

## ■ 要旨

わが国の電子式卓上計算機（電卓）の歴史は昭和39年（1964年）東京晴海のビジネスショウ会場で早川電機工業、キヤノンカメラ、ソニー、大井電気（いずれも当時の社名）の4社が製品を発表したことから始まる。これらの製品の中で使用されたトランジスタは2年後の昭和41年（1966年）にはICに、さらに2年後にはLSIへと集積度を高め、急激なスピードで電卓産業は当時のわが国のリーディングインダストリーに成長していった。

昭和44年（1969年）頃には大手から小規模企業までが一気に電卓市場に参入し、激しい電卓戦争を繰り広げた。この過程の中で電卓メーカーは技術革新にしのぎを削り、様々な機能を備えて高機能化、多様化・複合化、小型・薄型化を実現して行き、昭和58年（1983年）には厚さわずか0.8ミリという究極的な薄型カード電卓を製品化した。わずか20年弱の短期間でこれほどまでに目を見張る技術革新をなしとげた民生品は過去に類例を見ないと万人が認めるところである。更に電卓産業はわが国産業界に計り知れない大きな成果をもたらした。その一つは世界トップレベルの半導体産業であり、もう一つはパソコン、PDAなどの各種情報機器・AV機器に不可欠な表示デバイスである液晶産業である。これら最先端IT産業の礎を築いたのが電卓産業であったことを我々は忘れてはならない。

「競争は技術革新のインキュベータ」であり、「どの製品よりも勝り価格が安い」という市場原理へのあくなき挑戦が大きな技術革新の成果をもたらしたのである。

本稿ではこの電卓産業の誕生前史から電卓技術の発展推移を系統的に調査し、またその背景ともなった市場の状況も合わせて調査した。

## ■ Abstract

The history of electronic desktop calculators of Japan dates back to 1964 when four companies, Hayakawa Electric Industry, Canon Camera, Sony and Oi Electric (corporate names of the four companies at that time), exhibited their products in a business machine show at the Harumi Fair Ground in Tokyo. The transistors used in these products were replaced two years later in 1966 by ICs and another two years later in 1968 by LSIs in enhancement of circuit integration. The electronic desktop calculator industry rapidly grew to a leading industry of Japan at that time.

Beginning around 1969, large and small manufacturers alike rushed to the electronic desktop calculator market and engaged in a cutthroat electronic desktop calculator competition. In this process, the electronic desktop calculator manufacturers vied in technological innovation and developed multifunctional compact and thin electronic desktop calculators with sophisticated and diverse functions. In 1983, what was called an “ultimately thin” card-type electronic desktop calculator only 0.8mm in thickness was a commercial reality. Many people agree that no other consumer electronic product accomplished such an amazing technological innovation in slightly less than 20 years. In addition, the electronic desktop calculator industry caused immeasurably deep impacts to the Japanese industry as a whole. One of them is the semiconductor industry of the top level of the world. Another example is the liquid crystal industry supplying display devices that are indispensable to personal computers, PDAs and other information equipment, as well as to audio and video equipment. We must not forget that the electronic desktop calculator industry laid the foundation of the leading edge IT industry of today.

"Competition is an incubator of technological innovation" and "Better than any other product and low price." These untiring challenges to the market principle have achieved great results of the technological innovation.

This report studies in time series the evolution phases of the electronic desktop calculator technology from before the birth of the electronic desktop calculator industry. The condition of the market as the background of the evolution is also studied.

## ■ Profile

### 瀬尾 悠紀雄

Yukio Seo

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

昭和41年3月 武蔵大学経済学部 経営学科卒業  
昭和41年4月 トーワ事務機株式会社 入社 電卓営業部  
昭和46年3月 カシオ計算機株式会社 入社  
以降、電卓企画部 物流管理部を経て  
昭和63年6月 企画調査部 副参事  
平成14年9月 同社退職  
この間、(社)ビジネス機械・情報システム産業  
協会 企画委員長  
日本機械輸出組合 環境法規専門委員会委員長  
7年間に亘り年度報告書発刊責任者。  
平成14年9月 カシオ情報サービス株式会社入社 渉外担当役  
平成16年5月 同社退職  
平成17年4月 国立科学博物館産業技術史資料情報センター  
主任調査員

## ■ Contents

1.はじめに .....	51
2.電卓誕生以前 様々な計算用具・計算機 .....	52
3.電子式卓上計算機の誕生 .....	60
4.要素技術の推移と高機能化・多様化 .....	68
5.電卓産業がもたらしたわが国の経済的・ 社会的効果.....	98
6.まとめ .....	110
7.あとがき.....	111
謝辞 .....	111
付録 .....	112

# 1 | はじめに

現在、我々の身近にある電子式卓上計算機はどのような経緯を経て今日まで至ったか、その技術発展の過程を調査し、整理系統化を行ない記録に留めておく事は、世界に誇り得るわが国の技術力を明示する意味から大変有意義なことである。またこのことが次世代の技術者育成の面で何がしかの助言あるいはサポートとして活かされるならばこの上ない喜びである。

本稿では電子卓上計算機を語る上で大きく分けて本文を第2章から第5章までの4章立てで記述することとした。

先ず第2章では電卓誕生前史として古来・中世期の計算具、算盤などから書き起こし、近代から戦後にかけての手動式・電動式計算機、電子式の予兆となった純電気式リレー計算機について記述した。

第3章では昭和39年（1964年）の電卓の誕生と関係する企業の創業、電卓開発までのいきさつ、及び電卓の基本的事項について記述している。

第4章では電卓の要素技術の推移と高機能化・多機能化の変遷のプロセスを要素技術ごとに順を追って記述し、関連するエポックメイキングな製品をその都度紹介している。従ってこの章では全体が年代順ではないことを予め了承願いたい。また電卓は各メーカーから様々な機能を備えた膨大なモデル数が出されたが、紙

面の限りもあることから筆者の判断で絞り込んだことを予め了承願いたい。

第5章では電卓がわずか短期間で驚異的に成長した経緯と、電卓産業が牽引した半導体・液晶産業などの成長状況及び電卓がわが国の経済・社会にもたらした大きな効果や影響などを統計データや国内・海外の市場状況の中から考察し記述した。

本報告書を深く理解する上で各章末に資料、表、図等を添えてあるので、必要に応じて参照されることをお勧めする。

文中、わが国の事象に関する年表示は元号（西暦）とし、海外での事象については西暦を優先した。文節中に年号が複数出の場合は、最初のものに元号を付した。また登場する社名の表記に関しては現在の社名を使用し、通常呼ばれている慣用形で表記した。文中の音引き（一）表現は業界慣習にならった。人物名に関しては歴史上の人物や故人以外は「氏」を付した。また文中に掲載した製品の仕様に関しては、その概要を章末の一覧表に記載した。掲載写真、図、表に関する出所は各章末に一括して記載し、参考・引用文献資料等は巻末に一括記載した。年表中の事象は筆者の判断で記載した。

## 2 | 電卓誕生以前 様々な計算用具・計算機

### 2.1 計算の歴史と計算用具

#### 2-1-1 そろばん、算具

古代から人間の生活に「数をかぞえる」という作業は欠かすことが出来ない要素であった。即ち採集物や生産物をかぞえたり、分配したり、モノを交換する時など様々な場面で「計算」する作業が伴った。これらの場合、最も身近に考えられることは「指折り数えた」であろうし、指が足らなければ回りにある木の枝や石を集めて並べたり、地面に描いたりなどしたことだろう。指のことを英語でDigitということを見ると「デジタル」という現代の最先端の言葉に通ずることになり興味深い。計算機に関する資料によると、既に紀元前の時代から数をかぞえる道具としての計算用具が存在したといわれている。

最も古い計算用具は「土砂そろばん」であったと想像され、これは今から3~4000年前にメソポタミヤ地方で使われていたと言われるもので、砂や粉末で覆われた簡単な板の表面にいくつかの行が区分され、それを桁として線や記号を用いて計算したらしい。

古代ギリシャ・ローマ時代になると「線そろばん」が用いられた。線上に1個から4個の石を置いて計算する。線と線の間に置くとそれは5を表わす。この石のことを「カルクリ」と呼んだという。カリキュレータ(計算機)の語源かとも考えられる。

ローマではさらに「溝そろばん」(写真2.1) というものも使われた形跡がある。計算玉を金属板の上下の数本の溝にはめ込んで球を動かして計算したようであるが、あまり普及しなかったらしい。また、そろばんを「アバカス」と呼んだ。

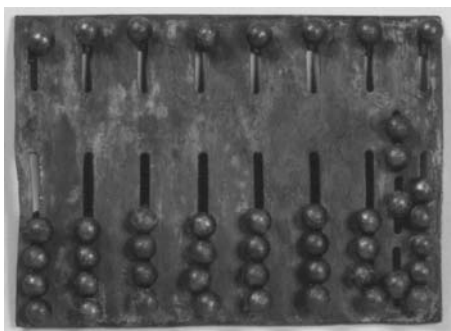


写真2.1 溝そろばん (レプリカ)

14世紀になるとロシアを含めたヨーロッパに10個の球を串刺しにしてそれを数本、木製の枠にはめ込んだ

そろばんが現れて普及していた。

また「ネピアの棒」(写真2.2) という計算具も登場した。これは短冊形の板の面に数が書かれていて、この短冊の組み合わせで計算したという。この考えが17世紀には計算尺に引き継がれたといわれる。



写真2.2 ネピアの棒

1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	00	02	04	06	08	10	12	14	16	18
3	00	03	06	09	12	15	18	21	24	27
4	00	04	08	12	16	20	24	28	32	36
5	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45
6	00	06	12	18	24	30	36	42	48	54
7	00	07	14	21	28	35	42	49	56	63
8	00	08	16	24	32	40	48	56	64	72
9	00	09	18	27	36	45	54	63	72	81

図2.1 ネピアの棒の仕組み

図2.1は34258×6の計算例を示す。

まず棒の上の見出しから34258を選び、次に左端の列の6の部分をもよこにそれぞれ該当する箇所を読む。斜線の右上は1の位、左下が10の位を示しているの、これを読み取って桁を並べて答えを求める。(答えは205548)

15世紀に入ると紙の普及と筆算法の完成により、西欧のそろばんは廃れた。逆にこの頃から16世紀にかけて中国ではそろばんが急速に普及した。日本へは16世紀の終わり頃長崎や堺などの港町へ貿易商人たちの手で中国から運ばれたとのことである。

1595年(文禄四年)に長崎で出版されたラテン・ポルトガル・日本語の対訳辞典の「アバクルス」の見出しにはローマ字で「SOROBAN」とあり、前田利家が文禄の役の陣中で使用したそろばんも現存しているとのことである。

そろばんという呼び方は中国のスアンパン(算盤)がなまったという説がある。

中国式のもののは上の玉が二つ、下の玉が五つ（写真2.3）であり、現在でも香港、台湾、マカオなどの市中で使用している所もあるらしい。

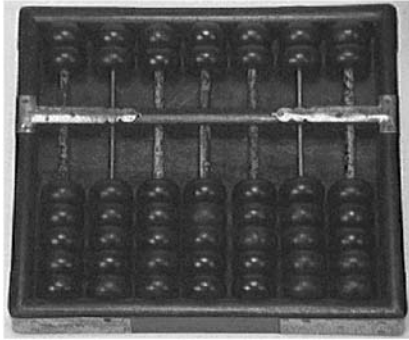


写真2.3 中国のそろばん

明治以前には日本でも中国式のものが多かった。その後現在の上が一つ、下が四つのものになり、現代まで普及した。

計算用具は時代と共に世界各地で発達・変遷を遂げ、仕事の内容に合わせた様々な形態のものが生まれた。その多くは現在も使用されているそろばんが基本であるが、その形は国、時代によって様々である。

日本では江戸時代に山師が山林買い付けに持ち歩いたと言われる「紙そろばん」（写真2.4）が珍しい。

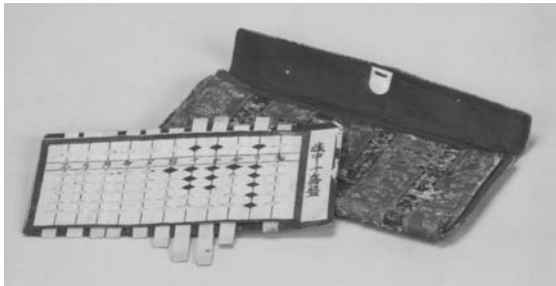


写真2.4 紙そろばん

また何時でも何処でも計算や商売が出来るようそろばんと筆、硯が一つに収められている、そろばん付き携帯用文具箱など、現代風に言えば「ユビキタスそろばん」と呼べるものもあった（写真2.5）。



写真2.5 そろばん付き携帯用文具箱

## 2-1-2 計算尺

計算尺は二つ以上の対数尺を移動させて、乗除計算をはじめとして、比例、平方、立方、三角関数、対数その他の計算が簡単に出来るように工夫された計算器具である。形状は直線型と円型の二種類があるが、一般には直線型が使われていた。また用途によって一般事務用、技術用、特殊用途用などがあった。計算尺は固定された尺（台尺または外尺という）、移動する尺（滑尺または内尺あるいは中尺という）、各尺の目盛りを合わせるために表面を移動するカーソルの三つで構成されている。

最初に考案したのは英国の天文学者エドモンド・ガンダーで1620年に対数尺を考案し、コンパスを使って航海上の問題を解く計算に利用した。このガンダー尺を二本相互に移動させることによって、コンパスを使わずに計算できるようにしたのがイギリスのウィリアムオートレッドであった。彼は円板上の周上に目盛りを施した円型計算尺を最初に発明した人間でもある。

計算尺はその後イギリスで次第に改良されていくが、とくにジョン・ロバートソンは真鍮製の薄片でカーソルをつくり、実用価値を高めたという。現在の計算尺に近いものは1850年ごろ、フランスの砲兵将校アメデー・マネーム（Mannheimと綴る）によって発明された。彼の計算尺は全砲兵部隊に採用されてからマンハイム型という名称で呼ばれるほど普及した。

日本へ計算尺が渡来したのは1894年（明治27）に工學博士広田理太郎と当時の内務省土木課長近藤虎五郎の二人が欧米視察の土産として持ち帰ったマンハイム計算尺が最初であった。翌年中村測量計器製作所に日本でマンハイム型計算尺の製作依頼が入り、そこで働いていた優秀な目盛り工であった逸見治郎が製作を行なって、大きな評価を得た。彼はその後ヘンミ製作所を起し、日本特有の竹製計算尺を製作し、明治45年（1912年）ヘンミ計算尺（写真2.6）として売り出し広く普及した。



写真2.6 ヘンミ計算尺

第二次世界大戦中は戦艦の大砲用計算尺も作られた。砲弾の「初速」「仰角」を設定すると「飛距離」を示す。学校における算数教育でもその操作方法を教える教科があった。

1960年代にはヘンミ計算尺は年間100万本もの出荷をし、国産の計算尺は世界の70%ほどのシェアを獲った。

またエンジニア自身の手造りのものもあった。計算尺は主として技術関係者がポケットに入れて携帯し、平方根や対数の数表とを見ながら昭和47年頃まで使用されていたが、関数電卓の登場で計算尺は姿を消した。

## 2.2 手動式計算機・電動式計算機

### 2-2-1 機械式計算機のはじまり

現存する世界最古の機械式計算機は1642年にフランスの数学者パスカルが発明した「パスカリーヌ」(写真2.7)であろう。これはダイヤルを回し計算する構造になっていたが基本的には加減算しか出来なかったという。99+1のような連続桁上がりがあるとうまく作動しなかったらしい。ダイヤルの数が6個のものや8個のものがありパスカリーヌの名で53台作られたという。発明の理由はパスカルが父の税務署の仕事が楽になるために作ったとか家計を助けるためなどと伝えられているが、商品にはならなかったと言われている。



写真2.7 パスカリーヌ

その後1671年にドイツのライプニッツがパスカルの計算機を改良し、繰り返し加算で乗算を、繰り返し減算で除算の出来る四則計算機を発明したがやはり実用化に至らなかった。実用化された最初の計算機は1891年スウェーデンのオドナーが横型回転ハンドルとレバーを備えた手回し式計算機の構造にして商品化したものである。

### 2-2-2 手動式計算機

わが国での手動計算機は明治36年(1903年)に矢頭良一が国産初の歯車式計算機「自働算盤」の特許を取得し発売した(写真2.8)。



写真2.8 自働算盤

この日本初の自動算盤やスウェーデンのオドナー手動計算機の原理等を元に大正8年(1919年)大本鉄工所を経営していた大本寅治郎は手回し式手動計算機の試作機を完成させ、大正12年(1923年)「虎印計算機」として発売した。しかし当初は多くは売れず、業績不振となった。大本はこれを「タイガー計算機」と名称を変えたところ、今度は販売が伸び、広く普及して昭和40年頃までの永い間オフィスの中でそろばんと共に活躍した(写真2.9)。

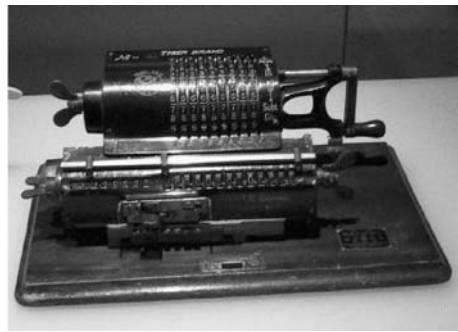


写真2.9 タイガー手動計算機

写真にある手動計算機の原理は例えば25×3の場合、予め被乗数の25をまず置数レバーの1の位で爪を5の位置にセットし、10の位で爪を2の位置にセットすると置数表示部には25がセットされる。後はハンドルを前方に3回まわせば75という答え(積)が結果数表示部に現れる。掛け算は足し算の連続であり、割り算は引き算の連続である。これらの計算は全て歯車によるメカ式である。計算の速度は人の手によるため、ハンドルを速く回せば計算は速く出来ることになる。メンテナンスは歯車部への潤滑油差して充分であった。重量はおおむね5kg程度であった。

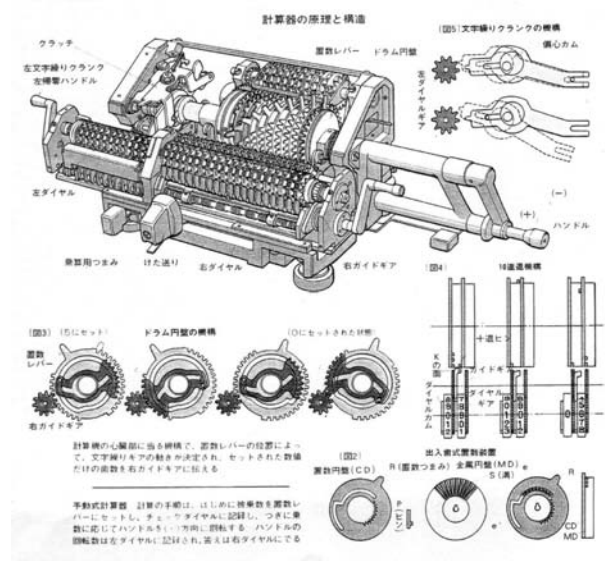


図2.2 手動計算機の構造

### 2-2-3 電動式計算機

手動計算機は当初はそろばんでやると時間が掛かる掛け算、割り算に主として使われていたが、複雑な計算には腕も疲れるし、それなりに時間が掛かるため、歯車の回転を電気で行なう電動式計算機が考案された。

日本では昭和11年（1936年）にタイガー計算機が電気歯車を動かす高速自動計算機（写真2.10）を製作しているが広く普及した記録は無い。

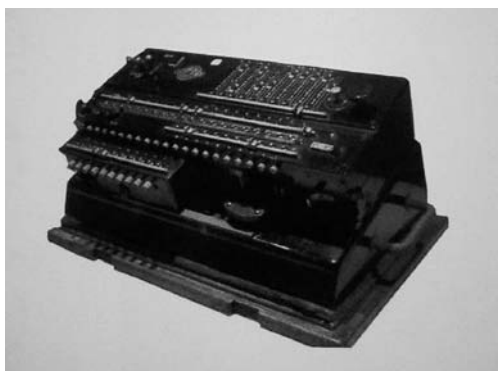


写真2.10 タイガー高速自動計算機

電動計算機は終戦後は主に米国からもたらされ、性能のよさが受け入れられて次第に輸入され導入されるようになった。形状は机の上に載る大きさであるが鉄製の本体に樹脂製の数字キーが桁数分並んでいて、例えば掛け算の場合、乗数、被乗数とも数字キーでセットし、命令キーボタンを押すと歯車がうなりをあげて回転し始め、自動的に計算される機構になっている（写真2.11）。



写真2.11 モンロー電動計算機

写真はこの時期の代表的な米国モンロー社のものだが、重さは約30kg強、価格は日本円で50万～60万円くらいであった。

電動計算機は計算速度は手動式より速いものの、モーターによる歯車の回転音が大変うるさく、振動もある。乗除算は多少複雑な計算になると15～20秒くらいはかかっていた。それでも戦後経済の復興に伴って米国はじめヨーロッパ各国からも多く輸入された。

当時のブランド名では米国製ではモンロー、マーチヤント、フリーデン、NCR、パローズ、レミントン、ビクターなど。西欧ではスウェーデンのファシット、イタリアのオリベッティ、ドイツのキンツレ、ワルサーの記録式計算機、チェコのニサなどがあった。日本の事務の職場には机の引き出しの中には必ずその人専用のそろばんがあり、職員共同で使う手動計算機が置かれ、計算業務の特に多い職場では電動計算機が並んで置かれるなどの光景が見られた。

### 2-2-4 この時代の計算機の市場動向について

電卓が生まれる昭和39年以前までは計算機としてはこれまで述べたように手動計算機や電動計算機が主であった。また、一方では既に昭和32年には後述する純電気式といわれるリレー計算機も誕生しているので下記に生産・輸出・輸入状況を表2.1に示す。ただし統計上では手動式・電動式の区分はなく、計算機1本で統計がとられていた。

表2.1 生産・輸出・輸入数量推移 単位：台

昭和	西暦	生産	輸出	輸入
35	1960	37,968	57,209	28,973
36	1961	46,030	24,458	52,356
37	1962	51,168	4,894	77,876
38	1963	48,255	12,550	79,116
39	1964	54,616	37,791	91,302
40	1965	53,259	117,478	96,035
41	1966	53,671	175,797	98,804
42	1967	68,703	57,261	110,934
43	1968	85,084	85,417	110,280
44	1969	75,554	94,696	89,904
45	1970	38,415	137,070	42,922

\*手動・電動の区別は無い  
 \*生産統計：昭和49年（1974年）で終了  
 \*輸出統計：昭和54年（1979年）で終了  
 \*輸入統計：昭和54年（1979年）で終了  
 経済産業省機械統計 財務省日本貿易月表より。

上記統計で見ると、この10年間では生産は平均して5万台から6万台前後、輸出はデータのふれが大きい。おそらく統計上の製品分類に起因しているようである。輸入は7万台から10万台程度とみられる。いずれにせよ、後年の電卓市場の急激な拡大を前にしての小規模な市場であった。

## 2.3 わが国における電気式計算機への挑戦

終戦後まだ間もない頃に米軍が持ちこんだ電動計算機とそろばんを持った日本の貯金局職員が計算スピードを競うイベントを実施した。何種類かの計算問題で何回か勝負したが、加減までは見事に日本のそろばんが勝利したが乗除算では甲乙付け難い結果であったという。この話を聞いたある人物が「そろばんは、何年も塾に通い上達して初めて実務に使えるが、計算機は経験が無くても数字を入れてキーボタンを押せば正しい答えが出る、ということは技術の力で機械の能力を高めれば、そろばんに絶対に負けない、誰にでも使える計算機が出来る」という思いを抱き、彼は昭和25年頃、わが国最初の電動計算機の開発に取り掛かった。その人物は榎尾製作所（現カシオ計算機株）の創業4兄弟の次男、榎尾俊雄氏（現会長）であった。

### 2-3-1 電磁計算機の開発

日本独自の計算機開発を思い立った榎尾俊雄氏は直ちに設計に取り掛かり、一人で方眼紙に回路を書き込み材料手配に走ったが、戦後の日本には高速回転に耐え得る歯車を作る鋼材が無くことごとく失敗した。しかし尚も計算機の開発に情熱を燃やし続けた彼は研究を続け、電磁石を使って内部機構を作動させていく計算機の試作に挑んだ。長兄の榎尾忠雄（当時社長、後のカシオ計算機株故相談役）はその設計図に基づいて必要な電気部品を集め、機構部品を旋盤・フライス盤を駆使して作り上げ、昭和29年（1954年）ついに計算回路に基づいて電磁石を働かせて内部の歯車やカム、レバー等を動かし、計算を行い結果を表示する「電磁計算機」を開発し特許を取得した（写真2.12、2.13）。

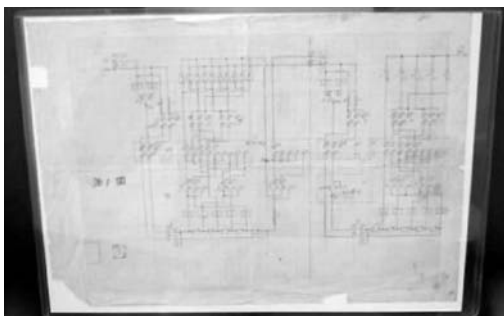


写真2.12 榎尾俊雄氏手書きの回路図



写真2.13 電磁計算機（カバーなしの状態）

この計算機の試作品を取引先に紹介したところ、計算機能そのものは満足されたが、 $A \times B \times C$ といった事務計算で必要な連続掛け算（連乗計算）機能が無く、しかも数の表示方法が算盤の方式を応用したもので5の数字を意味する記号と1~4までを表す記号が短冊の形で表示部に組み込まれており、置数や計算結果数を表示する場合に該当する短冊が本体から手前にせり出てくるものだった。例えば7ならば5と2を表わす短冊が出る、という非常にユニークなもので実用機としては取引先からは受け入れられず、結果として商品化はされなかった（図2.3、2.4）。

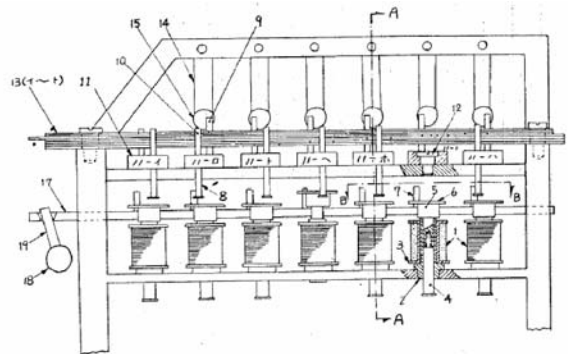


図2.3 側面構造図

（表示方法）

短冊の先端に記号が描かれ、それぞれ数を表わす表示方法であった。

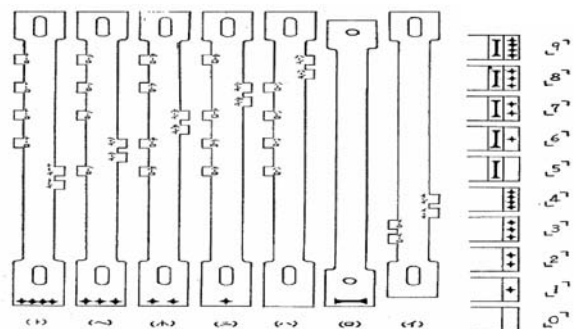


図2.4 表示方法



### 2-3-2 わが国初のリレー式計算機の誕生

昭和31、32年頃はオフィス内では社員が中腰で手動計算機をグルグルと回し、一方では何台もの電動計算機がガチャガチャとうなりをあげて回転している情景が見られ、大層騒々しい状況であった。計算業務を主とする職場ではその騒音は大変なものだった。

計算機の試作機の商品化が実現しなかった樫尾製作所の樫尾俊雄氏はその後も研究を続け、日本電信電話公社（現NTT）に勤務していた経験を活かしてリレー（継電器）をスイッチング部品として使用することを考え、昭和32年（1957年）6月、モーターや歯車類を一切使わないリレー式計算機カシオ14-A型を製品として完成させた（写真2.14）。



写真2.14 リレー計算機 14-A

この14-A型はリレーを342個使用したもので、演算桁数14桁。表示には初めて小さな豆ランプを使った。5桁3組の定数機能を備え、数値の入力は初の10キー（テンキー）方式とした。計算速度は、簡単な加減算で1~2秒、乗除算で5~6秒でという当時の電動計算機に比べて素早いものだった。サイズは幅1,080×高780×奥行445mmと大きなものになったが、事務用机兼用タイプにすることで商品化した。価格は当時の電動式計算機より低価格な¥485,000で設定した。これがわが国における電気式計算機の第1号となった。

リレー計算機の登場によって、計算速度はそれまでの手動計算機や電動計算機に比べ格段に早くなり、計算作業もはかどり、作動音も極めて静かで、高い評価を受けた。

### 2-3-3 リレー計算機の構造・演算素子

14-A型はデスクサイズ全てが計算機構となっていて演算素子のリレーは本体背面に収められている（写真2.15）。



写真2.15 本体背面部のリレー群

リレーとは、電磁石のコイルに電流を流すと、鉄芯が磁化して接極子を吸引するもので、これに連動してスイッチが開閉する構造になっている。このリレーユニットを演算する機能に必要な数だけ接続して演算部が構成されている。

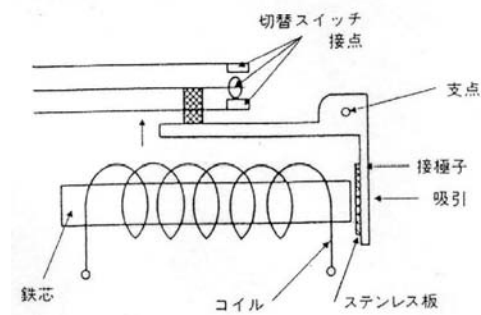


図2.5 リレー1組の構造

実際に作動する様子は、先ず置数し、 $\times$ / $\div$ などの演算命令を入れて=キーを押すと、342枚のリレーが一齐にごく僅かな音と共に動き出し、簡単な掛け算ならばほんの4~5秒で結果を出した。やや長い計算の場合には、リレーの接極子がON/OFFを繰り返し、その様子は蝶が羽をキラキラと羽ばたかせるような光景であった。操作部は我国の計算機で初めてランプ点灯による表示と10キーを採用したところが大きな特徴であった（写真2.16）。



写真2.16 操作部



写真2.17 表示部

表示部（写真2.17）はランプが上から下へ0、1、2・・・9と14列並び、ある数字を入力すると該当する数字部分が点灯して入力確認できる。また入力部にはわが国で初めて10キー式を採用したことによって電

動計算機に比べて入力の手続きが簡単になり操作部分が簡略化されて後の電卓の操作部分の先駆をなすものだった。

実際の動作状況を記すと、例えば123×20の計算の場合、まず10キーで123と入れると表示部には123があたかも左上から右へ下る階段のようにランプが点灯する。次に×ボタンを押し、次に20と入力すると、前の123は消え、新たに20と点灯する。次にイコール(=)を押すとリレーが動いて計算が始まり、表示部はランプ全体が踊るように点滅し、数秒後に答の2460のランプが点灯し、結果が表示される。

