

# HIDIC V90/5シリーズソフトウェア開発・保守支援システム

## Computer Aided Software Engineering Systems for Hitachi Control Computer V90/5 Series

近年、計算機制御システムの開発ソフトウェア量は、制御範囲の拡大と複雑化に伴ってますます増大の一途にあり、これに伴いソフトウェアを信頼性高く、効率よく開発するための近代的ソフトウェア開発支援システムが強く要求されている。

日立製作所では、この要求にこたえるために、従来からソフトウェアエンジニアリングに基づいた各種ソフトウェア開発支援ツールを開発・適用し効果を上げてきたが、HIDIC V90/5シリーズでは、更に一步進めて、高機能ワークステーション上に、ソフトウェア設計から保守までを首尾一貫した思想で支援するソフトウェア開発・保守支援システムを開発・整備して体系化した。

森 清三\* Kiyomi Mori  
高橋勇喜\* Yūki Takahashi  
大脇隆志\* Takashi Ôwaki  
山野紘一\*\* Kôichi Yamano

### 1 緒言

計算機制御システムを取り巻く環境は、開発ソフトウェア量の増大、単位ソフトウェア量当たりのソフトウェア人口の減少及びソフトウェア開発期間の短縮といった形で、ますます厳しさを増してきている。

このような環境下において、与えられた期限と費用の中でソフトウェアを信頼性高く、効率よく構築・保守していくためには、ソフトウェア設計から保守までを一貫して支援する近代的な支援システムを整備していくことが必ず(須)である。HIDIC V90/5シリーズ(以下、H-V90/5シリーズと略す。)では、この課題にこたえるために、高機能ワークステーションPWS<sup>1)</sup>(Programming Work Station)上に、ソフトウェアエンジニアリング技術を駆使したソフトCAD/CAM/CAT(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Test)ツールを開発し、制御用ソフトウェア一貫開発・保守支援システム(Computer Aided Software Engineering System)として体系化した。

### 2 ソフトウェア開発・保守支援システムの体系

ソフトウェア開発・保守支援システムは、図1に示すように、ソフトウェア設計から製作、テスト、更には保守に至るまでのソフトウェアライフサイクル全体に対し幅広く支援するものである。これにより、保守性の高い制御用アプリケーションソフトウェアが信頼性高く、かつ効率よく開発・保守できるようになっている。

本システムの開発に当たっては、ユーザーにとって真に使いやすいシステムとするため、次の三つを基本方針としてその具現化を図った。

#### 2.1 高度対話環境の実現

従来の制御用計算機のソフトウェア開発支援システムは、リアルタイム制御に必要とする時間の余剰時間を使用するバッチ処理が主体であり、支援レベルの高度化にはおのずと限界があった。これを解決するためには、リアルタイム制御の計算機の余剰時間を使用するのではなく、専用にCPU(Central Processing Unit)を使用し応答性の高い対話環境を実現することが必ずである。

H-V90/5シリーズでは、このため、対話処理機能に優れたUNIX<sup>\*)</sup>を具備するクリエイティブワークステーション2050シリーズを導入し、この上にビジュアルマンマシンインタフェースを備えたソフトウェア開発支援システムの実現を図った。

