

知っておきたいキーワード

デジタルツイン

松 延 徹†

† パナソニック株式会社

"Digital Twin" by Toru Matsunobu (Panasonic Corporation, Osaka)

キーワード：CPS、3次元計測技術、生産性向上、業務効率化

まえがき

ここ数年、現実空間のモノや状況を仮想空間に再現するデジタルツイン (Digital Twin) が注目を集めています。

デジタルツインの基本概念は、2002年にミシガン大学のGrieves教授により提唱され、言葉自体は、2010年にNASAが発表した技術ロードマップで初めて使用されました¹⁾。このデジ

タルツインは、IoTの進化に伴いさまざまな分野に広がり始めています。

日本政府は、現在の情報社会 Society4.0に続いて目指すべき社会として Society5.0を提唱しています。Society5.0は、「サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会課題の解決を両立する、人間中心の社会」と定義されています。また海外では、ドイツ

政府が第4次産業革命に向けた技術戦略プロジェクト Industry4.0を推進しています。その根幹にあるのは、工場内のすべての機器や設備がインターネットに繋がり、人と機械、機械と機械が協調するスマートファクトリーの実現です。

デジタルツインは、このような未来社会の中核を担うと期待されています。

デジタルツイン

デジタルツインとは、仮想空間にデジタルの双子を再現することです²⁾。これは物理的な仮想モデルを再現するだけではなく、「仮想モデルを構築し、それを用いて分析、シミュレーションを行い、将来の状態を予測する考え方」と定義されています。例えば、工場内

の設備や空間、製品、そこで働く人のあらゆる情報を仮想モデル化し、リアルタイムに更新することが特徴です。仮想モデルは、位置や形状といった静的な情報だけでなく、温度や動きなどの動的な情報も含んでいます。

工場でのシミュレーションは以前から行われてきましたが、デジタルツインではリアルタイム性と現実空間との

連携という点が大きく異なります。これにより、予測精度の向上やシミュレーション時間の短縮など工場の生産性を高めることが可能となります。

現実空間と仮想空間を融合させたシステムとして、サイバーフィジカルシステム (CPS: Cyber Physical System) も注目を集めています。CPSは、現実空間のデータを収集し、

☞ 仮想空間でデータ解析を行い、その結果を現実空間にフィードバックして問題解決などを図るシステムです³⁾。これと同様のシステムの中で仮想物理モデルを活用するデジタルツインは、CPSと同義に捉えることができます(図1)。

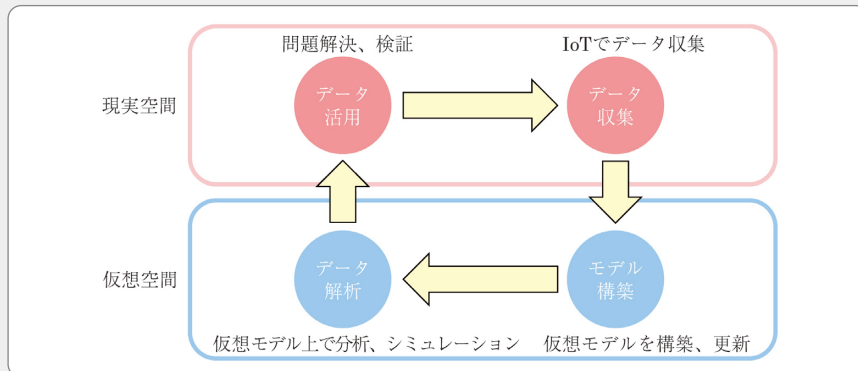


図1 デジタルツインの概念図

デジタルツインを支える技術

デジタルツインを実現するには、多くの技術が必要です(図2)。

データ収集では、省電力、軽量、小型のIoTデバイスが欠かせません。また、取得した大容量のデータを安全で高速に通信し、サーバに保管します。モデル構築では、工場の空間や設備の3次元形状モデルを土台として、それに人や機械の動的な情報を付加します。データ解析では、目的とデータの特徴からどの統計的手法やAI技術を選択するかの見極めが重要です。データ活用では、データ解析結果を基に機械を正しく動作させ、VR/ARによりユーザにわかりやすく伝える必要があります。

これらの技術の中で、特にモデル構築における3次元計測技術の重要性が高まると予想されます。これまでは3次元形状モデルとして設計時の3D CADデータを用いることが主流でし



図2 デジタルツインを実現する要素技術

たが、3次元計測技術の発展により現実空間をリアルタイムにキャプチャし、仮想空間上で再現できるようになりつつあります。これにより、例えば、老朽建造物の保守点検などの設計デー

