

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23700038

研究課題名(和文) 拡張運用プロファイルを用いた高効率のテストケース生成手法の開発と評価

研究課題名(英文) Development and Evaluation of Effective Test Case Generation Techniques Using Extended Operational Profiles

研究代表者

高木 智彦 (Takagi, Tomohiko)

香川大学・工学部・講師

研究者番号：70509124

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、従来の運用プロファイル(テスト対象ソフトウェアの期待される振舞いと、運用環境において想定される使われ方を表すモデル)に対して、欠陥が潜在する可能性や、テスト実施に要するエフォートに関する情報を付与したり、大規模ソフトウェアや並行ソフトウェアの期待される振舞いの記述に適したモデリング法を導入したりする拡張を行った。そして、その拡張された運用プロファイルに基づいて効率的なテストケース(テストすべき項目)を生成する新たな手法を、最適化手法を導入することによって構築した。

研究成果の概要(英文)：In this study, traditional operational profiles (models that represent the expected behavior of software under test and its usage characteristics in operational environments) have been extended to include information about fault-proneness and testing effort, and to introduce modeling techniques effective for representing the expected behavior of large and concurrent software. Also, new techniques to generate effective test cases (items to be tested) based on the extended operational profiles have been constructed by introducing optimization techniques.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：ソフトウェアテスト

## 1. 研究開始当初の背景

(1) ソフトウェアテスト：近年ソフトウェアの品質について社会的に関心が高まっている。要求されるソフトウェアの品質を実現するための主要な技術の一つがソフトウェアテストである。ソフトウェア開発では、製品出荷前のテスト工程でソフトウェアテスト手法を適用することによって故障を発見し、その原因となる欠陥を除去する。近年のソフトウェアの大規模化、複雑化、短納期化などにより、高い品質を効率的に実現するための新たなテスト手法を開発することが、重要な課題の一つとなっている。

(2) 運用プロファイルに基づくテスト手法：従来のテスト手法の多くは、ソースコードや仕様書の網羅を追求するものである。しかしながら、限られた時間で大規模・複雑なソフトウェアを網羅的にテストすることは困難なことも多い。従来の網羅性を指向するテスト手法を補完するものとして、本研究は運用プロファイルに基づくテスト手法に着目した。運用プロファイルとは、遷移確率を付加した状態マシン(有限状態機械)を用いて、ユーザによるソフトウェアの使い方やソフトウェアの期待される振舞いを形式的に表したモデルである。運用プロファイルの確率分布に基づいてランダムに生成されるテストケース(テストすべき項目)は、実際の運用環境においてユーザが実行するであろう操作列と見なすことができる。ゆえに、このようなテストケースを用いてテストを実施し、運用環境におけるソフトウェア信頼性(運用時にユーザがソフトウェアの故障に遭遇しない可能性)を評価する手法が提案されている。しかしながら、大数の法則を使用するので、基本的にテストケースを多数実行する必要があるのが問題である。近年の逼迫したテスト工程においては、そのような余裕がないことも多い。

## 2. 研究の目的

(1) そこで本研究では、運用プロファイルを使用して、テスト技術者が指定した制約の範囲内で、高い効率のテストケースを選びすぐって生成するテスト手法を検討する。ここでいう制約とは、テスト工程を縛るコストや時間などに関する条件(たとえば、限られた時間の中で実施可能なテストケースの量)であり、また、高い効率とは、できるだけ多くの故障を、品質に深刻な影響を与えるものから優先的に発見することを意味する。本手法は、完全にランダムなテストケースを無際限に生成する従来の運用プロファイルに基づくテスト手法とは根本的に異なっている。これにより、様々な制約のある逼迫したテスト工程においても最大限に品質を改善できるよ

うになることが期待できる。

(2) 運用プロファイルの拡張とテストケースの最適化：本手法の核心は、テストケースの最適化である。テスト手法に最適化技術を導入する試みは近年活発に行われており、その有効性も認識されつつある。テストケースの最適化は定式化が困難な問題であるため、遺伝的アルゴリズムをはじめとしたメタヒューリスティクス手法が有効であることが分かっている。そこで本研究では、まず運用プロファイルの拡張を行う。通常の運用プロファイルはユーザの利用特性に関するデータしか持たない。本手法によってより高度な最適化を行うためには、先述した制約や効率性を多角的に判断するためのデータ(たとえば、テスト実施に要するコストや、故障が顕在化した際のリスクなど)を追加した、新たな運用プロファイルが必要である。本研究ではこれを拡張運用プロファイルと呼ぶ。そしてその上で、テストケースの最適化アルゴリズムを構築する。

## 3. 研究の方法

(1) 主要なステップ：本研究は、拡張運用プロファイルの作成手法の構築、テストケースの最適化アルゴリズムの構築、テストツールの開発、適用実験、評価・修正、拡張運用プロファイルのさらなる拡張の、主要なステップから構成される。平成23年度は～、平成24年度以降は～に取り組み計画である。スパイラル的に上記ステップを繰り返すことによって、本手法の有効性の評価を行い、その結果を次にフィードバックしていく。各ステップの概要は以下のとおりである。

拡張運用プロファイルの作成手法の構築：運用プロファイルに、ユーザの利用特性を表す確率分布以外の、テストケースの最適化に必要な情報を付加する。

テストケースの最適化アルゴリズムの構築：遺伝的アルゴリズム(生物進化の模倣によって近似最適解を求める手法)やアントコロニー最適化(アリの採餌行動の模倣によって近似最適解を求める手法)などの導入を検討する。遺伝的アルゴリズムであれば、遺伝的表現(テストケースをどのようにエンコーディング/デコーディングするか)や遺伝的操作(どのように交叉、突然変異、選択を行うか)を決定する。

