

社会データと橋梁データを用いた 北海道市町村の維持管理特性クラスタリング

新地 振未¹・福澤 健人²・長井 宏平³

¹ 学生会員 北海道大学 工学部環境社会工学科（〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院工学研究院）

E-mail: shinchi.natsumi.l7@elms.hokudai.ac.jp (Corresponding Author)

² 学生会員 東京大学大学院 工学系研究科 博士課程前期課程（〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1）

E-mail: utokyo.ce.kento@gmail.com

³ 正会員 北海道大学大学院教授 工学研究院土木工学部門（〒060-8628 北海道札幌北区北 13 条西 8 丁目）

E-mail: nagai325@eng.hokudai.ac.jp

北海道では人口衰退や財政難などの社会課題に加え、インフラの経年劣化が深刻である。維持管理のための資本不足もあり合理的な維持管理が急務だが、各市町村の状況は様々で考慮する要素が多く、一律の対策検討は難しい。そこで本研究では、異なる市町村状況に合わせた効果的な維持管理指針の提案を実現しうる手法の確立を目指し、多様な要素を含んだ定量的かつ包括的な市町村の分類・分析を行った。社会状況や構造物のオープンデータを用いて 179 市町村をクラスタリングし、結果の可視化とデータ整理による分析から、社会状況の困難度や維持管理体制の特徴、周辺地域への影響など市町村群ごとで異なる現状や課題が明らかになった。この結果は市町村同士での課題共有の促進、国や都道府県による政策立案の定量的指標としての活用が期待できる。

Key Words: maintenance and managements, machine learning, clustering, principal component analysis, municipalities

1. 序論

(1) 研究背景

現在、北海道では人口減少や財政力低下など社会的状況の悪化が深刻な問題となっている。北海道の人口は 1997 年に 569.9 万人でピークを迎えて以降減少を続け¹⁾、国立社会保障・人口問題研究所²⁾によると 2050 年には 382 万人となり、2024 年 11 月と比較すると 25% 減少する。市町村レベルで見ると人口減少の程度に大きな違いが見られる。図-1 は 2020 年人口を 100 とした時の 2050 年の人口の指標を地図上で示したものである。2050 年に 2020 年に対して人口が 50% 以下となる市町村は全 179 市町村中 67 市町村であり、5000 人以下になると予想される市町村は 122 市町村にも及ぶ。ニセコ町や千歳市など観光・農業等の重要産業がある市町村や札幌市など都市周辺は減少が抑えられている一方、歌志内市や夕張市は 70% 以上も減少しており、市町村によって状況が異なることがわかる。また、高齢化が深刻化しており、今後高齢者人口が横ばいに推移していくと予測されているが、生産年齢・年少人口は減少の一

途を辿っており高齢者の割合は増加する一方である。

人口減少・高齢化に加え、財政状況も縮小が続いている。都道府県や自治体の財政状況を示す指標として政府が発表している”財政力指数”がある。財政力指数とは、「地方公共団体の財政力を示す指標で、基準財政収入額を基準財政需要額で除して得た数値の過去 3 年間の平均値」(総務省 令和 4 年度地方公共団体の主要財

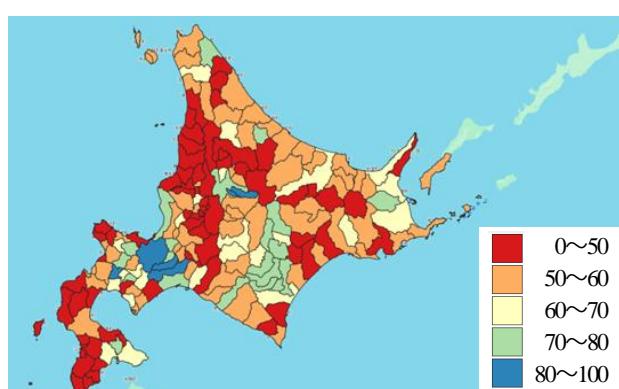


図-1 2020 年人口を 100 とした時の 2050 年の予測人口
国立社会保障・人口問題研究所『日本の地域別将来推計人口（令和 5 年推計）』²⁾より作成

政指標一覧 指標の説明 2022:PI³⁾であり、財政力指数が高いほど財源に余裕があるといえる。全国市町村での財政力指数の平均は 0.49 であるのに対し、北海道市町村の平均は 0.27 と大きく全国平均を下回っていることがわかる。また、財政力指数が全国平均 0.49 を下回る市町村が 164 市町村もあり、全体の 90% 以上である。今後も財政力の低下は必至であると考えられる。

人口の減少・高齢化の進行は労働力不足や税収減に直接的に影響する。人口減により経済活動の鈍化、地域産業の労働力不足を補うためのコスト・社会保障費の増加、これらによる財政力の低下でさらに行政サービスの規模も縮小し、人口流出が加速してさらに税収が減っていくという負のスパイラルに陥り、将来の負担が高くなるため、これを改善する対策が必要である。

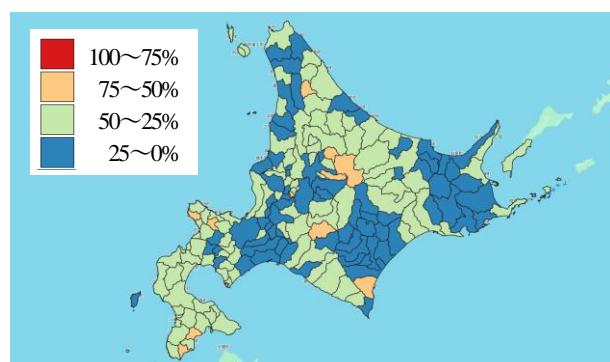
そのような中、北海道の広大な土地の生活を支える社会インフラは高度経済成長期からバブル期にかけて建設が相次ぎ⁴⁾、一般にコンクリート構造物の劣化の進行の目安とされる 50 年が目前に迫っている今、経年化が深刻化している。北海道には 2023 年時点では 3 万 1 千橋以上もの橋梁が存在し、図-2 に示すように、そのうちの 6 割以上に値する約 2 万 3 百橋は市町村管理橋梁であるが⁴⁾、人口が現在の 6 割以下となる市町村が大半となる 2050 年度には、そのほとんどが橋齢 50 年を迎える⁵⁾。図-3 は市町村管理橋梁のうち建設から 50 年以上経った橋梁の数の割合を市町村ごとに集計し、数値で色分けした図であり、(a) は 2025 年度、(b) は 2050 年度の割合を示している。四半世紀後にはどの市町村も橋齢が 50 年となる橋梁が管理橋梁の大部分を占めるようになり、北海道の橋梁の経年化が加速することがわかる。経年化が必ずしも劣化に結びつくわけではないものの、その多くは修繕の時期を迎えていたのが現状である。

国土交通省では、2012 年に発生した 笹子トンネル天井板落下事故を契機に、全ての道路管理者に対し、2014 年 7 月より点検の実施を義務化している⁶⁾。この事故では死者 9 名、負傷者 2 名の被害があり、原因が点検の怠慢にあったことから、社会的にもインフラの老朽化・維持管理に関心が高まった。このように近年インフラ維持管理の重要性や修繕の必要性が高まっている。

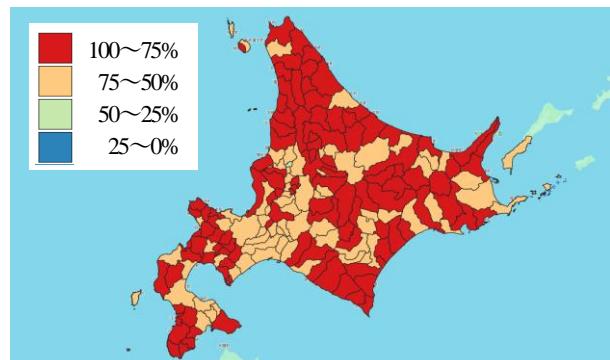
土木における維持管理が重要となる一方で、土木に投入できる資本は限られている。北海道の土木費および道路橋梁費歳出は 1998 年をピークに減少していたが近年は上昇傾向にある⁷⁾。これは経年劣化に伴い、維持修繕の費用が増大していることを表している。財政収入が減少し予算は減少する一方、土木費は増大するため、土木が財政を圧迫していることが問題視されている。土木のコストを抑えるためには適切で効率的な運用が必要とされ、そのためには人的コストも必要となってくるが、北海道には土木職員数が 2、3 人しかいない



図-2 北海道に存在する橋梁の管理区分⁴⁾



(a) 2020年の橋齢が 50 年以上の橋梁数割合



(b) 2050 年の橋齢が 50 年以上の橋梁数割合

図-3 市町村管理橋梁のうち橋齢が 50 年以上の橋梁数割合⁵⁾

い市町村も存在し⁸⁾人員不足が課題の一つになっている。

(2) 研究目的

財政の悪化・人口減少など市町村規模の縮小により収入が減少し、土木にかけられる予算は少なくなる一方で、構造物の経年劣化は止まらず維持管理・修繕にかかるコストは増大していく。しかし、問題は土木だけではないため、土木にあてられる人的・財政的な資本には限りがある。インフラをすべて良い状態に保つのは現実的に難しく、適切かつ効率よく維持管理していくことが近年求められている。

