

## 実世界と仮想世界を紡ぐデジタルツイン



夢はバラ色

村田 正幸\*

Probabilistic Digital Twin Weaving Real and Virtual Worlds

Key Words : Digital Twin, Beyond 5G, Multi-Robot Control,  
System Control, Urban Design

### デジタルツインの背景

最近、「仮想世界」がにわかに脚光を浴びています。しかし、もちろん新しい概念ではありません。コンピュータグラフィックスや、最近では360度カメラによる実写映像を用いて、あたかもその場所にいるような没入感が得られる技術として仮想現実感(Virtual Reality)が研究され、また、製品化もされてきました。さらに、VR技術を拡張したAR(Augment Reality)では、スマートフォンに映し出された現実世界の映像に、文字やグラフィックス等のデジタル情報を重ねて表示できるようになっています。観光ガイド用途の他、最近では、スマホゲーム「ポケモンGO」が世界的に一大ブームを巻き起こしました。

さらに、これらを拡張したのが、今話題の仮想空間(メタバース)です。メタバースでは、多人数が参加可能な三次元空間を仮想的に構築し、参加者はアバターを操作して自由に行動し、他の参加者と交流できるようになるとされています。このような機能は、ゲームの分野ではすでに実現されていました。しかし、コロナ禍によって実生活の活動が制限され、メタバースが一挙に注目されることになりました。昨年、Facebook社が社名を「メタ」に変更し、今後メタバースに注力していくことを発表しましたが、Facebookが人の交流をネットワーク上で促進するSNSを目的としたものである以上、これは自然な

流れのように思えます。メタバースを活用した仮想空間上での交流という意味では、最近、コンサートも開催されています。もちろん、仮想空間の活用例はエンターテインメントに限りません。

コロナ禍の下、テレワークを余儀なくされるようになって、Web会議が日常生活における交流だけでなく、ビジネスにおいても活用されています。さらに、CG表現されたアバターを利用可能なWeb会議システムも多く出てきました。ただし、メリットとして強調されているのは、いつもの自分と違う雰囲気活発に発言できる、服装を気にしなくてすむ、など、カジュアルな場面では使えそうですが、ビジネスの場面では果たしてどうでしょうか？ 実際、受け入れ難いという意見は多く聞きます。現時点において、仮想空間に期待されていることは、

- 場所や空間等の物理的な制約がない
- 非現実的／非日常的な体験ができる
- 他者と気軽に交流できるコミュニティが形成できる

等<sup>(1)</sup>、人の実世界における日常生活を越える体験が得られるものとして、仮想空間が捉えられているように思います。

### 実世界と仮想世界を紡ぐデジタルツイン

前置きが長くなりました。本稿で対象としているのはデジタルツインです。デジタルツインの発想は、上述のメタバースとは異なります。もともとは、実世界にある対象(モノやプロセス)をデジタル化し、仮想的に再現するものです。すでに実現されているデジタルツインとして、工場における生産ラインや航空機のエンジンなどの状態や形状を三次元で再現することによって、現状を監視・分析したり将来予測のシミュレーションに用いるというものがあります。例えば、生産ラインの例では、実世界をデジタル化し、仮想世界において再現し、組み立てライン



\* Masayuki MURATA

1959年7月生まれ  
大阪大学 大学院基礎工学研究科博士前期課程修了(1984年)  
現在、大阪大学 大学院情報科学研究科  
研究科長・教授 工学博士  
専門/情報ネットワーク学  
TEL : 06-6879-4540  
FAX : 06-6879-4544  
E-mail : murata@ist.osaka-u.ac.jp  
http://www.anarg.jp/

の稼働を監視するというものです。仮想世界上のシミュレーションによって、より効率的な生産ラインを発見することも可能になります。その場合には、実世界の生産ラインを変更し、再び、仮想世界に取り込むこととなります。つまり、実世界から仮想世界への一方向のものになっていますが、ロボットの安全な自動走行制御等の場合は、実世界の変化を即座に仮想世界に反映させることが望まれます。

また、現状では、特定の用途のために、特定の対象をデジタル化したデジタルツインが用いられていますが、それらを統合し、実世界をまるごとデジタル化したデジタルツインの実現が考えられます。生産ラインだけでなく、工場全体、あるいはビルや道路なども含めて、都市全体をデジタル化することができれば、新たな都市デザイン手法に結び付けることも期待できます。このようなデジタルツインのプラットフォームをどう実現していくか、モデルやデータの表現手法や計算処理手法が重要な課題になっています。隘路になっているのは、実世界と仮想世界を相互に変換するための効率的な情報処理技術や通信技術です。これらが解決されれば、先述の実世界から仮想世界への一方向のデジタル化だけではなく、仮想世界におけるシミュレーション結果に基づいて制御を実世界に働きかけるといふ、双方向の作用が可能なデジタルツインが実現できます。

