

半導体技術の進化という視点から見た電卓「製品」の技術的發展

電卓は、それに利用されている半導体に関する下記のようなイノベーションを通じて低価格化、低消費電力化、軽量化、小型化、電池駆動による携帯化を実現してきた。シャープの電卓を例にして、下記の視点から Product Innovation がどのように進化したのかをまとめると下表のようになる。

1. 半導体の素材に関するゲルマニウムからシリコンへのイノベーション
2. トランジスタから IC へのイノベーション
3. IC から LSI へのイノベーション
4. バイポーラ型 IC から MOS 型 IC へのイノベーション
5. PMOS 型 LSI から CMOS 型 LSI へのイノベーション

シャープの電卓における技術革新の歴史的展開

年	型番	素材	素子タイプ	半導体部品の個数				消費電力	表示装置	電源	重量 (kg)	大きさ (mm)	価格 (万円)	備考
				トランジスタ	ダイオード	IC	LSI							
1964	CS-10A	ゲルマニウム	トランジスタ	530	2,300			90W	ニキシー管	AC 電源	25	W 420 D 440 H 250	53.5 万円	世界初のオール・トランジスタ式電卓、フルキーボード方式
1965	CS-20A			630	1,980			35W			16	W 400 D 480 H 220	37.9 万円	10 キー方式キーボードの採用
1966	CS-31A	シリコン	バイポーラ型 IC	553	1,549	28		25W	蛍光表示管	電池駆動	13.2	W 400 D 480 H 220	35.0 万円	世界初のバイポーラ IC 式電卓
1967	CS-16A		PMOS 型 LSI	46	400	59		10W			4.0	W 294 D 317 H 117	23.0 万円	世界初の MOS IC 式電卓 世界初の蛍光表示管採用電卓
1969	QT-8D		CMOS 型 LSI			2	4	4W			1.4	W 135 D 247 H 72	10.0 万円	世界初の MOS LSI 式電卓 ロックウェル社
1973	EL-805		CMOS 型 LSI				1	0.02W	液晶	電池駆動	0.2	W 78 D 118 H 20	2.7 万円	世界初の液晶表示採用電卓 単三電池一本で連続 100 時間

高動作温度化
高速動作化

高集積度化

低消費電力化

電池駆動化

軽量化

小型化

低価格化

[出典]筆者作成

a. シャープ「液晶電卓進化の歴史（年表）」

<http://www.sharp.co.jp/products/lcd/tech/dentaku/history.html>

発売年・大きさ・重量・価格・半導体の個数・備考に関する参考資料

b. 大崎眞一郎(2005)「電卓（電子式卓上計算機）の歴史」[東京理科大学生涯学習センター「コンピュータの歴史」2005年11月講演資料]

<http://www.dentaku-museum.com/1-exb/special/rikadai/rikadai.html> 内の <http://www.dentaku-museum.com/1-exb/special/rikadai/4.jpg>

重量・価格・素子に関する参考資料

c. 三坂重雄(2006)「液晶産業の創出と今後の展開」『映像情報メディア学会誌』Vol.60 No.12, pp.1871-1875

http://www.jstage.jst.go.jp/article/itej/60/12/1871/_pdf/-char/ja/

重量・消費電力・半導体の個数に関する参考資料

d. 「Sharp desktop calculator」『電卓博物館』

<http://www.dentaku-museum.com/calc/calc/1-sharp/1-sharpd/sharpd.htm>

大きさ・価格・重量・半導体の個数に関する参考資料（特に、20A のスペックおよび CS31-A のスペックが参考になる。）

e. 「C-16A 英文パンフレット」『電卓博物館』

<http://www.dentaku-museum.com/calc/calc/1-sharp/1-sharpd/cs16a/b-ad2.jpg>

CS-16A のトランジスタおよびダイオードの数

f. 「C-31A 和文パンフレット」『電卓博物館』

<http://www.dentaku-museum.com/calc/calc/1-sharp/1-sharpd/cs31a/cs31a-ad/b-1.jpg>

