



保安を高度化する 実用的デジタルツインの作り方

ブラウンリバーズ株式会社
代表取締役CEO 金丸 剛久

1. はじめに

デジタルツインとは現実空間をデータ化し仮想空間に再現する概念で、現実空間の挙動や性質をコンピュータ上でシミュレーションすることで、未来予測に役立てようとするものである。現実世界の環境を仮想空間に複製した鏡の中の世界のようなイメージで、かつては“Mirror Worlds”と呼ばれていた。古くは1970年、NASAのアポロ計画で用いられた「ペアリングテクノロジー」が概念の発祥だと言われている。

既に、国土交通省は2020年度から3D都市モデルのオープンデータ「PLATEAU（プラトー）」を提供しており、東京都ではデジタルツイン実現プロジェクトが始動、2030年の実現を目指している。デジタルツインが、製造業や建設業、スマートシティ等、従来から3Dデータを利用していた業界で先行して活用が進んでいることから、紙や2D図面で行っている危険物施設従事者の業務が3Dに確実に置き換わっていくことを前提に、本稿では保安の何がどのように高度化し、変革されるのかについて、検証事例をもとに言及していく。

デジタルツインの活用は、業務効率化や現場管理者のリモートワーク・働き方改革を推進するとされるが、具体的な業務レベルに言い換えると、図1の現状の課題があるべき姿に昇華すべく環境が提供されると理解すると捉えやすいだろう。

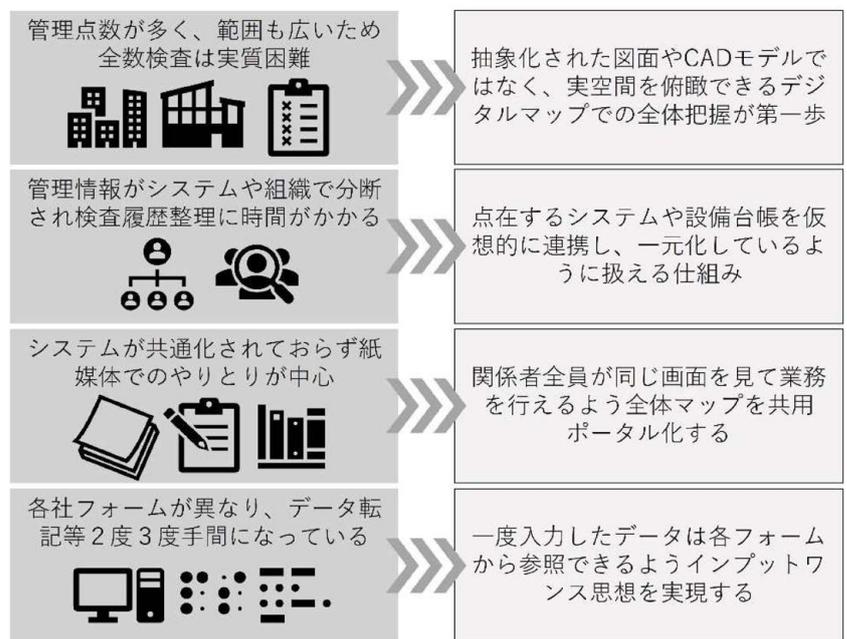


図1 設備保安における現状の課題とあるべき姿

2. デジタルツイン実装が進まない理由

デジタルツインの実装において中心的な役割を担っているのが3D技術であり、工学設計に用いられる3D CADと現場計測に用いられる3Dレーザースキャンを組み合わせた現実空間の3D 化手法として一般的である。技術的には確立されているのだが、CADオペレーターによるモデリング作業と測量士による計測作業では、何百万平米もある事業所の設備3D化に時間とコストがかかりすぎるという課題があり、一部の作業が自動化されつつも実用レベルまでには至っていない。

デジタルツイン実装の第一歩の課題を解決し、可視化までを圧倒的なスピードで提供するのがブラウンリバーズ社の3D ビューア「INTEGNANCE（インテグナンス）VR」である。INTEGNANCE VRが提供するデジタルツインには次のような特徴がある。

- ・ 移動式地上レーザースキャナーの採用により、計測時間を5～10分の1に短縮
- ・ 取得データをCADソフトで加工せずに点群3Dモデルのまま、360°パノラマ画像を併用することでリアリティを担保
- ・ 設備管理業務に活用することに特化し、3Dモデルにミリ単位の精度を求めない

例えば、のべ床面積1万平米の施設で従来のアプローチでデジタルツインを構築する場合、3D CADモデル作成では700万円で60日ほどかかるところを、INTEGNANCE VRサービスでは100万円で計測開始から3D閲覧まで最短3日という期間で完了する。このサービスが「ファスト（迅速）デジタルツイン」と称する所以である。

