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］

6 DX が提起する人材，教育，雇用のデジタル化

基応専般

青山幹雄 | 南山大学

はじめに：DX が提起する人材と教育，雇用の課題

DX（Digital Transformation）とはデジタル技術による事業／社会の変革により社会や顧客の問題解決，価値創出を図ることである☆1．DX の広がりに伴い，DX を推進する人材不足が指摘されている．DX を推進する人材とはデジタル技術を活用する人材という意味でデジタル人材とも呼ばれることから，以下，デジタル人材と呼ぶ．これまで IT 人材と呼ばれてきた受託型開発の人材に対しデジタル人材に求められるスキル，能力は異なる．これはデジタルスキルギャップと呼ばれ，その不足はデジタルスキル危機（Digital Skill Crisis）と呼ばれている．デジタルスキルギャップは大学を含む教育，雇用へも影響する．

我が国でもさまざまな立場からデジタル技術を活用できる技術者，あるいは，データサイエンティストの育成に関する議論がある．しかし，DX は組織全体の変革であることから，組織内のすべての人が必要なデジタル技術のリテラシを身につけ，活用できる必要がある．このような参画こそが DX の目標であり，事業／社会変革が成功する鍵である．

一方，DX の進展はデジタル破壊（Digital Disruption）と呼ばれる非デジタル事業を廃業に追い込む作用もある．これは雇用にも影響する．

本稿では，図 -1 に示すように，相互に関係する人材，教育，雇用に対する DX の影響と提起されている課題，取り組みを解説する．あわせて，DX が提起する情報処理教育の課題について述べる．

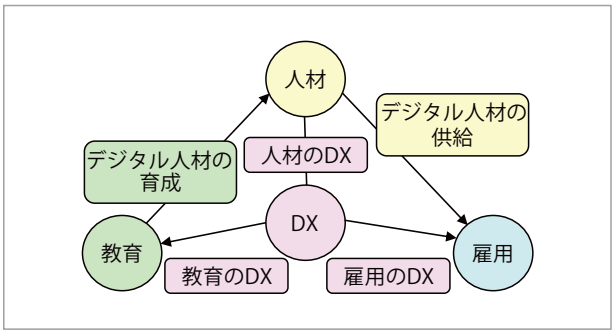
人材の DX

DX の目指す組織変革はビジネスモデルや業務とともに，人材と企業文化の変革も求められる．図 -2 は著者が三位一体の DX と呼ぶ DX 推進アプローチである．

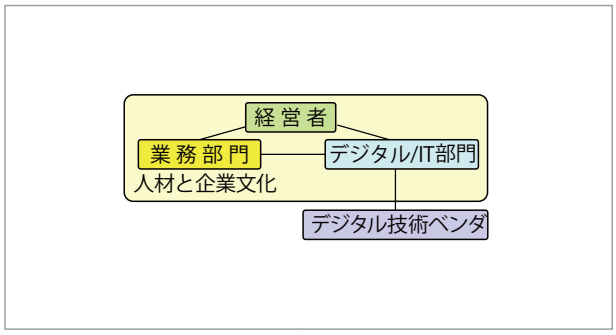
本稿では，図 -2 に基づき次の 4 つの組織におけるデジタル人材像を示す．

(1) 経営者

DX 推進には経営層のリーダシップが不可欠であることが広く認識されている．DX に焦点を当てれば DX の実務的推進役として CDO（Chief Digital Officer）を設ける企業が増えている．国内の企業では CDO の設置比率はまだ低いが金融分野が最も多く，約 13.6% の



■図 -1　DX が提起する人材，教育，雇用の変革



■図 -2　三位一体の DX 推進アプローチ

© 2020 Information Processing Society of Japan

企業で設置している[☆2]．CIO（Chief Information Officer）が兼務をする事例もある．CDO, CIO の能力としてはともに技術と経営の両面に通じている必要がある．

一般に CDO と CIO の役割は表 -1 のように異なる．

技術面では CDO はデジタル技術を活用し，顧客接点（Engagement）を拡張する SoE（Systems of Engagement）を担当する．一方，CIO は企業内業務システムや ERP（Enterprise Resource Planning）などの SoR（Systems of Record）に対し，業務の生産性向上などを担当する．しかし，本特集の著者による別稿で示したように，DX を成功させるにはこれらの 2 つを並行して進める必要がある．DX 推進のためには，この 2 つの責務の位置づけと経営の視点からの連携が求められる．

Kane らは，DX 推進を初期，発展，成熟の 3 段階に分け，初期段階で CDO の強いリーダシップが求められることを明らかにした[1]．Wade らはグローバルな CDO 調査に基づき，CDO に求められる最も重要な資質としてデジタル技術に関するコンピテンシと信用性（Credibility）を明らかにした[☆3]．また，CDO の 70% が外部からの雇用であることも示している．我が国では CDO に求められるデジタルコンピテンシを持った人材はユーザ企業には限られることから，いわゆるベンダ企業からの人材流動が起きている．

