

日立フローチャート自動作図システム

Hitachi Automatic Flowchart Drafting System

近年、電子計算機利用の多様化、高度化に伴い、ソフトウェアの生産量が増加し、ソフトウェア生産性の向上を図るための、新たなシステムの開発が要請されている。

本稿で述べる日立フローチャート自動作図システム(HIFLOW)は、この要請に答えて開発したもので、日立制御用計算機HIDICシリーズ用としては(Process Control Language)及び一般計算機用としてはFORTRAN(JIS 7000レベル以上相当)のソースプログラム(カード又は磁気テープ)から、自動的にドキュメンテーション用図面(在庫図あるいは出荷図を示す)として使用するフローチャート、デバッグ用図面(デバッグ作業用図面)として使用するフローチャート、クロスリファレンスソースリストなどを出力する。

この種のシステムに要求される主要な機能は、電子計算機プログラムの論理的つながり関係を、見やすく表現する機能であり、この機能を備えるためには、図形パターンの合理的な配置と、フローライン同士の交さを最小化する結線法などが重要な課題になる。

日立フローチャート自動作図システムは、これらの課題を解決した、高性能汎用フローチャートジェネレータである。

高橋 潔* Kiyoshi Takahashi
片岡秀雄* Hideo Kataoka
桑原 洋** Hiroshi Kuwahara
林 利弘** Toshihiro Hayashi
内山幸男*** Sachio Uchiyama

1 緒 言

電子計算機の普及が進み、ソフトウェアの製作も一つの大きな産業分野を形成するに至っているが、ソフトウェアはその最終製品が目に見えないため、従来からドキュメンテーションが重視されてきた。特に、各種のプロセス制御や情報制御を行なうオンラインリアルタイムシステムでは、そのソフトウェアは工業製品として扱われるため、最終荷姿としてのプログラムリスト及びその製作図面であるフローチャートは特に重視されている。

この中で、フローチャートの作成、保守は従来から既に、ソースプログラムから自動的にフローチャートをラインプリンタ上に書き出すシステムがいくつか開発されている⁽¹⁾⁽²⁾にもかかわらず、人手に頼らざるを得なかった。

これは、

- (1) 従来のオンラインリアルタイムシステムは、ほとんどがアセンブラ言語で作られており、アセンブラ言語のプログラムに対しては、有意で且つコスト的に採算のとれるフローチャートの自動作成が難しい。
- (2) オンラインリアルタイムシステムを記述したフローチャートは、工業製品の製作図面として厳格に取り扱われるため、見やすさ、図面としての体裁その他で厳しい制限がある。という事情によるものであった。

これに対して日立製作所では、

- (i) 最近では制御用オンラインリアルタイムシステムのほとんどを、制御用高級手続き向け言語PCL(Process Control Language)で作成できるようになり、フローチャートの作成を自動化できる素地ができた。
- (ii) 高精度のXYプロッタが比較的手軽に使えるようになり、工業製品の製作図面として十分通用する図面が書けるようになった。

ということから、このたび制御用電子計算機HIDICシリーズ

用の高級手続き向け言語PCLで書かれたソースプログラム(カード又は磁気テープ入力)から、そのフローチャートを自動的にXYプロッタに書き出すフローチャート自動作図システム(Hitachi Automatic Flowchart Drafting System: 以下、HIFLOWと略す)を開発した。

以下にこのHIFLOWシステムの概要、構成及び使用例について述べる。

なお、HIFLOWはHIDICシリーズ用高級手続き向け言語PCLを主たる対象としているが、一般電子計算機の高級手続き向け言語であるFORTRAN(JIS 7000レベル以上相当)も同時に扱えるようになっている。

2 フローチャート及びフローチャートジェネレータの概要

情報処理の手順やプログラミングの手順を、フローチャート記号(以下、パターンと略す)や接続線(以下、フローラインと略す)を用いて、図式表現するフローチャートは、電子計算機プログラムの論理的構成を、簡潔且つ明確に把握するための手段とされており、プログラム開発過程においては、コーディング用の最終資料、あるいはデバッグ作業の能率向上のための資料、またプログラム完成後においては、プログラムの設計仕様書として実用されている。

このように、フローチャートがソフトウェアのドキュメントとして多用されるのは、論理関係を図式表現するために、人間が理解しやすいこと、更にはソフトウェアシステムの巨視的設計に適しているという、フローチャートの本質的な特徴に起因するものである。

今日、フローチャートは、プログラムの開発過程及び完成後のドキュメントとして欠くことのできない資料になっているが、これを作成することは非常に面倒であり労力のいる仕

*日立製作所日立研究所

**日立製作所大みか工場

***日立エンジニアリング株式会社

事である。特に、フローチャートと言われるものの中でも、情報処理の内容を最も詳細に記述する詳細フローチャート（以下、DFCと略す）は、プログラムを構成するステートメントに直接対応しているため、フローチャートの枚数が多く、修正も頻繁に行なわれ、作業の煩雑なことも重なって、非常に多くの人力を投入しているのが実情である。

そこで、所定の規格を満足したDFCを、プログラムのリスト（以下、ソースリストと略す）を得るのと同様に簡単に入手できれば、プログラムデバッグの能率向上やドキュメント作成工程の自動化が達成されることになり、ソフトウェア生産性の向上に大きく寄与することになる。

