

[論文]

1970年代後半期におけるマイコン・キット製品 vs PC製品

— 製品開発論的視点から見た PC の技術論的位置 —

佐野正博**

はじめに

最初のパーソナル・コンピュータ(以下、PC と略記)をどのマシンとするかをめぐって様々な議論がある。インテル社製のマイクロプロセッサ Intel8080 を採用し、マイクロソフト社の BASIC プログラミング言語ソフトウェアを最初に搭載した MITS の Altair8800(1975)を最初の PC とする見解が一般的である^[1]が、アップルの Apple II(1977)などを世界最初の PC とする見解も根強い^[2]。

というのも Altair8800 は、下記のように現代の PC とかなり異なっており、「普通の個人が誰でも利用可能な汎用的マシン」とは言い難いからである。

1. Altair8800 は低価格ではあったが、図1のキャプションにあるように、完成品型ではなく組立作業が必要なマイコン・キットとして最初に発表された^[3]。
2. テレタイプやキーボードなどの入力装置およびフロッピーディスク・ドライブ(以下、FDD と略)などの記憶装置を別途調達する必要があったが、それらは Altair8800 本体価格の3～4倍とかなり高価格であった^[4]。
3. 発売初期にはそのマシン上で動作するプログラミング言語ソフトがなかった。

図1 キット製品としてのAltair 8800



[図の出典] Popular Electronics, January 1975 の表紙

またその一方で、Altair8800 を PC と認める論者の中には、「Altair8800 は世界最初の PC ではない」と主張する人々もいる。

例えば、キット型としては Radio Electronics 誌の1974年7月号の表紙(図2)に"Build the Mark-8, Your **Personal** Minicomputer"と銘打たれた Mark-8 (1974)が、完成品型としてはフランスの Réalisation d'Études Électroniques 社(以下、R2E と略)の Micral N(1973)が世界最初の PC 候補として一般に挙げられている^[5]。

さらにまた、Smith ほか(1988,p.5)などのように、市販はされず研究室での利用にとどまった製品ではあるが、グラフィカル・ユーザーインターフェース(GUI)を持ち、マウスやネットワーク機能も備えた多機能で高性能な個人業務用途のコンピュータであるゼロックス社の Alto(1973)を世界最初の PC とする見解もある^[6]。

* 2014年6月30日受理

** 明治大学経営学部

キーワード： 情報処理技術史、PC 技術史、マイコン・キット、製品イノベーション論、経営技術論

図2 “Personal Minicomputer”と銘打たれた、組み立てキットMark-8



[出典] Radio Electronics, July 1974 の表紙

このように世界最初の PC は何かをめぐって様々な議論があるということは、PC の理論的定義が多様であり、論者によって様々であることを意味している。

本稿の目的は、1970 年代後半期の個人的ホビー用マシンとしての、マイコン・キットおよび PC の歴史的存在形態の分析を通じて、「PC とは何か？」に関する理論的定義の明確化作業を進めることにある。

1. PC の技術論的位置づけ

数値計算処理作業が可能な個人的情報処理作業用マシンとしては、PC 以外に、電子式卓上計算機（Electronic Desktop Calculator 以下、電卓と略）がある。

電卓と PC の違いは、電卓が「四則演算を中心とする数値計算処理の専用的マシン」であるのに対して、PC が「種々のアプリケーション・ソフトウェアを動作させることによって、数値計算処理だけでなく、文書処理や画像処理などの作業も対話的に実行できる汎

用的マシン」であるということにある。

PC と同じようにソフトウェアによって各種の情報処理が可能なコンピュータ製品は、その製品の大きさ、利用形態、処理業務に応じて表 1 のように分類できる。

1970 年代中頃のアメ리카で PC は、PDP-10 などのミニコンピュータ(minicomputer、以下、ミニコンと略)よりもさらに小さいということで、マイクロコンピュータ(microcomputer)と一般に呼ばれていた^[7]。

そうした歴史的経緯もあり、ミニコンから PC への製品イノベーションは、ダウンサイジングという視点で理解されることが多い。すなわち、「メインフレームなどの大型計算機からミニコンへというダウンサイジングを主目標とする技術の歴史的発展動向に沿って開発された製品である」とされることが多い。

しかし物理的な大きさや重量に関するダウンサイジングといった社会的ニーズに対する技術的対応そのものは 1970 年代前半にはすでになされていたし、一定の社会的普及があった。

ミニコンから PC へという製品イノベーションの画期的かつ根本的な特徴は、物理的な意味におけるダウンサイジングにはない。

表 2 のように、大きさや重量という視点だけから見れば、日立の HITAC10 (1969)^[8]、NEC の NEAC-M4(1969)、IBM の IBM 5100 Portable Computer (1975)^[9]など PC とほぼ同等な製品が PC 登場以前に存在していた。それらの製品の大きさは、現代のタワー型デスクトップ PC とほぼ同じである。NEAC-M4 や IBM5100 は重量もほぼ同じである。

表1 1970年代中頃におけるコンピュータ製品の分類

大きさを基本とした分類名	購入主体	利用主体および利用形態	処理用途	対応製品セグメント	市場形成時期
Room-sized computer (large scale computer)	企業	会社 Central computing	全社的情報処理業務 (基幹業務処理)	メインフレーム	1950 年代
Minicomputer		部門 Departmental computing	部門的情報処理業務	ミニコンピュータ	1960 年代
---		個人	個人的情報処理業務	パーソナル・ワークステーション	1970 年代
Microcomputer	個人	Personal computing	個人的情報ホビー作業	パーソナル・コンピュータ	

表2 PC登場以前の小型のコンピュータ

	外形寸法(単位: cm)	重量
日立 HITAC-10	44.5 × 30.0 × 54.7	40kg
NEC NEAC-M4	48.3 × 24.2 × 66.1	22kg
IBM 5100	44.4 × 20.3 × 61.0	23kg

[数値の出典] 内田板利ほか(1969) p.23、内山政人ほか(1970) p.23、日本アイ・ビー・エム(1975)。IBM 5100の外形寸法は、インチ表示をもとにcm換算した数値。

しかし企業における個人的情報処理業務への対応を製品の設計目標とし、一定以上の高性能性を保持していたそれらのマシンは、「パーソナル・ワークステーション」(Personal Workstation)という、PCとは異なる製品セグメントを構成するものである。

パーソナル・ワークステーションもPCも、利用主体が個人であり各個人専用マシンであるため、小型軽量化が有意味であった点は共通している。しかしながら、企業で仕事に利用するマシンと、家庭でホビーに利用するマシンでは製品開発の方向性が大きく違った。

「大型計算機」から「ミニコン」への製品イノベーションは、企業の基幹業務などの「全社」的情報処理業務(central computing)対応から企業の経理処理などの「部門」的情報処理業務(departmental computing)対応への変化に対応した製品イノベーションであった。

企業での上記業務に対応する製品として、マシンの高性能性をある程度は維持した上で、小型化や軽量化という技術的ダウンサイジングを実現することが重要であった^[9]。

「ミニコン」から「パーソナル・ワークステーション」への製品イノベーションは、職場での「個人的情報処理業務」(personal computing)対応への製品イノベーションであった。この場合も、企業での業務に対応する製品として、マシンの高性能性をある程度は維持した上で、小型化や軽量化という技術的ダウンサイジングを実現することが有意味であった。しかし1970年代前半ですでにPCレベルの小型化は実現されており、それ以上の

小型軽量化はさほど重要ではなかった。

さらにまた、仕事に使うマシンとしては、低価格化よりも高性能性を備えていることが重視された。すなわち、利用者が個人ではあるが、購入者が企業であるパーソナル・ワークステーションでは、低価格化よりも高性能性が重視された。

しかし個人的ホビーなど家庭での「個人的情報処理業務」(personal computing)用途に対応したPC製品、すなわち、利用者・購入者ともに個人であるPC製品では、高性能性よりも低価格化が重視された^[11]。

パーソナル・ワークステーションでは低価格化よりも高性能性が重視されたが、PCでは高性能性よりも低価格化が重視された結果として、PCという製品イノベーションは、ミニコンからの物理的な「ダウンサイジング」という技術的進化の延長線上にあるイノベーションとしては生起しなかった。

なお大型計算機のようなバッチ処理操作のための共有マシンとは異なり、PCは、各個人における対話的処理操作のための自己完結的マシンとして、各PCそれぞれに専用のディスプレイ、プリンター、外部記憶装置(FDDやHDDなど)、キーボードといった周辺機器をPC1台ごとに購入する必要があった。

そのためPCが広く社会的に普及するためには、PC本体だけでなく、そうした周辺機器の性能向上と低価格化も重要な規定的要因となった。

しかしPC本体および周辺機器の性能向上と低価格化は、PCメーカーの内部的な研究開発・製品開発という内部的要因によってではなく、半導体メーカーという外部的要因によって可能となった。

すなわち半導体製造技術の1960年代以降の急速な進歩によってICの動作速度や集積度が劇的に向上したことで可能になった。半導体技術の急速な進歩が、PCの重要モジュールであるマイクロプロセッサの動作速度や機能の向上と低コスト化、マイクロプロセ

ッサー動作のための主記憶モジュールとしての DRAM の容量増大と低コスト化、周辺機器の電子回路における半導体部品の性能向上と集積度増大による部品点数の削減による低コスト化を可能にしたのである。

そうした意味において、PCは「ミニコンからのダウンサイジングと低価格化」ではなく、「半導体製造に関する技術発展によるマイコン・キットからのボトムアップ」として生まれた、と位置づけるべきなのである^[12]。

2. マイコン・キットと PC の共通性と差異性

最初の PC をどの製品とするのかは、PC をどのようなものと定義するかによって変化する。PC を「機械の電気工作や組立工作が不得意な普通の人々が自分のために購入し使用するコンピュータ」と定義する立場からはキット型コンピュータと完成品型コンピュータの二つがまったく異なるものとして区別されることになる。最初の PC を Apple II(1977)、Commodore PET2001(1977)、TRS-80(1987)とする論者はこうした PC 定義を採用している。

これに対して本稿では、「種々のアプリケーション・ソフトウェアや様々な機能拡張によって各種の個人的ホビーにおける個人的情報処理作業(Personal Computing)用途に対応可能、かつ、個人が購入可能な価格帯に位置する汎用的情報処理マシン」として PC を定義する立場から議論を展開している。

それゆえ本稿では、組立済み製品だけでなくキット形態の製品としても販売されていた MITS の Altair8800(1975)のようなマシンも PC の中に位置づけている^[13]。

