



項目をクリックすることで当該記事に進みます

## 寄稿

### 製造小売業のサプライチェーンにおける情報数理技術の実装の現状

株式会社ファーストリテイリング デジタル業務改革サービス部

リーダー / リードデータサイエンティスト 伊藤直紀氏

## 目次

### I センター情報

- ① SIC第3期(2026)システム科学概論連続講座「システム科学のための情報と数理」  
全6回(2026年6月12日～11月20日)開催案内

### II 会員活動

- ① 2026年度第4回SICフォーラム開催案内(会員限定)  
【日時】 2026年6月17日(水) 15:00～16:15  
【タイトル】「圏論による Model Based System Engineering の展開とその動向」  
【講師】 本多 敏氏 慶應義塾大学名誉教授
- ② 2026年度第3回SICフォーラム(2026. 5. 14)開催報告  
【タイトル】「問題解決の2重ループ ～要求工学が接続するデザインとエンジニアリング～」  
【講師】 山本修一郎氏 名古屋国際工科専門職大学 教授
- ③ 2026年度第5回実行委員会(2026. 5. 19)開催報告

### III 会員企業一覧

## 寄稿

# 製造小売業のサプライチェーンにおける情報数理技術の実装の現状

株式会社ファーストリテイリング デジタル業務改革サービス部

リーダー / リードデータサイエンティスト 伊藤直紀氏

## はじめに

サプライチェーンとは、原材料の調達から製造・物流・販売に至るまでの一連のプロセスを意味し、企業活動や個人の生活において中核的な役割を果たしている。これらのプロセスを統合的に運用し、全体最適化を志向する経営活動がサプライチェーンマネジメント(SCM)である。

とりわけ製造小売業(SPA: Specialty store retailer of Private label Apparel)においては、商品企画から販売に至るまでを一貫して管理する SCM の実践により、コスト効率の向上や市場変化への迅速な対応を実現している。SCM を構成する各フェーズには多様な意思決定課題が存在し、これらに対しては統計・機械学習・数理最適化といった情報数理技術が重要な解決手段として用いられている。

本稿では、アパレル製造小売業のファーストリテイリングにおけるサプライチェーンの上流から下流に至るまでの各工程に対し、情報数理技術がどのように活用されているかを概説する。また、その実装と運用において直面する論点についても触れる。

## ファーストリテイリングにおける情報数理技術の位置付け

ファーストリテイリングは、ユニクロ、ジーユー、プラステ、セオリーなどのカジュアル衣料品ブランドを約30の国と地域に展開する製造小売業の企業であり、商品企画から販売までを一貫して管理している。2025年8月期決算における年間売上高は3.4兆円に達し、主なアパレル製造小売業の中で世界第3位の売上規模となっている。

主力ブランドであるユニクロは、ブランドコンセプトとして、「LifeWear」を掲げている。トレンド重視の短サイクル・多品種型のファッションビジネスとは対照的に、時代に左右されない高品質な日常着を、国籍・年齢・性別を問わずすべての人に対して手に取りやすい価格で提供している点に際立った特徴がある。

このブランドコンセプトのもとで、グローバル規模での膨大な商品供給を実現する体制(商品企画、生産、物流、販売、顧客サービスに至る一連の自社管理プロセス)を運営する必要があり、そのためには高度な情報処理技術が不可欠となる。実際、ファーストリテイリングではシステム等への設備投資額(CapEx)は年間274億円に達しており<sup>1</sup>、その中で積極的な IT 投資を継続的に行っている。この IT 活用におけるテーマの1つに、AI およびアルゴリズム、すなわち情報数理技術の活用がある。

## サプライチェーンにおける情報数理技術活用の概観

本章では、サプライチェーンの上流から下流に至る主要プロセスにおいて情報数理技術がどのように活用されているかを概観する。ここでは、商品企画、需要予測、生産・物流オペレーション、販売チャネルという4つの領域を取り上げる。

### ①商品企画

第一に、商品企画、すなわち「そもそもどのような服を作るべきか」という意思決定を支えるための情報処理およびデータ分析が行われている。ファーストリテイリングでは販売チャネルを自社で管理していることから、日々

<sup>1</sup> 2025年8月期の統合報告書より。

[https://www.fastretailing.com/jp/ir/library/pdf/ar2025\\_07\\_sp.pdf](https://www.fastretailing.com/jp/ir/library/pdf/ar2025_07_sp.pdf) (2026年5月1日閲覧)

の購買行動や接客を通じて「ボイス・オブ・カスタマー(VOC)」および「ボイス・オブ・ストア(VOS)」と呼ばれるお客様や現場で働くスタッフからの情報が大量に蓄積される。これらを活用することで、企業側が想定する商品を顧客に提案する従来型のビジネスから、顧客の潜在ニーズを起点とするビジネスへと体制を移行することが志向されている。

