

2016年2月6日(土)
修士論文審査会

オンチップ診断向き 遷移故障診断法に関する研究

計算機システム研究室

M2 宮本夏規

発表概要

- 研究背景
- 研究目的
- 故障診断
- 組込み自己診断(BISD)機構
- テストパターン系列の遷移故障診断能力・向上化法
- 評価実験・結果
- まとめ・今後の課題

研究背景

- コンピュータの機能を利用した、自動車の先進自動運転技術の進歩
- 制御用の車載半導体数が増加し、システムが高度化・複雑化



車載マイコンからなる
システムの高信頼化が必要不可欠

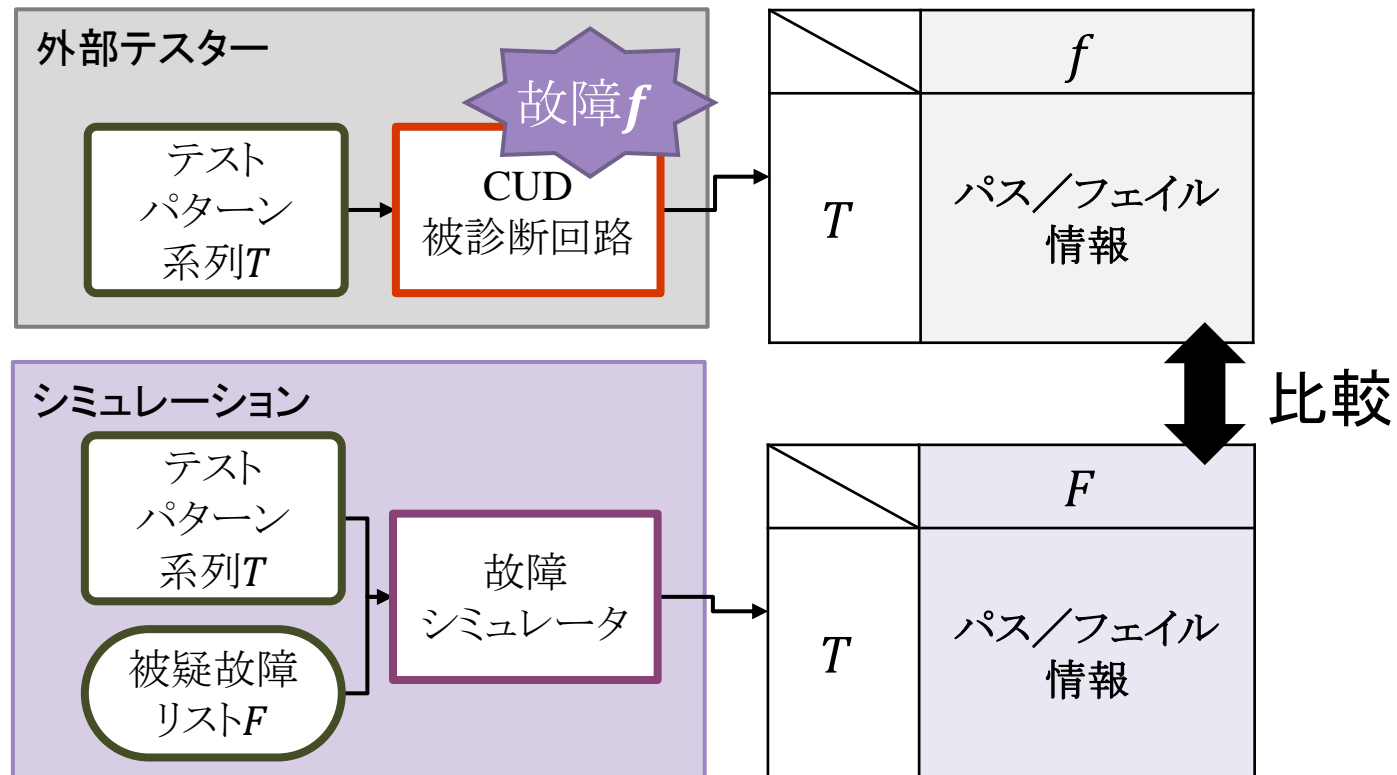
- 高信頼化のための要素技術
 - 多重化、冗長化、組込み自己テスト・自己診断機能

