

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02264

研究課題名（和文）動的需要制御によるインフラマネジメントの高度化：劣化制御という新時代を目指して

研究課題名（英文）Advancements in Infrastructure Management through Dynamic Demand Control: Aiming for a New Era of Deterioration Control

研究代表者

水谷 大二郎 (Mizutani, Daijiro)

東北大学・工学研究科・助教

研究者番号：30813414

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、社会インフラの効率的なマネジメントのために、インフラの劣化に影響を及ぼす需要（例えば、橋梁における交通量（交通量の多い橋梁は劣化進展が速いことが知られている））を適切に制御するための方法論を開発した。具体的には、需要減少状況下の代替的な2橋梁に対して、動的な需要制御施策と廃棄タイミングを同時に最適化するような方法論を開発し、それにより求められた施策により、インフラの価値が増加し、維持管理費用が低減できることを示した。また、提案方法論をより現実的な状況に適用するために、ネットワークレベルのマネジメント施策最適化問題での課題であった組合せ爆発の解消方法についても新たな提案を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

老朽化の進展するインフラのマネジメントの効率化が社会的な課題となっている。このような状況に対して、動的な需要制御により、インフラのマネジメントの効率化を図った点に本研究の社会的意義がある。また、既存の学術研究では、本研究で取り扱った動的な需要制御のインフラマネジメント上の有用性が分析された事例は存在せず、この点に本研究の新規性や学術的意義がある。また、動的な需要制御施策をより一般化されたインフラシステムに適用するために、組合せ爆発の解消方法を提案しており、この手法は、ネットワークレベルのマネジメント施策最適化問題に対して幅広く適用できるため、この点にも本研究の学術的・社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, a methodology was developed to efficiently manage civil infrastructure by appropriately controlling the demand that influences the deterioration of infrastructure (for example, traffic volume on bridges, as it is known that bridges with higher traffic volumes deteriorate faster). Specifically, the methodology was developed to simultaneously optimize dynamic demand control policies and disposal timing for two alternative bridges under reduced demand conditions, demonstrating that the resulting policy can increase the value of the infrastructure and reduce management costs. Additionally, to apply the proposed methodology to more realistic situations, new proposals were made to solve the problem of combinatorial explosion, which had been a challenge in optimizing management strategies at the network level.

研究分野：インフラアセットマネジメント

キーワード：アセットマネジメント インフラマネジメント 最適化数理 ネットワークレベル 動的な需要制御 確率制御 マルコフ決定過程 組合せ爆発

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初から現在、将来に至るまで、高度経済成長期に膨大に建設された橋梁、高速道路、上下水道などの社会基盤施設（以下、インフラ）の老朽化が問題となっている（例えば、国土交通省所管分野における社会資本の将来の維持管理・更新費の推計は、2023年度：約5.5～6.0兆円、2028年度：約5.8～6.4兆円、2038年度：約6.0～6.6兆円、2048年度：約5.9～6.5兆円）。さらに、予算制約や少子高齢化に伴う人材不足も相まって、インフラマネジメント（あるいは、アセットマネジメント、インフラ維持管理）の高度化、効率化がインフラ管理者にとって喫緊の課題となり、学術的分野としても国内外で多様な研究が蓄積されてきている。インフラの公共性を鑑みると、インフラによる便益を最大化することが望ましいが、単に便益を最大化することのみに主眼を置くと、マネジメント費用の増加によりインフラの点検や補修が十分に実施できなくなる可能性がある。そのため、マネジメント費用を内部化することによる利用者費用の多少の増加（利用者の損失）を許容しつつ、利用者が安全にインフラを利用可能であり続けるためのマネジメント費用を適切に確保してゆくような方策が重要となる。

研究開始当初の既往のインフラマネジメント研究として、需要（交通量など）による劣化過程の差異の解明に関する既往研究が膨大に蓄積されていた。これらの既往研究の結果は、インフラの需要の制御を通じてインフラの劣化過程や寿命を制御できることを示唆している。そこで議論の対象となるのは、“動的需要制御を通じた劣化過程の制御がインフラマネジメントでどの程度有用となるのか、また、どのように動的需要制御を実施すれば良いのか”であり、この点を本研究課題の学術的「問い」と設定した。既往のインフラマネジメント研究において、ライフサイクル費用を評価基準とした点検・補修タイミングや補修工法といったマネジメント施策の最適化に関する研究も存在するが、マネジメント費用の低減やリスクの低減といったインフラマネジメントの高度化のためにインフラの動的需要制御を検討するような既往研究はこれまで国内外において過去には存在しなかった。

