

デジタルツインの現状に関する
調査研究の請負
成果報告書

令和3年3月

総務省情報流通行政局情報通信政策課情報通信経済室

(委託先：株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所)

目次

1. 調査研究の概要.....	4
1.1. 背景.....	4
1.2. 目的.....	4
1.3. 実施期間.....	4
2. 調査研究結果.....	5
2.1. デジタルツインの概要.....	5
(1) デジタルツインの仕組み.....	5
(2) 基盤となる技術.....	5
(3) 期待される効果.....	6
1) 業務効率化.....	6
2) 付加価値向上.....	6
(4) 普及に向けた課題.....	6
2.2. デジタルツインの活用事例.....	8
(1) 全体動向.....	8
(2) 事例調査結果.....	9
1) 製造業.....	9
2) プラントエンジニアリング.....	12
3) 国土計画・都市計画.....	13
2.3. デジタルツインの今後の見通し.....	18

図表一覧

図 1	GE 製の航空機エンジン	9
図 2	グローバル SCM シミュレーションサービス 概要	10
図 3	三井海洋開発の Digital & Analytics	12
図 4	仮想化されたシンガポール	13
図 5	都市のデジタルツインのイメージ	14
図 6	都市のデジタルツインのユースケース（街の混雑状況）	15
図 7	街づくり DTC	16
図 8	国土交通データプラットフォーム整備の目的・目指す姿	19
図 9	IOWN Global Forum のミッション	20
図 10	DTC におけるヒトのデジタルツイン	21

1. 調査研究の概要

1.1. 背景

近年、IoT 等を活用して現実（フィジカル）空間の情報を取得し、サイバー空間内に現実（フィジカル）空間の環境を再現するデジタルツインが注目されている。デジタルツインを活用することで、リアルタイムで取得した情報をもとにサイバー空間上で現実空間の状況を把握すること、また、サイバー空間上で現実空間の分析やシミュレーションを行い、その結果を現実空間にフィードバックすることなどが可能になる。

このように様々な効果が期待されるデジタルツインは、製造業やエネルギー・インフラ業などの様々な分野で活用が進められている。また、シンガポールでは、スマート国家の実現に向けて、「バーチャルシンガポール」の構想が推進されるなど、海外においても普及し始めている。

1.2. 目的

本調査では、このように急速に普及するデジタルツインの現状や課題、各分野における取組を整理するとともに、今後の見通し等について分析することを目的とする。

1.3. 実施期間

令和3年2月10日から、令和3年3月31日までの期間にて実施した。

2. 調査研究結果

2.1. デジタルツインの概要

(1) デジタルツインの仕組み

デジタルツインは 2002 年に米ミシガン大学のマイケル・グリーブスによって広く提唱された概念であり、現実世界と対になる双子（ツイン）をデジタル空間上に構築し、モニタリングやシミュレーションを可能にする仕組みである。元々は製造業の製品管理における PLM（Product Lifecycle Management）から発展した概念である。

デジタルツインは、現実空間とデジタル空間、そして両者の情報連携の 3 要素によって構成されている。狭義では、現実世界とデジタル空間のリアルタイムかつ双方向の情報交換によって、利用者に現状の分析や将来予測の機会を与える動的なモデルがデジタルツインとされている。一方、広義では、現実世界とデジタル空間の間に情報交換が無い静的な 3D モデル等もデジタルツインと呼称される場合がある。

デジタルツインに類する考え方として、デジタルスレッドと呼ばれる概念がある。デジタルツインが現実世界の現在を反映した概念だとすると、デジタルスレッドはデジタル空間上の資産の誕生から廃棄まで時系列的な経緯を記録・統合した概念とすることができる。米国防総省はデジタルスレッドを活用することで、戦闘機的设计・製造工程から、戦闘時の運用、修理・メンテナンスまでライフサイクルの全データを時系列に統合することを目指している。一般に、デジタルツインは、デジタルスレッドの概念によって成立していると言える。

(2) 基盤となる技術

デジタルツインは現実世界の状態を継続的に感知するためのセンサー、通信のためのネットワーク、データを集約・管理・活用する情報基盤が技術要素となる。

デジタルツインにおいてセンサーから取得されるデータは、活用方法によって取得頻度や詳細度合いが異なる。常時モニタリングが求められる場合はリアルタイムデータが取得されるが、定期的にモニタリングすればよい設備や備品について、データの取得頻度は日次や週次などでも十分な可能性がある。また、デジタルツインはバーチャルセンサーと呼ばれるデジタル空間固有の仮想センサーを具備しており、デジタル空間でのシミュレーションを行う際にはバーチャルセンサーの計測値に基づいて将来予測等を行うことができる。

センサーデータの多くは無線通信を介して情報基盤にデータ送信される。センサーデータによるモニタリングの仕組みは Internet of Things（以下 IoT）の思想と同様であり、デジタルツインは IoT の概念を拡張したものと考えることができる。近年では IoT に特化した無線通信技術として、LPWA や LoRaWAN 等の方式が利用されている。また、エッジコンピューティングなど、センサー側で情報処理を行った後に情報基盤にデータを伝送するケースも想定される。通信規格は各国・各団体による標準化が進んでいるが、今後デジタルツインが組織や国境を跨いで利用される際には、こうした標準化の活動が重要になることが想定される。

情報基盤は各種センサーから取得した時系列データを統合する機能を持つ。統合されたデータは情報基盤において機械学習・人工知能等の解析技術によってモデル構築・データ処理がなされ、

