

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と
その向上方策に関する研究

2022年3月

宮原 史

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と
その向上方策に関する研究

宮原 史

理工情報生命学術院
システム情報工学研究群
筑波大学

2022年3月

目次

第1章	はじめに	7
1.1	本研究の背景	7
1.2	本研究が志向する戦略的な人材育成	8
1.3	本研究の目的	10
1.4	本研究における「技術力」の位置付け	11
1.4.1	技術力と類似する諸概念との関係	11
1.4.2	組織の責任・権限の観点からの解釈	12
1.4.3	道路橋の維持管理に関する業務との関係	13
1.4.4	熟達化との関係	14
1.5	本論文の構成	14
	参考文献	15
第2章	既往の取り組みや研究のレビューと本研究の位置付け	18
2.1	人材育成に関する研究の全体像	18
2.2	既往の資格制度等のレビュー	19
2.2.1	国内の資格制度等における技術力の扱い	19
2.2.2	国内の資格制度等における経験による学習効果の扱い	20
2.2.3	米国土木学会のCEBOK(Civil Engineering Body of Knowledge)	20
2.3	既往の研究のレビュー	21
2.3.1	技術力の解明に関する研究	21
2.3.2	業務上の経験による学習効果に関する研究	22
2.4	本研究の位置付け	23
	参考文献	24
第3章	質的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	26
3.1	本章の位置付けと構成	26
3.2	技術力の解明のための枠組	27
3.2.1	ブルーム・タキソノミーの枠組	27
3.2.2	ブルーム・タキソノミーにおける複雑性の原理	28
3.2.3	ブルーム・タキソノミーにおけるメタ認知	28
3.2.4	ブルーム・タキソノミーの本章への適用	28
3.3	技術力の構成要素を具体化するためのサンプル	30
3.3.1	熊本地震で被災した道路橋の復旧事例	30
3.3.2	道路管理者への技術指導事例	32
3.4	技術力を整理するための分類方法	34
3.5	対策の決定に着目した技術力の整理	34
3.5.1	熊本地震で被災した道路橋の復旧事例に基づく整理	34
3.5.2	道路管理者への技術指導事例に基づく整理	38
3.6	支援ツールの活用に着目した技術力の整理	43

3.6.1	熊本地震で被災した道路橋の復旧事例に基づく整理	43
3.6.2	道路管理者への技術指導事例に基づく整理	47
3.7	本章のまとめ	52
	参考文献	53
第4章	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	55
4.1	本章の位置付けと構成	55
4.2	分析方法	56
4.2.1	分析対象	56
4.2.2	2段階からなる接合アプローチによる分析方法	56
4.2.3	テキストの前処理	57
4.3	分析結果（1段階目：Correlational アプローチ）	58
4.3.1	抽出語リストの出力	58
4.3.2	共起ネットワークの描画	59
4.3.3	コーディング単位となるグループの設定	59
4.4	分析結果（2段階目：Dictionary-based アプローチ）	63
4.4.1	コーディングルールの設定	63
4.4.2	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	64
4.5	分析結果の考察	66
4.5.1	道路橋を維持管理する技術力の構成要素	66
4.5.2	質的テキスト分析による整理結果との整合性の考察	66
4.5.3	戦略的な人材育成への活用可能性	68
4.6	本章のまとめ	68
	参考文献	69
第5章	教育・研修を通じた道路橋を維持管理する技術力向上効果に関する一考察	71
5.1	本章の位置付けと構成	71
5.2	教育を通じた技術力向上効果の考察—筑波大学の教育を対象に—	71
5.2.1	学習内容と技術力の構成要素の対応の整理方法	71
5.2.2	整理結果と考察	72
5.3	研修を通じた技術力向上効果の考察—道路構造物管理実務者研修（橋梁初級 I）を対象に—	75
5.3.1	学習内容と技術力の構成要素の対応の整理方法	75
5.3.2	整理結果と考察	76
5.4	高次の認知過程に対応する人材育成手段の考察	79
5.5	本章のまとめ	80
	参考文献	81
第6章	業務上の経験を通じた道路橋を維持管理する技術力向上効果に関する一考察	82
6.1	本章の位置付けと構成	82
6.2	業務上の経験を通じた学習内容の分析方法	83
6.2.1	インタビュー対象	83

6.2.2	インタビュー時期	84
6.2.3	インタビュー方法	84
6.2.4	学習内容を整理するためのインタビュー結果の分析方法	84
6.3	研究所への出向を通じた地整職員の学習内容の整理	86
6.3.1	専門知識の習得	86
6.3.2	方略についての知識の習得	88
6.3.3	課題についての知識の習得	90
6.3.4	人についての知識の習得	92
6.3.5	信念の形成	94
6.3.6	視野の拡大	96
6.3.7	学習内容のまとめ	97
6.4	研究所への出向経験を通じた地整職員の技術力向上効果の考察	99
6.4.1	道路橋を維持管理する技術力との関係	99
6.4.2	その他の既往研究との関係	101
6.5	業務上の経験を人材育成のシステムに組み込む際の留意点の提示	102
6.5.1	人材育成の手段として業務上の経験を位置付ける際の留意点	102
6.5.2	業務上の経験による技術力向上効果の評価方法を整備する際の留意点	103
6.6	本章のまとめ	105
	参考文献	106
第7章	戦略的な人材育成方策の提示	108
7.1	人材育成の目標を設定する	108
7.2	人材育成を計画する	109
7.3	人材育成の効果を評価する	110
7.4	本章のまとめ	112
	参考文献	113
第8章	まとめ	115
8.1	本研究の結論	115
8.2	今後の課題・展望	117
8.2.1	本研究で提示した人材育成方策の深化と応用に向けた課題	117
8.2.2	働くことに関する社会的背景の変化を踏まえた課題・展望	120
	参考文献	123
付録		125
付録1	ブルーム・タキソノミーの原典に示される解説の反映方法	125
付録2	SCATによる分析手順	127
付録3	回答者毎の全理論記述	130
	参考文献	131
謝辞		132

目次

図 1-1	人材育成の階層的マネジメントサイクル	9
図 1-2	本研究における技術力の範囲	12
図 1-3	道路橋の維持管理に関するフローと本研究における技術力の関係	13
図 1-4	本論文の構成	15
図 2-1	人材育成に関する研究の全体像	18
図 3-1	中空断面橋脚へのコンクリート充填	31
図 3-2	対策の決定に着目した技術力の整理の例（斜面崩落の影響を受けにくい橋台構造形式の採用）	36
図 3-3	対策の決定に着目した技術力の整理の例（中空断面橋脚へのコンクリート充填）	37
図 3-4	技術指導事例に基づく技術力の整理の例（対策の決定に着目）	38
図 3-5	支援ツールの活用に着目した技術力の整理の例（解析モデルを活用した施工手順の決定）	44
図 3-6	支援ツールの活用に着目した技術力の整理の例（モニタリング技術を活用した施工の妥当性の確認）	46
図 3-7	技術指導事例に基づく技術力の整理の例（支援ツールの活用に着目）	47
図 3-8	対策決定プロセスと支援ツール活用プロセスの関係	52
図 4-1	共起ネットワーク	59
図 4-2	共起ネットワークとコーディング単位	60
図 4-3	KWIC コンコーダンス（「正確」と「把握」）	62
図 4-4	KWIC コンコーダンス（「施工」と「確認」）	62
図 4-5	相談内容類型毎のコード出現割合のバブルプロット（対策決定プロセスグループ）	64
図 4-6	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）	65
図 4-7	相談内容類型毎のコード出現割合のバブルプロット（特定専門知識グループ）	66
図 5-1	筑波大学の教育（構造力学，鋼構造，コンクリート工学関連）と技術力の対応	74
図 5-2	道路構造物管理実務者研修（橋梁初級 I）と技術力の対応	79
図 6-1	研究所への出向経験による学習の概念図	98
図 6-2	研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容とブルーム・タキノミー	100
図 7-1	人材育成の階層的マネジメントサイクルと本研究で提示した人材育成方策	113
図 8-1	働くことに関する社会的背景を踏まえた人材育成の全体像	123

表目次

表 3-1	当初のブルーム・タキソノミー	27
表 3-2	改訂版ブルーム・タキソノミー	29
表 3-3	認知過程の類型	29
表 3-4	知識の類型	29
表 3-5	技術指導事例のサンプル数	33
表 4-1	技術指導事例のサンプル数とテキスト数	56
表 4-2	抽出語リスト	58
表 4-3	コーディング単位となるグループ	62
表 4-4	コーディングルール（対策決定グループの例）	63
表 5-1	考察対象とした科目	72
表 6-1	インタビュー対象者一覧	84
表 6-2	SCAT による分析の例	85
表 6-3	理論記述（技術基準に関する知識の習得）	87
表 6-4	理論記述（損傷事例及び関連する専門知識の習得）	88
表 6-5	理論記述（道路構造物の維持管理に関する方略についての知識の習得）	89
表 6-6	理論記述（問題解決一般に関する方略についての知識の習得）	90
表 6-7	理論記述（技術的課題には唯一の正解が存在しないことの認識）	91
表 6-8	理論記述（技術文書を書くことの難しさの認識）	92
表 6-9	理論記述（人の学習プロセスに関する知識の習得）	93
表 6-10	理論記述（自らの認知の限界の認識）	94
表 6-11	理論記述（技術的課題に対する姿勢の変容）	95
表 6-12	理論記述（自らの使命の認識）	95
表 6-13	理論記述（組織外への視野の拡大）	96
表 6-14	理論記述（政策上流への視野の拡大）	97
表 6-15	研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容と第 3 章の整理結果の対応	99
表 6-16	回答者の業務経験の内訳と学習内容	103
表 6-17	回答者の役職と「方略についての知識の習得」において習得した知識の内容	104
表 7-1	人材育成の階層の例	110
表 7-2	本研究で提示する人材育成方策の効果	112

写真目次

写真 3-1	阿蘇長陽大橋（復旧工事中）	31
写真 3-2	斜面崩落の影響を受けにくい橋台構造形式の採用	31
写真 3-3	桑鶴大橋（被災直後）	32

第1章 はじめに

1.1 本研究の背景

我が国の道路橋の高齢化は急速に進行しており、全国約 72 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（平成 31）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¹⁾。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²⁾、土木技術者の確保は喫緊の課題となっている。

ここで、道路橋を保全してゆくためには、土木技術者の“数”を充足するだけではなく、土木技術者の“質”も確保する必要がある。アセットマネジメントの国際規格である ISO55000 では、アセットマネジメントを「アセットから価値を実現化する組織の調整された活動」、アセットマネジメントシステムを「組織の目標を達成するための方針、目標、プロセスを確立するための要素の組合せであり、組織の相互に作用するもの」と定義している。そして、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、「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³⁾。ISO55000 シリーズに準拠して継続的改善を図ることのできるマネジメントの方法論を提示した小林ら⁴⁾は、アセットマネジメントの基本要素を以下の 4 つに大別した上で、個々の要素を所定の水準で充足させるとともに、個々の要素間の相互の関係性を調和のとれたものとするに着目することを提案しており、以下の 3) に示すとおり技術力の確保をアセットマネジメントが持続的に発展できるための 1 つの鍵としている。

- 1) マネジメント主体が行うあらゆる行為や意思決定である行動様式
- 2) 行動様式を技術的に支援するツール
- 3) 行動様式をとる人材や組織が備えるべき技術力
- 4) マネジメントを実行する責任と権限を付与された組織

すなわち、道路橋を保全してゆくためには、道路橋の保全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、人材育成のシステムを構築する必要がある。

一方、メンテナンスサイクルを持続的に回すため、非破壊試験技術やモニタリング技術、新材料・工法等のメンテナンス技術の開発を推進することが提言されている⁵⁾。近年、国により公募され仕様確認が行われた点検支援技術のカタログ⁶⁾がとりまとめられる等、実際に技術の開発が推進されている。

しかし、開発が進む技術を闇雲に適用しても、道路橋の保全の質が改善されるとは限らない。場合によっては、好ましくない結果をもたらす可能性もある。例えば定期点検を行うにあたって参考となる技術情報をとりまとめた道路橋定期点検要領⁷⁾においては、近接目視により行うことが基本とされる健全性の診断の根拠となる状態の把握において機器等で得られ

た結果を利用するにあたっては、「機器の提供する性能並びに性能の発揮条件などを考慮し、適用条件や対象、精度や再現性の範囲で用いること」が留意事項として示されている。これらの事項への留意が不足した場合、期待した機器の性能が発揮されず、定期点検の質が確保されない可能性がある。また、措置において参考にされる場合も想定される道路橋示方書の解説図書⁷⁾においては、新しい材料等については、「破壊形態、強度や変形能、耐久性などの性能が確認された範囲で使用条件を定める必要がある」ことが示されている。実際の措置事例において、補修効果が十分に得られず、一旦補修した部材に再損傷が生じることがあることが報告されていることから⁸⁾、被補強部材の条件や架橋条件を考慮して、適用条件に合致した補修工法や材料を検討する必要があると示唆される。

これらの背景を踏まえると、開発が進む技術を様々な条件を考慮して使いこなせることも、道路橋の保全に従事する土木技術者に必要とされる力の1つと考えられる。なお、モニタリング技術やメンテナンス技術をツールと捉えれば、このことは小林ら⁹⁾が前述のように2) ツールと3) 技術力という2つの要素相互の関係性が適切に構築されていることもアセットマネジメントが持続的に発展できるための1つの鍵としていることと対応している。

技術者の人材育成を検討するにあたって歴史を振り返ると、土木技術者は、戦後から長い期間、学校での教育と就職後の業務や先輩・同僚の指導・助言を介した能力向上により養成されてきたとされる⁹⁾。成人の能力開発の70%以上は業務上の経験によって説明できるとの研究もあり、土木分野以外も含め一般に良質な経験を積ませることは優れた人材を育成する鍵とされている¹⁰⁾。特に「土木工学には経験工学の側面がある」¹¹⁾とも言われるように、土木技術者の技術力の向上には学校での教育や就職後の研修のみならず業務上の経験が大きな役割を担っていると考えられる。

これらの背景を踏まえると、人材や組織をマネジメントするためには、教育や研修と、業務上の経験がどのような技術力向上効果を有するかを明らかにするとともに、これらを生きた人材育成のシステムに組み込む方法を確立することが重要であると考えられる。なお、人材育成のシステムを確立することは、我が国のインフラシステムの海外展開の推進¹²⁾にも寄与すると考えられる。

1.2 本研究が志向する戦略的な人材育成

人材育成はPDCAサイクルに当てはめれば、人材育成計画を立案する(Plan)、人材育成を実施する(Do)、人材育成の効果を計測する(Check)、計測された効果を踏まえ人材育成計画を改善する(Action)、というシステムとして捉えることができる。このようなサイクルの人材育成の実効性を確保することができれば、人材育成の継続的改善を図ることができると考えられる。

しかし、このサイクルが機能するためには、そもそも人材育成の目標が明確に設定されていることが前提条件となる。Hall¹³⁾による人材育成の定義においても「企業が戦略目的達成のために必要なスキル、能力、コンピテンシーを同定し、これらの獲得のために従業員が学習するプロセスを促進・支援することで、人材を経営に計画的に供給するための活動と仕組み」とされているように、「必要なスキル、能力、コンピテンシーの同定」すなわち人材育成の目標の同定は、人材育成を「意図的」かつ「計画的」に推進するための前提条件となっている¹³⁾。

一方、道路橋の保全是暗黙知に支えられている部分も大きい¹⁴⁾。このため、道路管理者をはじめ道路橋の保全に関わる各組織で行われる技術力の習得を目的とした研修や OJT (on-the-job training) を通じての人材育成において、どのような行動をとれるようになるために、どのような力を習得させようとしているのか、すなわち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と考えられる。このため、様々な研修や OJT をどのように組み合わせて目標とする技術力を習得させようとするか人材育成計画を立案したり、人材育成の効果を計測したり、計測された効果を踏まえ人材育成計画を改善したりすることは困難となっている。地方自治体の技術公務員を対象にアンケートを実施した結果、ほぼ半数が技術力育成を目的とした人事異動がなされていないと認識しており、6 割以上は人事評価制度が人材育成に寄与していないと感じているとの報告もある¹⁵⁾。

そこで本研究では、目標とする技術力を明確にした上での PDCA サイクルによる人材育成を「戦略的な人材育成」と捉える。ISO55001²⁾を参考に、人材育成のマネジメントに「戦略レベル」「戦術レベル」「実施レベル」の 3 つの階層があると捉えた概念図を図 1-1 に示す。本研究が志向する「戦略的な人材育成」は、図 1-1 に示すように人材育成の目標が明確にされ、各レベルで整合した目標に向かって PDCA サイクルによる継続的改善が実現されるマネジメントを指す(図 1-1 の破線は、目標が明確でなく、戦略レベルのマネジメントが不在となっている現状を表している.)。なお、本研究における技術力の定義は 1.4 に示す。

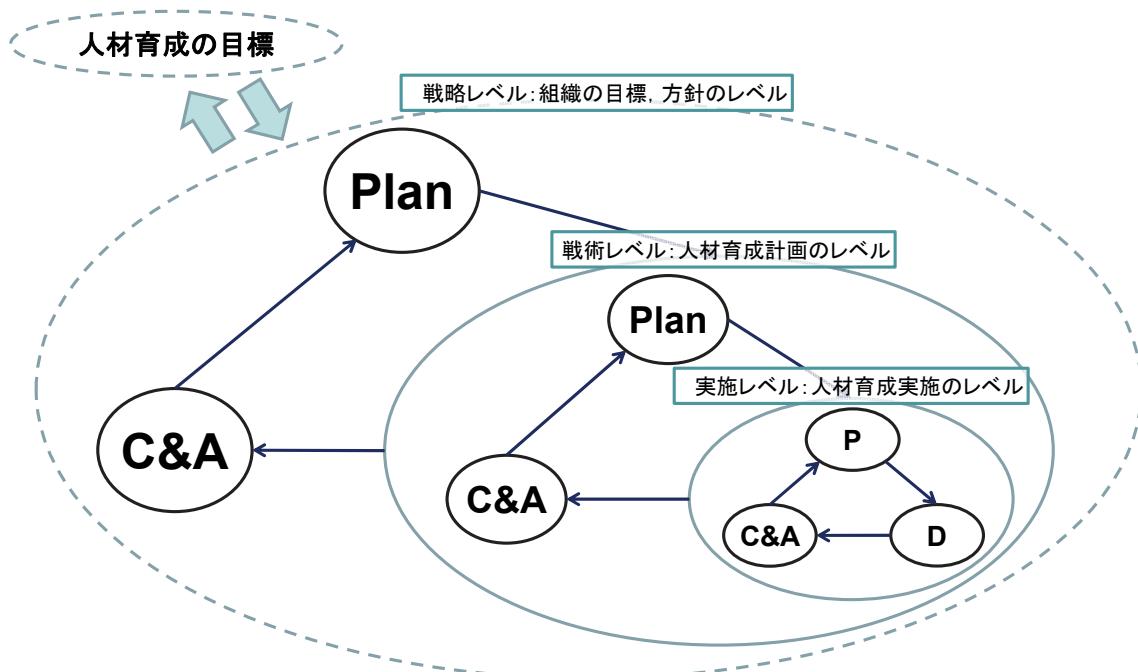


図 1-1 人材育成の階層的マネジメントサイクル (ISO55001²⁾を参考に筆者作成)

ここで、学習過程についての原理を教育や研修に応用しようとする教育設計学(インストラクショナルデザイン)の分野においては、教育や研修を設計するための体系的アプローチとして、PDCA サイクルを援用したモデルである ADDIE モデル (Analysis : 分析, Design : 設計, Development : 開発, Implementation : 実施, Evaluate : 評価) がよく知

られている¹⁶⁾。また近年は、より実践的な問題解決に適応可能とされているOODA ループ（Observe：観察，Orient：状況判断，Decide：決定，Act：行動）が提案されており¹⁷⁾，人材育成にも適用できる可能性がある。しかし，どのようなアプローチをとるにせよ，人材育成のシステムが機能するためには，道路橋の保全に携わる技術者がどのような行動をとれるようになるためにどのような力を習得させるのか，人材育成の目標が明確に設定されていることが前提条件となる。そこで本研究では上述の一般的なPDCAサイクルを「戦略的な人材育成」と捉えることとする。

1.3 本研究の目的

本研究では，1.2 に示した戦略的な人材育成の実現に向け，まず道路橋の保全，すなわち「個々の道路橋の損傷状態を把握し，それらに対して補修等の対策を検討，判断する」という行動様式に着目して，これを行うための技術力の解明を試みる。このとき，道路橋の保全における損傷状態の把握や対策の決定といった技術的な判断や検討，及び措置を支援する道具や手順を「支援ツール」と総称した上で，支援ツールを適切に用いてこれらの技術的な判断や検討及び措置の質を改善する力（支援ツールを活用する技術力）にも着目する。その上で，教育や研修と業務上の経験を人材育成のシステムに組み込む方法の確立を目指し，これらによる技術力向上効果を明らかにする。そして，以上の整理を踏まえて，戦略的な人材育成を実現するための方策を提示する。

ここで，小林ら³⁾がアセットマネジメントにおいて「3) 行動様式をとる人材や組織が備える技術力」と「4) マネジメントを実行する責任と権限を付与された組織」の相互の関係性が適切に構築されているかどうかにも着目することを提案しているように，道路橋の保全に携わる組織の責務や体制に応じて必要となる技術力の構成要素やその水準は大きく異なり得る。例えば仮に管理する道路橋の架橋条件や構造条件が全く同じであっても，外部委託する範囲が異なれば，業務を合理的に遂行するための組織の体制は異なる。そして，当該組織の職員に必要な技術力の構成要素やその水準も異なってくると考えられる。また，どのような組織の体制をとるにせよ，組織内の部署，役職に応じて個々の職員に必要な技術力の構成要素やその水準は異なる。このため，人材育成の実務を想定すれば，組織の責務や体制自体もマネジメントの対象であることを前提とし，組織の責務や体制に応じて必要となる技術力を明確にするとともに，その技術力を目標として戦略的な人材育成を実現するための方策を提示する必要がある。しかし，本研究では戦略的な人材育成の実現に向けた研究の手始めとして，まずは組織の責務や体制の観点に応じた求められる技術力の相違は考慮せず技術力の解明を試みる。すなわち，特定の組織を想定せず普遍的となるよう道路橋を保全する技術力の解明を試みる。そして，その技術力を目標として戦略的な人材育成を実現するための方策を提示する。

なお，小林ら³⁾が道路橋のマネジメントに関する行動様式を戦略レベル・戦術レベル・実施レベルと階層化して整理しているように，マネジメントには様々なレベル，種類の行動様式が存在する。本研究で対象とする道路橋の保全はそれらのごく一部に過ぎないものの，本稿では便宜上，道路橋の保全のことを単に「維持管理」と称す。また，デューイ¹⁸⁾によれば，「経験」は「人間と外部環境との相互作用」を意味する。この定義を踏まえ，本研究においては，特段断らない限り「経験」には業務上の経験のみならず教育や研修も含むものとする。

1.4 本研究における「技術力」の位置付け

本研究では 1.3 に示したように、「個々の道路橋の損傷状態を把握し、それらに対して補修等の対策を検討、判断する力」を、道路橋を維持管理する技術力と称す。ただし、筆者の知る限り、「技術力」という言葉には明確な定義が存在しない。また、1.3 に示したとおり、道路橋の保全に携わる組織の責務や体制に応じて必要となる技術力の構成要素やその水準は異なり得る。そこで、以下では本研究が着目する「技術力」の位置付けの明確化を試みる。

1.4.1 技術力と類似する諸概念との関係

技術と類似する言葉の 1 つに「技能」がある。「技能」は、広辞苑では「技芸を行ううでまえ・技量」とされる。松尾¹⁰⁾は、認知心理学における区分に基づき、「事実としての知識」と区別して「やり方に関する知識（あるいは、やり方を体現できる知）」を「スキル」と呼んだ上で、技術も技能もこれに含まれるとしている。技術と技能についても明確な区別が確立されていないものの、建設分野においては、建設工事の直接的な作業を行う力を指して「技能」が用いられている例がある¹⁹⁾。これらを踏まえ、本研究では、道路橋の損傷状態の把握や補修等の対策を行うやり方に関する知識やこれらを用いることを検討、判断する力は「技術力」に含むものとする。一方、道路橋の損傷状態の把握や補修等の対策の直接的な作業を行う力は「技能」に含むものとする。道路橋を保全してゆくためには当然ながら必要な技能を有する者も確保する必要があるものの、国土交通省において能力評価制度²⁰⁾が確立されている等、技能者の技能については全体像や構成要素が既に一定程度整理されている。そこで本研究では個々の道路橋の損傷状態を把握し、それらに対して補修等の対策を検討、判断する力に着目し、技能は技術力には含まないものとする。

また、人材育成に用いられる概念に、1.2 でも触れた「コンピテンシー」がある。コンピテンシーには未だ共通の定義が無い²¹⁾とされるものの、例えば古川によれば「特定の業務を遂行し、高い水準の業績を上げることができる個人の行動特性」と定義される²²⁾。そして、一般にコンピテンシーの説明に用いられる冰山モデル²³⁾では、コンピテンシーは水面下に隠れており開発がしにくい特性や自己概念などの部分と水面上に出ており開発がしやすい知識やスキルといった部分とで構成されるとされ、重要なのは水面下に隠れている部分であることが強調される。コンピテンシーを用いた人材育成では「高業績者に共通する行動特性（コンピテンシー）を発揮しているものは、会社の経営戦略遂行に貢献できる」という仮説のもと、リストアップされたコンピテンシーを充足・強化させようとする²⁴⁾。このような考え方を参考に、道路橋の維持管理に携わる技術者の人材育成においても、コンピテンシーベースで目標を設定することも考えられる。しかし本研究では、戦略的な人材育成の実現に向けた研究の手始めとして、開発がしにくい特性や自己概念までは「技術力」に含まないものとする。

冒頭の 1.1 では、明確に定義することなく「土木技術者の“質”」という言葉を用いた。ここで、我が国の技術者の質保証のための枠組の 1 つとして位置づけられる²⁵⁾日本技術者教育認定機構（JABEE）の定める基準²⁶⁾においては、2.2.1 で後述するように高等教育機関における技術者教育のプログラム修了時に身につけておくべき知識・能力の観点を定めている。その中には、種々の知識や理解といった冰山モデルの水面上に位置づけられる観点のみならず、例えば「解決すべき問題を認識する能力」、「必要な情報や知識を獲得する能力」のよう

に、冰山モデルの水面下の部分にも左右される可能性が高い観点も見られる。このことを考慮すると、技術者の“質”は、本研究における技術力よりも広範な、冰山モデルの水面下の部分も含めた概念として位置づけるべきであると考えられる。

以上の「技能」、「コンピテンシー」、「技術者の質」との関係性を踏まえた、本研究における技術力の範囲を図 1-2 に示す。図 1-2 は冰山モデル²³⁾を一部改編したものであり、上述のようにスキルを技術と技能に区別した上で、本研究における技術力の範囲に含まれる「知識」と「技術」を赤色で着色したものである。なお、「技術」は「知識」や「技能」と比較して可視となりやすく開発もしにくいと考え、水面上ではあるものの水面付近に位置づけている。

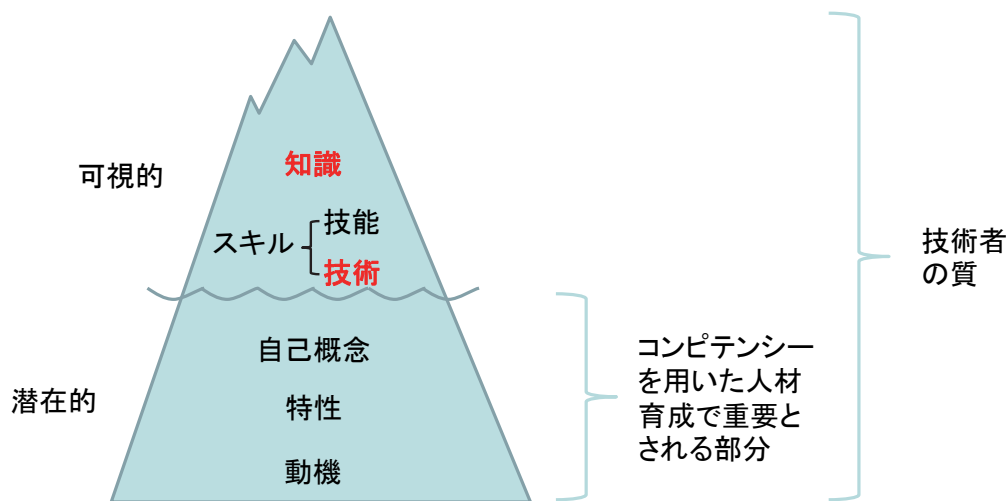


図 1-2 本研究における技術力の範囲（冰山モデル²³⁾を筆者改編）

1.4.2 組織の責任・権限の観点からの解釈

1.3 に示したように、本研究における道路橋を維持管理する技術力は「個々の道路橋の損傷状態を把握し、それらに対して補修等の対策を検討、判断する力」であり、技能は含まない。このような技術力の位置付けを念頭に置きつつ、道路法に基づく道路の維持管理に関する意思決定の責任は道路管理者にあることを鑑みると、1.3 に示したように本研究では特定の組織を想定せず普遍的となるよう技術力の解明を試みるものの、本研究における技術力は道路管理者一般に求められる技術力と解釈することも可能である。

小林ら³⁾が整理しているように、道路管理者の組織体系には技術的判断に関わる責任と権限の配置の観点から様々なパターンがある。自ら技術的判断を担わず協定等に基づき別の組織に技術的判断に関わる責任・権限を委譲してマネジメントを行うという例外のパターンも一部想定されるものの、我が国の道路管理者は一般に道路の維持管理に関する技術的判断を伴う意志決定を組織の職階の中で行う。すなわち、業務委託契約、諮問委員会等の助言体制により意志決定に必要な技術力の補完がなされるとしても、外部機関は責任を負わない位置付けとなる。この場合、意志決定者である道路管理者組織に求められる技術力の水準は、当該組織が管理する道路橋の個別の構造条件、架橋条件に応じて実質的には異なると考えられるものの、国、都道府県、市町村といった組織の違いにより差別化されるわけではない。これらのことから、本研究における技術力は道路管理者一般に求められる技術力と解釈するこ

とが可能である。

1.4.3 道路橋の維持管理に関する業務との関係

1.3 に示したように、本研究では、個々の道路橋の損傷状態を把握し、それらに対して補修等の対策を検討、判断するという行動様式に着目して、これを行うための技術力の解明を試みる。一方、雑草や落下物の処理のように、対策を決定するにあたって技術的な検討、判断の余地が無いと考えられる行動様式は対象としていない。図 1-3 に、本研究が着目する行動様式と道路橋の維持管理の実際の業務との関係を示す。なお、図 1-3 のフローは、国が管理する道路橋の維持管理に関する標準的なフロー²⁷⁾を筆者が一部改編するとともに簡略化したものである。

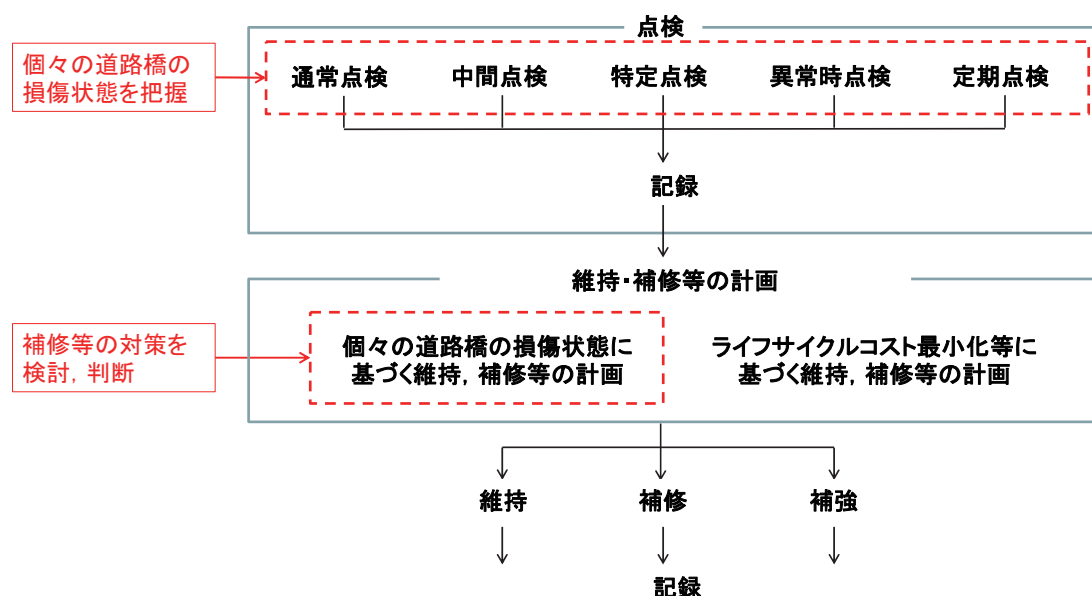


図 1-3 道路橋の維持管理に関するフローと本研究における技術力の関係

図 1-3 に示すように、本研究で着目する行動様式のうち個々の道路橋の損傷状態の把握は、実際の業務においては通常点検、中間点検、特定点検、異常時点検、定期点検といった点検の体系のいずれにおいても行われるものである。例えば、巡回等に併せて日常的に行われる通常点検で補修等の対策が必要な損傷を把握することもある。このため、本研究では特定の業務に着目するのではなく、個々の道路橋の損傷状態を把握するという行動様式に着目している。後述するように第 3 章では、熊本地震で被災した道路橋の復旧事例にも基づいて道路橋を維持管理する技術力の解明を試みる。これは、上記のように、道路橋の損傷状態を把握し、それらに対して補修等の対策を検討、判断するという行動様式は地震発生後に行われるものと日常的に行われるもので本質的な違いは無いと捉えているためである。

図 1-3 に示す「維持・補修等の計画」は、道路橋の維持、補修等の計画においては個々の道路橋の損傷状態の観点と、ライフサイクルコスト最小化等の観点の両方が考慮されること

を明示している（なお、ライフサイクルコスト最小化は個々の道路橋としてのみならず道路橋群としても考慮される）。本研究で着目する行動様式のうち補修等の対策の検討、判断は、前者、すなわち個々の道路橋の損傷状態に基づく維持、補修等の計画に対応している。一方、ライフサイクルコスト最小化等、個々の道路橋の損傷状態以外の観点から補修等の対策を検討、判断する行動様式は本研究では対象としない。また、1.4.1にも示したように、補修等の対策の直接的な作業も本研究では対象としないため、図 1-3 ではこれらに対応する維持、補修、補強が対象ではないことを示している。

1.4.4 熟達化との関係

認知心理学においては、「ある領域の仕事ができるようになっていくこと」が「熟達化」といわれる領域で研究されている。波多野²⁸⁾は、熟達者には2つのタイプがあるとし、既習の技能を柔軟に応用したり、以前の経験を新しい事態に生かしたりすることができる者を「適応的熟達者 (adaptive expertise)」と呼ぶ一方、決まった課題において手続を正確に素早く実行できる者を「定型的熟達者 (固定的熟達者) (routine expertise)」と呼び、適応的熟達者と区別している。これらの定義を踏まえると、適応的熟達者が有する能力は、本研究における技術力と親和性が高いと考えられる。一方、定型的熟達者 (固定的熟達者) が有する能力は本研究における技能と親和性が高いと考えられる。本研究における技術力と適応的技術者が有する能力の関係については第5章で考察する。

1.5 本論文の構成

本論文の構成を図 1-4 に示す。

まず第2章では、人材育成に関する研究の全体像を概観するとともに、本研究に関連する既往の取り組みや研究をレビューし、本研究の位置付けを整理する。

第3章と第4章では、道路橋を維持管理する技術力の解明を試みる。第3章では、実際の道路橋の維持管理における判断行為や検討内容が記録されているテキストをサンプルとし、教育分野で開発された既存の枠組を用いつつ、1つ1つの判断や検討が最もよくあてはまる知識と認知過程の組合せに分類してゆくことにより（後述する第4章の計量テキスト分析と対比してこれを「質的テキスト分析」と称す。）、道路橋を維持管理する技術力の解明を試みる。このとき、対策の決定と支援ツールの活用の2つの観点から道路橋を維持管理する技術力の解明を試みる。なお、第3章の内容は筆者らの先行研究^{29),30)}を基礎としている。第4章では、第3章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により道路橋を維持管理する技術力の解明を試みるのに対して、同じテキストを対象に、量的方法を含む内容分析、すなわち計量テキスト分析により道路橋を維持管理する技術力の解明を試みる。そして、第3章の整理結果との整合性を考察し、質的テキスト分析を用いて得られた整理結果を支持する結果が得られるかどうかの検証を行う。なお、第4章の内容は筆者らの先行研究³¹⁾を基礎としている。

第5章と第6章では、第3章における道路橋を維持管理する技術力の整理結果を軸に、様々な経験がどのような技術力向上効果を有するかを考察する。第5章では、第3章で整理する技術力との対応の整理を通じて、教育と研修が有する技術力向上効果を考察する。なお、第5章の内容は筆者らの先行研究の一部²⁹⁾を基礎としている。第6章では、道路構造物を維持

管理する技術力の向上を目的とした国土交通省地方整備局職員の研究所への出向経験に着目し，出向を経験した地方整備局職員を対象にインタビューを行い，その結果を分析することにより，業務上の経験が有する技術力向上効果を考察する．なお，第6章の内容は筆者らの先行研究³²⁾を基礎としている．

第7章では，第3章から第6章を踏まえて戦略的な人材育成方を提示し，これにより道路橋の維持管理に携わる技術者の人材育成が現状と比較してどのように変わり得るか考察する．第8章では本研究の結論とともに残る課題と将来の展望を示す．

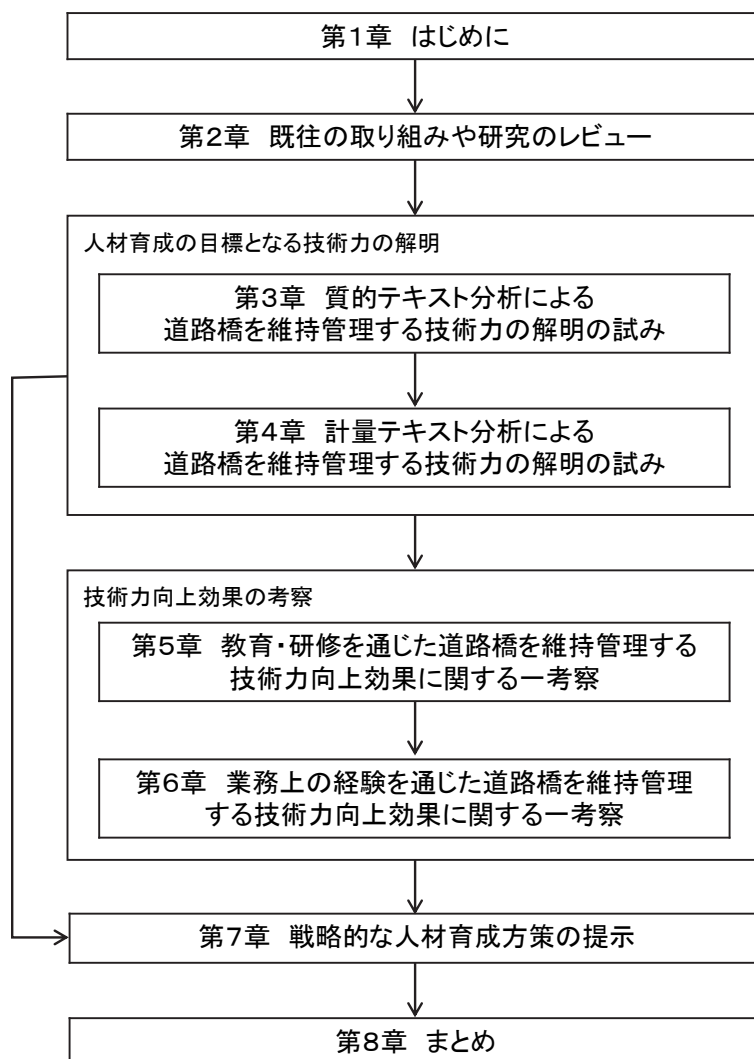


図 1-4 本論文の構成

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) 小林潔司編著：実践 道路アセットマネジメント入門継続的改善を実現するためのマネジメントの基本，コロナ社，2019.
- 4) 社会資本整備審議会道路分科会：道路の老朽化対策の本格実施に関する提言，2014.
- 5) 国土交通省：点検支援技術 性能カタログ（案），2019.
- 6) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領，2019.
- 7) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編，2017.
- 8) 国土技術政策総合研究所資料第 748 号：道路橋の定期点検に関する参考資料（2013 年版）-橋梁損傷事例写真集-，2013.
- 9) 道奥康治：土木技術界を取り巻く社会情勢と今後の教育・人材育成について，土木学会論文集 H（教育），Vol. 68, No. 1, 1-10, 2012.
- 10) 松尾睦：経験からの学習 プロフェッショナルへの成長プロセス，同文館出版，2006.
- 11) 宮川豊章：コンクリート技術と土木技術者，コンクリート工学，Vol. 52, No. 9, 2014.
- 12) 第 4 次社会資本整備重点計画，2015
- 13) 中原淳：経営学習論—人材育成を科学する，東京大学出版会，2012.
- 14) 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.
- 15) 村岡治道，野口好夫，鈴木弘司：今日求められる技術公務員の役割と責務，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol.73, No.4, I_1-I_9, 2017.
- 16) 鈴木克明：研修設計マニュアル：人材育成のためのインストラクショナルデザイン，北大路書房，2015.
- 17) 吉川歩：問題解決のための「か・き・く・け・こ」ループ，日本知能情報ファジィ学会誌，Vol. 32, No. 4, 797-800, 2020.
- 18) ジョン・デューイ（著），市村尚久（翻訳）：経験と教育，講談社学術文庫，2004.
- 19) 社会資本整備審議会産業分科会建設部会基本問題小委員会第 20 回資料 2，
https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/totikensangyo13_sg_000130.html
- 20) 国土交通省：橋梁技能者能力評価基準，2020.
- 21) 加藤恭子：日米におけるコンピテンシー概念の生成と混乱，日本大学経済学部産業経営研究所所報，68, 46-50, 2011.
- 22) 古川久敬：コンピテンシーラーニング：業績向上につながる能力開発の新指標，日本能率協会マネジメントセンター，2002.
- 23) Lyle M. Spencer, Jr. (原著), Signe M. Spencer (原著), 梅津祐良 (翻訳), 成田攻(翻訳), 横山哲夫(翻訳)：コンピテンシー・マネジメントの展開（完訳版），生産性出版，2011.
- 24) 中原淳：企業内人材育成入門 人を育てる心理・教育学の基本理論を学ぶ，ダイヤモンド社，2006.
- 25) 土木学会教育企画・人材育成委員会：教育企画・人材育成委員会活動報告書～平成 29 年度・平成 30 年度～，2019.
- 26) 日本技術者教育認定機構：日本技術者教育認定基準 個別基準，2019.
- 27) 国土交通省道路局国道・技術課：橋梁定期点検要領，2019.
- 28) 波多野誼余夫：適応的熟達化の理論をめざして，教育心理学年報，Vol. 40, pp. 45-47, 2001.

- 29) 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.
- 30) 宮原史, 堤盛人: 道路橋を維持管理する技術力の解明の試み—支援ツールの活用に着目して—, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol.76, No.2, pp.I_132-I_145, 2021.
- 31) 宮原史, 堤盛人: 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, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 投稿中.
- 32) 宮原史, 堤盛人: 土木技術者の経験と学習—地方整備局職員の研究所出向と道路構造物を維持管理する技術力に着目して—, 土木学会論文集 H (教育), 採録決定.

