

包摂的な社会における持続可能なインフラ維持 管理実現に向けた新技術導入調査とその考察

森 勇太¹・中島 道浩¹・山本 亨輔²

¹ 法人正会員 八千代エンジニアリング株式会社 事業統括本部 社会マネジメント事業室
(〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー)

E-mail: yt-mori@yachiyo-eng.co.jp, mch-nakajima@yachiyo-eng.co.jp

² 非会員 筑波大学 システム情報系 准教授 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1)

E-mail: yamamoto.kyosuke.fu@u.tsukuba.ac.jp

インフラの持続可能性を確保するには、特に、維持管理スキームを社会環境の変化や新たな技術革新に
適応、発展させていくことが重要である。我が国では、インフラの一斉老朽化によって、点検・補修需要
が増大しているにもかかわらず、担い手は減少し、インフラの持続性はむしろ低下している。したがって、
人員確保、費用抑制、省力化に繋がる新技術・実施体制の導入が求められてきた。本稿では、ドローン撮
影点検技術の実装が、身体障害者の参画を促し、人員確保に繋がる可能性を検討した結果と包摂的な社会
における持続可能な維持管理について考察した。

キーワード：包摂的な社会、持続可能な維持管理、橋梁、新技術、アセットマネジメント

1. はじめに

我が国は、第6期科学技術・イノベーション基本計画
において、Society 5.0 を「持続可能性と強靱性を備え、
国民の安全と安心を確保するとともに、一人ひとりが多
様な幸せ (well-being) を実現できる社会」と定義し、そ
の実現を目指してきた。Society 5.0 は人間中心の社会で
あり、持続可能性と強靱性を獲得する具体的手段として、
サイバー空間とフィジカル空間の融合が志向されている。
つまり、社会の様々な構成要素をデジタルツイン化して
いくことが期待されている。先ず、行政部門の幅広い分
野でDX (Digital Transformation) を促し、先端的サービス
の実装例を社会で共有していくことが望ましい。

一方、我が国の現状は、多くの地方自治体がコスト問
題と人材不足に直面する中、都市政策は抑制され、イノ
ベーション・サイクルが非活性化している。各自治体が
都市力を回復し、持続可能で強靱な Society 5.0 を実現す
るには、このコスト問題と人材不足の解決が避けられな
い。つまり、全ての市民を担い手とするデジタルツイン
・データ連携サービスによって、都市の諸課題を一つ
ずつ解決していく必要がある。

インフラメンテナンス分野では、一斉老朽化により点
検・補修需要が増加¹⁾しているにもかかわらず、技術者

の高齢化や自治体で土木系職員が削減されたことで、担
い手不足が深刻化している。一方、点検・補修プロセス
の中で、新技術の活用により効率化・高度化が検討され
ている。その中で、ドローンやセンサ等による現地作業
が低減される技術が導入されることで、高齢者や身体障
害者が参画可能となり、コスト問題と人材不足を解決し
ながら、インフラをデジタルツイン化できる。

ただし、障害者がドローン操縦者としてインフラ維持
管理分野に参入する場合、健常者の操縦者との差別化や
市場優位性をどのように確保するかが課題となる。また、
点検も3巡目に入り、近接目視を前提とした現場把握技
術は、画像解析・センサ等の発達によりデータに基づく
点検などに変革される可能性がある。したがって、社会
制度変革の可能性も考慮して、障害者のドローン操縦者
としての参入可能性を検討する必要がある。

本稿では、茨城県つくば市をフィールドに、スーパー
シティ・デジタル田園健康特区における規制・制度改革
の実現と先端的サービスの早期実装を目的とした令和5
年度「先端的サービスの開発・構築や先端的サービス実
装のためのデータ連携等に関する調査事業²⁾ (以下、本
調査という) の一環として、ドローンの導入によるイン
フラ維持管理分野への身体障害
者 (以下、障害者とする) の参入可能性を調査した結果

とその考察について述べる。

なお、本調査では、上記以外の維持管理における以下の実証を行っている（図-1、図-2）。

- ① 三次元モデルを活用したAI診断の信頼性検証
- ② センサデータの継続的取得による措置判断の支援
- ③ 収集データ活用モデルの検討
- ④ 包括管理等の事業手法の実現に向けた調査

