

アーキテクト人材開発・育成に関する 中間報告書

独立行政法人 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
普及・教育支援 G 人材戦略・開発チーム
2021年7月

目次

アーキテクト人材開発・育成に関する 中間報告書	i
目次 i	
用語集 ii	
1.はじめに	1
1.1. 背景	1
1.2. 本報告書の目的	1
2.本報告書の構成	2
3.育成対象とするアーキテクトの明確化	3
3.1. 役割定義	3
3.1.1. アーキテクトが設計する対象	3
3.1.2. アーキテクトの役割	4
3.2. 人材定義	7
3.2.1. 人材定義のプロセス	7
3.2.2. 人材に対する要求定義	9
4.アーキテクト人材開発・育成方法	14
4.1. 令和2年度の試行	14
4.1.1. システムズエンジニアリング研修	14
4.1.2. ロジカルシンキング研修	15
4.1.3. システムシンキング研修	15
4.1.4. システム×デザイン思考研修	16
4.1.5. Society5.0 を実現するアーキテクト人材育成セミナー	17
4.2. アーキテクト適性評価	17
4.3. 育成カリキュラム	18
5.アーキテクト開発・育成の継続的な仕組みづくり	20
6.おわりに	21
著者	22

用語集

アーキテクチャ

システムが存在する環境の中での、システムの基本的な概念又は性質であって、その構成要素、相互関係、並びに設計及び発展を導く原則として具体化したもの。

【出典】 JIS X 0170:2020 (ISO/IEC/IEEE 15288:2015)

サイバー・フィジカルシステム/CPS

デジタル世界（サイバー空間）と現実世界（フィジカル空間）をIoT関連技術で結びつけ、産業の高度化や社会的課題の解決を図る仕組。産業・医療・インフラ・エネルギー・交通・公共サービスなど、現実世界のさまざまな分野で得られる大量のデータを、デジタル世界におけるクラウドコンピューティングやビッグデータの処理技術を通じて、価値ある情報やデータとして現実世界に還元し、広く社会規模で合理化や最適化を図ることを目的とする。

【出典】 "GOVERNANCE INNOVATION VER.2: アジャイル・ガバナンスのデザインと実装に向けて"

システム

ある定義された目的を達成する、要素、サブシステム、またはアセンブリを統合したまとまり。これらの要素には、製品（ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア）、プロセス、人、情報、技術、設備、サービス、およびその他のサポート要素を含む（INCOSE）。一つ以上の定められた目的を達成するために編成された相互作用する要素の組み合わせ（ISO/IEC/IEEE15288）。

【出典】 デイビッド・D・ウォルデンほか編、西村 秀和 監訳 "システムズエンジニアリングハンドブック 第4版" 慶應義塾大学出版会、2019年

システム オブ システムズ (system of systems)

既存の構成システムがそのままでは達成できないサービスを提供するために、相互的に作用するシステム要素の集合体。

以下の5つの特徴をもったシステムを System of Systems (SoS)と呼ぶ。

1. 運用の独立性：SoSの構成システムは個別に運用される。
2. 管理の独立性：構成システムは別々に調達され、統合される。しかし、運用中の構成システムはそのまま運用される。
3. 進化的開発：機能や目的が、追加/削除されたり途中で変更されたりするなど、開発とシステムが進化的に変化する。
4. 創発的振舞い：構成システム単独では実現できない目的を SoS として実現する。
5. 地理的な分散：構成システムが離れており、構成システム間で質量やエネルギーの物理量ではなく、情報を交換 SoS でない System を "Monolithic System" と呼ぶ。

【出典】 ISO/IEC/IEEE21841:2019

Mark W.Maier, "Architecting Principles for Systems of-Systems",1998

"IoT時代のシステムデザインアプローチ~いかにしてIoTシステムをデザインするか~",<https://www.ipa.go.jp/files/000053968.pdf> を参照

ステークホルダー

利害関係者。システムに、権利、持分、請求権もしくは関心を持っている個人もしくは組織、またはニーズおよび期待に合致する特性をシステムが持つことに、権利、持分、請求権もしくは関心を持っている個人もしくは組織。

【出典】 JIS X 0170:2020 (ISO/IEC/IEEE 15288:2015)

Society5.0

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（Society）。

狩猟社会（Society 1.0）、農耕社会（Society 2.0）、工業社会（Society 3.0）、情報社会（Society 4.0）に続く、新たな社会を指すもので、第5期科学技術基本計画において我が国が目指すべき未来社会の姿として初めて提唱された。

【出典】 J内閣府ホーム>内閣府の政策>科学技術政策 > Society 5.0、https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/

1. はじめに

1.1. 背景

Society5.0 のアーキテクチャを設計する人材、Society5.0 の実現を主導するアーキテクトは、現状でどこに・どれだけ存在するのだろうか。Society5.0 とは、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の両方を解決する、人間を中心とした社会である。これは単一のシステムで実現されるものではなく、異なる主体がそれぞれの目的をもって管理・運用する複数のシステムを繋ぐことで実現される System of Systems と言われる形態のシステムであり、安全性や信頼性など、ilities と呼ばれるシステム特性に配慮した形でデザインする必要がある。こういった System of Systems のアーキテクチャを設計してきた人材は、これまでも、例えば事業者において新たなプラットフォームや事業を開発する役割を担ってきた方のなかに存在することが考えられる。そして自らがアーキテクトであることを意識せずに、またアーキテクトという名前と呼ばれずに、結果的にアーキテクトの役割を担っている人材が存在することも推測される。しかし、これらの明示的もしくは暗黙的にアーキテクトとして活躍している人材は不足しており、さらにガバナンスを実現するための法規制や組織などを含む広範囲を設計対象としてきた人材は殆どいないことが考えられる。つまり、これから Society5.0 の社会を実現するためには、単一システムや単一事業の範囲を超えて、社会や産業を俯瞰する視点を持ちながら System of Systems のアーキテクチャを設計ができる人材というものを新たに育成していく必要がある。

こうした背景のもとで、DADC は Society5.0 を実現するアーキテクチャを設計する人材の育成に取り組んでいる。

1.2. 本報告書の目的

前節の背景及び DADC のミッション遂行を実現するために、DADC では令和2年度より Society5.0 の実現を主導するアーキテクト育成に関する検討を行ってきた。本報告書はその活動の中間報告を行うものであり、産業構造・ガバナンス変革を含むアーキテクチャを設計する人材をどの様に捉えているのかを報告することで、広く産学官の皆様にごその必要性を共感していただき、それぞれの立場から、例えばアーキテクト候補を育てたい企業経営者や、自らがトップレベルのアーキテクトとして研鑽をつみたい方の立場から、育成に参画いただくことを目指すものである。

2. 本報告書の構成

本資料の構成について説明する。

1章では、本取組みの背景と本報告書の目的について記載する。

2章（本章）では取組みの全体像及び、本報告の記載全体像を示す。

3章では本取組で育成対象とするアーキテクトを明確化するために、まず3章1においてアーキテクトが担う役割を示す。そして3章2では、その役割を実行するうえで人材に求められる要件の定義を行う。

4章では、3章で定義した人材を対象とした人材開発・育成方法の検討状況について記載する。4章1では、昨年度にDADCで試行した研修の概要を報告する。4章2では、アーキテクト適性の判別方法について、検討方法を記載する。これは3章2で記載した人材像を実現するうえで、「教育・実践経験で身につけられる要素」「教育・実践での獲得には時間がかかる要素」の区分が見いだされたため、後者への対応としてアーキテクトとしての「適性」を判別する方法を検討するものである。4章3では、人材育成を行うカリキュラムについて、現時点での想定について記載する。

