

中国次世代都市のデジタルツイン・シティ化



岡野翔運



王 佑之

CONTENTS

- I 中国次世代都市を支えるデジタルツイン
- II 中国におけるデジタルツイン・シティの構造
- III 中国におけるデジタルツイン・シティの現在地と先行事例
- IV デジタルツイン・シティを実現する道筋
- V 最後に——群盲撫象でも前に進む力を

要 約

- 1 デジタルツインは、既に中国次世代都市における標準装備となっている。中国では、デジタル空間の整備による都市経済の生産性向上と、リアルタイムな都市運営によるマネジメントの行き届く社会の実現という観点から、都市における新しい経済の生産、社会の管理のあり方を変えるものとして、デジタルツイン技術の都市経営への応用が重要視されている。
- 2 中国のデジタルツイン・シティの中核にはシティブレイン（都市の頭脳）と呼ばれる、都市をマネジメントするプラットフォームがある。シティブレインは、都市のデータ資産管理システムとデジタルツイン・モデル、オペレーション・システムという三つの要素から構成され、これらのシステムが相互作用することによって価値を発揮する。
- 3 中国では、モニタリング基盤の社会実装を達成した都市が既に登場している。先行都市を中心に、これからは分析・予測の高度化と応用を目指すフェーズに突入する。また、中国と日本のデジタルツイン・シティに対する考え方の主な違いは、中国では計画から運営まで、都市のマネジメントにかかわる全方位展開のユースケース創出が想定されていることである。
- 4 中国では、2025年をめどに多くの都市でデジタルツイン・シティの基盤技術を実装することが展望されている。デジタルツイン・シティは、多様な先端技術の融合体という特性があり、全方位的なユースケースが想定される。また、この構想を実現するには、重厚な産業エコシステムの支持と複数のステークホルダーを巻き込んだ官民連携のパートナーシップが必要であり、課題を解決しつつ完成度を高めていくことが期待される。

I 中国次世代都市を支える デジタルツイン

1 中国次世代都市の

デジタルツイン・シティ化の潮流

中国では、スマートシティからデジタルツイン・シティへと、次世代都市を表現する概念の深化が起こっている。日本でも議論が沸騰するスマートシティの先を見据えたときに、どのように次世代都市を実現すべきなのかという問いに対して中国が出した答えは、デジタルツインを都市の新型インフラと位置付けることであった。

(1) テクノロジーの進展とともに

高度な技術融合へ向かう

中国スマートシティ

中国におけるスマートシティの発展は、概念導入期から試験探索期、統合展開期と、三つの段階を経て発展してきた。第一段階は、2008～2012年におけるスマートシティの概念導入期である。この時期は個別業界での応用を中心としたICTソリューションの展開が中心であった。単一部門による単一システムでのソリューションの実装である。インフラとしてのICTの重心は、モバイル通信や光回線、GIS（地理情報システム）、GPS（全地球測位システム）に置かれていた。

第二段階は、12～15年の試験探索期である。まだ個別の業界や部門に閉じた取り組みが中心であったが、RFID^{※1}や2G・3G・4G、そしてクラウドコンピューティングが新興の要素技術として期待された。中国中央行政機関の住宅都市農村建設部の主導で、290にも及ぶパイロットプロジェクトが全国で展開さ

れ、スマートシティの開発モデルの試験的な探索が進んだ。

そして第三段階は、16年以降のスマートシティにおけるソリューションの統合展開期である。中国では、分散化したシステムの統合と集約に重心を置き、データ駆動型のソリューションを提供する「新型スマートシティ」の開発が提唱され始めた。要素技術として、データ通信ではNB-IoT^{※2}や5G、データ利活用ではビッグデータ解析技術、人工知能(AI)技術など、先端技術の実用化が進んだことが背景にある。さらには、16年に中国・杭州で実装されたアリババのシティブレインに代表されるように、これらの技術を複合的に取り入れ、分野横断でデータを連携してソリューションを提供するための都市OSとして、スマートシティのプラットフォームも登場した。

このように中国におけるスマートシティの理解は、テクノロジーの進展とともに変化してきた。単一システムから複合システム、単一分野から分野横断へと転換するとともに、より多くの先端技術を掛け合わせることで、データ利活用やソリューション提供を推進することで発展してきた。

このような変化が、スマートシティの概念が導入された08年から22年現在まで、たかだか14年の間に起こっていることを考えると、中国の成長は驚異的といわざるを得ない。しかし、これはまだ進化の通過点に過ぎない。

(2) 中国の都市で進む

デジタルツイン・シティへの進化

スマートシティにおける高度な技術融合の流れは、デジタルツイン技術の都市経営への

応用により、中国の先進都市でデジタルツイン・シティへの進化の波をもたらすことになる。

2018年に中国・河北雄安新区は「河北雄安新区計画要綱」を発表した。同要綱では、現実の都市とデジタル空間の都市を同期させながら建設の計画・管理を推進するとともに、高度な学習能力を有する都市開発の実現を目指すことが明記された。河北雄安新区は、習近平国家主席肝煎りのハイテク都市構想計画により、中国で初めてデジタルツイン・シティの実現を目標に掲げる都市となった。

そして19年には、中国・南京の江北新区も「南京江北新区スマートシティ2025計画」を公表し、デジタルツイン・シティを都市の将来像として明確に位置付けた。そのほか、20～23年にかけて、北京市や上海市、広州市、重慶市、海南省、浙江省など、デジタルツイン・シティの形成を推進するための行動計画を提示する都市が全国各地から相次いで出てきている。

(3) 中国次世代都市における標準装備の地位を獲得したデジタルツイン

こうした都市のデジタルツイン・シティへの進化の動きは二つの重要な意味を持つ。

一つ目は、中国における次世代都市の標準装備としてデジタルツインが位置付けられたことである。中国でデジタルツイン・シティを掲げるフィールドは、いずれも「新区」の名を冠しており、各地域における経済社会発展の中核的な計画都市として、グリーンフィールドで先端的な開発が進められようとしている。その中心的なテクノロジーインフラとしてデジタルツインが導入されている。

二つ目は、これまで次世代都市の象徴とさ

れたスマートシティの実現手段に具体性がもたらされたことである。スマートシティとは、ICTなどの新技術を活用しつつ、マネジメント（計画、整備、管理・運営など）の高度化により、都市や地域の抱える諸課題の解決を行い、新たな価値を創出し続ける、持続可能な都市や地域と定義される。中国は、デジタルツインをスマートシティの基盤技術として位置付けることで、新しい時代の都市経営のあり方を提示した。デジタルツインは、直訳すると「デジタル空間上の双子」を意味する。IoTなどのテクノロジーを活用し、現実の空間において収集されたモノや環境にかかわるデータを、デジタル空間上に再現し、双方を駆使しながら、次世代都市を運営していくという考えが明確にされている。

2 中国次世代都市でデジタルツインが重要と考えられる二つの理由

次に、中国次世代都市においてデジタルツインがどのような役割を与えられ、なぜ重要と考えられているのかを、都市における新しい経済の生産と、社会の管理のあり方を変えるという二つの視点から考察する。

(1) 経済の視点：デジタル空間の整備による都市経済の生産性向上

近年、中国は新型インフラの建設を掲げているが、その本質はデジタル空間にデジタルツインを立ち上げ、これをインフラとして新しい経済成長のエンジンとすることにある。

中国政府が初めて新型インフラに言及したのは、2018年末に開催された中央経済工作会议であり、5Gの商用化とともに、AIや工業

インターネット、IoTといった新型インフラの強化が提案された。その後、20年には中央全面深化改革委員会が、伝統インフラと新型インフラの協調発展を図る方針を決定し、ビッグデータやAI、クラウドコンピューティングなどのデジタル技術の活用を奨励することが発表された。同年、国家発展改革委員会では、新型インフラについて、情報ネットワークを基礎として新たな経済社会の発展に必要なデジタルトランスフォーメーション(DX)やスマート化、イノベーションなどにつなげるものと定義する見解を公表した。

