

2.3.1 デジタル変革

(1) 研究開発領域の定義

デジタル変革領域は、社会や産業を、デジタル技術を利用して変革することを目的とした研究領域である。デジタル変革 (Digital Transformation : DX) はすべての産業分野が対象であり、企業においては、文化や風土を変革し、競争力を高めて業績に貢献することが、社会においては、Society 5.0といった目指す社会を実現することが変革の内容である。研究開発においては、現場を深く理解し洞察したうえで、新たな価値創出につなげることが必要となる。

(2) キーワード

情報通信、人工知能、モノのインターネット (Internet of Things:IoT)、ビッグデータ、5G、CPS (Cyber Physical Systems)、ブロックチェーン、デザイン、Society 5.0

(3) 研究開発領域の概要

[本領域の意義]

計算機の進展に伴い、情報だけでなくメディアもデジタル化することで計算機処理ができるようになった。さらにPC、インターネット、クラウド、モバイル、といったICTインフラが整い、モノのインターネット (Internet of Things : IoT) が現れたことで、モノの情報がデジタル化され、データとしてサイバー空間に持ち込まれるようになった。さらに、ディープラーニングの適用の広がりにより、サイバー空間でのデータ処理技術が質的に変化したことで、デジタル技術を利用して、社会や産業を変革しようとする機運が生まれた。デジタル変革によって、リアル空間とサイバー空間が融合したCPS (Cyber Physical Systems) を利用して、顧客に新たな価値を提供することで利益を増大させたり、目まぐるしく変化するビジネス環境に対応するレジリエンス (強靭性) やアジリティ (敏捷性) を備えたりできると期待されることから、企業の注目が集まっている。また、社会課題の解決のためにもデジタル技術を活用することが有効であると認識され、第5期科学技術基本計画では超スマート社会実現に向けた取り組みとしてSociety 5.0が提唱され、第6期科学技術・イノベーション基本計画においても、Society 5.0の実現を目指すとしている。デジタル変革は社会や産業を大きく変化させるという意義がある。

デジタル技術を研究開発する側からみると、新しいデジタル技術を創出することの重要性は変わらないものの、生み出したデジタル技術を社会や企業に浸透させる領域での研究開発がデジタル変革においては重要性を増している。デジタル技術を社会や企業に浸透させる領域においては、課題を明らかにして技術課題に落とし込むトップダウン型の研究開発が必要となる。情報科学技術分野においても、「デザイン」「スマート」「社会課題」などの言葉が多用され始めているが、以前からこれらの言葉を用いてきた土木や機械などの分野においてはトップダウン型の研究開発が推奨されている。

トップダウン型の研究開発において求められるのが「ストーリー」である¹⁾。どのように (how) 実現するのか、だけではなく、何を (what) なぜ (why) 行うのかに、より重きが置かれる。なぜこの研究開発を行わなければいけないのか、この研究開発における課題は何か、この研究開発で誰にどのような価値を提供するのか、といった事項を要求や要件を明確にしたうえで語るが必要となる。ストーリーを明らかにしながらデジタル変革の研究開発を進めることで、デジタル分野の研究者や技術者に限らない多様な人々を集めることができ、デジタル技術を利用して新たな価値を創出する動きを社会や産業のさまざまな場所で促進することができる。

[研究開発の動向]

