

製造業における DX 対象の特定と推進のための DX ロードマッピングフレームワークの開発

磯田祐世^{†1}
株式会社 UACJ

野々村真誉^{†2}
株式会社 UACJ

山本佑樹^{†3}
株式会社 UACJ

1. はじめに

DX は行動変容の一つの形態と捉えることができるが、どのような変容を目指すべきかが大きな議題である。特に重要なのが、変容を想像・創造する力(=リテラシー)で、DX リテラシー向上に関する施策として、DX 教育を実践してきた(独自開発したデータ活用実習コンテンツを使用)。その効果として、一定の受講者に DX に対する自発性という点で積極的な変容が認められた[1]。一方で、この変容を最大限に活かすには、製造プロセス・業務において適切な DX(=付加価値を生む)対象を特定し、DX 推進の道筋を示すリテラシーが必要であるが、DX 推進における課題がいくつかある。この DX 推進活動における課題を図 1 に示す。

1 つ目は、足元のデジタル化に終始し、DX の X に視点が向いていない課題である。国内製造業一般における DX の捉え方という意味で、DX は主に生産性向上に焦点を当てており、(株) UACJ もその例に漏れない。その主な要因は、(株) UACJ が設備産業であり、決められたものを効率良く製造することが求められてきたことにある。しかし、VUCA の時代において、生産性向上だけが収益向上や付加価値の創出に繋がるわけではない[2]。

2 つ目は、X が抽象的なもので自分事にならない課題である。X が自分事にならないことは、未来(DX の X)を見通せない/現実味を持っていないことである。これは、未来の自分を他人のように見てしまう脳科学的な現象によって説明できる。Hal Hershfield 氏は、現在と未来について考えている時の脳の活動を調査している[3]。調査の結果、未来について考えている時には、脳の内側前頭前皮質と前帯状皮質という領域が活発になり、これらの領域は他人について考える時にも働くことがわかった。つまり、人間は未来の自分を他人のように見ており、それが意志決定に影響を与えているということである。

3 つ目は、DX で目指すべきビジネス変革への道筋が見えない課題である。足元の興味に対して、将来の姿との関連性が見えなければと足元と将来とのつながりが見えない。

これらの現状を考慮すると、DX 推進には適切な DX 対象を特定し、さらにその X に共感し、X に向かう道筋を合理的に示すフレームワークを構築することがまずは必要であ

ると考え、DX ロードマップを作成するフレームワークを考案した。本報告では、フレームワークを用いて作成したロードマップと参加者が持つトピックスとの関係をネットワーク分析により定量評価し、DX ロードマップの作成に必要な条件を明らかにしたため、その結果について報告する。

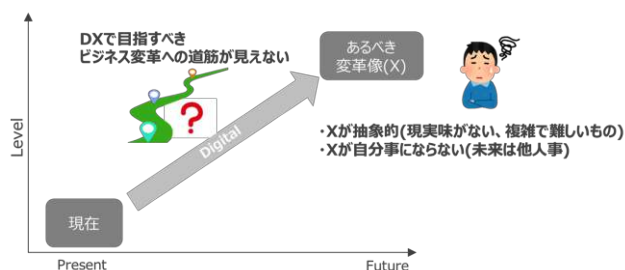


図 1 DX 推進における課題

Figure1 Issues in DX promotion.