2. 研究の目的

上記の背景に従い、本研究では目的を以下の通り設定した：

- インフラマネジメントにおける動的需要制御の有用性を検証する
- 多様な対象における動的需要制御の最適実施方策を体系的に取りまとめる

これら目的達成による効果（需要制御の意義）を図-1により概念的に説明する。同図では、需要（交通量）に応じて劣化過程（物理的寿命）が変動する橋梁や舗装のようなインフラを想定している。劣化過程には不確実性が存在し、インフラの劣化状態（健全度）の点検結果に基づき需要制御パターンを動的に変化させる施策を考える。ここで、インフラの理想的寿命が与件の場合を考える。本研究の基本的考え方は、図-1に示すように、点検結果に基づきインフラの劣化過程を動的に制御してゆき、インフラの寿命を理想的寿命に近づけることである。

3. 研究の方法

本研究では、インフラの劣化過程をマルコフ過程などの確率過程で表現した上で、インフラシステム上の個々のインフラの補修等のタイミングを最適化するための新たな数理最適化フレームワークを提案した。

まず、図-2に示すような代替性のある2橋梁において、需要減少に伴い将来時点でいずれか一方を廃棄する状況を考え、最適廃棄タイミングを確率制御の枠組みで求めることを考える。各橋梁の劣化過程は交通量に依存するとし、需要制御により、劣化過程が制御できる状況を想定する。このような状況に対して、各橋梁の廃棄タイミング、計画期間内の各時点での需要制御パターン（どちらの橋梁にどれだけの交通量を誘導するか）を同時最適化するような方法論をマルコフ決定過程に基づき開発した。

研究開始当初は、上記の開発方法論を、より複雑なインフラシステム・インフラネットワーク

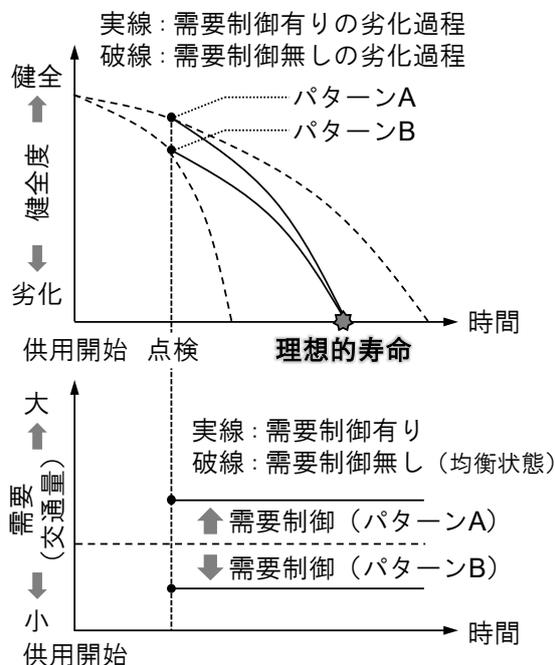


図-1 本研究の目的の意義

に適用することを想定していた。しかしながら、一般的に複雑なインフラシステムの最適マネジメント施策を導出する際には、組合せ爆発（インフラシステムのとり得る劣化状態の組合せ数が膨大、インフラシステムの個々のインフラに対する補修アクションの組合せの候補数が膨大）の問題が生じ、本研究でもその問題に直面した。そのため、当初の研究目的に若干の修正を加え、動的需要制御問題も含めたインフラシステム・インフラネットワークに対するマネジメント施策最適化問題（ネットワークレベルのマネジメント施策最適化問題）全般に対して適用可能であるような、組合せ爆発の解消方法の開発に主眼を置くこととした。なお、図-2 を対象とした開発方法論と、組合せ爆発解消のための方法論を組み合わせることにより、当初の 2 点目の目的は達成可能である。