完成品型ではなくキット型を購入した場合には、ハンダ付けなど電気工作作業が必要であったし、キットの組み立てにもかなりの技術的能力を必要とし誰でも簡単に組み立てて使えるコンピュータでは確かになかった。

その意味でキット型の Altair8800 は、同製品に先行する「ワンボードマイコン」型キッ

ト製品と多くの共通性も持っている。

しかしながら、MITS がキット型の Altair8800 を販売したのは、性能よりも低価格性がより重視される PC の製品特性を考慮したためである。キット工作向けマニアを主たる対象と考えてキット型としたというよりも、低価格化のためにキット型とした、と推定される。

実際、キット型だけでなく、組立済み型も販売されていた。キット型の \$439 に対して、組立済み型は \$621 と約 5 割も高かったが、Roberts (1995) p.19 の証言によれば、販売数の約 90% が組立済み型であった。

そうしたこと、および、後述する製品設計意図から、Altair8800 は PC に関する前述の定義を満たすマシンに位置づけられる。それゆえアメリカにおける PC の時代は、1975 年頃に始まったと考えることが正当である。

PC 時代の開始形態は日本とアメリカでは異なる。日本では、PC の歴史的先行形態である「ワンボードマイコン」型キットの社会的ブームが契機となり、PC 製品イノベーションへと移行した。すなわち 1976 年 8 月に販売開始された NEC の TK-80(1976)を契機として「PC」ブームに先行して日本では「マイコン」ブームが生じた。

日本では、図 10 のように接続端子がむき出しの一枚のプリント基板型の製品である「ワンボードマイコン」型キット製品を対象としてブームが生じたのである。

そのブームの対象となったマシンは、Altair8800 とは異なり、組立済み製品が併売されていたわけでも、機能拡張のためのシステム拡張キットが製品の設計段階から計画されていたわけでもなかった。機能的制約が非常に大きく、できることは限られていた。

こうしたことから、日本ではマイクロプロセッサを CPU として利用するコンピュータに関して、「キット」型マシンと「完成品」型マシンとが明確に異なるものとして社会的に区別されている。それゆえ、TK-80 のような「キット」型マシンを PC には含めないこ

とは確かに歴史的に妥当である。

実際、NEC マイクロコンピュータ部の部長代理としてマイクロプロセッサ開発に携わった後、開発したマイクロプロセッサの外販を目的として 1975 年に新設されたマイクロコンピュータ販売部の部長に就任した渡邊和也（当時、NEC マイクロコンピュータ販売部長）は、表 3 にまとめたように、1971 年から 1978 年にかけての「LSI の進展と、マイクロコンピュータのチップが誕生した期間」、および、1976 年から 1978 年にかけての「まだパソコンという態をなしていない」マイコン・キットの期間という二つの時期が PC 登場に先立つ前史の期間であるとし、日本における PC の幕開けの時期は「日本のパソコン元年と言われる 1979 年からの 2 年間くらいの時期」（渡邊和也,1987,p.109）である、というように日本の PC 開発の歴史を時期区分している。

TK-80 など表 8 に掲げた日本のマイコン・キット製品それ自体は、Altair8800 とは異なり、電源も標準では用意されていなかっただけでなく、拡張スロットを備え組み立てたキットを収納するシャーシもない製品であり、その多くはインターフェースカードもないため拡張性がきわめて低かった。

表 7 に挙げたようなシステム拡張キットが販売開始されるまでは、それらのマイコン・キットは、様々な種類の情報処理作業が可能な汎用的コンピュータ製品ではなかった。

その意味で、表 8 に掲げたマイコン・キッ

トは渡邊和也(1987)が主張するように、さまざまな処理が可能な汎用的製品としての PC とは異なる位置づけの製品であった。すなわち、表 6 に挙げたマイコン・キットと同じく、PC ではなく、「ワンボードマイコン」型キットと位置づけるべき製品であった。

なお表 8 のマイコン・キットがこのような製品特性のものとなったのは、表 6 のマイコン・キットと同じく、製品開発担当技術者をターゲットとしたトレーニング・キット、あるいはエバリュエーション・キットという位置づけの製品であったためである。どちらもマイクロプロセッサを、PC 用ではなく、機器制御用＝組込用の CPU として普及させるためのトレーニング・キットであった^[14]。

どちらのマイコン・キットも、マイクロプロセッサという、その当時の多くの技術者たちには知られていなかった「新規部品」の販売促進を主目的としていた。

なお、その当時の大型計算機開発者の視点から見た場合には、図 4 のようにマイクロコンピュータは機器制御用製品として位置づけるのが一般的であった。

しかしながら、アメリカで PC ブームの契機となった Altair8800 は、製品開発担当技術者向けのトレーニング・キットではなく、ホビイストを対象として最初から設計された製品であった。

そのため、最初からキット形態と組立済みの完成品型形態の両方で販売されたし、数多くの周辺機器を接続するための拡張スロット

表3 渡邊和也による1980年代中頃までのPC開発の歴史的時期区分

	年代	備考
第零期	1971-1976	LSI 技術の発達によるインテルのマイクロプロセッサ 4004 登場以後の時期。日本でも NEC をはじめとしてマイクロプロセッサの開発が進んだ。
第一期	1976-1978	NEC の TK-80(1976 年 8 月)以後の「ワンボードマイコン」型キットの時期。アマチュア・ホビイストが起爆役となって急激にマーケットが拡大した。
第二期	1979-1981	NEC の PC-8001(1979 年 5 月)などの 8 ビット CPU 製品以後のパソコンの幕開けの時期。1979 年が「日本のパソコン元年」である。
第三期	1982-	PC-9801 (1982 年 10 月)などの 16 ビット CPU 製品以後の時期。PC の利用がビジネス分野にまで拡大を開始した時期。

〔注〕 渡邊和也(1987), pp.108-109 の記載を基に作成。備考部分は引用者による補足を含む。

図3 Altair8800 の宣伝 --- 低価格性および
「自分自身のコンピュータ」というアピール



[出典]左図: Popular Electronics, Jan. 1975, p.33、右図: Byte, No.2, October 1975, p.49

も標準で備え付けられていた。

Altair8800 は、バス・システムを利用することにより周辺機器やメモリに関して「ほとんど無制限の拡張が可能のように設計されている」、すなわち、「ほとんどの応用に十分なように、プロセッサ・バッファは300の外部カードをも動作させることが可能のように設計されている」製品であった(Roberts ほか, 1975, p.38)。実際そうした設計を反映し、Altair8800 は、図 5 の記事および図 6 の MITS の広告に示されているように、多数の周辺機器を接続可能な高い拡張性を備えたマシンであった(MITS,1975,p.16)。

さらに Altair8800 の最初の宣伝媒体となった雑誌 Popular Electronics の 1975 年 1 月号におけるキャッチコピーは、図 1 や図 3 の左図に示したように、「市販モデルに対抗する世界最初の実用ミニコンピュータ・キット」や「これまで存在した最も強力なミニコンピュータ・プロジェクト — 400 ドル以下で購入可能」というものであった。

Altair8800 は発表当時、「マイクロコンピュータ・キット」ではなく「ミニコンピュータ・キット」として位置づけられていたのである。なお雑誌 Computer の 1975 年 5 月号掲載の広告では、「スーパーコンピュータ」という表現も用いられている(MITS,1975)。

こうした広告宣伝は、MITS が Altair8800 を単なるマイコン・キットではなく、ビジネス用途の personal computing に対応した低価格マシンとして位置づけていたことを示してい

図4 大型計算機開発者視点から見たマイクロコンピュータの技術的位置づけ

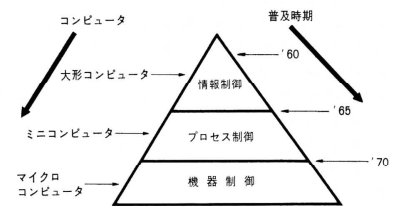


図1 コンピュータライゼーションの発展経過 コンピュータライゼーションは、大形コンピュータによる情報制御より始まり、マイクロコンピュータの導入により機器制御のレベルに発展してきている。

[出典] 川本幸雄ほか(1977) p.1 の図1

る。すなわち、製品開発担当者を対象とした組み込み用マイクロプロセッサの「トレーニング・キット」としてではなく、personal computing 用の機能拡張を前提とした汎用的な情報処理マシンとして最初から設計されていたことを意味している。

Altair8800 において拡張バス規格 S100 が用意されたのは、ミニコン並みの機能・性能を実現可能な製品アーキテクチャとするためであった。日本の TK-80 のように組込用マイクロプロセッサのトレーニング・キットとしてのマイコン・キットという位置づけの製品として開発したのであれば、拡張バスまで標準で用意する必要はまったくなかった。

Altair8800 はその拡張スロットに、拡張メモリ、キーボード、プリンター、テレタイプ、フロッピーディスク・コントローラー、FDD、シリアル・インターフェースなどの周辺機器を接続して利用することは、MITS(1974)のカタログに示されているように、1974 年段階から想定されていた。

実際 Altair8800 は、図 5 に示したような様々な周辺機器と組み合わせて利用することが可能であった。

MITS を買収した Pertec Computer が、Altair8800B と周辺機器と組み合わせた製品システム MITS 300/25 Business System や MITS 300/55 Business Systemなどを発売するというビジネス展開が可能であったのも、そうした Altair8800 の高い拡張性という製品設計によるものである。

図5 *Popular Mechanics* 1976年9月号に掲載されたAltair8800と組み合わせ利用が想定されていた典型的なシステム・コンポーネント



[出典] Berger (1976) p.113。左図の左端下の MITS Altair8800 から時計回りで順に、プリンター、テレタイプ、FDD 装置が置かれている。また前方にカセット、テレタイプ用紙テープ、拡張メモリボードがある。テレタイプの手前の中央部にある少し小型のマシンが MITS の Altair6800 である。

図1や図3に示した1975年前半の広告文や図6に挙げた製品システムが示しているように、DOS ソフトウェアや BASIC 言語ソフトなどのソフトウェアが用意されているのも、周辺機器と Altair8800 を組み合わせた personal computing 向け製品システムの構築を予定していたためである。

表4 *Computer*, 1975年5月号掲載のMITSの広告で紹介されているAltair8800利用の各種システム

システムの名称	価格	組立済 Altair8800 本体以外の付属品およびソフト
Basic Language System	\$2,461	8KB メモリ、シリアル・インターフェース、コンピュータ端末、BASIC 言語ソフト
EXTENDED BASIC Language System	\$2,806	12KB メモリ、シリアル・インターフェース、コンピュータ端末、拡張版 BASIC 言語ソフト
DOS EXTENDED BASIC Language System	\$6,649	16KB メモリ、シリアル・インターフェース、コンピュータ端末、フロッピーディスク・コントローラーおよび2台の FDD 装置、DOS ソフトウェア、拡張版 BASIC 言語ソフト
Advanced Accounting/Engineering System	\$10,489	32KB メモリ、シリアル・インターフェース、テレタイプ (あるいはコンピュータ端末)、ライン・プリンター、フロッピーディスク・コントローラー、FDD 装置、DOS ソフトウェア、拡張版 BASIC 言語ソフト

[出典] MITS(1975)

図6 Altair8800bをビジネス用途に利用した製品システムの広告



If your company can afford a pick-up, you can afford your own computer.

