



Title	Research on Road Asset Deterioration in Nepal by Applying Hazard Models
Author(s)	Shakya, Manish Man
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/103229
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (SHAKYA MANISH MAN)	
Title	Research on Road Asset Deterioration in Nepal by Applying Hazard Models (ハザードモデルを適用したネパールにおける道路資産の劣化に関する研究)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>Nepal's road infrastructure is vital to meet the country's transportation demand and socio-economic development by providing mobility, facilitating trade, and access to essential services. Nevertheless, the sustainability of road assets faces increasing challenges due to severe environmental conditions, especially monsoon-driven rainfall, fragile geological formations, and insufficient maintenance capabilities. Present Road Asset Management (RAM) systems in Nepal remain underdeveloped due to institutional limitations, data constraints, and the absence of country-specific deterioration models. This study addresses existing gaps by developing a hazard-based analytical framework for modeling pavement deterioration. It integrates stochastic methods, analyzes monsoon rainfall, and employs multi-dimensional statistical modeling. The research aims to support data-driven, cost-effective, and proactive maintenance planning suited to the needs of low- and middle-income countries like Nepal.</p> <p>The thesis consisted of six chapters.</p> <p>Chapter 1 introduced the study's background, highlighting its significance and objectives. It also provided an overview of the thesis structure.</p> <p>Chapter 2 provided an overview of Nepal's road development history, organizational structure, and current Road Asset Management (RAM) practices. It highlighted key institutional, financial, and technical challenges limiting the effective implementation of RAM systems.</p> <p>Chapter 3 focused on modelling pavement deterioration of Nepal's Strategic Road Network using stochastic Markov hazard-based approaches. It analysed two key performance indicators—Surface Distress Index (SDI) and International Roughness Index (IRI)—to assess road conditions over time. Pavement inspection data from 2014 to 2023 are used to estimate Markov transition probabilities and hazard rates. The model outputs include expected deterioration paths and life expectancy, supporting proactive maintenance planning.</p> <p>Chapter 4 integrated environmental hazard factors, particularly monsoon rainfall, into pavement deterioration modeling for Nepal's Strategic Road Network. It used geospatial interpolation techniques such as Inverse Distance Weighting (IDW) and Empirical Bayesian Kriging (EBK3D) to estimate site-specific rainfall data. The interpolated rainfall is combined with road condition data and traffic to assess its impact on pavement deterioration. A hazard-based deterioration model was developed to quantify the influence of cumulative monsoon rainfall on pavement. The results demonstrated improved prediction accuracy and support more specific maintenance strategies under varying climatic conditions.</p> <p>Chapter 5 presented a continuous multi-dimensional deterioration process model that captures the interdependence among multiple pavement performance indicators using copula-based statistical methods. It incorporated surface indices such as rutting, cracking, roughness, and subsurface index represented by load-bearing capacity derived from Falling Weight Deflectometer (FWD). Joint probability density functions were developed to reflect the heterogeneity and correlation of surface and subsurface deterioration. This modelling approach enhanced the accuracy of long-term pavement performance forecasting. The methodology, developed using Japanese data, can be effectively transferred to Nepal, where FWD technology has been recently</p>	

introduced, to support data-driven pavement management.

Chapter 6 summarized the research content and outcomes, aligning them with the study's objectives. It also highlighted the practical application of the study in the context of Nepal, research limitations, and future research direction to enhance the model precision and transferability.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名(SHAKYA MANISH MAN)		
論文審査担当者	(職)	氏名
	主査 教授	貝戸 清之
	副査 教授	乾 徹
	副査 教授	鎌田 敏郎

論文審査の結果の要旨

道路インフラは、モビリティを提供し、貿易を促進するなど、必要不可欠なサービスへのアクセスを可能にすることで、ネパールの国家の発展全般に重要な役割を果たしている。それにもかかわらず、道路資産の持続可能性は、厳しい環境条件、特にモンスーンに左右される降雨、脆弱な地層、不十分な維持管理能力などのために増大する課題に直面している。ネパールの現在の道路資産管理（RAM）システムは、制度上の制約、データの制約、国特有の劣化モデルの不在のため、未発達のままである。本研究では、舗装劣化をモデル化するためのハザードベースの分析フレームワークを開発することで、上記の課題の解決を試みる。具体的には、確率論的手法を統合し、モンスーン降雨を分析し、多次元統計モデリングを採用している。この研究の目的は、ネパールのような低・中所得国のニーズに適した、データ主導で費用対効果の高い事前保全計画を支援することである。

本論文は 6 章で構成されている。

第 1 章では、研究の背景を述べ、その意義と目的を強調している。また、本論文の構成について概説している。

第 2 章では、ネパールの道路開発の歴史、組織構造、現在の道路資産管理の慣行の概要を説明し、RAM システムの効果的な実施を制限している制度的、財政的、技術的な主な課題を明らかにしている。

第 3 章では、確率論的マルコフハザードベースのアプローチを用いて、ネパールの戦略的道路網の舗装劣化をモデル化していることに焦点を当てている。この章では、道路状態を経時に評価するために、2 つの主要な性能指標である路面障害指数（SDI）と国際粗度指数（IRI）を分析している。2014 年から 2023 年までの舗装検査データを用いて、マルコフ遷移確率とハザード率を推定している。モデルの出力には、予測される劣化過程と寿命が含まれ、事前予防的なメンテナンス計画の有効性を示している。

第 4 章では、ネパールの戦略道路網の舗装劣化モデリングに、環境ハザード要因、特にモンスーン雨量を統合する。逆距離重み付けや経験的ベイズクリギングなどの地理空間補間技術を使用して、サイト固有の降雨量データを推定している。補間された降雨量は、道路状態データや交通量と組み合わされ、舗装劣化への影響を評価している。累積モンスーン雨量が舗装に与える影響を定量化するために、ハザードベースの劣化モデルを開発しているその結果、予測精度が向上し、様々な気候条件の下で、より具体的なメンテナンス戦略を提示可能であることが実証されている。

第 5 章では、コピュラベースの統計的手法を用いて、複数の舗装性能指標間の相互依存関係を捉えた連続的な多次元劣化プロセスマルコフモデルを示す。このモデルには、わだち掘れ、ひび割れ、IRI などの表面指標と、落錐式たわみ計（FWD）から得られる耐荷力によって表される指標が組み込まれている。同時確率密度関数は、表層と地下の劣化の不均一性と相関性を反映するために開発されている。このモデリング手法により、長期的な舗装性能予測の精度が向上する。日本のデータを基に開発されたこの手法は、FWD 技術が近年導入されたネパールにおいても、データに基づく舗装管理を支援するために効果的に適用可能である。

第 6 章では、研究の目的と対応させながら、研究内容と成果をまとめている。また、ネパールの状況における研究の実用化、研究の限界、モデルの精度と汎用性を高めるための今後の研究の方向性についても強調している。

本論文の成果は確率論的手法を統合し、ネパールのような低・中所得国のニーズに適した、データ主導で費用対効果の高い事前保全計画を支援し、道路資産の持続可能性を高めることに寄与する研究であると判断できる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。