

氏 名	稲垣敏之 いな がき とし ゆき
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第 622 号
学位授与の日付	昭和 54 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研究科・専攻	工学研究科精密工学専攻
学位論文題目	Optimization of Reliability Design and Maintenance Schedule for Dynamic Systems (動的システムの信頼性設計ならびに保全計画の最適化)

論文調査委員 (主査) 教授 明石 一 教授 岩井 壮介 教授 榎木 義一

論 文 内 容 の 要 旨

最近の工学の進展に伴って、各種システムの機能はますます高度化し、システムは大規模化する傾向にある。このようなシステムの故障は多方面に影響を及ぼし、人的、物的の両面で多大な損害をもたらすため、システムの信頼性を向上させる設計ならびに保全方式の確立が重要な課題となっている。

本論文は、信頼度が時間的に変化する動的システムの信頼性設計ならびに保全計画の最適化に関して行った研究成果をまとめたもので、緒論と結論を含めて 8 章から成っている。

第 1 章は、本論文の緒論であり、従来の関連諸研究の概観ならびに問題点を述べ、次章以下の内容を略述している。

第 2 章は、直列構造システムを取上げ、システム要素の信頼度の時間依存性を考慮に入れた新しい最適信頼性配分問題を定式化している。この定式化により、従来、信頼性配分の最適化とは別個に扱われてきた予防保全計画の最適化をも同時に達成できることを明らかにしている。定式化された最適化問題は非線形混合整数計画問題となり、これに対して非線形計画法を用いた近似解法を与えている。さらに、予防保全効果を考慮しつつ信頼性配分を決定する本方式の有効性を、理論的ならびに数値的に示している。

第 3 章では、システムのおかれている動作環境を常に理想的な状態に保持しておくことが困難な場合の信頼性設計を論じている。既に従来の研究において、動作環境がシステム要素の信頼度に与える影響を表現するための「環境ファクタ」の概念が提案されているが、この方式によって時間的に変化する動作環境を扱うことは不可能であった。本章では、「時間依存環境ファクタ」の概念を新しく導入することにより、動作環境の時間的変化のシステム信頼度への影響を考慮に入れた信頼性配分および予防保全計画の最適化問題を定式化し、非線形計画法とモンテカルロ法とを用いた近似解法を与えている。さらに、動作環境変化を考慮することの意義と、予防保全効果を数値的に検討している。

第 4 章では、競合する複数個の目的関数間のトレードオフを考慮しつつ、それらの目的関数の最適化をはかろうとする現実的な意志決定の側面を表現するため、前 2 章で論じた信頼性設計問題を多目的最適化

問題として定式化している。得られた多目的非線形混合整数計画問題に対し、非線形計画法と対話型多目的最適化手法とを用いた近似解法を与えている。

第5章では、すべてのシステム要素の状態把握が常時可能であるとする、従来の諸研究で用いられていた仮定のもつ問題点を指摘し、システム要素の状態に関する完全情報が入手困難である第1の状況として、状態モニタ装置をすべてのシステム要素に配置することが不可能な場合のシステムモデルを、3種類導出している。その各々のシステムモデルに対し、状態モニタ装置の最適台数ならびに最適配置を決定する非線形0-1計画問題を定式化している。その解法として、原問題の非線形性の特殊性に着目して、線形0-1計画問題をサブ問題として解くことによって原問題の最適解を得る方式を与えている。

第6章では、システム要素の状態に関する完全情報が入手困難である第2の状況として、点検を行った時にのみ、対象となったシステム要素の状態を知り得る場合を、安全装置システムを対象に取り上げて論じている。安全装置システムに対する点検方策の最適化を論じる場合には、その最適化評価基準としては、従来扱われてきた平均稼働率ではなく、最小稼働率を採ることが重要であることを指摘している。最適点検方策は、非同期点検方策のクラスに属することを明らかにし、システム要素のグループ分割を併用した非同期オンライン点検方策の最適構成問題を、多重線形混合整数計画問題として定式化し、あわせてその解法を与えている。

第7章は、システム要素の点検をオフライン点検方式で行う場合を論じ、安全装置システムの最小稼働率を最大化する点検方策は、安全装置システムの最小カットセットを構成するシステム要素を同時に点検することのない非同期点検方策のクラスに属することを明らかにしている。この条件を満足する非同期オフライン点検方策の最適構成問題を定式化してその解法を与えた後、最小稼働率および平均稼働率を同時に最適化する多目的点検方策最適構成法を与えている。

第8章は、本論文の結論であり、以上の研究成果の要約とともに、今後の研究課題を述べている。

論文審査の結果の要旨

システムの果たすべき機能の高度化に伴い、多くのシステムが大規模化の傾向をたどってきており、もしこれらに故障が発生すれば、その影響は非常に大きいと考えられる。本論文は、このような大規模システムの高信頼化を達成するための信頼性設計と保全計画の最適化を論じたものであり、得られた主な成果はつぎの通りである。

(1) 従来から論じられてきた最適信頼性配分問題には、「時間」の概念が入っていないことに着目し、直列構造システムを対象として、システム要素の信頼度の時間的変化を明確に考慮できる、新しい最適信頼性配分問題を定式化した。この新しい定式化によって、予防保全効果を考慮しつつ信頼性設計を行うことが可能となり、したがって、従来信頼性配分の最適化とは別個に行われてきた予防保全計画の最適化をも同時に達成できることとなった。ここで定式化した最適信頼性配分問題の解は、予防保全決定を含まない最適信頼性配分問題の解よりも優れたものであることを、理論的、かつ数値的に示した。

(2) 時間の概念を導入した最適信頼性配分問題を定式化したことによって、これまで不可能であったシステム動作環境の時間的変化のもたらす影響を考慮に入れた信頼性設計が可能となった。非線形計画法と

モンテカルロ法とを併用した，信頼性配分と予防保全計画の同時最適化手法を与え，数値例により，動作環境の変化を考慮することの意義と有効性を明らかにした。

(3) 現実に行われる意志決定が，競合的性格を有する複数個の目的を同時に達成しようとする方向で行われることに着目し，上述の最適信頼性配分問題を多目的最適化問題として定式化することにより，実際問題に対処することを容易にした。

(4) 保全を円滑に行うためには，すべてのシステム要素の状態を常時把握していることが重要であるが，種々の制約のためにすべてのシステム要素に状態モニタ装置を配置することが不可能な場合も多いことに着目し，システム稼働率が状態モニタ装置の配置方策にどのように依存するかを解析するシステムモデルを導出した。さらに，状態モニタ装置の最適台数と最適配置を決定する手法を与えた。

(5) プラントに異常が生じた時に，その異常が破局的事故へ発展するのを未然に防ぐ任務を有する任意の構造の安全装置システムを対象とし，安全装置システムの点検方策の最適化に際して用いる評価基準としては，最小稼働率を採るのが適切であることを示した。さらに，この目的を達成する最適点検方策は，非同期点検方策のクラスから選ばなければならないことを明らかにした。オンライン，オフラインの両点検方式の各々に対し，信頼性関数の特徴を生かした数理計画的アプローチによる点検方策最適構成法を与え，その有効性を明らかにした。

以上要するに，本論文は動的システムの信頼性設計と保全計画の最適化問題を，現実問題に対処できる形で新しく定式化し，あわせてその数理計画的解法を与えたものであって，学術上，實際上寄与するところが少なくない。

よって，本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。