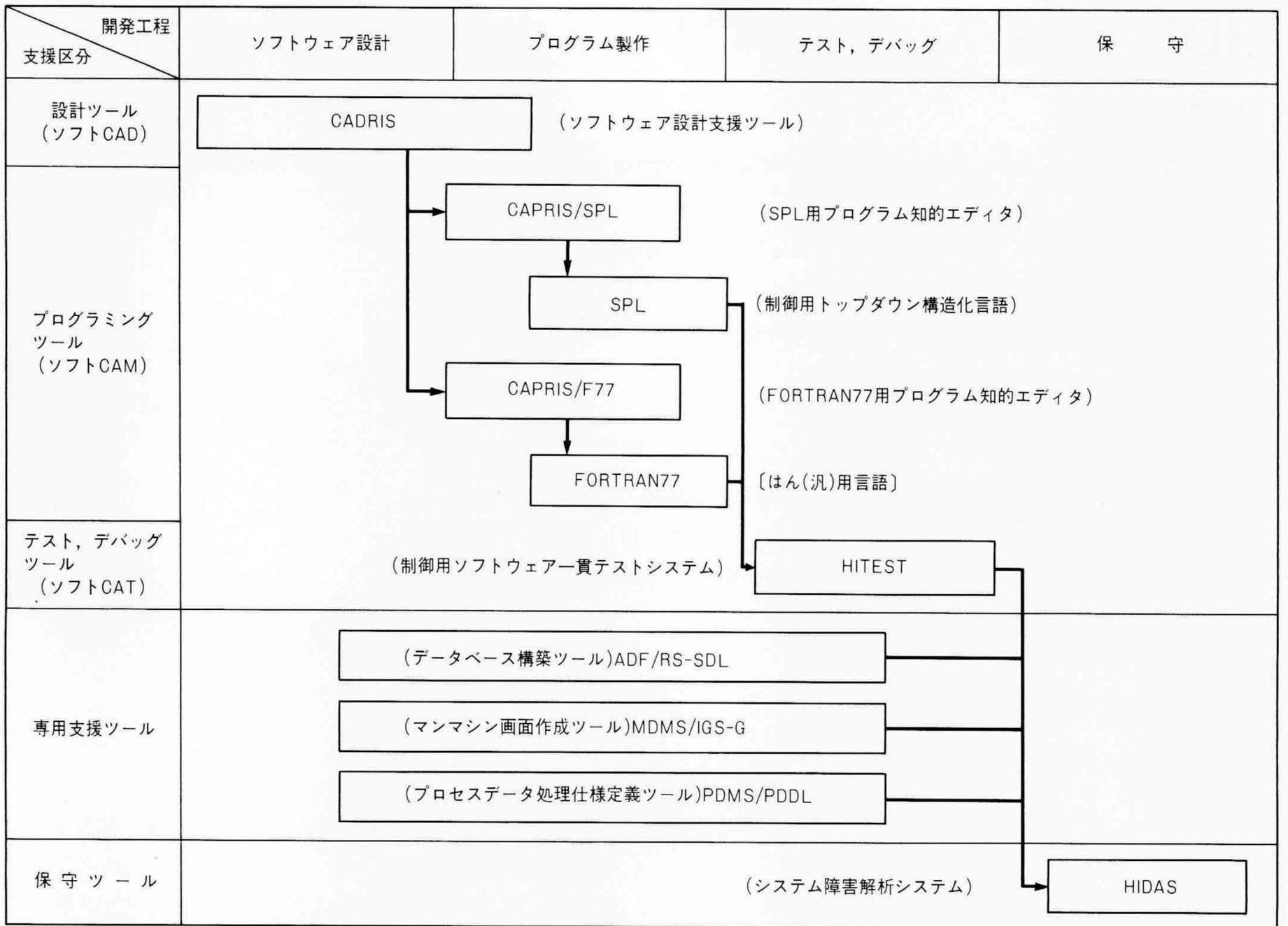
#### 2.2 ソフトCAD/CAM/CAT化

ソフトウェア開発効率を向上させるためには、対話形環境を提供するだけでは不十分で、ソフトウェア設計・製作・テスト作業の計算機支援(CAD/CAM/CAT)化を図る必要がある。真に有効なCAD/CAM/CAT化を実現するためには、「設計者の思考を円滑に促進すること」、「作業ミスの発生を未然に防止すること」、「雑作業から設計者を解放し、より知的な作業に専念できるようにすること」がキーポイントとなる。

本システムでは、これらを達成するため、  
(1) ソフトウェアエンジニアリング技術に裏づけられた技法に基づき、設計者の作業項目・作業手順を誘導する機能

※) UNIX: 米国ベル研究所で開発されたオペレーティングシステムの名称である。

\* 日立製作所大みか工場 \*\* 日立製作所システム開発研究所



注：略語説明 CAD(Computer Aided Design)  
 CAM(Computer Aided Manufacturing)  
 CAT(Computer Aided Test)  
 CADRIS(Computer Aided Design and Reuse Environment with Intelligent Support)  
 CAPRIS(Computer Aided Programming and Reuse Environment with Intelligent Support)  
 SPL(Software Production Language)  
 ADF/RS(Advanced Data Management Facilities for Realtime Application System)  
 SDL(Structured Database Language)  
 MDMS(Man-machine Data Management System)  
 IGS(Industrial Graphics System)  
 PDMS(Process Data Management System)  
 PDDL(Process Data Description Language)  
 HIDAS(HIDIC Diagnosis Assistant System)

