



デジタルツインは社会に何をもたらすのか？

～現実世界の事象をサイバー空間に再現する“デジタルの双子”が拓く可能性

近年、製造業を中心に「デジタルツイン」と呼ばれる手法が脚光を浴びている。これは、現実世界で得られたデータをもとに、サイバー空間で同様の事象（モノ、ヒト、仕組みなど）を再現し、その挙動を分析したり、様々な環境・条件下での変化をシミュレーションしたりすることで、新たな価値を生み出そうというもの。今回は、デジタルツインが社会にどんな価値をもたらすのか、先進の技術動向なども含めて解説しよう。

■ デジタルツインとは、大量のデータから生み出した“デジタルの双子”

デジタルツインの「ツイン」とは「双子」のことで、文字通り“デジタルの双子”を意味している。具体的には、現実世界のモノや仕組みをデジタルデータ化し、サイバー空間上に再現した、現実そのままの“写像”を表現した造語である。

近年の製造業では、新製品の設計・開発にデジタルツインを活用し、サイバー空間上で様々な実験を行うことで、その性能や安全性を評価する取り組みが進んでいる。これにより、実際に試作品を作って実験を重ねるよりも、はるかに短時間、低コストで、より良い製品を生み出すことができる。

例えば、自動車や飛行機のような大規模なモノづくりにおいては、その安全性を検証するために衝突実験や風洞実験など大がかりな実験を何度も繰り返す必要がある。デジタルツインを活用して、こうした実験をサイバー空間上で行えば、現実空間での実験に比べて労力や時間、コストを大幅に削減でき、しかもより多様な条件での実験が可能になる。

加えて、最近では製造ライン全体をデジタルツイン化し、生産する製品の種類や量に応じて生産効率などを最適化しようという試みも始まっている。

これらの例からもわかるように、デジタルツインはモノづくり現場における効率向上、付加価値向上に寄与する手法として大きな期待を集めている。近年のデジタルツインのトレンド化が製造業を起点としているのは、こうしたメリットのわかりやすさも関係しているだろう。

■ デジタルツインは「モノ」だけでなく「ヒト」や「都市」までも対象に

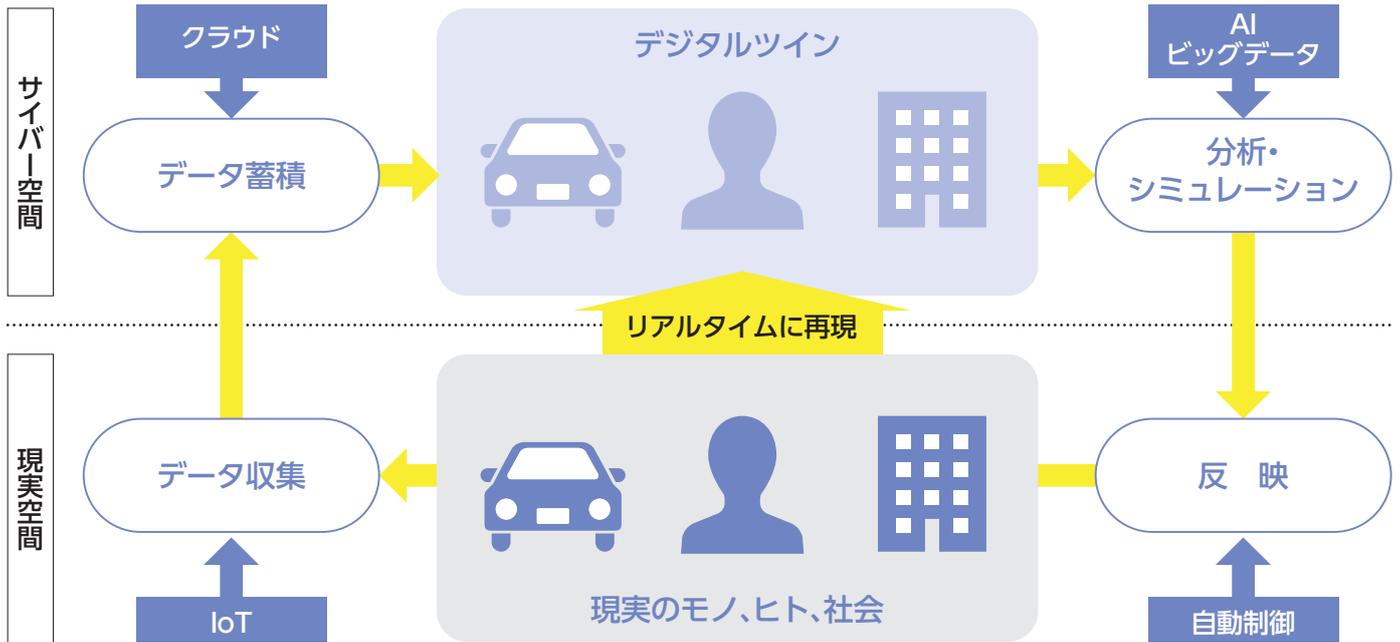
デジタルツイン化される対象は、製品や機械といった「モノ」だけではない。私たち「ヒト」もまた、デジタルツイン化されることで、様々な検証やシミュレーションを受けることが可能になる。スマホやコネクテッドカーから得られる位置情報や、ウェアラブル端末などから得られる生体データなど、多種多様なデータを集約し、まさに私たちの“デジタルの双子”を創造する——こうした試みによって、交通、医療、スポーツ、娯楽など、幅広い分野で新たな価値が生み出されることだろう。