また、データ分析により、市場におけるトレンドや生活様式の変化を捉え、企画段階における商品ポテンシャルの推計が行われている。この領域においては、自然言語処理や画像解析、および近年急速に発展している生成 AI といった技術群が中心的に用いられている。

## ②需要予測

第二に、商品の販売計画を策定するためには、需要を定量的に予測することが不可欠となる。販売計画や需要予測は、目的に応じて要求される解像度が異なる。たとえば、生産・販売・物流の計画を常時連動させ、生産パートナー工場との密な情報連携を実現するためには、定期的な期間での販売の見通しが必要となる。加えて、お客様が欲しい商品を SKU (Stock Keeping Unit: 在庫管理の最小単位) レベルで欠品なく確実に手に入れられるようにするためには、適時・適品・適量の在庫投入を実現することが求められ、その前提として、個店・SKU 単位で「いくつ売るか、いくつ持つか」を明確にした販売在庫計画を策定する必要がある。こうした目的に合わせるため、様々な需要予測の仕組みが構築されており、深層学習を含む機械学習技術が広く活用されている。

## ③生産・物流オペレーション

第三に、先述の需要予測および販売計画に基づき、商品の生産、生産物流、販売物流、在庫配分といった、サプライチェーン上の多様なオペレーションが実行される。ここで目指しているのは、販売計画と生産計画・物流計画が常時連動し、売れ行きに応じて柔軟に生産・輸送を調整できる「売りながらつくる」体制である。その実現には、上流における生産・輸送の調整から、下流における倉庫配分や店舗への引当・配送に至るまで、各工程を一貫して最適化する必要がある。これらは世界各地の工場・倉庫・店舗からなるグローバルなネットワーク上で多様な商品を扱うものであり、各工程が固有の制約と KPI を有している。このような複雑な構造を取り扱うために、数理最適化やオペレーションズ・リサーチの技術が用いられている。

## ④販売チャネル

第四に、販売チャネルについて述べる。販売チャネルは企業と顧客との接点を担う領域であり、物理的な店舗ネットワークとデジタル上の顧客接点 (EC サイトやスマートフォンアプリ等) の両者から構成される。この領域において目指しているのは、お客様が欲しい商品を簡単・便利に、待たずに手に入れられる購買体験の実現である。店舗においては、RFID タグの導入により商品の所在や店頭欠品率を SKU 単位でリアルタイムに把握できるようになり、売場レイアウトやスタッフの稼働計画を含む情報のデジタル化が進められている。これらの情報は業務アプリを通じて販売員一人ひとりに提供され、店舗業務の効率化に寄与している。同時に、EC サイト・アプリのユーザビリティの改善などを通じて、顧客とダイレクトにつながる接点の強化が図られている。こうした施策の継続的な改善と高度化を支えるために、様々なデータ解析とアルゴリズムが活用されている。

情報数理技術の活用が検討されている業務領域は他にも多数存在する。また、これら全領域を貫く取り組みとして、生成 AI などの先端技術の検証も継続的に行われている。

## 実装と運用における気づき

筆者は情報理工学を専攻したサイエンティストとしての立場から、情報数理技術の実装と運用に取り組んできた。その経験を通じて実感されるのは、技術を実業務に組み込む過程で直面する事柄が、技術そのものの内側にとどまらず、複数の異なる領域にまたがるという点である。本章では、現場を通じて見えてきた4つの点について私見を述べる。

## ①業務知識の獲得

サプライチェーン全体の最適化を達成するためには、前後のプロセスを踏まえたモデリングや、各業務領域に応じたアルゴリズムのパラメータ調整が不可欠となる。これらは数理的な作業に閉じるものではなく、対象となる業務の構造、商品やサービスの特性、現場の運用実態を深く理解した上ではじめて可能となる。ここで求められる業務知識は、特定の業務領域に限定された狭義のドメイン知識にとどまらない。より大きな成果を追求しようとするれば、取り組みは単一の業務領域に閉じることが難しく、自ずと業務横断的な射程を持たざるを得ない。そして射程が広がるにつれ、求められる業務知識もまた、サプライチェーン全体を貫く流れや、その背後にある経営戦略・組織構造への理解にまで及ぶことになる。

## ②統合的な設計力

サプライチェーンの課題に対して、情報数理技術は、解決策を構成する一要素にすぎない。その効果を発揮させるためには、情報数理技術単体の高度化にとどまらず、業務プロセスや基幹システムそのものの再構築、商品 RFID タグ・自動倉庫といった他のテクノロジーの導入などを含めた、トータルパッケージとしての解決策が必要となる。すなわち、技術・業務・組織を横断的に俯瞰した上で、各要素を統合的に組み立てる設計力と、それを実際に動かす実行力の双方が求められる。