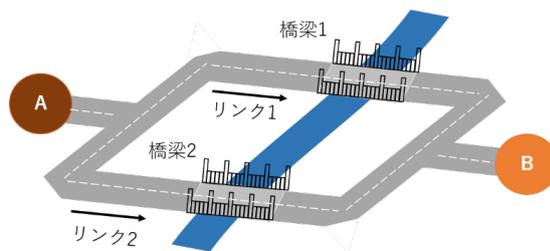


図-2 分析対象橋梁

組合せ爆発の解消方法として、実務者でもある程度理解可能なような簡便的ルールにより、インフラシステムの補修施策の解空間を縮小するような方法論を開発した。具体的には、有限個の施設で構成されるインフラシステムに対して、年次マネジメント費用の過度なばらつきを防ぐ（すなわち、年次マネジメント費用を平準化する）ようなネットワークレベルの最適化問題を定式化し、簡便的ルールにより現実的な計算時間で解を求めるような方法論を新たに提案した。提案した簡便的ルールは、インフラシステムの状況に応じて予防保全の実施度合いを変更し、年次マネジメント費用の平準化を図るものである。その概念図を図-3 に示す。図中の 1~4 の数字は、施設の劣化状態（1 が最も健全、4 が最も劣化）の度合いを表している。図中上段の予防補修なしの場合は、時点 $t+1$ に劣化状態 4 に対する事後補修が集中してしまい、年次マネジメント費用の時点間のばらつきが大きくなる。一方で、図中下段の予防補修ありの場合では、時点 t で劣化状態 3 のインフラに対して予防補修を行うことにより、年次マネジメント費用の時点間での平準化が達成される。本研究では、このような考え方を数百~数千の施設で構成されるインフラシステムに適用可能なように一般化した方法論を、既存のマルコフ決定過程を改良する形で新たに開発した。

組合せ爆発の解消方法として、実務者でもある程度理解可能なような簡便的ルールにより、インフラシステムの補修施策の解空間を縮小するような方法論を開発した。具体的には、有限個の施設で構成されるインフラシステムに対して、年次マネジメント費用の過度なばらつきを防ぐ（すなわち、年次マネジメント費用を平準化する）ようなネットワークレベルの最適化問題を定式化し、簡便的ルールにより現実的な計算時間で解を求めるような方法論を新たに提案した。提案した簡便的ルールは、インフラシステムの状況に応じて予防保全の実施度合いを変更し、年次マネジメント費用の平準化を図るものである。その概念図を図-3 に示す。図中の 1~4 の数字は、施設の劣化状態（1 が最も健全、4 が最も劣化）の度合いを表している。図中上段の予防補修なしの場合は、時点 $t+1$ に劣化状態 4 に対する事後補修が集中してしまい、年次マネジメント費用の時点間のばらつきが大きくなる。一方で、図中下段の予防補修ありの場合では、時点 t で劣化状態 3 のインフラに対して予防補修を行うことにより、年次マネジメント費用の時点間での平準化が達成される。本研究では、このような考え方を数百~数千の施設で構成されるインフラシステムに適用可能なように一般化した方法論を、既存のマルコフ決定過程を改良する形で新たに開発した。



図-3 予防保全による年次費用平準化の考え方

4. 研究成果

図-2 で説明した需要減少状況下の橋梁廃棄問題について、提案最適化手法の結果を説明する。表-1 には、現実的な状況を模して、交通量制御を行った場合（提案手法）と行わなかった場合（既存手法）の比較結果を示している。ここでは、インフラの価値を意味する期待総余剰を最大化する問題を解いており、表に示すように、提案手法により期待総余剰が増加するという成果が得られた。また、期待総余剰は社会的費用も含むが、財務的な管理者費用である維持・更新・廃棄費用に着目すると、動的需要制御を実施することにより、既往研究よりも約 8%費用を低減できるという結果が得られた。これらの結果は、動的需要制御の有用性を意味しており、1 つめの目的が達成されたと考えられる。

表-1 動的需要制御の効果

	交通量 制御なし	交通量 制御あり	制御に よる増分
期待総余剰 (インフラの価値)	3,739,649	3,754,998	15,349 (0.41%)
利用者便益	3,711,374	3,728,982	17,608 (0.47%)
維持・更新・廃棄費用	28,275	26,017	-2,258 (-7.99%)

このようなインフラの価値の増加や費用低減は、提案手法により導出された最適動的需要制御施策により発現する。図-4 に求められた最適動的需要制御施策の一例を示す。同図では、上

