

Title	下水道管渠のストックマネジメント計画策定に資する統計的な劣化予測手法に関する研究
Author(s)	山中, 明彦
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/98800">https://doi.org/10.18910/98800</a>
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 ( 山中 明彦 )

## 論文題名

下水道管渠のストックマネジメント計画策定に資する統計的な劣化予測手法に関する研究

## 論文内容の要旨

我が国の下水道管路施設は、総延長が49万kmにも及び、主に既成市街地下に網羅的に敷設されている。下水道管路の大多数は埋設管であり下水管路特有の劣化メカニズムも含め老朽化の状況がほとんど認識されていない施設が多数存在する。そのため施設の状態を効率的に把握し、限りある財源の中で最適な改築、修繕対策を決定していくためのツールとして下水道管路のストックマネジメント計画の策定が有効な手段となる。しかしながら多くの自治体では、少子高齢化等による下水道の事業継続のためのリソースの確保が課題となっている。そこで本研究では、ストックマネジメント計画策定の有効性を定量的分析に基づき明らかにすることを目的として、フィールドとなる自治体の保有する実調査データをもとにストックマネジメント計画に資するデータ構築や分析手法を提案した。

第1章の序論では、道路や橋梁等の様々なインフラ施設が存在する中で、特に下水道管渠特有の劣化メカニズムについて議論し、ストックマネジメント計画策定にあたり、本研究のテーマである統計的な劣化予測手法の適用について国が示すストックマネジメントガイドラインにおける位置付けを明確にした。

第2章の下水道管渠のストックマネジメントでは、早期に事業着手をした自治体のTVカメラ調査データを用いて、統計的な予測手法であるマルコフ劣化ハザードモデルを用いて下水道管渠の期待寿命を算定し、下水道管渠口径600mm未満の期待寿命が60.3年であるなどの定量的な数値結果を得た。これまで下水道コンクリート管渠の標準的耐用年数を50年として早期に事業着手した政令市等では、近い将来相当量の再構築事業の拡大の必要性が懸念されてきたが、本研究における統計的な分析結果を示すことによって、ストックマネジメント計画における事業予算の算定について、そのエビデンス構築における統計的分析手法適用の有効性を示した。

第3章の下水道コンクリート管渠の劣化予測における最適モデルの決定方法では、第2章の結果を踏まえて、クラスター分析により予測精度を高める手法を提案した。具体的には予測精度を高めるためには分析に用いる説明変数となる多数のデータ項目のなかからクラスター分析により説明変数として最適なデータ項目の組み合わせを提案してその結果をもとに自治体の保有するデータにマルコフ劣化ハザードモデルを適用して期待寿命を算定した。本研究の結果、分析精度を高めるためには、管渠の健全度評価データのみならず埋設環境等、多項目のデータ取得の重要性を示すことができ、今後の維持管理におけるデータ取得、管理の方向性を示すことができた。

第4章の下水道管渠の空間的劣化異質性に着目した重点管理区域スクリーニングと改築更施策では、第2章および第3章で適用した施設全体を対象とする予測手法を発展させ、ストックマネジメント計画の高度化に焦点を当てた。本章では、埋設環境に影響される管渠の劣化速度について、劣化の速い管渠の区域を重点化するために、異質性パラメータによって表現される個別管渠単位の劣化速度について混合マルコフ劣化ハザードモデルによるベンチマーク分析を行い、管渠の位置情報（緯度、経度）をもとに重点区域をスクリーニングした。その結果当該自治体における劣化速度が海域沿岸部に隣接する区域に集中していることが示された。

第5章の空間マッピングを用いた下水道管渠の状態シミュレーションと改築更新区域の抽出では、調査により獲得されたデータのみによる分析に基づく第2章～第4章の分析手法をさらに高度化し、調査データが獲得されていない管渠を含めた全管渠の劣化予測と状態シミュレーションを行う手法を提案した。具体的には、点検実施管渠の劣化予測結果に対し、劣化速度に関する回帰クリンギング手法により点検未実施管渠の劣化速度を空間的に補間する手法を提案した。さらに、デュアルカーネル密度分析により健全性の低い区域をスクリーニングした。その結果、評価対象エリアについて、自治体全域から、より詳細な地区エリアの劣化速度分布の評価が可能になった。エリアを細部に示すと従来では点検未実施管渠が目立ってくるが、本研究ではデータ補間により点検未実施管渠も評価することが可能となった。

