

解説

電子交換用サポートシステム*

加久間 勝**

1. まえがき

ストアドプログラム制御方式の電子交換機は、汎用情報処理システムと類似の中央処理装置を用い、プログラムの指示により交換動作を行なう交換機であるから¹⁾²⁾、交換用プログラムの作成手法は商用電子計算機の場合と大差はない。しかし大局用電話交換機の交換プログラムは約 250 K 語の大規模なものであり、開発工期を短縮するために多人数で分割して作成するから、プログラムの分割・結合・編集機能など、プログラムの作成を容易にする機能をより強化する必要がある。またデータ交換、移動通信用交換など、今後新規に開発すべきプログラム量が多く、かつソフトウェア要員の人件費の昂騰に対処するために、プログラム作成の生産性を向上するサポートプログラムの充実が要求される。

電子交換機は多数の電話局（将来は 1,000 局以上と予想される）に導入されるため、経済性に対する要求が厳しい。そこで機械語レベルでのプログラムのスタティック・ダイナミックステップ数を出来る限り減少させ、メモリ量の削減と処理能力の向上をはかるとともに、電話交換サービスを提供する上で不必要なハードウェアはすべて除去して装置価格を減少している。それ故、交換プログラムの言語翻訳、結合編集などの処理はすべてオフラインで行ない、交換機の運転に直接必要な機械語のプログラムファイル（局ファイルと称す）のみを交換機にロードする方法を採用している。電子交換機の大量導入にともなって、各電話局の局ファイルを作成し供給するソフトウェアセンタの業務が急増し、これらの処理を合理化するためのサポートシステムの充実が重要となってくる。

本解説では、交換プログラム作成の生産性向上と局ファイル作成業務の合理化を狙いとして実用化した交換用サポートシステムの概要とその技術を紹介する。

なおこの他に論理設計の自動化システム (DA)、装置試験プログラム、シミュレータなどハードウェアの製造・保守用のサポートシステムがあるが、ここではソフトウェアを対象としたサポートシステムに限定しこれらについては述べない。

2. サポート用マシンとオペレーティングシステム

2.1 ハードウェアの選定

交換用サポートシステムとしては、作成されるプログラムが交換機としての限られた機能を実現するためのものであって、汎用情報処理システムのように、科学技術計算から事務計算にいたるあらゆる広い分野のプログラムを、一般利用者が作成するという条件まで含めて考える必要はない。

交換プログラムは、サービス機能に関する設計条件が複雑なうえに、同じプログラムを多数の電話局で使用するので、メモリ量が少なく処理能力が大きくなるように設計される。したがってプログラムは全体として密接に関連した構造となっているので、これを処理するオフラインシステムとしては、

- (1) 作成すべきプログラムの規模が大きいこと。
- (2) モジュール（分割作成の単位）を大きくとることができ、またモジュール相互を結合するための多数の情報を処理しうること。
- (3) データの記述としては、メモリ節減のためのビット単位での表現および特殊なデータに適した表現が可能であること。

などの要求に対処せねばならない。しかし電子交換機の実用化を開始した頃の電子計算機は、まだ第 2 世代のものであり、当時の商用電子計算機のオペレーティングシステムでは、これらの要求を達成することが困難と想定されたので、交換サポート用として専用のシステムを開発することが必要となった³⁾。

電子交換機の研究実用化は昭和 38 年から開始されたが、研究所での実用化段階では、ハードウェアに商用電子計算機 HITAC-5020 を、モニタに HIJOB を

* Support Systems for Electronic Switching System, by Masaru KAKUMA (Musasino Electric Communication Lab. of NTT)

** 日本電信電話公社 武蔵野電気通信研究所

使用した専用のシステムプログラム SPF (アセンブラ、リンケージエディタ、ユーティリティなどで構成)を開発して、サポート業務用に使用してきた⁴⁾。

しかし電子交換機の商用化の段階でサポートシステムの再検討を行なったところ、

- (1) 商用電子計算機の方式寿命が交換機よりも短いため、商用電子計算機のオペレーティングシステムの更改にともない、交換専用のシステムプログラムの作り直しや応用プログラムの手直しが必要になる。
- (2) 交換機の年経費が安いので、この処理系を使用すると、価格対性能比の優れたサポートシステムが期待できる。
- (3) 電話局とソフトウェアセンタの保守・運用要員を共通化するために、交換機とサポートマシンのハードウェアと言語を同じにすることが望ましい。

