

[デジタルアーキテクチャデザイン]

1 Society 5.0 実現に向けた デジタルアーキテクチャデザイン

齊藤 裕^{*1}河野孝史^{*2}

^{*1} (独) 情報処理推進機構 デジタルアーキテクチャ・デザインセンター

^{*2} (独) 情報処理推進機構 社会基盤センター アーキテクチャ設計部

Society 5.0 の実現を目指して

Society 5.0 とは、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステム（Cyber Physical System : CPS）により、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会として定義されている^{☆1}。ここではその中身についてより具体的に考えてみることにしたい。

Society 5.0 の実現への変化

まず、CPS で実現するデジタル時代の新たな社会では、人と人、人とサービス（モノの提供も含む）だけでなく、サービスとサービスまでもが、ネットワークを介してオンラインで繋がることになる。具体的には、スマートフォンのアプリケーション同士がその利用者に関するデータを共有し、より適切なサービスを利用者に提供することや、工場における機械設備同士が生産にかかるデータを共有し、より適切な稼働を実現すること等であり、一部はすでに始まっている^{☆2}。

^{☆1} 内閣府：Society 5.0 とは、
https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/

^{☆2} たとえば以下の取り組み：富士通、ファナック、NTT Com、製造業の DX を実現するクラウドサービスを提供する新会社「(株) DUCNET」を設立、<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2020/10/7.html>

そして、これまでは利用者が選択していた各々のサービスが、人の意思に合わせて、リアルタイムかつ利用者が置かれている状況に合わせて最適に提供されるようになっていく。たとえば、医療や買い物や娯楽等の生活のさまざまな側面や機械設備の稼働等にかかる人の意思決定を AI が支援することで、人が能動的にサービスを検索、検討、選択する必要がなくなり、最適化されたサービスが自動的に提案されてくるような状態である。

さらに、こうしたサービスは、実際に利用した体験による価値によって競争が促され、市場で淘汰されていくことが考えられる。すなわち、ビッグデータや AI 等の活用により、サービスの提供が一方かつ単発で終わることが少なくなり、利用者による体験価値を分析しフィードバックさせながら、さらに良いものへと進化していくようなサービスが今後増加していくことが想定される。こうした流れは海外巨大 IT 企業の取り組み等からも明らかである。

Society 5.0 の実現に向けた課題

Society 5.0 の実現に向けて、個別の企業や業界がそれぞれのサービス開発等の取り組みを進めていくと、それぞれのサービスがそれぞれにとって個別最適な形で構築されることになる。あらゆるものが

繋がっているサイバー空間上では、個別最適を目指したサービス同士が繋がる状態となる。

この状態がサイバー空間上で発生すると、サイバー空間上のサービス同士の連携が適切に運用、管理されず、何らかの問題が起きたときに対応の責任をとる主体が不明確になる。そして、サイバー空間全体として機能や目的が変化し続けるため想定していないトラブルの発生リスクが高まること、競争が激しくなる一方でデジタル空間特有の独占・寡占に陥りやすくなること、それが繰り返される構造において自由な競争が阻害される可能性が高まること^{☆3}等の新たな課題が考えられる。さらに、サイバー空間上のトラブルが影響を及ぼすフィジカル空間の範囲が広がり、現実空間への甚大な影響をもたらす可能性が高まる懸念も考えられる。特に、海外巨大IT企業の取り組み等が独占・寡占を繰り返してきている観点からは、日本から自律的なイノベーションを起こすための基盤が損なわれつつあるとの危機感も高まっている^{☆4}。

デジタルアーキテクチャデザインによる課題解決

Society 5.0 を実現にするにあたり、サイバー空間において管理者の異なる個別最適化されたサービスが繋がる (SoS: System of Systems) 中で、こうした課題に対応していくことが重要である。

このためには、デジタル技術が急速に発展する時代において社会や産業構造のアーキテクチャを設計することが重要である。アーキテクチャの定義やその設計の際の考え方等は別稿に譲るが、必要なことは、社会の全体像の基本的なコンセプトや構想を描き目指す

^{☆3} デジタル市場競争会議：デジタル市場競争に係る中期展望レポート (2020年6月16日), <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/digitalmarket/kyosokaigi/dai4/siryous.pdf>

