

ソフトウェア信頼性登録ガイドライン  
技術基準 第2部

-ソフトウェア信頼性評価のための試験設備の評価方法-

第1版

CES-0120-1

2022年6月

一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会

# ソフトウェア信頼性登録ガイドライン 技術基準2部

## - ソフトエラー信頼性評価のための試験設備の評価方法

### 1. 目的

本規定はソフトウェア信頼性評価のための試験設備の評価方法に関する詳細を規定する。

### 2. 適用範囲

本規定はソフトウェア試験設備の内、中性子照射設備の特性評価方法について記載する。被試験装置 (EUT) の性能評価のために必要なエラー検出装置や、EUT を正常動作させるための対向装置 (AE) についてはこの規定の範囲外である。

### 3. 引用規格

[JT-K130] TTC 標準 JT-K130 (2019 年 2 月), 通信装置の中性子照射試験法

[JT-K138] TTC 標準 JT-K138 (2019 年 5 月), 粒子放射線試験に基づく対策のための品質推定法とアプリケーションガイドライン

[CIAJ-技 1] CIAJソフトウェア信頼性登録ガイドライン 技術基準第 1 部 - 信頼性評価および判定方法

[IEEE-Nuclear] Hidenori Iwashita, Gentaro Funatsu, Hiroataka Sato, Takashi Kamiyama, Michihiro Furusaka, Stephen A. Wender, Eric Pitcher and Yoshiaki Kiyonagi, "Energy-resolved Soft-Error Rate Measurements for 1-800MeV Neutrons by the Time-of-flight Technique at LANSCE", IEEE transaction on Nuclear Science, pp. 2363 – 2369, Vol.67, Issue: 11, Nov. 2020

### 4. 用語の定義と略号

**試験従事者:** 中性子試験実施期間に照射設備内での作業を行う従事者

注: 照射設備外において被試験装置の動作、ソフトウェア発生の確認等を行うが、照射設備内での作業は行わない者は含まれない。

**ソフトウェア: Soft error**

半導体デバイス内のデータの 1 または複数ビットが反転する現象。半導体デバイス自体の損傷ではない。

**中性子束: Neutron flux**

単位時間あたりに単位面積を通過する中性子数

**中性子フルエンス: Neutron fluence**

単位面積当たりの中性子数

**ソフトウェア断面積: SEU cross section**

中性子エネルギー毎のソフトウェア発生率

## 5. 試験設備の適合性確認

### 5.1 試験設備の中性子スペクトル

ソフトウェア試験においては、照射する中性子線のエネルギースペクトルを確認することが必要である。本項では試験設備の中性子線スペクトルを評価する方法を記載する。

中性子線スペクトルの評価方法として、

(1) 中性子線を直接測定する方法:

中性子の飛行時間法で中性子の速度を測定してエネルギースペクトルを測定する。[IEEE-Nuclear]

(2) シミュレーションにより理論的に求める方法:

陽子加速器、電子加速器を使用して中性子を発生する場合、加速陽子、加速電子などの加速粒子をターゲットに照射して核反応で中性子線を発生させる。この場合には、加速粒子のエネルギー分布とターゲットの素材・形状などから、発生する中性子線スペクトルをシミュレーション計算して中性子線エネルギースペクトルを算出することができる。

の2つの方法がある。

それぞれの方法については、以下の注意事項がある。

(1) の中性子線の直接測定については、使用する中性子発生設備がパルス性の中性子を発生する設備でない場合には、中性子線のエネルギースペクトルを測定によって直接求めることは難しい。

(2) のシミュレーションについては、PHITS や MCNPX などの粒子輸送計算コードによるシミュレーションに実績があるが、陽子や電子のエネルギー分布やターゲットや周囲の構造などの計算パラメータの精度などが計算結果の精度に影響を与える。シミュレーションしたスペクトルの確認方法として、エネルギー依存のソフトウェア断面積が測定されたデバイスでソフトウェア率を測定し、シミュレーションで得られたスペクトルから予想されるソフトウェア率と比較することが望ましい。

### 5.2 試験設備の加速係数

ソフトウェアに対する信頼度基準を評価するためには試験時間中に EUT に照射された中性子フルエンスと中性子フルエンスエネルギースペクトルが必要となる。中性子フルエンスの計算方法は[JT-K130]の付録 I に従う。

加速係数は自然界における中性子によるソフトウェア発生率と中性子照射施設におけるソフトウェア発生率の比である。

加速係数の理論式と世界の代表的な加速器の加速係数が[JT-K138]の付属資料 A に記載されている。

ソフトウェア試験設備の加速係数は以下の方法のいずれかで評価できる。

- (1) デバイスの自然界でのエラー発生確率と中性子照射設備でのエラー発生確率を比較して、加速係数を算出する。
- (2) 自然界と同等と考えられる照射設備 (LANSCE 等) とソフトウェア試験のための中性子照射設備でのエラー発生確率を比較して、加速係数を算出する。
- (3) 中性子エネルギー毎のソフトウェア発生率 (SEU クロスセクション) と中性子照射設備のエネルギースペクトルから加速係数を求める。

SEUクロスセクションは半導体素子の種類によって異なるため、ソフトエラー試験設備の加速係数も半導体素子の種類ごとに求める必要がある。

(3)の方法で計算する場合には、(1)または(2)の方法で自然界のソフトエラー発生確率が明らかになっている半導体素子を使って試験設備の加速係数を検証することを推奨する。