しかし、これらを判断するには検討すべき要素が多

い。たとえばインフラの状態を計る材料は、建設年度・健全度・規模などがあげられる。土木の維持管理状況やその方向性を見直すべきかの基準には、人口・財政などの市町村規模、構造物の状態の傾向、交通状況等の周辺地域への影響などが要素となる。これらのデータ自体は行政のオープンデータだけでも数多く存在し、地域の特性は市町村職員がわかっているものの、総合的に思案するのは容易ではない。加えて、社会的現状や将来負担、構造物の状態は179ある北海道市町村によって様々であり、「いくらの費用があれば十分なのか」「問題視すべきラインはここである」などのすべての市町村に適用できるような明確で一律の基準や方法が存在しない。つまり、市町村によって異なる状況に合わせて維持管理の指針を提案する必要がある。

定性的で複雑な状況を、定量的に判断できるようになれば、構造物の運用の指針や土木に割くべき裁量、早急に維持管理に取り掛かるべきかどうかなどを総合的かつわかりやすく検討できるようになる。そのため、本研究では、多種にわたる要素を定量的かつ一括で分析できる方法を作りたいと考えた。また、似た特徴のある市町村をグルーピングすることで共通の問題が判明するだけでなく、それらの地域同士で課題を共有でき、解決方法を共同で検討し、より効率的な維持管理が期待できる。さらに、分類の結果を図や地図上に表示することで問題を可視化でき、多くの人にわかりやすく伝える材料にもなる。この分析により北海道の土木状況の改善を試みると共に、オープンデータの利用により他の市町村や都道府県においても再現できる方法にすることで、都道府県単位や地方整備局単位で市町村をガイドするための指標づくりの手段の一つとなることが期待できる。

(3) 既往研究と本研究の位置づけ

土木の効率的な維持管理のために、インフラ構造物の劣化状態に対する判定指標の検討が数多く行われている。国土交通省は道路及びその関連施設の諸元や点検結果を全国道路施設点検データベースにて一般に公開した⁹⁾。基礎的なデータベース部分はネット上で無料公開されており、誰もがアクセスできる。この公開データのもととなる道路橋定期点検要領⁹⁾に基づいた点検結果を用いて、土木学会はインフラを分析している。この分析結果をまとめた土木学会公表の「インフラ土木診断書⁹⁾」では点検結果や維持管理体制から現在のインフラの健康状態を評価しており、将来の傾向分析まで行っている。龍田ら¹⁰⁾は橋梁の諸元や周辺環境の様々なデータを用いて機械学習により橋梁の劣化予測を行うモデルの構築の研究を行っている。これらは橋梁単体の物理的な状態を示すのみで、構造物の劣化の

社会的要因の検討には至っていない。

インフラのコスト削減の方法として橋梁の統廃合があるが、橋梁の撤去が及ぼす周辺住民や経済活動への影響を分析する研究も盛んに行われている。井林ら¹¹⁾は橋梁撤去時の迂回路の有無・距離を、ダイクストラ法を応用して解析し、市町村単位での地域特性の把握を試みている。岩柳ら¹²⁾は橋梁廃止による維持管理費用の縮減効果と地域の利便性低下による損失を計算し維持管理の在り方を検討している。道路縮減や橋梁廃止による社会的損失の大きさを定量的な指標から検討する研究も多く、大窪ら¹³⁾は橋梁廃止時の通行回数の増加具合を重要度の指標として提案している。大坪・寺山¹⁴⁾は橋梁の健全性や道路特性から橋梁の統廃合の枠組みを作成し、道路網の類型化を行い、これを定量指標として橋梁の重要度を検討している。これらの橋梁廃止時の地域への影響の研究の対象エリアは限定的であり、橋梁の管理自治体レベルでの検討は行えていないため、よりマクロな視点での議論が必要である。

広いエリアでの性質比較の研究として、九澤ら¹⁵⁾は生活脆弱性や施設の撤退可能性を町字ごとに類型化し評価することで、定量指標として提案し将来の生活脆弱性のモデル構築と対策検討を行っている。このようなエリアでの包括的な検討を土木の維持管理で行うことと市町村特性に合わせた方針が検討できると考える。

地域特性に応じた効率的な維持管理をするために、橋梁点検データやオープンデータを用いた研究がなされている。福澤ら¹⁶⁾は北陸4県の計81市町村を事例対象とし、橋梁統廃合の指針策定のための定量指標の提案を目的とした各市町村の類型化を行った。各市町村の社会課題や橋梁の現状を表す変数を複数用いて、市町村をクラスター分析で分類し、各クラスターの特徴や異なる維持管理状況を明らかにしている。

既往研究では、構造物単体の物理的状況やインフラの一つを対象に地域への影響を評価するものが多いが、対象の構造物に関連する要因を内包した分析はあるものの、地域の社会状況などの直接的には結びつかない外的要因を加味した分析は少ない。また、対象地域が限定的なものが多く、自治体レベルで比較を行っているものはほぼ存在しない。社会的要因を包括した分析と市町村比較を実現しているのが福澤らであり、本研究はこの研究を先行研究としているが、先行研究は橋梁統廃合を検討するための定量的な指標の策定を目的としている。一方、本研究は橋梁の統廃合のみにとどまらず、負担が高くなる将来に向けた維持管理の方針の策定のため、現在の市町村の維持管理体制および社会状況の現状評価を目的としている。この目的に沿って、構造物の状態はもちろん、社会課題や周辺地域との相関などのより社会的なデータを組み込んだクラ

スタリングを行うことで、類似の特徴をもつ市町村同士を分類している。また、地域性を反映させたデータを分析に組み込むことで、地域ならではの現状を内包しているという点も本研究の有意性であると考える。

2. 分析に用いるデータ

(1) データの選定基準

本研究では、前述した北海道の課題やインフラの課題に基づき、インフラの維持管理の困難さと北海道の179市町村ごとに異なる状況を説明するデータを用いる。また、地域住民の生活に大きな影響をもたらす橋梁をインフラの代表として取り上げ、市町村管理橋梁の状況を表すデータを使用する。データセットに組み込むデータは①市町村規模が今後縮小していくこと、②橋梁の維持管理の将来までにわたる難しさ、③周辺住民の生活にインフラが影響を大きくもたらすこと、の3つを基準にこれらの状況を示す市町村単位のデータと橋梁単体のデータを用いる。使用データは、スーパー・コンビニの施設位置情報を除き、すべて政府・自治体が公表しているオープンデータを利用し、2024年12月28日時点で公開されているデータを使用している。

(2) 使用するデータ

a) 市町村に関するデータ

北方領土を除く、北海道179市町村の市町村単位のデータには、政府の統計窓口(e-Stat)¹⁷⁾の社会・人口統計体系、国土数値情報ダウンロードサイト¹⁸⁾、総務省の地方財政状況調査関係資料³⁾¹⁹⁾、気象庁HP²⁰⁾にて政府・北海道が公表しているオープンデータを使用した。使用した市町村単位のデータとその出典を表-1に示す。国土数値情報のデータは地理空間情報となっているため、GISのソフトウェアであるQGISを利用して施設を抽出しカウントする手法で集計した。気象庁のデータについて、気候状況を抽出するための気象台やアメダ

スはすべての市町村に存在するわけではないため、存在しない市町村においては役所の位置と近隣の気象台の位置関係から一番近い気象台もしくは複数の気象台を選定し、一つであればその値を、複数選定であればその平均を市町村のデータとして採用した。スーパー・コンビニの位置情報はロケスマWEB²¹⁾を運営している株式会社デジタルアドバンテージより購入した店舗データベースに依拠している。

b) 橋梁に関するデータ

本研究で取り扱う対象となる橋梁は、北海道にある橋梁のうち市町村管理橋梁のみである。これらの橋梁に関するデータは、国土交通省が公開している全国道路施設点検データベース⁹⁾と長井ら²²⁾が公開しているOpenStreetMapを用いた橋梁迂回路計算結果から取得した。橋梁のデータは緯度経度・管理自治体の情報とリンクしているため、それらをもとにQGISを用いて市町村ごとにカウントして集計した。使用した橋梁単位のデータとその出典を表-2に示す。

劣化状況を表す指標として、国土交通省がまとめている道路橋定期点検要領⁶⁾の中で橋梁の健全性の診断結果として定められている判定区分を利用する。判定区分は表-3の通りであり、本研究では、判定区分Ⅲおよ

表-3 道路橋定期点検要領⁶⁾で定められる判定区分

区分		状態
I	健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III	早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講すべき状態。
IV	緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講すべき状態。

