

# プログラマブルコントローラシステムのソフトウェア生産技術

紙本 博史(かみもと ひろし)

乳井 直樹(にゅうい なおき)

吉田 裕(よしだ ゆたか)

## ① まえがき

最初のプログラマブルコントローラ（以下、PCと略す）ともいべき可変プログラムシーケンス制御装置が米国で開発されてまだ20年に満たないが、現在PCは、シーケンス制御機能だけでなく、数値演算、調節制御、位置決め制御、データ操作などの制御機能、及びネットワークや分散制御を構築する高速伝送機能、並びに監視・操作システムへの適用を可能としたマンマシンインタフェース機能などの充実により、生産分野並びにサービス分野の合理化、自動化の要求仕様のほとんどに対して最適な制御システムを提供できるようになっている。

更に、現場でのプログラミングやデバッグを容易とする可搬式プログラミングデバッグ装置 PADT (Programming and Debugging Tool) の機能充実が PC を身近で使いやすいものとしている。

このように PC は、メーカーにとってもユーザーにとっても身近で便利な制御装置であり、スタンドアロンとしても、あるいはハイラーキー分散制御システムにおける直接制御レベルの制御装置としても不可欠なものとなり、今後も需要は、ますます増大して行くものと思われる。

一方、これに搭載するアプリケーションソフトウェアの量は、要求機能の高度化と複雑化、並びに PC 演算速度の高

速化とメモリの低価格化などのため、ハードウェアの量的増大以上に急速な増大をきたしてきている<sup>(1)</sup>。

したがって、このソフトウェアをいかに効率良く、そして間違いなく、しかも人的要因によるばらつきをできるだけなくして生産するか、特に急増するソフトウェア人口に関連して、未熟練者の能力をいかにして熟練者と同じレベルへ上げるかが問題となってきている。

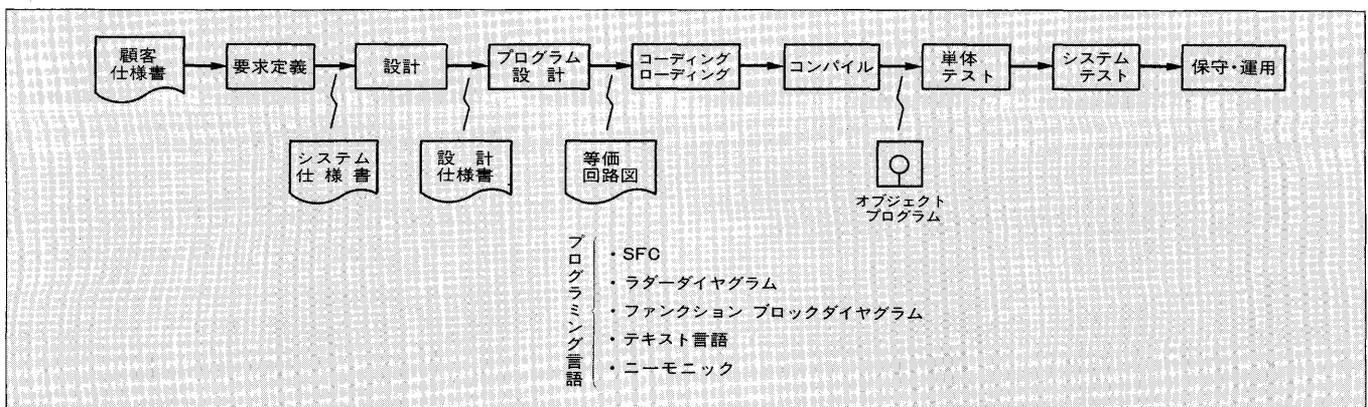
本稿では、このような背景を踏まえて、主としてプラント制御用 PC について、ソフトウェア生産性向上と品質向上策、及び AI 導入により問題解決を図った富士電機のソフトウェア生産支援システムについて述べる。

## ② ソフトウェアの生産性向上と品質向上

PC はリレー制御盤の代替を目的に誕生したが、マイクロプロセッサの導入などにより、機能の高度化と適用の拡大が進み、そのソフトウェア開発環境は、コンピュータに近づきつつある。図1はPCのソフトウェア開発工程を表したもので、基本的にはコンピュータと同じであるが、従来の展開接続図による表現を強く意識した各種プログラミング言語が用いられており、PCが直接制御レベルのコントローラという特殊性を表している。

