

IPSJ MAGAZINE

情報処理

2022
1Vol.63 No.1
通巻 682 号

特集 オンライン 自動運転元年

特別解説 オンライン ヒト型ロボット「Pepper」の生産停止にざわつく
～ヒトの形をしたモノに、ヒトはどう反応するのか～



巻頭コラム

オンラインで祈る
谷口真梁

教育コーナー：ぺた語義

連載：IT紀行／ オンライン 教科「情報」の入試試験問題って?／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：オンライン 情報処理学会とのお付き合い
会議レポート

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)
FujisanWeb公開(無料/有料)
note

一般社団法人

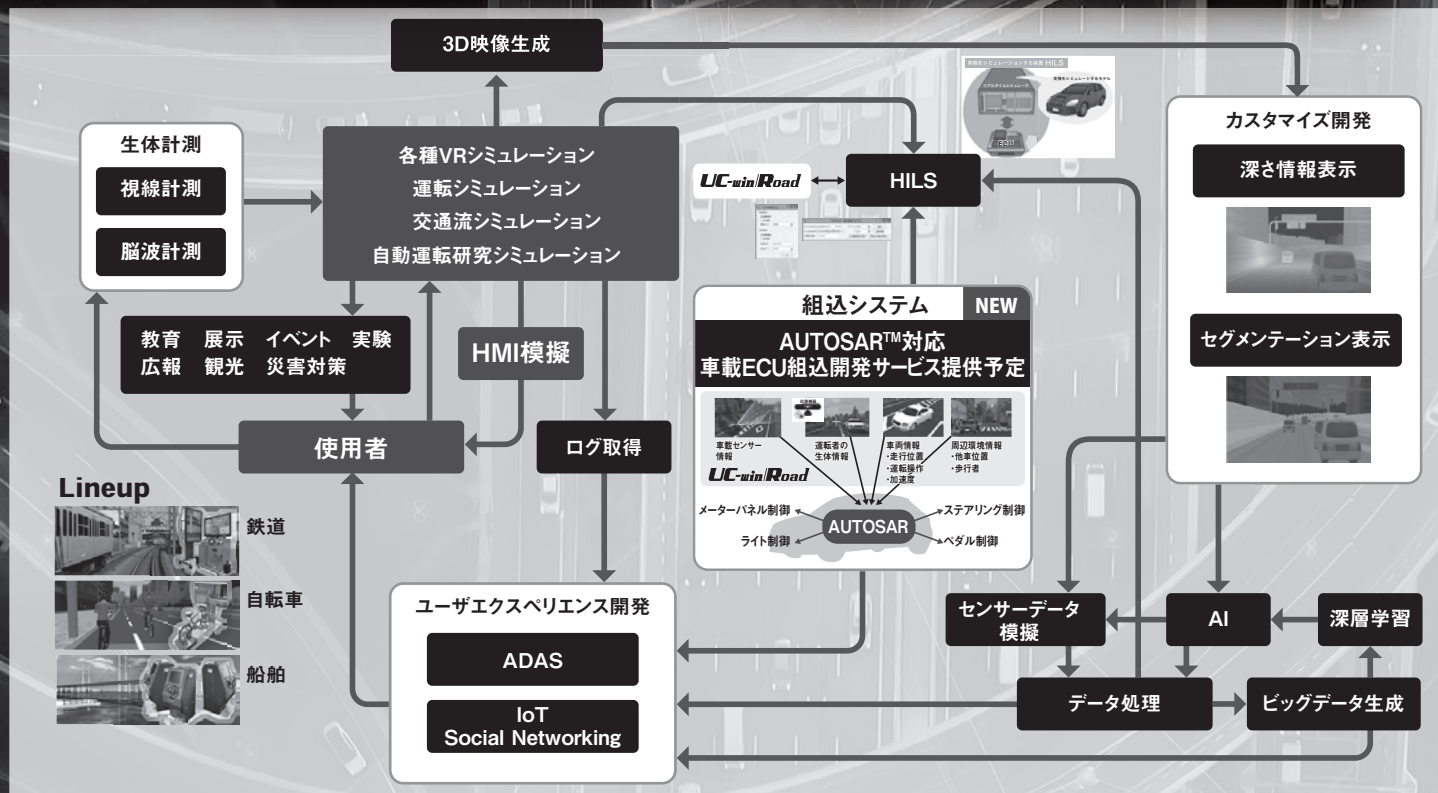
情報処理学会

Information Processing Society of Japan

Virtual reality design studio

UC-win/Road

自動運転・モビリティR&Dに最適なVRシミュレーション環境を提供



TCP通信 ↑ ↓ UDP通信 車両制御 運転中の車両の情報を外部へ送信。運転中の車両を、外部からの情報に応じて制御。	車両周辺検知 運転中の車両周辺オブジェクトの検知。外部への送信。	環境オブジェクト制御 空間内のオブジェクト（車両、信号、静的モデル等）の制御。	DSコース変換 車両運動計算システムとの走行コース情報の相互変換。	交通制御・最短経路探索 車両周辺の道路情報の外部送信。目的位置までの最短経路を探索し実行(OD機能)。
カーナビゲーション 道路状況や車両状況を運転と運動表示。音声案内、画面表示を実行。	運転情報入出力 運転中の車両の操舵角、アクセル/ブレーキ入力値をデバイスへ反映。	カメラセンサー カメラセンサーから指定したフォーマットで画像送信。ブラー、ノイズ処理に対応。	レーザーセンサー レーザーセンサーから指定したフォーマットで情報を画像送信。	白線検知模擬 自車両から指定した範囲の白線情報を外部へ送信。



2022 FIA WORLD RALLY CHAMPIONSHIP ROUND 13

FORUM 8 RALLY JAPAN 2022

AICHI/GIFU
11.10 THU - 13 SUN



フォーラムエイトは、FIA世界ラリー選手権 FORUM8 Rally Japan2022をタイトルパートナーとして応援しています

株式会社 フォーラムエイト 東京本社

東京都港区港南 2-15-1 品川インターシティ A 棟 21F

Tel (代表) 03-6894-1888 (営業窓口) 0120-1888-58

Fax 03-6894-3888 | E-mail f8tokyo@forum8.co.jp

◆ショールーム: 東京・大阪・名古屋 ◆セミナールーム: 東京・大阪・名古屋・福岡・仙台・札幌・金沢・岩手・宮崎・沖縄 / 上海・青島・台北・ハノイ

FORUM8
フォーラムエイト®

www.forum8.co.jp

「電気」分野

#情報

#通信

#画像

専門技術者

募集

知財経験
不問

高度な
専門性

社会的
貢献

技術経験・
知識の活用

IPCC

業界
最大手

最先端の
技術

Professional
Team*

*Ph.D. 約150名が在籍

☆IPCCは、特許庁の登録調査機関です！

特許審査に必要な特許文献調査及び特許出願等への分類付与業務を行う
専門技術者を募集しています。

IPCC 専門技術者



※ 処遇、募集技術分野等の詳細についてはHP参照



※電気部門では以下の技術分野で募集中。その他機械部門、化学部門など全技術区分でも募集中。

- 【区分23】 半導体機器(半導体素子、半導体集積回路、半導体素子の製造、半導体素子の実装、熱電素子、超電導素子等)
- 【区分31】 電子商取引(電子商取引、業務システム、金融・決済、検索装置、言語処理等)
- 【区分32】 インターフェイス(マンマシンインターフェイス、計算機細部等)
- 【区分33】 情報処理(ソフト開発・AI、ハード・中核ソフト、ICカード、メモリ回路・信憑性、メモリ制御等)
- 【区分34】 伝送システム(移動体通信、電話システム、警報、基礎伝送回路、パルス回路、増幅器等)
- 【区分35】 電力システム(送配電、充放電、電路の調整(インバータ、コンバータ、電流・電圧の調整)、電線の据付等)
- 【区分36】 デジタル通信(データ伝送、デジタル変調、符号変換、伝送方式、マイクロ波、データネットワーク等)
- 【区分37】 映像システム(ビデオ規格、ビデオ配信、TVカメラ、TV細部、音響、楽器・音声処理、情報記録等)
- 【区分38】 画像処理(画像処理、FAX、CG、CAD等)
- 【区分39】 電気機器(抵抗器、磁石、インダクタンス、コンデンサ、印刷回路とその製造、電機部品の実装等)

IPCC

一般財団法人
工業所有権協力センター
Industrial Property Cooperation Center

〒135-0042 東京都江東区木場一丁目2番15号

深川ギャザリア ウェスト3棟

採用担当: 人材開発センター 開発部 採用課

TEL 03-6665-7852 FAX 03-6665-7886

URL <https://www.ipcc.or.jp/>

e-mail: ipcc-jin@ipcc.or.jp

ディープラーニング 学習する機械

ヤン・ルカン、人工知能を語る

ヤン・ルカン・著 松尾 豊・監訳 小川浩一・訳

A5・384 頁・定価：2,750 円（税込）

ISBN 978-4-06-523808-0

フランスで10万部発行、各国で刊行決定の世界的ベストセラーがいち早く日本上陸。

2018年度にチューリング賞を受賞し、ディープラーニングの父であるヤン・ルカン氏がエキサイティングに綴る。いま日本人が真っ先に読むべき一冊。

新刊



入門講義 量子コンピュータ

渡邊靖志・著

A5・256 頁・定価：3,300 円（税込） ISBN 978-4-06-526311-2

「量子コンピュータの全貌を俯瞰する類を見ない入門書」——西森秀稔氏

不思議な性質と驚きの性能を初歩の物理から解説。「量子コンピュータはこうして動くのか！」と納得して膝を打つ、またとない入門書。

新刊



現場で活用するための 機械学習エンジニアリング

藤井亮宏・著

A5・304 頁・定価：2,970 円（税込） ISBN 978-4-06-525981-8

機械学習プロジェクトの上手な進め方、機械学習を活用するときに気をつけること、活用事例などをていねいに解説。役に立つ機械学習モデルのつくり方がわかる！「機械学習を作る側」と「活用する側」との橋渡しの一冊。

新刊



Julia で作って学ぶベイズ統計学

須山敦志・著

B5 変・240 頁・定価：2,970 円（税込）

ISBN 978-4-06-525980-1

数式とコードの距離が近いJuliaで一生モノの考え方を身につけよう！ 線形代数、微積分、最適化、確率・統計の基本的な計算から、ハミルトニアンモンテカルロ法、階層ベイズ、状態空間モデルの原理までをていねいに解説！

新刊



新しい電気回路<上>

松澤 昭・著 ISBN 978-4-06-523270-5

A5・272 頁・定価：3,080 円（税込）

微分方程式とラプラス変換をいち早く導入し、電気回路の基本を学ぶ、これまでにない構成のテキスト。二分冊。複素数と位相が用いられる物理的な意味をていねいに解説し、読者を本質的な理解へと導く。

カラーで見やすい！



新しい電気回路<下>

新刊

松澤 昭・著 ISBN 978-4-06-524553-8

A5・256 頁・定価：3,080 円（税込）

二分冊の下巻は、演算増幅器回路、二端子対パラメータ、フィルタ回路、三相交流、ひずみ波交流、分布定数回路、スイッチング電源をていねいに解説。

カラーで見やすく、演習問題も充実！



東京都文京区音羽 2-12-21
<https://www.kspub.co.jp/>



KODANSHA

編集 ☎03(3235)3701
販売 ☎03(5395)4415

【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>

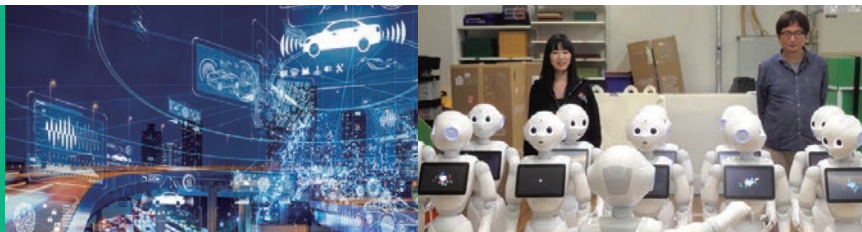
- (1) 「情報処理」の特集ページ（扉または概要ページ）を開く。
- (2) 閲覧申込のURLにアクセスする（またはQRコードを読み取る）。
- (3) 必須事項を入力し送信する。
- (4) 次の件名（1月号の場合）の受信メールに従って、電子図書館から特集のpdfをダウンロードする。
 - ・件名：情報処理 2022年1月号（Vol.63, No.1）「チケットコード」とご利用方法のご連絡

★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





PREFACE

巻頭コラム

- 2 オンラインで祈る 谷口真梁

SPECIAL
FEATURES

特集

自動運転元年

- 4 編集にあたって 袖美樹子・金子 格
6 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目次前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。