もちろん、現実の世界で営みを行っているのは人です。人をCG（アバター）で置き換えるだけなら話は簡単ですが、人そのもののデジタル化は簡単ではありません。顔写真だけでなく、さまざまなバイ

オメトリックスを用いれば識別は可能でしょう。しかし、その人の個性まで含めたデジタル化によって初めて、仮想世界における体験や感動を実世界の人に伝えることが可能になります。これには、脳科学の一層の発展も必要です。もちろん、プライバシー保護技術も必要です。また、法的倫理的側面も含めて研究開発と同時に考えていく必要があります。

また、デジタルに対する受容性は人によって大きく異なります。ミレニウム世代からZ世代、最近ではアルファ世代とデジタルネイティブの世代を経ることで、仮想世界の捉え方も世代によってさまざまです。また、仮想世界に求めることも人それぞれです。現実世界では決して経験することのできない、それこそゲームの世界のような体験をしたいと考える人から、仮想世界からのフィードバックを受けながら現実世界を充実させたいという人までさまざまです。これら人の多様性に対応できるデジタルツインの実現までは、まだもう少し時間がかかりそうです。

### NEC Beyond 5G 協働研究所の取り組み

以上の背景の下、2021年11月に大阪大学大学院情報科学研究科にNEC Beyond 5G 協働研究所 (B5G 協働研究所: b5g.ist.osaka-u.ac.jp) が設立されました (図1参照)。移動体通信については、2020年に第5世代サービスが開始されたところですが、早くも次世代移動体通信 (Beyond 5G/6G) に関する研究開発が始まっています。これまで、移動体通信は通信技術の発展に支えられ、大容量化・低

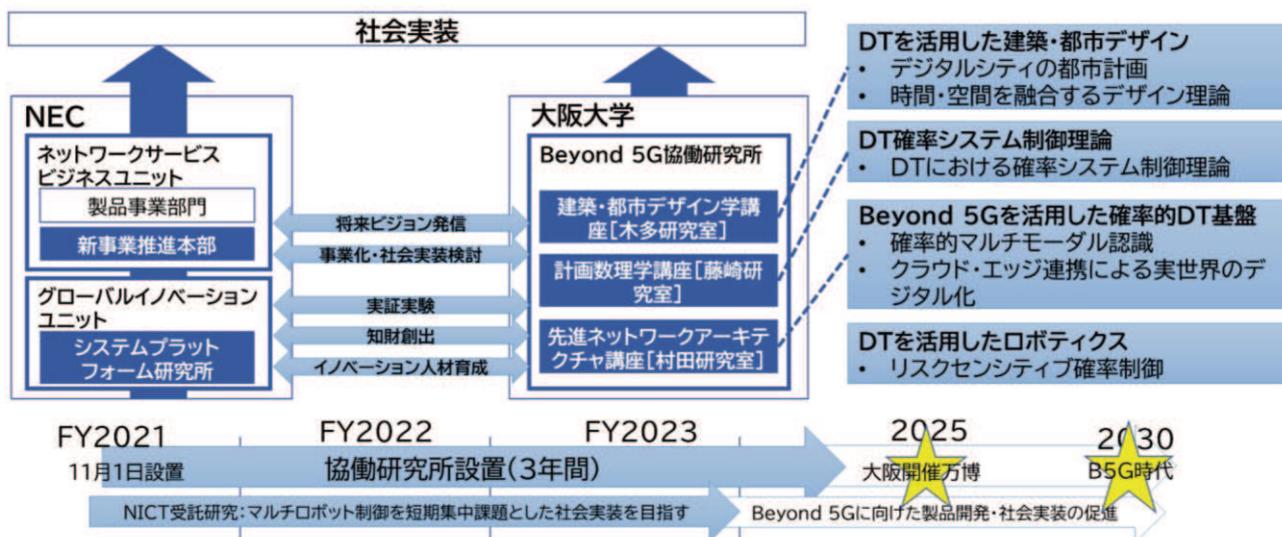


図1 B5G 協働研究所の推進体制

遅延化を軸に拡大されてきました。しかし、Beyond 5G 時代には、人と社会のさらなる進化、すなわち、新たなコミュニケーション体験により、生活者の求める多様な価値観に沿う働き方や暮らしが実現する社会の実現が期待されています。

