

特集

Special Feature

[DX (デジタルトランスフォーメーション)：第2部 DXの技術と教育，人材育成]

4 イノベーション創出のための 要求工学の課題



—エンジニアリング，デザイン，サイエンス，
アート視点の融合による解決へのアプローチ—



位野木万里 | 工学院大学

イノベーション創出のための アイデアはどこからくるのか

DXの社会実装には、イノベーションのアイデアの創出が重要である。そのための技術として、ユーザ視点での問題発見解決など、ソフトウェア工学の中でも、要求工学を中心に新たな研究課題や解決策へのアプローチが提示されている。本稿では、そのような研究の現状と動向を示す。なお、ソフトウェア工学，要求工学については『情報処理』Vol.58 No.8の「特集：ソフトウェア工学の最前線～ソフトウェアが社会のすべてを定義する時代～」を参照されたい。

ソフトウェア工学では、分割統治，段階的詳細化により，あらゆる問題解決が可能であること，また，ソフトウェアを構成するアルゴリズムは，順次，判断，反復のロジックの組合せにより構成されるとして，開発プロセスやモデリング手法などの技術体系が構築されてきた。ソフトウェア開発プロセスは，企画・分析，要求獲得，設計，プログラム開発，テスト，運用・保守に至るライフサイクルに対して，タスクや主要成果物の在り方を定義し，生産性や品質を向上させるための手法や自動化技術に取り組んできた。

ソフトウェア工学の研究開発の1つのゴールとはソフトウェア開発の工業化であり，パターン化された開発，成果物の再利用，作業自動化により高品質な製品を短期間で効率的に開発することを目指している。このような従来型のソフトウェア工学，要求工学のみに固執すれば，DXを実践し，イノベーショ

ンを起こす新たな価値創出のアイデアの創出は困難であると考えられる。

新たな付加価値を創出するとは，課題を解決することではなく，問題を発見することである。DXの社会実装には「問題の発見」を重視した，開発プロセスが重要であると考えられる。ソフトウェア工学の中でも，要求工学を中心に，要求獲得の手法や考え方を拡張するような新たな研究課題や解決策へのアプローチが提示されている。以下，本稿では，要求獲得プロセスに注目し，従来型の要求獲得の考え方を踏まえ，今後どのように拡張すべきか，その方向性について最近の話題を取り上げて解説する。

従来の要求工学

要求工学が扱うスコープ

図-1に，要求定義に関する国際標準（ISO/IEC/

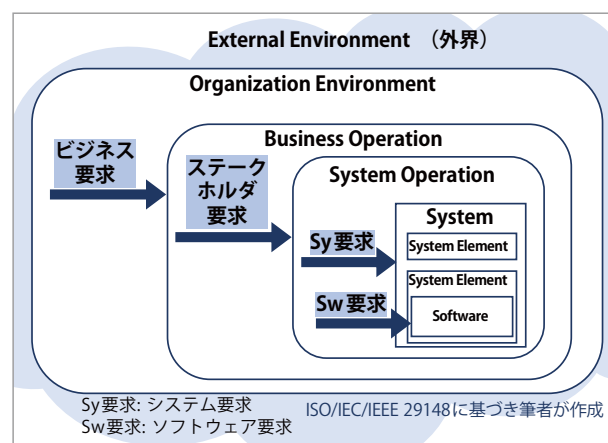


図-1 29148のスコープ

特集

Special Feature

IEEE 29148 2ndEdition, 以下 29148 と略す) による要求のスコープの関係性を示す。29148 では、対象となる要求のスコープの例として、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、要求のスコープを捉えている。

要求開発プロセス

ここで、具体的に要求工学を実践して要求を定義する要求開発プロセスについて説明する。図-2 に要求工学知識体系 REBOK による要求開発プロセスを示す¹⁾。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。

29148, REBOK で示すように、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1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 を実践するため望ましい要求獲得は困難であると考えられる。

