

第1章 序論

1.1 はじめに

本小委員会は、『鋼構造物の状態情報取得のためのイノベーション技術に関する調査研究小委員会』と称しており、鋼構造物のスマート管理につながる、状態情報を取得するための技術に特に注目した検討を行ってきた。本小委員会の中では、イノベーションあるいはイノベーション技術とは何かという定義について根本的な議論も必要であるとの認識を共有しながら、イノベーションを生み出すプロセス、考え方、次世代への影響はどのようなものとなるのかという視点から、技術開発の事例を取り上げ、議論を行う形で検討を進めてきた。

現在直面する多くの課題を解決するためには、今後もイノベーションを生み出し続けていくことが必要であると考えられる。新しい技術を構想し、その実現に向けて検討していく中で、アイデアが一気に加速するというような、イノベーションの創造プロセスを事例の中に探索しながら、現代および次世代の技術者や研究者にとって、課題解決に向けたアプローチやヒントとなる知見等を共有することを目指し、報告書として取りまとめるべき検討を進めることとした。

小委員会を実施している時点でも、直面する課題に対する画期的なアイデアや新しい技術、イノベーションが求められている状況にあり、現状、多くの成功例があるとは言い難い状況ではあるが、本報告書において、それぞれの技術の限界や今後突破しなければならない困難や課題についてもできる限り示すことで、今後どのような展開が可能かといった議論が進めば幸いであると考えている。

鋼構造物のみならず、様々なインフラストラクチャーを対象として、スマートメンテナンスという考え方が検討されているが、今後多くのイノベーションの創造が必要であり、また、全体の体系化や考え方の整理も必要となってくる。ここでお示しする議論が、そういった取り組みにおいて、有益な情報となることを願いつつ、以下を取りまとめている。

本章では、イノベーション・イノベーション技術の定義についてレビューをしつつ、イノベーションを生み出す力、イノベーションにより創出される新しい価値、我が国のイノベーションに関わる取り組み等、取り巻く環境に触れつつ、土木鋼構造物を対象とした場合に期待されるイノベーションとして、状態情報取得のための技術に着目した考え、および、本報告書でカバーする範囲を述べる。

1.2 イノベーション・イノベーション技術とは

イノベーション(innovation)の定義については、多くの説明の仕方があるようである。技術革新という和訳をあてられている場合もあるようであるが、適しているかどうかについて議論があるとされる。Cambridge Dictionary オンライン (<https://dictionary.cambridge.org/ja/>)によると、英英辞典において、innovation は、以下のように、新しい考え、初めて用いられる方法、あるいは、そのような考えや方法の利用といった説明となっている。

innovation (noun):

a new idea or method that is being tried for the first time, or the use of such ideas or methods

Mark Dodgson and David Gann (島添順子訳)¹⁾によると、イノベーションの比較的、簡単な定義は、「応用に成功したアイデア」であるとしている。同書では、英国の陶工ジョサイア・ウェッジウッド氏がもたらした多くのイノベーションが紹介されており、“イノベーションがさまざまな形態や方法で起こる”ことを示している。“イノベーションは、組織が創りだすもの、つまりその製品やサービスに起こる。組織がそれらを作る方法にもイノベーションが見つかる。つまり、製造工程やシステム、仕事の構造や慣例、共有の仕組み、共同事業者との協力、そして、非常に重要である顧客とコミュニケーションをとりコンタクトする方法のなかに、イノベーションが存在する。また、地域ネットワーク、企業活動を支えるインフラ、政府の政策など、組織の運営を取り巻く状況についても、イノベーションは生じる。”とも述べている。ウェッジウッド氏の事例から、“イノベーションにはアイデア、知識、スキル、そしてリソースの新たな組み合わせが不可欠”であり、“彼(ウェッジウッド)は、自身の時代に起きていた科学、技術、そして芸術における劇的な進歩を、急速に変化する顧客の要求と結びつける達人であった”と述べている。また、“ウェッジウッドが私たちにもたらした最も深い教えは、技術上の機会を市場機会と、芸術を製造業と、創造性を商業と融合した、その方法にある”とも述べている。イノベーションは、製品などの創りだされたものだけにとどまらず、それを起点とし、広範な領域に様々なイノベーションが生まれるという点は重要であると考えられる。