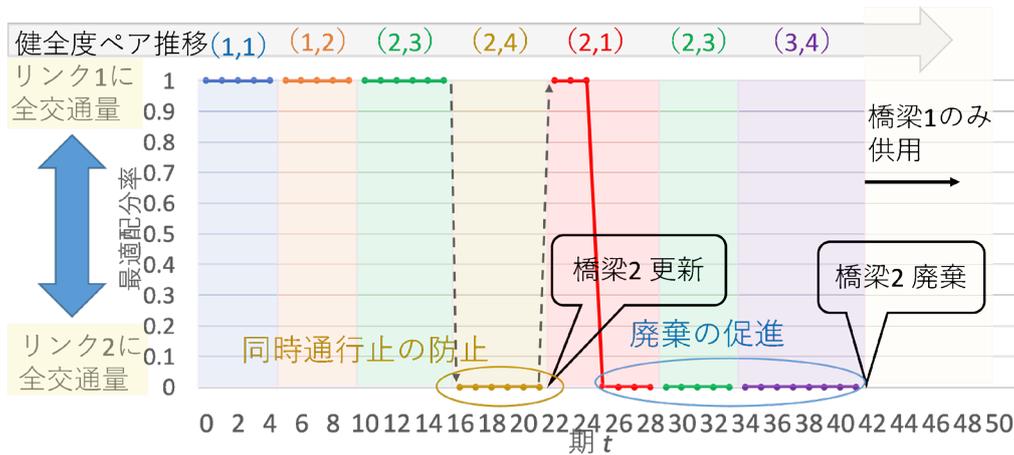


図-4 最適動的需制策の一例

部の健全度ペアが各時点で観測された2橋梁の劣化状態のペアを表す。同図では、仮に、健全度ペアが(1,1)から(3,4)まで図中に示すように時間的に推移した場合の各時点での最適需制策を示している。この例では、計画期間の初期では、橋梁1(リンク1)に多くの交通量(例えば大型車交通量)を配分し、その後、2橋梁の劣化が少し進展した際には、2橋梁が同時に劣化が進展した状態となることを防止するように橋梁2に重点的に交通量を配分することになる。さらに、同図横軸の時間軸の終盤では、減少した需要に見合わない過度な数の橋梁を廃棄するために橋梁2に交通量を多く配分し、最適廃棄タイミングで劣化が進展した状態となる(すなわち、望ましいタイミングで橋梁を使い切る)ような制御パターンが導出されている。これらの考察を通じて、導出された最適動的需制策の妥当性を確認し、提案方法論の有効性を確認した。

図-3で説明したネットワークレベルのマネジメント施策最適化について、得られた成果を説明する。100個の施設で構成されるインフラシステムに対して、予防保全の実施方法により年次マネジメント費用の平準化を図るような方法論をマルコフ決定過程を改良して提案した。図-5には、提案手法と既存手法のパレートフロンティアの比較結果を示す。同図では、ライフサイクル費用の期待値、年次マネジメント費用の分散の重みづけ和を目的関数として、重みを変化させた各状況における最適解を求め、各最適施策におけるライフサイクル費用の期待値及び年次マネジメント費用の分散の関係性をパレートフロンティアとして示している。同図に示すように、既存手法と比べ、提案手法の方が、ライフサイクル費用の期待値と年次マネジメント費用の分散の関係性が左下に位置するようなマネジメント施策を導出することができており、提案手法により、年次費用の平準化を図りながらライフサイクル費用も低減するようなマネジメント施策が求まるような結果が得られた。

