

# 大型計算機の装置診断容易化支援システム

6V-7

## (3) 性能評価指標の計算方式

西田隆夫\*, 金子守\*\*, 小山哲治\*\*, 田中章夫\*\*, 西根裕久\*

\* (株)日立製作所

\*\* 日立電子サービス(株)

### 1. はじめに

大型計算機の装置診断の性能、精度を維持向上するためには障害検出回路の設計と故障辞書の作成を支援するシステムが不可欠であり、我々はその一端としてCONDOR(CONcurrent error checker Diagnosability analyzer)を開発した([1],[2],[3])。本稿ではCONDORの主要機能の一つである障害検出回路の性能評価方式を中心に報告する。

### 2. 装置診断における評価指標

装置の稼動中に発生した故障をもれなく検出し、かつ正確に故障位置を指摘することが装置診断の課題である。故障検出能力(検出率)は障害検出回路の配置方式に直接依存する。故障位置の指摘範囲(分解能)とその正確度は障害検出回路の配置方式と故障辞書の精度とに依存する。故障辞書が正確であると仮定するならば分解能も障害検出回路の配置方式そのものに依存するといえる。すなわち検出率と分解能が障害検出回路の設計品質を示す指標であり、これらを定量的に求めることが障害検出回路の設計支援に役立つ。以下ではこれらの指標の計算方式について述べる。

### 3. 検出率の定義と計算方式

#### 3.1 検出率の定義

装置の稼動中に故障が発生した場合、計算機の状態は巨視的にみれば下記の3つに分類できる。

- 状態Ⅰ: 故障検出状態 (チェックラッチ点灯)
- 状態Ⅱ: 誤動作状態 (チェックラッチ非点灯)
- 状態Ⅲ: 非活性状態 (チェックラッチ非点灯)

状態Ⅲは微視的にみれば、発生した故障が回路内を伝搬中にどこかの素子で伝搬を阻止されたと考えることができる。状態Ⅰ、Ⅱ、Ⅲのそれぞれの生起回数をA、B、Cとすれば検出率Rは下式で表現される。

$$R = A / (A + B) \quad \dots(3.1)$$

すなわち、装置の誤動作を引き起す故障(活性化故障)に対する検出の割合が検出率である。

検出率Rは図1に示す仮想実験により求めることができる。実際には装置全体を対象とした論理シミュレーションあるいは製造した計算機そのものを用いる方法も考えられるが、前者はシミュレーションのための計算機時間が膨大となり実用的ではなく、また後者は設計段階では実現不可能である。そこで、CONDORでは次節に示す考え方にに基づき検出率を計算する。

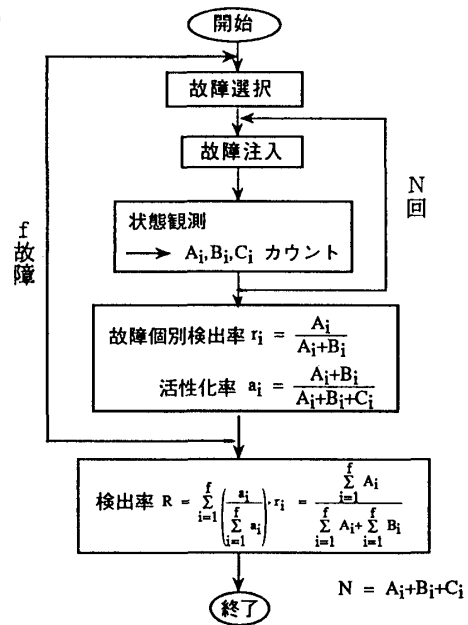
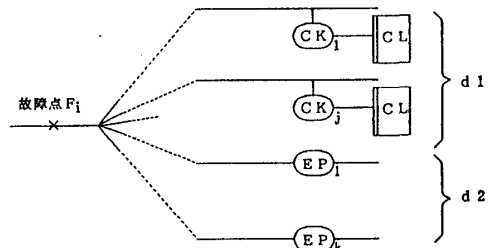