時系列変化の予測等に活用される。こうしたリアルタイムデータや将来の予測データによってデジタル空間の状態を更新することで、一般的にデジタルツインとして認識される動的なモデルを表示・シミュレーションする機能を実現している。

(3) 期待される効果

1) 業務効率化

デジタルツインによって現実世界のリアルタイムなモニタリング、及びシミュレーションが可能になることで、デジタルツインのユーザーは業務効率化の効果を得ることができる。

例えば、飛行機のエンジンは事前に故障を防ぐため、一定期間毎に生産設備の点検を行って、故障やその兆候を確認する必要があった。飛行機のエンジンの状態をデジタルツインによって継続的にモニタリングすることで、故障の予兆がない場合はメンテナンスの回数を減らすことができる。必要な時に、必要な部分のみメンテナンス等の対応ができることから、デジタルツインのユーザーは業務の効率化が期待できる。

デジタルツインによって、ビジネスモデルを変革した企業もある。米 GE の伝統的なビジネスモデルは物理的な製品の売り切りモデルであったが、自社のエンジンにデジタルツイン技術を導入することで、故障直前の事前メンテナンスなどのサービス提供によるビジネスモデルへの変革を実現している。

2) 付加価値向上

デジタルツインによってリードタイムの縮小などの付加価値向上の可能性もある。デジタル空間上に、バーチャルセンサーと呼ばれる現実世界には存在しない仮想のセンサーを構築することで、現実世界での振る舞いを仮定することができる。

例えば、製造業や建築業の企画・設計プロセスについて、従来は設計図面に基づいたプロトタイプを製作して各種試験を行っていたが、試験結果によっては図面の引き直しやプロトタイプの再製作が必要であった。デジタルツインを企画・設計プロセスに導入することで、デジタル空間上でのシミュレーションが可能になり、実際にプロトタイプを製作しなくても各種試験の実施が可能になったことで、コスト削減だけでなく製品開発のリードタイム縮小効果が期待される。

(4) 普及に向けた課題

デジタルツインは実用化が進みつつある技術の集合体であり、単純な構成であれば技術的な障壁は大きくないが、実用的に活用する上では多くの課題がある。

デジタルツインは対象物のセンサーデータを基にシミュレーションを行うが、モニタリングされていない周辺環境との相互関係を観測・予測することは難しい。実際の現実世界では何かしらの資産に対して、周辺のモノ、ヒト、その他の外部環境が影響し合って、時系列的な変化が起こっていくが、全ての要素を漏れなくシミュレーションすることは困難である。こうした問題に対して、デジタルツインではバーチャルセンサーという機能によって対処している。バーチャルセ

センサーは物理的なセンサーを伴わず、デジタル空間上で想定される挙動や時系列的な変化をセンシングする機能であり、現実空間に設置が必要なセンサーの数の減少に寄与する。

また、デジタルツインは IoT 等のテクノロジー活用を前提としたソリューションであり、導入効果はユーザー側の体制・導入方法に依存する。デジタルツインの技術とその使い方を理解できるテクノロジー人材の充足が課題となる可能性がある。現実問題として、IoT 等新技術を持つ専門技術者は多くのユーザーにおいて不足感が強い。こうした背景から、大阪府 IoT 推進ラボや札幌市 IoT イノベーション推進コンソーシアム等、自治体が主体となって自治体や中小企業への IoT 導入に向けた支援策が拡充されている。

最後に、とりわけ街のデジタルツインなどの個人情報を取り扱う可能性のある構想においては、個人情報保護に関する法令順守、及び住民理解の醸成が必要になる。米グーグルは 2017 年に加・トロントをスマートシティとして再開発することを発表した。2020 年 5 月 7 日に不安定な経済情勢と不動産市場に起因する収益性の悪化を理由にプロジェクトの中止を発表した。プロジェクト中止の背景には、上記のような経済的な理由だけでなく、同国自由人権協会によって訴訟されるなど、個人情報の取得・活用に関する住民理解が得られなかったことが指摘されている。個人情報を保護する動きとしては、欧州の GDPR (General Data Protection Regulation) をはじめとして、規制強化の風向きが強い。内閣府が進める「スーパーシティ構想」では、こうした問題に対して住民の代表が参画する「区域会議」を設定することで、利便性の高い街づくりと、安心して生活できる都市を両立させることを目指している。

2.2. デジタルツインの活用事例

(1) 全体動向

デジタルツインは航空産業や製造ラインなど、製造業のユーザーを中心に活用が始まったが、現在では幅広い分野での活用が始まっている。現時点でデジタルツインの活用が最も進んでいるのは、製造業、プラントエンジニアリング、国土計画・都市計画の3分野である。デジタルツインの導入目的は分野によって異なるが、現時点では業務効率化やコスト削減を目的としたソリューション及び導入事例が中心である。

まず、航空機エンジンなどのディスクリート製造業では、個別製品販売後の保守・メンテナンスを効率化するために、デジタルツインが導入されている。例えば、航空機エンジンにデジタルツインを導入することで、実際のエンジブレードの損傷度合いのリアルタイムな把握や、シミュレーションによる故障タイミングの予測が可能になる。ユーザーにとっては、予期せぬダウンタイムの発生を防止し、必要以上の頻度でメンテナンスを行う必要がなくなるため、業務効率化及びコスト削減につながる。

