

Title	社会インフラ業界組織における未来知識共創マネジメントの研究
Author(s)	村田, 尚
Citation	
Issue Date	2025-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/19916
Rights	
Description	Supervisor: 白肌 邦生, 先端科学技術研究科, 博士

博士論文

社会インフラ業界組織における
未来知識共創マネジメントの研究

村田 尚

主指導教員 白肌 邦生

北陸先端科学技術大学院大学

先端科学技術専攻

[知識科学]

令和7年3月

Abstract

The companies in the social infrastructure industry, including general contractors and EPC contractors, have attempts to expand their business domain by integrating social infrastructure with services, as well as conducting the conventional construction business. The purpose of this study is to clarify how the industrial organization, consisting of the companies in the social infrastructure industry, continuously envision the future and co-create new knowledge as a methodology of future-oriented knowledge cocreation management, in creating business opportunities in the new business domain by capturing the changes in the technological or social trends.

The industry organization on the social infrastructure, which is subject under this study, has developed Knowledge Co-creation Roadmapping, featuring (i) Sharing thought, (ii) Acquiring knowledge, (iii) Co-creating visions, and (iv) Documenting visions, in order to collaboratively discuss various possible goals for the future social infrastructure industry. In this study, Knowledge Co-creation Roadmapping has been evaluated in Study 1, and the antecedents to proceed with the next cycle of the roadmapping have been extracted in Study 2 through the three cycles of roadmapping in the industry organization.

As a result, it has been evaluated in Study 1 that this method is effective in acquiring foresight while organizationally co-creating new knowledge. It has been found in Study 2 that the process of motivation, in which reflection on the results of the past roadmapping, temporal changes in the subject of the past roadmapping, and new social/technological trends and emerged terminologies are considered as antecedents, and is caused to induce the new cycle of roadmapping.

Among the studies on the business planning and product/service development, there were not enough studies on knowledge co-creation to create the business opportunities in the new business area and its continuous management process in the past. It has been found in this study that we can proactively realize future-oriented management continuously by changing the person's motivation.

Keywords

Social Infrastructure, Industry Organization, Organizational Knowledge Co-Creation, Roadmapping, Motivation

要旨

建設業やプラントエンジニアリング業といった社会インフラ産業は、建設というモノづくりだけでなく、社会インフラとサービスを融合した事業領域の拡大を目指している背景がある。そこで本研究では、未来知識共創マネジメントの方法論として、社会インフラの業界企業で構成される業界組織が技術動向や社会動向の変化を捉えて新産業への事業機会を創出する際に、どのように未来を描いて新たな知識を創造し続けるかを明らかにすることを目的とした。

研究対象とする社会インフラの業界組織では、協働的に多様な社会インフラの未来を検討していくために、(i)思いの共有、(ii)現場での知識獲得と共通体験、(iii)獲得した知識によるロードマップ作成、(iv)報告書作成、を特長とした知識共創志向ロードマッピング手法を開発した。本手法を適用した3回のロードマッピング活動に対して、本研究では研究1として手法の評価を、研究2として手法の継続性を誘発させるための評価観点の抽出を行った。

その結果、研究1ではこの手法が組織的に知識創造を実施しつつ先見性を獲得する有効な手法であることを評価した。研究2では、ロードマッピング活動を継続させるためには、過去のロードマッピング活動の結果の内省や調査した対象の時間的变化、新たな社会・技術動向や専門用語への着目を先行要因とする動機づけのプロセスが、ロードマッピング活動の循環を誘発することを明らかにした。

事業計画や製品・サービス開発計画のような計画に関する研究の中でも、新産業への事業機会を創出するための知識創造・知識共有や、そのようなマネジメント活動の継続性に関する研究は十分に無く、アプローチを工夫することで人間の心理を変化させて、能動的に未来志向のマネジメントを継続して実現できるようになることを、本研究では見出した。

キーワード

社会インフラ、業界組織、組織的知識創造、ロードマッピング、動機づけ

目次

第 1.章	序論.....	1
1.1.	研究の背景.....	1
1.2.	研究の目的とリサーチクエスチョン	3
1.3.	論文の構成.....	5
第 2.章	先行研究レビュー	6
2.1.	社会インフラのビジネスモデルの特徴.....	6
2.2.	組織的知識創造の協働性とその限界	8
2.3.	先見性に関する方法論の多様性と限界.....	10
2.4.	ロードマッピング手法の概要と限界	12
2.5.	小括	14
第 3.章	知識共創志向ロードマッピングの提案	15
3.1.	知識共創志向ロードマッピングの各ステップ	15
3.2.	知識共創志向ロードマッピングと SECI モデルとの関係.....	18
3.3.	知識共創志向ロードマッピングと Fast Start Roadmapping との関係.....	19
第 4.章	研究方法.....	20
4.1.	対象	20
4.2.	モデル適用過程.....	25
第 5.章	研究 1 知識共創志向ロードマッピング手法の適用に関する効果分析	29
5.1.	適用	29
5.2.	結果	32
5.3.	評価	45
5.3.1	ロードマッピングに知識共創志向を加えた効果	46
5.3.2	知識共創志向ロードマッピング活動の総合的な評価	48
第 6.章	研究 2 知識共創志向ロードマッピングの継続性を誘発させる観点の抽出	50
6.1.	適用	50
6.2.	結果	53
6.3.	評価	71
6.3.1	新たな社会動向や技術動向の発現に対する調査願望	73
6.3.2	実態の理解と波及効果の想定 of 調査願望.....	75
6.3.3	計画と実績の差異に対する調査願望.....	76
6.3.4	阻害要因とドライビングフォースの探求願望.....	78
6.3.5	アクターや組織に関する影響への調査願望	80

第 7.章	考察.....	82
7.1.	知識共創志向ロードマッピング手法の効果に対する考察.....	82
7.2.	手法の継続性の誘発に向けた観点に対する考察.....	85
7.3.	総合考察	88
第 8.章	結論.....	90
8.1.	リサーチクエスチョンへの回答	90
8.2.	理論的含意.....	92
8.3.	実務的含意.....	93
8.4.	本研究の限界と将来研究への示唆.....	95
参考文献		96
付録		105
研究業績		111
謝辞		112

図目次

図 1	知識共創志向ロードマッピングのアウトライン	17
図 2	(一財) エンジニアリング協会の組織図	21
図 3	オープンプラットフォームとしての部会運営の方式	24
図 4	本研究の研究方法論	28
図 5	1 回目のロードマッピング活動の概要	29
図 6	日本の高齢化の推移と将来推計	33
図 7	遠隔作業支援のアプリケーション	34
図 8	バーチャル・シンガポールでのデータ連携のイメージ	35
図 9	都市の見える化と将来予測としてのソーラーパネル活用プロジェクト	36
図 10	社会インフラの建設に関するロードマップ	40
図 11	調査研究の成果の自由記述回答の分析	46
図 12	調査研究のプロセスの自由記述回答の分析	47
図 13	2 回目のロードマッピング活動の概要	51
図 14	3 回目のロードマッピング活動の概要	52
図 15	富山市の公共交通の活性化に関する具体的施策概要	55
図 16	富山市のセンサーネットワークの概要	56
図 17	会津若松市のスマートシティの全体概念図	58
図 18	富山市における課題・施策の時系列整理	59
図 19	会津若松市における課題・施策の時系列整理	60
図 20	加賀市のデジタル活用取り組み方針	65
図 21	医療版情報銀行のイメージ	66
図 22	加賀市事例に関するロードマップの例	68
図 23	分析結果のチャート図	73
図 24	ロードマッピングの継続性の誘発に関する模式図	86

表目次

表 1	(一財) エンジニアリング協会の経常損益の推移.....	20
表 2	(一財) エンジニアリング協会・新産業研究部会の調査テーマの一覧.....	25
表 3	2016 年度から 2023 年度までの部会活動の代表的な参加メンバー	27
表 4	スマートインフラに関するレイヤーマップ	41
表 5	調査結果の記述統計	49
表 6	インタビュー対象者への質問内容	71

第 1.章 序論

1.1. 研究の背景

建設業やプラントエンジニアリング業といった社会インフラ産業は、建設というモノづくりに加えた事業領域の拡大が、業界全体として志向されている。例えばプラントエンジニアリング業は、日本経済の高度成長時代、日本国内の経済成長の鈍化に伴って海外進出が全盛となった時代、海外の同業企業との競争激化の時代を経て、1990 年代後半から 2000 年代前半は、現業を継続し続けることによる国内での業界存続のリスクが高まってきた（経済産業省製造産業局，2003）。この状況への対応策として、経済産業省にて発足されたプラントエンジニアリング産業懇親会では、現業の事業継続に対する改善に加えて、事業の上流分野や下流分野への進出という業務形態の変化と、事業分野の拡大が協議された（経済産業省製造産業局，2003）。事業分野の拡大については、業界企業が培ってきたコア・コンピタンスをもとに、建設というモノづくり以外の様々なサービス事業への展開が提案された（亀岡ら，2007）。また様々な社会動向や技術動向を踏まえて、対象とする社会インフラの高付加価値化も目指すべき方向性として提示された。このように、社会インフラ産業は、社会インフラや製造業の基幹設備の供給を担うことだけでなく、社会インフラとサービスを融合した事業領域の拡大への変化を辿ってきた。

社会インフラとサービスの融合を目指す際に注目すべき新たな技術動向の例として、2010 年代前半から注目されている IoT、人工知能、ロボティクスなどの先端技術が挙げられる。これらの先端技術を駆使して、社会インフラの運用の最適化や自律化やサービスとしての新たな価値創造を目指す取り組みなどは、社会インフラの業界企業が目指すべき 1 つの方向性であり、その延長上にあるスマートシティの構築については、業界企業は積極的に関与していく事業領域といえる。また、2010 年代後半から注目されている社会動向として、脱炭素社会や循環型社会を含む環境の持続可能性が挙げられる。社会インフラの業界として、とりわけスマートシティや社会インフラが関係する環境持続可能性について着目すると、Neirotti et al. (2014)が提示したスマートシティのサービス分類では、再生可能エネルギーなどを対象とする資源・エネルギーの有効活用が、社会インフラとの強い関係があることを示している。再生可能エネルギーに関するサービス研究は、Ekman et. al. (2019) の太陽光発電における Aggregator の役割に関する研究や、Singh et. al. (2022)の再生可能エネルギーやエネルギーマネジメントをはじめと

した領域における新興企業のサービスビジネスモデルについて報告がある。つまり、新たな技術動向や社会動向を受けてサービスを創出する際は、サービスによる価値共創のプロセス、価値共創に参画するアクター、各アクターが提供できる資源などを意識して、ビジネスモデルを検討する必要がある。そのようなサービスイノベーションによるビジネスの創出には、サービス研究の視点が必要である。

しかしながら、そのようなサービス研究はまだ緒についたばかりであり、特に社会インフラの業界企業がアクターとして関与している報告は、Halaraet.al. (2023)らが建設資材の再利用に関する試験プロジェクトを通じて、サービスエコシステムおよびアクターの役割の変化を調査した報告があるものの、都市の環境持続可能性に関するサービスの価値共創や資源統合、サービスエコシステムの仕組みは解明されていない。このような黎明期のタイミングで事業に参入することは、業界企業の持続的な発展に寄与するといえる。

このような業界全体にインパクトのある技術動向や社会動向に対して、業界内の各社が、自社の現業の範囲内で将来を構想するだけでは、必ずしも十分ではなく、企業間の連携を通じた将来構想が重要である。このための対話の場として、業界組織がある。

橘川 (1991) は、日本の石油化学業界の業界組織である石油化学工業協会を例に、原料ナフサのコスト低減、製品販路の拡大、資金の調達、環境保全や安全確保、情報の収集や交換、広報活動など、個別企業が単独では解決できない業界の共通の課題に対して、業界組織が企業の個別機能を補完する中間組織として課題解決を遂行したことを報告している。Battisti & Perry (2015)は、中小企業で構成されるニュージーランドの業界組織を例に、業界組織の活動が単に政府の政策に関与して影響を及ぼすことを目的とする以外に、組織内の他の企業からの学びや業界への帰属心の向上などより多様な役割を果たしていることを示唆している。

このように、一企業では対応することが難しい業界全体の課題に対して、業界組織として課題解決に対応していくことは、業界および業界企業の持続的成長と発展のために重要である。日本の社会インフラの業界においても、業界内の各社が、自社の現業の範囲内で将来を構想するだけでは必ずしも十分ではなく、企業間の連携を通じて、社会インフラ業界だけでなく社会全体の持続的成長と発展を見据えた将来構想が重要である。しかし、そのための具体的な手法は未だ確立されておらず、企業間連携による将来構想を検討するための方法論を研究する必要がある。

1.2. 研究の目的とリサーチクエスチョン

Shirahada & Niwa (2007)は、技術者を動機づける未来志向のマネジメントを提唱した。これは、技術者が、本来は仕事において将来の社会に影響を与え、自らの役割や能力を高めることを望む未来志向の考え方が、動機づけに強く影響することを示唆している。社会インフラ産業の業界では、業界企業としての能力を発揮して、社会全体の持続的成長と発展に貢献することを目指しており、そのための道筋は何なのか、どのようにその道筋に関与してマネジメントしていくべきかを考えている。加えて、その道筋を描くに当たっては、自社の現業の範囲内で構想するだけでは必ずしも十分ではなく、企業間の連携を通じた共創によって知識創造を行いながら、社会全体の持続的成長と発展を見据えるマネジメントが重要である。ここでは、それを未来知識共創マネジメントと呼ぶ。

そこで本研究は、この未来知識共創マネジメントの方法論として、社会インフラの業界企業で構成される業界組織が技術動向や社会動向の変化を捉えて新産業への事業機会を創出する際に、どのように未来を描いて新たな知識を創造し続けていくのかを明らかにすることを目的とする。

以上の背景と目的から、本論文のリサーチクエスチョンを以下の通り定める。

MRQ：社会インフラの業界組織は、社会・技術動向の変化に対して、どのように新たな知識を創造し続けて未来志向を実現するのか？

SRQ1：社会インフラの業界組織は、どのように新たな知識を協働して創出し、将来への道筋を描くのか？

SRQ2：継続的なプロセスとするために、道筋を見直す観点は何か？

ここでは、MRQに回答するために、2つのSRQを立てている。SRQ1では、企業単体では無く、企業間連携の対話の場としての業界組織を取り上げる。業界組織が単に業界が保有している知識の範囲内で将来構想を検討するのでは無く、社会・技術動向の変化を受けて新たな知識を創造し、持続的な成長や発展のための将来構想を描くための方法論は何か、その方法論の有効性はどうなのかを明らかにする。適用する方法論として、研究対象である業界組織が新産業への事業機会を創出するために、社会動向と技術動向の変化を総合的に捉えて将来への道筋を検討したいという背景から、ロードマッピング手法に着目する。

次に SRQ2 では、ロードマッピングのフォローアップ活動を促進させる視点として、活動を実施する組織や支援ツール以外に、ロードマッピングを実施した対象とその周辺の進展と変化に着目する。つまり、ロードマッピングのフォローアップ活動を推進させるために、どのような観点で、対象とその周辺の進展と変化に着目し、どのような観点で調査し検討すべきかを明らかにする。

これらの研究の流れによって、MRQ で掲げた問いである、社会・技術動向の変化に対して、どのように新たな知識を創造し続けて未来志向を実現するのかを明らかにする。つまり、SRQ1 は企業間連携の場としての業界組織による将来構想の方法論について、回答する。しかしながら、業界企業がそれぞれ自社の強みや対象とする市場に対して、将来構想を自社なりにアレンジして事業計画やイノベーションの実現に取り組んだとしても、社会動向や技術動向の変化により、将来構想が陳腐化して見直す必要が出てくることが想定される。陳腐化された将来構想が放置されることなく、改めて将来構想を見直す際に、どのような観点で見直し始めるべきかを回答するのが SRQ2 である。なお、ここで述べている業界組織は業界企業が集まるオープンプラットフォームの場であり、各業界企業から派遣されたメンバーが集まって、業界組織としての活動を実施している。本研究では、その業界組織を研究対象とする。

1.3. 論文の構成

本論文は 8 章構成となっている。

第 2 章では、先行研究のレビューを行う。リサーチクエスションへの回答を得ることを念頭に、社会インフラのビジネスモデル、組織的知識創造、未来志向、ロードマッピングの観点から先行研究を整理し、先行研究の限界を指摘することを通じて、本論文の分析視点を構築する。

第 3 章では、業界組織を代表とした複数の企業にて構成される組織において、知識創造も含めた将来構想を検討する方法論である「知識共創志向ロードマッピング」を提案し、その内容について説明する。

第 4 章では、本研究の全体としての研究方法として、研究対象と第 3 章で提案した知識共創志向ロードマッピングの適用課程について述べる。

第 5 章では、研究 1 として、知識共創志向ロードマッピングの効果測定について質問紙調査を実施し、調査研究の成果、調査研究のプロセス、客観的評価、ロードマップの有効性について分析した結果を述べる。

第 6 章では、研究 2 として、知識共創志向ロードマッピングの手法を継続的なプロセスとするために考慮している点について、半構造化インタビューを実施し、過去のロードマッピングの成果を見直す際の観点を抽出した結果を述べる。

第 7 章では、第 5 章と第 6 章で得られた結果に対してそれぞれ考察を行うことに加えて、先行研究レビューで抽出した分析視点からの考察を行う。

第 8 章では、前章までの研究から得られた結論と、リサーチクエスションへの回答、理論的含意と実務的含意、本研究の限界と将来研究への示唆を総括し、整理した内容を記述する。

第 2 章 先行研究レビュー

2.1. 社会インフラのビジネスモデルの特徴

インフラとはインフラストラクチャーの略であり、辞書では「産業や社会生活の基盤となる施設、道路・鉄道・港湾ダムなどの産業基盤の社会資本、および学校・病院・公園・社会福祉施設等の生活関連の社会資本など、インフラ、(広辞苑・第 7 版)」と説明されている。このようにインフラは基盤を形成するものの総称で、佐藤 (2003) が示すように社会資本 (森ら, 2020) や社会的共通資本 (宇沢, 2000) とも言い換えることができる。インフラの具体例としては道路、鉄道、港湾や学校、病院などが辞書では挙げられているが、インフラの分類については様々なものが見られる。例えば米国土木学会 (American Society of Civil Engineers) は 2-4 年ごとに米国内の様々なインフラストラクチャーの状態に対する学会の意見を表す「インフラストラクチャー報告カード」を発行しており、そこでのインフラの分類は、航空、橋、情報通信、ダム、上水道、エネルギー、危険廃棄物処理、内陸水路、堤防、公園、港湾、鉄道、道路、学校、固形廃棄物処理、雨水処理、交通、排水処理の 18 が挙げられている。また宇沢 (2020) は、社会的共通資本の分類として、道路、交通機関などの社会的インフラストラクチャーだけでなく、森林、河川などの自然環境や教育、医療、金融などの制度資本も含めた分類を提示している。このようにインフラおよびその類義語は、基盤という意味を持ちつつも、それをもとに取り扱う範囲が各様であるため、本研究ではインフラが意味する範囲を産業基盤の社会資本に限定する。また、社会インフラという語を適用する。

社会インフラ産業は、1610 年創業の竹中工務店のような業界企業をはじめとして様々な老舗企業が存在しており、その特徴の 1 つとして成熟産業であることが挙げられる。そのような成熟産業の業界企業が、持続的な発展を目指すのに必要な取り組みの 1 つとして、ビジネスモデルのイノベーションが必要ある。成熟産業のビジネスモデルのイノベーションには、Björkdahl (2009) による機械エンジニアリング企業が既存の業務プロセスに新規の ICT 技術を活用した事例報告、Bolton & Hannon (2016) によるエネルギーサービス企業が分散型エネルギーシステムへの移行のために地域暖房と熱供給の導入を推進した事例報告、Costa et al. (2022) による電気自動車の開発に伴う自動車業界と電力業界のビジネスモデルイノベーションの事例報告がある、これらの事例報告は、ビジネスモデルイノベーションの先行研究の中でも、既存のビジネスモデルの何を変革したのか明らかにすることを目的としている。それらは、Björkdahl (2009) は、顧客セグメント、収益モデルなどの要素について、Costa et al. (2022) は、既存ビジネスモ

デルの境界条件について、Bolton & Hannon (2016)は、アクターおよびそれらを取り巻く制度について述べている。しかしながら、未来に対する分析を踏まえて、何を先行要因として組織はビジネスモデルイノベーションに取り掛かるのかについての報告は見当たらない。

2.2. 組織的知識創造の協働性とその限界

組織的知識創造プロセスモデルとして、SECIモデル(Nonaka, 1994)が存在する。このモデルは、新たな知識が暗黙知と形式知の相互作用によって生成されることを前提に、Socialization（共同化）、表出化（Externalization）、連結化（Combination）、内面化（Internalization）のプロセスで組織的に知識が創造されうることを説明している。

1つ目の共同化とは、暗黙知から暗黙知に変換するモードである。これは他人と経験を共有することにより、他人が個人として持っている暗黙知を自分の暗黙知として獲得するプロセスである。2つ目の表出化とは、暗黙知から形式知に変換するモードである。これは個人の暗黙知を、言語やイメージなどの表現手段を媒介にして形式知化し、集団の知識として発展させていくプロセスである。3つ目の連結化とは、形式知から形式知へ変換するモードである。これは言語化や概念化された集団の知識を、概念と概念を結びつけてモデル化したり、概念を細分化したりして形式知に体系化するプロセスである。4つ目の内面化とは、形式知を暗黙知に変換するモードである。これは、論理的に理解した知識を、行動を通じて自覚的に暗黙知として身につけるプロセスである。これらの4つのモードを、個人から個人へ、個人から集団へ、集団から組織へ、組織から再び個人への関係性の中で、知識がその質と量を増加させながら上向的なスパイラルの中で創造されていくことが、SECIモデルで説明している組織的知識創造である。

Nonaka & Toyama (2005)は知識創造動態モデル(Nonaka & Toyama, 2005)としてSECIプロセスを継続的かつ効果的に進ませる要因として、ビジョン、駆動目標、知的資産、場、環境を挙げている。ビジョンとは、組織にとって実現したい理想の未来像を描くものである。駆動目標とは、SECIプロセスの流れを駆動させるための具体的な目標や行動規範である。知的資産とは、SECIプロセスを通じて生み出された知識の集積である。場とは、SECIプロセスが流れて知識が生み出される基盤となるものである。環境とは、様々な外部組織と自組織との有機的な連結による生体系のことである。自組織が環境に働きかけることによって、環境の持つ知識と接触し、それらを組織の中に取り込み解釈することで、内在的な知識が創造される。

社会インフラのスマート化やスマートシティ、社会の持続可能性に関する未来志向の議論を業界組織として実施するに当たり、業界としてあまり持ち合わせていない社会インフラのハードウェア以外の知識を外部環境から取り込み、それを業界組織として解釈し、内在的な知識とすることは、ハードウェアの知識と併せて未来志向の議論を実施するのに必要なプロセスである。そのような知識創造を伴った未来志向の議論を実施する理由から、社会インフラに関する将来の議論と組織的知識創造には親和性がある。さらに、メンバーの役割が組織の中で固定されずに、自発的に相互補完しながら、情報を

提供しアイデアを創出する知識共創の取り組みも重要である(Lakhani & Hippel, 2003).

このように、社会インフラの将来を議論する上で業界組織という場は効果的と考えられるものの、これまでの研究は異なる組織が集まる業界組織における知識創造の文脈において展開した研究は十分に無い。

さらに、このような対話の場としての業界組織は、ライバル同士の企業関係者が集まるものの、業界として共に発展していくための情報共有や共同議論がなされている。こうした場合は、経営の近視眼性(Smith et al., 2010)を乗り越え、産業として発展していくための長期構想を検討する上で極めて重要な役割を持っている。その一方で、場の運営を効果的に進めなければ、同業企業の集まりゆえ、場が十分に機能しない。異なる利害を有している者らが集まってアイデア出しをする際は次の課題が起こりうると考えられる。(i)自組織に不利なアイデアを隠すといった知識妨害活動の発生(Serenko, 2019)、(ii)各社の個別の関心に集中することによる議論の過度な発散(Chambers, 2004)、(iii) 自分の専門領域のみから意見を出し合うことで知識空間が限定され、斬新なアイデアが出てこない(Shirahada & Hamazaki, 2013)。これら、業界組織メンバーによる将来業界構想立案に関する潜在的課題は、異なる企業メンバー間での暗黙知と形式知の相互作用による組織的知識創造が十分に機能していないために生じるといえるが、適切な手段は十分に研究されていない。

2.3. 先見性に関する方法論の多様性と限界

組織の先見性とは、変化する要因を特定、観察、解釈し、組織特有の含意を判断し、組織にふさわしい反応を誘発することである(Rohrbeck et al., 2015)。これは、将来の不確実性に対して、それが起こる仕組みを理解し、適切に対応したいという組織のニーズによるものである。

先見性についての研究の出現は 1950 年代である(Rohrbeck et al., 2015)。特に、社会の複雑性を理解するために、将来性に関するビジネスマインドを習得する必要性と、過去と現在から協働的なシステム思考で将来を先見する必要性から、先見性についての研究が始まった。1950 年代に開拓された手法として、デルファイ法がある。これは、多数の専門家の意見を収集・集約し、将来の技術開発に関するコンセンサスを得るアプローチとして利用が始まった(Rowe & Wright, 1999)。

1960 年代から 1970 年代にかけての産業は、技術的なリーダーシップや圧倒的な販売流通網によって支配的な地位を獲得した企業によって支配され、どちらかと言えば安定していることが多かった。そのため、直線的な長期計画を前提として、技術予測がいかに組織の意思決定および計画プロセスに関連することができるかという点に関心が置かれた(Gordon et al., 2020)。一方で、直線的な経済計画（予測）ツールでは複雑化し激動する世界の計画に十分ではないとの認識も生まれ、ロイヤル・ダッチ・シェル社がシナリオプランニングを開発した(Jefferson, 2012)。しかし、これは将来を予測するためのものではなく、将来についての対話のプラットフォームを作り、そのための一助となるような、もっともらしいシナリオを作成するためのものであった。

1980 年代になると、将来の不確実性というものがより注目され、不確実性の存在下での計画、意外性のある事態が発生することの必然性、計画に対する新たな考え方を生み出すことが求められるようになった(Bjorklund, 1988)。1990 年代になると、先見性は、戦略的意思決定だけでなく、イノベーション・マネジメントをも支援するようになった。Mahajan & Muller (1996)は IBM 社の Mainframe を例に新製品導入のタイミングと最適時期の経営判断について報告し、Van Wyk (1997)は戦略的な技術スキャンを提唱し、あらかじめ選択した特定分野を対象とした定期的な技術スキャンよりも、より広い視野で調べる重要性を報告した。

2000 年代になると、技術のスキャン、コミュニケーション、および知識管理を構造的に統合しようとする方法論である Technology Roadmapping(Phaal et al., 2004)の活用が到来した。2010 年以降は、戦略的優位性を生み出す先見性の実践の要素についての議論に発展し(A. H. I. Lee et al., 2010)。また、イノベーションにおける先見性の役割が引き続き議論されている(Rohrbeck & Schwarz, 2013)。

これらの先見性に関する様々な方法論については、Popper (2008)はフォーサイト・ダイヤモンドというチャートを利用した分類を提案している。これは、創造性、専門性、一般との協調、エビデンスベースを頂点するダイヤモンド内に、先見性に関する手法をマッピングしたものであり、例えばデルファイ法はやや専門性寄りに、シナリオプランニングはやや創造性寄りに、ロードマッピング手法は、比較的中央にマッピングされている。先見性に対する今後の研究については、IT ツールの影響、組織における先見性の活用が挙げられる(Gordon et al., 2020)。組織における先見性の活用については、例えば異なる組織同志で先見性を調査する Open Foresight の事例も報告されている。Wiener et al. (2018)は、工業製品を製造する B2B 企業が実施した顧客との Open Foresight および大学機関との Open Foresight に関する事例報告であり、企業文化と Open Foresight との関係について報告している。しかし、業界組織のように様々な企業が集まって、かつ業界が保有していない別の技術分野を中心に技術動向を調査して先見性を検討する取り組みの報告は見当たらない。

2.4. ロードマッピング手法の概要と限界

将来の不確実性を前提として先見性を見通し、組織内メンバーと共有する手法としてロードマップがある。ロードマップは、様々なインプットを時間ベースの多層チャートに融合させ、組織内の様々な機能や視点を揃えることで、ビジネスの戦略的進展を見通すことができる汎用的な「戦略レンズ」を形成するものである(Gordon et al., 2020; Phaal et al., 2004)。ロードマップは、異なるレベルの分析や戦略策定の支援に適用可能であり、国家レベル、セクターレベル、または企業レベルといった様々な粒度で活用が可能である(Amer & Daim, 2010; Gordon et al., 2020; Phaal & Muller, 2009)。このロードマップを作成するプロセスがロードマッピングであり、複数の利害関係者が持っているそれぞれの視点を共有して、市場、製品・サービス、技術の間のギャップを明らかにし、そのギャップの解消するための統合的な道筋を作成するプロセスである(Daim & Oliver, 2008; Gerdtsri et al., 2009; J. H. Lee et al., 2013; Wells et al., 2004)。この手法はメンバーが主体的に参加して戦略を構想できる(Kerr et al., 2013)と同時に、利害関係者が創造的なアイデアやビジョンを前進させるための合意形成を促進(Kerr et al., 2019)させる機能もあることが知られている。

