

## 2 デジタルツインコンピューティングのコンセプト

# デジタルツインコンピューティング構想

デジタルツインコンピューティング構想の展開・実現を推進する中心組織として本年3月に設立した「デジタルツインコンピューティング研究センター（以下、DTC 研究センター）」では、デジタルツインコンピューティング構想の実現に向けた要素技術の研究開発、外部の研究機関や企業との共同研究、デジタルツインの共用利用に向けたコラボレーション活動等を推進している。本稿では、このデジタルツインコンピューティング構想と当センターの取り組みについて概要を述べる。

### —デジタルツインコンピューティングの概要

「デジタルツインコンピューティング（以下、DTC）」は、機械部品のようなモノの形状、状態、製造工程等を計算機内で正確に表現したデジタル情報というデジタルツイン（以下、DT）の概念を大きく進展させるものであり、様々なDTに対する交換・融合・複製等の演算（デジタルツイン演算）を行うことにより、仮想空間上でDT化されたヒト・モノに関する再現・試行・制御・創造等の事象の操作（インタラクション）を行えるようにする計算パラダイム

である。また、従来のDTは、主に物理的なモノだけをデジタル化の対象としているが、DTCでは、モノだけではなくヒトもデジタル化の対象とする。そして、仮想空間上でモノやヒト同士の高度かつリアルタイムなインタラクションも可能とする。



NTT デジタルツインコンピューティング研究センター  
（写真左より）副センター長 花館 蔵之氏  
主幹研究員 飯田 恭弘氏  
第二ユニット 主任研究員 森 航哉氏

### —デジタルツイン演算

デジタルツイン演算（図1）では、

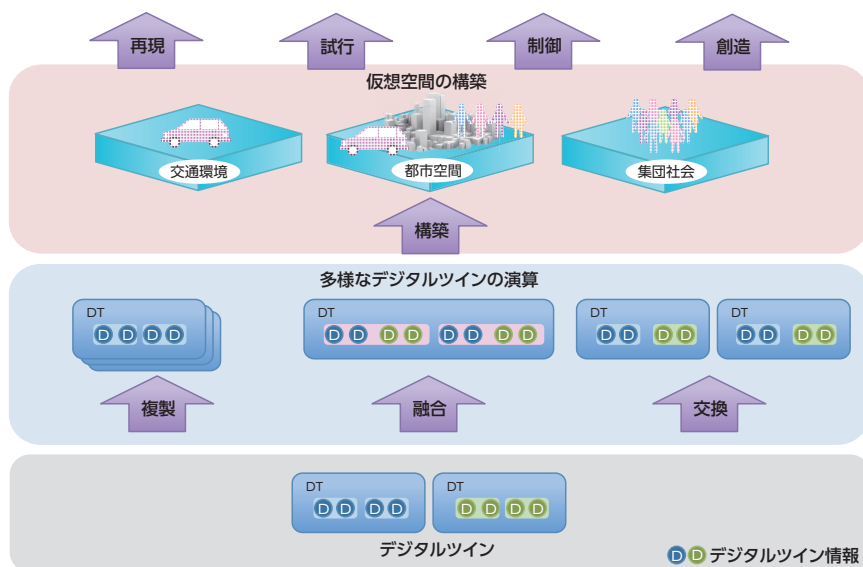


図1 デジタルツイン演算

DTの構成要素となる「データ」と「モデル」を用いた「交換」「融合」「複製」が行われる。「交換」では、異なるDT同士でデータやモデルを移し替えられる。「融合」では、異なるDTが有するデータやモデルを組み合わせて、新しいDTが生成される。「複製」では、あるDTと同じDTが複製される。このデジタルツイン演算により、実世界には存在しない性質や、性質を持つ「派生デジタルツイン（以下、派生DT）」を作ることが可能となる。

仮想空間は、デジタルツイン演算により創り出される派生DTを用いて構成される。これらの派生DT同士を相互作用させることで、仮想空間上で、「再現」「試行」「制御」「創造」等の事象の操作を行うことがで