イノベーションは、革新的なモノ・サービス・システム・ビジネスモデル・組織などによって、従来の常識が覆されるような新たな価値を生み出し、社会全体に大きな革新や変革をもたらすこと、との説明もなされている²⁾。クローズドイノベーション(自社内の資源のみで行い、新たな価値を創造するイノベーション)とオープンイノベーション(社外の組織・機関から知識・技術・ノウハウを取り込んで新たな価値を創造するイノベーション)とがあり、現在は後者が主流となりつつあるとも言われている²⁾。先述のウェッジウッド氏も、オープンイノベーションの主唱者であったとされる¹⁾。異分野融合や産学官連携といった現代の取り組みもイノベーションを創造する有効な活動であると考えられる。

また、イノベーションは、ウェッジウッド氏の例¹⁾にも見られるように、プロダクトイノベーション、プロセスイノベーション、マーケットイノベーション、サプライチェーンイノベーション、オーガニゼーションイノベーションといった種類で整理されることもある²⁾。我が国では、短期で成果をあげようとする取り組みが多い、新たな発想が生まれにくい、クローズドイノベーションに陥りがちといった課題もあるとされる²⁾。イノベーションを起こすようなアイデアは、常識や日常から逸脱したような行動・発言・発想や遊び心から生まれるケースもあり、常識やしきたりを重視する日本社会ではイノベーションにつながるような発想が起こりにくい²⁾という指摘があるとされる。

イノベーションの定義はほかにも見られ、例えば、経済産業省イノベーション100委員会³⁾でのイノベーションの定義は以下のようなものである。革新的な手法で新たな価値を創造したうえで、社会実装し、社会に影響を与えていくという、イノベーションのひとつのイメージが示されている。

イノベーション100委員会における「イノベーション」の定義

研究開発活動にとどまらず、

1. 社会・顧客の課題解決につながる革新的な手法(技術・アイデア)で新たな価値(製品・サービス)を創造し
2. 社会・顧客への普及・浸透を通じて
3. ビジネス上の対価(キャッシュ)を獲得する一連の活動を「イノベーション」と呼ぶ

さらに、Wikipedia (<https://ja.wikipedia.org/>)⁴⁾では、以下のような説明が記述されている。新機軸、新融合、新しい切り口、新しい捉え方、新しい活用法といった説明は、網羅的であり端的に表したものであると考えられる。

“イノベーション（英: innovation）とは、物事の「新機軸」「新結合」「新しい切り口」「新しい捉え方」「新しい活用法」（を創造する行為）のこと。一般には新しい技術の発明を指すという意味に誤認されることが多いが、それだけでなく新しいアイデアから社会的意義のある新たな価値を創造し、社会的に大きな変化をもたらす自律的な人・組織・社会の幅広い変革を意味する。つまり、それまでのモノ・仕組みなどに対して全く新しい技術や考え方を取り入れて新たな価値を生み出して社会的に大きな変化を起こすことを指す。また、イノベーションは国の経済成長にも極めて重要な役割を果たす。”

イノベーションは、5つの種類がある²⁾という説明にも示されているように、アイデアにより様々な領域に影響や変革をもたらすとされる。イノベーションを生み出すには、どのような力が必要なのか、そういった議論もなされており、それは、土木分野、鋼構造分野といった分野での課題においても、有益な議論であると考えられる。

一方、「イノベーション技術」という用語は、google 検索を行ってもあまり見当たらない。技術イノベーションという用語は見られるようである。「イノベーション技術」という用語は、本小委員会の名称において用いられているものの、新しい用語とも考えられる。そのため、この用語については、委員会独自に定義を与える必要があると考え、『新しい考えに基づく技術』、『新しい技術』という端的な意味合いに加えて、『イノベーションを見いだせる技術』、もしくは、『イノベーションにつながり得る技術』というような定義を与えることができると考えることとしたい。技術そのものの新しさもさることながら、技術に見出せるイノベーションとそれにより新しく創造される価値に軸足を置いた視点でも議論を展開できたらと考える。

