

**宇宙線による情報通信機器のトラブルを未然に防ぐ技術を開発**  
～小型加速器中性子源を用いた効率的なソフトエラー試験技術を確立～

日本電信電話株式会社(本社:東京都千代田区、代表取締役社長:鶴浦博夫、以下 NTT)は、国立大学法人北海道大学(北海道札幌市、総長:佐伯 浩、以下北海道大学)と共同で、北海道大学所有の小型加速器中性子源<sup>※1</sup>を用い、将来顕在化が想定される宇宙線(中性子)による基幹ネットワーク機器のトラブル(ソフトエラー<sup>※2</sup>)の再現実験を実施し、その事前対処を可能にする試験技術を確立しました。基幹ネットワーク機器はインターネット回線、電話回線にも使われる重要な機器です。

本技術により、ソフトエラーによる故障が懸念される高機能・高性能の基幹ネットワーク機器などについて、実際に使われる前にその故障発生率を予測することができるだけでなく、ソフトエラーが発生することを前提とした、エラー検出や運用対処の効率的な確認が可能となり、さらなる信頼性の向上が可能になります。

また、今回の研究開発を通じて小型加速器中性子源が極めて役に立つことが再認識されたことから、今後の利用範囲拡大が期待されます。

## 1. 研究の背景

高機能・高性能の情報通信機器は小型化や省電力化が強く求められており、半導体デバイスの高集積化、細密化が求められています。しかし、半導体デバイスの高集積化に伴い、宇宙線由来の中性子線や材料中の不純物に起因する $\alpha$ 線が引き起こすソフトエラーへの対処が、産業界全体の課題になっています(図1)。

今まではECC<sup>※3</sup>などのエラー訂正機能が備わっていれば1bitまでのエラーを訂正することができるため、ソフトエラーによる故障を事前に回避することが可能でしたが、今後、半導体デバイスの細密化が進むと2bit以上のエラー発生確率が増加し、通常のECCではソフトエラーによる故障を回避することが困難となることが予想されます。また、2bit以上のエラー訂正機能の実装は開発コスト及び導入コストの面で負担が大きくなることが予測されます。

基幹ネットワーク機器においては、このような故障に対しエラーを検出し、冗長系へ切り替えを行うことで通信サービスを継続する障害処理を行う必要があります。

NTT ネットワークサービスシステム研究所(以下、NTT 研究所)では、今後顕在化が予測されるエラー訂正が不可能なソフトエラーによる故障について設計書から想定される動作を机上でシミュレーションするなどの対策を進めておりましたが、NTT 研究所の設備ではbitレベルのエラーを発生させることが不可能で、このような故障の障害処理の実機検証をすることができませんでした。ソフトエラーを発生させるためには特殊な中性子照射設備による実証試験が不可欠でしたが、この実証実験には従来、数 MW(メガワット)クラスの大型加速器中性子源が必要とされており、国内施

設を借用し実験時間を十分に確保することが困難な状況でした。

そこで NTT 研究所では、近年の半導体デバイスの細密化によるソフトエラーの発生率の増加から小型加速器中性子源でもソフトエラーの発生が可能と想定し、北海道大学と共同で、大型加速器中性子源と比較し、実験時間を確保しやすく、複数の装置へ中性子線照射が可能な北海道大学所有の小型加速器中性子源を用いて、ソフトエラー実験を実施しました。

## 2. 研究の成果

共同研究では、(1)小型加速器中性子源で自然界でのソフトエラーの再現、(2)ソフトエラーによる故障発生率の予測、(3)ソフトエラー耐力、(4)ソフトエラーによる故障発生時の障害処理の4つの確認を目的とし、複数の装置への効率的な照射・測定を可能にする並列照射システム<sup>※4</sup>を構築し、ソフトエラー実験を実施しました。(図 2)

実験により得られたソフトエラー発生時の影響から、半導体デバイスの再起動・再設定を行うなど適切な対処を選択し、対策前および対策後の影響評価試験を行いました。

### (1) 小型加速器中性子源で自然界でのソフトエラーを再現

北海道大学所有の小型加速器中性子源(1kW:キロワット)でソフトエラーを再現できることを確認しました。

### (2) ソフトエラーによる故障発生率の予測

小型加速器中性子源での照射実験結果と、これまで用いていたソフトエラー発生率のシミュレーション結果はほぼ一致していることを確認しました。これにより、新規導入前の情報通信機器のソフトエラー発生率を正確に予測し必要な対処を事前に行うことが可能になりました。

### (3) ソフトエラーに対する耐性

事前対処による、各装置のソフトエラーに対する耐性を確認しました。

### (4) ソフトエラーによる故障発生時の障害処理

ソフトエラーによる 2bit 以上のエラー発生時の障害処理についても、現在開発中の各装置において実際に使われた場合に発生しうる事象を検出し、対処の有用性も事前に確認しました。これにより、新規導入前に効率よく設計対処および運用対処を行うことが可能となりました。

## 3. 今後の展望

小型加速器中性子源によるソフトエラー試験は、ソフトエラーの予測精度の確認や実際に使われた場合に発生しうるソフトエラーによる故障の検出が可能であるため、非常に効果の高い試験であり、今後、NTT 研究所で開発する情報通信機器の開発・導入プロセスに本試験を順次組み込むことで、さらなる信頼性の向上を目指していきます。また、小型加速器中性子源の利用範囲を基幹ネットワーク機器に限らず高機能・高信頼性を求められる他の情報通信機器についても拡大し、小型加速器中性子源によるソフトエラー実験の有用性とソフトエラーによる故障に対する品質の向上に寄与していく予定です。

## 用語解説

### ※1 小型加速器中性子源

北海道大学工学部に設置された小型の 45MeV 電子線形加速器施設で 1973 年から使用されている。加速器を使った多種多様な中性子実験を行うことができる自由度の高い小規模な実験施設であり、30 年以上にわたって多くの成果を生み出している。次世代における中性子科学拠点の目指すべき姿として国際原子力機関(IAEA)に認められており、産業界からも利用範囲の拡大が要望されている。

### ※2 ソフトエラー

電子機器中の LSI やメモリなどの半導体デバイスが、地上に届く二次宇宙線の中性子線や材料中の放射性不純物起因の  $\alpha$  線によって発生する電荷が原因で、誤動作を起こす現象のこと。半導体加工技術の微細化や半導体デバイスの高集積化の進展に伴って増加する傾向にあり、ソフトエラー対策の重要性が高まっている。

### ※3 ECC

Error Check and Correct の略。エラー訂正機能の一種で、水平方向と垂直方向にパリティを付与することにより、1bit までのエラーの訂正、あるいは 3bit までのエラー検出が可能。

### ※4 並列照射システム

各装置を遠隔で昇降させてビーム照射/非照射をコントロールし、複数の装置を同時に効率よく照射可能なシステム。装置 A、装置 B、装置 C のソフトエラー発生間隔およびログ取得時間の計測結果から、約 3 倍の効率化が明らかとなっている。

<本件に関するお問い合わせ先>

NTT情報ネットワーク総合研究所

企画部 広報担当

TEL:0422-59-3663

E-mail: inlg-pr@lab.ntt.co.jp

国立大学法人北海道大学

大学院工学研究院 教授 古坂 道弘

TEL:011-706-6677

大学院工学研究院 特任教授 鬼柳 善明

TEL:011-706-6650