## ③システム開発に対する理解

統合的な設計力に関連して、システム開発に対する深い理解もまた、実装における重要な課題である。アルゴリズムによる計算結果を、ビジネス上の実体ある成果へと結実させるためには、その計算結果を確実に業務へと反映する高品質なシステムが不可欠となる。特に製造小売業においては、システムの出力に応じて世界各地の工場・倉庫・店舗で物理的に大量のモノが動くため、安定稼働の確保には細心の注意が要求される。要件定義、設計、実装、テスト、リリース、そしてプロジェクトマネジメントに至る一連の開発プロセス全般への理解は、自らのアルゴリズムを動かす器としての高品質なシステムを構築するための基礎となる。

## ④長期的運用を見据えた設計

最後に挙げるべきは、長期的な運用を見据えた設計の重要性である。特に企業の基幹業務を支えるシステムにおいては、運用の持続可能性が決定的な意味を持つ。

一般論ではあるが、高度で複雑なアルゴリズムを採用したシステムは、それを運用・改善できるスキルを持った人員が限定されるため、運用体制の維持が長期的な課題となる。障害発生時などの非常局面に即応できる専門性が必要である一方、ひとたび安定稼働期に入ると日常的な運用作業が限られるため、高度な専門人材を常時専任で配置し続けることは現実的ではない。したがって、高度なアルゴリズムシステムを構築する際には、稼働後の継続的な改善・改革ロードマップと、それを支える人員の確保・育成計画を併せて設計することが不可欠である。

一方で、すべての領域で高度なアルゴリズムを採用することが望ましいわけではない。問題の特性によっては、専門性を持たない担当者であっても一定の運用が可能となる、シンプルで理解しやすい解決策を組み上げる方が、長期的な持続性において優れている場合もある。アルゴリズムの先進性と運用の持続可能性は時に相反するが、対象となる問題ごとに両者の均衡点を粘り強く探ることが、業務実装における本質的な論点となる。

以上に述べた4つの点は、それぞれ独立した論点でありながら、実務の現場では密接に絡み合っ立ち現れる。情報数理技術の実装とは、これらの課題に同時並行的に向き合い、サイエンティストとしての専門性を組織と現場の文脈の中に粘り強く接続していく営みであると言える。

## おわりに

サプライチェーン上には、本稿で取り上げきれなかった多様なトピックが存在する。また、いったん構築されたシステムであっても、グローバル環境の変化と業務改革の進展に応じて、アルゴリズムの更新と業務改善を継続的に進めていく必要がある。

こうした柔軟性と適応性を保つためには、事業会社自身がデータ分析業務を担う内製組織を持つことが極めて重要だと考えている。内製によって主体的なコントロールを確保しつつ、先端技術を有するパートナーとも連携することで、技術的なレバレッジを効かせながら業務改革を推進する。この両輪の体制こそが変化に強いサプライチェーンを支える基盤となる。筆者自身も事業会社におけるデータサイエンティストとして、この方向での業務改革を継続的に推進していく所存である。

本稿が、製造小売業におけるサプライチェーンマネジメントと AI/アルゴリズム活用の概観、ならびに実装と運用の現場で直面する事柄について、読者の理解の一助となれば幸いである。

### 【著者プロフィール】

伊藤直紀(いとう なおき)氏

2018年3月、東京大学大学院 情報理工学系研究科 数理情報学専攻 後期博士課程を修了し、博士(情報理工学)を取得。同年4月、株式会社ファーストリテイリング入社。グローバルサプライチェーンマネジメント部、デジタル業務改革サービス部を経て、2021年9月より現職のデータ分析チーム リーダー(Manager)を務める。数理最適化・機械学習を基盤に、サプライチェーンを中心とした全社業務プロセスにおける AI/アルゴリズム活用推進に従事。近年は生成 AI を活用した全社変革にも携わる。

(2026年5月14日原稿受領)

## I センター情報

### ① SIC第3期(2026)システム科学概論連続講座「システム科学のための情報と数理」 (全6回)開催案内

現代の複雑なシステムを理解するための「新たな知の基盤」が求められています  
“複雑性を紐解き、未来のシステムをデザインする全6回の知的探求”

開催期間: 2026年6月12日～11月20日 (全6回 対面とオンライン講義を併用)

第1回の対面開催場所: 新宿住友ビル47階 新宿住友スカイルーム(第6回も同場所を予定)

受講料: ● SIC正会員・準会員所属の方

全6回の講義を通して受講の場合、受講料 30,000 円/人

講義単位で受講の場合、1 講義の受講料 6,000 円/人

● 非会員の方

全6回の講義を通して受講の場合、受講料 40,000 円/人

講義単位で受講の場合、1 講義の受講料 8,000 円/人

(支払いは請求書払い)

