

情報処理

2021
6

Vol.62 No.6
通巻 675 号

特集 オンライン デジタルアーキテクチャデザイン



巻頭コラム

コンピュータは人間を自由にする
茂木健一郎

電子版もご覧ください



電子版を読む (会員無料)
情報学広場



iPhoneなどで読む (有料)
Kindle



電子版を購入 (有料)
Fujisan



Web公開 (無料/有料)
note

教育コーナー：べた語義

連載：5分で分かる!! 有名論文ナメ読み / オンライン <Info-WorkPlace 委員会企画> 働き方を共有しよう!

先生、質問です! / ビブリオ・トーク

会議レポート

一般社団法人

情報処理学会

Information Processing Society of Japan

第2回 情処ウェビナー

<https://www.ipsj.or.jp/ipsjwebinar/webinar02.html>



無料

誰一人取り残さないために 情報技術が果たす役割



2021. **5.28** (金)
11:00~12:00

浅川 智恵子

日本科学未来館館長／IBMフェロー

1985年日本アイ・ビー・エム株式会社入社。以来、同社東京基礎研究所でアクセシビリティの研究開発に従事。1997年、世界初の実用的な音声ブラウザ「ホームページ・リーダー」を開発、世界の視覚障がい者がインターネットにアクセスする基礎を築いた。2004年東京大学工学系研究科先端学際工学専攻博士課程修了。2009年、日本人女性で初めてIBM技術者の最高職位であるIBMフェローに就任。2014年秋よりIBMフェロー兼カーネギーメロン大学客員教授として米国に赴任。2021年4月に日本科学未来館館長に就任。リアルワールド(実世界)アクセシビリティの研究開発に取り組む。これまでの主な受賞は、紫綬褒章、Women In Technology International 女性技術者殿堂入り、全米発明家殿堂入り、全米盲人協会ヘレンケラーアチーブメント賞など。



お申し込み ※本講演は zoom ウェビナーで開催します。

https://us02web.zoom.us/webinar/register/WN_R1wU0O8ZS62lCk8eUOUq8w

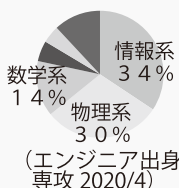
とめ 株式会社とめ研究所

人工知能等の研究開発受託会社

- ◆「人と機械の共生でもっと生活を楽しく」の経営ビジョンの実現を目指し、人工知能等の研究開発を受託。
- ◆新アルゴリズム研究、論文調査、論文よりのソフトウェア実装、検証等の研究開発から、システムのプロトタイプ開発等の応用開発までお任せ下さい。

高度な技術集団

- ・エンジニアは5割が博士号取得者、8割が博士課程出身。
- ・情報関連だけではなく、数学、物理学の研究室出身者なども多く、多様な課題をお客様とともに解決します。
- ・お客様からは「最新のアルゴリズムを提案して、プロトタイプを実装し試行錯誤してもらえる会社」、「唯一、研究者のイメージをソフト化できる。チームメンバーも信頼しています」とご評価頂いています。



日本全国の研究開発を受託

- ・独立系研究開発会社としての強みを活かし、日本を代表する大手企業研究所等のパートナーとして、先端の研究開発、技術者派遣の実績多数。
- ・マルチラボ体制により、お客様に近いラボが担当。

ステージに合わせた開発遂行

- ・課題に応じ、開発方法、成果等を相談頂けます。
- ・開発段階では、開発ステップ毎に結果報告し目標を再設定する等、柔軟に進めることが可能です。

- ◆研究開発のご依頼はお問合せフォームより承ります。
URL : https://www.tome.jp/inq/inquiry_form.php

「情報処理」は amazon/kindle でも ご購入いただけます！

情報処理学会では、会誌「情報処理」をオンライン通販サイト amazon/Kindle（電子版）でも販売しています。ぜひご利用ください。

◀「情報処理」（毎月15日発行）

各分野のトップレベルの方々が、最新技術を分かりやすく解説しています。著名人による巻頭コラム、特集、解説、報告、連載、コラムなど。

- ◆ 価格 1,760 円（税 10%込）



一般社団法人
情報処理学会
Information Processing Society of Japan
会誌編集部門 E-mail: editj@ipsj.or.jp
Tel.(03)3518-8371 Fax.(03)3518-8375

ご注文は ⇒ <https://www.amazon.co.jp/>

巻頭コラム

282 コンピュータは人間を自由にする 茂木健一郎

特 集

デジタルアーキテクチャデザイン

284 編集にあたって— Society 5.0 の実現に向けた挑戦者へのエール— 奥村明俊

285 概要

お知らせ

特集記事はオンラインのみの掲載となります（本誌には「編集にあたって」「概要」のみ掲載されます）。オンライン記事（電子図書館）の閲覧方法につきましては本誌 310 ページに掲載しておりますのでご確認くださいませようお願いします。

連載：★ Biblio・トーカー 書評—

288 問題解決力を鍛える! アルゴリズムとデータ構造 石井一夫

連載：★ 5分で分かる!? 有名論文ナメ読み

290 Sho Sonoda and Noboru Murata: Neural Network with Unbounded Activation Functions is Universal Approximator
矢田部浩平

教育コーナー：ぺた語義

293 ■ 教育における「情報」とこれから 稲葉利江子

294 ■ 高校共通教科「情報」にも活用できるファシリテーションの技術
—アクティブ・ラーニング型授業で陥りやすい3つの罠とそこから脱出する方法— 三田地真実

299 連載：★ 先生、質問です!

会議レポート

300 ACCV2020 会議報告 川原 僚

情報処理

常時更新中!

「情報処理」オンライン版 目次

https://www.ipsj.or.jp/magazine/contents_m_e.html

※オンラインでのみ掲載している記事の目次を掲載しております (目次から電子図書館の各記事へリンクしております)。



■ Vol.62 No.6

特集：デジタルアーキテクチャデザイン

- e1 ■ 1. Society 5.0 実現に向けたデジタルアーキテクチャデザイン (齊藤 裕・河野孝史)
- e7 ■ 2. 社会・産業アーキテクチャのデザイン (白坂成功)
- e13 ■ 3. データ取引市場のアーキテクチャー—データ取引市場の実装と国際標準化— (眞野 浩)
- e20 ■ 4. スマートシティのリファレンスアーキテクチャー— Society 5.0 に準拠したアーキテクチャ構築とその展開— (藤田範人)
- e27 ■ 5. 社会課題解決に貢献する自然言語処理技術の社会実装と展開— AI での人助けに何が必要か— (鳥澤健太郎)
- e34 ■ 6. デジタル社会における AI ガバナンス—倫理と法制度— (中川裕志)
- e40 ■ 7. デジタルアーキテクチャデザイン研究開発の基盤形成—産総研におけるデジタルアーキテクチャへの取り組み— (岸本光弘・関口智嗣)

連載：<Info-WorkPlace 委員会企画> 働き方を共有しよう!

- e47 CASE 2：1 粒で 4 度美味しい!? オンライン講演の味わい方 (渡辺知恵美)

「情報処理」note

<https://note.com/ipsj>

※人気記事や最新記事のチラ見せ、無料で読める記事などさまざまなコンテンツを公開していきます。



- 302 ほっとタイム
- 303 ほっとタイム
- 304 ほっとタイム
- 305 ほっとタイム
- 306 会員の広場
- 308 論文誌ジャーナル掲載論文リスト／論文誌トランザクション掲載論文リスト／IPJS カレンダー
- 309 アンケート／2021 年度定時総会の開催について

- 310 【ご案内】会誌「情報処理」のオンライン記事について
- 312 人材募集
- 313 有料会告について
- 315 英文目次
- 316 編集室／次号予定目次
- 317 掲載広告カタログ・資料請求用紙
- 318 賛助会員のご紹介

■会誌編集委員会

編集長：稲見 昌彦

副編集長：大山 恵弘・加藤 由花・中田真城子

担当理事：清水 佳奈・井上 創造

本号エディタ：

五十嵐悠紀・伊藤 将志・上松惠理子・江渡浩一郎・大石 康智・大島 浩太・太田 智美・奥村 明俊・折田 明子・桂井麻里衣・金子 格・川上 玲・楠 房子・櫻 淳志・酒井 政裕・白井詩沙香・袖 美樹子・高木 拓也・中島 一彰・西川 記史・橋本 誠志・坂東 宏和・古川 雅子・細野 繁・坊農 真弓・堀井 洋・福地健太郎・水野加寿代・山本ゆうか・湯村 翼

理事からのメッセージ：

https://www.ipsj.or.jp/annai/aboutipsj/riji_message.html

■情報処理学会事務局本部

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台 1-5 化学会館 4F

Tel(03)3518-8374 (代表) Fax(03)3518-8375

E-mail: soumu@ipsj.or.jp <https://www.ipsj.or.jp/>

郵便振替口座 00150-4-83484

銀行振込 (いずれも普通預金口座)

みずほ銀行虎ノ門支店 1013945

三菱 UFJ 銀行本店 7636858

名義人：一般社団法人 情報処理学会

名義人カナ：シヤ) ジョウウホウシヨリガツカイ

■規格部 情報規格調査会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館 308-3

Tel(03)3431-2808 Fax(03)3431-6493

E-mail: standards@itscj.ipsj.or.jp <https://www.itscj-ipsj.jp/>

■支 部 北海道／東北／東海／北陸／関西／中国／四国／九州

電子版
-DIGITAL VER-



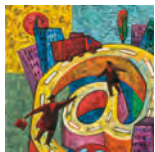
Kindle



Fujisan



情報学広場



コンピュータは人間を自由にする

■ 茂木健一郎



人工知能や情報技術が発展することは、人の個性を育み活かす上で大きなチャンスだと思う。

脳科学を研究している立場から感じるのは、コンピュータ文明が個性や多様性の包摂を実現してきたということである。

ビル・ゲイツさんは会議などで何度かお見かけしてことがあるけれども、とても素敵な人柄である。いわゆる非典型的な方だが、ゲイツさんのような人が活躍できるようになったのはコンピュータのおかげだと思う。

すぐれたプログラマはコミュニケーションにおいてはしばしば非典型的であるけれども、だからこそそのような個性を活かすことができるのだろうと思う。日本語で言う「オタク」がスターになる道が開かれたのは、コンピュータ文明の偉大な功績の一つで、その雰囲気は、カリフォルニア工科大学がモデルとされる米国のコメディ『ビッグバン・セオリー』でも見事に描かれている。

振り返れば、コンピュータ関連技術の発展は、その歴史の始まりから個性や少数派と深い関係があった。19世紀にチャールズ・バベッジがつくった「階差機関」に関連して「人類初のプログラマ」になったのはエイダ・ラブレスだが、エイダは、女性には数理関係は苦手だという世間の思い込みに対する反証である。今日のコンピュータの理論的基礎をつくったアラン・チューリングは同性愛者だった。コンピュータが人間と同等の知性を持つかどうかを検証する「チューリング・テスト」の論文では、男性が女性の振りをして、「本物の」女性

■ 茂木健一郎
脳科学者

ソニーコンピュータサイエンス研究所上席研究員。東京大学非常勤講師。1962年東京生まれ。東京大学理学部、法学部卒業後、東京大学大学院理学系研究科物理学専攻課程修了。理学博士。理化学研究所、ケンブリッジ大学を経て現職。



と区別がつかないということがあるかという設定が議論されている。もしチューリングがジェンダーの問題で悩みを抱えていなかったら、「チューリング・テスト」の発想は生まれなかったかもしれない。

コンピュータは、人を自由にする。ご自身視覚が不自由でありながら、長年にわたってすべての方に使いやすい情報技術の研究を続け、このほど日本科学未来館館長に就任される浅川智恵子さんは、人はハンディがあっても能力を発揮できるという素晴らしいロールモデルである。年齢も関係ない。80歳になってもスマートフォンのアプリの開発をして、国際的に注目された若宮正子さんは多くの人に勇気とインスピレーションを与えた。

人工知能が人間の仕事を奪うというような論調もしばしば目にする。しかし、実際には、人工知能や情報技術のおかげで仕事ができるようになったり、活動の幅が広がるということもあるように思う。人を自由にするコンピュータ文明の側面に、もっと注目したい。

ブロックチェーンに関する論文を発表し、ビットコインを実装した「サトシナカモト」が誰なのかは分らない。ネット上では、「サトシは女性だ」というミームも生まれている。実際、そうなのかもしれない。文明を変えるような大発明が匿名で行われ、それが女性なのかもしれないと本気で考えられるところに、コンピュータを基盤にした技術、文明の素晴らしさがある。

コンピュータは人間を自由にするのだ。

特集

デジタルアーキテクチャ デザイン

編集にあたって

— Society 5.0 の実現に向けた挑戦者へのエール —

奥村明俊 | (独) 情報処理推進機構

Society 5.0 は、デジタル化の進展により多様な価値がさまざまなステークホルダの連携によって創出される社会である。その実現には、技術だけでなくルールや合意形成の仕組みも含めた変革が必要である。このような社会全体のデジタルトランスフォーメーションの設計がデジタルアーキテクチャデザインである。対象となる課題もステークホルダも多様で、課題の設定も解決となるデザインも自明ではない。また首尾よく課題とステークホルダ間の合意を含めて新たなデザインが明らかになっても、最終的に実行するのは現場であり個人である。中には従来のやり方を変えたくない人がいて、できない理由を言いたくなるものである。代表的な理由は、今忙しい・時間がない・人がいない等リソース関連である。また自分の担当ではない・前例がないといった縦割り横並び的なものもある。さらに社会的上位の個人・監督機関・重要顧客など権威を持ち出し虎の威を借る主張もある。いわゆる抵抗勢力の言い分である。我が国は、COVID-19 によって、デジタルアーキテクチャデザインが待ったなしで求められることになった。その実現には、大きな壁が立ち上がるかもしれないが、我が国の将来を左右する喫

緊の課題である。本特集は、これらの壁を打破すべくデジタルアーキテクチャデザインにさまざまな立場で挑む7グループの活動報告である。各グループは、抵抗勢力と戦い、時には虎や狐と折り合いをつけ味方を増やしながら奮闘している。本特集は、自戒の念も込め、志を同じくブレイクスルーに挑むすべての人々へのエールである。多様な書きぶりとなっているのは、横並び意識を排除して執筆者の想いを最大限尊重した結果である。

第1の報告は、デジタルアーキテクチャデザインセンターの齊藤裕氏と河野孝史氏による「Society 5.0 実現に向けたデジタルアーキテクチャデザイン」である。目指している社会の全体像やセンターの取り組みおよび具体的な検討作業のアプローチ等に関する仮説や進捗を紹介する。第2の報告は、大規模システム開発方法論を研究する白坂成功氏による「社会・産業アーキテクチャのデザイン」である。学術的な視点から概念や用語を定義した上で、どのようなアプローチでデザインをしているのかを国際動向等も含めて紹介する。第3の報告は、データ取引市場実現に取り組む眞野浩氏による「データ取引市場のアーキテクチャ」である。データの利活用を

推進するデータ取引に関して、IEEE P3800 Data Trading System における国際標準化活動と合わせて実際のデータ取引市場のアーキテクチャを解説する。第4の報告は、6社共同でスマートシティリファレンスアーキテクチャに取り組んでいる藤田範人氏による「スマートシティのリファレンスアーキテクチャ」である。Society 5.0をベースとしたスマートシティのリファレンスアーキテクチャの内容と事例に基づく実証研究結果を報告する。第5の報告は、データ駆動知能システム研究者として社会実装に取り組む鳥澤健太郎氏による「社会課題解決に貢献する自然言語処理技術の社会実装と展開」である。AIで人助けをと複数の大規模自然言語処理システムを開発し社会実装してきた内容と実用化の

成功に必要な3つの条件について述べる。第6の報告は、AI倫理などの研究に従事する中川裕志氏による「デジタル社会におけるAIガバナンス」である。2017年以降に提案されているAI倫理の扱うテーマと扱い方について俯瞰し、AIを巡る法制度の現状の分析および将来へ向けての課題を説明する。第7の報告は、デジタルアーキテクチャ研究センターの岸本光弘氏と関口智嗣氏による「デジタルアーキテクチャデザイン研究開発の基盤形成」である。社会実装を踏まえたシステム構築のための参照アーキテクチャデザイン、標準化と普及活動の推進の実例を紹介し、現在の研究課題やそのフレームワークについて整理する。

(2021年2月25日)

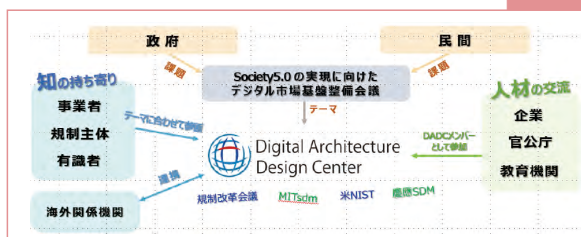
概要

1 Society 5.0 実現に向けたデジタルアーキテクチャデザイン

齊藤 裕 | (独) 情報処理推進機構 デジタルアーキテクチャ・デザインセンター

河野孝史 | (独) 情報処理推進機構 社会基盤センター アーキテクチャ設計部

人中心でサイバー・フィジカル間の高度な融合を伴う Society 5.0 を、社会システム全体の信頼性や日本の競争力を確保した形で実現するため、関係各省や産業界がさまざまな取り組みを展開させている。それら取り組みを統合するために、かつ横断的に必要となる新たな社会のインフラを、IT だけでなく法制度やビジネスエコシステムの在り方も含むさまざまな観点を踏まえて全体最適を図りつつ設計することが重要となっている。この設計のための場として、2020 年 5 月にデジタルアーキテクチャ・デザインセンターが設立された。本稿では当センターの取り組みおよびそれを通じて目指している社会の全体像や取り組み 3 領域での検討範囲および検討作業のアプローチ等に関する仮説や進捗を紹介する。



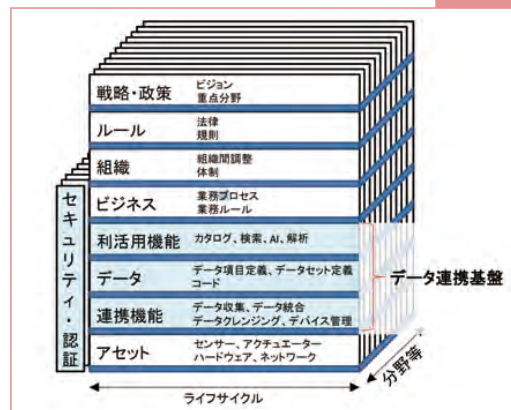
概要

2 社会・産業アーキテクチャのデザイン

応
般

白坂成功 | 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科

デジタルアーキテクチャ・デザインセンターがデザイン対象とするアーキテクチャは、Society 5.0 を実現するための業種横断的システムであり、社会・産業アーキテクチャのデザインである。これは、単一のシステムではなく、複数のシステムをあわせた、いわゆる System of Systems となる。また、ハードウェアやソフトウェアだけでなく、ガバナンスなどもその対象となる。本稿では、いくつかの用語の定義をした上で、なぜ社会・産業アーキテクチャのデザインが必要なのか、どのようなアプローチでデザインをしているのかを説明する。



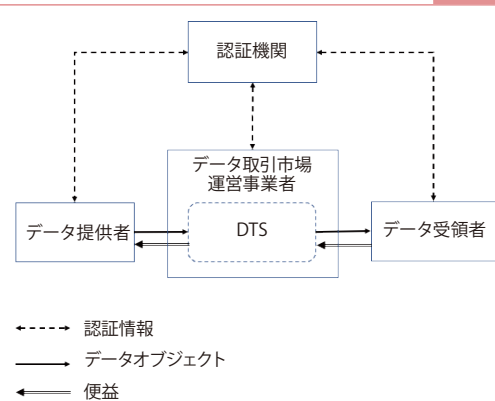
3 データ取引市場のアーキテクチャ

応
専

—データ取引市場の実装と国際標準化—

眞野 浩 | EverySense, Inc.

データの利活用を推進するデータ取引所は、データ提供者とデータ受領者から独立した第三者機関として中立で公平な仲介と決済機能を提供する者として期待されている。データ取引市場は、業種や業態を超えさまざまなデータを中立公平に取り扱いながら、各ステークホルダーの認証やデータそのものの原本性を保障する仕組みが機能要素として備えられる必要がある。そこで、データ取引所を構成する各種機能要素とその連携などをシステムアーキテクチャの視点から整理し設計をすることが重要となる。本稿では、IEEE P3800 Data Trading System における国際標準化活動にて提案を進めているデータ取引市場のアーキテクチャを解説する。



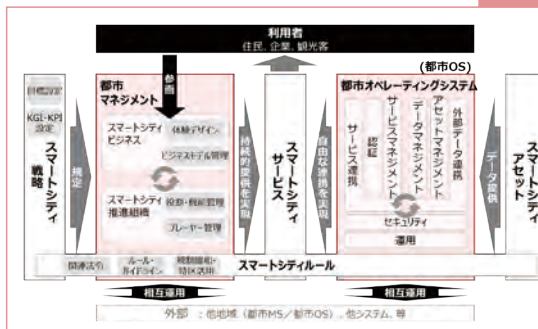
4 スマートシティのリファレンスアーキテクチャ

応
専

— Society 5.0 に準拠したアーキテクチャ構築とその展開 —

藤田範人 | NEC

これまでの国内におけるスマートシティの取り組みにおいては、統一された手法・ルールがなく、分野ごと都市ごとの実装となり持続的な取り組みになりにくいという課題があった。そこで、Society 5.0 をベースとしたスマートシティのリファレンスアーキテクチャを構築したので、その内容について報告する。本アーキテクチャは、(1) スマートシティサービスに関する組織やビジネスモデルに関するフレームワークである都市マネジメントと、(2) さまざまなシステムとの接続やデータの流通を行いアプリケーション開発を容易にするための共通 IT 基盤である都市 OS、から構成され、利用者に効率的・効果的にサービスを提供できる仕組みを提供する。あわせて、事例に基づくフィードバックを得るための実証研究、アーキテクチャの維持・発展に向けた取り組みについても報告する。

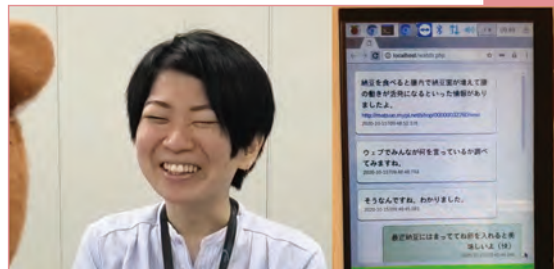


5 社会課題解決に貢献する 自然言語処理技術の社会実装と展開

— AI での人助けに何が必要か —

鳥澤健太郎 | 情報通信研究機構

情報通信研究機構のデータ駆動知能システム研究センターでは、過去 10 年、社会課題解決への貢献を目指し、自然言語処理システムの開発および実用化を多くの連携組織とともに推進しており、一部はすでに商用化が行われている。これらの活動は本特集のトピックであるデジタルアーキテクチャデザインを行っているものと捉えることもできる。本稿では、そうした開発、実用化の成功に必要なと考えている 3 つの条件について述べる。



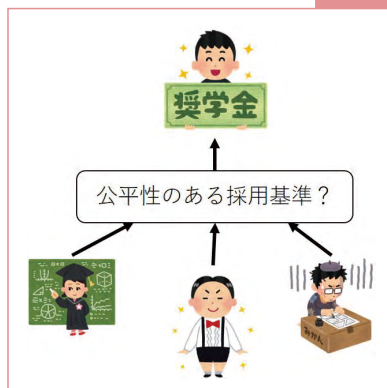
応
般

6 デジタル社会における AI ガバナンス

— 倫理と法制度 —

中川裕志 | 理化学研究所・革新知能統合研究センター

AI ガバナンスには「AI をガバナンスする」と「AI でガバナンスする」という 2 種類の意味がある。前者は、AI 倫理指針においては AI が人間にとって脅威にならないように設計すること、AI が安全性を確保していることという項目で記されている。後者は、公平性の確保、悪用の禁止、AI 兵器の禁止、AI 技術の独占禁止と国際協調、政策への反映という項目となる。AI が利用者にとって不利益な結果を出した場合の対応として、AI をガバナンスする観点からは説明可能性のある AI の開発、AI でガバナンスする視点からは透明性、アカウントビリティ、トラストという概念が提示され、複雑な様相であるが、AI がデジタル社会で受容され役立っていくためには重要なポイントとなる。



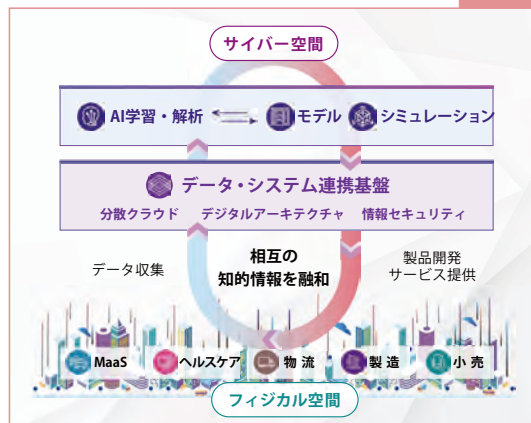
応
般

7 デジタルアーキテクチャデザイン 研究開発の基盤形成

— 産総研におけるデジタルアーキテクチャへの取り組み —

岸本光弘 関口智嗣 | 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

Society 5.0 が目指すのは、個人・デバイス・組織・工場などが生み出す多種・多様・大量なデータを連携し、AI 技術も活用しながらサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合して、さまざまな社会課題を解決し豊かな社会を作ることである。本稿では、産総研が進めているデジタルアーキテクチャ実現に向けたスマートシティのアーキテクチャ、国際標準化の推進、データ連携のためのプラットフォームの取り組みについて述べる。



応
専

[デジタルアーキテクチャデザイン]

1 Society 5.0 実現に向けた デジタルアーキテクチャデザイン

齊藤 裕^{※1}河野孝史^{※2}^{※1} (独) 情報処理推進機構 デジタルアーキテクチャ・デザインセンター^{※2} (独) 情報処理推進機構 社会基盤センター アーキテクチャ設計部

Society 5.0 の実現を目指して

Society 5.0 とは、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステム（Cyber Physical System : CPS）により、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会として定義されている^{※1}。ここではその中身についてより具体的に考えてみることにしたい。

Society 5.0 の実現への変化

まず、CPS で実現するデジタル時代の新たな社会では、人と人、人とサービス（モノの提供も含む）だけでなく、サービスとサービスまでもが、ネットワークを介してオンラインで繋がることになる。具体的には、スマートフォンのアプリケーション同士がその利用者に関するデータを共有し、より適切なサービスを利用者に提供することや、工場における機械設備同士が生産にかかるデータを共有し、より適切な稼働を実現すること等であり、一部はすでに始まっている^{※2}。

そして、これまでは利用者が選択していた各々のサービスが、人の意思に合わせて、リアルタイムかつ利用者が置かれている状況に合わせて最適に提供されるようになっていく。たとえば、医療や買い物や娯楽等の生活のさまざまな側面や機械設備の稼働等にかかる人の意思決定を AI が支援することで、人が能動的にサービスを検索、検討、選択する必要がなくなり、最適化されたサービスが自動的に提案されてくるような状態である。

さらに、こうしたサービスは、実際に利用した体験による価値によって競争が促され、市場で淘汰されていくことが考えられる。すなわち、ビッグデータや AI 等の活用により、サービスの提供が一方かつ単発で終わることが少なくなり、利用者による体験価値を分析しフィードバックさせながら、さらに良いものへと進化していくようなサービスが今後増加していくことが想定される。こうした流れは海外巨大 IT 企業の取り組み等からも明らかである。

Society 5.0 の実現に向けた課題

Society 5.0 の実現に向けて、個別の企業や業界がそれぞれのサービス開発等の取り組みを進めていくと、それぞれのサービスがそれぞれにとって個別最適な形で構築されることになる。あらゆるものが

^{※1} 内閣府：Society 5.0 とは、
https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/

^{※2} たとえば以下の取り組み：富士通、ファナック、NTT Com、製造業の DX を実現するクラウドサービスを提供する新会社「(株) DUCNET」を設立、<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2020/10/7.html>

繋がっているサイバー空間上では、個別最適を目指したサービス同士が繋がる状態となる。

この状態がサイバー空間上で発生すると、サイバー空間上のサービス同士の連携が適切に運用、管理されず、何らかの問題が起きたときに対応の責任をとる主体が不明確になる。そして、サイバー空間全体として機能や目的が変化し続けるため想定していないトラブルの発生リスクが高まること、競争が激しくなる一方でデジタル空間特有の独占・寡占に陥りやすくなること、それが繰り返される構造において自由な競争が阻害される可能性が高まること^{☆3}等の新たな課題が考えられる。さらに、サイバー空間上のトラブルが影響を及ぼすフィジカル空間の範囲が広がり、現実空間への甚大な影響をもたらす可能性が高まる懸念も考えられる。特に、海外巨大IT企業の取り組み等が独占・寡占を繰り返している観点からは、日本から自律的なイノベーションを起こすための基盤が損なわれつつあるとの危機感も高まっている^{☆4}。

デジタルアーキテクチャデザインによる課題解決

Society 5.0 を実現にするにあたり、サイバー空間において管理者の異なる個別最適化されたサービスが繋がる (SoS : System of Systems) 中で、こうした課題に対応していくことが重要である。

このためには、デジタル技術が急速に発展する時代において社会や産業構造のアーキテクチャを設計することが重要である。アーキテクチャの定義やその設計の際の考え方等は別稿に譲るが、必要なことは、社会の全体像の基本的なコンセプトや構想を描き目指す

べき姿を明確化し共有すること、それを実現するために必要となる競争領域と協調領域の線引き、協調領域にかかる必要な制度、標準、基準等を策定し継続的に見直すこと等である。これにより、局所的ではない総合的な信頼性と、単発ではなく価値の連鎖を伴うイノベーションが期待できるとともに、利用者は自身にとって利便性あるサービスを、ほかのサービスとの安全な連携の下で自由に選択することが可能となる。

社会や産業構造のアーキテクチャを設計し、その実装が確実に進むためには、産学官にまたがる多様なステークホルダーが適切に合意形成を図ることが必要であるとともに、それが異なる分野の間で、また社会の異なる階層 (政策、ビジネス、データ、アセット等^{☆5}) の間で整合性をとることが必要である。

これまで日本では、産学官のさまざまな主体がそれぞれで議論を進めており、それらの関係性の整理や議論の結果の統合等が十分には行われておらず、局所的な文脈での議論にとどまっていた。こうした背景を受け、政府は、Society 5.0 の実現を目指して新たに施行された「情報処理の促進に関する法律の一部を改正する法律」(令和元年法律第 67 号) に基づき、(独) 情報処理推進機構 (IPA) にデジタルアーキテクチャ・デザインセンター (Digital Architecture Design Center : DADC) を設置した。

図-1 で示すとおり、DADC は、Society 5.0 の実現に向けて、産学官の多数の関係者の意見を集約し、多様な知の統合により、社会や産業構造のアーキテクチャをデザインするための透明性を持った中立的な場となることが期待されている。加えて、事業者、規制主体、有識者、海外関係機関から円滑に知を持ち寄り、議論を俯瞰的かつ多様性を持って進めることや、企業、官公庁、教育機関とも連携し人材交流を行うことで、教育機関としての機能を果たすことも求められている。

このような活動を進めるにあたって、DADC は、

☆3 デジタル市場競争会議：デジタル市場競争に係る中期展望レポート (2020 年 6 月 16 日)，<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/digitalmarket/kyosokaigi/dai4/siryou3s.pdf>

☆4 たとえば、経済産業省：パラダイムシフトを見据えたイノベーションメカニズムへ (令和元年 6 月 11 日)，https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/kenkyu_innovation/pdf/report2019_06_03.pdf

☆5 内閣府：分野間データ連携基盤の整備に向けた方針案 (2018 年)，<https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/datarenkei/3kai/siryo1.pdf>

「Society 5.0の実現に向けたデジタル市場基盤整備会議」において議論される、アーキテクチャに関する政策方針や、DADCで取り組むテーマ決定に関する内容を踏まえ、課題を有する政府や産業界とともに、実装を見据えたアーキテクチャの設計を行うこととしている。

具体的な取り組み

Society 5.0の実現のポイントとして、DADCとしては「縦の連携」「横の連携」「連携を実現するガバナンス」の3つの観点が必要と考えている。

「縦の連携」とは、サイバー空間とフィジカル空間が信頼性を持って安全で効率的に繋がることを意味している。両空を同時に考えるべき領域はこれまで個別企業や産業が独自に取り組んできたものも多いため、Society 5.0実現のために重要となる分野横断的に社会で共通して必要となる機能の整備のためのポイントがあると考えている。

次に「横の連携」とは、個別の企業や産業が独立して開発し、分散して存在するサービスが、相互に繋がるモジュール構造の実現を意味している。たとえばスマートシティの事例をとっても、交通、不動産、エネルギー、決済等さまざまな分野の連携が必要とされているが、これまでの業界慣行、規制や制度、データの扱いがまったく異なる主体同士がどう

相互運用性を確保していくかは、そこに住む生活者の利便性向上にとっても重要な課題である。

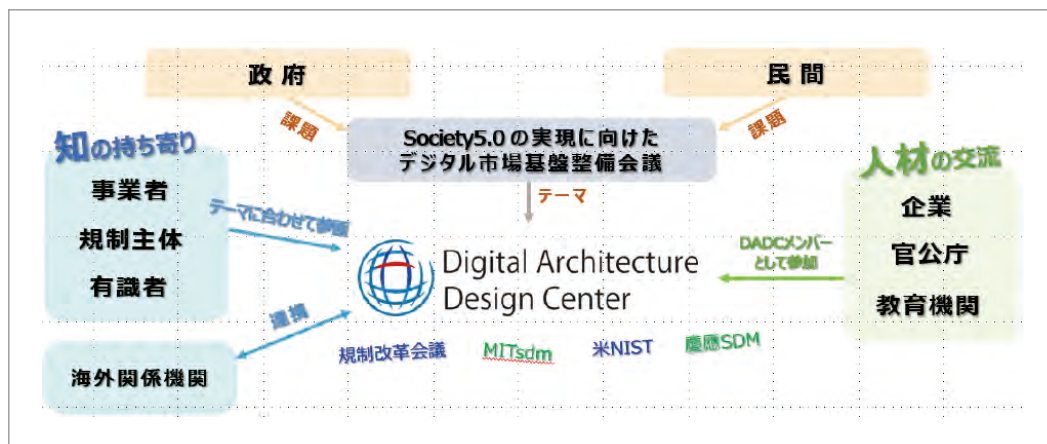
そして「連携を実現するガバナンス」とは、これら縦横の連携を適切に確保し運用するためのルールや制度の実現を意味している。新たなサービスや要素技術がもたらすリスクを管理しつつも、同時にそれらがもたらすイノベーションの恩恵を最大化するための社会の仕組みを検討することが求められている^{☆6}。

以上3つの観点については、抽象的な議論を重ねるだけでなく、それぞれ具体的なユースケースを基に検討を深めることが重要である。以下、DADCが重要と考える上述の3つの観点に基づき、特に注力しているプロジェクトについて、検討範囲および検討作業のアプローチ等に関する仮説や進捗を紹介する。もちろん、いずれのプロジェクトもこれら3つの観点のすべてが最終的には必要になるが、当面注力している観点をそれぞれ選んでいる。

「横の連携」：住民起点 MaaS

まず「横の連携」の観点が特に求められるプロジェクトである住民起点 MaaS (Mobility as a Service) においては、Society 5.0の将来像の要素として持続可能な地域インフラを実現することを、まずは移動サー

☆6 経済産業省：「GOVERNANCE INNOVATION :Society 5.0の実現に向けた法とアーキテクチャのリ・デザイン」報告書(2020年7月13日)、<https://www.meti.go.jp/press/2020/07/20200713001/20200713001.html>



■ 図-1
DADCの位置づけと役割

ビスに焦点を当てて検討している。その際、地域の実情に応じてサービスが組み換え可能となるために、相互運用性を高い水準で確保することに留意している。

移動サービスをはじめとする現在の地域社会のインフラについては、公共サービスという形で幅広く画一的なサービスを提供するケースと、民営化により市場原理の中でより良いサービスが淘汰される仕組みとするケースの大きく2つがあると考えられる。しかし、そのいずれもが人口減少あるいは超高齢化という社会の構造的課題に対応できておらず、結果として、赤字の公共サービスが補助金に頼り続けていたり、儲からない領域からはサービスを提供する企業が不在となったりする問題が起きている。

こうした課題に対応するための仮説として、DADCとしては地域コミュニティの価値向上、すなわち住民自身が住み続けたい町にすることが重要と考えている。具体的には、①これまで多かったサプライヤ目線を転換し、ユーザである住民による目線を中心としそのマネジメントを適切に行うこと、②住民の需要に基づき供給の流動性を高めることで、多様なニーズに柔軟に対応できる構造を確保すること、③需要と供給の間を適切なタイミングでマッチングすることを可能とする、地域間で共通となる契約や決済等機能を整理しその基盤を提供すること、の3点が重要と考えている。

加えて、住民自身が住み続けたいと思う要素の1つに「孤独の解消」があるという観点を考慮し、地域インフラを住民同士が共有し人と人の繋がりを強化することをポイントとした“共助”の仕組みを実現することが、地域コミュニティの価値向上に繋がると考えている。

DADCの本プロジェクトでは、上記の仮説の下、持続可能な移動サービスの実現のために必要となる、共助コミュニティの考え方を基本とした、最適な需要・供給・マッチングの在り方について、多様な地域で適用可能となるようなフレームワークとしてのアーキテクチャを設計することを目指している。そのため、ま

ずはこうした課題認識が日本の多くの自治体や住民、地域インフラを提供しようとする事業者に共有されるビジョンであることを検証するとともに、こうしたビジョンを実現するためのコンセプトの具体化と、それを実現するために必要となる制度、組織、事業、データ等に求められる機能やそのアロケーションのパターン化、社会実装までのロードマップの策定等を2022年度末までに完成させることを目指している。