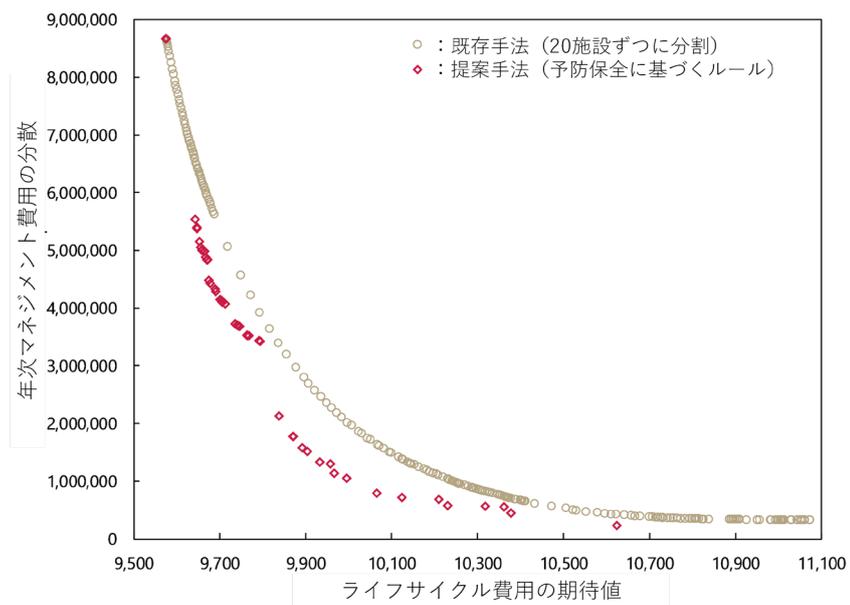


図-5 提案手法及び既存手法のパレートフロンティア

提案手法の有効性を検証するために、提案手法により導出されたマネジメント施策を採用した場合、既存手法により導出されたマネジメント施策を採用した場合それぞれに対して、モンテカルロシミュレーションにより年次マネジメント費用を算出した。図-6には、既存手法により導出された最適マネジメント施策を採用した際の年次マネジメント費用の時系列変化をモンテカルロシミュレーションの試行ごとに示している。同図に示すように、既存手法では、年次マ

ジメント費用の平均値に対して、数倍程度の年次マネジメント費用の変動が生じる結果となった。図-7には、同様の条件で、提案手法により導出された最適マネジメント施策を適用した際の年次マネジメント費用の時系列変化をモンテカルロシミュレーションの試行ごとに示す。同図に示すように、提案手法を用いることにより、ライフサイクル費用の期待値は若干増加するものの、年次マネジメント費用の分散を大幅に低減するようなマネジメント施策が導出できていることが分かる。これらの分析を通じて、提案手法により、年次マネジメント費用の過度な変動を抑制しながら最適マネジメント施策を求めることができることを実証的に確認した。

ここで述べた年次マネジメント費用の平準化に関するネットワークレベルのマネジメント施策最適化手法以外にも、多様な状況で多様なアプローチによる組合せ爆発の解消方法を

本研究では開発した。詳細については、研究実績として示す個々の論文内容を参照されたい。本研究の2つめの目的である動的需要制御の最適実施方策の体系化においては、ネットワークレベルのマネジメント施策最適化問題における組合せ爆発の解消が極めて重要となる。選出のようなネットワークレベルのマネジメント施策最適化手法を開発することにより、動的需要制御の最適実施方策の体系化に資するような研究成果が得られたと考えられる。

本研究で開発した方法論を、今後、実務に実装してゆくにあたっては、例えば、図-2、図-3それぞれに対して提案した方法論を融合的に用いて、現実のアセットマネジメントに資するようなマネジメント施策を導出し、その実装のための多様な取り組みを行ってゆくことが重要となる。