図1 検出率の求め方

#### 3.2 検出率の計算方式

故障発生時の装置の巨視的状态Ⅰ、Ⅱ、Ⅲを回路内の微視的な故障伝搬状態を用いて以下のようにモデル化する。

回路内に任意の故障点F<sub>i</sub>を仮定する(図2参照)。本故障点をチェック領域として含むチェックラッチ(CL)がd<sub>1</sub>個存在するものとする。ここで便宜上、故障が伝搬した時に装置の異常動作を引き起す点を誤動作起動点(EP)として定義する。故障点F<sub>i</sub>のシンク先にこのような点がd<sub>2</sub>個存在するものとする。装置の状態Ⅰ、Ⅱ、Ⅲと故障のCL、EPへの伝搬状態とは表1のように対応づけられる。この対応づけに基づき、検出率Rは以下の手順で計算できる。



- CK: チェッカ
- CL: チェック・ラッチ
- EP: 誤動作起動点
- P<sub>ij</sub>: 故障 i がチェッカ j へ伝搬する確率
- S<sub>ij</sub>: 故障 i がチェッカ j へ伝搬した時にチェック・ラッチ j が点灯する確率
- Q<sub>jk</sub>: 故障 i が誤動作起動点 k へ伝搬する確率

図2 故障伝搬回路のモデル化

Diagnosis Systems for Large Scale Computers

(3) Research on Evaluation Measures

Takao NISHIDA\*, Mamoru KANEKO\*\*, Tetsuji KOYAMA\*\*, Akio TANAKA\*\*, Hirohisa NISHINE\*

\* Hitachi, Ltd. \*\* Hitachi Electronics Services Co., Ltd.

表1 故障伝搬状態と装置の状態との対応

CK: チェッカ  
 CL: チェック・ラッチ  
 EP: 誤動作起動点

CK <sub>j</sub> CL <sub>j</sub>	EP <sub>k</sub>	いずれにも 伝搬しない	いずれかに 伝搬する
	いずれにも伝搬しない	状態Ⅲ	状態Ⅱ
CKのいずれかに伝搬するが CLのいずれも点灯しない		状態Ⅱ	状態Ⅱ
CLのいずれかが点灯する		状態Ⅰ	状態Ⅰ

(1) 状態生起確率の計算

状態Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの生起確率をそれぞれA' B' C'とすると、これらは次式で表現される。

$$A' = 1 - \prod_{j=1}^{d1} (1 - P_{ij} \cdot S_{ij}) \quad \dots (3.2)$$

$$B' = \left\{ \prod_{j=1}^{d1} (1 - P_{ij} \cdot S_{ij}) \cdot \prod_{j=1}^{d1} (1 - P_{ij}) \right\} + \left\{ \prod_{j=1}^{d1} (1 - P_{ij}) \right\} \cdot \left\{ 1 - \prod_{k=1}^{d2} (1 - Q_{ik}) \right\} \quad \dots (3.3)$$

$$C' = \left\{ \prod_{j=1}^{d1} (1 - P_{ij}) \right\} \cdot \left\{ \prod_{k=1}^{d2} (1 - Q_{ik}) \right\} \quad \dots (3.4)$$

(2) 故障個別検出率、活性化率の計算

故障個別検出率 r<sub>i</sub>、活性化率 a<sub>i</sub>は上記の結果を用いて以下のように計算される。

$$r_i = \frac{A'}{A'+B'} = \frac{1 - \prod_{j=1}^{d1} (1 - P_{ij} \cdot S_{ij})}{1 - \left\{ \prod_{j=1}^{d1} (1 - P_{ij}) \right\} \cdot \left\{ \prod_{k=1}^{d2} (1 - Q_{ik}) \right\}} \quad \dots (3.5)$$

$$\approx \frac{\sum_{j=1}^{d1} (P_{ij} \cdot S_{ij})}{\sum_{j=1}^{d1} P_{ij} + \sum_{k=1}^{d2} Q_{ik}} \quad \dots (3.6)$$

$$a_i = \frac{A'+B'}{A'+B'+C'} = \frac{\sum_{j=1}^{d1} P_{ij} + \sum_{k=1}^{d2} Q_{ik}}{\sum_{j=1}^{d1} P_{ij} + \sum_{k=1}^{d2} Q_{ik}} \quad \dots (3.7)$$

