

DX を加速する新・要求工学への要求 要求工学知識体系 REBOK の進化拡張の方向性

位野木 万里[†]

概要：従来型の要求工学の目的の一つは、開発の工業化であり、要求工学では、対象業務やドメインに精通する一部の専門家だけでなく、顧客にソリューションを提供する要求を合理的に獲得・仕様化し、システム開発へとスムーズに接続する技術開発が追求されてきた。DX の社会実装には、「問題発見」の側面が重視され、要求工学の技術体系の進化・拡張が必要と考えられる。要求工学のあるべき姿を明らかにするため、要求工学知識体系 REBOK の拡張に関して技術者へのヒアリングや関連研究の調査を実施した。ここでは、それらの結果を提示し、新ソフトウェア工学の構成要素でもある要求工学のあり方について問題提起する。

キーワード：要求工学, 要求工学知識体系, 要求工学知識体系のあるべき姿

Requirements for Requirements Engineering to Accelerate DX Toward Expanding Requirements Engineering Body of Knowledge

MARI INOKI[†]

1. はじめに

DX の社会実装において、イノベーションのアイデア創出からソフトウェアシステムの仕様化に至る技術体系を担う要求工学の役割は重要である。要求工学が目指すゴールの一つとして開発の工業化がある。要求工学には、対象業務やドメインに精通する一部の専門家だけでなく、顧客にソリューションを提供する要求を合理的に獲得・仕様化し、システム開発へとスムーズに接続することが求められてきた。イノベーションを起こすアイデアの創出とは、課題解決ではなく、問題発見である。DX の社会実装には、「問題の発見」を重視した、従来型の要求工学の進化・拡張が必要であると考えられる。

著者は、新・要求工学のあるべき姿を明らかにするため、要求工学知識体系 REBOK の進化・拡張を検討した。その過程で、デザイン思考と要求工学の融合や、アート思考への拡張等の関連研究を調査し、実際の技術者へのヒアリングを通して、新・要求工学知識体系 REBOK への「要求」について分析した。以下、ここでは、ソフトウェア工学の構成要素でもある要求工学にフォーカスし、従来型の要求獲得の考え方、従来型の要求工学を進化させる期待のある関連研究の状況、REBOK の進化・拡張の方向性について述べ、新・ソフトウェア工学に対して問題提起する。

2. 従来型の要求工学プロセス

図 1 に、要求定義に関する国際標準 (ISO/IEC/IEEE 29148 2ndEdition, 以下 29148 と略す) [1]が示す要求のスキームの関係性を示す。29148 では、対象となる要求の

スキームの例として、外界、組織、ビジネス、システム、ソフトウェアが対象であることを示している。要求は、開発対象のソフトウェアシステムの働きを示す機能要求と、各機能に横断して性能や使用性などの特性について示す非機能要求から構成される。29148 では、それらの機能要求、非機能要求の根拠を明らかにし、真の顧客要求に合致しているかどうかを確認可能にすることを目指し、外界ニーズ、市場、組織、ステークホルダとの関係性も考慮し、要求のスキームをとらえている。

図 2 に要求工学知識体系 REBOK に要求開発プロセスを示す[2]。REBOK では、要求定義は、要求の源泉であるステークホルダや関連文書を入力として、要求獲得、要求分析、要求仕様化、要求の検証・妥当性確認・評価のプロセスで構成され、要求の獲得状況に基づいて、これらのプロセスを相互に反復する。システム構築は、ここで獲得した要求に基づいて実施される。

