

# テクノロジーの「理想と現実」 人手不足の現場が本当に求めているDXとは何か



稲垣仁美



肥後隼大

## CONTENTS

- I はじめに：地方産業をむしばむ人手不足の現状
- II 人手不足解消に向けたテクノロジー導入の最前線
- III 技術導入を阻む「3つの壁」
- IV 持続可能な社会実装への現実解：現場主導のDX推進に向けて

## 要 約

- 1 日本においては、人口減少と高齢化により、地方の物流、交通、石油流通、農林水産業などの分野で人手不足が顕在化してきており、地域経済の持続性を脅かしている。
- 2 そこで、AI、IoT、ロボット、ドローン、自動運転・MaaSなどの技術導入による省力化が模索され、各地で実証・実装されている。政府もSociety5.0やデジタル田園都市構想、新しい地方経済・生活環境創生本部などによる技術の社会実装の後押しや、デジタル庁主導によるアナログ規制の見直しを加速してきた。
- 3 技術導入の現場では、理想と現実のギャップが浮き彫りになりがちである。その多くは、①技術の壁（現場ニーズとのミスマッチや技術と運用のバランス）、②事業性の壁（初期投資コストや継続運用の採算性）、③法制度の壁（新技術に対する法制度による制約や認証プロセスの整備など）という「3つの壁」によりプロジェクトが実装段階で停滞する傾向にある。
- 4 現実解として提言するのは、技術ありきではなく現場起点のDX推進である。地域の課題とニーズを起点に失敗を恐れず小さく早く実装に向けた検証を重ねること、技術に頼りすぎずに業務自体を変革する覚悟を持つこと、そして、初期は国などの支援を活用しつつも、当初から中長期的な視点で事業モデルと収支計画を検討し、地元の人材にノウハウ移転して持続可能な体制を構築して運用を自走化することが最も重要である。
- 5 さらに法的ハードルがある場合には、規制緩和に向けた官民の対話やサンドボックス制度などの活用により、人手不足解消や地域の活性化につながる持続可能なデジタル実装を目指すことが重要である。

## I はじめに：地方産業をむしばむ 人手不足の現状

日本全体で人口減少と高齢化が進む中、とりわけ地方産業における人手不足が深刻な問題となっている。2025年には日本の総人口の20%が75歳以上という「2025年問題」を迎え、生産年齢人口の急減により、多くの企業・産業分野で労働力不足が顕在化している。都市部以上に地方圏でこの傾向が顕著であり、物流（トラック輸送）や公共交通、工場の現場、農林水産業に至るまで幅広い領域で担い手の確保が困難になっている。

特に地方の物流網と交通サービスは人口減少の直撃を受けている。野村総合研究所（NRI）の推計<sup>※</sup>では、このままでは2030年に全国で現在の35%に相当する荷物が運べなくなる恐れがあり、東北・四国など地方部ではその割合が40%を超えることが懸念されている。実際、日本のトラックドライバー数は1990年代半ばをピークに減少傾向にあり、2015年から2030年にかけて約3割（約25万人）減少し、52万人程度になるとの予測もある。加えて、2024年4月からの働き方改革関連法によるトラック運転手の時間外労働規制強化、いわゆる「2024年問題」により、物流業界の輸送力はさらに3割以上不足する試算も報告された。

一方、地方のバスや鉄道などの公共交通も、利用者減少とドライバー不足により路線廃止や減便が相次いでいる。過疎地域では従来の定時定路線バスの維持が難しく、高齢者の移動手段確保が大きな課題となっている。石油流通業では中小企業を中心に求人を出しても応募がない状況や、熟練技能者の高齢に

よる引退で「人なし時代」とも形容される事態が生まれつつある。農業分野でも、農業就業人口は2013年の約175万人から2021年には130万人に減少、平均年齢は67歳超と高齢化が進行していることに加え、新規就農者も伸び悩んでおり、このままでは地域の農業生産そのものが維持困難になりかねない。特に北海道の酪農は人口希薄地帯で盛んなため深刻な人手不足に直面しており、労働負担の大きさと低収入傾向から後継者不足が顕著である。

こうした危機的状況に対し、近年ではDXへの期待が高まり、民間と国の双方で活発な動きが見られた。AIやIoT、ロボット、自動化技術、ドローン、MaaSなどの先端テクノロジーを活用することで、限られた人手でも対応できる省力化・自動化の仕組みを構築し、生産性向上によって人手不足を補おうとする試みである。政府もSociety5.0やデジタル田園都市国家構想、新しい地方経済、生活環境創生本部の旗印の下、地方の課題解決に向けて、そうした技術の社会実装を推進してきた。実際に各地でさまざまな実証プロジェクトが立ち上がっている。

また、近年では国側において民間側の動きを補助金などの経済的支援で後押しするほか、法制度面でも規制緩和の動きが見られた。デジタル庁は2021年の設立以降、政府全体でアナログ規制の洗い出しと見直しを進めてきた。これらのアナログ規制の見直しは、行政手続きや社会活動のデジタル化を阻むアナログ規制を抜本的に改革する国家的な取り組みである。アナログ規制とは、法律や政省令、条例などにおいて、書面での提出、押印、対面での手続き、現物の提示や保存な

ど、物理的・対面的な手段を義務づけている規定を指す。これらの規制は、デジタル技術の活用による効率化や利便性向上を妨げ、行政手続きのデジタル化や民間サービスのDX推進の大きな障壁となってきた。

2022年には「デジタル原則を踏まえたアナログ規制の見直しに係る工程表」を策定し、約1万条項に及ぶアナログ規制を特定した。これらの規制について、デジタル技術で代替可能なものは原則として廃止・緩和し、デジタル手段による手続きや保存、証明などを可能とする方向で法令改正を進めている。具体的には、書面提出義務の電子化、押印の廃止、対面手続きのオンライン化、現物保存の電子データ保存への転換などが挙げられる。

2023年には「デジタル社会の実現に向けた重点計画」に基づき、アナログ規制の見直しを加速させ、2024年までに約9000条項の見直

しを完了する目標を掲げた。これにより、行政手続きのオンライン化率の向上、民間事業者の業務効率化、国民の利便性向上が期待された。また、アナログ規制の見直しは、地方自治体の条例や業界団体の自主規制にも波及し、社会全体のデジタル化を促進する効果も見込まれた。

2025年9月現在、アナログ規制の見直しは国の法令などにおいてほぼ完了段階にある。当初は2022年7月から2025年6月までの3年間を集中改革期間としていたが、これを2024年6月までの2年間に前倒しして実施した。その結果、2024年9月時点で、見直しが必要とされた約8164条項のうち約96%に当たる7835条項の見直しが完了したと発表し、2025年2月時点では、この完了率は約97%（7940条項）に達している。見直しの対象は、目視、実地監査、定期検査・点検、常駐専任、