実際、スポーツの分野では、すでに様々な取り組みが始まっている。2018年のFIFAワールドカップ ロシア大会では、選手一人ひとりから試合中のデータをリアルタイムで収集し、サイバー空間上に試合を再現。運動量や心拍数などを把握・分析して采配に反映させるという、画期的な試みが注目された。

さらに、都市全体をデジタルツイン化しようとする試みも進められている。近年、話題を集めた「バーチャル・シンガポール計画」がその代表例だ。地形や建築物、インフラなどの情報を統合して都市そのものをサイバー空間上に再現し、そこに交通情報や国民一人ひとりの位置情報、温度や水位といった環境情報など、多種多様なデータをリアルタイムに反映させる。こうした生み出された「都市のデジタルツイン」を分析・検証することで、より安全で住みやすい都市づくりに反映しようとするものだ。

シンガポールという、東京23区よりも少し大きい程度の国だからこそできた試みとも言えるが、これをさらに大規模化すれば、地球そのもののデジタルツイン

▶図1 デジタルツインの価値創出サイクルと先端ICT



化も決して不可能ではない。地球環境問題や人口問題、食糧問題など、人類が直面する様々な課題の解決策を模索するためにデジタルツインが活用されるというのも、あながち夢物語とは言えないだろう。

■ ICTの進歩が広げる、デジタルツインの可能性

デジタルツインについて、よく聞かれるのが「CAE (Computer Aided Engineering)とはどう違うのか?」「3D-CADモデルをより高精度にただけだけでは?」という疑問だ。

確かに、現実世界の事象をサイバー空間で再現しようとするアイデア自体は、そう目新しいものではない。そもそも「デジタルツイン」という言葉自体、DARPA (米国防高等研究計画局)によって初めて提唱されたのは、今から30年以上も前のことだ。

では、なぜ近年になってトレンド化したのか? それは、ただ「デジタルツイン」というイメージしやすい、キャッチーな言葉で表現されたことで、一気に普及したというだけではない。近年のICTの急激な進化が、デジタルツインを「形状の再現」だけでなく「現実のリアルタイムな再現」という、一歩進めた概念へと押し上げたからだと考えられる。

例えば、社会のIoT化は、現実世界のあらゆるモノやヒト、システムからのデータ収集を可能にした。また、数え切れないほどのIoTデバイスから得られる膨大なデータの収集・蓄積は、大容量無線通信ネットワークやクラウド環境が整備されて、初めて実現できるも

のだ。さらに、集約されたデータをスピーディーに解析し、その結果として得られた知見を現実世界に反映するには、AI関連技術やビッグデータ解析技術の進歩が不可欠だった。

こうした技術進化を背景に、デジタルツインの応用範囲は、製品開発における試作・シミュレーションという枠を越え、現実世界の幅広い事象の分析・改善へと広がり始めている。「デジタルツイン」という決して新しくはない概念が、近年のICTの進化によって、幅広い分野で価値創出を促進するツールへと進化したと言えるだろう(図1)。

■ デジタルツインによる価値創出を促す「リアクティブシステム」とは?

