

# 現代日本のコンピュータ産業

## —技術と競争—

奥村 健二

- 1 はじめに
- 2 小型化の波
- 3 ネットワークコンピューティングの進展
- 4 おわりに

### 1 はじめに

日本のコンピュータ産業は、1990年代に入って大きな環境の変化を体験した。1980年代に米国で盛んになったネットワーク、オープン化、ダウンサイジング（小型化）、マルチメディアという、業界でネオダマと呼ばれた技術の波に洗われたのである。しかし、それがどのような影響を与えるのかは当初必ずしも明らかに認識されていたわけではない。

たとえば、今日のようなインターネットの普及、電子商業の勃興を予測し得た人は少なかったであろう。オープンな OS（オペレーティング・システム）である UNIX のパソコン版は早くから存在したが、そのひとつである Linux（リーヌクス、リナックス）がメーカー製 OS に伍して、ネットワークサーバ OS として安定性を評価されるようになるとは予測し得た人も少なかったであろう。また、パソコンやワークステーションの普及の勢いを目にして、大型コンピュータはダウンサイジングの波に一拳に押し流されてしまうと考えた人が多かったのではないだろうか。

技術変化はしばしば産業構造の変化をもたらす。しかし、日本のコンピュータ産業の企業構成を見ると、マイクロソフトやオラクルなどの米国系ソフトウェア企業、コンパックやデルなどの米国系ハードウェア企業の台頭はあるものの、日立、NEC、富士通、日本 IBM などの伝統的大企業の活躍が依然として目立っている。これら大企業の多くは、半導体・各種コンピュータおよびその周辺機器・通信機器などのハードウェアのほかに、ソ

フトウェアを生産し、情報システムの構築・保守、情報処理のアウトソーシング、通信・ネットワークなどのサービスまで提供する。米国シリコンバレーの新興企業の多くが狭い分野に特化していることと比較すると著しく対照的である<sup>1)</sup>。

日本の主要コンピュータ企業は生産設備への投資、マーケティング・流通・購買ネットワークへの投資、人的資源への投資を積極的におこなってきており、チャンドラー(Chandler, 1990)が指摘するところの、市場における成功条件を満たしている。また、その組織は垂直的に統合され階層的であり、経営資本主義の典型とみなされる(Teece, 1993, p. 219)。このような伝統的大企業と、この10年から20年ほどの間に台頭してきたシリコンバレー型の新興企業とのいずれが今後長期にわたって競争力を発揮するかは意見の分かれるところである。ここでは現代のコンピュータ技術のうち、第2節で小型化のもたらした標準競争の意義を、第3節でオープン化・ネットワークのもたらした技術の複雑性を説明して、大企業の競争力の高さを示す。第4節で全体を要約する。

## 2 小型化の波

### 2.1 パソコンの普及

今日ではパソコンと略して呼ぶのが普通になったパーソナルコンピュータの日本における歴史は20年を超えている。NECが日本最初の8ビットパソコン、PC-8001を世に出したのは1979年であり、それを追って富士通がFM-8を出したのは1981年である。その後、他のコンピュータ企業や家庭電器メーカーがパソコン市場に参入したが、大きな成功をおさめることはできなかった。1980年代の初期にはパソコン市場はまだ小さく、顧客はパソコンを趣味する人間とゲーム愛好家を中心であった。

パソコンの設計とOSはメーカーごとに異なっていた。その理由としては、大型機時代からの独自技術を追求する各企業の性向を挙げることができよう(米倉・島本, p. 369)。また、漢字処理技術にも由来している。漢字処理は2バイトのコード表・かなから漢字への変換プログラム・高精細なディスプレイやプリンタなどを必要とする高度技術で、重要な開発課題であった。1980年代初頭までに主要なコンピュータ企業各社はこれらの技術を開発してコンピュータやワープロに適用しており、それをパソコンに適用したことから漢字処理に関連する部分の設計はおのずと異なることとなった。

1980年代初期の低迷期を過ぎてパソコンは16ビットの高性能機の時代へと移り、ソフト

ウェアもワープロの一太郎や表計算の Lotus 1-2-3などの高性能なものが出現し、顧客層を企業にまで拡げていった。そして、このパソコンの競争はよく知られているように NEC の勝利に終わった。NEC の主要な競争相手であった富士通は、設計の異なるパソコンを続けて市場に出すという失策をおかして顧客とソフトウェア供給企業の支持を失ったのにひきかえ、NEC は新型機を出す場合に旧型機との互換性を維持して支持を得たのである。1990年代の初めには NEC パソコンの市場占有率は 5 割を超えた (*Japan PC Software Market White Paper*, 1996, p. 12)。これは、NEC パソコン・ソフトウェア供給企業・顧客の間で相互に供給・需要を高めあう好循環が生じた結果と解釈することもできよう<sup>2)</sup>。そして、NEC はこの独自設計を守ることにより競争優位の維持に努めたのである。

他社はこの経験から学ばなかったわけではない。他社が新機種を導入する場合、ソフトウェア数の多さを謳うようになったこともそのひとつである。

## 2.2 国際標準機の参入

他社製品との互換性のない独自設計の NEC パソコンが市場の半分を占め、残りの市場を NEC 以外のコンピュータ企業で分割する構図は1990年代に入って変化しはじめた<sup>3)</sup>。1990年の終わり近くに日本 IBM が発売した OS、IBM-DOS Version J4.0/V が、今日も続いている小型化＝ダウンサイジングという大きな変化の発端である。

IBM-DOS Version J4.0/V は通称を DOS/V といい、IBM PC/AT 上で動作する日英 2 カ国語 OS であって、マイクロソフト (Microsoft) の MS-DOS にもとづいている。IBM PC がオープンな設計でアップル (Apple) ほかとのパソコン市場競争に勝ち、支配的な設計 (dominant design) となったことはよく知られているが (たとえば Utterback, 1994, 邦訳 pp. 37-40)、この AT 機は、VGA (Video Graphics Array) という画素数が NEC パソコンに勝る横640×縦480のディスプレイ機能を備え、その精細度は漢字を表示するのに十分であった。DOS/V の特徴は、漢字 ROM (Read Only Memory; 読み出し専用メモリ) を利用せず、漢字をソフトウェアのみで処理することであるが、それにより、かえって漢字処理の速度が遅くなるという欠点があり、発売初期には必ずしも高い人気を博さなかった。

NEC を除くコンピュータ企業が国内パソコン市場で NEC という巨人に対抗するひとつの道は連合であった。しかし、独自のパソコンを設計してきた各社にとって他社の独自設計は受け入れ難いものである。その点、オープンな設計の IBM PC は、互換機市場を生み出し、世界標準としての地位を獲得しており、より受け入れやすいものであった。

