

Web データに基づく企業のデジタルトランスフォーメーション 活動評価システム WISDOM-DX の検証

奥村 明俊[†] 市瀬 規善[†] 久寿居 大[†] 石川 開[†] 鳥澤 健太郎[‡] 大竹 清敬[‡]

[†] 独立行政法人 情報処理推進機構 (IPA) 〒113-6591 東京都文京区本駒込 2-28-8

[‡] 国立研究開発法人 情報通信研究機構 (NICT) 〒619-0289 京都府相楽郡精華町光台 3-5

E-mail: [†] {ak-okumu, n-ichino, d-kusui, k-ishika}@ipa.go.jp, [‡] {torisawa, ohtake}@nict.go.jp

あらまし デジタルトランスフォーメーション (DX) の推進は、Society5.0 の実現に向けた重要な課題である。日本企業の DX 推進は、多くの企業が未着手や一部での実施にとどまっている。どうすれば DX になるのか、DX の進め方が分からないという企業が多い。DX 推進の PDCA (Plan-Do-Check-Action) には、まず状況を調査・分析して自社に適した取組みを計画し実行して評価することが必要であるが、費用や時間などコストの観点から、多くの企業にとって、タイムリーかつ迅速に客観的なベンチマークや評価を行うことは容易ではない。各企業に DX 活動に関する客観的なベンチマーク・評価手段を提供できれば、DX 活動を推進するための有効なツールとなる。我々は、各企業の DX 活動を支援するため、優良事例を学習データとして自動的に企業の DX 活動を評価し、各企業へサービス提供することを目指している。そのため専門家による評価項目を 5W1H の質問応答の形式でモデル化し、Web データに基づく質問応答システムを用いて企業の DX 活動を自動的に分析・評価するシステム WISDOM-DX を開発した。WISDOM-DX は、企業の DX 活動に関して、質問応答結果をもとにスコアリングし DX の取組みを評価する。WISDOM-DX が Web データに基づき企業の DX 活動を自動的に分析・評価するので、手間や費用などのコストをかけずに、評価結果を迅速に得ることができる。WISDOM-DX による評価の妥当性を検証するため、東京証券取引所の上場企業 3371 社をランキングして、人手による 3 種類の評価において高評価の企業に着目し一致率を検証した。その結果、1) DX 銘柄 2021 の応募企業 464 社では着目企業 48 社中 37 社の 77.1%、2) 大手調査会社による調査企業 153 社については着目企業 27 社中 18 社の 66.7%、3) DX 推進指標提出 389 社については着目企業 24 社中 19 社の 79.2%が、WISDOM-DX 上位 10%と一致した。また、WISDOM-DX 上位 10%の企業の 9 割は、DX 活動に関して官公庁や業界団体や出版社などから受賞や認定など実績があることが確認された。一致しなかった主な要因として、質問応答システムの回答量不足、評価対象期間の制御、他社連携・支援活動の識別に関する課題があることが分かった。今後、これらの課題を解決しサービス提供にむけて改善を図っていく。

キーワード デジタルトランスフォーメーション, DX, DX 活動評価, Web 情報システム, 質問応答

1. はじめに

我が国は、Society5.0 の実現に向けてデータ利活用とデジタル・ガバメントの観点から社会全体のデジタル化に取り組んでいる[1,2]。近年、COVID-19 により、社会経済活動全般のデジタルトランスフォーメーション(DX)が、我が国にとって喫緊の課題であることが鮮明になった。DX は「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」と定義されている[3]。DX は、経営と IT に関する変革である。企業は、COVID-19 の影響により事業継続の危機にさらされ、テレワークなど社内 IT インフラや就業に関するルールを迅速かつ柔軟に変更し環境変化に対応できた企業と、対応できなかった企業の差が拡大している。2021 年に DX 推進指標[3]の自己診断結果を提出した約 400 社のうち 8 割以上の

企業が DX に未着手または一部での実施に留まっている[4]。自己診断を行わず DX を意識していない企業も多数存在することが危惧される。そのような企業は、どうすれば DX になるのか、DX の進め方が分からないという状況である[5]。DX 推進の PDCA (Plan-Do-Check-Action) には、まず状況を調査・分析して自分たちの組織に適した取組みを計画し実行して評価することが必要であるが、各企業にとって DX に関する客観的な調査・分析や評価は容易ではない。DX の調査・分析や評価として、調査会社や公的機関が毎年のように優良企業や事例などを発表しているが、これらは、専門家がアンケートやヒアリングなどを実施し評価したものである。例えば、経済産業省による DX 銘柄 2021 の場合、464 社が応募のアンケートを提出し、専門家が DX 銘柄 28 社と注目企業 20 社の合計 48 社を優良企業として選定した[6]。このように優良企業に選定された企業は、第三者による客観的な調査結果として、自社の評価や相対的な位置を知ることができるが、多

