

# メルセンヌ・ツイスタを用いたSTUMPSの実現

吉田 拓弥<sup>†</sup>      山口 賢一<sup>‡</sup>      岩田 大志<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>奈良工業高等専門学校 専攻科 電子情報工学専攻

<sup>‡</sup>奈良工業高等専門学校 情報工学科

## 1 研究背景

LSIを製造すると、ある一定の割合で正常に動作しない不良品が発生する。そのためLSI製造メーカーは高い品質と信頼性を確保するため、出荷前に良品と不良品を選別する出荷テストを行う必要がある。LSIのテストは、入力値の集合であるテストパターンをLSIに入力し、その結果得られた出力応答を、事前にシミュレーションで得た期待値と比較するというプロセスで行われる。しかし今日では、設計回路の大規模化などの理由により、テストパターンを生成するテスト生成が実用的な時間で行えない可能性がある。この解法として、擬似乱数をテストパターンに用いる手法がある。

擬似乱数をテストパターンに用いる手法は、主にBIST (Built-In Self Test)において用いられる。テストパターン生成器や応答解析器などのテスト回路を、LSI内部に埋め込む技術である。BISTを実現するアーキテクチャの一つに、STUMPS (Self-Testing Using Multiple and Parallel Shift register sequence generator)がある。これは、スキャン設計されたテスト対象回路のスキャンチェーンから擬似乱数によるテストデータを入力し、テスト結果をMISRで解析する方式である。STUMPSの回路構成を図1に示す。

## 2 擬似乱数生成アルゴリズム

LFSRは、回路面積が小さく実装が容易である擬似乱数生成アルゴリズムである。この特徴から、前述のSTUMPSで最もよく用いられている。しかし後述するメルセンヌ・ツイスタに比べて周期が短く、乱数間の相関が大きい。そのため、大規模な順序回路に対しては十分な故障検出率が得られない可能性がある。

対してメルセンヌ・ツイスタは、周期が $2^{19937}$ とLFSRの周期 $2^n$ と比較し非常に長く、乱数間の相関も非常に小さいという特徴を持つ擬似乱数生成アルゴリズムである。著者らは[1]モジュール回路に対して、テストパターン生成器にメルセンヌ・ツイスタを用いた際、LFSRよりも高い故障検出率を得たという結果が示されている。逐次型乗算器の遷移故障に対して、メルセンヌ・ツイスタ

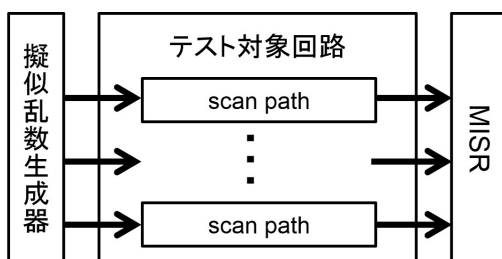


図1 STUMPSの回路構成

によるテストパターンは故障検出率が約89%向上した。本研究の目的は、STUMPSのテストパターン生成器としてメルセンヌ・ツイスタを用いた際の、ベンチマーク回路に対する故障検出率を評価し、有用性を立証することである。

## 3 実験結果

ITC'99ベンチマーク回路b10に対して、LFSRとメルセンヌ・ツイスタによる擬似乱数をテストパターンに用いて実験を行った。メルセンヌ・ツイスタのバージョンは、広く用いられているMT19937を用い、ベンチマーク回路b10はDesign Compiler<sup>1</sup>でスキャン設計を行った。また、本実験では縮退故障と遷移故障を対象に実験を行った。

本稿では、効果が大きかった遷移故障に対する実験結果を示す。故障検出率の立ち上がりはLFSRの方が早かったものの、約5000パターン印加した時点でメルセンヌ・ツイスタの故障検出率がLFSRのものを上回った。約30000パターン印加した時点で収束した故障検出率の値を比較すると、メルセンヌ・ツイスタはLFSRの故障検出率を約11%改善するという結果が得られた。

今後の研究方針として、擬似乱数生成器の初期値やLFSRの特定多項式をランダムに決定し、複数回試行したものの平均値を結果として示す。加えて、より回路規模の大きいベンチマーク回路で実験を行う、効果が大きいと考えられる遷移故障を中心に実験を行うなどが挙げられる。

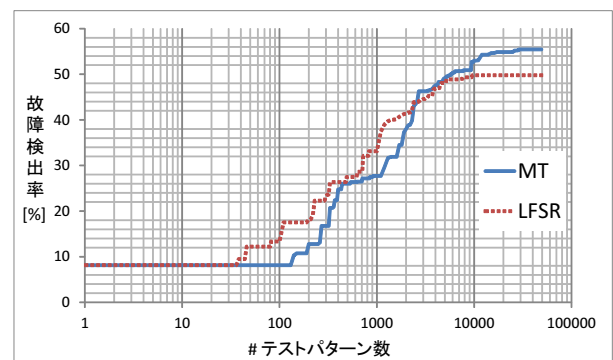


図2 b10 遷移故障に対する故障検出率

## 参考文献

- [1] 里中沙矢香, 岩田大志, 山口賢一: “メルセンヌ・ツイスタアルゴリズムにもとづいた効果的なテストパターン生成器の提案”, 信学技報 (DC2013-86), Vol.113, No.430, pp.43-48, 2014.

<sup>1</sup>本研究は東京大学大規模集積システム設計教育センターを通し、シノプシス株式会社の協力で行われたものである。