

物理解析ソフトウェアの テスト手法の検討

**Search-Based Testing およびMetamorphic
Testing によるアプローチ**

研究員 : 小川哲生 (株式会社JSOL)

主査 : 石川冬樹 (国立情報学研究所)

副主査 : 徳本晋 (株式会社富士通研究所)

: 栗田太郎 (ソニー株式会社)

研究対象

■ 物理解析ソフトウェア

- 物理方程式を数値シミュレーションし物理現象を可視化する
- 工業製品の設計開発において広く利用されている

なぜテストが難しいか？






- **入力パターンが複雑かつ膨大**
 - 解析対象の「形状」がソフトウェアの入力になる
 - 外部仕様から同値分割、境界値分析による網羅ができない

なぜ難しいか？

- **テストの期待値をあらかじめ導出できない**
 - 物理方程式の解を算出するにはソフトウェアが必要
 - 等価な機能群を持つ他ソフトウェアは多くない

候補となるアプローチ

■ 適用可能性のあるテスト手法案

	テスト手法	本対象への適用可能性
膨大な入力候補から テスト入力の絞込み	Concolic Testing	コード分析できない 
	Search-Based Testing	ブラックボックス的に適用可 
テストの期待値結果を 定量的に定められない	Property-Based Testing	入出力が定量的に定らない 
	N-version Programming	同機能の他ソフトウェアが無い 
	Metamorphic Testing	物理的因果関係を活用可 

Search-Based Testing とMetamorphic Testing を選択した

Search-based Testing とは

■ Search-based Testing

- 膨大な候補からテスト入力を効率的に抽出するテスト手法の一つ
- 評価指標が最適化されるようにテスト入力を更新する
- テスト対象のコード分析が不要でブラックボックス的に適用可能



Metamorphic Testing とは

■ Metamorphic Testing

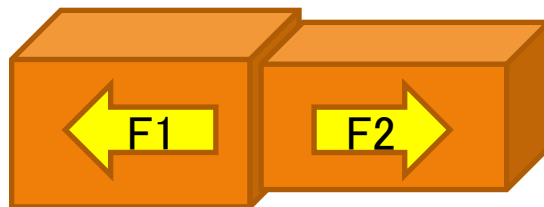
- テスト期待値を定められない場合のテスト手法の一つ
- テスト入力に変換を加えた際の、出力の応答を検証する
- 満たすべき応答（MR : Metamorphic Relation）が定められれば、定量的な期待値が不明でも適用できる