デジタル技術の利用形態は、デジタイゼーション (digitization)、デジタルイゼーション (digitalization)、

デジタル変革と変化してきた。デジタイゼーションはアナログフォーマットをデジタルフォーマットに変えること、つまりデジタル化である。CD、デジタル放送などがその例であり、デジタル化によってビジネスの効率化や合理化、付加価値の追加などができる。デジタイゼーションはデジタルデータやデジタル技術を使って処理の自動化（場合によっては一部の自動化）を行う。デジタイゼーションが進んだデジタル革新では、デジタル技術を利用したビジネスモデルの変革や新しい価値の創出が行われるようになる。デジタル変革（digital transformation）という用語は2000年に発行された書籍Digital Transformation: The Essentials of e-Business Leadership²⁾のタイトルとして使われているが、この本はデジタイゼーションに関連した内容であった。デジタイゼーションの意味でデジタル変革という用語を提示したのは2004年に出た論文Information Technology and the Good Life³⁾である。この論文ではデジタルトランスフォーメーションにより情報技術と現実が徐々に融合して結びつく変化が起こるので、情報システム研究者はより本質的な情報技術研究のためのアプローチ、方法、技術を開発する必要があるとしている。現在のところデジタル変革の定義は使うコンテキストに応じて微妙に異なるが、いずれの定義でも、デジタル変革に必要な新技術を開発するというだけでなく、すでにあるさまざまなデジタル技術を利用することで引き起こされる、産業や社会の変革に焦点をあてている。

デジタル変革を推進するためにはデジタル技術を社会や組織に浸透させることが必要であるが、その研究の起点は、課題の発見にある。新たな技術を開発することも大事だが、それだけでなく、社会や組織の課題に気づき、課題と技術をマッチングさせることが重要となる。フィールドの要求や制約を抽出して具体的なモノを作り出すというデザイン学が、社会的・組織的課題とデジタル技術をマッチングさせる作業と類似していることから、Research through Design⁴⁾が提唱されたり、フィールドの問題を情報学から解決することを目指したフィールド情報学⁵⁾が提案されたりしている。Research through Designはデザイン学の分野である。デザインは現実の世界に適用可能な特定のソリューションを構造的に作り出すことを目的としている。デザインの知識や手法を利用して、別の領域でも使えるような汎用的な知識を作り出すことを目的として研究を進めようとするのがResearch through Designである。Research through Designでは人工物やプロトタイプデザイン（具体化）を利用して知識の一般化/抽象化を進める。Research through Designは特定の問題の解決策を探る研究で用いられることが多いが、デザインの分野のみならずHCI（Human-Computer Interaction）の分野でもResearch through Designが取り入れられ始めている。ただし、まだ確固たる枠組みが確立されているというところまでには至っていない。

(4) 注目動向

[新展開・技術的トピックス]

欧州のデジタル戦略

EUでは、2020年2月にShaping Europe's Digital Futureと題した文書⁶⁾をまとめた。デジタル技術を使って、以下の三つの柱に沿った施策を今後5年間で実施するとしている。

- ①人々の役に立つ技術
- ②公平かつ競争力のあるデジタル経済
- ③民主的かつ持続可能で開かれた社会

①では、人々のデジタルスキルの向上やインフラの構築といった施策を、②では、オンラインプラットフォームの責任強化とオンラインサービスの規則明確化を目的とした「デジタルサービス法」の提案や高品質データへのアクセス向上や個人情報の保護といった施策を、③では、炭素排出量削減や欧州グリーンディールに絡めた施策をそれぞれ打ち出している。

仕事の将来（Future of Work）

世界中でデジタル変革が仕事の将来（Future of Work）にどのような影響を及ぼすか、という議論が活

発になされている。特にシンギュラリティ（AI技術の進展が人間の能力を超える時点）が2045年にやってくる、としたカーツワイルの著書⁷⁾が出てから、AIに職を奪われるといった論調の記事が多く見られるようになり、Future of WorkとしてAI技術が発展した世界における仕事が議論されるようになった。Future of Workは人口統計の変化、技術の進展などに伴って以前から議論されてきたテーマであるが、デジタル変革の議論においても重要な視点である。デジタル化はその汎用性から、あらゆる業種や職種に影響を与え、仕事の質や生産性を向上させ、組織の効率化やレジリエンスの向上をもたらすといわれている⁸⁾。さらに、Uberのように、デジタル技術を活用して、自分の都合で働きたいときに働くようなgig worker（ギグ・ワーカー）を生み出すなど、デジタル変革は仕事の質的な変化も引き起こしている。