ことから、ハードウェアに D 10 形電子交換機の中央処理系および入出力系を使用し、ソフトウェアとして新に専用のオペレーティングシステム (D 181 OS) を実用化することとした⁵⁾。

このハードウェア構成を 図-1 に示す。中央制御装置、一時記憶装置 (コアメモリ)、チャンネル装置、磁気ドラム装置、タイプライタは、D 10 形電子交換機の装置をそのまま使用し、ラインプリンタ、磁気テープ装置などの入出力装置は、サポートシステムとしての処理速度を向上するために商用電子計算機用の高速のものを使用している。諸外国では、電子交換機用サポートマシンに商用電子計算機を使用しているが、交換機のハードウェアを使用したのは、わが国独自のシステムであり、研究所のソフトウェアセンタならびに電電会社の四谷局などのソフトウェアセンタに設置し、センタ用標準システムとして活用されている。

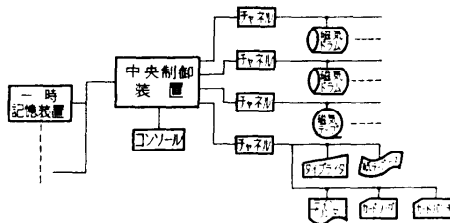


図-1 ハードウェア構成

2.2 D 181 オペレーティングシステム

D 181 OS は待合せが許される業務を対象とするので、システムの処理量を大きくできるバッチ処理方式とした。またシステム全体の処理能力をあげ、同時にシステムの運用に携わるオペレータの負担を減少し、システムの操作性を向上するために、ジョブに対するリソースの自動割当、エラーとなったジョブの自動打切り機能をもつジョブ連続マルチ処理方式を採用した。

大容量、ランダムアクセスの交換用磁気ドラム装置を、プログラムライブラリおよびバッファ領域用の外部記憶に利用して、プログラムおよびデータの呼び出しを高速化し、またユーザプログラムに対する磁気ドラムの分割割当てを行なって多重ジョブ処理を可能にしている。また交換機用チャンネル装置に汎用インタフェースを採用した利点を活かして、各種入出力装置の制御方法を統一した。

言語処理の面では、メモリ所要量とダイナミックステップの点で有利なアセンブラ言語を主体とし、マクロ記述を併用する機能およびシステムジェネレーションのために、アセンブル時に条件によってプログラムの展開制御を行なう条件付アセンブリ機能をもせた、交換プログラムの作成効率を上げることに役立っている。また FORTRAN などの汎用コンパイラ言語はこのシステムの目的から不要であるが、メモリ量、処理能力の制限が厳しくないサポートプログラムの作成効率を上げるために、システム記述用として電電公社で開発した PL/I のサブセットである SYSL コンパイラを準備している⁶⁾。

プログラム作成を容易にするために、プログラムの分割作成機能や結合編集機能を強化し、またファイル管理を容易にするために、言語処理上ソースモジュール (SM)、オブジェクトモジュール (OM)、ロードモジュール (LM) の 3 単位に分離した標準ライブラリ形式を採用し、複数の LM、OM を結合して新 LM を作成する機能を有している。

一方、プログラムのデバッグならびに修正を容易にする機能として、アセンブラ語のソースプログラムと交換機が実行可能な機械語プログラムとの SL 対照リストの作成機能や、プログラムとの外部名、フィールド名、ユニット番号などの定義箇所、参照箇所を検索してプリントするラベル情報検索機能などを有するほか、商用電子計算機のユーティリティプログラムと類似の機能をほとんど付加し、サービスプログラムを充実させている。

3. 局ファイル作成システム

3.1 交換プログラムの構成

電話局の規模や中継方式は局ごとに異なり、また同一の局でも、電話需要の増加による加入者端子の増設や、トラヒック増による中継線の増設などで、局状は年々変化する。電子交換機ではこれらの変化に対処するために、プログラムをどの電話局でも共通な部分（システム部）と、局状により変化する部分（局データ部）および加入者の条件を示す部分（加入者データ部）に分離した図-2の構成を採用している。

システム部は交換動作を指示するプログラムの本体部分であり、適用する交換機種（例えば市内交換機、市外交換機など）により数種類のものがあるが、同一の機種の局では共通で局状により変化しない。

