



電電公社のコンピュータ開発

戸田 巖
(株) 富士通研究所
toda@fujitsu.com

松永 俊雄
東京工科大学
matsu@cc.teu.ac.jp

はじめに

戦後電信電話サービスは郵便とともに通信省が提供していた。そのサービス部門の電気通信関係が1949年に電気通信省として独立し、1952年には日本電信電話公社（以下電電公社と略す）として特殊法人に衣替えした。さらには1985年には民営化されて日本電信電話株式会社（以下NTTと略す）となり、現在に至っている。

電信電話のR&Dは当初通信省工務局と電気試験所が受け持っていたが、戦後GHQの指導もあり、1948年に電気試験所の電気通信部門を切り離して、電気通信研究所として独立した。その電気通信研究所のミッションは米国ベル研究所を模して実用化（Development）と研究とされた。実用化は従来の日本の研究所にはない新概念であった。

ベル研究所の実用化とは、AT&T製造部門であるWestern Electricが製造する機器の仕様書作成を指した。電気通信省は製造部門を保有しなかったが、国内通信機器メーカーに電気通信省で使用する通信機器の製造を依頼していたので、電気通信研究所はその実用化を発注仕様書を書くことと定義した^{☆1}。

電電公社発足以来、電気通信機器は原則として日電、日立、富士通、沖電気等の国内通信機器メーカーから調達していた。また国産メーカーが生産する電気通信機器の大部分は電電公社が購入していたので、国内通信機器メーカーの立場は、AT&TにおけるWestern Electricの立場と酷似しており、電電公社が所要機器の仕様を提示し、通信機メーカーがその設計製造を行うという役割分担がうまく機能していた。これが、これらメーカーが電電ファミリーと呼ばれる由縁である。

^{☆1} 開発とは、通常、着想から概念設計、物理設計までを含むが電電公社の場合は、物理設計はメーカーに依存しているため、開発にはパートナーメーカーとの協力が不可欠である。電電公社発足と同時に電気通信研究所のミッションは仕様書原案作成に変更されたが、研究所発足時の実用化の理念はそのまま引き継いでいる。

電電公社発足当時は、国内メーカー開発の機器で電電公社のユーザ要件を満たすものがほとんど存在しなかった。電電公社がユーザ要件のとりまとめ、機器の概念設計、その技術的可能性確認と仕様書制定を分担した。いわば自前主義の時代である。

一方、電電公社は公共企業体であり、単に電気通信サービスの提供にとどまらず、その調達能力を利用した国内景気対策、またその研究開発能力を利した国内産業育成等の社会的責務の遂行を期待された。電電公社では技術先導の名の下に、積極的に自社使用機器実用化だけでなく、電気通信技術一般について研究開発を推進することを経営理念の1つとした。すなわち、電電公社の技術開発の目標は、自社のユーザ要件に合致する自社向け製品の实用化と産業育成であった。企業性と公益性をどう調和させるかが、電電公社研究開発経営の常なる課題であった。電電公社が民営化されてもこの理念は残っているが、企業性をより強く意識するようになったのは当然である。

世界経済のグローバル化の進展、また直接的には日米貿易交渉の結果、政府調達が海外メーカーに開放されることになった。これに伴い電電公社は、1981年以降基本的にはメーカー市場品を公開入札で調達する、ただしユーザ要件に合う製品が存在しないときには実用化パートナーを公平な手続きで選定した上で共同開発し購入する、という枠組みに変化した。いわゆるトラック調達方式である。

この結果、従来の電電ファミリーの概念は消滅し、ファミリーメーカーも電電公社から見れば納入業者の1人となり、メーカーから見れば電電公社は複数顧客の1人となった。

この変革は電電公社の研究開発に大きなインパクトを与えた。実用化パートナーがその都度変わるために、従来の自前主義からパートナーの技術をベースに機器実用化を行うという形態に変貌した。すなわち市場主義への転換であるということが出来る。



これから述べる電電公社におけるコンピュータ研究開発は、時期的には主として自前主義の時代のものであるが、通信機器と異なりコンピュータについて電電公社が独占的購買者の立場になかったため、開発パートナーとの関係においては、市場主義の時代と同様であった。したがってDIPS（Dendenkoshiha Information Processing System）の実用化は自前主義から市場主義への変換を模索した電電公社実用化の新しいモデルと見ることができる。また電電公社はコンピューティングプラットフォーム開発とそれを利用したソリューション開発の双方を手がけたが、本稿ではコンピューティングプラットフォーム開発の経緯を紹介する。ここに述べた時代背景を念頭にお読みいただければ幸いである。

電電公社のコンピュータ技術実用化の経緯

電電公社でのコンピュータ研究実用化の経緯を表-1にまとめた。以下に、この表の詳細を説明する。

電信電話の時代

電電公社は国内電気通信サービスを提供する公共企業として発足した当時は、電気通信とは電信および電話の2サービスを意味していた。したがって、この時代は電信電話サービスを合理的に提供するための手段としてのコンピュータ開発が進められた。