詳細および申し込みは下記の URL を参照ください

<https://sysic.org/news/4993.html>

#### 本講座の概要と開講スケジュール

システム科学の神髄は、多様な要素がいかに繋がり、全体として機能するのかを解き明かすことにあります。本講座では、情報科学と数理科学を「強力なレンズ」として用い、大規模システムの基礎概念から、最新のAI、圏論、人間拡張、そして未来のサイバー・フィジカルまでを体系的に網羅します。

システム開発を担う技術者、システムの実装・管理を担う実務者や、システムへの理解を求められている経営分野の方々を対象に、単なる知識の習得ではなく、複雑化する社会と技術を俯瞰し、自らシステムをデザインするための「知のOS」をアップデートする連続講座です。

#### 「システム科学のための情報と数理」全6回講義 開講スケジュール

第1回	6月12日(金) 15:00-18:00	対面 オンライン	システムをつなぐ情報と通信の数理基盤	出口光一郎 (SIC、東北大学)
第2回	7月3日(金) 15:00-18:00	オンライン	大規模動的システムと数理モデル	石井秀明 (東京大学)
第3回	7月24日(金) 15:00-18:00	オンライン	AIとシステム科学の接点 —マルチモーダル知能と実世界システム—	岡谷貴之 (東北大学, 理化学研究所)
第4回	9月11日(金) 15:00-18:00	オンライン	関係性の数理科学(圏論入門:システムは圏論でできている)	本多 敏 (慶応大学, 日越大学)
第5回	10月16日(金) 15:00-18:00	オンライン	Fusing Interaction —身体拡張から 共同体験へ向かう『境界のない世界』—	嵯峨 智 (熊本大学)
第6回	11月20日(金) 15:00-18:00	対面(終了後 交流会)	情報と数理を基盤とする統合的システム デザインと未来社会	藤田政之 (金沢工大, 東京工業大学)

## 第1回 システムをつなぐ情報と通信の数理基盤

6月12日  
15:00-18:00

講義形式:  
対面講義とオンラインを併用

講師:  
出口光一郎  
(東北大学名誉教授)



### 講義概要

- ・システム科学と情報科学・数理科学の接点を明確にし、情報の発生から通信の理論、信号・パターンのデジタル情報処理まで、システムを構築するための数理的根幹を再定義する。
- ・システムを「情報」のフローとして捉え、システム要素をつなぐ情報と通信の基本原則の理解を進める。
- ・システム科学の基盤としての、情報量・エントロピー・通信の基本原則の習得を目指す。

### 講師紹介:

1976年、東京大学大学院修了、東京大学講師、山形大学助教授、東京大学助教授を経て、2002年より東北大学情報科学研究科教授。この間、米国防立大学アーバイン校助教授、東京大学客員教授等を併任。2015年、定年退職。東北大学未来科学技術共同研究シニアセンターリサーチフェローを経て、現在、システムイノベーションセンター(SIC)事務局長。

## 第2回 大規模動的システムと数理モデル

7月3日  
15:00-18:00

講義形式:  
オンライン講義

講師:  
石井秀明  
(東京大学教授)



### 講義概要

- ・ネットワーク化されたシステムの制御に焦点を当てる。
- ・大規模システムの数理モデル化の方法論を詳説する。
- ・情報・通信と制御論の融合領域および制御システムのサイバーセキュリティについて解説する。
- ・大規模複雑システムのダイナミクスを解析・制御するためのモデリング技術の習得を目指す。

### 講師紹介:

1998年 京都大学 大学院工学研究科 修士課程 修了, 2002年トロント大学 電気コンピュータ工学科 Ph.D. 課程 修了, 2001年イリノイ大学アーバイン校 研究員, 2004年 東京大学 大学院助手, 2007年 東京工業大学 情報理工学院 情報工学系 准教授, 2020年 同 教授, 2024年 東京大学 大学院情報理工学系研究科 システム情報学専攻 教授, 現在に至る。計測自動制御学会 制御部門研究賞(木村賞), IEEE Control Systems Magazine 優秀論文賞等を受賞。IEEE および IFAC (国際自動制御連盟)の Fellow.