It's a fact: if you have a computer, you can afford to own one. And the computer every business can afford is the MITS™ 300.

MITS 300 monitors your memory, makes out your report, do your scheduling, ordering, inventory, and more. All the data that used to take weeks, days or hours is now done in a few minutes.

And, believe it or not, the MITS 300 microcomputer system is easier to operate than a pick-up truck. Most people can learn its operation in less than an hour and use it in a few days. It's a package that makes computer operation simple and easy.

All this, plus a full line of add-on modules, hardware, operating software and pre-programmed applications built into the MITS 300.

So put the affordable microcomputer in your office, upgrade your system and save office equipment, and see what you've been missing. You'll wonder how you ever ran your business without it.

If you're big enough to be in business, you're big enough for a MITS.

Come in today for a demonstration!

get your MITS up!

Picture a 300 Micro Computer System. Not just a computer, but a computer system. MITS microcomputers are available at:



[出典]

右上図 ; virtualaltair.com MITS 300/25 Business System
http://virtualaltair.com/virtualaltair.com/vac_altair_mits_300_25.asp

MITS(1976) *The Altair System* [MITS の広告パンフレット]
http://chicclassicrog.org/docs/content/computing/MITS/MITS_TheAltairSystem_Brochure.pdf

左図 : virtualaltair.com MITS 300/55 Business System
http://virtualaltair.com/virtualaltair.com/vac_altair_mits_300_55.asp

組み込み用マイクロプロセッサのトレーニング・キットとしてであれば、TK-80 のような「ワンボードマイコン」型キットというような形態の製品で構わない。メモリ拡張やディスプレイ表示はもちろん、キーボードやプリンターなどの様々な周辺機器の接続が可能な製品アーキテクチャにする必要はまったくなかった。

「PC」型キット型製品と、表 6 や表 8 に掲げたような「ワンボードマイコン」型キット製品とではその製品特性が大きく異なる。

この点に関して矢田光司(1979,p.99)は、搭載マイクロプロセッサの使い方に関するトレーニングや機能・性能・仕様などに関する製品評価を主目的とする「**ボードコンピュータ**」と教育・試験研究を主目的とする「**パーソナル・コンピュータ**」の二種類にマイコンキットを分類している。

また Jim Warren は、ホーム・コンピューティング・コミュニティ（home computing community）において用いられているマイクロコンピュータ、すなわち、マイクロプロセッサを CPU として利用しているコンピュータに関して、表 5 にまとめたように価格帯やその機能・性能などから三つのレベルが見出されるのであり、「**チュートリアル・システム**」(a tutorial system)と「**真のホビー・コンピュータ**」(the true hobby computer)とはレベルが異なるものとして明確に区別すべきであるとしている (Warren,1977,p.12 および p.14)。

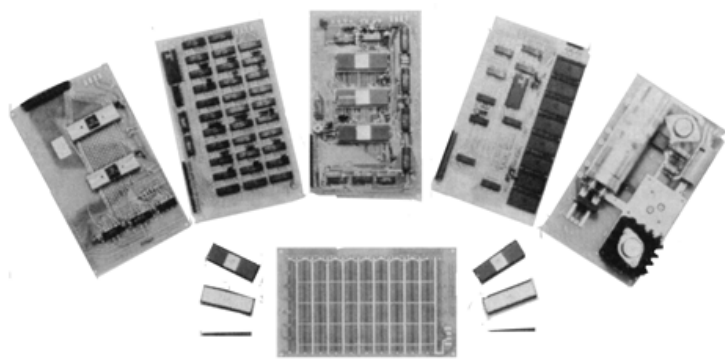
Warren における「チュートリアル・システム」と「真のホビー・コンピュータ」との区別は、矢田光司(1979,p.99)における「ボードコンピュータ」と「パーソナル・コンピュータ」の区別に対応している。

表5 Warrenによるマイクロコンピュータのレベル分類

レベル	区分	価格帯	企業名および製品事例
第一レベル	チュートリアル・システム	\$100(27,000 円) - \$400(108,000 円)	National Semiconductor の SC/MP kit MOS Technology の KIM-1 Microcomputer Associates の Super Jolt
第二レベル	真のホビー・コンピュータ	\$600(162,000 円) -\$1,200(324,000 円)	Cromemco の Cromemco Z2 Polymorphic Systems の Poly 88 IMSAI の IMSAI 8080
第三レベル	ローエンドの産業用ミニコン、 あるいは、産業用マイクロコンピュータ	\$1,500(405,000 円)以上	DEC の LSI-11, PDP-8/M, 8/A, 8/E など、 ローエンドのミニコンの中古品

[出典] Warren(1977) p.12 および p.14。1977年中頃のドル相場 1 ドル=270 円で円換算をおこなっている。

図7 Warren(1977)が挙げている
第 1 レベルのマイクロコンピュータ



[出典] Warren(1977) p.13。写真は MOS Technology のマイコン・キット KIM-1、および、システム拡張モジュール。

図8 Warren(1977)が挙げている
第 2 レベルのマイクロコンピュータ



[出典] Warren(1977) p.13。写真は Polymorphic Systems の Poly 88

日本における 1977 年のマイコン・ブームの対象である「チュートリアル・システム」＝「ボードコンピュータ」型マイコン・キットを、「真のホビー・コンピュータ」＝「パーソナル・コンピュータ」型マイコン・キットに改変するための製品が、表 7 に掲げたようなマイコン・キット拡張用製品である。

TV を画面表示装置として利用可能にするインターフェース、オーディオ・カセット・

テープ装置を外部記憶装置として利用可能にするインターフェース、BASIC プログラミング言語ソフト、エディタ、キーボードなどの製品の追加購入により、マイコン・キットの機能拡張や性能向上が可能となった。

そうしたシステム拡張用製品を利用すれば、図9に示したように、日本のマイコン・キット製品も Altair8800 と同じく、PC 製品に限りなく近づけることができたのである。

表6 日本で発売されていた1976年までのマイコン・キット (ROM欄とRAM欄の単位はKB、価格の単位は円)

発売年	メーカー名	製品名	CPU	ROM	RAM	入力	価格
1975	Intel	システム・デザイン・キット SDK-80	Intel 8080A	4	0.25	無	83,000
1975	Microcomputer Associates	JOLT システム	Mos Technology MCS 6502	1	0.5	無	63,000
1975	Fairchild	F-8 キット 1A	Fairchild F-8	1	1	無	62,500
1975	Mostek	F-8 サバイバルキット	Fairchild F-8	1	1	無	58,800
1976	NEC	μCOM Training Kit TK-80	NEC μCOM8080A	0.75	0.5	16 進 25 キー	88,500
1976	東芝	TLCS-12A EX-O	東芝 TLCS-12A	6	1.5	2 進 16 桁	99,000
1976	Motorola	エバリュエーション・キット MEK6800DII	Motorola M6800	1	0.375	16 進 24 キー	99,700
1976	Mos Technology	KIM-1	Mos Technology MCS 6502	2	1	16 進 23 キー	119,000
1976	National Semiconductor	SC/MP キット	National Semiconductor SC/MP	0.5	0.25	無	40,000

[出典]矢田光治(1977) p.3、矢田光治(1979) pp.100-101、SE 編集部編(1989) p.14

表7 マイコン・キットの機能拡張および性能向上のための製品

メーカー名	製品名	価格
NEC TK-80 用	μCOM Basic Station TK-80BS	128,000
富士通 LKIT-8 用	ビデオ・カセット・インタフェイス MB2504 12KB ROM-RAM モジュール MB2305 会話型アセンブラ/エディタ 8K BASIC	
パナファコム LKIT-16 用	テレビインターフェース LA05K-A カセットテレタイプインターフェース LA05K-D 放電プリンタインターフェース EUH-IP740 インターフェース拡張用マザーボード LA15K-A	39,800 17,500 24,800 11,800
日立 H68/TR 用	テレビインターフェースモジュール H68/TV ペリフェラルコントロールモジュール H68TPR1 H68/TR 専用キーボード H68/KB 4KB スタティックメモリボード H68/TM04	69,500 28,000 45,000
日本パーソナル・コンピュータ	PERSONAL-11 [H68/TR、LKIT-8 等のマイコン・キットに対応した機能拡張システム]	
東芝 EX-80 用	EX-80BS [フルキーボード、拡張 RAM、拡張 ROM、TV / カセットテープ接続用インターフェースほか]	99,800

[出典]矢田光治(1979)p.102の表を基に、雑誌自社広告や自社宣伝パンフレットの表記に基づき追加・訂正を行っている。H68/TR用製品の価格のみ、『I/O』工学社、1980年4月号のp.41の本田通商(株)の広告による。

図9 東芝EX-80BSを利用したマイコン・キット製品のPC製品化



[出典]『インターフェース』CQ出版、1978年12月号掲載広告[資料請求No.44]の一部抜粋。ボード本体は裸で剥き出しのままであるが、拡張システムの利用により、家庭用TVへの画面表示、カセットテープ装置の記憶装置としての利用が可能であった。

3. 日本における初期マイコン・キット - 「ボードコンピュータ」型マイコン・キット

製品開発担当技術者をターゲットとして販売されたマイクロプロセッサ「評価用キット」は、開発メーカーの初期の意図を超えて、広く社会にブームを巻き起こした。後知恵的に言えば、コンピュータへの憧れが日本でもアメリカと同様に 1970 年代後半にはすでにかなり一般的になっていたのである。

現在では PC やスマホの重要なコア部品であるマイクロプロセッサも、その登場当時はかなり低性能であったこともあり、「一体何の役に立つのか？どのような用途のために使用できるのか？」が問題であった。

その当時のコンピュータは、ミニコンやメインフレームが主流であったが、1970 年代中頃当時のマイクロプロセッサの多くはミニコンやメインフレームなどといったコンピュータ向けの CPU として使用可能なほどの機能や性能はまだなかったのである。