^{☆4} たとえば、経済産業省：パラダイムシフトを見据えたイノベーションメカニズムへ (令和元年6月11日), https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/kenkyu_innovation/pdf/report2019_06_03.pdf

べき姿を明確化し共有すること、それを実現するために必要となる競争領域と協調領域の線引き、協調領域にかかる必要な制度、標準、基準等を策定し継続的に見直すこと等である。これにより、局所的ではない総合的な信頼性と、単発ではなく価値の連鎖を伴うイノベーションが期待できるとともに、利用者は自身にとって利便性あるサービスを、ほかのサービスとの安全な連携の下で自由に選択することが可能となる。

社会や産業構造のアーキテクチャを設計し、その実装が確実に進むためには、産学官にまたがる多様なステークホルダーが適切に合意形成を図ることが必要であるとともに、それが異なる分野の間で、また社会の異なる階層 (政策、ビジネス、データ、アセット等^{☆5}) の間で整合性をとることが必要である。

これまで日本では、産学官のさまざまな主体がそれぞれで議論を進めており、それらの関係性の整理や議論の結果の統合等が十分には行われておらず、局所的な文脈での議論にとどまっていた。こうした背景を受け、政府は、Society 5.0 の実現を目指して新たに施行された「情報処理の促進に関する法律の一部を改正する法律」(令和元年法律第67号) に基づき、(独) 情報処理推進機構 (IPA) にデジタルアーキテクチャ・デザインセンター (Digital Architecture Design Center : DADC) を設置した。

図-1 で示すとおり、DADC は、Society 5.0 の実現に向けて、産学官の多数の関係者の意見を集約し、多様な知の統合により、社会や産業構造のアーキテクチャをデザインするための透明性を持った中立的な場となることが期待されている。加えて、事業者、規制主体、有識者、海外関係機関から円滑に知を持ち寄り、議論を俯瞰的かつ多様性を持って進めることや、企業、官公庁、教育機関とも連携し人材交流を行うことで、教育機関としての機能を果たすことも求められている。

このような活動を進めるにあたって、DADC は、

^{☆5} 内閣府：分野間データ連携基盤の整備に向けた方針案 (2018年), <https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/datarenkei/3kai/siryoy1.pdf>

「Society 5.0の実現に向けたデジタル市場基盤整備会議」において議論される、アーキテクチャに関する政策方針や、DADCで取り組むテーマ決定に関する内容を踏まえ、課題を有する政府や産業界とともに、実装を見据えたアーキテクチャの設計を行うこととしている。

具体的な取り組み

Society 5.0の実現のポイントとして、DADCとしては「縦の連携」「横の連携」「連携を実現するガバナンス」の3つの観点で重要と考えている。

「縦の連携」とは、サイバー空間とフィジカル空間が信頼性を持って安全で効率的に繋がることを意味している。両空を同時に考えるべき領域はこれまで個別企業や産業界が独自に取り組んできたものも多いため、Society 5.0実現のために重要となる分野横断的に社会で共通して必要となる機能の整備のためのポイントがあると考えている。

次に「横の連携」とは、個別の企業や産業界が独立して開発し、分散して存在するサービスが、相互に繋がるモジュール構造の実現を意味している。たとえばスマートシティの事例をとっても、交通、不動産、エネルギー、決済等さまざまな分野の連携が必要とされているが、これまでの業界慣行、規制や制度、データの扱いがまったく異なる主体同士がどう

