

令和 5 年 6 月 25 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K12668

研究課題名（和文）継続・派生開発のための組合せテストの研究

研究課題名（英文）Combinatorial testing in continuous development

研究代表者

北村 崇師 (Kitamura, Takashi)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：70530484

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：継続・派生開発のための組合せテスト技術として、Blueらが提唱する Interaction-based Test Suite Minimization (ITSM) 問題のアルゴリズムの改良を行った。ITSM問題と集合被覆問題の共通性の着目し、集合被覆問題のアルゴリズムを、ITSM問題に適用した。具体的には変換と組込みアプローチの2つアルゴリズムの設計・実装した。組込みアプローチでは、既存手法と比較し3.10倍高速を行った。またBitwise操作やGPGPUを用いたITSMアルゴリズムの高速化手法を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

組み合わせテスト技術は代表的なシステムテスト技術であるが、主なユースケースは新規開発を想定しており、現代のシステム開発の主流である、継続・派生開発の環境での有効な科学的知見や使用可能な技術が不足していた。本研究では、Blueらが提唱するITSM技術が継続・派生開発に適用できる点に着目した。学術的な意義として、ITSM問題についての高速度アルゴリズムをいくつか発見したことが挙げられる。また、今後継続・派生開発のための科学技術の重要性は増していくものと考えており、そのための科学技術という新しい方向性を示すことができたと考える。

研究成果の概要（英文）：We have improved the algorithm for the Interaction-based Test Suite Minimization (ITSM) problem, proposed by Blue, as a combination testing technique for continued and derivative development. By focusing on the commonalities between the ITSM problem and the set cover problem, we applied the algorithm for the set cover problem to the ITSM problem. Specifically, we designed and implemented two algorithms: a encoding-based approach and an embedded approach. The embedded approach achieved a 3.10-fold speedup compared to existing methods. We also explored acceleration techniques for the ITSM algorithm, such as bitwise operations and utilizing GPGPU.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：ソフトウェア工学 ソフトウェアテスト

1. 研究開始当初の背景

組合せテスト「t-way テスト法」は、t-way (t=1,2,3,...) 網羅基準に基づくシステムテスト技法である。t-way 網羅基準は高いテストの多様性、及び、高い不具合検出能力を持つことが知られている。t-way テスト法は数十年の歴史を持ち、産業と学術の両面から様々な研究が行われてきている。一方で、そのほとんどのユースケースが新規開発における適用を想定したものである。近年のシステム開発の主流である継続・派生開発での効果的なユースケースについての研究は少なく、科学的な知見や使用できる技術も限定されていた。本研究では、継続・派生開発に着目し、継続・派生開発における効果的な t-way テスト法の研究開発を目的とした。

2. 研究の目的

t-way テスト法は産業界でいくつもの実使用が報告される実践的なテスト技術であるが、その実使用における一番の大きな障壁は、テスト対象システムのモデル「テストモデル」の記述を必要とすることである。テストモデルとは、t-way テスト法が規定するシステムの抽象モデルであり、属性リストと制約から構成される(図1)。このテストモデルから、t-way 網羅基準を満たすテスト集合(t-way テスト集合)を生成する様々なアルゴリズムが提案されている。一方で、テストモデルの作成は多大な人的コストを必要とする。テストモデルは領域専門家の知識を必要とする手作業で記述されること、一般に論理式を用いて記述されることを前提としているが、大規模システムのテストモデルは複雑になりがちである。

継続・派生開発とは既存システムを改修・拡張を行うシステム開発である。継続・派生開発では、既存システムの開発物に関する情報(プログラムコード、テストケース、ログ情報)などを参考情報として使用できるため、そうした参考情報を用いた効率的な開発手法が求められる。