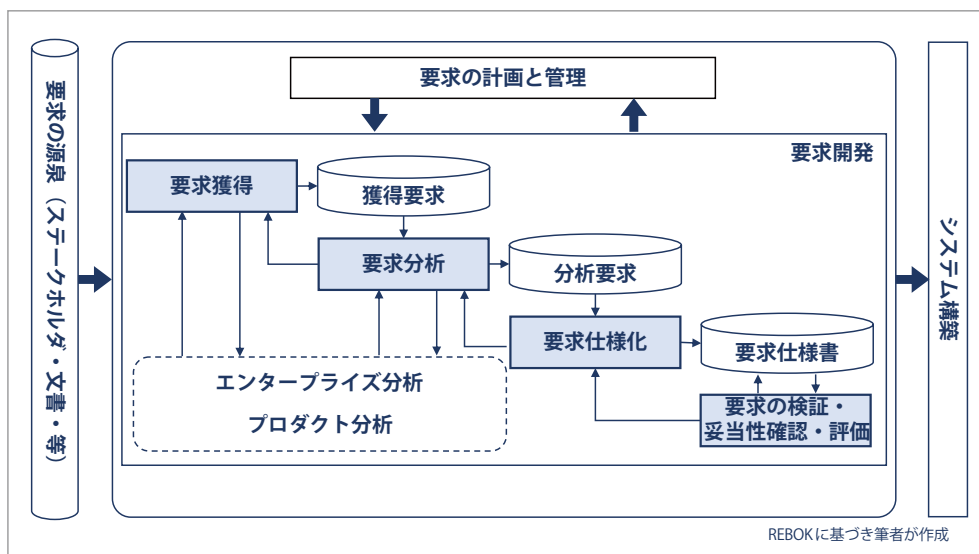
デザイン思考による要求獲得

デザイン思考と要求獲得

前述した REBOK¹⁾ によれば、要求獲得における代表的な技術として、要求の源泉となるステークホルダの識別のためのステークホルダマトリクスやペルソナ分析、現状業務やシステム化後の業務の流れを明らかにするためのシナリオ分析、課題発見、解決策の考案のためのゴール指向分析等が取り上げられている。これらの技術は、分析手法と分析結果の

可視化等のモデリング技術が中心であり、現状、実開発において活用され、DX の実践でも重要な技術と考えられる。

ところで、ここ数年で、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



■図-2 REBOK による要求開発プロセス

特集

Special Feature

イノベーションの創出には、問題発見が必要である。たとえば、「使用する際の心地よさ、楽しさ」に応えるなら、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。

デザイン思考とは、Tim Brown が提案した思考法であり²⁾、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、さまざま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-3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³⁾。

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、Acela プロジェクトであったとされている²⁾。文献2)によれば、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

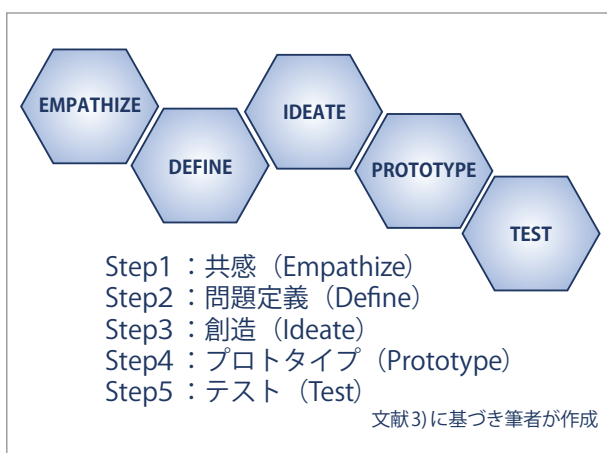
されている。

図-4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。IT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ィ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。特に、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。

デザイン思考と要求工学の融合の取り組み

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、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。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 らによる文献4)の内容に基づき、筆者らにより成果物の対応関係を記述したものである。

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, 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。



■図-3 デザイン思考による開発プロセス

特集 Special Feature

■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モデル

	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 Architecture Overview, Function Model, Data Model, Component Model, Behavior Model, Glossary
Idea- tion	Solution Ideas	
Prototype and Test	Low-Fidelity Prototypes, Scope-Oriented Test Results, Medium-Fidelity Prototypes, Feature-Oriented Test Results	