以下に PC のソフトウェア生産性向上と品質向上の主な

図1 PCのソフトウェア開発環境



### 紙本 博史

昭和47年入社。主として産業向けプラント品制御システムの企画・設計に従事。現在、総合技術第二部技術室課長補佐。



### 乳井 直樹

昭和54年入社。主として産業向けプラント品の制御システム設計に従事。現在、総合技術第二部第一システム技術部。



### 吉田 裕

昭和50年入社。プログラマブルコントローラの企画・開発に従事。現在、富士ファコム制御(株)第一技術部課長補佐。

る手段につき、課題を含めて述べる。

2.1 ソフトウェアの再利用

ソフトウェアの再利用は、生産性向上、品質向上の両面において有効な手段であり、ソフトウェア生産量に占める再利用比率を高めることが当面の重要な課題となる。このため、ライブラリーとして保存するプログラムは、下記条件を満足していなければならない。

- (1) 使い方のバリエーションを十分に考慮したモジュール分割であること。
- (2) モジュールの演算周期、使用レベルが明確であること。
- (3) モジュールのパラメータとその設定方法が明確であること。
- (4) 適用基準が明確であること。

再利用プログラムの比率を高めるためには、ライブラリーの充実を図れば良いが、ライブラリーの増大につれ、利用者が、ライブラリー全体を把握することが難しくなり、最適なモジュール選定が行えなくなる。これを解決するためには、機能仕様書から直接、モジュール選定ができるように考慮しておく必要がある<sup>(1)</sup>。

2.2 プログラミング言語と要求定義

PCのプログラミング言語は、コンピュータに関する専門知識がなくても、展開接続図に慣れた技術者であれば、容易にプログラムを作成できることが望ましく、一般に、線図方式(ラダーダイアグラム、ファンクションブロックダイアグラム)、記述方式(ニーモニック、テキスト言語)などが用いられている<sup>(2)</sup>。しかし、これらの言語は、要求定義の結果として作成される各種仕様書との対応が明確でなく、両者間の不一致は、システムテストで初めて発見され、多大な修正時間を費やすことになる。すべてのプログラムが、要求定義後の仕様書を各工程で加工することにより得られるのが理想であるが、現状はまだ、その段階に至って

いない。ただし、逐次制御に限っていえば、近年、ペトリネットとそのサブセットが注目され、現在審議中のIEC規格案(PCのプログラミング言語)には、SFC(Sequential Function Chart)として盛り込まれている。図2はSFCの一例を示したもので、状態(Step)、遷移条件(Transition)及び出力部(Action Block)で、制御対象の動きが表現できる。したがって、このプログラミング言語から直接コントローラの機械語にコンパイルできれば、仕様書とプログラムの不一致を防ぐことができ、PADTがSFCのオンラインモニタ機能を持てば、動作確認も容易となる。

仕様記述のルール化を目指したプログラミング言語は、逐次制御に限らず、今後、ますます研究が進められ、要求定義技術とPC間のインタフェース言語として定着していくであろう。

2.3 合理性チェック

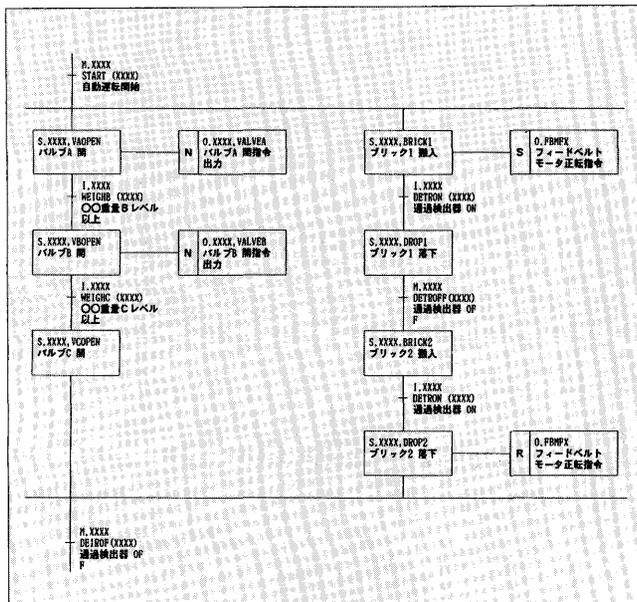
ソフトウェアの品質向上には、間違いの無い設計が最も重要であり、テストは本来確認作業でなければならないが、人為的ミスは必ず発生する。これをすべてテストにより発見し、取り除いていたのでは、テストの効率を上げることは期待できない。そのため、設計したプログラムをテストする前に自動的にチェックし、品質を高めるのが合理性チェックの目的である。