フローチャートジェネレータは、このような効果を期待できるために、既に国内外の電子計算機メーカーの間で注目され、現在までにいくつかのシステムが開発されており、有償ソフトウェアとして、最もポピュラーなシステムの一つに数えられている。

フローチャートジェネレータの方式は、高級手続き向けプログラミング言語で記述されたソースプログラムを入力データとして電子計算機で処理し、XYプロッタ、あるいはラインプリンタからDFCを出力する構成が一般的である。そして、これらのシステムを機能、あるいは用途面から分類すると、

(1) プログラム解析用システム

デバッグ作業の能率向上を援助するDFC（以下、デバッグ用図面と呼ぶ）を出力するためのシステム

(2) プログラム設計仕様書作成用システム

プログラム完成後において、プログラム設計仕様書として用いる最終DFC（工場においては、保管用の入庫図、あるいは電子計算機納入先用の出荷図として使用し、また納入先においては、ソフトウェアの改造や管理のために使用する図面で、以下、ドキュメンテーション用図面と呼ぶ）を出力するためのシステムになる。

プログラム解析用システムの機能上の特徴は、図面構成がラフで、見やすさが多少損なわれていても、論理的つながり

が明確に分かるような図面が出力できれば十分であり、システム開発に高度な技術は要求されない。

一方、プログラム設計仕様書作成用システムにより出力されるDFCは、JIS及び個別に規定された図面規格を満足した、見やすく美しい図面でなければならない。従って、文字やパターンの形状、パターンのシートへの配置、フローラインの結線などの電子計算機による作業は、手書き作業と同等の性能が要求される。そのため、システム開発に当たっては、プログラム解析用システムよりも高度なプログラム作成技術が要求される。

3 HIFLOWの設計仕様

3.1 システムの適用範囲

- (1) ドキュメンテーション用図面を標準出力とする。
- (2) オプション（任意選択）により、デバッグ用図面を出力する。

3.2 解析対象のプログラミング言語

PCL及びFORTRANの両言語で記述された、ソースプログラム（カード又は磁気テープ入力を可能とする）を解読する。

3.3 出力の種類

3.3.1 DFC

- (1) ドキュメンテーション用図面
- (2) デバッグ用図面

3.3.2 ソースリスト

各DFCとの相互参照ができる、クロスリファレンスソースリスト（Cross Reference Source List）形式とする。

3.4 DFCの作図形式

- (1) JIS B4版のプログラム設計用紙（横幅15½inのラインプリンタ用紙と同サイズ）を、標準出力用紙とする。
- (2) オプションで、JIS A3版のプログラム設計用紙も指定できるものとする。