くの企業はその対象とならない。調査会社に依頼すれば、自社評価や他社とのベンチマークなど可能であるが、費用や時間などコストが大きい。その結果、多くの企業にとって、タイムリーかつ迅速に他社と客観的なベンチマークや評価を行うことは容易ではない。各企業に DX 活動に関する客観的なベンチマーク・評価手段が提供できれば、DX 活動を推進するための有効なツールとなる。我々は、各企業の DX 活動を支援するため、優良事例を学習データとして専門家など人手に頼らずに自動的に企業の DX 活動を評価するシステムを実現し各企業へサービスとして提供可能か検討している[7]。そのため専門家によって DX 優良企業と選定された企業を調査し、優良企業の共通の特徴として、経営や IT に関する活動についてコミットして多くの情報を発信していること、新聞や雑誌など Web 上に多くの情報が掲載されていること、活動内容に共通性・類型性があることが分かった[7]。企業の DX に関する活動は、これらの特徴に着目して Web 情報と優良事例の学習データを用いれば、自動的に評価できる可能性がある。そこで、DX 銘柄 2021 応募企業 464 社について、企業名とデジタルトランスフォーメーションという 2 つのキーワードの AND 条件による単純な Web 検索の件数上位 48 社と、評価セットとして DX 銘柄 2021 において優良企業として選定された 48 社を比較した。その結果、11 社が一致して一致率は 23%であった。つまり 464 社から 48 社を推定する期待値 10.3%の 2 倍以上の一致率であった[7]。Web 情報活用のフィージビリティは認められるが、一致しない原因として検索精度と評価セットに課題があった。まず、単純な Web 検索では、DX と無関係な情報が検索結果に多数含まれ検索精度が低い。企業ごとにクエリを設定すれば検索精度向上は可能だが、個別にクエリを設定しては公平なベンチマークの基準とならない。Web 情報を精度よく検索可能な汎用的なクエリが求められる。また、評価セットとして用いた DX 銘柄 2021 の優良企業は、業種毎に選定数を制限するなど DX 活動以外の要素も考慮され選定されている[6]。DX に関する優れた活動を推進している企業が必ずしも選定されるわけではない。そもそも DX 活動の評価データとして、企業リストと DX 優良企業の標準的なセットが存在するわけではない。企業の DX 活動ベンチマークに関する情報要求は、Taylor による人間の情報要求 (information need) レベル[8]で言うと、調整済みの要求 (compromised need : 要求を満たすために必要な情報の情報源が同定できる具体化された状態) ではなく、形式化された要求 (formalized need : 具体的な言語表現で言語化できる状態) に近いと考えられる。

我々は、汎用的なクエリとして専門家による評価項

目を SWIH の質問文の形式でモデル化し、Web データに基づく質問応答システムを用いて企業の DX 活動を自動的に分析・評価するシステム、WISDOM-DX を開発した[7]。また、評価セットとして DX 銘柄 2021 以外に 2 種類の評価セットを用意し、大規模かつ複合的に WISDOM-DX の妥当性を検証する。大規模に検証するため、東京証券取引所上場企業 3371 社を WISDOM-DX を用いてランキングし上位 10%の企業を抽出する。複合的に検証するため、専門家による評価セットとして大手調査会社による評価結果を追加し、企業の自己評価セットとして DX 推進指標[3,4]の評価値の高い企業を抽出する。2 種類の専門家評価と企業の自己評価の計 3 種類の評価セットにおいて高く評価された企業と WISDOM-DX による上位 10%の企業を比較して妥当性を検証する。

本論文の 2 章では DX に関する調査として専門家による評価と自己評価による調査についてどのような活動が行われているかを述べる。3 章では WISDOM-DX による企業の DX 活動評価として、WISDOM-DX の処理と DX 活動評価サービスの概要について説明する。4 章では、評価実験として、東京証券取引所上場企業 3371 社をランキングして、DX 銘柄 2021 選定企業と大手調査会社によって高く評価された企業および DX 推進指標による自己評価の高い企業に着目し、WISDOM-DX による上位 10%の企業との一致率やランキングの中でどのように分布するかを報告する。5 章では、実験結果について考察し今後の課題について述べる。

2. DX に関する調査

2.1 専門家による調査

近年、DX に関して進展状況の分析や助成事業の採択審査のため、民間調査会社[9,10,11]、業界団体[12,13,14]、地方自治体[15,16]、行政機関[6,17]など多数の組織によって調査が実施されている。調査の対象は、民間企業、自治体や官公庁など公的機関、各種団体など様々であるが、アンケートやヒアリングの結果や提案書などをもとに有識者など専門家が分析・評価することが一般的である。前述した DX 銘柄 2021 の場合、東京証券取引所の国内上場会社約 3,800 社に対して、「経営ビジョン・ビジネスモデル」「戦略」「戦略実現のための組織・制度等」「戦略実現のためのデジタル技術の活用・情報システム」「成果と重要な成果指標の共有」「ガバナンス」の 6 項目に関するアンケート調査を実施して、評価委員が選定している[7]。DX 銘柄とは、企業価値の向上につながる DX を推進するための仕組みを社内に構築し、優れたデジタル活用の実績が表れている企業に与えられる称号であり、DX 銘柄に選定された企業は、単に優れた情報システムの導入、データの利活用にとどまらず、デジタル技術を前提とした

ビジネスモデルと経営の変革にチャレンジし続けていると評価された企業である。DX 銘柄 2021 の場合、応募企業 464 社のアンケート内容と各企業の 3 年平均 ROE（自己資本利益率）が、専門家で構成される評価委員会において評価され、DX 銘柄 2021（28 社）と DX 銘柄に準ずる注目企業 2021（20 社）が選定された[7]。選定企業の優良な取組みが他の企業における DX 活動の参考となることが期待されている。優れた DX の取組みを共有することが、日本企業全体の DX の底上げに寄与すると思われる。