相互運用性を確保していくかは、そこに住む生活者の利便性向上にとっても重要な課題である。

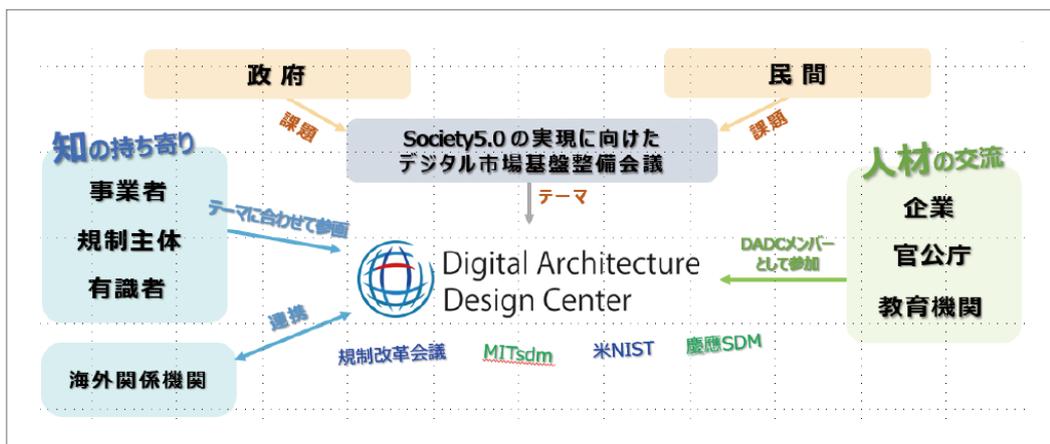
そして「連携を実現するガバナンス」とは、これら縦横の連携を適切に確保し運用するためのルールや制度の実現を意味している。新たなサービスや要素技術がもたらすリスクを管理しつつも、同時にそれらがもたらすイノベーションの恩恵を最大化するための社会の仕組みを検討することが求められている^{☆6}。

以上3つの観点については、抽象的な議論を重ねるだけでなく、それぞれ具体的なユースケースを基に検討を深めることが重要である。以下、DADCが重要と考える上述の3つの観点に基づき、特に注力しているプロジェクトについて、検討範囲および検討作業のアプローチ等に関する仮説や進捗を紹介する。もちろん、いずれのプロジェクトもこれら3つの観点のすべてが最終的には必要になるが、当面注力している観点をそれぞれ選んでいる。

「横の連携」：住民起点 MaaS

まず「横の連携」の観点が特に求められるプロジェクトである住民起点 MaaS (Mobility as a Service) においては、Society 5.0の将来像の要素として持続可能な地域インフラを実現することを、まずは移動サー

^{☆6} 経済産業省：「GOVERNANCE INNOVATION :Society 5.0の実現に向けた法とアーキテクチャのリ・デザイン」報告書(2020年7月13日)、<https://www.meti.go.jp/press/2020/07/20200713001/20200713001.html>



■ 図-1
DADCの位置づけと役割

ビスに焦点を当てて検討している。その際、地域の実情に応じてサービスが組み換え可能となるために、相互運用性を高い水準で確保することに留意している。

移動サービスをはじめとする現在の地域社会のインフラについては、公共サービスという形で幅広く画一的なサービスを提供するケースと、民営化により市場原理の中でより良いサービスが淘汰される仕組みとするケースの大きく2つがあると考えられる。しかし、そのいずれもが人口減少あるいは超高齢化という社会の構造的課題に対応できておらず、結果として、赤字の公共サービスが補助金に頼り続けていたり、儲からない領域からはサービスを提供する企業が不在となったりする問題が起きている。

こうした課題に対応するための仮説として、DADCとしては地域コミュニティの価値向上、すなわち住民自身が住み続けたい町にすることが重要と考えている。具体的には、①これまで多かったサプライヤ目線を転換し、ユーザである住民による目線を中心としそのマネジメントを適切に行うこと、②住民の需要に基づき供給の流動性を高めることで、多様なニーズに柔軟に対応できる構造を確保すること、③需要と供給の間を適切なタイミングでマッチングすることを可能とする、地域間で共通となる契約や決済等機能を整理しその基盤を提供すること、の3点が重要と考えている。

加えて、住民自身が住み続けたいと思う要素の1つに「孤独の解消」があるという観点を考慮し、地域インフラを住民同士が共有し人と人の繋がりを強化することをポイントとした“共助”の仕組みを実現することが、地域コミュニティの価値向上に繋がると考えている。

DADCの本プロジェクトでは、上記の仮説の下、持続可能な移動サービスの実現のために必要となる、共助コミュニティの考え方を基本とした、最適な需要・供給・マッチングの在り方について、多様な地域で適用可能となるようなフレームワークとしてのアーキテクチャを設計することを目指している。そのため、ま

ずはこうした課題認識が日本の多くの自治体や住民、地域インフラを提供しようとする事業者者に共有されるビジョンであることを検証するとともに、こうしたビジョンを実現するためのコンセプトの具体化と、それを実現するために必要となる制度、組織、事業、データ等に求められる機能やそのアロケーションのパターン化、社会実装までのロードマップの策定等を2022年度末までに完成させることを目指している。

