

半導体の歴史

— その14 20世紀後半 集積回路への発展(9) —



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

III MOS 集積回路への道

1950年代にバイポーラトランジスタが実用化されてくると、複数のトランジスタを抵抗、容量などの他の素子と共に同一チップ上に搭載した集積回路 (IC) にすることが考えられる。TI 社のキルビーやフェアチャイルド社のノイスらが、それぞれ1959年、1961年に IC の特許出願が製品化を行い、日本においても1960年代半ばに NEC の長船、大内らを中心にバイポーラ IC を製品化していることを「半導体のはなし9、10」で述べた。「半導体のはなし11、13、14」で触れてきたように1960年代に、MOSFET 技術が実用化されてくるとバイポーラ IC と同様に MOSFET の IC (MOS-IC) 化が積極的に図られてくる。その結果、現在の超集積回路 (LSI) では殆どが MOSFET で構成される回路 (MOS-LSI) が採用されている。バイポーラトランジスタに比べて、MOSFET の構造がシンプルで縮小を図りやすいこと、低消費電力化が図りやすいことがその理由である。1960年代に現在の MOS-LSI に至るための2つの重要な発

明がなされている。ひとつが低消費電力を可能にする CMOS 回路であり、もうひとつがアイソレーション技術の LOCOS 構造である。LOCOS 構造は集積回路化に積極的に取り入れられてゆくが、CMOS 回路は発明されてから、本格的に製品適用されるまで10年の時を要する。

CMOS 回路を発明したのはアメリカのウォンラス (F. M. Wanlass) とサー (C. T. Sah) であり、1963年に相補型 (Complementary) MOS として ISSCC で発表している。p、n 両チャンネル型の MOS を組み合わせることでロジック回路を構成させて、非動作時の低電力性、高スイッチング特性、ノイズ・マージンの拡張性などのすぐれた性能が得られることの原理を確立している。この回路は今日では LSI 設計において空気のような存在であり、無くてはならない、殆ど当たり前前の回路構成部品として使用されている。CMOS 回路の最も簡単な代表例としてインバータ回路を図1に、入出力特性を図2に示す。回路の電源ライン (Vcc ライン) とグランドライン (Vss ライン) との間に pMOS と nMOS とを直列に繋ぎ、両方のゲートを直結し入力端子 (Vin 端子) とする。一方、両 MOS の接続部を出力端子 (Vout 端子) として取り出す。至ってシンプルな回路構成である。入力端子に “High” レベル信号が入力されると出力端子に “Low” レベル信号が出力されるインバータ回路である。入力端子が “High” レベルの場合、pMOS が完全にカットオフ状態になり、“Low” レベルの場合 nMOS が完全なカットオフ状態になるため、“High” から “Low” に、または “Low” か