2.2 自己診断による調査

各企業が DX 推進の課題を自己診断する指標として DX 推進指標が利用されている[3,4]。この指標は、各企業が簡易な自己診断を行うことを可能とするものであり、経営幹部や事業部門、DX 部門、IT 部門などの関係者の間で現状や課題に対する認識を共有し、次のアクションにつなげる気付きの機会を提供することを目的としている。各企業が他社と比較することによって自社の状況を把握できるように、自己診断結果と全体データとの比較などベンチマーク可能である、具体的には、DX 推進のための経営の仕組みや、DX を実現する上で基盤となる IT システムの構築について、35 項目の定性指標から構成され、それぞれの成熟度をレベル 0 からレベル 5 までの 6 段階で評価する。成熟度の大きな目安は、レベル 0「未着手」、レベル 1「一部の散発的実施」、レベル 2「一部の戦略的実施」、レベル 3「全社戦略に基づく部門横断的推進」、レベル 4「全社戦略に基づく持続的実施」、レベル 5「グローバル市場におけるデジタル企業」というものである。2021 年 12 月時点の調査では、全企業における成熟度の平均値は 1.95 で、2020 年の 1.60 から 0.35 ポイントの微増となった。DX 推進指標では、成熟度の平均値が 3 以上の企業を「先行企業」としており、この調査では 486 社中 86 社（17.7%）が該当した。レベル 3 未満の企業は 400 社あり、全社戦略に基づいて部門横断的に DX を推進できるレベルに達していない企業が 8 割以上存在している。DX 未着手の企業も 2 割を占めている[4]。レベル 3 未満の企業にとって先行企業の活動が参考になるだけでなく、先行企業にとってもレベルの高い企業、特に上位 10%の企業の活動は、DX 推進を加速する有効な情報となる。ただし、DX 推進指標は、あくまで自己診断結果であり、専門家による調査結果と明確な相関関係が確認されているわけではない。DX 推進指標は、企業の DX 活動を自己診断するツールとして有効であるが、第三者的視点からの評価を組み合わせるにより、より有効性の高いベンチマークが可能となり、DX 推進の PDCA を効果的に実行することが期待される。

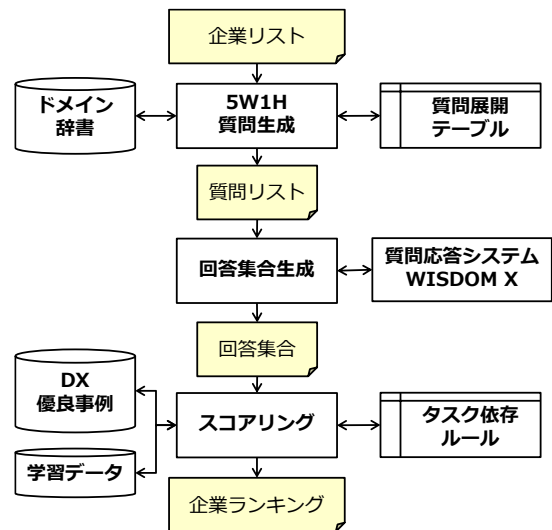


図 1 WISDOM-DX システム構成

質問タイプ	企業リスト
1,2,3,4,5,6	← A社
1,2,3,4,5,6	← B社

図 2 企業リストの例

質問タイプ	質問展開テーブル
1	はどのように<obj>を<pred>か
2	はどこで<obj>を<pred>か
3	は誰が<obj>を<pred>か
4	は<obj>で何を<pred>か
5	はなぜ<obj>を<pred>か
6	はいつ<obj>を<pred>か

図 3 質問展開テーブルの例

質問タイプ	ドメイン辞書
1,2,3,4,5,6	<obj>← デジタルトランスフォーメーション
1,2,3,4,5,6	<pred>← 達成した

図 4 ドメイン辞書の例

質問タイプ	回答パッセージ	尤度	回答の URL
1	全社を対象にした「技術革新中長期ビジョン」の策定をきっかけに、部署横断型のプロジェクトチームを17年秋に立ち上げ、生産プロセスの各段階で改革を進めた	0.679	https://www.ines.jp/2021/06/...html
1	Axxxを導入し、「外部支出コストの削減」「社内業務の効率化」「コンプライアンス違反防止」などを進めていくことで、デジタルトランスフォーメーションを加速させる	0.546	https://it.impress.co.jp/articles/xxx

図 5 質問タイプ 1 の回答集合例

3. WISDOM-DX による企業の DX 活動評価

3.1 WISDOM-DX の処理概要

WISDOM-DX のシステム構成を図 1 に示す[7].

5W1H 質問生成は、入力された企業リストの各企業に対し、ドメイン辞書のキーワードと質問展開テーブルを用いて、企業の DX 活動の 5W1H に関する 6 つの質問タイプの質問文（クエリ）を生成する。企業リストの例を図 2 に示す。図 2 の例は、質問展開テーブルの質問タイプ 1 から質問タイプ 6 までのテンプレートの<sub>の slots に「A 社」、「B 社」を入力することを示している。質問展開テーブルの例を図 3 に示す。図 3 の例では、質問タイプ 1 のテンプレートとして「<sub>はどのように<obj>を<pred>か」が記述され、以降、質問タイプ 2 から質問タイプ 6 までの質問テンプレートが記述されている。ドメイン辞書の例を図 4 に示す。図 4 の例では、質問タイプ 1 から質問タイプ 6 のテンプレートの<obj>の slots に「デジタルトランスフォーメーション」を、<pred>の slots には「達成した」を入力することを示している。5W1H 質問生成は、企業リストとドメイン辞書の記述から質問展開テーブルの slots を埋め、質問タイプ 1 として「A 社はどのようにデジタルトランスフォーメーションを達成したか」というクエリを生成する。同様の手順により、質問タイプ 2 として「A 社はどこでデジタルトランスフォーメーションを達成したか」、質問タイプ 3 として「A 社は誰がデジタルトランスフォーメーションを達成したか」、質問タイプ 4 として「A 社はデジタルトランスフォーメーションで何を達成したか」、質問タイプ 5 として「A 社はなぜデジタルトランスフォーメーションを達成したか」、質問タイプ 6 として「A 社はいつデジタルトランスフォーメーション達成したか」をクエリとする質問リストを生成する。