表1 代表的なアナログ規制の7項目

規制カテゴリ	規制の概要
目視規制	人が現地に赴き、施設や設備、状況などが法令等が求める一定の基準に適合しているかどうかを、目視によって判定すること（検査・点検）や、実態・動向などを目視によって明確化すること（調査）、人・機関の行為が遵守すべき義務に違反していないかどうかや設備・施設の状態などについて一定期間、常時注目すること（巡視・見張り）を求めている規制
実地監査規制	人が現場に赴き、施設や設備、状況などが法令等が求める一定の基準に適合しているかどうかを、書類・建物などを確認することによって判定することを求めている規制
定期検査・点検規制	施設や設備、状況などが法令等が求める一定の基準に適合しているかどうかを、一定の期間に一定の頻度で判定すること（第三者検査・自主検査）や、実態・動向・量などを、一定の期間に一定の頻度で明確化すること（調査・測定）を求めている規制
常駐・専任規制	（物理的に）常に事業所や現場にとどまることや、職務の従事や事業所への所属などについて、兼任せず、専らその任に当たること（1人1現場の紐づけなど）を求めている規制
対面講習規制	国家資格などの講習をオンラインではなく対面で行うことを求めている規制
書面掲示規制	国家資格など、公的な証明書を対面確認や紙発行で特定の場所に掲示することを求めている規制
往訪閲覧縦覧規制	申請に応じて、または申請によらず公的情報を閲覧・縦覧させるもののうち、公的機関などへの訪問が必要とされている規制

出所）デジタル庁、デジタル臨時行政調査会「デジタル原則に照らした規制の一括見直しプラン」（2022/6/3）より作成

対面講習、書面掲示、往訪閲覧・縦覧といった7項目の代表的なアナログ規制に加え、フロッピーディスクなどの記録媒体指定規制といったように多岐にわたる（表1）。

残る数%の規制については、2025年3月までに完了予定のものや、改正民事訴訟法の施行（2026年5月）や最高裁のシステム開発（2028年9月）を待つ必要があるものなど、個別の事情に応じて見直しが進められている。また、デジタル庁は新たなアナログ規制の発生を防ぐため、国会提出予定法案がデジタルの原則に沿っているかを審査する「デジタル法制審査」を継続的に実施している。

地方公共団体におけるアナログ規制の見直しも支援されており、2025年3月には「地方公共団体におけるアナログ規制の点検・見直しマニュアル」の第3.0版が公開された。2025年2月時点では、地方公共団体の約23%がアナログ規制の見直しを実施中または完了している状況である。技術検証事業も継続さ

れており、デジタル技術による代替可能性や安全性・実効性の確認が進められている。2025年5月時点で、技術検証対象の約98%の規制で見直しが完了している（図1、2）。

このように、2025年9月現在、アナログ規制の見直しは国の法令レベルでは最終段階にあり、今後は地方公共団体への波及と技術の実装を通じた社会全体のデジタル化推進が焦点となっている。政府は引き続き、デジタル庁を中心に関係省庁や自治体、民間事業者と連携し、アナログ規制の継続的な見直しとデジタル社会の実現に向けた制度改革を推進していく方針である。

本稿ではこのようなDXの最新事例を分析しながら、理想どおり進まない現場の現実にも目を向け、現実的な落としどころを探っていきたい。以降、第Ⅱ章では物流・交通、石油流通、農業・酪農の各分野におけるDXの取り組み事例とその効果を紹介する。第Ⅲ章ではそれらの事例を通じて見えてきたDXの

図1 アナログ規制の見直し状況

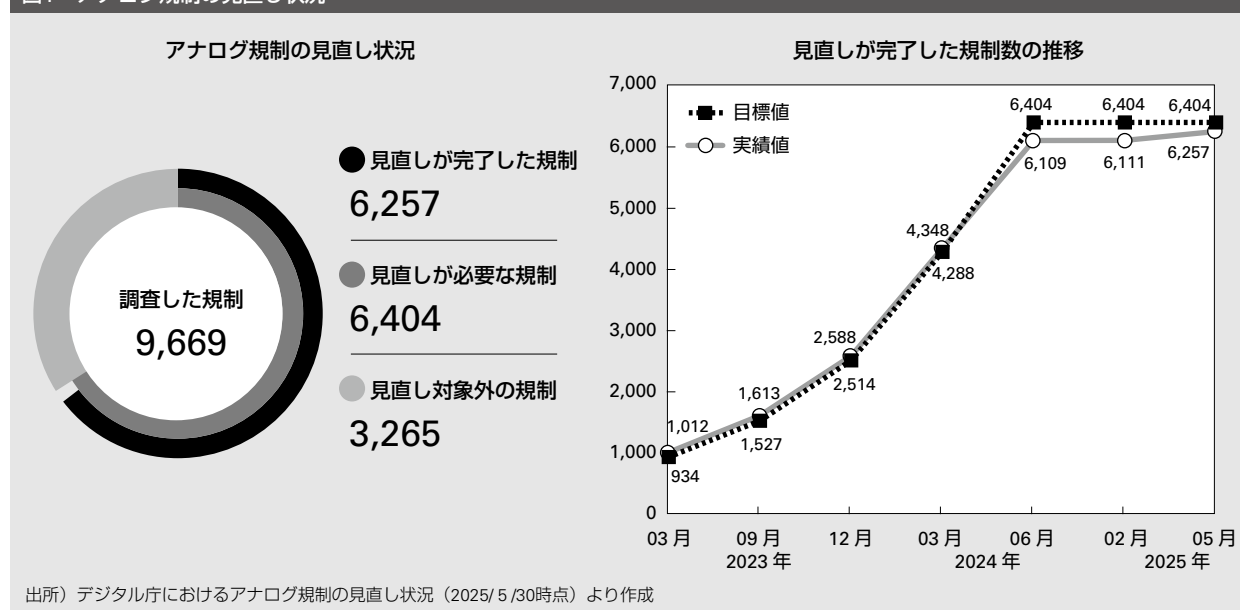
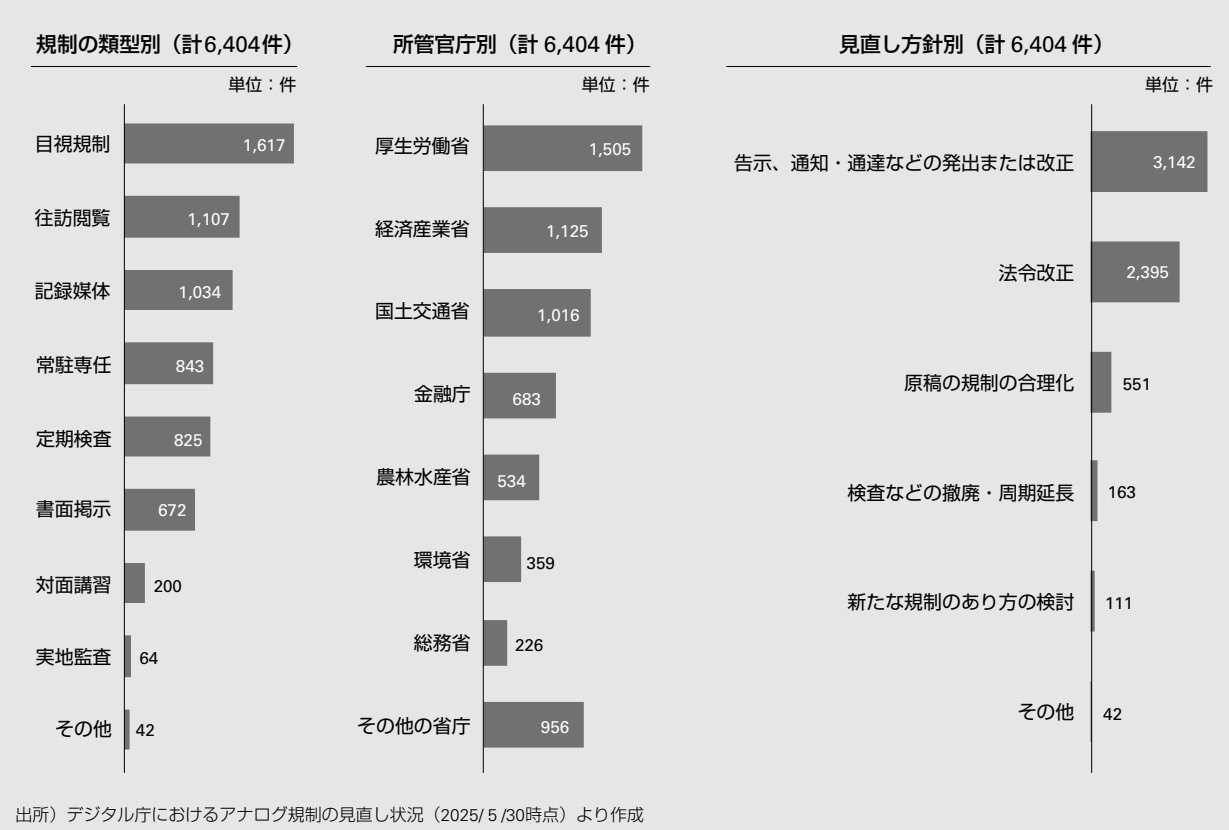