合理性チェックのポイントとしては、下記のものが考えられる。

- (1) 回路の不足(未使用入出力、書込み回路の不足など)
- (2) 構文上のミス(命令と命令の組合せ、命令とオペランドの組合せなど)
- (3) アドレス割付上のミス(二重ライト、範囲外指定など)
- (4) プログラム構成上のミス(プログラム容量と周期の適否など)

現状の合理性チェックはまだ低レベルにあり、人間の判断によるテストに多くを頼っているが、今後は知識工学の応用などにより、レベルの向上を図っていかなければならない。

図2 SFCの例



③ ソフトウェア生産システム

ここでは、富士電機のPC、MICREX-Fシリーズ用ソフトウェア生産システム、FAISES(Fuji AI based Software Engineering System)を紹介する。

図3はFAISESのシステム構成であり、社外販売用に市販のパーソナルコンピュータ上で動作可能としてある。MICREX-Fとのインタフェースは、RS-232-Cで伝送を行う方法とフロッピーディスクを媒体にする方法とがある。

図4は、FAISESの機能をソフトウェア生産の流れに沿って表したもので、次の特長を持っている。

- (1) AIを応用した知的プログラム検索機能により、最適なプログラム選定を可能としている。
- (2) SFCの採用により、要求定義内容とプログラムを一元化している(逐次制御)。

図3 FAISES のシステム構成

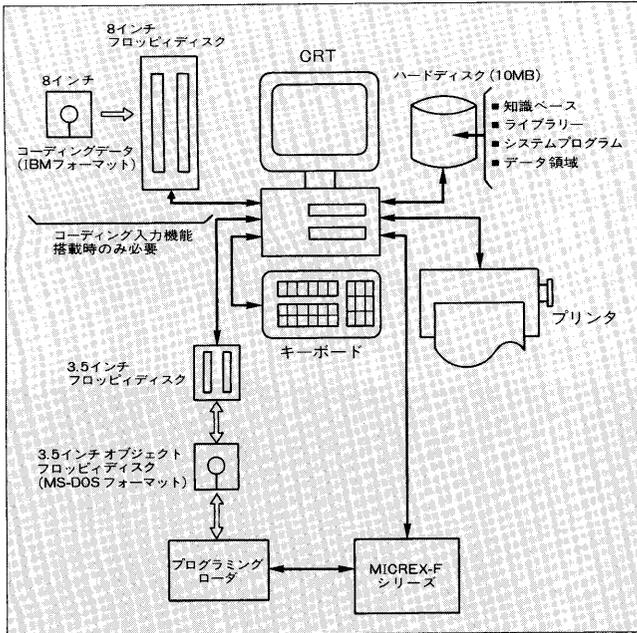
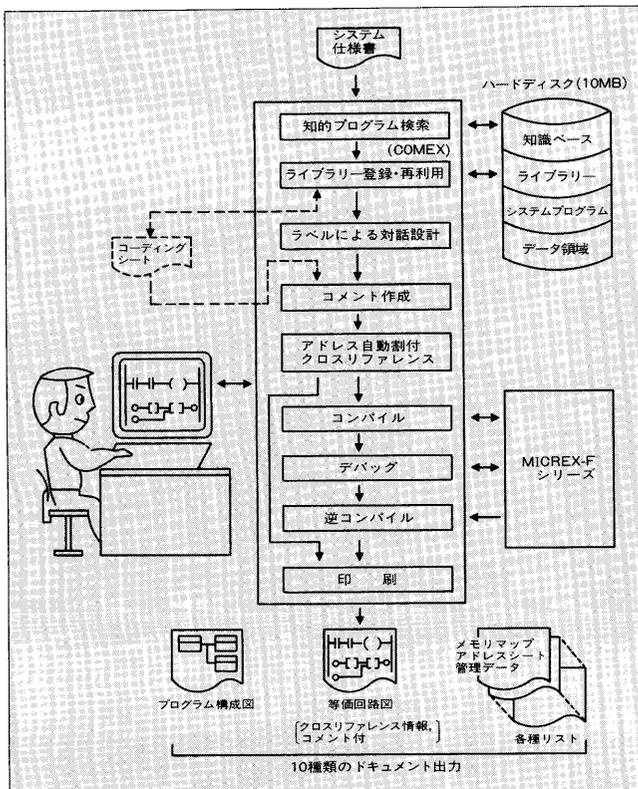