第2章 既往の取り組みや研究のレビューと本研究の位置付け

本章では本研究全体の位置付けに関する既往の取り組みや研究のレビューを行う。なお、第3章から第6章の各章において採用する個別の方法論に関する研究のレビューは各章にて行う。

2.1 人材育成に関する研究の全体像

本研究は道路橋の維持管理に携わる技術者の人材育成に着目するものの、本来人材育成はあらゆる企業、組織に所属する人材を対象とするものである。

中原¹⁾は企業一般の人材育成を念頭に、人材育成がともすれば誰もが経験に照らして作り出せる「私の教育論」を根拠に行われてしまう危うさを指摘するとともに、このような危うさを回避して安定した人材育成システムを保証するためには、経済学、経営学、認知科学、心理学、教育学、教育工学といった関連する諸科学からの英知を結集して取り組む必要があるとしている。これら関連する諸科学間の関係と代表的な理論やモデルを図2-1に示す。組織全体のマクロ的な視点からの戦略の構築や、それらの戦略を実行していくための人材育成に関する制度の構築にあたっては、経済学や経営学がベースとなる。一方、人はどのように学習していくのか、学習を促進・支援するにはどうしたらよいかといったミクロなレベルでの人材育成の方法論については、教育学、教育工学、学習科学、認知科学といった研究分野の知見がベースとなる。

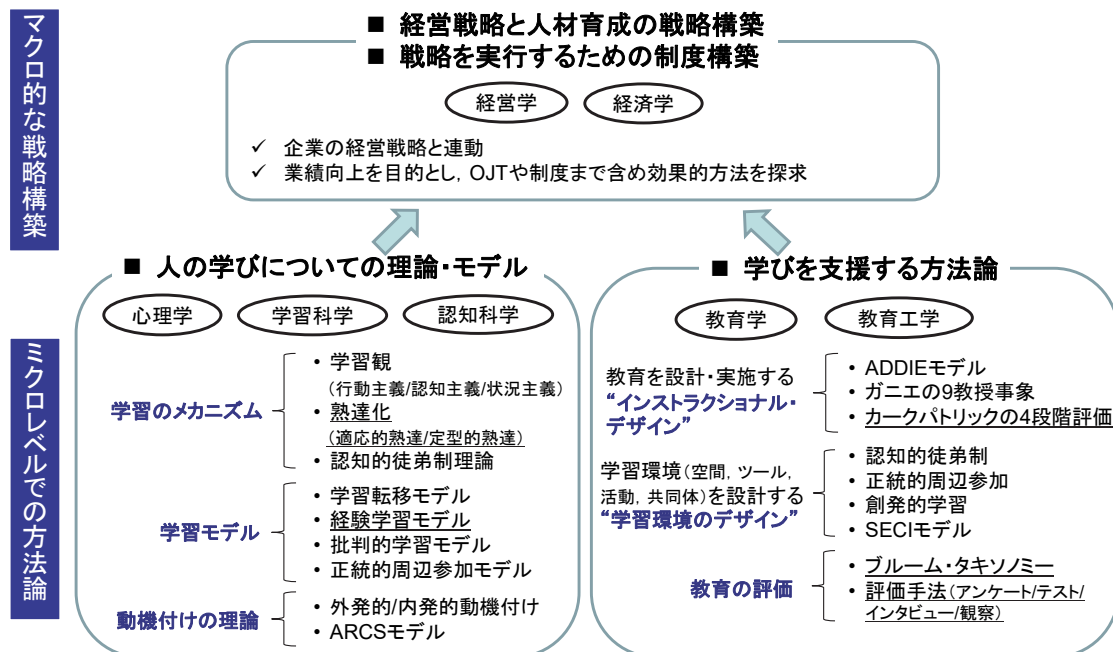


図 2-1 人材育成に関する研究の全体像 (中原¹⁾を参考に筆者作成)

図 2-1 は企業一般を念頭に置いているため、人材育成に関する戦略や制度の目的は「業績向上」とされているものの、この目標を「道路橋の保全」と置き換えれば、図 2-1 の構図は本研究にも適用可能と考えられる。すなわち、想定する組織が異なるため人材育成の目的が異なるものの、目的を達成するための方法論については企業一般と同様に図 2-1 に示す研究分野の知見が応用可能であると考えられる。そこで本研究でも、必要に応じて教育学、教育工学、学習科学、認知科学といった研究分野の知見を援用することとする。具体的には、図 2-1 に下線を付している理論やモデルを後述する第 3 章から第 6 章の各章において援用している。

なお、小林ら²⁾は、道路の社会的役割が明確になっていない現状では道路や道路橋のマネジメントの目的を設定すること自体が不可能であることを指摘しており、この点では企業一般のマネジメントと道路のマネジメントでは状況が異なる。本来、道路橋の保全に関わる各組織における人材育成の目標も、上位目標である道路や道路橋自体のマネジメントの目的と整合して設定される必要があるものの、1.3 に示したように本研究は特定の組織を想定するものではないため、ここでは人材育成の目標を「道路橋の保全」と捉えている。

2.2 既往の資格制度等のレビュー

既往の資格制度や教育認定制度には、技術力の体系や、技術者の学習体系が示されているものがある。そこで以下では、技術力の体系や技術者の学習体系の観点から、国内外の既往の資格制度等をレビューする。

2.2.1 国内の資格制度等における技術力の扱い

日本技術者教育認定機構 (JABEE) は、高等教育機関における技術者教育のプログラム修了時に身につけておくべき知識・能力の観点を定めている。専門的知識に関する観点の規定に着目すると、共通基準では「当該分野に必要とされる専門的知識とそれらを応用する能力」と定められている³⁾。そして、この共通基準を土木工学分野を含むエンジニアリング系学士過程プログラムに適用する際には、1) 当該分野において必要とされる専門的知識、2) 上記の知識を組み合わせることも含めた応用能力、3) 当該分野において必要とされるハードウェア・ソフトウェアを利用する能力の観点を考慮することとされている⁴⁾。3)の観点が示されていることから、第 3 章で着目する道路橋の維持管理に支援ツールを活用する技術力の観点も考慮されていると考えられるものの、JABEE の認定基準は全般に適用可能な、具体的とはいえない汎用的な内容となっている⁵⁾。これは、JABEE が技術者像や水準を含めて具体化した知識・能力を自ら定め学習・教育到達目標に含めることを教育機関に求めていることためであると考えられる。

JABEE が汎用的な技術者像を定めているのに対し、我が国には道路橋の維持管理に関わる様々な資格制度が存在し、資格に求められる技術力等を定めている制度がある。例えば土木学会認定土木技術者資格制度では、各資格分野における資格要件を定めている⁶⁾。メンテナンス分野においては「土木構造物のメンテナンスならびにそれらの支援技術に関する知識や経験を有しているとともに、非破壊検査、モニタリング、健全度評価手法、補修技術、ライフサイクルコスト評価等に関する知識を有していること」、設計分野においては「設計を構成する力学設計、耐久性設計、機能設計、デザインあるいはその性能照査に関して総合的知識と経験を有するとともに、解析・CAD・実験等の設計支援技術に関して体系的な知識また

は経験を有すること」と定められている。JABEE の認定基準と同様にこれらの資格要件においても、第 3 章で着目する道路橋の維持管理に支援ツールを活用する技術力の観点も考慮されていると考えられるものの、やはり道路橋を維持管理するための「知識」や「経験」の具体的な構成要素は示されておらず、大局的である。

道路橋のメンテナンスサイクルの起点となる点検については、平成 25 年に行われた道路法の改正とこれに伴い平成 26 年に施行された省令・告示により、「必要な知識及び技能を有する者」が、近接目視により、5 年に 1 回の頻度で行うことを基本とし、統一的な尺度で健全度の判定区分を設定し診断を実施することが定められた⁷⁾。これを受け、国土交通省登録資格の維持管理分野には、2021 年 2 月時点で鋼橋 54 資格、コンクリート橋 59 資格の資格が登録されている⁸⁾。しかし、この登録にあたって確認すべき資格付与試験等の要件は「道路橋の点検に関する一定の技術と実務経験を有することを確認するものであること」等とされており⁹⁾、道路橋の点検を行うのに必要な知識及び技能の具体的な構成要素は示されていない。登録資格のうち、道路橋の点検に特化した資格の 1 つである道路橋点検士においても、同資格を「点検に関する技術と実務経験を有すること」等の要件を満たすことを示すひとつの証と位置づけているように¹⁰⁾、これら登録資格にも道路橋の点検を行うのに必要な知識及び技能の具体的な構成要素を示したものはない。

2.2.2 国内の資格制度等における経験による学習効果の扱い

第 5 章、第 6 章で着目する土木技術者の経験と学習に関連する制度の例として、例えば土木学会の継続教育 (CPD) 制度がある¹¹⁾。同制度では土木技術者が自らの力量の維持向上を図るための教育形態として、「講習会等への参加」、「論文等の発表」、「組織内研修」、「技術指導・教育」、「業績・特許」、その他（委員会、研究会へ出席、災害調査団への参加、大学・研究機関等が行う研究開発への参加、国際機関への協力、自己学習等）が挙げられており、各教育形態によって取得することができる CPD 単位は教育形態に応じて重みづけがなされる。しかし、教育形態に応じて学習内容の質がどのように異なるのかは示されていない。

また、土木学会認定技術者制度⁶⁾においては、2 級技術者から特別上級技術者までの 4 つの資格の階層毎に必要な実務経験年数が定められている。このことから、実務経験の長さが技術者としての力量に何らかに関連していると考えられていることが推察されるものの、所定の実務経験を有する技術者がどのような学習をしたとみなせると想定されているのかは示されていない。

2.2.3 米国土木学会の CEBOK(Civil Engineering Body of Knowledge)

米国では、2008 年に ASCE (米国土木学会) が、今後の土木技術者が有すべき能力を Civil Engineering Body of Knowledge for The 21st Century (CEBOK2) として発表し¹²⁾、2019 年には、CEBOK2 を見直した Civil Engineering Body of Knowledge 3rd edition (CEBOK3) を発表している¹³⁾。

CEBOK2 では技術者が有すべき能力を 24 の能力に分けるとともに、それぞれの能力を知識、理解、応用、分析、総合、評価の 6 段階に深度化し、学士、修士及び技術士受験資格に対し、それぞれの到達能力を明確にしている。この深度化は、教育目標を「何を教えるか」(内容)のみならず、「教えた内容をどう学んだか」(行動・認知過程)という側面から分類し明確に叙述するために教育分野で開発された「ブルーム・タキソノミー」と呼ばれる枠組を用いたものである¹⁴⁾。CEBOK3 では、CEBOK2 に示されていた 24 の能力は 21 の能力に

再整理されているものの、CEBOK2と同様にブルーム・タキソノミーの枠組が採用されている。技術者の能力を分けるとともに深度化することは、細分化された目標に対し具体的な人材育成計画を立案することにつながると考えられ、本研究の方向性と合致している。

また、CEBOK2では、学部教育、大学院教育、資格取得前の経験を通じた能力習得への典型的な道筋が提示されている。CEBOK3では、これらの能力習得への典型的な道筋は、学校教育の他、指導経験（mentored experience）と自己啓発（self development）も含むものに見直されている。すなわち、それぞれの能力の習得と、教育のみならず業務上の経験の関係が一部示されているといえる。ただし、この道筋はCEBOK3の検討委員会が最も一般的と考えたもののみ解説されており、なぜこれらの経験が特定の能力の習得と関係付けられるかについての根拠は示されていない。

2.3 既往の研究のレビュー

既往の研究においても、道路橋の維持管理に関する技術力の解明に関する研究や、技術者の経験による学習効果に関する研究がある。そこで以下では、技術力の解明や技術者の経験による学習効果の観点から、既往の研究をレビューする。

2.3.1 技術力の解明に関する研究

大堀ら¹⁵⁾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¹⁶⁾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¹⁷⁾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¹⁸⁾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。

第3章で着目する支援ツールを活用する技術力に関連する既往の研究もある。井上・藤野¹⁹⁾は、計算プログラム使用による設計計算のブラックボックス化等の設計技術の変化の中で、設計業務の受注者をメインとした我が国の現行の道路橋設計照査制度が機能していないことを指摘している。大島ら²⁰⁾は、会計検査の指摘事項から地方公共団体技術職員の技術力低下について考察しており、道路構造物の構造設計に用いられるマニュアルが理解されていないことを指摘している。維持管理においても計算プログラムや構造設計に用いられるマニュアルが適切に活用されない事態は想定されることから、これらの研究は支援ツールを活用する技術力が確保できていない一例を指摘したとも捉えることができる。

先にも挙げた野口ら¹⁸⁾は、技術公務員に求められる技術力・能力のうち、維持管理に関連する技術力・能力の1つとして、「事業関連技術力」等を挙げている。高垣²¹⁾は、広島県庁の土木技術者の事業プロセスを分解し、その事業段階に必要とされる能力を整理した。その結果、維持管理段階において必要とされる能力の1つとして、新技術を導入した補修方法を

評価・実施できる能力を挙げている。これらの研究で挙げられている技術力・能力には、支援ツールを活用する技術力も考慮されていると考えられる。

以上に挙げた研究はいずれも技術力・能力の項目要素の抽出に留まっており、これらの技術力・能力を習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。

このような状況の中、近年、土木分野において更なる技術力の解明に資する研究がみられる。土木学会建設技術力研究小委員会では、建設生産システムの実践の場において生じる様々なトラブル等に対処するための、専門知識や業務処理のスキルを状況に応じて実践的に活用する能力を「建設マネジメント力」と称し、建設マネジメント力の考え方等について技術者に対しアンケート調査を実施するなど、能力要素の構成等の検討が進められている²²⁾。二宮ら²³⁾は、熟練技術者が行う道路橋点検業務を参与観察して得られたデータを心理学の行動分析と人間科学のグラウンデッド・セオリーを組み合わせた手法で可視化することを試みている。また二宮ら²⁴⁾は、技術者の暗黙知となっている高速道路事業における技術系マネジメントスキルを捉えるため、インタビューと調査票を用いて得られたデータをグラウンデッド・セオリーの手法で分析し、技術系マネジメントスキルのカリキュラムマップを作成している。これらの研究は、暗黙的に形成されてきた技術力の解明を目指すという本研究の方向性と合致している。

なお、土木分野以外に視野を広げると、看護分野においては現場の看護師の知の解明を試みる研究が盛んに行われている^{例えば 25)}。道路橋の保全が暗黙知に支えられている部分も大きい²⁶⁾とされるのと同様に、看護も『看護婦・士の中には、「どうして患者のその行動が理解できたか」「どうしてそのような対応ができたか」を問われても「言葉ではうまく説明できない」「なんとなくそう思ったの」としか答えてくれない者がいる』²⁷⁾というように、暗黙知に支えられている部分が多いとされている。エキスパートレベルの看護師にみられるという「気になる患者のナースコールがなった瞬間、その状況下で予測されることを一瞬のうちに整理する。患者のもとに向かったときには、何が起きたのかを瞬時に把握できる。客観的データによる裏づけは、その後についてくる。」といった特性は、筆者の知る道路橋の維持管理のエキスパート像と重なる部分も大きい。また、看護分野においては『「看護の現にある状態」の本質、もしくは「ありのままの状態」から記述理論を開発するため』²⁸⁾に質的研究の手法が多く用いられている。先に述べた二宮ら^{23),24)}の研究においても、グラウンデッド・セオリーをはじめ質的研究の手法が用いられている。

2.3.2 業務上の経験による学習効果に関する研究

第5章、第6章で着目する土木技術者の経験と学習のうち、特に第6章で着目する業務上の経験と学習の関係については、人材育成研究領域において研究が進められてきている。

中原²⁹⁾によると、コルブの経験学習モデル³⁰⁾の提案以降、我が国においても人材育成研究領域において経験学習を中核概念とした研究が増えてきている。その中で、本研究のように特定の職種の経験学習を対象とした研究としては、松尾³¹⁾がITコンサルタントとITプロジェクトマネージャーを対象とした研究を行い先鞭をつけたとされる。以後、例えば笠井³²⁾が小学校教諭、看護師、客室乗務員、保険営業を対象とするなど、研究対象が拡大されてきている。松尾³¹⁾はインタビュー調査を実施し、得られたデータを定性的に分析した。笠井³²⁾は半構造化インタビューを行い、その結果を質的研究の手法の1つである修正版グラウンデッド・セオリー・アプローチを用いて分析した。このように、これらの研究では、質的研究

の方法が用いられることが多い。これは、これらの研究が 2.3.1 で挙げた看護分野の研究と同様に、既存の仮説を検証することを目的としたものではなく、データから理論を生成することを目的としたものであり、研究の目的に合致する方法が質的研究の方法であったためであると考えられる。

土木分野においても、数は多くないものの関連する研究がある。中川・山崎³³⁾は、師匠-弟子関係の 2 名の建設技能者を対象にインタビュー調査を行い、その結果をグラウンデッド・セオリー・アプローチで分析することにより、技能獲得・伝達プロセスの理解に資する概念を開発した。本研究とは異なり建設技能者を対象としているものの、本研究の第 6 章と同様に学校での教育や就職後の研修を除いた経験を通じた学習に着目した研究と捉えることができる。2.3.1 で挙げた土木学会建設技術力研究小委員会²²⁾が技術者に対して実施しているアンケート調査やインタビューにおいても、土木技術者の学習に業務上の経験が大きな役割を担っていると捉え、これらの関係を明らかにしようとしており、本研究の第 6 章と同様に土木技術者の業務上の経験と学習の関係を明らかにすることに試みている数少ない研究と捉えることができる。

2.4 本研究の位置付け

2.1 で示したように、人材育成は、教育・学習・人材育成に関連する諸科学からの英知を結集して取り組む必要がある。一方、本章を通じてレビューしたように、道路橋の維持管理を含め土木分野においては、本研究で着目する技術力の解明と様々な経験による技術力向上効果のいずれの観点からも知見が不十分である。本研究は、このような状況にある道路橋を維持管理する技術者の人材育成について、技術力の解明と様々な経験による技術力向上効果に着目して、教育・学習・人材育成に関連する方法論を用いながら基礎的知見を得ようとするものである。

本研究の第 3 章では、2.2.3 で示した、認知心理学に基づき教育分野で開発され、米国土木学会の CEBOK (Body of Knowledge) に用いられているブルーム・タキソノミーの改訂版である「改訂版ブルーム・タキソノミー」³⁴⁾を用いる(改訂版ブルーム・タキソノミーの詳細は第 3 章に示す)。改訂版ブルーム・タキソノミーを直接的に用いるのは第 3 章のみであるものの、改訂版ブルーム・タキソノミーは本研究において重要な役割を担う。第 4 章では計量テキスト分析により道路橋を維持管理する技術力の解明を試みた結果と、改訂版ブルーム・タキソノミーを用いた第 3 章の整理結果と対比することにより整合性を考察する。第 5 章では、大学教育や国土交通省が主催する研修による学習内容と、改訂版ブルーム・タキソノミーを用いた第 3 章の整理結果との対応の整理を通じて、教育や研修が有する技術力向上効果を明らかにする。第 6 章では、研究所への出向を経験した地方整備局職員を対象としたインタビュー結果を分析することにより、業務上の経験による学習内容を整理した上で、整理した学習内容と改訂版ブルーム・タキソノミーを用いた第 3 章の整理結果との比較を通じて、出向経験を通じた学習内容と技術力の関係を整理する。教育分野で開発された改訂版ブルーム・タキソノミーを、土木分野である道路橋の維持管理に応用する点は、既往の研究に例のない本研究の特徴である。

なお、第 3 章から第 6 章の各章において採用する個別の方法論も踏まえた各章の位置付けについては、各章の冒頭に示す。

参考文献

- 1) 中原淳：企業内人材育成入門 人を育てる心理・教育学の基本理論を学ぶ，ダイヤモンド社，2006.
- 2) 小林潔司編著：実践 道路アセットマネジメント入門継続的改善を実現するためのマネジメントの基本，コロナ社，2019.
- 3) 日本技術者教育認定機構：日本技術者教育認定基準 共通基準，2019.
- 4) 日本技術者教育認定機構：日本技術者教育認定基準 個別基準，2019.
- 5) 日本技術者教育認定機構：「認定基準」の解説，2019.
- 6) 土木学会：土木学会認定技術者資格制度[説明資料]，2010.
- 7) 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>
- 8) 国土交通省：公共工事に関する調査及び設計等の品質確保に資する技術者資格登録簿，
<https://www.mlit.go.jp/common/001271342.pdf>
- 9) 国土交通省告示第 765 号：公共工事に関する調査及び設計等の品質確保に資する技術者資格登録規程
- 10) 橋梁調査会：道路橋点検士制度について，
<https://www.jbec.or.jp/usefuls/dispensation.html>
- 11) 土木学会：土木学会継続教育（CPD）ガイドブック【制度利用者（個人）向け】，2019.
- 12) ASCE: Civil Engineering Body of Knowledge for The 21st Century, 2008.
- 13) ASCE: Civil Engineering Body of Knowledge Preparing the Future Civil Engineer Third Edition, 2019.
- 14) Bloom, B. S.: Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: Cognitive Domain, David McKay, 1956.
- 15) 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.
- 16) 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.
- 17) 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.
- 18) 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. I_171-I_182, 2014.
- 19) 井上雅夫，藤野陽三：欧州における道路橋設計照査制度に関する調査，土木学会論文集 F4(建設マネジメント)，Vol.69, No.1, pp.47-61, 2013.
- 20) 大島明，樋口邦弘，鶴飼恵三：会計検査の指摘事項から見た地方公共団体技術職員の技術力低下と改善方法について，土木学会論文集 H(教育)，Vol.67, No.1, pp.45-53, 2011.
- 21) 高垣広徳：建設マネジメントと人材育成，建設マネジメント技術，pp.57-61, 1月号，2005.
- 22) 土木学会建設マネジメント小委員会建設技術力研究小委員会：建設マネジメント力についてのアンケート調査結果の概要報告書，2017.
- 23) 二宮利江，門間正拳，石川雄章，星一郎，鈴木雄吾，木村信隆，竹谷昇二：教育システ

- ム設計手法に基づく構造物変状判定スキルアッププログラムの開発, 土木学会論文集 H (教育), Vol. 69, No. 1, 21-30, 2013.
- 24) 二宮利江, 鈴木雄吾, 中川裕明: 高速道路事業における技術系マネジメントスキル育成の検討, 土木学会論文集 H (教育), Vol. 72, No. 1, 16-27, 2016.
- 25) 山本則子: 展望論文 看護実践の知と質的研究, 質的心理学フォーラム, Vol. 7, 74-82, 2015.
- 26) 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.
- 27) 金井壽宏, 楠見孝: 実践知-エキスパートの知性, 有斐閣, 2012.
- 28) 舟島なをみ: 質的研究への挑戦, 医学書院, 1999.
- 29) 中原淳: 経営学習論—人材育成を科学する, 東京大学出版会, 2012.
- 30) Kolb, D. A: *Experimental learning: Experience as the source of learning and development*, Prentice Hall, 1984.
- 31) 松尾睦: 経験からの学習 プロフェッショナルへの成長プロセス, 同文館出版, 2006.
- 32) 笠井恵美: 対人サービス職の熟達につながる経験の検討: 教師・看護師・客室常務・保険営業の経験比較, *Works Review*, Vol.2, 2007.
- 33) 中川善典, 山崎祥悟: 建設技能労働者の技能獲得と継承に関する「羅生門」的人生史研究, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol. 71, No. 4, I_169-I_180, 2015.
- 34) Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. and Wittrock, M. C.: *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Longman, 2000.

第3章 質的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

3.1 本章の位置付けと構成

2.2.3 で述べたように、米国土木学会の CEBOK(Civil Engineering Body of Knowledge)¹⁾ に用いられている、技術者の能力を分けるとともに深度化するブルーム・タキソノミー²⁾の枠組は、細分化された目標に対し具体的な人材育成計画を立案することにつながると考えられ、本研究の方向性と合致している。そこで本章では、3.2 で詳述する改訂版ブルーム・タキソノミー³⁾を用いて、道路橋を維持管理する技術力の解明を試みる。

技術力の構成要素を具体化するには、2.3.1 に示した土木学会建設技術力研究小委員会⁴⁾のようにアンケート調査によることも考えられる。しかし本章では客観性を担保する観点から、実際の道路橋の維持管理の事例が記録されているテキストの内容を、改訂版ブルーム・タキソノミーの枠組を用いて内容分析することにより、技術力の構成要素の具体化を試みる。なお、他分野においてもブルーム・タキソノミーの枠組を用いた研究がある。例えば川田ら⁵⁾は「横断型人材」の評価方法を、ブルーム・タキソノミーの枠組に沿ってまとめている。岡本⁶⁾は学校教育で用いられる教科書が実際に習得を促している能力を調べるため、ブルーム・タキソノミーに基づいて高校で使用される生物の教科書の設問が求める能力を把握している。本章の分析は、このように他分野には応用事例が見られるブルーム・タキソノミーの枠組を道路橋の維持管理に適用するという点で、これまでに例のないものである。

内容分析は、新聞、質問紙調査における自由回答、心理学実験における実験参加者の回答、神話や民話、小説といった様々なテキストデータを対象に、また、研究のみならず実務的・商業的な局面においても活用されてきている⁷⁾。内容分析の定義については継続的に議論・検討がなされてきており、例えば「表明されたコミュニケーション内容の客観的・体系的・数量的記述のための調査技術」とする Berelson⁸⁾の定義、「データをもとにそこから（それが組み込まれた）文脈に関して再現可能でかつ妥当な推論を行うための1つの調査技法」とする Krippendorff⁹⁾の定義がある。Berelson の定義では単なる記述の方法であったのが、Berelson より後の定義においては、内容分析は推論の方法として定義されるようになり、ある1つのデータに対して複数の意味を推論することが可能であることが明確に示されているとされる⁷⁾。また、Krippendorff の定義のように、近年の定義では量的方法を用いるということを示さない定義が多くなっており、必ずしも量的方法のみならず、質的方法を用いることも推奨され得ることが強調されている。本章では、3.4 で後述するように、テキストデータ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1つ1つの判断や検討が、改訂版ブルーム・タキソノミーに示されるいずれの知識と認知過程の組合せに最もよくあてはまるかを筆者が判断するという方法を採用する。本研究では、この方法を第4章で採用する計量テキスト分析（量的方法を含む内容分析）と区別するため、便宜上「質的テキスト分析」と称することとする。

本章の構成は以下のとおりである。3.2 では、技術力の解明のための整理の枠組として用いる改訂版ブルーム・タキソノミーの枠組について説明する。3.3 では、技術力の構成要素

を具体化するために用いる 2 つのサンプルについて説明する。3.4 では、これらの枠組とサンプルを用いて技術力を整理する方法について説明する。そして 3.5 と 3.6 では、道路橋を維持管理する技術力の解明を試みる。3.5 では、損傷した道路橋に対する「対策の決定」に着目して技術力の解明を試みる。3.5.1 では、1 つ目のサンプルである平成 28 年（2016 年）熊本地震で被災した道路橋の復旧事例に基づき、改訂版ブルーム・タキノミーの枠組で技術力を整理する過程と結果を個別に示すことで、本章における技術力の整理方法を例示する。3.5.2 では、2 つ目のサンプルである道路管理者への技術指導事例に基づき、3.5.1 の整理結果も包含しつつ、各事例が有する個別性を排除して普遍的となるよう技術力を整理し、「対策の決定」に着目した道路橋を維持管理する技術力の解明を試みる。3.6 では、道路橋の保全における損傷状態の把握や対策の決定といった技術的な判断や検討、及び措置を支援する道具や手順を「支援ツール」と総称した上で、3.5 と同じ方法で、「支援ツールの活用」に着目して技術力の解明を試みる。すなわち、支援ツールを適切に用いてこれらの技術的な判断や検討及び措置の質を改善する力（支援ツールを活用する技術力）の解明を試みる。

3.2 技術力の解明のための枠組

3.2.1 ブルーム・タキノミーの枠組

ブルーム・タキノミーとは、ブルームらによって開発された、教育目標の行動・認知過程の側面を分類し明確に叙述するための枠組である²⁾。ブルーム・タキノミーは、表 3-1 に示すように認知領域、情意領域、精神運動領域の 3 領域からなる。このうち認知領域は学びの深さに応じて「知識」「理解」「適用」「分析」「総合」「評価」の 6 段階に深度化する。2.2.3 に示した CEBOK は、この当初のブルーム・タキノミーの 6 段階の認知領域で到達能力を明確にしたものである。ブルーム・タキノミーが教育目標設定の課題に残した足跡は大きく、例えば当時教育目標を明確に定義し評価することが困難とされていた高次の認定行動や情意領域の研究と実践の道を切り開いたと言われている¹⁰⁾。また、ブルーム・タキノミーは日本の学習指導要領における観点別評価（各教科の学習状況を「知識・理解」「関心・意欲・態度」などの観点で分析的に評価すること）の元にもなっている¹¹⁾。

表 3-1 当初のブルーム・タキノミー

認知領域	情意領域	精神運動領域
1. 知識	1. 受け入れ（注意すること）	1. 模倣
2. 理解	2. 反応	2. 操作
3. 適用	3. 価値づけ	3. 精確
4. 分析	4. 組織化	4. 分節化
5. 総合	5. 価値あるいは価値複合体による個性化	5. 自然化
6. 評価		

その後、ブルーム・タキソノミーの認知領域は、アンダーソンらにとって改訂が提起された³⁾。以下及び 3.2.2, 3.2.3 に示す改訂版ブルーム・タキソノミーの概要は原典³⁾の他、石井^{10), 12)}、大津¹³⁾を参考にしている。

改訂版ブルーム・タキソノミーでは、表 3-2 に示すように当初のブルーム・タキソノミーの領域を基本的に継承した横軸の認知過程次元に、教える内容（知識）を類型化した縦軸の知識次元を加えて 2 次元で構成される。認知過程次元は、表 3-2 に示すように「記憶する」「理解する」「応用する」「分析する」「評価する」「創造する」の 6 領域から構成され、表 3-3 に示すとおりそれぞれの次元に計 19 の認知過程が分類されている。知識次元は、個別・具体的な内容要素を指し示す知識である「事实的知識」、より組織化され一般化された知識である「概念的知識」、やり方についての知識である「手続的知識」、そして、自分自身の認知過程や人間一般の認知過程についての知識である「メタ認知的知識」から構成され、表 3-4 に示すとおりそれぞれ類型化されている。知識次元の 4 つのカテゴリーと認知過程次元の 6 つのカテゴリーを組み合わせることで、合計 24 の目標の類型を示すことが可能である。ただし実際には、特定の知識のタイプは特定の認知過程と結びつきやすい性質をもっており、表 3-2 に示すように、1)「事实的知識の記憶」、2)「概念的知識の理解」、3)「手続的知識の応用」、4) さまざまなタイプの知識の複合体に支えられた「高次の認知過程（「分析する」「評価する」「創造する」にあたる）」という 4 つの目標の類型が考えられるとされている。以後、本稿では、特段断らない限り改訂版ブルーム・タキソノミーのことを単に「ブルーム・タキソノミー」と称す。

3.2.2 ブルーム・タキソノミーにおける複雑性の原理

表 3-2 に示したブルーム・タキソノミーの認知過程次元、「記憶する」「理解する」「応用する」「分析する」「評価する」「創造する」の 6 領域は、単純なものから複雑なもの順で排列されている。すなわち、「記憶する」は「理解する」の前提であり、「理解する」は「応用する」の前提である、というように、低次の領域は、より高次の領域にとって必要条件となっている。

3.2.3 ブルーム・タキソノミーにおけるメタ認知

一般にメタ認知という概念には、知識的側面（認知についての知識）と活動的側面（認知の監視、制御）の二つの側面がある。ブルーム・タキソノミーでは、メタ認知の知識的側面であるメタ認知的知識を位置付ける一方、活動的側面については認知過程次元のカテゴリーによって扱われるとしている。また、「事实的知識」「概念的知識」「手続的知識」が特定の教科に関係するものであるのに対し、メタ認知的知識は教科を超えたものとされている。

3.2.4 ブルーム・タキソノミーの本章への適用

本章は、戦略的な人材育成の実現に向け、技術力の解明を試みるものである。ブルーム・タキソノミーは、知識次元の 4 つのカテゴリーと認知過程次元の 6 つのカテゴリーを組み合わせることで、道路橋を維持管理するための行動・認知過程を分類し、解明することが期待される。このため、本章では技術力の解明を試みるための枠組として、ブルーム・タキソノミーを用いる。

表 3-2 改訂版ブルーム・タクソノミー

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	1					
B.概念的知識		2			4	
C.手続的知識			3			
D.メタ認知的知識						

表 3-3 認知過程の類型

認知過程	類型
1. 記憶する	再認する, 再生する
2. 理解する	解釈する, 例示する, 分類する, 要約する, 推論する, 比較する, 説明する
3. 応用する	実行する, 応用する
4. 分析する	区別する, 組織化する, 帰属する
5. 評価する	点検する, 批評する
6. 創造する	一般化する, 計画する, 生産する

表 3-4 知識の類型

知識	類型
A.事実的知識	<ul style="list-style-type: none"> 用語の知識 個別的な知識
B.概念的知識	<ul style="list-style-type: none"> 分類やカテゴリーの知識 原理や一般化の知識 理論, モデルや構造の知識
C.手続的知識	<ul style="list-style-type: none"> 教科固有のスキルやアルゴリズムの知識 教科特有のテクニックや方法の知識 適切に手続を用いる際の判断基準の知識
D.メタ認知的知識	<ul style="list-style-type: none"> 方略についての知識 文脈と条件についての適切な知識を含む認知的課題に関する知識 自己に関する知識

3.3 技術力の構成要素を具体化するためのサンプル

本章では、3.1 で述べたように、実際の道路橋の維持管理の事例に基づき技術力の構成要素の具体化を試みる。具体的には、筆者が所属する国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」）が関わった、平成 28 年（2016 年）熊本地震（以下、「熊本地震」）で被災した道路橋の復旧事例と、道路管理者に対して行った技術指導事例をサンプルとして、これらの事例が記録されているテキスト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知識と認知過程の組合せを、ブルーム・タキソノミーの枠組を用いて分類することによって、技術力の構成要素の具体化を試みる。

3.3.1 で後述するように、熊本地震で被災した道路橋の復旧事例は高度な技術的課題とされている。また、3.3.2 で後述する道路管理者の技術指導事例は、必ずしも高度な技術的課題に限定されないものの、道路管理者が技術相談を要請した事例であることから、比較的高度な課題を含んでいるものと考えられる。1.3 に示したとおり、本研究は特定の組織を想定せず普遍的となるよう道路橋を保全する技術力の解明を試みることを目的としており、高度な技術力が求められる組織を対象を限定して技術力の解明を試みるわけではない。その一方で、上記のように技術力の構成要素を具体化するためのサンプルとして比較的高度な技術的課題を採用したのは、これらのサンプルが道路橋の維持管理における判断経緯や検討経緯が詳細に記録された貴重なサンプルであったという事情によるものである。

3.3.1 熊本地震で被災した道路橋の復旧事例

熊本地震で被災した道路橋の復旧工事のうち、高度な技術的課題に対しては、九州地方整備局と国総研が連携して取り組んできており、被災直後から復旧において行われた技術的な判断経緯や検討経緯の一連の記録が文献で公表されている。このうち、本章では阿蘇長陽大橋（写真 3-1）の復旧事例^{14,15)}及び応力状態の解析モデルとモニタリング技術を活用した桑鶴大橋の復旧事例¹⁶⁾をサンプルとして用いる。

(1) 阿蘇長陽大橋の復旧事例

橋長 276m の 4 径間連続 PC ラーメン橋である阿蘇長陽大橋は、熊本地震の影響により A1 橋台側の斜面が崩落し、これに伴って A1 橋台に設置された支承が破壊して A1 橋台自体が沈下し、箱桁端部との間に鉛直方向に 2.0m 程度のずれが生じる等の被災を生じた。これらの被災に対する復旧においては、単に元の構造に戻すのではなく、同様な被災が少しでも生じにくくなるようにするための配慮が行われている。本章では、対策の決定に着目した技術力の整理のためのサンプルとして、阿蘇長陽大橋の復旧のうち以下の 2 点の復旧の記録を用いる。

- ・大地震で斜面が崩落しても構造全体として沈下しにくい橋台形式を採用したこと（写真 3-2）
- ・ひび割れが貫通したことによる抵抗力の低下を補うため、中空断面橋脚にコンクリートを充填したこと（図 3-1）

3.5.1 では、これらの一連の、かつ公表されている記録を活用して、復旧において行われた 1 つ 1 つの判断や検討に用いられた知識と認知過程の組合せを分類する過程と結果を個別に

示すことで、本章における技術力の整理方法を例示するとともに、1つ1つの判断や検討を知識と認知過程の両方の観点から分類できることを示す。



写真 3-1 阿蘇長陽大橋（復旧工事中）



写真 3-2 斜面崩落の影響を受けにくい橋台構造形式の採用

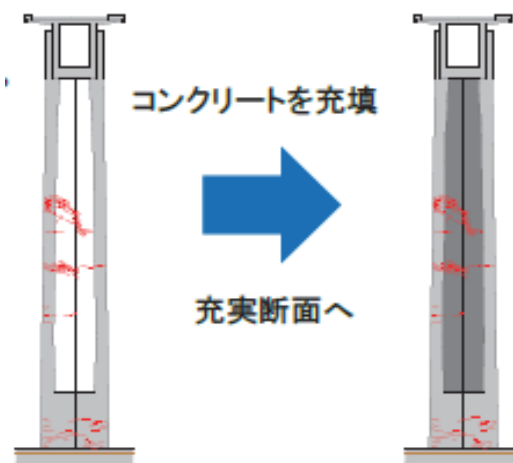


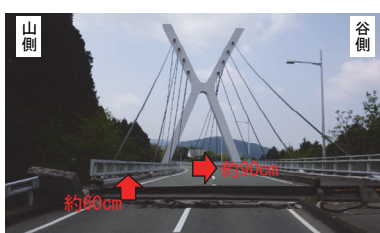
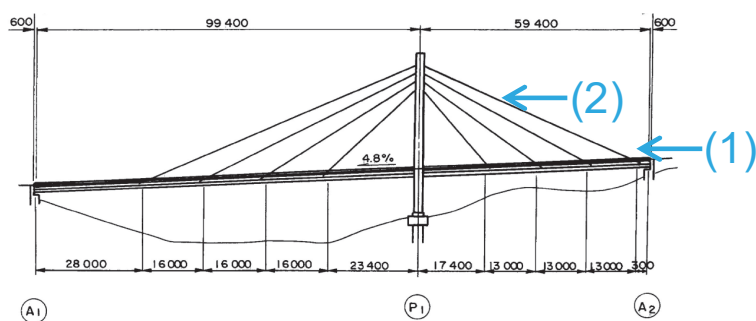
図 3-1 中空断面橋脚へのコンクリート充填

(2) 桑鶴大橋の復旧事例

橋長 160m の 2 径間連続鋼斜張橋である桑鶴大橋は、熊本地震の影響によって、支承の破壊に伴い桁端部が浮き上がり、桁全体が曲線外側へ移動するとともに、斜ケーブルのよれ、主塔の傾き、主塔の基礎杭のひび割れ等の特殊な損傷が発生した(写真 3-3)。これらの被災に対する復旧のうち、斜ケーブルの交換、主桁の横移動を行うにあたっては、復旧の信頼性を高める観点から、応力状態の解析モデルとモニタリング技術が活用されている。そこで本章では、支援ツールの活用に着目した技術力の整理のためのサンプルとして、桑鶴大橋の復旧のうち以下の 2 点の復旧の記録を用いる。

- ・ 3 次元骨組モデルを用いて施工ステップに沿って応力解析を実施し、施工手順を検討したこと
- ・ 各部材の形状や応力の変動をリアルタイムでモニタリングし、各施工ステップの妥当性を確認しながら施工を進めたこと

3.6.1 では、3.5.1 と同様に、これらの一連かつ公表されている記録を活用して、復旧における解析モデルとモニタリング技術の活用に着目して 1 つ 1 つの判断や検討に用いられた知識と認知過程の組合せを分類する過程と結果を個別に示す。



(1) 主桁端部の浮き上がり
と曲線桁の横ずれ

(2) ケーブルのよれ

写真 3-3 桑鶴大橋 (被災直後)

3.3.2 道路管理者への技術指導事例

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¹⁷⁾。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、技術指導の事例からも道路橋を維持管理するための知識と認知過程の組合せを読み取ることができる。また、技術指導の内容には支援ツールの活用に関する助言も含まれることもあることから、技術指導の事例からも道路橋の維持管理に支援ツールを活用するための知識と認知過程の組合せを読み取ることができる。そこで本章では、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記録した 118 回分の技術指導の記録をサンプルとして用いる。

表 3-5 に、相談内容類型別のサンプル数の内訳を示す。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。相談内容類型の括弧内の数値は技術指導の回数を表している。また、表 3-5 には支援ツールの類型別、相談内容類型別のサンプル数の内訳も示している。1 回の技術指導で複数種類の種類の支援ツールの活用に関する助言が行われた場合があったり、支援ツールの活用に関する助言が行われなかった場合があったりするため、支援ツールの類型別の合計は技術指導の回数に一致しない。

表 3-5 技術指導事例のサンプル数

		支援ツール類型				
		状態評価ツール			措置ツール	
		解析モデル	非破壊試験技術	計測・モニタリング技術	補修補強工法	材料
相談内容類型	新設設計段階での疑義(10)	3		1		3
	補修補強設計段階での疑義(40)	16	2	2	15	1
	新設工事中の不具合(26)	11	4	8	12	1
	補修補強工事中の不具合(3)	2	1	1	1	1
	維持管理段階での不具合(39)	12	7	20	19	2
技術指導のべ回数(118)		44	14	32	47	8

ここで、3.3.1 に示した熊本地震で被災した道路橋の復旧の記録には被災直後からの経緯が一連で記録されている一方、表 3-5 に示した個々の技術指導の記録の内容は、相談を受けた時点での内容に限られる。相談を受けた時点で技術的論点が明確になっていなければ広範な内容の指導を行う場合がある一方で、相談を受けた時点で技術的論点が明確になればその技術的論点に絞った指導を行う場合もあり、記録されている指導内容の範囲はまちまちである。また、技術指導の記録の内容は非公表である。そこで 3.5.2 及び 3.6.2 では、118 回

分の技術指導の記録に基づき、技術指導の記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知識と認知過程の組合せの分類結果を重ね合わせることで、各事例が有する個別性を排除して普遍的となるよう道路橋を維持管理する技術力を整理し、技術力の解明を試みる。この整理を、3.5.2 では対策の決定に着目して行う。3.6.2 では支援ツールの活用に着目して行う。

3.4 技術力を整理するための分類方法

本章では、3.3 に示したサンプル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知識と認知過程の組合せを、表 3-2 に示したブルーム・タキソノミーの枠組を用いて分類する。分類は、表 3-3 に示した認知過程の類型、表 3-4 に示した知識の類型に加え、これらの類型についての解説が示された原典³⁾を参考に、1つ1つの判断や検討が最もよくあてはまる知識と認知過程を筆者が判断した（原典に示される解説の本章への反映方法の詳細については付録 1 に示す）。ただし、この方法による場合、分類結果には分類する者の判断のばらつきが含まれることが避けられない。このような課題に対して、ブルーム・タキソノミーに基づいて高校で使用される生物の教科書の設問を分類した岡本⁴⁾は、分類を当該分野の博士号取得者 3 名に依頼し、3 者間で分類が不一致の場合は分析から除外するという方法を採用するとともに、分類の一致の信頼性を調べるためコーヘンの重み付き kappa 係数を算出している。一方本章は、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すことで、戦略的な人材育成を実現し得ることを示すことが目的である。このため、分類に多少のばらつきがあったとしても、そのことは本章の結論には大きな影響は及ぼさないと考えられる。

また、1.3 に示したように本研究では特定の組織を想定せず普遍的となるよう技術力の解明を試みることを目的としている。一方、3.3 で示したとおり、本章では技術力の構成要素を具体化するためのサンプルとして比較的高度な技術的課題を採用している。そこで、3.5.2 及び 3.6.2 における各事例が有する個別性を排除した技術力の整理にあたっては、個々の知識の量や個々の認知過程の水準には着目せず、あくまで構成要素を整理することで、整理が普遍的となるように配慮する。

なお、3.5 及び 3.6 に示す整理においては、用いられた知識の次元が 1 つの知識に特定し難い事項も確認された。このような事項を踏まえて、技術力の整理と人材育成手段の対応がより明確になるように知識の類型を修正することも考えられる。しかし本章においては、日本の学習指導要領における観点別評価の元にもなっている等¹⁾、既に教育分野で実績を有するブルーム・タキソノミーの枠組を応用することで戦略的な人材育成を実現することに寄与し得ることを示すことを優先し、同枠組をそのまま用いて技術力を整理した。

3.5 対策の決定に着目した技術力の整理

3.5.1 熊本地震で被災した道路橋の復旧事例に基づく整理

3.3.1(1)に示した熊本地震で被災した道路橋の復旧事例における技術的な判断や検討に用いられた知識と認知過程の組合せを分類する過程と結果を示す。

(1) 斜面崩落の影響を受けにくい橋台構造形式の採用の経緯から読み取ることができる技術力の整理

大地震で斜面が崩落しても構造全体として沈下しにくい橋台形式を採用した技術的な判断や検討に用いられた知識と認知過程の組合せを分類した結果を図 3-2 に示す。図 3-2 では技術的な判断や検討の経緯を矢印で示している。また、用いられた知識の次元が 1 つの知識に特定し難い事項は 2 つの知識次元に跨いで分類している。