本研究では、継続・派生開発のための組合せテスト技術として、Blue らが提唱する「Interaction-Based Test Suite Minimization (ITSM)」技術[Blue+ICSE13]に着目した。ITSM は既存の開発物にあるログデータからテストケースを作成する手法である(図2)。ログデータから t-way テスト集合を生成する。テストモデルを作らずに t-way テスト適用できるため、継続・派生開発の環境下で効果的な開発が可能になる。本研究では特に、ITSM アルゴリズムの高速化を行うことを研究の目的とした。

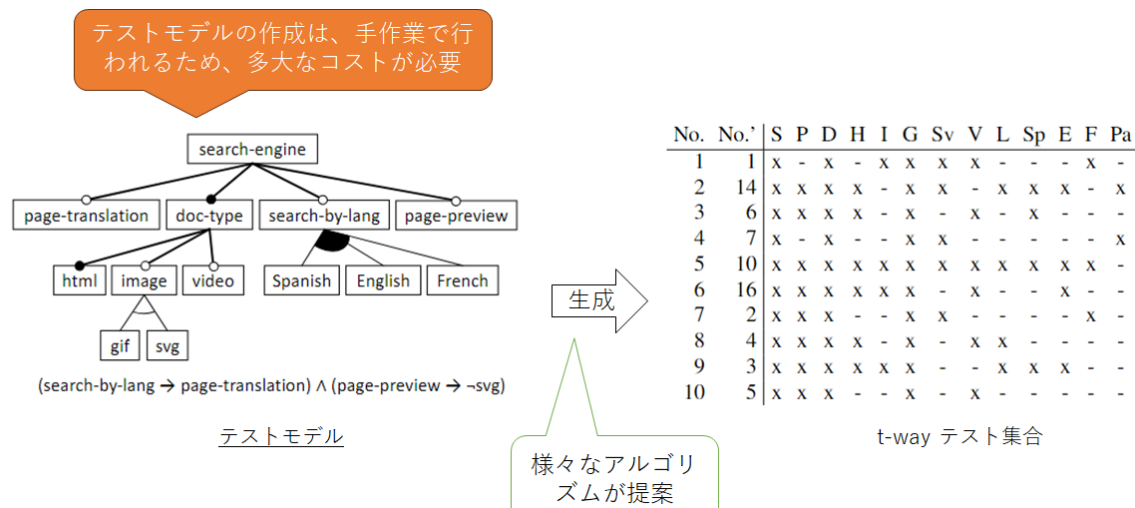


図 1. t-way テスト概要

3. 研究の方法

研究の方法としては、ITSM 問題と集合被覆問題 (Set Cover Problem: SCP) との強い相似性を見出すことができたため、SCP 問題のアルゴリズムを ITSM 問題に適応させることで、ITSM 問題のアルゴリズムの高速化を試みた。特に、我々は変換アプローチと組込みアプローチの2つの手法を提案した。変換アプローチでは、ITSM 問題を SCP 問題に変換して、既存の SCP アルゴリズムを用いて解くアプローチである。組込みアプローチは、SCP 問題のアルゴリズムを基に、ITSM 問題専用のアルゴリズムを開発するアプローチである。変換アプローチは既存の SCP アルゴリズムが扱う形式に変換することで、ITSM 問題を解くことができるため汎用性が高いアプローチである。一方で、組込みアプローチでは、データ構造を独自に設計することで、高速化が容易に

