

公共インフラマネジメントへの取組みと道路の階層評価への展開

稲田 裕 米山 一幸 佐藤 吉宏
(技術研究所) (技術研究所) (LCV事業本部)

Research Activities for Public Infrastructure Management and Development of Hierarchical Evaluation Method for Municipal Roads

Hiroshi Inada, Kazuyuki Yoneyama and Yoshihiro Sato

著者らは公共インフラの維持管理に関する研究開発を継続的に進め、様々な自治体の課題の抽出と解決策の提案・効果の実証等の検討を行ってきた。始めに、マクロな視点から、階層的な評価によるマネジメント手法を提案した。そして、階層評価の具体化を目指して、対象を道路に絞り、重要度と対策優先度の評価を連携し階層化を行う手法を開発した。本論文では、取組みの経緯とコンセプトをまとめ、実際の自治体道路において行った評価手法の実証試験の主な結果を示す。

Authors have been conducting various research activities for public infrastructure management. First, the approach to infrastructure management based on hierarchical assessment was proposed from a macro perspective. Next, techniques for hierarchical assessment of individual roads were developed by coordinating network assessment and road diagnosis. In this paper, after having introduced concept and progress of our approach, the main results obtained by the several feasibility studies for the actual municipal roads are demonstrated.

1. はじめに

近年、公共施設や社会インフラの高経年化に係る問題が顕在化し、様々な取組みが進められている。地方自治体では、老朽化に加えて、急速な人口減少による税収と人員の両面の不足が進んでおり、維持管理の効率化が急務である。2014年から開始された公共施設等総合管理計画では、自治体の保有する公共施設、社会インフラ全体の現状と将来的な資産・財政状況の分析が求められた¹⁾。その結果、地方自治体、特に地方の中小自治体では、現状の維持管理では将来的に費用の負担が困難となる場合が少なくなく、管理手法の見直しが必要であることが明らかとなった。庁舎や学校のような公共施設については、統廃合も視野に入れた資産総量の適正化の取組みも進められている。

一方、道路や橋梁等のインフラ施設については、当初は統廃合の議論は進まず、長寿命化による維持管理の効率化が主眼となっていた。その後、道路、河川、港湾等の施設の点検が義務化され、現在は2巡目の点検データが得られるようになった。それにより、実態の把握と知識の集積が進み、戦略的なマネジメント手法の導入に向けた動きが始められ

ている。2022年9月に開かれた国交省社会資本メンテナンス小委員会では、2012年からの10年間の取組みのとりまとめが行われ、今後の取組みとして「地域インフラ群再生戦略マネジメント」の提案が行われた²⁾。そこでは、個別インフラの維持／補修・修繕／更新／集約・再編／新設等を適切に行うために、行政区域を超えた地域の複数・他分野の施設を群として捉えて総合的なマネジメントを進めることが今後の課題として示されている。

著者らは、比較的早くからこのような公共インフラマネジメントの重要性を認識し、公共施設やインフラのマネジメントに関する調査検討を継続的に進め、自治体やその地域に詳しい地方大学等と連携した活動を行ってきた。はじめに、自治体の公共マネジメントの現状把握と課題抽出に向け、自治体の現状調査やデータ分析を行い、マクロ的な視点から階層評価による維持管理の効率化の提案を行った。そして、個別施設の階層評価を可能とするための評価技術の検討を進め、道路を対象として重要度と対策優先度の評価を連携した階層評価手法の開発／提案を行った。本報では、このような公共インフラマネジメントへの取組みの概要をまとめ、提案する手法とその成果の例を示す。

2. 公共インフラマネジメントへの取組みと階層評価手法の提案

2.1 取組みの経緯

著者らは自治体の管理する公共施設やインフラの維持管理に関して、技術支援や事業化の可能性の検討のため、様々な自治体に対して情報交換や技術プレゼを進めてきた。自治体の維持管理の状況は自治体の規模に加えて、環境・利用条件の違いにより様々で、マネジメントに対する要求も異なる。その中で、表-1に示す自治体については、維持管理の効率化に向けた共同研究に着手し、自治体データの分析や現地調査等の活動を行った。そして、課題抽出とその解決手法の提案と、開発を進めているマネジメント技術の適用性評価のための実証試験を実施した。また各取り組みでは、表中に示すように地域の事情に詳しく、自治体の支援や指導を行っている大学とも連携して活動を進めた。

2.2 階層評価に基づく維持管理手法の提案

最初の諫早市の事例は、(一財)地域総合整備財団の公民連携調査研究として長崎大学と協力して実施した³⁾。はじめに、公共施設等総合管理計画立案のための基礎資料を得ることを目的として、市の施設やインフラの現状と将来的な更新費用の推計に基づく財政制約等の分析を行った。その結果、現状のままの管理では将来的には管理/更新費用が不足する可能性がある事が分かった。このような財政的課題の解決には、公共施設とインフラを総合的に捉え、サービスと維持管理コストのバランスを考慮した合理的な維持管理シナリオの作成が必要となる。また、全ての施設を一様に管理することは効率的ではなく、統廃合や除却も視野に入れた取組みも求められる。

そこで、その解決策として、公共施設、インフラともに資産をA, B, Cの3つの階層に分類して、各々管理方針を設定し、メリハリをつけた管理を行うことにより維持管理の効率化を図る手法を提案した。