マイクロプロセッサが大きな将来的可能性を秘めていることは、世界最初のマイクロプロセッサの開発に関わったインテルにおいて経営者を務めていたノイス^[5]だけでなく、多くの人々が期待を込めて予想していたことではあったが、その当時のメインフレームやミニコンなどの CPU として使用することは想定外であった。

1970 年代中頃のマイクロプロセッサは、一度に取り扱える情報量が 8 ビットと限定された 8 ビット・マイクロプロセッサであったし、高性能品でもサポートしているメモリ空間が 64KB と小さかった。また仮想メモリ機能をサポートしていないなど備えている機能も少なく、動作周波数が低いため計算スピードが遅い低性能な製品であった。

それでもマイクロプロセッサは低価格であったこともあり、様々な製品の制御用部品としての用途開発が期待されていた。

しかしそうした用途開発のためには、まず製品開発担当技術者に、「これまでなかった未知の部品であるマイクロプロセッサを使うと何ができるのか？どの程度のことまで可能なのか？」を実際の利用によって理解してもらうことや、「マイクロプロセッサの機能や性能がどの程度のものであり、どの程度まで制御用部品として利用可能であるのか？」を実感してもらうことが最初の一步としてきわめて重要であった。

そのためマイクロプロセッサ・メーカーは、マイクロプロセッサと関連部品を一緒にまとめた「マイコン・キット」を売り出したのである。

本来は技術者向けの評価キットであったが、表 6 のようにコンピュータが普通の個人にもなんとか手が届く値段で手に入るということで、マイコン・マニアと呼ばれた人々を中心として日本では 1976 年にブームを巻き起こした。

「マイコン」という語は、マイクロコンピュータの省略形であると同時に、マイ・コンピュータ（自分のコンピュータ）の省略形でもあった。Altair8800 がアメリカでそうであったように、日本ではマイコン・キットが、「高くても個人にはとても買えなかったコンピュータが自分のものになる」ということで大いに人気を博したのである。

その中で最も人気が高かったのが、NEC が 1976 年 8 月に販売開始した TK-80 である。

NEC は、1970 年に集積回路事業部で 4 ビットマイクロプロセッサの開発を進め各地で評価用ボードを用いた技術者セミナーを実施したり(渡邊和也,2003,p.182)、日本コカ・コーラの営業マンの携帯端末「ピルペット」のためにシャープが設計した 4 ビットマイクロプロセッサを 1971 年末に製造したりする(多田則明,1998)など、インテルのマイクロプロセッサ 4004 とほぼ同時期にマイクロプロセッサ事業への関与を始めていた。そして 1973 年には 4 ビットマイクロプロセッサ μ

図10 NEC TK-80(1977)



[図の出典] 電脳博物館 Web ページ「TK-80」

<http://www4.airnet.ne.jp/mit/Museum/NEC/TK-80.html>

COM4 を 1973 年には 8 ビットマイクロプロセッサ μ COM8 の発売を開始している。

マイクロプロセッサは、1974 年～ 1975 年当時の段階で既に「1 ～ 2 日で 1 万台もの大量生産が可能」^[16]であっただけでなく、マイクロプロセッサはそうのように大量生産しないと採算がとれない製品であった。

しかしその当時、アメリカのミニコン市場でさえも年間 2~3 万台であったし、日本の市場規模は年間 1 万台程度に過ぎなかった。

マイクロプロセッサの多機能化や性能向上が進み、ミニコンで CPU として利用できるようになったとしても、「一つの工場の日分の生産量で、日本の一年分のコンピュータが生産できてしまう」(渡邊和也,1987,p.111)ほどの相対的に限定された潜在需要しか日本にはなかった。

そのため NEC のマイクロプロセッサ事業の継続および将来的発展のためには、マイクロプロセッサのミニコン用 CPU 以外の新規用途の開拓に積極的に取り組まざるを得なかった^[17]。そのため、1976 年 2 月には半導体部門の中にマイクロコンピュータ販売部(同年 9 月に電子デバイス販売事業部と改称)を設置するとともに、マイクロプロセッサの販売促進手段として TK-80 というマイコン・キットの販売を開始している。

その当時はメインフレームやミニコンがコンピュータの主流であったし、マイクロプロ

セッサは 1970 年代初頭に登場したばかりで機能も少なく低性能であった。

そのため、NEC でマイクロプロセッサ開発を担当した集積回路事業部の技術部長(当時)の松村富廣によれば「社内では、こういうものはコンピュータといわないんだとみんなにバカにされた」(中川靖造,1992,p.131)と証言している。

また「なぜオモチャみたいなコンピュータに NEC のブランドをつけるのか、そんな遊びはいい加減にやめたらどうか」と主張する幹部もいた(中川靖造,1992,p.134)。

渡邊和也が新設のマイクロコンピュータ部の部長代理としてマイクロプロセッサとは何かを説明して若手を他部門から引き抜こうした時に、「そんなゲテモノと心中するのは嫌です」(今岡和彦,1986,p.107)というのが一般的な反応であった。

しかもそうした反応は NEC 社内だけのものではなく、マイコン・キットを販売開始したことに対して、他メーカーの人々から「そんなプラモデルみたいなまがいものをつくってどうするんだ」と笑われたとも言われている(今岡和彦,1986,pp.109-110)。

マイクロプロセッサに対して上述のような反応が一般的であったということは、メインフレームからミニコンへの製品イノベーションにおける以上に、ミニコンから PC への製品イノベーションがクリステンセン的な意味での disruptive innovation であったことを意味している。

製品への新機能付加や製品の性能向上を規定する価値体系(value network)は、メインフレームやミニコンと PC とではまったく異なっていた。企業の基幹的業務に関わる情報処理作業である central computing や departmental computing を担うコンピュータであるメインフレームやミニコンと、事務員や技術者の個別的=個人的業務に関わる情報処理作業および個々人の事務作業に関わる情報処理作業である personal computing を担うコンピュータで

ある PC とでは重要視される価値の体系がまったく異なるのである。

NEC においても IBM と同じく、メインフレーム開発を担当していたそれまでのコンピュータ部門が PC 事業を立ち上げた結果になったのは、そのためである。

コンピュータ部門にはコンピュータの専門家が多数いたにも関わらず、いや逆にコンピュータの専門家から構成される部門であったからこそ、PCの事業化へと踏み出すことができなかった。

この点に関して渡邊和也も、「今から考えてみると、私どもが素人だからよかったと思うんです。専門家のような人が集まっていたら、かえって従来の習慣にとらわれたり、先を読みすぎたりして、事業展開にブレーキがかかるようなことになっていたかもしれない。」(今岡和彦,1986,p.105)と述べている。

そのように価値体系が異なっていたことは、NEC、富士通、IBM など以前からコンピュータ事業を営んでいた企業において PC 事業の担当は既存のコンピュータ部門とは異なる部署となったこと、例えば NEC や富士通では半導体部門がマイコン・キットを販売したことに端的に示されている。

NEC では 1976 年に新設されたばかりのマイクロコンピュータ販売部が部品としてのマイクロプロセッサを販売促進策の一環として開発したトレーニング・キット TK-80 の予想外のヒットが 1979 年に PC8001 シリーズという PC 製品の誕生を生み出した。

また IBM では、既存のコンピュータ部門ではなく、ドン・エストリッジをトップとする IBU（独立事業単位）が市場競争力のある PC 開発という特別プロジェクトを担って IBM PC を 1981 年に作り上げた。

もちろん両者の間には差異もある。アメリカでは「ワンボードマイコン」型キットから PC への移行期的性格を持った PC 製品である Altair8800 が 1975 年に登場したことによって、日本よりも早く PC 時代が始まった。

そして 1977 年には、標準でモニターやキーボードに対応した完成品型 PC である Apple II、PET2001、TRS-80 などが販売開始されるとともに、VisiCalc(1977 年 4 月)などの PC 向けアプリケーション・ソフトも販売開始されている。

その結果としてアメリカでは、後で詳述するように、PC 市場が急成長を遂げた。PC の年間出荷台数は、1975 年には 1 万台に過ぎなかったのが、1979 年には 33 万台、1980 年には 80 万台と指数関数的に増大した。

IBM は PC 市場がそのようになりかなりの成長を遂げた後の 1981 年という「遅れた」時期に、1 年というごく短い準備期間で PC 事業を立ち上げ後発者として PC 市場に参入した。

これに対して NEC は、PC の先行的存在形態としても位置づけることができるような TK-80 という「ワンボードマイコン」型キットを先に開発・販売し、PC がターゲットとするマイクロプロセッサを利用したマシンによる様々な「学習」を PC 製品開発の前に積み重ねていた。その上で NEC は日本の PC 市場における先駆者となったのである。

NEC は、「ワンボードマイコン」型キットの先駆者として、富士通・日立・東芝・シャープなどの競合他社よりも早く手探り状態で市場参入し、秋葉原のビットインなどで学習経験を積んだことが競合他社製品に対する競争優位獲得の点で有利に作用した。

TK-80 という製品型番は、製品開発担当者の教育を目的としたトレーニング・キット (Training Kit) の頭文字としての TK と、NEC の半導体部門が製造・販売促進しようと考えていたマイクロプロセッサがインテル社製マイクロプロセッサ 8080 の互換 CPU である μ COM8080A であったことから取った数字の 80 を組み合わせたものである。

TK-80 がトレーニング・キットであることは、そのキットの部品の中にキットを動作させるための電源も含まれてはいなかったということや、TK-80 のプリント基板の写真(図 10)

表 8 1977年以降に日本メーカーが発売したマイコン・キット

(ROM, RAM 欄の単位: KB、価格の単位: 円。ROM、RAM 欄の括弧内は最大値。)

発売時期	メーカー名	製品名	使用 CPU	ROM	RAM	価格
1977 年 3 月	富士通	LKIT-8	富士通 MB8861N (1MHz, 6800 互換 CPU)	1 (2)	0.75 (1.25)	93,000
1977 年 8 月	日立	トレーニングモジュール H68/TR	日立 HD46800 (6800 互換 CPU)	4 (4)	1 (3)	99,000
1977 年 9 月	パナファコム	ラーニングキット LKIT-16	パナファコム MN1610 (2MHz, 独自 16bit CPU)	2 (4)	1 (2)	98,000
1978 年 3 月	東芝	TLCS-80A EX-80	東芝 TMP9080AC (8080 互換 CPU)	2 (16)	1 (16)	85,000
1978 年 5 月	シャープ	マイコン博士 MZ-40K	富士通 MB8843 (1.8MHz, 4bit CPU)	1	0.5	24,800
1978 年 12 月	シャープ	SM-B-80T	シャープ LH0080 (2.5MHz, Z80 互換 CPU)	1 (2)	1 (3)	85,000