この一連の経緯は、「斜面変状により橋台前面の支持地盤が崩落した場合でもできるだけ通行機能を確保できるようにする」という復旧における配慮事項の設定を起点としている。ブルーム・タキノミーでは問題を設定する認知過程は「生産する」に含まれることから、認知過程は「創造する」に分類した。また、この判断は、支持地盤が想定を超えて崩落する可能性の認知、すなわち自らの認知の限界という「自己に関する知識」に基づく認知過程と考えられることから、知識次元は「メタ認知的知識」に分類した。

設定した配慮事項を実現するために「RC ラーメン構造により橋台を再構築する」という手段が提案されている。手段を提案する認知過程も「生産する」に含まれることから、認知過程は「創造する」に分類した。また、本事例で提案された橋台形式は一般的な形式ではなく、橋梁設計の手続的知識ではなくコンクリート工学の概念的知識まで立ち返って、配慮事項を実現できる可能性が高い手段を提案するに至ったと考えられることから、知識次元は「概念的知識」に分類した。

提案された橋台構造形式は、解析によりその妥当性を評価した上で採用されている。妥当性を評価する認知過程は「点検する」に含まれることから、認知過程は「評価する」に分類した。また、ここで用いられた解析手法は手続的知識に該当すると考えられることから、知識次元は「手続的知識」に分類した。

ここで、阿蘇長陽大橋では、地震直後に行われた地表踏査において地表面に開口クラックが確認され、地盤の緩みが懸念された。このため、採用された RC ラーメン構造の橋台において、橋台背面をどの位置まで伸ばすかが課題となった。橋台背面の位置は、地盤の緩みの範囲を把握することを目的として開口クラックが確認された範囲で行われていたボーリング調査結果に基づいて判断されている。そこで、「ボーリング調査を行う」ことを独立して分類した。各種調査手法を問題に適用する認知過程は「応用する」に含まれることから、認知過程は「応用する」に分類した。また、ここで用いられたボーリング調査は手続的知識に該当すると考えられることから、知識次元は「手続的知識」に分類した。最終的に、ボーリング調査結果に基づき、RC ラーメン構造の橋台の背面側をどの位置まで伸ばすかの判断がなされている。この判断は、ボーリング調査結果から橋台背面の位置を判断するにあたって重要な情報を「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、認知過程は「分析する」に分類した。また、この判断は橋梁設計の手続的知識に基づいて行われたと考えることも、地盤工学の概念的知識まで立ち返って行われたとも考えることができることから、知識次元は「手続的知識」と「概念的知識」の両方に跨るものとして分類した。

知識次元	認知過程次元				
	(略)	3. 応用する	4. 分析する	5. 評価する	6. 創造する
A. 事実に知識	(略)				
B. 概念的知識			ボーリング調査結果等に基づき、橋台のRCラーメン構造を伸ばす位置を決める		RCラーメン構造により橋台を再構築することを考えつく
C. 手続的知識		ボーリング調査を行う		橋台をRCラーメン構造により再構築する案の妥当性を評価する	
D. メタ認知的知識					斜面変状により橋台前面の支持地盤が崩落した場合でもできるだけ通行機能確保できるようにする、という方針を考えつく

図 3-2 対策の決定に着目した技術力の整理の例（斜面崩落の影響を受けにくい橋台構造形式の採用）

(2) 中空断面橋脚へのコンクリート充填の経緯から読み取ることができる技術力の整理

ひび割れが貫通したことによる抵抗力の低下を補うため、中空断面橋脚にコンクリートを充填した技術的な判断や検討に用いられた知識と認知過程の組合せの分類結果を図 3-3 に示す。図 3-2 と同様、技術的な判断や検討の経緯を矢印で示すとともに、用いられた知識の次元が 1 つの知識に特定し難い事項は 2 つの知識次元に跨いで分類している。

この一連の経緯は、「既往の実験事例に基づき、橋脚のひび割れの貫通の有無を確認するための微破壊調査を計画する」を起点としている。これは、地震後に行われた調査の結果、橋脚の外面側に地震の影響によるひびわれが生じていたことから、既往の実験事例の知見に基づき、ひびわれが貫通しておりコンクリートによるせん断抵抗機能が失われていることを懸念し、橋脚頂部に小さな孔を下向きに開けての小型カメラによる調査を計画したためである。問題解決のために計画を立てることは「計画する」に含まれることから、認知過程は「創造する」に分類した。また、この計画立案は既往の実験事例という事実に知識とその実験で得られたコンクリート中空断面橋脚の地震時挙動に関する知見というコンクリート工学に関する概念的知識に基づいた認知過程であったと考えられることから、知識次元は「事実に知識」と「概念的知識」の両方に跨るものとして分類した。

「中空断面橋脚内側の微破壊調査を行う」ことは、(1)の「ボーリング調査を行う」と同様に、「手続的知識の応用」に分類した。

この微破壊調査の結果、ひび割れがコンクリート壁を貫通している状態であることがわかったことを踏まえ、中空断面橋脚に残存する抵抗機能を見立てたことは、a)の「RC ラーメン構造の橋台の背面側をどの位置まで伸ばすかを定める」と同様に、認知過程は「分析する」に分類した。また、この見立てはコンクリート工学に関する概念的知識に基づいて行われたと考えることから、知識次元は「概念的知識」に分類した。

次に、この見立てを踏まえ、中空部に流動性の高いコンクリートを充填し、せん断抵抗機能を補完させることが提案されている。この提案は、橋梁設計の手続的知識の範疇と考え、「手続的知識の応用」に分類した。

ここで、中空部にコンクリートを充填することに伴う自重の増加により、地震時の慣性力の増加や基礎への作用荷重の増加等の影響の懸念がなされている。また、この懸念から自重

増加を抑えるためにコンクリートの充填を貫通ひび割れが生じている中間高さの断面周辺だけとする方法とした場合を想定して、下側への型枠の設置等の施工上の課題が設定されている。これらの懸念はいずれも新たな問題の設定であることから、認知過程は「創造する」に分類した。また、これらの問題設定は橋梁設計及び橋梁施工の手続的知識に基づく認知過程と考えられることから、知識次元は「手続的知識」に分類した。

設定された問題のうち前者の問題に対しては、中空部の全高にわたってコンクリートを充填することに伴う自重増加による橋への影響が解析により検討されている。この解析を行うことは「手続的知識の応用」に分類した。一方後者の問題に対しては、懸念を踏まえて、コンクリートの充填を貫通ひび割れが生じている中間高さの断面周辺だけとすることの妥当性が橋梁施工の観点から評価されている。妥当性を評価する認知過程は「評価する」に分類した。また、ここで用いられた橋梁施工の知識は手続的知識に該当すると考えられることから、知識次元は「手続的知識」に分類した。

最終的には、解析の結果、自重増加があっても本橋の目標とする性能が確保できることが確認できたこと、また、施工の観点からコンクリートの充填を貫通ひび割れが生じている中間高さの断面周辺だけとすることは妥当ではないと評価されたことの両方を踏まえ、中空部の全高にわたってコンクリートを充填する判断がなされている。この判断は、(1)の「RC ラーメン構造の橋台の背面側をどの位置まで伸ばすかを定める」と同様に、認知過程は「分析する」に分類した。また、解析という手続的知識及び橋梁施工に関する手続的知識に基づいて行われたと考えることから、知識次元は「手続的知識」に分類した。

知識次元	認知過程次元				
	(略)	3. 応用する	4. 分析する	5. 評価する	6. 創造する
A. 事実に知識					既往の実験事例に基づき、橋脚のひび割れの貫通の有無を確認するための微破壊調査を計画する
B. 概念的知識			中空断面を貫通するひび割れが生じた橋脚の抵抗機能を見立てる		
C. 手続的知識	(略)	中空断面橋脚内側の破壊調査を行う			コンクリートの充填に伴う自重増加による影響への懸念を考えつく
		中空部にコンクリートを充填するという復旧方法を選択する			型枠の設置等の施工上の懸念を考えつく
		中空部の全高にわたってコンクリートを打設することに伴う自重増加による橋への影響を解析する	解析結果と施工の観点から、中空部にコンクリートを充填する範囲を決める	施工の観点から、コンクリートの充填を貫通ひび割れが生じている断面周辺だけとすることの妥当性を評価する	
D. メタ認知的知識		※矢印は、判断や検討の経緯を表す			

図 3-3 対策の決定に着目した技術力の整理の例（中空断面橋脚へのコンクリート充填）

以上のように、ブルーム・タキソノミーの枠組を用いることで、一連の判断や検討を、知識と認知の両方の観点から様々に分類することができた。また、分類結果からは、道路橋の復旧には「事実に知識」から、「メタ認知的知識」まで、様々な知識に支えられた「高次の認知過程」が多く用いられていること、及びこれら高次の認知過程は、一般に確立された調査手法や解析手法の適用、すなわち「手続的知識の応用」とは差別化されることが分かった。

なお、以上の分類結果は、技術的な判断経緯や検討経緯の記録に基づいたものであるため、

3.2.1 で示した「事実に知識の記憶」、「概念的知識の理解」に直接該当するものは無かったものの、3.2.2 で示したとおりブルーム・タクソノミーでは低次の領域は高次の領域の必要条件となっており、多く用いられていることが確認された「高次の認知過程」の必要条件となっている。すなわち、図 3-2 及び図 3-3 に整理した高次の認知過程を支える「事実に知識の記憶」や「概念的知識の理解」はこれらの復旧事例における技術的な判断や検討に用いられた認知の必要条件となっている。

3.5.2 道路管理者への技術指導事例に基づく整理

図 3-4 に、3.3.2 に示した国総研が土研と連携して道路管理者に対して実施した技術指導 118 回分の指導の記録から読み取ることができる、道路橋の維持管理において対策を決定するための知識と認知過程の組合せを、3.5.1 と同じ方法で分類した上で、3.5.1.の整理結果も包含し各事例が有する個別性を排除して普遍的となるよう整理した結果を示す。以下では、図 3-4 に示す整理結果を、3.2.1 で述べた「事実に知識の記憶」、「概念的知識の理解」、「手続的知識の応用」「高次の認知過程」「メタ認知的知識とメタ認知の活動的側面」の順に解説した上で、整理結果から読み取れる技術力に関して考察する。

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. 事実に知識	<ul style="list-style-type: none"> 技術基準類に関する事実に知識を知る 過去の損傷事例等に関する事実に知識を知る 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に知識を知る 			<ul style="list-style-type: none"> b) 損傷状態の把握 <ul style="list-style-type: none"> 各部位の損傷状態を推測する 	<ul style="list-style-type: none"> b) 損傷状態の把握 <ul style="list-style-type: none"> 各部位の損傷状態の推測の妥当性を評価する 	<ul style="list-style-type: none"> a) 方針の決定 <ul style="list-style-type: none"> 目標を設定する 配慮事項を設定する 検討手順を決定する b) 損傷状態の把握 <ul style="list-style-type: none"> 各部位の損傷状態について仮説を立てる 各部位の損傷の見落としの可能性を考へつく
B. 概念的知識	<ul style="list-style-type: none"> ※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 	<ul style="list-style-type: none"> 技術基準類に関する概念的知識を理解する 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 		<ul style="list-style-type: none"> c) 損傷原因の推定 <ul style="list-style-type: none"> 損傷の原因である可能性のある事項を絞り込む d) 既設橋の性能評価 <ul style="list-style-type: none"> 既設橋の耐力を推定する上で着目すべき部位を絞り込む 	<ul style="list-style-type: none"> c) 損傷原因の推定 <ul style="list-style-type: none"> 損傷原因の推定の妥当性を評価する d) 既設橋の性能評価 <ul style="list-style-type: none"> 着目部位の妥当性を評価する 	<ul style="list-style-type: none"> c) 損傷原因の推定 <ul style="list-style-type: none"> 損傷の原因について仮説を立てる d) 既設橋の性能評価
C. 手続的知識			<ul style="list-style-type: none"> 橋梁設計、施工に関する手続的知識を応用する 各種解析手法に関する手続的知識を応用する 各種調査・検査手法に関する手続的知識を応用する 	<ul style="list-style-type: none"> e) 対策の決定 <ul style="list-style-type: none"> 損傷の進展を見立てる 起り得る厳しい状況を推定する 起り得る破壊形態を推測する 対策が必要な部位を絞り込む 対策方法を絞り込む 対策施工時及び対策後の応力状態を推定する 	<ul style="list-style-type: none"> e) 対策の決定 <ul style="list-style-type: none"> 損傷の進展の見立ての妥当性を評価する 起り得る状況の推定の妥当性を評価する 破壊形態の推測の妥当性を評価する 対策部位の妥当性を評価する 対策方法の妥当性を評価する 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 	<ul style="list-style-type: none"> e) 対策の決定 <ul style="list-style-type: none"> 損傷の進展に不確実性がある可能性を考へつく 起り得る状況について仮説を立てる 起り得る破壊形態について仮説を立てる 対策方法を考へつく 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
D. メタ認知的知識	<ul style="list-style-type: none"> 有効な対策決定プロセスに関する知識 課題の難易度に関する知識 現状における知識の限界や自らの想定に関する知識 			<ul style="list-style-type: none"> 維持管理段階に着目すべき部位や損傷を絞り込む 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理段階に着目すべき部位や損傷を考へつく

図 3-4 技術指導事例に基づく技術力の整理の例（対策の決定に着目）

(1) 事実的知識の記憶

指導内容には、技術基準における規定の有無、技術基準の改定年次に応じた規定内容の相違といった基本知識や、関連する過去の損傷事例や災害事例の存在を助言する内容があった。これらの指導内容は「事実的知識の記憶」に分類した。なお、図 3-4 に斜字で示す鋼構造、コンクリート構造等関連する工学分野に関する事実的知識の記憶に直接該当する指導内容は無かったものの、これらは高次の認知過程の前提となっていることを(4)の整理を通じて確認している。そこで、整理の普遍化のため、図 3-4 では「事実的知識の記憶」に示した。

(2) 概念的知識の理解

指導内容には、技術基準類の位置付けや、技術基準類に示されている内容の前提条件、適用範囲、根拠等の解釈を助言する内容があった。これらの指導内容は(1)の事実的知識の記憶とは差別化し、「概念的知識の理解」に分類した。なお、図 3-4 に斜字で示す鋼構造、コンクリート構造等関連する工学分野に関する概念的知識の理解に直接該当する指導内容は無かったものの、(1)と同様にこれらは高次の認知過程の前提となっていることを(4)の整理を通じて確認している。そこで、整理の普遍化のため、図 3-4 では「概念的知識の理解」に示した。

(3) 手続的知識の応用

指導内容には、橋梁の設計、施工の方法や手順に関する知識や、道路橋の状態を把握するための各種の調査・検査手法や、応力状態を推定するための各種の解析手法の応用を助言する内容があった。これらの指導内容は「手続的知識の応用」に分類した。

(4) 高次の認知過程

高次の認知過程にあたる「分析する」「評価する」「創造する」に分類した指導内容は、道路橋の損傷状態を把握し、それらに対して補修等の対策を行う際の「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」というプロセスに沿って整理した。また、「分析する」「評価する」「創造する」に分類した指導内容は、それぞれが「事実的知識」から「メタ認知的知識」までいずれの知識に基づく場合もあった。一方、基づく知識は「分析する」「評価する」「創造する」のいずれも(1)(2)(3)でそれぞれ示した事実的知識、概念的知識、手続的知識、及び(5)で後述するメタ認知的知識の組合せで網羅することができた。このため、「分析する」「評価する」「創造する」は、認知過程のみ分類するとともに、(1)(2)(3)でそれぞれ示した事実的知識、概念的知識、手続的知識、及びメタ認知的知識に基づくことを破線矢印で表した。

a) 方針の決定

指導内容には、不具合対応や補修補強への対応の検討の起点となる目標や配慮事項の設定、及び対策決定プロセス自体の決定に関する内容があった。これらの対策決定プロセスを「方針の決定」とし、以下のとおり分類した。

- ・目標や配慮事項といった問題を設定する認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。
- ・問題解決のために計画を立てる認知過程は、「計画する」に含まれることから、「創造する」に分類した。

b) 損傷状態の把握

指導内容には、コンクリート内部の鉄筋のように直接的に状態を把握することが困難な部位の損傷状態の推測を含む、損傷状態の全貌の把握に関する内容があった。これらの対策決定プロセスを「損傷状態の把握」とし、以下のとおり分類した。

- ・直接的に状態を把握することが困難な部位の損傷状態について仮説を立てる認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。
- ・仮説に基づき、架設条件、構造条件、他の部位の損傷状態等から各部位の損傷状態を推測する認知過程は、「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、「分析する」に分類した。
- ・各部位の損傷状態の推測の妥当性を、各種解析、調査・検査結果の信頼性の観点等から評価する認知過程は、「点検する」に含まれることから、「評価する」に分類した。
- ・以上で把握した損傷状態について、さらに何らかの見落としの可能性を考えつく認知過程は「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。

なお、目視や各種の調査・検査手法を用いて損傷状態を客観的に把握する認知過程は(3)に示した「手続的知識の応用」に分類したため、高次の認知過程には含まれない。

c) 損傷原因の推定

指導内容には、損傷が発生した原因の推定に関する内容があった。これらの対策決定プロセスを「損傷原因の推定」とし、以下のとおり分類した。

- ・損傷原因を推定するため、損傷の原因について仮説を立てて、原因として想定される事項を洗い出す認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。
- ・原因として想定される事項から、架設条件、構造条件、他の部位の損傷状態等に基づき、実際に原因であった可能性が高い事項を絞り込む認知過程は、「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、「分析する」に分類した。
- ・損傷原因の推定の妥当性を、当初設計や当初施工の適切性、各種解析や調査・検査結果の信頼性の観点等から評価する認知過程は、「点検する」に含まれることから、「評価する」に分類した。

d) 既設橋の性能評価

指導内容には、道路橋に生じている損傷等や推定されるその原因を踏まえた、橋の現有性能の評価に関する内容があった。これらの対策決定プロセスを「既設橋の性能評価」とし、以下のとおり分類した。

- ・既設橋の耐荷力を推定するため、構造条件、各部位の損傷状態等に基づき、耐荷力推定上着目すべき部位を絞り込む認知過程は、「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、「分析する」に分類した。また、着目部位の応力状態を推定するとともに、当該部位に生じている損傷が耐荷力に与える影響を見立て、既設橋の耐荷力を推定する認知過程も同様に、「分析する」に分類した。
- ・これらの着目部位の設定、応力状態の推定、損傷が耐荷力に与える影響の見立ての妥当性を評価する認知過程は、「点検する」に含まれることから、「評価する」に分類した。
- ・推定した応力状態や耐荷力に不確実性があることに着目し、既設橋の性能評価に考慮する認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。

e) 対策の決定

指導内容には、a)で設定した目標、すなわち実現したい当該橋の性能と、d)で推定した現有性能の差を埋めるための対策の決定に関する内容があった。これらの対策決定プロセスを「対策の決定」とし、以下のとおり分類した。

- ・対策を決定するため、構造条件、架設条件、損傷状態等から損傷の進展を見立てる認知過程は、「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、「分析する」に分類した。
- ・損傷の進展の見立ての妥当性を評価する認知過程は、「点検する」に含まれることから、「評価する」に分類した。
- ・損傷の進展の見立てに不確実性があることに着目し、対策に考慮する認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。
- ・損傷の進展を見立てる一方で、当該橋に将来的に起こり得る厳しい荷重載荷状況を推定し、起こり得る破壊形態を推測するため、これらについて仮説を立てて、想定される状況や破壊形態を洗い出す認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。
- ・想定される状況や破壊形態から、架設条件、構造条件、損傷状態等に基づき、実際に起こり得る状況や破壊形態を絞り込む認知過程は、「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、「分析する」に分類した。
- ・起こり得る厳しい状況や破壊形態の推定の妥当性を評価する認知過程は、「点検する」に含まれることから、「評価する」に分類した。
- ・推測した破壊形態を踏まえ、対策が必要な部位を絞り込む認知過程は、「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、「分析する」に分類した。
- ・対策が必要な部位の妥当性を評価する認知過程は、「点検する」に含まれることから、「評価する」に分類した。
- ・推定した損傷原因を踏まえて適切な原理の対策方法を考えつく認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。
- ・考えついた対策方法から実際に採用する対策方法を絞り込む認知過程、及び決定した対策方法による対策施工時及び対策後の応力状態を推定する認知過程はいずれも「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、「分析する」に分類した。
- ・これらの対策方法、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認知過程は「点検する」に含まれることから、「評価する」に分類した。
- ・対策施工時及び対策後の応力状態に不確実性があることに着目し、対策に考慮する認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。

さらに、対策後の維持管理段階に関する内容があった。これらの認知過程も「対策の決定」に含めることとし、図 3-4 に示すとおりに分類した。

(5) メタ認知的知識とメタ認知の活動的側面

3.2.3 で述べたように、ブルーム・タクソノミーでは、メタ認知の知識的側面と活動的側面は、それぞれ知識次元の「メタ認知的知識」と、認知過程次元で扱われる。図 3-4 に示すとおり、高次の認知過程にあたる「分析する」「評価する」「創造する」に分類した指導内容には、特定の教科を超えたメタ認知的知識に基づく指導内容があった。これらのメタ認知的知識は、以下のとおり表-3 に示した類型で網羅することができた。

- ・(4)の整理に用いた「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」というプロセスのような、不具合や疑義を解決するための有効な対策決定プロセスに関する知識は、「方略的な知識」に該当すると考えられる。
- ・損傷原因を究明することの難しさ等、課題の難易度についての知識は、「適切な文脈的・条件的知識を含む認知課題についての知識」に該当すると考えられる。
- ・現状における知見の限界に関する知識や、自らの想定に関する知識は「自己に関する知識」に該当すると考えられる。
一方、「評価する」に分類した、自らの推測等の妥当性を評価する認知過程や、「創造する」に分類した、自らの推測等に不確実性がある可能性を考えつく認知過程にはメタ認知の活動的側面が含まれていると考えられる。これらの整理結果から、高次の認知過程がメタ認知に支えられていることが分かる。

(6) 対策の決定に着目した道路橋を維持管理する技術力に関する考察

図 3-4 の高次の認知過程に着目すると、対策の決定に着目した道路橋を維持管理する技術力に関して以下のことが読み取れる。

- ・まず最初に「方針の決定」（「創造する」に分類）という認知過程があり、以降のプロセス全体に影響する重要な構成要素となっている。
- ・方針を決定した上での「損傷状態の把握」から「対策の決定」までのプロセスには、「推定する」「見立てる」といった認知過程が多くあり、合理的に目標を達成できるよう適切に推定、見立てを積み重ねる必要性が読み取れる。
- ・同様に、「損傷状態の把握」から「対策の決定」までの各プロセスには、
 - 1) 「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）
 - 2) 1)で案出した事項から「絞り込む」「見立てる」といった認知過程（「分析する」に分類）
 - 3) 2)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、各プロセスにおいて考えついた仮説や可能性を慎重に吟味する必要性が読み取れる。
- ・残存耐荷力の推定や損傷の進展の見立て等には、「不確実性がある可能性を考えつく」認知過程があり、不確実性を考慮して合理的に目標を達成可能な対策を検討する必要性が読み取れる。
- ・対策後の応力状態や維持管理段階に着目すべき部位や損傷に関する認知過程があり、対策施工中のみならず施工後や維持管理段階も想定して対策を検討する必要性が読み取れる。

これら対策決定プロセスに関する認知過程はいずれも、「手続的知識の応用」とは差別化され、「高次の認知過程」と整理される。すなわち、調査手法や解析手法を応用する技術力のみならず、これらを対策決定プロセスに応じて「使いこなす」ことが必要である。

また、これら高次の認知過程は、以下の様々なタイプの知識に支えられていることが読み取れる。

- 1) 有効な対策決定プロセスのような方略についての知識等、自由自在に使えるメタ認知的知識
- 2) 橋梁設計、施工や調査手法等の手続的知識と、その背後にある工学に関する概念的知識
- 3) 技術基準類や過去の損傷事例等に関する知識

なお、3)からは、個々の対応において行う損傷原因の推定等の知見の蓄積が、将来の維持管理のみならず設計、施工等の改善にも活用されるというサイクルも読み取ることができる。

3.6 支援ツールの活用に着目した技術力の整理

3.6.1 熊本地震で被災した道路橋の復旧事例に基づく整理

3.3.1(2)に示した熊本地震で被災した道路橋の復旧における支援ツールの活用事例における技術的な判断や検討に用いられた知識と認知過程の組合せを分類する過程と結果を示す。

(1) 解析モデルを活用した施工手順の決定経緯から読み取ることができる技術力の整理

斜ケーブルの交換、主桁の横移動を行うにあたって、3次元骨組モデルを用いて施工ステップに沿って応力解析を実施し、各部材に発生する応力の変動を推定して施工手順を決定した際の技術的な判断や検討に用いられた知識と認知過程の組合せの分類結果を図 3-5 に示す。図 3-5 では技術的な判断や検討の経緯を矢印で示している。また、用いられた知識の次元が1つの知識に特定し難い事項は2つの知識次元に跨いで分類している。

この一連の経緯は、「より復旧の信頼性を高める施工手順を検討する」という解析を行うことの目的の設定を起点としている。ブルーム・タキソノミーでは目的を設定する認知過程は「生産する」に含まれることから、認知過程は「創造する」に分類した。また、この判断は、被災した道路橋の復旧には、被災後の損傷状態の見立てや施工において新設にはない不確実性があるという認知、すなわち自らの認知の限界という「自己に関する知識」に基づく認知過程と考えられることから、知識次元は「メタ認知的知識」に分類した。

設定した目的を達成するために解析において着目する指標として、主桁、主塔の応力や主塔のキャンバー、主塔の傾斜等の絶対値ではなく、施工を通じてこれらの値の変化の傾向に着目している。着目する指標を考えつく認知過程も「生産する」に含まれることから、認知過程は「創造する」に分類した。また、この着目は、構造力学の概念的知識と解析の手続的知識に基づいて、仮に複雑なモデル化をしたとしても解析結果と実態には乖離が避けられないという限界を考慮して行われたと考えられることから、「手続的知識」と「概念的知識」の両方に跨るものとして分類した。

以上のおり解析の目的と着目する指標を設定した上で、解析条件の設定が行われている。まず、各部材の応力状態や形状を再現するため、解析モデルとして3次元骨組モデルを用いることとし、主桁と主塔をファイバー要素で、ケーブルをケーブル要素で、支承を線形ばね要素でモデル化することとした。なお、主塔の基部は損傷を考慮して基礎のばねを設定したモデル化することも考えられたものの、前述のおり応力や形状の変化の傾向に着目することに鑑み、固定として単純化してモデル化している。次に、端部が浮き上がるとともに、全体が曲線外側へ移動した主桁の横移動を行うにあたって想定される施工手順を、主桁の鉛直方向の変位を優先して是正するケースと主桁の横方向の変位を優先して是正するケースの2つに絞り込み、解析ケースを設定した。そして、想定される施工手順の施工ステップ毎の状態に応じた解析上の支持条件を設定した。これらの解析条件の設定は、いずれも複数想定される条件の選択肢の中から解析の目的や本橋の構造条件、架橋条件に合致する条件を選択して行う必要がある、「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、認知過程は「分析する」に分類した。また、解析モデルや要素の種類の設定、解析上の支持

条件の設定は解析の手続的知識に、解析ケースの設定は橋梁施工の手続的知識に基づいて行われたと考えられることから、知識次元はいずれも「手続的知識」に分類した。

設定した条件に基づき解析が実施され、2つの施工手順の施工ステップ毎の解析結果と各部材の許容応力度を比較されている。設定された条件の下で解析を実施し、結果を整理する認知過程は「実行する」に該当することから、認知過程は「応用する」に分類した。また、解析の手続的知識に基づいて行われたと考えられることから、知識次元は「手続的知識」に分類した。

解析結果からは、主桁の横方向の変位を優先して是正するケースは横移動時に主桁の引張側で降伏応力度に逼迫する断面が存在することが確認され、解析上は主桁の鉛直方向の変位を優先して是正するケースが優位となった。しかし、解析では考慮されていないベント支持点の摩擦による不確実性は、主桁の横方向の変位を優先して是正するケースが小さく、推定の信頼性が高いことから、横移動を先行して行うケースが採用された。この判断は、2つの施工手順の妥当性を評価する認知過程と捉え「評価する」に分類した。またここでは、実際にはベント支持点の摩擦が存在するという構造力学の概念的知識まで立ち返って採用する施工手順を決定したと考えられることから、知識次元は「概念的知識」に分類した。

知識次元	認知過程次元				
	(略)	3. 応用する	4. 分析する	5. 評価する	6. 創造する
A. 事実に知識					
B. 概念的知識				解析では考慮されていないベント支持点の摩擦による不確実性を考慮して横移動を先行して行うケースを採用する	主桁、主塔の応力や主桁のキャンバー、主塔の傾斜等の変化の「傾向」に着目する
C. 手続的知識	(略)	施工ステップ毎の解析結果と各部材の許容応力度を比較する	応力状態や形状を再現するための解析モデルや要素の種類を選定する ↓ 主桁の鉛直変位を優先して是正するケースと主桁の横方向の変位を優先して是正するケースを設定する ↓ 施工ステップ毎の状態に応じた解析上の支持条件を設定する		
D. メタ認知的知識		※矢印は、判断や検討の経緯を表す			より復旧の信頼性を高める施工手順を検討するという目的を考えつく

図 3-5 支援ツールの活用に着目した技術力の整理の例（解析モデルを活用した施工手順の決定）

(2) モニタリング技術を活用した施工の妥当性の確認経緯から読み取ることができる技術力の整理

斜ケーブルの交換、主桁の横移動の実際の施工において、各部材の形状や応力の変動をリアルタイムでモニタリングし、各施工ステップの妥当性を確認しながら施工を進めた際の技

術的な判断や検討に用いられた知識と認知過程の組合せの分類結果を図 3-6 に示す。図 3-5 と同様、技術的な判断や検討の経緯を矢印で示すとともに、用いられた知識の次元が 1 つの知識に特定し難い事項は 2 つの知識次元に跨いで分類している。

この一連の経緯は、「各施工ステップでの施工の妥当性が検証できるようにする」というモニタリングを行うことの目的の設定を起点としている。目的を設定する認知過程は「生産する」に含まれることから、(1)の目的設定と同じく認知過程は「創造する」に分類した。また、この判断は、被災した道路橋の復旧には、被災後の損傷状態の見立てや施工において新設にはない不確実性があるという認知、すなわち自らの認知の限界という「自己に関する知識」に基づく認知過程と考えられることから、(1)の目的設定と同じく知識次元は「メタ認知的知識」に分類した。

ここでのモニタリング結果は、予め(1)の解析で把握していた各部材の形状や応力の変動と照合するため、着目する指標も(1)の解析と同じく主桁、主塔の応力や主塔のキャンバー、主塔の傾斜等の絶対値ではなく、施工を通じてのその変化の傾向に着目している。このため、(1)の解析と同じく認知過程は「創造する」に、知識次元は「手続的知識」と「概念的知識」の両方に跨るものとして分類した。

以上のとおりモニタリングの目的と着目する指標を設定した上で、実際の施工における主桁のキャンバーや主塔の傾斜、ケーブル張力、支点反力等のモニタリング項目と、計測位置、計測方法といったモニタリング方法を設定している。これらのモニタリング条件の設定は、いずれも複数想定される条件の選択肢の中からモニタリングの目的や本橋の構造条件、架橋条件に合致する条件を選択して行う必要があり「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、認知過程は「分析する」に分類した。また、モニタリング項目とモニタリング方法の設定はモニタリングの手続的知識に基づいて行われたと考えられることから、知識次元は「手続的知識」に分類した。

これと並行して、モニタリング結果と照合するための解析を行うため、(1)で施工手順の決定に用いた解析モデルを準用するとともに、(1)で採用した施工手順の施工ステップ毎に具体のジャッキアップ量やケーブルへの張力導入量等の設定が行われている。これらの準用及び設定は、それぞれ解析及び橋梁施工の手続的知識の範疇と考え、「手続的知識の応用」に分類した。

設定した条件に基づきモニタリングと解析が実施され、リアルタイムで得られるモニタリング結果と、施工ステップ毎の解析結果が比較された。設定された条件の下でモニタリングや解析を実施し、結果を比較する認知過程は、(1)と同様に「手続的知識の応用」に分類した。

そして、モニタリング結果が施工ステップ毎の解析結果の変化の傾向と一致しているかを確認することで、施工管理が行われた。施工の妥当性を評価する認知過程は「評価する」に分類した。この妥当性の評価は、主桁、主塔の応力や主塔のキャンバー、主塔の傾斜等の絶対値ではなく変化の傾向に着目していることと同様に、解析結果と実態には乖離が避けられないという知識に基づいて行われたと考えられることから、「手続的知識」と「概念的知識」の両方に跨るものとして分類した。

知識次元	認知過程次元				
	(略)	3. 応用する	4. 分析する	5. 評価する	6. 創造する
A. 事実に知識					
B. 概念的知識					
C. 手続的知識	(略)	施工手順の決定に用いた解析モデルを準用 ↑ 採用した施工ステップ毎にジャッキアップ量やケーブルへの張力導入量等を設定 ↑ 施工ステップ毎の解析結果とモニタリング結果を比較	実際の施工におけるモニタリング項目、モニタリング方法を設定	施工ステップ毎の施工の妥当性を評価	主桁、主塔の応力や主桁のキャンパー、主塔の傾斜等の変化の「傾向」に着目する
D. メタ認知的知識		※矢印は、判断や検討の経緯を表す			各施工ステップでの施工の妥当性が検証できるようにするという目的を考へつく

図 3-6 支援ツールの活用に着目した技術力の整理の例（モニタリング技術を活用した施工の妥当性の確認）

以上のように、ブルーム・タキソノミーの枠組を用いることで、解析やモニタリングの実施に至るまでの目的や条件の設定、解析やモニタリングの結果の解釈や評価までを含めた一連の判断や検討を、知識と認知の両方の観点から様々に分類することができた。また、分類結果から以下のことが分かった。

- 起点となっている「目的の設定」は、以後の解析やモニタリングの条件を設定するにあたっての拠り所として参照されることから、目的を明確化することが支援ツールを活用する上で重要な役割を果たしていること。ここで、図 3-5 及び図 3-6 の整理結果ではいずれも「目的の設定」は「メタ認知的知識」に基づき「創造する」ものとして分類されている。(1)及び(2)に示したとおり、目的を設定する認知過程は「創造する」に含まれるため、目的の設定を起点とする一連の判断や検討は認知過程の面では必然的に「創造する」が起点となる。一方、目的の設定は例えば過去の事例に関する事実に知識や関連する工学分野に関する概念的知識に基づいて行われることも想定されるため、知識の面では様々な類型が起点となり得る。
- 目的や条件の設定、結果の解釈や評価の多くには、「高次の認知過程」が用いられており、これらは単に設定された条件の下で解析やモニタリングを実施する認知過程である「手続的知識の応用」とは差別化されること。
- 解析やモニタリングにおいて着目する指標の設定や、結果の解釈や評価は、それぞれの技術の手続的知識だけではなく、工学の概念的知識まで立ち返って行く必要がある場合があること。

なお、図 3-5 及び図 3-6 の分類結果は、技術的な判断経緯や検討経緯の記録に基づいたものであるため、3.2.1 で示した「事実に知識の記憶」、「概念的知識の理解」に直接該当するのは無かったものの、3.2.2 で示したとおりブルーム・タキソノミーでは低次の領域は高次の

領域の必要条件となっており、多く用いられていることが確認された「高次の認知過程」の必要条件となっている。すなわち、図 3-5 及び図 3-6 に整理した高次の認知過程を支える「事実的知識の記憶」や「概念的知識の理解」はこれらの復旧事例における技術的な判断や検討に用いられた認知の必要条件となっている。

3.6.2 道路管理者への技術指導事例に基づく整理

図 3-7 に、3.3.2 に示した国総研が土研と連携して道路管理者に対して実施した技術指導 118 回分の指導の記録から読み取ることができる、道路橋の維持管理に支援ツールを活用するための知識と認知過程の組合せを、3.6.1 と同じ方法で分類した上で、各事例が有する個別性を排除して普遍的となるよう整理した結果を示す。

以下では、図 3-7 に示す整理結果を、3.2.1 で示した「事実的知識の記憶」、「概念的知識の理解」、「手続的知識の応用」「高次の認知過程」「メタ認知的知識とメタ認知の活動的側面」の順に解説した上で、整理結果から読み取れる技術力に関して考察する。

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"> 支援ツールの基礎知識や過去の適用事例に関する事実的知識を知る 技術基準類に関する事実的知識を知る 関連する工学分野に関する事実的知識を知る 					
B. 概念的知識	※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	<ul style="list-style-type: none"> 支援ツールの原理やモデルに関する概念的知識を理解する 技術基準類に関する概念的知識を理解する 関連する工学分野に関する概念的知識を理解する 		<ul style="list-style-type: none"> b) 適用の決定 <ul style="list-style-type: none"> 適用性を分析する 適用対象範囲を絞り込む c) 使用条件の設定 <ul style="list-style-type: none"> 条件設定する 	<ul style="list-style-type: none"> b) 適用の決定 <ul style="list-style-type: none"> 適用性を評価する 適用対象範囲の妥当性を評価する c) 使用条件の設定 <ul style="list-style-type: none"> 条件設定の妥当性を評価する 	<ul style="list-style-type: none"> a) 目的的决定 <ul style="list-style-type: none"> 目的を明確にする 活用手順を決定する b) 適用の決定 <ul style="list-style-type: none"> 適用を考えつく 適用対象範囲の判断方法を考えつく c) 使用条件の設定 <ul style="list-style-type: none"> 条件設定項目を考えつく 条件設定方法を考えつく
C. 手続的知識			<ul style="list-style-type: none"> 支援ツールに関する手続的知識を応用する 橋梁設計、施工に関する手続的知識を応用する 	<ul style="list-style-type: none"> d) 結果・効果の評価 <ul style="list-style-type: none"> 状態評価ツール 結果を解釈する <措置ツール> <ul style="list-style-type: none"> 効果を推定する 	<ul style="list-style-type: none"> d) 結果・効果の評価 <ul style="list-style-type: none"> 状態評価ツール 結果の評価方法の妥当性を評価する 結果の解釈の妥当性を評価する <措置ツール> <ul style="list-style-type: none"> 効果の評価方法の妥当性を評価する 効果の推定の妥当性を評価する 	<ul style="list-style-type: none"> d) 結果・効果の評価 <ul style="list-style-type: none"> 状態評価ツール 結果の評価方法を考えつく 結果に不確実性がある可能性を考えつく <措置ツール> <ul style="list-style-type: none"> 効果の評価方法を考えつく 効果に不確実性がある可能性を考えつく 拳動の変化や不具合の影響の推定の懸念を考えつく
D. メタ認知的知識	<ul style="list-style-type: none"> 支援ツール活用プロセスや対策決定プロセスに関する知識 方略を使う条件についての知識 支援ツールに関する知識の限界や自らの想定限界に課する知識 			<ul style="list-style-type: none"> 拳動の変化や不具合の影響を推定する 	<ul style="list-style-type: none"> 拳動の変化や不具合の影響の推定の妥当性を評価する 	

※破線矢印は、高次の認知過程がそれぞれの知識に基づくことを表す

図 3-7 技術指導事例に基づく技術力の整理の例（支援ツールの活用に着目）

(1) 事実的知識の記憶

指導内容には、支援ツールの基礎知識や適用事例の存在の他、関連する技術基準類における規定の有無や内容といった基本知識を助言する内容があった。これらの指導内容は「事実的知識の記憶」に分類した。なお、図 3-7 に斜字で示す「関連する工学分野に関する事実的

知識を知る」に直接該当する指導内容は無かったものの、これらは高次の認知過程の前提となっていることを(4)の整理を通じて確認している。そこで、整理の普遍化のため、図 3-7 では「事実に知識の記憶」に示した。

(2) 概念的知識の理解

指導内容には、支援ツールの原理やモデルの他、関連する技術基準類の位置付けや、技術基準類に示されている内容の前提条件、適用範囲、根拠等の解釈を助言する内容があった。これらの指導内容は(1)の事実に知識の記憶とは差別化し、「概念的知識の理解」に分類した。なお、図 3-7 に斜字で示す「関連する工学分野に関する概念的知識を理解する」に直接該当する指導内容は無かったものの、(1)と同様にこれらは高次の認知過程の前提となっていることを(4)の整理を通じて確認している。そこで、整理の普遍化のため、図 3-7 では「概念的知識の理解」に示した。

(3) 手続的知識の応用

指導内容には、支援ツールの応用を助言する内容があった。これらの指導内容は「手続的知識の応用」に分類した。なお、図 3-7 に斜字で示す「橋梁の設計、施工に関する手続的知識を応用する」は、支援ツールの活用に関する助言に直接該当しないものの、(1)、(2)と同様にこれらは高次の認知過程の前提となっていることを(4)の整理を通じて確認している。そこで、整理の普遍化のため、図 3-7 では「手続的知識の応用」に示した。

(4) 高次の認知過程

高次の認知過程にあたる「分析する」「評価する」「創造する」に分類した指導内容は、支援ツールを活用する際の「目的の決定」「適用の決定」「使用条件の設定」「結果、効果の評価」というプロセスに沿って整理した。なお、「結果、効果の評価」のみ、表 3-5 に示した状態評価ツールと措置ツールを区別して整理した。また、「分析する」「評価する」「創造する」に分類した指導内容は、それぞれが「事実に知識」から「メタ認知的知識」までいずれの知識に基づく場合もあった。一方、基づく知識は「分析する」「評価する」「創造する」のいずれも(1)(2)(3)でそれぞれ示した事実に知識、概念的知識、手続的知識、及び(5)で後述するメタ認知的知識の組合せで網羅することができた。このため、「分析する」「評価する」「創造する」は、認知過程のみ分類するとともに、(1)(2)(3)でそれぞれ示した事実に知識、概念的知識、手続的知識、及びメタ認知的知識に基づくことを破線矢印で表した。

a) 目的の決定

指導内容には、支援ツールの活用の起点となる目的を明確にすること、及び活用手順自体の決定に関する内容があった。これらの支援ツール活用プロセスを「目的の決定」とし、以下のとおり分類した。

- ・図 3-7 に示す支援ツール活用プロセスのうち、いずれの技術的な判断や検討を支援するか、目的を明確にする認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。
- ・目的を達成するための活用手順を決定する認知過程は、「計画する」に含まれることから、「創造する」に分類した。

b) 適用の決定

指導内容には、支援ツールの適用の決定と適用対象範囲の決定に関する内容があった。これらの支援ツール活用プロセスを「適用の決定」とし、以下のとおり分類した。

- ・目的に応じて、支援ツールの適用自体を考えつく認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。
- ・目的、支援ツールの原理や限界、対象とする道路橋の構造条件、架橋条件等を考慮して適用性を分析する認知過程は、「分析する」に分類した。
- ・当該支援ツールの適用性の分析結果の妥当性を評価する認知過程は、「評価する」に分類した。
- ・当該支援ツールの適用対象範囲を決定するにあたって、その判断方法を考えつく認知過程は「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。
- ・判断方法に基づき適用対象範囲を絞り込む認知過程は、「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、「分析する」に分類した。
- ・絞り込んだ適用対象範囲の妥当性を評価する認知過程は、「評価する」に分類した。

c) 使用条件の設定

支援ツールは、解析技術における解析モデルや要素等の解析条件、計測・モニタリング技術における計測時期、時間、頻度等の計測・モニタリング条件、補修補強工法や材料における使用数量、前提とする施工条件のように、条件に応じて得られる結果や効果が異なる。このため指導内容には、適用を決定した支援ツールの使用条件の設定に関する内容があった。これらの支援ツール活用プロセスを「使用条件の設定」とし、以下のとおり分類した。

- ・結果や効果に影響を与える可能性があり、支援ツールの活用目的に応じて設定すべき条件項目やその設定方法を考えつく認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。
- ・各条件項目に対して、目的、支援ツールの原理や限界、対象となる道路橋の構造条件、架橋条件等を考慮して条件設定する認知過程は、「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、「分析する」に分類した。
- ・設定した条件の妥当性を評価する認知過程は、「評価する」に分類した。

d) 結果・効果の評価

指導内容には、設定した使用条件の下で支援ツールから得られる結果や想定される効果の評価に関する内容があった。これらの支援ツール活用プロセスを「結果、効果の評価」とし、表 3-5 に示した状態評価ツールと措置ツールの別に以下のとおり分類した。