1991年、IBM PC/ATの技術を基礎とする共通ハードウェア仕様の実現・普及・拡張を目的とした「PCオープンアーキテクチャ推進協議会」(PC Open Architecture Developers' Group; OADG)が発足した<sup>4)</sup>。さらに、共通ハードウェア仕様普及を目的とした理由は、ソフトウェアが各社パソコンで共通に使用できるようにするためであり、そのOS基盤はDOS/Vを代表としていた。OADGの正会員は現在、沖・三洋・シャープ・ソニー・東芝・日本IBM・日立・富士通・松下電産・三菱・リコーである。

この連合に対してNECは顧客に、自社パソコンには、はるかに多くの日本語ソフトウェアがあること(Fransman, p. 188)、製品の信頼性とサービスを強調して防戦した。しかし、OADGが支持するIBM PC/AT互換機、すなわち、DOS/VをOSとして搭載することからDOS/V機としばしば呼ばれることになったパソコンは、世界的な価格競争の結果、NECパソコンよりも価格がかなり低く、またDOS/V機用ソフトウェアもしだいに数を増してきたことからNECパソコンは市場占有率を下げはじめた。とくに、1992年にコンパック(Compaq)が発売した低価格パソコンの衝撃は大きく、NECも価格面での対応を余儀なくされた。日本におけるパソコンの競争はOSの革新をきっかけにして、世界における競争の影響を直接受けるようになったのである。

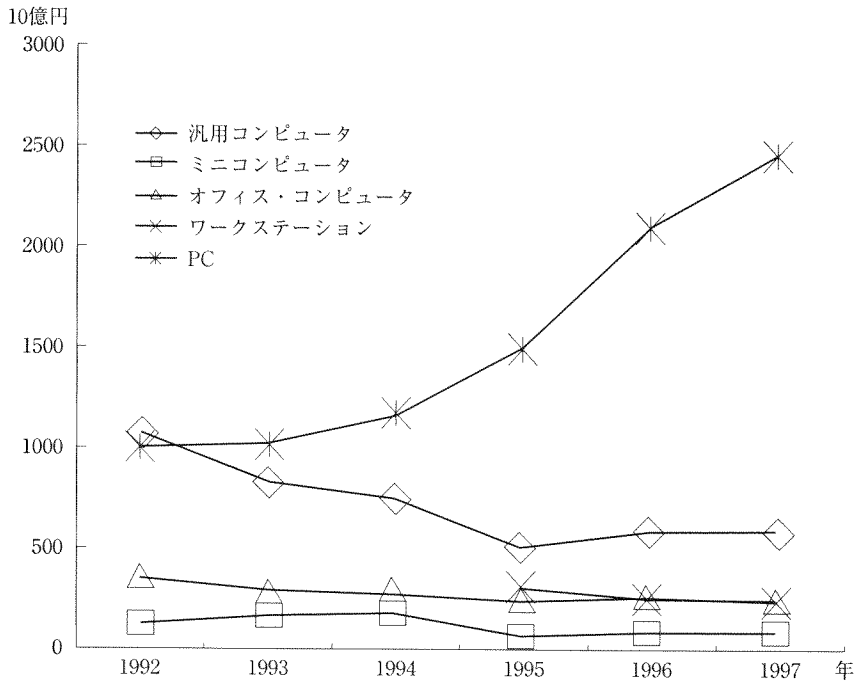
1993年、マイクロソフトは新しいOSとしてWindows 3.1の日本語版、Windows 3.1Jを発表した<sup>5)</sup>。使いやすいGUI(Graphical User Interface)を特色とするWindows 3.1Jと、安価なPC/AT互換機は急速に顧客を獲得していき、これ以後パソコン(PC)の生産は拡大し、インターネットの普及開始後はさらに飛躍的に拡大した(図1)。もっとも顕著な例は富士通で、ここにきてPC/AT互換機市場に参入し、利益よりも市場占有率を重視する戦略でNECを急追した。NECはそのパソコンにWindows 3.1Jを組み込み、ハードウェア仕様の制約上完璧ではないにせよ、一応のWindows用ソフトウェアの互換性を実現した。しかし、これは既存のNECパソコン顧客をひきとめてPC/AT互換機への転換を防ぐ効果はあったであろうが、新規顧客に対して訴えるところは小さく、パソコン市場が拡大するなか市場占有率の低下をくい止めることはできなかった。

結局、NECは1997年、PC/AT互換機の生産に踏みきり、市場占有率の低下に制動をかけた。1998年の国内パソコン市場は依然としてNEC・富士通・日本IBMなど伝統的な大企業が支配的な地位を占めている(表1)。

### 2.3 PCの誕生

国際標準機であるIBM PC/AT互換機はWindowsの登場以来、Windows機とも呼ば

図1 コンピュータ生産の推移



(出所) 日本情報処理開発協会編『情報化白書』1999年  
(原資料) 通商産業省「生産動態統計調査」

表1 パソコンの国内市場占有率  
(1998年)

国内出荷台数：800万台

企業	市場占有率 (%)
NEC	28.9
富士通	22.5
日本IBM	10.0
東芝	7.8
アップル	6.3
その他	24.5

(出所) 『市場占有率』2000年版、日本経済新聞社

れるようになったが、厳密にはPC/AT互換機と呼ぶのも、あるいは搭載されたOSによってDOS/V機・Windows機などと呼ぶのも適当ではない。

第1に、設計の主導権は1990年代にはIBMから去っており、標準機の設計がIBM PC/ATの設計から大きく変化していたからである。象徴的なできごととして、IBMが1987年、バス<sup>6)</sup>の新設計としてMCA (Microchannel Architecture) を発表し、自社パソコンの上位機種に採用したものの普及しなかったことが挙げられる。IBMは他社にMCA

を公開せず、また顧客にとっては、MCAを採用したパソコンでは従来の拡張カードを使うことができないという不都合があったため支持を得られなかったのである。第2に、この標準機に搭載されるOSとしてパソコンUNIXのひとつ、Linuxが登場したことである。オープンなOSであるLinuxは信頼性の点で高い評価を得て1990年代末に急成長し、パソコンOSの市場はWindowsの独占状態から脱するきざしを見せた。以後このパソコン標準機を単に「PC」と呼ぶ。今日生産されるパソコンは、アップルのパソコンを除きほとんどがPCである。