「連携のガバナンス」：スマート安全

次に「連携を実現するガバナンス」の観点から特に求められるプロジェクトであるスマート安全においては、デジタル技術を活用しつつ、より効率的で安全なシステムを実装していくためにどのようなガバナンスがあるべきかについて、プラント保安を例として検討を始めている。Society 5.0において実現することが想定されているSoSの下で安全をどのように確保すべきかについては、世界全体で対応すべき新たな課題となっている。

具体的な課題としては、まず制度設計の観点から、これまでの手続きベースでのガバナンス、すなわち安全を確保するための法制度の下である特定の人間による確認行為（たとえば年に一度の目視点検等）が手続きとして定められていることが挙げられる。サイバー空間を活用したSoSの下では、確認対象の視認性の低下や複雑性の向上等により、人間がその五感により確認できる水準を超える可能性が高くなってきているが、それを可能とする技術的發展にあわせて規制や法制度をその都度柔軟に対応させていくことは一般的に困難である。加えて、類似の課題を有する他の産業領域と対応の整合性をあわせることで必要な技術基準やガバナンスの在り方等にかかる検討がより円滑に進みデジタル時代に総合的に対応できる可能性が高いと考えられているが^{☆7}、そ

☆7 規制改革推進会議、第7回規制改革推進会議、資料1「デジタル時代の規制・制度について」、<https://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kisei/meeting/committee/20200622/agenda.html>

のために必要となる省庁横断的な具体的検討も今後の課題となっている。

手続きベースとなっている理由を確認するための一助として、プラント保安を例とした国としての考え方の日米比較について、2019年度にNEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）が整理している^{☆8}。ここでは、日本の保安ガバナンスでは物理的な要因（ハザード）に対して直接的な規制を課している観点が強いが、アメリカの保安ガバナンスでは事業者のリスクマネジメントシステムに対する規制を課している観点が強いと指摘されている。この理由としては、たとえば訴訟が社会に根付いている程度や、規制当局と民間企業の関係性等も含めた、歴史的文化的背景もかかわると考えられるため、単純に技術導入の可否だけでなく、安全に対する考え方を制度の哲学や社会の受容性も含め丁寧に議論する必要がある。

こうした課題に対応するためには、まず、Society 5.0における安全の在り方について改めて議論し、新たな課題であることを認識することが必要である。また、その対応のための1つの手段として、官民の連携によりリスクベース、すなわち目的に対する不確かさの影響を考慮した上で費用と便益の兼ね合いを社会的受容性に基づき検討するアプローチが有用である可能性があり^{☆6}、このうち特に“Society 5.0時代の安全の在り方”の観点から検討することが重要である。

DADCの本プロジェクトでは、上記の仮説の下、まずは単一の管理主体による統合的なガバナンスが実施されているシステムにおける安全安心の在り方について、プラント保安の分野を含めいくつかのユースケースを取り上げつつ、制度の哲学や社会の受容性も含む検討を行う。その後、その検討内容も踏まえつつ、複数の管理主体による協調的なガバ

ンスが求められるシステムにおける安全安心の在り方について検討し、産学官のステークホルダが行動につなげるために必要な事項を整理していく。

「縦の連携」：自律移動ロボット

最後に「縦の連携」の観点が特に求められるプロジェクトである自律移動ロボットの分野においては、さまざまな目的や種類のロボットが陸海空の空間を自律的に駆け巡り人と協調してサービスを提供するような世界を視野に、それが実現するために必要な社会インフラの在り方について検討している。まずは、こうした検討が先行しているドローンをユースケースとして扱い、社会的受容性が確保され、安心感と利便性が同時に得られる仕組みの実現をDADCは目指している。

現状、自律移動ロボットの活用に向けては、2つの課題があると考えている。1つ目は、ロボット活用に向けた論点が事業者ごとに検討されており、産業の全体像や論点の関係性が必ずしも明確化されていない点にある。たとえば、技術開発、産業競争力強化、安全管理、通信システム、農業やプラント等のユースケースでの利活用促進等の論点について、各省庁や産業界がそれぞれ検討を進めている状況にあるが、それぞれの論点がどう繋がっていくのか、そして日本全体としてどのような社会や産業を目指すのかという検討は必ずしも明確ではない^{☆9}。2つ目は、自律的に移動するロボットとしては、ドローンだけでなく、配送ロボット、警備ロボット、介護ロボット等さまざまなものがその社会実装に向けて検討されているが、それらに共通する論点があるとの仮説に基づいて横断的に検討している場は存在していない。

こうした課題に対応するためには、ステークホルダが検討する必要性を発信しつつ、そのための場を

☆8 NEDO：2019年度成果報告書「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AIシステム開発促進事業／Society 5.0の実現に向けたアーキテクチャに関する検討」

☆9 NEDO：2019年度成果報告書「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AIシステム開発促進事業／自律移動システム分野のアーキテクチャに関する検討」、図3-27等参照。

設けることが重要である。自律移動ロボットの分野では、すでに各省庁や産業界が個別に議論を進めてきている経緯があるため、中立的かつ透明に議論を行うことの重要性はきわめて高く、その確保を特に留意する必要がある。加えて、諸外国で先行している検討状況を適切に分析しつつ、特に安全管理や産業振興の在り方、官民の役割分担も含め、米、英、印などで進む検討内容を把握分析することで、日本における議論の全体像を適切に把握する必要がある。

DADC の本プロジェクトでは、上記の仮説の下、まずはドローン産業の将来像や論点の認識合わせを関連するステークホルダ間で実施しつつ、その後要求定義、アーキテクチャ設計、社会実装という流れで議論を進めることとしている。この際、「物流」「点検」等ユースケースに注目し検討を進める方向としている。また、諸外国の状況や国内関係省庁・事業者からのインプットを踏まえ、技術的な観点、産業振興の観点、そして法制度の在り方を含むガバナンスの観点から課題を整理することに留意する。そして、ビジョン、ステークホルダのニーズ、あるべき姿から抽出されるアーキテクチャ設計、必要な機能と物理アロケーションの検証等を含む成果物を2021年度末に完成させることを目指している。

その他の取り組みと今後の展望

以上の取り組みのほか、アーキテクチャを活用した Society 5.0 の実現に向けて、産学官の多様な取り組みを統合していく観点から、DADC はさまざまな活動を行っている。

たとえば、政府だけでなく民間事業者からも取り組みを募集することで政府が必ずしも把握していな

い課題を捉えていくこと^{☆10}、社会や産業構造のアーキテクチャを設計するための方法論を研究、蓄積し、繰り返し検証することでアーキテクチャ設計能力そのものを高めていくこと、さらにはこうしたアーキテクチャの設計を主導できる人材の育成のために必要となる環境や教育プログラムの検討等である。

以上、DADC が創設された理由や狙い、具体的な取り組み内容につき概観した。今後、政府や産業界からのさらなる関与を得て、具体的な成果物を発信していく中で、社会や産業構造を対象としたアーキテクチャ設計の重要性や社会に及ぼす効果等につき具体的に発信しつつ、関係者のレビューを受けながらさらに高度な形に進化していきたい。また、そのような DADC を活用して課題解決や人材育成を共に行いたいと考える産学官の参画を得て、分散しがちな日本の取り組みを集中させ、日本の総合的な信頼性確保と産業競争力強化を図り、Society 5.0 の実現に最短距離で貢献していきたい。

(2021 年 2 月 4 日受付)

☆10 インキュベーションラボの募集は 2020 年 8 月の実施、10 月より 3 件の活動を開始。
<https://www.ipa.go.jp/dadc/join/incubationlab-2020.html>

■ 齊藤 裕 yt-saito@ipa.go.jp

1979 年（株）日立製作所大みか工場入社後、2016 年同社代表執行役執行役員副社長、IoT 推進本部長。2018 年ファナック（株）へ転社し、2020 年同社取締役副社長執行役員、IoT 統括本部長。2019 年一般社団法人システムイノベーションセンターセンター長、2020 年デジタルアーキテクチャ・デザインセンターセンター長。

■ 河野孝史 tk-kouno@ipa.go.jp

2005 東京大学工学部卒業、2007 年東京大学大学院新領域創成科学研究科修了、2016 年カリフォルニア大学サンディエゴ校国際関係学修了。2007 年経済産業省入省後、エネルギー・気候変動関連政策、情報関連政策等の担当を経て、2019 年より IPA 参画。

[デジタルアーキテクチャデザイン]

② 社会・産業アーキテクチャのデザイン



白坂成功

慶應義塾大学大学院
システムデザイン・
マネジメント研究科

アーキテクチャとは

「アーキテクチャ」という言葉を聞くと、多くの人はIT アーキテクチャやソフトウェアシステムのアーキテクチャを思い浮かべる人が多いと思う。もちろん、元々の意味である建築物としてのアーキテクチャを考える人もいるだろう。あるいは近年は、ビジネスアーキテクチャという言葉も使われているため、聞いた方もいると思う。このようにアーキテクチャという言葉だけでは、何を意味するのかが明確でない。元々システムアーキテクチャという言葉は、対象とするシステムがあり、そのアーキテクチャを指すものである。ここでは、その定義を明確にすることから始める。

システムとシステムアーキテクチャ

システムとは「定義された目的を成し遂げるための、相互に作用する要素 (element) を組み合わせたものである。これにはハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、人、情報、技術、設備、サービスおよび他の支援要素を含む」¹⁾とされている。つまり、システムの対象は、ハードウェアやソフトウェアのみではなく、人が相互に作用する組織やコミュニティ、組織や人が相互に作用するビジネス、そしてそれらすべてが相互に作用する社会なども含まれる。つまり、システムアーキテクチャとは、システムとして捉える対象とする範囲があり、その対象範囲のアーキテクチャをシステムアーキテクチャと呼ぶ。

また、アーキテクチャとは「システムが存在する環境の中での、システムの基本的な概念または性質であって、その構成要素、相互関係、ならびに設計および発展を導く原則として具体化したもの」^{☆1}とされている。つまり、システムの持つ定義された目的を達成するための基本的構造であり、その具体的な構成要素と構成要素間の相互関係やその原則のことである。

社会・産業アーキテクチャ

社会・産業アーキテクチャとは、社会や産業をシステムとして捉える対象として、そのアーキテクチャを社会・産業アーキテクチャと呼ぶ。社会や産業には、ハードウェアやソフトウェアのようなものだけでなく、サービスやビジネス、人々や企業、あるいはルールなど、多様な範囲が含まれる。つまり、対象とする社会や産業があれば、その社会や産業が持つ目的を実現するための基本的構造であり、どのような要素から構成されているのか、また、それらはどのような相互関係があるのか、そしてそれらの原則はどんなものかを示したものである。

なぜアーキテクチャなのか

これまでも社会・産業は存在していた。またさまざまな取り組みが社会・産業に関して行われてきた。なぜ今、アーキテクチャに着目することが重要な

☆1 日本規格協会, JIS X 0170:2020 システムライフサイクルプロセス (2020).

か。ここではその重要性の原因として考慮すべき3つの点を説明する。

新しいタイプのシステム

これまでのシステムは、ITシステムのようなソフトウェアが中心となっているものや、飛行機やロケットなどのようにハードウェアが中心となっているものが多かった。しかし、現在のシステムでは、もっと幅広く考える必要がある。日本政府が推進する Society 5.0 は、つながる社会を実現するものである。Society 5.0 では、これまでつながっていなかった分野同士がつながり、サイバーとフィジカルを融合することで、人々にとっての新価値を創造することを目指すものである。それぞれ独立して調達・運用・管理されるシステムが繋がって新たな価値をうむものを System of Systems (以下、SoS) と呼ぶ。たとえば、スマートグリッドやインダストリー 4.0、スマートシティ、IoT システムなどは SoS の代表例である。近年 SoS がますます社会で重要な役割を担うようになってきた。たとえば、スマートシティは、自治体単位で独立して構築・運用・管理されるものであるが、利用者は、それらをまたがって利用する。つまり、東京から神奈川に移動したときに、スマートシティの仕組みに連続性がないと利用者からすると利用がしづらくなっていく。このように、SoS では、システム間の相互運用性 (Interoperability) が重要となってくる。単にシステムとして成立するだけでは不十分で、ほかのシステムの相互運用性を考慮する必要がある。これも Society 5.0 のようにつながる社会を目指す場合には重要なポイントである。

欧州標準化委員会 (CEN)、欧州電気標準化委員会 (CENELEC) および欧州電気通信標準化機構 (ETSI) は、スマートグリッドにおいて相互運用性をマネジメントするために、スマートグリッドリファレンスアーキテクチャとして Smart Grid Architecture Model (SGAM) を作成した。SGAM

は、ドメイン軸、ゾーン軸および相互運用レイヤから構成される3次元構造となっている。特に、相互運用レイヤはビジネスレイヤ、機能レイヤ、情報レイヤ、通信レイヤ、および機器レイヤから構成される。この SGAM を利用することで、スマートグリッドを構成する機器間の相互運用性を実現する²⁾。この SGAM を元にインダストリー 4.0 にあわせて作られたものが、インダストリー 4.0 リファレンスアーキテクチャモデル (RAMI4.0) である³⁾。RAMI4.0 も SGAM と同様に3次元構造となっている。これら2つの例にある通り、SoS の相互運用性を確保するために3次元構造のリファレンスアーキテクチャをつくるというものが生まれてきた。ただし、リファレンスアーキテクチャ自体は、色々な目的で利用されるため、必ずしも相互運用性のために使われるものではないことを注意したい。これらの知見も踏まえ、日本の Society 5.0 でも図-1 に示される Society 5.0 リファレンスアーキテクチャが作られた。

上記2つのモデルと同様に相互運用性を目指すためのものであるが、その範囲が大きく異なっている。図-1 から分かる通り相互運用レイヤに「戦略・政策」、「ルール」、「組織」など、これまでの相互運用性ではあまり扱ってこなかった項目が含まれている。

具体的にスマートシティを例に考えてみる。たと

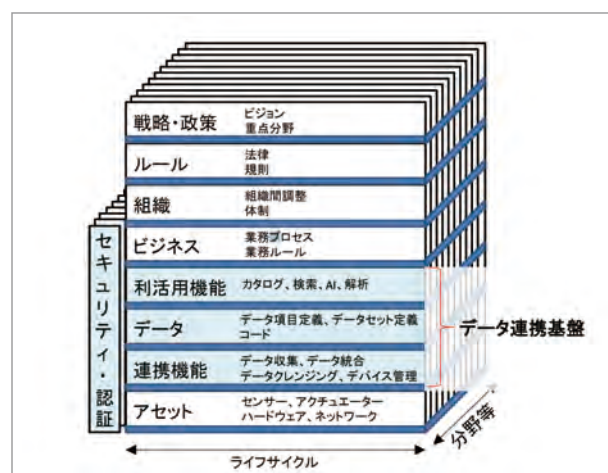


図-1 Society 5.0 全体アーキテクチャ⁴⁾

えば、通常、システムのインターオペラビリティというと、データフォーマットを合わせることや、通信プロトコルを合わせるなどがすぐに行われる。もちろんこれらの活動は重要である。しかし、それ以外の項目でも相互運用性が必要となる。たとえば、加古川市は、スマートシティの事例としてよく取り上げられる。加古川市では、多くの見守りカメラが設置されている。このカメラを利用して、防犯だけでなく、子供や認知症患者の見守りも検討されている。もし仮にこれらの目的のために隣の自治体が連携しようとカメラを設置し、フォーマットやプロトコルを合わせてもそれだけで相互運用可能になるわけではない。なぜなら、加古川市は、カメラを設置・利用するために市民対話を繰り返し、条例をつくり、パブリックコメントを受けることでこのカメラを使えるようにしている。同様のルールを持たない自治体と相互運用をするのは簡単ではないと考えられる。つまり、隣の自治体と条例の相互運用性をデザインする必要がある。では、隣の自治体と調整すればよいのであるが、そのためには都市マネジメントの主体が自治体である必要がある。実際には、スマートシティ推進組織には3つのパターンがある。「自治体主導モデル」、「民間主導モデル」および「地域協議会主導モデル」である⁵⁾。この推進体制が異なると、調整機能を働かせるために一工夫が必要となる。つまり、推進組織の相互運用性もデザインする必要があるということになる。

環境の急激な変化

次に、環境の急激な変化への対応の必要性があげられる。VUCAという言葉をご存知だろうか？ VUCAとは、Volatility（変動）、Uncertainty（不確実）、Complexity（複雑）、Ambiguity（曖昧）から構成された言葉である。現在の世の中はVUCAの時代と呼ばれ、先の予測ができない、計画通りにならない時代であると言われてきた。また世界不確実性指数も増加の一途を辿っている。つまり、将来

が不確実な時代になってきたということが共通認識になっている。COVID-19はまさにそれを決定づけた一例であると言える。

しかし、単純に世の中の変化が激しくなっただけではなく、我々自身が世の中の変化を受けやすい社会をつくっている。上述の通り、日本政府が推進するSociety 5.0は、つながる社会を実現するものである。Society 5.0では、これまでつながっていなかった分野同士がつながり、サイバーとフィジカルを融合することで、人々にとっての新価値を創造することを目指すものである。つながる社会は変化の影響範囲を広げる物である。つながっていない2つのシステムで構成される場合、どちらか一方のシステムに影響を与える環境変化が起きても、影響を受けるのはそのシステムに限られる。しかし、これら2つのシステムがつながっていると、どちらか一方だけに影響を与える環境変化であっても、他方のシステムにその影響が伝播する可能性が増加する。つまり、つながる社会は、世の中の変化の影響を受ける可能性が増加することになる。

環境が急激な変化をする場合、次のようなことが発生する。まず開発期間中に環境が変化すると、開発の想定が変わってしまう。また、運用中に環境が変化すると、これまで正常に動作していたシステムが、そのシステム自体には問題がないにもかかわらず、正常に目的をはたせなくなってしまう。

通常のシステムは、外部との関係が変化しないと仮定したクローズシステムとして扱う。しかし、このように外部との関係が変化すると仮定したものをオープンシステムと呼ぶ。

オープンシステムのデザインにおいては、2つのことを考慮しなければならない。1つは、環境の変化がシステムに影響を与えることに気がつく必要がある。もう1つは、変化に対応するために、変化に対応しやすいシステムデザインをすることである。

たとえば、前者の1つのアプローチとして、「一般社団法人ディペンダビリティ技術推進協議会（略

称 DEOS 協会)」では、設計時に設計者がどのような外部環境変化が設計に影響を与えるかを明示化するための手法として D-Case を提案している。D-Case を活用することで、ステークホルダ間で要求の変化に対する合意議論を十分に行うことができ、合意結果／結論に至った理由／議論の経緯を記録することができる。

後者のアプローチとして、変化を考慮したアーキテクチャ設計が挙げられる。たとえば、自動運転車を考えてみる。今は、“カメラで信号機を読み取る”ことによって、信号を判断する必要がある。しかし、将来的には、インフラが整うと、車—インフラ間通信で信号情報をインフラから受け取ることが可能となるかもしれない。このとき、どちらも“信号の状態を知る”という機能では同じである。このとき、手段が“カメラ”から“通信”に変わる可能性があることを考慮して、“信号の状態を知る”という機能は変わらないという前提でアーキテクチャを設計しておけば、すべてをやり直す必要はなく、設計を変更可能となる。

これらのように環境が変化するというリスクについては、環境の変化がシステムに影響を与えることに気がつく仕組みを導入することと、変化に対応するために、変化に対応しやすいシステムデザインをすることで対応が可能となる。

2020 年のものづくり白書では、このように変化に対応可能な組織の能力を持つことこそがダイナミックケーパビリティの本質であり、DX はその能力を高めることに貢献できることであると述べている。

重要なシステム特性と説明責任の増加

3 つ目として、重要なシステム特性と説明責任の増加について説明する。マサチューセッツ工科大学がシステム特性に関して行った調査によると、近年新たなシステム特性に関する論文が出て、さらにそれらの本数が急激に増加していることを示してい

る⁶⁾。システム特性とは、システムとして捉えないと評価ができない特性のことであり、古くは品質 (Quality) や安全性 (Safety) などがこれにあたる。近年では、前述した相互運用性 (Interoperability) や総合信頼性 (Dependability) などその種類は増加しつづけている。つまり、環境の変化が激しく、システムの範囲が拡大しているにもかかわらず、システムとしてしか捉えられない特性が増えているということになる。

さらにこれらに対する説明責任が増加してきている。たとえば、IEC 61508 や ISO 26262 のような機能安全規格は、安全性の説明責任を要求している。鉄道の機能安全規格である IEC 62278 は、RAMS という名前のとおり Reliability (信頼性)、Availability (可用性)、Maintainability (保守性)、Safety (安全性) の 4 つのシステム特性の説明責任が求められている。現在、色々な対象において、機能安全規格という名前のもと、安全性およびその他のシステム特性の立証を求める規格がつけられている。自動車の ISO 26262 などのものであるが、これまで求められていなかったものが求められるようになると、規格へ対応しなければならなくなる。しかしながら、この機能安全規格をはじめとしたシステム規格は、開発当初からトップダウンで考慮しなければならないため、これまでの製品が、製品としては問題がなくても、立証ができないということが起きてしまう。

今後のシステム規格への対応を考えると、あらゆるシステムの開発において、開発当初から、トップダウンで重要なシステム特性を設計し、その立証のためのエビデンスを残すというプロセスの規定と、そのための整備を行っておくことが必要である。日本人はトップダウンで行うリスクベース／ゴールベース開発が苦手であるということがよく言われるが、筆者は決してそうは感じていない。確かに、これまで必要がなかったため、そのような開発が行われてこなかった。このため、急に対応が難しいとこ

ろはある。しかし一方で、必要性が生まれて、きちんと考え方を学び、それを実践することをはじめている会社では、徐々にではあるが、そういった開発を行えている。つまり、きちんと学び、実践をしていけば、そういった開発アプローチができる人材は日本でも育成が可能であるということである。

アーキテクチャデザイン

システムのアーキテクチャをデザインするアプローチは標準としても存在する。また、特定の対象範囲をシステムとして捉えたときのアーキテクチャデザインを容易にするためのアーキテクチャフレームワークが存在する。しかしながら、社会・産業をシステムとして捉えたときのアーキテクチャをデザインするための具体的なアプローチはまだ存在していない。ここでは、システムアーキテクチャのデザインについて述べたのち、今後、社会・産業アーキテクチャをデザインするために重要な3つの点を述べる。

システムアーキテクチャデザイン

システムを構築するための方法論として、システムズエンジニアリングというものがある。システムズエンジニアリングとは、「システムの実現を成功させることができる複数の専門分野を束ねるアプローチおよび手段」¹⁾と定義される。つまり、システムズエンジニアリングとは、複数の専門分野(たとえば、電気工学、機械工学、ソフトウェア工学など)を統合し、束ねるためのアプローチである。なんらかの課題を解決したり、価値を創造することは、単一の専門分野だけで実現することは難しく、複数の専門分野の統合が必要となることを考えると、課題解決や価値創造のために必要は基本的な考え方であるといえる。ISO 15288では、テクニカルプロセスの中に、アーキテクチャ定義プロセスとしてアーキテクチャデザインが規定されている。アーキテ

クチャデザインプロセスの詳細は、ISO 42020として定義されており、その表記法はISO 42010、その評価法はISO 42030として規定されている。つまり、システムアーキテクチャのデザインについては一般的なレベルとしては明確となっている。また、システムの範囲を限定すると、その範囲の特徴にあわせたアーキテクチャデザインを支援するためのフレームワークが存在する。たとえば、エンタープライズシステムについては、エンタープライズアーキテクチャのフレームワークとして、米国のFederal Enterprise Architecture Frameworkをはじめ、The Open GroupのThe Open Group Architecture Framework (TOGAF)など多くが存在する。また、米国国防総省は、武器システムの調達のためにDoD Architecture Framework (DODAF)を作成し、それへの準拠を求めている。それ以外にも鉄道システムのためのThe Rail Architecture Framework (TRAK)や、人工衛星のためのThe European Space Agency Architecture Framework (ESA-AF)など多様なものが存在する。このようにいわゆるハードウェアやソフトウェアのシステムのアーキテクチャについては、そのデザインのアプローチについてそれなりに確立していると言える。

社会・産業アーキテクチャデザイン

社会・産業アーキテクチャデザインについては必ずしも確立しているとはいえない。それは、図-1のSociety 5.0の例で示した通り、その範囲が広く、これまでのやり方やアーキテクチャフレームワークでは明らかにカバーされていない範囲が存在するからである。そこで、対象をシステムとして捉えてデザインするという根本的なところに立ち戻って考える必要がある。ここでは重要な3点を説明する。

①多視点から見る

対象をシステムとして捉えるためには、対象を多視点から見て考えることが重要である。対象によって最適な視点は異なるが、一般的に役立つ視点があ

る。それは、時間の視点、空間の視点、意味の視点（機能の視点、物理の視点）である。時間の視点は、対象となるシステムの観点ではライフサイクルと呼ばれ、ユーザの観点ではカスタマージャーニーなどと呼ばれる。機能と物理は別の視点であることを認識して、分離して考えるだけで有益である。また、多様な分野をデザインするためには多様な視点から捉えることが必要となる。

②俯瞰的に捉え、体系的に考える

多視点で見たものを、それぞれの視点ごとに俯瞰的に捉え、それらの要素と要素間の関係性を体系的に考えることが必要である。たとえば、時間の視点で見て、俯瞰的に捉えることでライフサイクル全体を視野にいれ、体系的に考えることで、ライフサイクルをもれなく分割して系統的に考えることがこれにあたる。

②抽象度をコントロールする

ある視点から見て、俯瞰的に捉え、体系的に考えるときには、抽象度をコントロールすることが重要である。人は、あまり多くの数を一度に把握することが難しい。このため、いきなり全体を 20 や 30 に分割するのではなく、まずは 5 つに分割し、それぞれをさらに 5 つに分割する。こうすれば、最終的には全体を 25 に分割することになるが、全体感を失

わないように徐々に細部を考えていくことが可能となる。

今後は、社会・産業アーキテクチャデザインの実践を積み重ね、具体的な方法論を構築していくことが重要である。情報処理振興機構に設置されたデジタルアーキテクチャ・デザインセンターにおいてこれらの知見がたまとともに、方法論が構築されることが期待される。

参考文献

- 1) INCOSE Systems Engineering Handbook : A Guide for System Life Cycle Processes and Activities Ver. 4.0 (2015).
- 2) 斉藤 健, 正畑康郎, 大場義洋: スマートグリッドの最新の標準化動向と東芝の取組み, 東芝レビュー, Vol.68 No.8 (2013).
- 3) 日本貿易振興機構: インダストリー 4.0 実現戦略調査報告書 (翻訳版).
- 4) 内閣府: 分野間データ連携基盤の整備に向けた方針案 (2018).
- 5) 内閣府: スマートシティリファレンスアーキテクチャホワイトペーパー (2020.3).
- 6) Olivier L. de Weck : Engineering Systems : Meeting Human Needs in a Complex Technological World, The MIT Press (2011).

(2021 年 2 月 1 日受付)

■ 白坂成功 (正会員) shirasaka@sdm.keio.ac.jp

1994 年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。2011 年慶應義塾大学大学院 SDM 研究科修了。博士 (システムエンジニアリング学)。2010 年より慶應義塾大学大学院 SDM 研究科 准教授。2017 年同教授。大規模システム等の開発方法論の研究に従事。



[デジタルアーキテクチャデザイン]

3 データ取引市場のアーキテクチャ



—データ取引市場の実装と国際標準化—

眞野 浩 | EverySense, Inc.



データ取引市場とは

はじめに、データ取引市場とは何か、その期待される効能と、それを実現するための機能について解説をする。

CPS (Cyber-Physical System) やデジタルツインと呼ばれるリアル空間とサイバー空間の融合によって、より良い社会を実現することは、我が国に限らず広くその重要性が認められている。これらの概念を実現する上で、2つの空間を行き来するのは、データそのものであり、データをいかに流通させるかは大きな社会課題である。つまり、CPSにより実現するデジタル社会が体だとすると、データは血液であり、データ流通とは血流と言える。このデータ流通を実現する重要な社会機能の1つがデータ取引市場である。このデータ取引市場は、データ提供者とデータ受領者の仲介を行うとともに、データ取引の決済機能を提供する。一般には“データ取引所”と言われる場合もあるが、金融における証券取引や商品取引とはその性質が異なるため、混同を避ける意味から“データ取引市場”という表現で解説する。

データの活用においては、ビッグデータの示す意味は、単純にデータの量が多いというだけではなく、多様なデータという点がある。たとえば、成人男子の血圧データが大量にあるという場合と、血圧、運動量、睡眠時間、購買履歴、移動履歴などの多様なデータがある場合では、それらのデータから AI な

どが導き出せる推論の範囲が自ずと違ってくる。

一方、IoT (Internet of Things) 機器の普及により、さまざまな機器やセンサからのデータが収集され利活用が進んでいるが、個々の設置者が利用できる機器やセンサは、特定業界や業態に限定されている。

そこで、個別に生成、収集するデータを、相互に流通させ利活用させる基盤として、“データ取引”という概念がある。ここで“データ取引”とは、「異なる組織や個人の間で、データが提供元から受領者へ提供されるのに対して、データ受領者からデータ提供元に何らかの便益が返される関係」であり、その結果としてデータ共有や再利用が実現する。

このデータ取引を実現する場がデータ取引市場で、これを提供運営するのがデータ取引市場運営事業者である。なお、データ取引市場を介したデータと便益の取引行為がデータの市場取引であり、従来からあるデータ提供元とデータ受領者が直接に相対で、データの提供と便益の提供を取引する形態は、相対取引または直接取引である。市場外取引としては、SNS で、受領者のさまざまなデータが SNS のサービス会社に提供される代わりに、SNS サービスという便益が提供される形態も含まれる。

つまり、データ取引市場とは、「異なる複数のデータ提供元とデータ受領者が参加し、データの提供と便益の提供が取引される場」と定義できる。

このような社会基盤に類似のものとしては、証券や商品取引所、または青果や魚などの卸売市場があ

るが、データ取引市場で取り扱うデータは、証券や商品、青果と以下の点が大きく異なる。

①データは排他的所有ができない無形財である。

データは、どのような形で提供されたとしても、その実体記憶、記録は提供元に残る点が、有形財取引とは大きく異なり排他的な所有ができない。このため、法による所有権という概念での保護は適さない。

②データ取引により移転するのは、データの写像である。

データの提供とは、データの実体の原本の移転ではなく、その写像の移転である。

③データ取引では、その一部または全部の利用権が移譲される。

データ取引では、データ提供元と受領者の間で、そのデータの利用に関する約定を定めることにより、その利用権が移譲される（所有権ではないことに注意）。

ただし、提供元がその原本を消滅させることや、他の第三者に提供しない約定とすることで、限りなく排他的所有と等価な移転は実現できる。

IEEE P3800 の概要

データ取引市場では、データ提供者とデータ受領者を第三者であるデータ取引市場運営事業者が仲介する。また、その社会実装では、さまざまな事業者が運営するデータ取引市場が併存することが想定される。

そこで、その中核となる DTS (Data Trading System) のアーキテクチャや機能要件の共通部分が標準化されれば、データ取引市場に参加する者にとって選択や比較が容易になる。さらに、データ取引市場間の相互接続やデータポータビリティが実現される。筆者らは IEEE-SA (IEEE Standard Association) において、P3800 DTS-WG (Working Group) を設置提案し標準化を推進しており、本節ではその概要を解説する。

P3800 の目的

P3800 のプロジェクトタイトルは、“Standard for a data-trading system : overview, terminology and reference model” である。ここで、Reference model とは、まさにアーキテクチャの根幹をなすものである。また、このプロジェクトの目的は、“この標準規格は、統一されたアーキテクチャの下で動作する、ドメインに依存しない原則的なマーケットプレイスを通じてデータを取引するように設計されたシステムを確立するものである。用語、参照モデル、データ提供者、データ受領者、データマーケットプレイスの役割と機能を定義する。本標準規格は、参照モデルを使用したデータ取引システムの概要を提供する。”とされている。

WG の動向

IEEE P3800 は、2020 年 9 月より本格的な活動が開始され、現在は標準化の初期段階である DTS を利用したユースケースシナリオやリファレンスモデルの前提条件の議論が行われている。この WG には欧州の FIWARE Foundation やインドの India Stack などの関係者を含め、地域や国を超えて 20 名程度が参加しており、2022 年を目標に標準仕様の策定を目指している。なお、標準化の詳細は、参考文献 1) に示す P3800 の公式 Web ページを参照されたい。

DTS のアーキテクチャ

本節では、筆者が IEEE P3800 において提案する予定の DTS のアーキテクチャについて解説する。まず、“システム”とは、複数の構成要素が連携して、特定の目的を実現する機能を提供する仕組みであると前提する。次にアーキテクチャとは、システムの構成や機能関係などの基本的な設計図面であり、実装や運用に依存しない基本構造や概念を示すものとする。

そこで、本節ではシステム = データ取引システ

ムとして、そのアーキテクチャ = 設計図面について解説する。

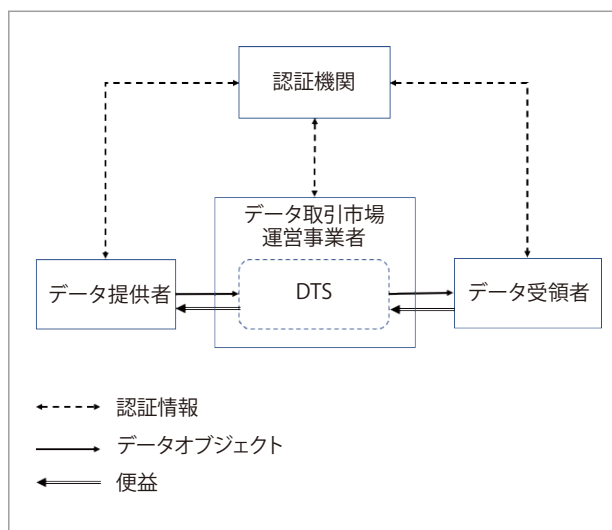
システムのアーキテクチャとしては、Industry 4.0 の RAMI (Reference Architecture Model Industrie 4.0) のように、意味軸、時間軸、空間軸の示す 3 次元モデルを用いたブロック図で、システム概念を表現する事例がある。しかし、これだけでは実装や運用への展開や検証が容易ではない。そこで、実用性の高いアーキテクチャとするには、これらの上位概念から掘り下げた複数の図面に展開するとともに、そこに示される用語の定義などを明確に示す必要がある。

DTS のアーキテクチャを構成する要素として、以下の 6 つの定義を示し、以下順に解説する。

- ①リファレンスモデル定義
- ②ステークホルダ定義
- ③オブジェクト定義
- ④機能要件定義
- ⑤非機能要件定義
- ⑥フローシーケンス定義

リファレンスモデル

リファレンスモデルは、DTS とそこに関係する機関と各機関で取り交わされる情報を示すものであ



■図-1 データ取引市場と参加機関の構造

り、**図-1**にその記載例を示す。

図-1において、実線で示す矩形は、参加機関の役割である。DTSでは、各参加機関の間で、データオブジェクト、便益、信用情報が流通する。なお、データオブジェクトと便益が対で交換されることがデータ取引であることを明示的に示している。

ステークホルダ定義

DTSと接続する各機関の役割定義が、ステークホルダ定義であり、本節に提案予定の定義を示す。

データ提供者

データ提供者とは、DTSを介してデータを他者に提供する機関の総称である。

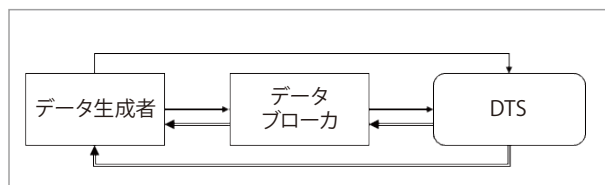
ビジネスの種類によっては、データ提供者は、**図-2**に示すデータ生成者、データブローカなどの役割のうちの1つまたは複数を担うことがある。

①データ生成者

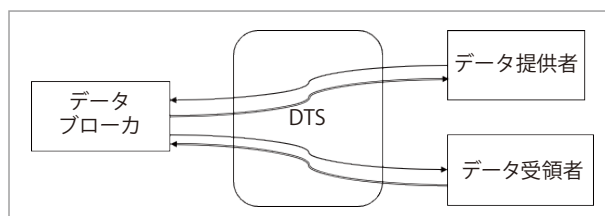
データ生成者とは、人間や企業の活動や自然現象を測定または観察し、データ化し、直接または他機関を介して第三者に提供する機関のことである。

②データブローカ

データブローカは、他機関が生成したデータを蓄積し、必要に応じて処理し、配備する機関である。また、データブローカは、**図-3**に示すように、DTSを介して他の機関からデータセットを受け取り、処理したデータセットを、再びDTSを介して



■図-2 データ提供者の構成



■図-3 データブローカとDTSの関係

他機関に提供することもある。

データ受領者

データ受領者とは、DTS を介して他機関からデータを受け取り、データ価値に応じた報酬を提供する機関のことである。ただし、データ価値は有償に限らず、無償も含まれる。

DTS

DTS は、データ提供者とデータ受領者との間で仲介・決済サービスを提供するシステムで、データ提供者、データ受領者とは独立した DTS 運営事業者により運営される。

TTP (Trusted Third Party)

TTP は、データ提供者、DTS 運営事業者、データ受領者間の相互認証を証明する認証機関である。TTP はデータ提供者、DTS 運営事業者、データユーザとは独立している。

また、TTP は、複数の組織の相互連携により認証を行う分散システムで構成されることもある。

オブジェクト定義

リファレンスモデルの示す各機関の間では、**図-4**に示すオブジェクトが取り交わされる。本節では、その定義例を示す。

データセット

データセットは、データ提供者からデータ受領者に DTS を介して提供されるデータそのものである。

取引条件

取引条件とは、データ提供者とデータ受領者の間で合意されたデータセットの利用条件、報酬などのことである。取引条件には、取引条件が適用される

データセットを一意に識別する情報が含まれる。原則として、取引条件は、データ取引に個別適用される。

データカタログ

データカタログは、データセットと取引条件の概要を示すものである。データカタログには、データセットの使用やデータセットの提供を制限する規制情報などの付帯情報が含まれる。データカタログは、特定のデータ取引に依存するのではなく、各データセットに依存する。