Covid-19によるデジタル変革の加速

2019年末に発見された新たな新型コロナウイルス感染症（Covid-19）の世界的な流行を受けて、対面での会議に代わってインターネットを利用したリモート会議の実施を余儀なくされたり、対面での授業の代わりにインターネットを使った遠隔授業が広く利用されるようになったりした。日本では、給付金の交付などを通して、行政手続きや医療のオンライン化が急務であるとの認識が広くなされた。またテレワークを困難にする押印といったビジネスプロセスの見直しも検討され、実行に移された。感染拡大が抑制されたあとのニューノーマル時代には、Covid-19流行以前にはあまり進んでいなかったリモートワークなども含めて、デジタル変革の必要性があらためて認識され、デジタル変革の推進が加速されている。リモートワークの議論は、直接的にFuture of Workとして仕事のやり方の変革に関係している。

Web3.0、DAO、NFT

インターネットの進化を、電子メールとウェブサイトを中心としたWeb1.0、スマートフォンとSNSに特徴付けられるWeb2.0と捉えて、次のインターネットとして提唱されているのが、Web3.0である。現在のインターネットを支配しているAmazon、Alphabet、Metaなどの巨大プラットフォームを排して、ユーザー自身が個人データやアイデンティティを保持して管理できるようなアプリケーションを実装できるインターネットとしてWeb3.0は提唱されている。従来、非中央集権的インターネットと呼ばれていたものである。Web3.0は分散台帳技術であるブロックチェーンをベースに実装される。現在のインターネット上でも、DAO（Decentralized Autonomous Organization：分散型自律組織）やNFT（Non Fungible Tokens：非代替性トークン）といったアプリケーションが作成されているように、当面Web3.0はWeb2.0と共存していくと想定される。

DAOはブロックチェーン上で運営されているデジタル的な組織であり、ソフトウェアによる合意形成やスマートコントラクトを使って自律分散的に統治される。そのため、特定の人やグループのマネジメントが無くても運営することができる。

NFTはブロックチェーンに所有権を記録することで、デジタルデータの非代替性（唯一性）を担保するという特長を持っている。ただし、現在のところ、所有者やデータへのリンクの記録の非代替性を担保するだけであり、デジタルアートやトークン化された資産といった所有しているデータそのものはコピーできる。非代替性を担保することから、クリエイターが所有権を維持する手段として利用できるため、クリエイターの経済圏を作ることができるのではないかと期待されている。経済財政運営と改革の基本方針2022（いわゆる骨太の方針2022）で、NFTやDAOの利用等のWeb3.0の推進に向けた環境整備の検討を進める、と記載されたことから注目を集めている。

一方、DAOやNFTは今のところ投機的な目的で利用されることが多いことに注意が必要である。DAOで運営されていたBeanstalk社で、フラッシュローン（超短期のローン）を使って過半数のガバナンストークンを入手した人物が、すべての資産をその人物の口座に移す決議を実行し、すべての資産を奪われた事件が発生している。これは、そのような攻撃が可能であるという懸念が示されていたにもかかわらず、対策をしなかつ

たために起こった事件である。NFTについても、ポンジスキーム（いわゆる出資金詐欺）ではないか、という指摘がある。

メタバース

3次元の仮想空間で、没入感のあるユーザーエクスペリエンスを提供し、実空間と同様に仮想空間内でコンテンツの売買などの経済活動ができる。経済活動を支える技術はNFTやデジタル通貨である。

Facebook社が2021年8月にメタバースを事業の中心に置くために社名をMeta社に変更する、と発表したことから、メタバースが注目を浴びた。その後、日本では日本メタバース協会¹、メタバース推進協議会²、Metaverse Japan³、日本デジタル空間経済連盟⁴、バーチャルシティコンソーシアム⁵などのメタバース関連団体が乱立している。また、経済産業省はMeta社が発足する以前に仮想空間の今後の可能性と諸課題に関する調査報告書⁶を発表したり、総務省では2022年8月からメタバース等の利活用に関する研究会が開催されたりしている。世界経済フォーラムでも、メタバースのガバナンス（安全・安心、相互運用）、価値創造（インセンティブとリスク）、新たなバリューチェーンによる影響などを検討する「メタバースの定義と構築」イニシアチブが2022年5月に発足した。