また、工場・プラント及び物流分野においてもデジタルツインに関する取り組みが盛んにおこなわれている。タイヤメーカーでは、工場設備のコントローラから装置の作動情報を抽出・分析することで、装置故障の兆候を事前に検知してダウンタイムの発生を防止している。また、バーチャルセンサーと呼ばれるデジタル空間上の仮想のセンサーを用いてシミュレーションを行うことで、工場に実際に設置するセンサーの数が減少したという事例もある。

大規模設備へのデジタルツイン導入の発展形として、国土や都市のデジタルツイン化に関する取り組みも盛んに行われている。代表的な事例はシンガポールの都市を3Dで再現したバーチャルシンガポールであるが、その他にも欧州や日本国内で都市を3Dモデル化する取り組みは盛んに行われている。都市のデジタルツイン化の目的は、単なるオペレーション効率化だけでなく、都市計画や政策への反映など付加価値向上にも重点が置かれている。

(2) 事例調査結果

1) 製造業

(ア) ボーイング：GE90 エンジン

米 GE が提供する GE90 エンジンは大型ジェット機に採用される世界最大級のエンジンであるが、デジタルツインのコンセプトを示す事例といえる。GE はエンジンプレードをデジタルツインで再現することで、時間経過によるエンジンプレードの損傷を予測することを可能にしている。

GE のデジタルツインは、AWS や Microsoft Azure などのクラウド環境で動作する。デジタルツイン上に仮想センサーを設置することで、現実の資産が時間経過によってどのように変化していくかシミュレーションを行うことができる。また、GE のデジタルツインは使い続けることによって、アルゴリズムの学習が促され、精度向上が期待できるようになっている。

飛行機のエンジンはその巨大なサイズから、交換等の対応が困難であるためにメンテナンスコストが高止まりになっていた。ボーイング等の GE90 のユーザーは、デジタルツインを活用することで過剰なメンテナンスを削減することが可能になり、メンテナンスサービスに要するコストを数千万ドル削減することができた。

米 GE は飛行機エンジン以外にも、デジタルツインの適用範囲を拡大させている。代表的なところでは、発電所、鉄道、風力発電等の発電設備向けの製品にデジタルツインを組み込んで提供することで、顧客のコスト削減を支援している。

図 1 GE 製の航空機エンジン



※出典：Ian Abbott ¹

¹ Ian Abbott 「GE90 Engine」 (https://www.flickr.com/photos/ian_e_abott/50017857571)

Ian Abbott による「GE90 Engine」は、Creative Commons 表示-非営利-継承 2.0 一般 License.によってライセンスされています。

© Ian Abbott 2019 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>)

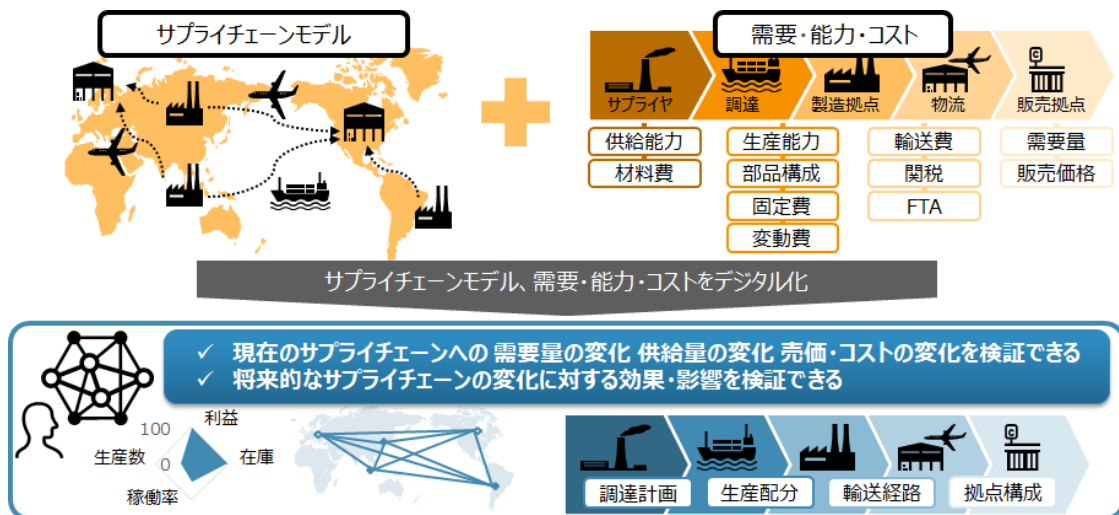
(イ) 日立ソリューションズ：グローバル SCM シミュレーションサービス

日立ソリューションズは 2020 年 7 月、サプライチェーンのデジタルツインを構築して製造プロセスの改善を支援するクラウドサービス「グローバル SCM シミュレーションサービス」を開始した。

製造業では従来、事業の企画部門や営業部門、製造部門ごとに年度計画が作成され、担当者の経験による判断ですり合わせが行われるなど、製造プロセスの改善までのリードタイムが長くかかっていた。しかし、サプライチェーンがグローバルに広がる中、為替変動や自由貿易協定（FTA）による関税率の変化、また新型コロナウイルスの感染拡大のように予測できない要因によって業績に影響を及ぼすリスクが増大していることから、企業は外部環境や需要の変化に応じて、生産や販売、流通などの事業計画を迅速に見直し、製造プロセスの最適化を迅速に行うことが重要な経営課題となってきている。