2022年9月にサービス提供を開始して以来、石油精製・石油化学業界をはじめとした幅広い業種で導入が進んでいる。



図2-1 固定式地上レーザースキャナーを採用した従来型デジタルツインの特徴



図2-2 移動式地上レーザースキャナーを採用したファストデジタルツインの特徴

3. ファストデジタルツインがもたらす保全の変革

3-1. 点検業務のDX

実用的なデジタルツインの活用事例として、最もわかりやすく作業の効率化が図れる点検業務に外表面腐食検査がある。アイソメ図やスプール図上に点検結果を記入し、外観写真を貼付して整理する従来の方法は、労力に対して再現性と可用性が著しく低く、生産性が頭打ちとなっている。抽象化した2D図面に現実空間の特定部位を落とし込むことに限界があること、2D図面が現実空間と一致しておらず、そもそも2D図面がない場合はスケッチすることから始める必要が

あるためだ。例えばその位置の不確実性を写真で補ったとしても、「その部位がどこか」を照合し、特定するには経験と時間を要する。

INTEGNANCE VRを適用した外面腐食検査の一番のメリットは、点検対象箇所の計画および結果が現実空間上の位置情報と一意的に結びつく点である。プロット図面やスプール図に記した「位置」は平面に表現された図面上の相対位置であって、現実空間が更新され図面が古くなれば、意味をなさなくなる。一方で、現実空間上の位置情報は絶対座標であり、これと紐づいた点検情報は空間上に存在し続けることが可能となる。例えば3Dモデルが更新されても、点検シートが刷新されても、点検履歴を呼び出し活用することができる。

INTEGNANCE VRのタブレット操作画面から、現場で点検結果を直接入力する以外に、何ヵ年計画かの外面腐食検査の点検手順を検討する際にもINTEGNANCE VRが有用である。特定サービスの配管を追いやすいだけでなく、図面ではわからない周囲環境が、現場にいるように手元でわかるので、効率的な作業工程を組むことができる。大まかに点検対象をパッケージ化したのち、INTEGNANCE VRへのアクセス権を検査会社へ貸与し、詳細計画を立案させることも可能だ。点検業務のスコープ決めから点検手順、点検結果の蓄積に至るまで、INTEGNANCE VRを介してワンストップで実施できる。

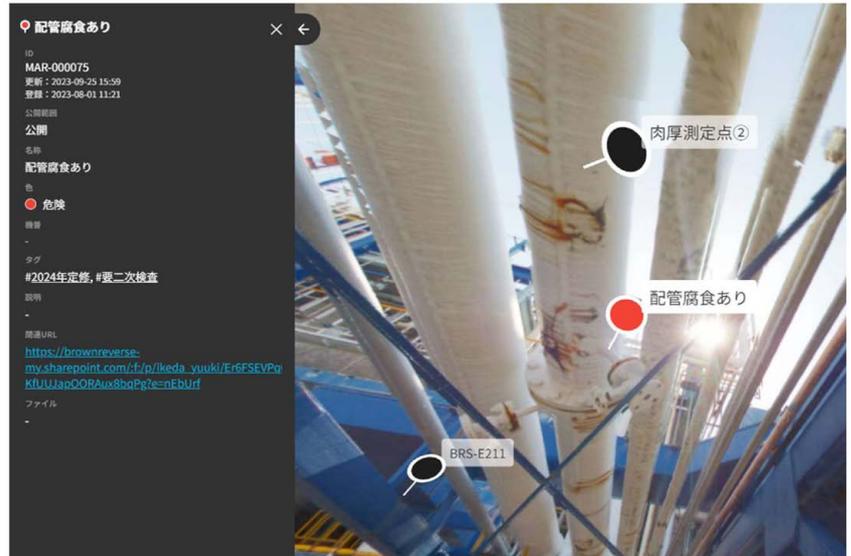


図3-1-1 点検計画・結果をVR上にプロット

設備の高経年化に伴い、点検項目は増加傾向にありながらも、作業員が十分に動員できない現状がある。それゆえ設備点検の網羅性が高められず、計画外停止や事故が下げ止まらない要因の一つと考えられており、一作業員の生産性を劇的に上げることが必須となっている。INTEGNANCE VRの適用による業務効率化は次のとおりである。