文献4)に基づき筆者が作成

クリエイティブなアイデアを創出するには

発想の循環モデル

デザイン思考では、ユーザ視点で課題を解決することに取り組むアプローチであるが、独創的なアイデアの創出や社会への問題提起については強く意識されていない。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。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クリエイティブな発想の循環のモデルである。これは、人間で例えれば、食事でとった栄養の一部が、消化の過程で

カスタマー ジャーニーマップ名	遅延通知システムを 利用したある朝	カスタマー ジャーニーマップID		記述者	チームA	日付	2020/04/26
フェーズ	起床 準備中 外出 (出発)						
Action	目覚まし 時計 で起きる	遅延通知 システムを 見る	シャワー 洗顔 をする	時間を 確認する	遅延通知 システムを 見る	遅延情報 を確認する	始業時間に 間に合うか 確認する
Opponent	目覚まし 時計	スマホ	遅延通知 システム	寝具	洗面所 浴室	時計	TV
Thinking	予定の時刻までに 家を出なければなら ないが、遅延通知 システムで状況が分 かるので心配ない	遅延しても大丈夫 なように余裕をも って支度をしなけ ばならない	遅延通知システムが 遅延情報を伝えてく れるので、自らスマ ホを検索する必要 がなく楽である	遅延していた場合 でも支度を早く終 わらせれば間に合 うでしょう	遅延していた場合 の迂回ルートはシ ステムから提供さ れるので検索の手 間は省ける	遅延していた場合 の迂回ルートはシ ステムから提供さ れるので検索の手 間は省ける	迂回ルートも遅延 などのトラブルが 発生していること もあるので、迂回 ルートだけに依 存しては問題だ
Feeling	平常心	平常心	平常心	平常心	平常心	平常心	平常心
Insight	電車が遅延して教 えてくれるので平 常心で準備がで きる	目的地までの最 適時間を常に教 えてほしい	遅延システムのお 知らせの旗がも つと見やすいと よい	遅延を知らせる 手段として音や 光も有効だ	遅延を知らせる だけでは、遅 刻しないうち に安心感が得 られない	遅延を知らせる だけでは、遅 刻しないうち に安心感が得 られない	遅延通知シ ステムで遅延 表示の後、迂 回ルート情報 も得られると よい

■図-4 カスタマージャーニーマップの記述例

特集

Special Feature

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-5 は KCC のモデルの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 の領域が絡みあうことで、創造性のエネルギー循環が起こるとしている。KCC はクリエイティブであり続けるための考え方の羅針盤として位置づけることができる。

KCC は、たとえば、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重要である。たとえば、本稿はソフトウェア工学、要求工学視点での DX 実践のためのプロセスについて論じているが、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というように、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。

アートの視点の導入

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。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。

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。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、メタ認知が可能で、アイディアのリソース（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挙げられている。また、アーティストには、自己共感、直感重要、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

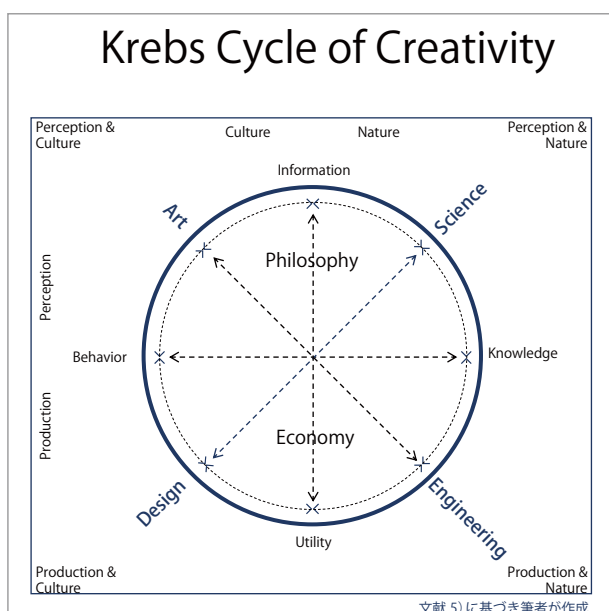


図-5 KCC : Krebs Cycle of Creativity (創造のエネルギーを生み出す思考のフレームワーク)

