

電 子 計 算 機 (2)

— 情報処理技術の展開 —

日本電気株式会社 工学博士

金 田 弘 著

情報工学講座 14

コ ロ ナ 社

—著者略歴—

昭和19年9月 京都大学工学部電気工学科卒業
昭和19年10月 日本電気株式会社に入社
昭和35年3月 京都大学より工学博士の学位授与
現 在 日本電気株式会社常務取締役

電子計算機(2)

Computer (2)

©金田 弘 1978

著者承認
検印省略

昭和53年8月20日 初版印刷

昭和53年9月15日 初版発行

定価 3000 円

著者 金田 弘
神奈川県横浜市港北区太尾町7

発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛來 武知
東京都文京区千石 4-46-10

印刷者 壮光舎印刷株式会社

112 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 東京 4-14844・電話 (03) 941-3131 (代)

3355-112140-2353

(製本: 染野製本所)



本書の内容の一部あるいは全部を無断で複製複製(コピー)することは、法律で認められた場合を除き、著者および出版社の権利の侵害となりますので、その場合にはあらかじめ小社あて許諾を求めて下さい。

ま え が き

本書は先に発行された「電子計算機(1)」の続編である。この第1巻のほうでは電子計算機に関する基礎的な事項を取り扱ったが、第2巻の本書では、これらの知識を前提として、最近の技術的進歩を中心に応用編とでもいうべき観点から解説した。特に本書では、最近の情報処理システムの発展をDB/DC(データベース/データコミュニケーション)指向、分散処理指向として捉え、これらを実現するための技術の解明に重点を置いている。

第1章では、最近の処理システムの発展を概観し、以下の各章の関連を理解する助けとなるようにした。

第2、3章では、データベースシステムおよびデータコミュニケーションの技術的基礎を解説した。

第4章では、最近の情報処理システムの特徴となっている仮想化システムの概念について説明した。

第5章では、ハードウェア技術を、第6章ではRAS技術を、最近の状況を中心に解説した。

以上の、第4～6章で取り上げた事柄は、DB/DC指向の情報処理システムの根幹となる技術である。

第7章では、分散処理システムの観点から、小形コンピュータとインテリジェントターミナルとの最近の進歩について述べた。

第8章では、周辺装置の最近の進展を扱った。高性能な周辺装置や多様な用途に適合した端末装置を抜きにして、最近の情報処理システムの発展を考えることはできない。

第9、10章では、最近の技術的トピックスとして、コンピュータの性能とソフトウェアエンジニアリングとを取り上げた。

単純な指標では表現できないコンピュータシステムの性能をどのように捕捉

するか、今後の解明に待つことも多い。効率的なソフトウェアの開発は将来ますます重要性を増して情報化社会の課題となつてこようが、従来、ともすれば体系的なアプローチの不足していたこの分野で、発祥後間もないソフトウェアエンジニアリングに期待されるところが大である。

第 11 章では、先立つ各章で述べたところを総合して、今後、情報処理システムを発展させてゆく上で、どのような展開がなされるであろうかについて展望を試みた。

1946 年の ENIAC に始まるこの四半世紀間のコンピュータ発展の歴史はまさに目をみはらせるほどで、その間に第 1 世代から目下の 3.5 世代を経て次の第 4 世代へと技術は進歩しようとしている。そしていまやコンピュータは産業界や公共機関だけでなく一般個人の日常生活にまで深く影響を与えるようになってきた。またパーソナルコンピュータの普及、衛星通信システムの発展など半導体デバイスおよび通信技術の発達とコンピュータ技術の発達とは相伴って、情報化社会を形成する技術の展開は止まるところを知らないという未来がある。したがって、この方面に携わらんとする若き技術者・研究者の将来に期待されるところは甚だ多いといえよう。

このささやかな書がこうした方々へ最近の情報処理システムの発展についての技術的基礎知識を提供し、今後のこの分野での隆盛に少しでも役立つことができるならば、著者として望外の喜びである。

本書の出版は、「電子計算機(1)」に引き続いて、京都大学の坂井利之教授のお勧めによるものであるが、執筆に際して、日本電気(株)の情報処理技術分野の第一線で活躍中の発田弘、伊豆野泰弘、水田正憲、徳永威久、渡辺貞、田代駿二、浜田俊三、関野陽、東基衛の各氏に多大の御援助を仰いだほか、特にコンピュータ技術本部北村拓郎方式開発部長には全体の取りまとめ、連絡、調整、渉外を担当していただいた。各位の御協力に心からお礼を申し上げたい。