■ MUSASINO-1¹⁾ ■

電気通信研究所の喜安善市、室賀三郎、高島堅助らは、電話交換機、料金計算等に使用可能であると考え、1953年からコンピュータの研究に着手した。当時今後有望な論理素子として、トランジスタと東大の後藤英一が発明したパラメトロン素子があった。電気試験所がトランジスタ、電気通信研究所がパラメトロンをという分担で研究を進めることにして、電気通信研究所はパラメトロン計算機MUSASINO-1の試作を進めた。イリノイ大学留学から帰国したばかりの室賀三郎は、アーキテクチャとして同大学の計算機イリアックのアーキテクチャをそのまま踏襲して、プログラム開発の工数を削減する方針を採用した。プログラム互換という概念を具体化したのはMUSASINO-1が世界初である。

MUSASINO-1は世界最初のパラメトロンコンピュータとして、1957年に主記憶32語をもって稼働を開始し、研究所内の諸計算のために実用に供された。本コンピュータの諸元を表-2に示す。

■ CM-100²⁾ ■

パラメトロン素子は速度向上が困難であり、また予想に反して計算機としての安定性も十分でないなどの問題

があり、大型計算機には不向きであるとの結論を得て、電電公社もトランジスタ計算機の実用化を行う方針に転換した。

電電公社はパラメトロンを用いた料金計算装置CM-1の実用化を進めていたが、布線論理を採用したこともあり柔軟性に欠けたため、1961年に急遽料金計算用プログラム制御型トランジスタ計算機CM-100を実用化することとした。

CM-100の実用化に当たって、料金計算の特殊な要件を満たすため以下の新技术を採用した。

(1) 性能向上のため

①命令準備と命令実行の並列実行を行うための3段の先行制御方式

(2) 料金票を高速処理するため

①マクロ命令方式

②複数台のプリンタを並列運転するための多重プログラム方式

(3) 開発期間短縮のため

①計算機論理を設計段階でデバッグするための論理シミュレータ

開発した論理シミュレータ(LSS)は市販計算機NEAC-2203上で走行するコンパイル方式のもので、約1,000個までの同期式トランジスタ回路のシミュレーションが可能で、CM-100の論理バグの除去に大いに効果を発揮した。論理シミュレータを用いて実用コンピュータ設計を行ったのはCM-100が世界初である³⁾。CM-100は1964年に完成して仙台、大阪で料金計算に実用された。CM-100の開発パートナーは日本電気である。

CM-100の開発に従事した技術者の多くがその後電電公社電子交換機開発に参加した。またCM-100で実用化した諸技術、特にシミュレーション技術は電子交換機開発用として、関連メーカに技術移転された。さらにその後、この技術をベースとして各社の市販計算機用DAが開発された。表-3にCM-100の諸元を示す。

データ通信の時代

米国では1951年以降コンピュータのオンライン使用が行われて、日本でも1960年に国鉄座席予約システム、1964年に三井銀行オンラインシステム等が稼働し、以来その使用は急速に普及した。当時異企業間の通信の媒介は公衆通信であり、電電公社の独占と定められていた。電電公社はオンラインコンピュータ通信サービスを電信電話に次ぐ第3の電気通信としてデータ通信と命名して、1966年にその試行サービスの認可を得た。1968年には群馬銀行システム、地方銀行協会システムがサービスを開始した(法定化は1971年)。当時の市販計算機は

西暦		主な開発		主な技術的項目
		電子交換機/コンピュータ		
1950年代	57	MUSASINO-1 (パラメترون式) を完成		・プログラム互換性
1960年代	64	CM-100 形計算機		・論理シミュレーションプログラム開発
	66	電子交換機 DEX-1 完成		
	68	電子交換機 DEX-2 完成		
	69	データ通信用 DIPS 共同研究開始		
1970年代	71	DIPS-1 試作機完成 (キャッシュに IC メモリ)		・マルチプロセッサ, キャッシュ, ページング方式を統合した方式を実現 ・144ビット IC メモリをキャッシュに採用 ・最大 16MB の大容量主記憶
	74	DIPS 通信制御処理装置 (CCP) 完成		
	75	DIPS-11/10, 20 完成 (主記憶に IC メモリ)		・主記憶に 4K ビット IC メモリ採用
	76	DIPS-11/30 完成 (主記憶に IC メモリ)		・チャンネル機能の集中制御方式の実現
	77	ネットワークアーキテクチャ DCNA 共同研究開始		
1980年代	79	DIPS-11/5, FCP 完成 DIPS 用通信制御用 LSI 完成 DCNA (第 1 版) 完成		
	80	DIPS-11/15, 35 完成		
	81	DIPS-11/25 完成 DIPS 用小型磁気ディスク装置 (PATTY) 完成		・主記憶に 64K ビット IC メモリ採用 ・製造担当各社本体装置の市販機との共通設計導入 ・C-MOS 論理 VLSI (20K ビット, 32 ビット) を開発
	82	DIPS-11/45 完成 DIPS-V20 試作機完成 (VLSI プロセッサ)		
	85	DIPS-11/25E 完成 DIPS 複合構成方式 (光ループでプロセッサ間接続) DIPS-V30 完成		・100Mbps 高速光ループによるプロセッサ間接続方式開発
	86	DIPS-11/15E, 45E 完成 共通 OS (CTRON) 第 1 版公開 DIPS 用大容量磁気ディスク (GEMMY) 完成		
	87	DIPS-11/5E 完成		
1990年代	91	DIPS-11/45EX, 25EX 完成 共通 API (MIA) 第 1 版完成 大容量光記憶装置 (光 MSS) 完成		
	92	DIPS-11/15EX 完成 DIPS-V40EX 完成 DIPS 開発終了		
2000年代	2003	DIPS 運用終了		