このように新型インフラは、中国の新しい時代の経済ニーズに合わせて提案されたものである。最も注目されているのは、工業経済から都市を主なフィールドとするデジタル経済への転換である。労働・資本集約型の工業経済では、物理的なインフラを介した生産活動が中心であったのに対し、デジタル経済の時代では情報やデータを介した知識集約型の生産活動が中心となり、人口が集中する都市

でのイノベーションを通じて、次々と新たな産業や業界を生み出していく成長モデルに切り替わってくる。

これに伴い、経済成長を支えるインフラのニーズも、道路や鉄道といった物理空間のネットワークを円滑化する伝統インフラから、デジタル空間でIoTやクラウドコンピューティング、AIなどの技術を駆使して経済社会の生産活動を円滑化する新型インフラへと変わることになる。そして新型インフラは、まず都市から整備が進められ、都市の生産性を高めることを通じて、経済成長を促していく使命が与えられている(図1)。

(2) 社会の視点：リアルタイムな都市運営によるマネジメントの行き届く社会の実現

中国では、デジタルツイン・シティが、従来の都市へのかかわり方を刷新するものとして捉えられている。

従来の都市では、「このような空間では、

図1 工業経済の伝統インフラ vs デジタル経済の新型インフラ

		従来	未来
		工業経済	デジタル経済
経済モデル	成長資源	土地、労働力、資本、技術など(原子)	データ、技術など(原子+ビット)
	成長モデル	<ul style="list-style-type: none"> 道路や鉄道、空港などの伝統的な物理インフラを介した工業生産活動が中心で、経済社会活動の中心は現実の物理空間での労働・資本集約型の活動が多い 業界や分野を横断した活動は少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 新たな産業や業界が登場し、スマート製造やスマートモビリティ、スマートエネルギー、スマート医療など、データを介した知識集約型の生産活動が中心 イノベーションを起こして成長するため、業界や分野を横断
		↓	↓
		伝統インフラ	新型インフラ
経済インフラ	建設空間	物理空間	デジタル空間 ≡ デジタルツイン空間
	対象インフラ	道路、鉄道、空港、港湾、電力ネットワーク、電気モーターなど	IoT、クラウドコンピューティング、ビッグデータ、5G通信、データセンターなど
	整備方針	<ul style="list-style-type: none"> 中国各地で普遍的な整備の展開 中国における都市化も促進 	<ul style="list-style-type: none"> 人口の集中する都市において優先的に新型インフラの整備を推進

人々はこのように振る舞うのではないか」という仮説の下で街がデザインされ、防犯や交通管制を含めて、「人が頭で考え、手を動かし、足で稼ぐこと」を通じて都市がマネジメントされてきた。

これに対し、近年のデジタルツイン技術の進展は、リアル空間とデジタル空間の融合を深め、都市動態の可視化や分析・予測などにより、リアルタイムに都市を運営する未来の可能性を提示している。デジタルツイン・シティでは、IoTセンサー（ビーコンやカメラ）などを通じて、現実空間に存在するあらゆるモノの形状や状態、機能などの情報が収集され、それをデジタル空間上に再現するデジタルツインを構築し、都市をまるごと可視化する。

このデジタル空間に再現されたモノについては、さまざまな角度から分析を加えることができるようになるが、たとえば、現状分析と、環境変化に応じた未来における変化の可能性をシミュレーションすることができる。都市の運営者は、実際のアクションに移る前

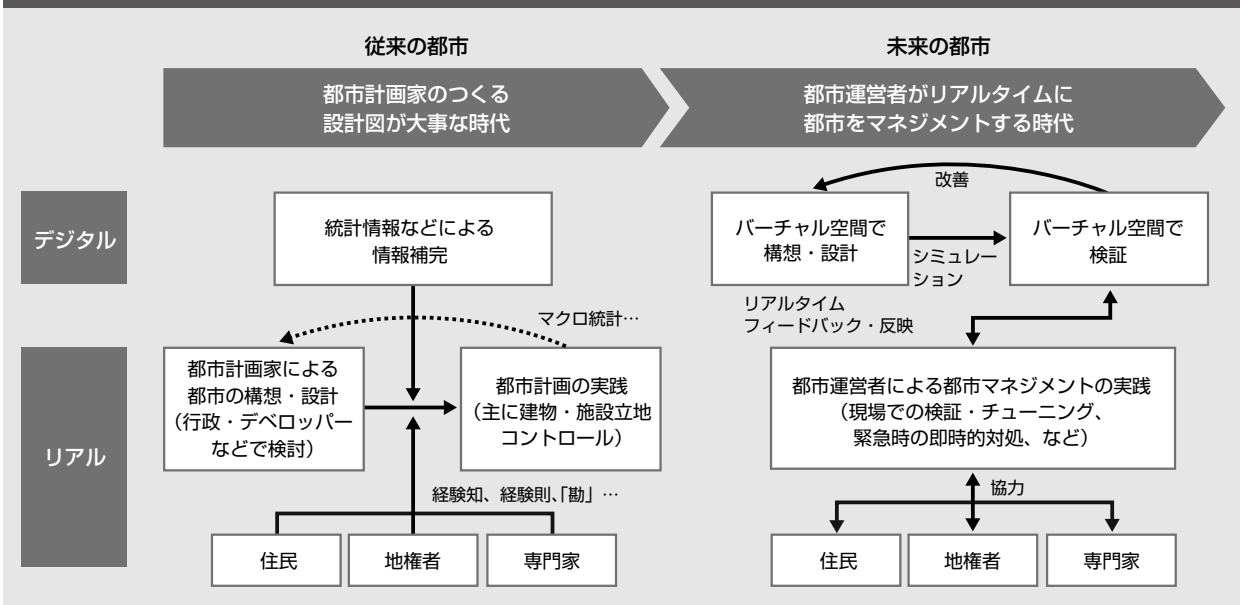
にデータに基づいたシミュレーション結果を参照して、対応策の検討やモノの制御により、現実空間へのフィードバックを行うことで、リアルタイムで街の問題を発見し、即座に対応できる世界になる。

これにより、最初に完璧な都市計画をつくるというよりも、現実に合わせて、柔軟に都市を管理・運営できるようになり、よりリアルタイムでマネジメントの行き届いた社会を運営することができる。このような世界観の実現に向けて、中国はデジタルツインを活用しようとしているのである（図2）。

II 中国におけるデジタルツイン・シティの構造

デジタルツイン・シティが次世代都市における一つのゴールであると提唱されて以来、中国では百度やテンセント、アリババ、華為、京東などのテック企業を含め、相次いで企業の市場参入が表明されている。そして、各社それぞれの理解に基づき、デジタルツイ

図2 中国で展望される未来の都市マネジメント



ン・シティの設計思想とシステム構想が提案されている。

本章では、これらの既に蓄積されている知見と構想内容に基づき、中国において理解されているデジタルツイン・シティの構造を解説する。

1 デジタルツイン・シティの定義と本質

まず、デジタルツインは、リアル空間（現実・物理空間）にある情報をIoTセンサーなどで集めて送信されたデータを基に、デジタル空間でリアル空間を再現する技術である。現実と同等のモデルをデジタル空間で構築することで、そのモデルの状態を俯瞰することができる。そして、そのバーチャルでつくられたモデルを参考に、現実の対象に同期するよう操作し、リアルタイムにフィードバックを行うのである。このような技術特性を都市に応用したものが、デジタルツイン・シティである。したがってその本質は、現実の都市空間に対する「俯瞰的な感知性能」と「同期的な操作性能」であるともいえる。

