

[デジタルアーキテクチャデザイン]

7 デジタルアーキテクチャデザイン

応 専 研究開発の基盤形成

—産総研におけるデジタルアーキテクチャへの取り組み—

岸本光弘



関口智嗣



国立研究開発法人 産業技術総合研究所

Society 5.0 社会の実現

Society 5.0 が目指すのは、個人・デバイス・組織・工場などが生み出す多種・多様・大量なデータを適切に連携し、AI 技術等も活用しながらサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合し、さまざまな社会課題を解決するとともに、すべての個人や組織に新たなサービスと価値を継続的に提供して、豊かな社会を作ることである (図-1 参照)。



■ 図-1 サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合

しかしながら、現在、多くの組織や企業は、2025年の崖という問題に直面している。すなわち、

- 老朽化した既存システムの保守負担が大きい。
- IT 人材の多くがユーザ企業ではなくベンダ企業に偏在している。
- ビッグデータの解析等、最新のデジタル技術の専門家が不足している。

などである。上記の課題に対してデジタルトランスフォーメーションでは：

- 既存の全システムを棚卸しして、不要なシステムを廃棄し、Micro Service Architecture 等を採用することで、徐々に、変更に強いシステムに移行する。
- ユーザ企業内で IT 人材を育成および強化し、欧米と同程度の比率 (50 対 50) まで増やす。
- 育成したデジタル人材により、ビッグデータ等を活用した新しいサービスや価値を継続的にユーザに提供する。

などの対応を行うことを目指している。図-2 に自動車为例に、提供製品の進化を示す。

1. 自動車という単体ハードウェア製品を提供。
2. ソフトウェアによる電子制御等により製品をスマート化する。

特集
Special Feature

3. ネットワークにつなげ、交通情報の入手や運転支援などを実現しコネクテッドカーにする。
4. さらに、予防保守や購入後のソフトウェアのバージョンアップによる機能追加などで、製品をサービス化する。

このように、デジタルトランスフォーメーションにより製品の高度化とサービス化が進んできた。

しかし、製品のサービス化をさらに進化させ、たとえば、緊急車両の優先走行や駐車場予約システムとの連携などのような、多様なシステム間連携 (System of Systems) を実現するためには、さらに乗り越えなければいけないギャップがある (図-2)。

なぜなら、個々の組織に閉じた形のデジタルトランスフォーメーションの取り組みには下記のような限界があるからである。

- 技術やシステムの個別最適化になってしまう。
- 機能やアプリの追加や削除を繰り返すことで、システムが破綻してしまうことがある。



図-2 製品のサービス化と Society 5.0 のギャップ

- 想定外の利用者や提供者でも参加可能なオープンシステムの実現は難易度がとても高い。

組織の壁を超えて、多様なシステム間連携を実現し、より価値の高いイノベーションを実現するには、関係者全員にとってメリットのある、公的機関主導の全体アーキテクチャの策定と、データや参加者を円滑につなげる仕組みが必要になる。

多くの組織や社会全体でのデータやシステムの連携を可能にする、アナログ領域からデジタル領域までを含む全体像をデジタルアーキテクチャと呼んでいる (図-3 参照)。

すでに海外ではデジタルアーキテクチャに関して、米国のスマートグリッドの事例や、ドイツの Industrie 4.0 などの著名な成功事例がある。

日本でも、内閣府によるスマートシティのアーキテクチャ設計や、NEDO^{☆1} 事業で実施した水道システムの共通プラットフォームの設計などの先行事例があるが、諸外国と比べるとデジタルアーキテクチャへの取り組みは十分とは言えなかった。

産総研の取り組み

Society 5.0 社会を実現するには、デジタルアー

☆1 NEDO：新エネルギー・産業技術総合開発機構

1	戦略・政策	ビジョン・スコープ等
2	ルール	法律、規則等
3	組織	実施機関、協議会、運営組織等
4	ビジネス	サービス、ソリューション、規約・契約、エコシステム、実証試験棟
5	機能	サービス、ソリューションを実現するための個別機能等
6	データ	データセット、語彙・コード、データカタログ等
7	データ連携	データ収集、データ統合、データクレンジング、IoT デバイス管理等
8	アセット	センサ、アクチュエータ、ハードウェア、ネットワーク等