- ・ 現場に出向かずとも対象箇所を机上で抽出し、空間上にマーキングすることができる(3D座標の定義)
- ・ 図面の更新や配管スケッチなしで、現場調査の結果を3Dモデルに直接登録できる
- ・ 報告書への現場調査結果転記が不要で、マーカーを関係者に通知するだけで情報共有が完結する
- ・ マーカー(位置情報)を管理台帳や既存システムへ紐づけると、INTEGNANCE VRから点検進捗や履歴にアクセスしやすくなる

これらの業務効率化を定量的にみると図3-1-2のような削減効果が見えてくる。バルブ取替工事の事案発生から着工までの事例で、1つのバルブ交換でその位置を特定し、仕様書→見積→工事計画の工程で4時間の工数削減が見込めるとなると、点検業務でいえば年間で数千万円の人件費削減効果は裕に見込める計算となり、削減分を未着手の点検エリアに転用すれば網羅性の向上となる。

設備保全担当者が協力会社にバルブ取替工事を依頼する事例

調査依頼が来た保全課の調査と協力会社が作業するまで

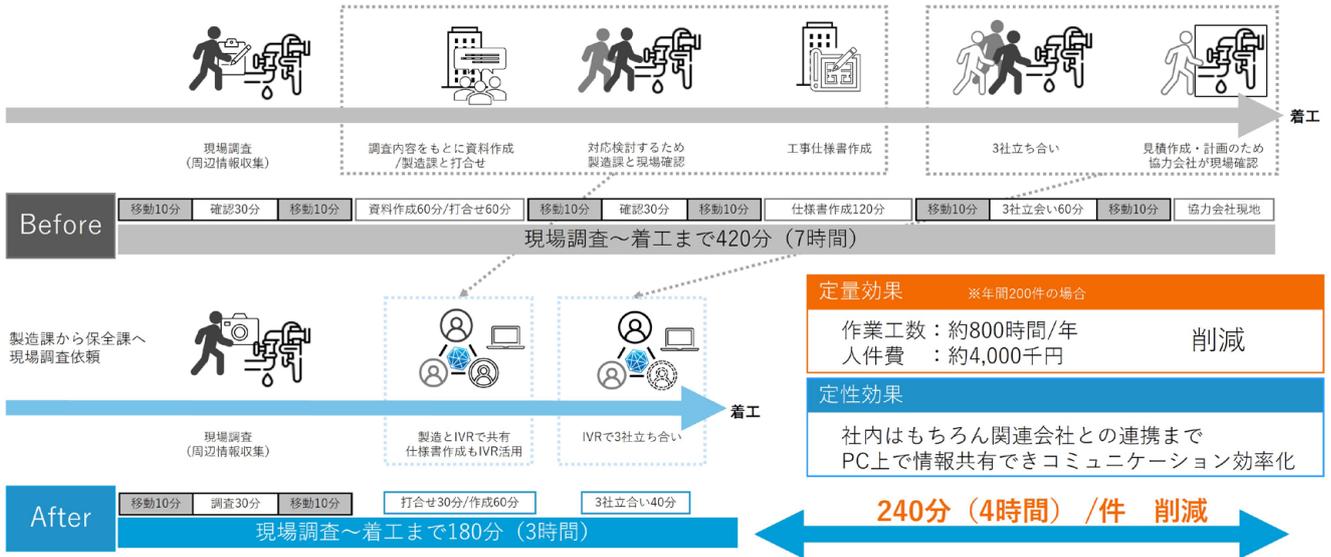


図3-1-2 バルブ取替工事に適用した場合のメリット

3-2. リスク評価のDX

プラントの安全は、事故や問題が発生した経験をもとに必要な安全対策を整備・改定する形で、一様な安全対策を求める「仕様規制型」の法規で守られている。それらは高度経済成長期に施行されたものが多く、かつておおよそ同じ種別のプロセスプラントが主体であった時代には非常に効果を発揮してきた法体系となっているが、持続可能な社会のための技術発展による新規プロセスプラントには、この一様な安全対策を求める法規制型では判断が難しかったり、対応が遅くなる可能性や技術導入そのものの障害となりうる。

そこで、これまでの仕様規制型に加えて、リスクの高いところに適切なリソースを割く「リスクベースアプローチ」という取り組みを図ることによって、安全性を向上させる自主保安も推奨されてきている。一般的に、DX推進によるデジタルツインやツールの活用は、業務時間の短縮や業務最適化を図ることが主目的とされることが多いが、デジタルツインを活用して従業員が現場に出向く回数を減らしたり、高所・狭所など目視が難しい箇所へドローンを飛ばして点検したりすることは、現場の従業員を守るためのリスク低減策と呼べるだろう。こうした代替ツールは使い方によっては「リスクベースアプローチ」の肝となるリスクに基づくマネジメント判断のサポート等で、安全性を向上させることに寄与する。