昭和 53 年 8 月

著者しるす

目 次

1. 情報処理システムの発達

1.1 情報処理システムの発達	1
1.2 処 理 形 態	1
1.2.1 RJE.....	2
1.2.2 TSS.....	2
1.2.3 インタラクティブ処理.....	3
1.2.4 多次元処理システム.....	3
1.2.5 分散処理.....	3
1.3 データ通信との結付き	4
1.4 ファイルシステムの発達	6
1.5 マン-マシンシステムの改善	8
1.5.1 オペレーティングシステム.....	8
1.5.2 プログラミング言語.....	8
1.5.3 会話形処理.....	8
1.5.4 データ入力.....	9
1.5.5 システムの仮想化.....	9
1.5.6 システム運用の省力化.....	9
1.6 ハードウェアテクノロジーの進歩	10
1.7 信頼性・拡張性などの改善	11

2. データベースシステム

2.1 データベースシステムの発展	13
2.1.1 データベースシステムの定義と意義.....	13
2.1.2 研究開発の歴史.....	15
2.2 データベースの管理技術	18
2.2.1 データ構造.....	18
2.2.2 記憶構造.....	23
2.2.3 データベース用言語.....	25
2.2.4 データの独立性.....	28

2・2・5 データの保全	30
2・2・6 ソフトウェア構成	33
2・3 データベースシステムの例	35
2・3・1 IMS	35
2・3・2 ADBS	37
2・3・3 ADABAS	39
2・3・4 System R	40
2・4 データベースシステムの将来と展望	42
2・4・1 データベースの規格化と ANSI/X3/SPARC	42
2・4・2 分散形データベース	44
2・4・3 リレーショナルデータベース	47
2・4・4 データベースマシン	51

3. データ通信システム

3・1 データ通信システムの発達	53
3・1・1 データ通信システムの歴史	53
3・1・2 データ通信システムの現状	54
3・1・3 今後のデータ通信システムについて	55
3・2 伝送制御手順と誤り制御	56
3・2・1 伝送制御手順の概要	56
3・2・2 ベーシックモード伝送制御手順	57
3・2・3 ハイレベル伝送制御手順	62
3・2・4 データ通信における誤り検出制御	65
3・3 通信処理プロセッサ	66
3・3・1 通信処理プロセッサの位置付け	66
3・3・2 通信制御処理プロセッサ	67
3・3・3 データ通信網内の通信プロセッサ	69
3・4 通信制御プログラム	72
3・4・1 通信制御プログラムの役割	72
3・4・2 通信管理プログラム	72
3・4・3 ネットワーク処理プログラム	75
3・5 分散処理とコンピュータネットワーク	77
3・5・1 分散処理の背景	77
3・5・2 集中形と分散形	78

3・5・3	通信サブネットの構成要素	81
3・5・4	分散処理指向ネットワークアーキテクチャ	82
3・5・5	プロトコル	86
3・5・6	コンピュータネットワークの例	87

4. システムの仮想化

4・1	仮想化とは	91
4・2	仮想記憶	92
4・2・1	概要	92
4・2・2	ページング	93
4・2・3	セグメンテーション	95
4・2・4	仮想記憶の効用と性能	97
4・3	ファイルの仮想化	98
4・3・1	装置からの独立性	98
4・3・2	ディスクファイルの仮想化	99
4・3・3	記憶階層の仮想化	102
4・4	仮想計算機	104
4・4・1	プロセスによる仮想化	104
4・4・2	仮想マシン	106
4・4・3	エミュレータ	107
4・5	データ通信の仮想化	109
4・5・1	仮想通信法	109
4・5・2	仮想通信の概念	110
4・5・3	仮想通信の実現法	111
4・5・4	技術的背景	112

5. ハードウェア技術

5・1	半導体集積回路の進歩	113
5・1・1	ハードウェア素子の変遷	113
5・1・2	LSI の技術動向	115
5・2	半導体メモリ	118
5・2・1	半導体メモリの発展と特徴	118
5・2・2	新しいメモリ技術	120

5.2.3	メモリハイアラーキ	122
5.3	マイクロプロセッサ	125
5.3.1	マイクロプロセッサ発達の経過	126
5.3.2	マイクロプロセッサのアーキテクチャ	127
5.3.3	マイクロプロセッサの応用	129
5.4	LSI 計 算 機	131
5.4.1	LSI 超大型計算機	131
5.4.2	LSI 計算機の実装方式と設計技術	134
5.5	ファームウェア	138
5.5.1	ファームウェアの原理と特徴	139
5.5.2	ファームウェアの応用	142
5.6	システム構成方式	144
5.6.1	システムの結合方式とマルチプロセッサ	145
5.6.2	機能分散形プロセッサ	148
5.6.3	並列処理プロセッサ	150

