

1 日本を襲う二つの「高齢化」

わが国は二つの「高齢化」に直面している。一つは「モノの高齢化」（＝ハードインフラの老朽化）であり、もう一つは「ヒトの高齢化」（＝高齢者の増加）である。

1) ハードインフラの老朽化

ハードインフラの中でも、特に橋梁（きょうりょう）やトンネルについては、2007年の米国ミネソタ州での落橋事故や2012年の笹子トンネルにおける天井板落下事故などにより、劣化による危険性が広く認識されている。しかし、劣化による危険性が認識されているにもかかわらず、具体的な取り組みは始まったばかりである。

一例として、橋梁の維持管理においては、2014年以降、全橋梁について5年に1回の近接目視による法定点検が国土交通省令で規定されているものの、あくまで「点検」のみが義務付けられているのであり、その後続く「修繕」については本稿執筆時点においては義務付けられていない。橋梁の点検や修繕に対しては、国による補助制度も整備されており、点検や修繕にかかるコストのうち、55%については国費で補助される仕組みとなっている。しかし、地方公共団体においては、法定点検を実施することを優先しているため、その後続く修繕に関しては十分に手が回っていないケースも散見される。実際に、国土交通省によれば^{*1}、点検に関し

ては、全道路管理者合計で、2016年度までに54%が実施済みであり、2018年度時点で全管理橋梁の点検が完了するものと見込まれる。一方で、修繕に関しては、もっとも危険度が高い判定区分Ⅳの橋梁のうち、8割程度には修繕・架け替え、撤去・廃止などの措置がとられているものの、残りの2割程度については方針が未定となっている。次に危険度が高い判定区分Ⅲ、判定区分Ⅱについても、修繕着手の進捗（しんちよく）は2割以下となっている。また、日本国内の橋梁については、建設から50年が経過した橋梁の割合（建設年度が不明な橋梁を除く）が、2017年度時点では23%であるが、10年後には48%が建築後50年以上となる。したがって、日本における橋梁管理の現状は、「補助制度があるため全数点検はおおむね行うことができている」ものの、「点検で発見された損傷箇所の修繕は十分に行われていない」のが現状であり、「老朽化した橋梁数は今後急激に増加する」ため、このままでは適切な維持管理が成り立たず、近い将来に落橋事故が発生する可能性も少なからずあると思われる。

なお、橋梁の例でも見られるような劣化の進行は、その他のハードインフラ（トンネル、下水道管きよなど）でもおおむね同様の状況^{*2}であり、適切なマネジメントを限られた資金でいかに行うかという問題は、多くのハードインフラに共通したものである。

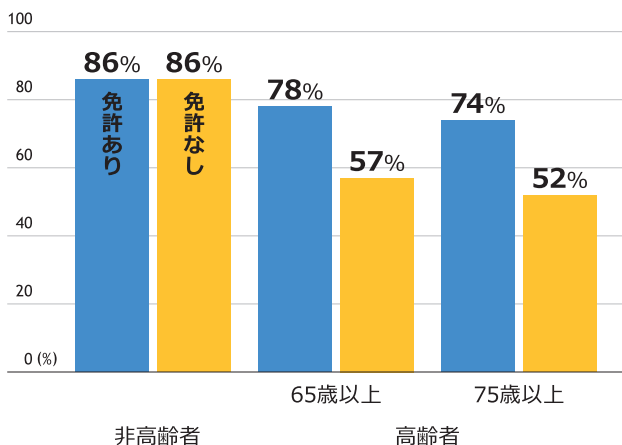
2) 高齢者の増加

日本における高齢者人口は、年々増加している。また、健康寿命（日常生活に制限のない期間）も伸びており、「人生100年時代」といったフレーズが注目を集めている。

高齢者の暮らし向きに関しては、平均的には良好であり、内閣府による調査^{※3}によれば、「家計にゆとりがあり、まったく心配なく暮らしている」「家

計にあまりゆとりはないが、それほど心配なく暮らしている」と回答した高齢者が全体の半数以上を占めている。一方、同調査によれば、労働意欲について、「働けるうちはいつまでも」収入を伴う仕事をしたいと回答する高齢者が42%おり、60歳以降も何らかのかたちで働きたいと回答した高齢者は全体の9割を超える。これらのことから、高齢者は比較的家計に余裕があるケースが多いものの、QOL（Quality