図4 FAISES の機能概要



- (3) ラベルによる設計とアドレス自動割付機能により、PCのハードウェアを意識しない設計ができる。
  - (4) プログラム構成図、等価回路図などの可読性に優れたドキュメントがデバッグ完了時のオブジェクトプログラムからも復元することができ、ドキュメント作成時間を大幅に短縮できる。
- 以下に各機能の概要を述べる。

### 3.1 知的プログラム検索

図5は、知的プログラム検索の構造を表したもので、ライブラリーにプログラムを登録する際、そのプログラムの適用基準や使用方法に関する知識ベースも併せて登録を行う。このことにより、利用者は推論エンジンが問い合わせてくる質問に答えるだけで、仕様に合った最適なプログラ

図5 知的プログラム検索の構造

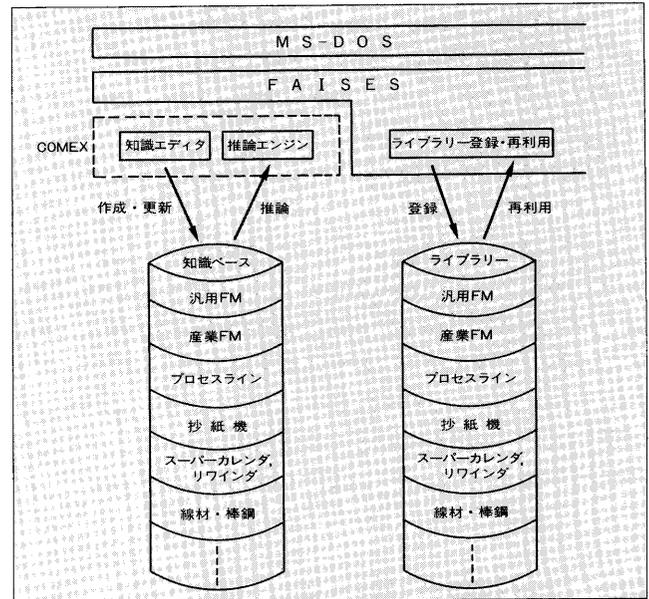
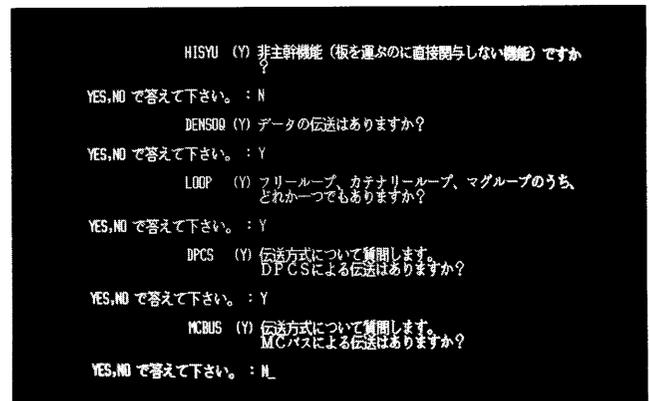
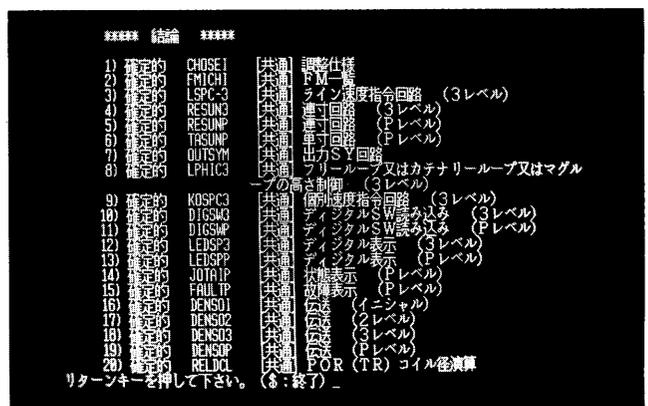