1.3 イノベーションを生み出す力

イノベーションには、全く何もないところから、新しい機軸を生み出す、いわゆる、0 から 1 を生み出すようなイノベーションと、新しい機軸の方向性の中でより効率化や高度化を進めて、新しいものにつなげるような、1 から 10 もしくは 1 から 100 といったイノベーションがあると考えられる。土木工学の分野に限られることでもなく、通常、イノベーションが必要となる状況としては、ニーズがあり、それに関連した取り組みがなされる中でブレイクスルーが求められているという場合がイメージされる。技術的なニーズについても、全く新しいアプローチということはあまりなく、それまでに誰かがチャレンジしているが、改めて取り組むといった場面が多いのではないだろうか。研究の面でも、参考文献が全くない研究はかなり珍しく、何かしらの先行研究、先行検討がなされていることが通常の場合であろう。既にニーズに対して、多くの検討がなされたり、大学や研究機関などで開発されるシーズとのマッチングにより、イノベーションにつなげる取り組みがなされたり、様々な形でイノベーションの創出が試みられている。その意味で、多くのイノベーションは、1 から 10 もしくは 1 から 100 というイノベーションのカテゴリーが多くを占める中で、全く目新しい 0 から 1 のイノベーションが生み出される場合があるといった状況にあるのかもしれない。

社会の仕組みやシステムにも影響するような 0 から 1 のイノベーション、現状から改善したり高度化が図られたりという 1 から 10（あるいは 1 から 100）のイノベーション、いずれも重要であるが、現状稼働している仕組みやシステムの中で、新しい技術が取り込まれるためには、考え方などを含めて、多少なりとも 0

から1のイノベーションを伴った提案が必要となるのではないかと考えられる。

このような大きなイノベーションを起こすようなアイデアや考えは、どのように創られるのであろうか。技術的な課題に対して、どのようなアプローチを取るかと考えた場合、これまでにないイノベーションを起こす考え方として、近年「アート思考」(長谷川一英, イノベーション創出を実現する「アート思考」の技術, 同文館出版, 2023.)⁵⁾という考え方も提示されている。本書⁵⁾を参考としながら、以下、少しスペースを利用して、イノベーションを生み出すために必要な力について考えてみることにする。

「アート思考」は、“自らの関心・興味に基づき、常識を覆す革新的コンセプトを創出する思考”と説明されている。「アート思考」と異なるアプローチとして、「論理的思考」(物事を体系的に整理することや、道理にそって筋道を立てて考えること)、「デザイン思考」(商品やサービスを使うユーザーの視点からビジネスの課題を見つけ、解決策を考えること。)があるとされ、これまで多くの研究開発は、「論理的思考」や「デザイン思考」に基づき、多くの実績が蓄積されてきたものと考えられる。土木分野においても、これまで「論理的思考」や「デザイン思考」によるアプローチで、技術的課題に取り組んできた面もあると考える。今のところ、土木分野において、「アート思考」はあまり前面に出ていないが、課題に対するチャレンジを繰り返す中で生まれる飛躍の考え方などには、このような考え方も含まれている場合もあるであろうし、今後のイノベーション創出においては、大いに導入される可能性もあると考えられる。一方で、「論理的思考」、「デザイン思考」、「アート思考」を組み合わせることの重要性も指摘されている。

「アート思考」は、0から1を生み出すイノベーションに適しているとされ、「デザイン思考」は、1から10、もしくは、1から100とするイノベーションを得意領域としていると考えられている。「論理的思考」は、これまでの研究成果等を踏まえ、分析的に考える普遍的、客観的思考であり、これまでの主流であったとも考えられる。「論理的思考」を追求することで新しい発見をする場合もあるとも考えられるし、現状よりも圧倒的に効率化するなどで「デザイン思考」に基づくイノベーションもあり得るとも考えられる。そもそも常識や価値観を変えるような、0から1を生み出すようなイノベーションが、それぞれの分野でどの程度求められているかも議論となると考えられるが、0から1を生み出す、あるいは、未知なるものを創出するため、「アート思考」の適用が進められている点は注目に値する。企業が現代アートのアーティストなどとプロジェクトを共同で実施する「アーティストティック・インターベーション」という取り組みも進んでいる。アーティストと協業を進めることにより、思考の飛躍を促すという狙いがあるとされる。

