

Title	トンネル照明設備を対象としたデータ指向型マネジメント手法に関する研究
Author(s)	平川, 恵士
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52198
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (平川 恵士)

論文題名 トンネル照明設備を対象としたデータ指向型マネジメント手法に関する研究

本論文は、高速道路トンネル照明設備のデータ指向型マネジメント手法に関する方法論を確立するために、設計時における保守率設定手法およびトンネル照明の定量的な視認性評価手法、ならびに点検データと各種統計モデルを活用した維持管理および更新施策の立案に関する方法論を提案したものであり、7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究を取りまとめる背景および目的を明らかにしている。特に、高速道路トンネル照明に関する建設・管理の実務視点からの課題を俯瞰し、本研究の目的を明確にしている。その上で、本研究の構成と各章の関係について整理している。

第2章では、トンネル照明設備の従来の保守率設定方法の問題点について明らかにしている。その上で、保守率を煤煙濃度から直接的に設定する方法を提案し、保守率の構成要素ごと精度の高い保守率を設定する方法について提案している。その上で、実際の高速道路トンネルを対象とした適用事例を通じて、提案手法の有効性について検証している。

第3章では、トンネル照明による路上障害物に対する視認性評価について、総視認率に基づく視認性の定量的評価手法を提案している。トンネル照明と自動車前照灯が融合した際の限界反射率について検証し、総視認率のシミュレーションにより、トンネル照明方式および自動車前照灯による路上障害物の視認性の違いについて明らかにしている。その上で、実際の高速道路トンネルを対象とした現地実験により、提案した方法論によりトンネル照明の路上障害物に対する視認性の定量的評価が可能であることを実証している。

第4章では、供用中トンネルを対象とした、総視認率に基づくトンネル照明による視認性評価について、道路巡回や日常点検によって獲得された各種データを用いて評価する方法論を提案している。その際、路上落下物の反射率分布を、確率分布の多峰性として考慮可能な混合ベータモデルで表現できることを明らかにしている。また、照明ランプから供給されるトンネル内の水平面照度を空間的照度分布モデルとして定式化し、路上落下物および照度測定管理データを用いた視認性評価の方法論を提案している。その上で、実際の高速道路トンネルを対象とした適用事例を通じて、提案手法の有効性についても検証を実施している。

第5章では、第4章で対象とした照度データから空間的照度分布を推定する手法をさらに深度化させ、トンネル全体を対象とする空間的な照度低下リスクを評価する方法論を提案している。その際、トンネル内の視認性に関わるリスク指標として照度維持率を提案し、シミュレーションより連続不点による局所的な照度低下の評価に加え、トンネル全体の視認性に関わる評価が可能となることを示している。その上で、実際のトンネル照明を対象とした点検データを用いた実証分析により提案手法の有効性について検証している。

第6章では、非定常な点検間隔を考慮して、高速道路トンネル照明設備の最適点検・更新施策を求めるための方法論を提案している。照明設備の劣化過程について、照明ランプおよび安定器をワイブル劣化ハザードモデル、灯具をトンネル単位での異質性を考慮した混合マルコフ劣化ハザードモデルを用いて表現するとともに、それらの劣化・更新過程をマルコフ連鎖モデルを用いて表現している。特に、マルコフ連鎖モデルにおいて、非定常な点検間隔を考慮しライフサイクル費用とリスク管理指標を定量化し、さらには遺伝的アルゴリズムを用いて非定常な点検間隔を有する点検・更新施策を考慮し最適点検・更新施策を求めるための方法論を提案している。その上で、実際のトンネル照明設備を想定した適用事例において、提案した方法論の有効性について検証している。

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及び担当者

氏 名 (平川 恵士)			
論文審査担当者		(職)	氏 名
	主 査	准教授	貝戸 清之
	副 査	教授	奈良 敬
	副 査	教授	舟木 剛

論文審査の結果の要旨

本論文は、高速道路トンネル照明設備に対して、点検データなど、実データを用いたマネジメント手法を確立するために、設計時における保守率設定手法やトンネル照明の定量的な視認性評価手法、さらには各種確率・統計モデルを活用した維持管理および点検・更新施策の立案に関する方法論を提案するものであり、以下の成果を獲得している。

1) トンネル照明設備の従来の保守率設定方法の問題点について明らかにした上で、保守率を煤煙濃度から直接的に設定可能な方法を提案するとともに、今後の新たな排ガス規制や照明光源にも適用できるように方法論を深度化している。また、従来手法との比較を通して、設備規模が約20%低減可能であることを実証的に明らかにしている。

2) トンネル照明による路上障害物に対する視認性評価について、総視認率に基づく視認性の定量的評価手法を提案している。さらに、トンネル照明単独ではなく、トンネル照明と自動車前照灯が融合した際の限界反射率について検証し、総視認率のシミュレーションにより、トンネル照明方式および自動車前照灯による路上障害物の視認性の違いについて明らかにしている。その上で、実際の高速道路トンネルを対象とした現地実験により、提案した方法論によりトンネル照明の路上障害物に対する視認性の定量的評価が可能であることを実証している。

3) 供用中のトンネルを対象とした総視認率に基づくトンネル照明による視認性評価について、道路巡回や日常点検によって獲得された実データを用いて評価する方法論を提案している。その際、路上落下物の反射率分布を混合ベータモデルにより表現し、EM (Expectation Maximization) アルゴリズムを援用したモデル推計手法を提案している。また、照明ランプから供給されるトンネル内の水平面照度をそれらの空間相関を考慮した空間的照度分布モデルとして定式化し、路上落下物および照度測定データを用いた推計手法を開発している。さらに、照度測定データから空間的照度分布を推定する手法を深度化させ、トンネル全体の空間的な照度低下リスクを評価する方法論を提案している。その際、視認性に関わるリスク指標として照度維持率を提案し、シミュレーションより連続不点による局所的な照度低下の評価に加え、トンネル全体の視認性に関わる評価が可能となることを示している。その上で、実際のトンネル照明を対象とした点検データを用いた実証分析により提案手法の有効性について検証している。

4) 点検間隔が時間に対して均一でない非定常性を考慮して、高速道路トンネル照明設備の最適点検・更新施策を求めるための方法論を提案している。照明設備の劣化過程について、照明ランプおよび安定器をワイブル劣化ハザードモデル、灯具をトンネル単位での異質性を考慮した混合マルコフ劣化ハザードモデルを用いて表現するとともに、それらの劣化・更新過程をマルコフ決定モデルを用いて表現している。特に、マルコフ決定モデルにおいて、非定常な点検間隔を考慮した上でライフサイクル費用とリスク管理指標を定量化し、さらには遺伝的アルゴリズムを用いて最適点検・更新施策を求めるための方法論を提案している。さらに、実際のトンネル照明設備を想定した適用事例において、ライフサイクル費用を5%程度低減し得ることを検証している。

以上のように、本論文は、実際に獲得されたデータをもとに、高速道路のトンネル照明設備に関する視環境の定量化と改善のための方法論を理論的に導出している。本論文の成果は、高速道路利用者の安全性の向上に大きく寄与するものと判断でき、成果の一部はすでに高速道路照明設備の設計・管理の実務へと反映されている。また、これらの研究成果は、学位申請者が自立して研究活動を行うために必要な能力と学識を十分に有することを示すものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。