（以下、(1)と(2)を用紙と略す）

作図形式は次のとおりとする。

- (1) 1ページ/1シート作図形式

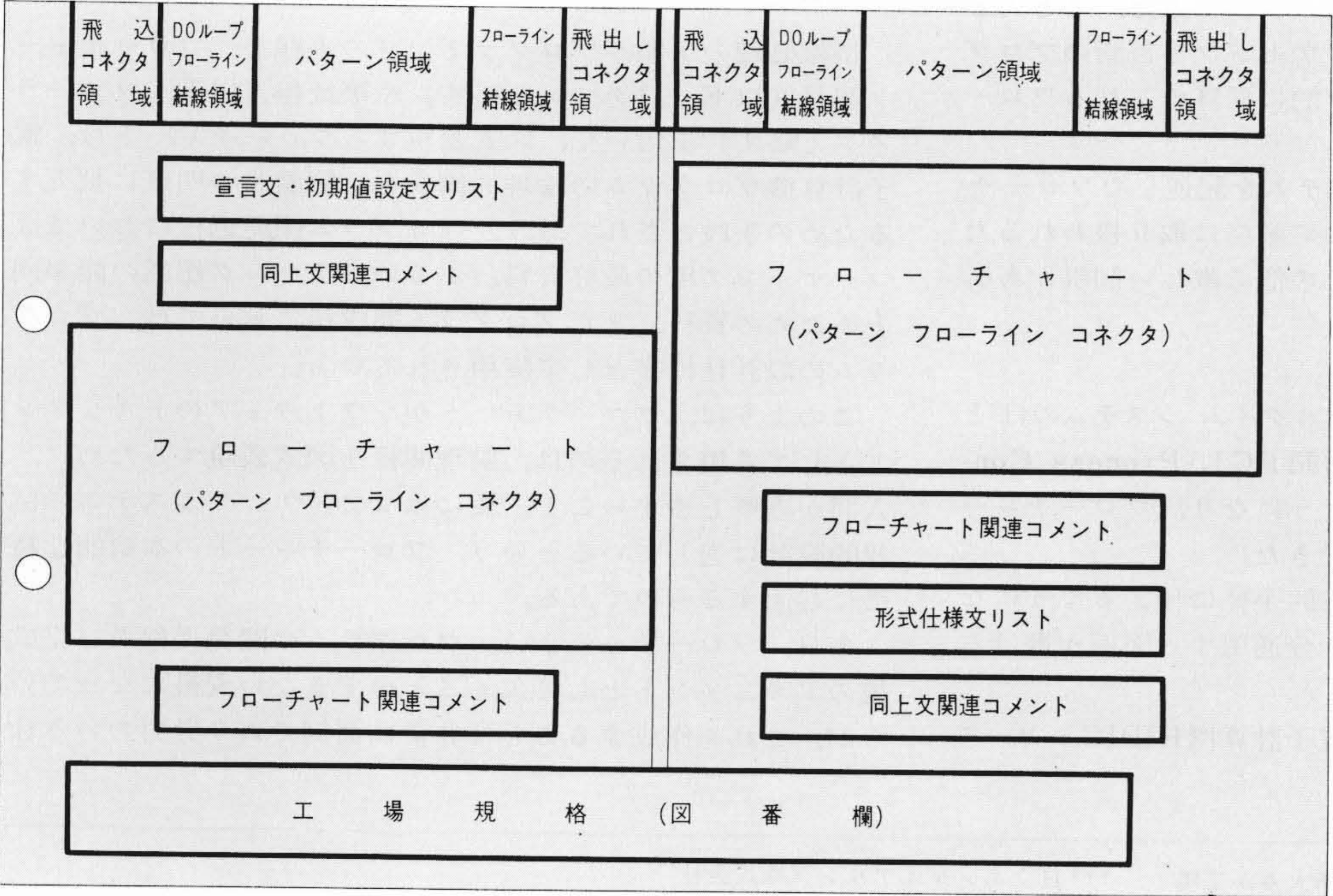


図1 2ページ/1シート作図形式
1シートに2ページ分のフローチャートを収容し、出力用紙の節約を行なったものである。

ステートメント	パターンの説明	パターンの説明
DECISION IF		T, F, -, 0, +の各位置は、単位ページ内のフローライン同士の交さが最小となるように制御を行なうため、固定ではない。
算術 IF		
DO ループ (DO CONTINUE)		一つのCONTINUE文が、複数のDO文を、共有するときは、DO文とCONTINUE文を等しい数だけ作図する。

(a) HIFLOW パターン

ステートメント	パターンの説明	パターンの説明
計算形 GOTO		⊙ P/B は結合子を表わし、円内のPはページを、Bはブロック番号をそれぞれ表わす。
数式		パターン内の文字数が多く、文字表現を2行以上にわたって表現するときは、次のように処理する。 (1) 左辺と右辺は等号を境にして、区分印刷する。 (2) 行替地点を、演算記号の地点にする。

(b) HIFLOW パターン

ステートメント	パターンの説明	パターンの説明
入出力		入出力ファイル、プロセス信号 (アナログ信号、デジタル信号、パルスなど)、CRT (Cathode Ray Tube) などは入出力パターンの左上に表示する。
システム交信		

(c) HIFLOW パターン

図2 HIFLOW パターン HIFLOW パターンの一部を例示したものである。

(2) 2 ページ / 1 シート作図形式
図1は、上記(2)の作図形式を示すものである。

3.5 パターン
DFCにおいて、パターンは論理の有形化という基本的な任務がある。図2はHIFLOWが使用するパターンの一例を示すものである。

3.6 フローライン
フローラインとは、分岐 (Branch) により発生するパターン相互間の論理的つながり関係及びループ (Loop) を表わす接続線をいう。HIFLOWのフローライン結線処理は、単位ページ内のフローライン結線領域で、フローライン同士の交さ

が最小となるような、最適結線位置決めを行なう。

4 システム構成
HIFLOWは図3に示すように、
(1) システム制御部、(2) 入力解析部、(3) 論理解析部、
(4) 配置作図部の4処理部より構成されている。
次に各部の概要について説明する。

4.1 システム制御部
オプション情報及び制御情報の解読を行ない、入力解析部、論理解析部、配置作図部各処理系の円滑な実行を管理する。

4.2 入力解析部
ソースプログラムの構文解析、語意解析などを行ない、論理解析部、配置作図部の処理過程に必要な次のような基本情報を作成する。

(1) 文の構成行数、(2) パターン変換、(3) パターン内に格納する文字の編集、(4) 分岐数、分岐先、ループ構成その他。

4.3 論理解析部
ソースプログラムを構成するステートメント相互の論理的つながり関係を分析する。

4.4 配置作図部
この処理部はHIFLOWの特徴であるパターン及び文字のページ配置、並びにフローラインの最適位置決めを実行する。特にページ配置手法は、ステートメントの言語的機能を識別してページ上の所定の位置を選択する方法、またフローライン発生手法はランダムに発生するフローライン相互の交さを、ページ上で最小化する位置決定方法を採用している。

5 HIFLOWの特徴
HIFLOWの主な特徴は、次のとおりである。
(1) 従来のフローチャートジェネレータは、プログラム解析用システムとしてデバッグ用図面を作成することに重点がおかれていたが、HIFLOWはこれらと異なり、ソフトウェアドキュメンテーション工程の自動化を目的としており、PCL又はFORTRANで記述された、ソースプログラム (カード又は磁気テープ) を電子計算機に入力する手続きで、JISに準拠したドキュメンテーション用図面を、約2分 (用紙1枚分) の速さで作図する。
(2) ドキュメンテーション用図面を出力する機能のほか、デバッグ用図面を、ドキュメンテーション用図面よりも安