なお、データカタログは、データ受領者が希望するデータセットと取引条件の要求概要を示す場合に用いることもできる。

このようなカタログを実装するために、W3C W3C Data Catalog Vocabulary (DCAT) は語彙とメタタグを標準化している。

便益

便益とは、データ受領者が取引条件に基づいて DTS を介してデータ提供者に与える対価である。

便益は、^{だかん}兌換可能な経済価値を持つ通貨や、特定のサービスに使用できるバウチャーなどである。

また、当事者の合意に基づいて便益の提供を伴わない取引も想定される。

認証情報

認証情報は、データ提供者、データ取引市場運営事業者、データ受領者の相互認証のために TTP により提供される。

認証情報は、公開鍵、秘密鍵、電子証明書、タイムスタンプなどで構成されることが望ましい。

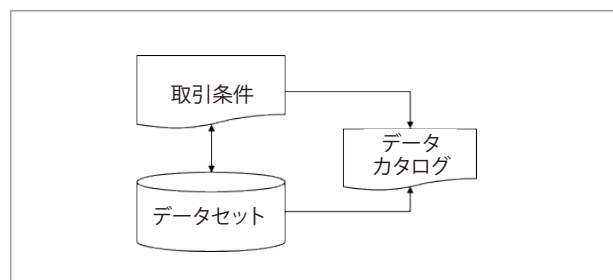
また、データオブジェクトそのものに対する認証に必要な電子署名、タイムスタンプなども含まれる。

機能要件定義

DTS が各ステークホルダに提供する機能要件定義の例を本節に示す。

データカタログの広告

DTS は、参加機関から提供されたデータカタログを広告する仕組みを提供する。



■図-4 データオブジェクトの構成

データカタログの発見

DTS は参加機関から提供されたデータカタログを検索、発見する仕組みを提供する。

データ取引の合意形成を支援

DTS は、データ提供者とデータ受領者間のデータ取引の交渉の場を提供する。また、合意形成を効率的に実施させるための支援メカニズムを提供する。

データ取引の決済

DTS は、請求、回収などのデータ取引の決済の仕組みを提供する。

クリアリングハウス

DTS は、不正なデータ取引を防止するための仲介者として適切なクリアリングハウス機能を提供する。

非機能要件定義

DTS および DTS 運営事業者が具備すべき非機能要件定義の例を本節に示す。

中立性

仲介機能を中立かつ公平に提供する上で最も重要なことは、自らが特定のデータセットの登録や検索、要求をはじめ、取引そのものを行わないことである。

また、取引の有無にかかわらず DTS 運営事業者が、定常的にデータを配備、保管することは、それらのデータを積極的に販売させるインセンティブを誘発し、中立性を損なう要因となるため、これを行わないことが重要である。

また、提供価格などのデータ取引条件の交渉は、データ提供者とデータ受領者により行われ、DTS 運営事業者は、その交渉を円滑に進めるためのシステムの提供のみを行うことで、価格に対する恣意性を排除することが求められる。

なお、文献 2) に示す一般社団法人データ流通推進協議会 (DTA) が制定したデータ取引市場運営事業者認定基準の説明文章では、データ取引市場運営事業者を、以下のように定義している。

「データ提供者とデータ受領者を仲介し、データと対価の交換・決済の機能を提供する者。データ取

引市場運営事業者^{☆1}は自らデータを収集・保持・加工・販売をしない。」

公正性

DTS またはまたは DTS 運営事業は、データ提供者およびデータ受領者のすべてにデータ取引の機会を平等に提供しなければならない。

コンプライアンス

DTS または DTS 場運営事業、DTS を介して行われるデータ取引の違法性を排除する努力をし、必要な仕組みを提供する。

真正性保証

DTS または DTS 運営事業は、データセットが取引条件に基づき、正しく取引されたことを保証しなくてはならない。

フローシーケンス定義

DTS が各ステークホルダーに提供する機能や非機能要件を実現するために行うオブジェクトの取り扱いやステートマシンの時間軸で示すのがフローシーケンス定義である。

本節では、実際に実装されているデータ取引市場を介したデータ取引のフローシーケンスの事例を図-5 に示し、以下に解説する。

フローシーケンス図の事例

1) データ提供者は、自らが提供可能なデータの概要やその提供条件などが記載されたデータカタログを、DTS に登録する。

1-1) あるいは、データ受領者が示したデータ要求概要を含むデータカタログを検索し、それに対応したデータカタログを登録する。

2) データ受領者は、DTS にアクセスし、提供を受けたいデータを検索する。

2-1) あるいは、適当なデータがない場合には、要求するデータ要求概要を示すデータカタログを登録する。

^{☆1} データ取引市場運営事業者 = DTS 運営事業者

特集 Special Feature

3), 3') データ提供者とデータ受領者は、取引したいデータのデータカタログを見つけた場合、DTS上で、価格やデータ提供項目の詳細を交渉する。

4) 交渉の結果、取引条件について合意形成ができた時点で、データ受領者は、DTS上で取引条件を含む注文書を発行する。

5) 注文書を受け取ったデータ提供者は、その内容を受諾する場合、DTS上で注文請書を発行する。

この時点で、データ取引の合意が成立したことになる。データ提供者とデータ受領者には、それぞれデータ提供の履行義務とデータ受領の履行義務が確定する。

ここで、重要なことは、この時点までは、データオブジェクトのうちデータセットはDTS上に存在せず、かつ交渉にDTS運営事業者が介在しない点である。

6) データ提供者は、指定された期日までにデータをDTSの提供する一時保管場所に納品する。

6') 一方、データ受領者は、対価をDTS運営事業

者に収める。

7), 7') データと対価が間違いなく揃った時点で、DTS運営事業者は、対価とデータをそれぞれデータ提供者、データ受領者に送達する。

以上は、この事例でのフローシーケンスであり、対価の支払い方法やデータの收受方法は、実際のDTS運営事業者のサービスにより異なるが、アーキテクチャは、このような基本的なワークフローを示すことで、非機能要件を実装する指標を示すことができる。ここで、重要なことは、DTS運営事業者は、このような仕組みを参加機関に対して公平かつ一様に提供し、その内容を約款などで明確に定めることである。また、IoTデバイスの収集データなどで、リアルタイムに決済までの処理を行うための実装例では、文献3), 4)に示すように一時決済にポイント制度を用いる例もある。

なお、すでに運用されている民間事業にて取り扱われているデータについて、提供者の産業分類と、希望価格帯を、参考までに図-6に示す。ここで、

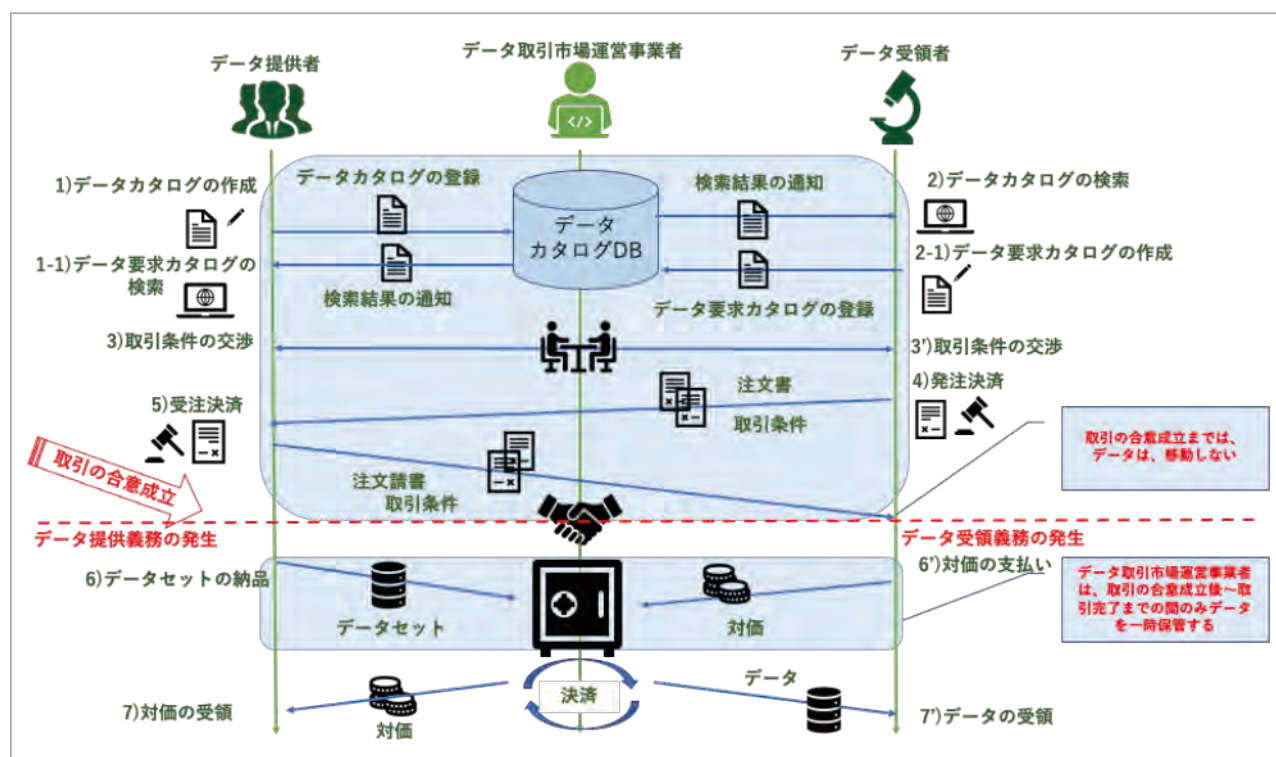


図-5 データ取引市場のフローシーケンス例

特集

Special Feature

参考価格は、取引価格ではなく、データ提供者の設定した希望価格であり、実際の取引価格は、交渉次第で変動する。

今後の展開

本稿では、データ取引市場のアーキテクチャを構成する要素として、6種類の定義記載事例を示した。これらは、最上位の抽象度の高い表現であり、国際標準とするには、必須事項 (shall)、推奨事項 (should)、実装者裁量事項 (may) および、背景などの説明事項 (Informative text) が明確となる規範的文章 (Normative text) の策定を進める。

一方で、提案アーキテクチャの社会実装を進めるために、その汎用性、可用性を保つ範囲で、さらなる詳細標準 P3800.xx の策定提案をする予定である。

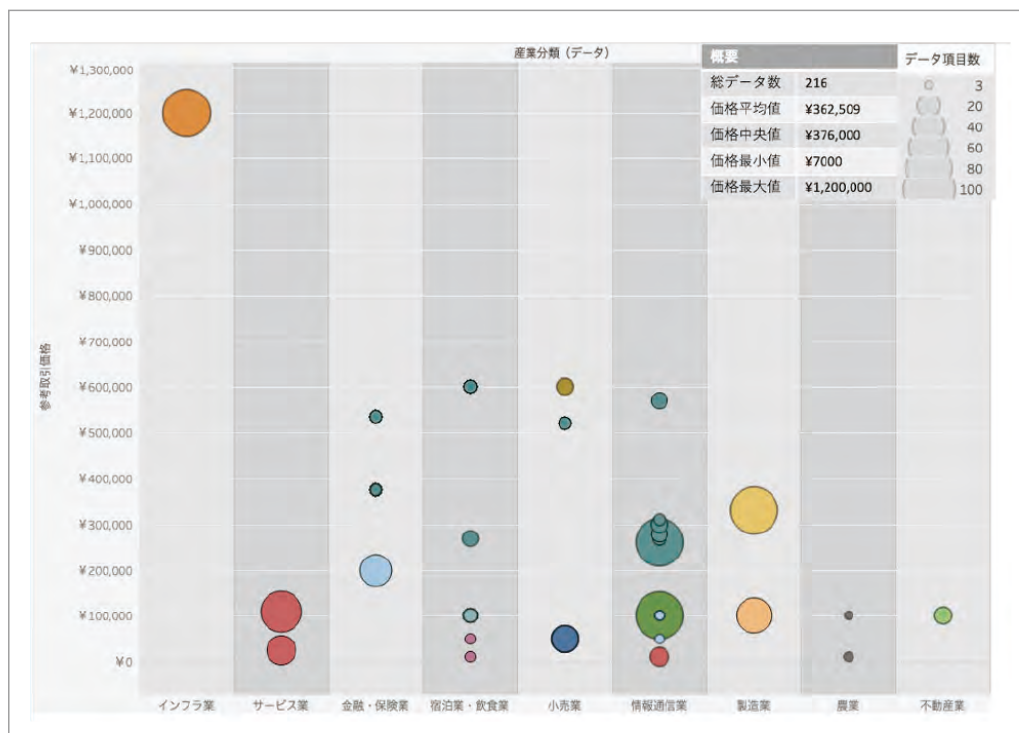
参考文献

- 1) 「IEEE P3800 DATA TRADING SYSTEM PAR」,「CEM_P3800-PREPRINT.PSO」: <https://sagroups.ieee.org/3800/>
- 2) 「データ取引市場運営事業者認定基準_D2.0」,「データ取引市場運営事業者認定基準_説明_REV1.1」: <https://data-trading.org/PUBLIC-RELEASE/>
- 3) Mano, H.: Eversense: An end-to-end Iot Market Platform. in: Adjunct Proceedings of the 13th International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing Networking and Services, pp.1-5 (2016).
- 4) 真野 浩:「オープンなデータ取引市場」実現の取り組み: データ流通推進のための取引市場の要件, 課題と実装事例, 情報管理, 60.6: 391-402 (2017).

(2021年2月1日受付)

■ 真野 浩 (正会員) h.mano@every-sense.com

博士 (工学), Eversense, Inc, C.E.O., 社代表取締役, 慶應義塾大学 SFC 特任教授, (一社) データ社会推進協議会 代表理事事務局長, 内閣府 SIP AI ホスピタルによる高度診断・治療システム Sub PD.



■ 図 -6 DTS における取引扱いデータ事例

[デジタルアーキテクチャデザイン]

4 スマートシティの リファレンスアーキテクチャ

— Society 5.0 に準拠したアーキテクチャ構築とその展開 —

藤田 範人 | NEC



スマートシティにおける リファレンスアーキテクチャの必要性

国内におけるスマートシティの現状

昨今、国内の各都市においてスマートシティの取り組みが盛んに行われている。しかしながら、①分野、都市ごとに個別に実装され、持続的な取り組みになりにくい、②分野間でサービスが統合されず、住民の利便性が向上しにくい、③構築されたシステム、サービスの再利用ができず、開発コストが高い、といった課題があり、実証実験レベルにとどまっているケースが多いのが実態である。スマートシティの取り組みを持続可能なものとし、社会のイノベーションに結びつけるためには、設計の共通指針となるリファレンスアーキテクチャを定義し、スマートシティのシステムを拡張性および相互接続性のあるものとするのが求められていた。

海外における状況

海外においては、欧米を中心にスマートシティのアーキテクチャ共通化の取り組みが進んでいる。欧州を中心とするスマートシティの国際団体である Open & Agile Smart Cities (OASC) が推進する Synchronicity¹⁾ では、最小限相互運用メカニズム (Minimal Interoperability Mechanisms, MIMs) の考え方にに基づき、各都市のアプリケーションやシステムの相互運用性を担保するための主要イン

タフェース (API, データモデル) に関する要件をアーキテクチャで定めている。また、米国の国立標準技術研究所 (National Institute of Standards and Technology, NIST) は、効果的かつ強力なスマートシティソリューションを実現する上で、種々の IoT プラットフォーム関係者への呼びかけを行い、アーキテクチャの比較検討に関する国際的な共同作業 (IES-City Framework²⁾) を通じて、アーキテクチャ上の特徴に関する合意形成のフレームワークを策定している。

Society 5.0 に準拠したアーキテクチャ構築

筆者らは 2019 年度に実施された内閣府戦略的イノベーションプログラム (SIP) 第 2 期「スマートシティアーキテクチャ設計と関連実証研究の推進」において日本におけるスマートシティのリファレンスアーキテクチャ (RA) を構築した^{☆1}。スマートシティ RA の検討にあたっては、今後構築される他分野の RA との相互運用性を容易にするため、内閣府で定義された Society 5.0 RA³⁾ (図-1 の左) を出発点としレイヤ構造を共通化した。Society 5.0 RA はさまざまな分野に適用できるよう各レイヤで定義すべき事項が抽象的であるため、スマートシティの実態やあるべき姿を考慮し、スマートシティ RA

☆1 本事業は NEC, アクセンチュア, 鹿島建設, 日立製作所, 産業技術総合研究所, データ流通推進協議会で受託し, 6 社の共同でスマートシティ RA の構築を行った。

において定義すべき具体的事項を事前に抽出した(図-1の右)。さらに、スマートシティの推進主体を始めとした関連ステークホルダーがスマートシティサービスを構築する際の指針とできるよう、具体的な検討手順や参考となる事例、準拠すべき技術的基準などもスマートシティ RA の中で明らかにするようにした。

構築したリファレンスアーキテクチャ

全体像

スマートシティ RA の構築にあたり、スマートシティを推進するための重要な基本コンセプトとして以下の4つを定めた。

1. すべてのスマートシティに関与する者は、常にスマートシティサービスの利用者を意識してスマートシティの取り組みを進める必要があること(利用者中心の原則)
2. スマートシティが持続的に運営され続けるためには地域全体をマネジメントする機能(都市マネジメント)が必要であること

3. 都市オペレーティングシステム(OS)を通じてスマートシティサービスを提供することで、データやサービスが自由かつ効率的に連携されること
4. 日本全体で効率良くスマートシティ化を推進するためには、他地域や他システムとの相互運用を効率良く行える必要があること(相互運用の重要性)

上記のコンセプトを踏まえ、構築したスマートシティ RA の全体像を図-2に示す。Society 5.0 RA のレイヤ構造を踏襲しつつも、利用者中心の原則を明確にするため、レイヤを縦に積み上げるのではなく利用者を最上位に置き、利用者に対するスマートシティサービスをどのように実現するか、という観点でサービス層を中央に配置した。サービスを実現するためには、スマートシティ戦略から規定され、サービスを設計し運営していく機能である都市マネジメント(組織層、ビジネス層)と、都市内外のデータ(アセット層)を管理・連携してデジタルサービスを提供する基盤である都市 OS(機能層、データ層、データ連携層)の両面からのアプローチが必要、という構造になっている。またルール層については、都市 OS も含めてあらゆるレイヤに関係するた

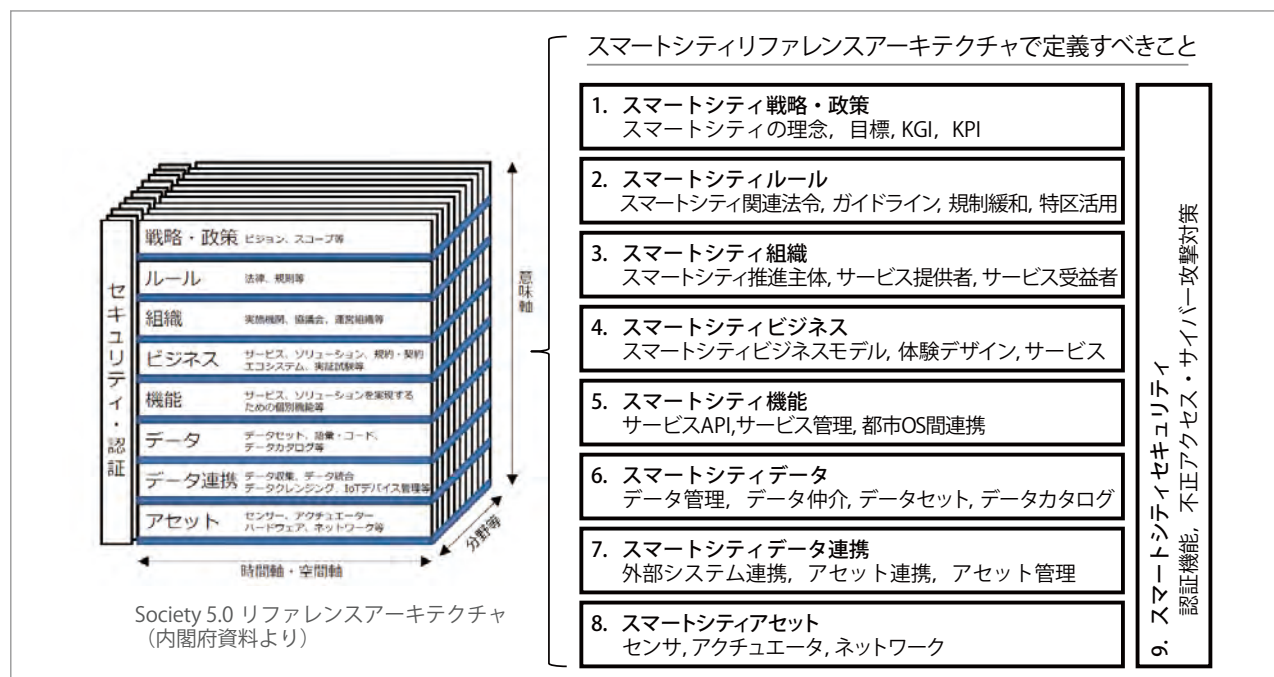


図-1 Society 5.0 RA とスマートシティ RA で定義すべき事項

特集

Special Feature

め, Society 5.0 RA を変形し横断的なレイヤとして配置している。

都市マネジメント

非 IT 層である都市マネジメント（組織層、ビジネス層）および、スマートシティ戦略、ルールについては地域ごとの違いや例外を考慮し、具体的な実装方法の指定は避け、スマートシティの推進者がスマートシティ構築の際に必要な要素を漏れなく検討するためのフレームワークを提示するにとどめた。ただし、スマートシティの推進者が具体的イメージを持った検討ができるよう、実際の事例における構成要素や手法をフレームワークに落とし込んだものも具体例として併記している。

図-3 にスマートシティ組織の場合の策定フレームワークを示す。利用者に対してスマートシティサービスを提供するためには背後にどのような組織的役割が必要か整理されており、それぞれの役割を果たす組織を埋めていくことで漏れのない組織設計ができるようになっている。また、本フレームワー

クに併せて、会津若松市、高松市、大手町・丸の内・有楽町地区の3つの対照的な事例を組織マップに落とし込んだものも提示している、図-4 に会津若松市におけるスマートシティ組織の事例について示す。

同様のフレームワーク提示および具体的内容の例示をスマートシティ戦略、ビジネス、ルールに対しても行っており、スマートシティ構築における非 IT

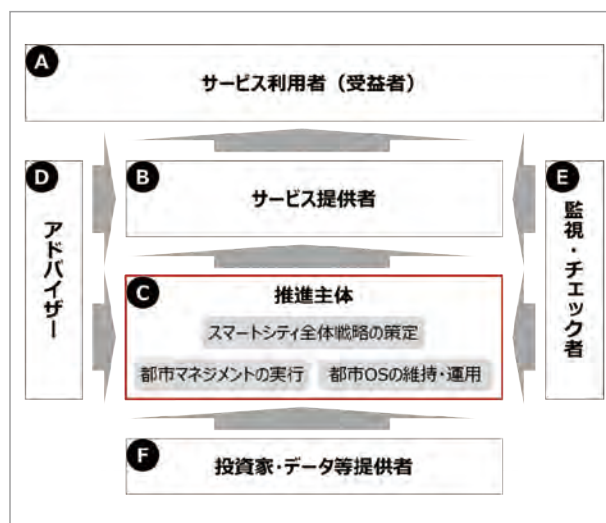


図-3 スマートシティ組織の策定フレームワーク

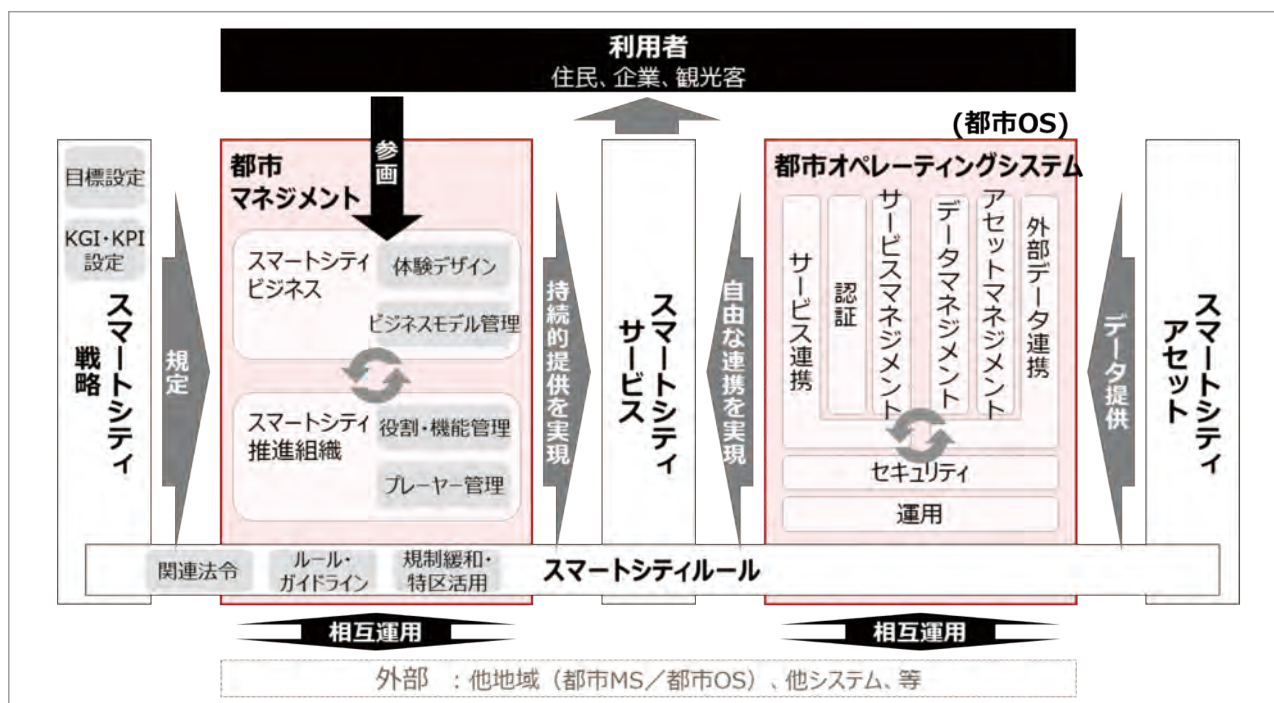


図-2 構築したスマートシティ RA の全体像

特集

Special Feature

要素の必要十分な検討ができるものとなっている。

都市 OS

スマートシティ RA では、都市マネジメントと双対となる要素として都市 OS を定義している。都市 OS がない場合は、スマートシティサービスを実現するための IT システムが独自かつ独立したものとなり、データやサービスの連携、流通が困難になっ

たり、サービスの横展開が困難になる。都市 OS は、都市内外のさまざまなデータを集め、API を通じてスマートシティサービスのためのアプリケーションを実現したり、他の都市 OS 間と接続して都市間連携を実現するための共通基盤と位置付けられる。都市 OS の詳細を設計するにあたり、現状のスマートシティの課題である、①サービスの再利用・横展開が困難、②さまざまな分野を横断したサービス実

現が困難、③サービスを継続する際の拡張性が低い、という認識をもとに以下 3 つの要件を定義した。

①相互運用（つながる）

都市内／間のサービス連携や、アプリケーションの再利用を可能にする仕組みを備えること

②データ流通（ながれる）

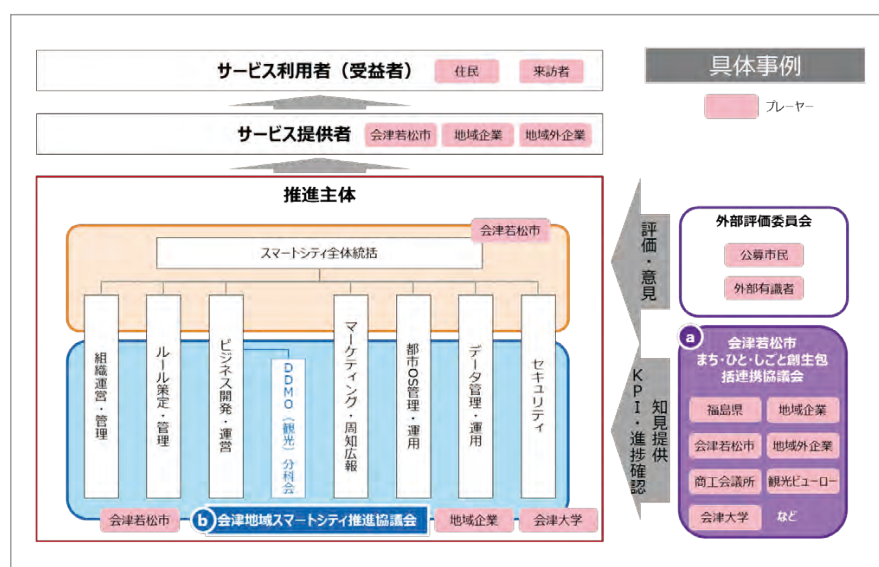
地域内外のさまざまなデータを仲介して連携させる仕組みを備えること

③拡張容易（つづけられる）

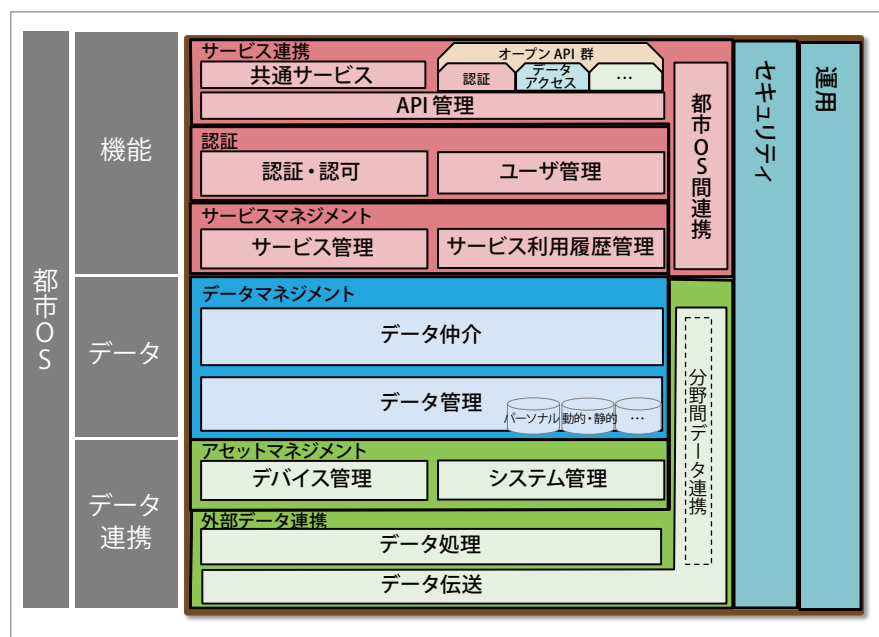
都市 OS で利用する機能やアーキテクチャ更新にあわせ拡張を容易にする仕組みを備えること

上記の要件を考慮しつつ、Society 5.0 RA のレイヤ構造に準拠して構築した都市 OS の全体アーキテクチャ（機能ブロック図）を図-5 に示す。

1 つ目の要件である相互運用性を実現するためにサービス（アプリ等）や他都市 OS と「つながる」ための API 連携、認証連携の仕組みを図-5 の機能層において規定した。しかしながら、具体的な API やデータモデルの仕様を限定することは



■ 図-4 スマートシティ組織の具体例（会津若松市）



■ 図-5 都市 OS のアーキテクチャ

特集

Special Feature

せず、つながるために共通化、公開すべき対象となる API、データモデルの対象を具体例とともに示している (図-6)。

また、データ流通の要件に対しては、他都市 OS、他システム、IoT デバイス等から多種のデータ (メタデータ、静的データ、動的データ、地理空間データ、パーソナルデータ) を取り込み、都市 OS 上のサービスに活用することができるよう、データ層、データ連携層における機能を定義している。その中核と

なる機能がデータ仲介であり、データ利用者と都市 OS との間のデータの受け渡しを一元的に担うハブの役割を担っている。データ仲介が管理するデータの所在は、(a) 都市 OS 内に蓄積する、(b) 都市 OS 外に分散されている、の双方がサポートされ、データ利用者はスマートシティのサービス実現に必要なさまざまな種類のデータを、その所在を意識することなく利用できる。

最後に拡張容易性 (つづけられる) に対しては、図-5

に示したそれぞれの機能ブロックが着脱できるよう、ブロック間の API を共有化しビルディングブロック方式で都市 OS を構成できることを要件化した。これにより、スマートシティの発展とともに段階的に都市 OS を拡張でき、最小機能単位での機能実装での稼働や最小機能単位での機能追加ができるようになる。

実証研究

スマートシティ RA の構築にあたっては、各レイヤのフレームワークや要件を決定するための具体事例の収集および、構築したアーキテクチャの一部を実現可能であることを検証するための 8 つの実証研究が同時並行で行われた。各実証研究は防災、観光、ヘルスケアなどスマートシティの代表的なユースケースをカバーするよう、偏りない選択がなされている。

まず、筆者らは各実証研究を構成する要素を Society

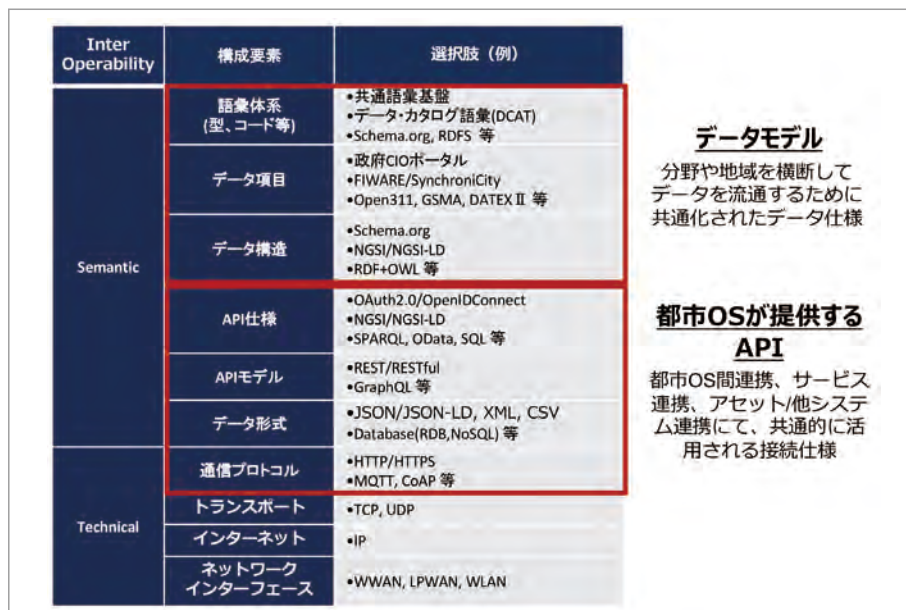


図-6 共通化、公開すべき API とデータモデルの範囲

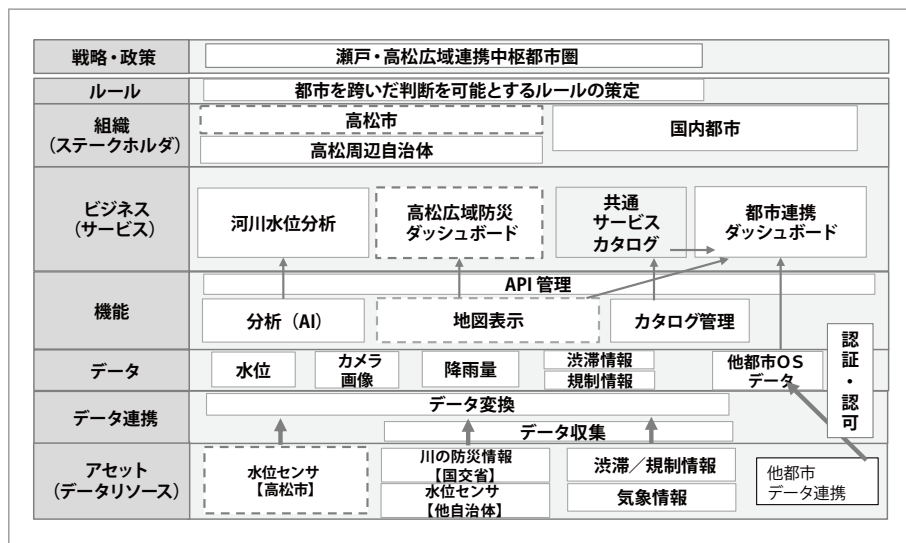


図-7 実証研究における構成要素の抽出 (高松広域)

特集

Special Feature

5.0 RA のレイヤ構造に基づいて抽出した。高松広域における実証研究の内容を各層に分解し、構成要素と関係性について整理した例を図-7に示す。抽出した構成要素および関係性は、スマートシティ RA の仮説に当てはめながら見直しを繰り返すことにより、最終的な各レイヤのフレームワークを導いた。また具体的な構成要素の一部は、都市マネジメントのフレームワークに基づく具体例として提示するとともに、都市 OS の相互運用、データ流通を実

現する具体的手法としてスマートシティ RA の中で参照するようにした。8つの実証研究のそれぞれにおいて、実際にスマートシティ RA へ反映した主なポイントを表-1に示す。

さらに、都市 OS で定義した相互運用性の実証のため、8つの実証研究間で相互接続し、各地域のデータをリアルタイムかつ一元的に可視化する実験を行った。各実証研究間の相互運用を図るため、欧州で標準化されている NGSI に基づき API、データ