ロードマッピングには、通常、チームの立ち上げと計画の段階、入力と分析の段階、ロードマップへの統合と図表化の段階、ロードマップでの協議結果の実行と定期的な見直しの段階の4段階がある(Gerdtsri et al., 2009)。入力と分析の段階では、知見の獲得、共有、創造のために、通常は複数の利害関係者を交えたワークショップを実施する。また図表化の段階では、様々なアレンジを含む研究がある(Cuhls et al., 2015; Kerr et al., 2012; J. H. Lee et al., 2012; S. Lee & Park, 2005; Yoon et al., 2008)ものの、基本的には市場、製品・サービス、技術をレイヤーとし、時間軸を含んだフレームワークを活用する(Phaal et al., 2005)。そのフレームワークを利用して、現状（我々はどこにいるのか?）、目標（我々はどこに行きたいのか?）、そして手段（どうやってそこにたどり着けるのか?）について、メンバーが共同で検討していく。

このように、未来志向の議論を進めていくうえでロードマップは有効なコミュニケーション基盤として2000年代以降、技術経営やフォーサイト研究の中で研究されてきた(Gordon et al., 2020)。ロードマッピング手法の分類については、例えばJ. H. Lee et al. (2011)が紹介している方法として、製品のような適用対象や、ある産業の特定企業のような適用組織での分類がある。この大分類をもとに、さらなる絞り込みとして、新興的な技術や製品開発を対象に適用するのか、破壊的技術を対象とするのか、探索的に進めるのか、課題解決志向で進めるかといった分類や、製品開発、戦略立案といったロードマッピング手法の適用の目的による分類が提案されている。過去に適用さ

れたテーマは幅広く、新製品開発(Petrick & Echols, 2004)、破壊的技術の予測(Phaal et al., 2011; Walsh, 2004)に加えて、戦略管理ツールとしての使用も積極的に行われてきた(Fenwick et al., 2009; Gerdtsri, 2007; Gerdtsri & Kocaoglu, 2007; Phaal et al., 2006; Toro-Jarrín et al., 2016)。企業レベルでのロードマップ以外には、学会レベルでのロードマップや業界レベルでのロードマップに関する報告がある、学会レベルでのロードマップの例としては、Uchihira (2007)によるシステム工学におけるロードマップの報告がある。学会で対象としたロードマップは、対象システムの問題解決のための技術開発であることから、着実なコア技術を対象とする場合のボトムアップのアプローチや、特定のシステムを対象とする場合のトップダウンのアプローチのどちらも不向きであるという難しさがあったため、システム工学を対象とするケースに適する独自のロードマップ手法として、ミドルアップダウンアプローチを提案した。業界レベルでのロードマップの例としては、ITSRの取組が報告されている(Cogez et al., 2015)。しかしながら、その報告は取組の成果や事例紹介が中心であり、例えば、競合企業のメンバーが互いに持っている知見を共有して、どうやって新たな将来像や知識を創出していくのかなど、他業界でも応用可能な、異なる企業同士が協働的に実施していくロードマッピング手法の提言や開発までは昇華されてない。

このように、業界組織でロードマップを活用しようとした場合、競合企業のメンバーが互いの持っている知見を共有し、新たな知識を創出していくことが求められる。しかし、知識創造プロセスについて言及したロードマップ研究(Phaal et al., 2005)はあるものの、未来志向の議論において知識創造に配慮したロードマッピング手法を開発・適用し、その効果を実証的に示した研究は管見の限り見当たらない。

さらにロードマッピングは1回限りの取り組みではなく、図表化した後に定期的な見直しを実施するフォローアップ活動も重要な段階の1つである(Kostoff & Schaller, 2001)。継続的なプロセスとしてロードマッピングを実施されるため、組織の成熟度によって継続性の取り組みに違いが出る(Hirose et al., 2019)ことや、継続的な見直しを支援するツールの必要性(J. H. Lee et al., 2013)が、これまでに報告されている。また、Pora et al. (2022)はデータ駆動型 Roadmappingを提案し、ビジネス環境の変化を追跡して、半自動的にロードマッピングの改訂を試みているものの、定期的な見直しをどのような観点から実施して、継続的なプロセスとしてロードマッピングを実施しているのかは未だ明らかになっていない。

2.5. 小括

本章は、4つの観点から先行研究を整理し、その限界を指摘したうえで本論文の分析視点について説明した。1つ目の社会インフラのビジネスモデルの観点では、未来に対する洞察を踏まえて、成熟産業がビジネスモデルイノベーションに取り掛かる先行要因が何かを分析する必要性を確認した。

2つ目の組織的知識創造の観点では、業界組織のような異なる企業が集まる組織を対象に、知識創造の文脈において展開した研究が十分に無いことを確認した。

3つ目の未来志向の観点では、業界組織のような異なる組織が集まって、かつ業界が保有していない別の技術分野を中心に技術動向を調査して先見性を検討する取り組みについて分析する必要性を確認した。

4つ目のロードマッピングの観点では、業界組織のような異なる企業が集まる組織を対象に、未来志向の議論において知識創造に配慮したロードマッピング手法を開発・適用し、その効果を実証的に示した研究が見当たらないことと、定期的な見直しをどのような観点から実施して、継続的なプロセスとしてロードマッピングを実施しているのかが未だ明らかになっていないことを確認した。

第 3.章 知識共創志向ロードマッピングの提案

本研究では、未来知識共創マネジメントの方法論として、社会動向と技術動向の変化を総合的に捉えて、新事業への事業機会の創出に繋がるあらゆる未来への道筋を検討できるロードマッピング手法に着目する。そのロードマッピング手法を、異なる企業が集まる業界組織に適用して組織的知識創造プロセスを進め、協働的に多様な社会インフラの未来を検討していくために、(i)思いの共有、(ii)現場での知識獲得と共通体験、(iii)獲得した知識によるロードマップ作成、(iv)報告書作成、を特長とした知識共創志向ロードマッピング手法を著者は開発した。本章では、知識共創志向ロードマッピング手法を説明し、その理論的な基盤について述べる。

3.1. 知識共創志向ロードマッピングの各ステップ

知識共創志向ロードマッピングは、(i)思いの共有、(ii)現場での知識獲得と共通体験、(iii)獲得した知識によるロードマップ作成、(iv)報告書作成、の4つのステップから構成されている。これらの各ステップの内容は以下の通りである。

(i) 思いの共有

本ステップでは、業界内の様々な企業から参加者を募り、応募した参加者が、なぜこの活動に参加したいと思ったか、具体的な活動として何をしたいのか、この活動を通して何を得たいのかを発表し、他の参加者の思いや問題意識を共有して、チームとしての活動方針を設定する。また、これからの活動に有用と思われる資料や情報を自主的に共有することを通じて、協働的な場の構築を行う。関心や興味の方向性を確認するためのツールとしてポジションペーパーを活用し、各参加者が作成したポジションペーパーの内容を参加者同士で共有することで、思いの共有とチームとしての活動方針の設定に役立てる。

(ii) 現場での知識獲得と共通体験

本ステップでは、参加者の知識空間(Belal et al., 2012)を拡張する。活動方針に沿って公開文献の調査などの調査を実施した後、現場視察を実施する。現場視察では、実物の体感と参与観察、現場の担当者からの説明とインタビューを通じて、新たな知識

を獲得する。加えて、現場視察での発見事項と既存の知識とを組み合わせ、新たな知識を創造する。また本ステップでは、現場視察に加えて、有識者による講演を企画し聴講する。講演の聴講からも、新たな知識の獲得や創造を行う。

これらの現場視察や講演の企画・聴講という共通体験を通じて、参加者同士のチームとしての一体感や協働的な雰囲気醸成を図る。

(iii) 獲得した知識によるロードマップ作成

本ステップでは、獲得もしくは創造した知識を参加者同士で協議することで、発見事項を整理し因果関係を解釈して、新たに創造した知識を参加者同士で理解する。理解した結果をもとに、Technology Roadmapping(Phaal et al., 2004)の手法を適用して、想定される時系列推移を検討する。

(iv) 報告書作成

本ステップでは、活動の成果を図表や文章で報告書の形式でまとめる。報告書の作成は、知識共創志向ロードマッピングに参加したメンバー全員で報告書の全体構成を検討し、原稿作成のパートをメンバーで割り振って、全員が原稿を作成する。原稿作成が完了したら、各メンバーの作成パートの概要を全員に発表し、読み合わせを行う。さらに現場視察や講演会については、視察を受け入れて下さった組織・団体や講演者に原稿をレビュー頂き、さらに業界組織の事務局も原稿をレビューして、報告書を完成させる。報告書が完成したら、とりまとめた報告書を振り返って各参加者が活動の成果を内省し、自らが所属する企業に持ち帰って成果を有効に活用することを各参加者が実施する。

さらに、各参加者による活動の内省を受けて、次のサイクルを廻す際はどのような活動をしたいのか、思いを巡らす。

この知識共創志向ロードマッピング手法を図示すると図 1 のようになる。(ii)現場での知識獲得と共通体験と、(iii)獲得した知識によるロードマップ作成の双方の矢印は、相互参照のプロセスを通じた質の向上を示しており、(i) 思いの共有と、(iv)報告書作成の双方向の矢印は、活動の最初に議論した思いと得られた先見性の相互参照による内省化のプロセスを示している。

この知識共創志向ロードマッピング手法の開発に当たり、社会インフラ産業向けに工夫した点としては、思いの共有のステップのすぐ後に、現場での知識獲得と共通体験のステップに移行している点である。社会インフラ産業では、業務で取り扱う社会

インフラが有形物のハードウェアであるという特徴から、現物を観察したり現物を前に担当者に対話することで、知識を創造したり将来への道筋を描くことが有効に働く可能性が高いと想定される。この可能性を出来るだけ高めるために、現場に出向くことを盛り込んだことが、社会インフラ産業向けに工夫した点である。

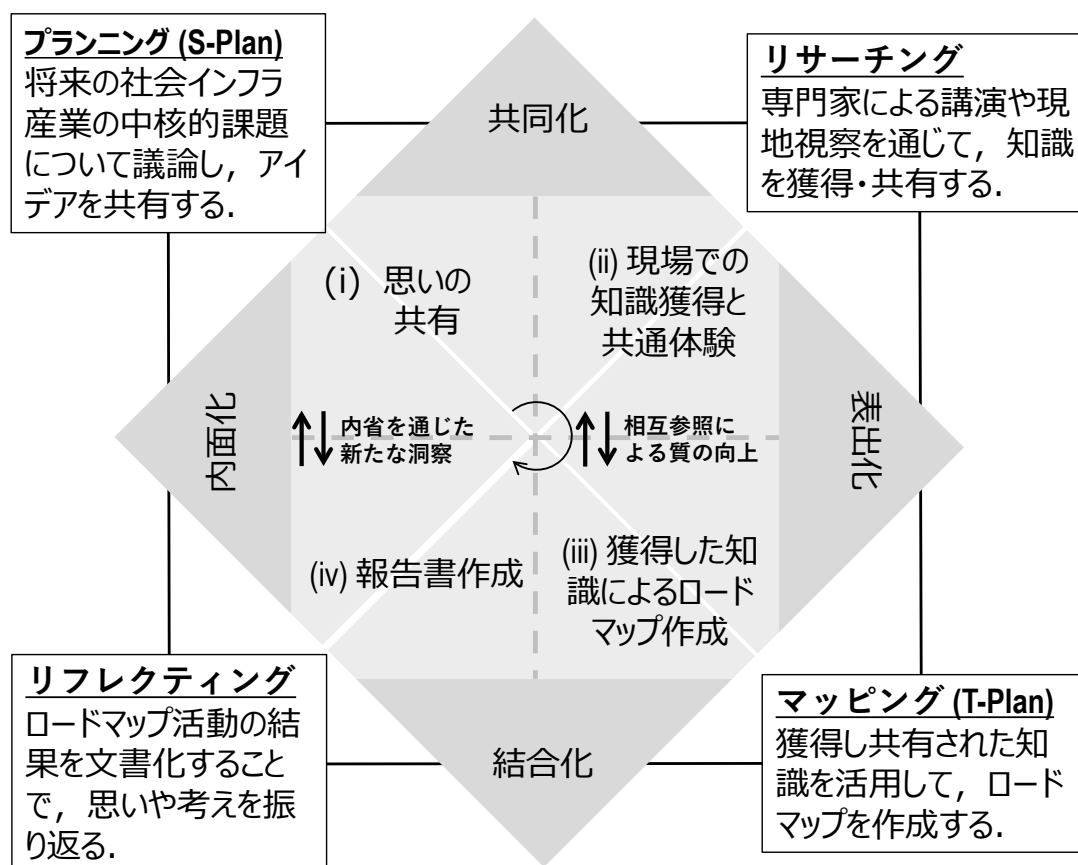


図 1 知識共創志向ロードマッピングのアウトライン

3.2. 知識共創志向ロードマッピングと SECI モデルとの関係

知識共創志向ロードマッピングは理論的には SECI モデルが基盤となっており、その各ステップの中に組織的知識創造の活動が含まれている。知識共創志向ロードマッピングを SECI モデルの各ステップで見直すと以下のように整理できる。

Socialization（共同化）は、参加者が暗黙的に知識を共有するモードである。知識共創志向ロードマッピングでは、参加者の思いや問題意識を共有することと、現地視察での実物の体感や参与観察を通じて、暗黙知を共有する段階に相当する。

Externalization（表出化）は、参加者が言語やイメージ、モデルなど何らかの表現手段を媒介として暗黙知を形式知化し、集団の知として発展させていくモードである。知識共創志向ロードマッピングでは、現地視察や講演会の聴講を通じて、獲得した知識を参加者同士で協議することに相当する。

Combination（結合化）は、表出化によって集団知となった言語や概念を具体化するために、モデル化したり体系化したりするモードである。知識共創志向ロードマッピングでは、新たに創造した知識を参加者同士で理解し、Technology Roadmapping の手法を適用して、想定される時系列の推移を検討し、図表や文章による報告書にまとめることに相当する。

Internalization（内面化）は、形式知を自覚的に暗黙知化するモードである。知識共創志向ロードマッピングでは、各参加者が報告書の内容を振り返って内省し、自組織に持ち帰って有効に活用することや、次のサイクルを廻す時はどのような活動をしたのか、思いを巡らすことに相当する。

図 1 では、知識共創志向ロードマッピングの外側に SECI モデルを描いており、知識共創志向ロードマッピングの各ステップと SECI モデルの各モードとの関係を図示している。つまり、1 ステップ目の思いの共有から 2 ステップ目の現場での知識獲得と共通体験にかけてが Socialization（共同化）に相当し、2 ステップ目の現場での知識獲得と共通体験から 3 ステップ目の獲得した知識によるロードマップ作成が Externalization（表面化）である。3 ステップ目の獲得した知識によるロードマップ作成から 4 ステップ目の報告書作成が Combination（結合化）に相当し、4 ステップ目の報告書作成から次の 1 ステップ目である思いの共有が Internalization（内面化）に相当する。つまり、知識共創志向ロードマッピングの各ステップで SECI モデルの各モードの移行が起り、SECI モデルが廻っている仕組みとなっている。

3.3. 知識共創志向ロードマッピングと Fast Start Roadmapping との関係

知識共創志向ロードマッピングの中のロードマッピングの側面については、S-Plan と T-Plan から構成される Fast Start Roadmapping(Phaal et al., 2004, 2007)の手順に照らし合わせると以下のように整理できる。

S-Plan は、戦略に関する事柄を探求し、その優先性を見極めるステップである。知識共創志向ロードマッピングでは、活動の開始に当たり、参加者同士が思いを共有することに相当する。

T-Plan は、技術ロードマップに焦点を当て、将来における社会や技術の動向を踏まえて、目的とすべき製品やサービスの将来像を検討するステップである。知識共創志向ロードマッピングでは、現地視察や講演会の聴講などで獲得・創造した知識によるロードマップ作成に相当する。

図 1 での外側の 4 つのブロックは、Fast Start Roadmapping をもとに Wells et al. (2004)のサービス組織におけるロードマッピング手順に準じたものである。中心に描いた知識共創志向ロードマッピングの 4 つのステップとは対応関係にある。本研究では、社会インフラとサービスを融合した事業領域の拡大を社会インフラ業界が目指しているという背景がある。そのため、著者が開発した知識共創志向ロードマッピングは、サービスを対象としたロードマッピングである Wells et al. (2004)の報告に準じている。この手順はサービス組織内で実施した 10 回以上のロードマッピング活動から導き出された手法であり、ロードマップの焦点と時間軸を合意する 1 回目の Workshop を 1 ステップ目、1 回目の Workshop を受けて現状の知識レベルと差を把握して専門家からの情報収集を行うのが 2 ステップ目、収集した情報を受けてロードマップ作成のための Workshop を作成するのが 3 ステップ目とし、その後は作成したロードマップの維持管理を行うという手順から構成されている。知識共創志向ロードマッピングの各ステップとの関係については、1 ステップ目の思いの共有が同じく 1 ステップ目の焦点と時間軸の合意に、2 ステップ目の現場での知識獲得と共通体験が同じく 2 ステップ目の専門家からの情報収集に、3 ステップ目の獲得した知識によるロードマップ作成が同じく 3 ステップ目のロードマップ作成に、それぞれ相当する。4 ステップ目の報告書作成は、Wells et al. (2004)が提案したロードマップ手法には明示的なステップは存在しないが、ロードマップの維持管理が実質的に 4 ステップ目に相当すると考えると、ロードマップの維持管理に有益な成果物の作成という点で、対応関係があるといえる。

第 4.章 研究方法

4.1. 対象

本研究の研究対象として、(一財)エンジニアリング協会という社会インフラ業界の業界組織の中の新産業研究部会という研究調査部会を取り上げる。(一財)エンジニアリング協会は、1977年に通商産業省機械情報局長の私的諮問機関「エンジニアリング懇談会」が設立されたことが始まりである(エンジニアリング協会, 2024)。1978年には財団法人エンジニアリング振興協会として設立され、業界組織としての活動が開始された。2011年には一般財団法人への移行に伴い、名称を(一財)エンジニアリング協会と変更した。協会の賛助会員企業は、2024年7月時点で260社であり、その内訳として専業エンジニアリングが52社、総合建設が25社、産業機械が21社で、この3つの割合が高い。過去5年間の協会の経常損益は表1の通りである(エンジニアリング協会, 2020, 2021, 2022, 2023、2024)。

表 1 (一財)エンジニアリング協会の経常損益の推移

	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度
経常収益					
実施 事業会計	17,279,362	12,711,549	7,992,800	10,001,730	12,832,460
その他 事業会計	667,576,948	447,134,633	672,061,907	1,953,755,864	708,336,684
法人会計	562,982,109	251,061,664	232,857,522	229,420,760	222,922,054
<合計>	1,247,838,419	710,907,846	912,912,229	2,193,178,354	951,091,198
経常費用					
実施 事業会計	184,995,716	177,832,949	183,925,348	176,195,224	235,642,574
その他 事業会計	709,243,022	485,430,930	668,499,065	1,890,496,239	687,649,949
法人会計	38,765,275	33,812,599	61,193,865	58,972,313	68,070,789
<合計>	933,004,013	697,076,478	913,618,278	2,125,663,776	991,363,312

(単位：円)

表 1 における「実施事業会計」とは受託研究に関する会計であり，経済産業省や政府系の法人団体、大学などの研究機関，民間企業からの受託研究に対する収益と費用である。受託研究は，協会の事務局が賛助会員企業に参加を募って実施している。「その他事業会計」とは受託研究を除いた事業会計であり，「法人会計」とは事業以外の組織運営に関わる会計である。年度により事業会計の変動はあるものの，ここ 5 年間は概ね 10 億円前後の事業会計および組織運営の実績となっている。

(一財) エンジニアリング協会の組織図は，2024 年 12 月の時点では図 2 のようになり，理事長と専務理事のもとに委員会組織と事務局組織とで構成されている。

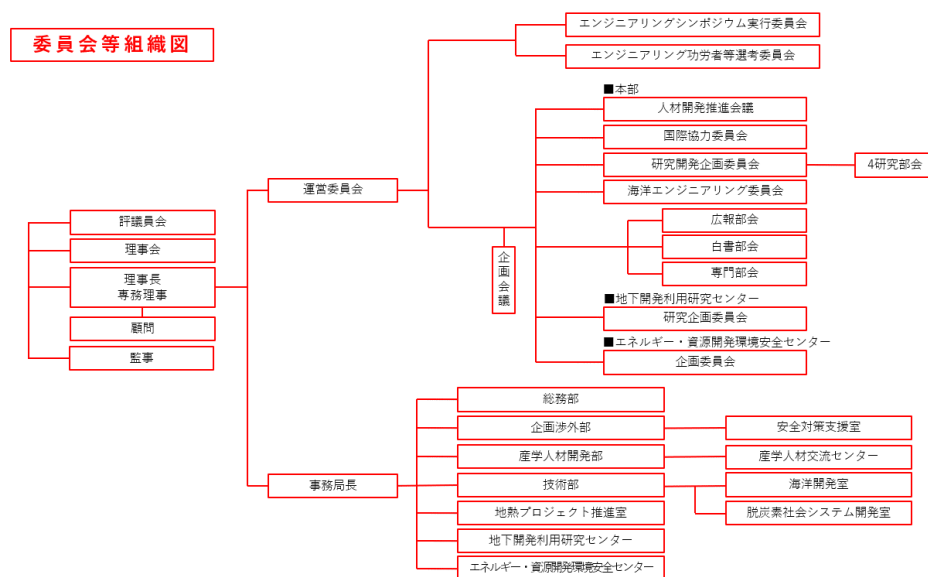


図 2 (一財) エンジニアリング協会の組織図

事務局組織の職員数は 2024 年 3 月末の時点で 50 名（うち出向者 16 名）である。運営委員会の中の各委員会，会議は賛助会員企業の執行役員や部長クラスの方々が委員長もしくは議長となり，賛助会員企業から派遣されたメンバーで委員や会議メンバーが構成されている。各委員会や会議のメンバーは概ね 10 名から 20 名で構成され，その下部組織の部会も，附属機関である地下開発利用研究センターとエネルギー・資源開発環境安全センターを除くと，概ね 10 名から 20 名の賛助会員企業から派遣されたメンバーで構成されている。

(一財)エンジニアリング協会の活動内容は、社会インフラの業界組織としての研究調査活動、各種イベント開催、政策提言、人材育成、国内外の情報収集であり、これらの活動を通じて、社会インフラの業界の社会的プレゼンスを高めるとともに、会員企業の英知と技術を結集して持続可能な社会の発展に貢献することを目指している。研究の対象とする新産業研究部会以外の(一財)エンジニアリング協会の成果としては、例えば「ENAA モデルフォーム国際標準契約書」の作成が挙げられる。これは、海外におけるプラント建設工事の標準約款として初版を1986年、改訂版を1992年、2010年、2023年にそれぞれ刊行した。このフォームは世界銀行、その他欧米主要関連団体・顧客・コントラクター企業の意見を勘案すると共に、国際的な法律事務所および公認積算士による内容確認・コンサルテーションを経て作成されたもので、客観性・公平性を重視し、発注社及び請負者双方の立場に配慮した内容となっている。さらに、この標準フォームを利用したセミナーを開催しており、標準フォームの特徴と本文中の重要事項を解説している(小西, 2011)。

2つ目の成果の例として、プロジェクトマネジメントに関する知識の普及が挙げられる。米国の非営利団体であるプロジェクトマネジメント協会が、プロジェクトマネジメントの知識を体系化したPIMBOKのガイドの初版を1996年に発行したことに伴い、(一財)エンジニアリング協会がその和訳版を1998年に発行した(PMI日本支部, 2018)。また、1999年から3年間、経済産業省からの委託を受けて「プロジェクト&プログラムマネジメント標準ガイドブック(略称P2M)」の初版を2001年に発行した(亀山, 2023)。PMBOKを基にしたPMP資格やP2Mを基にした認定資格は、(一財)エンジニアリング協会とは別の法人が実施しているものの、これらのガイドを踏まえた業界組織としての人材育成のセミナーは、(一財)エンジニアリング協会が継続して開催している。

3つ目の成果の例として、「地下空間利用 - ガイドブック」の発行が挙げられる。これは、経済産業省と民間企業の支援を受けて、(一財)エンジニアリング協会の付属機関として1989年9月に設立した地下開発研究センターが作成した書籍である。地下空間開発センターは、1987年に政府にて策定された第4次全国総合開発計画で、都市部における空間の量的不足や安全で快適な空間を求める社会的要請の高まりにこたえるために、地下空間の高度な開発利用に必要なエンジニアリングの研究開発を目的として設立された。これまでの開発センターの研究開発の代表的なテーマとして、大深度地下空間開発技術、大エネルギー貯蔵システム、地下空間利用システムがあり、これらの成果や最新の地下空間利用に関する情報をまとめた書籍として、「地下空間利用 - ガイドブック」の初版を1994年、改訂版を2013年に発行した。さらに海外の技術者向けに2015年には英語版も発行した。

(一財) エンジニアリング協会の研究調査活動については、付属機関での研究開発を除くと、研究開発企画委員会の下で設立された 4 部会が、業界企業を横断した活動を実施しており、その中の 1 つが新産業研究部会である。新産業研究部会は 1988 年に発足し、これまでの産業分野・技術分野にとらわれず、新しい事業分野に対するエンジニアリングへのニーズ・シーズ等の調査・研究を行っている。部会のメンバーは、協会の理事を輩出している専業エンジニアリング、総合建設の企業に所属していることが多く、その他、産業機械と電機分野の企業から派遣されたメンバーにて構成されている。役職レベルは、役員レベル、部長レベルから課長や主任レベルまでと様々なレベルに渡るが、部長・課長レベルが多い。そして所属部門は技術企画、営業部門から情報部門、技術開発、設計部門まで広範な部門であるが、基本的には専門技術をベースとして社会インフラのエンジニアリング事業に関わっている専門技術者といえる。部会メンバーは例年 10 名前後で多くて 20 名程度であり、部会長に加えてテーマに応じて主査と副査を選定して、調査研究活動を実施している。調査テーマは 2 年ごとに更新しており、年度の初めにメンバーの募集を行う。部会に参画するメンバー、業界組織の中の部会という場、業界組織の関係は図 3 のように表すことができる。中段の黄色矢印がオープンプラットフォームとしての業界組織の中の部会という場である。下段は業界企業から派遣されたメンバーの関わりであり、メンバーは各人の思いをもとに部会活動に参画する。部会活動を通じて得たものをメンバーは各社に持ち帰り、各社の第一人者として、活動の成果を自社にフィードバックする。上段は業界組織としての関わりであり、部会の運営に当たっては、ロードマッピングに代表されるようなアプローチ手法やフレームワーク、サービスに関する概念や理論的視点を部会のアドバイザーや主要メンバーから説明を受け、メンバーの中から部会長や主査に割り当てられたメンバーは、これらを念頭に部会の活動を円滑に進め、活動を促進させる。部会活動での成果は、業界共通の知的財産として部会の参加メンバーだけでなく、業界組織の賛助会員一企業にも共有する。このような、オープンプラットフォームとしての場が本研究の対象とする業界組織である。

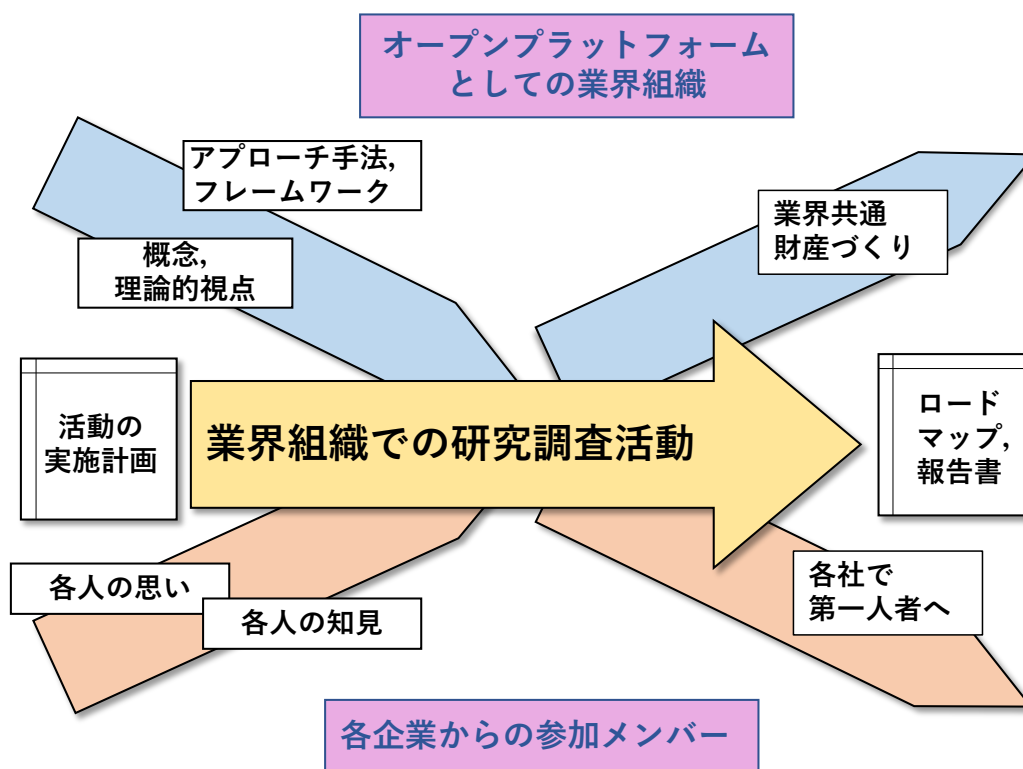


図 3 オープンプラットフォームとしての部会運営の方式
(中村ら (2013) による図を一部改変)

