

関西電力株式会社自動給電システムにおける コンピュータネットワーク

Computer Network of Automatic Load Dispatching System of Kansai Electric Power Co., Inc.

関西電力株式会社での自動給電システムは、大別すると次の二つの機能で構成されている。一つは電力需給経済制御機能であり、もう一つは電力の流通管理機能である。このようなシステム機能を満たすため、コンピュータのネットワーク方式として、需給制御に対しては集中処理方式を、電力流通管理に対しては分散処理方式を採用している。

このたび、上位コンピュータ(中央給電指令所)のレベルアップを行ない、将来へのシステム拡張に対処した。

この論文では中央給電指令所システムを中心に、自動給電システムでのコンピュータネットワークシステムの特徴について紹介する。

深瀬邦彦* *Fukase Kunihiko*
杉村良樹* *Sugimura Yoshiki*
岩成章夫** *Iwanari Akio*
山上和美** *Yamagami Kazuyoshi*
徳元和夫*** *Tokumoto Kazuo*
多田 誠*** *Tada Makoto*

1 緒 言

関西電力株式会社では、昭和51年5月に自動給電システムの大規模機能アップを計画し、昭和53年6月から全面運用を開始した。すなわち、中央給電指令所のコンピュータを、従来のHITAC 8300/HIDIC 500, 100よりも大幅に性能アップしたHITAC M-160 II/HIDIC 80×2台にレベルアップし、また新鋭コンピュータに対応し、将来のシステム拡張にも対処可能なソフトウェアの新規開発を行なった。

この論文ではコンピュータネットワークシステムの一例として次の内容について概説する。

- (1) 電力系統運用でのコンピュータネットワークシステム
- (2) 中央給電指令所システムの構成と特徴
- (3) 中央給電指令所コンピュータ間のプロトコルについて
- (4) 中央給電指令所システムのソフトウェアの特徴

2 電力系統運用におけるコンピュータネットワークシステム

この電力系統の需給制御を行なう自動給電システムは、時刻々に変化する電力の需要に対し、最適な電力供給生産を行なうとともに、これを広域にまたがって、輸送し、配給し、消費するという一連の機能をもった大規模エネルギー管理システムである。電力系統は、電力を生産する水力・火力・原子力各発電所、また電力の供給流通網である送配電網、変電所、電力を使用する膨大な需要家から成り立っている。

電力系統の運用は頂点に中央給電指令所があり、以下、系統給電所、地方給電所、制御所と階層構造を成しており、各階層ではその規模に応じたコンピュータシステムを導入している。各階層間のコンピュータはデータ伝送回線で結合され、全体として階層制御システムを構成し、電力系統運用の総合自動化を実施している。図1に総合自動化計画での階層制御システムを示す。

階層制御システムでのコンピュータネットワーク方式は、集中処理方式と分散処理方式の特徴を生かし、処理機能に応じて両方式の最適併用を図っている。すなわち、階層制御シ

ステムの最上位レベルにある中央給電指令所システムは、全系統の最適運用計画、全系統の電力需給経済制御など、複雑かつ大規模な計算を大形汎用コンピュータにより集中処理を行なっている。下位レベルにいくに従って、局所的に処理可能な系統操作・監視業務の比重が高く、処理内容が単純となる反面、処理周期が短くなるなど制御用コンピュータに適した分散処理がなされている。このような階層制御システムでは、情報伝送量が必要最小限に抑えられるうえ、コンピュータや伝送装置の停止時にも、システム全体への影響が少なく済むなど、設備の効率化と信頼性の向上が図られる。

今回系統運用の総合自動化の一環として、階層制御システムの頂点にある中央給電指令所システムを一新し、新しいコンピュータネットワークシステムを開発した。以下に述べる章では、今回開発した新中央給電指令所システムを中心としたコンピュータネットワークの特徴について述べる。