- 8 連載：★先生，質問です！

連載：情報の授業をしよう！

- 10 ■ アナログとデジタルの理解について—タブレット機器を利用した実践を通して— 古本知大

教育コーナー：ぺた語義

- 15 ■ ★ 想像してごらん，スマホが1億円する世界を…… 和田 勉
16 ■ 情報処理学会データサイエンス・カリキュラム標準（専門教育レベル）—策定方針と今後の取り組み— 掛下哲郎
20 ■ 学生による学習支援システムの機能改善 武田和樹

連載：★ビブリオ・トーク—私のオススメ—

- 24 目の見えない人は世界をどう見ているのか 伊藤将志

連載：IT 紀行

- 26 キラキラが気になる！ ウェアラブル LED の会社に行ってみた！
インタビュー：藤本 実 インタビュアー・構成・漫画：山本ゆうか

会議レポート

- 30 COMPSAC 2021 会議報告 柏崎礼生・寺西裕一・高倉弘喜



《記号の説明》

基 応 ★ Jr. ■ 基礎 ■ 専門家向け
専 般 ■ 応用 ■ 一般（非専門家）向け ★ Jr. ジュニア会員向け
※各記事に指標がついていますので参考になさってください

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.63 No.1

特別解説

e1 ヒト型ロボット「Pepper」の生産停止にざわつく〜ヒトの形をしたモノに、ヒトはどう反応するのか〜 (太田智美)

特集：自動運転元年

e13 1. 自動運転の現在とこれからの 10 年 (加藤真平)

e23 2. 高精度 3 次元地図—安全・安心な交通環境を実現するデジタルインフラ基盤— (麻生紀子)

e29 3. 自動運転を支える高精度測位と高精度地図 (五十嵐雄治・元岡範純・佐藤友紀・濱田悠司)

e34 4. 自動運転用プロセッサの要求性能・機能・方式—複合的処理特性を持つアプリケーションへの適応— (杉本英樹)

e40 5. 自動運転の法律問題 (須川賢洋)

e46 6. 自動運転バスの実証実験 (改發 壮)

コラム

e52 情報処理学会とのお付き合い (小山 透)

連載：教科「情報」の入学試験問題って？

e68 大学共通テスト「情報」サンプル問題,「コミュニケーションと情報デザイン」領域の問題を見てみよう (情報処理学会 情報入試委員会 伊藤一成)

「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。



目次前【ご案内】会誌「情報処理」のオンライン記事について

- 32 おふいすらん
- 33 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
- 34 会員の広場
- 36 英文目次／アンケート
- 37 人材募集
- 38 会告
- 40 編集室／次号予定目次
- 41 掲載広告カタログ・資料請求用紙
- 42 賛助会員のご紹介



表紙デザインコンセプト

「テクノロジーと情報化社会」

情報テクノロジー (AI, 5G, AR, VR) の発展で、現代社会は情報を主体とする情報化社会に移行していった。未来、テクノロジーが私たちの生活をどのように変えていくのかはすべての人に関係する問題であると思う。

CHENGSI

1994 年 3 月 2 日生まれ中国湖南大学・視覚伝達デザイン専攻卒業。現在多摩美術大学大学院情報デザイン修士 2 年生在学。博物館における没入型インタラクティブデザインの研究に従事。

■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：井上 創造・高橋 尚子

本号エディタ：

五十嵐悠紀・井手 広康・伊藤 将志・江渡浩一郎・大石 康智・大島 浩太・太田 智美・岡本 雅子・折田 明子・桂井麻里衣・金子 格・川上 玲・楠 房子・櫻 惇志・酒井 政裕・清水 佳奈・白井詩沙香・関谷 貴之・袖 美樹子・高木 拓也・中島 一彰・西川 記史・橋本 誠志・坂東 宏和・細野 繁・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.or.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



オンラインで祈る

■ 谷口 真梁



どんな分野でも可能性はある。水と油な印象もある宗教とIT，始めてみるとそうではなかった。私が住職を務める四国八十八ヶ所霊場第二十二番札所平等寺は，2020年4月26日から今日まで，24時間4K画質で本堂内のライブ配信を続けている（YouTube，ニコ生，TikTok Live等）。

最初は，本堂へと続く長い階段を登れない人のために始めるつもりだった。足腰に効くという仏をまつるが，その足腰に問題を抱えている人は，仏前にたどり着けない。2020年1月，実験的に配信してみたが，よく分からないまま30分で止まった。いつか勉強しようとのんびり構えていると，新型コロナウイルスの騒ぎが始まり，突如，参拝者が途絶えた。

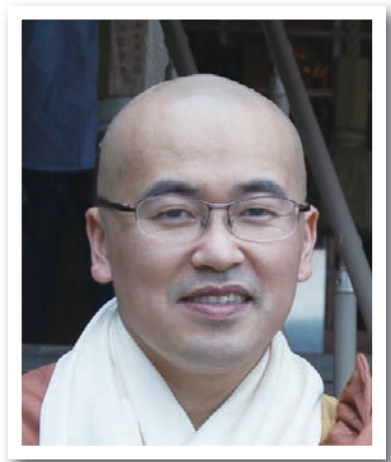
四国八十八ヶ所は，1200年前から続く，弘法大師空海の88の足跡（寺）を辿りながら四国を1周する修行の場である。近年は日本有数の巡礼ツーリズムとしても成長し，年間10万から20万人ほどの参拝者が訪れる。車では2週間，徒歩なら40日ほどの距離。2020年の春は，さまざまな要因で巡礼者増加が予想されていたが，蓋を開けてみれば，近所の家族連れが日暮れどきに参拝するのみだった。

そこで，急ぎ機材を揃え，来られなくなってしまった参拝者のために配信を開始した。

開始から半年経ったころには，毎日朝・夕のお勤めに200人から700人ほど人が集まり，コミュニティが生まれた。2021年の初詣では，リモート除夜の鐘（参拝者がチャットでコマンドを送りロボットアームを操

■ 谷口 真梁
宗教法人 平等寺 住職

高野山大学博士後期課程（専攻：仏教宇宙論）の後、高野山真言宗・総本山金剛峯寺国際局勤務。国際局課長心得、米国高野山真言宗本部長、シアトル高野山理事長などを経て、四国霊場第二十二番札所平等寺住職。



作して鐘を撞く)や3日間の護摩祈祷で、10数万人のリモート参拝者があった。Webサイトで祈願を受け付け、私がお勤めで代読する。ときには3時間を超えて名前と願いを読み上げた。

祈りたい人はどこにでもいて、内容は人それぞれ。入院先から病氣平癒を祈ったり、施設から孫の合格祈願を祈る人などがおられた。「誰一人取り残さない」とまではいえないが、当初の目的から広がり、これまで宗教が届かなかった人にも祈りの場を提供できるようになった。

寺にも変化が起きる。以前は1時間も読経していると、姿勢を正してじっと祈る参拝者から「……まだかな？」という無言の圧を感じていた。相手の様子が「台所でお弁当を作りながら朝勤行に参加！」や「通勤中に電車で聞きます」などと変化すると、祈りたいだけ祈ってよい状況になった。

参拝者は場所や時間に制約されず、僧侶は祈りに専念できる。

宗教とITは、思ったより相性が良かったのだ。たぶん今、世界中のあらゆる分野で、こんなことが起きているんだろうと思うと、嬉しくなる。

私は学生時代、宗教系大学の講義そっちのけでオープンソース活動に熱中し、Mozillaの日本語パックなどを作っていた。現在はNext.jsとNest.js、ときどきRustという構成で平等寺オンラインというWebサービスを開発し、さまざまな宗教行為を行っている。とてもたのしい日々だ。

特集

自動運転元年

編集にあたって

袖美樹子

国際高等専門学校

金子 格

名古屋市立大学

地方に住んでいると、交通公共機関を使って移動することが難しい。1日に数本しかないバスが頼りだったりする。仕方なく自家用車を利用することになる。しかし高齢者にとっては車の運転は難しい。これを解決できる技術として自動運転が脚光を浴びている。2020年に国内で改正道路交通法などが施行され、レベル3（条件付運転自動化）が解禁された。ホンダが2021年3月、自動運転レベル3の機能を搭載した新型「LEGEND」を発売し、日本におけるレベル3時代の幕開けを飾った。自動運転バスの実証実験も日本各地で行われている。オリンピックでも自動運転バスが活躍した。実証実験が積み上げられていくに従い、問題点が明らかになり、その問題点が検討され解決され次のステップの実証実験が行われるループが繰り返されている。今回は現在の自動運転の立ち位置を共有すべく特集を企画した。また、近い将来現実のものとなる自動運転の将来像をも共有できればと考えた。

第1の記事では、東京大学加藤真平氏による「自動運転の現在とこれからの10年」である。自動運転

が現在どの位置にあるのか？ 今後10年でどこまで進化するのか？ について研究者の立場から、第一線で自動運転を開発している企業の立場から解説をいただいた。全世界を巻き込んで開発が行われ、法整備が行われ、異様な勢いで実用化に向かっている自動運転の世界の解説である。

第2の記事は、ダイナミックマップ基盤（株）の麻生紀子氏による「高精度3次元地図—安全・安心な交通環境を実現するデジタルインフラ基盤—」である。自動運転では道路およびその周辺にかかる自車両の位置を車線レベルで特定し、自動走行をサポートする各種付加的地図情報（たとえば、速度制限など静的情報に加え、事故・工事情報など動的情報を含めた交通規制情報など）が必要である。それを実現するのが高精度3次元地図である。国内でも着実に整備が進んでいる。高精度3次元地図の役割、仕組み、特徴、整備状況および今後の計画を解説いただいた。

第3の記事は、三菱電機（株）五十嵐雄治氏、元岡範純氏、佐藤友紀氏、濱田悠司氏による「自動運



転を支える高精度測位と高精度地図」である。自動運転にとって自車の位置を正確に知ることは重要であり、そのために各種センサが装備されている。特に重要なのが衛星測位ではないだろうか。衛星測位技術および高精度3次元地図を活用した高精度位置推定方法について解説いただいた。

第4の記事は、(株) エヌエスアイテクスの杉本英樹氏による「自動運転用プロセッサの要求性能・機能・方式—複合的処理特性を持つアプリケーションへの適応—」である。自動運転実現には高速な専用プロセッサが必要だと言われている。高速に移動する車の安全を守るには、高速な判断が必要なためである。これまでコンピュータは静止を前提とした高速化が行われてきた。そのため、移動を目的とした周辺認識などでは十分な性能を発揮できない側面があった。自動運転の技術が進み、高速での自動運転を可能とするには専用のハードウェア開発が必須である。専用アーキテクチャの構造や意義、今後の展望を紹介いただいた。

第5の記事は、新潟大学須川賢洋氏による「自動運転の法律問題」である。自動運転の実現を考えた場合、法律がそれを拒絶している感じを受ける。しかしよくよく考えてみると法律により我々の生活は守られており、安全が保障されているともいえる。我々の安全を担保できる法律がなくては、実際に自

動運転が実用化されたとき、問題が次々と起こり途方に暮れてしまう現実が起こってしまうのかもしれない。法律も自動運転実用に向け着実に追加、変更されている。その考え方を解説いただく。

第6の記事は、BOLDLY (株) 改發社氏による「自動運転バスの実証実験」である。公共交通機関を維持できない地方が増えてきている。人口が減り、公共交通機関を維持できないからだ。生活を考えて場合移動は必要不可欠で毎日の食事を維持するためにも、病院に通うためにもなくてはならないものである。そこで脚光を浴びているのが自動運転バスであり、新たな交通手段として地域を明るくする光である。現在日本各所で実証実験が行われているがその状況を解説いただく。読んでいただくと、明るい未来を感じていただけるのではと考える。

コロナにより仕事を遠隔で行うことが可能となり、移動に関する考え方も変化が起こったように感じるが、地方の生活を考えた場合日常生活に必要な移動すら確保されていない現実戸惑いを感じる。年を取り車の運転がままならない状況でも運転しなくては生活できない現実がある。人の豊かさとは何なのか？ 自動運転は我々の生活を豊かにできるのではないか？ その問いに答えることができる特集になれば幸いである。

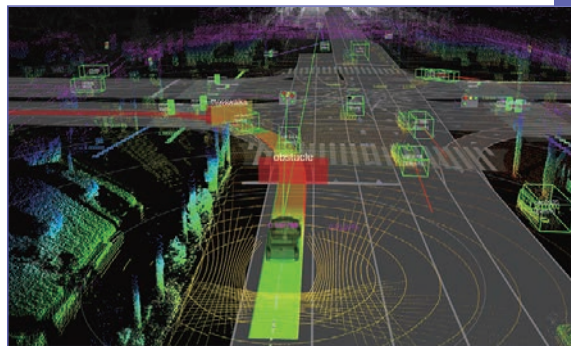
(2021年11月11日)

概要

1 自動運転の現在とこれからの 10 年

加藤真平 | 東京大学

自動運転の歴史は長い。1980 年代にカーネギーメロン大学の金出武雄先生らが自動運転の研究を始め、1995 年に米国横断の実証実験に成功した。2000 年代の DARPA チャレンジを経て、2009 年に Google が自動運転プロジェクトを公表して以来、自動運転の国際的な技術競争が激化した。現在、自動運転はどこまでできているのか。そして、これからの 10 年でどこまで進化するのか。自動運転の価値とその最新動向にせまる。