表-1 主な自治体における取組み

自治体	時期	実施内容	連携組織
長崎県 諫早市	2013～ 2015	管理計画立案支援 階層管理の提案	長崎大学
北海道 室蘭市	2017～ 2019	道路ネットワーク評価 道路重要度評価	室蘭工業 大学
神奈川県 横須賀市	2018～ 2020	道路診断実証試験 ライフサイクル評価	横浜市立 大学

重要な資産である階層Aの施設は、計画的な保全を行い、サービスレベルを保持、階層Bは中期的にAの資産を補完する役割で、適切な保全による管理を実施、階層Cは管理レベルを下げ、将来的には管理移管、使用制限、除却等を行うことを想定している。さらに、マクロな視点からの検討として、階層ごとの資産総量の割合を調整することにより、財政制約に合った管理が可能であることを示した⁴⁾。

階層化に当たっては、公共施設とインフラを共通の観点で扱うことが重要である。それにより施設の利用形態や人口動態の変化を考慮したインフラのマネジメントが可能となる。前述のように、公共施設では統廃合の議論も進み、階層化は比較的容易であるが、インフラ、特に道路については交通量や緊急時の対応、人口分布等の複数の要因が関連し、定量的な判断に基づく階層化が難しい。

そこで、対象を道路に絞り、階層化を可能とする評価手法を提案し、それを実現するための評価技術を開発した。そして、表-1の室蘭市においては、階層モデルの具体化やその効果の検証を行った。一方、横須賀市では、階層モデルを用いた維持管理手法の高度化に向けた検討として、道路の損傷診断手法の合理化を図った。

2.3 階層評価手法の開発

実際に個別の施設の階層評価を行うためには、道路の特性や交通量等の利用面の指標（以下、重要度と呼ぶ）と、舗装等の劣化状況による補修の至急性等の対策面の指標（以下、対策優先度）を関連付けた分析が必要となる。その実現に当たっては、階層化の根拠となる重要度と対策優先度を、客観的にかつ定量的に評価する手法の整備が求められる。

我々が提案している道路の重要度と対策優先度の評価を連携して階層化を行う評価手法のコンセプトを図-1に示す⁵⁾。

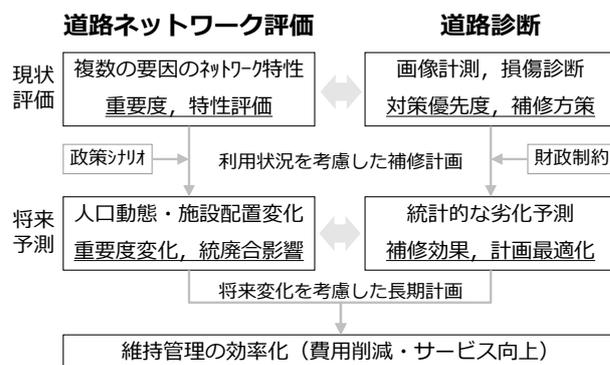


図-1 階層評価のコンセプト⁵⁾

道路の重要度は、図-1の左側の道路ネットワーク評価により決定する。この評価手法は、GIS上でモデル化した道路ネットワーク上に、人口や公共施設配置等のデータを紐づけ、道路の特性に加えて、GISの機能を用いることによって、施設へのアクセスや対象道路の迂回評価による代替性等を検討することにより重要度を算定するものである。これについては、手法の概要と表-1中の室蘭市におけるケーススタディの結果を次章に示す。

一方、道路診断手法については、画像計測により道路の状態を診断し、現状評価に留まらず将来的な予測まで行う手法の構築を目的に、アセットマネジメントの実用化が進んでいる海外技術の導入を進めている。上と同様に、道路診断手法の概要と横須賀市における実証試験の結果を4章で示す。

両手法ともに将来予測を行い、ライフサイクルを通じた補修更新対策と投資計画の最適化を図る。ネットワーク評価では、人口動態変化や施設の統廃合の影響を考慮して、将来の道路の使い方や重要度の変化を推定する。また、道路診断では統計的手法による劣化予測手法を構築し、長期的な補修効果の評価や投資計画の最適化を可能としている。

さらに、得られた重要度と対策優先度を組合せて階層評価を行い、維持管理計画の最適化を行う枠組みが重要となる。その実現には、得られるデータの特性と質/量を考慮して手法を選択する必要がある。ここでは、次章以降にその方策の考え方のみを示すが、その具体化と実際の自治体データを用いた検討は今後の課題である。

3. 道路ネットワーク評価手法の開発

3.1 PAS (Public Asset Simulator) の概要

ネットワーク評価は、著者らが都市計画支援ツールとして開発しているシステムを用いて行う。このシステムは、当社がITベンチャー企業の(株)ピリカと共同で開発しているものであり、パブリック・アセット・シミュレーター（以下、PAS: Public Asset Simulator）と称している⁶⁾。

PASの評価の概念図を図-2に示す。PASでは、対象地域の道路ネットワークを、交差点・結節点などの点データ（ノード）と、交差点間の街路などの線データ（リンク）としてモデル化する。そして、人口、住宅、公共施設などの行政データを空間情報としてネットワークモデルに統合することにより、各データ間の相関分析や施設の統廃合の影響等の、道路に限らない様々な対象のシミュレーションを可能とし