B5G 協働研究所では特に、デジタルツイン技術の実現による「デジタルによる包摂」、つまり、仮想世界で最適化された理想世界が実世界にリアルタイムに反映され、人が現実世界での充足感や活力を得ることをビジョンとして掲げ、以下の方針を設定しています。

- Beyond 5G の活用において、産学連携の先駆的取り組みとして、成果創出とともに、実証を進める。
- 社会実装まで見据えたビジョンに基づいて、社会コンセンサス醸成を目指す。

そのために、NEC 社側からは研究所とともに、新事業推進本部にも参画をいただいています。また、大阪大学側からは、情報科学研究科 藤崎研究室、工学研究科 木多研究室の研究者も参画しています。この陣容により、情報科学（コンピューティング、ネットワーク）、制御工学（ロボット、機械）、都市工学等の知見を融合し、Beyond 5G 技術の研究に取り組みながら、それを活用したデジタルツインを実現することによって、人の能力の拡張と人とロボットが共存する社会を目指しています（図2参照）。

特に B5G 協働研究所におけるデジタルツインの研究開発を進めるに当たって、その基礎技術として「確率的デジタルツイン」を提唱しています。Beyond 5G の大容量通信能力と高度な AI 認識能力によって、リアルタイムに実世界のコピーを生成しようとしても、実世界を認識する際の不確かさ、ノ

イズや欠落のあるセンシングデータ、AI 認識の限界、特に深層学習では過去の大量データによる学習が必要になる、など多くの課題があります。特に、実世界に対して制御をしようとするれば、許容される処理時間制約が厳しいという課題があります。そこで、発想を転換し、「不確実な観測結果から確率的に実世界を推定し、非決定論的に未来を予測して柔軟に行動する」デジタルツインを提唱しています。仮想世界上では確率的に実世界を表現し、確率的制御においてリスク予測を行い、要求される安全度に応じてリスク回避を行うというものです。「誤差を前提にした確率的な情報」に基づいた処理によって初めて、実世界の不確実性を許容することが可能になるという発想です。

この確率的デジタルツインに基づく研究開発事業として、B5G 協働研究所を中核にして、2021 年度に NICT Beyond 5G 研究開発促進事業を開始しました（図2）。「Beyond 5G を活用した安全かつ効率的なクラウドロボティクスの実現」を目指したもので、多数の作業員や搬送ロボットが協働する倉庫環境において、搬送ロボットが作業員や他の搬送ロボットと衝突事故を起こさず、効率的にモノを搬送することを目指しています。確率的デジタルツインとともに、ロボットや周辺環境の将来変化を予測し、その結果が与えるリスクを最小化するロボット制御技術に取り組んでいます。

参考文献

- (1) 経済産業省 令和2年度コンテンツ海外展開促進事業「仮想空間の今後の可能性と諸課題に関する調査分析事業」

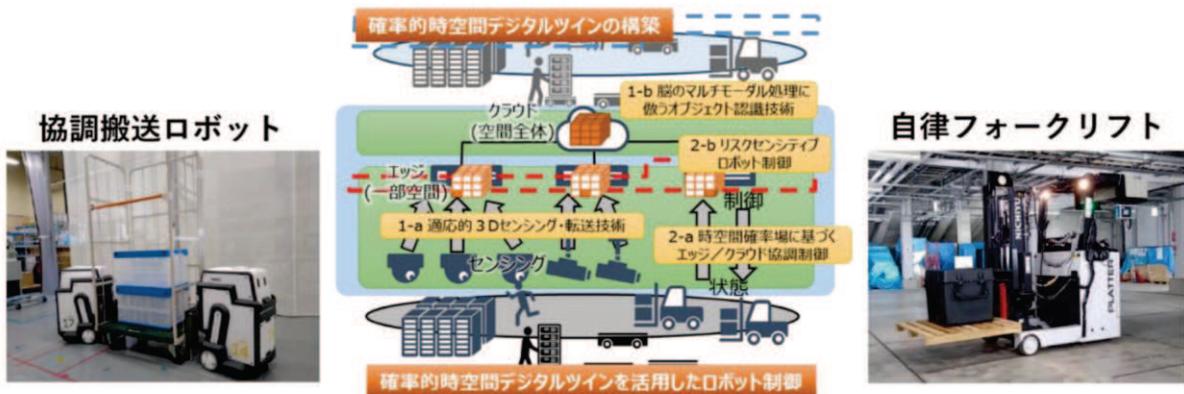


図2 Beyond 5G を活用した安全かつ効率的なクラウドロボティクスの実現