

# 計量テキスト分析による 道路橋を維持管理する技術力の解明の試み

宮原 史<sup>1</sup>・堤 盛人<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所（〒869-1404 熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字河陽 3574）

E-mail: miyahara-f852a@mlit.go.jp

<sup>2</sup>正会員 筑波大学 教授 システム情報系社会工学域（〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1）

E-mail: tsutsumi@sk.tsukuba.ac.jp

道路橋を適切に維持管理してゆくためには、道路橋の維持管理に関わる主体が行う行為や意思決定に必要な技術力を有する技術者が継続的に確保できるように、目標を明確にした戦略的な人材育成を行う必要がある。しかし、各組織で行われる人材育成において、人材育成が目標とする技術力の全体像や構成要素が整理されているケースは稀であると考えられる。

そこで本研究では、道路橋の不具合への対応等に対して道路管理者が行うべき判断や検討について、道路橋の専門家が行った技術指導の指導要旨を記録したテキストデータを対象に、計量テキスト分析を行うことにより、道路橋を維持管理する技術力の解明を試みる。

**Key Words :** road bridges, management, maintenance, quantitative text analysis, human resource development, engineering education

## 1. はじめに

我が国の道路橋の高齢化は急速に進行しており、全国約73万橋の道路橋のうち、建設後50年を経過した道路橋の割合は2019（令和元）年時点の27%から10年後の2029（令和11）年時点では52%まで増加すると予測されている<sup>1)</sup>。これらの道路橋の7割以上となる約51万橋は市町村道にある一方、町の約2割、村の約6割で道路橋保全業務に携わっている土木技術者が存在しないといわれており<sup>1)</sup>、土木技術者の確保は喫緊の課題となっている。

また、アセットマネジメントの国際規格であるISO55000シリーズのうち、アセットマネジメントシステムに関する要求事項を定めたISO55001では、「教育や訓練に基づいて、アセットマネジメントの業務に従事する人々に必要とされる力量を有していることを確実にすること」としており、アセットマネジメントの業務に従事する人々の力量を確保することの必要性を規定している<sup>2)</sup>。道路橋を保全してゆくためには、土木技術者の“数”を充足するだけでなく、土木技術者の“質”も確保する必要がある。

ここで、ISO55000 シリーズに準拠して道路橋の保全に関わる人材育成の継続的改善を実現するにあたっては、道路橋の保全は暗黙知に支えられている部分も大きい<sup>3)</sup>

ことから、人材育成の目標を明確に設定することが課題となる。

そのような課題に対し、筆者らの先行研究である宮原・堤<sup>4)</sup>は、目標を明確に設定したPDCA サイクルによる戦略的な人材育成を志向し、その実現に向けて、道路橋を維持管理する技術力の解明を試みた。そして、技術力の整理の一例を示した。ここで、宮原・堤<sup>4)</sup>における整理の方法は、教育分野で開発された既存の枠組を用いつつ、サンプルとしたテキストに示されている実際の道路橋の維持管理における判断行為や検討内容を、知識と認知の組合せに分類してゆくという方法であった。このとき、1つ1つの判断行為や検討内容がいずれの知識と認知の組合せに最もよくあてはまるかという分類の判断は筆者の判断のみに依拠しており、分類の信頼性を明らかにすることは課題となっている。

そこで本研究では、宮原・堤<sup>4)</sup>が上記のようにサンプルとしたテキストを対象にいわば質的方法を用いた内容分析を行ったのに対して、同じテキストを対象に量的方法を用いた内容分析、すなわち計量テキスト分析<sup>5)</sup>を試みる。そして、道路橋を維持管理する技術力の整理、分析を行い、道路橋を維持管理する技術力の解明を試みる。そして、宮原・堤<sup>4)</sup>が示した整理結果との整合性を考察し、質的方法を用いて得られた同整理結果を支持す

る結果が、量的方法を用いる本研究の分析から得られるかどうかの検証も行う。

## 2. 既存研究のレビュー

### (1) 本研究の位置づけ

既存の研究においても、道路橋を維持管理する技術力に関連する研究がある。

大堀・森地<sup>9)</sup>は、行政需要に応じた道路維持体制のあり方について、複数事務所への職員配置の最適化に関する方法論を提案した。この提案において各出先機関の組織体としての能力をモデル化するにあたっては、松田ら<sup>7)</sup>を参考に、職員である各土木技術者の能力は専門能力及びマネジメント能力から構成されるものと仮定し、これらの能力を経験量の一変数関数として単純化して表している。

中村ら<sup>8)</sup>は、地方自治体の技術公務員に求められている能力をとりまとめており、このうち技術者（インハウスエンジニア）としての能力を、調達のプロフェッショナルとしての能力、国土のドクターとしての能力、危機管理への対応能力の3つの観点から取りまとめている。さらにこれを踏まえ野口ら<sup>9)</sup>は、技術公務員の技術力・能力評価項目の一般化を目指して、名古屋市緑政土木局の技術系職員が担当している業務をベースに、技術公務

員に求められる技術力・能力を抽出し、55の項目要素に分類している。しかし、技術力・能力の項目要素の抽出に留まっており、これらの技術力・能力を修得するための人材育成計画の立案等を可能とするには、更なる技術力の解明が必要である。

このように、道路橋を維持管理する技術力についての知見は限られる中、1.で述べた宮原・堤<sup>4)</sup>は、認知心理学に基づき教育分野で開発されたブルーム・タキソノミーの改訂版の枠組を用いて、道路橋を維持管理する技術力の全体像と構成要素の整理の一例を示した。本研究は、宮原・堤<sup>4)</sup>が技術力の構成要素を具体化するために用いたサンプルのうち、3.で述べる道路管理者への技術指導記録を対象として、計量テキスト分析を行うものである。なお、本研究において整合性を考察する宮原・堤<sup>4)</sup>における整理結果の特徴は(2)に示す。

土木分野においてテキスト分析を用いた研究には、例えば都市のイメージに関するアンケート調査の自由記述データを分析した森田ら<sup>10)</sup>や吉城ら<sup>11)</sup>、バス利用に関するアンケート調査の自由記述データを分析した吉城ら<sup>12)</sup>等の事例がある。一方、道路橋をはじめとする道路構造物の維持管理に関してテキスト分析を用いた研究は筆者が知る限り存在しない。