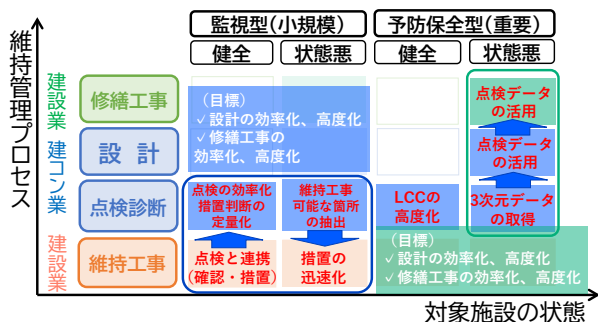


図-1 規模・状態別の維持管理

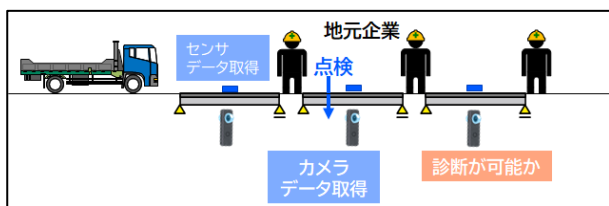


図-2 小規模橋梁のセンサデータを活用した維持管理

2. 包摂的な社会実現のための課題

包摂的な社会を目指す上では、ヒトやカネ、モノ、情報における種々の課題を解決していく必要がある。そうした中、特にヒトの観点においては、我が国における社会的な問題である少子高齢化の影響で、特に生産年齢人口の減少による人的リソースの確保が懸念されている。わが国においては、人的リソースの確保のために労働基準法の改正や賃上げにより、働き方改革が推進されてきた。しかし、それらの改革のみではいまだ如実に効果が発現されているとはいえない。

つくばスーパーサイエンスシティ構想の中では、誰一人取り残さないSDGsの精神のもと、出口の見えない社会課題の克服や革新的な暮らしやすさを実現する住民を中心としたスーパーシティを目指している。また、SDGsの目標のうち、8「働きがいも経済成長も」や10「世界中から不平等を減らそう」の観点では、障害者の雇用機会の創出は一つの社会課題の解決に向けた取り組

みになると考えられる。日本WHO協会³⁾によると世界人口のうち13億人が重大な障害を経験しており、これは世界人口の16%にあたりとされ、6人に1人という割合となる。特に日本国内は、障害者白書⁴⁾によると436万人の身体障害者が暮らしている。これは、国土交通白書⁵⁾の我が国における就業者数（約6,747万人）と比べると約15人に1人が障害者という割合となる。

今後の担い手不足が懸念されているインフラメンテナンス分野（建設業）においては、厚生労働省資料⁶⁾より障害者雇用率は、2.09%と全体平均の2.33%を下回っており、現場での就業機会が多くなることから障害者の雇用は進んでいない。

これらのことから、包摂的な社会（障害者雇用の観点）と持続可能な社会（担い手不足の観点）の二つの社会課題解決に向けた一つの取り組みとして、障害者の操縦したドローンによるインフラ点検について、調査を行った。

特に、本調査の対象は、インフラ施設のうち、道路法施行規則等で、点検（診断）は、必要な知識及び技能を有する者が行うことが明記されており、一般的には有資格者が点検を実施している橋梁を対象とした調査となる。

3. 障害者のドローンによるインフラ点検

(1) 調査概要

インフラの老朽化が進み、メンテナンスを担う技術者が不足する中、インフラの維持管理において、ドローン等新技術の活用が促進されている。また、申請によりドローンの目視外、有人地帯飛行が可能となり、操縦に支障となる病気等（例えば、視覚が不自由等）が無ければ、障害を有する者でも操縦者技能証明が取得できる。つまり、障害者がドローン操縦者になることも期待されている。



図-3 参加者集合写真

一方、橋梁の定期点検に当たっては、道路法施行規則の中で、必要な知識と技能を有する者が行うこととされており、国から発注される定期点検業務を行う担当技術者についても、公共工事品質確保法に基づく国交省登録資格を有することや、講習を受講していることが求められるが、障害者がドローンを利用して点検業務を行うことを想定した資格や講習は行われていない。

そこで、本調査では障害者がドローンを利用して行うことのできる点検業務の範囲を検証するため、障害者のためのインフラ点検講習カリキュラムを検討し、計三回の講習会を試行した。講習会においては、学生から高齢者、聴覚障害者から車いす利用の方等、多様な方々にご参加いただいた（図-3）。