ケーススタディ：SBT

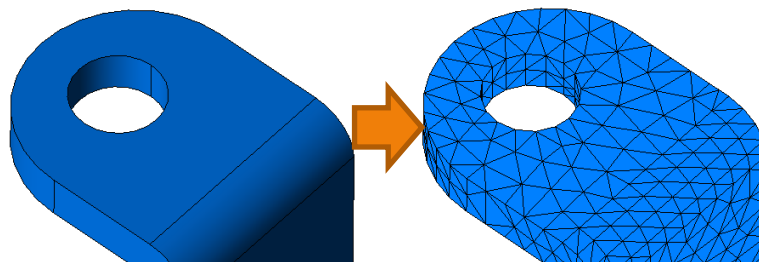
■ 形状や位置に依存する機能のテストにSBTを適用した

- 物体に働く力の計算機能



位置関係をテスト入力としてSBTを実行

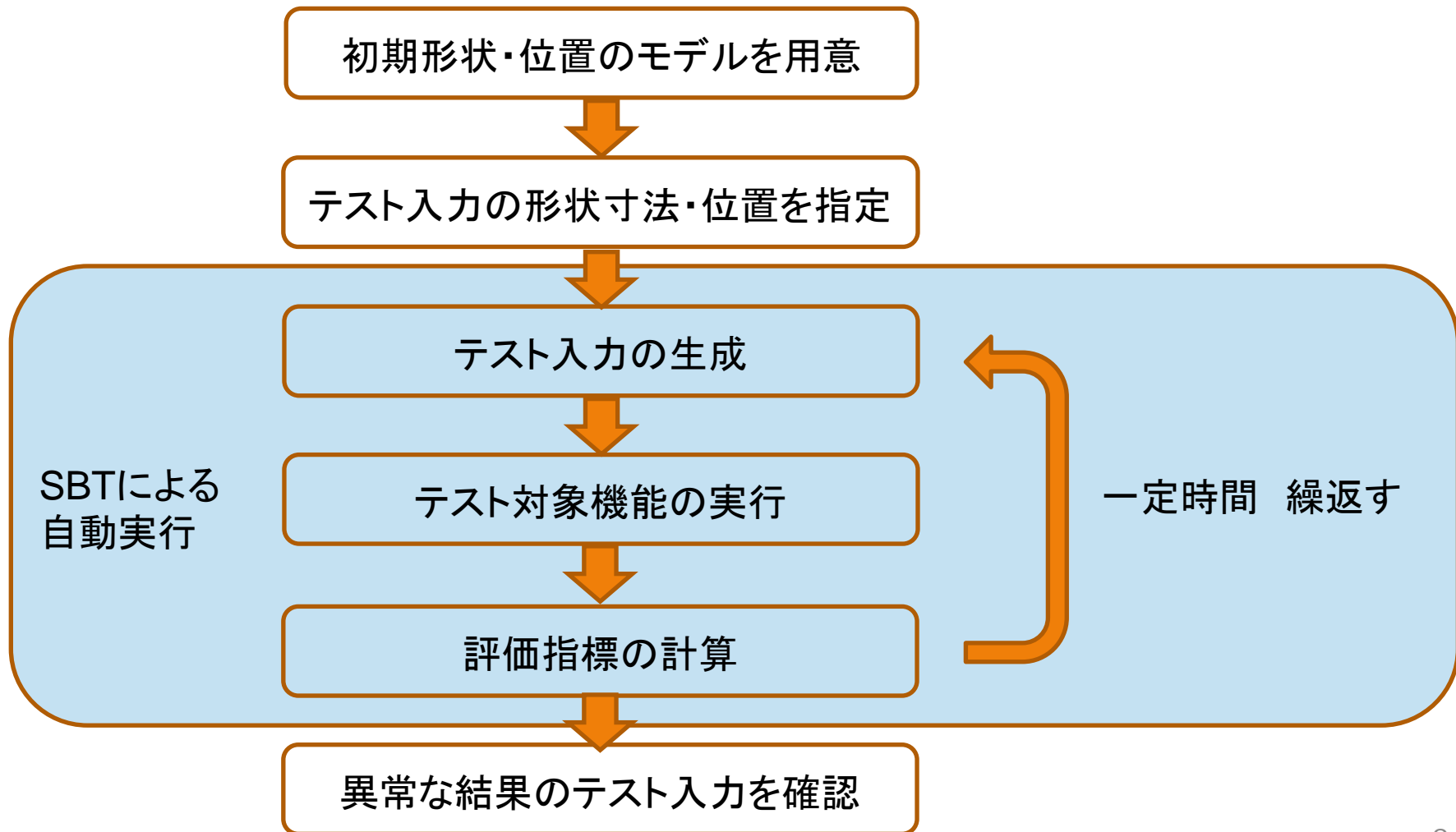
- 解析対象のメッシュ生成機能



形状寸法をテスト入力としてSBTを実行

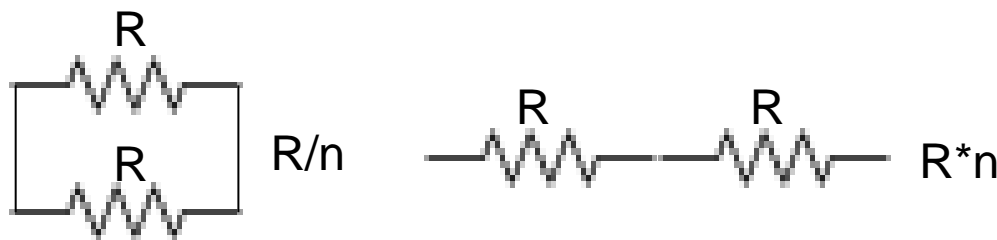
ケーススタディ：SBT

■ Search-Based Testing の実行



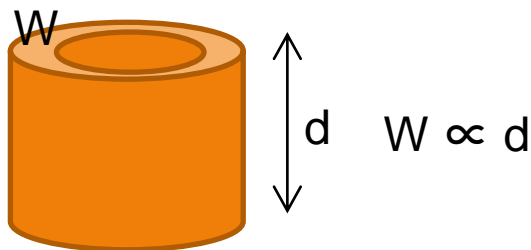
ケーススタディ：MT

- テスト対象が満たすべき物理的因果関係をMR として、MT を適用した
 - 電気回路での通電状態の計算機能



回路の直並列度と電圧差の関係

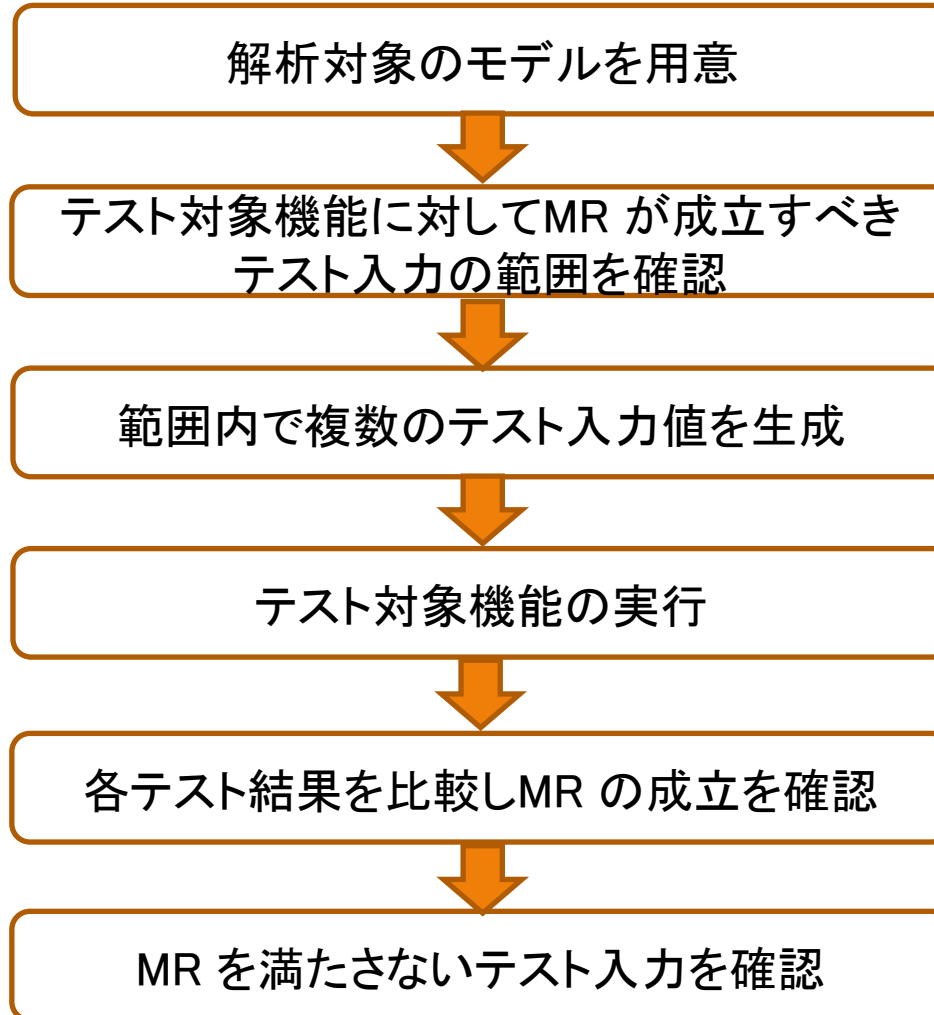
- 電氣的損失値の計算機能



損失発生箇所の厚みと損失値の関係

ケーススタディ：MT

■ Metamorphic Testing の実行



結果：SBT

■ 検出不具合数

ケーススタディ	検知した欠陥の件数
S1	2 (1)
S2	3 (1)

*括弧内は既知だった欠陥

- Search-Based Testing により解析対象の形状・位置に依存する欠陥を検出することができた

結果：MT

■ 検出不具合数

ケーススタディ	検知した欠陥の件数
M1	2 (1)
M2	1 (1)

*括弧内は既知だった欠陥

- Metamorphic Testing により、テスト入力への定量的な期待値を用意することなく、欠陥を検出することができた