### (2) 宮原・堤<sup>4)</sup>の整理結果の特徴

宮原・堤<sup>4)</sup>は、3.で述べる道路管理者への技術指導記

| 知識次元       | 認知過程次元  |   |  |   |   |  |
|------------|---|---|--|---|---|--|
|            | 1. 記憶する   | 2. 理解する   | 3. 応用する  | 4. 分析する   | 5. 評価する   | 6. 創造する  |
| A. 事実的知識   | <ul style="list-style-type: none"> <li>技術基準類に関する事実的知識を知る</li> <li>過去の損傷事例等に関する事実的知識を知る</li> <li>構造力学、鋼構造、コンクリート工学、土質力学、地盤工学、振動工学に関する事実的知識を知る</li> </ul> |   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>b) 損傷状態の把握</li> <li>各部位の損傷状態を推測する</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>b) 損傷状態の把握</li> <li>各部位の損傷状態の推測の妥当性を評価する</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 方針の決定</li> <li>目標を設定する</li> <li>配慮事項を設定する</li> <li>検討手順を決定する</li> <li>b) 損傷状態の把握</li> <li>各部位の損傷状態について仮説を立てる</li> <li>各部位の損傷の見落としの可能性を考へつく</li> </ul>  |
| B. 概念的知識   | <ul style="list-style-type: none"> <li>※括弧内は、直接該当する指導内容は無かったものの、高次の認知過程の前提であるため便宜上示した内容を表す</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>技術基準類に関する概念的知識を理解する</li> <li>構造力学、鋼構造、コンクリート工学、土質力学、地盤工学、振動工学に関する概念的知識を理解する</li> </ul> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>c) 損傷原因の推定</li> <li>損傷の原因である可能性のある事項を絞り込む</li> <li>d) 既設橋の性能評価</li> <li>既設橋の耐荷力を推定する上で着目すべき部位を絞り込む</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>c) 損傷原因の推定</li> <li>損傷原因の推定の妥当性を評価する</li> <li>d) 既設橋の性能評価</li> <li>着目部位の妥当性を評価する</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>c) 損傷原因の推定</li> <li>損傷の原因について仮説を立てる</li> <li>d) 既設橋の性能評価</li> </ul>   |
| C. 手続的知識   |   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>橋梁設計、施工に関する手続的知識を応用する</li> <li>各種解析手法に関する手続的知識を応用する</li> <li>各種調査・検査手法に関する手続的知識を応用する</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>着目部位の応力状態を推定する</li> <li>損傷の影響を見立て、残存耐荷力を見立てる</li> <li>e) 対策の決定</li> <li>損傷の進展を見立てる</li> <li>起り得る厳しい状況を推定する</li> <li>起り得る破壊形態を推測する</li> <li>対策が必要な部位を絞り込む</li> <li>対策方法を絞り込む</li> <li>対策施工時及び対策後の応力状態を推定する</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>応力状態の推定の妥当性を評価する</li> <li>残存耐荷力に見立ての妥当性を評価する</li> <li>e) 対策の決定</li> <li>損傷の進展の見立ての妥当性を評価する</li> <li>起り得る状況の推定の妥当性を評価する</li> <li>破壊形態の推測の妥当性を評価する</li> <li>対策部位の妥当性を評価する</li> <li>対策方法の妥当性を評価する</li> <li>対策施工時及び対策後の応力状態の推定の妥当性を評価する</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>応力状態に不確実性がある可能性を考へつく</li> <li>残存耐荷力に不確実性がある可能性を考へつく</li> <li>e) 対策の決定</li> <li>損傷の進展に不確実性がある可能性を考へつく</li> <li>起り得る状況について仮説を立てる</li> <li>起り得る破壊形態について仮説を立てる</li> <li>対策方法を考へつく</li> <li>対策施工時及び対策後の応力状態に不確実性がある可能性を考へつく</li> <li>維持管理段階に着目すべき部位や損傷を考へつく</li> </ul> |
| D. メタ認知的知識 | <ul style="list-style-type: none"> <li>有効な対応プロセスに関する知識</li> <li>課題の難易度に関する知識</li> <li>現状における知識の限界や自らの想定外の限界に関する知識</li> </ul>                            |   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>維持管理段階に着目すべき部位や損傷を絞り込む</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>維持管理段階に着目すべき部位や損傷の妥当性を評価する</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>維持管理段階に着目すべき部位や損傷を考へつく</li> </ul>   |

図-1 技術指導事例に基づく技術力の整理の例（宮原・堤<sup>4)</sup>）

録から読み取ることができる道路橋を維持管理するための判断行為や検討事項の1つ1つを、認知心理学に基づき教育分野で開発された2次元のブルーム・タキソノミー<sup>13)</sup>の枠組を用いて分類することによって、道路橋を維持管理する技術力の整理の一例を示した。

その整理結果を図-1に示す。整理結果には以下の特徴がある。

- 1) 道路橋の維持管理にはブルーム・タキソノミーにおける「高次の認知過程（「分析する」「評価する」「創造する」にあたる）」が多く用いられていることを指摘するとともに、その内容を、「方針の決定」「損傷状態の把握」「損傷原因の推定」「既設橋の性能評価」「対策の決定」という対応プロセスに沿って整理していること。
- 2) 1)の「高次の認知過程」の各対応プロセスにおいて、
  - ・「仮説を立てる」「可能性を考えつく」といった認知過程（「創造する」に分類）
  - ・案出した事項から「絞り込む」「見立てる」といった認知過程（「分析する」に分類）
  - ・その結果の妥当性を「評価する」認知過程（「評価する」に分類）
 という横方向のサイクルが共通してみられる整理をしていること。
- 3) 技術基準類に関する知識、各種解析手法に関する知識、各種調査・検査手法に関する知識など様々な知識を技術力の構成要素として位置付けるとともに、1)の「高次の認知過程」の必要条件として整理していること。