セキュリティ・認証

内閣府の Society 5.0 リファレンスアーキテクチャを元に作成

図-3
Society 5.0 リファレンス
アーキテクチャ

キテクチャは必須である。産業技術総合研究所では、2020年4月にデジタルアーキテクチャ推進センターを発足させ、センターを中心に、デジタルアーキテクチャ実装のためにさまざまな取り組みを進めている。本稿では、産総研が進めているデジタルアーキテクチャ実現に向けた3つの取り組みについて述べる。

柏の葉スマートシティでのアーキテクチャ設計

スマートシティにおけるアーキテクチャ設計への取り組みとして、産総研は柏の葉スマートシティコンソーシアムに参加している。柏の葉スマートシティのビジョンは「世界の未来像」をつくる街である^{☆2}。半径1.5kmのコンパクトな街に、さまざまな機能が凝縮しており、産総研を含め12年の産学官連携体制の実績を持っている。

図-4に内閣府によるスマートシティの参照アーキテクチャ^{☆3}を示す。

産総研の人間拡張研究センターでは人工知能研究センターと連携し、柏の葉の街を実験場として、空間情報を3Dマッピングしてつくったデジタルツイ

☆2 柏の葉スマートシティ：<https://www.kashiwanoha-smartcity.com>

☆3 SIPサイバー／アーキテクチャ構築及び実証研究の成果公表：<https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200318siparchitecture.html>

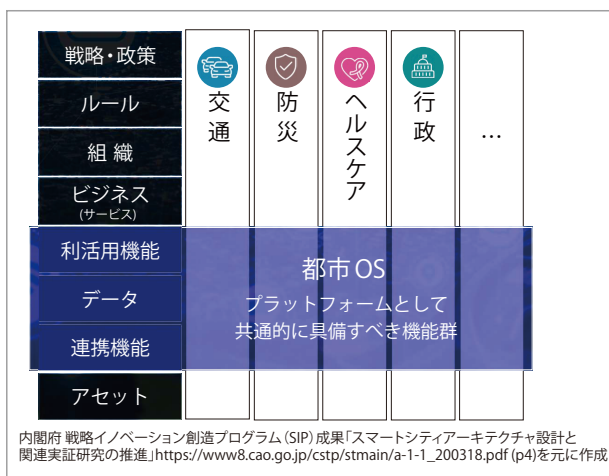


図-4 内閣府 SIP サイバー／アーキテクチャ構築 スマートシティ参照アーキテクチャ

ン（現実世界をサイバー空間にデジタル化して映したものを）を用いて新サービスのシミュレーションをしたり、VRシミュレータでサービスの有効性や使いやすさを検証したりしている。

集めたデータに価値や競争力を付加するには3つの要件がある。まず、街で取るビッグデータと、実験室で環境を整えて取る高精度なデータ（ディープデータ）の2種類を組み合わせる。ビッグデータとは異なり、ディープデータは資金力があってもすぐに取得できない。

2つ目の要件は、人の体の形や歩行の仕方といった生物学的データに加え、どこをどのように歩いているのか、どの季節にどんな景色を見ているのかといった社会的データも取り、両者を組み合わせることである。社会的データを集め、蓄積して、それを価値ある情報として活用することは一朝一夕にできるものではない。これまで培ってきたこのノウハウが、研究優位性を生み、柏の葉を始め、スマートシティで活動する企業の競争力につながる。

要件の3つ目は、「インタラクション」である。人間拡張の研究を通じて、相手に情報や刺激を与えたときの反応（インタラクション）によって探れる「その人」自身のデータを集める。特に、移動や介護、健康などは人と人がお互いに反応し合うインタラクティブなサービスである。このようなフィジカルなサービスで用いられる製品において、日本企業は優れた競争力を有しており、こうした製品から集めたデータにインタラクティブなサービスを加えることで、製品の価値を高めるだけでなく、サービスの質的向上にもつながる。柏の葉を実験場として、フィジカルなサービスと製品を通じてデータを蓄積している。