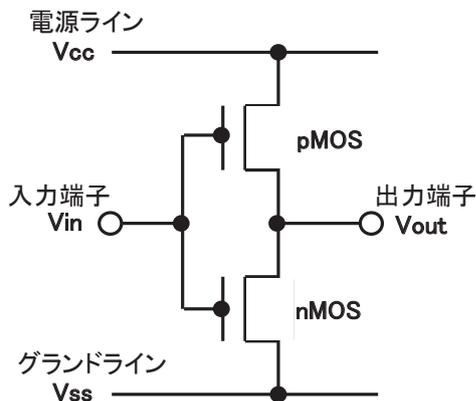


図1 CMOS インバータ回路

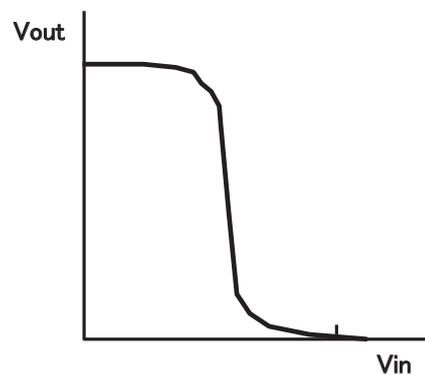


図2 CMOS インバータ特性

ら“High”に信号が切り替わる遷移時間以外は電流が流れない。それまでの抵抗体とMOSの組み合わせで使用していたpMOS回路やnMOS回路に比べ格段に低消費電力が可能になる。また、入力信号に対して、pMOS、nMOSがそれぞれ“on”から“off”、または“off”から“on”状態に同時に切り替わって行くために入力信号が出力信号に伝達する時間が短くなる。更に、電源ラインやグランドラインにノイズが入ってもどちらか片方のMOSが完全に“off”状態（カットオフ状態）であるために出力端子の電位への影響が少ない（ノイズ・マージンが大きい）。これらの3つの特徴は、CMOSを今日のLSIの回路特性には欠かせないものとなっている。1963年当時は、nMOSの特性の制御が難しいことや、同一チップ上にn、pの2つの低濃度不純物層を設け、その上にpMOS、nMOSを形成することになるために当時の技術ではチップ面積が大きく、コスト高となることから、直ぐに実用化されることは無かった。しかしその後、低消費電力性の特徴が脚光を浴びるようになり、特に1970年代後半には、電子腕時計・超小型電卓用論理回路として急速に広がってゆく。基本構成が非常にシンプルでありながら、絶大な効果を考えると論理回路の革命的なアイデアと言える。現在ではCMOS回路以外で回路を構成することは稀である。

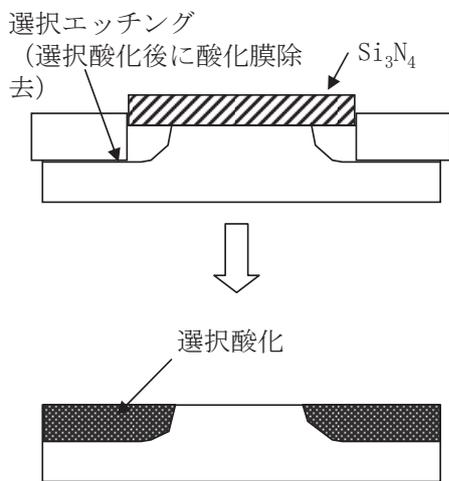


図3 クーイのLOCOS特許（フランス特許1,549,386）

もうひとつの発明であるLOCOS構造（図3）を開発したのは1966年にオランダにあるフィリップス社のクーイ（Else Cooi）である。LOCOSはLocal Oxide Isolationからの略語で、Si基板上の素子分離領域となる以外の領域（素子が形成される領域：活性領域）に選択的にシリコンナイトライド（ $\text{Si}_3\text{N}_4$ ）膜を形成し、その後、酸化することにより耐酸

化性の強い $\text{Si}_3\text{N}_4$ の下は酸化されず、素子分離領域となる、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ が無い部分のみに選択的に厚い酸化膜が形成される。厚い酸化膜が形成された部分を素子分離領域にし、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ で覆われ酸化膜が形成されなかった部分を活性領域にする。活性領域には、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ を除去した後にMOSFETなどの活性素子が形成される。クーイの技術は選択的に酸化膜領域を形成した後に、この酸化膜を除去し、その後再度酸化することで、より平坦化を進めた素子分離構造である。1961年にノイスらによって開発されたシリコンプレーナー集積回路技術ではほぼ集積化の手法が確立されていたが、LOCOS構造の出現によって平坦化を保ちながら素子分離ができるためMOSFET間の素子分離が容易になり、1チップ上に複数個のMOSFETを搭載するMOS型集積回路（MOS-IC）の実現に大きな役割を果たす。

サブミクロン世代以降は素子分離としてSTI（Shallow Trench Isolation）構造が使用されているが、この構造は選択的にシリコン表面に異方性ドライエッチング技術で溝を形成し、その溝の中にCVD（Chemical Vapor Deposition）酸化膜などを埋め込み、素子分離領域に厚いシリコン酸化膜を形成する手法である。シリコン表面の平坦性を保ちながら選択的に厚い酸化膜を形勢し、その部分を素子分離領域として使うと言う意味ではクーイのLOCOS構造と変わるものではなく、異方性ドライエッチングを用いることで、溝が横方向に広がらず、仕上がり寸法を設計寸法に限りなく近づけたものである。後年のプロセス技術の進歩により、LOCOS構造を改良したものとも言える。