図6 所見の例



N89-5061-13

図7 推論結果の表示例



N89-5061-14

ムの検索ができ、その使用方法（使用レベル、演算周期など）も知ることができる。図6は仕様に関する質問（所見）の例、図7は推論結果（結論仮説）の例である。この機能は富士電機のエキスパートシステム構築用ツール COMEX を使用しており、知識ベースの作成・更新も容易に行える。

3.2 ライブラリー登録・再利用

ライブラリーには FM (Function Module)、回路、プログラムの3種類がコメントと併せて登録でき、随時再利用することができる。

- ・ FM……パラメータ指定可能な関数
- ・ 回路……1 ページ内の回路
- ・ プログラム……複数ページにまたがる回路

3.3 ラベルによる設計とアドレス自動割付

すべての信号が英数9文字のラベル(デバイス No.)で設計でき、内部メモリのアドレスは自動的に割り付けられるので、ハードウェアのアドレスを意識しない設計ができる。もちろん、アドレスとの混在設計も可能となっている。

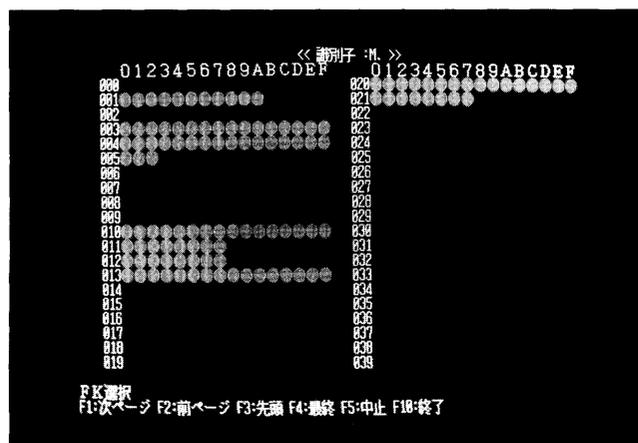
図8はアドレス自動割付の設定画面、図9はメモリの使用状況を表すメモリマップ表示の例である。

図8 アドレス自動割付設定画面



N89-5061-8

図9 メモリマップ表示の例

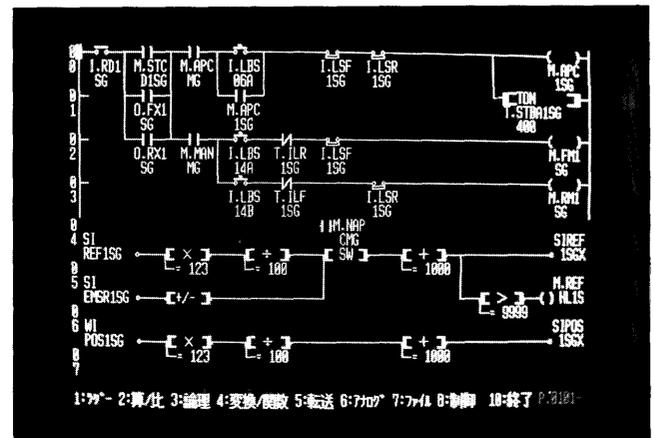


N89-5061-10

3.4 プログラミング言語

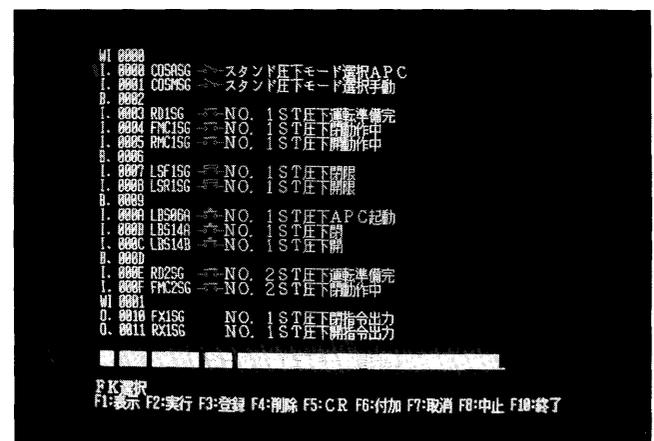
プログラミング言語として、SFC、ラダーダイアグラム、ファンクションブロックダイアグラムを採用しており、SFCは要求定義における動作フローの記述にも適用できる。要求定義後のSFCは次工程（設計、プログラム設計）で設計情報、ソフトウェア情報が追加されて、最終プログラムへと仕上がっていくため、各工程における無駄な作業がなく、生産性向上、品質向上に大きく貢献する。