ログデータからt-way
テスト集合を作成

	S	P	D	H	I	G	Sv	V	L	Sp	E	F	Pa
1	x	-	x	-	x	x	x	x	-	-	-	x	-
2	x	x	x	-	-	x	x	-	-	-	-	x	-
3	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x	x	-	-
4	x	x	x	x	-	x	-	x	x	-	-	-	-
5	x	x	x	-	-	x	-	x	-	-	-	-	-
6	x	x	x	x	-	x	-	x	-	x	-	-	-
7	x	-	x	-	-	x	x	-	-	-	-	-	x
8	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-
9	x	-	x	-	-	x	x	x	-	-	-	x	-
10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-
11	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-	-	x	-
12	x	x	x	x	-	x	x	-	-	-	x	x	-
13	x	x	x	-	-	x	x	-	-	-	-	-	x
14	x	x	x	x	-	x	x	-	x	x	x	-	x
15	x	x	x	x	-	x	-	-	-	-	x	-	-
16	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	-	-
17	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	x	-
18	x	x	x	x	x	x	-	x	-	x	-	-	-
19	x	x	x	x	-	x	x	-	-	x	x	-	x
20	x	x	x	x	-	x	x	-	-	-	x	-	x
21	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x	-

開発・運用のログデータ

生成

No.	No.:	S	P	D	H	I	G	Sv	V	L	Sp	E	F	Pa
1	1	x	-	x	-	x	x	x	x	-	-	-	x	-
2	14	x	x	x	x	-	x	x	-	x	x	x	-	x
3	6	x	x	x	x	-	x	-	x	-	x	-	-	-
4	7	x	-	x	-	-	x	x	-	-	-	-	-	x
5	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-
6	16	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	-	x	-
7	2	x	x	x	-	-	x	x	-	-	-	-	x	-
8	4	x	x	x	x	-	x	-	x	x	-	-	-	-
9	3	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x	x	-	-
10	5	x	x	x	-	-	x	-	x	-	-	-	-	-

t-way テスト集合

- ITSMアルゴリズム
 - Blueらのアルゴリズム (既存アルゴリズム)
 - 提案アルゴリズム
 - 変換アプローチと組込みアプローチ
 - LimらのSCPアルゴリズムを基に
 - Blueらのアルゴリズムと比較し、最大3.10倍高速を実現

図 2. ITSM 問題とアルゴリズム

なる。また SCP 問題の代表的なアルゴリズムとして、Lim らが提案する Lazy と Eager アルゴリズムを基にした。さらに、更なる高速化を追求するため、アルゴリズムの解析を行った。解析により提案アルゴリズムの多くの計算は、各テストケースの t-way 網羅数の計算に費やされていることが判明した。該当部分の高速化として、Bitwise 演算や GPGPU を用いた並列処理によるアルゴリズム高速化のアイデアを着想した。

4. 研究成果

継続・派生開発における組込みテスト技術として ITSM 問題に着目した、また ITSM 問題と計算機科学における古典的問題である集合被覆問題 (SCP) の類似性を発見し、SCP アルゴリズムが ITSM 問題に適応できること (実行可能性) を示した [Nishino+IWCT20]。さらに、既存の SCP アルゴリズムを基に、複数の ISTM 高速化アルゴリズムを提案した。最も早いアルゴリズムでは、既存手法の 3.10 倍の高速化を実現した (論文を準備中)。さらに、アルゴリズムの解析を進め、ITSM アルゴリズムに Bitwise 演算や GPGPU を適用することで、更なる高速化を実現するアルゴリズムを着想した。

参考文献

- [Blue+ICSE13] Dale Blue, Itai Segall, Rachel Tzoref-Brill, Aviad Zlotnick: Interaction-based test-suite minimization. ICSE 2013: 182-191
- [Lim+ACSC14] C. L. Lim, Alistair Moffat, Anthony Ian Wirth: Lazy and Eager Approaches for the Set Cover Problem. ACSC 2014: 19-27
- [Nishino+IWCT20] Kohei Nishino, Takashi Kitamura, Tomoji Kishi, Cyrille Artho: Toward an Encoding Approach to Interaction-based Test Suite Minimization. ICST Workshops 2020: 211-212

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kohei Nishino, Takashi Kitamura, Tomoji Kishi, Cyrille Artho
2. 発表標題 Toward an Encoding Approach to Interaction-based Test Suite Minimization
3. 学会等名 9th International Workshop on Combinatorial Testing (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>https://staff.aist.go.jp/t.kitamura/</p>
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関