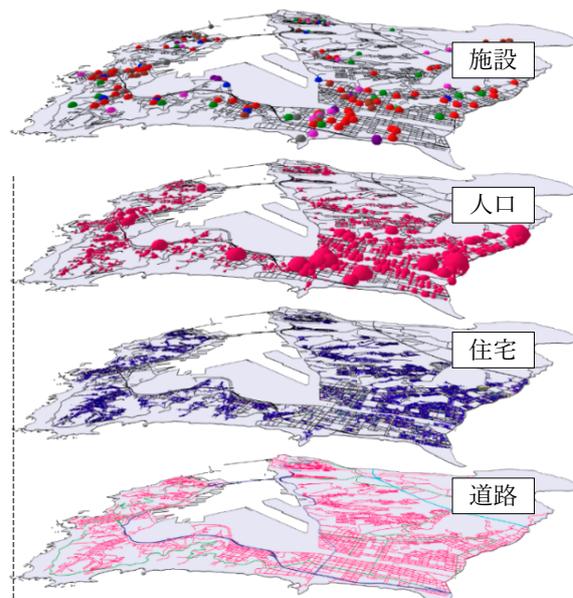


図-2 PASの概要

ている。PASは都市に係る種々の問題への適用が可能であるが、本論文ではその機能の一部を用いて道路のネットワーク評価を行う。

なお、本論文ではその特徴と得られる主な成果を例示することを目的として、詳細なモデル化や解析方法の説明については参考文献6)に譲る。

3.2 室蘭市のデータにおけるケーススタディ

評価の対象とする室蘭市が管理する道路延長は約440kmであり、そのうち約60kmが都市計画道路、それ以外は生活道路となっている。分析に用いるデータは全てオープンデータとし、道路についてはデジタル道路地図、人口は平成27年度国勢調査/小地域人口を用いた。

道路の重要度の評価のために用いる要因としては、平常時の利用者数や不通になった場合の影響度、防災上の観点などがあるが、その選択や各項目の重み付けは自治体の状況、政策シナリオにより自治体ごとに異なる。本検討では、仮想的に表-2に示すような要因を評価指標として設定し、道路ネットワークのリンクへの紐づけを行った。そして、ケーススタディとして、以下のように各項目の評価値の算定を行った。

沿線人口については、建物データの住宅床面積を用いて、ノード・リンクごとの詳細人口分布を推定する方法を開発した⁶⁾。各地域内の人口密度と建物の床面積を乗じて建物ごとの推定居住人口を算定し、近接するノード・リンクに人口を割付けて推計人口を求めるものである。得られたノード人口をリンクに再配分し、リンク長で除した道路長さ当たりの人

口を求め、夜間人口とした。一方、昼間人口はデータが得られなかったため、建物データの事業所床面積を評価の指標とした。推定交通量は通勤時の各リンクの交通量を推定し、評価指標とした。公共交通はバス路線に当たるリンクの評価を高くした。さらに、庁舎、消防署、総合病院・コンビニエンスストア・スーパーマーケット・避難所を対象施設として選び、各施設に全住民が最短経路でアクセスするものとして各リンクの利用者数を求めた。例として、庁舎へのアクセス時の利用人口を算定した結果を図-3に示す⁶⁾。都市部と郊外を結ぶ路線、集落間の路線等の利用者が多い。最後に、不通時の代替性として、各リンクの迂回距離を求めた。なお、迂回経路が存在しない場合は、迂回距離を無限大とした。なお、得られた各項目の指標値については、項目間の比較のため無次元化を行った。

得られた各評価項目の指標値から重み付け加算を行い、各リンクの重要度を表す総合指標を算定する。各項目の重み係数は項目の影響の大きさを表し、自治体の管理方針により決められるものである。本検討では表-2の()内に下線で示す仮の重み係数を

表-2 重要度の評価指標

評価項目	指標値
沿線人口 (20)	道路長当たり居住人口 (10)
	道路長当たり事業所床面積 (10)
推計交通量 (10)	通勤時推計自動車交通量 (10)
公共交通 (20)	バス路線 (20)
施設アクセス (30)	最寄りの施設にアクセスする場合の利用者数 (各5×6)
不通時の代替性 (20)	不通時の迂回距離 (20)

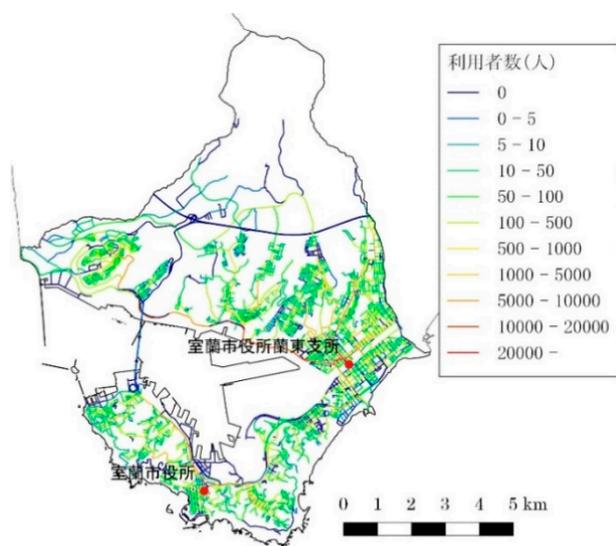


図-3 庁舎へのアクセス時の利用人数

設定し、総合指標の算定を試みた。求められた総合指標を無次元化し、0~1の間に均等に分布するように変換を行った。その結果を用いて、市道の重要度を10ランクに分けた試算結果を図-4に示す⁶⁾。指標値大きいほど高い重要度を表すが、市街地や市街地と集落を結ぶ路線の重要度が高い結果が得られた。

