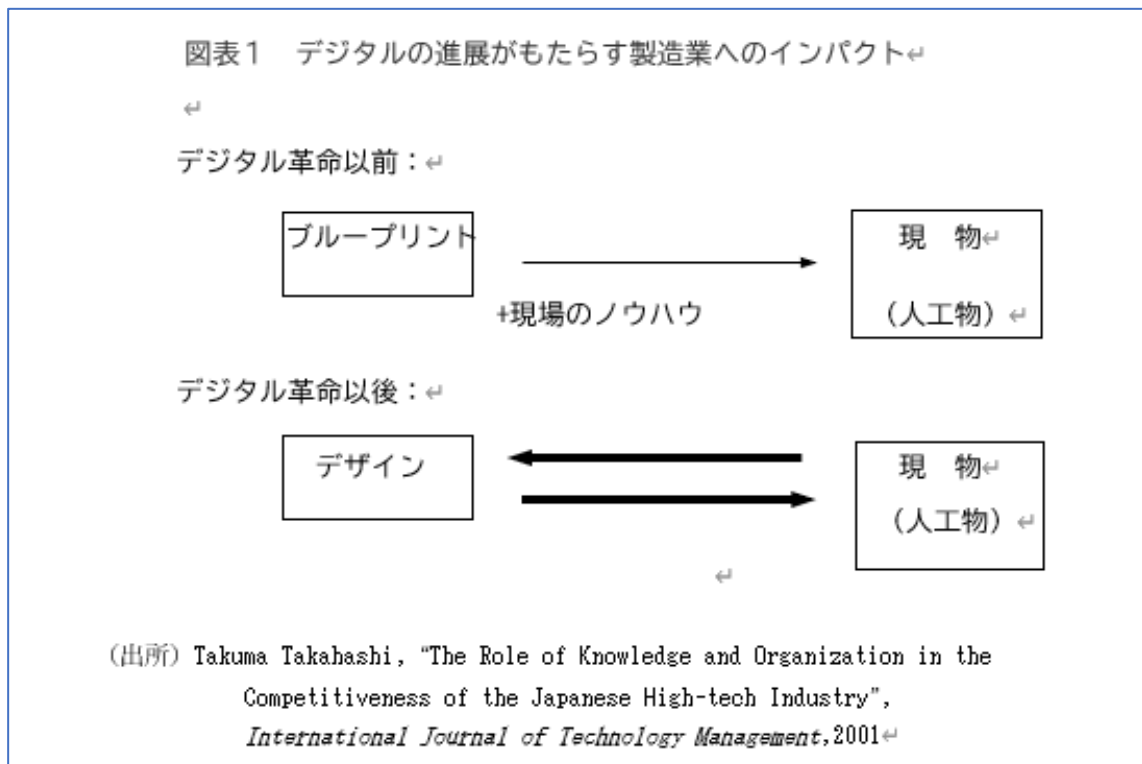


## 2. 寄稿：「デジタルツイン」をデザインする

NPO 日本シンクタンクアカデミー理事 高橋琢磨

### デジタルツインとは

「デジタルツイン」というコンセプトをご存じだろうか。筆者が、デジタル時代の出現でモノづくりが容易になったことから、設計図と実物とは等価だと主張したのは 2000 年にスウェーデンで行われたセミナーでのことだ。3D の設計図を 3D プリンターで製品に出来る、さらに粉末にしなくてもスマートマシンが製造をするという形で、デザイン=製品という世界が広がり、ある意味で知識の表示形態において「デザイン」が優位の体制になった（図表1）。



今日、アイデアを具体化するコストが大幅に低下するといわれるようになり、イノベーションの民主化が起こったと言われるようになった背景である。コンピューターの中にある設計（デザイン）と現物が一致する状況を指して「デジタルツイン」と呼ぶようになった。

翌年、International Journal of Technology Management というジャーナルに発表されると反響が大きかったことから、同誌が特集号を組みたいから臨時編集長になってくれないかとの懇請があり、日本の学者も誘ってみると、当時は日本の「モノづくり」の優位を説明するのが流行をしていて応じる人は誰もいなかった。

今日、日本が DX（デジタルトランスフォーメーション）で出遅れているのは、こうしたメンタリティを引きずっているためかと考えたりするが、デジタルツインのコンセプトは DX の進展とあいまって、それは工場のレベルでも適用されるようになり、今や3段階目となってスマートシティに適用される段階へと移っている。

DX の一つの将来像にとどまらず、100 年に一度の大変化に見舞われている自動車産業の近未来の姿を見る上でも重要な意味を持つと考えられることから、筆者は『中国が日本に挑む自動車覇権』<https://www.nippyo.co.jp/shop/book/9138.html> のなかでもこの問題に触れた。デジタルツインのコンセプトを、あるいはスケールアップし、あるいはシフトさせながら、その発展方向を見ていくことにしたい。