表-1 電電公社におけるコンピュータ開発

項目	内容		
数字の表現法	40 ビット/語の 2 進数, 固定小数点方式		
命令の形式	単一番地方式, 2 命令/語		
演算指令	130 種		
主要部品	パラメترون	制御装置	1,600 個
		演算装置	2,800 個
記憶装置		1,000 個	
			計 5,400 個
真空管	演算・制御装置	280 本	計 519 本
		記憶装置	
パラメترون 励振方式	励振周波数 2.4MHz, 3 相繰り返し周波数 6KHz~25KHz		
磁心記憶装置	記憶磁心	外形 2mm のフェライト	
	記憶容量	256 語	
入出力装置	入出力装置	和文電信用 6 単位紙テープ	
	入力装置	光電式 (200 字/秒) または電信用 (12 字/秒)	
	出力装置	電信用局内さん孔機 (12 字/秒)	
所要電力	1 次側全入力 9KVA, 定電圧出力 5KW		

表-2 MUSASINO-1 の諸元

項目	内容		
中央処理装置	制御方式	3 段の先行制御, 多重プログラム制御	
	主な命令	四則演算命令, 比較関係演算命令, 転送命令, シフト命令, コンソール入出力命令, 飛び越し命令, インデックス・スイッチ命令, IOP 命令他	
		複合命令: 分類 (Merge), 索表 (Table Look Up)	
レジスタの長さ	命令レジスタ: 49 ビット, 演算レジスタ: 49 ビット		
記憶装置	磁気コア I (インデックス: 4,000 語), 磁気コア II (6,000 語), カードメモリ (1,000 語)		
入出力装置	磁気テープ装置	テープ幅 1/2in, 15bit/mm	90kc
	ラインプリンタ	1 行 132 字	600 行/分
	紙テープリーダ	6 単位電信用	1,000 字/秒
	高速テープパンチ	6 単位電信用	100 字/秒
その他	カードリーダ (IBM 80 欄), タイプライタ (3 段シフト)		

表-3 CM-100 の諸元



バッチ処理が中心であったので、1967年に電電公社はデータ通信サービスに使用する大型オンラインコンピュータの開発計画の検討を開始した⁴⁾。

当時大型機市場はIBMを中心とする外国勢により過半のシェアが抑えられていた⁵⁾。通産省が中心になり国内コンピュータ産業の育成に努力していたが^{☆2}、自民党通信部会も国内でのコンピュータの最大ユーザである電電公社の技術力と資金力を通じて日本業界の強化を考えた。その結果、1968年に電電公社は自社のデータ通信サービスに使用するコンピュータDIPSの開発を総額約250億円のビッグプロジェクトとして開始した。1969年、パートナーメーカー日電、日立、富士通がこのプロジェクトに参加した。

最初の開発目標DIPS-1は当時の最高性能国産機の3倍の性能を目指したオンライン大型計算機で、ICを使用した第3世代のコンピュータであった。

DIPS-1は電電公社のデータ通信サービスに使用することを主目的に開発され、第1号機は1973年に芝電話局に設置し、公衆データ通信サービスDEMOS（科学技術計算サービス）に使用した。その後DIPS-1はDIPS-11シリーズとして大、中、小の3機種DIPS11/10シリーズに展開された。DIPS-11はさらにLSIを用いた5シリーズ、5Eシリーズ、5EXシリーズと改良が図られた。また1983年には小型のDIPS-Vシリーズも追加された。

その開発の詳細は次章以降に述べるが、その開発経緯については表-1を参照されたい。

開発されたDIPSはデータ通信だけでなく、電電公社およびNTTの社内システム構築にも多数も用いられた。

DIPSの開発パートナーは日電、日立、富士通の3社である。当時、各社の一般市場用コンピュータのアーキテクチャは各社ごと、また機種ごとにバラバラであった。そのためDIPSでは3社のコンピュータハードウェア上で共通のアプリケーションを走らせるという社間プログラム互換の実現を開発目標の1つとした。これは後述のように、電電公社の公共性から、特定1社からのコンピュータ調達には好ましくないことおよび今後アプリケーションソフトウェア開発費が急増するとの判断によるものである。

その実現のために各社に共通のDIPSアーキテクチャを制定した。しかし、その後各社はそれぞれ市販機用アーキテクチャを制定したので、各社は自社アーキテクチャ用とDIPSアーキテクチャ用の2本立てでコンピュータ開発を進めざるを得なかった。DIPS開発を通じての主要技術課題の1つはこの2本立てをいかにソフトランディン

グで解消するかであった。

以上まとめると、電電公社が自社用コンピュータの開発に乗り出した理由は、市場で調達できなかった大型オンラインコンピュータの開発、電電公社の技術力、資金力による国内産業の育成、さらに各社のコンピュータ上でのプログラム互換の実現である。