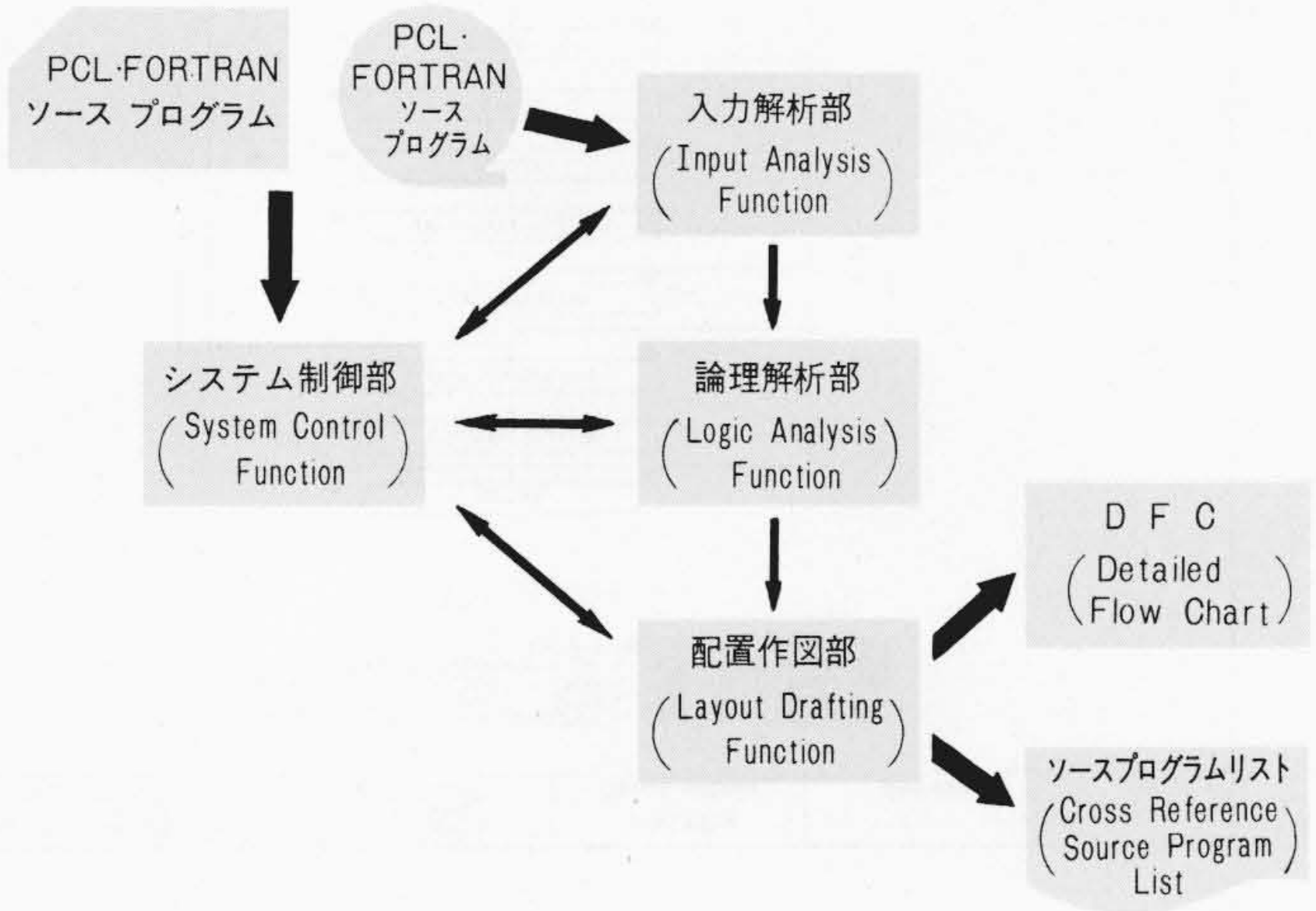


図3 HIFLOWのシステム構成 一つのメインルーチンと三つのサブルーチンから成り、機能単位にプログラムを構成している。

価値かつ高速に、作図する機能があり、フローチャートジェネレータとして、従来システムよりも多目的に用いることができる。

- (3) DFCのほかに、ソースリストを出力する機能があり、このリストは、DFCとの相互参照が可能である。
- (4) PCL及びFORTRAN ソースプログラムを、解読の対象としており、日立制御用電子計算機HIDIC シリーズ及び一般の電子計算機のソフトウェア生産過程に広く適用できる。
- (5) 用紙の大きさを2種類まで選択できる。また、各用紙ごとに、パターン密度を平均20~40個の範囲で変更できる。
- (6) 文の言語機能によって、パターン及び文字をシート上の一定の作図領域にプロットするため、プログラムの論理関係を短時間に把握できる。
- (7) フローラインの結線位置を最適化しており、DFCがきれいで見やすい。
- (8) シートごとに図番欄を設けており、設計、審査、承認者名、工場名、図面名称、図番などを自動的に記入できる。従って、各シートは独立した図面として管理できる。

6 機器構成

6.1 電子計算機構成

- (1) 中央演算処理装置
HITAC 8000シリーズ
IBM 360, 370
- (2) オペレーティング システム
HITAC
(a) DOS, (b) EDOS, (c) EDOS-MSO