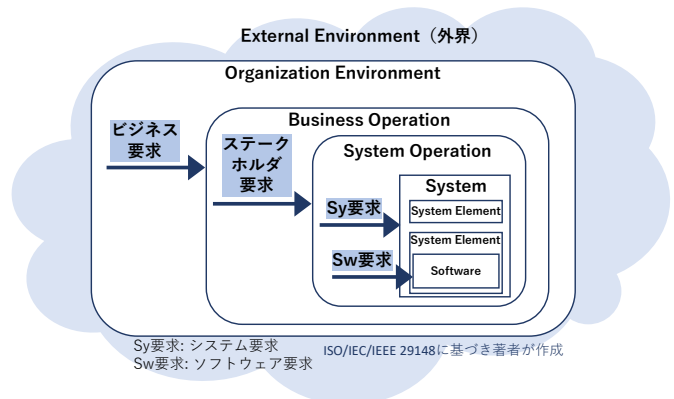


図 1 29148 のスキーム

[†]工学院大学
Kogakuin University

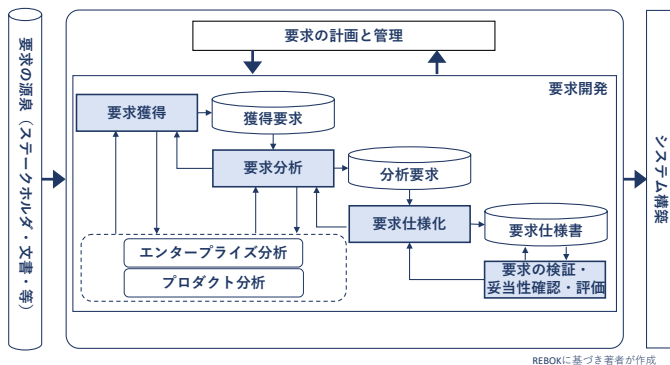


図2 REBOKによる要求開発プロセス

29148, REBOKが示すように、ソフトウェア工学、要求工学では、必ずしも技術者視点の解決策を開発することを目的としてきたわけではない。しかし、エンジニアリングが目指す一つのゴールとして、開発の工業化があり、対象業務やドメインに精通する一部の専門家でなくても、顧客にソリューションを提供する要求を合理的に獲得・仕様化し、システム開発へとスムーズに接続することが求められてきた。現状のソフトウェア工学、要求工学の狭い理解のままでは、DXを実践するための望ましい要求獲得への到達は困難であると考えられる。

3. イノベーションを加速する KCC

独創的なアイデアの創出や社会への問題提起を意識し、クリエイティブな成果を生み出すための思考のフレームワークとして、Krebs Cycle of Creativity (KCC) が提案されている[3]。KCCは、「Krebs Cycle (クエン酸回路)」と呼ばれる生物の代謝の化学反応のモデルにアナロジーを適用した、イノベーションを社会実装するための発想の循環モデルである。これは、人間で例えれば、食事で採った栄養の一部が消化の過程でクエン酸回路に取り込まれてエネルギーに代わるというものである。

図3はKCCのモデルを図式化したものである。KCCは、SEDAと呼ばれることもある、Science, Engineering, Design, Art のドメインが絡みあうことで、創造性のエネルギーとなって循環される、としている。

KCCは、例えば、自分自身（または組織）の位置づけを確かめ、時計回りや反時計回りに問い続けて、思考と行動を実行する羅針盤としての活用が有効である。例えば、反時計回りで次のように思考できる：イノベーションの社会実装のためには、Engineering 領域の中だけで行動しているのでは、イノベーションが起こせる可能性は低い。Science 領域で得られた科学技術が Art の領域においてどのような思想に影響し、その結果どのような行動が観察可能かを検討する。そして、そのような中でユーザーに提供できるソリューションを創造し、そのソリューションを実現するためにエンジニアリングを実践する。以上のように、視点を多様化し気づきを得ることに有効であると期待できる。

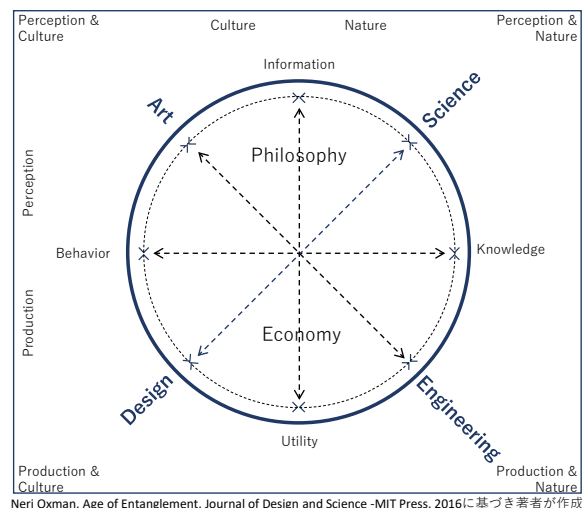


図3 KCC: Krebs Cycle of Creativity

4. デザイン思考と要求工学

顧客の要求は、「品質向上」や「コスト削減」、「納期短縮」だけでなく、「使用する際の心地よさ、楽しさ」等、多様化している。DXを実践するためのイノベーションの創出には、問題発見が必要である。例えば、「使用する際の心地よさ、楽しさ」に込めるなら、従来型のモデリング技術に加えた、新たな取り組みが必要であり、そのためにデザイン思考による要求獲得が有効であると考えられる。