図1 HIDIC V90/5シリーズソフトウェア開発・保守支援システムの体系 高機能ワークステーションPWS上で、ソフトウェア設計から保守までを一貫して支援する体系となっている。

(2) 作業結果の正しさ・十分性を即時にチェック・検証する機能

(3) ドキュメンテーションなどの各種作業を自動化する機能を各支援ツールに導入した。

また、ソフトウェア再利用を信頼性高く、かつ効率よく支援する諸機能も、本システムの特長の一つである。

### 2.3 一貫支援システムの実現

ソフトウェア開発の各工程に対し高い機能の支援ツールを具備させても、それらが互いに独立なままであれば、工程間つなぎのためのマテリアルハンドリング作業や、仕様間の不一致が発生しやすくなり、ツールの効果も十分に引き出せ

ない。

本システムでは、各支援ツール間に有機的なつながりを持たせ、この問題の解決を図っている。すなわち、

(1) 上流工程で定義された仕様を有効活用し、次工程の生産物を可能な限り自動で生成する。

(2) ソフトウェア生産物はデータベース上で一元管理し、仕様間の不一致発生を未然に防止する。

といった一貫支援機能を実現している。

以上をまとめると、表1のようになる。

表1 ソフトウェア開発・保守支援システム実現に当たっての方針  
この三つの基本方針に基づき使いやすいシステムの実現を図った。

方針	具体策
1. 高度対話環境の実現	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ソフトウェア開発専用ワークステーションの導入(PWS)</li> <li>● ビジュアルマンマシンインタフェースを備えた対話環境の提供</li> </ul>
2. ソフトCAD/CAM/CAT化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ソフトウェアエンジニアリング技法に基づく作業手順の誘導</li> <li>● 作業結果の正しさ・充分性の即時チェック・検証</li> <li>● 各種作業の自動化</li> <li>● ソフトウェア再利用の支援強化</li> </ul>
3. システム一貫化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 次工程生産物の半自動生成</li> <li>● ソフトウェア生産物の一元管理</li> </ul>

注：略語説明 PWS (Programming Work Station)

### 3 ソフトウェア開発・保守支援ツールの機能と特長

#### 3.1 ソフトウェア開発支援ツールの機能

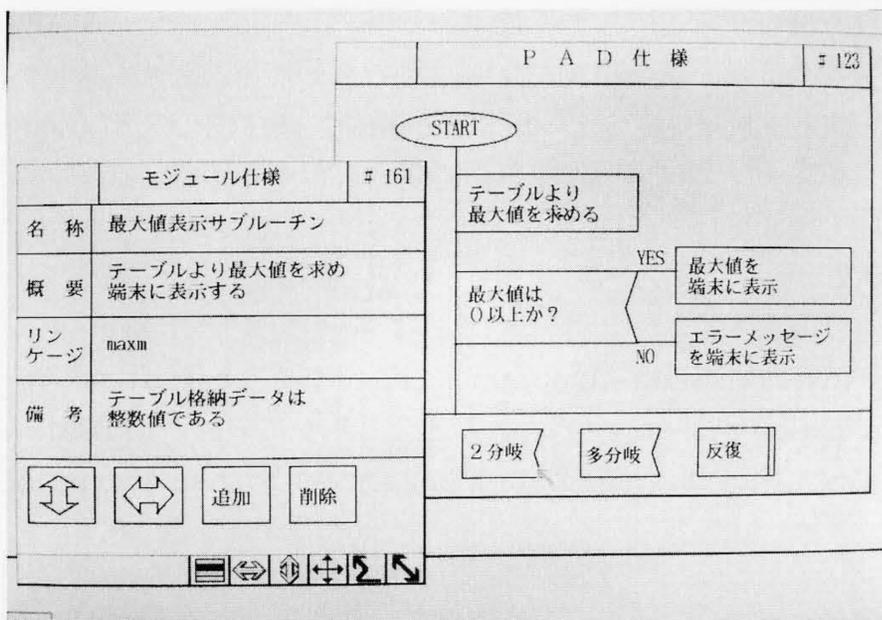
本システムを使用した場合のソフトウェア設計・製作・テスト作業形態をみると、図2のようになる。同図に基づきソフトCAD/CAM/CATツールの機能と特長を述べる。

##### (1) ソフトウェア設計支援ツールCADRIS

CADRIS (Computer Aided Design and Reuse Environment with Intelligent Support) は、共通テーブル、プログラムの設計を支援するツールである。