(2) 事業部門

事業部門では業務内容に応じてデジタル技術を活用できる人材への転換が求められる．たとえば，HILLTOP 社では，工場の製造をプログラム化することにより，工場を無人化するとともに，製造に従事していた人がオフィスからプログラミングですることで遠隔製造を可能とした．工場のオペレータからプログラマへの転換である．詳細は本特集の山本氏による別稿を参照願いたい．

Kane らは DX 初期段階の企業は 72% が人材不足と回答しながら，組織内の人材を活用している割合は 20% 未満であることを明らかにした[1]．これに対して，DX 成熟企業では 80%以上がデジタル技術を活用しており，人材不足は 20% 未満である．このことから，人材がデジタル化の進展に対応できるように企業内での継続的学習（Continuous Learning）の重要性が示唆されている．

経済産業省の「DX レポート」ではユーザ企業とベンダ企業でのデジタル人材の比率を現在の 30 対 70 から 50 対 50 にするように提言している[☆4]．これは，ユーザ企業の IT/ デジタル部門に加え業務部門でもデジタル人材の育成を示唆したものである．

(3) デジタル /IT 部門

我が国ではユーザ企業の情報システム開発をベンダ企業が受託開発するビジネス構造が長年続いてきたことから，IT 人材の約 70% がベンダ企業に所属している．さらに，ユーザ企業における IT 投資の約 80% がレガシーシステムの保守に費やされている．このため，ユーザ企業，ベンダ企業ともに，IT 人材が新たな技術を学び，スキルアップする機会の妨げとなっている．このような保守に従事する人材の高齢化とそれに伴う退職による保守継続性も問題である．

(4) デジタル技術ベンダ

デジタル技術ベンダには DX を推進するパートナーとしての役割が期待されている．DX は事業変革であることから，経営層者のビジネスモデル変革，事業部門の業務変革，IT のプラットフォーム変革に至る広範な問題に対応できる人材が求められる．デジタル人材と従来の受託開発人材との間にはデジタルスキルギャップがある．

従来の IT ベンダの役割は主としてシステム開発であった．しかし，DX はその目標が業務変革であることから，業務変革を支援できるコンサルティンタントな

☆2 https://juas.or.jp/activities/research/it_trend/
☆3 https://sloanreview.mit.edu/article/how-to-choose-the-right-digital-leader-for-your-company/
☆4 https://www.meti.go.jp/press/2018/09/20180907010/20180907010.html

■表 -1 CDO と CIO

比較	CDO	CIO
責務	DX を推進し，新たな価値創出	業務の生産性向上
起点	顧客	組織内の業務部門
技術	デジタル技術	IT（ERP など）

© 2020 Information Processing Society of Japan

どの人材が必要になっている．

デジタル人材には，新事業創出のために顧客を起点とする要求工学やデザイン思考などを PoC（Proof of Concept）を通して実践できる技術が求められる．このプロセスでは顧客行動データなどを収集し，問題発見や要求の獲得に活用できる必要もある．このための人材としてデータサイエンティストへの期待が高まっている．しかし，データサイエンティストが職務名を起源とすることから，その人材像，役割は多様である[2]．また，データを活用して実世界の問題を解決するためにはデータサイエンティストのみでは不十分である．データサイエンティスト，データエンジニアなどの関連する人材に必要なスキル，能力を明確にする必要がある．

さらに，問題解決を実装するためのアジャイル開発や DevOps，これらを支援するクラウドなどを含む技術を活用できる新たな技術者像も明らかにする必要がある．

一方，従来から利用されてきたレガシーシステムの保守やリエンジニアリングも必要である．しかし，レガシーシステムの保守は今後成長が見込まれず，技術者のモチベーションを維持することも困難であることから，人材の転換が課題である．

教育の DX

DX が提起する教育の課題を企業内教育と大学教育に分けて解説する．

企業内教育

DX 推進のために企業内で新たな教育プログラムの開発と実践が行われている．このような教育の目標は次の 3 つに分類できる．

(1) デジタル技術を活用できる人材の育成

DX における重要な技術はデータの活用であることから，データサイエンティストなどの育成．また，実装面ではアジャイル開発などを実践できる人材の育成．

(2) 顧客の問題を発見，解決できる人材

デザイン思考や要求工学とデータ分析，機械学習などの技術を応用して，顧客の問題の発見と解決を主導できる人材．

(3) 経営問題の解決

DX が事業変革であることから，ビジネスモデルデザインや BPM（Business Process Management）などを応用して業務の分析とリエンジニアリングを主導できる人材の育成．

