

# 中形電子計算機HITAC 8350の診断方式

## Diagnosis System of Medium-Scale Computer Hitachi Computer System 8350

酒井寿紀\* *Toshinori Sakai*

Hitachi Medium-scale Computer System 8350 has adopted a diagnosis system employing microprograms similar to those for Hitachi Computer Systems 8300 and 8500. Compared with conventional systems the new diagnosis system is improved in that: (1) a loading function to be used exclusively for diagnosis has been provided, and (2) diagnosis of the basic logic is conducted by a microprogram resident in the read-only memory.

The microprogram for diagnosis thus made consists of about 30,000 steps. Its data volume is about 1 mega-bytes. Time required for diagnosis is about 3 minutes. It has been found that 80 to 85% of its solid errors are detected, and the error point of about 70% of the detected errors are located in the range of 3 to 4 plug-ins in the dictionary.

### 1 緒言

従来、電子計算機の故障個所の究明は、熟練した保守担当者の経験と勘にたよることが多かった。しかし、(1)計算機の複雑化、(2)機種および設置台数の増加、(3)人件費の増加などの理由により、人手による故障診断は困難になってきた。そのため故障診断の自動化の要求が高まり、いくつかのアプローチが試みられた。

一般に故障診断方式に対して要求されるのは次のようなことがらである。

- (1) 操作が簡単であること(操作性)
- (2) 検出できる故障の割合が高いこと(検出率)
- (3) 故障個所をできるだけ狭い範囲に指摘すること(分解能)
- (4) 論理変更などに伴う変更が容易であること(保守性)
- (5) 開発が容易であること(開発コスト)

HITAC 8350の開発にあたって、これらの点を考慮してその診断システムを開発した。ここにその基本的考え方、診断方式の概略および評価試験の結果について紹介する。

### 2 設計思想

#### 2.1 他機種の診断方式

##### (1) マイクロプログラムを使った診断

マイクロ命令を使って論理機能の検査を行なう方式がHITAC 8300, HITAC 8500など一部の計算機で試みられている。この方式によれば命令レベルでの機能検査に比べはるかにマイクロな単位で機能の検査ができるが、診断用のマイクロプログラムのロードが通常の入出力動作によって行なわれるので、基本的な命令およびチャンネルの正常な動作が保証されないと診断を開始することができない点に問題があった。

##### (2) IBMのFLT<sup>(1)</sup>

IBM 360システムの一部のモデルで採用されているFLT (Fault Locating Test)は計算機を使って論理回路のファイルから診断用のデータを作成し、このデータを使って診断を実行するための特殊な順序制御の論理が組み込まれた計算機

で診断を実行するものである。この方式は計算機によってデータが作られるためデータのエラーが少なく、論理変更に対するデータの修正が機械的に行なえる点が利点であるが、一方、データ作成のプログラムが必要、データ量、診断所要時間がかなり大きい、診断のためのハードウェアの増加がかなり大きいなどの欠点がある。

#### 2.2 基本的考え方

HITAC 8350の診断方式を決定するにあたっての基本的な考え方は次のようなものであった。

##### (1) 実用性の尊重

開発コスト、ハードウェアの増加、データ量、診断所要時間および操作性などの面で十分実用的であること、すなわち診断能力がどんなに高くても費用や所要時間が許容限度内になければ実用的とは言えない。

たとえば、故障個所がプラグイン1枚の中に追いつめられたら、理論的には集積回路(IC)やゲートのレベルまで故障個所を追いつめることができる場合でも診断を打ち切る。故障部品はプラグイン単位で交換されるのでこれ以上深追いする必要はなく、こうしてデータ量、所要時間がいたずらに増加するのを防ぐことができる。

##### (2) 実用に耐える診断能力

実用性を尊重するため診断能力がある程度下がってもやむを得ないが、少なくともソリッドエラーの半分以上を検出できることを目標にする。半分を割ると別の意味で実用性が落ちると考えられる。

##### (3) 実感的評判の重視

故障が起きたときには、まずこれを使ったほうがよいと保守担当者に思ってもらえるものを作る。そのためには取扱いが簡単でなければならない。

##### (4) 人間中心

診断の主体はあくまでも人間であり、診断システムはその手助けにすぎない。約半分のどちらかという診断の容易な

\* 日立製作所神奈川工場

部類に属する故障について、ダウン時間の短縮、診断の省力化を図ればよい。これにより人間は余ったエネルギーをよりむずかしい事故の対策にふり向けることができる。

(5) 直観的わかりやすさの尊重

人間が故障箇所を捜す手順をできるだけそのままの形でプログラム化することにより、作りやすく、まちがいが少なくなり、また直接故障箇所を指摘できないときも、人間が診断を開始するときに補助的な情報を与えることができるという意味で保守担当者にもなじみやすいものとなる。

以上のような考え方に立って種々の診断方式を検討した結果、マイクロプログラムを使った診断方式に次のような改良を加えることにより、これらの条件をほぼ満たすことができるのではないかと考えた。