この14-Aの登場でオフィスでは大きな評価を得たが、それまで愛用していた電動計算機と異なり、最初に打った123の数字が次の数字を入れると数字が入れ替わり、123が消えることにユーザ側は大きな不安を感じたという。電動計算機の場合は最初に置いた数、例えば被乗数と後から置く乗数はそれぞれ別の表示部に残っていて、結果数も別の表示部に出る仕組みになっているからである。現在の電卓では当たり前のことであったが、カシオと販売を受け持った内田洋行ではこの部分を理解してもらうためにかなりのエネルギーを使ったそうである。当時のカタログを見ると、「一つの表示窓で入力された数値が入れ替わる画期的な方式であるので非常に使いやすく出来ているのです」といった説明がわざわざ記載されている。

この計算機は今までにわが国に無かった革新的な技術の成果として翌年の昭和33年(1958年)に科学技術庁長官賞を受賞した。

尚、このカシオ14-Aは平成18年(2006年)現在、東京上野の国立科学博物館において展示中である。

樫尾製作所はこれを機にカシオ計算機(株)としてスタートすることになった。

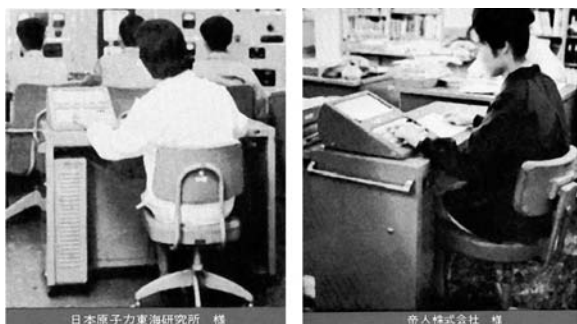


写真2.18 リレー計算機使用風景

#### 2-3-4 リレー式計算機の商品展開

##### ①技術用計算機

14-A型が事務用計算機として普及を始めた2年後の昭和34年(1959年)にはこの14-A型をベースにした

開平機能つきの14-B型が発売され、官庁、大学等の研究機関、大手企業の技術部門に数多く採用された。

##### ②作表計算機

さらに2年後の昭和36年(1961年)には伝票を自動的に発行できる作表計算機が開発され、TUCコンピュライタという名称で発売された。多くの企業では伝票や帳票類を扱うため、業種を問わず幅広いユーザ層に普及した。TUCという名称はタイプライタが東芝(T)、販売が内田洋行(U)、製造がカシオ(C)という社名の英文頭文字をつけたといわれる(写真2.19)



写真2.19 作表計算機TUC

TUCコンピュライタの計算機部は11-TCという名称で加減置数が10桁、積10桁、累積11桁、除数・被除数が9桁、商10桁。6桁1組の定数機能を備えており、タイプライタと連動して伝票や帳票を作成するためのプログラム機構を備えたものであった。また、テープパンチャー、リーダーの連動も可能で価格は¥965,000であった。当時はまだ手書き複写伝票や手書き帳簿であったものがこの時代で早くも自動的に処理できる本格的なシステムマシンの誕生で大手企業には好評を持って受け入れられた。

この作表計算機の登場が後年の会計機あるいはビルディングマシン(伝票発行機)といったオフィスコンピュータの分野を切り開くものとなって行った。

##### ③プログラム式計算機

さらに昭和37年(1962年)にカシオは、計算の手順を予めセットしておき、自動的に計算を行なうことが出来るようにしたプログラム式計算機AL-1を開発した(写真2.20)。



写真2.20 プログラム式計算機AL-1

AL-1はリレーを520個使用し、表示桁数10桁、積19桁、根9桁で表示にはニキシー管を使用した。定数機能は10桁2組または5桁4組の切替が可能。プログラム方式はカシオ独自の方式で歯数60枚の樹脂製歯車を使い、6ビット58ステップの計算手順を予め作成しておくことができる。しかもこの歯車式プログラムユニットは取り外し可能で何種類かの計算手順を用意しておき、必要に応じて入れ替えが可能だった。

プログラムの原理は各命令を歯車の歯が切っただるか無いかで「0」「1」を判断するように設計されていて、歯車の回転がリレーの動きと同期しており、計算命令を電氣的に働かせる仕組みになっている。

価格は¥995,000で官庁や大学の研究部門に採用された。

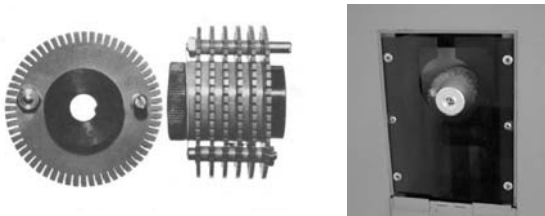


写真2.21 プログラムユニット 写真2.22 挿入部

カシオ計算機はリレー計算機の開発成功を機にビジネス社会には多くの「計算」という概念があることに着目し、標準計算の次は技術計算、さらには複雑な高等技術計算をこなす製品の開発というように次々と開発していくチャレンジ精神が非常に旺盛な企業であった。

このように日本の電気式計算機はこれらリレー計算機の開発が端緒となってその市場を開拓し、昭和39年（1964年）の電卓誕生までの一時代を築くものとなった。

## 〈第2章で使用した写真・図・表のリスト〉

### (写真)

- 2.1：溝そろばん（東京理科大学近代科学資料館）
- 2.2：ネビアの棒（同）
- 2.3：中国のそろばん（同）
- 2.4：紙そろばん（同）
- 2.5：そろばん付き携帯文具箱（同）
- 2.6：ヘンミ計算尺（同）
- 2.7：パスカリーヌ（筆写撮影：科学博物館）
- 2.8：自働算盤（筆写撮影：科学博物館）
- 2.9：タイガー手動計算機（筆写撮影：科学資料館）
- 2.10：タイガー高速自働計算機（筆写撮影：科学博物館）
- 2.11：モンロー電動計算機（筆写撮影：科学資料館）
- 2.12：手書き回路図（筆写撮影：カシオ）
- 2.13：電磁計算機（カシオ）
- 2.14：リレー計算機14-A（カシオ）
- 2.15：14-Aリレー背面部（筆写撮影：カシオ）
- 2.16：14-Aキーボード（カシオ）
- 2.17：14-A表示部（筆写撮影：カシオ）
- 2.18：リレー14-A使用風景（カシオ）
- 2.19：作表機TUC（カシオ35年史）
- 2.20：AL-1（筆写撮影：カシオ）
- 2.21：AL-1プログラムユニット（カシオ35年史）
- 2.22：挿入部（筆写撮影：カシオ）

### (図)

- 2.1：ネビアの棒のしくみ（万有大百科事典）
- 2.2：手動計算機の構造（万有大百科事典）
- 2.3：電磁計算機側面図（特許公報写：カシオ）
- 2.4：電磁計算機表示方法（同）
- 2.5：リレー1組の構造（カシオ）

### (表)

- 2.1：計算機の生産・輸出・輸入推移（経済産業省機械統計、財務省貿易月表より作成）

# 3 | 電子式卓上計算機の誕生

## 3.1 電子式卓上計算機の誕生

ここでは先ずわが国の電卓産業発展の基礎を築いた国内4社とその後すぐに電卓をキャッチアップした2社を加え、電卓開発の経緯などを紹介する。また、電卓の基本的仕組みや計算のメカニズムなどについて記述する。尚、第3、第4章に登場する製品の主な仕様については第4章末の<資料1>「報告書記載モデルの主な仕様一覧」を参照されたい。

昭和30年代は戦後日本経済の成長を語る上で象徴的な年代であったといえる。昭和28年に始まったTV放送に合わせて受像機の普及が始まり、昭和30年（1955年）になるとマイホームブームで全国に団地が建ち並び、TV、洗濯機、冷蔵庫が「家電の三種の神器」と呼ばれた。昭和34年（1959年）には皇太子殿下（現天皇陛下）のご成婚で「美智子さんブーム」に沸いた。国民はこのパレードの中継を見るためにTV画面に釘付けとなった。また昭和39年（1964年）には世界に誇る技術の粋を集めた東海道新幹線が営業を開始し、アジアで初めての東京オリンピックが開催されるなど、日本経済の復興ぶりを示すものであった。

日本中がこれから始まる豊かな高度成長の時代を肌で感じていたこの年の5月、東京晴海で開催された第28回東京ビジネスショウの会場で、来場したビジネスマンの目を奪った画期的な製品が発表された。それは早川電機工業の電子式卓上計算機シャープコンパクトCS-10A、キヤノンカメラのキヤノラ130、ソニーのソバックスMD-5、大井電気のアレフゼロ101の4機種であった。（以下、文中では「電卓」と記す）これらの電卓はまさしく事務机の上に載るサイズで、まったくの無音、素早い計算スピード、横一列に並んだ明るく見やすい表示ランプ、桁数は10桁から多いもので20桁までもこなす高性能。全て今までの電動式やリレー式計算機の常識を覆すものであった。

このような時代背景の中で日本の電卓の歴史が始まったわけであるが、これに先立つ1962年（昭和37年）には英国のサムロックコンプトメーター社が放電管を使用した卓上型計算機アナタマーク8を発表している。フルキーボード式の入力方式で重量60kgもある重いもので、価格は約60万円ほどの高価なものだった。当時、卓上型の小型計算機の開発を目指していた早川電機工業はじめ、神戸工業、日本計算器販売（後のビジコン）な

ど数社はこれを輸入し、分解して研究していたという。

### 3-1-1 シャープ（当時：早川電機工業）

#### ①創業時～先進事業への進路

創業者である早川徳次は東京の本所で金属加工の仕事をしていた。大正元年（1912年）の頃、穴の無いベルトのバックル（徳尾錠：とくおじょう）で新案特許を取得し続いて大正4年（1915年）シャープペンシルを発明、1916年これを「エバーレディペンシル：常備芯尖鉛筆」の名で売り出し、好評を得て事業を確立させた。

しかし大正12年（1923年）関東大震災で全ての財産を失い、シャープペンシルはじめ、すべての特許を売って得た資金で大阪西田辺に移り、わが国第1号の鉱石ラジオの製造を始めて電気製品メーカーとしてスタートした。その当時の社名は早川電機工業といい、家電製品のブランド名の「シャープ」は創業時のシャープペンシルから由来している。早川電機工業はわが国最初のテレビジョン受信機や電子レンジを開発したほか数々の日本の家電史に残る製品を発売したが、関西では既に大手の家電メーカーもあったことなどから、ブランド認知度としては今一步の状況であった。しかし今日に至るまで常に初めての機能を備えた独特の家電製品や情報機器を次々と開発してきたことを考えると、現在の社是にもある「オンリーワン製品を開発するシャープ」の精神は既にこの頃から脈々と流れていたと言える。

わが国が高度経済成長期に入り始めた昭和30年代、シャープは他社の後追いではなく今後の成長が予想される分野で取り組んでいくべきものは何があるか、経営TOPから若手技術陣に問いかけていた。その結果次の3項目の開発を若手技術者たちは佐伯専務（当時）に提案した。先ず一つ目は「半導体」、二つ目は「超短波」、三つ目は「コンピュータ」であった。当時の若手技術陣の一人であった浅田篤氏（後に副社長）はコンピュータ開発を志望したが、その時は既にわが国は既存大手の6社に開発推進を政策として指導していたため断念することになった。

そこでコンピュータよりは小型で、企業で一般事務に広く使用できる計算機の開発にとりかかることになり、昭和35年（1960年）に入社してきた新人の鷲塚諫氏（後に副社長）もこのグループに参加してシャープの電卓開発の歴史が始まったのである。全くの「無」

からの挑戦であった。

ちなみに一つ目の開発テーマである半導体は後に、電卓の誕生初期に神戸工業から転出して入社した佐々木正氏（後に副社長）の大きな業績のもとにわが国IC・LSIの開発へと大きく花開くこととなった。（5-1電卓と半導体産業の項で記述）また三つ目の超短波技術は後に日本初の電子レンジの開発に繋がっていった。

## ②電卓開発への照準

電卓開発のプロジェクトチームに下された社長からの目標は企業で事務用を使用するもので、価格も部長決済範囲内で購入できる50万円以下で、誰でも簡単に使える計算機の開発、であった。事前知識ゼロの状態からスタートした若手開発メンバーは計算機を作るには先ず手ごろな記憶装置を見つけて基礎実験をする必要があり、大阪大学工学部の尾崎助教授（当時）を師と決めて教えることにした。以降、彼らは会社から研究室に通っては教えるを受けた内容を記録し知識を吸収していった。論理回路の研究、必要な半導体素子の研究、入出力方式の研究、部品の調達、材料の研究、製品としての試作、使用環境の耐久試験などなど全て自社内での苦労の上に失敗と改良を重ね、ついにオールドランジスタ使用で世界初の卓上型計算機CS-10A型（写真3.1）を完成させ、ビジネスショーで発表したものであった。



写真3.1 コンペットCS-10A

¥535,000という価格は当初の目標であった「50万円以下で作る」というところまでは到達しなかったが「10%引きにすればOKやないか」という関西精神で認められ、製品化し、販売に踏み切ったということである。この価格は当時の国産乗用車と同程度の価格であった。

この製品は英国のアニタマーク8の面影を映すタイプで、入力キーボードがフルに並んだフルキーボード方式であり、同時発表の他社の製品が10（テン）キー方式なので多少の違和感があったが、次号機からは直ちに10キー方式を採用し、以降シャープは電卓開発において数多くの革新的技術を開発し、その技術を搭載

してヒット製品を次々と発表していくことになったのである。

CS-10Aの製品が完成した当時、「電卓」という名称は特に決まっていた訳ではなかった。「卓上型電子計算機=電卓」や「電子式卓上計算機=電卓」「小型トランジスタ計算機」など一時的に各メーカーはバラバラな名称をつけていた。しかしその後次々と各社が参入して製品を販売し始めて間もなくごく自然に、「電子式卓上計算機=電卓」が親しみやすい名称として一般的になり、略称で「電卓」と呼ばれるようになったのである。

以降のシャープの電卓開発にともなう様々な新技術開発の記録は我々の既に知るところであるが、因みに電卓の誕生とその半導体の開発期に関わった前出3者のニックネームは浅田篤氏が「電卓博士」、鷲塚諫氏が「電卓の鬼」、佐々木正氏が「電卓のドン」ということだそうだが、シャープがいかに電卓に情熱を注いでいたかが伺われる。また佐々木氏は何度も米国に飛び電卓用IC開発を米国各社に交渉してことごとく断わられて最後にノースアメリカンロックウェル社との取引を成功させ、その行動力から「ミスター ロケット」の称号を与えられたと言われている。また、佐々木氏のシャープにおける電卓開発に伴う半導体のIC・LSI化への研究とエネルギッシュな活動は、わが国の半導体産業の発展に非常に大きな影響力を及ぼしている。これについては項を改めて記述する。

## 3-1-2 キヤノン（当時：キヤノンカメラ）

キヤノンも同じくこの時期、戦略的新製品の開発を検討していた。その一つが「シンクロリーダー」という音の出る本のようなものであった。しかし成功するに至らず、携わっていた技術者たちは次の一手を電子関係の製品開発に向けた。そこで考えられたのが電子式で10数桁ある無音で高速な高性能計算機が業務上どうしても必要であり、そのような計算機を開発することになった。その背景はカメラレンズの設計には複雑な計算が大量に必要となる。何枚かのレンズの中を進んでいく1,000から2,000本もの光線を5~6桁の精度で追跡して収差を求める計算をするのである。

当時カメラメーカーでは最も重要な部分であるこのレンズの設計計算に早くから歯車式の電動計算機を数多く導入していた。本来その職場は設計という性質上、業務中は静かに行なわれるべきところ、いざ計算に入ると何台も並んだ電動計算機が一斉にうなりを上げて回転し振動するため、非常に困っていた。そこで社内で使用する目的で静かな計算機が造れないかと研究を

始めたのである。その結果昭和38年（1963年）7月には試作機が完成した（写真3.2）。ビジネスショウで発表される前年のことであった。

キヤノンのみならず他の一般企業でも電動計算機は重さと騒音の悩みがあって音のしない計算機を必要とするユーザも多いだろうと考え、これを商品化して販売することが検討されたが、光学メーカーが事務機械を販売するのはリスクが高い、とのことで経営上の判断によりこの時点ではストップがかかった。しかしビジネスショウで家電・電機メーカーも発表するという情報が入り、キヤノーラ130として急遽ビジネスショウ会場で展示したところ、来場者の反響が大きく、好評を受けたので販売していくことにしたのである。



写真3.2 キヤノーラ130

この製品は入力部に最初からテンキーを採用していることと、消費電力の多いニキシー管ではなく、独特な光点式表示を装備した点が特徴であった。テンキーボードは同時発表のソニー、大井電気も採用しており、その後の電卓の入力機構の基本となった。光点式表示は特殊加工されたアクリル板に側面から光を当てると小さな点で構成された数字が表示される仕組みで、ニキシー管よりは発熱が少なくはっきりと視認でき、光学メーカーの技術が活かされている。

### 3-1-3 ソニー

電卓を開発することになったきっかけは、トランジスタラジオの成功で業績が非常に好調だった昭和35年頃、今後10年、15年先を考えて人材を育成するためには何か新しい技術、それもデジタル技術を研究すべきと考え、若手の技術者に「コンシューマ向け小型製品の開発」というソニーの基本方針を踏まえた上で自由な発想をさせた。その中から小型計算機の開発が出てきたという。

ソニーはその創業の目的、理念、進路を読むと「技術者が最大限の力を発揮し、自由闊達で愉快的な職場をつくり、大企業とは異なった他社の追いつかないモノづくりをやる」という趣旨が謳われている。当時ま

だ若かった開発者はトランジスタラジオで成功した半導体を使って「電子で動くソロバンを作りたい」と企画し、井深大から「ならばやってみよ」と認められた。まずニューヨーク万博への出品を目指して開発が始まり、この間MD-1から海外販売向けのMD-4まで作られたが、結果的にまだ開発余地が残されているということで販売はされなかった。一方国内では昭和39年に他社の電卓開発の情報が流れはじめていたので、5号機であるMD-5型をビジネスショウが開かれる以前の3月18日に新聞発表を行なった。偶然にもこの日はシャープがCS-10Aの新聞発表を行った日と同じであった。

ソニーの電卓開発時期には次のようなエピソードもある。当初出来上がった試作品を見て井深大はその電卓のサイズを見て「少しもソロバンらしくないじゃないか」と開発者を一喝した。そのため一時は開発の手が止まったが、その後「あれはどうなったか?オレは開発をやめろとは言っていない、取り掛かれ」と言われ、非常に嬉しかったと言う。開発者は再び小型化への挑戦を始め、その結果3年後の昭和42年（1967年）に商品としてのソバックスICC-500（写真3.3）が誕生したのである。サイズは電子ソロバンまでとは言えないが、小型化へのいくつかの工夫が盛り込まれている。その一つはハイブリッド集積回路（混成集積回路）で、これは小基板上にトランジスタ、ダイオード、コンデンサ、抵抗などを組み込んだもので、これを必要数セットしたものである。しかも取り付けしたトランジスタは金属カバーを取り除いて直に取り付けたのである。小さくて軽く、量産が容易で当時では信頼性が高かった。しかもこの基板を横に重ねて寝かした状態で実装し、表示のニキシー管の足を短く切って取り付け、本体高さを低くしたので、同時発表した他社の3モデルよりは一回り小型のものになった。さらに持ち運びのための取っ手をつけることを盛田昭夫が発案し、背面には充電器の着脱が可能な斬新なものであった。



写真3.3 ソバックスICC-500

ソバックス (SOBAX) の商品名はSOLID STATE ABACUS (固体回路そろばん) が語源で盛田昭夫が名づけ親で、そろばんのように手軽に使い、しかも複雑な計算をすばやく行なえるという意味で名付けたという。

因みに筐体の独特な曲線ラインは当時デザイン担当の大賀典雄氏のアイデアでRが10,000分の1という設計者泣かせの要求であったという。今我々が知る著名な経営者の若い頃のエネルギーが伝わってくるようである。

昭和42年は既に電卓の販売が軌道に乗り始めた時期であり、トランジスタラジオで築いた強いブランド力をもって市場に本格参入したことは競合他社にとっては非常に大きな脅威であった。しかしソニーのモデルはその後卓上型が続き、いかにもソニーらしい「小型でカチットした製品」は現れず、小型化への流れから離れて行ったようである。やがて6年後の昭和48年(1973年)電卓市場がいわゆる「電卓戦争」と呼ばれた激烈な価格競争のさ中、ソニーは経営判断で電卓産業からの撤退を決めたのであった。

### 3-1-4 大井電気

大井電気は古くからわが国の電子計算機開発との関連が深く、電信電話公社の電気通信研究所のコンピュータ開発に演算素子の面で大きな関わりを持っていた。

昭和32年(1957年)創業メンバーの一人三好徹の東北大学時代の同期生だった喜安善市氏が電気通信研究所の室長をしていて、わが国最初のパラメトロン電子計算機(MUSASINO 1号)を開発するに際し、素子のパラメトロンの製作を依頼されて供給した。

パラメトロンは東京大学の後藤英一教授が発明した素子でデジタル機器に適した素子であり、その後このMUSASINO 1号機を基に改良して誕生したのが富士通のFACOM 201である。

パラメトロンの量産に入った大井電気では、当時社内の計算作業には電動計算機を使っていたが、値段が高く、重いことに加えてあまりにも大きな騒音に悩まされていた。電子計算機の開発に成功したのだからこの素子を使って計算機の小型化は可能である、という考えから、オフィス内で使用できる小型電子計算機の研究を始め、昭和38年(1963年)には試作機第1号アレフゼロ101(写真3.4)を完成させた。演算素子にはコンピュータ開発で培ったパラメトロンを使用したところが大きな特徴であり、開平・開立もできた高性能機であった。



写真3.4 アレフゼロ101 (1号機)

写真はその1号機で神奈川県発明協会展覧会に出品され、横浜市長賞を受賞した。

表示・演算桁数は10桁。表示はニキシー管。消費電力は300Wと高い。価格は¥800,000であった。

製品は残念ながら現存していない。大井電気ではその後すぐに2号機が生産され、モデル名は「アレフゼロ101」と同じだが、2号機は本社で現在も展示されている。昭和39年のビジネスショウに出品されたのは2号機モデルと思われる。アレフゼロ型は3号機まで生産され、モデル名はすべて「101」と命名されていた。

販売は昭和39年4月から行なわれていたが難点は他社品に比べると高価格であったことと、消費電力の問題や素子が地磁気の影響を受けやすいことであった。

一方で同時発表の他社が使用しているトランジスタの安定性が増していく中で大井電気はやむなくパラメトロンを使った計算機から撤退することを余儀なくされた。

わが国ではこれら4社の電卓の出現で計算機という概念が180度転換し、それまで計算機市場を大きく掴んでいたカシオ計算機はリレー式計算機の生産を中止せざるを得ない状況になり、ここにリレー時代の終焉を告げることになるのである。

### 3-1-5 カシオ計算機

昭和39年(1964年)のビジネスショウの会場で発表された4社の卓上型電子式計算機の姿を眺めても尚、カシオでは新型で究極ともいえる、よりコンパクトタイプのリレー計算機81型を完成させ、取引先を集めて梶尾忠雄社長以下役員が揃って発表会を開いた。

しかしそこに集まった代理店の責任者は「カシオさん、もうリレーの時代は終わったよ。まだ拘っているのか?」と厳しい意見が続出し、今にも全員が退出しようとした。社長たちはこれを必死に留め、そのリレー式新型機の開発を行なった志村則彰氏(後に専務)に社内の別の電子チームが担当している試作中の小型トランジスタ計算機のバラック(筐体に納められてい

ない状態のもの)を持ってこさせ、その場で見せて説明を始めたところ、社長たちの心配をよそに何とか無事に作動した。それを見た取引先の人たちは今までとはガラリと態度を変えて驚きの表情で反応を示し、「これだよ、これがあるのなら早く製品化しなさい」と有り難い助言を受けることになった。この日を境にしてカシオはリレー式をやめ、電子式卓上計算機の製作への切り替えを意思決定したのであった。当時まだ小規模な企業であったこともあり、切り替えの決断は早かった。

そして翌昭和40年(1965年)9月に発表されたのが1号機カシオ001型(写真3.5)である。

当時の名称は「電卓」という言葉がまだ普及していないので「小型トランジスタ計算機」という表現であった。



写真3.5 カシオ001型

001型は表示・演算が10桁、積は20桁で、トランジスタ500個、ダイオードを1,100個使用したものだ。表示はニキシー管。価格は¥380,000の低価格で発売した。

カシオの製品は電卓誕生の翌年になったため、先行他社よりは機能上で優り価格も安くなければ参入した意味は無いのでメモリーを初めて装備し、38万円という価格設定にした。こうして電卓メーカーの仲間入りを果たしたカシオは従来のリレー計算機ユーザを有力顧客資産として活かしながら電卓戦線に参加したのであった。

### 3-1-6 ビジコン(当時:日本計算器)

ビジコンも電卓産業を知る上で大きな役割を果たした企業の一つである。小島社長は英国製のアニタマーク8を最初に日本に輸入し国産計算機の開発を進めていた。彼の場合はアニタそのもののコピーではなく独自の商品を目指したが成功しなかった。同じ時期にイタリアのモンティカティーニ社が超小型磁気コアを使った計算器IME(イメ)の開発に成功したのでビジ

コンはこの特許を買い、自社製計算機に応用して発表したのが昭和41年(1966年)7月であった。そのモデル名はビジコン161(写真3.6)。演算桁数16桁開平機能、メモリーつきで¥298,000という、当時では驚異的な低価格の製品であった。



写真3.6 ビジコン161型

このビジコン社の電卓参入1号機は初めてコアメモリーを使用した製品で、コアは約10センチ四方の面積に縦横16本のエナメル線が網戸のように張られていて、その交点に豆粒大のリング状フェライトコアが256個もまたがっているという精緻なものであった。

しかしこの製品を販売する上で思わぬ障壁が現れたのである。ビジコンが打った新聞広告の内容が低価格を最前面に出した大層挑戦的な比較広告であったために、事前情報をキャッチした業界団体から発表会を停止せよとの圧力が加かったのである。つまりこの当時、14桁メモリーなしの電卓が¥430,000超であったことを考えるとこの製品の¥298,000という値段は、まさに価格破壊的な存在であった。小島社長は当時のことを「記憶装置にコアを使ったのでトランジスタの使用量を激減させることが出来た。それにより高性能機でありながら超低価格で販売することが出来たのだ」と言い、さらに販売に際しては「これはダンピングではなく、技術の革新なのである」と堅い意志で販売を開始したという。

電卓戦争の火がくすぶり始めたとも言える出来事であった。その後ビジコンには部品の供給の面でも目に見えない圧力があったというが、それだけ計算機開発技術の先端を進んでいた企業であったことは確かである。

## 3.2 電子式卓上計算機の基本的仕組み

### 3-2-1 定義

そもそも電卓とはどのような仕組みで計算が出来るようになっているのか、基本的な部分から記していく



ことにする。

電卓の定義は特別にこれという明確なものはないがもっとも理解しやすいものとしては「電卓技術教科書基礎編」(株ラジオ技術社 昭和46年初版)にあるものだろう。電卓は英文でElectronic Desktop Calculatorと表わされる。

ここで記されている事項は

- ①本体形状が卓上型である。
- ②本体内に電子式演算回路を持っていること。
- ③本体と同筐体に数字の入力キー及び演算に必要な機能キーを持っていること。
- ④本体と同筐体かまたは連結して数字または若干の記号を印字するプリンタまたはこれらの数字記号を表示する表示部を持っていること。
- ⑤計算は人の力を借りて次の方法で行なわれること。
  - (イ) 一連のキー打鍵
  - (ロ) 固定プログラム
  - (ハ) プログラム用素子の置換えまたはプログラムインストラクションの交換によって変更できるプログラム
- ⑥データの inputs は手操作によるもの。但し繰り返しや予め定めた固定用の自動入力機構を持つ場合もある。

以上であるが④以下は普通の電子計算機が近いうちに小型化された場合や演算機能のアップや素子の小型化、入力装置の小型化などで区別が付きにくくなることを予想して設けた項目である。それでも後年のPDA(携帯情報端末)やごく最近の超小型PCなどの姿には実際にこれらとの境界が見えなくなっている。

### 3-2-2 構成

電卓の各装置構成は次のようになっている。

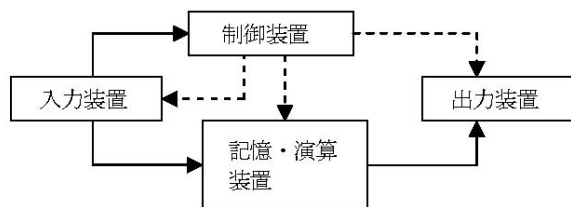


図3.1 電卓の装置構成

- ・入力装置 : キーボタンなどで実際に数値を入力する装置。
- ・制御装置 : 入力された数値を演算装置や記憶装置に送ることや入力情報の判断などを行なうほか、計算結果を表示させたり記録紙に印字させたり

する制御を行なう装置。

- ・記憶、演算装置 : 入力された数値を使って実際に計算し、命令によって記憶装置に蓄えたり、そこから取出したりする装置。
- ・出力装置 : 入力された数値を制御装置の命令により一旦表示させたり、計算結果を表示部に表示させたり、ロールペーパーなどに印字させたりする装置。

### 3-2-3 計算原理としての2進法

電卓は2進法で計算の仕組みが成り立っている。2進法とは、数値情報を表わすのに1と0の2種類のみで表示することである。この方法で10進数を表現していくことを「2進化10進法」と言い、Binary Coded Decimal System : (BCD8421コード) と呼ばれるものである。

今ここで0から9までの10進数をBCDで表わすと下表の通りになる。

表3.1 BCD 8421コード

10進数	BCD	10進数	BCD
0	0000	5	0101
1	0001	6	0110
2	0010	7	0111
3	0011	8	1000
4	0100	9	1001

上記の表中のBCD「0」や「1」を「ビット」と呼び、2進化10進数では10進数の1桁につき2進の4ビットで対応する。

(注) このBCDを使えば10進数の「10」を「1010」というように順に進めて行き、「1111」で「15」まで表現することが出来るが、この部分は「禁止コード」として決められている。

BCDでは10進の各桁を4ビット (bit) の2進数で表わし、従って二桁の数字の場合は右からの2進4ビットが10進数の1の位を、次の左の2進4ビットが10進の10の位を表わすようになっている。

例えば0111 0011は→10進数の「73」を表わす。つまりn桁の10進数を表現するには4ビット×nが必要になるわけである。

尚、2進法では使用しない「1010」から「1111」を下表のように符号でAからFまで対応させて、0から9までのコードと合わせて全部で16のコードとして活かし、「16進法」でプログラムを組む方法が初期のプログラム機では使われた (表3.2)。

表3.2 符号に対応したBCD

BCD	符号
1010	A
1011	B
1100	C
1101	D
1110	E
1111	F

### 3-2-4 計算のメカニズム：シフトレジスタ

ここで計算機の基本的となる単純な加算の計算メカニズムについて記す。

(例)  $287+475=762$  の場合、  
計算される数値情報はまず記憶装置に入れられる。

加数→Xレジスタ…475

被加数→Yレジスタ…287

Xレジスタの表示：0~00475

Yレジスタの表示：0~00287 である。

(以下レジスタをそれぞれXYで表記)