デザイン思考は、Tim Brownが提案した思考法であり[4]、創造的な問題解決のための方法論である。デザイン思考は、顧客視点でアイデアを発想する考え方として、様々な場面で活用されている。デザイン思考による問題解決のプロセスは、図4に示す5つの要素から構成され、実際の問題解決ではこれらの要素の反復によって実践される[5]。

ところで、デザイン思考に基づくユーザ中心設計手法として、カスタマージャーニーマップ（以下、CJMと略す）を用いた要求の抽出手法がある。カスタマージャーニー（Customer Journey）概念が最初に適用されたのは、1999年IDEOによるAmtrakの鉄道、Acclaプロジェクトであったとされている[4]。

文献[4]において、鉄道を利用するユーザの旅（Journey）をいくつかのステップに分けて分析する過程で、新たなサービスの考案に至ったと述べられている。具体的には、「座席」のデザインのために、ユーザの旅を工程に分けて分析

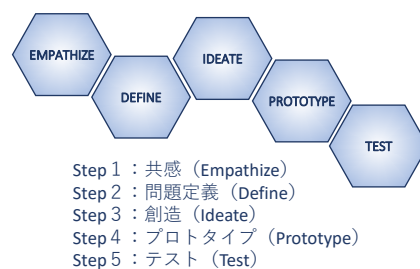


図4 デザイン思考による開発プロセス

したところ、ユーザが座席に着席する前に、座席への価値提供が可能な多くの機会の存在に気づかされたと示されている。

図 5 に CJM の記述例を示す。CJM は、商品を購入するまでの顧客行動の分析等、マーケティング分野でさかんに使われるようになった[6][7][8]。ICT に基づく情報システムやサービス開発の場面でも、顧客を含めたアイデアソンや開発初期のワークショップ等で、CJM が利活用されている。とくに、CJM に基づく要求獲得では、Customer Journey（顧客の旅）と呼ぶ一連の具体シーンを通して、顧客に価値を提供できる「顧客接点」を特定する機会を発見しやすい点が有効である。

Heln らは、デザイン思考と要求工学による開発プロセスで作成される成果物を比較分析し、それを統合してデザイン思考と要求工学による接続性を示す成果物モデルを提供している[9]。表 1 に、提示された成果物モデルの一部を示す。なお、本表は、Heln らの提案内容に基づき、著者らにより成果物の対応関係を記述したものである。

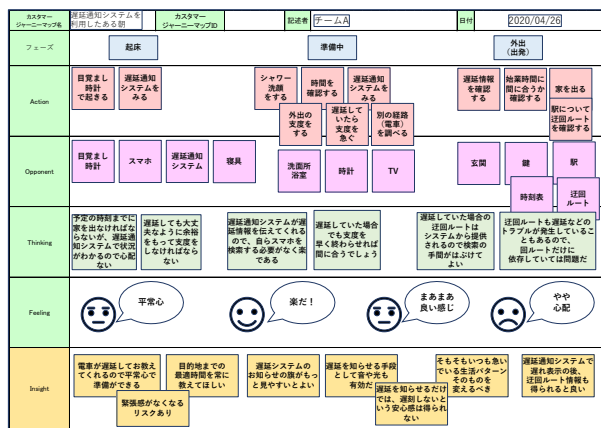


図 5 カスタマージャーニーマップの記述例

表 1 デザイン思考と要求工学の接続性を考慮した成果物

	Context Layer	Requirements Layer
Define	Design Challenge/Project Scope, Constraints/Constraint & Rules, Business Model/Case, Stakeholder Map/Stakeholder Model, Objectives & Goals, Domain Model, Design Space Map, Assumptions	High-Fidelity Prototype, Usability-Oriented Test Results, System Vision, Usage Model, Service Model, Process Requirements, Functional Hierarchy, Data Model, Deployment Requirements, Risk List, System Constraints, Quality Requirements, Glossary
Need Finding	Secondary Research, Field Studies	
Synthesis	Thematic Clusters, Personas, Customer Journey, Insights, Opportunity Areas	System Layer
Idea- tion	Solution Ideas	Architecture Overview, Function Model, Data Model, Component Model, Behavior Model, Glossary
Prototype and Test	Low-Fidelity Prototypes, Scope-Oriented Test Results, Medium-Fidelity Prototypes, Feature-Oriented Test Results	