3.3 階層化の効果の分析

次に、得られた重要度のみを用いた階層化による道路管理費を試算し、階層評価の有効性の分析を行う。ここでは表-3に示すように、重要度をもとに道路をA~Cの3ランクに分け、各々管理レベルを設定した。ランクAは重要度が高く予防保全型管理を行う路線で、20年間で舗装の打換え、その間に1度切削オーバーレイを行う。ランクBは重要度が中程度の路線で、20年に一度の切削をしない簡易的なオーバーレイを行う。ランクCは重要度の低い路線とし、大規模な補修は行わず、パッチングなどの日常の維持補修で対応する。各補修工法の費用は、自治体の実績等を参考として、舗装打換え 8,000 円/m²、切削オーバーレイ 4,000 円/m²、簡易的なオーバーレイ 3,000 円/m²と設定し、表-3中の補修単価を算定

表-3 階層型管理の設定

階層	補修工法	補修サイクル	補修単価
ランク A (予防保全)	舗装打換え	20年	600 円/m ² 年
	切削オーバーレイ	20年	
ランク B (状態監視+補修)	オーバーレイ (簡易型)	20年	150 円/m ² 年
ランク C (日常管理)	維持補修のみ	-	0 円/m ² 年

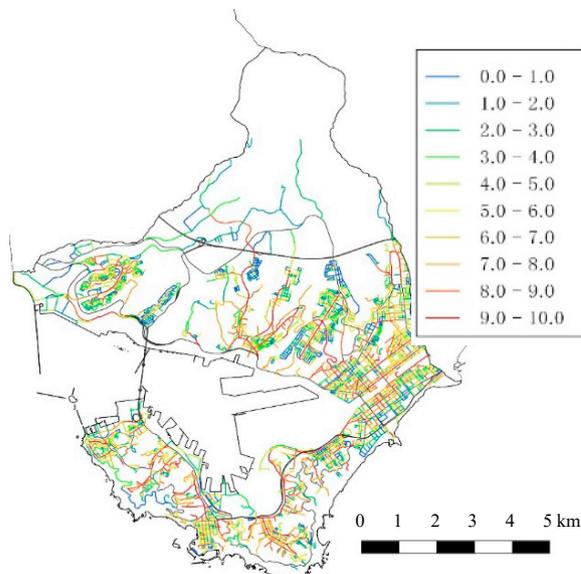


図-4 重要度の総合指標の算定結果

した。なお、ここでは簡単のため、大規模な補修・更新費用の比較を行うものとし、巡回やパッチング等の日常管理費は考慮していない。ランク C では日常の維持補修の範囲で維持管理を行うとしたため、補修単価は 0 円/m²としている。

上記の算定条件の下、各ランクの割合を変えた場合の年間の道路管理費の比較した結果を表-4 に示す⁶⁾。ランクの割合により管理費は大きく変動し、各階層に含まれる施設量の割合を変化させ、高度な補修を密に行う路線を絞り込むことによって、維持管理費の削減が可能である。なお、道路のランクは、道路管理者が管理方針に基づき、前節の重要度を考慮して設定する必要がある。ここでは階層化の効果の基礎的な検討として、ランクの割合の影響について評価を行った。

ここで示した検討結果は、重要度のみを考慮した階層評価に基づくものである。対策優先度については、自治体が管理する全道路の診断が行われ、全てのリンクの健全度データが得られれば、表-2 に示した評価項目の中に健全度を組み込むことができる。それにより、提案する重要度と対策優先度を連携した階層評価が可能となる。

また、この結果は評価時点の施設配置、人口分布等を用いて算定した重要度に基づく評価結果である。評価に用いる指標の将来変化を考慮することによって、重要度や道路の使われ方の変化も評価することが可能である。例えば、人口については将来人口推計によるノード人口の予測値を用いた評価ができる⁶⁾。また、都市のコンパクト化や立地適正化により公共施設の削減や配置変換を行った場合についても、この手法によって影響評価が可能である⁶⁾。

4. 道路診断技術の開発

4.1 画像計測による道路診断技術の概要

道路診断については、従来行われている路面性状調査車による手法に代わって、スマートフォンによ

る振動計測⁷⁾や路面画像から舗装のひび割れを AI により抽出する手法⁸⁾などの新しい点検手法の開発が進められている。著者らは点検のみではなく、補修、更新までのライフサイクルを通じた効率化に関する検討を目的に、英国において自治体マネジメントの多くの実績を有する gaist 社との共同研究を進めてきた。その診断の基本となるのは、画像による道路計測であるが、得られた画像データを損傷診断のみではなく、劣化予測、補修計画立案までに活用するスキームを構築している点で特徴を持つ。