人間ならここでそれぞれの最下桁の5と7を暗算するが、計算機内部では左から桁を0047まで表示を下げて→5と

0028まで表示を下げて→7を追出し、加算させるために「記憶・演算装置」へ移す。

ここで加算の $5+7=12$ を行い1桁の繰上げを行なって記憶し、2をXの最上桁に移す。

X：20~0047

Y：70~0028

以下二桁目も同じことを繰り返し、

Xの7とYの8を演算装置に入れて加算し、15を得てここで1桁繰り上げてから5に前回繰り上げた1を加算して6とし最上桁に6を移す。

X：620~004

Y：870~002

最後に三桁目も同様に行なって

$4+2=6$ +繰上げの1=7を得て

X：7620~00

Y：2870~00 となる。

レジスタ内の表示そのままでは意味をなさないで、 $0+0$ の加算を繰り返して繰り下げて行き、

X：0000~00762

となったところで計算を止める。これで「762」という表示が行なわれる。

### 3-2-5 論理回路につて

電卓の計算機能や全ての命令・表示は2進法が基本である。2進法では数を「1」又は「0」で表現することは既述の通りである。2進法での命令は電氣的にいうと電圧が「高い」「低い」又はスイッチが「ON」または「OFF」かで判断できる状態に対応させている。つまり相対的に高い電圧を「1」低い電圧を「0」として判断している。

一方の状態	1	High	ON
他方の状態	0	Low	OFF

電卓は電氣的入力信号のいろいろな組み合わせ方を使って論理回路を形成していて主なものには

- ①論理和回路 (OR回路)
- ②論理積回路 (AND回路)
- ③否定回路 (NOT回路) の三つがある。

下記に各回路について簡単に説明する。

#### ①論理和回路 (OR Gate)

2個のスイッチ (以下SWと表記) を並列に並べた場合、両方またはいずれかのSWが通じていれば電流が流れON状態になる (図3.2)。

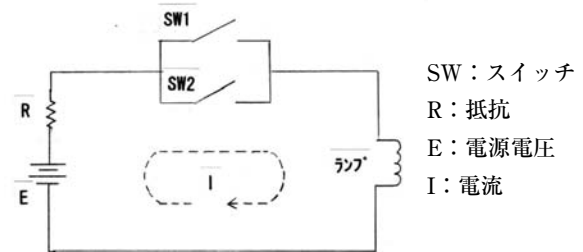


図3.2 OR回路

SW1 (入力)	SW2 (入力)	ランプ (出力)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

これを論理回路の表記方法であるMIL記号で表わすと図3.3のようになる。

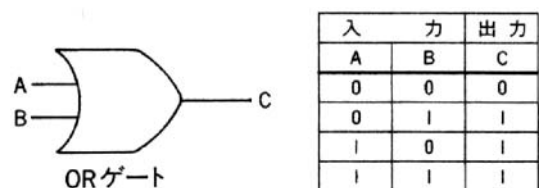


図3.3 OR回路記号

### ②論理積回路 (AND Gate)

SW1とSW2が直列に並んでいる場合、両方のSWが閉じた時にだけ電流が流れてON状態になる (図3.4)。

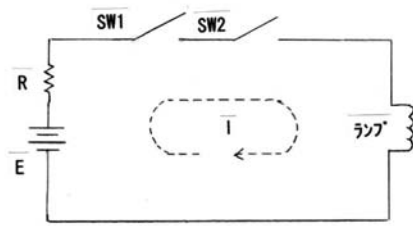
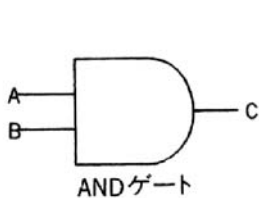


図3.4 AND回路

SW1 (入力)	SW2 (入力)	ランプ (出力)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



入 力		出 力
A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

図3.5 AND回路記号

### ③否定回路 (NOT/Inverter)

この回路は反転回路またはインバータと呼ばれることがあり信号の極性を反転する回路である。

直列に繋いだSW1、SW2の間にリレーSWを設置し、SW1側からの入力信号が無い場合、リレーはSW2の方で閉じられていて通電した状態で出力はONになっている。しかしSW1側に入力信号が入ると、リレーSWに電流が流れてリレーの鉄片が吸引されてSW2が開き、出力はOFFの状態になる。

つまりSW1がONの時出力はOFFになり、逆にOFFの時出力はONになる (図3.6)。

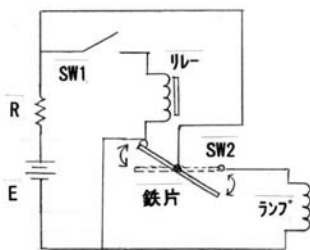
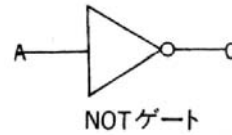


図3.6 NOT回路

SW1 (入力)	ランプ (出力)
1	0
0	1



入 力	出 力
A	C
0	1
1	0

図3-7 NOT回路記号

以上のような論理動作を回路として組み上げて行き、それをミル (MIL) と呼ばれる論理記号で表現して設計される。実際にはこの論理回路に基づいて各種の半導体が基板に実装され、入力信号 (電流) のON/OFFが行なわれ、2進法による計算がなされ、表示はその電気的信号によって指定の数値や記号が点灯される仕組みになっている。

### 〈第3章で使用した写真・図・表のリスト〉

(写真)

- 3.1: アニタMK8 (電卓関連Web)
- 3.2: シャープCS-10A (シャープ)
- 3.3: キヤノーラ130 (東京理科大学近代科学資料館)
- 3.4: ソニーICC-500 (筆者撮影: 科学博物館分館)
- 3.5: 大井電気アレフゼロ101 (大井電気)
- 3.6: カシオ001 (カシオ)
- 3.7: ビジコン161 (電卓関連Web)

(図)

- 3.1: 電卓の装置構成 (電卓技術教科書 基礎編)
- 3.2: OR回路 (筆写作成)
- 3.3: OR記号 (電卓技術教科書 基礎編)
- 3.4: AND回路 (筆写作成)
- 3.5: AND記号 (電卓技術教科書 基礎編)
- 3.6: NOT回路 (筆写作成)
- 3.7: NOT記号 (電卓技術教科書 基礎編)

(表)

- 3.1: BCD8421コード (電卓技術教科書 基礎編)
- 3.2: 符号に対応させたBCD (電卓技術教科書より作成)

# 4 | 要素技術の推移と高機能化・多様化

電卓の要素技術で主なものは演算・記憶素子、表示、印字、入力、電源などである。電卓の機能の向上、消費電力の低減化、形状の小型化・薄型化、低価格化の歴史はこれら各要素技術の革新的な進展と切り離すことは出来ない。ここでは要素技術ごとにその推移を記述していく。章末の<資料2>「年表で見る電卓技術の発展推移」を参照しつつ理解いただきたい。

## 4.1 電卓の時代推移

最初にわが国の計算機器の時代の変遷がどうであったかを俯瞰してみると、おおよそ次のように見分けることが出来る。

### 電卓前史の時代

～昭和40年（1965年）頃まで。

そろばん、計算尺、手動式計算機、電動式計算機が混在して使われていた時代。電動式・電気式の試作の時期を経てリレー式計算機の時代。

### 電卓誕生と成長への時代

昭和39年（1964年）～昭和43年（1969年）頃まで。電卓誕生期。当初のトランジスタからICの誕生により小型化、低価格化の始まりの時代。

### 電卓戦争の時代

昭和44年（1969年）～昭和51年（1976年）頃まで。参入企業が一気に増加し市場での「電卓戦争」が展開された時代。LSI化が進み小型化、低価格化が最も激しかった時代。一方関数機など技術用も普及。

### 高機能、多機能・複合機能の時代

昭和52年（1977年）～昭和57年（1982年）頃まで。液晶表示技術やLSI技術の更なる進展で利息計算、換算機能、時計機能、バイオリズム、ゲーム、メロディ、占い等々多種多様な製品が誕生した。現在の各種デジタル製品にみられる技術が育成されていった時代。

### 技術の成熟化の時代

昭和56年（1981年）～昭和61年（1986年）頃まで。LSIの更なる微細化技術、液晶表示や基板、太陽電池のフィルム化などによる薄型化、カードサイズ化の時代。一方電子手帳機能の登場で新分野市場が誕生した時代。

### 海外生産の時代

昭和58年（1983年）頃～現在。

電卓生産の採算確保の面からNIES・ASEANへの海外生産移転が始まる。一方国内では電卓の技術がその後

PDA（携帯情報端末）や電子辞書などの製品へ反映されていく。因みに現在では電卓そのものの国内生産は行なわれていない。大部分はインドネシア、中国などでの生産である。

## 4.2 演算・メモリー素子の技術推移

電卓の心臓部は演算部とメモリー部である。電卓誕生時期の昭和39年（1964年）の時点では素子はトランジスタだけではなかった。それらの素子について記す。（以降の文中に登場する製品の写真については企業名・製品名は省き、型式名のみを表記とした）

### 4-2-1 パラメトロン

パラメトロンは東京大学理学部の高橋秀俊教授の研究室で学んでいた後藤英一によって昭和29年（1954年）に開発された。この素子は第1章で既述の通り後に電気通信研究所の電子計算機「MUSASINO 1号」の演算素子として使用された（写真4.1）。

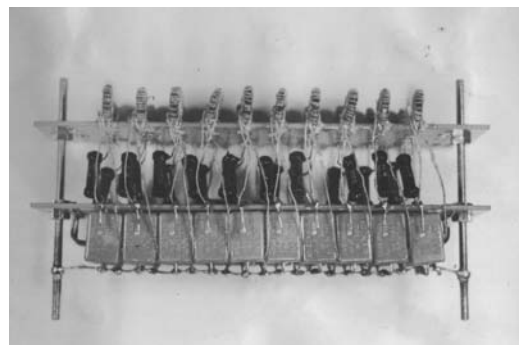


写真4.1 パラメトロン

大井電気はアレフゼロ101型にこの素子を使用した計算機を開発し販売した。特性は当時、真空管に比べ価格が非常に安い上に、リレーと比べて高速動作が可能、当時のトランジスタより信頼性がある、ということで注目され、素子の製造を手がけるメーカーも現れた。

しかし実際に製品として販売していく上で消費電力や不安定さの面などが、トランジスタの安定性に比べると劣り、アレフゼロ3号機までの生産で打ち切られ、大井電気は電卓事業から撤退した。

### 4-2-2 磁歪遅延線（ディレイライン）

メモリー機能を果たす素子の一つで、その原理は、ニッケルの線の上に音波をのせると線を伝っていく場合に光より時間が掛かる（遅れる）ことから、この装

置が情報を記憶したことになるという理論で研究されたもの。阪大の尾崎研究室で記憶装置の一つとして研究されていた。

シャープではこれを使って昭和37年末～38年頃に電卓のような働きをする装置を開発したという。この磁歪遅延線の原理がその後の電卓開発の中で参考になり、後のIC、LSIの開発過程の中でもシフトレジスタの考え方として組み込まれた。電卓で採用された記録ではソニーがビジネスショウで発表した試作の電卓MD-5型に超音波磁歪遅延線メモリーを使用したといわれる。その後トランジスタが主力となったため、電卓にこれが使われた記録は無い。

#### 4-2-3 磁気コア

磁気コアは比較的知られたメモリー素子である。形状はドーナツ状のフェライトコアに電線をタテ、ヨコ、斜めに通し、電流の方向によって磁気の方向を右回り、左回りに変化させて0、1を表現し、データを記憶させる素子である。磁気での記憶なので電源を切っても内容は消えないが、一旦読み出されるとその内容は変化してしまう。そのため元に戻すためには読み出したら必ず再度記憶させておく必要がある。初期のコンピュータに使用された（写真4.2）。

コイルのタテ、ヨコ方向はアドレスを把握し、斜め方向はデータを把握する。記憶量が大きいほどコアの数は大量に組み込まれる。

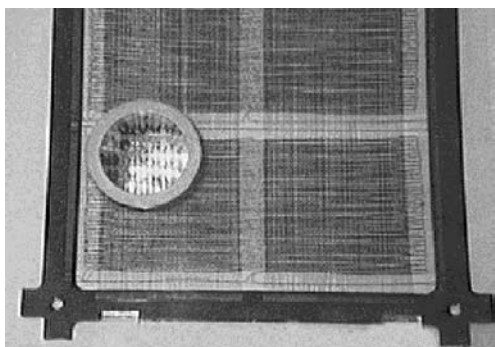


写真4.2 磁気コアの実装

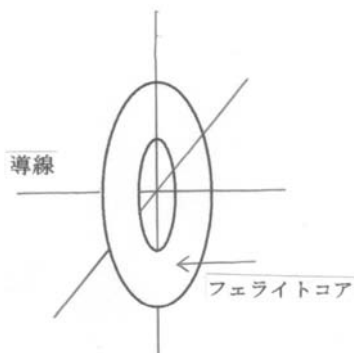


図4.1 磁気コアの概要図

電卓での使用例としては3-1-6の項で記した、昭和41年（1966年）のビジコン161型で超小型コアメモリーを採用したのが最初である。当時のトランジスタの使用量に比べて簡素に設計でき、価格が大幅に下げられたモデルである。

次に採用されたのが昭和42年（1967年）発売の初のプログラム機能付き電卓カシオAL-1000（写真4.3）がある。

この製品は世界初のプログラム機能付き電卓で表示桁数は14桁、演算・記憶にはトランジスタと磁気コアを採用した。4組記憶をもち、30ステップのプログラムを組むことが可能。命令は14種類でキーボードから記入し、プログラムを覚えさせる。

一旦記憶したプログラムは計算手順通りに変数を順に入力するだけで、自動的に計算されるものであった。



写真4.3 最初のプログラム機 AL-1000

このAL-1000型は複雑で長い計算式を必要とする建設・土木、電力などの企業の技術研究所などに採用された。また、電動タイプライタとコンバータを接続したAL-1000Sは伝票発行機にもなった。

#### 4-2-4 トランジスタ

わが国初の電卓の誕生時に演算装置に採用された素子であり、たちまちその主流となったものは何と言っても代表的な半導体であるトランジスタである。

ゲルマニウムトランジスタを昭和39年（1964年）に世界で初めて電卓に使用したのがシャープコンペットCS-10A、キヤノーラ130、ソバックス試作品MD-5の3機種であった（3-1で紹介）。

その後参入したカシオ、ビジコンなど主要メーカ各社もトランジスタを電卓の演算素子とした。

これらの電卓に使われたトランジスタの数は500～600個、ダイオードが1000～2000個という大量で、本体ケースを開けると内部はプリント基板にこれらの部品が手作業でぎっしりと装着されていた（写真4.4）。

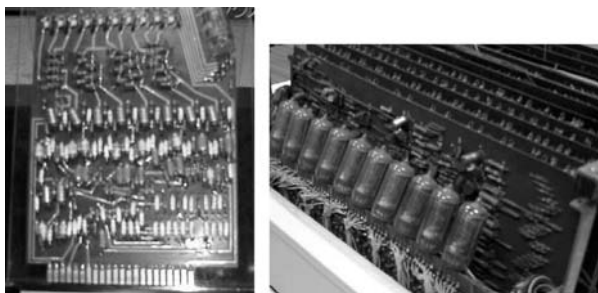


写真4.4 左は1桁分の基板 右は実装状態

ゲルマニウムは1886年にドイツの科学者ビングラーによって発見され、自分の国名にちなんで「ゲルマニウム」と名づけたという。鉛精錬の副産物として出来るもので、他の元素と化合して出来るものではない。規則正しく並ぶ結晶なので実験には使いやすいが、電卓の場合、表示管から発する熱には弱く、故障が起りやすかった。

それに対しシリコントランジスタはゲルマニウムに似た性質であるが、他の物質と反応しやすいので処理が難しかったが、改良されて翌昭和40年（1965年）には安定したシリコントランジスタ採用のCS-20Aがシャープから発売された（写真4.5）。



写真4.5 最初のシリコントランジスタ機 CS-20A

このCS-20Aは表示演算桁数が14桁。表示はニキシー管を使用し、重さも16kgと軽量なもので消費電力も35Wと1号機CS-10Aの3分に1まで下がった。

#### 4-2-5 バイポーラかMOSか

シリコン半導体上に作られるトランジスタはバイポーラトランジスタとMOSトランジスタに大別される。

バイポーラ（Bipolar）とは「二つの極性=双極性を持った」という意味で、ラジオやテレビなどのアナログ機器用途に使われていたが、スイッチングスピードが速いのでコンピュータの中央演算処理装置などの産業用や高度の精密さを要求される軍事用に適している。消費電力が比較的大きいのが難点である。

一方、MOS（Metal Oxide Semiconductor）とは金

属・酸化物・半導体の3種類の材料（物質）を組み合わせる意味で、シリコン基盤の表面にソースとドレインという電極を形成し、その間に薄いシリコン酸化膜を作り、そのうえに金属電極（ゲート）を設けた半導体素子がMOSトランジスタである。

MOSトランジスタの計算スピードはバイポーラ型に比べるとやや遅いが、電圧制御のため消費電力が非常に少なく、小型軽量化を進める民生用機器には適している。但し静電気に非常に弱く、動作が不安定なため、当初はバイポーラトランジスタでIC化に進んだ。

### 4.3 集積回路（IC・LSI）の登場

ICは1959年米国のJ・キルビーによってその製法が考案されたことは有名である。わが国でも官民挙げてICの改良研究を行い、量産化を図った結果、産業用から民生用のあらゆる機器に導入され、一時期世界的シェアを獲得するに至ったことは周知の事実である。

#### 4-3-1 IC（Integrated Circuits）

シリコン半導体結晶基板上にトランジスタ、ダイオード、コンデンサ、抵抗などが多数同時に作り込まれたもので、これらの素子間はアルミニウムなどの配線で接続されている。これによって電卓に使用される半導体デバイスの量は減少し、かつ生産工程が減り製品の生産性が上がったのでコストも引き下げられた。

大きく分けてこの時代のICにはバイポーラICとMOS・ICがある。バイポーラICは前項4-2-5で記したバイポーラトランジスタを同一基板上に集積したもので、性能の良さと小型化への初期段階として昭和41年（1966年）にシャープがCS-31A（写真4.6）に採用した。



写真4.6 最初のIC機 CS-31A

CS-31Aは表示・演算14桁、バイポーラICを28個、トランジスタ553個、ダイオード1,549個を搭載し表示はニキシー管。消費電力は25Wとさらに低下させていった。

一方MOSトランジスタを同一基板上に集積させたのがMOS・ICである。MOS・ICは製法上集積度を高めることが簡単で大量生産しやすいためコストダウンメリットが大きく、小型軽量化を目指す上で将来のLSI化の時代を考慮するとMOSへの切り替えが適切という流れになった。シャープでは佐々木正氏が昭和39年（1964年）第1号のCS-10Aを発表して以降、さらなる電卓の小型化を目指し、そのためにはMOS化が必要と考え、国内メーカーに熱心にアプローチした結果、MOS・ICの生産が実現した。この素子を最初に搭載したモデルが昭和42年（1967年）に発売したCS-16A（写真4.7）である。



写真4.7 最初MOS・IC機 CS-16A

このモデルは表示・演算12桁、MOS・ICを59個使用。また、表示にはニキシー管に代わり、初めて緑色の蛍光表示管が採用されたため消費電力はさらに下がり、ついに10Wの低さまでに到達した。

尚、このモデルで初めて使われた蛍光表示管は伊勢電子工業（現ノリタケ伊勢電子）によって電卓の表示用に開発されたものである。詳細は表示技術の項で記す。

このMOS・ICは開発後すぐに電卓の主力演算素子となり、他の電卓メーカーも直ちに製品に搭載した。翌年の昭和43年にはカシオ（写真4.8）はじめ競合他社もMOS・IC機を発売し、これに合わせてわが国の半導体メーカーは生産を伸ばし、半導体市場は活況を呈してきた。電卓はICによる製品投入競争時代に入った。



写真4.8 152型

152型はカシオの製品で表示・演算15桁、他社との差別化のために15桁2組のメモリーを備え、重量は5.2kgとますます軽量化された。卓上型モデルでの競争が非常に激しさを増した時期の製品である。

#### 4-3-2 LSIの時代へ

一旦ICの製法が開発され、技術的に進展してくると次はその集積度を高めて行けば回路基板に載せる半導体デバイスはごく少量で済むようになり、製品は小型化し、消費電力も低下し持ち運び可能な製品の実現が見えてくる。そのため電卓業界ではICのさらなる高密度化を追究していった。

前出のシャープの佐々木氏は電卓のMOS・ICをさらに集積度を高めたLSIにすることを考え、国内のメーカーに生産依頼をしたが、設備投資の負担増やLSI化の未知数な状況を理由に拒絶された。やむなく彼は米国に飛び、交渉を行なったが米社の殆どが航空・軍需などの国家事業向けに半導体を生産している中でわずか1社（ノースアメリカンロックウエル社）のみが佐々木氏の意向を受け入れ、電卓用に生産することになった。

因みに集積度の段階を見ると、IC上の素子数は厳密な定めは無いが一般的には

- SSI（Small Scale Integration）：100個以下
- MSI（Medium Scale Integration）：100～1000個
- LSI（Large Scale Integration）：1000個以上
- VLSI（Very Large Scale Integration）：10万個以上
- ULSI（Ultra Large Scale Integration）：1000万個以上、とされている。

初期の電卓が搭載していた半導体の数量が2000個強であったので、これをLSIに置き換えれば製品は一気に小型化が実現する。シャープでは佐々木氏の契約したMOS・LSIを搭載した製品QT-8Dを昭和44年（1969年）に発売した（写真4.9）。



写真4.9 最初MOS・LSI機 QT-8D

QT-8Dは初めて個人使用を意識した製品で、表示・演算8桁、MOS・LSIはわずか4個。本体サイズの小型化イメージは写真で判断できよう。表示は蛍光表示管。価格もはじめて10万円を割る¥99,800を設定し、市場の話題をさらった画期的な製品となってヒットした。MOS・LSIの成功をもたらした出来事だった。

このモデルのLSIは米ノースアメリカンロックウェル社と技術提携して開発したELSI (Extra Large Scale Integration: 多相大規模集積回路) である。

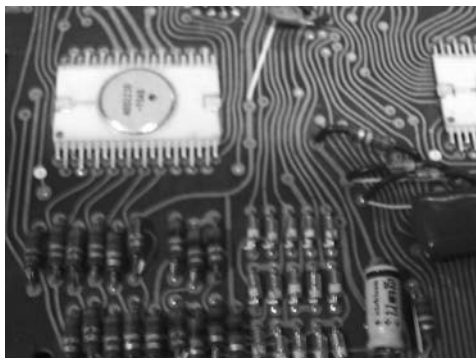


写真4.10 MOS・LSI

#### 4-3-3 1チップLSIの時代に

昭和44年以降、電卓各社はMOS・LSIを使用した低価格製品を次々と登場させ、市場は弱肉強食のシェア争奪戦になった。米国で開発成功したMOS・LSIのわが国の電卓への搭載成功で国内半導体メーカーは目の色を変え、一変してMOS・LSIの生産に踏み切った。この時期以来、国内・米国の企業は日本の電卓産業に注目し、TI社も日本に進出してきた。各社は電卓用に大量の低価格LSIを供給し始め、半導体産業はMOS・LSI一色になり、電卓の市場競争は最大のピークに向かっていった。

この最中、昭和47年8月(1972年)電卓業界を震撼させた超低価格電卓がカシオから発売され、市場は一気に低価格化へと進んでいくこととなった。それが1チップMOS・LSIを使用したカシオミニである(写真4.11)。



写真4.11 超低価格機 カシオミニ

この製品は従来のオフィス需要をターゲットにしていた電卓を個人・一般家庭需要の掘り起しを意図した製品で、「答え一発カシオミニ」のキャッチフレーズが電卓の価格帯と市場のあり方を一変させたのである。カシオミニの持つ特徴は電卓の常識を覆したもので、まず表示が6桁であること、それまでの常識では8桁が通例であったが、あらゆる個人が使う場合、8桁(金額で千万円台)までは日常では使わないだろう、せいぜい十万円台までの桁数で済むという考え。ただし掛け算は12桁まで可能にする。価格は4万円や5万円では個人には手が出せないのも思い切って1万円以内で開発に入らせた、という。しかしこの価格では表示は4桁くらいになってしまい商品価値はなくなる、そこで12,800円ならば可能という所で決まった。

この製品の報道発表はユニークであった。当日、記者への配布用プレスキットには価格欄が空白で、広報担当を困らせた。TOPから情報が一切入っていない。社長は何通りかの価格を彫ったゴム印を広報担当に準備させ、社長自ら商品説明に入る直前になって社長から価格を聞き、その場で空白のプレスキットにゴム印で価格を押し出したというドラマがあった。それほど電卓戦争は激しかったのである。

#### 4-3-4 CMOS・LSIの登場

CMOSのCはComplementary(相補的)の意味で、p型MOSとn型MOSを組み合わせた構造である。即ちp型とn型がお互いに補完しあう、という意味を持つ。しかし製造プロセスがやや複雑で当初はコスト面から普及には時間が掛かった。その反面低電圧動作、微細化による高集積化、圧倒的な低消費電力など複雑・大規模なICを実現する上で決定的なメリットがあった。

シャープはこのLSIが今後の電卓の演算素子としては最も有力になると判断し電卓へ搭載した。以降、CMOS・LSIが最も電卓に適したデバイスとなり、更なる低電力化への進展を続けていく。

シャープでは昭和45頃からLSIの開発・生産を半導体メーカーに頼っていたのは、電卓の生産ははじめ家電・その他情報機器の生産も半導体の仕入れに関しては相手の都合次第になり、入手の苦勞をするよりは自社で生産し、安定的に手当てする必要性を感じていた。当時の日本経済は好況の最中で、大阪の千里丘陵では万博の準備が進んでいた。家電大手各社は出展準備を進めていたが、シャープだけは出展するか否か社内で議論が百出していた。つまり今後に有望になると予想される半導体を自社生産するか、他社同様に博覧会に参加して宣伝するかであった。いずれも莫大な費用が掛か



るテーマであった。当時の佐伯社長は議論が出尽くしたところで「LSIの自社生産」を決断した。曰く万博参加は宣伝戦略であり、開催期間が終了すればいずれは忘れ去る。しかし半導体工場建設は将来を見据えた先行投資であり、資産として残すことができる、ということであった。工場建設を奈良県の天理に決めたことから社の周辺や社内では「千里から天理へ」と言われたという。

このような経緯を経て自社製のCMOS・LSIを採用した製品が昭和47年（1972年）にシャープのEL-801となって発売された（写真4.12）。



写真4.12 最初のCMOS-LSI機 EL-801

EL-801は表示・演算8桁、消費電力はCMOS・LSIの使用と表示部へのLEDの採用でわずか0.5Wになった。またこのモデルでは初めて入力部に導電ゴムを採用して、コストダウンが図られた。この技術はすぐに他社でも電卓に採用され、普及していった。（導電ゴムに関しては入力方式の項で記述）

#### 4-3-5 LSIから世界初のMPUが誕生

LSIを語る上で忘れてならない事象がある。それは日本人のたゆまない創造性と電卓の機能進化に深い関係があるのでここに記述しておきたい。

第3章の冒頭部分で紹介したビジコン社は電卓の高性能化を図るために昭和44年（1969年）、何種類かの半導体を考案し、米国インテル社に生産の交渉を行なった。ビジコン社の考えでは演算部、入力制御部、プリント制御部などそれぞれ別個のチップであった。

インテル側は日本の電卓が既に成長途上にあったにも拘わらず関心を示さなかったが、ビジコン社から出向した嶋氏はインテル社のテッドホフ氏と組み、研究することになった。そこで彼らは1つのチップに複数の命令を組み込めばよいのではないかと考え、彼らはまず電卓機能を中央処理装置（CPU）、読み出し専用メモリー（ROM）、読み出し・書き込みメモリー（RAM）に三分割してLSIのハードウェアを固定化する。

これによって様々な機能はソフトウェアとして作成するだけで高性能製品が開発できるという考えに至った。その結果1971年（昭和46年）完成したのが初のマイクロプロセッサ「4004」である。これが現在のマイクロコンピュータのルーツとなったのである。

ビジコン社はこの技術の独占使用契約を結び、この年の秋、初めてMPU4004（MCS-4）を搭載した電卓141PFを発売した。その後1973年にインテル社が5%のロイヤリティをビジコン社に支払う条件でビジコン側の独占権は解除された。

世界初のMPUが、一人の日本人が米国企業に持ち込んだ電卓用LSI開発のための共同研究の賜物だったことを知る人は現在では少ないのではないだろうか。

このMPU4004は2006年3月現在、東京上野の国立科学博物館に展示中である。

#### 4-3-6 基板実装技術の進展

##### ①ガラス基板への実装

素子の実装技術では1枚のガラス基板に厚膜配線でLCD、CMOS・LSIやキーボードの配線など全機能を集積実装する技術がシャープで開発され、昭和48年（1973年）に発売された初の液晶表示式の製品EL-805（液晶表示の項で記述）の基板に採用された。これはCOS（Calculator on Substrate）と名づけられたものでハンダ付けが殆ど無い（写真4.13）。

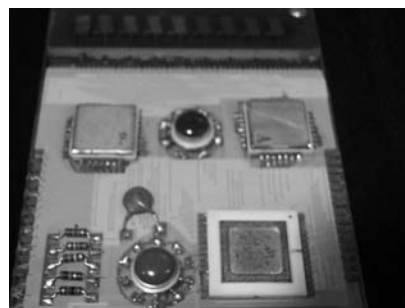


写真4.13 COS化された基板（EL805）

その後この技術は昭和50年（1975年）シャープの手帳タイプの製品EL-8010（写真4.14）にも導入されて液晶電卓の薄型化の流れを作った。



写真4.14 EL-8010

EL-8010は表示・演算8桁、COS化による薄型化を実現したもので、電源もボタン型の酸化銀電池を使用して厚さを9mmにした。

#### ②基板の薄型化

もう一つの基板技術には薄型化がある。製品をデザイン面や表示部、操作部の保護の意味で二つ折タイプに出来るよう基板の薄型化とコネクタ部のフレキシブル化技術を開発し製品化されたのが昭和50年（1975年）のシャープEL-8009である（写真4.15）。



写真4.15 折りたたみ式 EL-8009

機能は標準の8桁、液晶表示のものであるが、需要層を男性のみならず女性にも持ってもらおうという狙いでコンパクト方式にしてファッショナブルに仕上げたものである。

#### 4-3-7 わずか10年足らずで1チップ化に

以上のように演算素子のIC、LSI化は電卓誕生後わずか10年足らずで1チップ化されたという驚くべき技術の革新と進展があったのである。

表4.1は電卓の進化に伴って演算部に使用された半導体素子数の変化を表わしたものである。これはあくまでおおよその数であるが、いかに集積度の進化が早かったかが伺われる。

表4.1 演算素子数の変化（JBMA30年史より作成）

昭和39～41	42～44	45～46	47～
トランジスタ	IC時代	LSI初期	LSI本格期
500～600	100～50	20～5	1個

わが国のLSI産業が電卓誕生からわずか10数年で世界のリーディング産業となったことは驚異的であるがこれが産業発展の一方の車輪とすれば、後述する液晶表示技術がもう一方の車輪として存在したことを忘れてはならない。

## 4.4 表示技術の開発と進展

電卓は生まれた時から小型化への宿命を背負っていたといえる。わが国において身近に計算する道具といえば仕事場の机の引き出しには常にそろばんがあったわけで、初めて電卓が誕生した時点で既に誰でも簡単に使えて持ち運べる小型のものという製品化構想はあったのである。そのためには電池で駆動し（電源の項で記述）、消費電力が少なくなければならない。そこで必然的に省電力化への開発が課題となった。

まさに電卓の歴史は演算素子の集積化による小型化開発と消費電力低減への追究と切っても切れない形で歩んで来たのである。

### 4-4-1 ニキシーチューブ

一般的にニキシー管あるいは数表示放電管と呼ばれるもので、昭和39年（1964年）に初めてわが国で公開された電卓の表示部にはこのニキシー管が使われていた（写真4.16）。