2 デジタルツイン・シティの中核：シティブレインと三つの要素

デジタルツイン・シティの中核には、シティブレインがある。中国では、都市をマネジメントするプラットフォームのことを指してシティブレイン（直訳：都市の頭脳）と呼んでいるが、文字どおりデジタルツイン・シティの頭脳として中核的な役割を担うものである。シティブレインは、アリババの提供するスマートシティソリューションの製品名でもあるが、中国では既に一つのカテゴリーとし

て確立され、一般名詞化している。

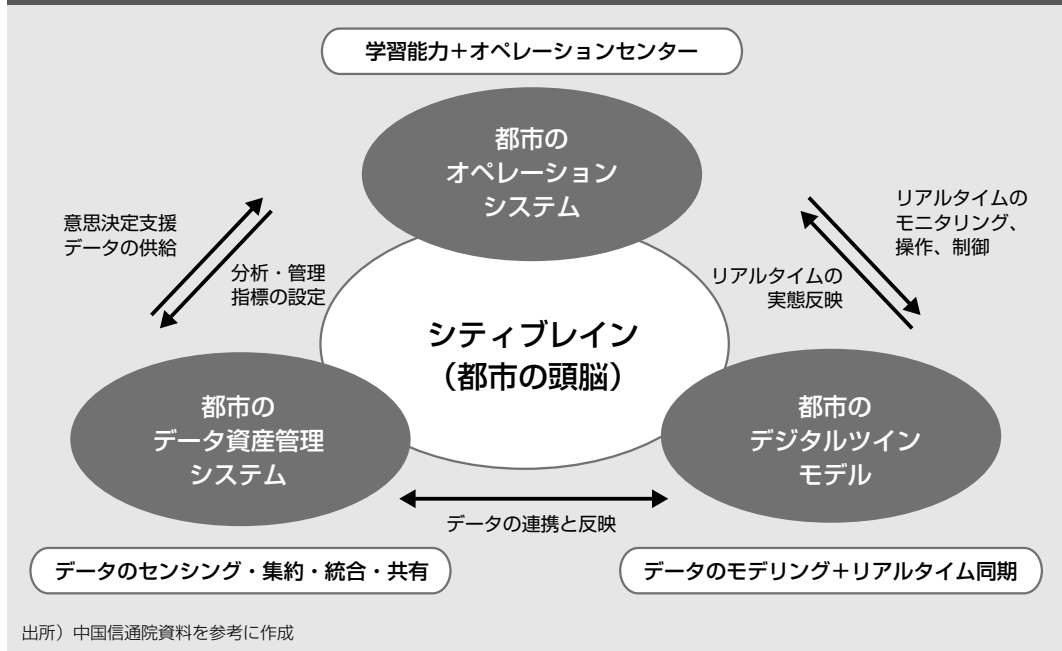
シティブレインは、主に「都市のデータ資産管理システム」と「都市のデジタルツイン・モデル」「都市のオペレーション・システム」という三つの要素によって構成され、デジタルツイン・シティを実現する。

まず、都市のデータ資産管理システムは、都市の課題やニーズに応じた指標設定に基づき、データを体系的に整備し、データ資源を統合管理するものである。データは、デジタルツイン・シティの最重要資源であり、都市のマネジメントを実現するためにシステム全体を下支えするものだ。

次に、都市のデジタルツイン・モデルは、集められたデータに基づき、デジタル空間上に都市のデジタルツインを構築し、都市を可視化するシステムである。都市のモデルは、センシングされたデータに基づきリアルタイムに更新されることで、その実態を反映してモニタリングに活用される。モデル化される地理的な範囲や精度は、それぞれの都市の課題・ニーズによって異なる。

最後に、都市のオペレーション・システムは、都市の状況を分析・予測し、必要に応じて状況を改善するアクションを起こすためのシステムである。AIによってバックアップされたシステムは、ほかのシステムから上がってきたデータを人間が解釈できる状態に変換するとともに、学習能力を有しており、これまで蓄積されてきた都市のデータを分析してトレンドを予測する。また、現実の物理法則を模倣して、デジタルツインに可視化された都市のモデルを操作しながら、現実に近い形でモニター越しにシミュレーションを行う能力も付与される。

図3 デジタルツイン・シティの中核



なお、中国のデジタルツイン・シティには、実体としてのオペレーションセンターを設置するケースが多く、センターに駐在する人間がモニターを監視している。AIが処理して吐き出してきた情報に基づき、たとえば、交通整理や事故に当たったの緊急出動手配など、必要に応じて都市の円滑な運行を促進するためのアクションが取られる（図3）。

3 技術体系: デジタルツイン・シティは先端技術の組み合わせで成立する

デジタルツイン・シティを構成する要素技術は、その用途に応じて「感知・識別技術」「地理空間情報技術」「都市モデルの構築・可視化技術」「計算・コンピューティング技術」「操作・制御技術」の五つに分類することができる。

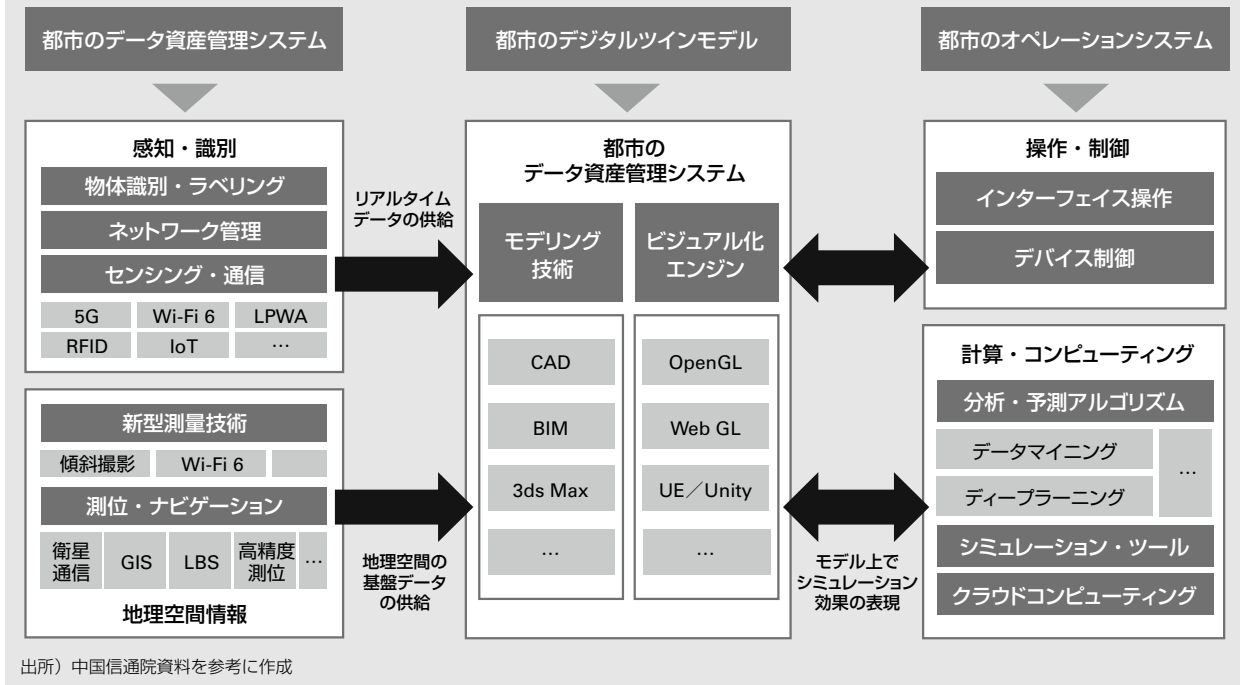
感知・識別技術は、都市のあまねく現象を

リアルタイムに観測するために設置されるIoTセンサーネットワークと、センサーから上がってくるデータを素早くシステムに反映するための5Gなどの高速低遅延通信と、収集されたデータをラベリングして管理するシステムなどが含まれる。なお、ブロックチェーン技術を活用して、システムに連携されるデータの真正性を担保するようなことも検討されている。