5章では、DADCがミッションを果たすうえで、Society5.0の実現を主導するアーキテクトを継続的に確保・育成していくために、どの様に他の組織と連携していくのか、その仕組みの案について記載する。

以上が本報告書の構成であり、現時点でDADCが計画・実行するアーキテクト人材開発・育成の全体像である。

3. 育成対象とするアーキテクトの明確化

3章では、DADC が育成対象とする「Society5.0 の実現を主導するアーキテクト」（以下、アーキテクト）について、これまでの検討結果を報告する。アーキテクトの姿を明確にするうえで、まずアーキテクトが担う役割（機能）を定めた。そのうえで役割を実現する人材像の定義を行った。

3.1. 役割定義

アーキテクトの役割定義では、育成対象とするアーキテクトが設計する対象の特定と、アーキテクトの担う役割の検討を行った。

3.1.1. アーキテクトが設計する対象

そもそも“アーキテクト”とはアーキテクチャ設計を行う人材である。そしてアーキテクチャはあらゆるシステムに存在する。そのため、例えば IT アーキテクトや組織アーキテクト、ビジネスアーキテクトなど、設計対象に応じて様々なアーキテクトが存在する。そのため役割定義に際し、育成対象とするアーキテクトが設計するアーキテクチャの範囲を特定した。

ここで育成対象とする Society5.0 の実現を主導するアーキテクトが設計する対象を図 1 に示す。

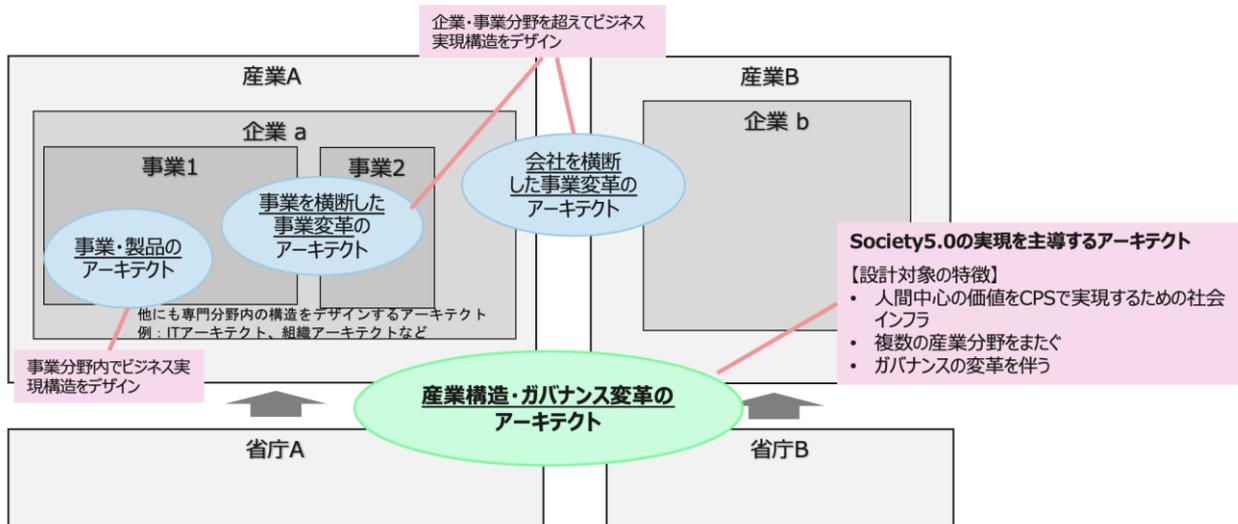


図 1 Society5.0 の実現を主導するアーキテクトの設計する対象

Society5.0 の実現を主導するアーキテクトは、図中の緑の円に示すように複数の産業分野及びその産業を規制する省庁をまたぐ範囲を設計対象とする。これは Society5.0 がサイバー空間とフィジカル空間を融合させた経済発展と社会的課題の両方を解決する人間を中心とした社会であることに所以する。人間を中心に置いた課題解決の検討は人間の生活を起点とするものであり、既存の業の縦割りの構造を超えて横につながる必要がある。また価値を実現するための CPS も既存の業を超えて共同的に使えるシステムである必要がある。そして業を横断する価値の実現、そのためのシステム構築には、業を規定しているガバナンスの変革も伴うことになる。例えば、通院を最適化する移動サービス

を考えた場合に、病院の予約情報や交通事業者の情報、場合によっては処方箋の情報などを組み合わせることで人間中心の価値を実現することが考えられる。医療と交通の2つの分野を横断した新しいサービスに向けては、それらの分野を規定するガバナンスの変革も求められる可能性がある。Society5.0の実現を主導するアーキテクトは、こうした産業構造・ガバナンスの変革を含む範囲を対象とする。

アーキテクトが前述の範囲で設計を行う際の方向性を整理すると、図2となる。

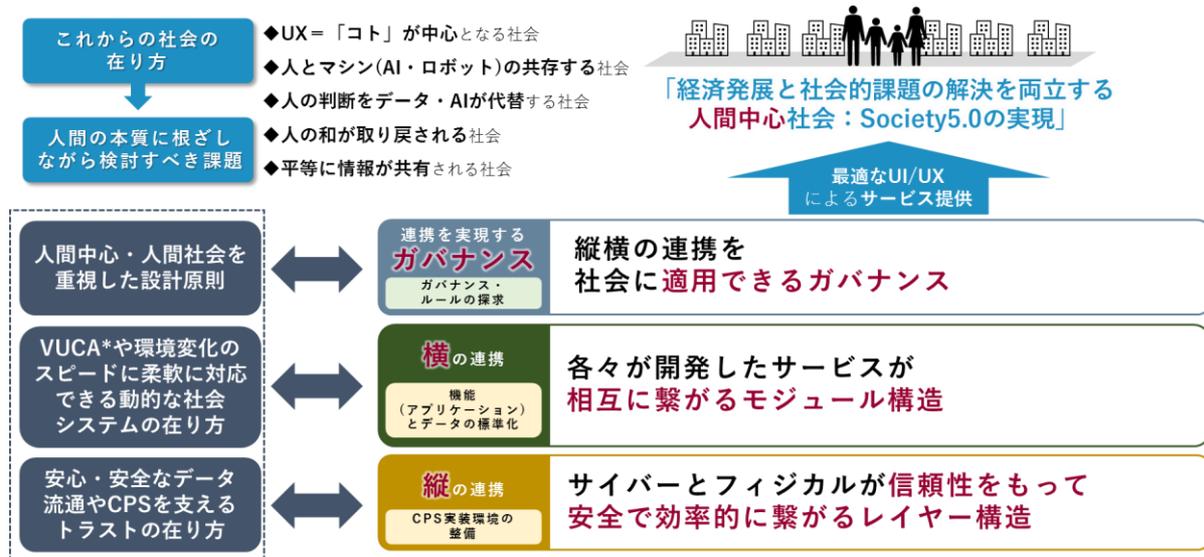


図2 Society5.0を実現するアーキテクチャの方向性

これからの社会の在り方を想定し、Society5.0を実現するためのアーキテクチャを設計するうえでは、大きく3点のポイントがある。サイバーとフィジカルが信頼性をもって安全で効率的に繋がるためにCPSのレイヤー構造を定義し協調すべき領域を検討すること（縦の連携）、各々の開発したサービスがモジュールとして相互につながるためにインターフェースのあり方等の構造を検討すること（横の連携）、そして縦横の連携を社会に適用するうえで必要となるガバナンスの検討である。アーキテクトはこのポイントを押さえたアーキテクチャの設計を通じて、多様なステークホルダーの合意形成を図り、様々な専門家を束ねることで、各分野間・レイヤー間の整合が取れたSociety5.0を実現するための「見取り図」を作り上げていく要の存在となる。この見取り図により、ステークホルダーそれぞれの持つシステムを適切に繋げ、目指す社会に導くことを目指す。