4.2. モデル適用過程

本研究ではエンジニアリング協会・新産業研究部会で 2016 年度から 2023 年度において知識共創志向ロードマッピングを適用した。この 8 年間の調査テーマと部会長及びアドバイザーを含めた部会メンバー数と月例会部の開催回数は、表 2 の通りである。

表 2 (一財) エンジニアリング協会・新産業研究部会の調査テーマの一覧

調査研究期間 (年度)	調査テーマ	メンバー数	月例会部の 開催回数
2016～2017	IoT スマートインフラに関する調査研究	2016 年度：14 名 2017 年度：16 名	2016 年度：11 回 2017 年度：11 回
2018～2019	スマート社会インフラ・エンジニアリングに関する調査研究	2018 年度：12 名 2019 年度：11 名	2018 年度：10 回 2019 年度：13 回
2020～2021	SDGs 志向スマートシティ・インフラに関する調査研究	2020 年度：10 名 2021 年度：12 名	2020 年度：10 回 2021 年度：12 回
2022～2023	スマートインフラの社会実装に関する調査研究	2022 年度：12 名 2023 年度：11 名	2022 年度：9 回 2023 年度：12 回

調査テーマは 2 年ごとに更新しており、2016 年度から 2017 年度は IoT スマートインフラによる調査研究として、IoT に関する様々な講演を聴講したり、現地訪問を実施した後に、社会インフラ関連、建設・製造業の IoT 活用ロードマップを作成した（エンジニアリング協会，2017, 2018）。2018 年度から 2019 年度はスマート社会インフラ・エンジニアリングに関する調査研究として、スマートシティの先行事例である会津若松市や富山市、熊本市を訪問し、社会インフラのスマート化の発展型としてのスマートシティを調査した（エンジニアリング協会，2019, 2020）。2020 年度から 2021 年度は SDGs 志向スマートシティ・インフラに関する調査研究として、SDGs とスマートシティの関係について公開文献を通じた調査を実施し、また内閣府によるスーパーシティ提案の公募に応募した 31 の都市を対象に、課題と施策について、都市の規模による違いと共通点を調査した（エンジニアリング協会，2021, 2022）。2022 年度から 2023 年度はスマートインフラの社会実装に関する調査研究として、スーパー

シティ構想の特区に採択された大阪府・市、つくば市と、デジタル田園健康特区に採択された加賀市に調査訪問を実施した（エンジニアリング協会，2023, 2024）。調査研究活動は，1 回 2 時間の月例部会を中心に，現地視察や講演会の開催は訪問先や講演者のスケジュールに合わせて月例部会とは別に実施した。また，必要に応じて月例部会とは別に分科会を開催し，調査研究活動を進めた。

この 8 年間の部会活動の中で，知識共創志向ロードマッピングの手法を 3 回適用している。1 回目が 2016 年度から 2017 年度，2 回目が 2018 年度から 2019 年度，3 回目が 2020 年度から 2023 年度の調査期間に相当し，1 回目から 3 回目までのロードマッピング活動は以下のようにまとめられ，社会インフラの業界として着目すべき対象として，社会インフラのスマート化，スマートシティの先行事例，持続可能性を念頭に置いたスーパーシティ構想と変化させて，部会活動としてロードマッピングを廻してきた。これらの 3 回のロードマッピングはそれぞれ包含関係となっている。つまり，2 回目のスマートシティのロードマッピングが 1 回目のスマート化技術を利用した社会インフラのロードマッピングを包含し，3 回目のスーパーシティのロードマッピングが，スマートシティを実装する目的の観点で，2 回目のロードマッピングを包含する関係となっている。

- a) IoT などのスマート化技術を利用した社会インフラとインフラ建設について，ロードマッピング活動を実施(Murata et al., 2021)
- b) 社会インフラのスマート化を発展させて，スマートシティの先行事例である会津若松市と富山市を例に，ロードマッピング活動を実施（名合ら，2019，名合ら，2020）
- c) 持続可能性などの考え方を受けて，スーパーシティに応募し，デジタル田園健康特区に採択された加賀市のロードマッピング活動を実施。（名合ら，2021，名合ら，2022，名合ら，2023）

参加メンバーは表 2 の通りであり，最大で 16 名，最小で 10 名のメンバーが各年度で参画した。2016 年度から 2023 年度の 8 年間すべてに参加しているメンバーは 5 名であり，その中の 1 名は著者である。残りの 4 名のうちの 1 名（A 氏）は 2016 年度以前から部会活動に参画しており，過去の部会活動の経験を踏まえて部会をリードし，2016 年度から 2019 年度まで部会長を担当した。もう 1 名（B 氏）は部会の上位組織である研究開発委員会の委員も兼務しており，業界組織全体の活動の活性化を考慮して部会に貢献していた。ほかのもう 1 名（C 氏）も部会の主査を経験した年度がある。2 番目に長く参画しているメンバーは 2017 年度から 2023 年度までの 7 年間参加しているメンバーが 1 名（E 氏）おり，部会の主査と副主査を経験した。3 番目に長く在籍して

いるメンバーは 2018 年度から 2023 年度までの 6 年間参加しているメンバーが 1 名 (F 氏) おり、部会の主査と部会長を経験した。これらの 7 名が 2016 年度から 2023 年度の間、部会活動における主要なメンバーであり、表 3 に代表的な参加メンバーの概要をまとめる。これらの主要メンバーの職制は現業部門の管理職であり、マネジメントもしくは実務の第一線で自社の組織をリードすることが出来るメンバーが集まって、部会活動を実施してきた。

表 3 2016 年度から 2023 年度までの部会活動の代表的な参加メンバー

No.	名前	参加年度	所属企業と職制
1	著者	2016 年度～2023 年度	専業エンジ企業： 設計部門・チームリーダー
2	A	2016 年度～2023 年度	IT 電気通信企業： 社長
3	B	2016 年度～2023 年度	専業エンジ企業： 事業開発部門・チームリーダー
4	C	2016 年度～2023 年度	総合電機企業： 事業開発部門・課長職
5	D	2016 年度～2023 年度	電気設備企業： 営業部門・部長職
6	E	2017 年度～2023 年度	水処理設備企業： 事業開発部門・課長職
7	F	2018 年度～2023 年度	総合建設企業： 研究開発部門・部長職

本研究では、研究 1 として知識共創志向ロードマッピングの手法の評価を、研究 2 として手法の継続性を誘発させるための観点の抽出を行う。研究 1 では、1 回目のロードマッピング活動を対象に、部会メンバーに対して質問紙調査を実施する。自由記述による回答は Gioia 法によって分析し、5 段階のリッカート尺度による回答は記述統計学によって分析することによって SRQ1 に回答する。研究 2 では、1 回目から 3 回目までのロードマッピング活動を対象に、部会メンバーに対して半構造化インタビューを実施し、インタビューの結果は記述的現象学を用いて分析することによって SRQ2 に回答する。研究 1、2 共に、分析に当たっては、筆者による参与観察の結果も考慮に入れる。研究 1、2 を統合した全体的解釈と結果として、MRQ に回答する。これらの研究方法論を図示すると、図 4 の通りとなる。

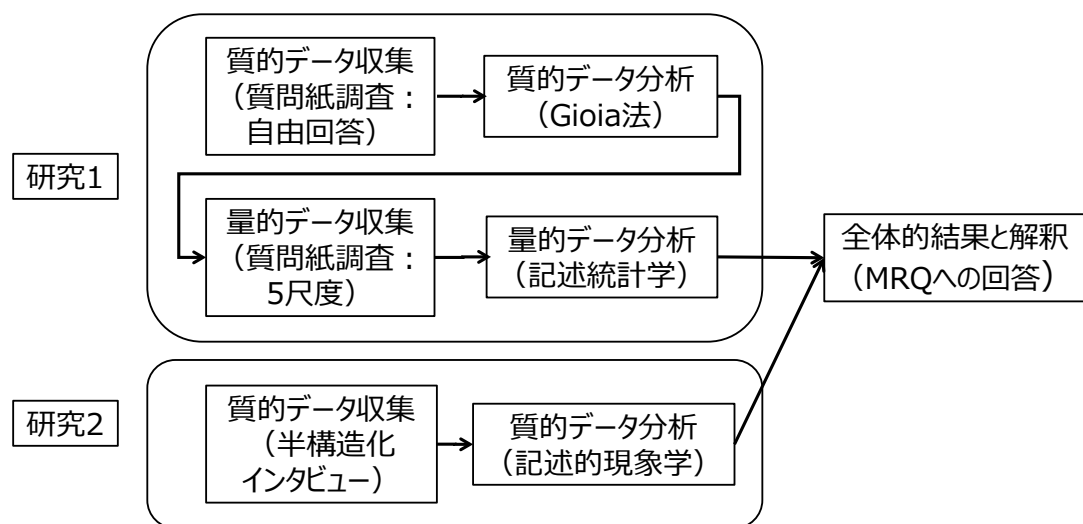


図 4 本研究の研究方法論

第 5.章 研究 1 知識共創志向ロードマッピング手法の適用に関する効果分析

5.1. 適用

本研究では 1 回目のロードマッピング活動を対象とする。図示したものを図 5 に示す。

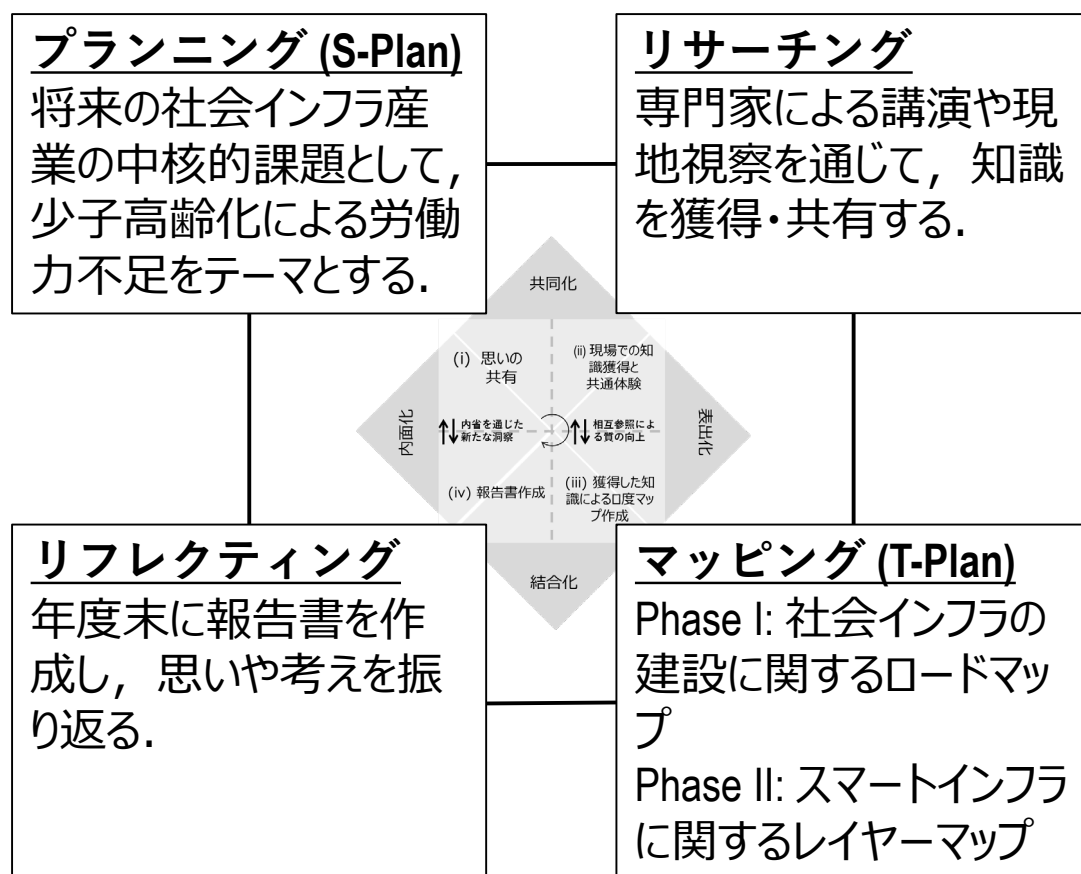


図 5 1 回目のロードマッピング活動の概要

1 回目のロードマッピング活動では、Wells et al. (2004)によるサービス組織におけるロードマッピング手順を参考に、2つのワークショップを実施した。プランニング

フェーズにおいては、社会インフラ分野での中核的課題は何かを議論した結果、それは労働力補完策であることをメンバーと合意した。その上で、労働力補完策の観点からスマート化での課題解決による社会インフラの建設分野におけるロードマッピングを1つ目のサブテーマに設定し、Phase Iとして実施した。次に、社会インフラのライフサイクルの観点から、完工後の社会インフラの運用・維持管理についてのロードマッピングを2つ目のサブテーマとして設定し、一部の Smart City/Compact City の事例も含めて Phase II として実施した。参加メンバーは、いずれも（一財）エンジニアリング協会・新産業研究部会の部会メンバー（最大人数 17 名）であり、メンバーがそれぞれのサブテーマの WG に参加する形で実施した。Phase I を先行して開始し、その後 Phase II を引き続き開始させたが、Phase I に参加した 4 名は、引き続き Phase II にも参加した。

まず、公開文献、現地視察、識者からの講演から、基礎的な社会・技術動向に関する知識をメンバーで共有した。そして、既存技術から社会動向等の将来像を想定する Forecasting、及び将来のあるべき姿から必要となるソリューションや技術を想定する Backcasting の両方からアプローチした。Forecasting アプローチでは、要素のリストアップとクラスタリングの作業を最初に実施した。具体的には、グループ KJ 法を用いて関連する技術・サービス・社会動向等の要素を部会メンバーが自由に発想して付箋に記入し、関連性の高い要素をまとめグループ化し、主要要素を抽出した。次に、Linking Grid 法を用いて近接する各階層間のマトリクスを組み、要素間の関係性の強弱を部会メンバーで採点評価する事で、関係性の強い組み合わせを抽出した。これらの作業の成果物として、抽出した要素とその関係性を基に各要素の関係性を示した階層マップを作成した。Backcasting アプローチでは、社会と技術の側面からの将来像を描写し、そのために必要なソリューションについての考察を行った。最後に Forecasting、Backcasting の両面からの考察を統合し、時間軸を含めてロードマッピング活動の成果物を作成した。

1 回目の知識共創志向ロードマッピングの活動は、現地訪問以外の活動は月例の定例部会を通して実施した。定例部会の協議は2年間で22回、現地視察は計6回、有識者による講演会は計10回実施した。その中で、ロードマップ作成にかけたおおよその所要時間は、Phase I については要素抽出を含めたグループ討議が6時間（3時間を2回）、ファシリテータの取りまとめ作業が3週間であった。Phase II については主査担当による要素抽出が2日間、グループ討議が3時間、その後の取りまとめ作業が1日間であった。

この活動に対して、部会メンバーに対して質問紙調査を実施する。質問紙の自由記述の回答は質的分析法の1つである Gioia 法(Gioia et al., 2013)を用いて分析し、5段

階の選択肢による回答は記述統計学を用いて分析することによって SRQ1 に回答する。分析に当たっては、著者による参与観察の結果も考慮に入れる。

5.2. 結果

まず、1 回目の知識共創志向ロードマッピングのプロセスに対して結果を述べる。1 回目の知識共創志向ロードマッピングを開始した 2017 年度に先立って、2016 年度は IoT を活用した社会インフラのスマート化に関する公開文献の調査と現地調査を実施している。それらを行った結果として、社会インフラのスマート化の概念について、以下のように思いを巡らせている。

今日、インフラといえば製造・物流等の産業に寄与するインフラから交通・エネルギー等の都市や地域を支える社会インフラまで幅が広い。これらインフラの「スマート化」に從來から期待が集まってきた。ここで「スマート化」には、a) サービスや事業の効率化（運用、エネルギー、更新コスト削減）、b) 利便性（需要コントロール）と快適性の向上、そして c) 持続可能性の追求（事業継続計画、地域資源・コミュニティのサステナビリティ）が含まれる。今日 IoT サービス基盤の整備が、「最適化」「自律化」によるインフラのスマート化促進への可能性が考えられる。

（エンジニアリング協会，2017：113）

本研究部会のねらいは、IoT による「スマート」化により、「スマートインフラ」を再定義しようとする試みである。すなわち「スマートインフラ」を「ハード・ソフトのインフラが、IoT 基盤等と結合することで最適化・自律化され、サービスによって価値がそこから生み出されていく」という概念に基づく。「IoT」による「インフラ」データは、「スマート」化を通して既存サービスの高度化や新たなサービスの創出への期待もあろう。

（エンジニアリング協会，2018：はじめに）

これは、新たな技術動向として登場した IoT を、社会インフラ業界としてどのように捉えればよいのか、公開文献の調査や現地調査の結果を踏まえて、社会インフラのスマート化とはどのような概念なのかを内省した結果であり、SECI モデルにおける内面化が業界組織およびその参加メンバーに発生して、2017 年度の活動を開始しようとしていることを表している。

さらに解決すべき社会課題の 1 つとして、図 6（総務省，2016）から読み取れる通り、少子高齢化によって生産年齢人口である 15 歳から 64 歳の人口が減少し、労働力不足が進行していくことが予測されることから、社会インフラのスマート化によって労働力

の効率化や最適化を目指す将来への道筋を、知識共創志向ロードマッピングの1回目に取り扱うテーマとした。部会の中でのテーマを決める議論では、2017年度の第1回の部会で行ったポジションペーパーによる各参加メンバーの思いの共有で、社会インフラの維持管理業務は、郊外や山間部などの労働力の確保が難しい地域になるほど放置されやすくなる傾向が見られるという報告があったことと、第4回の部会では、建設業における労働力不足は自社での業務遂行でも感じられるとの議論が挙げられた。これは、知識共創志向ロードマッピングでの思いの共有のステップの中で、部会の議論を通じて参加メンバーの実感を共有し、それに基づいてテーマを決定して合意する過程が、SECIモデルにおける共同化が起こっている状態といえる。

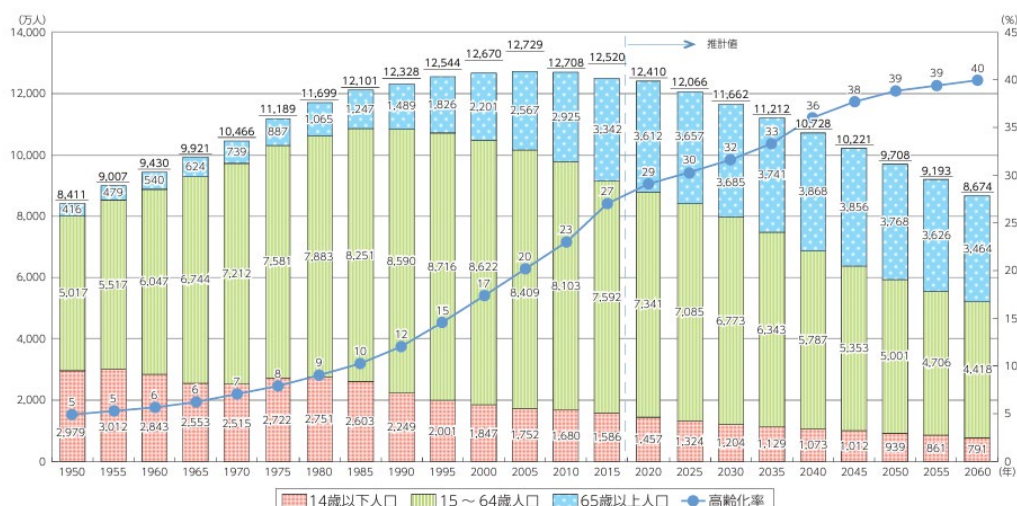


図 6 日本の高齢化の推移と将来推計

知識共創志向ロードマッピングの次のステップとして、知識空間の拡張のための現地訪問や有識者の講演を聴講した。訪問先の1つであるN社は、製造業の情報システム部門を前身としたシステムインテグレータである。アプリケーションの事例の1つとして、ウェアラブルデバイスを利用した遠隔作業支援について説明を受け、デモ設備による実演を見た。これは図7（エンジニアリング協会、2018：91）のようなシステム構成で、現場の作業者が装着したスマートグラスと遠隔の拠点を、インターネットを介してつなぎ、作業者の目線で捉えられるカメラ画像を確認しながら、遠隔の拠点から作業者に関する的確な指示を行うアプリケーションである。例えば、スマートグラスに装着されているカメラやマイクを通じて、遠隔の拠点で監視しているエキスパートとやり取りすることで、経験が少ない作業者でも1人で作業に当たることが可能である。このアプリケーションは、製造や物流の現場を想定して、IoTやICT技術を活用した業務支援のアプリケーションとして開発されたとの説明を受けたが、社会インフラの現場でも応

用可能であることや、社会インフラの建設や維持管理用に外部調達される機器資材の工場検査にも応用可能であることを参加メンバー同士で議論した。これは、暗黙的に共有されている前提条件に基づいて発想力と想像力を働かせた参加メンバー同士の議論であり、SECI モデルでの共同化から表出化が起こっている状態といえる。また、このような別会社のメンバー同士が現地視察に参加して、IoT の活用事例の体験という知識空間の拡張を伴う共通体験を行うことで、オープンプラットフォームである業界組織の部会のメンバー同士で繋がりが深まり、知識共創志向ロードマッピングを協働的に廻やしやすくすることに結びついている。



図 7 遠隔作業支援のアプリケーション

有識者による講演の例としては、3次元（3D）CADによる製品設計のソフトウェアの販売とコンサルティングサービスを提供しているD社から、都市の3次元地図として、シンガポール政府と共同開発しているバーチャル・シンガポールに関して説明いただいた。講演下さった2017年7月時点では未だ開発中の状況だったが、シンガポールの建築物、交通網、地形を含めて全て3D技術でバーチャル空間に再現し、シミュレーションやビッグデータ分析と組み合わせることで、未来の都市づくりや政策形成に役立てようという先進的な取り組みである。データ連携のイメージは図8（エンジニアリング協会、2018：33）の通りである。



図 8 バーチャル・シンガポールでのデータ連携のイメージ

このバーチャル・シンガポールが完成すると、社会インフラの整備を含めた都市計画、災害対策、衛生対策、環境対策、先駆的・予防的な公共サービスなど様々な分野で使用することが可能な3Dデジタルプラットフォームとなる。その例として、図9（エンジニアリング協会，2018：35）に示されるソーラーパネル活用プロジェクトについて紹介された。ソーラーパネルを設置した建物ごとの日射量を過去データから推定できるだけでなく、ソーラーパネルの配置の最適化と採算性検討、設置後はリアルタイムでソーラーパネルごとの発電量と近隣エリアの総発電量と総消費量の見える化、将来的にはパワーグリッドとの系統連系やデマンドコントロールまで可能になると推定される旨、説明された。これらの説明の内容は、部会メンバーが自社の業務で担当されている個別の社会インフラとは規模が大きく異なり、都市をそのまま取り扱っている。都市レベルのバーチャル空間を利用して、例えば社会インフラの維持管理を広範なエリアでリアルタイム監視できる可能性や、バーチャル空間自体をいかに維持管理すべきかについての議論を、社会インフラ業界における暗黙的な前提を踏まえて議論がなされた。これは、社会インフラのスマート化に対して、SECIモデルの共同化から表出化の段階に移行しながら、業界組織としての部会での議論がなされている状態といえる。



公開文献の調査や現地調査、講演会の聴講と並行して、知識共創志向ロードマップの3つ目のステップであるロードマップの作成に取り掛かった。ここでは、ロードマップの作成の事例として Phase I と Phase II について説明する。

1 つ目として、Phase I の成果物である詳細ロードマップの作成過程を説明する。社会インフラ建設のロードマッピング活動は、知識共創志向ロードマッピングの思いの共有のステップで部会メンバーでの議論の通り、国内の少子高齢化とそれに伴う人材不足と言う社会動向に対応するための社会インフラの建設のスマート化に着目して実施した。次に、現状からの Forecasting アプローチとして、公開文献による事例調査や現地調査、講演会の聴講とこれまで社会インフラの業界企業が培ってきた知識をもとにグループ KJ 法を実施した。その結果、抽出された要素数は計 78 件であり、これらを「要素技術」「サービス」「社会動向」の 3 つの階層に分類した。要素技術のグルーピングでは「センシングデバイス・通信」「アシスト」「ロボティクス」「AI」「バーチャル」、サービスのグルーピングでは「システム化」「作業効率化（見える化）」「外国人労働者支援」「女性・高齢者支援」「一般作業の自動化」「熟練作業の自動化」「計画・運用の最適化」「データベース化」「ワークスタイル変革」「安全衛生」、社会動向のグルーピングでは「少子高齢化（人材不足）」「ダイバーシティ」「品質への要求」「海外との競争」にまとめることが出来た。要素技術、サービス、社会動向のそれぞれグルーピングとの関係については、Linking Grid 法により要素間の関係性を抽出した。これらのグループ KJ 法

からの要素の抽出とそのグルーピングは、部会メンバーからのアウトプットが形式知化する過程の状態であり、SECIモデルでの表出化が起こっている状態といえる。

併せて、サービスの中でも効率化と自動化に関するもののみを取り上げて、将来像からのBackcastingアプローチも実施した。具体的には、エネルギープラントのライフサイクルを「調査・計画⇒営業⇒設計⇒調達⇒建設（施工・管理）⇒試運転⇒運用⇒管理・メンテナンス」として、各業務の変革イメージを議論した。建設（施工・管理）と管理・メンテナンスの変革イメージを抜粋すると以下の通りである。

<建設（施工・管理）>

ロボットの活躍により建設現場で働く人の数が格段に減り、資材の自動搬送や自動施工が行われ、3Dプリンタによる現地での製造・加工もできる。

また、現場に常駐する施工管理者はウェアラブルデバイスを着用しており、現場を見まわると同時に刻々と変化する現場の状況を記録することで、リアルタイムで3次元モデル化することが可能になる。更に、上空からもドローンにより現場を記録することで、より高精度な現場の3次元モデルが作成される。この3次元モデルは、遠隔地にいる関係者に共有され、VR技術により監理者はいつでも3次元モデル化された仮想現場を見ることが可能となり、オフィスにいながらしで全国どこの現場でも確認することができる。

（エンジニアリング協会，2018：95）

<管理・メンテナンス>

日々の点検業務はロボットやプラントのIoT化とAIの組み合わせによって行われる。設備内には自動走査型のロボットを走行させ、問題個所を自動的に摘出することができる。なお、このロボットは無線給電が可能である。

また、IoT化により得られた様々なデータから故障予知を行い、顧客へ効果的な予知保全のサービスが可能になり、さらには最適なプラント操業サービスやデータ処理による経営指標の提供など、新たなサービスが始まる。

（エンジニアリング協会，2018：96）

また、各ライフサイクルのより個別詳細の業務の変革イメージを幾つか抜粋すると以下の通りである、これらの業務フローの変革イメージの創出も、部会メンバーが部会メンバーからのアウトプットが形式知化する過程であり、SECIモデルでの表出化が起こっている状態といえる。さらに、個別詳細の業務イメージから各ライフサイクルの変革イメージを創出する過程は、SECIモデルでの結合化が起こっている状態といえる。

<管理・メンテナンス>

30. 現場をまるごと 3D 記録される。

現場施工者のウェアラブル端末により刻々と変化する現場の 3D モデルがリアルタイムに生成される。

施工記録のための「写真撮影」作業がなくなり、全て自動で記録される。また、施工記録も自動生成され、人間は確認するのみとなる。

...

35. 重機は群ロボットに置き換わる。

危険で取り回しが難しい重機から、交換容易で小回りが利くロボットたちの協調が出来るようになる。

...