柏の葉では、以下のサイクルを回すことで住民参加によるエコシステム作りに取り組んでいる。

1. 住民参加型のワークショップで課題の洗い出しと解決法を議論する。
2. 空間情報データを3Dマッピングしてデジタルツ

インを作る。

3. VRシミュレータでサービスの有効性や使いやすさを検証する。

実際に、3Dマップを使い公道や建物内を移動する自走ロボットによる物流サービスや、歩行属性判定システム HOLMES^{☆4}を活用し日常生活の歩行データを計測・評価して、いつ・だれが・どこで・どのように歩いていたかに基づいた健康支援サービスの実証実験を行い成果をあげている。

しかし、柏の葉で試す規模程度のサービスだけでは企業は利益をあげられないので、サービスの規模を大きく展開する必要がある。柏の葉で試しているのはサイバーとフィジカルを組み合わせたデータが価値を生む新しいタイプのサービスであり、他の街で試す場合、サイバーの部分がそのまま展開できれば、フィジカルな部分を追加投資するだけで済み、スケール効果が期待できる。

ここで重要なのは、システムやデータが最初から汎用性のあるアーキテクチャで構築されていることである。「とにかくこの街で使えるサービスを作ろう」という思想で個別サービスを構築してしまうと、それらを複数連携するのは大変難しい。また、後から別のサービスを追加したり、新たな試みを加えたりするには、さらに困難が伴う。このようにシステ

☆4 Human Objective Locomotion Measurement System
AIST 歩行属性判定システムによる日常生活歩行計測, https://seam.pj.aist.go.jp/symposium/HARCS2020/contents/15_poster.pdf

ムの連携によって、サイバー部分を展開するには、そもそもの設計図となるデジタルアーキテクチャをしっかりと設計すべきだと考えている。

国際標準化活動

さまざまなデータやシステムを連携したり、複数のステークホルダが容易に参加したりするためには、データフォーマットやインターフェースの国際標準化が必要になる。データフォーマットの国際標準化の成功例として、地理空間情報の国際標準移動体データ形式「MS-JSON形式」^{☆5}を紹介する。

自動運転や防災、公衆衛生対策などでは、人や自動車などの移動データを流通・共有することの重要性が広く認められているものの、統一的なデータ形式がなく、異なるシステム間での円滑なデータ連携を図る方法が求められていた。

産総研の人工知能研究センターデータプラットフォーム研究チームは日立製作所と共同で、Open Geospatial Consortium (OGC)^{☆6}の Moving Features SWG (Standards Working Group) をリードし、移動体データの国際標準化に貢献している。表-1に示すように、移動体データの交換形式である XML 形式規格 (OGC 14-083r2) と CSV 形式規格 (OGC 14-084r2) の普及とともに、移動体データへのアクセス仕様 (OGC 16-120r3) の開発に貢

☆5 Moving Features Encoding Extension - JSON (MF-JSON 形式)

☆6 地理空間情報に関する国際標準化団体。

移動体のデータ概念モデル* (ISO 19141)	OGC仕様	
	データ形式	データサービス
0次元移動体 (点形状)	XML形式 (OGC 14-083r2)	アクセスインターフェース (OGC 16-120r3)
1次元移動体 (線形状)	MF-JSON形式 (OGC 19-045r2)	開発予定
2次元移動体 (面形状)		
3次元移動体 (立体形状)		

*概念モデル：コンピュータ上にデータを表現する単位の設計図

■表-1
移動体を対象とした地理情報国際標準

献してきた。さらに、OGCの既存データ交換形式の問題点を改善し、より簡潔に記述できWeb環境で利用しやすいデータ形式「JSON」を用いたMF-JSON形式(OGC 19-045r2)を提案し、OGCの国際標準仕様として2020年2月に採択、6月に公開された^{☆7}。