表-1 市町村単位のデータ

出典	使用データ
政府の統計窓口(e-Stat) ¹⁷⁾	総人口(人), 60歳以上人口(人), 将来推計人口2045年度(人), 総面積(ha), 可住地面積(ha), 森林面積(ha), 人口(250mメッシュ)
国土数値情報 ¹⁸⁾	医療機関数, 学校数
総務省・地方財政状況調査関係資料 ³⁾¹⁹⁾	基礎財政収入額(千円) ¹⁹⁾ , 道路橋りょう費(千円) ¹⁹⁾ , 財政力指数 ³⁾
気象庁HP ²⁰⁾	日最低気温0°C未満日数(日), 觀測台位置
ロケスマWEB ²¹⁾	スーパー数, コンビニ数(ただし, どちらもチェーン店のみ)

表-2 橋梁単位のデータ

全国道路施設点検データベース ⁵⁾	緯度, 経度, 架設年度, 橋長(m), 判定区分, 迂回路有無 ²²⁾ , 迂回路距離(m) ²²⁾
------------------------------	---

びIVの橋梁を劣化橋梁として抽出する。

また、迂回路計算結果とは、一つの橋梁が通行不可になったと仮定した場合の仮想の交通ネットワークにおいて橋梁の始点から対岸に向かう最短の迂回路を計算したものである。この迂回路距離データは位置情報をもった橋梁ひとつひとつに結びついているデータとなっている²²⁾。QGISによって迂回路計算結果を可視化したものが図-4であり、橋梁一橋を始点と終点としたピンクの線の長さが迂回路距離に該当する。

3. 分析概要

本研究の分析手順の概要を図-5に示す。まず、市町村に紐づいた社会的な状況や維持管理体制を示すデータを収集し、それらを整形して変数を設定する。この変数セットを用いてクラスター分析で市町村分類を行い、主成分分析で可視化軸の設定とその意味を検討する。クラスタリング結果に基づいたデータ整理を行い、クラスターの特徴や課題を分析・評価する。

(1) クラスタリング

クラスタリングとは、データ分析手法の一つであり、データの類似度を割り出しそれに基づいてデータ群を複数のグループ(=クラスター)に分けるものである。目的変数の設定のない教師なし学習の一つであるため正解はなく入力データから最適なパターンを出力する。クラスタリングには階層クラスタリングと非階層クラスタリングの2種類がある。本研究ではクラスタリングの結果を市町村の維持管理状況の性質として解釈するため、細分化されすぎる・大局的すぎるクラスタリング結果になるのを防ぐために、あらかじめクラスタリング数を設定できる非階層クラスタリングを採用し、その中でも一般的な k-means 法を用いた。k-means 法では複数の初期の代表点を設定し、代表点と個別データの距離を計算して、一番近い代表点を中心とするクラスターに所属する、といったプロセスを繰り返して、重心や所属の変化がなくなったときに最終的な結果を得る。k-means 法はランダムに設定される初期の代表点によって結果が左右されやすい。そのため、最適な初期値を得るために異なる初期値で行ったクラスタリングの結果をシルエット分析により評価し、その中で最も良い結果を採用した。シルエット分析は、シルエットスコアという各個別データがクラスター内の他の個別データとどれだけ近いか、および別のクラスターとの距離がどれだけ離れているかを同時に評価する値を算出する方法である。シルエットスコアは値が大きいほどクラスタリングの質が高いことを示す。本研究ではシルエット分析で得られた結果を用いることで初期代



図-4 徒歩路計算結果²²⁾の可視化

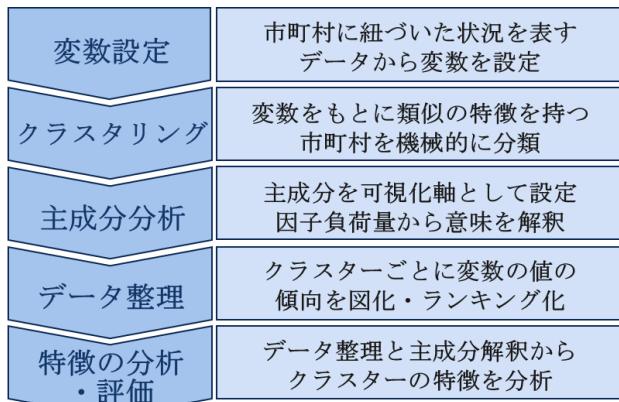


図-5 分析手順の概要

表点による質の揺らぎを軽減し、かつ分類するクラスター数をシルエット分析の結果で最適とされた数を採用することで、恣意を除いて定量的に分析を行う。データセットによりシルエット分析の結果は異なるため、クラスター数も各データセットで異なる。

本研究では、設定したデータセットを使ってクラスタリングを用いて市町村分類を行い、得られた各市町村グループ(=クラスター)を分析し、北海道市町村の維持管理状況を評価する。クラスタリング結果の可視化には後述する主成分分析で得られる主成分を用いた。

(2) 主成分分析

主成分分析とは多量の変数を持つデータセットに対し、それらを要約した別の変数(主成分)を生成することで、次元削減を行い、それらの変数の散らばりや関係性を説明することができるデータ分析手法である。多量のデータ情報を反映させながら次元を削減し、ベクトル空間上で可視化できる。

本研究では主成分分析で得られた主成分を軸に、主成分得点に基づいて市町村をプロットしクラスタリングの結果を可視化した。さらに、因子負荷量によって変数の主成分への影響の度合いを定量的に分析し主成分を解釈する。これらから市町村の分布や分類の特徴、

クラスターの凝集度・分離度を分析する。

また、クラスタリングでは一般に高次元でのデータを扱うときには事前に次元削減を行い、得られた要約変数を用いて分析を行うが、市町村状況を直接反映させた分析を行う必要があるため、本研究では事前の次元削減は行わない。

(3) データの使用方法

本研究では、収集したデータを正規化した説明変数を用いて、クラスタリングおよび主成分分析を行う。取得したデータをそのまま使用すると、データスケールによる影響が大きいためである。正規化は条件に該当する数を母数となりえる全数で割る形で行った。たとえば、可住地面積を総面積で割る、条件に該当する施設数を全施設数で割るなどである。また、正規化により無次元化は行われているが分布に偏りが生じているため標準化も行っている。

さらに、機械学習処理後、各クラスターの特徴をより直感的かつ論理的に分析するためにクラスタリングに使用したデータの値をそのまま用いて整理する。主成分分析やデータ整理から得られる情報をもとに、各クラスターの特性を定量的かつ包括的に分析するとともに維持管理の観点から現状・将来を評価する。

4. 変数設定と分析結果

(1) 北海道の課題に基づく変数設定

本研究では、北方領土を除く、北海道 179 市町村の分類の実行とその特長・現状の分析を行う。そのため、選定したデータから得られる変数は、前述した北陸4県に関する既往研究¹⁰⁾で用いられた変数を参考に、「市町村スケールでの維持管理の困難さを多様な角度から定量的に表す」という視点と「積雪寒冷地で広大である」という北海道の地域性を加味して設定した。

用いた変数は表-4に示す 17 個であり、(a) 市町村特性、(b) 市町村管理橋梁の特性、(c) 利用住民の利便性、の 3 ジャンルに分かれている。

a) 市町村特性

北海道には 179 市町村も自治体があり、かつ広大であるため市町村ごとに様々な性質や状況をもつ。この各市町村の現状やインフラ維持管理のポテンシャルを表す指標を用いて、市町村規模の縮小度合いや維持管理の困難さを計る。属する変数は 7 個で以下の特性を示す。

社会的状況：人口減少・高齢化の深刻さを表す。

地理的状況：生活圏の大きさやインフラ施設の所在までの行きにくさを表す。

財政的状況：財政の余裕、土木への裁量を表す。

気候状況：橋梁劣化に影響する気候特性を表す。

前述したとおり、北海道では少子高齢化・人口減少が顕著な問題であり市町村によって進行具合はバラバラである。生産年齢人口の減少は税収減や労働力不足の大きな原因であるため、市町村の社会的規模の縮小に直接結びつく指標として「総人口あたりの 60 歳以上人口」「総人口あたりの推計人口減少数(2020 年→2025 年)」を変数に設定した。「可住地面積」「森林面積」はどちらも総面積あたりの割合としているため足すとほぼ 1 で一対一対応になるような数値としては同質の値だが、「可住地面積」は住民の経済活動圏の大きさ、「森林面積」はインフラ維持管理のしにくいエリアの大きさを示しており、性質において被りのない変数として 2 つ設定した。「基準財政収入額あたりの道路橋りょう費」はこの値が大きいほど、土木が財政を圧迫していると解釈する。「財政力指数」は土木にかかわらず市町村全体の財政力を示し、市町村の規模感をそのまま映した指標と言える。

表-4 クラスタリングに用いた説明変数(計 17 個)