定形化された図表形式のフォーマットやトップダウンPAD<sup>2)</sup> (Problem Analysis Diagram) により設計を誘導するため、品質の高い設計を対話形で効率よく進めることができる。また、設計ドキュメントの自動生成、プログラムの半自動生成もサポートされており、ドキュメンテーション作業や次工程のプログラミング作業が大幅に軽減される。

また、ソフトウェア設計仕様を一元管理するデータベース



(a) CADRIS (設計)

```

1  proc mxtake ;
2  func maxm 最大値を求める opt(main) ;
3  var table(10):int ; /* テーブル */
4  var max :int ; /* 最大値格納エリア */
5  テーブル(table)より 最大値(max)を 求める ;
6  最大値(max)を 端末 に 表示する ;
7
8  if
9  then
10
11
12
13
14  stop ;
15  end maxm ;
16 end mxtake ;
    
```

(b) CAPRIS (プログラミング)

```

1  test maxtst ;
2  c1 : case ;
3  entry ;
4  set table = (5,10,1,40,20,35,41,17,20,23) ;
5  print i:table<> ;
6  bend ;
7  exit ;
8  check max = 41 ;
9  check table = (5,10,1,40,20,35,41,17,20,23) ;
10 bend ;
11 cend ;
12 c2 : case ;
13 entry ;
14 set table = (-5,-10,-1,-40,-20,-35,-41,-17,-20,-23) ;
15 print i:table<> ;
16 bend ;
    
```

SUMMARY OF STATUS OF TEST CASE TEST NAME = MAXTST

NO	CASE LABEL	STATUS
1	C1	EXECUTED
2	C2	EXECUTED

(c) HITEST (テスト)

```

*** PROFILE REPORT          MODULE = max          *** TIME 09:15:18
EX  LNO  max.sp1  SOURCE  LISTI
-----
1  2  proc mxtake ;
2  3  func maxm  opt(main) ;
3  4  var table(10) : int global ; /* テーブル */
4  5  var max : int global ; /* 最大値格納エリア */
5  6  テーブル(table)より 最大値(max)を 求める ;
6  7  最大値(max)を 端末 に 表示する ;
7  8  if
8  9  then
9 10  write(2,f10) max ;
10 11  f10 : format (1h ,nc'最大値に誤りがあります ',15) ;
11 11  end ;
    
```

HITEST/MTS (V03-R00) COVERAGE LIST

```

*** CO COVERAGE REPORT          MODULE = max          *** TIME 09:15:27
< FILENAME > | < COVERAGE > ( EXECNO / TOTALLNO ) ( SOURCECNO )
max.sp1      | 94 % ( 17 / 18 ) ( 35 )
-----
TOTAL COVERAGE | 94 % ( 17 / 18 ) ( 35 )
    
```

(d) HITEST (デバッグ, テスト充分性検証)

図2 ソフトCAD/CAM/CATツールの使用例 ソフトウェア設計・製作・テスト作業がワークステーション上で一貫した形で行える。

機能と、それを利用したソフト再利用支援機能も備えている〔図2(a), 表2〕。

(2) プログラミングツールCAPRIS

CADRISで半自動生成されたプログラムは、プログラム知的エディタCAPRIS<sup>3)</sup>(Computer Aided Programming and Reuse Environment with Intelligent Support)を使用して不足部分を補い、最終プログラムとして完成される。

CAPRISは、プログラミング言語文法規則を内蔵したインテ

表2 ソフトウェア設計支援ツールCADRISの機能 ソフトウェア設計がビジュアルに行え、またドキュメンテーション作業、プログラミング作業が大幅に自動化される。

大項目	小項目	内 容
設計支援	設計仕様定義機能	● 図表形式でのソフトウェア設計仕様定義 (テーブル仕様, モジュール仕様, 処理手続き)
	設計誘導機能	● 標準化されたフォーマットによる設計誘導 ● トップダウンPADによるトップダウン設計の誘導
再利用支援	検索機能	● 既存ソフトウェアの会話形検索
	再利用機能	● 既存ソフトウェアをデータベース上で再利用
ドキュメンテーション機能		● テーブル仕様書, モジュール仕様書, トップダウンPAD図の自動生成
プログラム生成機能		● テーブル宣言プログラムの自動生成 ● 手続きプログラムの半自動生成
設計仕様データベース管理機能		● 同一の設計項目はデータベース上で一元管理