2. DX 推進に向けたフレームワークの提案と定量評価方法

2.1 フレームワーク設計

DX ロードマップとは、現在から X までの変革のプロセスを時系列に沿って表現したものであり、各ステップには、デジタル技術の活用方法や変革の成果などをスローガンとして記述する。DX ロードマップを作成することで、X を具体的にイメージしやすくなり、X に対する興味やモチベーションが高まると期待される。DX ロードマップを作成するフレームワークは、図 2 に示すように、特定ドメイン(さまざまな現場)の足元の興味を具体的に引き出し、この足元の興味と技術シーズを掛け合わせ、DX 対象を明確にする手法であり、以下の 4 つのステップから構成される。

① web フォームを用いたドメイン情報の事前収集

ドメイン(さまざまな現場)に対して、web フォームを用いて事前アンケートを実施する。このアンケートでは、ドメインが感じている困りごとや将来目指したい姿について調査する。

② 本質的課題を抽出

事前アンケートで抽出した内容を抽象化し、カテゴリ別に分類する。この分類の目的は、ドメインの本質的な課題を明らかにし、DX の方向性を探ることである。

③ DX 対象アイテムの生成

抽象化された足元課題と技術シーズを掛け合わせ、DX

Measures to foster literacy for DX promotion in the manufacturing industry

^{†1} YUSEI ISODA, UACJ Corporation

^{†2} NONOMURA MINORI, UACJ Corporation

^{†3} YUKI YAMAMOTO, UACJ Corporation

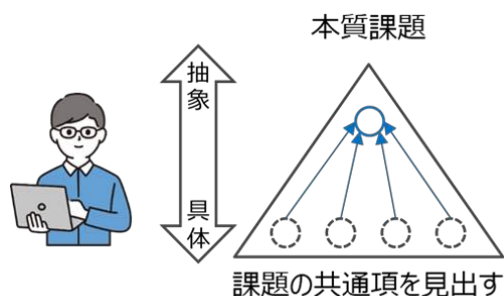
対象を明確にし、ChatGPT を用いて現状からあるべき変革像までの過程で達成したい状態や要素技術・アクションプランを作成する。ChatGPT を用いることで、DX 対象に対するスローガンを自動的に生成することができる。

④ DX 対象アイテム群をロードマッピング

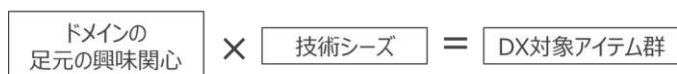
生成した DX 対象アイテム群をロードマップにまとめる。ロードマップでは、DX 対象アイテムの優先度や実現可能性をドメインとともに評価し、短期的・中期的・長期的な目標を設定する。

(a)

(b)



(c)



(d)

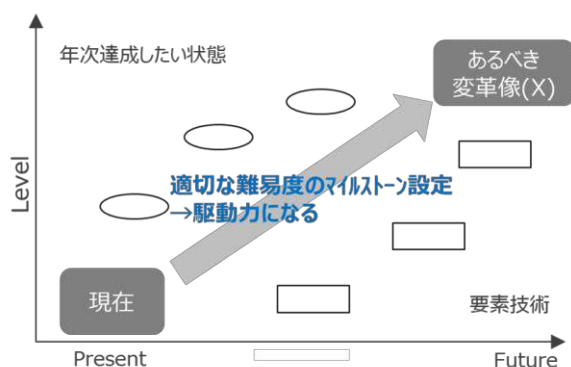


図 2 DX ロードマッピングフレームワークの流れ

(a)web フォーム(ドメイン情報の事前収集), (b)本質的課題を抽出, (c) DX 対象アイテムを生成(DX により目指す姿), (d) DX 対象アイテム群をロードマッピング

Figure2 Flow of the DX load mapping framework.

(a) Pre-collection of domain information using web forms,

(b) Identifying essential issues,(c) Set a goal as a result of DX,(d)

Load mapping of a group of DX target items

2.2 フレームワークを用いた実践

DX ロードマッピングフレームワークを用いたワークショップを製造オペレーター14 名を対象に実施した。ロードマップ作成対象は、ニーズの最も高い帳票電子化とした。ワークショップ実施後、事後アンケートで DX に対する意識の変化を調査した。