その後一般市場でのオンライン使用が普及して、市販コンピュータ用のオンライン技術が急速に向上したこと、一般コンピュータ市場の伸びが電電市場の伸びより大きかったため、電電社シェアが漸減したこと、および上記ソフトランディング技術がある程度めどが立ったため、NTTは1992年にDIPS開発を中止して、代わりに一般市場用コンピュータを購入する方針に転換した。当時、約1,200台のDIPSが稼働中であった。その後10年間導入済みDIPSの運用、保守、維持管理を続け、その間に順次市販コンピュータに移行させて、2003年にすべてのDIPSの運用を停止した。



DIPSの技術開発

以下DIPSで開発した主要技術について紹介する。その推移についても表-1を参照されたい⁶⁾。

DIPSの開発要件

DIPSの主要開発要件は次のとおりであった。

(1) オンライン共同使用に適すること

- ①各種回線ネットワークを能率よく利用できること
- ②公衆網内で使用できる信頼性を有すること
- ③国産最高性能機と同等以上の性能を有すること
(DIPS-1は立案当時の最高性能機の3倍を目標とした)

(2) ソフトウェア開発の合理化を図れること

- ①開発パートナーの製造するDIPSの間で社間プログラム互換性を有すること
- ②ソフトウェア開発を技術とすること

以下これらの要件を満足するために開発または採用した技術について説明する。

オンライン共同利用技術

■本体系■

(1) アーキテクチャ

多数の利用者がオンライン共同利用するシステムのプロセッサ系では、

- ①物理主記憶容量とファイル容量が大きいことが必要である。
- ②メモリ管理を簡略化するため仮想記憶が必須で

^{☆2} JECC レンタル制度、FONTAC 補助金 (3.38 億円) など。

西暦	機種名	プロセッサ・主記憶	チャンネル・通信・周辺系装置
1971年	DIPS-1	論理素子：ECL, CML, 10ゲート前後, 1.5ns キャッシュメモリ：8KB/16KB(144ビット/チップ) 主記憶：最大16MB(磁気コアメモリ)	4バイト幅チャンネルを実現(磁気ドラム用) 通信制御装置(256回線, 48kbps)
1975-76年	DIPS-11/10 シリーズ	論理素子：ECL, ~100ゲート, 1ns キャッシュメモリ：8KB/16KB(256ビット/チップ) 主記憶：16MB(ICメモリ：1K, 4Kビット/チップ)	チャンネル機能の集中制御方式 通信制御にプロセッサ機能(512回線, 48kbps)
1979-82年	DIPS-11/5 シリーズ	論理素子：ECL, ~400~1300ゲート, 350ps キャッシュメモリ：32KB/64KB(1Kビット/チップ) (11/45は256KB/512KBの2階層構成) 主記憶：128MB(ICメモリ：64K, 256Kビット/チップ)	小型磁気ディスク装置PATTY(400MB/SP) 通信制御処理装置による機能分散化(512回線, 48kbps)
	DIPS-V20	CMOS 2 μ 20Kゲート 主記憶：16MB	通信系：128回線, 48kbps
1985-86年	DIPS-11/5 E シリーズ	論理素子：ECL, ~3000/10000ゲート, 180ps キャッシュメモリ：ECL論理素子と高速RAMの一体化 主記憶：512MB(ICメモリ：256Kビット/チップ)	100Mbps高速光ループによる複合構成方式 通信制御処理装置による機能分散化(512回線, 384kbps) 大容量磁気ディスク装置GEMMY(2.2GB/SP)
	DIPS-V30	CMOS 1.3 μ 52Kゲート 主記憶：16MB	通信系：128回線, 48kbps
1989-92年	DIPS-5EX シリーズ	論理素子：ECL, ~15000ゲート, 80ps キャッシュメモリ：ECL論理素子と高速RAMの一体化 主記憶：2GB(ICメモリ：1Mビット/チップ)	通信制御処理装置による機能分散化(1,024回線, 6Mbps) 大容量光記憶装置(光MSS：250GB~1TB)
	DIPS-VEX シリーズ	CMOS 0.8 μ 150Kゲート 主記憶：255MB	通信系：128回線, 1.5Mbps

表-4 DIPS本体装置構成技術の推移

ある。

- ③ 仮想記憶に伴うページング時間を短縮するためにはチャンネル能力の増強とキャッシュによるレーテンシの短縮が必要である。
- ④ 信頼性強化のためには冗長構成が必要でマルチプロセッサが必須である。

以上から、DIPSではプロセッサ構成にページング、キャッシュ方式、マルチプロセッサ方式を採用した。この方式は現在では常識であるが、DIPS-1設計当時は4CPUによる仮想記憶方式は世界に類例のないものであった。

(2) 記憶容量

DIPS-1では主記憶の最大物理容量を16MBと、仮想記憶容量を最大256MBとしたが、いずれも当時の非常識であった^{☆3}。

(3) 構成技術

DIPSの物理構成には開発パートナーの技術を活用することを原則とした。DIPS 35年の歴史はちょうど半導体技術の急発展の時期と重なったため、DIPSの構成技術は各社とも当初のICからLSI、VLSIへと大きな変貌を遂げた。

各年代のDIPSシリーズの構成技術については表-4を参照されたい。

この中で、例外的に電電公社が構成技術を指定した場合がある。そのいくつかを紹介する。

- ① DIPS-1のキャッシュメモリには通産超大型計算機プロジェクトで日電が開発した144ビットICメモリを採用した。
- ② 1974年に電電公社と日電、日立、富士通、沖電気、東芝、三菱とのLSI共同研究が発足したので、DIPS