著者らは、その導入に向けた第一歩として、国内外での実証試験を行い、その適用性の検討を進めてきた^{9), 10)}。海外の道路診断手法の国内への導入には課題も見られ、特に損傷判定の基準の違いが指摘される。そこで、以下では、提案する道路診断技術の概要を示した後、得られたデータの分析として、診断結果の国内の従来の診断指標との比較を行った結果を示す。また、将来の劣化進展の予測を行い、将来の状態変化を考慮した階層化の可能性について考察する。なお、本技術に関しても、詳細な説明は参考文献⁹⁾に譲り、得られた主な成果を紹介する。

道路の調査の状況を図-5 に示す。計測車両に搭載したカメラにより、路面、車両前方・後方、道路周辺(左・右)の画像を、車両速度に対応して 1m 間隔の静止画像として計測する。路面の高精度画像に加えて、ガードレールや標識・信号等の周辺道路施設の情報も取得する点に特徴を持つ。計測画像は Web にアップロードされ、管理者や診断技術者は画像の遠隔監視が可能である。

画像からの路面の損傷診断は、AI による劣化個所のスクリーニングの後、専門の診断技術者が Web 上で目視により行う。損傷診断結果は、表-5 に示す 5 段階の損傷グレードで表される。また損傷グレードに加えて、ひび割れや剥離等の損傷の種類や大きさといった詳細情報も判定し、GIS 上に紐づけて記録

表-4 維持管理費の試算例

階層型管理の各ランクの比率			年間管理費 (億円/年)
ランク A	ランク B	ランク C	
10%	30%	60%	4.9
20%	20%	60%	7.1
20%	30%	50%	7.8
20%	40%	40%	8.5
30%	30%	40%	10.6



図-5 画像計測状況

している。その情報は、劣化予測や補修工法の同定などに活用されている。

損傷診断結果は、図-6に示すWeb上のデータ管理システムを用いて確認することができる。道路状態により細かく分割された要素ごとに、損傷グレードが表-5に示したように色分けされて表示される。そして、地図上の任意の地点の路面及び周辺画像を確認することができる。なお図中には示していないが、各要素の長さ、面積、詳細損傷情報等のデータも、地図上での表示が可能である。また、システム上のデータはcsvやGISデータ形式での出力が可能で、後に示すような様々な分析に用いられる。

4.2 横須賀市における道路診断実証試験

ここでは、道路診断結果と損傷診断指標の検討の例を示すために、横須賀市で実施した実証試験の結果を紹介する。横須賀市が管理する市道延長は1,400kmであるが、そのうち867km(62%)の道路の画像計測を実施した。対象路線に対するデータ取得道路を図-7中に赤線で示すが、概ね市の全域の道路のデータが取得できており、従来は診断データがなかった住宅道路の状態把握も可能となった。また図中には、診断結果の比較を目的として路面性状調査を行った路線を黒太線で示した。調査路線は利用条件や環境の異なる6路線を選んだ。図中の番号は市の管理番号である。なお、道路調査の計画とデータの表示は、フリーの道路情報であるOpen Street

Mapを用いているため、路線の信頼性と道路情報の正確さには課題も残っている。

提案する道路診断の結果と路面性状調査の結果の比較として、対象路線から路線7-1と路線40を例として、経路に沿った両診断指標の変化を図-8, 9に示す⁹⁾。青線は本診断による損傷グレード、赤線は図-7では路面性状調査で得られるMCI、図-8ではひび割れ率である。両図とも悪い状態を上方向としており、MCIは値が小さいほど状態が悪いため、縦軸の上下を反転させている。経路に沿う損傷グレードの変化と路面性状調査による2指標の変化は概ね一致しており、両診断の判定には大きな差異は見られなかった。

次に、両指標の相関分析を行った結果を示す。なお、損傷グレードの評価長は路面性状調査と比べて一般的に短く、また評価単位ごとに評価長が異なる。そこで事前に路面性状調査の評価長 $L=20m$ に合わせるように、損傷グレードを経路に沿って平均化し

表-5 損傷グレードの分類

グレード	損傷レベル
1	損傷無, 更新済み
2	表面劣化やリスクの徴候
3	中間期, 補修跡, 安全上の問題は無
4	リスク要因損傷, 機能障害
5	構造欠陥, 重度表面損傷