再現	試行	制御	創造
観察困難な 微細空間から 国家／地球／宇宙まで 「自在な再現」が可能	確率的事象や 大規模組み 合わせ等を含む 「複雑な試行」が可能	モノ・ヒト・社会の 複合的認識と高精度な ロジックによる 「高度な推論・制御」が可能	ヒトやモノ同士の インタラクションを通じ、 「ヒトの意思決定や 新たな能力拡張」が可能
 <p>デジタルツイン化</p> <p>月の再現 血管内の再現</p> <p>事象の再現</p>	 <p>デジタルツイン化</p> <p>統合</p> <p>事象の試行</p>	 <p>経験の電子化</p> <p>事象の制御</p> <p>ツインの転送</p> <p>代行自動運転</p>	 <p>意思や感情をもったツイン</p> <p>私のおすすめは...</p> <p>Aには賛成だがBには反対</p> <p>肉を食べた方がよいよ!</p> <p>事象の創造</p> <p>ツインに相談</p>

図2 デジタルツインの合成がもたらす効果

きる(図2)。「再現」では、観察困難な微細空間から国家／地球／宇宙まで、自在なスケールで実世界を再現する。「試行」では、確率的な事象や大規模な組み合わせを要する事象等、複雑な事象を試行する。「制御」では、「再現」や「試行」によって得られた演算結果に基づき高精度なロジックにより実世界上のシステムを制御する。「創造」では、DT化されたヒトやモノ同士のインタラクションを通じた新しい価値の創出と、それをを用いたヒトの意思決定や新たな能力拡張が可能となる。

#### —DTCアーキテクチャ

DTCを実現するアーキテクチャを図3に示す。アーキテクチャは、(1) DTの生成に必要な実世界のデータ収集と、プラットフォーム上のアプリケーションがDTを用いて生成したデータを実世界にフィー

ドバックする「サイバー／フィジカルインタラクション層」、(2) 実世界から収集したデータを用いてDTを生成、保持する「デジタルツイン層」、(3) 様々なアプリケーションがDTやデジタルツイン演算を利用するためのフレームワークを提供する「デジタルワールドプレゼンテーション層」、(4) デジタルワールドプレゼンテーション層を用いてアプリケーションを実現する「アプリケーション層」の4層から構成される。

#### —DTCの適用領域とユースケース

DTCでは、「個人」を対象とする深くミクロなレベルから、「都市」「国家」「地球」を対象とする広範なマクロなレベルまで様々なスケールをデジタル化する対象と考えている。例えば、各スケールにおいて、以下のようなユースケースが挙げられる。

- 知的業務・技能を強化する能力拡張や、自律的に行動・成長するDTとの協働を実現(能力拡張)
- 様々な自身の可能性・未来像を提示し、自らの意思決定に活用する。また、多様な個性や専門性を掛け合わせ、瞬時の合意形成やアイデア創発に活用(意思決定・合意形成)
- 生体センシングとライフスタイル分析による個別化・予測型の医療、行動変容に活用(医療健康)
- 空間と時間の4D情報を活用した人流／交通流等の制御や、気象、スケジュールまで組み合わせた混雑／渋滞/CO<sub>2</sub>排出等の最小化(モビリティ制御)
- 都市レベルでリアルタイムなエネルギー・インフラ(電気、ガス、水道他)の需要予測・高効率利用(都市エネルギー予測)
- 地球全体の地形、気候変動等をデジタル化し、大規模自然災害の予