3.1.2. アーキテクトの役割

3.1.1に示した対象のアーキテクチャ設計を行うにあたり、アーキテクトの役割の定義は、令和元年度のNEDO事業「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ト

「アーキテクチャに関する検討」¹（以下 NEDO 事業）を参考とした。この報告書では米国 NIST へのヒアリングや、経産省および大学関係者とのワークショップを受けて、アーキテクトの役割を設定している。DADC では NEDO 事業の成果を基に、この 1 年の DADC 活動を加味し、アーキテクトの役割を定義した。概要は図 3 に示す。

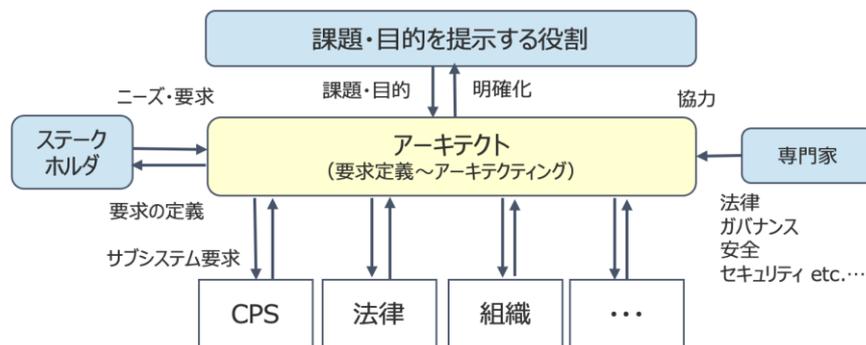


図 3 アーキテクトの役割概要

図 3 にある通り、アーキテクトは産業や社会の課題・目的を受けて、その課題解決や目的達成に必要なステークホルダーの洗い出しを行い、そのニーズを引き出し、要求として定義を行う。また課題解決・目的達成を行うシステムを実現するため、必要となる様々な専門家を束ね、アーキテクチャ設計（アーキテクティング）を行う。アーキテクティングとは、例えばそのシステムが何を行うのかのロジック（機能）やそれを実現する手段（物理）と、そして実行する主体など、幾つかの視点からシステムを定義する活動である。アーキテクティングの結果は、サブシステムに対する要求として各サブシステムを実現する主体に提示することとなる。もちろん、このアーキテクチャはアーキテクトが独断でデザインするものではなく、各ステークホルダーの合意を得て進めることが必要であり、また実際に各サブシステムを担う業界や行政のプレイヤーを巻き込み一緒に進めていくことで実現性を担保しつつ納得感を高めることが求められる。

図 3 と NEDO 事業の検討範囲の主な違いは、図の上部にある「課題・目的を提示する役割」の箇所である。この箇所は NEDO 事業の検討において「目的を示す役割」として記されている。これは当時の検討の経緯として、設計するシステムの目的を定める役割はアーキテクトが担うのか、もしくはアーキテクト以外が担うのか、という議論を経て、目的を示す役割は必ずしもアーキテクトが担う必要がないものとし、外部に置いた故の記述である。これはもちろん、アーキテクティングにおいて目的を示すことの重要性が低いという意味ではなく必ずしもアーキテクト自身が行わなくても、アーキテクト周辺にその役割の担い手が存在することで成立することを示したものである。

この 1 年の DADC 活動を通じて改めて分かったことは、目的を示す役割を設定する重要性と難しさである。DADC がアーキテクチャを設計する対象、つまり複数のステークホルダーが各々の目的

¹ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構，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” https://www.nedo.go.jp/library/database_index.html

をもって活動し、相互に影響しあう System of Systems の世界において必要な社会インフラを定義するためには、まず、どういった社会を目指すべきであるかビジョンを定めることが求められる。このビジョンを誰が定めることができるのか自体を定義することも容易ではない。そのため、Society5.0 の実現に向けたアーキテクチャの設計においては目的を明示的に示すことのできる人材が存在しない場合にも、解決すべき課題が提示された段階で、アーキテクトがそれを受け取り、ステークホルダーを巻き込みながら、その課題や解決の方向性を明確にしていく役割も担うことがあり得る。

アーキテクトの役割をもう少し具体化したものを図 4 に示す。ここではユースケース図に似せてアーキテクトを含むアーキテクティングのチームが担う役割を記載した。記載した内容は概ねアーキテクトが行うことを想定しているが、プロジェクト管理やチームの組成は必ずしもアーキテクトが行う必要はなく、プロジェクトの規模やメンバー特性に応じて、チーム内で役割を分担することも考えられる。