37. AR 技術による図面レス施工が可能となる。

図面は BIM 連携で直接壁面にプロジェクションマッピングで表示される。

(エンジニアリング協会, 2018 : 98)

<管理・メンテナンス>

51. パイプラインの中に、管厚を検査できる自動捜査型ロボットを走行させ、自動的に問題のある減肉箇所を探索する。この技術は無線給電が可能である。

全国百台のロボットがパイプラインの中を随時走査し、パイプラインの安全を確保する。

52. 地震や洪水などの災害時の緊急対応は、パイプに発生するひずみ、変位を感知して、最適な緊急遮断の処置が AI により行われる。

また、必要に応じて別のネットワークからガスが供給できるように AI が対応する。

(エンジニアリング協会, 2018 : 98)

その後、Forecasting アプローチと Backcasting アプローチの整合性を取って、図 10 (エンジニアリング協会, 2018 : 105) に示すロードマップを完成させた。その結果、Phase I のロードマッピング活動で示唆された知識は以下の通りであった。これらは、SECI モデルでの結合化によって得られた知識といえる。

- ・バッテリーの大容量化、デバイスの低コスト化・小型化により、IoT を活用したサービスが拡大していく。
- ・LPWA (Low Power Wide Area) の公衆化、5G の普及、準天頂衛星の利用環境普及に伴い、通信環境の観点で場所の制約が無くなっていく。その結果、単一事業所内・現場内の IoT 活用からサプライチェーン全体を一貫する IoT 活用へと拡大していく。
- ・IoT を活用したサービス・ソリューションは、企業内活動全体のみならずバリューチェーン全体を包括するプラットフォーム上で運用され、全体の合理化を促進する。
(エンジニアリング協会, 2018 : 105-106)

表 4 スマートインフラに関するレイヤーマップ

(記号の意味：KW:キーワード、△:実証期、○導入期、◎普及期)

階層項目	現状・短期(～3 年後)	中 期(～10 年後)	長 期(10 年後～)
社会課題 ビジョン・ 戦略・施策	少子高齢化・就業人口減少 住民の行政無関心化・コミュニケーション不足 防災・減災 シニア世代の産業的知見の損失 インフラの老朽化 安心安全な育児環境・女性の就業 △Society5.0、industry4.0、 SDGs スマート/コンパクト街づくり ◎スマートファシリティ △スマート行政・スマート農業	独居高齢者対策・就労人口不足 災害に強い国土強靱化 外国人労働者の規制緩和 ◎ライドシェア 環境モデル/SDGs 未来都市推進 街づくり・スマートインフラ担う人財育成 ◎スマート行政・スマート農業 社会・地域実装へのマネタイズ化	2050 年に 1 億人へ 超高齢社会 リニア新幹線開始 ラストワンマイル移動 SDGs 達成・低炭素社会 スマートインフラ M の輸出
ソリューション ・サービス	独居者見守りサービス 住民と行政のコミュニケ・プラットフォーム シニア世代の知見共有化 省レジ業務キャッシュレス化・電子マネ 交通インフラの効率化 省エネ・再生エネサービス 老朽インフラ維持管理 産物の飲食店向けオンデマンド配送	スマートハウス+家庭ポータル PC⇒ 遠隔医療/健康管理/行政とのコミ ュニ. 遠隔作業支援・共有化・技術伝承 ◎キャッシュレス・コンビニ自動レジ ○部分自動走行輸送・バス・MaaS バイオ燃料 予防型保守・LCC 最小化 営業車両でインフラ・防犯モニタリング サブスクリプションモデル化	オンデマンド交通 水素社会化 インフラバーチャルツイン整備
組織 (連携・体制) ビジネス (プロセス)	省庁連携(方針・補助金統一) ○機能別・産業別組織 コンセプション方式 官民連携:街づくり IT 企業初期参加 農業の経営企業化 首長のリーダーシップ	行政業務の電子化 ○レイヤー間連携 スマートハウス:住宅・医療・行政連 携 インフラ管理・車運用・警察・警備 会社・消防のモニタリング連携	制度区分見直し・メガシティ 広域レイヤー間連携
データ・情報 ソフトインフラ	○個別 DB からクラウド化 コミュニケーションプラットフォーム (PF) 行政支援 PF、 都市データ活用 PF △○インフラのスマートモニタリング ○音声入力・リアル VR ○AI 機能の API 活用	○ビッグデータの高度解析 販売化 ◎コミュニケーション PF・行政 PF 支援 公共基盤・公民連携型のクラウド PF 都市インフラのレイヤー化 ○インフラのスマートモニタリング ◎遠隔オペレーション	○デジタルシミュレーション 地域 PF 間の高度連携 バーチャル・リアル都市構 造の融合
建築・製造 インフラ 交通・エネルギー インフラ 地上インフラ アセット	インフラ維持管理の効率化 ○スマートメータで省エネ管理 ○LRT 活用 ○街中無線 LAN	i-Construction 保守データの高度活用 串と団子：LRT とエリア内移動イン フラ ○上下分離・公設民営方式 ◎5G 設備	自動運転支援インフラ アセットマネジメント
スマート技術 (従来 ICT+ センシング/ IoT/AI/RT)	○通信方式 5G 化 ○非破壊点検・検査技術高度化 ○データ解析技術 △IoT:多様なセンサー活用 ○IT 企業提供 AI 機能の活用 ○RT:ドローン ○VR △セキュリティ	制限付自動運転 ◎余寿命予測・長寿命化技術 ○エッジコンピューティング ○LPWA センサー、全方位カメラ ○スマートインフラ向け AI-API ○インフラ点検 RT、3D レーダ測量 ◎VR/AR/MR △セキュリティ強化(ブロックチェーン)	自動運転 SSPS(宇宙からの送電:過 疎地・センサー給電活用)

Phase II のレイヤーマップの作成では、社会インフラのあるべき姿と社会インフラ事業の検討を調査研究する WG1 と、社会インフラの維持管理に関する現状と展望を調査研究する WG2 に分かれて、公開文献の調査や現地調査、講演会での聴講、それらを踏まえた部会メンバー同士の議論を踏まえて、部会メンバーがそれぞれ要素を抽出した。

要素の抽出と関連階層へのマッピングは、各 WG のファシリテータが代表して実施した。時系列については、現状・短期/ 中期/ 長期の 3 段階で表現しているが、表 2 の左列に記載されている論理階層軸の階層項目は、スマートシティやスーパーシティのリファレンスアーキテクチャーモデルをもとに階層を検討した先行事例(Koshizuka et al., 2018; Neureiter et al., 2014)を参考として、当部会で社会インフラの役割を独自に位置づけることにより設定した。これは、社会インフラのスマート化を検討するに当たり、Phaal et al. (2004)が提示した Market/Product/Technology の階層項目から発展させて、社会インフラのハードウェアや IoT センサーからのデータの流れや活用に着目した階層項目を設定することが、創出すべきサービスや社会課題の解決との結びつきを理解しやすくなると部会メンバー同士で議論した結果のためである。具体的に表 4 での表現例では、VI 層はスマートインフラを支える要素技術、V 層はハードのインフラ、IV 層はソフトのインフラ及びデータ・情報、III 層は組織やビジネス手順、II 層はソリューションやサービス、I 層は社会的課題やビジョン・施策に相当する階層項目を提示した。この例に見られる社会インフラ業界の特徴としては、ソフトだけでなくハードのインフラの階層を用意して現場の現物への影響を考慮していること、組織やビジネス手順の階層を用意して組織間や領域間にまたがるデータ利活用により、効率化、最適化、自律化による社会課題の解決の方向性を意識しやすくなるためである。

各層の代表的な要素を用いて簡易的に Linking Grid 法を実施してみた結果、IV 層の代表的な要素として「クラウド化」「プラットフォーム」が含まれ、これらと V・VI 層の「IoT」「AI」「ロボティクス」と言った各要素や、II・III 層の「老朽インフラ管理」「予防保全」「官民連携」と言った各要素の繋がりが強いことが確認できた。

1 回目の知識共創志向ロードマッピングの最後のステップとして、報告書の作成を行った。報告書は年度末に作成し、各年度の活動の成果をまとめた図書である。1 回目の知識共創志向ロードマッピングの報告書は、2017 年度を中心に 2016 年度から 2018 年度にかけて行われたので、3 年度分にまたがって作成されている。報告書の構成は、調査研究テーマの背景や目的、および前年度から継続の調査研究テーマの場合は前年度までの経緯を「はじめに」の章で記述し、当該年度の活動の成果を複数の章に分けて記述する。個々の活動の成果を記述したそれぞれの章の最後、もしくは全体の最後に「まとめ」の章を設けて、当該年度の活動を振り返り、活動に対する考察と今後の課題や展望を記述する。1 回目の知識共創志向ロードマッピングでは、活動の考察と今後の展望として、例えば以下の内容が報告書に記述された。

日本においてはスマートメータ、EMS による省エネルギーあるいは防災がスマート化の目的となっている場合が多いが、欧州を中心として海外では都市の価値を

向上することを目的とし、都市機能を総合的にスマート化し全体最適化を目指すホリスティックアプローチの事業が多く存在する。総合的スマート化のためには、データの収集、配信、システムの制御のネットワークとしてのWi-Fi などインターネットの整備が必要である。

(エンジニアリング協会, 2018 : 16)

スマートインフラのエンジニアリングにおける方向性として、以下が示唆される。

- ① 社会インフラ分野の主要なテーマである「健康ケア」「インフラ維持管理」「スマートインフラ」の各領域では、スマートインフラのスマート化の各事業レベルにおいて、要請されるソリューションの一部を特定し、これに対応できるエンジニアリングの役割を示している。
- ② 建設・製造分野を取り巻く今後の大きな社会課題といえる「労働力不足」について、最適化・自律化めざすスマートインフラの建設・実装レベルにおいて、事業主体側も含む要請されるエンジニアリングの役割を示している。
- ③ ①のうち、特にスマートシティの課題・対応の視点から、省エネ・行政サービスの効率化、地域経営の最適化めざして、インフラのスマート化へのビジョン、官民の連携アプローチ、そのためのインフラを介したデータ収集や共通の場としてのインフラなど、エンジニアリングの企画・建設・運用の役割への要請を示している。

(エンジニアリング協会, 2018 : 124-125)

活動の考察と今後の展望として、個別のソリューション、サービスに特化するのではなく、ホリスティックアプローチを実施すべきであることや、Phase Iでのロードマップ作成の際に部会メンバー同士で協議したIoT活用の統合プラットフォームによる合理化や最適化を目指す将来が見いだせた。さらに、そのような将来を見据えた時に、業界組織の各企業が目指すべきエンジニアリング業務の方向性も議論ができた。このような状態は、SECIモデルでの連結化の結果として報告書が作成され、その内容を自社に持ち帰って、自社の事業への展開を検討するという内省化の行為につながっていると見える。

この1回目の知識共創志向ロードマッピングでは、本論文に記述した活動としては、思いの共有に関する議論、講演会の例としてD社からの講演の参画、Phase IおよびPhase IIのロードマップ作成、報告書の作成の一部に、月例の部会の参加に加え

て著者は関与した。加えて、本論文に記述していない活動としては、現地視察 2 回と講演会の参画の 8 回がある。また、著者自身が直接参加しなかった活動に対しては、月例の部会での報告によって情報を共有し、質疑や協議を適宜行った。

5.3. 評価

本節では、研究1の手法適用の効果分析の評価方法について述べる。

知識共創志向ロードマッピングの効果を分析するために、1回目のロードマッピングの参加者全員に、すべての活動が終了した時点で質問紙調査を実施した。調査対象者は、当研究部会の活動に2017年4月から2020年3月までの間に少なくとも1年以上活動した全17名の部会メンバー（n=17）である。調査は年度末の会の最終成果報告会の後に、著者がメールで回答を依頼した。最終的に全員からのメールの返信で回答を得られた。

質問紙調査では、（1）調査研究の成果、（2）調査研究のプロセス、（3）客観的評価、（4）ロードマップの有効性、4つの観点から質問を設定した。

（1）調査研究の成果に関する質問では、各年度の調査研究活動の初期から終盤までにかけて得られた知見全般に対する満足度を意味しており、報告書を代表とする明示的な成果物や、各人が暗黙的に得た知見に対する、当人にとっての意義も含む。（2）調査研究のプロセスに関する質問では、知識共創志向ロードマッピングにおいて参加メンバーが自ら情報や知識を探索した活動に対する充実度を意味する。初期段階でのテーマに関する共通認識の持ち合い、中間段階での文献調査、ヒヤリング、現地調査およびそれらからの発見事項の解釈、終盤段階では業界組織の調査研究の成果として適切な形で表現するプロセスを意味する。（3）研究活動全般に対する客観的な評価については、知識共創志向ロードマッピングのそれぞれの特徴（プロセス、ツール、成果、主体性）について達成度を尋ねた。（4）ロードマッピングの有効性に関しては、一連のプロセスにおける意義、ツールの有用性、集合知の形成における効果、有効性に関して尋ねた。

質問紙調査の実施は2020年4月11日から2020年5月12日にかけて行った。質問には5段階のリッカート尺度を用いたプリコード式の質問と自由回答の質問を作成した。質問紙調査の分析では、満足度の調査を狙いとして統計処理を実施し、さらにそれらに関わる自由記述については、帰納的コーディング手法(Gioia et al., 2013)から、第1次、第2次のコーディングを実施した。自由記述の回答の分析については、（1）調査研究の成果、（2）調査研究のプロセスに絞り、部会での知識創造の活動における各人の感想を分析した。これにより、知識共創志向ロードマッピング活動の満足度に関する全体的な傾向を統計分析から評価し、それを踏まえた個別の具体的な評価は、自由記述の分析結果から抽出する。

5.3.1 ロードマッピングに知識共創志向を加えた効果

質問紙調査の自由記述回答の分析として、調査研究の成果の分析結果を図 11 に示す。なお、この表では概念化した語句と、着目した語句の中の代表的なテキストデータのみを列記した。

概念化した語句として「知見の獲得」「スマートインフラ特有の難しさ」「一歩踏み込んだ研究調査活動」「さらに深く入り込む研究調査活動の困難さ」を抽出した。「知見の獲得」という概念の抽出に当たっては、代表的なテキストデータは図 5 に示した 5 件、「スマートインフラ特有の難しさ」の場合は 2 件、「一歩踏み込んだ研究調査活動」では 3 件、「さらに深く入り込む研究調査活動の困難さ」では 2 件である。

このことから、部会での研究調査活動により、自社の活動だけでは得られない知見を獲得でき、一歩踏み込んだ研究調査活動により体系的な表現を実施したことによって、より具体的なイメージを獲得でき、有意義で勉強になる活動だった。その結果、スマートインフラ特有の難しさを実感した。但し、あるべき姿の議論やさらに深く入り込む研究活動の困難さも実感しており、そこは部会活動の今後の課題といえる。

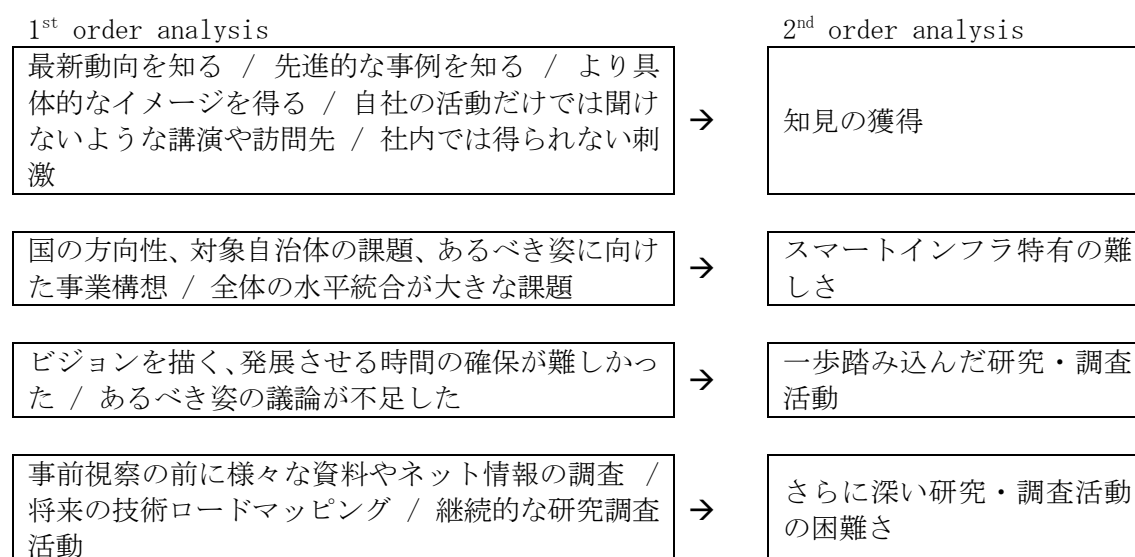


図 11 調査研究の成果の自由記述回答の分析

調査研究のプロセスの分析結果を図 12 に示す。この分析結果からは、現地調査や有識者の講演は、公開文献だけでは分からない関係者の熱心度や真の課題・悩みについて、参加メンバーの理解を促進した。各プロセスについては漸次的に共有化が進んで部会と

しての成果を出すことが出来たが、表出化のプロセスについては各人の能力に差があり、部会として共有・習得は未達と言う状況である。

これらの結果から、知識共創志向ロードマッピング活動における満足度の高さは、主に現地での知識獲得と共通体験であることが確認できた。加えて、知識のマッピングに関しては、プロセス及びツールの観点で改善の余地があることが確認できた。

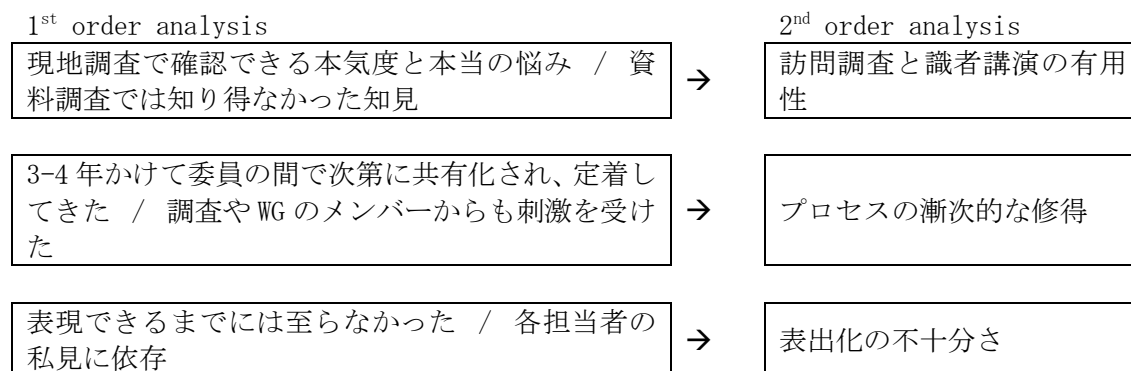


図 12 調査研究のプロセスの自由記述回答の分析

5.3.2 知識共創志向ロードマッピング活動の総合的な評価

表 5 の記述統計から、知識共創志向ロードマッピング活動のプロセス、ツール、成果の観点で結果をまとめる。プロセスについては、(4-1) プロセスの意義の平均値が全ての変数の中で最も高いことから、その意義については十分評価されている。活動を通じた満足度についても、個人としての満足度である (2) 調査研究のプロセス、(3-1) プロセスの客観的な評価でも高い平均値を示しており、この知識共創志向ロードマッピング活動のプロセスが有効であることを示している。一方で、個人の満足度から客観的評価になるにつれて平均値が下がっており、さらに客観的評価としての (3-4) 主体性の平均点も下がってきていることから、さらなるプロセスの改善は必要であるとの認識を持っていることが確認できる。

ツールに関しては、(4-2) ツールの有効性および (3-2) ツールの客観的評価ともに高い平均値を示している。しかし、客観的評価の方が低い平均値を示していることから、ツールとしては有効だと評価しているものの、活動への適用については改善の余地があるとの認識を持っていることが確認できる。さらにプロセスと比較すると、ツールの方が低い平均値となっていることから、ツールの改善が望まれることが確認できる。

成果については、(1) 調査研究の成果および (4-3) 集合知の獲得ともに平均点は高いものの、(3-3) 成果の客観的評価が全ての変数の中で最も低い平均値となっている。成果についても、客観的評価の方が同様に低い平均値を示している。成果の平均値を上げるための要素は様々あると考えられるが、プロセス及びツールの改善もその中の 1 つと考えられる。

表 5 調査結果の記述統計

No.	Variable	平均値	標準偏 差	95%信頼区間		最小 値	最大 値
				下限	上限		
1	(1) 調査研究の成果	4.247	0.738	3.896	4.598	2	5
2	(2) 調査研究のプロ セス	4.441	0.669	4.123	4.759	2	5
3	(3-1) 客観的評価： プロセス	4.00	0.707	3.66	4.34	2	5
4	(3-2) 客観的評価： ツール	4.29	0.588	4.01	4.57	3	5
5	(3-3) 客観的評価： 成果	3.961	0.848	3.56	4.36	1	5
6	(3-4) 客観的評価： 主体性	4.147	0.821	3.76	4.54	3	5
7	(4-1) ロードマップ の方式と有効性： プロセスの意義	4.53	0.514	4.29	4.77	4	5
8	(4-2) ロードマップ の方式と有効性： ツールの有効性	4.382	0.652	4.072	4.692	3	5
9	(4-3) ロードマップ の方式と有効性： 集合知の獲得	4.029	0.674	3.709	4.35	3	5

第 6.章 研究 2 知識共創志向ロードマッピングの継続性を誘発させる観点の抽出

6.1. 適用

本研究では 1 回目から 3 回目のロードマッピング活動を対象とし、本節では 2 回目と 3 回目のロードマッピング活動について説明する。

2 回目のロードマッピング活動では、1 回目のロードマッピング活動で対象とした社会インフラのスマート化が実装されている場としてスマートシティを位置づけ、部会メンバーでの協議の結果、スマートシティのあるべき姿、事業導入と事業継続の課題を明らかにすることを含めたロードマッピング活動を実施するとした。公開文献の調査と併せて、あるべき姿の協議を促進させることと新たな知識を獲得することを目的に、スマートシティの先行事例である会津若松市と富山市への現地視察と有識者による講演会を実施した。さらに補足的な現地視察として、熊本市への現地視察も行った。これらの先行的な現地視察の結果を振り返った後、スマートシティの先行事例の成功要因を支える技術イネーブラーや市場ドライバーを探索することを目的に、会津若松市と富山市に現地視察を再度実施した。この現地視察と並行して、知識共創志向ロードマッピング手法における iii) マッピングを行うに当たり、スマートシティを対象とした階層軸の選定を行った後にマッピングを実施し、各年度末に報告書を完成させた。これらの活動は、1 回目と同様に、現地訪問や有識者の講演以外の活動は月例の定例部会を通して実施した。2 回目のロードマッピング活動における定例部会の協議は 2 年間で 23 回、現地視察は計 5 回、有識者による講演会は計 4 回実施した。これらの活動を図示したものを、図 13 に示す。なお、2 回目と 3 回目の知識共創志向ロードマッピングは、1 回目と同様に社会インフラ産業の業界組織による活動である。そのため、社会インフラのスマート化が実装されている場としてスマートシティを対象としているものの、自治体や市民などのスマートシティを実現するためのアクターは、この知識共創志向ロードマッピングの活動に共同で参画している訳では無く、活動の対象としての位置づけとなる。

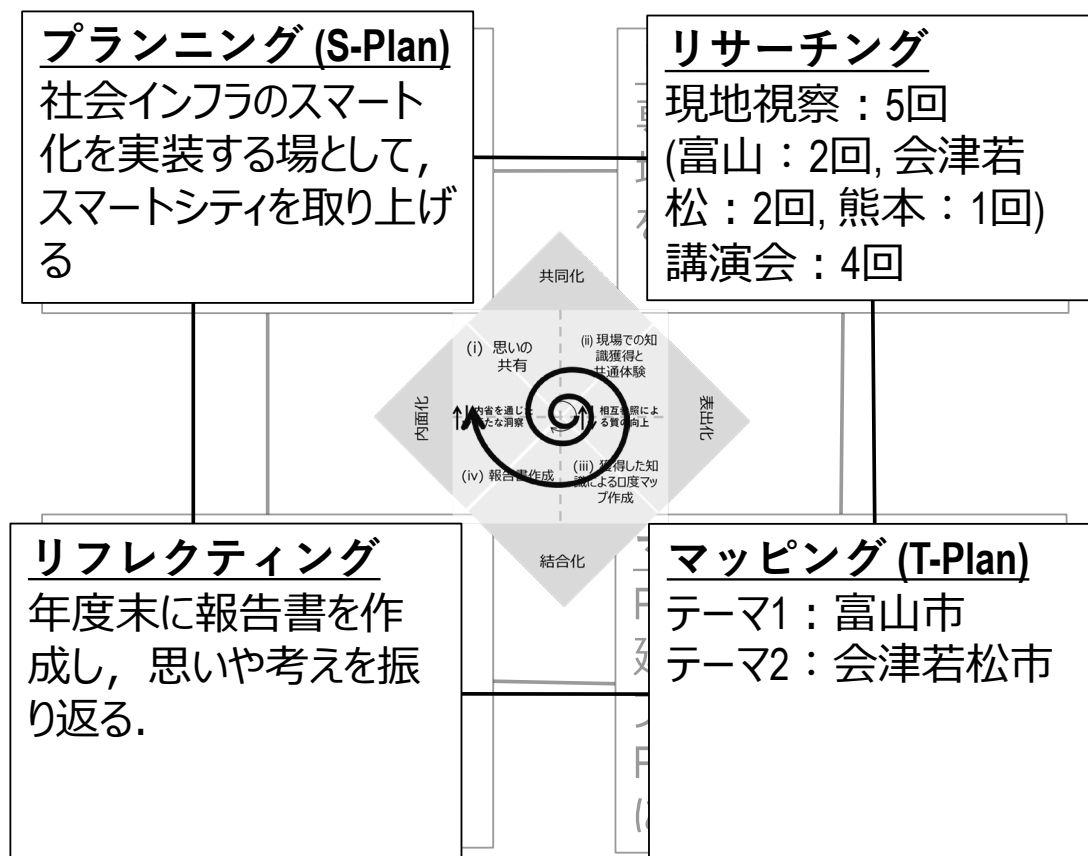


図 13 2 回目のロードマッピング活動の概要

第 3 回のロードマッピング活動では、2 回目のロードマッピング活動を通して、スマートシティが SDGs を実現するための手段であると捉え、この過程に次世代エンジニアリングのあるべき姿が存在するとの想定から、部会メンバーとの協議の結果、SDGs 志向のスマートシティをロードマッピング活動の対象とした。まずは公開文献の調査として、都市と SDGs との関係や内閣府によるスマートシティ型国家戦略特区に公募した 31 の都市の提案書の調査を実施し、目指す姿とそのアプローチ案を部会メンバーで調査した。さらに公募した 31 都市の中から加賀市、大阪市、つくば市への現地視察を実施した。また、有識者による講演会も併せて実施し、新たに獲得・創造した知識を含めて、マッピング作業を部会メンバーの有志で行った。これらの活動は、1 回目および 2 回目と同様に、現地訪問以外の活動は月例の定例部会を通して実施した。3 回目のロードマッピング活動における定例部会の協議は 4 年間で 43 回、現地視察は計 6 回、有識者による講演会は計 4 回実施した。これらの活動を図示したものを、図 14 に示す。

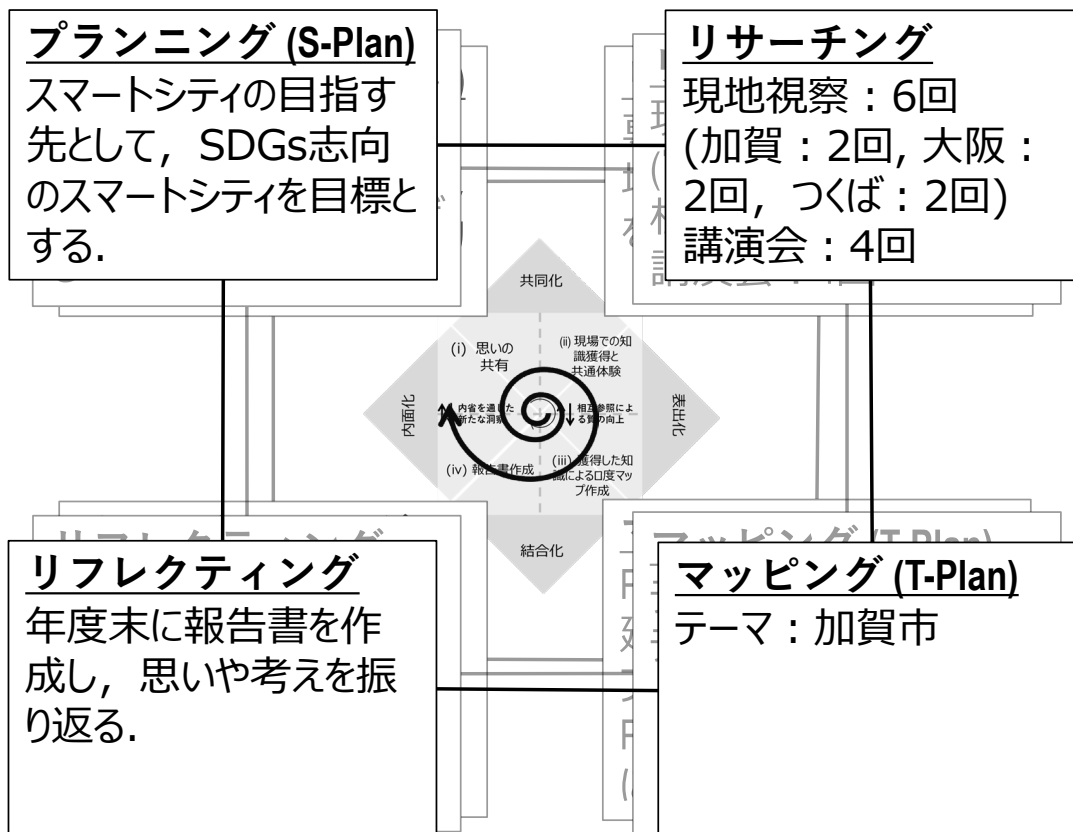


図 14 3回目のロードマッピング活動の概要

6.2. 結果

まず、2 回目の知識共創志向ロードマッピングのプロセスに対して結果を述べる。2 回目の知識共創志向ロードマッピングを開始するに当たり、1 回目を振り返った後の思いが以下の通り述べられている。

