

氏名	Le Thanh Nam
----	--------------

(論文内容の要旨)

本論文は、土木構造物のモニタリングデータが不完備であることに着目し、限られたデータベースに基づいて土木構造物の劣化過程を統計的にモデル化するとともに、確率的最適化手法を用いて期待ライフサイクル費用の低減に資する最適補修戦略と補修優先順位を決定するための方法論を提案したものであり、7つの章で構成されている。

第1章は序論であり、土木構造物のモニタリングデータが有する不完全性について体系的に整理するとともに、不完備データを用いたアセットマネジメントの方法論が具備すべき条件について整理している。また、社会資本のアセットマネジメントに関する既往研究をとりまとめ、各章の分析枠組みを整理している。

第2章では、劣化過程のモニタリングデータに、多くの不完全性、観測誤差が存在していることを指摘している。そのうえで、マルコフ劣化ハザードモデルに代表されるように、社会基盤施設の劣化過程の背後にある統計的規則性をモデル化することを目的とした統計的劣化ハザードモデルに関する既往研究を体系的に整理し、モニタリングデータに存在する不完備性を克服するための統計的課題やアセットマネジメントに統計的劣化モデルを適用する上での実用的課題について理論的に考察している。

第3章では、多くの社会資本の劣化過程が時間記憶性を保持していることを指摘し、モニタリングデータを用いて劣化過程を非斉次マルコフ劣化過程として表現する方法を提案している。具体的には、劣化状態を離散的な状態変数として表現するとともに、状態変数間の推移状態を時間依存的なハザード関数を用いて表現する多段階ワイブル劣化ハザードモデルを提案している。さらに、高速道路のトンネル照明施設を対象としたモニタリングデータに基づいて、劣化過程を非斉次マルコフ連鎖モデルとして表現することに成功している。さらに、推計結果を用いて、トンネル照明施設の最適点検・更新政策を求めるためのマルコフ決定モデルを定式化するとともに、期待ライフサイクル費用の最小化に資するような点検・更新政策を求めている。その結果、時間記憶性を持たないマルコフ劣化ハザードモデルでは、社会基盤施設の寿命を過大評価し、付帯施設の損壊リスクを危険側に評価する可能性があることを指摘している。

第4章では、モニタリングデータに測定誤差が存在するような状況の下で、観測された劣化データの背後に存在する真の劣化過程を推計するための隠れマルコフ連鎖モデルを提案している。その際、隠れマルコフ連鎖モデルを推計するための尤度関数が高度な非線形性を有することを指摘し、モデルパラメータを効率的に推計するために、尤度関数の完備化とマルコフ連鎖モンテカルロシミュレーション手法を組み合わせた推計方法を提案している。さらに、高速道路の舗装の劣化過程に関するデータベースに、システム的な測定誤差が存在することを指摘するとともに、隠れマルコフ連鎖モデルを用いることにより、舗装劣化予測モデルにおけるパラメータの一致推定量が得られることを実証的に確認している。

第5章では、モニタリング費用が禁止的に高いような社会基盤施設の劣化予測モデルの作成方法と、期待ライフサイクル費用を最小化できるような最適点検・更新モデルを定式化している。具体的に、上水道管路施設を対象として、過去の故障データから劣化予測モデルを推計している。さらに、上水道管路の場合、技術革新の成果を反映して、新しい技術に転換する最適タイミングを決定するための方法論を提案している。さらに、具体的な上水道管路施設を対象とした実証分析を通じて提案した方法論の有効性を実証的に分析している。

第6章では、開発途上国における社会基盤施設が異なり技術基準に構成されていることを指摘し、社会基盤の劣化スピードの差異を相対的に評価することが重要であることを指摘している。具体的には、劣化過程のベンチマーキングと劣化速度の相対評価を実施するために局所的混合ハザードモデルを提案している。さらに、提案した劣化予測モデルをベトナム国における舗装データベースに適用し、異なる舗装技術の劣化特性の把握と期待ライフサイクル費用に基づいた相対評価を行うことによりベトナム国における適切な舗装技術を提案している。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、土木構造物のモニタリングデータが不完備であることに着目し、限られたデータベースに基づいて土木構造物の劣化過程を統計的にモデル化するとともに、確率的最適化手法を用いて期待ライフサイクル費用の低減に資する最適補修戦略と補修優先順位を決定するための方法論を提案したものであり、得られた主な知見は次のとおりである。

1. 土木構造物のモニタリングデータが有する不完備性について体系的に整理するとともに、不完備データを用いたアセットマネジメントの方法論が具備すべき条件について理論的に考察している。さらに、開発途上国を対象としたアセットマネジメントの基本的課題について体系的に整理している。
2. 劣化過程のモニタリングデータには、多くの不完全性、観測誤差が存在していることより、不完備モニタリングデータの背後にある統計的規則性をモデル化することを目的とした多段階ワイブル劣化ハザードモデル、隠れマルコフ劣化ハザードモデル、混合劣化ハザードモデルを提案している。その上で、トンネル付帯施設、舗装、上水道管路を対象として、提案した統計的劣化予測モデルの有効性を実証的に検証している。
3. 統計的劣化予測モデルを用いて、土木施設の劣化・補修過程を確率的過程としてモデル化するとともに、期待ライフサイクル費用の最小化を目的とする最適補修政策、補修優先順位を決定する方法を提案している。さらに、現実の土木施設を対象とした実証分析を通じて、提案した方法論の現実問題へ適用可能性について実証的に検証している。

以上、要するに、本論文は土木施設の劣化過程に関するモニタリングデータの不完備性を克服するための統計的劣化予測モデルの提案と、確率的最適化モデルを用いて期待ライフサイクル費用の最小化を達成する最適補修戦略を求める方法論を提案したものであり、工学上、実際上資するとことがところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。