表 1 に示すように、デザイン思考によって作成される成果物が Context Layer に示され、従来型の要求工学プロセスによって作成される成果物が Requirements Layer に、システム開発全体で共有される成果物が System Layer に定義されている。

提案されたモデルでは、Context Layer には、Persona, Customer Journey, Low-Fidelity Prototype, Medium-Fidelity Prototype があり、Requirements Layer には、High-Fidelity の Prototype, Usage Model, Service Model がある。これらの成果物が、デザイン思考と要求工学プロセスとの間の橋渡しの役割となり、連続性をもってデザイン思考によるユーザ中心の開発作業と、機能中心・技術中心の要求工学型による開発作業を結びつけることが提案されている。

5. アート思考とデザイン思考

エンジニアリングとデザイン思考はいずれも、課題を解決して実践することを目的とし、イノベーションを起こす圧倒的な起爆剤になるような「問題提起」をすることに軸足は向いていない。前述の KCC の思考のプロセスにおいて、従来型の課題解決アプローチとは異なる新たなアプローチの創出の可能性への期待から、「アート」思考の導入が注目されている[10]。

Jacobs によれば、アート思考を備えたアーティストは、自己の哲学、こだわりを作品に昇華させようとするメタ認知やマインドセットに特徴があるとしている[11]。表 2 に、Jacobs によるアート思考での特徴を示す。Jacobs によれば、アート思考が可能な能力とは、認知の視点から、メタ認知、アイデアのリソース（引き出し）を持つこと、美的感覚を内に秘めながら自ら何かを生み出そうと行動し、作品に向き合い、内省と作品への反映を継続できることが特徴としてあげられている。また、アーティストには、自己共感、直感重視、曖昧さを許容するというマインドセットを備えていることも強調されている。

アート思考による考え方のアプローチを教育やモノづくりの一連のプロセスに適用することで、創造的なモノづくりにいかす取組みが今後さらに重要になると考えられる。

表 2 アート思考の特徴

Cognitive strategies	Mindset
- Metacognition - Use of resource banks - Prolonged research - Problem-creation - Use of constraints and generators - Conversation with the work - Delaying closure - Reflection and evaluation of thematic coherence	- Emotional engagement - Intuition - Tolerance of ambiguity

6. メタプロセスフレームワーク

DX の実現には、従来型の工業化を追求したエンジニア

リング視点では不十分であるとして、エンタープライズアーキテクトにとって必要と考えられるモデリングフレームワークに関する研究がなされている。Barba らは、DX に関する体系的な研究調査を通して、エンタープライズモデリングフレームワークへの要求を提示した（表 3）[12]。表 3 の要求を満たすエンタープライズプロセスを備える組織は、ステークホルダの動機や意図を考慮し高度な IT 技術と複雑なビジネスプロセスを、データ主導による意思決定と、組織の柔軟性及び適応力でコントロールして、DX の実践が期待できる、としている。

本ワークショップのテーマである「DX（Digital Transformation）時代に向けた新たなソフトウェア工学（Software Engineering for Business and Society: SE4BS）に向けた枠組みと価値駆動プロセス SE4BS」[13]や、トランスフォーメーションに対応するためのパターン・ランゲージ[14]は、文献[12]のプロセスフレームワークの実現の一つと考えられる。これらは、従来型の組織のプロセス標準を発展させて、さらに組織風土や個人のマインドセットに対してイノベティブな行動に影響を及ぼす知見を共有しようとする取り組みと考えられる。

表 3 DX を実践するエンタープライズ
プロセスフレームワークへの要求

Framework Requirements	説明（著者が作成）
(R1) Process Architecture	ソフトウェアエコシステム全体を表すこと
(R2) Multi-Level Process Dynamics	様々なタイプやレベルのプロセスで構成すること
(R3) Enterprise and Process Goals	企業戦略とビジネスモデルを製品サービスの開発プロセスと連携させること
(R4) Trade-off Analysis	ステークホルダの優先度、システムの複雑さ、企業が目指すゴール等のトレードオフ分析を行うこと
(R5) Abstract Software Artifact Design	外界の変化に柔軟に適應することを考慮してソフトウェア設計を抽象化すること
(R6) Design-Use	創る（Design）プロセスと使うプロセスを区別すること
(R7) Plan-Execute	計画のプロセスと実行のプロセスを区別すること
(R8) Feedback and Feedforward Paths	過去からの指摘と未来への展望を反映できること
(R9) Process Cycles	開発プロセスサイクル（期間、頻度、リリースサイクル等）に基づいて改善すること
(R10) Social Actors	顧客を含む Social Actors を巻き込むこと