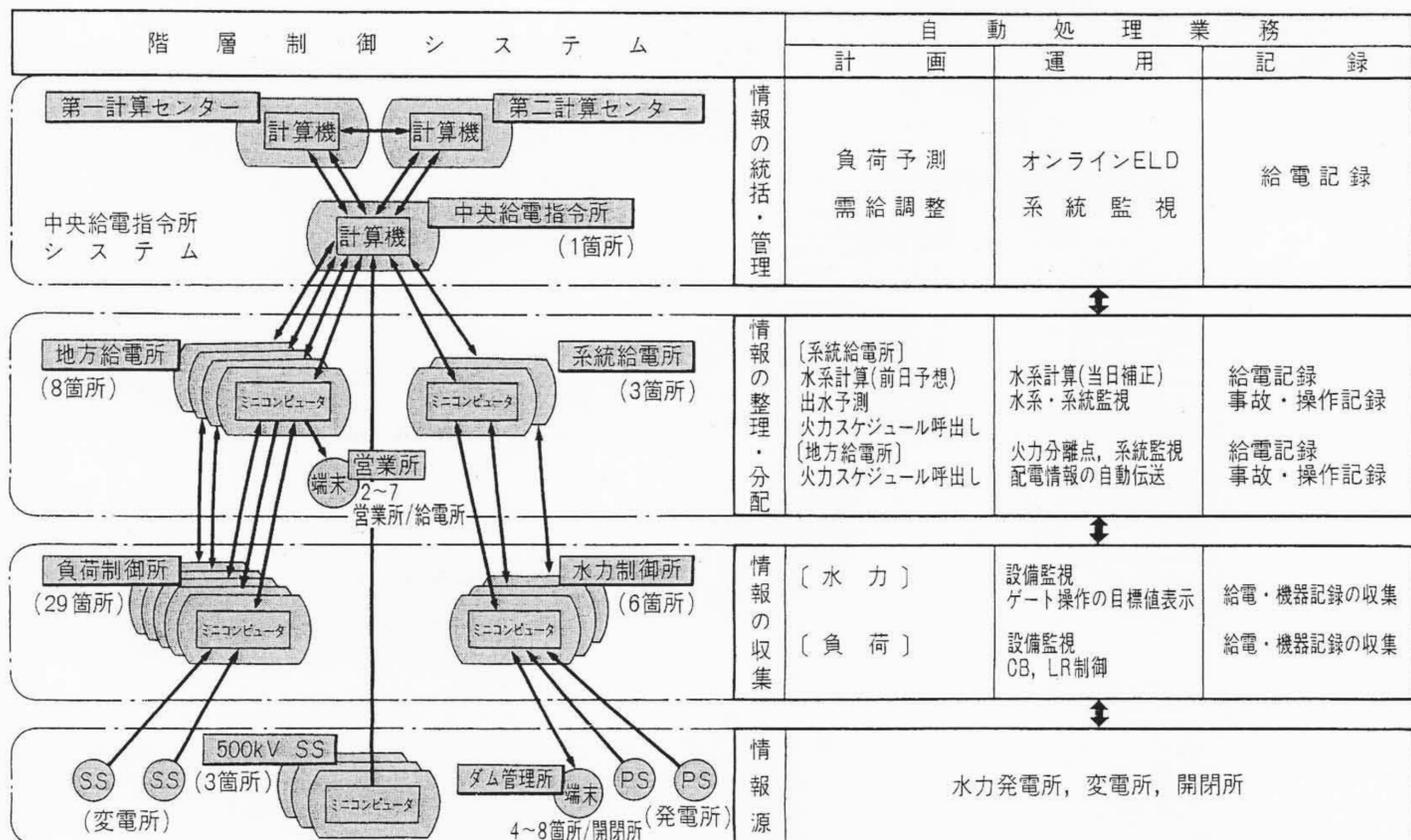
3 中央給電指令所システムの構成と特徴

今回の新システムは、次に述べるような基本的な考え方によりシステムの開発を行なった。図2に中央給電指令所システムの構成図を示す。

3.1 システム開発の基本方針

- (1) 将来のコンピュータネットワークへの発展性
 - (a) 関西電力株式会社での業務総合機械化計画によるコンピュータネットワーク構造の一環として、第一計算センター (IBM370/158, 148)、第二計算センター (IBM370/158, 148) のほかに、新中央給電指令所ビルにコンピュータネットワークの一要素であるHITAC M-160 IIを設置し、3地点を48k bps 高速伝送回線で結び、自動給電システムに使用するとともに将来のコンピュータネットワークに備える。
 - (b) 将来、3地点間のコンピュータネットワークとして、VTAM/NCP (Virtual Telecommunication Access Method/Network Control Program) への移行に備える。

* 関西電力株式会社情報システム部 ** 関西電力株式会社系統運用部 *** 日立製作所関西支店



注：
1. 小括弧内コンピュータ設置箇所数
(昭和53年度末予定)
2. 略語説明
ELD=Economic Load Dispatching
CB=Circuit Breaker
LR=Load Regulator

図1 総合自動化計画における階層制御システム
自動給電システムでのコンピュータネットワーク構成と業務分担を示す。

(2) 効率的なコンピュータ処理分散

自動給電システムには系統情報や事故情報の取込みなど、処理内容は単純であるが、処理周期の短いものから、全系の運用計画計算のような処理周期が長い処理内容の複雑なものまで、幅広い計算機能力が必要とされている。したがって、中央給電指令所システム構成に対しては次に述べるような基本処理分担とする。

(a) IBM 370/158

複雑で処理同期の長い(3分以上の処理)業務を分担し、CPU(Central Processing Unit)と略す。

(b) HITAC M-160 II

比較的単純で処理周期の短い(5秒~3分以内の処理)業務を分担し、RPU(Remote Processing Unit)と略す。

(c) HIDIC 80

単純で処理周期が非常に短い(5秒以内の処理)業務を分

担し、CDTC(Cyclic Digital Transmitter Controller)と略す。主に電力系統情報の集配信を行なう。

(d) HIDIC 80

複数CRT(Cathode Ray Tube)のコントローラに適用し、CRTC(CRT Controller)と略す。

(3) 拡張性の高いシステム

- (a) 汎用コンピュータ、制御用コンピュータにかかわらず、利用するソフトウェアについては、極力標準品を採用する。
- (b) 自動化業務、系統規模の拡大に対し、ハードウェア構成の増設、あるいは上位機種への移行を容易にする。
- (c) CPU~RPU間の業務移行性を容易にするため、ソフトウェア上の処理方式を統一化する。

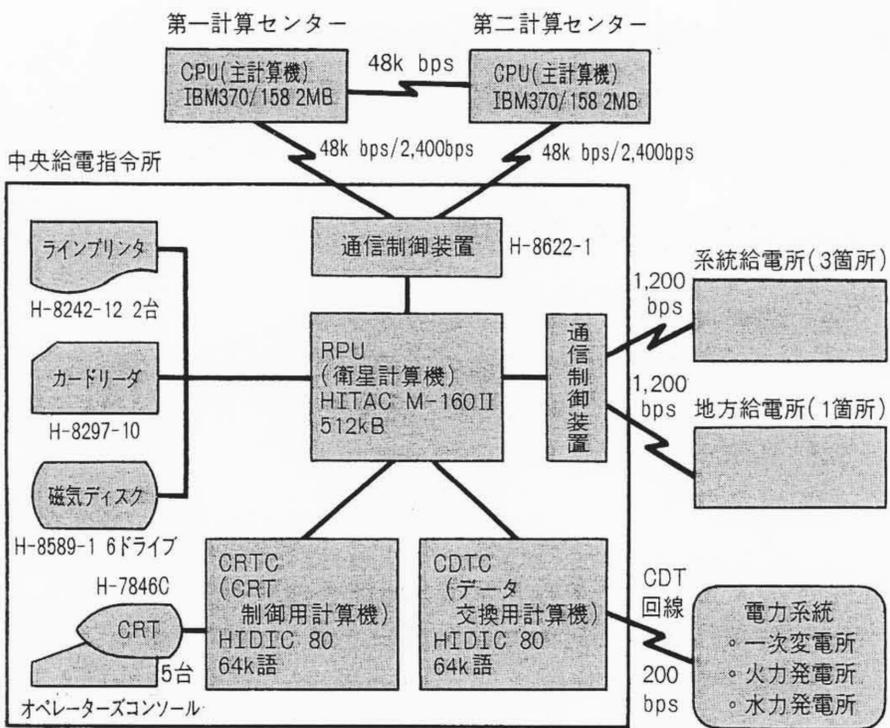
(4) 高信頼性

自動給電システムの重要性を考え、システムの二重化、部分バックアップを行なう。

- (a) 計算センター内での二重化を行なう(IBM 370/158, 148)。
- (b) 第一計算センター、第二計算センター間の二重化を行なう。
- (c) RPUの通信制御装置を2台で運用し、部分バックアップを行なう。