リスクベースアプローチでリスク評価を実施する際、評価に必要な情報がデジタルツイン上に整理・共有されていると、迅速で質の高いアウトプットが期待できる。加えて典型的な事故シナリオといったプロセスや機器タイプによって評価フレームが予め用意されている「CoreSafety」を併用すれば、リスク評価に取り組みやすいだけでなく、評価結果をデジタルツイン上にマッピングすることで、洪水時の氾濫予測マップのようなダイナミックリスクの可視化が可能となり、仕様規制型では見えてこなかった危険を炙り出す高度な自主保安に繋げることができる。

＜ リスクダッシュボード

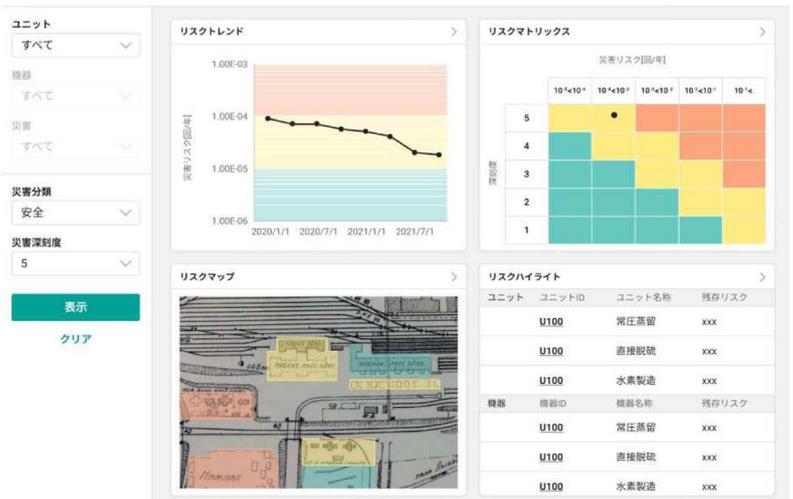
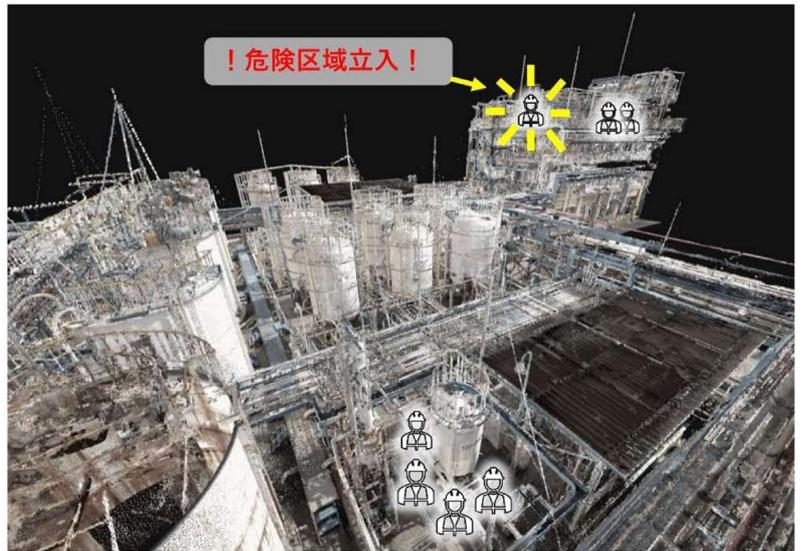


図3-3 CoreSafetyのリスクダッシュボード

3-3. 現場安全対策のDX

物理的な保安の業務プロセス工程そのものを変えていく以外にも、作業環境の安全性向上にも寄与する機能開発も進めている。事業所への入退構記録デジタル化に始まり、現場に入った従業員・作業員の位置情報をINTEGNANCE VR上に表示するショーアップ機能は、作業員の頭数や配員が計画通り実施されているかの確認ができるばかりでなく、危険エリアに立ち込んだ作業員にアラートを出すといった安全監視にも活用できる。また作業員に装着したバイタルセンサーを介して健康状態を監視し、作業員の体調異常を検知するとINTEGNANCE VR上でその作業員の位置を監督者に知らせるといったことにも応用できる。



実用的なデジタルツインがあると、実用的なセンサーと組み合わせで、質の高い労働環境を構築することが可能となる。

図3-3 危険区域に立ち込んだ作業員に通知 (イメージ)

