

# ArchiMate による DX の可視化手法

山本修一郎<sup>1</sup>

**概要**：経済産業省が DX レポートを 2018 年に公開して以来、デジタル変革 (DX) が注目を集めている。DX レポートではデジタル変革を推進する一般的な指針を解説しているが、企業が DX を進めるための具体的な方法が明確ではないという問題があった。本稿では、エンタープライズアーキテクチャの図式言語 ArchiMate で DX を可視化する手法を明らかにする。

**キーワード**：デジタル変革, 可視化, エンタープライズアーキテクチャ, ArchiMate

## A DX Visualization Approach Using ArchiMate

SHUICHIRO YAMAMOTO<sup>†1</sup>

**Abstract**: Since the DX report of METI has been published in 2018, DX is now widely attracted in Japan. Although the DX report provided guidelines to promote DX, it just explained DX approaches generally. In this paper, we propose a visualization approaches to promote DX by using ArchiMate which is a widely known Enterprise Architecture modeling language.

**Keywords**: Digital Transformation, Visualization, Enterprise Architecture, ArchiMate

### 1. はじめに

DX レポート[1]では、日本企業のデジタル変革を推奨している。このため、日本企業が DX 成熟度を自己診断できるように、DX 推進指標[2]を提供している。しかし、これらのガイドラインでは、DX はデジタル技術だけではなく組織文化まで多様な内容を含む包括的な用語とされている。たとえば、DX ビジョン、全社戦略、ロードマップ、顧客体験、DX 人材などの用語が明確な定義なしに多用されている。このため、多くの日本企業にとっては、「DX はとらえどころがない。DX をもっと限定してくれないと、どうしてもいかわからない」という声が多いのが実情である。

一方で、DX 推進指標の策定側から見れば、DX 推進指標などのガイドラインでは、一般的なことしか提唱できないのであって、個別企業の事情に応じた具体的な DX 推進策は各企業が能動的に判断して実行すべきであるということになる。

たとえば、DX 推進指標《経営戦略・ビジョンの提示》では、イノベーションを念頭にデジタル技術を活用してどのような価値の創出を目指すか、そのためにどのようなビジネスモデルや業務プロセスを構築すべきかをビジョンで提示する必要があるとしている。

また、DX のためのビジネスモデルとビジネスプロセス

を定義する必要があるとしている。

また、DX 推進指標 7-1「事業への落とし込み」では、「ビジネスモデルや業務プロセス、働き方等をどのように変革するか、戦略とロードマップが明確になっているか」について質問している。また、その証跡の一つとして、「バランスト・スコアカード」(BSC [3]) が例示されている。しかし、BSC とビジネスモデル、業務プロセス、戦略、ロードマップとの関係は明確ではない。さらに、ビジネスモデル、業務プロセス、戦略、ロードマップの相互関係も言及されていない。

したがって、一般的な記述である DX ガイドラインと個別具体的な DX 推進策との断絶を埋める手法が必要になる。

本稿では、DX 推進指標で求められる DX 戦略、ビジネスモデル、ビジネスプロセスなどを可視化する手法を提案する。

以下では、まず 2 節で、関連研究を説明する。ArchiMate によるデジタル変革の可視化手法を 3 節で提案する。4 節では、提案手法をデジタルヘルスケアの変革事例に適用する。有効性、新規性、制限について、5 節で説明する。最後に、6 節で本稿をまとめる。

### 2. 関連研究

以下では、関連研究について述べる。

<sup>1</sup> 名古屋大学  
Nagoya University

## 2.1 ビジネスモデル比較法

筆者は、ビジネスモデルに関する質問が分類できることに着目して、ビジネスモデル表記法に共通する 15 要素を 5 つの疑問文で整理することにより、多様なビジネスモデルを比較するための統一的方法を提案した[4, 5]。また、主要な機能に基づいて、典型的なビジネスモデル表記法を具体的に比較している。

## 2.2 ビジネスプロセスモデル

Aldin と de Cesare[6]は、(1)Data Flow Diagram (DFD), (2)Business Process Modeling Notation (BPMN), (3)Activity Diagram, および (4)Integration Definition for Function Modelling (IDEF0)の 4 つのビジネスプロセスモデリング記法を調査した。彼らは、他のものより優れたモデリング技術はないと結論付けた。Schoknecht ら[7]はビジネスプロセスモデルの類似性を分析した。彼らはアクティビティ、イベント、およびコネクタで構成されるシーケンスが、ビジネスモデルだと定義してビジネスプロセスモデルの類似性を理論的な観点から分析している。BPMN は OMG によって標準化されている[8]。

ビジネスプロセスモデリングアプローチも Braun ら[9]および Brown ら[10]が研究している。Baslyman ら[11]がプロセスのアクティビティを現在のプロセスに段階的に統合するアクティビティベースのプロセス統合アプローチを提案して、i\*フレームワークと URN (User Requirements Notation)を用いることにより、病院の救急プロセスの目標モデルとビジネスプロセスの統合を記述している。

DEMO プロセスモデルは Dietz[12]によって提案された。DEMO は、組織の設計およびエンジニアリング方法論 (Design and Engineering Methodology for Organizations.)の略である。

Rima, Vasilecas, Smaizya[13]は、ビジネスルールとビジネスプロセスモデリング言語を比較した。

## 2.3 ビジネス価値モデル

Osterwalder と Pigneur[14]は、Business Model Canvas (BMC) を提案した。BMC は、e-Health ビジネスモデルの説明に使用された。Chen と Mehta[15]は、BMC の 9 つの主要な要素を使用して遠隔医療ビジネスモデルを比較した。

Gailly ら[16]は、Core Value Ontology について述べている。e3-value フラグメントの目的は、病院アクターと高リスクの妊娠中のクライアント (つまり市場セグメント) の間の産科ケアサービス (つまりバリューオブジェクト) の交換にある。これらのサービスに対する対価として、クライアントは病院にお金を支払う。さらに、リスクの高い患者を監視する活動を実行する病院の責任も組み込まれている。この活動はシナリオパスの終点であり、将来の母親がマタニティケアを受ける要求から始まる。e3-value では、シナリオパスの終点を機能ゴールとして説明していない。

Gordijn と Akkermans[17, 18]は、e3-value オントロジーを提案した。Dantanarayana ら[19]は、e3-value を使用した手術症例の値オブジェクトカテゴリについて述べている。Kinderen ら[20]は、Dietz によって提案された DEMO プロセスモデルを使用して、e3-value モデルと ArchiMate の間のマッピングを提案した。ArchiMate は、TOGAF に基づいたエンタープライズアーキテクチャをモデル化する標準言語である。TOGAF は最も普及している EA フレームワークである。ArchiMate には EA モデルを表現できる豊富な機能があるため、ビジネスモデルとビジネス価値を設計するための多くの研究がある。たとえば Singh ら[21]は、e3-value モデルと ArchiMate を統合することにより、価値創造モデリングアプローチを提案した。