また、地理空間情報技術は、3D点群測量やストリートビュー、ドローン撮影などを活用して都市の地理空間を測量してデジタル化し、都市モデルに基盤地図を供給するものである。

都市モデルの構築・可視化技術は、BIMやCIMなど^{注3}によって、物理的な都市のデジタル空間上での再現と、人間に理解可能な形でビジュアル化し、分析を加えていくための骨格を用意する。

図4 デジタルツイン・シティの技術体系



計算・コンピューティング技術としては、シミュレーション・ツールが備えられ、構築された都市モデル上で効果の再現と確認を行うことを可能にする。さらには、開発されたアルゴリズムに基づき、データマイニングによる都市運営における新たな法則の発見や、ディープラーニングによる予測結果を都市の管理運営者に提示するような機能も想定される。

そして、操作・制御技術は、上記の要素技術から算出された結果を利用し、実際に都市の管理運営者がマネジメントを実行するためのインターフェイス操作やデバイス制御の機能を提供する。

こうした個別技術のうち、感知・識別技術と地理空間情報技術を土台として、都市モデルの構築・可視化技術が都市を理解可能な形で可視化するエンジンとして機能する。これらにトレンド予測やシミュレーションを担う

計算・コンピューティング技術が加わることで、都市の現在・未来に対する俯瞰的な感知性能が実現される。さらに、感知・識別技術と操作・制御技術がつながることによって、把握された状況に対してアクションを行うフィードバック機能が付加され、リアルタイムの同期的な操作性能を実現することができるようになる（図4）。

4 システム・アーキテクチャ：

「1+1+X+N」の思想で設計する

中国では、デジタルツイン・シティを構成するシステム・アーキテクチャを「1+1+X+N」というフレームワークで表現することが多い。一つのネットワーク、一つのクラウド、X（=いくつか）個のセンター・プラットフォーム（データセンター、AIコンピューティング・センターなど）、N（=無数）

個のアプリケーション領域、という意味である。

「1 + 1 + X」により、データおよびシステムを極力統合管理して運用しつつ、「N」という視点からは、アプリケーションを無数に増やしていける体制を組むという、中国のデジタルツイン・シティの設計思想が見られる。

たとえば、北京市の海淀区（かいでん・く）シティブレインの開発プロジェクトでは、この「1 + 1 + 2 + N」の考え方にに基づき、システム開発が行われている。はじめの「1」は通信ネットワークとデバイス端末を含む「ネットワーク」であり、区内全域にわたって設置された1万4500台のカメラと、1万機に及ぶセンサーをネットワーク化してデータを収集する。集められたデータは、次の「1」であるクラウドに連携される。基礎的な地理情報や行政区画情報、2D・3D地図、約17万軒の建築データ、約130万の都市のデータを組み合わせることで、249種類にも及ぶテーマ別の地図によって構成される、都市分析のための見取り図を提供する。続く

「2」はセンター・プラットフォームであり、「ビッグデータ・センター」「AIコンピューティング・センター」によって構成される。ビッグデータ・センターは、デジタルツイン・シティの想定するアプリケーションのニーズに従い、交通や防犯、建築計画などに必要な分野別のデータを蓄積し、AIコンピューティング・センターは、こうしたデータに基づき、都市のモニタリングや分析・予測に必要な処理を行う。そして、これらの基盤に基づき、「N」種類のアプリケーションとユースケースを生み出していくことを目指している（図5）。

Ⅲ 中国におけるデジタルツイン・シティの現在地と先行事例

続いて、中国におけるデジタルツイン・シティでは、どのような典型的なユースケースが展開されており、2022年7月現在（執筆時点）でどのレベルまで実現されているのか、先行事例を交えて解説する。

図5 デジタルツイン・シティのシステム・アーキテクチャ



1 現在地と方向性

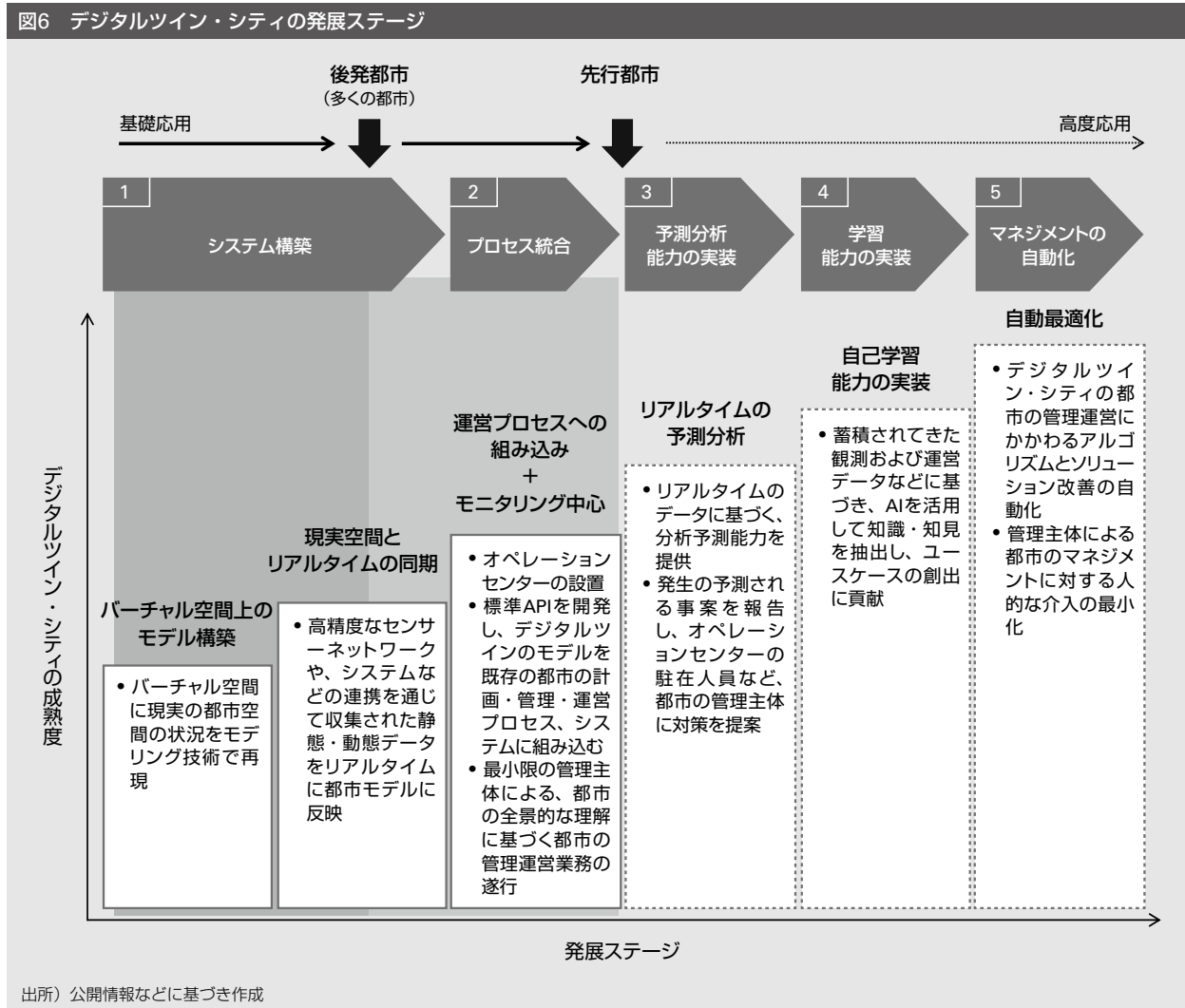
(1) モニタリング基盤の社会実装を達成した都市も登場、分析・予測の高度化を目指す