ジャンル	説明変数
(a) 市町村特性	<ul style="list-style-type: none"> [社会的状況] <ul style="list-style-type: none"> ・総人口あたりの 60 歳以上人口 ・総人口あたりの推計人口減少数(2020 年→2045 年) [地理的状況] <ul style="list-style-type: none"> ・総面積あたりの可住地面積 ・総面積あたりの森林面積 [財政的状況] <ul style="list-style-type: none"> ・基準財政収入額あたりの道路橋りょう費 ・財政力指数 [気候状況] <ul style="list-style-type: none"> ・年間冬日日数割合
(b) 市町村管理橋梁の特性	<ul style="list-style-type: none"> [規模状況] <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁数あたりの橋長 10m 以下の橋梁数割合 [経年状況] <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁数あたりの 2045 年度橋齢が 50 年以上橋梁数割合 [劣化状況] <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁数あたりの判定区分が 3, 4 の橋梁数割合
(c) 利用住民の利便性	<ul style="list-style-type: none"> [橋梁の迂回状況] <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁数あたりの迂回路無し橋梁数割合 ・橋梁数あたりの迂回路 2km 以上橋梁数割合 [生活圏状況] <ul style="list-style-type: none"> ・医療機関総数あたりの橋梁から半径 500m 以内に存在する医療機関数 ・学校総数あたりの橋梁から半径 500m 以内に存在する学校数 <ul style="list-style-type: none"> ・スーパー総数あたり半径 500m 以内に存在するスーパー数 ・コンビニ総数あたり半径 500m 以内に存在するコンビニ数 ・総人口あたりの橋梁から 500m 以内に住む人口総数割合

また、積雪寒冷地である北海道では、凍害による構造物の劣化が起こることが特徴的な劣化要因のひとつである。このことから、[気候状況]の指標を設定し、寒冷地由来の維持管理への弊害を反映させた。「年間冬日日数」について、冬日とは「日最低気温が0°C未満の日」である。一方、インフラ構造物の劣化原因の一つである凍害は構造物が凍結融解を繰り返すことで劣化が進む現象であるため、融点である0°Cを前後する冬日の多さによって、凍害の影響の大きさを計ることが可能であると考え、変数に組み込んだ。

b) 市町村管理橋梁の特性

橋梁はますます劣化が進み、規模も多様である。現状の劣化具合や将来の深刻化の進み具合を橋梁単体のデータから計る。属する変数は3個で以下の特性を示す。

規模状況：橋梁の大小で管理のしにくさを表す。

経年状況：橋梁の老齢化の度合いを表す。

劣化状況：橋梁の劣化の深刻さを表す。

国管理・道管理の橋梁に比べ、市町村管理橋梁は細かい市町村道にもかかっていることから橋梁そのものの大きさが小さいものが多く、数の多さによる管理のしにくさがある。中にはほとんど人通りがないような箇所に数人のために設置されている橋梁もあり、廃止が検討されているものが少なくない。ここでは規模の小さい橋梁が広域に点在することで、各橋梁の点検の移動ロスや維持管理にかかる作業の発注・調書作成多く発生し、様々なコストが増大するとして、閾値を10mと任意に設定し、「橋長10m以下の橋梁数割合」の値が大きいほど維持管理の手間がかかると考える。

「2045年度橋齢が50年以上割合」では橋梁の一般的な耐用年数と言われる50年を基準に将来的な劣化の深刻化の具合を計る。また、「判定区分」の変数は表-3で示した基準のうち早期に措置が必要とされる判定区分III, IVの橋梁の多さを現在の劣化の具合として用いる。

c) 利用住民の利便性

橋梁をはじめとするインフラ施設は周辺住民の生活にダイレクトに影響する。橋梁一つの有無が生活利便施設へのアクセスや経済行動にもたらす影響をこの指標により計る。属する変数は7個で以下の特性を示す。

橋梁の迂回状況：橋梁廃止時の交通利便性の低下具合を示す。

生活圏状況：訪れるために橋梁を必要とする施設数からインフラの社会的な重要度を表す。

迂回状況の2変数は1橋梁廃止時の交通への影響を表しており、値が大きいほど橋梁廃止時の交通の便が低下すると考える。また、これらの割合が高いほど橋梁の取扱選択が難しくなるため、橋梁廃止による土木コストの削減が検討可能かどうかの指標にもなっている。

生活圏状況に該当する変数の中で、「医療機関総数



図-6 橋梁から500mの円と学校位置

あたりの橋梁から半径500m以内に存在する医療機関数など“施設全数あたりの橋梁から半径500m以内に存在する施設数”の変数がある。これは橋梁から半径500m以内に位置する対象施設の抽出を全橋梁に対して行い、市町村ごとに抽出した施設の数をカウントし、それを市町村内に存在する対象施設の全数で割った割合である。図-6は橋梁から500mの円と学校の位置を、QGISを用いて表した図であり、水色の円の中にある学校の数を市町村ごとにカウントしているとわかる。

この「橋梁から500m以内の施設数」の変数では、橋梁が一つなくなることによって周辺住民の社会活動がしにくくなることを示す。高齢化と過疎化が進む地域においては公共交通機関の縮小が相次いでいるため、徒歩または自動車で通えるかどうかが重要な要素である。その中で“スーパー数”“コンビニ数”は生活必需品=最低限の生活へのアクセスのしやすさを表す。北海道は居住圏の狭さや住民の少なさからスーパーが少ない、またはない地域が多い。そのような地域では、コンビニがスーパーの機能を果たしているケースが多いため、本研究ではスーパーだけでなく、コンビニを変数の一つに設定した。集計対象のスーパー・チェーン数は48、コンビニ・チェーン数は7である。「総人口あたりの橋梁から500m以内に住む人口総数割合」では、この数値が高いほど橋梁の利用頻度が高いと考える。

なお、“2km”, “500m”的閾値は橋梁と周辺の関係を設定している既往の研究が存在しないため、本研究では徒歩圏内として許容できる距離を考慮し任意に設定した。橋梁廃止による道の分断が周囲の利便性を大きく損なうことから、迂回路・施設数のどちらも橋梁の重要度を示す変数であり、現状において適切な維持管理の必要性がどの程度なのかを評価する指標となりえる。

(2) 北海道市町村のクラスタリング

表-4に示した変数を用いてクラスタリングを行って得られた市町村分類を表-5に示す。シルエットスコア

による最適クラスター数は 13 であったため、市町村は 13 個に分類されている。また、クラスター 8 と 13 がそれぞれ泊村と神恵内村からなる 1 市町村のみのクラスターとして生成されており、特徴的な結果が示された。

また、クラスターの市町村分類を地図上で可視化した結果を図-7 で示す。図-7 からクラスターの所属がエリアで偏らず満遍なく分散されていることがわかり、地理的要因以外の要素で分離が行われていると示された。

さらに、座標平面上に主成分得点に基づいて市町村をプロットし可視化した結果が図-8 である。クラスター

の境目を凸包によって明示し、クラスターに属する市町村の代表として凸包を形成する市町村名を表示した。図-8 からクラスターごとの分離・凝集の程度がわかり、主成分が軸であるため座標平面上でも特徴を分析することができる。神恵内村が外れ値のようにプロット上にも表れている一方、泊村は他の市町村のプロットと近い位置に配置されているにもかかわらず個別のクラスターで表れているため、特異な特徴量が存在すると考えられる。なお、図-7 の地図表示と図-8 の凸包は色が対応している。