CVCA (Customer Value Chain Analysis) は、顧客のバリューチェーンを分析するために、Ishii[22]および Donaldson, Ishii and Sheppard[23]によって提案された。CVCA はアクターとアクター間の価値交換フローを記述できるが、アクターの目標を表すことはできない。

## 2.4 ビジネスゴールモデル

Yu ら[24]は、i\* (i star) フレームワークを導入して、組織を社会的アクター、ソフト目標、タスク、およびリソースで構成されるものとして提案した。i\*フレームワークは、最初に Yu[25]によって提案された。ソフトゴールは、提供されたリソースでタスクを実行する相互依存の社会的アクターによって実現される。システム要求は、アクター (利害関係者)、ゴール、タスク、ソフトゴール (非機能要件)、およびリソースの概念に基づいて定義される。目標を設定する際に、判断基準と条件が明確になり、目標に到達するための手順がタスクに基づいて定義される。i\*フレームワークは、Strategic Dependency (SD) と Strategic Rationale (SR) の 2 つのモデルで構成されている。SD モデルは、アクター間の相互依存関係を分析するために使用される。SR モデルはアクター内の対象分析のために使用される。これら 2 つのモデルを使用して、現在の操作 (現状) とシステム実装後の操作 (将来) を比較および分析することにより、ビジネスプロセスの変換に i\*フレームワークを適用できる。

ARM (Actor Relationship Matrix) は山本ら[26]によって提案された。i\*フレームワークを作成することが難しいという問題を解決するために ARM が考案された。ARM を使用したビジネスモデリングアプローチは、山本[27]で説明されている。この手法では、アクター関係に基づいて ArchiMate のビジネスモデルを導出できる。山本ら [28]は利害関係者間の相互関係を分析することにより、ARM を使用した e-Health ビジネスモデルレビュー手法を提案した。

山本ら[29]は ASOMG 分析に基づいた e-Healthcare のビジネスモデリング手法を提案した。ASOMG は、Actor, Service, Object, Means, および Goal の略である。このア

アプローチはアクターのサービス、オブジェクト、手段、および目標を定義できるが、アクター間の相互依存性は考慮していない。

Niven[30]は、Kaplan と Norton ら[3]によって提案されたバランススコアカード (BSC) を適用することにより、戦略マップとパフォーマンス評価指標に基づいて企業経営戦略を分析できる手法を提案した。この手法における戦略マップは、財務、顧客、ビジネスプロセス、学習と成長 (革新) の 4 つの観点から多次的に戦略を開発、実装、評価するための目標を分解する。BSC は、財務の観点から見た戦略的目標を最上位に配置し、戦略マップを使用してこれらの目標を階層的にサブ目標に分解する。たとえば、顧客の観点から最高の目標を達成する目標、顧客の視点の目標を達成し、ビジネスプロセスの目標を達成するための学習と成長の目標を達成する。さらに、この方法では、重要な成功要因 (CSF) を、これらの目標を達成するための活動の結果を評価するための指標として定義する。KPI は、最終的な目標達成のステータスを監視するために設定される。

GQM は、目標の妥当性を評価するためのデータ項目に関連する質問を提供し、それらの質問への回答を測定基準またはメトリックとして使用することにより、目標が達成されたかどうかを評価する手法である。Basili ら[31]は GQM を使用してビジネス戦略とソフトウェア開発をリンクする方法として GQM + Strategy アプローチを提案した。この手法は、ビジネス、ソフトウェア、およびプロジェクトを関係付け、GQM を使用して目標を定義する。GQM + Strategy の特徴は、ビジネスを実現するソフトウェアとそのソフトウェア開発プロジェクトを対応付けようとしている点である。組織が達成しようとしている戦略的目標はビジネスゴールである。ビジネスゴールを達成するためにアクティビティで指定された方法がその戦略である。

Kelly[32]が提案した Goal Structuring Notation (GSN) は、システムの信頼性に関する議論を、ゴール (クレーム)、戦略、仮定 (コンテキスト)、および理論的根拠 (証拠、解決策) からなる木構造で客観的に整理するために使用されていた。GSN と同じ構造を使用して、山本[33]は、戦略ノードを使用してビジネスゴールを下位のビジネスゴールに分解する BGSN 手法を提案した。この方法では、コンテキストノードを使用して、パースペクティブ、アクティビティ手順などのゴールを分解するための理論的根拠を記述する。ビジネス目標の CSF は下位ゴールで記述されており、証拠ノードは CSF を達成するために KPI 値に関連する実績を記述するために使用される。このように、BGSN 手法は GSN をそのまま採用すると同時に、ノードでビジネスゴールを記述している。

## 2.5 ArchiMate

ArchiMate[34]は、The Open Group が標準化する EA モデリング言語である。ArchiMate は 2002 年から 2004 年まで

オランダの産官学連携プロジェクトで開発された。その後 The Open Group で EA モデリング言語として標準化されることになり、2009 年に ArchiMate1.0 が公開された。最新版は 2019 年末に公開された ArchiMate3.1 である。The Open Group は ArchiMate の認定試験を実施しており、世界中で 2019 年までに約 1 万人を認定している。ArchiMate では TOGAF(The Open Group Architecture Framework) [35] の Architecture Development Method (ADM) の全工程の成果物を記述できる。Wierda[36]は、ArchiMate について説明している。ArchiMate コアは、ビジネスアーキテクチャ、情報システムアーキテクチャ、およびテクノロジーアーキテクチャを記述できる。Motivation 拡張機能では、初期工程、アーキテクチャビジョン、アーキテクチャ変更管理、および要件管理工程を記述できる。実装移行拡張機能では、機会とソリューション、移行計画、および実装ガバナンス工程を記述できる。

Walters と Plais[37]は、ArchiMate から OMG によって策定された BMM (Business Motivation Model) [38]へのマッピングを示した。BMM は、ビジネス手段、目的、影響力、評価のコアコンセプトを定義しているが、これらのコンセプトの視覚的な記法は提供していない点が ArchiMate とは異なる。

Gomes ら[39]は ArchiMate を使用してビジネス継続性プロセスをサポートする方法を提案した。山本[40, 41]は、EA モデルの表現レベルを使用してモデルの機能を比較することを提案した。この論文では、表現レベルを使用して、ビジネスモデリング表記法を比較している。

