

システムイノベーションへの新しい道を切り開く

SIC戦略提言

2025.7



一般社団法人

システムイノベーションセンター

Systems Innovation Center (SIC)

緒言

現代社会では「システム」の役割が極めて大きい。エネルギー、インフラ、ヘルスケア、金融、行政、防災、教育など社会のすべての分野で「システム」が主役となって我々の生活を支えている。システムが我々の生活を律し、システムのレベルが我々の生活の質を左右している。現代はまさしく「システムの時代」と言ってよい。

一方、社会が複雑になるにつれて、「よいシステム」を構成することはますます難しくなりつつある。人と人、人とモノ、モノとモノのつながりが広く深くなるにつれて、システムはますます複雑で大規模なものとなる。社会の変動が激しくなるとシステムの運用も環境変動に直面して難しくなる。また科学技術の発展に伴って、システムを構成する手段も広がり選択肢も増え、それに従いシステムを適切に進化させることが必要になってくる。世間を騒がすシステム故障の報道が最近頻度を増しているのは、現代の複雑化、広域化する社会においてシステムの構築、運用、進化が著しく困難になってきたことの現れである。

システムが主役となっている社会で、よいシステムを作り出すことが難しくなっているという事態は、現代社会が直面している大きな課題を提示している。特にわが国では「縦割り社会」の負の側面を受け継いで、垂直型の統合が圧倒的に優位で、システムを有効に構築・運用・進化させるために必要な水平統合への社会的な受容の度合いが海外と比べて小さい。システムイノベーションセンターでは5年前の発足以来この水平統合のテーマを掲げ、産業界の視点から愚直にこのことを主張し続けてきた。最近では我々の主張が「産業技術のパラダイムシフト」として官民でようやく認識され始め、「卓越したシステム」を構築するにはどうすればよいか真剣に議論されるようになってきた。

このような状況に鑑み、今の日本にどのようなシステムを構築すべきか、日本のシステム構造をどのように作りあげていくべきかを、ケーススタディとして次の6つのセクターに分けて提言する。

- (1) ヘルスケア（「SIC 戦略提言-I」にて提言）
- (2) 科学技術（「SIC 戦略提言-II」、及び、「同-2」にて提言）
- (3) エネルギー（「SIC 戦略提言-III」にて提言）
- (4) ロジスティックス（「SIC 戦略提言-IV」にて提言）
- (5) 金融（「SIC 戦略提言-V」にて提言）
- (6) 防災・レジリエンス（「SIC 戦略提言-VI」にて提言）

この提言が、「失われた30年」の次の「得られた30年」を切り開く産・学・官の努力の結節点となることを期待したい。

システムイノベーションセンター（SIC）戦略委員会

目次

SIC 戦略提言-I (ヘルスケア)

「人生 100 年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築に関する提言」(2024 年 1 月発行) 1

SIC 戦略提言-II (科学技術)

「『現場』を重視する科学技術政策を：研究室連携による卓越システム構築プロジェクトの提案」(2024 年 2 月発行) 23

SIC 戦略提言-II-2 (科学技術)

「ソサエティ 5.0 へむけて豊かな社会を先導する科学技術イノベーションの創生へ」(2025 年 6 月発行) 39

SIC 戦略提言-III (エネルギー)

「エネルギー移行を促進する連携構築のための新システムの提案」(2024 年 9 月発行) 53

SIC 戦略提言-IV (ロジスティックス)

「ロジスティックス分野におけるシステム設計の提案」(2025 年 3 月発行) 81

SIC 戦略提言-V (金融)

「マイナンバー及びマイナンバー制度の利活用推進に向けた提言」(2025 年 2 月発行) 121

SIC 戦略提言-VI (防災・レジリエンス)

「防災・レジリエンスの強化に向けたシステム構築に関する提言」(2025 年 6 月発行) 137

SIC戦略提言-I

人生100年時代にふさわしい高齢者の自動車運転
にかかると社会システム構築に関する提言

システムイノベーションセンター

2024年1月発行

SIC 戦略提言-I

「人生 100 年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかか
る社会システム構築に関する提言」要旨

高齢化社会への移行を迎えた現在の日本で、高齢者が QOL (Quality Of Life) を維持しつつ豊かな老後を過ごせるということは、個人の Well-Being を実現できるだけでなく、社会全体の Well-Being の維持拡大にもつながるものと考えられる。高齢者の QOL の維持は、現在の日本社会にとってあらゆる観点で重要な課題といえよう。

このような問題意識のもと、「人生 100 年時代における豊かな健康長寿社会」を実現するために解決すべき社会システム上の課題として、「超高齢社会を前提としたモビリティ社会の将来像」を、現実的、かつ、具体的なテーマとしてディスカッションを行った。そして、その中でも特に一定年齢以上の高齢ドライバー全員が直面する、「高齢ドライバー免許更新制度」、「運転免許証自主返納制度」をめぐる諸問題に関し調査を行い、その結果を「SIC 戦略提言」の一つとして、「人生 100 年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかるとる社会システム構築に関する提言」と題してまとめた。

すなわち、高齢者の自動車運転にかかるとる社会システムとして、次の 4 つの社会システム構築を提言する。

提言 1: デジタル技術を活用した運転能力の把握と安全を適切にサポートするシステム、および、それらを搭載したデジタルサポートカーの開発導入を促進すべきである。

提言 2: 資金的支援を含めた” デジタルサポートカー認定制度” の充実と、その制度を理解し体験できる普及啓発活動の場づくりを進める。

提言 3: 健康状態を測定・解析しつつ運転能力の維持・向上にも資するデジタル技術(ドライビングシミュレーター技術等)の研究開発を進める。

提言 4: 日常の健康データと、運転能力の関連性を解析し、運転寿命延伸に効果的な運動・生活習慣の特定とその普及啓発活動の推進をはかる。

本提言報告書では、これら 4 つの提言の背景とその実現に向けた検討を述べる。

SIC 戦略提言「ヘルスケア」サブワーキンググループ

メンバー：

リーダー：山本義春（東京大学 大学院教育学研究科）

サブリーダー：中村亨（大阪大学 データビリティフロンティア機構）

幹事：高橋透（株式会社ニューチャーネットワークス）

委員：岸哲史（東京大学 大学院医学系研究科）

菊田孝司（SOMPO システムズ株式会社）

福岡泰彦（三井住友信託銀行株式会社）

関忠雄（三井住友信託銀行株式会社）

高見明秀（マツダ株式会社）

原利宏（マツダ株式会社）

根来哲司（SCSK株式会社）

宮前義彦（富士通株式会社）

張凌雲（株式会社ニューチャーネットワークス）

永田諒（株式会社ニューチャーネットワークス）

目次

(ここに記載のページ数は、「戦略提言-I」内でのページで、“I-”で表す。)

SIC戦略提言-I 「人生100年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築に関する提言」要旨	2
1. SIC 戦略提言-I 「人生 100 年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築」	5
2. 提言の背景	8
2.1 提言に至る経過 ー高齢者ドライバーの運転免許制度に関する問題提起ー	8
2.2 高齢者の自動車運転と健康の関係についての学術的研究	10
2.3 大規模アンケート調査による、現状の確認	11
2.4 高齢者の運転に対してのテクノロジーサポート	14
3. 高齢者ドライバーの運転免許制度に関する提言	15
4. まとめ：提言の社会実装に向けて	16
付図：高齢者の自動車運転に関するアンケートでの主な設問と回答の結果	18

1. SIC 戦略提言—I「人生 100 年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築」

現在の日本は、世界で最も高い高齢化率を誇る「超高齢社会」である。すなわち、「長い人生」を送っている人の割合が最も多い国となっている。その高齢者の個人々々にとって本来あるべき幸せな生活（快適で豊かで長い人生）を実現するためには、単に長生きできることだけではなく、その中身、すなわち QOL (Quality Of Life) を維持した上で長生きできるということが重要であろう。

高齢者が QOL を維持しつつ豊かな老後を過ごせるということは、個人の Well-Being を実現できるだけでなく、社会全体の Well-Being、すなわち社会保障費の削減といった社会負担の軽減や、労働人口減少に伴う国内総生産・成長力低下への対応、国内消費の維持拡大、そして何よりも将来に対する漠然とした不安の解消にもつながるものと考えられる。高齢者の QOL の維持は、日本社会にとってあらゆる観点で重要な課題といえよう。

このような問題意識から、一般社団法人システムイノベーションセンター (SIC) での戦略提言活動において、「ヘルスケア」サブワーキンググループでは「人生 100 年時代における豊かな健康長寿社会」を実現するために解決すべき社会システム上の課題について議論した。その結果、超高齢社会の社会システム課題として考えるにふさわしい、現実的、かつ、具体的なテーマである「超高齢社会を前提としたモビリティ社会の将来像」をディスカッションテーマとした。そして、その中でも特に一定年齢以上の高齢ドライバー全員が直面する、「高齢ドライバー免許更新制度」、「運転免許証自主返納制度」をめぐる諸問題に関し調査、議論を行い、その結果を「SIC 戦略提言」の一つとして、「人生 100 年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築に関する提言」と題してまとめた。

すなわち、高齢者の自動車運転にかかる社会システムとして、次の 4 つの社会システム構築を提言する。

提言 1:

デジタル技術を活用した運転能力の把握と安全を適切にサポートするシステム、および、それらを搭載したデジタルサポートカーの開発導入を促進すべきである。

現在、自動運転を目指した技術開発が進んでいる。その完全な実現には、まだ、

かなり時間がかかるであろうが、その途中で利用できる高齢ドライバーサポート技術がたくさんある。実際、例えば高齢者に限らず、健康状態が悪化してドライバーが運転できない状態になった時に側道に車を寄せるといった技術も開発されていて、実装し始めている。今後次々に出てくるであろう自動運転への技術を、運転能力の把握と安全を適切にサポートするために積極的に取り入れていくべきである。

提言 2:

資金的支援を含めた”デジタルサポートカー認定制度”の充実と、その制度を理解し体験できる普及啓発活動の場づくりを進める。

デジタルでの運転サポートを装備したデジタルサポートカーの認定制度を充実させる。現在、その資金援助が予算関係で十分ではない。制度自体はあっても、利用するには高額である。車の買い替え時に、サポートカーとするため支援策が必要である。

また、様々なデジタルでの運転サポートを装備した車を体験していく普及啓蒙の場づくりも必要である。運転免許の更新や車検というタイミングに、普及啓蒙を図っていくと良いのではないか。

提言 3:

健康状態を測定・解析しつつ運転能力の維持・向上にも資するデジタル技術（ドライビングシミュレーター技術等）の研究開発を進める。

健康状態を測定解析しつつ運転技能の向上維持向上を進めるデジタル技術を取り込んだドライビングシミュレーターを開発して、運転免許の教習所や車のディーラーなどに置いて、高齢者ドライバーに活用してもらおう。

このような、健康状態と運転技能、そしてその関連を日常的に確認するという装置を用意するべきであろう。

提言 4:

日常の健康データと、運転能力の関連性を解析し、運転寿命延伸に効果的な運動・生活習慣の特定とその普及啓発活動の推進をはかる。

ヘルスケア IoT 技術による日常生活での健康データと、ドライバーの運転能力や心身の健康状態のデータとの関連性を解析することで、より精度の高い運転能力の診断や事故リスク評価を行う。これらの研究を通じて疾病の予兆検知

やQOL向上のための運動や生活習慣改善策の普及のための研究開発を推進する。

今後、これらの提言の実現を通して、運転サポート技術やドライビングシミュレーター技術などの高度化と共に、ドライバーの運転能力や心身健康状態を正確に測定できるようになれば、ヘルスケアIoTで取得できる日常生活での心身の健康データと合わせて解析することができ、より精度の高い運転能力の診断や事故リスク評価が可能となる。またそれらのデータから、自動車の運転能力と日常の運動や生活習慣の関連性を解析することができ、効果的な運動や生活習慣を高齢者の日常生活に取り入れることが可能となると考えられる。

個人の状況に応じた運転能力や健康状態の維持策を実施することが、今後さらに進む超高齢化社会においても、高齢者が自由に移動できる、生き生きとした健康長寿社会を目指すことができる。

2. 提言の背景

2.1 提言に至る経過

—高齢者ドライバーの運転免許制度に関する問題提起—

本提言は、システムイノベーションセンター (SIC) の戦略提言「ヘルスケア」サブワーキンググループでの議論に基づくものである。

このサブグループは、2022 年まで活動をしてきた SIC システムヘルスケア分科会にての議論¹を継承し、その実現に向けた戦略についてまとめたもので、SIC の戦略提言の一つの提言にあたる。

SIC システムヘルスケア分科会は、2020 年より 3 年間に亘って、ヘルスケアのシステムの側面についての議論を行ってきた。結果的には、高齢者ドライバーの運転免許制度に関する提言を通じ、大きく見ると寿命は延びているなかで、健康寿命または QOL は果たしてどう達成され得るのかということ論じた。そして、健康寿命、すなわち、健康長寿社会ということに対しての提言をテーマに据えることで、業界や学界を超えて新しい社会システムの構想が試みられるのではないかと考えた。健康長寿社会へ至る道をシステムという視点で分析することで、それを構想し実現するモデルができればよいということであった。大きなエコシステム、すなわち、ヘルスケア関連のビジネスモデルのひな形を提示しようということである。

スタートの段階では、ヘルスケア AIoT コンソーシアム理事の東大病院心療内科・吉内教授より、「健康長寿社会の実現には、身体機能を維持する・高めるだけでなく QOL を高めることがキーとなる」との助言を頂いている。すなわち、人生 100 年時代の社会システムの基盤のモデルを提案できればということが、当初からの問題意識である。

さらに、高齢者の健康の向上のためには、移動ということがキーとなるのではないか、その移動の手段としての自動車の運転を考えたとき、現行の運転免許制度は高齢者にとっては負担が大きい。それは運転者個人の問題だけではなく、社会的にもコストが大きいのではないかという仮説を立てた。

以上の問題意識と提言への仮説を、**図 1** にまとめる。

住民がコミュニティーに参加するためには、特に地方において移動の手段はとても重要である。大都市の都市交通が充実しているところではあまり問題にならないかもしれないが、地方ではこれは年々問題になっている。地方では車を運転することは欠かせない生活機能の一つということと言える。

¹ システムイノベーションセンター Home Page、「分科会活動および提言」内、「システムヘルスケア分科会報告書」(2022 年)：https://sysic.org/center_activity/3611.html 参照

問題意識①高齢者QOL向上のためには自由に移動する手段が必要

- 高齢者がQOLを高め健康年齢を延伸させるためには、コミュニティ参加が重要であり、自分の意思で自由に移動する手段が必要

問題意識②現行の高齢者免許更新制度は個人、社会ともにコスト負担が大きい

- 個人の健康差にかかわらず、75歳以上の年齢で一律に所定の場所で高齢者講習の前に認知機能検査を受けなければならず、免許返納の圧力を受ける
- このような方法が行き過ぎると、は免許返納する必要のない人まで運転の機会を奪うこととなり、個人、社会ともにコストがかかる方法である
- また免許返納により運転機能の低下やその前兆が進むケースさえある

(a) 提言の問題意識

1. 高齢者の心身の健康維持とコミュニティ参加ためには移動が大変重要
2. 一部の首都圏、大都市以外の多くの地域では、クルマを運転し続けることは欠かせない生活機能のひとつである
3. 現行の高齢者ドライバー免許制度に対して、高齢者個人および社会全体として負担は大きい
4. 近年および今後開発される運転支援のためのIoT、AI等のテクノロジーの活用が高齢者の運転期間の延伸の鍵となる

現行の免許更新制度を、「高齢者に対して運転免許の更新か更新拒否（取消も含む）の二択しか認めていない現在の硬直的な制度」から「高齢者の運転能力に応じた段階的な免許を設けることにより、健康を維持し、安全に運転し続けられる制度」に変更し、未来の健康長寿社会を目指すものにした

(b) 提言への仮説

図1 問題意識と提言への仮説

一方、運転者に関しては、令和2年の免許制度の改正により、75歳になった段階で認知検査を受けなければいけない。違反が一回でもあると実車試験を合格するまで受ける必要がある。受からないと免許返納になる。中には医師の診断を要するということがあって、医師の方でもかなり負担だという話もある。

そういう法律に基づく社会制度の一方で、自動車の運転技術の領域では、IoTテクノロジーの活用と運用の機運があり、運転免許制度にはもっと柔軟性が持たせられるのではないかという議論が当初からあった。

一方で、高齢者の自動車事故というのは、センセーショナルで社会的に問題視

されているというなかなか難しい状況でもある。運転免許を返納すると地方においては移動の手段がなくなる。そこで返納を奨励するため、行政がバスを出したりタクシーの補助券を出したりしており、これもまた大きな負担であるとされている。

2.2 高齢者の自動車運転と健康の関係についての学術的研究

高齢者がそれまで行っていた自動車の運転を中止することによる、心身の健康や社会的な健康にもたらされる弊害が、学術的にも報告されている²。その高齢者の運転中止による弊害を図2にまとめる。

高齢ドライバーの運転継続・中止は、日本に限らず高齢者人口が増加する多くの国々における共通的社会課題である。これまで、運転中止の理由として、健康状態や社会経済的要因、社会人口学的要因が特定されてきた。しかし、その一方で、運転停止が高齢者に短期的・長期的な健康被害をもたらす可能性が指摘されている。ただ、運転中止の危険因子については、比較的広く研究されてきたものの、運転中止が高齢者の健康に及ぼす影響について、多面的に検討・議論した研究はあまり多くない。

その中で、AAA交通安全財団 [AAA (American Automobile Association) Foundation for Traffic Safety: ワシントン D.C.; 交通事故の防止と事故発生時の傷害軽減による人命救助に取り組む非営利の公的支援による慈善研究・教育機関] が、コロンビア大学との共同で、高齢者の運転中止が、その後の心身の健康と Well-Being に与える影響について、これまでの研究文献のエビデンスを評価・統合することを目的としたシステマティック・レビュー論文を報告している³。報告されている高齢者の運転中止による弊害を図2にまとめる。

運転を中止した高齢者では、運転継続者と比較してちょっと外出する活動がとてまもなく少なくなって、生活の生産性が低下する。それによって、運転中止が高齢者の抑うつ状態の増加リスクを約2倍高める。そこでは、元運転者は現役運転者と比較して10年にわたり認知機能の低下が2倍以上加速し、死亡リスクもあるとも報告されている。

² 運転中止が認知機能の低下に及ぼす影響について、国立長寿医療研究センターによる調査報告「運転中止による弊害」<https://www.ncgg.go.jp/ri/lab/cgss/department/gerontology/gold/about/page2.html>

³ Chihuri, S., et ta., Driving Cessation and Health Outcomes in Older Adults (Technical Report). Washington, D.C.: AAA Foundation for Traffic Safety, 2015
<https://aaaafoundation.org/driving-cessation-health-outcomes-older-adults>

また、身体的な弊害だけでなく、社会的な問題として、元運転者では、代替交通手段へのアクセスの有無に関わらず、友人や親戚などの社会的ネットワークの規模が13年間で半減（51%低下）する。さらに、社会的活動に費やす時間が減少し、孤独な余暇を過ごす時間が増え、さらに以前の社会的活動を止める傾向がある、などが報告されている。

高齢者の運転中止が、その後の心身の健康とwell-beingに与える影響について、これまでの研究文献のエビデンスを評価・統合することを目的としたシステマティック・レビュー論文

主要な結果

■ 心身の健康

【身体の健康①】運転を中止した高齢者（元運転者）では、運転継続者（現役運転者）と比較して、外での活動への参加が著しく少なく、日常生活での生産性が低下する。

【身体の健康②】縦断的研究において、社会人口統計学的因子やベースラインの健康状態を調整しても、運転中止と身体機能の低下との関係性が強いことが示されている。

【抑うつ症状】運転中止は、高齢者の抑うつ症状の増加リスクを約2倍に高める。

【認知機能】ベースラインの認知機能や一般的な健康状態を調整しても、元運転者は、現役運転者と比較して10年間にわたり認知機能の低下が加速する。

【介護】元運転者が長期介護施設に入院する確率は、現役運転者の約5倍である。

【死亡率】ベースラインの心理的機能や一般的な健康状態、感覚・認知能力を調整しても、元運転者の死亡率は、現運転者より高く（4～6倍、あるいは68%高いとの報告）、運転中止は、高齢者の死亡リスクの強力な予測因子である。

■ 社会的健康

【つながり】運転を中止した高齢者では、代替交通手段へのアクセスの有無に関わらず、友人や親戚などの社会的ネットワークの規模が13年間で51%低下する。

【社会参加】社会的活動に費やす時間が減少し、孤独な余暇を過ごす時間が増え、さらに以前の社会的活動を止める傾向がある。

■ 意義・結論

- ・ 高齢者の運転中止は、様々な健康問題（特に、うつ病）の原因になると考えられる。
- ・ 運転中止による高齢者への潜在的な悪影響を軽減するためには、安全な移動と身体的・社会的機能を確保し、それを維持するための効果的な介入プログラムが必要である。

図2 高齢者の運転中止による弊害

2.3 大規模アンケート調査による、現状の確認

上記の動機から、高齢者ドライバーの運転継続に関する意識を調査するため、前記のSICヘルスケア分科会にて、約3000人のアンケート調査を行った。その概要を、図3に示す。

主な移動手段はどういうものですかという問いには、自動車、自家用車が多くて、日常の買い物とか仕事ということが主で、6割以上を占めている（巻末付図A1）。運転を継続したいかという問いに関しては、年齢にもよるが、概ねトータルで52%が継続したいと答えている。やや継続したいを含めると80%以上が継続したいとの回答であった（巻末付図A2）。東京近郊の京浜部は少し落ちて7割ということで、公共交通の利便性を考えると、自動車運転は移動にとって大事だったということは言える。

運転免許証を返納するかという問いに関しては、半数以上が将来的には予定

調査目的	・ 高齢者の外出の状況等を把握の上、75歳以降も自動車の運転を望む人に対し、必要なサポート等に関する示唆を得る。
調査手法	・ インターネット定量調査（本調査のみ、スクリーニングなし）
除外条件	・ なし ※業種等での除外はしない
標本抽出	・ 「マイティモニター」（インテージ社保有モニター）より適格者を抽出
標本設計 （サンプル数）	・ 本調査：3,000s回収 ・ 各セル25サンプル回収（年代5歳刻みで6セル×性別2セル×エリア10セル＝120セル）。
質問数	・ 本調査25問 ※質問カウントは弊社基準 例>マトリクスは5項目で1問カウントなど
配信対象者条件 （回答者条件）	・ インテージ社モニター属性で「50歳以上」かつ、居住地域が国内の男女。
呈示物	・ 画像（商品画像等）なし
調査時期	・ 2022年1月21日（金）～1月24日（月）
特殊データ処理	・ 自由回答アフターコーディング処理：なし ・ 多変量解析などの分析：なし ・ ウェイトバック集計：なし
その他	・ 本調査は「ISO20252（市場、世論、社会調査－用語とサービス要求事項）」を遵守し、実施しました。

図3 高齢者の自動車運転に関する全国3000人アンケート調査の実施概要

するけれど具体的な予定はないと高齢の方も答えている（巻末付図A3）。返納しない理由は、生活に支障が出るからということだ。また、趣味だからという答えも少なからずあった。生活の機能を失われることで、実際の社会参加が難しくなってしまうということだと思われる。

運転免許制度の厳格化に対しては、「大変好ましい」、「好ましい」を合わせた72.5%が“好ましい”としている（巻末付図A4）。

昨今、ここ20年ぐらい、高齢ドライバーのショッキングな事故が大きく報道されている。若い二十歳代以下の事故が依然多いのだけれども、そのダメージや印象と、高齢化が進んでいることへの不安感から、とてもセンセーショナルに聞こえてくるということのようだ。実際、高齢者の事故は多くなっていることもある。

このことを更に展開して、では、あなたは運転能力に自信がありますかという問いに関しては、とてもあるとかややあるとかは50%程度ではあるが、高齢者ほど運転能力に自信がある傾向が強い（巻末付図A5）。これは運転し続けているからということだと思われる。

さらに、75歳以上で運転する際にどんなことが必要ですかという問いに関しては、テクノロジーのサポートという回答がとても多い（巻末付図A6）。テクノロジーサポートを条件とした運転免許の発行があったらいいかとの問いに関しては、30%以上が望むと言っている。ただ、どういうテクノロジーが必要かには、理解に年齢差があった。詳しくこういったサポートをと例を示せば、支持はもう

少し上がったかもしれない。

以上のアンケート回答の結果を踏まえると；

- ① 現行の制度は結果的に高齢者への免許返納の圧力が高い。そういう圧力を感じざるを得ないことが、報道も含めてある。また自治体などで免許返納すると何かポイントがもらえるといった施策もある。制度の厳格運用が進むと、実車試験での負担、それを判定する側の負担、自動車免許の指導員の負担といったところで運用負担が高くなるようである。
- ② 車は生活をする上でとても重要だということでは、返納促進をして返納者が増加すると、その結果、高齢者の移動支援のための行政のコストが明らかに増加する。
- ③ ただし、事故を防止するという点でも、この免許返納制度は軽視されるものではないという側面はある。社会の現状に対して制度をどう生かすかという社会システム設計において、デジタルの技術を十分使い切っているのか、使う準備があるのかという面で、検討するべき余地が大きくある。

2.4 高齢者の運転に対してのテクノロジーサポート

自動運転の技術が日進月歩で進んでいる中で、十分、高齢ドライバーをサポートする技術が幾つもあり、その技術を積極的に取り込むべきであろう。

現在、開発が進んでいる「高齢社ドライバーを支えるデジタル技術」を、表1にまとめる。詳細は、前記のSICヘルスケア分科会報告書を参照されたい⁴。

表1 高齢ドライバーを支えるデジタル技術

(1) ドライバーの運転を支援するシステム	
1) 車載技術（車両安全対策：先進運転支援システム（ADAS：Advanced Driver-Assistance Systems））の進化	<ul style="list-style-type: none"> ① 衝突被害軽減ブレーキ（前方障害物衝突被害軽減制御装置・AEBS） ② ペダル踏み間違い急発進抑制装置 ③ 標識認識の見落とし防止支援技術 ④ 側方衝突警報装置 ⑤ その他の先進運転支援システム <ul style="list-style-type: none"> ・車線逸脱防止支援システム ・ふらつき注意喚起装置 ・交通標識認識システム
2) 安全の基本機能向上	<ul style="list-style-type: none"> ①ペダル踏み間違い等の 操作のミス抑制 ②自動切替型前照灯等による視界確保 ③自動車間隔制御装置の運転支援による疲労軽減
3) リスク最小化移行技術	ドライバー異常対応システム（減速停止型）の開発
4) 事故を起こした後の死亡・重傷化リスクの低減	自動通報装置の普及拡大・性能向上
(2) インフラ側からの安全技術	人・道路・自動車間の通信システムや、データ活用による安全運転支援システムの開発
(3) ドライバーの運転能力を維持する技術	効果的に運転能力維持できる技術やシステムの開発
(4) 運転能力を正しく把握する技術と安全運転の適切なサポートを行うシステム	
1) 運転時認知障害早期発見チェックリスト	
2) ドライビングシミュレーター（DS）	
3) ドライバー操作と車両状態から客観的な運転能力を簡易的に把握するシステム	ドライバーを特定するための認識機能 <ul style="list-style-type: none"> ・運転者設定 ・顔認証 ・虹彩認証 ・静脈認証

⁴ SIC「システムヘルスケア分科会報告書」（2022年）（脚注1）：

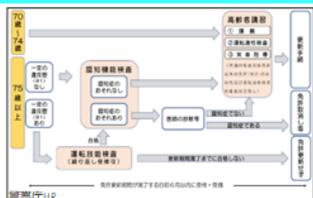
https://sysic.org/center_activity/3611.html 24 ページ

3. 高齢者ドライバーの運転免許制度に関する提言

以上の背景と経過を基に、冒頭に示した高齢者ドライバーの運転免許制度に関する提言を4つまとめた。以上に述べてきた提言の背景と共に、その概要を、図4に示す。

人生100年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築に関する提言

現行の制度は結果的に高齢者への免許返納圧力が高いものになっている



- 75歳以上のドライバー全員が認知機能検査
- 3年間違反なしの人は講習・運転適性検査器材指導、実車指導
- 3年間で違反ありは、運転技能検査（実車テスト：更新期間満了までに合格点取れるまで実施）
- しかし全員が運転能力を実車テストしていない
- 高齢ドライバーの事故がセンセーショナルに報道
- また自治体などで免許返納の勧奨も増加

制度の厳格化はもとより、現行の制度であっても、個人、社会ともにコスト負担は大きくなる可能性が高い

実車試験、医師判定は大きなコスト負担

運転能力の判断には、海外のように、実車試験を導入することや、医師の判定などを取り入れる方法もあるが、個人、社会ともさらにコストがかかる可能性が高い

免許返納者増加も行政コストが増加

免許返納する人の増加で、高齢者の移動などに関して家族や自治体などに負担がかかることが危惧され、行政の面からは問題視される（國學院大学法学部高橋信行教授）

高齢者、特に地方の人にとってはクルマの運転は生活を維持する上で重要

- 特に地方においてはクルマの移動の重要性は高く、運転免許を返納予定無しは50%以上
- 一方、高齢者の免許更新厳格化に対しては一定以上の理解（72.5%）が見られる
- 運転中止は、抑うつ症状の増加リスクを約2倍に高める。元運転者の死亡率は、現運転者より高く4～6倍、あるいは68%高い（以上、3000人調査とシステムレビューから）

社会システム変革にデジタル技術を活用できないか

ドライバーを支えるデジタル技術の発展が進み、またドライバーの期待も高い

開発が進むデジタル技術

- 衝突被害軽減ブレーキ
- ペダル踏み間違い急発進抑制装置
- 標識認識の見落とし防止支援技術
- 側方衝突警報装置
- V2X (Vehicle to X (Everything))



75歳以上でテクノロジーによる運転機能を搭載した車限定の免許の発行を望む人も30%以上（3000人調査より）

そのために以下の科学的・政策課題を進めることを提言

デジタル技術を活用し、安全性を確保しつつ高齢者の運転寿命を延伸させるSociety5.0の社会システムの構築が必要

課題①

デジタル技術を活用した、運転能力の把握と、安全運転を適切にサポートするシステム“デジタルサポートカー”の開発・導入

課題②

資金的支援も含めた“デジタルサポートカー認定制度”とその制度を理解し体験できる普及啓発活動の場づくり

課題③

健康状態を測定・解析しつつ運転能力の維持・向上にも資するデジタル技術（ドライビングシミュレーター技術等）の研究開発

課題④

日常の健康データと、運転能力の関連性を解析し、運転寿命延伸に効果的な運動・生活習慣の特定とその普及啓発活動の推進

図4 4つの提言の概要

今後、提言3で示した、運転サポート技術やドライビングシミュレーター技術などにより、ドライバーの運転能力や心身健康状態を測定できるようになれば、ヘルスケアIoTで取得できる日常生活での心身の健康データと合わせて解析することができ、より精度の高い運転能力の診断や事故リスク評価が可能となる。またそれらから運転能力と日常の運動や生活習慣の関連性を解析することができ、効果的な運動や生活習慣を研究し、高齢者の日常生活に取り入れることが可能となると考えられる。

個人の状況に応じた運転能力や健康状態の維持策を実施することが、今後さらに進む超高齢化社会においても、各人が自由に移動できる、生き生きとした健康長寿社会を目指すことができる。

4. まとめ:提言の社会実装に向けて

人生 100 年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築に関しての 4 つの提言をした。その社会実装に向けた考察を以て、本提言書のまとめとしたい。実装上の場を想定すると、以下の 3 つの段階の 3 つのアイデアがあるのではないかと考えている (図5)。

まず、本提言の基礎となる技術開発を担う自動車業界は、一つのシングルインダストリーとみなすことができ、自動車運転から「運転機能の低下やその前兆の判定」ができるシステムまでを、独自に構築できる。それによって、特定ブランド、ディーラーのサービスの一つとしてクルマの運転データから運転機能の低下やその前兆のレベル判定を行い、運転寿命の延命、サポートカーの推奨、さらには新たな移動手段の提供や資産管理サービスの提案などのビジネスにつなげることができよう。

第 2 のアイデアとして、自動車運転と日常の生活から「運転機能の低下やその前兆の判定」をマルチインダストリーでの活動へ広げ、クルマの運転データと日常のライフログを、車の運転に限らない日常生活での支援サービスの提案などのビジネスにつなげる。

第 3 のアイデアは、運転機能の低下やその前兆の早期発見を、様々なサービ

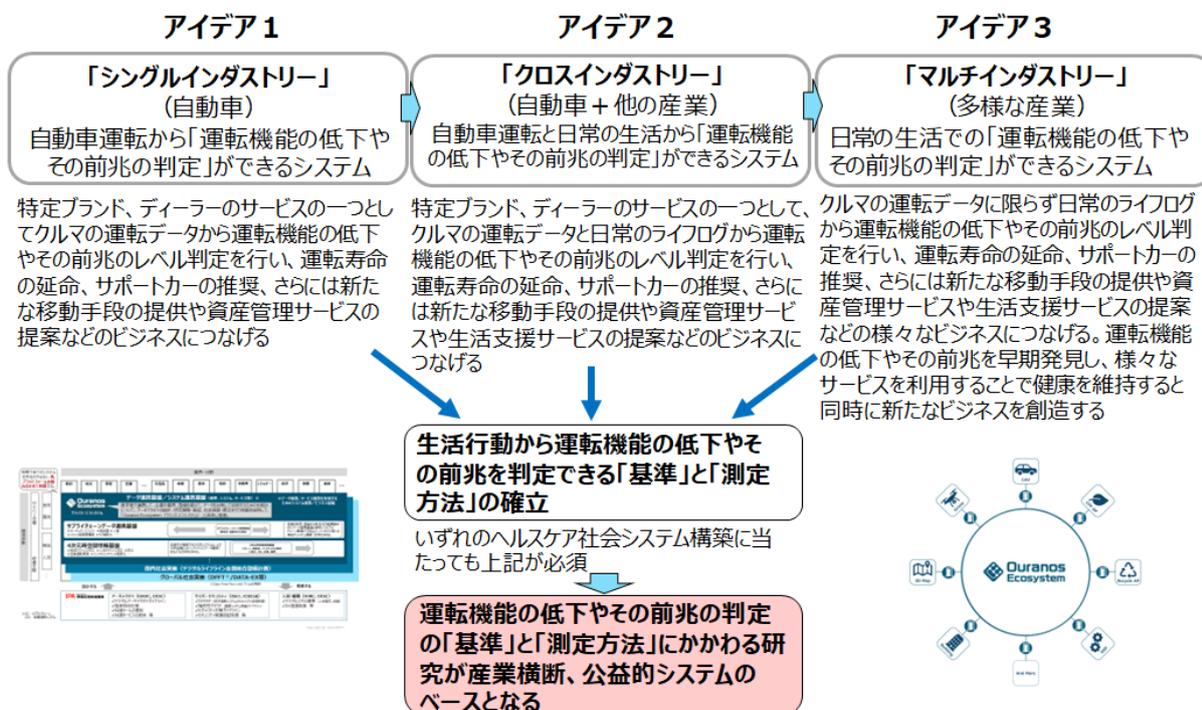


図 5 ウラノス・エコシステムを想定した、提言の社会実装へ至るアイデア

スを利用することで健康を維持すると同時に新たなビジネスを創造する。認知機能が低下した際に、例えば将来に備えての資産管理であるとか、保険の加入形態を少し変えるとか、そういったビジネスを拡大することも考えられる。