## 第3回 AIとシステム科学の接点 —マルチモーダル知能と実世界システム—

7月24日  
15:00-18:00

講義形式:  
オンライン講義

講師:  
岡谷貴之  
(東北大学教授)



### 講義概要

- ・視覚を中心に世界を理解するマルチモーダルAIの研究動向と、その設計思想を紹介する。
- ・AI研究を実世界・社会課題の解決へと接続する際の課題と可能性を考察する。
- ・実世界で機能する知能の実現に向けて、ロボティクスや車載応用などの事例を通じて議論する。

### 講師紹介:

東北大学大学院情報科学研究科 教授 / 理化学研究所 革新知能統合研究センター(RIKEN AIP)チームディレクター。

コンピュータビジョンおよびマルチモーダルAIを専門とし、視覚を中心とした実世界理解の研究に従事。物体認識、三次元理解、センサ統合、ロボティクス応用など幅広いテーマに取り組み、近年は基盤モデルとPhysical AIの接続に関心を持つ。国内外の主要国際会議・学術誌で多数の論文を発表し、学術活動と実社会応用の両面からAI研究を推進している。

## 第4回

# 関係性の数理科学

## (圏論入門：システムは圏論でできている)

9月11日  
15:00-18:00

講義形式：  
オンライン講義

講師：  
本多 敏  
(慶応大名誉教授)



### 講義概要

- ・システム思考のOSを圏論でアップデートする
- ・システムを関係から観る：圏論の抽象性と普遍性を観る
- ・「圏」の定義：モノとコトの構造を記述する
- ・構造の関係性：関手・自然変換・随伴の役割を理解する
- ・MBSEと圏論：Wiring/String Diagram, Lens, Sheaf Theory

### 講師紹介：

1975年 東京大学工学部計数工学科卒業、同学科助手、講師を経て、1986年 熊本大学工学部生産機械工学科助教授、1990年 慶應義塾大学理工学部計測工学科助教授、1992年 ドイツアーヘン工科大学

客員研究員、1998年 慶應義塾大学理工学部物理情報工学科教授。

2017年4月～現在 慶應義塾大学名誉教授、慶應義塾大学大学院SDM研究所上席研究員。

2025年8月～現在 JICA 日越大学支援プロジェクト 専門家/講師(コンピュータサイエンス&エンジニアリング分野)

## 第5回

# Fusing Interaction —身体拡張から共体験 へ向かう『境界のない世界』—

10月16日  
15:00-18:00

講義形式：  
オンライン講義

講師：  
嵯峨 智  
(熊本大学准教授)



### 講義概要

- ・VR/AR技術や人間拡張工学を核とした、身体とシステムが融合し境界が溶け合う新しいヒューマンインタフェース
- ・物理・生理・知覚の多角的な手法を用いた、触覚ディスプレイ、力覚提示、および感覚変容技術による「実感」の創出、
- ・熟練技能の継承を実現する教示技術と、遠隔地間での感覚共有により個人の体験を「共体験」へと進化させるデザイン、など。

### 講師紹介：

2007年3月 東京大学情報理工学系研究科システム情報学専攻博士後期課程 修了。2007年4月-2008年3月東北大学工学研究科バイオロボティクス専攻 助教、2008年4月-2013年4月東北大学情報科学研究科システム情報学専攻助教、2012年4月-2012年7月マサチューセッツ工科大学客員助教兼任。2013年5月-2017年9月筑波大学システム情報系情報工学科准教授、2017年10月-熊本大学大学院先端科学研究部准教授、現在に至る。  
力覚教示、触覚センサ、触覚ディスプレイをはじめとした、人間中心の双方向型触覚インタフェースに関する研究に従事。博士(情報理工学)。

## 第6回

# 情報と数理を基盤とする

## 統合的システムデザインと未来社会

11月20日  
15:00-18:00

講義形式：  
対面講義(終了後懇親会)

講師：  
藤田政之  
(東京工業大学名誉教授  
金沢工業大学教授)



### 講義概要

システムの語源は「共に立てる(systema)」にあり、その思想は未来社会の構築に欠かすことができない。Society 5.0の中核をなすサイバーフィジカルシステム(CPS)はまさにサイバー空間とフィジカル空間を「共に立てる」ことを目指すものであり、1948年のウィーナーによるサイバネティクスの提唱以来、長足の進歩を遂げてきた。

一方で、1956年のダートマス会議においてマッカーシーが提案したAI(Artificial Intelligence)は、近年のフィジカルAI(Physical Intelligence)の台頭により、物理世界と高度に相互作用する劇的な進化を見せている。

本講義では、人間という要素をシステムの一部として内包する未来社会を見据え、CPSに人間(Human)を統合した「サイバー・フィジカル・ヒューマン・システム(CPHS)」について、新しいフィジカルAIを用いた統合的システムデザインの視点から論ずる。

### 講師紹介：

1985年早稲田大学大学院博士後期課程退学。1985年金沢大学助手、同講師、助教授、JAIST助教授を経て、1999年金沢大学教授。1994～1995年ミュンヘン工科大学(文部省在外研究員)。2005年東京工業大学教授。2012～2019年 JST CREST研究総括。2020年東京大学教授。2024年金沢工業大学教授、現在に至る。