写真4.16 ニキシー管

構造：

1本の表示管には数字の0から9および小数点の発光部（カソード）が奥へ重ねて収められており演算部からの信号で必要な数値部が点灯する。発光色は主にオレンジ。数字の重なりはどの管も同一なので例えば123のような数字が表示された場合に、正面から見れば平面状に見られるが、斜め側面から見ると点灯している数字が凹凸に見える。



写真4.17 ニキシー管を開けた状態

#### 4-4-2 光点式表示

昭和39年の電卓誕生時、表示にニキシー管ではなく光点式という表示方式を持った製品がキヤノンのキヤノーラ130であった。(3.1 電子式卓上計算機の誕生の項参照) これは光学機器メーカーであるキヤノン独自の方式で、特殊加工したアクリル板に光を当てて表示するもの。ニキシー管に比べ凹凸の無いすっきりした表示であった。後に他社メーカーも一部で使用されたが蛍光表示管(後述)の出現もあり、広く採用されるまでには至らなかった。

#### 4-4-3 ブラウン管(CRT)

これはTVで最も身近なものであるが、初期の海外ブランド電卓の一部、フリーデン、ビクターなどのモデルで使われた。国内でも昭和50年代に電卓技術の発展形として開発された本体・表示一体型のパソコンの表示部に小型CRTが使用された。(例：昭和53年カシオV-900)

メリットは表示品位がよい、広い表示スペースがとれる、英文字・記号などの表示も可能なことである。しかし決定的なデメリットは電子を加速するための高電圧が必要で電卓用には回路がやや複雑になる、などの点で殆どの日本メーカーは使用しなかった。

#### 4-4-5 蛍光表示管

(VFD: Vacuum Fluorescent Display)

電卓の消費電力を少なくすることはそれだけ電池での使用時間が長くなるので、ICの活用で小型化すれば使用効率は高まり、販売上の大きなセールスポイントになる。昭和43年頃以降は電卓産業に次々とメーカーが参入して競合に激しさが増した頃で、機能・小型・省電力をそれぞれが競った。

このような中で昭和42年(1967年)伊勢電子工業(現：ノリタケ伊勢電子)が開発した蛍光表示管はそれまでのニキシー管に比べ低消費電力で、しかも目にやさしい青緑色の蛍光色発光であり、数字の形も斬新なモザイク型で市場において高い評判を得た。この表示方式は殆どの電卓メーカーが採用したため品薄状態を来し、急遽双葉電子工業も参入し大量に供給され、電卓の表示部品として昭和49年(1974年)頃まで一時代をなした。電卓への搭載はシャープのMOS・IC機CS-16A(写真4.7)が最初である。

##### ①構造:

真空管内にはカソード(フィラメント)制御用グリッド及び蛍光体を塗布したアノードが構成され、1本の真空管に1桁分の構成があるのが「単管」で、1本の

内部に表示桁数分がセットされているのが「多桁管」である。当初は両方の形態があったが、間もなく生産効率や製造工程の簡素化の流れで平型の平面多桁管方式が主流となった(写真4.18)。



写真4.18 左：単管 右：平面多桁管

##### ②原理:

酸化物陰極材を塗布したカソードに通電加熱(～650℃)することによって熱電子が放出される。この熱電子は金属メッシュの制御グリッドによって加速され、アノード上に塗布された蛍光体に衝突して励起発光させる。通常最も広く用いられる蛍光体は低速電子線で効率よく発光するZnO:Zn(青緑色)である。

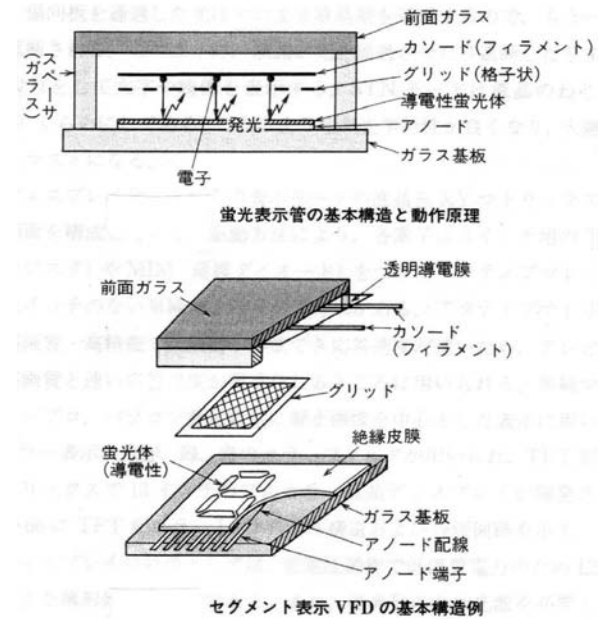


図4.2 蛍光表示管の構造

この表示方式は、電卓の消費電力を低減するのは表示部分の改良が必要という考えで当時シャープの佐々木氏が、シャープに来る以前に在社した神戸工業で共に働き、退社後伊勢で起業した中村社長に持ちかけて開発されたという逸話がある。

この表示の出現で電卓の消費電力はMOS・LSIのハンディタイプ機でわずか3～4Wにまで低減された。

また蛍光表示管は、液晶表示が主力となった現在では電卓に使用されているモデル数はほんのわずかであるが、赤、レモン、黄、青、緑など様々な発色も可能

で、最近では映像音響機器のタイマー表示や事務機器のカウンター表示、自動車の計器盤などに多用されている。

#### 4-4-6 発光ダイオード

(LED : Light Emitting Diode Display)

電卓に搭載された形状はLEDチップを基板に直接ボンディングし反射ケースをつけ、透過シールを貼り付けるか透明樹脂で封止した平面型のチップオンボードタイプのものである。

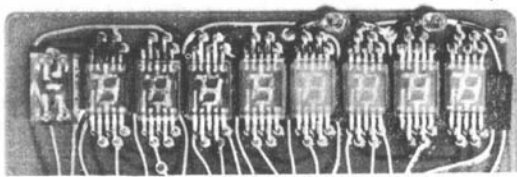


写真4.19 LED表示の実装

発光色は従来、赤、橙、黄、緑が中心だったが、電卓には赤が採用された。長所は電気エネルギーが直接光エネルギーに変換されるので効率が良く、フィラメントを使った電球にくらべて発光素子としての寿命が長いことである。

わが国での電卓では昭和46年(1971年)にビジコン社が米モステック社との共同開発で初めて1チップLSI化に成功し、LE-120Aを製品化したが、この製品の表示にLEDを使ったのが最初である(写真4.20)。



写真4.20 初のLED表示機 LE-120A

LE-120Aは表示・演算12桁、赤色LEDを使用。これにより消費電力は格段に下がり、電池での駆動時間が長いことと、300gという軽さがハンディタイプとして充分機能するものだった。携帯に便利な小型電卓時代のさきがけとなったが、短所はLEDの表示サイズを大きく出来ないことや、光が強く目になじまないなどの理由でごくわずかの製品にしか搭載されず、やがて姿を消していった。

#### 4-4-7 液晶表示(LCD : Liquid Crystal Display)

液晶ほど今日の身の回りの各種デジタル機器や家電

製品の表示に多く利用されているものはない。

液晶は液体の性質と固体の性質の両方を持つ光学的な物質で、液晶ディスプレイは電圧をかけることによって液晶分子の配列が変わることを利用して表示する装置である。

液晶の存在は自然界には約1万種あると言われている。1888年にオーストラリアのライニッツァーによって物質の融点の測定中に偶然発見されたものである。しかし液晶を使った応用物はその時代には生まれていなかった。その後1968年、米国のRCA社が、電圧を加えると分子が乱れて入射光を散乱して白濁する液晶表示装置(コレステリック液晶)を開発し、発表した商品化には至らず投げ出されていた。

シャープはこの液晶表示が自発光ではなく受光表示であるので、消費電力の劇的な低減を実現する次世代表示技術になることに着目し、実用化研究に入った。

当初は壁掛けTVへの採用を目指していたが、液晶という未知の物質と電気とを関連させて製品として実用化することの難しさで一向に進展せず、半ば断念に近い状態であったが、昭和47年(1972年)カシオミニによって引起こされた低価格路線の歯止めをかけるべく、その年から密かに電卓への採用をねらった実用化プロジェクト(S734プロジェクト:73年4月までに商品化を成功させるプロジェクト)が立ち上げられた。

液晶を表示装置に使うための最適な液晶成分の発掘や、厚さ0.5mmほどの2枚のガラスの100分の1mmの間隙に液晶を挟み込む緻密な作業やそれを電氣的に制御する技術等々、その開発研究については並々ならぬ知恵と努力の積み重ねがあった。

そしてついに予定通り昭和48年(1973年)4月、世界初の液晶表示を備え、演算素子にはCMOS・LSIを使用した記念すべきEL-805(写真4.21)が誕生した。

この技術は米国で実用化されずに眠っていたものを日本人が民生機器に搭載して見事に成功した非常に大きな出来事であった。これ以降、表示装置としての液晶の技術発展は目覚しく、改めて記す必要がないほど我々の社会のあらゆる分野に浸透していったのである。



写真4.21 最初の液晶表示機 EL-805

EL-805は液晶表示第1号機として電卓史に残るエポックメイキングな製品である。表示・演算8桁、CMOS・LSIIチップ。液晶はコレステリックタイプで電気を流すと液晶分子が散乱して光を遮り、表示する方式であった。単三型乾電池1本で連続100時間使用できる。消費電力はわずか0.02Wという画期的なものだった。シャープではこの製品に基板の技術で初のCOSを実現した。それは1枚のガラス基板に電卓の全機能を集積実装したものである。(4-3-6 基板実装技術の項で既述)

液晶表示電卓は市場で大きな反響を呼び、次代の表示装置として以降の流れを決定付けるものと誰もが確信した。その後各社はすぐに液晶表示の改良研究に入った。

#### ①コレステリック液晶からネマティック液晶へ

EL-805に使われたコレステリック液晶は、電気を通すと液晶分子が散乱して白濁し表示する方式で、表示の反応が多少遅いのが難点であった。つまり素早い入力操作に表示スピードが多少遅れる、と使用者からの意見が出た。そこで改良されて出現したのがツイストネマティック液晶（TN方式）である。

これは何もしない場合は乱れている分子が、電圧が掛かると分子が縦に整列する性質の液晶を使ったものである。

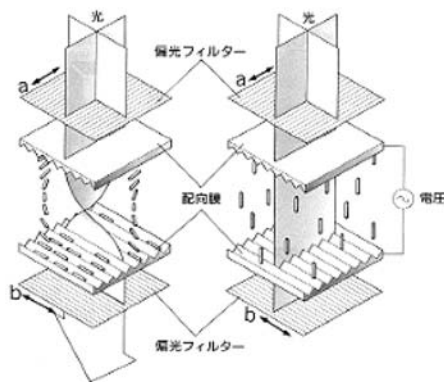


図4.3 TN液晶の原理  
左：自然状態 右：電圧をかけた状態

表示のしくみは偏光フィルターとねじれた液晶の組み合わせで表示させる。図の左は光が通らないように直行させた2枚の偏光フィルターの間からねじれた液晶を挟むと入射光は液晶分子の隙間に沿って90度ねじれるので下のフィルターを通過できる（光が通る）。ところが電圧をかけると液晶分子が直立してねじれがとれ、入射光はそのまま下に向かうがフィルターに遮られて光を遮断する。

これによって反応の速さ、高いコントラスト、広い視野角が得られ、以降多くの小型電卓に搭載され表示

装置の主流となった。この方式による最初の電卓が、2年後の昭和50年（1975年）にカシオから小型手帳式電卓ポケットLC（CL-811）の名で発売された（写真4.22）。



写真4.22 ポケットLC CL-811

CL-811は表示・演算桁数8桁、FEM液晶を使い、ポケット手帳タイプで価格は¥7,900であった。

#### ②数表示のしくみ

数表示の仕組みは、下図に示すような細長い表示単位を「8の字」（日の字ともいう）型にモザイク配置して小数点や加減乗除、メモリーなどの記号も加えてデザインされている。通常筆記する数字形とは異なり登場初期には違和感があったが、普及とともに何の抵抗もなくなった。

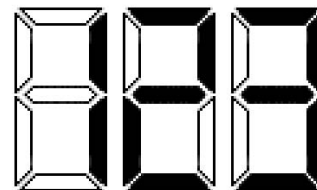


図4.4 モザイク表示

#### ③表示色

当初は偏光フィルター材質の関係で黄色地に黒の表示であったが、見易さを高めるために液晶の材料、製法が改良されて現在ではグレーのバックに黒の表示でコントラストがさらに良くなった。



写真4.23 現在の液晶表示画面

#### ④ドットマトリックス表示の採用

液晶表示技術が安定してくると次の段階はわが国が得意とする微細化技術であり、モザイク式をドット式に細密化し曲線や文字・図柄など各種のキャラクターを表示することが可能になった。またカラーフィルターも組み込み、ゲーム付き電卓や複合機能付き電卓、あるいは曲線をカラーで描く関数電卓、電子手帳へと次々と応用範囲は広がっていったのである。

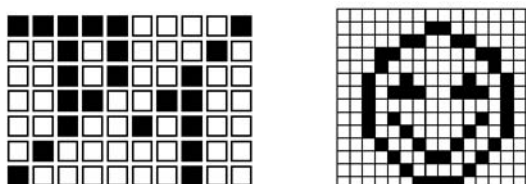


図4.5 ドット表示

ドットマトリックス表示技術が最初に採用されたのは昭和54年（1979年）シャープのEL-8160である（写真4.24）。モザイク型の数字表示に比べ自然な形で一段と見やすく、ABCなどの文字も表示可能なので数式表示も可能となった。



写真4.24 EL-8160

EL-8160は表示・演算8桁、初めてドット式表示を採用し、表示窓に数式などを表わすことが可能になった。価格は¥6,900で機能が進化するたびに価格は逆に求めやすい価格へと下がっていった。これも量産の大きな効果であった。

## 4.5 プリンタ式電卓の印字技術について

計算結果を表示する方法ではもう一つの方法としてロールペーパーへの印字という技術がある。

印字の技術は電卓誕生の昭和39年よりも以前に企業の経理部門等に普及していた加算器の機構に組み込まれていた。加算器はその名の通り加減算専用の機器で、Adding Machineと呼ばれたものである。

その構造は電動歯車式で作動するもので、数値を入力するその都度、入力数値や合計の結果がペーパーに

打ち出されていく。手馴れた女子経理事務員の操作スピードは端で見ている者の目に止まらないほど早い指の動きであった。例えば1行6～8桁ほどの数値をキーボタンも見ずに帳簿だけ見て1秒弱で次から次へとブラインドタッチ入力していた。入力速度があまりに速いとマシンがついて行けずに歯車が噛み合ってロックしてしまうこともあった。

プリンタの技術にも様々な方式があるので、簡単に分類整理して記述する。

### 4-5-1 インパクトプリンタ

これは加算器の時代からあったもので、機械的な力を加えて印字する。活字を組み合わせたドラム（字輪）とハンマーの間にロールペーパーとインクリボン挿入してハンマーで打って印字する（写真4.25）。通常、1行単位で印字していくのでラインプリンタと呼ばれている。



写真4.25 インパクトプリンタユニット

この方式は記録式電卓誕生期から採用されて今日までいくつかの改良が行なわれ、基本的な印字技術となっている。改良された点は

- ・加算器に慣れた素早い操作についていけるように入力パッファ機構を組んだこと。
- ・マイクロモータの性能自体が高速に改良されたこと。
- ・字輪が金属製から樹脂製に変わり軽量化が図られ、高速化へ貢献したこと。
- ・インクリボンからインクロール方式に代わり、コスト面で改善されたこと。などである。

しかし演算部は電子回路なので音はしないが、印字部はメカであるため、印字する時の音、紙送りの音など数台並べて高速で使う場合にはそれなりにかなりの騒音があった。

### 4-5-2 ノンインパクトプリンタ

これは静電気、熱などを利用して印字する方式で、インクジェット式や感熱式が電卓に採用された。後年、

ワープロなどで普及した熱転写方式や光を利用したレーザープリンタなどは現在最も普及している方式としてよく知られているところである。

歯車で印字するインパクト方式ではないので印字音は極めて静かであったが、印字スピードさえ克服できれば電卓でもかなりの普及は期待されたのである。

### ①インクジェット方式の開発

インパクト式印字方式が主流の中で電卓誕生5年後の昭和44年（1969年）カシオはわが国で最初にインクジェット方式の電卓をJP-1の名称で商品化した（写真4.26）。

ジェットプリントの機構は0.08mmのノズルを通して1,000Vの高電圧をかけ、静電気の引力で瞬時にインクを噴射し偏向電極で文字、数字をドットプリントするものである。



写真4.26 インクジェット機 JP-1

JP-1は日本で最初のインクジェット方式プリンタ機で、演算桁数15桁、メモリー2組、記録紙の幅が従来にはなかった138mmで、印字桁数は38桁と最大であった。（通常のペーパー幅は65～70mm程度）

印字部分には独自の新しい発想が込められていて、一般的な業務計算で使う伝票形式、つまり左から順に品名の記号またはNo.、次に数量、単価、金額といった一連のアウトプットが可能なのが特徴だった。

計算という分野を深く追究して得たノウハウを製品に活かしたものであった。

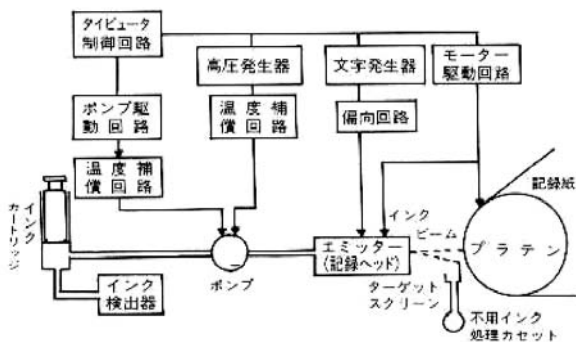


図4.6 インクジェット方式図

この製品はプリンタ電卓を多く使うユーザ層に音が極めて静かであるということで好評を持って受け入れられたが、文字を一文字ごとに描く方式のため、難点は印字速度がラインプリンタに比べて遅いこと、また誕生当初はインクの方法や材質の面でノズルの目詰まりや乾燥などがありメンテナンスが掛かることなどでその後の電卓では採用されなかったが、機構そのものは以降大幅に改良され、トレックスやシステムマシン類のアウトプット機に搭載されて商品化された。

また後年に現れたパソコンに接続して使用されるインクジェット式プリンタは文字を一度で噴射する方式になり、印字速度は大きく向上している。

### ②感熱式プリント（サーマルプリント）

これはインクリボンを使わずに制御機構から熱を伝えるドット式の印字ヘッド（サーマルヘッド）で感熱紙に印字する方式である。近年では誕生当初のファクシミリの印字に広く普及したが、電卓で最初に採用したのは昭和45年（1970年）キヤノンが米TI社との技術提携によって製品化したわが国初のハンディタイプの印字式電卓ポケトロニック（写真4.27）である。



写真4.27 ポケトロニック

この製品は演算桁数12桁、MOS・LSIを3個使用したもので、プリントは5×4ドットのサーマルプリントテープ方式（テープ幅6mm）という画期的なものだった。感熱式プリントの機構はサーマルヘッドのドットが電気信号で瞬時的に発熱し、これに密着する特殊加工された印字用紙であるサーマルテープが反応して記号、数字を印字する方式である。

プリンタ電卓は小型化する上で印字機構の大きさ、重さ、ペーパーの幅などが大きなネックになっていたがこの製品は記録方式の面で大きな発想の転換があったと言えるものだった。それは表示方式の斬新さで、印字結果が表示窓に現れ、テープ状のペーパーは本体左側面より出て来るのでこれを切り取って手で確認が容易に出来るのである。メカを使用していないので

軽く、充電式なのでどこにでも持ち運べるメリットが大きかった。

ただ当時としてはまだ珍しい感熱式ペーパーの供給面で限界があったことと、計算終了後の入力チェック作業は経理業務の場合、従来は印字されたペーパーを切り取って上から下へ指でなぞりながら行っていたが、1行分の幅の細いテープなので横になぞっていかなければならないという面倒さがあった。

簡単な計算の確認には向いていたがこのような印字のユニークさもあり、この方式と同様なタイプの製品は継続しては現れなかった。

しかしこの感熱式印字技術は維持され、その後ペーパーの形状もロールペーパー式になり、印字結果のチェックも一目で出来るハンディタイプの記録式電卓が現在でも販売されている。因みに我々の身の回りで最も多く見られるスーパーやコンビニショップにあるレジ（ECR）の印字は感熱式が大部分である。

## 4.6 入力方式の技術進展

入力方式の技術進展には入力キーそのものの変化と、スイッチ機構の技術進展がある。ここでは電卓の移り変わりと共にそれぞれがどのように絡み合いながら技術的に進展してきたかを記す。

### 4-6-1 金属接点スイッチ

昭和39年（1964年）から昭和41年頃までの電卓誕生初期は、入力キーボタンは樹脂が普及していたが、スイッチ機構は金属の面接点スイッチであった。これにはホコリなどの付着や錆、反りなどの変化で非常に不安定な状態が発生し、しばしば接触不良や押下げの力関係で微妙に接点が動くチャタリングというダブル入力現象を引き起こしていた。

### 4-6-2 リードスイッチの登場

昭和42年（1967年）には初めてリードスイッチという部品が採用された（図4.7）。これは株日本アレフというスイッチングデバイスを扱っているメーカーのもので、スイッチとなる2枚のリード片が左右からガラス細管内に不活性ガスとともに封入されており、先端にはギャップが設けられてオーバーラップしている。入力キーにセットされた磁石がキーの動きでリード片のギャップ部分に近づくと管内部で双方のリード片が接触し、ONとなりスイッチが働く構造のものである。

### リードスイッチの構造

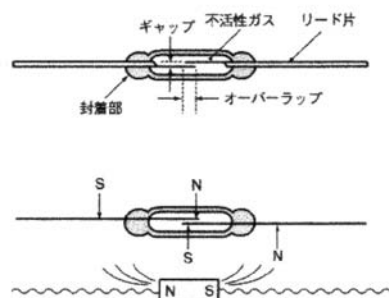


図4.7 リードスイッチの構造

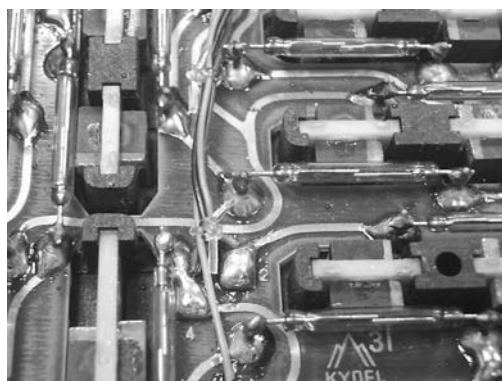


写真4.28 リードスイッチの実装

このスイッチの利点は不活性ガス雰囲気内での接触なので非常に安定しており、あらゆる電卓メーカーが採用して昭和50年（1975年）頃まで続き、重要な入力装置となった。ただ、入力部の基板にキーの数だけ一つ一つ手作業でセットするために作業効率の面でやや劣り、ガラス管なので作業中に壊れやすいなどの難点があった。従ってコスト低減という効果は生まれにくかった。

### 4-6-3 導電ゴムの登場

電卓戦争のもっとも激しい時期において市場で勝利を得るには何といてもコスト競争力であった。リードスイッチが安定し成熟して行ったそんな折、品質も安定し、しかもコストメリットのある入力部分の開発が行なわれていた。そこに導電ゴムというまったく新しい概念の入力スイッチ機構が現れたのであった。そのきっかけは電卓とはまったく異なる分野でのアイデアがヒントになって電卓に採用されたのであった。

昭和42年頃、電子レンジの一部に電磁波漏れが発生し、いわゆる欠陥問題に発展したためレンジメーカーは解決策に苦労していた。そんな折、信越ポリマー（株）にある取引先から「電気を通る弾性体でしかも熱に強いものはないか?」と問合せが入り研究に着手した。その結果やっと開発に成功した導電性のシリコーン樹脂



ゴムが納入されたが、これが電子レンジの電磁波漏れ防止のためのドアのバッキンであったことは知らされていなかったという。

昭和44年にはこの導電性ゴムは量産化に成功した。その時まではスイッチといえばリードスイッチか金属ということが常識であった中で「本来は絶縁体のゴムを導電体にする」という「発想の大きな転換が」あったのである。成型段階で凹凸をつければ弾性効果でスプリングの役目も果たすので1枚の導電ゴムの接点シートを基板の上にのせ、その上にキーを重ねるだけで入力部として使えることがわかった。コストの面でも効果は大きく、この方式は電卓メーカーに一気に浸透した。

この導電ゴムを最初に利用した製品が昭和47年(1972年) シャープのEL-801(写真4.12)である。卓上型での例が次の写真4.29で理解できるであろう。低価格の小型ハンディタイプのモデルには樹脂キーも廃止してゴムそのものに数字や記号を印刷するなど徹底的にコストダウンを図っていった。

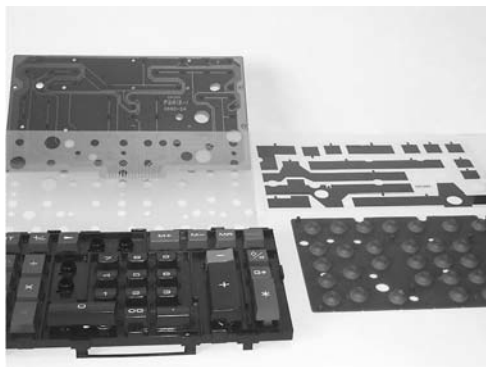


写真4.29 卓上型 右が導電ゴムシート



写真4.30 低価格機のゴムキー

#### 4-6-4 タッチキー方式の登場

電卓戦争での撤退企業も出始めた昭和52年(1977年)、シャープは操作パネルが平面のタッチキー方式の薄型電卓EL-8130を発売した(写真4.31)。この入力方式は抵抗感圧方式タッチパネルで、上下2枚のフィルム又はガラス材に薄膜状の抵抗体を貼り、上部を可動する電極に、下部を固定電極にして対向電極としてセットし、指や付属のペンで押し下げて導通させる方式である。これまで入力にはキーボタンが突起しているものと考えていたメーカーはこの製品の登場で大きな

衝撃を受けた。キーのあった入力部はマス目で数字や記号がシート上に描かれているだけで、指で押しても押下げた感触がまったく無い。

電卓戦争という言葉に呼応するが如く「ボタン戦争は終わりました」のキャッチフレーズが市場に流れたのであった。



写真4.31 EL-8130 右：キー部分の拡大

この技術は以降の薄型化の基幹技術として継続していったと同時に電卓以外にも家電品の操作部に採用されるなど幅広く普及していった。

#### 4-6-5 手書き入力・ペン入力技術の採用

タッチ入力方式は使用者にとってはキーの凹凸がないだけ形状がスリムになり携帯性に優れたが、人間が指でキーの部分を押す力の具合は決して一様ではないために入力部の磨耗損傷もあり、また実際に入力されたかどうか電卓側の認識率の問題も出た。そこで指でも専用のペンでもストレスなく簡単に入力が認識できるような方法が研究されて製品に採用された。

この時期は既に液晶でドット表示も可能になっていたので数字のほか記号や英文字も指で手書きするイメージで入力することが出来る電卓が生まれた。



写真4.32 手書き入力部

当初の製品には、手書きといってもどのような書き方でもOKというわけにはいかないため、説明書には入力認識が可能な書き方を示す必要があった。

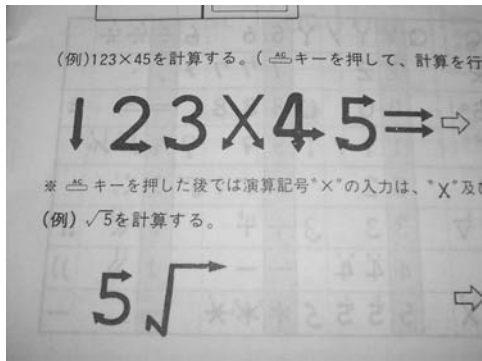


写真4.33 手書き手順の説明

その後感圧方式のみならず電磁誘導方式などの採用でペン検知方式も生まれ、入力用専用のペン（スタイラスペン）で表示画面を軽くタップ（叩く）するだけで動作させることの出来る入力技術が生まれ、後の電子手帳の入力技術に発展し、更にPDAの時代には表示画面上のアイコンを直接タップする方式へと大きな進展をもたらした。

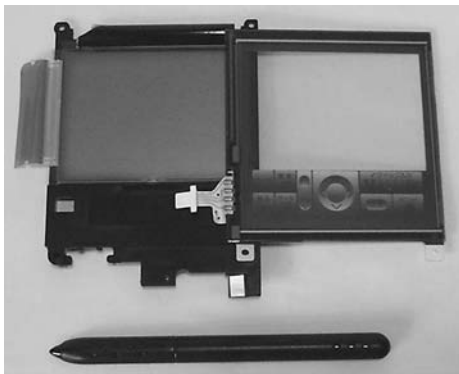


写真4.34 ペンタッチ入力部

## 4.7 供給電源の進歩

電源については大きく分けて3つの流れがあった。一つ目はAC電源。これは電卓誕生当初から現在でも一般事務用やプリンタ機などの卓上タイプには依然としてAC電源方式のものがある。二つ目は電池（一次・二次電池）式の誕生。電卓の小型軽量化と消費電力の低減化という発展の歴史に伴って使用電池の本数、電池種類の変化、電池形状の変化が際立った。三つ目は太陽電池で電卓技術の進展の中で半導体と液晶に次ぐ画期的な技術ということが出来よう。太陽電池の採用で電卓の電源が不要になったということは電卓の歴史の中で特筆すべき技術革新であった。

### 4-7-1 乾電池・充電式電池

電卓に最初に使われたのは単三型アルカリ乾電池からであった。とくに昭和45年（1970年）に出たLE-

120-A（写真4.20）は演算素子が1チップLSIであることと、表示にLEDを使用したことにより消費電力はわずか0.3Wという記録的な電力低下を実現した。

電卓は素子の発達や回路の改良や表示方式の改良で消費電力を次第に低下させていき、アルカリ電池よりは値段の安いマンガン乾電池でも同等の電池持続時間が確保できるまでに進展し、持ち運びして使うことがいっそう便利になったが、この中でハンディタイプの記録式電卓ポケットロニク（写真4.27）は電源に初めてニカド充電電池を使った。これは記録式電卓でも持ち運びして使うという一つの商品戦略であり、ハンディタイプらしさが前面に打ち出された。しかし電卓技術の進展の速さと価格の低下の早さに加え、乾電池より高額な充電電池ではコスト面で追いつかず、電源としては長くは続かなかった。

乾電池式で消費電力を極端に落とすことが出来たのは昭和48年（1973年）発売されたEL-805（写真4.21）であろう。演算素子にはCMOS・LSIを採用し、表示には初めて液晶（LCD）を使ったもので、消費電力をなんと0.02Wまで落とし、電池1本で連続100時間使用という驚異的な消費電力を実現したのである。

### 4-7-2 ボタン型電池・コイン型電池

電卓戦争は薄型化への追究も大きなアドバンテージとなった。乾電池を使う以上、本体は電池以下の薄さにすることは不可能であって、乾電池に替わる電源が必要になった。そこで考えられたのがボタン型電池である。当時ボタン型電池は主に時計やカメラ・補聴器などに使われていたが、電卓への採用が可能になり酸化銀電池2個程度を使う製品が出始めた。これによって今まで達成できなかった手帳タイプの製品が可能になり、また手のひらの中に納まる超小型の電卓までが現れた。