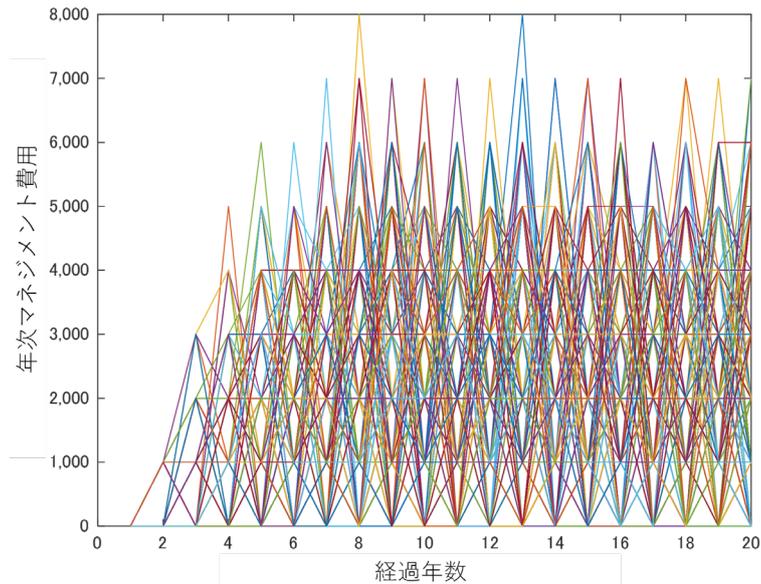


図-6 既存手法で導出された施策での年次マネジメント費用

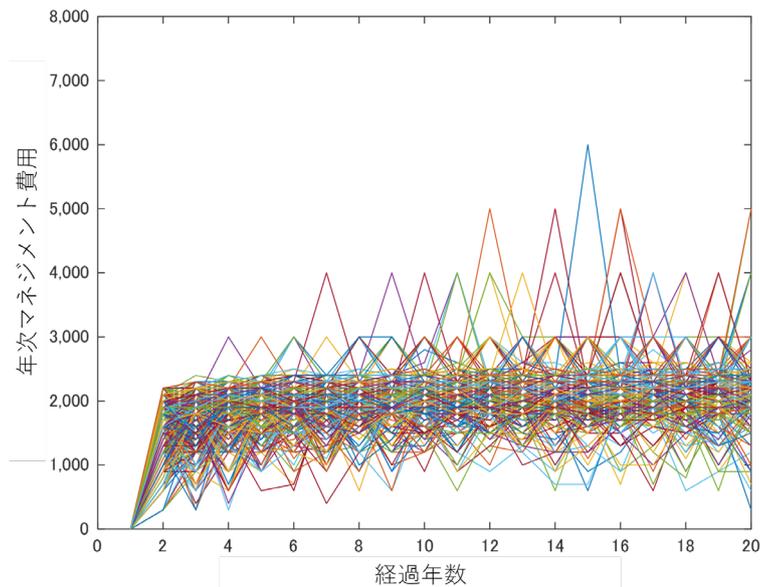


図-7 提案手法で導出された施策での年次マネジメント費用

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 佐津川功季, 水谷大二郎, 川崎洋輔, 金田威夫, 桑原雅夫	4. 巻 Vol.78, No.3
2. 論文標題 故障時交通渋滞による経済損失を考慮したETC設備の最適補修施策に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3 (土木計画学)	6. 最初と最後の頁 pp.105-121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.78.3_105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Daijiro Mizutani and Xian-Xun Yuan	4. 巻 Online Early View
2. 論文標題 Infrastructure deterioration modeling with an inhomogeneous continuous time Markov chain: A latent state approach with analytic transition probabilities	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 pp.1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/mice.12976	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 中里悠人, 水谷大二郎, 長江剛志	4. 巻 登載決定
2. 論文標題 路ネットワークの補修施策: グルーピングと集計化に基づく近似解法	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3 (土木計画学) 特集号	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuto Nakazato, Daijiro Mizutani and Shunichi Fukuyama	4. 巻 登載決定
2. 論文標題 Optimal repair policies for infrastructure systems with life cycle cost minimization and annual cost leveling	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Infrastructure Systems	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 水谷大二郎	4. 巻 Vol.76, No.5
2. 論文標題 アセットマネジメント研究の最先端：統計的劣化予測と維持管理施策最適化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3 (土木計画学)	6. 最初と最後の頁 pp. l_1-l_19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.76.5_l_1	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中里悠人, 水谷大二郎, 奥村誠	4. 巻 Vol.76, No.5
2. 論文標題 小規模道路舗装の時空間的補修同期化施策	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3 (土木計画学)	6. 最初と最後の頁 pp. l_233-l_240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.76.5_l_233	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 生嶋理恵, 水谷大二郎, 佐津川功季, 川崎洋輔, 桑原雅夫	4. 巻 Vol.78, No.1
2. 論文標題 現場技術者へのアンケート調査に基づく高速道路設備の維持管理施策の改善可能性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集F4 (建設マネジメント)	6. 最初と最後の頁 pp.51-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejcm.78.1_51	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 二宮陽平, 水谷大二郎, 貝戸清之	4. 巻 -
2. 論文標題 更新履歴情報の欠損を考慮した道路照明柱の劣化予測手法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集F4 (建設マネジメント)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 貝戸清之, 慈道充, 水谷大二郎, 小林潔司, 宇野裕亮	4. 巻 -
2. 論文標題 段階的劣化異質性に基づく長寿命化技術導入効果の事後評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集F4 (建設マネジメント)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 水谷大二郎, 上野涉	4. 巻 Vol.76, No.2
2. 論文標題 階層的隠れマルコフ劣化モデルの状態推移確率の解析解について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3 (土木計画学)	6. 最初と最後の頁 pp.196-202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.76.2_196	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Daijiro Mizutani, Yuto Nakazato and Jinwoo Lee	4. 巻 Vol.120
2. 論文標題 Network-level synchronized pavement repair and work zone policies: Optimal solution and rule-based approximation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transportation Research Part C: Emerging Technologies	6. 最初と最後の頁 102797