PCが支配的な設計となったおもな要因としてその設計が開示されていることが、設計を開示せずに凋落したアップルのパソコンと比較してしばしば指摘される。しかし、IBMは完全に設計を開示したわけではない。ソフトウェアとパソコンの各部分との対話をつかさどるシステムBIOS (Basic Input Output System) をIBMは開示せず、他社が完全互換機を製作することは容易ではなかった<sup>7)</sup>。多くの費用をかけ、それをなしとげたのはコンパックで、公開されているIBM PCの仕様・動作のみから完全互換を保証するシステムBIOSを開発した。いわゆる逆エンジニアリング (reverse engineering) である。開発はIBMのBIOSコードを複製していないことを証明できる環境で行われ、合法性を主張できることとなった。また、マイクロソフトがそのOS、MS-DOSをIBMに供給する際、IBM以外の企業にも供給できるという形で契約を結んだことも、互換機市場の誕生には不可欠であった<sup>8)</sup>。IBMにとっては結局、他社製CPUと他社製OSを用いたことがPC設計の主導権を失う原因となった。

互換機の市場は急速に発展した。PCの設計の特徴は、IBMがそのメインフレーム・コンピュータ、360シリーズで用いたモジュール化の手法を取り入れていることである (Sutton, 1998, p. 400)。すなわち、コンピュータのシステムをモジュール (機能部品) に分け、標準化されたインタフェースでそれらを結合する手法である。これによって各モジュールの改良を独立して図ることが可能になる。PCではインタフェースが初めから公開され、その後、企業や団体によって新たな標準の形成が進められた結果、CPU・メモリ・BIOS・ハードディスク・各種拡張カードなどの新たな市場を形成し、そのなかで激しい競争が行われ、急速な価格低下と技術進歩が生じた。わずか20年ほどの間に、数メガヘルツで始まったPCのCPUクロックは1ギガヘルツに達し、当初数10メガバイトの容量しかなかったハードディスクも、10ギガバイトを超える容量のものが今日安価に供給されるようになったのである。

## 2.4 標準の形成

たしかにモジュールの進歩は急速であったが、それに対しインタフェース標準の変化は合意を要するその性質上ゆっくりとしたものであった。バスの場合、1984年に IBM PC/AT に組み込まれて標準となった ISA (Industry Standard Architecture) が今日でもまだ命脈を保っている。しかし、その後は MCA の失敗に続き、コンパックの提案した EISA (Enhanced Industry Standard Architecture) も標準の地位を得られなかった。バスは1990年代に入り、CPU (Central Processing Unit) の高速化に対応して、CPU と直接にデータ送受のできるローカルバスへと発展したが、VESA (Video Electronics Standards Association) が提案した VL バス (VESA local bus) は失敗に終わり、インテル (Intel) ほか提案した PCI (Peripheral Component Interconnect) ローカルバスに至って、ようやく新たな標準が生まれた<sup>9)</sup>。

標準形成のもうひとつの成功例として、USB (Universal Serial Bus) が挙げられる。USB は従来のシリアル・パラレルの標準ポート、あるいは拡張スロットなどを介して周辺機器を接続する際に生じるさまざまな問題を解決するために、また通信のために提案された中速度のバス規格である。USB の開発は、1993年初頭にコンパック・インテル・マイクロソフト・NEC・DEC (Digital Equipment Corporation) の代表者が集まって議論をしたことをきっかけに、翌年から3年にわたるプロジェクトとして始まった。PCI が多くの企業による協働の結果成功したことに学び、インテルによる技術の無料公開や広告代理店による宣伝などに努め、1996年末には USB ポートを備えたパソコンが、翌年には周辺機器が市場に出ることとなった。USB ポートを備えたパソコンの普及を見て、実際に周辺機器メーカーが本格的に USB 対応機器の生産をはじめたのは1990年代の終わりであるから、標準の普及にはかなりの時間がかかるのが分かる。これは単に供給側の事情によるものだけではなく、顧客の側も容易には古いハードウェアを廃棄できないという事情にもより、ソフトウェアのように物理的な実体をもたないものの場合と対照をなしている。

さらに最近のインタフェースの標準化事例としては IEEE1394 が挙げられる。もともとは Fire Wire の名前でアップルが提案して、1995年に IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) が標準として承認した高速のバス規格である。どのように実装するかは製造企業にまかされており、オーディオ・ビデオ機器と PC との接続の標準となりつつある<sup>10)</sup>。

USB と IEEE1394 の2つの標準バス規格は、接続される機器の標準をも生み出す可能

性を秘めている。1997年にマイクロソフト・インテル・コンパックによって提案されたデバイスベイ (Device Bay) がそれで、接続される機器の大きさ、形状を規定し、接続にはUSBあるいはIEEE1394を用いるものである。これによって、顧客・使用者から見たPCのモジュール化はさらに進み、従来内装されていた各種ディスクドライブなども容易に取り付け・取り外し可能、移動可能となる。実現すれば、これはモジュール化の行き着いたひとつの到達点ということができよう。

## 2.5 プラットフォームの形成と持続

日本や世界のパソコンの盛衰を仔細に観察すると、PC市場における競争優位の形成については、設計の微妙な差異、製品導入の時期、技術の成熟度、競争相手の失策などさまざまな歴史的条件があって、一般化は困難なように見える。事例研究では、マイクロソフトやインテルの巧みな戦略がしばしば強調される。それに対し、ブレスナハンとグリーンスタイン (Bresnahan and Greenstein, 1997) はサットン (Sutton, 1991) の内生的埋没費用 (endogenous sunk costs) 理論をコンピュータプラットフォームに応用して説明している。この内生的埋没費用理論とは、(1) 供給企業による製品改良・広告のための非可逆的な支出 (その規模を企業が選択できるため「内生的」という) に対し顧客が十分に反応するとき市場構造は集中的になり、(2) この結果は供給企業が戦略的にたがいにどう反応するのかには依存しないとするものである。

ここでプラットフォームというのは、NECパソコン・PC・アップルマッキントッシュ (Macintosh) のように、各種の応用ソフトウェアがその上で実行されるハードウェアと基本ソフトウェアの組を指し、おおよそ機種群に相当する。NECパソコンやPCの例を見ても、支配的なプラットフォームとなったもので大企業による多大な埋没的支出の結果でないものはない。また、前述したバスの標準形成において見たように、成功したバスには大企業の主導グループがあって、多くの企業を巻き込むために多大な宣伝に努めていることから、内生的埋没費用理論はさらに小さな設計部分に応用可能と考えることができよう。たとえば、現在進行中の取り外し可能なフラッシュ・メモリの規格競争も、その帰趨はどのように広告・宣伝がおこなわれるかにかかっていると考えることができる。しかし、後述するように1980年代はともかく、現代のコンピュータの場合は複雑で、ひとつのコンピュータ上で複数のOSを同時に動作させる技術<sup>11)</sup>の出現などによりプラットフォーム自体がソフトウェアとハードウェアで分離してきており、また後述するように新技術がプラットフォームを無力化する傾向もでてきている。したがって、ESC理論は標準形