ICTの進化によってデジタルツインの可能性が広がったことで、製造業だけでなく、流通やサービス、社会インフラの領域においても新たな価値創出が期待されている。

中でも期待が高まっているのが交通領域だ。普及が拡大するコネクテッドカーや、道路上の監視カメラなどを介して得られたデータを集約、統合して、現実の道路における交通状況をリアルタイムにデジタルツイン化できれば、渋滞の緩和や交通事故の防止に大きく貢献するはずだ。

また、実用化が待たれる自動運転や、あらゆる交通手段を組み合わせて移動サービスとして提供するMaaS(モビリティ・アズ・ア・サービス)など、次世代交通システムの実現がぐっと近づくことだろう。さらに、

近年、大きな社会課題となっている配送業界の過剰労働や人手不足の対策としても期待されている。

とはいえ、道路交通網のような大規模インフラを、リアルタイムな状況も含めてデジタルツイン化するのは容易なことではない。数百、数千、数万台もの自動車から、刻一刻と変化するデータを収集・蓄積し、その分析結果を適宜、現実世界へと反映していくのがどれほど難しいことか、少し想像してもらえればわかるはずだ。

そこで現在、富士通研究所が注目しているのが、リアクティブシステムだ。リアクティブとは、直訳すれば「反動的な」となり、ICT分野では「現実世界の挙動に即応できるシステム」といった意味で用いられ、リアクティブ宣言(※)において「即応性、耐障害性、弾力性、メッセージ駆動を備えているシステム」と定義された。

膨大なデータを柔軟かつリアルタイムに処理できるリアクティブシステムの開発こそが、道路交通網のデジタルツイン化と、その分析・検証によって現実世界を改善する仕組みを構築するためのカギとなるはずだ。

※リアクティブ宣言：リアクティブシステムのリーディングカンパニーである米国 Typesafe 社（現 Lightbend 社）の創始者らが中心となって策定。現在は v2.0 が 16 言語で公開され、25,000 名を超える賛同者が署名している。

リアクティブシステムを実現する 富士通研究所の技術「Dracena」

富士通研究所では、リアクティブシステムが、今後、実世界データを活用するデジタルツインを支えるシステムとして重要になると考えている。このリアクティブシステムを実現するために、大規模データの並列処理が可能で、実世界の変化にイベントドリブン(事象の発生に即して駆動する)なシステムを止めることなく柔軟に処理を追加・変更できる技術の開発に注力し

てきた。

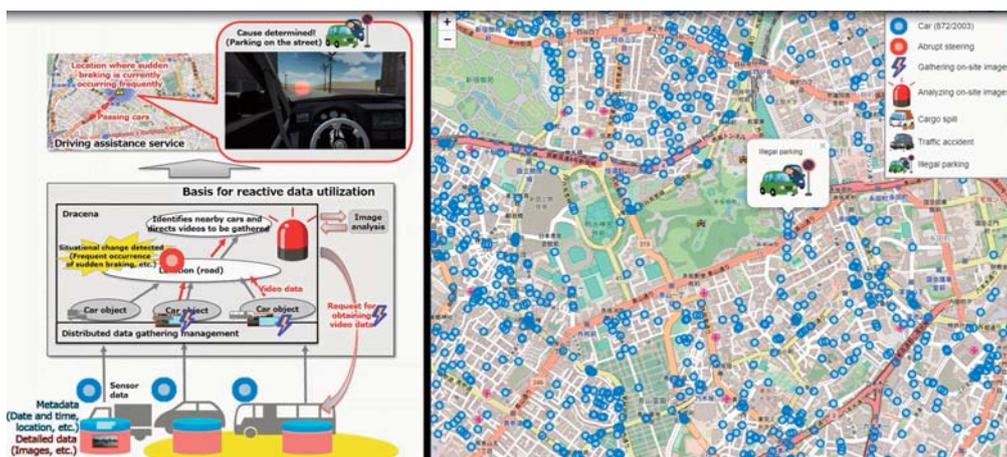
その大きな成果が、2018年3月に富士通研究所が発表したストリームデータ処理アーキテクチャー「Dracena (ドラセナ): Dynamically-Reconfigurable Asynchronous Consistent Event-processing Architecture」である。ストリームデータ処理とは、日々刻々と発生する大量のデータの集積、解析、処理を、あたかも水の流れのごとく、止めることなく実施できるのが強みだ。この新技術によって何が可能になるか、具体的に見ていこう。