[出典] SE 編集部編(1989) p.14、太田行生(1983) p.29、Mori et al.(1977) p.57、広告パンフレット。

東芝 EX-80 の ROM, RAM の最大値は、拡張システム EX-80BS の雑誌広告によるもの。シャープ MZ-40K が 4 ビット、パナファコム LKit-16 が 16 ビットである以外はすべて 8 ビット CPU。シャープの「マイコン博士」MZ-40K(1978)のみ価格が大幅に低いのは、技術者向けのトレーニング・キットではなく、子供向けの「おもちゃ」としてのキットであり、4 ビット CPU を採用するなどの低価格化が図られているためである。またプログラミング機能はなく、CPU 内蔵のゲーム・ソフトで遊ぶタイプの製品であった。

の上部中央に Training Kit という文字がわざわざ印字されていることなどに示されている。

なお組立済製品としてではなく、ハンダ付けなどの組立作業が必要なキットとして販売した理由は二つあると言われている。

一つは、「部品部門が製品まがいのものを売るとは何事か」「大企業がおもちゃを扱ってどうする」といった NEC 社内の議論への配慮であった。完成品（製品）ではなく、部品と説明書をただビニール袋に入れただけのキットであれば部品部門で販売してもおかしくはないからである。

もう一つの理由は、完成品（製品）として販売した場合、製品の動作保証やアフターサービスなどといった供給責任が生じるが、企業として果たすべきそれへの組織的対応が十分にはできなかったためである。

TK-80 は月に十台程度という販売見込みに過ぎなかったが、すぐに万単位の注文が舞い込んだ。累計販売台数に関する NEC の最初の予測は 2,000 台程度であったが、実際には約 6 万台にもなった。

TK-80 のこうした予想外のヒットを契機として、NEC 常務(当時)の大内淳義が書いた『マイコン入門』（1977, 廣済堂）は「たちまち二十数万部を売るベストセラー」（上前淳一郎

, 1984, p.16）となるなど、マイコン・キットのブームが起こった。安田寿明の回想によると、同氏の『マイ・コンピュータ入門』（1977, 講談社ブルーバックス）も、「発売前は担当の編集者にさえ見放されていた。こんな本、売れるわけないと。私も自信はなかったのですが、いざ発売になったら初版一万五〇〇〇部が三日で売り切れた。その後は毎週一万部ずつ増刷」（滝田誠一郎, 1997, p.13）というほどのベストセラーとなった^[18]。

その結果、表 8 に掲げたように、NEC に続いて富士通、日立、パナファコム^[19]、東芝、シャープなどの各社もマイコン・キットの販売に踏み切った。またマイコン・キット・ブームに対応して、日本初のマイコン専門誌『I/O』が 1976 年に西和彦、星正明らによって創刊され、1977 年にはアスキー社によって『ASCII』が創刊されている。

4. 1970 年代中頃のアメリカにおける PC 市場の勃興

PC 市場が最初に勃興したのがアメリカである。前述したようにアメリカにおける 1970 年代のコンピュータ製品市場は、メインフレーム製品セグメント、ミニコン製品セグメン

図 11 米国における PC、ミニコン、メインフレームの出荷台数の歴史的推移 1965-1990 [単位:万台]

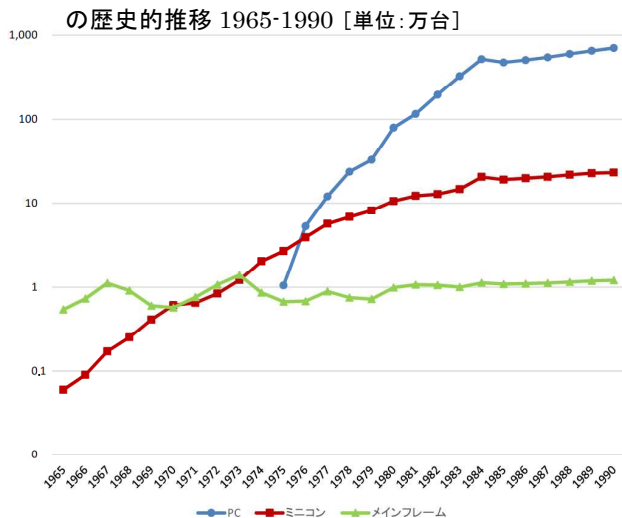
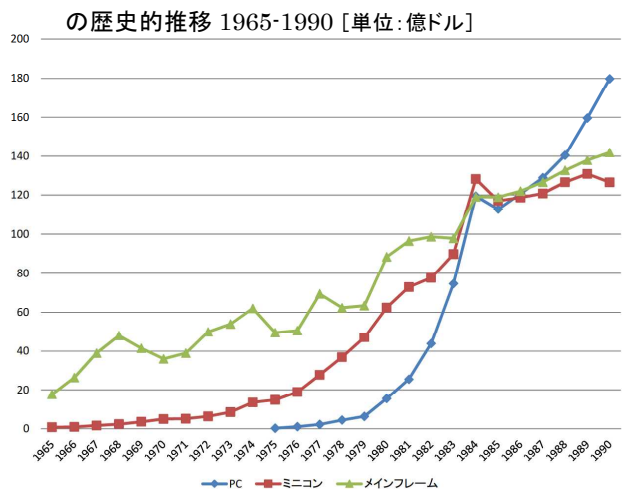


図 12 米国における PC、ミニコン、メインフレームの出荷金額の歴史的推移 1965-1990 [単位:億ドル]



[データの出典] 1965-1974: [Juliussen, K., Juliussen, E.(1990) *The Computer Industry Almanac 1991*, Simon and Schuster, 1975
以降: [Juliussen, K., Juliussen, E.(1994) *The Computer Industry Almanac 1993-1994*, Simon and Schuster

ト、PC 製品セグメントの三つに大別できるが、ミニコン製品セグメントは 1960 年代中頃に、PC 製品セグメントは 1975 年頃に成長を開始した。

1975 年の出荷台数は PC が 1 万台、ミニコンが 2.4 万台、メインフレームが 0.7 万台であったが、1976 年には PC が 5.3 万台となり、ミニコンの出荷台数 3.9 万台をすぐに追いついた。PC 製品セグメントは図 11 のように、その後も急成長を続け、1981 年には 100 万台

を、1984 年には 500 万台を突破した。

PC 市場のそうした急速な発展の結果として、図 12 に示したように、1987 年には出荷金額でもミニコン市場、メインフレーム市場を追い抜くほどの成長を遂げた。

このように急速な成長を遂げたアメリカの PC 製品セグメント市場で商業的注目を最初に集めた製品が、前述の Altair8800 である。

前述したように、オプション部品による拡張なしの標準の Altair8800 は、それ単体ではメモリが 256 バイトしかないだけでなく、モニターもキーボードも標準では付属せず、フロントパネルのスイッチ切り替えによりマシン語でプログラム入力をする必要があった低機能・低性能なマシンであった。標準では FDD やカセットなどの外部記憶装置も付いていないこともあり、周辺機器を既に持っているか、新たに購入できる専門技術者やマニアでなければ動かせない製品であった。

それにも関わらず、当時のミニコンに比べて数十分の一以下の価格で個人でも購入可能であったこと^[20]や、極めて柔軟で高い拡張性を持っていること、および、インテルのマイクロプロセッサ Intel8080 の相対的高性能性^[21]などから、数多くのコンピューター・ホビー・ユーザーに支持された。

実際、MITS 社の Altair などのマイコン・キットが販売され、自分でコンピュータが手作りできるようになった時代に数多くのコンピュータ自作クラブが生まれた。ホームブリュー・コンピュータ・クラブ(The Homebrew Computer Club)^[22]はその中でも伝説的な存在のクラブであり、そのクラブが発行していた会誌が *Dr. Dobbs's Journal* である。

ホームブリュー・コンピュータ・クラブの第 1 回目の会合は、1975 年 3 月にカリフォルニア州のメンロー・パークに住んでいたメンバーのガレージで開催された。このクラブには、アップル創業者のスティーブン・ジョブズやスティーブン・ウォズニアクなど PC 業界の数多くの有名人が所属していた。

なお創立から1年後にはメンバーの数が約750人になっている。

表9のように、1975年および1976年にホームブリュー・コンピューター・クラブの会員を対象としたアンケート調査では、インテル系8bitCPUの利用数が30(79%)、44(63%)、63(62%)と割合を減らしながらも過半数を占めている。一方で、モトローラ系8bit CPUの利用者数は、4(11%)、16(23%)、30(29%)と着実に割合を増やしてはいるが、少数派に止まっている^[23]。

1975~1976年というPC市場勃興期における先進的ユーザーの集まりであったホームブリュー・コンピューター・クラブにおいて、自作コンピュータで採用されたCPUの過半数がインテル系CPUであったことは、MITSのAltair8800以後のIMSAI8080などのS100バス型PC(S-100 machine)の普及、および、1981年のIBM PCの製品アーキテクチャの決定に大きな影響を与えたと推定される。

Altair8800は通信販売開始の「2、3週間で4,000台を越える注文が殺到した」^[24]ほど、人気を博した。ただし1975年中に実際に販売できたのは約8,000台であった^[25]。

それでも1975年末までにAltair関連の売り上げは100万ドルに達した。Altairとともに、周辺機器やマイクロソフトのプログラミング言語ソフトウェア「BASIC」を販売していたMITS社の売り上げは、1976年には約1,300万ドルにまで拡大した。

MITS社は全国各地で、BASICの動作デモを含むAltairの展示説明会や、購入済みAltairの技術サポートなどを行って、Altairの宣伝販売に努めた。また、その展示説明会に出席した人々にコンピュータ・クラブをその地域で結成するように勧めるとともに、全国規模のコンピュータ・クラブも結成し（Altairのユーザーは無料でクラブ会員になることができた）、『コンピュータ・ノート』という会報の発行をおこなった。

表9 ホームブリュー・コンピューター・クラブの会員が利用していたコンピュータのCPUの種別

分類	CPU名	'75/10/15		'76/01/07		'76/06/09	
インテル x86系	Intel 4004	0		1		1	
	Intel 8008	5	30	7	45	8	64
	Intel 8080	25	(79%)	37	(63%)	53	(62%)
	Zilog Z-80	0		0		2	
モトローラ 6800系	Motorola 6800	2	4	9	16	12	30
	MOS Technology 650x	2	(11%)	7	(23%)	18	(29%)
DEC系	DEC PDP-8					4	
	DEC PDP-11/20		0		0	1	8
	DEC LSI-11					3	(8%)
その他		4		9		1	
合計		38		71		103	