グローバル SCM シミュレーションサービスでは、サプライチェーンモデルのデジタルツインとして、物理空間の設備、輸送経路、需要、販売価格、コストを仮想空間上に構築し、シミュレーションを実行することで、最も利益の高い販売・生産計画・輸送ルート等を見つけることができる。これにより、需要増加に対応するための生産計画、災害が発生した際の調達経路の見直し、新たに参入する地域での販売計画、輸送経路の統廃合の計画など、さまざまな用途で利用することができる。また、IoT 機器からリアルタイムに取得できる設備稼働時間や生産量、作業員の作業実績、消費電力などのデータを活用することで、より高精度なシミュレーションや、生産計画に対する実績として比較することも可能となる。

図 2 グローバル SCM シミュレーションサービス 概要



※出典：株式会社日立ソリューションズ²

² 株式会社日立ソリューションズ「グローバル SCM シミュレーションサービス」
[\(https://www.hitachi-solutions.co.jp/globalscm/\)](https://www.hitachi-solutions.co.jp/globalscm/)

(ウ) e.Go Mobile (イーゴーマバイル)

ドイツのアーヘン工科大学発のスタートアップ企業である e.Go Mobile では、小型 EV 車を開発するに当たりデジタルツインを徹底的に活用している。IoT で取得したデータをデジタル上の製品に適用し、素早く問題の把握とその対策を実施したうえで、複数の対策案をデジタル上で検討し、試行錯誤することで、試作品ができるまでのプロセスを従来の 25% に大幅短縮、予算も 9 割削減のうえで、わずか 18 カ月で電気自動車の新規開発を実現した。

e.Go 社は、ガソリン車並みの低コストの EV 車を開発することを目的に、2015 年に設立された。用途を都市内交通に絞り、自動車を 2 台保有する人の街乗り利用を想定している。E.Go 社の小型 EV 車の開発は、ドイツ政府や EU からの援助を受けたアーヘン工科大学の産学連携プロジェクト「European 4.0 Transformation Center (E4TC)」の支援の下で実施された。E4TC は、米 PTC 社を含めた 10 の企業や研究機関が参加しており、IoT などの技術を活用した「製造業のデジタル化」に取り組んでいる。

e.Go 社による EV 車開発は、センサーから収集した製品の稼働データを必要に応じて設計・開発に反映する「クローズドループ」という製品ライフサイクルの方法を用いている。E.Go 社の EV は通信機能を備えており、走行時の各種データ（車速やモーターの出力、電池の温度・残量など）を e.Go 社のサーバに送信する。e.Go 社は収集したデータを EV のサポートサービスに生かすとともに、必要に応じて新たな製品やサービスの設計・開発に反映する。例えば、2~4 人乗りの小型 EV 車である e.Go Life の開発においては、2017 年下期に 50~100 台の評価車を生産し、ベータテスターの試乗により集めたデータを最終設計に反映する。量産後も継続的にデータを収集し、新たな EV 車やコネクテッドサービスに生かす。

2) プラントエンジニアリング

(ア) 三井海洋開発 : Digital EPCI、Digital O&M

三井海洋開発は Digital EPCI (Engineering, Procurement, Construction & Installation) 及び Digital O&M (Operations & Maintenance) と呼ばれるシステムを開発し、自社の FPS O (Floating Production, Storage and Offloading system) への導入と、対外的なシステム販売を進めている。

同システムは各洋上設備に 1 万個以上設置されるセンサーによって、圧縮機やガスタービン、ポンプを流れる気体や液体の流量・温度・振動などのデータを取得・集約している。こうしたデータの分析によって、部品の劣化時期の予測や異常値を検知することができるため、故障前のメンテナンスが可能になり、設備のダウンタイムの縮小を可能にしている。

同社がブラジルのプラントで行った試験導入では、1 年間の稼働停止時間が従来比 65%削減された。また、従来はプラントの監視を行う従業員は住み込みで業務に従事する必要があったが、同システムを利用することで、現場から離れた陸上から操業を監視することができる可能性がある。

2020 年 1 月の世界経済フォーラムにおいて、同システムを実装した FPSO は石油・ガス業界のデジタルイゼーションをけん引する事例として高く評価され、第四次産業革命をリードする世界で最も先進的な工場に認定されている。今後、三井海洋開発は自社が保有・運転する設備に順次導入を進める他、三井物産と共同で新会社を設立して、石油大手などを対象にシステムの外部販売を進める予定である。

図 3 三井海洋開発の Digital & Analytics



※出典：三井海洋開発株式会社³

³ 三井海洋開発「Digital & Analytics」
(https://www.modec.com/jp/business/digital_analytics/)

3) 国土計画・都市計画

(ア) シンガポール国立研究財団：バーチャルシンガポール

バーチャルシンガポールプロジェクトは、シンガポール国立研究財団（NRF）、首相府、シンガポール土地管理局（SLA）、およびシンガポール政府技術庁（GovTech）によって支援された国家プロジェクトである。交通経路や日照等のシミュレーションによる都市計画や太陽光発電能力の分析ツールを行政、民間企業、研究機関に提供することで、シンガポールを対象とした実証実験・サービスの企画や社会課題を解決するための学術研究を可能にしている。

バーチャルシンガポールは、仏ダッソー・システムズの「3DEXPERIENCity」と呼ばれるシステムを利用している。同システムは、仏レンヌがシンガポール同様の都市の3D化に関するプロジェクトを実施している他、日本では大成建設が銀座エリアの3Dモデル化のために同システムを利用している。3DEXPERIENCityは都市レベルの大規模な3Dデータとリアルタイムデータ等のフローを適切な詳細度で統合する機能を持つため、シミュレーションに活用されるだけでなく、設備等のライフサイクル管理に用いることができる。

