

デジタルツインの衝撃

— Society5.0を支えるミラーワールド —

主任研究員 柏村 祐

<バーチャルシンガポール>

シンガポールでは、自然・建築物・道路・人や車・交通機関などのあらゆるデータを統合し、仮想空間上に3Dモデルとして本物そっくりの国を再現するプロジェクトが進んでいる。この仮想空間は「バーチャルシンガポール」と呼ばれ高い注目を集めている。

このプロジェクトは、国立研究財団がプロジェクト開発を主導し、シンガポール土地局が3D地形図作成データでサポートするほか、シンガポール首相府、シンガポール政府技術庁（GovTech）によって推進されている。バーチャルシンガポールは、政府機関からのデータ、3Dモデル、インターネットからの情報、Internet of Things デバイスからのリアルタイムの動的データなど、さまざまなデータソースを統合しており、マンションにフォーカスすると、駐車場に停車している車の台数がわかり、植樹してある木の本数まで確認できるほど再現度が高い（図表1）。

図表1 バーチャルシンガポールの街並み



資料：The National Research Foundation (NRF) より

街並みが忠実に再現されたバーチャルシンガポールは、多方面での活用が期待されている。例えば、建物の高さ、屋根の表面の素材、温度、日射量などのデータを入手できることにより、都市計画者は、どの建物が効率的にソーラー発電できるのか分かり、ソーラーパネル設置などの計画に役立てることができる。更に日照量を分析する

ことで、通常の日にどれだけの太陽光エネルギーを生成できるか、またエネルギーとコストの節約をシミュレーションすることができる。リリースされているβ版では、収集した履歴データを相互参照することで、季節ごとにさらに正確できめ細かい予測ができることが実証されている（図表2）。

また、バーチャルシンガポールには、池や川がどこに存在しているのか、植物の群生状況がどうなっているのか、電車や信号機などの交通インフラ等の属性が含まれている。これは、地形、縁石、階段、または斜面の急勾配を表示できない従来の2Dマップとは異なる。物理的景観を正確に表現できるため、バーチャルシンガポールは障害者や高齢者のためのバリアフリールートを識別して表示するために使用できる。バス停や駅への最もアクセスしやすく便利なルート、さらには安全なルートも簡単に見つけることができる（図表3）。

図表2 太陽光エネルギーに関するシミュレーション



資料：The National Research Foundation (NRF) より

図表3 バーチャルシンガポールにおけるルート表示



図3：上部茶色の建物からの緑①から②の線

<デジタルツインの登場>

Internet of Things（以下IoT）は、「モノのインターネット」と訳されることが多い。IoTは、電車やクルマ、工場やビル、製造機械や飛行機のエンジン、冷蔵庫や洗濯機、農地や牧場の牛など、あらゆるものの情報をネットワークに接続することで、それぞれの最新状態を示すデータを集め、その分析からより最適な状態に導くようにフィードバックする一連の流れを指している。

IoTは1998年に、米国マサチューセッツ工科大学（MIT）のDavid Brock氏とSanjay Sarma氏が提唱した用語である。もともとは、RFID*¹を使ってモノの個数や存在場所を正確に管理しようとする取り組みの中で、遠隔地にあるRFIDを読み取るために発想された。RFIDを読み取る部分と結果を表示する部分を分け、両者をインターネットで結ぶという構想だったという。モノの管理から、データに基づきさまざまな事象の

最適化を図るといふシステム思考に発展した IoT は、Cyber Physical System（以下 CPS）とも呼ばれる。CPS とは、リアルな社会の状況を、種々のデータによってネット上に再構築し、そのデータを分析することで、まずはサイバー空間上で解決策をシミュレーションし、最適なものをリアルな世界に反映させ私たちが抱える社会課題を解決する仕組みである。

このとき、リアルな社会から集められるビッグデータに基づきサイバー空間に再現された世界を「デジタルツイン」と呼ぶ。それぞれで起こっていることを相互に反映することで、両者は常に“双子”のように存在し、影響し合い、さらには両者の融合が始まり、その境界線はあいまいになっていくと考えられている（図表4）。