前章では、フルスベックで中国において語られているデジタルツイン・シティの構造とその技術や機能的な展開について解説した。しかし、中国ではデジタルツインに認められる潜在能力をすべて応用して実現する段階に到達できているわけではない。

デジタルツイン・シティの発展ステージは、基礎応用から高度応用まで、五つの段階に分けて考えることができる（図6）。

第一段階は、システム構築である。バーチャル空間上に現実の都市空間を再現し、さらにはリアルタイムの同期性能を加えたステージである。第二段階は、プロセス統合である。標準APIを開発し、デジタルツインの機能を既存の都市運営主体の業務プロセスと連携させ、通常の業務にシステムの利用を組み込むステージである。ただし、このステージは都市活動のモニタリングが中心である。

第三段階以降は、高度な応用に入っていく。まず、予測分析能力を実装させ、発生の子測される事案をアラートの形でオペレーションセンターなどの都市運営主体に知らせ、



意思決定や事案に対してその場で最適なアクションを促すことで、円滑な管理を支援できるようにするのが第三段階である。そして、第四段階は、蓄積されたデータに基づいた学習能力の提供である。最後の第五段階は、これまで段階を経て進化してきたシステムの上に立つ、都市のマネジメントを自動化するステージであり、アルゴリズムやソリューションの自己修正による最適化を実現することが、目指す方向性として考えられている。

2022年現在の中国では、多くの都市がまだシステム構築、あるいはその構想の段階にあり、一部先行する都市で第二段階のプロセス統合にまで到達している状況と見られる。

18年11月、中国中央行政機関の住宅都市農村建設部は、広州、南京、北京雄安、厦門、通州の五都市を全国初のCIMのモデル都市に選定し、各都市におけるデジタルツインの実証事業を展開し始めたばかりである。これを契機に、中国におけるCIMの開発および投資が全国各地で加熱し、2021年も急速に伸びている（図7）。

なお、都市によって開発レベルが異なり、特に「東強西弱」といわれる地域差があること、基礎となるプラットフォーム開発にまだまだとどまることも多く、最先端で実現できている機能にも限界がある点には留意すべきである。

他方、都市運営のためのオペレーションセンターは、都市の標準的な施設ともなりつつある。先行都市では、杭州などの大都市をはじめ、デジタルツインを活用してリアルタイムに都市を管理運営するための取り組みは着実に進んでおり、基礎的な応用は各都市の日常業務に組み込まれてきている。具体的な先行事例については後述する。

(2) 計画から運営まで、

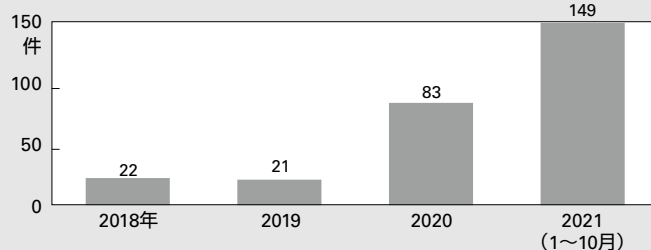
全方位展開のユースケース創出へ

中国で展開されるデジタルツイン・シティのユースケースの特徴としては、三つの点が挙げられる。第一に、中国のデジタルツイン・シティが所掌範囲と想定するユースケースは多岐にわたっている。都市の計画から建設、運営、各業務プロセスと分野における方針の策定から管理、実行のタスクまで、全方位展開で都市をマネジメントすることが想定される。

なお、ユースケースの開発では、各々の都市のニーズに応じて分野が選定される。そして、各分野では、何かしらのアクションを「実行」する前提として、都市の状態を「管理」するための基盤を整備しておく必要があるため、出発点としては、比較的汎用性の高い基盤的なデータを用いる都市建設に関連するインフラ・建築領域が、典型的なユースケースとして取り上げられることも多い（図8）。

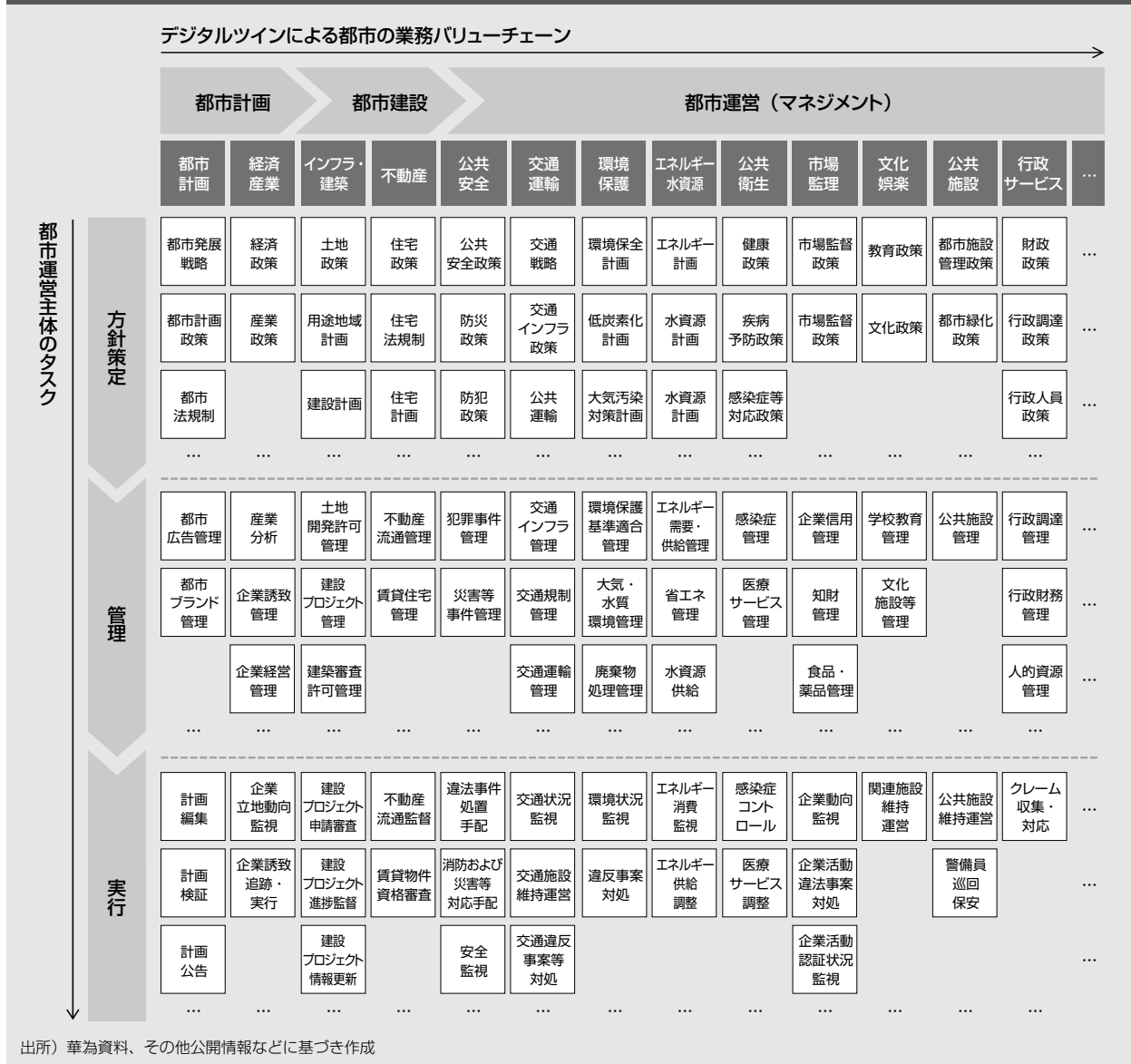
第二に、ガバナンス目的が強いことである。中国は世界でも最も監視カメラの数が多い国の一つであるが、都市の公共安全や交通、建築分野をはじめとして、デジタルの力を借りて有効な管理監督を進め、都市活動の中で起こる犯罪を含む規制の違反行為を取り