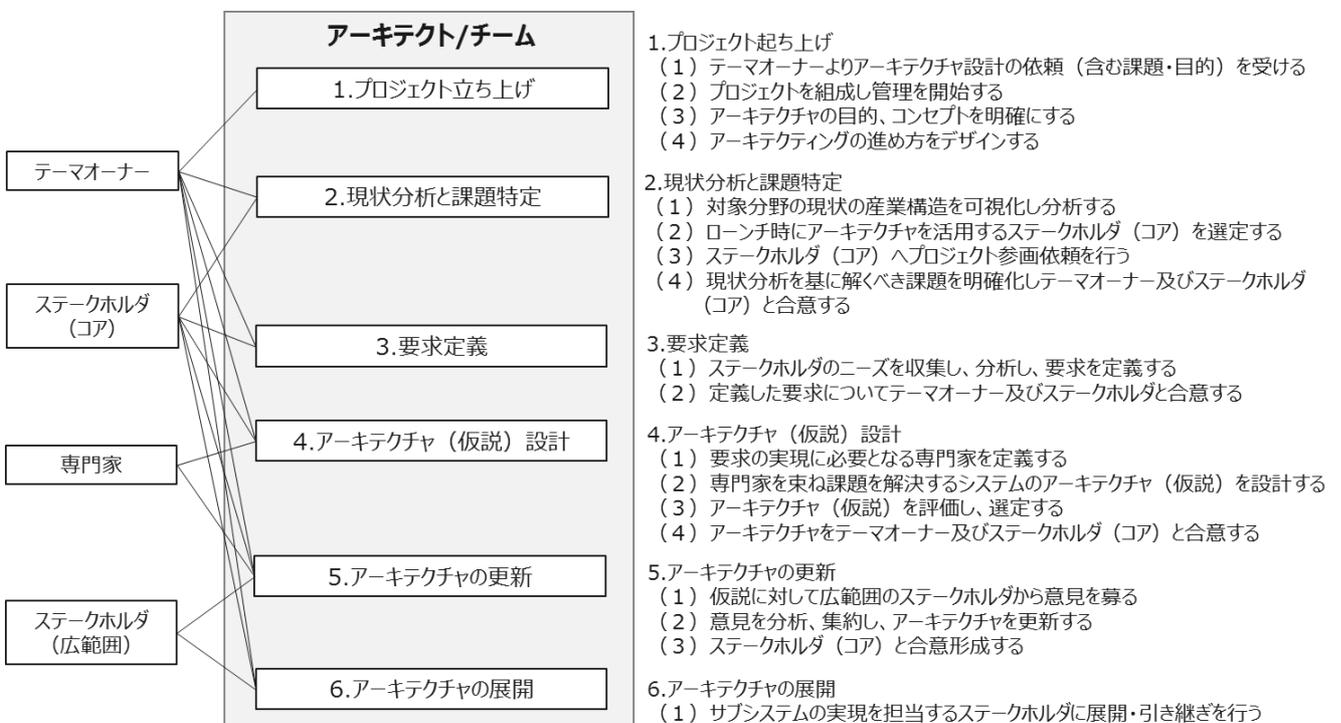


図 4 アーキテクト/チームの役割

図 4 の左側には「テーマオーナー」「ステークホルダー (コア)」「専門家」「ステークホルダー (広範囲)」の 4 つの箱がある。これらはアーキテクト/チームの外部でアーキテクトに関わりを持つアクターである。テーマオーナーとは、図 3 において「課題・目的を示す役割」とした人や組織である。ステークホルダー (コア) とは、アーキテクチャを設計した後に、そのアーキテクチャを用いて実際のシステムやサブシステム (システムを構成するシステム) を作る主な人や組織であり、設計対象の領域で活動をする人材である。ここで言うシステムは CPS のみならず、法規制や組織など広義のシステム、仕組みを指す。専門家とは、アーキテクティングを行う際に必要となる様々な技術や専門知識

を持つ人材や組織であり、それぞれの専門領域からアーキテクトの支援を行う。アーキテクトは様々な分野の専門家の支援を受けながら、彼らの意見を束ねてアーキテクティングを行う。ステークホルダー（広範囲）は、設計するアーキテクチャに関心を持つあらゆる人である。Society5.0を実現するアーキテクチャは広く社会に影響を与えるものであるため、そのアーキテクチャを使う人だけでなく、市民や行政、産業界など様々な人達に関心を持ってもらう必要がある。

中央にある「アーキテクト/チーム」の箱は、アーキテクトが何を行うのか、ユースケースとして示したものであり、各ユースケースに関係するアクターと線で関連付けている。前述した様にプロジェクトによって一部をチームメンバーが担う可能性があるため、ここではアーキテクト/チームと表記している。

右側に記載した文章は、アーキテクト/チームの各ユースケースの詳細を記したものである。アーキテクトはテーマオーナーより課題や目的を受け取り、ステークホルダー（コア）や専門家の意見をもとに要求定義やアーキテクチャ設計を行う。アーキテクチャはまず仮説として議論の素案となるものを用意し、それに対してステークホルダー（広範囲）からの意見もふまえてブラッシュアップをしていく。これらの活動はイタレーティブに行う活動を含むため、順序を示すものではない。

令和2年度に DADC が行った各プロジェクトの活動範囲はプロジェクトの立ち上げ期だったこともあり、主に1~4が該当した。特に1（3）目的、コンセプトの明確化や（4）アーキテクティングの進め方のデザイン、2（1）対象分野の現状の産業構造の可視化・分析や（2）ステークホルダー（コア）の選定に時間を費やした。DADC が Society5.0 の実現をするアーキテクチャのデザインを行ううえでは、設計対象となる領域を実現していくステークホルダー（コア）や専門家との連携が重要であることを確認した。

アーキテクトの役割については、今後 DADC の各プロジェクトの進捗を基にブラッシュアップを検討していく。

3.2. 人材定義

3.1 に示したアーキテクトの役割を果たすうえで、人材に求められる要素について検討を行った。ここでは検討を行ったプロセス及び定義結果について報告する。

3.2.1. 人材定義のプロセス

人材に対する要求を明確化するために、大きく3種類のインプットを用いた。中心としたインプットは「優秀なアーキテクトのインタビュー」であり、これに「NEDO 事業報告書」及び「既存システムエンジニアリングのコンピテンシーフレームワーク」を用いて補足・肉付けを行った。その上で昨年度 DADC 業務を鑑み、業務遂行時に参照できる水準での具体化を目指し、記載の詳細化を行っている。

「優秀なアーキテクトのインタビュー」は、NEDO 事業の際に実施された「アーキテクチャ検討委員会（2020年2月）」で有識者からの提案を受けたことに基づき計画した調査である。本調査では複数の有識者により推薦を受けた「優秀なアーキテクト」をリストアップした上で、個別にオンラインでのインタビューを実施した。対象者はメーカー系のシステムエンジニア出身者（現在は経営層～部

長クラス) が4名、IT系のシステムエンジニア(現在は経営層~部長クラス)が3名、スマートシティアーキテクト(事業責任者)が1名の計8名である。

調査では図5に示す様に、“アーキテクト人材を得るためには適切な個人特性を備えた人物に対し、適切な教育・訓練を提供したうえで、適切な経験機会や環境を提供する必要がある”という仮説を設定し、現時点で既に目指す人材のイメージに近い姿に到達している人(優秀なアーキテクト)に話を聞くことで、以下の項目を明らかにすることを試みた。

- 個人特性：対象者が本来持っていたであろう性格特性
- 教育・訓練：対象者がアーキテクトに必要な知識や技能を身につけるうえで有効だったと捉えている、教育・訓練
- 経験・環境：対象者がアーキテクトに必要な技能やマインドセットを身につけるうえで有効だったと捉えている、自身の経験や置かれた環境

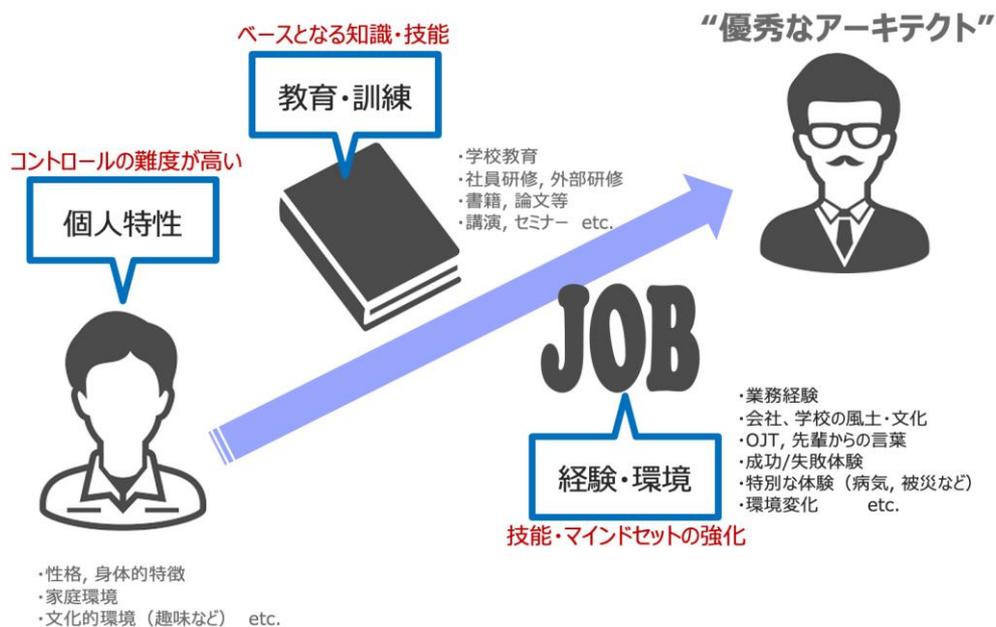


図5 仮説のイメージ

以上の観点から前述の8名に対し60~90分のインタビューを実施、その結果、複数の対象者から共通的に抽出された要素を分析し、構造化を行った。そのうえで、既存のシステムズエンジニアリングコンピテンシーフレームワーク(INCOSE²、DoD ATLAS³、MITORE⁴)やNEDO事業報告書を参照し、それらとの対応関係を確認することで、過不足や今回の人材要求において特徴的な点の検討を行っている。

² International Council on Systems Engineering (INCOSE) “INCOSE SYSTEMS ENGINEERING COMPETENCY FRAMEWORK”. <https://www.incose.org/products-and-publications/competency-framework>.