[出典] Warren(1977) p.14

最初の2、3週間における4,000台というさまざまな注文台数にも関わらず、MITSの生産体制がしっかりと整っていなかったため、前述したようにAltair8800の初年度の販売台数は限定されたものであった。

そうしたMITS社の生産能力の限定性は、Altair8800のS100バス規格がデファクト・スタンダードとなり^[26]、さまざまな会社から多数の対応周辺機器が販売されたことと相俟って、S100バス型PC市場の形成を促進した。

S100バスを備えAltair8800と互換性を持ったPCの代表的製品が、IMSAI8080(1975.12)である。同マシンの拡張スロットは、S100バス規格でマイクロプロセッサと同一の周波数で動作していたが、ユーザーが利用可能な数はAltair8800の16個よりも4個多い20個もあり、相対的に低価格な低容量メモリを利用して搭載メモリ量の増大を図ることができた^[27]。またそのマイクロプロセッサはインテルの8080の問題点を修正した8080Aで、電源容量もAltair8800よりも高く、用意された周辺機器類の充実度も高かった。

その結果としてIMSAI 8080は、1975年12月の発売開始から1979年9月までの間に総計で約1万7千台を越える販売台数があった、と言われている^[28]。

Apple II、Commodore PET2001、TRS-80といった独自バス規格の完成品型PCが登場した1977年でも、表10に示したように、Altair8800の互換機PCとも位置づけることができる

S100 バス型 PC が数多くの会社から販売されていた。

こうした S100 バス型 PC 製品の普及が、Apple II、Commodore PET2001、TRS-80 などの独自規格 PC 製品の登場とともに、図 11 や図 12 に示したように 1970 年代後半以降の PC 市場の急速な発展を促した、と考えられる。

おわりに

企業の「全社」的情報処理業務、「部門」的情報処理業務、「個人」的情報処理業務という「**情報処理業務の規模のダウンサイジング**」に対応した製品開発として、「**ハードウェアの物理的ダウンサイジング**」を主要な技術的関心とする製品イノベーションが 1960 ～ 1970 年代に実行された。

「メインフレームからミニコンへ」の製品イノベーション、および、「ミニコンからパーソナル・ワークステーションへ」の製品イ

ノベーションは、そうしたダウンサイジングを基本的関心とする技術的發展方向の流れの中に位置づけることができる。

これに対して PC という製品イノベーションは、企業を主要ターゲット・ユーザーとしたそうしたハードウェアの物理的ダウンサイジングという技術的関心に支配された製品イノベーションの流れの中にはない。

PC とパーソナル・ワークステーションは、ともに個人利用を対象とした「個人」的情報処理作業用コンピュータとして外観的には類似しているが、その製品設計思想は大きく異なる。

個人が**家庭でホビー用途において利用するコンピュータ**としての PC と、個人が**企業で業務処理用途において利用するコンピュータ**としてのパーソナル・ワークステーションとは、技術開発・製品開発の方向性が歴史的には大きく異なっていた^[29]。

表 10 1977 年当時のアメリカにおける PC 製品

分類	会社名	製品名	CPU	バス規格	キット価格	完成品価格
S100 バス PC	MIT	ALTAIR 8800B	8080	S100	\$750	\$995
	Byte Inc.	BYT-8	8080		\$349	\$525
	IMSAI	IMSAI 8080	8080		\$699	\$931
	Polymorphic Systems	POLY 88	8080		\$735	\$1,175
	Processor Technology	SOL TERMINAL	8080		\$995	\$1,495
	Vector Graphic	VECTOR 1	8080		\$619	\$849
	CROMEMCO	CROMEMCO Z2	Z80		\$595	\$995
	North Star Computers	HORIZON H-1	Z80		\$1,599	\$1,899
	Technical Design Labs	XITAN ALPHA 1	Z80		\$769	\$1,039
独自 バス PC	Digital Group	DIGITAL GROUP	Z80	DG	\$475	\$695
	Heath	HEATHKIT H8	8080	Heath	quasi:	\$514
	Heath	HEATHKIT H11	LSI-11	QBUS	quasi:	\$1,295
	Ohio Scientific	OSI 500-1 CHALLENGER	6502	OSI	\$NA	\$429
	Southwest Technical Products	SWTPC 6800	6800	SWTPC	\$395	\$595
	Apple Computer	APPLE II	6502	Apple	---	\$1,298
	Commodore	PET 2001	6502	PET	---	\$595
	Radio Shack	TRS-80	Z80	TRS	---	\$599

[出典]Doerr(1978) pp.119-120 を基に作成。

「メインフレームからミニコンへ」的なダウンサイジングの延長線上に開発されたパーソナル・ワークステーションの代表例が IBM 5100 portable computer(1975)やゼロックス社パロアルト研究所で開発された Alto(1973)である。

クリステンセンが主張しているように、そうした製品と PC では、技術開発プロセスや製品開発プロセスを主導する価値体系が大きく異なっていた。

その結果として、ミニコンやパーソナル・ワークステーションの技術開発・製品開発の方向性は、IBM 5100 portable computer や Alto などに見られるように、PC と大きく異なるものと歴史的になった。

そのため IBM もゼロックスも、PC という製品をそうした製品の低価格化という形で生み出すことはできなかった。

IBM は、IBM 5100 portable computer(1975)の技術的延長線上に PC を自社開発することはできず、インテルやマイクロソフトなど他社の PC 系技術を利用して IBM PC(1981)という PC 製品の開発をおこなっている^[30]。

ゼロックスが Alto(1973)の技術的延長線上に開発したのは Star(1981)というパーソナル・ワークステーションであり、PC ではなかった。ゼロックスの PC 製品である Xerox モデル S20(1981)は、CPU にザイログ社の Z80 を、OS ソフトにデジタル・リサーチ社の CP/M を採用するなど、IBM と同じく他社の PC 系技術を利用した製品であった。

本稿では、「PC」製品市場セグメントと「パーソナル・ワークステーション」製品市場セグメントの区別を明確にするための一歩として、「PC」製品市場セグメントと「マイコン・キット」製品市場セグメントとの区別と連関という視点から 1970 年代後半期におけるマイコン・キット製品および一部の PC 製品を取り扱った。

Apple II や IBM PC などの PC 製品の技術論的位置づけ問題とともに、「PC」製品市場セグメントと「パーソナル・ワークステーション」製品市場セグメントの区別と連関を取り扱うことが今後の課題として残っている。

注

[1] Abbate(1999)は、「computing の歴史の大半は、政府、大企業、大学の研究者によって支配されてきた。しかしマイクロプロセッサから PC への飛躍は、こうした集団によって成し遂げられたのではない。PC 革命をスタートさせたのは、アマチュアの computer hobbyist たちである。」とし、「最初のマイクロコンピュータは Altair8800 であった」(p.1696)としている。

Allan(2006)は、IBM 610 Auto-Point Computer(1957)を最も最初の PC であるとする一方で、「商業的に成功し、"personal" technological revolution を始めた最初の PC」は CPU 性能、BASIC プログラミング言語ソフトウェア、低価格性からして Altair である、としている(p.80)。

Ceruzzi(2003)も、「Altair の設計者の H. Edward Roberts が、PC の発明者としての称賛を受けるのにふさわしい」(p.227)、「Altair のような原始的な最初の PC」(p.216)と書くとともに、Apple II を「PC の第二の波、1977-1985」(p.263)の中に位置付けている。Ceruzzi(2010,p.26)では Altair8800 を「最初の PC キット」と呼んでいる。

矢田光治(1979)も「現在、いろいろのパーソナルコンピュータが市場に出回っているが、1975 年 1 月に発表された MITS 社の Altair マイコンキットがその最初のものといえよう」(p.142)としている。

なお当然のことながら MITS の創業者で Altair 8800 の生みの親である技術者の Ed Roberts も Altair8800 が最初の PC である、と主張している。彼は、Intel8008 を使用した Mark-8 は、Intel8080 を使用した Altair8800 に比べてアドレス可能なメモリ空間が小さい(CPU 自体としては Intel 8080 が最大で 64KB であるのに Intel8008 が 16KB と 1/4 である。Ed Roberts によれば Mark-8 に搭載されていたメモリは 8KB である)ことを根拠として、「そんなに小さいメモリでは何もできなかった。」「Mark-8 はももとはコントローラーとして企画され製造された」と批判し、「Altair 以前に PC はなかった。Altair とともに PC が生まれた。」と主張している(Roberts,1995,p.16)。

CPU の命令処理能力は Intel8080 が 0.64MIPS であるのに、Intel8008 はその 1/10 以下の 0.06MIPS と極めて低いことが問題とされていた。

[2] 江村潤朗編(1986)は、Altair8800 は PC のルーツ(p.147)ではあるがキットであるから PC ではないとして Apple II、PET2001、TRS-80 などとともに PC 時代が始まったとしている(p.137, p.147, p.166)。滝田(1997,p.6)も、1977 年が PC 元年である、としている。Campbell-Kelly ほか(1996)も、Popular Electronics, January 1975 の表紙などの記述を根拠として、「Altair8800 は、よく最初の PC と記述されるが、これはその値段が非常に安かったので個人が買うことができたという意味でのみ正しい。それ以外はすべての点で

Altair 8800 は伝統的なミニコンであった」(原書 p.240, 邦訳 pp.244-245)とし、1977年にPC時代が始まった、としている。

SE編集部編(1989)『僕らのパソコン10年史』は、Altair8800を「最初のマイコンキット」(p.11)とするとともに、1977年に「最初の個人用コンピュータがアメリカで製品化された」(p.11)としApple IIからパーソナルコンピュータの歴史が始まった(p.12)としている。山田昭彦(2014)も、Apple IIが「最初のパーソナルコンピュータとされている」(p.221)としている。

[3] アメリカのエレクトロニクス分野の一般雑誌 *Popular Electronics*, January 1975 の表紙に掲載された Altair8800 に対するキャプションは、図1に示したように、World's First **Minicomputer kit to Rival Commercial Models...**(市販のミニコンコンピュータと肩を並べる、世界最初のミニコンコンピュータ・キット) というものであった。

[4] アメリカのPC雑誌 *Byte* の創刊号(September 1975) p.7 の Altair 社の広告によれば、Altair8800 本体のキット価格\$439に対して、テレタイプ ASR-33 の価格が本体価格の3倍以上の\$1,500になっている。*Byte*, No.4(Dec. 1975) p.49 の Altair 社の広告によれば、コントロール装置、デバイス・ドライバー・ソフトウェア付き FDD 装置も、キット\$1,480、組立済\$1,980と高価格であった。