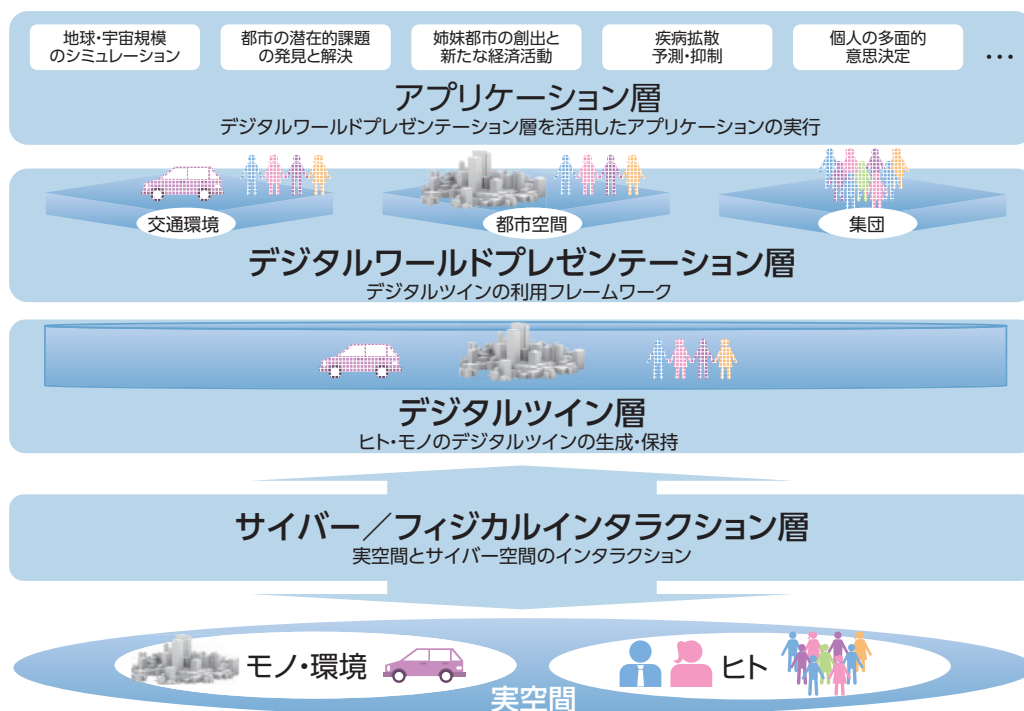


図3 DTC を実現するアーキテクチャ

専門家が集結することによる非技術的な課題解決が求められる。

—DTC 研究センターの取り組み

DTC 研究センターでは、このキーポイントを重視し、現在は主に次の研究開発テーマに取り組んでいる。

- 1) ヒトの内面/外面に関するDT化に関わる研究開発
- 2) DTを用いたデジタル空間の構成手法に関わる研究開発
- 3) ヒトやモノのDTを用いたシミュレーション技術の研究開発

また、2019年6月にDTCの概念に関する「ホワイトペーパー」を公開した。さらに、ホワイトペーパーに記載した概念を具体化し、他社と連携して共用化を加速するための「リファレンスモデル」を作成し2020年9月に公開した。これらの検討を起点に、DTCのコンセプトに対する議論と理解、DTC構想を共に実現する仲間作り、及びDTの自由な相互利用の実現を推進する。具体的には、現在、NTT、インテル、ソニーで立ち上げたIOWN Global Forumや、デル、マイクロソフトが立ち上げたdigital twin consortiumでの活動を開始した。これらの技術的側面での推進活動に加え、哲学・倫理・社会学等、DTCの活用の際に必要となる非技術的側面に対する課題解決についても併せて検討していく。

測・対策し、持続可能な国・街づくりを実現(未来社会のデザイン)

—DTCの実現に向けたキーポイント

DTCは、技術的に全く新しい技術だけで構成されるものではなく、既存の様々な技術(ハードウェア、ソフトウェア、ネットワーク、AI/IoT技術等)を用いて実現される。一方で、技術領域は、ヒトのDT化、地球規模のシミュレーション等、非常に多岐かつ広範囲にわたる。このため、DTCは、単に既存技術の組み合わせで実現できるものではなく、様々な技術・非技術領域を横断的に俯瞰しながらすすめることが求められる。そこで、このDTCの実現において、我々は、以下の4つがキーポイントと考えている。

まず、ヒトのデジタル表現技術の確立である。ここではAIを活用し

てコンピュータによる脳機能を模倣するアプローチだけではなく、脳神経科学の側面から脳の機能自体を解明するアプローチの両面から実現することが必要となる。次に、DTの相互利用である。世界中の人が作ったDTを、誰もが容易に使えるようにするためには、デジタルツイン層のインタフェースを共通化することが必要となる。第三に、ヒトの内面に関わる複雑なデータ処理や地球規模の大量のデータをリアルタイムに計算処理するためには、大量の計算リソースが必要となる。最後に、DTCが創り出す情報の活用においては、ヒトのDTの活用に関する倫理的課題、シミュレーション予測結果の社会活用に対する信頼性、プライバシー等、非技術的な面での深い洞察が必要となる。これは、社会科学、人文科学、自然科学、応用科学、学際領域等、様々な研究・技術分野の