7. 要求工学への要求と問題提起

要求工学プロセスがどのように進化・拡張されるべきなのかを考察しまとめとする。図 6 は、図 2 の要求開発プロセスに対して、進化・拡張の方針と、関連する技術やテーマのキーワードを記述したものである。本キーワードは、情報サービス産業協会 エンジニアリング部会 要求工学

グループにおいて、企業の技術者、研究者らのヒアリングにより抽出された、新 REBOK が担うべき範囲への要求に基づいて作成している。これによると、要求開発プロセスは、ウォーターフォール型から、実際に動かし体験することで明らかになる要求を重視し、Agile 型、反復型の要求獲得プロセスがより求められると考えられる。これらのプロセスの実践では、社会に対する問題提起をするといった観点からの新たな要求を創成という意味での意思決定や方向づけへのアプローチが重要視されている。

要求獲得については、獲得の対象、扱うデータ、獲得方法そのものが幅広く多様化している。要求はそもそも決定が困難であることを受け入れた上で、あいまいな要求を合理的に獲得する手法が求められている。要求のモデリング手法は、開発や運用と一体化した要求獲得管理や、非機能要求と変更対応も含めたさらに高度なモデリングが必要である。そのような高度なモデリングには、AI に基づく推論や自然言語処理技術を積極的に活用して、仕様生成・検証の自動化を取り込むことも有効である。AI や機械学習を活用したソリューションの提供が要求にもなることから、そのようなソリューションの要求獲得・仕様化・検証の技術の開発も重要なテーマとなると考えられる。

DX を実践するには、問題提起、アイデア創出、プロトタイプ作成だけでは不十分であり、製品として具現化し、実社会で運用され、人々の行動の変革に至るまでをやりきる能力が必要である。ソフトウェア工学の重厚長大な開発プロセスを維持管理することにリスクはあるものの、組織のあるべき姿をエンタープライズプロセスフレームワークとして理解し、実現し、しなやかに実践しきることが求められている。

ところで、REBOK を現状の延長線上ではなく、さらに俯瞰したレベルで拡張することを検討する。図 7 に、新・要求工学のための思考のフレームワークとして、KCC サイクルと SE4BS が主張する知情意の視点で拡張した概念図を示す。KCC サイクルを加速してイノベーションの創出を実現するためには、こうしたいという「意」の存在が重要であり、この「意」の軸は、KCC とは直交する概念と考えられる。このような軸を整理することで、個人と組織のマインドセットとそれに付随した行動のコントロールをカバーする技術体系が整理可能なのではないかと期待できる。

8. おわりに

DX を社会実装するためには、「問題発見」の側面が重要であり、要求工学の技術体系の進化・拡張が重要である。要求工学のあるべき姿を明らかにするため、要求工学知識体系 REBOK の拡張に関して技術者へのヒアリングや関連研究の調査を実施した。DX の実践には、Science, Engineering, Design, Art の観点からの考え方や行動の融合が重要で、そのような融合を促進する手法やツールが求め