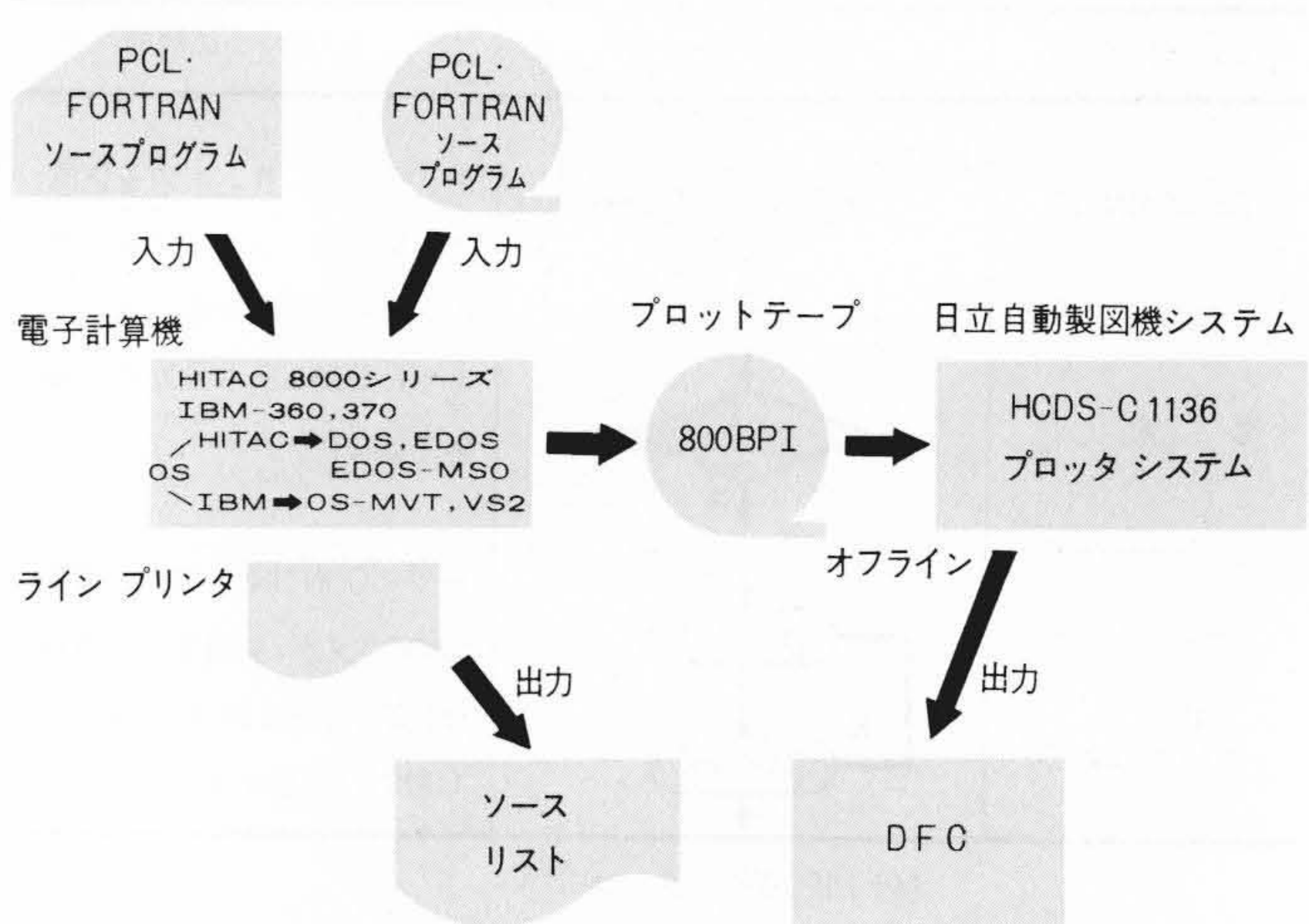


図4 機器構成図 HIFLOWを使用する際の、機器構成例と入出力の関係を示す。

IBM

- (a) OS-MVT, (b) VS2
- (3) カード読取機 (1台)
- (4) ラインプリンタ (1台)
- (5) 磁気テープ装置 (1台)
- (6) 磁気ディスク装置 (1台)