当初採用されたボタン型の酸化銀電池はコストが高いのが難点であったが、すぐにアルカリボタン型が開発されて電卓価格への影響も少なくなった。

その後昭和52年（1977年）頃より、薄型化に加えて機能も向上してきたため、これに合わせて高エネルギーという電池性能に優れたコイン型（リチウム）電池も採用され始めた。

### 4-7-3 太陽電池の出現

電卓用電池は付属消耗品として製品に同梱するためそれだけ製品単価へ付加される。またユーザも電池切れすれば買い換えなければならない。

ここに太陽電池の採用という画期的な技術を取り入

れた製品が昭和51年（1976年）シャープからEL-8026というモデルで発売された（写真4.35）。

この時点では太陽電池のみでの作動ではなく、本体に内蔵されたボタン型充電電池が太陽電池によって充電されて電卓を動かす方法のものだった。



写真4.35 EL-8026

EL-8026は表示・演算桁数8桁。電源部に初めて太陽電池を採り入れ、太陽エネルギーでNiCd充電電池を充電する方式であった。しかし以降の電卓用電源への採用可能性を大きく予告したものだだった。

このモデルにはいくつかのユニークな工夫が見られる。まず充電電池は手帳タイプの形状に収めるため、初めてボタン型になって小型化したこと。また太陽電池のセルは本体の背面に装着されていて、手帳ケースの背面中央部分がくり抜かれ、電卓を使用しない時は裏返して太陽電池セルに光が当たるように置いて充電するタイプであった。いわば本体を裏返して充電するのだが手帳ケース自体違和感の無いデザインで仕上げられていた。蛍光灯の光でも充電可能であった。

●電卓からついに電池を追放

現在、電卓用で使われている太陽電池はアモルファスシリコン半導体を使ったもので仕組みは半導体のpn接合を利用して太陽光などの光エネルギーを直接電気エネルギーに変換するものである。シャープが発売した時点ではまだ充電電池との併用であったが、昭和52年

（1977年）に蛍光灯の波長に適合したアモルファス太陽電池の出現はソーラーセルだけで完全に電源の役割を果たすことができるようになり、応用範囲を広げた。その特徴は任意の形の基板にも太陽電池が形成できデザイン性に優れたために、昭和55年（1980年）には電卓や時計などの民生向けに一気に普及していった。やがてこの電池はフレキシブルシート化されて極薄の電源へと変身し、カード電卓に採用されるようになった。

4-7-4 やがて燃料電池への発想へ

電卓では実現しなかったが、電子手帳の思想から発展してきたPDA、ハンドヘルドコンピュータ、モバイルパソコンなどにおいては携帯使用の絶対条件である長時間寿命と経済性の観点から、現在では燃料電池を普及させる研究が行われている。既に一部のメーカーではこれを搭載したPDA・モバイルパソコンが発売されている。ただ、残念なことは規格が各メーカーの個別製品専用の仕様であるため、電池のように互換性が無いことである。

今後の課題は先ず他社モデルとの互換性と量産効果による低価格化が要求されてくる。この二点が解決されるならば、太陽電池に次ぐ大きなブレイクスルーとなるであろう。

4-7-5 電卓の消費電力の変遷

電卓の消費電力低減化への努力は単に電源の変化によるものだけではなく、そこには回路設計から演算素子、表示装置などのたゆまない改良と新技術の開発が互いに関連しあって今日の低消費電力の電卓に到達したのである。表4.2は消費電力が際立って下がった時期とその製品について表にしたものだが、変化のあった時期は必ず画期的な技術の進展と関連していることがわかる。

表4.2 消費電力の低下推移

年代	西暦	モデル	消費電力(W)	使用素子 (数)	表示方式	電源
昭和 39	1964	A (卓上型)	90	トランジスタ	ニキシー管	AC
41	1966	B (卓上型)	60	トランジスタ	ニキシー管	AC
42	1967	C (卓上型)	10	MOS・IC (59)	蛍光表示管	AC
44	1969	D (パケッイ)	4	MOS・IC (4)	蛍光表示管	AC
46	1971	E (パケッイ)	0.36	MOS・LSI (1)	LED	一次電池
48	1973	F (パケッイ)	0.02	CMOS・LSI (1)	DSM 液晶	一次電池
50	1975	G (ホケツト)	0.01	CMOS・LSI(1)	FEM 液晶	一次電池
51	1976	H (ホケツト)	0.0007	CMOS・LSI (1)	FEM 液晶	二次・太陽
53	1978	I (カード)	0.0002	CMOS・LSI (1)	FEM 液晶	一次
56	1981	J (カード)	0.0002	CMOS・LSI (1)	FEM 液晶	太陽電池

## 4.8 高機能化・多機能化

電卓の進歩を見るとそろばんや手動式・電動式計算機などのような単なる計算する目的だけではなく、様々な分野向けに改良されて普及した計算尺のように電卓もまた業務分野にあった計算機能を備えて自ら発達してきた。電卓以前のリレーの時代でも既にその動きがあり、昭和32年（1957年）に事務用計算機が生まれた2年後の昭和34年（1959年）にはその製品をベースにした開平（ $\sqrt{\quad}$ ）機能付きが、続く2年後には作表計算機が、その翌年の昭和37年（1962年）にはプログラム式計算機が既に誕生している。

そして昭和39年（1964年）の電卓誕生後も技術計算用にメモリー本数や定数機能の増設やプログラム機能を付けるなどして機能を高めていった。しかし最も際立つ高機能化・多機能化への変化は昭和46年（1971年）ビジコン社がインテル社と共同で開発した電卓機構にCPU（中央処理装置）とROM、RAMを固定化し、各種の機能をソフトウェア化するという新しい発想（MPU化）が電卓に採り入れられてからであろう。

### 4-8-1 プログラム機能の搭載

プログラム機能は各社固有の開発思想や技術によって様々な方式が電卓に搭載された。ここでは各プログラム方式を紹介するが、電卓産業は早いうちから高性能電卓の製品化を行っていた。

#### ①昭和42年（1967年）数字式プログラム

これはカシオAL-1000（写真4.3）で採用された方式で、12個のファンクションキーにそれぞれ数字をプログラム命令として対応させ、かつ2ステップの命令を加えて計14種類の命令を使って計算手順を覚え込ませることが出来る。プログラムステップ数は30で、長い計算式をこなすのに向いていた。操作の習得が比較的簡単でユーザでも十分に組むことが可能だった。

#### ②同年 カード読取り式プログラム

プログラムをその都度入力することの面倒さや、各種のプログラムをすぐに入れ替えできるよう開発されたのがカシオのPR-144である（写真4.36）。これは32ステップのパンチカード式で、計算業務の内容により予め用意したプログラムカードの入れ替えが可能な記録式電卓であった。

PR-144は演算桁数14桁、素子はトランジスタと磁気コアで記憶は4組備えていた。電卓でカード式プログラムが可能な最初の製品だった。



写真4.36 PR-144

#### ③BASIC言語のプログラム電卓への搭載

昭和55年（1980年）になるとシャープから汎用性のあるBASIC言語のプログラム機能で、液晶ドット表示により文字表示が可能なPC-1211（写真4.37）が登場した。この製品には初めてQWERTY配列のキーボードを採用し、パソコン感覚での入力でBASIC言語のプログラム組み込み作業が出来るものだった。しかもプリント機構と連動可能なシステム構成となっている。まさしく小型コンピュータの名に相応しい製品であり、当時まだ高価だったパソコンが購入しにくい中で多くのサラリーマンから評価を受けた。



写真4.37 PC-1211

PC-1211は表示桁数24桁、LCDドット文字表示方式で、パソコン感覚での入力が可能なのでユーザーから大きく注目された。これだけ高性能・高級化された製品の価格が¥43,000であった。

これらプログラム電卓はその後、ポケコンからハンドヘルドパソコンへの製品ラインを生んでいくことになった。

### 4-8-2 関数電卓の誕生

開平あるいは開立といった計算は電卓に専用キーが備えられ利便性があったが、三角関数や指数関数といった複雑で高度な計算は別途に数表を用意してそれを見ながら近似値計算をしていた。この面倒さを開放するために各々の関数機能が演算回路上で予め設計され組み込まれてキーとして入力操作部に設置されたのが関数電卓の始まりである。

#### ①昭和47年（1972年）わが初の関数電卓

わが国で最初の関数電卓はカシオのfx-1（写真4.38）である。これは卓上型の高度科学技術計算用電卓で三角関数、指数関数、べき乗、開平、開立、自然対数、

常用対数、双曲線正弦・余弦、ラジアンと度分秒変換など各関数計算を1タッチで求められるものである。



写真4.38 fx-1

fx-1は表示12桁、ニキシー管表示で、ROM-LSIを使用。形状は卓上型で価格は¥325,000。この初めての関数電卓は土木、建築、設計、構造、測量、電気、数学、物理分野などあらゆる技術分野から大きな反響を得た。因みに当時これらの機能を果たすのはコンピュータの分野であり、コスト的にも約100万円以上かかるものと言われた。

#### ②昭和49年（1974年）ハンディ関数電卓誕生

卓上型が出た2年後の昭和49年（1974年）には早くも関数電卓のハンディタイプfx-10が同じくカシオから発売された。



写真4.39 fx-10

このfx-10は表示・演算桁数8桁。乾電池駆動で個人の携帯性を狙った。価格も¥24,800と低価格に設定したため理工系学生、技術者に大ヒットした。

小型化の狙いは携帯性が最大のポイントであり実際に建築、測量などの作業は工事現場で計算を行なうので何とんでも電池式で携帯できることが条件であった。このfx-10の出現でそれまで技術者の誰もが胸のポケットに入れていた計算尺が徐々に姿を消していったのである。しかし関数電卓の出始めの頃は次のようなエピソードもあった。それは「sin30度は数表では0.5なのに0.499999...99となる、これでは困る」といった

指摘がユーザから寄せられ、以後回路設計で解決したいきさつがある。

#### ③関数電卓分野での技術革新

最初に市場に出たハンディタイプは表示が蛍光表示管であったのに対して、液晶のドット表示で初めて可数部と指数部を表示する新しい方式を採用し、数式通りの入力が可能で横型タイプのモデルが昭和54年（1979年）シャープからEL-5100の名称で発売された。



写真4.40 EL-5100

EL-5100は表示桁数が24桁で、表示は仮数部10桁、指数部2桁。形状も横型と斬新なものだった。さらにドット表示なので数式や記号を表示することが可能になり、完全数式通りの入力が可能。価格は¥16,800という低価格と新しい表示方式と操作性の良さから好評を受けた。

#### ④関数電卓に活かしたプログラム機能

プログラム計算を必要とする分野は多くの場合技術系か統計分野である。しかも扱うデータ量は多いのでこれらの分野は中・小型コンピュータで処理されていた。しかし関数電卓が出現すると、技術計算や統計分析も個人レベルで行なわれるようになり、複雑な計算式を処理するには何と言ってもプログラム機能が必要になった。関数機能とプログラム機能が融合することによって付加価値のある高機能電卓が開花したのである。

関数機能付きプログラム電卓は一つの製品ジャンルとして確立された。

この機能を備えたのが昭和54年（1979年）カシオfx-502P（写真4.41）である。



写真4.41 fx-502P

fx-502Pは表示部が仮数部10桁、指数部2桁で、ストアード方式256ステップのプログラム機能を備えた。最大10組のプログラムを入れることが可能で、51関数を持ち、ジャンプ機能、サブルーチン機能をも備えた本格的なものだった。理工系学生から各業種の技術者に愛用された名機となった。

#### ⑤大画面グラフ表示機能のプログラム関数電卓

液晶ドット表示の技術が進み、文字やキャラクター表示が可能になったことは関数電卓の表示方式に画期的な進歩をもたらした。つまり任意の関数グラフ、統計グラフ（棒、折れ線、正規分布曲線、回帰曲線など）が大画面上でイメージ通りに表示できるものになったのである。これを製品化したのが昭和60年（1985年）のカシオfx-7000G（写真4.42）である。

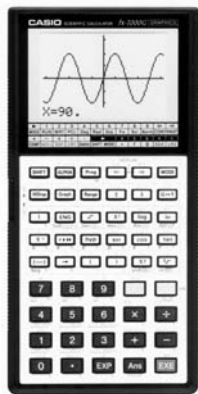


写真4.42 fx-7000G

このfx-7000Gは表示文字量最大128文字。演算桁数仮数部10桁、指数部2桁。LCDドット大画面を備えた。最大422ステップのプログラムが組め、最大78本のプログラム機能を持つ。20種類の組込み関数グラフや任意の関数・統計グラフなどを表示することができた。

#### ●スミソニアン博物館に展示

以上記述したように、日本の関数式やプログラム式電卓がわが国の理工系学生や技術者の間で普及浸透したことについて米国政府は学生の理工系学力の低下を憂慮し、学校教育に技術用電卓を採用する方針を固めた。その折にこのカシオfx-7000Gが米国における技術教育振興に役立つ製品例として認められ、ワシントンのスミソニアン博物館に展示されることになった。

### 4-8-3 機能の多様化

関数機能などの付加が可能になると市場には同等製品がすぐに並び、その結果メーカーは再び価格競争に巻き込まれることになった。そこで各メーカーは生き残り策として様々な計算業務の現状分析を行い、電卓で簡単にこなせるような業種固有の機能を付加して新たな需要を生み出す方向に動き始めた。

その結果一般的な計算機能のほかに専門業種向けの機能が付加されたものが各社から発売された。以下に挙げたのはあくまで計算機能をベースとし、その延長線上で開発された新しい専門機能の例であるが、「計算」という仕事を突き詰めていくといろいろな計算業務があることがわかり、これらを専門機能電卓として製品化することで新しいユーザー層が多方面に広がっていったのである。

筆者の考えとしては機能の多様化は機能の拡がりという意味合いから、後述する複合機能電卓の意味するものとは異なった見方を持っている。機能の多様化の製品例としては次のようなものがある。

#### ①金融部門向け機能

- ・昭和42年（1967年）利息計算（カシオ）
- ・昭和43年（1968年）利息・税金計算（シャープ）
- ・昭和51年（1976年）日数計算（カシオ）

#### ②換算業務向け機能

- ・昭和48年（1973年）尺貫計算（日立）
- ・昭和56年（1981年）尺貫計算（キヤノン）

#### ③その他特殊計算機能

- ・昭和50年（1975年）バイオリズム（カシオ）
- ・昭和51年（1976年）分数計算（カシオ）  
時間計算（キヤノン）
- ・昭和52年（1977年）ランキング（東芝）
- ・昭和53年（1978年）家計簿（シャープ）
- ・昭和57年（1982年）表計算（シャープ）
- ・昭和59年（1984年）カロリー（シャープ）

以上は記録にあるごく一例だが、実際にはもっと多くの専用機能が付加された製品があったと思われる。

また次のように特定企業の特定計算業務に合った機能をユーザ企業側と共同で開発し、製品化して大きな売り上げを獲得したケースも見られた。

#### ④特定業種向け専用機能

- ・生命・損害保険専業務用
- ・自動車ローン計算業務用

これらの業種専用機が後に業務用ハンディターミナルに展開されて、在庫管理やレストランでの受注機や運輸部門などの専用機となって浸透していった。

#### ⑤音声機能付きの電卓

これはごく限られた機能であるが、音声合成技術を装備し、キー入力した数値や結果数とその都度音声で読み上げる機能を付けたCS-6500という製品が昭和55年（1980年）にシャープから発売された。

CS-6500は表示16桁。1メモリー。表示には蛍光表示管を使用している。昭和55年の時点で音声合成の新技術を取り入れた点が注目された。電卓の普及に伴って

それを使う人はあらゆる層にわたる。例えば視力の弱い人や手の不自由な人など健常者だけではない。この製品はこれらの人に操作上での必要性に応えるもので大変ユニークな機能であった。



写真4.43 音声電卓 CS-6500

#### 4-8-4 複合機能電卓の登場

複合機能電卓というのは通常の電卓機能とは全く異なる機能、端的に言うならばあたかも「別製品の機能」が電卓に付加されたもの、というものをここでは定義づけた。

##### ●新たなコンシューマ市場を開いた複合電卓

前項4-8-3項で述べた多様化された電卓機能は多くが専門分野向けであることから、おのずから市場のパイには限界がある。しかし複合機能はある時は電卓に、またある時は別の製品としても使えるという二重、三重の満足度呼び起こして新規需要を獲得できるので、その付加機能の選択は製品化する上で重要なカギとなる。

電卓戦争も終盤の時期、低価格競争をはじめ、機能面や形状面での競争にやや疲れが出始めた各メーカーは何らかの新機能を模索していた。そんな折、水晶発振子（クォーツ）を利用した6桁液晶表示の腕時計が昭和48年（1973年）に初めて発売された。これに着目したカシオは電卓に今までにはなかった時計の機能をつけた製品を市場に登場させ、新たな電卓の商品ジャンルを築き複合電卓時代の口火を切った。

##### ①昭和51年（1976年）時計機能付き電卓

この製品は電卓に時計（クロック）機能を付けた製品CQ-1で愛称を「でんクロ」と名づけた（写真4.44）。

ユーザの目から見ればかなり目新しい電卓でもあり、時計でもあることから事務机に置いたり、家庭内でも使われたり、贈り物として多く利用されていた置時計の新種として好評を得たのであった。

CQ-1は表示8桁。蛍光表示式。通常計算のほかには時計機能を利用して時間計算や日数計算などが可能で、さらにカレンダー、アラーム、ストップウォッチ機能もあるので様々な豊富な使い方が出来るものだった。

昭和51年はまだクォーツ式時計が普及する以前で、この製品の14,000円という価格は当時クォーツ式腕時計が非常に高価格であったことと較べると格段に低価格で、しかも時刻の誤差が月差±15秒以下であることに大きな反響を呼び起こした。



写真4.44 複合電卓1号機 CQ-1

##### ②各種複合電卓の事例：昭和51年以降

時計付き電卓がコンシューマ市場でヒットしたのを受け、各社は身の回りにある各種の製品機能を組み込んだ複合電卓を次々と発売し、店頭はまさに複合機のオンパレード状態になった。記録にある一部だが、ざっと挙げてみると次のようなものがあった。

ラジオ、メロディ、ライター、パチンコ・野球・オセロなどの各種ゲーム、ストップウォッチ、温度計、体温計など。しかしこの時期、ゲーム機最大手の任天堂が昭和55年（1980年）にゲームウォッチを発売し、続く昭和58年（1983年）には有名な「ファミコン」が発売されて空前の大ヒットとなり、電卓のゲーム機能は互角に立ち会うことはかなわず消えていった。余談ではあるがゲーム機を開発した任天堂の開発者はゲーム電卓を見て思いついたという話もある。

## 4.9 薄型化競争

電卓の技術進歩が演算素子の小型化・集積化をたどり、液晶表示で消費電力が下がり、電池も小型化が進み、形状が次第に「軽・薄・短・小」の様子を見せ始めてきた昭和52年（1977年）頃、シャープのキーボタンレス電卓EL-8130の登場を契機にメーカーの商品戦略は製品薄型化への追究に向けて高密度実装技術の競争に入った。

### 4-9-1 どのような形状で訴えるか

薄型化を追究していった場合に、使いやすさを確保するために従来の手帳タイプを維持するか、あるいはサイフの中に納まる名刺サイズにするかはメーカーの開

発思想や、ユーザの好み、価格などもふくめて難しい問題であった。そんな中で昭和53年（1978年）カシオは名刺サイズで3.9mmという、この時点で最も薄いカード電卓LC-78（写真4.45）を発売し、市場の話題をさらった。



写真4.45 LC-78

LC-78は表示8桁。1メモリーの標準機能で、価格は¥6,500。前年に発売されたシャープのキーボタンレス電卓に対抗するために薄型化と名刺サイズという点にポイントを置くと同時に、入力した感触が判るキーボタンをあえて極小にして残し、電卓の操作性を訴えた。

しかしその翌年の昭和54年（1979年）にはシャープから厚さがわずか1.6mmの手帳タイプで実用性を活かしたEL-8152（写真4.46）が発売されたのである。

これは従来技術ではこれ以上の薄型手帳電卓は技術上製造不可能であろうと言えるほどにデザイン性に優れた製品であった。



写真4.46 EL-8152

EL-8152は8桁1メモリー。手帳タイプでは極薄であった。価格は¥7,900で製品の完成度が非常に高くしかも低価格でファンを集め、業界もその薄型化技術に大いに注目した。このモデルは本体ケース及びタッチ式キーボタンにステンレスを使い、仕上げデザインが非常に優れていると高い評価を受け、ニューヨークの近代美術館に保存展示されることになった。

この2つのモデルから考えると、2社の薄型化への製品戦略の違いが見えるようである。つまり電卓の使用条件をどこに置いたかである。カシオは極力小さくしてポケットではなく名刺入れやサイフに入れさせよう

とした。一方シャープは手帳タイプを生かして極力薄くという方向だったのである。価格だけの戦いを避けた好例であろう。この時点で電卓技術は成熟段階に入り、単なる新型電卓の発売というよりは薄型化技術の披露という状況になったと言えよう。

#### 4-9-2 ついに1mmを切った電卓

電卓2社の薄型化競争が進んだ昭和58年（1983年）、世間をアツといわせた究極の薄型カード電卓がカシオから発売された。その名はSL-800（写真4.47）で、厚さわずか0.8mm。名刺より更に一回り小さくしたクレジットカードサイズの製品である。



写真4.47 SL-800

一口に0.8mmと言っても今まで培ってきた薄型化の技術は従来の手法、材料では実現は到底不可能であった。この製品には心臓部に相当する基板製造技術はじめ液晶表示部の製造技術、太陽電池技術の三点にフレキシブル化という革新的技術が取り入れられたのである。

SL-800は8桁1メモリーの標準機能で、シートタイプの基板、入力部、太陽電池、液晶表示を使ったもので価格は¥5,900であった。

このような薄型技術の結実といえる製品の「実用性はどうか」と問われた場合、「薄すぎて折れ曲がる」との危険性もあるために、答えは決して「実用的」とは言い切れないだろう。むしろメーカーとしての「技術の結晶品」として誕生した感が強いのである。



イメージ写真4.48 SL-850

電卓メーカーは昭和57年（1982年）頃からプリント基板を従来の硬質の基板に代わって樹脂によるフレキシブル化へ移行する技術を研究し確立していた。それは



導電性インクを使い、回路を樹脂シートに印刷することによって極薄の回路基板を製造する技術である。

具体的には一定の幅を持ったロール状の樹脂性フィルム材を印刷機にかけ、あたかもカレンダーやポスターを印刷するが如くの方法で一度に何台分もの回路を印刷してロールで送り、順次LSIや液晶表示部、シートキーやソーラーバッテリーを一連の工程で接着していくものである。

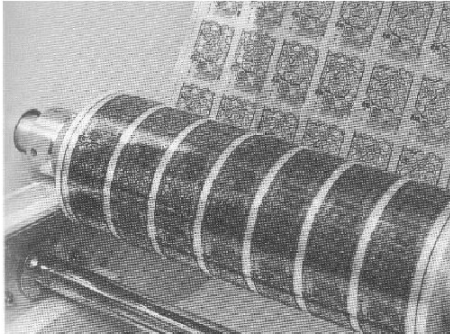


写真4.49 ロール状のフィルム基板（縦1列が7台分）

このフィルム基板と約0.5mmのLSI、0.55mmのフィルム液晶表示と0.2mmのフィルム太陽電池を厚さ1mm以内に配置し接着したのである。

SL-800は究極的薄型化技術とそのデザイン面が高く評価され、前出したシャープの1.6mm超薄型手帳電卓EL-8152と同様、ニューヨークの近代美術館に保存展示された。

#### 4-9-3 成熟した電卓技術

ここまで述べてきた通り、昭和39年（1964年）にわが国で電卓が登場して以来昭和58年（1983年）までの19年間で電卓は画期的技術をメーカー間の激しい開発競争の中で誕生させ育ててきた。

ここでこれらの技術が電卓の姿をどのように変化させてきたかを簡単に表にしてみた。

表4.3 デスクトップ、手帳、カードタイプの形状比較

	体積 ( $\text{cm}^3$ )	重量 (g)	消費電力 (W)
S39 (1964) デスクトップ型	46,200	25,000	90
S48 (1973) 手帳型	184	200	0.02
S58 (1983) カード型	3.7	12	—
S58 : S39 (比較)	1/12,500	1/2,083	—

カードタイプを見ると体積で12,500分の1、重量で

2,083分の1、さらに電池不要という状況に到達した。

このような革新的進歩を辿った産業はわが国産業史には見当たらない。

## 4.10 電卓から電子手帳へ

LSI産業、液晶産業の発展と、多機能化や複合機能化を包含し、豊富な機能と小型化実装技術を完成させて電卓の姿を一変させたのが電子手帳の誕生である。

昭和58年（1983年）カシオから発売されたPF-3000（写真4.50）はその製品カテゴリーを「データバンク」として発売したがこれが後の電子手帳のベースとなった。



写真4.50 PF-3000

PF-3000は表示桁数12桁。LCDドットマトリックス表示。電話帳、メモ、ファイル記憶、五十音入力、最大3,009の文字入力が可能。RAMパックの入れ替えが可能。この製品は半導体メモリを活用したソフトウェアの開発、採用で今までの電卓機能の概念から一歩先行したものといえる。後のモデルでは漢字も扱え、ICカード差し替え機能、パソコンとのシンクロも可能となった。

4年後の昭和62年（1987年）にはシャープからさらに機能を増やした電子手帳の第1号機であるPA-7000（写真4.51）が発売された。



写真4.51 PA-7000

PA-7000は表示が93×32の大画面LCDドットマトリックス。漢字の表示やカレンダー、メモ、電話帳、スケジュールなどの機能を備え、用途別ICカードの差し替え、手帳のリフィル化も可能な高機能電子手帳だった。この製品の開発ポリシーは「手帳の電子化」を目指したもので、入力項目も拡大され機能も大きく拡張された。この製品の呼び名をシャープは「電子システム手帳」とした。

このような流れを辿りながら電子手帳は後のPDA(携帯情報端末)へと繋がっていったのである。

## 4.11 電卓が描いて来た技術の推移

電卓は誕生以来小型・軽量化という宿命を背負っていた。そして未だ嘗て経験したことのない激しい電卓戦争(第5章で記述)でメーカは勝ち残るためのたゆまない技術開発を行ない製品化への競争を繰り返してきた。しかしこのことが従来には無かった新技術を生み出し、商品の新ジャンルを生み出し新市場を創出した。これらの技術が後世のデジタル民生機器製品群へもたらした貢献は大であり、経済社会への寄与も見逃すことはできない。ここでは第4章のまとめとして電卓の技術がどのような進歩をして製品に活かされてきたかを整理したい。ここでは章末の図4.8「電卓技術の開発・導入と進化」、図4.9「電卓技術と機能の系統図」を参照されることによってより深く理解されるであろう。

### 4-11-1 小型・軽量化への追究

トランジスタをいち早く採用し小型化への第一歩を踏み出したが、採用して間もない頃は発熱による故障やハンダ付け特有のマイグレーション(ハンダの移動現象)などで故障(ショート)が頻発した。その後すぐに集積化技術が開発されてIC化され品質は安定化し量産性が出て、工数やコスト削減、製品の小型化、軽量化が進んだ、この時点から電卓産業に参入する企業が増え始めた。ICは更にLSI化され、それまでの卓上型から小型ハンディタイプ・手帳タイプ・ポケットタイプへと進歩した。

### 4-11-2 低消費電力・省電力化への追究

製品の小型・軽量化の実現は直ちに携帯性と連動する。携帯性とは場所を選ばずどこでも使用されることであり、電源の問題が課題となる。当初の電卓に使用された電池類は規格仕様が決まっているため形状も連続使用時間も制限があった。そこでMOS,CMOS化などIC,LSIの製法での技術革新や表示デバイスの転換

に合わせて極力無駄を省く回路設計上の工夫がなされていった結果、消費電力が次第に低下し長時間使用が可能となり、ここに製品としてのメリットが生まれシェアを確保しマスプロ、マスセールスによるコスト削減を可能にした。(表4.2 消費電力の低下推移参照)

また、電卓メーカの製品企画段階での要求により新規にボタン型のアルカリ電池やボタン型充電電池が開発されるなど種類やサイズの変革にも影響を与えた。

最も究極的な省電力化技術は太陽電池の採用であろう。これには液晶表示の登場が大きく貢献しており、液晶が自発光素子でないという最大特徴を活かし、1チップ化されたLSIと蛍光灯の明るさでも十分に作動させ得る太陽電池技術が結びついて、狭いスペースに装着された小さな電池セルで十分に作動させるまでの技術に至った。これこそ文字通りの省電力化であり「電池が省かれた」のである。電卓から電力供給のための電源を排除したことは単にコスト面のみならず環境対応の面からも特筆されることである。

### 4-11-3 薄型化への追究

携帯性をさらに追究していくと薄型化への開発研究になる。従来から常識だった硬質基板の材質を樹脂系統にし、LSI及び他の素子もチップ化し基板に実装する高密度実装技術が開発された。入力部もキーボタンを無くしてシート上にキーの図柄を描き、その下部には導電性インクで印刷した回路で通電させる技術で薄型化が進行した。これらの技術は最近の家電品の操作部にも応用されている。

薄型化の技術が確保されれば次は可能な限り小型化し名刺サイズやクレジットカードサイズの実現で市場での優位性を狙うことになった。その結果1mmとか0.8mmなどの極限までの薄型化が達成され、電卓も誕生してから20年弱で厚さが525分の1(CS-10AとSL-800の対比)までになった。驚異的な薄型技術は日本の技術力を世界に示す好例となった。

### 4-11-4 液晶表示の採用

電卓の表示に液晶を採用して成功したことは計り知れない効果をもたらした。消費電力の大幅低減をもたらしたことは勿論、液晶ドット表示で関数の曲線グラフ表示や、文字表示、キャラクター表示などが実現した。この技術が液晶ワープロ開発のさきがけになり、後の電子手帳、電子辞書、ワープロ、PDA、ポケットPCほかあらゆる機器の表示に採用されることになった。また後年のTFTカラー液晶は液晶TVやカーナビゲーション、DVDプレーヤーなど、あえて挙げるまでもない。

#### 4-11-5 高機能化・複合機能の付加

機能面においては「計算」と言う場面を徹底的に解明分析して新製品の開発を行なったことにより関数計算などの機能で技術分野や、%・日数計算など金融計算分野などに応じた専門機能の付加で製品ラインが拡がり、新市場を切り開いた。またプログラム機能ともマッチさせてポケットコンピュータやハンドヘルドパソコン、業種別ハンディターミナルという形で新製品分野へ繋げていった。

一方全く新しい考えから電卓以外の製品機能である時計機能などを合体させ、複合機能電卓を開発し新たな市場を生み出し、液晶ドット表示により文字表示機能を開発し、カレンダー、メモ、電話帳、住所録などの機能を備えた電子手帳を誕生させた。またこれらに用途別のICカードを装着して使用領域を大きく拡げ、PCとの連動も可能にしてPDA（携帯情報端末）へと進化していった。PDAは更に進化してパソコン機能を吸収し、更に他のデジタル情報機器とも接続可能になり、一段と高機能化されていった。

### 4.12 そして電卓は今・・・

以上のように電卓は進化・成熟してきたが、だからと言って電卓がなくなったわけではない。現在も生産拠点はアジア地域、それも中国で生産された日本メーカーのブランド品が輸入されている。製品の企画や生産については国内のヘッドクォーター部門で世界各地の需要予測とその傾向をつかみ、海外拠点で設計、資材