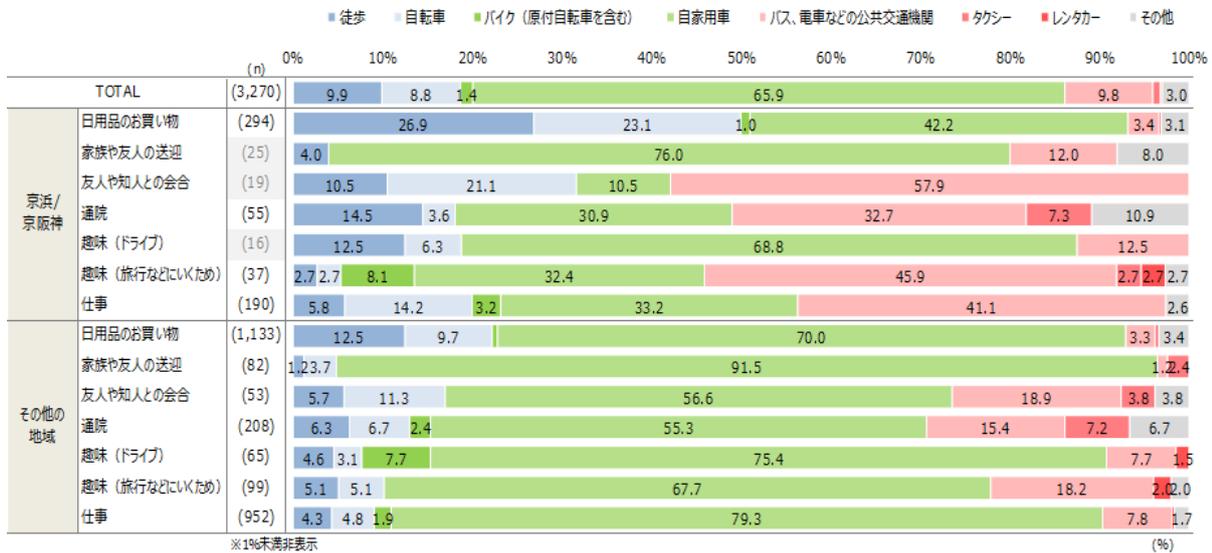
まずは、運転機能の低下の前兆を判定できる基準と測定の方法を、今後の研究によってしっかり確立することが重要である。それができれば、自動車運転をサポートする技術に基づくマルチインダストリーとしてのエコシステムが構成でき、例えば、まさにウラノス・エコシステム⁵といった業界をまたぐ協創の対象となる展開が出来てくる。

社会的なヘルスケアの維持としての高齢者の QOL の向上の一つとして、高齢者の自動車運転を取り巻く環境、特に運転免許制度について考察し提言を行ってきたが、その提言の実現がビジネスの環境を含めた産業横断、公益的システムのベースとなり、人生 100 年時代にふさわしい社会システム構築につながることを願っている。

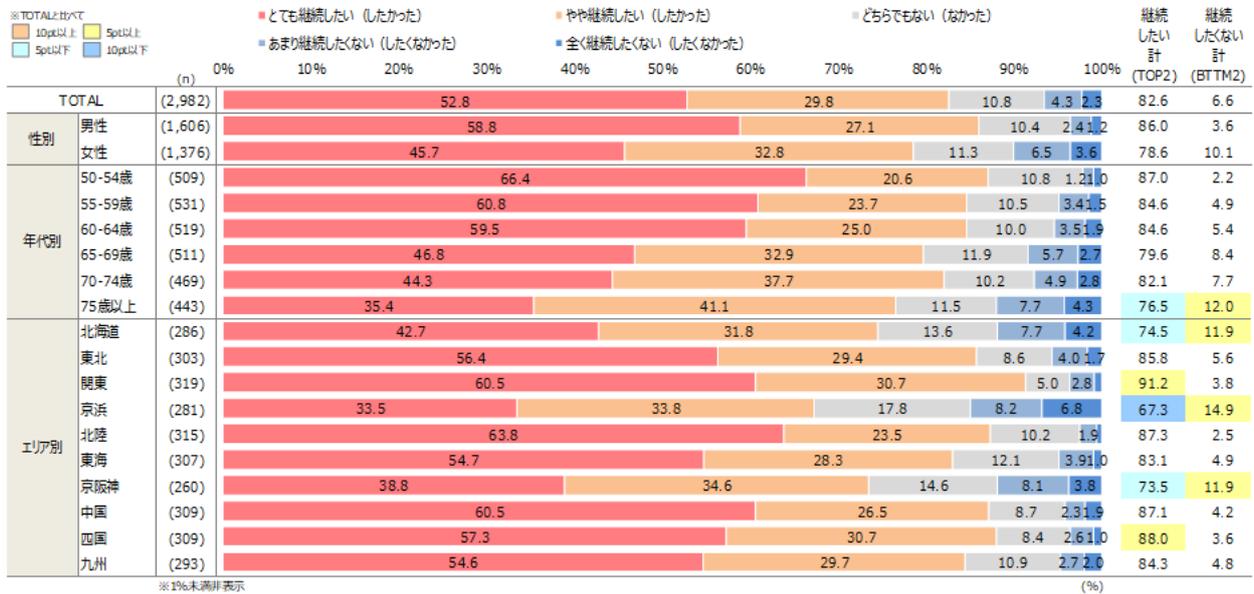
⁵ 経済産業省、Ouranos Ecosystem（ウラノス・エコシステム）：

https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/ouranos.html

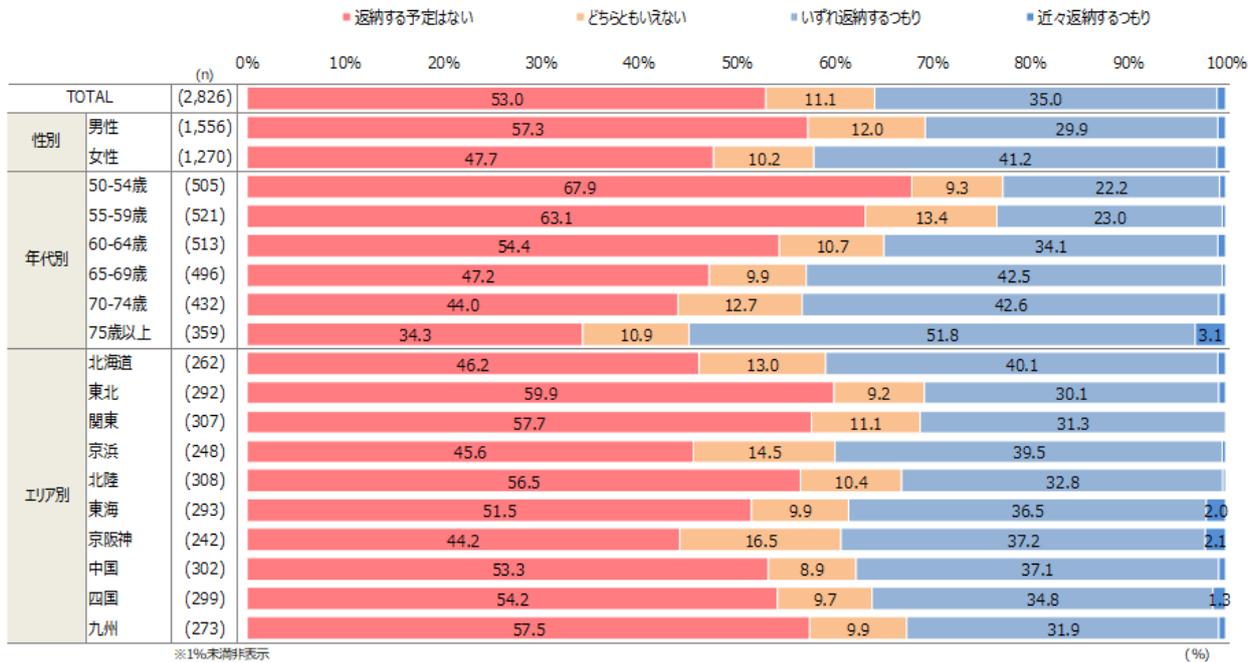
付図:高齢者の自動車運転に関するアンケートでの主な設問と回答の結果



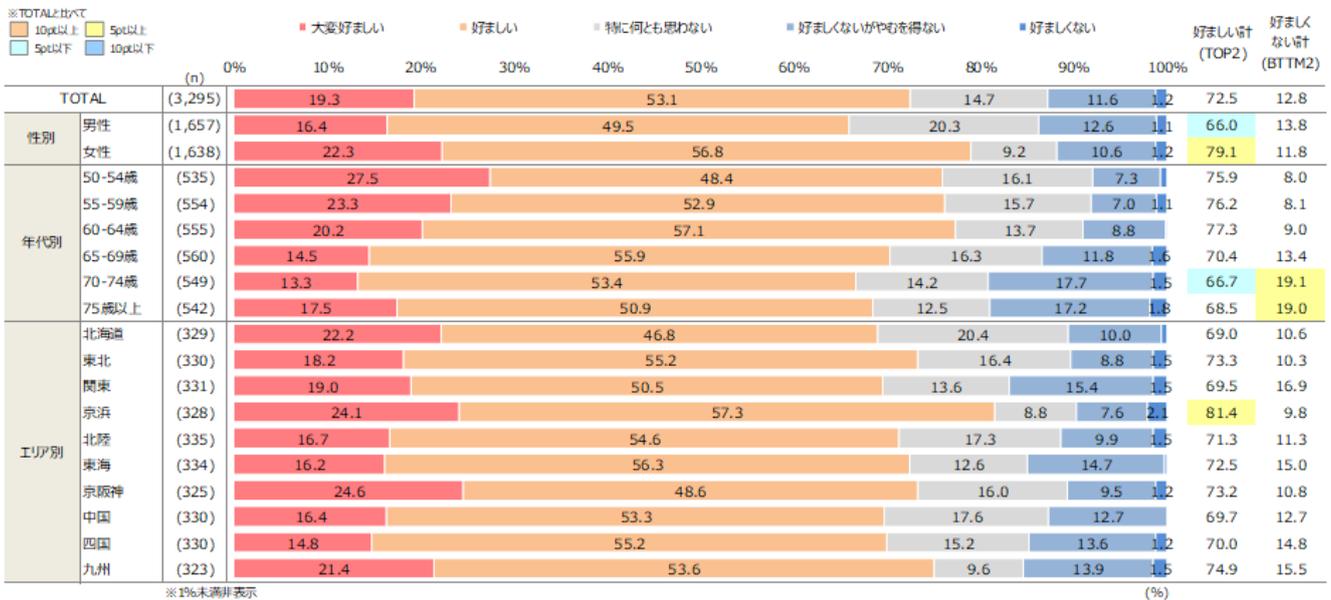
付図 A1 アンケート設問「外出における主な移動手段」への回答



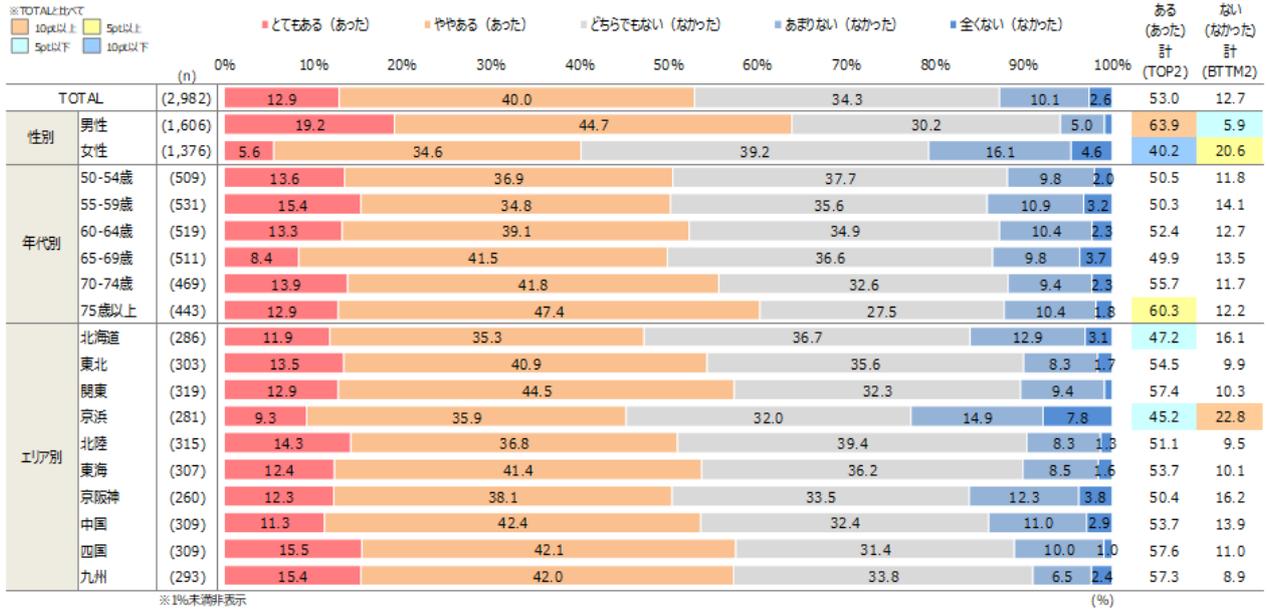
付図 A2 アンケート設問「運転を継続したいと考えるか」への回答



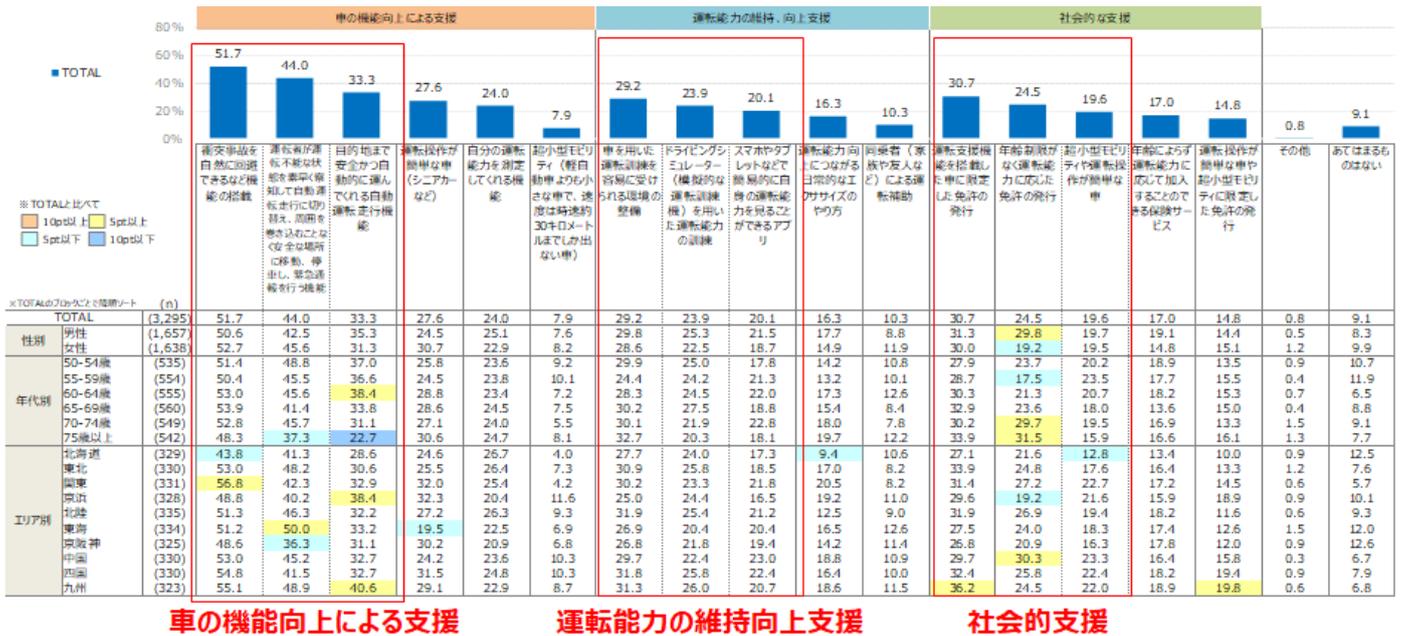
付図 A3 アンケート設問「運転免許を返納する予定はありますか」への回答



付図 A4 アンケート設問「高齢者の免許更新厳格化をどう思いますか」への回答



付図 A5 アンケート設問「運転能力に自信がありますか」への回答



付図 A6 アンケート設問「どんなサポートがあると安心して運転できると思いますか」への回答

SIC戦略提言-II

「現場」を重視する科学技術政策を：
「研究室連携による卓越システム構築プロジェクト」
の提案

システムイノベーションセンター

2024年2月発行

SIC 戦略提言一II

『現場』を重視する科学技術政策を： 研究室連携による卓越システム構築プロジェクトの提案」要旨

科学技術の分野では「現場」が重要である。研究の成果は研究者個人が対象と直接向き合っただけの思考、実験、そして共同研究者との対話の積み重ねによって生み出される。むしろ研究現場がすべてであると言ってよい。現場を研究者にとって活動しやすい場所にする、それによって現場の士気を高めることは、研究指導者の責務の一つであり、大学運営の重要な課題の一つである。そして科学技術政策の原点はその課題を達成するための支援を行うことに置かれなければならない。産業界の視点からはこのことは強く助言したい。このことを忘れた科学技術政策は本質的な実効性を持たないと考えるべきである。

そこで、

提言1: 『現場』を重視する科学技術政策を促進すべきである。

を、提言する

そして、ここで述べるこれまでの科学技術政策の盲点を補い、産業界からの問題提起に応えるために、下記の新しいプロジェクトを提案する。

提言2: 「研究室連携による卓越システム構築プロジェクト」を創始する。

このプロジェクトの特徴は以下のとおりである。

- ◎ 研究者個人ではなく研究室が研究の主体となる。これは日本独特の研究室制度が持つプラスの面を強調し、それをチームワークの「かなめ」として生かすためである。
- ◎ 大学院生を学生の身分のまま正規の研究員として受け入れ、プロジェクトに関する義務と責任を課す。それに見合う給与を支払う。
- ◎ 研究のターゲットは高度なシステムを構築することである。システム構築は常に先端的な要素研究と総合的なシステム研究の両者のマッチングが必要であり、研究と実用化が隣り合わせの分野である。
- ◎ 企業は研究室連合の研究母体に主体的に参加し、企業の視点から産業界の実態に適合するシステムが構築されるように恒常的に助言を与える。また、参加学生に対するメンターを派遣し、学生のキャリアパスについての助言を与える。

本提言報告書では、これらの提言の背景とその実現に向けた検討を述べる。

SIC 戦略提言「科学技術」サブワーキンググループ

メンバー：

木村英紀（SIC 副センター長）、出口光一郎（SIC 事務局長）

目次

(ここに記載のページ数は、「戦略提言-II」内でのページで、“II-”で表す。)

SIC戦略提言—II

「『現場』を重視する科学技術政策を：研究室連携による卓越システム

構築プロジェクトの提案」要旨・・・・・・・・・・ 2

1. 提言の背景・・・・・・・・・・ 5
 - (1) はじめに・・・・・・・・・・ 5
 - (2) 日本の科学技術力の現状・・・・・・・・・・ 5
2. 戦略提言：「現場」を重視する科学技術政策を
 ・・・・・・・・・・ 8
 - (1) 研究室：科学技術の成果生産の現場・・・・・・・・ 8
 - (2) 大学を総体として評価することの問題点・・・・・・・・ 9
3. 「研究室連携による卓越システム構築プロジェクト」の提案・・・・ 10
 - (1) プロジェクトの特徴と狙い・・・・・・・・・・ 10
 - (2) 研究テーマ・・・・・・・・・・ 11
 - (3) 実施体制・・・・・・・・・・ 13
 - (4) 特記事項・・・・・・・・・・ 13

1. 提言の背景

(1)はじめに

「失われた30年」を照射する数多くの指標のなかで、一人当たり GDP の国際比較や時価総額の国際シェアなどの低落と並んで、科学技術力の低落も著しい。これについての詳細は次節に譲るが、日本が「科学技術立国」を標榜して「科学技術基本法」を制定したのが1995年であるから、「失われた30年」はほぼその時を起点にしている。現代における科学技術の発展がますます加速しつつあることと、科学技術が社会変革を駆動する力がますます強くなっていることを考えると、失われた30年に対する科学技術の責任は見過ごすことは出来ない。

この間の日本の科学技術の失速についてはすでに何冊もの本が出版され、多くの論説が書かれており様々の論点が提出されているが、ここではそれらに深入りすることはしない。システム構築を推進する産業界として発言すべき課題にしぼり、それを達成するためのひとつのプロジェクトを提案したい。

まず日本の科学技術力が他国と比べて相対的に落ち込んでいるとすれば、それは日本でイノベーションを先導する可能性が減っていることを意味し、産業界としても憂慮すべきことは言を待たない。関連して特に産業界の視点から解決すべき問題として次のようなことが挙げられる。

- (A) 大学院博士課程修了者は自分の専門領域に固執し企業に入りたがらないし、企業としても受け入れにくい。
- (B) 大学の研究は論文執筆で終了し、社会実装まで踏み込む研究者は少ない。大学での研究成果の活かし方での産業とのマッチングが悪い。
- (C) 現代はシステムの時代である。システム構築には広い視野と異なる分野を統合する能力が必要であるが、そのような教育は大学では不足している。

(2)日本の科学技術力の現状

本論に入る前に日本の科学技術力の低下の実情を端的に示す図を引用しておく。下記の図1は文部科学省科学技術・学術政策研究所による「科学技術指標2024」の資料で、主要国における論文数、注目度の高い論文数の推移である。自然科学分野で注目度が高いことを示す引用回数が多い研究論文の数の世界ランキングでは、日本はこの20年で4位から13位へと順位を下げている。

その他の指標として、大学の研究開発費では、中国が著しく伸び、韓国も増加傾向にある一方、日本はこの20年ほぼ横ばいである。大学の研究を担う人材については、博士課程への進学率も減少傾向にあるなどが示されている。

さらに、現在、大学や公的な研究機関における若手研究者のキャリア問題は、

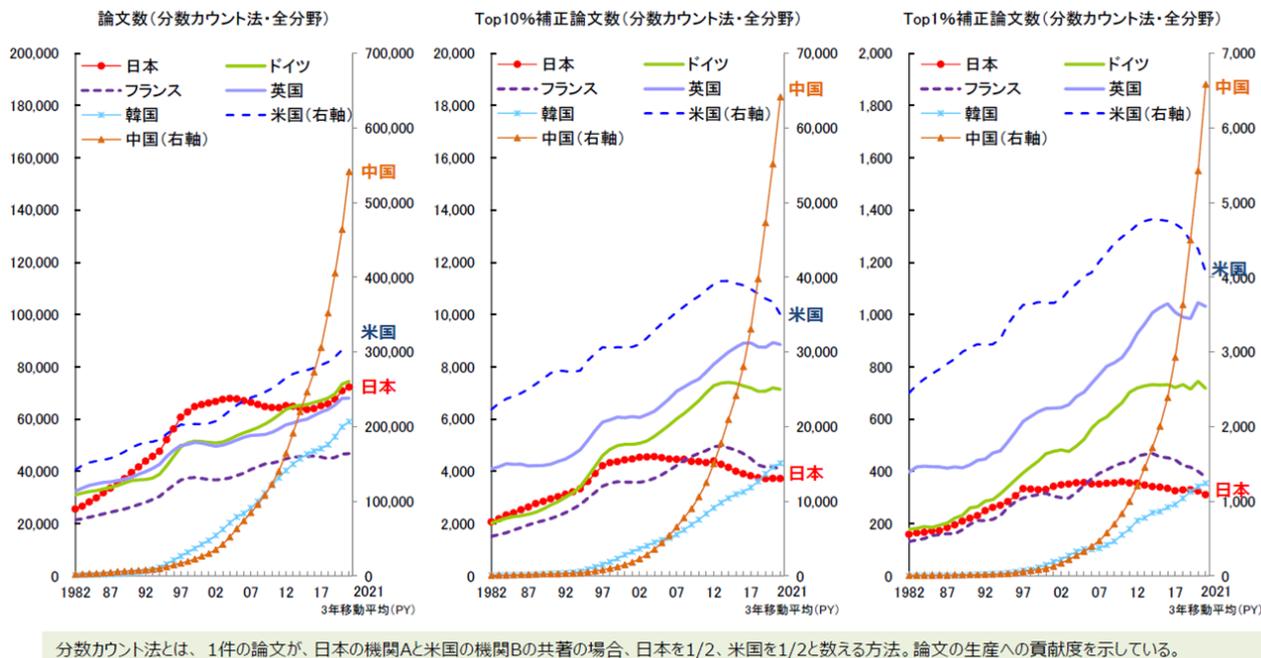


図1 主要国における論文数、注目度の高い論文数の推移

「科学技術指標2024」(文部科学省科学技術・学術政策研究所)による

極めて深刻である。若手だけではなく、中堅の研究者も非正規雇用が多数派という状況になっている。それにともなう人材流出なども起こっており、この状況が長く続くと、研究の世界を志す若者はいなくなってしまうことになる。

こうした研究力の低下に政府は手をこまねいていたわけではない。「選択と集中」の掛け声とともに、冒頭述べた科学技術基本法の制定、6期に及ぶ科学技術イノベーション基本計画の策定、毎年のイノベーション推進計画の立案、教育再生会議の設立、などを通して数々の施策を打ち出した。その過程で、21世紀 COE、グローバル COE、WPI などの選ばれた大学への集中的な資金投入策がとられた。施策の数で言えば世界有数と言ってよいだろう。それはある程度の効果はもたらしたと思えるが、投じた膨大な予算に見合うだけの科学技術力の回復はもたらさなかった。今こそこれまでの施策の問題点を顧みて反省すべき点を改善する努力を行う時が来ている。

SIC では、次の二点をこれまでの科学技術政策の反省点として挙げたい。

- ①産業界（特に製造業）が伝統的に重視し、かつての日本の製造業の世界制覇に大きく貢献したと思われる「現場重視」の考え方が、科学技術政策ではおろそかにされてきた。
- ②分野を横断する融合研究やレベルの高い社会実装の研究が、様々のレベルで依然として遅れており、特にそれを必要とする「統合知」にもとづくシステムレベルの研究が研究行政で市民権を得ていない。従って統合知を体現する社会システムが未熟である。

2. 戦略提言:「現場」を重視する科学技術政策を

(1)研究室:科学技術の成果生産の現場

日本の製造業は「現場」を重視してきた。日本のものづくりの強さは「現場力」の強さにあることは多くの人々の認めるところであり、国内のみならず国際的にも認められてきた通説となっている。企業の経営者は、自社の強みは「現場力」の強さにあり、「現場」の活力を企業の活力の源泉とする考えをことあるごとに強調してきた。「現場」の士気を高めるさまざまな工夫を凝らすことは経営戦略のかなめとして重視されてきた。それが功を奏して日本の製造業は1980年代に世界を制覇することが出来た。

科学技術の分野では製造業以上に「現場」が重要である。研究の成果は研究者個人が対象と直接向き合っただけの思考、実験、そして共同研究者との対話の積み重ねによって生み出される。むしろ現場がすべてであると言ってよい。現場を研究者にとって活動しやすい場所にする、それによって現場の士気を高めること、は研究指導者の責務の一つであり、大学運営の重要な課題の一つである。そして科学技術政策の原点はその課題を達成するための支援を行うことに置かれなければならない。産業界の視点からはこのことは強く助言したい。このことを忘れた科学技術政策は本質的な実効性を持たないと考えるべきである。

日本の大学における研究開発の現場の最小単位は「研究室」である。リーダーである教授、その配下の若手のスタッフ、そして大学院や学部の学生が、一つのまとまった集団を形成し、関連する一連の研究テーマの下に思索や討論や実験を積み重ねていくのが研究室である。明治期に帝国大学に導入された講座制をその淵源として持ち、講座制が制度として実質的に消滅した後もその残滓として存在しているのが研究室である。文系理系を問わず日本の大学における研究形態であり、研究成果の「生産現場」であると言ってよい。

講座制の負の側面として閉鎖性や家父長制が問題となってきたが、その一方ではメンバー相互の人的なつながりの濃密さが生まれやすく、時には研究を離れた様々な親睦の場が持たれ、研究を超えた話題についても対話交流を重ねることを通じてメンバー相互の理解と学習意欲の向上と切磋琢磨を深めていく雰囲気を作り出すことがプラスの面である。このような研究単位の存在は、人間のつながりを重視する日本文化が生み出したおそらく日本の大学の独特の研究組織であり、日本の科学技術の強みを支えてきた要因のひとつである。

海外の大学でも「○○ラボ」と呼ばれる研究単位はあるが、同一の指導教官の下に率いられているというだけでメンバー相互の紐帯や仲間意識は乏しく、むしろ競争意識の方が強いのが実情と思われる。日本の大学の研究室はその意味では単一社会から生まれた日本の伝統的なたて社会を背景としたユニークで

生産的な研究組織であり、それを存続発展させていくことが日本の科学技術力を回復する有力な道のひとつではないだろうか？

ところで研究室のありようは、大学によっても、あるいは専門分野によっても多様である。大学の文化伝統を背負って様々な形態で研究活動が自由に営まれている。それを一律に規則で縛ることは得策ではない。それぞれの大学の研究と教育の伝統や文化に従って、自由に運営されるべきであろう。これが「大学の自治」の学術研究における姿であると思われる。

ところが最近の科学技術政策では、その原点ともいうべき「現場」が重視されているとは言い難く、逆に次に述べる問題点を生み出している。

(2) 大学を総体として評価することの問題点

2004年の国立大学法人化による運営費交付金の減少と研究資金の「選択と集中」による選別への急速なシフトがもたらした無期限雇用の若手研究員の減少は、研究室の活力維持を困難にし、そこでの士気と活力の深刻な低下をもたらしていることを認識すべきである。

これまでの大学を対象とした科学技術政策では、大学を個々の学問分野の成果のレベルで評価するのではなく、「全体として」評価しランク付けを行う政策が支配的であるように思われる。「選択と集中」の名のもとに、大学のランク付けを伴う補助金の給付が行われてきた。その極め付きが、来年から始まる「国際卓越研究大学」である。その評価の項目は抽象的なものが多い。大学を総体として評価し一次元的な序列をつけ、それに従って研究費の配分に濃淡をつけることが、果たして適切な研究振興の道であるかは疑問の余地がある。

大学をランキングすることは、例えば「THE」など海外でも行われており、日本でも注目する人は多い。「THE」では東大、京大がそれぞれ29位、49位となってしまったことが一時メディアを賑わせた。このランキングでは、項目を明示してその結果を数値として発表している（例えば外国人留学生が何%を占めているか、発出論文の世界シェアはどれくらいかなど）。それに比べて日本での評価は、通常は少人数の「有識者」で構成される合議体が事務局から与えられる資料をもとに検討を行う。研究の公募では、実地調査を行って応募大学からのヒヤリングを行う場合もあるが、一回2～3時間程度の会議を10数回行って結論を出しているのではないかと思われる。「有識者」には経営者や評論家など学術とは無縁な人が3割は含まれている場合がほとんどで、その方々は研究者が遭遇するさまざまな困難や抱えている悩み、あるいは個性的な人間の集まりである研究室の運営などの経験や理解を持たないと思われる。ちなみに、それらの人々が好んで口にされている「ガバナンス」や「経済合理性」という言葉は、「THE」の評価項目には見当たらない。このような抽象的な項目

は数値として把握できないからであろう。

「選択と集中」はもともと経営学で生まれた言葉である。大学へ過度な経済合理性を求めることは適当ではないと SIC では考えている。この言葉の流通は、若手研究者の雇用を不安定にし、「研究室」の活力と士気を直撃する打撃になっていることを指摘し、今後は「現場力の活性化」を目指した政策の転換が必要であると思われる。

3. 「研究室連携による卓越システム構築プロジェクト」の提案

(1) プロジェクトの特徴と狙い

前節で述べたこれまでの科学技術政策の盲点を補い、第1節で述べた産業界からの問題提起に応えるために、標題の新しいプロジェクトを提案する。このプロジェクトの特徴は以下のとおりである。

- ◎研究者個人ではなく研究室が研究の主体となる。これは日本独特の研究室制度が持つプラスの面を強調し、それをチームワークの「かなめ」として生かすためである。
- ◎大学院生を学生の身分のまま正規の研究員として受け入れ、プロジェクトに関する義務と責任を課す。それに見合う給与を支払う。これにより第1節で述べた企業の持つ懸念（A）の解決を目指す。
- ◎研究のターゲットは高度なシステムを構築することである。システム構築は常に先端的な要素研究と総合的なシステム研究の両者のマッチングが必要であり、研究と実用化が隣り合わせの分野である。第1節の企業の持つ懸念（B）（C）の解決を目指す。
- ◎企業は研究室連合の研究母体に主体的に参加し、企業の視点から産業界の実態に適合するシステムが構築されるように恒常的に助言を与える。また、参加学生に対するメンターを派遣し、学生のキャリアパスについての助言を与える。これにより第1節の企業の持つ懸念（A）が解決を目指す。

上記の特徴の背景にあるの本プロジェクトの理念は、「研究」「教育」「実用化」をそれぞれの同時進行を通して互いに活動を強めあって実施できるように、研究の実施形態を構造化することである（図2）。この三者は従来ともすれば互いに

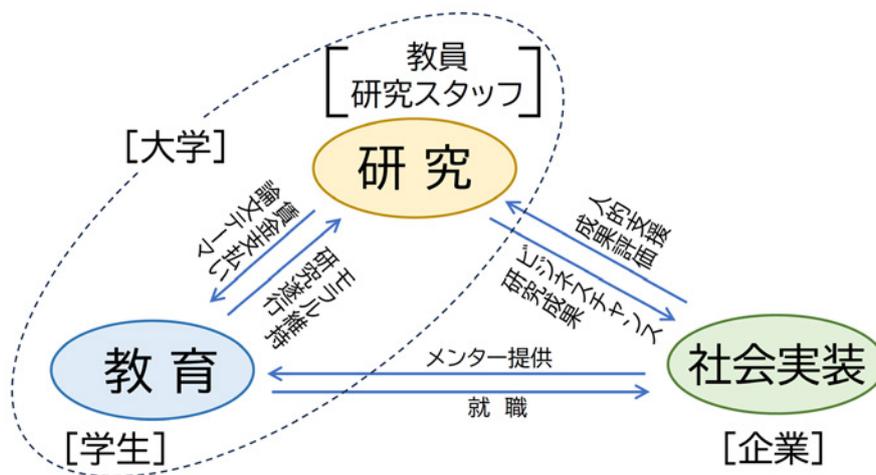


図2 プロジェクトの三極構造

相反する使命であり、鼎立は難しいと思われてきた。つまり教育を重視すると研究には手拔かりが生じ、研究に力を注ぐと実用化への関心は薄れ、実用化ばかりに目を向けると教育はおろそかになりがちであるという具合である。このような考え方の下にそれぞれの活動は別々の時間を割り当てて両立させることが、これまでの大学での研究者の通常のプラクティスであった。しかし、実際はこの三者を鼎立させることは可能である。可能であるだけでなく、「研究」の成果が教育に効果をもたらし、実用化の推進が研究の進化を促し、教育レベルの向上が研究の質を上げることが出来る。つまり、この三者を Win-Win の関係に置くことが可能なのである。

研究室制度の欠点の一つは、すでに述べたように、その構成員の思考の枠組みが狭い閉じた「サイロ」に限定されてしまうことである。このプロジェクトでは広範な専門領域の連携交流が不可欠である「社会システム構築」をテーマとすることによって、その欠点を克服できる（図3）。特に異なる大学の研究室同士が交流する機会が現状ではまれなだけに、それを通して「総合知」の獲得が可能となると思われる。

本プロジェクトの実施によって獲得される成果は以下の3点にまとめられる。

- 「教育」「研究」「実用化」の三位一体の推進
- 広範な分野の研究室の交流を通じた総合知の獲得
- 研究に携わる者の間での社会実装までを見据えた研究遂行の意義の共有

