

利用形態に基づくコンピュータの世代分類法

鳥 居 鉦 太 郎

1. は じ め に

現在のコンピュータはパンチカードシステムから汎用機（メインフレーム）の時代を経て、ダウンサイジングやパーソナルコンピュータの普及、オープン化により、数値計算の自動化を目的とした出発点から大きな進化を遂げてきている。その結果、20世紀に行われてきたハードウェア素子に注目したコンピュータの世代分類が、近年行われにくくなっている。1990年代以降、カスケード的に構築されてきたインターネットはコンピュータの利用形態にも変革をもたらし、それまでのソフトウェア工学の発展やオープン化とともに、ハードウェアのみによるコンピュータの分類が意味をなさなくなっている。日本でも歴史的なコンピュータの廃棄が進んでいる¹⁾が、こうして技術革新を経てきた各世代の現物が無くなり、さらにコンピュータの歴史を世代でとらえる継続性が絶たれている。こうした状況は、過去に学び技術を革新してきたコンピュータの今後の進化にとって好ましいこととはいえない。どんなに改良が進んでも、現代のコンピュータは20世紀初頭からの技術革新の上になり立っているものといえる。したがって世代の分類を引き続き行っていくことは、今後の技術革新を次世代の発展に繋げていく点で重要なことである。本論文では、第1世代から続くこれまでの世代分類法を考察して第4世代以降の分類が行われなくなった要因を示し、さらに利用形態に基づいて第4世代以降のコンピュータについても世代の分類を加えた新たな提案を行う。

ハードウェア中心に行ってきた世代の分類法では、その中心的技術として使

われた論理素子を基準として、真空管を用いた第1世代、トランジスタの第2世代、そして集積密度の違いにより、IC（集積回路）の第3世代、VLSI（超高密度集積回路）の第4世代と区別される。ここでICとVLSIの間にLSI（大規模集積回路）を用いたものとして第3.5世代の分類もある。さらに日本では国家プロジェクトとして第4世代に続く新世代コンピュータ開発構想が展開されたが、世代としては第5世代以降の分類はまだ一般的に用いられていない。世代の進展とともに、論理素子はもとより記憶素子についてもより高速で信頼性の高い部品が開発されてきた。新世代コンピュータの計画は、従来のプログラム内蔵方式（ノイマン式）とは異なる、非ノイマン方式情報処理も視野に入れた知識情報処理を行うものとされた。大規模並列処理技術とあわせて第4世代とは異なるコンピュータであったが、現在なおVLSIを用いた第4世代コンピュータの利用が続いている。第4世代は1980年代以降20年以上継続しており、1950年代以降からの第1世代にたいして、高度に進化を遂げた現在の（ソフトウェアを含む）コンピュータを第4世代のまま区別するのは適切ではない。以上の理由から、論理素子だけによらない、利用形態をも考慮した区別が特に第4世代以降に必要である。

本論文は以下の構成である。2章では第1世代以前の計算機から第4世代に至る特徴を述べる。3章ではコンピュータ本体以外での世代区分について考察しながらコンピュータの世代区分における問題点を示し、新たな区分導入の提案を行う。最後に4章で結論と提案の意義、今後の検討課題を述べる。

2. コンピュータにおける世代区分

今日のコンピュータが持つ5大機能は、演算、制御、記憶、入力、出力の各機能（以降、5大機能）とされている。そしてコンピュータといった場合、汎用的な計算目的で使用でき、プログラムを内蔵して自動的にデータを高速・高信頼性をもって処理する、デジタル方式の電子計算機であると理解されることが多い。ここでコンピュータ（計算機）は突如として発明され世の中に現れ

た訳ではなく、これら機能のいくつかを満たしながら、今日まで発展してきたといえる。したがって計算機のルーツをたどれば数百万年といわれる人類の歴史において、木や石、骨のほか指を道具として用いた数の数え方までも対象の範囲となってしまう。現在使われている世代の区分は、第1世代でも1940年代以降である。これは中心的技術が、それまでの機械的な機構によるものではなく、電子部品が用いられていることによるものである。なお第1世代のコンピュータは5大機能をすべて満たしているとは限らない。以下では第1世代前の機械式計算機を踏まえながら、各世代で登場するコンピュータの特徴を捉えていく。

2.1 第1世代以前の計算機械

計算の補助道具として古くから利用されているソロバンの歴史は、アバカス（計算板）とともに紀元前に遡ることができる。紀元後にはネピアロッド*、木算木・算盤†といった計算用具も使われているが、演算、記憶の一部の機能を持っていたにせよ手動式の道具であり、20世紀の計算機とは異なるものと考えられる。機械式という意味から、今日の実用的な計算機の初期段階は、以下のとおり17世紀以降の計算機にみることができる。