「連携のガバナンス」：スマート安全

次に「連携を実現するガバナンス」の観点から特に求められるプロジェクトであるスマート安全においては、デジタル技術を活用しつつ、より効率的で安全なシステムを実装していくためにどのようなガバナンスがあるべきかについて、プラント保安を例として検討を始めている。Society 5.0において実現することが想定されているSoSの下で安全をどのように確保すべきかについては、世界全体で対応すべき新たな課題となっている。

具体的な課題としては、まず制度設計の観点から、これまでの手続きベースでのガバナンス、すなわち安全を確保するための法制度の下である特定の人間による確認行為（たとえば年に一度の目視点検等）が手続きとして定められていることが挙げられる。サイバー空間を活用したSoSの下では、確認対象の視認性の低下や複雑性の向上等により、人間がその五感により確認できる水準を超える可能性が高くなってきているが、それを可能とする技術的發展にあわせて規制や法制度をその都度柔軟に対応させていくことは一般的に困難である。加えて、類似の課題を有する他の産業領域と対応の整合性をあわせることで必要な技術基準やガバナンスの在り方等にかかる検討がより円滑に進みデジタル時代に総合的に対応できる可能性が高いと考えられているが^{☆7}、そ

☆7 規制改革推進会議、第7回規制改革推進会議、資料1「デジタル時代の規制・制度について」、<https://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kisei/meeting/committee/20200622/agenda.html>

のために必要となる省庁横断的な具体的検討も今後の課題となっている。

手続きベースとなっている理由を確認するための一助として、プラント保安を例とした国としての考え方の日米比較について、2019年度にNEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）が整理している^{☆8}。ここでは、日本の保安ガバナンスでは物理的な要因（ハザード）に対して直接的な規制を課している観点が強いが、アメリカの保安ガバナンスでは事業者のリスクマネジメントシステムに対する規制を課している観点が強いと指摘されている。この理由としては、たとえば訴訟が社会に根付いている程度や、規制当局と民間企業の関係性等も含めた、歴史的文化的背景もかかわると考えられるため、単純に技術導入の可否だけでなく、安全に対する考え方を制度の哲学や社会の受容性も含め丁寧に議論する必要がある。

こうした課題に対応するためには、まず、Society 5.0における安全の在り方について改めて議論し、新たな課題であることを認識することが必要である。また、その対応のための1つの手段として、官民の連携によりリスクベース、すなわち目的に対する不確かさの影響を考慮した上で費用と便益の兼ね合いを社会的受容性に基づき検討するアプローチが有用である可能性があり^{☆6}、このうち特に“Society 5.0時代の安全の在り方”の観点から検討することが重要である。

DADCの本プロジェクトでは、上記の仮説の下、まずは単一の管理主体による統合的なガバナンスが実施されているシステムにおける安全安心の在り方について、プラント保安の分野を含めいくつかのユースケースを取り上げつつ、制度の哲学や社会の受容性も含む検討を行う。その後、その検討内容も踏まえつつ、複数の管理主体による協調的なガバ

ンスが求められるシステムにおける安全安心の在り方について検討し、産学官のステークホルダが行動につなげるために必要な事項を整理していく。

「縦の連携」：自律移動ロボット

最後に「縦の連携」の観点が特に求められるプロジェクトである自律移動ロボットの分野においては、さまざまな目的や種類のロボットが陸海空の空間を自律的に駆け巡り人と協調してサービスを提供するような世界を視野に、それが実現するために必要な社会インフラの在り方について検討している。まずは、こうした検討が先行しているドローンをユースケースとして扱い、社会的受容性が確保され、安心感と利便性が同時に得られる仕組みの実現をDADCは目指している。

現状、自律移動ロボットの活用に向けては、2つの課題があると考えている。1つ目は、ロボット活用に向けた論点が事業者ごとに検討されており、産業の全体像や論点の関係性が必ずしも明確化されていない点にある。たとえば、技術開発、産業競争力強化、安全管理、通信システム、農業やプラント等のユースケースでの利活用促進等の論点について、各省庁や産業界がそれぞれ検討を進めている状況にあるが、それぞれの論点がどう繋がっていくのか、そして日本全体としてどのような社会や産業を目指すのかという検討は必ずしも明確ではない^{☆9}。2つ目は、自律的に移動するロボットとしては、ドローンだけでなく、配送ロボット、警備ロボット、介護ロボット等さまざまなものがその社会実装に向けて検討されているが、それらに共通する論点があるとの仮説に基づいて横断的に検討している場は存在していない。