研究目的

- 遷移故障診断用組込み自己診断 (Built-in self diagnosis, BISD) 機構の提案
- 組込み自己診断で用いるテストパターン系列の遷移故障診断能力向上化法 (リシード法) の提案

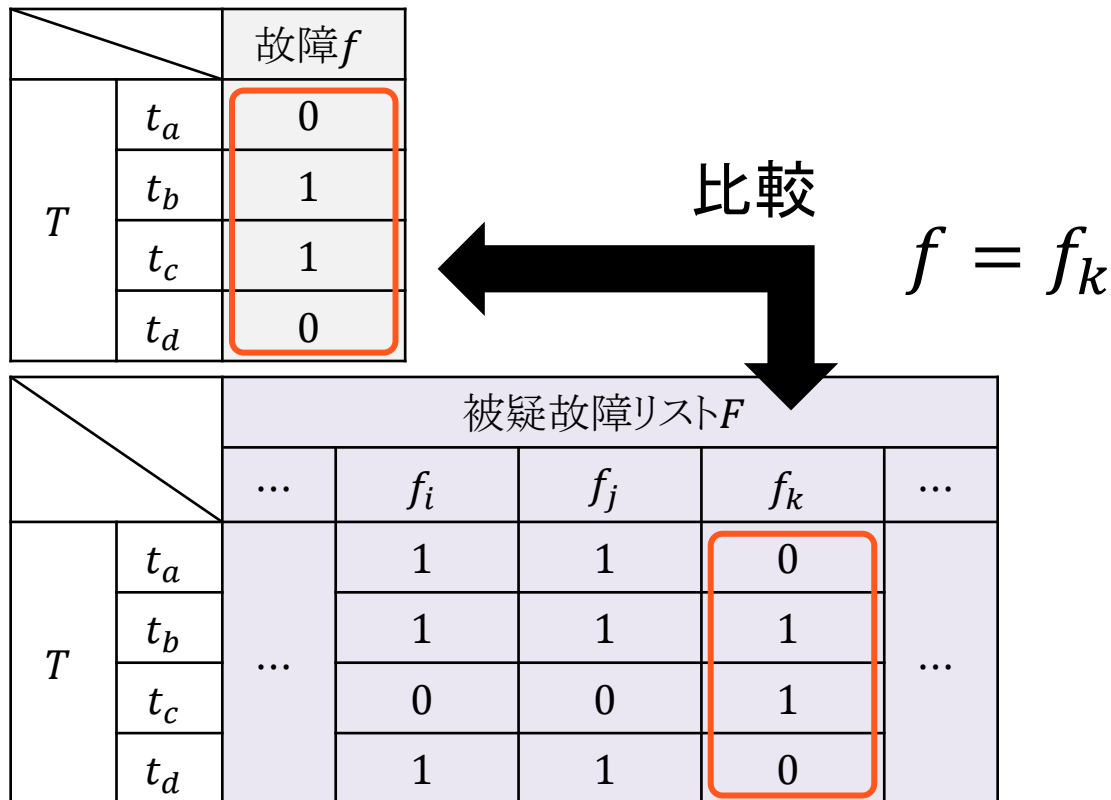
外部テストを利用した故障診断-1-

- 故障の検出された被診断回路 (CUD) の故障箇所を推定