表5 クラスタリングによる市町村分類

クラスター	市町村名
1	三笠市, 今金町, 黒松内町, 蘭越町, 積丹町, 浦臼町, 沼田町, 上川町, 南富良野町, 美深町, 音威子府村, 中川町, 幌加内町, 初山別村, 中頓別町, 滝上町, 陸別町, 浦幌町, 白糠町 (計 19 市町村)
2	芦别市, 厚沢部町, 島牧村, 新十津川町, 雨竜町, 北竜町, 当麻町, 苦前町, 遠別町, 天塩町, 浜頓別町, 利尻町, 清里町, 置戸町, 西興部村, 壮瞥町, 豊頃町, 厚岸町, 標茶町, 鶴居村 (計 20 市町村)
3	函館市, 小樽市, 赤平市, 深川市, 富良野市, 登別市, 伊達市, 北斗市, 当別町, 知内町, 鹿部町, 八雲町, 江差町, 寿都町, 京極町, 岩内町, 古平町, 仁木町, 余市町, 赤井川村, 栗山町, 和寒町, 増毛町, 白老町, 洞爺湖町, むかわ町, 浦河町, えりも町, 新ひだか町, 新得町 (計 30 市町村)
4	網走市, 滝川市, 新篠津村, 大空町, 音更町, 土幌町, 清水町, 芽室町, 中札内村, 更別村, 幕別町, 浜中町, 別海町, 中標津町 (計 14 市町村)
5	留萌市, 奥尻町, 小平町, 羽幌町, 礼文町, 利尻富士町, 羅臼町 (計 7 市町村)
6	稚内市, 真狩村, 奈井江町, 月形町, 比布町, 美瑛町, 上富良野町, 猿払村, 豊富町, 幌延町, 斜里町, 小清水町, 訓子府町, 佐呂間町, 湧別町, 興部町, 雄武町, 安平町, 上士幌町, 鹿追町, 大樹町, 池田町, 本別町, 弟子屈町, 標津町 (計 25 市町村)
7	夕張市, 歌志内市, 松前町, 福島町, 木古内町, 上ノ国町, 乙部町, せたな町, 上砂川町 (計 9 市町村)
8	泊村 (計 1 市町村)
9	釧路市, 北見市, 名寄市, 根室市, 石狩市, ニセコ町, 留寿都村, 俱知安町, 共和町, 鷹栖町, 東川町, 美幌町, 厚真町, 新冠町, 釧路町 (計 15 市町村)
10	岩見沢市, 美唄市, 砂川市, 南幌町, 由仁町, 長沼町, 妹背牛町, 秩父別町, 中富良野町, 力避町 (計 10 市町村)
11	札幌市, 旭川市, 室蘭市, 帯広市, 苦小牧市, 江別市, 千歳市, 恵庭市, 北広島市, 七飯町, 東神楽町 (計 11 市町村)
12	紋別市, 士別市, 森町, 長万部町, 喜茂別町, 愛別町, 占冠村, 下川町, 枝幸町, 津別町, 遠軽町, 豊浦町, 日高町, 平取町, 様似町, 広尾町, 足寄町 (計 17 市町村)
13	神恵内村 (計 1 市町村)