局データ部は、対地別課金指数、装置の実装状態、中継線の接続ルート、信号方式などを示すもので、局ごとに異なり、それぞれ個別に設計する必要がある。前者のファイルをシステムファイル、後者を局データファイル、この両者を結合したものを局ファイルと称す。

加入者データ部は、加入者の交換機での収容位置、新サービス種別、単独・代表などの加入者クラスなどを示すデータであって、電話局で加入者の移動があった都度、タイプライタから投入される。システム部、局データ部、加入者データ部を結合したものを運転ファイルと呼び、この状態で初めて交換動作が行なえる。

電子交換機がサービスを開始するためには、交換機のハードウェアを設置するとともに、ソフトウェア（局ファイル）を作成し供給する必要がある。システムファイルは原本ファイルのコピーをとればよいが、局データファイルは電話局ごとに作成するので、電子交換機の円滑な導入をはかるためには、局データ作成の能率化が重要な課題である。局ファイルはソフトウェ

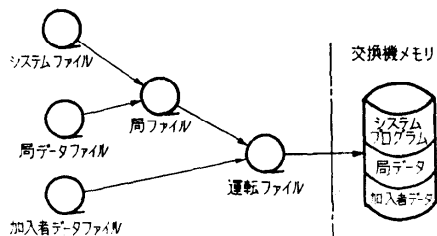


図-2 ファイルの種類

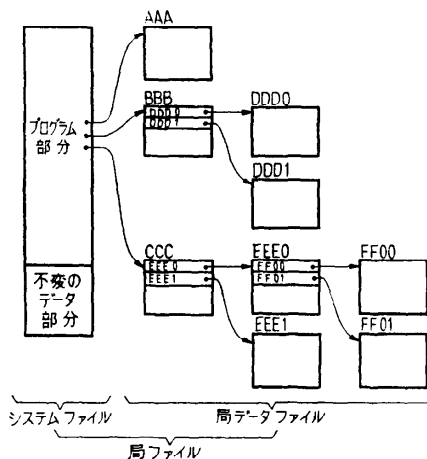


図-3 局データのトリート構造

アセンタで一括して作成し、各電話局に供給する体制を、電電公社では採用している。

3.2 局データ作成の自動化

3.2.1 局データの構造

局データは図-3に示すトリート構造形式を採用している。その理由は下記による。

- (1) テーブル索引処理を単純化できる。
- (2) 1次テーブルは各局共通の番地に設定することにより、局データを参照する命令を各局同一にでき、システムプログラム部との完全共通化がはかれる。
- (3) 局状により大きく変動する2次以降のテーブルを局別に個別実装することにより、メモリの有効利用がはかれる。

3.2.2 局データ作成プログラム

局データは0/1の情報の機械語形式で交換機にロードされる。電子交換機の実用化時代には、装置の状況を示す施設設計図面からプログラムの専門家が、直接人手で交換機のメモリ上の配置を、アセンブラ語の形式で記述し、アセンブルして機械語形式に変換した。

しかしこの方法では、局当たり数十Kステップもの大量の局データ作成に当り、局データの構造および値の設定条件が著しく複雑なため、莫大な作成工数を要し、かつ人為的な誤りが多数発生した。また商用段階では、交換プログラムの知識がなくても局データの作成が行なえるようにする必要がある。そこで、局データの作成を容易にし、大幅な省力化を目的として局データ作成プログラム（Office data generating pro-

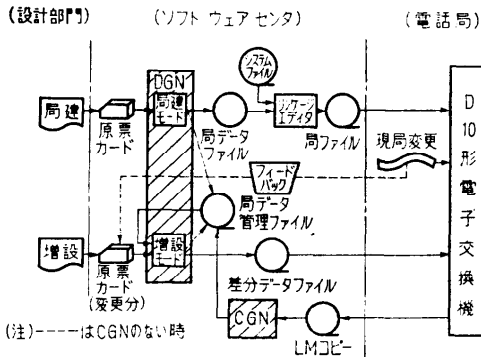


図-4 局ファイル作成システムの構成

gram: DGN) を実用化した⁷⁾。

局建設時の局ファイル作成は、図-4に示す手順で行なわれる。施設設計の結果から与えられた金物構成、接続構成、中継ルートなどの局条件を、人手により表形式の判り易いフォーマットに所要事項を英数字で記入した入力原票を作成してカードにパンチする。この原票（カード）を入力して、DGNで機械語形式の局データファイルと局データ管理ファイル（後述する）を出力する。この局データファイルとシステムファイルをリンケージエディタで結合して絶対番地を付与し、電話局のメモリ上で走行可能な局ファイル（ロードモジュール）とする⁸⁾。