注：略語説明 PAD(Problem Analysis Diagram)

リジェントエディタであり、プログラミングを本エディタが誘導するため、初心者でも穴埋め方式で日本語プログラムを容易に作成することができる。また、トップダウンプログラミング、プログラム書法の誘導によって保守性の高いプログラムを作成できるほか、即時文法チェック機能により文法誤りを即座に修正できる〔図2(b), 表3〕。

CAPRISの対象言語としては、制御用トップダウン構造化言語SPL<sup>4)</sup>(Software Production Language)とFORTRAN77がある。SPLは、トップダウン構造化プログラミング機能、リアルタイムプログラミング機能、及び日本語プログラミング機能を備えた制御用の高級言語である。

(3) テスト、デバッグ支援ツールHITEST

HITEST<sup>5),6)</sup>(Hitachi Integrated Test System)は、モジュールテスト、システムテスト及び総合テストの全過程に対して、テスト、デバッグ、品質検証作業を総合的に支援するツールである。

高級言語レベルで、テストデータの設定、テスト結果の照合・印字及びデバッグを容易に行うことができる。また、テストカバレッジ率測定機能により、プログラムテストの十分性を検証することができる。

このほか、実機環境がない段階でもシステムテストを可能とするプロセスシミュレーション機能、及びCPU・ディスク負荷率やタスク応答性などを測定・表示する性能デバッグ機能も備えている〔図2(c), (d)〕。

3.2 専用支援ツール

リレーショナルデータベース管理システムADF/RS<sup>7)</sup>(Advanced Data Management Facilities for Realtime Application System)、プロセスグラフィックシステムMDMS/IGS<sup>8)</sup>(Man-machine Data Management System/Industrial

表3 プログラム知的エディタCAPRISの機能 CAPRISはプログラミング誘導、即時文法チェック機能を備えたインテリジェントエディタである。

大項目	小項目	内 容	
		CAPRIS/SPL	CAPRIS/F77
プログラミング誘導	構文メニュー機能	● 入力すべきプログラム要素のメニュー表示 ● ソフトキーによるワンタッチ入力	
	構文テンプレート機能	● 言語文法上決まりきった語句(構文枠組み)の自動生成 (BEGIN~END; IF~THEN~ELSE~END; REPEAT~END; など)	(IF~THEN~ELSE~ENDIF) (DO~CONTINUE など)
	段階的詳細化機能	● 関数参照文に対応する関数定義枠組みの自動生成	● CALL文に対応するサブルーチン定義枠組みの自動生成
	プログラム書法支援機能	● モジュールヘッダの自動付加(カスタマイズ可能) ● プログラムの自動インデント(段付け)	
	知的ヘルプ機能	● 言語文法不明点・エディタ操作不明点に対する詳細説明をオンライン表示	
即時文法チェック	オンライン文法チェック機能	● プログラムの入力・修正時に即時に文法チェック	
その他	日本語プログラミング機能	● 日本語を駆使したプログラム作成が可能 ● 日本語ベースのマンマシンインタフェース	

Graphics System)及びプロセス入出力管理システムPDMS<sup>1)</sup>(Process Data Management System)は、それぞれデータベース、プロセスグラフィックスCRT、PI/O(プロセス入出力装置)への入出力を効率よく制御管理するシステムである。これらシステムの各々に対し、手続きプログラムの設計・製作支援ツールとは別に、専用支援ツールを用意している。

#### (1) データベース構築ツールADF/RS-SDL

データベースの設計は、概念設計、論理設計、物理設計の順に進められる。SDL(Structured Database Language)は、この設計手順を誘導するデータベース定義言語である。この特長としては、分かっているデータアイテムから順次データベースを構築していくボトムアップ設計が可能で、処理(論理)設計と性能(物理)設計を分離・独立して進められるため、最適なデータベース設計が行えることにある。

#### (2) マンマシン画面作成ツールMDMS/IGS-G<sup>8)</sup>

本ツールは複雑なプロセス画面も、はり絵の感覚で作成することを可能としたフルスクリーン会話形の作画支援ツールである。パターンの作成、パターンの組合せで背景画面が作成でき、更にプロセス状態に応じて変化する変化画面も交替図形、バー、トレンドグラフによって容易に作画できる。また、大画面、ウインドウ画面を利用し、用途に見合った画面構成を柔軟に定義することもできる。