CS-31A の特徴・詳細に関する参考資料

g. 「EL-805 和文パンフレット」『電卓博物館』

<http://www.dentaku-museum.com/calc/calc/1-sharp/3-elcos/el805/el805-b/b-1.pdf>

EL-805 の外形寸法に関する参考資料

[注]

- 1) 価格は、百円台で四捨五入した値を記載してある。正確には、QT-8D は 99,800 円、EL-805 は 26,800 円である。
- 2) シャープは、1964 年 3 月 18 日に世界初のオールトランジスタ式卓上計算機 CS-10A [当時の中型乗用車並みの価格の 53.5 万円] で電卓の販売を開始してから 17 年後の 1981 年に累計 1 億台、21 年後の 1985 年に累計 2 億台、30 年後の 1994 年に累計 4 億台を達成している。[なお 1994 年までの全世界の電卓累計生産台数は 16 億台であるから、シャープはその 1/4 を生産していることになる。]
- 3) 1973 年の EL-805 は、世界初の液晶表示式電卓であるとともに、液晶の世界初の実用化であると言われている。
- 4) シリコン・トランジスタは、使用限界温度が 200℃、遮断周波数 5MHz と、ゲルマニウム・トランジスタの 60℃、3MHz よりも性能が優れていた。[久保修治(1989)『トランジスタ・集積回路の技術史』オーム社、p.18]

シャープの電卓が権威ある「IEEE マイルストーン」に認定されました。



IEEEマイルストーン認定

世界最大の電気電子学会(IEEE)が、電気・電子技術およびその関連分野において、社会に貢献した重要な歴史的偉業を称えるために1983年に制定し、認定するものです。これまでポータブル電池やフレミングの二極管など世界で65件以上認定されています。日本では八木アンテナ(1995年)、富士山頂レーダー(2000年)、東海道新幹線(2000年)、セイコークォーツ(2004年)の4件が認定されており、シャープの電卓が5件目になります。

1964年 CS-10A

世界初 オールトランジスタ式電卓



重量 25kg
消費電力 90W
定価 535,000円

1964

世界初 MOS-IC式電卓



重量 4kg
消費電力 9W
定価 230,000円

1967年 CS-16A

1969年 QT-8D

世界初 MOS-LSI式電卓



重量 1.4kg
消費電力 7W
定価 99,800円

1969

世界初 液晶表示 CMOS-LSI電卓



重量 200g
消費電力 0.02W
定価 26,800円

1973年 EL-805

早川式繰出鉛筆



1915年世界に先駆けて、独創的な芯の繰出し装置を発明しました。名称は「エバー・レディ・シャープペンシル」。後にシャープペンシルとなりました。当社の社名「シャープ」はこれに由来しています。

液晶産業

液晶カラーテレビAQUOS
累計生産500万台達成(2005)



AQUOS

半導体産業

国内携帯電話メーカー別
シェア首位獲得(2005)



太陽電池産業

太陽電池生産量6年連続
世界トップシェア(2005)