(1) 診断専用のロード機能を設ける。

従来は診断用マイクロプログラムのロードに通常の入出力命令とチャンネルのデータ転送の機能を使っていたが、これでは多くの機能が正常に動作しないとロードできない。そこで診断用マイクロプログラムをロードするためのマイクロプログラムを固定記憶装置(以下ROMと略す)に常駐させ、診断プログラムのロードのときはチャンネルの基本的な機能のみを使うようにし、またロードの際のメモリアドレスの更新に主

加算回路を使わず専用のカウンタを使うようにする。

(2) 基本回路の診断はROMに常駐のマイクロプログラムで行なう。

診断用のロード機能を別に設けても、この機能および診断のマイクロプログラムを実行するためのマイクロ命令の基本的機能が正常に動作しなければ診断は開始できない。そこでこれらの機能(ハードコア)を検査するためのマイクロプログラムをROMに常駐させ、これにより基本機能を確認したうえで診断プログラムのロード、実行へと進む。こうして最も基本的な論理から診断を始めて徐々に動作が保証される部分を広げていき、複雑な論理の診断にはすでに診断が終わった機能を有効に使うことにより短時間で効率のよい診断を行なう。このような診断プログラムの構造をブートストラップ構造と呼ぶことにした。

3 診断方式の概要

3.1 診断の実行順序

前述のように従来の方式では、診断が開始される前に使われる論理の比率が高く、あまり実用的でなかった。この点を解決するためにHITAC 8350の診断システムには次のようなブートストラップ構造を持たせた。

(1) ROMのスキャン

診断を始める場合、まず保守パネルの操作によりROMの全アドレスをスキャンして読み出し、ROMおよびその制御回路が正常に動作することを確認する。

(2) ハードコアのテスト

診断に使われる基本的な論理、特に診断プログラムのロードに必要な機能をROMに常駐するマイクロプログラムで検査する。

(3) 診断プログラムのロード

ROMに常駐するマイクロプログラムにより、すでに検査された論理を用いて、磁気テープより診断プログラムを1ブロックロードする。またこのマイクロプログラム自身、ハードコアのテストでは検査できなかったロードパスの検査を行なう。

(4) 診断プログラムの実行

こうしてメインメモリにロードされた診断プログラムは、1マイクロ命令ずつ読み出されて診断モードという特殊なモードで実行され、すでに動作が保証されている論理を「核」にして、基本的な論理から徐々に複雑な論理へと診断を進め、動作の保証される部分を広げていく。

特に診断プログラムの第1ブロックではハードコアのテストの残り、診断モードの制御に関するテストを行なう。1ブロックの実行が終わると、再び診断プログラムのロードのマイクロプログラムに制御が移り、次のブロックのロード、実行を行なう。(1)は多少保守パネルの操作が必要であるが、(2)以降は自動的に連続して実行される(図1)。

3.2 診断の対象

この診断システムは、BPU (Basic Processing Unit) チャンネル、メインメモリを対象としている。保守パネルの機能、外部機器とのインタフェースの回路は診断できない。

診断の対象としている故障は、ゲートの入出力のいずれかが論理的に「1」か「0」に固定された故障で、診断対象範囲に存在する故障はただ一つとする。再現性のない(間欠的に発生する)故障や複数個所の故障および信号線どうしの短絡に関しては、検出されても故障箇所の正しい指摘は保証されない。