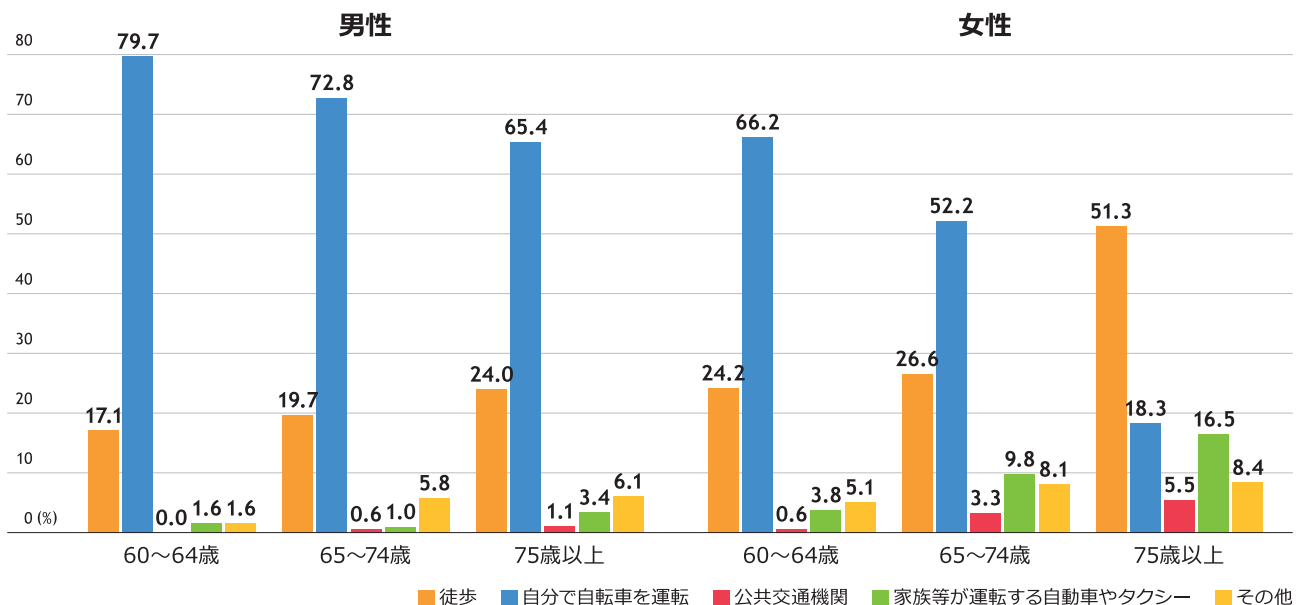
図表1 高齢非高齢別・免許有無別の外出率



出所) 国土交通省^{※4}

- ※1 道路メンテナンス年報 : http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/pdf/h28/29_03maint.pdf
- ※2 社会資本の老朽化の現状と将来 : http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02_01.html
- ※3 平成29年版高齢社会白書 : http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/zenbun/pdf/1s2s_02.pdf
- ※4 高齢者の生活・外出特性について : <http://www.mlit.go.jp/common/001176318.pdf>
- ※5 高齢化の状況 : http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/html/zenbun/s1_3_2.html