モデルを共通化することにより、元は異なる設計で構築された8つのシステム間でデータ流通が図れることが確認できた。

リファレンスアーキテクチャの展開

成果の公開

筆者らは検討したスマートシティ RA をホワイトペーパーと導入ガイドブックの2つの形式で作成した。日本語版と英語版の双方が内閣府 Web ページからダウンロード可能である⁴⁾。ホワイトペーパー (図-8) は、スマートシティ実現に必要な構成要素や実装指針を体系的に整理した RA の詳細版である。政府や専門家など日本のスマートシティの在り方に関して検討を行う関係者や、スマートシティの各種サービスや都市 OS の提供者が、スマートシティ実現に必要な構成要素や実装指針を体系的に理解するために活用することを想定している。

また、導入ガイドブック

表-1 実証研究とスマートシティ RA への反映

実証研究	スマートシティ RA への主な反映ポイント
101 市民サービス 会津若松市 (アクセント)	・地域協議会主体の都市 OS 運用モデル (ビジネス) ・具体事例 (スマートシティ戦略、都市マネジメント)
102 都市間接続 中部圏-関東圏 (名古屋大)	・都市 OS 間連携 (都市 OS)
103 広域防災 高松広域 (NEC)	・複数自治体による都市 OS 運用モデル (ビジネス) ・具体事例 (スマートシティ戦略、都市マネジメント)
104 地域 MaaS 富山市、高松市 (NEC)	・都市間相互運用 (都市 OS、サービス) ・具体事例 (都市マネジメント)
106 観光 伊勢、湯河原、白馬 (JTB)	・他システムとの連携 (都市 OS)
108 ヘルスケア 札幌市 (日建設)	・産官学連携協議会による推進 (都市マネジメント)
109 物流 東京都 (エブリセンス)	・データ取引市場との連携 (都市 OS)
110 見守り、保育 加古川市 (日建設)	・官民協働運営による都市 OS 運用モデル (ビジネス) ・個人情報の取扱い (ルール)

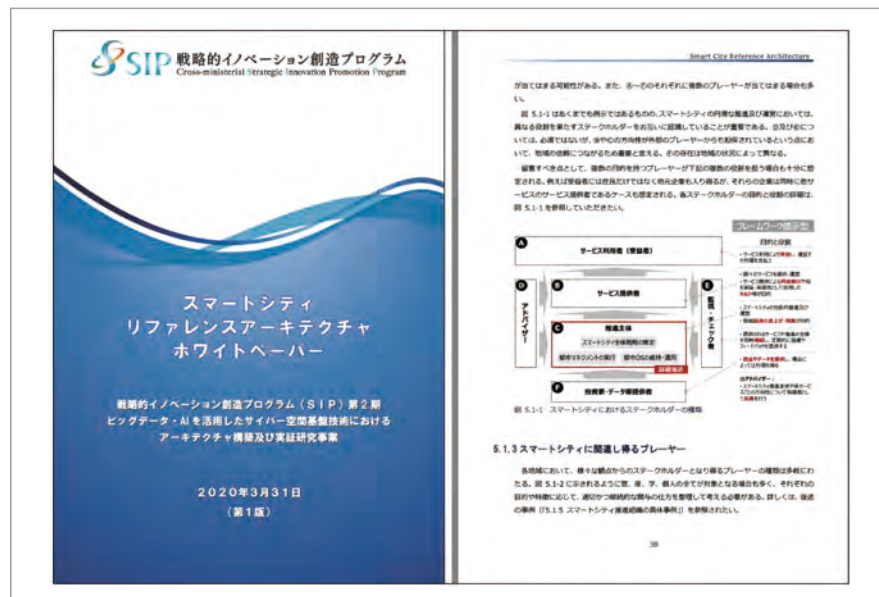


図-8 ホワイトペーパー

(図-9) は主にスマートシティを主体的に推進する自治体や組織が、スマートシティ RA に基づき地域課題を解決する具体的な手順を理解できるようにした普及促進ツールの位置づけである。本書には実証研究を中心に複数のスマートシティ事例についても紹介されており、同様の地域課題を持つ人々にとってスマートシティ導入の参考とできるようになっている。

政府関連事業における リファレンスアーキテクチャの参照

筆者らが構築したスマートシティ RA については、政府の2020年度のスマートシティ関連事業で参照することが共通方針とされており⁵⁾、その活用が始まっている。関連事業においては、(1) ビジョンの明確化 (スマートシティ戦略)、(2) アーキテクチャによる全体俯瞰 (全体)、(3) 相互運用性の確保 (都市 OS)、(4) 拡張性の確保 (都市 OS)、(5) 組織・体制の整備 (スマートシティ組織)、をそれぞれスマートシティ RA に基づき実現または明確にすることが求められている。

また、2020 年から AI などの先端技術と規制改革により住民が抱える社会的課題を解決しようとする試みであるスーパーシティの検討が政府で始まっ

ている⁶⁾。スーパーシティの中核となるデータ連携基盤整備事業においては、(a) データモデル、API の標準化・外部公開、(b) データ仲介モデルの構築、(3) ビルディングブロック方式によるシステム構築、が取組事項として挙げられており、スマートシティ RA における都市 OS の要件が参照され共通基盤として具体化する検討が始まっている。

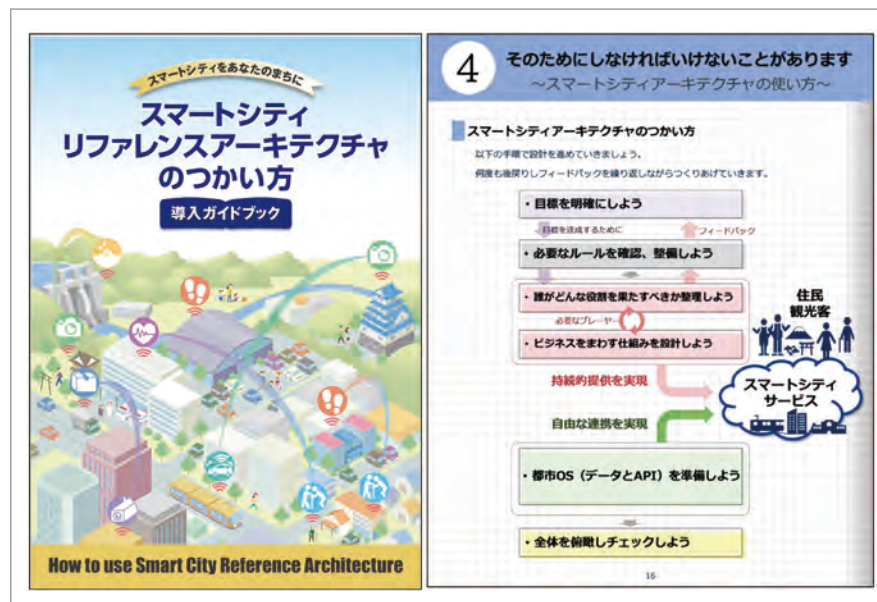
参考文献

- 1) SynchroniCity, <https://synchronicity-iot.eu/>
- 2) NIST A Consensus Framework for Smart City Architectures IES-City Framework, <https://pages.nist.gov/smartcitiesarchitecture/>
- 3) 内閣府：総合科学技術・イノベーション会議 データ連携基盤の構築, <https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadaai/14kai/siryo2-1.pdf>
- 4) 内閣府：SIP サイバー／アーキテクチャ構築及び実証研究の成果公表, <https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200318siparchitecture.html>
- 5) 内閣府：政府による令和2年度のスマートシティ関連事業～共通リファレンスアーキテクチャを踏まえた一体的推進～, <https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200324smartcity.html>
- 6) 内閣府：国家戦略特区 スーパーシティ, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kokusentoc/supercity/openlabo/supercitycontents.html>

(2021 年 2 月 4 日受付)

■ 藤田範人 n-fujita_bk@nec.com

1996 年京大・工・電気卒業、1998 年同大学院修士了、同年 NEC 入社。ネットワークシステムやセキュリティの研究に従事。現在 NEC セキュアシステム研究所所長代理。2019 年に SIP 第 2 期「スマートシティアーキテクチャ設計と関連実証研究の推進」研究開発責任者として「スマートシティリファレンスアーキテクチャ」を公開。



■ 図-9 導入ガイドブック

[デジタルアーキテクチャデザイン]

5 社会課題解決に貢献する



自然言語処理技術の社会実装と展開

— AI での人助けに何が必要か —



鳥澤健太郎

情報通信研究機構

山積みの社会課題と AI

コロナ、少子高齢化、自然災害等、ニュースや SNS を見てもため息しか出ない今日この頃である。一方で、高齢者介護等の社会課題の解決に AI が貢献できるのではないかという期待も高まっている。しかしながら、筆者の見立ては、言うは易し、行うは難しである。AI で社会課題を解決し、人助けをするのであれば、我々研究者側の意識も大幅に変える必要があり、さらには日本全体で研究者の人事評価等、体制もより柔軟にしていかなないと、日本発の研究成果が人助けにつながることはきわめて例外になると考えている。

筆者ら、すなわち、情報通信研究機構（以下、NICT）・データ駆動知能システム研究センター、および同機構・耐災害 ICT 研究センターでは、これまで防災・減災、高齢化の 2 つの領域での人助けを目指し、さまざまな組織と連携しつつ、対災害情報分析システム DISAANA/D-SUMM、防災チャットボット SOCDA、高齢者向けマルチモーダル音声対話システム MICSUS という 3 つの自然言語処理システム、すなわち AI を開発してきた／している。筆者はこれらの経験から、AI による人助けには、以下の 3 条件が必要条件だと考えるようになった。ある意味、どれも当たり前であるが、これをきちんと満たすのは実は難しい。

- 人助けをしたい分野の「超」優秀な専門家との密なコミュニケーション：世の中には専門家は大勢おられるが、AI に関してヴィジョンを共有できる専門家を見つけるのは結構難しい。
- 研究者の論文執筆以外のアクティビティを積極的に認める柔軟な評価制度：宣伝めいて恐縮だが、NICT はこの辺が実は柔軟であり、そのため、何とか実用化までたどり着けた技術が出たと思っている。
- 基礎研究から応用まですべて一気通貫でできる研究体制

筆者は上述の 3 つの AI の開発、社会実装は、ボトムアップ、課題特化型のデジタルアーキテクチャデザインとみなしているが、本特集の他記事にあるような、より普遍志向のデジタルアーキテクチャデザインでも上記 3 条件に相当するものは必須と考える。

以下では我々の 3 システムの開発状況を説明しつつ、上述の 3 条件について述べる。

対災害情報分析システム DISAANA/D-SUMM

2011 年の東日本大震災直後、ICT で防災・減災に貢献するため、NICT では東北大学内に耐災害 ICT 研究センターを設立し、ネットワーク関連技術とともに、Twitter 上の災害情報を分析する対災害 SNS 情報分析システム DISAANA の開発を開

始した。震災では、Twitter 上で被害報告や、食糧、ガソリンの不足、透析ができない等、多様かつ大量の情報が発信された。一方、通常の検索エンジンでは、表示される情報の件数が少なかったり、「宮城県」で検索すると「仙台」としか書いていないツイートはヒットしない等、文の意味解釈で難があり、それら情報の有効活用は難しかった。

このため、NICT では、その時点で開発中であった、数十億件の Web ページを情報源とし、文の意味を考慮しつつ、多様な質問に回答する大規模 Web 情報分析システム WISDOM X をチューニングする形で、DISAANA と名付けたシステムの開発を開始した。なお、WISDOM X は、<https://www.wisdom-nict.jp/#top> にて 2015 年より一般公開中であり、2020 年度中に深層学習版に update した。

DISAANA は地図上への可視化を伴った質問応答システムである。たとえば、「気仙沼で何が起きているか?」といった質問には、回答を Twitter からリストアップし、また、それらの回答が言及している地点群を地図上に可視化する。これによって、広範なエリアでの被害状況を迅速かつ直感的に把握可能にしようと考えた。同様に、「熊本県で何が不足しているか?」(図-1 参照)、や「人工透析はどこでできる?」といった質問の回答、地図上への可視化は、物資を届ける救援団体や腎臓病患者にとって有用であると考えた。

また、Twitter 情報はデマも含む。DISAANA では、「ライオンが動物園から逃げた」と「ライオンなんか逃げてません」のように相矛盾するツイートがあった場合、ユーザにデマの可能性を通知する。これまで報道等で取り沙汰された「メジャー」なデマはこの仕組みでかなり検知できている。

さらに、DISAANA は質問を入力しないと情報が得られないが、「発災直後の修羅場で悠長に質問なんか考えている

暇はないよ」という被災自治体の首長の方からいただいたコメントを受け、質問ではなく自治体の名称を指定すると、その自治体内に関係した Twitter 上の災害情報を要約し、災害の全貌を分かりやすく提示することを狙ったシステム D-SUMM も、内閣府のプロジェクトである内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第一期の支援で開発した。

DISAANA と D-SUMM は、それぞれ 2015 年、2016 年よりネット上で一般に向けて試験公開^{☆1}を開始した。自治体の防災訓練等にも合計 20 回参加し、実災害での活用も始まっている。現在は NEC がライセンスを受け、自治体等を対象として、商用展開を行っている^{☆2}。さらには、本稿後半で説明する防災チャットボット SOCDA のバックエンドとしての商用化も始まっている。

DISAANA/D-SUMM プロジェクトでのあれやこれや

さて、以上が、DISAANA/D-SUMM プロジェクトの表向きの説明であるが、実際には山あり谷ありで非常に苦労が多かった。まず、プロジェクト開始時、つまり、東日本大震災直後では救援の実態に

☆1 <https://disaana.jp/rtime/>, <https://disaana.jp/d-summ/>

☆2 https://jpn.nec.com/press/202006/20200626_01.html



図-1 DISAANA における質問応答と可視化 (熊本地震時の Twitter データを利用)

特集 Special Feature

ついて総括されていなかった。このため、より実情に即したシステムとするため、移動日も含めると計6カ月近くをかけて被災地でヒアリングを行った。

このヒアリングで大きな課題と認識したのは、少なくとも震災直後の時点では、多くの自治体で、職員等が実際に現場で確認した情報、もしくは消防、警察等に電話等で正式に通報された情報しか、救援における意思決定では使わないとのことであった。Twitterのような匿名の未確認情報に基づき救援チームを、実は何も起きていないような場所へ送り込んでしまう「空振り」はタブーなので使えないとのことであった。さらには、Twitterのような低信頼情報の精査のために DISAANA/D-SUMM の専任担当者を置く人的余裕もないという意見が大勢であった。考えてみれば、東日本大震災以前の大災害時には、Twitter 等の SNS は存在せず、そんなものなしでもプロの方たちは「現場を回していた」わけで、いきなり Twitter だの AI だのと言われても、といったところもあったであろう。

もちろん、誰でも低信頼の情報に振り回されたくはない。しかし、それだけの理由で、少数の確実な情報しか使わなければ、重大被害が認識できない、もしくは認識が遅れるリスクも増す。これは、情報処理の用語で言えば、greedy なアルゴリズムで「局所最適解」に陥るといったところであろう。情報処理のプロであれば、仮に一部低信頼な情報であっても、多少のオーバーヘッド、つまり、専任の担当者を置いて、それらの情報、つまり、Twitter 情報を分析し、被害の全体像を把握した上で、救援チーム等、リソースの割り当てのような大局的判断を下すべきと考えるのではないか。仮に多少空振りがあったとしても、被害の全体像に基づき積極的かつ効率的に動くことで、救える人が全体として増えるのであれば、それがより大域的な最適解であり、より望ましいのではないか？

しかしながら、DISAANA に関してさまざまな方々と話をする中で、当初、このような感覚を共有

できた災害の専門家や防災担当者は少なかった（なお、自衛隊で大部隊の指揮経験をお持ちの方々には我々の狙いをよくご理解いただいた方が多かったというのは興味深かった）。目の前に困っている人がいるという正式な情報があるのに、SNS で全体像の把握などと悠長なことを言ってもらえない等、災害のプロに言われれば切り返すのは難しい。ましてや、「局所最適解」だの「大域的最適解」だのの感覚が共有できるわけもない。

一方で、結局これが重要なのだが、めげずに地道に防災訓練への参加を繰り返すにつれ、被災現場に職員がいなくても、あるいは何らかの正式な手段で情報取得を試みなくても、DISAANA/D-SUMM では、被害の情報が「大量に勝手に入ってくる」「勝手に整理される」ということを評価し、実災害時にシステムを使ってくれる自治体も現れてきた。たとえば、大分県では、災害時に災害対策本部で DISAANA/D-SUMM に専任担当者を割り当てモニタしていた。これにより、九州北部豪雨では管轄の鉄道会社に先んじて鉄橋流失を発見することができた。また、DISAANA/D-SUMM の出力を基に、県内でも被害が深刻なエリアを特定し、そのエリアの情報収集に重点的にマンパワーを割り当てる調整も行われていた。

これは、個別被害の対応に当たることも可能な職員を、必要なオーバーヘッドとして、大域的な最適化のために割り当てたということであり、まさに情報処理の観点である。現在では、大分県の事例も含め、テレビ番組や一般紙の一面等の報道で取り上げられたこともあってか、自治体等での SNS 活用に関する障壁は相当下がっており、さまざまな自治体が災害時の SNS の分析を取り入れている。

さて、ここで、本稿冒頭で述べた AI での人助けにとって重要な3条件に照らして、これまでの経緯を整理してみたい。

・人助けをしたい分野の「超」優秀な専門家との密なコミュニケーション：これまで述べてきたよう

に、本プロジェクトの一番の弱点が開始時点で AI や SNS に興味を持つ防災分野の専門家の協力者を見つけられず、自治体等を説得する決め手を欠いたことである。こうした点を反省し、これ以降のプロジェクトでは、プロジェクト開始以前に専門家とかなり密なコミュニケーションをとった。

- **研究者の論文執筆以外のアクティビティを積極的に認める柔軟な評価制度**：先ほど被災地でのヒアリングに6カ月をかけたと言ったが、読者の多くは、1年の半分をただただヒアリングなどに費やそうものなら、次の年の研究予算が心配になるのではないかと。さらには若い方なら、6カ月論文を書かなければ、次のポストが心配だろう。幸いにして NICT では、このヒアリング自体も高く評価されるであろうことは分かっていたので安心してヒアリングを実施した。

また、DISAANA のようなシステムの開発では、各種アルゴリズムの並列化、高速化等、論文にならない開発作業が大量に発生する（現在の DISAANA は全日本語ツイートの 10% をリアルタイムに処理し、毎秒 500 問の質問に回答可能だが、そこまでするにはそれなりのチューニングを要した）。この種の作業はものの分かった研究者が実施する必要がある。こうした事情もあって、DISAANA に関する査読付き論文は（自然言語処理の最高峰の会議ではあるものの）1 本発表したきりであるが、開発に参加した面々もそれで特に不利益を被ることはなく、いくつかの賞も受賞し、有期雇用からパーマネント雇用への転換を行った研究員もいる。執筆者は、このような経験を踏まえて、少なくとも公的組織では高度な知的達成としての論文発表と論文には直結しない社会課題解決プロジェクトの両面で研究者が評価される体制にならなければ、AI での人助けへの貢献はないと考えている。

- **基礎研究から応用まですべて一気通貫のできる研究体制**：DISAANA 等の開発では、Web ペー

ジを対象とした汎用志向の質問応答システム WISDOM X の技術がきわめて有効に活用できた。特にターゲットとなる分野を定めず、多様な質問に回答するよう基礎研究の一環として開発したため、災害時の多様な想定外を容易にカバーできた。もし仮に、最近よく聞く「社会課題に密着したバックキャスト」なるものを金科玉条としていたら、WISDOM X も開発できず、震災後にスクラッチから DISAANA 等を開発する羽目になり、最終的に現在のものよりも相当低機能なものしか完成していなかったかもしれない。なお、この WISDOM X は深層学習版が高齢者向けマルチモーダル音声対話システム MICSUS でも使われており、いろいろと応用が可能な基礎技術となりつつある。

さて、本稿の残りでは、以上の条件を踏まえて実施している 2 つのプロジェクトを紹介する。

防災チャットボット SOCDA

防災チャットボット SOCDA は、(国研) 防災科学研究所、株式会社ウェザーニューズと共同で、また、LINE 株式会社と連携し、内閣府 SIP 第二期の支援で、2018 年より開発を開始したものである。現在すでに株式会社ウェザーニューズが、NICT の関連技術のライセンスも受け、有償トライアルも始めている。

SOCDA は、LINE 経由で大勢の被災者等と双方向のコミュニケーションをするチャットボットである。ユーザが自発的に発信した情報を受け身で分析する DISAANA/D-SUMM とは異なり、SOCDA は自動で「なにか被害があれば教えてください」といった質問を被災者に発し、積極的に災害に関する情報を訊ねて回る。また、被災者に避難情報を提供することも可能である (図-2 参照)。

収集した情報は D-SUMM によって意味的に分類、地図上に可視化され、被災者自身や自治体で被害の

e31

特集

Special Feature

ぎ、高齢者と対話するもので、SIP 第二期の支援のもと、KDDI 株式会社を代表とし、NEC ソリューションイノベータ株式会社、株式会社日本総合研究所、NICT が共同で 2018 年より開発しているものである。詳細な説明と対話の様子に関しては、YouTube の紹介動画を参照されたい^{☆5}。

現在、要介護、要支援の認定を受けた在宅高齢者は、月 1 回、介護モニタリングと呼ばれる健康状態等のチェックを面談・対話で受けることと規定されている。この介護モニタリングはケアマネジャーと呼ばれる介護職が行い、この結果を受けて介護プランが立てられる。1 回の介護モニタリングには 1 時間以上かかることもあり、高齢者宅までの移動時間も含めると、ケアマネジャーの勤務時間の相当量を

占めるが、この介護モニタリングの徹底で高齢者の健康状態悪化を一定程度防げることが分かっている。

MICSUS の狙いは、この介護モニタリングの少なくとも一部を代替し、人手不足のケアマネジャーの負担を軽減するほか、週に 2 回等、より高い頻度で介護モニタリングを実施し、高齢者の状態をより迅速かつ詳細に把握して、より高品質な介護につなげるというものである。また、健康状態のチェックだけでなく、Web 等の情報を使った雑談も行うほか、NEC ソリューションイノベータ株式会社の技術でカメラ画像から高齢者の感情やジェスチャーの認識も行い、対話の制御で活用する。高齢者の健康状態悪化とコミュニケーションの頻度が関連していることはすでに分かっており、こうした工夫には、システムとの対話をより高頻度で行ってもらい健康状態悪化を防ぐ狙いもある。

☆5 <https://www.youtube.com/watch?v=gCUC3f9-Go>



図-4 マルチモーダル音声対話システム MICSUS

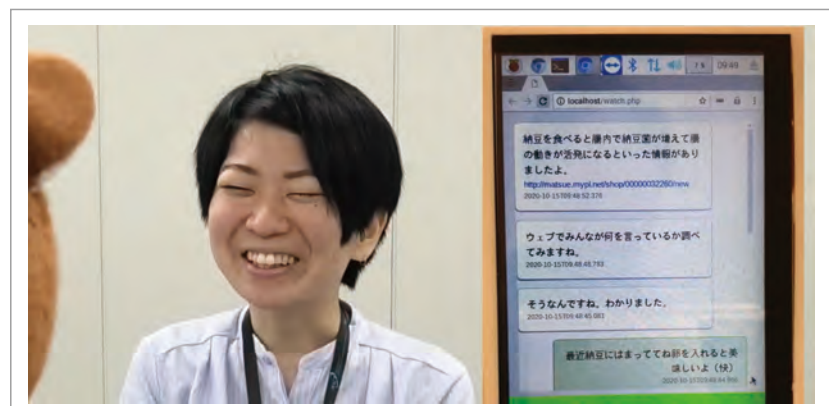


図-5 MICSUS との雑談の様子

なお、MICSUS の雑談機能は、MICSUS に先立って NICT が開発してきた次世代音声対話システム WEKDA や KDDI 株式会社の音声対話システム KACTUS の機能を活用している。WEKDA は先述した WISDOM X を BERT 等の深層学習で強化したバージョンがベースであり、Web 情報を使って「なぜ」「どうやって」「どうなる」等の複雑なタイプの質問も含め、多様な質問に回答するほか、質問以外のユーザ発話に対しても雑談的応答を返す（図-5 参照。コロナで高齢者との対話が撮影できなかったため、NICT のエンジニアが対話）。省略補完等の文脈処理や推論機構も実装されつつある。つまるところ、このプロジェクトも、本稿冒頭で述べた「基礎研究から応用まですべて一気通貫でできる研究体制」があったから可能であった。

さらなるデジタルアーキテクチャ デザインに向けて

(2021年2月1日受付)

1995年東京大学大学院博士課程中退。現在、(国研)情報通信研究機構・フェロー。日本学術振興会賞、文部科学大臣表彰科学技術賞、志田林三郎賞、Twitter Data Grantsなど受賞奈良先端科学技術大学院大学客員教授。博士(理学)。日本学術振興会賞、志田林三郎賞など受賞。



[デジタルアーキテクチャデザイン]

6 デジタル社会における AI ガバナンス



— 倫理と法制度 —



中川裕志 | 理化学研究所・革新知能統合研究センター

AI ガバナンス

ガバナンスを統治、規制などというとながしいが、組織や技術に限定した場合、それを本来の目的に適応するように使う方法あるいは改訂していく方法と考えられる。AIは技術であり、その目的は人間社会の利便性や質の向上、さらには個人の幸福に資することだとすれば、AI ガバナンスの意味はかなり明確化する。とはいえ、AIは常に同じ動きをするツールとはいき切れない。その動きは学習に使ったデータに依存する。また、利用しつつ構造を変える強化学習による分類器や予測器の更新が起きるため、同じ入力に対して同じ結果が返されることが保証されているわけではない。つまり、常に利用者の予測通りに動くというわけではないので、AI ガバナンスの意味は複雑になる。AI ガバナンスには次の2種類があるので節を分けて説明する。

AI をガバナンス

AI をガバナンスするとは、人間がAIを道具として使える状態を目指すことであり、具体的行動としては道具としてコントロールしきれるようなAIを設計、開発することである。この議論はシンギュラリティや汎用AI (AGI) が出現し、人間がこれを制御できなくなるという危惧が広まり、人間がAIを完全に支配できる、つまりガバナンスできるようにAIを設計すべきであるという議論が2010年代に起こったことによる。これは初期のAI倫理指針^{1), 2)}に色濃く反映されている。だが、この感情的とも受け取れる動きが収まると、後に述べ

るようにより現実的な議論が展開されるようになった。

AI でガバナンス

人間／組織がほかの人間／組織をガバナンスするためにAIを利用するというAIの使い方がある。具体例としては、顔認証システムというAI技術を用いるガバナンスがある。チェーン店のある店で捉えた万引き犯の顔を全チェーン店に送り、顔認証システムによって入店者の中にこの万引き犯を発見したら警戒をするという万引き防止に使うことは、組織が人間をAIでガバナンスする例である。

別の例としては、検索エンジンやSNSのプラットフォームにおける利用者の行動データをAIに与えて、その利用者にフィットする広告を推論して表示するターゲット広告がある。これは、プラットフォームが利用者をガバナンスするためにAIを用いるケースである。

最近議論を呼んでいるケースとして公共の場所における顔認証システムの利用がある。顔認証システムはすでに多くの場所で使われ、たとえば空港ではパスポートの顔写真とカメラから入力した本人の顔が一致することを顔認証システムで行い、省力化と本人確認の正確さに寄与している。

これは有益な利用法だが、上で述べたような問題のある使い方もある。すなわち、図-1に示すようなコンビニエンスストアのチェーンの全店舗で万引き防止のために店内カメラを設置して顔認証システムを導入した場合である。店内カメラをチェックした店員がある人物が万引きしたと認識し、顔認証システムに撮影されていた顔画

特集 Special Feature

像を用いて、この人物を識別できる特徴データを抽出する。この顔特徴データを同じ系列の他の全店舗に配布する。他の店舗では、入店する客の顔画像を常時撮影して顔認証システムに入力している。顔認証システムがすでに配布されている万引き犯だと識別した場合、すぐに店内の店員に警報を出し、その人物の行動に注意するようにしたとしよう。

この方法は万引きの再犯防止には効果的だと思われるが、出来心で1回だけ万引きした学生がどこの店舗でも常に店員に疑い深く見張られたり、店員に付きまといわれるのはやりすぎではないかという意見もあるだろう。もし最初の万引き認識が誤認だったとすれば、誤認された人にとってはとんでもない濡れ衣を着せられたことになってしまい、社会的にも精神的にも被害甚大である。顔認証システムの認識性能は現在でも100%ではないため誤認識される可能性も残る。このような顔認証システムの利用法は果たして倫理的かどうかは問題視されている。

元来、顔画像はセンシティブな個人データだと考えられている。顔認証システムが多数の公共の場に仕掛けられていると、顔認証システムを仕掛けた側、たとえば国の機関は個人の居場所の履歴を把握できる。EUでは居場所の履歴は個人データとして保護対象と考えられている。日本に住んでいると分かりにくいですが、次のような例を考えるとよい。ある人が、しばしば特定の

宗教の施設に出入りすることが顔認証システムで分かったとしよう。すると、この人はその宗教の教徒であることが推定される。この宗教が嫌われている社会では、この宗教の教徒であることが分かると差別や迫害を受けかねない。これは信教の自由を阻害することになってしまうわけである。こういった事情があるため、EUでは顔認証システム公共の場所での利用を制限する方向で議論が進んでいる。

もちろん、警察にとって顔認証システムは犯罪捜査には有力な手段である。つまり、顔認証システムには、プライバシー保護と社会に安全維持という相反する目的がある。したがって、顔認証システムで収集された顔画像データ、ないしは顔認証のための特徴データの使い方は法律によって厳格に規律されなければならない。社会をAIでガバナンスする場合に起きる典型的な問題点が顔認証システムに表れているので、AIの利用法について考える場合に思い出してほしい具体例である。

公平性

個人への影響が強いケースとしては人事におけるAIの利用がある。たとえば、会社が求人を行うときに採用部門が求職者を選考するための支援ツールとしてAIを使用する場合である。さらに、社内の人事評価でのAI利用もある。

より大きなスケールでは、国民全員を至るところに張り巡らされた顔認証システムを使ったり、常時スマホの位置情報を追跡したりして個人データを収集する。収集したデータを使って個人をスコア付けして、スコアに応じた行政サービスを行う国もある。国民総スコア付けの是非は問わないにしても、その根拠とスコア付けのためのデータやアルゴリズムは少なくとも公平なものでなければならない。しかし、公平性とはそもそもどのように定義するのだろうか。

図-2に示すような学生に奨学金を与える方法を例にして考えてみよう。親の収入が低い順に与える方法は、経済的な平準化には寄与するだろう。しかし、才能ある学生やまじめに学業に励む学生には不利かもし

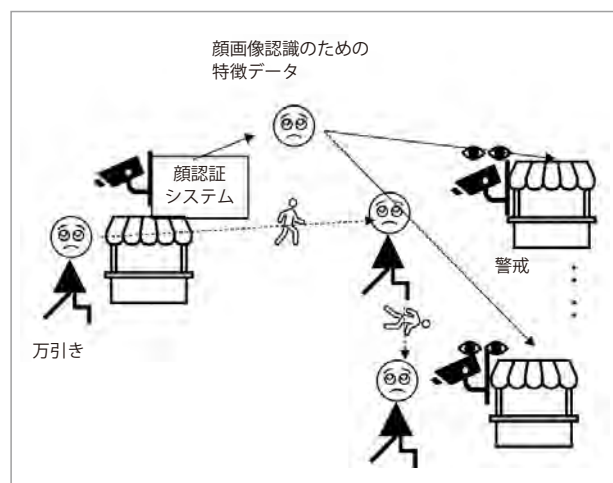


図-1 顔認証システムによる万引き防止

れない。学業成績の高い順に与える方法もあるが、これでは経済的苦境にある学生を援助することにならない。また、性別や人種で差が大きいとき、これまで差別的に扱われていた性別、あるいは人種に特別枠を設けて公平化する、いわゆるアファーマティブアクションがある。しかし、これによって才能やスキルの高い学生が排除される逆差別も起こりがちである。

つまり、公平性とはどの要素を平等化したいのか、どのような社会を望むのか、などの外部から与えられた目標に依存して定義されるものである。もちろん、性別、経済状態などの公平化したい要素を定め、その要素に因果的に関連する要素も交絡因子として統計的に求めることができれば、公平性の数理モデルが確定できる。そのモデルに限った上で公平性を最大化することはできる。ただし、ガバナンスという観点からすれば、望むべき社会の在り方を議論しなければならない。よって公平性の定義はその時代における倫理観、価値観に依存するということを念頭に置かなければならない。

このような価値観、倫理観を AI という対象にどう適用するかというテーマが、最近の AI 倫理のトピックになってきている。

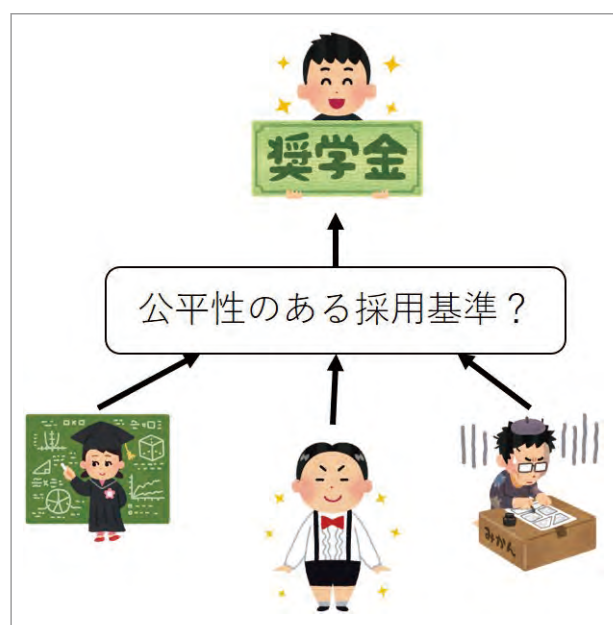


図-2 公平性のある採用基準とは

AI 倫理の概要

人間の行動を対象にした倫理と AI 倫理は大きく異なる。AI 倫理の重点項目は当初、人間に敵対する可能性のある汎用 AI を制御すべきというものだったが、2017 年から 2018 年あたりを境にして、より現実的な項目に重点が移った。すなわち、文献 2) 以降に公開された主要な倫理指針では以下のような項目が重視されている。

well being, 人権, 安全性, 教育, AI 兵器, 法的
位置づけ, 公平性, 差別, 透明性, アカウンタ
ビリティ, トラスト, 悪用, プライバシ, AI エー
ジェント, 独占禁止と国際協調, 政策への反映
AI が人類の福祉や幸福に資するという否定しがたい目
標を持つ以上, well being は当然の項目となる。個人
単位での人権の保護も当然必要な項目である

また、人間に意識的に敵対しなくても、AI の行動が人間にとって安全であること、さらにマルウェアやボットに乗っ取られて不適切な動きをすることは絶対に避けなければならないので、安全性も当然確保されなければならない。

AI が身の回りに溢れ、社会活動の隅々まで影響するようになってくると、一般人であっても AI の機能などについては勉強する必要があるという意味で、AI に関連する内容を教育することは重視される。しかし、このことは専門家以外の方に AI 関連のプログラムの読み書きを求めるものではないし、実際それは不可能である。むしろ、AI が扱っている対象、現象の意味内容を理解するために必要な数学的基礎を身につけることを期待している。また、技術者や開発者の側に対しては、AI が使われる場面を想定して、開発方向の利害得失を事前評価できる知識として、法令、経済、地政学、文化などへの理解を期待するところである。

AI 兵器の禁止は道徳的に必要なことであるし、それ自体に反論も少ないと思われるが、文献 1) 以外では意外なことにあまり表立って扱われていない。文献 2) では、AI 兵器について許容できない AI 兵器の定義

を議論している。政治的にセンシティブな項目である上に、仮に禁止を打ち出しても、CCW^{☆1}の交渉の場では、**図-3**に雰囲気を示すような総論賛成、各論反対の状況で禁止へ向けての実効性が期待できないという事情であろう。

AIの法的位置づけもまた微妙な論点である。AIに自然人と同じ人格権を与えるという議論は非現実的であるにしても、部分的な人格や法人格を与える議論はAIの利用目的に応じて検討すべき論点である。たとえば、AIツールを使った芸術作品の創作で、人間の寄与が「XX風な絵をYYを題材にして創作せよ」程度に大雑把だったとき、結果として得られた作品にAIにいかなる権利を与えるか？ これは法的にも難問だが、上記の法人格付与などを絡めて、いずれ議論されるであろう。

アカウンタビリティ

AIを組み込んだシステムを使って出力された結果が、そのシステムの利用者にとって不本意であったときの対処法がAIの実用化において重要である。この論点にかかわる一連の概念が透明性、アカウンタビリティ、トラストおよび悪用である。これらの間の関係を**図-4**に示す。

☆1 特定通常兵器使用禁止制限条約。

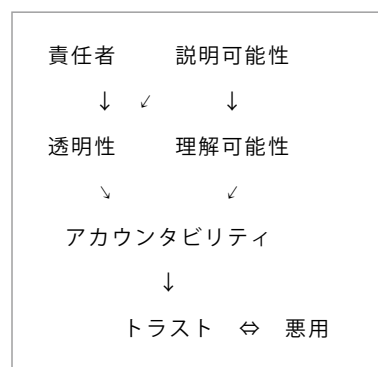


■ 図-3 AI兵器禁止のコンセンサスの困難さ

AIを組み込んだシステムから利用者にとって不本意な結果が出たとき、利用者はその結果が出てきた理由の説明を要求するだろう。そのときにAIが理由の説明を生成できることが説明可能性である。ただし、その説明は開発者や専門家以外にも分かる理解可能性のあるものでなければならない。利用者が不利益を被っている場合、説明を受ければ終わりというわけではなく、不利益の補償をする責任者と、説明を合わせて当該利用者に提示することが必要であり、これがAIシステムの利用者から見た透明性に相当する。その上で、理由に納得し、補償も受けられれば、AIシステム側では責任を果たしたことになるが、これがアカウンタビリティである。

