

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

氏 名 鳴原 一人

論 文 題 目 高信頼性システム向けリアルタイム OS
のテスト手法

論文審査担当者

主 査 名古屋大学 教授 高田 広章

名古屋大学 教授 関 浩之

名古屋大学 准教授 本田 晋也

論文審査の結果の要旨

鳴原一人君提出の論文「高信頼性システム向けリアルタイム OS のテスト手法」は、マルチプロセッサ対応やメモリ保護機能を持つリアルタイム OS の信頼性を確保するためのテスト手法について整理し、それらのテストを効率的に実現するためのツールに関する一連の研究をまとめあげたもので、7章で構成される。

第1章は序論であり、近年の組込みシステムの高機能化・大規模化により、リアルタイム OS は、マルチプロセッサ対応やメモリ保護などの機能を高い品質で実現することを求められている状況について説明している。その上で、リアルタイム OS、特にマルチプロセッサやメモリ保護に対応したリアルタイム OS に対するテスト手法やツールは一般的に存在していないことについて述べ、リアルタイム OS のテスト手法の研究開発に取り組んだ背景について説明している。

第2章は、本論文の対象とする ITRON 仕様及び車載システム向けの AUTOSAR OS 仕様のリアルタイム OS の機能について説明し、リアルタイム OS に対するテストの課題について整理している。課題解決へのアプローチとして、API テストに対してテストプログラム生成ツールを実現すること、マルチプロセッサとメモリ保護のテスト手法を構築することを挙げている。

第3章では、ITRON 仕様のシングルプロセッサ向けのリアルタイム OS の API テストを対象に、テストシナリオからテストプログラムを生成する手法と、その手法をツール化した TTG (Toppers Test Generator) について述べている。TTG はテストシナリオを TESRY (TEst Scenario for Rtos by Yaml) 記法と呼ぶ記法により記述し、この記述からテストプログラムを生成する。API テストの総数は 1,668 件あり、全てのテストプログラムを一度に実行するには、組込みシステムではメモリが不足する場合が多い。そのため TTG は、任意の数のテストシナリオからテストプログラムを生成することでこの問題を解決している。TTG を実際のリアルタイム OS に適用することで、テストスイートの拡張性や保守性が向上したことを確認している。また、仕様と実装の不一致や、ターゲット依存部の実装不具合を検出している。

第4章では、ITRON 仕様をベースとしたマルチプロセッサ向けリアルタイム OS に対するテスト分析およびテスト設計の実施、テストプロセスの構築、テスト手法の考案、ツールについて提案している。テスト分析により抽出したテストカテゴリのうち、仕様とソースコードカバレッジを網羅するために必要な API テストと、実行順序依存分岐テストを実施している。その際、マルチプロセッサ向けリアルタイム OS のためのテストケース設計ポリシーを策定し、プロセッサ間同期制御ライブラリの開発や、プロセッサ間の任意の実行タイミングを実現できようプロセッサシュミレータの拡張を行い、テストコストの削減や効率化を実現している。実際のリアルタイム OS に適用して、ソースコードに対する C1 カバレッジを 100% とし、合計 70 件の不具合を検出している。

論文審査の結果の要旨

第5章では、第2章で述べられている TTG を AUTOSAR OS 仕様に対応させた AKTG (Automotive Kernel Test Generator) について述べている。AUTOSAR OS 仕様はコンフィギュレーション項目が多く、テストケースが2万件程度となることから、テスト生成の自動化の必要性について説明している。さらに、テスト実行時間が膨大になる問題に対しては、一連で実行することが困難なテストケースを、OS を起動する毎に異なるテストを実行することで統合し、テスト実行時間の短縮を実現している。商用のリアルタイム OS に対して本テスト手法を適用し、テストプログラム開発コストおよび、テスト実行時間が大幅に削減されることを確認している。

第6章では、メモリ保護機能に対応した AUTOSAR OS 仕様に対するテスト手法と実施について述べている。AUTOSAR OS 仕様は、OS オブジェクトに設定可能なパラメータが多く、テストケース数が膨大となる問題に対して、テストケースの組み合わせツールを用いたテストケース生成を提案している。また、メモリ保護機能に対するテストとして、メモリのアクセス保護機能に対するテストパターンを導出し、アクセス保護テストとして実現している。

第7章は結論であり、本論文の成果をまとめるとともに、今後の課題について論じている。

以上のように、本論文は、マルチプロセッサ対応やメモリ保護機能を持ったリアルタイム OS に対するテスト手法やテストプログラム生成ツールに関する研究に取り組み、いずれにおいても有効な成果を挙げている。また、研究成果の一部はすでに実用化されている。提案した技術はいずれも、学術的な新規性に加えて、実用性も高いものであり、情報科学の学術上・技術上の寄与が大きい。よって、本論文提出者、鳴原一人君は、博士（情報科学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。