はその成果を積極的に活用する方針をとった。1980年にLSI共同研究の最初の成果である64KビットメモリをDIPSに導入して以来、LSI共同研究の成果はDIPSで確認してから一般市場のコンピュータに導入した。

- ③ 論理LSI技術の進展を展望してone-chip-DIPSが実現可能と判断して、1981年には同技術を採用したDIPS-V小型シリーズの開発に着手した。論理素子としてはCMOSを選定し、2ミクロン、20Kゲート、32ビットバスのLSIを開発した。1982年にCPUの試作に成功、1983年に商用を開始した。この小型シリーズはその後Vシリーズから、VE、VEXシリーズへと発展した。

(4) 共通設計

前述のように開発パートナー各社は、DIPS開発と並行して各社市販コンピュータの開発に精^しを削っていた。設計工数の削減は重要な課題で、各社は市販機とDIPSを共通部分と個別部の組合せで実現する技術に挑戦した。その結果1980年に完成したDIPS 5シリーズでは、性能を犠牲にすることなくLSI個数で数えた共通部の割合をプロセッサで90%、チャンネルで70%にすることに成功した。

■入出力系■

(1) チャンネル

DIPS-1は4バイト幅のチャンネルを採用し、世界最高速の転送能力2.2MB/秒を実現した。その後さらにその増強に努め1980年にはオフセットインターロック方式を採用して3.5MB/秒の転送速度を実現した。

^{☆3} 当時の市販機の最大物理容量は4MB、仮想記憶容量は16MB。



DIPSではチャンネル能力の増強だけではなく、その構成についても工夫を凝らし、IBM機等ではチャンネルはチャンネルコントローラが高速、セレクトラ、マルチプレクサの3種のチャンネルを制御する方式を採用していた。DIPSではチャンネルをバーストモードとマルチプレクサモードの2種に絞り、それぞれの制御機能をチャンネルコントローラに集中することによりハードウェア量の大幅削減に成功した⁷⁾。

(2) I/Oインタフェース

チャンネルインタフェースも各社で統一されていなかったため、電子工業振興協会制定のインタフェース'69をベースにDIPS I/Oインタフェースを制定した。このインタフェースをベースとした日本案を1969年にISOに世界標準原案として提案したが、7年間の審議の後、米国等の反対で1977年に廃案となった⁵⁾。

■システム構成■

DIPSでは信頼性向上のため、装置だけでなく相互接続にも冗長構成を導入することとし、各装置間をきめ細かくクロスコイル可能とした。さらにDIPS-11/5Eシステムではチャンネル能力の向上と柔軟な冗長構成のために、複数のホストプロセッサCPUと通信制御処理装置CCP間を100MB/秒の光ファイバケーブルでリング接続するDIPS複合構成方式(プロセッサ間接続方式)を1981年に提案し、1985年に試作を行い、導入した。

■磁気ディスク■

当初は各社一般市場用磁気ディスクのチャンネルインタフェースを変更してDIPSに使用したが、共同利用のためには大容量化と小型化が重要で記録の高密度化が必須となった。

1980年代初頭の磁気ディスクは14インチディスクで500MB程度の容量が主流であったが、電電公社は1981年に8インチでスピンドル容量400MBのディスクPATTY(Packaged Air Tight TinY)磁気ディスクの試作を完成してDIPSに導入した⁸⁾。

小型化により密閉構造が可能になり、フロアとフィルタによる外気からの清浄空気を送り込む機構を不要にし、ディスク回転によるディスクのふれ(フラッタ)を抑制し、浮動ヘッドをより低い隙間で浮上させることができ、高密度を達成した。15Mビット/平方インチの記録密度は当時世界最高で、この技術は日電、日立、富士通の一般市場用ディスクにも採用され、同時に各社がIBMの改良から脱却し、独自開発を開始する契機となった。

1986年にはPATTYの後継機GEMMY(Giga-bytE Magnetic disk MemorY)(容量2.2GB/スピンドル)の試作を完成した。

1987年には130mm径、容量0.6GB/プラッタの光ディスク装置を実用化した。1991年には本光ディスクをベースに容量1Tバイトの大容量光記憶装置(光MSS: Mass Storage System)を実用化した。

■通信制御■

データ伝送技術の勃興期であり各種回線がサービスに供された。またダム端末のため端末制御もセンタ側で行ったので、センタの通信制御は回線種別ごと、端末種別ごとの制御を余儀なくされた。

当初の通信制御には布線論理の通信制御装置CCEを使用した。上記の多様化に対応するために、1974年にプログラム制御の通信制御処理装置CCPに移行した。CCPの主要技術課題は多様性に対応できる柔軟なソフトウェア構成と高速化回線の収容であった。後者については1979年に通信制御専用のASICを開発して対処した。

■ネットワークアーキテクチャ■

1979年にはパケット網がサービスを開始した。また分散処理の進展に伴い、コンピュータネットワーク構成が端末とセンタを直結するスター型から中継を含むピアツーピア型に進化した。これに伴いセンタがルーティング処理等の通信制御を行う必要が生じた。