図7 中国におけるCIM開発プロジェクトの公募件数推移



出所) 中商産業研究院の公開情報に基づき作成

図8 デジタルツイン・シティのユースケース・マップ



縮まる、あるいは防止するためのユースケースが組み込まれている。

第三に、経済および産業振興政策と紐づけられた活用目的がある。日本においてはまだ広く想定されていないケースであるが、都市の経済動向や産業立地動向などについて、企業データや商業・店舗データ、人流データを集めて可視化し、分析が行われている。都市

の産業競争力を高めることや、企業誘致のための現状把握や政策検討などに活用されている。

日本でのユースケースのイメージは、建築計画や交通といった分野にとどまりやすいが、中国ではガバナンスや経済、産業などの括りから見られるように、スコープがより広く深い点で異なる。

2 先行事例

次に、「都市計画」から「都市建設」「都市運営」に至る三つのプロセスで、それぞれの観点から特徴的な取り組みを展開している中国次世代都市の先行事例を通じて考察を深めていきたい。

(1) 都市計画——北京市：北京CBDのガバナンスと経済産業振興の推進

北京CBD²⁴では、デジタルの産業化と産業のデジタル化、デジタルガバナンス、データの価値化を掲げ、都市のビッグデータを活かしたデジタルツイン・シティを構築してデジタル経済の成長を促進するとともに、ガバナンスの精度を高めることを目指している。

このための取り組みとして、84km²に及ぶ都心のCBDをデジタルツイン化するとともに、地区の重点的なビルや地下のインフラ施設なども再現し、POI²⁵も地図上に付与することで、都心の物理環境に存在する実体の把握と分析を行っている。これにより、土地利用の状況や資産配置状況などを把握し、都市の計画に役立てられる。

また、都市のマクロ経済指標や産業構造についても可視化され、産業振興に向けた政策立案にも活かされている。具体的には、オフィスから商業施設、宿泊施設、劇場、コンビニエンスストア、コーヒーショップ、書店、ギャラリーに至るまで、バーチャル空間上に施設を幅広く再現することで、商業計画の検討に活用する。あるいは、企業動向を把握する観点からは、上場企業や外資系企業、ユニコーン企業、その他異なる業界別の企業データが統合され、北京CBDの経済的な活力を構成する主要な事業主体を把握することも可

能にし、産業政策の検討にも役立てられている。

(2) 都市建設——重慶市：スマート建設プラットフォーム

重慶市では、都市の建設プロジェクトとその施工状況管理のプロセスをデジタル化し、デジタルツインで管理監督するシステムを立ち上げている。これによって、建設業界のDXを推進するとともに、適正に品質が保障された都市建設の実現につなげている。

このシステムには二つのメリットがある。まず、行政機関としては域内の建築にかかわる全工程の管理をデジタル化することで、建築申請の承認や監督、管理のプロセスをデータに基づいて大幅に効率化できるということ。また、建設企業としては、行政の提示するデジタルツインのプラットフォームにデータを連携することにより、建設の各種プロセスにかかわるデータ管理を標準化できるということである。これは、大企業のみならず中小企業の設計から生産、施工、分業など、建設のプロセスを効率化することにもつながる。重慶市住宅建設委員会では、企業がプラットフォームのサービスを利用してスマート建設のモデルプロジェクトを立ち上げることを奨励しており、2022年時点では少なくとも既に100件程度の建設プロジェクトがプラットフォームのサービスを利用している（図9）。

(3) 都市運営——杭州市：アリババ・シティブレインによる高効率な都市交通システム

アリババが2016年にシティブレインの概念

図9 重慶市のスマート建設プラットフォーム



出所) 中国信通院・世界経済フォーラムの共同研究資料より転載

を提唱して以来、デジタルツイン・シティのユースケースとして最も代表的なものは、杭州市がアリババを含む13社の企業と連携し、17年より実装開始したプロジェクトである。その中でも効果が表れているのが、杭州市の都市交通マネジメントにおけるユースケースである。

杭州市では、AI技術を応用して交通事故の識別と渋滞状況の分析、交通運行状況の把握に利用している。さらには、道路情報とインターネットのリアルタイム情報、警察データを連携させ、各種業務車両の調整アルゴリズムに基づくデータの分析と処理による車両の最適な配置調整や、交通事故への迅速な対応体制の構築、緊急車両の優先通過のための調整など、高効率な都市交通システムを実現している。

(4) 都市運営—天津市・滨海新区：デジタルツインによる15分生活圏の満足度向上

天津市の滨海新区（ひんかい・しんく）では、15分生活圏で市民の満足度を高めるデジタルツイン・シティのユースケースを創出している。滨海新区のシステムは、まず3D地図をベースとして、区域のデジタルツインを構築し、さまざまなチャンネルを通じて収集された市民のニーズをリアルタイムに地図上でマッピングする。次に、事案対処の進捗状況を含め、デジタルツインのプラットフォームで一元的に市民の提示している問題を管理できるようにしている。そして、市民の問題が発見され、解決が得られるまで15分以内に完結するような業務プロセスを立ち上げている。市民が高い満足度を得られるよう、15分圏内での行政サービスを構築している。

新型コロナウイルス感染症の発生を受けた滨海新区の防疫対策期間においては、市民に

図10 天津滨海新区のデジタルツインによる15分生活圏の満足度向上



出所) 中国信通院・世界経済フォーラムの共同研究資料より転載

ケアを提供する一環として、このデジタルツインのシステムが利用された。市民からのクレームを受けつける市民ホットラインと連携し、期間中に職場復帰にかかわる質問事案3.2万件を解決し、解決率100%、市民満足度は94.5%に達したとされる。

なお、滨海新区では、都市の運営主体が駐在するオペレーションセンターを設置することで、上がってきた問題への具体的な対処が図られていることが想定されるが、このようにデジタルツイン・シティのオペレーション設計では、人間とシステムがどこまで、どのように役割分担すべきかについても検討する必要が出てくる(図10)。