2.3 ネットワーク分析を用いたロードマップの定量評価方法

DX ロードマッピングフレームワークによって作成したロードマップは、ドメインへのヒアリングによって得られた足元の興味関心に技術シーズを掛け合わせて作成している。このとき、ドメインである製造オペレーターの興味関心とロードマップの内容がどのような関係性を持つか把握するため、ネットワーク分析を行った。ネットワーク分析とは、あるトピックスに関する文章の類似度や単語の出現率などを計算し、文章間の関係性や重要性を可視化する手法である。

① 分析対象

表 1 に分析対象を示す。今回作成したロードマップに加えて、比較対象として従来の足元課題の積み上げであるべき姿を描く Forwardcasting ロードマップとあるべき姿から逆算して現在に向かって道筋を描く Backwardcasting ロードマップをそれぞれ用意した。DX ロードマッピングフレームワークによって作成したロードマップは、足元課題を推進しながら将来のあるべき姿をイメージし、両者を接続する Hybrid 型のロードマップである。Backwardcasting ロードマップは、IT インフラ企業が掲げているデジタル倫理の普及に関するものである。一方で、Forwardcasting ロードマップは、(株) UACJ が作成したロードマップを Forwardcasting で作成したものである。

表 1 分析対象となるロードマップ概要

Table1 Overview of the roadmap to be analyzed.

ロードマップの種類	概要
Hybrid(UACJ)	DXロードマッピングフレームワークを元に作成した帳票電子化に関するロードマップである。ドメインの足元の興味を引き出し、これらと先進技術シーズを掛け合わせることで将来に向けたDX対象を明確にしている。
Backwardcasting	ITインフラ会社が掲げているデジタル倫理の普及に関するロードマップである。
Forwardcasting	帳票電子化のロードマップをForwardcastingで作成したものである。

② エンティティの定義とデータ収集

- 各 DX 対象アイテムとドメインの興味関心を構成する単語をそれぞれエンティティとした。エンティティは、ドメインが持つ既知のトピックスである基準語と、ドメインにとって未知のトピックスである非基準語

に分類した。基準語は、ドメインの興味関心に含まれる単語であり、非基準語は、DX 対象アイテムに含まれる単語である。

- 各エンティティに対応する Wikipedia の記事を取得してテキストデータとした。Wikipedia の記事は、エンティティの一般的な知識や背景を提供する信頼できる情報源と考えた。次に、MeCab を用いて、テキストデータを単語に分割し単語のリストを作成した
- 単語のリストから word2vec モデルを作成した。word2vec モデルは、単語の意味や文脈を考慮して、単語を数値のベクトルに変換することができるモデルである[4]。このモデルを用いて、各エンティティをベクトルに変換した。

③ ネットワーク可視化方法

各エンティティの関係性を可視化するために、networkx というライブラリを用いた。networkx は、ノードとエッジで構成されるグラフを作成し、分析や描画を行うことができるライブラリである。まず、各エンティティをノード、エンティティ間の関連度をエッジの重みとしてノード間を結びつける。関連度は、エンティティの出現回数をカウントする方法を採用しており、あるエンティティの記事に別のエンティティが含まれる回数のことである。例えば、日本の記事に中国が含まれる回数や、中国の記事に日本が含まれる回数をカウントし、これらのカウントの平均を関連度として定義した。このような方法で関連度を計算した。また、エッジの重みに逆比例するように、エッジの長さを設定した。これにより、関連度が高いエンティティは近くに、関連度が低いエンティティは遠くに配置されるようになった。さらに、閾値を設定して、関連度が低すぎるエンティティ間のエッジを削除した。これにより、ネットワークの見やすさを向上させた。

④ 評価方法

● 中心性

ネットワークにおける重要なノードを測る指標として、次数中心性評価を用いた。次数中心性評価は、ネットワークの構造やノードの特徴を表す指標の一つであり、ノードが持つエッジの数に基づいて、ノードの中心性を計算する方法である。エッジの数が多いほど、ノードはネットワークの中で中心的な役割を果たしていると考えられる。