図2 アナログ規制の見直し状況（内訳）



取り組みにおける技術面・事業面・制度面の「3つの壁」の課題を整理する。最後に第Ⅳ章で持続可能な技術の社会実装への現実解を提言する。

## Ⅱ 人手不足解消に向けたテクノロジー導入の最前線

### 1 物流・交通分野：自動運転、ドローン、MaaSによる移動サービスの革新

まず、モノの移動について、地方の物流・交通分野では人手不足に対応するための自動化・効率化技術が積極的に模索されている。まず貨物配送などの物流領域では、トラック

ドライバー不足への対策として配送の無人化・自動化が注目されている。国内では、国主導によりさまざまな民間企業が参画し、実証実験や事業化に向けた検討を推進している。

たとえば、東京圏では鉄道会社と宅配事業者が連携し、鉄道を使った荷物の近距離輸送を試みる動きがある。実際、京王電鉄はトラックドライバーの負担軽減に鉄道活用が新たな可能性をもたらすことを期待し、コンビニエンスストアの商品を郊外駅間で電車に相乗り輸送する実験を実施している。

さらに、ロボット・自動運転車・ドローンを連携させた無人流送システムの実証も始まっている。2024年12月には、KDDI、アイサ



ンテクノロジー、KDDIスマートドローン、KDDI総合研究所、ティアフォーの5社が、建物から荷物を積んだ配送ロボットが外に走り出て無人の自動運転カートに荷物を受け渡し、車両が目的地付近まで自動走行した後にドローンに積み替えて空から配送するといった一連のフローを、人手を介することなく行う実証実験を公開した。

このシステムでは道路状況や風向きなどをAIが判断し、車とドローンのどちらで運ぶかを自動選択することで配送時間短縮を図るなど、複数の最新技術を統合している。携わった研究者は「物流の標準化が進めば最終的に完全無人配送も実現できる」と述べており、将来的な実用化に向け2030年頃までのシステム完成を目指している。

こうしたドローンや自動運転の活用は、人手不足に悩む物流業界にとって非常に魅力的な解決策となる。特にドローン配送は、現状はコストやペイロード（積載量）などの課題は残るものの、過疎地や離島などヒトが届けに行くのが困難な地域への物資輸送で威力を発揮する。

たとえば沖縄県では、医薬品や血液製剤を本島から離島に迅速に届けるためにドローンを使った長距離配送の実証実験が行われ、約53kmの距離を配送用ドローンが飛行した。ドローンなら渋滞や地形の制約を受けずに短時間で輸送でき、緊急時のライフラインとしても期待されている。また山間部でも、農産物や生活物資の配送にドローンを使う試みがあり、遠隔地集落へのラストワンマイルを支える技術として注目されている。

一方、物流効率化にはIoTセンサーやAIを用いた可視化も重要である。トラックや倉庫

にセンサーを設置して貨物の位置・温度管理や在庫状況をリアルタイムで把握し、AIが最適なルート・積載計画を立案することで、限られた車両とドライバーでより多くの荷物をさばけるようにする取り組みである。国の委託事業「物流MaaS」では、トラック荷台の空きスペース情報を共有して他社貨物との共同配送を促すマッチングシステムの開発や、トラックからの積み降ろし作業を自動化するロボット導入が支援されている。NRIも参画したこのプロジェクトでは、複数荷主の混載や荷役自動化によって輸送効率を高めるビジネスモデルの検討が進められている。こうしたデータ連携と自動化技術の組み合わせにより、地方における非効率な配送ネットワークの再構築が目指されている。

次にヒトの移動について、交通サービスの分野では、やはり深刻なドライバー不足に対処するため、各地でMaaSや自動運転バスの導入が検討されている。MaaSとは、バス・鉄道・タクシー・オンデマンド交通といった地域のさまざまな交通手段をデジタルで統合し、経路検索から予約・決済まで一括して提供するサービス形態を指すが、広義には単にモビリティサービスを指すこともある。地方では特に、高齢者や免許返納者が増える中で、公共交通の維持と利便性向上が課題となっており、MaaS実証が全国各地で行われてきた。

たとえば北海道上士幌町では、町内の定時定路線で走る高齢者等福祉バスを利用者の予約に応じて運行経路を変えるオンデマンド型に転換し、住民がタブレット端末から予約できる仕組みを導入した。運行は地元の交通事業者が担い、役場が高齢者にタブレットを配

図3 福井県永平寺町の自動運転車両



出所) 福井県永平寺町にて筆者撮影

布して職員が使い方を教えるなど利活用を支援している。この取り組みは、過疎化と高齢化が進む中でも地域の移動サービスを維持し、同時に交通事業者の経営を成り立たせる一石二鳥のモデルとして注目された。

また、ここ数年の間に技術の進化や法制度の整備により、レベル4自動運転のバス・タクシーサービスの実現も現実味を帯びてきた。2023年4月の道路交通法改正では、有人監視も含め運転手不在で車両が走行する段階のレベル4自動運転サービスが解禁され、福井県永平寺町ではさっそく国内初のレベル4自動運転シャトルの運行が開始された。限定されたエリアかつ低速での運行に限られるものの、将来的には地域内の過疎路線を無人シャトルがカバーし、運転手不足や赤字路線問題を解決する転機になることが期待されている。

さらに、地域の乗合タクシーや地域住民が有償ボランティアで輸送を行う自家用有償旅

客運送制度の仕組みにデジタルを掛け合わせ、運行管理やルーティングをデジタルで効率化し、最適な移動手段を手配できるようにする試みもある。こうしたデジタル技術の活用により、人手不足が故にサービスを縮小せざるを得ない状況や、それによる悪循環を断ち切り、スマートな地域交通網を維持・再編していく動きが広がりつつある（図3）。