2 高精度 3 次元地図 —安全・安心な交通環境を実現するデジタルインフラ基盤—

麻生紀子 | ダイナミックマップ基盤 (株)

自動運転や先進運転支援システムの実現に必要とされるキー技術の 1 つが「高精度 3 次元地図」である。高精度 3 次元地図はセンチメートル級の精度を持つデジタル地図であり、国内においてすでに複数の車種に搭載され高速道路における安全・安心なドライビングに重要な役割を果たしている。今後は一般道を含む整備対象エリアと搭載車種の拡大が見込まれる。本稿では自動運転における高精度 3 次元地図の役割と整備方法、今後の展望について紹介する。

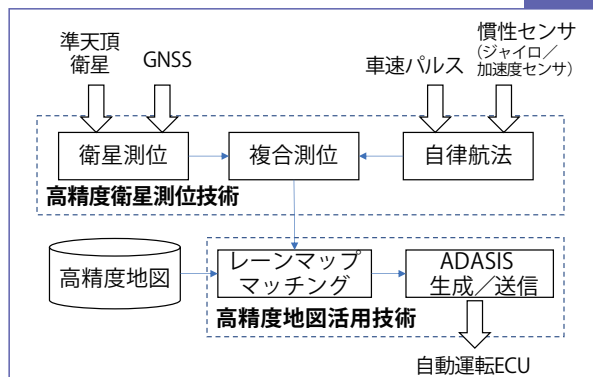


3 自動運転を支える高精度測位と高精度地図

五十嵐雄治 元岡範純 佐藤友紀 濱田悠司

三菱電機 (株)

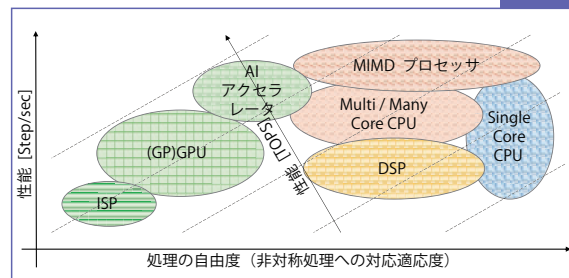
自動運転の実現に向けては自車位置を高精度、リアルタイムかつロバストに認識する必要がある。また、自動運転車両が出発地から目的地まで走行するためには地図上のどこを走行しているか、車両が走行可能な領域がどこかを認識する必要があるため、高精度地図が不可欠である。本稿では衛星測位および自律航法を用いた高精度測位技術、および自動運転システム向けの高精度地図活用技術について述べる。



4 自動運転用プロセッサの要求性能・機能・方式 —複合的処理特性を持つアプリケーションへの適応—

杉本英樹 | (株) エヌエスアイテクス

自動運転システムでも技術進化の速さに追従すべく、SDA (Software Defined Architecture) 化の流れが進んでおり、従来の専用ハードウェアをプロセッサで置き換える動きが見えてきている。一方で、実時間性を重視するシステムにおける処理のプロセッサ化には、主に処理時間制約を守るための並列処理化方式に関して課題も多い。自動運転システムの処理特性と各プロセッサ方式の特性・性能の視点から、現状課題と解決の方向性、そして将来展望について述べる。



5 自動運転の法律問題

須川賢洋 | 新潟大学

自動運転の法律問題はレベルごとに分けて考える必要がある。本稿では、レベル3に合わせて改正された道路交通法と道路運送車両法の下では自動運転はまだ「機能」ではなく「装置」の1つにすぎないことを解説する。その上で、レベル4, 5になった際には製造物責任法を始め多くの現行法が通用しなくなる問題があることを指摘し、将来の法制度がどうあるべきかを検討している。

6 自動運転バスの実証実験

改發 壮 | BOLDLY (株)

全国的な問題である運転手不足を主因としたバス路線の廃線。その解決策として自動運転バスが注目されている。実証実験は月3回程度実施されてきており、走行制御システムやインフラ協調システム、運行管理システムが検証されている。また最新の实証実験では、実験の域を越え、社会実装された定期運行の中で細かく行われている。システムの検証とその革新は、安全だけでなくビジネスモデル構築への寄与としても期待されている。



[自動運転元年]

1 自動運転の現在とこれからの10年



加藤真平 東京大学



自動運転による創造と破壊

誰のための自動運転か。何のための自動運転か。自動運転の現在とこれからの10年に言及するにあたり、改めて自動運転の価値を考えてみよう。交通事故をなくす、高齢者に外出の機会を与える、人手不足を補う、いずれも喫緊の社会要請であり、自動運転によって解決できる課題だ。我が国の虎の子の産業である自動車産業に巻き起こっている電動化やスマート化の中核になるのも自動運転であり、自動車の域を超えてAI技術やロボット技術の社会実装という出口になるのも自動運転である。しかし、自動運転の価値の本質とは、人間に使われる「便利な道具」であった計算機と自動車が、社会の中で人間と隣り合わせで共存する「新たな生態系」となり、人間と機械の関係を再定義する舞台となるということではないか。これは私たちの生活を変えるだけでなく、法と倫理をも変えることとなり、文字どおり革命である。

2010年当時GoogleのCEOだったEric Schmidtが面白いことを言っていた。

“It’s a bug that cars were invented before computers”

要するに、自動車は計算機よりずっと以前に発明されていたために、自動車は計算機を使う前提では設計されなかったことが最大の問題であると指摘しているのだ。歴史を振り返ると、ペンシルベニア大学が世界初の汎用計算機としてENIACを発表したのが1946年であったが、カール・ベン

ツ(Karl Benz)が世界初のガソリン車を発明したと認定されたのが1886～1887年であった。計算機が時代とともにさまざまな形に変化し、その使われ方も多種多様であったのに対して、自動車はその生誕から原型を大きく変えることはなく、その用途も変わっていない。そんな2つの技術文化を融合したものが自動運転である。自動運転が普及するということは、自動車が何かを計算するということであり、計算機が自ら動くということである。この技術文化の融合それ自体が、電話でインターネットを閲覧できるようになったこと以上のイノベーションといえるのではないか。

自動運転は新たな技術文化であり、社会における新たな生態系でもある。そして、それによってもたらされる新たな創造には新たな破壊も伴われる。元来、自動車は人間が操作する機械である。よって、そのハードウェアやソフトウェアも人間が操作することを前提に設計されている。自動運転が普及するということはそういったハードウェアやソフトウェアの多くが淘汰されることを意味する。たとえば、カーナビや自動ブレーキ、クルーズコントロールといった人間の運転を支援する機能である運転支援システムと自動運転システムは当面共存あるいは互換性を保つであろうが、10年というスパンを考えると完全に自動運転システムに置き換えられるであろう。実際、ハンドルもアクセル・ブレーキもない自動運転車が世に出始めている(図-1)自動運転と従来の運転支援はその技術文化が根本的に異

特集

Special Feature

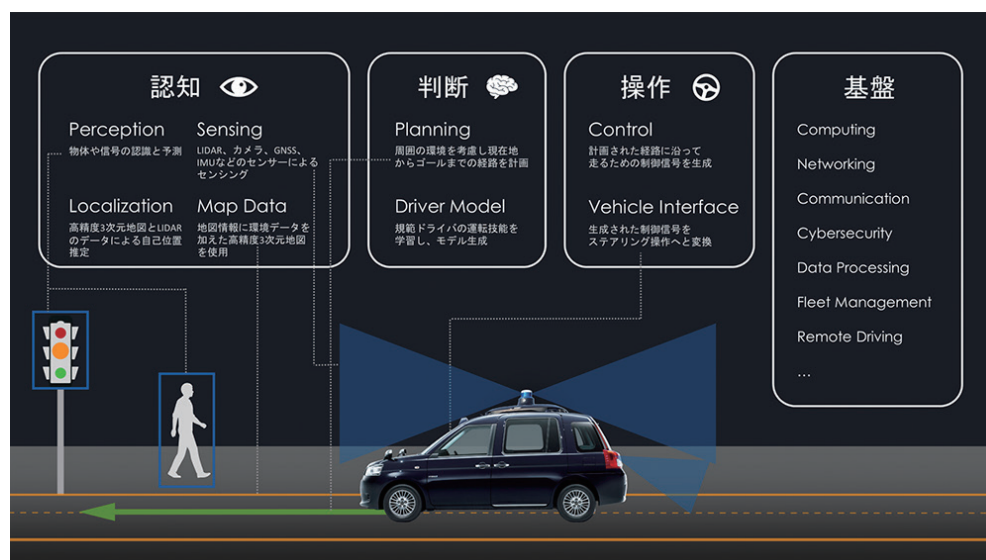
なる。Google の参入からも分かるとおり、自動運転は自動車の技術というよりも情報通信技術、特に AI 技術やロボット技術の類である。つまり、自動運転が主要な機能になるということは自動車の産業構造のステークホルダーが一変するということだ。これが、自動車業界が 100 年に 1 度の変革期を迎えていると言われるゆえんである。別の言い方をすれば、自動運転は巨大な市場を切り開くことは間違いないが、その裏で産業構造そのものを壊しかねない危うさも秘めている。

社会的な視点に立つと、自動運転のもう 1 つの破壊的な側面は、人間と機械の関係が再定義される過程に潜んでいる。自動運転は究極的にあらゆる点



■図-1 東京オリンピック・パラリンピックの選手村で導入された自動運転 EV バス

で人間の運転を超える。自動運転の機能がついた自動車において、運転の主体は人間ではなく計算機になっていくであろう。このパラダイムシフトを雇用という点で見ると、「自動車のハンドルを握って運転する」という仕事は間違いなく減っていくであろう。人手不足の業界や地域では自動運転はそのまま画期的な社会インフラとなり得るが、そうでない場合、その代替となる新たな雇用を生み出す責務が自動運転を普及させる側にはあるはずだ。たとえば、ハンドルを握って運転まではせずとも乗員として乗客の安全を見守ることや、複数の自動運転車両を遠隔から監視して万一のときは遠隔から操作するといった、自動運転時代ならではの職業を作っていく必要がある。一方、自動運転の破壊性を倫理の観点から見ると、運転の主体が計算機であるが故の事故、これはすなわち、計算機が人間に危害を加える危険があるということだ。最悪の場合、計算機が人間の命を奪ってしまうかもしれない。人間のミスで機械が誤動作して人間に危害を加えるのと、計算機の処理に基づいた機械の誤動作で（あるいは正常な動作だったとしても）人間に危害を加えるのとでは天と地との違いがある。自動運転を普及させるには、人間と機械の関係において法制度と倫理観をも再定義することが不可欠だ。



■図-2 自動運転の要素技術と基盤技術の概要

自動運転の技術体系

自動運転を実現するためには、技術面でも 1 つの生態系を生み出す必要がある。自動運転に汎用という世界はない。図-2 に示すとおり、共通となる要素技術や基盤技術はあるものの、

特集

Special Feature

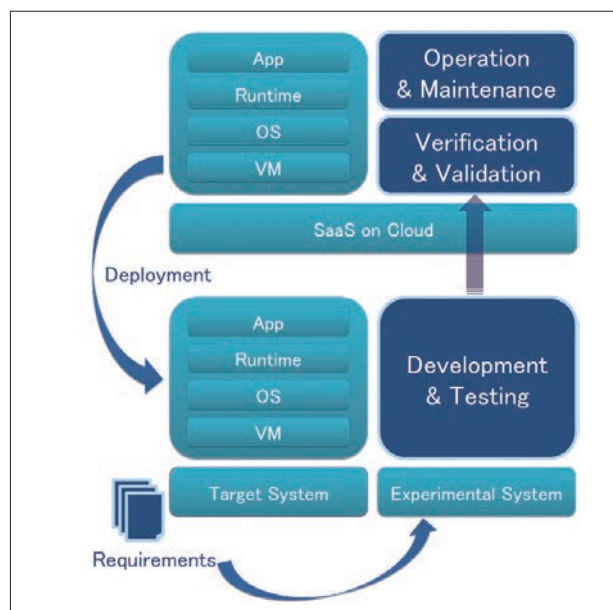
社会実装に至る過程においては対象の地域や用途に適した要求仕様を定義し、その仕様を満たすように製品開発と試験を行う。そして、検証と妥当性確認ができた場合にのみデプロイに至り、その後の運用や保守も重要になる。

要求仕様を言語化・データ化する技術、製品開発・試験に含まれる要素技術、検証・妥当性確認のための解析・シミュレーション技術、デプロイのための Continuous Integration/Continuous Delivery (CI/CD) 技術、On The Air (OTA) 技術、運用・保守のための管理・監視技術およびそれらの基盤となるクラウド・半導体技術、科学的アプローチも必要だし、工学的アプローチも必要だ。これらの複合的な技術をクラウドネイティブな開発環境で実現することが昨今のトレンドであり（図-3）、企業一社で作れる代物ではない。協創の土台となり得るのはオープンソースではないだろうか。パーソナルコンピュータの普及を生んだのは Microsoft と Windows に違いないが、生態系を生んだのは Linux だ。スマートフォンの普及を生んだのは Apple と iPhone に違いないが、生態系を生んだのは Android だ。Linux も Android も、オープンソー