形式的にはこれで十分に見えるが、一般の利用者にとってはアカウンタビリティの概念およびその背後関係は理解容易なものではないことが多いだろう。特にAIの説明可能性に技術はいまだに一般人を理解できる説明を作るという観点からは技術的に不十分である。結果として、アカウンタビリティを、内容を理解せずに信用するという意味のトラストで置き換える方向になる。トラストは心理学的ないし社会的概念である。すなわち、組織Wが出してきたZという結果の正しさが証明されていないが、それまでの組織Wの行ってきた行動実績から、正しさが証明されていないZを正しいとみなしてしまうというメンタリティがここでのトラストである。

ここでのトラストは従来の工学的ツールがトラストできるという技術的トラストとは違う。技術的なトラストは、



■ 図-4
アカウンタビリティ等諸概念の関係

特集 Special Feature

ツールが同じ利用条件なら常に同じ結果を出し続けるということの意味する。また、このことは故障しないことも意味する。すでに述べたように AI は正しい動作をしている場合であっても、学習や利用環境に依存して異なる結果を出してくることがある。よって、技術的なトラストとは違う意味でトラストを捉えなければならないことに留意されたい。

悪用

AI の誤用や悪用は AI 倫理の点からはもちろん好ましくないが、法律に抵触しそうなケースも現れてきているので、それらについて説明する。

誤用は間違った利用であり、典型的には利用者が AI の性質を十分に理解せずに使っているケースである。たとえば、IT 製品は適切に更新しないとセキュリティ上の危険性があるが、AI を含む IT 製品でもまったく同様である。一方、悪用は恣意的に特定ないし不特定の人物や組織を攻撃する目的で AI を利用する場合である。たとえば、図-5 に示すように、上司が部下の若い社員に無理難題を押し付けるとき、AI が出した結論だから従えというケースが考えられる。このようなケースに対して文献 2) は以下のような指針を提案している。

- AI の出してきた結果に疑問があり納得できない場合、内部告発を制度的に保証する。これによって組織内のパワハラや不正行為を露見しやすくする。
- AI が悪用された場合の救済策を立法化しておくこ

とが必要である。つまり、パワハラ等で受けた被害を救済することは社内だけではうやむやにされがちなので、国の法律とすることによって強制力を持たせるべきである。

- AI が悪用された場合の救済策としては、被害者や訴えた人が経済的に不利益を被るケースが起こりそうである。つまり泣き寝入りや萎縮して訴えないという状況が想定される。この状況を救うために保険制度を整備することが重要である。

プライバシー

プライバシーの保護は多数の AI 倫理指針で重視されている。多くの個人データがインターネット経由で流通してしまう現在においては、第一に個人データをインターネットに流さないという個人の行動規範に頼ることは無理がある。購買履歴、IoT から収集される個人の健康データ、家の状況データ、AI スピーカの入力など知らないうちに大量の個人データが企業に収集されている。したがって、そうやって収集された個人データが個人の不利益になるような使い方をされないという個人情報保護法、あるいは EU の一般データ保護規則 (GDPR) のような法律による規制が重視されている。法律といっても、企業へのプライバシー保護順守だけを要請するだけではなく、個人データのトレースなどを行える権利、すなわち自己情報コントロール権、あるいは情報自己決定権という概念が重視されている。図-6 に

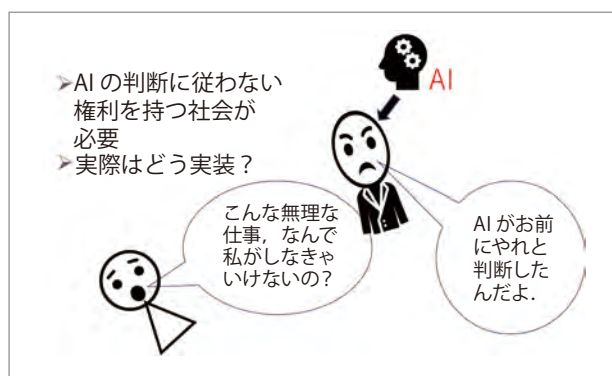


図-5 上司による AI の悪用

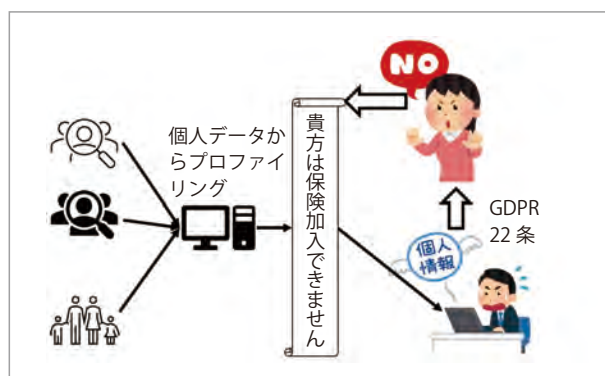


図-6 GDPR22条の概念

概念を示す GDPR22 条 1 項の「個人データをプロファイリングした結果から機械的に得られた個人に関する決定に服さない権利」は、上記の権利の一例である。

とはいうものの、この権利の実現を機械的に支援する AI の説明可能性は技術的に不十分であることはすでに述べたとおりである。

個人の側としても、事業者側の倫理に期待する以外に、個人データの利用を自身で管理する AI エージェントの概念と実装が将来技術として期待される²⁾。

政策

AI 倫理指針の技術的な指針が収束するにつれて、政策的な指針が強調されるようになってきた。独占禁止と協調は多くの指針で建前的に触れられているが、政策への反映に関しては国ごとに異なる主張が鮮明になってきている。以下で米国と EU の対比を紹介する。

文献 3) では AI 関連産業を EU 域内でどう扱うかという政治的方針が書かれ、EU 域内の AI 関連産業の保護育成を主張している。政治的方針だけに EU の保護主義的な主張も散見される。たとえば、長いサプライチェーンを持つ AI 製品は EU 域外の素材が内部で使われている場合であっても EU 基準で審査、また不具合は EU 域内で改善せよとしている。

これと対照をなすのが、文献 4) である。この指針の名宛人は AI 製品開発企業である。そして、便益より大きな害をもたらすという意味でのリスク評価と管理を重視している。リスク評価が甘ければ社会全般からの支持を失うので事業者はそれに留意して開発せよと書かれている。このようにできるだけ自由に AI 開発を行うという方向性に将来性があるのではないだろうか²⁾。

政策的問題は国内、ないし域内で考えることは主権の範囲のようであるが、人やデータの移動が頻繁な今日、国境を越えて重要な意味を持つ。IT プラットフォー

ムが収集している個人データをその企業が使っている分にはプライバシー保護の点からは問題にならないと考えられる³⁾。しかし、巨大 IT プラットフォームが個人データを大量に保持している状態で、ターゲット広告などが効果的に行えるという立場を利用して独占的地位で他社に不公平な取引条件を課するという問題は、独占禁止法上の問題として俎上に上がることもある⁴⁾。一方で、国家ぐるみで個人データを独占的に管理し、民族的差別すら行うケースもあり得る。独占禁止と協調というテーマは、法制度や地政学的問題を孕んでいることを技術者としても十分に心得ておくべき時代であろう。

参考文献

- 1) Future Life Institute : ASILOMAR AI PRINCIPLES (2017) .
- 2) The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems : Ethically Aligned Design Version2 (2018).
- 3) EUROPEAN COMMISSION : White Paper on Artificial Intelligence A European Approach to Excellence and Trust, Brussels, 19.2. (2020).
- 4) USA Whitehouse. Guidance for Regulation of Artificial Intelligence Applications : MEMORANDUM FOR THE HEADS OF EXECUTIVE DEPARTMENTS AND AGENCIES (2019) .

(2020 年 10 月 26 日受付)

☆3 Facebook が収集した個人データをケンブリッジアナリティカに渡して、米国大統領選挙に使われたことが問題視された。しかし、米国では個別訪問は禁止されておらず、Facebook が収集した個人の政治的行動が個別訪問して効果がありそうな家を調べるのに使われても違法ではないし、Facebook の利用規約には、収集した個人データを第 3 者に使わせる可能性があることが明記されている。米国議会で問題視されたのは、この個人データがロシアにわたり、米国大統領選挙に介入されたのではないかという点であった。

☆4 米国司法省が 2020 年 10 月に Google を訴えた。

■ 中川裕志 (正会員) nakagawa3@gmail.com

1975 年東京大学工学部卒業。1980 年東京大学大学院工学系研究科修了 (工学博士)。1980 ~ 1999 年横浜国立大学工学部勤務。1999 ~ 2018 年 : 東京大学情報基盤センター教授。2018 年 ~ 現在 : 理化学研究所・革新知能統合研究センター・チームリーダ。AI 倫理などの研究に従事。

☆2 AI ガバナンスの関係から政策的動向も含めて調査し俯瞰した資料『我が国の AI ガバナンスの在り方 ver. 1.0』<https://www.meti.go.jp/press/2020/01/20210115003/20210115003-1.pdf> はこの分野の動向把握に役立つ。

[デジタルアーキテクチャデザイン]

7 デジタルアーキテクチャデザイン

応 専 研究開発の基盤形成

—産総研におけるデジタルアーキテクチャへの取り組み—

岸本光弘



関口智嗣



国立研究開発法人 産業技術総合研究所

Society 5.0 社会の実現

Society 5.0 が目指すのは、個人・デバイス・組織・工場などが生み出す多種・多様・大量なデータを適切に連携し、AI 技術等も活用しながらサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合し、さまざまな社会課題を解決するとともに、すべての個人や組織に新たなサービスと価値を継続的に提供して、豊かな社会を作ることである（図-1 参照）。



図-1 サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合

しかしながら、現在、多くの組織や企業は、2025年の崖という問題に直面している。すなわち、

- 老朽化した既存システムの保守負担が大きい。
- IT 人材の多くがユーザ企業ではなくベンダ企業に偏在している。
- ビッグデータの解析等、最新のデジタル技術の専門家が不足している。

などである。上記の課題に対してデジタルトランスフォーメーションでは：

- 既存の全システムを棚卸しして、不要なシステムを廃棄し、Micro Service Architecture 等を採用することで、徐々に、変更に強いシステムに移行する。
- ユーザ企業内で IT 人材を育成および強化し、欧米と同程度の比率（50 対 50）まで増やす。
- 育成したデジタル人材により、ビッグデータ等を活用した新しいサービスや価値を継続的にユーザに提供する。

などの対応を行うことを目指している。図-2 に自動車を例に、提供製品の進化を示す。

1. 自動車という単体ハードウェア製品を提供。
2. ソフトウェアによる電子制御等により製品をスマート化する。

特集 Special Feature

3. ネットワークにつなげ、交通情報の入手や運転支援などを実現しコネクテッドカーにする。
4. さらに、予防保守や購入後のソフトウェアのバージョンアップによる機能追加などで、製品をサービス化する。

このように、デジタルトランスフォーメーションにより製品の高度化とサービス化が進んできた。

しかし、製品のサービス化をさらに進化させ、たとえば、緊急車両の優先走行や駐車場予約システムとの連携などのような、多様なシステム間連携 (System of Systems) を実現するためには、さらに乗り越えなければいけないギャップがある (図-2)。

なぜなら、個々の組織に閉じた形のデジタルトランスフォーメーションの取り組みには下記のような限界があるからである。

- 技術やシステムの個別最適化になってしまう。
- 機能やアプリの追加や削除を繰り返すことで、システムが破綻してしまうことがある。



図-2 製品のサービス化と Society 5.0 のギャップ

- 想定外の利用者や提供者でも参加可能なオープンシステムの実現は難易度がとても高い。

組織の壁を超えて、多様なシステム間連携を実現し、より価値の高いイノベーションを実現するには、関係者全員にとってメリットのある、公的機関主導の全体アーキテクチャの策定と、データや参加者を円滑につなげる仕組みが必要になる。

多くの組織や社会全体でのデータやシステムの連携を可能にする、アナログ領域からデジタル領域までを含む全体像をデジタルアーキテクチャと呼んでいる (図-3 参照)。

すでに海外ではデジタルアーキテクチャに関して、米国のスマートグリッドの事例や、ドイツの Industrie 4.0 などの著名な成功事例がある。

日本でも、内閣府によるスマートシティのアーキテクチャ設計や、NEDO^{☆1} 事業で実施した水道システムの共通プラットフォームの設計などの先行事例があるが、諸外国と比べるとデジタルアーキテクチャへの取り組みは十分とは言えなかった。

産総研の取り組み

Society 5.0 社会を実現するには、デジタルアー

☆1 NEDO：新エネルギー・産業技術総合開発機構

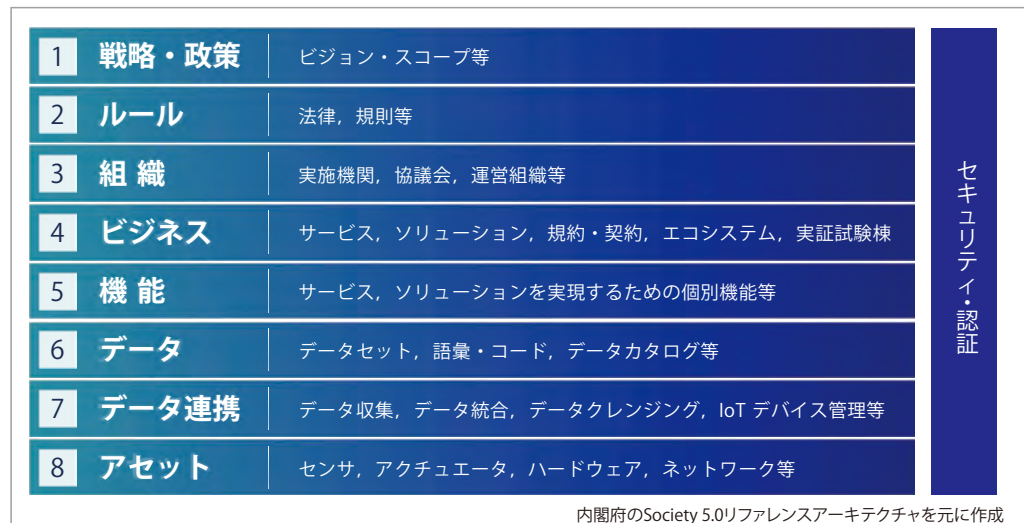


図-3
Society 5.0 リファレンス
アーキテクチャ

特集 Special Feature

キテクチャは必須である。産業技術総合研究所では、2020年4月にデジタルアーキテクチャ推進センターを発足させ、センターを中心に、デジタルアーキテクチャ実装のためにさまざまな取り組みを進めている。本稿では、産総研が進めているデジタルアーキテクチャ実現に向けた3つの取り組みについて述べる。

柏の葉スマートシティでのアーキテクチャ設計

スマートシティにおけるアーキテクチャ設計への取り組みとして、産総研は柏の葉スマートシティコンソーシアムに参加している。柏の葉スマートシティのビジョンは「世界の未来像」をつくる街である^{☆2}。半径1.5kmのコンパクトな街に、さまざまな機能が凝縮しており、産総研を含め12年の産学官連携体制の実績を持っている。

図-4に内閣府によるスマートシティの参照アーキテクチャ^{☆3}を示す。

産総研の人間拡張研究センターでは人工知能研究センターと連携し、柏の葉の街を実験場として、空間情報を3Dマッピングしてつくったデジタルツイ

ン（現実世界をサイバー空間にデジタル化して映したものを）を用いて新サービスのシミュレーションをしたり、VRシミュレータでサービスの有効性や使いやすさを検証したりしている。

集めたデータに価値や競争力を付加するには3つの要件がある。まず、街で取るビッグデータと、実験室で環境を整えて取る高精度なデータ（ディープデータ）の2種類を組み合わせる。ビッグデータとは異なり、ディープデータは資金力があってもすぐに取得できない。

2つ目の要件は、人の体の形や歩行の仕方といった生物学的データに加え、どこをどのように歩いているのか、どの季節にどんな景色を見ているのかといった社会的データも取り、両者を組み合わせることである。社会的データを集め、蓄積して、それを価値ある情報として活用することは一朝一夕にできるものではない。これまで培ってきたこのノウハウが、研究優位性を生み、柏の葉を始め、スマートシティで活動する企業の競争力につながる。

要件の3つ目は、「インタラクション」である。人間拡張の研究を通じて、相手に情報や刺激を与えたときの反応（インタラクション）によって探れる「その人」自身のデータを集める。特に、移動や介護、健康などは人と人がお互いに反応し合うインタラクティブなサービスである。このようなフィジカルなサービスで用いられる製品において、日本企業は優れた競争力を有しており、こうした製品から集めたデータにインタラクティブなサービスを加えることで、製品の価値を高めるだけでなく、サービスの質的向上にもつながる。柏の葉を実験場として、フィジカルなサービスと製品を通じてデータを蓄積している。

柏の葉では、以下のサイクルを回すことで住民参加によるエコシステム作りに取り組んでいる。

1. 住民参加型のワークショップで課題の洗い出しと解決法を議論する。
2. 空間情報データを3Dマッピングしてデジタルツ

☆2 柏の葉スマートシティ：<https://www.kashiwanoha-smartcity.com>
 ☆3 SIPサイバー／アーキテクチャ構築及び実証研究の成果公表：<https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200318siparchitecture.html>

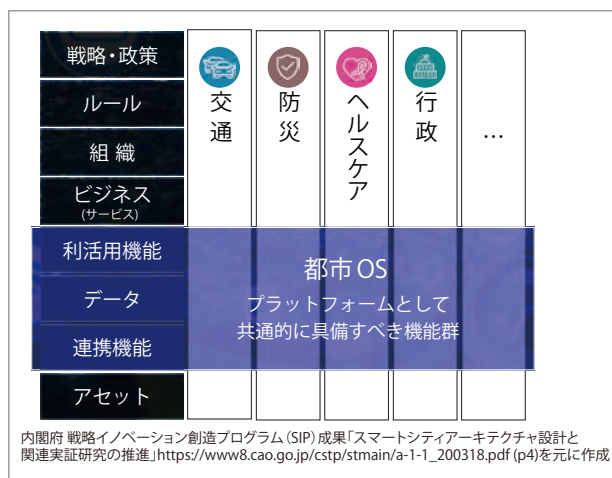


図-4 内閣府 SIP サイバー／アーキテクチャ構築 スマートシティ参照アーキテクチャ

特集

Special Feature

インを作る。

3. VR シミュレータでサービスの有効性や使いやすさを検証する。

実際に、3D マップを使い公道や建物内を移動する自走ロボットによる物流サービスや、歩行属性判定システム HOLMES^{☆4}を活用し日常生活の歩行データを計測・評価して、いつ・だれが・どこで・どのように歩いていたかに基づいた健康支援サービスの実証実験を行い成果をあげている。

しかし、柏の葉で試す規模程度のサービスだけでは企業は利益をあげられないので、サービスの規模を大きく展開する必要がある。柏の葉で試しているのはサイバーとフィジカルを組み合わせたデータが価値を生む新しいタイプのサービスであり、他の街で試す場合、サイバーの部分がそのまま展開できれば、フィジカルな部分を追加投資するだけで済み、スケール効果が期待できる。

ここで重要なのは、システムやデータが最初から汎用性のあるアーキテクチャで構築されていることである。「とにかくこの街で使えるサービスを作ろう」という思想で個別サービスを構築してしまうと、それらを複数連携するのは大変難しい。また、後から別のサービスを追加したり、新たな試みを加えたりするには、さらに困難が伴う。このようにシステ

ムの連携によって、サイバー部分を展開するには、そもそもの設計図となるデジタルアーキテクチャをしっかりと設計すべきだと考えている。

国際標準化活動

さまざまなデータやシステムを連携したり、複数のステークホルダーが容易に参加したりするためには、データフォーマットやインタフェースの国際標準化が必要になる。データフォーマットの国際標準化の成功例として、地理空間情報の国際標準移動体データ形式「MS-JSON 形式」^{☆5}を紹介する。

自動運転や防災、公衆衛生対策などでは、人や自動車などの移動データを流通・共有することの重要性が広く認められているものの、統一的なデータ形式がなく、異なるシステム間での円滑なデータ連携を図る方法が求められていた。

産総研の人工知能研究センターデータプラットフォーム研究チームは日立製作所と共同で、Open Geospatial Consortium (OGC)^{☆6}の Moving Features SWG (Standards Working Group) をリードし、移動体データの国際標準化に貢献している。**表-1**に示すように、移動体データの交換形式である XML 形式規格 (OGC 14-083r2) と CSV 形式規格 (OGC 14-084r2) の普及とともに、移動体データへのアクセス仕様 (OGC 16-120r3) の開発に貢

☆4 Human Objective Locomotion MEasurement System
AIST 歩行属性判定システムによる日常生活歩行計測, https://seam.pj.aist.go.jp/symposium/HARCS2020/contents/15_poster.pdf

☆5 Moving Features Encoding Extension – JSON (MF-JSON 形式)

☆6 地理空間情報に関する国際標準化団体。

移動体の データ概念モデル* (ISO 19141)	OGC仕様	
	データ形式	データサービス
0次元移動体 (点形状)	XML形式 (OGC 14-083r2)	アクセスインタフェース (OGC 16-120r3)
1次元移動体 (線形状)	MF-JSON形式 (OGC 19-045r2)	開発予定
2次元移動体 (面形状)		
3次元移動体 (立体形状)		

* 概念モデル：コンピュータ上にデータを表現する単位的设计図

■表-1
移動体を対象とした地理情報国際標準

特集

Special Feature

献してきた。さらに、OGC の既存データ交換形式の問題点を改善し、より簡潔に記述でき Web 環境で利用しやすいデータ形式「JSON」を用いた MF-JSON 形式 (OGC 19-045r2) を提案し、OGC の国際標準仕様として 2020 年 2 月に採択、6 月に公開された^{☆7}。

図-5 に示すように、MF-JSON 形式により、GPS からの人流データ (点形状) や、道路交通渋滞情報 (線形状)、洪水浸水区域の拡大 (面形状)、自動車の走行 (立体形状) などの動的な地理空間情報が記述できる。多様な移動体情報をより高精度に共有できるため、さまざまな業界における人やモノの移動データの普及や利活用拡大が期待される。

開発した MF-JSON 形式は、すでに OGC で採択されていた Moving Features のデータ交換形式である XML 形式よりもデータの記述量が少なく、また CSV 形式よりもさまざまな移動体を記述できる新たなデータ交換形式である (表-1 参照)。

点形状の 0 次元移動体、線形状の 1 次元移動体、面形状の 2 次元移動体、立体形状の 3 次元移動体、さらにはそれら複数の移動体からなる集合の動きなど、空間解像度や時間解像度が異なるさまざまな移動体の時々刻々変化する位置情報を記述できる。また、気温、カメラ画像、速度といったセンサにより

取得される時系列データを、移動体の動的な属性情報として一体的に記述できる。

自動運転に代表される次世代スマートモビリティを支えるデータ基盤となる産総研「次世代人工知能データプラットフォーム」^{☆8}では、GPS ログなどから得られる人・自動車・自律ロボットなどの移動体の移動データの蓄積・共有・予測を実現している。MF-JSON を活用し、産総研の臨海副都心研究センターの 3D マップ情報を、Web ブラウザから操作できる 3DDB Viewer を作成し公開している^{☆9}。地図データやカメラ画像の情報、建物内部の設計情報などを結合し、さまざまな角度や位置から見た表示が可能となっている。

また、本特集の「データ取引市場のアーキテクチャ」ではデータの利活用を推進するデータ取引に関し IEEE P3800 Data Trading System における国際標準化活動を解説しているので、そちらの記事も参照されたい。

AI スパコン (ABCI) を活用したデータ連携プラットフォーム

Society 5.0 リファレンスアーキテクチャ (図-3) のデータ連携を実現する IT プラットフォームの先進素材として、AI 橋渡しクラウド (AI Bridging Cloud Infrastructure, ABCI) を紹介する。ABCI は、産総研が構築・運用する、世界最大規模の人工知能処理向け計算インフラストラクチャである。ABCI は、20 コアの Intel Xeon Scalable Processor (Skylake) 2 基と NVIDIA V100 GPU アクセラレータ 4 基で構成される計算ノード 1,088 台と第 3 世代の Intel Xeon Scalable Processor (Ice Lake) 2 基と NVIDIA A100 GPU アクセラレータ 8 基で構成される計算ノード 120 台、InfiniBand EDR 2 ポー

☆7 プレスリリース : https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2020/pr20200602_2/pr20200602_2.html#h



図-5 MF-JSON の適用事例

☆8 本研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託研究「次世代ロボット中核技術開発/次世代人工知能技術分野/人間と相互理解できる次世代人工知能技術の研究開発」にて行われた。

☆9 公開サイト https://gsrt.airc.aist.go.jp/3ddb_demo/tdv/index.html

特集

Special Feature

ト (200Gbps) および InfiniBand HDR 4 ポート (800Gbps) による高速ネットワークで相互結合した大規模並列クラスタ型スーパーコンピュータである。ピーク性能は倍精度で 56.5 PFLOPS, 半精度で 850 PFLOPS, メモリ合算容量は 574 TiB, NVMe SSD 合算容量は 1.74 PB である。このほか、実効容量 35 PB の共有ファイルシステムと 17 PB の Amazon S3 互換ストレージ等を備えている (図-6 参照)。

この ABCI の上に、データ連携プラットフォームを構築することで、工作機械・自動車等の産業データ、人の行動データ等のディープデータの活用が可能になる。同時に、産総研の持つ研究データの公開と活用促進も進めている^{☆10}。

☆10 ABCI パブリックデータセット, https://abci.ai/ja/how_to_use/datasets.html

さらに、ABCI 上でリアルデータと最先端 AI 技術の連携を目指している。

デジタルアーキテクチャの実装に向けて

Society 5.0 社会を実現するために、デジタルアーキテクチャに基づいた全体システムの実装が重要であることを述べてきた。デジタルアーキテクチャを実装するためには以下が必要となる (図-7 参照)。

1. 広範なステークホルダの特定と取り込み。
2. さまざまなデータの収集・活用・連携。
3. データのクレンジングと標準化。
4. IT インフラとして、アジャイルでオープンなプラットフォームの構築。
5. 新しいデジタル技術を活用する、規制や法制度の改革。

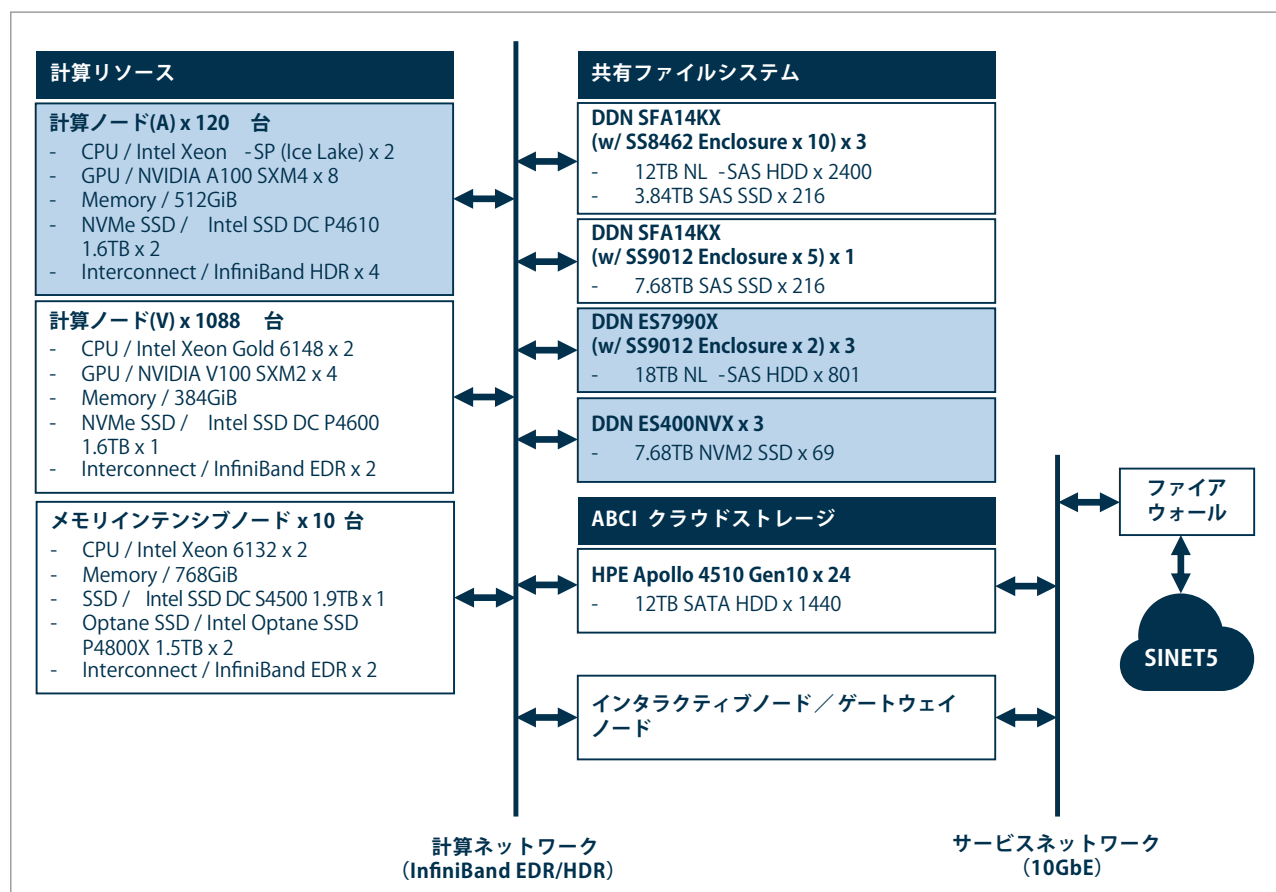


図-6 ABCI のハードウェア諸元

6. デジタルエコシステムの充実.

デジタル技術の発展により、情報やデータを適切なタイミングに活用できるデジタル社会が実現する。データをつないだり、オープンシステムを継続進化したりするのに必要なのは、システム全体のアーキテクチャとデータや参加者を円滑に繋ぐ仕組みである。

本稿では、デジタルアーキテクチャを実装するために、産総研が取り組んでいる、スマートシティのアーキテクチャ、国際標準化の推進、データ連携のためのプラットフォームについて述べてきた。

Society 5.0 が目指すサイバー空間とフィジカル空間の高度な融合を実現し、さまざまな社会課題を

解決して豊かな社会を作るため、デジタルアーキテクチャの研究開発を推進してゆく所存である。

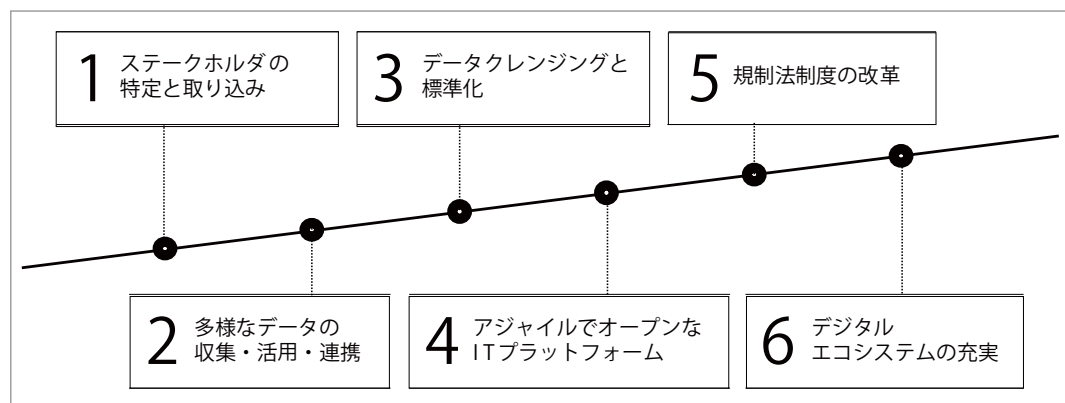
(2021 年 1 月 16 日受付)

■岸本光弘（正会員） hiro.kishimoto@aist.go.jp

東北大学大学院情報科学科博士課程修了，博士（情報科学）。1983 年富士通研究所入所。2016 年富士通シニアフェロー。2020 年産総研デジタルアーキテクチャ研究センター長。IEEE CS 各会員。

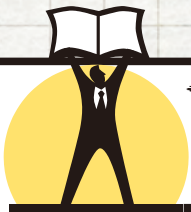
■関口智嗣（正会員） s.sekiguchi@aist.go.jp

東京大学大学院修了 博士（情報理工学）。1984 年工業技術院電子技術総合研究所（現国立研究開発法人産業技術総合研究所）入所。2017 年同所理事。本会フェロー。技術士（情報工学部門）。



■図-7
デジタルアーキテクチャ実装ロードマップ





連載

ビブリア・トーク
— 書評 —

… 石井一夫 (久留米大学)

問題解決力を鍛える! アルゴリズムとデータ構造

大槻兼資 著, 秋葉拓哉 監修

講談社 (2020), 3,300 円 (税込), 368p., ISBN: 978-4-06-512844-2



アルゴリズムとは

アルゴリズムとは、『問題を解くための方法、手順』のことです」と本書の最初に述べられている。Wikipedia 的には、『計算可能』なことを計算する、形式的な (formal な) 手続きのこと、あるいはそれを形式的に表現したもの」と述べられている。本書では、アルゴリズムの動作を説明するだけでなく、「どうしたらよいアルゴリズムを設計できるか」をメインに捉えて述べられている。

データ分析とアルゴリズム

データ分析の観点から言えば、アルゴリズムとは、データ分析の際のデータのフロー形式を記述したものと言えると思う。たとえば、本書で紹介されているアルゴリズムのうち、線形探索法はデータ分析という総当たり (ブルートフォース) 分析法だし、その中の1つの手法として再帰アルゴリズムが含まれる。また、分割統治法はデータ分析という並列処理だし、動的計画法も並列処理を含んでいる。配列、連結リスト、ハッシュテーブルなど、データ構造の概念はデータ分析に必須だ。グラフ構造、木構造、ネットワークフローの考え方、アルゴリズムも機械学習で出てくる。ディープラーニングそのものが、ニューラルネットワークと呼ばれるグラフ構造である。このように考えると、データ分析を深く学び使いこなすためには、アルゴリズムやデータ構造を学ぶことが重要であり、それが問題解決力を身につけることになる。

離散数学とアルゴリズム

興味深いのは、本書の章立てが、前回のビブリア・トークで紹介した『情報系のための離散数学 (共立出版)』¹⁾ と非常に似ていることである。『情報系のための離散数学』では、前半に命題、論理式、集合、数学的帰納法、証明技法について述べ、後半で、グラフ理論やネットワークの解説をしている。それに対し、本書は3部構成で、最初にアルゴリズムの概要と計算量の評価方法を説明した後に、第1部として線形探索法、分割統治法、動的計画法などのアルゴリズム設計技法が説明される。その後、第2部として配列、連結リスト、ハッシュテーブル、グラフ構造、木構造、ネットワークなどのデータ構造が語られ、最後に第3部としてグラフ構造に基づいたアルゴリズムが紹介される。冒頭にある監修者のことばにも「離散数学の深遠な理論が広がっており」というコメントがあるので、著者や監修者らは離散数学とアルゴリズムの類似性を意識していると思われる。見ようによっては、離散数学をコンピュータ上で実装するための技法が、アルゴリズムという捉え方もできる。

本書の構成

本書の章立てであるが、18章の構成である。

1章「アルゴリズムとは」では、アルゴリズムとは何かについて述べ、アルゴリズムの例として「線形探索法」と「二分探索法」を、そして、「深さ優先探索」と「幅優先探索」を最初に分かりやすい事例をまじえて紹介しているのが印象的である。アルゴリズムの記

述方法としてC++のコードが使用されており、これをもとに実際にアルゴリズムを実装できるようになっている。これは、実行できない疑似コードよりは実感しやすい。

2章「計算量とオーダー記法」では、アルゴリズムを評価する指標として「計算量」と「計算量のオーダー記法」について紹介している。

3章から7章にかけては、アルゴリズムの具体的な設計技法が説明されており、3章で「全探索：線形探索法など」、4章で「再帰と分割統治法」、5章で「動的計画法」、6章で「二分探索法」、7章で「貪欲法」が紹介されている。

8章から11章にかけては、アルゴリズムに使われるデータ構造が説明されており、8章で「配列、連結リスト、ハッシュテーブル」、9章で「スタックとキュー」、10章で「グラフと木」、11章で「Union-Find」が紹介されている。10章では、重み付きグラフ、順序木と二分木、ヒープ、二分探索木などが特に詳しく説明されている。11章の「Union-Find」とは、グループ分けを行うための特殊な木構造のことである。

12章は、特にソートアルゴリズムについて取り上げており、挿入ソート、マージソート、クイックソート、ヒープソート、バケットソートなどを説明している。

13章から16章にかけては、グラフ構造を用いたアルゴリズムが紹介されており、13章で「グラフ探索」、14章で「最短路問題」、15章「最小全域木問題」、16章で「ネットワークフロー」が説明されている。

13章では、深さ優先探索と幅優先探索を中心にグラフ探索例を取り上げている。

14章では、最短路問題の方法として、動的計画法、ベルマン・フォード法、ダイクストラ法、フロイド・ワーシャル法などを取り上げている。

15章では、最小全域木問題の方法として、貪欲法に基づくクラスカル法を取り上げている。最小全域木問題とは、たとえば、いくつかの通信拠点をすべて通信用ケーブルでつなぎ、すべての建物間で通信できる

ようにしたいときに、最小コストでこれを実現する方法を問うような問題である。

16章では、ネットワークフローの問題を取り上げている。ネットワークフローとは、輸送ネットワークにおけるトラフィックを考える問題で、最大フロー問題（単一の始点から単一の終点へのフローネットワークで最大となるフローを求める問題）と最小カット問題（カットとは、グラフをあるノードを含む部分と、別のノードを含む部分に、エッジ部分で分割することである。その分割されたエッジのうち、最小の容量のもの（エッジ）を求める問題）などを取り上げている。

17章は「PとNP」と題し、問題を解くアルゴリズムを見つけるのが難しい問題をNP困難問題として取り上げ、18章は「難問対策」と題し、そのような解くのが難しい問題に対し、現実的な解がどのようにして得られるかについて、特殊ケースで解ける場合、貪欲法で解ける場合、局所探索と焼きなまし法、分枝限定法、近似アルゴリズムなどを紹介している。

本書をどのような人たちに推薦したいか

アルゴリズムの入門書として、プログラミングを学び、コーディング力を鍛えたい人に入門書として推薦したい。特に、プログラミングを用いたデータ分析を実践する際に、よいアルゴリズムを自分で考える力を身につけたい人にはお薦めである。

参考文献

1) 猪股俊光, 南野謙一: 情報系のための離散数学, 共立出版 (2020).