● 基準語の含有率

ドメインである製造オペレーターの興味関心とロードマップの内容との関係性を把握するため、ロードマップの各スローガン(施策)内に含まれる基準語の含有率を算出した。具体的には、スローガンを構成する全単語数に対するロードマップスローガン内の基準語数の割合を含有率とした。

● 類似度

ネットワークにおけるエンティティ間の類似性を測る指標として、コサイン類似度を用いた。コサイン類似度とは、ベクトルのなす角の余弦をとることで、ベクトルの方向の近さを測ることができる指標である。コサイン類似度は-1 から 1 の値をとり、1 に近いほど類似度が高いことを示す。今回は、ロードマップの各スローガンに基準語と類似度の高い(コサイン類似度 0.7 以上)非基準語がどれくらい含有しているか算出した。

3. 結果と考察

3.1 フレームワークの実践結果

① DX ロードマッピングフレームワーク結果

フレームワークによってできた DX ロードマップは表 2 の通りである。これは、足元課題である帳票の電子化について、電子化によって情報へのアクセシビリティ向上・ストレスフリーな職場を目指すためのロードマップであり、時系列ごとに達成したい状態と要素技術を設定している。

表 2 フレームワークにて作成した DX ロードマップ
Table2 Roadmap on DX created using the framework.

No	ロードマップフレーズ(施策)
1	帳票形式の依頼表の多さに対処するため、日常点検と点検票の印刷、依頼情報を電子化する
2	機械のトリセツをデジタル化し、パーツの図面と設備の資料を電子形式で整備する
3	設備の保守を強化し、劣化アラートと更新履歴の確認を自動化する
4	点検票・依頼表のデジタル化を進め、入力していない項目のアラートや誤入力の修正にフォーカスする
5	タスク割り当ての自動化とタスクの優先順位設定の自動化を実現する
6	集合知の形成を目指し、経験知を蓄積しやすい環境を整備する
7	パーソナライゼーションされた情報閲覧システムの構築する
8	帳票をデジタル化し、情報にどこでも誰でもアクセスできる効率的でストレスフリーな職場を確立する

② ワークショップに対する受講者アンケート

事後アンケートを実施し、DX に対する意識の変化などを評価した(図 3)。以下の通り、ワークショップは、参加者のデジタル技術への興味関心を高めた。また、ワークショップ実施前に比べ、DX 後の姿を想像するのに一定の効果があったことから、DX による未来の姿への共感を引きだせたことが示唆される。