山本は ArchiMate を使用して Christensen ら[42]によって提案されたジョブ理論 (Jobs Theory) を可視化する方法を提案した[43]。この MBJT (Model Based Jobs Theory) 手法では ArchiMate を使用して、ジョブ理論とゴール指向要求モデルを統合している。さらに、MBJT を e-ヘルスケアのユースケースに適用するケーススタディについても述べている[44]。また MBJT のメタモデルも提案した。周ら[45, 46]は EA モデルを使用したビジネスイノベーション手法を提案した。

Iacob ら[47]は ArchiMate を使用してビジネス戦略を設計する方法を提案した。また Iacob ら[48]は、EA モデルとビジネスモデル間の相互変換方法も提案した。Cartero ら[49, 50]は、ArchiMate, e3-value, および BMC (Business Model Canvas) に基づいて、メタモデルを使用してフェデレーションビジネスモデルを構成する方法を提案した。

Ahsan ら[51]はヘルスケア活動を説明する視覚的手法を提案した。Meertens ら[52]はビジネスオントロジーを使用して、ArchiMate と BMC とのマッピングを提案した。

EA は、ヘルスケアビジネスサービスのモデル化にも使用されている。たとえば、Sharaf ら[53]はモバイルヘルスケアクラウドサービスドメインで EA について議論してい

る。山本と支[54]は、ArchiMateを使用してビジネスモデルパターンを定義している。

Hinkelmannら[55]はビジネスITアラインメントのためのEAオントロジーを提案した。

KitsiosとKamariotou[56]は、エンタープライズアーキテクチャに基づいたビジネス戦略モデリングについて研究している。彼らは、最も頻りに報告されているビジネスモデリング言語がArchiMateとi\*フレームワークであり、ビジョン、ミッション、目標、戦略などの概念を最適化できることを示した。

ここで、ArchiMateとUMLおよびSysMLを比較しておくくと表1のようになる。

UMLとSysMLはそれぞれ、ソフトウェアとシステムの構成を定義する図式である。これに対して、ArchiMateはエンタープライズアーキテクチャ(EA)を定義する図式である。したがって、UMLはアプリケーション(AP)層しか記述できない。また、SysMLは、動機要素としての要求と、AP層、ハードウェアなどのテクノロジー層を記述できる。しかし、ゴールや価値などArchiMateの動機要素を記述できない。また、戦略要素、ビジネス層、物理層、実行移行要素を記述できるのはArchiMateだけである。

DXではビジネス変革を実現する手段であり、DXのための図式としては、ゴールや価値を表現する動機要素とビジネス層の記述能力は必須である。この点で、UMLとSysMLはDX図式としては能力不足ということになる。

たとえば、DX推進指標の構成要素間の関係をArchiMateで表現できる[57]。

また、UMLとSysMLは図式要素の種類をステレオタイプで表現している。ArchiMateではアイコン形状を変えることで図式要素の種類を視覚的に分かりやすくしている。

表1 UML, SysML, ArchiMateの比較

Appendix Table 1 Comparison of UML, SysML, ArchiMate.

項目	UML	SysML	ArchiMate
動機要素	×	要求	要求, ゴール, 価値他 10 種
戦略要素	×	×	能力, 資源, 行動計画, 価値連鎖
ビジネス層 Architecture	×	×	アクタ, プロセス, サービス, 製品他 9 種
AP 層	○	○	AP コンポーネント, AP オブジェクト他 7 種
テクノロジー層	×	○	ノード, デバイス, パス, 人工物他 9 種
物理層	×	×	設備, 装置, 物質, 配送 NW
実装移行要素	×	×	作業パッケージ, ギャップ他 2 種

## 2.6 DBSC

山本[58]は、DXのためのバランススコアカードDBSC(Digital Balanced ScoreCard)を提案している。DBSCではバランススコアカードの4つの視点を企業利益、顧客体験、

デジタルビジネスエコシステム、デジタル変革要求として図式化するとともに、DX評価指標を導出することができる。

## 2.7 Digitalization Case

UrbachとRöglinger[59]がドイツにおけるDXの取り組み事例をまとめている。エンタープライズアーキテクチャの概念を用いて、デジタルビジネス、デジタル変革(DX)、デジタル破壊を分類できることを指摘している。彼らによれば、デジタル変革は新しいデジタルビジネスをデジタル技術で実現することである。これに対してデジタル破壊は新しいデジタル技術を用いてデジタルビジネスを創出することである。

しかしDXの可視化手法については[59]では触れていない。

## 2.8 EAとDX

日本では、「EAが廃れている」と言われている[60]。一方、TOGAF9.2の第1章には、デジタル変革とITオペレーションの有効性と効率の向上のためにEAが必要だと説明されている。このように、最新のEAの目的はビジネス変革であって、ITシステムの全体最適ではない。また、EAの目的がビジネス変革であるから、ビジネスレイパリティに基づくEA開発法では、ビジネス価値を生む部分から段階的に実装することになっている。ビジネス価値を生まない部分についての活動は推奨されない。この点でも、アジャイル開発とTOGAFの親和性は高い。DXでもビジネス変革に必要な部分から実現するために、モノリスアーキテクチャではなく、マイクロサービスアーキテクチャが必要とされる[61]。マイクロサービスアーキテクチャでは、ビジネスレイパリティに対応するマイクロサービスが疎結合される[62]。

このようにDXの目的もビジネス変革であり、EAの目的と一致している。また、DX先進企業は積極的にEAを活用しているという報告がある[63]。

なお、EAフレームワークを比較した研究がある[64]。この結果によれば、TOGAFが最も適応性が高いEAフレームワークである。実際、TOGAF 9.2以前のEAフレームワークにはDXについての言及はない。

## 3. DXのためのArchiMate適用法

### 3.1 DX推進のための図式

上述したように、DXを推進するためには、①イノベーションを念頭にデジタル技術を活用してどのような価値の創出を目指すか、そのためにどのような②ビジネスモデルや③業務プロセスを構築すべきかを図示する必要がある。したがって、①価値分析、②ビジネスモデル、③ビジネスプロセスを図で表現できればこれらの条件を満足することができる。したがって、表1に示すように、それぞれ、価

値分析を、ビジネス価値モデル図およびビジネスゴール図で記述できる。ビジネスモデルをビジネスモデル図で記述できる。業務プロセスをビジネスプロセスモデル図で記述できる。

表 2 DX を可視化する図の種類

Table 2 Set of Style in MS-Word template file.