磁気ディスク装置は、オーバレイ用スペースであり、オーバレイしない場合は不要である。

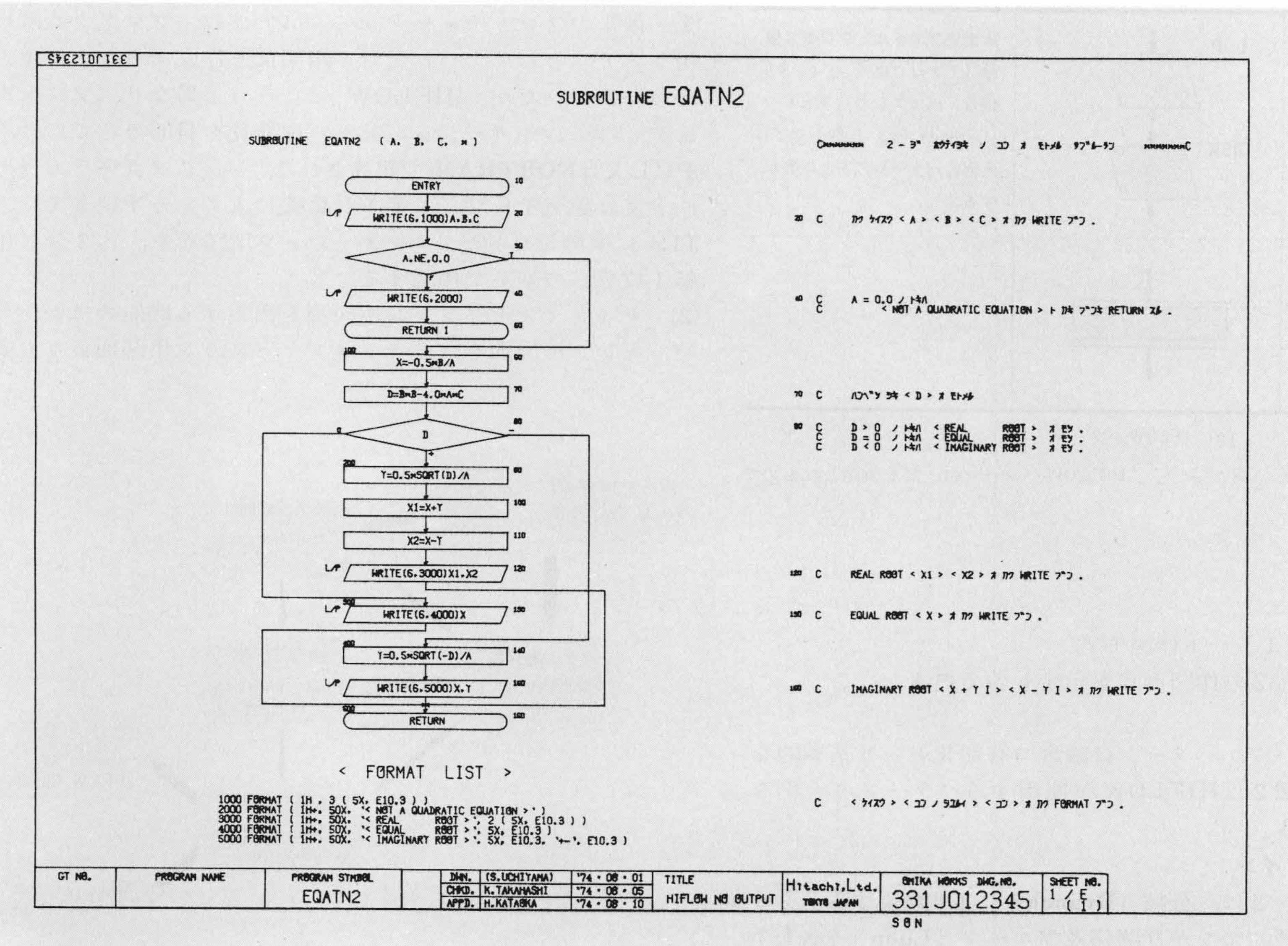


図5 1ページ/1シート作図形式のドキュメンテーション用図面 宣言文、初期値設定文、フローチャート(実行文)、形式仕様文をシートの左側領域に、非実行文のうち、注釈文をシートの右側領域に区分けしている。