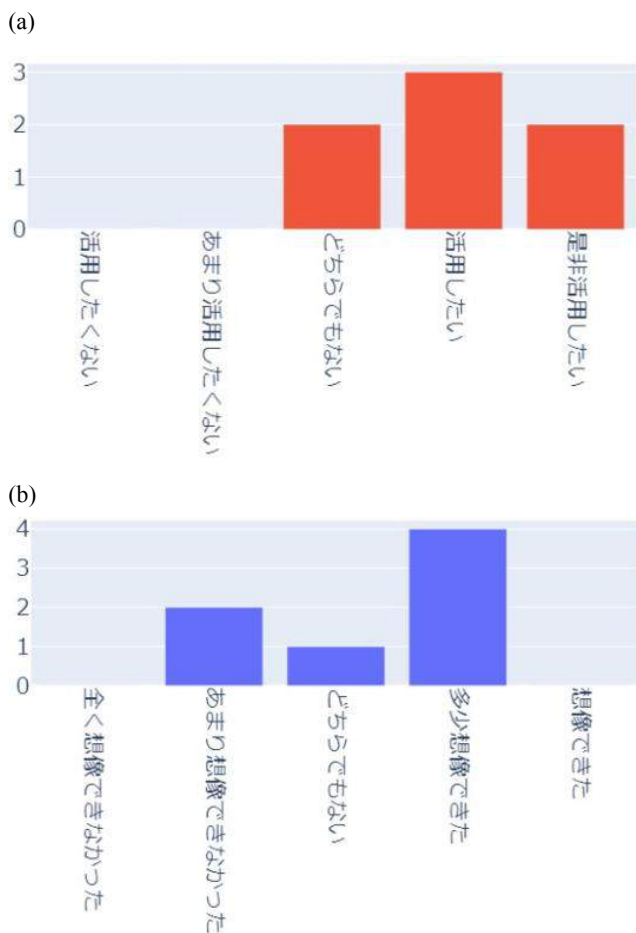


図3 ワークショップに対する参加者の事後アンケート
(a)デジタル技術を活用してみたくなったか、(b)DX後の姿を想像できたか

Figure 3 Results of participants' post-workshop questionnaire on DX.

- (a) whether they are interested in using digital technology,
(b) whether or not they could imagine what they would look like after achieving DX

3.2 ネットワーク分析による考察

ドメインの足元の興味関心／課題に対応する技術シーズを、ドメインが理解しやすい言葉でロードマップスローガンとして提示することで、ドメインの興味や共感を引き出せると考えた。そこで、ドメインの興味関心と表1に示す3種類のロードマップ内容との関係を定量評価し比較した。

① ネットワークの可視化と中心性

ロードマップスローガンを構成する基準語と非基準語との関係を示すネットワークを可視化した。具体例としてHybridロードマップのネットワークを図4に示す。また、次数中心性の高いノード上位10を図5、各ロードマップにおける次数中心性の高いノードにおいて基準語／非基準語が占める割合を表3に示す。

図5、表3より、次数中心性の高いノードの60%が基

準語に関連している。これらの基準語は非基準語とエッジで結ばれており、ネットワーク内での情報の伝播やつながりが基準語に集中していることを示唆する。例えば、帳票電子化が基準語として位置づけられており、これがデジタル化や情報など非基準語と関連してネットワークが発展している可能性がある。これは、パーコレーションモデルにおけるクラスターの形成に類似しており、基準語がネットワーク内で情報や概念の拡散を促進していることを示唆している[5]。

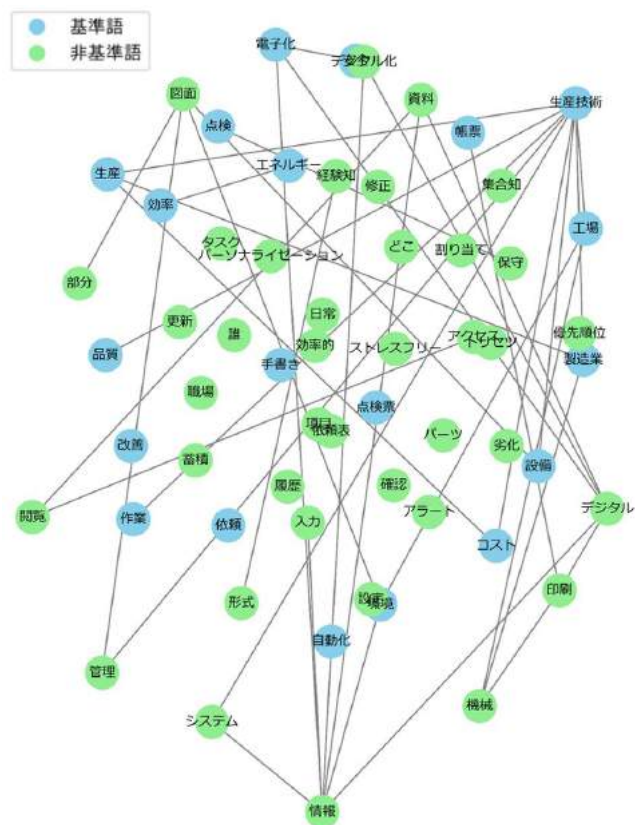


図4 Hybridロードマップのネットワーク

Figure 4 Network diagram for Hybrid type roadmap.