(2) インフラメンテナンス分野参画のための実証内容

インフラ施設のうち、特に国の橋梁定期点検では、有資格者（公共工事品質確保法に基づく国交省登録資格を有する又は、講習を受講したことで、橋梁定期点検に必要な知識と経験を備えると認められる者）が、点検・診断を実施することが一般的であり、データ収集（変状の発見）とデータ分析（診断）の作業が一元化されている。このことから、ドローン等の新技術を活用しても操縦者の隣で有資格者が見るべき部分・部位を操縦者に伝え、適切にデータ収集をする必要があり、コストメリットを発生させることが難しい。そのため、効率的に点検・診断を実施できるよう、将来的にデータ収集をデータ分析から分離し、有資格者以外も携われるようにすることが望ましい。

しかし、橋梁等のインフラの多くは、多数の部材から構成される複雑な構造物であり、劣化・損傷の進展プロセスも多種多様であり、有資格者が関与しないデータ収集は、変状の見落としに繋がる懸念がある。

ドローンの飛行にあたっては、航空法第132条の86第2項3号によって、技能証明がない者がドローンを操縦する場合、ドローンは物件（対象物）との間に適切な距離を保つことが定められている。また、人口集中地区（DID：Densely Inhabited District）の場合、事前申請が必要となり、ドローンの操縦者は、技能証明を取得し、国土交通省航空局にドローンの飛行計画を提出し、許可を得て、安全なドローン運転を実施する義務がある。

これらのことから、橋梁の点検を目的としたドローンの操縦者に対しては、橋梁の点検に関する資格までは求めないまでも、橋梁に関する最低限の知識と、ドローンを安全に運行するための基礎知識・技能を学ぶための講習会を行うことが望ましいと判断し以下の講習会を設定した。

なお、ドローンの飛行にあたっては、航空法上の理由等から、体育館での検証を行った。概要を以下に示す。

- ① 第一回講習会は、ドローン安全運転の基礎や橋梁の老朽化問題、模型を用いた橋梁構造の理解、未来の橋梁維持管理の座学を実施（図4）



図4 第一回講習会

- ② 第二回講習会は、プロの操縦者からドローン操縦の操縦方法を学び、目標とする対象物を写真及び動画のデータが取得可能かを検証（実際に橋梁点検を実施している技術者が撮影した写真、動画と比較）（図-5）

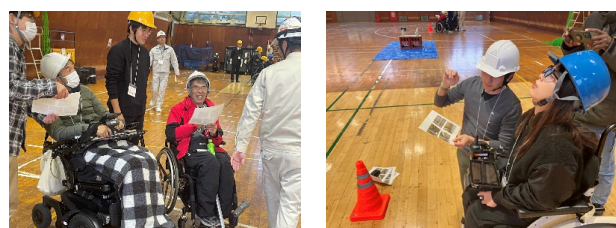


図-5 第二回講習会

- ③ 第三回講習会は、点検現場までの移動や、点検現場の環境に起因する身体的負担を減らす手段として有効であると考えられる目視外での遠隔操縦を検証（図-6、図-7）

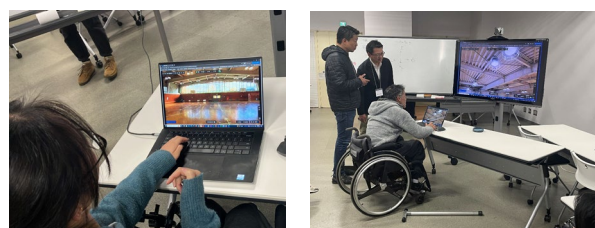


図-6 第三回講習会



図-7 遠隔によるドローン操縦

(3) 結果

第二回講習会で実施した障害者と健常者（技術者）の取得したデータを比較すると、目標とする対象物の半数以上を発見し写真を撮影できることが確認できたが、写真の精度は技術者と比べ低くなることが確認された。一方、動画であれば、すべての損傷を技術者の写真と同程度の精度で撮影できることが確認された（図-8）。

第三回講習会では、目視外によるドローンの操縦においては、すべての損傷を発見し、技術者の写真と同程度の精度で写真を撮影でき、動画においても、同様に撮影できることが確認された。これは、目視外による操作により、映像に集中できることや身体的負担が軽減されたためと考えられる。

これらのことから、ドローンの操縦技能が習熟することにより、収集データの精度も保証できるものと期待でき、障害者のインフラメンテナンス分野でのデータ収集においては、活躍を期待することができ参画の可能性は十分に示された。なお、本調査は、体育館での実施であるため、今後実際の現場環境下で、ドローン飛行をすることによる弊害等も考えられることから、これらについても検証していく必要がある。