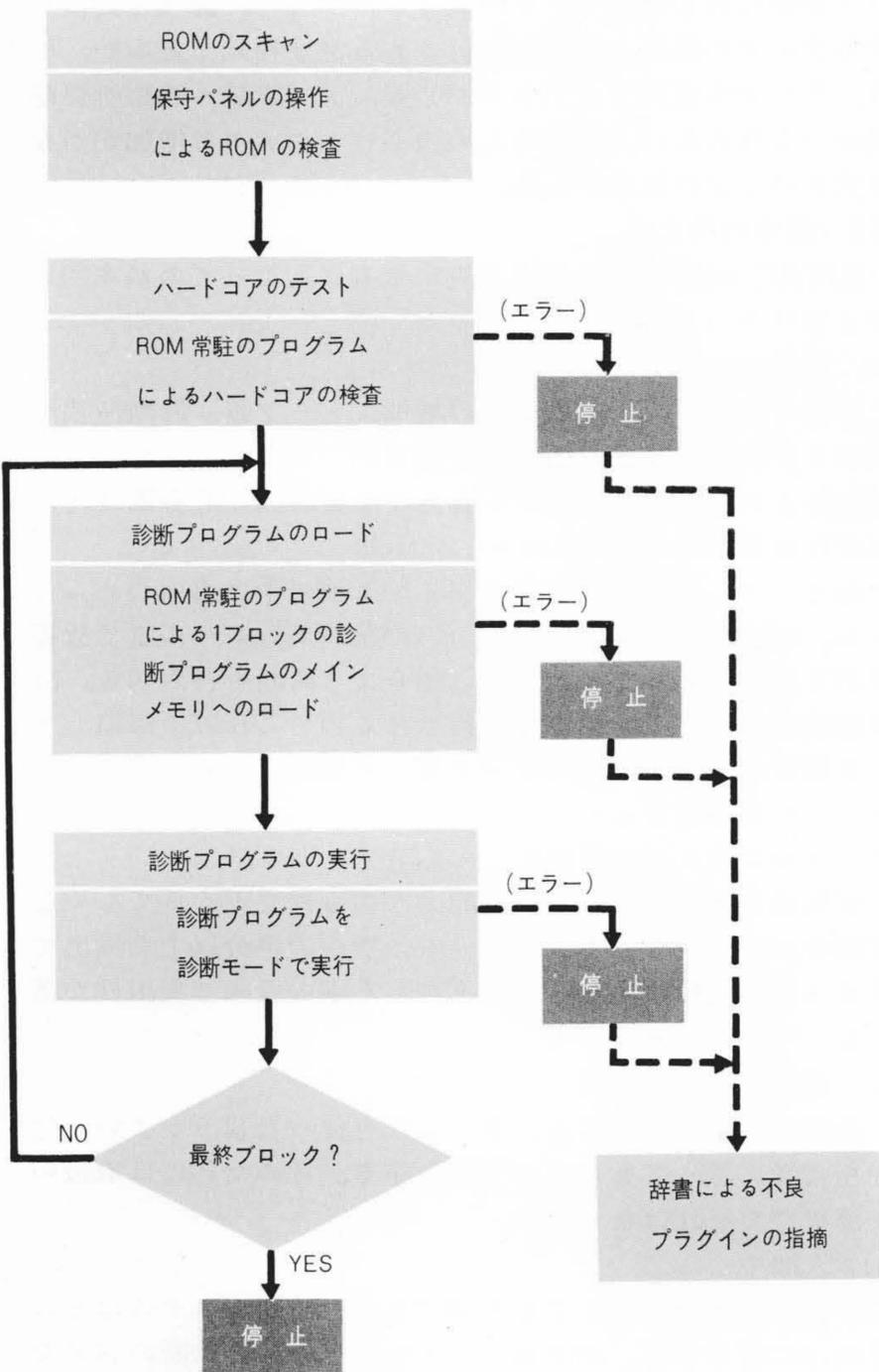


図1 診断の実行順序 診断はこのような順序で進められる。

Fig. 1 Sequence of Diagnosis

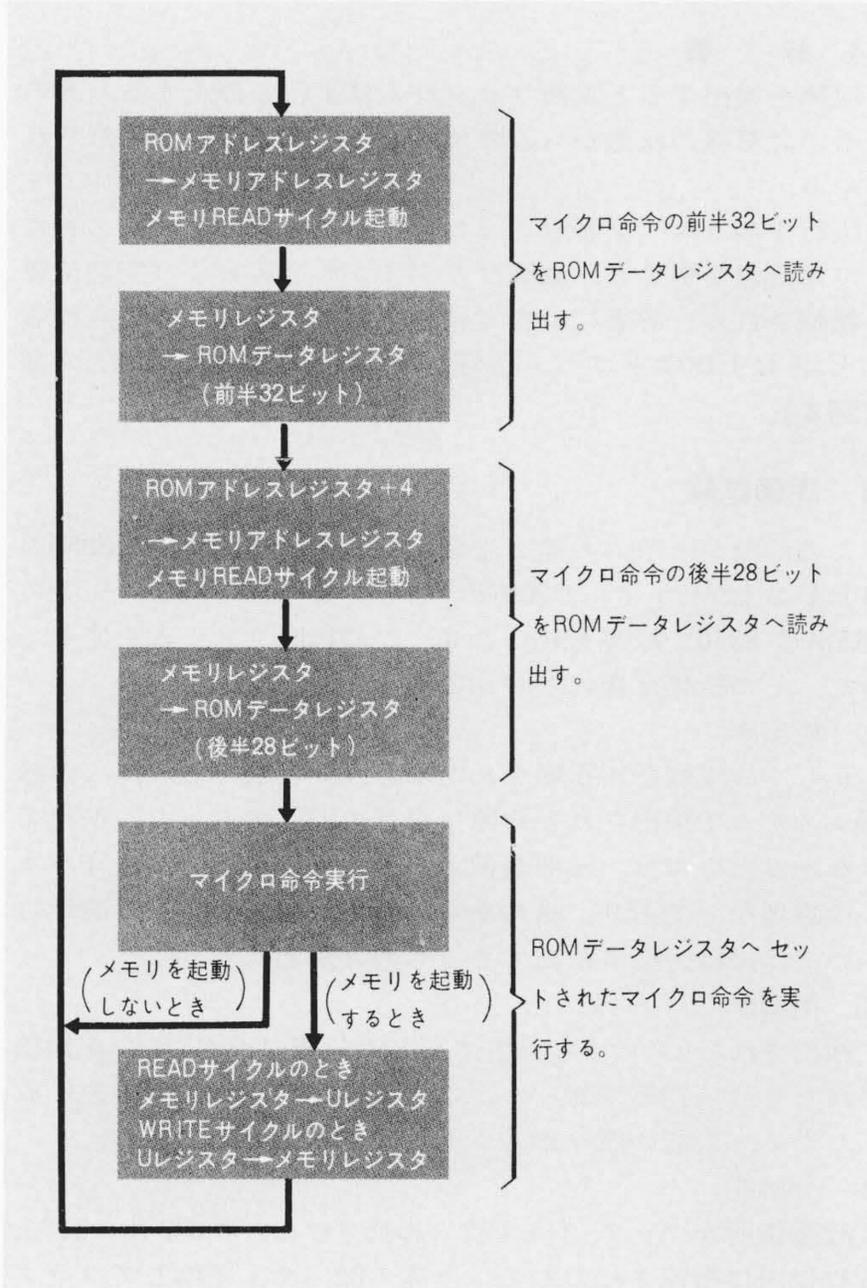


図2 診断モードのステージの流れ 診断モードでは、このようにしてメインメモリからマイクロ命令が読み出され、実行される。

Fig. 2 Stage Flow of Diagnosis Mode

#### 4 診断のためのハードウェア/ソフトウェア

##### 4.1 診断用ハードウェア

###### (1) 診断モード

HITAC 8350ではマイクロプログラム用の記憶装置が書き換えできないものであるため、診断プログラムはメインメモリにロードされる。こうしてロードされたマイクロプログラムを1マイクロ命令ずつメインメモリから読み出して実行する診断モードという特殊なモードが用意されている。通常のROMを使うモードと診断モードとの切替えはマイクロ命令により自由に行なわれる(図2)。

###### (2) スキャンイン/スキャンアウト

診断を行なうためには、レジスタおよびフリップフロップのセット/リセット(スキャンイン)や、それらの状態の参照(スキャンアウト)が自由にできなければならない。そのため通常のマイクロ命令ではスキャンインできない制御用のフリップフロップなどに関しては診断用にデータバスからスキャンインできるようにしてある。またすべてのレジスタおよび主要なフリップフロップはデータバスを介して読み出せるようになっている。

###### (3) IOシミュレートモード

チャンネルの動作は入出力装置と関係するものが多く、チャンネル単独で動作させることができないので、一般に診断はむずかしかった。HITAC 8350ではチャンネルの診断のために、