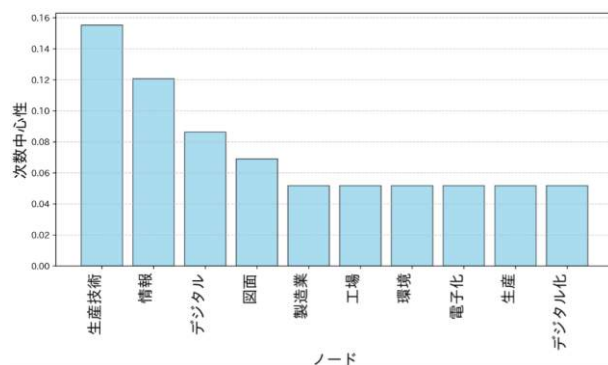


図5 UACJのロードマップにおける次数中心性の高いノード

Figure 5 Highly order-centric nodes in the UACJ roadmap.

表3 各ロードマップにおける回数中心性の
基準語／非基準語の比率

Table 3 Ratio of familiar to unfamiliar words in each
roadmap.

ロードマップの種類	基準語	非基準語
Hybrid(UACJ)	60%	40%
Backwardcasting	30%	70%
Forwardcasting	50%	50%

② ロードマップスローガンにおける基準語の含有率

図6にロードマップスローガンにおける基準語の含有率を示す。

- Hybrid型(UACJ)およびForwardcastingロードマップいずれもスローガン内に基準語を含有している。Hybrid型については、ロードマップ時系列が現状に近いところでは基準語を含有しているものの時系列が進むにつれて含有率が減少している。これに対し、Forwardcasting型は高い含有率である。
- Backwardcastingロードマップは、いずれのスローガンにおいても基準語の含有率は0%である。

③ ロードマップスローガンにおける類似度の高い非基準語の含有率

図7にロードマップスローガンにおける基準語と類似度の高い非基準語の含有率を示す。

各ロードマップいずれにおいても、ロードマップスローガンは基準語と類似性のある非基準語を含んでおり、これらがロードマップのスローガンとして時系列ごとに配置されている。

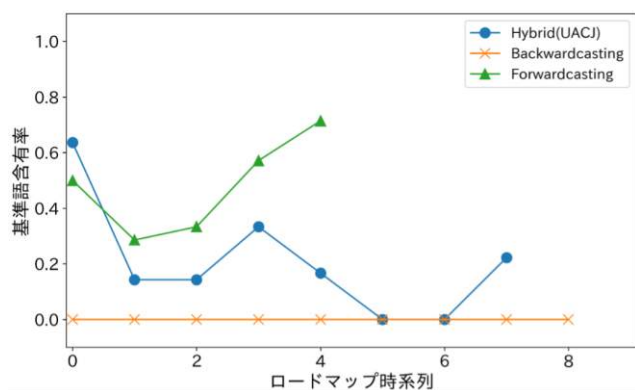


図6 ロードマップスローガンにおける基準語の含有率
Figure 6 Change in inclusion of familiar words within roadmap slogans.

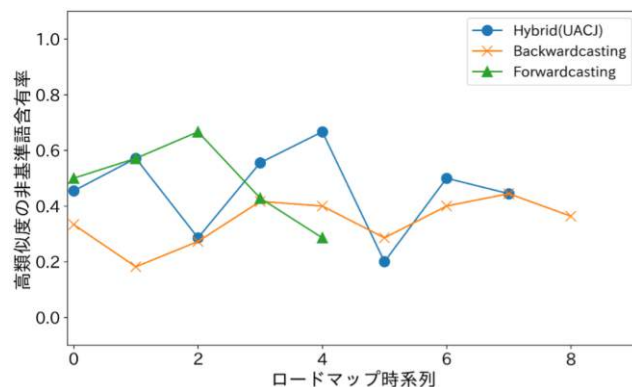


図7 ロードマップスローガンにおける類似度の高い
非基準語の含有率

Figure 7 Percentage of words with high similarity to familiar words within the roadmap slogan.