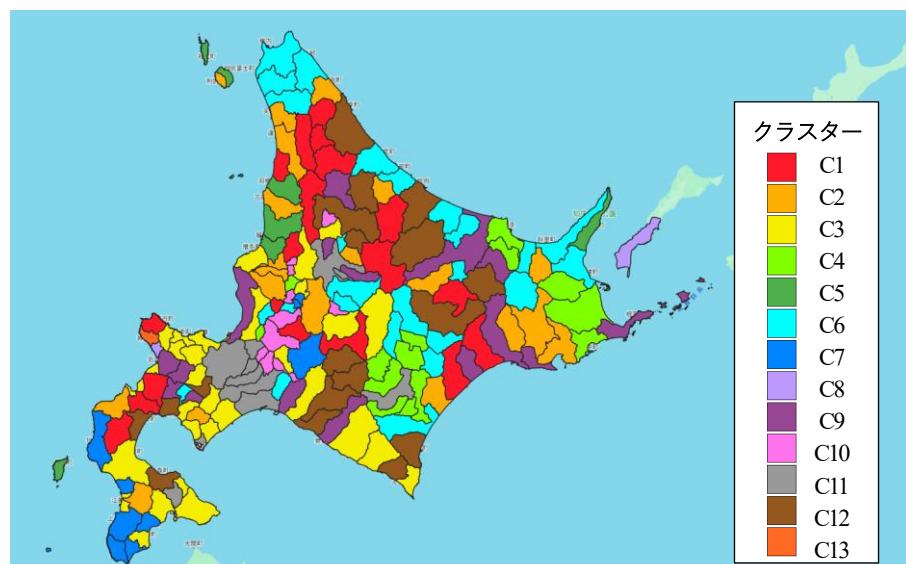


図-7 クラスタリングの結果の地図表示

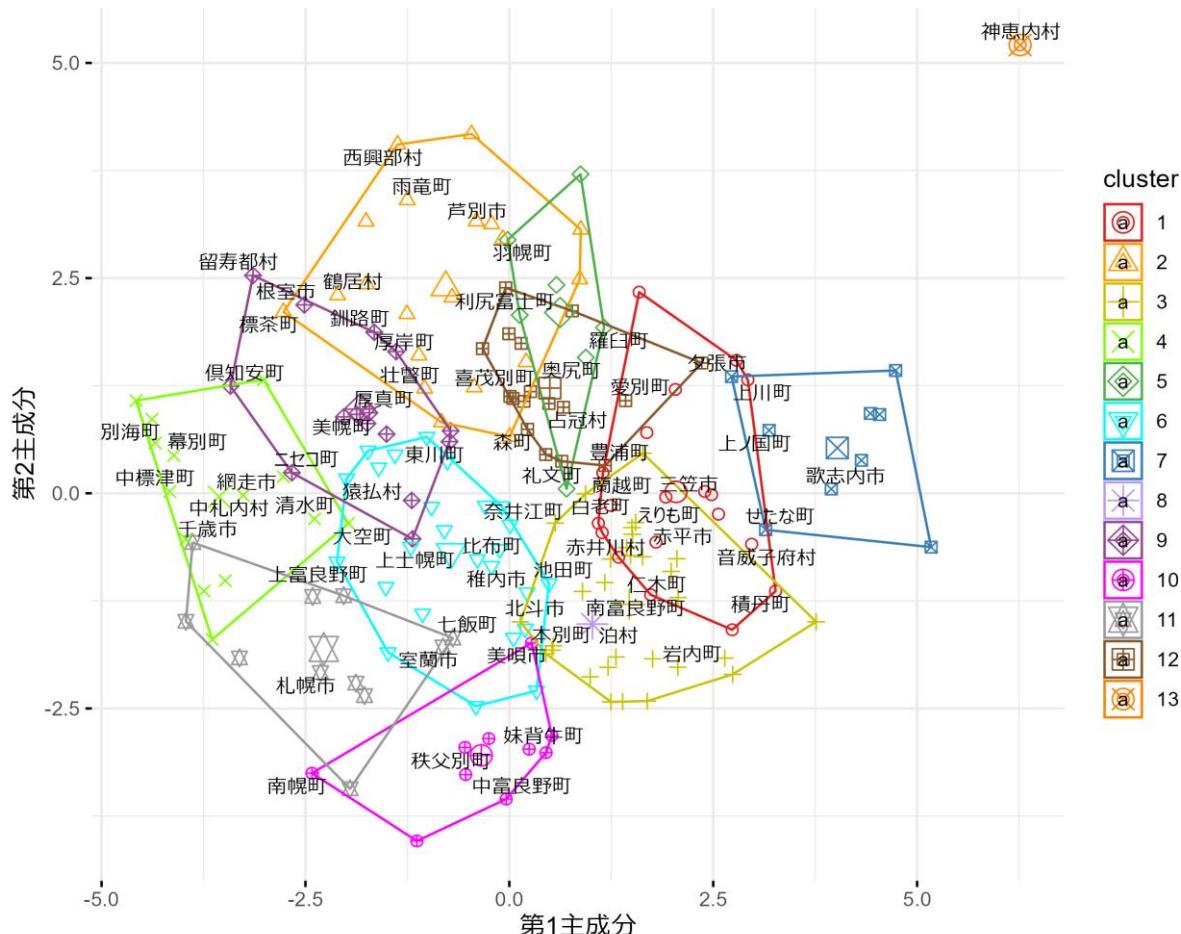


図-8 主成分を軸としたクラスタリングの可視化

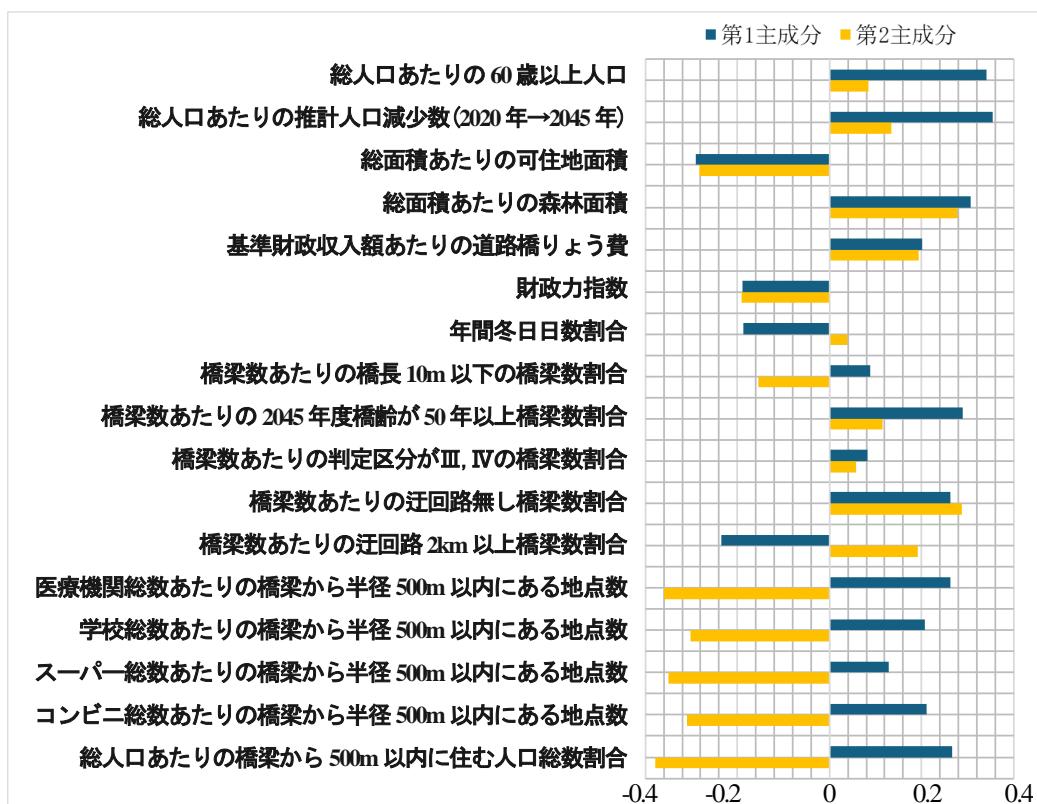


図-9 クラスタリングに用いた変数の主成分に対する因子負荷量

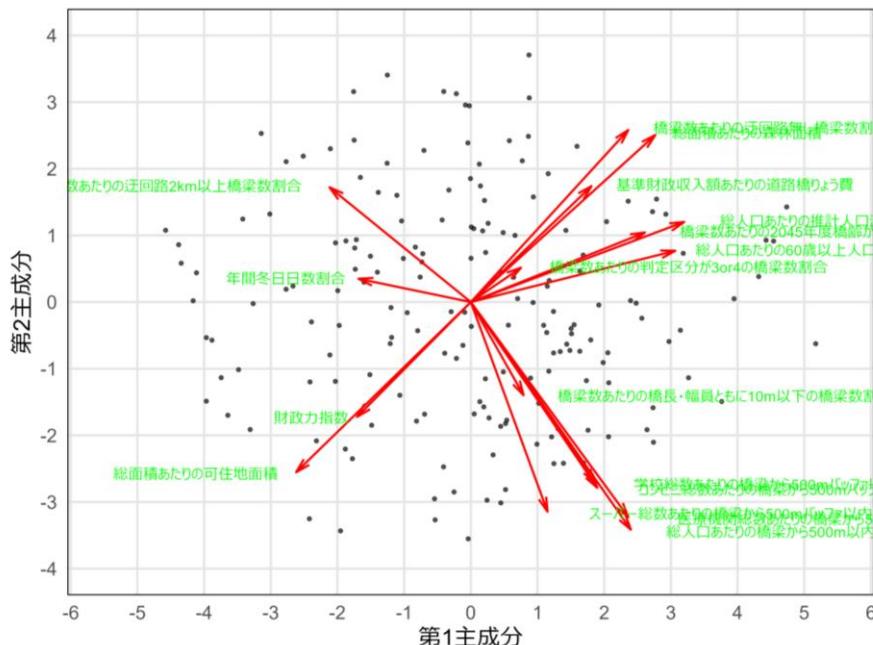


図-10 因子負荷量のベクトル図

(3) 主成分分析による可視化軸の解釈

各説明変数の因子負荷量に基づき、第一主成分と第二主成分の解釈を行う。ここで第一主成分と第二主成分に対する変数の因子負荷量を図-9に示し、それらを図-10でベクトル図化して示す。この主成分解釈では、因子負荷量の値がそれぞれ上位の変数を各主成分に影響を及ぼす主たる要因として重視して解釈している。そのため、たとえば生活圏状況に該当する変数は第一主成分と第二主成分で符号が真逆に出ているが、第一主成分においては生活圏状況の影響は内包として留め、市町村特性の変数の値を重視して解釈している。

第一主成分(PC1)では、人口減少・高齢化の割合や森林面積、迂回路なし橋梁数の割合、橋齢50年以上の橋梁数割合が+側に、可住地面積割合、迂回路2km以上の橋梁の割合、財政力指数の割合が-側に影響を与えていた。このことから第一主成分は市町村の様々な指標における老齢化や地理的な維持管理の困難さといった”過疎化が進み、橋梁管理がしにくい状況の程度を示す指標”であり、市町村の第一主成分に対する主成分得点が+に位置するほど人口衰退が深刻で、インフラの維持管理が物理的にしにくい市町村であると解釈できる。また、第一主成分の寄与率は、0.249であった。

第二主成分(PC2)では、迂回路なし or 2km以上橋梁数の割合・森林面積・道路橋梁費の逼迫度合いが+側に、橋梁から500m以内に住む人口の割合・橋梁周辺の施設数の多さが-側に影響を与えている。このことから第二主成分は迂回路の充実度や経済活動圏の規模感といった”橋梁の密集度や生活活動圏の大きさを示す指標”であり、市町村の第二主成分に対する主成分得点が+にあるほど橋梁廃止時の代替経路の確保の困難さが激

しく、一橋の重要性が増すと解釈できる。一方、-側に位置している市町村は橋梁密集度が高く、可住地面積の広さに対し橋梁の利用頻度が高いことから河川が多い市町村であると推測される。第二主成分の寄与率は0.174であった。

この主成分解釈では、たとえば第一主成分で、維持管理がしやすいとされる-側に劣化の要因である年間冬日日数の因子負荷量が大きく出ていたり、第二主成分では、周辺施設から得られる利用頻度と迂回路から得られる代替路としての重要度が反対に向いていたりと解釈が難しい結果も表れている。この点は、本研究の課題として今後検討・改善の余地があるためいっそ考察が必要である。

(4) クラスタリング結果に基づいたデータの整理

クラスタリングの結果に基づき、分類の特徴を元のデータから定量的かつ直感的に理解するために、各クラスターの変数ごとの平均値のランキングを表-6に示す。この表を横に見ると変数別のクラスター平均値の順位となっており、順位が高いほど変数がそのクラスターの維持管理の困難さに影響を及ぼしていると解釈する。表を縦に見るとクラスターの各変数での順位一覧となっており、順位の高い変数が多いほど合理的な維持管理方法を早急に検討すべきクラスターだと解釈する。なお、このランキングは「可住地面積」および「財政力指数」は昇順であり、平均値が低いほど維持管理の困難さにつながると解釈している。「可住地面積」ではその値が小さいほど住民の生活圏が小さくなり市町村規模の縮小が見込まれる、あるいは元々小さい市町村であるとした。

表6 各クラスターの変数別の平均値のランキング

説明変数	Cluster												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
市町村の特性	[社会的状況]												
	3	4	7	11	8	10	2	6	12	5	13	9	1
	4	8	9	11	3	10	1	5	12	6	13	7	2
	[地理的状況]												
	5	8	7	12	6	10	3	2	9	13	11	4	1
	5	8	7	12	6	10	3	2	9	13	11	4	1
	[財政的状況]												
	2	3	11	9	7	6	4	13	10	5	12	8	1
	2	4	9	10	5	7	3	13	11	8	12	6	1
	1	6	9	2	10	3	11	12	5	7	8	4	12
市町村が保有する橋梁の特性	[規模状況]												
	12	13	2	11	10	9	7	1	3	5	4	6	8
	[経年状況]												
	1	2	7	9	10	6	3	11	4	12	13	5	8
利用住民の利便性	[劣化状況]												
	4	6	8	12	10	9	1	13	2	11	5	7	3
	[橋梁の迂回状況]												
	6	7	8	12	2	10	4	3	9	13	11	5	1
	5	2	9	1	8	3	10	12	7	11	13	6	4
	[生活圏状況]												
	2	13	4	10	9	6	3	11	12	5	8	7	1
	3	10	4	11	8	5	1	6	12	2	9	7	13
	4	12	3	9	10	5	8	1	11	2	6	7	13
	1	11	2	8	9	5	3	12	10	4	6	7	12
	2	11	5	12	13	6	4	3	10	1	7	9	8

たとえば、クラスター7は順位が高い変数が多いとわかる。そのため、北海道の中では相対的に合理的な維持管理の検討に力を入れるべき市町村であると言える。このように北海道の中での相対的な維持管理の現状を定量的に判断しつつ、中身の詳細な分析をせずとも順位の傾向を見て直感的な分析をすることが可能になった。

(5) 維持管理特性のクラスターの解釈

前項までで示した、各主成分の解釈、元データの分布、平均値ランキングから各クラスターの特徴を分析し、現状の維持管理の在り方について評価する。ここで、各クラスターの特徴や土木の維持管理状況の解釈を列挙する。

ここでクラスタリングの結果とその可視化を“土木の維持管理状況の反映”という観点で見ると、「橋梁数あたりの判定区分がIII, IVの橋梁数割合」が高い上位4クラスターは順に7, 9, 13, 1だが図-8を見ると位置に偏りがない。また、図-8で一番左側にあるクラスター4や右側にあるクラスター1, 7など局所的に位置しているクラスターは主成分解釈と一致しているが、中央付近のクラスターには二軸の主成分解釈だけではわからない特徴が見られた。よって、この結果は市町村の状況を総合的に分類して特徴を分析した上で、現在の土木の維持管理への取り組みの状態と比較しながら