第6章の結論では、本研究で得られた研究成果を総括し、今後の課題を記した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 山 中 明 彦 )		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	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

我が国の下水道管路施設は、総延長が49万kmにも及び、主に既成市街地下に網羅的に敷設されている。下水道管路の大多数は埋設管であり下水道特有の劣化メカニズムも含め老朽化の状況がほとんど認識されていない施設が多数存在する。そのため施設の状況を効率的に把握し、限りある財源の中で最適な改築、修繕対策を決定していくためのツールとして下水道管路のストックマネジメント計画の策定が有効な手段となる。しかしながら多くの自治体では、少子高齢化等による下水道の事業継続のためのリソースの確保が課題となっている。そこで本研究では、ストックマネジメント計画策定の有効性を定量的分析に基づき明らかにすることを目的として、フィールドとなる自治体の保有する実調査データをもとにストックマネジメント計画に資するデータ構築や分析手法を提案している。

第1章の序論では、道路や橋梁等の様々なインフラ施設が存在する中で、特に下水道管渠特有の劣化メカニズムについて議論し、ストックマネジメント計画策定にあたり、本研究のテーマである統計的な劣化予測手法の適用について国が示すストックマネジメントガイドラインにおける位置付けを明確にしている。

第2章の下水道管渠のストックマネジメントでは、早期に事業着手をした自治体のTVカメラ調査データを用いて、統計的な予測手法であるマルコフ劣化ハザードモデルを用いて下水道管渠の期待寿命を算定し、下水道管渠口径600mm未満の期待寿命が60.3年であるなどの定量的な数値結果を得ている。これまで下水道コンクリート管渠の標準的耐用年数を50年として早期に事業着手した政令市等では、近い将来相当量の再構築事業の拡大の必要性が懸念されてきたが、本研究における統計的な分析結果を示すことによって、ストックマネジメント計画における事業予算の算定について、そのエビデンス構築における統計的分析手法適用の有効性を示している。

第3章の下水道コンクリート管渠の劣化予測における最適モデルの決定方法では、第2章の結果を踏まえて、クラスター分析により予測精度を高める手法を提案している。具体的には予測精度を高めるために分析に用いる説明変数となる多数のデータ項目のなかからクラスター分析により説明変数として最適なデータ項目の組み合わせを提案して、その結果をもとに自治体の保有するデータにマルコフ劣化ハザードモデルを適用して期待寿命を算定している。本研究の結果、分析精度を高めるためには、管渠の健全度評価データのみならず埋設環境等、多項目のデータ取得の重要性を示すことができ、今後の維持管理におけるデータ取得、管理の方向性を示すことができている。

第4章の下水道管渠の空間的劣化異質性に着目した重点管理区域スクリーニングと改築更施策では、第2章および第3章で適用した施設全体を対象とする予測手法を発展させ、ストックマネジメント計画の高度化に焦点を当てている。具体的には、埋設環境に影響される管渠の劣化速度について、劣化の速い管渠の区域を重点化するために、異質性パラメータによって表現される個別管渠単位の劣化速度について混合マルコフ劣化ハザードモデルによるベンチマーク分析を行い、管渠の位置情報（緯度、経度）をもとに重点管理区域をスクリーニングしている。その結果当該自治体においては劣化速度の速い管渠が海域沿岸部に隣接する区域に集中していることが示されている。

第5章の空間マッピングを用いた下水道管渠の状態シミュレーションと改築更新区域の抽出では、調査により獲得されたデータのみによる分析に基づく第2章～第4章の分析手法をさらに高度化し、調査データが獲得されていない管渠を含めた全管渠の劣化予測と状態シミュレーションを行う手法を提案している。具体的には、点検実施管渠の劣化予測

結果に対し、劣化速度に関する回帰クリンギング手法により点検未実施管渠の劣化速度を空間的に補間する手法を提案している。さらに、デュアルカーネル密度分析により健全性の低い区域をスクリーニングしている。その結果、評価対象エリアについて、自治体全域から、より詳細な地区エリアの劣化速度分布の評価が可能になっている。エリアを細部に示すと従来では点検未実施管渠が目立ってくるが、本研究ではデータ補間により点検未実施管渠も評価することが可能となっている。

第6章の結論では、本研究で得られた研究成果を総括し、今後の課題を記している。

以上のように、本論文は統計的な劣化予測手法に基づく下水道管渠のストックマネジメント計画の策定や高度化に寄与する実証的な研究成果を示している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。