

大規模OS用テストカバレッジ機能とその適用

7J-3

広隆 太司¹⁾、戸塚 健司¹⁾、須釜 延芳¹⁾、原口 政敏¹⁾、林 義生²⁾、田中 俊治³⁾

1) 日立製作所ソフトウェア開発本部 2) 日立超LSIエンジニアリング

3) 日立製作所システム開発研究所

1. はじめに

オペレーティングシステム等の大規模ソフトウェアの開発においては、製品品質の確保は必須である。製品品質を向上させるための一つの手段としてテストカバレッジがある。テストカバレッジはテストの十分性を C_0/C_1 カバレッジ及び S_0 カバレッジという客観的数値で表すことにより、テストが不十分な箇所を明らかにし、テスト作業の不足した部分を補うことができる。

そこで、社内用システムであるOSテスト支援システムOSTDにおいて大規模OSのカバレッジ採取を目的としたテストカバレッジ機能を開発した。

本報告では、大規模OS用テストカバレッジ機能とその適用状況について報告する。

2. テストカバレッジ機能への要求仕様

大規模OS用のテストカバレッジ機能としては、以下の四つの要求仕様を満たす必要がある。

(1) 実動作環境におけるテストカバレッジの採取

大規模OSの製品品質の確保にテストカバレッジを使用するために、OSのシステムテストを行う時と同一の環境においてテストカバレッジの採取を可能にする。

(2) カバレッジ採取時の性能確保

テストカバレッジ採取を効率良く行うことを可能にする

ため、カバレッジ非採取時のプログラム実行性能と比較して、性能劣下を最小限に抑える。

(3) 大規模OSのテストカバレッジ一括採取

大規模OSは複数コンポーネントにより構成されるが、複数のコンポーネントのテストカバレッジを一括採取することにより、システム全体のテストカバレッジを一括して採取することを可能にする。

(4) 非常駐コンポーネントのテストカバレッジ採取

大規模OSのコンポーネントを大別すると、主記憶に常駐するコンポーネントと非常駐のコンポーネントがある。ここで、実行されるまで主記憶上のアドレスが不定である非常駐コンポーネントについても、テストカバレッジの採取を可能にする。

この四つの条件を満たすテストカバレッジ機能として、図1に示すカバレッジ採取専用ハードウェアである拡張テストカバレジアシスト機構XTCAと連携したテストカバレッジ機能を開発した。XTCAはプログラムの分岐命令実行情報を出力するハードウェア機構であり、その出力結果をOSTDで解析することにより、 C_0/C_1 カバレッジ及び S_0 カバレッジを求めることができる。ここで、分岐命令を解析する必要があるため若干の性能劣下が考えられるが、専用のハードウェアと連携することにより、大規模OSのカバレッジ採取が可能となる。

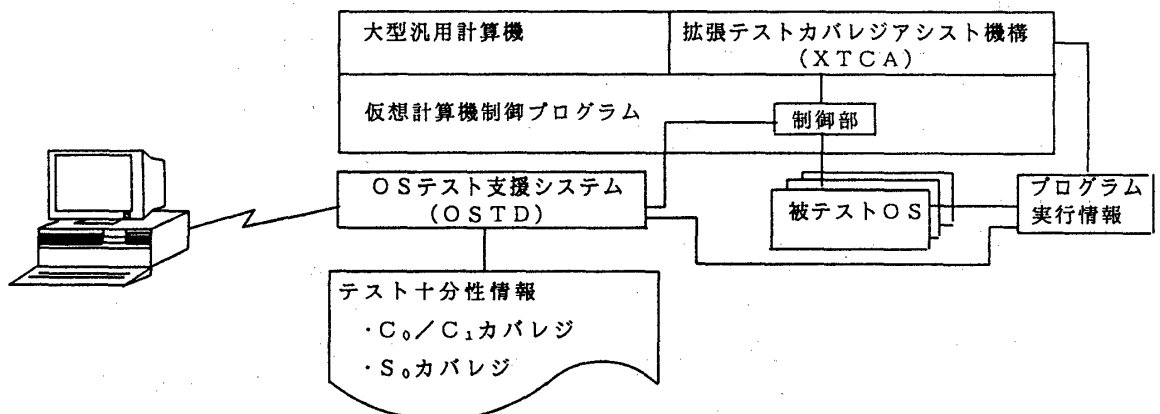


図1 テストカバレッジ機能の概要

Test Coverage Function for Large Scale Operating System and its application

Taiji HIROTAKA¹, Kenji TOZUKA¹, Nobuyoshi SUGAMA¹, Masatoshi HARAGUTI¹, Yoshio HAYASHI², Syunji TANAKA³

1) SOFTWARE DEVELOPMENT CENTER HITACHI, Ltd. 2) HITACHI VLSI ENGINEERING, Ltd.