図-5に示すように、MF-JSON形式により、GPSからの人流データ(点形状)や、道路交通渋滞情報(線形状)、洪水浸水区域の拡大(面形状)、自動車の走行(立体形状)などの動的な地理空間情報が記述できる。多様な移動体情報をより高精度に共有できるため、さまざまな業界における人やモノの移動データの普及や利活用拡大が期待される。

開発したMF-JSON形式は、すでにOGCで採択されていたMoving Featuresのデータ交換形式であるXML形式よりもデータの記述量が少なく、またCSV形式よりもさまざまな移動体を記述できる新たなデータ交換形式である(表-1参照)。

点形状の0次元移動体、線形状の1次元移動体、面形状の2次元移動体、立体形状の3次元移動体、さらにはそれら複数の移動体からなる集合の動きなど、空間解像度や時間解像度が異なるさまざまな移動体の時々刻々変化する位置情報を記述できる。また、気温、カメラ画像、速度といったセンサにより

☆7 プレスリリース: https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2020/pr20200602_2/pr20200602_2.html#

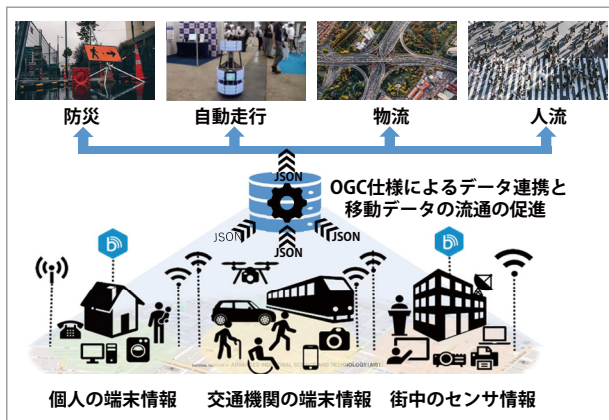


図-5 MF-JSONの適用事例

取得される時系列データを、移動体の動的な属性情報として一体的に記述できる。

自動運転に代表される次世代スマートモビリティを支えるデータ基盤となる産総研「次世代人工知能データプラットフォーム」^{☆8}では、GPSログなどから得られる人・自動車・自律ロボットなどの移動体の移動データの蓄積・共有・予測を実現している。MF-JSONを活用し、産総研の臨海副都心研究センターの3Dマップ情報を、Webブラウザから操作できる3DDB Viewerを作成し公開している^{☆9}。地図データやカメラ画像の情報、建物内部の設計情報などを結合し、さまざまな角度や位置から見た表示が可能となっている。

また、本特集の「データ取引市場のアーキテクチャ」ではデータの利活用を推進するデータ取引に関しIEEE P3800 Data Trading Systemにおける国際標準化活動を解説しているので、そちらの記事も参照されたい。

AIスパコン(ABCI)を活用したデータ連携プラットフォーム

Society 5.0 リファレンスアーキテクチャ(図-3)のデータ連携を実現するITプラットフォームの先進素材として、AI橋渡しクラウド(AI Bridging Cloud Infrastructure, ABCI)を紹介する。ABCIは、産総研が構築・運用する、世界最大規模の人工知能処理向け計算インフラストラクチャである。ABCIは、20コアのIntel Xeon Scalable Processor (Skylake) 2基とNVIDIA V100 GPUアクセラレータ4基で構成される計算ノード1,088台と第3世代のIntel Xeon Scalable Processor (Ice Lake) 2基とNVIDIA A100 GPUアクセラレータ8基で構成される計算ノード120台、InfiniBand EDR 2ポ

☆8 本研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究「次世代ロボット中核技術開発/次世代人工知能技術分野/人間と相互理解できる次世代人工知能技術の研究開発」にて行われた。