これらのネットワーク処理を体系的に行うためにはネットワークアーキテクチャ、すなわちネットワークモデル、プロトコル等を統一する必要がある。

IBMは1974年ツリー型ネットワークについてのネットワークアーキテクチャSNAを発表した。

電電公社は1977年にピアツーピアネットワークについてのアーキテクチャDCNA(Data Communication Network Architecture)の共同研究^{☆4}に着手し、その第1版を1979年に完成した⁹⁾。DCNAの研究成果はDIPS通信制御処理装置に実装されるとともに、1978年に開始されたISOのOSI(Open Systems Interconnection)標準化委員会に寄書を出し、その標準化に貢献した。

■トランザクション処理■

DIPSは、1975年から当時ナショナル・プロジェクトと称した全国規模の官公庁システム、あるいは後のVANに相当する金融系中継ネットワーク・システムなど、収容端末・データ規模ともに他に類を見ない高トラフィックのトランザクション処理に適用した。

そのためにDIPSをトランザクション処理に特化して開発する方針を採用し、分散データベース上での数十万トランザクション/時間のスループットとレスポンスタイム3秒以下の高速性(DS換算で、30~50Kステップ/トランザクション)と高信頼性の実現するトランザクシ

☆4 共同研究パートナーは日電、日立、富士通、沖電気。



ン処理技術を開発した。その概要は次のとおりである。

- 通信処理、DB処理を別プロセッサ(CCPとFCP：ファイル制御プロセッサ)にオフロードし、ホストプロセッサの性能向上を図る機能分散アーキテクチャを採用した(通信制御の場合は5～45%をオフロード)。これによりCPU性能、通信速度等の急速な進歩にも容易に追従できた。
- アプリケーション、ミドルウェア、通信処理間のトランザクション受け渡しバッファ管理の改善を行い、またデータベース処理ではデータの再参照の可能性を考慮するバッファアサイン方式を導入し性能向上を図った。
- トランザクション処理向けコーディングを行いダイナミックステップの改善を行った(最適化により当初の40～50%に減少)。
- アプリケーションから共通インタフェースでチャンネル・通信回線にアクセスできるようにした。

これらの実現はOSから通信処理、リアルタイム・パッケージ、DBMSなどのミドルソフトまですべてを自己開発していたメリットに負うところが大きい¹⁰⁾。

ソフトウェア開発の合理化

■社間プログラム互換■

電電会社の公共的性格から、複数メーカーからの調達が必要であり、DIPSでは異なるメーカーのコンピュータ上で同一のアプリケーションを動作させる社間プログラム互換性の確保を開発要件とした。互換性を確保する技術として以下を開発した。

(1) ハードウェアアーキテクチャ統一

DIPS開発着手時のハードウェア技術では目標性能の実現が精一杯であったので、互換性は各社が同一アーキテクチャのコンピュータを開発することによって確保することにした。

(2) 共通API

ハードウェア性能の向上に伴いアプリケーションインタフェースだけを規定して、その下のOS、ハードウェア等の具体的構成法は各メーカーに任せても、プログラム互換性を有し、かつ実用的なリアルタイムアプリケーションが実現できる技術的可能性が生じた。このインタフェースをMIA(Multi-vendor Integration Architecture)と命名して、その開発パートナーを公募した。その結果、日電、日立、富士通、DEC、IBMの5社を選定し、1991年にMIA仕様(第1版)を制定し、翌年よりNTTのコンピュータ調達に使用した。

MIAはその後、日米欧キャリアおよびベンダがネット

ワーク管理グループ(NMF)内で制定したキャリア共通プラットフォーム調達仕様SPIRITの原案となった。MIA/SPIRITはIBM、DEC、日電、日立、富士通、HP、Unisys、NCR等のOSに実装され、欧州ではキャリア調達に広く使用された。

(3) 共通OS

電電公社で開発している電子交換機等のプロセッサと通信処理に使用するDIPS小型機のOSを統一するため、標記の検討を行った。共通OSとして東大坂村健開発のTRONを通信用に改良したC-TRON仕様を1986年に完成した。OSをハードウェア依存部と共通部に分離し、ハードウェア依存部規模および性能劣化を小さくできればハードウェア依存部だけをメーカーごとに開発することにより社間互換性を達成できる。C-TRONの場合、ハードウェア依存部は10%以下にできることが判明した。

C-TRONはISDN用交換機、ATM交換機、全銀システム用遠隔制御装置等(小型DIPS)、社内VAN(Tandem)等で実用に供された。

(4) 時代の動き

上記と同様な技術内容を持つUNIX、Linux、Java、Windows等が開発され、市販OSにおいても社間互換性の確保が容易になった。

■ソフトウェア工学■

DIPS-1用OS開発は電電公社、日電、日立、富士通の4社共同開発であったことおよび大規模ソフトウェアの開発であったため、ソフトウェア開発管理に特段の注意を払った。