[注目すべき国内外のプロジェクト等]

国内に関しては、IoTをはじめとするDXで利用される情報技術については、戦略研究、SIP、ムーンショット等さまざまな取り組みが行われているので、研究開発プロジェクトではなく、DXそのものを推進しようとするプロジェクトを挙げる。

経済産業省の取り組み

経済産業省は平成30年にDXレポート⁷を発表している。これは企業のDXを推進するため現状と課題を明らかにしたレポートであるが、同時に経済産業省自身のDXを推進することを決め、経済産業省デジタル・トランスフォーメーションオフィスを設置し⁸、法人・個人事業主向け行政手続きをデジタル技術で簡素化するための「法人デジタルプラットフォーム」の実現を目指している。

さらに、令和3年から4年にかけて、DXレポート2（中間取りまとめ）⁹、DXレポート2.1（DXレポート2追補版）¹⁰、DXレポート2.2（概要）¹¹を発表して、目指すべきデジタル産業の姿・企業の姿や、具体的な方向性・アクションを提示している。

日本経済団体連合会の取り組み

日本経済団体連合会は2020年5月にDigital Transformation（DX）～価値の協創で未来をひらく～と

- 1 <http://japanmeta.org/>
- 2 <https://jmpc.jp/>
- 3 <https://metaverse-japan.org/>
- 4 <https://jdsef.or.jp/>
- 5 <http://shibuya5g.org/research/>
- 6 <https://www.meti.go.jp/press/2021/07/20210713001/20210713001.html>
- 7 https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/20180907_report.html
- 8 https://www.meti.go.jp/policy/digital_transformation/index.html
- 9 <https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201228004/20201228004.html>
- 10 <https://www.meti.go.jp/press/2021/08/20210831005/20210831005.html>
- 11 https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/covid-19_dgc/pdf/002_05_00.pdf

題した提言⁹⁾をまとめている。デジタル変革を「デジタル技術とデータの活用が進むことによって、社会・産業・生活のあり方が根本から革命的に変わること。また、その変革に向けて産業・組織・個人が大転換を図ること」と定義している。企業におけるデジタル変革への取り組み指針や、デジタル変革を推進するための規制のあり方についての提言をまとめている。

デジタル庁の取り組み

2021年9月に発足したデジタル庁はデジタル社会の実現に向けた重点計画を策定し、「生活者、事業者、職員にやさしい公共サービスの提供」、「デジタル基盤の整備による成長戦略の推進」、「安全安心で強靱なデジタル基盤の実現」の3つの柱を注力領域として定義し、精力的な活動を続けている¹²⁾。生活者、事業者、職員にやさしい公共サービスの提供として、マイナンバーカードの普及に努めたり、すべての行政手続きをスマートフォンで提供できるような取り組みを進めたりしている。また、デジタル基盤の整備による成長戦略の推進として、データの取り扱いルールを策定したり、データの整備・公開を進めたりしている。さらに、安全安心で強靱なデジタル基盤の実現として、ガバメントクラウドの整備や国際連携強化を通じたDFFT (Data Free Flow with Trust) の推進を行っている。

EUの取り組み

EUではデジタルヨーロッパプログラムと呼ばれるデジタル変革を加速するためのファンディングプロジェクトが2021年から2027年にかけて実施されている。予算額は7年間で75億8800万ユーロである。デジタル革新のための必要なインフラ構築、競争力強化、技術主権確保が目的で、スーパーコンピューティング分野に22.3億ユーロ、AI分野に20.6億ユーロ、サイバーセキュリティ分野に16.5億ユーロ、先端デジタルスキル分野に5.8億ユーロ、経済・社会全体でのデジタルの幅広い利用確保に10.7億ユーロが投資される計画である。経済・社会全体でデジタルの幅広い利用確保では、デジタルイノベーションハブと呼ばれるネットワークの構築・強化を目指している。