状態評価ツール

- ・設定した使用条件の下で得られる結果の評価方法や、結果に不確実性がある可能性を考えつく認知過程は、「生産する」に含まれることから、「創造する」に分類した。
- ・評価方法や支援ツールの限界を考慮して実際に得られた結果を解釈する認知過程は、「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、「分析する」に分類した。
- ・結果の評価方法や、得られた結果の解釈の妥当性を評価する認知過程は、「評価する」に分類した。

措置ツール

- ・設定した使用条件の下で想定される効果を推定，評価する認知過程は，状態把握ツールにおいて結果を推定，評価する認知過程と同様に分類した。
- ・措置技術は，適用対象箇所以外の箇所も含め挙動の変化を引き起こし，このことが不具合を引き起こすことが懸念される場合もある。このような挙動の変化や不具合の懸念を考へつく認知過程は，「生産する」に含まれることから，「創造する」に分類した。
- ・実際に挙動の変化や不具合の影響を推定する認知過程は，「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから，「分析する」に分類した。
- ・推定した挙動の変化や不具合の影響の妥当性を評価する認知過程は，「評価する」に分類した。

(5) メタ認知的知識とメタ認知の活動的側面

3.2.3 で示したように，ブルーム・タキソノミーでは，メタ認知の知識的側面と活動的側面は，それぞれ知識次元の「メタ認知的知識」と，認知過程次元で扱われる。図 3-7 に示すとおり，高次の認知過程にあたる「分析する」「評価する」「創造する」に分類した指導内容には，特定の教科を超えたメタ認知的知識に基づく指導内容があった。これらのメタ認知的知識は，以下のとおり表 3-4 に示した類型で網羅することができた。

- ・(4)の整理に用いたプロセスのように，支援ツールを活用するためのプロセスに関する知識は，「方略についての知識」に該当すると考えられる。また，目的を明確化するにあたって用いられる損傷状態の把握，対策の決定といった対策決定プロセスに関する知識も，「方略についての知識」に該当する。
- ・上述の方略をいつどのような条件の下で使うべきかについての知識は，「適切な文脈的・条件的知識を含む認知課題についての知識」に該当すると考えられる。
- ・支援ツールに関する知見の限界に関する知識や，自らの想定に関する知識は「自己に関する知識」に該当すると考えられる。

一方，「評価する」に分類した，自らの推測等の妥当性を評価する認知過程や，「創造する」に分類した，支援ツールから得られる効果に不確実性がある可能性を考へつく認知過程はメタ認知の活動的側面が含まれていると考えられる。これらの整理結果から，高次の認知過程がメタ認知に支えられていることが分かる。

(6) 支援ツールの活用に着目した道路橋を維持管理する技術力に関する考察

図 3-5 及び図 3-6 の判断や検討の経緯において認知過程に着目すると，3.6.1 のとおりブルーム・タキソノミーにおいて最も高次の領域である「創造する」が起点となった後，相対的に低次の領域に推移し，最終的には再び高次の領域に推移するという類似した推移パターンが見られる。これは，以下のように解釈することができる。すなわち，「目的の設定」や，これに続く「目的を達成するために着目する指標の設定」といった局面では，問題を定義することや問題の解決方法の考案が必要であり「創造する」認知過程が用いられる。次に，設定した目的，指標や，構造条件，架橋条件を踏まえた解析条件やモニタリング条件の設定といった局面では，支援ツールを使用するにあたって重要となる情報を抽出した上での適切な条件設定が必要であり「分析する」認知過程が用いられる。そして，条件を設定した上で解析やモニタリングを実行する局面では既存のテクニックや方法が応用可能であり，手続的知識を「応用する」認知過程が用いられる。ここまでの過程では，最も高次の領域である「創

造する」から低次の領域へ推移しており、判断や検討の自由度が大きい「目的の設定」から、相対的に自由度が小さい判断や検討に局面が推移していると捉えることができる。ただし、終点となる解析結果を参考にした施工手順の決定、モニタリング結果を踏まえた施工結果の妥当性の確認といった局面では、結果や効果に影響を与え得る要因を抽出した上でのその影響の程度の見積りや、結果の妥当性の評価が必要であり「分析する」「評価する」といった高次の認知過程が用いられる。その結果、最終的には再び高次の領域に推移している。なお、図 3-5 及び図 3-6 の整理結果ではいずれも「評価する」認知過程を終点としているものの、例えば解析結果やモニタリング結果を踏まえて新たな施工手順を考えつき、「創造する」認知過程が終点となる場合も想定される等、必ずしも「評価する」認知過程が終点になるわけではない。

図 3-7 の高次の認知過程に着目すると、支援ツールの活用に着目した道路橋を維持管理する技術力に関して以下のことが読み取れる。

- ・まず最初に「目的の決定」（「創造する」に分類）という認知過程があり、以降のプロセス全体に影響する重要な構成要素となっている。
- ・目的を決定した上での「適用の決定」から「結果・効果の評価」までの各プロセスには、「方法を考えつく」（「創造する」に分類）という認知過程があり、支援ツールを道路橋の維持管理に活用する方法は必ずしも確立されておらず、目的に応じて活用方法を個別に検討する必要性が読み取れる。
- ・「結果・効果の評価」のプロセスには、「結果を解釈する」、「効果を推定する」認知過程に加えて、結果や効果に「不確実性がある可能性を考えつく」認知過程があり、支援ツールを適用した効果や結果は単純に評価することができず、不確実性も考慮して慎重に評価する必要があることが読み取れる。
- ・目的を決定した上での「適用の決定」から「結果・効果の評価」までの各プロセスには、
 - 1) 「考えつく」認知過程（「創造する」に分類）
 - 2) 1)で案出した事項から「絞り込む」「推定する」といった認知過程（「分析する」に分類）
 - 3) 2)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、各プロセスにおいて考えついた方法や可能性を慎重に吟味する必要性が読み取れる。

これら支援ツール活用プロセスに関する認知過程はいずれも、「手続的知識の応用」とは差別化され、「高次の認知過程」と整理される。すなわち、支援ツールを活用するためには、単に支援ツールを応用する技術力のみならず、これらを活用する目的を決定した上で、目的に応じて適用を決定し、使用条件を設定し、結果・効果の評価する技術力が必要である。

また、これら高次の認知過程は、以下の様々なタイプの知識に支えられていることが読み取れる。

- 1) 支援ツールを活用するためのプロセスや対策決定プロセスのような方略についての知識等、自由自在に使えるメタ認知的知識
- 2) 支援ツールや橋梁設計、施工の手続的知識と、その背後にある工学に関する概念的知識
- 3) 技術基準類や過去の支援ツールの適用事例等に関する知識

なお、3)からは、個々の対応における支援ツールの適用に関する知見の蓄積が、将来の維持管理にも活用されるというサイクルも読み取ることができる。

ここで、図 3-4 に示した対策決定プロセスと図 3-7 に示した支援ツール活用プロセスの関係を図 3-8 に示す。(5)に示したとおり、支援ツールを活用する目的を明確化するにあたっては、損傷状態の把握、対策の決定といった対策決定プロセスに関するメタ認知的知識が用いられる。そして、目的を決定した上での「適用の決定」、「使用条件の設定」、「結果、効果の評価」というプロセスを経て、支援ツールから得られる結果や効果の評価に基づき、対策決定プロセスの各プロセスにおける技術的な判断や検討が支援される。

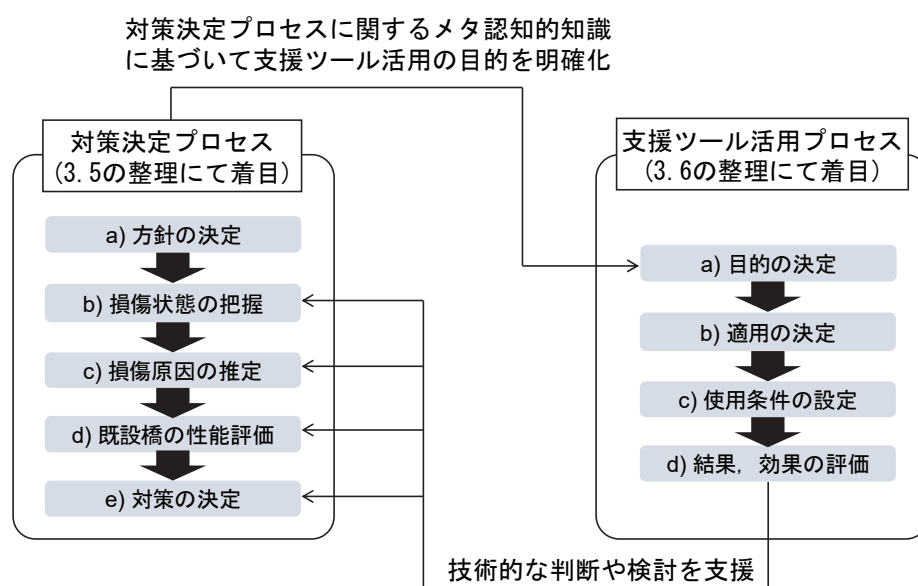


図 3-8 対策決定プロセスと支援ツール活用プロセスの関係

3.7 本章のまとめ

本章では、戦略的な人材育成の実現に向け、その第一歩として道路橋を維持管理する技術力の解明を試みた。技術力の整理のための枠組として、認知心理学に基づき教育の分野で開発されたブルーム・タクソノミーの枠組を用いた。また、技術力の構成要素を具体化するためのサンプルとして、熊本地震で被災した道路橋の復旧事例と、道路管理者への技術指導事例が記録されているテキストを用いた。

その結果、対策の決定と支援ツールの活用のそれぞれに着目して、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具現化して示した。また、それぞれの技術力の特徴について考察し、共通する主な特徴として以下を確認した。

- ・ 対策の決定に着目した技術力は、「方針の決定」「損傷状態の把握」「損傷状態の推定」「既設橋の状態評価」「対策の決定」という対策決定プロセスに沿って整理することができた。支援ツールの活用に着目した技術力は、「目的の決定」「適用の決定」「使用条件の設定」「結果、効果の評価」という支援ツール活用プロセスに沿って整理することができた。これらのプロセスはいずれも「手続的知識の応用」とは差別化され、「高次の認知過程」と整理さ

れることを確認した。

- ・各プロセスには、認知過程次元において「創造する」「分析する」「評価する」という横方向のサイクルが共通してみられ、各プロセスにおいて考えついた仮説や可能性を慎重に吟味する必要性を確認した。
- ・これら高次の認知過程が、有効なプロセスのような方略についての知識等のメタ認知的知識、橋梁設計、施工等の手続的知識、手続的知識の背後にある工学に関する概念的知識、技術基準類や過去の事例等に関する事実に知識と様々なタイプの知識に支えられていることを確認した。

本章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素を教育や研修、業務上の経験といった人材育成の手段と対応付けることができれば、ブルーム・タキソノミーの枠組を用いて設定された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、本研究でいうところの戦略的な人材育成を実現することに大きく寄与し得る。このことを踏まえると、本章において示した整理の一例は、道路橋の維持管理に関わる組織が、道路橋を維持管理する技術力を習得することを目標とした戦略的な人材育成を行うため、人材育成の目標をブルーム・タキソノミーの枠組で設定するにあたって参考にする等、人材育成の実務に活用することが想定される。

なお、本章における整理結果は、3.4に示したとおり、1つ1つの判断や検討が最もよくあてはまる知識と認知過程を筆者の判断で分類して得た一例である。この方法による場合、分類結果には分類する者の判断のばらつきが含まれることが避けられないことには留意が必要である。本章の方法論を人材育成の実務に適用してゆく上では、分類の判断のばらつきをできるだけ抑えるとともに、分類の信頼性を明らかにすることは重要であり、課題である。また、ブルーム・タキソノミーの枠組をそのまま用いた結果、用いられた知識の次元が1つの知識に特定し難い事項も確認された。このような事項を踏まえてブルーム・タキソノミーの枠組を修正したり、同枠組では捉えきれない観点を考慮したりすることで、更なる技術力の解明や戦略的な人材育成の実現に寄与できる可能性があり、今後の課題である。

参考文献

- 1) ASCE: Civil Engineering Body of Knowledge Preparing the Future Civil Engineer Third Edition, 2019.
- 2) Bloom, B. S.: Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: Cognitive Domain, David McKay, 1956.
- 3) Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. and Wittrock, M. C.: Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Longman, 2000.
- 4) 土木学会建設マネジメント小委員会建設技術力研究小委員会：建設マネジメント力についてのアンケート調査結果の概要報告書，2017.
- 5) 川田誠一，旭岡勝義：横断型人材育成における評価—教育プロセスの評価と育成した人材の評価—，横幹，Vol. 3, No. 1, 2009.

- 6) 岡本紗知：教科書は科学リテラシーの向上に寄与するか—高校生物の教科書が求める認知的能力とは—, 科学教育研究, Vol. 42, No. 1, 2018.
- 7) 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.
- 8) Berelson, B.: Content Analysis in Communication Research, New York: Free Press, 1952.
- 9) Krippendorff, K.: Content Analysis: An Introduction to its Methodology, London: Sage, 1980.
- 10) 石井英真：「改訂版タキソノミー」によるブルーム・タキソノミーの再構築—知識と認知過程の二次元構成の検討を中心に—, 日本教育方法学会紀要「教育方法学研究」, 第 28 巻, 2002.
- 11) 西岡加名苗, 石井英真, 田中耕治：新しい教育評価入門 人を育てる評価のために, 有斐閣, 2015.
- 12) 石井英真；メタ認知を教育目標としてどう設定するか—「改訂版タキソノミー」の検討を中心に—, 京都大学大学院教育学研究科紀要, 第 49 号, pp. 207-219, 2003.
- 13) 大津悦夫：教育目標分類学におけるメタ認知の検討, 立正大学心理学研究所紀要, 第 16 号, 2018.
- 14) 星隈順一, 西田秀明, 瀧本耕大：熊本地震からの復旧事例に学ぶ橋の補修補強と維持管理～ビルド・バック・ベター, 補修補強, モニタリング, 維持管理, CIM の活用～, 第 47 回プレストレスコンクリート技術講習会—いま求められる PC 技術—, 2019.
- 15) Fumi Miyahara, Takahiro Imamura, Hideaki Nishida, Jun-ichi Hoshikuma: Restoration of damaged bridges due to the 2016 Kumamoto Earthquake based on lessons learned from failure mode, 10th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, 2020.
- 16) 宮原史, 今村隆浩, 西田秀明, 星隈順一：熊本地震で被災した斜張橋の復旧対策と復旧後の状態変化の把握方法の提案, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol.76 (2020), No. 4, pp.I_461-I_471, 2020.
- 17) 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>

第4章 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

4.1 本章の位置付けと構成

第3章では、質的テキスト分析と称した方法、すなわち教育分野で開発されたブルーム・タキソノミー¹⁾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、知識と認知過程の組合せに分類してゆくという方法により、道路橋を維持管理する技術力の解明を試みた。このとき、3.7に示したように、1つ1つの判断行為や検討内容がいずれの知識と認知過程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た。

そこで本章では、第3章が質的テキスト分析を用いたのに対して、同じテキストを対象に量的方法を含む内容分析、すなわち計量テキスト分析²⁾を用いて、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、3章の整理結果との整合性を考察し、質的テキスト分析を用いて得られた同整理結果を支持する結果が、本章の分析から得られるかどうかの検証を行う。

土木分野において計量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³⁾や吉城ら⁴⁾、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⁵⁾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計量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。

本章の構成は以下のとおりである。4.2では、分析対象とするサンプルと、本章で用いる **Correlational** アプローチと **Dictionary-based** アプローチの2段階からなる計量テキスト分析の方法について説明する。4.3では、1段階目の **Correlational** アプローチの分析結果を示す。4.2で後述するように、多変量解析によってデータを要約する **Correlational** アプローチは分析の信頼性・客観性を補うことができると考えられ、本章の問題意識に応えるものである。4.4では、1段階目の分析結果を踏まえて行う2段階目の **Dictionary-based** アプローチの分析結果を示す。そして4.5では、1段階目の分析を踏まえて道路橋を維持管理する技術力の構成要素及び第3章の整理結果との整合性について考察を行う。また、2段階目までの分析を踏まえて戦略的な人材育成への活用可能性について考察を行う。

ここで、4.5で第3章の整理結果との整合性について考察を行うにあたっては、具体的には第3章の整理結果の以下の特徴に着目する。

- 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」という対策決定プロセス及び「目的の決定」「適用の決定」「使用条件の設定」「結果・効果の評価」という支援ツール活用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。
 - 4) 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，特定の部材や損傷の種類まで踏み込んだ整理はなされていないこと。

4.2 分析方法

4.2.1 分析対象

3.3.2 に示した，国総研が土研と連携して行った技術指導の記録を分析対象とする。すなわち，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サンプルとして用いる。表 4-1 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。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，第 3 章と同様に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。また，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，分析対象とするテキスト数は合計 732 となった。

表 4-1 技術指導事例のサンプル数とテキスト数

		サンプル数 (のべ回数)	テキスト数
相談 内容 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

4.2.2 2 段階からなる接合アプローチによる分析方法

本章では，樋口²⁾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。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。4.1 で述べたように，

第3章では、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²⁾が提案する計量テキスト分析の手順は本章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 ω と ω' のいずれかがテキストに出現する確率を、 $p(\omega \cap \omega')$ は語 ω と ω' 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⁶⁾。

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

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第3章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、Correlational 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4-1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第3章の整理結果との整合性について考察を行う。また、戦略的な人材育成への活用可能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筌⁷⁾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⁸⁾。

4.2.3 テキストの前処理

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、4.3.2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。また、30回以上出現する可能性があると考えられ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。さらに、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。

4.3 分析結果（1段階目：Correlationalアプローチ）

4.3.1 抽出語リストの出力

抽出語リストを表 4-2 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）の動詞，否定助動詞（助動詞「ない」「まい」「ぬ」「ん」），形容詞 B（平仮名のみ）の形容詞といった，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）の副詞，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 4-2 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

4.3.2 共起ネットワークの描画

4.3.1 で除外した語以外の語を対象として描画した共起ネットワークを図 4-1 に示す。ノードの大きさは、語の出現回数と比例している。色分けは、“modularity”に基づく A. Clauset et al.⁹⁾の方法により、比較的強くお互いに結びついている部分を自動的に検出してグループ分けされた「サブグラフ検出」の結果を表している。実線が同じサブグラフに含まれる語同士の共起関係を表す一方、破線は互いに異なるサブグラフに含まれる語同士の共起関係を表している。なお、共起関係は線のみで表されており、語同士が近くに配置されていることは共起関係を表していない。本章では、テキストの特徴を分析者が視覚的に把握しやすいよう、描画する語の出現回数の下限値と、描画する共起関係の範囲を調整しており、出現回数が 30 回以上の語を描画するとともに、Jaccard 係数が上位 70 位 (Jaccard 係数 0.19) までの共起関係を描画している。

図 4-1 に示した共起ネットワークを参考に、2 段階目の分析においてコーディングルールを設定する単位となるグループを抽出、設定してゆくこととした。

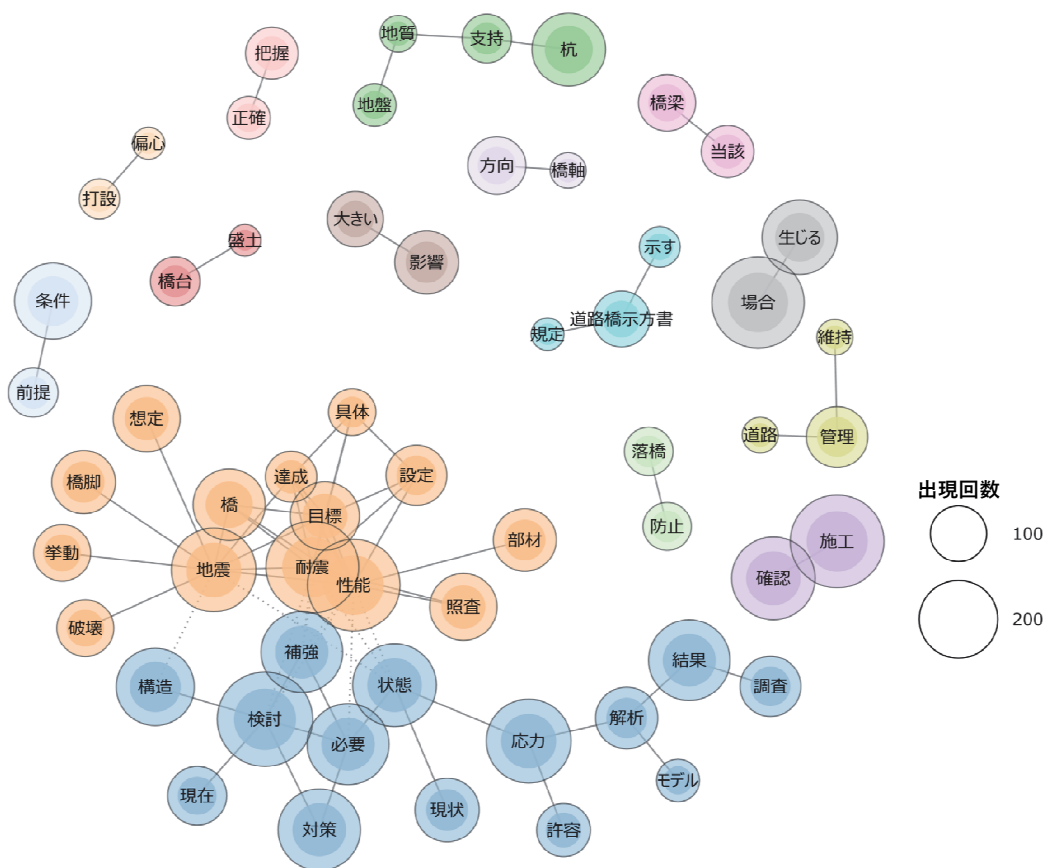


図 4-1 共起ネットワーク

4.3.3 コーディング単位となるグループの設定

図 4-2 に、図 4-1 に示した共起ネットワークに対して着目した以下の語群を筆者が赤線で囲んだ図を示す。

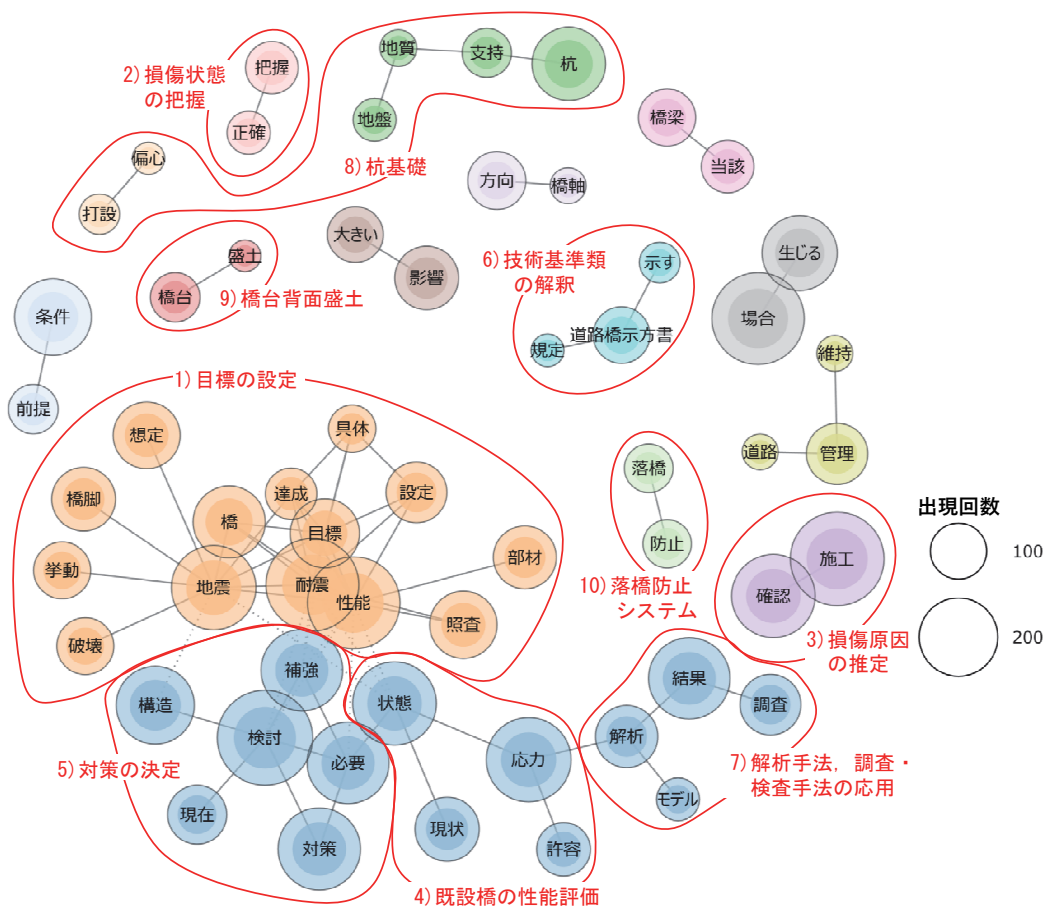


図 4-2 共起ネットワークとコーディング単位

1)のグループは、「目標」と「設定」の共起関係を含んでおり、道路橋の設計における「目標の設定」に関する指導内容を表していると判断した。「性能」や「達成」が共起していることも、道路橋の設計においては「達成」するべき目標を「性能」の観点から設定することと整合している¹⁰⁾。なお、「地震」や「耐震」が共起していることは、特に耐震補強に関する技術指導において、目標の設定に関する指導が多く行われていることを示唆していると理解される。

2)のグループは「正確」と「把握」の共起関係を表しており、損傷した道路橋の状態を正確に把握する「損傷状態の把握」に関する指導内容を表していることが推測された。しかし、「損傷」や「状態」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、テキストデータ内で抽出語がどのように用いられていたのかという文脈を探ることができるKWIC (Key Words in Context) コンコーダンス機能を用いて、図 4-3 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。ここでは、出現回数が相対的に多い「把握」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、「正確」と「把握」が共起している48のテキストのうち41は道路橋の損傷状態を把握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、2)のグループは「損傷状態の把握」に関する指

導内容を表している」と判断した。

3)のグループは「施工」と「確認」の共起関係を表しており、施工が適切に行われたかどうかの観点等から道路橋の損傷原因を推定する「損傷原因の推定」に関する指導内容を表していることが推測された。しかし、上記の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4-4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等が「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の特定の部位や損傷に関する用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4-1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プロセスに関する「対策決定プロセスグループ」、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」、特定の部位や損傷に関する「特定専門知識グループ」に大別して設定した。

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
 るなどし、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、構造体のひび割れを計測しても3次元的な挙動の**把握**（構造体の変形がどこでどの方向に）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。ひび割れ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する。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、応力的に評価するためには、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 4-3 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、検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管理に際しては、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の補修が必要である。◇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変位を把握す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変位を把握する必要がある。◇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れが、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ており、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。◇今回の架設計画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の位置関係が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 4-4 KWIC コンコーダンス（「施工」と「確認」）

表 4-3 コーディング単位となるグループ

No.	コーディング単位
対策決定プロセス 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
特定専門知識 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

4.4 分析結果（2段階目：Dictionary-based アプローチ）

4.4.1 コーディングルールの設定

4.3.3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 4-1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 4-4 に、例として対策決定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 ω と ω' 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の、程度を指定する根拠が無いため本章ではKH Coderの初期設定に倣って前後10語を「近い位置」とした。

表 4-4 コーディングルール（対策決定グループの例）

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

4.4.2 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

4.4.1 で設定したコーディングルールを用いて、表 4-1 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 4-5～図 4-7 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 χ^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 χ^2 検定の結果、図 4-6 の「解析手法、調査・検査手法の応用」と図 4-7 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であった。

(1) 対策決定プロセスグループ

図 4-5 は、各対策決定プロセスの、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、想定とおりの「維持管理段階での不具合」、「新設工事中的の不具合」、「補修補強工事中的の不具合」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、各対策決定プロセスにおいて「新設工事中的の不具合」、「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、4.2.1 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。

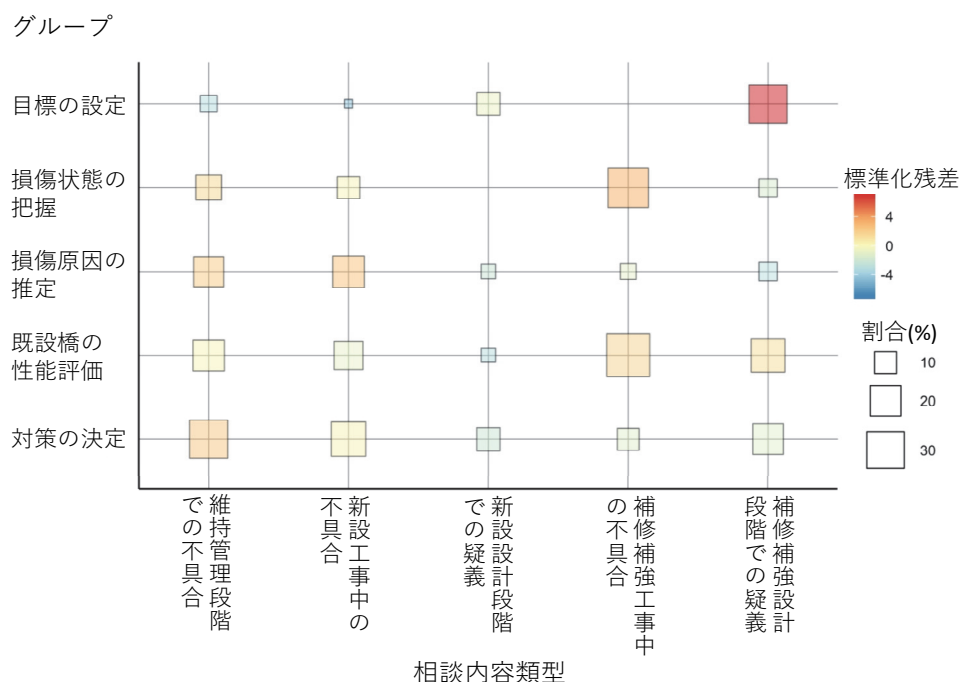


図 4-5 相談内容類型毎のコード出現割合のバブルプロット（対策決定プロセスグループ）

(2) 専門知識グループ

図 4-6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 χ^2 検定の結果も含め、妥当な結果と考えられる

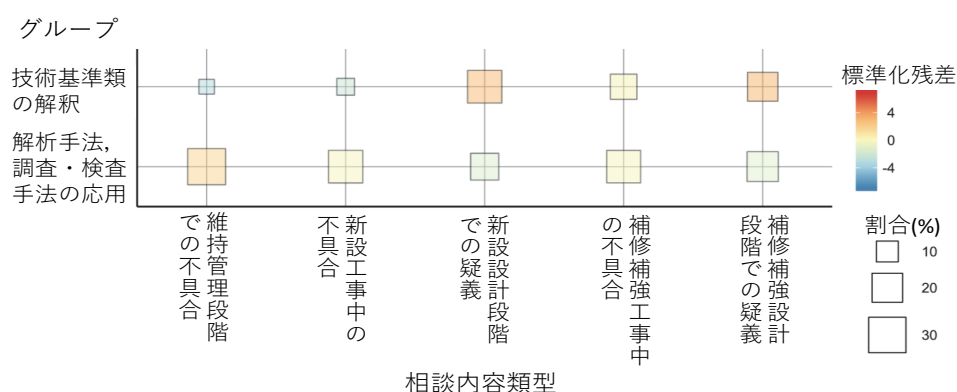


図 4-6 相談内容類型毎のコード出現割合のバブルプロット (専門知識グループ)

(3) 特定専門知識グループ

図 4-7は、各特定専門知識の、相談内容類型毎のコード出現割合を示している。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」¹¹⁾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。

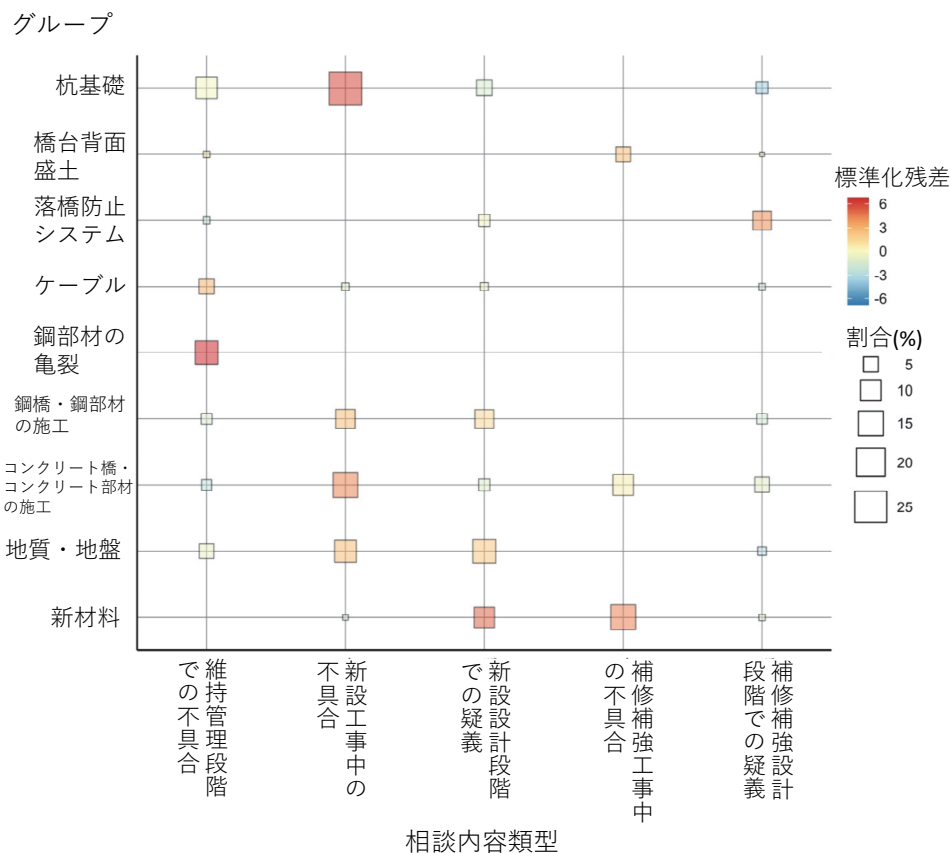


図 4-7 相談内容類型毎のコード出現割合のバブルプロット（特定専門知識グループ）

4.5 分析結果の考察

4.5.1 道路橋を維持管理する技術力の構成要素

4.3 に示した Correlational 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 4-3 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の部材や損傷に関する特定専門知識を有すること。

4.5.2 質的テキスト分析による整理結果との整合性の考察

本章では、4.3 に示した Correlational 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」から成る対策決定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、3.5.2において、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」という対策決定プロセスに沿って整理したとと整合している。

また、本章では、「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。「技術基準類の解釈」を維持管理する技術力の構成要素として整理したことは、3.5.2及び3.6.2において、技術基準類に関する事実的知識及び概念的知識を技術力の構成要素として整理したとと整合している。特に、「解析手法、調査・検査手法の応用」を維持管理する技術力の構成要素として整理したことは、3.5.2において各種解析手法や各種調査・検査手法に関する手続的知識を技術力の構成要素として整理したことや、3.6.2において解析モデル、非破壊試験技術、計測・モニタリング技術を含む支援ツールに関する事実的知識、概念的知識及び手続的知識を技術力の構成要素として整理したとと整合している。

以上の点において、本章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第3章の3.5.2及び3.6.2の整理結果を支持する結果が得られたといえる。

一方、支援ツールの活用に着目した3.6.2に示した、「目的の決定」「適用の決定」「使用条件の設定」「結果・効果の評価」という各支援ツール活用プロセスは、本章では確認されなかった。これは、支援ツールの活用に関する指導内容が記録されたテキスト数が対策の決定に関する指導内容が記録されたテキストと比較して少ないことに起因し、図4-1に示した共起ネットワークには支援ツール活用プロセスにおける判断や検討を表すような語同士の共起関係が現れなかったことによると考えられる。

また、対策決定プロセスに沿って整理したとと整合した結果は得られたものの、各対策決定プロセスにおいて、

- ・「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3.5.2に示した整理結果の特徴は、本章では確認されなかった。これは、第3章の質的テキスト分析では、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。3.5.2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。第3章の質的テキスト分析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。これに対し本章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、3.5.2に示した各対策決定プロセスにおける横方向のサイクルを見出すことは、本章の方法の限界に起因し困難であったと考えられる。

なお、3.5.2における整理は対策決定プロセス、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、4.3 に示した **Correlational** アプローチにより杭基礎、鋼部材の亀裂といった個別の部材や損傷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、4.4 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、本章で技術力の解明が一步前進した点である。

4.5.3 戦略的な人材育成への活用可能性

4.5.1 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。

さらに本章では、4.4 に示した **Dictionary-based** アプローチの結果、4.5.1 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。道路橋を維持管理するには 4.5.1 に示した技術力の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、4.4 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。

4.6 本章のまとめ

本章では、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、**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。

- ・ **Correlational** 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の部材や損傷に関する特定専門知識を有することこれらの構成要素を教育や研修、業務上の経験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、本研究でいうところの戦略的な人材育成を実現することに寄与し得る。
- ・ **Correlational** アプローチにより整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素と、第 3 章の質的テキスト分析により整理した同構成要素の比較を通じて、「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」から成る対策決定

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を抽出した点において整理結果の整合を確認し、計量テキスト分析により第3章の質的テキスト分析の整理結果を支持する結果が得られたことを確認した。

- **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。そして、これらの分析結果を参考にすることで、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。

本章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第3章の質的テキスト分析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) Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. and Wittrock, M. C.: *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Longman, 2000.
- 2) 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.
- 3) 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.I_315-I_323, 2012.
- 4) 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.I_81-I_90, 2015.
- 5) 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.I_935-I_946, 2018.
- 6) 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シソーラス構築について，自然言語処理，Vol.14, No.2, pp.3-31, 2007.
- 7) ChaSen - 形態素解析器，<https://chasen-legacy.osdn.jp/>
- 8) KH Coder，<https://kncoder.net/>
- 9) Clauset, A., M. E. J. Newman & C. Moore: Finding Community Structure in Very Large Networks, *Physical Review E*, 70(6): 066111, 2004.

- 10) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編，2017.
- 11) 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.

