

博士学位論文

(内容の要旨及び論文審査の結果の要旨)

Xufeng Zhao
氏名 趙 旭峰
学位の種類 博士 (経営情報科学)
学位記番号 経博 第15号
学位授与 平成25年3月23日
学位授与条件 学位規定第3条第3項該当
論文題目 Studies on Extended Cumulative Damage Models and Their Applications to Garbage Collections
(拡張累積損傷モデルとガーベジコレクションへの応用についての研究)
論文審査委員 (主査) 教授 中川覃夫
(審査委員) 教授 近藤高司 准教授 伊藤暢浩

論文内容の要旨

Studies on Extended Cumulative Damage Models and Their Applications to Garbage Collections

(拡張累積損傷モデルとガーベジコレクションへの応用についての研究)

多くの産業機器やシステムは劣化、疲労、損傷などによって時間と共に品質が低下し、最後には、それらの全損傷量があるしきい値を超えたとき、故障する。このような劣化によって故障する信頼性モデルは損傷モデルと呼ばれている。故障によって引き起こされる重大な混乱を防御するためには、周到な保全計画が不可欠である。すなわち、システムは、稼働による利益と予想外の故障と保全による損失の両方を考慮することによって、適当な時刻にそれにふさわしい保全を実行しなければならない。この学位論文は信頼性理論における拡張累積損傷モデルに対していくつかの保全方策を提案し、期待費用を最小にする最適方策を理論的に解析し、数値的に最適時間などを与える。各章末には、注目点として、この章で得られた最適方策の有用性や応用面について説明する。

他方、コンピュータ科学におけるガーベジコレクションはJavaのセキュリティ戦略において重要な役割を果たすが、時間と共にプログラムの性能を低下させる大きなオーバーヘッドを生み出す。ここでは、損傷モデルの応用として、世代間のガーベジコレクターの作業計画に基づく2つの確率モデルを構築し、最適方策を種々議論する。

第1章では、これまでの研究の紹介と学位論文の構成についての序論を書く。2章から6章にかけて、拡張累積損

傷モデルを理論的に解析し、それらの応用が示される。すなわち、確率過程を用いて、期待費用が求められ、それを最小にする最適方策が解析的に求められ、数値的に計算される。

第2章では、最初に損傷値をもつ中古システムを考え、一定の時間またはショック数で予防保全を実施する2つの方策を提案する。各々の方策に対して、期待費用を最小にする最適保全時間とショック数を解析的に求め、数値例を与える。とくに、最適解を議論するとき、連続型故障率と離散型故障率が重要な役割を演じることが示される。さらに、ショックによる検査費用が増大する2つの拡張モデルも提案する。

第3章では、システムが累積損傷と独立に発生する損傷の両方によって故障するモデルを提案し、次の3つの取替方策を考える。一番目は、損傷が独立的に発生したとき、小修理を実施し、一定時間で取替える標準累積損傷モデルを考える。2番目は、全損傷量が定期的に観測される場合、3番目は、全損傷量が時間に比例して増加する場合を考える。このような3つのモデルに対して、期待費用を最小にする最適保全時間と回数を求め、数値的に比較する。3つのモデルとも同じ様な傾向を持つことなどが示され、実際のどのモデルを採用するかは各モデルの特質によることなどが示される。

第4章では、ランダムな稼働時間をもつ仕事に対して動作するシステムの3つの予防保全方策を取り上げる。第1は、予防保全が一定数の仕事終了時に実施される場合、第2は、ある一定時間を超えた最初の終了時に実施される場合を考える。第3は、仕事の数が有限なとき、予防保全が

一定時間と損傷レベルで実施するとする。それぞれの方策に対して、期待費用を最小にする最適方策が求められ、数値計算が与えられる。とくに、2番目の方策はオーバータイム方策と呼ばれ、時間方策に比べて仕事終了時に予防保全が実行されるので、仕事継続の観点から有効である。

第5章では、予防保全方策として、Maintenance First (MF) と Maintenance Last (ML) の2つの方法を紹介する。ところで、MFはこれまでの研究で広く議論された手法であり、MLは時間、損傷レベル、ショック回数のどちらか遅い方で予防保全を講じる新しい手法である。最適問題を導くために、時間と状態監視保全による2つの異なる方策、たとえば、ショック回数に対する時間、時間に対する損傷レベルとショック回数など、MLの最適方策が得られる。さらに、MLとMFの比較を解析また数値的に行った結果、予防保全の費用に比べて故障後の費用があるレベルよりも高い場合にはMF、逆の場合には、MLを採用すべきであるという興味深い結果が得られる。

第6章では、データベースシステムにおいてガーベジコレクションが非定常ポアソン過程に従って発生し、小 (Minor)、永久保有 (Tenuring)、大 (Major) の3種の収集に分類されるとする。すなわち、小収集はガーベジコレクションが始まる時、永久保有収集は一定時間または残りのガーベジがあるレベルを超えたとき、大収集は一定時間またはある収集回数で実施されるとする。そのとき、期待費用を最小にするいくつかの最適ガーベジコレクション方策が種々議論される。これらの結果は適宜、修正や拡張することによって、実際のガーベジコレクションの保全方策に有効に応用できるであろう。