機械的な機構を持つ初期のものでは、歯車を用いた10進数によるものとして、ネピアロッドの原理を改良したシッカーの計算機や現存する最古の計算機でもあるパスカルの歯車式加算器、同数の加え算を迅速に行うライプニッツの歯車式乗除算器²⁾ほか³⁾が挙げられる。さらにより大がかりな仕組みを用いたバベッジの階差機関や解析機関が18世紀に提案されている。これらの多くは計算機構に歯車を用いるもので、依然今日のコンピュータとは異なるものと考え

* ジョン・ネピアにより17世紀はじめに应用された乗除算用具で、ネピア・ボーンともよばれる³⁾ 格子掛け算を行うもので、その掛け算を足し算として行う原理は、今日の計算機の原理にも活かされている⁴⁾

† ソロバンよりも早くわが国で奈良時代より定着していた計算用具で、数十～数百本の算木1組と、1枚の算盤が1セットとなって用いられた³⁾

えることができる。しかし階差機関では計算結果の印刷工程を機械化する機能も設計されており、今日の出力機能に該当するものがこの時点で構想されていたといえる。さらに解析機関はより汎用性を持つ装置で、印刷機能のほかジャカード織機を参考にしたカード入力機構を持ち、計算の順番や制御を行う設計があった³⁾。すなわち演算、制御、記憶、入力、出力の機能を部分的にせよ構想していたことになり、今日のコンピュータが持つ特徴の原形がここにあると考えることができる。そして19世紀に入り静電気、電磁気、動電気などの理解が深まるとともに、歯車を電動で動かすことが可能になり、電動方式の計算機へと発展することとなった。さらに電動機械式の歯車がリレーという基本素子に置き換わり⁴⁾、20世紀前半では電気機械式の計算機が開発された。しかし本質的に電気機械であったリレー式計算機は、スイッチの接点で開閉動作を行う機械方式の域を出ておらず、その動作速度は遅く、接点における接触不良など問題があった。Harvard Mark Iでは命令が穿孔された紙テープがループして連続した自動計算が可能であった⁵⁾。そして水銀遅延線や静電管、その後は磁気ドラム、磁気コアメモリなど記憶装置の研究開発も進み、高速に大量のデータを処理する必要性がコンピュータに求められるようになった。

計算の補助道具は、一方ではアリスモメーター（加算機）からタイプライター、レジスター、手動・電動式歯車計算機などの計算機械、会計機械と発展を遂げることとなった。さらに機械式潮位予測計のほか、微分方程式を解くブッシュの微分解析機⁶⁾など、アナログ式計算機の開発や利用も行われるに至った。またカードを用いた統計機械であるホレリスのパンチカードシステム⁷⁾など、当初の計算機械からコンピュータとしての利用に移っていく例もあった。

第2次世界大戦終了以前に計画されたENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) は、膨大なデータを高速で処理する必要のある弾道計算等の科

※ 初期のリレー式計算機としてはKonrad Zuseにより1938年に開発されたZ1が挙げられる。Zuseの計算機は2進数が用いられた最初のデジタル方式のもので、機械式から電気式への過渡期の機械ととらえることができる⁸⁾。プログラム制御も行われ、後にZuseはプログラム言語の先駆であるPlan Calculusを開発している⁹⁾。

学技術計算を目的としていた¹⁰⁾ この点で、ENIACは第1世代幕開けを示す電子計算機の存在理由が示されたものとして注目される。第1世代の前には今日コンピュータと呼ばれる条件の多くを満たすものが登場してきている。部分的にせよ5大機能の構想を持ったバベッジの解析機関や、Z1ほかデジタル方式の計算機、真空管を採用した電子式計算機であるABCマシン¹¹⁾ さらにはプログラムを内蔵したManchester Mark I¹²⁾ などがある。そして20世紀前半には、情報処理装置としてのコンピュータの出現にとって最も重要な理論のいくつかが発表されている。チューリングは論理的な計算を機械で行えることを示し(1936)、フォン・ノイマンはプログラムもデータとして記憶装置に格納して命令を逐次取り出して実行し、さらに必要に応じてプログラム自身も変更できるプログラム内蔵方式のコンピュータを提唱した(1944)。また情報を量の面からとらえて定量化し、その基本単位ビットを用いることによりコンピュータによる情報処理を導いたシャノンらの情報理論(1948)が発表されている。