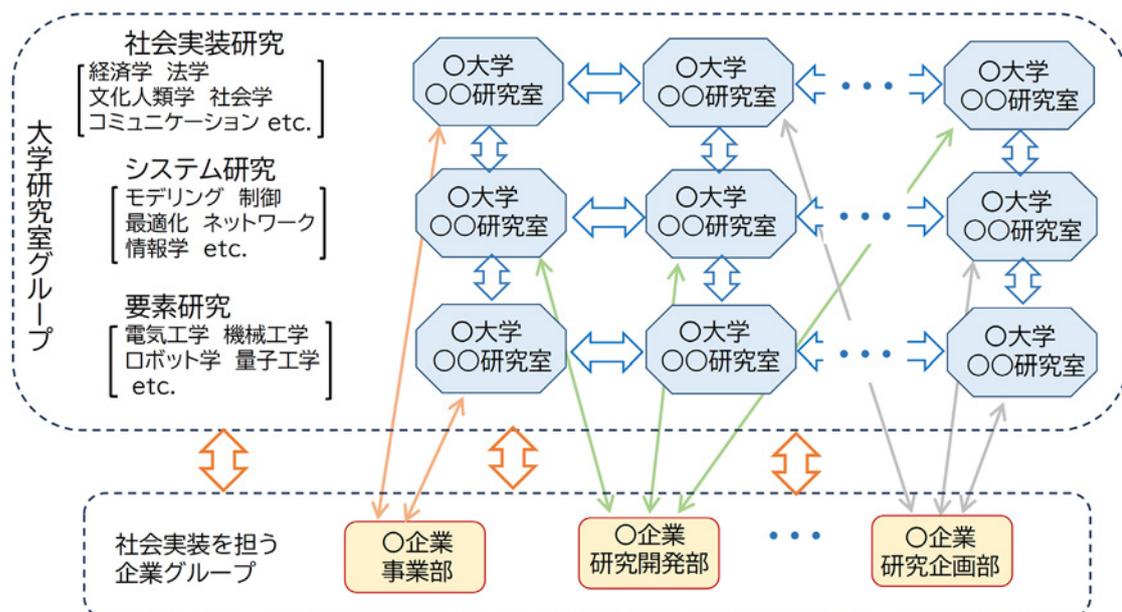


図3 プロジェクト推進体制

(2)研究テーマ

社会的な要請の強い社会システムを提示し、その構想と社会的ニーズのレベル調査、実現可能性の調査検討、機能定義とシステムアーキテクチャの構成、POCの実施などを行う。

例えば社会的な要請の高いシステムとして、次のようなものが考えられる。

- ・ 異業種間の共同研究ネットワークの構築、
- ・ 開発中の製品・サービスのプラットフォーム抽出と生産プロセスの開発
- ・ サプライチェーンの構築とそのための規格化
- ・ サーキュラー エコノミーを目指す未来の産業連関とトレーサビリティ
- ・ フードロスの低減
- ・ 再生可能エネルギーの地域アンバランスの克服
- ・ 医療機関間の患者の医療データの流通システム

プロジェクト応募時に企業はこれらのテーマの選定に積極的にかかわり、研究のプロセスで自社の事業への転移の可能性を積極的に探る。

(3)実施体制

図3に示すように、要素研究、システム研究、実装研究をテーマとしている各大学の研究室の連合体に、テーマに関連する企業が加わって研究組織が構成される。特に実装研究には社会学や経済学などの人文社会科学研究室的の参加を重視する。

プロジェクトに参加する研究室の中から「リーダ研究室」を選び、その指導者がプロジェクトの責任を負う。参加する各企業には、それぞれにとって注力をしている課題に応じて特に連携を強く求める研究室もある。それ自体は容認しつつ、企業グループとして全プロジェクトの社会実装を実現する役割を主体的に担う。

大学と企業が共同で研究計画を立案し、JSTに応募する。研究計画はJSTも加えて実施可能性などを様々な角度から時間をかけて検討する。研究と教育の両立を両立させるため大学院生を学生の身分のままで正規の研究員として採用し、社会人に準ずる給与を与える。同時にプロジェクトに関する責任も課す。大学院研究者の給与は参加企業が負担する。参加企業は「Mentor」をセンターに送って大学院学生にビジネス生活の実相を語り、学生のキャリアパス選択に対する助言にあたる。謝金を給付する。企業にとって、優秀な学生を就職させる可能性が増えることが利点となる。

(4)特記事項

- ・ 応募は長い準備期間を経て行う。あるいは feasibility study の期間を置

く。

- 年に2回は評価者が現地訪問、聞き取り、その結果をレポートにまとめる。
- 各研究室の毎年の目標を「年次目的」として表記し、目的達成の障害になると予想される項目を・「障害事項 (barrier)」として毎年明記する。「障害事項」は毎年更新される。
- 年間3つ程度のセンターを発足させる。

SIC戦略提言-II-2

「ソサエティ5.0へむけて豊かな社会を先導する
科学技術イノベーションの創生へ」

システムイノベーションセンター

2025年6月発行

SIC 戦略提言—II—2

「ソサエティ5.0へむけて豊かな社会を先導する科学技術イノベーションの創生へ」要旨

世界はかつてないスピードで変化しており、技術革新の急進展に加え、少子高齢化やそれに伴う労働力不足、人口の都市集中、経済格差の拡大、気候変動をはじめとする環境問題など、科学技術がその一端を担うべき複雑な社会問題が同時多発的に進行している。加えて、サイバー攻撃やフェイクニュースといった、技術進展に伴う新たなリスクも健在化しつつある。これらの課題に対応するには、大学、研究機関などの科学技術を支える制度面の整備に加え、社会全体に必要な科学技術スキルや知識を育む教育、研究力の強化、さらには従来 の枠組みを超えた発想によるイノベーション力の抜本的な向上が急務である。

わが国では、この状況を克服する、情報技術の革新を基盤とした科学技術イノベーションを軸とする「ソサエティ5.0」が提唱され、人間中心の豊かな社会の創生が目指されている。これを、日本の各分野での「卓越システム」の構築の推進を通して実現する「システム4.0」を、システムイノベーションセンターでは提唱している。

「システム4.0」では、システム化は何のためかを問い、人を中心とした社会の豊かさを拡張する。すなわち、各分野に普及・推進するシステムの「質」を重視する。社会にとっての良いシステムを再定義し、卓越システムの構築普及の支援策の強化を提言する。

このような視点から、ソサエティ5.0へむけて豊かな社会を作り上げるための科学技術の役割を見ると、それを支える社会的な環境基盤の弱さといった課題が浮かび上がる。ここでは、この課題に対して、産業界の視点から科学技術開発の基盤を整えイノベーションにどう結びつけるかについてシステムの克服に焦点を絞り、以下の提言をしたい。

- (1) 基礎研究力の強化・人材育成： 理工系分野における優秀な人材の確保には、中高生の段階から科学技術への関心を喚起し、科学教室や見学会など実体験に基づく学びの機会を拡充することが不可欠である。また、研究者や開発者に対する、生涯にわたる「再教育プログラム」や「資格制度」の推進も重要である。それらを通じ、全世代をわたる研究力基盤の強化が求められる。
- (2) イノベーション力の向上： 我が国が世界をリードするには、強みを持つ分野における産官学の戦略的な連携による研究開発は何より重要

である。さらに、その研究開発を社会的な展開に広げるためには、分野横断的な知の融合によるイノベーションの創出が不可欠である。併せて、知的財産戦略や国際標準化を見据えた技術の国際展開も積極的に促進すべきである。

- (3) サイエンスとビジネスの近接化：サイエンスの初期段階にリスクを取ってビジネスが参入し、創出された成果を直ちに収益化して再投資するという「サイエンスとビジネスの近接化」に基づく新たな研究開発プロセスの構築が急務である。
- (4) 産学連携による卓越システム構築プロジェクトの創始：研究開発と実用化を隣り合わせの分野とすべく、先端的な要素研究と総合的なシステム研究の両者のマッチングをとり、企業は大学等の研究母体に主体的に参加し、大学等に企業の視点から産業界の実態に適合するシステムが構築されるよう、恒常的に助言を与える、産学連携の「知の共同体」の形成を積極的に推進すべきである。

これらの観点からの我が国の科学技術戦略の推進に向けて、システム論の立場からの検討を、以下にて論じたい。

SIC 戦略提言「科学技術」サブワーキンググループ
メンバー：

木村英紀（SIC 副センター長）、出口光一郎（SIC 事務局長）

目次

(ここに記載のページ数は、「戦略提言-II-2」内でのページで、“II-2-”で表す。)

SIC戦略提言—II—2「ソサエティ5.0へむけて豊かな社会を先導する 科学技術イノベーションの創生へ」要旨	2
1. 提言の背景	5
(1) はじめに	5
(2) 日本の科学技術力の現状	5
(3) 科学技術を豊かな社会を生み出す原動力とするには	7
2. 豊かな社会を先導する科学技術イノベーションの創生へ向けてのSIC の活動	9
(1) ソサエティ5.0と科学技術イノベーション 	9
(2) SICが提唱する「システム4.0」	9
3. 科学技術イノベーションの創生へ導くための戦略の提言	12

1. 提言の背景

(1)はじめに

「失われた30年」を照射する数多くの指標のなかで、一人当たり GDP の国際比較や時価総額の国際シェアなどの低落と並んで、科学技術力の低落も著しい。日本が「科学技術立国」を標榜して「科学技術基本法」を制定したのが1995年であるから、「失われた30年」はほぼその時を起点にしている。現代における科学技術の発展がますます加速しつつあることと、科学技術が社会変革を駆動する力がますます強くなっていることを考えると、失われた30年に対する科学技術の責任は見過ごすことは出来ない。

この間の日本の科学技術の失速についてはすでに何冊もの本が出版され、多くの論説が書かれており様々の論点が提出されているが、ここではそれらに深入りすることはしない。ただ、この間の特に大学の研究力の凋落を、国立大学の法人化（2003年）に起因するとする議論が一定程度の市民権を得ている。まず、ここでは、上記の科学技術力の衰退を大学の法人化に帰すことはしていない。これにはいろいろ議論があろうが、日本の科学技術の失速と国立大学の法人化のもたらした利点、欠点とは本質的なところで分けて議論すべきと考えている。

この日本の科学技術の失速からの克服について、SICとしてシステム構築を推進する産業界から発言すべき課題にしぼり、それを科学技術イノベーションの推進へ結びつけるための提言をしたい。

まず、日本の科学技術力が他国と比べて相対的に落ち込んでいるとすれば、それは日本の研究機関、特に大学がイノベーションを先導する可能性が減っていることを意味し、産業界としても憂慮すべきことは言を待たない。関連して産業界の視点、特にSICの視点から、現在の研究機関や大学と産業界との結びつきにおける解決すべき問題として、表面的には次のようなことが挙げられる。

- (A) 大学院博士課程修了者は自分の専門領域に固執し企業に入りたがらないし、企業としても受け入れにくい。
- (B) 大学の研究は論文執筆で終了し、社会実装まで踏み込む研究者は少ない。大学での研究成果の活かし方での産業とのマッチングが悪い。
- (C) 現代はシステムの時代である。システム構築には広い視野と異なる分野を統合する能力が必要であるが、そのような教育は大学では不足している。

(2)日本の科学技術力の現状

本論に入る前に日本の科学技術力の低下の実情を簡単に示しておく。表1は

表 1 主要な科学技術指標における日本の動向（NISTEP「科学技術指標2023」）

指標	日本の順位 の変化(*)	日本の数値	備考
研究開発費※	3位→3位	18.1兆円	1位:米国、2位:中国
企業	3位→3位	14.2兆円	1位:米国、2位:中国
大学	4位→4位	2.1兆円	1位:米国、2位:中国、3位:ドイツ
公的機関	4位→4位	1.5兆円	1位:中国、2位:米国、3位:ドイツ
研究者	3位→3位	70.5万人	1位:中国、2位:米国
企業	3位→3位	52.9万人	1位:中国、2位:米国
大学	3位→4位	13.7万人	1位:中国、2位:米国、3位:英国
公的機関	3位→4位	3.0万人	1位:中国、2位:ドイツ、3位:米国
論文数(分数カウント)	5位→5位	7.1万件	1位:中国、2位:米国、3位:インド、4位:ドイツ
Top10%補正論文数 (分数カウント)	12位→ 13位	3.8千件	1位:中国、2位:米国、3位:英国、4位:ドイツ、5位:イタリア、6位:インド、7位:オーストラリア、8位:カナダ、9位:フランス、10位:韓国、11位:スペイン、12位:イラン
Top1%補正論文数 (分数カウント)	10位→ 12位	3.2百件	1位:中国、2位:米国、3位:英国、4位:ドイツ、5位:オーストラリア、6位:イタリア、7位:カナダ、8位:インド、9位:フランス、10位:スペイン、11位:韓国
特許(パテントファミリー)数	1位→1位	6.6万件	
ハイテクノロジー 産業貿易収支比	6位→6位	0.7	1位:韓国、2位:中国、3位:ドイツ、4位:フランス、5位:英国
ミディアムハイテクノロジー 産業貿易収支比	1位→1位	2.6	
居住国以外への商標出願数 (クラス数)	5位→6位	12.1万件	1位:中国、2位:米国、3位:ドイツ、4位:英国、5位:フランス

(*)「科学技術指標2022」からの変化

文部科学省科学技術・学術政策研究所による「科学技術指標 2023」の資料で、2023年度における日本の科学技術の動向の指標をまとめたものである。

まず、自然科学分野で注目度が高いことを示す引用回数の多い研究論文の数の世界ランキングでは、日本はこの20年で4位から13位へと順位を下げている。その他の指標として、大学の研究開発費では、中国が著しく伸び、韓国も増加傾向にある一方、日本はこの20年ほぼ横ばいである。大学の研究を担う人材については、博士課程への進学率も減少傾向にある。

さらに、現在、大学や公的な研究機関における若手研究者のキャリア問題は、極めて深刻である。若手だけではなく、中堅の研究者も非正規雇用が多数派という状況になっている。それにとまなう人材流出なども起こっており、この状況が長く続くと、研究の世界を志す若者はいなくなってしまうことになる。

こうした研究力の低下に政府は手をこまねいていたわけではない。「選択と集中」の掛け声とともに、冒頭述べた科学技術基本法の制定、6期に及ぶ科学技術イノベーション基本計画の策定、毎年のイノベーション推進計画の立案、

教育再生会議の設立、などを通して数々の大学改革の施策を打ち出した。その過程で、21世紀COE、グローバルCOE、WPIなどの選ばれた大学への集中的な資金投入策がとられた。大学への研究助成の施策の数で言えば世界有数と言ってよいだろう。それはある程度の効果はもたらしたと思えるが、投じた膨大な予算に見合うだけの科学技術力の回復はもたらさなかった。

科学技術政策の原点は、確かに、研究現場の支援を行うことに置かれなければならない。しかしながら、この「支援」について、与える側、受ける側の、双方で、イノベーション力に結実していない。与える側は、限られた資力のもと支援先の「選択と集中」策を採らざるを得ない。しかし、その選択方法、集中方法に定見が見えない。目標が競争力の強化というだけでは、社会の豊かさの醸成には結びつかない。受ける側では、その支援を真の最先端技術の開発に結び付けられていない。支援は、最先端技術の「開発」ではなく、その「利用」に投じられている。大学では、「最先端」技術を利用して「(一見) 先進的な」技術を形成することに精を出す。これは、イノベーションではない。大学は、最先端技術を「生み出す場」であるべきなのに、最先端技術を安易に「大いに使う場」となった。その成果は、「後追い科学」の量産でしかない。

今こそ、これまでの施策のこのような問題点を顧みて改善する努力を行う時が来ている。

(3)科学技術を豊かな社会を生み出す原動力とするには

SIC では、まずは次の2点をこれまでの科学技術政策の反省点として挙げ、SIC 政策提言 II (科学技術) において、下記の2点を指摘して、「現場を重視する科学技術政策を」という提言を行った(2024年2月)。

- ① 産業界(特に製造業)が伝統的に重視し、かつての日本の製造業の世界制覇に大きく貢献したと思われる「現場重視」の考え方が、科学技術政策ではおろそかにされてきた。

← **提言1** : 『現場』を重視する科学技術政策を促進すべきである。

- ② 分野を横断する融合研究やレベルの高い社会実装の研究が、様々のレベルで依然として遅れており、特にそれを必要とする「統合知」にもとづくシステムレベルの研究が研究行政で市民権を得ていない。従って統合知を体现する社会システムが未熟である。

← **提言2** : 「研究室連携による卓越システム構築プロジェクト」を開始する。

この提言に続く本稿、SIC 政策提言 II（科学技術）－2 では、システムイノベーションセンターが、2025 年度からの「第3次中期計画」としている、「日本の各分野での「卓越システム」の構築の推進を通して、人中心社会の豊かさを協創する システム 4.0 の提唱」に基づいて、「ソサエティ 5.0 へ向けた豊かな社会を先導する科学技術イノベーションの創生」を目指す、以下の4つの項目についての戦略を、新たに提言する。

項目1: 基礎研究力の強化・人材育成（全世代をわたる研究力基盤の強化）

項目 2: イノベーション力の向上（総合的な技術開発とその社会展開へ向かわせるシステムと方策を併せて求める）

項目 3: サイエンスとビジネスの近接化（サイエンスを原動力としたグローバルビジネス競争への対応を系統的に強化）

項目 4: 産学連携による卓越システム構築の創始（産学連携の「知の共同体」の形成によるシステム構築を積極的に推進する）

2. 豊かな社会を先導する科学技術イノベーションの創生へ向けての SIC の活動

(1) ソサエティ5.0と科学技術イノベーション

過去には科学技術イノベーションは経済成長の源の考え方が主流であったが、昨今その目的も多様化しつつある。内閣府の総合科学技術イノベーション会議による第5期基本計画では、科学技術と社会の関係を中核に据えるべく概念として Society5.0 を打ち出した。継承する第6期は Society5.0 の実現に踏み込んでいる。

昨今の科学技術イノベーションの特徴は、スピード感がこれまでとは全く違う次元になってきていることである。新たな技術、イノベーションを実装には、制度の枠を超えた発想が必要になってくる。またヒトゲノム編集技術やAIは、予期せぬ悪意のある使い方やプライバシーの問題などを内包する。そして、コロナ禍は、社会と技術の関係性をもう一度見直す機会となった。

このような状況の中で科学技術イノベーションを推進するためには、社会的な倫理観、多様性の許容、あるいは共感を作って、グローバルに進めていくというアプローチが必要になる。

ここで、Society 5.0 とは、サイバー空間とフィジカル（現実）空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）における、目指す未来社会である。経済発展と社会的課題の解決を両立させるための、イノベーションで創出される、技術革新、経済成長、持続可能性による新たな価値の創造を意味する。

そこでは、何が為の進歩かが問われている。それに対しては、未来を想像する力、すなわち、人が中核となり全員参加型の価値観の共有が必須である。Openness、Inclusiveness、Sustainability に基づく、技術、科学、イノベーションをフルに活用することが求められている。

そのためのアプローチは、「Technology First」なのか、それとも、「Society First」なのか、また、「政策誘導」それとも「共感」がドライバーとなるべきなのか。さらには、「PDCA」それとも「社会実験&学習」をガバナストするのか、メンバーシップは、「Exclusive」それとも「Inclusive」かと、まだ多くの議論が残されている。

しかしながら、「Society 5.0」を育み、未来の社会をデザインするためには、科学技術と社会の共進が何より基本であることは、広く認識されることであろう。

(2) SIC が提唱する「システム4.0」

システムの始まりは人間の複合体であろう。狩猟や採取、農耕で人間同士が協力することのための大小様々の人間関係のシステムが自然発生的に作られて

いた。これを「システム 1.0」と呼ぶ。

システムの進化の大きな分水嶺となったのは、産業革命における機械の誕生である。この機械によるシステム化を、「システム 2.0」と呼ぶ。その後、生産工程のシステム化と製品のシステム化へとつながった。

20 世紀後半における計算機の登場で、情報を伝達、変換、保存する新しいシステムの可能性が開けた。この情報化に基づくシステムを「システム 3.0」と呼ぶ。IT や ICT のシステム化の推進が主要な産業政策の柱になった。

インターネットは「自律分散」と「創発」を核に据えたこれまでにない全く新しい原理に基づくシステムで、多くの産業システムのプラットフォームとなっている。インターネットが生み出したさまざまな新しいシステムは、これまでの「情報処理」のレベルをはるかに超えた技術を駆使し、膨大な利用者の知恵を集約し、想像もつかなかったビジネスやエンターテインメントを作り出している。これを、ここでは、「システム 4.0」と呼ぶ。

SIC の活動においては、3 本の柱

- 企業におけるシステム化の課題解決に向けた支援
- 優れた社会システムの実装に向けた推進支援
- 人材育成

を堅持し、製造業をはじめとする社会全域において、新しい価値を創造し、機能をもつシステムを作り出すため、さまざまな領域におけるシステム化推進の民間主導の活動母体として、産業界、学界、行政と連携して、国際的な競争力向上に寄与する活動を継続してきた。

その上で、2025 年度からの SIC 第三次中期計画では、この「システム 4.0」としての「良いシステムの構築」を呼びかけ、次の目標を掲げている。

- ・システムの「質」を重視して、システム化は何のためかを問い、「卓越システム」を再定義して、人を中心とした社会の豊かさを拡張する「システム 4.0」を、各分野に普及・推進する。
- ・データ共有による豊かさの協創を図り、それを通して「システム産業」の創出と活性化を促す。
- ・システムのモダナイゼーション推進を通して、「良いシステム」を日本中に行きわたらせる。

人を中心とする社会の「豊かさ」、「質」は、システム論的には、「卓越したシステムの下で、データの共有が図られる」ことに帰着する。

ここで、「卓越システム」とは、以下の特性を持つシステムである。

- ・ システム構築の目的がはっきりしている。
- ・ システムの全体構成が理解しやすい。
- ・ 出来ることとできないことの境界が明確。

- 運用しやすく、故障への対応が容易である。
- 拡張可能性 (Scalability) がある。
- 技術の進歩を含む環境の変化に応じて進化できる。
- 利害関係者の多くを満足させることができる。
- 利用可能なテクノロジーを効率的に使っている。
- 堅牢で十分な持続可能性がある。
- システム構築、運用のコストが小さい。

3. 科学技術イノベーションの創生へ導くための戦略の提言

このような現代の状況での先端科学技術開発における課題に、産業界の視点から体系的なメスを入れ、この技術革新に向けた研究開発をイノベーションにどう結びつけるかについて焦点を絞り、先に挙げた4つの項目に対して、以下の提言をしたい。

提言1. 基礎研究力の強化・人材育成： 理工系分野における優秀な人材の確保には、中高生の段階から科学技術への関心を喚起し、科学教室や見学会など実体験に基づく学びの機会を拡充することが不可欠である。また、研究者や開発者に対する、生涯にわたる「再教育プログラム」や「資格制度」の推進も重要である。それらを通じ、全世代をわたる研究力基盤の強化が求められる。

現在の科学技術開発の現場、すなわち、特に大学の研究現場は、研究の細分化に伴った先端化を口実に、この全世代をわたる広い研究力基盤の構築から乖離された、いわば特権的な立場を確保しようとしている。これを改めるシステムと方策が必要である。

提言 2. イノベーション力の向上： 我が国が世界をリードするには、強みを持つ分野における産官学の戦略的な連携による研究開発は何より重要である。さらに、その研究開発を社会的な展開に広げるためには、分野横断的な知の融合によるイノベーションの創出が不可欠である。併せて、知的財産戦略や国際標準化を見据えた技術の国際展開も積極的に促進すべきである。

イノベーション力を、単一分野それぞれでの最先端科学技術の開発のみに求めるのではなく、総合的な技術開発とその社会展開へ向かわせるシステムと方策を併せて求めるべきである。

提言3. サイエンスとビジネスの近接化： サイエンスの初期段階にリスクを取ってビジネスが参入し、創出された成果を直ちに収益化して再投資するという「サイエンスとビジネスの近接化」に基づく新たな研究開発プロセスの構築が急務である。

その実現には、産学連携のインフラ整備と、サイエンスを原動力としたグローバルビジネス競争への対応を体系的に強化する方策が求められる。

提言4. 産学連携による卓越システム構築プロジェクトの創始： 研究開発と実用化を隣り合わせの分野とすべく、先端的な要素研究と総合的なシステム研究の両者のマッチングをとり、企業は大学等の研究母体に主体的に参加し、大学等に企業の視点から産業界の実態に適合するシステムが構築されるよう、恒

常に助言を与える、産学連携の「知の共同体」の形成を積極的に推進すべきである。

これらの観点からの我が国の科学技術戦略の推進に向けて、システム論の立場からの検討を今後も論じて行きたい。

SIC戦略提言-III

エネルギー移行を促進する連携構築
のための新システムの提案

システムイノベーションセンター

2024年9月発行

SIC 戦略提言－III**「エネルギー移行を促進する連携構築のための新システムの提案」****要旨**

国家のエネルギー基盤を四半世紀かけてカーボンニュートラル（CN）に移行するという大事業が進行中である。このための様々な技術開発、システム開発が取組まれており、その実装のための財政的措置も始まっている。ここでは、社会基盤を長い期間をかけて変革する移行マネジメント概念に基づいて、二つのアプローチからエネルギー移行に資する新システムの構築を提言する。一つのアプローチは、個別技術を横連携して移行のためのムーブメントを生み出すことであり、もう一つのアプローチは、エネルギーに関わる社会全体の取組と個別技術への取組との橋渡しを行うことによって新たな社会基盤の形成に寄与することである。

前者については、再生可能エネルギー（再エネ）に関する複数セクターの連携により新しいシステムの構築をはかるもので、喫緊の課題である再エネ大量導入を実現する社会基盤構築への駆動力を形成する。後者については、社会全体に関わる日本のエネルギー計画と地域でさまざまに展開されているエネルギー変革活動との結びつけを行うことによって、新たな社会新たな社会基盤の姿づくりに寄与すると同時に地域の取組の一層の活性化を目指すものである。さらに、基幹産業が高度に融合した生産の場であるコンビナートを、産業国家のエネルギー移行での重要な因子と捉え、エネルギー移行の場での卓越システム構築のための横連携と社会基盤の在り方という二つの視点からの取組を提言する。

具体的には、以下の三つの提言を行う。

提言1：セクター融合エネルギーマネジメントの構築

時間的に変動幅の大きい再エネを大量に導入可能とするために、これまでの発電の調整に加えて、需要の調整を行うことによって需給バランスを調整するという運用に転換して行く。この考えを、モビリティ、熱供給などの個々のセクターに限定するのではなく、それぞれのセクターが形成する物理ネットワークと電力ネットワークとを融合させるという卓越システムの構築を通して、セクター連携の範囲を量的・質的に高めることを目指す。

提言2：デジタル・電力・水素・物流網の統合的形成のための情報連携シス

テムの構築

エネルギーに関わる生産・流通・消費の構想に関する情報について、全国視点からの取組と地域視点からの脱炭素先行地域の取組や各地の CN コンビナート計画の取組等とで、相互に参照可能な情報連携を実現する卓越システムを構築する。これによって、全国計画立案の多面性、正確性を高めると同時に、地域間での技術移転の促進、新規事業者の育成につなげる。

提言 3：CN コンビナート構築広域連携拠点の設置

各地で進展する CN コンビナート計画立案においては、リサイクルを含む様々な技術や政策的な対応が必要とされている。CN コンビナート構築にかかわる広域連携拠点を設けて、システム構築の視点から各地の知識の相互流通・蓄積を図ると同時に、CN コンビナートが水素・回収 CO₂ の最大利用者であることを背景に全国的な水素・CO₂ の流通の在り方を検討することによって、各地の取組を適切な姿に導くことに貢献する。

本提言報告書では、これら三つの提言の背景とその実現に向けた検討を述べる。

(注)「卓越システム」とは、次のような特徴を持つシステムである。

- ・作られた理念が明快に理解でき、出来ることと出来ないことの境界がはっきりしている。
- ・システムの全体構成が理解しやすい。
- ・運用しやすく、故障への対応が容易である。
- ・拡張可能性 (Scalability) がある。
- ・環境の変化に応じて進化できる。
- ・利害関係者の多くを満足させることが出来る。
- ・堅牢で十分な持続可能性がある。
- ・システム構築、運用のコストが小さい。

SIC 戦略提言「エネルギー」サブワーキンググループ

メンバー：

- リーダー：船橋 誠壽（SIC 個人会員、横幹連合）
高木 真人（SIC 個人会員、日本工学会）
古屋 聡一（株日立製作所）
- 委員： 笈沼 誠（株日立産業制御ソリューションズ）
大久保 智史（東京電力パワーグリッド(株)）
片岡 俊朗（東京電力パワーグリッド(株)）
川地 光之輔（東京電力パワーグリッド(株)）
小池 俊吾（東京ガス(株)）
高橋 由泰（株日立製作所）
西川 剛雄（東京ガス(株)）
平岡 精一（三菱電機(株)）
平田 直人（東京電力パワーグリッド(株)）
牧野 泰丈（横河電機(株)）

目次

(ここに記載のページ数は、「戦略提言-Ⅲ」内でのページで、“Ⅲ-”で表す。)

SIC戦略提言-Ⅲ 「エネルギー移行を促進する連携構築のための 新システムの提案」要旨	2
1. エネルギー分野に関わる政策動向	6
2. SICとして提言する上での着眼	10
2.1 エネルギー移行に対する認識	10
2.2 提言に向けた着眼	11
3. SIC 提言：「エネルギー移行を促進する連携構築のための新システムの 提案」の提言	14
3.1 提言1：セクター融合エネルギーマネジメントの構築	14
3.2 提言2：デジタル・電力・水素・物流網の統合的形成のための情報 連携システムの構築	16
3.3 提言3：CN コンビナート構築広域連携拠点の設置	19
3.4 その他の重要事項：エネルギーモデル開発・シミュレーションの振興	21
4. まとめ	23
参考文献	24

1. エネルギー分野に関わる政策動向

世界が直面する地球温暖化を回避するためのエネルギー分野での国際的な連携が進行中である。産業革命以降の温度上昇幅を 2.0 °C、できれば、1.5 °C よりも小さくするという活動に 197 カ国が参加する COP21 パリ協定が 2015 年に締結され、以降、各国はそれぞれ国際的な場でその目標を提出して温室効果ガス排出の削減に取り組むエネルギー政策を表明し、同時に、その進捗状況の報告を行ってきた。

2020 年 10 月、日本は温室効果ガスの排出を 2050 年にゼロとする宣言を発出した。2021 年 4 月には、中間目標として 2030 年に排出を 46%（2013 年比）に削減することを表明した。この 46%削減表明の国内展開として、2021 年 6 月に、「カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定された。ここでは、温室効果ガス排出の削減と経済成長を両立させるため、重点 14 分野（洋上風力・太陽光・地熱、水素・アンモニア、次世代熱エネルギー、原子力、自動車・蓄電池、半導体・情報通信、船舶、物流・人流・土木インフラ、食料・農林水産業、航空機、カーボンリサイクル・マテリアル、住宅・建築物・次世代電力マネジメント、資源循環関連、ライフスタイル関連）が選定され、2 兆円のグリーンイノベーション (GI) 基金を造成して最長 10 年間の技術開発への取組が始まった〔経産省 2021〕。

2023 年 2 月には、グリーントランスフォーメーション (GX) を通じて脱炭素、エネルギー安定供給、経済成長の同時実現を目指す「GX 実現に向けた基本方針」が閣議決定された。今後 10 年で 150 兆円を超える GX 投資を官民協調で実現するために、「GX 経済移行債」を創設し 20 兆円規模の先行投資促進（設備投資支援、価格差軽減）をするとともに、カーボンプライシング（排出量取引、化石燃料賦課）による企業や需要家の行動変容の創出を企図した取組が進められている〔内閣官房 2023a〕。さらに、2024 年 5 月には、2040 年における産業構造、産業立地、エネルギー供給態勢を描く GX 2040 ビジョンを求めることが決議された〔内閣官房 2024〕。この描画では、2035 年の我が国の CO₂ 削減目標を、2025 年 2 月までに国連に提出することも視野に含まれている。

上記の GI をはじめとするエネルギー分野の技術開発への取組は多岐にわたる。科学技術振興機構研究開発戦略センター (JST/CRDS: Center for Research and Development Strategy) は、様々な技術開発を包括して 4 つの研究分野を示している〔科学技術推進機構研究開発戦略センター 2023〕。この枠組みに沿って、SIC に関連の深いシステム情報にかかわる技術についての政府等の取組をピックアップすると以下のようにまとめられる (図 1)。

(1) 電源のゼロエミッション化

- ・全国電力システムシステム：電力広域的連携推進機関（OCCTO: Organization for Cross-regional Coordination of Transmission Operators, Japan）において、再生可能エネルギー（再エネ）の導入を踏まえた 2050 年の電力システムの姿と実現のための費用が見積もられた[電力広域的連携推進機関 2023]。さらに、経産省「将来の電力需給に関する在り方勉強会」において、将来の検討枠組み（時間軸，需給想定に関する考え方等）が検討され，議論の場を OCCTO に置いて進めることとされた[経産省 2023c]。

(2) 需給安定化

- ・分散型電力システム：様々な分散型リソース（供給量に応じて需要調節の対象となる，業務需要家，産業需要家，家庭需要家，電気自動車（EV）充電所，EV バス基地）が電力システムと融合し，安定供給・再エネ有効活用に貢献する分散型電力システムのイメージが経産省の検討会で描画され，2026 年からの電力需給調整市場の形成が目指されている[経産省 2023a]。
- ・みどりの食料戦略：食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立が農水省で目指されており，その取組の一つとして，2030 年に向けて農山漁村等の地域で作った再エネを地域内で活用する技術（VEMS : Village Energy Management System）の開発が進行中である[農水省 2021]。
- ・脱炭素先行地域：2018 年時点で約 9 割の市町村のエネルギー収支が赤字となっている状況に対して，地域の企業や地方公共団体が中心になって，地域の雇

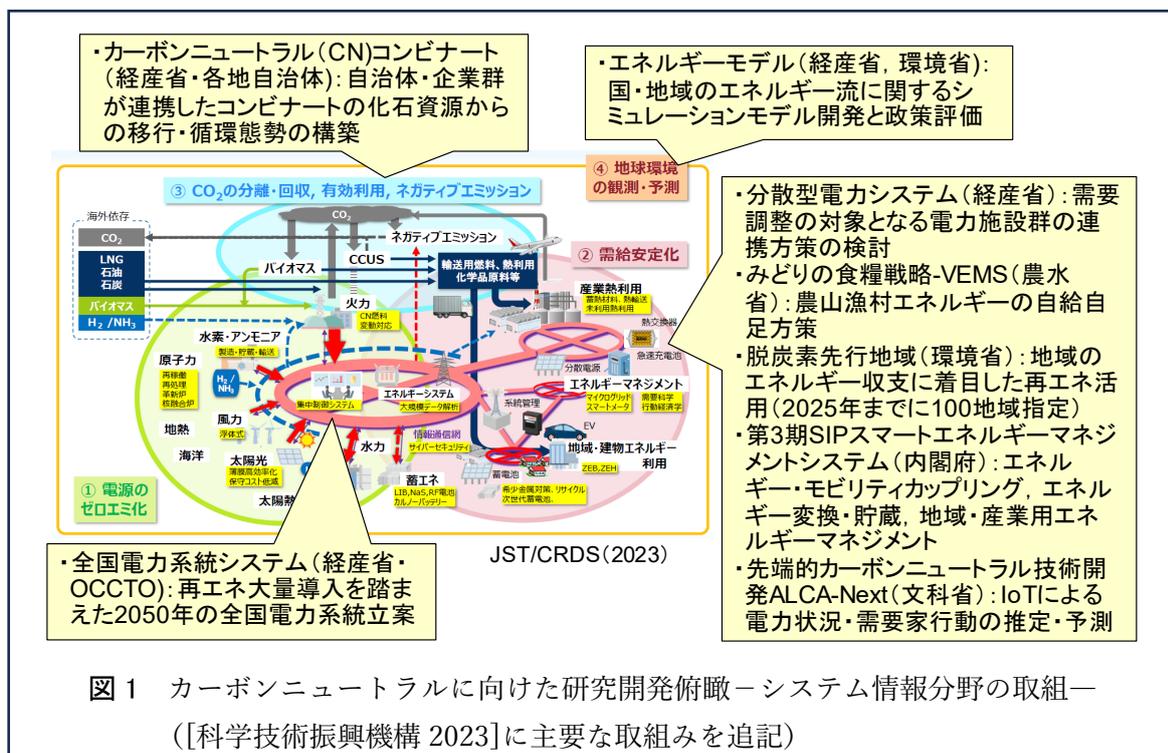


図1 カーボンニュートラルに向けた研究開発俯瞰－システム情報分野の取組－
 ([科学技術振興機構 2023]に主要な取組みを追記)

用や資本を活用しつつ、地域の再エネポテンシャルを有効利用することで、地域の経済収支の改善につなげることを目指すプロジェクトが環境省で進行中である。2025年度までに100ヶ所の地域で取組の道筋をつけ、2030年度までに目標達成することが計画されている。2022年度にスタートし2023年度までに73地域が選定されている[環境省 2023]。

- ・スマートエネルギーマネジメントシステム：内閣府による戦略的イノベーション創造プログラム（SIP: Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program）の第3期（2023年～）の課題の一つとしてエネルギーマネジメントが取組まれており、その内容は、①エネルギーとモビリティ等のセクターカップリングであるRE100を実現する農村型VPP（Virtual Power Plant）、②エネルギー生産・変換貯蔵（アンモニア・水素利用分散型エネルギーシステム、カーボンニュートラルモビリティシステム、系統安定化をサポートするUSPM（Universal Smart Power Module）によるインテリジェントパワエレシステム）、③エネルギー最適利用（エリアエネルギーマネジメントシステムプラットフォーム、異業種連携等熱エネルギーマネジメントシステム基盤技術、産業用－工場内・工場外－スマートエネルギーマネジメント連携システム）が掲げられている[科学技術振興機構 2023a]。
- ・先端的カーボンニュートラル技術開発（ALCA-Next）：GX実現のための新規技術創出を目指して科学技術振興機構が2023年に着手した取組で、エネルギー変換・蓄エネルギー領域等の6つの技術領域を対象としている。多くが要素技術開発に焦点を当てているが、グリーンコンピューティング・DX領域では、IoTセンサで得られた情報から電力システムの構成要素の状況や需要家の行動・意図を推定・予測するアーキテクチャ（需要科学等）の開発を推進課題の一つとしている[科学技術推進機構 ALCA-Next 2023b]。

(3) CO2の分離・回収、有効利用、ネガティブエミッション

- ・カーボンニュートラル（CN）コンビナート：苫小牧、千葉・蘇我・五井、川崎、周南、大分等で自治体・関連企業が集まり、化石燃料から水素燃料への移行、リサイクルによる原料投入の低減が目指されている[経産省 2023b]。GXロードマップでは、2030年に向けたCNコンビナート実現のための企業間連携の加速化が示されている[内閣官房 2023b]。

(4) 地球環境の観測・予測

- ・エネルギーモデル：国や地域のエネルギーの流れや費用を、想定する需要、燃料価格、変換技術価格等に応じて算出するシミュレーションモデルであり、エネルギーに関わる需要・供給・設備群を俯瞰的にとらえるために開発されている。直近では、(公財)地球環境産業技術研究機構（RITE:

Research Institute of Innovative Technology for the Earth) のモデル DNE+21 のアップデート[地球環境産業技術研究機構 2024], (公財) 地球環境戦略機関 (IGES: Institute of Global Environmental Strategies) による IGES 1.5°Cロードマップ[地球環境戦略機関 2023]の発出がある.