6. RAS 技 術

6.1	コンピュータの RAS 機能	153
6.2	誤りの検出	156
6.2.1	固定故障の発生度数	156
6.2.2	誤りの検出法	161
6.3	誤りの回避	166
6.3.1	誤りの訂正法	166
6.3.2	再試行	170
6.3.3	予防保守	172
6.4	冗 長 構 成	173
6.4.1	シンプレックスシステム	173
6.4.2	デュプレックスシステム	173
6.4.3	マルチプロセッサシステム	174
6.4.4	デュアルシステム	175
6.5	故 障 診 断	176

7. 小形コンピュータとインテリジェントターミナル

7.1 概 要	182
7.2 歴 史 と 現 状	183
7.3 製 品 動 向	184
7.4 技 術 動 向	187
7.4.1 LSI	188
7.4.2 周辺装置.....	189
7.4.3 通信機能.....	192
7.4.4 プログラム言語.....	193
7.5 シ ス テ ム	195
7.5.1 インタラクティブシステム.....	195
7.5.2 オフィスコンピュータによる分散処理システム.....	199

8. 周 辺 装 置

8.1 ファイル装置.....	202
8.1.1 磁気テープ装置.....	203
8.1.2 磁気ディスク装置.....	205
8.1.3 大容量ファイル装置.....	209
8.2 入 出 力 装 置	211
8.2.1 高速出力装置.....	211
8.2.2 入力装置の進歩.....	213
8.2.3 漢字処理システム.....	216

9. コンピュータの性能とその評価

9.1 コンピュータの性能	220
9.1.1 ジョブの処理過程.....	220
9.1.2 コンピュータの性能.....	220
9.1.3 性能評価.....	221
9.2 機種選択のための評価	223
9.2.1 機種選択.....	223
9.2.2 CPU 性能の評価	223

9.2.3	ベンチマークによる評価	225
9.2.4	システムの総合評価	226
9.3	性能改善のための評価	227
9.3.1	性能改善	227
9.3.2	ソフトウェアモニタ	227
9.3.3	ハードウェアモニタ	229
9.3.4	モニタリングの実施法	229
9.4	性能予測のための評価	231
9.4.1	性能予測	231
9.4.2	数学的解析手法	231
9.4.3	シミュレーション	233
9.5	ま と め	235

10. ソフトウェアエンジニアリング

10.1	ソフトウェアエンジニアリングの背景	236
10.1.1	アプリケーションの拡大	237
10.1.2	ソフトウェアの規模の増大	238
10.1.3	アプリケーションの重要性の増大	239
10.1.4	ソフトウェア費用の増大	240
10.1.5	ソフトウェアの保守への関心の増大	241
10.2	ソフトウェア技術の現状	242
10.2.1	教 育	242
10.2.2	基礎技術	242
10.2.3	ドキュメンテーション	243
10.2.4	フローチャート	243
10.2.5	テ ス ト	244
10.2.6	保 守	245
10.3	ソフトウェアエンジニアリングの目標	245
10.3.1	性 能	246
10.3.2	信 頼 性	246
10.3.3	保 守 性	247
10.3.4	融 通 性	248
10.4	ソフトウェアエンジニアリングの体系	248
10.4.1	ソフトウェアの要請定義に関する技術	250

10・4・2	ソフトウェアの原材料に関する技術	251
10・4・3	ソフトウェアの品質評価尺度に関する技術	252
10・4・4	プログラミングの方法に関する技術	254
10・4・5	ツール	255
10・4・6	管理方式に関する技術	255
10・5	構造的プログラミング	256
10・5・1	GO TO レス	257
10・5・2	三つの制御構造	257
10・5・3	トップダウンプログラミング	259
10・5・4	抽象化	259
10・5・5	モジュール化	260
10・5・6	1 入口 1 出口	260
10・5・7	1 ページコーディング	262
10・5・8	字下げ規則	262
10・6	言語	262
10・6・1	PASCAL	264
10・6・2	BLISS	265
10・6・3	COBOL/S	265

11. 将来の展望

11・1	システム	267
11・2	ハードウェア	270
11・3	ソフトウェア	270

文 献	272
-----	-----

日本語索引	277
-------	-----

欧文索引	283
------	-----

1. 情報処理システムの発達

1.1 情報処理システムの発達

1946年に Pennsylvania 大学の Eckert と Mokeley とによって作られた ENIAC に端を発した電子計算機は、当初の単なる計算する機械という使い方を越え、情報処理システムとして飛躍的な発展を遂げた。その背景には使い方（応用システム）の開発に多大の努力が払われてきたことと、それを支援する急速な技術的進歩とがあった。