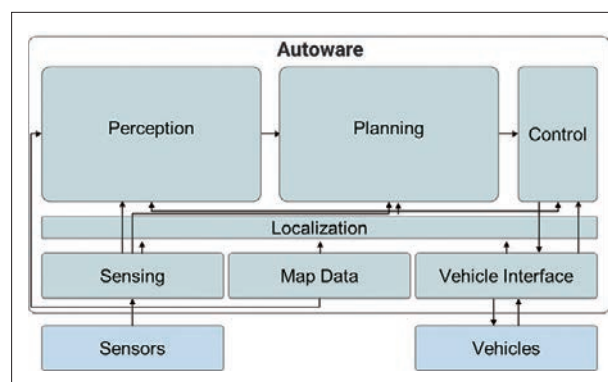
スである。同じムーブメントが自動運転にも必要になると考えられる。

今日現在、自動運転のためのオープンソースとして広く知られているのは Autoware である。ほかにも自動運転のオープンソースは多少存在するが、すべての要素技術がオープンソースになっているのは Autoware しかない。自動運転を構成する要素技術は主に、認知系 (Perception)、行動計画系 (Planning)、制御系 (Control)、それらの処理の起点となる位置推定系 (Localization) と地図系 (Map Data)、そしてハードウェア (Sensors, Vehicles) との境界がセンシング系 (Sensing) と車両結合系 (Vehicle Interface) である。これらの要素技術のうち、ソフトウェア部分がオープンソースとなっているのが Autoware であり、その他の部分は国際業界団体 The Autoware Foundation の中で仕様定義等が進んでいる（図-4）。

これからの 10 年で、これら要素技術の体系化が進み、アルゴリズムとしてみると「とある条件下」では人間を超える完成度まで達する見込みもある。一方で、それらのアルゴリズムが「安全である」という保証をするための検証技術や妥当性確認の方法論はまだまだ先鋭化が必要である。また、クラウド側のサービスを用いて検証と妥当性確認されたコンポーネントがエッジ側のシステムで期待通り動作するためにはクラウドネイティブなエッジ技術の開発も急務だ。そして何より、センサシステムやコンピュータシステムの性能・電力・価



■図-3 自動運転の開発基盤と開発プロセスの関係



■図-4 Autoware のソフトウェアアーキテクチャ

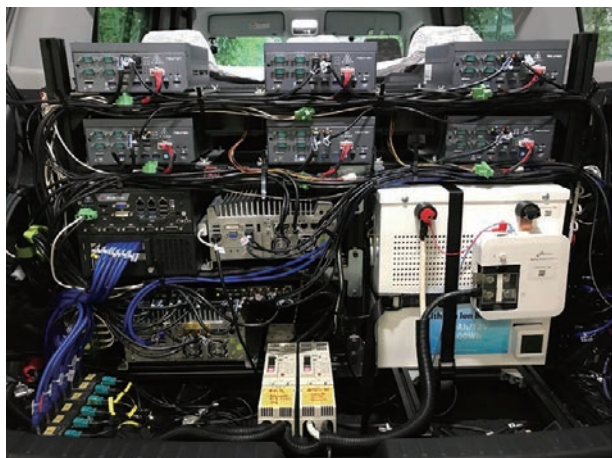
特集

Special Feature

格のトレードオフを解決しないといけない。完全な自動運転を実現するのであればカメラやレーザスキャナ (LiDAR)、レーダ等の多種多様なセンサデバイスを組み合わせ、そこから得られるデータの量と質に適したコンピュータアーキテクチャの設計が不可欠だ。今日、自動運転タクシーの機能自体を実現することは不可能ではないが、そのためには図-5に示すような高価な LiDAR 技術や図-6に示すようなリッチな計算機システムが必要である。これからの10年で、LiDAR 技術を汎用化させて普及価格帯まで持っていく、CPU だけではなくて専用アクセラレータ等を織り交ぜたコスト最適な AISC/SoC 技術を開発することができれば、自動運転は誰もが恩恵を受ける本当の社会的価値を手に入れることができるであろう。



■図-5 自動運転用の3次元レーザスキャナ

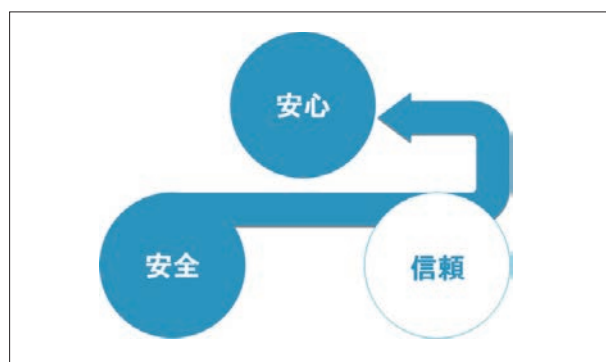


■図-6 ティアフォー社の自動運転タクシーで利用されている計算機システム

自動運転の安心と安全

自動運転の技術がいかに優れていようとも、安心と安全なしに実用化はあり得ない。そもそも安心と安全はどういうものだろうか。日常会話だと実は人によってそれらの言葉の解釈が異なり、どちらがどうというより文脈によって使い分けてその意味を理解することが多いかもしれない。一般的に「安心」とは主観的な意味合いで定性的かつ相対的なものであり、「安全」とは客観的な意味合いで定量的かつ絶対的なものだ。よって、安心感という言葉はあるが安心性という言葉はない。逆に安全性という言葉はあるが安全感という言葉はない。また、安心の反対は「不安」であり、安全の反対は「危険」であるから、こちらの方が違いが分かりやすいかもしれない。つまり、安心とは不安がない心の特徴であり、安全とは危険のない状態や状況を指す。

安心≠安全だとすると、安心と安全の関係性について考えないといけない。まず、人が使う物に関して安全は必ず必要になる。その上でどう安心を提供するのかというと、その間に信頼が必要になってくる。自動運転の実用化に向けては、まさに安全の上に信頼があって初めて安心が芽生えていくものだと考えられる(図-7)。計算機単体の信頼であれば種々の解析を通じて得ることができるが、自動運転のような計算機と自動車の複合体かつ自律的な振舞いをする機械の信頼を得るとなると試行錯誤が必要だ。



■図-7 安心・安全と信頼の関係

特集

Special Feature

社会受容性を考えると以下のアプローチが有効であるが、その方法論はデジタル化やサイバー空間を如何に活用するかが課題といえる。

—たくさん走っても事故が起きないことを示し信頼を得ること

—実際に体験してもらい期待を裏切らないこと

自動運転の安心と安全を社会受容性の高いものにする上で要となるのが運行設計領域（ODD：Operational Design Domain）という考え方だ。国際競争の中でもこの ODD をいかに定義し、広範囲に適用していくかが焦点になっている。国内では自動運転ベンチャーのティアフォー社が先陣を切ってその報告書（セーフティレポート）をまとめて公開している。セーフティレポートとは、自動運転の安全に関する取り組みを知ってもらい、それによって安心を感じてもらうための取り組みである。ティアフォー社のセーフティレポートを読むと、さまざまな環境下で自動運転が安全に運行できるかを細心の注意を払いつつ確認しながら、自動運転を世界中の人々が開発できるもの、使えるものにするための重要な信頼を得るための実証実験が幾度となく実施されていることが分かる。また、これらの実験において、ヒヤリとする場面はいくつか報告がされているものの、事故にいたるケースはなかったことも分かる。このような積み上げを行うことで、「自動運転車は定められた条件（ODD）の範囲内であれば安全に走れる」という安心感を提供できていると考えられる。

安全や信頼を定量的に示したい場合には、「安全性」や「信頼性」という表現ができる。この2つの言葉は国際規格である ISO、日本規格である JIS にそれぞれ定義があり、自動運転の安全性については以下の通りまとめられている。

—一人への危害または損傷の危険性が許容可能な水準に抑えられている状態

—許容可能でないリスクが存在しないこと

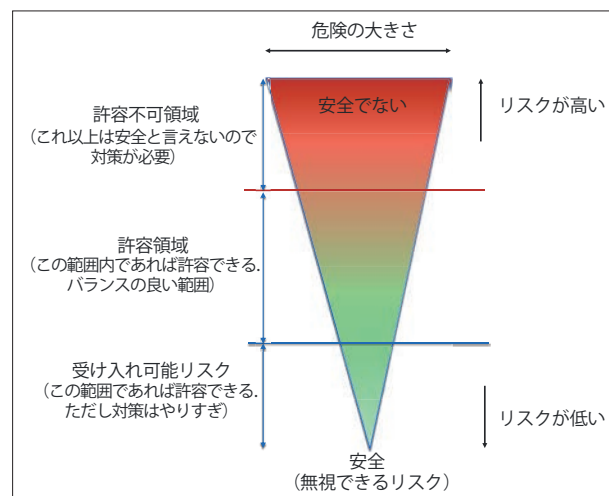
—一人はミスをするまたモノは壊れるのでゼロリスクはない

—リスク（人への危害）をどこまで許容するか決定する

この定義では安全性はリスクをどこまで許容するかを決定し、その範囲内での安全を確保することになる。一般的に ALARP（As Low As Reasonably Practicable）と言われる手法で合理的に実行可能な最低の水準までリスクを低減することが目標となる。許容できるリスクの線引きをするということは、リスク（≡事故）をゼロにすることが必ずしも目標になるわけではないことを意味する。「自動運転が実現すれば事故はゼロになる」というのは戯言で、現実的には不慮の事態は起こり得る。社会で定められたルールや安全性に対するコストのトレードオフなど、さまざまな制約がある中でリスクをゼロにすることは不可能である。そこで、これらの制約の中でどこまで安全性を高められるのかを線引きしていくことが重要になる（図-8）。

実際、人間が運転する自動車に関しても、どんなに安全に気を付けても事故は起こり得る。それでも自動車が利用されている理由は、法制度などのルールや最新の安全装置などの技術で社会として許容可能な安全を確保し、許容できないところに関しては、保険などの社会の仕組みにリスクを転嫁することでリスクがコントロールされているからである。

ALARP を定量的に示すためには、許容可能なリスクの発生確率や損害程度を定量的に定めて総合的に



■図-8 ALARP の概念図

特集

Special Feature

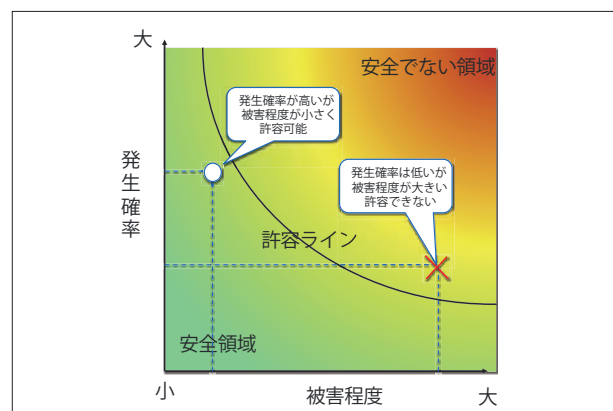
許容可能な範囲を決めていくことになる。この考え方に基づいた考え方がリスクアセスメントの基本となっており、自動車の機能安全規格である ISO 26262 における自動車安全水準（ASIL : Automotive Safety Integrity Level）が代表的な事例となる（図-9）。

なお、自動運転の信頼性についても、ISO と JIS の定義を基に以下のようにまとめられる。

- 与えられた条件で規定の期間中要求された機能を果たすことができる確率
- 対象の損失コストを源流から抑えるもの

信頼性は、主にサービスとしての可用性に大きく関係してくる。せっかく自動運転にしたのに稼働率が低く、メンテナンス工数がかかり、想定以上のコストが発生してしまうと、企業としての信頼を損ねることになりかねない。安全性と信頼性が高くて初めて利用者の安心を得られるということを忘れてはならない。

自動運転の安心と安全に関して、今後最も重要になるのは危険と異常を予測する技術と説明する技術



■図-9 許容領域の概念図

■表-1 道路交通に関する主な法規

法令名	概要
道路交通法	道路における危険を防止し、その他交通の安全と円滑を図り、及び道路の交通に起因する障害の防止に資することを目的とする
道路運送車両法（保安基準）	道路運送車両（自動車、原動機付自転車および軽車両）に関し、所有権についての公証等を行い、並びに安全性の確保及び公害の防止その他の環境の保全並びに整備についての技術の向上を図り、併せて自動車の整備事業の健全な発達に資することにより、公共の福祉を増進する
道路法・道路構造令	道路網の整備を図るため、道路に関して、路線の指定及び認定、管理、構造、保全、費用の負担区分等に関する事項を定めている。道路標識、道路上の道路情報提供装置、車両監視装置、気象観測装置等についても、道路法で基本事項を規律している
道路運送法	旅客運送事業・貨物運送事業の規制