³ The Systems Engineering Research Center “Atlas 1.1: An Update to the Theory of Effective Systems Engineers”. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1046509.pdf>.

⁴ The MITRE Corporation “The MITRE INSTITUTE SYSTEMS ENGINEERING COMPETENCY MODEL”. https://www.mitre.org/sites/default/files/publications/10_0678_presentation.pdf.

3.2.2. 人材に対する要求定義

前項のプロセスにより作成したアーキテクト人材に対する要求定義は大項目レベルで 11、小項目レベルで 21 個の要素から構成された。大項目レベルでの構成要素について、図 6 に示す。

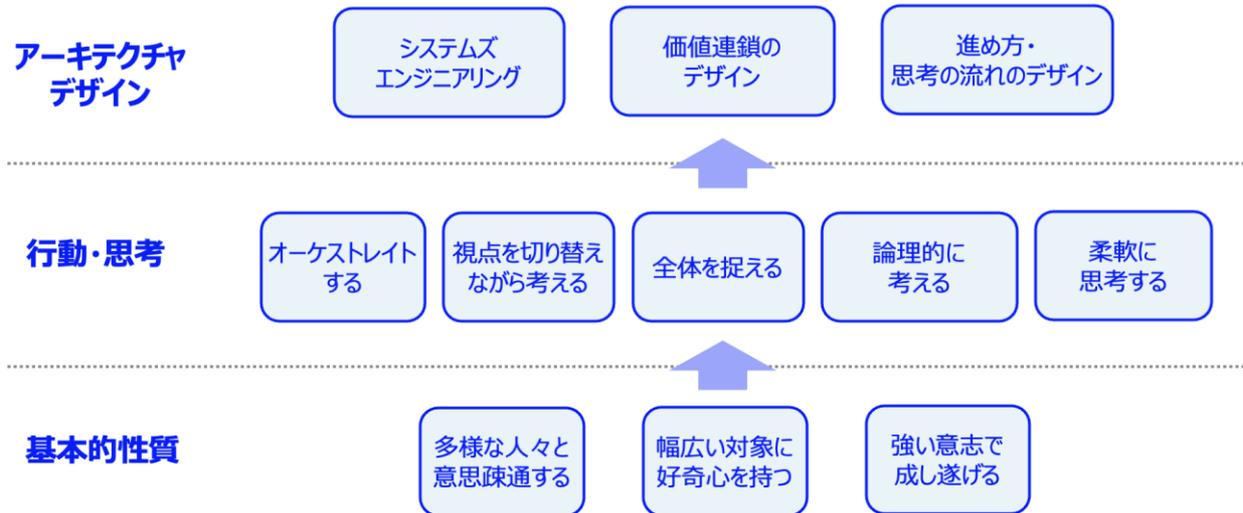


図 6 アーキテクト人材の構成要素 (大項目)

抽出した各項目は 3つのレイヤーに分けて整理した。基本的には下のレイヤーが上のレイヤーを支える形で構成しており、下層のレイヤーを前提に上層のレイヤーが組み合わせることで、アーキテクトとしての人材が実現できると捉えている（下層の要素を持ったうえで上層の要素を鍛えることで、目的を達成するアーキテクトとなる）。また同一レイヤーにある要素も含めて、要素同士は相互に関係し影響する。3つのレイヤーのうち「アーキテクチャデザイン」及び「行動・思考」のレイヤーについて体系的知識の提供及び実践経験により育成が可能な要素と捉えた対象である。「基本的性質」については、その人が本来持っている特性や組織文化的な環境による影響も大きいと推測されることから、短期的な教育で身につけることの難度が高いと捉えている。

この 11 の大項目を既存のシステムズエンジニアリングのコンピテンシーの要素と比較した際、特筆すべき点は主に「価値連鎖のデザイン」「進め方・思考のデザイン」「オーケストレイトする」「強い意志で成し遂げる」にあると考えられる。いずれも既存のコンピテンシーフレームワークにおいても多かれ少なかれ触れられている内容ではあるが、Society5.0 を実現するアーキテクチャのデザインにおいては特に重要なポイントであり、強調されるべき要素であると考えられる。これは System of Systems である Society5.0 を実現する為には、持続可能な価値連鎖をデザインすること、それを多数かつ多様なステークホルダーをオーケストレイトする形で推進すること、そして先例の少ない分野で実行するためには進め方・思考の流れのデザイン自体をも適切に行うことが必要であり、遂行には強い意思が不可欠である、ということである。

当初想定として、アーキテクティングはシステムズエンジニアリングプロセスの一部であるため、システムエンジニアのコンピテンシーで求められる要素が中心となると考えていたが、結果的にはデ

デザイン対象である Society5.0 を実現するアーキテクチャの特性から、デザイン思考とも通じる要素が識別された。

小項目の内容については表 1 に示す。

表 1 アーキテクト人材の構成要素（小項目）

カテゴリー	大項目	小項目	説明	育成・開発方法案		
				実践経験	教育研修	適性評価
アーキテクチャデザイン	システムズエンジニアリングの知識	ー	システムエンジニアリング、特に IOS/IEC/IEEE15288:2015 ⁵ ,ISO/IEC/IEEE42010:2011 ⁶ 等の標準 について理解したうえで、適切にテラーリングをし、アーキテクティングを行うことができる。アーキテクティング以外のシステムズエンジニアリングプロセスについても理解し、検証と妥当性確認の方法をを意識したデザインを行うことができる。		○	
	価値連鎖の理解（デザイン）	ー	企業・行政・市民など多様なステークホルダーのニーズを把握し、その価値連鎖を分析することができる。分析結果をふまえて、持続可能なシステムとしてデザインできる。		○	
	進め方・思考の流れをデザインするスキル	ー	AsIs の分析や ToBe 像のデザインなど、目的に応じ適切な手法を組み合わせることでアーキテクティングの進め方をデザインすることができる。システムエンジニアリングに留まらず、アイデア発想法やリフレーミング手法（問いを捉え直す手法）を用いて最適解を探索できる。また計画を実行しながら必要に応じて進め方の見直しを行うことができる。	○	○	
行動・思考	オーケストレーションする	影響力	システム全体の成功のために、自分の権限外にいる他人をも説得したり、影響を与えるようなコミュニケーションを効果的にとることができる。そのために、意見の受け入れや特定のアジェンダを採用する等の行動をとることができる。	○	○	
		多様な人と協働する	専門性が高い情報をステークホルダーが理解できる共通言語に翻訳できる。また運用上の概念、ステークホルダーニーズや要求をサブシステム担当者などの関係者が理解できる共通言語に翻訳できる。ステークホルダーとプロジェクトメンバーのアラインメントが形成できる。	○	○	

⁵ 「ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering — System life cycle processes」、日本産業規格版としては「JISX0170:2020 システムライフサイクルプロセス」。この規格は人が作成するシステムのライフサイクルを記述し、システムエンジニアリング手法を適用するための共通のプロセスの枠組みを提供する。

⁶ 「ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and software engineering — Architecture description」アーキテクチャ記述に関する標準。