回答集合生成は、質問リストのクエリを質問応答システム WISDOM X[18,19]に入力し、Web データ 60 億ページからクエリに対する回答パッセージ、回答パッセージの確からしさを示す尤度、回答の元となった Web 情報の URL の 3 つ組を回答トリプレットとして受け取って回答集合を生成する[7]。回答集合は、質問タイプごとに生成されるので 1 社につき 6 セットとなる。質問タイプ 1 のクエリに対する回答集合の例を図 5 に示す。

スコアリングは、回答集合から、「回答量」、「類似度」、「尤度」に基づいてスコアを計算する。回答量は、回答パッセージ数であり図 5 の例では 2 となる。類似度は、回答パッセージと DX 優良事例とのテキスト間の類似度である。DX 優良事例は、過去の DX 銘柄や注目企業[6]として公開された取組みの紹介記事からテキストデータを抽出したものである。類似度は、テキス

ト間の共通の語彙、語彙の重要性、尤度を組み合わせた 8 つのスコア関数で算出される[7]。8 つのスコア関数を 6 つの質問タイプに対する回答集合に適用し、マルチクエリスコアアンサンブル法 (MQSE) [7]によって統合的なスコアを算出する。スコアリングの定式化については次節で述べる。学習データは、質問タイプごとに算出されたスコアを統合するパラメータの学習に用いられるもので、各企業の過去年度の選定結果の二値データである。タスク依存ルールは、業種毎ごとの選定数の調整などランキングの目的によって規定されるルールである。スコアリングは、タスク依存ルールによってスコアを補正し、各社の最終的な統合スコアの順に入力リストに記載された企業をランキングして出力する。

3.2 スコアリング

WISDOM-DX では、回答量に基づくスコア関数 $Score_{cnt}$ 、回答量と類似度に基づく 3 つのスコア関数 $Score_{sim}$ 、 $Score_{sim_idf}$ 、 $Score_{sim_tf_idf}$ 、さらにこれらの 4 つのスコアに尤度を組み合わせた 4 つのスコア関数 $Score_{cnt_p}$ 、 $Score_{sim_p}$ 、 $Score_{sim_idf_p}$ 、 $Score_{sim_tf_idf_p}$ の計 8 つのスコア関数を定式化した。

回答集合を D 、質問タイプ t に属する回答集合を D_t 、さらに D_t の要素である回答トリプレットを d_t で表す。回答トリプレット d_t は、回答パッセージ、尤度、URL を要素に持つ。このうち要素 d_t のパッセージに含まれる単語集合の要素を $w_t \in d_t$ で表す。また、DX 優良事例 (テキストデータ) を d_h 、DX 優良事例 d_h に含まれる単語集合を $\{w_h\}$ で表す。尤度については、回答トリプレット d_t の尤度 $p(d_t)$ 、回答量については、回答集合 D_t に含まれる回答集合 d_t の要素数とした。類似度については、回答集合 D_t に含まれるある単語 w_t と DX 優良事例 d_h に含まれる単語集合 $\{w_h\}$ の間に定義される次式のような語彙的類似度 $sim(w_t, \{w_h\})$ を用いた。

$$sim(w_t, \{w_h\}) = \max_{\{w_h\}} \frac{v(w_t) \cdot v(w_h)}{\|v(w_t)\| \|v(w_h)\|}$$

ここで、 $v(w_t)$ および $v(w_h)$ はそれぞれ、単語 w_t および w_h の単語埋め込みベクトルを表す。上記の語彙的類似度 $sim(w_t, \{w_h\})$ に加え、単語の重要度として $idf(w_t)$ や単語の出現頻度 $tf(w_t)$ を考慮した類似度も導入した。

回答集合 D_t に対するスコア関数 $Score(D_t)$ として、回答量のみを用いて、次式のスコア関数を定式化した：

$$Score_{cnt}(D_t) = \sum_{d_t \in D_t} 1$$

回答量と類似度の観点から、語彙的類似度 $sim(w_t, \{w_h\})$ のみを類似度の評価値として次式のように定式化した：

$$Score_{sim}(\mathbf{D}_t, \{w_h\}) = \sum_{d_t \in \mathbf{D}_t} \sum_{w_t \in d_t} sim(w_t, \{w_h\})$$

類似度の評価に、語彙的類似度 $sim(w_t, \{w_h\})$ を単語の重要度 $idf(w_t)$ で補正し次式のスコア関数を定式化した：

$$Score_{sim_idf}(\mathbf{D}_t, \{w_h\}) = \sum_{d_t \in \mathbf{D}_t} \sum_{w_t \in d_t} sim(w_t, \{w_h\}) \cdot idf(w_t)$$

単語の出現頻度 $tf(w_t)$ も併用して、次式のスコア関数を定式化した：

$$Score_{sim_tf_idf}(\mathbf{D}_t, \{w_h\}) = \sum_{d_t \in \mathbf{D}_t} \sum_{w_t \in d_t} sim(w_t, \{w_h\}) \cdot tf(w_t) \cdot idf(w_t)$$