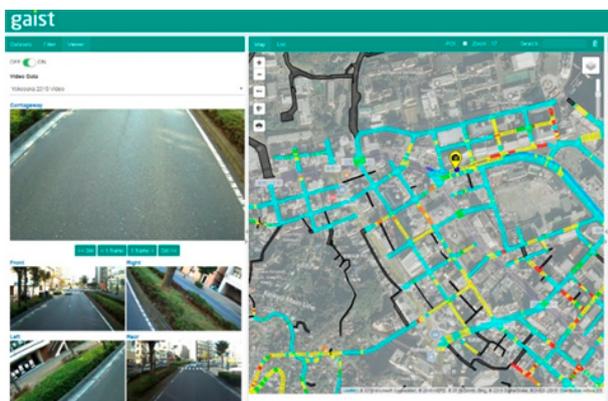


図-6 診断結果の管理システム

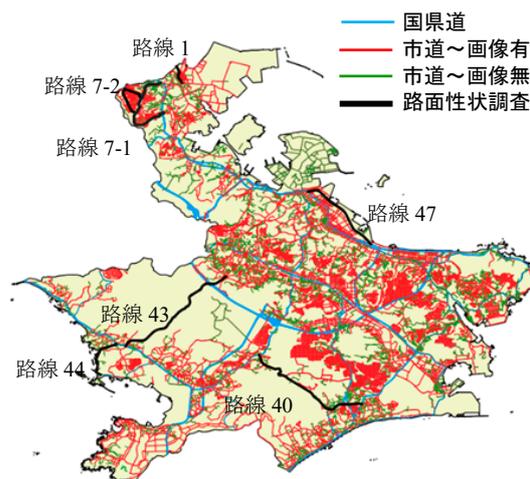


図-7 画像データの取得路線

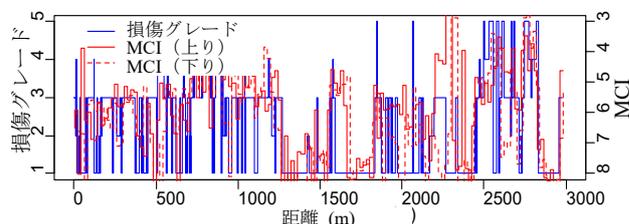


図-8 損傷グレードとMCIの変化(7-1)

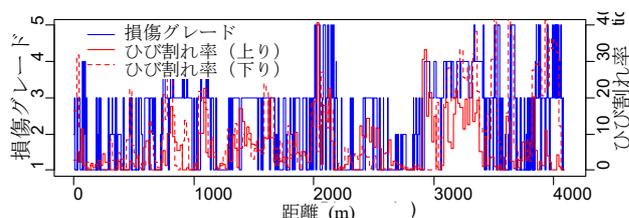


図-9 損傷グレードとひび割れ率の変化(40)

た換算グレードを算定した。得られた換算グレードとMCIおよびひび割れ率との関係を図-10, 11に示す⁹⁾。両図とも右上方向が悪い状態を示している。両図から、換算グレードとMCI、ひび割れ率の関係のばらつきは非常に大きい、ある程度の相関関係は見られる事が分かる。相関係数の値はMCIに対しては-0.574、ひび割れ率に対しては0.619であり、ひび割れ率に対する相関がやや高い。また、ばらつきの原因としては、損傷の判定基準の差異に加えて、評価単位長の違いと地図情報の誤差による評価位置のずれが考えられる。図中の実線は、両指標の関係についてMCIは3次式、ひび割れ率は2次式で回帰した結果を示す。図中に示すように、損傷グレードとMCI、ひび割れ率の関係式が得られている。ただし、現時点では決定係数の値は低く、データの蓄積や評価手法の見直しも必要である。

4.3 対策優先度に基づく階層化の検討

評価単位ごとの損傷指標の値が得られれば、階層数と境界値を設定することにより対策優先度に基づく階層化が可能となる。そして、3.3で示した重要度

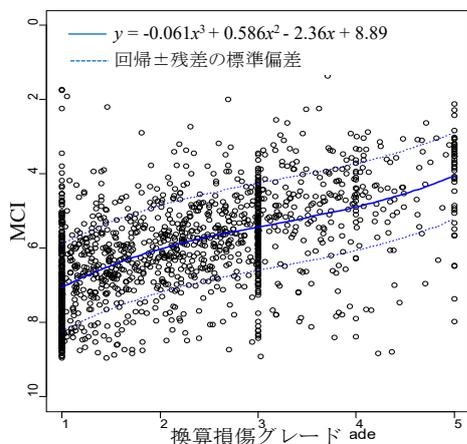


図-10 損傷グレードとMCIの相関

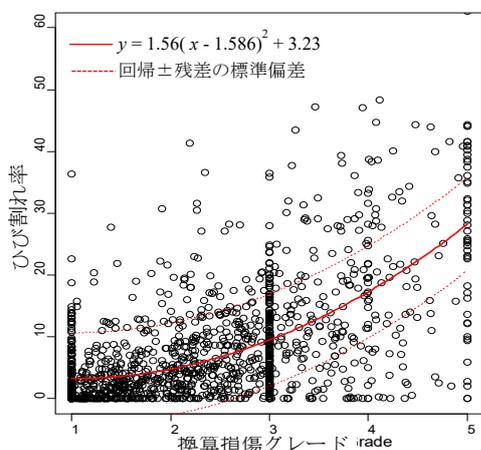


図-11 損傷グレードとひび割れ率の相関

から求めた階層と組合せて総合評価を行うことによっても、重要度と対策優先度を連携した現状の階層評価が達成される。

ここで、提案する道路診断手法による階層評価の可能性の検討として、損傷グレードとひび割れ率に基づき階層化した場合について、損傷診断手法の違いが与える影響の分析を行う。

階層のレベル判定は管理指針に基づき設定する必要があるが、ここでは仮に表-6に示すようなレベル分けを行った。なお、ひび割れ率については舗装点検要領¹¹⁾のアスファルトの診断区分に基づいてレベル分けをしている。損傷グレードとひび割れ率から得られた階層について、クロス分析を行った結果を表-7に示す⁹⁾。表中の値は各組合せの発生頻度、カッコ内の数字は相対度数を表す。表中にハッチを掛けた両診断による階層が一致する的中率は0.71となり、全体的には両手法による階層化結果はよく一致している。限られたデータの範囲ではあるが、提案する手法を用いた対策優先度の階層化の適用性が確認できた。ただし、両診断結果ともに状態の良い1の階層に属するデータが6割を超えて支配的である。状態の悪いデータの蓄積が不足しており、階層の見直しも必要である。