このように、単一のスマートインフラの調査から始まり、エネルギーマネジメントを目的とした北九州スマートシティ事業およびホリスティックアプローチの会津若松市の訪問調査とともに講師を招いて海外の事例の調査を行ってきた。

以上の調査実績と成果を受け平成30 年度は、日本における街づくりの主体である国土交通省の国土グランドプランの考え方、総務省のスマートシティWG で提言されたスマートシティの課題について調査をおこなうとともに、日本におけるホリスティックアプローチのスマートシティ事例をさらに調査することにより、スマートインフラのあるべき姿、事業導入と事業継続の課題を明らかとして、次年度のエンジニアリング産業として取組の方針の取りまとめに資することとする。

(エンジニアリング協会, 2019 : 8)

これは、社会インフラのスマート化をテーマに 1 回目の知識共創志向ロードマッピングを実施した結果、共に実施してきた部会メンバー同士で活動を振り返り、ホーリスティックなアプローチが調査すべき方向性であること、実装されている場としてスマートシティを取り上げるべきであることが、共有された思いであることが確認できる。1 回目の知識共創志向ロードマッピングを通じて認知したホーリスティックというキーワードとスマートシティの事例が、2 回目の知識共創志向ロードマッピングの活動を開始させるきっかけとなっていることが示唆される。

さらに、スマートシティを取り上げるに当たり、2017 年時点までのスマートシティの動向と課題を、公開文献や C 社からの講演会を通して以下の通り調査した。

最後に日本のスマートシティの課題として彼らの経験に基づき以下の 5 点の紹介があった。

1) スマートシティ経営のガバナンス、推進

- ・計画段階から自治体の首長による強いコミットメントが得られない。また、全体を統括して横串を通す自治体内の組織が無い。
- ・構築・運用における横断組織が無く資金面でもサイロ化している。

2) 持続的ビジネスモデルの構築

- ・ファンディングやマネタイズの仕組みを検討するが、補助金・助成金に依存する傾向が強く、自走のための運用費用確保が困難である。
- ・民間への運営アウトソーシングなどのように、自治体が住民等へのサービスを通じて、収益を上げることについての社会的なコンセンサス形成ができていない。

3) スマートシティのプラットフォームの共通化、連携

- ・システム構築がサイロ化しており、共通のプラットフォーム化ができない環境がある。
- ・自治体間（市町村間）のプラットフォーム連携が困難な環境である。

4) エンドユーザ（在外者、来街者）の利用

- ・エンドユーザとりわけ市民への利便性を高め、QOL 向上のためのサービス設計・構築を実行し、市民に対する説明、市民からの理解を十分に行う必要がある。
- ・在外者、来街者からのフィードバックを活かした改善策の展開が必要である。

5) データの活用とセキュリティ

- ・システムや機器、取得したデータの種別に対応して、セキュリティの担保やプライバシーの保護を徹底し、エンドユーザの理解を得ることが必要である。
- ・データの標準化を行い、多様な官民データを利活用促進する環境が必要である。

（エンジニアリング協会，2018：15-16）

日本国内のスマートシティの取り組みに関するこれらの課題は、自治体の首長や自治体内の組織、自治体間の関係、市民に関するものが含まれている。これらの課題に向き合って解決しつつ、スマートシティを社会インフラ業界の新しい事業分野としていくには、業界企業が持っている建設、土木、機械、電機、化学といったハードウェアの要素技術に関する知識や、業界の各社の強みを活かして解決するだけでは不十分であり、業界企業同士が協調して、このような課題に対する解決方法もしくは対応方法を検討すべき項目といえる。その意味では、これらの課題への取り組みを調査・検討することは、業界としての協調領域と位置付けることができることを、業界組織内の協議の中でコンセンサスを取り、2 回目の知識共創志向ロードマッピングの活動に取り組みはじめた。

思いの共有を受けた次のステップとして、2 回目の知識共創志向ロードマッピングではスマートシティやコンパクトシティの最新事例の調査のために訪問した例として、富山市と会津若松市を取り上げる。これらの2つ地方自治体は、業界企業の私企業が単独

で訪問調査の依頼をした場合は、公共性の高い自治体にとっては癒着や公平性を疑われて、調査を断られる可能性が高かった。しかし、業界組織としての研究調査活動を目的に訪問することをご理解下さったことで、この2つの自治体は訪問を受け入れてくれた状況である。

富山市については、業界組織として2回訪問した。2018年度に1回目の訪問を実施し、富山市が取り組んでいるスマートシティ・コンパクトシティの取り組みを調査した。富山市の課題として、国内共通の課題である人口減少と超高齢化に加えて、市民の戸建て志向による市街地の郊外への拡大と人口の低密度化、過度な自動車社会による公共交通の衰退、中心市街地の魅力喪失、市町村合併による類似の公共施設の共存と、それらの維持管理コストの急伸といった富山市特有の課題が存在していた、これらの改題の解決のために、富山市は公共交通を軸とした拠点集中型のコンパクトなまちづくりを推進することとした。図15（エンジニアリング協会、2019：33）が富山市に導入された公共交通であるLRTの路線図である。調査した2019年時点では、富山駅内の南北接続を除いて完成している状態であった。



図 15 富山市の公共交通の活性化に関する具体的施策概要

富山市の担当からは、LRT の路線整備の前後で約 2,300 人/日から約 4,900 人/日に平日の利用者が急増したことや、特に高齢者の利用が増加したことなどの成果が見られたとの説明を受けた。このことから、移動の利便性向上という都市の施策は、都市の活性化につながる事が改めて確認でき、今後は、富山駅の南北接続の整備を完了させて、LRT 沿線の居住人口の増加と ICT を活用したスマートシティ施策の導入で、都市の更なる活性化を図ろうとしていることを、部会メンバーと担当者との協議の中で確認できた。

2019 年度には 2 回目の富山市への訪問を行った。2 回目の訪問では、LRT の整備において富山駅の南北接続が完了したことで、北陸新幹線を挟んだ南北で LRT が開通した。さらにスマートシティ実現の一環として、センサーネットワーク事業に取り掛かっている。富山市で導入したセンサーネットワークは、図 16（エンジニアリング協会、2020：26）のように省電力広域エリア無線通信の一種である無線通信ネットワーク網 LoRaWAN と、欧州を中心とした多数の都市や企業でスマートシティに活用されている FIWARE で構成された情報基盤で構築されている。

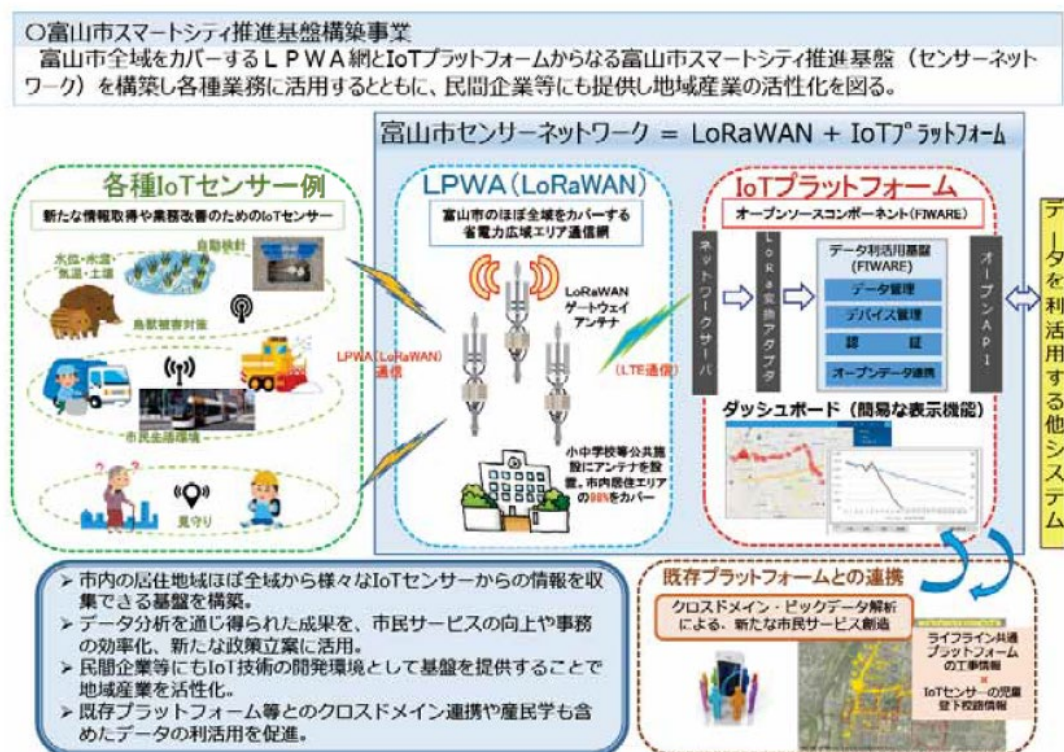


図 16 富山市のセンサーネットワークの概要

これを利用した実証実験として、2018 年度に「こどもを見守る地域連携事業」をパイロット事業として実施した。市内 2 校の小学生児童のうち 818 人に GPS センサーを配置し、登下校時の位置情報をセンサーネットワークによって収集して登下校路の実態を可視化し、小学校、PTA、自治会などで収集したデータを活用することで地域の安心・安全を図ることを目的としている。この取り組みを他の学校にも拡張することに加えて、センサーネットワークを利用した他の実証実験も取り組む計画であることについても説明を受けた。例えば、社会インフラの状態監視や設備の状態監視などセンサーネットワークについては様々な応用やサービスの創出があり得ることや、センサーネットワークの維持管理については自治体として課題と認識していることを、自治体の担当と部会メンバーで協議することができ、センサーネットワークの将来展望についての意見交換ができた。

会津若松市についても、業界組織として 2 回訪問した。1 回目の知識共創志向ロードマップの活動の期間である 2017 年度に先行して 1 回目の訪問を行ったが、その当時の国内のスマートシティの取り組みの多くは、2011 年に起きた東日本大震災を受けてエネルギーのスマート化に重点を置いていた。しかし、会津若松市の場合は、震災からの復興としての取り組みに加えて、震災前からの市の課題であった生産年齢人口の減少に対する解決に向けた地域創生を目的としてスマートシティに取り組むことを目指した。会津若松市のスマートシティの特徴は、市内に ICT 専門の会津大学が存在し、人口が約 10 万人という実証実験が実施しやすい規模の自治体であるという強みを活かして、図 17（エンジニアリング協会、2018：25）に示したオープン・ビッグデータ・プラットフォームによるデータ利活用インフラを構築した市民中心のサービス提供を試みている点である。このオープン・ビッグデータ・プラットフォームでは産学官を中心に各種データを活用したアプリケーション開発を検討できるようになっている。一方で、市民や地域とのコミュニケーションにはデジタルコミュニケーションプラットフォームを構築して、市民参加の促進を図っている。



図 17 会津若松市のスマートシティの全体概念図

部会メンバーは、会津若松市の担当者から受けた事例の説明を通してホーリスティックアプローチとしてのスマートシティの具体例を理解し、またこの事例を持続可能な状態とするために、スマートシティ運営のガバナンス、持続的ビジネスモデルの構築、プラットフォームの共通化と連携、市民や地域社会の理解と協力、データセキュリティという課題の説明を受けることで、さらなる進展のイメージを理解することができた。

2019 年度には 2 回目の会津若松市の訪問を行った。ICT 関連産業の集積、地域の雇用創出、周辺の賑わい創出によるまちづくりに取り組む施設としての ICT オフィス「スマートシティ AiCT (アイクト)」が、訪問した時期にちょうど開所したタイミングであった。「スマートシティ AiCT (アイクト)」は、約 10,000m²の敷地にオフィス棟と交流棟からなる地上 4 階建てオフィス環境であり、オフィス棟では各企業のドアをオープンにするなど、企業間の垣根を超えたオープンイノベーションを創出することを目的とした場である。2 回目の訪問からは、特に持続的ビジネスモデルの構築というスマートシティの進展に関する課題に対して、少しずつ対応策をすすめていっている状況であることを確認出来た。

2 回目の知識共創志向ロードマッピングの 3 つ目のステップとして、ロードマップの作成に取り掛かった。ロードマップ作成では、現地調査と関連する公開文献をもとに現在までの経緯を中心に要素を抽出し、将来については現状からの Forecasting としてまとめた。

レイヤー	従来	開始時	中間	現在	将来	
時間軸		2002	2005	2010	2015	2018
社会課題		① 人口減少 割高な都市管理行政コスト 居住地密度の低下 車依存社会 超高齢化社会 002排出量増大 市町村合併による類似公共施設の併存 社会資本の適切な維持管理			② 整備手法 運行形態 乗り継ぎ連携	③ 超高齢化 区画整備 環境・エネ
地域戦略		④ 2002 市長当選 国交省より専門家招聘	⑤ ①公共交通の活性化 ②まちなかや公共交通沿線地区への居住促進 ③中心市街地の活性化	⑥ 郊外型ショッピング③ センター立地抑制	⑦ 環境未来都市 連携中核都市 SDGs	
ソリューション/サービス	⑧ 戸建て志向で市街地外延的拡大	⑨ ①公共交通機関の整備 (公設民営)「とやまレールライフプロジェクト」モビリティ・マネジメント	⑩ ②共同住宅・優良賃貸住宅建設費への助成 業務・商業用ビルから共同住宅への改修費助成	⑪ ③共同住宅購入に対する助成 都心地区への転居に助成	⑫ ④駐車場と百貨店の間に広場を設ける 法の制限をなるべく越える 良心に訴える行動	⑬ 20地区の事業のうち2年に1か所完成 地道な事業により正のスパイラルへ
インフラ機能	⑭ ①低密度市街地・ごみ収集・除雪コスト上昇・中心市街地衰退・交通弱者高齢者の外出機会の減少・医療費の増大	⑮ ②インフラ維持のため上下分離方式 公設民営	⑯ 2006JR富山港線LRT化 2009セントラム・ポータル バスのイメージリーダー路線 新駅設置 駅関連施設の整備 パークアンドライド駐車場 フィーダバス	⑰ ③2015公共交通沿線居住推進地区開発に支援 自治体による総合案内所 2010地場もん屋総本店 まちなかにざわい広場(ランドプラザ)	⑱ ④第二期事業 不二越・上滝線 2015南北LRT東入・接続 富山まちなか研究室 ヘルシー＆交流タウン	
情報・データ スマート化技術	⑲ ⑤課題 ⑥課題対応方針 ①:対応①公共交通の活性化 ②:対応②街中への居住促進 ③:対応③中心街地の活性化 ④:今後の課題と環境事業	⑳ ⑦トータルフィールドバックプログラム エコフォレストとやま 海洋バイオマス利用 薬用植物栽培工場	㉑ ⑧6次連携クラスター事業 水素エネルギー 下水処理施設における消化ガスの有効利用	㉒ ⑨小水力発電 再生エネルギーによる農業活性化		

図 18 富山市における課題・施策の時系列整理

図 18 (名合ら, 2019) が富山市のロードマップである。富山市は、先述のように郊外への市街地拡大による過度に車依存が、道路網や各種社会インフラの維持のための割高な行政コストを生むという問題意識があったため、公共交通機関を充実させ、沿線の中心市街地を活性化し、沿線沿いへ市民の居住の誘導を行ってきた。施策を時系列で整理すると、インフラ機能の階層では、ライトレール (LRT) の建設が先行して行われ、その後ソリューション・サービスの階層において LRT 沿線地区へ市民の転入促進と中心市街地の活性化が行われた。LRT の運営では、自治体が軌道整備事業者として軌道整備と車両購入を行い、民間企業が軌道運送事業者として車両運行事業を行う、上下分離方式として官民共同の公的民営方式の手法に移行している。図 18 では、課題対応方針、対応策としてのそれぞれの要素を①公共交通の活性化、②市民の LRT 沿線への転入促進、③中心街地の活性化の 3 つのグループに分類したものである。①公共交通の活性化に関しては、主にインフラ機能層における課題対応と対応策、②市民の LRT 沿線への転入促進に関しては、主にソリューション・サービス層における課題対応と対応策、③中心市街の活性化はインフラ機能層とソリューション・サービス層の両方の課題対応と対応策といえる。今後については、ソリューション・サービス領域での取り組みを地

域社会に根付かせて、民間企業がソリューション・サービスとそれを下支えするインフラ機能によって収益を上げるビジネスモデルを確立できるようにすることで正のスパイラルを廻し、都市の活性化につながっていく道筋であることを見出した。さらに、今後の地域戦略として、人口減少や高齢化が益々進んでいく状況でも、近隣都市との連携による一定規模の都市圏を形成することや、環境の持続可能性や SDGs 達成を目指すとともに、日常生活の利便性をより高めるためのデータ利活用によるまちづくりが必要があることが示唆された。

レイヤー	従来	開始時	中間	現在	将来
時間軸	2011	2013	2015		2030～2040
社会課題	超少子高齢化 社会保障費の拡大 社会資本の老朽化 エネルギー問題	【国の総合戦略の基本目標】 ①地方における安定した雇用を創出する ②地方への新しい人の流れを作る ③若い世代の結婚・出産・子育ての希望をかなえる ④時代に合った地域を作り、安心な暮らしを守ると共に地域と地域を連携する			【スマートシティ】 市民・行政・企業一体となった次世代社会の創造
地域戦略	東日本大震災 原発事故からの 復興・復興、再生 企業・行政中心 情報格差 業種ごとサービス	再生から活性化へ 「スマートシティ会津若松」着手 【会津若松市町・人・仕事創生総合戦略】 1) 会津大学を中心としたデータアナリティクス産業・ICT関連企業の集積 2) 伝統とICTを融合させた人・企業が定着したくなる町作り 3) 歴史・文化観光や産業・教育観光による地域連携と交流促進 4) 既存産業・資源を活用した効率化・高付加価値化による仕事作り 5) 結婚・出産・子育て支援と教育環境の整備			スマートシティOS プラットフォーム 市民・地域中心 平等な機会 業種横断サービス
ソリューション/サービス		HEMS (ICT端末による電力見える化)	会津若松7'15 (行政等・企業⇄市民情報提供)		ゆうびんID活用構想
		あいずっこ7'15 (学校情報配信)	VISI+AIZU (観光・誘客強化、満足度向上)		
インフラ機能	会津大学 歴史観光都市 自然エネルギー		ICTファクトリーの設置 (産業誘致⇄雇用・人口+) Data for Citizen (オープン・ビッグ・データ構築)		他自治体との プラットフォーム共有化
情報・データ		各種データ活用開始	データオープン化に向けた市民の理解		
スマート化技術		スマートシティ：事例調査 スマート電子政府	データアナリストの育成 (会津大学講座)		

図 19 会津若松市における課題・施策の時系列整理

図 19 (名合ら, 2019) は会津若松市のロードマップである。会津若松市は、生産年齢人口の減少という課題に直面している。この課題を解決するために、自治体は官民データを公開し、さらに地元の会津大学と連携することで、それらのデータを利活用してサービス事業を展開したい IT 企業を誘致しようとしている。会津大学は、研究活動と先端的な教育を通じて、地元自治体と協力して IT 産業を地域に創出し、地域雇用の拡大と人材育成を図ろうとしている。自治体の具体的な施策としては、会津大学を中心としたデータアナリティクス産業・ICT 関連企業の集積、歴史文化と先進的な ICT が融合した市民・企業が定着するまちづくり、結婚・出産・子育て支援など若い世代にとって魅力的な施策の実施を掲げている。時系列のフローを分析すると、産官学民によるビ

ジョンの共有、スマートメーターなどの IoT 機器を用いた個人情報の活用に対する市民の意識の変化、多くの市民と企業による協働的なスマートシティ構築の参画の流れが示唆された。

両事例とも、各施策を定着させるために、市民の理解の促進と併せて、ビジネスモデルとして確立するまでは自治体による公的支援を継続して、円滑な民間ビジネスへの移行を目指している。また、自治体の首長の強力なリーダーシップにより、当初から継続して施策を推進している点も共通点といえる。

2 回目の知識共創志向ロードマッピングの最後のステップとして、報告書の作成を行った。1 回目と同様に、活動の考察と今後の展望として、例えば以下の内容が報告書に記述された。

「インフラビッグデータ活用」は、主に「D.領域軸－T.時間軸による平面」に関係するといえる。地域の各種の社会インフラや生活インフラ・住民のデータ活用について、事業者や住民の意思を尊重しながら次第に利用受容性を高め、蓄積・格納し、異なった領域のデータ連携をさせていくことで、地域社会の特徴を反映したウェルビーイング向上や今後の社会インフラのスマート化には有力な手段となる。

「事業連携のためのデジタル変革」は、主に「D.領域軸－L.論理階層軸による平面」に関係するといえる。多様な社会インフラ同士の連携や省エネ・最適化をめざす地方創生事業への貢献を通して、インフラのライフサイクルにわたるデジタルツインモデルの構築・活用などインフラ事業・公民間連携などを可能とする事業・組織を超えたデジタル変革により、「事業連携」したインフラ群が自律的に収益を得るスマート化サービス事業への展開が見込まれる。

「包摂・持続可能化への SDGs 実装」は、主に「L.論理階層軸－T.時間軸による平面」に関係するといえる。行政・事業者の地域特性を生かした SDGs 実装をめざす将来像と現在とのギャップ、そして技術・基盤と社会課題解決の間を埋める次世代エンジニアリング事業には地域のインフラ持続可能化や多様な人々を包摂できるコミュニティそして市民主導型によるシビックプライド高揚、さらには地域ブランディングなど社会的価値や審美的価値の創造の視点もスマート化の方向性には欠かせない。

(エンジニアリング協会, 2020 : 121)

今後の課題として、両 WG で検討した「スマートシティ」視点と「スマートテック・サービス」視点をリンクすることにより、新たなフォーキャスティングやバス

クキャストイング方向での「スマート社会インフラ・エンジニアリング」の方向性を検討すること、および 1) で述べた 3 軸方向のスマート化を推進できる方策として、SDGs 時代のエンジニアリングを想定して、「インフラビッグデータ活用」、「事業連携のためのデジタル変革」および「包摂・持続可能化への SDGs 実装」などのテーマについて調査検討することなどが要請されよう。

(エンジニアリング協会, 2020 : 124)

活動の考察と今後の展望として、社会インフラのスマート化の実装例としてのスマートシティは、ホーリスティックなアプローチによってデータ連携と業務変革による効率化や最適化、自律化を目指すことに加えて、市民の誰一人取り残さず、持続的な未来を目指すことの重要性が、活動を通して示唆された。

この 2 回目の知識共創志向ロードマッピングでは、思いの共有に関する議論と報告書の作成の一部に、月例の部会の参加に加えて著者は関与した。加えて、本論文に記述していない活動としては、講演会の参画の 4 回がある。但し、著者自身が直接参加しなかった活動に対しては、月例の部会での報告によって情報を共有し、質疑や協議を適宜行った。作成したロードマップは、今後のスマートシティの計画や運営の一助となるように、それぞれ富山市と会津若松市へ提供し、それぞれ 2 回目の訪問の際は、その時点までに作成したロードマップをご説明した。また、今後のスマートシティの計画や運営のヒントになるように、富山市と会津若松市の両方が記述されている報告書も共有した。

次に、3 回目の知識共創志向ロードマッピングのプロセスに対して結果を述べる。3 回目の知識共創志向ロードマッピングを開始するに当たり、2 回目を振り返った後の思いが以下の通り述べられている。

社会・地域・企業の社会的課題解決や付加価値創出に深く関係する場合の多いエンジニアリング業ではインフラのスマート化のための技術や基盤を高度活用できる方策が要請されている。地域の社会・生活インフラと収集に受容可能な人々の「ビッグデータ」を蓄積・活用することにより「領域間の事業連携」や「省エネなどの最適化」が期待される。また、インフラがデジタルツインモデルなどサイバー空間を通して、いわば「インフラがデジタル変革」されることにより、「事業連携」したインフラ群の「自律的に収益を得るスマート化」サービス事業への展開が期待される。そして将来の日本型の「ウェルビーイング確保」や「持続可能な地域社会」への展望を拓くと思われる。ここで、多様な人々のオープンな参加と次世代スマートシティに見られる市民主導志向の「包摂・持続可能化」をめざす社会インフラへの「SDGs の実現」は、「共生社会」や訪問者にも魅力的な地域をめざす将来像と現在、そして技術・基盤と社会課題解決の間のギャップを埋める次世代エンジニアリング事業をめざす方向性には欠かせない。

(エンジニアリング協会, 2021 : はじめに)

2020 年度は、上述のこれまでの調査実績を踏まえ、スマートシティがSDGs を実現するための手段であるにとらえ、この過程に次世代エンジニアリングのあるべき姿が存在するとの判断から、「SDGs 志向スマートシティ・インフラ」に関する調査研究を行った。

(エンジニアリング協会, 2021 : 4-5)

これは、社会インフラのスマート化が実装されている場としてスマートシティをテーマに2 回目の知識共創志向ロードマッピングを実施した結果、共に実施してきた部会メンバー同士で活動を振り返り、スマートシティがSDGs を実現するための手段であると認識したことが確認できる。スマートシティの実装により、データ利活用やデジタルによる変革を目指すものの、その目的は何なのかを部会メンバーで議論した結果、それはSDGs の実現との合意に至った。そのため、3 回目の知識共創志向ロードマッピングはSDGs 志向のスマートシティというテーマで実施することとした。

思いの共有を受けた次のステップとして、3 回目の知識共創志向ロードマッピングでSDGs を意識したスマートシティの取り組みの調査のために訪問した例として、加賀市

を取り上げる。

加賀市には、2020年度に事前のオンライン面談を1回行った後、訪問を2022年度と2023年度の2回行った。2020年度のオンライン面談と2022年度の訪問では、加賀市の課題とスマートシティに取り組むことになった背景については、以下の通りであることが説明された。

加賀市の最大の課題は人口減少であり、1990年には約8万人であった定住人口が2020年には6.6万人に減少している。人口減少傾向は今後も続くことが予測され、2010年から2040年にかけて、20～39歳の若年女性人口が5割以下に減少すると予想されている「消滅可能性都市」の一つに2014年に指摘されている。

また、旅行スタイルの変化への対応が遅れたことなどから、最盛期には400万人程度であった観光客数は近年200万人程度まで落ち込んでいる。

(エンジニアリング協会, 2023: 37)

消滅可能性都市にあげられるような労働力の不足や地域コミュニティの低下といった状況を打開し、持続可能な都市としていくために、加賀市は、未来都市計画を策定し、「自然・歴史・伝統が息づく 住んでいたい 来てみたいまち」の実現に向け、子育て支援の充実や移住・定住の促進、先端技術を活用した便利に安心して暮らせる持続可能な「スマートシティ」の推進などの取組を進めることになった。

(エンジニアリング協会, 2021: 28-29)

加賀市では、市民との合意形成に向けて、2019年8月に加賀市スマートシティ推進官民連携協議会を設立し、2020年3月には、加賀市スマートシティ宣言を行った。この宣言では、基本理念として「人間中心の未来社会の実現」がうたわれている。あくまで中心にいるのは市民であり、行政目線、産業界目線ではなく、市民目線でスマートな社会を実現し、市民自らが持続可能な都市の担い手となる都市を目指していくという意味が込められている。

(エンジニアリング協会, 2021: 29)

加賀市は、都市の課題解決のためにスマートシティに取り組むことになったが、その取り組みとして特徴的なことは市民が主体となってスマートシティを実現するという意思を謳った点である。社会インフラの業界企業のビジネスモデルは、これまではB2Bであることが多かったが、社会インフラのスマート化やその実装例としてのスマートシティをビジネス領域として捉える場合は、社会インフラの業界企業にとっての直接の顧

客だけでなく、最終的には市民も巻き込んだサービスエコシステムを踏まえる必要があることを、業界組織の中で議論した。

具体的な取り組みの方針としては、図 20（エンジニアリング協会，2023：39）の通り、デジタル技術の基盤となる「デジタルID」「3D マップ」「Open API」の情報インフラを整えた上での定住促進につながるサービスの実装を加賀市は目指している。