調達のオペレーションを行い、生産・管理をしているのが現状である。製品の傾向を見ても一般機能の製品はいたずらに小型化・薄型化には走らず、最も使いやすい形状、太陽電池活用などの省エネ、外装の堅牢さも加え、品質の安定度が高い製品となっている。

現在店頭で見られる電卓のジャンルは大きく分けて次のように分類されているようである。

- ①標準機能電卓：一般的に使用するに適した電卓
- ②商売用に便利な機能がある電卓（税・%機能など）
- ③子供の学習に向けた電卓（ドリル機能など）
- ④関数電卓
- ⑤特殊機能の電卓（PCのテンキー入力兼用など）

香港、中国など現地メーカーの電卓製造技術も進展はしているが、高度な機能の製品群は日本では見られずクロック付きなどの複合機能やギフト記念品向けのデザインに重点を置いた製品が多く見られる。

最後に、日本の電卓技術はその優秀さを米、英から賞賛され、ニューヨーク近代美術館、スミソニアン博物館、大英博物館に展示・保存されることになった。以下にそれらの製品を記す。

〈N.Y.近代美術館〉

シャープEL-8152（写真4.46）1979年1.6mmカード  
カシオSL-800（写真4.47）1983年0.8mmカード

〈スミソニアン博物館〉

カシオfx-7000G（写真4.42）1985年 グラフィック関数

〈英 大英博物館〉

シャープコンペットCS-10A（写真3.1）

〈第4章で使用した写真・図・表・資料のリスト〉  
(写真)

- 4.1：パラメトロン（情報処理学会Web）  
4.2：磁気コア（東京理科大学近代科学資料館）  
4.3：カシオAL-1000（カシオ）  
4.4：1桁分基板と実装（筆者：シャープ歴史館・カシオ）  
4.5：シャープCS-20A（電卓関連Web）  
4.6：シャープCS-31A（シャープ）  
4.7：シャープCS-16A（シャープ）  
4.8：カシオ152（カシオ）  
4.9：シャープQT-8D（シャープ）  
4.10：基板MOS・LSI（筆写撮影：シャープ歴史館）  
4.11：カシオミニ（カシオ）  
4.12：シャープEL-801（シャープ）  
4.13：COS基板（筆写撮影：シャープ歴史館）  
4.14：シャープEL-8010（シャープ）  
4.15：シャープEL-8009（シャープ）  
4.16：ニキシー管（電卓関連Web）  
4.17：ニキシー管の分解（筆写撮影：カシオ）  
4.18：蛍光表示 単管・平面多桁管（Web、筆写撮影）  
4.19：LED表示の実装（電卓技術教科書）  
4.20：ビジコンハンディLE-120A（電卓関連Web）  
4.21：シャープEL-805（シャープ）  
4.22：カシオポケットLC CL-811（電卓関連WEB）  
4.23：液晶表示画面（筆写撮影）  
4.24：シャープEL-8160（シャープ）  
4.25：プリンタユニット（筆写撮影）  
4.26：カシオJP-1（カシオ）  
4.27：キャノンポケトロニク（東京理科大学近代科学資料館）  
4.28：リードスイッチ実装写真（筆写撮影）  
4.29：樹脂キーと導電ゴムシート（筆写撮影）  
4.30：ゴムキー（筆写撮影）  
4.31：シャープEL-8130とキー部（シャープ）  
4.32：手書き入力部（筆写撮影）  
4.33：手書き手順の説明（筆者撮影）  
4.34：ペンタッチ入力部（筆写撮影）  
4.35：シャープEL-8026（シャープ）  
4.36：カシオPR-144（カシオ）  
4.37：シャープPC-1211（シャープ）  
4.38：カシオfx-1（カシオ）  
4.39：カシオfx-10（カシオ）  
4.40：シャープEL-5100（シャープ）  
4.41：カシオfx-502P（カシオ）  
4.42：カシオfx-7000G（カシオ）  
4.43：シャープCS-6500（筆写撮影：シャープ歴史館）  
4.44：カシオでんクロCQ-1（カシオ）  
4.45：カシオミニカードLC-78（カシオ）  
4.46：シャープEL-8152（シャープ）  
4.47：カシオSL-800（カシオ）  
4.48：薄さのイメージSL-850（筆写撮影）  
4.49：ロール状フィルム基板（カシオ35年史）  
4.50：カシオPF-3000（カシオ）  
4.51：シャープPA-7000（筆写撮影：シャープ歴史館）
- (図)
- 4.1：磁気コア（筆写作成）  
4.2：蛍光表示管の構造（ノリタケ伊勢電子Web）  
4.3：TN液晶の原理（シャープWeb）  
4.4：モザイク表示（シャープWeb）  
4.5：ドット表示（シャープWeb）  
4.6：インクジェット方式図（カシオ35年史）  
4.7：リードスイッチの構造（日本アレフWeb）  
4.8：電卓技術の開発導入と進化（筆写作成）  
4.9：電卓技術と機能の系統図
- (表)
- 4.1：演算素子数の変化（日本事務機械工業会30年史より作成）  
4.2：消費電力の低下推移（筆写作成）  
4.3：デスクタイプ・手帳・カードタイプの形状比較（筆写作成）
- (資料)
- 資料1：報告書記載モデルの主な仕様一覧  
資料2：年表で見る電卓技術の発展推移（筆写作成）

資料1 報告書記載モデルの主な仕様一覧

サイズ:幅×高(厚)×奥行 (寸法は概数、薄型のみコマズ以下表示) 不明部分:(-)

写真No. メーカー名 型式名	3.1 シャープ CS-10A	3.2 キヤノン 130	3.3 ソニー MD-5	3.4 大井電気 777E-101	3.5 カシオ 001	3.6 ビジコン 161	4.3 カシオ AL-1000	4.5 シャープ CS-20A	4.6 シャープ CS-31A	4.7 シャープ CS-16A	4.8 カシオ 152	4.9 シャープ QT-8D	4.11 カシオ カシオミニ
発売年	S39 1964	S39 1964	1964発表機	S39 1964	S40 1965	S41 1966	S42 1967	S40 1965	S41 1966	S42 1967	S43 1968	S44 1969	S47 1972
表示桁数	20	13	10	10	10	16	14	14	14	12	15	8	6
演算桁数	20	13	20	10	積20	16	14	14	14	12	15	8	12
表示方式	ニキーン	光点式	ニキーン	ニキーン	ニキーン	ニキーン	ニキーン	ニキーン	ニキーン	ニキーン	ニキーン	ニキーン	ニキーン
演算素子	トランジスタ	トランジスタ	トランジスタ	トランジスタ	トランジスタ	トランジスタ	トランジスタ	トランジスタ	トランジスタ	トランジスタ	MOS・IC	MOS・IC	ICチップLSI
特記事項	10キボート	10キボート	開平機能	開平機能	メモリー	磁気コアメモリー	メモリー	メモリー	メモリー	メモリー	メモリー	メモリー	メモリー
サイズ(mm)	420×250×440	350×225×467	350×220×430	550×365×515	370×250×480	(-)	380×230×445	400×220×480	400×220×480	294×117×317	290×135×350	135×72×247	146×42×77
重量	25kg	18kg	10kg	(-)	17kg	(-)	11kg	16kg	13kg	4kg	5.2kg	1.4kg	315g
電源	AC	AC	AC/DC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	DC
消費電力(W)	90	50	11	300	40	(-)	30	35	25	10	(-)	4	0.85
価格(¥)	535,000	395,000	発売せず	800,000	380,000	298,000	328,000	379,000	350,000	230,000	250,000	99,800	12,800

写真No. メーカー名 型式名	4.12 シャープ EL-801	4.14 シャープ EL-8010	4.15 シャープ EL-8009	4.20 ビジコン LE-120-A	4.21 シャープ EL-805	4.22 カシオ CL-811	4.24 シャープ EL-8160	4.26 カシオ JP-1	4.27 キヤノン ボケトロニク	4.31 シャープ EL-8130	4.35 シャープ EL-8026	4.36 カシオ PR-144	4.37 シャープ PC-1211
発売年	S47 1972	S50 1975	S50 1975	S46 1971	S48 1973	S50 1975	S54 1979	S44 1969	S45 1970	S52 1977	S51 1976	S42 1967	S55 1980
表示桁数	8	8	8	12	8	8	8	15	12	8	8	14	24
演算桁数	8	8	8	12	8	8	8	15	12	8	8	14	10+2
表示方式	LED	LCD	LCD	LED	LCD	LCD	LCD	インジエクト	感熱方式	LCD	LCD	プリント	LCD
演算素子	CMOS・LSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	1チップLSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	MOS・IC	MOS・LSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	太陽電池併用	CMOS・LSI
特記事項	導電コASW	COS実装LCD	7104基板	1チップ第1号	LCD第1号	FEM・LCD	文字表示	インジエクト	インジエクト	キボート	太陽電池併用	7104機能	BASIC
サイズ	74×28×104	76×9×129	開89×19×71	64×22×123	78×20×118	64×12×105	64×6×117	300×155×355	101×49×208	68×5×124	66×10×109	(-)	175×15×70
重量	225g	100g	115g	300g	200g	75g	77g	7.3kg	880g	65g	65g	(-)	170g
電源	DC	AC/DC	DC	DC	DC	DC	DC	AC	AC/DC	DC	太陽+充電池	AC	DC
消費電力	0.5	0.025	0.025	0.3	0.02	0.01	0.0008	32	1	0.00035	0.0007	(-)	0.009
価格	39,000	9,900	12,800	89,800	26,800	7,900	6,900	245,000	87,000	8,500	24,800	(-)	43,000

写真No. メーカー名 型式名	4.38 カシオ fx-1	4.39 カシオ fx-10	4.40 シャープ EL-5100	4.41 カシオ fx-502P	4.42 カシオ fx-7000G	4.43 シャープ CS-6500	4.44 カシオ CQ-1	4.45 カシオ LC-78	4.46 シャープ EL-8152	4.47 カシオ SL-800	4.50 カシオ PF-3000	4.51 シャープ PA-7000
発売年	S47 1972	S49 1974	S54 1979	S54 1979	S60 1985	S55 1980	S51 1976	S53 1978	S54 1979	S58 1983	S58 1983	S62 1987
表示桁数	12	8	24	10+2	10+2	16	8	8	8	8	12	93×32
演算桁数	12	8	10+2	10+2	10+2	16	8	8	8	8	12	10
表示方式	ニキーン	蛍光表示管	LCD	LCD	LCD	蛍光表示管	蛍光表示管	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD
演算素子	ROM・LSI	1チップLSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI	CMOS・LSI
主要機能	関数1号機	関数1号機	完全裁式	プログラム機能	プログラム機能	音声合成	時計機能	薄型手帳	薄型手帳	薄型手帳	薄型手帳	電子手帳
サイズ	240×78×315	95×33×150	175×9×70	71×9×141	83×14×167	244×92×255	144×33×64	91×3.9×55	54×1.6×96	85×0.8×54	開84×12×140	開80×14×142
重量	2.3kg	330g	120g	103g	155g	1.6kg	148g	39g	36g	12g	140g	145g
電源	AC	AC/DC	DC	DC	DC	AC	AC/DC	DC	DC	太陽電池	DC	DC
消費電力	18	0.45	0.0009	0.0008	0.07	6.2	0.15	0.0006	0.0002	(-)	0.02	0.015
価格	325,000	24,800	16,800	24,800	19,800	59,800	14,000	6,500	7,900	5,900	11,000	19,800

資料2 年表で見る電卓技術の発展推移

昭和 西暦	23 1948	24 1949	25 1950	26 1951	27 1952	28 1953	29 1954	30 1955	31 1956	32 1957	33 1958	34 1959	35 1960	36 1961	37 1962	38 1963	39 1964	40 1965	41 1966	42 1967	43 1968					
おおよその時代区分	電卓前史(そろばん・計算尺・手動式計算機・海外製電動式計算機の時代)										国産機械式試作を経てリレー式計算機の時代											電卓誕生～成長時期				
演算素子 メモリ素子	歯車などのメカ式 (手動式・電動式計算機)										リレー式 (純電気式計算機)											真空管	パラトロン	トランジスタ 500～600 個	IC化 →MOSIC 100～50、60	
表示技術	文字が表示された歯車が表示窓に現れるメカ式										豆球(リレー式計算機)					数表示放電管(ニキシー管)										
プリント技術	計算結果のプリントを必要としたのは加算器が主体で、駆動は歯車式。字輪とインクリボンで記録した。										樹脂製字輪、リボンに代わるインクロール式なども出															
入力技術	置数レバー、キーボタンでのメカ入力セット、金属面接触など										リード															
電源	AC電源										プリント式電卓は現在でもAC電源を継続										現在に至る					
機能	四則計算が主										リレー式の時代には開平・プログラム機能も出た										プログラム	ホ	多機能化			
形状	卓上型										事務用デスクサイズ(リレー式)など										卓上型	当初はデスクの半分程度だ				
主要製品											(Ca)14-A	14-B	(Sha)CS-10A	(CA)130	(大)アレフセロ101	(S)ソパックス	TUCAL-1	(Ca)001	-20A	-31A	-16A	(Bi)161	AL-1000	152	PR-144	

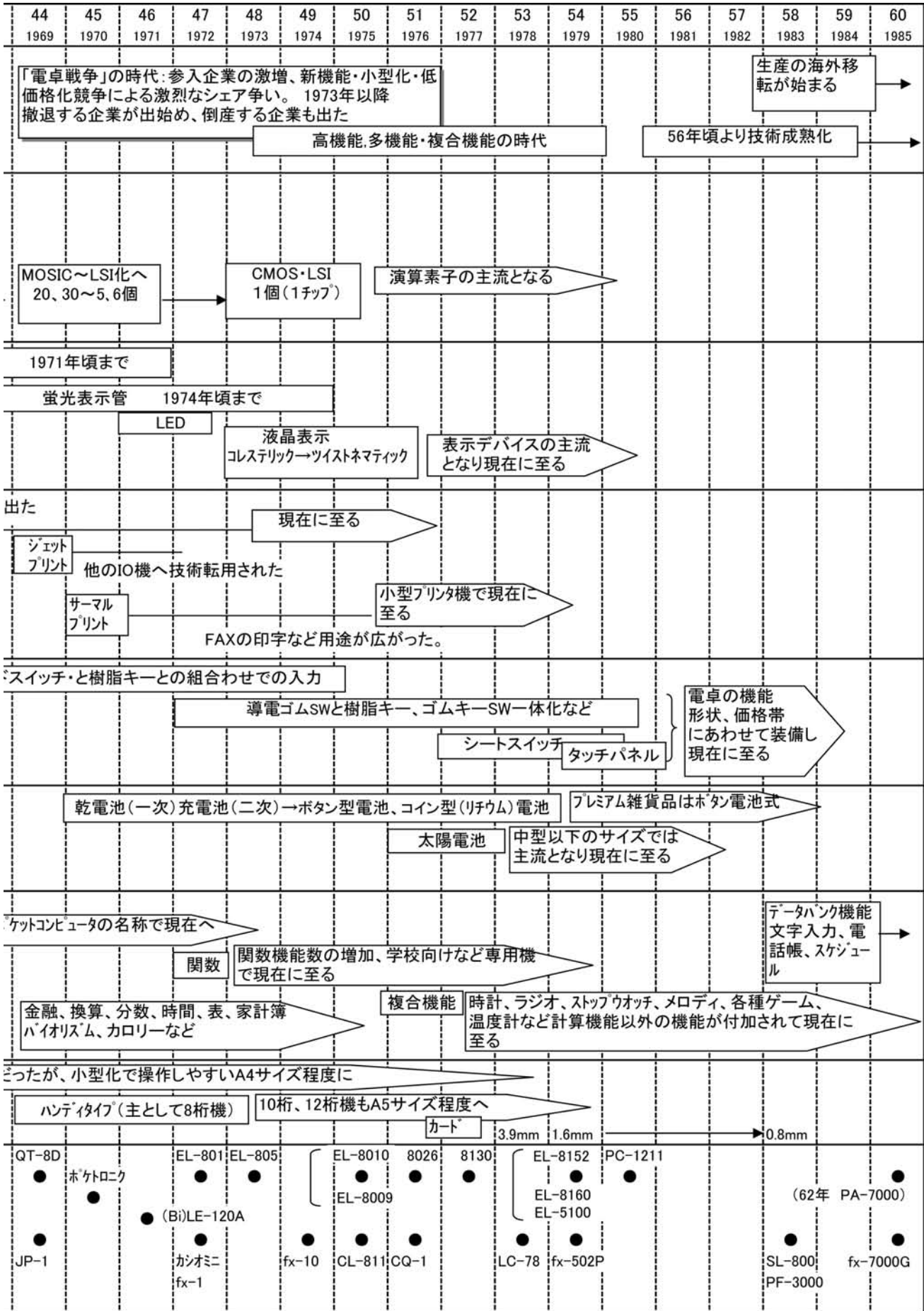


図4.8 電卓技術の開発・導入と進化

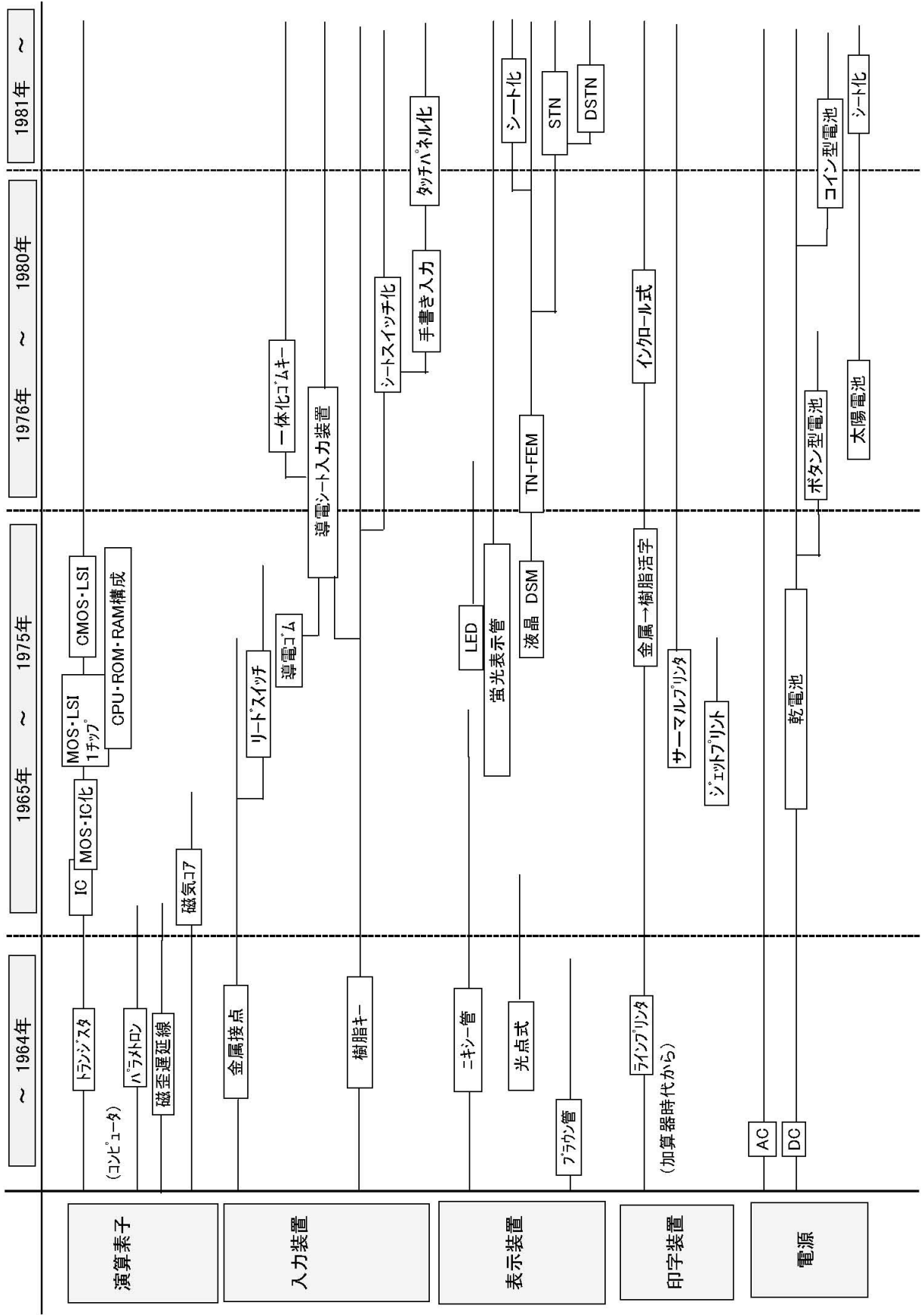
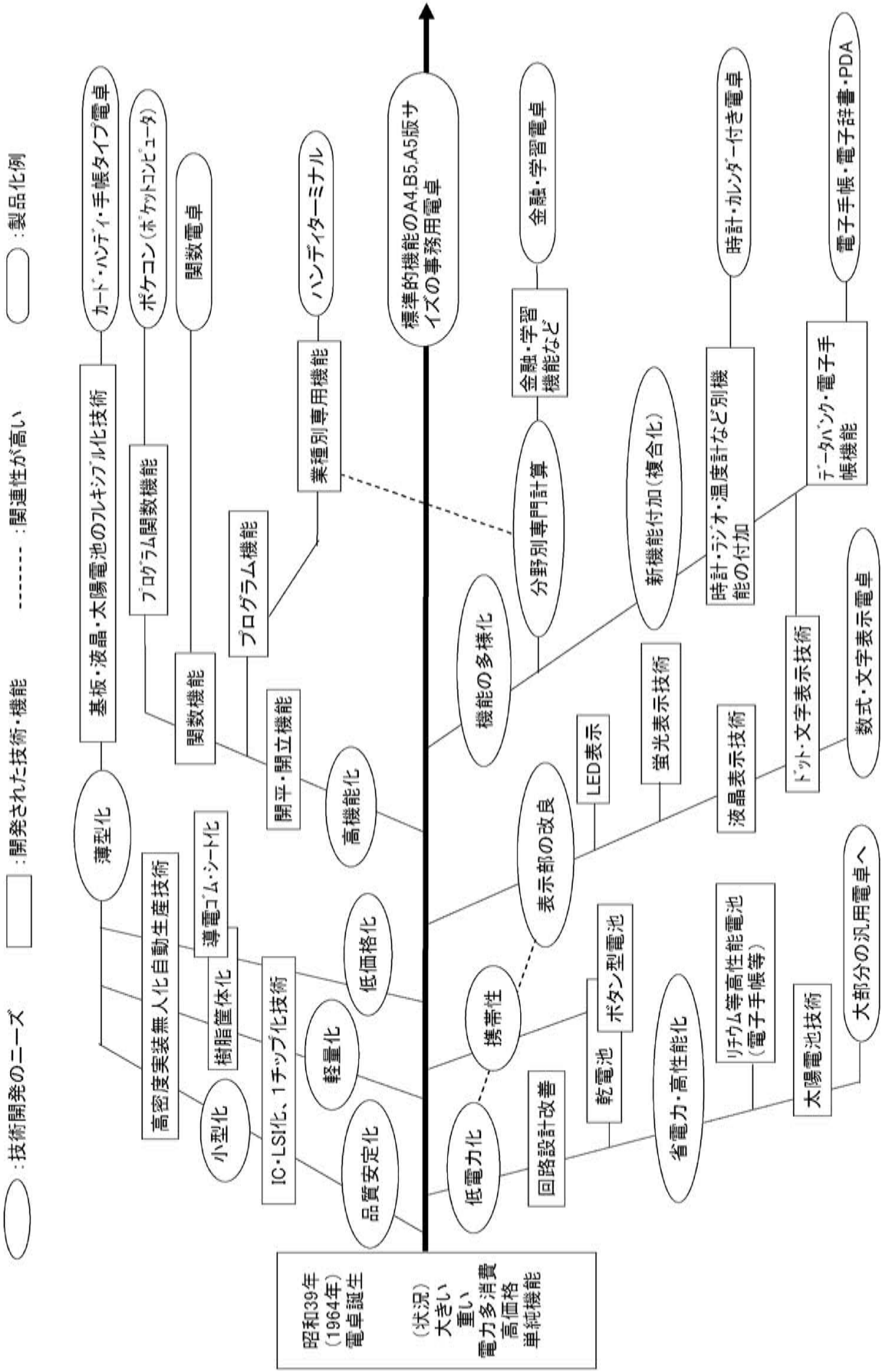




図4.9 電卓技術と機能の系統図



# 5 | 電卓産業がもたらしたわが国の経済的・社会的効果

この章ではわが国電卓産業がその発展過程においてもたらした様々な経済的・社会的な効果・影響などについて記す。

## 5.1 電卓とわが国の半導体産業

ここまで述べてきた通り電卓が誕生した昭和39年(1964年)は、時あたかも高度成長という経済的背景と、それに伴う事業活動の活性化に合わせて事務合理化の機運は大いに高まっていた。これを受けて電卓は造れば造るだけ売れていく好況を示し、産業として自立を始めた。そして昭和60年(1985年)頃までの20年ほどの間に驚異的な技術革新が進み、製品の機能・形状を様々な形に展開しつつ大きな需要を獲得し、市場を拡大して産業規模は一時2,000億円までに達した。

この過程において電卓産業はトランジスタラジオの成功によって立ち上がったわが国半導体産業の成長・発展に非常に大きな寄与をしたと言われている。ここではわが国半導体産業の立ち上がり時期と電卓産業のかかわりについて記述する。

### 5-1-1 わが国の半導体産業の立ち上がり

この項においては章末の表5.1「電卓・集積回路・液晶に関する各種統計データ」および図5.1「電卓生産数量・金額・集積回路生産金額推移グラフ」を参照しつつ理解していただきたい。

#### ①トランジスタラジオのヒットによる効果

トランジスタが米国のベル研究所で最初に発明され、その後発明者たちの離合集散を経てフェアチャイルドやインテルなどの新しい企業が生まれ、そこでは新たにIC・LSIが開発生産されたが、その殆どが米国の国家事業用に向けられて民生機器向けには流れてこなかった。

一方、わが国は早くからトランジスタの民生機器への採用を考え、昭和30年(1955年)ソニーが最初のトランジスタラジオTR-52で成功した。それに続くTR-55は世界中から注目され、昭和31年(1956年)頃から若者を中心にトランジスタラジオが爆発的な売れ行きを示した。

この年、日本のトランジスタ生産は年間8,600万個になり、世界最大の生産国となった。しかも昭和28年(1953年)時点で1個4,000円したものが、5年後の33年末には1個200円台までに下がったのである。

#### ②IC産業の胎動

初期の電卓に採用されたトランジスタはゲルマニウムから始まり、シリコントランジスタを経て、IC・LSIの時代に移って行ったがこの過程でわが国の電卓産業はその急速な成長期においてIC・LSI産業隆盛の原動力となったのである。これについては3-1-1の項のシャープの電卓誕生期を記述した部分で紹介した佐々木正氏の活躍が非常に大きい。

米国の半導体企業はICの生産をミサイルはじめ各種の軍用機器や航空宇宙向けといった国家事業分野への供給が主目的であった。国は豊富な予算を持っているので、企業が研究開発に莫大な費用をかけて開発して作り上げたものを価格に関係なく購入してくれる上得意先だった。そのために民生機器向けへの供給ということは当初から全く考えていなかった。これに対し日本は当初から民生機器向けに採用することを考えていたのであって、スタート時点からわが国と米国の半導体産業への取り組み姿勢の違いが明白だったのである。

ICは電卓が小型、軽量、低消費電力化へ進展していくに合わせて素子はバイポーラ型IC→MOS型IC→MOS型LSI→CMOS・LSIと技術進展していったが、佐々木氏は昭和41年(1966年)頃、構造が単純で集積度を高めるのに適したMOS型ICを電卓に採用するためにまず日立、日電、三菱の三社に生産依頼の契約を結び、供給を受けて昭和42年(1967年)初めてMOS・IC搭載の電卓が誕生した。わが国IC産業が動き始めた頃である。

次に佐々木氏は更に集積度を高めたMOS・LSIを電卓に採用することを考え、再び生産依頼を行なったが今度は、相手の各社はMOS・ICで莫大な設備投資をさせられた直後であったことと、その時期に流れた「MOS・LSIは問題が多く失敗する」という情報が半導体メーカー側に流れており、全く受け入れられなかった。

#### ③米国にMOS・LSIを求め歩く

国産MOS・LSIの入手が困難になったシャープの佐々木氏はすぐに米国のフェアチャイルド社、TI社(テキサスインスツルメンツ)など10数社を訪問して依頼したが、彼らは相変わらず軍需はじめ国家事業向けの仕事で手一杯で日本企業からの依頼をことごとく断った。彼らには民生機器向けへの供給は儲からないとの考えが変わっていなかった。MOS・LSIの将来性

を再三説得しても米国各社の考えは変わらず、佐々木氏は諦めて日本へ帰国する直前、ノースアメリカンロックウエル社から連絡が入り、生産依頼を受けると言ってきたのである。彼はその場でMOS・LSIを300万個、3,000万ドルの生産依頼契約を交わすことに成功した。

こうして米国から入手したMOS・LSIを搭載した電卓が昭和44年（1969年）に登場し、電卓はMOS・LSIの時代になったのである。

#### ④国内半導体企業の反応

MOS・LSI搭載を搭載した電卓のヒットと参入企業の増加で活況を呈した電卓産業をTI社ははじめ米国各社は「MOS・LSIこそ最も儲かる金のなる木」と俄然目を向けるようになり、米国半導体メーカーは日本の電卓メーカーから注文をとるべく奔走を始めた。

ちょうどこの時期にTI社は電卓用LSIを供給する日本法人を設置することを企画し、日本政府との交渉を経て埼玉県にTI社の電卓用LSI工場を設置した（図5.1参照）。このような電卓と半導体産業の活況を目のあたりにしたわが国メーカーは受注量が激減し「シャープの佐々木はLSIを米国に注文して外貨を浪費している。国賊だ」と本末顛倒な非難を浴びせたという。

これに対し佐々木氏は「ICを提案して大量発注したのはシャープはじめ各電卓メーカーであって、電卓産業が日本の半導体産業の発展のきっかけをつくり、電卓の技術的進歩がLSIを生み出し、このような電卓メーカーの努力があってこそ半導体産業が飛躍することになったのだ」という。この出来事以降、日本の半導体メーカーも本格的量産体制に入った。

昭和46年（1972年）にはLSIは1個の時代（1チップ）になり、1万円台の電卓が登場して、市場を一変させ、わずか1年未満で100万台を売上げるほどになり、わが国に莫大なLSI需要を生み出したのである。

このようにわが国の半導体産業はトランジスタラジオ及び電卓の誕生とその成長をステップにして飛躍し、一気に民生機器分野のみならず産業分野など多方面に浸透していった。半導体生産技術そのものも飛躍的に向上し、一時は本家の米国を凌ぎ、世界一の規模を誇るようになったのである。

### 5-1-2 日本の半導体産業成長の要因

筆者は日本人と米国人を較べると、モノ造りに対する考え方に大きな違いがあると考えている。

#### ①モノ造りに対する考え方の違い

米国人は国の成り立ちが示す通り、その広大な国土に根ざす開拓者精神が非常に旺盛で、これが起業家を

生み出す素地となっている。企業内でも起業段階でも基礎研究はまず源流であり、最上位に位置する分野として最も重視する。従ってこの段階では大きな努力を行なって新発見・発明に成功することが榮譽とされる。そしてまず特許登録は行なうが直ちに商品化するというケースは少ないのではないかと。