本書の姉妹編「電子計算機(1)」においてはコンピュータについての基本的な事項をまとめたが、本書では最近の急速な技術的進歩や応用分野の拡大を取り上げて、上記のような状況の一端を具体的に理解し掌握することができるようにしたい。まず最近のそうした発達について展望してみよう。

1.2 処 理 形 態

コンピュータでのデータ処理の形態は大別してバッチ（一括）処理とリアルタイム（即時）処理とに分けられるとされてきた。

バッチ処理は処理すべきデータを1日あるいは1か月分ためた後にこれをコンピュータセンタに持ち込んで一括して処理する方式であり、リアルタイム処理は処理すべきデータが発生した時点でこれを直ちにコンピュータセンタへ通信回線によって送り、中央にあるマスタファイルを更新するなどの処理をする方式である。バッチ処理では計画的に仕事を処理できるのでコンピュータの使用効率はよいのに対して、リアルタイム処理ではピークの仕事をこなせるだけの能力が必要であり、効率やコストの点ではバッチ処理に一步譲るが「即時に処理する」という機能に対して支払われるコストと考えられる。

こうした伝統的な方式は最近では拡張され、互いのよいところを取り込んで多様な発展を見せている。

1.2.1 RJE

バッチ処理システムでは仕事をコンピュータセンタへ持ち込み、結果をもらってこななければならないので遠隔地の利用者にとっては不便なことが多い。

RJE (remote job entry) はリアルタイム処理的要素を取り入れてこれを改善したもので、通信回線を介して接続した端末装置を遠隔地に置き、ここからプログラムやデータをセンタに送って処理結果を送り返してもらう方式である。

これだと遠くにあるコンピュータが手元にあるかのように使用できるが、リアルタイム処理と違う点は、センタにおいては入ってきた仕事の優先度に従って処理順序が決めることで、リアルタイム処理のように即時に結果を得られるという保障はない。

1.2.2 TSS

リアルタイム処理システムの代表例は座席予約システムなどに見られるが、このようなシステムでは処理の手順（プログラム）は固定されていて、端末装置からはあらかじめ決められた形式に従ってデータを入力して結果をもらうだけである。したがって多勢の人が自分自分の目的に応じて異なった使い方をすることはできない。

TSS (time sharing system) は通信回線で接続された多数の端末装置から各利用者がそれぞれ異なる利用の仕方ができるように作られたシステムで、各利用者はあたかも1台のコンピュータを専有しているかのように中央の計算機を使うことができる。端末装置からプログラムを作成し、これをデバッグし、またデータを送って処理するなどをコンピュータと会話的(インタラクティブ)に行う。

1・2・3 インタラクティブ処理

従来のトランザクション処理システム（ファイル更新を伴うリアルタイム処理システム）のように処理手順が固定化されているのではなく、入力されるデータによって動的にプログラムを選択して、リアルタイムにかつオペレータと会話しながら処理するシステムで、トランザクション処理システム、TSS、バッチ処理などの要素が混在している。

1・2・4 多次元処理システム

バッチ処理（リモートバッチに対してローカルバッチという）、リモートバッチ処理、会話形リモートバッチ処理、トランザクション処理、TSS、メッセージ交換などを一つのシステムで同時に処理でき、かつそれらの異なる処理の間で各種情報の共用を実現したシステムである（図 1・1）。したがって1台のシステムで使用者のあらゆる使い方に対応できる。たとえばオンラインバンキングシステムなどもこのような形で銀行のあらゆる業務を吸収した総合バンキングシステムとして発展を見せている。

1・2・5 分散処理

しかしながら、このようにあらゆる処理を中央のコンピュータに集中することへの反省、ミニコンピュータや小形ビジネスコンピュータの著しい発達を背景とした分散処理が新しい動向として注目されはじめている。分散処理ではローカルに処理できるものはなるべくローカルなコンピュータで処理し、必要によってはデータベースなども分散させることにより、データの発生する地域ごとに最も効果的・経済的なデータ処理を行い、あわせて通信回線コストの低減、中央コンピュータのオーバーヘッド低減などを実現してシステム全体のスループット/コストを改善するとともに、限界が見えてきた中央システムの巨大化を避けようとするものである。