成の必要条件とみなすことはできても、それによって競争の結末を予測するにはやや単純すぎると考えられる。

プラットフォームとしての地位を早く確立したPCの場合、後方互換性 (backward compatibility) をさまざまな形で保証することにより顧客が他の機種に乗り換えることを防いでいる。実際、いまだにISAバス用スロットを残して旧型の拡張カードの使用を可能にしているPCの主基板が多く見られるし、各種の旧型接続ポートも今後しばらくは残されるであろう。後方互換性によって多くの旧型部品が新型機に使用でき、顧客は柔軟にPCの機能向上を図ることができる。CPUの進化にしても、互換性を保つために高電力消費という問題点を許容しているといわれる。OSもWindows 95以降ではMS-DOSのエミュレータ (同じ動作をするソフトウェア) を搭載して、MS-DOS上で動作する古いソフトウェアに配慮している。このようにして地位を安定化したPCにはより多くのソフトウェアがつくられ、それがより多くの顧客を惹きつけるという好循環が生まれ、PCはネットワーク効果の典型例となった。さらに、しばしば引用されるQWERTYキーボードの例 (David, 1985) のように、顧客のパソコンを操作する技能もPCに対して形成され、他機種への乗り換えを困難にしている。このような場合、プラットフォームそのものに直接挑戦して、新しいプラットフォームで置き換えることはきわめて困難である。

## 2.6 プラットフォームへの挑戦

パソコン市場が拡大するにつれて、ハードウェアの部品市場も拡大し、多くの参入があった。インテルの牙城といわれたPC用CPU市場でさえも、近年は互換CPUを製造するAMD (American Micro Devices) やトランスメタ (Transmeta) が参入してきており、ほかにNECの参入計画も報じられている。このように標準が公開されているか、逆エンジニアリングで互換部品を開発できる市場では参入が数多く生じる。しかし、そのような市場であっても、新たな標準を提案して主導者となるのは多くの場合、資金力・技術開発力のある大企業であった。かれらは新たな標準を形成することで派生する需要の恩恵にあずかり、また標準の形成に直接かかわることで早い時期に製品を出すことができ、学習曲線を早く進み、あるいは規模の経済の点で有利な立場にたつことができたのである。

それにひきかえ、PCのソフトウェア市場、特にOSの分野では長い間マイクロソフトの事実上の独占が続いてきた。その結果、大部分の応用ソフトウェアはマイクロソフトOS上で動作するように開発されてきている。この状況下で新たにOS市場に参入する場合には、これら応用ソフトウェアが新たなOS上でも動作するようにして、マイクロソフ

ト OS と競争する方法が考えられよう。しかし、マイクロソフトは応用ソフトウェアと自社 OS とのインタフェース (application program interface ; API) の内容を知的所有権で守っている。他社がマイクロソフトの API を逆エンジニアリングするという困難な仕事に成功し、新 OS を開発したとしても、マイクロソフトは自社 OS の新版をつくって API を更新し、競争相手をつきはなすことができる。さらに、マイクロソフトには価格支配力もあり、マイクロソフトの同意なくしてそのような OS を開発することはほとんど不可能となった<sup>12)</sup>。

また、マイクロソフトは API の情報を握っていることにより、新しい OS を市場に出す場合には他社にさきがけて自社の応用ソフトウェアを出すことができる。日本市場で多くの支持を得ていたジャストシステムのワープロソフト・一太郎が、Windows 95対応版の出荷が遅れ、マイクロソフトのワープロソフト・ワード (Word) の伸張を許したのは、その一例と考えられる。さらに、マイクロソフトはより良い API を自社の応用ソフトウェアに適用して、その性能を高めることもできる。すなわち、ソフトウェアでは大企業といえども他社はインタフェースの標準形成に関与できず、不利な立場に置かれている。

OS の分野で残された方法は、マイクロソフト OS 上で動作する応用ソフトウェアを新たな OS 上で動作させるという考えをやめ、そのような互換性をもたない OS を開発して普及させることであるが、肥大化・多機能化したマイクロソフト OS に対抗できるものを開発することには巨額の費用がかかり、大企業でも困難である。それに成功したのは、インターネットに集うプログラマーのグループである。1991年、リーヌス・トーバルズ (Linus Torvalds) がつくったパソコン UNIX の中核部分 (kernel、カーネル) Linux は、その後多くの協力者を得て改良され、さまざまなソフトウェアが加えられてひとつの OS として完成し、1998年には使用者が750万人に達したと報じられている (*Forbes*, August 10, 1998)<sup>13)</sup>。

Linux のもととなった UNIX は1969年に AT&T ベル研究所で開発された OS である。1970年代はじめ、UNIX はそのソースコード (高級言語で記述されたプログラム本体) の大部分が C 言語で書かれるようになったため、多くのコンピュータに移植することが可能になった。おもに高性能ワークステーションの OS として用いられた UNIX にはいくつかの変種ができ、変種グループ間での対立を経て、今日ではオープン・グループ (The Open Group) が主な標準拡張の役割を担うようになった。

Linux の特徴は、プログラムのソースコードが公開され、その複製・再配布が認められているオープンソースであることである<sup>14)</sup>。その開発は、管理可能な中核部分に焦点をし

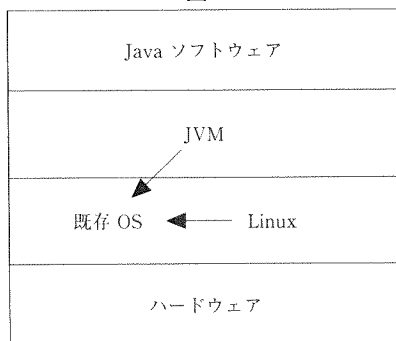
ばり、世界中のプログラマーによってすばやく改良を加えていく形でおこなわれて、非常に安定したOSができあがった。ソフトウェア開発においてプログラマーの数を増やすと、その利益を上まわって開発の複雑性およびコミュニケーション費用が増え、かえって作業の遅延を招くというブルックス (Brooks, 1975) の法則に反して、インターネットを利用したこの新しい開発方式の速度・成果はめざましいもので、ネットワーク・サーバのOSとして強固な地位を築きつつある。

Linuxの開発はプログラマーたちによる無償の行為であるが、これは経済学的にとらえるよりも、レイモンド (Raymond, 1998) のように贈与文化の視点からとらえるのが適当であろう。無償開発の結果、Linuxは基本的に無償で供与される。また、IEEEが定めたPOSIX (portable operating system interface) というインタフェース標準に従っているため、ほとんどのUNIX応用ソフトウェアを移植し、動作させることができる。さらに、Linuxはインテル以外の多くのCPUにも移植され、ほとんどのハードウェア上で動作するようになった<sup>15)</sup>。このようにしてLinuxはプラットフォームを越え、顧客の数を増し、好循環を始動させたのである。日本の主要コンピュータ企業のなかには、自社機上でLinuxの動作を保証するところもあらわれ (『日経コンピュータ』1999年10月25日、p. 39)、みなLinux関連事業への投資に積極的である。ただし、Linux上のGUIは未熟であり、日本語化や一般向けの応用ソフトウェアも不十分なため、ネットワーク・サーバに使用される以外、一般的に使用されるようになるには、まだ時間がかかるであろう。