LOCOS構造はSTIが出現するサブミクロンプロセス世代までの20数年間の長い間、集積回路に幅広く活用されている。MOS集積回路の素子分離領域の出来具合はMOSFETのドレイン端子のリーク（漏れ）電流に影響を与える。素子分離領域が短すぎて流れる貫通（パンチスルー）電流や素子分離領域上を走る配線の電位により配線がゲート電極となる寄生的なMOSが形成されて流れる寄生MOSリーク電流などが問題になる。この為、パンチスルー電流を防ぐための十分な素子分離領域幅と寄生MOSのしきい値電圧を問題ないレベルまで高くするための十分な酸化膜厚とシリコン表面の不純物濃度が必要になる。LOCOS構造はシリコン表面の平坦性を保ちながらシリコン表面より内部に厚い酸化膜を形成できること、LOCOS酸化する直前に酸化するシリコン領域にのみ不純物ドーピングできるため寄生MOSのしきい値電圧を容易に調整できることなどから、MOS-IC回路実現には格好なプロセスとなる。

III MOS集積回路を牽引する日本の電卓

トランジスターの工業化を牽引したのがラジオであり、信念を持って進めたのが、当時の東通工（後のソニー）の井深太であることは「半導体のはなし7」で述べた。アメ



佐々木正

リカでの需要が軍需中心であったトランジスターを携帯ラジオに応用することで「トランジスターラジオ」と言う爆発的なヒット商品を生み出し、トランジスターの大きな需要を創出している。トランジスターを牽引したのがラジオなら、IC、LSIの本格的生産を促したのは電卓（電子式卓上計算機）である。そして、

井深太と同じような役割を果たす立役者はシャープの佐々木正である。

世界初の電卓は1962年にイギリスのサムロック・コンプトメーター社が発表、販売した「アニタ・マーク8」であり、真空管を使った高速・無音の計算機である。それ以前の計算機は機械式で、歯車やリレーが使われていたため処理速度に限界があると共に、機械音を伴う。日本の各メーカーは「アニタ・マーク8」を分解し、模倣することから製品化を図る。佐々木は当時、神戸工業に在籍して24年になろうとしていた頃で、各社と同様、この分解調査に参加している。神戸工業は戦前、日本毛織の子会社の川西機械製作所で、戦後、神戸工業と改名しており、ノーベル賞の江崎玲於奈もいた事のある優秀な技術集団でもある。佐々木は2年後の1964年6月にこの神戸工業からシャープに移籍する。シャープの佐伯旭（当時常務）にスカウトされたのである。シャープは1960年に社内に半導体、極超短波、計算機の研究グループを発足させ、将来の新製品を生み出す体制を整えている。この中で社長の早川徳次ははじめ経営陣はつぎの製品として電卓を考えるようになる。シャープは「アニタ・マーク8」を分解調査し、真空管方式の問題点を掴み、真空管をトランジスターに切り替えることを考える。真空管であると、電源スイッチを入れても真空管が暖まるまで作動しない、多数の真空管を収容するための大きな空間を必要とすることや、真空管の切れによる故障頻度が高いなどの問題点があるところに目を付け、トランジスターを適用することで抜本的に改良できると見込み、トランジスター電卓の開発を進める。世界初のトランジスター電卓「コンプットCS-10A」を開発し、佐々木がシャープに移籍した年と同年の1964年5月の東京ビジネスショーに出品している。大きさは高さ25cm、幅24cm、奥行き44cm、重さ25Kg、電力消費量90ワットである。ゲルマニウムのバイポーラトランジスター530個とダイオード2300個を使用している。国外からは相当の注文があったが国内ではあまり売れていない。シャープに移った佐々木は営業担当者として各企業を回り、問題点が53万5千円と言う値段とキーの数が各桁に0から9までであることで、全部で100個もあり使いにくいことの2点であることを掴む。佐々木は第2号機の開