図表2 買い物に行くときの主な手段



(注) 回答条件は日常の買い物の仕方です。「自分でお店に買いに行く」と回答した者
出所) 内閣府^{※5}

Of Life) の観点から高い労働意欲を持っている者が一定程度存在し、労働が QOL 向上のための重要な一要素となることが分かる。

次に、高齢者のモビリティについて、高齢になるほど外出しない傾向が見られるが、これには運転免許の保有の有無が与える影響が大きい。運転免許を保有している高齢者と保有していない高齢者の外出率を比較すると、20 ポイント程度の差がある（図表 1）。免許を保有する高齢者に関してはその多くが自動車などを活用していると考えられ、実際に高齢者が買い物を行う際には、ほとんどが自分で車を運転して店舗に行っている（図表 2）。一方で、免許がない高齢者については、公共交通機関のみしか移動手段がないという層も一定数いるものと考えられる。

2 二つの「高齢化」にデジタル技術が与える影響

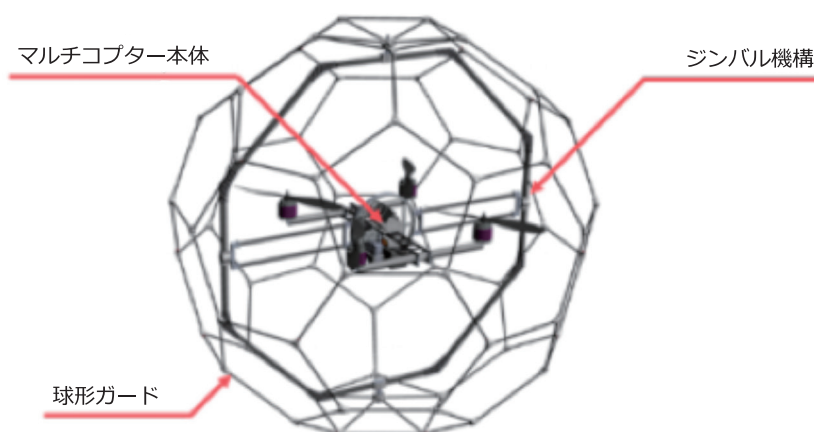
本章では、前章における現状の整理結果を踏まえ、今後期待されるデジタル技術の導入の結果、二つの「高齢化」にどのような影響が及ぼされるかを考察する。

1) 「ハードインフラの老朽化」にデジタル技術が与える影響

前章で述べたとおり、ハードインフラの老朽化は急速に進むため、適切な点検と修繕の実施が必須である。一方で、インフラの管理者には、予算や人員の制約があるため、すべての管理インフラに関して適切な点検と修繕を実施するのは難しいのが現状である。そのような状況下で、デジタル技術を活用することでインフラの点検を効率化しようという取り組みが、内閣府による「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）^{*6}」をはじめとして進められている。

現在開発が進められている、デジタル技術を活用したインフラの点検技術は、ドローンを用いることで、従来型の点検員による点検では接近が難しかった箇所への接近や点検に必要なリソースの削減（橋梁点検車や足場なしでも長大橋の点検が可能など）を実現することを目指した「ドローンを活用した遠隔モニタリングシステム」と、構造物にセンサーを設置し、高い頻度でモニタリングを行うことで、異常を迅速に検知し、管理者に伝達する「センサーの設置による遠隔モニタリングシステム」の大きく二

図表 3 東北大学による「球殻ドローン」



出所) 国立研究開発法人 科学技術振興機構^{*7}

つがある。本節では、デジタル技術を活用したインフラの点検技術に加え、インフラの廃止や更新に関わる事例を紹介する。

(1) ドローンを活用した

遠隔モニタリングシステムの開発事例

現在、開発が進められている技術の一つに、東北大学による「球殻ドローン」がある。このドローンはカメラを搭載した本体部分を球形のガードが取り囲んでおり、点検中にドローンが構造物と接触しても問題ないような仕組みとなっており、特に狭隘（きょうあい）部の点検でその真価を発揮すると考えられるものである（図表3）。点検に際しては、本体のカメラで構造物の外観を撮影し、表面の劣化状況を、画像を用いて診断する。本体のカメラでは0.2mm幅の損傷を抽出することが可能^{※7}であり、国が定めた点検要領で求められる水準に合致した性能を具備している。