最後に、第7章では、この学位論文で得られた結果をまとめ、今後の研究課題と方針を与える。

論文審査結果の要旨

趙旭峰君提出の論文「Studies on Extended Cumulative Damage Models and Their Applications to Garbage Collections (拡張累積損傷モデルとガーベジコレクションへの応用についての研究)」は、近年のコンピュータ技術の著しい発展に伴って、コンピュータシステムの利用が広範囲な分野で促進され、その高信頼化が不可欠である。このような現状に鑑み、信頼性理論における累積損傷モデルを適宜補正し、拡張することによってデータベースシステムにおけるガーベジコレクションに関するいくつかの確率モデルの構築化と数学的な解析を行ったものである。

さまざまな故障によって引き起こされる重大な混乱を防御するためには、周到な保全計画が不可欠であり、システムは、稼働による利益と予想外の故障と保全による損失

の両方を考慮することによって、適当な時刻にそれにふさわしい保全を実行しなければならない。この学位論文は、7章から構成されており、拡張累積損傷モデルに対していくつかの保全方策を提案し、期待費用を最小にする最適方策を理論的に解析し、数値的に最適時間などを与えている。

他方、コンピュータ科学におけるガーベジコレクションはJavaのセキュリティ戦略において重要な役割を果たすが、時間と共にプログラムの性能を低下させる大きなオーバーヘッドを生み出す。ここでは、損傷モデルの応用として、世代間のガーベジコレクターの作業計画に基づく2つの確率モデルを構築し、最適方策を種々議論している。このような確率モデルの構築化と応用は、現代社会におけるランダムで複雑な現象を概括的に捉えることができ、理論的に解析することによって、種々検討することができることを示している。

第1章では、これまでの研究の紹介と学位論文の構成についての序論を書いている。2章から6章にかけて、拡張累積損傷モデルを理論的に解析し、それらの応用が示されている。すなわち、確率過程を用いて、期待費用を導出し、それを最小にする最適方策が解析的に求められ、数値的に計算されている。

第2章では、最初に損傷値をもつ中古システムを考え、一定の時間またはショック数で予防保全を実施する2つの方策を提案している。各々の方策に対して、期待費用を最小にする最適保全時間とショック数を解析的に求め、数値例を与えている。

第3章では、システムが累積損傷と独立に発生する損傷の両方によって故障するモデルを提案し、次の3つの取替方策を考えている。1番目は、損傷が独立的に発生したとき、小修理を実施し、一定時間で取替える標準累積損傷モデルを考え、2番目は、全損傷量が定期的に観測される場合、3番目は、全損傷量が時間に比例して増加する場合を考えている。このような3つのモデルに対して、期待費用を最小にする最適保全時間と回数を求め、数値的に比較している。3つのモデルとも同じ様な傾向を持つことなどが示され、実際的にどのモデルを採用するかは各モデルの特質によることなどが示されている。

第4章では、ランダムな稼働時間をもつ仕事に対して動作するシステムの3つの予防保全方策を取り上げている。第1は、予防保全が一定数の仕事終了時に実施される場合、第2は、ある一定時間を超えた最初の終了時に実施される場合、第3は、仕事の数が有限なとき、予防保全が一定時間と損傷レベルで実施されるとする。それぞれの方策に対して、期待費用を最小にする最適方策が求められ、数値計算が与えられている。とくに、2番目の方策はオーバータイ

ム方策と呼ばれ、時間方策に比べて仕事終了時に予防保全が実行されるので、仕事継続の観点から有効であることが示されている。

第5章では、予防保全方策として、Maintenance First (MF) とMaintenance Last (ML) の2つの方法を紹介している。MFはこれまでの研究で広く議論された手法であり、MLは時間、損傷レベル、ショック回数のどちらか遅い方で予防保全を講じる新しい手法である。最適問題を導くために、ショック回数に対する時間、時間に対する損傷レベルとショック回数など、MLの最適方策が求められている。さらに、MLとMFの比較を解析また数値的に行った結果、予防保全の費用に比べて故障後の費用があるレベルよりも高い場合にはMF、逆の場合には、MLを採用すべきであるという興味深い結果が得られている。

第6章では、データベースシステムにおいて、ガーベジコレクションが非定常ポアソン過程に従って発生し、小 (Minor)、永久保有 (Tenuring)、大 (Major) の3種の収集に分類されるとしている。すなわち、小収集はガーベジコレクションが始まる時、永久保有収集は一定時間または残りのガーベジがあるレベルを超えたとき、大収集は一定時間またはある収集回数で実施されるとする。そのとき、期待費用を最小にするいくつかの最適ガーベジコレクション方策が種々議論されている。

最後に、第7章では、この学位論文で得られた結果をまとめ、今後の研究課題と方針を与えている。

以上のように、本論文は累積損傷モデルを補正、拡張し、ガーベジコレクションに応用し、いくつかのコレクション方式を提案し、それらの最適方策を議論している。したがって、この論文は、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、本論文提出者趙旭峰君は、博士 (経営情報科学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。

(受理 平成25年3月19日)