それに較べ、日本人は新技術を製品に応用する能力はきわめて優秀であろう。その事例は電卓に搭載した液晶技術（後述）の成功がよく示している。米RCA社は液晶の動作までは研究済みでありながら、製品化せずに放置同然であったという。貴重な技術が埋蔵されたままだったのである。

#### ②モノ造りに熱心な日本人の特性

日本人の考え方は、モノ造りで言えば「生活に便利な物を造って成功したい」といった発想が非常に強い。この考え方が新技術を商品化する能力の高さを引き出している。これは日本人独特なものといわれる。近年では国際化の進展で一概に断言は出来ないが、同じ東洋人でも中国では古来より学問・芸術文化、官僚分野が最も尊ばれ、韓国でも学者や組織の管理者がまず最初に尊敬され、手を油で汚してモノを造る職業は敬遠されるといった思想があったようである。

日本人の好奇心の強さは世界一ではないかといわれる。日本は東洋の遥か辺地の小さい島国であり、西欧国家からは辺境の国と見られ、また日本人自身も文化の遅れた小国の民族という自意識が強く、そのことが遣唐使などで早くから大陸文化の吸収に努め、戦国時代には鉄砲、蘭学など海外の文化・学問・技術を積極的に進取する精神を発揮した。ルイスフロイスやシーボルト、黒船のベリリーも日本人の旺盛な好奇心と、初めて見聞する事物への関心の高さを認めている。この精神はそのまま明治以降の文明開化に引き継がれ、西欧の技術をすぐに製品化し自国のものにしていった。このような民族の根本的な思想の違いが、わが国半導体産業を大きく育てた要因の一つにも挙げられるであろう。

## 5.2 電卓産業成長の軌跡

この項においてはわが国電卓産業の成長の軌跡を統計データ等に基づいて記述したい。従って章末の表5.1「各種統計データ」の電卓に関するデータ部分、及び「図5.2電卓生産数量の国内・輸出内訳と輸入数量の推移グラフ」「図5.3電卓生産金額推移グラフ」「図5.4電卓生産数量と平均単価推移グラフ」を適宜参照されたい。

### 5-2-1 生産数量・輸出・輸入数量の推移

生産数量の推移は表5.1及び図5.2のグラフに示す通り、昭和40年（1965年）の4,000万台から毎年倍々で伸び、昭和45年（1970年）には100万台を突破、5年後の昭和50年（1975年）には30倍の3,000万台に達し、昭和55年（1980年）にはその倍の6,000万台に、更に昭和60年（1985年）にはピークの8,600万台を記録した。

このように急激な伸びを示した要因は、高度経済成長という時代背景を追い風に、大きな設備投資を必要としなくても簡単に組み立てられるIC、LSIの低価格での大量流通と参入企業の増加、小型軽量化・低価格化による、オフィスあるいは個人需要の高まりが国内及び西欧先進国中心の海外市場を大きく拡げていったことによる。

輸出比率は平均して60～70%で推移しているが、最も輸出比率が高かったのは昭和52年の88.5%であった。輸出数量の最大の年は昭和59年の6,600万台で輸出金額は1,636億7千万円で金額面でもピークとなった。いかに日本の電卓が世界の電卓市場を席巻していたかが理解できる。まさに電卓産業が工業輸出国日本のリーディングインダストリーの地位を誇った時代である。輸出比率の高い企業は通商産業省（現経済産業省）から外貨獲得に寄与したとして表彰され、「輸出貢献企業」のプレートが授与され、各メーカーは誇りを持って事業所に掲げたものである。しかし昭和62年以降はアジア勢を中心とする海外生産品の輸入増加に伴い、輸出比率は半分程度に落ち着いた。

それでは輸入の状況はどうであったのかを生産数量の推移と重ね合わせて見てみたい。図5.2を見ると判る通り、昭和50年代後半よりアジアNIES、ASEAN地域へ生産移転した現地生産の日本メーカー品の逆輸入が昭和60年（1985年）頃から始まった。以降、毎年わが国には2,000～3,000万台の海外生産品が国内市場向けに輸入されている。

### 5-2-2 生産金額の推移

図5.3で生産金額の推移グラフをみると統計を取り始めた昭和40年に18億円からスタートしたが、その後42年には115億円、5年後の45年には高度成長経済下での大阪万博景気も手伝い、1,300億円と、一気に1,000億円産業までに成長した。昭和50年には約25%増の1,620億円を記録したが、その背景は電卓の主要部分であるCMOS・LSIの1チップ技術や液晶表示技術が主流となり始めた時期で、生産、販売、輸出に拍車がかかった。昭和55年にはピークの2,020億円にまで到達し、日本の先端基幹産業とも呼ばれるほどになった。

その後数量は引き続き上昇しつつも、単価下落が影響し始め、金額は下降し、昭和60年には1,670億円程度になった。この頃には既に海外生産が軌道に乗りはじめ、アジア地域からの輸入があって、国内生産は平成2年になると1,066億円とピーク時の半分になり、平成7年には300億円程度にまで下がった。反面国内需要に関してはアジアからの輸入電卓が代替することとなった。

### 5-2-3 平均単価の推移

「小型自動車の値段から1冊の本の値段に」。

表5.1の「統計データ」の平均単価欄を見ると昭和40年には平均単価が約420,000円で始まり、小型自動車に近い価格であった。その後の単価下落の勢いは凄まじく、昭和44年（1969年）頃から昭和51年（1976年）頃までの間、計算機専業メーカーのみならず、家電、カメラ、事務機械、文具メーカーなど種々の業種から多くの企業が参入し、電卓戦争状態を呈し、価格は一気に下落し、数千円までのレベルまでに落ちた。図5.4は生産数量と平均単価の推移をグラフ化したものである。単価の下落線と数量の上昇が明確にクロスしていることがわかる。

最近の電卓の希望小売価格を見ると、上は通常オフィスで事務用に使用する標準機で10,000円以上するものもあるが、下はポピュラーな小型のもので3,000～5,000円内外といたところが見られる。さらに景品・記念品やプレミアムグッズにもなると、500～600円のものまであり、種々雑多である。

## 5.3 電卓が呼び覚ました液晶技術

今日、我々の身の回りに見られる民生用デジタル機器、家電製品はじめあらゆる分野の機器にIC・LSIがマイコンという形で組み込まれ、また表示部には液晶表示装置が組み込まれているのを目にすることが出来る。

表5.1の統計データで液晶の欄を見て判るとおり、電卓に初めて液晶を搭載した昭和48年時点では統計はとられていないが、その後液晶が広く浸透しはじめたことを受けて経済産業省は昭和56年（1981年）から統計を開始した。液晶素子の生産高はその時点で340億円、5年後の昭和60年（1985年）には約520億円に成長し、平成2年（1990年）には1,825億円に達している。集積回路の生産金額データとを合わせ見ると、この両者は平成12年（2000年）には集積回路が4兆4,000億円の大規模産業になり、LCDデバイスは1兆4,000億円の規模に達し、以降も成長を続けている。

もし電卓に液晶を採用しなかったならば、現在のよ  
うな液晶表示産業の姿はどんなであったろうか。

章末の表5.2「液晶技術の推移と組込み製品例」を  
見れば集積回路の進歩とともに歩んできた液晶表示技  
術がどのような民生機器に表示デバイスとして搭載さ  
れているかが理解できるであろう。年代区分は凡そで  
あるので了承いただきたい。液晶表示はこのように広  
い分野に波及効果をもたらしたのである。

#### ●忘れてはならない水晶発振子（クォーツ）の寄与

また、この表に示した様々な製品の中にはデジタル  
時計で親しまれている水晶発振子（クォーツ）が組み  
込まれていることに気がつくであろう。このデバイ  
スを世界最初に時計に組み込んで製品化されたのが昭和  
44年（1969年）であるが、以来各種の民生用機器にお  
いてタイマー機能を備えるものは全て水晶発振子が使  
われるようになったのである。

筆写なりに言わせてもらえば「IC・液晶・クォーツは  
先端部品の三種の神器」と言い換えることも出来よう。

## 5.4 電卓戦争とはどんなものだったのか

電卓戦争はいつ勃発し、いつ頃終息したのかの正確な  
記録があるわけではない。既に述べてきたように電卓  
は誕生からわずか2年後に素子の集積化技術が生まれ  
てICはいとも簡単に製造することが出来るようになった  
ことと、日本に進出した米TI社が電卓用ICを大量  
に安価で販売し始めたこともあり、昭和42～43年頃  
（1967～1968年）頃には家電メーカーをはじめ、多くの  
異業種も一斉に参入してきて、昭和50～51年頃（1975  
～1976年）頃までの一時期、市場において性能、機能、  
形状、小売価格で激しいシェア争いが展開されたので  
ある。

第4章の章末にある<資料2>「年表で見る電卓技術  
の発展推移」の下部に挙げた製品群は電卓の歴史の中  
で特筆すべき技術革新があったもののみをごく絞り込  
んで掲げたものであるが、実際には多くのメーカーから  
膨大な種類の製品が市場に並んだのである。

### 5-4-1 ブランド・モデル数の状況

当時、あるメーカーが12桁1メモリーの標準型の電卓  
を仮に50,000円程度で発売したとする、すると2ヵ月  
後には別のメーカーが同じ機能、性能のものを48,000円  
で発売する。一年も経たないうちに第三のメーカーがメ  
モリー2つ備えて45,000円で発売してくる、といった  
価格競争が店頭で繰り返されたのである。

因みに昭和46年（1971年）と昭和47年（1972年）時

点での電卓のブランド数とモデル数を表5.3に示した。

表5.3 電卓ブランド数・モデル数

ブランド名	S46 (1971)	S47 (1972)
シャープ コパット	22	29
キヤノン キノワ等	13	12
カシオ	12	9
ビジコン	16	14
東芝 トスカル	16	15
リコー リコマック等	11	11
日立 エルカ	9	9
三洋 サコム	9	7
日本コンピュータ	6	(撤退)
立石 オムロン	6	6
ソニー ソパックス	5	8
高千穂 パローズ	5	5
服部 セイコー	5	4
コクヨ	4	6
丸紅 ディール	4	4
オリベッティ	3	5
ビクター	3	6
モンロー	3	3
レミントン	3	3
栄光 エトレックス	3	3
NCR	3	3
ゼネラル	3	3
松下 パナック	2	2
オリンピア	2	2
シチズン	2	7
タイガー	2	2
コモドール	1	—
不二商 フジマックス	1	2
シルバーリード	(未参入)	6
サヨー・シャープ JBM	(未参入)	3
シグマ	(未参入)	6
日本金銭 ニスコ	(未参入)	2
ヒュレットパッカー	(未参入)	1
クラウン プブ	(未参入)	2
ミノルタ ミノルソ	(未参入)	1

情通新聞社「ビジネスマシーニズ イヤーブック  
1971年版・1972年版」より作成

### 5-4-2 生きるか死ぬかのサバイバル競争

前項の表にある2年間に存在したブランド数は35、  
モデル数は昭和46年が174モデル、昭和47年が201モデ  
ルである。この中には日本のメーカーが海外企業から  
OEM受注を受けて生産した海外ブランド名もあるが、  
輸出向けのみならず国内でも商社が販売していた。

いかに販売競争が凄まじかったが理解できるであ  
ろう。またここには個別のモデル名は書ききれないので  
省略したが、わずか1年の間にモデルは大部分が入れ

替わっているのである。

このような乱戦市場では資本力の差や商圏に弱い脆弱なメーカは返品・在庫の山を築き、次第に経営が行き詰まって行ったのである。



写真5.1 当時の電卓ライン

そして昭和47年（1972年）にはカシオが6桁電卓で12,800円という超低価格モデルカシオミニ（写真4.11）を発売したことによって、それまで8桁機で30,000～40,000円近くしていた価格の常識が完全に覆えり、業界内にいわゆる「カシオミニショック」が走ったのである。

これによって電卓は個人で購入できる価格になり、家庭内にも一気に普及した。このため各メーカは根本的に市場の分析と製品戦略の見直しを余儀なくされることになった。

### 5-4-3 撤退企業が出はじめる

翌年の昭和48年（1973年）、世界的ブランドとその製品のユニークさで先ずは勝ち残るであろうと多くのメーカが予想していたソニーが撤退した。トランジスタラジオでの大成功を知っているメーカ各社は驚きを隠さなかった。ソニーは今後更に激しさを増すであろう電卓戦争を素早く読み取り、これに巻き込まれて傷を大きくするよりは撤退を、という方向に決めたのであった。

以降、昭和51年（1976年）頃までの数年間は多機能化や小型化・薄型化や複合機能化の動きなどを飲み込みながら低価格競争が続き、異業種や小規模メーカは3～4年のうちに次々と戦線から離脱していき、中には倒産する企業も出はじめた。

### 5-4-4 どうやって勝ち残ったのか

平成に入った現在、電卓メーカといえばシャープとカシオの2社が最初に挙げられるであろう。今でもこの2社以外の大手ブランドの電卓は店頭で見ることが出来るが、既に別会社化して完全に海外に移転し電卓事業への注力は縮小しているという。ここではこの2社の電卓事業に関する対応の仕方について筆者なりの

考察を行なってみた。

### ①革新技術で先行してきたシャープ

#### ●半導体で

まず電卓の心臓部を真空管からトランジスタへ切替へた先見性や、日本向けなどに見向きもしなかった電卓用半導体の生産を米国企業に承諾させるなど強い熱意あったればこそ電卓の成長が始まったのである。また、IC、LSIに関しても電卓への搭載を最初に成功したり、将来の需要増大をいち早く見通して1970年、各企業が沸いていた万博への出展を思い留まり、社内の反対を押し切ってトップの英断で半導体の自社生産に入り、今日のCMOS・LSIに到達している。

#### ●液晶の採用で

また米国で製品応用されなかった液晶を壁掛けテレビに応用する研究に苦勞し、電卓の表示に初めて使って成功を収めるなどその間の苦勞話は書籍や報道もされて感動を呼び起こされる。その後の液晶市場においてはシャープが最先端をリードしたことは言うまでもない。

#### ●緊プロの活躍

製品開発に際しては、戦略性の非常に高い製品の場合にはいわゆる「緊プロ」（緊急プロジェクト）が動くことは有名である。必要と判断された場合に緊急にトップ直轄で各部門選りすぐりの開発者を集めたプロジェクトであり、これが数々のヒット商品を生み出したのである。電卓ではカシオミニに対抗すべく緊プロが動き、初の液晶電卓EL-805を生み出したという。今日の液晶画面付きビデオカメラのルーツとも言えるヒット商品液晶ビューカムもそうである。この精神は現在のオンリーワン戦略に脈々と伝わっている。

### ②新機能の開発と新市場の開拓で生き残ったカシオ

カシオの場合は創立当初から計算機の専業メーカであり、シャープはじめ家電大手とは異なり、事業品目は計算機一本であった。そのため計算に関する市場ニーズは他社よりは深く把握していた。これが電卓戦争に生き残ってきた大きな強みであっただろう。

#### ●新機能の開発

リレー時代に蓄えたユーザーニーズの資産を電卓時代に入って直ちに製品に展開し、事務用からすぐに技術用、プログラム式、関数電卓へと電卓機能の新分野を常に最初に開発し製品化していった。

#### ●新市場の開拓

カシオほど新市場を創造してきた企業は珍しい。経営方針の根幹は「ゼロから1を生み出せ」であ

り、一般的に言われる1を10にとか10を100になどという生易しいものではない。これをすべて開発者自身で考え、製品にして生み出せという。このような社風から生まれたのが時計やゲーム機能付きの複合機能電卓などであり、これらが後のデジタル時計や電子キーボード楽器、デジタルカメラなどの新事業の成功につながっている。

#### ● 軽薄短小路線と価格戦略

電卓の造り上げ方も「軽薄短小」で、どこよりも安く良いものを、で一貫している。電卓があらゆるユーザ層に受け入れられるには携帯性と価格以外に何もない。カシオは液晶では一歩遅れはしたものの、すぐにTN・FEM液晶でポケット電卓を開発した。デバイスのフィルム化を徹底し最薄カード電卓SL-800を開発している。

また、製品の価格付けにも独特の拘りがあった。つまり個人ユーザを狙うには、自分の小遣いレベルで買うことの出来る価格付け（当時は2~3万円程度、近年では5万円以内か？）で市場に出していったのが成功した要因でもあろう。

#### 5-4-5 電卓戦争の参考書「ランチェスター戦略」

各社が熾烈な市場競争を展開していた時、マーケティング戦略として「ランチェスターの法則」なる手法が活用された。この法則を世に出したのは英国のフレデリック W.ランチェスター（1868~1946年）という人物である。彼は第一次大戦時、英国のエンジニアだったが戦争に勝つための法則を方程式で証明したのである。後の第二次大戦時、米国の作戦研究班によって応用発展し、日本との戦いに用いられたという。

それは“集団対集団、広域戦の場において、武器効率が同じの場合、兵力数が相手より多ければ相手の損害量は2乗となる”ということを数式で証明したもので、つまり「兵力数が多いほうが相手に与えるダメージは圧倒的に大きい」ということである。

例えば下のような場合：

(当方兵力数)	(相手兵力数)
A1	B1
A2	B2
A3	B3
A4	
A5	

当方の損害量=1/5で当る攻撃を3人から受ける。

相手の損害量=1/3で当る攻撃を5人から受ける。

双方を対比すると、

当方：相手=3/5：5/3=9/15：25/15=9：25

この例の場合は

$25-9=16 \rightarrow 4$ の自乗  $\rightarrow 4$ 人生き残る。

$5-3=2 \rightarrow 2$ 人が生き残ることではないのである。

上記の方法で当方6人、相手3人で試算してみると当方は一人も犠牲にならない可能性が出てくる。簡単に言えば「物量作戦」である。

この戦略手法をマーケティング戦略として日本に紹介し、広めたのが田岡信夫（1927~1984）である。カシオもシャープもこの戦略で電卓戦争を勝ち抜いてきたといえる。まさに全国展開してシェア奪取する上で適した手法だったと言える。

計算自体は単純なものだが全国的にシェアを獲っていくには物量作戦がモノを言ったのである。中小規模のメーカーが優れている製品を開発しても全国の店頭に大量に並べることが出来なければいずれは敗退して行く。当時の販売ルートは全国に40,000軒近くあった文具店を卸問屋経由で大手メーカーが獲り合いしていた。その戦法は、先ず大手卸店に事前に製品紹介し好評を得るや一気に10,000~20,000台用意して全国一斉発売するのである。これを繰り返していくうちに中小メーカーは徐々に疲れて敗退していき、大手メーカーが残ることになったのである。

またこれ以外にも「ある製品ジャンルで強いものがあれば単発ではなく、フルライン用意しユーザに対応する」という理論もある。商機を絶対に逸するな、ということである。

## 5.5 海外市場動向

ここまではわが国の電卓産業について述べてきたが、それでは海外における電卓産業はどうであったのだろうか。残念ながらこれを知る資料が極めて少なく、従ってごく限られた資料による筆者の考察になることを予めお断りしておく。

#### 5-5-1 世界を席卷した日本の電卓輸出と貿易摩擦

まず表5.1「各種統計データ」の電卓輸出数量と輸出比率を見ると判るように、日本では誕生当初から2~3年後には輸出が始まった。電動計算機で力をつけていた米国のモンロー、フリーデン、マーチャントなどは電子化への転換をすぐに行なわず機械式の需要に固執している間に、鉄の品質が悪く電動計算機の歴史を持たない日本のメーカーは機械式の製造工程よりはるかに簡単に組立てられる小型軽量の電子部品で計算機製造に入った。そこに当時の電気機器、事務機器メーカーがこぞって参入したためデバイス需要は増加し、コ

ストが低下し製品として輸出競争力のあるものになった。主要な市場である欧米先進国への洪水的輸出がやがて貿易摩擦を起こすこととなり、日本の電卓メーカー業界は通商産業省（当時）、日本機械輸出組合と連動して輸出先との間でいくつかの輸出協定や業界での自主規制を設けることにした。それらは下記に記すものである。

- ① アフターサービスに関する輸出協定：昭和43年（1968年）～昭和54年（1979年）末まで。これは現地で販売した製品に関して6ヶ月以上無償で修理、パーツの供給を保証することなどを定めた。
- ② 輸出価格チェックプライス協定：昭和46年（1971年）8月
- ③ 輸出用電卓モデルチェンジ規制：昭和46年10月から49年（1974年）6月末まで実施
- ④ 輸出数量規制：昭和47年（1972年）6月から昭和49年3月まで実施。

### 5-5-2 海外ブランド機

昭和45年（1970年）頃、海外メーカーはもっぱら日本メーカーに自社ブランドをつけて生産委託する企業が多かった。表5.4に掲げるものは当時の海外ブランドであるが、その多くはわが国の製造品である。しかも輸出向け製品の一部は日本での需要増加が見込めたため国内でも販売された。

表5.4 1971年時点の海外ブランド

国名	ブランド名称（取扱商社、メーカーなど）
米	フリーデン（ドットウェル&カンパニー、日立） バローズ（高千穂交易、シャープ） ヒューレットパッカート（横川 HP） NCR（日本 NCR、日本計算器） ビクター（ビクター計算機） モンロー（丸善、キヤン） レミントン（カシオ） SCM（東芝）
西独	ディール（丸紅エレクトロクス） ワルサー（リコー） オリンピア（松下通信工業） トライアンフアドラー（立石電機）
イタリア	オリベッティ（日本オリベッティ） IME（日本計算器）
スウェーデン	ファシット（チェルベルグ） アドックス（リンデンテハスヤコベルグ）
カナダ	コモドア（リコー）

情通新聞社「ビジネスマシーンズイヤーズブック1971年版」を元に作成。

これらのブランドの中には実際に現地において生産されたものもあったと思われるが、残念ながら詳しい記録が無い。しかし米国市場では先ず価格が最優先であるために、製造コストの安い日本製が主流であった。一方欧州では電卓よりは伝統的な機械式の計算機製造がまだ主流であったと考えられる。

### 5-5-3 なぜ海外では電卓産業が育たなかったのか

最も大きな要因は、米国で先行していた半導体産業が航空・宇宙・軍事といった国家事業向けに開発研究されていた点と言えよう。この項に関しては既に5.1項で詳しく記述した通り、半導体を民生機器に搭載する考えが当初からなかったため、当然の結果として電卓は日本に完全に世界制覇されたのである。

#### ●TI社の動き

しかしTI（テキサスインスツルメンツ）社は米国半導体企業群の状況の中ではやや異なった動きを見せた。トランジスタがまだ成長途上の段階でいち早く日本市場へ電卓用ICの売込みを図ってきた。わが国の電卓戦争の時期には数多くの新興小規模メーカーがTI社の安価なICで電卓を家内工業的に組み立てていた。

小型電卓の開発研究もTI社は独自に進め試作したが小型製品化への研究までで商品化はしなかった。

しかし1970年代後半にはTI社自身の製品も市場に出始め、現在でも米国・欧州市場においてHP社（ヒューレットパッカート社）と共にとくに関数電卓分野では日本勢を相手に奮闘しているようである。

#### ●普及状況の違い

電卓の普及状況を欧米とわが国で比較すれば、日本の普及速度は格段に早かったことは明白である。その理由は日本には昔から「そろばん文化」がビジネスや各家庭、個人レベルで浸透しており、従って計算に接する機会が多く、そのため計算能力は世界でもトップクラスであると同時に新しい機械にもアレルギーを起こさずにすぐに馴染んだのであろう。

一方海外では筆者が推察するに、先ず欧州では保守的な民族性が普及を遅らせたのであろう。米国においては人口構成が多民族国家であり、教育水準もばらつきがあるため機器の操作習得のレベル差も出てくる。

電卓を日常的に使う層と言えば学生やビジネスマン程度であっただろう。さらに給与体系が週給制のため日本の家庭のような月単位での生活費計算の習慣が育ちにくかったのではないかと思われる。これらが普及速度の違いになったと推察する。



## 5.6 品質確保、教育現場への浸透

電卓産業が成長を続けていった過程には前述の貿易摩擦のほか品質問題、教育現場への影響などいろいろな事象があった。メーカーはこれらにどう対処したかをここに記したい。

### 5-6-1 「電卓の日」とBMマークの制定

電卓の輸出数量が10,000万台を突破した昭和49年(1974年)3月、電卓を所掌している業界である(社)日本事務機械工業会(現:ビジネス機械・情報システム産業協会)は今後の更なる産業発展を期して3月20日を「電卓の日」と制定した。また同時にわが国の電卓が世界に信頼される製品であることを示す意味で電卓の品質認定制度を設けた。つまり電卓への厳しい品質検査基準を数項目設定し、これに合格した製品にはBMマーク(図5.5)を本体に付与することを定め、ユーザの信頼性を高めた。



図5.5 BMマーク

この制度は同時に、無名のメーカーによる劣悪な日本製品の輸出で欧米先進国から低品質の謗りを受けぬようにする効果があった。この制度は昭和60年(1985年)3月末まで続けられた。

### 5-6-2 教育現場への浸透

小型電卓が市場に現れた昭和44年(1969年)頃、頭を働かさずに計算が出来てしまう電卓を子供が宿題に使うことは教育上問題である、といった意見が小学生のPTAあたりから聞こえてきたが電卓は尚も売れ続け、家庭内に普及した。メーカー側は電卓はあくまで学習の補助道具として理解頂いて使うよう保護者に説明を行なった。

#### ①学習指導要領への盛り込み

このような状況に鑑み、当時の文部省は学習指導要

領を見直しすることになり、昭和45年(1970年)、電卓を学校に配置する10年計画がスタートした。指導要領には小学校の場合は昭和46年度(1971年度)より、中学校の場合は昭和47年度(1972年度)より、高等学校の場合は昭和48年度(1973年度)よりそれぞれ電卓の使用OKとの内容が盛り込まれた。その後の昭和50年(1975年)10月には業界主催の教師向け電卓教室を開催した。

#### ②工業・商業高校での電卓活用、検定試験

学習のツールとして電卓が教育現場で認知されると同時に昭和48年度(1973年度)から工業高校の電気・物理科などではクラスの生徒全員に関数電卓を持たせて指導するようになり、メーカーは大きな需要が見込まれるとして学校との接触を深めていった。その後商業高校でも採用が始まった。これらの現象は各種の電卓技能検定試験や電気専門学校や簿記学校などの存在との相乗効果で更に浸透を深めて行った。早くからあったものは加算器技能の流れに続くものと見られる日本商工会議所による記録式電卓技能検定が昭和42年(1967年)に始まった。その後昭和57(1982年)には電卓技能検定試験が始まり、昭和61年(1986年)には全国高等学校電卓技術競技大会も生まれた。中には終了したものもあるが、文部科学省・厚生労働省認定の計算技術検定試験は現在も行なわれている。

## 5.7 最近の電卓産業

電卓は「もはや戦後ではない」と言われた昭和30年後半からの経済成長の真只中に誕生し、国による事務合理化、高度情報化社会構築の政策に連動してわずか10数年の間に激しい市場競争を経験してその要素技術を極め、20年弱で技術面での成熟を見た。

平成時代に入ってから国内生産を行なっているメーカーはゼロに等しく電卓産業全体が既にアジア地域に移転している。因みに経済産業省の統計を見ると平成16年の生産数量はわずか18万台である。

しかし国内の店頭をざっと眺めただけでも電卓コーナーに並んでいるのは日本メーカーブランドの製品であって、純粋にアジアのメーカーと思える製品はごく僅かしか並んでいない。それだけわが国の電卓産業は世界一の産業と言えるのである。

〈第5章で使用した写真・図・表のリスト〉

(写真)

5.1：当時の電卓ライン（カシオ計算機Web）

(図)

5.1：電卓生産数量・金額・集積回路生産金額推移

（5.1～5.4は経済産業省機械統計および財務省日本貿易月表を参考に作成）

5.2：電卓生産数量の国内・輸出内訳と輸入数量の推移

5.3：電卓生産金額推移

5.4：電卓生産数量と平均単価推移

5.5：BMマーク：（(社) ビジネス機械・情報システム産業協会）

(表)

5.1：電卓・集積回路・液晶に関する各種統計データ  
（経済産業省機械統計、財務省貿易月表より作成）

5.2：液晶技術の推移と組み込み製品例（筆写作成）

5.3：電卓ブランド数・モデル数（ビジネスマシーンズイヤーブック1971・1972年版より作成）

5.4：1971年時点の海外ブランド（ビジネスマシーンズイヤーブック1971年版より作成）

表5.1 電卓・集積回路・液晶に関する各種統計データ

経済産業省：機械統計

財務省：日本貿易月表より作成

	電卓				集積回路				液晶			
	生産数量	生産金額	平均単価	輸出数量	輸出比率	国内数量	輸入数量	生産金額	生産金額	生産金額	生産金額	生産金額
1965	40	1,823	418,600					332				
66	41	5,556	218,062					360				
67	42	11,478	181,795	20	31.4%	43		416				
68	43	25,671	157,118	74	45.5%	89	1	516				
69	44	54,694	120,481	237	52.1%	218	1	733				
1970	45	130,809	91,893	730	51.3%	693	4	533				
71	46	2,040	61,083	1,266	62.1%	774	6	508				
72	47	3,886	30,487	2,612	67.2%	1,274	9	723				
73	48	9,960	17,371	6,366	63.9%	3,594	54	1,123				
74	49	15,453	179,788	10,215	66.1%	5,238	145	1,255				
1975	50	30,040	161,983	25,727	85.6%	4,313	88	1,176				
76	51	40,426	184,747	35,192	87.1%	5,234	43	1,971				
77	52	31,835	152,554	4,792	88.5%	3,667	458	2,085				
78	53	42,319	181,822	4,296	76.9%	9,770	677	2,814				
79	54	45,996	173,946	3,782	78.6%	9,858	1,558	3,829				
1980	55	60,356	202,279	50,243	83.2%	10,113	1,501	5,702	(未実施)			
81	56	52,435	147,099	41,494	79.1%	10,941	1,855	6,887				343
82	57	58,438	141,554	44,960	76.9%	13,478	1,841	8,349				429
83	58	66,547	142,772	51,242	77.0%	15,305	1,539	11,395				435
84	59	83,713	172,656	2,062	79.4%	17,258	1,627	19,739				437
1985	60	86,032	167,418	1,946	76.5%	20,203	2,672	18,418				519
86	61	64,211	96,867	49,715	77.4%	14,496	11,698	17,802				634
87	62	53,776	74,267	31,836	59.2%	21,940	21,067	19,250				857
88	63	68,118	96,413	29,466	43.3%	38,652	28,890	24,900				1,019
89	64	71,686	118,106	34,332	47.9%	37,354	26,868	29,416				1,493
1990	2	67,479	106,601	33,281	49.3%	34,198	21,704	29,134				1,825
91	3	69,371	116,657	30,045	43.3%	39,326	26,213	31,152				2,550
92	4	55,800	92,231	23,840	42.7%	31,960	21,629	27,506				3,263
93	5	41,576	78,161	17,437	41.9%	24,139	28,028	28,786				4,021
94	6	20,171	48,058	4,465	22.1%	15,706	30,143	32,964				5,576
1995	7	5,565	30,006	2,094	37.6%	3,471	35,334	39,142				6,013
96	8	3,212	29,085	1,790	55.7%	1,422	32,568	39,102				6,990
97	9	3,135	29,989	1,589	50.7%	1,546	37,841	37,701				8,715
98	10	2,705	21,507	966	35.7%	1,739	26,271	33,729				8,771
99	11	2,402	15,991	801	33.3%	1,601	33,627	35,911				12,438
2000	12	1,841	9,735	1,067	58.0%	774	30,905	44,516				14,537
1	13	1,301	6,702	567	43.6%	734	25,355	33,062				12,285
2	14	683	4,326	261	38.2%	422	23,920					
3	15	378	4,256	261	69.0%	117	22,996					
4	16	183	3,028	403	-	-	20,296					