当時大規模ソフトウェア開発は軒並み線表遅延をきたしており、von Neumannの法則^{☆5}などと揶揄されていた。

大規模ソフトウェアの開発手法を技術として確立すべく以下の施策を行った。

(1) ソフトウェア品質管理の導入

ソフトウェア開発の可視化を目標に、文書作成の充実を骨子とした手法である。詳細は次項「ソフトウェア品質管理」で述べる。

(2) OSの高級言語記述の採用

PL/1を簡素化したシステムプログラム開発用言語SYSLを開発し、OSの記述に適用した。

(3) デバッグツールの充実

デバッグツール開発、品質管理に全体の10%の人員を割り当て、トータルとしての生産性向上を狙った。

これらの手法はソフトウェア生産の管理性を向上して、線表維持、DIPSソフトウェア品質の改善に役立った。この手法は各メーカーが各社内でさらに発展させた各社ソ

^{☆5} コンピュータシステムの納期はいつでも半年先である。



ソフトウェア生産手法のベースとなった。

■ソフトウェア品質管理■

ソフトウェア開発風土が異なる複数の開発パートナー間でソフトウェア開発手法を統一するため、またハードウェアの品質管理の概念をソフトウェアに持ち込むべく下記を骨子とするソフトウェア作業標準を作成し、ソフトウェア開発作業の合理化を図った¹¹⁾。

- ソフトウェア開発を工程に分割し、必ず各工程の成果物として資料が作成できるようにした(ウォーターフォールモデル)。
- 各工程の作業手内容と手順を具体的に指定した。
- 各工程の成果物が一定の品質に達してから次工程に移る仕組みを導入した。
- 工程の成果物の品質を確認するため独立の検査部隊を設け、あらかじめ検査要項を作成しておき成果物を要項に従って検査した。検査は全数または探針と称してサンプルチェックで行った。

これにより開発パートナーごとにバラバラであったソフトウェア開発作業が統一され、かつ中間工程で作業品質の推定が可能になったので、早期にフィードバックをかけて品質の作り込みが可能になった。

また開発プロジェクトの進捗管理も定量的なデータに基づき実施できるようになった。文書作成量が膨大になる欠点はあったが、大規模ソフトウェア開発を管理可能にする手法として、国産各社のソフトウェア開発手法のベースとなった。

④ 電電公社の産業育成

冒頭にも述べたように電電公社はユーザであり、本来機器開発等はその直接のビジネスではない。ただし、ユーザでも市場品で間に合わない場合には、自社製品開発を行わざるを得ない、さらに電電公社は公共企業体で産業育成の役割を期待されていたという2つの理由で機器開発を進めてきた。前章までは主として自社製品開発の観点からコンピュータ開発の歴史を述べたが、本章では産業育成の観点から振り返ってみたい。

産業育成の観点からユーザが果たし得る役割には次の4点がある。

(1) 需要創出

電電公社はコンピュータユーザとして国内最大であった。産業界に需要を提供することはユーザのなし得る最も有効な育成策である。DIPS開発も需要提供の手段であった。電電公社は1980年まではもっぱら国内メー

カからコンピュータを調達してその育成に努めた。

(2) 要員育成

電電公社の新製品開発プロジェクトたとえばDIPSやDEX (Dendenkosha Electronic eXchange) は大型であり、パートナーメーカは多数の要員を動員する必要があった。要員は必ずしもコンピュータ、電子交換の専門家だけでは賄いきれないので、電電公社プロジェクトはメーカの新人養成、メーカのリストラクチャリングに役立った。ちなみにDIPSに従事した要員数はややオーバーに言えばNTT1万人、開発メーカ5万人に達する。

(3) 先端技術先行使用

いまだたれも採用した実績のない新技術を使用すること^{☆6}を躊躇する会社は多い。自ら開発したわけではないが、産業界でまだ採用された実績のない先端技術を積極的に使用することは、新技術のリスクテイクという観点から産業界に裨益する。伝統的に電電公社は自社製品開発に先端技術先行を適用することに積極的であった。コンピュータに関する事例を表-5に示した。

(4) 新技術開発

メーカが使用する技術を、メーカに先立ち開発し、メーカに供与することである。大学、国立研究所等の場合と異なり、電電公社の場合は開発した新技術を自社製品に適用し、その市場性と実用性を自らの手で確認できるという利点がある。コンピュータに関して電電公社が行った主要な新技術開発を表-6にまとめた。

(1)は大規模ユーザが取り得る育成施策である。(2)から(3)の育成策はプロジェクトマネジメント能力、研究開発能力を保有するユーザのみが取り得る施策である。DIPS開発は(1)～(4)のすべての役割を果たし、技術だけではなくキャッシュフロー改善の観点からも日本コンピュータ産業の立ち上げりに貢献した。

なお機器産業育成は通産省の所管であり、郵政省所管の電電公社のコンピュータ産業育成について絶えず縄張りの問題は生じたが、電電公社の所管はオンライン/通信、通産はそれ以外という議論で妥協が図られた。

⑤ おすび

電電公社のコンピュータ開発の経緯を俯瞰した¹²⁾。

国内唯一のテレコムオペレータであり、国内最大手のコンピュータユーザであった電電公社のコンピュータ開発の目標は、

(1) 市場で入手できないユーザ固有ニーズの充足

☆6 一番風呂に入るともいう。

項目	DIPS年代	上段：内容／下段：業界との関係
オンラインアーキテクチャ	1971	ページング、キャッシュ、マルチプロセッサの組合せのアーキテクチャ IBM370/168以降業界主流に(1972年)
共通チャンネルインタフェース	1971	電子協作成のインタフェース'69の実用化(1.24バイト幅) IBMチャンネルインタフェースに2バイト幅採用(1980年代)
大容量主記憶	1969	共同利用用として16MBを採用 IBM3033の最大主記憶容量4MB(1973年)
ICメモリ	1971	144ビットメモリの導入 通産超大型プロジェクトの成果活用
64KBメモリ	1979	LSI共同研究成果の導入 国産各社機導入(1980年)
CMOS論理素子	1982	2μ CMOSを用いた32ビットワンチッププロセッサ試作 DECが2μ CMOS 32ビットワンチッププロセッサ試作(1984)