2.2 第1世代の計算機械

論理計算で行われる論理素子として真空管が用いられ出した1940年代以降、ようやく今日の機能を満たしてくるコンピュータが作られるようになった。そして重要な機能の一つである高速な計算処理の点で、真空管を用いてさらにプログラムを機械内部に内蔵させることにより、ENIACやEDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Computer)¹³⁾ にはじまる電子計算機は、単なる計算の道具からコンピュータへと進化した。そうした意味で、第1世代はコンピュータ黎明期の末に到達した幕開けの時代を意味する。

ここで今日の多くのコンピュータは、プログラム内蔵方式をとる電子式のデジタルコンピュータであるといえる。しかし第1世代とされる1950年代(あるいは1940年代末以降)のコンピュータは必ずしもそれに当てはまらない。当初のENIACはプログラム内蔵方式ではなく、後に改良型ENIACで初めて一部を内蔵するにとどまっている。そこで多くの場合、世代の区分を論理

素子として使われる部品による違いでとらえている。ところが第1世代を真空管方式のコンピュータであると定義するには問題が残る。この年代では、例えば論理素子として後藤英一により発明されたパラメトロン素子は真空管よりも動作が速く、日本の最初期のコンピュータの1つとして稼動している。またプログラムを翻訳するプログラム（コンパイラ）が実用化され、さらにオペレーティングシステムの原型が考え出され、FORTRAN, COBOL といったいくつかのプログラム言語の登場やその開発計画が公開されている。以上の点は、早くもコンピュータが論理素子あるいはハードウェアだけに依存するものではなく、論理的な本質はソフトウェアにあるという重要性が急速に高まったことを意味している。

第1世代のコンピュータとしては、これまで挙げたもの以外にもつぎの代表的なものがある。最初の商業ベースの計算機として UNIVAC I (Universal Automatic Computer-I)¹⁴⁾ が挙げられる。またパンチカードシステム (PCS : Panch Card System) にはじまる分類器・会計機器メーカーからの脱皮をはかりつつあった IBM からは、はじめて実用大型コンピュータとして科学技術計算で用いられた IBM 701 のほか、主記憶に磁気ドラムを用いた小型の IBM 650、商用機として初めて磁気コアメモリが利用された科学技術用大型計算機の IBM 704 などがある。日本では富士写真フィルムの FUJIC が日本発の電子計算機として登場し、その後東京大学の TAC (Todai Automatic Computer)、リレー式であるが電気試験所の ETL (Electrotechnical Laboratory)-Mark I と稼動している¹⁵⁾ なお 1949 年に完成した EDSAC は、真空管式でかつプログラム内蔵方式の最初であると考えることができる。これに 1948 年に改良された ENIAC や 1948 年に完成した IBM の SSEC (順序選択式電子計算機 : Selective Sequence Electronic Calculator)⁸⁾ が、それぞれ部分的なプログラムの内蔵また記憶されたプログラムの変更が可能であったことを考えると、第1世代の始まりを 1948 年とする

§ 日本では 1948 年に Harvard Mark I の 250 倍の計算速度があると紹介され¹⁶⁾ 日本初の真空管式コンピュータ FUJIC の誕生にも影響を与えている。

見方ができる。

2.3 第2世代の計算機械

第1世代で用いられた真空管は、サイズはもとより必要な電力ならびに発熱量が大きく、断線もし易いという欠点があった。1万8千本という数の真空管が使われたENIACではその設置場所に広大なスペースを必要とし、真空管の断線による交換の必要性も頻繁であった。半導体素子の誕生は、こうした真空管の欠点を補う重要な技術革新として、次世代型コンピュータの開発の原動力となった。

1947年のトランジスタの発明は、リレーより高速であったもののコストや寿命に問題のあった真空管と置き換わる、より高速で軽量コンパクトな素子の開発につながった。トランジスタの前にはパラメトロンをはじめいくつかの磁性論理素子の試みがあったが多くは存続せず、論理素子としてトランジスタを用いるコンピュータは第2世代のコンピュータとよばれる。この世代の特徴は、それまで主として米国の防空システム（SAGE: Semi-Automatic Ground Environment）など、軍事や気象といった科学技術計算のために用いられてきたコンピュータが、商用の事務処理計算でも本格的に用いられるようになったことである。トランジスタによる論理回路の集積度が高まり製品が小型化し、コストパフォーマンスやメンテナンス性が向上している。こうした要素は従来からの会計機や計算機械を持つ一般のユーザが、コンピュータにシフトすることを促した** IBM 650は第1世代からリードしていたマシンであるが、真空管ベースの磁気ドラムを使ったものであった。IBM 1401は論理回路にトランジスタを採用し、さらに磁気ドラムをコア・メモリに、周辺機器には磁気テープや高速プリンタを取り入れた最新の技術を駆使したものとして1959年に発表され、1960年に発売された。