(3.5)式から(3.6)式への変換はP<sub>ij</sub>、Q<sub>ik</sub>が微小であるとの前提による。

(3) 検出率の計算

全体の検出率Rは図1に示したように活性化率で重みづけした故障個別検出率の平均値であり、下式で表現される。

$$R = \sum_{i=1}^f \left( \frac{a_i}{\sum_{i=1}^f a_i} \right) \cdot r_i = \frac{\sum_{i=1}^f \left\{ \sum_{j=1}^{d1} (P_{ij} \cdot S_{ij}) \right\}}{\sum_{i=1}^f \left\{ \sum_{j=1}^{d1} P_{ij} + \sum_{k=1}^{d2} Q_{ik} \right\}} \quad \dots (3.8)$$

(4) 検出率の近似

P<sub>ij</sub>、S<sub>ij</sub>、Q<sub>ik</sub>は伝搬経路上の回路構成、障害検出回路のチェック方式、実行中のプログラムの性質等に依存して変化すると考えられる。解析モデルを用いた確率計算、あるいは実験結果から導かれた経験則から求める必要があるがこれは今後の課題である。ここでは以下の2つの近似計算方法を検討する。

a) 近似方法1

S<sub>ij</sub>=1.0とし、いずれかのチェック領域に属する故障に対し、ΣP<sub>ij</sub>=1.0、Q<sub>ik</sub>=0.0と仮定し、またいずれのチェック領域にも属さない故障に対し、P<sub>ij</sub>=0.0、ΣQ<sub>ik</sub>=1.0と仮定すると次式が得られる。

$$R = f_a / (f_a + f_n) \quad \dots (3.8)$$

ここで、f<sub>a</sub>はいずれかのチェック領域に属する故障数、f<sub>n</sub>はいずれのチェック領域にも属さない故障数である。

b) 近似方法2

S<sub>ij</sub>=1.0とし、すべての故障に対し、

$$\Sigma P_{ij} : \Sigma Q_{ik} = G_a : G_n$$

と仮定すると次式が得られる。

$$R = G_a / (G_a + G_n) \quad \dots (3.9)$$

ここで、G<sub>a</sub>はいずれかのチェック領域に含まれる素子数、G<sub>n</sub>はいずれのチェック領域にも含まれない素子数である。

故障の発生確率を均一と仮定すると、(3.8)式と(3.9)式は同値となる。f<sub>a</sub>、f<sub>n</sub>、G<sub>a</sub>、G<sub>n</sub>はチェック領域抽出結果より容易にもとめることができる。

4. 分解能の計算方式

分解能Iは同様にして下式で求められる。

$$I \approx \frac{\sum_{j=1}^c f_j \cdot u_j}{\sum_{j=1}^c f_j} \quad \dots (4.1)$$

ここで、cはチェックラッチの数、f<sub>j</sub>、u<sub>j</sub>はそれぞれチェックラッチjのチェック領域に含まれる故障数、部品数であり、チェック領域抽出結果より容易に求めることができる。

5. おわりに

本稿では障害検出回路の性能評価指標である検出率と分解能の定義及びその計算方式を示した。これらの指標は各チェックラッチのチェック領域抽出結果を用いて近似的に計算可能である。今後は確率計算に基づいた、より精度の高い計算方式の検討も試みたい。

【参考文献】

[1] 西田他；”大型計算機装置の診断容易化支援システム”；第20回FTC研究会、1989.1  
 [2] 津布久他；”大型計算機の装置診断容易化支援システム(1)支援システムCONDOR概要”；第39回情報処理学会全国大会、1989.10  
 [3] 志賀他；”大型計算機の装置診断容易化支援システム(2)故障辞書作成方式”；同上