こうした課題に対応するためには、ステークホルダが検討する必要性を発信しつつ、そのための場を

☆8 NEDO：2019年度成果報告書「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AIシステム開発促進事業／Society 5.0の実現に向けたアーキテクチャに関する検討」

☆9 NEDO：2019年度成果報告書「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AIシステム開発促進事業／自律移動システム分野のアーキテクチャに関する検討」, 図3-27等参照。

設けることが重要である。自律移動ロボットの分野では、すでに各省庁や産業界が個別に議論を進めてきている経緯があるため、中立的かつ透明に議論を行うことの重要性はきわめて高く、その確保を特に留意する必要がある。加えて、諸外国で先行している検討状況を適切に分析しつつ、特に安全管理や産業振興の在り方、官民の役割分担も含め、米、英、印などで進む検討内容を把握分析することで、日本における議論の全体像を適切に把握する必要がある。

DADCの本プロジェクトでは、上記の仮説の下、まずはドローン産業の将来像や論点の認識合わせを関連するステークホルダ間で実施しつつ、その後要求定義、アーキテクチャ設計、社会実装という流れで議論を進めることとしている。この際、「物流」「点検」等ユースケースに注目し検討を進める方向としている。また、諸外国の状況や国内関係省庁・事業者からのインプットを踏まえ、技術的な観点、産業振興の観点、そして法制度の在り方を含むガバナンスの観点から課題を整理することに留意する。そして、ビジョン、ステークホルダのニーズ、あるべき姿から抽出されるアーキテクチャ設計、必要な機能と物理アロケーションの検証等を含む成果物を2021年度末に完成させることを目指している。

その他の取り組みと今後の展望

以上の取り組みのほか、アーキテクチャを活用した Society 5.0 の実現に向けて、産学官の多様な取り組みを統合していく観点から、DADC はさまざまな活動を行っている。

たとえば、政府だけでなく民間事業者からも取り組みを募集することで政府が必ずしも把握していな

い課題を捉えていくこと^{☆10}、社会や産業構造のアーキテクチャを設計するための方法論を研究、蓄積し、繰り返し検証することでアーキテクチャ設計能力そのものを高めていくこと、さらにはこうしたアーキテクチャの設計を主導できる人材の育成のために必要となる環境や教育プログラムの検討等である。

以上、DADC が創設された理由や狙い、具体的な取り組み内容につき概観した。今後、政府や産業界からのさらなる関与を得て、具体的な成果物を発信していく中で、社会や産業構造を対象としたアーキテクチャ設計の重要性や社会に及ぼす効果等につき具体的に発信しつつ、関係者のレビューを受けながらさらに高度な形に進化していきたい。また、そのような DADC を活用して課題解決や人材育成を共に行いたいと考える産学官の参画を得て、分散しがちな日本の取り組みを集中させ、日本の総合的な信頼性確保と産業競争力強化を図り、Society 5.0 の実現に最短距離で貢献していきたい。

(2021年2月4日受付)

☆10 インキュベーションラボの募集は2020年8月の実施、10月より3件の活動を開始。
<https://www.ipa.go.jp/dadc/join/incubationlab-2020.html>

■ 齊藤 裕 yt-saito@ipa.go.jp

1979年(株)日立製作所大みか工場入社後、2016年同社代表執行役執行役員副社長、IoT推進本部長。2018年ファナック(株)へ転職し、2020年同社取締役副社長執行役員、IoT統括本部長。2019年一般社団法人システムイノベーションセンターセンター長、2020年デジタルアーキテクチャ・デザインセンターセンター長。

■ 河野孝史 tk-kouno@ipa.go.jp

2005 東京大学工学部卒業、2007 年東京大学大学院新領域創成科学研究科修士、2016 年カリフォルニア大学サンディエゴ校国際関係学修士。2007 年経済産業省入省後、エネルギー・気候変動関連政策、情報関連政策等の担当を経て、2019 年より IPA 参画。