もうひとつの注目すべき技術革新はJava (ジャヴァ) である。Javaはサンマイクロシステムズ (Sun Microsystems) が1990年から開発をはじめ、1995年に発表した言語であるが、今日ではそれを取り巻く技術全体のJava技術が注目を集めている (『情報処理』Vol. 39, No. 4 (1998年4月))。Java技術はネットワーク時代の落し子ともいべき技術で、ネットワーク上 (もしくは自機上) に存在するJavaソフトウェア (Javaで書かれた応用ソフトウェア) を処理するしくみである。コンピュータ上にはJVM (Java virtual machine; Java仮想機械) というソフトウェアが搭載され、これがJavaソフトウェアを逐次処理し、OSは入出力など実際の動作をつかさどる。JVMは、パソコンではすでにホームページ閲覧ソフトウェアに組み込まれているが、どのようなプラットフォームにも搭載可能である。

応用ソフトウェアは通常特定のOS上で動作し、他のOSの上では動作しない。一方、Javaソフトウェアは、JVMが搭載されている限りどのようなコンピュータでも動作し、OS、ハードウェアの種類は問わない。すなわち、上からJavaソフトウェア、JVM、OS、ハードウェアという階層を考えると、JVMがOSとハードウェアをJavaソフトウ

図2



ウェアから隔て、Java ソフトウェアを動作させるためには、それらの種類に注意を払う必要がなくなるのである。このように、上位階層にとって下位階層の具体的内容が隠されることを「抽象化」(abstraction)と呼ぶ。もしすべてのソフトウェアがJavaで書かれるようになれば、OSとハードウェアの抽象化は完成し、それらが特定のものである必要はなくなる。すなわち、既存OSにとりLinuxは同じ階層からの、Javaは上の階層からの脅威である(図2)。

### 3 ネットワークコンピューティングの進展

#### 3.1 オープンシステムへ

コンピュータ企業には、金融、製造、流通などの特定分野の情報システム構築に長けているところが多い。顧客が、各コンピュータ企業のもっとも得意とするシステムを組み合わせたいと願うのは自然である。しかし、実際にはハードウェアやソフトウェアの違いのため、異なるメーカーのコンピュータや周辺機器を組み合わせる情報システムを構築することは1990年代に入るまで困難であった。

このような壁をうち破る方法のひとつが、企業が専有しない、公開されたOSを用いることである。UNIXがその例であって、UNIXを搭載した高性能ワークステーションは、小型化の大きな原動力となると同時に、ネットワークの進展にも寄与した。日本では、サンマイクロシステムズと日本ヒューレットパッカード(Hewlett-Packard)の2社が競争力を発揮してきた。また、前述したようにUNIX系のLinuxはパソコンOSとして地歩を固めつつあり、UNIXは中型以上のコンピュータにも搭載されるようになった。これ

により、ソフトウェアの移植性 (portability)、コンピュータ間の相互運用性 (interoperability) や、さらに情報システムの規模を状況に応じて変更すること (scalability) が容易になった。

### 3.2 ネットワーク技術の普及

コンピュータ・ネットワークの技術は汎用コンピュータ (mainframe computer) の時代からあった。たとえば、IBM がその SNA (System Network Architecture) を発表したのは1974年である。しかし、SNA は非常に複雑で、その完全な姿は IBM のみが知るところであったから、コンピュータ産業全体の標準とはなり得なかった。この時代は、汎用コンピュータやミニコンピュータのネットワークは、もっぱら企業の独自技術で構築されていたのである。

一方、ISO (International Standard Organization) は、1970年代末から OSI (Open System Interconnection) と呼ばれるネットワーク技術標準の検討をはじめ、その後は IEC (International Electrotechnical Commission) と共同して規約策定を進めた<sup>16)</sup>。OSI は基本的なネットワーク規約を提供したものの、通信規約の事実上の標準 (de facto standard) となったのは、米国 DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) の開発した、より簡略な TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) である。インターネットで用いられるこの通信規約は UNIX に組み込まれているため、UNIX を OS としたコンピュータはネットワークを容易に構築することができる。オープンな OS はネットワークの構築を推進する力もあるのである。

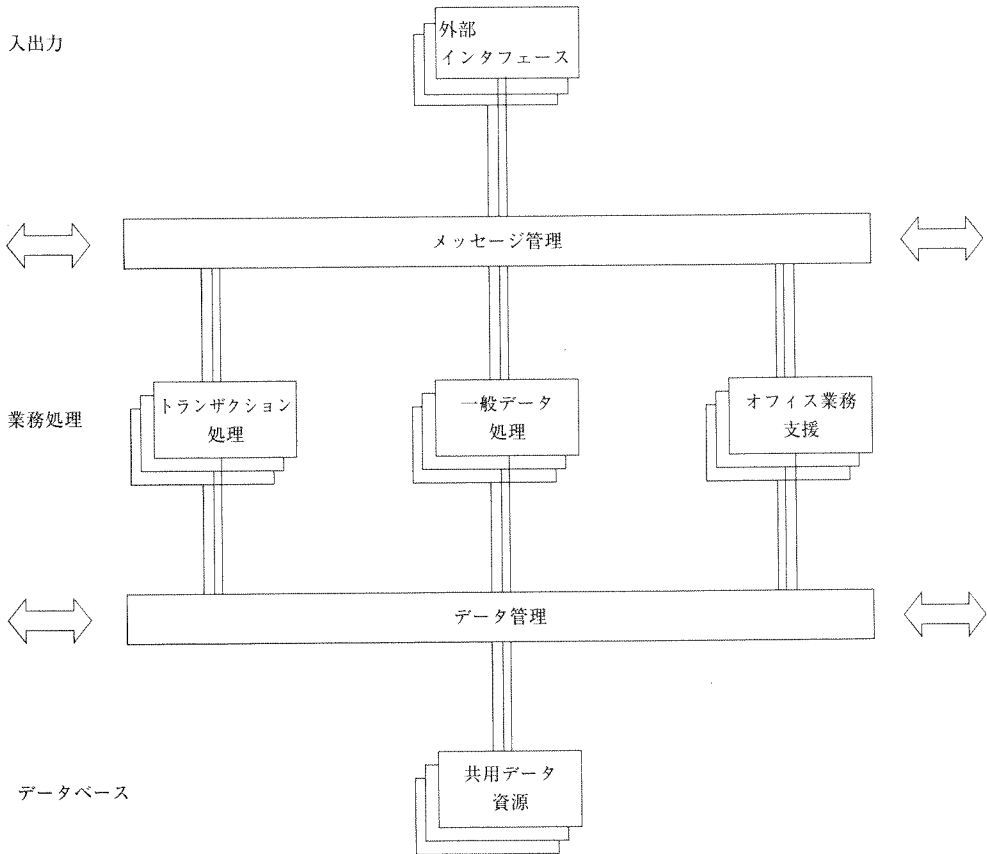
1980年代には、PC の普及とともに LAN (Local Area Network) 用機器が安価に提供されるようになった。PC の普及の遅れた日本では1990年代になってようやく LAN が普及しはじめ、ほぼ同時にインターネットの発展が進行した。