タが存在しないケースにもデジタルツインを適用でき、業務の効率化を図ることが期待されます。次章にて3次元計測技術の概要について紹介します。

3次元計測技術

3次元計測技術により、対象表面上の点とセンサまでの距離を計測することで、物体や空間の3次元形状が復元できます。3次元計測技術は、計測システムの構成から三つに分類されます(図3)。

レーザスキャナの代表的な計測方式はTOF (Time of Flight)です。対象にレーザ光を照射し、それが返ってくるまでの時間を測定して距離を算出します。高精度な計測が可能です。計測システムが非常に高価です。

アクティブカメラは、プロジェクタ

などによりパターンが投影された対象をカメラで撮影する仕組みです。プロジェクタとカメラの位置関係および画像上のパターンの形状から距離を計測します。こちらも高精度な計測が可能です。ただし、計測システムコスト・計算コストと計測密度にトレードオフの関係があります。

パッシブカメラは、複数または移動カメラにより撮影した多視点画像を入力とし、Structure from Motionを行います。画像間で多数の対応点を探索し、それを基に幾何学的に対応点の3次元位置を算出します。精度では他の方式に劣りますが、計測システムコス

トや撮影の手間が少ないことにメリットがあります。

精度やコストの観点で、それぞれ一長一短がありますので、ユースケースに合った方式を選択することになります。

3次元計測技術で得られるモデルは3次元点の集合(3次元点群モデル)です。このままでも使用できますが、3次元オブジェクトモデルに変換することで有用性が高くなります。例えば、3次元点群データをメッシュモデルに変換し、その面にテクスチャを張り付けることで、より現実感のある3次元オブジェクトモデルを生成できます⁴⁾。

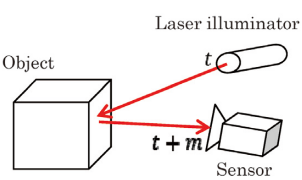
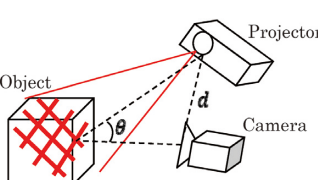
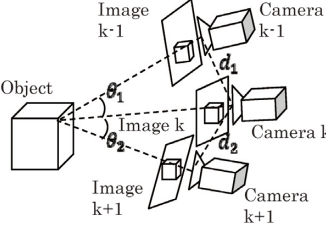
計測システム	レーザースキャナ	アクティブカメラ	パッシブカメラ
方式	 対象にレーザを照射し、戻る時間を測定時間と波長から距離計測	 パターン光を投影した対象を撮影 三角測量で距離計測	 複数視点の画像間で対応点を探索 複数の三角測量で距離計測
メリット	高精度、高密度	高精度 計測、計算コストが小さい	センサが安価
デメリット	多点計測時は計測に手間がかかり、 計算コストが高い センサが高価	システムが複雑	他方式に比べ低精度 計算コストが高い

図3 3次元計測技術の概要

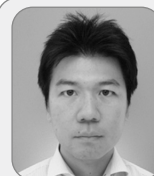
むすび

製造の分野から普及しつつあるデジタルツインは、医療や社会インフラなどに広く展開される可能性を持っています。映像メディア分野への応用としては、イベント会場でのカメラ撮影やプロジェクタ演出のための機材設置シミュレーションが挙げられます。デジタルツインを始めとしたICTの進化によって、Society5.0で言われているように、私生活や仕事において人々が心豊かに過ごせる社会の実現が期待されます。

(2019年7月29日受付)

参考文献

- 1) M. Shafto, M. Conroy, R. Doyle, E. Glaessgen, C. Kemp, J. LeMoigne, L. Wang: "Technology Area 11: Modeling, Simulation, Information Technology and Processing Roadmap", NASA Office of Chief Technologist (Nov 2010)
- 2) B. Schleich, N. Anwer, L. Mathieu and S. Wartzack: "Shaping the digital twin for design and production engineering", CIRP-Ann. Manuf. Technol., 66, 1, pp.141-144 (2017)
- 3) J.Lee, B. Bagheri, H.A. Kao: "A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems", Manuf. Lett., 3, pp.18-23 (2015)
- 4) S. Ikehata, H. Yang, Y. Furukawa: "Structured indoor modeling", ICCV 2015 (2015)



まつのぶ 松延 徹

2006年、大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了。同年、松下電器産業(株)に入社。高画質化技術、画像符号化技術の研究開発を経て、現在、パナソニック(株)イノベーション推進部門要素技術開発センターに所属し、3次元計測の技術開発に従事。