図表4 リアルな社会をデータとしてサイバー空間に再現しデジタルツインとして相互の融合を図る



資料：総務省「ICTの新たな潮流に関する調査」（2018年）

デジタルツインは、設備などのファシリティからコミュニティまでさまざまな業界・領域への応用が見込まれる。既に先駆的な取り組み事例が確認されており、期待される効果は、手戻りの最小化、開発期間短縮、事故率低減、高度で多様な検証、故障予知や次期モデルへの改善となっている。

具体的には、自動車や航空機分野においては様々な試作機をサイバー空間上に再現することで開発期間の短縮に結び付き、自動車や航空機に搭載されているセンサーの計測データをデジタルツインに送信し、クラウド上で解析してビジュアル化することにより、実際の製品の使用状況を常に把握することが可能となり事故率低減に繋がる。また工場においては、物理的な工場の製造設備・機器を含めてすべての情報をデジタル化することで、サイバー空間上で製造設備・機器の配置を行い、産業ロボットや技術者の動きを組み合わせることにより、高度で多様なシミュレーションを行うことが可能となる。風力発電分野においては、気象条件を考慮した風車翼の制御やデジタルツインにおける風力発電効率の最大化シミュレーションを行うことにより、風力発電所全体の出力増加を実現できるのである（図表5）。

図表5 デジタルツインを活用した先進的な取り組み事例

バリューチェーン	実施者	対象	内容	期待効果
開発・設計	ロッキード・マーチン社	航空機	・試作機をサイバー空間上に再現 ・様々な故障モードを想定して仮想飛行 ・初飛行前に不具合を事前に抽出	手戻り最小化、 開発期間短縮、 事故率低減
開発・設計	ダイムラー社	自動車	・トラックのバーチャルテストで認証受け(FPV) ・様々な故障モードを想定して仮想走行 ・初走行前に不具合を事前に抽出	手戻り最小化、 開発期間短縮、 開発コスト低減
製造	シーメンス	スマートファクトリー	・物理的な工場の製造設備・制御機器も含めた全ての情報をデジタル化 ・サイバー空間上で製造設備の配置、産業ロボットや製造技術者の動き等を事前にシミュレーション	高度で多様な検証が可能
保守	GE (右記以外は後述)	風力発電	・デジタルツインで発電機効率最大化シミュレーション ・気象条件考慮の風車翼制御パラメータ変更で出力制御 ・風車同士相互作用シミュレーションによる運用改善	風力発電所全体の出力増加、 個体差を考慮した出力制御サービス提供
保守	米CAD/ PLMベンダー PTC	自転車	・自転車搭載センサーの計測データがデジタルツインに送信され、クラウド上で解析されてビジュアル化 ・実際の製品の使用状況を常に把握可能	故障予知や次期モデルへの改善に活用

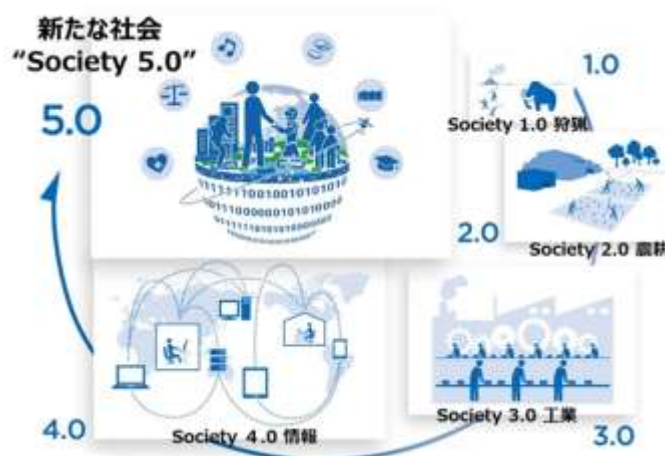
資料：国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター戦略プロポーザル革新的デジタルツイン

<Society 5.0とは>

日本では、平成7年（1995年）に制定された「科学技術基本法」に基づき、政府は「科学技術基本計画」を策定し、長期的視野に立って体系的かつ一貫した政策を実行することとなった。これまでに第1期（平成8～12年度）、第2期（平成13～17年度）、第3期（平成18～22年度）、第4期（平成23～27年度）の基本計画に基づき科学技術政策を推進してきており、現在は平成28年1月22日に閣議決定された第5期基本計画（平成28～32年度）の最中である。

