と同じ16ビット幅のアドレスレジスタによるリニアアドレッシングと、16ビット幅のセグメントレジスタを併用することで実現されるノンリニアアドレッシングを組み合わせたセグメント方式を採用していたため、64Kバイトを超えるサイズのデータを一括して扱うプログラムでは必然的にコーディングが複雑化している。

このような事情から68000の命令セットは下位機種との互換性を意識した競合プロセッサ各種と比較して学習が容易で使いやすく、開発者に好まれる。

その後、モトローラは1984年にMPU“MC68020”を発表している。1999年に半導体の一部門がオン・セミコンダクター社として独立し、2004年に半導体部門がフリースケール・セミコンダクター社として独立することで現在に至っ

ている。

III ザイリンクス

1974年、インテルの社員であったフェリデコ・ファンジ達がスピニアウトして新たな半導体製造会社“Zilog Corp.”を起業する。ファンジ達は、ザイログ社を設立すると、インテル社で共に4004と8080の開発に従事した嶋正利らと共に、独自のMPUの開発を始める。まもなく8080の上位互換であるZ80が完成し、性能が良好で8080よりも扱いやすいこともありビジネスを軌道に乗せることに成功する。また、同時に周辺デバイスもラインナップに加えた。8ビットCPUであったZ80は後発ながら8080や6800と対等に、育ち始めたデジタル制御機器類や事務用/家庭用のマイコン市場を占有する。

やがて8ビットMPUからさらに処理性能の高い16ビットMPUの技術開発へと進み、デジタル半導体メーカーの新たな開発競争の舞台となる。16ビットMPUとしては、1978年にインテル社からi8086が、1979年末にモトローラからMC68000がそれぞれ出荷されたが、1979年に出荷が始まったザイログ社のZ8000シリーズは、インテル社が8ビットMPUである8080の命令コードをアセンブラレベルではそのまま実行できるように16ビットMPUの8086を設計していたのに対して、モトローラ社とザイログ社の16ビットMPUでは命令体系全体を再設計し直したため、2社の製品は市場への普及は限定的になる。

その後、シングルチップ・マイコンでZ800シリーズを開発したほか、各社のマイクロプロセッサと直結できる高性能な周辺デバイスをシリーズ化。これらは一時期のザイログ社を支える製品に成長している。

その後は商業的に恵まれず、1998年にはTexas Pacific Groupに買収される。2002年初旬に連邦倒産法第11章の適用を受け、Texas Pacific GroupはZilog社を手放している。Zilog社は、2010年2月18日に米国カリフォルニア州に本社を持つIXYS Corporation (NASDAQ:IXYS)に買収される。2011年1月、米IXYS社の一部となった米Zilog社は、モータ制御用MCUとして「Z16FMC」シリーズを発表する。この新製品は、多相AC/DCモータ制御に適した16bit MCUとされる。

III インテルにおける16ビットMPU開発

1975年に16ビットのMPUを開発する段階で、インテルは2つのアーキテクチャを選択することになる。経営陣が開発を命じた複雑な8800と8ビットの8080と互換性を持つ比較的単純な8086である。全く新しい16ビットの8800アーキテクチャの開発を命じたのは、8080は多くの用途を確保し大成功を収めたが、メインフレームやミニコンピュータなどのコンピュータ業界の本丸には切り込めなかったため

である。8800の開発の難易度が高く、一年後の1976年になってもメドが立たず、競合他社のモトローラやザイログから16ビットで先行されてしまう危険性がひしひしと迫ってくる。当時のMPU事業部の共同事業部長のビル・ダビドゥは経営幹部の面目を保つために8800の開発は継続しながらも、この危機を回避するためには8086を開発すべきと進言する。その結果として、1978年6月に8086と、8086のファミリー製品として廉価版の8088の完成を発表するに至る。8086は16ビット、クロック周波数5~10MHz、トランジスター数2万9,000個、プロセス技術3ミクロンで構成される。8086のソフトは8080と互換性のあるものであるが、すべての機能を使うためには新しいソフトが必要となる。8088の演算部分は16ビットであるが、メモリや周辺装置とのやりとりには8ビットのバスを使用しているため、それまで8ビットの8080を使用していた顧客は8088を使用してシステムを簡単にアップグレードできるように工夫している。