カテゴリ	大項目	小項目	説明	育成・開発方法案		
				実践経験	教育研修	適性評価
		対立解消力	交渉やトレードオフにより利害の対立を解消することができる。 利害の対立の解消においては、組織文化や既存のやり方といった、個人やチームの妨げになる壁を乗り越えることができる。	○	○	
	視点を切り替えながら考える	適切な抽象度や解像度・視野で捉える	情報を適切なレベルで抽出し、必要に応じて推論を行い補いながら理解する。抽象度を整えることで、例えば情報源が違う等の多様な情報間の意味を結びつけ、本質を理解する。		○	
		複数の視点で捉える	システムのデザインを行うにあたり、例えば戦略・政策、ルール、組織、ビジネス、機能、アセット等問題の様々な側面を考慮する。またステークホルダーの立場の違いによる視点の違いも考慮する。対立しているように見える見解のバランスをとるために全体と部分、分析と統合など視点を切り替える。		○	
行動・思考	柔軟に思考する	曖昧耐性をもつ	心を開き自らの専門性の境界を超えることで、自分のコンフォートゾーンを広げ、曖昧さや不確実性に対処する。		○	○
		創造的に思考する	持っている知識を組み合わせながら、経験のない問題解決を仮説主導で進め、創造的なアイデアと解決策を発想し、合理的なリスクを取る事ができる。	○	○	
	全体を捉える (システムシンキング)	複数の視点を組み合わせて考える	複数のステークホルダーの視点や技術的な視点だけでなく、ビジネス的な視点など、多くの異なる次元に沿った広い視野を組み合わせることで全体を捉える。自分自身がこの大局観を持つだけでなく、他の人にもこの大局観を持ってもらうことができる。		○	○
		全体と部分の両方を捉える	全体を検討する際に、切り分けた各部分の実現性と各々の整合を意識する。		○	○

カテゴリー	大項目	小項目	説明	育成・開発方法案		
				実践経験	教育研修	適性評価
		要素間の創発的な影響を意識する	物事がどのように機能し、システムの中でどのように組み合わせられているのかということに注意を払い、その相互作用を考える。 その際には空間軸、時間軸のそれぞれにおいて、システム境界とインターフェースを理解することも含む。現在の決定が他にどのような影響を与えるかを予測し、考慮する。		○	
行動・思考	論理的に考える (ロジカルシンキング)	ー	仮定の立案、アプローチの検討、議論、決定等を含むあらゆるプロセスで論理的な批評を行うことができる。 思い込みや論理性の欠如による影響を意識して調べ、実質的な論拠を探すことができ		○	○
基本的性質	多様な人々と意思疎通する	コミュニケーション力	必要な人脈形成ができる。ステークホルダーやプロジェクトメンバーと協働し、適切な説得・交渉ができる。	○	○	○
		傾聴力	積極的に話を聞き、必要に応じて質問を行うことで、ステークホルダーから真の要求を聞き出すことができる。		○	○
	幅広い対象に好奇心を持つ	好奇心を持つ	まだ知らないことや理解できていないことを探求することに興味を持つ。 生涯学習者の姿勢で年齢や立場に関係なく、常に学び、関連する分野やシステムの最新の発展に遅れを取らないようにする。			○
		幅広い知識を踏まえて考える	「Society5.0に必要となる知識」を理解し、適切な場面で用いることができる。※対象知識は別途定義		○	
	強い意志で成し遂げる	設計哲学を持つ	システム全体を通じたコンセプトを持ち、判断の軸をブレさせることなく設計に臨むことができる。	○	○	○
プライドを持つ		年功序列や立場に関係なく、ステークホルダーと対話し、システム全体の成功のためにあきらめずに毅然とした態度で臨むことができる。			○	

カテゴリー	大項目	小項目	説明	育成・開発方法案		
				実践経験	教育研修	適性評価
		達成にこだわる	粘り強さを持ち、システム全体の成功のために集中力を維持することができる。			○

ここで定義したアーキテクト人材への要求は、今後 DADC の業務等を通じ運用・評価してゆくなかでのブラッシュアップを図る予定である。また現在の人材要求はアーキテクトとして成熟した段階を想定した要素を示したものであるため、今後、人材の段階的な育成・開発を行うために活用することを考慮し、アーキテクティングの成熟度段階にあわせた目標水準の設定も検討を行う計画である。

4. アーキテクト人材開発・育成方法

ここではアーキテクト開発・育成方法について、昨年度の試行結果と今後の計画について報告する。昨年度の試行については、アーキテクトの役割定義・人材定義と並行して実施したため、昨年度のDADC業務状況に沿って必要と考えられる研修を実施した。今後の計画については、役割定義・人材定義を踏まえて検討を行っている。3.2.2で述べたように、アーキテクト人材に求める要素については短期的な教育が難しいと考えられる要素、教育・実践で育成可能と考えられる要素がある。DADCにおける人材育成においては主に前者をアーキテクト特性として判別対象とし、後者を育成プログラムの対象として扱うこととした。

4.1. 令和2年度の試行

令和2年度はアーキテクト育成の試行として、慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科及びマサチューセッツ工科大学エンジニアリングシステムズラボの協力を受けて研修を行った。研修内容としては、システムズエンジニアリング研修、ロジカルシンキング研修、システムシンキング研修、システム×デザイン思考研修、エンジニアリングシステムズ研修の4種類を実施した。

DADCには様々なバックグラウンドを持ったメンバーが参画しているが、これらの研修を行うことによりメンバーの共通理解を醸成し、アーキテクチャ設計の素地を整える効果があった。具体的な研修のアジェンダは以下に示す。

4.1.1. システムズエンジニアリング研修

(1) 目的

アーキテクティングはシステムズエンジニアリングプロセスの1つであることから、DADCメンバーの共通言語を構築する目的により、システムズエンジニアリングの研修を実施した。DADC参画者の中には、様々な分野におけるシステムもしくはアーキテクチャの設計経験を持つ者を含むが、ここでは特定分野に特化しない形でのアーキテクチャ設計方法により、様々な分野からの参画者が協業できる環境を作ることが重要であると捉えている。

(2) 対象者

DADCメンバーの全員

(3) 概要

研修はアドバイザーボード座長である慶應義塾大学の白坂教授に依頼し実施した。半日×4回の座学及び個人演習の組み合わせで構成し、演習は5種類のシステムを対象としたアーキテクティングとした。個人演習の結果について慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科（以下、慶應SDM）の教員より、それぞれフィードバックを行うことで理解の促進を図った。座学のアジェンダとしては表2の通りである。

表 2 システムズエンジニアリング研修 アジェンダ

Day1	<ul style="list-style-type: none"> システムズエンジニアリング概要 システム・アーキテクチャ
Day2	<ul style="list-style-type: none"> アーキテクチャフレームワーク MBSE 最新動向
Day3	<ul style="list-style-type: none"> 要求定義
Day4	<ul style="list-style-type: none"> アーキテクティング

4.1.2. ロジカルシンキング研修

(1) 目的

アーキテクティングを行ううえで基盤となる、論理的に物事を捉える力を強化することを目的とし、ロジカルシンキングを学ぶ半日研修を実施した。

(2) 対象者

DADC メンバーの全員（2020 年 7 月時点）

(3) 概要

ロジカルシンキングの半日研修をオンラインにて行った。アジェンダとしては表 3 の通りであり、一部に演習を含む。

表 3 ロジカルシンキング研修アジェンダ

ロジカルシンキングの基本技術	<ul style="list-style-type: none"> MECE So What ? Why So? ピラミッド構造 よく使う論理
ロジカルシンキングの応用	<ul style="list-style-type: none"> コミュニケーションの技術 表現の技術 プレゼンテーションの技術 会議の技術