交通制御システム上にデジタルツインを構築し、現実の交通状況をリアルタイムにモニタリングするだけでなく、従来型のアーキテクチャーでもできないことではない。問題なのは、デジタルツインで様々な分析・検証を行い、その結果を現実世界へと反映させる手法だ。

例えば、走行中の車両から位置や速度などのデータを収集・分析することにより、よく急ブレーキが踏まれる場所を見つけて、その場所に近づく他の車両にアラートを送るといったサービスが考えられる。その場合、大量の車両からデータを収集している最中に、サービスを実行するための新たな処理を追加するため、短時間でもシステムを止める必要が生じる。停止時間がわずか数秒であっても、その間に集まり続けるデータは膨大なものになるため、システム再開後のデータ処理に時間を要し、結果的に利用者へのサービス提供が大きく遅延することとなる。

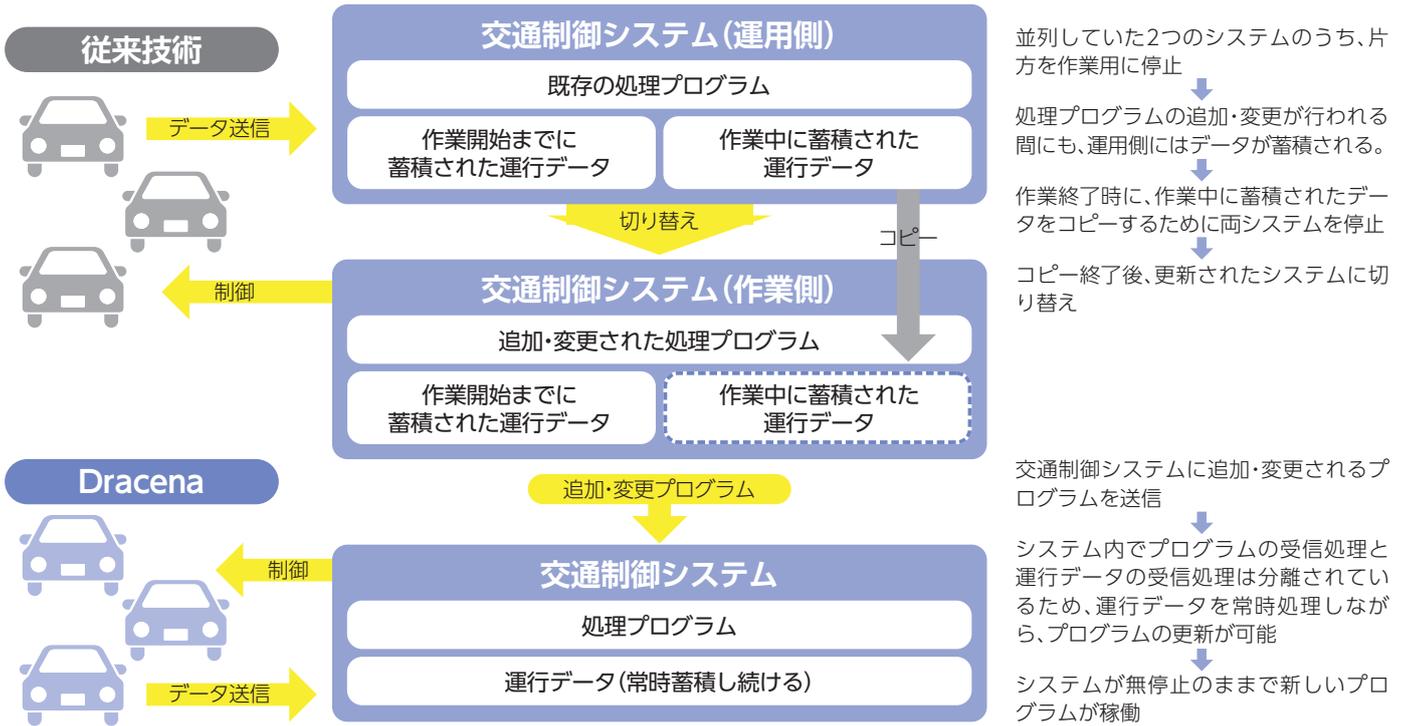
デジタルツインの価値を活かすには、現実世界の状況に応じて新たな処理を追加したり、追加した処理の効果を検討してより適切な処理に変更することが求められる。こうした処理の変更・追加を、いかにシステムを停止させることなく実施できるかが、実用化に向けた課題となる(図2)。