以上のとおり, 国家のエネルギー基盤をカーボンニュートラルに移行することを目指して, GI 基金に基づく要素技術開発や新プラント設備の開発はもとより, システム情報的な側面からも研究開発が周到に進められているのがエネルギー分野の現状である. これらの動向を踏まえた上で, 卓越したシステムの構築を通してイノベーションの実現を目指す SIC の視点から, 国家の基盤移行へのあらたな貢献を探索した結果が, 以下に述べる取組の基本的な着眼と具体的な提言である.

2. SIC として提言する上での着眼

2.1 エネルギー移行に対する認識

●認識 1：四半世紀にわたるエネルギー移行

対象範囲は多岐にわたっており俯瞰的な把握を欠くことはできない。ここでは、2050 年に向けてのエネルギー移行シナリオとして表1を想定する。大筋は、今後四半世紀にわたって、再生可能エネルギー（再エネ）および原子力を主力エネルギー源として開発・活用すると同時に、需要に対する不足分をこれまでの化石燃料に替えて水素で補う体制を作り上げるというシナリオである。

直近では、再エネはくらし、製造のためのエネルギー源として導入が進められ、さらには電力事業用としての開発も進められているが、これに伴って送配電事業では再エネがもつ時間的・季節的な変動特性に対応できる柔軟性を確保することが必須となってくる。一方、化石燃料に替わって水素が本格的に導入されるのは2030年代とみなされているが、この利用は水素だけにとどまらず、

表1 想定する 2050 年までのエネルギー移行シナリオ

- ・系統柔軟化：電力は需要量と供給量が常に一致していなければならない。再エネの時間的・季節的変動性に対応するための蓄積・変換・連系等の一致のための施策を導入すること
- ・CCUS（Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage）：設備から排出される CO₂ を回収・利用・貯留する設備の総称
- ・合成燃料・合成メタン：CO₂ と水素により生成された人工石油・人工（都市）ガス

	～2030年	2030～2040年	2040～2050年
くらし	電化 再エネ導入 建物断熱化	(同左)	+合成メタン
輸送	電化	+水素, 合成燃料	(同左)
製造	低温設備電化 再エネ導入 リサイクル	+CCUS	+合成メタン +水素, アンモニア
電力	再エネ導入・系統柔軟化 原子力活用	+水素・アンモニア混焼 +CCUS	(同左)
水素燃料		流通インフラ・拠点形成	実用展開

回収した CO₂ 等と合わせて導かれる合成燃料，合成メタンなどを含めて，くらし，輸送，製造など多岐にわたると想定されている．先に述べたとおり，このシナリオを実現するために，様々な技術開発が取組み，また新技術の実装のための資金の準備がなされている．

●認識 2：不確実性を踏まえた意思決定

シナリオには多くの不確実事項が存在し，とくに，2030 年代から本格導入が構想されている水素と CCUS において顕著である．水素については，産地（国内，海外）・輸送媒体（液化水素，MCH: Methylcyclohexane，アンモニア等）・最終利用形態が，CCUS については，CO₂ 蓄積・流通が不確実事項である．その多くの実現技術は開発途上にあり，また設備建設には数年を必要とすることを踏まえた意思決定が必要とされている．

2.2 提言に向けた着眼

不確実な状況下で，かつ長期にわたる社会の技術基盤の変革に貢献する方策を求めるために，ここでは，2000 年代初期に政策科学の分野で提唱された移行マネジメント（Transition Management）概念[Geels & Kemp 2007]に依拠することとする．この概念の中心をなすのは多層的視座モデル（Multi-Layer Perspective Model）と呼ばれる移行プロセスのモデルである．ここでは，社会変革をもたらす要因を 3 階層（温暖化等のマクロな外的要因，市場選好や産業構造など社会技術態勢，技術的ニッチと呼ぶ具体的に社会変革をもたらす個別技術）でとらえ，先進国ではとりわけロックインされがちな社会の技術基盤の移行は，技術的ニッチに相互作用や連携を発現させながら成長させて，外的要因からの影響も視野に含めて，既存態勢を塗り替えてゆくことが必要であるとされている．この概念は，エネルギーモデルのような定量的関係だけでは捉えるのが難しいイノベーションと呼ぶにふさわしい構造的な変化をとらえようとしている点に注目される [陳ほか 2021]．

エネルギー移行の状況でとらえれば，電化設備，再エネ設備，水素関連技術など様々な技術を相互作用させると同時にそれらの集積として社会全体の仕組みを外的要因からの影響を考慮しつつ移り変えてゆくことと解釈できる．このような見方に立つと，エネルギー移行を実現するには，個々の技術開発にとどまらず個々の技術の連携やさらには社会技術態勢との結びつけを行ってゆくことが極めて重要であると推察される．この考えに基づいて，ここでは 2 つの側面，すなわち，個別技術の連携（着眼 1）と個別技術活動の社会態勢への結びつけ（着眼 2）について提言することとする（図 2）．

新システムの構想立案でもっとも重視すべきは，システムの要素候補の新結合によってどのような新たな価値を生み出すかである．本提言では，個別技術の

連携によって移行のための新たなムーブメントを生み出すこと、個別技術と社会態勢との結びつけによって個々の活動的確定をもたらすことを、国家にとっての新たな価値の創出と位置付けている。

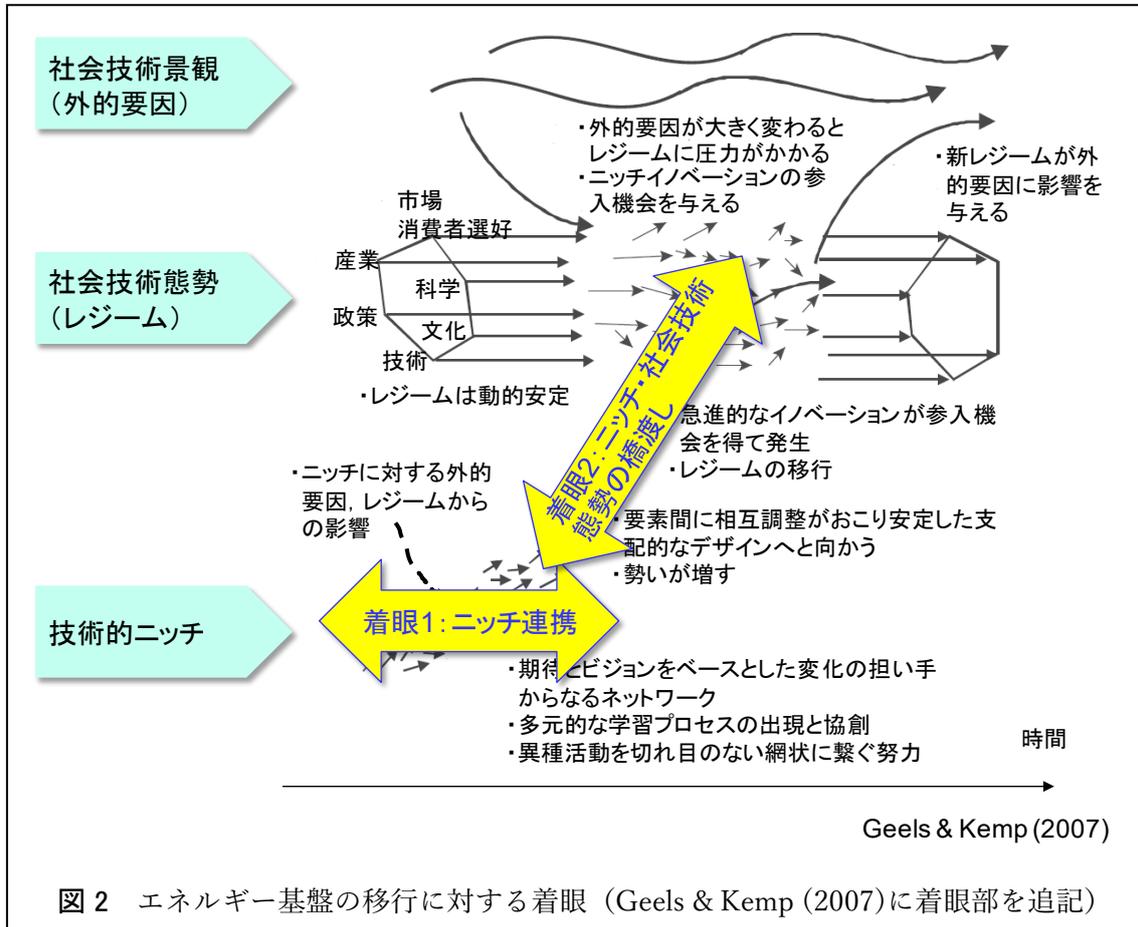


図2 エネルギー基盤の移行に対する着眼 (Geels & Kemp (2007)に着眼部を追記)

● 着眼1: 再エネ主力電源化のための連携の量的・質的拡大

経産省の分散型電力システム検討会や SIP スマートエネルギーマネジメントにおいてセクターカップリングが目指されているが、再エネを主力電源とするためにはこのカップリングの範囲を大幅に拡大する必要がある。SIC 会員企業では、このために、すでに分散エネルギー取引市場の開設等を提案[経産省 2023a]しているが、本提言においては、再エネ主力電源化は長期にわたる移行プロセスにおいて直近の最重要事項であると捉え、ここに質的な変革をもたらす姿として複数セクターが同時並行的に連携を図ってゆくことを要請する。これまでの供給側施策にとどまらず需要側の施策を広く取り込んで、複数セクター間の相互作用を効果的に発揮させることを目指すものであり、移行マネジメントの視点からは、技術的ニッチの相互連携をはかることによって社会技術態勢の変革を駆動する勢いを形成するものと位置づけられる。

●着眼2：地域活動と全国視点との整合化

CN コンビナート計画，脱炭素先行地域開発など，地域におけるエネルギー移行が取組まれているが，日本全体としてどのようにこれらの活動を整合化してゆくかは明らかではない．一方，全国電力系統計画では全国視点からエネルギーをとらえる重要なアプローチがなされているものの，地域での進展や非電力エネルギーとの結びつきについては一層考慮する余地があるという指摘もある[林田 2024]．厳密な整合化は，国土の有様にかかわる事項であり，計画として取り上げるには政策的に難度が極めて高いが，いくつかの未来像を仮定として構想すること，あるいはこのための情報連携は，不確実性の高い状況下で欠くことができない取組である．移行マネジメントの視点から，このような整合化のための努力は，社会技術態勢と技術的ニッチとを結びつけて新たな社会技術態勢を創出する重要な役割を担うと位置づけられる．

さらにここでは，高度に産業が集積するコンビナートは，エネルギー移行の検討には欠くことができない重要な場であるとして，各地のコンビナートの横連携と全国的な流通・消費の姿といった社会技術態勢の両面からの提言を加える．

以上の提言の方向性は，移行マネジメント概念を拠り所として導いたものであるが，これらの提言が新システムとしてどのような姿を形成しうるかについて確認しておく必要がある．このために，ここでは社会システム論[Checkland 1981]における CATWOE 分析（C: Customers, 受益者/犠牲者, A: Actors, 実行者, T: Transformation, 変換プロセス, W: World view, 世界観, O: Owner, システム所有者, E: Environmental constraints, 環境制約）に基づいてシステムとしての姿を各提言に対して確認することとしている．

3. SIC 提言：「エネルギー移行を促進する連携構築のための新システムの提案」

3.1 提言1：セクター融合エネルギーマネジメントの構築

●課題

電気は、その性質上、発電（供給）と消費（需要）を常に一致させること（需給バランスを調整すること）が必要である。（一致しない場合は、周波数の上昇・低下が発生し、電気の品質への影響や停電リスクが生じる。）

現在の電力系統では、一般送配電事業者が需要の変動に合わせて、主に火力や水力などの大型発電の出力調整をすることで、需給バランスを調整し、系統の安定を保っている。しかし、将来のカーボンニュートラル社会実現に向けて、再エネ発電が大量に導入されると、再エネ発電の出力変動幅が大きいいため、需要の変動のみでなく、発電も変動することとなる。結果として、再エネ発電の出力抑制や系統設備の増強が必要となり、需給コスト増加・系統コスト増加という社会コスト（国民負担）の増加を招き、カーボンニュートラル社会実現の障壁となり得る。電力系統の柔軟性が強く求められる由縁である。

●解決策

これまでの需要の変動に対して、発電を調整して需給バランス調整するという需給運用から、需要の変動に加え再エネ発電の変動も加わることに對して、発電の調整に加えむしろ需要の調整を行い需給バランス調整するという需給運用に転換していく（図3）。

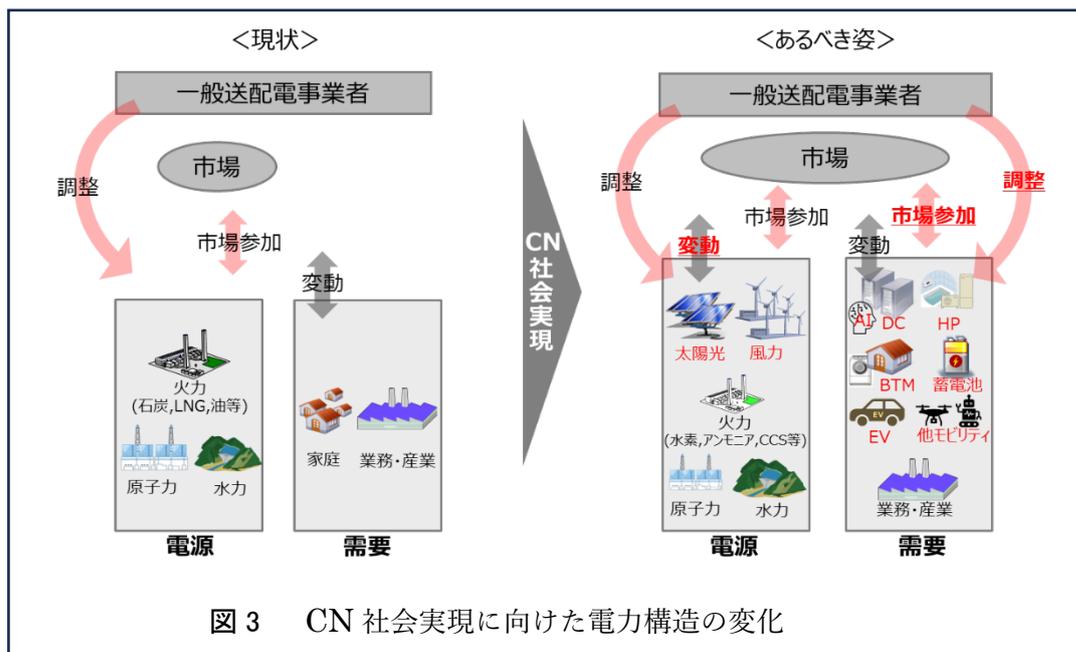


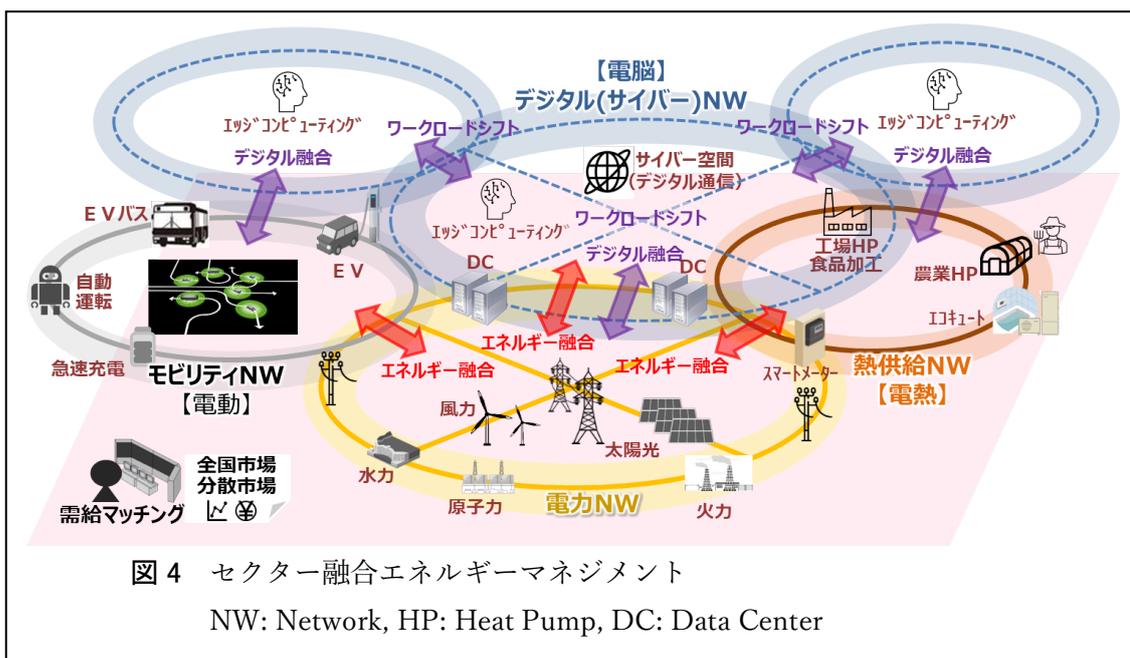
図3 CN 社会実現に向けた電力構造の変化

ここで言う需要の調整とは、電気自動車 (EV)、ヒートポンプ (HP)、データセンター (DC) のような制御可能な電化需要 (DER: Distributed Energy Resource) を創出しつつ調整することである。

具体的には、EV の場合、晴れにより太陽光発電が余剰となるときに EV の蓄電池に充電し、雨曇により太陽光発電が不足するときには、EV の蓄電池から放電するという電力の調整が期待できる。また、HP の場合は、給湯器を動かす時間帯を変更することで電力の調整が可能となり、最近エネルギー消費の急拡大が課題となっている DC の場合は、クラウド上のワークロードシフトの技術を活用し、即時性が不要な計算処理を電力が余剰となる場所や時間帯に変更することが期待できる。

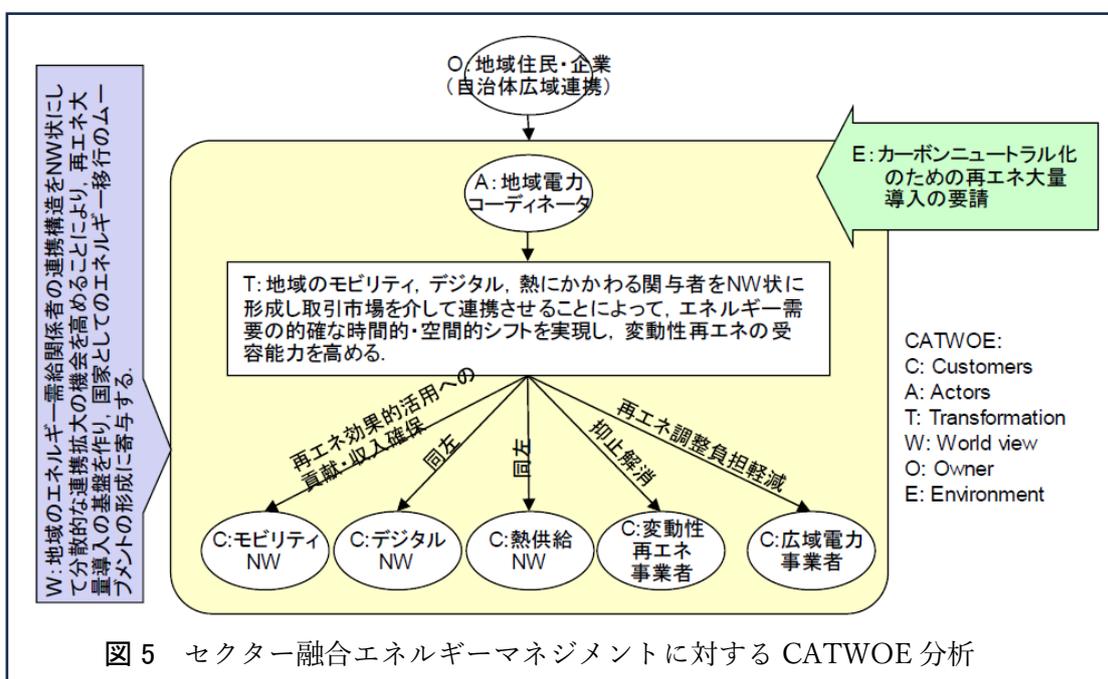
これまで電気は、電力のネットワーク (NW) の中で、需給バランス調整をしてきたが、DER が増加することで、例えば、EV にはモビリティの NW があり、電力 NW とモビリティ NW の間の融合が生じる。同様に、HP には熱供給の NW があり、DC にはサイバーの NW があるため、その NW 間の融合が可能となり、より強固な (レジリエントな) 電気の安定供給が可能となる。そして、地産地消と電力需給のマッチングにより、需給コスト・系統コストの増加を回避していく。

これらの実現のためには、制御可能な電化需要がデータ連携され、また、調整インセンティブを付与するための電力市場 (DER が参入可能な分散エネルギー取引市場と、その市場と全国市場との連携) を構築して、CO2 フットプリントに加えて価格シグナルを発現・流通させることで DER 所有者・利用者側の部分最適化が、社会の全体最適につながるようオーケストレーション



していくことが必要である。

また、これらを実現していくためには、**図 4** に示した通り、デジタルインフラと電力グリッドの融合（MESH：Machine-learning Energy System Holistic）を基盤として面的に整備し、それらの広域的な連携をはかっていくことが重要である。**図 5** は、システムとしてどのような関係者がかかわり、かつどのような価値を生み出すかという視点から行った CATWOE 分析の結果である。変換プロセス（T）によってどんな関係者（C, A, O）がどんな便益を受けまたその役割を果たすかについて明示的に示されておりシステムとしての形成妥当性が確認される。なお、ここでは、竹内ら[竹内、伊藤、戸田 2021]に倣って、地域社会を単位とした関係者構成を想定している。



3.2 提言2： デジタル・電力・水素・物流網の統合的形成的ための情報連携システムの構築

●課題

デジタル田園都市構想において全国的なデジタル網の計画がなされ、一方では全国的な電力系統の計画が立案されている。昨今、ITセクターが著しい電力を必要とする傾向にある[科学技術振興機構低炭素社会戦略センター 2023]ことから、関係部署が連携して将来の見通しを得る努力がなされている[総務省・経産省 2023]が、エネルギーに関わる部門はデジタル・電力にとどまらない。化石燃料から水素への移行によってもたらされる全国的な需

給・流通構造を考慮することも不可欠であり、デジタル・電力・水素・物流網といった国の基盤の統合的な形成が求められている。一方、エネルギー移行の現場として、みどりの食糧戦略、脱炭素先行地域、CN コンビナートに代表される地域の様々な取組みも併せて考えてゆく必要がある。しかし、エネルギーに関わる多様な因子の相互関係の考慮、加えて地方での様々な取組をどのように関連付けるかはあまりに対象範囲が広く、いまのところ未着手な状態にある。

●解決策

様々な部署が関係するこの構造は、エネルギーを共有しながら、守備範囲も多様な関係者がそれぞれに移行を推進している SoS (System of Systems) の姿ととらえられる。全体の姿を経済的かつ安全性をもった形で求めるのは極めて困難であり、SoS の形としては、それぞれの関係者が協力しあえるように、個々に取組もうとしていることを互いに情報提供することが現実的なアプローチと思われる。このために、図 6 に示すエネルギー移行のためのデータ連携&サービス基盤のシステム構築を提案する。ここでは、エネルギーに関わる全国的な生産・流通・消費の構想、地域視点からの脱炭

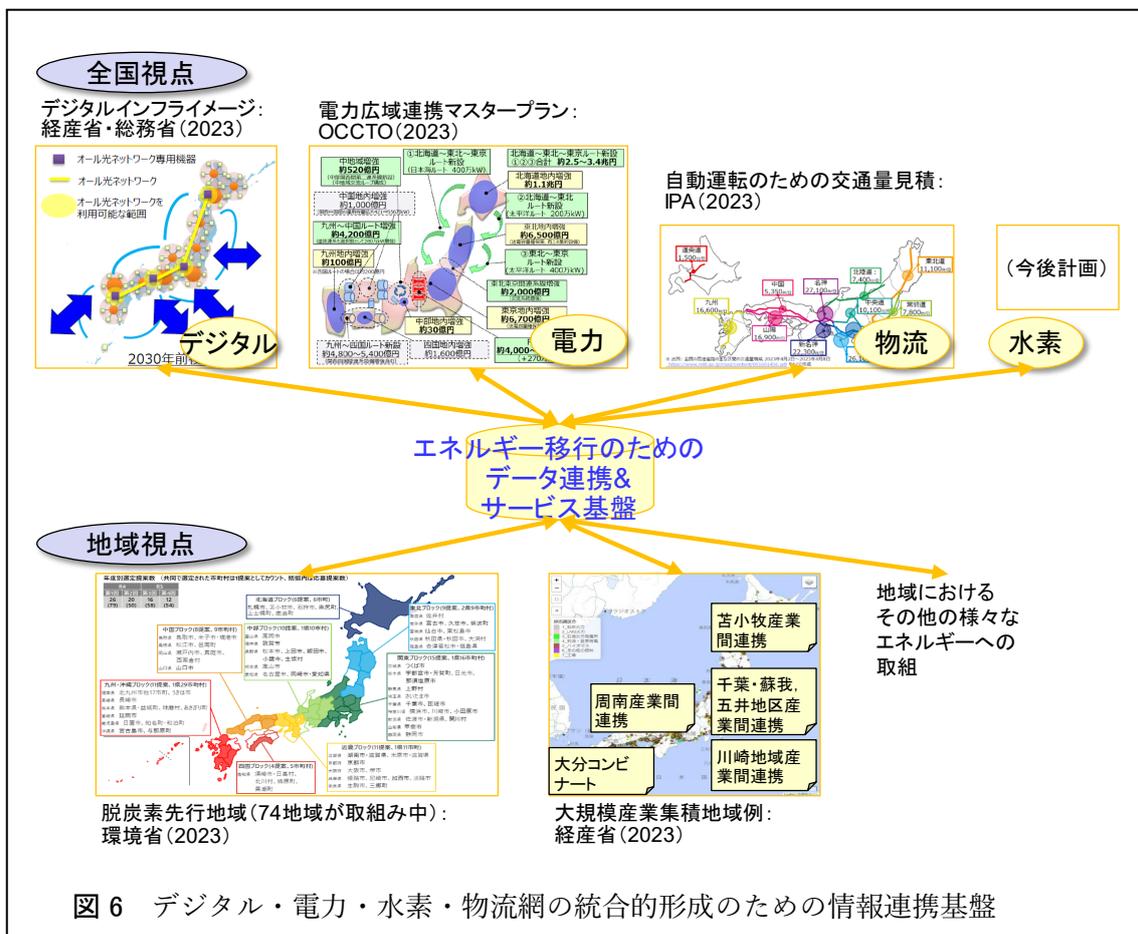
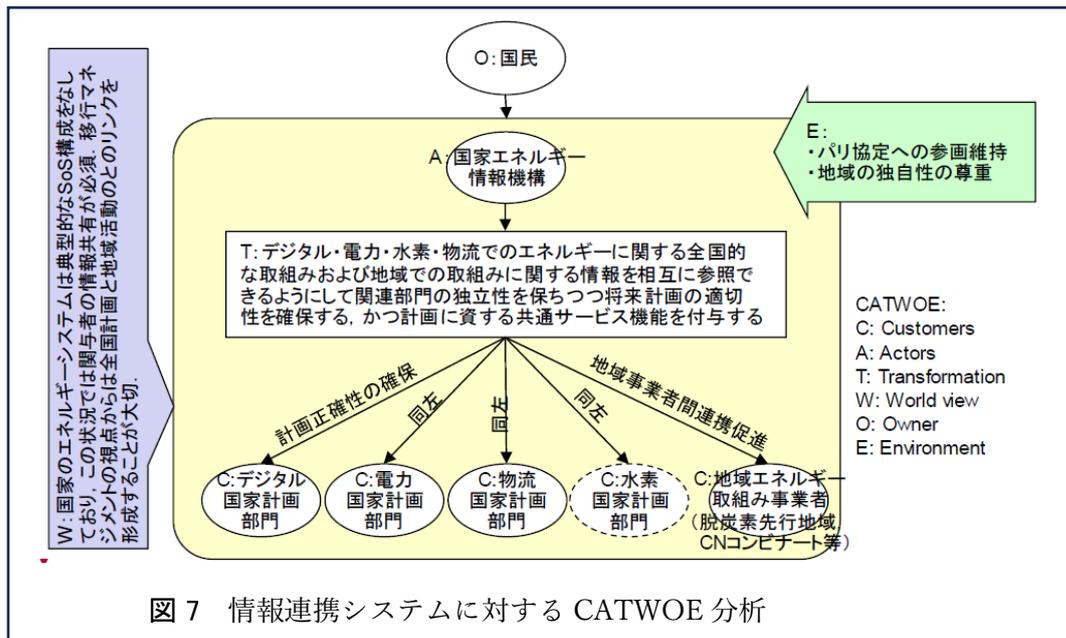


図 6 デジタル・電力・水素・物流網の統合的形成のための情報連携基盤



素先行地域の取組や CN コンビナート計画等の取組に関する情報開示を行い、それぞれの関係者が相互にこの情報を活用する姿を想定している。全国計画立案の立場からは、地域現場の見通しを得ることによって計画の正確性を高めることができる。地域にとっては、先行地域での取組開示が他地域への技術移転の機会を拡げ、また CN コンビナートのエネルギー需給の能力概要を開示することによって、参画企業の拡大・育成につながるという効果をもたらす。

具体的な実装は、ウラノス・エコシステム基盤上に構築することを想定する。エネルギーという広範な領域に対してデータをどのように特定してゆくかがシステム構築上の大きな課題であるが、この指針はウラノス・エコシステム基盤の基本的なサービスとして準備されてゆくことを期待している。さらに、個々の提供情報の信頼性の確保のために、エネルギーに関わる知見とデータ科学に基づいて、提供されるデータに対して一定の評価力を備えたサービス機能を備えることは必須である。さらにこのようなデータ連携システムが構築されると、次の段階として、それぞれの関係者が自律的な計画ソフトウェア（プランナー）を所有して、データの更新に応じて計画を見直し、またプランナー同士での調整を行って関係者に報告するという SoS の進化的な構築の新しい姿[Funabashi 2023]が生まれることが期待される。

ここで述べた情報連携基盤は、エネルギー移行の全貌をとらえる核心的な情報を扱うものであり政策的に極めて重要な位置づけをなすものであるが、システムとしての妥当性を確認するために CATWOE 分析を行った。結果を

図 7 に示す。この図に示すように、変換プロセス (T) と関与者に与える便益が明示的に示すことができている。

・留意事項

水素の全国的な生成・流通構想についてはこれまでに明確にされたものはない。これについては、次の提言 3 で述べる。

3.3 提言3: CN コンビナート構築広域連携拠点の設置

●課題

日本のコンビナートは、基幹産業が高度に融合して形成されたシステムであると同時に、主要需要地である大都市の周辺に立地しており、税収や雇用などで地域経済と密接な関係を有するという特徴を持つ。コンビナートのエネルギー移行においては、その地がもつ集積効果や立地優位性等を活かして、コンビナート内の設備やインフラの共有、水素・アンモニア・バイオ燃料等の共同調達、脱炭素技術のスタートアップの呼び込みやスケールアップのための実証・実装を進めていく必要があるとされている。各地域でエネルギー移行のための検討が始まっており、地域間での連携の必要性についても議論は始まってはいるがいまだ個別的である（たとえば[大分県 2024]）。

一方、2050 年における水素需要の 50%以上を占めるのは重工業や火力発電 [水素バリューチェーン推進協議会 2022] を包含するコンビナートであって、全国の水素の在り方を大きく決める領域であるにもかかわらず、この分野では、これまではほとんど議論がなされていないのが現状である。

●解決策

各地で進展する CN コンビナート計画立案において、様々な技術や政策的な対応を必要とすることから、地域間の連携が重要であることは論をまたない。アカデミアとして、化学工学会では「地域連携カーボンニュートラル推進委員会」[化学工学会 2021]を設置し、各地との交流が始まっている。CN コンビナート構築の知の集約点として大変に貴重な存在になっており、この機能をさらに強化してゆくことが重要である。スマートシティの具体的な展開で、地域の統合的価値を形成する Master System Integrator という役割が現れたと同じように Master Material Integrator が必要となっているとの提起 [岩野 2024] もある。すでに各地でこの役割を果たす企業が現れ始めているが、物質循環管理から始まって地域ブランディングまでのインテグレーション産業としての支援・育成が大変に重要であり、地域間連携の大きな使命でもある。

これに加えて、水素の最大の需要家として、全国の水素生産利用に関する在り方および水素活用に付随するコンビナートからのCO₂の流通・蓄積についても、関連動向（たとえば[エネルギー・金属鉱物資源総合開発機構 2023]）を踏まえつつあり得る姿を描いてゆくことが不可欠である。水素の社会普及は、現状の化石燃料と同等水準まで価格低減がなされることにより大型商用車 HDV（Heavy Duty Vehicle）用のまとまった需要が 2030 年代に出現し、その後の 2040 年代の産業利用へと展開するとみなされている[新エネルギー・産業技術総合開発機構 2024]。最近の試算では、海外へのエネルギー資源の依存性を減らすべく、2050 年には水素需要の 70%を国内で生産するという考えも出されている[増井 2024]。多くの不確実性が存在するものの、現在の取組を定めるための未来の水素生産・流通の姿を描く必要がある。

各地域の知識の相互流通・蓄積，CN コンビナートインテグレータ（Master Material Integrator）の支援・育成，水素・CO₂の全国的な関係性を検討・構想するタスクを担う活動の場をここでは CN コンビナート構築広域連携拠点と名付け，この設置を提言する（図 8）。すでに述べたように，国土の有様をトップダウンに決めることはできないが，多面的な観点からあり得る姿を見出すのは大変に重要な役割である。システムとしての妥当性確認のために求めた CATWOE 分析の結果を図 9 に示す。CN コンビナート相互の協力によって自地域の構想力を高めると同時に，輸送事業者や今後創設されるであろう国の水素計画部門との大切な連携構築に寄与するシステムの創出を企図したことを示している。