3-4. 許認可申請のDX

危険物保安技術協会は、自主研究事業として「石油コンビナート向け電子版立体構内図をプラットフォームとしたスマート保安推進に関する研究」を推進しており、ブラウンリバーズ社と危険物施設従事者の業務効率化および保安力向上による事故の未然防止を目的として共同研究を開始した。その取組みとして、INTEGNANCE VRを用いた危険物施設等の保安推進及びそのデータを活用したオンライン申請への適用を足掛かりに、デジタルインフラを活用することで保安の高度化 (VR・AR教育/3次元情報を活用した災害対応・シミュレーション等) の実現を目指している。実証実験はこれからだが、事業所および行政と連携した申請業務のデジタル化にむけたパイオニアとして注目される。

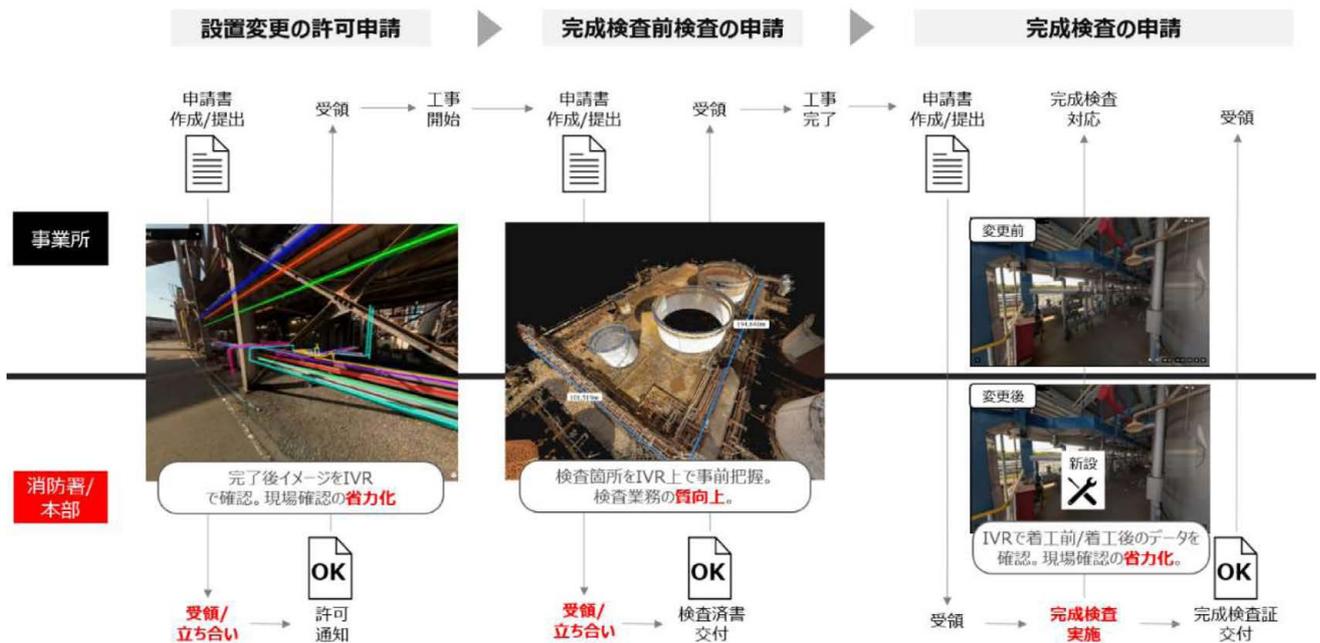


図3-4-1 消防法関連業務への適用 (イメージ)

レイアウト規制

任意の地点間距離測定をIVRで実施、現地対応省力化
幅員、ラックの高さ、屋外給水柱の設置間隔などをIVR上で測定



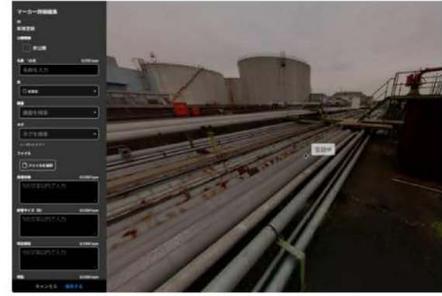
表5 施設地区の区分及び主なレイアウト規制の概要

施設地区の区分及び概要	主な規制の概要
製造施設地区 (主として、危険物等(可燃性ガス含む)を製造、又は原料とする施設等が設置されている地区)	・地区の面積は原則80,000㎡以下・概ね7,000㎡毎に幅員4mの通路で分割 ・地区の外周全てが 特定通路 ・外周から内側に5m(3m)セットバック
貯蔵施設地区 (危険物等を貯蔵するための施設又はその制御をするための施設等が設置されている地区)	・地区の面積は原則90,000㎡以下 ・地区の外周全てが 特定通路 ・火気を使用する施設地区との地盤面の高低差をつける