第5期科学技術基本計画では、狩猟社会（Society 1.0）、農耕社会（Society 2.0）、工業社会（Society 3.0）、情報社会（Society 4.0）に続く、新たな社会を指すもので、日本が目指すべき未来社会の姿として初めてSociety5.0が提唱されている（図表6）。

図表6 Society 5.0とは

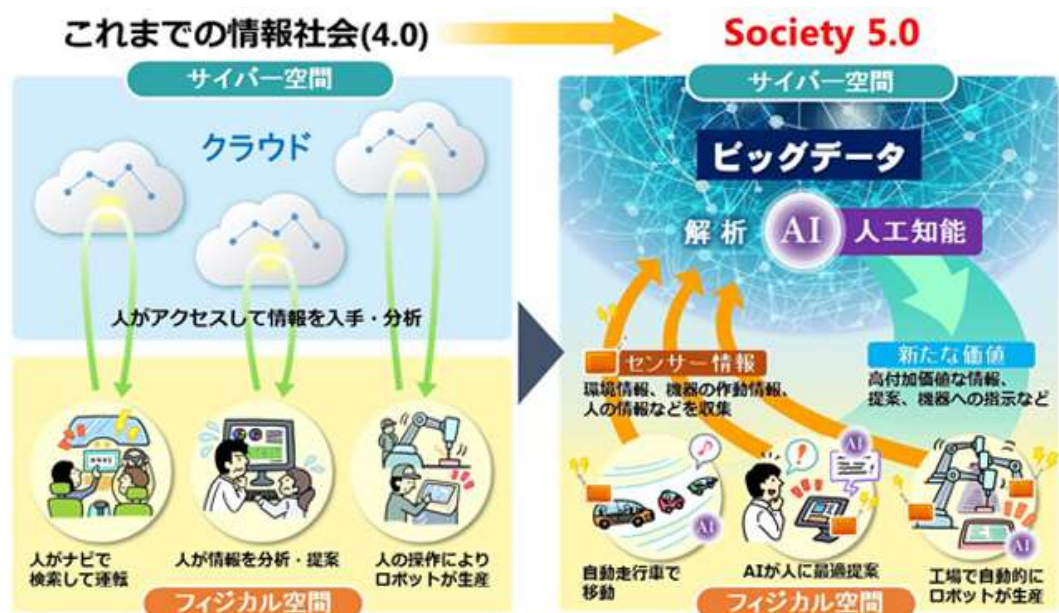


資料：内閣府

情報社会（Society 4.0）では、人がサイバー空間に存在するクラウドサービスにインターネットを経由してアクセスして、情報やデータを入手し、分析を行ってきた。Society 5.0では、フィジカルな空間のセンサーからの膨大な情報がサイバー空間に集積される。サイバー空間では、このビッグデータをAIが解析し、その解析結果がフィジカル空間の人間に様々な形でフィードバックされる。

これまでの情報社会では、集められた情報を解析することで価値が生まれてきたが、Society 5.0では、膨大なビッグデータをAIが解析し、その結果がロボットなどを通して人間にフィードバックされることで、これまでは出来なかった新たな価値が産業や社会にもたらされることになる。デジタルツインはフィジカル空間とサイバー空間を高度に同期することが可能となるため、Society 5.0の中核となるキーテクノロジーとなるのではないだろうか（図表7）。

図表7 サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合



資料：内閣府

<デジタルツインの可能性>

世界遺産に登録されているノートルダム大聖堂は2019年4月の大規模な火災により壊滅的な被害が発生した。この象徴的な建造物の再建に、大聖堂のデジタルツインが使われる可能性が出てきている。2015年に建築史家のアンドリュー・タロン博士が大聖堂の全貌をマッピングするためレーザーを使い、極めて正確なデジタルツインを作成していたのである。この事例は、デジタルツインが社会課題を解決できることを示唆しているのではないだろうか。つまり、デジタルツインが進展した世界では、フィジカル空間とサイバー空間の垣根がますます低くなっていくことが予想される。

令和の時代を迎え、デジタルツインの世界は大きく拡張していくだろう。そんな拡張するデジタルツインの世界は、産業構造や個人の生活を大きく変革する可能性を秘めている。

(調査研究本部 かしわむら たすく)

【注釈】

*1 IC やアンテナを組み込んだタグやカード上の媒体から発信される電波を介して情報を認識する非接触型の自動認識技術