ドメインからデジタル技術に対する興味とDXによる未来の姿への共感を引き出したのはフレームワークによって作成したHybrid型のロードマップである。①～③の結果を整理したものを表4に示す。これより、以下の条件を満たしたロードマップが必要と考えられる。

- 基準語がロードマップの各スローガンに入っている。
- 各スローガンのワードは基準語と類似性がある。
- ロードマップのスローガン(各施策)は、自分の知識や能力を拡張しようというモチベーションが生まれるように段階的にレベル感を上げるよう設定すること。

表4 各ロードマップに対する分析結果

Table 4 Analysis results for each roadmap.

ロードマップの種類	ロードマップに対するドメインの印象	重要ノード(中心性)	基準語含有率	類似度の高い非基準語含有率
Hybrid(UACJ)	興味向上 未来へ共感	基準語	約60%から徐々に減少	ロードマップ内に基準語に対して類似度の高い非基準語を一定量含む
Backwardcasting	未来を想像できない	非基準語	なし	
Forwardcasting	興味はあるが未来への期待感は低い	基準語 非基準語	約50%から増加、高いところを推移	

上記の条件を満たすロードマップであれば、デジタル技術に対する興味とDXによる未来の姿への共感を引き出すことができると一般的に共感／腹落ちする・モチベーションがあがる内容だと感じる可能性が高いと考えられる。その理由は、以下のように説明できる。

- ロードマップスローガンの中に基準語を含むと、基準語はドメインが持つ既知のトピックスのため、スローガンに対するドメインの興味をひくことができると考えられる。
- ロードマップスローガンが基準語と類似性があるということは、基準語とロードマップスローガンの間に一定の共通点や特徴が存在することを示唆している。このような違う事柄のなかから双方の類似点を見いだす思考法をアナロジー思考と呼ぶ[6]。これによって、ドメインは基準語をもとにして、ロードマップスローガンを連想しやすくなると考えられる。
- ロードマップのスローガン(各施策)を時系列で追って

いくと、そこに含まれる基準語が段階的に減少している(図 8)。これはロードマップの各施策を時系列で見っていくと、そのレベル感が段階的に向上していることに起因する。これにより、足元に近いロードマップはイメージできるが、遠い未来のロードマップのイメージが難しくなってくる。しかし、段階的にレベルの向上するロードマップ施策を達成することに対するモチベーションや未来の姿への期待感が生まれると考えられる。この基準語含有率とロードマップ達成に必要な成長レベルの関係を図 9 に示す。これは、自己能力の向上や困難な課題への挑戦、そして成功の達成を求める欲求、具体的にはマクレランドの欲求理論における達成欲求に該当すると考えられる[7]。Hybrid 型のロードマップは適度な難易度を備えた課題に向かうことで積極的な姿勢が発揮されるロードマップである。ロードマップ各施策のレベルを時系列的に進むにつれて段階的に向上させることで、ロードマップに対する共感や意欲を喚起する効果が期待される。

- **Forwardcasting** ロードマップは Hybrid ロードマップと同様に基準語がスローガンに含まれ、かつスローガン内のワードが基準語と類似性があるにも関わらず、ロードマップに対する共感や意欲が得られないことが明らかとなった。これは、ロードマップ各施策のレベル感が変わっていないことを示唆し、同じレベル感の事柄に取り組むことでマンネリが生じる可能性を示している。
- **Backwardcasting** ロードマップは、スローガン内に基準語が一切含まれていないことが分かる。スローガン内の単語は基準語との類似性があるものの、基準語そのものが含まれないため、ドメインからスローガンに対する興味を引き出すのが難しいと考えられる。

