

博士学位論文

(内容の要旨及び論文審査の結果の要旨)

	みづたに さとし
氏名	水谷 聡 志
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	博 甲 第 16 号
学位授与年月日	平成 16 年 2 月 26 日
学位授与の要件	学位規程第 3 条第 3 項該当
論文題目	Studies on Optimal Maintenance Policies for Extended Inspection Models (拡張点検モデルに対する最適保全方策にかんする研究)
論文審査	(主査) 教授 中川覃夫 ¹ 教授 石井直宏 ² 教授 安井一民 ¹ 教授 黒川富夫 ¹ 教授 寺本和幸 ¹

論文内容の要旨

拡張点検モデルに対する最適保全方策に関する研究

近年、電子機器などのシステムは、社会に多くの利便性などの恩恵をもたらしている。しかし、そのような大規模システムの障害は、逆に社会に多額の損失と不安をもたらし、そのようなシステムを提供した企業の社会的信頼をも失墜させることになる。そのため、定期的な保全と、故障が発生したならば、それを早期に検出するための保全・点検技術が重要になる。しかし、不要に頻繁な点検は、多くの労力と費用を要し、ときにはシステムの性能を劣化させることになる。このため、点検の頻度は、故障した場合に予想される損失費用と点検費用によるトレードオフで決定されるべきである。本研究では、現実のシステムに即した点検モデルを、確率過程論を用いて構築し、故障発見までの期待時間と期待費用を解析的に求める。さらに、期待費用を最小にする最適な点検計画を導入する。

本論文は、7 章より構成されており、電子制御装置やプラントなどにおける点検計画を最適化するため、信頼性理論を応用して検討する。従来の点

検方策モデルに対して、いくつかの興味ある拡張を考え、確立モデルの構築化と数学的な解析を行う。すなわち、各々のモデルに対して、故障発見までの総期待費用と単位時間当りの期待費用を求め、それらを最小にする最適点検計画を導出する。さらに、その結果を判りやすく理解するため、各モデルに対し具体的な数値例を与える。

第 1 章では、研究の背景と目的、故障診断技術の実際の応用例、ならびに本論文の構成について述べる。

第 2 章では、高信頼性を達成するために 2 ユニットから構成されるシステムの点検方策を考える。システムは 2 個の同一の機能を持つユニットから構成され、1 個が故障したならば、1 ユニットシステムとして稼動する。2 個のユニットは同期を取りながら同一の入力に対して演算を実施する。故障を検出するため、2 個のユニットの出力に対し比較診断を実施する。もし、1 ユニットシステムになった場合には、定期的に自己診断を実行する。すなわち、2 ユニットシステムにおける比較診断を全ての出力に対し連続的に実施するモデルと、自己診断と同一の周期で定期的に診断を実施する 2 種類のモデルを提案する。さらに、故障分布が指数分布で与えられたとき、期待費用を最小にする最適点検間隔について議論し、数値例により種々考察を行う。

1 愛知工業大学 経営情報科学部 (豊田市)

2 愛知工業大学 工学部 (豊田市)

第3章では、故障が自己検出可能であるセルフテストシステムに対して、定期的に点検を実施するモデルを考える。ここで、セルフテスト性とは、故障が発生したとき、それを検出可能な出力符号を与える入力符号が少なくとも一つ存在することをいう。しかし、ある故障に対して、それを検出可能な出力符号を与える入力符号が存在しても、その入力符号が早期に現れない場合が存在する。この章では、このようなシステムに対し、期待費用を最小にする最適点検計画について議論する。とくに、故障分布が指数分布で与えられたとき、故障検出までの総期待費用と単位時間当りの期待費用を最小にする定期点検間隔によって検出できない故障が存在する場合や点検間隔を変数列とした一般的な点検計画についても考察し、具体的な数値例を与えて、議論する。

第4章では、システムに対し有限な稼働期間が与えられた場合の保全・点検方策について議論する。従来の信頼性理論における保全・点検理論では、故障が検出されたならば、新品と取替えし、同一の過程を繰り返すことを前提に構築されている。しかし、実際の応用の場合では、稼働期間が与えられる場合が多い。この章では、有限期間を分割するという視点から確率モデルを構築し、保全・点検方策における基本的なモデルである取替方策、小修理をもつ定期取替方策、ブロック取替方策や点検方策について議論を行う。さらに、数値例を与えて種々検討する。

第5章では、実施費用は少ないが検出不能な故障が存在するタイプ1点検と、あらゆる故障を検出可能であるが実施費用が高いタイプ2点検の2種類の点検を考える。タイプ1点検は費用が高いため、タイプ2点検より点検回数が少ないとする。この章では、タイプ1点検の間隔が与えられたとき、もし故障が発生したならば、一定の確率に従ってタイプ1点検によって検出可能な故障と、不可能な故障に王に分類されるとする。このモデルにおいて、期待費用を最小にするタイプ2点検を実施するまでのタイプ1点検の実施回数を解析的に求める。さらに、数値例により種々検討する。

第6章では、第5章で扱ったタイプ1点検とタイプ2点検の2種類の点検をもつシステムに対する点検方策に対し、有限な稼働時間を与えた拡張モデルを考察する。具体的には、タイプ2点検の回数が与えられたとき、最終のタイプ2点検の実施後にシステムの取替が行われるとする。この章では、期待費用を最小にする最適なタイプ2点検を実施するまでのタイプ1点検の実施回数を解析的に