第5章 教育・研修を通じた道路橋を維持管理する 技術力向上効果に関する一考察

5.1 本章の位置付けと構成

第3章では、ブルーム・タキソノミー¹⁾の枠組を用いて道路橋を維持管理する技術力の構成要素を整理するとともに、それらの構成要素を教育や研修、業務上の経験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、戦略的な人材育成を実現することに大きく寄与し得ることを示した。教育や研修、業務上の経験といった人材育成の手段を技術力の構成要素と対応付けることを可能とするためには、教育や研修と業務上の経験がどのような技術力向上効果を有するかを明らかにする必要がある。

本章ではこれら人材育成の手段のうち、教育と研修に着目する。具体的には、既存の大学教育の一例と、国土交通省が主催している道路橋の定期点検に関する研修の一例に着目する。そして、これらの教育、研修による学習内容と第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素との対応の整理を通じて、技術力向上効果を考察することで、目標とする技術力を習得させるための人材育成計画を立案し得ることを示す。

本章の構成は以下のとおりである。5.2では、既存の大学教育の一例として筑波大学の工学システム学類環境開発工学主専攻の教育に着目して、第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素との対応を整理し技術力向上効果を考察する。5.3では、既存の研修の一例として国土交通省が主催している道路構造物管理実務者研修（橋梁初級Ⅰ）に着目して、5.2と同様に第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素との対応を整理し、技術力向上効果を考察する。ここで、5.2と5.3の考察を通じて、ブルーム・タキソノミーにおける「高次の認知過程」は、知識次元との対応が明確でなく、人材育成手段との対応が単純ではないという課題が生じる。そこで5.4では、「高次の認知過程」に着目して、これを習得するための人材育成手段について、認知心理学の既往研究に基づき考察を加える。

5.2 教育を通じた技術力向上効果の考察—筑波大学の教育を 対象に—

5.2.1 学習内容と技術力の構成要素の対応の整理方法

道路橋の維持管理に関連する科目の教育が行われている筑波大学の工学システム学類環境開発工学主専攻の教育のうち、表5-1に示す構造力学に関する科目、コンクリート工学に関する科目、鋼構造に関する科目、及びこれらの科目が共通して関連する科目に着目して、学習内容と第3章で整理した技術力の構成要素との対応を整理し、技術力向上効果を考察する。

ここで、これらの科目による学習内容と第3章で整理した技術力の構成要素との対応を整理するにあたっては、例えば各科目の受講生に対してアンケートやテストを行い、受講によ

る学習内容を整理した上で、その学習内容と技術力の構成要素との対応を整理するという方法を採用することも考えられる。しかし、ここで対象とした科目は、シラバス②の「受講生の到達レベル」に、ブルーム・タキソノミーの枠組上で分類する観点から十分に詳細な記述がなされており、これらを学習内容とみなすことで第3章の整理結果との対応を簡易に整理することが可能である。そこで、ここでの整理は、シラバス②に記載されている各科目の「受講生の到達レベル」が最もよくあてはまる技術力の構成要素を筆者が判断することにより行った。このとき、前述のとおりシラバスに記載されている「受講生の到達レベル」には十分に詳細な記述がなされていると判断しているものの、3.4に示した第3章における技術力を整理するための分類方法と同様に、分類結果には分類する者の判断のばらつきが含まれ得ることには留意が必要である。また、「受講生の到達レベル」はあくまで目標とされているものであり、実際の受講生の学習内容とはその水準、内容に乖離があり得ることにも留意が必要である。

表 5-1 考察対象とした科目

分類	科目名	標準履修年次
構造力学に関する科目	構造力学Ⅰ	2
	構造力学Ⅱ	3
コンクリート工学に関する科目	コンクリート工学	3
	鉄筋コンクリート構造学	3
鋼構造に関する科目	鋼構造学	3
共通の科目	環境開発工学専門実験	3
	卒業研究	4

5.2.2 整理結果と考察

図 5-1 に、各科目と技術力の構成要素との対応を整理した結果を示す。図 5-1 には、各科目の「受講生の到達レベル」を、対応する技術力の構成要素に分類して記載している。なお、図 5-1 の記載の一部は、シラバスの記載内容の意味が変わらないことに留意しながら、技術力の構成要素との対応が分かりやすくなるよう筆者の判断で文言の抜粋、統合を行っているため、シラバスの記載とは異なる場合がある。以下では、図 5-1 に示す整理結果を各科目毎に解説する。

(1) 構造力学に関する科目

「構造力学Ⅰ」は、「手続的知識の応用」に対応する科目と整理した。本科目の到達レベルである「トラスとラーメンに静的な力が作用したとき、各部に生じる応力と変位を求められるようになること」は図 3-4 に示した「各種解析手法に関する手続的知識を応用する」と図 3-7 に示した「支援ツールに関する手続的知識を応用する」に該当することから、「手続的知識の応用」に分類した。

「構造力学Ⅱ」は、「概念的知識の理解」に対応する科目と整理した。本科目の到達レベルである「はり及び板の有限要素法の概念を理解する」は図 3-4 に示した「構造力学に関する概念的知識を理解する」と図 3-7 に示した「支援ツールの原理やモデルに関する概念的知識

を理解する」に該当することから、「概念的知識の理解」に分類した。なお、一見すると「手続的知識の応用」に分類した「構造力学Ⅰ」よりも後の標準履修年次が設定されている「構造力学Ⅱ」を「概念的知識の理解」に分類するのは順序が逆のように見える。これは、「構造力学Ⅱ」では有限要素法を扱っており、単純に「構造力学Ⅰ」の延長上の科目となっていないためである。

(2) 鋼構造に関する科目

「鋼構造工学」は、「事実に知識の記憶」と「概念的知識の理解」と「手続的知識の応用」の3つに跨る科目と整理した。本科目の到達レベルである「鋼材の種類や機械的な性質について、他の材料と比較しながら、説明することができる」は図 3-4 に示した「鋼構造に関する事実に知識を知る」と図 3-7 に示した「支援ツールの基礎知識を知る」に該当することから、「事実に知識の記憶」に分類した。「部材の力学的特性や鋼材の接合方法について理解する」は図 3-4 に示した「鋼構造に関する概念的知識を理解する」と図 3-7 に示した「支援ツールの原理やモデルに関する概念的知識を理解する」に該当することから、「概念的知識の理解」に分類した。「基本的な鋼構造物を設計することができる」は図 3-4 と図 3-7 に示した「橋梁設計に関する手続的知識を応用する」に該当することから、「手続的知識の応用」に分類した。

(3) コンクリート工学に関する科目

「コンクリート工学」は、「事実に知識の記憶」と「概念的知識の理解」の両方に跨る科目と整理した。本科目の到達レベルである「コンクリートに関する各項目（用語）の意味や事実を説明できること」は図 3-4 に示した「コンクリート工学に関する事実に知識を知る」と図 3-7 に示した「支援ツールの基礎知識を知る」に該当することから「事実に知識の記憶」に分類した。一方、「基本原理，原則を説明できること」は図 3-4 に示した「コンクリート工学に関する概念的知識を理解する」と図 3-7 に示した「支援ツールの原理やモデルに関する概念的知識を理解する」に該当することから、「概念的知識の理解」に分類した。

「鉄筋コンクリート構造学」は、「概念的知識の理解」と「手続的知識の応用」の両方に跨る科目と整理した。本科目の到達レベルである「鉄筋コンクリート構造の原理や抵抗機構を理解すること」は図 3-4 に示した「コンクリート工学に関する概念的知識を理解する」と図 3-7 に示した「支援ツールの原理やモデルに関する概念的知識を理解する」に該当することから、「概念的知識の理解」に分類した。一方、「鉄筋コンクリート部材の曲げやせん断に関する強度が計算できること」や、「鉄筋コンクリート部材の許容応力度計算や配筋設計ができること」は、図 3-4 と図 3-7 に示した「橋梁設計に関する手続的知識を応用する」に該当することから、手続的知識の応用に分類した。

(4) 共通の科目

「環境開発工学専門実験」は、「手続的知識の応用」に対応する科目と整理した。本科目の到達レベルである「各テーマの実験を遂行できること」は図 3-4 に示した「各種調査・検査手法を応用する」と図 3-7 に示した「支援ツールに関する手続的知識を応用する」に該当することから、「手続的知識の応用」に分類した。「実験結果を元に客観的な考察を行うこと」や、「レポートにまとめること」は、高次の認知過程に分類することも想定されたものの、ここではあくまで演習の位置づけであることを考慮し、これらも同じく図 3-4 に示した「各種

調査・検査手法を応用する」と図 3-7 に示した「支援ツールに関する手続的知識を応用する」に該当すると判断し、「手続的知識の応用」に分類した。

「卒業研究」は、高次の認知過程に対応する科目と整理した。本科目の到達レベルである「自らの研究テーマを設定, 位置付けができること」や、「問題を解決するための計画の立案」は、いずれも図 3-4 に示した「方針の決定」と図 3-7 に示した「目的の決定」に相当することから、「創造する」に分類した。ここで、研究を進めるにあたっては、各段階で得られた結果を解釈し、用いた方法や条件の妥当性を評価し、必要に応じて見直すといったサイクルが求められる問題に遭遇する可能性が高い。そこで、「立案した計画を踏まえ研究を進めることができること」も、単なる手続的知識の応用ではなく、図 3-4 に示した「対策の決定」や図 3-7 に示した「適用の決定」「使用条件の設定」「結果・効果の評価」のうち「分析する」と「評価する」に該当すると判断し、「分析する」「評価する」の両方に跨るものと分類した。

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	鋼構造工学 ・鋼材の種類や機械的な性質について,他の材料と比較しながら,説明することができる コンクリート工学 ・コンクリートに関する各項目(用語)について,普遍的な事実や客観的事象を説明できる					
B. 概念的知識		構造力学II ・はり及び板の有限要素法の概念を理解する 鋼構造工学 ・部材の力学的特性や鋼材の接合方法について理解する コンクリート工学 ・コンクリートに関する各項目(用語)の基本原則・原則を説明できる 鉄筋コンクリート構造学 ・RC構造の構成材料の特性や構造の原理を理解する ・RC部材の抵抗機構を理解する				
C. 手続的知識	凡例 構造力学に関する科目 鋼構造に関する科目 コンクリート構造に関する科目 共通の科目		構造力学I ・トラスとラーメンに静的な力が作用したとき,各部に生じる応力と変位を求められる 鋼構造工学 ・基本的な鋼構造物を設計することができる 鉄筋コンクリート構造学 ・RC部材の強度の計算ができる ・RC部材の許容応力度計算および配筋設計ができる 環境開発工学専門実験 ・実験手順を理解するとともに実験を遂行できる ・実験結果を元に客観的な考察をすることができる ・実験計画, 実験結果, 考察をレポートにまとめることができる	卒業研究 ・研究計画書を踏まえて卒業研究を進めることができる		卒業研究 ・関連する既存研究が調査でき,自らの研究テーマの位置付けができる ・問題を解決に導くための計画を立案できる
D. メタ認知的知識						

図 5-1 筑波大学の教育（構造力学，鋼構造，コンクリート工学関連）と技術力の対応

以上のように、第 3 章で道路橋を維持管理する技術力をブルーム・タクソノミーの枠組で整理したことにより、筑波大学の教育による学習内容を技術力の構成要素と対応付けることができた。また、本章で着目した科目の範囲では、3 年次までの講義や実験を通じて事実的知識、概念的知識、手続的知識をバランス良く習得するとともに、4 年次の卒業研究を通じ

て高次の認知過程に対応する技術力も一部習得することが可能なカリキュラムとなっていることを確認することができた。

5.3 研修を通じた技術力向上効果の考察—道路構造物管理実務者研修（橋梁初級Ⅰ）を対象に—

5.3.1 学習内容と技術力の構成要素の対応の整理方法

国土交通省の地方整備局及び北海道開発局、内閣府沖縄総合事務局では、国、都道府県、市区町村の職員を対象に道路橋の定期点検に従事する者に最低限必要な知識と技能を修得させることを目的として、道路構造物管理実務者研修（橋梁初級Ⅰ）を主催している^{例えば 3)}。本研修は、全国統一のテキスト⁴⁾を用いて、講義と現地実習で構成される4日間程度のカリキュラムで行われ、研修終了時には研修内容の理解度を測るため達成度確認試験が行われる。ここでは同研修を対象に、第3章で整理した技術力の構成要素との対応を整理し、技術力向上効果を考察する。

本研修と第3章で整理した技術力の構成要素との対応を整理するにあたっては、5.2にも示したように、研修の受講者に対してアンケートやテストを行い受講による学習内容を整理した上で、その学習内容と技術力の構成要素との対応を整理するという方法を採用することも考えられる。一方、本研修の講義や現地実習は、5.2で対象とした大学教育の科目のようにブルーム・タキソノミーの枠組上で分類する観点から十分に詳細な受講者の到達レベルが公表されているわけではなく、5.2のように簡易な方法で第3章の整理結果との対応を整理することはできない。そこでここでは、前述の達成度確認試験の内容に着目することとした。本研修の達成度確認試験は、橋の構造の基本、損傷の特徴や原因に関する知識問題（学科試験）、及び、現地実習時に現地で近接目視と診断を行った結果を所見として記述する記述式問題（実技試験）から構成される。これらのそれぞれの試験に正答するのに必要と考えられる知識と認知過程の組合せを学習内容とみなすことで、第3章の整理結果との対応を考察することとした。学科試験による学習内容は、各問題に正答するのに必要と考えられる知識と認知過程の組合せを筆者が判断することにより整理した。実技試験による学習内容は、実技試験の回答のポイントが示された資料⁵⁾を参考に、個々の問題に正答するのに必要と考えられる知識と認知過程の組合せを筆者が判断することにより整理した。なお、3.4に示した第3章における技術力を整理するための分類方法と同様に、試験に正答するのに必要と考えられる知識と認知過程の分類結果には分類する者の判断のばらつきが含まれることには留意が必要である。また、達成度確認試験は研修内容の理解度を測るために行われているものではあるものの、実際の受講生の学習内容とは水準、内容に乖離があり得ることにも留意が必要である。

整理対象とするサンプルは、令和元年（2019年）度に出題された試験問題とした。ここで、学科試験は、年度によらず100問の試験問題の出題分野の構成・割合が概ね一定となるよう、また、「単純に必要な知識を問う問題（真偽法（○×式）」と「受講者間で確実に差別化できるための問題（選択方式）」の割合が一定となるよう作成されている。実技試験は対象とする橋や着目する部材、変状は毎回異なるものの、

問1：部材毎の健全性の診断（部材、変状とも指定）

問 2：部材毎の健全性の診断（部材指定，変状指定無し）

問 3：部材毎の健全性の診断（部材選択，変状選択）

問 4：橋単位の健全性の診断

という問題の構成は年度によらず一貫しており，それぞれ回答条件が異なるもののいずれの問題も健全性の診断を行う問題である．このため，特定の年度・回の試験問題をサンプルとしたことによる整理結果への影響は小さいと考えられる．

5.3.2 整理結果と考察

図 5-2 に，学科試験と実技試験のそれぞれの問題と技術力の構成要素との対応を整理した結果を示す．以下では，図 5-2 に示す整理結果を試験毎に解説する．

(1) 学科試験

学科試験はいずれの問題も第 3 章で示した技術力の構成要素のうち，「事実的知識の記憶」，「概念的知識の理解」，「手続的知識の応用」のいずれかに対応するものと整理することができたため，図 5-2 にはこれらの構成要素の単位で集計した総数と内訳を示している．なお，正答するのに必要と考えられる知識の次元や分類が複数に跨ると判断された場合は，そのまま複数に該当するものとして整理したため，整理結果の集計は試験問題の数（100 問）と一致しない．

以下では，図 5-2 に示す学科試験を対象とした整理結果を，「事実的知識の記憶」，「概念的知識の理解」，「手続的知識の応用」の順に解説する．

a) 事実的知識の記憶

100 問の試験問題のうち，のべ 114 問が「事実的知識の記憶」に該当した．これらの問題は，第 3 章の整理結果との対応を整理する観点から，図 3-4 に示した分類に合わせて「技術基準類」，「橋梁工学」，「鋼構造」，「コンクリート」に分類して整理した．なお，「橋梁工学」は図 3-4 における「構造力学」に対応する分類であるものの，「鋼構造」，「コンクリート」との区別を明確にするためここでは「橋梁工学」とした．

例えば，「道路橋の定期点検及び健全性の診断の結果並びに措置の内容等は，記録し，当該道路橋が利用されている期間中は保存しなければならない。」という真偽法の問題は，定期点検について道路管理者が遵守すべき事項や法令を運用するにあたり最低限配慮すべき事項を記した点検要領⁹⁾の内容の知識があれば正答が可能である．また，図 3-4 と図 3-7 に示した「技術基準類に関する事実的知識を知る」に該当することから，「事実的知識の記憶・技術基準類」に分類した．

また例えば，「腐食は，集中的にさびが発生している状態，又はさびが極度に進行し板厚減少や断面欠損が生じている状態を指す。」という真偽法の問題は，鋼構造に関する用語の知識があれば正答が可能である．また，図 3-4 に示した「鋼構造に関する事実的知識を知る」に該当することから，「事実的知識の記憶・鋼構造」に分類した．

b) 概念的知識の理解

100 問の試験問題のうち，のべ 58 問が「概念的知識の理解」に該当した．これらの問題も「事実的知識の記憶」と同様に，「技術基準類」，「橋梁工学」，「鋼構造」，「コンクリート」に分類して整理した．

例えば、「昭和55年道路橋示方書より古い基準を適用したRC橋脚などで、補強が行われていない場合、地震時に鉄筋の段落とし部における曲げせん断破壊による損傷のおそれがある。」という真偽法の問題については、鉄筋コンクリート構造の原理についての理解があれば地震時の段落とし部の挙動の推定が可能である。また、図3-4に示した「コンクリート工学に関する概念的知識を知る」に該当することから、「概念的知識の理解-コンクリート」に分類した。なお、この問題に正答するには、道路橋示方書の変遷に関する知識と、段落としというコンクリートに関する用語の知識も必要であることから、「事実的知識の記憶-技術基準類」、「事実的知識の記憶-コンクリート」にも分類している。

また例えば、「直接基礎が露出している場合には、洪水によるさらなる洗掘により、沈下・傾斜・移動の発生が予想される。」という真偽法の問題については、橋梁下部構造の洗掘の原理についての理解があれば洪水時の洗掘の進行の推定が可能である。また、図3-4に示した「構造力学に関する概念的知識を理解する」に該当することから、「概念的知識の理解-橋梁工学」に分類した。なお、この問題に正答するには、直接基礎、洗掘という橋梁工学に関する用語の知識も必要であることから、「事実的知識の記憶-橋梁工学」にも分類している。

c) 手続的知識の応用

100問の試験問題のうち、のべ22問が「手続的知識の応用」に該当した。これらの問題は、第3章の整理結果との対応を整理する観点から、図3-4に示した分類に合わせて「橋梁設計」、「調査・検査手法」に分類して整理した。

例えば、「RC構造の主桁では一般に断面の引張側でコンクリートにひびわれが生じることを前提とし、コンクリートの引張強さを見込まないで設計されている。」という真偽法の問題に正答するには、RC橋の設計に関する知識が必要である。また、図3-4と図3-7に示した「橋梁設計に関する手続的知識を応用する」に該当することから、「手続的知識の応用-橋梁設計」に分類した。なお、この問題に正答するには、RC構造というコンクリートに関する用語の知識も必要であることから、「事実的知識の記憶-コンクリート」にも分類している。

また例えば、「定期点検において、変色、うき・剥離、ひびわれ状態等からコンクリート内部の鋼材の腐食が疑われる場合には、打音、うき・剥離のたたき落としを行ってから内部の状態について目視して、診断に必要な情報を得ることが原則である。」という真偽法の問題に正答するには、定期点検に用いる調査手法である目視と打音を適切に用いる判断基準に関する知識があれば正答が可能である。また、図3-4に示した「各種調査・検査手法に関する手続的知識を応用する」に該当することから、「手続的知識の応用-調査・検査手法」に分類した。なお、この問題に正答するには、点検要領⁶⁾の内容の知識と、うき・剥離というコンクリートに関する用語の知識も必要であることから、「事実的知識の記憶-技術基準類」、「事実的知識の記憶-コンクリート」にも分類している。

(2) 実技試験

回答のポイントが示された資料⁵⁾に示される健全性の診断に必須とされる項目は、「変状の観察事実」を除きいずれもが、第3章で示した技術力の構成要素のうち「高次の認知過程」として分類した対策決定プロセスのいずれかに対応するものと整理することができた。そこで、図5-2には、健全性の診断に必須とされる項目を「健全性診断プロセス」として整理しつつ、対策決定プロセスとの対応も併せて示している。以下では、図5-2に示す実技試験を対象とした整理結果を、健全性の診断に必須とされる項目毎に解説する。

a) 変状が生じている個所の現状の推定

部材単位の健全性の診断に必須となる、変状が生じている個所の現状（変状が橋の機能・強度・耐荷力に与える影響の度合い）の推定が適切に記述されていることが求められる。この点は、図 3-4 に示した対策決定プロセスの「d) 既設橋の性能評価」に該当する。

b) 変状の原因の推定

部材単位の健全性の診断に必須となる、変状の原因の推定が適切に記述されていることが求められる。この点は、図 3-4 に示した対策決定プロセスの「c) 損傷原因の推定」に該当する。

c) 変状の進行・拡大の可能性の推定

部材単位の健全性の診断に必須となる、変状の進行・拡大の可能性が適切に記述されていることが求められる。この点は、図 3-4 に示した対策決定プロセスの「e) 対策の決定」に含まれる「損傷の進展の見立て」に該当する。

d) 次回点検までの措置方針

部材単位の健全性の診断に必須となる、次回点検までの措置方針（観点、目的、緊急性（実施時期））が適切に記述されていることが求められる。図 3-4 に示した対策決定プロセスは、損傷した道路橋に対する対策の決定に着目しており、ここで挙げられている措置の観点、目的、緊急性（実施時期）が特定された条件下で整理されているものの、次回点検までの措置方針は図 3-4 に示した対策決定プロセスの「e) 対策の決定」に該当する。

e) 着目する部位・部材区分

橋全体の健全性の診断にあたっては、特に着目した部位・部材区分と、その理由として構造特性や着目した部材の機能、架橋環境条件、他部材の変状との関係などが適切に考慮され、記述されていることが求められる。この点は、図 3-4 に示した対策決定プロセスの「d) 既設橋の性能評価」に含まれる「着目部位の決定」に該当する。なお、部材単位の健全性の診断には、必要に応じて周辺部材等に与える影響の推定が適切に記述されていることも求められるものの、この点は上記のとおり橋全体の健全性の診断において他部材の変状との関係が記述されていることが求められることに包含されていると判断した。

なお、部材単位の健全性の診断には変状の観察事実（変状の種類、発生位置、性状）が適切に記述されていることも求められる。この点は、図 3-4 に示した対策決定プロセスの「b) 損傷状態の把握」とは異なり、損傷状態について、

- 1) 「仮説を立てる」「可能性を考えつく」認知過程（「創造する」）
- 2) 1)で案出した事項から「推測する」認知過程（「分析する」）
- 3) 2)の推測の妥当性を「評価する」認知過程（「評価する」に分類）

といった認知過程を含まないと考えられることから前述のように高次の認知過程には該当しないと判断した。しかし、健全性の診断のプロセスが明確となるよう、図 5-2 では高次の認知過程の位置に示している。

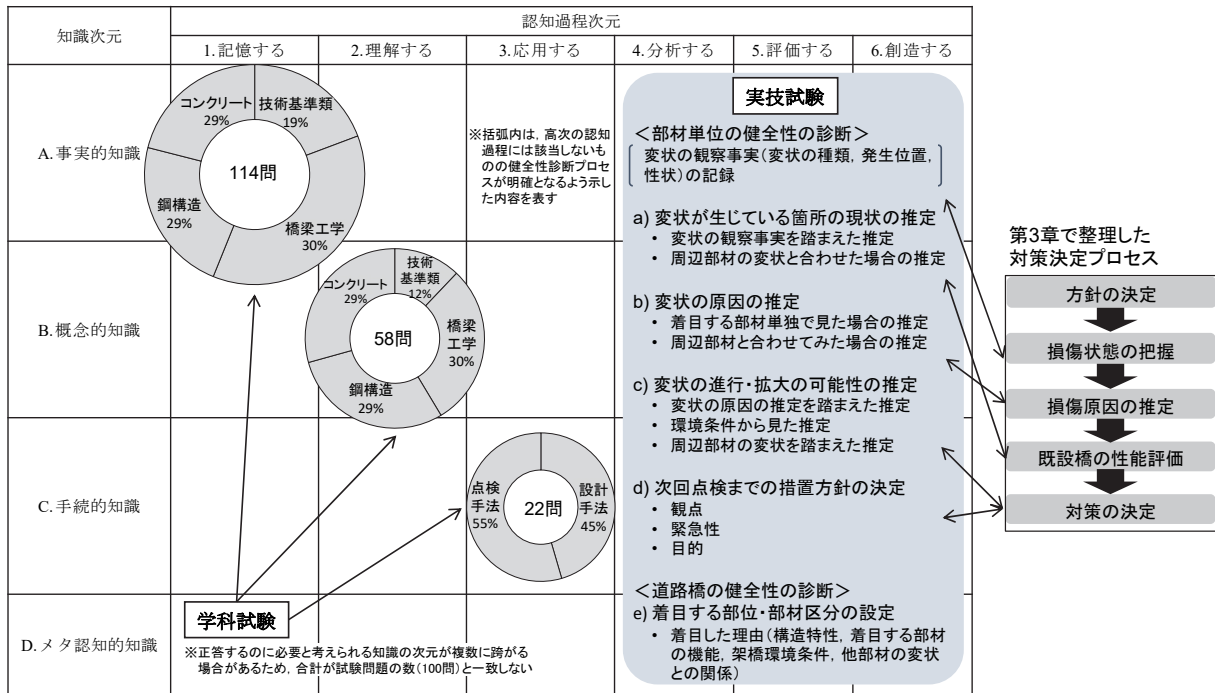


図 5-2 道路構造物管理実務者研修（橋梁初級 I）と技術力の対応

以上のように、第 3 章で道路橋を維持管理する技術力をブルーム・タキソノミーの枠組で整理したことにより、道路構造物管理実務者研修（橋梁初級 I）による学習内容を技術力の構成要素と対応付けることができた。また、同研修は、事実に知識、概念的知識、手続的知識と様々な知識の習得を担う講義と、高次の認知過程を担う現地実習で構成されるカリキュラムにより、道路橋を維持管理する技術力を幅広く習得可能な研修となっていることを確認することができた。

5.4 高次の認知過程に対応する人材育成手段の考察

5.2 及び 5.3 で示したように、筑波大学の教育と道路構造物管理実務者研修（橋梁初級 I）の学習内容からいずれも高次の認知過程に対応する技術力向上効果を確認することができたものの、高次の認知過程は知識次元との対応が明確でなく、人材育成手段との対応が単純ではない。そこで以下では、高次の認知過程に対応する技術力を習得するための人材育成手段について更なる視座を得るため、認知心理学の既往研究に基づいた考察を行う。

波多野⁷⁾は、既習の技能を柔軟に応用したり、以前の経験を新しい事態に生かしたりすることができる者を「適応的熟達者 (adaptive expertise)」と呼んでいる。一方、決まった課題において手続を正確に素早く実行できる者を「定型的熟達者 (固定的熟達者) (routine expertise)」と呼び、適応的熟達者と区別している。波多野は、適応的熟達者の有する知識やその特徴について以下の 3 つの解釈を示している。

- 1) 手続きとその対象の理解を可能にする概念的知識

2) 手続的知識と概念的知識の間の緻密な結合

3) 現在の理解の水準をモニターするメタ認知

これらの解釈を踏まえると、波多野が提案する適応的熟達者は、その定義と特徴から、図 3-4 と図 3-7 に示した高次の認知過程に対応する技術力を修得した技術者に該当すると考えられる。一方、定型的熟達者に相当する技術者は、習得している技術力が手続的知識の応用に対応する技術力に留まり、高次の認知過程に対応する技術力は習得していない可能性があると考えられる。そこで、波多野が提案する適応的熟達者に関する既往の研究を参考に、高次の認知過程を習得する手段について考察する。

波多野⁷⁾は、適応的熟達化のプロセスについてはあまり多く分かっていないとしつつ、適応的熟達化のために不可欠な条件として以下の4点を提案している。

1) 絶えず新奇な問題に遭遇すること

2) 対話的相互作用に従事すること

3) 緊急（切迫した）外的な必要性から解放されていること

4) 理解を重視するグループに所属していること

上記の4点を満足する手段としては、例えば切迫した外的な必要性から解放された、かつ、理解を重視する組織・部署に所属し、組織内外の関係者との対話的相互作用に従事しながら、絶えず新奇な問題に遭遇する道路橋の維持管理実務に携わることが考えられる。したがって、これらの条件を満足しながら維持管理実務の経験を積み重ねることは、高次の認知過程に対応する技術力を習得するための人材育成手段の1つである可能性がある。1.2で示したように道路橋の保全是暗黙知に支えられている部分が多い。適応的熟達者であるベテラン技術者たちは、上記の4点の条件を満足しながら維持管理実務の経験を積み重ねることで適応的熟達化し、暗黙知を形成してきた可能性が示唆される。また、上記の4点の条件を踏まえると、例えば就職後の研修で行われる課題研究や討議（例えば国土交通大学校では多くの研修コースで課題研究や討議がカリキュラムに組み込まれている⁸⁾）も、高次の認知過程に対応する技術力を習得するための人材育成手段の1つになり得ると考えられる。

同様に、図 5-1 で高次の認知過程に対応する科目と整理した卒業研究は、研究を進める上で遭遇する様々な問題に対して議論や発表等の対話的相互作用に従事する点で、高次の認知過程に対応していると理解することができる。

5.5 本章のまとめ

本章では、教育と研修の具体例として、既存の大学教育の一例と、国土交通省が主催している道路橋の定期点検に関する研修の一例に着目した。そして、大学教育についてはシラバスに記載されている各科目の「受講生の到達レベル」を、研修については当該研修で行われている達成度確認試験に正答するのに必要な知識と認知過程の組合せを学習内容とみなして、これらの教育、研修と、第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素との対応を整理することにより技術力向上効果を考察した。

その結果、ここで対象とした大学教育と研修のいずれも、第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力を向上させる効果を有することを確認した。大学教育は、各科目が事実的知識、概念的知識、手続的知識といった様々な知識の習得を担っている一方、卒業研究が高次の認知過程の習得を担っていることを確認した。研修は、講義が事実的知識、概念的知識、

手続的知識と様々な知識の習得を担っている一方、現地実習が高次の認知過程を担っていることを確認した。

以上のように、道路橋を維持管理する技術力をブルーム・タキソノミーの枠組で整理したことにより、技術力の構成要素と教育の科目、研修のカリキュラムを対応付けることができた。このことにより、人材育成の目標となる技術力をブルーム・タキソノミーの枠組で設定した上で、目標とする技術力のそれぞれの構成要素をいずれの人材育成手段で習得させようとするかを明確にすれば、目標とする技術力を習得させるための人材育成計画を立案することができ、戦略的な人材育成を実現し得ることを明らかにした。また、認知心理学の既往研究に基づいて、高次の認知過程に対応する技術力が、研究の他、維持管理実務の経験を積み重ねること等によって習得され得ることを考察した。

参考文献

- 1) Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. and Wittrock, M. C.: Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Longman, 2000.
- 2) 筑波大学工学システム学類：科目一覧・シラバス,
<http://www.esys.tsukuba.ac.jp/kyouiku/syllabus>
- 3) 国土交通省関東地方整備局：道路構造物管理実務者（橋梁初級 I）
<https://www.ktr.mlit.go.jp/guide/guide00000036.html>
- 4) 国土技術政策総合研究所資料第 829 号：道路構造物管理実務者研修（橋梁初級 I）道路橋の定期点検に関するテキスト，2015.
- 5) 国土技術政策総合研究所：橋梁初級 I 研修 達成度確認試験（実技）のポイント，
<http://www.nilim.go.jp/lab/ubg/info/text/practice.pdf>
- 6) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領，2019.
- 7) 波多野 誼余夫: 適応的熟達化の理論をめざして, 教育心理学年報, Vol. 40, pp. 45-47, 2001.
- 8) 国土交通省国土交通大学校：令和 3 年度研修計画書，
https://www.col.mlit.go.jp/kenshu/kenshu_2021.pdf

第6章 業務上の経験を通じた道路橋を維持管理する技術力向上効果に関する一考察

6.1 本章の位置付けと構成

第3章では、ブルーム・タキソノミー¹⁾の枠組を用いて道路橋を維持管理する技術力の構成要素を整理するとともに、それら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、戦略的な人材育成を実現することに大きく寄与し得ることを示した。

これに対し第5章では、教育と研修が有する技術力向上効果に着目し、これらによる学習内容と第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素との対応の考察を通じて、人材育成の目標がブルーム・タキソノミーの枠組で設定されることで目標とする技術力を習得させるための人材育成計画を立案し得ることを示した。また、認知心理学の既往研究に基づいて、高次の認知過程に対応する技術力が、維持管理実務の経験を積み重ねることによって習得され得ることを指摘した。

一方、道路橋の維持管理に携わる技術者に限らず、土木技術者の技術力と、学校での教育や就職後の研修を除いた業務上の経験の関係についてはこれまで十分な考察がなされていない。そこで本章では、教育や研修を除いた業務上の経験が有する技術力向上効果に着目する。具体的には、道路橋を含む道路構造物を維持管理する技術力の向上を目的とした国土交通省地方整備局職員の研究所への出向経験に着目する。ここで、当該出向経験に着目した理由は以下の2点である。

- 1) 当該出向は技術力向上を目的とした取組であることから、実際に技術力の向上に寄与している可能性が高いと考えたこと。
- 2) 採用された組織以外の組織への出向経験は回答者のキャリアパスにおいて比較的強く記憶に残ることが想定され、その経験についてのインタビューの回答も比較的得やすいと考えたこと。

本章では、この経験による学習内容と第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素との対応を考察し、人材育成の目標がブルーム・タキソノミーの枠組で設定されることで目標とする技術力を習得させるための人材育成計画を立案し得ることを示す。また、本章の分析を踏まえて、業務上の経験を人材育成のシステムに組み込む際の留意点を提示する。

本章の構成は以下のとおりである。6.2では、本章で用いる、業務上の経験による学習効果の分析方法を述べる。具体的には、研究所への出向を経験した地方整備局職員を対象に行うインタビューの方法と、インタビュー結果の分析に用いるSCAT (Steps for Coding and Theorization)の手順を述べる。6.3では、インタビュー結果をSCATを用いて分析することにより、出向経験を通じた学習内容について整理する。6.4では、整理した学習内容と、第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の整理結果との比較を通じて、出向経験を通じた学習内容と技術力の関係を考察する。また、対象職種やアプローチが異なる既往の研究結果との比較も行い、本章との関係を整理する。そして6.5では、本章における整理を踏まえた、業務上の経験を人材育成のシステムに組み込む際の留意点を提示する。

2.2.2 に示したとおり、我が国の土木分野の既往の制度においては、経験と学習が関連付けられることはあるものの、その具体的な関係は示されていない。2.2.3 に示した米国の例では知識・能力と経験の関係が一部示されているものの、その根拠は示されていない。また、2.3.2 に示したとおり、本章のように特定の職種の経験学習を対象とした研究は進められてきているものの、土木技術者の技術力と業務上の経験の関係を明らかにしようとした研究は筆者の知る限り非常に数が少ない。このような状況の中、本章は 2.3.2 に示した既往の研究の多くと同様に、データから理論を生成することを目的とし、6.2 で後述するように質的研究の手法を用いて、土木技術者の業務上の経験を通じた学習内容、すなわち技術力向上効果の整理を試みるものである。土木技術者の技術力と業務上の経験の関係を、インタビュー結果のテキストデータの分析を通じて明らかにしようとするという点で、本章はこれまでに例のない研究である。

1.3 にも示したとおり、「経験」はデューイ²⁾によれば「人間と外部環境との相互作用」を意味する。このため、出向経験には厳密には出向に伴う居住環境の変化等、業務上以外の経験も含まれるものの、本章では業務上の経験に着目する。また、「学習」は、中原³⁾を参考に「経験によって、比較的永続的な認知変化・行動変化・情動変化が起こること」と広範囲に捉えることとする。なお、表記の簡単化のため、本章の以下では業務上の経験を単に「経験」と称す。

6.2 業務上の経験を通じた学習内容の分析方法

6.2.1 インタビュー対象

国総研道路構造物研究部では、国土交通省において道路構造物の維持管理の実務を担う各地方整備局（以下、「地整」と称す。）で将来指導的役割を担う職員の技術力向上を目的に、地整職員を一定期間受け入れ、技術力向上を支援する取組を行ってきている^{4),5)}。国総研へ出向した地整職員は、国総研在任中は、道路構造物の不具合への対応など道路管理者からの要請に応じて国総研が行う技術相談への対応、現地調査への参加、技術基準類の原案作成といった業務に携わる。

本章では、この取組で 2015（平成 27）年度～2018（平成 30）年度の間に国総研に 2 年間出向した経験を有する、表 6-1 に示す 8 名の地整職員をインタビュー対象とする。すなわち、本章におけるサンプリングの方法は特定の条件をもっている者を選ぶジャッジメンタル・サンプリング⁶⁾と呼ばれる方法である。

対象者はいずれも地整に技術系（土木）職員として採用され、主として道路に関する業務を担当してきた者である。出向までの業務経験年数は平均 28 年程度、最短でも 24 年であり、前述のとおり特定の条件をもっている者を選んだ結果、対象者は業務経験が豊富な者に限定されている。業務経験の長さは学習内容に影響する可能性があるため、業務経験が豊富でない者を対象とした分析は今後の研究課題としつつ、6.5 では業務経験が学習内容に与える影響の観点からも考察を行う。

ここで、道路に関する業務といっても、地整の業務には例えば調査、設計、計画、工事、管理と様々な業務があり、出向までの業務経験の内訳は対象者によって異なる。そこで、表 6-1 には、筆者の区分による 6 区分で、対象者から聞き取った経験年数内訳を示している。道路の調査・設計・計画はそれぞれ異なる業務であるものの、地整の出先機関である国道事

務所においては同一の部署が担当することが多く、分離して集計することが困難であることから同一の区分とした。また、工事は発注と監督で別の部署が担当することが多いことから別の区分とした。「事業管理・調整」は、主に地整本局が担当する、道路以外も含めた事業管理・調整に関する業務を表す。また、「その他」には河川事務所等、道路以外の事業を担当する事務所や、地方公共団体等、他組織における業務が含まれる。

なお、筆者は、対象者が国総研に出向していた期間に国総研道路構造物研究部に在任していた経験があり、対象者全員と同僚であった経験を有する。

表 6-1 インタビュー対象者一覧

	出向時までの 経験年数	経験年数内訳	出向終了後の役職 (回答時の役職)	出向 期間	インタビュー 実施日
回答者 A	29年		事務所長 (本局 技術開発調整官)	H27.4～ H29.3	R1.12.6
回答者 B	26年		本局 技術管理課長	H29.4～ H31.3	R2.1.24
回答者 C	32年		本局 技術管理課長 (事務所長)	H27.4～ H29.3	R2.1.24
回答者 D	30年		事務所 保全対策官	H29.4～ H31.3	R2.6.22
回答者 E	29年		事務所長	H29.4～ H31.3	R2.6.24
回答者 F	28年		本局 道路管理課長 (事務所長)	H29.4～ H31.3	R2.9.16
回答者 G	24年		事務所 事業対策官 (本局防災室長)	H27.4～ H29.3	R2.10.14
回答者 H	27年		事務所副所長	H29.4～ H31.3	R2.10.27

経験年数内訳の凡例： ■ 道路調査・計画・設計 ■ 道路工事(発注) ■ 道路工事(監督) ■ 道路管理 ■ 事業管理・調整 ■ その他

6.2.2 インタビュー時期

インタビュー時期は、6.2.3 に示すように出向終了後の地整での勤務における自身の変化について質問するため、出向終了から短くとも1年間が経過した後とした。なお、出向終了後からインタビュー実施日までの間に人事異動があった対象者は、出向終了時の役職と回答時の役職が異なっている。

6.2.3 インタビュー方法

インタビューは、筆者が対象者と1対1で対面により1時間程度で行った。インタビューは、まずインタビュアーから目的を簡潔に説明した上で、「国総研への出向後、地整での勤務において自身の思考や行動にどのような変化があったと感じるか？」をテーマに、半構造化面接により行った。なお、思考や行動の変化のきっかけとなった出向中の具体的な経験についても、可能な範囲で聞き取りを行った。インタビュー結果はICレコーダーで録音し、後日字起こしを行いテキストデータとした。

6.2.4 学習内容を整理するためのインタビュー結果の分析方法

インタビュー結果のテキストデータを分析する方法として、大谷^{6),7)}の提唱するSCAT

(Steps for Coding and Theorization)を用いた。

SCAT は質的研究に用いられる多くの分析方法と同様に、テキストを読みながらコードを付し（コーディング、コード化）、それをもとに理論化を行う手法である。4段階のコーディング、ストーリー・ラインの記述、理論の記述という明示的で定式的な手続を有することと、比較的小規模のデータにも適用可能であることが特徴とされる。本章においては、分析結果の妥当性を複数の者で確認する観点から手続が明示的な手法が望ましいと考え、SCAT を採用することとした。

SCAT による分析の具体的な手順は以下のとおりである。

- 1) それぞれのセグメントで重要と判断した語句を書き出す。具体的には、インタビューのテーマである、対象者の思考や行動の変化に関する語句に着目した。
- 2) 1)で書き出した語句を言い換えるような、テキストにない語句を記入する。
- 3) 2)の語句を説明することのできる概念、語句、文字列を記入する。具体的には、第3章で用いた概念の他、松尾⁸⁾、中原^{3),9)}で用いられている概念に適当なものがないかを検討した。
- 4) 1)から3)までに基づいて、それらを表すようなテーマ・構成概念を記入する。
- 5) データに記述されているできごとに潜在する意味や意義を4)で記入したテーマ・構成概念を紡ぎ合わせて書き表した、ストーリー・ラインを記入する。
- 6) 以上の分析で言えることを理論として記述する。

以上の手続に沿った本章における分析結果の一例を表6-2に示す(付録2に表6-2の例を含む2事例の分析手順の解説を示す)。なお、対象者の発言が続く限り、それを1つのセグメントとして入力した。

SCAT を用いた研究は数百以上あり⁷⁾、様々な分野で適用事例がある。特に教育学の分野への適用事例が多く見受けられ、本章と同様に人材育成の観点から学習内容を分析した事例もある(例えば10),11)。

表 6-2 SCAT による分析の例

番号	発話者	テキスト	<1>テキスト中の注目すべき語句	<2>テキスト中の語句の言い換え	<3>左を説明するようなテキスト外概念	<4>テーマ・構成概念(前後や全体の文脈を考慮して)
1	回答者	今までは、追い求めることを自分の中ではせずに、誰かにその真実を聞いて、自分たちが最終的にはその評価をするということに納得していた。たぶんね。だから不具合とかいふようなことが起きたときに、例えば自分の中では〇〇橋みたいなやつというのはすごい印象に残ってやってきたけれども、それも自分で答えを求めようとしたわけではなくて、原因なり、どうなったのかということを人から聞いて、評価をして、判断をして、何かやったと思うような思考回路であったものが、えっと、それは何か……	追い求めることを自分の中ではせずに自分たちが最終的にはその評価をするということに納得/自分で答えを求めようとしたわけではなくて/評価をして、判断をして、何かやったと思うような思考回路	追究の放棄/専門家任せ/自ら技術的検討を行うこと/の放棄/最終意思決定者としての役割への限定	組織外の専門家任せ/主体的に技術的検討を行う姿勢の欠如/土木工学の専門家としての姿勢の欠如	技術的課題への対応が組織外の専門家任せとなっており、土木工学の専門家として主体的に技術的検討を行う姿勢が欠如していたことへの気づき
2	回答者	で、研究所に行って、さまざまな事象と研究者のやっているその姿を見ることによって、自分自ら、答えは何だったのだろうかということを追いかけていく思考回路に変わった。	さまざまな事象と研究者のやっているその姿を見る/自分自ら、答えは何だったのだろうかということを追いかけていく思考回路に変わった	不具合に対応の経験/研究所職員の姿勢への接触/自ら技術的検討を行う姿勢への変化	技術指導の経験/主体的に技術的検討を行う研究所職員との協働/自ら技術的検討を行う姿勢への変化	技術指導の経験や、研究所職員との協働を通じた、自ら主体的に技術的検討を行う姿勢への変容
ストーリー・ライン		*技術的課題への対応が組織外の専門家任せとなっており、土木工学の専門家として主体的に技術的検討を行う姿勢が欠如していたことへの気づきがなされるとともに、技術指導の経験や研究所職員との協働を通じた、自ら主体的に技術的検討を行う姿勢への変容を実感している				
理論記述		*技術指導の経験や、研究所職員との協働経験により、主体的に技術的検討を行う姿勢へ変容する				

6.3 研究所への出向を通じた地整職員の学習内容の整理

表 6-1 に示した 8 名を対象としたインタビュー結果をテキストデータとした上で、SCAT により分析を行った。ここでは、研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容を整理するため、「当該テキストデータの分析によって言えること」を表す理論記述に着目して、8 名分の全理論記述を学習内容毎に分類して分析結果を整理することとした。

分類は、以降に示すとおり、1) 専門知識の習得、2) 方略についての知識の習得、3) 課題についての知識の習得、4) 人についての知識の習得、5) 信念の形成、6) 視野の拡大の 6 分類とした。ここで、第 3 章では改訂版ブルーム・タキソノミー¹⁾の枠組を用いて道路橋を維持管理する技術力の一例を示した。3.2.1 で示したとおり、改訂版ブルーム・タキソノミーは、認知領域、情意領域、精神運動領域の 3 領域からなる当初のブルーム・タキソノミーのうち認知領域の改訂版として提起されたものであり、情意領域、精神運動領域は含まない。本章における学習内容の分類と当初のブルーム・タキソノミーを対比すると、上記のとおり 1)～4) は知識に関する内容であり、当初のブルーム・タキソノミーでは認知領域に含まれる。なお、このうち 2)～4) の知識は「メタ認知的知識」として括られるものである。一方、5)～6) は学習者の感受性や価値規準に関する内容であり、当初のブルーム・タキソノミーでは情意領域に含まれる。すなわち、5) 信念の形成、6) 視野の拡大は改訂版ブルーム・タキソノミーの枠組を用いた第 3 章の整理には含まれていない分類である。

また、本章における分析結果は 6.2.1 に示したように研究時点で特定の条件をもっていた 8 名を対象としたインタビューから得られた結果である。表 6-1 に示したインタビュー実施日の時系列でみると、5 番目に行った回答者 E のインタビュー結果の分析以降は 1)～6) 以外の新しい分類が出てこない状態に達しているものの、今後さらにサンプル数を増やせば新しい分類や項目が出てくる可能性がある。

以降に示す理論記述では、研究所への出向経験を通じた学習内容に加えて学習のきっかけとなった出向中の具体的な経験内容も理論記述として得られた場合は、その経験内容も含めて示す。一方、具体的な経験内容までは理論記述として得られなかった場合は、「研究所への出向経験により」と繰り返し記述することは避け、学習内容に関する理論記述のみを示す。また、学習内容には、当該学習内容とは別の分類の学習内容と連動しているものがある。この場合、当該学習内容を示す理論記述には実際には連動元の学習内容の記述も含まれるものの、同一の学習内容を繰り返し記述することを避けるとともに、学習内容間の連動関係を明確にするため、連動元の学習内容は括弧書きで該当する分類の名称のみを示す。なお、付録 3 に回答者毎の全理論記述の一覧を示す。

6.3.1 専門知識の習得

分析の結果、道路構造物の技術基準類の知識の習得や、道路構造物の損傷事例の知識の習得に関する理論記述が得られた。これらは、6.3.2～6.3.4 で後述するメタ認知的知識と区別して「専門知識の習得」と分類することとした。さらに、本分類の項目として「技術基準に関する知識の習得」と「損傷事例及び関連する工学的知識の習得」を設定した。

(1) 技術基準に関する知識の習得

本項目に分類した理論記述を表 6-3 に示す。これらの理論記述はいずれも、定期点検に適

用される定期点検要領^{例えば 12)}や、設計及び施工に適用される道路橋示方書¹³⁾といった道路構造物の技術基準類に関する知識の習得に関するものである。

表 6-3 理論記述（技術基準に関する知識の習得）

	理論記述
回答者 E	・技術基準類の原案作成の経験により、技術基準類の理解が深化するとともに、適確な運用が可能になるという、技術基準類の理解が深化することの意義の認識に至る
回答者 H	・適確な運用が可能になるという、技術基準類を正確に理解することの意義が認識される

道路構造物の維持管理の実務を担う地整の業務はこれら技術基準類を運用して行われており、回答者の地整職員も出向前までは技術基準類を使う立場にあった。一方、国総研の業務では、技術相談への対応や技術基準類の原案作成を通じて、技術基準類を根拠に立ち返って解釈したり、作成したりする経験をする。このような経験が、技術基準類を深く理解することにつながっていると考えられる。また、適確な運用が可能になるという、技術基準類を深く、正確に理解することの意義の認識につながっていると考えられる。なお、このような技術基準類の理解が深化することの意義を認識することや技術基準類を正確に理解することの意義を認識することは、6.3.5(1)に示す「技術的課題に対する姿勢の変容」とも関連があると考えられるものの、ここではこれらは技術基準類の位置付けを理解することと同義と捉え、本項目に含めた。

技術基準類の理解が深化することの意義の認識に関する回答者 E の語りを以下に示す。国総研での技術基準の原案作成業務経験を通じて、技術基準をその考え方から深く理解したことが、出向終了後の実務において活かされていることが読み取れる。以後、回答者の語りのうち理論記述の内容を端的に表す箇所に下線を付す。

回答者 E：ルール分からんと使うと、間違っただことするんです。自分が全部が分かったわけじゃないですけどね。やっぱりこのルールの考え方が分かって、そういう考え方だからこう決まってるんやな、文章こうなってるんやな、って分かつとったら、使い方間違わないんですよ。

何も分からんと、「まあ、以前からこうしてるから」とかってなるじゃないですか。そういうのは自分はなくなったんで。だからある意味、やっぱり根本的な考え方が分かってるから、技術基準の解釈としてはどこまでやってええのかな、どんな運用は許せるのかな、みたいなのが、根本的な考え方が分かってるのと分かってないのでは、やっぱり違いますよね。

(2) 損傷事例及び関連する工学的知識の習得

本項目に分類した理論記述を表 6-4 に示す。これらの理論記述はいずれも、過去に発生した道路構造物の損傷事例に関する知識と、その損傷事例に関連する工学的知識の習得に関するものである。

国総研の業務では、技術相談への対応を目的とした現地調査や、全国各地で発生する道路

構造物の損傷事例から得られる教訓を整理した技術資料^(例えば 14)の作成を行う。これらの経験を通じて、単に損傷事例を記憶するのみならず、損傷事例に関連する工学的知識を理解することにつながっていると考えられる。

表 6-4 理論記述（損傷事例及び関連する専門知識の習得）

	理論記述
回答者 F	・過去の損傷事例に関する知識と関連する工学的知識が習得される
回答者 H	・過去の損傷事例の教訓の整理や文献調査を自ら行った経験により、過去の損傷事例に関する知識と関連する工学的知識が習得される

過去の損傷事例に関する知識と関連する工学的知識の習得に関する回答者 H の語りを以下に示す。出向経験を通じて得た過去の損傷事例の教訓（回答者 H の語りにおいては「ナレッジ」と称されている。）の知識が、出向終了時点では想定していなかった形で実務において活かされていることが読み取れる。

回答者 H：(国総研で習得した知識を活用して) 地整に戻って何をやろうっていう感じはなかったんですね。ただ、業務をやっている中で、「ああ、あれが使える」、「これが使える」、っていう。何だろうな、材料がいっぱいいたまった感じですかね。なので、まあそれも経験なんでしょうね。そういうナレッジと接した経験とかもあるし、文献とか見た経験もあるし。「ああ、ああいう文献があったよね」とか、「ああ、あのナレッジがあったな」、みたいな感じ。そうですね、国総研の成果としてはそういう感じかもしれませんね。

6.3.2 方略についての知識の習得

分析の結果、道路構造物の維持管理以外も含め、問題を解決するための方略についての知識の習得に関する理論記述が得られた。これらは、Flavell¹⁵⁾によるメタ認知的知識の分類を参考に「方略についての知識の習得」と分類することとした。さらに、本分類の項目として「道路構造物の維持管理に関する方略についての知識の習得」と「問題解決一般に関する方略についての知識の習得」を設定した。

(1) 道路構造物の維持管理に関する方略についての知識の習得

本項目に分類した理論記述を表 6-5 に示す。これらの理論記述はいずれも、道路構造物の設計や維持管理を適切に行うための方略についての知識の習得に関するものである。

国総研の業務では、技術相談への対応を通じて、道路構造物に関する不具合や疑義の解決に関わる機会が多い。この経験を多く積み重ねることで、道路構造物に関する様々な不具合や疑義を解決するための共通的な方略についての知識を習得することにつながっていると考えられる。なお、道路構造物の維持管理は設計も考慮して行う必要があることから、設計を適切に行うための方略についての知識も含め、道路構造物の維持管理に関する方略と称することとした。

道路橋の診断にあたっての留意点の体得に関する回答者 C の語りを以下に示す。「損傷が想定される他の部材にも着目する」、「原因を推定する」といった診断の方略についての知識が体得され、出向終了後の実務における受注者への指導に活かされていることが読み取れる。

表 6-5 理論記述（道路構造物の維持管理に関する方略についての知識の習得）

	理論記述
回答者 C	・常に周辺部材の変状も考慮して診断するという道路橋の診断にあたっての留意点が体得される
回答者 D	・技術指導の経験により、道路橋の維持管理において措置を決定するまでの判断・検討過程に関する方略についての知識が習得される
回答者 F	・現地での技術指導の経験等により、推定した損傷原因を踏まえて対策方法を決定するという方略についての知識が体得される
回答者 H	・破壊形態を具体的に想定する、補強部位だけでなく補強後の全体の挙動も考慮するという、道路橋の設計の方略についての知識が体得される ・将来の維持管理方法等の前提条件を明確にして構造形式の判断・検討を行うという、道路橋の設計の方略についての知識が体得される

回答者 C：単純桁の PC 橋があって、隣接して連続のメタル橋があるんだけど「壁高欄の隙間が 13 センチあります」と。で、(受注者は)「ここから物とかが落ちると、下に道路があるから危ないんで、これは C1 (※)」とか何とかって言い出したのね。(それに対して自分は)「隙間の開き(量)が問題じゃなくて、どうしてその隙間になってるか教えてくれ」って言って。結局(受注者は)「掛け違いの所で、PCの方はあんまり動かないけど、メタルの方は動くんで、その余裕です」とかって言うふうにするんだけど、「じゃあジョイントに異常がないか見せてくれ」って言ったたら、こういうフィンガーのジョイントで、ほとんど詰まってるの。(それに対して自分が)「ジョイントが詰まってるのに 13cm 開いてるって、変やないの？下部構造が沈んだりとかなくなってるんじゃないの？それ調べてる？」って言ったたら、「ああ、ちょっと調べてません」って。

※道路橋の定期点検における「予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある」を意味する判定区分

道路橋の維持管理において措置を決定するまでの判断・検討過程に関する方略についての知識の習得に関する回答者 D の語りを以下に示す。出向前の実務において抱えていた、対応を決定するまでの判断・検討過程に関する疑問が、出向経験を通じて回答者 D の中で納得されたことが読み取れる。

回答者 D：基本俺たち(=国道事務所の職員)ってさ、大事なのは結論なんだよ。で、結論を求められるんだけど、その結論に至るまでの過程ってどうあるべきなのかなとかって、漠然とした疑問はあったわけよ。誰も教えてくんならねえから。あとは日頃自分で疑問に思っている点とかあるじゃん。この措置方法っていいのかなとかさ、他の措置方法ねえのかなとかいうのがあって。大体ほら、通り一遍で対応案を作ってくるコンサルタントもいるし

さ. これが一般的ですっていうふうにしか俺は答えを聞いたことがなかった. 国総研にいと結論に至るまでの過程が見えるよね. 「おおっ」てね.