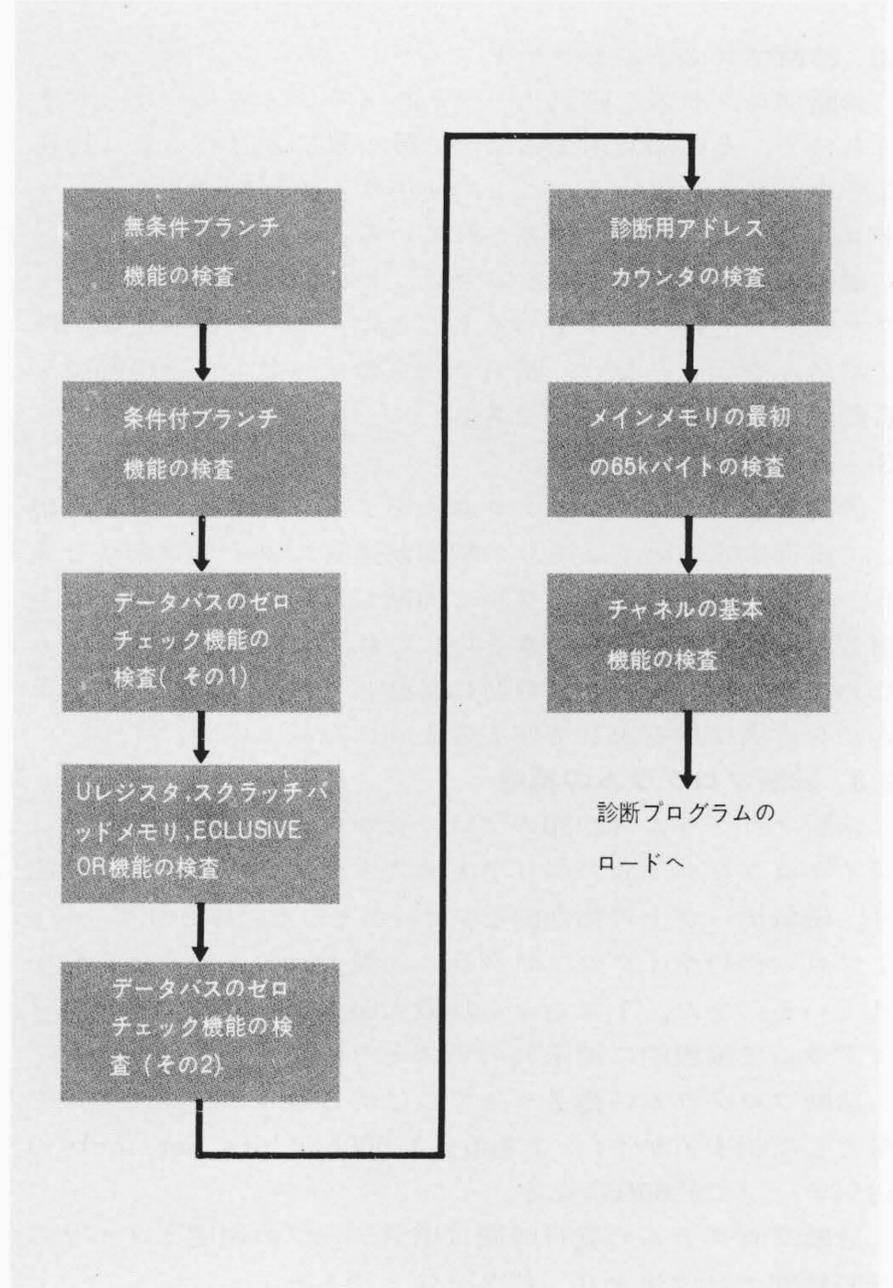


図3 ハードコアのテストの流れ ハードコアのテストは、このような順序で行なわれる。

Fig. 3 Flow of Hardcore Test

IOシミュレートモードというモードを設けた。このモードのときはIOインタフェースが論理的に切り離され、IOからの信号を受けとめるレジスタ、フリップフロップにマイクロプログラムでデータをスキャンインすることができる。

###### (4) 診断用アドレスカウンタ

診断プログラムを磁気テープからメインメモリへロードする際のアドレスの更新に、演算命令で使う加算回路のような複雑な論理を使うと、診断できる部分が少なくなり好ましくない。そのため診断用に16ビットのアドレスカウンタが設けられている。

###### (5) ROMのスキャン

パネルの操作によりROMからアドレス順に1語ずつ読み出してパリティチェックを行ない、ROMおよびその制御論理の動作を確認することができる。

##### 4.2 ROM常駐プログラム

###### (1) ハードコアのテスト

診断に用いられる基本論理(ハードコア)および診断プログラムをメインメモリにロードする論理の診断を行なう。各テストで異常を検出したときはそれぞれ固有のアドレスでループする。機能検査を主目的としているため、故障分解能はあまりよくない。しかし正常に動作しないマイクロ命令が判明するため、人手で調査を進めることが比較的容易である(図3)。

(2) 診断プログラムのロード

診断プログラムを磁気テープからメインメモリへロードするもので、その際使用する論理を最小限にとどめるよう特殊な考慮が払われている。ここで使用する論理はほとんどハードコアのテストの際に検査されている。

通常の入出力動作と異なる点は、チャンネルでのデータのバッファリングを行わず1バイトごとにメモリに書き込む、終了割込みを起こさない、磁気テープのリードエラーの回復を自動的に行なうなどの点である。

(3) 診断用サブルーチン

診断モードでは、マイクロ命令をメインメモリから読み出して実行するため、メモリの制御が通常のマイクロ命令と違う。そのためメモリサイクルと同期して動作する命令の読み出しの論理などが診断できない。これらの診断を可能にするためのサブルーチンがROMに常駐しており、診断プログラムから自由に呼び出して使えるようになっている。

4.3 診断プログラムの構成

診断プログラムは約30のブロックから成る。各ブロックはマイクロプログラムのエリアとテストデータのエリアより成り、磁気テープ上の物理的なブロックとして記録されている。1ブロックのマイクロプログラムは最大64のユニットに分かれている。また、1ユニットは最大64ステップのマイクロプログラムで論理的に同系列のテストを行なう。

診断プログラムの総ステップ数は約3万ステップでデータ量として約1メガバイトであり、1,600bpi(bits per inch)の磁気テープで約60ftになる。

診断プログラムの実行時間は磁気テープの速度とメモリの診断時間でほぼ決まり、約3分ほどである。

4.4 辞書

故障を検出すると診断プログラムは実行を停止する。そのときの計算機の状態から故障個所を指摘する辞書が用意されている。

実行中のブロック番号および停止したときのアドレスをたよりに辞書を引くと、故障プラグインの名称および実装位置が指摘される。辞書には参考情報として、故障と考えられる信号名および参照すべき論理図のページも記載されている(図4)。

5 評価試験

この診断システムの能力を測定するためにHITAC 8350のBPUおよびチャンネルで200個の信号を無作為に選び、実際のHITAC 8350で障害を起こさせ、この診断システムを使ってみた。その結果は次のとおりであった。

(1) 検出率

正しく故障個所が指摘されたかどうかは別として、この診断システムで検出された故障は全体の83%であった。検出できなかったものは、外部装置とのインタフェース、保守パネルの論理などであり、当初から診断の対象としている論理についてはほぼ完全に検出できるものと思われる。