考察：SBTの適用効果

■ 有効性

- 形状や位置に依存する欠陥を発見できた
- 欠陥を発見したテスト入力は、同値分割や境界値分析によるテスト設計では導出されない値であった

■ コスト

- テストに要した時間、実行環境は、実用的な範囲であった

物理解析ソフトウェアのテスト手法として有効有用であった

考察：SBT適用における課題

- **Search-Based Testing 適用での課題**
 - 形状的に無効なテスト入力値の対応
 - 形状破綻状況の評価値への反映

考察：MTの適用効果

■ 有効性

- 定量的な期待結果を用意せず、解析機能の欠陥を検出できた
- 欠陥の発見に用いたMR は適用対象機能の物理法則から規定できた

■ コスト

- テストに要した時間、実行環境は、実用的な範囲であった

物理解析ソフトウェアのテスト手法として有効有用であった

考察：MT適用における課題

- **Metamorphic Testing 適用での課題**
 - 検証目的に応じたMR の導出
 - MR が非線形的、多次元的な場合への適用

まとめ

- 従来のテスト手法ではテスト入力の設計や期待結果の導出が困難であった物理解析ソフトウェアの機能に対して、Search-Based Testing とMetamorphic Testing の手法を試行した
- ケーススタディの結果、Search-Based Testing は形状依存性の欠陥の検出において、Metamorphic Testing は期待結果の導出が困難な解析機能の欠陥検出において、有効であることが分かった
- 今後、適用範囲の拡大に向け、試行対象機能の増加と課題対応への検討を進めたい

さいごに

ご清聴ありがとうございました