3.3 電子交換機の増設

電子交換機を増設するには、ハードウェアの増設とともに、ソフトウェア（局データ）の内容の更新を必要とする。一般にソフトウェアの内容を更新すると、ハードウェア・ソフトウェアとも初期設定しなおしてから立上げる必要があり、この間マシンの処理サービスが停止する。

交換機は24時間連続運転し、瞬時も運用サービスを停止することが許されないので、局データの更新に際しては、既存加入者にサービス中断などの悪影響を与えず、また更新時に障害が発生してもシステムダウンに至らず更新前の旧システムの状態にもどって運転できる技術が必要である。

稼動中の交換機の呼処理を完全に連続化するために、既存のテーブルは増設前と同一番地に、新設のテーブルは未使用エリアに割付け、かつ変更および新設された語のみを瞬時に書替える方法、すなわち増設前後の局データの差分のみを追加する差分局データ増設方式を考案した。また局データの更新時には、2重化された磁気ドラム装置の片系のみを書替え、正常性を

確認してから両系を書換える方法を用い、異常時に旧状態にもどれることを保証している。この方式による増設を昭和48年4月に仙台局で行ない、安定に移行し得ることを確認して、標準増設方法を確立した。

交換機の増設には、ネットワーク増設など、ハードウェアの追加をとまなう大規模なもの他に、トランクの増減、ルート変更、信号方式の変更など、ソフトウェアの更新のみを必要とするものがある。これを現局変更と称し、即応性の点から現局のタイプライタから直接局データの変更を可能にしている。

3.4 増設用局データの作成

差分局データの作成法を図-4に示す。すなわち増設前の原票内容、テーブル配置情報、局データファイル内容を記録した局データ管理ファイルと、前節で述べた現局変更の情報、並びに新增設による変更分の原票カードをDGNに入力する。DGNでは既存テーブルと照合して、変更および新設語のアドレスとデータを編集し、差分局データファイルとして出力する。この方法では、局データの現状を正確に引継いでおく必要がある。しかし、現局変更がしばしば行なわれるのでソフトウェアセンターで局データの内容を正確に維持管理することは相当困難である。そこで、局条件再生プログラム(Office condition regenerating program: CGN)を実用化し、運転中の交換機の機械語形式の局データを読み出し、CGNで原票イメージに変換し、これをDGNに入力する方法を用いている。

3.5 局条件再生プログラム(CGN)

機械語のロードモジュールを記号語のソースモジュールに変換することは、変換情報が不足するために一般に不可能である。しかし局データの場合には、

- (1) 局データはトリー構造をしており、子テーブルへのリンクは、親テーブルのアドレス部分に設定されている。
- (2) 親テーブルの並び順はシステムにより固定である。
- (3) 親テーブル、子テーブルのメモリ割付け条件は、システムにより固定である。

などの性質を利用することにより、局データからすべて原票に一義的に再生することが可能である⁹⁾。

3.6 融通性のある構成

電子交換機は大局用電話交換機、中小局用電話交換機、データ交換機など種々な交換方式が実用化されており、方式ごとに局データの構造が異なっている。それ故DGN、CGNは交換方式ごとに開発する必要が