(5) 科学技術的課題

デジタル変革を支える情報技術の中で、CPSのベースとなっているIoT技術と通信技術、これから活用が期待されるブロックチェーン技術を、さらにCPSを利用する上で課題となる、セキュリティとデータ管理を挙げる。

クラウドとエッジの機能分担

IoTにより、さまざまなモノに取り付けられたセンサーから多種多様で玉石混交なデータがインターネット上を飛び交うことになる。それらのデータの交通整理を行うための研究開発が必要である。例えば、データの要・不要をクラウドで学習して、不要なデータはエッジ側で廃棄する判断ができるような技術が望まれる。監視カメラのデータのような画像データはデータ量が多いので、エッジ側で適切な処理ができるように機能分散できれば、ネットワーク上のトラフィックを削減でき、無駄な電力も減らせ、コスト削減にも役立つ。どのようにクラウドとエッジの機能を定義し、それを実現するかが課題である。詳細な説明が「2.5.5 IoTアーキテクチャー」にある。

beyond 5G

IoT時代の無線通信に求められる属性である、超低遅延、多数同時接続を実現するものが5Gだと期待さ

12 <https://www.digital.go.jp/policies/report-202109-202208/>

れている。5Gの超低遅延通信が実現すれば、建設機械やロボットをリアルタイムに遠隔操作できるようになる。多数同時接続が実現すればあらゆる機器をネットワークに接続できるようになる。さらに5Gには超高速・大容量通信という属性もあり、多種多様なトラフィックを収容できるようになると期待されている。5Gの次であるbeyond 5Gで、これらの属性の高度化や新たな機能の研究開発をしていくことが技術的課題である。「2.6.2 無線・モバイル通信」に詳細な説明がある。

ブロックチェーン

ブロックチェーンは、ネットワーク上に「ブロック」と呼ばれるデータの塊を「チェーン（鎖）」のように連結していく分散台帳の一つである。台帳の整合性を保つためにP2P（Peer to Peer）ネットワーク技術と合意形成アルゴリズムが使われるので「分散」台帳と呼ばれる。さらに、取引情報の中にプログラムを組み込むことで、取引条件に応じて契約を自動化できるスマートコントラクトも実装されている。仮想通貨ビットコインの技術として注目を集めたが、近年ではWeb3を実現するための技術として期待される。利用範囲を広げていくにあたって、トランザクション処理の拡張性（スケーラビリティ）を高めること、トランザクションの真正性確定（ファイナリティ）の安定性を高めること、マイニングなどブロックチェーンの維持・運用に必要な電力消費を削減することなどの技術課題がある。

サイバーフィジカルセキュリティ

IoTですべてのモノがインターネットにつながり、サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合した社会になると、電力ネットワークや水道といった社会インフラがサイバー攻撃される可能性がある。そのため、サイバー空間からの不正アクセスを防ぐセキュリティ技術が重要である。あるサイバー攻撃を防ぐようにセキュリティ技術が進化すると、そのセキュリティを突破するようにサイバー攻撃が進化し、進化した攻撃を防ぐようにセキュリティ技術が進化するという具合に、防御と攻撃はいたちごっこが続くので、セキュリティ技術は継続して開発する必要がある。また、セキュリティ技術だけでなく、不測の事態の発生を遅滞なく検出する監視体制の整備や、ユーザーにセキュリティ意識を醸成するためのセキュリティ教育も重要である。サイバーフィジカルセキュリティに関する詳しい説明は「2.4.1 IoTシステムのセキュリティ」や「2.4.2 サイバーセキュリティ」に記載している。

安全・安心なデータ管理

デジタル変革ではデータを集めて保管し利用する。個人情報のようにデータの取り扱いに法的な制限がかけられている情報も含め、あらゆる情報を適切に収集し、解析し、利用する技術の開発が求められる。信頼できないハードウェアやオペレーティングシステムを含む計算機環境でも安全にデータを取り扱えるセキュリティ技術の創出、オープンな環境でもプライバシーを確保する技術の創出、データの自由な流通と個人情報の安全性確保を両立するデータ駆動プラットフォームの研究などが必要である。「2.5.6 デジタル社会インフラ」や「2.4.3 データ・コンテンツのセキュリティ」に詳細な説明がある。