なお、宮原・堤<sup>4)</sup>においては上記のとおり、対応プロセス、知識の種類に着目して普遍的となるよう整理が行われている一方、具体的な部材の種類や損傷の種類といった個別のテーマまで踏み込んだ整理はなされていない。また、宮原・堤<sup>4)</sup>における整理は、都度文脈から意味を解釈しながら筆者が分類を判断することにより行われている。1.)に示したとおり、この判断は筆者の判断のみに依拠しており、分類の信頼性を明らかにすることが課題となっている。

本研究では、3.)で述べる計量テキスト分析による分析を行った後、上記 1)~3)の観点から宮原・堤<sup>4)</sup>が示した整理結果との整合性も考察する。

### 3. 研究方法

#### (1) 分析対象

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」）では、（国研）土木研究所（以下、「土研」）と連携して道路橋の不具合への対応、設計段階における疑義への対応な

表-1 道路管理者への技術指導事例の数

|                |              | サンプル数<br>(のべ回数) | テキスト数 |
|----------------|--------------|-----------------|-------|
| 相談<br>内容<br>類型 | 新設設計段階での疑義   | 10              | 71    |
|                | 補修補強設計段階での疑義 | 40              | 247   |
|                | 新設工事中の不具合    | 26              | 170   |
|                | 補修補強工事中の不具合  | 3               | 20    |
|                | 維持管理段階での不具合  | 39              | 224   |
| 計              |              | 118             | 732   |

ど道路管理者からの要請に応じて技術相談に対応し、道路管理者が行うべき判断や検討について技術的な助言（以下、技術指導）を行っている<sup>14)</sup>。技術指導は1回当たり概ね2時間程度の打合せ形式で行っており、国総研と土研の専門家が助言を行っている。技術指導では、道路管理者が行うべき判断や検討について助言を行っていることから、これを分析することによって道路橋を維持管理する技術力を抽出できると考えられる。

そこで本研究では、2013（平成25）年度～2015（平成27）年度に筆者が自ら技術指導に出席し、指導要旨を箇条書きで記録した118回分の技術指導の記録を分析対象とする。表-1に、相談内容類型別の技術指導回数及び指導内容毎に箇条書きで記録されたテキスト数の内訳を示す。なお、道路橋の維持管理は新設段階での設計や施工も考慮して行う必要があることから、新設段階での技術指導の内容もサンプルとして用いることとした。

#### (2) 分析方法

本研究では、樋口<sup>9)</sup>が提案する、CorrelationalアプローチとDictionary-basedアプローチの2段階からなる接合アプローチの計量テキスト分析を試みる。すなわち、1段階目のCorrelationalアプローチでは、多変量解析を用いることで、筆者の問題意識の影響を極力排除した形で分析を行う。そして、その結果も踏まえた2段階目のDictionary-basedアプローチでは、テキストを分類する基準となるコーディングルールを作成して分析を行う。1.)及び2.)(2)で述べたように、筆者らの先行研究<sup>9)</sup>では、分類の判断が筆者の判断のみに依拠しており、分類の信頼性が課題となっている。これに対し、多変量解析によってデータを要約するCorrelationalアプローチを併用する本方法を用いることで、分析の信頼性・客観性を補うことができると考えられる。このため、樋口<sup>9)</sup>が提案する計量テキスト分析の手順は本研究の問題意識に応えることができる方法と考えられる。

具体的には、1段階目のCorrelationalアプローチでは、まずテキストデータ中に多く出現している語を把握するため、抽出語リストを出力する。次に、語と語の共起関係を表すJaccard係数を算出して、出現パターンの似通った語のグループを抽出することにより、テキストデー

タ中に多く現れたテーマを読み取る。Jaccard 係数は式(1)で表され、0 から 1 までの値をとり、関連が強いほど 1 に近づく。ここに、 $p(\omega \cup \omega')$  は語  $\omega$  と  $\omega'$  のいずれかがテキストに出現する確率を、 $p(\omega \cap \omega')$  は語  $\omega$  と  $\omega'$  がいずれもテキストに出現する (以下、「共起する」) 確率を表す<sup>15)</sup>。

$$Jaccard(\omega, \omega') = \frac{p(\omega \cap \omega')}{p(\omega \cup \omega')} \quad (1)$$

そして、算出した Jaccard 係数に基づき、共起する語を線で結んだ共起ネットワークを描画し、これを参考に 2 段階目の分析においてコーディングルールを作成する単位となるグループを設定する。このとき、テキスト記録者でもある筆者の経験的知見や宮原・堤<sup>9)</sup>の整理結果も念頭にグループを設定することになるものの、Correrational アプローチの趣旨から、極力信頼性・客観性を失わないように配慮する。その一環として、共起関係のみでは信頼性・客観性が不十分と判断した場合は、テキストデータに立ち返ってグループ設定の根拠を補強することとした。

2段階目の Dictionary-based アプローチでは、まず 1 段階目で設定したグループ毎に、テキストを分類する基準となるコーディングルールを設定する。そして、表-1 に示した相談内容類型毎、グループ毎に、設定したコーディングルールを用いてコード出現割合のクロス集計を行う。

以上の結果に基づき、道路橋を維持管理する技術力の構成要素及び戦略的な人材育成への活用可能性について考察を行う。また、宮原・堤<sup>9)</sup>の整理結果との整合性について考察を行う。

分析には、樋口が提案する計量テキスト分析の方法を実現するための手段として樋口自身が開発、公開しているフリー・ソフトウェアである KH coder (3.Beta.02a) を用いる。KH coder は形態素解析器として茶釜<sup>16)</sup>を用いている。これまでに 4,000 件以上の研究論文で利用されている実績がある<sup>17)</sup>。

### (3) テキストの前処理

分析対象とする(1)で示した技術指導記録は指導内容毎に箇条書きで記録されていることから、箇条書き毎に 1 つのテキストデータとして扱うこととした。その結果、分析対象数は表-1 のとおり合計 732 となった。