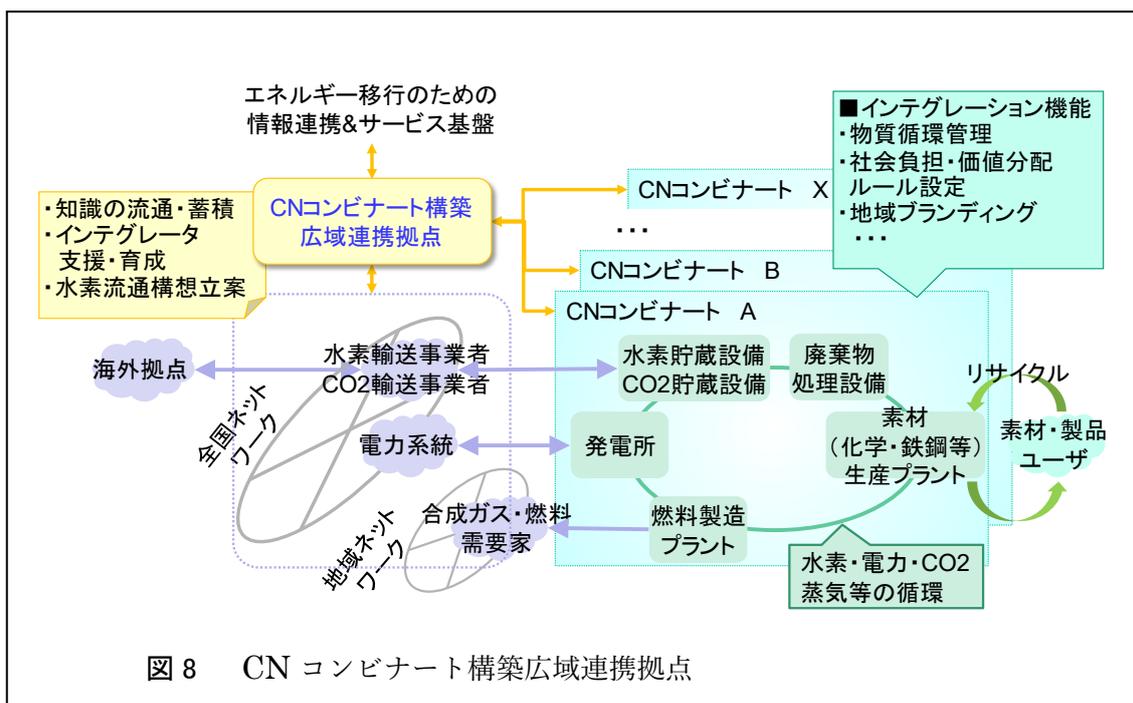


図 8 CN コンビナート構築広域連携拠点

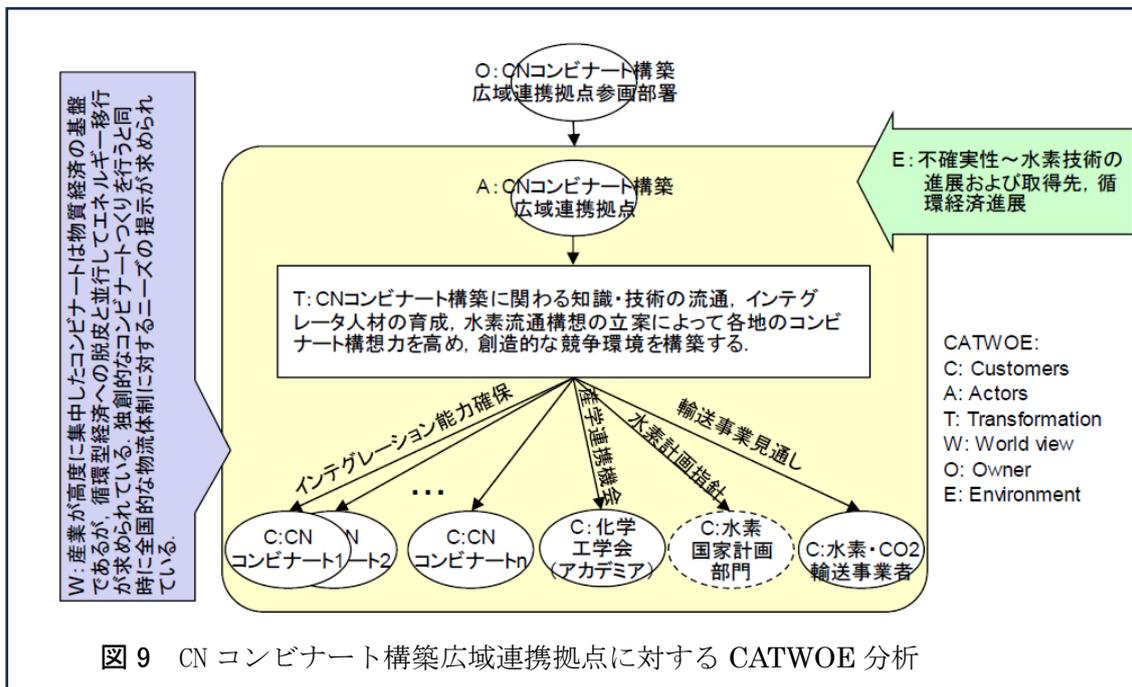


図9 CN コンビナート構築広域連携拠点に対する CATWOE 分析

設置を提言する拠点は、2030年以降の水素を中心とした産業向けエネルギー移行の主要部の形成に寄与する部署として育成をはかってゆく必要がある。

3.4 その他の重要事項:エネルギーモデル開発・シミュレーションの振興

エネルギー分野は極めて多岐にわたり、かつ個々の要素が密接に結びついている。個別の技術開発の結果として、どんな結果をもたらすか、さらにはクリティカルな因子は何かといったことを見出すには、エネルギーモデルの開発・シミュレーションを欠くことができない。具体的な政策立案においても、すでに（一財）日本エネルギー経済研究所や（公財）地球環境産業技術研究機構（RITE）のモデルをはじめとして種々のシミュレーション検討がなされているが、新たな政策視点を見出すためには、一層のモデル開発・シミュレーションがなされるべきである。

エネルギーモデルは政策立案にとどまらず、市民連携、海外連携においても極めて有用である。人々のライフスタイルがエネルギーの有様に大きく影響してくることを認識の大切さが重視されるようになったが、VR等のシミュレーション・インタフェースの進展は人々の未来に対する理解を深め行動変容に結びつける可能性を高めている。エネルギー資源確保、さらには新たな設備市場の展開のためには、これまで以上に東南アジア、中東等との密接

な連携が必要である。それぞれの地域のエネルギー政策立案には欠かせないエネルギーモデルをこれらの国々と共同して構築してゆくことは具体化の道筋をつけるのに極めて有用である。

デジタル技術の進展に伴って、シミュレーションの形も大きく変わり始めている。実データを直ちにシミュレーションに結び付けるデジタルツインはその典型的な変革の姿である。これまでのシミュレーションとは異なった形での人々の参画やデータ収集を踏まえた新たな政策立案の様式の出現が間近になっている。

4. まとめ

国家のエネルギー基盤の移行という大変な重要な状況において、SICの立場からどんな貢献ができるかを考察した。ここでは、進行中の取組を俯瞰するとともに、移行マネジメント概念に基づいて、個別技術の連携と個別活動を全体に結び付けるシステムの姿を、社会システム論における分析方法を通じた描画を踏まえて、

- ・セクター融合エネルギーマネジメントシステムの構築
- ・デジタル・電力・水素・物流網の統合的形成のための情報連携システムの構築
- ・CN コンビナート構築広域連携拠点の設置

という三つの提言を行った。

1960年代、日本は石炭から石油へと国家のエネルギー基盤を大きく転換した。この転換によって、エネルギー自給率は58%（1960年代）から15%（1970年代）へと劇的に低下し[資源エネルギー庁2019]、さらに1970年代には2度の石油危機に見舞われた。堺屋は、英国と比較しつつ、この転換が、日米同盟、人口急増に加えて日本の高度成長の三要因の一つとなっている[堺屋2002]。過去にとらわれることなく、これからの世界がどんな姿で現れるべきかを問い続け、また大胆に取組んでいった結果といえよう。

いま我々は新たな環境の中で、これからの世界がどんな形で現れるべきかを問う状況にある。個別技術の開発だけではなく、個別技術をシステムによって多様な形でつなぎあわせることで、社会の変革を的確に進めることに貢献できることを願っている。

参考文献

- 岩野 2024, MMI (マスターマテリアルインテグレーター) 構想, 85/87, 経団連 21 世紀政策研究所, サークュラーエコノミー—新しい成長のために (2024/03)
- エネルギー・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) 2023, 国内初の CCS 事業化の取り組み～2030 年度までの CO2 貯留開始に向け、調査 7 案件を候補として選定～, JOGMEC ニュースリリース (2023/06),
https://www.jogmec.go.jp/news/release/news_01_00034.html
- 大分県 2024, グリーン・コンビナートおおいた推進構想 (2024/01)
<https://www.pref.oita.jp/soshiki/14200/greenkombi2023.html>
- 科学技術振興機構研究開発戦略センター (JST/CRDS) 2023, カーボンニュートラル実現に向けた研究開発動向 (2023/08),
https://www.jst.go.jp/crds/sympo/20230825_IJ/pdf/TP20230825-2.pdf
- 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター (JST/LCS) 2023, 情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol. 5) (2023/02),
<https://www.jst.go.jp/lcs/proposals/fy2022-pp-05.html>
- 科学技術振興機構 (JST) 2023a, スマートエネルギーマネジメントシステムの構築, <https://www.jst.go.jp/sip/sems/>
- 科学技術振興機構 (JST) 2023b, ALCA-Next ホームページ, グリーンコンピューティング・DX 領域, <https://www.jst.go.jp/alca/field/field6.html>
- 化学工学会 2021, 地域連携カーボンニュートラル推進委員会ホームページ,
<https://www.cn.scej.org/>
- 環境省 2023, 脱炭素地域づくり支援サイト,
<https://policies.env.go.jp/policy/roadmap/preceding-region/>
- 経産省 2021, 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略,
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/index.html
- 経産省 2023a, 次世代の分散型電力システムに関する検討会 2023 中間とりまとめ (2023/03),
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/jisedai_bunsan/20230314_report.html
- 経産省 2023b, カーボンリサイクルについて (2023/06)
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/carbon_recycling/
- 経産省 2023c, 将来の電力需給に関する在り方勉強会, シナリオ策定に向けた

方向性 (2023/09),
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/denryoku_jukyu/index.html

堺屋 2002, 日本の盛衰, PHP 研究所 (2002)

資源エネルギー庁 2019, 2019—日本が抱えているエネルギー問題 (後編) (2019),
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/energyissue2019_2.html

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 2024, NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ (2024/03),
https://www.nedo.go.jp/library/battery_hydrogen.html

水素バリューチェーン推進協議会 2022, 水素ロードマップ (2022/08),
https://www.japanh2association.jp/pages/6060688/page_202205201049

総務省・経産省 2023, デジタルインフラ (DC 等) 整備に関する有識者会合中間とりまとめ 2.0 の公表 (2023/05),
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/digital_infrastructure/index.html

竹内, 伊藤, 戸田 2021, エネルギー産業 2030 への戦略, Utility3.0 を実装する, 日経 BP (2021)

地球環境産業技術研究機構 (RITE) 2024: カーボンニュートラルに向けたトランジションロードマップの策定 (2023 年度版) (2024/01),
https://www.rite.or.jp/system/global-warming-ouyou/download-data/FY2023sectorroadmap_rev.pdf

地球環境戦略研究機関 (IGES) 2023, 新レポート「IGES 1.5°C ロードマップ: 日本の排出削減目標の野心度引き上げと豊かな社会を両立するためのアクションプラン」発表 (2023/12), <https://www.iges.or.jp/jp/news/20231206>

陳ほか 2021, 日本におけるトランジション研究の現況と今後の展望, IFI Working Paper No. 9, 東京大学未来ビジョン研究センター

電力広域的運営推進機関 (OCCTO) 2023, 広域系統長期方針 (広域連系システムのマスタープラン) (2023/03)

内閣官房 2023a, GX 実行会議,
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/index.html

内閣官房 2023b, GX 実現に向けた基本方針参考資料 (2023/02),
https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/202-0210002_3.pdf

- 内閣官房 2024, GX 実行会議,
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/index.html
- 農水省 2021, みどりの食料システム戦略,
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/#Midorisenryaku>
- 林田 2024, 10 地域統合経済・電力需要予測モデルの需要想定への活用に関する予備的検討, 電力中央研究所研究資料, SE23508 (2024/04)
- 増井 2024, 脱炭素社会の実現に向けた将来シナリオの役割と課題, 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会第 12 期環境エネルギー科学技術委員会 (第 1 回) 資料
(2024/01)https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/110/siryu/mext_01722.html
- Checkland, P. B. 1981, Systems Thinking, Systems Practice, John Wiley & Sons, Ltd. (1981), 日本語訳高原, 中野監訳, 新しいシステムアプローチ—システム思考とシステム実践—, オーム社 (1985)
- Geels, F. W. & Kemp, R2007, Dynamics in Socio-Technical Systems: Typology of Change Processes and Contrasting Case Studies, Technology in Society, 29, 441/455 (2007)
- Funabashi, M. 2023, Towards SoS Evolution Management for Developing Smarter Cities: Social Significance and Approaches, 165/178 in T. Kaihara et al. (Eds), Innovative Systems Approach for Facilitating Smarter World, Springer (2023)

SIC戦略提言-IV

ロジスティクス分野におけるシステム設計
の提案

システムイノベーションセンター

2025年3月発行

v.2.0

SIC 戦略提言-IV

「ロジスティクス分野におけるシステム設計の提案」要旨

2024年問題を契機とした政府の近年の物流分野の検討や制度改革の動きは目をみはるものがある。「2020年代の総合物流施策大綱」では「物流DX」が政策の第一の柱として打ち出された。さらに経済産業省は、物流を荷主間の取引を含む「ロジスティクスシステムと捉えるべきとの考え方を示し、近年当該領域での「システム変革のモデル」として注目されている「フィジカルインターネット」を政策として採用、世界に先駆け国家としてのロードマップを発表した。同時に制度改正により、大手荷主等約3000社へ「物流統括役員CLO（Chief Logistics Officer）の設置を義務づける」こととなった。これまで荷主企業には物流を統括する役員が不在の場合が多かった。このことは、物流システム変革の最大の阻害要因として指摘されてきた「商慣行」からの脱却が容易ではなかった大きな理由の1つと考えられる。このため、政府のこの制度変更は的を射ていると高く評価したい。

一方、わが国のロジスティクス分野、物流業の生産性（1人当たり付加価値額）は単純比較では米国の43%程度で生産性は低い。小売・流通産業の生産性は32%とさらに低い。仮に広大な国土で人口密度が低く、流通や物流には不利な地理的環境である米国並みの生産性へのシフトが可能となれば、ロジスティクス分野では現在の2倍以上の生産性向上が見込めるということになる。改革の余地は極めて大きい。日本におけるロジスティクス分野のシステム改革はまさにこれからである。

本提言は、ロジスティクス分野における「システム」の設計についての提言として、4つの視点から以下に示す7つの提言をとりまとめた。さらに、この結果、台頭が期待される2つのタイプの「エコシステムドライバー」事業モデルについても補論として言及している。関係各社の参考になれば幸いである。

§ 1 システムの設計のリーダーシップと機会主義の排除

提言1：物流統括役員（CLO）の設置と業界横断の各種標準化検討会議の設置

提言2：業務（OP）レベルの契約締結による機会主義の回避と投資リスクの低減

§ 2 システムの全体機能設計 ～制御モデル～

提言3：物流・流通機構全体への制御モデルの導入

§ 3 システムのビジネス構造設計 ～階層（モジュール）化とコンポーザブル化～

提言4：ロジスティックス産業の（ビジネス）システムの階層構造化

提言5：ロジスティックス支援産業（「イネーブラー産業」）のスケールアウトを可能とする標準化

§ 4 システムの空間構造設計首都圏環状構造と IC 周辺の OCDC 整備

提言6：首都圏環状型の大型流通物流空間の整備による輻輳物流の削減

提言7：新技術の利用が容易なインフラ環境の整備

（2両連結・隊列走行・自動運転（長距離幹線輸送サービス）他）

本提言報告書では、これらの提言の背景とその実現に向けた検討を述べる。

SIC 戦略提言「ロジスティクス」サブワーキンググループ

メンバー：

リーダー：	藤野 直明	野村総合研究所
アドバイザー：	西成 活裕	東京大学
アドバイザー：	河合 亜矢子	学習院大学
メンバー：	熊谷 研一郎	野村総合研究所
同：	濱田 大器	テクノバ
同：	鈴木 英樹	株式会社 MTI（日本郵船 Gr）
同：	藤岡 健太郎	東芝デジタルソリューションズ （株）
同：	畑福 康人	東芝デジタルソリューションズ （株）
同：	櫻田 崇治	ロジスティード株式会社
同：	澤野井 明裕	三菱重工業（株）

目次

(ここに記載のページ数は、「戦略提言-IV」内でのページで、“IV-”で表す。)

1. ロジスティックス分野のシステムイノベーション提言の背景	1
2. ロジスティックスを巡る現状の分析	5
1) 日本のロジスティックス分野の現状	5
2) 加工食品を例とした業務 (OP) についての問題分析	7
3. フィジカルインターネット構想の概要と示唆	11
4. ロジスティックス分野におけるシステム設計の提案	14
提言 § 1 システムの設計のリーダーシップと機会主義の排除	15
提言 § 2 システムの全体機能設計 ～制御モデル～	17
提言 § 3 システムのビジネス構造設計 ～階層 (モジュール) 化とコンポーザブル化～	21
提言 § 4 システムの空間構造設計～首都圏環状構造と全国IC周辺のOCDC整備～	28
5. 補論	32
5-1 3PL (荷主のCLOのエージェントサービス) の台頭	32
5-2. ロジスティックス・システム・プラットフォーマー (=所有権の移管と輸送の分離)	32
5-3 卓越システムとしての検証	33

1. ロジスティックス分野のシステムイノベーション提言の背景

<わが国のロジスティックス分野の生産性の低さ>

物流業の生産性（1人当たり付加価値額）は米国の43%程度、小売・流通産業の生産性は32%とさらに低い。仮に広大な国土で人口密度が低い米国並みの生産性へのシフトが可能となれば2倍以上の生産性向上が見込める。生産性向上の余地は大きいのではないか。

ロジスティックス分野を構成する流通・物流・運輸産業は巨大な企業活動のネットワークを形成している。農業や製造業が生産したモノを利用者に届け価値を創造する産業と考えれば、金融、通信やエネルギー産業と同等のインフラ産業として位置づけられるべきであり、当該産業の生産性は産業全体の発展にも大きく影響を与える重大事項と考えられる。もし、かりに当該産業の生産性が低いままにとどまるとしたら、大企業を含めて今後も設備投資や技術導入などへの投資が進まないことも予想され、当該領域でのイノベーションの停滞が予想される。ドライバー不足が問題とされる2024年問題の解決よりも大きな問題がそこにある。

<俯瞰的な「システム」としてのアプローチ～2024年問題の先にある未来～>

システムイノベーションセンターでのロジスティックス関連の戦略提言活動では、なぜ技術先進国日本において、当該産業の生産性が低いのか、また生産性が低いまま放置されているのか、さらに生産性向上のためにはどのような論点が重要なのかについて、当該産業を「システム」として捉えることで解決策を検討した。このため、2024年問題についての深い分析、例えばどの地域でどの業種でトラックドライバーが不足するかといった短期的な問題はあえて取り扱わないこととした。

<政策の動向についての基本スタンス>

しかしながら、この数年物流業界で大きな話題となってきた2024年問題を契機とした日本政府の近年の検討や新規制度の導入の動きは「システム」としてロジスティックス分野をみる場合にも目をみはるものがあると考えられる。まず「2020年代の総合物流施策大綱」においては「物流DX」が施策の第一の柱として打ち出された。さらに経済産業省は、ロジスティックス分野全体をシステムと捉えて大胆なシステム変革のモデルとして、欧米で注目されている「フィジカルインターネット構想」の国家としてのロードマップを世界に先駆け発表した。また約3000社という荷主企業等への「物流統括役員の設置を義務とする制度改正」を行った。こうした政策は的を射ていると本提言活動では高く評価している。

もちろん、民間企業の経営層の中には「物流分野で役員ポストを設置しても全て外注しているのだからコスト管理程度しかやることはない。役員を設置するほどの役割が果たして物流分野にあるのか」、また「フィジカルインターネット構想は物流を公共事業と考えているのではないか。非現実的だ。トラック事業者間の厳しい競争環境をご存じないのではないか。物流産業は容易には変わらない。」といった批判も多いようである。2倍以上の生産性の格差を「システム」の変革により是正しようとしている政策当局の意図は必ずしも容易には理解されるわけではないようである。

<ロジスティクス分野への投資家の考え方>

REIT (Real Estate Investment Trust : 不動産投資信託) を利用して巨大な物流施設を整備している物流不動産業界や海外の投資家の日本の物流産業への長期的な見方は、これとは対照的である。「日本のロジスティクス分野の生産性の低さは、大きなビジネスチャンスである。少なくとも首都圏の人口が激減することは当分ない。欧米のケースから考えると小規模な倉庫や物流センターはいずれ大規模な物流センターに置き換えられるはずである。日本の物流施設への投資は収益確保へ繋がる大きな事業機会だ」という考え方は現実である。既に首都圏を周回する国道16号沿線や圏央道周辺、地方でも中枢都市近郊にはREITを利用した大規模物流施設の整備が急ピッチで進んでいる。

<新たな課題～デジタルプラットフォームによるトレーサビリティへの要請～>

ロジスティクス分野での課題は生産性の向上だけではない。カーボンフットプリント (CFP) やサーキュラーエコノミーを巡る欧州委員会や国連のSDGs関連の動きにも注目するべきであろう。プラネタリーバウンダリーの問題が指摘されて既に久しいが、運輸分野は、炭素排出量を巡り約1/3の責任がある重要な分野でもある。さらに物流産業には単に荷主に対して廉価な運輸サービスを提供するだけではなく、あらゆる物資のトレーサビリティ (物流履歴) を確保するためのデジタルプラットフォームによるトレーサビリティサービスが要求されてきている。この要求に際して、EU発で新しいタイプの「データ連携基盤 (Gaia-X やデータスペース)」が提案されている。欧州市場ではCFPを細かな粒度でデジタル基盤により常に定量的に把握することを義務とするDPP (デジタルプロダクトパスポート) が、EVの電池 (バッテリーパスポート) を皮切りに、アパレルや電子部品等、順次ほとんどの産業へ義務付けられようとしている。日本への影響も無視できない。もし対応が後手に回れば日本で製造した商品の欧州市場での競争力の維持は難しくなるだろう。もちろん製造業にとっても原材料から出荷後を含む運用段階でのトレーサビリティの向上は、リコール対応はもとより全製品ライフサイクルをカバーする品質管理水準の一層

の向上、様々なエンジニアリング力の向上にとっても極めて効果的であり重要である。こう考えると、物流産業の生産性の向上と新しいタイプのトレーサビリティの向上は、日本の産業、つまりロジスティックス産業の顧客である「荷主の視点」からみても極めて重要であることがわかる。

<本提言の基本的スタンス>

本提言の基本スタンスは、なぜ技術先進国日本において、当該産業の生産性が低いのか、また生産性が低いまま放置されているのか、さらに生産性向上のためにはどのような論点が重要なのかについて、当該産業を「システム」として捉えることで解決策を検討した。

「システム」としての検討は、下記4つの視点からの設計問題として取り扱うこととした。

- ① システムの設計のリーダーシップと実現主体の動機づけについて
- ② システムの全体機構の設計（外部システムとの調整機構、内部機構）について
- ③ システムをサブシステムに分解し統合する内部構造（アーキテクチャ）設計について
- ④ システムの空間構造設計について

検討の結果、以下の7つの提言を行うこととした。これら7つの提言は政府の「フィジカルインターネット実現会議」他、政府機関他の各種会議で提言されていることとも一部類似しているが「本提言」では、あらためて全体として機能する一連の「システム設計」として整理した。

提言の概要

§ 1 システムの設計のリーダーシップと機会主義の排除

提言1：物流統括役員（CLO）の設置と業界横断の各種標準化検討会議の設置

提言2：業務（OP）レベルの契約締結による機会主義の回避と投資リスクの低減

§ 2 システムの全体機能設計 ～制御モデル～

提言3：物流・流通機構全体への制御モデルの導入

§ 3 システムのビジネス構造設計 ～階層（モジュール）化とコンポーザブル化～

提言4：ロジスティックス産業の（ビジネス）システムの階層構造化

提言5：ロジスティックス支援産業（「イネーブラー産業」）のスケールアウトを可能とする標準化

§ 4 システムの空間構造設計首都圏環状構造と IC 周辺の OCDC 整備

提言 6：首都圏環状型の大型流通物流空間の整備による輻輳物流の削減

提言 7：新技術の利用が容易なインフラ環境の整備

(2 両連結・隊列走行・自動運転 (長距離幹線輸送サービス) 他)

これらの実現によって、近未来のロジスティクス産業の構造は、①「システムのインテグレーターとしての 3PL 事業者」の台頭、②流通+物流産業をカバーする「ロジスティクスプラットフォーマー」の台頭 (=運ばない物流産業) の大きく 2つのエコシステムドライバーと呼ぶべき、デジタルビジネスモデルの台頭が期待できる。

2. ロジスティクスを巡る現状の分析

ロジスティクスに関わる産業を「システム」として検討するには、少なくとも下記の4つの視点から考察を加えていくことが重要と考えられる。

- ①できるだけ時間的空間的に俯瞰した立場から、また対象を取り巻く環境を含め検討すること。国際比較を行い国内の常識に囚われずできるだけ客観的な分析を行うこと。
- ②マクロ的な分析に留まらず、可能な限り具体的な業務オペレーション（以下 OP）についての分析を踏まえた検討を行うこと
- ③業務 OP の分析は、なぜそのような業務 OP が採用されているのか、それを支える背景についての構造分析を踏まえて検討を行うこと。業務 OP の背景の構造とは、企業組織の構造、組織のマネジメント（組織設計：部分組織への目標管理と責任と権限の設計）、組織の責任と権限の設計、投資意思決定の仕組み、業績評価の仕組み、企業間の取引形態（アライメント）、ロジスティクス産業のビジネスモデル、新技術（自動運転、マテハン設備、最適化技術）や IT、特に企業間の情報交換を行う共通のデータ連携基盤についての分析などである。
- ④当該産業に関わる広範な産業、すなわちユーザー産業やイネーブラー産業を含めた視座を持つこと。ロジスティクス分野の支援技術産業である輸送機械産業（トラック製造業）、マテリアルハンドリング産業、物流不動産産業、関連 IT 産業を含めた検討とすること。

1) 日本のロジスティクス分野の現状

前述のように、日本のロジスティクス分野は、生産性が低く改善の余地は大きいと考えられる。CFP やトレーサビリティなどサステナビリティへの貢献も期待されている。一方、ロジスティクスに関する技術革新の話題は豊富である。自動運転・隊列走行などトラックへの新技術の導入、ロボットや AGV、高速のケース自動倉庫などのマテリアルハンドリング設備などの技術革新も進んでいる。さらに、クラウド技術の進展もあり、IT やデジタル、AI など、特に高速の最適化アルゴリズムにより、ネットワーク最適化、生産計画最適化、配車最適化などの意思決定についての広範囲で巨大な規模の最適化技術が短期間で安価に利用可能となってきた。マクロ的にみれば、まさにイノベーション前夜ともいえる。実際、海外の機関投資家を中心として日本の大規模な物流センターを中心とする物流不動産（REIT）への投資は首都圏を中心に全国の中核都市の IC 近郊の物流不動産に及んでいる。

こうしたマクロ的な視点からみた楽観論に反して、例えば REIT を利用した物流不動産の大規模な物流センターにおいても、物流センター内のマテリアルハンドリング設備への投資は進んでいない。物流センターのユーザーでもある 3PL、物流サービス提供企業もマテハン設備への投資は「稼働率が低くなかなか採算がとれない。投資には大きなリスクが伴うために必ずしも投資に積極的にはなれない。」との指摘がある。

もともと 2024 年問題は「ドライバーの高齢化とドライバー不足」が顕在化した問題として指摘された。トラック事業への「参入規制の緩和により新規参入が拡大、運賃や価格が低下したため生産性が低下し、ドライバーの報酬が上がらなかった」ことが直接の原因と推測されるが、ドライバーの高齢化自体は 30 年前から指摘されていた現象である。トラックの積載率と回転率、物流センターなどの固定資産やドライバー（人的資産）等の資産稼働率の低さが長年続いている現実を見る限り、むしろ問題は放置されていたと言えなくもない。市場メカニズムでは解決できない閉塞が存在しているのではないだろうか。また、この分野のシステム設計の責任者は誰だったのだろうか。なぜ、運輸産業には宅配便以外のイノベーターが登場しなかったのだろうか。

(分析の方法 ～加工食品物流を例にとった分析と仮説としての汎用化～)

上記のような疑問に対する分析は、できるだけ具体的なレベルで行うことが必要であろう。一方、物流や流通は荷主の産業（加工食品、日用雑貨、生鮮（魚介、肉、野菜果物）、医薬品、化粧品、鉄鋼、化学品、自動車、アパレル、書籍、住設備、電力関係・・・）により、その実態は多岐に及び、それぞれごとに固有の事情が存在しているとも考えられる。ロジスティックス分野の分析が容易ではない理由の 1 つがここにある。細部に入り分析を行うと産業の個別事情の複雑さに翻弄され、「システム」としてのロジスティックス分野の分析が逆に難しくなるというわけである。

本フォーラムの限られたリソースで多様な業種全てを扱うのは困難である。このため、ドライバー不足で最も大きな問題を抱えているといわれる「加工食品物流」を取り上げて分析を行い、その上で少し大胆な仮説として「システム」の視点から見たロジスティックス分野のシステム設計について提言を行うこととした。これは、具体的な議論を抜きに提言をまとめることは「システム」としての検討には些か不十分の誹りを免れないと考えたためである。幸い、本分科会のメンバーは長年あらゆる産業のロジスティックス分野で経験を積まれた日本有数のプロフェッショナルから構成されており一般化できるかどうかはフォーラムの議論の中で解消されると考えている。

もちろん、加工食品が、全産業を代表する十分なサンプルとなりうるかど

うかは読者の批判に委ねざるを得ない。この点をご留意いただきたい。

2) 加工食品を例とした業務(OP)についての問題分析

冒頭でマクロ的な分析に留まらず、具体的な業務オペレーション（以下OP）についての分析を踏まえた検討を行うことの重要性についてふれた。以下では、「総合物流施策大綱会議」や「フィジカルインターネット実現会議」でも話題となった「加工食品物流」を例とした分析を行った。分析からの示唆は大きく下記の5点である。

(1) 荷主間の契約に物流業務(OP)関連項目が乏しく機会主義が発生していること

- ・荷主間（例：バイヤーと営業）での「いわゆる商慣行」では「契約内容に事実上物流業務（OP）関連の項目が欠如」し、機会主義（受け荷主側メリット）が発生しやすく、物流主体では、生産性向上努力に対する動機に乏しい状態におかれていること。
- ・加工食品での「いわゆる商慣行」は店着価格取引で、物流OPの内容は明示的に契約項目にはない。店までの納品物流は送り手側の責任である。このため仕入価格決定後は買い手である小売の要求、つまり受け荷主の物流OPへの要求（例：毎日発注翌日納品や庫内業務（※））を受け入れざるを得ない状況に陥りがちである。通常は、交渉の場すら設けられない。（機会主義の発生）

※受け荷主の要求でバース到着後、軒先渡しではなく、物流センターのラックまでのフォークリフトでの格納作業までを担うこともあるとのことである。

※例えば、早朝に物流センターに到着したが、先に着いたトラックが2台あるとトラックの待ち時間が5時間、さら2時間半の荷卸し業務をドライバーが行うという状態が発生している。

- ・店着価格取引であるため、多品種化に伴い、多品種少量生産・多頻度小口納品などが加速することによる物流業務負荷の拡大については、バイヤーと営業との間での価格交渉のテーブルで議論になることは無かった。物流センターでの業務負荷は川上の製造業や卸業の負担だというのが、長年の小売側の認識である。

(2) 計画的な業務とはなっていないこと

- ・毎日発注翌日納品（※）では、計画的な業務を行うことにより各種設備の稼働率を向上させることが難しい。これでは物流担当主体には一種の閉塞

状態が発生しているといえよう。つまり、物流に関わる業務は計画的に行うことが容易ではなく、毎日のスポット取引で、一日バッチ、一日サイクルである。このため、仮にマテハン設備に大きな設備投資を行った場合、長時間のアイドリング（設備の未稼働）が発生しがちであり、かつこのアイドリングは自社のカイゼン努力では解消できない問題になる。このため、物流設備や IT への投資の合理性（ROIC の確保）が乏しい状態に陥っている。

※正確には「セルワンバイワン毎日発注翌日納品・店別通路別棚別・複数賞味期限混載・賞味期限逆転 ZERO・誤差 30 万分の 1」

(3)俯瞰した視座からの「システム全体の設計力・設計主体」の欠如

- ・サプライチェーン全体からみると川上にムリムダムラが発生し、コスト増になっている。発注側は仕入価格を先に決定しているため、みかけ上発注側はこれらのコストを自覚していない危険性も高い。
- ・欠品回避と在庫抑制のジレンマから採用された「毎日発注翌日納品セルワンバイワン」方式の自動補充発注システムの採用により検品やピッキングの業務負荷拡大が発生。

※物流視点で考えると一番効率的な「不定期定量正パレット単位（いわゆる EOQ での発注・計画日納品・メニュープライス）オーダー」は通常採用されていない

※「物流センター運営主体からみると、営業からの指示である「極力欠品を回避」しつつ、同時に財務からの指示「在庫最小」に対応するために、みかけ上効率的にみえる「毎日発注翌日納品セルワンバイワン」が安易に採用されたのではないか（仮説）

※この傾向は、近年「自動補充発注システム」が導入された後顕著になっている。

※この方法では物流センターでの検品業務やピッキング業務の負荷が増大、非効率となりコスト増を招く。一方、センター管理には ABC（行動基準原価）が採用されておらず、通過金額フィー方式での一括支払いのため、検品やピッキングの費用、トラックの回転率の低下傾向は荷主（小売）の物流担当部長からは見えにくい数字となっていた。これはおそらく加工食品産業だけの特徴ではないと考えられる。

(4)「荷主企業群と物流業界」との間で「業務プロセスや IT の標準化」を協議する場が乏しく業種横断の EDI の標準が確立していない。このため「ネットワーク効果」

が発揮できない構造が放置されている。この構造は、単独企業では解決できない。

- ・ 多数対多数の業界間で「いわゆる商慣行」を改善、「業界横断型での標準的な業務プロセスを確立し継続的に改善していく場が存在しない。
- ・ 流通・物流産業は、多対多のネットワーク型産業であるため、「生産性向上」のための各種業務改善（計画業務を含む）を荷主、物流事業者、取引先と行うのは、単独企業では難しい状況にある。
- ・ 特に、長距離トラック業の立場では、復路（帰り荷）では往路とは別の業種での荷主に対しアドホックに対応できることが有効である。このため業界を横断する標準的な業務プロセスと ED が生産性向上を図るうえで極めて重要となる。

<参考:海外の中小物流事業者のエンタープライズシステムを巡る状況>

- ・ 一方、アジアを含め海外では 90 年代半ば以降に設置された多数対多数での流通・物流産業の業種を横断する「企業間業務プロセスの標準化、企業間 EDI、インターフェイスの国際標準化、システム基盤の設計を検討し、仕様を公開するプラットフォーム（ECR 組織）が設置された。
- ・ また、企業間の業務設計や改善は JBP（ジョイントビジネスプラン）と呼ばれる双方の関連役員（営業とバイヤーだけではなく、物流（SCM）、IT、経営企画、COO など）が一堂に会した場で長期的なプランについて調整することが常識となっている。