### 3.3 分散システムのかたち

ネットワークコンピューティングの特徴は、ひとつのコンピュータを形成する各部分がネットワーク上で分散して、処理がおこなわれることである (図3)。

ひとつのコンピュータはおおよそ図3の構成要素からなり、双方向矢印の個所で他のコンピュータと接続することができる。汎用コンピュータのようにすべての構成要素を一台のコンピュータ上に物理的におさめたものがある。あるいはすべての要素を完全に分離してそれぞれのコンピュータ上におさめたり、いくつかの要素をえらんでひとつのコンピュ

図3 コンピュータの構成



(原出所) Madnick (1991)

ータにおさめたりすることもできる。たとえば、入出力と業務処理 (application processing) をパソコンでおこない、より高性能なコンピュータにデータベースをおさめたり、あるいはほとんどの業務処理を高性能なコンピュータに移し、パソコンは入出力に専念させたりするという形も考えられる。これがいわゆるクライアント・サーバ (client/server) のネットワーク構成で、2階層 (two-tier) 構成となる。業務処理の部分を別個のコンピュータにおさめれば、3階層 (three-tier) 構成となる。そして、これらの部分は図のように縦にも横にも接続されてネットワークをかたちづくる。

PCとLAN、インターネットの普及によって今日もっとも一般的になったネットワーク構成が、PCをクライアントとするクライアント・サーバである。この構成では業務処理をクライアントとサーバのいずれかでおこなうかは柔軟に選択することができるが、そ

れを決める大きな要素が、ネットワークで接続された情報システム全体にかかる費用 (total cost of ownership; TCO) である。PC の複雑化にともなう保守費用の上昇のため、現在は処理の多くをサーバに移し、PC の機能を減らす傾向が見られる (thin client 化)。たとえば、オラクル (Oracle)、サンマイクロシステムズほかのグループによって提案された安価なネットワークコンピュータ (network computer; NC) はそのひとつである<sup>17)</sup>。これは以前の汎用コンピュータと、それを取り巻く、入出力以外の処理機能をもたないダム端末 (dumb terminal) 群の構図に近い。

インターネット技術は組織内部のネットワークに用いられてイントラネットが生まれ、1990年代中ごろから急成長を続けている。企業のなかにはイントラネットを組織外部へ開いたエクストラネットを構築するものも現れた。その結果、入出力部分の GUI はホームページ閲覧ソフトが標準となりつつあり、この傾向が進めば入出力の部分は閲覧ソフトが動作する機器であれば何でもよいということになる。すなわち、閲覧ソフトにも入出力部分のハードウェアや OS の抽象化を進める潜在力があり、入出力機器の多様化をうながす。

また、ネットワーク・分散システムの発展はクライアントの簡素化・多様化を進めるだけでなく、処理の多くをサーバに移すことから、サーバの大型化・高性能化を進める。1990年代に入って日本のコンピュータ企業は汎用コンピュータを高性能サーバと位置づけてきたが、近年になって新たに UNIX サーバ・PC サーバの大型機を生み出してきている。また、いくつかのサーバを接続して信頼性を高めるクラスタリング (clustering) 技術も、サーバのシステムとしての大規模化を進めている。分散システムの発展は大企業が開発を得意とする大型サーバの需要拡大を生んだのである。

### 3.4 分散システムの統合技術

ネットワークによって情報システムの連携を実現し、業務を再構築したり、他企業との取引関係を再設計したりする手法は従来から注目されてきた (Venkatraman, 1991)。しかし、接続する情報システムが異なったハードウェア、異なったソフトウェアでできている場合、たとえ物理的に 3.2 節のかたちでネットワークを構築できたとしても、業務処理を実行することはできない。ハードウェアやソフトウェアをすっかり入れ替えるということも、大規模な情報システムであるほど困難である。そのソフトウェアが各企業の業務にあわせて開発されたカスタム・ソフトウェアであることが多く、新たに開発するには多大な費用がかかるからである。

もちろん、今日では前述した Java のようなプラットフォームを選ばず、モジュール化の容易な技術があり、今後はそのような技術がソフトウェア開発に多用されるであろう。しかし、昔に開発され、今日まで保守されてきた情報システム<sup>18)</sup>の場合、同じプラットフォーム間でないかぎり、これをネットワーク上で他のシステムと連携させることは困難である。しかも、これまで保守されてきたということはしばしばソフトウェアの高い質をも語るものであり、代替をさらに困難にしている。

ネットワーク上のソフトウェアやハードウェアの違いを越えて、コンピュータ間の連携を可能にする技術、すなわち相互運用性を実現する技術のひとつが、非営利組織の標準化団体 OMG (Open Management Group) が1991年に発表し、開発を続けてきた CORBA (Common Object Request Broker Architecture) である。CORBA は、クライアントが利用したい応用ソフトウェアがネットワーク上のどこにあっても、またそれらがどのように開発されたものであっても、ORB (Object Resource Broker) というソフトウェア (仲立ちのはたらきをすることからミドルウェアと呼ばれる) を介して、相互の連携を可能にするものである。この技術の長所のひとつは、旧来のシステムをラッピング (wrapping) という手法で ORB と接続することができることである。これはコンピュータ企業にとって顧客の情報システムを統合するための有力な方法である。日本では1997年に日立、NEC、富士通、日本ユニシスによって設立された分散オブジェクト推進協議会 (Distributed Object Promotion Group; DOPG) が、1998年、CORBA による異機種間接続実験に成功しており、近年では金融システムなどで国内でも適用事例が出はじめている。なお、マイクロソフトが開発した DCOM (Distributed Component Object Model) も CORBA と同様な有力技術である。