分析に先立ち、KH Coder が抽出した語の一覧表を確認した。これに基づき、4. (2) で後述するように共起ネットワークは出現回数が 30 回以上の語を対象に描画することとしたことと合わせて、30 回以上出現する道路橋に関する専門用語は強制抽出する語として指定した。また、KH Coder に機能を追加するプラグイン「文錦」シリーズを使用して表記ゆれを確認した上で、同一の意味で用いられていると筆者が判断した語に対しては同義語設定を

行い、形態素を調整した。

## 4. 1段階目：Correrational アプローチ

### (1) 抽出語リストの出力

抽出語リストを表-2 に示す。なお、ここでは出現回数が上位 30 位までの語を示している。

上位には、KH Coder の品詞体系における動詞 B (平仮名のみ動詞)、否定助動詞 (助動詞「ない」「まい」「ぬ」「ん」)、形容詞 B (平仮名のみ形容詞) といった、テキストの特徴を見つけるための分析には利用しにくいと考えられる一般的な語が多く見られる。これらの品詞は、KH Coder の初期設定でも分析に用いられない設定となっている。一方、出現回数が概ね 300 回以下となると「設計」「性能」といった、テキストの特徴を見つけるために必要と考えられる道路橋の維持管理の専門用語の名詞が見られる。

そこで以降の分析においては、テキストの特徴を見つける観点から、KH Coder の初期設定に倣って、名詞 B、動詞 B、形容詞 B、副詞 B (平仮名のみ副詞)、否定助動詞、形容詞 (非自立の形容詞「がたい」「つらい」「にくい」等) を品詞名として与えられている語は分析の対象から除外するとともに、出現回数が 300 回以上の語も分析の対象から除外することとした。

表-2 抽出語リスト

| 抽出語 | 品詞    | 出現回数 |
|-----|-------|------|
| する  | 動詞B   | 3957 |
| ない  | 否定助動詞 | 1094 |
| ある  | 動詞B   | 507  |
| 可能  | 形容動詞  | 443  |
| なる  | 動詞B   | 395  |
| 考える | 動詞    | 383  |
| よい  | 形容詞B  | 380  |
| 行う  | 動詞    | 365  |
| 設計  | サ変名詞  | 339  |
| できる | 動詞B   | 330  |
| 検討  | サ変名詞  | 299  |
| 施工  | サ変名詞  | 288  |
| 耐震  | 名詞    | 282  |
| 性能  | 名詞    | 280  |
| 場合  | 副詞可能  | 279  |
| 応力  | 名詞    | 234  |
| 地震  | 名詞    | 233  |
| 状態  | 名詞    | 228  |
| 確認  | サ変名詞  | 227  |
| 対策  | サ変名詞  | 221  |
| 必要  | 形容動詞  | 218  |
| 考慮  | サ変名詞  | 217  |
| 補強  | サ変名詞  | 217  |
| 結果  | 副詞可能  | 216  |
| 構造  | 名詞    | 198  |
| 条件  | 名詞    | 191  |
| 生じる | 動詞    | 183  |
| 杭   | 名詞C   | 175  |
| 橋   | 名詞C   | 168  |
| 方法  | 名詞    | 157  |



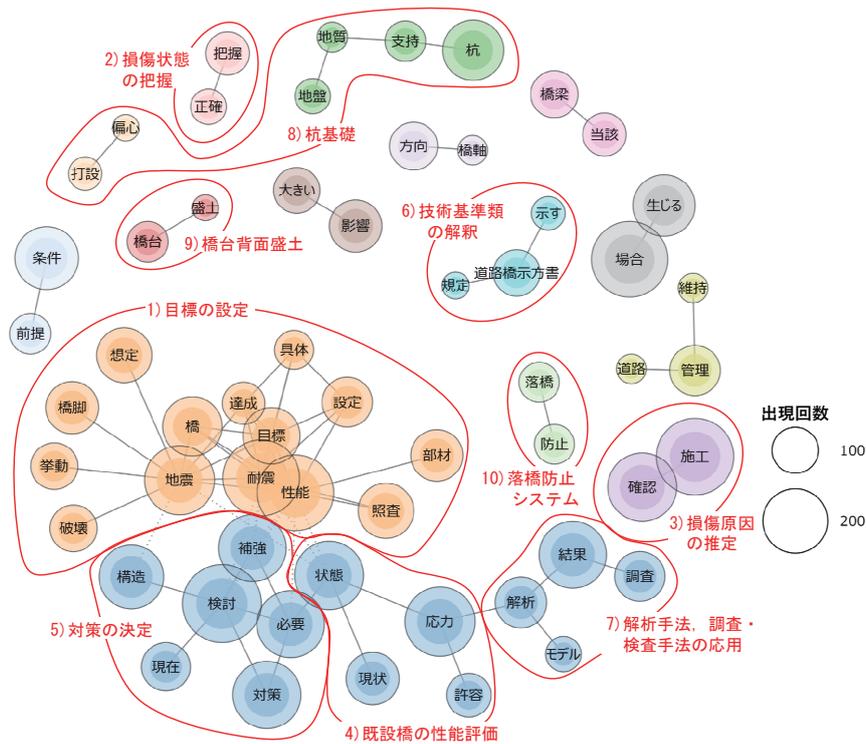


図3 共起ネットワークとコーディング単位

原因を特定するには、初期状態を把握することが必要。桁内部だけでなく、しておくのがよい。◇現況を正確に把握し、適切な補修方法を検討するため確認し、ひび割れの深さ等詳細に把握しておくのがよい。など、可能な限り現況を正確に把握することが重要である。◇変形したためには、橋脚全体の挙動を正確に把握することが必要であり、構造体の一けを計測しても3次元的な挙動の把握（構造体の変形がどこどの方向に）がよい。その際、絶対値を正確に把握したりそれらを解析と照合して評価する。変形などの異常を全橋で直ちに把握できるように常時観測する体制を構築のひびわれは初期値として詳細に把握しておくのがよい。その際、応力的。するためには、まずは現況を正確に把握し、損傷の原因を究明することが必要