<参考:日本での業務プロセスの標準化と運輸事業者の EDI 利用の阻害要因>

- ・ ECR 組織に類似の組織は日本では設置されていない。（類似組織はあるが業種別であったり物流は対象外であったりと必ずしも十分ではない）
- ・ GS1-SSCC-ASN や CPFR などの国際的には標準的な業務プロセスは、日本では一部企業（イオン）では試みられたが業界へ広く展開することは無かった。
- ・ その他企業においては、各種企業間インターフェイスの標準化（業務プロセス、荷姿や IT の標準化）などへの取組の動機も弱く、標準化活動は停滞し標準化が遅れた。
- ・ このため、業種横断でムリムダムラを改善し、業務負荷平準化を行うことは容易ではなかった。
- ・ また、荷主業界間での商取引 EDI と荷主と物流産業との間での物流 EDI とが連携がなされていない。物流 EDI の標準に商取引 VAN 事業者が対応していない。
- ・ 上記課題を解決するために、政府の SIP（戦略的イノベーションプログラム）

では「商流・物流データベース基盤」が構想されたが、短期間での開発とコンセンサス形成が容易ではなかったため本格的な利用には至らなかった。この理由については様々な意見がある。

(中小運輸企業の IT 投資の経済性と標準化の重要性)

- ・標準化の遅れは、ひいては中小運輸企業の IT 投資が遅れている原因ともなっている。これは、多数の業種にわたる荷主と取引する際に、業種により異なる多数の業界 VAN（付加価値通信網）へ予め加入し、その基本料金を払い続けるというのでは ROI が乏しい、
- ・このため運輸業では「荷主企業との間の EDI などの情報連携のための IT 投資の経済効果」は乏しいという状況がある。中小企業においては、IT 投資の経済合理性に乏しいために EDI を活用していないわけなのである。投資余力が乏しいために IT への投資ができないわけではなく、荷主の業界を横断する IT インターフェイスの標準化がなされていないことが、中小企業が EDI を利用しない原因と考えられる。
- ・SIC の流通分科会では、企業間の EDI 連携をサービスとして行っている企業から、業種によって、また企業によって微妙に異なる EDI 連携の実態が問題提起され、その複雑さが連携コストに反映せざるを得ないことが提示された。

(5) 改善の責任者(物流統括役員(CLO))と業種横断での改善推進機関(CLO 協議会)の不在

- ・こうした問題が長年放置されていた理由は、責任者（物流統括役員：CLO、CSCMO など）の不在が大きな要因と考えられる。
- ・社外との間で一定の権限を有し、業務プロセスや OP 契約を推進していくことは、社内の各部門との間での調整が必要となる。これは荷主の物流担当部長や運営を受託しただけの卸業の物流センターのセンター長では事実上難しかったのではないかと。
- ・実際、2024 年の国際フィジカルインターネット会議で「日本では政府の施策として CLO 設置が義務付けられる」という紹介をしたが「ということは日本ではこれまで CLO は設置されていなかったのか？」という驚きの声が上がった。
- ・ECR、VICS、GS1 などの業種横断で、各社の CLO が集結して議論を行う、いわば改善推進機関（コンソーシアム）の設置は極めて重要と考えられる。

3. フィジカルインターネット構想の概要と示唆

- ・物流を、流通を含む「ロジスティックス」をシステムと捉え、大胆なシステム変革のモデルとして注目されている「フィジカルインターネット」(=PI) 構想(※)がある。将来実現すべき物流産業ビジョンとして日本政府も推進している。特に、世界で初めて日本が政府としてフィジカルインターネット推進へ向けて長期のロードマップを作成したことは海外からも高く評価されている。
 - ※フィジカルインターネットとは <https://youtu.be/DD1z5PBe7Kk>
 - ※「日本政府のフィジカルインターネットロードマップ提言」について https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/physical_internet/pdf/2024_001_05_00.pdf
- ・「PI 構想」のアイデアは、パケット通信をモデルとして「荷姿」を PI コンテナに標準化することで、混載を容易とし積載効率を格段に向上させ、同時に物流センターのマテハン(物流機器)の標準化の推進を図ろうとするものである。「トレーサビリティ」については、PI コンテナをこれまでのコンテナを含んだ入れ子構造を有する多重カプセル化することで、GS1の物流標準をそのまま踏襲することで対応できる仕組みである。
- ・荷姿の標準化はマテハン設備の標準化に貢献、設備投資のリスクを抑制する。さらに計画的な物流業務へ移行することでムリムダムラの削減を行い、併せて物流資産のシェアリングなどを推進することにより、物流資産の稼働率を格段に向上させ、投資収益性(ROIC)を上げる。こうして物流資産やマテハンへの設備投資を促進できるというわけである。
- ・さらに計画的な物流市場へ移行することが重要となる。実際の物流手配市場は、日本では常識である「スポット市場での翌日配送」という市場とは異なる。この点は日本の荷主や運輸関係者には移行が難しいと映るかもしれない。
- ・荷主は計画的に物流業務を行い、物流資産の稼働率を向上させる。物流サービス主体は、複数のロジスティックスニーズを、計画的に統合することで積載効率と稼働率とを同時に上昇させ生産性を向上させようというアイデアである。
- ・日本政府は長期の PI ロードマップを作成している。このアイデアを加速させ実現していくことには大きな可能性があると考えられる。

(PI 構想に対する批判的な意見について)

- ・もちろん PI 構想には批判もある。例えば「荷主が計画的な対応をしてくれ

るわけがない。非現実的だ」という運輸産業側からの意見は根強い。もちろん荷主への認知と理解を広めていくことは極めて重要であろう。既に、政府は「荷主に物流統括役員（≒ロジスティクスオペレーション全てを統括する CLO、CSCM オフィサー）を義務付けた。CLO により、計画的でムリムダムラが削減され、平準化されるのであれば PI の実現に一步近づくのではないだろうか。政府からの PI 構想の提示と荷姿やコミュニケーションプロトコルの標準化が進み、民間事業者からの計画市場サービス（今のエアラインや海上コンテナ輸送と同じサービスである）の提供がなされれば比較的自然と変革は進んでいくと期待している。

- ・ PI 構想への批判として次に多いのが「政府が公的で独占的なサービスを提供することは健全ではない」というものである。政府が推進するのは、いわゆるインフラ整備や、物流に関わるイノベーションの責任主体の明確化、各種の「標準化」の推進である。実際にサービスを提供するのは民間事業者であり、飽くまで市場経済下での競争が前提である。実は、既に「国際貿易物流（航空、海上輸送）分野」では民間事業として市場経済の下で PI の考え方が実現している。このため PI 構想が「政府が公的で独占的なサービスを提供しなければ実現は難しい」という指摘は誤解であろう。
- ・ 複雑な業務処理が必要で、それゆえに国内よりも先行し各種の標準化が推進され、高度に発達した「国際貿易物流サービス産業」が過去半世紀にわたり台頭してきた。背景には荷姿の国際標準である海上コンテナ輸送や航空コンテナ輸送の登場により生産性が飛躍的に向上したことがある。さらに国際貿易物流に関わる企業間・産業間・国際間の書類処理手続きは、国連標準の EDIFACT と米国 ANSIX.12 との相互マッピングが 1989 年に完成し、事業所コードの運用保守体制も完成（日本では JASTPRO：貿易手続き簡易化促進協議会が発番と運営を担当：既に国内 10 万事業所の ID を運用している）、業務プロセスまでもが国際標準化されている。国内輸送だけが標準化できないという考え方こそ、再考されるべきではないだろうか。
- ・ 国際貿易物流分野の発展の歴史を振り返れば「フィジカルインターネット」の発想は非常に自然なサプライチェーン全体の生産性向上策と考えられる。

<海外での企業間 EDI の国際標準化の動向と新しいビジネスモデルの台頭>

- ・ シンガポール港湾局（PSA インターナショナル）では国際標準の EDI にいち早く対応したコンテナターミナルの運営サービスを世界に先駆けて提供している。既にアジアだけでなく、ヨーロッパと米州まで事業を展開 16 か国・約 40 の港湾でターミナルオペレーションを受託しサービスしてい

る。当該事業はソフトウェアを中心とした事業であるため高い収益率を誇っている。荷姿と企業間通信プロトコルの標準化が新たなビジネスモデル創造の基盤として大きな威力を発揮したことがよくわかる事例であろう。

- また、海外の物流事業者では、EDI の国際標準化が進んでいることを背景にして中小企業でも安価な SaaS を利用して複雑で高度な業務を実現している企業（※）も出てきている。

※ https://www.youtube.com/watch?v=jw0DIMWxC_g&ab_channel=Acclivis

※海外の物流事業者の日本法人の例：OIA Global Japan on Cargo-Wise

https://youtu.be/H5pB1K6p-o0?si=pAj0XRpJ_VV7ZD7c

（開始2分の部分をご覧ください）

4. ロジスティックス分野におけるシステム設計の提案

以下では、これまでの分析を踏まえ、大きく4つの視点、具体的には「システムの設計のリーダーシップと実現主体の動機づけ」、「システムの全体機構設計（外部システムとの調整と全体機構）」、「システムをサブシステムに分解し統合する内部アーキテクチャ設計」、「システムの空間構造設計」について提言を行う。

まず重要な視点が「システムの設計のリーダーシップと実現主体の動機づけ」である。ロジスティックス分野を「システムの視点で俯瞰する際、まず問題となるのは「一体、誰が設計し実装（投資・所有・運営）すべきシステムなのか。つまり責任主体は誰なのか」ということである。結論を先取りすると「これまでは、荷主企業に CLO が存在していなかったためにシステム設計の責任主体が必ずしも明確ではなかった。今後は CLO、及び CLO から構成されるコンソーシアムがリーダーシップを発揮すべき」ということになる。「いわゆる商慣行」という日本にしかない言葉は、リーダーシップ不在の結果生じた日本のロジスティックス分野の宿痾といえる。

次に「システムの機能の全体設計」である。企業単位ではなく、物流と流通を総合したロジスティックス産業全体でみた場合に、果たしてどのような機能を実現していくのか、あるべき機能はどのようなものかということである。現段階の結論は「環境変化に機敏に適応していく長期中期短期、3 階層での制御機構として機能すること」と考える。

さらに、システムの内部構造、つまりサブシステムの構成、モジュール機能構成をどのように設計すべきか、具体的にはビジネスの構造設計である。産業内のサブシステムとしてのビジネスモデルのモジュール化と相互運用可能なインターフェイス設計によるコンポーザブル化をどう実現していくか、という視点と言い換えてもよい。デジタル技術の発展により、スケールアウトできるようにビジネスモデルが再編されると考えられる。既にその萌芽は出現している。

最後に「システムの空間構造設計」である。流通・物流から構成されるロジスティックス分野は、生産性が空間構造に強く影響を受ける分野である。本来、比較的人口密度が高い日本は流通や物流領域では生産性が高くてもおかしくはないが、さすがにインフラとしての計画的な流通・物流空間の設計なしに市場メカニズムに任せるだけでは「市場の失敗」が起きかねない。本提言では、具体例として首都圏環状構造に立地が進む大規模な物流センターをうまく生かし、ロジスティックス分野での首都圏環状構造の強化による中心部の輻輳物流の削減と全国の IC 周辺への中長期の計画的な OCDC（オープンクロスドックセンター）整備を提案したい。

提言

§1 システムの設計のリーダーシップと機会主義の排除

提言1:物流統括役員(CLO)の設置と業界横断の各種標準化検討会議の設置

提言2:業務(OP)レベルの契約締結による機会主義の回避と投資リスクの低減

§2 システムの全体機能設計 ～制御モデル～

提言3:物流・流通機構全体の業務機能に対する制御モデルの導入

§3 システムのビジネス構造設計 ～階層(モジュール)化とコンポーザブル化～

提言4:ロジスティクス産業の(ビジネス)システムの階層構造化

提言5:ロジスティクス支援産業(「イネーブラー産業」)のスケールアウトを可能とする標準化

§4 システムの空間構造設計首都圏環状構造とIC周辺のOCDC整備

提言6:首都圏環状型の大型流通物流空間の整備による輻輳物流の削減

提言7:新技術の利用が容易なインフラ環境の整備
(2両連結・隊列走行・自動運転(長距離幹線輸送サービス)他)

§1 システムの設計のリーダーシップと機会主義の排除

「システムの設計のリーダーシップ」の所在はこれまで必ずしも明確ではなかった。荷主では物流管理部長が物流担当ということが多く、この場合目標KPIは物流原価率の対前年比での低減とされていた。これでは中長期的な物流資産(例マテハン)への投資を積極的に行うことや、荷主企業間の契約として物流業務(OP)レベルでの契約項目を盛り込むことを、営業や調達の役員を差し置いて役員会議で提言することは必ずしも容易ではなかったと推測される。

また、物流業界全体としては荷主企業との(業界横断での)規約作成や標準化を推進することが重要である。このレベルの検討会議には荷主企業の役員クラス(CLO)の出席は必須と考えられ、物流実務に詳しい役員による検討会議

が設置されることが重要である。CLO が登場することにより、はじめて荷主企業間の標準的な契約として物流業務（OP）レベルでの契約項目が導入でき、各種の機会主義からの脱却が可能となる。契約による機会主義の排除が可能となることで各種投資へのリスク低減が可能となり生産性向上への投資が進むことが期待できる。

提言 1: 物流統括役員(CLO)の設置と CLO から構成される業界横断の各種標準化検討会議の設置

政府は既に物流統括役員（CLO）の設置を法制化した。CLO の主な役割は、①自社の供給連鎖全体のネットワーク設計、物流センターやマテハン設備、ソフトウェアへの投資起案、②社内業務プロセスの設計と改善責任、③機会主義を排除した OP（オペレーション）契約（INCOTERMS や CPFR 等）の導入、および④企業間業務や荷姿、IT 等の各種標準化の推進が挙げられる。これにより各企業の ROIC の向上に貢献することが求められる。

ロジスティクス分野は、相互に依存する多様な業種から構成され、かつ顧客である荷主も多様な業種に及ぶため、業種を横断した業務改善や標準化が生産性に大きな影響を与える。このため、改善や改革の責任と権限を有する業種横断の CLO から構成される会議体「例：CLO 協議会」を組織し、業種横断での各種の標準化をリードすることが効果的と考えられる。

先行する GS1、CGF、ALICE 他国際的な標準化活動の海外情報収集を積極的に行い、ハイテク技術を活用した変革を業界横断で推進する仕組みを構築すべきである。

提言 2: 業務(OP)レベルの契約導入による機会主義の排除と投資リスクの低減

「総合物流政策大綱」では、従来「いわゆる商慣行の改善」の必要性が指摘されてきた。例えば、発荷主との契約はあるが受け荷主との契約が無い輸送事業者が納品時に事後的に荷卸しや庫内業務を指示される結果、トラックドライバーの物流センターでの待ち時間が長期化し、トラックの回転率も著しく低下するという現象が生じているのは、これが「商慣行として常識とされているから」との指摘である。しかしながら、本提案では「商慣行の改善」ではなく、「業務（OP：オペレーション）レベルでの契約の導入」で問題解決を図るべきと考える。

既に、国際商工会議所の INCOTERMS（※）では、発荷主と受荷主間の輸送責任範囲を明確化する標準規約が提示され毎年更新されている。荷主間での INCOTERMS に沿った FOB や CIF 等の業務（OP）レベルの契約締結がなされることにより、はじめて発荷主と輸送事業者との間で契約内容が共有でき、物流サービス事業者は対等なパートナーとして機会主義を回避した輸送契約

(メニュープライシング等) が可能となる。

※INCOTERMS :

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%82%B3%E3%82%BF%E3%83%BC%E3%83%A0%E3%82%BA>

さらに、発注から受注、ピッキング、事前出荷通知、検品、決済までの複雑な業務を同一の No.でトラッキングできるように標準化し、いわゆる月末の突合作業の解消を図る。加えて、「毎日発注翌日納品セルワンバイワン・バラピッキング・事前出荷通知なし」といった発注形態から、「不定期・定量・正パレット (または PI コンテナ) 単位での発注・期限日までの Anytime 納品 (ASN による事前出荷通知あり : GS1-SSCC-ASN) などの受発注形態への移行は物流関連資産の稼働率を向上させ、ROIC の向上に有効であろう。こうした業務 (OP) レベルの契約導入により、はじめてトラックの待ち時間削減による回転率の向上や積載率の向上が期待できる。

また企業間の SCM 調整を行う「商取引モデル CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment)」の導入は日本でも極めて有効と考えられる。1997年より米国 VICS で提案された CPFR は、既に消費財流通領域ではほぼ国際的なコンセンサスになってきている。CPFR は、関連主体による計画情報の共有と同期ローリングを行う業務 OP レベルの契約である。ポイントは共有する計画精度 (σ/μ) を契約内容として相互に管理し価格に反映させることで、バイサイドの主体は販売計画の精度向上が自分の利益に直結し、またセルサイドは機敏な計画調整を行い対応できることが利益に直結する契約となる。このため、双方とも計画系業務についての投資インセンティブが生まれるのである。計画の共有と同期ローリングによりムリムダムラを排除し、業務の平準化が可能となる。

このことは、トヨタプロダクションシステム (TPS) では半ば常識であり、同期計画ローリングは JIT (ジャストインタイム) の前提であり、比較的普遍的な考え方である。CPFR を創造したランディ・モット氏 (当時ウォルマート CIO) も「TPS から多くを学んだ」と発言している。

こうした、業務 (OP) レベルの契約締結がなされることで、はじめて機会主義を回避し、投資主体の各種の投資 (IT や設備投資) 効果を安定して享受できるようになる。

§2 システムの全体機能設計 ～制御モデル～

提言 3:ロジスティックス(物流・流通機構)分野全体への制御機構概念の導入

ロジスティックス (物流・流通機構) 分野全体を1つのシステムと見立てた場合、システムのパフォーマンスを最大とする方法は、「機構全体が、経営環

境変化へ機敏に適応し、与条件の下で有限の経営資源を最大稼働させ、生産性を最大にする制御機構として機能する」ことであろう。

ロジスティックス分野での制御機構モデルとは、産業を構成する自律分散的な意思決定を行う多様な各事業主体が、いわば3つの階層型の意味決定、「供給連鎖(SC)の長期ネットワーク計画の立案と投資他」、「SCの各主体による各種計画と計画同期化とローリング業務」、「短期の機敏な実行計画の立案と確実な実行、及びフェイルセーフへの対応」を行うことで実現する機能モデルである。いわば、産業機構全体として、まずフィードフォワード機能を実現することである。これらをできるだけリアルタイムにダイナミック(動的)な最適化を図り調整し続けることでパフォーマンスの向上を図っていくのである。

ちなみに現状は、発注・受注という短期スポット取引でのバケツリレー型の情報連鎖で「欠品や納期遅延は許さない」という厳格な運用となっていると考えられ、いわゆる「ブルウィップ効果(※)」の発生というムラを抑制しにくい構造にあると考えられる。

※ブルウィップ効果 <https://youtu.be/5yQxGpa06ps?si=tQnEB2qs6IGA3wNA>

3つの階層型意思決定へは、AIや最適化技術等の新技術の活用が期待できる。さらに計画精度を向上させるためには、できるだけリアルタイムで粒度の細かい実績情報(特に、エシュロン在庫(※))の取得と業績評価目標との差異分析が、フィードバック機能として極めて重要である。ちなみに、現在は店頭セルスルー(≒実需情報)を川上企業と共有している小売業は一部に留まっている。製造業にとってエシュロン在庫の全てを把握するのは未だに難しい状態である。ウラノエコシステムは、企業間のきめ細かなデータ連携を柔軟に安価に行う仕組みの整備を予定している。当該領域ではウラノエコシステムのような仕組みの整備が効果的と考えられる。

※エシュロン在庫：「特定拠点から下流のサプライチェーン全体の在庫」の総数

- 1) SCのネットワーク計画(調達先、原材料倉庫、生産拠点、製品倉庫、配送倉庫などの拠点配置計画：月次ローリング、18か月～24か月スパン、月次メッシュ)
 - ・90年代までの日本経済は自然な右肩上がりの経済であり、かつ空間構造が比較的単純(国土構造が線形、首都圏、中部圏、関西圏の3極体制など)であったためSCのネットワーク(工場配置・新設、物流センター整備、配送センター整備等)について精度の高い中長期計画の必要性は高くはなかったと考えられる。

- ・一方、近年では輸出入の拡大などの影響や EC 拡大による小口ピッキング機能整備の必要性、人口減少に伴う再配置問題の顕在化など SC のネットワーク設計を中長期的なスパンで見直しつつ各種の投資や再配置を図っていくことが重要となってきた。
 - ・特に、グローバルオペレーションを行っている企業では、欧州、米州、日本、中国、アジア、インド中近東などへ部品や半製品の製造ネットワーク、流通ネットワークが複雑になってきており、これまでの各地域本社でリージョンでの自己完結型の SC のままでは SCM が容易ではない状態になってきた。このため、グローバルな SCM 本部を設置し、中長期計画を短サイクル（月次）でローリングしていくという業務が近年必須となってきた。
 - ・CLO や CSCO（Chief Supply Chain Officer）はこの点でも大きな役割を担っている。役員会議において SC のネットワーク計画を策定し、設備投資や工場投資の起案を行う役割は CLO や CSCO だからである。
- 2) 計画情報の共有と同期化・ローリング（販売計画・出荷計画・生産計画・在庫計画・調達計画：例：3か月スパン、日次メッシュ、週次ローリング、計画固定期間2週間等）
- ・SC ネットワークを前提条件とすると、ムリムダムラを削減し、平準化を図り設備稼働率を向上させるためには、できるだけ「計画的な物流業務」を行うことが重要となる。このためには、まず荷主間での業務を、販売計画、生産計画と連動した物流計画の立案と計画の同期化ローリング業務（CPFR：計画と計画誤差（ σ/μ ）情報の共有）を行う業務モデルへ移行を図ることが重要である。各主体は販売計画、生産計画など計画系システムの整備・導入を図る。
 - ・物流事業者は、荷主の出荷計画を共有し、配送計画を出荷計画に同期させて策定、さらに変化する出荷計画へ適応するローリング業務を行う。計画的な物流業務へ移行し、平準化を実現することで、はじめて物流設備の稼働率（積載率と回転率）の向上が可能となる。
 - ・2024年問題を巡る物流危機の原因として、一部の有識者から「JIT化した物流がトラック事業者への負荷を拡大させている」との指摘があったが、これは JIT に対する誤解に基づく指摘と考えられる。JIT・トヨタプロダクションシステム（TPS）は計画の共有と同期化に基づくものであり、いわゆる「セルワンバイワン毎日発注翌日納品・事前出荷通知なし」のようなムリムダムラを要請するものではない。
 - ・OEE（総合設備効率）を向上させるためには、できるだけ 24 時間フル（に近く）稼働できる設備運用が重要であり、このためには、1 日サイク

ルでの小ロット毎日発注翌日納品といったムラのあるオペレーションそのものを見直し、計画的なオペレーションへの移行を行うことが重要である。

3) 機敏な実行計画の立案と実行（ピッキング・配車計画等：例1週間スパン、時間メッシュ、日次ローリング）

- ・典型的には加工食品にみられる「毎日発注翌日納品セルワンバイワン・バラピッキング」という発注形態から「実行計画の共有（例1週間スパン、時間メッシュ、日次ローリング）、不定期・定量・正パレット（or PI コンテナ）単位での発注、期限日までのAnytime（いつでも）納品（w/ASN（事前出荷明細）送信あり）」といったメニュープライス型取引への移行を図るべきである。
- ・この結果、トラックの待ち時間が削減され回転率が向上、計画的な物流により積載率の向上が期待できるはずである。
- ・また、小売業の物流センターや大型店舗への配送は、ヘッドとシャーシを分離できるトラックで行い、バックヤードとバースを一体化、シャーシを一時的な倉庫として利用することでトラック（ヘッド）の回転率を上げることを可能とする。
- ・物流センター運営受託者も、RTI（リアルタイムインベントリー）管理を行い、メーカーへの商品・荷姿単位での非定期定量発注型の自動補充発注のアルゴリズムへ発注アルゴリズムを見直すことが急務となる。

4) エシュロン在庫の実績情報の取得と共有

- ・エシュロン在庫とは、ある在庫点からみて出荷後の最終市場までの流通在庫全体量（移送中在庫含む）である。
- ・実績系情報の取得・共有：環境変化に即応した機敏な計画修正・環境変化に即応した機敏な計画修正のためには、きめ細かな実績系データのタイムラグのない取得と共有・連携が重要である。
- ・さらに、帰り荷の手配を行うには、配送にまだ時間を要するのか、既に終了したのか、即センターを出発できる状態にあるのか、などがリアルタイムでわかることが重要となる。
- ・ドライバーの労務管理についても同様である。できるだけタイムラグの無い実績データの取得方法を考えるべきである。（例：Traevo 他）

※参考：米国 ELD の動向

- ・米国ではトラック運行の電子ログ記録が義務化されている。貨物輸送を担うトラック車両に、電子ログ記録装置（ELD；Electronic Logging Device）を使うことが2018年から義務化された。ELDで把握されるのは、エンジ

ン稼働時間、運転時間、車両の動き、車両の場所、走行距離などである。ELD 使用義務化の一義的な目的はトラックドライバーの安全性向上である。ELD 使用義務化が始まる前は、ドライバーの業務時間管理は十分には徹底されていなかった。特に問題視されたのは、長距離トラックドライバーの勤務時間と安全運転に必要な休憩時間の管理である。2017年12月、米連邦自動車運輸安全局が、ELD 使用義務に関する最終規制を公表、2018年4月に ELD 使用義務化が始まった。これを契機にして ELD の精度の高い情報を基に新たなマッチングサービスなどが台頭してきている。

5) 業績評価目標の設定と PDCA

- ・ロジスティクス分野での業績評価目標は、従来、全部原価計算による物流原価、もしくは物流原価率が設定されていることが多く、KPI が物流原価率で設定されている企業も多いようである。これでは縦割りの機能サイロに陥る危険性が高く必ずしも適切ではないと考えられる。
- ・本来の業績評価目標は、サプライチェーン全体を視野に入れた「スループットタイム（通過時間：在庫も期間換算を行う）」や CCC（キャッシュコンバージョンサイクル）などのプロセスパフォーマンスを、組織全体での第一の目標指標とすべきである。
- ・また「物流直接業務の顧客別製品別物流費用」を管理するには ABC（行動基準原価計算）の導入、「物流関連資産の稼働率」向上を図るには総合設備稼働率（OEE）の導入が効果的となる。

§3 システムのビジネス構造設計 ～階層(モジュール)化とコンポーザブル化～

提言4:ロジスティクス産業のシステムの階層構造化

デジタル化が急速に進む中、「ロジスティクス（物流・流通機構）全体が経営環境変化へ機敏に適応し、有限の経営資源を最大稼働させることで、生産性を最大にする」ためには、ロジスティクス産業の構成要素である各機能が、モジュール化されたサービスとして、円滑に組換え可能な構造へ転換していくことが予想される。

具体的には、現在の荷主、運輸事業、倉庫事業といったいわゆる縦割りの区分に加え、階層型の下記の5つのサービスビジネスが台頭してくると考えられる。変革の背景には、①大規模物流センターやマテハン設備などの物流資産のサービス化、②ダイナミックプライシングによる資産稼働率・収益率（ROIC）の向上、③規模の経済を活用した事業のスケラビリティの確保、④AI や巨大な最適化アルゴリズムによる意思決定の最適化、⑤IC周辺に OCDC（オープンクロスドックセンター：マルチテナント型・計画利用・汎用・大型・通過型物

流拠点)を配置することにより、自動運転などの新技術を取り込みやすくすること、などが挙げられる。

それぞれの階層は、それぞれが「規模の経済」を追求しやすい構造となっている。また公開された標準的なインターフェイスで、上下階層と比較的アドホックに連結できるコンポーザブル（組換え可能）な構造であり、変化に適応し変容（トランスフォーム）しやすい構造となっている。下記の5つのビジネスの組み合わせによるイノベーション（創造的破壊と新結合）により、産業としての生産性向上が期待される。既に変革の萌芽事例はある。

(例) 階層型の5つのロジスティクス関連サービスビジネス

- 1) 大規模物流センターの建屋についての物流不動産 (REIT) 提供サービス
- 2) 大規模物流センター、特に OCDC (オープncロストックセンター) の庫内マテハン設備提供サービス
- 3) OCDC 間の幹線輸送サービス
 - ・自動運転・隊列走行・EKIDEN 型輸送 (例 Next Logistics 社)
- 4) OCDC から大都市内部の小口配送サービス (ラストワンマイル配送)
- 5) 3 PL : 顧客フロントで物流サービス (全体コーディネーション) を提供するシステムのインテグレーター

提言5:ロジスティクス支援産業(「イネーブラー産業」)のスケールアウトを可能とする標準化

荷主を含むロジスティクス (物流・流通機構) 関連企業のハードやソフトに対する投資は、日本ではこれまで活発とはいえなかった。この結果、冒頭で比較した米国との生産性の大きな格差が発生していると考えられる。

荷主企業内外、および物流産業間での業務プロセスと企業間インターフェイスの標準化を推進し、マテハン設備や基幹業務システム等の「物流支援産業 (イネーブラー産業)」のスケールアウトを実現することが重要である。

こうすることで、中小企業が安価に活用できるソフトウェアの提供を進める。特に、中小企業向けの SaaS 利用においては既存の国際標準メッセージ体系を活用することが効果的であろう。

1) イネーブラー産業のスケールアウトのための環境整備

(1) 「マテリアルハンドリング設備産業」のスケールアウトのための「荷姿」

(例:パレットやオリコン、PI コンテナ) の標準化

マテハン設備 (ケース自動倉庫、ロボット (AGV 含む)) 産業がスケールアウトできるためには、荷姿の標準化が重要である。

物流分野は、従来、ロボットやマテハン設備を応用した自動化の重要な適用分野であった。マテリアルハンドリング設備には、パレットだけでなく高速のケース自動倉庫（Auto Store など）の利用は、日本でも EC を中心に近年急拡大している。ケース自動倉庫は必ずしも蔵置のためではなく、EC などのピッキングのための仕分け機能としても利用されてきている。AMAZON が買収した KIVA システムはあまりにも有名であるが、AGV の物流倉庫への応用はその後本格化した。

この他、バンニング、デバンニングの領域へのロボット活用はもう珍しいない状況である。さらにこのようなマテハン設備の導入を加速するには運用段階での稼働率を向上させると同時に、マテハン産業自体がスケールアウトできる市場を創造し、量産効果で価格を低下させていくことが重要であろう。そのためにはできるだけ荷姿を標準化し、マテハン設備の標準化を図ることが重要である。

マテハン設備産業がスケールアウトできることで価格が下がり、マテハン設備産業の市場が拡大、さらにユーザーの利用の拡大が期待できる。

(2) マテハン設備やソフトウェア間の相互運用を可能とするインターフェイスの標準化

さらに、ユーザー企業からみたマテハン設備導入の投資意思決定が容易ではない理由の1つが、物流業務が複雑な「システム」であり、一部の業務が高速化しても全体としてはパフォーマンスが上がらないリスクも大きいからである。このため、物流センター内の挙動をシミュレーションできる各種の仕組み（CPS）と、実際に物流センター全体を集中管理できる中央制御室（WMS、WCS）の機能などが有効である。

さらに、複雑なマテハン設備や機器を統合して運用することはこれまで容易ではなかった。このため、マテハン各社は自社の管理ソフトウェアを装備したハードウェアを販売していた。一方、ユーザーからはAIなどの技術革新の成果をできるだけ迅速に取り入れることができる「コンポーザブルな（組換・構成可能）なアーキテクチャが求められ始めている。このため、マテハン関連の設備機器のメーカーには、各種設備をサイバー空間に接続する AAS（アセット管理シェル）、OPC-UA、Umati などのオープンなどの国際標準規格の導入が求められている。こうした国際標準規格のインターフェイスに対応することにより、日本が誇るマテハンメーカーの世界市場展開も容易になると期待できる。

2) 業種横断の事業所 ID の利用環境の整備

- ・もう 1 つの課題は、業種横断で共通に利用できる事業所 ID、いわば事業所マイナンバーの導入である。ウラノスエコシステムも業界を横断するデー

タ交換を指向している。このため、ウラノスエコシステムにおいても事業所の統一的な取り扱いは必要となるだろう。

- ・ 配送先はもとより、受発注先、納品先、運賃の請求先などの事業所 ID 情報が共通マスタ情報として、高いセキュリティ下で、必要に応じあかかも自社のマスタ DB の一環のようにアクセスできる仕組みが必要となる。
- ・ 例えば、金融業界においてはユニークな金融機関コード、および口座番号が存在し、それが統一的に管理されている。これにより、企業は用途別の口座番号を持ち、金銭の受け渡しが可能となる。しかし、物流業界においては、ユニークな企業 ID および荷主の事業所 ID が存在していない。これは、“事業所版マイナンバー”とも言えるものであるが、これを発番し、属性管理、変更管理などをセキュアにガバナンスできる保守運営サービスを提供してみてもどうか。

※新規に事業所コードを発番することが必須というわけではない。DID 方式もあり分散的に管理する ID を相互に利用することも可能である。事務所 ID として最も近いイメージの 1 つが、日本輸出入者標準コード（以下、JASTPRO コード）である。JASTPRO-ID コードは、GS1 での GLN に概念や機能が最も近い事業所コードであると考えられる。既に航空貨物・海上貨物に係る輸出入通関その他の税関手続等を処理するシステムである NACCS において活用されているコードである。

※NACCS で活用されているということは、「輸出入貨物の物流においては荷主の事業所 ID は JASTPRO コードとして認識し運用されているという実績がある」ということである。

※JASTPRO コードは既に 10 万件の事業所が登録され、これは日本の全事業所を約 100 万件とすると既に 1/10 の規模に達している。この JASTPRO-ID を国内物流においても利用するというアイデアである。既に安定的に運用されている NACCS の既存参加企業（税関、通関業者、フレイトフォワード、船社代理店、航空会社、倉庫業、コンテナターミナル、銀行等）、10 万事業所はそのままその事業所コードを活用することはもちろんであるが、国際物流に限らず広く国内物流の荷主やフレイトフォワード、トラック輸送業社なども JASTPRO-ID を利用することで、国内での業種横断の事業所コードと属性 DB サービスを容易に整備できる可能性がある。

※実現のためには、これも、1) と同様、業種別 VAN 事業者が物流事業者とのインターフェイスとして、この JASTPRO コードへの変換テーブルを用意し、利用者に登録してもらえばよいだけである。そもそも、国際物流と国内物流で社内システムを分けて 2 つ整備することは

あまり効率的ではない。却って料金收受や財務会計などの経理システムとの連携が複雑になるだけである。なにより、グローバルに通用しているクラウドサービスを活用する方が、これから新たに自社の物流システムを整備するよりも圧倒的に安価である。

3) 安価な基幹業務システムの SaaS 産業の活用

中小運輸事業者、及び中小製造業、流通業が安価に活用できる汎用的な国際標準業務ソフトウェア（SaaS）の活用が効果的と考えられる。この時、日本独自の業務プロセスに拘ることはあまり得策ではないことも指摘しておきたい。

「海外と取引が無い国内の物流事業者にとっては国際標準の業務プロセスの活用はあまり意味がない」という指摘があることは理解できないわけではない。しかしながら、その結果として犠牲になっているのが、中小企業である。中小の荷主や運輸・物流事業者の基幹システムは大手IT事業者のビジネスにはならないことから、適切な価格で提供されている国内 SaaS は海外と比較して著しく少ない。提供されていたとしても一部の業種への対応にとどまっていることが多い。

これは SaaS の提供側の経済から考えると当然であろう。限界費用ゼロのソフトウェア資源を活用したいデジタル事業では、市場規模が価格の関数なのである。日本だけの個別仕様に拘っていると市場規模が小さく高価格低機能のソフトウェアにならざるを得ない。これはソフトウェア産業側も市場を国内市場だけに限定されるからである。これではソフトウェア事業のもつスケールアウト特性を生かせない。日本市場に限定したソフトウェア事業は国際的な投資家からは魅力に乏しい事業にしか映らずファイナンスが難しいのである。

※逆に国際標準を上手に利用した成功例が「菜鳥」である。物流フォーラムの前身の物流分科会で検討を行ったアリババの子会社の「菜鳥」は、数年で日本の宅配ビジネスを超える規模の「中国国内での運輸物流ネットワーク」を構築したことは重要な事実である。さらにこの運輸物流ネットワークは既に国際物流へも展開している。SIC 物流分科会での検討の仮説は「中国の運輸物流ネットワークは、既に確立している荷主＝運輸物流事業者間の企業間 IT の国際標準（ANSI.X.12 or EDIFACT）を活用し、また活用できる IT のインフラを整備することで、必ずしも自社資産だけでサービスを展開するのではなく、既存の物流資産を容易に利用できる開放的な仕組みを構築できたことが大きな理由と考えている。