$Score_{cnt}(\mathbf{D}_t)$ において回答トリプレット d_t の尤度 $p(d_t)$ を考慮して、次式のスコア関数を定式化した：

$$Score_{cnt_p}(\mathbf{D}_t) = \sum_{d_t \in \mathbf{D}_t} p(d_t)$$

$Score_{sim}(\mathbf{D}_t, \{w_h\})$ において回答トリプレット d_t の尤度 $p(d_t)$ を考慮して次式のスコア関数を定式化した：

$$Score_{sim_p}(\mathbf{D}_t, \{w_h\}) = \sum_{d_t \in \mathbf{D}_t} \sum_{w_t \in d_t} sim(w_t, \{w_h\}) \cdot p(d_t)$$

$Score_{sim_idf}(\mathbf{D}_t, \{w_h\})$ において回答トリプレット d_t の尤度 $p(d_t)$ を考慮して、次式のスコア関数を定式化した：

$$Score_{sim_idf_p}(\mathbf{D}_t, \{w_h\}) = \sum_{d_t \in \mathbf{D}_t} \sum_{w_t \in d_t} sim(w_t, \{w_h\}) \cdot idf(w_t) \cdot p(d_t)$$

$Score_{sim_tf_idf}(\mathbf{D}_t, \{w_h\})$ において回答トリプレット d_t の尤度 $p(d_t)$ を考慮して、次式のスコア関数を定式化した：

$$Score_{sim_tf_idf_p}(\mathbf{D}_t, \{w_h\}) = \sum_{d_t \in \mathbf{D}_t} \sum_{w_t \in d_t} sim(w_t, \{w_h\}) \cdot tf(w_t) \cdot idf(w_t) \cdot p(d_t)$$

以上の8つのスコア関数を6つの回答集合に適用し、計48のスコアを結合して統合する方式としてMQSE (Multi Query Score Ensemble) を開発した[7]。

MQSEは、統合スコアによる企業ランキングに関する評価尺度を目的関数として与え、これを最大化する結合パラメータを探索する。具体的には、優良企業を検索するタスクを設定しAUPR (Area Under the Precision-Recall Curve : Precision-Recall 曲線の曲線下領域の面積) の最適化を以下の手順で行った[7]：

Step 1: 各企業の6種類の回答集合 \mathbf{D}_t に対し、8種類のスコア関数の値を求める。

Step 2: Step 1 で求められたスコアを、各質問タイプとスコア関数の組ごとに分け、各企業のスコアを下降順にソートすることにより、企業ランキング

$rank(Score_s(\mathbf{D}_t))$ を求める。

Step 3: 企業ランキングから、回答集合 \mathbf{D} に対して求められた全ての質問タイプとスコア関数のランキングから総合スコア $Score_{MQSE}$ を次式で求める。

$$Score_{MQSE}(\mathbf{D}) = \sum_{\{s,t\}} \frac{\widehat{c}_{s,t}}{rank(Score_s(\mathbf{D}_t))}$$

ここで、 $\{s\}$ は8種のスコア関数、 $\{t\}$ は6種の質問タイプ、 $rank(Score_s(\mathbf{D}_t))$ は質問タイプ t に関する回答集合 \mathbf{D}_t にスコア関数 $Score_s$ を適用して得られる企業のスコア順の順位、 $\widehat{c}_{s,t}$ は結合係数を表す。

Step 4: 結合係数は、次式のように、ランキングの評価尺度AUPRを目的指標として直接最適化を行う。

$$\widehat{c}_{s,t} = \operatorname{argmax}_{c_{s,t}} AUPR(Score_{MQSE}(\mathbf{D}), y_{true})$$

ここで、 y_{true} は、学習データ中の二値分類の教師ラベルを表す。学習データとして、2015年から2020年までのDX銘柄、DX注目企業、攻めのIT経営銘柄、IT経営注目企業を正例、それ以外の企業を負例とし、グリッドサーチで結合係数を推定している。 $AUPR(Score_{MQSE}(\mathbf{D}), y_{true})$ は、引数のスコア関数 $Score_{MQSE}(\mathbf{D}_t)$ によるランキング結果と、学習データ中の二値分類の教師ラベル y_{true} を用いて描かれるPrecision-Recall 曲線のAUPRとした。

3.3 DX 活動評価サービスの概要

DX 活動評価サービスは、Web サービスとして利用者に提供することを検討している。Web 情報の扱いや管理など今後解決すべき課題はあるが、図6に示すようなサービスを目標としている。利用者は、評価要求として自社や他社などベンチマークしたい企業のリストをDX 活動評価サーバにアップロードする。WISDOM-DX は、アップロードされた企業リストを図3に示す形式に変換し、Web 情報を用いてDX 活動を評価する。その結果として、東京証券取引所の上場企業3371社における自社や他社や同業種の企業について、横軸にランキング順位、縦線でその順位に存在する企業をプロットし分布状況を提示する。また、個別にベンチマークしたい企業について、評価スコアを質問ごとにリーダーチャートの形で表示し、評価理由として図6に示す回答パッセージと回答の元となるWebのURLをハイパーリンクして利用者に提示し確認可能とする。将来的には、図7に示すように、WISDOM-DXの入出力インタフェース(IF)を公開して利用者が様々なアプリケーション(AP)を構築して共有し、企業のDXを支援する評価や分析のコミュニティを形成したいと考える。そのために、今後WISDOM-DXを中心に以下の拡張を図る：