SICE(計測自動制御学会) 会長、横幹連合副会長、IEEE CSS(Control Systems Society) Vice Presidentなど歴任。IEEE CSS Distinguished Member Award, IEEE TCST Outstanding Paper Award, SICE論文賞/教育貢献賞、東京大学工学部 Best Teaching Awardなど受賞。IEEEライフフェロー、SICE名誉会員/フェロー、工学博士。

## II 会員活動

### ① 2026年度第4回SICフォーラム開催案内(会員限定)

【日時】 2026年6月17日(水) 15:00~16:15

【形式】 MS-Teams によるオンライン

【タイトル】 「圏論による Model Based System Engineering の展開とその動向」

【講師】 本多 敏氏 慶應義塾大学名誉教授

【申込方法】 SICイベント参加登録ページ

<https://sysic-org.sakura.ne.jp/SICregistration.html>

より、記載の案内に沿ってお願いします。

#### 【講演概要】

本講演では、圏論の基本的事項の紹介の後、INCOSE が SysML、UAF により推進している MBSE について、これを圏論で扱う動きの概要、ならびに、講演者が現在取り組んでいるシステムアーキテクチャを olog という圏で記述するいわゆる OBSE(Ontology Based Systems Engineering)への展開について説明する。

通常の数学理論は集合論をもとに展開されている。集合論は、集合とその要素に対する所属関係から構築され、集合  $A$ 、 $B$  間の写像  $f$  は集合  $A$  の各要素  $a$  に対して、集合  $B$  の要素  $f(a)$  を対応させる規則、すなわち、積集合  $A \times B$  の部分集合とみなすことで定義される。一方、圏論では、圏  $C$  を、写像の概念を一般化・抽象化することで、対象(object)、射(morphism)として定義する。

圏論を1940年代に創始したアイレンベルグとマクレーンは、ホモロジー代数(代数的位相幾何学)を公理的に展開する過程で、異なる数学的体系の間の自然変換(natural transformation)を理解するために関手(functor)の定義が必要となりそのために圏を導入した。数学の様々な分野から圏をつくりだして、異なった理論の間に平行して存在する手続きを統一的に理解することができるようになり、さらにそうして構成された圏同士の構造を保存する対応関係として関手が定義され、さらにこの関手の間の射として自然変換が定義される。これによって、圏から圏への関手を対象として、自然変換を射とすることで関手の圏として抽象化される。

グロタンディークによる代数幾何学への展開とトポスの導入は、情報科学への展開など、様々な分野に適用されている。システム論もその例外ではなく、MIT を中心として様々な理論展開されるばかりでなく、INCOSE でも MBSE として、様々なシステムの実装を伴いつつ推進されているが、圏論で扱う動きも活発化している。

#### 【講師プロフィール】

本多 敏(ほんだ さとし)氏

1975年東京大学工学部計数工学科卒業、同学科助手、講師を経て、1986年熊本大学工学部生産機械工学科助教授、1990年慶應義塾大学理工学部計測工学科助教授、1992年ドイツアーヘン工科大学客員研究員、1998年慶應義塾大学理工学部物理情報工学科教授。2017年 同、定年退職。

2017年4月～現在 慶應義塾大学名誉教授、慶應義塾大学大学院 SDM 研究所上席研究員。2025年8月～現在 JICA 日越大学支援プロジェクト 専門家/講師(コンピュータサイエンス&エンジニアリング分野)。



## ② 2026年度第3回SICフォーラム開催報告

【日時】 2026年5月14日(木) 15:00~16:15

【開催形式】 MS-Teams によるオンライン

【参加者数】 88名(講師・司会者・事務局2名含む) (会員限定)

【タイトル】 「問題解決の2重ループ ~要求工学が接続するデザインとエンジニアリング~」

【講師】 山本修一郎氏 名古屋国際工科専門職大学 教授 名古屋大学名誉教授

司会 SIC実行委員長 松本隆明

### 【講演要旨】

はじめに、・2極思考連続体、・社会技術システム、・SVAPI(Social Value Actor Process Information)、・SIC戦略提言、・横幹連合のDX調査研究会の取組状況、の5つの話題について解説するとアジェンダを示し、今回の講演内容の参考文献として講師著の3冊の本(「DXの基礎知識」近代科学社 Digital:2020年、「情報技術者倫理の基礎知識」近代科学社 Digital:2025年、「デザインエンジニアリング入門」近代科学社 Digital:2026年)を紹介した。