図4 KWICコンコーダンス（「正確」と「把握」）

順序や緊張管理など、施工記録を施工者から詳細に確認した方がよい。また討にあたって考慮することとなる。◇施工記録の確認によるひびわれ補修のしている増杭を採用するのであれば、施工ステップ毎に背後の護岸やフーチング、◇今回の架設計画を見たところ、施工ステップ毎に各ブロックに生じる応力やることが主旨である。この点からも、施工ステップ毎に各ブロックに生じる応力やられる。◇アーチ下面の補修として施工されたモルタル吹付に発生したひびわが、この評価の際に加味されている施工実績には様々な径の実績が含まれ、ケースがみられるため、小さい径での施工実績について確認しておくのがよい。に供用されているとのことであるが、施工の際、アンカーボルトと下部工の鉄筋、隣接のランプ橋が当時どのように施工されたかも確認しておくのがよい。◇

図5 KWICコンコーダンス（「施工」と「確認」）

の2)と同様に「原因」や「推定」といった語との共起関係が確認されたわけではないことから、共起ネットワークのみからグループを設定するのは信頼性・客観性が不十分と判断した。そこで、KWICコンコーダンス機能を用いて、図5に示すようにこれらの語が共起しているテキストデータを確認した。出現回数が相対的に多い「施工」を中心として、「正確」にも青色で着色がなされている。その結果、「施工」と「確認」が共起している117のテキストのうち83は道路橋の損傷原因を推定する

という文脈で用いられていることを確認した。このことを踏まえて、3)のグループは「損傷原因の推定」に関する指導内容を表していると判断した。

4)のグループは、「現状」と「応力」と「状態」の共起関係を含んでおり、道路橋に想定される現状の応力状態に着目して行われることが多い「既設橋の性能評価」に関する指導内容を表していると判断した。「許容」が共起していることも、既設橋の性能評価は想定される応力状態が「許容」されるかどうかの判断を伴うことと整合している。

5)のグループは「必要」と「対策」の共起関係を含んでおり、損傷状態、損傷原因、性能評価を踏まえた必要な「対策の決定」に関する指導内容を表していると判断した。「状態」が共起していることも、道路橋の状態を踏まえて必要な対策がとられることと整合している。また、「補強」が共起していることも、対策の一例として補強が挙げられることと整合している。

6)のグループは、「道路橋示方書」と「規定」と「示す」の共起関係を表しており、道路橋の技術基準である道路橋示方書の規定や、その解説図書に示されている解説文といった「技術基準類の解釈」に関する指導内容を表していると判断した。

7)のグループは、応力を推定するための手段である「解析」と「調査」の共起関係を含んでおり、「解析手法、調査・検査手法の応用」に関する指導内容を表していると判断した。

8)~10)のグループはいずれも道路橋に関する専門用

表3 コーディング単位となるグループ

| No.        | グループ                   |
|------------|------------------------|
| 対応プロセスグループ | 1 目標の設定                |
|            | 2 損傷状態の把握              |
|            | 3 損傷原因の推定              |
|            | 4 既設橋の性能評価             |
|            | 5 対策の決定                |
| 専門知識グループ   | 6 技術基準類の解釈             |
|            | 7 解析手法, 調査・検査手法の応用     |
| 個別テーマグループ  | 8 杭基礎                  |
|            | 9 橋台背面盛土               |
|            | 10 落橋防止システム            |
|            | 11 ケーブル                |
|            | 12 鋼部材の亀裂              |
|            | 13 鋼橋・鋼部材の施工           |
|            | 14 コンクリート橋・コンクリート部材の施工 |
|            | 15 地質, 地盤              |
|            | 16 新材料                 |

語の共起関係を表しており, それぞれ「杭基礎」, 「橋台背面盛土」, 「落橋防止システム」に関する指導内容を表していると判断した。

この他に別途, 表-1に示した相談類型毎に共起ネットワークを描画した結果, 8)~10) のグループと同様に, 「ケーブル」, 「鋼部材の亀裂」, 「鋼橋・鋼部材の施工」, 「コンクリート橋・コンクリート部材の施工」, 「地質, 地盤」, 「新材料」に関する指導内容を表していると判断される専門用語の共起関係が確認された。

以上の結果を踏まえて, 表-3に示すとおりコーディング単位を設定した。コーディング単位は目標の設定から対策の決定までの対応プロセスに関する「対応プロセスグループ」, 技術基準類や解析手法, 調査・検査手法に関する「専門知識グループ」, 特定のテーマに関する「個別テーマグループ」に大別して設定した。

## 5. 2段階目 : Dictionary-basedアプローチ

### (1) コーディングルールの設定

4. (3)で設定したグループ毎に, テキストを分類する基準となるコーディングルールを設定した。コーディングルールの設定は, 図-2に示した共起ネットワークに出現した各グループを特徴づける語を用いる一方で, 各グループ間で重複して用いられることが想定される語の使用を避けることに配慮しながら, 技術指導記録の作成者でもある筆者の経験的知識も活用して行った。

表-4に, 例として対応プロセスグループのコーディングルールを示す。コーディングルールの欄において, 単一の語が示されているものは, 「その語が存在する」という条件を表す。near ( $\omega - \omega'$ ) と示されているものは「語 $\omega$ と $\omega'$ が近い位置に出現している」という条件を表す。コーディングルール欄に複数の条件が示されている

表4 コーディングルール (対応プロセスグループの例)

| No.        | グループ       | コーディングルール   |
|------------|------------|---|
| 対応プロセスグループ | 1 目標の設定    | ・目標<br>・near(性能-設定)   |
|            | 2 損傷状態の把握  | ・把握<br>・全貌<br>・near(状態-推測)  |
|            | 3 損傷原因の推定  | ・原因<br>・near(施工-確認)<br>・near(設計-確認)   |
|            | 4 既設橋の性能評価 | ・現状<br>・near(発生-応力)<br>・near(許容-応力)<br>・near(推定-応力)<br>・near(最悪-推定)<br>・near(状態-推定)<br>・near(耐荷力-推定)<br>・near(状態-評価)<br>・near(耐荷力-評価) |
|            | 5 対策の決定    | ・対策<br>・選択肢<br>・near(場合-想定)<br>・near(状態-想定)<br>・near(状況-推定)<br>・near(状況-想定)   |