## 2 石油流通業：ガソリンスタンドにおける給油・注油許可監視AIの導入による省力化と安全性の向上

地方において自動車は生活の足として不可欠であり、公共交通機関が十分に整備されていない地域ほど車社会の色合いが強い。こうした地域では、ガソリンスタンドが単なる燃料供給の場にとどまらず、災害時には緊急車両や発電機への燃料供給拠点としても機能し、地域のエネルギーインフラの中核を担っている。特に、堅牢な構造を持つガソリンスタンドは、地震や台風などの災害発生時にも比較的被害を受けにくく、復旧活動や住民の避難・移動を支える重要な拠点となる。そのため、地方自治体や住民にとってガソリンスタンドの存続は、日常生活のみならず有事の際の安全・安心にも直結する社会的な課題である。

しかしながら、近年は人口減少や高齢化、若年層の流出などにより、地方のガソリンスタンドは深刻な人手不足に直面している。その結果として、従業員の確保や事業承継、経営の継続が難しくなり、廃業が相次いでいる。特に自治体の地域内にサービスステーション（SS）が3カ所以下しかない自治体を

資源エネルギー庁はSS過疎地と定義して公表しているが、このようなSS過疎地や数十km圏内に給油所が一つもない「ガソリンスタンド空白地帯」が生まれることにより、住民の移動や物流、災害対応に大きな支障をきたすリスクも現実となってきた。こうした状況は、地域の持続可能性やレジリエンスの観点からも看過できない課題であり、燃料供給インフラの維持・強化が急務となっている。

このような背景の下、セルフサービスステーション（セルフSS）においてもAIを活用し、安全性を確保しながら給油・注油許可監視業務を効率化する取り組みが検討されている。セルフSSでは、顧客が端末で支払いなどの操作をしても自動で給油や注油が始まらない。これは、従業員が直視等により安全確認を行って給油や注油の許可を手動で出さなければ給油を行ってはならない旨が消防関連法令や通知などで定められているためである。本取り組みは、AIを活用した給油・注油許可監視の実装を前提にアナログ規制を見直そうというものであり、これにより、過疎化や人手不足といった社会課題に対応しつつ、安全性を確保しながら燃料供給インフラの維持・効率化を目指すものである。

この取り組みが開始され、法令対応に至るまでは長い年月を要した。2018年度の資源エネルギー庁「次世代燃料供給インフラ研究会」では、AI・IoT技術の進展を踏まえた効率的なインフラ維持策が議論され、2019～2020年度の消防庁検討会では、セルフ給油所におけるAIなどの活用イメージが整理された。

これを受け、石油元売各社はAIによる給

油・注油許可監視システムの開発・実証に着手した。2021年度以降、消防庁の「危険物施設におけるスマート保安等に係る調査検討会」では、AIシステム導入に向けた性能評価方法の検討が進められ、業界団体や石油元売り各社、計量器メーカーなどのステークホルダーが集まり、評価方法や試験方法を検討するワーキンググループが設置され、実際に実証実験などによる検証を行ってきた。その結果、2023年5月には「情報提供型AIシステム」（STEP1.0）導入に関する留意事項に関する通知が発出され、2024年3月には「条件付自動型AIシステム」（STEP1.5）の実証実験実施要件に関する通知が発出された。これらの通知に基づく実証実験が行われ、現在、消防庁ではこの結果を踏まえた省令改正などの法令対応の方向性が検討されており、2025年度以内には省令改正がされる見込みである。

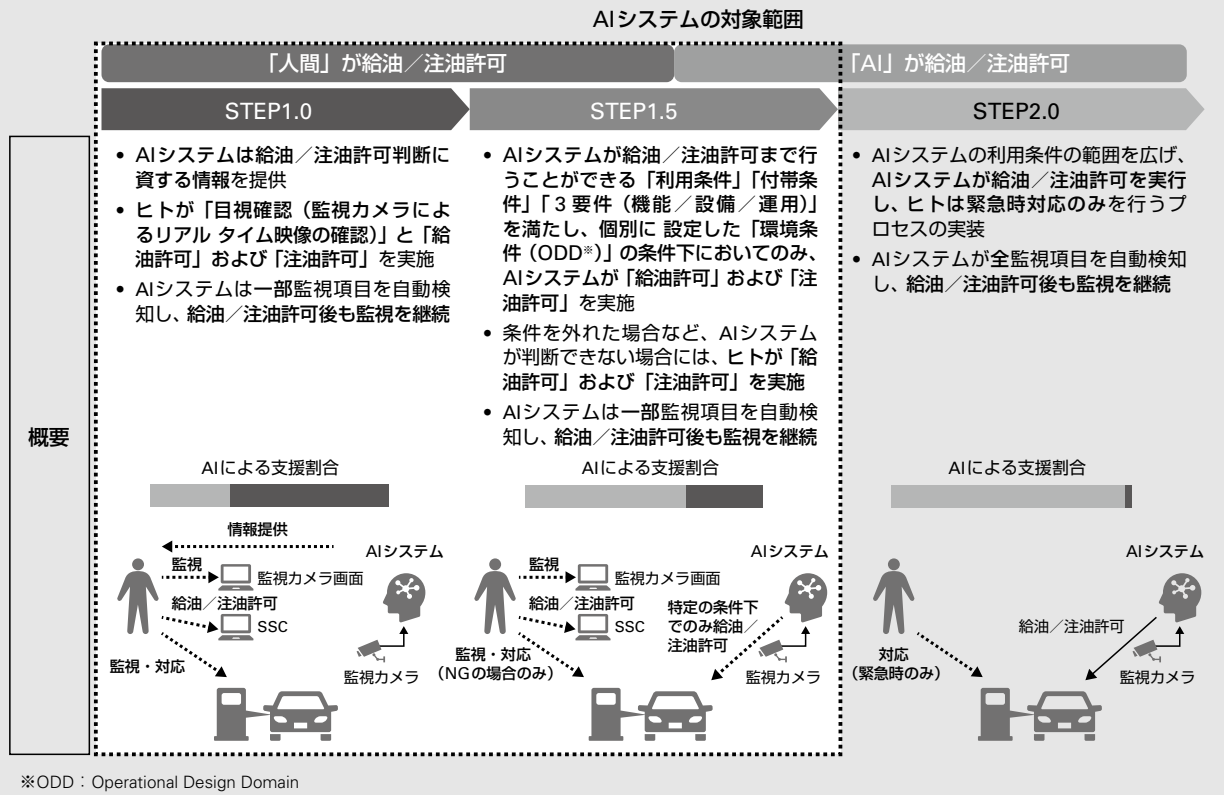
なお、AIシステムの進化は段階的に進められた。STEP1.0の「情報提供型AIシステム」の通知では、AIが給油・注油許可判断に資する情報を提供し、最終的な許可判断は人が行うこととなった。これは省令改正を伴わず、これまでと変わらずに人が対応するものの、まずはAIや関連機器を営業中のSSに導入して実証ができるようにするための通知である。

また、STEP1.5の「条件付自動型AIシステム」では、AIが一部監視項目を自動検知し、特定の環境条件下でのみAIが給油や注油の許可判断を実施してよいこととなった。これは画像AIを前提とするため、たとえば、霧などの悪天候や路面の太陽光などの反射による白飛びなどがあって映像が適切に捉えられ