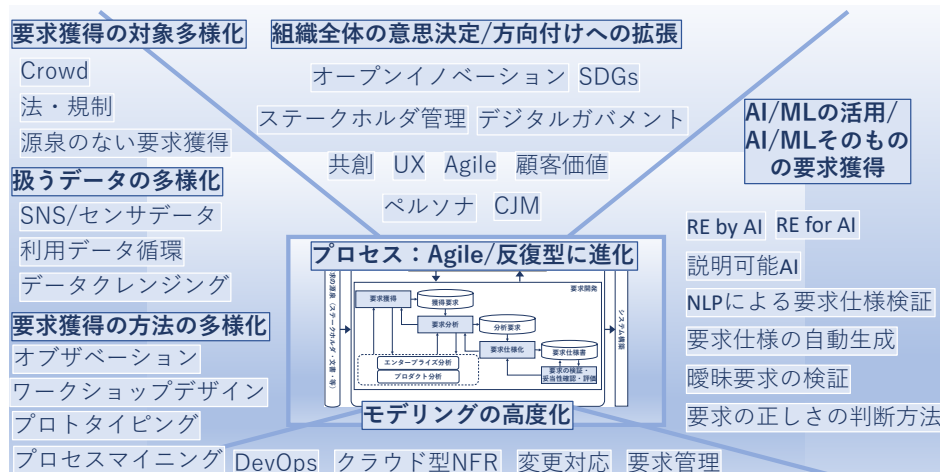


図 6 要求工学プロセスの進化拡張

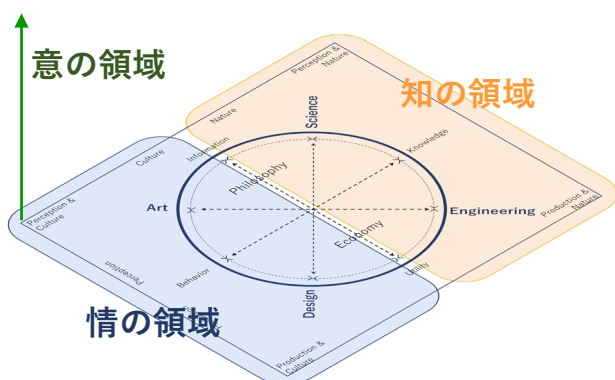


図 7 新・要求工学のための思考のフレームワーク：

KCC に知情意を融合する

さらに、DX の実現は、個人や組織のモチベーションや実行力も重要であり、知情意でいえば、「意」に相当する軸に該当する知見の共有が必要と考えられる。

謝辞

本研究の REBOK の拡張の検討は一般社団法人情報サービス産業協会 エンジニアリング部会要求工学グループでの活動に基づいて実施した。また、本研究の一部は文部科学省令和 2 年研究拠点形成費補助金 (Society5.0 に対応した高度技術人材育成事業)、成長分野を支える情報技術人材の育成拠点形成(enPiT)enPiT-Pro「スマートエスイー：スマートシステム&サービス技術の産業連携イノベティブ人材育成」(研究代表:早稲田大学)の助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] ISO/IEC/IEEE 29148:2018, Systems and software engineering — Life cycle processes — Requirements engineering
- [2] 一般社団法人情報サービス産業協会 REBOK 企画 WG, 要求工学知識体系, 近代科学社, 2011
- [3] Neri Oxman, Age of Entanglement, Journal of Design and

Science -, MIT Press, 2016

- [4] Tim Brown, Change by Design, Revised and Updated: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation, Harper Business, 2019
- [5] HASSO PLATTNER, Institute of Design at Stanford, An Introduction Design Thinking Process Guide, <https://dschool.stanford.edu/resources/getting-started-with-design-thinking> (参照 2020-07-25)
- [6] Jaeyeon Yoo, Younghwan Pan, Expanded Customer Journey Map: Interaction Mapping Framework Based on Scenario, HCI (27) 2014, Part II. of Proc. of HCI International 2014, Springer, pp.550-555, 2014
- [7] James Kalbach, (翻訳:武舎 広幸, 武舎 るみ), マッピングエクスペリエンス カスタマージャーニー, サービスブループリント, その他ダイアグラムから価値を創る, オライリージャパン, 2018
- [8] Mike West, People Analytics for dummies, For Dummies, 2019
- [9] Jennifer Hehn, Daniel Mendez, Falk Uebernickel, Walter Brenner and Manfred Broy, On Integrating Design Thinking for Human-Centered Requirements Engineering, IEEE Software, vol. 37, no. 2, pp. 25-31, 2020
- [10] Amy, Whitaker, Art Thinking : How to Carve Out Creative Space in a World of Schedules, Budgets, and Bosses, Harper Business, 2016
- [11] Jessica Jacobs, Intersections in Design Thinking and Art Thinking: Towards Interdisciplinary Innovation, CREATIVITY Vol. 5, Issue 1, 2018
- [12] Zia Babar, Eric Yu, Digital Transformation - Implications for Enterprise Modeling and Analysis, 2019 IEEE 23rd International Enterprise Distributed Object Computing Workshop (EDOCW), 2019
- [13] 鷲崎弘宜, 萩本順三, 濱井和夫, 関満徳, 井上健, 谷口真也, 小林浩, 平鍋健児, 羽生田栄一, DX 時代の新たなソフトウェア工学 (Software Engineering for Business and Society: SE4BS) に向けた枠組みと価値駆動プロセスの提案, 情報処理学会, 研究報告ソフトウェア工学, 2020-SE-204, No.17, pp.1-8, 2020
- [14] 独立行政法人情報処理推進機構 社会基盤センター, トランスフォーメーションに対応するためのパターン・ランゲージ (<https://www.ipa.go.jp/files/000082043.pdf>) (参照 2020-08-13)