情報システムを統合する方法のひとつにデータの統合あるいは標準化がある。W3C (World Wide Web Consortium) が1998年に発表した XML (Extensible Markup Language) は、ISO の制定したデータ記述言語 SGML (Standard Generalized Markup Language) を簡略化したもので、その大きな特徴はデータの意味を記述できることである。この特徴を利用し、異なったシステム間でやりとりされるデータに XML を用いることで相互運用性を実現する方法が提案され、現在その拡張が進みつつある。あるいは、相互運用性実現のために旧来のシステムのデータをすべて XML で書き換える方法も考えられるが、費用の面から必ずしも実際的ではない。しかし、XML は今後新たにデータをつくる場合多用されることになろう。

このように、分散システムを実現する技術には Java、CORBA、DCOM のようにミド



ルウェアによるものと、XMLのようにデータ記述言語によるものが競合している。JavaとCORBAは補完的に用いられることが多く、最近ではCORBAとXMLを統合する動きも出てきた<sup>19)</sup>。この競争には複数の標準化団体とサンマイクロシステムズ、マイクロソフトなど複数の企業が加わっており、しかも、技術の多くは未成熟で一長一短があり、結果を予想することは困難である。このような状況ではしばらくの間、どれかひとつの技術が支配的になるよりも複数の技術が環境に応じて適用されていく可能性が高い。

日本の主要コンピュータ企業が今日提供する技術メニューは上述の技術を含むほとんどの最新技術を網羅している。また、本研究の調査で訪れたヒューレットパッカードのような海外大企業の技術メニューも日本企業のものと同様に非常に似通ったものであった。これは情報技術の普及の速さをもの語っていると同時に、つねに発展する技術を幅広く取り入れることにより、分散処理の分野で競争力を獲得・維持しようとする企業戦略を示している。このような技術メニューをすばやく揃えるためには多大な埋没費用を要し、大企業がその点で有利である。

#### 4 おわりに

1990年代におけるコンピュータ技術の発展は急速かつ複雑であった。その根底にはハードウェア性能の飛躍的向上があるが、その基礎となったハードウェア設計の標準形成に海外コンピュータ企業が大きな役割を果たしたのに対して、日本のコンピュータ企業は受動的な役割を果たすにとどまった<sup>20)</sup>。それは世界市場における標準やプラットフォームの意義を十分に認識していなかったためで、学習の結果、今日では主要各社の標準形成に参加する姿が見られる<sup>21)</sup>。

コンピュータの小型化はネットワークの発展と相まって高性能サーバに対する需要を生みだした。高性能サーバの設計は標準化の動きがあるもののまだ十分に進んでおらず、その開発は多額の費用を要するため現在は大企業に有利である。日本の主要コンピュータ企業の中には自社開発のCPUをサーバに使用するものや、海外大企業と提携してサーバを開発するものも現れており、開発能力の面からもこの分野に小規模企業が参入することは困難である。

また、ネットワークの発展がクライアントの少機能化を進め、家電に近いものにするならば、ここでも家電生産に強い日本の大企業が競争力を発揮する余地がある。もしこれらの競争力を減じるものがあるとすれば、サーバやクライアントの設計の標準化によりハー

ドウェアのモジュール化が進むことである。

ネットワークの発展は分散システムの発展をうながし、ソフトウェアの重要性を浮かび上がらせた。物理的な実体のないソフトウェアはインターネット上で流通させることができ、Linux や Java はこの特性を最大限に利用して普及したものである。Java 普及の非常な速さに見られたように、この特性は競争の速度を飛躍的に上げた。今後、ソフトウェア市場における勝敗はどれだけ速く市場で一定の地位を占めることができるかにかかってくるであろう。そのためにはオープンソースによるソフトウェアの普及などの新しい競争戦略が必要とされるが<sup>22)</sup>、日本のコンピュータ企業はまだそのような戦略に習熟しておらず、多くがソフトウェアプラットフォームおよび新ソフトウェア技術の受容者にとどまっている。

ネットワークの発展は分散システムの発展をうながしたが、その中心となる企業内・企業間情報システムの構築には最新の技術・知識のみならず旧来の情報システムに関する技術・知識が必要であり、さらに顧客企業の業種・業務に関する深い知識も必要である。この点で幅広い技術を網羅する力があり、顧客の業務に対するコンサルティング能力をそなえている大企業が有利である。実際、大企業のなかにはこれらの技術・知識を自社のネットワーク上で共同利用するシステムも生まれている (Ohtaka and Fujino, 1998)。

コンピュータ企業の競争力のおもな源は、多額の研究開発費・広告宣伝費という埋没費用を支出する能力であり、組織内の技術・知識の蓄積である。小規模な新興企業が埋没費用のために多額の資金調達のできるシステムができ、技術・知識の流通市場ができてはじめて大企業の競争力は減じることになろう。

- 1) たとえば、本研究の調査で訪れたシリコンバレーの代表企業の一つ、Cisco Systems は従業員数 2 万 6 千人、売上高 150 億ドルの大企業だが、その製品は、若干のソフトウェア製品を除く大部分がルータやスイッチなどのネットワーク機器である。なお、製品の生産率は 4 割である。
- 2) 好循環のメカニズムがはたらいた結果、ビデオテープレコーダの設計は、消費者市場では完全に VHS に取束し、対するベータマックスが敗退したことはよく知られている (たとえば Sutton, 1998, p. 418)。パソコンの場合、コンピュータ企業各社は、顧客企業に納入する情報システムの一部に自社パソコンを組み入れる機会をもっており、ひとつの設計に取束することはなかった。また一方、既存の情報システムに自社パソコンが組み入れられている場合、顧客が既存のソフトウェア資産の活用を求めため、市場での地位を失った機種を生産し続けることがある。たとえば、NEC は PC9800 シリーズを企業向けに現在も生産している。
- 3) 例外として、エプソンは NEC との係争・和解を経て 1987 年に NEC パソコンの互換機を発売し、1995 年まで生産を続けていた。
- 4) これ以前にも NEC パソコンに対抗する運動があった。1986 年、IBM PC/AT を基礎とした AX パソコンがマイクロソフトにより提案され、その翌年、この設計を支持する三洋、三菱、京セラ他