4.1.3. システムシンキング研修

(1) 目的

DADC の設計対象である産業・社会を捉える力を身につける目的で、システムシンキングの研修を実施した。

(2) 対象者

DADC メンバーの全員（2020 年 7 月時点）

(3) 概要

システムシンキングは複雑なシステムの変化を捉えるための基盤的スキルの 1 つであり、アーキテクティングの前提として俯瞰する力を鍛えるうえで必要と想定し、オンラインで半日研修を行った。アジェンダとしては以下の通りである。

- システムとは？
- システムシンキングとは？
- 因果ループ図
- 演習（日本における少子高齢化の因果ループ図）

4.1.4. システム×デザイン思考研修

(1) 目的

Society5.0 を実現するアーキテクチャのデザインは殆ど先行する事例が存在しない分野であり、通常、システムズエンジニアリングは How to make（どう実現するか）を中心に扱うものであるが、What to make（何を実現するか）を考える力やその姿勢を学ぶ目的で、システム×デザイン思考研修を行った。

(2) 対象者

DADC メンバーの全員（2020 年 7 月時点）

(3) 概要

システム×デザイン思考について、座学及びグループワークによる 2 日間の研修を実施した。（デザイン思考にシステム思考をかけ合わせた慶應 SDM のアプローチ）研修のアジェンダを表 4 に示す。他、研修後に隔週 6 回でアナロジーを用いたアイデア発想の個人課題を実施、慶應 SDM 教員よりフィードバックを行った。

表 4 システム×デザイン思考研修 アジェンダ

Day1	<ul style="list-style-type: none"> ● システム思考、デザイン思考、システム×デザイン思考とは ● 問いをたてる ● ソリューションブレスト ● 提供価値を考える ● イノベーターティブなもの探し（課題説明）
Day2	<ul style="list-style-type: none"> ● イノベーターティブなもの探しフィードバック ● ヘルスケアをテーマとしたアイデア創出ワーク

4.1.5. Society5.0 を実現するアーキテクト人材育成セミナー

(1) 目的

Society5.0 を実現するアーキテクチャに近い領域であるエンジニアリングシステムズのことを学び、またアーキテクチャ設計に活かすことを目的とし、研修を行った。

また対象者を DADC 内部だけでなく一般公募により、Society5.0 を実現するアーキテクチャに興味を持つ人材に対して、アーキテクチャを学ぶ機会の提供を行った。

(2) 対象者

DADC メンバーのうちアーキテクティングに関わる者及び一般より公募した希望者

(3) 概要

複雑な技術社会システムを対象としたシステムズエンジニアリングである「エンジニアリングシステムズ」について、本分野の第一人者である米国 MIT sdm の Oliver de Weck 教授他をお迎えし、オンラインセミナーを行った。本セミナーのアジェンダについて表 5 に示す。

表 5 Society5.0 を実現するアーキテクト人材育成セミナー アジェンダ (公開部)

Day1	<ul style="list-style-type: none"> エンジニアリングシステムズ概要 1 ステークホルダー分析 演習:Mobility の SPS、SVN 	MIT Olivier de Weck 教授 MIT Bryan Moser 博士
Day2	<ul style="list-style-type: none"> エンジニアリングシステムズ概要 2 アーキテクチャの実践 テクノロジーライフサイクル 演習:Smart Factory、e-commerce のシステムアーキテクチャ 	MIT Olivier de Weck 教授 MIT Bryan Moser 博士
Day 3	<ul style="list-style-type: none"> 講演:Society5.0 におけるアーキテクチャの重要性 講演:Society5.0 における DADC の役割 対談:齊藤センター長と白坂教授 参加者グループによる討議 	慶應大学 白坂成功 教授 DADC センター長 齊藤裕

4.2. アーキテクト適性評価

Society5.0 を実現するうえでは多様な役割の人々が協働することが重要になる。アーキテクトの役割を担う人もいれば、技術的課題に対する研究開発の役割を担う者、各ドメインにおけるビジネス実現の役割を担う者、出来上がったシステムの確実な運用の役割を担う者もいる。多様な人々がそれぞれの役割を果たし、その役割が相互に作用した結果として目指す世界を実現することが可能となる。

アーキテクト人材に関する要求を定義する過程において、長年に渡りアーキテクトの育成を行ってきた企業担当者との意見交換を行った。企業担当者からは、「アーキテクトが複数の専門分野を束ね

るという特性上、1つの分野を掘り下げることには適性を持つ人材とは、性質が異なる」という意見があった。適性を持たない人材がアーキテクトの役割にアサインされた場合に、強いストレスを感じるという事例もあったという。複数の専門分野を束ね全体を俯瞰しデザインを行うアーキテクトは重要な役割ではあるものの、併せて各専門分野を掘り下げ人材も重要である。各自の適性に併せた役割の選定を支援し、適切な活躍を促すうえでも、適性評価は重要であると考えられる。

アーキテクト適性評価は、アーキテクトの役割を目指す人材の短期的な育成の容易性を判断するものである。具体的な検討は令和3年度に検討する。現時点での想定として適性評価に用いる項目は、人材に対する要求のうち主に基本的性質のレイヤーにカテゴリ化した「多様な人々と意思疎通をする」「幅広い対象に好奇心を持つ」「強い意思で成し遂げる」に関する項目を対象とする。また行動・思考レイヤーにカテゴリ化した項目について、これらは教育による育成が可能であると考えられるものの、より習得しやすい人材が存在することも考えられるため、併せて適性評価の可能性を検討する。これらの項目について、学術的に定義された尺度や既存のビジネスで広く利用されている尺度等を組み合わせ、優秀なアーキテクト等の協力を得ながら調査・分析を行い、適性評価としてまとめていく方針である。これらは先行する民間企業の取組も参考に進める。

4.3. 育成カリキュラム

人材育成カリキュラムについては、人材に対する要求定義で示した項目について能力向上を目指す他、併せて Society5.0 の実現に向けて必要となる知識体系のインプットについても考慮した内容を検討する。具体的な検討は今後開始するが、現時点で想定されるカリキュラムの概要を図7に示す。

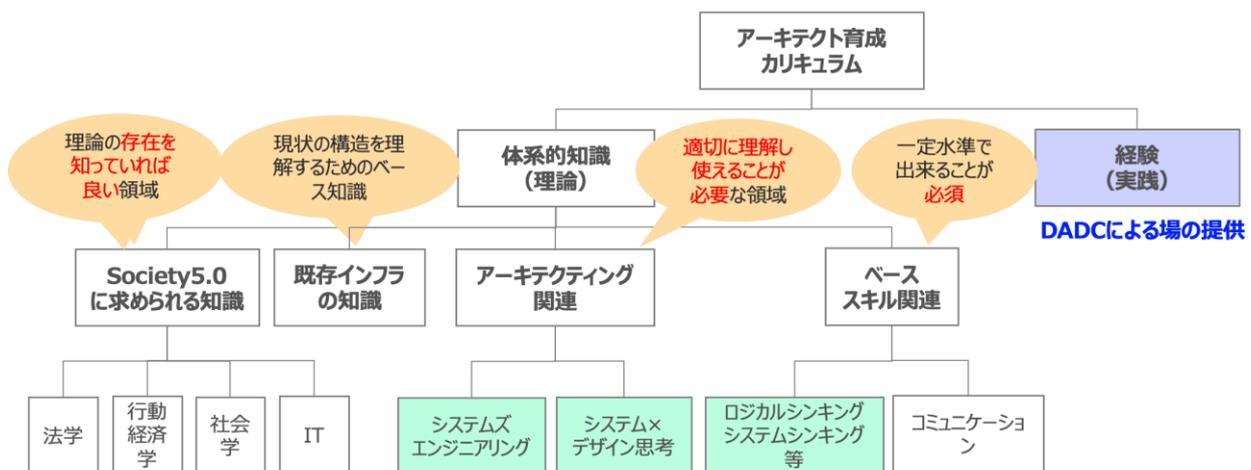


図7 育成カリキュラムの概要

カリキュラムの構成として、まず「体系的知識」の習得と「実践経験」の2つに大別した。3.2.2で示した人材の要素のうち、育成可能と想定した要素は、実践経験と体系的知識に割り当てを行っている。