(6) その他の課題

現場と技術をつなぐ人材とそれを含めたチームビルディング

デジタル技術を社会に浸透させる研究開発を加速するには、現場と技術をつなぐ「カスタマーサクセス」に求められるスキルを持った人材を研究開発に含めることが求められる。現場にある顧客ニーズを深掘りするためには、現場に深入りする必要があるからである。書籍「カスタマーサクセスとは何か」¹⁰⁾には、そういった人材に向く特性として、「共感性を持つ」、「論理やデータを優先して意思決定する」、「関係性を重視し、長期・全体へ目配りできる」、「自分と違うタイプの人と知り合うのが好きで、影響力を生かした協業がうまい」、「未知のことに挑戦し、未踏のフロンティアを歩くのが好き」という5点が挙げられている。ビジネスエコシステム

を構築しながら事業開発をする人と言っても良い。ディレクター、プロデューサー、チャンピオンなどと呼ばれることもある。

カスタマーサクセス人材と御用聞きとは異なる。御用聞きのように、特定の顧客しか見ていないと、いわゆるアカウントマネジャーになってしまう。カスタマーサクセス人材は上記のように「関係性を重視し、長期・全体へ目配り」しながら、新たなビジネスエコシステムを構築する。コンソーシアムなどの成否も、カスタマーサクセス人材の存在が肝となる。参画している多様なステークホルダーそれぞれに共感し、すべてのステークホルダーの間にウィン-ウィンの関係性を構築していくことができれば、コンソーシアムは成功する。

今まで、日本ではこのようなカスタマーサクセス人材を研究開発分野において、きちんと評価してこなかった。そのため、研究開発分野にカスタマーサクセス人材が入ってきていない。研究から産業化までをつなぐためには、事業開発の経験のあるカスタマーサクセス人材と研究者・技術者との掛け合わせを考えていかなければいけない。カスタマーサクセス人材にリソースをより重点的に分配していく必要がある。

研究開発プロジェクト構成

デジタル変革領域に関連する研究開発プロジェクトは、先端研究、実用化研究から産業化領域まで分野横断で進めていくことに特徴がある。米国のNSFやDARPAが長期にわたって継続的に支援し続けているCPS (Cyber Physical System) やEUのArtemisやFIWAREなどが代表的である。これらのプロジェクトは組み込みシステムなど技術に立脚した分野であっても、研究と産業化の接続を意識して分野横断で進めており、産業界が主導しているプロジェクトも多い。また、さまざまな産業領域が出口となるとともに、分野横断で進めることになるため、多くのステークホルダーを集めた大規模な「アンブレラ」プロジェクトを構成することもある。

米国とEUの研究開発プログラムのアプローチには違いもある。米国は、NSFがアカデミア中心、NISTやDARPAが実用化を見据えた社会実装、業界団体が産業化を担うという構造になっているように思われる。人材の流動性がこれらの接続を滑らかにし、先端研究から産業化まで連携がなされている。EUは、トップダウン型であるべき社会の姿に向けて研究プログラムが組成され、実用化に至る道筋までを政策でつなげる構造になっているように見受けられる。

人材の流動性に乏しいわが国においては、欧州のトップダウン型プログラムの方が、親和性が高いように思われる。産業界なども巻き込み、トップダウン型でアンブレラ型プロジェクトを組成することが、デジタル変革を推進する一つの方策となり得る。