1) 利用者の入力による評価の多視点化
入力IFとしてドメイン辞書や質問展開テーブルに利

ユーザーが評価したい項目や質問文を追加し、利用者の独自の視点からの評価を可能とする。また、利用者が計画している DX に関する取組みなどを記述し、回答集合の形式に変換して評価することで、計画の段階で DX 活動について分析・評価することができる。

2) 出力結果を他の分析ツールと連携

出力 IF を公開して要約やテキストマイニングと連携可能とする。また、財務データ分析や他の分析ツールとのクロス分析などを行い、DX 活動を多角的に分析する。

3) DX 評価・分析の AP の共有

利用者が構築した AP および入出力 IF を AP カタログとして共有し、用途に応じて様々な連携を可能とする。DX 評価・分析のコミュニティを形成することによって、DX 関係者の課題の共有や解決などにつなげる。

に関する評価セットとして、専門家による調査結果 2 種類、自己評価による結果 1 種類の合計 3 種類を準備した。それぞれの調査において高く評価された企業を着目企業として WISDOM-DX による 3371 社のランキング中にどのように分布するかを検証する実験を行う。特に各社がベンチマーク対象とする先行企業について妥当性を検証するため、WISDOM-DX によるランキング上位 10%の企業が評価セットの着目企業とどの程度一致するかを評価する。実験で用いる 3 種類の評価セットの対象企業、着目企業、評価者の一覧を表 1 に示す。

評価セット A は、2.1 節で述べた DX 銘柄 2021 に応募した 464 社である。専門家によって DX 銘柄 2021 や DX 注目企業 2021 に選定された 48 社を着目企業として評価する。評価セット B は、DX 白書 2023[20]において大手調査会社により調査された 153 社である。専門家によって、デジタイゼーションやデジタライゼーションではなくデジタルトランスフォーメーションを推進していると評価された 27 社を着目企業として評価する。デジタイゼーションとは、アナログ・物理データのデジタルデータ化であり、デジタライゼーションとは、個別の業務・製造プロセスのデジタル化である。ともに DX の段階的な活動である[5]。評価セット C は、2.2 節で述べた DX 推進指標の自己診断結果を提出した企業 389 社である。自己評価による成熟度の平均値の上位 10%の企業の中の 24 社を着目企業として評価する。着目企業は、すべて学習データに含まれない企業である。評価セット A, B, C の着目企業の異なり数の合計は 72 社、評価セット A, B, C すべてに存在する着目企業は 5 社、評価セット A, B, C それぞれにのみ存在する着目企業は、評価セット A が 28 社、評価セット B が 10 社、評価セット C が 12 社である。

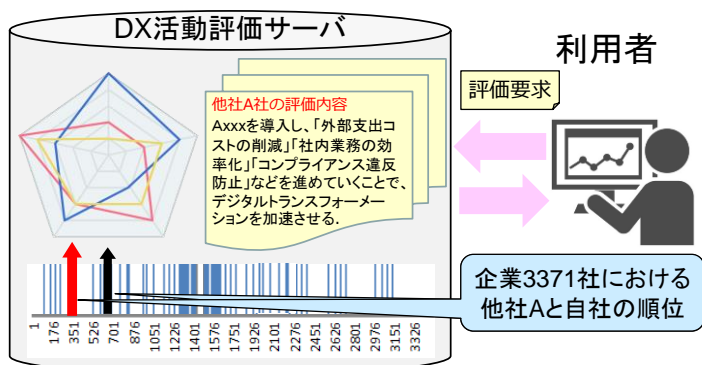


図 6 DX 活動評価サービス概要

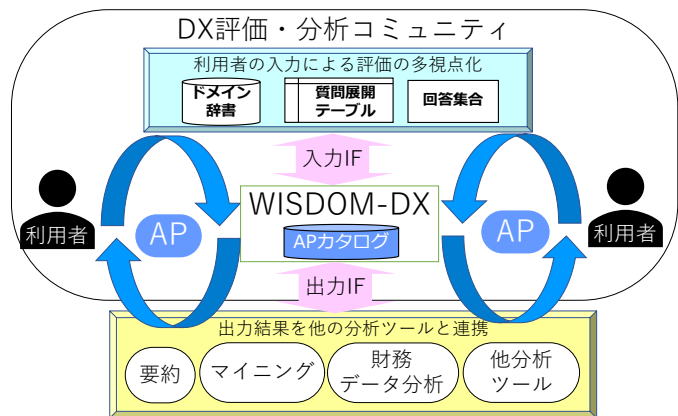


図 7 DX 評価・分析のコミュニティ

4. 評価実験

4.1 方法

企業の DX 活動評価サービスとして提供するためには最終的に利用者にとっての有効性や利便性を検証する必要がある。今回、まず評価の対象とする東京証券取引所上場企業 3371 社に関する WISDOM-DX のランキング結果について評価する。1 章で述べたように、DX 活動の評価データとして標準的な評価セットが存在するわけではない。そこで、3371 社に含まれる企業

表 1 評価セット

評価セット	調査対象企業	着目企業	評価者
A	DX 銘柄 2021 応募 464 社	選定企業 48 社	専門家
B	大手調査会社調査企業 153 社	DX 企業 27 社	
C	DX 推進指標 提出企業 389 社	自己評価 上位企業 24 社	自己評価

4.2 結果

評価セット A,B,C の企業を含む 3371 社に関して、WISDOM-DX による評価を実行した。それぞれの評価セットの着目企業が WISDOM-DX ランキングの上位 10%の中に含まれる割合（一致率）を表 2 に示す。評価セット A では着目企業 48 社中 37 社の 77.1%が、評