に求める。さらに、数値例により種々検討する。

第6章では、第5章で扱ったタイプ1点検とタイプ2点検の2種類の点検をもつシステムに対する点検方策に対し、有限な稼働時間を与えた拡張モデルを考察する。具体的には、タイプ2点検の回数が与えられたとき、最終のタイプ2点検の実施後にシステムの取替が行われるとする。この章では、期待費用を最小にする最適なタイプ2点検を実施するまでのタイプ1点検の実施回数を解析的に求める。とくに、故障分布が指数分布で与えられたとき、具体的な数値例を与えて、種々検討する。

第7章では、2章から6章までの研究において得られた成果をまとめ、今後解決すべき問題点と展望について述べる。

論文審査結果の要旨

近年の半導体集積回路技術の著しい進展に伴って、航空機のエンジンなどの制御装置にデジタル技術が応用されるに至った。このようなシステムの故障は、社会に多額の損失と不安をもたらす、システムを提供した企業の社会的信頼をも失墜させることになる。しかし、不必要に頻繁な点検は、多くの労力と費用を要し、ときにはシステムの性能を劣化させることになる。このため、点検の頻度は、故障した場合に予想される損失費用と点検費用によるトレードオフで決定されるべきである。

本研究では、現実のシステムに即した点検モデルを確率過程論を用いて構築し、故障発見までの期待時間と期待費用を解析的に求めている。さらに、期待費用をさいしようにする最適な点検計画を導出している。いわば、故障を早期に検出することの重要性に鑑み、ライフサイクルを顧慮した最適点検計画の決定を、確率モデルを用いて解析的に評価するものである。

本論文は、7章より構成され、電子制御装置やプラントなどにおける点検計画を最適化するため、信頼性理論を応用して検討している。従来の点検方策モデルに対して、いくつかの興味ある拡張を考え、確率モデルの構築化と数学的な解析を行っている。すなわち、各々のモデルに対して、故障発見までの総期待費用と単位時間当りの期待費用を求め、それらを最小にする最適点検計画を導出している。さらに、その結果を判りやすく理解するため、各モデルに対し具体的な数値例を与えている。

第一章では、研究の背景と目的、故障診断技術の実際の応用例、並びに本論文の構成について述べ

ている。

第2章では、高信頼性を達成するために2ユニットから構成されるシステムの点検方策を考察している。故障の検出を確実にするため、2個のユニットの出力に対し比較診断を実施する。もし、1ユニットシステムになった場合には、定期的に自己診断を実行する。ここでは、2ユニットシステムにおける比較診断を全ての出力に対し連続的に実施するモデルと、自己診断と同一の周期で定期的に診断を実施する2種類のモデルを提案している。故障分布が指数分布で与えられるとき、期待費用を最小にする最適点検間隔について議論し、数値例により種々考察を行っている。

第3章では、故障が自己検出可能であるセルフテストシステムに対して、定期的に点検を実施するモデルを考えている。すなわち、故障が発生したとき、ある時間分布に従って、その故障を自己検出可能と仮定している。このようなモデルに対し、高信頼性を実現するため、定期的に自己診断を実施するとし、故障検出までの総期待費用と単位時間当りの期待費用を最小にする定期点検間隔について議論している。さらに、セルフテスト性によって検出できない故障が存在する場合や点検間隔が周期的でない一般的な点検計画についても考察し、具体的な数値例を与えて、議論している。

第4章では、システムに対し有限な稼働期間が与えられた場合の保全・点検方策について議論している。この章では、有限期間を分割するという視点から確率モデルを構築し、保全・点検方策における基本的なモデルである取替方策、小修理をもつ定期取替方策、ブロック取替方策や点検方策について議論を行い、さらに数値例を与えて種々検討している。

第5章では、実施費用は少ないが検出不可能な故障が存在するタイプ1点検と、あらゆる故障を検出鹿野であるが実施費用が高いタイプ2点検の2種類の点検を考えている。タイプ1点検の間隔が与えられたとき、タイプ1点検によって検出可能な故障と不可能な故障に分類している。このモデルにおいて、期待費用を最小にするタイプ2点検を実施するまでのタイプ1点検の実施回数を解析的に求め、数値例を挙げて種々議論している。

第6章では、第5章で扱ったタイプ1点検とタイプ2点検の2種類の点検をもつシステムに対する点検方策に対し、有限な稼働時間を与えた拡張モデルを故殺している。具体的には、タイプ2点検の回数が与えられたとき、最終のタイプ2点検の実施後にシステムの取替が行われるとしている。この章では、期待費用を最小にする最適なタイプ2点検を実施するまでのタイプ1点検の実施回数を解析的に求めている。

第7章では、2章から6章までの研究において得られた成果をまとめている。

以上のように、本論文は、従来の保全・点検モデルを現実的なシステムの観点から、補正、拡張し、高信頼性を実現するため、いくつかの有効な点検方策を提案している。さらに、このようなモデルに対して、信頼性理論を用いて、数学的に解析し、最適方策を検討、議論している。この研究は、信頼性工学において、学術上のみならず応用上においても価値があり、寄与するところが大きい。

よって、本論文提出者水谷聡志君は、博士（工学）の学位を受けるのに十分な資格をゆうするものと判断した。

(受理 平成16年3月19日)