[5] Micral N(1973)は、アセンブラーをROMで提供しており、テレタイプでプログラム入力できた。なおR2E社は、Micral N(1973)に引き続き、1974年には、Intel 8008の動作周波数をMicral Nの2倍の1MHzにしたMicral G、および、Intel 8080を採用したMicral Sを出している。

なおR2E(1974b) p.18によれば、Micral Sは、Micral N用にかかれたプログラムを動作させることができた。

[6] Altoは、その処理用途および製造コストから考えれば、Bell(1988, 原書 p.6, 邦訳 p.8)の記述のように、パーソナル・ワークステーションの歴史的流れの中に位置づけるべきマシンである。

[7] 1970年代中頃にはマイクロプロセッサをマイクロコンピュータと呼ぶ用例もある。しかし本稿ではそうした歴史的用語法を採用せず、「マイクロプロセッサを用いたコンピュータ・システム」という意味でマイクロコンピュータという語を用いることとする。

[8] 内田板利ほか(1969)のタイトルは「超小型電子計算機」となっているが、サブタイトルはMinicomputer HITAC 10と、本文では「ミニ・コンピュータ」(p.23)と表記されている。

[9] *Byte*, December 1975, p.90の記事は、IBM 5100 Portable Computerの紹介記事の見出しとして、"Welcome, IBM, to **personal computing**"を採用している。そのように同マシンは、personal computing 用途向けの製品であることは確かであるが、価格は\$8,975~\$19,975と当時のミニコンと同一の価格帯の製品であり、PCではなく、パーソナル・ワークステーションとして位置づけるべき製品である。

[10] Christensen (原著 2000 pp.108-109, 邦訳 2001

p.157)は、メインフレームとミニコンの value network の違いを強調し、メインフレームの利用顧客はミニコンを必要としていなかったとしている。

しかしクリステンセンがメインフレームの value network における最優先要素としている記憶容量、処理速度、信頼性という要素は、ミニコンにおいても共通の優先重要要素である。記憶容量および処理速度の必要最低限度の性能に関して違いはあれ、それらが最優先されるべき重要要素であるという点では共通している。

実際、Christensen (原著 2000 p.36, 邦訳 2001 p.69) の図 2.3 における HDD の容積減少に対する潜在価格と HDD の記憶容量の増加に関するヘドニック回帰分析に示されたメインフレームの value network とミニコンの value network の位置は、デスクトップ PC やポータブル PC のそれとは異なり、極めて近接している。HDD の記憶容量や HDD の物理的大きさという技術的性能指標に対する value network 的位置は両者でさほどの違いはない。

「value network の差異によって IBM の市場参入が遅れた」というクリステンセン的理解はこの事例の理解としてはあまり適切ではない。IBM のミニコン市場への参入の遅れの原因は、下記のような経営的要因が大きい、と推定される。(ただし要因1は、value network の差異の結果として解釈することもできる。)

要因1.メインフレームと比較してミニコンの祖利益率が低かった

要因2.ミニコン市場の規模が図11や図12のように当初は極めて小さかった

要因3.メインフレームとミニコンの value network の位置が近いため、両者の間でカニバリゼーション(メインフレーム下位機種とミニコンの価格格・性能的な競合関係)が問題となった

[11] 大量のデータを一度に処理するとか、膨大な科学技術計算を実行する場合にはマシンにかなりの高性能性を必要とする。

研究所で研究者個人がそうした研究作業用情報処理を、大型計算機によるバッチ処理でおこなうことは、研究の効率的遂行の大きな障害になる。研究者個人がコンピュータを「占有」し、計算結果を見ながらリアルタイムで対話的に処理することが研究の効率化には重要である。

メインフレームのように大勢の人間が一台のマシンを「共有」しバッチ処理で作業をおこなうのではなく、個々の利用者それぞれが一台のマシンを「占有」し対話的処理で作業をおこなうことが personal computing である。

もちろんタイムシェアリング処理により、一台の超高性能な大型計算機に多数の端末をつなげて、端末利用者との対話型処理を実現することでも personal computing は実現できる。

しかしタイムシェアリング処理におけるネットワーク経由でのデータ転送速度が1970年代には極めて低かったことや、半導体に関する技

術革新が 1970 年代に急速に進行したこともあり、personal computing に関して、タイムシェアリング処理による「共有」よりも、個人専用マシンによる「占有」の方が社会的に普及した。

ただし個人的占有による personal computing では、利用者の数だけ製品を購入する必要がある。

それゆえ企業で個人的占有による personal computing を実行するには大量の製品を購入する必要があるため、企業においても個人の場合と同様に製品価格の低さが personal computing 用マシンの需要の大きさの規定要因である。

1970 年代では企業における personal computing 用マシンは Alto や IBM 5100 などパーソナル・ワークステーションとして製品化され、高価格であり、その必要性は認識されていても、需要はさほど大きくなく、PC と異なり社会的にさほど大きな注目を集めることはなかった。

1980 年代以降に PC 製品の 16 ビット化、32 ビット化やメモリ容量の増大など半導体の技術革新による製品の高性能化が急速に進んだことにより、文書作成処理や簡単な計算処理などさほどの高性能性を必要としない用途向けマシンでは、パーソナル・ワークステーション製品セグメントではなく、PC 製品セグメントに位置するマシンでの対応が可能になった。

例えば IBM PC(1981)は、企業におけるそうしたニーズに対応したマシンとして企画・開発され、「大量」販売に成功したと考えられる。

- [12] この点に関して山田昭彦(2014)は、PCが「汎用コンピュータからミニコンピュータの発展の流れの中で、マイクロプロセッサの出現がトリガーになって誕生した」(p.219)とし、**技術的契機としてマイクロプロセッサを取り上げながらも、基本的にはダウンサイジングの流れの中にPCを位置づけている。**

この問題について拙稿の佐野正博(2010)もまた、コンピュータのダウンサイジング化の第2段階としてPC製品を位置づけていた。PCとパーソナル・ワークステーションの製品市場セグメントの区別を無視し、パーソナル・ワークステーション製品を「ヒットしなかったPC製品」として位置づけるかのような発想法に立っていた点で極めて不適切であった。

なお渡部弘之(1969)は、「小型計算機、すなわちミニコンピュータは大型機の[半導体の大規模集積化という]集約の結果生まれたというよりも、最初は大型計算機の構成(しくみ)を学ぶ(トレーニング)という目的でスタートした論理回路の学習機、シーケンスコントロールのモデル機より入ってきた分野といえる」(p.13。[]内のみ引用者の補足)として、**ミニコンの登場もダウンサイジングではなく、技術者のトレーニング目的であった、**としている。

- [13] Altair8800 が種々のモジュールをオプションで追加することでユーザーの多様なニーズに低価格で応えようとしたマシンであることは、Byte, December 1975, p.42 の広告の見出しが、”Altair Modules - Custom Design Your Computer System to Meet Your Application (and stay within your

budget!)” となっていることにも示されている。

- [14] Micral N(1973)は、キット型ではなく完成品型で Intel8008 を採用したコンピュータとしてかなりの台数が販売されたが、その利用形態は個人的情報処理業務のための汎用的マシンではなく、特定のアプリケーション・ソフトと組み合わせた特定用途向けの専用のマシンであった。その意味で Micral N(1973)は、本稿における PC 定義には該当しない。

Micral のマニュアルにおいても、Micral は「極めて低コストであることを主要な特徴とする、初めての新世代ミニコンピュータである」(Réalisation d'Études Électroniques, 1974a, p.76)とする一方で、**「普通のミニコンピュータが目的としない」プロセス制御が Micral の主要用途である**(ibid., p.66)と記している。

- [15] 1976 年にノイスは、「自動車と同じくらいの価格で購入可能な microcomputer system が、10 年ほど前の中規模クラスのコンピュータに匹敵する能力を持つようになっている。将来的には **personal computer** が今日の自動車と同じように個々の消費者にとって必要不可欠なものになるであろう。」(Noyce, 1976, pp.28-29)と、PC の将来性を高く評価している。

- [16] 渡辺和也は、関口和一のインタビューに応じて「当時の国内のミニコン市場はせいぜい年間一万台。ところがマイコンは一日か二日で一万台できてしまう。」(『日本経済新聞』1999 年 6 月 3 日夕刊)と語っている。

- [17] 渡辺和也はこの点に関して、当時の上司から「(マイコンの将来は)需要の開拓が決め手になるぞ」、「君はもう技術の開発ではなく、あしたからは市場開拓をやれ」として販売に回された(渡辺和也, 1987, p.111)と証言している。

- [18] マイコン・ブームが社会的な話題を呼んだことは、1977 年 10 月 24 日付け朝日新聞夕刊掲載の「いささか過熱、マイコン人気」という見出しの記事にも示されている。

- [19] パナファコムは、富士通と松下電器が 1973 年に設立した合弁会社である。パナファコムが 1975 年に開発した MN1610 は「世界初の 16 ビットアーキテクチャによるマイクロプロセッサ」と言われ、128KB のメモリ空間をサポートし、トランジスタ数 5,000 であった。

- [20] ビル・ゲイツは、「それは興奮しました。驚いたのは価格が低かったことです。マイクロプロセッサ「8080」が単体で 360 ドルだったときに、この「アルテア」という名のキット・コンピュータはさまざまな部品込みでほぼ同じ価格だったのです。非常に興奮しました。」[相田洋ほか, 1996, pp.94-95]と証言している。

- [21] Altair8800 の開発をおこなった Edward Roberts は、Roberts ほか(1975)において「[Intel8080 の]基本命令語は 78 語であり、通常ミニコンピュータの 40 語よりも多い」(p.33)ということなどを根拠としながら、「[Altair]8800 で使用されている CPU のインテル 8080 という LSI チップは、・・・現在の商用ミニコンピュータとその性能を競うミニコンピュータを創るのに役に立っている」(p.34)、と主張している。