ものは, 少なくともいずれか1つの条件に該当する場合には当該グループにテキストを分類することを意味している。なお, KH Coderではnear ( $\omega - \omega'$ ) の条件設定において「近い位置」の程度も指定することができるもの, 程度を指定する根拠が無いため本研究ではKH Coderの初期設定に倣って前後10語を「近い位置」とした。

### (2) 相談内容類型毎, グループ毎のコード出現割合のクロス集計

(1)で設定したコーディングルールを用いて, 表-1に示した相談内容類型毎, グループ毎にそれぞれのコードの出現割合をクロス集計した結果をバブルプロットにより描画した結果を図-6~図-8に示す。正方形の大きさはコードの出現割合の大きさと比例している。また, 正方形の色は, 相談内容類型間でコード出現割合に差があるかについてのpearsonの $\chi^2$ 検定の標準化残差を表しており, 残差が大きいほど正方形の色が濃くなっている。pearsonの $\chi^2$ 検定の結果, 図-6の「解析手法, 調査・検査手法の応用」と図-8の「橋台背面盛土」を除き, 相談内容類型間のコード出現割合には $p < 0.01$ で有意差があった。

「解析手法, 調査・検査手法の応用」と「橋台背面盛土」については相談内容類型間のコード出現割合の差は非有意となった。

#### a) 対応プロセスグループ

図-6 は, 各対応プロセスの, 相談内容類型毎のコード出現割合を示している。新設と異なり目標となる性能を規定する技術基準が存在しない補修補強設計時に論点

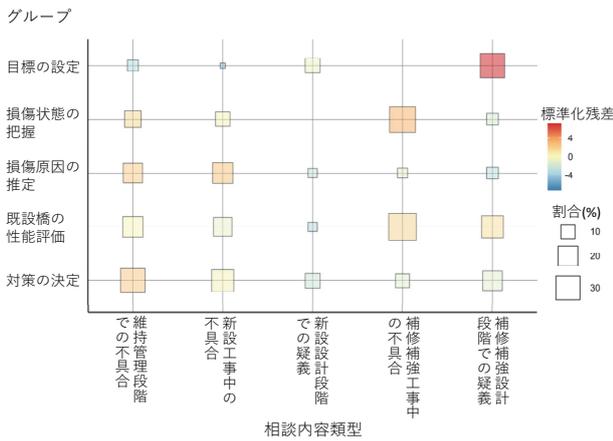


図-6 相談内容類型毎のコード出現割合のバブルプロット (対応プロセスグループ)

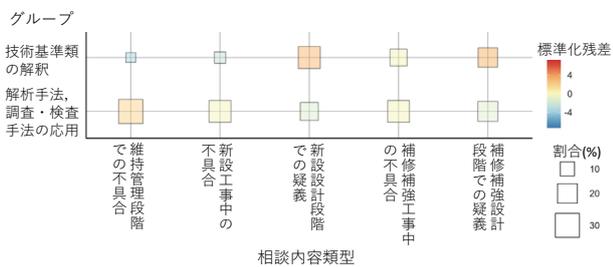


図-7 相談内容類型毎のコード出現割合のバブルプロット (専門知識グループ)

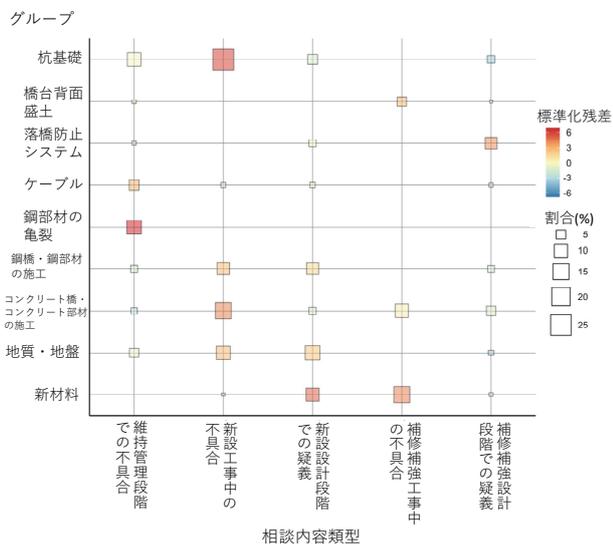


図-8 相談内容類型毎のコード出現割合のバブルプロット (個別テーマグループ)

となることが想定される「目標の設定」のコード出現割合の多くを「補修補強設計段階での疑義」が占めていること、また、損傷や不具合が発生した場合に行われる「損傷状態の把握」、「損傷原因の推定」の出現割合の多くを、想定とおり「維持管理段階での不具合」、「新設工事中の不具合」、「補修補強工事中の不具合」が占

めていることから、適切なコーディングを行うことができていることが推察される。

また、相談類型間でみれば必ずしも出現割合は多くないものの、各対応プロセスにおいて「新設工事中の不具合」、「新設設計段階での疑義」が一定程度出現していることから、3. (1)において、道路橋を維持管理する技術力の解明のために新設段階での技術指導の内容もサンプルとして用いていることの妥当性を裏付けることができたといえる。

b) 専門知識グループ

図-7は、各専門知識の、相談内容類型毎のコード出現割合を示している。設計段階で論点となることが想定される、道路橋示方書の解釈をはじめとする「技術基準類の解釈」のコード出現割合の多くを「新設設計段階での疑義」「補修補強設計段階での疑義」が占めていることから、適切なコーディングを行うことができていることが推察される。「解析手法、調査・検査手法の応用」のコード出現割合は、相談内容類型間で大きな差がない結果となった。これらの手法は相談内容類型によらず用いられることが想定されることから、相談内容類型間のコード出現割合の差は非有意となったpearsonの $\chi^2$ 検定の結果も含め、妥当な結果と考えられる

c) 個別テーマグループ

図-8は、各個別テーマの、相談内容類型毎のコード出現割合を示している。例えば、地中部に構築されることから目視ができないうえ実地盤の特性把握にも限界があるという特徴を有する「杭基礎」のコード出現割合の多くを「新設工事中の不具合」が占めていることや、鋼橋の代表的な劣化形態であり3大損傷とされる「鋼部材の亀裂」<sup>20)</sup>のコード出現割合の多くを「維持管理段階での不具合」が占めていることから、適切なコーディングを行うことができていることが推察される。

