

戦略的な人材育成に向けた 道路橋を維持管理する技術力解明の試み

宮原 史・星隈順一

1. はじめに

道路橋保全に携わる技術者の確保は喫緊の課題となっている。道路橋を保全してゆくためには、当然ながら技術者の数ともに“質”も確保する必要がある。すなわち、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を行う必要がある。

人材育成はPDCAサイクルのシステムとして捉えることができる。ただし、このサイクル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、どのような力を修得させるのか、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。一方、道路橋の保全は暗黙知に支えられている部分も大きく、各組織で行われる研修やOJT (on-the-job training) を通じての人材育成において、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。このため、目標に照らした人材育成計画の立案(Plan)、効果の計測(Check)、効果を踏まえ計画の改善(Action)も困難となっている。

そこで本稿では、上述のPDCAサイクルの人材育成を「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行うための技術力の解明を試みる。ここで、解明のための枠組として教育分野で開発された「ブルーム・タキソノミー」の枠組を用いることとし、本稿では同枠組で整理される「判断や検討を行うための知識と認知の組合せ」のことを「技術力」と称す。また、便宜上、道路橋の保全のことを「維持管理」と称す。

2. 技術力の解明のための方法

2.1 ブルーム・タキソノミーの枠組

戦略的な人材育成に向けた技術力の解明という観

表-1 ブルーム・タキソノミー

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. 事実に知識	1) 事実に知識 の記憶			4) 高次の認知過程		
B. 概念的知識		2) 概念的知識 の理解				
C. 手続的知識			3) 手続的知識 の応用			
D. メタ認知的 知識						

表-2 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 知識の類型

知識	類型
A. 事実に知識	・用語の知識 ・個別的な知識
B. 概念的知識	・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	・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	・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

点から、本研究では教育分野で用いられる枠組に着眼した。そこで本研究では、教育目標を分類し明確に記述するために開発された「ブルーム・タキソノミー」^{2),3)}と呼ばれる枠組を用いて、技術力の解明を試みる。なお、本研究ではアンダーソンらによって提起された2次元で構成される枠組を「ブルー

ム・タキソノミー」と称す。

ブルーム・タキソノミーは、表-1に示すように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「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-2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。なお、認知過程次元の6領域は単純なものから複雑なものの順序で配列されている。

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「事実に知識」（例えばコンクリートに関する用語の定義）、より組織化され一般化された知識である「概念的知識」（例えばコンクリートに関する基本原理・原則）、やり方についての知識である「手続的知識」（例えばRC部材の応力度計算、配筋設計の方法）、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-1に示すように、1)「事実に知識の記憶」、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。



写真-1 阿蘇長陽大橋（復旧工事中の状況）



写真-2 斜面崩落の影響を受けにくい橋台構造形式の採用

2.2 技術力の解明の対象としたサンプル

(1) 維持管理の事例に基づく技術力解明の方法

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、平成28年熊本地震で被災した道路橋の復旧事例と、技術指導事例をサンプルとして、これらの事例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。分類にあたっては、表-2と表-3に示した類型に加え、これらの解説が示された原典²⁾を参考に、1つ1つの判断行為や検討内容がどの認知過程、知識の類型に該当するかを判断した。

(2) 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阿蘇長陽大橋（写真-1）の復旧事例⁴⁾をサンプルとして用いる。阿蘇長陽大橋は橋長276mの4径間連続PCラーメン橋である。熊本地震の影響によりA1橋台（直接基礎）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⁵⁾。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。本稿では、本橋の復旧のうち、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-2）に関する復旧の記録をサンプルとする。

(3) 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、技術指導を行っている⁶⁾。技術指導では、道路管理者として判断するために必要な技術的論点とその検討方法等について助言を行っており、これらの技術指導の事例からも道路橋を維持管理するための認知過程と知識の組合せを分析することができる。そこで本研究では、平成25～27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こととした。これらの記録を元に道路橋を維持管理するための認知過程と知識の組合せの分類結果を重ね合わせることで、道路橋を維持管理する技術力を普遍的に整理し、技術力の解明を試みる。

3. 熊本地震で被災した道路橋の復旧事例に基づく技術力の整理

2.2(2)に示した、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の組合せを分類した結果を図-1に示す。図-1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方針の設定を起点としている。ブルーム・タキソ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、知識は「メタ認知的知識」に分類した。

設定した方針に基づき「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、方針に合致する手段を提案するに至ったと考えられることから、知識は「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を包含して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。

以上のように、ブルーム・タキソノミーの枠組を用いることで、維持管理における様々な判断行為や検討内容を、認知過程と知識の両方の観点から分類することができた。

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. 事実的知識	(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る
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を確保できるようにする、という方針を考える

図-1 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）

4. 道路管理者への技術指導事例に基づく技術力の整理

4.1 整理方法

2.2(3)に示した118回分の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の組合せを分類した結果を図-2に示す。技術指導における個々の助言を3.と同じ方法で分類した上で、3.の整理結果も包含し普遍的に整理した結果を示している。

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、道路橋の維持管理における「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」という対応プロセスに沿って整理した。

4.2 整理結果

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は「事実に基づく知識の記憶」に分類した。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は「事実に基づく知識の記憶」とは差別化し、「概念的知識の理解」に分類した。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は「手続的知識の応用」に分類した。また、4.1に示した対応プロセスのような、不具合や疑義を解決するための有効な対応プロセスに関する知識、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、現状における知識の限界に関する知識や自らの想定