だ。保険は事故が起こった後の賠償能力であり、リスクアセスメントはサービス実施前の確認手段である。サービスが始まってから事故が起こる前に、いかにして危険と異常を予測できるかが重要であり、それに伴って万一事故が起こってしまったときに人間の代わりに計算機がその事故の原因を説明できるかが重要となる。自動運転の実用化は、これらの研究がこれからの10年でどこまで進むかにかかっていると言っても過言ではない。

自動運転の法制度と規格

2020年4月1日、道路運送車両法の保安基準が改定され、自動運転のレベル3（運転の責任は運転席の人間にあるものの運転そのものは完全に機械に任せてよい自動運転の水準）以上の車両に搭載される「自動運行装置」なるものが定義され、国が定める保安基準の対象に規定された。今後は運転席に人間はおらず、運転の責任も機械に与えられる自動運転のレベル4実現に向けて法整備も進んでいくことになる。

自動運転の自動車が道路を走るためには、道路交通に関する国内法規に準拠する必要がある。また、道路上で事故を起こした場合には、交通事故の法的責任に関する法規によって責任を負うことになる。道路交通に関する主な国内法規には、道路交通法、道路運送車両法、道路法、道路運送法の4つがある（表-1）。

これらの法規の内容に関しては、国際協調および相互認証を目的とし、国連内の自動車基準調和世界

特集

Special Feature

フォーラム（通称「WP29」）と連携が取られている。また、WP29 傘下の分科会における技術的・専門的な検討では、日本はさまざまな分野で主体的な役割を果たしている。

交通事故の法的責任に関して、自動車事故を起こした場合には、運転者は刑事・民事・行政上の法的責任を負うことになる。自動運行装置が運転者を代替する場合、代替している間は同様の法的責任が認められるため、これらの法規に関しても無視することはできない（表-2）。

レベル3以上の自動運行装置を搭載する場合は、責任範囲の明確化のため、作動状態記録装置を設置することが義務付けられるようになった。そのため、メーカーには製造物責任法に基づく責任、販売店には契約不履行責任が生じる可能性もあるが、このあたりは国際的にもまだ結論は出ていない。国際動向としては、日本が批准しているジュネーブ道路交通条約やヨーロッパ諸国が加盟しているウィーン道路交通条約があるが、この改正に関しても国連内の道路交通安全作業部会でまさに議論が進められているところだ。

自動運転の実用化に際してのガイドラインも定められている。2015年11月、安倍政権の成長戦略の

中で、我が国の2020年までの自動運転の実用化に向けた制度整備等に関して安倍首相が自ら発言したことにより、国内では法令整備の準備が本格的に始まった。2018年4月には「自動運転に係る制度整備大綱」が発行され、現在これに沿って制度の整備が進められている。自動運転の実用化のための実証実験の展開に於いて当時は安全を確保するためのルールが法令しかなかった。そのため、法令に当てはまらない事象については、どう対処すべきか模索しながら実証実験を行う必要があったため、各省庁は最初から法規化するのではなく、まずはガイドラインとして大枠のルールを定める手順を踏んだ（表-3）。

実証実験を行う場合、公道の使用許可が必要になるのだが、その際、ガイドラインに沿って許可を取得することになる。ガイドラインは法令ではないので、必ずしもすべてのルールを遵守する必要はなく、対応が難しいものに関しては、代替手段を講じるなど、各省庁や自治体と個別に相談しながら実証実験を検討、実施することになる。

自動運転システムを搭載した自動車は、まず通常の自動車としてのシステムの安全が確保された上で、自動運転システムについても安全である必要がある。そのため、自動車のサプライヤが準拠すべきマネジメントシステムから、システムの安全標準規格まで、業界標準レベルでの安全を確保することが必要になってくる。自動車業界で対応している主な国際規格を図に示す（表-4）。

その他、ISO 22737 や ISO 3691 など、自動車以外に適用される自動運転の新しい標準規格についても、

■表-2 交通事故の法的責任に関する主な法規

法令名	概要
刑事法	刑罰（懲役・罰金） 自動車の運転により人を死傷させる行為等の処罰に関する法律
民事法	損害賠償 人身事故、物損事故に共通して適用される法律は、民法 709 条（一般不法行為） 同法 715 条（使用者責任）
行政法	免許停止

■表-3 自動運転実験のための主なガイドライン

ガイドライン名	発行	概要
自動走行システムに関する公道実証実験のためのガイドライン	2016年5月	警察庁
遠隔型自動運転システムの公道実証実験に係る道路使用許可の申請に対する取扱いの基準	2017年6月 2020年9月更新	警察庁
自動運転車の安全技術ガイドライン	2018年9月	警察庁
限定地域での無人自動運転移動サービスにおいて 旅客自動車運送事業者が安全性・利便性を確保するためのガイドライン	2019年6月	国土交通省自動車局
自動運転の公道実証実験に係る道路使用許可基準	2019年9月	国土交通省自動車局
特定自動配送ロボット等の公道実証実験に係る道路使用許可基準	2021年6月	警察庁

特集

Special Feature

内容を確認し順次対応していく必要があるだろう。このように、自動運転に関連する標準規格はいくつもあり、個々の企業でこれらすべての国際規格に準拠することはほぼ不可能である。だからこそ、可能な限り技術をオープン化し、パートナーと技術を共有しながら開発を進める必要がある。自動運転の実用化に向けては、いかに技術をオープン化して、事業性を確保しながら他社と共有していくかが鍵となる。

自動運転が実用化される日

「自動運転」という定義はさまざまであり、「実用化」という定義もまたさまざまである。「運転席に人がいない1台のなんらかの車両が自律走行すること」を自動運転と呼び、「人や物を運ぶ目的でサービス運行する」ということを実用化と呼ぶのであれば、2020年こそが自動運転が実用化された年といえるであろう。2020年は元々東京オリンピック・パラリンピックが開催予定であったこともあり、我が国のさまざまな技術ロードマップのマイルストーンが置かれていた年であった。自動運転も2020年までに達成すべき目標が多く掲げられていた。

福井県永平寺町では、経済産業省が主導したプロジェクトの一環で、ヤマハ発動機製のゴルフカートを活用した運転席無人の低速モビリティサービスが開始された。東京都西新宿では、東京都のプロジェクトの一環で、自動運転ベンチャーのティアフォー

社を筆頭に KDDI、損保ジャパン、モビリティテクノロジーズらが提携し、全国初となる運転席無人の自動運転タクシー車両がお披露目された。翌年には長野県塩尻市では複数の自動運転タクシー車両が運行されている。一方、法整備も着実に進み、2020年4月には道路交通法と道路運送車両法が改正され、「自動運行装置」というものが明確に定義された。この自動運行装置は現状では「レベル3」の自動運転を対象としており、最終的には運転の責任はまだ人間に預けられているが、この自動運行装置と遠隔監視システムを組み合わせることで、運転席を無人とした自動運転車のサービス運行は可能となった。

それでは次の10年はどうなるのか。どこまで実用化は進むのか。我が国の政策で掲げる目標は、2025年までに全国40カ所以上の地域で「レベル4相当」の自動運転サービスを「事業化」となっている（自動走行ビジネス検討会「官民ITS構想・ロードマップ2021」より）。2030年に向けては各地域のライフスタイルに適合したデジタルプラットフォームの創出、その先の2050年に向けてはカーボンニュートラルに伴う「グリーン成長戦略」に資する自動運転の実現が掲げられているが、2025年以降の実用化にかかる具体的な数値目標は提示されていない。

今日の自動運転の技術水準を考えると、2025年の全国40カ所という目標はきわめて妥当であるといえる。また必ずしも「レベル4」を実現するのではなく、

■表-4 自動車業界で対応している主な国際規格

法令名	概要
ISO 9001	QMS (Quality Management System) の標準規格。品質を継続的に改善していく仕組み。
IEC 61508	システムのリスクを軽減するために使用される電気・電子・プログラマブル電子により安全性を高めるための機能安全規格。
ISO 26262	機能安全を設けることにより、自動車に特化した電子システムに故障が発生した場合でも、ドライバや乗員・交通参加者等への危害を及ぼす危険を許容可能なレベルに低減するという機能安全規格。
ISO/PAS 21448	Safety of the Indented Functionality. 他車の動向や天候など自車で制御できない事象や、自車のシステム故障以外の誤使用や性能限界などを想定して安全性を高めるための規格。
ISO/SAE 21434	自動車のサイバーセキュリティに対する国際規格。ハッキングされた場合には自動車の安全にも影響が出るため、体系的に取り組む必要がある。
UL4600	直近発行された、UL というアメリカの認証機関の規格。自動運転システムのベストプラクティス。

特集

Special Feature

「レベル4相当」を実現することによって、現実的なコストで自動運転サービスの恩恵を人々に届けるというアプローチも理に適っている。2025年にはこういった地域でODDが明確に定義され、そこから導き出されたユースケースとシナリオに対して自動運転システムの検証と妥当性確認が行われ、対象ODDの範囲内においては安全が保証されたサービスが実現されているはずである。また、何らかの想定外の事象が発生し、ODDの条件から外れるような事態に陥ったとしても自動運転システムが自ら安全停止し、被害を最小限に抑えられるような仕組みも技術的に完成しており、社会システムとしても保険が整備されていると考えられる。すなわち、2025年にはいわゆる自動運転の実用化が「普及期」に突入していると推察できる。

自動運転が本当の意味で実用化されるということは、計算機と自動車が人間に使われる「便利な道具」からそれ自体が「新たな生態系」へと変化を遂げ、社会の中で人間と共存することを意味する。そのとき、人間と機械の関係は再定義され、法と倫理をも変え得る革命的な瞬間といえる。その幕開けが今まさに始まっており、2025年という目線ではさまざまな条件下で実用化されているはずだ。そして10年後の2030年代には自動運転が当たり前という世界になっており、むしろ自動運転機能がない自動車は珍しいものになるのではないであろうか。人間の生活だけでなく法と倫理まで変え得るという点で、自動運転の実用化はパソコンやスマホを超えるパラダイムシフトになるであろう。

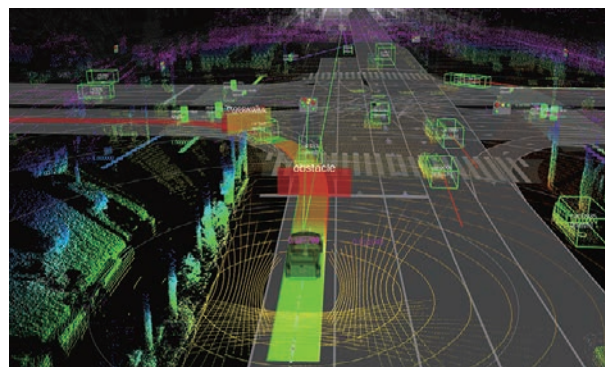
自動運転は人間を超えるか

自動運転が人間と共存する存在となったとき、当然ながら自動運転と人間は比較されることになる。AIと人間の比較は、最適化の対象が定まって初めて意味をなす。自動運転とは、詰まるところ自動車を運転することを目的としたAIであるわけなので、

運転を最適化することに関して人間との比較には具体性がある。しかしながら、最適な運転の意味もまたその運転の目的によって変わる。

10年後の世界を考えたとき、「事故を起こさない」という指標で比較すれば、自動運転は平均的な運転技能を持つ人間を超えているはずだ。自動運転は与えられたODDの範囲ではほとんど事故を起こすことはない。それでも自動運転が人間の完全上位互換というわけではない。人間が起こす事故の多くを自動運転は防いでくれるが、人間が起こさないような事故を自動運転は起こしてしまう可能性があるからだ。自動運転が普及すればほとんどの事故はなくなる。よって、社会は自動運転を受け入れる方向に進むことは間違いないが、自動運転が人間の完全上位互換にはなり得ないという事実がある限り、自動運転が本当に人間を超えることはないかもしれない。

自動運転の最大の利点は、与えられたODDの範囲内では安全が保証可能な点だ。自動運転に利用するセンサは周囲の状況を正確に把握できる。その位置精度はセンチメートル単位、その検出範囲は数百メートル級に及ぶ。また、検出した物体が数秒後にどう動くまで予測ができる。この認知能力という点では、自動運転は熟練した運転技能を有する人間のそれをも遥かに凌ぐ(図-10)。これからの10年で、自動運転の認知能力はセンサ技術やAI技術の発達によりさらに向上し、自動運転はほとんどの人間の運転技能を上回ることができるであろう。