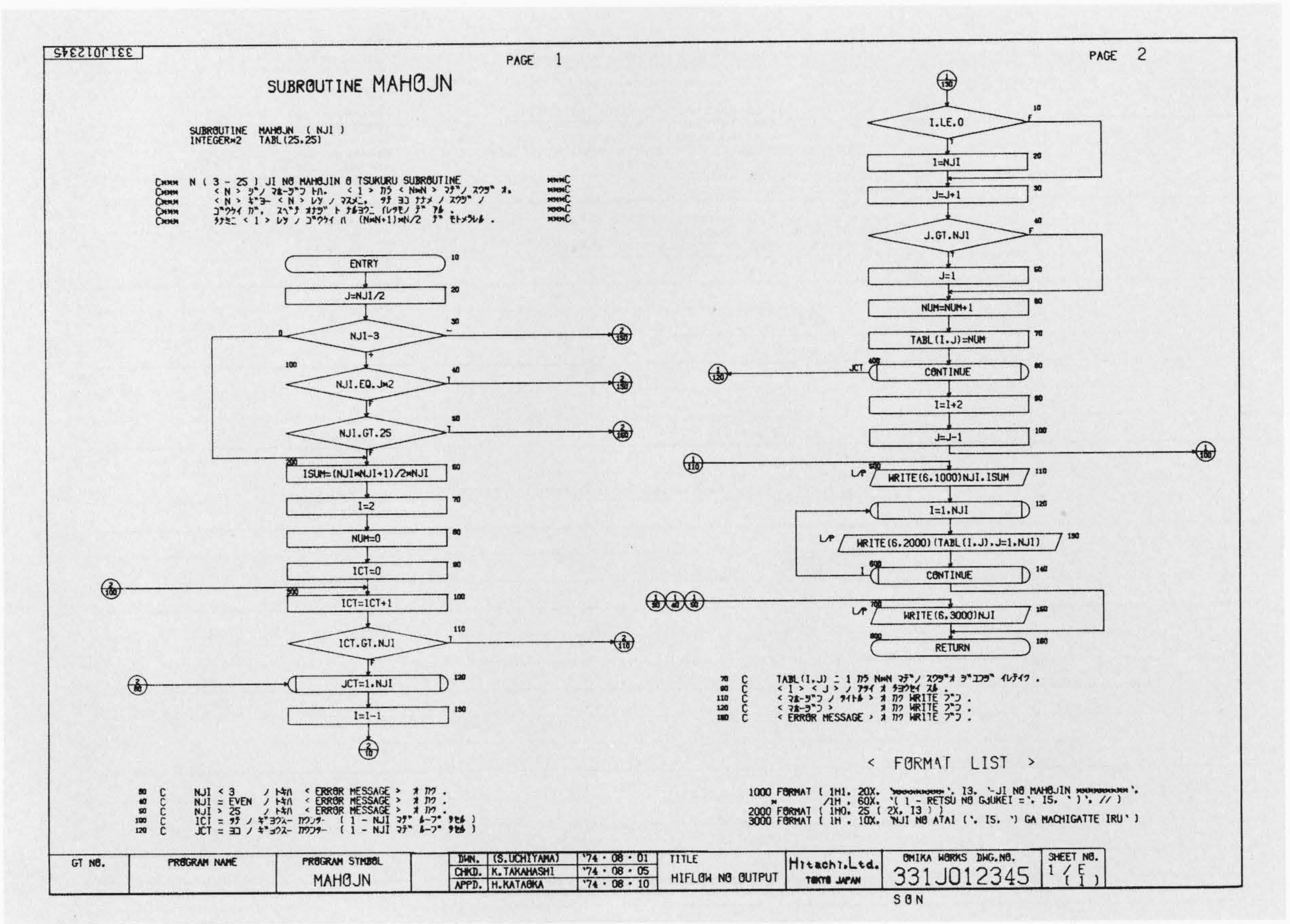


図6 2ページ / 1シート作図形式のドキュメンテーション用図面 用紙面積を最大限に利用しつつ、見やすさの表現に対しても配慮をしている。

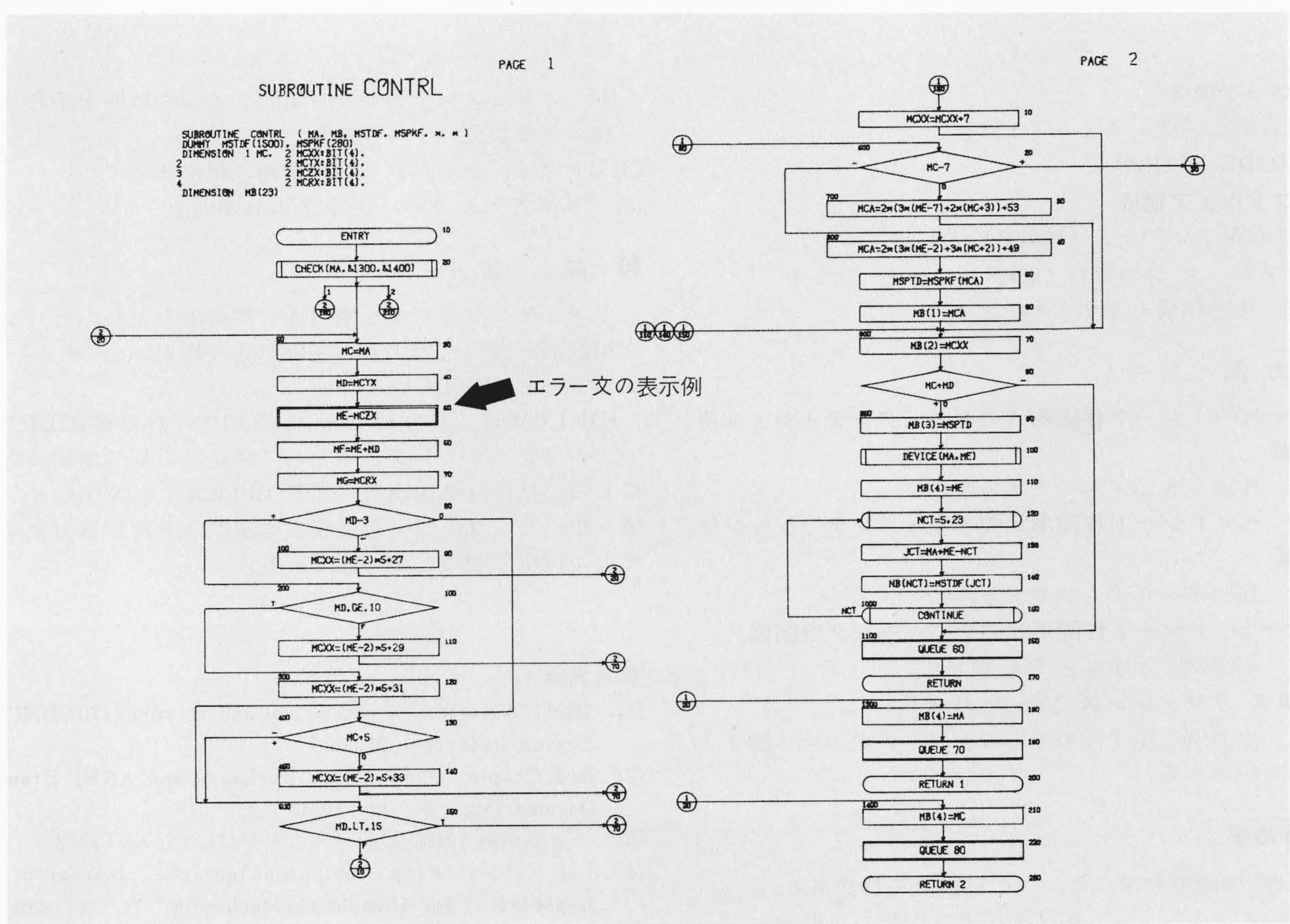


図7 2ページ / 1シート作図形式のデバッグ用図面 ソースプログラム中に、エラーが含まれていると、該当ステートメントを、エラー表示用パターン()で指示する。図番欄は省略している。

HIFLOW SYSTEM		CROSS REFERENCE SOURCE PROGRAM LIST		PAGE	1
PAGE - BLOCK NO.		SOURCE PROGRAM LIST			
		C*** N (3 - 25) JI NO MAHOJIN O TSUKURU SUBROUTINE	***CMHJN	10	
		C*** N - JI NO MAHOJIN TOWA , I KARA N*N MADE NO SUUJI O ,	***CMHJN	20	
		C*** N - GYO N - RETSU NO MASUME NI , TATE . YOKO . NANAME	***CMHJN	30	
		C*** NO SUUJI NO GOUKEI GA , SUBETE ONAJI (N*(1+N*N)72)	***CMHJN	40	
		C*** TO NAKUYOU NI IRETA MONO DE ARU .	***CMHJN	50	
		SUBROUTINE MAHOJN (NJI)	MHJN	60	
		INTEGER*2 TABL(5,25)	MHJN	70	
1	20	J = NJI / 2	MHJN	80	
		C NJI < 3 NO TOKI WA ERROR MESSAGE O KAKU	MHJN	90	
1	30	IF (NJI - 3) 700, 200, 100	MHJN	100	
		C NJI = EVEN NO TOKI WA ERROR MESSAGE O KAKU	MHJN	110	
1	40	100 IF (NJI .EQ. J*2) GO TO 700	MHJN	120	
中略					
		IF (I .LE. 0) I = NJI	MHJN	250	
2	30	J = J + 1	MHJN	260	
2	40	IF (J .GT. NJI) J = 1	MHJN	270	
		NUM = NUM + 1	MHJN	280	
		C TABL(I,J) NI 1 KARA N*N MADE NO SUUJI O JYUNJI IRETEIKU	MHJN	290	
2	70	TABL(I,J) = NUM	MHJN	300	
以下略					