#### 1. 2極思考連続体

##### ●DXと2項対立:

DXの誤謬の背景として、背後にある2項対立がある。

例えば、DXは「まずデジタル化」というが、アナログがふさわしい場合もある(アナログ VS デジタル)、「経営主導で一気に」と言うが、現場の意向も重要(経営 VS 現場)、「パッケージを導入して標準プロセスで統制すべき」と言うが、顧客満足度を向上させるためにはカスタマイズが必要な場合がある(標準化 VS カスタマイズ)、「例外は後回しに」と言うが、例外は常に起こりうる(正常 VS 例外)等がある。

##### ●形式知が新たな暗黙知を生む:

問題解決のために新たにパッケージやデジタルツインを導入し、形式知化してもそれが新しい制約を生みその制約を回避するために現場が工夫することになる。現場の工夫が暗黙知として蓄積される。このようなことが起こるのは、新しい技術・システムと人間の間の本質である。

##### ●2項対立と思考法

2項対立はいたる所で発生し、代表的なものに、システム思考(部分と全体)、仮想現実連続体(仮想空間と現実空間)、野中郁次郎先生の知識創造SECIモデル(暗黙知と形式知)等がある。

##### ●問題解決の2重ループ

2重ループとは、デザインと要求工学の間で形成する外部ループと、要求工学とエンジニアリングの間で形成する内部ループのことを言う。外部ループとは将来のあるべき姿(デザイン)を要求として定義する(提供価値の設計)。内部ループはエンジニアリングで、その要求をシステムとして実現する(価値の実現)ことである。すなわち、デザインとエンジニアリングの間に要求工学が位置づけられる。

##### ●要求の2重ループ~将来への拡張と現在への縮退~

これまでのシステム開発では、あまり注目されなかった外部ループ(将来との往還)が今後重要になり、内部ループ(現在の往還)との2極思考連続体が必須になってくる。外部ループの役割は「何のためにやるか」を問い続け将来像の更新に応じて要求を発展することであり、内部ループは「今、実現できるか」を問い続け現状制約で要求を引き戻すことである。すなわちデザイン/エンジニアリング連続体のバランスが重要になってくる。

##### ●デザイン/エンジニアリング連続体の割合

デザイン(D)とエンジニアリング(E)の割合はテーマによって異なる。講師の見解では、例えば、ビジネスデザインはD(65%)、E(35%)、エンタープライズアーキテクチャはD(40%)、E(60%)、ソフトウェアアーキ

テクチャーは D(30%)、E(70%)と解説した。

## 2. 社会技術システム

社会技術システムは、社会(S)と技術(T)を2極化する連続体であり、その中間に位置づけられるのが社会技術である。まず、課題を S→S 変換して意味を生成、S→T 変換して要求を具体化、T→T 変換してシステムの最適化等を行う、T→S 変換して社会的に合意できるか確認をする。従って対象とする社会技術システムの S と T のバランス(S/T 比)が重要である。

SIC発行「システムイノベーションの新しい道を切り開くSIC戦略提言:2025. 7」[参考]に掲載されている戦略提言6分野を社会技術システムとし、各 S と T の比率を講師の仮説として明示したのは興味深い。

DX の失敗は、この S/T 比の不整合で発生することを示唆した。例えば、S 寄りの課題(70/30)の問題であるにもかかわらず T 寄りの実装課題(30/70)と判断したり、手法は T より(20/80)の IT 最適化にもかかわらず、S 寄り(90/10)の討議を重ねる。結果、現場に合わない・受容されない、決まらない・作れない等になる。

## 3. Social Value Actor Process Information(SVAPI)

社会技術システムを具体化するとき、以下に示す①社会価値(Social Value)、②主体(Actor)、③プロセス(Process)、④情報(Information)の4層を明確にする必要がある。そうすることにより、社会技術システムのアーキテクチャーを明確にすることができる。

- ①社会価値層:社会が維持すべき価値・倫理・制約の基準を定義する層
- ②主体層:社会価値を担い意思決定・責任・役割を持つ主体群(市民、組織、AI 含む)
- ③プロセス層:主体が価値をじつげんするために行う活動・業務・サービス・手続きの判断と行為
- ④情報層:プロセスが生み出す状態記録・証跡・データ・知識で構成される層

社会技術システムの共通特性として、以下に示す SRG が重要であり、このことはSIC戦略提言[参考]にも書いてあるとの示唆があった。

Sustainability(持続可能性):長期にわたって維持できること

Resilience(レジリエンス):変化や危機に耐えられること

Governance(ガバナンス):誰がどう統制し説明責任を果たすか

また、SICの戦略提言[参考]に述べられている SRG の内容を SVAPI の各層毎に解説した。

## 4. SIC戦略提言[参考]

SIC戦略提言6分野(ヘルスケア、科学技術、エネルギー、ロジスティクス、金融、防災レ・ジリエンス)に対して、社会技術システムの観点から見て、横断的に「良いシステムが持つべき構造」を提案できているのではないかと評価した。また、そこに定義されている卓越したシステムの8つの特性に対して、社会技術比(S/T)分析をした結果を解説した。