種類	説明	図
価値分析	デジタル技術と創出価値の関係を記述	ビジネス価値分析図 ビジネスゴール図
ビジネスモデル	顧客、サービス、資源、経費などとの関係を記述	ビジネスモデル図
業務プロセス	デジタル技術を利用する業務プロセスとその目的を記述	ビジネスプロセス図

### 3.2 ArchiMate による DX 推進図式の表現

以下では、価値分析、ビジネスモデル、業務プロセスを表現するために必要となる構成要素を表現する ArchiMate 要素を明らかにする。

#### (1) 価値分析

DX 価値を分析するために必要となる要素に対応する ArchiMate 要素を表 3 にまとめる。

表 3 DX 価値分析を可視化する ArchiMate 要素

Table 3 ArchiMate elements to analyze DX value.

価値分析項目	ArchiMate 要素
提供者	ビジネスアクタ
ビジネス価値	価値, ビジネスゴール
顧客	ビジネスアクタ
顧客関係	ビジネスインタフェース
問題状況	ドライバ
購入	プロセス
原因	アセスメント
業務プロセス	ビジネスプロセス
サービス	ビジネスサービス
製品	プロダクト

#### (2) ビジネスモデル

DX のビジネスモデルを可視化するために必要となる要素に対応する ArchiMate 要素を表 4 にまとめる。

表 4 DX ビジネスモデルを可視化する ArchiMate 要素

Table 4 ArchiMate elements to visualize DX business model.

ビジネスモデル項目	ArchiMate 要素
サービス提供者	ビジネスアクタ
キーパートナー	ビジネスアクタ
資源	資源 ビジネスオブジェクト
経費構造	ビジネスゴール
チャンネル	ビジネスインタフェース ロケーション
収益構造	価値, ビジネスゴール
価値提案	価値, ビジネスゴール
対象分野	ビジネスアクタ
顧客関係	ビジネスサービス
業務プロセス	ビジネスプロセス

### (3) ビジネスプロセス

DX のビジネスプロセスを可視化するために必要となる要素に対応する ArchiMate 要素を表 5 にまとめる。

表 5 DX ビジネスプロセスを可視化する ArchiMate 要素

Table 4 ArchiMate elements to visualize DX business model.

ビジネスモデル項目	ArchiMate 要素
プロセス遂行者	ビジネスアクタ アプリケーションサービス
業務プロセス	ビジネスプロセス
資源	資源
プロセスゴール	ビジネスゴール

### 3.3 DX 図式作成手順

DX 図式を作成するためには、上述したように、図で記述する要素を抽出しておくことが重要である。図で何を描くかが決まっていれば、図の作成を効率化できる。

DX 図式として、価値分析図、ビジネスモデル図、ビジネスプロセス図を作成する場合の手順を図 1 に示す。

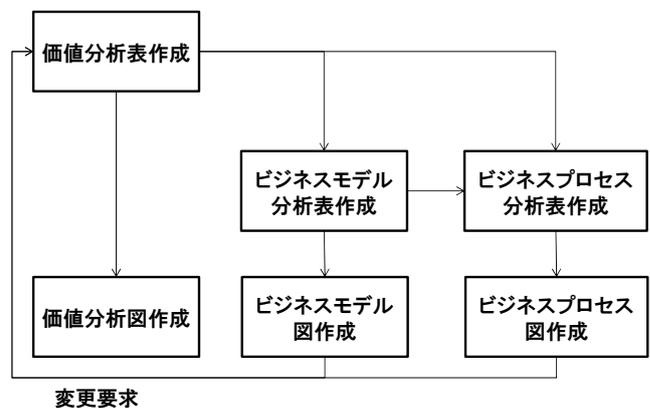


図 1 DX 図作成手順

Figure 1 DX Diagram Development Method.

この手順は、ArchiMate に依存していない。価値分析図、ビジネスモデル図、ビジネスプロセス図を異なる図式で作成する場合にも適用できる。価値分析表を最初に作成する理由は、DX の目的が明確でなければビジネスモデルやビジネスプロセスが明確に作成できないからである。また、ビジネスモデルとビジネスプロセスの目的が一致していなければ、DX を適切に推進できないからである。

また、この手順からわかるように、必ずしも図を作成しなくても、分析表が作成できていれば DX の価値、ビジネスモデル、ビジネスプロセスを明確化できる。ただし、表だけでは、構成要素間の関係を明確にできていないので、図によって関係を確認する必要がある。しかし、要素間に複雑な関係がある場合には、関係表を定義するほうが効率的になる場合があるだろう。

さらに、この作成手順は反復的になっている点に注意してく。図を作成する過程で 3 種類の表と図式間で整合性を保証するために、対立する表現を抽出した場合には調整する必要があるためである。

## 4. DXのための ArchiMate 適用例

### 4.1 DXの事例

Aarhus デンマーク病院(以下 ADH と略)では、資源追跡サービスを導入することにより、業務プロセスのデジタル変革計画を推進している[65]。AHD は面積が1万平方メートルで、1万人の職員が働く巨大なスーパー病院である。このため病院内の物流オペレーションの効率化が求められている。資源追跡サービスの目的は、病院職員が必要とするベッドや食事、検査機器などの資源を必要とする場所で即時に利用できるにすることで、病院の物流オペレーションを最適化することである。

ADHのデジタル変革に対する、価値分析、ビジネスモデルおよびビジネスプロセスの各要素は、以下の表6、表7、表8のとおりである。なお、価値分析、ビジネスモデルは、それぞれ、MBJTとBMCに基づいている。ビジネスプロセスモデルは、一般的な要素として、プロセス遂行者、業務プロセス、資源とプロセスゴールを抽出している。

表6 DX価値分析を可視化するArchiMate要素

Table 6 ArchiMate elements to analyze DX value.

価値分析項目	ADH 価値分析要素
提供者	ADH 病院
ビジネス価値	必要とする職員への資源の迅速な提供
顧客	病院職員
問題状況	病院環境が変化し続ける
購入	資源追跡システムの導入
原因	必要な資源をリアルタイムに利用できない 患者の入院が長期化する 院内設備の利用率を向上できない
業務プロセス	資源追跡システムの利用
サービス	資源追跡システム

DXのビジネスモデルを可視化するために必要となる要素に対応するArchiMate要素を表7にまとめる。

表7 DXビジネスモデルを可視化するArchiMate要素

Table 7 ArchiMate elements to visualize DX business model.