図8 クロス リファレンス ソース リスト ステートメントの左側のコラムに、図化されているフローチャートページとブロック番号が示されている。

6.2 プロット構成

- (1) 日立自動製図機システム (1 台)
(HCDS - C 1136)

6.3 ソフトウェア構成

- (1) HIFLOW プログラム (160kB)
- (2) X-Yプロッタ システム (50kB)

図4は、機器構成を示すものである。

7 出力例

7.1 1ページ/1シート作図形式のドキュメンテーション用図面

図5は、作図例を示すものである。

7.2 2ページ/1シート作図形式のドキュメンテーション用図面

図6は、作図例を示すものである。

7.3 2ページ/1シート作図形式のデバッグ用図面

図7は、作図例を示すものである。

7.4 クロス リファレンス ソース リスト

図8は、出力例を示すものであるが、この出力例は図6との相互参照ができる。

8 適用効果

HIFLOW の適用効果には、次のような項目がある。

- (1) ドキュメンテーション用図面手書き作業の自動化
 - (a) ドキュメンテーション用図面の製作費を手書き時に比べて数分の一に低減。

- (b) ドキュメンテーション用図面の製作時間を手書き時に比べて十数分の一に短縮
- (3) ドキュメンテーション用図面の標準化
- (4) プログラム デバッグの能率向上

9 結 言

ドキュメンテーション用図面を標準出力とし、デバッグ用図面を選択出力する、安価で高性能なフローチャートジェネレータ HIFLOWを開発した。

HIFLOWは、日立製作所が制御用電子計算機HIDIC シリーズのプログラミング言語として開発した制御用高級言語PCL及び技術計算用高級言語FORTRANを処理でき、両言語を用いたソフトウェア生産の生産性向上及び省力化に対して広く活用することが可能である。

参考文献

- (1) IBM: "Autoflow" System/360 and System/370 FORTRAN Series Reference Manual.
- (2) Ned Chapin "Flow Chart Packages and ANSI Standard" Datamation, 9, 48 (1971)
- (3) 日立製作所: HIDICシリーズ, PCL文法編 (1973)
- (4) Lee Krider "Flow Analysis Algorithm" Journal of Association for Computing Machinery, 11, 4, 429(1964)
- (5) Richad M.Karp "A Note on the Application of Graph Theory to Digital Computer Programming" Information and Control, 3, 2, 179 (1960)