5. 最後に、講師が参画している、横幹連合の DX 調査研究会の目標と取組状況の紹介があった。

[参考] SICホームページの [https://sysic.org/center\\_activity/3837.html](https://sysic.org/center_activity/3837.html) に公開されています

(文責:中野一夫(実行委員))

### 【講師プロフィール】

山本修一郎(やまもと しゅういちろう)氏  
名古屋大学大学院情報工学専攻 修了。名古屋大学博士(工学)。  
日本電信電話公社電気通信研究所、NTT 研究所を経て、株式会社  
NTT データ技術開発本部副本部長、初代フェロー、システム科学研究  
所所長、名古屋大学大学院情報学研究科 教授、名誉教授を経て、  
名古屋国際工科専門職大学情報工学科教授



講演中の山本修一郎氏

### ③ 2026年度第5回実行委員会開催報告

【日時】 2026年5月19日(火) 15:00～17:00  
【開催形式】 M-Tems によるオンライン開催  
【出席者数】 実行委員8名、監事1名、事務局1名、合計10名

司会 松本隆明実行委員長

#### 議題

##### 1. 報告事項

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. 1 SICフォーラム2026年度第3回(5月14日)開催報告   | 久保忠伴事務局次長 |
| 1. 2 SICフォーラム2026年度第4回開催案内<br>日時:6月17日(水) 15:00～16:15<br>「圏論による Model Based System Engineering の展開とその動向」<br>本多 敏氏 慶應義塾大学名誉教授(滞在先のベトナムから中継の予定) | 出口光一郎事務局長 |
| 1. 3 第5回以降のSICフォーラム開催予定について   | 久保忠伴事務局次長 |
| 1. 4 SIC第3期(2026)システム科学概論連続講座申込状況報告<br>「システム科学のための情報と数理」全6回(2026年6月12日～11月20日)  | 同上        |

##### 2. 協議事項 (フリー討議形式)

- |   |           |
|---|-----------|
| 2. 1 AI 分科会第1回設立準備会 開催報告                              | 久保忠伴事務局次長 |
| 2. 2 戦略提言の外部連携について<br>「RRI-SIC戦略的事業共創(案)」について議論       | 同上        |
| 2. 3 戦略提言「ロジスティクス」の深耕について<br>経産省への戦略提言書説明結果の報告        | 藤野直明実行委員  |
| 2. 4 SICイベント開催について<br>今秋にロジスティクステーマのシンポジウムの開催可能性を検討する | 久保忠伴事務局次長 |

##### 3. 広報活動

- |   |          |
|---|----------|
| 3. 1 SICニュースレター6月号発行予定と今後の巻頭記事執筆予定者<br>2026年6月号巻頭記事<br>「寄稿 製造小売業のサプライチェーンにける情報数理技術の実装の現状」<br>株式会社ファーストリテーリング デジタル業務改革サービス部<br>リーダー/リードデータサイエンティスト 伊藤直紀氏 | 中野一夫実行委員 |
|---|----------|

次回、次々回の実行委員会開催予定(オンライン開催)

2026年度第6回実行委員会 6月23日(火) 15:00～17:00

2026年度第7回実行委員会 7月21日(火) 15:00～17:00

## Ⅲ 会員企業一覧

### 正会員

SCSK株式会社  
株式会社NTTドコモ  
株式会社国際電気

株式会社東芝  
株式会社野村総合研究所  
株式会社日立システムズ

東京電力パワーグリッド株式会社  
マツダ株式会社  
ロジスティード株式会社

NTTドコモソリューションズ株式会社  
株式会社構造計画研究所  
株式会社JSOL  
株式会社ニューチャーネットワークス  
株式会社日立産業制御ソリューションズ  
株式会社日立製作所 研究開発グループ  
システムイノベーションセンター  
日鉄ソリューションズ株式会社  
横河電機株式会社

### 準会員

アメリス株式会社(準2)  
東京ガス株式会社(準2)

電腦バンク株式会社(準1)  
NEXT WIND 合同会社(準1)

(準1):インキュベーション会員、(準2):人財育成限定会員  
(2026年6月1日現在:五十音順)

©SIC 2026.6

発行者: 一般社団法人システムイノベーションセンター(SIC)  
代表理事・センター長 浦川伸一  
編集者: SIC実行委員 中野一夫 (構造計画研究所 HD)  
事務局 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-12-7 ストック新宿 B-19 号  
URL: <https://sysic.org> E-mail: [office@sysic.org](mailto:office@sysic.org) Tel.Fax: 03-5381-3567