(5) 保守性の高いシステム

- (a) ハードウェア、ソフトウェアの障害検知機能、エラーロギング機能を充実し、トラブル対策を迅速に行なえるようにする。
- (b) オンライン運用中でも周辺機器の保守ができるようにする。
- (c) オンライン運用中でもプログラムのテスト、デバッグができるようにする(APT: Application Testerの開発)。
- (d) HIDIC 80プログラムメンテナンスは、すべてHITAC M-160 IIでできるようにする(SSS: Sub System Support Serviceの開発)。
- (e) 電力系統情報をデータベース化し、系統の拡充、改良などに対し、容易にメンテナンスできるようにする(MAINTの開発: Maintenance Tool)。
- (f) 業務プログラムの開発には高級言語を採用する。CPU,



注: CPU=Central Processing Unit CRTC=CRT Controller
CRT=Cathode Ray Tube CDTC=Cyclic Digital Transmitter Controller
RPU=Remote Processing Unit

図2 中央給電指令所システム構成図 中央給電指令所のHITAC M-160 IIを中心としたシステム構成を示す。

RPUはFORTRAN言語で、CRTC、CDTCに対しては、制御用高級言語PCLを使用する。

(6) 操作性の向上

マンマシンインタフェースとして、使いやすいシステムとするため、制御用高密度カラーディスプレイ装置を採用する(4,032文字、7色カラーでライトペン付き)。

(7) 応答性の向上

給電運用の質的、量的な拡大に対処するため、処理機能の高速化を行なう。

(a) CPU~RPU間について、オンライン需給制御は2,400 bpsで、CRTディスプレイ画面伝送と、ラインプリンタ印字データ伝送は48k bpsで結合し、また伝送方式はBSC1(Binary Synchronous Communication 1)方式を採用し、伝送効率と応答性の向上を図る。

(b) RPU~各系統給電所、地方給電所間の水系計算、記録情報伝送などの業務はメッセージ伝送方式(RDT: Random Data Transmission)により、1,200bpsで結合し、処理の効率化と応答性の向上を図る。

(c) 電力系統情報の集配信処理の高速化、CRT画面の入出力処理の高速化を行なうため、RPU~CDTC、RPU~CRTC間をチャンネル接続とする。

3.2 業務分担

中央給電指令所システムでの各コンピュータ間の業務分担は、3.1で述べた基本方針により、図3に示すような業務分担とした。

4 中央給電指令所コンピュータ間のプロトコル

中央給電指令所システムのコンピュータ間の接続形態として以下に述べるような特徴をもっている。

(1) CPU~RPU

両コンピュータとも汎用コンピュータであり、距離的に離れている関係上回線接続としている。OS(Operating System)機能全般的にソフトウェア上の互換性をもっている。両コンピュータの機能分担を考慮して、あたかも1台のコンピュータとして取り扱うソフトウェアの方式設計とした。

(2) RPU~系統給電所、地方給電所

汎用コンピュータと制御用コンピュータとの接続であり、距離的にも離れていることから回線接続とした。制御用各コンピュータのOSはそれぞれ相違している。したがって、各制御用コンピュータの独自性を維持するようにした。

(3) RPU~CDTC, CRTC

汎用コンピュータと制御用コンピュータの接続であるが、同一メーカーであること、データ量が大量で高速性を要求さ

れ、また同位置にあるので、コンピュータ間をチャンネル接続とした。これにより回線の論理多重化、ソフトウェアの一体化を行なう方式設計とした。

以上のようなコンピュータ間の接続形態上の特徴と自動給電システムを考慮して、各コンピュータ間のプロトコルを決定した。以下にプロトコルの採用理由について概説する。

4.1 CPU~RPU間のプロトコル

4.1.1 BSC1伝送制御手順の採用

(1) コンピュータの使用効率を上げるため、旧システムで採用していたポーリング/セレクション伝送方式をコンテンツン方式に変更した。

(2) IBM社コンピュータ~日立製作所コンピュータ間での標準手順として実績があること、また両コンピュータ間の伝送コード(EBCDIC)を統一化するため、BSC1の透過モードを採用した。

4.1.2 CPU~RPU間のプログラム起動伝送方式

CPU、RPU双方を1台のコンピュータとして、回線を意識することなく双方のプログラムを起動する方式を採用した。この方式では双方がデータ伝送する場合、電文中に宛先情報(To From)、起動プログラム情報、データ情報を付加して送受信する。この方式により、双方は指定されたプログラムを起動し、そのプログラムに必要なデータを渡し、処理結果を指定された機器に出力することができる。

伝送フォーマットは図4(b)に示すとおり、ヘッダ、データ及びエンドメッセージで構成されている。宛先コードは図5に示すとおり1台のコンピュータ構成のような体系をとっている。

4.2 RPU~系統、地方給電所間のプロトコル

4.2.1 RDT伝送制御手順の採用

電力系統階層制御システムに適用しているコンピュータは、制御用のミニコンピュータで、またメーカーも異なっているため、関西電力株式会社では、これらコンピュータ間のデータ伝送を標準化し、規格統一したコンテンツン方式を基本とするRDT(Random Digital Transmitter)方式を採用してきた。このためRPU~系統給電所、地方給電所間の接続に対してもRDT方式をサポートした。