また、ルーチェサーチ株式会社によるドローンも現場検証で高い評価を得ている^{※8}。このドローンは、橋梁の点検だけではなく、災害調査などの用途も想定しており、GPS電波の捕捉状況が悪い条件下においてもスムーズに制御することができるという特徴がある。

(2) センサーの設置による

遠隔モニタリングシステムの開発事例

オムロン ソーシャルソリューションズ株式会社、東京工業大学による「橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム」^{※9}は、管理橋梁に各種センサーを設置し、遠隔で監視を行う技術である。本システムで使うセンサーは、後付けで設置することができ、また、センサーと同様に設置する太陽光発電設備から給電がされるため、電源確保の問題がないことが特徴で

ある。本システムの導入により、人件費をかけずに橋梁を監視し、問題があればすぐに対応を行うことが可能となる。

近年では、インフラの点検員の高齢化や点検員数の減少が問題となっているが、これらのデジタル技術の活用により、少ない点検員で点検が可能となる見込みがあるほか、点検の質が平準化される（現状では点検員の経験量によって点検の質にばらつきがあるものと想定される）というメリットがある。あわせて、常時モニタリングが可能であるようなデジタル技術を導入すれば、リアルタイムに劣化をモニタリングし、必要に応じて迅速に修繕を行うことが可能となるので供用期間も延びることが想定され、ライフサイクルコスト低減効果も期待されている。

※6 「SIP」は、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラムであり、インフラ維持管理・更新・マネジメント分野だけでなく、次世代パワーエレクトロニクス、自動走行システム、サイバーセキュリティなど幅広い領域に関する取り組みがなされている。

※7 研究開発の目的・内容：<http://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/kadai/k07-50.pdf>

※8 橋梁維持管理技術の現場検証・評価の結果：<http://www.mlit.go.jp/common/001125338.pdf>

※9 研究開発の目的・内容：<http://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/kadai/k07-24.pdf>

※10 電気通信サービスを提供する過程で発生する運用データ（位置データおよび属性データを含む）を、社会の情報基盤の構築・整備を目的として統計化した特定の個人を識別できない情報（モバイル空間統計に関する情報：https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/）。

(3) スマート・プランニングの導入事例

今後、インフラの老朽化に伴って、インフラの廃止を決断しなければならない場面が訪れる可能性が高いと考えられる。インフラの多くを管理しているのは地方公共団体であるが、その多くは、今後、人口減少による財政状況の悪化が見込まれ、交付金や補助金についても、いつまで現在のような水準が維持されるか不透明であり、そのような状況を改善するためには固定費であるインフラの整備費や維持管理費を削減する必要がある。

しかし、インフラの廃止に関しては、周辺住民との合意形成をいかに行うかという問題があり、その意思決定過程の共有や客観性の担保が重要となる。これまでにインフラの廃止が行われた事例では、地域住民に廃止を諮るなどの取り組みがされていたが、デジタル技術の活用により、より客観的な判断材料をそろえることが可能となる。例えば、NTTドコモが保有する「モバイル空間統計」^{※10}を用いることで各インフラをどれくらいの数の人々が実際に活用しているのかという定量的なデータを把握することができる。このような技術の活用により、従来は各インフラの劣化度や重要インフラ（緊急輸送道路など）として指定されているかどうかなどで重要性を判断していたのが、利用量という定量的な指標を含んだ判断を行うことが可能となり、PRE（Public Real Estate）^{※11}戦略が高度化されることとなる。このような定量的なデータにもとづいた「スマート・プランニング」の取り組みも国土交通省により進められており、2016年度には、岡山市と神戸市をモデル都市として、試行が行われた。岡山市においては、スマートフォンによるGPSデータを解析することで個人の移動特性の把握が行われ、試行後には、取得したデータをもとに、施設の立地や空間再編の分析を実施するとの方針が示されている。また、神