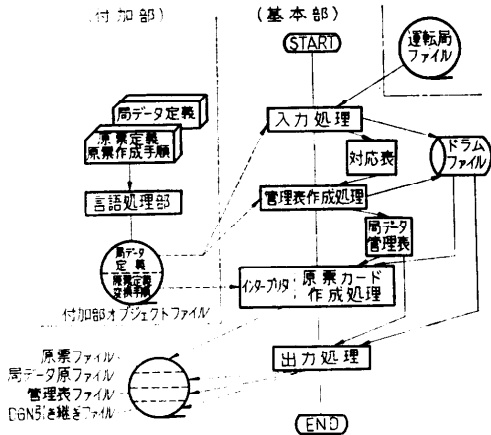


図-5 CGNプログラム構成

ある。しかし原票から局データ、あるいは局データから原票への変換する処理のアルゴリズムはすべて共通に出来るから、例えば図-5のCGNのプログラム構成の如く、変換処理を行なう部分（基本部）と外部条件（原票形式や局データ仕様など）を規定する部分（付加部）に分け、基本部が付加部の情報を参照しながら原票一局データ間の変換を行なう方式を開発した。その結果、交換方式の相違は付加部の定義情報のみを作成することで対処できる融通性のある構造となり、プログラム開発費の効率化がはかられた。なお付加部の定義情報の記述には高水準言語を用い、作成を容易にして開発工数の削減をはかっている。

4. パッチエディットシステム (PES)

交換プログラムの検証は、実際に交換機を動作させてプログラムの機能の正常性を確認する所謂オンラインデバッグにより行なわれる。プログラムの誤り（バグ）を発見すると、商用電子計算機の場合には、一般にソースプログラムを修正し、再アSEMBル（または再コンパイル）する方法が採用されている。

しかし電子交換機ではバグを発見すると、交換機にロードされているロードモジュールを機械語で仮修正（パッチと称す）し、修正結果が正しいかどうかを交換機の動作で確認する。次でパッチで検証された修正情報を、人手でアSEMBラ語に変換して原本であるソースプログラムを正式に修正（エディットと称す）する。

電子交換機では、アSEMBルをオフラインで、しかも地理的に離れたソフトウェアセンタで行なうこと、およびプログラムが大規模でアSEMBルに多大の工数

と時間を要することから、プログラムの修正はパッチをベースとして行ない、多数のパッチがたまってから一度にまとめてエディットする方法を採用している。

パッチによる修正では、2進数の機械語を使うため判りにくいこと、またエディットでは人手で機械語をアSEMBラ語に変換するため、変換時に誤りが発生しがちで、パッチとエディットの修正結果が一致しない難点があった。

そこでプログラムの修正を容易にし、かつ正確に行なう方法として図-6（次頁参照）に示すパッチエディットシステムを実用化した¹⁰。その概要を以下に示す。

- (1) 記述がアSEMBラ言語とほぼ類似するが、パッチアドレスと内外部名を、(セクション名+相対アドレス)で表示する PES 言語で、バグの修正情報を記述する。
- (2) パッチ処理ルーチンで、このパッチテープの PES 言語を機械語に翻訳するとともに、パッチエリヤの自動管理を行なう。
- (3) パッチエディット変換ルーチンで、パッチテープの PES 言語をアSEMBラ語のエディットカードに変換する。
- (4) 変換補助情報索出ルーチンでは、機械語のアドレスとこれに対応するソースプログラム上のアドレスとの照合・確認に使用する補助情報を、アSEMBル時の出力リストから抽出して磁気テープに出力している。

PES は交換プログラムを開発する部門が、オンラインデバッグの時に使用するサポートツールであって、パッチ変換は電話局の交換機で、またエディット変換はソフトウェアセンタのサポート用マシンを用いて行なわれる。

5. フローチャートの自動作成

プログラムの作成および保守において、各種のドキュメントは重要な役割を果している。このうち特に詳細フローチャートは量が多く、かつプログラムの更新の都度、正確に修正する必要がある、これを人手で行なっていたため、多くの工数を要した正確な内容の維持管理は相当困難であった。

この解決策として、ソースプログラムを入力して電子計算機で詳細フローチャートを自動作成する方法があり、商用電子計算機ではかなり普及している。電子交換機用に実用化したものも、原理は殆んど同じであるから、詳細な解説は止め、従来のものと相違する点