(2020年11月19日受付)

石井一夫 (正会員) ishii_kazuo@med.kurume-u.ac.jp

久留米大学バイオ統計センター准教授。専門分野: ビッグデータ分析, 計算機統計学, データマイニング, 数理モデリング, 機械学習, 人工知能。2015年度本会優秀教育賞受賞。2019年度本会シニア会員。2020年(株)エヌ・ティー・エス学術顧問。日本技術士会フェロー, APEC エンジニア, IPEA 国際エンジニア。





Sho Sonoda and Noboru Murata :

Neural Network with Unbounded Activation Functions is Universal Approximator

Applied and Computational Harmonic Analysis, 43(2), pp.233-268 (2017)

ニューラルネットは万能?

深層学習の成功で、ニューラルネットはより一層身近な存在となった。さまざまな応用がされる中で、決めゼリフかのように「ニューラルネットは万能近似能力を有する」などと「万能性」というキーワードが用いられている。万能という単語には「すべてにおいて優れている」という意味もあるので、欠点のない完璧な手段かのように誤解する原因になっている。実際は、理想的には何でも近似可能という、近似器として望ましい性質のことである。

それっぽく言えば「あらゆる関数をいくらでもよく近似できる」のが万能性である。このことは1990年前後にさまざまな理論で示され、今日では常識かのように語られる性質となった。しかし、それらの理論ごとに「どのような種類の関数を何によって」近似できるのか、仮定や結論が異なる。ニューラルネットは「その理論が保証する範囲においては」万能関数近似器だが、それ以外の場合については理解されていないことも多い。たとえば、1989年にCybenkoによって「シグモイドを活性化関数とした」ニューラルネット^{☆1}が「超立方体上の連続関数を」近似可能であることが示されているが、この理論は連続でない関数を対象としていない。一般に、性質が良い関数ほど理論を構築しやすいので、

万能性に関する理論でも初期のうちは簡単な関数が扱われ、時代とともに徐々に高度化していった。

活性化関数の多様化

活性化関数の選択によってニューラルネットの性質は変わる。深層学習の発展とともにトレンドも変化し、ReLUに代表されるような非有界な活性化関数が当たり前のように用いられるようになった^{☆2}。ReLUは無限遠で ∞ に発散し、また原点における微分が連続でないなど、シグモイドと性質が異なる。当然、それらを用いたニューラルネットも性質が異なるので、異なる理論が必要である。

ReLUのような活性化関数を用いたニューラルネットの万能性はMhaskarとMicchelliによって1992年に示された。その理論では、すでに万能性が知られている他の関数近似手法（具体的にはB-spline^{☆3}）を用いてニューラルネットを近似することで、間接的に万能性を示している。この方法はほかの近似手法を介すので、ニューラルネットのパラメータに関する情報が少なく、また有限モデルの構造が保存されるとは限らないという弱点を持っている。ニューラルネットの性質を明らかにするには、そのような間接的な方法ではなく、直接的な理論解析が求められていた。

☆1 ニューラルネットは、活性化関数と呼ばれる非線形関数を用いて定義され、それを足し合わせることで関数を近似する。したがって、活性化関数として何を選ぶかによって、ニューラルネットの関数としての性質が大きく変わる。シグモイド関数は、古典的なニューラルネットによく用いられる滑らかな活性化関数であり、滑らかな関数の近似に適している。

☆2 ReLU (Rectified Linear Unit) は負の値をゼロで置き換える活性化関数で、深層学習でよく用いられている。入力が大きくなると関数値がいくらでも大きくなれるので、非有界な活性化関数である。

☆3 B-splineは区分的多項式の種類であり、区間ごとに異なる多項式を繋ぎ合わせたものである。関数の近似において多項式はよく用いられるが、区分多項式の方が良い性質を持つ場合が多い。



ニューラルネットの解明に向けて

応用において、ニューラルネットは長らくブラックボックスとして扱われてきた。その構造を明らかにし、ニューラルネットをホワイトボックスにする取り組みの1つが、本稿で紹介する論文である。

タイトルにあるように、この論文は「非有界な活性化関数を用いたニューラルネットの万能性」を示している。具体的には、活性化関数として（多項式関数以外の）緩増加超関数^{☆4}を選んだ場合に、ニューラルネットが概収束・ L^1 収束・ L^2 収束の意味で^{☆5}万能性を持つことが示されている。この理論は、ReLUを含む非常に広い種類の活性化関数を扱うことができ、従来の理論からは見えてこないさまざまな情報を与えることができる。

この論文の特筆すべき点は、間接的な解析手法とは異なり、ニューラルネットを直接的に解析することで「ニューラルネットが何を学習しているか」を明らかにしたことである。実際、緩増加超関数を含む問題設定においても学習パラメータの大域最適解を解析的に与えており、万能近似能力を保証する活性化関数と学習パラメータの組合せも明らかにしている。これは、ニューラルネットの特徴付けや精密評価に繋がる結果である。

積分表現とリッジレット変換

そのような強い結果が得られているのは、ニューラルネットの中間層を無限化して積分作用素として扱い、関数解析や調和解析^{☆6}的な手法を用いていることによる。通常のニューラルネットは中間層の

パラメータが有限個だが、それを無限だと思って連続化し、総和を積分で置き換える。そうやって得られる積分変換は、ニューラルネットの積分表現と呼ばれている。積分で表現することでニューラルネットを線形化でき、また解析学の豊かな知見を利用することもできるので、多くの情報を理論的に引き出すことができる。なお、積分表現はDirac測度を用いて直接的に有限モデルも表現でき^{☆7}、現実の有限モデルとの関係性を評価することができる。

積分変換によってニューラルネットを表現する方法自体は、古くから用いられている。この論文の特徴は、Radon変換とウェーブレット変換を合成した積分変換^{☆8}である「リッジレット変換」を解析に積極的に用いることで、最適な学習パラメータまでも具体的に計算していることである。リッジレット変換はニューラルネットの積分表現の作用素の右逆作用素なので、学習対象の関数をリッジレット変換すれば、最適な学習パラメータを具体的に与えることができる^{☆9}。この論文では、非有界な活性化関数を用いた場合でもリッジレット変換が構成でき、再構成公式が成り立つことを示している。これにより、ReLUのような活性化関数も積分表現とリッジレット変換の枠組みで扱うことができるようになり、強力な理論解析の恩恵を受けられるようになった。

そして博士論文がバズる

本稿で紹介した論文は、中間層が1層の浅いニューラルネットを対象としている。積分表現その

☆4 関数の一般化として扱われる「超関数」の中で、比較的性質の良いもの。たとえばDiracの δ 関数などが有名だが、二乗可積分関数や多項式関数など通常の関数も含む。緩増加超関数は増大度が高々多項式程度でなくてはならないが、活性化関数として用いられる関数のほぼすべてを含むと考えて問題ない。

☆5 近似対象のあらゆる関数に対して近似誤差をゼロにできることが万能性だが、近似誤差をどのように定義するかによって意味が変わってくる。この論文では、3種類の定義に対して万能性を示している。

☆6 調和解析はFourier解析などを含む数学の一分野であり、積分変換によって関数を表現する方法などについての理論が研究されている。

☆7 積分は「足し合わせることを」理想化したものと見なせるが、Lebesgue積分では「どのように足し合わせるか」を測度の選び方によって定めることができる。Diracの δ 関数のようなもので都合よく定義すれば、総和をそのまま積分で表現できる。

☆8 X線CTなどで用いられるRadon変換や、画像処理などで用いられるウェーブレット変換といった有名な変換と比べて知名度が低いので、リッジレット変換はそれらの合成として紹介されることが多い。

☆9 関数をリッジレット変換し、その変換結果（リッジレットスペクトル）を重みとしてニューラルネットの出力を計算すると、元の関数が再構成される。しかし、ニューラルネットを表す積分変換は全射だが単射でないので、リッジレット変換は逆作用素ではなく右逆作用素である。つまり、逆の順番で、先にニューラルネットの出力を計算してからリッジレット変換をしても、元のスペクトルは得られない。

もので深層ニューラルネットを直接扱うことはできないので、深層学習に応用するには追加の工夫が必要となる。この論文の著者は、微分方程式や力学系に基づいて深層ニューラルネットを定式化することで、積分表現の深層学習への応用も行っている。

これらの内容は、博士論文として日本語でも出版されている¹⁾。この博士論文こそが「有名論文」であり、SNS でバズったことで日本における積分表現理論の知名度を飛躍的に上げた論文である。実際、本稿執筆時点で77,394 回ダウンロードされており、博士論文のダウンロード数としてはトップクラスの多さだと思われる。導入にはニューラルネットに関する話題が幅広く含まれており、当時のサーベイ論

文としても興味深い。無料でPDF がダウンロードできるので、気軽に覗いてみるとよいかもしれない。

参考文献

- 1) 園田 翔：深層ニューラルネットの積分表現理論，早稲田大学博士論文（2017）。

（2021 年 1 月 29 日受付）

.....

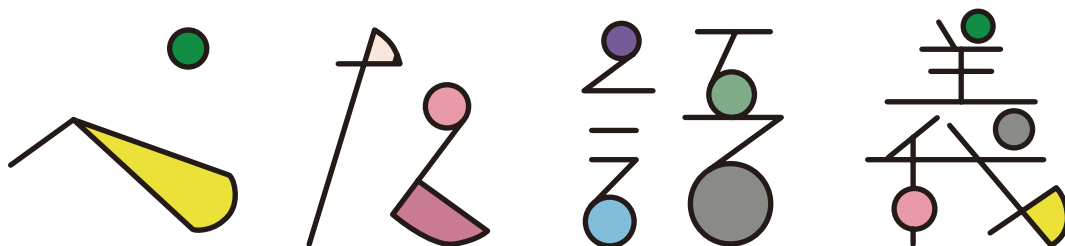


矢田部浩平

k.yatabe@asagi.waseda.jp

2012 年学部卒業，2014 年修士修了。光を用いて空中の音を見る研究により 2017 年に博士号を取得。2017 年より早稲田大学表現工学科助教，2018 年より同学科講師（任期付）。MATLAB を好んで用いる。





Vol. 117

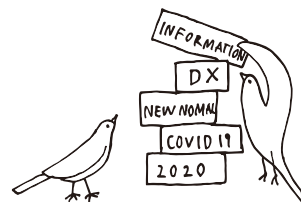
CONTENTS

【コラム】教育における「情報」とこれから…稲葉 利江子
【解説】高校共通教科「情報」にも活用できるファシリテーションの技術…三田地 真実



COLUMN

教育における「情報」とこれから



2020年度は、教育における「情報」に注目が集まった1年だったのではないだろうか。新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止のために、大学では、いまだかつてない規模で遠隔授業が実施され、教育の情報化が加速した。これまでも「遠隔授業」は2001年に文部科学省告示にて「メディアを利用して行う授業」として制度化されており、制約はあるものの正規の授業とされていた。情報技術の発展とともに、テレビ会議システムを利用した授業から、e-ラーニングやオンライン授業なども「遠隔授業」とされてきたが、これまでの^{しつこい}悉皆調査の結果を見てもその導入が進まなかったのは明らかである。その状況が、コロナ禍で大きく変化した。授業のオンライン化が進むとともに、2020年8月の文部科学大臣の「大学もオンラインと対面併用を」という発言により、各大学はオンラインと対面を併用したハイブリッド授業など多様な実践が模索され、今に至っている。これまで高等教育機関のICT利活用調査を行ってきた立場からすると、否応なくオンライン授業をせざるを得なくなったこれまで食わず嫌いだった方が、ICT活用のメリットをどう感じたのか、そして、対面授業に戻った際に、ICT活用の経験がどう活かされるのか、ということに興味がある。そして、さまざまな分野において「DX」が注目されているが、教室でも、今回の経験が、単にアナログからデジタルへの置き換えではなく、ニューノーマル時代の学習者を中心とした教育の実現や学びの質の向上につながっていくことを期待したい。

また、もう1つは「情報入試」である。2020年10月に大学入試センターより、関係各所に出題教科・科目についての意見照会が行われ、「情報」の提案がなされた。2018年6月に閣議決定された「未来投資戦略2018—『Society 5.0』『データ駆動型社会』への変革—」においても、「大学入学共通テストにおいて、国語、数学、英語のような基礎的な科目として必履修科目『情報Ⅰ』を追加する」とされている。本会においては、情報入試委員会で長年議論が行われ、文部科学省等に対しても要望をあげてきただけに、うれしいニュースであった。どのような専門分野を学ぶ上でも「情報」の知識や活用力が求められる現在において、国語や数学、英語とともに基礎的な科目として「情報」が認知されたことは大きい。今後、高校だけではなく大学にも受け入れられるかなどの課題は残っているが、教育現場において実質的に「情報教育」が行われる第一歩となったことは間違いない。

これからの数年が教育における「情報」の活用や学びの在り方のターニングポイントとなるであろう。「情報技術」は単に導入すればいいというわけではない。その導入により、どう根本的な変革を行えるかが重要である。いろんな意味での変革が起こることを期待するとともに、その変革を担っていききたいと思う。



稲葉利江子（津田塾大学）（正会員） inaba@tsuda.ac.jp

津田塾大学文学部情報科学科 准教授。博士（理学）。異文化コミュニケーション、高等教育におけるICT利活用データの分析に関する研究に従事。本会では、情報入試委員会、セミナー推進委員会などの委員として活動。

LOGOTYPE DESIGN...Megumi Nakata, ILLUSTRATION&PAGE LAYOUT DESIGN...Miyu Kuno

高校共通教科「情報」にも活用できるファシリテーションの技術—アクティブ・ラーニング型授業で陥りやすい3つの罠とそこから脱出する方法—

三田地真実

星槎大学大学院教育学研究科

アクティブ・ラーニング型授業が求められている「情報」

2018年に公示された新高等学校学習指導要領に基づき高校共通教科「情報」では内容の大幅な改訂が予定されています。この科目の変遷と課題については、本「べた語義」2018年Vol.85（情報処理Vol.59 No10）において、中野由章先生が情報の専門家の視点として端的にまとめられています。筆者自身は情報の専門家ではありませんが、「情報」の科目の中に含まれている「コミュニケーション」については、言語聴覚士というコミュニケーション障害の専門家として重なる部分もあることが分かりました。この科目をいかにアクティブ・ラーニング型授業（以下、AL型授業とします）として行っていくかが、担当される先生方に求められています。そこで、筆者自身が専門とする「ファシリテーション」という場づくりの技術の視点を軸として、「情報」の授業に限らず、AL型授業を実践する際に教師が陥りやすい代表的な「3つの罠」とそこからの具体的な脱出方法についてお伝えしていきたいと思います。

□ 罠その1：教師のつぶやき「アクティブ・ラーニングを行ったのにアクティブ・ラーニングにならなかった」とは？

この表現は、実際に大学・高校の先生から伺ったものです。この表現を聞いて「言葉のねじれ」とでもいう

部分に気づかれた方は、恐らく当該の授業で何が起こっていたのか、おおよそ見当がつくのではないかと思います。もし、私がコミュニケーションの専門家として先の表現を適切に表現するとしたら、以下ようになります。（ ）が元の文に補足した部分です。

「（教師の私は）アクティブ・ラーニング（型授業）を行った（つもりな）のに、（実際の生徒の様子を見ると）アクティブ・ラーニングにならなかった」

アクティブ・ラーニングを行ったというのは、そういうスタイルの授業を「教師が」行ったということにほかなりません。そして、それがうまくいったかどうかの「答え」は「生徒の行動」が示している、先の先生のつぶやきはそのことを含意しています。

日本語は、ややもすると「誰がそれを行って」「誰の行動でそれを判定したのか」という主語である「誰」が抜けても文章として成立してしまいます。そのために先のつぶやきのような表現を聞いても特段違和感はありませんが、授業を改善していこうとする際には、この「主語を明確にする」ということはとても大事な点です。

この主語不明な表現で「授業がうまくいかなかった」と感じてしまうことが、教師が陥りやすい「罠その1」で、そこからの脱出方法は、「主語を明確にして、実際の授業で、教師、生徒のそれぞれが“具体的に”どのような行動をとっていたのか」を明確にす

るということになります。

ちなみに英語では教師が行う AL 型授業のことは、「Active Learning」ではなく、「Active Learning Techniques」あるいは「Active Learning Strategies」と「技法・方略」であることを明確に表しています。

□ 脱出方法その1：主語を明確にして、教員と生徒の行動から見直す AL 型授業

アクティブ・ラーニング研究の第一人者である溝上慎一先生によれば、「アクティブ・ラーニング」とは次のように定義されています¹⁾。

一方向的な知識伝達型講義を聴くという（受動的）学習を乗り越える意味での、あらゆる能動的な学習のこと。能動的な学習には、書く・話す・発表するなどの活動への関与と、そこで生じる認知プロセスの外化を伴う（溝上 2014 p.7）。

この定義を教師の行動、つまりは教師がどのような講義形態を行ったかと、生徒の行動に分けて整理したのが、表-1 です²⁾。

この表に示したように、授業というのは教師と生徒の行動の相互作用で成り立っているということを、しっかり教師側が自覚していることが大事です。いざ自分が AL 型授業を行おうとしたときに、表の注1にもあるようにさまざまな技法がすでに紹介されてい

ます。その中のどれかを選んで「よし、この方法で次の授業のあの演習をやってみよう」と思って準備されているでしょう。それが表の中でいう、教師が行う講義形態（スタイル）になります。そして、それがうまくいったかどうかの判定は、実際にその授業プランで行ったときの「生徒の行動」が示すということです。

共通科目「情報」の授業にかかわらず、AL 型授業を実践しようというときに、恐らくその筆頭に挙がってくるのは「グループワーク（以下、GW とします）」でしょう。その場合、教師の側の期待としては次のような生徒の行動が GW で見られるというのが大方ではないでしょうか。

- 生徒たちが活発に意見を交換している。
- その結果、創造的な成果物を生み出してる。
- 生徒各自も授業内容の理解が深まっている。

グループワークが機能しないのは誰のせい？³⁾

□ 畏その2：生徒が原因だと思い込んでしまうこと

ここでは「GW」を、グループ演習、グループ・ディスカッションなど、複数の生徒が話し合いながら一緒に作業をするという活動の総称として論を進めていきます。

表-1 溝上の定義による「アクティブ・ラーニング」の教師・学生の行動の整理表

出典：三田地(2015)

	講義形態（教師の行動）	学生の行動	関連キーワード
受動的学習	一方向的な知識伝達型講義（一方的に話すのみ）	聴く※2	教授パラダイム（p.9） 保守派教員（p.11） エリート学生（p.38）
能動的学習 （上記を乗り越えるあらゆるもの）	アクティブラーニング型授業（さまざまな技法）※1	書く、話す、発表するなどの活動 そこで生じる認知プロセスの外化※3	学習パラダイム（p.10） 高等教育の大衆化（p.38）

※1：アクティブ・ラーニング型授業の技法例として、さまざまな協同学習の技法を紹介している（p.68-69）

※2：溝上自身は、「ここでの『聴く』は、ぼーっと聴く、しっかり聴くは問わない」としている（p.12）。ただし、筆者自身は、前者の意味では「聞く」、後者の意味では「聴く」と表記を意図的に変えている。

※3：「認知プロセス」とは、知覚・記憶・言語、思考（論理的／批判的／創造的思考、推論、判断、意思決定、問題解決など）といった心的表象としての情報処理プロセスを指す（p.10）。「書く・話す・発表するなどの活動を求めることは、同時に認知プロセスの外化を求めること」（p.9）とあるので、外化とは「書くなどの活動」を学生が実際に行うことで他者が観察可能な状態になったということであろう。

注：（ ）内のページは、溝上（2014）での出現ページを示す。



「GW がうまくいかない」とき、前述した罫その1の脱出方法に倣い、主語を明確にして整理すると大方、次のようになるでしょう。

(教師の自分は) GW を行うように生徒に教示したけれども、
(生徒たちの話し合いが全然活発にできなかったの) うまくいかない(と自分が感じた)。

このように表現されて「何とかありませんか」というご相談は過去に何度も筆者自身が受けています。ここで教師が陥りやすい罫その2が待っています。それは、「GW がうまくいかないのは、生徒に主体性がないからだ」とか「最近の生徒は自分の考えすら持てない」とか、そのうまくいかない原因を「生徒側」に求めてしまうということです。

一般的に人間は何か問題が起きると直感的に「あれが原因だ、あれが悪い」と考える思考パターンがあり、これは授業以外の場面でも往々にして起こっています。そのときに「自分のやり方が悪いのでは？」という方向にはなかなかならず、他者が悪い(ここでは生徒)という形になりがちです。

この思考パターンに陥っている限り、その GW は

決して改善されません。なぜなら、相手が悪いのであって、自分は(あるいは自分のやり方は)悪くないと無意識に信じているからです。

驚いたことに、「学生の主体性のなさ」という理由づけをさらに「小学校や中学校で話し合い活動をきちんと学んでいないからだ」とさらに過去に遡って理由づけしている例に遭遇したことがあります。少々辛口になってしまいますが、この思考パターンでは、「自分の授業のやり方」を省察するという視点は残念ながらまったくないと言わざるを得ません。

□ 脱出方法その2：授業デザインを見直して改善へつなげる

「GW がうまくいかない」という状況になったとき、もう一度教師の自分がどのような「教示」をしていたのか、つまりは自分の行動を見直すということが解決の糸口になります。

具体的に自らの行動を見直す際に、私が場づくりの際によくご紹介する3つのフレーム—これが罫その2からの脱出方法としてのツールです—が役立つでしょう。その3つとは、線路型、放牧型、ガードレール型というものです(図-1)⁴⁾。「線路型」とは教師

が言うとおりに一糸乱れず生徒が行動する様子、一方、「放牧型」とは大きな枠(授業内など)はあるものの、その中で何をゴールにして活動しているのか生徒には分かりづらい状況ですが、生徒たちはワイワイと活動している様子を示しています。この2つの中間に位置づくのが、「ガードレール型」です。これは、向かう方向つまりゴールは明確で、かつある程度の幅を持った中で生徒が活発に活動している様子を示しています。

実は、教師が行う教示(インストラクション)の一つひとつがその次の生徒の行動の活動範囲を決めています。表-2には、放牧型とガードレール型のGWの教示の仕方をかなりデフォルメして示しています。漠然とした教

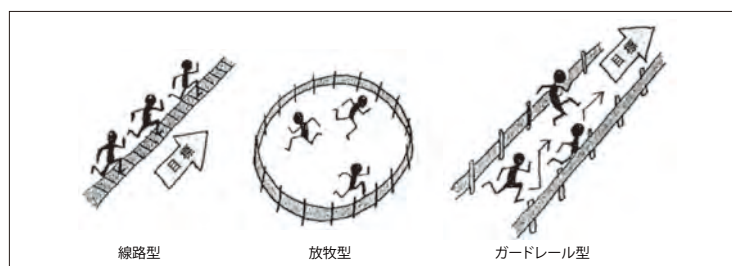


図-1 教育の3つの方法

出典：三田地(2013)

表-2 教示の仕方比較(デフォルメして示しています)

	放牧型	ガードレール型
① 話し合う前の事前準備	なし	各自が事前にテーマについて学習してノートなどにまとめている
② 話し合うテーマの設定	「今から、話し合ってください」	「～について、」
③ グループの人数	特に考慮せず(なんとなく決めている)	人数設定、メンバー構成はそのテーマと話し合いの時間のバランスで検討した上で決定している
④ 話し合う時間	漠と決めている	話し合う内容に応じて考慮して決定
⑤ 役割分担	教示なし	(司会、記録などはどうやって決めるかの教示をしている)
⑥ 話し合いのプロセスの教示	教示なし	(特に30分以上の話し合いの場合は、話し合いのプロセスを明示している)
⑦ 話し合いのゴールの設定	教示なし	最終的に何をすればよいのか明示している

示では人は動きづらいものです。特に授業の狙いがある中でのGWの場合には、そこでどのような活動が展開されることを教師の自分が期待しているのか、どのように生徒には行動してもらいたいのか、明確にしておくことが大事でしょう。

実際に相談を受けた事例においても、先の表-2に挙げた視点を中心にどのように教師が事前に考えていたか—これが授業デザインです—、そこをまず省察してもらい、そのやり方をどのように変えればよいのかという流れで進めていきました。

特に話し合う前に各自で事前学習しておくこと、および自分の考えをまとめて書いておくことという「個人作業」は大事な活動です。この個人作業を行ってからGWに入るだけで、「話し合いが見違えるようになった」という報告も複数受けています。

グループワークが成立するには何が必要なのか？

□ 罨その3：「はい、話し合っ」ではうまくいかないのはなぜか？

ここで「あ、では個人作業をやればGWはうまくいくんですね」とその活動を組み込めばよいという考えがよぎった方は、第3の罨に陥りかけていると言えます。この考え方は「GWをやれば、AL型授業はうまくいくに違いない」というものとまったく同じフレームであることに気づかれたら、そこから脱出しかかっていると言えるでしょう。

第3の罨は、ズバリ「根拠なくスキルに飛びついてしまう」ことです。私たちはどうしても即効性のある解決策を求めてしまいがち、つまりはハウツー、やり方を求めてしまいがちです。しかし、「なぜその手法やスキルを自分の授業のある場面で使おうと考えたのか」という根拠を明確にして活用しないと、「あれ、GWやったのにうまくいかない」「ALにならない」となったときに、「この手法はダメだ」と、その手法のせい（これは、第2の罨の別

タイプとも言えます）にしてしまう可能性が高いからです。

□ 脱出方法その3：活動の裏にある「機能・意味」まで考えてデザインすること

例として、GWが機能するには必要な活動要素がいくつかあります。表-3にGWをデザインする際に筆者が使っているGWの課題分析^{☆1}を例として示しました。GWと一括りにせず、GWを構成している行動をさらに細かく整理して、それぞれがどのような機能を果たしているのか、その機能が発揮できるためにはどのような教示が必要かを考えるということです。

特にGWでは「発表する」という目立った活動に目がいきがちですが、「しっかり人の意見を聞く」という行動をどうやって担保するかが要なのです（そもそも大人の会議でも人の話を聞いていない場合が多いのではと思いますが、いかがでしょうか）。

余談ですが、ファシリテータとして優れていると感じる方も、この「聞く能力」が高い人であって、決して華やかにプレゼンテーションができる人ではないのもまた事実です。

もちろん、話し合いを行うための意味ある「問い」を立てることは言うまでもありません。これについても単なるハウツーではなく、そもそもの生き方で立ち返って考えることが重要⁵⁾ですが、紙面の都合上本稿ではこの件は省略します。

表-3 GWの課題分析^{☆1}

	目に見える生徒の活動	その意味・機能
ステップ1	調べ学習／講義を受ける	GWに必要な情報を取り入れる
ステップ2	個人作業	自分の考えをまとめる
ステップ3	話し合い活動（話し手）	・自分の考えを発表する
ステップ4	話し合い活動（聞き手）	・他者の考えを聞く
ステップ5	話し合いを基にまとめる	新たな考えが創出される（自分の考えが変わる、第三の案が創出されるなど）

※ステップ2～5を繰り返す

^{☆1} 課題分析 (Task Analysis) とは、行動分析学の専門用語である。指導目標を行動連鎖にしたがって要素分解する方法のこと。



□ ファシリテーションで重要なのは「場(プロセス)を観る」力

ここまで AL 型授業, その代表例としての GW を題材に, 生徒の学びを促進するための場づくりの障壁となりがちな 3 つの罠と, そこからの脱出方法について解説してきました。ファシリテーションの技法やスキルはさまざまな書籍でも紹介されています。しかし, 結局それを活かすも否も, 教師にその場で何が起きているか, つまりは「生徒たちの行動を観る力」, 言い換えれば「プロセスを観る力」によると言っても過言ではありません。この力をつけるために, 自分の授業を動画に撮って見直すという手法を自身の研究で継続して報告しています⁶⁾。優れた教師は優れた観察者であることは誰もが認めるところでしょう。ファシリテーションの技術を活かす

ためにも, まずは自分の授業, 教示の見直しから始めてみてはいかがでしょうか。

参考文献

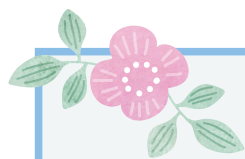
- 1) 溝上慎一: アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換, 東信堂(2014)。
- 2) 三田地真実: 行動分析学の視点から「アクティブ・ラーニング」を見直すとうなるか?, 法政大学教育研究, 第 6 号, pp.5-24 (2015)。
- 3) 三田地真実: 学生の行動を軸に見据えて「機能するグループワーク」を企画・実施するために〜行動分析学とファシリテーションの視点から〜, 法政大学教育研究, 第 9 号, pp.27-39 (2018)。
- 4) 三田地真実: ファシリテーター行動指南書〜意味ある場づくりのために〜, ナカニシヤ出版(2013)。
- 5) 宮野公樹: 問いの立て方, ちくま新書 (2021)。
- 6) 三田地真実 他: 大人数経済学アクティブ・ラーニング型授業における教員の教授行動とその意図の分析, 大学教育研究フォーラム(口頭発表) (2020)。

(2021 年 1 月 31 日受付)



三田地真実 m-mitachi@gred.seisa.ac.jp

言語聴覚士。専門は心理学の一分野である行動分析学, 場づくりの技術であるファシリテーション。YouTube で「教職いろはがた」を配信中!



2021 年度小中高教員入会キャンペーン

<https://www.ipsj.or.jp/member/kyoinwaribiki-nyukai-2021.html>



期間 2021 年 4 月 1 日〜11 月 25 日

対象 小中高校(相当する教育機関を含む)に教職員として勤務されている新規入会の方

キャンペーン内容

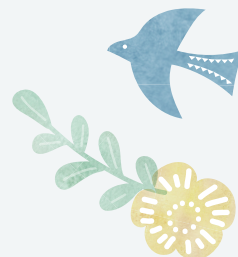
☆新規の正会員: 入会金(2,000 円)が免除となります

2021 年度と 2022 年度の 会費(10,800 円)が半額(5,400 円)に割引されます

※会員サービス内容は正会員と同じです

教員にとってのメリットとは

- 会誌「情報処理」(毎月)や「ジュニア会員通信」などの本会のお知らせが読める
- 教員免許更新講習を会員価格で受けられる
- 中高生情報学研究コンテスト/Exciting Coding! Junior/初等中等教員研究発表セッションなど生徒向けや教員向けイベントを情報教育に活用できる
- 「情報」に関する豊富な知識を得ることができる
- 情報処理学会の教育委員会が発信するトピックスやパブリックコメントをいち早くキャッチできる



連載

★ Jr.

先生、質問です！



匿名希望
[正会員]
企業研究者

社会人になってから、微分積分や線形代数などの基礎が足りないことに気づきました。どのように補ってあげればいいと思いますか？

そんなあなたにピッタリの教材があります。それは YouTube です。

現在、YouTube にはさまざまな教育動画が公開されており、自分のレベルに合わせていつでも学習することができます。中でもオススメなのは「予備校のノリで学ぶ『大学の数学・物理』」というチャンネルで、ご質問にあるような大学レベルの微分積分や線形代数の講義が多く揃っています。教えているのは元予備校講師の……

私です。

と自分のチャンネルを宣伝してしまったのですが、冗談ではなく本当にそう思っています。最初に触れる分野や一から何かを学び直すとき、動画教材というのは非常に有用です。中でも線形代数は実際に講師が計算している姿を見るのが一番良いと思います。そうやって一通りその分野に触れたあと、入門的な教科書に移行して腰を据えてしっかりと勉強してみてください（私のチャンネルでは動画の概要欄にオススメの教科書や参考書を紹介しています）。大人になってから学び直す姿は非常に格好良いと思います。応援します！

A **Q**



ヨビノリたくみ
教育系 YouTuber



辰己丈夫
[正会員]
放送大学

「先生、質問です！」
への質問はこちら



<https://www.ipsj.or.jp/magazine/sensei-q.html>

社会人になってからでも、「学ぶことの大切さ」に気がついたことは、素晴らしいことです。人生に学び終わりは無いですね。

私が所属する放送大学には「入門微分積分学」「入門線型代数」という授業科目があり、1科目だけ学ぶ「科目履修生」で履修・単位認定試験の受験ができます。誰でもBS放送で学習できますが、学生になると授業をネットですべて受講することができます。また、ほかにも、東京通信大学、サイバー大学にも同様の科目があり、やはりネットで受講できます。

一方で、MOOC（「大規模で公開されたオンライン教育」の総称）や、Web教材を使って学ぶこともできます。多くの講座は無料ですが、中には有料の講座もあります。これらの機関は大学ではないので単位認定試験はありませんが、修了証を入手することができます。日本では、JMOOC（一般社団法人日本オープンオンライン教育推進協議会）が、多くの講座を取りまとめて紹介しています。

最後の手段は、独学です。効率的に学ぼうとするなら、自分に必要なところだけを選んで学ぶことになるので、「自分は、何を分かってないか」を自分で気がつく能力（メタ認知といいます）がある人なら、独学も1つの方法ですが、ちょっと大変かもしれないですね。

放送大学授業科目案内：<https://www.ouj.ac.jp/hp/kamoku/>

東京通信大学開講科目一覧：<https://www.internet.ac.jp/faculty/list/>

サイバー大学学部紹介：https://www.cyber-u.ac.jp/faculty_course/

JMOOC：<https://www.jmooc.jp/>

A



ACCV2020 会議報告

ACCV が 2020 年 11 月 30 日～12 月 4 日までオンライン開催された。筆者も目まぐるしく発展するコンピュータビジョン関連の動向と、オンライン国際会議の実態を肌で感じるべく参加してきたので、その紹介をしたい。

ACCV について

Asian Conference on Computer Vision (ACCV) とは、アジア最大のコンピュータビジョン (CV) 関連分野の国際会議である。1993 年から隔年でアジア地域において開催され、世界中の研究者、開発者をはじめとした有識者たちが集まり、画像・映像の処理、認識、理解など計算機視覚にかかわるさまざまなトピックについて議論が行われる。コンピュータビジョンについての歴史や詳細は省略するが、身近なところでは、たとえば近年私たちがスマートフォンのアプリで顔認識を用いた画像の加工や AR (Augmented Reality) などを楽しめるのもこういった技術の発展が深くかかわっており、ますます注目を集めている分野である。論文については Springer による出版のほか、Computer Vision Foundation^{☆1} によるオープンアクセスを利用して閲覧が可能である。

第 14 回はオーストラリアのパース、そして第 15 回の開催となる今回の ACCV は京都での開催予定であったが、新型コロナウイルス感染症の拡大防止のためにオンライン開催となった。オンライン会議の在り方が注目を集める中、ACCV2020 で私が感じたのは、世界中のより多くの人々が参加できるようなバーチャル国際会議場としての工夫が凝らされていたことであり、会議場では昼夜を問わず活発な議論が繰り広げられていた。

ACCV2020 の採択率、開催形式

ACCV2020 では計 768 件の論文が投稿され、そのうち 255 件が採択された (採択率 33.2%)。さらにその中の

63 件が Oral 発表 (8.2%)、192 件 (25.0%) が Poster 発表となっており、例年と似た傾向であったと言える。査読は論文 1 本につき 3 人の査読者が付き、加えて 3 人のエリアチェアの協議によって採録の可否が決定された。またこれらの発表に加え、チュートリアルが 2 件と、4 つのワークショップが開催された。

開催形式としては、まず Sococo というプラットフォームを利用したインタラクティブな場としてのバーチャル会議場が非常に印象的であり、詳細は改めて後述させていただくが、全体が俯瞰でき移動できるような会議場の中で、エントランス、Oral 発表用の部屋、Poster 発表用の部屋、スポンサー企業のブース、休憩所などが用意されており、各々好きな場所で過ごしている様子が見られた。また、個々の論文の詳細な情報などについては、参加登録者は専用の Web ページにアクセスすることでいつでも閲覧できるようになっていた。こちらは Mini-Conf とよばれる Web システムをベースとしており、各 Paper についてあらかじめ録画されたプレゼンテーションビデオ (SlidesLive) と質疑応答用のチャット (Rocket.Chat) が一体となったページになっているのだ。プレゼンテーションビデオについては、10 分以内のスライドと発表者が話している様子を録画したビデオが同時に見られるようになっており、個性的な録画も多かった。このようにどのような人が発表者なのか、またその発表内容について事前に窺い知ることも可能であるため、バーチャル会議場でのディスカッションに臨みやすかったというのが私の所感である。

Sococo をベースとしたオンライン開催

前述のように、ACCV2020 では Sococo をプラットフォームとしたバーチャル会議場で行われた (図-1)。参加者はそれぞれが丸っこいアイコンで表示され、Oral 発表の部屋、ポスター発表の部屋などの状況が一目で分かり、それぞれの部屋の間を簡単に移動できる仕組みだった (ちなみに部屋内の席も移動できるが、人が増えすぎると席はもはや関係ない)。つまり実際のポスター発表を回る感覚に近く、人だかりができていときに議論してもよいし、誰かと一緒に回ってもよい。そして全体の様子が見えると、「これだけは聞いておこう」といった発表だけでなく、「これも面白そうだ」といった感覚が自然と生まれてくるように感じた。ほかの参加者についても、誰かが話していると (会話があるとアイコンが明滅するので判断できる) 自然とその部屋に集まっていくような傾向が見られた。

そして驚くことに休憩場所も用意されており、参加者は発表のない時間は大文字山や寺社、庭園などのエリアで休憩し、再び発表のある部屋へ戻っていく様子が見ら

^{☆1} <https://openaccess.thecvf.com/ACCV2020>

れるなど、常に人が絶えない状態であったのが印象的だった(図-2)。また、部屋内ではZoomに切り替えることもでき、その場合は自動的に招待されるようになっていた。ちなみに私は興味を持った発表などについて軽く予習してからSococoの会議場の部屋にお邪魔して質問などを行い、発表のない時間などはエントランスに移動して休憩していたが、エントランスで突然Zoomに招待され、フレンドリーに話しかけられて驚くなどといったこともあった。このような交流の機会もSococoの会場ならではのことであったと思う。

発表時間帯は4日間共通して4通り(日本時間で11:00～13:00, 15:00～17:00, 18:00～20:00, 22:00～24:00)の枠が設けられており、各発表者について合計2回の発表が、現地の時間帯として無理のない範囲で割り振られていったようだ。

ACCV2020での発表論文について

今回のACCVから感じる研究動向としては、深層学習に関する論文は実社会への応用をより意識して、大規模ではないデータから深層学習を行うようなものが見られた。また推定対象として、もしくはネットワーク構造の中で3Dに関するものが少しずつ増えている。その他に構造としては、Attention^{☆3}やTransformer^{☆4}に関連する論文が多く見られた。



図-1 Sococoによるバーチャル会議場の様子^{☆2}

実際に参加した範囲でも印象に残った発表はいくつもあったが、本稿では受賞した論文のうちの2つを簡単に紹介したい。1つ目は、Manuel Stoiberらの“A Sparse Gaussian Approach to Region-Based 6DoF Object Tracking”である。この論文が対象とするのは単一のRGBカメラでシーン中の形状既知のオブジェクトの位置と向き(6D)をトラッキングする問題であり、2D画像中でオブジェクトの境界らしさをオブジェクトの法線に沿って確率的に定式化し、さらにそれがガウス分布に従うことを利用して効率の良いトラッキングを実現している。この論文はBest Paper Saburo Tsuji Awardを受賞している。

2つ目の論文は、Hirokatsu Kataokaらの“Pre-training without Natural Images”である。この論文では深層学習における事前学習において、自然画像とその正解ラベルではなく、フラクタル構造を利用して自動的に生成された画像と正解ラベルを用いた学習でも高い精度が得られることを示している。この論文はBest Paper Honorable Mentionを受賞している。

ACCV2022

オンライン会議ならではの良さもあると感じられたACCV2020であったが、じっくり腰を据えて議論するにはやはり現地が望ましい。次回のACCVは2022年の12月4日～8日にマカオで開催される。昨今の新型コロナウイルス感染症の拡大がいち早く収束し、現地で開催されることを切に願う。



図-2 バーチャル会議場で休憩する人々

☆2 ACCV2020 Twitter 公式アカウントより。

☆3 自然言語処理の深層学習の手法に由来し、入力と出力シーケンスに対して、広範囲にそれぞれの部分が関連しているかも学習できるネットワーク構造。

☆4 Attentionと多層パーセプトロンを組み合わせた構造で、エンコーダ部分の構造が画像処理に応用されている。

■川原 僚

(京都大学大学院情報学研究所)





編集委員退任にあたって

『情報処理』に限らず雑誌全体を見るにあたり、そこから何を読み取るでしょうか？

私は『情報処理』に寄せられる意見が好きでひととおり目を通しています。大体どの記事に対しても肯定的・否定的両方の意見があってどちらも好きなのですが、中でも特に面白いと感じるのはまったく同じ点を指して肯定的・否定的両面で受け取られているものです。たとえば、あまり学術よりでない内容の記事であれば「そこが面白かった／参考になった」と「そこが会誌に相応しくない」という意見が両方来ていることがあります。この場合ですと、記事の想定読者像と意見を送ってきた読者像が合致しているかどうかの大きいのかなどと要因を想像したりします（『情報処理』では目次に想定読者を示す指標が付いています）。

通常、各記事のページ数は執筆前にあらかじめ限られており、執筆者にはその決められたページ数の中で読者に伝えたいことを表現していただきます。似たような制限は編集者にとっても存在しており、雑誌全体は編集者自体の数、執筆者、組版・印刷・配布のコスト等で制限されています。その中で、意識的にせよそうでないにせよ、何をどう載せ逆に何を上げないかという全体の構成によって、編集者たちは雑誌全体で読者に伝

えたいことを表現することになるわけですね。そういった観点で、最も雑誌全体の意思が載ってしまうことから目次は重要なコンテンツであるとも言えるのではないのでしょうか。

多くの読者は個々の記事に対してその記事が言わんとしていることを読み取り、肯定的なり否定的なり、あるいはどちらでもないなりの意見を持ち表明します。一方で雑誌全体に対してとなると「こんなことを取り上げてほしい」といったピンポイントでの要望こそはよく見るのですが、雑誌全体や紙面の変遷から読み取りをし、それが表現していることに対して意見表明する人はあまり多くはないようです。『情報処理』の編集・出版活動やその配布形態、および、関連企画には、今現在、編集者たちや情報処理学会自体が「何を狙い何にウェイトを置き始めているのか」「どう変わってきているのか」といった意図・方向性や組織の置かれた現況が反映されることになります。バックナンバーも含め『情報処理』を購読していく上で、そのあたりを読み取ろうとしていくのもまた面白い試みなのではないかと思います。

今後も『情報処理』では興味深い記事が掲載され続けていくでしょう。時には購読している読者の方にも執筆をお願いする機会があるかもしれません。諸々含め、引き続きご愛読よろしくをお願いします。

（大川徳之／Idein（株））

.....