Safety&Tomorrow No.151 P61抜粋

査察対応

査察対応用マーカをIVRへ設置、査察対応効率化
IVR上のマーカに査察対応用電子データを集約、申請図書や各種検査/点検結果の参照を簡易にする



電子データ



図3-4-2 石油コンビナート等災害防止法関連業務への適用(イメージ)

3-5. 安全教育のDX

災害や事故状況を繰り返し再現できる災害シミュレーターやバーチャル体験ができる仕組みがサービス化されている中で、現実空間と同じ環境で防災訓練が可能なシミュレーターは少ない。万が一の事態に備え、防災モードを搭載したデジタルツインを災害対策本部に設置出来たらどうであろう。情報が最新化されているかどうか確かでない既存の2D図面だけで対策を講じるよりも、消火栓の位置や通路の位置といった周囲状況がビジュアルに把握できるデジタルツインがあれば、消防隊の侵入経路を計画しやすだけでなく、緊迫した状況下でも素早く正確な意思決定が行えるだろう。実践の前にまずは訓練で活用することで、最前線に対応する消防隊の他、構内出入業者向けの入構教育にも活用できるようなコンテンツを作成しておく、関係者全員で共通認識を持つことができるだろう。

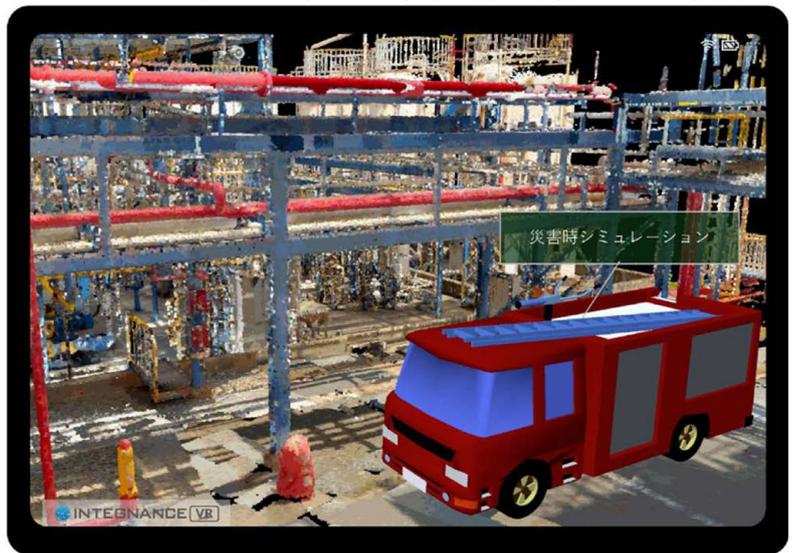


図3-5 災害時シミュレーション(イメージ)

3-6. 設備維持管理のDX

設備の維持管理における「2D図面を最新化すること=維持管理」という固定観念を捨てて、3D情報を正(マスター)とする考え方が、デジタルツイン適用によってもたらされる設備維持管理の変革である。2D図面というのはものづくりにおいて仕様要件を定義したダイアグラムであって、設計者の設計意図を製作者に伝える言語であるため、設備維持管理目的にはそぐわないことを認識すべきであろう。