シンガポールでは、都市の持続可能な発展を目指す研究開発プログラムを通じて、最先端のビルではエネルギー消費量を最大で60%削減するなどの成果が出ている。今後はこれらの活動と組み合わせてバーチャルシンガポールが活用されることが期待されている。

バーチャルシンガポールは静的な3Dモデルとして構築されるが、外部のリアルタイムデータと連携することで、動的な3Dモデル・シミュレーターとして活用されることを狙っている。シンガポールでは個人が持ち歩くセンシングデバイスから都市環境データを取得して、気候や人流のリアルタイムデータを組み合わせた分析を進めている。

図4 仮想化されたシンガポール



※出典：The National Research Foundation ⁴

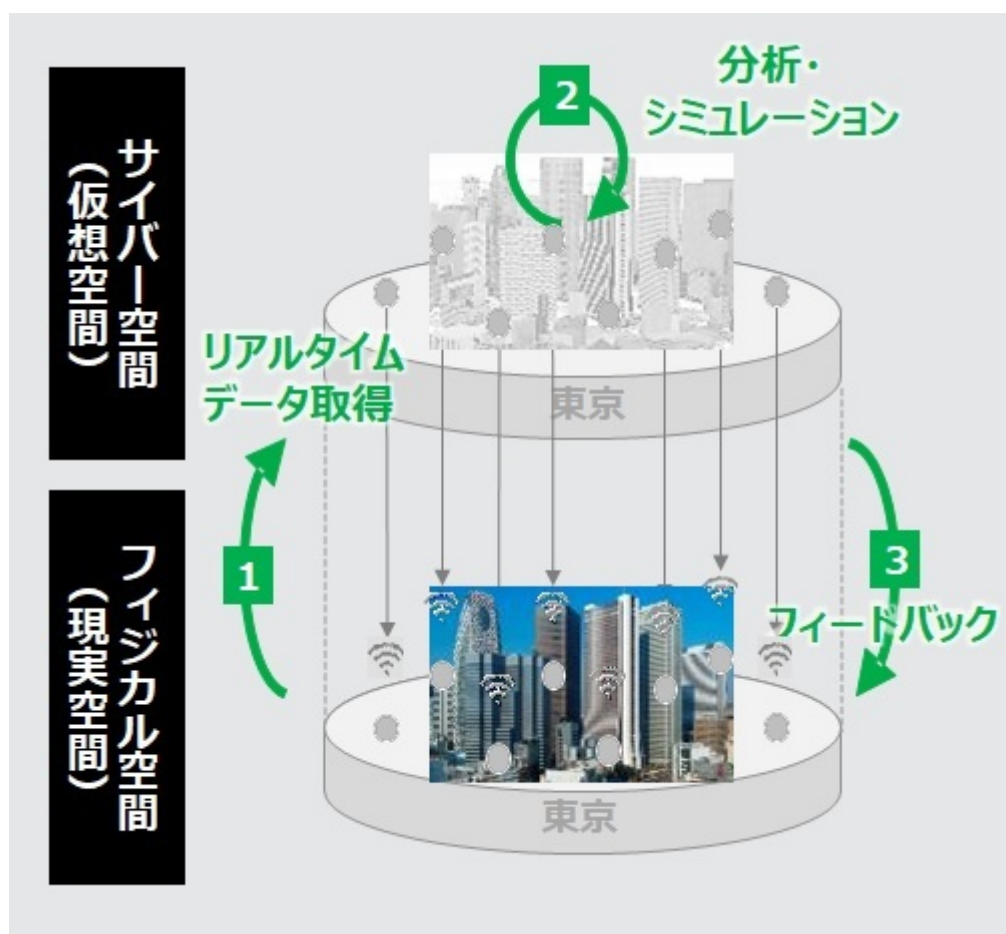
⁴ The National Research Foundation 「Virtual Singapore」
(<https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore>)

(イ) 東京都：3D 都市モデル

東京都は、都民 QOL 向上や社会課題の解消、都内企業の稼ぐ力向上などを目的として、「スマート東京」を構想。行政や民間の持つデータが流通し、広く都民・都内企業に活用される将来像を描いている。この実現に向け、都はデータ流通の基盤となる「官民連携データプラットフォーム」整備とともに、サイバー空間とフィジカル空間の融合による「都市のデジタルツイン」の構築を打ち出した。

「都市のデジタルツイン」とは、センサーなどから取得したデータをもとに、建物や道路などのインフラ、経済活動、人の流れなど、フィジカル空間（現実空間）の様々な要素をサイバー空間上に再現するものである。これにより、都市の状況がサイバー空間上でリアルタイムに把握可能となり、また最新・リアルタイムのデータを利用した分析・シミュレーションが自由に可能になる。サイバー空間での可視化、分析・シミュレーションの結果をフィジカル空間にフィードバックすることによって、都市開発、インフラ維持管理、防災など、様々な用途でデータが活用されるようになることが期待される。

図 5 都市のデジタルツインのイメージ



※出典：東京都 戦略政策情報推進本部⁵

⁵ 東京都 戦略政策情報推進本部「東京都 3D ビジュアライゼーション 実証プロジェクト～都市のデジタルツイン実現に向けた令和2年度事業のご紹介～」

令和2年度事業では、「都市のデジタルツイン」実現に向け、デジタルツインの基礎となるデモ用3D都市モデルを作成し、また、それらを活用したシミュレーションを実施し、期待される効果を検証している。