現代アートのアーティストたちが新しいコンセプトを考え出すとき、「興味を持った事象に関して、丹念にリサーチし考えている間に思考が飛躍する瞬間がある」という。技術的な課題に対して、研究開発を行い、課題解決につなげる過程で、このような思考の飛躍が起こると、革新的なコンセプトにつながると考えられる。これは、土木分野においても検討をする余地があるものと考えられる。

また、当該文献⁵⁾では、革新的なコンセプトを考え、実現させるアーティストの3つの力について説明しており、「思考の飛躍」、「突破力」、「共感力」があるとしている。「思考の飛躍」は、自らの興味・関心から、ひらめきやセレンディピティ(予想外の偶然により副産物を得ること)が起き、革新的なコンセプトを考え出すという力であると考えられる。「突破力」は、革新的なコンセプトを実現するための力として必要であるとされており、「共感力」により人々の心を動かすことがイノベーションを展開するうえでは重要となると考えられる。

これまでの研究開発で蓄積された知見や知識を活かし、論理的に考えることのできる力、ニーズに応じて的確に求められるスペックを定め提示する力を高めつつ、思考の飛躍や0から1を生み出す考え方の創出の

ため、アーティストの思考を参考に、革新的なコンセプトを作り出す力を涵養していくことが今後のイノベーションでは必要となってくると考えられる。

1.4 イノベーションにより創出される新しい価値

イノベーションは、革新的なコンセプトにより、新しい価値を創出するものとも考えることができる。これまでできなかったことができるようになることや、これまで手に入らなかった、もしくは、手に入れるのが大変であった情報を、効率的に入手できるといったことは、それまでの常識やならわしに変革を与える可能性があるものである。新しい価値という言い方もできるし、新しい視点の創出という言い方もできるであろう。今まで開発されてきた機器をより良くするためのイノベーションもあるであろうし、新しい機器や計測を行うことによりこれまで得ていなかったデータ、情報を取得できるようになり、より判断材料が増え、画期的なシステムにつながるといった変革が起きると考えられる。

新しい技術の導入には、これまでのルーティンを変える必要があるなど、実装面でのハードルがあるとされるが、新しい技術によってもたらされる、新しい情報や新しい視点を新しい価値と見定め、新しい価値を活かし、よりよい次世代へとつなげる取り組みを進めることは、ひとつの大きな方向性として考えられる。

これまで議論してきたように、イノベーションは、技術そのものにも起きるし、データ分析などのシステムや、それをういたマネジメントシステムなどにも変革をもたらす可能性がある。土木分野、鋼構造物を対象とした場合には、既存の技術をより高度化するといった1から10、もしくは、1から100のイノベーションはイメージがしやすいところであるが、0から1のイノベーションを生み出すことには大きな困難もあるようにも考えられる。しかしながら、0から1のイノベーションによる抜本的な考え方の変革に向けた取り組みは常に意識しておく必要があると考えられる。

モニタリング技術を例にとると、計測により様々な新しい情報をもたらされ、これまで分析できなかったことを分析できるようにもなっている。目視点検のみでは得られない情報を得ることができるようになりつつある。また、モニタリング技術の導入により、数値モデルとの連動、デジタルツイン化などの展開にもつながっている。イノベーションは、様々な分野に広がっていくと考えられる。また、これまで困難であった微小なダメージの検出なども実現されつつある。

「アート思考」という考え方も近年注目されていることもあり、今後の大きなイノベーションへの展開が期待されているものと考えられる。

1.5 我が国におけるイノベーションに関する取り組み

文部科学省「科学技術・イノベーション白書（令和5年度版）」⁶⁾に、科学技術・イノベーション創出の振興に関して講じた施策が示されている。我が国の科学技術・イノベーションに関する行政は、「科学技術・イノベーション基本法（平成7年法律第130号）」に基づき、5年ごとに科学技術・イノベーション基本計画により進められている。国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革のため、Society5.0⁷⁾の具体化を進めるとともに、新たな社会課題のために戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）⁸⁾が実施されている。

これまで、PRISM（官民研究開発投資拡大プログラム）により、AI技術領域、革新的建設・インフラ維持管理技術／革新的防災・現在技術領域などで検討がなされ、令和4年（2022年）には、これまでのPRISMの枠組みから社会実装への橋渡しを行うとして、BRIDGEというプログラムが設定されている⁹⁾。令和5年