(2) 問題解決一般に関する方略についての知識の習得

本項目に分類した理論記述を表 6-6 に示す. これらの理論記述はいずれも, 道路構造物の設計や維持管理に限定されない, 一般的な問題解決を行うための方略についての知識の習得に関するものである.

表 6-6 理論記述 (問題解決一般に関する方略についての知識の習得)

	理論記述
回答者 A	・(6.3.3(1)に示す課題についての知識の習得に伴い) 論理的一貫性を確保するという方略についての知識が習得される
回答者 B	・(6.3.3(1)に示す課題についての知識の習得に伴い) 課題の全体像を構造化する, 論理的一貫性を確保するという方略についての知識が習得される
回答者 E	・論理的一貫性があると理解されやすいという方略についての知識が体得される
回答者 G	・問題の全体像を把握しようとするという方略についての知識が体得される

(1)で示した道路構造物に関する不具合や疑義を解決するための方略についての知識がさらに一般化されることによって, 道路構造物の設計や維持管理に限定されない一般的な問題解決を行うための共通的な方略についての知識の習得に至っていると考えられる. また, 回答者 A,B は, いずれも 6.3.3(1)で後述する「技術的課題には唯一の正解が存在しないこと」を認識したことと連動して, 表 6-6 に示す「論理的一貫性を確保する」という問題解決一般の方略についての知識の習得に至っていると解釈される.

「問題の全体像を把握しようとする」という方略についての知識の体得に関する回答者 G の語りを以下に示す. 道路橋の維持管理における, 橋全体の状態を把握するという方略を一般化し, 地整における災害対応業務に応用していることが読み取れる.

回答者 G : うん. だから被害を見たときに, わざとこう全体を見る. まあ, 橋全体を見るっていうのと一緒に, 被害全体を見るっていう. あと, 全体を見なくちゃいけないっていうのは, 被害だけではなくて, 組織全体を見なくちゃいけないので. 河川があふれりゃ当然道路も止まったりだとかっていうのもあって, おのおのが復旧をしなきゃいけないとか, あとはがれきを処理しなきゃいけないだとかっていうのがあるんで.

6.3.3 課題についての知識の習得

分析の結果, 技術的課題についての知識の習得や, 技術基準類の原案や技術資料といった技術文書を書くことについての知識の習得に関する理論記述が得られた. これらは, 6.3.2と同様に Flavell¹⁵⁾によるメタ認知的知識の分類を参考に「課題についての知識の習得」と分類することとした. さらに, 本分類の項目として「技術的課題には唯一の正解が存在しない

ことの認識」と「技術文書を書くことの難しさの認識」を設定した。

(1) 技術的課題には唯一の正解が存在しないことの認識

本項目に分類した理論記述を表 6-7 に示す。これらの理論記述はいずれも、道路構造物の維持管理における技術的課題には唯一の正解が存在せず、検討した対策案の妥当性を自ら評価することが求められるという課題についての知識の習得に関するものである。

表 6-7 理論記述（技術的課題には唯一の正解が存在しないことの認識）

	理論記述
回答者 A	・研究所職員との協働経験により、唯一の正解が無く、対策案の妥当性を評価することが求められるという道路橋の維持管理の課題についての知識が習得される
回答者 B	・唯一の正解が無く、対策案の妥当性を評価することが求められ、手続的知識だけでは解決できないという道路構造物の維持管理の課題についての知識が習得される

6.3.2(1)に示したとおり、国総研の業務では、技術相談への対応を通じて、道路構造物に関する不具合の解決に関わる機会が多い。これらの対応では、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を行うものの、そもそも道路構造物の維持管理は個別の条件を踏まえて構造物の現況や将来状態を予測し、必要な対策を判断することが求められるものであり⁴⁾、唯一の正解といえるような対応は存在しない。このため、技術相談への対応の経験を多く積み重ねることで、技術的課題には唯一の正解が存在しないという道路構造物の維持管理の課題についての知識の習得に至っていると考えられる。

唯一の正解が無いという道路橋の維持管理の課題についての知識の習得に関する回答者 A の語りを以下に示す。出向前は、専門家の助言をあたかも唯一の正解として認識していたのが、国総研への出向経験を通じて認識が変が変化していることが読み取れる。

回答者 A：地整では（道路橋の維持管理の技術的課題に対して）答えをもらうために専門家の助言を得ようとしていたけれども、（国総研に出向して助言する側の立場に立ってみると）実は唯一の答えがあることはあまりないのではないかというのは思うようになった。

（中略）

そうすると、自らの判断が間違っているか間違っていないかという観点だけで見ると、「唯一の答えがあるわけではないので間違っていないよな」、「これも複数考えられる中の一つの答えだよな」という安心感が生まれるということもあるかもしれない。（中略）

どういう結論を出したかということだけでなく、どういう考え方でその結論に至っているのかということが大事なんではないかというね。

(2) 技術文書を書くことの難しさの認識

本項目に分類した理論記述を表 6-8 に示す。これらの理論記述はいずれも、技術文書を書くことの難しさという課題についての知識の習得に関するものである。

表 6-8 理論記述（技術文書を書くことの難しさの認識）

	理論記述
回答者 B	・技術基準類の原案作成の経験により、技術文書を書くことの難しさの認識に至る
回答者 G	・技術文書の執筆経験を通じて、技術文書に必要な要素が認識される

国総研の業務では、6.3.1 に示したとおり、技術基準類の原案作成や全国各地で発生する道路橋の損傷事例から得られる教訓を整理した技術資料の作成を通じて、技術文書を書く機会が多い。これらの技術文書を書くにあたっては、職員間で議論を重ねて推敲するプロセスが不可欠である。この経験を積み重ねることで、技術文書を書くことの難しさの認識に至っていると考えられる。

ここで、井下¹⁶⁾は「書いては直し、また書いては直す。(中略)この往復運動が、書く力に磨きをかけ、思考を鍛え」ることを指摘している。また、稲垣・波多野¹⁷⁾は、日常的に学ぶ知識の限界について、「対面的でかつ具体物への参照を最大限に使える場面では、くわしくことばで説明する必要がな」く、「知識が言語化されないと、それが吟味の対象になりにくい」ことを指摘している。これらのことを踏まえると、道路構造物の維持管理の現場を離れ、技術文書を書くという行為は、道路構造物に関する工学的知識の深化に寄与している可能性が高い。このため、技術文書を書くことの難しさを認識することは、道路構造物に関する工学的知識が深化するプロセスの一部と捉えることができる。

技術基準類の原案作成経験を通じて認識した技術文書を書くことの難しさの認識に関する回答者 B の語りを以下に示す。点検要領の原案作成を経験したことで、技術文書作成に関する認識が変化するとともに、出向後の実務における部下職員の指導にも活用されていることが読み取れる。

回答者 B: あとは言葉の大切さみたいところは認識した。「てにをは」一つで文章が変わるよというのは、すごく。結局出向中に主にやったことが点検要領の原案を書くということだったじゃないですか。だから、ルール本を書くということはどういうことかとか。その書いている本の立ち位置は何だとか。そういうのは、ちょっと勉強になったですね。今、地整の職員をみると圧倒的に事務連絡の言葉遣いが下手なんですよ。で、下手なので、今は全部俺が見てる。

「てにをは」とか文章の構成の順番を変えるだけで、何も言ってることは何も変わってないんだけど、他の読み方ができない、より理解しやすい、腹に落ちやすい文章にするにはどうするべきなのかって。こういうところって、実は今の地整に欠けているところだと思って。人によって同じ言葉も受け取り方が変わるので、いかにそれを受け取り方が多くならないような書き方をするかみたいなのは、勉強になりましたね。

6.3.4 人についての知識の習得

分析の結果、回答者自身を含む“人”の学習プロセスに関する知識の習得や、回答者自らの想定限界の認識に関する理論記述が得られた。これらは、6.3.2、6.3.3 と同様に Flavell¹⁵⁾ によるメタ認知的知識の分類を参考に「人についての知識の習得」と分類することとした。

さらに、本分類の項目として「人の学習プロセスに関する知識」と「自らの認知の限界の認識」を設定した。

(1) 人の学習プロセスに関する知識の習得

本項目に分類した理論記述を表 6-9 に示す。これらの理論記述はいずれも、回答者自身を含む人の学習プロセスについての知識の習得に関するものである。

表 6-9 理論記述（人の学習プロセスに関する知識の習得）

	理論記述
回答者 D	・(6.3.2(1)に示す方略についての知識の習得に伴い) 自ら疑問を持つ経験をしなれば、暗黙知の蓄積や暗黙知の形式知化は起こらないという認識に至る
回答者 F	・(6.3.2(1)に示す方略についての知識の習得に伴い) 優れた指導者や同僚の存在が熟達化に大きく寄与するという認識に至る
回答者 G	・(6.3.2(1)に示す方略についての知識の習得に伴い) 技術文書作成能力の向上は実地に経験することによってなされるという認識に至る

これらはいずれもそれぞれの回答者が、自らが国総研での業務を通じて学習した経験を通じて習得した知識であると考えられる。回答者 D、F は、6.3.2(1)に示した「道路構造物の維持管理に関する方略についての知識」を習得したと連動して、表 6-9 に示す人の学習プロセスに関する知識の習得に至っていると解釈される。回答者 G は、6.3.3(2)に示した技術文書作成の観点からの「課題についての知識」を習得したと連動して、表 6-9 に示す技術文書作成の観点からの人の学習プロセスに関する知識の習得に至っていると解釈される。

優れた指導者や同僚の存在が熟達化に大きく寄与するという認識に関する回答者 F の語りを以下に示す。道路橋の現地調査において、同行した研究所の専門家が現場を見る視点を学習し、そのことが自身の学習に大きく寄与したことを認識しており、学習プロセスについての認識が変化していることが読み取れる。

回答者 F：良き先輩の視点を見る（ことが熟達化に寄与する）っていうのはあるんじゃないかなと思うけどね。自分は今までそういう人に出会ってなかったから、怠けてたよ。「どうせ現場に行ったら得られるものは少ないしな」みたいな。「1人で行ったら、2人で行ったら（得られるものが少ないことは）変わらんしな」みたいな感じだった。けどやっぱり、現場を見る視点を教えてくれる先輩方がいるかは重要だと思うよね。そこは痛感するよ。見方や考え方がしっかりしとれば、おそらく成長が速いよ、圧倒的に。

(2) 自らの認知の限界の認識

本項目に分類した理論記述を表 6-10 に示す。この理論記述は、自らの想定に限界があるという自己の認知についての知識の習得に関するものである。

表 6-10 理論記述（自らの認知の限界の認識）

	理論記述
回答者 G	・自らの想定 of 限界があることが認識され、メタ認知的モニタリングを行うようになる

道路構造物の維持管理は、多くの場合新設と比較して限られた情報のみに基づいて必要な対策を判断することが求められる⁴⁾。これに対して国総研の業務で行う技術相談への対応においては、情報が限られており不確実な点が残っていることを認識した上で、合理性を失わない範囲で安全側となるような対策をとるという考え方で助言を行うことが多い。このとき、そもそも各部位の損傷に見落としがある可能性があることも念頭に、道路構造物の損傷状態の全貌を把握することを助言することが多い。このような考え方で行われる技術相談への対応の経験を積み重ねることで、自らの認知の限界の認識に至っていると考えられる。

自らの想定 of 限界の認識に関する回答者 G の語りを以下に示す。道路橋の維持管理においては自らの想定に見落としがある可能性があるという認識を拡張し、地整における災害対応業務に応用していることが読み取れる。

回答者 G：防災室になってからだと、まあ危機管理上そうなのかもしれないですけど、〇〇さん（※）がよく言ってた「想定外を想定せえ」みたいな。
災害対応では結構いろんな予期せぬことがあるわけですよ。だから、「それを踏まえろ」と。「最悪の事態は自分の想定ではこうなんだけど、もっと何か違うファクターがあるんじゃないかな」とか。そういうのはたぶん、〇〇さんから教えられたのもあるのかもしれない。「マニュアルに基づく想定はこうなんだけど、全然違うこういう想定もなくはないよね」みたいなのは、よく考えるようにはなりましたね。 ※「〇〇」には個人名が入る

6.3.5 信念の形成

分析の結果、6.3.1～6.3.4 までに示した知識の習得に関する理論記述のみならず、技術的課題に対する考え方や価値観の変容や、自らの地整職員としての使命の認識に関する理論記述も得られた。これらは、松尾⁸⁾が、多くの人によって共有された社会的な事実が「知識」であるのに対し、個人としての理想や価値を含む主観的な概念を「信念」と位置付けていることを参考に、「信念の形成」と分類することとした。さらに、本分類の項目として「技術的課題に対する姿勢の変容」と「自らの使命の認識」を設定した。

(1) 技術的課題に対する姿勢の変容

本項目に分類した理論記述を表 6-11 に示す。これらの理論記述はいずれも、技術的課題に対する姿勢の変容に関するものである。

これらはいずれもそれぞれの回答者の、国総研での業務を通じての知識の習得と連動して生じた変化であると考えられる。回答者 A は 6.3.3(1) に示した「技術的課題には唯一の正解が存在しないこと」の認識と連動して、6.3.2(2) に示した「論理的な一貫性を確保する」という方略についての知識の習得のみならず、表 6-11 に示す「論理的な一貫性を重視する」姿勢への変容も生じたと解釈される。回答者 E は、6.3.2(2) に示した「論理的な一貫性があると理解されやすい」という方略についての知識の習得と連動して、表 6-11 に示す「意思決定にお

いて文章化された情報を重視する」姿勢への変容が生じたと解釈される。

表 6-11 理論記述（技術的課題に対する姿勢の変容）

	理論記述
回答者 A	<ul style="list-style-type: none"> ・技術指導の経験や、研究所職員との協働経験により、主体的に技術的検討を行う姿勢へ変容する ・(6.3.3(1)に示す課題についての知識の習得に伴い) 唯一の正解が無く、対策案の妥当性を評価することが求められることへの対応として、論理的一貫性を重視する姿勢へ変容する
回答者 E	<ul style="list-style-type: none"> ・(6.3.2(2)に示す方略についての知識の習得に伴い) 意思決定において論理的一貫性を重視する観点から文章化された情報を重視するようになる

文章化された情報を重視する姿勢への変容に関する回答者 E の語りを以下に示す。文章化することで論理的一貫性が整理されやすくなるという認識に基づいて、部下職員から説明される情報を踏まえて行う業務上の意思決定において口頭の情報よりも文章化された情報を重視していることが読み取れる。

回答者 E：やっぱり時間かけて文章書いたら、少しは整理されますよね。だから説明用のメモを作ってきた人 (=部下) を見たら、口頭での説明を聞くよりか、「ちょっと紙見せてくれる？」みたいな。そしたら「ここ分からへんな、ちょっと教えてくれへん？」って言えるんですよ。

文章やったら (作った人の考え方が) 自分の中で考えれるけど、口頭で言葉で言われただけやったら、自分もそんな頭ええわけじゃないから、正しいんか、どこか考え方に間違いあるんか分からへんからね。

(2) 自らの使命の認識

本項目に分類した理論記述を表 6-12 に示す。これらの理論記述はいずれも、自らの使命の認識に関するものである。

表 6-12 理論記述（自らの使命の認識）

	理論記述
回答者 A	<ul style="list-style-type: none"> ・(6.3.3(1)に示す課題についての知識の習得及び 6.3.2(2)に示す方略についての知識の習得に伴い) 自らが習得した知識を啓発するという使命の認識に至る
回答者 F	<ul style="list-style-type: none"> ・(6.3.4 (1)に示す人についての知識の習得に伴い) 専門知識を習得する機会が不足している職員に対する指導を継続してゆく必要があるという信念が形成される

これらはいずれもそれぞれの回答者の、国総研での業務を通じての知識の習得と連動して

生じた変化であると考えられる。回答者 A は 6.3.2(2)に示した方略についての知識、6.3.3(1)に示した課題についての知識の習得と連動して、表 6-12 に示す「自らが習得した知識を啓発する」という使命の認識に至っていると解釈される。回答者 F は、6.3.4(1)に示した「優れた指導者や同僚の存在が熟達化に大きく寄与する」という人の学習プロセスに関する知識の習得と連動して、表 6-12 に示すように、自らが指導者となって「専門知識を習得する機会が不足している職員に対して指導を継続してゆく必要がある」という使命の認識に至っていると解釈される。

自らが習得した知識を啓発するという使命の認識に関する回答者 A の語りを以下に示す。出向中に自らが習得した知識を地域に啓発するという使命を認識し、出向中に自らが経験した勉強会を実際に企画するという行動に移されていることが読み取れる。

回答者 A：事務所長として地整に帰ってやったことは、(道路橋の) 症例検討会をやったんですよ。国総研でやってきたことの形態を広げていくことはできると思ったので。で、〇〇(※)にいたときに、〇〇の全ての県の職員、それから市町の職員を対象に、一緒に症例検討会をやった。それはその(自らが至った、道路橋の維持管理における課題には唯一の正解がないことを前提に、論理的一貫性を確保するという)考え方を持つ人たちを増やすことが僕のできる仕事ではないかと思ったので。今年も続いている。

やることは症例検討会と同じで、(中略)道路橋の点検結果を持ち寄って、「診断結果がなぜそういう結論になったのかというのを、皆さんしゃべれますか？」と。お互いに披露しましょうと。下手くそでもいいと。まずやりましょうと。

※「〇〇」には個別の地名が入る

6.3.6 視野の拡大

分析の結果、地整以外の組織の立場を理解するようになったことや、政策上流からのより大きな視点から業務を捉えるようになったことに関する理論記述も得られた。これらは、中原³⁾が「職場」における人の能力の尺度の1つとして「視野拡大」を位置付けていることを参考に「視野の拡大」と分類することとした。さらに、本分類の項目として「組織外の者の立場の理解」と「政策上流への視野の拡大」を設定した。

(1) 組織外の者の立場の理解

本項目に分類した理論記述を表 6-13 に示す。この理論記述は、回答者が採用された地整以外の組織に所属する者の立場を理解するという視野の拡大に関するものである。

表 6-13 理論記述 (組織外への視野の拡大)

	理論記述
回答者 A	・政策立案担当者が直面している課題へ視野が拡大する

国総研の業務では、技術基準類の原案を作成し、国土交通省本省の政策立案担当者へその原案の施策への反映を提案する。政策立案担当者との議論を通じて、地整とは異なる課題と

直面している政策立案担当者の立場を理解するようになり、視野の拡大に至っていると考えられる。

(2) 政策上流への視野の拡大

本項目に分類した理論記述を表 6-14 に示す。これらの理論記述はいずれも、国全体としての政策の内容やその意思決定プロセスへの視野の拡大に関する内容である。

表 6-14 理論記述（政策上流への視野の拡大）

	理論記述
回答者 A	・国全体としての政策に関する意思決定プロセスへ視野が拡大する
回答者 B	・国全体としての政策や長期戦略へ視野が拡大する

(1)にも示したとおり、国総研の業務では国土交通省本省に施策の提案を行う。そのため、地整の業務と比較して政策に関する情報に触れる機会が多い。この経験を通じて、政策の内容やその意思決定プロセスへの視野の拡大に至っていると考えられる。

政策や長期戦略への視野の拡大に関する回答者 B の語りを以下に示す。出向中に施策立案に携わった経験により、出向後の業務においても政策上流を意識するようになり、視野が拡大していることが読み取れる。

回答者 B：政策を意識するようになったというのは一つあるかもね。地整でやっている問題解決って、(中略)問題が起こって、それに対応するという事後対応みたいなイメージがあるんだけど、それを(事後対応として捉えるのではなく)「今これは将来的に何を実現するためにやるのか」、「そのためにはどのような対応をとるべきか」って捉えるっていう考え方というのかな、そういうのを少し考えるようになるというかね。

仕事のあり方もそうなんだけど、あるべき世の中の姿というのが(社会資本整備)審議会なんかでいろいろ示されているということを国総研にいと自然と知れるじゃない？ここ(地整)では知れないよね、そういうことはあんまり。自ら勉強しにいかないと。

6.3.7 学習内容のまとめ

6.3.1～6.3.6 のとおり、8 名分の全理論記述を 1) 専門知識の習得、2) 方略についての知識の習得、3) 課題についての知識の習得、4) 人についての知識の習得、5) 信念の形成、6) 視野の拡大の 6 分類で整理した。分析結果を踏まえて描画した、研究所への出向経験による地整職員の学習の概念図を図 6-1 に示す。

図 6-1 に示す矢印は、概念間の因果関係を表している。

6.3.1～6.3.6 の学習内容間の矢印は、それぞれ 6.3.1～6.3.6 に示してきたように、連動して得られたと考えられる学習内容間の関係を表している。例外として、「(6) 視野の拡大」とその他の学習内容間の矢印は本章の 6.3.1～6.3.6 に示した分析からは確認されなかったものの、三宮¹⁸⁾が学習に関するメタ認知的知識として「自分に関連する事柄に対しては、自然と

深い情報処理が行われる」ことを挙げていることを参考に、他者への理解など視野の拡大は更なる知識の習得を促すと考え、表記している。「(6) 視野の拡大」を除く学習内容間の関係は、厳密には(1)～(6)の各分類に設定した a), b)の項目間で整理されたものであるものの、その内容からいずれも(1)～(6)の分類間においても成立すると判断したこと、また概念図が徒に煩雑にならないようにする観点から、図 6-1 に示すように分類間を接続するものとして表記した。また、矢印には、学習内容間の関係を端的に表すコメントとともに、該当する回答者の記号を付した。なお、本章の冒頭で学習内容の分類や項目について述べたのと同様に、今後さらにサンプル数を増やせば本章では得られなかった学習内容間の連動関係が出てくる可能性がある。

経験と(1)～(6)の学習内容の間の矢印は、これらの概念間の因果関係は本章の 6.3.1～6.3.6 に示したように理論記述として得られた例も一部にはあったものの実際には複雑と考えられることから、特定の経験と学習内容を関係付けず表記した。ただし、6.3.1, 6.3.2, 6.3.3, 6.3.4 に示したように、技術相談への対応を通じて多くを学習することは、技術相談への対応を業務内容の1つとしている国総研への出向経験に特有であると考えられる。同様に、技術文書の執筆を通じて多くを学習することは、研究を業務内容とする研究所一般の特徴である可能性が高い。

(1)～(6)の学習内容と出向後の行動の矢印も、本章の 6.3.1～6.3.6 に示したように語りとして得られた例もあったものの、同様の理由から特定の学習内容と出向後の行動を関係付けず表記した。

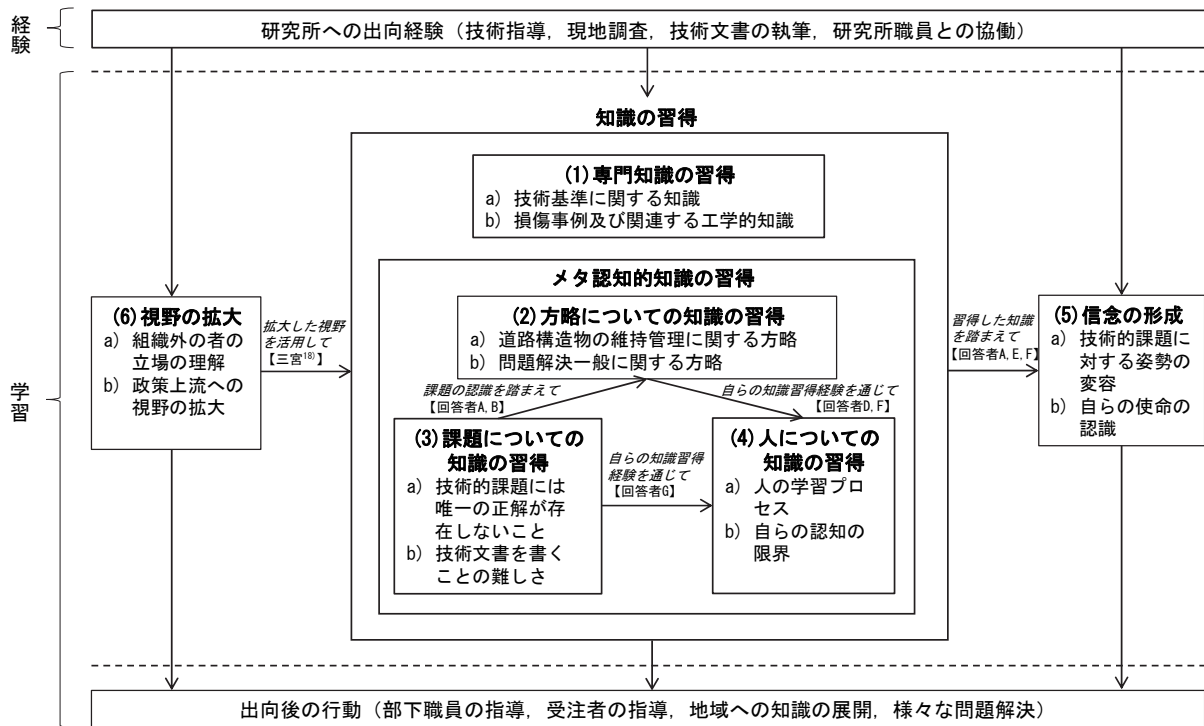


図 6-1 研究所への出向経験による学習の概念図

6.4 研究所への出向経験を通じた地整職員の技術力向上効果の考察

6.4.1 道路橋を維持管理する技術力との関係

6.3 で得られた研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容と、第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素の対応を表6-15に示す。

「(1)専門知識の習得」に含まれる技術基準や損傷事例に関する知識は第3章の整理にも含まれており、ブルーム・タキソノミー¹⁾における事実的知識、概念的知識に対応する。メタ認知的知識である「(2)方略についての知識」～「(4)人についての知識」についても、それぞれ表6-15に示す対応する内容が第3章の整理にも含まれており、本章の整理と同様にメタ認知的知識として整理されている。なお、ブルーム・タキソノミーにおけるメタ認知的知識も本章で参考にしたFlavell¹⁵⁾の分類を参考に設定されている。

表 6-15 研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容と第3章の整理結果の対応

研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容 (本章)		道路橋を維持管理する技術力の構成要素 (第3章)
(1) 専門知識の習得	a) 技術基準に関する知識の習得	・技術基準類に関する事実的知識、概念的知識
	b) 損傷事例及び関連する工学的知識の習得	・過去の損傷事例等に関する事実的知識 ・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、概念的知識
(2) 方略についての知識の習得	a) 道路構造物の維持管理に関する方略についての知識の習得	・不具合や疑義を解決するための有効な対策決定プロセスに関するメタ認知的知識
	b) 問題解決一般に活用可能な方略についての知識の習得	(該当無し)
(3) 課題についての知識の習得	a) 技術的課題には必ずしも正解が存在しないことの認識	・損傷原因を究明することの難しさ等、課題の難易度についての知識
	b) 技術文書を書くことの難しさの認識	(該当無し)
(4) 人についての知識の習得	a) 人の学習プロセスに関する知識の習得	(該当無し)
	b) 自らの認知の限界の認識	・現状における知識の限界に関する知識や、自らの想定限界に関する知識
(5) 信念の形成	a) 技術的課題に対する姿勢の変容	(該当無し)
	b) 自らの使命の認識	(該当無し)
(6) 視野の拡大	a) 組織外の者の立場の理解	(該当無し)
	b) 政策上流への視野の拡大	(該当無し)

また、6.3.2(1)の表6-5に示した道路構造物の維持管理に関する方略は、以下のように第3章において示した対策決定プロセスの整理と整合している。

- ・「常に周辺部材の変状も考慮して診断する」という方略は、「既設橋の性能評価」において「着目すべき部位を設定する」が挙げられていることと整合している。
- ・「推定した損傷原因を踏まえて対策方法を決定する」という方略は、「損傷原因の推定」と整合している。
- ・「破壊形態を具体的に想定する」という方略は、「対策の決定」において「破壊形態を推

定する」が挙げられていることと整合している。

以上のように、本章で得られた地整職員の学習内容は、第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素と対応付けることができた。第5章の結論と同様に、人材育成の目標となる技術力をブルーム・タキソノミーの枠組で設定した上で、目標とする技術力のそれぞれの構成要素を経験も含めいずれの人材育成手段で習得させようとするかを明確にすれば、戦略的な人材育成を実現し得る。

また、地整職員の学習内容は道路橋を維持管理する技術力の多くをカバーしていることから、研究所への出向経験を通じて、地整職員は目的とおり道路構造物を維持管理する技術力を向上させたといえる。特に、回答者全員から第3章での整理における「高次の認知過程」に不可欠な「方略についての知識」の習得が確認されたことから、研究所への出向経験を通じて比較的高い水準の技術力に到達している可能性が高い。

図6-2には、6.3で得られた研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容と第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素をブルーム・タキソノミー上に示すとともに、両者に共通する部分を赤枠で囲っている。ここで、認知領域は第3章で用いた改訂版ブルーム・タキソノミーである一方、情意領域は第3章では用いていないものの3.2.1に示した当初のブルーム・タキソノミーである。

認知領域		情意領域		
知識次元	認知過程次元			
	1. 記憶する～3. 応用する	4. 分析する～6. 創造する		
A. 事実に知識	<ul style="list-style-type: none"> 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に知識 技術基準類に関する事実に知識 過去の損傷事例等に関する事実に知識 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 専門知識の習得 技術基準に関する知識の習得 損傷事例及び関連する工学的知識の習得 	<ul style="list-style-type: none"> a) 方針の決定 ↓ b) 損傷状態の把握 ↓ c) 損傷原因の推定 ↓ d) 既設橋の性能評価 ↓ e) 対策の決定 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 受け入れ (注意すること) 2. 反応 3. 価値づけ 4. 組織化 5. 価値あるいは価値複合体による個性化 5) 信念の形成 <ul style="list-style-type: none"> 技術的課題に対する姿勢の変容 自らの使命の認識 6) 視野の拡大 <ul style="list-style-type: none"> 組織外の者の立場の理解 政策上流への視野の拡大
B. 概念的知識	<ul style="list-style-type: none"> 技術基準類に関する概念的知識 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 		<ul style="list-style-type: none"> 推定した損傷原因を踏まえて対策方法を決定する 常に周辺部材の変状も考慮して診断する 破壊形態を具体的に想定する 	
C. 手続的知識	<ul style="list-style-type: none"> 橋梁設計, 施工に関する手続的知識 各種解析手法に関する手続的知識 各種調査・検査手法に関する手続的知識 		<ul style="list-style-type: none"> ※括弧内は、地整職員が学習した道路構造物の維持管理に関する方略の具体的内容を表す 	
D. メタ認知的知識	<ul style="list-style-type: none"> 有効な対策決定プロセスに関する知識 課題の難易度に関する知識 現状における知識の限界や自らの想定に関する知識 	<ul style="list-style-type: none"> 2) 方略についての知識の習得 <ul style="list-style-type: none"> 道路構造物の維持管理に関する方略についての知識の習得 問題解決一般に活用可能な方略についての知識の習得 3) 課題についての知識の習得 <ul style="list-style-type: none"> 技術的課題には必ずしも正解が存在しないことの認識 技術文書を書くことの難しさの認識 4) 人についての知識の習得 <ul style="list-style-type: none"> 人の学習プロセスに関する知識の習得 自らの認知の限界の認識 		

凡例: 研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容(本章) 道路橋を維持管理する技術力の構成要素(第3章) 共通部分

図6-2 研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容とブルーム・タキソノミー

表 6-15 で対応を示したとおり、本章で得られた地整職員の学習内容と第 3 章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素には共通部分が見られる。なお、6.4.1 で示したとおり、6.3.2(1)の表 6-5 に示した道路構造物の維持管理に関する方略は第 3 章での整理における対策決定プロセスと整合しているため、図 6-2 にはその具体的内容を括弧書きで表している。一方、情意領域に示すとおり、研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容には、改訂版ブルーム・タキソノミーの枠組に含まれていない 5) 信念の形成、6) 視野の拡大という、第 3 章で整理した道路橋を維持管理する技術力には該当が無い内容もある。これらの学習内容は、道路橋に関する技術指導の記録から整理された第 3 章の整理に含まれないことは当然であるものの、実際には道路橋の維持管理に活用されていることも想定され、今後の研究課題である。

6.4.2 その他の既往研究との関係

2.3.2 で述べた土木学会建設技術力研究小委員会¹⁹⁾は、知識やスキルを状況に応じて実践的に活用する能力を「建設マネジメント力」と称し、知識やスキル自身と区別している。このような能力の捉え方は、「方略についての知識」と「専門知識」を区別した本章における研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容の整理との整合している。中川・山崎²⁰⁾は、建設技能者を対象としている点、人生史のアプローチを採用している点において本章とは異なる。しかし、技能獲得・継承プロセスの理解に資する概念として開発された「下級建設会社の誇り」「会社に利益を出す仕事」は、本章の整理における「信念の形成」に類する概念であると考えられる。このような信念は、土木分野の技術者と技能者の双方の学習において重要な役割を担っている可能性が推察される。笠井²¹⁾は小学校教諭、看護師、客室乗務員、保険営業といった対人サービス職を対象としており、本章とは対象としている職種が全く異なる。しかし、その分析で生成された熟達に役立つ経験には本章の整理といくつかの類似点もみられる。例えば、すべての発達段階で役に立つ経験として「信頼する熟達者との出会い」を挙げている点や、一人前の段階で役に立つ経験として「実践の観察」を挙げている点は、6.3.4(1)に示した「優れた指導者や同僚の存在が熟達化に大きく寄与するという認識に至る」という理論記述と整合している。また、指導者の段階で役に立つ経験として「サービスのあり方全体を考える」を挙げている点は、6.3.6(2)に示した「国全体としての政策や長期戦略へ視野が拡大する」という理論記述と整合している。これらの経験は、笠井²¹⁾が対象とした対人サービス職と、行政サービスの提供者でもある地整職員に共通して、熟達に役立っている可能性が推察される。以上のように、対象職種やアプローチが異なる既往の研究結果とも部分的に整合した結果が得られていることから、本章における地整職員の学習内容の整理は一定の妥当性を有すると考えられる。

また、本章で行ったインタビューは 6.2.3 に示したとおり「国総研への出向後、地整での勤務において自身の思考や行動にどのような変化があったと感じるか？」をテーマにしたものであったものの、インタビュー結果から、1) 具体的経験、2) 内省的観察、3) 抽象的概念化、4) 能動的実験のサイクルで表されるコルブの経験学習モデル²²⁾との整合が確認できる回答者もみられた。例えば回答者 D は 6.3.2(1)に示したように、技術相談を通じて道路構造物に関する不具合や疑義の解決に関わったという 1) 具体的経験を通じて、道路構造物の維持管理に関する方略についての知識を習得している。6.3.2(1)に示した“結論に至るまでの過程ってどうあるべきなのかなとかって、漠然とした疑問はあったわけよ。”といった語りからは、出向前の自身の思考に照らして出向経験の意味を振り返る 2) 内省的観察が行われてい

ることが読み取れる。また、その経験は“国総研にいと結論に至るまでの過程が見えるよね。『おおっ』てね。”という語りに表されているように、道路構造物の維持管理に関する方略についての知識として3) 抽象的概念化がなされている。そして、6.3.2(1)には示していないものの、概念化された知識は出向終了後の実務において受注者の指導に活かされている。以下に示す語りからは、「目的を明確にする」という方略を受注者の指導に応用する4) 能動的実験が行われていることが読み取れる。同モデルとの整合が確認できたことは、回答者において「抽象的な概念形成」に終わることなく、「這い回る経験主義」に墮することもない学習が生じたことを裏付けている⁹⁾。

回答者 D: ほら、だつてやってもらう人 (=受注者) にも説明しながらやってもらうから、現場だとさ。(中略) ただやれって言われたって、目的を持って皆さんが動いた場合と、訳も分からずに「やれ」って言われるからやったって場合とでは、最終的な出来上がりがいぶ変わるので。

(中略) ちゃんと目的を説明できれば、向こうさんも納得して、より良いものになっていく。

6.5 業務上の経験を人材育成のシステムに組み込む際の留意点の提示

6.5.1 人材育成の手段として業務上の経験を位置付ける際の留意点

戦略的な人材育成を実現するためには、目標を達成するための人材育成計画を立案することができるよう、目標とする技術力の構成要素と人材育成手段を対応付ける必要がある。6.3 及び 6.4 に示したように、本章で着目した地整職員の研究所への出向経験は、どのような技術力向上効果を有するかが整理された。このように、技術力向上効果を明らかにした上で、目標とする技術力のいずれの構成要素を習得させるための人材育成手段と位置付けるかを明確にすれば、様々な経験を人材育成のシステムに組み込むことが可能となる。このため、今後、本章で着目した地整職員の研究所への出向経験の他にも様々な経験の学習効果を分析し明らかにしてゆけば、戦略的な人材育成の実現にさらに寄与することができると考えられる。

ここで、6.3 で示したように、研究所への出向経験を通じた学習内容は回答者によってまちまちであった。人材育成の手段として業務上の経験を位置付ける上では、このように業務上の経験を通じた学習内容が個人間で異なる要因を可能な限り明らかにしておくことは重要と考えられる。これには様々な要素が影響していると考えられるものの、ここでは回答者間で表 6-1 に示した各回答者の出向時までの業務経験の内訳が異なることに着目して考察を行う。

表 6-16 に、各回答者の出向時までの業務経験の内訳と、6.3 で示した研究所への出向経験を通じた学習内容の関係を示す。例えば 6.3.1 に示した「専門知識の習得」に関する理論記述が得られた回答者は、調査・計画・設計といった構造物に直接的には関わらない業務経験が比較的長い者(回答者 E,F) が該当している傾向がみてとれる。このことから、工事や管理といった構造物に直接関わる業務経験が長かった回答者は、調査・計画・設計の業務経験が長かった者と比較して、出向時までの業務経験で既に技術基準や損傷事例に関する専門

知識をよく習得していた可能性があると考えられる。また、6.3.6に示した「視野の拡大」に関する理論記述が得られた回答者は、表 6-1 の区分で「その他」に分類される、他組織での業務経験がこれまで無い者（回答者 A,B）が該当している。このことから、他組織での業務経験が無かったことが、研究所への出向経験を通じて視野の拡大に至ったことに影響している可能性があると考えられる。なお、本章では全ての回答者から 6.3.2～6.3.4 に示したメタ認知的知識の習得に関する理論記述が得られた。ここで、梶田²³⁾がメタ認知の性格について「ひとつひとつの研究を対象にした帰納的認識によって築かれる」としていることを踏まえると、業務経験年数が長い者は様々な問題に遭遇してきており、業務経験年数が短い者と比較して相対的にメタ認知的知識の習得に至りやすい可能性がある。すなわちこの結果は、インタビュー対象者の業務経験年数が最短でも 24 年と経験豊富な者に限定されていたことに依存している可能性がある。

このように、同じ経験をしたとしても、その者の過去の業務経験に応じて学習する内容が異なる可能性があることが示唆される。このことから、人材育成の手段として経験を位置付ける上では、少なくとも人材育成対象者の過去の業務経験を考慮して人材育成を計画する必要があるといえる。