発目標を値段が50万円以下、キーの数を10個とする。小型化に伴う放熱性の悪さをカバーするためトランジスターには高温で特性変動の少ないシリコンのバイポーラトランジスターを用いている。この第2号機は1965年9月に「CS-20A」として発売される。値段は49万円8千円、重さ16Kg、電力消費量35ワットである。この電卓は爆発的なヒット商品となる。このヒットを見た競合各社が電卓産業に参入を決めている。佐々木は第2号機発売後に、2年ごとに新技術を用いたモデルチェンジを行い、最終的には電卓を企業の事務所で用いるのではなく、一般家庭、または個人のカバンやポケットに入るサイズまで小型化を進めることを計画する。佐々木は若い開発者達の前で「数を計算するという仕事は機械にやらせ、人間はもっと創造的な方向に使うべきだ。つまり電卓は人体の一部、どこへでもポケットに入れて持ち歩けるものであるべきです」と述べている。そして、「個別半導体でやっているのは小型化もできず、コストも下がらない。電卓を事務用から家庭用にするには、どうしてもIC化が必要」と確信する。早速、半導体メーカーを訪ねて協力を依頼するが、ICは大型コンピュータの部品として使用するものとの一般認識から電卓に使うと言うと相手にして貰えない。佐々木は電卓の市場はコンピュータ市場に比べこれだけ大きく伸びると言う資料をつくりメーカー側を説得する。この説得に最初に応じたのが三菱電機である。2年後の1967年に第3号機である「CS-31」を発表する。演算回路に三菱電機製のバイポーラICを28個使用しており、世界初のIC電卓となる。値段33万円、高さ12cm、重さ13Kg。前年に145個のICを用いた試作機をつくり、本機はその改良機種である。

佐々木がつぎに進めたことはMOS-ICの採用である。バイポーラICは速度が速く、特性も安定しているが、消費電力が大きく、構造が複雑なため高集積化に向かない。これをMOS-ICに切り替えれば、低消費電力で高集積化が可能になると読む。問題はMOS-ICを安定に作れるかであるが、1965年以降になると、前稿に述べたシリコン表面安定化技術などにより、かなり改善が進んでいるように見え、この機を逃すまいと考える。1966年に、佐々木は三菱電機との協力体制を維持しながら、NECと日立製作所の両社にMOS-ICの開発を依頼している。この頃になると、電卓業界はシャープの他にカシオ計算機、ソニー、キヤノン、大井電気などを始め多くのメーカーが参入し、競争も熾烈を極めていた。その様な中でのMOS-IC化作戦であるため、NECと日立製作所の2社には秘密保持協定の締結を求めている。日立製作所にしても、当時、大野稔らの研究でMOSFETの開発で実績はあったが、IC化となると自信を持てる状況ではなく、シャープからの開発依頼は日立製作所自身がステップアップする良い機会となる。日立製作所では、前年の1965年にIC開発の臨時職制を作り、ECLバ

イポーラ IC の製品化を行ったばかりであった。当時、同社の武蔵工場長であった伴野正美は世界にもまだ例がないことなので大変迷って議論するが、当時開発を取り纏めていた柴田昭太郎の提案を入れて、MOS でゆこうと踏み切る。

1967年12月に日立製 MOS-IC を56個搭載した「CS-16A」が製品化される。価格は23万円で重量4 Kg、消費電力10ワットである。消費電力は「CS-31」の40%程度に削減されている。しかしながら、佐々木から見ると、大きさ、重量、消費電力ともまだまだ満足出来ず、面白くない。そして、更なる要求をメーカー側に伝えてゆく。

佐々木のつぎの目標は MOS-LSI の搭載による抜本的な小型化である。日立製作所には「CS-16A」が製品化された直後に開発依頼を申し込む。依頼された伴野らは漸く MOS-IC が完成したばかりで、量産もこれからと言う時に更なる高集積化を図らねばならない事を考えると明快に依頼を受ける自信を持たず、受注することを避ける。佐々木は国内の各メーカーに依頼するが良い回答を得られず、仕方なく、アメリカのメーカーに開発依頼を持ってゆく。TI、フェアチャイルドなど10数社を回り全て断られる。アメリカのメーカーは軍需向けの事業が中心であり、単品の値段が高く利益率がよかったが、佐々木が持ち込んだ電卓の商談は、注文量は膨大だが、単品の値段が安く、利益率に魅力を感じられなかったのである。話に乗ってきたのがノースアメリカン・ロックウェル社である。注文量300万個、3000万ドルで受けている。1969年に、同社製 MOS-LSI を4個、MOS-IC を2個搭載した「マイクロンベット QT-8D」を製品化する。価格は10万円を切る99,800円、幅13.5cm、奥行き24.7cm、厚さ7.2cmの大きさであり、ポケットサイズにはまだ届かないものの、10万円を切る価格が魅力的で大いに売れて、ロックウェル、シャープとも大きな利益を得ることになる。