表-2 アート思考の特徴

アート思考における特徴	
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

Jessica Jacobs, Intersections in Design Thinking and Art Thinking: Towards Interdisciplinary Innovation, CREATIVITY Vol. 5, Issue 1, 2018, に基づき作成

特集

Special Feature

造的なモノづくりに活かす取り組みが今後さらに重要になると考えられる。

メタエンジニアリングプロセス 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)。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、組織の柔軟性や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。

また、国内では、従来型のソフトウェア開発プロセスを進化・拡張させる取り組みとして、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⁶⁾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^{☆1}が提案されている。これらは、組織のプロセス標準を超えて、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重要な取り組みで、今後さらなる議論や普及展開が期待される。

■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 (筆者が作成)
(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	さまざま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

Zia Babar, Eric Yu, Digital Transformation – Implications for Enterprise Modeling and Analysis, 2019 IEEE 23rd International Enterprise Distributed Object Computing Workshop (EDOCW), 2019, に基づき作成

要求獲得技術の進化拡張の 方向付け：今後の展望に変えて

ここまでの解説を踏まえて、改めて「従来の要求工学」で述べた従来型の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。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。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の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である。

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、

☆1 <https://www.ipa.go.jp/files/000082043.pdf>

特集

Special Feature

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。

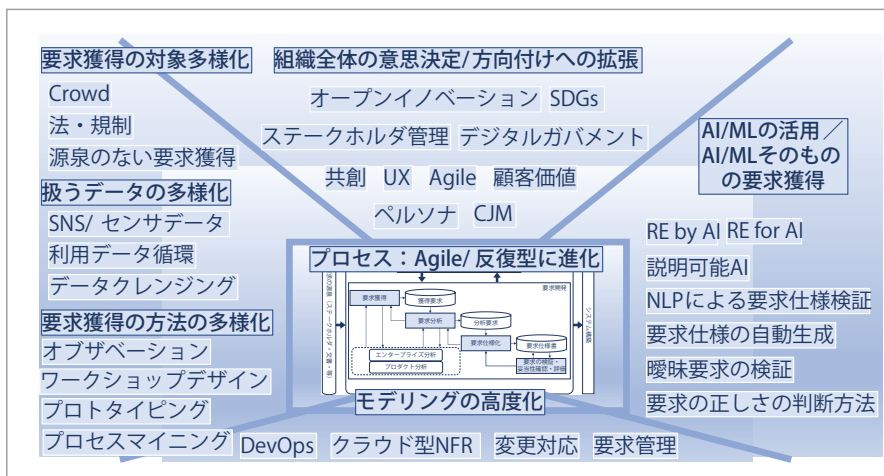
参考文献

- 1) 情報サービス産業協会 REBOK 企画 WG, 要求工学知識体系 (Requirements Engineering Body Of Knowledge : REBOK), 近代科学社 (2011).
- 2) Brown, T.: Change by Design, Revised and Updated : How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation, Harper Business (Revised, Updated) (2019).
- 3) HASSO PLATTNER Institute of Design at Stanford, Design Thinking Bootleg, <https://dschool.stanford.edu/resources/design-thinking-bootleg> (2020/02/29 参照).
- 4) Hehn, J., Mendez, D., Uebernickel, F., Brenner, W. and Broy, M. : On Integrating Design Thinking for Human-Centered Requirements Engineering, in IEEE Software, Vol.37, No.2, pp.25-31 (Mar.-Apr. 2020).
- 5) Oxman, N. : Age of Entanglement, Journal of Design and Science -MIT Press (2016).
- 6) 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 (SE), 2020-SE-204, No.17, pp.1-8 (2020).

(2020年7月31日受付)

■位野木万里 (正会員) m_inoki@cc.kogakuin.ac.jp

工学院大学情報学部コンピュータ科学科教授。2008年早稲田大学大学院理工学研究科情報・ネットワーク専攻博士課程修了。博士 (工学)。



■図-6 要求工学プロセスの進化拡張