これまで整備されていた2D地図データに加えて、3D都市モデルを整備することで、従来実現できなかった視覚効果、シミュレーションが実現するとしており、今後、3D都市データの範囲、鮮度、精度を高度化し、形状的な3Dデータだけでなく、その用途や築年数等、都市空間の意味や属性情報を付与することで、活用の幅を拡大していく考えである。

令和2年度の実施内容のユースケースとして、都市活動、都市計画、防災、インフラ管理など様々な領域における取り組みが紹介されている。例えば、都市活動に関する取り組みとして紹介された、街の混雑状況の可視化の事例は、携帯電話のGPSをベースとした位置情報をもとに、2020年4月の緊急事態宣言前後において、時間帯別・道路単位の歩行者数を推計し、リアルタイムで可視化し、行動変容や政策効果の事前検証などに役立てることを期待するものである。

図6 都市のデジタルツインのユースケース（街の混雑状況）

2. 本年度の取り組みの紹介

ユースケース紹介 – 都市活動（街の混雑状況）

GPSによる位置情報※1を活用し、緊急事態宣言（2020年4月～）の前後において、道路単位で流動人口の変化を可視化した。

>コンセプト動画公開ページ【URL】<https://www.senryaku.metro.tokyo.lg.jp/society5.0/digitaltwin.html>

対象エリア	西新宿	利用データ	<ul style="list-style-type: none"> • 携帯のGPSをベースにした位置情報※1 • 道路地図情報
実施内容・期待される効果	<p>緊急事態宣言（2020年4月～）前後での流動人口の変化を、道路単位で可視化</p> <p>① 携帯電話のGPSをベースとした位置情報をもとに、2020年3月、4月についてそれぞれ時間帯別・道路単位の歩行者数を推計</p> <p>② 3月と比較した4月時点の通行量の増減率を、道路地図上に可視化</p> <p>これらの情報をリアルタイムで可視化することで行動変容や政策効果の事前検証などに役立てることが期待される</p> <div data-bbox="847 1305 1291 1619" style="text-align: center;"> <p>〈流動人口の変化の可視化のイメージ〉</p> </div>		
課題	<ul style="list-style-type: none"> • 地図によって道路等の位置情報に微妙な差があり、ある地図上で表現した道路の位置情報を、別の地図上にマッピングする際に、手動補正が必要であった 		

※1 許諾を得た上で送信されたGPSによる位置情報を利用。データの詳細はP.18を参照頂きたい

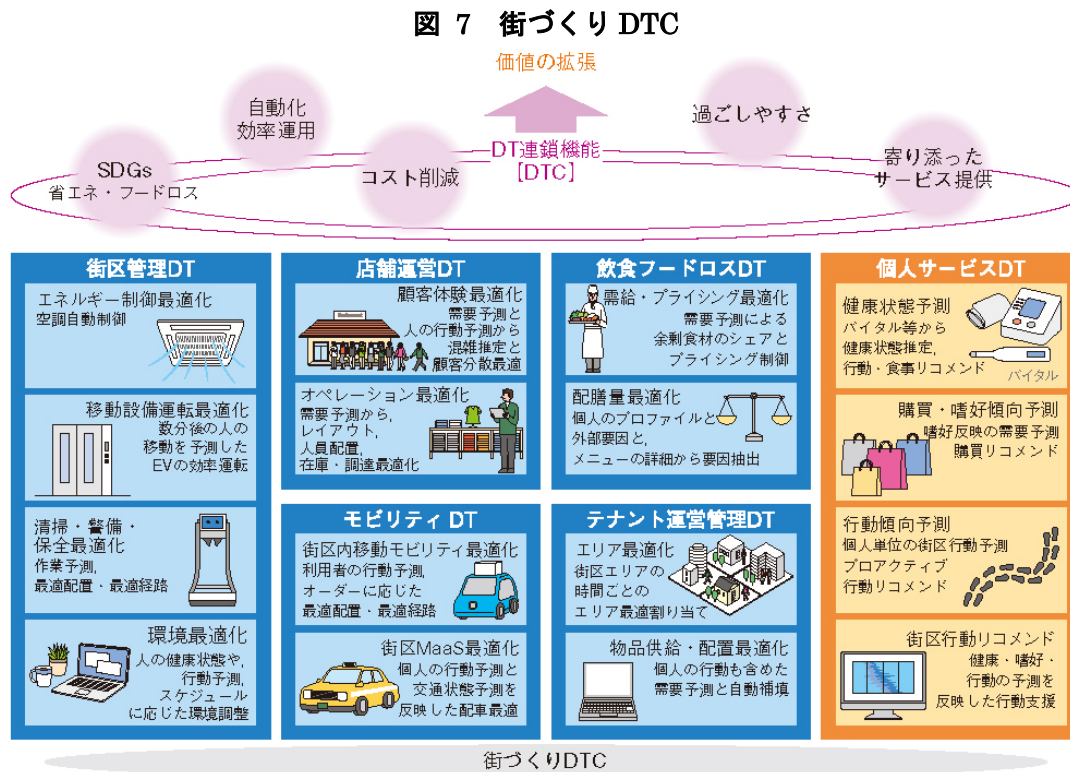
※出典：東京都 戦略政策情報推進本部

(ウ) NTT : 街づくり DTC

NTTはIOWN 構想と呼ばれる次世代コミュニケーション基盤構想に向けて研究開発を進めているが、主要技術分野の1つであるデジタルツインコンピューティング (DTC : Digital Twin Computing) の研究開発を進めている。ユースケースの1つは「街づくり DTC」によるスマートシティ構想である。