** IBM 1401の出荷予想は当初1,000システム程度であったが、実際には12,000システムを出荷することとなった!⁷⁾

2.4 第3世代の計算機械

トランジスタの集積技術はICを生み出し、第3世代のコンピュータが開発されることとなった。代表的なものとしてIBM 360が挙げられる。ICを用いた最初のコンピュータとしてだけではなく、オペレーティングシステムの採用やそれまでの個別用途に開発されていたコンピュータをより汎用性の高いものとして全方位（360度）に適用できる機能があった。IBM 360のアーキテクチャはその後の汎用大型機市場の基礎を築くこととなった。一方、小型低価格のミニコンピュータとしてDECからはPDP-6、PDP-8が発表されている。特にPDP-8は、集中処理方式をとる汎用大型機に対して機械を分散させて相互接続する分散処理方式をとった。

第3世代の特徴は、汎用大型機IBM 360の登場により1語を構成するビット数や磁気テープの規格等で互換機路線をとりはじめた他社に影響を与え、標準的なアーキテクチャが確立されたことであるといえる。

2.5 第3.5世代の計算機械

半導体のさらなる集積化はLSIを生み出し、1970年には既に圧倒的な市場占有率を誇るIBMからLSIを用いたIBM 370が発表された。IBM 360のアーキテクチャではメモリに磁気コアが採用されていたが、370からはモノリシック技術を用いて、シリコンウェハ上に形成された回路をチップに切り分けたICメモリとなった。ICメモリは容量やコスト、サイズなどの点でコアメモリよりはるかに優れた性能を持ち、この時点で従来からのコアメモリに終止符が打たれることとなった。DECからはPDP-11やより大型でスーパーミニコンVAX-11が発表されている。

この時期のもう一つの特徴は、1974年に完成したXeroxのAltoの開発が挙げられる。これはパーソナルワークステーションとして、個々人の仕事で用いられる最初のコンピュータとしてとらえることができる。研究用として既に利

用されていた LINC¹⁸⁾があるものの、入力デバイスとして今日使われるマウスのルーツが標準装備され、ネットワークにも接続可能であり Alto はパーソナルコンピュータの最初期のものと考えることができる。従来からの大型汎用機にくらべてパーソナルワークステーションはまだ一部の研究目的であったが、第4世代にかけてパーソナルコンピュータ^{††19)}の機能が向上し、ワークステーションとの区別が行われにくくなっている。またすべてを汎用機で処理せず、端末としてあるいは単独でパーソナルコンピュータは大きな業務をこなすようになっていく。

2.6 第4世代以降の計算機械

第4世代では半導体が VLSI とより高密度に集積され、初の VLSI を用いた汎用機として、IBM 4300 が 1979 年に発表された。同時にこの世代ではパーソナルコンピュータの本格的利用が浸透し、1981 年に IBM-PC が発表されてからいわゆる DOS/V 互換機市場が急速に育成され、コンピュータ全体の市場において高いシェアを獲得するようになった。日本では汎用機の IBM 互換機市場も成長し、ハードウェアにおいて IBM と互角の製品を開発するようになった。

第4世代のコンピュータは VLSI を論理素子として用いるものであるが、その意味では現在も VLSI による第4世代が継続していることになる。第1世代から第4世代の始まりまでは 30~40 年であるが、その後非常に大きな革新を遂げているにもかかわらず 20 年以上が経過している。したがって、コンピュータの中心技術として論理素子だけに注目する世代の区分は、第4世代以降うまく行われているとはいえない。1980 年代以降、日本では国家プロジェクトとしてスーパーコンピュータ、新世代コンピュータ、シグマシステム、さらには 90 年代に入ってからリアルワールド・コンピューティングなどが推し進めら

†† パーソナルコンピュータの構想自体は Vannevar Bush の論文 “AS WE MAY THINK” にあるとおり、第1世代以前からあった。

れた。特に新世代コンピュータ開発構想は第5世代コンピュータの登場を促すものとして世界的に注目を集めたプロジェクトであったが、1993年に計画を終了し、その後研究成果の普及が行われている。