図10 等価回路の表示例



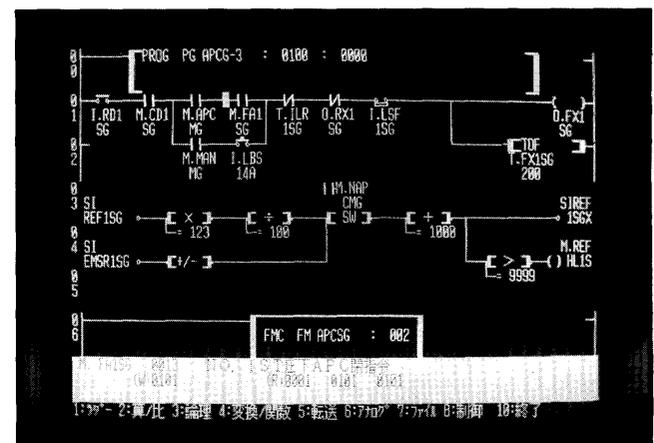
N89-5061-5

図11 アドレス順一覧表示の例



N89-5061-12

図12 等価回路と補助情報の表示例



N89-5061-7

図10は等価回路の表示例である。

3.5 コメント

コメントにはラベルコメント(各信号につけるコメント)と、ページコメントがあり、各々下記の文字数が入力できる。

- ・ラベルコメント……仮名・漢字16文字(英数字24文字)、最大16,000点。

- ・ページコメント……仮名・漢字39文字(英数字60文字)、最大1,000点。

また、等価回路を表示した状態で、カーソル位置の信号に関する補助情報(ラベル、アドレス、コメント、行先・来先ページ)を表示することができる。図11はアドレス順に補助情報を表示した例、図12は等価回路と補助情報を表示した例である。

