

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 昌 毅

論 文 題 目 System Reliability Bounds Analysis Using Linear
Programming and Its Application

(線形計画法を用いたシステム信頼性の上下限解析法
とその適用に関する研究)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院環境学研究科教授 森 保宏

委 員 名古屋大学大学院環境学研究科教授 大森 博司

委 員 名古屋大学大学院環境学研究科准教授 尾崎 文宣

論文審査の結果の要旨

本論文は、構造物などのシステムが機能を維持する確率（システム信頼性）の評価法とその適用性に関するものである。システムの信頼性評価は、システムを構成する要素の破壊事象が互いに相関を有する場合には非常に複雑なものとなる。ここでは、構成要素の破壊事象、あるいはその余事象の積事象が互いに背反であることを利用し線形計画法を用いて、直列および並列システムの信頼性の上下限（bounds）を効率良く評価する方法を提案し、さらに、この手法を発展させ、システムをモード分解しサブシステムとして取り扱うことで、直列システムと並列システムが混在する複雑なシステムの信頼性評価手法を提案している。

本論文は5章からなっている。第1章は序論であり、本研究の背景、目的を明らかにし、本論文の構成を示している。第2章では、システム信頼性評価手法に関する既往の研究を整理している。特に、本研究の発想の元となる Linear Programming (LP) Bounds 法、および、これをより大きなサイズのシステムの信頼性評価へ拡張した Multi-scale system reliability analysis を詳しく紹介している。第3章では、LP Bounds 法に基づいて、直列および並列システムに対して、線形計画法と構成要素の破壊事象の積事象が互いに背反であることを利用した Relaxed Linear Programming (RLP) Bounds 法を提案している。線形計画法の設計変数は各積事象の確率、制約条件は構成要素の破壊確率と結合破壊確率および確率論の公理に基づく等式・不等式である。LP Bound 法では線形計画問題の大きさがシステムの要素数の指数関数的に増大することから、最新のワークステーションにおいて解析できるシステムの要素数は実用上18程度が上限であったが、提案手法では、システムの状態を表現できるユニバーサル母関数を用いながら積事象の背反性の境界をあえて曖昧にすることにより、設計変数の数を要素数の2乗程度へと大きく減じ、結果として解析できるシステムの要素数を500以上へと飛躍的に向上させた。この高い効率は、今後コンピューターの性能が向上するほど顕著となることは明らかである。提案手法はまた、構成要素の破壊確率や破壊事象間の相関に関する情報が不完全な場合にも適用可能であり、モンテカルロ法にはない汎用性を有している。第4章では、直列システムと並列システムが混在する複雑なシステムについて、システムの破壊モードに基づいてこれをサブシステムに分解し、その破壊確率と結合破壊確率を RLP Bounds 法により評価し、さらにこれを入力として LP Bounds 法を用いてシステム全体の信頼性の上下限を評価する手法を提案し、Multi-scale system reliability analysis に対する有用性を示している。さらに、これらの提案手法の精度と適用性についてはモンテカルロ法による評価結果と比較しながら検証している。第5章では、本研究で得られた新しい知見をまとめるとともに、今後の課題をまとめている。

以上のように本論文は、積事象の背反性の境界をあえて曖昧にすることによって線形計画法における設計変数の数を大幅に削減し、従来の手法に比べ効率を大きく改善するだけでなく、構成要素の破壊確率や破壊事象間の相関に関する情報が不完全な場合にも適用できる汎用性に富んだ、システムの信頼性評価手法を提案し、これらの有効性を確かめたもので、学術上、工業上寄与するところが大きい。よって、本論文提出者、昌毅君は博士（工学）の学位を授与される資格があるものと判定した。