によって AX 協議会が組織された。しかし、富士通、日本 IBM、東芝が参加せず、大きな勢力とはならなかった（関口、2000、p. 266）。

- 5) 正確に言えば、Windows 3.1は MS-DOS と Windows 応用ソフトウェアとの間に位置する一種の応用ソフトウェアである。
- 6) バスはコンピュータ内で CPU、メモリ と他の機能部分をつなぐ電気経路である。
- 7) BIOS という、OS の基本的機能を ROM 上に分割する方式は、1970年代に有力なパソコン OS であった CP/M をさまざまな機種のパソコンに適合させるための手段として生まれたものである（Freiberger and Swaine, 2000, p. 366）。
- 8) CP/M (CP/M-86) [注7参照] も PC に搭載できる OS であったが、PC-DOS の40ドルに対し、240ドルという価格であったため、初期から顧客の選ぶところとならなかった（上掲書、p. 348）。協調の失敗による CP/M の凋落については Bresnahan and Greenstein (1997) を参照。なお、PC-DOS は初期 IBM PC のためにマイクロソフトが開発した OS で、MS-DOS とほぼ同一のものである。
- 9) PCI ローカルバスは VLバスよりも伝送率が高く、より多くの機能を備えていた。今日 PCI は組み込みシステムのバスとしても人気を高めており、いくつかの規格拡張も提案されている。なお 1996年、ローカルバス的一种として、画像処理用にさらに高速な AGP (Advanced Graphic Port) がインテルにより提案され、今日実装されている。
- 10) たとえば、ソニーは i.LINK の名前 で実装している。
- 11) コンパックの Galaxy はその一例である。『日経コンピュータ』1999年4月12日、pp. 156~162を参照。
- 12) IBM の OS/2は、その上で MS-DOS 応用ソフトウェアおよびほとんどの Windows 3.x 応用ソフトウェアも動作する PC 用 OS であるが、IBM がマイクロソフトの協力を失った結果、Windows 95以降の応用ソフトウェアは OS/2上で動作しないこととなった。
- 13) Linux は UNIX のソースコードを全く利用せずにつくり上げたことから、正確には UNIX 型 (UNIX-type)、あるいは UNIX 風 (Unix-like) のカーネルと呼ぶのが適当である (Torvalds, 1999)。
- 14) オープンソースの定義については <http://www.opensource.org/osd.html> を参照。
- 15) 他ハードウェアへの移植を容易にする方法として、カーネルのなかでハードウェアに依存する基本小部分 (microkernel; マイクロカーネル) のみを取り出して、ハードウェアにあわせて開発することが考えられるが、実際を重視した Linux 開発ではこの方法をとらなかった (Torvalds, 1999)。
- 16) 日本では1987年に発足した情報処理相互運用技術協議会 (Interoperability Technology Association for Information Processing; INTAP) が、OSI 製品の実装規約の開発にあたった。
- 17) NC の特徴は、データの保存はもっぱらサーバ側でおこなうため、ハードディスクなど自機用の補助記憶装置をもたないことである。NC と他のネットワーク用パソコンとの設計比較は Cole (1999)、p. 5を参照。
- 18) レガシーシステム (legacy system) と呼ばれる。
- 19) 1999年9月、XML を推進する OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) と CORBA を推進する OMG が組織連携を開始した。CORBA と XML の比較には Watson (1999) を参照。
- 20) PC の設計に関して主導者になれなかった理由を、Oniki (1999) は、日本企業の協働の幅 (width of coordination) が米国企業に比べ小さいことに求めている。
- 21) 東芝が PC や周辺機器の無線接続技術であるブルートゥース (Bluetooth) の標準形成に1998年以来主要メンバーとして参加していることはその例である。
- 22) オープンソースの競争戦略・ビジネスモデルについては、Raymond (1999) の議論を参照。

#### 参考文献

関口和一 (2000)、『パソコン革命の旗手たち』東京：日本経済新聞社。

- 日本情報処理開発協会編 (1987-1999)『情報化白書』東京：コンピュータエージ社。
- 米倉誠一郎・島本実 (1998)、「競争と計画の調整 揺籃期のコンピュータ産業と通産官僚 (平松守彦)」伊丹敬之他編『日本の経営の生成と発展』東京：有斐閣、ケース13。
- Bresnahan, Timothy F. and Shane M. Greenstein (1997), "Technological Competition and the Structure of the Computer Industry", *Brookings Paper on Economic Activity: Microeconomics*, pp. 1-78.
- Brooks, Frederick P. (1975), *The Mythical Man-Month*, Reading, MA: Addison-Wesley.
- Chandler, Alfred D., Jr. (1990), *The Dynamics of Industrial Capitalism*, Cambridge, MA and London: Harvard U. Press, Belknap Press.
- Cole, Bernard C. (1999), *The Emergence of Net-Centric Computing*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- David, Paul A. (1985), "Clio and the Economics of QWERTY", *American Economic Review*, vol. 75, No. 2, pp. 332-337
- Fransman, Martin (1995), *Japan's Computer and Communications Industry*, New York: Oxford University Press.
- Freiberger, Paul and Michael Swaine (2000), *Fire In the Valley: The Making of the Personal Computer*, 2nd edition, New York: McGraw-Hill.
- Madnick, Stuart E. (1991), "The Information Technology Platform," in Scott Morton (1991).
- Ohtaka, Toshitaka and Seiji Fujino (1998), "Approaches to Improvement of Organizational Management Process: Example of Strategic Management Environment (SME) Construction", Systems Business Division 3, Fujitsu Limited.
- Oniki, Hajime (1999), "Japanese/US Comparative Advantage: Width and Depth of Co-ordination", in S. Macdonald and J. Nightingale (eds.) *Information and Organization: A Tribute to the Work of Don Lambertson*, Amsterdam: Elsevier Science B. V., pp. 197-214.
- Raymond, Eric S. (1998), "Homesteading the Noosphere", <http://www.tuxedo.org/~esr/writings/homesteading/>.
- Raymond, Eric S. (1999), "The Magic Cauldron", <http://www.tuxedo.org/~esr/writings/magic-cauldron/>
- Scott Morton, Michael S. (ed.), *The Corporation of the 1990s*, New York and Oxford; Oxford University Press.
- Sutton, John (1991), *Sunk Costs and Market Structure*, Cambridge, MA and London: The MIT Press.
- Sutton, John (1997), *Technology and Market Structure*, Cambridge, MA and London: The MIT Press.
- Teece, David E. (1993), "The Dynamics of Industrial Capitalism: Perspectives on Alfred Chandler's *Scale and Scope*", *Journal of Economic Literature*, Vol. 31, pp. 199-225.
- Torvalds, Linus (1999), "The Linux Edge", in Chris DiBona et al (eds.), *Open Sources*, Sebastopol, CA: O'Reilly and Associates.
- Utterback, James M. (1994), *Mastering the Dynamics of Innovation*, Boston: Harvard Business School Press (邦訳：大津正和・小川進監訳『イノベーション・ダイナミックス』東京：有斐閣, 1998).
- Venkatraman, N. (1991), "IT-Induced Business Reconfiguration", in Scott Morton (1991).
- Watson, Andrew (1999), "CORBA and XML; conflict or cooperation?" <http://www.omg.org/library/watsonwp.html>
- Japan PC Software Market White Paper* (1996), Tokyo: AMI Publications.

本稿は、国際交流基金・日米センターの助成プロジェクト「高度情報化世紀の到来と企業組織の革新」(研究代表者・尾高煌之助)の成果の一部である。