編集委員退任にあたって

編集委員の退任にあたって何か書いてくださいと言われたのだが、めずらしく書く内容のアイデアが浮かばない。その理由はたぶん2つ。1つは『情報処理』の作成はどんな特集をやりたいかアイデアが浮かんだら、それを編集会議に図る「提案型」であり、また執筆する際はおよそ自分の得意な分野が回ってきていた。つまりそのような書き方に慣れてしまったからなのだと思う。もう1つは自分の場合は、いつの間にか『情報処理』の編集委員になってしまったという感覚を持っているからだと思う。今では本誌にすっかり定着した「特別解説記事」であるが、これを担当するワーキンググループができる前から時々こういった記事のうちサイバー法にかかわるものを頼まれて書いていたら、いつの間にか編集委員会の委員としても特別解説のコーディネートを担当することになったというのが自分の経緯だからである。

もっともそのようなことができたのは、塚本先生、稲見先生と二代に渡る編集長が『情報処理』で扱う範囲を自然科学だけでなく社会科学や人文科学も含む全学問領域に広げて下さったおかげである。両編集長には心から御礼を申し上げたい。コン

ピュータやネットワークが生活のあらゆる領域に浸透し不可欠なものになった今、情報科学も360度の視点から物事を見ていかなないと立ち行かなくなっていると言える。

そもそも図書館などでおなじみの「日本図書コード」の分類コード（Cコード）ではその第3～4桁で内容を示しているのであるが、情報科学は「04」番に割り振ってある。これを4番目だと思っただけとはいけない。哲学や工学などといった各学問ごとのコードは10番台から順に割り振ってあり、一桁台を使っているものは「00」番が総記であり、「01」が百科事典、「02」が年鑑・雑誌、03がなくて、「04」に情報科学、05以降は現在未使用ということになっている。これは情報科学というものがやはり総合的・複合的な分野であることの表れであろう。その点では我が情報処理学会、そして『情報処理』は相応しい経路を採っていると思う。コンピュータに関する法や政策の分析、人の行動科学的側面からの分析の必要性は今後も衰えることはないであろう。

そんなわけで、いつの間にかかかわっていた本誌の編集委員会であるが、いつの間にか今後も引き続き特別解説記事のワーキンググループのメンバとしてはお手伝いさせてもらうことになったようである。なので、退任の言葉もいつの間に始まっていつの間に終わったのか曖昧なままの文章としておきたい。

（須川賢洋／新潟大学）



編集委員退任にあたって

2014年から担当させていただいた編集委員をいよいよ退任することになった。なんと、7年間も務めさせていただいた。こんなに長いのはめずらしいのではないだろうか。なぜこんなに長いのか。それは2018年に編集委員を退任するはずが、2017年から会誌・出版担当理事を2年間務めさせていただくことになり、理事として編集委員会に残留することになったからだ。そして、理事の任期満了後2年間、オブザーバーとして編集委員会に置いていただいたこともあり、7年もの歳月をここで過ごすことになった。

私を編集委員に推薦してくださったのは、塚本前編集長だった。「情報処理学会の編集委員会は、『編集委員長』とは呼ばずに、『編集長』と呼ぶんだよ。雑誌の編集長みたいで、とても気に入ってる」と塚本前編集長は仰った。パーティの席で司会を担当させていただいた折、そんな塚本前編集長の想いをお聞きしていたにもかかわらず、何度か「塚本編集委員長」とお呼びして壇上にあげてしまった。大変申し訳ないことをしたと今でも反省しているが、塚本前編集長は、そんな私にいつも通り優しくかった。そして、編集長としての任期期間中、一貫して「通勤電車ではばりりとめくれるような会誌を目指す！」という方針を示してこられた。このまっすぐな想いが、恐らく現在の読みやすい・

親しみやすい会誌につながっている。

次に編集長になったのが、稲見現編集長である。稲見編集長は初回の編集委員会で「情報処理分野における最大規模の同人誌を目指す！」という方針を示された。当時会誌・出版担当理事だった私は、理事会で稲見編集長がされた所信表明を報告し、多くの理事が笑みを浮かべながら、大きな期待を寄せられているのを目にした。

塚本前編集長は、引用文献を6件程度にとどめることをとても大事にされ、『情報処理』は研究論文を掲載するメディアではないということを明確に主張された。そして、漫画やイラストを積極的に掲載するなど、それまでの会誌では考えられなかったことを次々と実現させた。稲見編集長は、noteと会誌を連動させたり、全国大会での「先生、質問です！」の公開セッションをバーチャル会場で開催するなど、会誌の新しい在り方を具現化されていっている。どの活動も、編集長として掲げた方針や所信表明があつてこそ、安定的に・魅力的に進めることができたのではないかなと思う。

こんな精力的な学会活動を7年間も間近で見ることができて、私は本当に幸せだった。今後、自分が何かの舵取りをしなればいけなくなったとき、お二人の編集長、および魅力的な編集委員の方々の振舞いを思い出し、方向を定めていきたいと思う。

(坊農真弓／国立情報学研究所)

.....



編集委員退任にあたって

2020年度末まで、システム分野ワーキンググループ(SWG)の編集委員を4年間務めさせていただきました。3年目の2019年にはSWG幹事を拝命し、当時の主査とワーキンググループの運営にも携わらせていただきました。予想外だったのは主査が途中で異動され、主査の業務が難しくなったことでした。そこで幹事の私のほうでサポートさせていただき、リモート会議を使ってなんとか乗り切った(?)記憶があります。4年目の2020年にはそのまま主査を拝命しまして、コロナ禍の中、これまたリモート会議で運営することとなりました。

ワーキンググループの主なミッションとしては特集記事の企画があるのですが、これは編集委員どうしの雑談や情報交換から生まれてきます。業界や専門分野の異なる方々とのコミュニケーションはいつも刺激があり楽しかったです。リモート会議においてこうした情報交換がうまくできたのか、特に新しく加入された方をうまく巻き込めたか、少々自信がないところではあります。

特集企画もいくつか経験させていただきました。ゲストエディタの先生への企画の依頼、執筆者の先生とのやりとりとスケジュール管理、閲読など、どれも初めてやることばかりで先輩委員や事務局の皆様のおかげでどうにか乗り切ることができました。個人的には時流を得た王道の特集が組めたのではない

かと思っています。今後の課題としては企画担当者とゲストエディタの負担の低減があると思いました。特に執筆が遅れる方が出ると個別対応が多く発生して大変でした。もう少し気楽に企画が担当できるよう、編集ノウハウの文書化やツール類の整備が望まれるところです。自分もメモを残そうと思います。

ここ1、2年で会誌は多チャンネル化とオンライン化を促進させました。私自身は間接的にはありますが、オンライン版への最初の特集という形で関与させていただきました。複雑な契約形態と制約条件の中、これらの拡張を実行されていて本当に頭が下がります。一方で読者や執筆者の側からは少々複雑すぎる気がしていて、プロセスやユーザビリティを実装する事務局側の負担も気になるところです。ユーザ目線でのエンド・ツー・エンドの利用感をデザインしたりテストしたりする役割の人を置くのがよいように思いました。

最後になりましたが、情報処理学会会誌の編集という貴重な機会をいただき、ありがとうございました。読者の皆様におかれましては記事を読んでいただきさまざまなコメントをありがとうございました。ゲストエディタや執筆者の先生方、稲見編集長をはじめ本会議、WGそして事務局の皆様、大変お世話になりました。皆様のますますのご活躍と会誌の進化と発展をお祈り申し上げます。

(河原 亮／日本アイ・ピー・エム(株) 東京基礎研究所)



編集委員退任にあたって

MWG 委員を 4 年間担当させていただいており、ほぼ同じ期間、新世代企画委員会の委員としても本誌とかかわらせていただきました。この 4 年を振り返ってみて改めて感じるのは、いずれの編集長・委員長（稲見昌彦先生、寺田努先生、重野寛先生、川原圭博先生、鬼塚真先生）も「自由にやっていいよ！」というスタンスをされていて、非常に働きやすかったなとしみじみ思います。

MWG とは、member working group の略で、会員サービス分野の working group (WG) です。会誌の編集委員の皆様は全力で会員・読者の方を向いて仕事をされていて、MWG はその皆様が全力で働けるようにサポートするのが趣旨だと認識しています。主な仕事は、会議レポート・書評の閲読、会員の広場（読者アンケート）の構成（コメントのピックアップと校正）です。最初の 2 年間は委員、3 年目は幹事、4 年目は主査を担当しました。昨年 4 月に私が主査となったときに、私が委員となった頃と比べてさまざまな Web サービスやコミュニケーションツールが出現・普及したことや、メーリングリストに自身と関係のない情報も多く流れて必要情報を見落としてしまうことがあるという状況を踏まえて、昨年度は作業の進め方をいろいろと変えました（ざっくりと述べると、自分に関係ない情報は受動的には届かないけど能動的には見に行けるという方針）。企業ごとに利用できるサービス・ツールがまちまちであるため、この変更で業務が改善された方も改善された方もいらっしゃると思います。ご対応いただいた MWG 委員の皆様には心より感謝申し上げます。

一方で、新世代企画委員会は、ジュニア会員や若手研究者向けの支援に取り組んでいる委員会です。主要な取り組みとしては、「IPSJ-ONE」や「先生、質問です！」の企画をしています。当時の委員長の寺田先生から「やんちゃなことをしてほしい」とお声がけいただいたものの（これは元々、当時本会会長喜連川優先生の掲げた委員会のミッションとお聞きしています）、根が真面目な私は最後までやんちゃなことはできず、とはいえ楽しく取り組ませていただきました。私は主に、五十嵐悠紀さんに手取り足取り教えていただきながら「先生、質問です！」を担当させていただきました（企画の進め方は本当に勉強になりました）。本企画の立ち上げの経緯や進め方などに興味を持たれた方はぜひこちらの記事¹⁾もご覧ください。また、新世代企画委員でも 4 年目になりようやく自分がしたいことが分かり、「予算申請者作成メンタリング」を企画しています。こちらは日本学術振興会主催の博士課程学生向けの支援制度である学振 DC1/DC2 の申請書作成支援を行っています。情報学を盛り上げ

るのに少しでもお手伝いできればうれしいと思って取り組んでいます。

この 4 年間いろいろと楽しかった思い出はありますが、うれしかったことといえば 2018 年度学会活動貢献賞（表彰の名目は会誌編集委員会と新世代企画委員会の連携業務への貢献）をいただいたことが思い出深いです。連携のため会誌編集委員会に出席しているうちに特集のゲストエディタにお声がけいただいたり、特集で記事を執筆させていただいたり、『先生質問です！』公開セッションの司会を担当させていただいたり、貴重な機会をいただけました。また、会誌編集委員会にはさまざまな分野の研究者の方が参加されていて、普段議論させていただくことの少ない他分野の方の意見はとても興味深く、分野に閉じた委員会ではなかなか得難い経験となりました。

こうして会誌に関連していくつか仕事をさせていただくうちに、重大なことに気付きました。それは、会誌事務局の仕事多すぎでは? ということでした。稲見先生は精力的に新しい取り組みを始められた（特に会誌のオンライン化をあのスピードで実現したのは圧巻でした）ので、事務局の皆様方はルーティンの作業に加えて、追加でさまざまな業務をこなされていていました。その作業量を横目に見つつ、事務局の業務負荷軽減に何か貢献できることはないかと考えて、MWG 業務に関して可能な限り自動化しました（流行りの表現をすると MWG の DX でしょうか）。具体的には、アンケートの自動作成スクリプト、収集したアンケートの自動整形スクリプト、アンケートサマリ作成スクリプトを作成しました。スクリプトの実行環境も私の方で整備させていただいたものの、現在これらのスクリプトは事務局にて実行していただいています（情報を冠する学会の事務局だけあって、IT リテラシは相当高くないでしょうか?）。

本稿を執筆しながら振り返ってみると、楽しかった記憶の大半はいろんな人との議論や雑談だったことに気付きました。この 4 年間、一緒に仕事させていただいた皆様、本当にありがとうございました。またどこかで一緒することがあれば、どうぞよろしくお願い申し上げます。最後に、私事ですが 2019 年度に大学から企業に転職して、委員の仕事もセーブすることになるだろうと思っていました。いざ蓋を開けてみれば思うように活動させていただきました。弊社の寛大な配慮に感謝いたします。

参考文献

- 1) 樺 惇志：集めよ！ジュニア会員！！：6. 「先生、質問です！」が目指すこと、情報処理学会、情報処理、Vol.60, No.9, pp.855-858 (Sep. 2019).

（樺 惇志／（株）デンソーアイティラボラトリ）

.....



編集委員退任にあたって

はじめまして、2015年4月より本誌編集委員を務めさせていただいた斎藤俊則と申します。このたび編集委員を退任することになりました。任期中は学会事務局および編集委員会の皆様方にお大変お世話になりました。まずはこの場を借りて深く御礼申し上げます。

僭越ですが、ここで少しか任期中のことを振り返ります。まず、会誌づくりが編集委員のボランティアワークと学会事務局のプロフェッショナルな仕事の連携で成り立つこと、この連携に微力ながら参加する機会をいただいたことの尊さを改めて思い返す次第です。編集長以下、各編集委員はそれぞれ多忙な本業を持ちながら、多大なる労力を編集作業に割り当てており、編集に関する業務連絡は日々絶えることはありません。その作業にかかわる中で、私は各委員の情報分野のエキスパートとしての責任感や使命感に多く触れました。私にとってこの経験は大変尊いものでした。

他方、これは私個人のことなのですが、任期の後半は自身を取り巻く状況、特に学会を通じた社会貢献に割くことのできる時間や労力の変化により、EWG（本誌教育分野のワーキンググループ）の幹事を引き受けながら、ほかの委員の作業を助けるまでに力が及ばなかった点に^{じくじ}忸怩たる思いがあります。EWGメンバの皆様に対してはこの場を借りて心よりお詫び申し上げます。この点についてはボランティアワークとしての学会活動の難しさを噛み締めるところです。

他方、任期のあったこの6年間に本誌の在り方は大きく変わりました。特にこの期間は本誌が伝統的な紙媒体からデジタルメディアによるコンテンツ発信へと軸足を移してゆく期間であったと思います。この変化は我が国におけるデジタルトランスフォーメーションのフラグシップを自認する情報処理学会

の在り方と歩調を合わせたものであり、他学会に先駆けてデジタルメディアを活用した多様なコミュニケーションの可能性を示した点で大変重要な変化でした。

この変化により、情報分野にて一定程度の速報性を担いつつ、専門性に裏打ちされた質の高く有用な知識の普及を使命とする本誌の位置付けはより明確なものとなりました。本誌を通して読者は情報分野で今何がホットな話題であり、その話題の核心は何であるのかを短時間のうちに掴むことができます。情報分野においてこのような速報性と質の高さを兼ね備えた媒体は他に類を見ないものであり、会員になることの大きなメリットを創り出しているといえます。

私の在任中、本誌編集委員会は情報分野の魅力や可能性を発信すべく、ほかにも会誌の枠に囚われない野心的な試みを数々行ってきました。また本会自体もジュニア会員制度の創設など次世代への働きかけを強めています。よく知られる通り、我が国は社会のデジタル化においてさまざまな課題を抱えており、その一因はデジタル化の価値や可能性に対する社会全体の理解が進まない点にあると考えられます。この状況の改善においては、情報分野の専門家による社会全体への教育的かつ啓蒙的な働きかけが大きな意味を持つことでしょう。そのような中で、会員に対する本会の情報分野をより身近なものとするための取り組みはますます重要になると考えられます。

本誌編集委員会におかれましては、ぜひとも斬新で野心的な、そして何より編集委員自体が楽しんでいることが伝わるような新しい企画の数々によって、ジュニア会員をはじめとする会員読者に対する、情報分野への（そしてEWGの立場からは情報教育への）理解の裾野の拡大にその力を奮っていただければと思います。また、これからも本誌に関して何かお役に立てることがあれば気軽に声がけいただければと思います。どうもありがとうございました。

（斎藤俊則／星槎大学）

.....



会員の広場

今月の会員の広場では、3月号へのご意見・ご感想を紹介いたします。まず、巻頭コラム「エモーショナルなロボットを作るわけ」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

- なにげない生活のロボットと人間とのやりとりから気づきを得て、ロボットの生活での役割を示すビジョンを示したことは夢があつてよい。(匿名希望)
- ロボットの将来像が楽しい。(大野知彦)
- エモーショナルという言葉はここ数年よく聞くので、もっとほかの表現がないだろうかと思った。(匿名希望)

特集「DX時代のサプライチェーン・セキュリティ」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

「0. 編集にあたって」

- 高度にネットワーキングされたCPSが経済社会基盤となっていくと個別対処では十分なセキュリティ対策とはいえず、サプライチェーン全体でのセキュリティ対策とそのV&V (Verification & Validation) 確保の仕組みが必要となる点は理解。(立石譲二)
 - DXについてのサイバーセキュリティに関する包括的な方向性を示している。(渡邊 滋)
 - 特集記事全体について、制度的な話が多く、全体的に読んでいて面白いとは思えなかった。(匿名希望)
- 「1. サプライチェーンにかかわるセキュリティを確保するための仕組みと制度」
- 網羅的にサプライチェーンを前提としたサイバーセキュリティの認証フレームワークについてまとめられていて、有用である。(匿名希望)
 - 巨大化・複雑化しているサプライチェーンのセキュリティ確保について俯瞰的な説明がなされており、その重要さ・困難さが理解できた。セキュリティ自体の強化だけではなく、説明責任を果たすことが重要との指摘は同感で納得できた。(丹羽邦彦)
 - サプライチェーンのグローバル化が進んでいる中で、国際的なサプライチェーンのセキュリティにはどのように取り組まれているかも関心があるところで、もう少し説明があってもよかった。(丹羽邦彦)
- 「2. サイバー・フィジカル・セキュリティ・フレームワークを活用したサプライチェーン・セキュリティの確保」
- サプライチェーンの危うさ、またその解決にはまだ難しい問題が多いことがよく分かった。(匿名希望)
 - CPSFの概要が説明されており、その考え方は参考になった。CPSFは産業界全体を対象としたモデル的枠組みであり、それを各産業分野に具体的な形で落とし込むことが重要であるので、今後の各SWGの検討に期待したい。(丹羽邦彦)
 - 文中で「セキュリティ」と「セキュリティ・セーフティ」とが用いられているが、意図的に使い分けているのか、どのような定義で使われているのか、興味があるところである。(丹羽邦彦)

「3. サプライチェーン・セキュリティの脅威と対策の動向」

- ここ数年で起きた事件を念頭に置きながら読み進められた。(匿名希望)
 - システムを利用する際の脅威について、再確認できました。(匿名希望)
 - サプライチェーンで実際に発生したセキュリティインシデントの事例を分類・整理して説明しており、その実態が理解できた。(丹羽邦彦)
 - 脅威に対してどのようにすべきかについて、より具体的な案があればよいと思った。(匿名希望)
 - 対応を個人レベルまでに広げる必要がある。(足立潔史)
- 「4. 制御機器のセキュリティ認証制度」
- ネットワークに接続された制御機器においても、外部からの攻撃によるセキュリティインシデントが発生する事例があることは、大変興味深い。(匿名希望)
 - 関係する活動が広く網羅され、分かりやすく説明されていた。(伊藤雅樹)
 - 一般読者の行動への推奨があればなおよかった。(伊藤雅樹)
- 「5. 第三者認証によるサプライチェーン・セキュリティの確保とアシュアランス」

- 今後IT化がさらに進むにつれての、セキュリティ対策についての展開を知ることができた。(匿名希望)

- Charter of Trustによって今後どのような効果が出てくるのか楽しみ。(匿名希望)

「6. 米国を中心とした第三者機関によるセキュリティ評価の動向」

- 米国の動向が新鮮だった。(匿名希望)
- 海外事情が分かる。(新田義彦)
- アジア圏枠を広げるとよい。(新田義彦)

「7. ソフトウェア部品表(SBOM)に基づくリスク管理」

- リスク管理に興味あり。(匿名希望)
- SBOMの重要性は理解できた。(伊藤雅樹)
- SBOMを活用するにあたっての、具体的な提案や示唆が読み取れなかった。(伊藤雅樹)

解説「プログラミングの思考がわからない」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

- 高い視点から「プログラミング」を眺めた内容が新鮮であった。(平澤将一)
- プログラミングの性質について、観念的でない議論に説得力がある。(巫召鴻)
- 分からないことを分かるようにするために、根本的に思考形態の違いを考慮するのは非常に重要なので興味深かった。(岩瀬 正)
- 論理的ではないプログラミング、ではどうなるのか、どうするのか、見えなかった。(平澤将一)
- 結論的な論点に関する具体的説明が足りなかった。(渡邊 滋)

教育コーナー「べた語義」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

「ハイレックス授業」

- 昨年の厳しい大学運用から見出されたメリットが見えた。(平澤将一)
- ハイレックス授業について、ほかの人がどのようにやっているかが分かってよかった。(匿名希望)

■「習慣」の力は大きい(学習継続など)と思うのだが、そのような点での弊害はなかったのか書いてほしかった。(匿名希望)
「第13回全国高等学校情報教育研究会全国大会(オンライン大会)」

■高等学校における情報教育の現状がよく分かりました。(川口雅司)

■触れる機会の少ない大会の内容の紹介が有意義。(巫召鴻)

連載「情報の授業をしよう! : 新学習指導要領『情報I』の授業を考えよう」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■高校生の興味関心が高く、学習したことを実践しやすい題材として、大変興味深く読みました。(金子雄介)

■情報Iでスタンプ制作を通して体系的に学べる点はとても良いと感じた。(笹部聖也)

■LINEスタンプの制作に取り組んだ生徒たちの声を聞きたいと思いました。(松浦満夫)

連載「ビブリオ・トーク：情報系のための離散数学」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■ほかの類似書籍との比較が書かれているので参考になった。(匿名希望)

■離散数学を学ぶことがコンピュータでプログラミングやデータを扱う際の基礎になることを具体的に強調されている点が印象的に思います。一度本書を手にとってみたいと思いました。(松浦満夫)

■離散数学と論理的思考についてもう少し説明が欲しかった。(匿名希望)

連載「5分で分かる!? 有名論文ナナメ読み : Jooho Kim and Makarand Hastak : Social Network Analysis : Characteristics of Online Social Networks After A Disaster」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■リスク管理の1つとしてのソーシャルメディアの役割について考えさせられました。(川口雅司)

■会誌で比較的珍しい計算社会科学分野の論文を取り上げていた。(風間一洋)

■災害時におけるソーシャルメディアの役割と可能性についての分析に興味を覚えました。(松浦満夫)

■広く浅く解説すると読みやすくなる。論文の査読報告ではない。(新田義彦)

連載「先生が質問です!!」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■オンラインテストに対するさまざまな試行錯誤が見えた。(平澤将一)

■先生がどんなことにギモンを持っているのか着眼点を学ぶのも勉強だと思うので、良い企画だと思う。(金子雄介)

■具体例で授業運営の仕方のヒントがたくさんあった。(匿名希望)

■オンラインテストではテスト中の情報検索によって正答率が高くなるのが悩ましい、との課題ですが、そもそも社会に出たら「情報検索してはダメ」などというケースはまずない(むしろ逆)ので、それが正しい姿なのでは、と思ってしまいました。(寺田岳生)

委員会から「第83回全国大会にて"デリバリー"始めます!」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■「お届け Info」の内容が漫画で説明しており、大変良い企画で、読者を増やす良い企画であると思います。(匿名希望)

■このハイブリッド学会をヒントに授業運営でも工夫してみたい。(匿名希望)

■使ってみないとイメージがわからない面もあるので、ぜひ活用後の体験報告なども知りたいです。(匿名希望)

会議レポート「Recsys 2020 参加報告」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■国際会議のポイントの押さえ方と、その紹介の仕方がとても上手い。(風間一洋)

会誌の内容や今後取り上げてほしいテーマに関して、以下のようなご意見やご要望をお寄せいただきました。今後の参考にいたします。

■巻頭コラムには今月号のようなベンチャー関係の方にまた執筆していただけるとありがたいです。(川口雅司)

■行政や司法におけるITやAIの活用の可能性について取り上げてほしい。(巫召鴻)

■学術テーマ、学際テーマを併せて取り上げてほしい。(上木正博)

note「情報処理」(<https://note.com/ipsj>)に掲載されている記事に関して、以下のようなご意見やご要望をお寄せいただきました。今後の参考にいたします。

■noteの記事から、会誌や学会Webページへの導線があるとよいと思う。(金子雄介)

■暗号化、5G関連情報、特定業種の特集など何号分かや年間分を溜めた後で何かに注目したときに、まとめて見直しや調査などを行うことが多く、そのようなときに非常に助かります。(西村隆之)

「先生、質問です!」に質問があればご記入ください。

■情報学に必要な基礎数学を、先生方はどのように勉強して来られたのでしょうか?(服部充洋)

■今後の高専教育はどうあるべきですか?(匿名希望)

■博士課程時代のエピソードや博士を取得する意義を教えてください。(川村慎太郎)

■将来AIにかかわる仕事をしたいと思っています。どういう進路を選択していけばいいのかを教えてください。(匿名希望/ジュニア会員)

【本欄担当 加藤千裕・山本祐輔/会員サービス分野】

これらのコメントはWeb版会員の広場「読者からの声」<URL: <https://www.ipsj.or.jp/magazine/dokusha.html>>にも掲載しています。Web版では、紙面の制限などのため掲載できなかったコメントも掲載しますので、ぜひ、こちらでも参照ください。会誌や掲載記事に関するご意見・ご感想は学会Webページでも受け付けております。今後もより良い会誌を作るため、ぜひ皆様のお声をお寄せください。

「情報処理」アンケート回答フォーム▶

<https://www.ipsj.or.jp/magazine/enquete.html>



連載 <Info-WorkPlace 委員会企画>



働き方を
共有しよう!



CASE 2:1粒で4度美味しい!? オンライン講演の味わい方

♡ 4



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021/04/26 14:04

...



渡辺知恵美（筑波技術大学）

毎日の生活が大きく変わってから、1年が経ちました。学会や研究会などもすべてオンラインで行われるのが通常となってきました。

これまで数カ月一度の学会や研究会で普段会うことのできない先生方やほかの大学の学生たちと顔を合わせてそれぞれの近況や雑談をするのを楽しみにしていた私としては寂しい思いもあります。ただ個人的には今年はこれまでになく発表や聴講を楽しむことができた1年でした。オンラインでの開催を工夫してくださった運営の皆様方のおかげで講演を味わい尽くす経験ができました。

今回は1粒で4度美味しい!? オンラインならではの講演の味わい尽くし方を書いてみます。

▼ 目次

1回目：参加する

2回目：思いを共有する

3回目：何度も見る

4回目：動画をみんなで見る

まとめ：実は全部オンサイトでもできる

余談：雑談したい病

1回目：参加する

今年は勉強会に参加する回が増えました。地方在住で小さい子供もいる我が身としては平日夜の参加は難しいですし、夕方も保育園のお迎えで途中で抜けることも

ありました。それに比べると自宅や仕事場から数秒で参加できる環境が増えたことは本当にありがたいです。また運営側も参加者も皆オンラインという環境のおかげでゴールデンタイム（18：00～20：00 子供のお迎えから夕飯を食べるまで）を避けてくれる勉強会もあり大変助かりました。

2回目：思いを共有する

一部の勉強会では、テキストチャットを活用しともに講演・発表を聞いている人同士で「なるほど」「勉強になる」「これはすごい」「これは何だろう」といった即時的な感想を共有することができました。私はこの実況チャットをととても気に入っています。脊髓反射レベルで極小のアウトプットができる上、聴講者同士で場を共有できる、多様な受け取り方をリアルタイムに知ることができる、専門用語などを補足してくれる人も現れる、あとで見返し思い返すことができる、などたくさんのメリットがあるからです。それに意外とオンサイトで場を共有しても発表中は会話できないので、実はオンサイトよりも得られる情報は多いのでは？という気がします。

3回目：何度も見る

会によっては一般公開もしくは参加者限定で発表動画を共有してくれることが増えたように思います。会当日はセッションが並列で見られなかった発表も見ることができます。やってよかったことは、一度リアルタイムで聴いた講演を車の運転中や家事をやっている間などに聞き返してみたことです。大体の流れは覚えているのでスライドを見ずに音声だけでも分かりますし、聞き逃していたこと勘違いしていたことなどに気付いたり考えを整理することができました。

4回目：動画をみんなで見る

とはいえ日々の仕事に追われていると動画を見る時間を作るのも難しいことがあります。とある勉強会ではイベント後に動画視聴会があり、とても有益でした。

「思いを共有する」「何度も見る」の両方の良さを得ることができます。当日だと次々に発表があってなかなか感想も言い合えないけど、動画視聴会なら動画を見た後じっくり感想戦をすることもできます。

また、自分が発表した動画をみんなと一緒に見るのもこれまたお勧めです。発表の補足をしたり裏話をしたり感想や質問をその場で受けられたり、当日よりも多くのフィードバックを受けることができます。もう一度発表し直さなくていいので楽です。

まとめ：実は全部オンサイトでもできる

「オンラインならではの楽しみ方」と銘打ってまとめてみたんですが、実は4つともオンサイトでもできることでした。今回のような経験を経て、勉強会の運営方法や楽しみ方も今後は変わっていくのかもしれませんが。

余談：雑談したい病

それでもやっぱり残念なのは参加者同士で気軽に雑談ができないことです。雑談用の場所を用意してくださる場合もあるんですが、そこに入るハードルがなかなか高いのは一体なぜなのでしょうね（オンサイトでも誰もいない部屋に入るのは抵抗ありますからそういうものなのでしょう）。

「さて皆さんで雑談しましょう」というのは違和感があるという話も聞きます

が、やはりオンラインイベントでは明示的に雑談をする時間と場を設けるのがよいのかなあ、というのが個人的な見解です。あえて自由度を狭め、グループと時間とネタ（印象に残った発表、明日何聴く？など）を決めて話すと意外と面識がない方ともお話しできるし、かなり雑談欲が満たされます。

(2021年3月31日受付)

(2021年4月26日note公開)

■ 渡辺知恵美（正会員）

2003年お茶大大学院博士後期課程修了。博士（理学）。奈良女子大学助手、お茶の水女子大学講師、筑波大学准教授を経て、2019年4月より筑波技術大学准教授。

★働き方について、もっと考えたい人はこちら→ [『Info-WorkPlace』note](#)

● 論文誌ジャーナル掲載論文リスト

Vol.62 No.5 (May 2021)

【特集：情報システム論文】

- 特集「情報システム論文」の編集にあたって 柿崎淑郎
- A Secure Cloud-Centric IoT Framework for Smart Device Registration Songpon Teerakanok 他
- 送信ドメイン認証を用いた送信者レピュテーション構築手法の提案 櫻庭秀次 他
- Understanding the Fake Removal Information Advertisement Sites Takashi Koide 他
- 地域性とリアルタイムの周辺状況に応じたカラオケ楽曲推薦 田中茂樹 他
- Cross Modality Pre-Trainingを用いたTwo-Stream 3D Convolutional Neural Networksによる万引き行動の自動検知 山下 裕之介 他
- 機械学習を用いた患者の痛み推定に関する研究 渡邊一規 他
- 協調学習の授業づくり支援のための「学譜システム」開発 (2) ——「開発教材」ページ追加の効果 白水 始 他
- 幾何と位相の特徴に基づいた点群データから道路地物の識別に関する一考察 梅原喜政 他
- 点群データを用いた橋梁パラメトリックモデルの生成に関する研究 窪田 諭 他
- ビッグデータ時代の経済ゲーム実験：クラウドソーシングを用いた大規模公共財ゲーム実験の実施 後藤 晶

【一般論文】

- 車線分割に基づきエッジサーバを配置したダイナミックマップシステムのスケラビリティ向上 細野航平 他
- MirrorNet: A Deep Reflective Approach to 2D Pose Estimation for Single-Person Images Takayuki Nakatsuka 他
- スマートフォン環境光センサを用いた可視光測位の提案 佐藤拓斗 他
- 経済ニュースによる景況感指数の足元予測 関 和広 他
- 無線フレームの観測に基づく IoT 機器の把握支援システム† 江川悠斗 他
- 行動認識ニューラルネットワークによる特徴抽出の可視化と転移学習への応用* 吉村直也 他
- 単語ベースの機械学習モデルによる未知の悪性 PowerShell スクリプトの検知手法* 田尻裕貴 他
- ゼロエフォートセンシングによる屋内 Wi-Fi AP の 3 次元位置推定手法* 天野辰哉 他
- DGA マルウェアにより自動生成された悪性ドメインの判別 佐藤彰洋 他