(手順1) 被診断回路 (CUD) のパス/フェイル情報と
被疑故障のパス/フェイル情報を比較



外部テストを利用した故障診断-2-

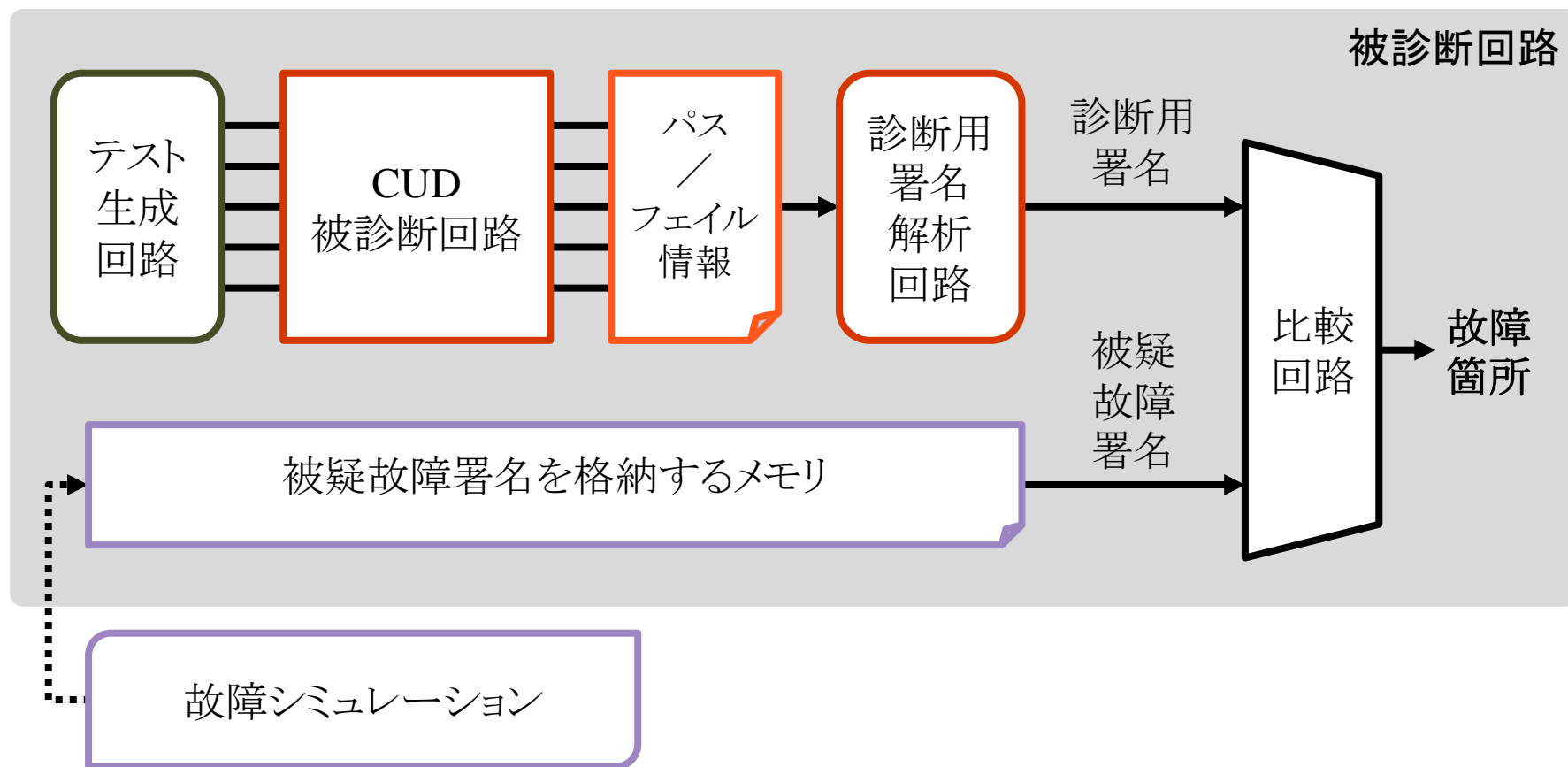
- 故障の検出された被診断回路 (CUD) の故障箇所を推定
(手順2) 被診断回路 (CUD) のパス／フェイル情報と同一の
被疑故障のパス／フェイル情報 \Rightarrow 故障箇所を推定