#### (3) プロセスデータ処理仕様定義ツールPDMS/PDDL

PDDL(Process Data Description Language)は、大量のプロセス入出力仕様を簡単に効率よく定義する言語である。PI/Oへの入出力を論理レベルでサポートするために、PI/Oの物理仕様の定義を行う。また、プロセスデータをアプリケーションプログラムが扱いやすいレベルに変換するための、データ加工処理仕様などの定義も行える。

### 3.3 保守支援ツール

#### (1) ドキュメント自動生成ツール

ソフトウェアの保守を信頼性高く、効率よく行うためには、正確かつ可視性の良いソフトウェアドキュメントが必ずである。H-V90/5シリーズでは、前述のCADRIS、専用ツールで、日本語・図表形式のソフトウェア設計ドキュメントを自動生成する機能をサポートし、このニーズにこたえている。

#### (2) システム障害解析支援システムHIDAS

システム障害は、ソフトウェア、ハードウェアの要因が複雑に絡み合っていて、原因の究明が困難であることが多い。

HIDAS(HIDIC Diagnosis Assistant System)は、システム障害発生時、原因究明に必要なデータを即時に収集し、用途に見合った形に編集し出力する。これにより、障害原因の的確な究明と迅速な対応を可能としている。

## 4 結 言

HIDIC V90/5シリーズでは、従来のソフトウェア開発支援ツール<sup>9)</sup>の適用経験を踏まえ、ソフト設計・製作・テストのCAD/CAM/CAT化を目指して、高機能ワークステーションPWS上に設計から保守までを一貫して支援するソフトウェア開発・保守支援システムを開発・整備して実用化した。これにより、保守性の高いソフトウェアをより信頼性高く、かつ効率よく開発することが可能となった。

今後、適用経験をフィードバックし、更に機能向上を図るとともに、ユーザーのニーズを取り入れ、より使いやすいシステムとすべく不断の努力を積み重ねていく考えである。

## 参考文献

- 1) 中西, 外: 制御用計算機HIDIC V90/5シリーズ, 日立評論, **70**, 5, 527~534(昭63-5)
- 2) 二村, 外: PADの開発, 日立評論, **68**, 5, 351~355(昭61-5)
- 3) 田中, 外: 計算機誘導形構造エディタ, 日立評論, **68**, 5, 393~398(昭61-5)
- 4) 林, 外: 制御用トップダウンストラクチャードプログラミング言語-SPL-, 日立評論, **60**, 3, 235~240(昭53-3)
- 5) 大島, 外: 制御用ソフトウェア機能一貫テストシステム, 日立評論, **62**, 12, 893~898(昭55-12)
- 6) 大島, 外: オンラインデバッグ支援システム“HITEST-DEMO”, 日立評論, **66**, 3, 207~210(昭59-3)
- 7) 廣田, 外: リアルタイム用リレーショナルデータベース管理システム“ADF/RS”, 日立評論, **68**, 5, 403~408(昭61-5)
- 8) 高松, 外: 制御用計算機HIDIC V90/5シリーズのマンマシンインタフェースシステム, 日立評論, **70**, 5, 541~546(昭63-5)
- 9) 大島, 外: HIDIC V90/50ソフトウェア開発支援システム, 日立評論, **63**, 12, 869~874(昭56-12)

## 有機高分子応用の電気抵抗式湿度センサ

日立製作所 金城徳幸・菅原 徹・他2名

計測自動制御学会論文集 22—1, 109~116 (昭61-1)

環境制御及び品質管理に欠くことのできない素子として、信頼性の高い湿度センサが要望されている。ルームエアコン、除湿機などの家庭電気製品やビル空調では、湿度制御によって快適な環境が得られ、電子部品製造業、繊維工業、農業の分野などでは、品質を向上させるのに適する湿度範囲があるので、安定な湿度制御は重要視されている。

実用性のある湿度センサに要求される基本特性は次の3点である。

- (1) 電気抵抗値の湿度依存性(感湿特性)
- (2) 外界の湿度変化への追随性(応答性)
- (3) 長期信頼性(寿命及び耐環境性)

高分子電解質の電気抵抗が吸脱湿によって変化する現象を利用して、外界の湿度を検出するのが本湿度センサの原理である。その際、使用する高分子電解質の化学構造によって、前述の湿度センサの基本特性がどのように変化するかは感湿材開発上の重要な課題である。感湿材の開発には高分子