ビジネスモデル項目	ADH ビジネスモデル要素
サービス提供者	ADH
キーパートナー	システム開発者, 資源提供者
資源	ベッド, 食事
経費構造	医療サービスシステム開発・運用経費
チャンネル	ADH 病院環境
収益構造	資源追跡システム利用料, 治療費
価値提案	病院内資源利用の最適化
対象分野	病院職員
顧客関係	資源追跡システムの利用
業務プロセス	資源追跡, 資源利用指示資源利用, 資源返却

DXのビジネスプロセスを可視化するために必要となる

要素に対応するArchiMate要素を表8にまとめる。

表8 DXビジネスプロセスを可視化するArchiMate要素

Table 8 ArchiMate elements to visualize DX business model.

ビジネスモデル項目	ArchiMate 要素
プロセス遂行者	病院職員 資源追跡システム
業務プロセス	資源追跡, 資源利用指示, 資源利用, 資源返却
資源	医療設備, 病院食
プロセスゴール	病院資源利用業務の効率化

### 4.2 ArchiMateによるDX推進図式の表現

3節で提案したArchiMateによる図式化手法によって、Aarhus デンマーク病院のDXを図式化した結果を述べる。なお、本稿ではArchiMate図式を作成するために、Archi[66]を使用した。

#### (1) 価値分析図

Aarhus デンマーク病院の価値分析図を図2に示す。

ここで、終点が三又の点矢線は影響関係を示す。この点矢線上の記号「---」は負の影響関係の水準を示している。無向線は関係があることを示す。始点が丸の矢線は、支店に接続するアクタが終点の活動に割り当てられる関係を示す。終点が三角の線はトリガ関係である。終点が三又の矢線はサービス関係を示す。黒菱形で所属関係を示している。

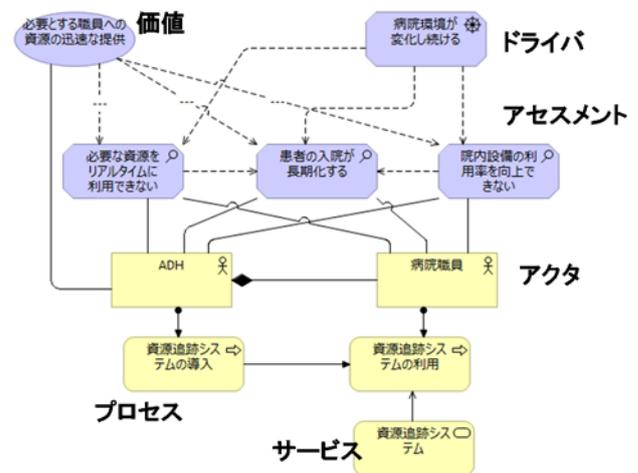


図2 価値分析図

Figure 2 Value Analysis Diagram in ArchiMate.

#### (2) ビジネスモデル図

Aarhus デンマーク病院のビジネスモデル図を図3に示す。この図では、資源の具体的な内容がベッド(設備)と食事(物質)であることを示している。また、資源についての情報を追跡するためにビジネスオブジェクトで追加した。さらに、チャンネルを病院環境としてADH病院(ロケーション)で示した。

ここで、白三角で実現関係を示している。終点が黒三角の点矢線はフロー関係を示している。

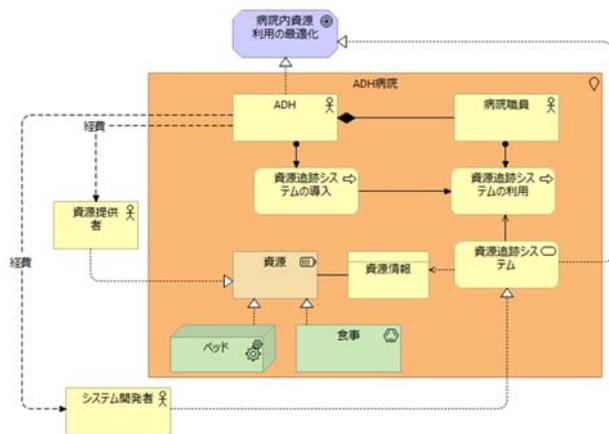


図 3 ビジネスモデル図

Figure 3 Business Model Diagram in ArchiMate.

### (3) ビジネスプロセス図

Aarhus デンマーク病院のビジネスモデル図を図 4 に示す。

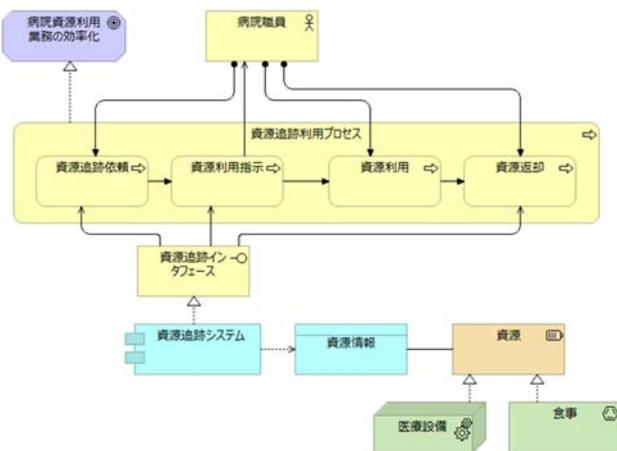


図 4 ビジネスプロセス図

Figure 4 Business Process Diagram in ArchiMate.

## 5. 考察

### 5.1 有効性

提案した DX の価値、ビジネスモデル、ビジネスプロセスを可視化する手法は、対象とした DX 事例に効果的に適用できた。ArchiMate を用いたことにより、一種類の図式を用いて、あらかじめ表で抽出した要素を記述できるため、簡単で効率的である。異なる 3 種類の図式の使い分けが必要ないため、ArchiMate だけを習得すればよいので習得経費を低減できる。

たとえば、表 9 に示すように、価値分析、ビジネスモデル、ビジネスプロセスを記述する図式は多様であり、異なる図式を組み合わせると DX を可視化しようとすると複雑になるという問題がある。これに対して、ArchiMate だけで DX 図式を作成できれば統一的で整合性を確保しやすいと考えられる。

また、表 9 に示す図であれば、ArchiMate で表現できるので、本稿で紹介した以外の図の組合せに対しても対応でき

る。

さらに、すでに定評のある手法を合わせているので、本稿で適用した事例以外に対しても DX に対する図式を容易に作成できると思われる。

表 9 DX を可視化する図式

Table 9 Diagrams to visualize DX.