6. 分析結果の考察

(1) 道路橋を維持管理する技術力の構成要素

4.に示したConerationalアプローチの結果から、国総研が土研と連携して行った技術指導の内容には表-3に示したグループがあることを確認した。技術指導は道路管理者が行うべき判断や検討について助言を行っていることから、この結果からは、道路橋を維持管理する技術力には以下の構成要素が含まれると考えられる。

- ・ 目標の設定, 損傷状態の把握, 損傷原因の推定, 既設橋の性能評価, 対策の決定という対応プロセスに沿った判断や検討を行うことができること。
- ・ 技術基準類, 並びに解析手法, 調査・検査手法に関する専門知識を有すること。

- ・杭基礎、鋼部材の亀裂といった個別テーマに関する専門知識を有すること。

## (2) 戦略的な人材育成への活用可能性

(1)に示した道路橋を維持管理する技術力の構成要素を、様々な研修やOJTといった人材育成の手段と対応付けることができれば、人材育成の目標に対して人材育成を計画し得ることから、戦略的な人材育成に活用できる可能性がある。

さらに本研究では、5に示したDictionary-basedアプローチの結果、(1)に示した道路橋を維持管理する技術力の構成要素の相談内容類型毎の出現割合を明らかにした。道路橋の維持管理に携わる土木技術者には(1)に示した構成要素の全てが必要となるものの、相談内容類型が道路橋の新設から管理までの各フェーズと対応していることから、この出現割合は道路橋の維持管理のフェーズ毎にいずれの構成要素がより高い頻度で必要となるかを表していると解釈できる。

ここで、例として道路管理者組織である国土交通省の国道事務所を考えると、道路橋の点検を担当する部署、補修や補強の設計を担当する部署、補修や補強の工事を担当する部署といったように、維持管理のフェーズ毎に担当部署が分かれている場合もある。このことを踏まえると、5に示した分析結果を参考に、道路橋の維持管理のフェーズ毎に高い頻度で必要となる技術力の構成要素をより詳細に整理すれば、道路橋の維持管理に関わる各組織の体制に応じて部署毎に人材育成のメニューをカスタマイズしたり、部署毎にメニュー間で優先順位をつけるといった活用ができる可能性もある。

## (3) 宮原・堤<sup>4)</sup>の整理結果との整合性の考察

本研究では、4に示したCorrerationalアプローチにおいて、極力信頼性・客観性を失わないよう配慮した方法により、「目標の設定」、「損傷状態の把握」、「損傷原因の推定」、「既設橋の性能評価」、「対策の決定」から成る対応プロセスグループを、道路橋を維持管理する技術力の構成要素として整理した。これは、2.(2)1)に示したように、宮原・堤<sup>4)</sup>が道路橋の維持管理に多く用いられる「高次の認知過程」の内容を、「方針の決定」「損傷状態の把握」「損傷原因の推定」「既設橋の性能評価」「対策の決定」という対応プロセスに沿って整理したと整合している。

また、本研究では、「技術基準類の解釈」、「解析手法、調査・検査手法の応用」から成る専門知識グループも道路橋を維持管理する技術力の構成要素として整理した。これは、2.(2)3)に示したように、宮原・堤<sup>4)</sup>が技術基準類に関する知識、各種解析手法に関する知識、各種調査・検査手法に関する知識など様々な知識を技術力の

構成要素として整理したと整合している。

以上の点において、本研究で行った計量テキスト分析により、分類の信頼性を明らかにすることが課題となっていた宮原・堤<sup>4)</sup>の整理結果を支持する結果が得られたといえる。

一方、2.(2)2)に示した、「高次の認知過程」の各対応プロセスにおいて、

- ・「仮説を立てる」「可能性を考えつく」
- ・「絞り込む」「見立てる」
- ・「評価する」

という横方向のサイクルがみられるという宮原・堤<sup>4)</sup>の整理結果の特徴は、本研究では確認されなかった。これは、宮原・堤<sup>4)</sup>では、技術指導記録における1つ1つの判断行為や検討内容がいずれの認知過程に最もよくあてはまるか、都度文脈から意味を解釈しながら分類が行われたことに起因していると考えられる。宮原・堤<sup>4)</sup>において、「創造する」、「分析する」、「評価する」のそれぞれに分類されたテキストデータに立ち返ると、例えば、「想定する」という動詞は文脈次第で「創造する」に分類される場合も「分析する」に分類される場合もあったり、「確認する」という動詞は文脈次第で「分析する」に分類される場合も「評価する」に分類される場合もあったりと、技術指導記録における語と認知過程の分類は必ずしも一対一で対応しているわけではない。宮原・堤<sup>4)</sup>ではこのように同一の語であってもその都度文脈から意味を解釈しながら分類が行われている。これに対し本研究で用いた計量テキスト分析は、文脈から語の意味を解釈するわけではない。このため、2.(2)2)に示した各対応プロセスにおける横方向のサイクルを計量テキスト分析から見出すことは、本研究の方法の限界に起因し困難であったと考えられる。

なお、2.(2)に示したとおり、宮原・堤<sup>4)</sup>における整理は対応プロセス、知識の種類に着目して普遍的となるよう整理が行われている一方、具体的な部材の種類や損傷の種類といった個別のテーマまで踏み込んだ整理はなされていなかった。これに対し、4に示したCorrerationalアプローチにより杭基礎、鋼部材の亀裂といった個別テーマまで踏み込んで技術力の構成要素を整理することができた点や、5に示したDictionary-basedアプローチにより、各構成要素の相談内容類型毎の出現割合を明らかにした点は、本研究で技術力の解明が一步前進した点である。

## 7. 結論

本研究では、国総研が土研と連携して道路管理者に対して行った技術指導の記録を対象に、CorrerationalアプローチとDictionary-basedアプローチの2段階からなる接合ア