■図-10 すでに人間を凌ぐ自動運転の認知能力

特集

Special Feature

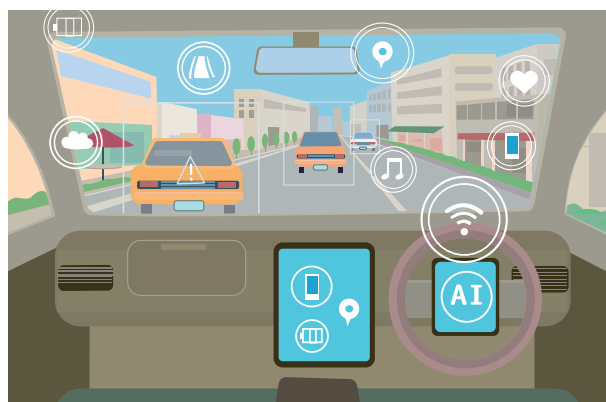
上述のとおり、認知能力や予測能力については、ODD の定義によらず自動運転は熟練した運転技能を持つ人間より高い水準を目指すことが可能だ。一方で、判断能力については交通ルールの制約もあって人間との比較は難しい。交通ルールを守れるかどうかで比較をすると、自動運転は人間よりも優れている。しかしながら、厳密に交通ルールを守ることが実世界において必ずしも妥当であるとは限らない。人間はしばしば瞬間的なルールの逸脱によって全体最適を手に入れている。交差点手前での車線変更や法定速度を超えた追い越しなど、人間であればその場の判断で許容してしまうような振舞いを自動運転が真似することは難しいであろう。また、赤信号で飛び出してきた相手に対しての振舞いも、人間であれば相手が悪い場合であっても全体最適のために譲ることができるが、自動運転ではそういったルール逸脱、あるいは未学習の状況に対応することは難しいであろう。言い換えると、自分が悪くなくても事故は起こることがあり、それを回避できるのが人間である。10年後の世界を考えたとき、自動運転と人間の最も大きな違いは、ルールを逸脱した行動に対する振舞いであるといえる。

これからの10年で自動運転はどこまで進化するのか。その答えを握っているのはもちろん世界中の技術者と研究者であり、法と倫理を作り上げる賢者たちであるが、可能性に言及するならば、自動運転は一部の熟練した技能を持つ人間を除きほとんどの人間の能力を上回る水準に達し、その適用範囲も世界中の国と地域の生活道路にまで展開可能だ。自動運転は単にそれが新しい技術として普及していただくだけではなく、これまで人間に使われる便利な道具であった計算機と自動車が、自ら新たな生態系となり、新たな法と倫理のもとで人間と共存するという文化を築いていくことにほかならない。その先に究極の安全と新しい体験が待っているはずである。そしてまだ我々が想像もできない、人間の可能性がさらに広がる何かを自動運転がもたらしてくれることを期待したい。

(2021年11月7日受付)

■加藤真平（正会員） shinpei@is.s.u-tokyo.ac.jp

1982年神奈川県藤沢市生まれ。東京大学大学院情報理工学系研究科 准教授、名古屋大学未来社会創造機構 客員准教授、(株)ティアフォー社取締役会長兼最高技術責任者 (CTO)、「The Autoware Foundation」代表理事。



[自動運転元年]



②高精度 3 次元地図 —安全・安心な交通環境を実現する デジタルインフラ基盤—

麻生紀子 ダイナミックマップ基盤（株）

2000 年代初頭より乗用車、物流車両、建機等、あらゆる移動体における自動運転にかかわる研究開発が推進され、実用化が始まっている。この自動運転（AD : Autonomous Driving）や先進運転支援システム（ADAS : Advanced Driver-Assistance Systems）の実現に必要とされるキーテクノロジーの 1 つが「高精度 3 次元地図」である。

高精度 3 次元地図は、国内においては日産自動車（株）が「スカイライン」に搭載する ADAS システム「ProPILOT 2.0」、本田技研工業（株）が「レジェンド」に搭載する世界で初めて実用化した「自動運転レベル 3」システム「Honda SENSING Elite」、さらに、トヨタ自動車（株）が「Lexus LS」と燃料電池車「MIRAI」に搭載する「Advanced Drive」等で採用されている。これらの車種では高精度 3 次元地図が搭載されており、高速道路における安全・安心な

ドライビングの実現に重要な役割を果たしている。

今後は搭載車種が拡大していくとともにこのシステムが稼働可能なエリアが高速道路から一般道路へと拡大していく見込みである。

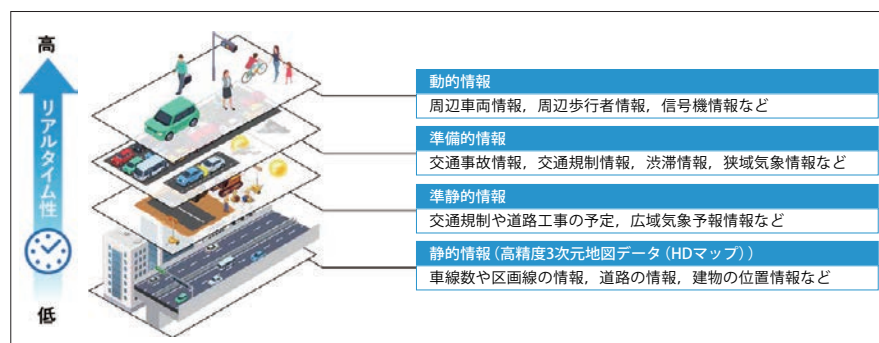
本稿では、自動運転における高精度 3 次元地図（High-Definition Map）の役割と整備方法、今後の展望について紹介する。

自動運転における地図情報の役割

ダイナミックマップと高精度 3 次元地図

自動運転システムの実現に必要とされる地図データモデルに関して、動的・静的な情報を統合する「ダイナミックマップ」という概念がある（図-1）。これは、道路空間上でさまざまな時間間隔で変化するあらゆる事象を高精度 3 次元地図と紐づけて構成

するデジタル地図のモデルである。一般的に動的情報（歩行者や信号情報等）、準動的情報（事故情報や交通規制情報等）、準静的情報（道路工事や交通規制予定情報）、静的情報（路面情報、車線情報や 3 次元構造物等）の 4 つのレイヤ（階層）で構成され、それらの位置情報を基準に



■図-1 「ダイナミックマップ」の概念

特集

Special Feature

紐づけて構築，利用するための概念である．高精度 3 次元地図はこの 4 レイヤの中で主に静的情報の役割を担う．現在研究開発が進む上位 3 レイヤの情報連携の実現においては，各レイヤに対する位置のリファレンスとなる役割を担うことが期待される．

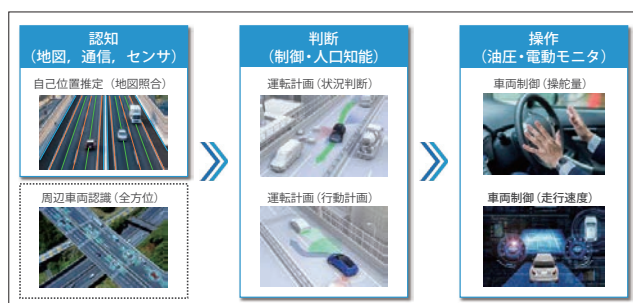
車両に搭載されるデジタル地図として，カーナビゲーション用地図が広く普及しているが，その主たる目的は人間に対する 2 次元表示であり，道路単位の情報や施設関連情報を保有し車線単位の詳細情報は含まない．また位置精度はおおむねメートル単位である．一方，高精度 3 次元地図は車両の運転制御のための地図データであり，各データは X, Y, Z の 3 次元情報を有する．車線ごとの情報を保有しその精度はセンチメートル単位である．言い換えれば，カーナビ地図は人間が読む地図であるのに対し，高精度 3 次元地図を読むのは機械（車両）であり，車両の制御に必要となる高精度な 3 次元位置情報を保有した地図ということになる．

自動運転における高精度 3 次元地図の役割

車両の運転動作は「認知」→「判断」→「操作」の連続と言われ，自動運転システムで利用される高精度 3 次元地図は，自車位置推定，道路構造の先読み制御，センサ情報補完等に寄与する情報を提供し，走行の快適性や安全性を向上させている（図-2）．

自車位置推定のリファレンス

自動運転システム機能を備えた車両は，今どこを走行しているかを車線単位で正確に把握する必要



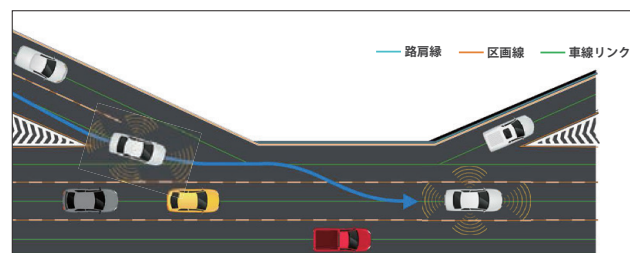
■図-2 車両運転にかかわる動作

がある（図-3）．そのために，車両は衛星測位端末，慣性計測装置，カメラセンサ，レーダセンサ等の各種センサを装備し，道路標識や路面標示等の走行に必要な道路情報（地物，Feature）を抽出し，車両制御に供している．抽出した地物をあらかじめ整備した高精度 3 次元地図に収録された地物と照合することで車両の位置を高精度で推定することが可能となる．

今後実装が期待されるレベル 4 以上の自動運転システムは人が介在しないシステムとなることより，車両が周辺環境を正確に把握するためのセンサの高性能化が求められるとともに，リファレンスとなる高精度 3 次元地図に対する要求精度も高まっていくと考えられる．

先読み情報の提供

日本の高速道路は国土形状により多くの曲線部から構成されている．高精度 3 次元地図を搭載しない場合，カメラ等で認識した車線の変化に合わせてステアリングを切り車両を制御するが，カーブ等曲率に変化するところでは，制御に遅れが生じステアリング制御がぎくしゃくしてしまうことがある（図-4）．高精度 3 次元地図が保有する車両搭載センサ覆域外の道路形状や勾配等の情報を先読み情報として利



■図-3 車線単位の自己位置推定



■図-4 道路の先読み情報

特集

Special Feature

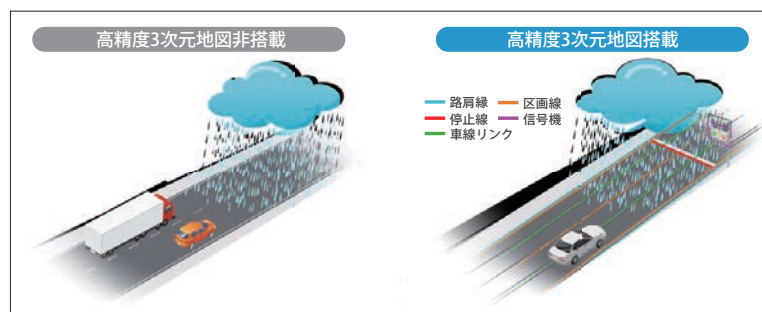
用することにより滑らかな走行が実現可能となる。また、分岐や右左折の複雑な道路では、早い段階から目的地に対応した車線変更を開始する等、ゆとりある安全、快適な走行を支援する。

センサ情報の補完

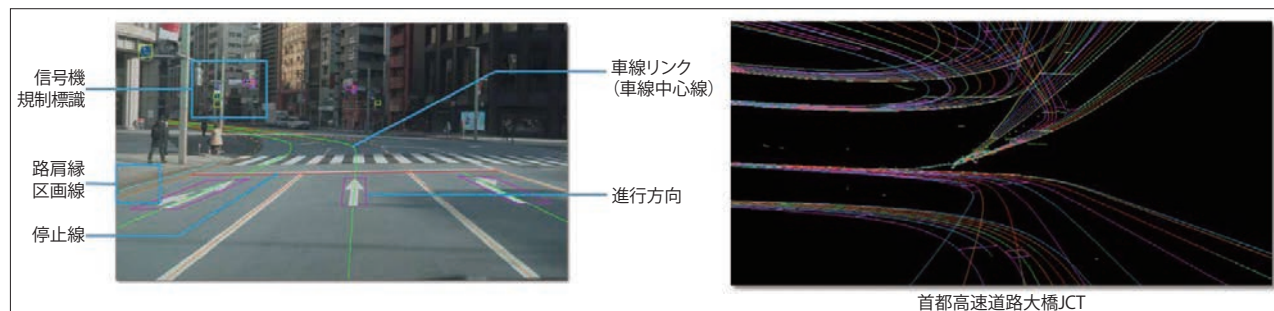
車両搭載センサは覆域に限界があるとともに、日照や降雨等の気象状況によりセンサ感度が低下することがある(図-5)。さらに、路面標示等は経年変化によりかすれが生じ、センサでの検出が困難となる場合がある。また衛星測位はトンネル内や高層ビルが林立するエリアでは衛星不可視となり位置推定ができない。高精度3次元地図は上記のような条件で内容が変化することはなく、他センサを補完する役割を担うことができ、自動運転を実現する一種のセンサと見なして「地図センサ」と呼ばれることがある。各センサを複合的に利用することで、より高度かつ安全な車両制御が可能となる。