の限界に関する知識はメタ認知的知識に分類した。紙面の都合上1つ1つの分類過程の解説は省略するものの、4.1に示したa)～e)の対応プロセスに関する指導内容は、内容に応じて、図-2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」のいずれかに分類した。このとき、これらの指導内容は、それぞれが「事実に基づく知識」から「メタ認知的知識」までいずれの知識に基づく場合

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. 事実に基づく知識	- 技術基準類に関する事実に基づく知識を知る - 過去の損傷事例等に関する事実に基づく知識を知る - 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基づく知識を知る			b) 損傷状態の把握 ・各部位の損傷状態を推測する	b) 損傷状態の把握 ・各部位の損傷状態の推測の妥当性を評価する	a) 方針の決定 ・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 ・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えつく
B. 概念的知識	※括弧内は、直接該当する指導内容はなかったものの、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	・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		c) 損傷原因の推定 ・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 ・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 ・着目部位の応力状態を推定する ・損傷の影響を見立て、残存耐力を見立てる	c) 損傷原因の推定 ・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 ・着目部位の妥当性を評価する	c) 損傷原因の推定 ・損傷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			・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	e) 対策の決定 ・損傷の進展を見立てる ・起こり得る厳しい状況推定する ・起こり得る破壊形態を推定する ・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	e) 対策の決定 ・損傷の進展の見立ての妥当性を評価する ・起こり得る状況の推定の妥当性を評価する ・破壊形態の推定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	・応力状態に不確実性がある可能性を考えつく ・残存耐力に不確実性がある可能性を考えつく e) 対策の決定 ・損傷の進展に不確実性がある可能性を考えつく ・起こり得る状況について仮説を立てる ・起こり得る破壊形態について仮説を立てる
D. メタ認知的知識	・有効な対応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			・維持管理段階に着目すべき部位や損傷を絞り込む	・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	・対策方法を考えつく ・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えつく ・維持管理段階に着目すべき部位や損傷を考えつく

図-2 技術指導事例に基づく技術力の整理の例

もあった。一方、「分析する」「評価する」「創造する」のいずれもこれらの知識の組合せに基づく認知過程として整理することができた。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、前述した事実に知識、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。

5. 道路橋を維持管理する技術力に関する考察

対応プロセスに沿って整理した図-2の高次の認知過程に着目すると、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、以降の対応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」までの対応プロセスには、「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」までの各対応プロセスには、
 - 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、各対応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。

これら対応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、これらに対応プロセスに応じて「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) 有効な対応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。

6. 戦略的な人材育成の実現に向けた考察

4.に示した技術力の構成要素を研修やOJTといった様々な人材育成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できる可能性がある。文献7)においては技術力の構成要素と大学教育の対応の一例を示すことで、実際に戦略的な人材育成を実現し得ることを示した。

しかし、4.に示した技術力の構成要素において重要な位置を占め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。そこで以下では、高次の認知過程に対応する技術力を修得するための人材育成手段について視座を得るため、認知心理学の既往研究に基づいた考察を行う。

波多野⁸⁾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」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）」と呼び、適応的熟達者と区別している。波多野⁸⁾に示される適応的熟達者の有する知識やその特徴を踏まえると、波多野が提案する適応的熟達者は、図-2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、修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修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、高次の認知過程を修得する手段について考察する。

波多野⁸⁾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修得するための人材育成手段の1つである可能性がある。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、高次の認知過程に対応する技術力の修得を目標とする場合には、幅広く知識を得ることができるカリキュラムの研修や課題研究や討議も含むカリキュラムの研修を実施したり、当該技術者が未経験の技術的課題に取り組むことができるように所属部署や担当業務を見直したりすることが有効と考えられる。

7. まとめ

本稿では、実際の道路橋の維持管理で用いられた知識と認知の組合せを、教育分野で開発されたブルーム・タキソノミーの枠組を用いて分類することによって、技術力の解明を試みた。その結果、技術力の全体像と構成要素の一例を具現化して示すとともに、道路橋の維持管理に多く用いられる「高次の認知過程」に対応する技術力を修得し得る人材育成手段の例として維持管理の実務経験等を挙げた。

例えば道路管理者組織に所属する技術者を想定すれば、対応プロセスの一部を建設コンサルタントや建設会社に外注するとしても、方針を決定し、納品される成果が方針に照らして妥当かどうかを評価し、最終的な判断をすることが求められると考えられる。

本稿の整理に照らせばこれらを行う技術力は高次であり、これらに適切に対処できる技術者が継続的に確保できるようにするためには、高次の認知過程に対応する技術力の修得を目標とした人材育成を戦略的に行うとともに継続的に改善してゆく必要がある。

このとき、ブルーム・タキソノミーの枠組を用いた本稿の方法論を適用することが戦略的な人材育成の実現に寄与し得ると考えられる。また、本稿で示した技術力の整理の一例は、目標の設定において参考にする等活用することが想定される。

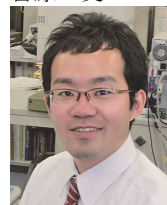
謝 辞

本研究について、堤盛人先生（筑波大学）から多くの有益な助言を頂いた。ここに記して感謝する。

参考文献

- 1) 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
- 2) Anderson, L. W., et al.: Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Longman, 2000
- 3) 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
- 4) 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 回プレストレストコンクリート技術講習会—いま求められるPC 技術—、2019
- 5) 国総研資料第967号、土研資料第4359号：平成28年（2016年）熊本地震土木施設被害調査報告、2017
- 6) 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>
- 7) 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
- 8) 波多野詔夫：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

宮原 史



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター熊本地震復旧対策研究室主任研究官
MIYAHARA Fumi

星隈順一



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路構造物管理システム研究官、現 中国地方整備局企画部長、博士（工学）
Dr. HOSHIKUMA Jun-ichi