(2) 指摘率

検出されたもののうち辞書で正しく故障プラグインが指摘されたものは72%であった。これは人手によって辞書を作成したため、人間の誤りが防ぎきれなかったためである。

(3) 分解能

故障個所がプラグイン1枚に指摘されたものは全体の19%、5枚以内に指摘されたものは全体の82%で、平均してプラグイン3.7枚の範囲に指摘されることがわかった。

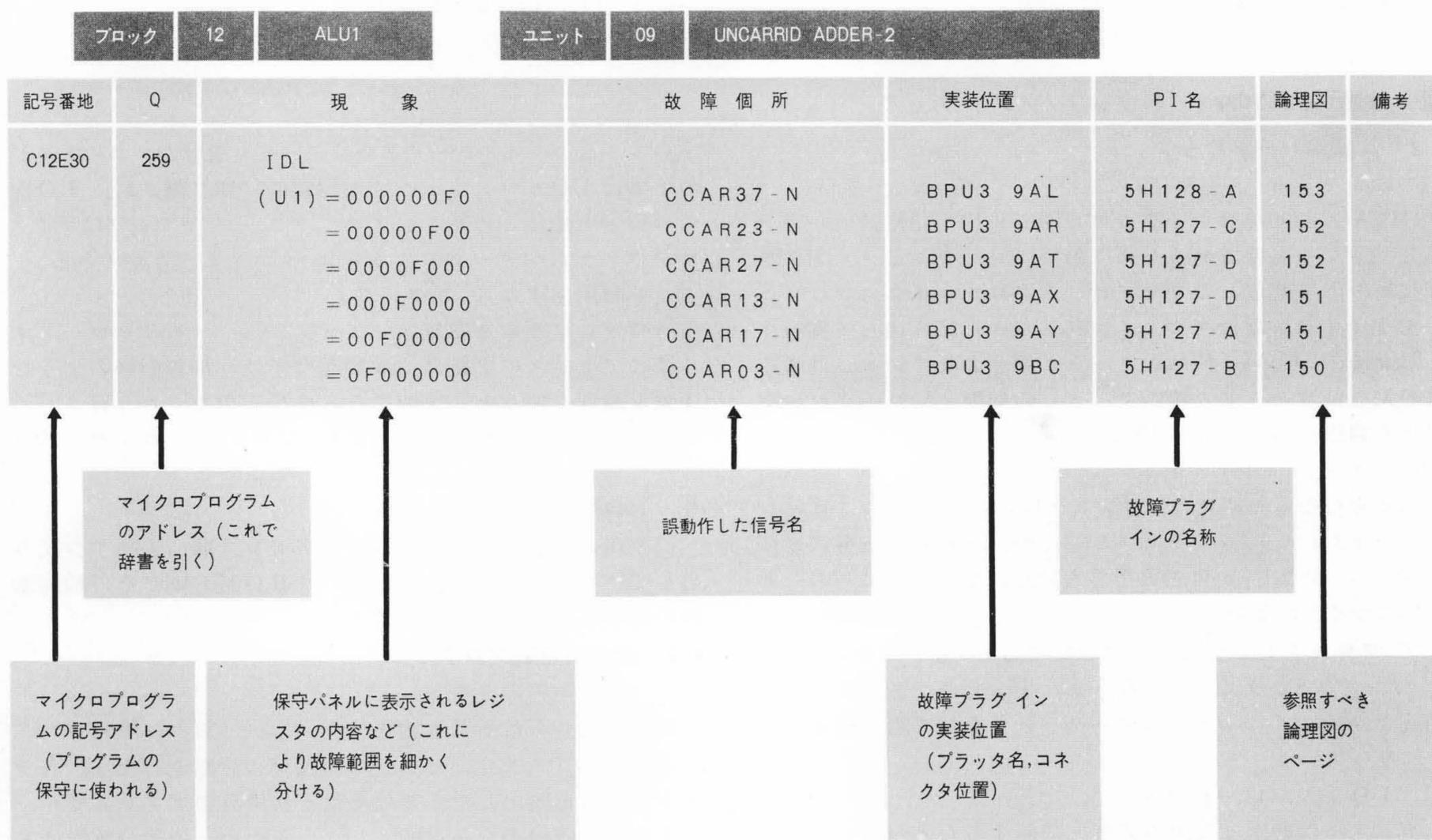


図4 辞書の例 辞書はこのような構成になっている。

Fig. 4 Example of Dictionary

## 6 今後の課題

IBMは360システムの一部のモデルでFLT方式を採用していたが、この診断システムの開発中にシステム360のモデル85のマイクロプログラムを使った診断方式を発表し<sup>(2)</sup>、その後のシステム370では全般的にこの方式をとっているようで、マイクロダイアグノスティクスと呼んでいる。この点からIBMもマイクロプログラム方式のほうがFLT方式よりすぐれていると判断したものと思われる。