高精度3次元地図の特徴

自動運転システムで利用される高精度3次元地



■図-5 センサ情報の補完



■図-6 高精度3次元地図の例

図は、MMS (Mobile Mapping System) という車両搭載型計測システムにより取得された3次元点群データ等を基に車両が利用しやすいデータに加工し提供される。地図に含まれる地物は、道路標識や区画線のような実際に目に見える形で存在する「実在地物」と、交差点等車線が切れている部分や車線が減少する部分でも車両が滑らかに走行できるように、実際の道路上には存在しない車線中心線等の「仮想地物」の2種類に大別される。加えて、連続して交差点がある道路で、手前の停止線とどの信号機が対応するのかという紐づけ情報等、カメラ画像のみでは取得困難な情報も含まれる(図-6)。

高速で走行する車両に搭載される高精度3次元地図には、「高い精度」、「品質」、「鮮度(最新性)」が要求される。たとえば、自動運転において、高精度の車両自己位置推定が求められることは前述したが、車線内を安全、安定して走行するためには、0.25m (RMS) 精度が必要とされる。これは、車線幅員3.5mの道路を車幅2.0mの車両が走行する場合、両脇に $(3.5\text{m}-2.0\text{m})/2=0.75\text{m}$ の幅があり、その3分の1となる0.25mの自己位置測位精度が確保できれば、車線内の安定走行するために3倍の余裕を持てる、との考え方に基づく要求値とされている。ただし、この

前提は、各種センサ性能を含めた自動運転システム全体としての性能配分により決定されるものであり、今後の技術革新により精度要求値は変化していくことが想定される。

特集

Special Feature

高精度 3 次元地図の整備工程

現在、量産車両向けに提供中の高精度 3 次元地図は、内閣府が推進する SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）等での研究開発成果や、各自動車会社や地図会社等との対話を基に、仕様の調整を図り製品化を実現している。以下に主要な整備工程を説明する（図-7）。

計測

3 次元で cm 級の位置精度を有するデータの取得は、地球上の位置情報を取得するための「測量技術」によるものであり、データ収集に際しては、MMS を用いることが一般的である。整備に利用される MMS は、高精度かつ地物の高い再現性を確保するために、マルチ GNSS（Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム）対応受信機、衛星不可視区間で比較的高精度を維持する高性能 IMU（Inertial Measurement Unit）、道路情報を精緻に再現する高密度レーザスキャナ（LiDAR）、高解像度カメラを搭載しており、各機器が衛星時刻情報で同期されることにより計測時の状態を正確に再現できる。MMS 車両を走行させながら、LiDAR で道路面および周辺情報をスキャンして点群データを取得することで、実際の道路とほぼ同一形状、サイズのデジタル空間上の道路データを表現できる。レーザ点群データについては GNSS 受信が良好な状態時には、絶対精度 10cm 以内、相対精度 1cm 以内

のデータ収集が可能である。

図化

MMS により取得した 3 次元レーザ点群を基に、自動運転に必要なさまざまな情報、たとえば区画線や道路標識、交差点領域等の地物を抽出してベクトル化することを図化と呼ぶ。図化はあらかじめ地物毎に定められた取得基準に基づき行われ、自動、手動の組合せで実施される。今後、自動運転システム（AD）に加え先進運転支援システム（ADAS）で利用されるためには、より長い距離の高精度 3 次元地図を低コスト、短期間で整備していくことが重要である。手動で実施する作業は IT の採用により順次自動化していくことで効率化を図っている。

統合

図化工程で取得した各地物データを関連づけ（構造化処理）属性情報を付加、ユーザが利用しやすい形式に変換することで高精度 3 次元地図が完成する。

高精度 3 次元地図の整備状況と今後の展望

日本における高精度 3 次元地図の整備状況

2021 年 9 月現在、高速道路・自動車専用道路の上下線計で 3 万 1,910km が整備されており、道路変化に対する地図更新を進めている。さらに 2021 年度からは一般道路向け高精度 3 次元地図の整備を開始し、



■図-7 高精度 3 次元地図の主要整備工程

特集

Special Feature

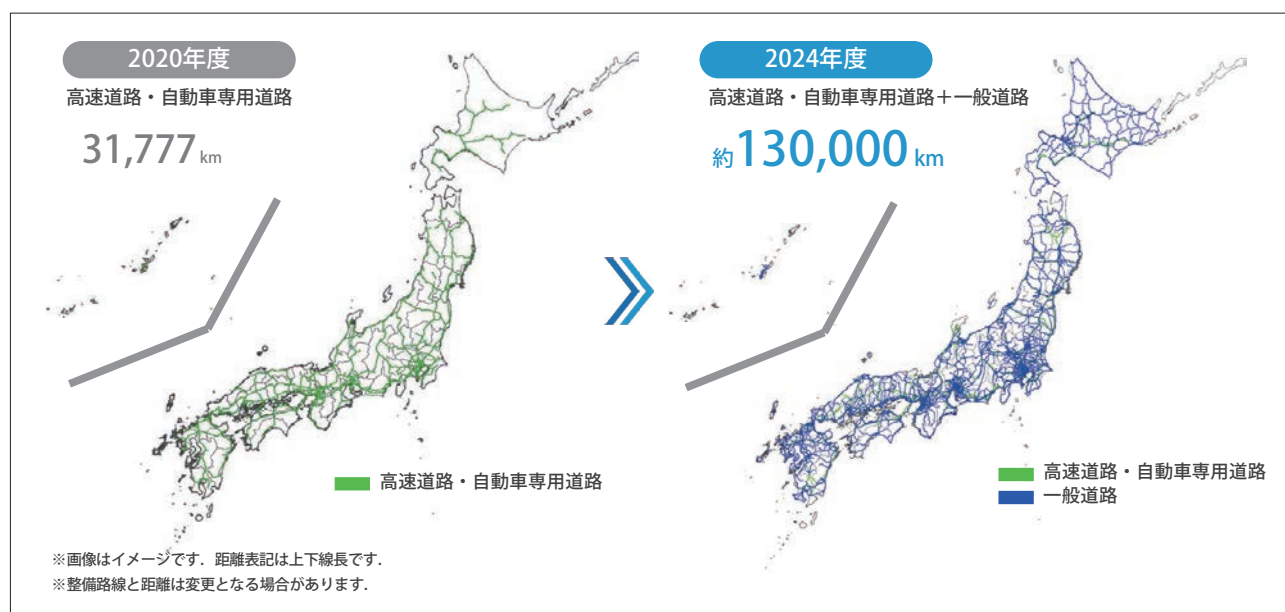
国道等主要道路を対象として 2023 年度に約 8 万 km、2024 年度には 13 万 km に拡大する計画（いずれも上下線計の総延長）であり、その後も順次対応路線を拡充する（図-8）。これにより高速道路・自動車専用道路に限られていた AD/ADAS システムの使用を一般道に拡大することが可能となり、さらなる自動運転・高度運転支援の普及に貢献できるものとする。

高精度 3 次元地図整備にかかわる課題

高精度 3 次元地図は安全・快適な交通環境構築に貢献するが、整備にかかわるいくつかの課題もある。1 つは地図データ更新のリードタイムである。道路の状況は日々変化しており、この変化を捉え迅速に更新していくことが求められる。この過程で最も難しい点は、タイムリーな変化の把握である。工事発注情報等は道路管理会社や自治体において個々に管理されているが、これらの情報を収集し高精度 3 次元地図更新に必要な内容を抽出・利用するためには、システムや制度等仕組みの見直しも必要と考えられている。一方、技術開発の観点では、変化情報収集技術確立に向けたさまざまな取り組みが進められている。例として日常的に取得されるドラ

イブレコーダ画像等の車載センサで取得した情報から AI 技術や機械学習技術を用いて自動的に変化抽出することにより更新箇所を素早く特定することが可能となる。リードタイム短縮については更新工程そのものを短縮することも重要であり、図化や検査の各作業プロセスの自動化を並行して進めることでトータルのリードタイム短縮を目指す。

もう 1 つの課題は低コスト化である。これまで高精度 3 次元地図はレベル 2+ 以上を対象とする先進運転支援システム（ADAS）や自動運転機能（AD）を搭載する高級車種への採用が主であったが、今後普及価格帯の車種に搭載されるレベル 1～2 のシステムに高精度 3 次元地図が採用されるためにはコスト低減が必須である。ダイナミックマップ基盤（株）が 2019 年に買収した米国高精度 3 次元地図製作会社である USHR（アッシャー）社は、北米において約 32 万 km の高精度 3 次元地図を提供しており、このデータは米 General Motors の Cadillac シリーズの CT6 等で利用されている。USHR（アッシャー）社は、計測から地図データ作成までを自動化・効率化する各種ソフトウェアやノウハウを有しており、今後の国



■図-8 国内における高精度 3 次元地図の整備計画

特集

Special Feature

内の高精度 3 次元地図整備への活用を進めるとともに、グローバル展開に向けた整備プロセスや地図データ形式の統合を含め、トータルコストの低減を図る。

今後の展望

自動運転システム向けの高精度 3 次元地図は高精度 3 次元データを活用した 1 つのソリューションであり、本データはさまざまな分野への展開が期待される (図-9)。

自動運転関連では、乗用車以外への適用として、物流車両 (ドローン等の空輸含む) や空港・工場等施設内の専用車両等を対象とした検討や実証実験が進められている。また、近年エネルギー制約や地球温暖化対策の観点から、道路の勾配等を考慮した運転支援システムにおいて高精度 3 次元地図が有効に機能することは欧米で実証されている¹⁾。今後普及が進み、かつ効率的な電力管理が求められる電気自動車やプラグインハイブリッド自動車においてはさらなる活用が期待される。

車両への搭載に加え車両開発の中でも活用される。AD/ADAS システム開発においては膨大な距離の走行試験やさまざまな状況を含むシナリオでの試験が

必要であり、車両走行シミュレーションは開発の効率化に不可欠と言われている。道路環境を精緻に再現可能な高精度 3 次元データはシミュレーション環境において利用が進みつつある。

モビリティ以外の分野においても、高精度 3 次元データの活用検討は進められている。1 つは道路管理 (除雪、除草等) や施設管理 (地中埋設物等) である。国土交通省が公表した「国道 (国管理) の維持管理等に関する検討会 中間とりまとめ (2020 年 5 月)」における道路デジタルメンテナンス戦略においては、高精度 3 次元データがプラットフォームの 1 つとして位置付けられている。施設の老朽化、激甚化する災害への対応等、社会インフラ維持管理を取り巻く状況が厳しくなる中、関連する情報の基盤としての役割が期待される。

国の成長戦略としてデジタルトランスフォーメーション (DX) やグリーントランスフォーメーション (GX) が進められる中、その社会の実現に際しては、人とさまざまなモビリティが活動しインフラが運用される実空間 (フィジカル) と、システムが認知・把握・制御するデジタル空間 (サイバー) の共通表現を可能とするデジタルインフラが必要となる。高精度 3 次元地図は安全・安心な交通環境構築に貢献するとともに、広義の高精度 3 次元データとして社会のデジタルインフラ基盤の役割を担っていくことが期待される。

参考文献

- 1) 道の地図データ使い燃費 10% 改善 トムトムとデルファイ、日本経済新聞 (2020 年 6 月 26 日)、英語版: Delphi Technologies, TOMTOM

(2021 年 9 月 28 日受付)



■図-9 高精度 3 次元データを活用したソリューション

■麻生紀子 Aso.Noriko@dynamic-maps.co.jp

1982 年三菱電機 (株) 入社。防衛宇宙関連システム開発を経て、宇宙技術利用促進事業に従事。2020 年ダイナミックマップ基盤 (株) に移籍。現在、高精度 3 次元地図の整備および新事業推進に従事。執行役員 (技術担当)。

[自動運転元年]



3 自動運転を支える 高精度測位と高精度地図



五十嵐雄治 元岡範純 佐藤友紀 濱田悠司

三菱電機（株）

自動運転に必要な測位・地図

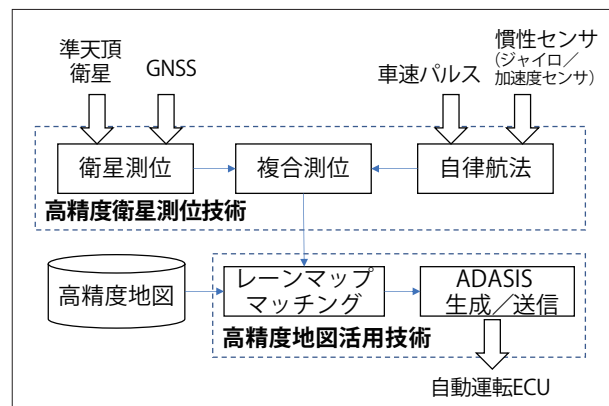
自動運転技術は、レベル1～5の5段階で区分され¹⁾、高速道路の渋滞時に限定されるレベル3の実用化は始まっているが、現在広く実用化されているのはACC（Adaptive Cruise Control）やLKAS（Lane Keep Assist System）などレベル2である。