分類	図式
価値分析	e3-value, i*framework
ゴール分析	GQM+Strategy, GSN, BSC BGSN, MBJT, DBSC, BMM
ビジネスモデル	BMC, CVCA, ARM
ビジネスプロセス	DFD, IDEF0, DEMO, BSC, BPMN, URN

### 5.2 適応性

ArchiMate の表現能力は高いので、今回選択した図要素と異なる要素を使うことで類似する図の組合せに対応することもできる。たとえば、図 5 は、価値分析、ビジネスモデル、ビジネスプロセスに対して、MBJT, BMC, BSC を組み合わせた場合のメタモデルである。

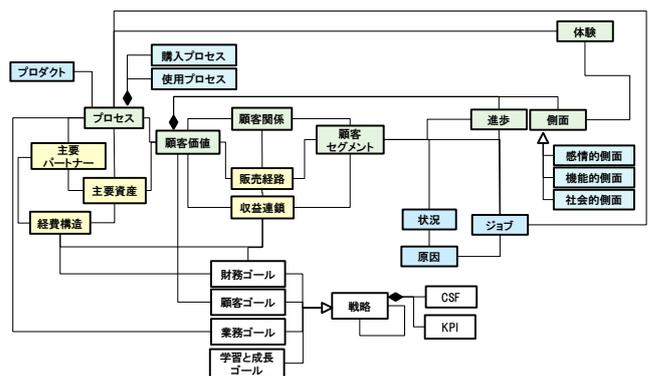


図 5 統合メタモデル

Figure 5 Integrated Meta Model for DX.

これに対して、図 6 は価値分析、ビジネスモデル、ビジネスプロセスに対して、MBJT, CVCA, BSC を組み合わせた場合のメタモデルである。

ArchiMate は、MBJT, BMC, BSC, CVCA を表現できるので[39, 40, 41], この 2 つのメタモデルに対応した図式を作成できる。

DX 推進指標では、価値創出、ビジネスモデル、ビジネスプロセスについて明確化することを求めている。しかし、上述したように、これら 3 種類を明確化する図式は多様である。したがって、価値創出、ビジネスモデル、ビジネスプロセスについて明確化したとしても、明確化する方法が多様であることから、明確化した内容についての比較が必要になると思われる。たとえば、DX では、異なる企業が参画するデジタルビジネスエコシステムの構築が求められる。この場合、異なる企業間でビジネスモデルやビジネスプロ

セスの相互連携性を確認する必要がある。

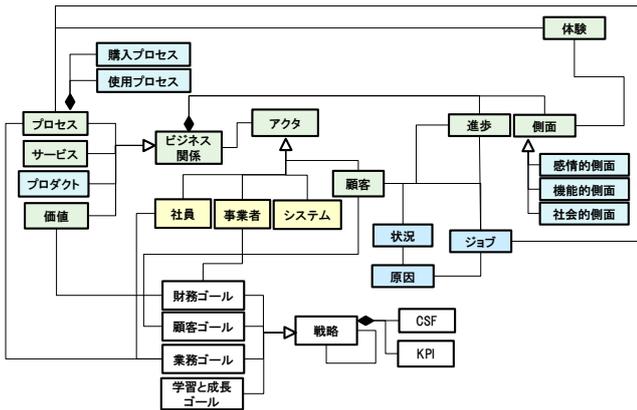


図 6 改訂統合メタモデル

Figure 6 Revised Integrated Meta Model for DX.

### 5.3 新規性

これまで、DX 推進指標のための図式としては、DBSC[57] が提案されている。DBSC では BSC に基づいて顧客価値や経営ゴールを充足する業務プロセスに対して DX 要求を明確化できる。しかし、ビジネスモデルについては対象としていなかった。本提案では、DX によって実現されるビジネスモデルについても可視化している点に新規性がある。また、BSC が自組織についてのゴールを定義しているの、BSC に基づく DBSC でも、特定企業の経営ゴールを達成するための DX 要求を明確化している。DX ではデジタルビジネスエコシステムの構築も重要な課題である。したがって、ビジネスモデルを定義することでデジタルビジネスエコシステムに参加する複数の企業の相互関係を明確化する必要がある。

永田[67] が 2000 年に提案した次世代デジタルエンタープライズでは、顧客要求に応じて、固有の競争力を持つ自律的なデジタル企業が動的に連携して製品やサービスを提供する概念を提案している。このデジタルエンタープライズでは、顧客が主導して、互いに協働する企業活動を迅速に駆動することを構想していた。このような自律的なデジタルエンタープライズの連携活動を実現するためには、企業が価値創造モデル、ビジネスモデル、ビジネスプロセスからなる DX 戦略を明確に定義するだけでなく、DX 戦略の動的な相互連携を保証する必要がある。すなわち、このようなデジタルエンタープライズ間の相互連携について考慮するために、異なるデジタルエンタープライズの DX 戦略が互いに連携できることを「合成適応性」として定義することを提案したい。デジタルビジネスエコシステムが成功するために、合成適応性について研究していくことが求められている。

### 5.4 限界

本稿では、ADH について提案手法を適用した。今後他の DX 事例にも適用するとともに、定量的な有効性の評価が

必要である。また、ADH への適用は、事例の解説に基づいて筆者が提案手法による ArchiMate 図式を後付けで作成している。DX を推進するためには、提案手法を DX 戦略の策定など DX プロジェクトの初期段階から適用して評価する必要がある。

また、本稿では図の最小性について考慮していない。3 種類の図を統合する過程で冗長性が発生する可能性がある。重複する要素をまとめることにより、冗長性のない図として再構成することが考えられる。この場合、図の最小性を定義して、最小化の可能性とそのための変換規則について検討する必要がある。

さらに、本稿で提案した手法を実際に展開するためには、教育教材を開発することにより、教育上の課題を解決していく必要がある。

## 6. おわりに

本稿では、ArchiMate を用いて、DX 推進指標で要請される価値分析図、ビジネスモデル図、ビジネスプロセス図からなる 3 つの DX モデル図の作成手法を提案した。この作成手順では、3 つの図式に対応する 3 種類の表をまず定義する。3 種類の表の構成要素ごとに ArchiMate 要素を対応付けることで、系統的に DX 図式を作成できる。また、提案手法を Aarhus デンマーク病院の DX 事例に適用することにより有効性を確認した。

DX 推進指標で言及された 3 種類の図式には、それぞれ異なる多数の図式がこれまでに提案されている。前述したように、今回提示した図の構成以外にもビジネス価値分析図、ビジネスモデル図、ビジネスプロセス図の表現には複数の組合せが考えられる。

今後の課題には、1) デジタル企業間の相互関係に向けて DX 要素表の次元を拡張すること、2) 提案した手法を用いて他の DX 事例への適用性を評価すること、3) ArchiMate で表現された 3 図式を統合して図式間の重複を最小化することなどがある。