図4 AIによる給油・注油許可監視システムのステップ

本AIシステムは「ノズルを取る～戻すまでの給油動作」「火気の有無」「携行缶・ポリ缶の有無」「灯油の注油動作」を監視対象とすることを前提にリスク行為への対応を検討



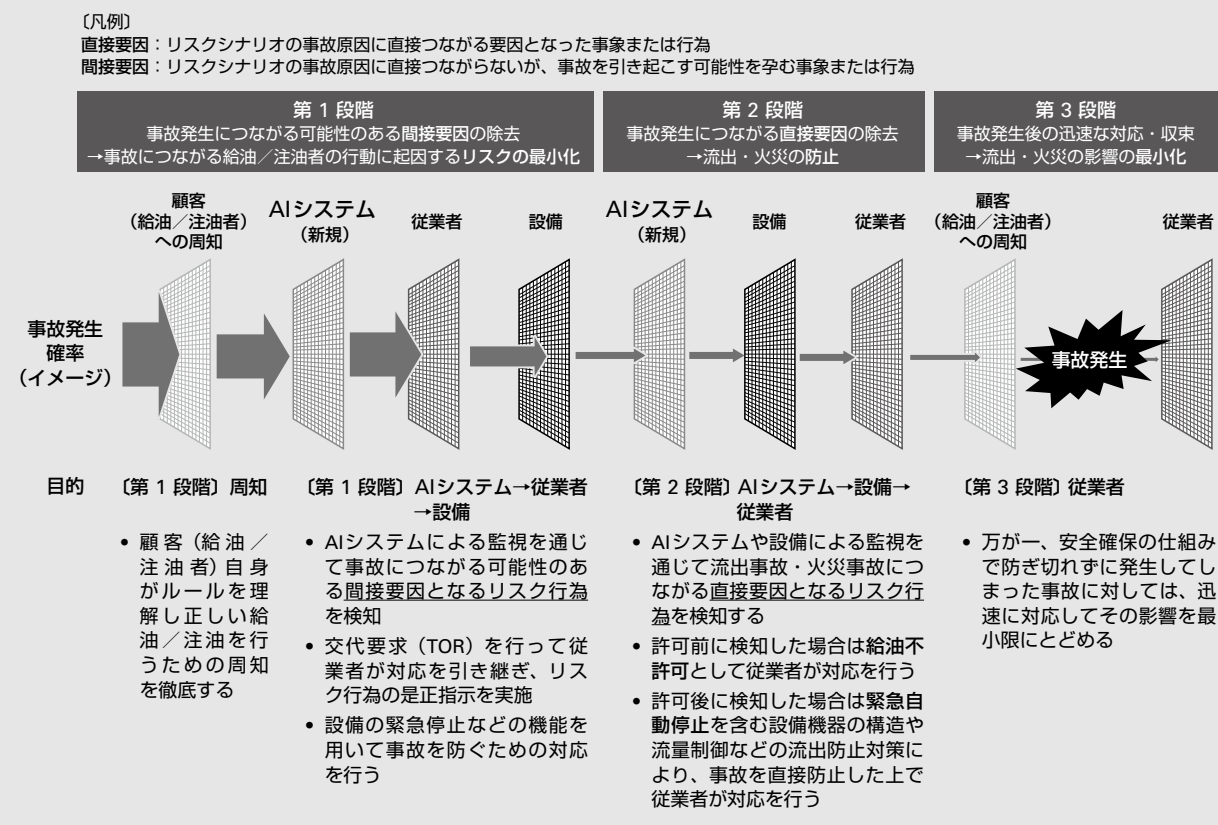
ない場合はAIによる適切な判断ができないことや、技術的に対応できる範囲が考慮された結果であり、基本的にはAIが判断・対応を行うが、AIが判断できない状況下や異常時は人が対応を引き継ぐこととなった。このままでは人を完全に業務から解放することはできないが、将来的なSTEP2.0に向けては、AIなどの技術による対応範囲をさらに拡大し、安全性と実効性の双方を重視した段階的な導入を基本方針としている（図4）。

本AIシステムの監視対象は、「ノズルを取る～戻すまでの給油動作」「火気の有無」「携行缶・ポリ缶の有無」「灯油の注油動作」などを対象としており、過去のガソリンスタン

ドにおける事故事例を基にリスクシナリオを洗い出し、リスクに応じた安全対策を講じることとしている。

AIシステムは、事故発生につながる間接要因・直接要因をそれぞれ検知し、従業員への交代要求を出すアラートや給油や注油を緊急自動停止する仕組みなどを通じて、事故の未然防止や事故発生後の迅速な対応を図る。安全確保の仕組みは、AIシステム、機器・設備、従業員対応の三層で構成され、リスクに応じてそれぞれがどのように事故発生のリスクを最小限に抑える仕組みを検討した。AIの導入という、どうしてもその効果に対する期待は大きくなる傾向にあるが、国際

図5 リスク行為に対する「安全確保の仕組み」の考え方



規格ISOにおいても、安全とは「許容不可能なリスクがないこと」と定義されているように、リスクをゼロにするのは困難であり、リスクを許容可能なレベルまで低減させるという考え方を取っている。

AIシステムはあくまで、セルフSSにおける給油・注油時の危険行為に起因する事故を防止する仕組みの一つとして位置づけられるため、AIシステムによるリスクの検知、設備・機器による安全機能、従業員の対応全体の仕組みでその発生確率および影響を最小限にとどめると考えることが適切である（図5）。

そこで、実証実験に当たってはこれらのすべての仕組みを考慮した機能要件・設備要

件・運用要件を明確化し、第三者評価機関である危険物保安技術協会（KHK）による試験確認で認証を得ることが通知などでも求められた。今後の実証機から実装機への移行に際しては、この第三者評価機関からの認証に合わせて、AIシステム管理計画書の提出や定期調査（書類審査・立入検査）による履行確認が求められ、AIシステムのソフトウェア・ログの適切な管理による機能維持などが定期的に確認される見込みである。

また、従業員へのAIシステムの使用方法などの周知・教育も重視されており、AIシステムの使用条件や運用方法、トラブル時の対応などをマニュアルやOJTで徹底する。特に、環境条件逸脱時や故障時などまれなケー

スの対応を具体化し、現場での確実な運用体制を整備することが求められる。

このように、セルフSSにおけるAI給油・注油許可監視の実装は、段階的な技術導入と厳格な安全管理、現場運用の徹底を通じて、人手不足時代のインフラ維持と安全性の両立を目指す先進的な取り組みであるといえるが、その実装や法令対応の完了までには相当な時間と工数を要しており、規制対象領域における新たな技術の社会実装への道筋は平坦なものではないことが分かる。

### 3 農業・酪農：スマート農業と畜産DXの最新事例

農業・酪農分野は地方における基幹産業であると同時に、人手不足と高齢化が最も深刻な分野の一つである。そのため、近年では「スマート農業」「スマート畜産」と呼ばれる先端技術の導入によって、農作業の省力化・自動化や生産性向上を図る動きが加速している。

農業（耕種農業）では、まず農機の自動運転が代表的なソリューションである。トラクターや田植機、コンバイン（稲刈り機）といった機械にGPSや各種センサーを搭載し、自動でまっすぐ走行・作業できるモデルがすでに市場投入されている。