この様子を見ていた TI などのアメリカのメーカーは日本の電卓メーカーに注文をとりに来るようになる。それによって日本の電卓メーカーは雪崩を打ったようにアメリカメーカーに注文を出すようになり、日本メーカーの受注量は激減する。しかしながら、日本のメーカーも LSI 化に向かって足踏みしていたわけではない。日立製作所はロックウェルと同年には8個の LSI で四則演算が可能な電卓用 LSI を完成させ、シャープをはじめ、多数の顧客に納入できる体制を築いている。それでも、シャープに刺激された電卓メーカーはこぞって米国の半導体メーカーに注文を出すようになる。アメリカ製の IC が安かった為である。アメリカメーカーは工場を香港、マレーシア、シンガポール、フィリピンなどの人件費の安い東南アジアに進出し、日本製に対して3割方安かったことが原因である。この当時、東南アジアでは日本に比べ1/10程度の人件費であった。この為、一時は日本製電卓の9割までがアメリカ製 IC、LSI を使って

いる。これには、その直後の1971年8月のニクソン声明により金とドルの交換が停止し、主要国際通貨が変動相場制に移行されたことによるドル・ショックも大きな影響を与えている。固定制度で1ドル360円であったものが、その年の12月には308円になり、その後200円を切るまでに変動している。

日本メーカーがこのハンディキャップを盛り返したのは製造ラインの積極的な自動化と品質向上のための徹底した品質管理である。自動化は、最初は組立工程から始まり、検査工程、そして拡散、リソグラフィ工程の機械化、自動化を営々と努力してゆく。この努力は一見地味ではあるが、人件費を大幅に削減すると共に量産性の安定化に繋がってゆく。この自動化への挑戦は1960年代の後半から始まり、実際の製造現場に本格的に導入されるのは1970年代の後半になる。そして、この努力が後年の半導体装置産業を生み出すことに繋がってゆく。

一方、東南アジアに生産拠点を置いたアメリカ半導体メーカーの IC 製品に大きな問題が発生する。市場不良率が4%もあり、この IC を用いた電卓にトラブルが続出する。アメリカのメーカーは工場進出にあたり、コストダウンを優先し品質を重要視しなかったことが原因である。工場内のクリーンな空気を保ち、Na + 汚染やごみ、キズを、当時の加工サイズであるミクロンオーダーまでコントロールするためには、その為の高額な設備投資と、そこで働く作業員の徹底した教育を元にした各工程の品質管理が必要である。単なる人件費の安さのみで東南アジアに進出したものの、当時の人的資源における質的な問題を抱え込むことになったと考えられる。この不良率の問題から、各電卓メーカーは国内半導体メーカーの品質力を見直すことになり、次第に国内半導体製品のシェアが回復してくることになる。

1970年になると、電卓に使用する LSI は1個の時代になり、値引き競争が一段と加速する。この年にオムロンが8桁電卓を4万円で売り出し、従来の値段の半分になる。更に翌年の1971年にカシオ計算機から1チップ LSI を使い、ポケットに収まるサイズに縮めた6桁電卓「カシオ・ミニ」が12,800円で発売され、市場に大きな衝撃を与える。使用されている LSI は国産品であり、PMOS からなる日立製 MOS-LSI である。この後に NEC 製 MOS-LSI にも拡げている。2年前に漸く10万円を切った電卓が1万円台で手に入るようになり、しかもポケットサイズまで縮小していることで爆発的な人気を呼ぶ。「答え一発カシオ・ミニ」の CM と相まって、約10ヶ月で100万台も売れる。