表-5 電電公社が先行導入した新技術

項目	DIPS年代	上段：内容／下段：産業界との関係
論理シミュレータ	1964	コンピュータシミュレーションによる論理回路のデバッグ 電子交換、市販コンピュータ設計に普及(1970年代)
ソフト品質管理	1969	ドキュメントによる開発作業の可視化と定量的管理 各社ソフト開発手法のベース
共通チャンネル	1975	チャンネル制御機能をチャンネル制御装置に集中してチャンネルを簡単化 市販機も同様の構成方式導入(1975年以降)
高密度磁気記録	1981	ディスク装置を密閉構造としてフラッタ低減を図り高密度を実現 各社ディスク装置に採用(1982年以降)
複合構成方式	1981	高速光リング(100Mb/s)によるプロセッサ間接続方式を提案 FDDIのJIS化(1982年以降)

表-6 電電公社が開発した新技術

(2) 国内コンピュータ産業の支援

の2点であり、それぞれについて目標を達成した。

DIPS開発維持35年の間に、電電公社、NTT社内で使用されたCPU台数は延べ2,500台にのぼる。使途は官公庁等の公共システム、銀行等の金融システム、NTT社内システムが多かった。

国内産業育成は、もちろん電電公社だけの功績ではないが、コンピュータ産業の現状を見れば大きな成功を収めたことは明らかである。電電公社はユーザとして、また技術および開発資金提供の面で大きく貢献したと考える。

次にコンピュータのユーザ開発の成功要因をまとめてみると、

- (1) ビジネスリスクを負担できること
- (2) 的確な開発目標を提示できること
- (3) プロジェクトマネジメント能力を持つこと

の3点が重要である。電電公社の場合は(1)についてはかなりの市場シェアを持っていた。(2)、(3)については伝統的に必要な技術力を保有していたため、DIPS開発に取り組めたと考える。

DIPS開発は参加各社の多数の技術者の情熱をかきたて、技術者育成に大いに効果があった。その理由を考えてみよう。

- 挑戦：大プロジェクトへの挑戦が技術者を刺激した。
- 自由：アーキテクチャから細部に至るまですべての技術について自由な発想が許された。
- 自己責任：すべての問題を自分の手で解決せざるを得なかった。
- 競争：電電公社も含めた開発パートナー間に競争が生

じ技術開発を加速した。

技術者を完全燃焼させることがプロジェクト遂行上だけでなく技術者育成上も重要である。最後まで考え抜けない環境では真の技術は生まれない。現在の日本コンピュータ業界の主流である米国機互換、Windows、IAプロセッサ依存等の戦略はビジネス的には成功を収めているが、技術者を完全燃焼させているかという点では疑問が残る。今後大胆な発想転換が必要であろう。

本稿を執筆するに当たり多数のDIPS関係者から貴重な資料をいただいた。ご協力に感謝する。

参考文献

- 1) 室賀三郎他：パラメトロン計算機の設計について、信学会電子計算機研究専門委員会資料、7(1957)。
- 2) 高島堅助、加藤満左夫、戸田 巖、中村 彰、山田正計：CM-100形計算機の方式設計、通研実報、Vol.15, No.8, pp.1435-1493(1966)。
- 3) 山田昭彦：コンピュータおよびLSI用設計自動化システムの変遷、情報処理、Vo.44, No.2, pp.169-174(Feb. 2003)。
- 4) 関口良雅：大型電子計算機DIPSについて、情報処理、Vol.13, No.3, pp.136-144(Mar. 1972)。
- 5) 情報処理学会歴史特別委員会：日本のコンピュータ発達史、オーム社(1998)。
- 6) 戸田 巖：データ通信開発の現状と課題、通研実報、Vol.31, No.8, pp.1387-1404(1982)。
- 7) 松永俊雄、小柳津育郎、魚住栄市他：DIPS-11 転送装置、通研実報、Vol.26, No.3, pp.67-86(1977)。
- 8) 金子礼三、吉井 静：3.2ギガバイト集合形磁気ディスク記憶装置の実用化、通研実報、Vol.31, No.1, pp.241-247(1982)。
- 9) 戸田 巖：データ通信網アーキテクチャ(DCNA)の基本概念、情報処理、Vol.20, No.2, pp.153-160(Feb. 1979)。
- 10) 村田紀男、森 道直、拜原正人：104-03システムの分散処理方式、通研実報、Vol.31, No.8, pp.51-62(1982)。
- 11) 戸田 巖、新井克彦：DIPS-1ソフトウェアのマネジメント、情報処理、Vol.16, No.10, pp.922-925(Oct. 1975)。
- 12) NTT技術史料館(NTT武蔵野研究センタ) <一部のDIPS機器は現物を展示>。

(平成15年5月6日受付)