実践経験についてはDADCでのOJTにより業務経験を積むことで対応することを想定し、センター長やアドバイザリーボード等有識者からの指導・アドバイスを受けつつアーキテクティングを行う

環境により濃度の高い経験に繋げる仕組みを検討する。

体系的知識については、「ベーススキル関連」「アーキテクティング関連」「既存インフラ知識」「Society5.0に求められる知識」の4つに分類した。「ベーススキル関連」「アーキテクティング関連」が主に3.2.2で「教育・研修」で伸ばせると想定した項目に対応するものであり、昨年度の試行も踏まえつつ、今後よりSociety5.0を実現するアーキテクチャの特性にあわせた研修内容にブラッシュアップを図る。現在DADCではSociety5.0を実現するアーキテクチャを設計するためのメソッドやフレームワークの検討も進めており、これらを反映した育成カリキュラムも検討する。

「既存インフラの知識」及び「Society5.0に求められる知識」は、令和2年度のDADCプロジェクトを通じて、必要性がより明確になった知識である。既存インフラの知識は、設計対象となる産業のAsIsの構造を理解するうえで必要となる知識である。対象が社会である以上、更地に新しいシステムを設計することは考えにくく、既存のシステムを理解したうえで、そこに積み上げることや部分的なスクラップ&ビルドを行うことになる。本来は取り扱う産業分野に対する知識を予め保有することが望ましいが、DADCの扱う対象の広さを考慮するとその全ての範囲を押さえておくことは難しい場合が多い。そのため、何らかの産業の構造について知識を持つことで、そのアナロジーを用いて対象分野を捉え易くすることで代替することを目指す。

Society5.0に求められる知識は、ToBe像をデザインするうえで把握しておく必要がある知識である。人間中心のCPSであるSociety5.0では人間の役割や位置付けがこれまでの社会とは変わってゆくことが考えられる。そういった社会の変化を捉え、在り方をデザインしていくためには哲学や社会学、経済学、法学など様々な知見の活用が求められる。アーキテクトがこれら全てに精通する必要は無いが、どういった研究領域や理論が存在するかを把握しておき、必要に応じて専門家を巻き込むことができる能力が求められる。

今後、アーキテクトが共通的に持つ知識範囲の定義を行いつつ、その知識を提供できる教育機関等の調査、連携方法の検討を行い、アーキテクト育成を持続的に行うための枠組みの開発を目指す。

5. アーキテクト開発・育成の継続的な仕組みづくり

これまで述べてきた様に、DADC は Society5.0 を実現するアーキテクチャの設計を行う役割とともに、それを主導するアーキテクトを育成する役割を持つ。DADC では現在も約 8 割の人材が、様々な業種からの出向者によって構成されており、今後も企業や行政機関からの人材の受け入れを行い、育成し、Society5.0 の実現を主導するアーキテクトとして輩出をしていく予定である。

図 8 は DADC の考える継続的なアーキテクト育成のサイクルである。DADC は企業や行政からアーキテクト適性のある人材 / 将来の幹部候補を受け入れ、DADC ミッションを遂行する中で実践経験を積み、産学官の多様な人材と交流ができる場、さらに研修機会を提供することで、人材の育成を行う。DADC が場の提供を行ううえでは、アーキテクト候補が主体的にチャレンジすることを尊重する環境作りや、単なる人材交流に留まらず「互いに学び合う」環境作りに配慮し、効果的な人材育成を目指す。

育成された人材は再び企業や行政に戻るが、その際は DADC で得た経験値や人脈をもとに、事業や企業や、もしくは産業の構造変革を主導できる人材となっていることを期待する。

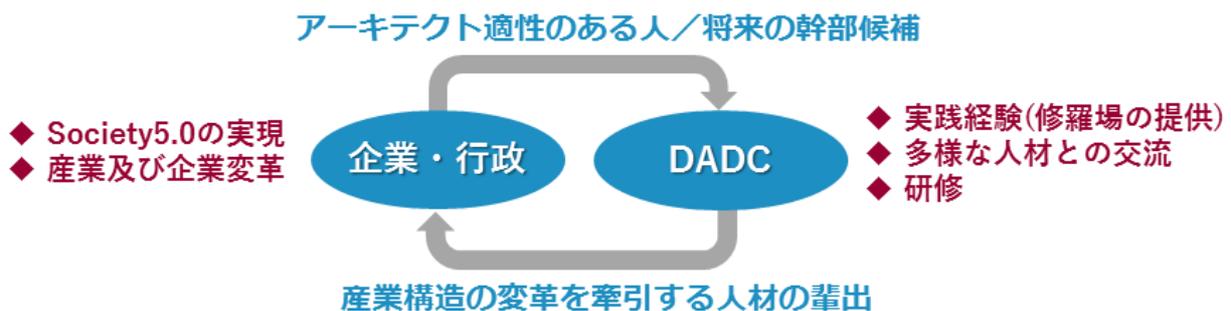


図 8 アーキテクト人材育成のサイクル

DADC で修行したアーキテクトが企業や行政に戻った時に、なぜ事業や企業、産業の構造変革を主導できる人材となっているのか。これは DADC で行うアーキテクティングが、既存の縦割りの産業を変革し、人間を中心としてサービスが連携していく横断型の社会に変えていく活動であり、つまり社会のデジタル・トランスフォーメーションを行うものであるからだ。この社会のデジタル・トランスフォーメーションは非常に難しい仕事であり、役割定義で述べた高度な役割を果たすために、様々な能力、マインドセットを持って臨む必要がある。こういった業務はある種の修羅場的な困難さを伴う可能性もあるが、そこで貴重な経験を積んで成長したアーキテクトが自組織に戻った暁には、自組織の変革、デジタル・トランスフォーメーションを牽引する人材として活躍できるであろう。

6. おわりに

本報告書では DADC がこれまで検討してきたアーキテクト人材開発・育成について、その検討結果及び今後の計画について報告した。

これまでの検討として、まずアーキテクトが設計する対象及びアーキテクトの役割定義を行った。そのうえで、役割を果たす人材に求める要素を定義した。今後の計画としては、アーキテクトの成熟度段階に合わせた人材定義の目標水準の設定の他、アーキテクトの開発・育成方法として適性評価及び育成カリキュラムの検討を行う。併せて、DADC を用いたアーキテクト人材育成を継続的に実施するための仕組みも構築していく。

DADC の目指す Society5.0 の姿、育成する人材像に共感いただける方々は、ぜひ積極的に DADC に自組織の幹部候補、アーキテクト適性を持った方を送り出していただき、DADC と一緒に社会のデジタル・トランスフォーメーションを進めるとともに、DADC を活用した人材育成を行って頂きたい。

著者

- 普及・教育支援グループ 人材戦略・開発チーム
大野 嘉子（研究員/チームリーダー）
黒塚 幸子（研究員）
鈴木 登紀子（研究員）
峯岸 誠（研究員）

- 協力
慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
経済産業省商務情報政策局情報経済課