戸市においても、Wi-Fiを活用することで歩行者のデータを取得する試みが進められた。

(4) その他インフラ更新に関わるデジタル技術

一方で、インフラの廃止だけではなく、老朽化が進んでいるものの特に重要性が高いインフラに関しては更新する必要がある。そのようなインフラの整備においてもデジタル化は進んでおり、国土交通省による「i-Construction」の取り組みがその後押しをしている。「i-Construction」では、土木工事において、ドローンによる3次元測量やICT建設機械の自動制御による施工などを活用し、生産性や安全性の向上が図られている。例えば、従来は2次元平面上で表現された点検書類などが3次元になることで、構造物の損傷箇所がよりリアルに把握できるようになる。ほかにも、ICT建設機械の導入により、遠隔での建設機械の操作が可能となり、施工現場から離れたオフィスなどから作業を行うことが可能となる。なお、海外においても類似する取り組みは行われており、オランダの企業であるMX3Dは3Dプリンターを活用し、鋼橋を架ける技術の開発を進めている。

2) 「高齢者の増加」にデジタル技術が与える影響

前章では、「高齢者のQOL向上のために労働が重要であること」や「思うように移動できない高齢者が存在すること」を示した。そのような状況下で、デジタル技術の活用により、「高齢者がより柔軟に働けるようになる」「これまで思うように移動できなかった高齢者がより柔軟に移動することができるようになる」ことが期待され、高齢者のQOLが向上することが見込まれる。

(1) 高齢者の働き方をより柔軟にする

デジタル技術の開発事例

東京大学による GBER (Gathering Brisk Elderly in the Region) は、ウェブ上のプラットフォームを構築しており、従来のフルタイムでの労働ではなく、高齢者に適した「モザイク型就労」を掲げ、企業とのマッチングを図っている。「モザイク型就労」とは、雇用者側が提示する就労条件を「スキル」「時間」「場所」の三つの要素に分割し、複数の高齢者(一部若者も含む)に協働してもらうことで、就労条件を満たすような体制構築を行う仕組みである。このようなサービスの導入により、例えば、「体力面の制約から週3日だけ働きたい高齢者が働き口を見つける」「大企業のOB人材が、自身の保有する専門知識や人的ネットワークを活用する先を見つける」ことなどが期待され、特に高齢者の雇用確保を通じた QOL 向上への寄与が想定される。

また、さらに長期的な将来においては、AIやパワーアシストスーツ技術の活用により、高齢者と若者の能力的なギャップがさらに縮まると想定される。そのような状況下では、若者も高齢者もいずれも AI を活用することで従来以上に効果的に頭脳労働を行うことができ、パワーアシストスーツを活用して肉体労働を行う高齢者などもでてくると考えられる。

(2) 高齢者のモビリティを改善する

デジタル技術の開発事例

高齢者のモビリティ確保という観点からは、自動運転の導入が期待される。自動運転が導入されれば、運転免許がない、あるいは返納したような高齢者であっても移動手段が確保され、外出することにより、買い物やレジャーを楽しむことが可能となる。あわせて、近年、交通事故のうち、75歳以上の運転者による死亡事故割合が増加しているが、そのよ