の水に対する親和性の程度、すなわち疎水・親水性の程度は一つの重要な指標になると考えられる。そこで疎水性・親水性の割合の異なる非イオン性、カチオン性、アニオン性のモノマーを選択し、適宜組み合わせでイオン性共重合体を合成し、これらの高分子の化学構造上の因子と、感湿材としての特性の相関性について検討することにした。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 試作した湿度センサの電気抵抗は、合成したすべての感湿材で、相対湿度の増加に対応して指数関数的に減少する。イオン基の割合の多い共重合体のほうが、電気抵抗値は低く、吸湿率は大きい。
- (2) 使用するイオン性モノマーの種類によって共重合体の感湿膜の吸湿量と電気抵抗値は変化するが、非イオン性モノマーの種類依存性は少ない。
- (3) 湿度センサの応答は、共重合体のイオン性モノマー部分の種類、特にイオン基の

疎水性の程度に強く依存し、疎水性にするほど応答が速くなる。非イオン性モノマー部分の種類によって速さは変わるが、イオン性モノマー部ほどの影響力はない。

(4) 湿度センサの電気抵抗は負の温度係数を持ち、共重合体のイオン性モノマー部分及び非イオン性モノマー部分の種類にそれほど依存しない。また、応答は温度が高いほど速くなる。

(5) 湿度センサの高温放置時の経時変化が設定値に達するまでの時間は、絶対温度の逆数の指数関数で表される。高温放置による相対湿度-電気抵抗特性の経時変化は感湿膜の吸湿量の減少に起因し、共重合体の種類に強く依存する。

以上のほか、各種の耐久試験の結果を踏まえ、長期安定性のある有機高分子電解質の感湿材を開発し、この感湿材を使用した電気抵抗式湿度センサの実用化を達成した。

## ディザ画像の高圧縮符号化処理方式

日立製作所 犬塚達基・浜田長晴

画像電子学会誌 15—4, 316~325 (昭61-10)

普及を続けるファクシミリ高度利用のため、中間調画像の伝送記録が課題の一つとなっている。白黒2値のファクシミリでこの要求にこたえるため、擬似的に中間調画像を再現する組織的ディザ法が広く利用されている。これは、多値の原画信号を周期的に振幅するしきい値と比較し、その大小関係を2値信号で表す方法である。視覚特性により、微小ドットで記録したディザ信号は、中間調画像として感じる事ができる。

しかし、ディザ信号は文書画像をスキャナ入力した2値信号とは異なる統計的性質を持つことから、ファクシミリの標準符号化方式では高い圧縮率が得られない。従来から、しきい値パターンの周期性を利用したディザ信号の符号化方式が幾つか提案されている。しかし、これらの多くは利用できるしきい値パターンが限定されるという問題点があった。

本論文は、これらの問題点を解決し、(1)ファクシミリの標準符号化方式と親和性が高い、(2)信号処理手順がしきい値パターンに限定されない、(3)圧縮率が高い、などの特徴を持つ新たなディザ信号の符号化方式を提案している。

ファクシミリの送信側・受信側の双方は、伝送再現済みの画信号と、あらかじめ設定してあるしきい値を用いて多値の原画信号を推定する。そして送信側では、スキャナ入力した原画信号及び推定信号をしきい値と比較し、両者の結果が異なる場合には推定信号を修正すると同時に、修正が必要であることを符号語として受信側に伝える。これを受けて受信側では、送信側と同様に推定信号を修正する。こうして送信側・受信側の双方で作られる推定信号は、しきい値に対して原画信号と同じ大小関係となる。受信側は、推定信号をしきい値と比較することにより、ディザ信号を正しく再現する

ことができる。

写真などの原画信号の変化が緩やかな場合は、推定信号を修正する頻度は比較的少ない。そこで、走査線方向の推定信号の修正位置間隔を、ファクシミリの標準符号化方式を用いて符号語に変換する。

上記の方式は、ディザ信号を走査線方向の画素ごとに信号処理する。更に圧縮率を向上させるため、走査線ごとに推定信号の修正位置を予測し、並び替えを行う方法についても検討を行った。いずれの方法も、既存のファクシミリに容易に組み込むことができる。

上記方式の計算機シミュレーションの結果、画素ごとの信号処理で0.35ビット/画素、走査線ごとの信号処理で0.28ビット/画素に、ディザ信号を圧縮することができた。