本報告の内容からもこの方式は従来の方式に比べ実用性の面ですぐれていると思われ、今後はこの方向にそって改善されていくものと思われる。

この方式の問題点としては次のような点があげられる。

- (1) プログラムを人手によって作成し、かつ診断方式に一定の手順がなく、個々の論理ごとに担当者の創意により診断方式を決めることになるので、かなり程度の高い人が多人数必要となる。
- (2) 人手によってプログラムを作成するため、どうしても論理的な見落としが避けにくく、それを系統的にチェックする手段もない。
- (3) 論理変更に伴う診断プログラムの変更の際、変更個所を的確に把(は)握することが困難である。

これらの点を解決するための一手段として、辞書の作成が自動化されれば事態はかなり改善されるものと思われる。診断プログラムのコーディング自体は非常に高度な判断を要する仕事なので人間が行ない、辞書の作成は診断プログラムさえできればあとはシミュレーションによりある程度機械的にできるので、計算機を有効に使うことが考えられる。評価試

験の結果からも、診断プログラム自身より辞書の誤りが多いことがわかるので、この点が改善されれば開発コスト上も性能上も大きな効果があるものと思われる。

## 7 結 言

- (1) HITAC 8350でHITAC 8300および同8500の流れを引き継ぐマイクロプログラムを使った診断方式を採用し、従来のものに比べて診断専用のロード機能を設ける、基本部分を診断するマイクロプログラムを固定記憶装置に常駐させるなどの点で改善を加えた。
- (2) 診断のマイクロプログラムは約3万ステップ、データ量として約1メガバイトで診断に要する時間は約3分である。
- (3) 故障検出率は80~85%、検出された故障につき故障個所が正しく指摘される割合は約70%であり、故障個所は平均してプラグイン3~4枚の範囲に指摘される。
- (4) 今後の課題としては辞書作成の自動化による開発コストの低減および性能の改善などがある。

終わりに臨み本診断システムの開発にご協力いただいた日立電子サービス株式会社の角田基文氏、常世田博之氏ならびに南時治氏ほかの各位に厚くお礼申し上げる次第である。

## 参考文献

- (1) W.C.Carter, H.C.Montgomery, R.J.Preiss, H.J.Reinheimer, "Design of Serviceability Features for the IBM System/360", IBM Journal of Research and Development, April (1964)
- (2) N.Bartow, R.Mcguire, "System/360 Model 85 Microdiagnostics," AFIPS Conference Proceedings, Vol.36 (1970)

## 日立評論 Vol. 55 No. 11 目次

### ■ 論 文

- 500kVコンデンサブッシング
- 420kV超々高圧用避雷器
- 500kVOLFケーブル管路直接水冷実証試験
- サイリスタ分巻自励同期機の系統事故時の過渡特性
- 手書きOCRの応用
- HITAC-10を利用したラボラトリオートメーション向コントロールプログラムの開発
- ブルーム連続鋳造設備の計算機制御
- カーブを高速で走行できる振り子式電車

交流電车用サイリスタモータ

### ■ コンピュータ応用特集

- 最近におけるコンピュータ利用の動向
- 東京大学大型計算機センター共同利用システム
- 公衆回線を利用したオンラインシステム
- 総合バンキングシステム
- 鉄鋼業における厚板生産管理システム
- コンピュータによる日本語情報処理

## 日 立 Vol. 35 No. 10 目次

- グラフ ワインの町 池田
- 解説 ☆これからのエネルギー  
☆時間をめぐる技術
- ルポ ☆宇宙へひらく窓 岡山天体物理観測所を訪ねて
- 山東昭子のルポルタージュ こんにちはパンダちゃん
- 美術館めぐり 藤田美術館

- インタビュー ゴミ学は人間学と見たり
- 家電コーナー 目にやさしいソフトなあかり
- 今月の豆知識 ルームヒート 日立ディスク・メモリー
- 新製品紹介 ジャー式電気釜 カラーテレビ 食器洗い機  
テープレコーダー
- 海外だより 太陽の国<メキシコ>

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 郵便番号 100  
 取次店 株式会社 オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 郵便番号 101 振替口座 東京 20018番



## シリコン酸化膜の構造に関する問題

日立製作所半導体事業部 長嶋直之

電子通信学会誌 55-4, 505 (昭47-4)

高温でSi単結晶を酸化したり、比較的低温でSi化合物を酸化あるいは分解したりして、Si単結晶表面に形成したSiO<sub>2</sub>膜は、最近の半導体装置にとって非常に重要な材料である。そのため、SiO<sub>2</sub>膜の性質に関して今までに多くの研究結果が報告されているが、その構造に関しては不明の点が多かった。SiO<sub>2</sub>膜の構造は、半導体装置の電気的特性に密接に関係するので、構造を明確にすることはきわめて重要である。