検出 ...1
非検出 ...0

組込み自己診断(BISD)機構

- ・診断用署名を用いた故障診断をオンチップで実現



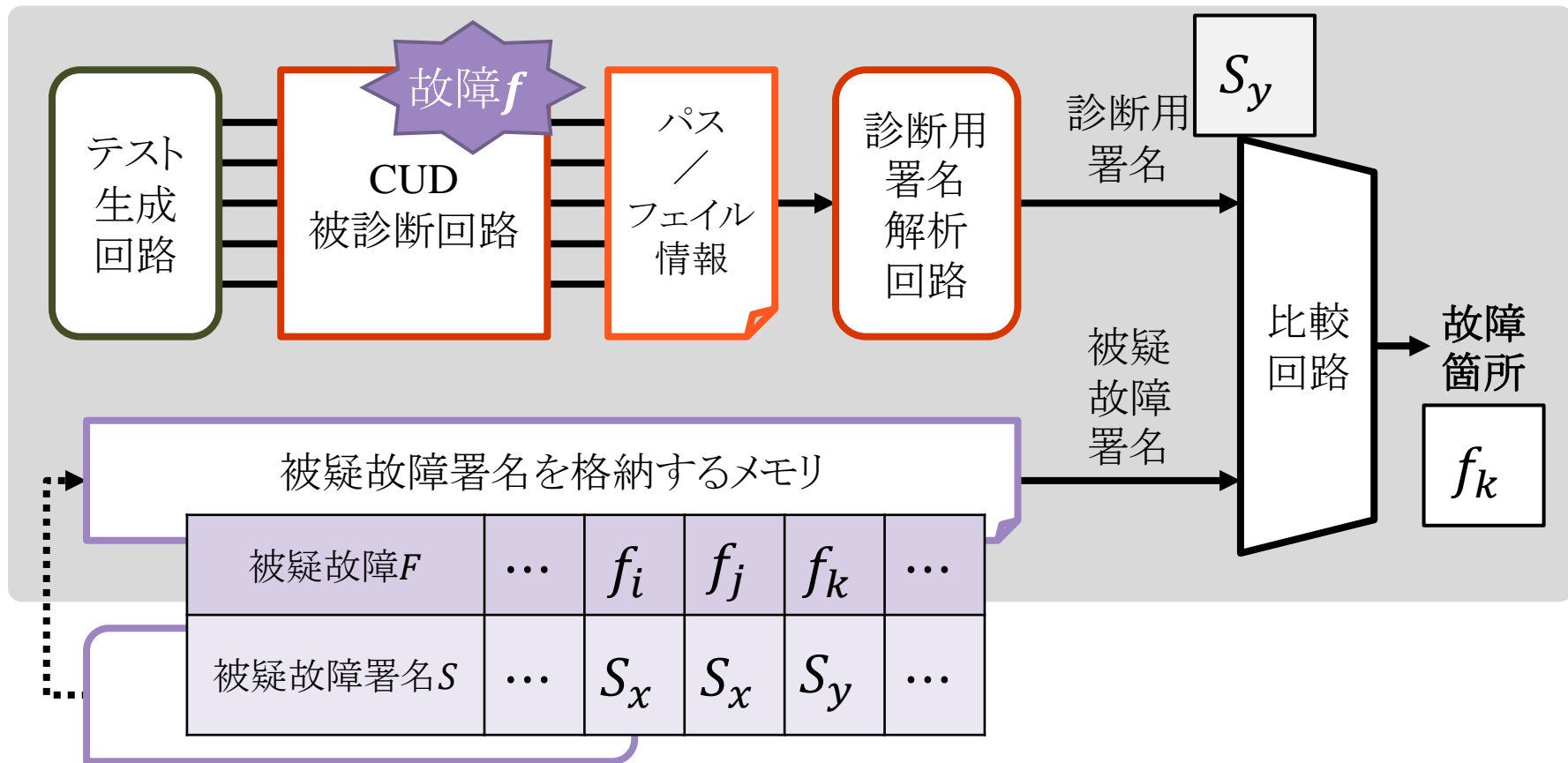
診断用署名に基づく故障診断-1-

- 被診断回路 (CUD) から得られる診断用署名と、診断用故障シミュレーションを行うことで得られる被疑故障署名とを比較

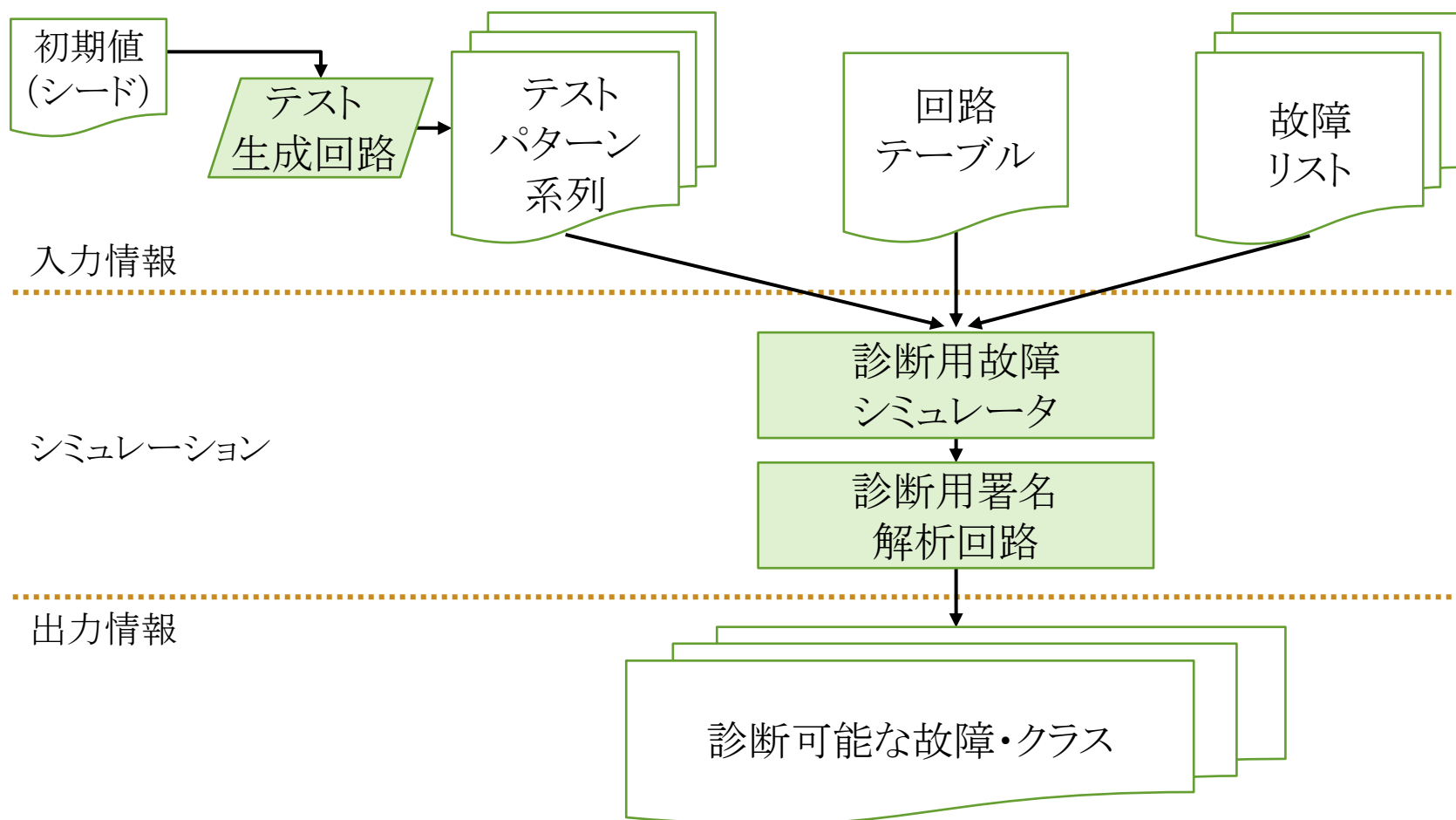
診断用署名と被疑故障署名が一致

⇒ 故障箇所

診断用署名に基づく故障診断-2-

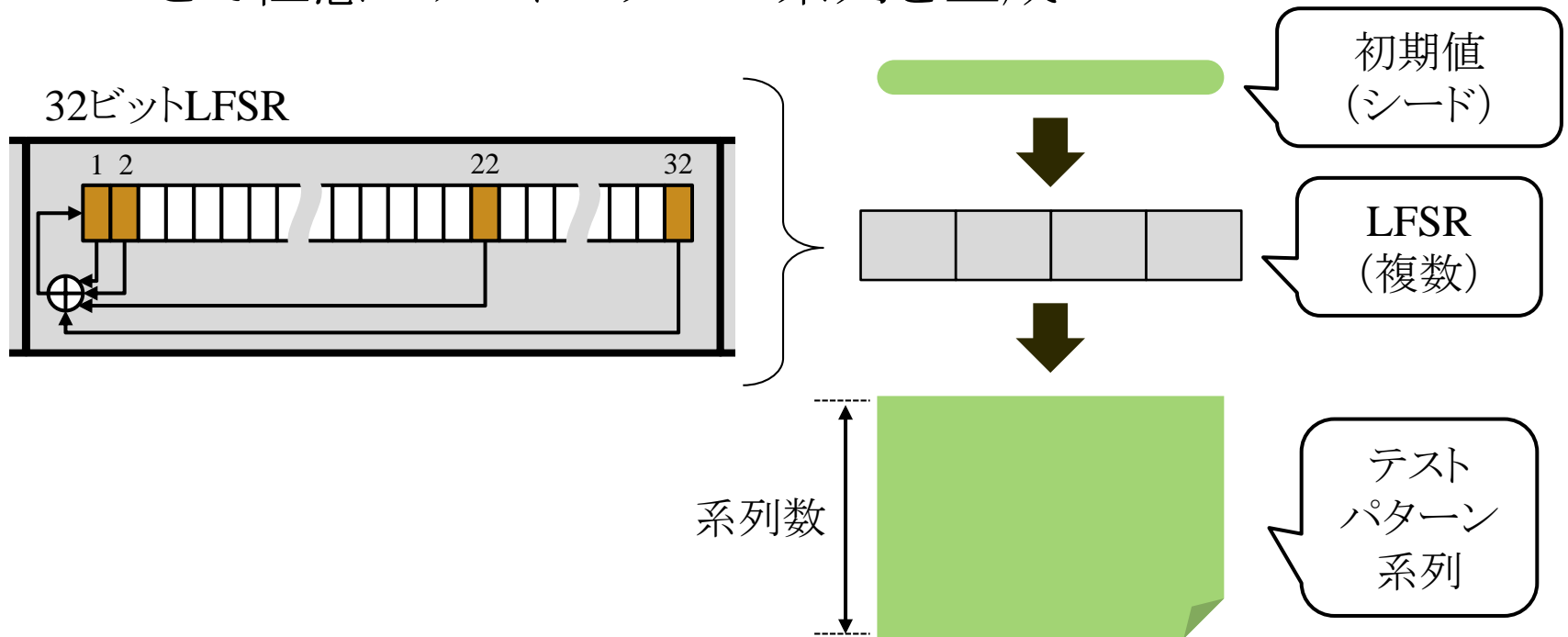


BISD機構の シミュレーションモデル



組み込み自己診断機構の テスト生成回路

- 32ビットLFSR (線形帰還シフトレジスタ) を複数用いる
ことで任意のテストパターン系列を生成



テストパターン系列の遷移故障 診断能力

- 診断可能な故障数

[診断可能な故障]

...推定される故障が1つだけのもの

○診断可能な故障数が多い → 診断能力が高い

- クラス数

[クラス]

...診断可能な故障以外の故障について、被疑故障署名が同じ故障(要素)を1つにまとめたもの

○要素数の少ないクラスが多い → 診断能力が高い

テストパターン系列の遷移故障 診断能力(例1)

| | | 被疑故障リスト F | | | | |
|------------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| | | f_1 | f_2 | f_3 | f_4 | f_5 |
| T_α | t_a | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | t_b | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | t_c | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | t_d | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | t_e | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | t_f | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 署名 | | S_1 | S_2 | S_2 | S_4 | S_2 |

■ 診断可能な故障数

... $2(\underline{f_1}, \underline{f_4})$

■ クラス数

... $1(\underline{\{f_2, f_3, f_5\}})$

検出 ...1

非検出 ...0

テストパターン系列の遷移故障 診断能力(例2)

| | | 被疑故障リスト F | | | | |
|-----------|-------|-------------|----------|-----------|----------|----------|
| | | f_1 | f_2 | f_3 | f_4 | f_5 |
| T_β | t_a | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | t_b | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | t_c | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | t_d | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | t_g | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | t_h | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 署名 | | S_I | S_{II} | S_{III} | S_{IV} | S_{II} |