表 6-16 回答者の業務経験の内訳と学習内容

	経験年数の内訳	(1) 専門知識 の習得	(2) 方略について の知識の習得	(3) 課題について の知識の習得	(4) 人についての 知識の習得	(5) 信念の 形成	(6) 視野の 拡大
回答者 A			○	○		○	○
回答者 B			○	○			○
回答者 C			○				
回答者 D			○		○		
回答者 E		○	○			○	
回答者 F		○	○		○	○	
回答者 G			○	○	○		
回答者 H		○	○	○			

経験年数内訳の凡例： ■ 道路調査・計画・設計 ■ 道路工事（発注） ■ 道路工事（監督） ■ 道路管理 ■ 事業管理・調整 ■ その他

6.5.2 業務上の経験による技術力向上効果の評価方法を整備する際の留意点

戦略的な人材育成を実現するためには、人材育成計画の継続的改善ができるよう、人材育成の効果計測方法も整備する必要がある。6.5.1で示したように人材育成計画において様々な経験を人材育成手段として位置付ける場合には、経験による技術力向上効果を把握可能な評価方法を併せて整備することで、人材育成のシステムとして継続的改善ができるようになる。

本章では、出向が終了し地整での業務に復帰した後にインタビューを行うことで、研究所への出向経験を通じた学習内容、すなわち技術力向上効果を整理した。これに対し、例えばアンケートやテストといった方法のみでは、これらを作成する者の予見の範疇でしか学習内容を整理することができない。このことと、学習効果がその時点で十分に明らかでない経験も人材育成手段として位置付けることも想定すると、様々な経験による技術力向上効果の評価方法として、インタビューは重要な役割を担い得ると考えられる。

ここで、6.3 で示した本章の分析結果を踏まえると、インタビューを行うことで人材育成の効果を評価するにあたっては、各回答者のインタビュー結果は回答時の業務内容の影響を受ける可能性がある点に留意する必要がある。表 6-17 に、各回答者の回答時の役職と、多くの回答者から理論記述が得られた、6.3.2 に示した「方略についての知識の習得」において習得した知識の内容の関係を示す。(1)の「道路構造物の維持管理に関する方略についての知識の習得」に関する理論記述が得られた者（回答者 C,D,F,H）はいずれも回答時の業務内容が道路に関連するものであった。一方、(2)の「問題解決一般に活用可能な方略についての知識の習得」に関する理論記述が得られた者の4名のうち3名（回答者 A,B,G）は回答時の業務内容が道路に直接関連しないものであった。

表 6-17 回答者の役職と「方略についての知識の習得」において習得した知識の内容

	出向終了後の役職 (回答時の役職)	回答時の役職の 道路系と 非道路系の別	(2) 方略についての知識の習得	
			a) 道路構造物の維持管理に関する 方略についての知識の習得	b) 問題解決一般に活用可能な方略 についての知識の習得
回答者 A	事務所長 (本局官)	非道路系		○
回答者 B	本局課長	非道路系		○
回答者 C	本局課長 (事務所長)	道路系	○	
回答者 D	事務所官	道路系	○	
回答者 E	事務所長	道路系		○
回答者 F	本局課長 (事務所長)	道路系	○	
回答者 G	事務所官 (本局室長)	非道路系		○
回答者 H	事務所副所長	道路系	○	

このように、回答時に従事している業務内容がインタビュー結果に影響を与える可能性があると考えられる。このことから、実務に復帰している者にインタビューを行うことで人材育成の効果計測をしようとする場合には、少なくとも回答者の回答時の回答者の業務内容を考慮する必要があるといえる。

なお、本章で行ったインタビューは、研修評価において長年用いられてきた実績を有するカークパトリックの四段階評価²⁴⁾ではレベル3の行動レベル、すなわち研修で扱った内容を実務において活用できたかの評価にも踏み込んだ方法に相当すると解釈できる。一方、人材

育成実務の便を考えれば、将来的にはレベル 1 に相当するアンケートやレベル 2 に相当するテスト等、より簡便な方法で経験の効果を評価できることが望ましい。そのためには、6.5.1 にも示したとおり、様々な経験の学習効果を分析し明らかにしてゆくことが不可欠である。

6.6 本章のまとめ

本章では、土木技術者の能力向上に大きな役割を果たしてきたとされる業務上の経験の一例として、地方整備局職員の研究所への出向経験に着目し、これを経験した地方整備局職員を対象にインタビューを行い、その結果を SCAT を用いて分析した。その結果、研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容を、1) 専門知識の習得、2) 方略についての知識の習得、3) 課題についての知識の習得、4) 人についての知識の習得、5) 信念の形成、6) 視野の拡大の 6 分類で整理した。整理結果は、概念図としても示した。

そして、整理した学習内容は、第 3 章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素の多くをカバーしており、研究所への出向経験が地整職員の道路構造物を維持管理する技術力を向上させる効果を有することを示した。このことから、第 5 章の結論と同様に、人材育成の目標となる技術力をブルーム・タキソノミーの枠組で設定した上で、目標とする技術力のそれぞれの構成要素を業務上の経験も含めいづれの人材育成手段で習得させようとするかを明確にすれば、目標とする技術力を習得させるための人材育成計画を立案することができ、戦略的な人材育成を実現し得ることを明らかにした。

また、地整職員の学習内容の整理結果を踏まえ戦略的な人材育成の実現に向け考察を行い、業務上の経験を人材育成のシステムに組み込む際の留意点を以下のとおり提示した。

- 本章で行ったように、着目する経験の技術力向上効果を分析し明らかにした上で、目標とする技術力のいづれの構成要素を習得させるための人材育成手段と位置付けるかを明確にすることで、業務上の経験を人材育成計画の立案に活用することが可能であることを示した。その際、同じ経験をしたとしても人材育成対象者によって学習内容が異なる可能性があることから、少なくとも対象者の過去の業務経験を考慮して人材育成を計画する必要があるという留意点を示した。
- 業務上の経験を人材育成手段として位置付ける場合には、その経験による技術力向上効果を把握可能な評価方法を併せて整備する必要があることを示した。また、業務上の経験による技術力向上効果の評価方法としてインタビューが重要な役割を担う可能性がある。その際、回答時に従事している業務内容がインタビュー結果に影響を与える可能性があることから、少なくとも回答者の回答時の業務内容を考慮する必要があるという留意点を示した。

これらの方法論と留意点は、道路橋をはじめとする道路構造物の維持管理に限らず社会資本の維持管理や整備に携わる土木技術者を対象とした人材育成に応用可能と考えられる。業務上の経験を、土木技術者の人材育成の手段として位置付けるとともに、その効果計測を簡便な方法で評価できるようにするためには、本章で対象とした地整職員の研究所への出向経験の他にも、様々な経験の学習内容を分析し明らかにしてゆく必要がある。また、本章では研究所への出向経験が地整職員の技術力を向上させる効果を有することを明らかにしたものの、当然ながら当該地整職員は研究所へ出向している間、仮に出向しなかった場合に地整で

するはずであった経験の機会を逸している。このようなことも考慮して戦略的な人材育成を実現する観点からは、地整職員の地整での業務経験を通じた学習内容も明らかにし、出向する場合に期待される学習内容と出向しない場合に期待される学習内容を対比可能にすることが求められる。様々な経験の学習効果を分析してゆく際、本章における学習内容の整理結果は比較対象として参照するという活用方法も想定される。

参考文献

- 1) Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. and Wittrock, M. C.: *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Longman, 2000.
- 2) ジョン・デューイ (著), 市村尚久 (翻訳): *経験と教育*, 講談社学術文庫, 2004.
- 3) 中原淳: *職場学習論—仕事の学びを科学する*, 東京大学出版会, 2010.
- 4) 玉越隆史, 宮原史: *道路橋の維持管理に係る地方整備局及び地方公共団体の職員への技術移転*, 国総研レポート, 2015.
- 5) 国土技術政策総合研究所: *国総研パンフレット 2020(令和 2)年度*, 2020.
- 6) 大谷尚: *質的研究の考え方 研究方法論から SCAT による分析まで*, 名古屋大学出版会, 2019.
- 7) *SCAT Steps for Coding and Theorization 質的データの分析手法*, <http://www.educa.nagoya-u.ac.jp/~otani/scat/#06>
- 8) 松尾睦: *経験からの学習 プロフェッショナルへの成長プロセス*, 同文館出版, 2006.
- 9) 中原淳: *経営学習論—人材育成を科学する*, 東京大学出版会, 2012.
- 10) 田中孝治, 水島和憲, 仲林清, 池田満: *営業実習の週報から見る新入社員の学び方の学びと指導員によるその支援—質的データ分析手法 SCAT を用いた一事例分析—*, 日本教育工学会論文誌, 41 巻, 1 号, 1-12, 2017.
- 11) 野口靖浩, 松澤芳昭, 島聰司, 塩見彰睦: *組込み人材育成研修後の上司による「行動変容」評価の実践と SCAT による分析*, 工学教育, 60 巻, 3 号, 3_86-3_91, 2012.
- 12) 国土交通省道路局: *道路橋定期点検要領*, 2019.
- 13) 日本道路協会: *道路橋示方書・同解説 I 共通編～V 耐震設計編*, 2017.
- 14) 国土技術政策総合研究所: *すぐに役立つ道路構造物の維持管理 現場に学ぶメンテナンス*, <http://www.nilim.go.jp/lab/ubg/suguni/index.html#genba>
- 15) J. H. Flavell: *Metacognition and Cognitive Monitoring: A New Area of Cognitive Development Inquiry*, *American Psychologist*, Vol. 34, No. 10, 1979.
- 16) 井下千以子: *思考を鍛えるレポート・論文作成法*, 慶應義塾大学出版会, 2013.
- 17) 稲垣佳代子, 波多野誼余夫: *人はいかに学ぶか 日常的認知の世界*, 中公新書 907, 1989.
- 18) 三宮真智子: *メタ認知で<学ぶ力>を高める 認知心理学が解き明かす効果的学習法*, 北大路書房, 2018.
- 19) 土木学会建設マネジメント小委員会建設技術力研究小委員会: *建設マネジメント力についてのアンケート調査結果の概要報告書*, 2017.
- 20) 中川善典, 山崎祥悟: *建設技能労働者の技能獲得と継承に関する「羅生門」的的人生史研*

- 究, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol. 71, No. 4, I_169-I_180, 2015.
- 21) 笠井恵美: 対人サービス職の熟達につながる経験の検討: 教師・看護師・客室常務・保険営業の経験比較, Works Review, Vol.2, 2007.
 - 22) Kolb. D. A: Experimental learning: Experience as the source of learning and development, Prentice Hall, 1984.
 - 23) 梶田正巳: 勉強力をつける—認識心理学からの発想, ちくま新書 165, 1998.
 - 24) Kirkpatrick, D. L.: Evaluating Training Programs: The Four levels, Brett-koehler San Francisco, 1998.

第7章 戦略的な人材育成方策の提示

第3章～第6章では、1.3に示したとおり目標とする技術力を明確にした上でのPDCAサイクルによる人材育成を「戦略的な人材育成」と捉え、その実現に向け、道路橋を維持管理する技術力の解明を試みるとともに（第3章、第4章）、教育や業務上の経験による学習内容と技術力向上効果の考察を行った（第5章、第6章）。

本章では、第3章～第6章における整理を踏まえて、「人材育成の目標を設定する」及び「人材育成計画を立案する（Plan）」「人材育成の効果を評価する（Check）」の各サイクルにおける、戦略的な人材育成を実現するための方策を提示する。また、本章で提示する人材育成方策により、道路橋の維持管理に携わる技術者の人材育成が現状と比較してどのように変わり得るかを示す。

ここで、1.2において、道路管理者をはじめ道路橋の保全に関わる各組織で行われる人材育成において、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と考えられることを述べたものの、各組織で現状において行われている人材育成の詳細について把握できているわけではない。そこで、ここでは中原¹⁾が指摘する企業一般の人材育成における問題や、村岡ら²⁾が地方自治体の技術公務員を対象に実施したアンケート結果を参照しながら、人材育成の現状を想定する。道路橋の保全に関わる各組織で現状において行われている人材育成の詳細な把握は今後の課題である。

7.1 人材育成の目標を設定する

1.2に示したとおり、目標とする技術力を明確に設定することは、PDCAサイクルによる戦略的な人材育成が機能するうえでの前提条件である。本研究では、第3章～第6章における整理を踏まえて、ブルーム・タキソノミーの枠組で人材育成の目標となる技術力を設定することを提示する。このとき、人材育成の実務においては、1.3に示したように組織の責務に応じて、組織内の部署、役職に応じて個々の職員に必要な技術力を設定する必要がある。

現状においては、1.2で述べたように、道路橋の保全に関わる各組織で行われる人材育成において、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。また、2.2.1で示したように、資格制度等において示される技術者像は、技術力の具体的な構成要素が示されず大局的である。あるいは中原¹⁾が『誰もが「教育を受けた経験」をもっている。そうであるがゆえに、その経験に照らして、自分なりに「教育」を自由に語ることができる。

（中略）誰もが「私の教育論」をつくり出せる』とし、「私の教育論」が組織内の人材育成にもたらす弊害を指摘するように、各組織においてはその時々幹部や人材育成担当者の頭の中には「私の教育論」に基づく技術者像が存在するものの、その技術者像は可視化されて組織内に共有されることもなく、幹部や人材育成担当者の交代とともに消え去ってゆくということが繰り返されてきた可能性もある。

このように想定される現状に対し、本研究ではブルーム・タキソノミーの枠組で人材育成の目標となる技術力を設定することを提示する。ブルーム・タキソノミーの枠組で設定する技術力は、具体的な構成要素を可視化することができる点に利点がある。「人材育成計画を立

案する」「人材育成の効果を評価する」の各サイクルにもたらす効用はそれぞれ 7.2, 7.3 で後述するものの、第 3 章～第 6 章における整理、考察を踏まえると、人材育成の目標となる技術力をブルーム・タキソノミーの枠組で設定することは戦略的な人材育成を実現することに大きく寄与し得る。また、3.4 で示したように、ブルーム・タキソノミーの枠組自体も日本の学習指導要領における観点別評価の元にもなっている等、「私の教育論」とは異なり既に教育分野で実績を有し信頼に値する枠組である。

我が国の組織における人材育成では、人材要件を明確化する方法として、1) 経営層や管理職層に対してアンケートを実施する、2) 従業員に対する適性検査等の結果と人事評価等との関連性を統計的に解析する、3) 従業員（ハイパフォーマー）を対象に観察やインタビューを行う、の 3 つが代表的とされる³⁾。第 3 章、第 4 章では客観性を担保する観点から、実際の道路橋の維持管理の事例が記録されているテキストのコンテンツに基づき技術力を整理したものの、各組織において目標とする技術力を設定するにあたっては、必ずしもこのような整理に適したテキストが存在するとは限らない。その場合であっても、例えば熟練技術者を対象に観察やインタビューを行う等（上記の 3）の方法に相当）、現状において用いられている人材要件明確化の手法を参考にしながら整理することでも、ブルーム・タキソノミーの枠組で目標とする技術力を設定することの効用は得られるであろう。なお、各組織において人材育成の目標をブルーム・タキソノミーの枠組で設定するにあたっては、本研究の 3.5.2 や 3.6.2 で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素を参考にすることも可能である。

7.2 人材育成を計画する

戦略的な人材育成を実現するためには、目標が明確に設定されていることを前提に、目標とする技術力の構成要素とそれらを習得するための人材育成手段との対応が明確な人材育成計画を立案する必要がある。

第 5 章の考察を踏まえると、7.1 で示したように目標となる技術力がブルーム・タキソノミーの枠組で設定されていれば、大学教育や研修が目標とする技術力のいずれの構成要素を習得させるための人材育成手段であるかを位置付けることが可能である。また、本研究の第 6 章の考察を踏まえると、教育や研修を除いた業務上の経験も、技術力向上効果を明らかにすれば、目標とする技術力のいずれの構成要素を習得させるための人材育成手段であるかを位置付けることが可能である。すなわち、教育、研修、業務上の経験が目標とする技術力のいずれの構成要素を習得させるための人材育成手段であるかを位置付けることにより、戦略的に人材育成計画を立案することができる。本研究では、第 5 章と第 6 章における考察のように、個々の人材育成手段の学習内容と技術力向上効果を明らかにした上で、目標とする技術力の構成要素をいずれの手段で習得させようとするかが明確な人材育成計画を立案するという方法論を提示する。このとき、第 6 章の考察を踏まえると、業務上の経験については、同じ経験をしたとしてもその者の過去の業務経験に応じて学習する内容が異なる可能性がある。このため、人材育成の手段として業務上の経験を位置付ける上では、少なくとも人材育成対象者の過去の業務経験を考慮して人材育成を計画する必要があることには留意が必要である。

現状においては、1.2 で述べたように、道路橋の保全に関わる各組織で行われる人材育成において、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ため、

様々な研修や OJT をどのように組み合わせて目標とする技術力を習得させようとするか人材育成計画を立案することは困難となっている。例えば国土交通大学校が実施する研修コース⁴⁾は、それぞれ目的が設定されており、その目的を達成するためのカリキュラムが計画されている。しかし、これらの研修コースが技術者のキャリアパスを通じた人材育成においてどのように位置づけられるものかに該当する記述は見当たらず、個々の研修コースで目的を設定し、カリキュラムが計画されていると解釈せざるを得ない。これは、図 1-1 に示した人材育成の階層を表 7-1 に示す 3 つの階層とすれば、「戦略レベル」の計画が不在のまま、「戦術レベル」以下の計画が立案されていることを意味する。また、業務上の経験に大きく影響する技術者の人員配置や業務分担の計画は公表資料に基づき現状を把握することは困難であるものの、少なくとも筆者の所属する国土交通省においては、人事異動や業務分担が技術者のキャリアパスを通じての人材育成においてどのように位置づけられるのかについて人事担当部署と各職員の間で共有するような仕組みは存在しない。地方自治体の技術公務員を対象にしたアンケートの結果、ほぼ半数が「技術力育成を目的とした人事異動がなされていない」と認識していることから²⁾、研修と同様に「戦略レベル」の計画が不在の組織が多い可能性が高い。さらに、7.1 で述べたのと同様に、各組織においては、その時々幹部や人材育成担当者の「私の教育論」に基づき人材育成計画が立案され、中原³⁾が、「<私>にとってうまくいった教育方法でも、<彼>にとってうまくいくわけではない」と指摘するようにうまくいっていないケースも少なくないと考えられる。

このように想定される現状に対し、本研究ではブルーム・タキノミーの枠組で設定された目標とする技術力に対し、目標とする技術力の構成要素をいずれの人材育成手段で習得させようとするかが明確な人材育成計画を立案するという方策を提示する。このことにより、技術者のキャリアパスを通じての「戦略レベル」から「実施レベル」まで一貫した人材育成計画が可能となる。学習内容と技術力向上効果が明らかな人材育成手段を用いるため、「私の教育論」と異なりうまくいく可能性も高い。また、人材育成手段と目標とする技術力の構成要素の対応が可視化されるため、人材育成担当者間での共有や人材育成担当部署と職員の間での共有も容易となる。

表 7-1 人材育成の階層の例

人材育成の階層	内容
戦略レベル	技術者が目標とする技術力を習得するため、キャリアパスを通じての教育、研修、業務上の経験を計画し、評価し、改善する
戦術レベル	戦略レベルで計画された目的に基づき、教育、研修のカリキュラムや人員配置、業務分担を計画し、評価し、改善する
実施レベル	戦術レベルで計画された教育、研修のカリキュラムや人員配置、業務分担に基づき、教育、研修、業務を実施する

7.3 人材育成の効果を評価する

戦略的な人材育成を実現するためには、人材育成計画の継続的改善ができるよう、人材育

成の効果計測方法も整備する必要がある。本研究では、7.1 で示したように目標となる技術力がブルーム・タキソノミーの枠組で設定されており、かつ、7.2 で示したように目標とする技術力の構成要素をいずれの人材育成手段で習得させようとするかが明確な人材育成計画が立案されていることを前提に、「当該人材育成手段で習得することとしていた技術力の構成要素が習得されたかどうか」を適切な方法で評価するという方策を提示する。

5.3.2(1)における学科試験の整理を踏まえると、「高次の認知過程」を除く「事実的知識の記憶」「概念的知識の理解」「手続的知識の応用」に該当する技術力の習得を目標とする人材育成は、真偽法や選択方式のテスト（カークパトリックの四段階評価⁵⁾でレベル2に相当）のような比較的簡便な方法で評価が可能と考えられる。また、5.3.2(2)における実技試験の整理を踏まえると、「高次の認知過程」に該当する技術力の習得を目標とする人材育成も、評価者が評価のポイントを明確にすることができていれば、記述式のテストを用いることで比較的簡便に評価が可能と考えられる。ただし、評価者が評価のポイントを明確にすることができていない場合は、記述された内容からのみでは技術力の習得の可否を評価することに困難が生じることも想定される。このような場合は、例えば研修後の実務において上司が行動を観察して評価する等、行動レベル（カークパトリックの四段階評価⁵⁾でレベル3に相当）の方法を用いる必要があると考えられる。

第6章では、インタビューを行うことにより、業務上の経験が有する技術力向上効果を明らかにすることができた。このことを踏まえると、学習内容や技術力向上効果がその時点で十分に明らかでない業務上の経験も人材育成手段として位置付ける場合には、人材育成の評価方法として、自身の思考や行動の変化についてインタビュー（カークパトリックの四段階評価⁵⁾でレベル3に相当）を行うことも重要な役割を担うと考えられる。このとき、第6章の考察を踏まえると、回答時に従事している業務内容がインタビュー結果に影響を与える可能性がある。このため、実務に復帰している者にインタビューを行うことで人材育成の効果を評価しようとする場合には、少なくとも回答者の回答時の業務内容を考慮する必要があり、ことに留意が必要である。

現状においては、1.2 で述べたように、道路橋の保全に関わる各組織で行われる人材育成において、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ため、人材育成の効果を計測することは困難となっている。例えば研修に着目すると、少なくとも筆者が経験上把握している範囲では、研修終了時に受講者に対して各講義の理解度を問うアンケートが行われるケースや、5.3 で対象とした道路構造物管理実務者研修（橋梁初級Ⅰ）のように研修終了時に理解度を測るための試験が行われるケースがある。しかし、7.2 で述べたように、「戦略レベル」の計画が不在のまま、「戦術レベル」の研修が計画されているのが現状だとすれば、その評価もまた「戦術レベル」で行われているに過ぎないのが現状と解釈せざるを得ない。また、先に述べたように研修終了後の実務における行動を観察するといった評価方法までが用いられることは稀であると考えられる。このことから、「戦略レベル」において評価が不在であるのみならず、「戦術レベル」においても効果が適切な方法で評価されていないケースもあると考えられる。一方、業務上の経験に着目すると、少なくとも筆者の所属する国土交通省においては、技術力向上効果を評価し、人事担当部署と各職員の間で共有するような仕組みは存在しない。地方自治体の技術公務員を対象にしたアンケートの結果、6割以上は「人事評価制度が人材育成に寄与していない」と感じていること²⁾からも、研修と同様に「戦略レベル」の評価が不在の組織が多い可能性が高い。

このように想定される現状に対し、本研究で提示した、ブルーム・タキソノミーの枠組で

設定された目標とする技術力の構成要素をいずれの人材育成手段で習得させようとするかが明確な人材育成計画が立案されていることを前提に、当該人材育成手段で習得することとしていた技術力の構成要素が習得されたかどうかを適切な方法で評価するという方策は、技術者のキャリアパスを通じての「戦略レベル」から「実施レベル」まで一貫した人材育成評価を可能とする。このとき、学習内容や技術力向上効果に応じて適切な評価方法を用いるため、評価の信頼性も向上する。そして、各レベルでの評価に基づき、適切な人材育成の改善（Action）も可能となる。

7.4 本章のまとめ

7.1～7.3 で述べた、道路橋の維持管理に携わる技術者の人材育成の現状と本研究で提示する人材育成方策の採用による将来像を表 7-2 に要約する。

表 7-2 本研究で提示する人材育成方策の効果

	本研究で提示する方策	効果（現状と、左記方策の採用により期待される将来像の対比）	
		現状（※）	将来
7.1 人材育成の目標を設定する	<ul style="list-style-type: none"> ・目標となる技術力をブルーーム・タキソノミーの枠組で設定し、細分化・深度化 	<ul style="list-style-type: none"> ・大局的 ・不可視 ・個人の経験に基づく 	<ul style="list-style-type: none"> ・具体的 ・可視 ・教育分野で実績を有する枠組に基づく
7.2 人材育成を計画する	<ul style="list-style-type: none"> ・目標とする技術力の構成要素と人材育成手段の対応を明確化 ・業務上の経験も人材育成の手段として位置付け 	<ul style="list-style-type: none"> ・目標との対応不明（妥当性不明） ・個人の経験に基づく（不確実） 	<ul style="list-style-type: none"> ・目標との対応明確（妥当性明確） ・効果が明らかな手段に基づく
7.3 人材育成の効果の評価する	<ul style="list-style-type: none"> ・各手段が目標とした技術力の構成要素が習得されたかを評価 ・対象とする技術力の構成要素に応じて適切な評価方法を採用 	<ul style="list-style-type: none"> ・目標との対応不明（評価基準不明） ・評価の信頼性不明 	<ul style="list-style-type: none"> ・目標との対応明確（評価基準明確） ・評価の信頼性向上

※第 2 章の整理に加え中原¹⁾、村岡ら²⁾を参考

また、図 1-1 に示した人材育成の戦略的マネジメントサイクルと、本章で提示した人材育成方策の関係を図 7-1 に示す。本章で提示した人材育成方策を人材育成システムに組み込むことにより、図 7-1 に示すように戦略的な人材育成が実現され、人材マネジメントの継続的な改善が実現されることが期待される。

なお、1.3 で示したように、人材育成の実務を想定すれば、組織の責務や体制自体もマネ

ジメントの対象であることを前提とし、組織の責務や体制に応じて必要となる技術力を明確にし、その技術力を目標として戦略的な人材育成を実現するための方策を提示する必要がある。一方本研究では手始めとして、特定の組織を想定せず普遍的となるよう道路橋を保全する技術力の解明を試み、その技術力を目標として戦略的な人材育成を実現するための方策を提示した。このため、本章で提示した人材育成方策も同様に、組織の責務や体制については特定の条件を想定せず、組織一般を念頭に置いた普遍的なものである。したがって、本章で提示した人材育成方策を組織の内外のいずれの者が行うかについてもここでは考慮していない。実務においては、研修を自らの組織で主催することもあれば、外部の組織が主催する研修に自らの組織の職員を参加させることも想定される。また、自らの組織の職員を外部の組織に出向させることにより、自らの組織では経験できない業務に従事させることも想定される。このように、人材育成の手段は自らの組織の内外のいずれに求めることも想定される。一方、本研究は、その手段を組織の内外のいずれに求めるかによらず、図 7-1 に示した人材育成のマネジメントを実現可能な仕組みを各組織がもつ必要性を指摘したものである。

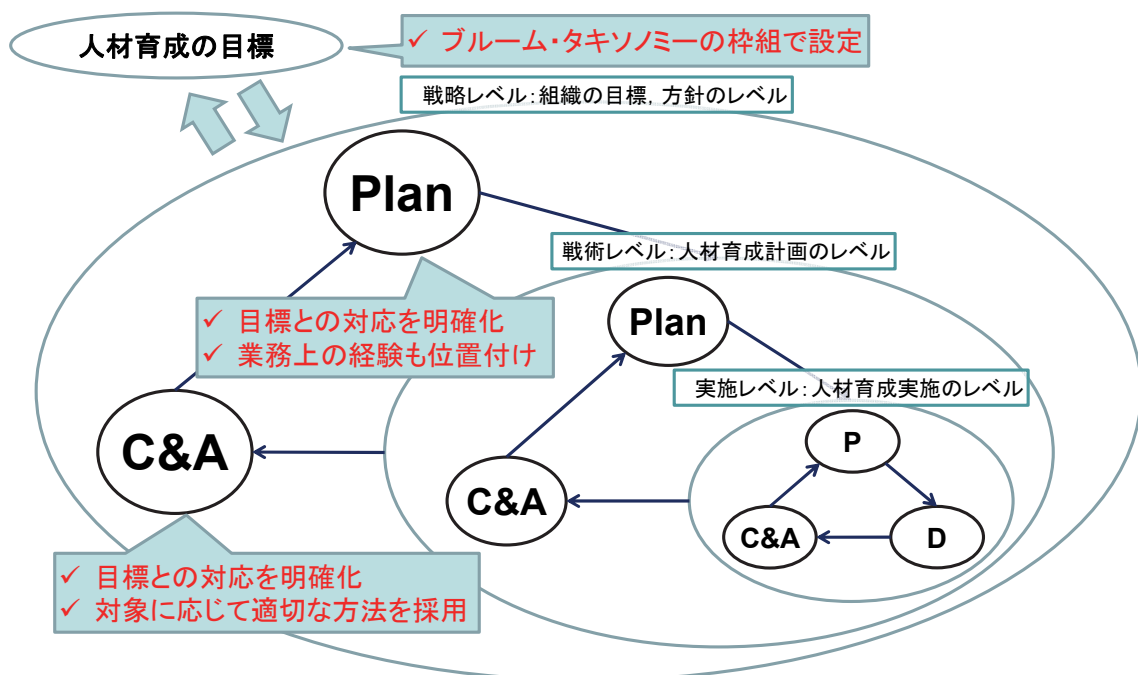


図 7-1 人材育成の階層的マネジメントサイクルと本研究で提示した人材育成方策 (ISO55001⁶⁾を参考に筆者作成)

参考文献

- 1) 中原淳：企業内人材育成入門 人を育てる心理・教育学の基本理論を学ぶ，ダイヤモンド社，2006.
- 2) 村岡治道，野口好夫，鈴木弘司：今日求められる技術公務員の役割と責務，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol.73，No.4，I_1-I_9，2017.

- 3) 人材育成学会：人材育成ハンドブック，金子書房，2019.
- 4) 国土交通省国土交通大学校：令和3年度研修計画書，
https://www.col.mlit.go.jp/kenshu/kenshu_2021.pdf
- 5) Kirkpatrick, D. L.: Evaluating Training Programs: The Four levels, Brett-Koehler San Francisco, 1998.
- 6) 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.

第8章 まとめ

8.1 本研究の結論

本研究では、戦略的な人材育成の実現に向け、「個々の道路橋の損傷状態を把握し、それらに対して補修等の対策を検討、判断する」という行動様式に着目して、これを行うための技術力の解明を試みた。その上で、教育・研修と業務上の経験による技術力向上効果を明らかにした。そして、以上の整理を踏まえて、戦略的な人材育成を実現するための方策を提示した。各章で得られた結論を以下に示す。

第3章、第4章では、道路橋を維持管理する技術力の解明を試みた。

第3章では、技術力の整理のための枠組としてブルーム・タキノミーの枠組を用いるとともに、熊本地震で被災した道路橋の復旧事例と、道路管理者への技術指導事例が記録されているテキストをサンプルとして用いて、後段の第5章、第6章にて教育、研修、業務上の経験による学習内容と対応の整理が可能となる形で、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具現化して示した。技術力の整理にあたっては、対策の決定と支援ツールの活用のそれぞれに着目した。このとき、サンプル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1つ1つの判断や検討が、ブルーム・タキノミーに示されるいずれの知識と認知過程の組合せに最もよくあてはまるかを筆者が判断するという方法を採用し、この方法を「質的テキスト分析」と称した。対策の決定に着目した技術力は、「方針の決定」「損傷状態の把握」「損傷状態の推定」「既設橋の状態評価」「対策の決定」という対策決定プロセスに沿って整理した。支援ツールの活用に着目した技術力は、「目的の決定」「適用の決定」「使用条件の設定」「結果、効果の評価」という支援ツール活用プロセスに沿って整理した。これらのプロセスはいずれも「手続的知識の応用」とは差別化され、「高次の認知過程」と整理されることを確認した。また、これらのプロセスには、認知過程次元において「創造する」「分析する」「評価する」という横方向のサイクルが共通してみられたことから、各プロセスにおいて考えついた仮説や可能性を慎重に吟味する必要性を確認した。さらに、これら高次の認知過程が、有効なプロセスのような方略についての知識等のメタ認知的知識、橋梁設計、施工等の手続的知識、手続的知識の背後にある工学に関する概念的知識、技術基準類や過去の事例等に関する事実に知識と様々なタイプの知識に支えられていることを確認した。

第4章では、第3章でも用いた道路管理者への技術指導記録を対象に、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行った。多変量解析を用いて筆者の問題意識の影響を極力排除した形で分析を行うCorrelationalアプローチにより、「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」から成る対策決定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、第3章の質的テキスト分析の整理結果を支持する結果が得られることを確認した。さらに、Dictionary-basedアプローチによる分析結果を参考にすることで、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。これらの第4章の結果と第3章の結果を踏まえ、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ことを示した。

第5章、第6章では、学校での教育、就職後の研修、業務上の経験といった様々な経験がどのような技術力向上効果を有するかを考察した。

第5章では、筑波大学の工学システム学類環境開発工学主専攻の教育と国土交通省等が主催する道路構造物管理実務者研修（橋梁初級Ⅰ）に着目して、これらの教育、研修による学習内容と第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素との対応の整理を通じて、技術力向上効果を考察した。大学教育については、シラバスに記載されている各科目の「受講生の到達レベル」を学習内容とみなすことで技術力との対応を整理した。研修については、当該研修の達成度確認試験に正答するのに必要と考えられる知識と認知過程の組合せを学習内容とみなすことで技術力との対応を整理した。その結果、ここで対象とした筑波大学の教育と道路構造物管理実務者研修（橋梁初級Ⅰ）のいずれも、第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力を向上させる効果を有することを確認した。筑波大学の教育は、各科目が事実的知識、概念的知識、手続的知識といった様々な知識の習得を担っている一方、卒業研究が高次の認知過程に対応する技術力の習得を担っていることを確認した。道路構造物管理実務者研修（橋梁初級Ⅰ）は、講義が事実的知識、概念的知識、手続的知識と様々な知識の習得を担っている一方、現地実習が高次の認知過程に対応する技術力を担っていることを確認した。これらを通じて、人材育成の目標となる技術力をブルーム・タキソノミーの枠組で設定した上で、目標とする技術力のそれぞれの構成要素と教育や研修との対応を明確にすれば、目標とする技術力を習得させるための人材育成計画を立案することができ、戦略的な人材育成を実現し得ることを明らかにした。

第6章では、土木技術者の能力向上に大きな役割を果たしてきたとされる業務上の経験の一例として、地方整備局職員の国土技術政策総合研究所への出向経験に着目して、研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容と技術力向上効果を考察した。学習内容の整理は、出向を経験した地方整備局職員を対象にインタビューを行い、その結果のテキストデータをSCATを用いて分析することにより行った。その結果、研究所への出向経験を通じた地整職員の学習内容を、1) 専門知識の習得、2) 方略についての知識の習得、3) 課題についての知識の習得、4) 人についての知識の習得、5) 信念の形成、6) 視野の拡大の6分類で整理した。また、整理した学習内容は、第3章で整理した道路橋を維持管理する技術力の構成要素の多くをカバーしており、研究所への出向経験が地整職員の道路構造物を維持管理する技術力を向上させる効果を有することを確認した。このことにより、第5章の結論と同様に、人材育成の目標となる技術力をブルーム・タキソノミーの枠組で設定した上で、目標とする技術力のそれぞれの構成要素と業務上の経験との対応を明確にすれば、目標とする技術力を習得させるための人材育成計画を立案することができ、戦略的な人材育成を実現し得ることを明らかにした。また、地整職員の学習内容の整理結果を踏まえ戦略的な人材育成の実現に向け考察を行い、業務上の経験を人材育成のシステムに組み込む際の留意点を以下のとおり提示した。

- ・同じ経験をしたとしても人材育成対象者によって学習内容が異なる可能性があることから、少なくとも対象者の過去の業務経験を考慮して人材育成を計画する必要があること
- ・業務上の経験による技術力向上効果の評価方法としてインタビューを用いる場合、回答

時に従事している業務内容がインタビュー結果に影響を与える可能性があることから、少なくとも回答者の回答時の業務内容を考慮する必要があること

第7章では、第3章から第6章までの結果を踏まえて、「人材育成の目標を設定する」及び「人材育成計画を立案する」、「人材育成の効果を評価する」の各サイクルにおける、戦略的な人材育成を実現するための方策を提示するとともに、道路橋の維持管理に携わる技術者の人材育成が現状と比較してどのように変わり得るかを示した。具体的には、以下の方策を人材育成システムに組み込むことにより、戦略的な人材育成が実現され、人材マネジメントの継続的な改善が実現されることが期待されることを示した。

- 1) 人材育成の目標を設定する
 - ・目標となる技術力をブルーム・タキノミーの枠組で設定すること
- 2) 人材育成を計画する
 - ・目標とする技術力の構成要素と人材育成手段の対応を明確化すること
 - ・教育や研修に加え、業務上の経験も人材育成の手段として位置付けること
- 3) 人材育成の効果を評価する
 - ・各人材育成手段が目標とした技術力の構成要素が習得されたかどうかを評価すること
 - ・対象とする技術力の構成要素に応じて適切な評価方法を採用すること

以上のとおり、本研究では「個々の道路橋の損傷状態を把握し、それらに対して補修等の対策を検討、判断する」という行動様式に着目して、これを行うための技術力を具現化するとともに、具現化した技術力に基づき、教育・研修と業務上の経験による技術力向上効果を明らかにした。そして、戦略的な人材育成を実現するための方策を提示した。本研究で具現化した道路橋を維持管理する技術力や、教育・研修と業務上の経験による技術力向上効果の考察はいずれも一例ではあるものの、これまで十分な知見が無かった技術力を具現化し、それに基づき様々な経験による技術力向上効果や実務に適用し得る戦略的な人材育成を実現するための方法論を提示したことが本研究の成果である。8.2では、残る課題と将来の展望を示す。

8.2 今後の課題・展望

8.2.1 本研究で提示した人材育成方策の深化と応用に向けた課題

(1) 本研究の検討内容の更なる深化

本研究では、第3章～第6章における整理、考察を踏まえ、第7章で戦略的な人材育成を実現するための方策を提示した。以下では、本研究で検討した内容を更に深化する観点から残る課題を、「人材育成の目標を設定する」及び「人材育成計画を立案する (Plan)」「人材育成の効果を評価する (Check)」のサイクル別に示す。

a) 人材育成の目標を設定する

本研究では、特定の組織に求められる技術力の水準を想定せず、普遍的となるよう技術力の解明を試みるため、第3章における技術力の整理にあたっては、個々の知識の量や個々の認知過程の水準には着目せず、あくまで構成要素を整理した。このため、本研究で整理した

道路橋を維持管理する技術力は、求められる知識の種類と対策決定や支援ツール活用にあたっての認知過程の要素を示したに過ぎないものとなっている。実際には、これらの知識の種類毎、対策決定プロセスや支援ツール活用プロセス毎に、組織の責務や体制に応じて求められる水準がある。この水準の違いも考慮した、より具体的な技術力の体系的な整理は今後の課題である。例えば、本研究では技術力の構成要素を具体化するためのサンプルに対して、当該サンプルから読み取ることができる判断・検討の技術的な高度さに応じた差別化をせずに一緒くたに取り扱った。これに対し、予めサンプルを技術的な高度さに応じてグルーピングした上で取り扱い、グループ毎に技術力の構成要素を整理すれば、整理される技術力も階層化されると考えられる。また、技術力の構成要素をより具体的に整理すれば、各組織における人材育成計画の立案にあたって直接参考にすることができ、戦略的な人材育成の実現性を高めることができる可能性がある。

b) 人材育成計画を立案する

本研究の第5章と第6章では、教育、研修、業務上の経験がどのような技術力向上効果を有するかを明らかにした。特に第6章では、既往研究の数が少ない土木技術者の業務上の経験に着目して技術力向上効果を分析した結果、目標とする技術力のそれぞれの構成要素と業務上の経験との対応を明確にすることで、人材育成計画の立案に活用することが可能であることを示した。しかし、本研究では一例として国土交通省地方整備局職員の研究所への出向経験に着目したのみであり、様々な業務上の経験の技術力向上効果を分析し明らかにしてゆくことは今後の課題である。

例えば、梶田¹⁾が認識心理学の観点から「実地体験は、認識の形成に非常に大きな働きをしている」としていることに着目すると、いくつかの道路管理者が近年取り組んでいる直営点検²⁾や直営施工³⁾といった取り組みは、必ずしも技術力の向上を第一の目的としていないとしても、大きな技術力向上効果を有している可能性がある。また、業務上の経験を通じた学習、すなわちOJT (on the job training) を効果的に行うためには、学びを支援する方法論として学習環境を設計する「学習環境のデザイン」の考え方も不可欠である⁴⁾。学習環境デザインでは、学習環境を空間、ツール、活動、共同体という4つの構成要素に分ける⁵⁾。これらの観点から、土木技術者の学びを効果的に支援可能な学習環境についても検討する必要がある。

学習モデルの観点からは、教育、研修による技術力向上効果に着目した本研究の第5章は、プログラム内で習得した知識・スキルを実務現場に転移するという「学習転移モデル⁶⁾」の考え方に基づいていると捉えることもできる。第6章は、2.3.2でも触れたように、知識を受動的に覚えることではなく自らの経験から独自の知見を紡ぎ出すという「経験学習モデル⁷⁾」の考え方に基づいていると捉えることもできる。一方、これらの他にも図2-1にその一部を示したように人の学びについては既往の研究において様々な理論・モデルが提案されており、それらの適用可能性を検討することにより、土木技術者の学びについて解明を進めることができる可能性がある。そして、その知見を踏まえて、学びを支援する方法についても知見を蓄積する必要がある。

c) 人材育成の効果を評価する

7.3で示したように、戦略的な人材育成を実現するためには、人材育成計画の継続的改善ができるよう、人材育成の効果計測方法も整備する必要がある。このとき、アンケートや記

述式のテストを用いる等比較的簡便な方法で評価が可能となる場合がある一方で、学習内容によっては研修後の実務における行動の観察、インタビューのように高レベルの方法で評価を行う必要がある。一方、人材育成実務の便を考えれば、将来的にはより簡便な方法で経験の効果を評価できることが望ましい。そのためには、学習内容毎にそれらを実評価可能な方法を整備するのと並行して、できるだけ簡便に評価可能な方法を検討する必要がある。

(2) 組織マネジメントへの拡張

7.4 でも示したとおり、本研究では、特定の組織を想定せず普遍的となるよう道路橋を維持管理する技術力の解明を試み、その技術力を目標として戦略的な人材育成を実現するための方策を提示した。一方、1.3 で示したように、人材育成の実務を想定すれば、組織の責務や体制自体もマネジメントの対象であることを前提とし、組織の責務や体制、さらには組織内の部署、役職に応じて必要となる技術力を明確にするとともに、その技術力を目標として戦略的な人材育成を実現するための方策を提示してゆく必要がある。

ここで、1.1 で示したとおり、小林ら⁹⁾が「1) マネジメント主体が行うあらゆる行為や意思決定である行動様式」が所定の水準で充足されていること自体もアセットマネジメントが持続的に発展できるための1つの鍵としているように、各組織の部署毎、役職毎の行動様式は必ずしも具体的に明文化されているわけではない。4.5.3 で示した国土交通省の国道事務所を例にとってみても、組織規則⁹⁾には所掌事務が規定されているのみであり、部署毎、役職毎に必要な技術力の整理に資するような詳細な行動様式は規定されていない。このため、部署毎、役職毎の行動様式に着目した人材育成方策を提示するためには、部署毎、役職毎に細分化された行動様式を整理する方法論を併せて提示することが必要になると考えられる。その手始めとして、例えば国土交通省の国道事務所の特定の部署、役職においてハイパーフォーマーとされる職員を対象に行動観察やインタビューを行い、行動様式を整理することが考えられる。そして、本研究で整理した道路橋を維持管理する技術力を踏まえ、適切な行動に必要な技術力の整理を試みることが考えられる。このような整理を様々な役職、部署の職員を対象に重ねてゆくことで、部署毎、役職毎の行動様式に着目した戦略的な人材育成方策を提示できる可能性がある。さらには、都道府県や市町村等、国土交通省の国道事務所とは体制の異なる組織の職員も対象に広げてゆくことで、組織の責務や体制に応じた戦略的な人材育成方策を提示できる可能性がある。これらを実現することができれば、アセットマネジメントの継続的改善に寄与することができると考えられる。なお、以上のような整理を行うことは、コンピテンシーの解明にも寄与し、コンピテンシーベースで目標を設定しての人材育成の実現に寄与する可能性もある。