テストツールの開発：で構築した手法やアルゴリズムに基づいてテストツールの仕様を作成し実装する。

適用実験：実際のソフトウェアあるいは独自に仕様を想定したものに対して、テストツールを試験的に適用する。

評価・修正：適用実験の結果を評価する。改善点を発見した場合は、その内容に応じ

た前ステップに戻って修正し、再度適用実験を行う。

拡張運用プロファイルのさらなる拡張：拡張運用プロファイルに対して、で検討した以外の多様な情報を付加することによって、より効率的なテストケースを生成できるようにする。

(2) 研究体制：本研究は、研究代表者 1 名によって実施する。ただし、効果的に研究を進めるために、大学教授や技術者、コンサルタント、大学院生などの研究協力者から支援を受けることがある。

#### 4. 研究成果

(1) 運用プロファイルの拡張：従来の運用プロファイルに対して、状態や遷移における詳細な動作、遷移の発火条件、イベントに付随する値などを記述したり、テスト実施に必要なエフォートや、ソフトウェアメトリクスに基づくリスクに関する情報などを付加したりするという拡張を行った。これによって、複雑な振舞いを行うソフトウェアに対しても本手法が適用可能になること、様々な観点からテストケースを最適化して効率化を実現できるようになることなどが期待できる。また、大規模なソフトウェアに対する運用プロファイルの作成を容易にするために、ソフトウェアの構成要素ごとに作成された小規模な運用プロファイルを合成する手法を構築した。さらに、並行ソフトウェア（複数の構成要素が相互作用を行いながら並行動作するソフトウェア）に対して効果的に適用できるようにするために、プレース/トランジションネットに基づいて、運用プロファイルやテストモデル（テスト終了基準の評価を行うために用いる、運用プロファイルをベースにしたモデル）を作成する手法を構築した。

(2) テストケース生成アルゴリズムの開発と評価：拡張運用プロファイルに基づいて、テストに投入可能なエフォートを超えない範囲で、ソフトウェア信頼性に深刻な影響を与える故障を重点的に発見したり、リスクの高い箇所を重点的にテストしたり、全体をできるだけ網羅したりするようなテストケースを選びすぐって生成するアルゴリズムを構築した。このテストケース生成アルゴリズムは、遺伝的アルゴリズムやアントコロニー最適化を応用したもので、テスト技術者はアルゴリズムのパラメータを調節することによって、個々の開発プロジェクトに応じたテストケースを生成できる。本手法を実装したテストツールを開発して試験的に適用し、ソフトウェア信頼性や網羅率をはじめとした各種テストメトリクス値、および、実施に要したエフォートなどの観点から有効性を評価した。

(3) 研究成果の位置付けと今後の展望：本研究の成果を、学術雑誌や国際会議、国内研究会などにおいて発表した。本研究の手法は、モデルベースドテスト（ソフトウェアの期待される振舞いなどを表す形式的モデルに基づいてテストケースを設計、実行する手法）の一種とみなすことができる。従来のモデルベースドテストの多くが、モデルの網羅に主眼を置いているのに対して、本研究の手法は、ソフトウェア信頼性やリスク、テストのエフォートなどにも着目している点が特徴である。運用プロファイルに対して様々な情報を付加することによって、より高度で多様なテスト戦略を実現できるようになる。ただし、様々な情報の付加による運用プロファイルの複雑化は、運用プロファイルの作成やテストケースの生成を困難にする。今後の研究においても、運用プロファイルのさらなる拡張を行う際には、拡張運用プロファイルの作成を支援する手法の構築、および最適化手法の応用によるテストケース生成アルゴリズムの拡張が不可欠である。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

高木智彦, 荒尾拓矢, “プレース/トランジションネットとソフトウェア実行履歴を用いた精密化運用プロファイルベースドテスト法”, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.56, No.2, pp.569-579, Feb. 2015.

([http://www.ipsj.or.jp/e-library/digital\\_library.html](http://www.ipsj.or.jp/e-library/digital_library.html))

高木智彦, 八重樫理人, 古川善吾, “拡張有限状態機械を用いた運用プロファイルベースドテストのテストケース生成手法とツール構成”, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.54, No.2, pp.797-806, Feb. 2013.

([http://www.ipsj.or.jp/e-library/digital\\_library.html](http://www.ipsj.or.jp/e-library/digital_library.html))

〔学会発表〕(計 7 件)

T. Takagi, M. Beyazit, “Optimized Test Case Generation Based on Operational Profiles with Fault-Proneness Information”, 12th International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications, Kitakyushu International Conference Center (Fukuoka・Kitakyushu), 査読有, Sep. 3 2014.

T. Takagi, Z. Furukawa, Y. Machida, “Test Strategies Using Operational

Profiles based on Decision Tables”, 37th Annual International Computer Software and Applications Conference, Kyoto Terrsa (Kyoto・Kyoto), 査読有, July 25 2013.

T. Takagi, Z. Furukawa, “Construction Technique of Large Operational Profiles for Statistical Software Testing”, 12th International Conference on Computer and Information Science, Toki Messe (Niigata・Niigata), 査読有, June 19 2013.

高木智彦, 八重樫理人, 古川善吾, “拡張有限状態機械を用いた運用プロファイルベースドテスト法のフレームワーク”, Software Engineering Symposium, 東京電機大学(東京・足立区), 査読有, Aug. 29 2012.

研究者番号:

(3)連携研究者

( )

研究者番号:

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

高木 智彦 (TAKAGI, Tomohiko)  
香川大学・工学部・講師  
研究者番号: 70509124

### (2)研究分担者

( )