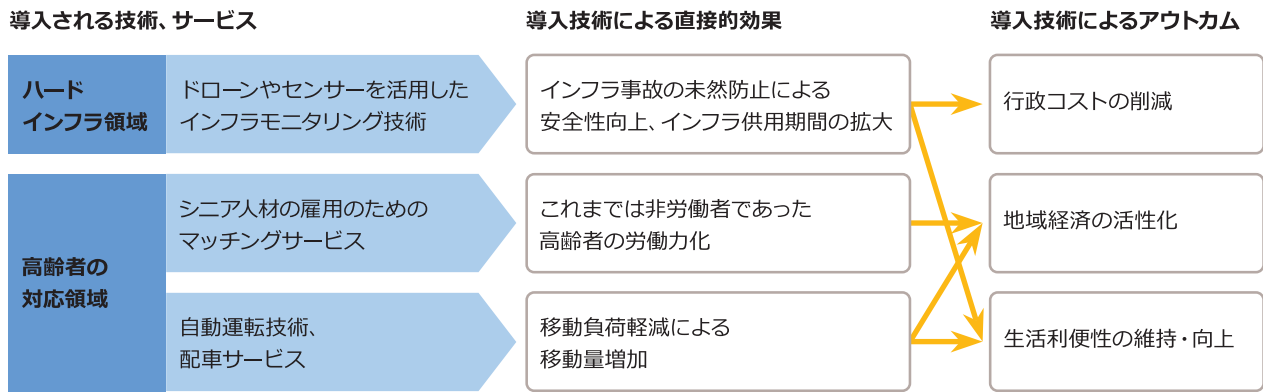
うな高齢者による交通事故の発生も防ぐことができると考えられる。

自動運転と並行して、高齢者に対する支援サービスを提供する企業が現れるものと想定される。自動運転では、自宅の中から自動車が停車している場所までや、目的地近辺で自動車が駐車した場所から目的地まで高齢者は歩かなければならないが、そのラストワンマイルをロボットがサポートするようなサービスが想定される。さらには、個人用自動運転ビークルが普及し、高齢者は自宅においても外出時にもビークルに乗って移動することになる可能性がある。その場合、自宅内部はビークルの活用にあわせたデザインがなされ、玄関においては外出用のホイールと屋内用のホイールを交換する機器が設けられ、現在よりもはるかにシームレスに自宅と外界を移動することができるような世界があるかもしれない。

なお、自動運転の実用化を待たずに、高齢者に対するシェアリングエコノミーサービスによりモビリティを向上させる取り組みも存在する。米国の「Envoy America」は、高齢者を対象とした配車サービスを提供しており、電話やアプリを通して事前予約を行うと、指定した時間に自宅玄関まで運転手が迎えに来てくれる。さらに、目的地に到着後も、運転手が付き添ってくれるという Door to Door サービスを提供しており、依頼者が用事をしている間にも運転手は待機し、用事が終わればスムーズに乗車

※ 11 公的セクターが所有・利用する不動産を「PRE (Public Real Estate)」と表現したもの。PRE 戦略とは、公的不動産について、公共・公益的な目的を踏まえつつ、財政的な視点に立って見直しを行い、不動産投資の効率性を最大限向上させていこうとする考え方である (PRE 戦略概論編 : <http://www.mlit.go.jp/common/000041030.pdf>)。

図表4 デジタル技術やそれを活用したサービスの導入による影響



出所) NRI作成

をサポートする仕組みとなっている。また、必要に応じて依頼者の用事に付き添うことも可能であり、例えば、買い物を行う際に、ショッピングカートを押す、高い棚や低い棚から商品をとる、商品ラベルを高齢者に代わって読む、買ったものを車両まで運ぶなどのサポートを行っている。このようなサービスにもロボット技術の活用が考えられ、今後日本でもデジタル技術を組み合わせた同等のサービスが導入される可能性がある。

3 デジタル技術の導入により期待される効果

前章では、デジタル技術の導入により、ハードインフラと高齢者にどのような影響がもたらされるかを、萌芽（ほうが）事例を参照しつつ整理した。本章では、これまでに本稿で述べたような技術やサービスが実際に身近なものとなった際に、どのような効果が期待されるのかを考察したい。前章で見た技術・サービスのうち、ここでは、以下のものに着目する。すなわち、ハードインフラ領域では、「ドローンやセンサーを活用したインフラモニタリング技術」であり、高齢者の対応領域では、「シニア人材の雇用のためのマッチングサービス」「自動運転技