NTTが掲げる街づくり DTC で、従来のデジタルツインが追求してきた業務効率化・コスト削減効果に加えて、付加価値向上に重点を置いている。NTTは2021年2月2日にNTTアーバンソリューションズと共同で発表したプレスリリースの中で、具体的な実証実験の構想として、人間の行動を先読みしてエレベータが先回りするオフィスや、移動先に合わせて最適ルートが提供される交通機関などの構想を発表している。これらのユースケースに加えて、街区管理・テナント運営の効率化・コスト削減を実現するエネルギー制御最適化や、フードロスゼロを実現するための需給最適化やプライシング最適化など、街全体がデジタル化されることによる付加価値の創出を目指している。

街づくり DTC 基盤は、収集されたデータを蓄積・変換してDTに展開するDB部、DTが人・モノ・環境毎に展開されるDT部、そしてそれぞれのDTが連携連動して全体最適されるDTC部に分けられる。センシングデータの集約には4D デジタル基盤と呼ばれる情報基盤を活用することを想定しており、既存の地図データや高精度3D空間情報とセンシングデータを組み合わせることで、「緯度・経度・高度・時刻」の4次元情報を統合・活用することを目指している。



※出典：日本電信電話株式会社 (2020) 6

6 日本電信電話株式会社『「街づくり DTC」によるデータ駆動・連鎖型のスマートシティ』(2020年11月27日) (https://www.rd.ntt/research/JN202011_8272.html)

今後、NTTはデジタルツインによるスマートシティ構想について、以下のSTEPを実現することを目指している。

STEP 1：街や人々の動きをマクロにサイバー空間上にモデル化して再現し、さまざまな予測や最適化のシミュレーション(DT)の実現

STEP 2：個人DTを再現し、ミクロな人の動きを街のDTに反映することで、予測・最適化の精緻化を実現

STEP 3：個別サービスのDT同士を連携・連鎖させることで、相互の精緻化と街区全体としての最適化を実現。

2.3. デジタルツインの今後の見通し

従来は製造業を中心に業務効率化を中心に活用されてきたデジタルツインだが、今後は街づくりなどより広範な領域の付加価値向上に活用されていく可能性がある。また、デジタルツインの適用範囲が広がることで、行政機関や民間事業者を含めた組織を跨いだデータ統合・活用のニーズが増加していくことが想定される。

国内の官公庁主導の動きとして、デジタル・ガバメント閣僚閣議が令和2年12月21日に決定した「データ戦略タスクフォース第一次とりまとめ」では、データ戦略のビジョンとして「フィジカル空間（現実空間）とサイバー空間（仮想空間）を高度に融合させたシステム（デジタルツイン）を前提とした、経済発展と社会的課題の解決を両立（新たな価値を創出）する人間中心の社会」を目指すことが示された。

データ戦略によって期待する効果として、新たな価値の創出と業務改革の2つが示されている。新たな価値の創出の具体例としては、データ分析を基にパーソナライズされた医療行為等の高度なサービスや、政策の効果測定・Evidence-Based Policy Making を実現するとしている。こうした新たな価値を創出するために、これまでの業務やビジネスデザインをゼロベースで徹底的に見直す業務改革の必要性を強調している。Society5.0 と呼ばれる一連の取り組みを実現させるための基盤として、デジタルツインが位置付けられている。

Society5.0 の実現に向けた課題として、日本政府は次の課題を挙げている。喫緊に取り組むこととして、データ利活用の土台となる「ベース・レジストリなどの基盤となるデータ」を整備すること、これらの起点に関連する「データを連携するプラットフォームの構築」、そして国際整合性を確保したデータ利活用に関する「トラストの枠組みの整備」の3項目があげられる。また、引き続き検討すべき事項として、「データ利活用の環境整備」、「民間保有データ活用の在り方」、「デジタルインフラの整備・拡充」があげられている。前述以外の事項では、人材面・国際連携に関する検討課題があげられている。

Society5.0 や都市のデジタル化に代表されるように、これからデジタルツインが適用されていく領域は、広範で多数のデータが存在している。前述の通り、組織や国境を跨いだ多次元・多頻度のデータをセキュアに統合・活用するために、情報基盤の整備や各種制度への適合が求められる。

具体的な動きとしては、国土交通省が3次元データの集約・可視化とその活用を推進している。本構想では、国土交通省が保有する多くのデータと民間等のデータを連携し、Society 5.0 が目指すフィジカル（現実）空間をサイバー（仮想）空間に再現するデジタルツインにより、業務の効率化やスマートシティ等の国土交通省の施策の高度化、産学官連携によるイノベーションの創出を目指し、国土交通データプラットフォームの構築を進めている。

図 8 国土交通データプラットフォーム整備の目的・目指す姿

(1) 目的

国土交通省が多く保有するデータと民間等のデータを連携し、**フィジカル(現実)空間**の事象を**サイバー空間**に再現する**デジタルツイン**により、業務の効率化やスマートシティ等の国土交通省の施策の高度化、産学官連携によるイノベーションの創出を目指す。

(2) 目指す姿 (国土交通データプラットフォームの機能)

○3次元データ視覚化機能

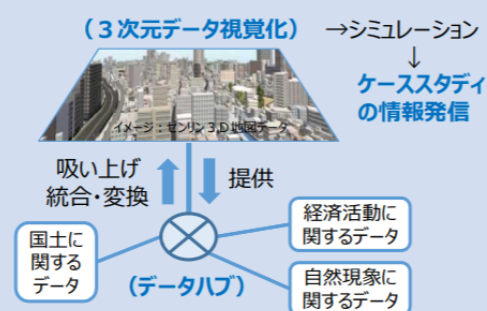
国土地理院の3次元地形データをベースに、3次元地図上に点群データ等の建造物の3次元データや地盤の情報を表示する。