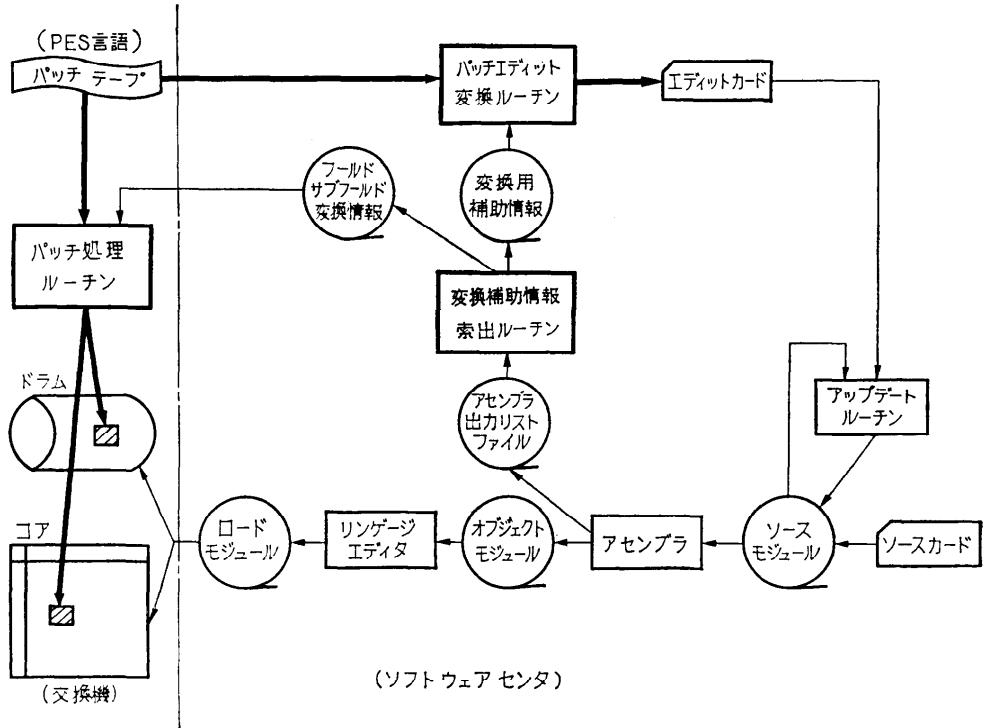


図-6 パッチディットシステムの構成

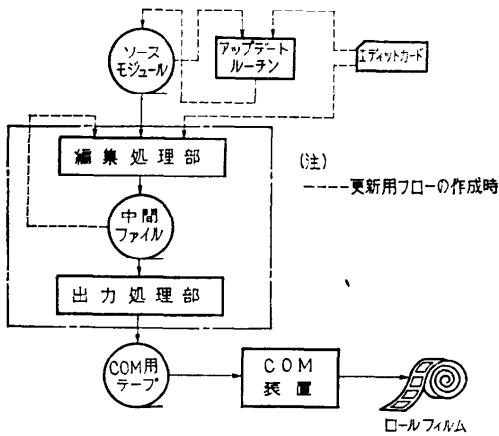


図-7 フローチャート作成の自動化

のみにして述べる。

まず、入力したソースプログラムの全てのフローチャートを自動作成する一般的な機能以外に、そのプログラムの中で更新された部分に対応する頁のみ修正して出力するフローチャートの更新機能を有している。この処理概要は図-7 に示す如く、更新後のソースプロ

グラムと修正箇所の更新情報（エディットカード）および更新前の配置情報（中間ファイル）を入力し、編集処理部で更新前後の状態を照合して、変更部分のみを作画出力する方法を用いている。

第2は出力装置に COM (Computer Output Microfilm) を用いたことである。従来はラインプリンタや XY プロッタが主力であったが、作画品質が良く高速で経済的な COM 装置を採用し、大量のフローチャートを短時間に作成することを可能にしている。

7. あとがき

交換プログラムの作成を容易にし、また、交換機の局ファイルの作成を能率化するために、各種のサポートシステムを開発したが、今後の電子交換機の大量導入を円滑に進める上からも、なお一層充実させることが必要である。今後開発すべき事項として

- (1) 交換プログラムを判り易くし開発工数の削減をはかるための、PL/I をベース言語とする新しい交換手続き向き高水準言語 DPL (DEX Programming Language)¹²⁾
- (2) 交換プログラムのマザーファイルから、目的