*: 推薦論文 Recommended Paper

†: テクニカルノート Technical Note



● 論文誌トランザクション掲載論文リスト

(May 2021)

【論文誌 プログラミング Vol.14 No.2】

- 圏論にもとづく正則項上の単一化の形式化 宮前海里 他
- フラット項書き換えシステムにおける正規形の一意性に関する性質の決定不能性 佐藤悠稀 他
- An Extensionally Equivalence-ensured Language for Task Parallel Processing with Backtracking-based Load Balancing Tatsuya Abe 他



【論文誌 コンシューマ・デバイス&システム Vol.11 No.2】

- Heterogeneous Sensor Fusion with GMPHD for Environmentally Adaptable Obstacle Detection in Mobility Systems Chow Man Yiu 他
- IEEE 802.19.3 Standardization for Coexistence of IEEE 802.11ah and IEEE 802.15.4g Systems in Sub-1 GHz Frequency Bands Yukimasa Nagai 他



【Transactions on Bioinformatics Vol.14】

- A Method for Objective, Quantitative and Detailed Evaluation of Human Motor Control Function Kyota Aoki 他



◎ IPSJ カレンダー◎

学会イベントの最新情報を下記 URL でご案内しています。新型コロナウイルス感染症拡大を受け、開催方法の変更、開催中止などの可能性がありますので、最新情報をご確認いただきますようお願いいたします。

<https://www.ipsj.or.jp/calendar.html>



書評（ビブリオ・トーク）・会議レポート募集のお知らせ

情報処理学会会誌編集委員会では、会誌「情報処理」に掲載する書評、および会議レポートを広く会員の皆さまから募集しています。

1. 募集対象 次の2種類の記事について、原稿を募集します。書評に関しては、「ビブリオ・トーク—書評—」、「ビブリオ・トーク—私のオススメ—」の2つのカテゴリを設けます。

- a-1) ビブリオ・トーク—書評—：過去2年間に出版された、本会会員にとって有益な図書についての紹介もしくは批評。
a-2) ビブリオ・トーク—私のオススメ—：お気に入りの本の紹介。
b) 会議レポート：情報処理に関する国際規模の会議・大会の報告など、時事性が高く、本会会員に広く知らせる価値のある話題。

2. 応募資格

原則として本会会員に限ります。

3. 応募の手続き

- 1) 表題：ビブリオ・トークの場合は、書評もしくは私のオススメの投稿カテゴリ、著者名、書名、ページ数、発行所、発行年、価格、ISBNを書く。会議レポートは、見出しを書く。書評、会議レポートの別を左肩に書く。
2) 評者名（会議レポートの場合は筆者名）・所属・評者連絡先（住所、E-mail、Faxなど）の記載を忘れずに。
3) 本文：ビブリオ・トークは1,500字以内または3,000字以内（1または2ページ）。会議レポートは2,100字前後で書く。
4) その他：（必要であれば）参考文献、付録、図、表をつける。詳しくは「原稿執筆のご案内／書評・会議レポート」（<https://www.ipsj.or.jp/magazine/sippitsu/shohyonews.html>）を参照してください。

4. 原稿の取扱い

投稿された原稿は会誌編集委員会で審査し、採否を決定します。採用にあたっては原稿の修正をお願いすることがあります。あらかじめご了承ください。

5. 照会／応募先 一般社団法人 情報処理学会 会誌編集部門 E-mail: editj@ipsj.or.jp



読後のご意見をお送りください

本誌では、現在約200名の方々に毎号のモニタをお願いしておりますが、より多くの読者の皆さんからのご意見、ご提案をおうかがいし、誌面の充実に役立てていきたいと考えておりますので、以下Webページから奮って事務局までお寄せください。

「情報処理」アンケートページ <https://www.ipsj.or.jp/magazine/enquete.html>

一般社団法人 情報処理学会 会誌編集部門 E-mail: editj@ipsj.or.jp

アンケートページ
QRコード



2021 年度定時総会の開催について

会長 江村克己

2021 年度定時総会を下記により開催いたします。総会の案内状は、5 月中旬頃に法律上の社員である代表会員の方々に電子メールでお送りいたします。ご欠席の場合には、必ず委任状をご返信ください。

記

日時 2021 年 6 月 8 日（火）15：00～15：45 頃
会場 オンライン開催
次第
1. 2020 年度に係る報告
2. 新名誉会員の推薦
3. 新役員の選任
4. 2021 年度に係る計画（報告）
5. 会費滞納会員の取り扱い（報告）
COVID-19 の影響のため表彰式は中止といたします

照会先 一般社団法人 情報処理学会 管理部門

【ご案内】会誌「情報処理」のオンライン記事について

会誌「情報処理」の特集記事は、これまで冊子、オンライン（電子図書館）の両方に掲載しておりましたが、次のとおり オンラインのみへの掲載 に変わりました。また、オンライン限定記事の掲載も始まりました。

◆開始月：2020 年 11 月号（発行日：2020 年 10 月 15 日）

◆閲覧方法：会員区分によって異なりますので以下をご確認ください。

【個人会員の皆様】

電子図書館（情報学広場：<https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/>）にログインし、該当記事の pdf をダウンロードしてください。すでに電子図書館をご利用いただいている方は今までどおりです。

電子図書館を初めて利用される方は、会員としてのユーザ登録が必要になります。

未登録の方には毎月上旬に次の件名のメールを送信しておりますので、到着次第、登録してください。

- 件名：[情報学広場：情報処理学会電子図書館] ユーザー登録のご案内
- 差出：ipsj-ixsq@nii.ac.jp

【個人会員】



電子図書館
(情報学広場)

★詳細：電子図書館利用方法（個人用）－利用までの流れ（<https://www.ipsj.or.jp/e-library/ixsq.html#anc2>）

ご案内メールをお急ぎの方や閲覧方法が分からない方は、会員サービス部門（E-mail: mem@ipsj.or.jp）に会員番号を添えてご連絡ください。

【賛助会員各位・購読員の皆様】

賛助会員・購読員の企業・大学に所属されている方に「情報処理」（冊子）を貸し出しした場合、特集の閲覧方法について照会がございましたら、次の手順をお知らせください。

<手順>

- (1) 「情報処理」の特集ページ（扉または概要ページ）を開く。
- (2) 閲覧申込の URL にアクセスする（または QR コードを読み取る）。
- (3) 必須事項を入力し送信する。
- (4) 次の件名（6 月号の場合）の受信メールに従って、電子図書館から特集の pdf をダウンロードする。

- 件名：情報処理 2021 年 6 月号（Vol.62, No.6）「チケットコード」とご利用方法のご連絡

★注意事項

- 法人アカウントではご利用いただけません。
- 閲覧される方が電子図書館のユーザ ID をお持ちでない場合は、ご自身でユーザ登録する必要があります。

本件に関する問合せ先：一般社団法人情報処理学会 会員サービス部門 E-mail: mem@ipsj.or.jp



ご寄付のお願い

情報処理学会は、情報処理に関する学術および技術の振興をはかることにより、学術、文化ならびに産業の発展に寄与することを目的に各種事業を戦略的に展開しております。今回、学会活動の更なる活性化を図る上で会員の皆様からご寄付を頂戴いたしたく、お願いを申し上げます。

皆様から頂きますご寄付は

情報技術を通じて、人類及び世界の発展に資するため

情報技術を中心に学術および技術の振興に資するため

将来を担う人材の育成に資するため

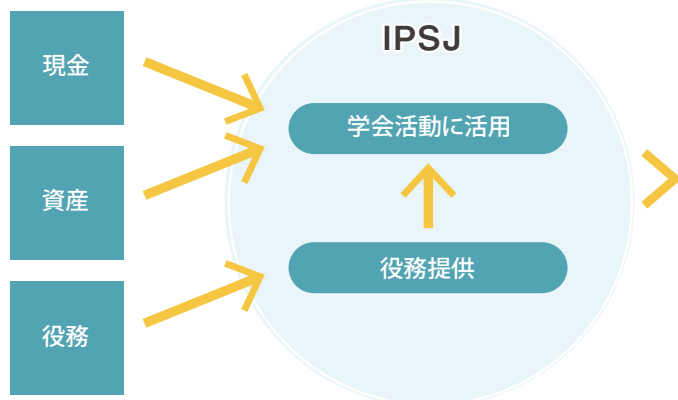
などの観点に照らし、下記の項目に活用させて頂く所存です。

今回ご寄付をお願いしたいのは現金に加えて、情報技術に関わる有形無形の資産（著作物、電子コンテンツ、特許、ソフトウェア等）、ボランティアで提供いただける役務提供（経験や知識に基づく役務）なども含みます。お預かりいたしましたご寄付のうち使途のご指定のあるものは、そのご意向に沿った活用をさせて頂き、ご指定のないものは、その使途を学会活動の活性化に有効な諸事業で活用させて頂きます。今後も会員の皆様の絶大なるご支援・ご協力を頂きながら、学会発展のために努力して参る所存でありますので、何卒よろしくお願い申し上げます。

* ご注意 情報処理学会は寄付金に対する税金が優遇される特定公益増進法人ではございません。

IPSJ 寄付

会員他寄付



活用先

教育・育成

情報入試 子ども教室 パソコン教室

社会貢献

表彰

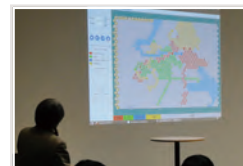
国際活動

規格標準化

情報資産保存

学会諸事業

その他



詳しくはこちら

<https://www.ipsj.or.jp/annai/other/donation.html>

お問合せ

一般社団法人 情報処理学会 管理部門

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5 化学会館4F

TEL 03-3518-8374 FAX 03-3518-8375

✉ soumu@ipsj.or.jp

人材募集 (有料会告)

申込方法: 任意の用紙に件名、申込者氏名、勤務先、職名、住所、電話番号および請求書に記載する「宛名」、Web掲載の有無などを記載し、掲載希望原稿（[募集職種、募集人員、(所属)、専門分野、(担当科目)、応募資格、着任時期、提出書類、応募締切、送付先、照会先]）を添えて下記の申込先へ、E-mail、Fax または郵送にてお申し込みください。

*都合により編集させていただく場合がありますので、ご了承ください。

申込期限: 毎月15日を締切日とし翌月号（15日発行）に掲載します。

掲載料金: 国公立教育機関、国公立研究機関 22,000円（税10%込）

賛助会員（企業） 33,000円（税10%込）

賛助会員以外の企業 55,000円（税10%込）

*本会誌へ掲載依頼いただいた場合に限り、追加料金4,400円（税10%込）で同一内容を本会Webページに掲載できます。

申込先: 情報処理学会 会誌編集部門（有料会告係） E-mail: editj@ipsj.or.jp Fax(03)3518-8375

*原稿受付の際には必ず原稿受領のお知らせを差し上げています。もし3日以内（土日祝日除く）に返信がない場合は念のため確認のご連絡をください。

*特に指定がないかぎり履歴書には写真を貼付のこと

■金城学院大学

募集人員 教授相当、准教授・常勤専任講師相当 1名【常勤（任期なし）】

研究分野 情報学 - 情報学基礎、社会科学 - すべて

着任時期 2022年4月1日

応募締切 2021年5月31日（必着）

その他 応募条件・提出書類・提出先などの詳細:

<https://www.kinjo-gakuin.jp/recruit/detail/734>

■福岡大学理学部物理科学科

募集人員 准教授 1名【任期: なし】

専門分野 物理学に関連した計算機科学

応募資格 博士の学位を有し、本学での教育と研究に対して意欲と熱意があり、社会的な教育研究活動にも積極的である方

着任時期 2022年4月1日

応募締切 2021年7月20日

その他 詳細は下記URLを参照のこと

<http://www.sci.fukuoka-u.ac.jp/phys/koubo.html>

■慶應義塾大学理工学部管理工学科／大学院理工学研究科開放環境科学専攻（オープンシステムマネジメント分野）

募集人員 専任講師、専任講師（有期）、または助教（有期）いずれか1名

専門分野 情報科学（情報科学を基盤とし、共生インタラクションや自律・汎用AI、IoT、データサイエンス、計算社会科学など、Society 5.0の先を見据えた次世代AI実現に向けた研究開発を、多様な異分野連携の下、管理工学・経営工学的視点から現場問題解決を視野に入れつつ、アクティブに研究・教育ができる人材）

担当科目 学部での情報科学分野の講義科目、演習・実験科目を担当する（助教（有期）の場合は演習・実験科目のみ担当する）。具体的な担当科目については採用決定後相談し、決定する

応募資格 ・博士の学位またはPh.D.を取得している方。あるいは2022年3月31日までに取得する見込みの方

・上記の研究・教育に従事する十分な能力を有すること
・学部および大学院の研究・教育に対して熱意があること

応募締切 2021年6月18日（必着）

照会先 管理工学科 主任 鈴木秀男

E-mail: shunin@ae.keio.ac.jp

その他 詳細は、https://www.st.keio.ac.jp/corporations/recruit/20210322_02.html をご参照ください



◆◆ 有料会告について ◆◆

本会の主催・共催行事および協賛・後援記事の次第書（論文募集，参加案内等）の本誌掲載については，下記により有料にて取り扱っていますのでお知らせします。

記

■掲載条件

件名	内容	掲載単位	掲載料金（税抜）	
論文募集／ 参加者募集	国際会議，シンポジウム，ワークショップ，講演会，講習会などの論文募集・参加者募集	1 ページ，1/2 ページ または 1/4 ページ	（主催・共催）	
			1 ページ	55,000 円（税 10% 込）
			1/2 ページ	33,000 円（税 10% 込）
			1/4 ページ	22,000 円（税 10% 込）
			（協賛）	
			広告として取り扱う	
人材募集	国公立教育機関，国公立研究機関， 企業の人材募集	10 行程度	国公立教育機関，国公立研究機関	22,000 円（税 10% 込）
			賛助会員（企業）	33,000 円（税 10% 込）
			賛助会員以外の企業	55,000 円（税 10% 込）
			* 本会誌へ掲載依頼いただいた場合に限り，追加料金 4,400 円（税 10% 込）で同一内容を本会 Web ページに掲載できます。	

■申込方法

任意の用紙に，件名，申込者氏名，勤務先，職名，住所，電話番号および請求書宛先，Web 掲載の有無（人材募集のみ）などを記載し，掲載希望原稿を添えて下記の申込先へお申し込みください。

■原稿の書き方

- 行事次第書： A4 変形判カメラレディまたは PDF ファイル（フォント埋め込み）とします。
 (1 ページ) 天地 250mm × 左右 180mm
 (1/2 ページ) 天地 120mm × 左右 180mm
 (1/4 ページ) 天地 55mm × 左右 180mm
 * A4 変形判以外の原稿は縮小または拡大となりますのでご注意ください。

- 人材募集： 次の項目を明記し，E-mail または Fax，郵送にてお送りください。
 [募集職種，募集人員，(所属)，専門分野，(担当科目)，応募資格，着任時期，提出書類，応募締切，送付先，照会先]
 * なお，都合により編集させていただく場合がありますので，ご了承ください。

■申込期限

毎月 15 日を締切日とし，翌月号（15 日発行）に掲載します。

■掲載料金

掲載号発行日に料金を請求いたしますので，3 カ月以内にお支払いください。

■掲載申込先

一般社団法人 情報処理学会 会誌編集部門（有料会告係）
 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台 1-5 化学会館 4F
 E-mail: editj@ipsj.or.jp Tel (03) 3518-8371 Fax (03) 3518-8375



「情報処理」 カタログ同封サービスの ご案内

？
カタログ同封
サービスとは？

毎月会員に配布している学会誌に貴社 / 貴校のカタログや広告を同封し、直接読者にお届けするサービスです。
通常のDMと異なり学会誌に同封しますので、**読者の開封率は格段に上がります。**
また、カタログ送付にかかる**コストを最小に抑えることができ、なおかつ情報処理を専門とする読者にターゲットを絞った効果的な案内を出すことが可能**となります。

お申し込み方法と掲載までの手続き

- ①封入希望月の前月 15 日までに下記事項を記載の上、問合せ先までお申し込みください。
◆会社名、担当者、連絡先（住所、Tel、Fax、E-mail） ◆封入希望号
◆サイズ ◆カタログの簡単な内容説明
◆割引対象にあたる場合はその旨記載ください。
- ②封入希望月の遅くとも前月末日までに下記事項について手配をお願いします。
◆カタログ見本を問合せ先までお送りください（PDF、Fax 可）。
◆納品業者をお知らせください。
- ③納品日は封入希望月の 5 日（土曜、日曜、祝日の場合は翌営業日）です。
日付指定にて必要枚数（20,000 枚）を印刷し指定の納品先へお送りください。
※納品先は、お申し込み後にご連絡いたします。
※納品が遅れますと同封ができない場合がございます。その場合はキャンセルとさせていただきます。
- ④カタログを同封した学会誌を発行日にお送りしますので、ご確認ください。
- ⑤後日請求書をお送りしますので振込手続きをお願いします。

1 通あたり
約19 円！

基本価格 385,000 円
(税 10%込)

対象：全会員 20,000 通 配布
(正会員 / 名誉会員 / 学生会員 / 賛助会員)

大学や
共催事業は
さらに割引も！

大学 / 研究所 / 賛助会員または情報処理学会主催・共催事業は、下記のとおり割引料金が適用されます。

大学 / 研究所 / 賛助会員
(基本価格の 40% Off !)

231,000 円
(税 10%込)

情報処理学会主催・共催事業*
(基本価格の 80% Off !)

77,000 円
(税 10%込)

* 情報処理学会研究会主催、共催を含む

サイズ：A4 変形判または A4 判二つ折り（その他についてはご相談ください）
用紙：色上質厚口（四六判 80kg）またはコート紙（四六判 90kg）相当

☎ 問合せ先

〔広告代理店〕 アドコム・メディア (株) E-mail: sales@adcom-media.co.jp
〒169-0073 東京都新宿区百人町 2-21-27
Tel.(03)3367-0571 Fax.(03)3368-1519

一般社団法人情報処理学会 会誌編集部 E-mail: editj@ipsj.or.jp
〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台 1-5 化学会館 4F
Tel.(03)3518-8371 Fax.(03)3518-8375

CONTENTS

Preface

- 282 Computers Make Humans Free
Ken MOGI (Sony Computer Science Labs.)

Special Features

Digital Architecture Design

- 284 Foreword - Cheer Up All the People Struggling for Society 5.0 -
Akitoshi OKUMURA (IPA Information-technology Promotion Agency, Japan)
- 285 Outline

"Peta-gogy" for Future

- 293 The "Information" in Education and It's Future
Rieko INABA (Tsuda Univ.)

- 294 Facilitation Used for Information Curriculum :
Three Traps to Fall into When Introducing Active Learning Lessons
Mami MITACHI (Seisa Univ.)

- 288 Biblio Talk
290 Skimming a Famous Paper in Five Minutes
299 Questions for Experts
300 Conference Report
302 Hot Times
303 Hot Times
304 Hot Times
305 Hot Times

Online Only

Special Features

Digital Architecture Design

- e1 Architecture Design to Realize Society 5.0
Yutaka SAITO and Takashi KONO (IPA Information-technology Promotion Agency, Japan)
- e7 Digital Architecture Design : Social / Industrial Architecture Design
Seiko SHIRASAKA (Keio Univ.)
- e13 Architecture of Data Trading System
Hiroshi MANO (EverySense, Inc.)
- e20 Smart City Reference Architecture - Development and Deployment of Architecture Compliant to Society 5.0 -
Norihiro FUJITA (NEC Corp.)
- e27 Natural Language Processing Technologies for Solving Social Issues - What is Needed for Assisting People with AI? -
Kentaro TORISAWA (National Institute of Information and Communications Technology (NICT))

- e34 AI Governance in Digital Society - Ethics and Legal System
Hiroshi NAKAGAWA (RIKEN AIP)

- e40 Research Groundwork for Digital Architecture Design - Key Research Activities at AIST
Hiro KISHIMOTO and Satoshi SEKIGUCHI (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST))

Let's Share Working Styles! <by Info-WorkPlace Committee>

- e47 CASE 2 : Four Birds with One Stone !? How to Enjoy the Online Conference
Chiemi WATANABE (Tsukuba Univ. of Technology)

読後のご意見をお送りください

本誌では、現在約 200 名の方々に毎号のモニタをお願いしておりますが、より多くの読者の皆さんからのご意見、ご提案をおうかがいし、誌面の充実に役立てていきたいと考えておりますので、以下 Web ページから奮って事務局までお寄せください。

「情報処理」アンケートページ <https://www.ipsj.or.jp/magazine/enquete.html>

一般社団法人 情報処理学会 会誌編集部門 E-mail: editj@ipsj.or.jp

アンケートページ

QR コード



デジタルアーキテクチャに関する特集を考えたのは昨年度末である。そのころすでに、デジタルとコロナという言葉を目にしない日はないご時世であった。この2単語を見ると、なぜか子供のころ見た『宇宙戦艦ヤマト』というアニメを思い出す。宇宙戦艦ヤマトは、苦難を乗り越え遙か彼方の星にたどり着き、そこで新技術を獲得して放射能による人類滅亡の危機を救う物語である。データ分析を得意とするアナライザーというロボットが登場し、新技術の象徴である波動エネルギーを使って行く手を阻むコロナ（ウイルスではなく恒星から放出される高温ガス）を吹き飛ばす話があったからかもしれない。また、現在人類は気候変動やパンデミックといった地球規模の危機を乗り越えるためさまざまな技術開発に取り組んでいて、一刻も早く夢を実現してくれるヤマトのような存在を期待しているからだろう。そんなこんなで本特集著者らと原稿内容について議論していると、著者がヤマトに登場する乗組員のよう思えてき

た。ヤマトには、主人公以外にも、百戦錬磨の艦長、沈着冷静な技師長、大酒飲みのドクター、頑固なベテラン機関士など魅力的なキャラクターが登場する。本特集の著者も負けず劣らず個性的である。皆、バックグラウンドもアプローチも異なるが、日本産業の屋台骨を築いて、地球規模で人類に貢献するブレークスルーを生み出すという使命感に燃えている。デジタルアーキテクチャという新造艦の設計者であり乗組員である。どの著者がヤマトのどのキャラクターか原稿と写真を見て想像するのも本特集の楽しみ方の1つであろう。熱い思いのある著者ゆえ、原稿の閲読と修正は簡単ではなく、発刊が危ぶまれることもあった。発刊が……何もかも皆懐かしい、という気分である。本特集がきっかけとなり、ヤマトのように人類に夢と希望を与えるデジタルアーキテクチャがデザインされることを祈念してやまない。著者ならびに関係者の皆様に心よりお礼申し上げる。

(奥村明俊／本特集ゲストエディタ)

次号（7月号）予定目次

編集の都合により変更になる場合がありますのでご了承ください。

※はオンライン版のみの掲載となります

巻頭言：会長就任にあたって

特別解説：ドコモ口座はなぜ攻撃されたか？～本人確認義務と運用の複合的盲点を生まないために～ 板倉陽一郎

解説：オンラインのデモ発表って、なんだ？※ 越後宏紀

「小特集」触覚と情報処理※

ウェルビーイングにおける触覚の役割—心の豊かさの多様性をつなぐテクノロジー—触覚の情報化が拓く新しいコミュニケーション—身体拡張と身体融合の可能性—触覚を通して身体感覚で行う共生社会へ向けた発見的方法論—「感じるスポーツラボ」の実践—ゲーム体験における触覚のかかわり／行動経済学と触覚

教育コーナー：ぺた語義

連載：5分で分かる!? 有名論文ナメ読み／<Info-WorkPlace 委員会企画> 働き方を共有しよう！※／情報の授業をしよう／先生、質問です！／ビブリオ・トーク

コラム：巻頭コラム

会議レポート：AHs2021 会議報告／「深層学習がもたらす情報処理の可能性について」視聴報告※

複写される方へ

一般社団法人情報処理学会では複写複製および転載複製に係る著作権を学術著作権協会に委託しています。当該利用をご希望の方は、学術著作権協会（<https://www.jaacc.org/>）が提供している複製利用許諾システムもしくは転載許諾システムを通じて申請ください。

尚、本会会員（賛助会員含む）および著者が転載利用の申請をされる場合には、学術目的利用に限り、無償で転載利用いただくことが可能です。ただし、利用の際には予め申請いただくようお願い致します。

権利委託先：一般社団法人学術著作権協会
〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル
E-mail: info@jaacc.jp Tel (03)3475-5618 Fax (03)3475-5619

また、アメリカ合衆国において本書を複写したい場合は、次の団体に連絡してください。
Copyright Clearance Center, Inc.
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA
Phone: 1-978-750-8400 Fax: 1-978-646-8600

Notice for Photocopying

Information Processing Society of Japan authorized Japan Academic Association For Copyright Clearance (JACC) to license our reproduction rights and reuse rights of copyrighted works. If you wish to obtain permissions of these rights in the countries or regions outside Japan, please refer to the homepage of JACC (<http://www.jaacc.org/en/>) and confirm appropriate organizations.

You may reuse a content for non-commercial use for free, however please contact us directly to obtain the permission for the reuse content in advance.

<All users except those in USA>

Japan Academic Association for Copyright Clearance, Inc. (JAACC)
6-41 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan
E-mail: info@jaacc.jp
Phone: 81-3-3475-5618 Fax: 81-3-3475-5619

<Users in USA>

Copyright Clearance Center, Inc.
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA
Phone: 1-978-750-8400 Fax: 1-978-646-8600

広告のお申込み

■広告料金表（価格は税 10%込）

掲載場所	4 色	1 色
表 2	363,000 円	—
表 3	302,500 円	—
表 4	423,500 円	—
表 2 対向	330,000 円	—
表 3 対向	291,500 円	170,500 円
前付 1 頁	275,000 円	148,500 円
前付 1/2 頁	—	88,000 円
前付最終	—	162,800 円
目次前	—	162,800 円
差込 (A4 変形判 70.5kg 未満 1 枚)	302,500 円	
差込 (A4 変形判 70.5kg ～ 86.5kg 1 枚)	385,000 円	
同封 (A4 変形判 1 枚)	385,000 円	

■「情報処理」

発 行 一般社団法人 情報処理学会
 発行部数 20,000 部
 体 裁 A4 変形判
 発 行 日 毎当月 15 日
 申込締切 前月 10 日
 原稿締切 前月 20 日
 広告原稿 完全版下データ
 原稿寸法 1 頁 天地 250mm × 左右 180mm
 1/2 頁 天地 120mm × 左右 180mm
 雑誌寸法 天地 280mm × 左右 210mm

■問合せ・お申込み先

〒 169-0073 東京都新宿区百人町 2-21-27
 アドコム・メディア（株）（Tel/Fax/E-mail は下に記載）

* 原稿制作が必要な場合には別途実費申し受けます。
 * 同封のサイズ・割引の詳細についてはお問合せください。

掲載広告の資料請求

掲載広告の詳しい資料をご希望の方は、ご希望の会社名にチェック ☐ を入れ、送付希望先をご記入の上、Fax にて（または E-mail にて必要事項を記入の上）アドコム・メディア（株）宛にご請求ください。

■「情報処理」 62 巻 6 号 掲載広告（五十音順）

☐ とめ研究所…………… 表 2 対向上

■資料送付先

フリガナ お 名 前			
勤 務 先	所属部署		
所 在 地	(〒 -)		
TEL () -	FAX () -		
ご専門の分野			



お問合せ・お申込み・資料請求は

広告総代理店 **アドコム・メディア（株）**

Tel.03-3367-0571 Fax.03-3368-1519 E-mail: sales@adcom-media.co.jp

賛助会員のご紹介

本会をご支援いただいております賛助会員をご紹介します。
Web サイト (<https://www.ipsj.or.jp/annai/aboutipsj/sanjo.html>) 「賛助会員一覧」のページからも
各社へリンクサービスを行っておりますので、ぜひご覧ください。
照会先 情報処理学会 会員サービス部門 E-mail: mem@ipsj.or.jp Tel.(03)3518-8370

●●● 賛助会員 (20 ~ 50口)

HITACHI
Inspire the Next

(株) 日立製作所



三菱電機 (株)

FUJITSU

富士通 (株)



(株) サイバーエージェント

Orchestrating a brighter world

NEC

日本電気 (株)



日本アイ・ビー・エム (株)

●●● 賛助会員 (10 ~ 19口)



(株) リクルート



グーグル合同会社



(株) NTT ドコモ



(株) 東芝



日本電信電話 (株)



日本マイクロソフト (株)



(株) フォーラムエイト

●●● 賛助会員 (3 ~ 9口)



(一社) 情報通信技術委員会



(株) NTT データ



GREE (株)



(一財) インターネット協会



(一社) 情報サービス産業協会



トレンドマイクロ (株)



NTT コムウェア (株)



NTT テクノクロス (株)



(株) うえじま企画



エッジテクノロジー (株)



沖電気工業 (株)



コアマイクロシステムズ (株)



三美印刷 (株)



ソニー (株)



(株) テクノプロ
テクノプロ・デザイン社

MIZUHO みずほ情報総研

みずほ情報総研 (株)



FIT2021 第 20 回情報科学技術フォーラム 聴講参加並びに講演論文集 申込の御案内

2021 年 8 月 25 日(水) ~ 27 日(金)
オンライン開催

<https://www.ipsj.or.jp/event/fit/fit2021/>

電子情報通信学会の情報・システムソサイエティ (ISS) とヒューマンコミュニケーショングループ (HCG)、及び情報処理学会 (IPSJ) は、「第20回 情報科学技術フォーラム(FIT: Forum on Information Technology)」を開催します。

聴講参加並びに講演論文集の申込の御案内を致します。聴講参加費はオンライン特別価格になっております。皆様、奮ってお申込み下さい。

講演論文集 (冊子、DVD-ROM) も販売を行います。確実に御入手頂くには期限内のお申込みをお勧め致します。

■開催イベント (詳細は逐次Webサイトに掲載致します)

※タイトル等に変更の可能性があります。

【表彰式・招待講演企画】

◎FIT学術賞表彰式

26日 13:00-13:50 (予定)

◎船井業績賞受賞記念講演

26日 14:00-15:15 (予定)

「Computational Cameras for Humans and Machines」

Shree K. Nayar

(米国コロンビア大学 T.C. Chang Chaired教授)

【イベント企画】

詳細は逐次上記Webサイトに掲載致します。

【研究会連携】

電子情報通信学会および情報処理学会のいくつかの研究会が、FIT2021のプログラムとして開催されます。詳細は Webページでご確認ください。

■聴講参加費 (税込)

参加区分	オンライン特別価格
会 員	6,000円
非会員	12,000円
学 生	無料

※会員、非会員の聴講参加費には電子版講演論文集 (Webからダウンロード) が含まれております。

※学生の聴講参加 (無料) には電子版講演論文集は付いておりません。電子版講演論文集付きを希望の場合、参加費は 2,000円となります。

※会員、非会員、学生の参加区分の区別は次の通りです。

会 員：情報処理学会、電子情報通信学会、電気学会、照明学会、映像情報メディア学会及び電子情報通信学会と協定を締結した海外の学会 (IEIE、KICS、KIISE、REV、IEEE/CS、IEEE/ComSoc、IEEE/PHO、IEEE/MTT-S) または情報処理学会と協定を締結した海外の学会 (ACM、IEEE、IEEE/CS、KIISE、CSI、CCF) の個人会員、電子情報通信学会の維持員、情報処理学会の賛助会員。

非会員：左記の学会会員以外で学生以外の方。

学 生：会員/非会員を問わず無料 (電子版講演論文集は付きません)。

■聴講参加の申込

申込開始：2021年5月21日 (金) 予定

申込締切：2021年8月27日 (金) FIT最終日まで

申込方法：FIT2021 Webサイトからお申込み下さい。

※オンライン参加のご案内をお送りいたします。参加方法を事前にご確認いただくには、なるべく早めのお申込みをお勧め致します。

■冊子講演論文集・DVD-ROM販売価格 (税込)

申込種別	個人購入価格	法人購入価格
講演論文集セット (DVD-ROM付)	60,000円	60,000円
講演論文集分冊	13,000円/冊	16,000円/冊
講演論文集DVD-ROM	10,000円	56,000円

※講演論文集セットは冊子講演論文集全分冊 (カバー付き)、DVD-ROM 付き

※残部がある場合、学生の方には講演論文集DVD-ROMを学割価格4,000円にて販売致します。

※講演論文集の掲載分野 (予定分冊構成)

第1分冊：モデル・アルゴリズム・プログラミング、ソフトウェア、ハードウェア・アーキテクチャ

第2分冊：データベース、自然言語・音声・音楽、人工知能・ゲーム、生体情報科学

第3分冊：画像認識・メディア理解、グラフィックス・画像、ヒューマンコミュニケーション&インタラクション、教育工学・福祉工学・マルチメディア応用

第4分冊：ネットワーク・セキュリティ、ユビキタス・モバイルコンピューティング、教育・人文科学、情報システム

DVD-ROM：上記全論文とプログラムを収録

■講演論文集の申込

申込締切：2021年7月2日 (金)

申込方法：FIT2021 Webサイトからお申込み下さい。

※講演論文集は、締切後も残部のある限りお申込を受付いたします。確実に御入手頂くには期限内のお申込みをお勧め致します。

■問い合わせ (FIT2021事務局)

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5 化学会館4F

一般社団法人 情報処理学会 事業部門

TEL [03] 3518-8373 FAX [03] 3518-8375

E-mail: ipsjfit@ipsj.or.jp

2021年度情報処理学会シニア会員申請のご案内

本会は、2014年度より情報処理分野において継続的な貢献が認められ、学会活動を通して本会の発展に寄与する正会員に対し、将来にわたって引き続き学会活動の中心となつて、学会の発展、ひいては社会への貢献をいただくという趣旨のもと、「情報処理学会シニア会員制度」を設けております。

シニア会員の申請有資格者様におかれましては、本制度の内容をご確認の上、ぜひとも申請をいただき、本会シニア会員として今後もなお一層の積極的な学会活動、ご活躍をいただければ幸いです。多くの方からの申請をお待ちしております。

なお、「シニア会員」の称号取得は、2019年度より「フェロー」推薦を得るための条件となりました。

2021年度シニア会員申請および申請手続き要項

以下の要項をご確認の上、学会 Web サイト内のシニア会員 Web ページより、「シニア会員申請フォーム」に申請書類を添付して事務局までご送信ください。また、事務局シニア会員担当あて電子メール、および郵送での申請も受け付けております。

Web ページ	https://www.ipsj.or.jp/annai/aboutipsj/seniormember/seniormember.html
申請対象者	2021年4月1日現在で正会員として連続5年以上在会の方が対象です。 ※年齢不問、学生会員としての在会期間は対象外です。
申請受付締切	2021年7月31日(土)まで
申請書類	シニア会員申請書1通 シニア会員推薦書2通(推薦書は2名分必要です)
申請方法 (①～③いずれかの方法で申請してください)	申請は自己申告による申請と第三者申告による申請がございます(詳細はWebページをご確認ください)。 ■自己申告の場合の申請方法 ① Web サイト申請フォームから申請 - 上記 Web ページより「シニア会員申請書」をダウンロード、必要事項を記入してください。 - 推薦者に該当する2名の方より「シニア会員推薦書」を入手してください。 「申請書」、「推薦書1」、「推薦書2」の順に計3ページ分をPDFにて1つのファイルにまとめてください。 - 上記 Web ページ内の「シニア会員申請フォーム」に必要事項をご入力頂き、3.で作成したファイルを添付して受付期間内に申請してください。 ② 電子メールで申請 soumu@ipsj.or.jp あてのメールに必要事項をすべて入力済みの「申請書」1通、「推薦書」2通を添付してお送りください。 ③ 郵送にて申請 事務局管理部門シニア会員担当へ必要事項をすべて記載した「申請書」1通、「推薦書」2通(いずれもサイズはA4判)をお送りください。 ①, ②, ③とも事務局にて受付後、受付完了メールを申請者・推薦者にお送りしますのでご確認ください。 ■第三者申告の場合の申請方法 【申告者(推薦者)】第三者による申告の場合、申告者(推薦者)は次項1～6のいずれかに該当する本会員に限ります。また、申告者は推薦者の一人となります。 ① Web サイト申請フォームから申請 ② 電子メールで申請 ③ 郵送にて申請 いずれも自己申請の場合と同様。
推薦者	推薦者は下記1～6のいずれかに該当する方です。2名の方から推薦書をいただいてください(推薦者は上記Webページにて確認できます)。 1. 本会名誉会員 2. 本会フェロー 3. 本会役員及び役員経験者 4. 本会支部長及び支部長経験者 5. 本会研究会主査及び研究会主査経験者 6. 本会シニア会員
審査方法	申請書類に基づき、本会経営企画委員会が審査を行い、理事会へ諮ります。 【審査基準】本会関連分野の技術者、科学者、教育者、技術管理者で、連続して5年以上本会正会員として在会しており、本会の諸活動の支援および諸事業において、貢献が認められる方。
結果連絡	2021年10月ごろ、申請書に記載のメールアドレスへ審査結果を連絡します(審査状況によっては日程が変更になる可能性があります)。 申請が認定された方は、本会 Web ページにお名前を掲載し、後日「シニア会員認定証」を会誌発送先の住所へお送りします。

申請・照会先：〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5 化学会館4F

情報処理学会事務局 管理部門 シニア会員担当

TEL：03-3518-8374 e-mail: soumu@ipsj.or.jp

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5
編集人 稲見昌彦

発行所 東京都千代田区神田駿河台1-5
一般社団法人 情報処理学会
発行人 木下泰三

電話 東京(03)三五一八八三七四
振替口座 〇〇一五〇一四一八三四八四

印刷所 東京都荒川区西日暮里五十六一七
三美印刷株式会社

会員外発売所 東京都千代田区神田錦町三一
株式会社 オーム社