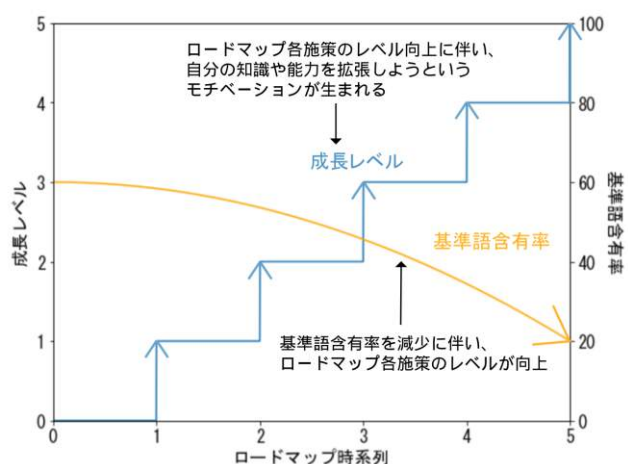


図 9 基準語含有率とロードマップ達成に必要な成長レベルの関係

Figure 9 Relationship between the inclusion of familiar terms in the roadmap and the level of growth required to achieve the roadmap.

4. まとめ

DX ロードマップを作成するフレームワークを考案し、このフレームワークを用いたワークショップを実施したところ、参加者である製造オペレーターからデジタル技術に対する興味と DX による未来の姿への共感を引き出すことができた。このようなロードマップとなる条件をネットワーク分析したところ、以下の結果を得られた。

- ロードマップ時系列が現状に近いところの各スローガンには、ドメインの持つ基準語を含めること。基準語はドメインが既に知っているトピックスであり、ロードマップに対する興味をひく効果があると考えられる。
- ロードマップの各スローガンのワードは、基準語と類似性があること。アナロジー思考が働くことによって、ドメインは基準語をもとにして、ロードマップスローガンを連想しやすくなると考えられる。
- ロードマップの各スローガンは、時系列に沿って段階的にレベル感を上げるように設定すること。レベル感が上がると、ドメインが自分の知識や能力を拡張しようというモチベーションや未来の姿への期待感が生まれると考えられる。これは、達成欲求という欲求理論に基づくと考えられる。

以上の条件を満たすロードマップは、Hybrid 型のロードマップと呼んでいる。Hybrid 型のロードマップは、Forwardcasting 型と Backwardcasting 型のロードマップと比較して、ドメインからの共感や意欲を喚起する効果が高いことがフレームワークの活用によって示された。

今後の課題としては、考案した方法の汎用性や応用性を検証すること、ロードマップの作成における基準語の選択方法やスローガンの生成方法をさらに改善すること、ロードマップの実行や評価に関する支援方法を検討していく。

参考文献

- [1] 磯田祐世,浅田勝義,山本佑樹. 製造業における DX 推進に向けたリテラシー醸成の取り組み: 情報処理学会 IoT 行動変容学研究グループ第3回研究会論文集.2023,94-97
- [2] IPA 独立行政法人 情報処理推進機構. “DX 白書 2023”. IPA 独立行政法人 情報処理推進機構ホームページ. 2023.
<https://www.ipa.go.jp/files/000108048.pdf>, (参照 2023-12-4)
- [3] Opar, A. (2014, January 10). Why we procrastinate. Nautilus.
- [4] Tomas Mikolov, Kai Chen, G. Corrado, and J. Dean. 2013. Efficient estimation of word representations in vector space. In Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR'13).
- [5] 久貝壽之,加藤孝明,小出治,バーコレーション理論に基づいた地区レベル道路網の防災性能評価に関する基礎研究:日本建築学会計画系論文集.2001,No549,231-237.
- [6] 細谷功.アナロジー思考 「構造」 と 「関係性」 を見抜く一. 東洋経済新報社,2011.
- [7] David McClelland, John Atkinson, Russell Clark, Edgar Lowell: The achievement motive, Appleton-Century-Crofts(1953)