4.4 将来の状態予測の検討

ライフサイクルコストに基づく長期的な維持管理計画の策定には、信頼性の高い劣化予測が求められる。ネットワークレベルの評価では、環境/使用条件や道路の特性の不確実性を考慮するため、一般的に確率統計的な手法が用いられることが多い。英国

表-6 対策優先度に基づく階層化

評価ランク	損傷グレード	ひび割れ率 C_r
1	Grade<3	$C_r<20$
2	$3\leq\text{Grade}<4$	$20\leq C_r<40$
3	$4\leq\text{Grade}$	$40\leq C_r$

表-7 階層間のクロス分析結果

		損傷グレードによる階層		
		1	2	3
ひび割れ率による階層	1	1006 (0.67)	279 (0.19)	64 (0.04)
	2	21 (0.01)	48 (0.03)	57 (0.04)
	3	2 (0.00)	3 (0.00)	18 (0.01)

では、交通省 (Department for Transportation) の道路維持管理効率化プログラムにより、自治体の維持管理計画策定の支援のための一連のソフト (Life Planning Toolkit)¹²⁾ が公開され、英国データに基づく平均的な劣化予測モデルが示されている。実際には、対象地区の実情に合わせたモデルの修正が必要であるが、ここでは基礎的な可能性の検討として、そのデフォルトモデルを用いた評価を行う。

劣化予測にはマルコフ連鎖モデルが用いられ、道路種別に対応した劣化モデルが提示されている。道路種別としては、都市部と郊外部に分類した後、各々を主要道、補助的道路、アクセス道路に細分化し、各々対応する遷移確率行列が与えられている。道路の状態は Very good から Very poor までの 5 段階に分類している。マルコフ連鎖モデルでは、劣化の状態を状態ベクトル $U(n)=\{u_1, u_2, \dots, u_5\}$ 、1 年後に状態 i から j に遷移する確率を遷移確率行列 $P=[p_{i,j}]$ で表すと、初期状態 $U(0)$ から n 年経過後の状態ベクトルは、次式で求められる。

$$U(n) = U(0)P^n \quad (1)$$

道路種別は国内とは異なるが、劣化進展の違いを把握することを目的とした仮の設定として、2 車線以上の一般道を都市主要道、2 車線未満の一般道を都市部補助的道路、住宅道路を郊外部アクセス道路に相当すると仮定し、対応する遷移確率マトリクスを与えた。そして、道路種別ごとに 4.2 で示した損傷診断で得られた 5 段階のグレードの道路延長の割合を初期状態ベクトルとして与え、現状から 25 年間の劣化予測を行った。

都市部主要道を例として、得られた結果を図-12 に示す⁹⁾。交通量、重量車両の割合が多い都市部の主要道は劣化が早く、対策をしない場合は 25 年目には一番悪いグレード V の割合が支配的となり、対策が必要な VI, V の割合が 9 割を超える。

次に、道路種別ごとにグレードとその割合の積を合計し、各道路種別の平均的なグレードの変化を求め、図-13 に示す⁹⁾。都市部の劣化の進展が他の 2 つの道路種別に比べて早い事が分かる。簡単な試算結果であるが、道路種別による劣化進展の違いが確認できる。

図-13 は道路種別で階層化した場合の将来予測と考えることができる。道路種別の代わりに 3.3 で示した重要度から求めた階層を用い、階層ごとの劣化モデルを設定できれば、図-1 の下段に示したような、重要度と対策優先度を連携した劣化予測ができる。さらに、階層ごとの補修/更新といった管理指針を定め、対策による状態変化を考慮した将来予測

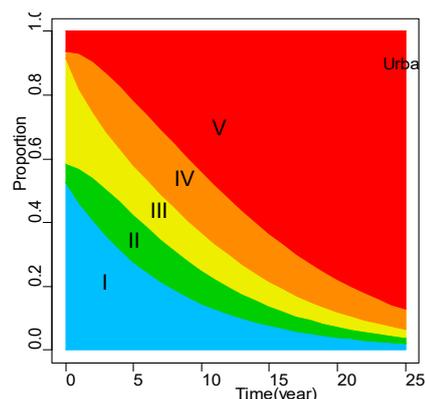


図-12 損傷分布の経年変化 (都市部主要道)

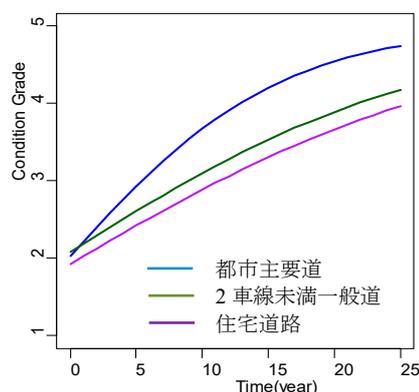


図-13 平均的な損傷レベルの経年変化

を行うことにより、長期計画の立案/投資計画の最適化等への活用が可能となる。

5. おわりに

地方自治体が管理する公共施設/インフラの維持管理の課題が顕在化しており、維持管理の効率化が強く求められている。本報では、維持管理の効率化に向けた公共インフラマネジメントへの取組みの経緯を示した後、道路の階層評価の提案と、階層評価を可能とするための重要度と対策優先度の評価手法に関して検討した内容を示した。