また、講習会後に障害者にアンケートを実施したところ、以下のような課題も挙げられた。

- ドローンの騒音等による聴覚障害者との意思疎通
- ヘルメットの装着等の日常的ではない環境の変化による負担
- 長時間のドローン操縦による疲労感 等

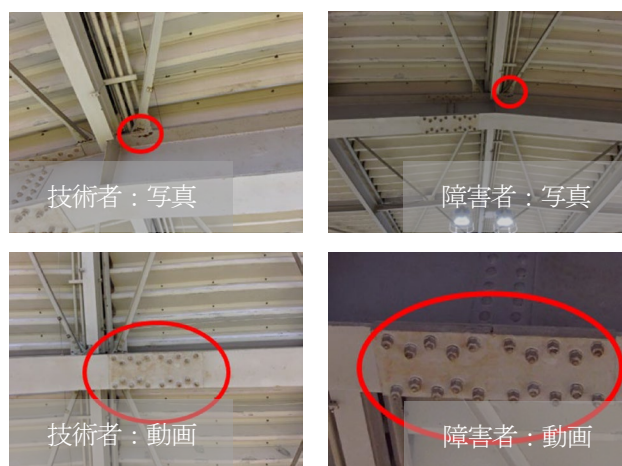


図-8 写真及び動画の比較（左：技術者，右：障害者）

4. 障害者の市場参画への可能性

本調査により、障害者が点検・診断に有効なデータを取得することができる可能性があることを確認すること

ができた。一方で、施設管理者（自治体職員等）は、あえて障害者をドローン操縦者とする必要はなく、健常者で経験豊富な技術者に依頼しても同様の結果が得られることを踏まえると、障害者がインフラの維持管理分野に参画する場合、市場競争力をどのように獲得させるかが課題となる。

一つの可能性としては機材や操縦者が必要となるドローン点検では、コストメリットが発生し難い小規模橋梁等に対して、データ収集を行う形がある。現状の制度を明確に捉えると、リモート等で適切なデータ収集を実施できれば、有資格者は現場に居なくてもよいと捉えられる。したがって、小規模橋梁をドローンによって点検する場合に、当該橋梁に直接的にアクセスするのは、ドローン操縦者（障害者）だけとし、有資格者はリモート等で適切なデータを収集するために指示を出す等効率化を図ることにより、コストの削減を図ることができる。このように、運用面での検討をしていくことにより、実務において障害者のドローンによる橋梁等のインフラの維持管理の需要が広がる可能性がある。

また、大規模橋梁等においてはすでに、ドローンによる定期点検やドローンで取得したデータによるインフラ施設の三次元化が進んでいるところであり、これらのデータ取得を障害者の操縦するドローンにより取得することも一つの市場参画への可能性と考える。

5. 包摂的な社会を実現するための取り組み調査とその考察

包摂的な社会を実現するためには、先端技術と障害者の社会参画の高い親和性と社会的な仕組みの重要性であると考えられる。

障害者の新規参画を促すことは、包摂的な社会を実現するための原動力となるだけでなく、インフラメンテナンス分野における担い手不足（人的リソース）を解消し、インフラの安心・安全なサービスの提供にも資する有効な選択肢の一つと期待できる。

先端技術（ドローン等）を活用することによる障害者の社会参画への可能性は大きく、そのための仕組み作りが重要である。特に、障害者が資格取得できる制度作りや参画しやすい環境の整備、自治体や民間事業者とのマッチングの仕組みについて検討を進めていく必要がある。

また、ドローン操縦は可能であっても、持っている障害の種類により、その操縦環境が大きく作用されやすく、操縦者にとってもバリアフリーな環境を整備していく必要もある。

6. ISO55001 の要求事項と本調査の取り組み

アセットマネジメントの国際規格 ISO55001 のもと、アセットマネジメントシステムに要求される事項を参考とした場合、本調査において、特に障害者雇用の観点では、「7 支援」の「7.1 資源（人的リソース）」の確保に大きく寄与するものであると考える。

一方で、本調査で活用した新技術を念頭に置くと、技術的に現状の管理方法に対し、全て満足できているとは限らず、目標に対しては不確かさの残る部分もあり、今後の技術発展にも期待しているところである。