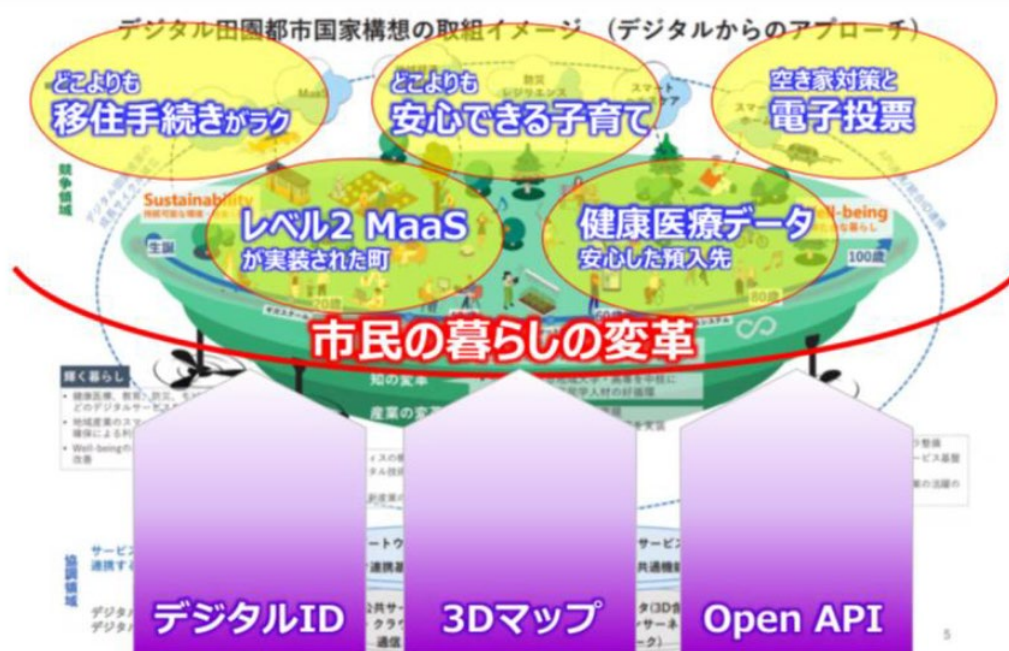


図 20 加賀市のデジタル活用取り組み方針

加賀市は施策の更なる推進を目指して、2020 年 12 月 25 日に内閣府によるスーパーシティ型国家戦略特別区域に関する公募に応募し、特に医療・健康分野における革新的な事業を先行的に実施する「デジタル田園健康特区」に指定された。指定に当たって有用で実現性が高いと認められた健康情報データに関するサービスを例として取り上げる。このサービスでは、個人が提供した医療・健康に関するデータを収集・管理し、利用する目的・主体を限定して展開する「医療版情報銀行」を提案している。図 21（エンジニアリング協会，2023：44）のように、地域のかかりつけ医や総合病院が保有する診察データ、行政が保管する個人情報、住民自身が計測・記録する日々の身体データや生活習慣の情報を、デジタル ID を利用して共有の基盤で管理し、収集したデータを関連付けて分析することにより、医療・健康のための政策展開やフレイルへの気付きと介入といった予防活動に役立てていこうとしている。さらに交通サービスである MaaS（Mobility as a Service）の連携も考慮に入れており、かかりつけ医や総合病院への移動サービスと一体となった総合的なサービスも検討している。さらに、加賀市と同時にデ

デジタル田園健康特区に採択された長野県茅野市と岡山県吉備中央町の 3 自治体で提携して、医療健康情報のデータ連携を行う計画である。

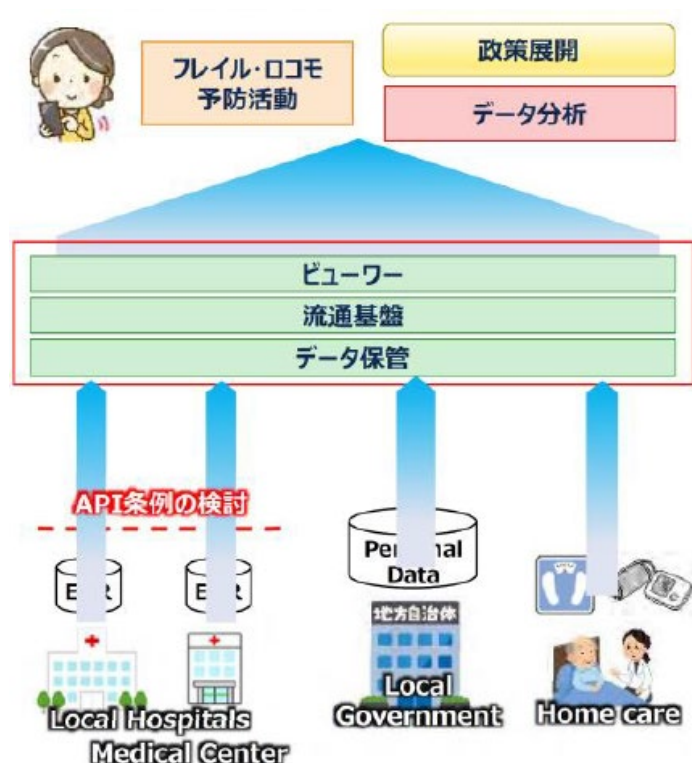


図 21 医療版情報銀行のイメージ

2022 年時点では、加賀市はデジタル技術活用のための基盤となるインフラ整備と、市民生活の利便性向上を目指したサービス開発、それらの実装に向けた実証実験を系統立てて進めている段階である。加賀市はマイナンバーカードの普及率が 2020 年 12 月 20 日時点で 70.2%であり、全国の市町村の中でも早くから普及が進んでいる。このマイナンバーカードをデジタル ID として加賀市のスマートシティのサービス開発をすすめる計画であり、さらには Open API を活用して民間企業がサービス開発に参画することを支援している。この場合、データが適切に管理されることが住民サービスに利用されることを市民が納得して、個人情報データを提供してもらう必要がある。市民を中心にスマートシティの実現を計画するならば、民間企業としては市民の個人データの取り扱いを極めて慎重に行う必要があることを、部会メンバーはその議論の中で改めて認識を持った。

2023 年度の現地調査では、スマートシティ施策の進捗状況についてお伺いしたところ、以下のような状況だった。

全国の他自治体に先駆けて新たな施策に取り組んできた加賀市においては、後進の他主体との調整も課題となる。加賀市はデータ連携基盤の構築に 2020 年度から取り組んでおり、先進事例として全国的な施策展開に寄与してきた。その流れもあり、加賀市の協力のもと、2024 年度のサービス提供を目指し石川県で広域データ連携基盤を整備する方針が固まった。数年の間に開発のための技術が進歩していること、市が独自で基盤を維持するよりも県の共通プラットフォームに参加する方がコスト削減が見込めることから、加賀市としては県が新たに立ち上げるデータ連携基盤に合流するメリットがある一方、加賀市独自のデータ連携基盤は国の補助金を活用し開発しており、一定年数の保持の必要がある。今後もプラットフォームの標準化・統一化が進むことが予想される中で、補助金を活用するうえでの制約上、柔軟な方針転換が難しいことが課題となっている。

(エンジニアリング協会, 2024 : 35)

前回の 2022 年度の現地訪問と比較すると、進捗が進むにつれて実行上の課題が浮かび上がってきた。上記の例はスマートシティのデータ連携基盤に関する課題だが、定期的の同一の現地を調査し続けることで、当時は想定できなかった課題や道筋が明らかになっていくことを、部会メンバー同士で議論した。

3 回目の知識共創志向ロードマッピングの 3 つ目のステップとして、ロードマップの作成に取り掛かった。ロードマップ作成では、2 回目と同様に、現地調査と関連する公開文献をもとに現在までの経緯を中心に要素を抽出し、将来については現状からの Forecasting としてまとめた。

3 回目のロードマッピング活動の成果物の例を、図 22 (名合ら, 2023) に示す。

策層へのビジョン実現を目指すドライバーの観点と、スマート化活用層からスマート化施策層への技術要素やデータ利活用技術からのイネーブラーの観点からロードマップを作成した。

その結果、ビジョン実現に向けたドライバーの観点で分析すると、スマート SDGs を宣言している同市にとっては、2030 年の SDGs 達成が自治体・市民にとっての大きな駆動目標となると想定される。これを目指して、市民目線で理解しやすい子育て・教育分野を優先してスマートシティ施策の展開をはかろうとしている。2030 年より前のマイルストーンとして、2024 年の北陸新幹線の加賀温泉駅開業は、観光業を代表とした地域産業の振興や事業共創においても大きなトリガーとなる。技術基盤やデータ利活用技術からのイネーブラーの観点では、都市としてのスマート化やデジタル田園健康特区の推進を可能にするために、観光での移動や医療 MaaS を目指す交通インフラのハード・ソフトの整備が大きな影響因子と考えられる。また、規制緩和によるマイナンバーカードの複数領域をまたぐ活用、および市民の積極的なオプトイン参加や他の特区と共有活用できるようなデータ基盤の確立が期待される。

3 回目の知識共創志向ロードマッピングの最後のステップとして、報告書の作成を行った。1 回目や 2 回目と同様に、活動の考察と今後の展望として、例えば以下の内容が報告書に記述された。

昨年度、つくば市のスーパーシティ構想について調査を行い、先端的なサービス展開が行われていること、規制改革に関連する議論が進められていることを確認した。サービス展開は実証試験(PoC)の段階を超え、定着化を見据えた展開を目指している。行政では オンライン投票や規制緩和、医療では遠隔リハビリの実施、デジタルツイン・まちづくりではデータ連携基盤を活用した移動スーパーサービスなどに取り組んでいる。市の取り組みでは、地域課題解決を重視しつつビジネス成立や規制緩和も考慮しており、現行の法規制の範囲内で実施可能な取り組みを進める一方、次の展開に必要な法規制の緩和を打診している。つくば市の取り組みは、先端的な事項の実証から定着化までを重視しており、スーパーシティの展開において重要な示唆を提供している。

(エンジニアリング協会, 2024 : 63-64)

コモングラウンドはスマートビルやスマートシティの未来において、自律化とコスト削減の一助となる重要な共通基盤となりうると考えられる。ただし、ビジネス面や維持費用の課題にはユースケースの不足や具体的な取り組みの進展などの克服が必要であり、更なる普及展開が期待される。

加賀市だけでなく、スーパーシティ型国家戦略特区に指定されたつくば市も、地域課題を解決するためのフィールドを自治体は提供し、民間企業がソリューション・サービスを開発して、自治体の提供したフィールドで実証実験を進めている。しかし、これが1回限りの実験で終わらないように、社会実装の定着やビジネスとして成立させること、そのための制約となっている規制を緩和することが、次のステップを見据えた際に重要である。取り組みの定着やビジネス化といった点が今後の課題となっていくことを部会メンバーで議論した。

この3回目の知識共創志向ロードマッピングでは、思いの共有に関する議論、2020年度に加賀市とのオンライン面談と2022年度に加賀市への訪問、ロードマップ作成の際の連鎖マトリックスの検討、報告書の作成の一部に、月例の部会の参加に加えて著者は関与した。加えて、本論文に記述していない活動としては、現地視察4回と講演会の参画の4回がある。但し、著者自身が直接参加しなかった活動に対しては、月例の部会での報告によって情報を共有し、必要に応じて質疑や協議を適宜行った。作成したロードマップは、今後のスマートシティの計画や運営の一助となるように加賀市へ提供し、3回目の訪問の際は、その時点までに作成したロードマップをご説明した。また、今後のスマートシティの計画や運営のヒントになるように、加賀市以外にも調査を実施したつくば市と大阪府・市のスーパーシティへの取り組みに関する調査の結果も記述されている報告書を共有した。

6.3. 評価

本節では、研究2の手法適用の効果分析の評価方法について述べる。

これらの3回のロードマッピング活動に対して、3回目のロードマッピング活動に参加した7名の部会メンバーに対して、半構造化インタビューを実施した。なお7名の中には、2回目や3回目のロードマッピング活動から参加したメンバーもあり、7名のうち3名は1回目からの参加したメンバー、2名は2回目から参加したメンバー、2名は3回目のみ参加したメンバーである。インタビューは2024年2月から3月にかけて実施し、1人あたりのインタビューの所要時間は、平均60分程度である。質問内容は表6の6項目で設定した。質問1と2は活動の振り返りについて、質問3、4、5はそれぞれ技術動向、社会動向、学術上のトピックに関する新たな関心について、質問6は知識創造活動についての質問である。

表6 インタビュー対象者への質問内容

質問	
Q1	過去の研究調査の中で、調査しきれなかったと思われた箇所は何かありましたか？それは、どのような内容で、どのような理由で調査しきれなかったと思われましたか？
Q2	過去の研究調査の中で、深堀しなくなったと思われた箇所は何かありましたか？それは、どのような内容で、そう思われたきっかけは何だと思われましたか？
Q3	過去の研究調査を通じて、新たに関心を持った技術動向は何かありましたか？それは、どのような内容で、関心を持ったきっかけは何だと思われましたか？
Q4	過去の研究調査を通じて、新たに関心を持った社会動向は何かありましたか？それは、どのような内容で、関心を持ったきっかけは何だと思われましたか？
Q5	過去の研究調査を通じて、新たに関心を持った学術上のトピックは何かありましたか？それは、どのような内容で、関心を持ったきっかけは何だと思われましたか？
Q6	過去の研究調査の振り返りや新たな関心を通して、新たに訪問したい場所や聴きたい講演はどのようなものがありましたか？それはどのような背景からですか？

なお、インタビューに当たっては、その趣旨を回答者に事前に説明し、インタビューの冒頭で情報の保管、個人情報の保護について説明して同意が得られた後に、インタビューを開始している。また、インタビューの音声データは、回答者の許可を得た後に録音した。

録音した音声データは文書ファイルに書き起こし、質的データ分析 (QDA) ソフトである MAXQDA を用いて、記述的現象学(Giorgi, 1997)にもとづいて分析した。分析の手法として記述的現象学を選んだ理由は、共通経験を持ったメンバーに対して、メンバーそれぞれの認識を超えた普遍的な経験の様相と、メンバーの認識による異なる経験の様相をともに記述することができる手法(Langdridge, 2007)だからである。本研究の場合は、SRQ2 で掲げた「継続的なプロセスとするために、道筋を見直す観点」という問いの回答を、部会活動という共通経験を持ったメンバーへのインタビューを通じて、各人の認識を超えた普遍的な観点と各人で異なる認識から導き出される観点の両方を、ありのままに抽出することを試みた。

記述的現象学の分析には 4 つの段階がある(Langdridge, 2007)。テキスト全体を読み、その意味するところの全体観をつかむのが 1 段階目、テキストを小さな意味単位に切り分けるのが 2 段階目、切り分けた意味単位を評価し、テーマに関係なければ除外するのが 3 段階目、学問的観点からデータを整理し、その上で 1 つの一般的構造記述を作成するのが 4 段階目である。本研究では、1 段階目としてインタビューの文字起こしと文字起こし後の全体レビューの 2 回の全体レビューをインタビューの対象者毎に実施し、2 段階目と 3 段階目のステップは MAXQDA を通じて実施した。そこで抽出したテーマに対して、さらに抽象度を高めたテーマ分類を抽出した。

図 23 は、半構造化インタビューの分析の結果をチャート化したものである。一番左側に抽象度を高めたテーマ分類を、その右側に抽出したテーマを抽出した。抽出されたテーマ分類は 5 つであり、それぞれ、新たな社会動向や技術動向の発現に関する調査願望、実態の理解と波及効果の想定に関する調査願望、計画と実績の差異に対する調査願望、阻害要因とドライビングフォースの探求願望、アクターや組織に関する影響への調査願望である。以下に個別のテーマ分類に対する分析結果を述べる。

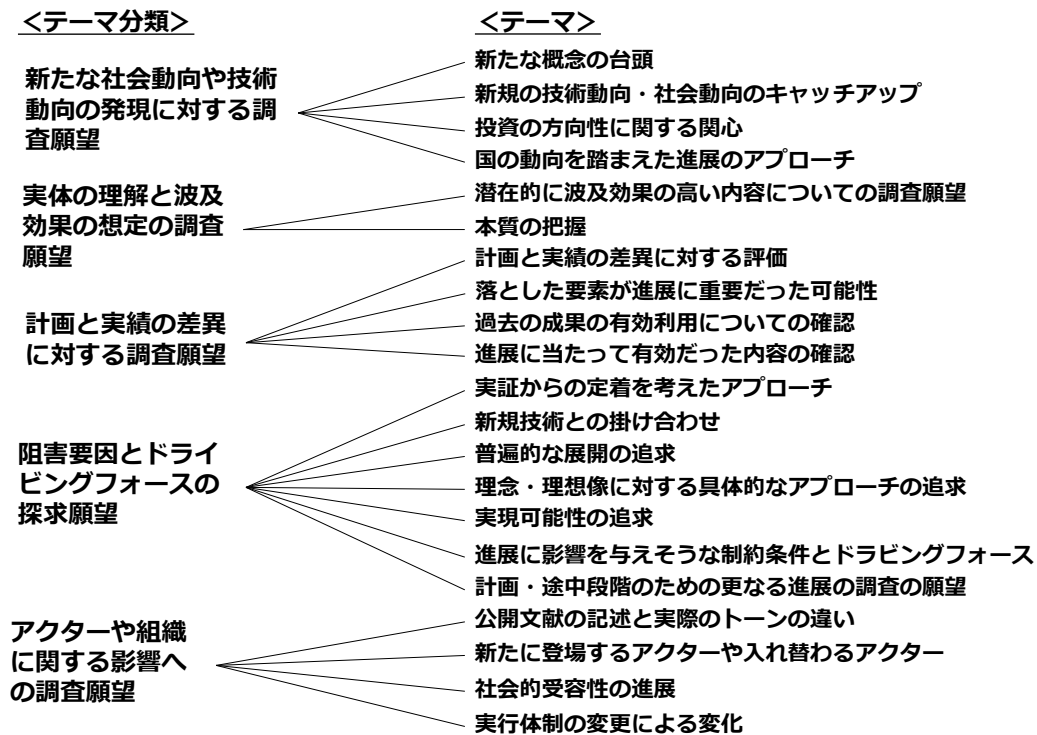


図 23 分析結果のチャート図

6.3.1 新たな社会動向や技術動向の発現に対する調査願望

新たな社会動向や技術動向の発現に対する調査願望というテーマ分類の中には、4つのテーマを確認できた。ここで分かったことは、普段の業務や公開文献、部会活動の調査を通じてだけでなく、国の動向や投資の方向性にアンテナを張って新たな社会動向や技術動向、概念をチェックし、先見性について思索を巡らせていることである。

新たな概念の台頭

ここに書いてある、部会などで、そういうウェルビーイングとかシビックプライドっていう考え方というのは、なんかいろいろ話を聞いて、そういう考え方あるんだとか、最近だと地域幸福度の指標があるっていうので、やっぱり今後は、そうですね、事業とは関係なくても、一市民として、こういう価値基準みたいなのが出てくるんだろうなとかっていうのを思うと、おもしろい考え方だし、なるほどなって

いうところで、こっちは事業という個人的に日本があり方みたいなのところも含めて、興味深いなっていうふうに思ったってとこですかね。

新規の社会動向・技術動向へのキャッチアップ

去年・今年ぐらいから BIM とか 3D データってのはちょっと我々の会社も遅れている部分もあるので非常に興味深いし、最近紹介した PLATO 何かも、ここで聞くまで私ちょっと勉強不足で知らなかったもので、こういう活動が世の中にあるんだなってことで関心を持って、我々も近くはないんですけど、関係ない話はもちろん無いので、自分、当社としての業務を含めて関心持ったっていう感じですね。

投資の方向性に関する関心

そういう話題性っていうのはお互いに興味があるところだと思うんで、Society 5.0 ってどういうふうに国がお金をまこうとしているのかとか、いろいろありますね、

国の動向を踏まえた進展のアプローチ

これ、電力システム改革っていうのは経産省が音頭をとってやって、そこに大きなスケジュール感とか乗っかっていました。まずそこを中心に見ていったのと、あと、各社がどういうふうにやっていこうとしてるのかっていうのを、主にネットからですが、取りに行ったということ。

6.3.2 実態の理解と波及効果の想定の調査願望

実体の理解と波及効果の想定の調査願望というテーマ分類の中には、2つのテーマを確認できた。ここで分かったことは、新たに出てきた社会動向や技術動向に対して、自社の業務や業界への波及効果や、先見性を検討するに当たり、その本質や実態が何なのかを把握したいという思いが見られたということである。

潜在的に波及効果の高い内容についての調査願望

関心を持った技術動向は、最近のになりますけれど、やっぱり生成 AI ですかね、興味持ったのは。やっぱり去年ぐらいから出てパアッと一挙に、何でしょうね、普及というか、展開されてますし、これからまだなんでしょうね、伸びる余地があるって感じますし、我々の業務含めてだいぶ生活が変わってきそうな感じがします。なので、これがこの後、5年後10年後にどうなるのかとか、それこそ建築業も今のその何でしょうね、設計だとか見積だとかですね、無くなる業種・職種があるんじゃないかっていうぐらい、結構大きい転換期を迎えてんじゃないかなというのもありまして、生成 AI はすごく調査されて発表されてましたけど、私自身も非常に興味を持ちましたね、はい。

本質の把握

これがやはり Society5.0 を実現していく本質でしょうというふうに考えますので、そこが勉強したいなと思いました。

6.3.3 計画と実績の差異に対する調査願望

計画と実績の差異に対する調査願望というテーマ分類の中には、4つのテーマを確認できた。ここで分かったことは、ロードマップや計画の作成は一生懸命実施するが、数年経った時に、過去に実施した取り組みは現状ではどうなっているのか、有効に機能しているのか、何が根付いて何が残らなかったのか、ロードマップの作成の時は重要度を低くみていた項目が実は進展に大きく寄与していたのではないかを理解したいという思いが見られたことである。

計画と実績の差異に対する評価

計画を立てるところまでは、みんな一生懸命やるんだけど、計画を運用していくところっていうところについては、なかなか何ていうのかな、お話を伺えてないんじゃないかなと思っていて、富山市さんもいろいろ継続的に取り組み続けられてると思うんですけど、それが現状どうなっているのか、例えばLRTを導入してどうなったのかとか、あとTISさんがやってたファームウェアの話とか、センサーネットワークの話って具体的にどれぐらいその活用されてるのかとかですね、そもそもコンパクトシティ計画がどれほどその財政的にインパクトがあったのかとか、そういったところをもうちよっと調べてもよかったのかなというところは思ってます。

落とした要素が将来の進展に重要だった可能性

何か加賀市はここが特徴だよねみたいにいえるようなところをピックアップしてる部分もあった気がするので、ある程度、何ですかね、加賀市ってこういう方向だよねっていうのを、なんか恣意的に選んでるという意味で、分かりやすく選んでるところがあったのって、そのストーリーをちょっと作りながらやってしまったっていうところで、あの落ちる要素が見逃されている要素があったのかなっていう気はしてます。

過去の成果の有効利用についての確認

定期的な予防的な公共サービスに使うということで、今回そういうパンデミックがあったとき、こういうのがどういうふうに活用されたのかなとかっていうのは、あとでもう1回見てみたいような気がします。

進展に当たって有効だった内容の確認

時期も多分2年後3年後とかになると思いますし、なんかいろいろ、多分他にも一緒

なんすけど、色々あれを取り組もうこれを取り組もうって、すごく色々ピックアップはしてると思うんですけど、結局何が根づいて、何が残らなかったのかなっていうのがちょっと、他の自治体でも同じなのかもしれないですけど、かなりの数を多分ピックアップして取り組み項目に挙げてる中で、あの万博っていうなかなかちょっと他のエリアにはない大きなイベントもあって、その中でどういうものがちゃんと残っていたのかなっていうのが、それがどういう理由でそうだったかっていう、ちょっとその辺のプロセスを含めて聞いてみたいかなっていうのがちょっと思ったところですね。

6.3.4 阻害要因とドライビングフォースの探求願望

阻害要因とドライビングフォースの探求願望というテーマ分類の中には、7つのテーマを確認できた。ここで分かったことは、過去に作成したロードマップや計画の中で、順調に進行している場合のドライビングフォースや、停滞もしくは頓挫した場合の阻害要因は何なのか、それらを追求したいという思いである。また、そのような阻害要因やドライビングフォースの理解を踏まえて、普遍的で具体的な展開の方法や、新規技術との掛け合わせのアプローチ、実現可能性を高めるアプローチを理解したいという願望が見られたということである。

進展に影響を与えそうな制約条件とドライビングフォース

こういう自治体を作るマスタープランとかそういういろんな計画のドライビングフォース、うまくいくためのドライビングフォースがどんなものであって、その阻害要因にはどんなものがあってとか、例えばその市長が変わったからとか、なんかそういうところがこう見えてくるんじゃないかなと、それはその自治体独特の問題なのかもしれないけれども、意外とそういう、何ていうのかな、こういうスマートシティ政策とか動かしていく上での泥臭い部分というのが見えてくるんじゃないかなと、個人的にはちょっと思うところがありました

計画・途中段階のための更なる進展の調査の願望

富山さんのいろんなスマートシティ計画とか、元々富山市さんがやっていたコンパクトシティ計画とか、あと調査の中でテックさん、じゃなかった、何だっけな、TISさんでしたっけ、ファームウェアを入れたりとかセンサーネットワークとかを富山市に導入されてるとか、そういうそこら辺の話を結構伺ったと思うんですけど、それがその後どうやって運用されていったのかという、そのフォローの部分が、あんまり何ていうのかな、話として伺えなかったなというところが、私は思ってます。

実証からの定着を考えたアプローチ

要は定着をちゃんと考えているというか、そういう考え方を首尾一貫してるなという風な感じがしたんで担当の方の能力が高いのかもしれないですけど、すごく考え方が他のところでも、そういうのが踏襲されていくと、何ですかね、要は実証ばかりとよく言われてるのが解消されるのかなという風に思って、非常に有用じゃないかなと思いました。ちょっとその辺、どう深掘りしていけば良いのか分からないですけど、もう少しちょっと、なんだろうな、経過を追いたいなという風な気が

しました。

新規技術との掛け合わせ

元々加賀市よりもちょっと規模が小さいかなぐらいの自治体に、ちょっと通ってた時期とかがあったので、そういうところで、それこそ地域の担い手をちゃんと持続的に増やしていこうみたいな話とかをしてはいたんですけど、ただそういうときはやっぱりその地元で元々いる人とか地元に通ってる学生とか、そういうところを取り込んでいこうみたいな話とか、そうじゃなかったら、もうちょっと移住者みたいな話とかになってきていて、そこで結構お話をしています。この部会でお話を聞くと、結構やっぱりそのデジタルみたいなところ、Web.3.0とかを使って、DAOとかいう組織みたいな話とかのことを聞くことがあって、この部会での活動を通して、加賀市さんの調査を通して結構デジタルみたいなところとの掛け合わせの要素を、新しく気になってきたっていうところがある気がします。

普遍的な展開の追求

これって結構普遍的に使えるやり方なんだなっていうのが、前の富山のときはそう思ってたんですが、それが他でもやって多分広島とかもそういうのがあるんだけど、四国の方でもどっかありましたよね。っていう、そういう視点で見れるようになりましたよっていうところがあります。

理念・理想像に対する具体的なアプローチの追求

Society5.0、これからの社会課題、労働力不足ですとか、人口減少・高齢化、インフラの老朽化、そういうのに貢献できるとしてSociety5.0っていうのが挙げられてますけども、それがどういう具体的に、風に進められていくべきなのかっていうところを、ちょっと関心がありましたね。

実現可能性の追求

理想像なんかはあるんですけど、本当にできんのかなそんなのがっていうところもやっぱりあったじゃないですか。Googleのね、何とかウォークなんかも潰れちゃったし

6.3.5 アクターや組織に関する影響への調査願望

アクターや組織に関する影響への調査願望というテーマ分類の中には、4つのテーマを確認できた。ここで分かったことは、作成したロードマップや計画がその通り進められるかどうかの重要な要因の1つに、アクターや組織があることである。どのようなアクターが関与するのか、消費者や市民が受け入れる土壌を醸成できるのか、どのような体制で実現しようとしているのかが、ロードマップや計画を作成した通りに進むかどうかの1つの要因であり、それを確認したいという願望があるということである。

新たに登場するアクターや入れ替わるアクター

提案、何か例えばその再開発事業とかでスマートシティ的なものをご提案しようとすると、今世の中でこういう動きありますよ、こういう風にやっていますよっていうのに対して、実際に街の中に入れてたときに誰が運営するのかとか、その運営をするためのお金をどうするんだとか、プレイヤーがやっぱり決まっていってというのは課題で、自治体が進める場合はある程度自治体がプレイヤーという形にはなるんでしょうけども、でも自治体も全部自分たちでやるっていうわけではないんで、そこに何でしょうね、協議会だとか民間が入ったりとかってなって、初めて実装という形でサービスが継続的に運用されるのかなっていうイメージはあるんですけども、なかなかその段階に進んでいく、うまくいってみたいですというのが、なかなかないでしょうね。見ている事例でこういう形なんだっていうふうに見えるのが無いっていうのが、今のところ実感ではありますね。

社会的受容性の進展

初年度にヒアリング、初年度じゃない、2022年度にヒアリングしたときは、その利便性を求めるためにはどんどん利用者に情報を開示してもらって、それをデータ利用できるようにしていくことで、どんどんサービスの利便性は上がってくけど、ただ、そのデータ提供することの安全性とかプライバシーとか心理的なハードルとかとのバランスになってきて、なかなか踏み切れないところがあるとか、例えば今加賀市さんだと、行政サービスのデータの中でも特に機密性が高かったり、収入の情報とか子供の情報とかをどう取り扱うとか、あと民間サービスとの連携を喋るときにどうするかみたいな話とかされたりするときに、いろいろなんですとか、ポリシーみたいなのを打ち立ててやったりされてると思うんですけど、そういうときに実際に利用する住民の反応であるとか、住民感情みたいなところの部分は、どちらかというと、何かまちづくりで、私は何か学生時代からワークショップとかをやったりすることがあるんですけど、一緒にまちの将来像を考えたりとか、何かそういう