図13 プログラム構成図の印刷例

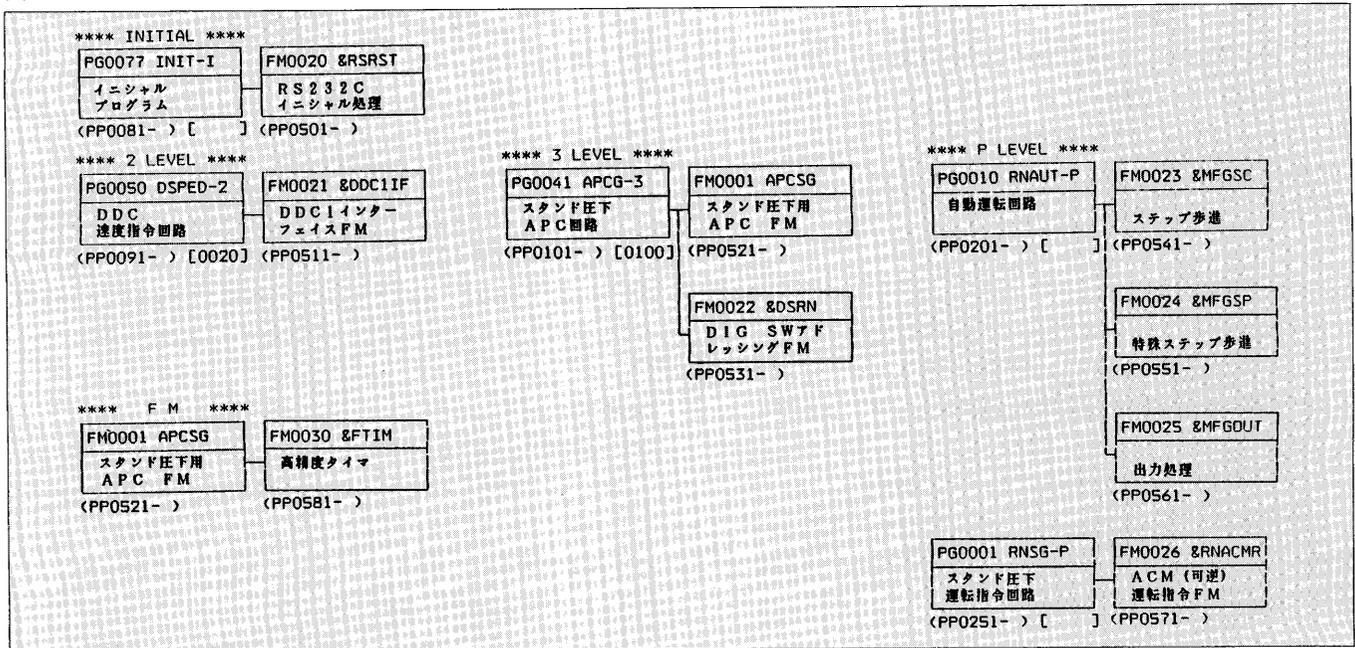
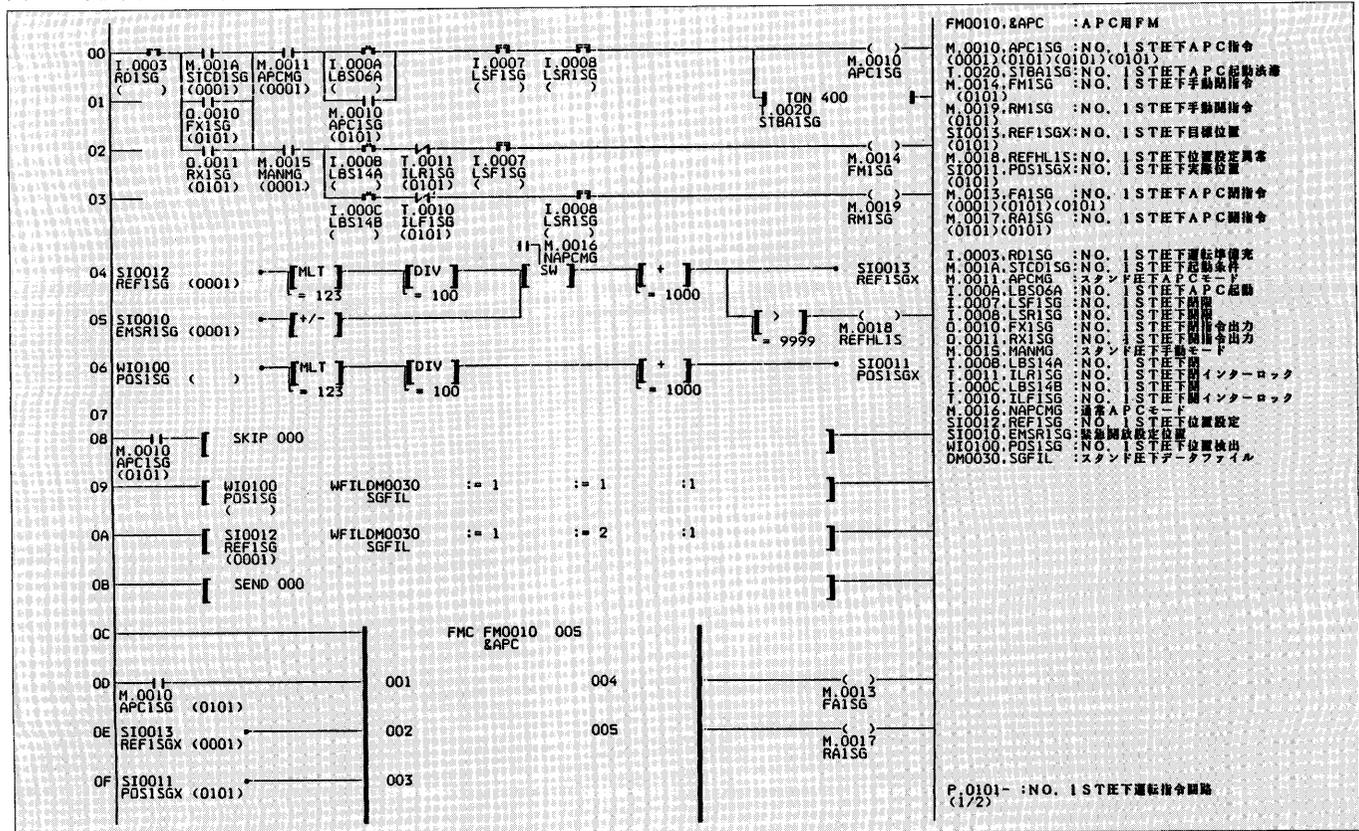