4.2.2 RPU~系統給電所、地方給電所間の簡易パケット伝送方式

簡易パケット方式とは、階層制御システムでのメッセージ中継伝送方式である。階層を構成している各コンピュータは、メッセージを受信すると送信先を表わす「TO」コードを見て、自局宛のメッセージであれば自局で処理を行なう。他局宛であれば回線のルートテーブルを参照して送信すべき宛先

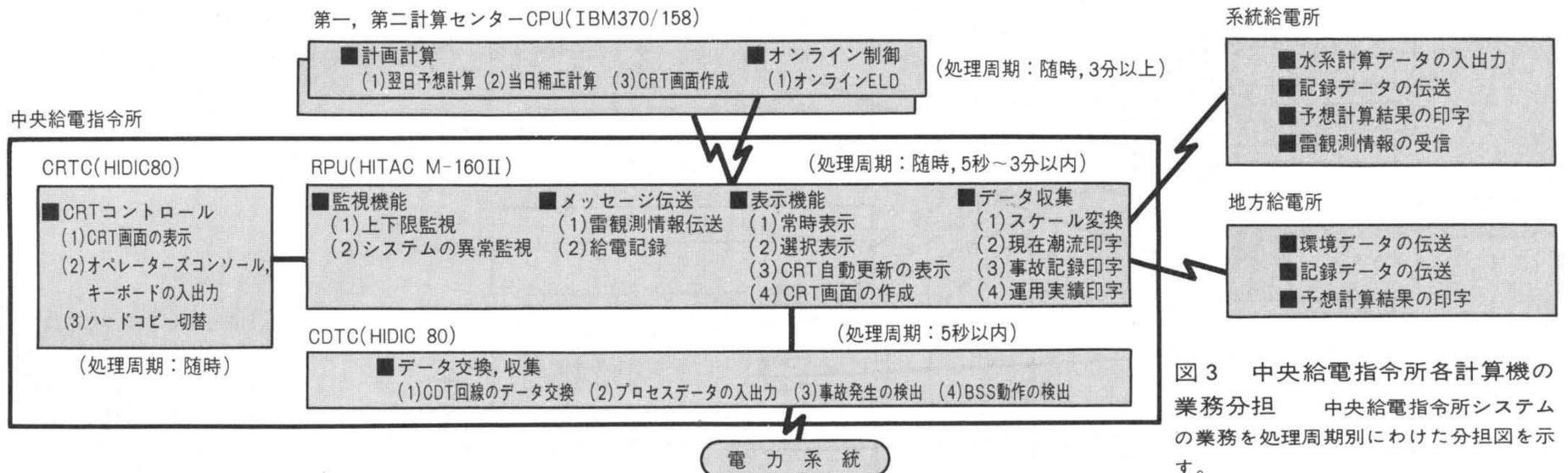


図3 中央給電指令所各計算機の業務分担 中央給電指令所システムの業務を処理周期別にわけた分担図を示す。

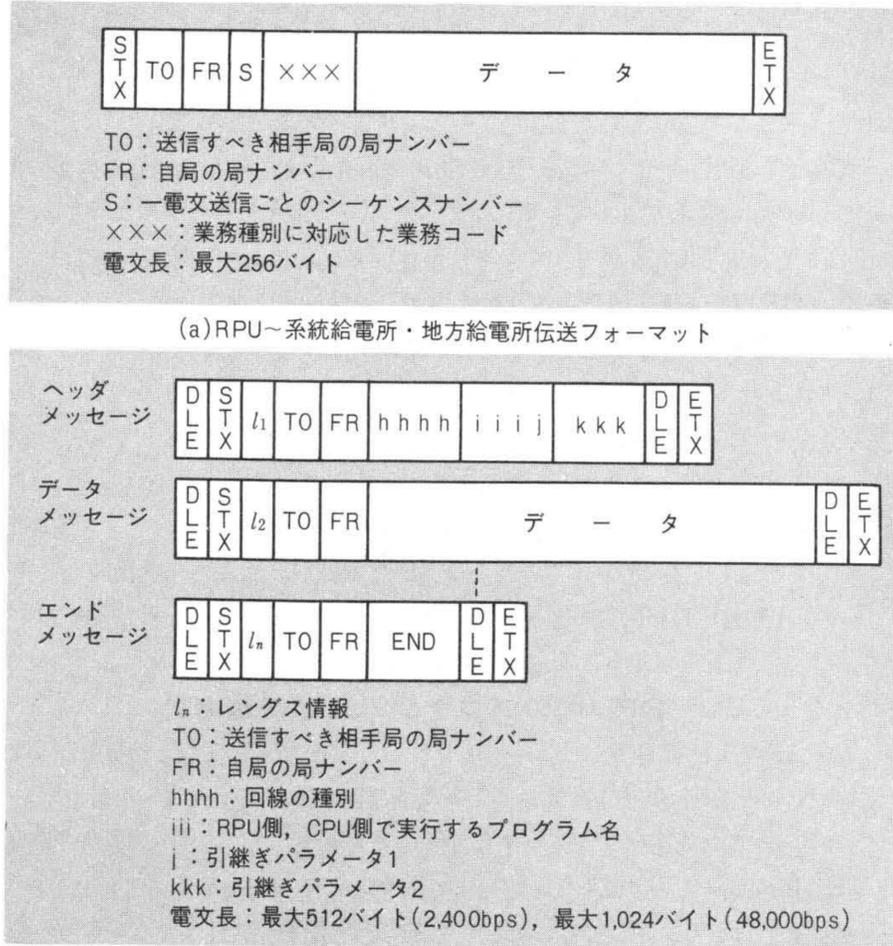


図4 RPU～系統給電所・地方給電所, RPU～CPU伝送フォーマット
HITAC M-160II 回線接続による2種類の伝送フォーマットを示す。

を決定し、その方向にメッセージを送信する。このようにして順次メッセージ伝送網を中継して最終的な送信先に送られる。図4(a)に伝送フォーマットを、図5に宛先コード体系を示す。