評価セット B では着目企業 27 社中 18 社の 66.7%が、評価セット C では着目企業 24 社中 19 社の 79.2%が、WISDOM-DX 上位 10%と一致した。

表 2 WISDOM-DX 上位 10%の企業との一致率

評価セット	一致率
A	77.1% (37/48)
B	66.7% (18/27)
C	79.2% (19/24)

評価セット A,B,Cの着目企業が、3371社の WISDOM-DX ランキング全体の中でどのように分布しているかを図 8, 図 9, 図 10 にそれぞれ示す。横軸はランキング順位、縦線は順位に存在する企業を示している。着目企業の 80%から 88%が全体の上位 20%以内に分布する結果となった。

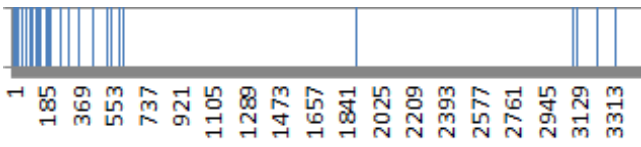


図 8 評価セット A に関する分布

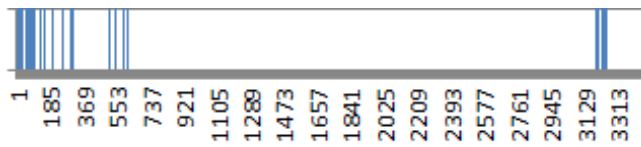


図 9 評価セット B に関する分布

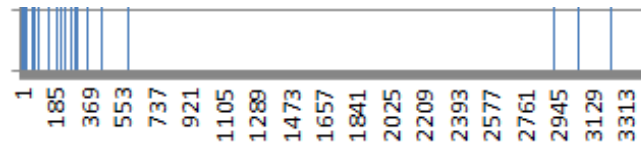


図 10 評価セット C に関する分布

上位 10%企業の DX の取組み事例から、図 11 に示す連携、人材、改善、事業展開の 4 種類の活動のプロセスが確認できた。例えば、製造業企業においては、社外資源の活用・連携がきっかけとなることが多い。各種団体や地域プロジェクトを利用した IoT やデジタル化の取組みに参加して、他社と連携し販売・生産活動を見える化して機会損失の抑制や売り上げ拡大につなげる活動である。次に、人材の登用・育成である。責任者の明確化、組織強化と人材育成、外部からの人材登用などの活動である。そして、生産活動の見える化と改善である。生産工程の品質状況から不良原因を追跡調査し、AI 活用による高品質化、生産設備の故障予知、デジタル制御による品質改善や省力化などの活



図 11 製造業の DX 活動事例

動である。さらに自社のデジタル化・見える化活動の事業展開である。環境や製造物の状態を見える化する機能をもつ製品の開発、自動制御や遠隔操作など高精度化を実現した製品の開発、製品間・製品-サービス間連携による顧客向けソリューションの開発である。

5. 考察

着目企業の中で WISDOM-DX の上位 10%と一致しなかった企業は、評価セット A,B,C において、それぞれ 11 社、9 社、5 社であり、異なり数で計 18 社であった。着目企業が WISDOM-DX 上位 10%よりも下位となった要因と着目企業以外の企業が WISDOM-DX の上位 10%となった要因を以下に記す：

1) 着目企業が上位 10%よりも下位となった要因

- ・質問応答システムの回答量不足

質問応答システムの回答量が少ないため、総合的な評価スコアが低くなり、ランキング上位とならなかった。回答量が少ないのは、WISDOM-DX が生成したクエリによって Web 情報が十分に収集できなかったためである。具体的には、企業の正式名称が長い場合や、統合などで新名称に変更された場合、Web ページで省略名や古い名称が使用されていて正式名称が含まれていないことがある。その場合、WISDOM-DX では回答集合を生成することができず、評価スコアが低い結果となった。ドメイン辞書に企業名の異表記や同義語の追加登録によって Web 情報の増加を図って対応する。

- ・評価対象期間の制御

専門家による調査の場合、着目企業は、評価期間が年度など一定期間内で高く評価された企業である。一方、3371 社の WISDOM-DX によるランキングは、Web 上に 2021 年 10 月までに収集したすべてのページを対象として評価した。そのため、短期間の活動で評価された着目企業は、DX に関する発信情報が少なく、下位にランキングされる結果となった。特に評価セット B は、DX の最近の取組みが評価された企業が多く、評価セット A や評価セット C よりも一致率が低くなった。WISDOM-DX の回答集合の URL の日時情報を制御して評価スコアに反映させることにより対象期間に応じた評価を可能とする。

2) 着目企業以外の企業が上位 10%となった要因

- ・DX 活動に関する実績

WISDOM-DX 上位 10%の企業のうち 9 割の企業が、DX に関するなんらかの賞や認定を官公庁や業界団体や出版社から得た実績があり、評価スコアが高いことが分かった。また、これらの企業は、図 11 に示すように DX を推進するための有効な活動を行っていることが確認された。今後、このような DX 活動内容を利用者にとって参考事例として提供し、図 6 に示すサービスや図 7 に示すようなコミュニティの実現を図る。

・他社連携・支援活動の識別

上位10%企業の1割ほどの企業が、DXに関する他社との連携や他社のDXを支援する活動が評価されていた。その結果、必ずしも自社として主体的にDX活動を推進していない企業の評価スコアが高くなる結果となった。WISDOM-DXの回答パッケージの内容を解析して自社活動と他社連携・支援活動を識別し、回答集合からフィルタリングすることによって対応する。