## 参考文献

- [1] 経済産業省、「DX 推進指標」とそのガイダンス。  
<https://www.meti.go.jp/press/2019/07/20190731003/20190731003-1.pdf> (参照 2020-01-30).
- [2] 経済産業省、DX レポート～IT システム「2025 年の崖」の克服と DX の本格的な展開～、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/digital\\_transformation/20180907\\_report.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/20180907_report.html), (参照 2020-01-30).
- [3] Kaplan, R., Norton, D., The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance, Harvard Business Review. Jan-Feb. pp.71-79, 1992.
- [4] Yamamoto, S., A Comparative Analysis of Business Model Notations, Journal of Business Theory and Practice ISSN 2372-9759 (Print) ISSN 2329-2644 (Online), 2019, Vol. 7, No. 3, p. 111-123.
- [5] 山本修一郎, 疑問詞を用いたビジネスモデル記法の比較法. 信学技報. 2019, vol. 119, no. 274, KBSE2019-35, p. 71-76.
- [6] Aldin, L., de Cesare, S.. A Comparative Analysis of Business

- Process Modeling Techniques. UKAIS 2009. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 128, 2016, p.1-16.
- [7] Schoknecht, A., Thaler, T., Fettke, P. Similarity of Business Process Models—A State-of-the-Art Analysis. *ACM Computing Surveys*. 2017, vol.50, no.4, p.1-33.
- [8] Object Management Group.. Business Process Model and Notation, Version 2.0. 2011, <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>, (参照 2020-01-30).
- [9] Braun R., Burwitz M., Schlieter H., Benedict M.. Clinical Process from Various Angles –Amplifying BPMN for Integrated Hospital management. *International Conference on Bioinformatics and Biomedicine*. 2015, p.837-845.
- [10] Brown P., Kelly J., Querusio D.. Toward a Healthcare Business-Process Reference Model. *IT Pro*. 2011, vol.13, no.3, p.38-47.
- [11] Baslyman M., Almoaber B., Amyot D., Bouattane E.. Using Goals and Indicators for Activity-based Process Integration in Healthcare. *7<sup>th</sup> International Conference on Current and Future Trends of Information and Communication Technologies in Healthcare*. 2017, p.318-325.
- [12] Dietz, J.. The deep structure of business processes. *Communications ACM*. 2006, vol.49, no.5. p. 58–64.
- [13] Rima, A., Vasilecas, O., Smaizya, A.. Comparative Analysis of Business Rules and Business Processes Modeling Languages. *Computer Science and Techniques, Special Issues for Research Innovations Fundamentals*. 2011, vol.1, no.1, p. 52-60.
- [14] Osterwalder A, Pigneur Y.. *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. Wiley, Hoboken. 2010.
- [15] Chen A., Mehta K.. A Review of Telemedicine Business Models. *Telemedicine and e-Health* 19(4). 287-297.
- [16] Gailly F., Roelens B., Guizzardi G. (2016). The Design of a Core Value Ontology Using Ontology Patterns. *ER 2016 Workshops*. 2013, p.183-193.
- [17] Gordijn J., Akkermans, A.. Value-based requirements engineering: exploring innovative e-commerce ideas. *Requirements Engineering*. 2003, vol.8, no.2, p.114–134.
- [18] Gordijn, J., Akkermans, H.. Designing and evaluating e-business models, *IEEE Intelligent Systems*. 2011, vol.16, no.4, p.11-17.
- [19] Dantanarayana G., Wickramage C., Jayaweera P.. Goal Oriented Value Object Classification for Healthcare Service Development. *15th International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations (ICISO)*. 2014, p.135-144.
- [20] Kinderen S., Gaaloul K., Proper A.. Bridging value modelling to ArchiMate via transaction modelling. *Softw Syst Model*. 2014, vol.13, no.3, p.1043–1057.
- [21] Singh P., Jonkers, H. Iacob M., Sinderen M.. Modeling Value Creation with Enterprise Architecture. *16<sup>th</sup> International Conference on Enterprise Information Systems*. 2014, p.343-351.
- [22] Ishii, K.. Customer value chain analysis (CVCA). In: Ishii K (ed) *ME317 dfM: product definition course book*. Stanford Bookstore, Stanford University. 2010, p.1.3.1–1.3.8.
- [23] Donaldson, K., Ishii, K., Sheppard, S.. Customer Value Chain Analysis, *Research in Engineering Design*. 2006, vol.16, no.4, p.174–183.
- [24] Yu, E., Giorgini, P., Maiden, N., Mylopoulos, J.. *Social Modeling for Requirements Engineering*, MIT press. 2011.
- [25] Yu, E.. Towards Modelling and Reasoning Support for Early Phase Requirements Engineering. *3<sup>rd</sup> IEEE Int. Symp on Requirements Engineering*. 1997, p.226-235.
- [26] Yamamoto, S., Ibe K., Verner J., Cox K., Bleistein S.. Actor Relationship Analysis for i\* Framework. *ICEIS*. 2009, p.491–500.
- [27] Yamamoto, S.. Actor Collaboration Matrix for Modeling Business Values in ArchiMate, *proc. Asia Pacific Conference on Information Management 2016*, Vietnam National University Press, Hanoi. p. 369-378.
- [28] Yamamoto, S., Olayan, N., Morisaki, S.. Analyzing e-Health Business Models Using Actor Relationship Matrix, *Acta Scientific Medical Sciences*. 2019, vol.3, no.3, p.105-111.
- [29] Yamamoto, S., Olayan, N., Morisaki, S.. Using ArchiMate to Design e-Health Business Models, *Acta Scientific Medical Sciences*. 2018, vol.2, no.7, p.18-26.
- [30] Niven, P., *Balanced Scorecard Step-by-Step: Maximizing Performance and Maintaining Results*. Wiley. 2006.
- [31] Basili, V.R., Lindvall, M., Regardie, M., Seaman, C., Heidrich, J., Munch, J., Rombach, D., Trendowicz, A., *Linking Software Development and Business Strategy Through Measurement*, *IEEE Computer*. 2010, vol.43, no.4, p.57-65.
- [32] Kelly, T., *Arguing Safety, a Systematic Approach to Managing Safety Cases*, PhD Thesis, Department of Computer Science, University of York. 1998.
- [33] Yamamoto, S., *IT demand governance using Business Goal Structuring Notation*. *ICITCS 2016*. 2016, DOI:10.1109/ICITCS.2016.7740346.
- [34] The Open Group. ArchiMate® 3.1. Specification. C197. 2019.
- [35] The Open Group. TOGAF 9.2. Standard. C182. 2018.
- [36] Wierda, G.. *Mastering ArchiMate – A Serious Introduction to the ArchiMate Enterprise Architecture Modeling Language, Edition II*, The Netherlands Published by R&a. 2014.
- [37] Walters, E., Plais, A.. Using the ArchiMate® Modeling Language with BMM-- Representing the Concepts of the Business Motivation Model (BMM) using the ArchiMate 3.0 Specification. W179. 2017.
- [38] Object Management Group, *Business Motivation Model, Version 1.3*. 2015. <https://www.omg.org/spec/BMM>.
- [39] Gomes, P., Cadete, G., Silva, M., *Using Enterprise Architecture to Assist Business Continuity Planning in Large Public Organizations*, *2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI)*. 2017, p.70–78.
- [40] Yamamoto, S., *A Comparative Analysis of Business Model Notations*, *Journal of Business Theory and Practice* ISSN 2372-9759 (Print) ISSN 2329-2644 (Online). 2019, vol.7, no. 3, p. 111-123
- [41] 山本修一郎, ArchiMate によるビジネスモデル表現能力の検討. *信学技報*. 2019, vol.119, no.56, KBSE2019-04, p.25-30
- [42] Christensen C., Hall R., Dillson K. and Duncan D., *Competing Against Luck*. HarperCollins Publishers LLC. 2016.
- [43] 山本修一郎, MBJT-- モデルベースジョブ理論, *日本情報経営学会第75回大会*. 2017, p.237-240.
- [44] Yamamoto, S., Olayan, N., Fujieda, J., *e-Healthcare Service Design using Model Based Jobs Theory*, *InMed2018, Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services, Proceedings of 2018 Conference*. 2018, p.198-207.
- [45] Zhou, Z., Zhi, Q., Yamamoto, S., Morisaki, S., *A Proposal for Developing EA Models toward Innovation*, *8th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)*. 2019, p. 853-858.
- [46] Zhou, Z., Zhi, Q., Morisaki, S., Yamamoto, S., *IMAF—A Visual Innovation Methodology based on ArchiMate Framework*, *International Journal of Enterprise Information Systems*. 2020, vol.16, no. 1, p.31-52. DOI: 10.4018/IJEIS.2020010102
- [47] Iacob, M., Quartel, D., Jonkers, H., *Capturing Business Strategy and Value in Enterprise Architecture to Support 21 Portfolio Valuation*, *IEEE 16th International Enterprise Distributed Object Computing Conference*. 2012, p.11-20.