(2023年)からは、SIP第3期として、「スマートインフラマネジメントシステムの構築」⁹⁾が進められている。ここでは、Society5.0社会の実現に向けて、『目指す将来像「未来のまち」の基盤となる「未来のインフラ(スマートなインフラ)」として、「インフラ・建築物の老朽化が進む中で、デジタルデータにより設計から施工、点検、補修まで一体的な管理を行い、持続可能で魅力ある国土・都市・地域づくりを推進するシステムを構築する」ことがミッション』とされている¹⁰⁾。鋼構造物をはじめとするインフラのマネジメントシステムのスマート化の検討が進められることが期待される。

戦略的イノベーション創造プログラムという名称にもあるように、イノベーションが必要となる社会課題への取り組みであると考えられる。

イノベーションの創出において、これまでの技術開発で適用されてきた「論理的思考」、「デザイン思考」と、近年注目される「アート思考」⁵⁾の融合といった視点も技術課題の解決に向けて、一考の価値があるとも考えられる。

1.6 鋼構造物の管理において期待されるイノベーション

本小委員会は、鋼構造物の状態情報取得のためのイノベーション技術に関する調査研究小委員会と称し、鋼構造物の状態を把握するための情報を取得することにつながる、新しい技術について調査して、議論を進めることを目的として、活動を行ってきた。

鋼構造物の状態は、鋼構造物とその供用期間に受ける様々な外乱(交通荷重、地震など)や環境等の影響から、損傷・劣化・特性変化が生じ、変わる可能性がある。従来より行われていた目視点検は、今後も重要な状態情報取得手法であり続けると考えられるが、一方で、目視点検で取得し得ない情報の存在、目視点検が困難な箇所が存在、また多くの先端技術の発展などから、新たな状態情報取得手法の開発、適用の可能性に注目が集まっている。近年、鋼構造分野においても、情報、計測、センサ、電気工学、ロボット工学等、異分野との連携・コラボレーションにより、新しい技術(イノベーション技術)を構築する試みがなされている。維持管理面では、点検や計測による情報の収集、取得情報の分析、それらの結果に関するプレゼンテーションといったプロセスにおいて、レーザーや低周波渦電流などを用いた新しい点検・計測手法、AI・深層学習を用いた分析手法、VR・3D画像などによる情報提供技術の適用が検討されている。さらに、計測データに基づき、地震によりどの程度のダメージを受けたのかを評価する新しいデータ分析手法なども進められており、耐震面での状態情報取得の取り組みも検討されている。このような新しい技術の適用は、これまで得られていない新しい情報の取得を可能とし、それらを活用した新たな状態診断システムの構築へつながるとも考えられる。一方、これらのイノベーション技術は多岐にわたっており、構造物の状態診断という観点から、現状と課題を整理し、今後の展望を踏まえ議論を進めることは重要と考えられる。

先述の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)⁸⁾では、第1期においても、インフラ維持管理・更新・マネジメント技術についての取り組みがなされ、多くの技術の提案がなされた。一方、国土交通省では、今後の道路インフラのメンテナンスについて、技術開発のニーズ¹¹⁾について示すとともに、画像計測技術、非破壊検査技術、計測・モニタリング技術、AI等の新技術活用の方性の検討がなされている¹²⁾ほか、令和4年度より、直轄国道の橋梁とトンネルの定期点検業務において、点検支援技術の活用を原則化¹³⁾することにより、定期点検の高度化・効率化を推進することとなっている。現状、点検支援技術の活用を原則とする項目は、橋梁では、「近接目視による状態の把握が困難な箇所での写真撮影・記録」、「3次元写真記録」、「機器等による損傷図の作成」、「水中部の河床、基礎、護床工等の位置計測」、トンネルでは、「トンネル内面の覆

工等の変状（ひび割れ，うき，剥離等）を画像等で計測・記録」が設定されている．点検支援技術性能カタログ¹⁴⁾の整備が進められており，既に多くの技術が掲載されているほか，今後も更新がなされるものと考えられる．