アプローチの計量テキスト分析を行い、道路橋を維持管理する技術力の整理、分析を行った。その結果、以下を得た。

- **Corerational**アプローチにより、道路橋を維持管理する技術力の構成要素を以下のとおり整理した。
  - a) 目標の設定、損傷状態の把握、損傷原因の推定、既設橋の性能評価、対策の決定という対応プロセスに沿った判断や検討を行うことができること
  - b) 技術基準類、並びに解析手法、調査・検査手法に関する専門知識を有すること
  - c) 杭基礎、鋼部材の亀裂といった個別テーマに関する専門知識を有すること
- **Dictionary-based**アプローチにより、上記の構成要素の相談内容類型毎の出現割合を明らかにし、道路橋の維持管理のフェーズ毎にいずれの構成要素がより高い頻度で必要となるかを整理した。
- これらの分析結果を参考にするこで、道路橋の維持管理に関わる各組織の体制に応じて部署毎に人材育成のメニューをカスタマイズしたり、部署毎にメニュー間で優先順位をつけるといった戦略的な人材育成への活用ができる可能性があることを示した。
- 以上に加え、本研究における計量テキスト分析の整理結果と、質的方法を用いた内容分析による宮原・堤<sup>4)</sup>の整理結果との整合性を考察した。その結果、「目標の設定」、「損傷状態の把握」、「損傷原因の推定」、「既設橋の性能評価」、「対策の決定」から成る対応プロセスグループを抽出した点、「技術基準類の解釈」、「解析手法、調査・検査手法の応用」から成る専門知識グループも抽出した点において整理結果の整合を確認し、宮原・堤<sup>4)</sup>の整理結果を支持する結果が得られたことを確認した。

本研究の計量テキスト分析においては、グループの設定やコーディングルールの設定において、テキスト記録者である筆者の経験的知見や筆者らの先行研究である宮原・堤<sup>4)</sup>の整理結果も活用された。このことを踏まえると、道路橋の維持管理に関する判断や検討に関するテキストデータに基づき戦略的な人材育成の実現に向けた検討を進めるにあたっては、文脈から語の意味を解釈する質的方法と、客観性・信頼性を確保しつつ膨大な量のデータも扱うことができる量的方法の、それぞれの利点を活かすのが有効である可能性がある。

## 参考文献

- 1) 国土交通省道路局：老朽化対策の取組み  
<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/torikumi.pdf>
- 2) ISO55001 要求事項の解説編集委員会：ISO55001:2014 アセットマネジメントシステム-要求事項の解説，日本規格協会，2014。
- 3) 紫桃孝一郎：道路構造物の維持管理，コンクリート

- 工学，Vol.51, No.1, 2013.
- 4) 宮原史，堤盛人：戦略的な人材育成の実現に向けた道路橋を維持管理する技術力の解明の試み—ブルーム・タキソノミーの応用—，土木学会論文集 F4 (建設マネジメント)，Vol.76, No.1, pp.14-28, 2020.
- 5) 樋口耕一：社会調査のための計量テキスト分析 内容分析の継承と発展を目指して第二版，ナカニシヤ出版，2020.
- 6) 大堀勝正，森地茂：道路維持における行政需要に応じた人員配置の最適化手法，土木学会論文集 F, Vol.66, No. 3, pp. 412-431, 2010.
- 7) 松田哲哉，倉永亮平，小澤一雅：建設業における人的資源マネジメントのシミュレーションモデルの構築，建設マネジメント研究論文集，Vol. 15, 2008.
- 8) 中村一平：技術公務員の役割と責務—今問われる自治体土木職員の市場価値—，土木学会建設マネジメント委員会 技術公務員の役割と責務研究小委員会，2010.
- 9) 野口好夫，鈴木弘司，河野修平，鈴木昌哉：建設マネジメントの構造化分析から抽出する技術公務員の技術力，土木学会論文集 F4 (建設マネジメント)，Vol.70, No.4, pp.171-182, 2014.
- 10) 森田哲夫・入澤覚・長塩彩夏・野村和広・塚田伸也・大塚裕子・杉田浩：自由記述データを用いたテキストマイニングによる都市のイメージ分析，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.68, No.5 (土木計画学研究・論文集第 29 卷)，pp.1315-1323, 2012.
- 11) 吉城秀治・辰巳浩・堤香代子・西坂従道：幼少期における都心の思い出と現在の都心指向の関係性に関する研究，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.71, No.5 (土木計画学研究・論文集第 29 卷)，pp.181-190, 2015.
- 12) 吉城秀治，辰巳浩，堤香代子，西山翔汰：不案内な地域におけるバス利用に関する意識，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 29 卷)，pp.1935-1946, 2018.
- 13) Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Rath, J. and Wittrock, M. C.: *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Longman, 2000.
- 14) 国土技術政策総合研究所：国総研技術相談窓口，<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/tec-soudan/index.htm>
- 15) 榊剛史，松尾豊，内村幸樹，石塚満：Web 上の情報を用いた関連語のソーラス構築について，自然言語処理，Vol.14, No.2, pp.3-31, 2007.
- 16) ChaSen - 形態素解析器，<https://chasen-legacy.osdn.jp/>
- 17) KH Coder，<https://kncoder.net/>
- 18) Clauset, A., M. E. J. Newman & C. Moore: Finding Community Structure in Very Large Networks, *Physical Review E*, 70(6): 066111, 2004.
- 19) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編，2017.
- 20) 村越潤，高橋実，佐藤歩：既設道路橋における鋼部材の疲労と技術開発，土木技術資料，Vol.58, N0.6, 2016.

(2021.3.7 受付)

ATTEMPT TO ELUCIDATE TECHNOLOGICAL CAPABILITIES  
REQUIRED FOR ROAD BRIDGE MAINTENANCE  
BY QUANTITATIVE TEXT ANALYSIS

Fumi MIYAHARA, Morito TSUTSUMI

In order to maintain road bridges, strategic human resource development is required to secure engineers that are capable of behaving or making decision at certain level required for each organizations concerning for road bridge management. However, objectives of human resource development such as perspective and components of technological capabilities are rarely provided in human resource development of each organizations.

This paper attempts to elucidate technological capabilities required for road bridge maintainance by quantitative text analysis of the text data that records the technical consultation by experts of road bridges on the decisions and considerations that should be made by road administrators in dealing with the defects of road bridges.