### 生産委託から工場のデジタルツインへ

デザイン=製品という世界とは何を意味するのか。スマホではアップルが鴻海精密工業に委託して製造していることは誰もが知るところだ。半導体製造の世界でも、このデジタルツインの法則を活かして、分業が相当程度に行きわたっている。すなわち、基本設計をアームが担う一方、それを受け詳細設計をおこなうクアルコム、エヌビディア、AMD などは自社では半導体チップを製造せず、製造を台湾の TSMC（台湾積体電路製造）などに委託するというアレンジメントが進んできた。

ただ、半導体業界では効率化を求め過ぎたことが、米中対立が厳しさを増す中で、ジオテクノロジーの要請から大きく巻き戻しを求められることになったことは近著『量子技術と米中覇権 – 技術立国日本は復活できるのか?』<https://tinyurl.com/2xvvggtum> の中で詳述したところだ。

これに対し、自動車産業についていえば、3 万点の部品を組み立てるという複雑な構造から、モック作成をデジタル化するという部分的な採用はあったものの、完全なデジタルツインというレベルまでは進まなかった。しかし、DX 化の進展、モビリティ (CASE & MaaS) 時代の到来で、テスラの〈Y モデル〉の製造プロセスでは、フォード以来の流れ作業としての製造プロセスを分解、再編して、まったく異なる工場オートメーションとなった。そしてデンソーでも、アクチュアルな工場の機能をデータとシミュレーションにより効率的な生産に結び付け、これを「デジタルツイン工場」だと主張している。シミュレーションでは、社員 1 人に 1 台デジタル機器を提供することで、より多くの試行錯誤を促しているが、例えば品質と製造工程のデータがつながることで「溶接時に使う電流が大きくなると製品の性能が悪化する」といった傾向をすばやくつかむことができるというのである。

### CN(カーボン・ニュートラル)の拡張デジタルツイン

自動車では部品のレベルまでデジタルツインすることの困難さが、部品点数の多さに拠るかの示唆をした。先にデジタルツインとしてスマートシティが視野に入ったことに言及したが、それは目的も示されていないからではないかと指摘するのは、TRI にいたクリス・バリンジャー氏などが世界各地の自動車メーカーや関連企業などに参加を呼び掛けて 2018 年に設立した「MOBI (mobility open blockchain initiative)」の面々である。

亡くなった宇沢弘文氏は、道路という社会的共通資本の最適利用というレベルがあるはずだという議論を展開した。スマートシティがそれを実現する手段ということになろう。するとスマートシティを CN に保つには、カーボンフットプリント (CO<sub>2</sub> 排出履歴) のようなもので監視していかなければならず、スマートシティのデータ側にはこのカーボンフットプリントの取引データをプロ

ックチェーンの形で保有し、それを監視の対象とするだけでなく価値を生むものとして活用していくべきだと MOBI の面々は提唱している。

デジタルツインを生成するために最も重要な要素は車や部品にデジタル ID を発行し、その行動をいちいちブロックチェーンに記録し、その履歴を監視したり、評価したりするなどの目的に使うわけである。記録が真正であるためには、その記録に改竄が行われないような工夫なり技術が必要だが、それを担うのがブロックチェーン技術だ。記録の真正が証明されて初めてデジタルツインがツインであることになる。

ブロックチェーン（分散型台帳）とは、多くのコンピューターが共有し、検証し合って正しい記録を蓄積する技術である。ブロックチェーンの形で保存されたデータは、あるデータが書き換えられた場合、そのデータを含むブロックが後からつながる全ブロックに影響を及ぼし、膨大なコストをかけて難解な暗号を解く必要があるので事実上改ざんができないことからデータ管理に用いられているのだ。MOBI は自動車の製造過程における情報や修理情報なども、ブロックチェーン技術を導入することで安全に一元管理することが可能になることをうたっている。

### CNを監視するスマートシティ

スマートシティにおいては、自動車は駒という位置づけになる。駒とは、道路上の常時接続車は1台1台が搭載カメラなどの装備で刻々と変わる現実をリアルタイムにスキャンして、クラウドに送り込む「センサー」になっている一方、交通量に従って車の速度などが制限されるという意味だ。

それではスマートシティ時代の自動車はどうあるべきか。ホンダとソニーが共同で開発したモデルカーには、あるいは汚染や道路の渋滞などに対する従量課金のための装置が搭載されているのではないかの期待もあったとされる。筆者のような者はいかにエンターテインメントの部分の織り込むかでソニーも精いっぱいではないかと考えてしまうが、車の社会インフラ化を考えている人にとって、ソニーは世界最大の非接触型決済システムのフェリカの生みの親なのだ。確かにフェリカは日本のスイカに留まらず香港やシンガポールの地下鉄などでも使われるなど地理的な広がりを持つが、グローバルな使用に耐えるような標準化が課題だった。また、今ではVIDに接続された車両の位置だけではなく、EVなのか、エンジン車なのか、渋滞時に使われているのか、カープールに利用されているのか、さらには重量といった多くのデータを確認することができ、それら属性を勘案した課金システムが可能ではある。