4.3 RPU～CRTC, CDTC間のプロトコル
4.3.1 論理多重プロトコルの採用

HITAC MシリーズとHIDIC 80との接続に際しては、今後の汎用コンピュータと制御用コンピュータの標準接続手順として論理多重プロトコルを開発した。関西電力株式会社の中央給電指令所システムでは、これらコンピュータ間をチャンネル接続とし、論理多重プロトコルを採用することにより、チャンネルという物理伝送路を意識することなく、目的とする複数の論理端末あるいは処理プログラムとそれぞれ独立に平

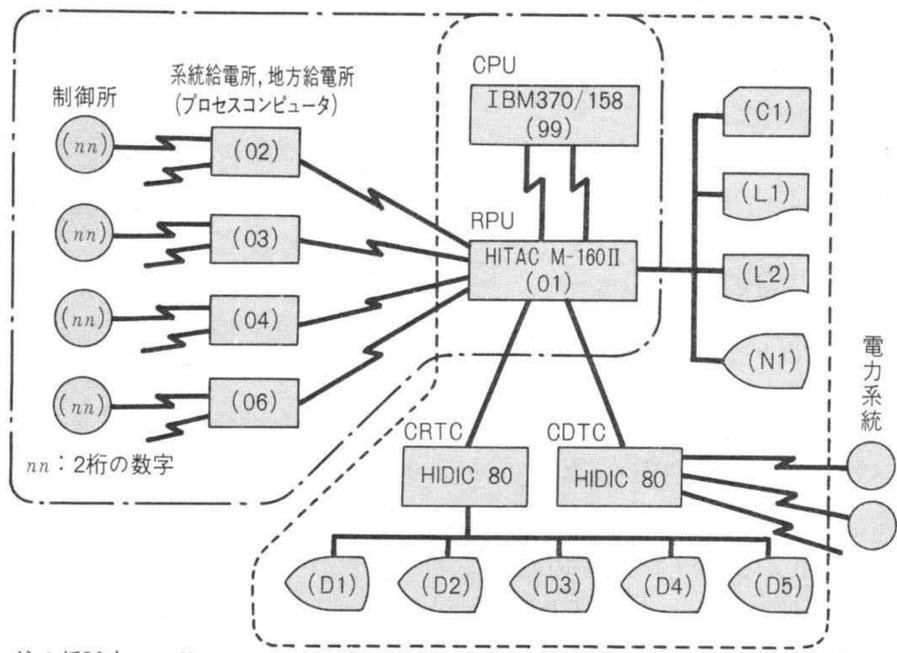


図5 コンピュータ間メッセージ中継宛先コード(TO・FR)体系図
コンピュータネットワーク間のメッセージ中継宛先コード体系として、2種類あることを示す。

行して交信することができる。この方式の採用に際して、将来VTAMへ移行しても、ユーザープログラムの変更が少なくなるように配慮している。

4.3.2 RPU～CDTC, CRTCの論理ユニット構成

図6にRPU～CDTC, CRTCの論理ユニット構成図を示す。CDTC, CRTCターミナルシステムは、論理ユニットとして論理端末と処理プログラムで構成され、RPU～論理ユニット間で相互に通信する。

(1) ホストシステムの論理構成概要

- (a) SSCP (構成制御プログラム)
ホストシステムとターミナルシステムとを結ぶネットワーク構成の制御を行なう。
- (b) P.LU (プライマリ論理ユニット)
P.LUはTCS (Transaction Control System) 内のプログラムでTCS下のユーザープログラムがターミナルシステムのS.LU (セカンダリ論理ユニット) と交信する際の窓口の役目を果たす。TCSはS.LUごとのタスクコントロールとターミナルへの送受信をコントロールする。

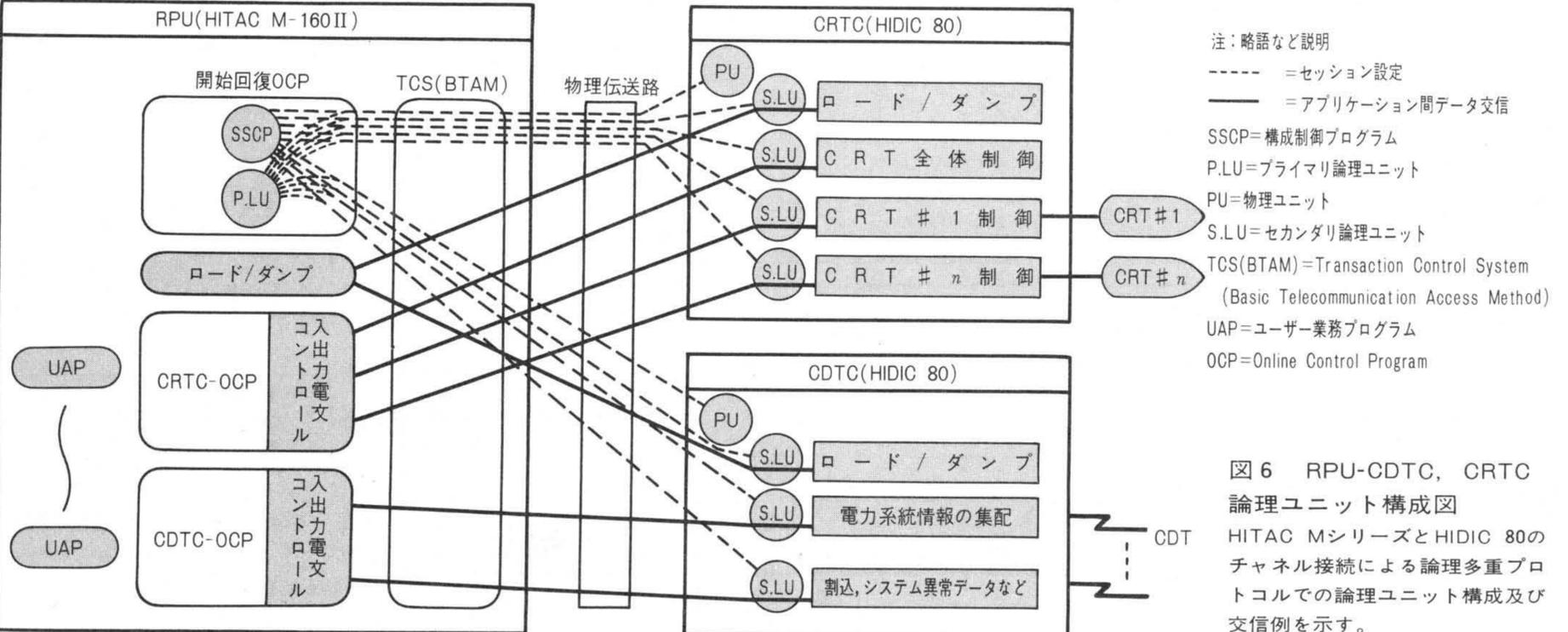


図6 RPU-CDTC, CRTC 論理ユニット構成図
HITAC MシリーズとHIDIC 80のチャンネル接続による論理多重プロトコルでの論理ユニット構成及び交信例を示す。