従来から、Si表面に形成したSiO<sub>2</sub>膜は、電子回折像の特徴から無定形あるいはクリストバライトの微結晶よりなると考えられてきた。しかしながら、SiO<sub>2</sub>膜の電子回折像が定量的に解析されなかったので、構造に関する議論は推定の域を出なかった。

本論文では、SiO<sub>2</sub>膜の構造を電子回折像のフーリエ変換によって求めた動径分布関数の方法ならびに赤外吸収法によって求めた結果と、SiO<sub>2</sub>膜の結晶化に関する研究結果が述べられている。

Siを900°Cから1,200°Cの温度範囲で酸化して生成した酸化膜の動径分布関数から、Si-O、O-OおよびSi-Si結合の距離として、それぞれ1.62Å、2.60Åおよび3.10Åが得られた。また動径分布関数のSi-Oピークの下面積から1個のSi原子のまわりの最近接原子の数は4個であること、Si-O-Si結合角は147度であることが判明した。これらの値は、今までに報告されている熔融石英の値に近い。また、SiO<sub>2</sub>膜の赤外吸収スペクトルは、クリストバライトよりも熔融石英のそれに近い。これらの結果から、SiO<sub>2</sub>膜の基本構造は平均として1個のSi原子を4個のO原子が取り囲んだ正四面体構造であり、熔融石英やクリストバライトなどと同じものであることがわかった。結晶ではこのような正四面体が長距離秩序をもって配列するが、Si酸化膜ではこのような長距離秩序は存在しない。

このように、Si単結晶表面に形成したSiO<sub>2</sub>膜は非晶質構造をもつが、これはかな

り安定であって高温で長時間加熱しても容易に結晶化しない。しかしながら、ある種の不純物たとえばNaのようなアルカリ金属に汚染されると非晶質膜は簡単に結晶化する。この結晶はほとんどの場合αあるいはβクリストバライトであった。結晶化の機構としては、NaによってSiとOとの結合が切断され、それらが再結合する際に自由エネルギーの低いクリストバライトに結晶するものと考えられる。

従来、SiO<sub>2</sub>膜中のNaは、半導体素子の特性劣化に関して非常に重要であることがわかっているが、NaはSiO<sub>2</sub>膜の局所的な結晶化の原因ともなることが明らかとなった。SiO<sub>2</sub>膜の局所的な結晶化は、結晶粒界に沿う不純物の異常拡散をもたらしたり、MOS(金属-SiO<sub>2</sub>-半導体)構造において絶縁破壊電圧の低下をもたらす原因となる。SiO<sub>2</sub>膜中の不純物を少なくするという努力は、均一な非晶質SiO<sub>2</sub>膜を作るといふ点からも重要なことである。



## 電子部品技術—電子管—

日立製作所 小泉喜八郎

テレビジョン学会誌 26-7, 605 (1972)

昭和45年および46年の両年にわたる電子管分野の開発および研究について述べる。

撮像管の分野では、放送カラーカメラ用としての $\frac{3}{4}$ 形管に引き続き1形プランビコンが開発されている。また、ターゲット面にバイアス光をあて、プランビコンカメラの残光性を少なくする方法がとられた。一方、一般ビジコン管の動作理論や実験の発表に続いて、 $\frac{3}{4}$ 形静電集束管や戻りビームを利用した高解像管も発表された。ターゲットの光導電材料としても各種のものが取り上げられている。単管カラー方式としてフィルタ内蔵ビジコンや位相分離形ビジコンが発表されている。Siターゲットビジコンは感度0.5~0.6 $\mu$ A/l<sub>x</sub>、残像10~20%、解像度500本以上とほぼ実用期にはいつて

いる。

イメージ形撮像管では拡大ターゲット形の採用や、SECビジコンの改良がある。

受像管の生産は年間それぞれ1,353万本、1,330万本となっている。白黒用受像管の技術的な発展はほとんどなく、カラー用受像管に集中している。

カラー用受像管のおもなものは、ブラックマトリックス管の採用とその品種展開である。わが国ではZenith方式が主となっている。アメリカのX線規制に伴いわが国でもSr入り耐X線ガラスが作られた。また110度化のために生ずるビームランデングエラーを改良するため、PSTヨークや差動電流用ヨークの提案がなされている。

トリニトロン管では引き続き16形および

18形が開発されている。インデックス方式を採用する1ビームカラー受像管も25形110度管で1.5mAまでの電流を得ている。

特殊ブラウン管の分野ではP39長残光性けい光体を用いた表示用ディスプレイ管や多ビーム管、プリズムファバーを用いた記録管などがある。フライングスポット管では使用中の輝度劣化の少ないけい光体が開発されている。またEVR用として3形フライングスポット管が採用されている。

テレビ放送用送信管としては製品改良にとどまっているが、おもな開発品として、UHFテレビ放送用クライストロンE3753(80kWクラス)、1AV70、1AV75(10kWクラス)などがある。準ミリ波帯では衛星放送用E3804、M7895などがある。