日本を初め少なからぬ国でガソリン税が道路財源になってきていた。だがHVのみならずEVが急速に普及する中でガソリンの使用は減少の方向へ進んでいる。世界には27兆ドル規模の道路インフラがあるのに、その発展・維持のための資金をどう調達するかについての回答はだされていない。ソニー＝ホンダのモデルカーが属性に応じた課金システムを搭載していたとすれば、その優れた回答になっていた可能性がある。そして、そこでは重量がエンジン車の1.5倍にもなるEVが重量（軸重）の三乗で道路を傷めるという計測によってエンジン車の3.375倍の重量課税を課せられるという不都合な真実も出てくることになる。

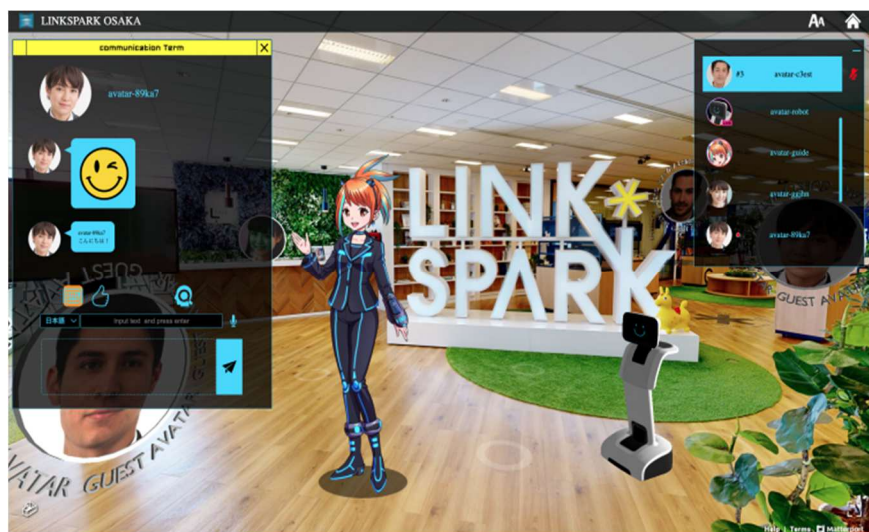
この点は、オーストラリアのビクトリア州の自治体では1キロ2.5豪ドル（約2円）の課税が粗上ののぼり、22年に開催された政府税制調査会（首相の諮問機関）の会合でも、電池を搭載するEVはガソリン車に比べて車体が重く、道路への負担が大きい観点からも、走行距離に応じた課税を検討すべきだとの意見が出されており、何の不思議はない。だが、仮想ソニー＝ホンダ課金システムでは他の指標に基づく課税の中でまがすことができることが肝要になる。

### スマートシティのデジタルツイン

ここまで来ると、スマートシティにもデジタルツインがあることに気づくだろう。そう、フェースブックがこれからはメタを名乗るといったメタバースがそれだ。ただ現状ではメタバースもリアルなスマートシティも未完成のままだ。しかし、ダイワハウスが住宅展示場をデジタルツインで提供しているといえ、一つのイメージが得られよう。

そこで、ここでは凸版印刷株が開発した現地を再現したフォトリアルな仮想空間と、仮想空間のみでは再現できない部分をリアルタイムで中継するシステムを組み合わせ提供する「デジタルツイン・ワールドトリップ®」と言うプラットフォームを瞥見することにしたい。ユーザーが、フォトリアルな仮想空間へいつでもアクセスし、空間内をアバターキャラクターとなり、仮想と現実を自由に行き来できるというところがミソだ（図表2）。

では、同プラットフォームはどんな具合に使われているのか。凸版に拠れば、東京の一つの都市をメタバース空間に再現し、バーチャルな世界での音楽ライブやスポーツイベントなどを開催したという例を初め、複数のバーチャル店舗を一つの仮想空間に集めたアプリを使って、ユーザーが



図表2 凸版印刷が開発したデジタルツイン・プラットフォーム  
[https://www.holdings.toppan.com/ja/news/2023/03/newsrelease230331\\_2.html](https://www.holdings.toppan.com/ja/news/2023/03/newsrelease230331_2.html)

メタバース上のバーチャルとリアルを融合した新しいショッピングスタイルの提供など、国内でもいろいろの使われ方があるが、海外の事例ではメタバース上でアバターを介してビジネスコミュニケーションがとれるサービスが始まっているという。

問題は、メタバースがデジタルツインを離れて単独で発展し、人を仮想空間へと誘導していくことではないか。筆者のような自然派は、現実から乖離するな、人々を屋外へと導け、と言いたくなる。