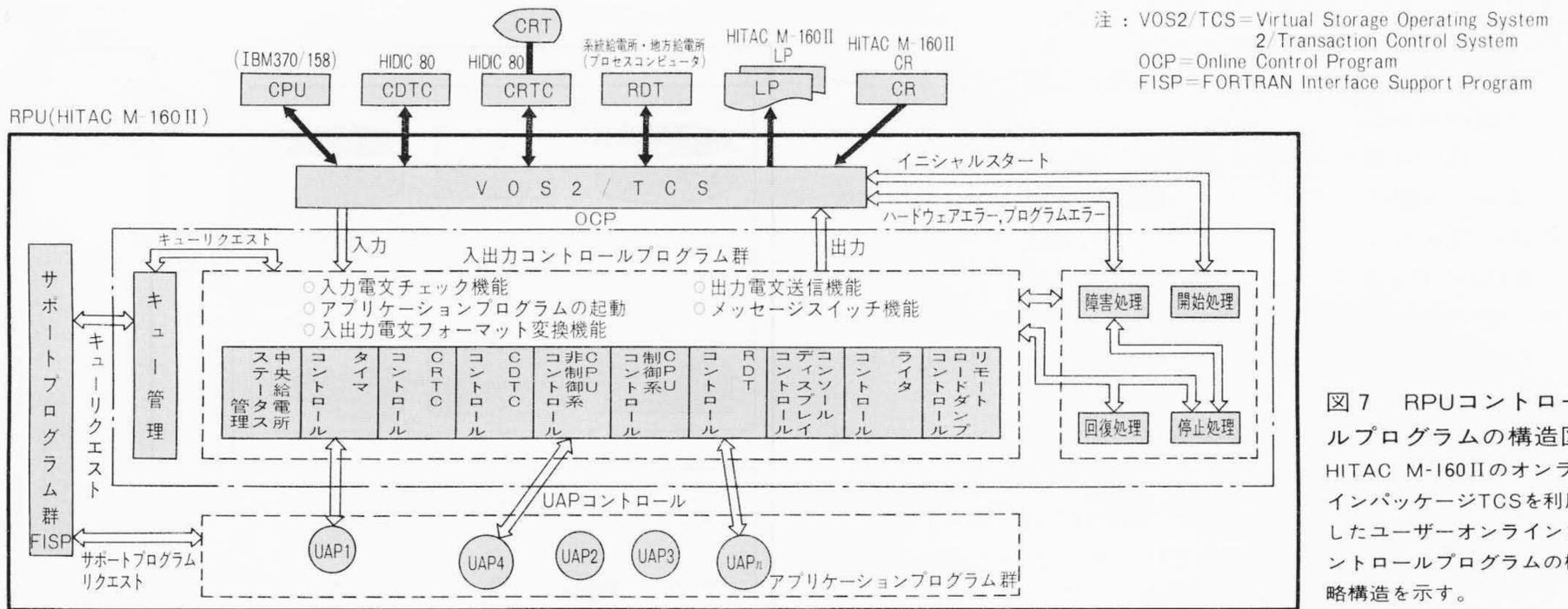


図7 RPUコントロールプログラムの構造図
HITAC M-160IIのオンラインパッケージTCSを利用したユーザーオンラインコントロールプログラムの概略構造を示す。

(2) ターミナルシステムの論理構成概要

ホストシステムは、ターミナルシステムの一つの物理ユニット(PU)と最大255までの論理ユニットと交信できる。

(a) PU (物理ユニット)

PUはターミナルシステムのハードウェアを代表し、ターミナル側の構成とホストシステムとの物理伝送路の管理を行なう。HIDIC 80ではOSの一部機能を表わす。

(b) S.LU (セカンダリ論理ユニット)

ターミナルの論理ユニットをS.LUという。S.LUは論理端末あるいは処理プログラムとして定義することができる。複数のS.LUはそれぞれ独立にホスト交信ができる。

5 中央給電指令所システムのソフトウェアの特徴

中央給電指令所システムのソフトウェア開発に際して、次に述べるようなことを基本方針として開発した。

- (1) 極力標準ソフトウェアを使用すること。
- (2) ユーザー業務プログラム(UAP)の保守、開発が容易であること。
- (3) ソフトウェアの処理方式を統一すること。

以上の方針に基づき、次にその特徴について述べる。

5.1 RPUコントロールプログラムの構造

中央給電指令所システムのトランザクションはすべてRPUを経由しており、RPUのコントロールプログラムは多様な入力先、多様な出力先をコントロールしなければならない。また、トランザクションの発生も、(1)随時発生形、(2)定時間間隔発生形、(3)定時刻発生形、(4)随時発生後定時間間隔発生形と多種類にわたっている。

このように中央給電指令所システムでのトランザクションの特徴は、メッセージスイッチ形の入出力処理が非常に多く、そのためトランザクションコントロール、フォーマット変換などの処理が複雑となる。

この複雑なコントロールを単純化するために、RPUコントロールプログラムの構造は図7に示すように、標準パッケージTCSのもとで動作し、入出力先別にコントロールプログラムを独立させる方式をとった。更に、各コントロールプログラムに、メッセージスイッチ、メッセージキューイング、フォーマット変換、タイマコントロールなど複雑な処理を吸収させUAP作成の容易化を図った。