DX 推進の観点からは CDO に求められる信用性などのように非認知能力と呼ばれる意欲，メタ認知，リーダシップなどの社会的適性，創造性も重要である．

また，企業内教育では教育プログラムが実務と連携している必要がある．GE（General Electric）社で長年実践されてきた Work-Out は教育プログラムの成果を組織変革と直結させている．古畑らと著者は，Work-Out の概念を発展させ，2004 年から企業内でのトップレベル人材育成プログラムを開発し，実践してきた[3]．このプログラムでは，技術，実践（問題発見と解決），哲学（リーダシップなど）の 3 つの目標を設定している．受講者は業務改革を具体的課題として設定し，その解決策を約 9 カ月間で提案する．

このような人材育成プログラムは開発と実践に技術，人材，コストを要することから，産学連携も実現の一方法である．

大学教育

デジタル時代の大学教育の課題

人材のスキルシフトは世界的に大学教育を含むすべての教育の見直しを提起している．新型コロナ禍により授業がオンラインになったことを契機に，改めて大学教育の価値が問われている．大学教育における DX の主要な問題は次の 3 つがある．

(1) 教育内容

デジタル人材を育成できる教育内容が必要である．デジタル技術を活用して問題発見，解決ができるカリキュラムが求められる．

(2) 教育方法

デジタル技術を活用した教育方法や問題発見などの能

© 2020 Information Processing Society of Japan

力育成方法，教育評価方法などの研究開発が必要である．

(3) 教師の能力とスキル

教師がデジタル人材を育成する教育内容を，デジタル技術を活用して教えられる能力が必要である．

情報処理教育とデータサイエンティスト教育

我が国でも大学においてデータサイエンティスト教育を行う専門学科の設立が増えている．しかし，データサイエンティスト教育は統計などの数理的教育に傾きがちであるため，それを応用してシステムを開発する情報処理技術の教育は限られている．一方，従来の情報処理教育では実世界のデータ分析などが入っていない．このことから，デジタル人材の育成ではどちらも不十分であるとの指摘がある[4]．Krishnamurthi らはコンピュータ科学における CS1 クラス（初年度）でデータサイエンスとデータ構造をまとめてデータ中心コンピューティングとして教える科目を導入し，実践している[4]．

情報処理技術の新たな研究機会

DX は情報処理技術の研究にも変革をもたらす．データ駆動科学，工学（Data-Driven Science and Engineering）の考えを敷衍すればデータ駆動アプローチによる情報処理研究の新たな機会の幕開けとなる．

社会のデジタル化に対応した包括的教育改革

デジタル社会ではあらゆる人にデジタルリテラシーを求められる．社会全体の包括的な教育の在り方の議論が必要である．

EU ではインダストリー 4.0 を背景に，デジタルコンピテンシの定義とそれに基づく包括的教育改革が進められている．2018 年に改訂された DigComp 2.1[☆5] では基礎から高度専門家までの 8 段階のコンピテンシレベルを定義している．2018 年に発表された Digital Education Action Plan[☆6] では，次の 3 領域で 11 のアクションプランが提示されている．

a）デジタル技術を活用した教育訓練

b）デジタルコンピテンシとスキルの開発

c）データ分析／予測技術を応用できる教育（AI，戦略的予測など）

また，初等中等教育の改革に関するレポートも 2019 年に発行されている[☆7]．

英国政府は 2018 年にオンライン授業による新たな教育プログラム“The Institute of Coding（IoC）”[☆8] を開始した．対象は大学生と社会人である．

一方，米国では個々の大学による新たな教育の取り組みがある．たとえば，ジョージア工科大学はオンラインによるコンピュータ科学修士課程 OMS CS（Online Master of Science in Computer Science）を 2014 年に創設し，これまで 1 万人以上の学生が入学している[☆9]．このようなオンラインコースは他大学へも広がっている．オンライン授業は距離や教室の物理的制約がないことから，従来の制約で守られてきた大学のデジタル破壊を招く可能性がある．

雇用の DX

DX がもたらす雇用構造の変化

人材シフトは雇用シフトをもたらす．米国の代表的金融企業である Goldman Sachs の New York 本社では 2000 年に 600 名いたトレーダを，2 名を残して解雇し，2017 年時点で 200 名のデジタル /IT 技術者がそれを代替している[☆10]．同社の約 9,000 名の従業員の約 1/3 がデジタル /IT 技術者となっている．

このような背景から，近年，DX による雇用への影響に関する研究が欧米を中心に活発となっている．DX は社会全体の雇用に影響するとともにデジタル /IT 技術者の雇用にも影響している．この 2 つの雇用を分けて解説する．

(1) 社会全体の雇用への影響

DX による雇用の消失，いわゆる，雇用のデジタル

☆5 https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/ eur-scientific-and-technical-research-reports/digcomp-21-digital-competence-framework-citizens-eight-proficiency-levels-and-examples-use