- [22] brew とは、ビールなどの醸造、あるいは醸造されたもの（すなわち、ビールや酒）を意味する単語である。したがってそれに home という単語を前に付けた homebrew という語は、自分でビールや酒を作る、あるいは、自分で作ったビールや酒のことを意味する。そこから転じて、PC関連の文脈では、「自分でコンピュータを手作りすること」を意味するようになった。
- [23] 1976/6/9 の合計値は、Warren(1977)では 101 となっているが、各 CPU 別の値を合計した数値の 103 に訂正した。なおホームブリュアー・コンピューター・クラブでは、インテル系 CPU が全体の過半数を占めているが、Mos Technology の事務所からさほど遠くはない New Jersey の Amateur Computer Group では MOS Technology 6502 が支配的であった(Warren, 1977, p.14)。
- [24] Wallace ほか (原書 1993 p.87, 訳書 p.111)。
- [25] Libes (1980) p.7。
- [26] 拡張バスのコネクタのピン数が 100 本であったことから、S100 という名称と呼ばれた。同バス規格を MITS 社が公開し他社に使用を許したため、拡張カードは MITS 社だけでなく数多くのサード・パーティの会社からも発売され、結果としてデファクト・スタンダードとなった。なお同バス規格は、最終的に IEEE の規格 (IEEE696)となっている。
- [27] 利用可能なのは 20 個である。Altair8800 のスロット総数は 18 個で、その内の 2 個に CPU カードとインターフェースカードが挿されていたので利用可能なのは 16 個である。
- [28] この数値は、The Official IMSAI Web Page (<http://www.imsai.net/>) のトップページに紹介されている IMSAI 8080 の開発者 Joe Killian の電子メールでの証言に基づくものである。
- [29] 半導体製造技術に関するムーアの法則に沿った技術革新によってマイクロプロセッサや半導体メモリといった主要なハードウェア・モジュールの飛躍的な性能向上と低価格化が同時進行したことにより、PC でパーソナル・ワークステーション的業務が技術的に遂行可能となり、現在では両者の製品市場セグメントの実際的な区分は不明確になっている。この問題は、クリステンセンが Christensen(1997)で論じた disruptive innovation の視点から論じるべき問題である。
- [30] 拙稿の佐野正博(2003)「パソコン市場形成期における IBM の技術戦略」を参照のこと。
- ,1999)『コンピューター 200 年史』海文堂出版]
- Ceruzzi, P.E.(1998, 2003) *A History of Modern Computing*, MIT Press [(宇田理・高橋清美監訳,2008)『モダン・コンピューティングの歴史』, 未来社]
- Ceruzzi, P.E.(2010) "'Ready or not, computers are coming to the people': Inventing the PC," *OAH Magazine of History*, 24(3), pp.25-28
- Christensen, C. (1997,2000) *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Harvard Business Review [(伊豆原弓訳, 2001)『イノベーションのジレンマ 増補改訂版』翔泳社]
- Doerr, J. (1978) "Low-cost microcomputing: The personal computer and single-board computer revolutions," *Proceedings of the IEEE*, 66(2), pp.117-130
- Bell, G. (1988) "Toward a History of (Personal) Workstations," in Goldberg, A.(ed.) *A History of Personal Workstations*, Addison-Wesley Professional, pp.4-36 [ACM プレス編(村井純・浜田俊夫訳, 1990)『ワークステーション原典』アスキー, pp.6-52]
- Homebrew Computer Club (1975-1977) *Homebrew Computer Club 30th Anniversary Special Online Exhibit of Homebrew Computer Club Newsletters, No.1-No.21* [Homebrew Computer Club の創立(1975)から 1977 年までの 3 年間のニュースレター。
<http://www.digibarn.com/collections/newsletters/homebrew/newsletters.html>]
- Kay, A.C.(1972) "A Personal Computers for Children of All Ages", *Proceedings of ACM National Conference* [<http://mprover.de/diplom/gui/Kay72a.pdf>]
- Layer, Harold A. (1989) "Microcomputer History and Prehistory - An Archaeological Beginning," *Annals of the History of Computing*, Vol. 11, pp.127-130
- Libes, S.(1980) "The S-100 BUS: Past, Present, and Future," *InfoWorld*, March 17,1980, p.7
- MITS (1974) *MITS Altair 8800 computer systems brochure: A computer concept becomes an exciting reality*, MITS [<http://archive.computerhistory.org/resources/access/text/2014/06/102665559/102665559-05-01-acc.pdf>]
- MITS (1975) "The Computer Company you can afford," *Computer*, May 1975, p.16
- Mori, R., Tajima, H., Tajima, M., Okada, Y. (1977) "Microprocessors in Japan," *Euromicro Newsletter*, 3(4), October 1977, pp.50-57
- Noyce, R. N. (1976) "From Relays to MPU's," *Computer*, December 1976, pp.26-29
- Réalisation d'Études Électroniques (1974a) *Micral Users Manual* [http://bitsavers.org/pdf/r2e/MICRAL_N_Users_Manual_Jan74.pdf]
- Réalisation d'Études Électroniques (1974b) *Micral S Micro-computer Handbook* [https://ia601605.us.archive.org/15/items/bitsavers_r2eMICRALsokAug74_2516150/MICRAL_S_Microcomputer_

参考文献

- Abbate, J.(1999) "Getting small: a short history of the personal computer," *Proceedings of the IEEE*, 87(9), pp.1695 - 1698
- Allen, R.A.(2006) "What Was The First Personal Computer," in Allen, R.A. *A Bibliography of the Personal Computer: the books and periodical articles*, Allan Pub., pp.73-82
- Benger, Ivan (1976) "Home sweet computerized home," *Popular Mechanics*, September 1976, pp.112-113
- Campbell-Kelly, M., Aspray, M.(1996) *Computer : a history of the information machine*, BasicBooks[(山本菊男訳

- Handbook_Aug74.pdf]
- Roberts, H. E., Yates, W. (1975) "Altair 8800 minicomputer, Part1, Altair 8800: the Most Powerful Minicomputer Project Ever Presented-Can be Built for Under \$400," *Popular Electronics*, January 1975, pp.33-38
- Roberts, H. Edward (1995) "Roberts, Ed : in conversation with David Greelish" Computer History Museum, Catalog Number 102740010
[<http://archive.computerhistory.org/resources/access/text/2015/03/102740010-05-01-acc.pdf>]
- Smith, D.K., Alexander, R.C. (1988) *Fumbling the Future: How Xerox Invented Then Ignored the First Personal Computer*, William Morrow[山崎賢治訳, 2005『取り逃がした未来 — 世界初のパソコン発明をふいにしたゼロックスの物語』日本評論社]
- Wallace, J., Erickson, J. (1992, 1993) *Hard Drive: Bill Gates and the Making of the Microsoft Empire*, Wiley [(SE編集部訳, 1992)『ビル・ゲイツ』翔泳社]
- Warren, J. (1977) "Personal and Hobby Computing: an Overview," *Computer*, 10(3), pp.10-22
- SE編集部編(1989)『僕らのパソコン 10 年史』翔泳社
相田洋, 大塚敦(1996)『新・電子立国 第1巻 ソフトウェア帝国の誕生』日本放送出版協会
石田晴久(1989)「紙テープとテレタイプからはじまったマイコンがおどろくほど複雑なパソコンになった」SE編集部編(1989) pp.20-33 所収)
- 石田晴久編(1977)『別冊サイエンス 特集 情報処理 マイクロコンピュータ』日本経済新聞社
石田晴久編(1981)『別冊サイエンス 特集 パーソナル・コンピュータ』日本経済新聞社
今岡和彦(1986)「素人集団アマチュア発想の会心作 --- パソコン=日本電気」『ヒット商品「発想の現場」』講談社、第4章(pp.101-121)
上前淳一郎(1984)「パソコン異聞」『読むクスリ』文藝春秋, pp.8-17
- 内田頼利、高橋昇、諏訪重敏(1969)「超小型電子計算機 HITAC10」『日立評論』1969 年 11 月号, pp.23-26
- 内山政人、佐々木毅(1970)「日本電気の NEAC-M4」『電子科学』1970 年 1 月号 (特集: ミニ・コンピュータ総まくり), pp.23-30
- SE編集部編(1989)『僕らのパソコン10年史』翔泳社
江村潤朗編(1986)『図解 コンピュータ百科事典』オーム社
太田行生(1983)『パソコン誕生』日本電気文化センター
- 川本幸雄、喜田祐三、中田育男、三浦武雄、石川知雄(1977)「マイクロコンピュータの最近の動向」『日立評論』1977 年 5 月号, pp.1-4
- 榊正憲(2000)『復活!TK - 80』アスキー
- 佐野正博(2003)「パソコン市場形成期における IBM の技術戦略」『経営論集』(明治大学経営学部) 50 (3), pp.79-109
- 佐野正博(2010)「IBM の PC 事業参入に関する技術戦略論的考察」『明治大学 社会科学研究所紀要』48(2), pp.1-33
- スタパ斎藤、船田戦闘機(1998)『100 台のコンピュータ』アスキー出版局
- 高安正明(2003)『マイコンヒストリー』ソフトマジック
- 滝田誠一郎(1997)『電腦のサムライたち — 西和彦とその時代』実業之日本社
- 多田則明(1998)『世界にないものを創れ — 日本コカ・コーラ、シャープ、NEC による携帯用コンピュータ開発物語』コスモトゥーワン
- 中川靖造(1992)『技術の壁を突き破れ』ダイヤモンド社
- 日本アイ・ビー・エム(1975)「IBM5100 ポータブル・コンピュータ 誕生」『日本経済新聞』1976 年 5 月 17 日朝刊の一面広告
- 日本経済新聞社編(1977)『別冊サイエンス 特集 情報処理 マイクロコンピュータ』日本経済新聞社
- パナソニック(2005)「パソコン — 事業基盤確立への長い道のり」『松下テクニカルジャーナル』51(2), pp.42-49
[<http://panasonic.co.jp/ptj/v5102/pdf/p0006.pdf>]
- 藤広哲也(2004)『そこからパソコンがはじまった — 栄光と激動のコンピュータ1980年代史』すばる舎
- 矢田光治(1977)「マイクロコンピュータ 1 問 1 答」『電子雑誌 エレクトロニクス』昭和 52 年 4 月号付録、オーム社
- 矢田光治(1979)『マイコンが使えるまで』誠文堂新光社
- 山田昭彦(2014)「パーソナルコンピュータ技術の系統化調査」『国立科学博物館技術の系統化調査報告』Vol.21, pp.217-319
[<http://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/086.pdf>]
- 渡邊和也(1987)「パーソナルコンピュータ・シリーズ 開発から今日まで」日本機械学会編『ヒット製品の生まれるまで — 開発現場第一線が語る』三田出版会, pp.105-139
- 渡邊和也(2003)『反骨のすすめ — NEC パソコンの「父」が今、語る』マイクロマガジン社
- 渡部弘之(1973)「マイクロコンピュータの可能性を探る」『電子科学』1973 年 10 月号, pp.13-20

本稿は、文部科学省科学研究費補助金（研究課題／領域番号 17500687）の研究成果報告書である佐野正博(2010)『1970 ～ 1980 年代におけるマイクロプロセッサ開発とパソコン技術の歴史的展開』の第 3 章「マイクロプロセッサを利用した 1970 年代における製品としてのマイコン・キットおよび PC」に対して、かなり大幅な追加・訂正をおこなったものである。