図14 等価回路図の印刷例



3.6 モニタリングとデバッグ

モニタリング、デバッグの機能として、次のものが用意されており、効率良いテストを行うことができる。

3.6.1 モニタリング機能

モニタリングには、常時、最新データを表示するダイナミック表示と、指定した回路を実行した時点のデータを表示するスポット表示があり、各々について回路モニタ表示、データ一覧表示、データトレンド表示などを行うことができる。

3.6.2 デバッグ機能

デバッグ機能としては下記のものがある。

- (1) プロセッサの起動・停止
- (2) ステップ実行, 指定範囲実行
- (3) 指定回路停止, 各種条件停止
- (4) 各種データの設定ほか

3.7 ドキュメント

ドキュメントとしてはプログラムの構成を図で表現したプログラム構成図、コメントや行先・来先ページとプログラムの内容が同時に見られる等価回路図など、10種類が出力できる。これらのドキュメントはデバッグ完了後のオブジェクトプログラムからも逆コンパイル機能により、コメント付で出力できるため、ドキュメント作成時間を大幅に短縮することができる。図13にプログラム構成図の印刷例、図14に等価回路図の印刷例を示す。

4 あとがき

本稿は、プログラム構成ガイド及びプログラムモジュール検索へのAIの導入、要求定義内容とプログラムを一元化するSFCの採用、高品質なソフトウェアを設計レベルで作り込む合理性チェック機能などを新しい特徴としたソフトウェア生産支援システムを中心に述べてきた。

しかし、近年のソフトウェア需要の増大は著しく、今後ともソフトウェア生産技術のレベルアップが重要である。特に、要求定義支援システム及びスケジュール管理システム(見積り, スケジュールプラン, スケジュールコントロール)との結合により、ソフトウェア生産の一層の工業化を実現して行く所存である。

また、IECのTC65A/WG6にて推進されているPCのプログラム言語(表記法)の標準化、及び富士電機が開発した中間言語方式を採用したPCの普及などが、PCのソフトウェアをハードウェア(マシン言語)から独立させて汎用性を持たすことになり、今後の新しい展開が期待される。

参考文献

- (1) 吉田昌弘・高橋浩：プログラマブルコントローラのソフトウェアの開発環境, 電気学会雑誌, Vol.106, No.1, p.21-25 (1986)
- (2) 関口隆監修：プログラマブルコントローラ応用技術ハンドブック, 電気書院, 1986, p.7-16
- (3) 大野豊：ソフトウェア生産技術の現状と展望, 電気学会雑誌, Vol.106, No.1, p.5-8 (1986)
- (4) 日経産業新聞：富士電, 中間言語方式採用のPC開発, 昭和61年12月13日, p.1

最近公告になった富士出願

〔実用新案〕

公告番号	名称	考案者	公告番号	名称	考案者
実公昭62- 869	物品吸着器	近藤 洋	実公昭62- 2657	交流電源装置	星 敏彦 川島 徹之
実公昭62- 1427	水車における吸出し管のサージング防止装置	山田 節夫	実公昭62- 2717	自動販売機の制御回路	竹内 陽一 桑木 政美
実公昭62- 1715	投入器のリセット装置	菊地 秀一 吉ヶ江清久	実公昭62- 2747	電力用変流器	松永 哲夫
実公昭62- 1733	回路しゃ断器のラッチ構造	高松 巖 伊沢 育夫 針谷 圭一 山沢 茂夫	実公昭62- 2748	負荷しゃ断タップ切換変圧装置	坂本 友男 佐伯 邦夫
			実公昭62- 2751	零相変流器	中村 司
実公昭62- 2317	軸流送風機	中原 雄三	実公昭62- 2956	直流電動機の界磁電流制御装置	武仲 雅弘
実公昭62- 2462	太陽熱集熱装置の集熱管および集熱板の支持装置	井上 正喜	実公昭62- 3662	オープンショークース	小林 優二 中島 和平
実公昭62- 2463	太陽熱コレクタ装置	井上 正喜			



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。