この困難な課題を解決したのが Dracena だ。膨大な



「デジタルツインによる道路交通状況の可視化」の例

▶図2 「Dracena」が実現する無停止システム



量のデータを処理しながら、その分析・検証やシミュレーション、さらにはそれらの結果を踏まえた現実世界への指示出しなどを、システムを止めることなく実施できる Dracena は、交通インフラの進化だけでなく、物流・配送の効率化や、人の誘導など様々な分野において、より安全で便利な社会基盤づくりに貢献するだろう。

■ 企業はデジタルツインを どうビジネスに活かすのか？

これまでの説明からわかるように、デジタルツインとは、それ自体が価値を生み出すものではなく、新たな価値創出に向けたヒントを見出すためのツールと言えるだろう。

現在、あらゆる産業分野において、蓄積した多種多様なデータを、いかに新たな価値創出につなげるかが問われている。これらデータをもとに、製品のライフサイクルを通じた使われ方や、サービスのあり方、さらには組織のあり方など、幅広い事象をデジタルツイン化することで、改善すべき課題や新しいビジネスのヒントが見つかるはずだ。

例えば航空機エンジンの世界では、エンジンそのものを販売するのではなく、顧客に納入したエンジンをデジタルツイン化し、時間単位の出力量を把握して、そこに課金するという新たなビジネスを開始している。さらに、デジタルツインから得られた多様なデータを

もとに、より効率的な運航をコンサルティングするといった、新たなビジネスの創出にもつながっている。

この例からわかるのは、デジタルツイン化することで、あらゆるモノや仕組みの価値をデータ化できるということ。そこから導かれるのは、「モノを売る」のではなく、そのモノが持つ「価値を売る」というビジネスモデルへの転換である。こうした製造業のサービス化（サービタイゼーション）を加速させるうえで、デジタルツインが大きく貢献するはずだ。

富士通研究所は今後も、デジタルツインを支えるための技術開発に注力するとともに、デジタルツインを駆使したビジネス変革をテクノロジーで積極的に支援していく。こうした取り組みは、産業社会における価値創出のさらなる効率化と、その価値を活かしたより豊かな社会づくりにつながっていくだろう。

- 富士通関連サイト
Cyber-Physicalをつなぐ5G時代の情報通信マネジメント
<https://www.fujitsu.com/jp/group/labs/business/networking/>
- 富士通研究所ニュースリリース
IoTデータ処理を継続しながら変更できる
ストリームデータ処理アーキテクチャー「Dracena」を開発
<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2018/03/7-1.html>

※ Dracena は株式会社富士通研究所の登録商標です。

〈監修〉

株式会社富士通研究所 IoTシステム研究所 IoTサービス基盤PJ プロジェクトリーダー
松井 一樹氏

編集委員 渡辺奏子 FITEC 株式会社