第5世代プロジェクトでは並行並列論理型言語処理系や知識ベース、高次推論といった研究開発が行われ、従来の世代区分とは異なる位置付けにあると考えられる。すなわち、それまで論理素子を基本に区分けが行われてきたコンピュータの世代が、新たな素子の研究開発も進んでいたものの、真空管からトランジスタ、LSIへとといった論理素子の移り変わりとは異なっている立場から使われている。第5世代プロジェクトでは人工知能研究の流れのなかでその基盤研究に力が入られ、記号処理用のプログラム言語や知識情報処理システムの萌芽としてとらえることが出来、最早論理回路やハードウェアだけのコンピュータ分類法では枠に入りきらない時代が来たことを意味した最初の出来事であると考えられる。この事実は世代の分類を考えるうえで重要な出来事であり、また従来からの論理素子による分離方法の問題点が示されたと考えられることが出来る。

3. コンピュータ本体以外の世代分類

2章で示したように論理素子による大まかな分類がこれまで行われてきたが、コンピュータの持つ5大機能だけをみても、その技術革新は様々な段階を経ていることが分かる。本章では個別のデバイスや他の電子機器について、進化の歴史をたどってみる。

3.1 入出力装置の変遷

データや情報が入出力される段階では、特にマンマシン・ユーザインタフェースが技術革新において重要視される。当初算木や歯車の位置により実現されたこれらのインタフェースを持つ計算機械は、入出力という概念のもと、最初期にはジャカード織機に見られるカード式データ入力が行われた。これはその

後一部は紙テープとして、またパンチカードとして進化し、第4世代のはじめまで多用された入力形態である。こうしたカード入力装置は1980年代より Key to Disk 方式により直接磁気媒体にデータが記録される方式に置き換わっていく。一方出力の方式は、従来からの電動式タイプライタから専用のラインプリンタ、さらにはページプリンタへと進化を遂げている。

こうしたコンピュータに用いられる入出力装置にも、いくつかの世代が存在する。第1世代で代表的な ENIAC は、ケーブルとスイッチが主な入力方法であったが、入力装置として独立したもので使用された初期世代として紙テープ装置が挙げられる。ケーブルやスイッチの時代を第1世代と仮定すると、紙テープが第2世代、パンチカードが第3世代、そして磁気媒体へのキー入力法方式が第4世代となり、ほぼコンピュータの世代と同様に技術革新が行われている。また出力装置ではアナログ式のメータによるものから電光式、ディスプレイ表示、タイプライタ装置、ラインプリンタ装置、ページプリンタ装置などが挙げられる。また各種記録媒体の登場により、入力、出力、記憶の各機能が混合した装置も開発された。ここでタイプライタやディスプレイ以前の出力装置を第1世代と考えると、第2世代はラインプリンタ、第3世代はページプリンタと磁気記録装置、第4世代はプリンタのカラー化と光磁気記録装置の登場と、大まかにとらえることが出来る。しかしより細かく見ると印字の装置や表示の装置にはモノクロやカラー、印字方式、記録媒体への記録方式、ブラウン管や液晶といった違いを始め、多くの技術革新が行われていることが分かる。ここで5大機能において、入出力はコンピュータの特質であるデータを入力して処理し、結果を出力させるという重要な機能であるといえる。しかし計算機としてその中枢を担うのは制御や演算の機能に他ならず、それらをコンピュータの世代分類に利用するには困難が伴っている。

3.2 記憶装置の変遷

データや計算の手順を示すプログラムは、第1世代の ENIAC ではまだコン

コンピュータの外にあると考えることができる。すなわちスイッチや配線により指し示されていたもので、アナログ式計算機でのメモリ（指針）と同様の分類になるともいえる。ノイマンによって提唱されたプログラムもデータとして記憶させる方式（プログラム内蔵方式）では、当初水銀を用いた遅延管や静電管が用いられた。ところが演算速度が速まるに従って速度や記憶容量の点で改良が求められ、磁気を用いたディスクのほか磁気コア、磁気テープ、後に半導体を用いられるようになった。またパンチカードや紙テープも記録媒体として考えることができる。

演算や制御をまとめて中央処理装置（CPU: Central Processing Unit）と呼ぶと、入出力装置を除いて重要な位置を占めるのが記憶装置となる。記憶装置には主記憶と補助記憶がある。補助記憶装置として用いられる媒体は今日に至るまで実に様々な製品があるが、主として磁気方式、光学方式、そしてこれら両方の性質を持つものに分けられる。主記憶装置は今日では半導体が多用されている。主記憶装置の第1世代をアナログ方式とすれば磁気コア以前が第2世代、磁気コアが第3世代となり、第4世代は今日の半導体となる。また補助記憶装置については第3世代で磁気ディスクや磁気テープ、フロッピーディスクが登場し、第4世代で光磁気ディスクや大容量の磁気カートリッジテープが使われるようになったと考えることができる。