☆6 https://ec.europa.eu/education/education-in-the-eu/digital-education-action-plan_en

☆7 https:// eacea.ec.europa.eu/ national-policies/eurydice/content/digital-education-school-europe_en

☆8 https://instituteofcoding.org/

☆9 https://omscs.gatech.edu/

☆10 https://www.technologyreview.com/2017/02/07/154141/

© 2020 Information Processing Society of Japan

破壊と DX が創出する新たな雇用に関する多くの議論がある．Larsson らはデジタル技術が雇用にもたらす正負の影響を指摘している[5]．その中の上位 5 つの影響を表 -2 に示す．

(2) IT/ デジタル産業内の雇用への影響

IT/ デジタル技術者の雇用に関して経済産業省のレポートでは従来型 IT 人材とデジタル人材（レポートでは先端 IT 人材と呼ぶ）に分けて，2030 年までの雇用需給を予測している[☆11]．2030 年時点で，デジタル人材は 55 万人の不足に対し，従来型 IT 人材は 10 万人余剰となる．これは，IT 産業内でも雇用の変動が起こることを示唆している．

DX がもたらす雇用形態の変化

Uber などのデジタルプラットフォームを活用した仲介型ビジネスモデルが広がっている．これらのビジネスモデルでは，たとえば，車で移動したい人も車を提供する人もともに顧客である．車を提供する人は雇用者とはならない．ソフトウェア開発におけるクラウドソーシングも同様である．このような新たな労働形態は次のような特徴と課題がある．

(1) 車の運転者やソフトウェア開発者などサービス提供者の労働機会は短期間，動的，不安定：いつ，どれだけの期間働く機会があるか分からない．

(2) 仕事がタスク単位に細分化．画像のタグ付けやデータ入力など高度なスキルを必要とせず，単純労働となる．賃金低下を招き，スキル向上の妨げとなる．

(3) 仲介者（プラットフォーマ）の優位性．仲介者が機会を提供することから，仲介料率の設定などで仲介者が優位となる．

米国では 2015 年に約 2,000 万人が何らかの形でこのような仕事に従事しているとの報告がある[☆12]．しかし，これらの仕事はいまだカテゴリが明確になっていない．Gray らはこのような仕事をゴーストワーク（Ghost Work）と呼び，新たな低賃金労働を生むなどの問題を指摘している[6]．

情報処理教育の変革を

DX が提起する人材，教育，雇用は社会全体の課題である．特に，欧米の大学で進んでいる大学における情報処理教育の見直しは，今後，我が国においても問題となるであろう．皆様がこのような問題に関心をもたれ，情報処理教育の変革に取り組まれることを期待する．

☆11 https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/houkokusyo.pdf

■表 -2　デジタル技術がもたらす雇用への影響

アドバンテージ（正の影響）	チャレンジ（負の影響）
自動化によるすべての雇用の代替	ある種の労働や業務プロセスはより大きく影響を受ける
自動化や AI が新たな専門家の雇用機会を増大	自動化や AI は新たな専門家を生むが，その他の雇用機会を奪う
自動化に影響される労働者はスキルシフトにより雇用機会を確保	スキルシフトができない，あるいはその意欲がない労働者がいる
リスキルできない労働者が新たな労働に従事	社会の中であるグループ間での格差を生む
新たな，より自由な雇用を生む	非定型／非定常的で劣悪な雇用

参考文献

1) Kane, G. C., et al. : The Technology Fallacy, MIT Press (2019).
2) Fayyad, U., et al. : Toward Foundations for Data Science and Analytics, Harvard Data Science Review, pp.1-34 (Jun. 2020).
3) Kobata, K., et al. : Curriculum Development Methodology for Professional Software Engineers and Its Evaluation, Proc. of TALE 2014, IEEE, pp.480-487 (Dec. 2014).
4) Krishnamurthi, S., et al.: Data-Centricity: A Challenge and Opportunity for Computing Education, CACM, Vol.63, No.8, pp.24-26 (Aug. 2020).
5) Larsson, A., et al. : The Digital Transformation of Labor, Routledge (2020).
6) Gray, M. L. et al., Ghost Work, Houghton Mifflin Harcourt (2019).

(2020 年 8 月 30 日受付)

☆12 https://www.pewresearch.org/internet/2016/11/17/gig-work-online-selling-and-home-sharing/

■青山幹雄（正会員）　mikio.aoyama@nifty.com

南山大学理工学部ソフトウェア工学科教授．博士（工学）．ソフトウェア工学，要求工学，機械学習を Web ソフトウェア，自動車ソフトウェアなどを対象に研究と教育に従事．2018 年経済産業省「DX に向けた研究会」座長．2020 年経済産業省「デジタルトランスフォーメーションの加速に向けた研究会」座長．

© 2020 Information Processing Society of Japan