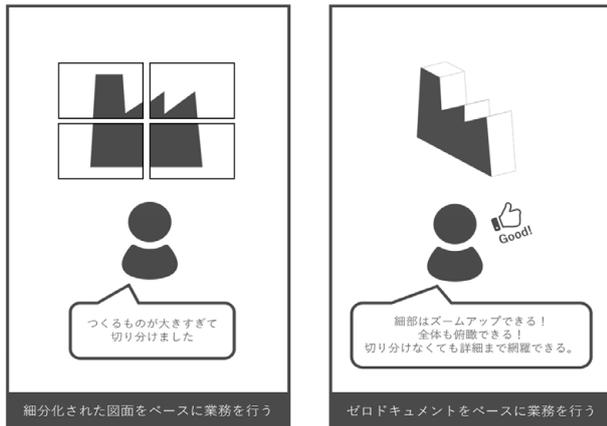


図3-6-1 ゼロドキュメント

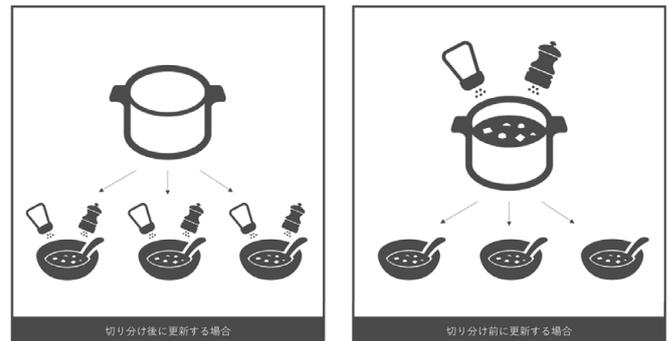


図3-6-2 3D をマスターとする概念

設計意図を正確に伝えるため情報が細分化された状態では、維持管理でもっとも重要な大局的な視点を欠いてしまう(図3-6-1)。デジタルツインがあれば、デジタルツインの3D情報を現物とシンクロする仕組みを講じたほうが理にかなっている。また細分化された情報を最新化し続ける運用よりも細分化される前の大元を管理するほうが、料理を取り分ける前に調味するのと同様、運用しやすいことは自明であろう(図3-6-2)。2D図面や設計図書といったドキュメントを正としてきた維持管理はデジタルツインにより終わりを告げ、現実空間を維持管理するのと同じように、仮想空間上のデジタルツインを維持管理することが当たり前となり、やがて「ゼロドキュメント」へシフトしていく。

4. 実践的かつ必要不可欠なツールの必須要件

4-1. 利用シーンの汎用性

INTEGNANCE VRは日揮グループが掲げる統合型スマート保全サービスINTEGNANCE (インテグナンス= Integrated Maintenanceの造語) の1サービスであり、INTEGNANCEサービス群で構成される図4-1の全体像のなかのビューア機能を担っている。3Dモデルや360°パノラマ画像の裏側には基幹システムが有機的に連携したデータ基盤と、そのデータを解析して予知保全に活かす分析モジュールがある。データ基盤や分析モジュールは危険物施設従事者の目的に応じたデータやツールの集合であることに対し、ビューアは危険物施設従事者に限らず、本社の従業員や行政の関係者も含まれ、紛れもなく「現場に立ち入ることが許可された関係者」が分け隔てなくいつでもどこでも使えるツールとなっている。時間的地理的制約を受けることなく幅広く使えることが、実用的で必要不可欠なツールとなる第一の条件である。

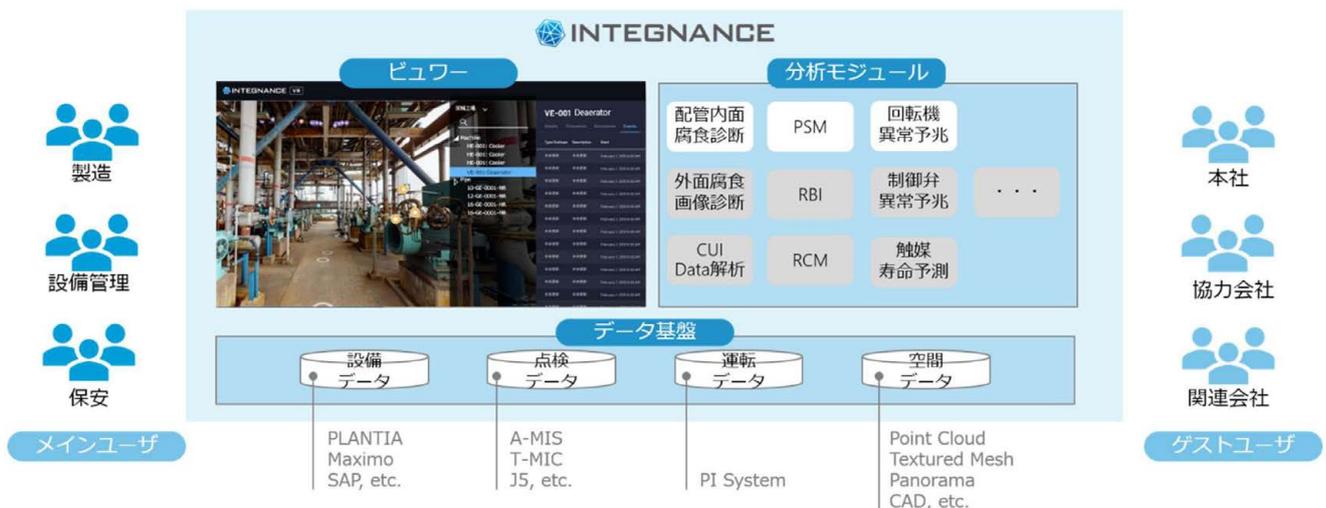


図4-1 統合型スマート保全サービスINTEGNANCEの全体像

4-2. 直感的な操作性

INTEGNANCE VRの操作画面は、汎用的なデバイスでストレスなく使えるよう表示する情報量をチューニングすることで操作性を維持し、検索・マーキング・測長・空間シミュレーションといったシンプルな機能が直感的に使えるよう設計されている。機能がシンプルであるが故に様々なシーンでの利用と応用が期待できる。