3.3 携帯電話における世代分類の例

21世紀に入ってまず挙げられるものとして、携帯電話がある。既に日本では第3世代携帯電話の実用化に入っているが、早くも第4世代携帯電話の構想および第3.5世代の実用化が進められている。第1世代携帯電話は第1世代移動通信方式（1G: 1st Generation Mobile Telecommunications）とも呼ばれる方式で、アナログ方式の通信である。第2世代（2G）がデジタル対応とされる。ただし携帯電話では通信速度の面からも世代分類の意味が持たされており、3Gで標準的な速度を満たしていないものは第2.5世代（2.5G）、また第

3世代ではより高速な通信速度のほか、音声の品質、国家間での相互利用が盛り込まれた分類となっている。移動体通信装置の世代はほぼ10年おきでとらえることが出来るが、その分類方法はハード、ソフトに関係なく、本来の移動体通信装置の機能として期待される通信速度、通信の品質、付加価値の3点における技術革新に注目したものであることが分かる。そして十分に技術的な飛躍がない場合、0.5きざみの世代分類が与えられている。この判断は定量的な基準がある訳ではないが、次世代の構想に対してその要件を備えていない場合に使われている。こうした扱いは、コンピュータの世代でも第3.5世代として設けられていることが分かる。第3.5世代コンピュータは、VLSIといった第4世代の超高密度集積回路には及ばないものの、単なるICではなくLSIとして集積された論理素子で構成したものと判断している。

4. 新たな世代分類の考え方

3章で検討したとおり、コンピュータの各個別装置や携帯電話には、ひとつの分類方法として主機能の技術革新による世代区分があることを見てきた。ところがコンピュータの世代分類では、明らかに技術革新が行われているにもかかわらず、依然として第4世代のままか、あるいは何も分類されない状況となっている。本章ではその原因を示し、新たな分類方法について検討する。

4.1 世代分類が中断した理由

第4世代で中断しているコンピュータの世代分類の原因として、次のことが考えられる。コンピュータの各世代は2章で見たとおり、その論理素子の変遷に対応して考えられている。しかし次世代としての新たな論理素子の登場を待つまでもなく、コンピュータの機能は第4世代以降急速に進化している。これは半導体における素子数の高密度化やソフトウェア利用の高度化、コンピュータの通信との融合によるものである。そして“第5世代”コンピュータの本格的利用が頓挫し、量子コンピュータや分子コンピュータなど新素子を用いるで

あろうコンピュータの登場は未知数である現在、論理素子による分類法ではコンピュータの世代分類が不可能となってきたのである。

こうした背景から、従来の世代分類とは異なるとらえかたも出てきている。1970年代の電卓ブームを経て本格的に登場したパソコン (Personal Computer) は、当初の機能からハードウェア面、ソフトウェア面とも大きく進化してきた。そしてこの20～30年間におけるパソコンだけの世代表現がなされることもある。たとえばOS (Operating System) の機能から、ディスク管理OSの時代である第1世代、GUI (Graphical User Interface) が取り入れられたOSとして第2世代、そしてオブジェクト指向型OSの時代を第3世代とする等である。一方、ネットワークという枠組みでとらえれば、汎用機等と端末から構成された時代を第1世代、その後コンピュータが電話やインターネットによる接続を可能とした第2世代、そしてコンピュータに限らずあらゆる装置が無線通信なども使って接続される第3世代 (ユビキタス・コンピューティングの世代) と区分することができる。しかし携帯電話や無線通信環境の進化に伴うユビキタス時代の到来により、パソコンやネットワークが今の形で浸透し続けるとは限らない。したがって低価格・高性能化したパソコンがコンピュータの代名詞となる時代はあっても、コンピュータの長い歴史から見れば、パソコンといえどもそれは歴史上の一つの通過点に過ぎないということもできる。

4.2 論理素子に基づく分類の問題点と対策

2章で見えてきたとおり、ソロバンに始まる計算機械は数値計算の自動化を目的として今日のコンピュータへと進化してきた。コンピュータの歴史は使用するテクノロジー (要素技術) や演算器と、演算制御方法の歴史である²⁰⁾ともいえる。したがって論理素子だけによる分類はそもそもその進化を歴史的に区分するのに適しているとは言えない。たとえば第1世代として挙げられるENIACとUNIVACが同じ世代に属するのは、コンピュータの機能ないしはアーキテクチャという側面からみると、適当であるとは考えにくい。ENIACは真空管