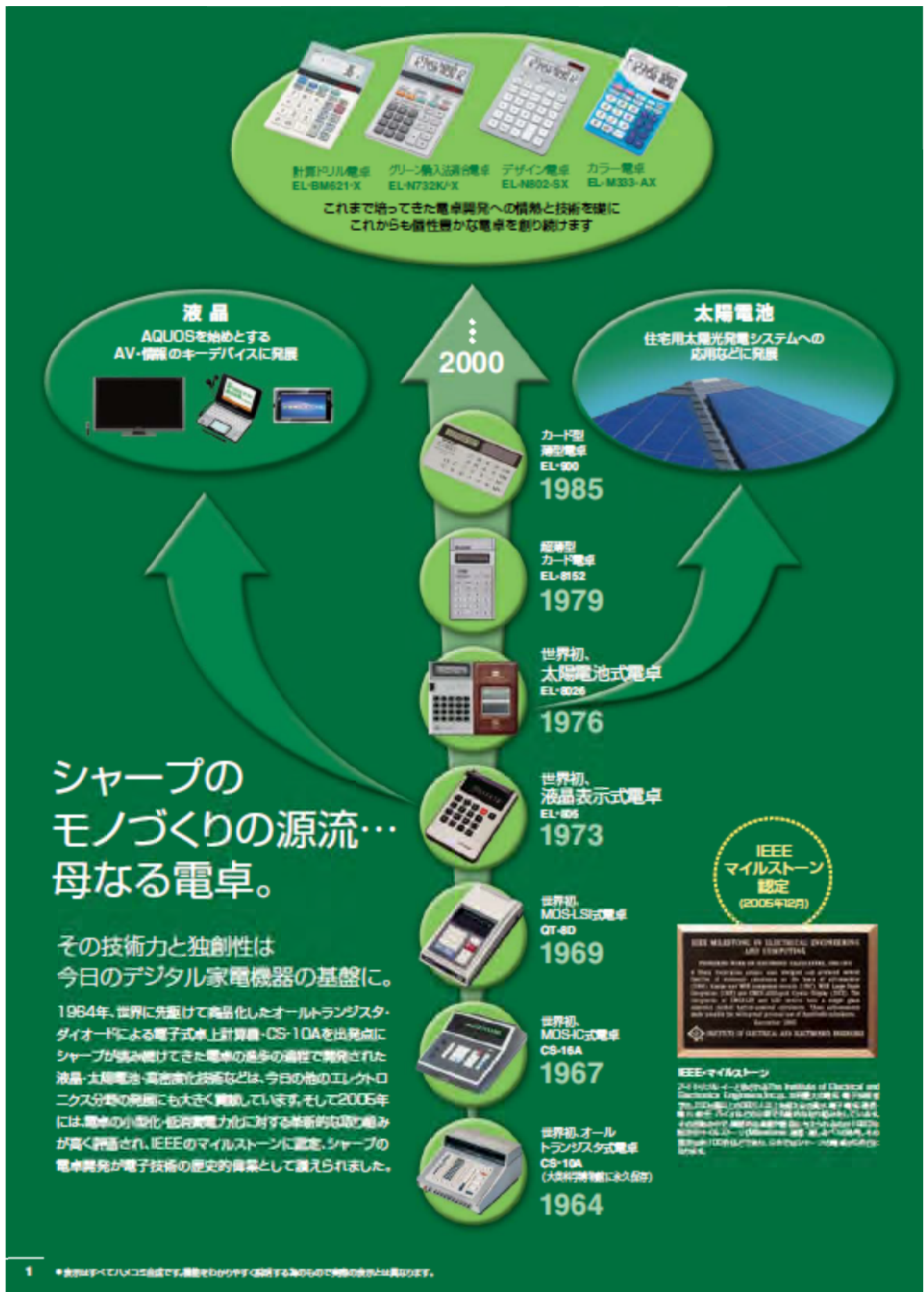


社会の動き

- 1964年(昭和39年)—— 東京オリンピック開催。東海道新幹線開通。
- 1967年(昭和42年)—— カラーテレビ本放送開始。番組のカラー化急速に進行。
- 1969年(昭和44年)—— アポロ11号が月面に着陸。人類は初めて月に立った。
- 1973年(昭和48年)—— 第1次オイルショック。省エネに向けた気運高まる。

〔出典〕電卓博物館、<http://www.dentaku-museum.com/calc/calc/1-sharp/4-ellcd/milestone/12.jpg>

2005年12月1日に米国電気電子学会(IEEE)は、シャープのCS-10A、CS-16A、QT-8D、EL-805という4製品モデルを、半導体技術・液晶技術の進展を大きく牽引した「マイルストーン」として認定した。