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trc.2020.102797	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Guru Prakash, Xian-Xun Yuan, Budhaditya Hazra and Daijiro Mizutani	4. 巻 Vol.4, Issue 2
2. 論文標題 Toward a big data based approach: A review on degradation models for prognosis of critical infrastructure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Nondestructive Evaluation, Diagnostics and Prognostics of Engineering Systems	6. 最初と最後の頁 21005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/1.4048787	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 小濱健吾, 中村秀明, 神田信也, 水谷大二郎, 杉崎光一	4. 巻 Vol.1, No.J1
2. 論文標題 土木におけるAI活用のための教材作成にむけて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AI・データサイエンス論文集	6. 最初と最後の頁 pp.261-269
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/jsceiii.1.J1_261	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中里悠人, 水谷大二郎, 奥村誠	4. 巻 -
2. 論文標題 小規模道路舗装の時空間的補修同期化施策	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3 (土木計画学) 特集号	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計13件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Daijiro Mizutani, Yuto Nakazato and Shunichi Fukuyama
2. 発表標題 Optimal repair policies for infrastructure systems with life cycle cost minimization and annual cost leveling
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Infrastructure Asset Management (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 生嶋理恵, 水谷大二郎, 佐津川功季, 川崎洋輔, 桑原雅夫
2. 発表標題 現場技術者の知見を活用した高速道路設備の維持管理施策の改善可能性
3. 学会等名 第5回JAAM研究・実践発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福山峻一, 水谷大二郎, 中里悠人
2. 発表標題 年次費用平準化を考慮した社会基盤施設群の最適補修施策
3. 学会等名 第5回JAAM研究・実践発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中里悠人, 水谷大二郎, 長江剛志
2. 発表標題 利用者費用と規模の経済性を考慮した道路ネットワークの補修工事の最適実施計画
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 生嶋理恵, 水谷大二郎, 佐津川功季, 川崎洋輔, 桑原雅夫
2. 発表標題 現場技術者へのアンケート調査に基づく高速道路設備の維持管理施策の改善可能性
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuto Nakazato, Daijiro Mizutani and Jinwoo Lee
2. 発表標題 Determination of repair and work zone policies for road sections by optimizing a simplified rule
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daijiro Mizutani
2. 発表標題 Optimal intervention policy of bridges considering earthquake occurrence probability increasing over time
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wataru Ueno, Daijiro Mizutani and Makoto Okumura
2. 発表標題 Benefit of traffic control in maintenance /disposal decision of substitutable bridges
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中里悠人, 水谷大二郎, 奥村誠
2. 発表標題 近接舗装区間の補修同期化の影響分析
3. 学会等名 第61回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福山峻一, 水谷大二郎, 奥村誠
2. 発表標題 予算平準化を考慮した社会基盤施設の維持管理施策
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野渉, 水谷大二郎, 熊井健人
2. 発表標題 下水道管渠の早期劣化検出モデル
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中里悠人, 水谷大二郎, 奥村誠
2. 発表標題 時間依存型劣化過程を有する道路舗装における補修の同期化と劣化状態の空間相関
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中里悠人, 水谷大二郎, 奥村誠
2. 発表標題 固定費用の削減に着目した道路舗装における予防的補修と劣化状態の空間相関
3. 学会等名 令和2年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	奥村 誠 (Okumura Makoto) (00194514)	東北大学・災害科学国際研究所・教授 (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	山口 裕通 (Yamaguchi Hironichi) (10786031)	金沢大学・地球社会基盤学系・助教 (13301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関