の高速性を犠牲にしないため紙テープによるプログラム入力を廃止しているが、それは演算器から次の演算器へと演算結果を流すデータフロー型の制御により実現されていたものである。これに対して UNIVAC はメモリに同じ水銀遅延線を用いているものの、プログラム内蔵による制御を実現したものである。また特別な用途で用いられた高速数値演算用の ENIAC に対して、UNIVAC は事務処理分野にも対応した量産型コンピュータとして、その後の汎用コンピュータの出発点と考えることも出来る。

以上の観点から、世代分類には論理素子だけの区分とは異なる方法が必要であることが明確である。しかし、たとえ論理素子以外の技術要素を加味しても本質的な解決にはならない。すなわち様々なコンピュータアーキテクチャやソフトウェア技術、ネットワーク技術を加味して区分を行おうとしても、新技術の登場と普及が同時に行われるものではないことから、比較要素が多いほど区分は難しいのである。そこで主要な個別技術要素を考慮しながらも、利用面における明確な違いを用いた世代分類法が一つの有効な方法であるといえる。

携帯電話やブロードバンドの普及、さらには地上デジタル放送の開始にともなって、今後コンピュータはより多目的な用途で用いられ、その形や利用形態も大きく異なっていくことが考えられる。したがって個別の技術にとらわれずコンピュータの利用目的や機能を再認識しておくことは、進化の歴史を世代として区分するために重要である。ここでコンピュータ（計算機）の当初の目的である“数値計算の自動化”を現代の事情から“情報処理”に置き換えてみる必要がある。

4.3 新たな世代分類法の提案

情報処理の観点からコンピュータの進化を世代ごとに振り返ってみると、表1のとおり分類することが可能である。まず第1世代は、商業用コンピュータ実用化の時代といえる。もちろん、この時代はそれまでのリレー式から真空管を用いた電子式コンピュータへの転換が大きな要素となるが、それ以上に今日

のコンピュータ利用の可能性の起点となるビジネス利用への進出は、情報処理の見地からは大きな出来事として扱われるべきである。第2世代はコンピュータのシステム化が本格的となった時代である。すなわち、第1世代では演算装置、制御装置などを中心にコンピュータの処理方法に直接関係する部分の技術革新が主体であったが、第2世代では、プログラミング言語やタイムシェアリングシステムの登場、また周辺機器との融合により、コンピュータがシステムとして進化した時代であった。IBM 1401は、高速プリンタとのシステム化によって、他の従来型コンピュータと差別化したモデルとなった。第2世代でプログラミング言語の各利用分野への浸透がユーザアプリケーションの開発を推し進め、タイムシェアリングシステムはコンピュータの共用を促進した。第3世代ではIBM 360に見るとおり、オペレーティングシステムが実用化した時代である。さらに第3.5世代ではメモリのIC化が実現され、パーソナルコンピュータ登場の条件が揃うこととなった。第4世代ではシステムのオープン化

表1 従来の世代区分と提案する分類内容

世 代	年 代	従来の分類	提案分類 (特徴)
第1世代以前	~1949年	機械式	数値計算の自動化
第1世代	1950年代	真空管	商業用としても実用化
第2世代	1960年代前半	トランジスタ	汎用化とシステム化
第3世代	1960年代後半	IC	OSの実用化
第3.5世代	1970年代	LSI	ダウンサイジング
第4世代	1980年代前半	VLSI	オープンシステム
第4.5世代	1980年代後半	VLSI	インターネット
第5世代	—	—	ユビキタスの本格化
第6世代	—	—	知能情報処理の実用化

とダウンサイジング、パソコンの普及が進み、通信との融合から現在のインターネット利用に繋がってくる。ここでインターネットによるコンピュータ利用は第4.5世代として特筆すべき世代転換であるといえる。従来の専用線や公衆電話回線を用いた回線利用とは異なり、誰もが多様な目的で利用できる情報スーパーハイウェイ夜明けの時代といえる。今後、高速大容量の通信がより普及して携帯情報端末等との融合が進めば、第5世代としてそれまでとは大きく異なる形態が登場し、コンピュータの歴史が書き変わるものと思われる。そして最終的には、ヒトの脳を模倣する知能情報処理を行うコンピュータが、第6世代として登場する可能性がある。