5.2 CPU~RPU間のUAP起動方式

CPU~RPU間ではアプリケーションの性格により業務分

担が明確にされている。したがって、RPU, CPUのUAPは同一コンピュータ下のUAPを起動する必要がある。

今回のシステムでは、UAPの作成を容易にするために、図8に示すようにATTACHなど各種サポートプログラムを開発し、CPU~RPU間の距離をなくし、CPU, RPUがあたかも1台のコンピュータであるかのように処理できるUAP起動方式を採用した。

この方式の採用により、ユーザーがUAPを作成する場合CPU~RPU間のプロトコル、メッセージのキューイングなどの煩わしい処理を意識する必要がなくなった。

5.3 中央給電指令所システムのデータベース

中央給電指令所システムのデータベースは、図9に示すように電力系統情報をデータベース化したものであり、下記の媒体から構成されている。

(1) CDTCのメモリ

(a) オンライン入力データベース

CDT(Cyclic Digital Transmitter)やプロセス入出力(PI/O)装置を経由して送られてくる潮流、電圧などの受信データファイル

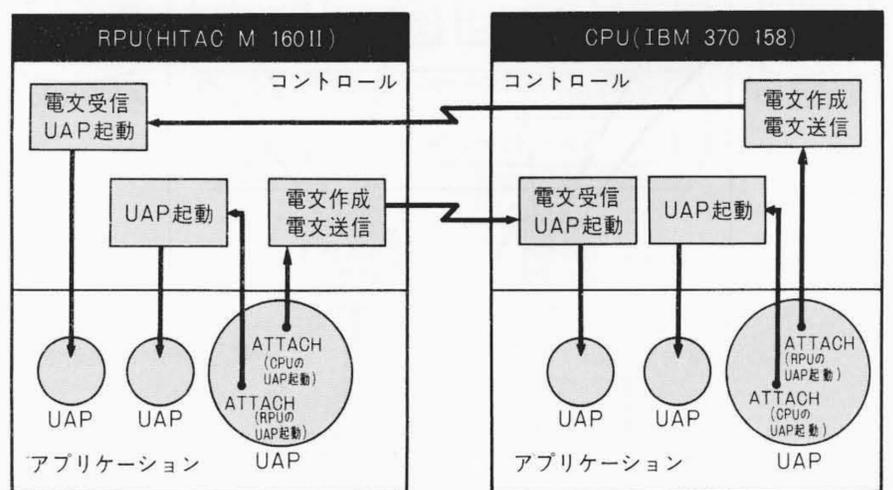
(b) オンライン出力データベース

CDTやPI/O装置を経由して送られる指令値などの送信データファイル

(2) RPUのバーチャルメモリ

(a) オンライン入力データベース

CDTCからRPUへ5秒ごとに送られてくるオンライン



注: UAP=ユーザー業務プログラム

図8 RPU~CPU間のUAP起動図 双方のコンピュータを意識することなく互いのプログラムを起動する関連を示す。

データをスケール変換したファイル

(b) オンライン出力データベース

CDTCメモリのデータベースと同じものであるが、スケール値が異なる。

(c) メモリ常駐データベース

スケール値テーブル、コード変換テーブルなど参照頻度の高いファイル

(3) RPUのディスク

(a) ディスク専用データベース

CRT画面やカードから投入されるデータを格納しておく参照頻度の低いファイル

このデータベースは中央給電指令所コンピュータ間共通のデータベースであり、各データベースはDDN (Data Definition Name) という単位で細分化されており、各DDNのデータの種類や存在場所などは、データベースサポートプログラムで一括管理されている。

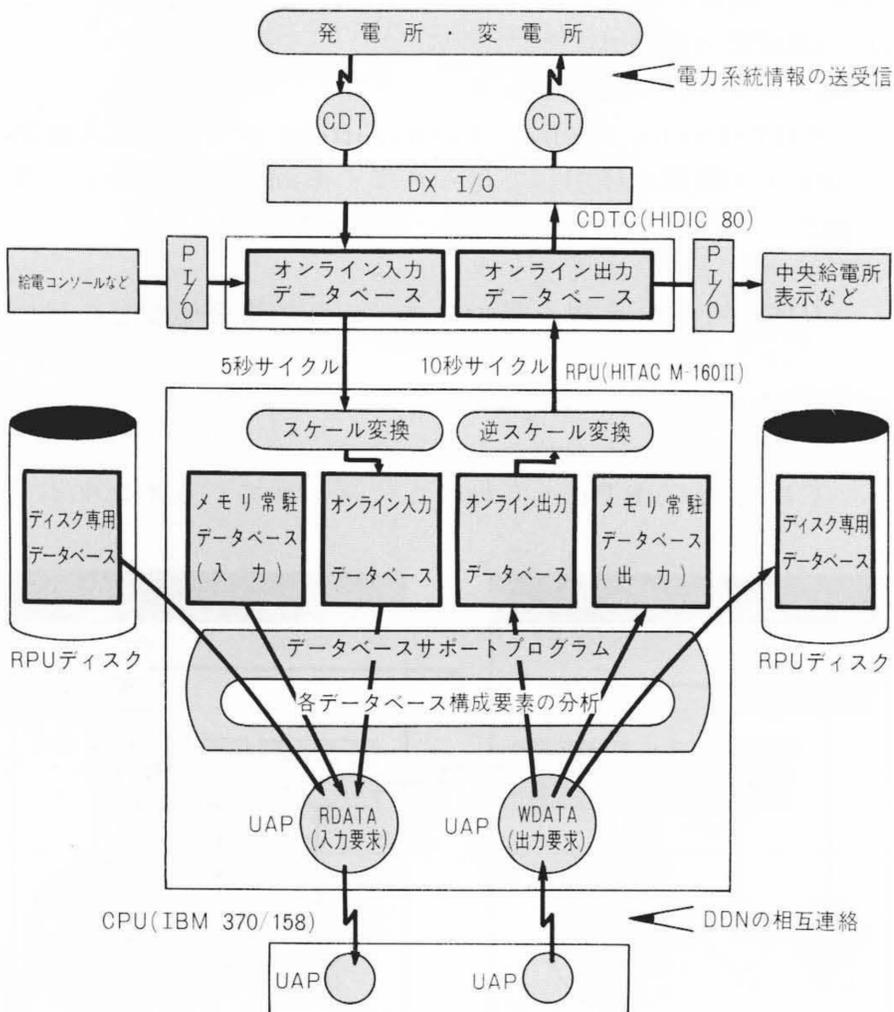
RPUのUAPがこのデータベースにアクセスする場合、RDATA (Read DATA), WDATA (Write DATA) で必要なDDNを指定することにより可能となり、また、CPUのUAPがアクセスする場合は、RPUと必要なDDNを相互連絡することにより可能となる。