たとえば国内大手メーカーのヤンマーやクボタは、オペレーターが乗ってなくても圃場を走り回れる自動走行トラクターを開発し、一部地域で実証販売している。これにより、高齢の農家でもボタン一つで機械を動かせるようになり、熟練者でなくてもベテランと同等以上の精度で作業可能との報告がある。北海道の広大な畑作地帯では、すでに直

進アシスト機能つきトラクターが普及している。このようにスマート農業は、人手を減らしつつ大規模農業を維持するカギとなっている。

また、ドローンやリモートセンシング技術の活用も進んでいる。小型無人ヘリコプターやドローンを使って農薬や肥料を散布することで、人が重いタンクを背負って畑を歩き回る労力を削減できる。近年のドローンはカメラやマルチスペクトルセンサーで作物の生育状況を空から解析することも可能である。たとえば葉の色のムラから肥料の必要量をAIが判断し、散布量を自動可変する精密農業も現実化している。さらに衛星データも活用し、広域の気象・土壌情報と組み合わせる収穫量を予測したり、病虫害の発生リスクを早期に察知したりといった高度な試みも行われている。

施設園芸や畜産の分野では、IoTセンサーと自動制御によるスマート管理が拡大している。ビニールハウス内の温度・湿度・CO<sub>2</sub>濃度をセンサーが常時監視し、AIが最適な換気や灌水を自動で行うシステムは、すでに各地の先進農家で導入されている。酪農では牛の首輪に活動量計や体温計測センサーを装着し、発情や疾病の兆候を検知して飼育管理に役立てるサービスが普及してきた。

たとえば「モバイル牛温恵（ぎゅうおんけい）」という製品は、牛の体内に装着した体温センサーで分娩の約24時間前や破水のタイミングを正確に検知し、農家のスマホにメール通知してくれるため、難産の見逃し防止に役立っている。これにより広い牧場で一頭一頭を人が見回る負担が減り、かつ早期対応により牛の命を守ることもつながっている。

酪農領域で特に革新的なのが、自動搾乳ロボットの導入である。従来、牛の乳搾りは毎日早朝と夕方の2回、人間が中腰で長時間行う重労働であった。これが酪農家の腰や膝に大きな負担となり、健康上の理由で廃業する人もいたほどである。

北海道ではこの搾乳作業を完全自動化するロボットの実証実験が進められており、牛が自分で搾乳機の待機スペースに入るとロボットアームが自動で乳首に装着して搾乳を行う仕組みになっている。搾乳ロボットが導入されれば、人は機械の様子を見守る程度でよくなるため労力は飛躍的に削減できる。また早朝・深夜の作業からも解放されるため、酪農という仕事に対する心理的ハードルも下がり、新規就農者の参入促進につながることも期待されている。農林水産省もこの搾乳ロボットを含む「スマート酪農」技術の普及を推進しており、省人化だけにとどまらない価値があると高く評価されている。

さらに畜産分野では、牛舎内の作業全般を自動化・省力化する挑戦も行われている。たとえば餌やりロボットや自動給餌機は、決まった時間に牛の餌を配給し、人手による飼料運搬の手間を省くことができる。牛舎の清掃ロボットは糞尿を自動で除去し、衛生管理の負担を軽減できる。北海道のホクレン農業協同組合連合会が運営する訓子府町の実証牧場では、ローカル5G通信網を整備して牛舎内外にカメラやセンサーを配置し、牛の個体識別や遠隔獣医診療の実験も行われている。牛舎天井のカメラで個々の牛の位置や動きを追跡し、異常があれば通知する仕組みや、酪農家がARスマートグラスをかけて牛の状態を映像共有しながら、遠隔地の獣医師が診断ア

ドバイスを行うシステムも試されている。広大な北海道では獣医師も不足しており、往診に長時間かかる問題があるため、このように遠隔から診察・指導できれば専門人材の効率的な活用にもつながる。

以上、本章では、物流・交通、石油流通業、農業・酪農の各分野におけるDX化、スマート化の事例を見てきた。これらはまさに「テクノロジーの理想」ともいえる先端的な取り組みであるが、もちろん、すべてが順風満帆というわけではない。次章では、ここまでの事例から浮かび上がる技術導入の課題、持続可能な取り組みにするための仕組み化に向けた課題、運用上の課題などを掘り下げることで、技術面・事業面・法制度面の3つの壁について解説する。

### Ⅲ 技術導入を阻む「3つの壁」

#### 1 技術の壁：技術の成熟度に応じた運用と現場ニーズとのギャップ

最初の壁は「技術の壁」である。これは、新しいテクノロジーが必ずしも現場のニーズや条件に合致しない、あるいは技術自体が実用レベルに成熟していないために起こるギャップを指す。各地の事例からも、技術の導入がすぐに効果を発揮するわけではない現実が見えてくる。

たとえば物流の分野では、トラック隊列走行の自動運転やAI配送計画など先端技術が注目されているが、日本の物流現場には独自の制約がある。荷主企業はきめ細かな配送時間指定や付帯作業をトラックドライバーに求めてきた歴史・慣習があり、人間の柔軟な対



応に依存してきた現場の体制や、全体最適から見れば非効率な業務プロセスが積み重なっている。そのため、技術的には自動化できるはずの部分も、そもそもの業務プロセスが標準化されていないために導入が難しいケースがある。AIでルートを最適化しても荷待ち時間が長ければ効果は出ず、ロボットが荷物を積み降ろしできて荷主側の設備が対応していなければ使えない。つまり、技術と現場実務のミスマッチが生じているのである。

また、最新技術に対しては、往々にして環境条件への適応力に課題があることが多い。たとえば、自動運転車両やドローンは、雨雪や強風などの過酷な条件下ではうまく動作しないことがある。また、北海道のように寒冷地で雪が数カ月積もる地域では、冬季の自動運転車両や配送ロボットの運用が困難となることも多い。技術実証は晴天の日や限定した環境で行われるため、現場でのフルシーズン、24時間の使用を前提とした環境条件では技術的に耐えられないケースも多々見られ、この点で現場の期待とのギャップが生まれ、結局、人手の方が確実にコストも安いといった評価になってしまう。

さらに技術を使いこなすスキルも技術の壁の一つとなる。高度なICTツールやロボットを導入しても、現場の担当者が扱いを習熟できなければ宝の持ち腐れになってしまう。特に地方では高齢の従業者も多く、スマートフォンやタブレット操作への抵抗感も根強い。前述した上土幌町のオンデマンドバスの例では、高齢者にも使ってもらうため、役場職員がマンツーマンでタブレット操作を教える地道なサポートを行ったが、技術の導入当初はこのような手厚い人的サポートにより新技術

を現場に浸透させる取り組みも必要となる。

また農業ロボットの事例では、特別な資格や技能がなくても扱えることを目指して開発が進められているが、裏を返せば、従来の先端農機は専門知識がないと動かせない難しさもあった。現場では毎日使う道具であるため、テレビや洗濯機のように誰もが簡単に操作でき、壊れても近くで修理サービスを受けられるといったシンプルさが求められる。この点で、技術開発側と利用者側との感覚差が存在する。