IV デジタルツイン・シティを実現する道筋

1 中国のタイムラインと展望

中国のデジタルツイン・シティは、既にその概念探索期を終え、技術体系やシステム・アーキテクチャについても明確化され、標準体系が整備されている状況にある。そして中

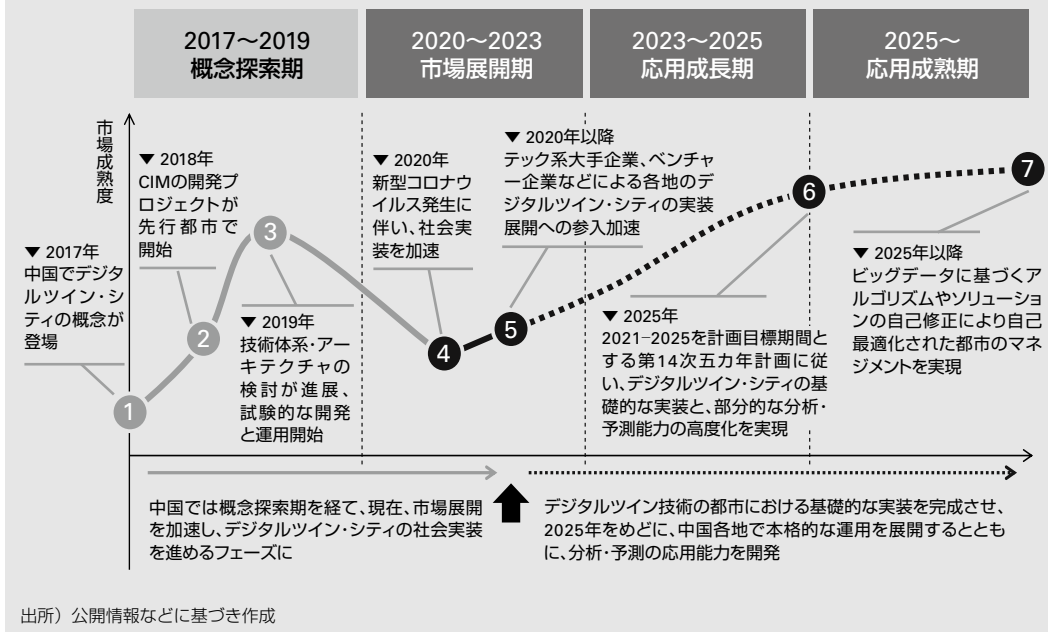
国のタイムラインでは、2025年が今後の展開を見る上での一つのメルクマールとなる。

21年に第14次五カ年計画が公表され、北京市や上海市、江蘇省、山東省など多くの中国都市では、デジタルツイン・シティの形成を重要な戦略目標に位置付けている。また、大都市である北京市や重慶市からその他地方都市まで、さまざまな規模で既に実用化段階に入っている(あるいは、入ろうとしている)先行都市も複数登場しつつあり、25年をめぐりに、多くの都市でデジタルツイン・シティにかかわる基盤技術の実装が展望されている。

政府の計画公表に伴い、企業参入も加速している。最初期にシティブレインのコンセプトを掲げて参入したアリババのほか、百度やテンセントをはじめ、中国の主だったテック・ジャイアントやベンチャー企業が相次いで市場参入を表明している。22年現在は、まさに市場が成長しており、技術の社会実装も加速化しようとしている時期にある(図11)。

このように、中国都市が見るデジタルツイン・シティの夢は、政府および民間企業の両サイドから多くの投資を呼び込む魅力的なも

図11 デジタルツイン・シティの発展タイムライン



のである。しかしその反面、25年をめどとするデジタルツイン・シティ実現のためには、多くの課題を乗り越えなければならない。

2 デジタルツイン・シティの完成度を高めるための六つのポイント

本節では、日本における行政や企業といった事業主体への示唆も念頭に、中国のこれまでの経験も踏まえ、デジタルツイン・シティの完成度を高めるためのポイントを解説する。

(1) 「必要に応じたデジタルツイン化」の戦略的構想の徹底

理論上、人から建築、車、その他都市を構成する環境要素を含めたあらゆるものは、デジタルツイン上で再現することが可能である。しかし、都市をまるごとマネジメントすることを目指すにしても、無尽蔵な実体をすべてバーチャル空間上で再現することには意

味がなく、開発コストを鑑みても現実的ではない。中国信通院の報告によると、デジタルツイン・シティのシステム開発プロジェクトにおける平均的な投資規模は2800万人民币元(≒5.6億円)であり、半数以上のプロジェクトが1000万人民币元(≒2億円)相応のコストをかけたものとなっている。

一方、2020年以降にデジタルツイン・シティの開発を表明している中国の都市を中心に、戦略的な検討を欠いたまま、中央政府の振った旗に呼応して計画を発表し、CIMの建設を見切り発車で進めているケースもあると推測される。この場合には、多大なコストを積み上げて構築したシステムが価値を發揮できない状態に陥りかねない。

あらかじめ解決すべき都市の問題と課題、それらを解決する道筋、ユースケースについて想定を深めた上で、「必要に応じたデジタルツイン化」を行う、戦略的なプロジェクト

の推進が必要である。つまり「何をやらないかを定める」という視点も重要になってくる。

(2) サンドボックスの特性を活かして アジャイルにユースケースを 創出する仕組み

一方、デジタルツインはサンドボックス的な特性を備えているため、実験的なアプローチを取り入れる仕組みの構築も重要である。たとえば、道路交通を改善するためにどのように信号を設置して運用すべきか、既存の医療サービスも考慮しながら感染症対策を行う場合に、臨時のPCR検査場を含む各種拠点はどこに設置すべきか、さらには某生産工場で事故が発生した際の都市へのリスクの範囲をどのように予測するのかなど、さまざまなユースケースが想定される。

これらのユースケースの創出には、実験的な発想での取り組みが不可欠であり、新しく発見されたユースケースについても、アジャイルに実装していけるような仕組みを持っておくことが必要である。

(3) デジタルツイン・シティ仕様の 行政組織編成

アジャイルにユースケースを創出し、その実装後も円滑な運営を推進するためには、相応の組織体制を構築しておくこともポイントである。特に行政組織においては、スマートシティのプロジェクトを推進するに当たって、これまで長い間、プロジェクトを牽引する部門を明確に仕分けできていなかった。また、ビッグデータ部局を設置しているだけでは、部門横断による調整能力と権限を持たな

いために失敗するケースも考えられる。

このため、分野・部門横断の取り組みを促進するとともに、データ駆動型でデジタルツイン・シティ仕様の組織体制を整備し、当該組織に対しては、統合的な取り組みを実現するための相応の権限移譲を行っていくことが重要になってくる。

たとえば、雄安新区においては、デジタルツイン・シティの運営ニーズに合わせた体制が構築され、これまで存在していた複数の部門が再編成されている。具体的には、交通や環境といった分野軸ではなく、経済担当の改革発展局、都市計画と建設担当の計画建設局、社会福祉および行政サービスを担う公共サービス局、環境汚染などに対応する生態環境局、そして取り締まりなどの法執行を担う総合執法局、というように機能軸で行政組織を編成することで、デジタルツイン・シティによる幅広い職能範囲に対応しているものと考えられる。

(4) デジタルツイン・シティの運営主体と してのマネジメント・カンパニーの設立

また、近年の中国におけるスマートシティの動向全体を見ると、伝統的な政府中心のスマートシティ開発から、スマートシティのマネジメント・カンパニーによる開発・運営モデルに移行してきている。このマネジメント・カンパニーは、デジタルツイン・シティの運営を担うことになる。

こういったマネジメント・カンパニーについて注目すべき点は三つある。

第一に、中国各地で設立されているマネジメント・カンパニーは、政府や民間の出資を受けているということである。いわゆる第三

セクターの立ち位置であり、独自の業務と財政運営を行うことが期待される。

第二に、公共データ運營業務の受託に基づき、スマートシティのインフラおよびソリューションの開発と運営、維持から、さらには企業向けのDXのサービス提供、デジタル産業のエコシステム育成まで、幅広い業務を担っていることである。産業のエコシステムがデジタルツイン・シティの持続的な発展には不可欠であり、この事実は認識しておくべきポイントである。

第三に、都市の管理や法の執行、取り締まりにかかわる権限は行政機関で保留しつつ、都市を運営する権限を切り離して委任し、リソースを集約することで、デジタルツイン・シティの運営を効率化していることである。都市は複雑な問題を抱えており、所掌すべき範囲は広く、その複雑な課題を解決する技術基盤を提供するのがデジタルツインである。そして、それらの課題を統合的にマネジメントする主体がマネジメント・カンパニーとしての役割と定義できる。