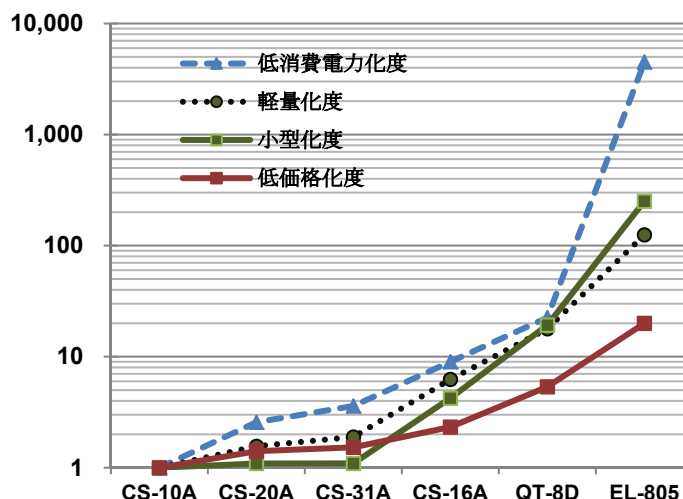


2 電卓の性能向上および低価格化

(1) 半導体技術の進歩による消費電力の低減、軽量化、小型化、低価格化の歴史的進展

CS-10A の消費電力、重量、外形寸法による体積、価格を基準として、消費電力の低減、軽量化、小型化、低価格化がどの程度進んだかを示すと下記のようなになる^[1]。

年	型番	低消費電力化度	軽量化度	小型化度	低価格化度
1964	CS-10A	1	1	1	1
1965	CS-20A	2.6	1.6	1.1	1.4
1966	CS-31A	3.6	1.9	1.1	1.5
1967	CS-16A	9.0	6.3	4.2	2.3
1969	QT-8D	22.5	17.9	19.2	5.4
1973	EL-805	4500	125	251	20

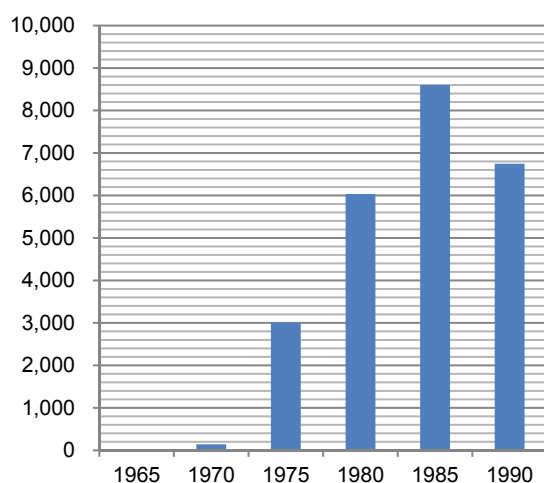


電卓の平均単価、生産数量、 生産金額の歴史的推移

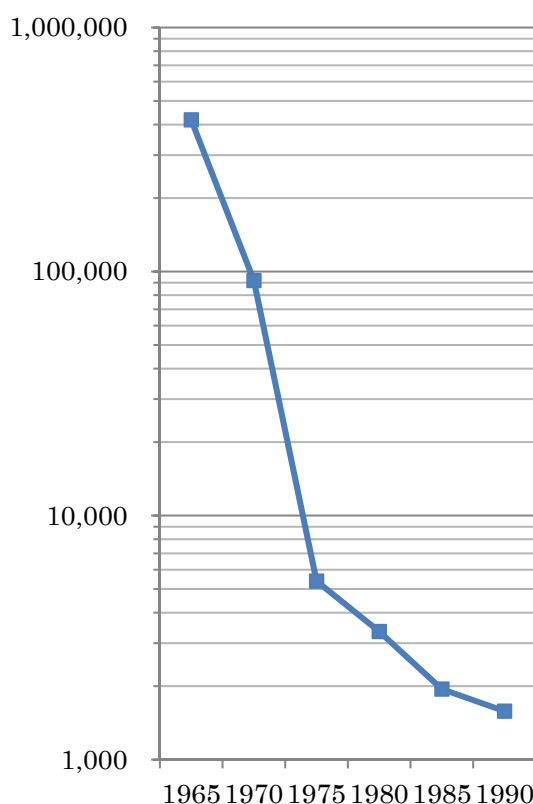
単位:万台 単位:億円

	平均単価	生産数量	生産金額
1965	418,600	0.4	18.23
1970	91,898	142.3	1308.09
1975	5,392	3004	1619.83
1980	3,351	6035.6	2022.79
1985	1,946	8603.2	1674.18
1990	1,580	6747.9	1066.01