技術の壁を乗り越えるには、現場目線での技術改良と現場で実際に使用する際の運用改善が不可欠である。現場起点の発想がなければ、高価だが使いづらい機械になってしまいかねない。総じて、技術の壁とは「技術そのもの」と「その技術を使う人・場所」との間に横たわる溝のことを指すのではないか。この溝を埋めるには、現場の声を丁寧に拾って機能開発や運用改善に反映させること、そして、実環境での実証と改善を繰り返して技術自体の信頼性・頑健性を鍛えていくことが求められる。単なるハイテク礼賛ではなく、「この技術は現地現物の課題に本当に効果があるのか」を常に問う姿勢が重要であろう。

## 2 事業性の壁：持続可能な

### 事業モデルの構築や費用対効果

2つ目の壁は「事業性の壁」である。どんなに有望な技術でも、ビジネスとして採算が取れなければ継続導入は困難である。地方のDXプロジェクトでは、補助金頼みで始めたものの事業として自立できずに頓挫するケースが少なくない。前述の各事例でも、この事業性の壁が垣間見える。

たとえばドローン配送は技術的な注目度は高いものの、現状では一度に運べる荷物量がごくわずかで1配送当たりのコストもまだまだ高い。「1:N」で複数機を遠隔対応できれば人件費や工数の削減につながるが、機体価格や操縦者の訓練、バッテリー、許可手続きなどのコストを考えると、商用サービスとして成立させるには配送単価を大幅に上げなければならず、利用者がつかないというジレンマがある。過疎地への医薬品配送のような公共性の高い用途では行政が費用を負担する意義があるかもしれないが、民間の宅配ビジネスとして利益を出すにはハードルが高いのが現状である。

同様に、自動運転バスも地方の足として期待されて全国各地で実証実験が行われてきたが、運行・遠隔監視要員が「1:N」で複数台管理できるようになったとしても、車両やシステムの導入費用や維持費用などのランニングコストはいまだ高額であり、有人でワゴン車を走らせるよりも高くつくのが現状である。

運行区域が限定され利用者も少ないと運賃収入はわずかで、輸送密度の小さい地方で公共交通としての運行を志向する場合は、運賃に頼るだけでは到底投資を回収できないため、既存の公共交通に投じている補助金をそのまま自動運転サービスにシフトして運行の効率化を目指すしかない。このように、ソリューション単体での費用対効果も検証しつつ、部分最適ではなく取り組み全体でのトータルな費用対効果をシビアに見ないと、DX導入で即座に黒字化を目指すことは難しい。

また、事業性の壁はスケールメリットが出にくい地方市場特有の問題とも絡んでくる。

都市部ならユーザー数が多く一度システムをつくれば広範囲に提供できるが、地方は人口希薄で一町一村ごとにサービスをつくっても利用者は限られる。MaaSアプリなどはその典型で、一つの地方都市向けに開発・カスタマイズしてもダウンロードする住民はわずか数千人、課金サービスに至っては数百人ということもある。その規模では民間企業の投資はとても回収できず、実証実験止まりで終わってしまうことになる。

このような中、技術の導入初期は補助金で賄い、軌道に乗れば収益化を目指すという筋書きがよく描かれるが、そこから民間事業として自走化させるのが一番難しいところである。実際、初年度は国の補助金で回っても、2年目3年目で自走した際に収益が見込めず、継続できないことが多い。特に外部のIT企業が単発で実証にかかわり、地元パートナー企業がない場合、補助金が切れた途端に撤退してしまい、サービスが残らないパターンがよく見られる。事業性の壁を超えるには、いかにしてローカルな収益モデルを構築するかがカギとなるのである。

これに対する一つの解は、需要を複合化・集約化することである。たとえば地方MaaSでよくいわれる「貨客混載」は、旅客と貨物の輸送を一本化してコストを折半するアイデアである。過疎地で空気を運んでいた路線バスに宅配荷物を積ませれば、運賃収入と運送委託料をダブルで得られ、路線維持につながる。実証例では、高速バスのトランクに農産物を載せて町外へ出荷するといった取り組みが行われている。また農業分野でも、収穫した作物のEC販売までパッケージにしてサービス化し、生産量アップを販売増収につな

げ、元を取るビジネスモデルが模索されている。単一機能の省力化だけではなく、関連する価値を束ねて収益を生むバリューチェーンの再構築が求められているのである。

さらに、官民連携によるコスト負担の工夫も重要である。地域課題解決型のDXは公共性が高いため、行政がある程度費用を負担しても住民福利に適う面がある。ただ全額税金投入では持続しないので、民間にも利益を享受してもらい、Win-Winの形にする必要がある。上土幌町のオンデマンドバスでは、行政がタブレット配布やシステム構築の初期投資費用を負担しつつ、運行は民間会社の収入で回るように運賃設定を工夫している。また北九州市のロボット支援では、研究開発部分は国補助や大学予算で、企業支援部分は市予算で、と役割分担しながら最終的には企業の利益増で税収還元というストーリーを描いている。

このように事業性の壁に挑むには、規模の経済と官民の役割分担という視点が不可欠である。最終的に利益が出る仕組みをつくれなければ、一過性の実験に終わってしまうためである。DXの理想を現実にするには、お金の流れまでデザインすることは避けて通れない。

### 3 法制度の壁：法制度や安全基準などの認証プロセスの整備

最後は「法制度の壁」である。新技術を社会実装するには、往々にして現行法制度との衝突が生じる。ドローンや自動運転はその典型例であるが、近年では現行の法制度が想定していない新しい技術が登場し、実証実験が進む中でそうした問題が発生し、国が検討

を始めるという流れが多く領域で見られる。

1つ目に挙げるのはドローン規制である。日本では航空法により、人口密集地上空や目視外飛行が禁止されていた。しかし、2022年12月の法改正でようやく有人地帯での無人飛行を行えるレベル4飛行が解禁された。ただし、解禁に向けては機体認証や操縦者ライセンス取得など厳しい条件が課されており、すぐに誰でもドローン配送ができるわけではない。

現状、国土交通省からレベル4飛行の許可を得て実証しているのはごく一部に限られる。法律上は実施が可能になっても、運用ルールや細則が整備されていない部分も多く、たとえば夜間飛行や物件投下の扱いなどグレーな領域も残る。また、地方自治体によってはドローン飛行そのものを条例で規制している場合もあり、地域によって実施可否が異なる点も課題である。

同様に、自動運転の法令対応もいまだ発展途上である。2023年4月に道路交通法が改正され、レベル4自動運転車両が「特定自動運行装置」として定義され、法令上は完全無人の自動運転車両の運行が可能になった。しかし、公安委員会から道路交通法の特定自動運行許可を取得する前に、運輸局から道路運送車両法上の認可を得る必要があり、そのプロセスは明確に定まっていないため、公道走行ワーキンググループでの有識者による都度判断となっている。また、公道での無人走行を開始するには、実際にはレベル2での運行実績が必要とされ、警察などとの協議も地域ごとに異なるなど、慎重な姿勢が見られる。さらに、車両タイプによっては保安基準緩和な

どの措置も必要であり、有償運行するには道路運送法上の対応も求められる。

その他、整備や保険などさまざまな対応が必要である。加えて、万が一事故が発生した場合、所有者、メーカー、運行管理者のそれぞれで責任の所在がどのようなになるのかといった法的整理も完全ではないため、総合的な法令対応パッケージが整わない限り、大規模な展開は難しい状況である。