3) SYSTEM DEVELOPMENT LABORATORY HITACHI, Ltd.

3. テストカバレッジ機能の概要

今回開発した、X T C A と連携したテストカバレッジ機能は以下の二つの機能を持つ。

(1) C₀/C₁テストカバレッジ機能

複数プログラムのC₀/C₁カバレッジを一括採取する。式1および2にC₀/C₁カバレッジの定義を示す。ここで分母となるカバレッジ採取対象プログラムの全命令数及び全分岐方向数はカバレッジ採取対象プログラムのオブジェクトを解析することにより得る。

$$C_0\text{カバレッジ} = \frac{\text{実行済み命令数}}{\text{プログラム内の全命令数}} \quad \dots (1)$$

$$C_1\text{カバレッジ} = \frac{\text{実行済み分岐方向数}}{\text{プログラム内の全分岐方向数}} \quad \dots (2)$$

(2) S₀テストカバレッジ採取機能

複数プログラムのS₀カバレッジを一括採取する。式3にS₀カバレッジの定義を示す。ここで分母となるカバレッジ採取対象プログラムの全モジュール数はカバレッジ採取対象プログラムの構成情報を解析することにより得る。

$$S_0\text{カバレッジ} = \frac{\text{実行済みモジュール数}}{\text{プログラム内の全モジュール数}} \quad \dots (3)$$

4. 結果の検討

4. 1 カバレッジ採取性能

表1にカバレッジ採取性能を示す。性能劣下率はカバレッジ非採取時のプログラム実行時間との比率で行った。

表1 カバレッジ採取時の性能劣化率

項番	カバレッジ 採取対象	テスト操作	性能劣化率
1	OSの 常駐モジュールの S ₀ カバレッジ	OSのIPL	1.9
2	コンパイラの 非常駐モジュールの S ₀ カバレッジ	有限要素法 プログラムの コンパイル	8.0
3	データセット ユーティリティの C ₀ /C ₁ カバレッジ	データセット のコピー	2.0
		データセット のプリント	9.0

表1から分かるようにカバレッジ採取対象によりカバレッジ採取時の性能劣下率が大きく変動している。これは、X T C A の出力する分岐命令実行情報量によるものである。本機能を本格的に適用するためには、テスト自動化支援システムO S T D / A U T O を利用することによる、カバレッジ採取の自動実行が必要になる。

しかし、本機能を使用することによりシステム全体のカバレッジを一括して採取することができるため、作業効率を低下させることなくカバレッジ採取を行うことができる。

4. 2 適用効果

大規模OSのシステムテストの段階でシステム全体のカバレッジを採取することが可能となった。

これまでのカバレッジツールでは一部のプログラムや一部のモジュールに着目したカバレッジ採取は可能であった。しかし、今回開発したテストカバレッジ機能のように複数のプログラムで構成されるシステム全体のカバレッジを、一括して採取するカバレッジツールは発表されていない。

また、今回開発はテストカバレッジ機能は汎用計算機上で動作するOSであるV O S 3, V O S 1, V O S K に対して適用可能である。

本機能を使用することによる適用効果については、現在効果算定をおこなっているところである。

5. おわりに

大規模OSのカバレッジ採取を目的した機能をOSテスト支援システムO S T D 上で実現することにより以下の項目を実現した。

- (1) システムテストの工程において実動作環境で動作する大規模OSのカバレッジ採取を可能にした。
- (2) カバレッジ採取対象としてテスト対象としているシステム全体を一括してカバレッジ採取することを可能にした。
- (3) テスト作業時にカバレッジを同時に採取することにより、テスト作業の質を定量的に把握することができた。

6. 参考文献

- [1] Yoshizawa, Y. et al. : Test and Debugging Environment for Large Scale Operating Systems, COMPSAC'87, pp. 298-305, Oct. 1987
- [2] 池ヶ谷ほか：OSテスト自動化システム OSTDI/AUTOの開発
情報処理学会 第42回全国大会 講演論文集
- [3] 池ヶ谷ほか：疎結合マルチプロセッサシステム (LCMP)用OSテスト支援システム(OSTD/MV)の開発
情報処理学会 OS研究会 Mar. 1992