○データハブ機能

国土交通分野の多種多様な産学官のデータをAPIで連携し、同一インターフェースで横断的に検索、ダウンロード可能にする。

○情報発信機能

国土交通データプラットフォームのデータを活用してシミュレーション等を行った事例をケーススタディとして登録・閲覧可能にする。



※出典：国土交通省（2019）⁷

民間企業では世界的企業同士の協業が始まっている。2020年1月、日本電信電話は米 Intel Corporation、ソニー株式会社と共同で、デジタルツインコンピューティングを含む技術検討を進めるための IOWN Global Forum, Inc. を立ち上げた。同年4月には4つの技術の方向性を示したホワイトペーパーを公開して技術検討に着手しており、2020年9月時点で設立3社に加えて、国内外の30社を超える企業が加盟している。2020年9月、2021年2月には、オンラインで各国各社のメンバー間での交流、ワーキンググループでのユースケース、テクノロジー議論を行っており、今後も多分野・地域のパートナーを巻き込んで技術検討・標準化等の活動を推進する予定である。

⁷ 国土交通省「国土交通データプラットフォーム（仮称）整備計画について」（2019年5月）
https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000066.html

図 9 IOWN Global Forum のミッション



※出典 : IOWN Global Forum, Inc. (2020) ⁸

これまでに取り上げた事例は、主に物体や建物などの資産を対象にしたデジタルツインの活用事例であったが、物性を持たない資産をデジタルツイン化して活用する動きもある。NTT が研究開発を進めるヒト DTC は、人格や思考といったヒトの内面をデジタル空間で表現することを目指している。

NTT は具体的なゴールについて、集団の合意形成、共感と他者理解、未来予測と成長をあげている。中でも代表的な例として会議における合意形成をあげており、その場にはいない有識者の

⁸ IOWN Global Forum, Inc.
(<https://iowngf.org/about-us-overview/>)

暗黙知を引き出したり、集団の相互作用によるアイデアの創発や意思決定を実現することで、時間・空間の制約のない超多数の合意形成を瞬時に行うことを目指している。

ヒトのデジタルツインは人工知能を用いた音声・言語・画像等の認識・生成技術や、脳科学を含む生物・医学分野だけでなく、倫理・哲学や行動経済学といった人文系分野を含めた複数の研究分野に及ぶため、今後はこうした学際領域的な研究を進める予定である。

図 10 DTC におけるヒトのデジタルツイン

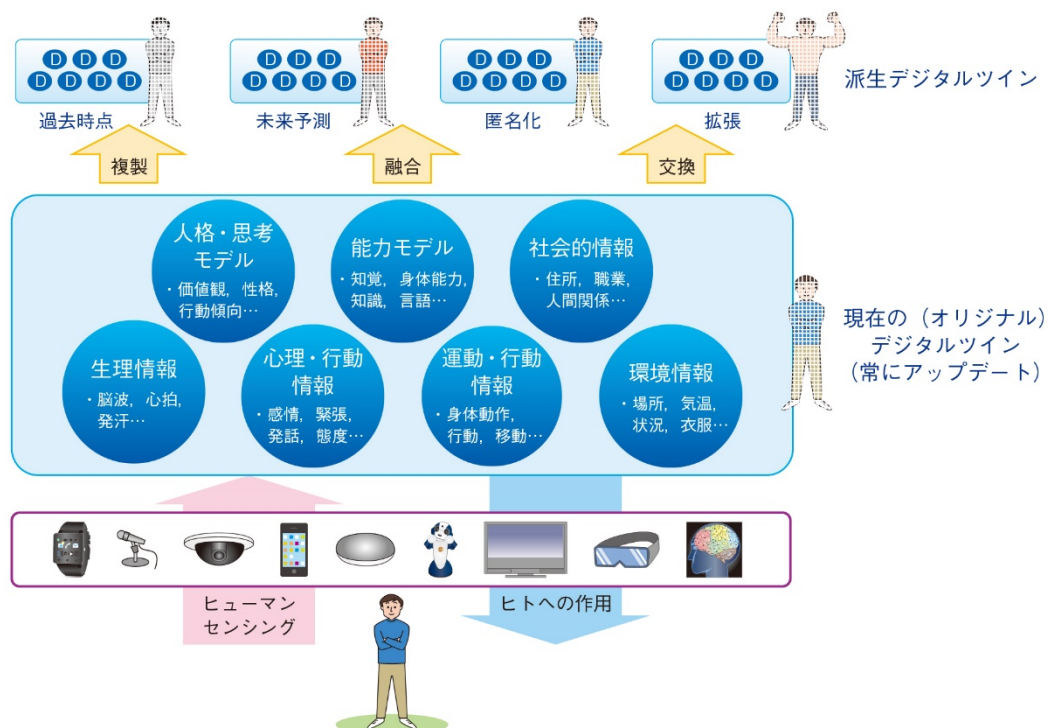


図 2 DTC におけるヒトのデジタルツイン

※出典：日本電信電話株式会社（2020）⁹

⁹ NTT 技術ジャーナル「IOWN 構想特集ーデジタルツインコンピューティングーヒト DTC の挑戦と今後の展望」(2020 年 7 月)

(<https://journal.ntt.co.jp/article/5786>)