1964年5月の世界最初のトランジスタ電卓「コンプット CS-10A」が53万5千円であったものが、7年後の1971年での「カシオ・ミニ」が12,800円となり、大きさも高さ25cm、幅24cm、奥行き44cmの卓上のボックスであったものが、ポケットに入るサイズまで縮小している。この間、

演算回路はバイポーラトランジスターからバイポーラ IC へ、バイポーラ IC から MOS-IC へ、そして MOS-IC から MOS-LSI へと大きく進歩している。この時点でも、未だ、MOSFET は PMOS または NMOS であり、本格的な低消費電力を可能にする CMOS が適用されるまでは 1973 年まで待たねばならないが、トランジスターの縮小技術、集積化技術が、実際の電子機器の高性能化、低消費電力化を可能にした代表的な実例である。この縮小化を推し進めてきた中心人物が佐々木である。途中でオムロンやカシオ計算機などの競合他社に先頭を走られたこともあるが、2 年間に一度の割合で技術革新を図りながら電卓の縮小化を図ることを考え、常に半導体メーカーに的確な目標を与え、電卓と言う最終製品で効果を示しながら、集積回路の縮小化、低消費電力化を牽引してきている。佐々木の引いたロードマップに日本、アメリカを中心にした半導体メーカー、電卓メーカーが乗り、競合しながらひたすら走り続けた結果と言える。「カシオ・ミニ」発売の 2 年後の 1973 年に佐々木は電卓の最終型と考える「EL-805」を発売している。CMOS を使用し、液晶ディスプレイを採用したものである。佐々木がシャープに移籍し電卓事業に関わってから 9 年後のことである。

この様にして、佐々木は 1950 年代に井深太が育てたトランジスターを 1964 年代から 1973 年代に掛けて IC、LSI へと育て上げている。両者とも需要を新規民生品におき、半導体製品を大量生産することで低コスト化を図ることを狙っている。常にターゲットは一般大衆であり、個人である。普通の人々がその製品で喜ぶ顔を見てみたいと言う発想から出発している。技術のための技術開発ではなく、人の役に立つ、喜ばれるための技術開発である。大きな卓上式計算機をポケットサイズにすることで計算機が企業の事務所から一般家庭に普及すること、個人に手軽に使われることを夢見て、それに必要な半導体製品になるために集積回路はどうあるべきかを追求した 9 年である。佐々木のこのような発想と半導体製品の可能性を的確に見極める考え方はどのようにして生まれたものであろう。以下、佐々木の経歴について触れる。佐々木の経歴については、特に谷村光太郎氏の『半導体産業の系譜』に詳しく掲載されているので抜粋させて頂く。

佐々木は 1915 年に島根県で生まれ、父の勤めの関係で少年時代は台湾で過ごしている。中学、高校の頃、ドイツに憧れ、ドイツはアメリカやフランスに比べ、科学を哲学的に考えていると感じている。その後、京都大学に進み、弱電、今で言えば電子工学科を専攻する。教授である加藤信義の下で電子の世界に入ってゆく。在学中、ドイツに留学し、加藤や、前稿でふれた八木秀次が学んだドレスデン工大教授のバルタンハウゼンの下で真空管理論を学ぶ。

帰国後、通信所の電気試験所に入所し、電話の研究に従

事する。その後、1938 年に川西機械製作所、後の神戸工業に入所する。川西製作所は日本毛織の子会社で、毛織メーカーだが軍の要請で兵器工場に転換しようとしていた時期である。ここで航空機搭載用真空管の製造に携わる。何もない状況から、材料を集め、製品を作り出すところまで一貫して物を作り上げる経験をする。