☆9 公開サイト https://gsrt.airc.aist.go.jp/3ddb_demo/tdv/index.html

特集
Special Feature

ト (200Gbps) および InfiniBand HDR 4 ポート (800Gbps) による高速ネットワークで相互結合した大規模並列クラスタ型スーパーコンピュータである。ピーク性能は倍精度で 56.5 PFLOPS, 半精度で 850 PFLOPS, メモリ合算容量は 574 TiB, NVMe SSD 合算容量は 1.74 PB である。このほか、実効容量 35 PB の共有ファイルシステムと 17 PB の Amazon S3 互換ストレージ等を備えている (図-6 参照)。

この ABCI の上に、データ連携プラットフォームを構築することで、工作機械・自動車等の産業データ、人の行動データ等のディープデータの活用が可能になる。同時に、産総研の持つ研究データの公開と活用促進も進めている^{☆10}。

☆10 ABCI パブリックデータセット, https://abci.ai/ja/how_to_use/datasets.html

さらに、ABCI 上でリアルデータと最先端 AI 技術の連携を目指している。

デジタルアーキテクチャの実装に向けて

Society 5.0 社会を実現するために、デジタルアーキテクチャに基づいた全体システムの実装が重要であることを述べてきた。デジタルアーキテクチャを実装するためには以下が必要となる (図-7 参照)。

1. 広範なステークホルダの特定と取り込み。
2. さまざまなデータの収集・活用・連携。
3. データのクレンジングと標準化。
4. IT インフラとして、アジャイルでオープンなプラットフォームの構築。
5. 新しいデジタル技術を活用する、規制や法制度の改革。