活用することが望ましい。

a) クラスター4

図-8で一番左端に位置するクラスター4は、[社会的状況] [財政的状況]が下位層である。「年間冬日日数割合」が大きいので冬の凍結融解に懸念がある。橋梁の特性は「橋梁数あたりの判定区分がIII, IVの橋梁数割合」が12位、「2045年度橋齢が50年以上橋梁数割合」が9位と橋梁の健全性は良好である。利用住民の利便性では「迂回路無し橋梁数割合」が12位で「迂回路2km以上橋梁数」が1位なので迂回できるが距離が長いとわかる。[生活圏状況]の変数はどれも下位層であり、特に「総人口あたりの橋梁から500m以内に住む人口総数割合」が12位で居住地は橋梁周辺に少ないことがわかる。

よって、クラスター4は「社会状況・橋梁状況が良好で橋梁の生活需要が高くななく、全体的に安定しているため、維持管理を喫緊の課題とする必要性はまだない市町村」であると言える。

b) クラスター5・10

クラスター5・10は、橋梁特性はほとんどの変数が下位で経年劣化状況にはまだ余裕があるとわかる。市町村特性ではそれぞれに懸念要素があるが、市町村特性の変数はどれも概ね中位で平均的な市町村状況である。一方で、利用住民の利便性では反対の傾向が見られる。クラスター5は「迂回路無し橋梁数割合」が2位と高い

が、[生活圏状況]の変数は中下位層である。他方、クラスター10は[迂回状況]の2変数が下位で迂回はしやすいが、[生活圏状況]の変数は上位層にあるため、生活に橋梁が重要であると考えられる。特に「総人口あたりの橋梁から500m以内に住む人口総数割合」がクラスター5は13位、クラスター10は1位と正反対である。

クラスター5・10は「橋梁の健康状態は悪くなく、社会状況はおおむね平均的である」という共通点がある。インフラ構造物が周辺住民の普段の生活行動にもたらす影響は真逆の性質を持つため、それぞれに持つ社会状況の課題に適した合理的な施策の検討が必要である。

c) クラスター3・6・12

クラスター3・6・12について市町村特性の[地理的状況][気候状況]がクラスター6や12で3, 4位と環境的な特性が見られ、他にも特定の変数が上位に見られるものの、3つのクラスターのほとんどの変数が中位に属しており、可もなく不可もなくの平均的な状況である。

つまり、「北海道内では相対的に見て平均的な状況であり、その中で人口衰退にはまだ歯止めが効いている状態なため、土木の維持管理は現状維持を目指す方針を取りたい市町村」の集団であると分析できる。

d) クラスター1・2・7

クラスター1・2・7は、図-8で1・2は右端に、7は上部に位置している。[社会的状況][財政的状況]の4変数がどれも上位にあり、高齢化と財政難が顕著である。橋梁特性を見ると「橋梁数あたりの判定区分がIII, IVの橋梁数割合」が比較的上位で劣化の進行があり、[経年状況]が上位3位を占め、経年化が深刻である。利用住民の利便性に違いが見られ、クラスター1・7は[迂回状況]はまずまずだが、[生活圏状況]が上位で生活における橋梁の重要度が高い。クラスター2は迂回路が長い傾向にあるが、[生活圏状況]がすべて下位であり、周辺住民の需要はあまり高くない。図-8における位置の違いは利用住民の利便性で説明できると考えられる。

以上より、クラスター1・2・7は「市町村状況もインフラ状態も厳しく、外部の支援を視野に入れた合理的な維持管理に早急に行うべき市町村」と分析できる。

特にクラスター7は、[社会的状況]の変数が1位または2位である。[社会的状況]の変数である「総人口あたりの60歳以上人口割合」の179市町村それぞれの値および「総人口あたりの推計人口減少割合」の値をクラスターの所属ごとにプロットした分布図が図-11、図-12である。この図のプロットのうち、大きい丸は各クラスターの平均値を示す。これらからわかるように人口衰退が著しい市町村が明確に集まっている。加えて橋梁状態は劣化が激しく、老齢化も進行している。[迂回状況]は「迂回路無し橋梁数割合」が4位で多めでかつ[生活圏状況]の変数もほとんどが上位であることか

ら、利便性への影響が大きい。今後もますます縮小する市町村規模に対し、適切な行政を行うためにも地域を支えるインフラの合理的な維持管理は必至である。

e) クラスター9・11

図-8でクラスター4の次に左側に位置するクラスター9・11は、[社会的状況][財政的状況]の変数がどれも下位であり、[気候状況]も中位と平均的なため、市町村状況が全体的に安定していると言える。利用住民の利便性はどれも中下位で利便性への影響は小さいと考えられる。特にクラスター11の[迂回状況]は「迂回路無し」が11位、「迂回路2km以上」が13位と迂回路が充実している。一方で、橋梁の状況についてクラスター9は「判定区分がIII, IVの橋梁数割合」が2位で劣化が激しく、他の変数も上位で状態が悪い。クラスター11は、年数の若い橋梁が多いにもかかわらず、「判定区分がIII, IVの橋梁数割合」が5位で劣化が進んでいる。

よって、クラスター9・11は「市町村規模の縮小・利便性に余裕があるにもかかわらず、橋梁の管理状態が悪い市町村」の集団と分析できる。市町村状況の健全さとインフラ構造物の課題感にギャップがあり、維持

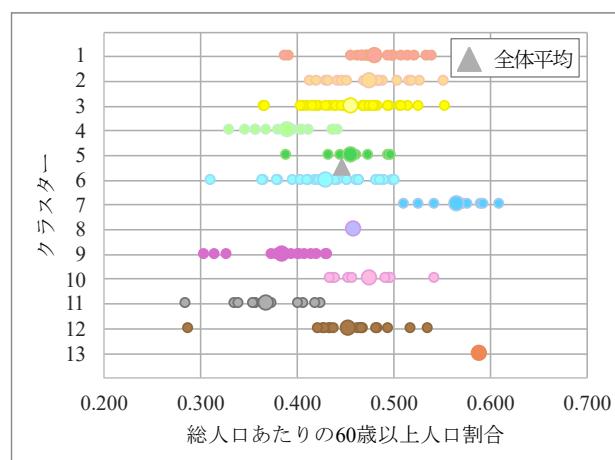


図-11 「総人口あたりの60歳以上人口」の変数データのクラスターごとの市町村分布

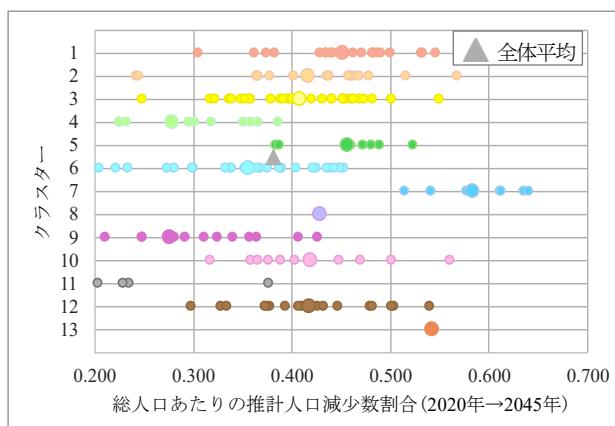


図-12 「総人口あたりの推計人口減少割合(2020年→2045年)」の変数データのクラスターごとの市町村分布

管理体制に改善の余地があると考えられるため、財政状況が悪化する前に、構造物の運用の見直しなど維持管理体制の改善に積極的に取り組むことが望まれる。

f) クラスター8・13

クラスター8は泊村のみ、クラスター13は神恵内村のみで構成されたクラスターである。図-8ではクラスター8はクラスター3の内部に、クラスター13は右上に位置している。二村は地理的に隣接しており、人口が非常に少ない・可住地面積が小さい・橋梁や生活利便施設の絶対数が少ないなど地理的環境や人口規模に同じ特徴をもっている。

この二つの村の共通点はデータに特異な値があることである。クラスター8/泊村は特に財政力指数が1.49と非常に経済力があり、1.00を超える市町村は北海道内で唯一である。クラスター13/神恵内村は市町村の特性の変数はほとんどが1位で衰退が顕著である。最大の特徴が道路橋梁費の逼迫度合いである。多くの市町村では基礎財政収入額を1とすると道路橋梁費は1以下だが、神恵内村は3.11と道路橋梁費が基礎財政収入額を大きく超えている。図-13は179市町村それぞれの「基準財政収入額あたりの道路橋りょう費割合」をクラスターの所属ごとにプロットした図であり、プロットのうち、大きい丸は各クラスターの平均値を示す。図-13に示すように割合が1以上を示す他市町村の中でもクラスター13は群を抜いて超過している。このように、他のクラスターと比べて順位が極端でかつ特異点があるため、単独のクラスターになったと考えられる。