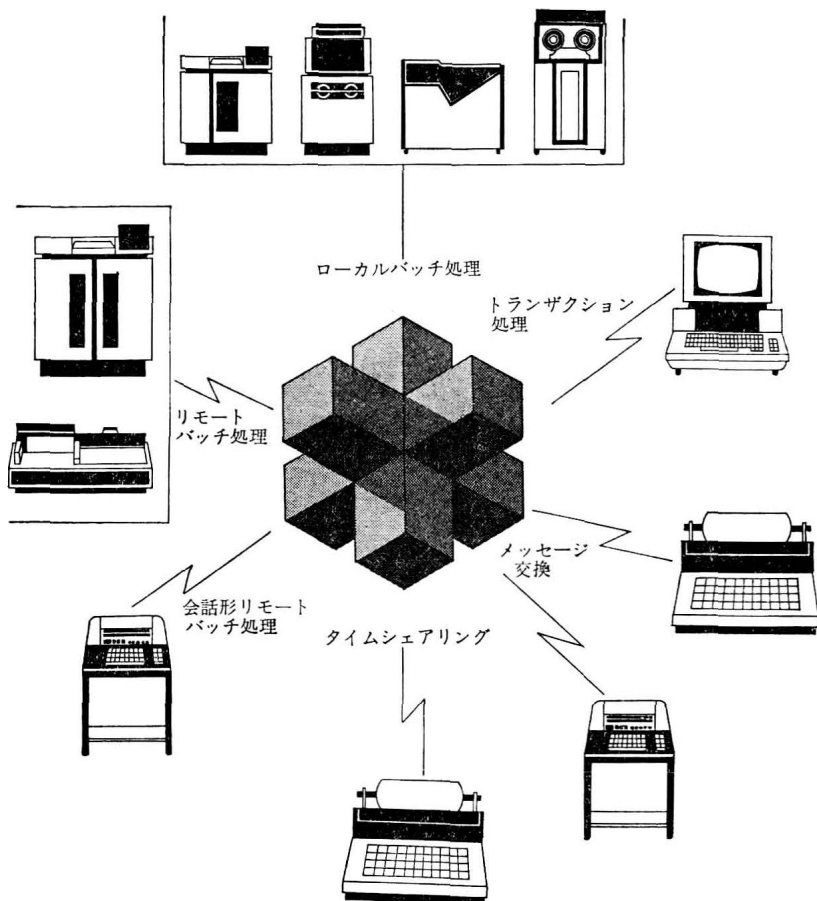


図 1.1 多次元処理システム

1.3 データ通信との結付き

前述した処理形態はローカルバッチを除けばいずれも通信回線を利用しており、データ通信とコンピュータとの結付きはいっそう密接になってきている。したがって効率と質のよいデータ通信の方式への強い要求が生じ、HDLC (high level data link control) などの新しい方式が実用化された。

またこうした通信回線を使ってうまく端末装置を制御したり、コンピュータ間通信を行ったり、分散処理をするためにネットワークアーキテクチャという

ものが種々考えられてきている。前述の分散処理もこうしたネットワークアーキテクチャの上に構築されつつある。

データ通信網を用いたコンピュータシステムは、集中形と分散形とに分けることができる。

集中形は座席予約システムに代表されるように、中央にあるコンピュータに多数の端末装置が通信回線を介して接続されており、すべてのデータは中央に集中され、ここにあるデータファイルを用いて処理が行われ、必要な結果が送り返されるものである。

分散形システムではこのように集中したセンタがなく、機能別に多数のセンタがあってそれらが通信回線で結ばれて有機的に働いているシステムである。各センタは縦の関係にあることもあるし、横の関係にあることもある。

従来からのシステムは前者が多かったが、最近は後者のような分散形システムが開発されている。

たとえば、縦形の分散処理システムでは各地に置かれた小形コンピュータでローカルな処理を行い、より高いレベルのセンタへはそこで必要なデータしか送られない。コスト/パフォーマンスのよいミニコンピュータあるいは小形ビジネスコンピュータの出現で、このような構成がだんだんと経済的になってきている。

横形の分散処理システムの例としてはコンピュータネットワークが代表的であろう。それぞれ異なった処理機能/能力を持つコンピュータセンタがネットワークに組み込まれ、ユーザは必要に応じてどのコンピュータでも利用することができるものである。

このようにコンピュータとデータ通信網との結付きが密接になり、この傾向は今後も増大すると予想されている。このためにコンピュータの利用に適した通信網の開発も盛んに行われてきて高速化・高信頼化などが達成され、更にデジタル通信専用のネットワークの建設も進められつつあり、パケット交換などの新しい通信方式が実用化されようとしている。