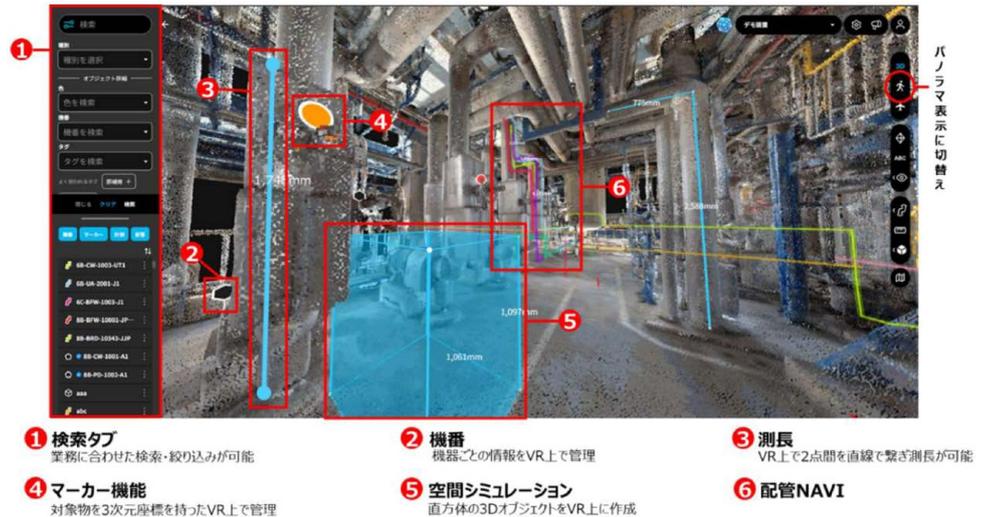


図4-2 シンプルな機能で直感的な操作画面

4-3. アウトプットまでの俊敏性

実務担当者を通して検証と実運用を重ねてわかってきたことは、「現場に出向かなくても業務が済む」という時間削減だけでは継続的に活用されるデジタルツールにはなり得ないということだ。ユーザーからの必須要件は、事務所にいようが現場にいようがサクサク動作する、3Dモデルや360°パノラマ画像の描画速度もさることながら、欲しい情報にストレスなくリーチでき、結果を得るまでの俊敏性が一様に求められている。画面遷移がスムーズで、ワンクリック、シングルボタンで目的が完了できる体験を積み重ねることによって、スマートフォンが当たり前になったようにデジタルツインも業務上必要不可欠なツールとなるのである。



図4-3 画面上の位置情報からあらゆる情報にリーチできる(イメージ)

5. まとめ

生成AIにせよ自動航行ドローンにせよ、どんなに高度な技術でも、それが適用できる環境と活用できる人がいる「実用的な状態」でなければ社会課題解決にはなんら貢献しない。実用的な状態とは、それを適用するまでの準備期間と費用が現実的であるという意味も含んでいる。本稿で挙げた具体例はどれもわかりやすく、すぐにでも取り組みそうな事例に分類できるであろう。

高度な技術を有しながら、社会活動や日常生活で市民権を得ている身近な例にGoogleマップがある。ランドマーク情報検索から目的地までのナビゲーションといった機能をあらゆる人に提供するGoogleマップはいわば社会インフラのデジタルツインと言える。実際のところGoogleマップで社会実装している機能をトレースすることが、産業界の実用的なデジタルツインを実現する上で最も実践的な手本だと考えている。

事業所内のあらゆる部門、出入りする協力会社といった関係組織が、日常でも工事でも緊急時でもあらゆるフェーズに適用できる産業版Googleマップ。事業所と行政機関が「同じ画面」を見て防災規定の策定や災害応急措置を講じていくと、デジタルインフラを通じた保安力・生産性向上および業務の効率化を生み、ひいてはスマート保安を推進する文化醸成に繋がっていくことが想像できるであろう。

参考資料

1. 「石油コンビナート向けの電子版立体構内図をプラットフォームとしたスマート保安推進に関する研究」について（危険物保安技術協会HP より）
2. 金丸剛久、田邊雅幸：“製造業の3D革命～ファストデジタルツインで加速するDX最前線～石油・化学メーカー編”、技術評論社（2024.1）
3. 金丸剛久：“これからのデジタルツインドリブな検査業務”、検査技術（2024.4）