■ 診断可能な故障数

... $3(\underline{f_1}, \underline{f_3}, \underline{f_4})$

■ クラス数

... $1(\underline{\{f_2, f_5\}})$

テストパターンを
変更することで
故障診断能力が向上

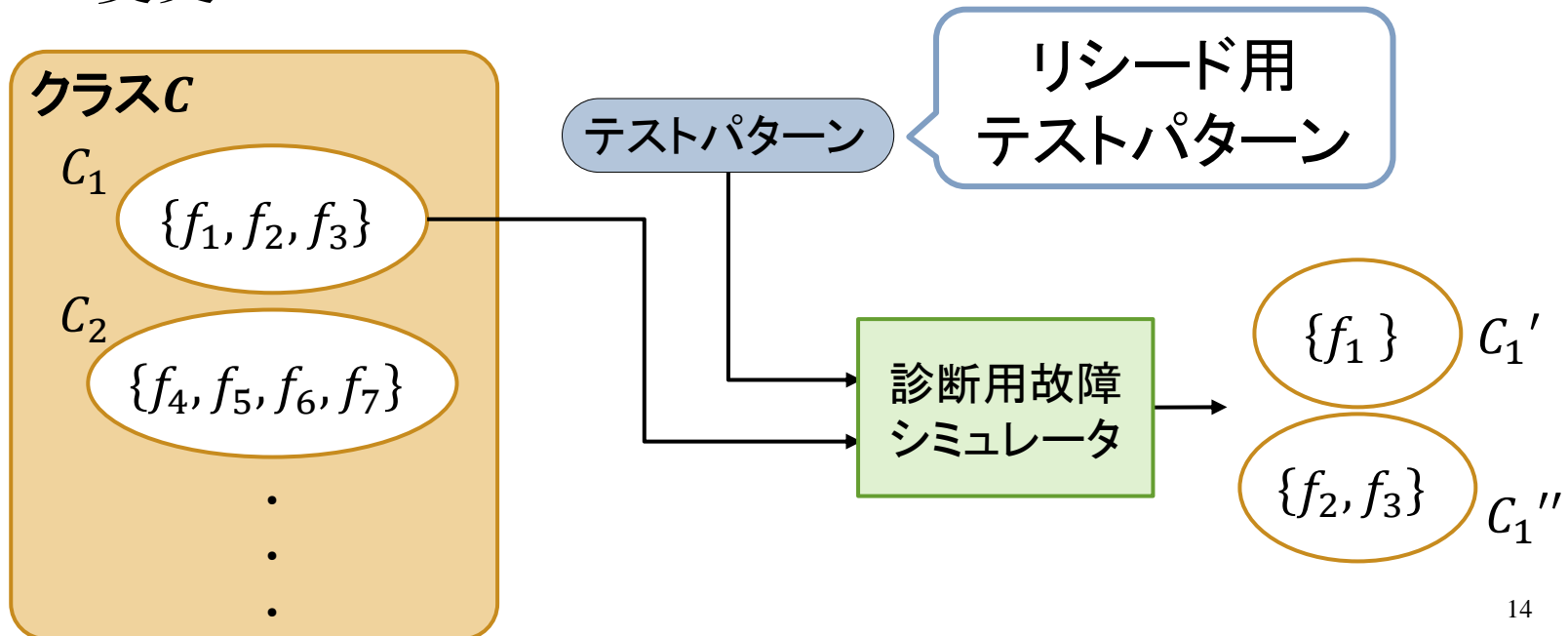
検出 ...1

非検出 ...0

テストパターン系列の遷移故障 診断能力の向上化法-1-

- リシード法

テストパターン系列の生成時にリシード用テストパターンでシードを入れ替え(リシード)、テストパターン系列を変更

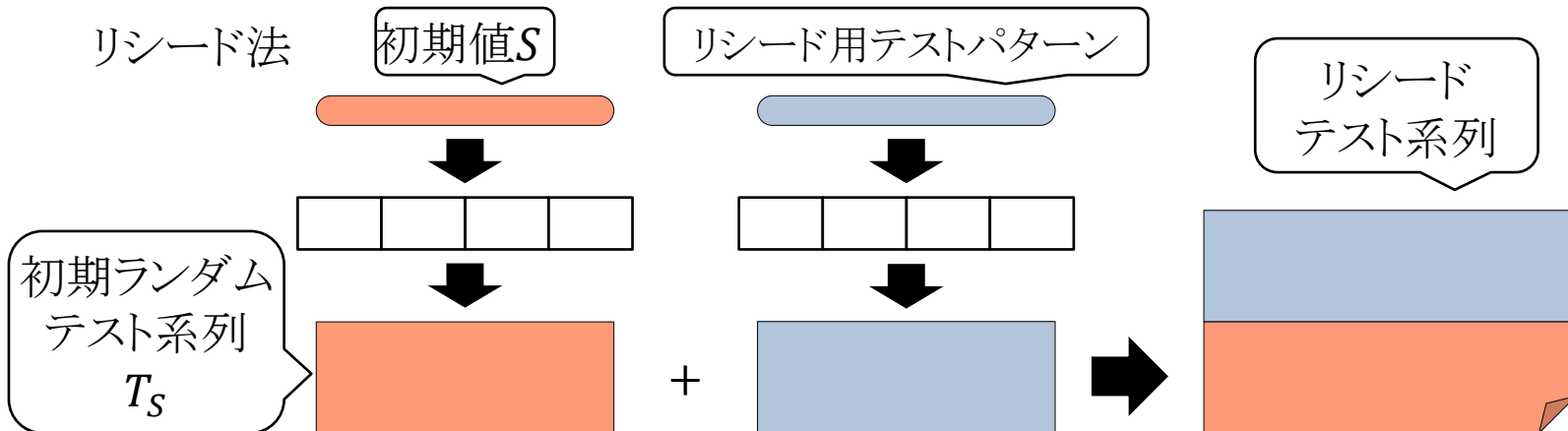


テストパターン系列の遷移故障 診断能力の向上化法-2-

従来法



リシード法



故障診断評価実験(諸元)

BISD機構のシミュレーションモデルを利用したリシード法の遷移故障診断能力の評価

計算機諸元

| | |
|-----|-------------------------------|
| CPU | Intel(R) Xeon(R) L5240 3.0GHz |
| メモリ | 64.0GB |
| OS | RedHat 4.4.7-16 |

- 対象回路
 - ISCAS'89ベンチマーク回路
- 対象故障
 - 初期ランダムテスト系列 T_S が検出する単一遷移故障
- テストパターン系列
 - ランダムテスト系列およびリシードテスト系列
(系列数...2048、3072、4096)

故障診断評価実験 結果-1-

| 回路名 | 対象故障数 | 系列数 | 系列の種類 | 診断可能な故障数 | クラス数 | クラス内の最大故障数 |
|--------|-------|-------|-------|----------|-------|------------|