したがって、中央給電指令所システムは、このデータベースにアクセスすることにより、階層制御システム相互間での電力系統情報の情報交換を容易に行なうことができる。

5.5 SSS システム

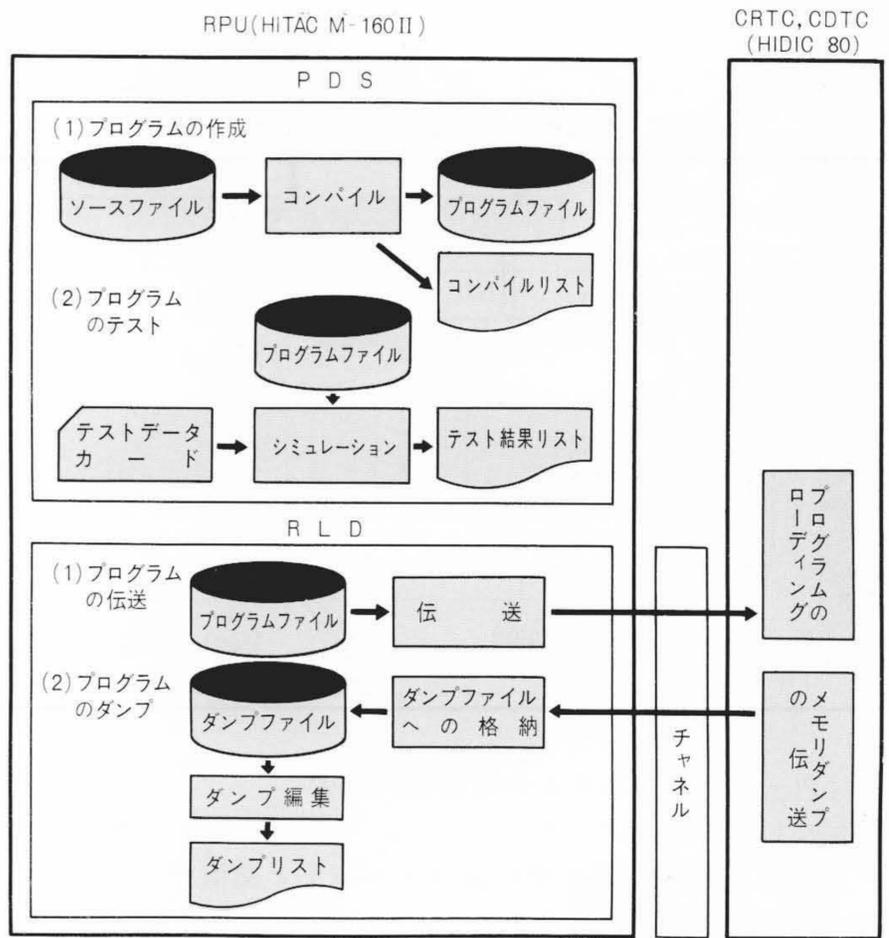
このシステムでは汎用コンピュータHITAC M-160 II (RPU) に制御用コンピュータHIDIC 80 (CDTC, CRTC) が接続されている。

旧システムでは、システムの追加、変更に伴う制御用コン



注：RDATA=Read DATA WDATA=Write DATA DDN=Data Definition Name UAP=ユーザー業務プログラム CDT=Cyclic Digital Transmitter

図9 中央給電指令所システムのデータベース構成図 中央給電指令所システムでの電力系統情報のデータベース構成を示す。



注：PDS=Program Debugging System RLD=Remote Load and Dump SSS=Subsystem Support Service

図10 SSS機能図 SSSのサブ機能であるPDS, RLDの処理フローを示す。

ピュータのプログラムの保守、開発を行なうためには、システムを長時間停止させねばならないということが大きな問題点であった。今回のシステムでは、HITAC MシリーズとHIDIC 80との標準パッケージとして、SSS (Subsystem Support Service) システムを開発し、HIDIC 80のプログラムの保守、開発がHITAC Mシリーズを使用して可能となった。

SSSシステムはPDS (Program Debugging System) とRLD (Remote Load and Dump) という二つの機能をもっている。図10に示すようにPDS機能により、HIDIC 80のプログラム作成、プログラムテストがHITAC Mシリーズで可能となり、RLD機能によりHITAC MシリーズからHIDIC 80へのプログラムのローディング、HITAC MシリーズでのHIDIC 80のメモリダンプが可能となる。

中央給電指令所システムではHITAC MシリーズのRPUでSSSシステムの機能を使用することにより、自動給電システムを停止させることなくCRTC, CDTCのプログラム開発が可能となった。

6 結 言

以上、今回の中央給電指令所システムの開発では、電力需給制御機能、監視制御機能のレベルアップと同時に、ソフトウェアの一新と各コンピュータ間の業務分担の再調整とを行ない、今後の電力運用業務の拡張性、保守性に対応できるようにした。今後、今回開発した中央給電指令所システムを慎重に評価するとともに、将来拡張する業務の機能内容などについて検討していきたい。

終わりに、中央給電指令所システムの開発に際し、関西電力株式会社情報システム部及び系統運用部並びに日立製作所関係工場及び研究所各位の御指導と御協力に対し厚く御礼申しあげる。