(単位)  
 <電卓>  
 数量：1000台  
 金額：100万円  
 平均単価：円

国内数量=生産-輸出  
 輸出比率=輸出/生産×100  
 (数量)

<集積回路>  
 金額：億円

<液晶>  
 金額：億円

集積回路の欄：  
 1970年以前は集積回路の  
 括りが無いためトランス単  
 品の生産額を入れた。

表5.2 液晶技術の推移と組込み製品例

	1970年代	1980年代	1990年代
開発時期 液晶の種類 タイプ	1973 DSM 1975 TN-FEM (高精彩)	1987 STN (高精細白黒)	
表示方式	日の子表示 ドット表示	グラフィック表示 1988 (3色カラーフィルター) カラー (DSTN・STN)	大型化
液晶は半導体産業の技術進展に伴って進歩し、様々な産業分野・製品群に搭載されていった。以下は身近な組込み製品例の一部を凡その目安として年代にあてはめた。			
事務・OA機器 分野	電卓 関数電卓	複合電卓 グラフ関数電卓 ポケコン 電子手帳 テーババンク パソコン ワード 翻訳機 漢字辞書 ECR・POS ハンディターミナル 電子文具など	PDA(携帯情報端末) PCモニタ カラーノートPC 複写機 FAX・プリンタ 液晶プロジェクタなど
家電製品分野	音響・AV機器表示	CDラジカセ ヘッドホンステレオ 小型液晶TV ビデオカマ ビデオデッキ エアコン 電子ジャー 電子レンジ 掃除機 洗濯機 冷蔵庫 冷蔵庫など	家庭用カラー液晶TV DVDプレーヤー プロジェクションTVなど
ゲーム・レジャー用品		携帯ゲーム機 パチンコ台 釣具	カラー携帯ゲーム機 電子楽器など
通信機器分野		携帯電話 ベーゼンコーデレス電話 携帯電話機 多機能電話機	カラー表示携帯電話機など
車載分野		カーステレオ 車載時計 計器など	カーナビゲーションシステム 各種計器板など
生活用品分野		腕時計・置時計・樹時計 血圧計 温度計 体温計など	各種健康機器・器具 デジカメカメラなど

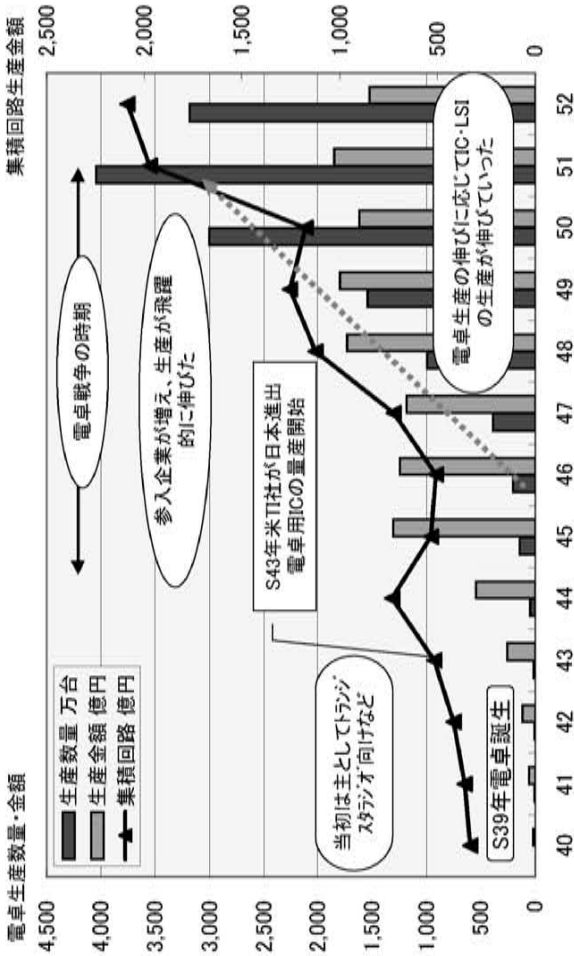


図5.1 電卓生産数量・金額・集積回路生産金額 推移

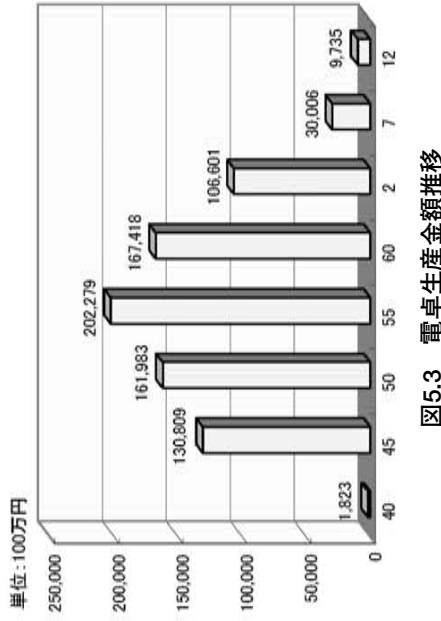


図5.3 電卓生産金額推移

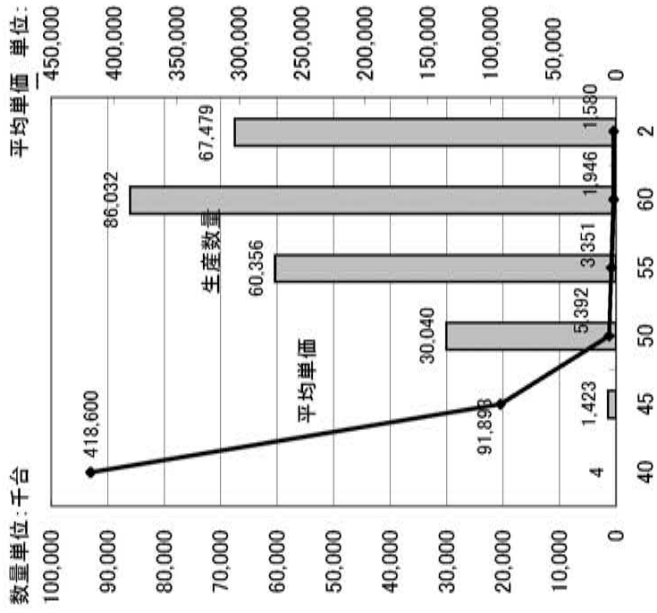


図5.4 電卓生産数量と平均単価推移

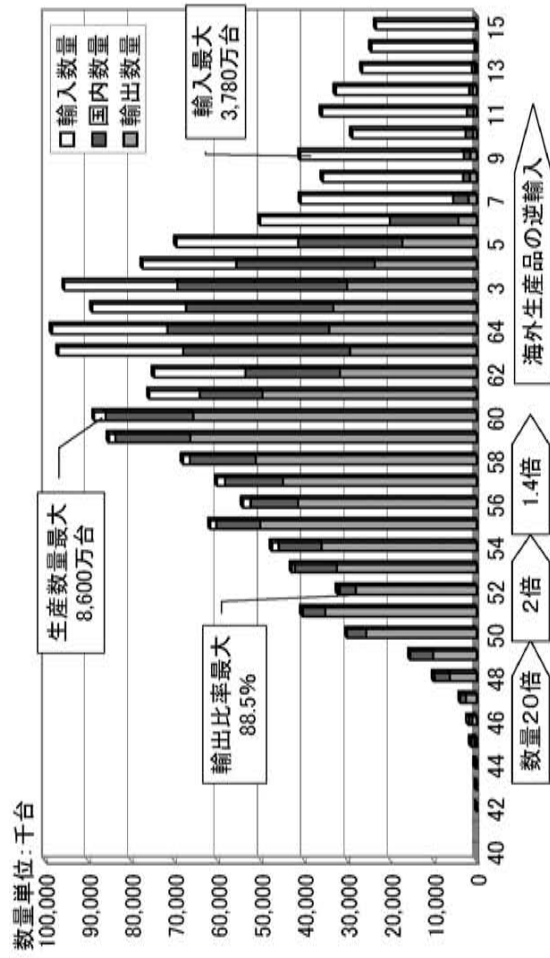


図5.2 電卓生産数量の国内・輸出内訳と輸入数量の推移

## 6 | まとめ

### ●最先端産業誕生の動力源となった電卓

以上述べてきた通り、電卓はその技術発展過程において多くの技術革新をわが国産業界にもたらした。そしてそれらが今日のわが国最先端IT機器産業誕生の礎となったと言えよう。その要因を箇条列挙するならば、

- ① 半導体技術発展成長のきっかけとなったこと。
- ② 液晶表示技術を世界で初めて電卓に採用し、産業に育てたこと。
- ③ クォーツ技術の応用を広げたこと。
- ④ 太陽電池の技術を広げたこと。
- ⑤ 半導体をチップ化し、基板・液晶・太陽電池セルなどをフレキシブル化し薄型実装技術を開発し、広めたこと。

などである。

### ●完全自動・無人化生産ラインの実現

電卓メーカーは小型・低価格品のジャンルでは製品開発競争の過程で培った技術を集約し、最終的には一連の生産工程上に搬送ロボットと組立てロボットを導入して無人で製品をつくり上げ、検査工程から包装工程まで完全自動化による無人化生産技術を実現させたのである。



写真6.1 電卓自動化生産ライン

無人化ラインはメーカーにとっては究極的な生産方式であり、生産性を高めコスト削減をもたらしたが、中国を始めとするアジア諸国での生産コストの低さは日本の無人化ラインでもかなわず、また多品種少量生産というマーケット需要の変化には素早い対応はとれず、現在では量産を必要とする他分野の生産に対応されているようである。

因みに最近のメーカーの生産現場では人間の技術練度や能力を活かした組立て方法を採用し、一人が複数の工程を担当するセル方式生産が主流となり、品質と生産性を上げているとのことである。

電卓産業は先端産業分野での生産技術革新にも一石を投じたといっても過言ではない。

### 〈まとめの章で使用した写真〉

1：電卓自動化生産ライン（カシオ計算機WEB）

# 7 | あとがき

電子式卓上計算機の誕生が無かったら今日の半導体産業はどのような成長を辿り、一方液晶表示は果たして実用化されただろうか？

電卓の歴史を振り返ると、その技術が世界一のレベルまでに発展した背景には、わが国に電卓以前から計算にまつわる環境があったからであろう。つまり日本には古来から「読み・書き・そろばん」の習得が生活に浸透していたこと。また明治期には海外文化の吸収に力を注ぎ機械式計算機の仕組みや計算尺を受け入れ、その改良と生産をこなす技術力や、戦後の復活政策として工業製品の加工貿易立国を目指したこと。これらの環境と日本人の繊細な感覚と器用さが相俟って電卓産業を大きな成長産業に育て上げていった。

冒頭の要旨に述べた「競争は技術革新のインキュベータ」という言葉の通り、電卓は激しい市場競争の中から大きな成果を生み出した。我々は電卓産業の短期間での急成長を大きく評価するとともに、この成長過程において新たな産業や応用デバイスが生まれ、広く普及していった事実を心に留め置きたい。

本調査を進めていくうちに、いかにわが国は数多くの世界初の技術を生み出していったかが改めて明確になった。まさにわが国の優れた技術者魂の価値が遺憾なく発揮されたのである。

近年の技術志向者の減少化は残念なことであるが、この報告書が次代の技術者育成に少しでも役に立つことができるならばこの上ない喜びである。

尚、平成17年12月1日、米国電気電子学会（IEEE）はわが国で昭和39年（1964年）に発表されたシャープCS-10A及びその後のCS-16A、QT-8D、EL-805の4モデルが半導体技術、液晶技術の進展を大きく牽引した功績を讃え、「マイルストーン」に認定したが、このことはわが国電卓産業に携わった者にとっては大変喜ばしいニュースである。

## ■ 謝辞

この度の「電子式卓上計算機技術発展の系統化調査」を進めるにあたり、多くの先輩諸氏ならびに関係各社の方々に大変力強い支援と協力を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

電卓の全体的な歴史に関してはシャープ(株)、カシオ計算機(株)、キヤノン(株)、大井電気(株)の社史あるいは公式WEB情報を閲覧させて頂き、また個別の技術情報に関しては関係各社の経営層の了承のもと、関係各部門から貴重な資料を数多く提供して頂きました。

シャープ株式会社	鷲塚諫氏 前川治治氏 若井裕久氏ほか広報部
カシオ計算機株式会社	羽方将之氏ほか 広報部 知財部 企画管理部 CSR推進室ならびにOB各位
キヤノン株式会社	広報部
大井電気株式会社	総務部
ノリタケ伊勢電子株式会社	社長室
株式会社日本アレフ	関東支店

また製品の確認については下記において展示品を見学し同時にWEB情報も閲覧させて頂きました。

シャープ株式会社歴史&技術ホール カシオ計算機株式会社本社広報部・羽村技術センター 甲府カシオ株式会社 東京理科大学近代科学資料館 日本文具資料館 電卓博物館WEB

さらに統計データ及び電卓関連諸事項に関する資料は下記の各機関から資料等の協力を頂きました。

社団法人ビジネス機械・情報システム産業協会 情通新聞社 日本機械輸出組合

以上のほかにも数多くの方々から指導・協力を頂きました。本報告書を完成することが出来たのは偏に皆様方のご協力の賜物と心より感謝致します。

## 付録1

### 〈参考文献、資料等〉

(順不同)

- (1) 「カシオ15年史」カシオ計算機(株) 1972年10月
- (2) 「カシオ35年史」カシオ計算機(株) 1994年2月
- (3) 「考える一族」内橋克人著 岩波現代文庫 2002年10月
- (4) 「特許公報 電磁計算機(写)」特許庁 1960年
- (5) 「電卓技術教科書 基礎編」シャープ技術部共著 佐々木正監修 ラジオ技術社 1971年
- (6) 「電卓技術教科書 研究編」シャープ技術部共著 佐々木正監修 ラジオ技術社 1972年
- (7) 「シャープにおける歴史に残すべき技術」浅田篤著 電子情報通信学会誌 Vol.82 No.11 1999年11月
- (8) 「シャープのスパイラル経営」下田博次著 にかん書房 1994年6月
- (9) 「シャープの液晶革命」平林千春著 ダイアモンド社 1995年5月
- (10) 「大井電気40年史」大井電気(株) 1990年12月
- (11) 「アレフゼロ101説明書」ほか大井電気(株)作成資料 大井電気(株) 2005年7月
- (12) 「事務機械工業30年史」(社)日本事務機械工業会(現:ビジネス機械・情報システム産業協会) 1990年5月
- (13) 「日本事務機械工業会 創立40周年記念誌」(社)ビジネス機械・情報システム産業協会 2000年5月
- (14) 「ビジネスマシーンズ イヤーブック 1971年版」情通新聞社 1971年
- (15) 「ビジネスマシーンズ イヤーブック 1972年版」情通新聞社 1972年
- (16) 「電子工業50年史」(社)日本電子機械工業会(現:電子情報技術産業協会) 1998年5月
- (17) 「日本機械輸出組合50年史」日本機械輸出組合 2003年6月
- (18) 「電子立国日本の自叙伝(下)」日本放送出版協会 1992年2月
- (19) 「新版 匠の時代 第1巻」内橋克人著 講談社文庫 2003年4月
- (20) 「電卓と新幹線」刀禰館正久著 新潮社 1983年4月
- (21) 「計算機屋かく戦えり」遠藤論著 (株)アスキー 1997年11月
- (22) 「半導体産業の系譜」谷光太郎著 日刊工業新聞社 1999年6月
- (23) 「プロジェクトX 挑戦者たち 8 思いは国境を越えた」NHK出版 1995年5月
- (24) 「日本における電卓の歴史」龍谷大学経済経営論集 Vol.24 No.4 1985年3月
- (25) 「ICガイドブック 2003年版」(社)電子情報技術産業協会
- (26) 「事務機・OA機器20世紀の歩み」ビジネス通信社 2001年
- (27) 「教育と情報 学校教育と電卓(2)」水町浩著 第一法規出版 1978年5月 通号242
- (28) 「電卓薄型化の軌跡」倉嶋功著 電子技術 第27巻 第1号
- (29) 「平成17年事務機械の需要予測」(社)ビジネス機械・情報システム産業協会 2004年12月
- (30) 「ランチェスター戦略 弱者逆転の法則」福永雅文著 日本実業出版社 2005年5月
- (31) 「ENCYCLO PEDIA NIPPONICA 2001 日本大百科全書」小学館 1995年7月
- (32) 「平凡社 世界大百科事典」平凡社 2005年改訂版
- (33) 「万有大百科事典 17 科学技術」小学館 1973年6月
- (34) 「先端電子材料事典」シーエムシー 1991年3月
- (35) 「電子部品大事典」工業調査会 2002年12月
- (36) 「図解 電気の大百科」オーム社 1995年5月
- (37) 「電気電子用語大事典」オーム社 1992年8月
- (38) 「やさしくわかる半導体」菊池正典著 2000年6月
- (39) 「電子部品年鑑2003」中日社 2003年3月
- (40) 「図解でわかる液晶のしくみ」白鳥敬著 ぼる出版 2004年6月
- (41) 「図解入門 よくわかる電波と周波数の基本と仕組み」(株)秀和システム 2004年12月
- (42) 国立科学博物館 展示説明パネル 2005年6月
- (43) 製品カタログ・取扱説明書・記者発表資料(写)(カシオ計算機(株)、シャープ(株)、キヤノン(株))
- (44) 「最先端技術展総合年表」(財)機械産業記念事業財団 2005年9月

### 〈閲覧WEB〉

情報処理学会 日経BPデジタル大事典 (社)電子情報技術産業協会(JEITA) 電卓博物館  
(社)ビジネス機械・情報システム産業協会(JBMIA) 東京理科大学 近代科学資料館  
「半導体産業の発展とその特質」岡田徹太郎 香川大学経済学部 1995年  
このほか関連各社WEBを閲覧し必要に応じて利用の許可を受けた。



付録2 〈年表〉電卓・計算機及び関連産業界の状況、内外の政治社会情勢

.....1945年(昭和20年まで)

- 1894 ベニ計算尺日本に入る
- 1903 矢頭良一 歯車式自働算盤発売
- 1923 大本寅治郎 虎印計算器販売
- 1933 日本計算器 手動計算器開発
- 1936 タイプ-計算機 高速自動計算機製作
- 1908 安井シソ商会創業 (フラー-工業)
- 1912 早川徳次氏創業
- 1915 早川兄弟商会シャープペンシル開発
- 1933 立石電機製作所創業 精機光学研究所(キヤノン) 設立
- 1936 理研感光紙(リコー) 設立
- 1939 東京芝浦電気(東芝) 設立
- 1946 樫尾製作所(カシオ) 創業 東京通信工業(ソニー) 設立
- 1947 三洋電機製作所創業 米ベル研究所トランジスタ発明

- 1894 日清戦争
- 1933 国際連盟脱退
- 1936 二・二六事件
- 1945 終戦

1950年代(昭和25年~34年まで)

- 1954 カシオ電磁計算機試作
- 1957 カシオレ-14-A発売
- 1959 カシオレ-14-B発売

上段:電卓・計算機関係  
中段:関連産業界の状況  
下段:内外の政治社会情勢

- 1950 大井電気会社登記 日本初のテープレコーダ
- 1951 事務機の機械化展(ビジネスショウ)開催
- 1952 丸越編物機械(シルバー)創業
- 1953 日立高速フロッグ計算機開発 黒白TV発売
- 1955 トランジスタラジオ発売
- 1956 初稼動コンピュータFUJIC
- 1957 カシオ計算機設立 エサキダイオード発明 ハラマトロン電子計算機試作
- 1950 朝鮮戦争勃発
- 1951 日米安保条約調印 民間ラジオ放送開始
- 1952 日本電信電話公社発足
- 1953 NHKTV本放送開始 スターリン死去
- 1954 第1回国際見本市開催
- 1955 神武景気
- 1956 宗谷 南極へ
- 1957 人工衛星スタートニク 三種の神器(TV洗濯機 冷蔵庫)
- 1958 東京タワー完成
- 1959 皇太子殿下(現天皇陛下)ご成婚

1960年代(昭和35年~44年まで)

- 1960 アニマルク8 発表(英)
- 1961 カシオレ-作表計算機TUC発売
- 1962 カシオ プログラム式レ-計算機AL-1発売
- 1964 早川CS-10A・キヤノン130・ソニーックス・大井電気アルゼ-101発売
- 1965 カシオ001発売 早川CS-20A発売
- 1966 日本計算器 ビジコン161発売 早川 IC機 CS-31A発売
- 1967 早川 MOS-IC機CS-16A発売 カシオ プログラム式AL-1000発売  
カシオ記録式 プログラム機PR-144発売
- 1968 カシオMOS-IC機152発売
- 1969 早川LSI機QT-8D発売 カシオインクジェット機JP-1発売

- 1960 日本事務機械工業会設立 カラーTV発売
- 1961 第2次機械振興法で計算機等指定
- 1961 日本利ベ-ッティ設立 日本電気小型コンピュータ開発
- 1962 国産コンピュータ開発の組合設立
- 1963 トランジスタ型ビデオテープレコーダ発売 米RCA社液晶表示原理発明
- 1964 電卓元年
- 1966 電卓への参入企業相次ぐ
- 1967 商工会議所 記録式電卓技能検定 ICラジオ発売
- 1967 工業会に電卓部会設置
- 1968 電卓1桁1万円時代 オールトランジスタカラーTV製品化
- 1968 日本機械輸出組合 電卓輸出協定
- 1969 オーツ腕時計発売
- 1960 カラーTV本放送・所得倍増計画・日米安保改定
- 1961 ケネディ大統領就任 ソ連 人間衛星スタート打上げ
- 1962 米 人間衛星打上げ キューバ危機
- 1963 ケネディ暗殺
- 1964 東京リニ-ック 東海道新幹線営業開始
- 1965 中国文化大革命 ベトナム戦争
- 1966 ビートルズ来日 カラーTV・カー・クーラーが新三種の神器に
- 1967 GNP世界第三位 EC発足 ASEAN結成
- 1968 郵便番号スタート 3億円事件
- 1969 米 フォー11号月面着陸
- 1969 東名高速全線開通 原子力船むつ進水

1970年代(昭和45年~54年まで)

- 1970 キヤノン感熱記録式ホ-ケトック発売
- 1971 ビジコン1チップLSI機LE-120A発売
- 1972 カシオミニ発売 カシオ関数fx-1発売 シャープ CMOS機EL-801発売
- 1973 シャープ 液晶EL-805発売
- 1974 カシオパーソナル関数機fx-10発売
- 1975 カシオFEM液晶カシオホ-ケットLC発売 シャープ 液晶手帳EL-8010発売
- 1975 シャープ 二つ折りEL-8009 61関数EL-5100発売
- 1976 シャープ ソーラー式EL-8026発売 カシオ時計つきCQ-1発売
- 1977 シャープ ホ-タルスEL-8130発売
- 1978 カシオミニカードLC-78発売
- 1979 シャープ 1.6型EL-8152 ドット表示8160発売 カシオfx502P発売
- 1970 早川電機工業がシャープに社名変更
- 1970 電卓生産1,000億円突破 日本計算器がビジコンに社名変更
- 1971 電卓ブランド数:28 モデル数:174
- 1971 電卓輸出自主規制(モデルチェンジ)
- 1972 電卓輸出数量規制 電卓ブランド数:33 モデル数:201
- 1973 ソニー電卓から撤退 液晶表示カラービデオカメラ発売
- 1974 電卓BMマーク制定 3月20日電卓の日
- 1974 各社FAX参入
- 1975 アップル社PC発売 教師向け電卓教室
- 1976 電卓から撤退企業続出
- 1977 ワープロ時代幕開け デジタロオ-ティオ-システム開発
- 1979 PC-8001発売 ホ-ケット電訊機発売 ソーラー太陽電池開発

- 1970大阪万博 よど号事件
- 1971 円変動相場制 金・ドル交換一時停止
- 1972 札幌オリンピック 浅間山荘事件 沖縄返還 田中内閣発足
- 1973 電電公社回線開放 第4次中東戦争 オイルショック ベトナム和平
- 1974 三木内閣発足 ウォーターゲート事件
- 1975 沖縄海洋博 山陽新幹線博多開通 第1回サミット
- 1976 ロケット事件 福田内閣発足 毛沢東死去
- 1978 大平内閣発足 成田空港開港
- 1979 東京サミット サッチャー首相就任

1980年代（昭和55年～平成元年まで）

1980 シャープ 音声電卓CS-6500 PC-1211発売  
 1983 カシオ0.8ミリカードSL-800発売 カシオデータバンクPF-3000発売  
 1985 カシオx-7000G発売  
 1987 シャープ 電子システム手帳PA-7000発売  
 1980 カシオ 東芝 シャープ がPC発売  
 1981 三菱電機 PC発売 家庭用光ビデディスクレーザ発売  
 電子スチルカメラ発売  
 1982 電卓海外生産始まる 日本電気PC-9801販売開始  
 1982 キヤノン 16ビットPC AS-100発売 VHS-コンパクトビデオ発売  
 CDプレーヤー発売 ハンドヘルドコンピュータ発売  
 1983 PCにMSX規格 任天堂ファミコン発売  
 1984 日本IBM 16ビットPC発売 日本初GPS受信機開発  
 ソニー8ミリビデオカメラ発売  
 1985 電卓BMマーク制度廃止  
 1986 マイクロソフト 日本に100%子会社 米IBM 新OS DOS5.0開発  
 1987 コードレス電話機販売自由化  
 1988 14型TFTカラーTV発売  
 1989 消費税スタート 電卓・ECRに特需 電卓の海外生産移管進む  
 ノートPCJ-3100SS発売 カラーラップトップPC-9801LX5C発売

1990年代（平成2年～11年まで）

各ユーザー層に適した機能を備えた製品、例えば学習用・商用など。更にデザイン性に優れた製品化が行なわれている。

1990 GPSカーナビ誕生  
 1991 ハイビジョン試験放送開始 抵抗感圧式タブレット開発  
 1992 インターネット商用活用 MDレコーダ発売  
 1993 シャープ PDA#ウルスピ-3000発売 PDA幕開け  
 1995 デジタルカメラQV-10発売  
 1995 PC各社Windows95対応機発売  
 1995 インターネット時代始まる PHSゲーム  
 1996 DVDプレーヤー発売  
 1998 全日本電卓競技大会  
 1999 西暦2000年問題で関連機器・納入先の点検開始

1980 鈴木内閣発足 モスクワオリンピック イラン・イラク戦争  
 1981 レガン大統領就任  
 1982 東北・上越新幹線開通 中曽根内閣発足 フォークランド紛争  
 1983 三宅島噴火 大韓航空事件  
 1984 ロスオリンピック  
 1985 つくば科学万博 NTT発足 日航ジャンボ機事故 ゴルバチョフ就任  
 1986 日米半導体交渉合意 スペースシャトルチャレンジャー失敗 チェルノブイリ事故  
 1987 国鉄民営化 プラックマンデー  
 1988 ソウルオリンピック  
 1989 昭和天皇崩御 日米通商摩擦 ベルリンの壁撤廃 東欧民主化

1990 東西ドイツ統一  
 1991 湾岸戦争 ソ連崩壊  
 1992 リオで地球サミット クリントン大統領就任  
 1993 皇太子ご成婚 企業の環境対策開始  
 1993 江沢民国家主席に選出 EUスタート  
 1994 PL法施行  
 1995 阪神淡路大震災 地下鉄サリン事件  
 1998 小淵内閣発足

この年表の記載内容について

1. 電卓・計算機・・・本調査において掲げた製品に限り掲載した。実際には参入各社の製品が多数あるが割愛した。
2. 関連産業界・・・電卓市場に参入した企業の実設、(記録あるもの)及び関連製品・産業事項について記載した。

資料出所

(社)日本事務機械工業会30年史、同40年史、ビジネス通信社「事務機・OA機器20世紀の歩み」、大井電気40年史、NHK出版「電子立国日本の自叙伝」、TEPIA「先端技術展覧総合年表」、各社WEBなどから作成。

付録3 平成17年度登録候補一覧表

No.	登録対象品名	資料形態	所在地	製作者	製作年	コメント
1	カシオ AL-1	実物	カシオ本社 電卓歴史コーナー	カシオ計算機	1962	わが国唯一のリレー式プログラム計算機
2	シャープ CS-10A	実物	シャープ歴史&技術ホール	シャープ	1964	わが国初の電子式卓上計算機
3	大井電気 アラベ 101 (2号機)	実物	大井電気ショールーム	大井電気	1964	パラメトロン搭載の卓上型計算機第1号
4	カシオ 001	実物	カシオ本社 電卓歴史コーナー	カシオ計算機	1965	カシオの電卓第1号機 初のメモリーつき
5	シャープ QT-8D	実物	シャープ歴史&技術ホール	シャープ	1969	MOS・LSI使用第1号機 小型化への先駆
6	カシオ カオニ	実物	カシオ本社 電卓歴史コーナー	カシオ計算機	1972	電卓市場を拡大した超低価格電卓 空前のヒット商品
7	シャープ EL-805	実物	シャープ歴史&技術ホール	シャープ	1973	液晶表示搭載第1号機 液晶産業の先駆
8	カシオ SL-800	実物	カシオ本社 電卓歴史コーナー	カシオ計算機	1983	世界最薄0.8mmの電卓 究極の技術
9	シャープ PA-7000	実物	シャープ歴史&技術ホール	シャープ	1987	電子システム手帳第1号 PDAのルーツ

## 国立科学博物館 技術の系統化調査報告 第6集

---

平成18(2006)年3月31日

- 編集 独立行政法人 国立科学博物館  
産業技術史資料情報センター  
(担当：コーディネイト 永田 宇征、エディット 久保田稔男)
- 発行 独立行政法人 国立科学博物館  
〒110-8718 東京都台東区上野公園 7-20  
TEL：03-3822-0111
- デザイン・印刷 株式会社ジェイ・スパーク

正誤表(電子式卓上計算機技術発展の系統化調査)

年月日	箇所	誤	正
2006年3月31日	P62右段3行目	「ならばやてみよ」	「ならばやってみよ」
	P67右段10行目	3. 1: アニタMK8(電卓関連Web)	削除
	P67右段11行目	3. 2: シャープCS-10A(シャープ)	3. 1: シャープCS-10A(シャープ)
	P67右段12行目	3. 3: キャノーラ130(東京理科大学近代科学資料館)	3. 2: キャノーラ130(東京理科大学近代科学資料館)
	P67右段13行目	3. 4: ソニーICC-500(筆者撮影: 科学博物館分館)	3. 3: ソニーICC-500(筆者撮影: 科学博物館分館)
	P67右段14行目	3. 5: 大井電気アレフゼロ101(大井電気)	3. 4: 大井電気アレフゼロ101(大井電気)
	P67右段15行目	3. 6: カシオ001(カシオ)	3. 5: カシオ001(カシオ)
	P67右段16行目	3. 7: ビジコン161(電卓関連Web)	3. 6: ビジコン161(電卓関連Web)
	P92左段13行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92左段16行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92左段20行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92左段21行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92左段26行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92左段28行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92左段32行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92左段33行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92左段34行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92左段36行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92右段1行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92右段10行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92右段15行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92右段18行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92右段20行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92右段27行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92右段32行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92右段33行目	筆写撮影	筆者撮影
	P92右段37行目	筆写撮影	筆者撮影