要素もやってるので、その技術導入のときの住民の反応とか、どういうふうに理解を得ていくかみたいなのところのやり方がちょっと気になってきたっていうのはありました。

実行体制の変更による変化

主にその 2023 年までは、あの加賀市さんの施策の分析、整理分析っていう感じでやってたんですけど、それとはまた別の動きっていう感じで、実際訪問してみると加賀市さんのその担当者が、2022 年と 23 年で変わってたり、結構機構自体も、なんですかね、新しい部署の編成が変わったりされてたみたいで、そこが大きく動いてるんだなっていうのが、ちょっと率直なもので申し訳ないですけど、何か思ったところで、その施策だけを分析してるとその体制がどう変わってるかとか、何ですかね、市としての推進体制というかそういうところまで見れてなかったのも、そこが施策の振り返りと同時に対応して変わってるんだなって、

公開文献の記述と実際のトーンの違い

実際の企画をしてるところと、スーパーシティの提案でここを強く書いて提案としてやっていこうっていうところのギャップみたいなのところは、そうですね、訪問してお話聞いてわかったところかなと思っています。

第 7.章 考察

7.1. 知識共創志向ロードマッピング手法の効果に対する考察

研究 1 での 1 回目の知識共創志向ロードマッピングで作成したロードマップについて、成果物の 1 つ目としての労働力補完策の観点からの社会インフラ建設のロードマップでは、IoT デバイスの低コスト化とバッテリーの高容量化、通信における制約の解消によりサービス化が進展し、個別最適（例：単一事業所内・現場内の活用）から全体最適（例：サプライチェーン全体）に向かう方向性が見いだせた。また、成果物の 2 つ目のとしての社会インフラの運用・維持管理のロードマップでは、ソフトウェアのインフラとしての「クラウド化」「プラットフォーム」をベースにインフラのスマート化が進展する可能性を見出した。社会インフラに関する過去のロードマッピング活動(Daim & Oliver, 2008; Lee et al., 2013)では技術発展プロセスが主として議論されてきたが、本アプローチの (i) 思いの共有、(ii) 現場での知識獲得と共通体験、のプロセスを通じて技術の使われ方や、技術が影響を与える社会状況についてコンテキストを共有できたことで、技術の進展だけでなく社会課題の改善に関する議論が効果的に進んだことを示唆している。具体的には、1 回目の知識共創志向ロードマッピングの(i) 思いの共有では、少子高齢化による労働力不足が解決すべき社会課題として業界組織内で議論され、(ii) 現場での知識獲得と共通体験では、ウェアラブルデバイスを利用した遠隔作業支援の例を見学し、また 3 次元の都市モデルの例も見学した。この 2 つのステップを経て、次の (ii) 獲得した知識によるロードマップ作成のステップでは、ウェアラブルデバイスや 3 次元の都市モデルという技術的な進歩の側面だけでなく、少子高齢化による労働力不足という社会課題に対して、そのような技術的な進歩が社会インフラ産業では具体的にどのように解決に結びつくのか、業界組織での議論を効果的に進めることができたといえる。

質問紙調査からは、参加者の大部分が知識共創志向ロードマッピング活動のプロセスの意義およびツールとしての有効性を見いだした。ロードマッピング活動には知識創造の側面があることが過去に報告されていたものの(Phaal et al., 2005)、競合他社も含まれる業界組織での実践でも知識創造が行われているかは十分に研究されてこなかった。しかし、本研究で提案した知識共創志向ロードマッピングの 1 回目では、(i) 思いの共有のステップで、少子高齢化による労働力不足が解決すべき社会課題であることを、社会インフラ業界に関わるメンバー同士の共通の実感からテーマとして取り上げ、(ii) 現場での知識獲得と共通体験のステップでは、例えばウェアラブルデバイスや 3 次元の都

市モデルの見学を通して ICT 分野に関する知識空間を業界組織として拡張し、(iii) 獲得した知識によるロードマップ作成のステップでは、少子高齢化による労働力不足という課題の解決を目指す原動力と、IoT 技術やネットワーク技術の進展という促進力から、社会インフラ業界に沿った将来の道筋を見出し、(iv) 報告書の作成のステップでは、一連の活動を整理して記録した。これらの一連の活動から、SECI モデルによる組織的知識創造が業界組織の活動の中で行われたことを確認できた。同じ業界にいることによる、視野の近視眼性(Smith et al., 2010)や、競合であることを背景にした知識妨害活動意識(Serenko, 2019)が未来志向的議論において発生すると考えられる中、組織的知識創造活動(Nonaka, 1994)に基づく本アプローチが参加者に有効だと判断された意義は大きい。

さらに自由記述の回答から、知識共創志向ロードマッピング活動における満足度の高さは、主に現地での知識獲得と共通体験であることが確認できた。このことは、真の課題や熱心度も含めた暗黙知の状態のまま共に知識を獲得し、(i) 思いの共有、からさらに協働的なアプローチを促進させる手段として共通体験の重要性を示唆している。業界組織のようなオープンな組織における知識創造では、議論の発散(Chambers, 2004)といった阻害要因を克服して、方向性の定まった効率的な場の運営の実現のために共通体験は有効な手段であるといえる。既存研究では、ロードマッピング活動と組織的知識創造には関連があるとの言及までに留まっていた(Phaal et al., 2005)。しかし、本研究を通じてロードマッピング活動と組織的知識創造との詳細な関係が明らかになり、さらに現場での知識獲得と共通体験も盛り込んだ新たなロードマッピング活動が、業界として共に発展していくための長期構想を検討する上で極めて有効な未来知識共創マネジメント活動であることが確認できた点は、本研究が持つ新規性といえる。つまり、本研究の新規性の1つは、未来志向の議論において知識創造に配慮したロードマッピング手法を開発し、その有用性を評価したことである。さらに本研究では、サービスと融合した事業領域の拡大を目指している社会インフラ業界を例に、ロードマッピング手法を業界組織レベルに適用する場合の方法論について、より具体的に提示したことが2つ目の新規性である。

さらに、有効性を評価できた知識共創志向ロードマッピングの各ステップを Wells et al. (2004)のサービス組織におけるロードマッピング手順と比較の観点で個別に考察すると、(i) 思いの共有では、研究対象である業界組織の場合は、異なる企業からのメンバーで構成されているため、ポジションペーパーを共有することで、関心や興味の方向性を確認できた。その結果、メンバーの関心や興味の方向性を確認できたことで、ロードマッピング活動の方針や中心的課題の議論を進め易くすることができた。これらの効果は、異なる企業のメンバーが集まる業界組織での組織的知識創造を行うに当たって、知識妨害活動、過度な発散、自分の専門領域への固執のような組織的知識創造の課題を乗り越えて、次のステップに繋げる有益なツールであることを確認した点が新規性とい

える。(ii) 現場での知識獲得と共通体験では、Wells et al. (2004)のサービス組織におけるロードマッピングでのリサーチングのステップが、アイデアの拡張や経営の近視眼性の克服に貢献していることを明確化することができた。この明確化も本研究での新規性といえる。(iv) 報告書の作成では、ロードマッピング活動の結果をメンバーが分担して報告書として記述することが、活動した結果の振り返りと内省を促し、これをリフレクティングのステップとして定義づけることができた。このリフレクティングのステップの導入も本研究での新規性といえる。

業界組織への適用という観点では、2回目および3回目の知識共創志向ロードマッピングの活動を通じて、研究対象の業界組織の活動は少しずつ慣れていった。これは、著者を含めた7名の代表的な参加メンバーが、6年間から8年間の活動を通じて、お互いに別会社のメンバーでありながらも、思いを共有して共通体験を重ねたことや、月1回の部会の会合と必要に応じて開催された分科会の活動を通じて、共同化が少しずつ浸透っていった結果といえる。また、社会インフラ業界はジョイントベンチャーやコンソーシアム（宮武ら、2011）による受注形態を通じて、同業の異なる企業同士で事業を実施するケースも多く、業界内の異なる企業同士の議論の際に、議論が成立しないような知識妨害活動が起こりにくいという状況でもあった。例えば1回目の知識共創志向ロードマッピングでの(iii) 獲得した知識によるロードマップ作成のステップでは、パイプライン敷設のエンジニアリング・建設の企業から参加したメンバーは、自社のターゲットとしているパイプライン敷設の市場を踏まえた意見を出していた。さらに、2回目や3回目の知識共創志向ロードマッピングでは、富山市、会津若松市、加賀市といった自治体におけるスマートシティの取り組みを調査したため、研究調査対象として公共性が高く、各企業の競争領域に直接は影響しなかったことから、意見の出し惜しみは回避されて活動を進めることができたという状況であったと考える。

7.2. 手法の継続性の誘発に向けた観点に対する考察

研究2の成果物としての富山市のロードマップと会津若松市のロードマップでは、都市のおかれた課題は異なるものの、市長のリーダーシップの下で、社会インフラのハードウェアやICT技術を基盤として整備した後に、市民向けのサービスを拡充させていくアプローチが、スマートシティの先行事例として共通点として見出せた。さらにこれらを推進させるために、市長のリーダーシップが重要である点も認められた。加賀市のロードマップでは、SDGsの実現を目標に掲げ、その中でも健康については、デジタル田園健康特区の推進のために、医療版情報銀行の整備や、観光での移動と併せて医療MaaSを目指す交通インフラのハード・ソフトの整備に尽力していることが確認できた。加賀市は人口が減少し続けていることから消滅可能都市と指定され、都市の持続性が課題とされてきた。人口減少による都市の持続性が課題であることは国内の小規模都市に共通する課題であり、デジタル田園健康特区に指定された加賀市のデジタル、医療、移動に対する課題解決のアプローチは、同様の課題を抱える国内の小規模都市の参考になっていくと想定される。

研究2での半構造化インタビューでは、手法の継続性を誘発させる観点として、社会動向や技術動向の発現に対する調査願望、実体の理解と波及効果の想定の調査願望、計画と実績の差異に対する調査願望、阻害要因とドライビングフォースの探求願望、アクターや組織に関する影響への調査願望、の5つの観点が抽出された。

1つ目の新たな社会動向や技術動向の発現に対する調査願望については、新たな社会動向や技術動向が発現し、それらが過去のロードマッピング活動で導出したストーリーラインと大きく異なることが想定されたり、新たな概念が登場する可能性がある場合は、改めてロードマッピング活動を実施したいというきっかけとなり得る。2つ目の実体の理解と波及効果の想定の調査願望については、新たな専門用語や概念が過去のロードマッピング活動の後に登場してきた際に、その本質は何なのか、それは将来どのようなインパクトを与える可能性があるのかを調査したいという願望が湧く。これらは、外的環境の変化としての新たな社会動向や技術動向、新たな専門用語や概念の発現が先行要因となり、次のロードマッピング活動を実施したいという心理的・社会的な動機の発現と解釈できる。

3つ目の計画と実績の差異に対する調査願望については、現在はどうのような状態となっているのか、その状態は過去に実施したロードマッピング活動の結果と比較するとどうなのか、違いがあるならば何か理由なのかを探ろうとする願望が、次のロードマッピング活動を実施するきっかけとなり得る。4つ目の阻害要因とドライビングフォースの探求願望については、過去のロードマッピング活動での結果と現在の状態を比較したと

きに、違いが少なければそのドライビングフォースな何だったのか、違いが大きければ阻害要因は何だったかを調査することで、過去のロードマッピング活動を見直す動機となり得る。5つ目のアクターや組織に関する影響への調査願望については、現在の状態と過去のロードマッピング活動の結果の比較に当たって、社会動向や技術動向だけでなく、担当者の移動や担当者の所属する組織の改編、協業する組織といったアクターや組織がどのように影響したのかを振り返り、次のロードマッピング活動に活かしたいという願望が現れる。これらは、ロードマッピング活動の実施からの時間的経過に伴って、活動を実施した対象の変化の状況を確認し、変化の理由を確認したいという動機づけが働いていると解釈できる。つまり、質的調査の結果、知識共創志向ロードマッピングを実施した後の内省によって生まれてきた興味、関心から願望が湧き、次の知識共創志向ロードマッピングの活動を実施するに当たっての動機づけになったといえる。

これらを図示すると図 24 のように表すことができる。上淵ら（2019）は、動機づけのプロセスは、先行要因、動機、表出、結果の4つの構成要素から構成されると説明しているが、表出と結果については知識共創志向ロードマッピングの i) 思いの共有のステップに繋がるプロセスと位置付けることができるため、図 24 では、動機づけプロセスの先行要因と動機の構成要素を知識共創志向ロードマッピングのアウトラインの図に追記している。この図では、前回のロードマッピング活動の結果に対する内省と時間的経過による対象の変化、外的環境の変化が先行要因となり、次のロードマッピング活動を実施したいという動機が生まれるプロセスを示している。動機づけ理論の中の自己決定理論(Deci & Ryan, 2013)、およびその下位理論の1つである有機的統合理論(Deci & Ryan, 2013)に基づく、この動機づけのプロセスは、先行要因の自己決定性の程度とその調整スタイルにより、内発的動機づけから外発的動機づけまでの広い範囲にまたがると考察できる。このような動機づけのプロセスが、知識共創志向ロードマッピングの(iv) 報告書作成から次のロードマッピング活動の(i) 思いの共有への移行を誘発し、調査の問題意識がどんどん高まっていくことが示唆された。

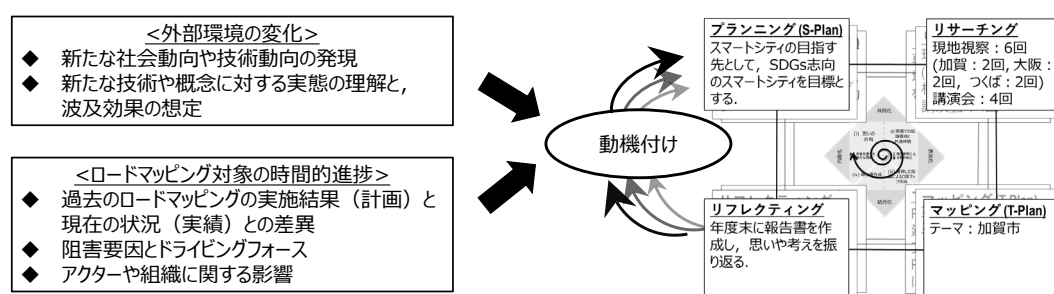


図 24 ロードマッピングの継続性の誘発に関する模式図

既存研究では、ロードマッピング活動のフォローアップは、組織の成熟度(Hirose et al., 2019)、ツールの必要性(J. H. Lee et al., 2013)、データによる駆動の提案(Pora et al., 2022)が報告されているのみで、ロードマッピング研究の中ではあまり進んでいないトピックである。本研究では、知識共創志向ロードマッピングの (iv) 報告書作成のステップで内省を促すことが継続性につながることに加えて、ロードマッピング活動の参加メンバーに実施した半構造化インタビューの分析を通じて、動機づけの視点からロードマッピング活動のフォローアップや継続性を促進させる観点を抽出した。動機づけという人間の心理の視点でロードマッピング活動のフォローアップを言及したことは、本研究が持つ新規性といえる。

7.3. 総合考察

本研究では、未来知識共創マネジメントの方法論として、組織的知識創造プロセスを進め、協働的に多様な未来を検討するために開発した知識共創志向ロードマッピング手法について、研究1では手法としての評価を、研究2では継続性を誘発させるための観点の抽出を実施した。社会や市場の動向と技術の進展の状況を見通して、新規の事業開拓や製品・サービス開発の戦略立案・計画を行うことは、企業経営において重要なマネジメント業務の1つといえる。本研究では、このような戦略立案・計画を実施するに当たり、不足している知識を新たに獲得・創造して知識空間を拡張しながら未来志向を実現する手法を提案し、その有用性を評価できたことは、新規の事業開拓や製品・サービス開発のマネジメント業務を、より効果的に支援できることが示唆される。

特に社会インフラの業界での特徴的な点の1つとして、先行研究レビューで述べた通り、成熟産業であることが挙げられる。成熟産業における新規事業の開拓の研究については、既存のビジネスモデルからの変革のメカニズムを探究することが、これまでの先行研究であった。しかし本研究では、新規事業や商品・サービス開発における戦略立案や計画に関する研究であり、その点で新規性のある研究といえる。さらに、成熟産業では、新規の事業開拓を検討する際に不足している知識に共通点が見られる。本研究では、不足している知識を業界組織という場を通じて協働的に獲得・創造して未来志向を実現する手法を開発し、その有効性を評価した。先見性を獲得する活動に組織的な知識創造のプロセスを明らかにしたことは、本研究の新規性といえる。

先見性を獲得する手法については、Popper (2008)は創造性、専門性、一般との協調、エビデンスベースを頂点とするフォーサイト・ダイヤモンドを提示し、ロードマッピングを始めとする先見性を獲得するための様々な手法をマッピングしている。ロードマッピングは、このダイヤモンドの中心付近にマッピングされており、専門性と一般との協調のバランス、および創造性とエビデンスベースのバランスのとれた手法であると位置づけられている。本研究で提案した知識共創志向ロードマッピングの手法においても業界企業の専門家による協働的なアプローチであることから、専門家からの意見の反映という専門性の視点と、意見交換の実施という一般との協調の視点が共に図られ、また公開文献や現地視察、講演会による知識の獲得と未来に関する創造的な検討という点からも、創造性とエビデンスベースのバランスが保たれたアプローチといえる。またロードマッピング活動は継続的に見直し続けることが重要であり、本研究では動機づけの観点から継続性を維持するプロセスを明らかにしたことも、本研究の新規性といえる。

事業計画や製品・サービス開発計画のような計画に関する研究の中でも、フォローアップを含む継続性や知識創造・知識共有に関する研究は十分に無く、アプローチを工夫

することで人間の心理を変化させて、能動的に未来志向を実現できるようになることを、本研究では新たに見出した。

第 8.章 結論

8.1. リサーチクエスションへの回答

本研究は、社会インフラの業界企業が、建設というモノづくりだけでなく、社会インフラとサービスを融合した事業領域の拡大を目指している背景を踏まえて、社会インフラの業界企業が技術動向や社会動向の変化を捉えて新産業への事業機会を創出する際に、未来知識共創マネジメントの方法論として、どのように未来を描いて新たな知識を創造し続けるかを明らかにすることを目的とした。研究目的を達成するために、業界組織の活動を通じて開発した知識共創志向ロードマッピング手法の効果を測定し、この手法が組織的に知識創造を実施しつつ先見性を獲得する有効な手法であることを評価した。次に、業界組織で実施した3回のロードマッピング活動から、ロードマッピング活動を継続させるためには、過去のロードマッピング活動の結果の内省や活動した対象の時間的变化、新たな社会・技術動向や専門用語の注目を先行要因とする動機づけのプロセスが、次のロードマッピング活動を誘発させることを明らかにした。

以上の結論から、リサーチクエスションへの回答を以下に記述する。

SRQ1：社会インフラの業界組織は、どのように新たな知識を協働して創出し、将来への道筋を描くのか？

(i) 思いの共有、(ii) 現場での知識獲得と共通体験、(iii) 獲得した知識によるロードマップ作成、(iv) 報告書作成、の4ステップから構成される知識共創志向ロードマッピング手法を適用することで、社会インフラの業界組織は知識を協働して創出し、将来への道筋を描くことが可能となる。

SRQ2：継続的なプロセスとするために、道筋を見直す観点は何か？

新たな社会・技術動向や専門用語の発現、ロードマッピング活動の対象の時間的経過に伴う変化、過去のロードマッピング活動の結果の内省が、道筋を見直しを誘発する観点である。これらがロードマッピング活動を継続的なプロセスとするための、動機づけの先行要因となる。

MRQ：社会インフラの業界組織は、社会・技術動向の変化に対して、どのように新たな知識を創造し続けて未来志向を実現するのか？

社会インフラの業界組織は、未来知識共創マネジメントの方法論として、(i)思いの共有、(ii)現場での知識獲得と共通体験、(iii)獲得した知識によるロードマップ作成、(iv)報告書作成、の4ステップから構成される知識共創志向ロードマッピング手法を通して、社会インフラの業界組織は、新産業への事業機会を創出するために知識を協働して想像し、外的環境の変化やロードマッピング活動の対象の時間的経過に伴う変化、過去のロードマッピング活動の結果の内省を先行要因として、動機づけのプロセスを能動的に働かせることで、未来志向を実現しつつける。

8.2. 理論的含意

本研究の理論的含意は、以下の2点にまとめることができる。

1つ目は、ロードマッピング活動に知識創造の活動が包含されていることを明確化した点である。既存研究では、ロードマッピング活動と組織的知識創造には関連があるとの言及までに留まっていた(Phaal et al., 2005)。しかし、本研究を通じてロードマッピング活動と知識創造との詳細な関係が明らかになり、さらに現場での知識獲得と共通体験も盛り込んだ新たなロードマッピング活動が、業界として共に発展していくための長期構想を検討する上で極めて有効なフォーサイト活動であることが確認できたことは、理論的貢献の1つといえる。

2つ目は、ロードマッピング活動のフォローアップについて、動機づけのプロセスの観点からフォローアップを促進させる仕組みを見出した点である。既存研究では、ロードマッピング活動のフォローアップは、組織の成熟度(Hirose et al., 2019)、ツールの必要性(J. H. Lee et al., 2013)、データによる駆動の提案(Pora et al., 2022)が報告されているのみで、ロードマッピング研究の中ではあまり進んでいないトピックといえる。本研究では、動機づけの視点からロードマッピング活動のフォローアップや継続性を促進させる観点を抽出し、動機づけのプロセスにおける先行要因から、ロードマッピング活動のフォローアップを誘発させる観点を抽出できたことは、理論的貢献の1つといえる。

8.3. 実務的含意

本研究の実務的含意は、以下の2点にまとめることができる。

1つ目は、本研究で提案した知識共創志向ロードマッピングの手法は、社会インフラ業界の業界組織や業界企業以外だけでなく、他の成熟産業の業界組織や業界企業にも適用できる可能性があるという点である。本研究での社会インフラ産業の業界組織で適用した知識共創志向ロードマッピングの手法では、建設というモノづくり以外の様々なサービス事業へ展開し、新産業の創出を目指して活動を実施している。そこでは同じ業界にることによる、視野の近視眼性(Smith et al., 2010)や、競合であることを背景にした知識妨害活動意識(Serenko, 2019)が未来志向的議論において発生すると考えられる中、組織的知識創造活動(Nonaka, 1994)に基づく本アプローチが参加者に有効だと判断された。同じ業界の中でも、思いや危機意識が共通で共有できることが可能ならば、業界として不足している知識を協働的に獲得・創造し、未来志向の議論を実施できると考える。ただし、本研究での知識共創志向ロードマッピングは、社会インフラ業界を対象としていたため、現場での知識獲得と共通体験のステップで現場・現物に関わる機会を意識的に設けることと、獲得した知識によるロードマップの作成で、論理階層軸の階層を社会インフラ業界向けに工夫していた。他の業界で知識共創志向ロードマッピングを適用する場合は、取り扱うテーマ次第では Phaal et al. (2004)が示したマーケット、製品、技術の階層で整合性を取ることが難しいことが想定される。その場合は、対象の業界の取り扱うテーマに沿って、階層の取り方を検討する必要があると考える。

2つ目は、知識共創志向ロードマッピングの手法における現地調査や有識者による講演の有効性である。業界組織での議論に当たっては、業界特有の行動特性や思考特性がバイアスになると考えられるが、社会インフラ業界の場合は、メタ思考というより現場主義的、あるいは実体験に基づく具体的なモノ志向で発想する傾向があるため、知識共創志向ロードマッピングの ii) 現場での知識獲得と共通体験、のステップにおける関係者と対話や有識者による講演を通して、バイアスが解消できると考えられる。また、業界組織における知識共創志向ロードマッピングの手法では、同ステップを通してメンバーが共通体験を行うということが有用であり、この共通体験を通じてメンバー間の協働的な雰囲気醸成され、その後の未来志向の議論に有効に働いた。現地調査や有識者による講演は、新たな知識を獲得・創造するだけでなく、バイアスを解消できる可能性や、共通体験による協働的な雰囲気醸成という面でも実務的に有効なステップであることが示唆される。

最後に、知識共創志向ロードマッピングを運用する上で工夫した点について述べる。まずはロードマッピング手法の基本的な内容を理解することが必要である。さらに、そ

の中の少なくとも1人は、ロードマッピング手法について、少しでも深く理解して、活動を実施する中で行き詰まりが発生した場合は、その打開のヒントになる意見を言えるようにしておいた方が望ましい。次に、この知識共創志向ロードマッピングの活動を進めるには、活動を取りまとめるファシリテーション能力が必要であり、グループのリーダーがファシリテーション能力を発揮するか、フォロアーのメンバーがファシリテーション能力を発揮してリーダーを支援することが必要である。そのためにも、知識共創志向ロードマッピングの2つ目のステップである現場での知識獲得と共通体験は、グループの活動を協働的に進める上で、非常に重要なステップといえる。最後に、知識共創志向ロードマッピングを進めていくにつれて、現場での具体的な内容から徐々に抽象度が高まる内容に移行していく。このような抽象度の高い内容の検討や議論ができ、さらに可能であればリードができるメンバーが少なくとも2人はいると、よりスムーズに進められると考える。

8.4. 本研究の限界と将来研究への示唆

本研究の限界と将来研究への示唆として、以下の4点を挙げる。

1つ目は、本研究で開発した知識共創志向ロードマッピングの手法は、社会インフラの業界組織での適用事例のみであるという点である。本手法を適用した社会インフラの業界組織である（一財）エンジニアリング協会・新産業研究部会の特徴は、成熟産業の業界組織であることと、比較的大企業に所属している実務家がメンバーとして参加している。そのため、新興産業や中小企業が中心の業界組織のケースでも、本手法を用いた未来志向の議論を協働的に実施できるかどうかについては、将来研究が必要なテーマといえる。その際に、本手法の i) 思いの共有、のステップで、メンバーが如何に自社の競争領域と協調領域を切り分けて、メンバー間の共通の協調領域の中で思いの共有ができるか、さらに ii) 現場での知識獲得と共通体験、からメンバー間で如何に協働的な雰囲気醸成できるかが、将来研究すべきテーマの1つになり得る。

2つ目は、ロードマッピング活動の負荷低減や半自動化が挙げられる。研究1で実施した本手法の評価でも、表出化を伴うマッピングのプロセスでメンバーの能力に依存していることが挙がっていた。それらを解消するために、例えば ICT ツールを活用して、メンバーの作業負荷を低減したり、マッピングの結果がメンバーの能力に依存している状況を改善したりすることが挙げられる。特に生成 AI の活用は様々な展開の可能性を含んでいるため、どのように生成 AI を活用することで、ロードマッピング活動の負荷を低減したり、半自動化したり、メンバーの能力に依存することを低減できるのかというのは将来研究すべきテーマの1つになり得る。

3つ目として、この知識共創志向ロードマッピングの手法は、現時点では他の先見性に関する方法論とは比較分析は行っていない。Popper (2008)のフォーサイト・ダイヤモンドを踏まえて、本研究で提案した知識共創志向ロードマッピングの手法が、専門家からの意見の反映という専門性の視点と、意見交換の実施という一般との協調の視点が共に図られ、また公開文献や現地視察、講演会による知識の獲得と未来に関する創造的な検討という点からも、創造性とエビデンスベースのバランスが保たれたアプローチであると考察した。しかし、新たな先見性に関する方法論が今後登場した際は、本手法との比較研究は将来研究すべきテーマの1つと考える。

4つ目として、ロードマッピング活動の継続性に関する研究は、本研究の研究2では継続性を誘発するための要因分析までに留まっている、この研究2の成果から、作成したロードマップが放置されている状態が完全には無くなるとは言えず、継続性を誘発する要因の分析からさらに発展させた研究が、将来研究すべきテーマの1つと考える。

参考文献

- Amer, M., & Daim, T. U. (2010). Application of technology roadmaps for renewable energy sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1355–1370. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.05.002>
- Battisti, M., & Perry, M. (2015). Small enterprise affiliations to business associations and the collective action problem revisited. *Small Business Economics*, 44(3), 559–576. <https://doi.org/10.1007/s11187-014-9607-z>
- Belal, H. M., Shirahada, K., & Kosaka, M. (2012). Knowledge Space Concept and Its Application for Servitizing Manufacturing Industry. *Journal of Service Science and Management*, 05(02), 187–195. <https://doi.org/10.4236/jssm.2012.52023>
- Björkdahl, J. (2009). Technology cross-fertilization and the business model: The case of integrating ICTs in mechanical engineering products. *Research Policy*, 38(9), 1468–1477. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.07.006>
- Bjorklund, G. J. (1988). Planning for uncertainty: A case study: Systems Planning and Research, Southern California Edison Company. *Technological Forecasting and Social Change*, 33(2), 119–148. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0040-1625\(88\)90077-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0040-1625(88)90077-7)
- Bolton, R., & Hannon, M. (2016). Governing sustainability transitions through business model innovation: Towards a systems understanding. *Research Policy*, 45(9), 1731–1742. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.05.003>
- Chambers, S. (2004). Behind Closed Doors: Publicity, Secrecy, and the Quality of Deliberation. *Journal of Political Philosophy*, 12(4), 389–410. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9760.2004.00206.x>
- Cogez, P., Kokshagina, O., Le Masson, P., & Weil, B. (2015). Industry-wide technology roadmapping in double unknown - The case of the semiconductor industry. *2013 International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE 2013 and IEEE International Technology Management Conference, ITMC 2013*. <https://doi.org/10.1109/ITMC.2013.7352611>
- Costa, E., Wells, P., Wang, L., & Costa, G. (2022). The electric vehicle and renewable energy: Changes in boundary conditions that enhance business model innovations. *Journal of Cleaner Production*, 333. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130034>
- Cuhls, K., de Vries, M., Li, H., & Li, L. (2015). Roadmapping: Comparing cases in China and Germany. *Technological Forecasting and Social Change*, 101, 238–250. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.008>