(5) 行政主体による

ローカルスタンダードの制定

さらに、行政主体の役割としては、ローカルスタンダードを制定しておくことが重要である。たとえば重慶市では、ソリューションの実装に当たっては、市の制定したデータの分類とコード化の基準に従ってデータを整備することを要求しており、これによりデータの共有と連携、応用開発の円滑化を促進している。また、広州市では、CIMの標準仕様と管理基準を独自に制定しており、これに従いシステム開発が進められている。

各都市の独自ニーズに従い、デジタルツイン・シティの開発におけるスペックを明確にすることで、開発後のオペレーションも含め、都市の本来解決すべき課題に対して実効性の高いシステム導入を図ることが期待される。

(6) デジタルツイン・シティの

産業エコシステムの形成

デジタルツイン・シティは、前述のように多様な先端技術の融合によって初めて実現できるものである。デジタルツイン・シティの技術基盤は、一つの事業主体では実現することができず、多くの外部パートナーの協力も必要とする。

中国においては、各々の優位性を有する領域を切り口に、既に各社がデジタルツイン・シティの市場へと参入し始めている。特に、スマートシティソリューション、地理情報・測量技術、建築情報モデリング、そしてデータ融合・3Dビジュアル化のサービスを提供するベンダーについては、デジタルツインの核心的な技術を有しているだけに注目すべきである（表1）。

こういったコアとなる技術を保有する企業を中心に産業エコシステムが形成されることで、デジタルツイン・シティの開発と運営が可能となる。中国においては、巨大テック企業を中心に、既にいくつかの連合が形成されつつある。

たとえばテンセントクラウドは、Freedo TechnologyおよびAugrit Technologyといった地理空間データを処理するソリューションベンダーと連携し、CIMに基づくプラットフォームCity Baseを共同開発するとともに、各業界のリーディングカンパニーであるEast

表1 業種別のデジタルツイン・シティの市場参入切り口

業種カテゴリ	中国企業（製品）	デジタルツイン・シティ市場参入の切り口
スマートシティ・ソリューション	アリババ（Data V.並行世界）、平安、百度、華為、iFLYTEK、テンセント（City Base）、京東など	スマートシティのプラットフォーム開発の経験を活かし、モデリングの企業と連携してデジタルツイン・シティの基盤を開発する
地理情報、測量技術	Hypergraph（Super GIS）、ZONDY CYBER（Map GIS）、GeoScene	GISプラットフォームの技術を基礎に、開発ツールとソリューションが一体となった、デジタルツイン・シティの基盤を開発する
建築情報モデリング	Gloden Software（BIM5D）、Luban Technology、BingJang Technology（Blcak Hole）	BIMのカバー領域を拡大し、デジタルツイン・シティのプラットフォームを開発する
データ融合、3Dビジュアル化	Smart Earth（Smart Twins）、51world（WDP3.0）、UINO（ThingJS）、Freedo Technology（DTS）	多元的なデータの融合と、2D・3Dモデルのビジュアル化を行い、各種業界に向けてデジタルツインのソリューションを提供する

出所）中国信通院資料に基づき作成

China Engineering Science & Technologyや大象クラウド、有明クラウドとも提携し、製造や建築、緊急対応などのデジタルツイン・シティのユースケースを開発している。

また、Smart Twinsのソリューションを開発したベンダーの51worldは、画像認識技術とセンシング技術で有力なセンスタイムなどとともに、大手のアリババや華為などのエコシステムにも参画している。

V 最後に——群盲撫象でも前に進む力を

群盲撫象とは、「数人の盲人が象の一部を触って感想を語り合う」ことを指し、物事の一部あるいは一面だけを理解して、すべて理解したと錯覚してしまうことのとえである。

本論考で見てきたように、デジタルツイン・シティは多様な先端技術の融合体という特性があり、全方位的なユースケースが想定されるとともに、重厚な産業エコシステムの支持と複数のステークホルダーを巻き込んだ官民連携のパートナーシップがなければ実現

することはできない。このため、システムの開発においても多大な投資が想定される反面、複雑なシステムの構築が求められるので、全容を理解することを前提としてプロジェクトを進めていくのはほぼ不可能であるといえる。

そもそもデジタルツイン・シティが対峙する「都市」というものは、それ自体が絶えず変化および進化を繰り返している生命体のようなものであり、厳密にはその全貌をまるごと可視化して理解することはできない。

デジタルツイン・シティへのアプローチは、課題解決指向で、アジャイルな対応を必要としながらも、本質としては漸進的に取り組んでいかざるを得ないものと捉えるべきである。筆者の提案としては、群盲撫象の可能性を念頭に置きつつも、それぞれができることを積み上げるアクションを繰り返すための計画と体制、施策を構築しておくことである。

中国はトップダウンで綿密に計画を立てて実行することが多いと考えられる一方、実はこのようなアジャイル特化のアプローチが得意である。複雑な都市課題に対応した都市の

DXが進められている、世界有数の国である。

2020年の新型コロナウイルス感染症の発生は、中国におけるデジタルツイン・シティの社会実装を加速させた。上海浦東の花木地区では、コロナ対策を契機として、上海市測繪院、脉策科技と共同でデジタルツインを構築し始めた。そこからおよそ2年の時間をかけ、地区内にある8924棟の建築物と道路、公園、学校、河川、水道などの位置や形状、さらには電柱や電灯を含めた10万件にも及ぶ微細な公共設備10種類をバーチャル空間上に再現するシステムを立ち上げた。このシステムによって、21年に上位行政機関からコロナ対策に基づく封鎖指令を受けた際には、街区出入り口の封鎖管理計画や営業店舗などへの封鎖指示、PCR検査地点の立ち上げなどを素早く展開することを可能にし、地区内におけるコロナの実効的な抑え込みに成功した。

このようなユースケースそのものが日本で参照価値があるかは別として、中国の次世代都市でデジタルツイン・シティの構築が日本よりも進んでいることは確かである。そのアプローチには学ぶべき点があり、日本としても国外に目を向けて考え、アクションを取れるようになることを期待している。

注

- 1 RFID (Radio Frequency Identifier) とは、近距離の無線通信により、ID情報などのデータを記録したタグと非接触に情報をやりとりする技術のこと。身近な例では、交通系ICカードや高速道路のETCカード、在庫管理や商品棚の管理などにも利用されている

- 2 NB-IoT (Narrow Band-IoT) とは、狭い帯域幅で通信を行い、IoTによる多様なユースケースに合わせられる電波の届きやすさや、電池による長時間の駆動を可能にする少ない消費電力を特徴としている
- 3 BIM (Building Information Modeling) とは、デジタルで現実と同様の建物の立体モデルを作成し、設計から施行、維持管理に至る建築ライフサイクル全体で蓄積される情報を活かしたシステムである。
CIM (City Information Modeling) は、道路や電力、ガス、水道などのインフラも含め、都市全体をモデリングしたシステムのこと
- 4 CBD (Central Business District) は、市街地の中で官庁舎や企業オフィス、商業施設などが集中立地する中心業務地区であり、中心業務地区を指す
- 5 POI (Point of Interest) は、直訳すると「興味のあるポイント」。つまり、地図上の特定のポイントを指す概念である。世界に存在するあらゆるものがPOIとなり得るが、身近な事例では、Google Map上に表示される店舗や施設などのポイントをPOIと考えることができる

著者

岡野翔運 (おかのしょううん)

NRI上海産業二部シニアコンサルタント

専門は都市・地域にかかわる戦略の研究、政策・計画の立案、まちづくり、スマートシティ、デジタルツイン・シティ、クリエイティブシティ、コンパクトシティ、ウォークアブルシティ、都市のスタートアップエコシステムなど

王 佑之 (Wang Youzhi)

NRI上海未来創新センター主任コンサルタント

専門は都市開発案件の構想支援・実行支援のほか、科学技術イノベーション関連の政策立案、不動産開発業者の事業戦略など