6. おわりに

WISDOM-DXによる評価の妥当性を検証するため、東京証券取引所上場企業3371社をランキングし、人手による評価において高く評価された企業に着目しどのように分布するかを検証した。DX銘柄2021の応募企業464社では、着目企業48社中37社の77.1%、大手調査会社による調査企業153社については着目企業27社中18社の66.7%、DX推進指標提出389社については着目企業24社中19社の79.2%が、WISDOM-DX上位10%と一致した。また、WISDOM-DX上位10%の企業の9割は、官公庁や業界団体や出版社からDXに関する受賞や認定などの実績があり、参考事例となるDXの取組みが確認された。一致しない主要因として、質問応答システムの回答量不足、評価対象期間の制御、他社連携・支援活動の識別に課題があることが分かった。今後これらの課題を解決して精度向上を図り、WISDOM-DXの上位企業の事例が有効な参考情報となるかをサービスの利用者に調査する。その結果を踏まえ、利用者の入力による評価の多視点化、出力結果を他の分析ツールと連携、DX評価・分析のコミュニティの形成など、サービス提供にむけて取り組んでいく。

謝辞 経済産業省の平井裕秀氏、戸高秀史氏、渡辺琢也氏、NICTの徳田英幸氏、木俣豊氏、内元清貴氏、株式会社日本システムアプリケーションの赤石沢元博氏、Capy株式会社に中沢潔氏、IPAの富田達夫氏、齊藤裕氏ほか関係者のご支援に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- [1] 奥村明俊:デジタルアーキテクチャデザイン特集 Society 5.0の実現に向けた挑戦者へのエール, 情報処理 Vol.62, No.6, pp. 284-287. (May 15, 2021)
- [2] 首相官邸:デジタル社会の実現に向けた改革の基本方針, (Dec.25,2020)
<https://www.city.shijonawate.lg.jp/uploaded/attachment/15914.pdf>
- [3] 経済産業省:「DX推進指標」とそのガイドライン. (Jul. 2018)
<https://www.meti.go.jp/press/2019/07/20190731003/20190731003-1.pdf>
- [4] IPA: DX 推進指標 自己診断結果 分析レポート (2021年版) (Aug 17, 2022)
<https://www.ipa.go.jp/files/000100312.pdf>
- [5] 経済産業省: DX レポート 2 中間取りまとめ (概要) (Dec 28,2020)
<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201228004/20201228004-3.pdf>
- [6] 経済産業省:デジタルトランスフォーメーション銘柄 (DX 銘柄) 2021. (Jun.7, 2021)
https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/investment/keiei_meigara/dx-report2021.pdf
- [7] Akitoshi Okumura, Kai Ishikawa, Dai Kusui, Noriyoshi Ichinose, Kentaro Torisawa, Kiyonori Ohtake: WISDOM-DX: An Automatic DX Evaluation System Using a QA System Based on Web Information, In Proceedings of DICOMO2022Symposium. 1286 – 1300. (2022)
- [8] Taylor,R.S.: Question-Negotiation and Information Seeking in Libraries, College & Research Libraries, 29 (3). (1968)
- [9] 日経 BP 総合研究所: DX サーベイ 2 With コロナ時代の実態と課題分析, (Nov. 25, 2020)
<https://info.nikkeibp.co.jp/nxt/campaign/b/279660/>
- [10] 矢野経済研究所: 2020 デジタルトランスフォーメーション(DX)市場の現状と展望. (Jul. 30, 2020)
https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2487
- [11] IDC Japan 株式会社 国内企業のデジタルトランスフォーメーション動向調査結果を発表 (Dec. 2020)
https://josysnavi.jp/2020/idc_20201207_domestic_digital-transformation-trend-survey_dx
- [12] 一般社団法人日本情報システム・ユーザー協会: 企業IT動向調査 2021. (Apr.28, 2021)
https://juas.or.jp/library/research_rpt/it_trend/
- [13] 一般社団法人情報サービス産業協会: 社会のデジタルトランスフォーメーション(DX)推進に貢献する情報サービス企業のあり方. (May 30, 2019)
<https://www.jisa.or.jp/publication/tabid/272/pdid/30-J007/Default.aspx>
- [14] 一般社団法人日本CTO協会:DX動向調査レポート 2021年度版. (Apr.12,2021)
<https://cto-a.org/news/2021/04/12/4956/>
- [15] 東京都: DX 推進実証実験プロジェクト(第1期) (Mar.19, 2021)
<https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/pres/2021/03/19/05.html>
- [16] 神奈川県: 神奈川県 DX プロジェクト推進事業, (May 17, 2021)
<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/sr4/dx-project.html>
- [17] 総務省: 令和2年度版情報通信白書 日本企業のデジタル・トランスフォーメーション推進に向けて
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd133440.html>
- [18] 国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) : WISDOM X (ウィズダム エックス)とは? ,
<https://www.wisdom-nict.jp/#top>
- [19] Jong-Hoon Oh, Kentaro Torisawa, Chikara Hashimoto, Ryu Iida, Masahiro Tanaka, and Julien Kloetzer: A semi-supervised learning approach to why-question answering. In Proceedings of AAAI-16, pp. 3022–3029, (2016).
- [20] IPA: DX 白書 2023. (Feb.9, 2023),
<https://www.ipa.go.jp/publish/wp-dx/dx-2023.html>