戦争に入ると軍と共同で B29 を撃墜するための高射砲の射撃用レーダーの開発に当たる。B29 は金属箔をまき散らしながら進入してくる。これは「半導体のはなし 5」で記載したようにイギリス軍がドイツの主要都市を空爆する方法として編み出した戦術である。電波が金属箔に反射してしまい、ブラウン管は霧がかかったようになって、照準できなくなる。終戦近くになるとドイツ軍は空中に浮かんでひらひらと落下する金属箔と高速で動いている爆撃機の動きの差を区別して、動いている爆撃機の所在と位置を割り出す仕組みをレーダーに取り付けるまで進歩している。この最新式のレーダーの仕組みを調べるため、極秘裡にドイツに派遣される。この手法は、おびただしい数の信号の中から、目標とする信号の特徴をつかんで識別するもので、多数のデータの中から求めているものを抽出するという、情報作業の本質とっていいものである。このレーダーの図面を持って、日本へ行く U ボートに便乗して帰国する。

敗戦後、川西機械製作所は神戸工業と改名される。佐々木は社命で 1947 年に技術吸収のためにアメリカに出張する。この時に、ベル研究所のトランジスター誕生を自分の目で見、これは大変なものになると直感する。

ここまでの経歴から、後に IC、LSI の牽引役を行うに必要な基礎知識は 1947 年当時の 31 才までに培われたように思われる。

同年、あまり注文の来ない真空管工場の工場長を勤めている。注文が無いために農業用の誘蛾燈を作ったり、蛍光灯を作ったりしたが、利益がでず、借金が膨らみ、銀行から人員整理を求められる。やむなく、千数百人を整理し大騒ぎとなる。この事で小学生の長男が学校で苛められ、佐々木自身も悩みに悩んで、胃潰瘍になって入院する。禅寺へも通っている。このとき以降、「やれるだけやる。後で悩んでも仕方ない」という一種の開き直りの強い精神力を持つようになる。

アメリカ出張した 31 才までが仕込み期間とすると、工場長を務めた 31 才から 47 才までの 16 年間は、その後の活躍のための長い熟成期間に見える。

1963 年に、川西機械製作所時代から 25 年勤めた神戸工業を辞め、シャープに移る。移ったその年から電卓の開発を牽引することで、9 年間の短い期間で集積回路の発展を促進してゆく。蟬に例えると、シャープに移る 47 才までの期間が長い土中の幼虫期、シャープでの最初の 9 年間は、地上に這い上がってきからの成虫期に見える。まるで、長

い土中の生活で蓄えたエネルギーを成虫になった短い期間で思い切り、懸命に羽ばたき、次の世代に子孫を残してゆく蟬のように。この9年間にポータブルな電子計算機、電卓の文化を作り出し、その過程でIC、LSIを牽引する偉大な業務を成し遂げる。この間の、常に後ろを振り向かず、前だけを見て、次から次へと電卓の縮小化を推進する姿勢、一度言い出したら最後まで推し進める姿勢から「ロケット・ササキ」の異名をとる。そして、佐々木の生み出した電卓の文化は、その後のパーソナルコンピュータや携帯電話などのパーソナル文化へと継続されてゆく。

蟬の場合は地上に出るからは10日ほどの短い生命で終わるが、佐々木自身はその後もシャープにて活躍してゆく。消費電力の少ない表示材として液晶に着目し、1973年に発売した電卓「EL-805」に始めて液晶ディスプレイを採用したことは既に述べたが、この液晶の将来性に目をつけ、その生産でシャープを世界のトップメーカーにしている。

シャープに移籍した6年後の1970年には同社の代表取締役専務、1983年に代表副社長まで昇進し、その後、常任顧問、顧問を務めている。また、数多くの会社や財団などの要職に就任している。

電卓によりトランジスターからIC、LSIへと育ったシリコンデバイス、その後メモリデバイスやマイクロコンピュータへと飛躍してゆく。その飛躍には、また新たな牽引者が現れてくる。歴史は同じような出来事を繰り返しながらも技術はその繰り返しごとに積み上げられてゆく。進歩してゆくのである。

(文中、敬称を略させていただきます)

## 参考文献

1. 工業調査会発行 大内淳義、西澤潤一 共編『日本の半導体』
2. ダイアモンド社発行 志村幸雄著 『にっぽん半導体半世紀』
3. 日刊工業新聞社発行 谷村光太郎著 『半導体産業の軌跡』
4. 日刊工業新聞社発行 谷村光太郎著 『半導体産業の系譜』

## 次回

### 第16回 半導体の歴史 —その15 20世紀後半 メモリデバイスの出現—