表-1 ISO55001 の要求事項と本調査との関係

ISO55001 要求事項		本実証との関連
4. 組織の状況	4.1 組織及びその状況の理解	・インフラ施設の全国的な老朽化 ・維持管理コストの増大 ・高齢化による担い手不足
	4.2 ステークホルダーのニーズ及び期待の理解	
	4.3 AMSの適用範囲の決定	
6. 計画	6.1 AMSのためのリスク及び機会への取組	・障害者が参画できる範囲の考察と実証
7. 支援	7.1 資源	・人的リソースの確保（身体障害者） ・障害者用点検のためのドローン講習会 ・アンケート等による現状の力量把握
	7.2 力量	
	7.3 認識	
	7.4 コミュニケーション	

7. まとめ

我が国のインフラに関する課題である、担い手の確保に向けては、橋梁を対象にした障害者によるドローン点検の調査により、現状でいくつかの課題が挙げられたが、障害者を迎え入れる体制や現状の仕組みを変えること、新たな市場価値を形成することにより、十分にインフラメンテナンス分野における人的リソースの確保（障害者の参画）の可能性はあることが確認できた。また、講習会の参加された学生や高齢者からは、今まで自身ができると思っていたなかったインフラ施設の点検等が、できる可能性が高まり、技術革新は目覚ましいという意見があり、とても参加に意欲的な方が多く、今後の技術発展にも期待し、意欲的に障害者が参加できる市場を形成する必要性がある。

また、近年取り組まれている包括的民間委託が進むことにより、データ活用の意味、価値が高まることで、データに基づくインフラ管理が推進されるものと考えている。ドローン等によるデータ取得価値が高まることで、障害者のインフラメンテナンス分野への参画においては、これらの複数年契約等を含んだ官民連携手法との組み合わせにより、障害者の力量の向上や障害者参画への関連機関の理解等より効果を発揮することが期待できる。

インフラについては、本年1月に発生した「令和6年能登半島地震」でも明らかになったように安心・安全に誰もが利用できる状態を保つことが求められている。自

然災害の発生時には、早期の安全性確認や迅速な災害復旧・復興が必要とされるが、一般的に地方自治体では関連部署である道路管理部局と危機管理部局間などで情報共有を、平常時から常時行っているケースは少なく、今後は関連部署による情報共有の仕組みが必要と思われる。

一方、行政のデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進する過程で、地方自治体においては、業務効率化の観点だけではなく、EBPM に基づいた行政施策も求められており、民間サービスや技術のカタログ化を通じた自治体経営の支援が府省を超えた全般的な動きになっている。

本調査を通じてインフラ分野における障害者の参画や先端技術を用いたデータ連携・利活用の可能性が検証されたことから、民間のサービスカタログ化の動きを活用し、自治体関連部局の連携のもとインフラと防災分野における平常時からの情報共有に基づく自治体業務全体の効率の向上とステークスホルダーへの情報発信などを通じた安心・安全の街づくりを図ることがステークスホルダーにサービス（価値）を提供する意味でも非常に重要であると考えられる。

官民連携によってインフラの維持管理と防災対応をフェーズフリーで運用管理することは、今後益々の激甚化が予測される日本において、自然災害や一斉老朽化するインフラメンテナンスに向けた一石二鳥の解決策であることから、国家戦略特区での調査・実装を通じ、同様の課題を抱える地方自治体への展開が望まれる。

謝辞：

本調査の実施にあたり、内閣府、フィールドを提供くださいましたつくば市、講習会にご参加いただいた障害者のみなさまならびに協力会社の方々に多大なるご協力をいただきました。ここに感謝の意を表し、深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 令和5年度 先端的サービスの開発・構築や先端的サービス実装のためのデータ連携等に関する調査事業 結果概要、内閣府地方創生推進事務局、2024. 4
<https://www.chisou.go.jp/tiiki/kokusentoc/supercity/pdf/4-R6-JIGYOHOUKOKUGAIYOUBAN.pdf>
- 2) 第5次社会資本整備重点計画, p5, 国土交通省, 2021. 5.
- 3) 障害者 | キーファクト（主要な事実）, 公益社団法人日本WHO協会, 2023. 7.
- 4) 令和6年版 障害者白書, p223, 内閣府, 2024. 6.
- 5) 令和6年版 国土交通白書, p6, 国土交通省, 2024
- 6) 令和5年 障害者雇用状況の集計結果, p13, 厚生労働省, 2023. 12.