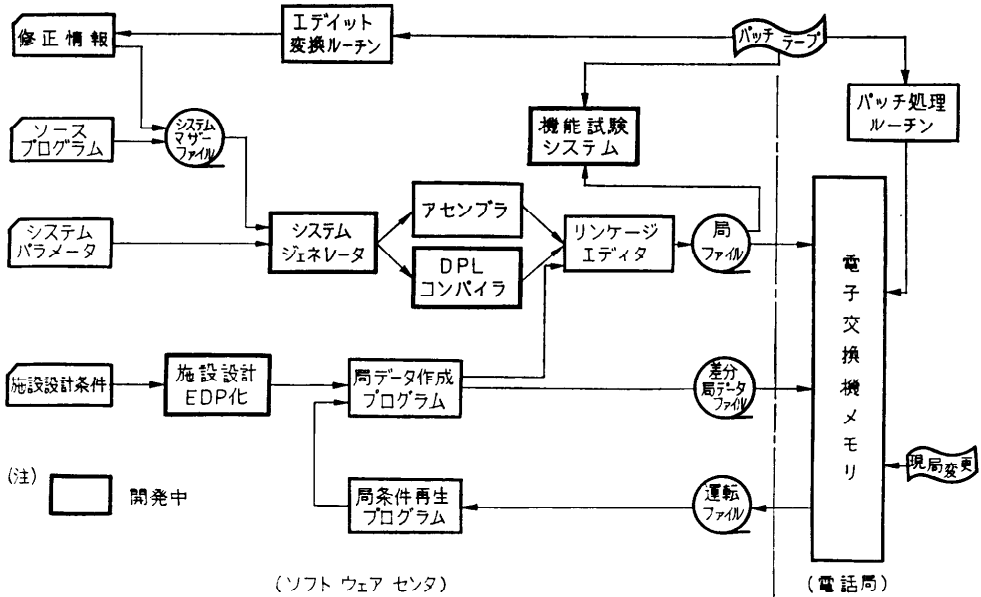


図-8 将来のソフトウェアセンタシステムの構成

局の局パラメータを指定して、目的局のシステムファイルを自動的に切り出すためのシステムジェネレータ¹³⁾

- (3) 交換プログラムの機能確認、高負荷時の動作正常性の確認を目的として、オフラインで周辺系シミュレータを用いる交換機機能試験システム¹⁴⁾
- (4) 交換機の施設設計の合理化と、局データ作成プログラムの原票作成の正確化をはかるための、施設設計 EDP 化システム¹⁵⁾

があり、これらが完成した時のソフトウェアセンタシステムの構想は、図-8 の如く想定される。

参考文献

- 1) J. A. Harr et al: Organization of the No. 1 ESS stored program, BSTJ (The Bell System Technical Journal) Vol. 43, No. 5, Part 1, pp. 1923, (1964).
- 2) 高原他: DEX-21 電子交換方式, 研究実用化報告, Vol. 20, No. 3, pp. 549, (1971).
- 3) 高島: DEX-1 号機のシステムプログラム, 研究実用化報告, Vol. 16, No. 11, pp. 2365, (1967).
- 4) 高村他: DEX-2 号交換機のオフラインシステムプログラム, 研究実用化報告, Vol. 18, No. 10, pp. 2793, (1969).
- 5) 水戸他: 電子交換用プログラムのサポートシステム, 研究実用化報告, Vol. 20, No. 3, pp. 667,

(1971).

- 6) N. Terashima: SYSL-System Description Language, ACM SYGPLAN, Vol. 9, No. 11, (1974).
- 7) 吉村他: 電子交換機局データ作成方式, 研究実用化報告, Vol. 23, No. 1, pp. 125, (1974).
- 8) M. Mito et al: Support Programs for Electronic Switching System, I. S. S. (International Switching Symposium Record), pp. 155, (1972).
- 9) 田中他: 電子交換局条件再生方式, 電子通信学会交換研究会資料, SE 74-23, 1974 年 8 月.
- 10) 渡辺他: プログラム修正自動化の一手法, 電子通信学会全国大会, No. 1718, 昭和 49 年 7 月.
- 11) 松浦他: 電子交換用フローチャート作成の自動化における作図制御について, 電子通信学会全国大会, No. 1963, 昭和 49 年 7 月.
- 12) 工藤他: 交換プログラムのデータ操作に適合した高水準言語の構想, 電子通信学会全国大会, No. 1962, 49 年 7 月.
- 13) H. Kawashima et al: Switching Program System Generation. ISS (International Switching Symposium), 1972, Boston, IEEE, pp. 146.
- 14) 伊藤他: 電子交換機基本機能試験システムの概要, 電子通信学会全国大会, No. 1946, 昭和 49 年 7 月.
- 15) T. E. Longden: The Application of Computers to Exchange Planning Dimensioning and Specification, ISS, 1974.

(昭和 49 年 11 月 7 日受付)