- [48] Iacob, M., Meertens, L., Jonkers, H., Quartel, D., Nieuwenhuis, L., Sinderen, M., From enterprise architecture to business models and back. *Software & Systems Modeling*. 2014, vol.13, no.3, p.1059–1083.
- [49] Caetano, A., Antunes, G., Bakhshandeh, M., Borbinha, J., Silva, M.. Analysis of Federated Business Models-- An Application to the Business Model Canvas, ArchiMate, and e3value. *IEEE 17th Conference on Business Informatics*. 2015, p.1-8.
- [50] Caetano, A., Antunes, C., Pombinho, J., Bakhshandeh, M., Granjo, J., Borbinha, J., Silva, M.. Representation and analysis of enterprise models with semantic techniques: an application to ArchiMate, e3value and business model canvas. *Knowledge Information System*. Springer. 2016. DOI 10.1007/s10115-016-0933-0.
- [51] Ahsan, K., Shah, H., Kingston, P.. Healthcare Modeling Through Enterprise Architecture: A Hospital Case, Seventh International Conference on Information Technology. 2010, p.460-465.
- [52] Meertens, L., Iacob, M., Jonkers, H., Quartel, D.. Mapping the Business Model Canvas to ArchiMate. *SAC'12*. 2012, p.1694-1701.
- [53] Sharaf A., Ammar H., Dzielski D., Enterprise Architecture of Mobile Healthcare for large Crowd Events. *International Conference on Information and Communication Technology and Accessibility*. 2017, p. 1-6.
- [54] Yamamoto, S., Zhi, Q.. ArchiMate Business Model Patterns to e-Healthcare, InMed2019. *Procedia Computer Science*. 2019, p.198-207.
- [55] Hinkelmann, K., Gerber, A., Karagiannis, D., Thoenssen, B., Merwe, A.. A new paradigm for the continuous alignment of business and IT: Combining enterprise architecture modelling and enterprise ontology. *Computers in Industry*. 2016, vol.79, p.77-86.
- [56] Kitsios, F. and Kamariotou, M.. Business Strategy Modelling based on Enterprise Architecture: A State of the Art Review. *Business Process Management Journal*. 2018, vol.25, no.4, p. 606-624.
- [57] 山本修一郎. ArchiMate による DX 推進指標のゴール分析手法. 第 25 回知識流通ネットワーク研究会. 2019, vol.25, no.1, p.1-6.
- [58] 山本修一郎, デジタル変革に向けたデジタルバランススコアカード DBSC の提案. *信学技法*. 2020, KBSE2019-41, p.19-24.
- [59] Nils Urbach, Maximilian Röglinger Eds., *Digitalization Cases, How Organizations Rethink Their Business for the Digital Age*, Springer. 2019.
- [60] 室脇 慶彦, IT 負債 基幹系システム「2025 年の崖」を飛び越えろ. *日経 BP*. 2019.
- [61] Bucchiarone, A., Dragoni, N., Dustdar, S., Larsen, S., Mazzara, M.. From Monolithic to Microservices – An Experience Report from the Banking Domain. *IEEE Software*. 2018, May/June, p.50- 55.
- [62] Richardson, C. *Microservice Patterns*. MANNING. 2018.
- [63] Blumberg, S., Bossert, O., Sokalski, J.. Five enterprise-architecture practices that add value to digital transformations. *Digital/McKinsey: Insights*. 2018.
- [64] Yamamoto, S. et al.. Another Look at Enterprise Architecture Framework. *Journal of Business Theory and Practice*. 2018, vol .6, no. 2, p.172-183.
- [65] Sven Meister, Anja Burmann, and Wolfgang Deiters, Digital Health Innovation Engineering: Enabling Digital Transformation in Healthcare: Introduction of an Overall Tracking and Tracing at the Super Hospital Aarhus Denmark, in Nils Urbach, Maximilian Röglinger Eds., *Digitalization Cases*. 2019, p.329-341.
- [66] Archi. <https://www.archimatetool.com/>.
- [67] 永田守男. 次世代デジタルエンタープライズのコンセプト. *信学技法*. 2000, KBSE2000-71, p.39-46.