電卓の生産数量の推移 (単位:万台)



電卓の平均単価の推移 (単位:円)



[1] 表における各指数は各電卓製品の消費電力、重量、外形寸法から求めた体積、価格の値で、CS-10A の値を割ることで求めている。例えば、CS-10A の消費電力 90W を CS-20A の消費電力 35W で割ると $90/35=18/7 \approx 2.6$ になる。すなわち CS-20A の消費電力は、CS-10A の消費電力の約 2.6 分の一に減少していることになるので、低消費電力化度は 2.6 ということになる。

(2) CS-10A(1964)

a. CS-10A の製造上の問題点から、IC への技術的必要性が強く認識されるようになった

電子式卓上計算機、すなわち、電卓の演算回路用に最初に半導体素子を利用した製品が、シャープの CS-10A(1964)である。CS-10A の演算回路は、ゲルマニウムトランジスタ 530 個とダイオード 2300 個から構成されていた。演算回路以外の回路の素子を含めると部品の総数は約 5000 点に及んだが、それらの部品は手作業のハンダ付けで組み立てられていた。

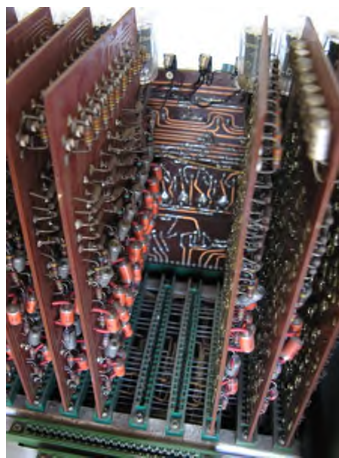
その当時の開発技術者であった浅田篤（シャープ元副社長）や鷲塚諫（シャープ元副社長）らによれば、「最初のうちは作っていく途中からハンダ付けがはずれ、また検査出荷後も運送の振動などで故障が発生し、その対策に連日悩まされていたとのことであった。このことが何としても頑丈で壊れにくい集積型の回路素子が欲しいという「IC 開発への思い」に繋がったとのことであった。」〔船田文昭(2008)「液晶ディスプレイ事始」『半導体シニア協会ニューズレター』No.57,pp.12-13〕



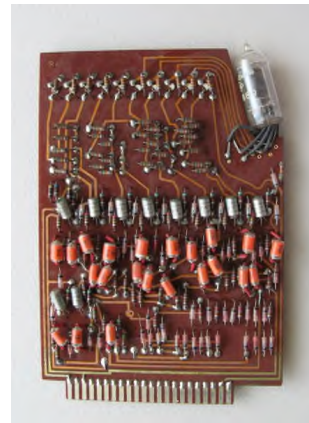
<http://www.dentaku-museum.com/calc/calc/1-sharp/1-sharpd/cs10a/inside/4.jpg>



<http://www.dentaku-museum.com/calc/calc/1-sharp/1-sharpd/cs10a/inside/3.jpg>



<http://www.dentaku-museum.com/calc/calc/1-sharp/1-sharpd/cs10a/inside/6.jpg>



<http://www.dentaku-museum.com/calc/calc/1-sharp/1-sharpd/cs10a/inside/5.jpg>

b. CS-10A の内部構造

3 カシオ計算機における計算機事業の展開

4 半導体式計算機に先立つ旧世代卓上型計算機

(1) タイガー手廻し式計算機最終モデル

製造番号	製造年 (西暦)	製造年 (和暦)	ダイヤル桁数
493972	1970	昭和 45 年	10×11×21
販売価格	35,000 円		
時代背景	大阪万博、日航機よど号ハイジャック 光化学スモッグ、三島由紀夫割腹自殺 映画：戦争と人間・どですかでん		
物価	牛乳 25 円、蕎麦 100 円、タクシー130 円 大工日当 3500 円、珈琲 120 円		



タイガー「20世紀の産業遺物：手廻し式計算機器の変遷」タイガー手廻し計算器資料館

<http://www.tiger-inc.co.jp/temawashi/temawashi4.html>