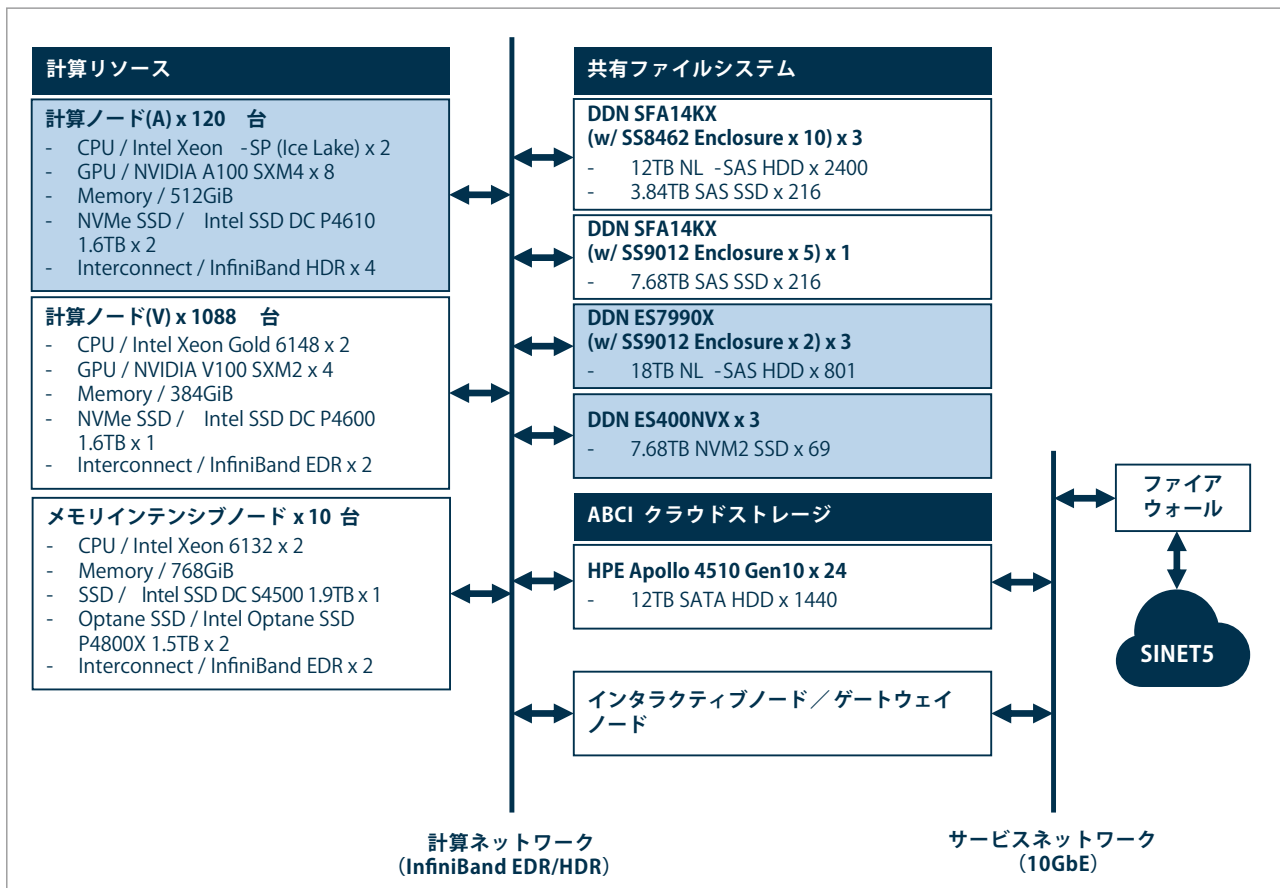


図-6 ABCI のハードウェア諸元

6. デジタルエコシステムの充実.

デジタル技術の発展により、情報やデータを適切なタイミングに活用できるデジタル社会が実現する。データをつないだり、オープンシステムを継続進化したりするのに必要なのは、システム全体のアーキテクチャとデータや参加者を円滑に繋ぐ仕組みである。

本稿では、デジタルアーキテクチャを実装するために、産総研が取り組んでいる、スマートシティのアーキテクチャ、国際標準化の推進、データ連携のためのプラットフォームについて述べてきた。

Society 5.0 が目指すサイバー空間とフィジカル空間の高度な融合を実現し、さまざまな社会課題を

解決して豊かな社会を作るため、デジタルアーキテクチャの研究開発を推進してゆく所存である。

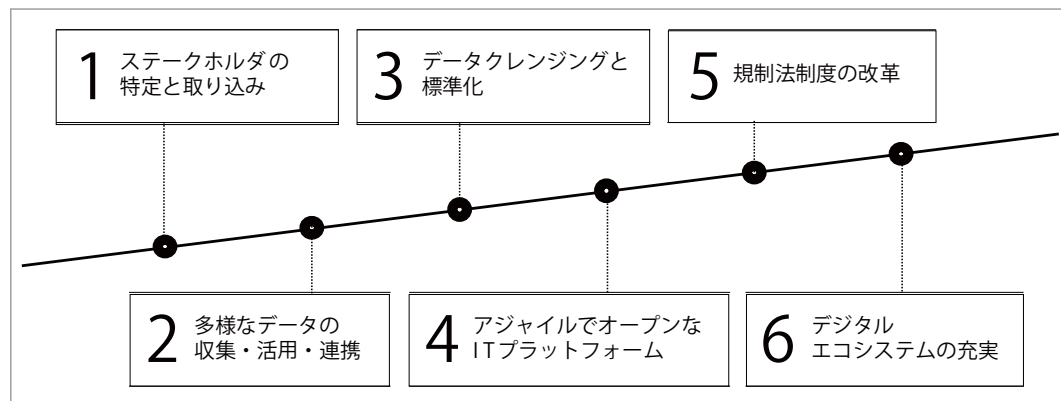
(2021年1月16日受付)

■岸本光弘 (正会員) hiro.kishimoto@aist.go.jp

東北大学大学院情報科学科博士課程修了、博士(情報科学)。1983年富士通研究所入所。2016年富士通シニアフェロー。2020年産総研デジタルアーキテクチャ研究センター長。IEEE CS各会員。

■関口智嗣 (正会員) s.sekiguchi@aist.go.jp

東京大学大学院修了 博士(情報理工学)。1984年工業技術院電子技術総合研究所(現国立研究開発法人産業技術総合研究所)入所。2017年同所理事。本会フェロー。技術士(情報工学部門)。



■図-7
デジタルアーキテクチャ実装ロードマップ