先述のように，本小委員会（土木学会鋼構造委員会鋼構造物の状態情報取得のためのイノベーション技術に関する調査研究小委員会）は，鋼構造物の状態情報取得，状態診断のためのイノベーション技術の現状を把握するとともに，状態診断に関する考え方や今後の新しい課題創造に向けた議論を行うことを目的として検討を行ってきた．本小委員会は，上記のような新技術活用の流れにあって，新しい技術を取り上げ，それぞれの技術に見出されるイノベーションについて議論し，将来のイノベーションにつなげるべく，新しい技術の開発の経緯やブレイクスルーなどを示し，今後の技術開発のヒントになるような情報として共有することを目指した．

具体には，本小委員会では，検討項目としては以下のようなトピックを考え，先端的な技術の情報収集，共有を行い，活発な議論を行った．道路構造物に関する事例紹介が多いものの，図-1 に示すように，道路施設や砂防関係施設，河川・港湾管理施設，鉄道施設，空港施設などのインフラ構造物に広く適用できるイノベーション技術として位置付けている．

- ・ 点検・計測に関するイノベーション技術
 - 点検における技術
 - 計測・モニタリングにおける技術，新しい応力センシング技術等
- ・ データ分析に関するイノベーション技術
 - 機械学習・深層学習等による分析技術
 - 地震時の損傷分析技術
- ・ 補修・補強による状態変化評価に関するイノベーション技術
 - 補強部材のモニタリング技術等
- ・ 状態情報を用いた状態診断の考え方と評価方法（Load Rating 等との関連を含めることを想定）
- ・ 点検・計測・分析結果等のプレゼンテーション技術

議論を進める中で，特に，以下のような5つのカテゴリー（①～⑤）に分けて，イノベーション技術の状況や開発過程等について検討する整理することとした．

- ◇ 点検における情報取得の高度化（カテゴリー①）
- ◇ 計測・データ分析技術の開発（カテゴリー②）
- ◇ 電源・発電に関する技術（カテゴリー③）
- ◇ 状態情報に関するプレゼンテーション技術（カテゴリー④）
- ◇ 状態情報を用いた状態診断（カテゴリー⑤）

なお，本小委員会は，既往の技術を全て紹介しカバーすることも重要であるとの認識ももちつつ，将来に向けて，新しいイノベーション技術につなげる議論をすることに主眼を置いた検討を行っている点が特徴であると考えている．本報告書は，議論の成果を整理して，未来につながる情報の提供を目指し，まとめたものである．



図-1 本小委員会で取り上げるイノベーション技術の範囲（文献 15 記載の図に追記して作成したもの）

参考文献

- 1) Mark Dodgson and David Gann (島添順子訳) : Innovation, A very short introduction, イノベーション, 世界を変える発想を創りだす, 白水社, 2023.
- 2) IDEA GARDEN HP (<https://products.sint.co.jp/ideagarden/blog/innovation#toc-1>)
- 3) 経済産業省イノベーション100委員会レポート :
https://www.meti.go.jp/policy/economy/keiei_innovation/kodoshishin/pdf/1kiinove100.pdf, 2016.
- 4) Wikipedia (<https://ja.wikipedia.org/>)
- 5) 長谷川一英 : イノベーション創出を実現する「アート思考」の技術, 同文館出版, 2023.
- 6) 文部科学省 : 科学技術・イノベーション白書 (令和5年度版), 2023.
- 7) 内閣府 HP (https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)
- 8) 内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) HP (<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>)
- 9) 内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) HP , スマートインフラマネジメントシステムの構築
(<https://www.pwri.go.jp/jpn/research/sip/index.html>)
- 10) https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/sip_3/keikaku/09_smartinfra.pdf
- 11) 国土交通省 HP, 道路行政の技術開発ニーズ一覧 (<https://www.mlit.go.jp/road/tech/donyu/xlsx/needs.xlsx>)
- 12) 国土交通省 HP, 新たな国土交通省技術基本計画の方向性について
(<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001372055.pdf>)
- 13) 国土交通省 HP (<https://www.mlit.go.jp/road/tech/index/pdf/chokatukokudu.pdf>)
- 14) 国土交通省 HP, 点検支援技術性能カタログ (<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/>)
- 15) 土木学会技術推進機構 : SIP インフラ連携委員会報告 インフラ維持管理への AI 技術適用のための調査研究報告書, 2019.