※小売・流通業では「アリババ LST」と呼ばれる業態が急成長している。これは中国のパパママストアを近代化し、既に日本のコンビニ店数に

匹敵する規模になってきている。

- ※日本でも **AMAZON.com** は、**ANSIX.12** の国際標準メッセージを利用した取引をサプライヤーに要請している。既にかかなりの規模の企業が **ANSI.X.12** を利用しているというわけである。
- ※なぜアリババは可能で日本では難しいのか比較することは興味深い視点かもしれない。
- ※国際標準 **CEFACT-EDI** や **JASTPRO-ID** とマスタデータの運用などのいわゆる国際標準化への対応は、これまで国内物流に携わる IT ベンダーは批判的であった。理由は「国際標準は日本の中小企業には難しい。日本の複雑な商慣行は国際標準では対応できない。何より荷主は絶対に国際標準を活用しない。画餅だ。」ということだろうと推察する。
- ※一方、東南アジアを含む新興国での物流 IT は、国際標準のクラウドサービスが既に中小企業においても活用されている。例えば、**CargoWise** や **デカルトシステムズ**、**OpenText** 等である。安価だからである。安価なのは物流業向けだけではない。中小製造業向け **ERP** のクラウドサービスでも国際価格はユーザー数 10 人で約年間 300 万円である。国際標準 **EDI** の活用や **JASTPRO** の事業所コードとマスタ同期化の仕組みを活用することができればこうした安価なクラウドサービスを“そのまま”活用できる。
- ※日本でも、こうしたクラウドソリューションを、特に中小物流事業者が国内物流においても、そのまま活用できる事業環境を提示することは、持続可能な物流産業へ転換していく上で極めて有効ではないだろうか。インターネットに接続できる PC かスマートフォンさえあれば、明日からでも幅広く活用できる。当該領域で安価なパッケージシステムを開発し、全国を行脚して営業しようとする IT ベンダーが乏しいことを考えると他の選択肢は、残念ながら思いつかない。
- ※荷主企業の基幹システムは全く変えなくてもよい。それは現在荷主が活用している業種別の **VAN** 事業者が対応すればよいだけだからである。もともと、国内物流では、輸送手配、ブッキング、トラッキング、納品確認などは **EDI** 化されていないことが多い。このため、**VAN** 事業者の方で、サービスメニューを設け、新たに当該業務についてメッセージを国際標準として対応し、**ASN** と **SSCC** による検品レスでの納品確認ができるように調整いただければよいだけである。巨大な物流 IT プラットフォームサービスの事業体をこれから国が投資して整備する必要は無い。

4) 物流産業のデジタルプラットフォームのイメージ(図参照)

- ・業種別 VAN に、それぞれ、①業種別 EDI と国際標準 EDI との変換機能、②業種共通の事業所マイナンバー（GLN：受発注先、納品先、請求先）変換機能を提供させる。
- ・業界別 VAN のこれまでの取引（トランザクション）はそのまま、物流産業と荷主とのメッセージだけを業種横断の国際標準 EDI を利用するということである。
- ・物流事業者は、③国際標準に対応した「物流産業のオープンプラットフォーム」を活用する。これにより物流産業は、最小の投資で、日本国内での業種横断の物流に関わるデジタル化を実現、同時に海外物流サービス事業への展開が可能となる。
- ・同時にこれは日本で培われた高度な物流サービスを NVOCC（Non-Vessel Operating Common Carrier）やフレイトフォワード、3PL としてグローバル市場へ展開する際に重要なインフラともなり得る。物流産業のデジタル化に向けた課題業種別 VAN は、荷主の物流業務（輸送手配、ブッキング、輸送指示、トラッキング、納品確認、運賃収受）に対するインターフェイスを開発し、物流企業との間の EDI を国際標準 EDI として連携する。個社別の対応コストが小さいためトータル移行コストは最小となる。もちろん、課題はある。業種別 VAN の運営企業、利用する荷主企業ともに移行のインセンティブが生じ難い課題である。

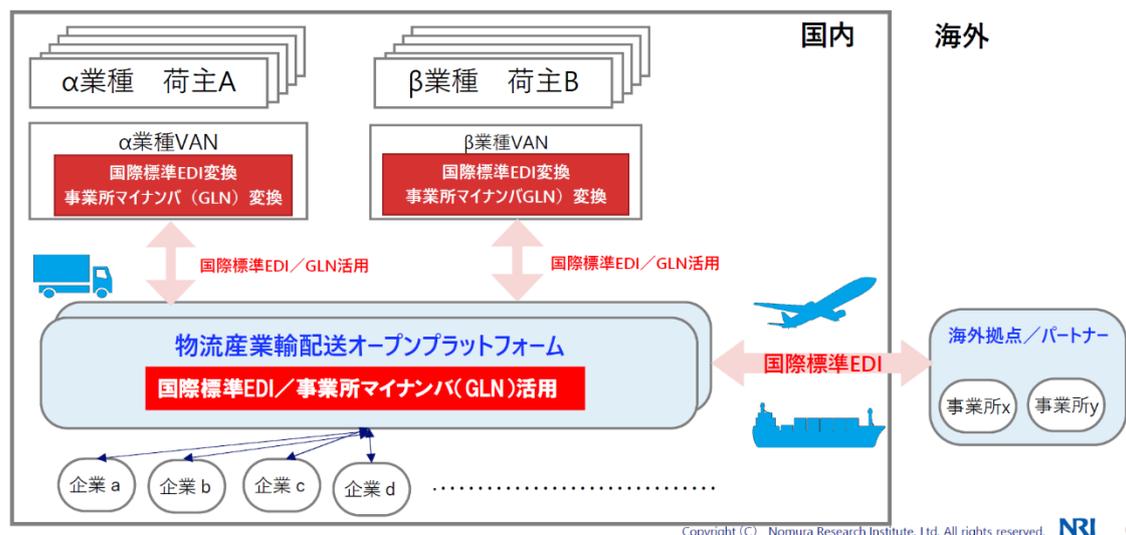


図1 物流産業のデジタル化の実現イメージ

（「第4回 2020年代の総合物流施策大綱に関する有識者検討会」筆者提案資料より）

（出典）国土交通省ウェブサイト

※おそらく荷主は「物流企業からの提案に応じてシステムを活用するなどコストはどこで回収できるのか。今まで通り電話かFAX、pdfで発注できる会社に依頼すればいいだけだ。」というスタンスであろう。一方、業種別VANのオペレータは、EDIのプロ中のプロなので各VANが国際標準へのマッピングを行うことは難しくないはずである。

※その費用を荷主は負担したくないということであれば、投資効果を考え、政府の支援などで補完することは有効であろう。

5) 安価で安全な次世代の「データ連携基盤」の整備(IDSA、ウラノス他)

- ・ウラノスエコシステムや GAIA-X のフレームワークを参考に、業種を超えた事業所コードの体系的な発番とメンテナンスを可能とすることが企業間の高度なデータ連携には重要である。
- ・今後は、GAIA-X や Mobility-X など、きめ細かなトレーサビリティやカーボンフットプリントなどの動的な情報を含めたデータ連携の基盤が進むと考えられる。
- ・きめ細かなトレーサビリティやカーボンフットプリント（CFP）などの動的な情報を含めたデータ連携を可能とする AAS、GAIA-X や Mobility-X、ウラノスエコシステム他の環境整備も併せて行うことが望ましい。
- ・特に、データスペースの整備によるトレーサビリティや CFP への対応は喫緊の課題であろう。日本でも GAIA-X と連携するウラノスエコシステムが整備される予定である。
- ・こうした汎用的な事業所コードの登録機能と「次世代型データ連携基盤」へ取組を早期に実施し、産業横断で自律分散協調型のデータ連携基盤をいち早く導入することが重要である。
- ・日本には、新たな基盤を利用した新たな事業の創造、いわゆるリープフロッグの可能性があるという意味で大きなチャンスが到来しているといえよう。

§4 システムの空間構造設計～首都圏環状構造と全国IC周辺のOCDC整備～

提言 6: 首都圏環状型の大型流通物流空間の整備による輻輳物流の削減

輻輳物流が多い首都圏の物流の空間構造を是正、首都圏環状型の物流センター配置へ誘導、輻輳物流の削減を図る。特に老朽化する公設市場の移転を契機として、散在する小売プロセスセンター、卸物流センター、消費財製造業の物流センターを環状構造に再配置することで輻輳物流の抜本的な削減を図る。

具体的には、首都圏環状型の大型流通団地の計画的整備や物流不動産（REIT）を活用した OCDC の整備を推進する。首都圏環状型の OCDC への移行は、内航フェリーや JR 貨物の利便性や輸送能力の増強へも貢献しモーダルシフトも加速できる可能性がある。

※参考 首都圏環状ネットワークの戦略的活用

- ・首都圏でのインフラ整備で特筆すべきは首都圏環状道路ネットワークの整備が進んだことであろう。国土交通省が首都圏整備計画を立案し、長い年月をかけて整備してきた国道 16 号線、圏央道（首都圏中央連絡自動車道）などの環状道路網がようやく完成に近づきつつある。実際、過去 10 年以内に建設された大規模物流センターの多くは、この首都圏の環状ネットワークの近隣に整備されている。これらの大規模な物流センターは、REIT を活用し国際的な金融市場からのファイナンスを行い、先行的に整備を行っている物流不動産が運用しており、必ずしも倉庫業や運輸業者自らが整備し保有しているわけではない。また、特定荷主というよりもマルチテナントでの運営という特徴がある。投資家は日本の大都市圏郊外の大型物流センターを安定的な収益を獲得できる投資対象と考えている。
- ・共同配送を推進し積載効率を上げるためには、点在する小型の物流センターを統合していくことが効果的であろう。このため、首都圏環状ネットワークを活用した大規模な流通物流機能は今後も計画的に整備していくことが極めて重要であろう。
- ・特に、国土交通省と農水省、経済産業省が共同で推進して欲しい点が 2 点ある。1 つは、首都圏環状道路網を戦略的に活用するための土地利用の見直し、具体的には農業振興地域内農地の用途変更による計画的な流通・物流機能の整備である。2 つめは首都圏内の都市部に点在する公設生鮮市場の移転・再整備である。首都圏都市部には、設備が老朽化しつつある公設の生鮮市場がまだ多数存在しており、持続性が危ぶまれている。こうした公設の生鮮市場を 16 号沿線や圏央道沿線に計画的に整備される流通・物流機能と併せて整備し、機能形成の呼び水とするという発想である。跡地は都市機能（オフィスビルや商業施設）として高度活用をすることが効果的であろう。
- ・荷主である消費財の製造・流通事業者からみてもこれは有り難い。なぜなら、消費財が製造されて最終消費者の手に届くまでの複雑な輸送ルートを圧倒的に簡略化できるからである。
- ・消費財が製造されて最終消費者の手に届くまでの複雑な輸送ルートは、かなり省略して記載したとしても下記のようなになる。GMS などの小売業になると数十万アイテムの商材を扱う。商品カテゴリにより卸業も異なるが、こ

ここでは生鮮品と加工食品を例として説明しよう。

(生鮮品の場合 (簡略表現))

公設生鮮市場→仲卸→生鮮 (肉、野菜、果物、鮮魚別) プロセスセンター (いわゆるパック工程) →小売業の専用物流センター→小売業店頭、さらにネットスーパーの場合は店頭ピッキング→宅配

(加工食品の場合)

素材メーカー工場→加工食品メーカー工場→工場倉庫→メーカー首都圏物流センター (多品種化のため全商品が1つの工場で生産されることは稀である) →卸業の首都圏物流センター→卸業の地域物流センター→小売業の専用物流センター→小売店舗 (→店頭ピッキング→宅配)

- これらを空間構造として眺めてみるとどのようになるであろうか。全国や海外からの輸入食材は、首都圏に点在する公設市場に個々のカテゴリごとに、集約され、さらに首都圏に複数あるプロセスセンターに輸送され……と、他カテゴリ商品との混載で店舗納品業務を効率化するために、さらにまた首都圏内を“行ったり来たり”する。荷主、つまり所有権が変わるたびに何度も何度も輸送され、上記のような複雑なルートを通過しているのである。
- もし、これらの物流・流通機能が近接して立地していたら、もしくは首都圏の環状ネットワークにすべてが位置していたら、輸送効率や積載効率が格段に上がることは言うまでもない。つまり、公設市場を呼び水として、プロセスセンターや卸の物流センター、小売の専用物流センター (ネットスーパー機能あり) を移転再配置するのである。何より、小口の都市内物流と輻輳しないことのメリットは大きいと考えられる。
- もともと、消費財の工場や物流センター、特に小売業の専用物流センターなどは、経済の拡大とともに逐次的に整備されてきた。現在の市場の規模や空間構造に対して最適なネットワークにはそもそも設計されていない。このため 21 世紀の今、これらの流通・物流機能を、首都圏環状ネットワークに計画的に整備される大規模な流通・物流機能空間に移転・再配置することは、長期的にみて物流コストを圧縮でき生産性を向上させ、サステナブルな環境を形成するという意味でも大きな戦略となるのではないか。物流問題を解決するには、そもそも流通・物流拠点を集約立地し、ネットワークを簡素にし、複雑な輸送を発生させないことにすればよい。
- こうして形成された首都圏環状ネットワーク上の流通・物流拠点と中部圏、関西圏との間での長距離幹線輸送が、高速道とのダブル連結トラックなどにより効率的に輸送されることになると考えられる。フェリーや JR 貨物な

どのモーダルシフトの余地も拡大すると考えられる。例えば、首都圏北部の関越道周辺に新潟港などを利用し日本海側フェリーを利用する長距離輸送ルートを増強し、JR 貨物（新幹線輸送を含む）と連携させるというアイデアも可能性が高いと考えられる。当該ルートだと比較的余裕がありダイヤ編成が可能なのではないだろうか。

提言 7:新技術が活用しやすい環境整備(2両連結・隊列走行・自動運転(長距離幹線輸送サービス))の利用が容易な物流インフラの整備

自動運転やマテリアルハンドリング技術の導入により、物流の生産性向上を図る。具体的には、高速道路 IC 周辺に、汎用的な荷姿標準に対応した巨大な物流センター（OCDC）を計画的に整備し、長距離幹線輸送においては、2両連結・隊列走行・自動運転（長距離幹線輸送サービス）の計画的な導入を図る。

OCDC から内側のラストマイル輸送はこれまでと同様の輸送サービスが活躍するだろう。計画的で物流資産の高い回転率と稼働率が実現されることはいうまでもない。

5. 補論

5-1. 3PL(荷主の CLO のエージェントサービス)の台頭

物流産業（荷主・物流事業者・物流不動産・マテハン・支援 IT 産業他）は新しい産業構造へ転換していくことが予想される。その実現の推進役としては、まず CLO のリーダーシップが期待されるが、CLO のパートナーとして 3PL の台頭が同時に期待される。その理由は物流統括役員の台頭と各種標準化の推進が産業構造の変化を加速し、物流事業者にとっての「3PL 事業」の事業機会の拡大が予想されるためである。

3PL 事業者は、荷主企業の物流統括役員へ物流パートナーとして変革の提案を行う。3PL 事業は、荷主の物流（供給連鎖）全体の生産性向上を推進する荷主のエージェントとしての役割を担う。単なる物流サービスの営業とは異なるため、提案は、物流担当部長の時よりも容易に受け入れられるはずである。

3PL 事業者は、物流統括役員の 3 つのミッション（物流ネットワーク設計、物流業務プロセスの設計・改善支援、物流実務と監視、臨機応変な対応等）に対してパートナーとしてのエージェントサービスを行うことになる。

5-2. ロジスティックス・システム・プラットフォーマー(=所有権の移管と輸送の分離)

流通取引は所有権の移転、物流は「商品」の移動と割り切って考えると、本来商品の所有権移転の度に倉庫間を輸送する必要はない。工場から最終消費者まで商品を「適時に安全に効率的に運ぶこと」が実現できるのであれば、所有権の移転をサイバー空間で管理するサービスが提供されていればよい。所有権の移転の管理サービスを行い「適時に安全に効率的に運ぶこと」を、階層構造化した各種サービスを組み合わせてエコシステムドライバーとしてサービスする新しい物流サービス、ロジスティックス・システム・プラットフォーマーが台頭してくる。

徐々に輸送を削減し無駄な輸送が無くなれば CO2 問題への貢献も大きいと考えられる。ロジスティックス・システム・プラットフォーマーは、3PL 事業者からの展開や日本においては商社や卸売事業からの展開が期待される。

このように、物流業界の進化と標準化の推進により、新たな産業エコシステムが形成され、物流産業の将来像は大きく変わっていくことが予想される。

5-3. 卓越システムとしての検証

PI 構想を基本とする拡大物流産業のエコシステム構想では、これまでの物流産業とは「卓越システムとしての特徴」に大きな変化が期待できる。下記に参考としてその特徴を、現状（・）と将来（○）とで評価、整理した。

<作られた理念が明確に理解でき、できることとできないことの境界がはっきりしていること>

- ・流通産業は商取引（商流）／物流産業はモノという区分があるが、必ずしも明確な区分ではない。卸業や小売業の専用物流センターのセンター長は流通側が多い。
- ・このため、例えば計画的な物流業務の設計はどちらの責任かは明確ではない。

○PI 構想では、物流関連の契約内容も明確で、サービス内容も標準化されており、サービス内容として認証を受けることで水準の維持が図られることになっている。

<システムの全体構成が理解しやすい>

- ・流通（荷主）と物流との役割分担は必ずしも明確でない。
- ・物流業務は商取引の契約内容として記載されていないことは多く、「あいまいな商慣行」が存在している。
- ・このため、機会主義が生じ、改善努力や投資のインセンティブが低下している。拡張可能性（Scalability）がある。
- ・業務が標準化されていないため、ソフトウェアが個別開発となり、特に中小企業向け標準業務ソフトが提供されていなかった。
- ・産業全体としてスケールしにくい構造にあり資産稼働率が上がらない環境の変化に応じて進化できる。
- ・ドライバーの高齢化、労働力不足により 2024 年問題がクローズアップされたが、もともとの低い生産性を考慮し、かつ新技術の活用可能性を考えると、現在の物流産業システムは進化できる産業システムにはなっていない
- ・荷主、物流産業ともに生産性向上の責任者が存在せず、また生産性向上のインセンティブに乏しい。

○荷主（流通）を巻き込んだ拡大物流（流通）産業として、産業構造を階層構造として捉え直すことで、全体構成が理解しやすく、コンポーザブル（構成可能）な構造で組み換えが利き、拡張可能性、環境変化への対応が可能となる。

<利害関係者の多くを満足させることが出来る>

- ・荷主や消費者を満足させることはできていた

- ・一方、物流事業者、特に多重下請けのトラック事業者に負荷が課題となり、ドライバー確保が難しくなった。

<堅牢で十分な持続可能性がある>

- ・ドライバーの高齢化、労働力不足により 2024 年問題がクローズアップされた。

<システム構築・運用のコストが小さい>

- ・流通や物流産業は、中小企業とのネットワークが極めて重要である。
- ・このため、中小企業が円滑にネットワークに参加できる仕組みが構築できない限り、大企業でもシステム構築の効果が発揮できず、例外対応のため運用コストが高くなる傾向にある。

○利害関係者の多くを満足させるには、各主体が生産性向上のための努力をすることにより、その成果が得られる構造となっていることが重要

○そのためには、きめ細かなメニュープライシングの導入と OP レベルの契約が必要となる。

○こうすることで、各種の投資（マテハン設備やソフトウェア）が進み、堅牢で十分な持続可能性を担保できると考えられる。

○同時に、企業間のコミュニケーションのインターフェイスを国際標準化することで、安価な SaaS の利用を可能としていくことが重要となる。国内 IT スタートアップベンダーも国内市場での事業拡大と併せグローバル市場への展開が可能となればファイナンスも容易となることが期待できる。

SIC-ST2025-01

SIC戦略提言-V

「マイナンバー及びマイナンバー制度
の利活用推進に向けた提言」

システムイノベーションセンター

2025年2月発行
Ver1.0

目次

(ここに記載のページ数は、「戦略提言-V」内のページで、ページ下部中央に記す。)

1	マイナンバー制度の政策と普及状況	5
1.1	マイナンバー制度の普及利活用によるデジタル競争力向上	5
1.2	マイナンバーカードの普及・利用状況と課題	6
2	SICとしての提言の視点	7
2.1	社会システムとしてのマイナンバー制度の卓越性視点での検証	7
3	マイナンバー及びマイナンバー制度利活用推進に向けた提言	8
3.1	<提言1>官公庁の本人確認	8
3.2	<提言2>企業の本人確認	8
3.3	<提言3>手続き・公共サービスの利用	9
3.4	<提言4>金融機関のマイナンバー登録	10
4	ウラノス・エコシステムを活用したマイナンバー制度の未来像	11
4.1	行政手続きのオンライン化と迅速化	11
4.2	個別ニーズに合わせたきめ細やかな行政サービス提供	11
4.3	行政機関間連携等による効率的な情報共有	11
4.4	ウラノス・エコシステムが促進する新たなサービスとビジネスモデルの創出	12
4.5	ウラノス・エコシステムが実現する安全・安心なデータ社会	12
5	まとめ	13
	参考文献	14

SIC戦略提言 —V

「マイナンバー及びマイナンバー制度の利活用推進に向けた提言の要旨」

マイナンバー制度は、＜デジタル社会の実現に向けた重点計画＞で謳われているように日本のデジタル社会実現に向けた社会制度であり、サイバーフィジカル社会の基盤である。そのために、国民生活から産業社会にいたるあらゆる側面で働く社会制度である。

そのための国民の利活用、利便性と効率性および安全性などの特性が要求されるシステムでもある。社会基盤システムとしての卓越性を実装して未来社会に向けた社会システムの基盤として機能していく必要がある。卓越性の実現に向けた課題は多々あるが、今回は、マイナンバーの普及のための提言に注力した。

(注) 「卓越システム」とは、次のような特徴を持つシステムである。

- ① 作られた理念が明快に理解でき、出来ることと出来ないことの境界がはっきりしている。
- ② システムの全体構成が理解しやすい。
- ③ 運用しやすく、故障への対応が容易である。
- ④ 拡張可能性 (Scalability) がある。
- ⑤ 環境の変化に応じて進化できる。
- ⑥ 利害関係者の多くを満足させることが出来る。
- ⑦ 堅牢で十分な持続可能性がある。
- ⑧ システム構築・運用のコストが小さい。

**SIC戦略提言「金融」サブワーキンググループ
メンバー**

リーダー	藤井 紳也	SOMPOシステムズ株式会社
	寺野 隆雄	千葉商科大学
委員	森川 類	SCSK株式会社
	池田 健一郎	SCSK株式会社
	田中 啓介	SCSK株式会社
	中里 英則	エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社
	河竹 敦	株式会社NTTドコモ
	山内 豊志	株式会社クエスト
	田中 治彦	株式会社クエスト

1 マイナンバー制度の政策と普及状況

1.1 マイナンバー制度の普及利活用によるデジタル競争力向上

スイスの国際経営開発研究所（IMD）が発表する世界デジタル競争力ランキングにおいて2023年は32位（64か国中）となり、過去最低の順位となった（2024年は67か国中31位）。経済成長を含めた国家の成長のためにデジタルが重要な役割を果たすことは自明であり、今の状況は極めて深刻と言わざるをえない。

一方で、2024年6月に「デジタル社会の実現に向けた重点計画」が閣議決定され、「デジタルの活用により、一人ひとりのニーズに合ったサービスを選ぶことができ、多様な幸せが実現できる社会」を目指すこととなるなど、デジタルの活用について具体的な計画が検討されている。デジタル社会を実現するためには、行政・民間手続きのオンライン化、データ利活用推進など官民一体となった総合的な施策推進と、国民の理解促進と協力、そして企業の積極的な参加と協力が不可欠である。全国民が対象となるマイナンバー制度は、マイナンバーカードと合わせ、その柱となりうるものであり、その普及利活用に向けた提言をさせていただく。

マイナンバー制度の導入の目的は「行政の効率化、国民の利便性の向上、公平・公正な社会の実現のための社会基盤」であり、デジタル化が進む社会の中で不可欠である。この制度が定着・活用されることで、行政にも国民にも大きなメリットが生まれること、マイナンバー制度とマイナンバーカードの利便性をさらに高めることでデジタル社会の実現による国や企業を含めた社会の発展と国民の生活向上につなげていくことを目指していること、をあらためて説明（周知）し、国民の理解と協力を得ながら定着と利活用推進をしないといけない。マイナンバー制度の活用事例の紹介などの啓蒙活動を通じて、以下のレベルでの理解を得ていくことで利活用推進していくことが大事ではないか。

- ・ 「行政の効率化」の観点では、本人確認や書類提出などをマイナンバーカードで簡素化することで、業務効率化と生産性向上に貢献し、自治体予算の減につながり、税金の減にもつながるし、国民にとっても迅速なサービスを受けられることになる
- ・ 「国民の利便性の向上」の観点では、手続きのオンライン化やデータ連携を進めることで、国民の負担を軽減し、時間短縮を実現するなど、直接的なメリットがある
- ・ 「公平・公正な社会の実現」の観点では、不当に税金の支払いを免れることや不正受給を防ぐことで本当に困っている方への支援ができる

「デジタル社会の実現に向けた重点計画」や「次期個人番号カードタスクフォース」の中で検討されている各種機能追加や「市民カード化」などの構想、セキュリティ対策などはそれに資する計画であり、官民協働で推進していく方法を考えていきたい。

1.2 マイナンバーカードの普及・利用状況と課題

マイナンバー制度定着のためにはマイナンバーカードの利活用が重要であり、「業種別マイナンバーカード取得状況等調査（ネット調査）【調査時期：令和5年11月28日～12月25日】」をもとに、今後の活用推進に向けた課題を推察した。

① マイナンバーカードの取得状況

- ・ マイナンバーカードの取得率は86.6%(※)だが、頭打ちの状態。
- ・ 取得のきっかけは「マイナポイントがもらえること」63.2%(※)と一番大きな割合を占めていること、未取得者の理由は「メリットを感じないから」が43.3%(※)となっていることから、今時点で未取得の国民が今後自ら申請する可能性は高くない。

② マイナンバーカードの持ち歩き率

- ・ マイナンバーカードを常時持ち歩いている人は45.8%(カード43.1%、スマホ用電子証明書2.7%)であり、約半数が持ち歩いている。
- ・ 持ち歩いていない理由は「持ち歩いて利用する必要性・機会がないと感じるから」が64.1%と最も高いことから、利用できるサービスが増えれば、持ち歩くことへの抵抗感は大きくないと考えられる。
- ・ マイナンバーカードを持ち歩かない理由として「落とした場合に不安（情報流出しなにか不安）だから(53.3%)」、未取得の理由として「情報流出が怖いから(35.1%)」など、紛失や作成すること自体へのリスクを感じている国民も多いが、誤った理解が多い。（マイナンバーカードを紛失して番号が知られると、個人情報や保有財産などが知られてしまう可能性がある、などの誤解）
- ・ カード自体を持ち歩きたくないという人にはスマホ用電子証明書（導入作業というハードルはある）の展開・周知により、マイナンバーカード機能としての持ち歩き率をさらに高めることは十分期待できる。

③ マイナンバーカードで利用できるサービス・手続き

- ・ マイナンバーカードを利用したサービス・手続きを利用したことがある人の割合は76.3%(※)であり、カード取得者の多くに利用経験がある。
- ・ よく利用されているものは
「対面での本人確認(47.2%)」
「オンラインでの本人確認(43.2%)」
「コンビニ等での証明書等の取得(40.4%)」
「健康保険証としての利用(30.5%)」など。
- ・ 各サービスに利便性を感じている人は5割強～8割強と総じて高く、
「コンビニ等での各種証明書（住民票の写し等）の取得（83.9%）」、
「本人確認書類（身分証明書）としての利用（オンラインでの本人確認（72.7%）」
「ふるさと納税のワンストップ特例申請（71.4%）」
で利便性を感じた人の割合が特に多い。
- ・ 「健康保険証としての利用」は30.5%の人が経験を有し、半数以上（55.0%）が利便性を実感している結果となった。健康保険証の利用率が低いのは、利用できる医療機関が限られている（割合不明）ことも大きな原因と考えられる。

この調査結果の分析から推察できることは、以下のとおりであり、今後の利活用推進にあたっては、これらを念頭においた対策を進めていく必要がある。

- マイナンバーカードが無くても国民にとって日常生活への支障は特でない
- そのメリットがわからず不安もあるものを自ら積極的に使うという行動に移らない
- 一度でも使い利便性を感じた人は繰り返し利用する（その価値も感じている）
- 普及のためには利用できる機会（施設・環境）が多いことが重要
- マイナンバー制度導入の目的を実現するためには、多くの国民が制度の概要を正しく理解し、実利用することで利便性を実感（体験）することが重要

2 SICとしての提言の視点

2.1 社会システムとしてのマイナンバー制度の卓越性視点での検証

SICでは「卓越システム」として、次のような特徴を持つシステムを定義しているが、国にとっても国民にとっても重要なマイナンバー制度の運用システムは「卓越システム」としての要件を満たすことが重要である。

<卓越システムの定義>

- ・作られた理念（目的）が明快に理解でき、出来ることと出来ないことの境界がはっきりしている。
- ・システムの全体構成が理解しやすい。
- ・運用しやすく、故障への対応が容易である。
- ・拡張可能性（Scalability）がある。
- ・環境の変化に応じて進化できる。
- ・利害関係者の多くを満足させることが出来る。（☆）
- ・堅牢で十分な持続可能性がある。
- ・システム構築・運用のコストが小さい。

マイナンバー制度についてこの観点で確認すると、マイナンバーの利用範囲は法令等で明確化されていること、国の統一規格であり共通化が可能であること、サービスも徐々に拡充されていること、利用者の満足度も総じて高いこと、などから「卓越システム」としての要件の多くを満たすことができていると考える。

一方で、「卓越システム」として運用されていることが利用者である国民に、利便性や安心感という形で伝わっているかという点では不十分である。その中で健康保険証の廃止など実質的な義務化を強引に進めようとしている印象があり、一部の国民の反発を招いていると考察する。

国民の不安を取り除き、利用してみようという方向に向かうためには、利用範囲の拡大や利活用推進の活動に加え、マイナンバー制度の情報管理の仕組み、マイナンバーカードのセキュリティ対策、などへの国民の理解浸透を進めることが重要である。

3 マイナンバー及びマイナンバー制度利活用推進に向けた提言

マイナンバーカードは全国民が保有できる本人確認ツールであり、本人確認の機能を柱に利用機会を増やし、その際の利便性を実感することで免許証と同様に携帯することが当たり前になる。当面は、国民がマイナンバーおよびマイナンバーカードの利便性と仕組みを理解した上で、日常生活の中で利用し、自然に利便性を享受できる状態を実現した上で、次期マイナンバーカードについては、行政サービスの効率化と国民の利便性向上を目指すために、必要な法改正を行った上で、全国民に一律配布することを検討すべきと考える。SICとして、以下の4項目を提言する。

3.1 <提言1>官公庁の本人確認

官公庁の本人確認は原則としてマイナンバーカードで行う

官公庁の本人確認は原則としてマイナンバーカードで行うこととし、その際に基本4情報（氏名、性別、生年月日、住所）の記載が必要な場合は、データ連携で入力を省略する仕組みを早期に実現する。

3.2 <提言2>企業の本人確認

企業の本人確認も原則としてマイナンバーで行うことを推奨する

企業の本人確認も原則としてマイナンバーで行うことを推奨し、官公庁と同様に基本4情報のデータ連携による入力作業レスの仕組みも推奨し、すべての本人確認をマイナンバーカードに統一することを目指す。

マイナンバーがあれば全ての本人確認で対応可能となり分かりやすく、官公庁や企業にとっても複数の方法に対応する負荷が不要となり、効率化が進む。

（活用例）

- ・マイナンバーの空き容量に、電話番号、勤務先、学校の情報の登録枠を作り、基本4情報に加え本人が登録したこれらの情報について、本人の同意取得を前提として、マイナンバーカードの読み取りや、マイナポータルからの連携を可能とする。

⇒ホテルやゴルフ場のチェックインの際にも、マイナンバーカードの読み取りにより、フロントでの記載を不要とする。

⇒企業が発行する各種ポイントカードを含めたデジタル会員証について、マイナンバーを除いた基本4情報を連携し、入力不要とする。

⇒勤務先や学校からの証明機能を付けることで、定期券購入、各種学割利用、就労状況の証明なども可能となる

※登録情報をスマホアプリで表示し、それを証明書がわりにするなど簡易な方法もあるが、スクリーンショット対策（他人情報や過去情報などの表示対策）が必要

一方で、企業にも運用変更やシステム投資などの負担が発生することになるため、できる限り標準化をするなどの対策も重要である。統一規格とすることで、将来の活用の可能性も大きく広がる。

3.3 <提言3>手続き・公共サービスの利用

官公庁の手続き、公共サービスを利用する際にマイナンバーカードによる確認や登録を必須とする

※この前提として、次期マイナンバーカードは全国民への配布を行う

官公庁の業務効率化（＝国費削減）のために、給付金請求や公共サービス利用時のマイナンバーの確認や登録を必須とする。その時点で、基本4情報はデータ連携により入力レスとするなどの利便性も実現できている状態が理想。

○給付金支給時の確認・登録

不正請求抑制、正確・迅速な支払い、のために、マイナンバーに紐づく公金受取口座登録を必須とする。給付金支給という行政の支援を受ける際に、行政の効率化への協力を求めることは極めて正当な理由である。

○公共設備利用時の確認

民間よりも安い施設を利用するメリットを享受するための条件として必須化。
（自治体側も対応が必要なため、順次展開）

○県・市町村への届け出・申請の電子化推進

住民票の異動届出（転入、転出、転居、世帯変更）などについて、マイナンバーを活用した電子化を推進する。国民にとって役所への訪問が不要となるメリットは大きく、窓口での受付対応などがなくなるなど窓口負担も大幅に軽減できる。自治体ごとの個別対応は国全体としての無駄が生ずるため、全国共通の仕組みを作るか、複数の事業者のシステムから選択して活用する、などを推奨することが肝要。

○次期マイナンバーカードの全国民への交付

マイナンバーカードを持たない理由の多くが、メリット（必要性）を感じない、個人情報漏えいへの不安、となっている。利便性の向上に加え、マイナンバーカードのセキュリティ対策を十分に説明することで、行政の効率化を実現するための国策として理解を得た上で、全国民への交付を進める必要がある。

<国民の理解浸透を進める必要があるテーマ>

- ・マイナンバーの情報管理の仕組み（分散管理、セキュリティ対策、など）
- ・マイナンバー（番号）が漏えいした場合でもリスク自体は大きくないこと
- ・カード紛失時の再発行、漏えい等により番号変更が必要なときの対応
- ・幼児、高齢者の代理申請の仕組みと権限・機能
- ・現在の活用シーンと将来の展望

○再交付期間の短縮

マイナンバーカードの重要度を高めると、万が一の紛失等の影響も大きくなるため、再交付期間を短縮することも重要である。

3.4 <提言4>金融機関のマイナンバー登録

国民の重要な資産を扱い、生活への影響が大きい、金融機関でのマイナンバーの登録を必須とする

証券会社においては証券口座開設時の口座登録を必須としているが、他の金融機関では任意となっている。マイナンバーによる名寄せや、マイナポータルによる連絡手段確保など、国民にとっても企業にとっても登録することによるメリットがあるため、必須化すべきである。

※本年4月の口座管理法の施行により、銀行からお客さまへの登録の案内がされているが、「届出を求めることができる」と任意の登録となっているため、登録はあまり進んでいない状況。

金融機関の取引時にマイナンバーを登録しておくことで、火災や広域災害の被災者からの照会や、本人死亡時の相続人による確認・照会のしやすさが大きく改善する。また、金融機関側からも転居等により連絡がつかない場合の連絡をマイナポータル経由で行うことが可能となるなど、メリットが大きい。