（7）国際比較

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	各国の状況、評価の際に参考にした根拠など
日本	基礎研究	○	→	beyond 5Gとして、通信についての基礎研究を推進。社会科学と自然科学が連携した研究の支援は増加してきている。
	応用研究・開発	○	↗	政府のデジタル化を目指したデジタル庁が設立され、国・地方行政のIT化やDXが推進されている。
米国	基礎研究	○	→	NSF、DARPA、NISTといったファンディングエージェンシーが連携して、基礎研究から、実用化まで支援。
	応用研究・開発	◎	→	巨大プラットフォームを中心にデジタルを生かしたビジネスモデルが新たに生まれ続けている。
欧州	基礎研究	○	→	Horizon EuropeやDigital Europeなどのトップダウンであるべき社会の姿を示して基礎研究を支援。
	応用研究・開発	○	→	ドイツはIndustrie4.0を掲げ製造業のデジタル化推進。
中国	基礎研究	○	→	国家重点研究開発として、基礎研究から応用研究までを接続した研究を推進。
	応用研究・開発	◎	→	国家主導でデジタル化を推進。国内向けの巨大プラットフォームも出現。
韓国	基礎研究	○	→	基礎研究の重要性は認識しているものの、具体的なアクティビティーが見えない。
	応用研究・開発	○	→	ICTの普及は世界的にトップレベルである政府のデジタル化も進んでいる。

（註1）フェーズ

基礎研究：大学・国研などでの基礎研究の範囲

応用研究・開発：技術開発（プロトタイプの開発含む）の範囲

（註2）現状 ※日本の現状を基準にした評価ではなく、CRDSの調査・見解による評価

◎：特に顕著な活動・成果が見えている

○：顕著な活動・成果が見えている

△：顕著な活動・成果が見えていない

×：特筆すべき活動・成果が見えていない

（註3）トレンド ※ここ1～2年の研究開発水準の変化

↗：上昇傾向、→：現状維持、↘：下降傾向

関連する他の研究開発領域

- ・都市環境サステナビリティ（環境・エネルギー分野 2.7.1）
- ・IoTシステムのセキュリティ（システム・情報分野 2.4.1）
- ・サイバーセキュリティ（システム・情報分野 2.4.2）
- ・データ・コンテンツのセキュリティ（システム・情報分野 2.4.3）
- ・IoTアーキテクチャー（システム・情報分野 2.5.5）
- ・デジタル社会インフラ（システム・情報分野 2.5.6）
- ・無線・モバイル通信（システム・情報分野 2.6.2）

参考文献

- 1) 森川博之「ストーリーとしての研究開発」『電子情報通信学会誌』100巻7号(2017):635-641.
- 2) Keyur Patel and Mary Pat McCarthy, *Digital Transformation: The Essentials of e-Business Leadership* (McGraw-Hill, 2000).
- 3) Erik Stolterman and Anna Croon Fors, "Information Technology and the Good Life," in *Information Systems Research: Relevant Theory and Informed Practice*, eds. Bonnie Kaplan, et al. (Boston: Springer, 2004), 687-692., https://doi.org/10.1007/1-4020-8095-6_45.
- 4) John Zimmerman, Jodi Forlizzi and Shelley Evenson, "Research through design as a method for interaction design research in HCI," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (New York: Association for Computing Machinery, 2007), 493-502., <https://doi.org/10.1145/1240624.1240704>.
- 5) 京都大学フィールド情報学研究会 編『フィールド情報学入門：自然観察、社会参加、イノベーションのための情報学』(東京：共立出版, 2009).
- 6) European Commission, "Shaping Europe's digital future," https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/shaping-europe-digital-future_en, (2023年2月4日アクセス) .
- 7) Ray Kurzweil, *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology* (Penguin Books, 2005).
- 8) Chartered Quality Institute (CQI) / International Register of Certificated Auditors (IRCA), "A CQI Quality Futures Report: The Future of Work, March 2020," <https://www.quality.org/article/cqi-launches-new-report-future-work>, (2023年2月4日アクセス) .
- 9) 一般社団法人日本経済団体連合会「Digital Transformation (DX)：価値の協創で未来をひらく」<https://www.keidanren.or.jp/policy/2020/038.html>, (2023年2月4日アクセス) .
- 10) 弘子ラザヴィ『カスタマーサクセスとは何か：日本企業にこそ必要な「これからの顧客との付き合い方」』(東京：英治出版, 2019).