様々な自治体に対する提案活動を継続中、幾つかの自治体との共同研究が実現し、管理する公共インフラの実情の把握と課題の抽出、開発している技術の実証試験の実施等が可能となった。

維持管理の効率化のためにはマネジメント手法の導入は不可欠で、特に階層評価に基づくマネジメントを行うことにより、財政制約にあった管理計画立案が可能となるだけでなく、必要な施設を手厚く管理することによるサービスレベルの維持/向上も期待できる。その実現に向けて、本報では道路の重要度と対策優先度を連携した階層評価手法の提案を行った。2つの手法の連携により、道路の特徴や使わ

れ方のようなソフトの要因である重要度と、損傷状況や劣化進展によるハードな要因である対策優先度を総合的に、かつ客観的に評価した計画立案が可能となる。

道路の重要度の評価は、著者らが開発を進めている都市計画支援ツール PAS を用いて行った。そして、室蘭市で行った実証試験によって、沿線人口や交通量、施設へのアクセス等の様々な要因を考慮した全ての市道の重要度の算定が可能であることを示した。また、重要度を用いた階層化を行い、各階層の管理方針を決めることにより、階層の設定方法による管理費用の削減効果の評価を行った結果を示した。さらに、評価要因の中に道路の損傷度をいれることができれば、重要度と対策優先度を総合的に評価した順位付けが可能となる。

一方、道路診断手法については、英国の道路診断手法の横須賀市における実証試験により得られた成果を示した。提案する手法による損傷診断結果を、従来行われている路面性状調査車による診断結果と比較した結果、両診断結果の関係性は良好で、提案手法の国内への導入の可能性が確認できた。また両手法による診断結果を基に、対策優先度に基づく階層化を行うことも可能であることが分かった。さらに、診断結果を用いた将来予測も可能であり、重要度に基づく階層ごとに予測モデルを設定できれば、ライフサイクルコストを考慮した長期計画の立案への活用が期待される。

ここで示した分析や試算結果は、限られたデータおよび仮定に基づくものであり、信頼性の高い解析技術の確立には、さらに多くのデータの蓄積と解析精度の向上が必要である。また、重要度と対策優先度の連携については、同一地区での両指標の算定ができておらず、さらに継続的な取組みが求められる。

自治体の公共施設／インフラの管理への持続可能なマネジメントの導入、さらには事業の実施が可能となるようなビジネスモデルの構築は、今後の社会的な大きな課題である。その実現に貢献するためには、継続的な提案活動と実証試験等の取組みを通じたデータや情報の蓄積と、それを活用した検討成果の情報発信が重要である。今後も継続的な取組みを継続し、評価手法の高度化と実用化を進めていく。

謝辞

諫早市の検討においては、長崎大学松田教授・宮崎大学森田教授、室蘭市の検討では室蘭工業大学の有村教授・浅田准教授、横須賀市の検討では横浜市立大学の中西教授に様々なご指導を頂きました。また、路面性状調査の実施及び調査結果の分析では、日本道路株式会社技術研究所の方々に多くの協力と助言を賜りました。ここに、謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 例えば、総務省：“公共施設等総合管理計画の策定要請”，報道資料，2014
- 2) 国土交通省社会資本メンテナンス戦略小委員会：“総戦力で取り組むべき次世代の「地域インフラ群再生戦略マネジメント」”，2022
- 3) (一財)地域総合整備財団：“平成26年度研究モデル事業の成果”，平成26年度公民連携調査研究会報告書，pp.21-36，2015
- 4) (一財)地域総合整備財団：“採択5団体における研究モデル事業実施の成果”，平成27年度公民連携調査研究会報告書，pp.84-102，2016
- 5) 稲田裕，米山一幸，加藤雅裕：“道路ネットワーク評価と道路診断を連動したインフラマネジメント手法の提案”，インフラメンテナンス実践研究論文集，Vol.1，No.1，pp.471-480，2022
- 6) 米山一幸，稲田裕，田中博一：“ネットワークモデルによる道路優先度評価のフィージビリティスタディ”，清水建設研究報告，第96号，pp.117-126，2018
- 7) 例えば，長山智則：“維持管理におけるモニタリング技術の利用と研究開発”，コンクリート工学，Vol.56，No.1，pp.9-14，2018
- 8) 例えば，居駒薫樹，浅田拓海，有村幹治，亀山修一：“車載カメラとAIを用いた生活道路舗装劣化DBの構築”，第60回土木画学計研究発表会，土木画学計研究・講演集，2019
- 9) 稲田裕，加藤雅裕，岩崎有佑：“英国道路診断技術の自治体管理道路における実証試験”，土木学会舗装工学論文集，第25巻，pp. L_143-L_151，2020
- 10) 稲田裕，大塚隆寛，加藤雅裕：“ウガンダ国道へのアセットマネジメント導入に向けた道路診断の試行”，土木学会全国大会第77回年次学術講演会梗概集，VI-904，2022
- 11) 国土交通省道路局：舗装点検要領，2016
- 12) Highway Maintenance Efficiency Programme：“Lifecycle planning toolkit incorporating default carriageway deterioration models”，2012