5. お わ り に

テレビ受像機をその技術革新から世代分類すると、白黒の第1世代、カラー化された第2世代、そしてチャンネルがダイヤル式からタッチ式を経てリモコン化された第3世代となり、今後はデジタル放送受信や双方向性、インターネットとの融合による第4世代がすぐそこまで迫っていると見ることが出来る。この例では、世代とは、それまでの世代と完全に置き換わる技術革新がなされて、はじめて変わるものであると考えることができる。そうした意味では、コンピュータで用いられてきた論理素子による世代交代の区分において、2世代の素子共存があるものの区分に間違いがある訳ではない。しかし、コンピュータが第4世代といわれてから30年以上経過し、それ以前とは比べようもないほどの進化を遂げてきたことも明らかである。無理やり世代分類を行うことには意味がないが、少なくとも1970年代と現在のコンピュータ（利用）が同じ世代として扱われるのには違和感があり、それがコンピュータの歴史的把握に障害をもたらす可能性がある。技術的基盤を整えながらより高次の開発を続ける科学技術の世界において、こうした状況は好ましいとはいえない。1990年代以降危惧されている新規就業者の技術系離れは、段階を踏んで行われている技術革新を明確に評価せず、魅力を損なっているところにも原因があると考

えられる。そして21世紀情報化社会の土台となる情報処理機器（コンピュータ）においては、こうした傾向は十分に憂慮される点であるといえる。

本論文で示した世代分類は、便宜的に既存の世代における年代に合わせて行っている。しかし利用形態に基づいた分類を考えた場合、これらの年代区分に合わせる必要は無く、今後より多角的な要素から年代の切り分けをしていく必要がある。しかし、利用形態に注目した場合、それは論理素子以上に明確な年代切り分けが難しくなる。たとえばプログラミング言語の進化の歴史を見れば、第1世代の機械語、第2世代のアセンブリ、第3世代に入って高水準言語、そして第4世代言語の登場となる。しかしどの世代の言語も交代することなく現在も使われており、正に進化の歴史ではあるものの、世代交代の歴史を意味するものではない。コンピュータの世代も今後は従来からの世代交代ではなく利用形態による進化の歴史として位置づけ、進化しながら多様な利用形態として発展していることを意識していく必要がある。

（本稿は、1999年度松山大学特別研究助成金による研究成果の一部である。）

文 献

- 1) 山田昭彦：コンピュータの歴史を残そう！、情報処理, Vol. 42, No. 2, pp. 151-155, 2001.
- 2) カジヨリ：数学史下巻, 津軽書房, 1974.
- 3) 内山昭：計算機歴史物語, 岩波新書, 1983.
- 4) 新戸雅章：バベッジのコンピュータ, 筑摩書房, 1996.
- 5) George H. Buck and Stephen M. Hunka : W. Stanley Jevons, Allan Marquand, and the Origins of Digital Computing, IEEE Annals of the History of Computing, Vol. 21, No. 4, pp. 21-27, 1999.
- 6) Konrad Zuse : The Computer—My Life, Springer-Verlag, 1993.
- 7) I. Bernard Cohen and Gregory W. Welch : Makin' Numbers, The MIT Press, 1999.
- 8) Vannevar Bush : Endless Frontier, The MIT Press, 1999.
- 9) Geoffrey D. Austrian : Herman Hollerith, Columbia University Press, 1982.
- 10) Scott McCartney : ENIAC, Walker, 1999.

- 11) Alice R. Burks and Arthur W. Burks : 誰がコンピュータを發明したか, 大座畑重光監訳, 工業調査会, 1998.
- 12) Simon Lavingto : コンピューターの誕生, 末包良太訳, 蒼樹書房, 1981.
- 13) Maurice Wilkes : Memoirs of a Computer Pioneer, The MIT Press, 1985.
- 14) Brian Randell : The origins of digital computers, Springer-Verlag, 1982.
- 15) 高橋茂 : コンピュータクロニクル, オーム社, 1996.
- 16) 安藤馨 : 電子で計算する機械, 科学朝日, 8月号, pp. 23-25, 1948.
- 17) Martin Campbell-Kelly and William Aspray : COMPUTER, Basik Books, 1996.
- 18) Adele Goldberg : A History of Personal Workstations, csm press, 1988.
- 19) Vannevar Bush : As We May Think, LIFE, Sep. 10, pp. 112-124, 1945.
- 20) 能澤徹 : コンピュータの發明, テクノレビュー社, 2003.