### 5.3 中性子線量の制御および照射量測定方法

EUTに使用するデバイスのメモリ量などによって、ソフトエラーの発生頻度が大きく異なる。ソフトエラーの発生間隔(発生頻度)が短すぎると(大きすぎると)、EUTがソフトエラーの影響を修復するのにかかる時間より短い時間で再度ソフトエラーが発生することとなる。この場合、装置に適用された対策が正しく動作しないこととなり正しい結果が得られなくなる場合がある。

また、ソフトエラーの発生頻度が小さすぎると、十分な確度の(信頼区間が小さい)信頼性評価結果を得るのにかかる時間が長くなる。

これらの状況に対応するために、中性子線量(中性子束)をコントロールする必要があり、中性子線照射設備としては以下の特性をチェックすることが必要である。

- (1) 安定して発生できる最低の中性子線量(加速係数)
- (2) 安定して発生できる最大の中性子線量(加速係数)

また、中性子線量を直接測定するか、又は中性子線量を間接的に評価できるパラメータ(ターゲット電流など)をリアルタイムで測定できることが必要である。また、中性子線量が時間的に変動する場合に総照射量(中性子照射量の累積値)を測定できることが必要である。

これらの測定方法と測定精度を評価する必要がある。

### 5.4 不要な照射の除去

#### (1) 熱中性子の遮蔽

熱中性子線は半導体デバイスに影響を与えるが、自然界では熱中性子線の影響は殆どない。中性子線試験設備では高速中性子だけでなく熱中性子も発生する。熱中性子がEUTに照射されないようにカドミウムやホウ素などの遮蔽材で遮蔽することが必要である。

熱中性子の影響について評価し、試験結果に影響の無いことを確認する必要がある。

#### (2) $\gamma$ 線の遮蔽

電子加速器で中性子を発生させる場合は $\gamma$ 線を遮蔽し、高エネルギー中性子を透過しやすい鉛ブロックを設置する。

### 5.5 照射エリアの大きさ

照射範囲が狭い場合、EUTへの照射位置を変えて照射が必要な範囲をスキャンする必要がある。照射エリアの大きさによってスキャンせずに試験できるEUTの大きさが制限される(部分照射でスキャンを行う場合には、部分照射の対象となる範囲が決まる)。このため、以下の手順で照射エリアを評価してソフトエラー試験設備の特性として明示する必要がある。

- (i) 照射エリアの大きさは測定またはシミュレーションにより評価する。
- (ii) 照射エリアの大きさは、照射量の最大値から一定(例えば30%)の減少範囲を示す。照射エリアは任意の距離における平面内の範囲または立体の範囲として示すこともできる。設備の照射エリアの

表示においては、照射量の範囲を明示する。なお、信頼性評価のための照射量の考え方については[CIAJ-技 1]の付則1に記載されている。

(iii) 設備の照射エリアを設備の特性として明示する。

## 5.6 電源設備

照射室内で EUT やその周辺装置を動作させるために使用可能な電源容量(電圧、電力)を明示する。

## 6. 試験者の技量

ソフトウェア信頼性の評価のために、試験者は以下の事項が実施できる技量が必要である。

- (1) 中性子照射分布、照射エリアを把握し、EUT の配置、熱中性子の遮蔽を適切に実施する。
- (2) 照射する中性子線量を、EUT のソフトウェア発生率などを考慮して、EUT 開発者等と協力して適切に調整する。

## 7. 安全作業手順

中性子線照射室において、EUT の設置、変更、動作条件変更などを行う試験従事者は、放射線防護に関する教育・訓練を法律に基づいて受講する。

また、試験従事者は法律にもとづいて電離放射線健康診断を受診する。

中性子線照射設備には安全規定が適切に設定されていることが必要であり、試験従事者はこの規定を熟知し、それに従う。

付録

「ソフトウェア信頼性登録ガイドライン技術基準 第2部」検討委員名簿

(敬称略・順不同)

電磁妨害対策技術委員会

委員長 出原 昇 富士通(株)  
副委員長 堺 和則 NECマグナスコミュニケーションズ(株)  
副委員長 飯塚 二郎 沖電気工業(株)

ソフトウェア信頼性登録WG主査 服部 光男 NTTアドバンステクノロジー(株)

委員

小林 隆一 NTTアドバンステクノロジー(株)  
三瓶 健 元 NTTアドバンステクノロジー(株)  
田島 公博 NTTアドバンステクノロジー(株)  
服部 光男 NTTアドバンステクノロジー(株)  
星野 拓哉 NTTアドバンステクノロジー(株)  
大槻 豊 京セラ(株)  
飯塚 浩人 日本電気(株)  
寺本 修司 日本電気(株)  
岩下 秀徳 日本電信電話株式会社  
渡辺 光 (株)リコー

事務局 宮守 良夫 (一社)情報通信ネットワーク産業協会  
齊藤 利雄 (一社)情報通信ネットワーク産業協会

ソフトウェア信頼性登録ガイドライン 技術基準 第2部  
第1版  
(CES-0120-1)

令和 4年 6月 第1版 発行

発行人 電磁妨害対策技術委員会

発行元 〒103-0026 東京都中央区日本橋兜町21番7号  
兜町ユニ・スクエア 6階  
一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会  
TEL: 03-5962-3452  
FAX: 03-5062-3455

本「ソフトウェア信頼性登録ガイドライン 技術基準 第2部 第1版」  
に関し、全部又は一部を無断で転載・複製などを行うことを禁ずる。