8086シリーズは発表してから2年間、顧客に拡がらず、その間にモトローラは16ビットの68000を発表する。そして、この68000がアップル・コンピュータに採用されることになり、インテルにとって大きな脅威となってくる。インテルはこの状況を打破するためにタスクフォース「クラッシュ作戦」を組織する。名前は68000をクラッシュ（粉碎）するという意味である。インテルはこのチームに多額の特別報奨金を付与し、やる気を出させる。1980年までに2000件のデザイン・ウインを獲得することを目標とする。この報奨金の効果もあって、最終的に2500件のデザイン・ウインを獲得する。このデザイン・ウインの中で最も大きかったものは、1981年にIBMが自社製パソコンに8088を使うと決定したことである。このIBMのデザイン・ウインが、インテルが急成長するきっかけとなる。これは、IBMの何人かの技術者が、内々にインテルのMPUを使ったマイクロコンピュータの試作機を作っていたのが結実したものである。8088が使い易かったのである。インテルが、8088をIBMが採用してくれたことを知るのは、IBMから8088のセカンドソースの供給メーカーを探すように求められた時である。IBMのパソコンは最初の2年間で50万台売れ、その80%程度の8088製品をインテルが供給している。残りはセカンドソースのメーカーのものである。1981年のインテルの売上高の13%がIBM向けの8088製品が占めている。

1978年に、インテルは8086シリーズの機能をさらに拡張するために、次世代のMPUとして80186(186)と80286(286)の開発を3ヵ年計画で開始する。これらは8086と上位互換性を持つように設計される。286は16ビット、クロック周波数6~12.5MHz、トランジスター数13万4,000個、プロセス技術1.5ミクロンで構成される。プロセス世代を3 μ mから1.5 μ mに移行し、トランジスターの数を4倍強に増加させることで大幅な機能拡張を図っている。3年間、設計者は

必死になって取り組むが、目標とするスピードが得られず、開発は18か月遅れ、1983年に漸く完成する。その間、モトローラの68000が勢いを取り戻してくる。286を市場投入するも、しばらくの間拮抗できていない。顧客は286を8086の単なる延長としか見ず、モトローラの68000の使い易さに、特に新興企業の顧客が向かいだしている。ここで、インテルは再度68000を追撃するためのタスクフォース「チェックメイト作戦」を設け、この作戦は先のクラッシュ作戦と同様の意図で進められる。世界中の2万人の技術者に対して200回に上るセミナーを開く。そのセミナーでは、68000に有利になると思われる性能面を全面に打ち出すことを避け、顧客の要望を取り入れていることを力説する。仮想メモリアドレス機能やマルチタスク機能などである。この作戦により、市場シェアを大きく挽回し、8086シリーズの優位性を絶対的なものにする。競合他社のザイリンクスの項で記載したように、インテル社が8ビットMPUである8080の命令コードをアセンブラレベルではそのまま実行できるように16ビットMPUの8086を設計していたのに対して、モトローラ社とザイログ社の16ビットMPUでは命令体系全体を再設計し直したため、2社の製品は市場への普及は限定的になったものとも考えられる。

一方、経営陣のトップの指示で開発が開始された8800は432アーキテクチャと改名され、1981年に完成する。この製品の売り上げは伸びず、8086シリーズに比べると微々たるものとなる。グローブは後に経営陣が命じた開発の失敗を認めている。このアーキテクチャの技術開発は8800の売上高よりも、その後のMPU開発に生かされて行くことになる。

(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・グローブ 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 モトローラ、MC6800、MC68000、HMOS、ザイリンクス、Z80

(挿絵 奥山明日香)

次回

第19回 半導体の歴史 —その18 20世紀後半 日本における半導体メモリの発展—