| cs9234 | 7,756 | 2,048 | ランダム | 659 | 1,443 | 45 |
| | | | リシード | 679 | 1,415 | 52 |
| | | 3,072 | ランダム | 699 | 1,471 | 45 |
| | | | リシード | 708 | 1,455 | 52 |
| | | 4,096 | ランダム | 718 | 1,474 | 45 |
| | | | リシード | 724 | 1,476 | 45 |

- ランダム...ランダムテスト系列
- リシード ...リシードテスト系列(提案法)

故障診断評価実験 結果-2-

| 回路名 | 対象故障数 | 系列数 | 系列の種類 | 診断可能な故障数 | クラス数 | クラス内の最大故障数 |
|---------|--------|-------|----------------|----------|-------|------------|
| cs13207 | 12,289 | 2,048 | 故障診断能力が改善していない | 952 | 1,703 | 142 |
| | | | | 940 | 1,704 | 147 |
| | | 3,072 | ランダム | 973 | 1,723 | 137 |
| | | | リシード | 981 | 1,736 | 140 |
| | | 4,096 | ランダム | 1,011 | 1,749 | 135 |
| | | | リシード | 1,022 | 1,762 | 135 |

- ・ランダム...ランダムテスト系列
- ・リシード ...リシードテスト系列(提案法)

まとめ・今後の課題

まとめ

- 遷移故障診断用組込み自己診断機構の提案
- 提案機構で用いるテストパターン系列の遷移故障診断能力向上化法の提案
- リシード法による遷移故障診断能力の改善を確認

今後の課題

- リシード法により遷移故障診断能力が向上しない回路への対応

ご静聴ありがとうございました