1.4 に示したように、本研究において整理した道路橋を維持管理する技術力は道路管理者に求められる技術力と解釈することも可能であることから、上記では道路管理者組織を例に組織マネジメント方策への拡大についての展望を述べたものの、これらの展望は道路管理者のみならず設計者、施工者等にもあてはめることができる。すなわち、設計者や施工者に着目して組織の責務や体制に応じた戦略的な人材育成方策を提示することも可能である。

(3) 実態と経緯の把握

第7章で示したとおり、道路橋の維持管理に携わる各組織で行われている人材育成の現状については、一般論や一部のアンケート結果に基づき想定することはできるものの、その詳細を十分に把握できていないわけではない。この背景には、図 2-1 に示したとおり企業にとつ

て人材育成は経営戦略と一体となったものであるように、各組織で行われている人材育成に関する情報は陽になりにくいことがあると考えられる。一方、(1)、(2)で述べた研究を進めてゆくにあたっては、より詳細に人材育成の現状について把握し、研究にフィードバックしてゆく必要がある。

国土交通省の国道事務所を例にとっても、森ら¹⁰⁾が指摘するように、近年では定期点検や自治体支援に関するメンテナンス会議の開催等、多種多様な行政対応が発生しており、十分なマンパワーが確保出来ない状況とされる。このような状況の中、人材育成の現状も時代に応じて変化してきていると考えられる。このように、歴史的な視点から道路橋の維持管理に携わる技術者が有する技術力や業務の状況の経緯を把握することも、業務上の経験と技術力の関係を明らかにしてゆく上で重要と考えられる。その際、第2章でレビューした我が国の資格制度等の制定にあたっての検討経緯について過去の資料を調査する等により詳細にレビューすることも、当時の人材育成について把握する上で有用であると考えられる。

以上で述べた人材育成の現状や経緯の把握は、海外諸国も対象にして行う必要がある。本研究においてCEBOKの事例をレビューした米国についても、実運用に関する詳細については情報が得られていない。海外諸国における人材育成の現状や経緯を把握することは我が国における検討を行う上でも参考にすべき点があると考えられる。

(4) 他分野への応用

本研究では、道路橋の維持管理に携わる技術者に着目して、技術力の解明を試みるとともに、様々な経験による技術力向上効果を考察し、戦略的な人材育成を実現するための方策を提示した。本研究で得られた知見や方法論は、道路橋をはじめとする道路構造物の維持管理に限らず、社会資本の維持管理や整備に携わる土木技術者にも応用可能と考えられる。

ここで、2.3.2で示したように、既往研究において小学校教諭、看護師等の職種を対象とした暗黙知の解明や経験と学習の関係の解明に資する研究が進められている一方、筆者の知る限りでは技術者を対象とした既往研究は過去に例が少ない。本研究で得られた知見や方法論を応用することで、土木工学分野以外の他分野の技術者の暗黙知の解明や人材育成方策の検討にも資することができる可能性がある。例えば、本研究で対象とした道路橋の維持管理は、3.5.2で示した対策決定プロセスに表されるように、問題を把握して、原因を推定し、対策を立案するというプロセスをとる。このプロセスは、日本科学技術連盟が示す経営管理一般におけるアプローチ方法の分類¹¹⁾のうち「問題解決型」のアプローチに相当する。このような問題解決型のアプローチ方法をとる分野は道路橋の維持管理以外にも多くあると考えられ、本研究における技術力の整理を応用することができる可能性がある。なお、「問題解決型」以外の「目標達成型」「課題達成型」「未然防止型」のアプローチには本研究の整理結果は直接応用することはできないものの、本研究の方法論を応用することは可能であると考えられる。

8.2.2 働くことに関する社会的背景の変化を踏まえた課題・展望

本研究は、第1章に示したとおり道路橋の高齢化、技術者の不足を背景に、人材育成をシステムとして捉えて、道路橋を維持管理する技術力とその向上方策について検討してきた。一方、「人生100年時代¹²⁾」といわれる我が国の長寿社会等を背景に、人材育成の対象となる個人の働き方は今後変化してゆく可能性が高い。本研究で提示した人材育成方策に実効性をもたせるには、このような働くことに関する社会的背景の変化を踏まえた課題にも対応してゆく必要がある。そこで以下では、本研究が検討対象としてきた技術力やその向上方策と、

働くことに関する社会的背景の全体像を図 8-1 のように捉えた上で、本研究では検討対象としなかった社会的背景の変化に対応する観点から、課題・展望を提示する。

(1) 職場外の経験が有する能力向上効果の解明

8.2.1(1)b)では、本研究で着目した国土交通省地方整備局職員の研究所への出向経験以外の様々な業務上の経験の技術力向上効果を分析し明らかにしてゆくことが今後の課題であることを示した。

一方、人生 100 年時代を背景に、個人の自律的なキャリア形成や、多様で柔軟な働き方の実現が求められている¹³⁾。このような社会的背景を踏まえると、今後は家庭における子育てや地域におけるボランティア活動等、職場における業務上の経験以外の経験が個人のキャリア形成に占める割合がこれまでよりも相対的に大きくなっていくことが想定される。このとき、これらの職場外の経験も業務上の経験と同様に個人の能力向上効果を有している可能性がある。例えば浜屋・中原¹⁴⁾は子育て期の共働き正社員による育児が職場におけるリーダーシップ行動の変化に影響を与えることを実証している。

これらのことを踏まえると、求められる能力を有する者を継続的に確保するという人材育成の観点のみならず、個人の自律的なキャリア形成や、多様で柔軟な働き方を実現する観点からも、職場外の経験が有する能力向上効果を分析し明らかにしてゆく必要がある。

(2) 能力に基づく個人の評価方法の検討

(1)にも示した人生 100 年時代を背景に、転職・再就職の円滑化も求められている¹³⁾。また、自律的なキャリア形成の観点からも、今後は転職・再就職がこれまでよりも増えていくことが想定される。このとき、本研究の第 3 章、第 4 章において暗黙知に支えられている部分も大きいとされてきた道路橋を維持管理する技術力の解明を試みたように、個人の能力が解明され、かつ、当該能力を評価する方法が整備されていれば、能力に基づき転職・再就職希望者を適切に評価し得る。

これらのことを踏まえると、個人の能力を解明することに加え、当該能力に基づき個人を評価する方法を検討する必要がある。検討にあたっては、本研究の第 5 章、第 6 章において学校での教育、就職後の研修、業務上の経験といった様々な経験の目標とする技術力の構成要素との対応を考察したように、能力の構成要素と対応する経験を整理することも考えられる。このような整理を行うことで、当該経験を有する者は対応する能力を有するとみなすという方法を採用することも考えられる。

なお、ここで述べた能力に基づく個人の評価方法の整備は、公共調達における技術者の評価の高度化にも寄与すると考えられる。

(3) モチベーションマネジメントの方法論の検討

仕事の成果は能力とモチベーションの相互作用で決まり、どちらが欠けても高い成果は達成できないとされる¹⁵⁾。一方、個人は仕事の成果に対して、賃金等外（組織）から与えられる外的報酬のみならず仕事のやりがい等の内的報酬を得ており、内的報酬はモチベーションの要因となっているとされる¹⁶⁾。特に我が国は諸外国と比較して仕事のやりがい低いとの調査結果もあり¹⁷⁾、求められる能力を有していたとしてもモチベーションが欠けることにより成果が達成できない可能性がある。これらのことから、本研究で着目してきた技術力（能力）に着目するだけでなく、道路橋の維持管理に携わる技術者のモチベーションに着目し、

モチベーションをマネジメントする方法論も検討する必要がある。

(4) 高等教育機関との連携

人材育成計画を立案するにあたっては、7.4 に示したように、組織外の者により教育、研修の機会を確保することも選択肢となる。このとき、学校を卒業し新たに道路橋の維持管理に携わることとなる者が教育機関においてどのような能力を有しているかは、各組織において人材育成計画を立案する上での前提条件ともなる。このため、道路橋を維持管理してゆくために必要な技術力を有する技術者を継続的に確保する観点から、各組織と大学等の高等教育機関との間で人材育成上の役割分担を明確にする等連携を高める必要がある。

また、近年我が国にはジョブ型雇用（職務の内容を定めて雇用を結ぶこと¹⁸⁾）の導入が進んでおり、変革の中で高等教育機関が担う役割について議論が高まっている¹⁹⁾。このような議論においては、例えば議論で着目している「能力」が具体的にどのような力のことを指しているのか、また、一口に産学間といっても職種を超えた一般論としての議論なのか特定の職種に着目した議論なのか等を明確にする必要がある。

これらの課題に対して、本研究の第3章で整理した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は、道路橋の維持管理に携わる技術者への要求を示した点でジョブ型雇用とも親和性が高いものとなっており、産学で議論する土台としても活用が可能である。

(5) HR テクノロジーの応用

近年、AI やデータといったテクノロジーの人材育成分野への活用（HR テクノロジー）への応用が推進されている²⁰⁾。既に、デスクに定点カメラを設置したり、IC レコーダーやセンサーを装着したりしてハイパフォーマーの行動や発言を記録し、そのデータを AI によって分析してハイパフォーマーの共通点を抽出する等の取り組みがみられる²¹⁾。インフラ分野においてはこれまで本研究でいうところの「技能」を対象とした取り組みが主であったものの²²⁾、8.2.1 で示した「人材育成の目標を設定する」及び「人材育成計画を立案する (Plan)」「人材育成の効果を評価する (Check)」の各サイクルにおいて本研究で提示した方策を更に深化する観点からも、HR テクノロジーが有効な手段となる可能性があると考えられる。本研究の成果を踏まえて、技術者の思考や行動に関するデータの取得方法やそのデータの分析方法を検討する必要がある。

なお、AI を道路橋の維持管理そのものに応用する観点では、(国研) 土木研究所を中心とした開発等が進められており²³⁾、今後現場実装が進む可能性が高い。その際、総合イノベーション戦略推進会議による原則²⁴⁾も参考に、道路橋の維持管理に AI を適切に社会実装する方法も確立することが望ましいと考えられる。これに対し、本研究における技術力の整理は、AI の開発が進む社会において技術者に期待される役割について視座を与える。例えば 3.5.2 で示した対策決定プロセスのうち「方針の決定」は、今後 AI の現場実装が進むとしても人間が担う必要があると考えられる。また、AI そのものに関する技術的な検討は本研究の対象外であるものの、AI は構造力学等の概念的知識や対策決定プロセスに関するメタ認知的知識を理解するわけではないとすると、未知の事象や新しい技術への対応は将来的にも人間の技術者が担う必要があると考えられる。このように、本研究で示した技術力の全体像と構成要素の整理は、道路橋の維持管理にどのように AI を用い得るのか（あるいは AI を用い得ず技術者が担う必要があるのか）を議論する土台としても活用が可能である。

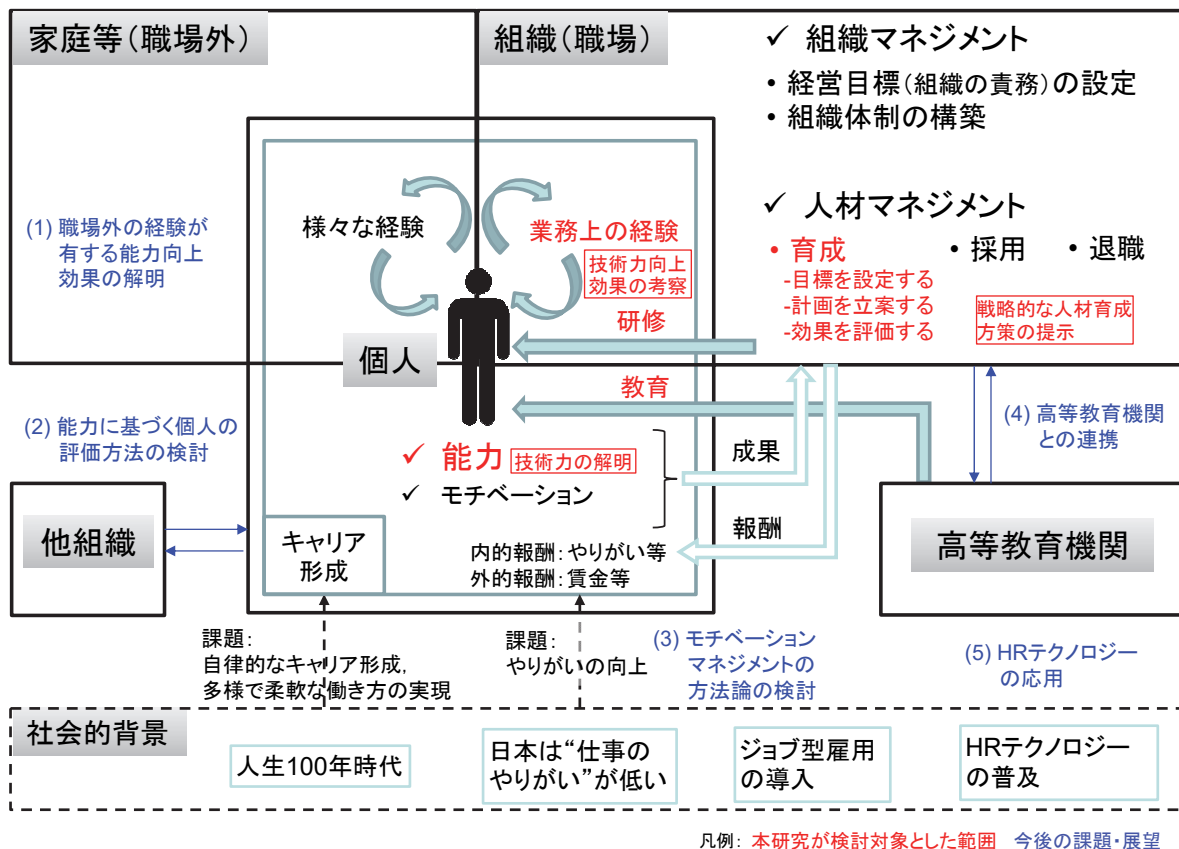


図 8-1 働くことに関する社会的背景を踏まえた人材育成の全体像

参考文献

- 1) 梶田正己：勉強力をつける—認識心理学からの発想，筑摩書房，1998.
- 2) 島根県江津市土木建設課：橋梁直営点検の取り組みについて，道路行政セミナー，9月号，2017.
- 3) 木下義昭：手づくりメンテナンスについて，
<https://www.mlit.go.jp/common/001282418.pdf>
- 4) 中原淳：企業内人材育成入門 人を育てる心理・教育学の基本理論を学ぶ，ダイヤモンド社，2006.
- 5) 美馬のゆり，山内祐平：「未来の学び」をデザインする，東京大学出版会，2005.
- 6) Lave, J.: Lecture at Connecting Learning & Critique Conference, The Lecture & Critique Network, November, UMIST, 2000.
- 7) Kolb, D. A: Experimental learning: Experience as the source of learning and development, Prentice Hall, 1984.
- 8) 小林潔司編著：実践 道路アセットマネジメント入門 継続的改善を実現するためのマネジメントの基本，コロナ社，2019.

- 9) 地方整備局組織規則，平成十三年国土交通省令第二十一号，2001.
- 10) 森芳徳，秋葉正一，関健太郎：道路行政分野における今後のインフラマネジメントのあり方に関する一考察，土木学会論文集 F4(建設マネジメント)，Vol. 73, No. 4, I_120-I_129, 2017.
- 11) 日本科学技術連盟：業務のマネジメントと改善，
<http://www.juse.or.jp/solution/management/>
- 12) 人生 100 年時代構想会議中間報告，2017.
- 13) 経済産業省中小企業庁：「我が国産業における人材力強化に向けた研究会」(人材力研究会) 報告書，2018.
- 14) 浜屋祐子・中原淳：育児は仕事の役に立つ「ワンオペ育児」から「チーム育児」へ：光文社新書 874，2017.
- 15) 人材育成学会：人材育成ハンドブック，金子書房，2019.
- 16) 坪谷邦生：図解人材マネジメント入門 人事の基礎をゼロからおさえておきたい人のための「理論と実践」100 のツボ，ディスカヴァー・トゥエンティワン，2020.
- 17) The Indeed Job Happiness Index 2016: Ranking the World for Employee Satisfaction, 2016.
https://blog.indeed.com/hiring-lab/indeed-job-happiness-index-2016/?_ga=2.53990113.811628850.1641103334-656214299.1641103334
- 18) 浜口桂一郎：新しい労働社会—雇用システムの再構築へ，岩波書店，2009.
- 19) Works 164 ジョブ型と大学，リクルートワークス研究所，2021.
- 20) 経済産業省：HR テクノロジー，
<https://www.meti.go.jp/policy/economy/jinzai/tayou/HRTech.html>
- 21) 越川慎司：AI 分析でわかったトップ 5%社員の習慣，ディスカヴァー・トゥエンティワン，2020.
- 22) 国土交通省：インフラ分野のデジタル・トランスフォーメーション (DX) 施策一覧 (令和 3 年 2 月 9 日公表)，2021.
- 23) 澤田守，江口康平，石田雅博：道路橋の予防保全に向けた総合診断と診断 AI システムの研究開発，土木技術資料，Vol. 63, No. 10, pp. 8-11, 2021.
- 24) 総合イノベーション戦略推進会議決定：人間中心の AI 社会原則，2019.

付録

付録 1 ブルーム・タキソノミーの原典に示される解説の反映方法

3.4 に示すとおり、3.5 と 3.6 の技術力の整理においては、アンダーソンらによって提起された改訂版ブルーム・タキソノミーの原典¹⁾に示される認知過程の類型、知識の類型についての解説を参考にしている。以下に、認知過程の類型と知識の類型それぞれの類型間の相違に関する解説と、第 3 章における分類への反映方法を示す。認知過程については、知識次元との対応が明確でなく分類を判断する上でのポイントとなる高次の認知過程を対象に示す。なお、以下に示す原典¹⁾の訳はいずれも筆者による。

(1) 認知過程（高次の認知過程）の類型

a) 「分析する」

原典¹⁾では「分析する」は「情報を構成要素に分割し、各要素がどのように全体の構造に関連しているかを決定すること」と解説されている。また、「分析する」のうち「区別する」は、「全体の構造の一部を、その関連性や重要性の観点から区別すること」を意味し、『情報の要素が全体の構造にどのように位置付けられるかを決定するという点で「理解する」とは異なる』と解説されている。「組織化する」は、「情報の要素を特定し、それらがどのようにして一貫した構造に位置付けられるかを認識する」ことを意味し、通常「区別する」と連動して行われると解説されている。「帰属する」は「情報の根底にある視点、バイアス、価値観、または意図を推定する」ことを意味し、『「組織化する」とも連動して行われ得る』と解説されている。

これらのことを踏まえて、3.5 と 3.6 の整理では、全体を捉えた上での重要な情報の抽出を伴う認知過程を「区別する」に分類している。3.5 の整理では、例えば損傷原因の推定においては、原因として想定される事項から、架設条件、構造条件、他の部位の損傷状態等に基づき、実際に原因であった可能性が高い事項を絞り込む必要がある。また例えば、既設橋の性能評価においては、構造条件、各部位の損傷状態等に基づき、耐荷力推定上着目すべき部位を絞り込む必要がある。3.6 の整理では、例えば対象橋の構造条件、架橋条件に合致する支援ツールの使用条件の設定においては、対象橋の条件全体から支援ツールを使用するにあたって重要となる情報を抽出した上で、適切な使用条件を選択する必要がある。また例えば、支援ツールの限界を考慮した結果の解釈や、設定した使用条件の下で想定される効果の推定においては、結果や効果に関わる要因全体から実際に結果や効果に影響を与え得る要因を抽出した上で、その影響の程度を適切に見積もる必要がある。これらはいずれも「組織化する」や「帰属する」と連動して行われ得ると考えられるものの、最もよく該当する認知過程として「区別する」に分類している。

b) 「評価する」

原典¹⁾では「評価する」は「品質、有効性、効率性、一貫性等の基準に基づいて判断する

こと」と解説されている。また、「評価する」のうち「点検する」は「内部的な不整合や誤りがないかどうかを評価すること」を意味し、「批評する」は「外部から課せられた基準に基づいて評価すること」を意味すると解説されている。これらのことを踏まえて、3.5 と 3.6 の整理では、様々な方法や結果の妥当性を評価する認知過程を「評価する」に分類している。第 3 章において「評価する」に分類した認知過程は、いずれも「点検する」「批評する」の両方の観点を含むと考えられることから、本文においては特段これらを区別していない。

c) 「創造する」

原典¹⁾では「創造する」は「まとまりがあり機能を有する全体を形成するために要素をまとめること」と解説されている。また、「創造する」のうち「一般化する」は、問題を定義することや、代替案や仮説に到達することを意味すると解説されている。「計画する」は、問題の基準に合った解決方法を考案すること、すなわち問題解決のための計画を立てることを意味すると解説されている。「生産する」は、問題解決のための計画を実行することを意味すると解説されている。ここで、大津²⁾を参考にした表 3-3 の類型及び上記においては、問題を定義することや代替案や仮説に到達することが含まれる類型“generating”を「一般化する」と訳しているものの、3.5 と 3.6 の本文においては理解のしやすさのため、これらの認知過程も「生産する」と称している。

以上を踏まえて、3.5 の整理において目標、配慮事項を設定することや、3.6 の整理において目的を設定することは問題を定義することと同義と捉え「生産する」に分類している。また、例えば 3.5 の整理において、各部位の損傷の見落としの可能性や応力状態に不確実性がある可能性を考えつく認知過程は、代替案や仮説に到達することと同義と捉え「生産する」に分類している。同様に、3.6 の整理において、支援ツールの使用方法、結果・効果の不確実性や不具合の可能性を考えつく認知過程も、代替案や仮説に到達することと同義と捉え「生産する」に分類している。3.5 の整理において検討手順を決定することや 3.6 の整理において支援ツールの活用手順を決定することは問題解決のための計画を立てることと同義と捉え「計画する」に分類している。

(2) 知識の類型

a) 「事実的知識」と「概念的知識」

原典¹⁾では、事実的知識は「それ自体が何らかの価値を持つ情報の要素であるという点で概念的知識と区別される」と解説されている。また、概念的知識は「情報の要素同士がどのような体系で相互に関連し、一体となって機能しているかについての知識を表す」と解説されている。これらのことを踏まえて、3.5 と 3.6 の整理における技術基準類に関する知識、関連する工学分野に関する知識、様々な事例に関する知識や、3.6 の整理における支援ツールに関する知識をそれぞれ事実的知識と概念的知識に分類している。

b) 「手続的知識」と「メタ認知的知識」

原典¹⁾では、手続的知識は「多くの場合、従うべき一連の手順の形をとる」、「事実的知識と概念的知識が“what”を表すのに対し、“how”を表す」と解説されている。また、手続的知識は「分野を横断するより一般的な戦略に関する知識を含むメタ認知的知識とは対照的に、特定の分野に特有の知識である」と解説されている。これらのことを踏まえて、3.5 と 3.6 の整理では、橋梁設計、施工の手順に関する知識や、マニュアルが整備されている等に

より手順が普及していると考えられる支援ツールの使用手続に関する知識は手続的知識として扱っている。

また、上記のとおり、メタ認知的知識の方略についての知識は「分野を横断するより一般的な戦略に関する知識を含む」と解説されている。そこで 3.5 と 3.6 の整理における対策決定プロセスに関する知識や、3.6 の整理における、現状において確立されていない支援ツール活用プロセスに関する知識はメタ認知的知識の方略についての知識として扱っている。

付録 2 SCAT による分析手順

(1) 回答者 A の例

付表 1 に、表 6-11 に示した、回答者 A から得られた「技術指導の経験や、研究所職員との協働経験により、主体的に技術的検討を行う姿勢へ変容する」という理論記述に至るまでの SCAT による分析の例を示す。なお、付表 1 は表 6-2 を再掲したものである。

「テキスト」にはインタビュー結果を字起こしした回答者 A の語りが示されている。まず、「<1>テキスト中の注目すべき語句」では、それぞれのセグメントで重要と判断した語句を書き出す。ここでは、6.2.4 に示したとおり、インタビューのテーマである対象者の思考や行動の変化に関する語句に着目して書き出している。

次に、「<2>テキスト中の語句の言い換え」では、<1>の語句を言い換えるような、テキストにない語句を記入している。この手続は、熟慮せず<1>だけを見てテンポよく、自分の持っている語彙で行うこととされている³⁾。セグメント 1 では「追い求めることを自分の中ではせず」を「追求の放棄」「専門家任せ」「自ら技術的検討を行うことの放棄」に言い換え、「自分たちが最終的にはその評価をするということで納得」「自分で答えを求めようとしたわけではなくて」「評価をして、判断をして、何かやったと思うような思考回路」を「最終意思決定者としての役割への限定」に言い換えている。また、セグメント 2 では「さまざまな事象と研究者のやっているその姿を見る」を「不具合対応の経験」「研究所職員の姿勢への接触」に言い換え、「自分自ら、答えは何だったのだろうかということを追いかけていく思考回路に変わった」を「自ら技術的検討を行う姿勢への変化」に言い換えている。

「<3>左を説明するようなテキスト外の概念」では、<2>の語句を説明することのできる概念、語句、文字列を記入している。セグメント 1 では「専門家任せ」を説明する概念として「組織外の専門家任せ」を、「追究の放棄」「自ら技術的検討を行うことの放棄」を説明する概念として「主体的に技術的検討を行う姿勢の欠如」を、「最終意思決定者としての役割への限定」を説明する概念として「土木工学の専門家としての姿勢の欠如」を記入している。セグメント 2 では、「不具合対応の経験」を説明する概念として「技術指導の経験」を、「研究所職員の姿勢への接触」を説明する概念として「主体的に技術的検討を行う研究所職員との協働」を記入している。「自ら技術的検討を行う姿勢への変化」は既に概念化されていると判断しそのまま記入している。この手続においては、記入した概念を別の部分にも付すことができないか検討することとされており³⁾、ここでは「技術的検討」「姿勢」をセグメント 1 と 2 に共通する概念として採用している。また、対立概念を別の部分に採すこともされており³⁾、セグメント 1 では「主体的に技術的検討を行う姿勢の欠如」と記入したのに対し、セグメント 2 では「自ら技術的検討を行う姿勢への変化」と対立概念を見出している。なお、6.2.4 に示したとおり、第 3 章で用いた概念の他、松尾⁴⁾、中原^{5),6)}で用いられている概念に

適当なものがないかを検討したもののここでは適当な概念がないと判断している。

「<4>テーマ・構成概念」では、<1>から<3>までに基づいて、それらを表すようなテーマ・構成概念を記入している。この手続は<1>から<3>までに基づいて浮かび上がる概念を名詞(句)で書くこととされており³⁾、セグメント 1 は「技術的課題への対応が組織外の専門家任せとなっており、土木工学の専門家として主体的に技術的検討を行う姿勢が欠如していたことへの気づき」、セグメント 2 は「技術指導の経験や、研究所職員との協働を通じた、自ら主体的に技術的検討を行う姿勢への変容」と記入している。

「ストーリー・ライン」には、<4>で記入したテーマ・構成概念を紡ぎ合わせて書き表したストーリー・ラインを記入している。この手続は<4>で記入したテーマ・構成概念を全て使って、接続詞を用いて一筆書きで書くように記入することとされており³⁾、ここでは「技術的課題への対応が組織外の専門家任せとなっており、土木工学の専門家として主体的に技術的検討を行う姿勢が欠如していたことへの気づきがなされるとともに、技術指導の経験や研究所職員との協働を通じた、自ら主体的に技術的検討を行う姿勢への変容を実感している」と記入している。

そして「理論記述」には、以上の分析で言えることを理論として記述している。この手続は、ストーリー・ラインを区切って記述することとされており、ここではインタビューのテーマである対象者の思考や行動の変化の観点から「技術指導の経験や、研究所職員との協働経験により、主体的に技術的検討を行う姿勢へ変容する」と記述している。

付表 1 SCAT による分析の例 (回答者 A)

番号	発話者	テキスト	<1>テキスト中の注目すべき語句	<2>テキスト中の語句の言い換え	<3>左を説明するようなテキスト外の内容	<4>テーマ・構成概念(前後や全体の文脈を考慮して)
1	回答者	今までは、追い求めることを自分の中ではせずに、誰かにその真実を聞いて、自分たちが最終的にはその評価をするということだから不具合とかいろいろなことが起きたときに、例えば自分の中では〇〇橋みたいなのやつというのはいすこい印象に残ってやってきましたけれども、それも自分で答えを求めようとしたわけではなくて、原因なり、どうなったのかということを人から聞いて、評価をして、判断をして、何かやったと思うような思考回路であったものが、えっと、それは何か……	追い求めることを自分の中ではせずに/自分たちが最終的にはその評価をするということだから/自分で答えを求めようとしたわけではなくて/評価をして、判断をして、何かやったと思うような思考回路	追究の放棄/専門家任せ/自ら技術的検討を行うこと/の放棄/最終意思決定者としての役割への限定	組織外の専門家任せ/主体的に技術的検討を行う姿勢の欠如/土木工学の専門家としての姿勢の欠如	技術的課題への対応が組織外の専門家任せとなっており、土木工学の専門家として主体的に技術的検討を行う姿勢が欠如していたことへの気づき
2	回答者	で、研究所に行って、さまざまな事象と研究者のやっているその姿を見ることによって、自分自ら、答えは何だったのだろうかということを追いかけていく思考回路に変わった。	さまざまな事象と研究者のやっているその姿を見る/自分自ら、答えは何だったのだろうかということを追いかけていく思考回路に変わった	不具合対応の経験/研究所職員の姿勢への接触/自ら技術的検討を行う姿勢への変化	技術指導の経験/主体的に技術的検討を行う研究所職員との協働/自ら技術的検討を行う姿勢への変化	技術指導の経験や、研究所職員との協働を通じた、自ら主体的に技術的検討を行う姿勢への変容
ストーリー・ライン		・技術的課題への対応が組織外の専門家任せとなっており、土木工学の専門家として主体的に技術的検討を行う姿勢が欠如していたことへの気づきがなされるとともに、技術指導の経験や研究所職員との協働を通じた、自ら主体的に技術的検討を行う姿勢への変容を実感している				
理論記述		・技術指導の経験や、研究所職員との協働経験により、主体的に技術的検討を行う姿勢へ変容する				

(2) 回答者 C の例

付表 2 に、表 6-5 に示した、回答者 C から得られた「常に周辺部材の変状も考慮して診断するという道路橋の診断にあたっての留意点が体得される」という理論記述に至るまでの SCAT による分析の例を示す。

「テキスト」にはインタビュー結果を字起こした回答者 C の語りが示されている。まず、「<1>テキスト中の注目すべき語句」では、それぞれのセグメントで重要と判断した語句を書き出す。ここでは、(1)と同様にインタビューのテーマである対象者の思考や行動の変化に関する語句に着目して書き出している。

次に、「<2>テキスト中の語句の言い換え」では、<1>の語句を言い換えるような、テキス

トにない語句を記入している。セグメント 1 では『「壁高欄の隙間が 13 センチあります」と』を、「他の部位の変状が疑われる変状の報告」に言い換え、『「隙間の開きが問題じゃなくって、どうしてその隙間になってるか教えてくれ」って』を「原因の追求」に言い換え、『「じゃあジョイントに異常がないか見せてくれ」って』「フィンガーのジョイントで、ほとんど詰まってる」を「原因推定の根拠の確認」に言い換えている。セグメント 2 では『「ジョイントが詰まってるのに 13cm 開いてるって、変やないの？下部構造が沈んだりとかなくなってるんじゃないの？それ調べてる？」って』を、「他の部位の変状の可能性の指摘」「他に想定される原因の指摘」に言い換えている。

「<3>左を説明するようなテキスト外の内容」では、<2>の語句を説明することのできる概念、語句、文字列を記入している。セグメント 1 では「他の部位の変状が疑われる変状の報告」を説明する概念として「周辺部材の変状が疑われる変状」を、「原因の追求」を説明する概念として「変状の原因の推定」を、「原因推定の根拠の確認」を説明する概念として「変状を把握した上での原因の推定」を記入している。セグメント 2 では、「他の部位の変状の可能性の指摘」を説明する概念として「周辺部材の変状の見落としの可能性の指摘」を、「他に想定される原因の指摘」を説明する概念として「各部位の変状を把握することで推定される原因が変わる可能性の指摘」を記入している。ここでは、第 3 章の図 3-4 に示した対策の決定に着目した技術力の整理で用いられている「原因の推定」「見落としの可能性」を用いるのが適当と判断している。特に、「原因の推定」はセグメント 1 と 2 に共通する概念として採用している。

「<4>テーマ・構成概念」では、<1>から<3>までに基づいて、それらを表すようなテーマ・構成概念を記入している。ここでは、セグメント 1 と 2 いずれも「常に周辺部材の変状を考慮して診断するという診断にあたっての留意点に基づく、診断の指導」と記入している。

「ストーリー・ライン」には、<4>で記入したテーマ・構成概念を紡ぎ合わせて書き表したストーリー・ラインを記入している。ここでは「常に周辺部材の変状を考慮して診断するという診断にあたっての留意点に基づく、診断の指導がなされた」と記入している。

そして「理論記述」には、以上の分析で言えることを理論として記述している。ここでは「研究所への出向経験により、常に周辺部材の変状も考慮して診断するという道路橋の診断にあたっての留意点が体得される」と記述している。

付表 2 SCAT による分析の例 (回答者 C)

番号	発話者	テキスト	<1>テキスト中の注目すべき語句	<2>テキスト中の語句の言い換え	<3>左を説明するようなテキスト外の内容	<4>テーマ・構成概念 (前後や全体の文脈を考慮して)
	回答者	単純桁のPC橋があって、隣接して連続のメタル橋があるんだけど「壁高欄の隙間が13センチあります」と。で、「ここから物とかが落ちると、下に道路があるから危ないんで、これはC1」とか何とかって言い出したのね。「隙間の開きが問題じゃなくって、どうしてその隙間になってるか教えてくれ」って言って、結局「掛け違いの所で、PCの方はあんまり動かないけど、メタルの方は動くんで、その余裕です」とかっていうふう言うんだけど、「じゃあジョイントに異常がないか見せてくれ」って言ったら、こういうフィンガーのジョイントで、ほとんど詰まってるの。	「壁高欄の隙間が13センチあります」と/「隙間の開きが問題じゃなくって、どうしてその隙間になってるか教えてくれ」って/「じゃあジョイントに異常がないか見せてくれ」って/フィンガーのジョイントで、ほとんど詰まってる	他の部位の変状が疑われる変状の報告/原因の追求/原因推定の根拠の確認/	周辺部材の変状が疑われる変状/変状の原因の推定/変状を把握した上での原因の推定	常に周辺部材の変状も考慮して診断するという診断にあたっての留意点に基づく、診断の指導
	回答者	「ジョイントが詰まってるのに13cm開いてるって、変やないの？下部構造が沈んだりとかなくなってるんじゃないの？それ調べてる？」って言ったら、「ああ、ちょっと調べてません」って。	「ジョイントが詰まってるのに13cm開いてるって、変やないの？下部構造が沈んだりとかなくなってるんじゃないの？それ調べてる？」って	他の部位の変状の可能性の指摘/他に想定される原因の指摘	周辺部材の変状の見落としの可能性の指摘/各部位の変状を把握することで推定される原因が変わる可能性の指摘	常に周辺部材の変状も考慮して診断するという診断にあたっての留意点に基づく、診断の指導
	ストーリー・ライン	・常に周辺部材の変状も考慮して診断するという診断にあたっての留意点に基づく、診断の指導がなされた				
	理論記述	・研究所への出向経験により、常に周辺部材の変状も考慮して診断するという道路橋の診断にあたっての留意点が体得される				

付録3 回答者毎の全理論記述

付表3 回答者毎の全理論記述

	理論記述	分類
回答者A	・(課題についての知識の習得に伴い) 論理的一貫性を確保するという方略についての知識が習得される	(2) 方略についての知識の習得 b) 問題解決一般に関する方略についての知識の習得
	・研究所職員との協働経験により、唯一の正解が無く、対策案の妥当性を評価することが求められるという道路橋の維持管理の課題についての知識が習得される	(3) 課題についての知識の習得 a) 技術的課題には唯一の正解が存在しないことの認識
	・技術指導の経験や、研究所職員との協働経験により、主体的に技術的検討を行う姿勢へ変容する ・(課題についての知識の習得に伴い) 唯一の正解が無く、対策案の妥当性を評価することが求められることへの対応として、論理的一貫性を重視する姿勢へ変容する	(5) 信念の形成 a) 技術的課題に対する姿勢の変容
	・(課題についての知識の習得及び方略についての知識の習得に伴い) 自らが習得した知識を啓発するという使命の認識に至る	(5) 信念の形成 b) 自らの使命の認識
	・政策立案担当者が直面している課題へ視野が拡大する	(6) 視野の拡大 a) 組織外の者の立場の理解
	・国全体としての政策に関する意思決定プロセスへ視野が拡大する	(6) 視野の拡大 b) 政策上流への視野の拡大
回答者B	・(課題についての知識の習得に伴い) 課題の全体像を構造化する、論理的一貫性を確保するという方略についての知識が習得される	(2) 方略についての知識の習得 b) 問題解決一般に関する方略についての知識の習得
	・唯一の正解が無く、対策案の妥当性を評価することが求められ、手続的知識だけでは解決できないという道路構造物の維持管理の課題についての知識が習得される	(3) 課題についての知識の習得 a) 技術的課題には唯一の正解が存在しないことの認識
	・技術基準類の原案作成の経験により、技術文書を書くことの難しさの認識に至る	(3) 課題についての知識の習得 b) 技術文書を書くことの難しさの認識
	・国全体としての政策や長期戦略へ視野が拡大する	(6) 視野の拡大 b) 政策上流への視野の拡大
回答者C	・常に周辺部材の変状も考慮して診断するという道路橋の診断にあたっての留意点が体得される	(2) 方略についての知識の習得 a) 道路構造物の維持管理に関する方略についての知識の習得
回答者D	・技術指導の経験により、道路橋の維持管理において措置を決定するまでの判断・検討過程に関する方略についての知識が習得される	(2) 方略についての知識の習得 a) 道路構造物の維持管理に関する方略についての知識の習得
	・(方略についての知識の習得に伴い) 自ら疑問を持つ経験をしなければ、暗黙知の蓄積や暗黙知の形式知化は起こらないという認識に至る	(4) 人についての知識の習得 a) 人の学習プロセスに関する知識の習得
回答者E	・技術基準類の原案作成の経験により、技術基準類の理解が深化するとともに、適確な運用が可能になるという、技術基準類の理解が深化することの意義の認識に至る	(1) 専門知識の習得 a) 技術基準に関する知識の習得
	・論理的一貫性があると理解されやすいという方略についての知識が体得される	(2) 方略についての知識の習得 b) 問題解決一般に関する方略についての知識の習得
	・(方略についての知識の習得に伴い) 意思決定において論理的一貫性を重視する観点から文章化された情報を重視するようになる	(5) 信念の形成 a) 技術的課題に対する姿勢の変容
回答者F	・過去の損傷事例に関する知識と関連する工学的知識が習得される	(1) 専門知識の習得 b) 損傷事例及び関連する専門知識の習得
	・現地での技術指導の経験等により、推定した損傷原因を踏まえて対策方法を決定するという方略についての知識が体得される	(2) 方略についての知識の習得 a) 道路構造物の維持管理に関する方略についての知識の習得
	・(方略についての知識の習得に伴い) 優れた指導者や同僚の存在が熟達化に大きく寄与するという認識に至る	(4) 人についての知識の習得 a) 人の学習プロセスに関する知識の習得
	・(人についての知識の習得に伴い) 専門知識を習得する機会が不足している職員に対する指導を継続してゆく必要があるという信念が形成される	(5) 信念の形成 b) 自らの使命の認識
回答者G	・問題の全体像を把握しようとするという方略についての知識が体得される	(2) 方略についての知識の習得 b) 問題解決一般に関する方略についての知識の習得
	・技術文書の執筆経験を通じて、技術文書に必要な要素が認識される	(3) 課題についての知識の習得 b) 技術文書を書くことの難しさの認識
	・(課題についての知識の習得に伴い) 技術文書作成能力の向上は実地に経験することによってなされるという認識に至る	(4) 人についての知識の習得 a) 人の学習プロセスに関する知識の習得
	・自らの想定の上界があることが認識され、メタ認知的モニタリングを行うようになる	(4) 人についての知識の習得 b) 自らの認知の上界の認識
回答者H	・適確な運用が可能になるという、技術基準類を正確に理解することの意義が認識される	(1) 専門知識の習得 a) 技術基準に関する知識の習得
	・過去の損傷事例の教訓の整理や文献調査を自ら行った経験により、過去の損傷事例に関する知識と関連する工学的知識が習得される	(1) 専門知識の習得 b) 損傷事例及び関連する専門知識の習得
	・破壊形態を具体的に想定する、補強部位だけでなく補強後の全体の挙動も考慮するという、道路橋の設計の方略についての知識が体得される ・将来の維持管理方法等の前提条件を明確にして構造形式の判断・検討を行うという、道路橋の設計の方略についての知識が体得される	(2) 方略についての知識の習得 a) 道路構造物の維持管理に関する方略についての知識の習得

参考文献

- 1) Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. and Wittrock, M. C.: *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Longman, 2000.
- 2) 大津悦夫：教育目標分類学におけるメタ認知の検討，立正大学心理学研究所紀要，第16号，2018.
- 3) 大谷尚：質的研究の考え方 研究方法論から SCAT による分析まで，名古屋大学出版会，2019.
- 4) 松尾睦：経験からの学習 プロフェッショナルへの成長プロセス，同文館出版，2006.
- 5) 中原淳：職場学習論—仕事の学びを科学する，東京大学出版会，2010.
- 6) 中原淳：経営学習論—人材育成を科学する，東京大学出版会，2012.

謝辞

本論文は、筆者が国土交通省国土技術政策総合研究所に在籍中に行った研究をもとに、堤盛人教授にご指導頂きとりまとめたものです。堤教授には、筆者が筑波大学に入学する3年前から研究のご相談に乗って頂き、入学してからの1年間と合わせて4年にわたりご助言とご指導を賜りました。研究室の門を叩いた社会人の筆者を堤教授が受け入れて下さり、終始適確なご指導を行って頂いたため、本論文をとりまとめることができました。ここに深謝申し上げます。

副指導教員である岡本直久教授、小林寛教授（連携大学院）、審査委員である庄司学教授、谷口綾子教授、中川善典教授（高知工科大学）には、研究計画発表、予備審査、公開発表・最終試験などにおいて示唆に富んだ多くのご助言を頂きました。また、谷口守教授、和田健太郎准教授には、博士ゼミにて示唆に富んだ多くのご助言を頂きました。ここに感謝申し上げます。

社会人になる前の学生時代の恩師である河野達仁教授（東北大学）、並びに織田澤利守教授（神戸大学）には、社会人になった後も機会毎にご相談に乗って頂き、真摯にご助言を頂きました。重ねて感謝申し上げます。

本研究の第3章で用いた熊本地震で被災した道路橋の復旧事例のデータは、国土技術政策総合研究所熊本地震復旧対策研究室及び復旧・復興事業を担った九州地方整備局熊本復興事務所各位のご尽力の賜です。また、第3章及び第4章で用いた技術指導記録のデータは、道路橋の不具合、設計段階における疑義などに真摯に対応しようとする全国の道路管理者、並びに技術指導に関わった国土技術政策総合研究所及び（国研）土木研究所の専門家各位のご尽力の賜です。全ての関係者に敬意を表します。

第6章の研究を遂行するにあたっては、国土技術政策総合研究所に出向した経験を有する地方整備局職員にインタビューにご協力頂きました。ご多忙の中ご協力頂いた8名の職員各位に感謝申し上げます。

また、筆者が国土交通省に入省して3年目に鹿島建設株式会社逢神曾根工事事務所への民間派遣研修に参加させて頂いた経験は、筆者が勤務する国土交通省を外部から眺め本研究につながる問題意識を抱くきっかけとなりました。このようなきっかけを与えて頂いた全ての関係者に感謝申し上げます。

筆者の現在の勤務先である国土技術政策総合研究所の木村嘉富所長、福田敬大部長、七澤利明室長、白戸真大室長、西田秀明室長、並びに（国研）土木研究所の星隈順一グループ長（元国土技術政策総合研究所）には、本研究を暖かく見守って頂くとともに、多くのご助言を頂きました。ここに感謝申し上げます。筑波大学不動産・空間計量研究室の学生諸氏並びに秘書の高橋瞳氏には、筆者のゼミ開催準備や諸手続に関して多くのご支援を頂きました。ここに感謝申し上げます。

最後に、子育ての負担が大きい中でも博士号取得を応援してくれた妻と、父が研究に家庭での時間を割く中でも健やかに成長している4人の子供達に感謝します。

2022年3月
宮原 史