術、配車サービス」である。これらの技術やサービスと期待されるアウトカムは図表4のようになる。

「ドローンやセンサーを活用したインフラモニタリング技術」を導入することによるインフラの供用期間の拡大や点検業務などの効率化により、行政コストの削減が期待できる。また、「シニア人材の雇用のためのマッチングサービス」により、これまでは非労働者であった高齢者が労働力化することで可処分所得が増え、消費が活性化するとともに、高齢者のQOL向上も期待される。「自動運転技術」による移動負荷軽減でこれまで以上に高齢者が行きたい場所に行けるようになり、アクティビティ消費の増加が見込まれる。特に、観光産業に関して、これまではアクセスが悪く、魅力的なコンテンツを持っているものの観光客に恵まれなかったような地域では、自動運転の導入により、アクセシビリティが改善することが見込まれ、観光客が増加する可能性がある。また、これまでは旅先にて宿泊することが普通であったが、自動運転を活用することで夜間に移動することができるようになることから、1泊2日のようなタイトな日程であっても複数の観光地をめぐることができるようになる。ただし、自動運転車内に宿泊することが一般的になれば、旅館やホテ

ルなどの宿泊需要が縮小する可能性があることに留意する必要がある。さらに、「ドローンやセンサーを活用したインフラモニタリング技術」の導入により、メンテナンスが高度化する結果、これまで親んできたインフラがより長期にわたって利用でき、「自動運転技術」により、自由に移動することができることから、生活利便性の向上も実現されることが期待される。

4 まとめ

本稿における主張を整理すると以下の3点になる。つまり、①デジタル技術によりインフラのモニタリングやプランニングが効率化し、より安全に、より効果的な配置がされたインフラの恩恵を享受することが可能となる、②デジタル技術によりシニア人材の雇用促進やモビリティの向上が実現^{※12}し、高齢者はより充実した生活を送ることが可能となる、③デジタル技術は行政コストの削減や地域経済の活性化、生活利便性の維持・向上をもたらす、ということである。

①、②については主に民間企業にとってのビジネスチャンスであり、③については公共部門が、現時点から中長期的な視野を持ってその影響を分析すべき事項である。ただし、①、②に関しても、公共部門が整備する法律などのルールの影響が大きい。公共部門は、国民にとってどのような姿が最善のものなのかという視点からデジタル時代のルール整備を柔軟に行う必要がある。例えば、インフラモニタリングを、これまでの点検員ではなく、ドローンやセンサーを使って行うことは現時点の点検要領では法定点検としては位置付けられていない。しかし、点検員の高齢化やインフラの加速度的な老朽化を前提とすると、現状ルールの維持が難しいことは明らか

であり、デジタル技術の現場導入を意識した点検要領を作成するなど、柔軟なルール変更（近接目視要件の緩和など）を行うべきである。そのためにも、社会資本整備審議会での検討を加速させるとともに、SIPなどの取り組みを通じ、民間企業に対して技術開発・実証の支援をこれまで以上に強力に行い、技術評価のための実績を積み上げること、内閣府や国土交通省など関係する府省庁がこれまで以上に連携して政府一丸となった検討を行うことが重要である。今後、中長期的にはデジタル技術が関係しない領域は存在しないと考えられる。行政側は、そのことを踏まえて政策の方向性を検討する必要があるだろう。

※12 本稿では、特に自動運転について、高齢者による活用という面に絞って考察を行ったが、自動運転の効用は高齢者だけでなく、多くの人々にもたらされるものである。

●…… 筆者

和田 尚之 (わだ なおゆき)

株式会社 野村総合研究所

社会システムコンサルティング部

副主任コンサルタント

専門は、事業戦略の立案、社会資本政策、

気候変動政策 など

E-mail: n-wada@nri.co.jp