- Daim, T. U., & Oliver, T. (2008). Implementing technology roadmap process in the energy services sector: A case study of a government agency. *Technological Forecasting and Social Change*, 75(5), 687–720. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2007.04.006>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2013). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Springer Science & Business Media.
- Ekman, P., R ndell, J., & Yang, Y. (2019). Exploring smart cities and market transformations from a service-dominant logic perspective. *Sustainable Cities and Society*, 51(June), 101731. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101731>
- Fenwick, D., Daim, T. U., & Gersdri, N. (2009). Value Driven Technology Road Mapping (VTRM) process integrating decision making and marketing tools: Case of Internet security technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(8), 1055–1077. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.04.005>
- Gersdri, N. (2007). An Analytical Approach to Building a Technology Development Envelope (TDE) for Roadmapping of Emerging Technologies. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 4(2), 121–135.
- Gersdri, N., & Kocaoglu, D. F. (2007). Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to build a strategic framework for technology roadmapping. *Mathematical and Computer Modelling*, 46(7–8), 1071–1080. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2007.03.015>
- Gersdri, N., Vatananan, R. S., & Dansamasatid, S. (2009). Dealing with the dynamics of technology roadmapping implementation: A case study. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(1), 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.03.013>
- Gioia, D. A., Corley, K. G., & Hamilton, A. L. (2013). Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research. *Organizational Research Methods*, 16(1), 15–31. <https://doi.org/10.1177/1094428112452151>
- Giorgi, A. (1997). The Theory, Practice, and Evaluation of the Phenomenological Method as a Qualitative Research Procedure. *Journal of Phenomenological Psychology*, 28(2), 235–260. <https://doi.org/10.1163/156916297X00103>
- Gordon, A. V., Ramic, M., Rohrbeck, R., & Spaniol, M. J. (2020). 50 Years of corporate and organizational foresight: Looking back and going forward. *Technological Forecasting and Social Change*, 154(January), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119966>
- Harala, L., Alkki, L., Aarikka-Stenroos, L., Al-Najjar, A., & Malmqvist, T. (2023). Industrial ecosystem renewal towards circularity to achieve the benefits of reuse - Learning from circular construction. *Journal of Cleaner Production*, 389. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135885>

- Hirose, Y., Phaal, R., Okada, Y., & Kishita, Y. (2019). Strategic Roadmapping for Technology Ventures and Investors. *EcoDesign 2019 International Symposium*, 179–186.
- Jefferson, M. (2012). Shell scenarios: What really happened in the 1970s and what may be learned for current world prospects. In *Technological Forecasting and Social Change* (Vol. 79, Issue 1, pp. 186–197). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.08.007>
- Kerr, C., Farrukh, C. J. P., Phaal, R., & Probert, D. R. (2013). Key principles for developing industrially relevant strategic technology management toolkits. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(6), 1050–1070. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.09.006>
- Kerr, C., Phaal, R., & Probert, D. R. (2012). Cogitate, articulate, communicate: The psychosocial reality of technology roadmapping and roadmaps. *R & D Management*, 42(1), 1–13. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2011.00658.x>
- Kerr, C., Phaal, R., & Thams, K. (2019). Customising and deploying roadmapping in an organisational setting: The LEGO Group experience. *Journal of Engineering and Technology Management*, 52(October 2016), 48–60. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2017.10.003>
- Koshizuka, N., Haller, S., & Sakamura, K. (2018). CPaaS.io: An EU – Japan Collaboration on Open Smart City Platforms. *Computer*, 51(12), 50–58. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8636448?casa_token=SeYsnyg4tRQAAAAA:0sYeLaA6uUTOGk5E1wFYP-iCJyfVyfAP_Xkop9jknHJfG-4VoeqPmGXABpXGe9rWULNmY4CYw8ot
- Lakhani, K., & Hippel, E. Von. (2003). How Open Software Works: “Free” User-to-User Assistance. In *Research Policy, Special Issue on Open Source Software Development* (pp. 923–943). Gabler Verlag.
- Langdridge, D. (2007). *Phenomenological psychology: Theory, research and method*. Pearson education.
- Lee, A. H. I., Wang, W. M., & Lin, T. Y. (2010). An evaluation framework for technology transfer of new equipment in high technology industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(1), 135–150. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.06.002>
- Lee, J. H., Kim, H. il, & Phaal, R. (2012). An analysis of factors improving technology roadmap credibility: A communications theory assessment of roadmapping processes. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(2), 263–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.05.003>
- Lee, J. H., Phaal, R., & Lee, C. (2011). An empirical analysis of the determinants of

- technology roadmap utilization. *R&D Management*, 41(5), 485–508. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-9310.2011.00657.x>
- Lee, J. H., Phaal, R., & Lee, S.-H. (2013). An integrated service-device-technology roadmap for smart city development. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(2), 286–306. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.09.020>
- Lee, S., & Park, Y. (2005). Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules. *Technological Forecasting and Social Change*, 72(5), 567–583. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.11.006>
- Mahajan, V., & Muller, E. (1996). Timing, diffusion, and substitution of successive generations of technological innovations: The IBM mainframe case. *Technological Forecasting and Social Change*, 51(2), 109–132. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0040-1625\(95\)00225-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0040-1625(95)00225-1)
- Murata, H., Nakamura, K., & Shirahada, K. (2021). Knowledge Co-Creation Roadmapping for Future Industrial Visions: Case Study on Smart Infrastructure. *Foresight and STI Governance*, 15(2), 52–64. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2021.2.52.64>
- Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts. *Cities*, 38, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.12.010>
- Neureiter, C., Rohjans, S., Engel, D., Dänekas, C., & Uslar, M. (2014). Addressing the Complexity of Distributed Smart City Systems by Utilization of Model Driven Engineering Concepts. *VDE-Kongress*, 1–6.
- Nonaka, I. (1994). A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. *Organization Science*, 5(1), 14–37. <https://doi.org/10.1287/orsc.5.1.14>
- Nonaka, I., & Toyama, R. (2005). The theory of the knowledge-creating firm: subjectivity, objectivity and synthesis. *Industrial and Corporate Change*, 14(3), 419–436. <https://doi.org/10.1093/icc/dth058>
- Petrack, I. J., & Echols, A. E. (2004). Technology roadmapping in review: A tool for making sustainable new product development decisions. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1–2), 81–100. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00064-7](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00064-7)
- Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2004). Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1–2), 5–26. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6)
- Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2005). Developing a technology

- roadmapping system. *PICMET2005*, 99–111.
<https://doi.org/10.1109/PICMET.2005.1509680>
- Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2006). Technology management tools: Concept, development and application. *Technovation*, 26(3), 336–344.
<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.02.001>
- Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2007). Strategic roadmapping: A workshop-based approach for identifying and exploring strategic issues and opportunities. *Engineering Management Journal*, 19(1), 3–12.
<https://doi.org/10.1080/10429247.2007.11431716>
- Phaal, R., & Muller, G. (2009). An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(1), 39–49.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.03.018>
- Phaal, R., O’Sullivan, E., Routley, M., Ford, S., & Probert, D. R. (2011). A framework for mapping industrial emergence. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(2), 217–230. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.06.018>
- Popper, R. (2008). How are foresight methods selected? *Foresight*, 10(6), 62–89.
<https://doi.org/10.1108/14636680810918586>
- Pora, U., Gerdasri, N., Thawesaengskulthai, N., & Triukose, S. (2022). Data-Driven Roadmapping (DDRM): Approach and Case Demonstration. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69(1), 209–227.
<https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3005341>
- Rohrbeck, R., Battistella, C., & Huizingh, E. (2015). Corporate foresight: An emerging field with a rich tradition. *Technological Forecasting and Social Change*, 101, 1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.11.002>
- Rohrbeck, R., & Schwarz, J. O. (2013). The value contribution of strategic foresight: Insights from an empirical study of large European companies. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(8), 1593–1606.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.01.004>
- Rowe, G., & Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *International Journal of Forecasting*, 15(4), 353–375.
[https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(99\)00018-7](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(99)00018-7)
- Serenko, A. (2019). Knowledge sabotage as an extreme form of counterproductive knowledge behavior: conceptualization, typology, and empirical demonstration. *Journal of Knowledge Management*, 23(7), 1260–1288. <https://doi.org/10.1108/JKM-01-2018-0007>
- Shirahada, K., & Hamazaki, K. (2013). Trial and error mindset of R&D personnel and

- its relationship to organizational creative climate. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(6), 1108–1118. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.09.005>
- Shirahada, K., & Niwa, K. (2007). FUTURE-ORIENTED MINDSET'S CONTRIBUTION TO MANAGEMENT OF CORPORATE R&D PERSONNEL MOTIVATION IN JAPAN. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 04(04), 375–392. <https://doi.org/10.1142/S0219877007001144>
- Singh, M., Jiao, J., Klobasa, M., & Frietsch, R. (2022). Servitization of Energy Sector: Emerging Service Business Models and Startup's Participation. *Energies*, 15(7), 2705. <https://doi.org/10.3390/en15072705>
- Smith, N. C., Drumwright, M. E., & Gentile, M. C. (2010). The New Marketing Myopia. *Journal of Public Policy & Marketing*, 29(1), 4–11. www.insead.edu
- Toro-Jarrín, M. A., Ponce-Jaramillo, I. E., & Güemes-Castorena, D. (2016). Methodology for the of building process integration of Business Model Canvas and Technological Roadmap. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 213–225. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.01.009>
- Uchihira, N. (2007). Future direction and roadmap of concurrent system technology. *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, 90(11), 2443–2448.
- Van Wyk, R. J. (1997). Strategic technology scanning. *Technological Forecasting and Social Change*, 55(1), 21–38. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(97\)83077-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0040-1625(97)83077-6)
- Walsh, S. T. (2004). Roadmapping a disruptive technology: A case study The emerging microsystems and top-down nanosystems industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1–2), 161–185. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2003.10.003>
- Wells, R., Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2004). Technology Roadmapping for A Service Organization. *Research-Technology Management*, 47(2), 46–51. <https://doi.org/10.1080/08956308.2004.11671619>
- Wiener, M., Gattringer, R., & Strehl, F. (2018). Participation in inter-organisational collaborative open foresight A matter of culture. *Technology Analysis and Strategic Management*, 30(6), 684–700. <https://doi.org/10.1080/09537325.2017.1376045>
- Yoon, B., Phaal, R., & Probert, D. R. (2008). Morphology analysis for technology roadmapping: Application of text mining. *R & D Management*, 38(1), 51–68. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2007.00493.x>
- 上淵寿, 大芦治編(2019), 『新・動機づけ研究の最前線』, 北大路書房
- 宇沢弘文(2000), 『社会的共通資本』, 岩波新書

エンジニアリング協会(2017). 2016 年度 IoT スマートインフラに関する調査研究
 エンジニアリング協会(2018). 2017 年度 IoT スマートインフラに関する調査研究
 エンジニアリング協会(2019). 2018 年度スマート社会インフラ・エンジニアリングに関する調査研究
 エンジニアリング協会(2020). 2019 年度スマート社会インフラ・エンジニアリングに関する調査研究
 エンジニアリング協会(2021). 2020 年度 SDGs 志向スマートシティ・インフラに関する調査研究
 エンジニアリング協会(2021). 2020 年度決算報告書, エンジニアリング協会ホームページ (2024 年 11 月 9 日取得, https://www.ena.or.jp/?fname=kessan_202103.pdf)
 エンジニアリング協会(2022). 2021 年度 SDGs 志向スマートシティ・インフラに関する調査研究
 エンジニアリング協会(2022). 2021 年度決算報告書, エンジニアリング協会ホームページ (2024 年 11 月 9 日取得, https://www.ena.or.jp/?fname=kessan_202203.pdf)
 エンジニアリング協会(2023). 2022 年度スマートインフラの社会実装に関する調査研究
 エンジニアリング協会(2023). 2022 年度決算報告書, エンジニアリング協会ホームページ (2024 年 11 月 9 日取得, https://www.ena.or.jp/?fname=kessan_202303.pdf)
 エンジニアリング協会(2024). 2023 年度スマートインフラの社会実装に関する調査研究
 エンジニアリング協会(2024). 設立 45 周年記念誌, エンジニアリング協会ホームページ (2024 年 7 月 5 日取得, https://www.ena.or.jp/?fname=eng_45th.pdf)
 エンジニアリング協会(2024). 2023 年度決算報告書, エンジニアリング協会ホームページ (2024 年 11 月 9 日取得, https://www.ena.or.jp/?fname=kessan_202403.pdf)
 エンジニアリング協会(2024). 2023 年度事業報告書, エンジニアリング協会ホームページ (2024 年 11 月 9 日取得, https://www.ena.or.jp/?fname=jigyo_houkoku_202403.pdf)
 亀岡秋男監修(2007), 『サービスサイエンス – 新時代を拓くイノベーション経営を目指して』, NTS
 亀山秀雄(2023), 「国際 P2M 学会への招待」, P2M マガジン 17, 86-93, https://doi.org/10.20702/iaptwombulletin.17.0_86
 橘川武郎(1991), 「日本における企業集団, 業界団体および政府 – 石油化学工業の場合」, 経営史学 26(3), 1-29, https://doi.org/10.5029/bhsj.26.3_1
 経済産業省製造産業局編(2003), 『“知”で競う産業 プラントエンジニアリングの未来 – モノとサービスの融合をめざして』, 同友館
 小西伸一(2011), 「エンジニアリング協会 (ENAA) における人材育成の事例」, コンクリート工学 49 (9), 86-91, https://doi.org/10.3151/coj.49.9_86
 佐藤誠(2003), 「社会資本とソーシャル・キャピタル」, 立命館国際研究 16 (1), 1-30
 名合牧人, 本宮彰浩, 小島秀蔵, 中村孝太郎(2019), 「コンパクト/スマートシティの時系列的比較考察 – スマートインフラ調査研究の自治体事例調査から」, 開発工学 39 (1),

61-64, <https://doi.org/10.11363/kaihatsukogaku.39.61>

名合牧人, 佐藤正明(2020), 「データ利活用型スマートシティの事例調査 – スマートインフラ視点による自治体事例調査から」, 開発工学 40 (1), 77-80, <https://doi.org/10.11363/kaihatsukogaku.40.77>

名合牧人, 村田尚, 伊藤博起(2021), 「SDGs 志向スマートシティ・インフラ – 業界組織による自治体事例調査から」, 開発工学 41 (1), 61-64, <https://doi.org/10.11363/kaihatsukogaku.41.61>

名合牧人, 佐藤正明, 前山倫子(2022), 「SDGs 志向スマートシティ・インフラ (第2報) – 業界組織による自治体事例調査から」, 開発工学 42 (1), 63-66, <https://doi.org/10.11363/kaihatsukogaku.42.63>

名合牧人, 佐藤正明, 前山倫子(2023), 「SDGs 志向スマートシティ・インフラ (第3報) – 業界組織による自治体事例調査から」, 開発工学 43(1), 49-52, <https://doi.org/10.11363/kaihatsukogaku.43.49>

新村出編(2018), 『広辞苑第7版』, 岩波書店

宮武一郎, 工藤匡貴, 川俣祐行, 笛田俊治(2011), 「設計・施工一括発注方式におけるコンソーシアムの形態とその活用についての一提案」, 土木工学会論文集 F4 (建設マネジメント), 67(4), I_251-I-254

森裕之, 諸富徹, 川勝健史編(2020), 『現代社会資本論』, 有斐閣

PMI 日本支部(2018), 創立 20 年記念誌, PMI 日本支部ホームページ, (2024 年 11 月 9 日取得, https://www.pmi-japan.org/wp-content/uploads/2023/03/180629_PMI20th_anniversary_A4_light_Rv1.pdf)

<閲覧 URL>

エンジニアリング協会, ENAA モデルフォーム国際標準契約書, (2024 年 11 月 9 日取得, <https://www.ena.or.jp/information/pub/international-model-form>)

エンジニアリング協会, 協会案内パンフレット (2024 年 12 月 9 日取得, https://www.ena.or.jp/?fname=ena_pamphlet.pdf)

エンジニアリング協会, GEC とは, (2024 年 11 月 9 日取得, <https://www.ena.or.jp/gec/intro/whats>)

国土交通省, 共同企業体制度 (JV), (2024 年 12 月 14 日取得, https://www.mlit.go.jp/totikensangyo/const/1_6_bt_000101.html)

総務省, 平成 28 年度情報通信白書, (2024 年 11 月 16 日取得, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/index.html>)

竹中工務店, 竹中の歩み, ホームページ (2024 年 7 月 6 日取得, <https://www.takenaka.co.jp/corp/archive/years/>)

米国土木学会 (American Society of Civil Engineers), Infrastructure Score Card, (2024 年 7 月 6 日取得, <https://infrastructurereportcard.org/>)

付録

付録 1：研究 1 で用いた質問紙調査のフォーム

エンジニアリング協会・新産業研究部会：部会活動に関するアンケート（2020 年 3 月）

当研究部会では、2016 年度より「インフラのスマート化」をテーマに「スマートシティ」及び「スマートテックサービス」の各分野で調査研究活動を実施し、その活動を通して業界組織として以下の実現をめざしました。

- ①調査分析を実施し、得られた気づきや知見を各 WG や部会において共有化する。
- ②分析や報告のとりまとめ作業を通じて形式知化を図る。
- ③共有化や形式知化を通して、他の関連する類似事例をマッピングできる基盤知識を構築する。
- ④それらを業界組織レベルに集合知化し、各委員が自社における今後の活用につなげる。

上記①～④に対して、研究部会における現状の成果と課題、そして方法論について本アンケートを通じて御意見をお伺いすることにより、今後の調査研究活動をより良いものにしたいと存じます。御協力を宜しく願います。なお、アンケートの分析結果は、別途ご報告させていただきます。

設問 A：まず最初に、あなた自身のプロフィールに関してお聞かせ下さい。

該当部分に○印を記入下さい。

A1) あなたの年齢をお答え下さい。

～29 歳	30～39 歳	40～49 歳	50～59 歳	60 歳～
-------	---------	---------	---------	-------

A2) あなたの所属部門に最も近いものをお答え下さい。

経営企画	事業開発	研究開発	設計	その他（ ）
------	------	------	----	--------

A3) あなたの役職に最も近いものをお答え下さい。

一般社員	係長・主任クラス	課長クラス	部長クラス	その他（ ）
------	----------	-------	-------	--------

A4) あなたの専門領域を自由記述でお答え下さい。

A5) 参加した年度についてお答え下さい。複数年度に参加の方は、複数に○印下さい。

2016 年度（北九州市スマートコミュニティ訪問、パナソニック・群馬工場訪問）
2017 年度（会津若松市スマートシティ訪問、コマツ・大阪工場訪問）
2018 年度（富山市コンパクトシティ訪問、熊本市スマートシティ訪問、オブティム社訪問、JAXA 訪問）
2019 年度（会津若松市スマートシティ・富山市コンパクトシティ訪問、東北大学殿御講演）

設問 B：調査研究の成果についての感想

本設問では、当部会の調査研究の成果に関して、あなたの感想をお聞かせ下さい。

調査研究の成果とは、各年度の調査研究活動の初期から終盤までにかけて得られた知見全般を意味します。報告書を代表とする明示的な成果物や、各人が暗黙的に得た知見も含まれます。

各項目の答えを 1 つだけ選択し、○印を記入して下さい。複数年度に参加された方は、参加された全ての年度を通してお答え下さい。

ここで「知見」とは、事象の認識や因果関係を含む新たな発見（事項）を通して、自分が理解した知識とします。

	そう思う	どちらか というと そう思う	どちらで もない	どちらか というと そう思わ ない	そう思わ ない
B1) スマートシティや社会インフラ分野のスマート化について、現状認識できた。	5	4	3	2	1
B2) スマート化技術（IoT、AI、Robotics 等）の将来の進展について、知見が得られた。	5	4	3	2	1
B3) スマート化により創造される新たなサービスやソリューションについて、知見が得られた。	5	4	3	2	1
B4) スマート化による社会インフラの将来ビジョンについて、イメージを描くことができた。	5	4	3	2	1
B5) 将来ビジョンの実現に当たっての課題が認識できた。	5	4	3	2	1

B6) 調査研究の成果全般について、あなたの感想を自由に記述下さい。

--

設問 C：調査研究のプロセスと各人の関心や知見

本設問では、当部会の調査研究のプロセスに関して、あなたの感想をお聞かせ下さい。

調査研究のプロセスとは、各年度の初期段階はテーマに関する共通認識を持ち合い最終成果物のイメージを共有するプロセス、中間段階では文献調査、ヒヤリング、現地調査などで得られた発見事項を各人の専門知識に基づいて解釈・判断するプロセス、終盤段階では業界団体の調査研究の成果として適切な形で表現するプロセスを意味します。

各項目の答えを 1 つだけ選択し、○印を記入して下さい。複数年度に参加された方は、参加された全ての年度を通してお答え下さい。

ここで「発見（事項）」とは、事象の認識を基に、その事象の因果関係も含めて新たに理解できた事項とします。「形式知化」とは、各自の認識や知見を、明示的に表出して共有できる状態にすることとします。

	そう思う	どちらか という と思う	どちらで もない	どちらか という と思わ ない	そう思わ ない
C1) 年度の当初に協議し注目したサブテーマは、自身の関心に沿っていた。	5	4	3	2	1
C2) 部会や WG で協議した調査対象は、自身の関心に沿っていた。	5	4	3	2	1
C3) 現地で調査やヒヤリングした情報から、自身にとって新たな発見（事項）が得られた。	5	4	3	2	1
C4) 識者のプレゼンテーションから得た情報から、自身にとって新たな知見が得られた。	5	4	3	2	1
C5) 部会や WG 内での振り返り協議の結果、自身にとって新たな知見が得られた。	5	4	3	2	1
C6) 担当分の整理・執筆作業から、自身が得た知見をサブテーマに沿って形式知化できた。	5	4	3	2	1

C7) 調査研究のプロセス全般について、あなたの感想を自由に記述下さい。

--

設問 D：調査研究のフレームワークの有用性

本設問では、当部会の調査研究のフレームワークに関して、あなたの感想をお聞かせ下さい。

調査研究のフレームワークとは、調査研究で利用した情報入手の方法、各自や WG で形式知化する方法、WG や部会レベルで集合知化する手法、概念を共有するための表現方法のことです。

今回の利用経験から、使い方次第では今後も利用した方がよいかどうかの観点で、各項目の答えを 1 つ だけ選択し、○印を記入して下さい。複数年度に参加された方は、参加された全ての年度を通してお答え下さい。

	そう思う	どちらか という そう思う	どちら でもない	どちらか という そう思 わない	そう思 わない
D1) 官公庁の資料や書籍・ネットからの情報は、現状や将来の方向性に関する認識を得るのに有用と考える。	5	4	3	2	1
D2) 調査結果から Keyword を抽出する作業は、特徴や重要な点を把握するのに有用と考える。	5	4	3	2	1
D3) プレーンストーミングの実施は、メンバーの得た知見を様々な側面から抽出するのに有用と考える。	5	4	3	2	1
D4) KJ 法による整理作業は、メンバーの得た様々な知見を体系化するのに有用と考える。	5	4	3	2	1
D5) 6 階層の分類マップへの分類作業は、調査結果の個々の事象を位置付けて整理する上で有用である。	5	4	3	2	1
D6) インフラの定義・分類とマッピングは、自身の考えやイメージを整理する上で有用である。	5	4	3	2	1
D7) 更に時間軸へのロードマッピングは、現状から将来へ向けた道筋を認識する上で有用である。	5	4	3	2	1
D8) インフラのスマート化（スマートインフラ）の意味付け（3 軸モデル等）は、現状や将来の方向性に関する認識を得るのに有用である。	5	4	3	2	1

D9) 調査研究のフレームワーク全般について、あなたの感想を自由に記述下さい。

設問 E：研究部会活動の各人の所感

本設問では、今回の研究部会活動全般に関して、あなたのより客観的な感想をお聞かせ下さい。

各項目の答えを 1 つだけ選択し、○印を記入して下さい。複数年度に参加された方は、参加された全ての年度を通してお答え下さい。

	そう思う	どちらか という と思う	どちらで もない	どちらか という と思わ ない	そう思わ ない
E1) 部会活動での到達レベルは、客観的にみて満足がいくものであった。	5	4	3	2	1
E2) 部会活動での調査研究のプロセスは、客観的にみて満足がいくものであった。	5	4	3	2	1
E3) 部会活動で使用した調査研究のフレームワークは、客観的にみて有用である。	5	4	3	2	1
E4) 部会活動で習得したことは、自社の <u>既存事業</u> の企画・改善に生かせる。	5	4	3	2	1
E5) 部会活動で習得したことは、自社の <u>新規事業</u> の企画・開発に生かせる。	5	4	3	2	1
E6) 部会活動には、主体的に取り組むことができた。	5	4	3	2	1
E7) 部会活動では、メンバーが自分の意見を重視し、取り入れてくれた。	5	4	3	2	1
E8) 部会活動の実施手法を改善して、今後の部会活動をより活性化させる。	5	4	3	2	1

E9) 研究部会活動全般について、あなたの感想を自由に記述下さい。

設問 F：ロードマッピングの方式および有効性について

本設問では、ロードマッピングの方式および有効性に関して、あなたの感想をお聞かせ下さい。

ロードマッピングの活動は、本部会では 2017 年度から取り組み始めたものの、各年度とも多様な取り組みが行われました。そこで、その実施方式に関する感想をお聞きしたいと思っています。

各項目の答えを 1 つだけ選択、○印を記入して下さい。複数年度に参加された方は、参加された全ての年度を通してお答え下さい。

	そう思う	どちらか という そう思う	どちらで もない	どちらか という そう思わ ない	そう思わ ない
F1) 部会の調査研究のプロセスの適切な段階で、ロードマッピングを実施することは意義がある。	5	4	3	2	1
F2) 部会活動の時間内に、ロードマッピングを実施した方が良い。	5	4	3	2	1
F3) 部会活動の時間外にでも工夫して、ロードマッピングを実施した方が良い。	5	4	3	2	1
F4) ICT 化したツールを利用して、場所や時間の制約無く実施できると有用である。	5	4	3	2	1
F5) 自動化したツールを利用して、より簡便に実施できると有用である。	5	4	3	2	1
F6) ロードマッピングを通して、メンバー間の繋がりが深まった。	5	4	3	2	1
F7) ロードマッピングを通して、質の高い集合知が得られた。	5	4	3	2	1
F8) インフラのスマート化に関するロードマッピングを通じて、エンジニアリング事業の将来のあり方に 1 つの展望を見出せた。	5	4	3	2	1

F9) ロードマッピングの方式と有効性全般について、あなたの感想を自由に記述下さい。

ここまでお時間とって頂き、御協力大変に有難う御座いました。

研究業績

1) 学術誌論文

Murata. H., Nakamura. K., & Shirahada. K., (2021). “Knowledge co-creation roadmapping for future industrial visions; Case study of smart infrastructure”, *Foresight and STI Governance*, 15(2), 52-64, <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2021.2.52.64> <査読あり>

2) 国際学会口頭発表論文

Murata. H., Nago., N., Motomiya. A., Kojima. S., Nakamura. K., Shirahada. K., (2019), “Roadmapping for the Future Smart Infrastructure in Engineering Industries”, *Proceedings of EcoDesign 2019 International Symposium* <2019 年 11 月 27 日, パシフィコ横浜にて発表>

謝辞

本研究は、主指導教員である北陸先端科学技術大学院大学の白肌邦生教授をはじめ、大変多くの方々からのご指導とご支援を頂いて、ここまでたどり着くことができました。副指導教員の内平直志教授、本研究の学内審査員である神田陽治教授、西村拓一教授、副テーマをご指導くださった ZELAYA ZAMOSA, Jader Enrique 先生をはじめ、皆様からのご指導とご支援に、心から深く感謝致します。また、お忙しい中、外部審査員としてご指導くださりました、東京大学・木下裕介准教授にお礼申し上げます。

本研究は、(一財)エンジニアリング協会・新産業研究部会のご協力の元、私自身が部会メンバーであることを通じた参与観察と、本研究のために部会メンバーへ質問紙調査とインタビュー調査を実施し、そこで得られた貴重なデータをもとに執筆したものです。部会メンバーで且つ北陸先端科学技術大学院大学の修了生でもある中村孝太郎先生をはじめ、部会のメンバーからのご協力に、大変感謝致します。

最後に、妻の悦子をはじめ、家族の理解があったことに深く感謝するとともに、終わりの言葉に代えさせていただきます。

村田 尚