5. まとめ

本研究では、維持管理の課題や市町村の特徴を総合的に検討するために、多様な要素を定量的かつ包括的に分析し評価する手法や判断軸を作ることを目的として、性質の違う複数のデータから、クラスタリングによる分析を試みた。

分析の結果、クラスタリング結果の可視化軸となっている、主成分分析による第一主成分は「過疎化が進み、橋梁管理がしにくい状況の程度を示す指標」、第二主成分は「橋梁の密集度や生活活動圏の大きさを示す指標」として解釈された。クラスタリングの結果やその地図上での可視化図から、共通点がなさそうな市町村同士が地理的要因以外の要素で分類され、財政力や人口などの指標が特徴的な値を示す市町村（例：泊村、神恵内村）は独立したクラスターとして分類されたことが示された。そして、主成分解釈や値の生データのランキング化による比較によって、クラスターの特徴=現在の土木維持管理に関する課題や特徴を得る

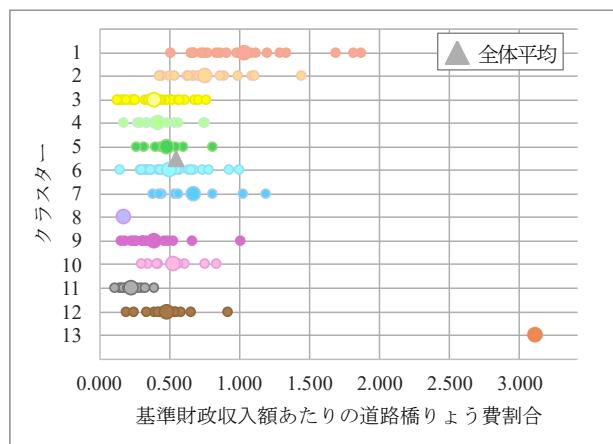


図-13 「基準財政収入額あたりの道路橋りょう費」の変数データのクラスターごとの市町村分布

ことができた。たとえば、クラスター4は「社会状況・橋梁状況が良好で、橋梁の生活需要が高くなく、状況が全体的に安定しているため、維持管理を喫緊の課題とする必要性はまだない市町村」である一方、クラスター7は「市町村の社会状況も橋梁の健康状態も総じて厳しい状況で、構造物の周囲への需要も高くインフラの状態は健全ではないので早急に維持管理に取り組るべき市町村」である。また、「市町村規模の縮小・利便性は問題なしで余裕がある状態にもかかわらず、橋梁劣化が激しい市町村」であるクラスター9のような市町村も抽出できた。

本研究では土木構造物の代表例を橋梁としたが、この手法では変数の設定によって目的の情報を得るために変数を増やして影響をあえて強く反映させることができるために、たとえばダムやトンネル、道路など対象の構造物を変えることやそれらをすべて含んだ変数を設定するといった応用が可能である。また、本研究での「年間冬日日数」や「コンビニ数」といった北海道の地域性を考慮した変数を入れることで独自性を出すことも可能であるため、他の都道府県でもそれぞれの状況に応じた変数を用いて同様の検討が可能である。

本研究により、クラスターごとの現状に基づいて、効果的な維持管理の指針の提案へ応用が期待できる。将来的にはクラスターに所属する市町村同士での課題や解決方法を共有する機会づくりや、都道府県・国から各市町村の特性に応じた支援を行うために本研究は有用であると考えられる。

参考文献

- 北海道：人口ビジョン(改訂版), 2020
- 国立社会保障・人口問題研究所：日本の地域別将来推計人口（令和5年推計），<https://www.ipss.go.jp/p-shicyoson/j/shicyoson23/t-page.asp> (2025年1月7日閲覧)
- 総務省：令和4年度地方公共団体の主要財政指標一

- 覽, https://www.soumu.go.jp/iken/zaisei/R04_chihoh.html (2025年1月7日閲覧)
- 4) 国土交通省:道路メンテナンス年報, 2024
 - 5) 国土交通省:全国道路施設点検データベース～損傷マップ～, <https://road-structures-map.mlit.go.jp/> (2024年12月27日閲覧)
 - 6) 国土交通省:道路橋定期点検要領, 2024
 - 7) 総務省:令和4年度地方財政統計年報, <https://www.soumu.go.jp/iken/zaisei/toukeiR04.html> (2025年1月7日閲覧)
 - 8) 北海道総合政策部:市町村における職員数及び給料等の概要(令和5年), <https://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/scs/shityosonsonyokuinnsuugaiyou.html> (2025年1月7日最終閲覧)
 - 9) 土木学会:インフラ健康診断書 2024 (令和6年6月), 2024
 - 10) 龍田斉, 原田豊, 貢井敬章, 榎洸希, 清水亮平, 長井宏平:勾配ブースティング決定木と畳み込みニューラルネットワークを組み合わせた橋梁の劣化進展推定, AI・データサイエンス論文集, 3巻, J2号, p. 1017-1023, 2022
 - 11) 井林康, 松木遼, 松崎優輝, 長井宏平:橋梁迂回路計算結果の維持管理優先度への反映のための基礎的検討, AI・データサイエンス論文集, 4巻, 3号, p. 501-506, 2022
 - 12) 岩柳智之, 田中伸治, 中村文彦, 有吉亮, 三浦詩乃:維持管理費用の縮減と地域の効用の低下の比較による廃橋を含めた橋梁管理のあり方に関する研究, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.74, No.5(土木計画学研究・論文集第35巻), I_1069-I_1079, 2018
 - 13) 大窪和明, 全邦釘:橋梁間の代替構造把握のための橋梁連関表と代替重要度の提案, 土木学会論文集F4(建設マネジメント), Vol.74, No.2, pp.I_119-I_129, 2018
 - 14) 大坪千夏, 寺山一輝:橋梁の通行規制による道路利用者の社会的損失の計測, インフラメンテナンス実践研究論文集, Vol.3, No.1, pp.90-98, 2024
 - 15) 九澤賢太郎, 寒河江雅彦, 藤生慎, 森崎裕磨:地方小都市における生活脆弱性の将来推計—石川県羽咋市を事例として—, AI・データサイエンス論文集, 2巻, J2号, p. 370-377, 2021
 - 16) 福澤健人, 井林康, 長井宏平, 教師なし機械学習を用いた市町村データ分析による橋梁統廃合有効度の提案, AI・データサイエンス論文集, 5巻, 3号, p. 502-516, 2024
 - 17) 政府統計の総合窓口(e-Stat):社会・人口統計体系(統計でみる市区町村のすがた 2023) <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200502&tstat=000001205862&cycle=0&tclass1=00001205863&tclass2val=0&metadata=1&data=1> (2025年1月24日最終閲覧)
 - 18) 国土交通省:国土数値情報ダウンロードサイト, <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html> (2025年1月6日最終閲覧)
 - 19) 総務省:令和4年度市町村別決算状況調, https://www.soumu.go.jp/iken/zaisei/r04_shichouson.html (2025年1月7日閲覧)
 - 20) 国土交通省気象庁:過去の気象データ・ダウンロード, <https://www.data.jma.go.jp/risk/obsl/index.php#> (2025年1月6日最終閲覧)
 - 21) 株式会社デジタルアドバンテージ:ロケスマWEB(ロケスマ店舗データ), https://www.locationsmart.org/?tag=_all&lat=37&lon=138&z=6, 2024
 - 22) 長井宏平, 井林康, 福澤健人, 柏貴裕, 菅沼久忠, 金杉洋:全国橋梁位置データとOSMを用いた橋梁迂回路計算結果, 2024, https://github.com/bridge-detour/Japan-prefecture_Bridge-detour (2024年12月18日最終閲覧)

(Received March 17, 2025)

(Accepted May 16, 2025)

Classification of maintenance and management characteristics by municipality in Hokkaido through clustering analysis using social and bridge data

Natsumi SHINCHI, Kento FUKUZAWA and Kohei NAGAI

In Hokkaido, in addition to social challenges such as population decline, aging society and financial difficulties, the aging deterioration of infrastructure has become severe. Efficient management is urgently needed with insufficient capital for maintenance, but the situations vary among municipalities with many factors to consider, making it difficult to develop uniform countermeasures. Therefore, this research aimed to establish a methodology that could propose effective maintenance and management guidelines adapted to different municipal situations by classifying and analyzing municipalities quantitatively and comprehensively incorporating diverse elements. We categorized 179 municipalities in Hokkaido using many open data which show current social conditions and infrastructure conditions. Through visualizing this result and data analysis, we clarified different current situations and challenges for each municipal group, including degrees of social difficulty, characteristics of maintenance and management systems, and impacts on surrounding areas. These results are expected to advance the sharing of challenges among municipalities that have similar situations and serve as quantitative indicators for policy formulation by national and prefectural governments.