- ・銀行口座開設時の登録による効果
 - 休眠預金の預金保険機構への移管防止と金融機関の休眠口座管理負荷低減
 - 相続人や被災者からの照会負荷の軽減
- ・保険契約締結時の登録による効果
 - 死亡保険金の請求もれ防止（遺族が保険契約の存在を知らないケース）
 - 火災保険金等の請求漏れ防止（広域災害等により保険証券紛失などのケース）
 - 満期契約の更新漏れ防止（転居等により保険会社からの連絡が不着のケース）
 - 過大な保険加入の抑止（複数保険会社での高額契約加入などモラルリスク対策）

個社への登録に加え、預貯金口座、保険契約、証券口座などの単位で、会社を問わずマイナンバーで名寄せし、本人から照会できる仕組みをすることで、利便性がさらに向上することも期待できる。

また、死亡時に銀行、保険、証券など金融機関に自動的に連携される仕組みを合わせることで、金融機関からの連絡も可能となり、手続きの漏れを防ぐことも可能となる。

さらに、金融機関にマイナンバーが登録されれば、確定申告や年末調整での活用も見込める。現状は証明書類の郵送・添付、入力・確認業務などが大きな負担となっているが、マイナンバーを元に紐づけた各金融機関とのデータ自動連携を行う仕組み（システム）を構築することで、双方の事務の大幅な効率化を実現できる。

- 例) 金融機関からの住宅ローン情報のデータ連携
- 保険会社からの年末調整の保険料控除情報のデータ連携

4 ウラノス・エコシステムを活用したマイナンバー制度の未来像

経済産業省が主導し社会実装を検討しているウラノス・エコシステムは、異なるシステム間でのデータ連携を容易にすることで、行政サービスの質を飛躍的に向上させる可能性を秘めている。マイナンバー制度との連動により、国民生活の質向上と社会全体の活性化を実現できると考え、将来に向けた活用策として追加で提言する。

4.1 行政手続きのオンライン化と迅速化

マイナポータルと各行政機関のシステムをウラノス・エコシステムで連携することで、住民票の異動届出、各種証明書の発行、税金申告など、あらゆる行政手続きをオンラインで完結できるようにする。現在、住民票の異動届出は、役所への訪問または郵送による手続きが必要だが、ウラノス・エコシステムを活用することで、マイナポータル上でオンライン完結できるようにする。マイナンバーカードで本人確認を行い、必要な情報を入力するだけで、手続きが完了。これにより、役所への訪問や郵送の手間が省け、国民の負担が大幅に軽減される。また、データ連携による自動処理の導入により、行政手続きの処理時間が短縮され、迅速なサービス提供が可能になる。

また、土日・夜間を問わず、いつでも最新の登録状況をマイナポータルで見れる機能も実装することで、国民が利便性を感じるだけでなく、行政の窓口対応も減らすことができる。

4.2 個別ニーズに合わせたきめ細やかな行政サービス提供

ウラノス・エコシステムを活用することで、マイナンバーデータを基に、国民の属性や状況を詳細に把握することが可能になる。この情報を活用することにより、医療費助成、子育て支援、福祉サービスなど、個々の国民のニーズに合わせたきめ細やかな行政サービス提供が可能になる。

例えば、医療費助成の申請手続きにおいて、マイナンバーデータと医療機関のシステムを連携することで、自動的に助成対象の確認や申請書類の作成を行うことができれば、国民は書類作成の手間から解放され、迅速に助成を受けることができる。国民の負担を軽減できるなど、デジタル化の大きな恩恵を実感できる。

また、子供の年齢や家族構成などの情報を基に、地域ごとの子育て支援サービスの案内や、必要な手続きの案内を行うこともできるなど、子育て中の家庭の負担を軽減できる。

4.3 行政機関間連携等による効率的な情報共有

ウラノス・エコシステムは、複数の行政機関間でのデータ連携を容易にすることで、情報共有を促進することができる。

例えば、住民票の異動が届出された際に運転免許証やパスポートの情報もデータ連携により更新されるべきで、この仕組みはマイナンバーカードへの一体化をせずとも実装できるはずである。災害発生時において、避難情報や支援情報などを迅速かつ正確に共有することで、被害の拡大防止に貢献できる。さらには、児童相談所、学校、福祉事務所など、複数の機関が連携して、児童虐待や高齢者虐待などの問題に対して迅速に対応できるようになる可能性もある。

行政機関以外でも、公共性が高いライフライン事業者（電気・ガス・水道など）、金融機関へのデータ連携はオンライン化・ワンストップ化の価値がとて大きい。「引越し手続オンラインサービス」などで事業者からの連携は一部で実現済みであり、本人同意を前提とした事業者への連携も推進してほしい。

4.4 ウラノス・エコシステムが促進する新たなサービスとビジネスモデルの創出

ウラノス・エコシステムにより、マイナンバーに関連したデータの流通・活用を促進することで、新たなサービスやビジネスモデルの創出を加速させることができると考える。

① データ分析による社会課題解決

マイナンバーデータを基に、人口動態、医療状況、教育状況などのデータを分析することで、社会課題の解決に繋がる新たな知見を得ることができる可能性が高い。例えば、高齢化社会における医療費負担の増加問題に対して、医療費データの分析により、効率的な医療サービスの提供や予防医療の推進など、具体的な対策を検討できるのではないかと。日本全国・地域別の課題の双方に対する検討もできる。

② 地域活性化のためのデータ活用

マイナンバーデータを基に、地域住民の属性やニーズを分析することで、地域活性化のための施策を効果的に実施できる可能性もある。現在はマイナポータルと連携されるデータは限定的だが、これを拡大していくことにより、将来的の可能性が大きく広がる。

③ 個別ニーズに合わせたマーケティング

企業は、マイナンバーデータと顧客情報を安全に連携することで、顧客の属性や嗜好を分析し、より精度の高いターゲティング広告や商品開発を行うことができるようになる。これにより、顧客満足度の向上と企業の収益増加に繋がる効果が期待できる。

現在はマイナンバーの利用範囲は限定されているため、法改正などの対応が必要となるが、国民の利便性向上と、企業活動の活性化のためにも、将来の選択肢として検討をすべきである。

4.5 ウラノス・エコシステムが実現する安全・安心なデータ社会

ウラノス・エコシステムは、データの安全性を確保するための技術も提供しており、マイナンバーのような重要個人情報を取り扱う上で不可欠なセキュリティ対策も施される予定である。今後、プライバシー保護や法整備などの課題を克服し、国民の理解と協力を得ながら、ウラノス・エコシステムを活用したマイナンバー制度の更なる発展を目指していくことが肝要である。

<主なセキュリティ対策>

・ 厳格なアクセス制御

データへのアクセス権限を厳格に管理し、不正アクセスや情報漏洩を防ぐ。

・ 暗号化技術の活用

暗号化技術を用いて、第三者によるアクセスや改ざんを防ぐ。

・データの匿名化

必要に応じて、マイナンバーデータの匿名化処理を行い、個人を特定できない形式でデータを活用する。

5 まとめ

マイナンバー制度は、行政の効率化、国民の利便性向上、公平・公正な社会の実現という重要な目的を達成するため、更なる発展が必要である。そのためには、官公庁・民間企業におけるマイナンバーカードの利用を促進し、利便性を実感できる環境を整備することが重要であり、今回S I Cから提言したものである。

今現在も関連省庁で連携して有効な施策の検討と実装が進められているが、提言させていただいた、次期マイナンバーカードの全国民への配布、官公庁・民間企業における本人確認の原則化、公共サービス利用時のマイナンバーカードによる確認・登録の必須化、金融機関でのマイナンバー登録の必須化などを推進することで、国民の利便性向上と安心感をより高めることができる。

さらに、経済産業省が推進する「ウラノス・エコシステム」を活用することで、行政機関や民間企業間でのデータ連携を強化し、行政サービスの質向上、企業活動の活性化、国民の利便性向上を実現できる。

これらの施策を官民連携で推進することで、マイナンバー制度は、デジタル社会の実現に向けた重要な社会基盤となり、国民生活の質の向上と社会全体の活性化に大きく貢献することになる。今後の施策の検討と社会実装に、是非活かしていただきたいと考えている。

参考文献

1. <IMD 日本語サイト> スイスの国際経営開発研究所
https://www.imd.org/news/world_digital_competitiveness_ranking_202311/
2. <デジタル社会の実現に向けた重点計画>
概要 https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/5ecac8cc-50f1-4168-b989-2bcaabffe870/96108cff/20230913_policies_priority_outline_03.pdf
本文 https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/5ecac8cc-50f1-4168-b989-2bcaabffe870/b24ac613/20230609_policies_priority_outline_05.pdf
3. 「業種別マイナンバーカード取得状況等調査（ネット調査）
【調査時期：令和5年11月28日～12月25日】
https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/4581d4aa-d6b5-4688-a625-bab1317d0d71/6f69745f/20240220_councils_mynumbercard-promotion_outline_01.pdf
4. 「次期個人番号カードタスクフォース」デジタル庁
<https://www.digital.go.jp/councils/mynumber-card-renewal>

SIC-ST2025-03

SIC 戦略提言-VI

防災・レジリエンスの強化に向けた
システム構築に関する提言

システムイノベーションセンター
2025年6月発行
Ver1.0

2025_06_25

提言の要旨

SIC 戦略提言- 「防災・レジリエンスの強化に向けたシステム構築に関する提言」要旨

現在、地球規模で様々な災害が起きている。わが国日本でも、2024年に能登半島を襲った地震や大雨災害など、様々な自然災害が発生している。こうした災害に対する平時の備えや、災害発生への対応に向けて、物理的な対策だけでなく、情報の活用は不可欠である。しかし、有事の際には、情報が錯そうしたり、不完全な情報が流れたりすることが多々起こり、誤った意思決定や行動につながるリスクが高まる。それを防ぐためには、様々な組織に散在している情報を統合・連携し、関係者間で共有することが重要である。そのような課題認識のもとで、内閣府が中心となって新総合防災情報システム(SOBO-WEB)が構築され2024年4月から運用が開始された。また、デジタル庁では防災 DX の取り組みの中でデータ連携基盤の設計・構築を推進している。こうした取り組みは、災害時の迅速な被害状況把握や的確な意思決定を支援するために、各種データを一元的に管理し、リアルタイムでの情報共有を可能にする。

いずれの取り組みも、基本的に情報を一か所に集約して処理を行ういわゆる集中型アーキテクチャである。データ一貫性の担保、効率性、セキュリティ強化など、多くのメリットがあり、行政が住民・企業を支援するといういわゆる公助においては有効である。一方で、被災者自身が自ら判断・行動する自助や被災者同士で助けあう共助においては、必ずしも最適とは言えない。各人のおかれている状況は異なるうえ、刻一刻変化するため、各人の状況に応じたきめ細かい対応を実現するには、現行の取り組みにプラスアルファが必要である。

SIC 戦略委員会では、こうした政府の取り組みに対する議論や、民間でこの分野に取り組まれている有識者の方々との意見交換を重ねながら、「卓越した防災システム」とは何かについて検討を進めてきた。その結果、以下の5つの提言をまとめた。

提言 1： 自律分散型システムアーキテクチャの検討と構築

政府・自治体が構築・運用している防災システムを補完する形で、必要に応じて異種間の既存システムを連携させたり、足りない部分を迅速に開発してアドオンしたりすることができるような自律分散型のアーキテクチャを取り入れた防災システムを構築すべきである。特に、情報を必要としている人が、適切な情報源から必要な情報をアドホックに取得できる仕掛けを構築可能とすることや、人手を介さずに半自動的にシステムが連携・動作することも推進していく必要がある。そのようなケースも想定して、異種システムが連携する際の責任所在の考え方や連携システムの利用方法なども、合わせて整備していくべきである。

提言2： 防災データの標準化

提言1のシステムアーキテクチャを実現するために必須となるのが、異種システム間で意味(コンテキスト)を共有することである。これを産官学連携で実現するために、政府機関・地方自治体は現行の防災情

報システムにおける情報連携のための処理フローやデータの定義(意味と表現方法)を開示すべきである。そして、民間企業は、その情報をベースにして、防災のための新たな情報や処理システムに関する提案や実装を行い、それを政府機関・地方自治体と共有することで、官民共同で防災データの標準化を推進していくべきである。

提言3： 防災システムの定量的評価手法の確立

有事の際には、刻々と状況が変化する。それに呼応して柔軟にシステムの連携も変えていく必要がある。その際の判断基準として、防災(リスクマネジメント)と回復力(レジリエンス)を定量的に評価、モニタリングする手法を確立すべきである。その際、レジリエンストライアングルの考え方が基本となるが、従来は構造物やエリアに対する評価がメインであったのに対して、自助、共助も考慮すると、立場によって劣化の捉え方が変わるという前提に立ち、多面的かつ柔軟に評価軸を設定できるようなアプローチを考えるべきである。

提言4： 先進技術を採用した世界でも通用する防災システムの構築活動

過去から様々な先進技術を活用して防災や回復へ活用してきたわが国においては、世界に先駆けた防災システムの構築について引き続き取り組むべきである。

こうした先進事例をもとに、防災システムへの技術活用方法を研究することで、各自治体の卓越システムの構築等の取り組みを支えるための基盤(ノウハウ、人材育成ツール等)作りを提言したい。

また、本提言をベースとした俯瞰的なシステム化検討に基づく技術を活用したシステムの実装、評価を通じて、その卓越性を確認し、成功事例を持って世界への情報発信を強化することで世界でも活用される防災システムを目指すべきである。そのためには、ダイバーシティやグローバル化を最初から意識し、柔軟な拡張性を備えるとともに、多言語対応や国際標準化を見据えた検討を推進すべきである。

(注)「卓越システム」とは、次のような特徴を持つシステムである。

出典:(SIC ニュースレター Vol.6.12(24. 12. 3) コラム「システム 4.0」 SIC 副センター長 木村)

<https://sysic.org/center activity/4301.html>

- ① 目的がはっきりしている。
- ② システムの全体構成が理解しやすい。
- ③ 出来ることとできないことの境界が明確。
- ④ 運用しやすく、故障への対応が容易である。
- ⑤ 拡張可能性(Scalability)がある。
- ⑥ 技術の進歩を含む環境の変化に応じて進化できる。
- ⑦ 利害関係者の多くを満足させることが出来る。
- ⑧ 利用可能なテクノロジーを効率的に使っている。
- ⑨ 堅牢で十分な持続可能性がある。
- ⑩ システム構築、運用のコストが小さい。

目次

(ここに記載のページ数は、「戦略提言-VI」内のものでページ下部右に“・/13”と記す。)

提言の要旨.....	3
1. 我が国の防災・レジリエンスに関する政策動向	7
2. 提言の着眼点	7
3. 防災システムの構築に向けた提言	8
3.1 提言 1 自律分散型システムアーキテクチャの検討と構築.....	8
3.2 提言2 防災データの標準化	8
3.3 提言3 防災システムの定量的評価手法の確立.....	9
3.4 提言4 先進技術を採用した世界標準を目指した防災システムの構築活動	10
4. まとめ.....	11

SIC 戦略提言-防災・レジリエンスサブワーキンググループ

メンバー：

リーダー：赤津雅晴（株式会社日立システムズ 執行役員）

サブリーダー：宮前義彦（元富士通株式会社）

委員：

天野光司（株式会社日立製作所 DX エンジニアリング研究部 主任研究員）

中野一夫（株式会社構造計画研究所ホールディングス シニアフェロー）

廣岡慎一郎（株式会社 国際電気 部長）

佐々敦（株式会社 国際電気 部長）

吉武宏昭（プロティビティ LLC）

提言立案のご協力者： 取組み内容の講演

・片岡 司（株式会社 K&T 代表取締役社長）

・竹田元生（株式会社 WAVE1 代表取締役副社長）

・原田正和（ティールファシリティーズ株式会社）

・望月 諭（日野医師会所属、医療法人社団のぞみの朋 日野のぞみクリニック理事長）

1. 我が国の防災・レジリエンスに関する政策動向

気候変動は毎年の変化として体感できるほどの災害(自然災害、天災、人災など)を引き起こし、復興のさなかの更なる対応ができないほどの災害を発生させている。これらに対応するために、内閣総理大臣指揮のもと、防災庁設置準備室発足式が令和6年11月1日に行われた。石破総理大臣からの発足説明においては、自然災害、平時からの備え、専任の大臣、エキスパートを備えた組織を設立し、内閣府の防災担当と連携しつつ、組織、人員、役割を整理し、令和8年度中に防災庁の設置を目指している旨の説明があった。

我が国は世界有数の災害国である。そのため、人命最優先の防災、普段から万全を目指し、ひとたび発生した場合には、防災庁には民間の団体と連携しながら、政府側の司令塔としての機能、及び、官民連携体制や、防災 DX が求められている。若者・各性別・年齢層を含めた広い連携を目指している。

また、激甚化する風水害や切迫する大規模地震等への対策、予防保全型インフラメンテナンスへの転換に向けた老朽化対策、国土強靱化に関する施策を効率的に進めるためのデジタル化等の推進の3分野をターゲットに、防災・減災、国土強靱化の「5 年加速化計画」が進行している。

本提言は、こうした政府の活動を補完する立場から ICT を中心としたシステム提言として位置付けている。

2. 提言の着眼点

提言の検討に先立ち、上記の政府の活動を知るために、2022年に国立研究開発法人防災科学技術研究所の理事長であった林 春男 先生に、「防災・減災におけるシステム化について」という題目で講演をいただいた。そこでは、防災・減災のシステム化とレジリエンス向上の重要性を強調し、災害対応能力の向上や ICS フレームワークの導入、技術統合の必要性を解説いただいた。また、2023年には、同じく防災科学技術研究所の臼田裕一郎センター長に、「防災情報システムの統合化を目指す取り組み」と題して、基盤的防災情報流通ネットワーク「SIP4D」の活用事例や、その先の取り組みである防災版サイバーフィジカルシステム「CPS4D」についてご講演いただいた。このように、政府主導での防災情報システムは、着実に整備されてきている。

一方で、災害は、突発的な自然災害にとどまらない。社会インフラの老朽化により、道路陥没やトンネル崩落等の事故も起きている。そういう意味で、社会インフラの維持管理も防災の観点の一つであるが、人口減少とも相まって、政府や自治体だけでの力ではサービスレベルの維持が難しくなっている。SICでは、民間の立場からこうした社会課題に取り組んでいる有識者の方々のご意見も参考にすべきと考えた。そして、「民間救急」、「日々の防災点検からの DX」、「地域医療の DX」、「上下水道の民間運営委託」などの取り組み内容を講演いただくとともに、解決すべき社会システム上の課題としてディスカッションを行った。

結果として、参加メンバー、及び、各講演及び、提言立案にご協力いただいた有識者の方々の業種と立場は異なるものの、DX 化に向けた防災・レジリエンスの要件や着眼点は一致する部分が多く存在することが分かった

これらの活動の一部は、デジタル行政改革会議 課題発掘対話(第9回)※1 上水道のテーマにおいて課題意識を内閣官房 デジタル行財政改革会議事務局に提言しその重要性を訴求した。

※1https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/digital_gyozaikaikaku/taiwa9/taiwa9.html

3. 防災システムの構築に向けた提言

3.1 提言1 自律分散型システムアーキテクチャの検討と構築

第1章、第2章で述べたように、政府では、防災システムの整備が進められてきた。例えば、内閣府が中心となって新総合防災情報システム(SOBO-WEB)の開発・構築が進められ2024年4月から運用が開始された。デジタル庁では、防災 DX の取り組みの中でデータ連携基盤の設計・構築を推進している。こうした取り組みは、災害時の迅速な被害状況把握や的確な意思決定を支援するために、各種データを一元的に管理し、リアルタイムでの情報共有を可能にする。こうした取り組みは、災害時の迅速な被害状況把握や的確な意思決定を支援するために、各種データを一元的に管理し、リアルタイムでの情報共有を可能にする。

こうした政府の取り組みは、基本的に情報を一か所に集約して処理を行ういわゆる集中型アーキテクチャである。これは、データ一貫性の担保、効率性、セキュリティ強化など、多くのメリットがある。行政が住民・企業を支援するといういわゆる公助においては、最も有効である。一方で、被災者自身が自ら判断・行動する自助や被災者同士で助けあう共助においては、必ずしも最適とは言えない。各人のおかれている状況は異なるうえに、刻一刻変化する。こうした各人の状況に応じたきめ細かい対応を実現するには、現行の取り組みにプラスアルファが必要である。

具体的には、政府が進めている防災システムを補完する形で、必要に応じて異種間の既存システムを連携させたり、足りない部分を迅速に開発してアドオンしたりすることができるような自律分散型のアーキテクチャを取り入れた防災システムを構築すべきである。これにより、情報を必要としている人が、適切な情報源から必要な情報をアドホックに取得できる仕掛けを構築すべきである。

この自律分散型システムアーキテクチャに基づく防災システムは、政府が自ら構築するのではなく、産学官連携プロジェクトや民間企業が、自由な発想で開発し、公開できるようにするのが望ましい。一方で、完全に自由にするのではなく、システムの開発や利用のガイドラインを産官学が共同で整備しておく必要がある。さらに、災害発生時の迅速な対応のためには、人手を介さずに半自動的にシステムが連携・動作することも推進していく必要がある。そのようなケースも含めて、異種システムが連携する際の責任所在の考え方や連携システムの利用方法なども、合わせて整備していくべきである。

3.2 提言2 防災データの標準化

提言1のシステムアーキテクチャを実現するために必須となるのが、異種システム間で意味(コンテキスト)を共有することである。これを産官学連携で実現するために、政府機関・地方自治体は現行の防災情報システムにおける情報連携のための処理フローやデータの定義(意味と表現方法)を開示すべきである。そして、民間企業は、その情報をベースにして、防災のための新たな情報や、処理システムを付加する提案や実装を行い、それを政府機関・地方自治体と共有することで、官民共同で防災データの標準化を推進していくべきである。

議論を深めるために、CPS4D のサービス画面や、システム構成図の概念図を示しながら説明する。1つの対象物に表現の異なる複数のコンテキストがついてしまったら、人もシステムも共通認識を得ることができない。そこで必要となるのが、タクソノミーの概念による分類学となる。CPS4D には階層的概念、範囲的概念、階層レイヤー間のリンク、時系列データなど多次元にわたる情報を扱う。それらを検索し、共通認識を人と人、人とコンピュータ、コンピュータとコンピュータで一致させるためには、ガバナンスを効かせた意味(コンテキスト)とその表現方法の管理が必須となってくると考えている。



図1 意思決定を支援する新しい避難経分佈地図

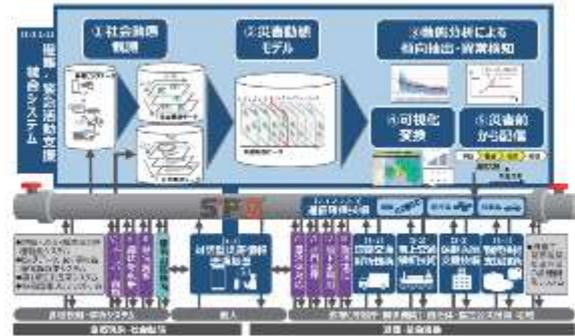


図2 避難・緊急活動支援統合システムの全体像

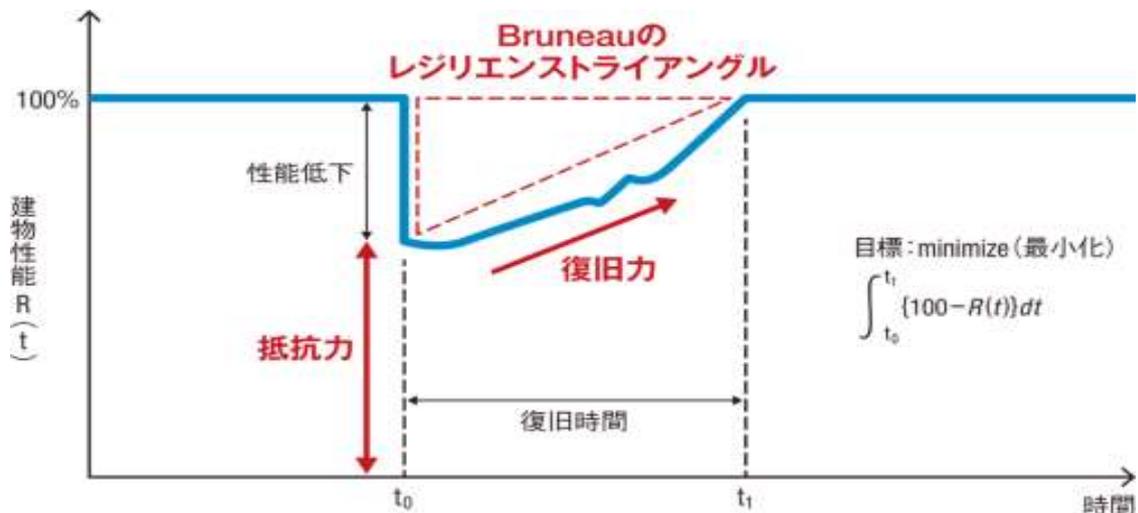
図1 避難・緊急活動支援統合システムの研究開発（防災科研の資料を引用）

SIP4D や、CPS4D など取り組みは報告されることは多いが、それに参画するための要件やデータ構造、さらに、提案の成果を参照・活用するためのデータの取り出し方、機能の使い方が公開されることは稀である。システムを水平・垂直的に統合するためには、やり取りされる情報の意味(コンテキスト)に対して、ある程度ガバナンスを効かせる必要がある。

3.3 提言3 防災システムの定量的評価手法の確立

有事の際には、刻々と状況が変化する。それに呼応して柔軟にシステムの連携も変えていく必要がある。その際の判断基準として、防災(リスクマネジメント)と回復力(レジリエンス)を定量的に評価、モニタリングする手法を確立すべきである。

簡単な評価手法としては、評価対象の防災システムが、利用者が要求している情報(提言2で定義した管理用語)をどの程度提供できているかというカバレッジ率があげられる。



抵抗力、復旧力:レジリエンス性能の一側面。抵抗力+復旧力:レジリエンス性能の全体。
レジリエンス指標:レジリエンス性能を示す指標。BCPLレベル指標:レジリエンス性能の全体のレベルを示す指標

図2 レジリエンストライアングルによる防災 DXにおける定量的評価

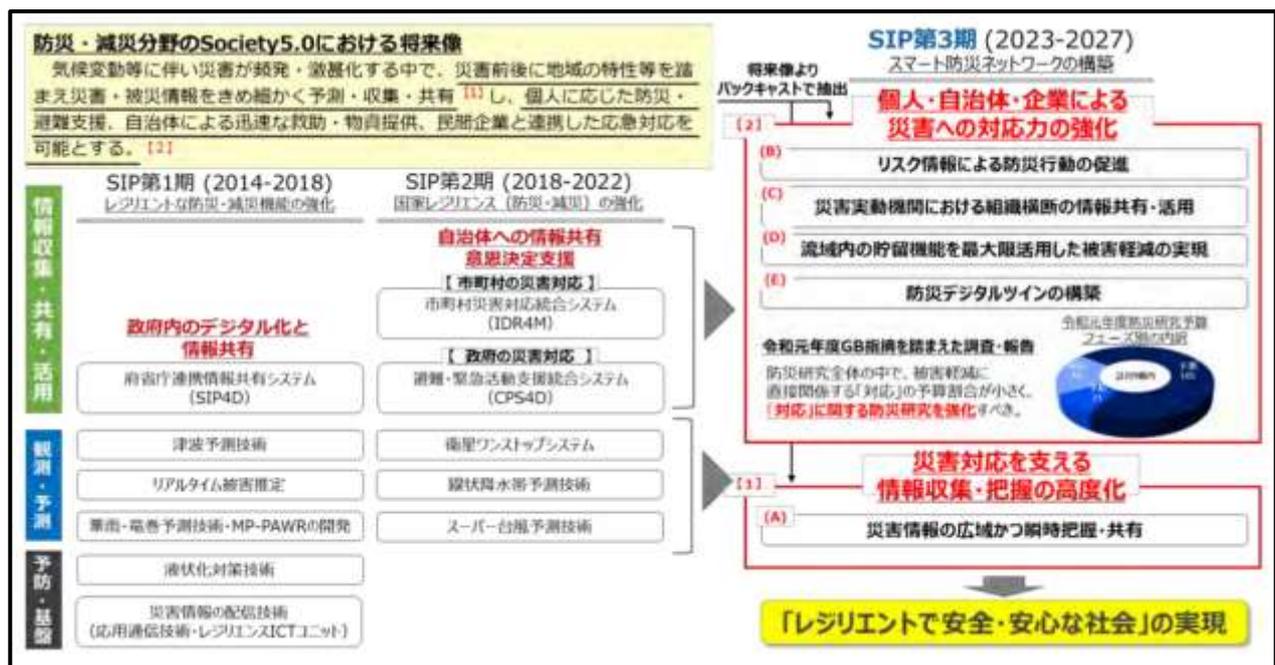
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/mag/na/18/00102/041700006/>

さらに高度な評価のためには、図2に示すレジリエンストライアングルの考え方が基本となる。ただし、従来のレジリエンストライアングルは、構造物やエリアに対する評価がメインであったのに対して、自助、共助も考慮すると、立場によって劣化の捉え方が変わるという前提に立ち、多面的かつ柔軟に評価軸を設定できるようなアプローチを考えるべきである。また、災害発生後に、どこまで復旧しているか、復旧すべきかは、立場や目的によっても異なるし、必ず100%まで戻す必要性もないかもしれない。こうした点を考慮して、利害関係者間で合意形成を行うためのツールと位置付けて、厳密性よりわかりやすさを優先した評価手法が必要である。

3.4 提言4 先進技術を採用した世界標準を目指した防災システムの構築活動

日本では以前より、防災に関して先進技術を活用した取り組みを行っている。内閣府では、防災の基本技術の開発を目指して SIP-1~SIP-3と活動を進めてきている。また、各府省等においても、先進的な技術を活用した防災分野の研究開発を進めてきている。これらの活動と協調しながら、今回の提言を取り込みに生かすことで、防災、レジリエンス力はより効果を上げられると思われる。

内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)のスマート防災ネットワークの構築では以下のミッションの達成を目指している。



出典:内閣府 SIP スマート防災ネットワークの構築より引用

図3 SIPの取り組み

すでに防災分野では、最新技術やデジタル技術を活用して、様々な取り組みが進んでおり、防災や被害の軽減、被災地復旧等に効果をもたらしている。

主な活用事例を紹介する。

<1. AIの活用>

地震の波形データ等を AI 活用して分析することで、地震予測に活用したり、気象データや河川水位データを洪水発生や浸水リスクの予測に活用することで、迅速な避難活動への対応が可能となる。また、AI チャットボットの活用によって、災害情報を共有・提供したりすることで、自治体が迅速な対応をすることができる。

<2. 画像解析技術>

災害発生時に衛星画像やドローンの撮影画像を分析することによって、被災地の状況把握をし、救助活動や物資配布に活用している。また、河川や砂防施設の監視・点検を行い、防災の観点での活用も行うことができる。

<3. IoT 技術>

スマートセンサーで地震や津波の初期兆候を検知したり、河川等の水位監視を行ったりすることで、早期にリスクを把握して迅速な避難指示が実現できる。

<4. GIS(地理情報システム)>

GIS を災害リスクマップなどに活用することで危険地域の可視化が可能となり、防災対策立案に役立てることができる。

これらの技術は、防災分野におけるデジタルトランスフォーメーション(防災 DX)の一環として導入されており、今後さらに広範囲に活用することで、各自治体の防災活動の強化や自治体間の復興への連携もスムーズに行われるようになる。また、システム化の際には個別の視点ではなく、俯瞰的なシステム化検討に基づく先進技術を活用したシステムの構築という観点も必要である。

こうした「システム化」に基づく先進事例を個別の事例のみで終わらせることなく、自治体間や国レベルで共有し、あるべき姿としての防災システムへの技術の活用方法を研究することで、各自治体の取り組みを支える卓越システムを構築することができる。

また、卓越システムの構築には情報連携のみでなく、人材活用や育成も必要である。その実現を支えるために、防災・レジリエンスの分野においても、人材教育のプラットフォームを構築することを提言したい。

さらには、先進の取り組みを日本の中で活用するだけでなく、世界に発信することで、わが国が率先して世界の防災分野をリードし、世界の防災・レジリエンスの力を向上させていけることを期待したい。そのためには海外展開のために、ダイバーシティやグローバル化を最初から意識し、柔軟な拡張性を備えるとともに、地域ごとの特性への配慮や多言語化などのグローバル対応を最初から考えて進めて行くことも必要である。

4. まとめ

わが国はこれまで数多くの災害を経験してきた。地震、津波、台風、洪水などの自然災害に加え、時には人的要因による災害も発生し、それぞれの教訓が社会全体に深い影響を与えてきた。その教訓を活かしつつ、防災システムは進化と改善を繰り返してきた。しかし、災害には一つとして同じものはなく、一つ

の災害が個人や地域に与える影響は多様である。そのため、均一的なシステムで全てをカバーすることは困難である。

一方、災害への対応では、「自助」「共助」「公助」の三つの柱が必要不可欠であるとされている。この中でも「自助」を重視する考え方として、「自助 7 割、共助 2 割、公助 1 割」という配分がしばしば提唱されている。しかし、防災システムの現状を見ると、自助や共助を支援する仕組みはまだ十分に整備されていない。災害に強い社会を構築するためには、自助や共助をサポートする柔軟な防災システムの設計が求められる。

本分科会では、こうした背景を踏まえて、提言をまとめた。

(1)1. 防災システムの柔軟なアーキテクチャの必要性

政府が整備する基幹となる防災システムに加え、それを補完する形で、民間や地方自治体が構築したシステムと連携できる柔軟なシステムアーキテクチャが求められる。このアーキテクチャは、災害の種類や規模に応じて適応可能であり、多様なニーズに応えるものでなければならない。

(2) データの標準化

システム間の連携を円滑にするためには、扱うデータの標準化が不可欠である。データの形式や内容を統一することで、関係者間やシステム間でのスムーズな情報共有が可能となる。

(3) 定量的評価手法の活用

利害関係者間の認識合わせを効果的に行うためには、定量的評価手法が必要である。この手法は、防災システムの有効性や効率性を客観的に評価し、課題の明確化や改善の方向性を示すツールとして機能する。

(4) 世界標準を目指した防災システムの構築

上記の取り組みを国内だけでなく、国際社会に向けて発信し、世界の防災力向上に貢献することも重要である。

本分科会では、これらの提言を整理するにとどまった。これをどのように社会実装するかについては、産官学が協力し、議論を深めることで具体的な実現方法を模索する必要がある。システムイノベーションセンターとしても積極的に貢献し、防災・レジリエンスの分野での進展を支える役割を果たしていく。

参考文献

1. 内閣府 政策テーマ 防災情報のページ
<https://www.bousai.go.jp/>
2. 内閣府 SIP スマート防災ネットワークの構築
https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/sip_3/keikaku/08_smartbousai.pdf
3. 防災科学研究所
<https://www.bosai.go.jp/introduction/identity.html>
4. 経団連 大規模災害に負けない持続可能な社会の構築
https://www.keidanren.or.jp/policy/2023/026_honbun.html
5. 防災DX官民共創協議会 <https://ppp-bosai-dx.jp/>
6. 経済同友会 政策提言 企業、政府・自治体の防災・減災対策のあり方
～国難である巨大災害に備えるために～
<https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/2022/230307t.html>
7. 防災学術連携体
<https://www.janet-dr.com/>
8. 防災科研 SIP4D 基盤的防災情報流通ネットワーク(SIP4D)
https://www.bosai.go.jp/info/event/2022/seika/kenkyudogaposter/pdf/p_handanobuyuki_1_winx1a.pdf
<https://www.sip4d.jp/outline/synthesis/>
9. 国土交通省 防災情報提供センター
<https://www.mlit.go.jp/saigai/bosaijoho/>
10. 内閣府 防災白書
<https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/index.html>
11. 日本防火・防災協会
<https://www.n-bouka.or.jp/materials/index.html>
12. 国際防災協力 防災技術の海外展開に向けた官民連絡会(JIPAD)
<https://www.bousai.go.jp/kokusai/index.html>
13. SIC システムオブシステムズ分科会 活動報告書
https://sysic.org/center_activity/4316.html
14. 自治体の防災マネジメント
<https://shop.gyosei.jp/online/archives/series/%e8%87%aa%e6%b2%bb%e4%bd%93%e3%81%ae%e9%98%b2%e7%81%bd%e3%83%9e%e3%83%8d%e3%82%b8%e3%83%a1%e3%83%b3%e3%83%88>