農業・食品分野では、ドローンで農薬散布を行う際の農薬取締法、安全確認の義務、電波法上の周波数利用制限など、分野ごとにクリアすべき規制が存在する。畜産の遠隔診療においても、獣医師法の規定でオンライン診療の位置づけがまだ実験段階にあり、データ活用についても個人情報保護やプライバシーの観点で議論になるケースがある。

さらに、日本の法制度の特徴として、縦割り官庁による調整の難しさが挙げられる。先端技術は往々にして省庁の所管をまたぐため、許認可のハードルが倍増する。たとえば、MaaSで医療モビリティ（病院送迎サービス）を実現しようとする、運輸行政と医療行政の調整が必要である。また、既得権益層の反発も法改正を遅らせる一因となる。自動運転タクシーを解禁すればタクシー業界から、ドローン配送を広げれば有人輸送業界から、それぞれ慎重論が出てくる。こうした調整に時間を要するうちに、技術の勢いが削がれてしまう恐れもある。

もっとも、近年では政府も「規制サンドボックス制度」を活用し、期間・地域限定で規制を緩和し実証を進める取り組みを始めている。地方創生の文脈では、特区を設けてドローンや自動運転の実験を優先的に認めるケー

スも出てきた。また、冒頭で説明したとおり、2021に設置されたデジタル臨時行政調査会での検討を発端に、古いアナログ規制の見直し（いわゆる規制改革）を加速する動きも見られている。法制度の壁は一朝一夕には崩せないが、政府・自治体・民間が協働してエビデンスを示しつつルールを変えていく努力が求められる。

また、国の補助事業による初期投資で事業基盤を整えたら、早い段階で地元事業者ノウハウを移植して運用を自走させることが必要である。これは、単に規制緩和や新たな法整備を待つだけでなく、現場側が主体的に知見を蓄積し、行政に提案できる立場になることの重要性を示唆している。現場発の知見が蓄積されれば、より実態に即した制度設計が可能になるだろう。

ここまでの、技術導入を阻む技術面・事業面・法制度面の3つの壁について整理した。これらの壁はいずれも低くはないが、各地のプロジェクトでは創意工夫で乗り越えようという取り組みも見られる。こうした壁を乗り越えるために必要なことを最後の章で論じたい。

## Ⅳ 持続可能な社会実装への 現実解：現場主導の DX推進に向けて

本稿で見てきたように、地方産業の人手不足という喫緊の課題に対して、テクノロジーは大いに有望な解決策を提供し得る一方、実装に際しては「理想と現実」の隔たり、すなわち、技術面・事業面・法制度面の3つの壁が存在する。最後に、これらの壁を乗り越



え、真に持続可能なDXの社会実装を実現するための「現実解」を提言したい。

1つ目は、現場の課題起点で技術を取り入れた検証を行い、「小さく早く失敗」することである。DXの取り組みではとかく技術ありきになりがちであり、手段であるはずの技術の導入がいつしか目的化してしまうケースが多々見られるが、技術を取り入れる現場の課題の丁寧な洗い出しを出発点とすることが重要である。地域の高齢ドライバーが困っているのは何か、工場のどの工程がボトルネックになっているのか、農家は何に時間を取られているのか、こうした生の声を拾い上げ、その解決策として最適な技術を当てはめる形でDXを設計することが肝要である。

また、当初から大きく計画するのではなくスモールスタートで実証し、うまくいかない点は素早く軌道修正するアジャイルな姿勢で「まずはやってみる」ことで、早めに小さな失敗を重ねて学びを得ることも重要である。日本では、成功事例から学ぼうとする傾向があるが、本当の学びは失敗からしか得られない。DX推進においては、取り組みを実施して結果を分析し、その要素を次の取り組みに活かすといった失敗から学ぶマインドが欠かせない。

外部の企業や人材と協働する際は、地元人材へのノウハウ移転を念頭に取り組みを進めることも不可欠である。新たな技術の導入初期は外部のソリューションを持つ企業やコンサルティングファームが推進の主体となるケースが多いが、技術的な専門性が必要な内容を除いて、早い段階で地元の担い手に主役を交代させることが持続性のカギとなる。ノウハウの地域への継承を図ることで、外部企業

との協業や国の補助金が終了した際の外部環境の変化にも耐えられる体制を築くことができる。

2つ目は、計画当初から事業モデルと収支計画を検討し、事業性の確保を目指した取り組みとすることである。実証実験のみで終了してしまう取り組みの多くが、事業性の壁に阻まれているのが実情である。取り組みの当初は国の補助金などを活用するとしても、当初から黒字化することは難しい。将来的な収益源やコスト削減効果を定量的に示す計画を立て、実証実験でその事業性を検証することが必要である。さらに、取り組みの実施による経済的効果をエビデンスとして提示し、持続可能なものにしていく必要がある。そのようなビジネスプロデューサーが地域にいればよいが、いない場合にはそのような人材に外部から参画してもらえよう組織体制を整える必要があるのではないかと。

3つ目は、法制度の壁に対する規制改革と標準化の検討である。そのためには、現場からのボトムアップと国からのトップダウンの双方で働きかける必要がある。具体的には、民間側では現場で蓄積したデータや実証実験による検証を行い、安全性の面で問題なく運用できる事実を示すことで規制緩和を後押ししつつ、官側も実証実験を後押しする経済的支援だけでなく、法制度上の細かい対応についても民間を巻き込んだ議論やノウハウの提供を行っていくことが望ましい。

また、地方発のソリューションが全国展開できるようにするための標準化も重要である。たとえば前橋市が開発したデジタルID基盤を北海道江別市に提供した例のように、自治体間連携でソリューション共有する動き

も出ている。

以上、本稿では、物流・交通・石油流通・農業・酪農などの各分野にまたがる取り組みの考察を行い、3つの壁を乗り越える現実解を提言した。わが国における人手不足という厳しい現実と真正面から向き合い、技術の力でそれを緩和・解決していく道のりは容易ではない。しかし、本稿で紹介した各地の挑戦は、少しずつその可能性を示し始めている。テクノロジーの理想と現実を橋渡しするのは人間の知恵と協働である。現場で技術者と政策立案者が垣根を超えて知恵を出し合い、人手不足という社会課題に立ち向かう先に、誰もが安心して暮らし働ける持続可能な地方の未来が開けていくことだろう。

---

注

野村総合研究所「トラックドライバー不足の地域別

将来推計と地域でまとめる輸配送——地域別ドライバー不足数の将来推計と共同輸配送の効用」(2023/1/19)

<https://www.nri.com/jp/knowledge/report/2023forum351.html>

---

著者

稲垣仁美（いながきひとみ）

野村総合研究所（NRI）アーバンイノベーションコンサルティング部 エキスパートコンサルタント

専門はエネルギー、地域交通、消防・防災、観光・まちづくりなどのインフラ領域における政策提言、事業開発。近年はデジタル技術を活用した地域イノベーションをテーマに活動

肥後隼大（ひごはやた）

野村総合研究所（NRI）アーバンイノベーションコンサルティング部 シニアコンサルタント

専門はインフラ領域における事業戦略立案、地域交通の再編など