自動運転の実現に向けては、停車位置や自車と他車の車両間の相対距離をセンチメートルレベルの精度で認識する必要がある。車両の位置の測位方式にはLiDAR（Light Detection And Ranging）やミリ波など自動運転車に搭載したセンサを用いることも可能であるが、曲がり角の先にいる車両や歩行者などセンサの死角にいる位置の障害物や停車すべき停止線の位置などを自動運転車が事前に検知するためには、道路地図上における自車と障害物および停止線までの相対位置を認識できる必要がある。

また、自動運転レベル3～4は「特定条件下における自動運転／完全自動運転」、レベル5は「完全自動運転」とそれぞれ定義されており、レベ

ル3～4においては運行設計領域（ODD：Operational Design Domain）と呼ばれ、時間・天候などの環境条件および走行コース・運行速度・通信環境・歩者分離状況・交通量などの道路・地理条件などあらかじめ満たす領域で走行が限定されている。

レベル3、4の自動運転においては、自動運転車両が出発地から目的地まで走行するためには地図上のどこを走行しているか、車両がODD範囲内か否かを認識する必要がある。そのため、自動運転システムには図-1に示すように衛星測位、自律航法を



■図-1 自動運転に必要な測位・地図²⁾

特集

Special Feature

用いた複合測位を行う高精度衛星測位技術と、あらかじめ作成した高精度地図とのレーンレベルのマッチングを行い、走行車線を推定する高精度地図活用技術が必要である。また、自動運転に必要な車線レベルの道路地図、道路地図上の障害物、自車位置等の情報を通知する仕組みとして先進運転支援システムインタフェース仕様（ADASIS：Advanced Driver Assistance Systems Interface Specification）規格が策定されている。

本稿では衛星測位および自律航法を用いた高精度衛星測位技術、および自動運転システム向けの高精度地図活用技術について述べる。

高精度衛星測位技術

衛星測位

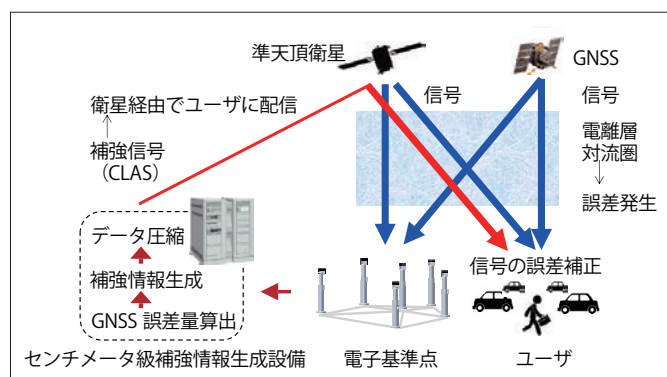
擬似距離観測量を用いた従来の GPS 測位では誤差が数メートルであったが、近年は、RTK（Real Time Kinematic）を始めとした搬送波位相観測量を用いた精密測位により、良好な測位環境においては衛星測位単独でセンチメートル級の位置精度が得られている。また、MADOCA（Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis）や CLAS（Centimeter Level Augmentation Service）など、測位補強情報をユーザに提供するサービスが普及してきており、基準局がなくてもセンチメートル級の精密単独測位が可能となっ

ている。

本章では、CLAS の補強情報を用いた高精度衛星測位技術²⁾について述べる。

CLAS が配信する補強情報の内容とセンチメートル級の位置情報を取得するまでのフローを図-2 に、主な仕様を表-1 に示す。CLAS では、衛星測距データに含まれる各種誤差を補正するデータを準天頂衛星の L6 信号を用いて配信され、高い測位精度（静止体水平：6cm 以下（95%））を実現する。CLAS は、GNSS（Global Navigation Satellite System）としては初となるセンチメートル級の測位を可能とする補強情報を送信するサービスで、日本全国およびその近海に配信される。衛星からの補正情報の送信とは異なり、衛星の可視性が保持できる環境にて一律にサービス提供が可能であり、IT 農業や全国的高速自動車道における自動走行・次世代安全運転支援システムなど、本格的な高精度位置情報利用時代への利活用が期待されている。

CLAS の利用については、アプリケーションの開発をサポートする CLASLIB（CLAS Test Library）が公開されており、補強情報を扱う処理とオープンスカイ環境下でセンチメートル級精度の衛星測位を行う処理が実装されている。CLASLIB の測位処理では、補強情報によって誤差が補正された擬似距離観測量および搬送波位相観測量を用いて、カルマンフィルタによって、位置／速度／加速度、電離層遅延残差、および搬送波位相に含まれる整数値バイアスを推定する。カルマンフィルタでは、整数値バイアスは実



■図-2 センチメートル級位置情報の取得フロー

■表-1 CLAS の主な仕様

項目	仕様
補強対象信号	GPS：L1C/A, L1C, L2P, L2C, L5 QZS：L1C/A, L1C, L2C, L5 Galileo：E1B, E5a
サービスエリア	日本国および領海（約 80 万 km ² ）
位置精度 （オープンスカイ、95%）	静止：水平 6cm / 垂直 12m 移動：水平 12cm / 垂直 24m
初期化時間（95%）	60 秒以下（補強情報取得時間含む）

特集

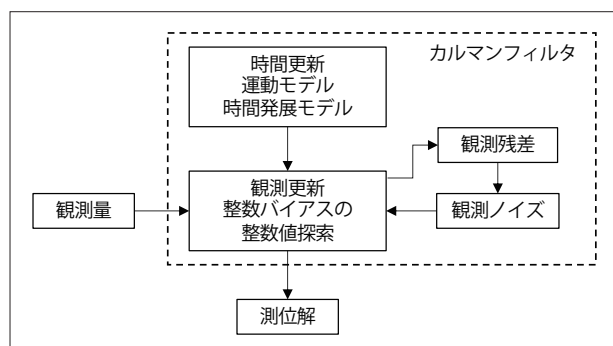
Special Feature

数値として推定され、その後、LAMBDA (Least-squares AMBIGUITY Decorrelation Adjustment) 法等の整数探索手法を用いて整数値バイアスの整数化を行う。

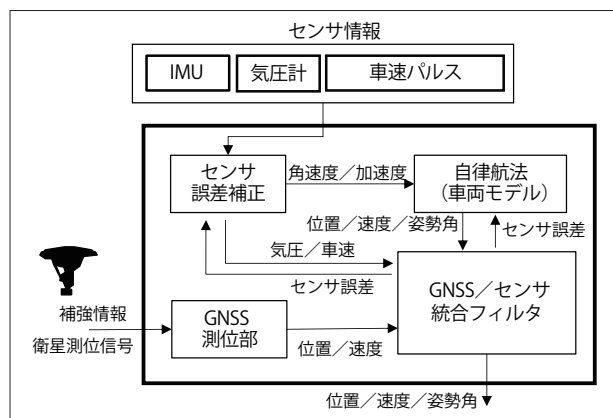
電波受信環境が多様に変化する車載利用環境下では、建物等で反射した測位信号（マルチパス）によって、擬似距離観測量に大きなバイアス誤差が生じる。したがって、高精度な測位解を得るためには、マルチパスの影響を抑制する必要がある。マルチパス影響軽減策としては、観測量の重み（観測誤差行列の値）を適応的に調整するために、カルマンフィルタでの観測更新後の観測残差を利用して、観測誤差行列の値を時間の経過とともに更新する手法がある（図-3）。

INS 複合測位

IMU（ジャイロ、加速度センサ）や気圧計、車速パルスなどのセンサ情報を補完的に利用するこ



■図-3 CLAS 測位の構成図



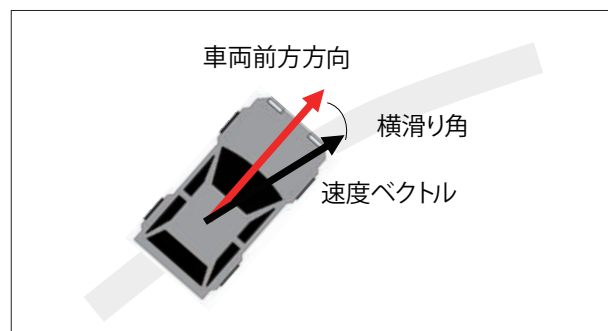
■図-4 複合測位構成図 (疎結合)

とで、都市部やトンネル通過等の測位信号が一時的に遮断される環境下においても、位置推定を継続できる。

GNSS 測位と INS (Inertial Measurement Unit) 等のセンサ情報を複合させる測位方式の例を図-4に示す。GNSS / センサ統合フィルタにて、GNSS 測位部で計算した位置 / 速度からスケールファクタやバイアス等のセンサ誤差を推定する。これにより、衛星不可視の時間帯においても、誤差補正されたセンサ情報と車両モデルを用いた自律航法（時間伝搬）によって、車両の位置 / 速度 / 姿勢角を取得できる。車両モデルとしては、幾何学モデル (Geometric Model)、運動学モデル (Kinematic Model)、動力学モデル (Dynamic Model) 等があり、取得可能なセンサ情報や計算コスト等を考慮してモデルを選択する。

図-4では、GNSS 測位部で求めた位置 / 速度を GNSS / センサ統合フィルタに入力しているが、擬似距離観測量、搬送波位相観測量、およびドップラー観測量を入力として、センサ情報と統合する方式もあり、前者を疎結合（ルースカップリング）、後者を密結合（タイトカップリング）と一般に呼ばれている。

車両が旋回する際には横滑りが発生し、車両姿勢（前方方向）と速度ベクトルとの間の角度が生じる（図-5）。自律航法時は速度ベクトルを積分して位置を求めるため、速度ベクトルを精度良く推定できている必要がある。衛星測位可視時は、



■図-5 車両の横滑り

ドップラー観測量から速度ベクトルを直接推定することが可能であるが、衛星不可視時は、車両の姿勢（向き）と横滑り角から速度ベクトルを推定する必要がある。横滑り角は角速度と速度の積に比例する関係性から、事前に比例係数を求めておくことで横滑り角を簡易的に求める手法がある³⁾。

高精度地図活用技術

高精度三次元地図

カーナビゲーションで使用しているデータでは誤差が大きいところでは市街地で数メートル、それ以外の場所では10数メートルに及ぶこともある。また、レーンごとの形状や路肩などの情報は保持しておらず、縦横断勾配や道路標識などの情報も十分にデータ化されていない。

そこで、50センチメートル未満の絶対精度を持ち、レーンごとの中心線や区画線の形状、縦横断勾配や信号機・道路標識の位置などさまざまな情報を備えた高精度三次元地図データの整備が進められている（図-6）。

GPS、カメラ、レーザスキャナ、IMU（Inertial Measurement Unit）などを搭載した車両MMS（Mobile Mapping System）を用いて、3次元点群データと道路画像を取得し、これらのデータをも

とに「センチメートル級」の高精度三次元地図データは生成される。

高精度な三次元地図と測位を組み合わせることにより、ミリ波レーダや光学式カメラなどの車載センサでは判別できない遠くの道路状況を先読みすることもでき、高精度地図を高度な自動運転において使用する判断材料の1つとして活用できる。その結果、自動車専用道路ではカーブや料金所に近づくとき速度をコントロールしたり、走行車線と区画線の情報を基に車線移動のアシストも可能となる。

レーンマップマッチング

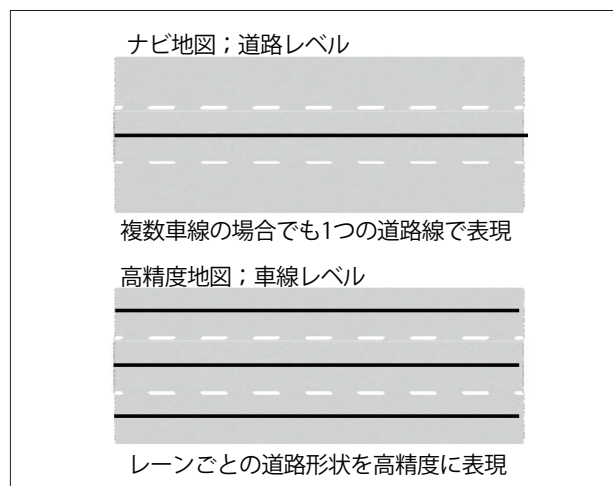
自動運転システムでは走行ルート上のどの車線を走るか、どこで車線変更をするか等のパスプランニングを行う必要があるため、走行車線を特定することが不可欠である。

マップマッチングとは、衛星測位やINS複合測位により得られた位置情報を、地図の道路ネットワーク情報とを紐づけし、道路地図上の位置を特定する技術である。特に、高精度測位情報と高精度三次元地図の車線データを用いるレーンレベルのマップマッチングでは、走行レーンを推定してレーン内の自車位置と車両の向きを同定することができる。これにより、INS複合測位に誤差が累積するような場合や衛星不可視の場合にも測位誤差を補正することができ、自動運転への適用が可能となる。

ADASIS

自動運転においては、センサや高精度地図に基づいて周辺の走行環境を高精度に認知し、自動運転ECUに提供することが求められている。

代表的な方式として、ADAS向けの業界標準となっている先進運転支援システムインタフェース仕様（ADASIS）規格がある⁴⁾。この規格では、自車の走行予定の道路（走行経路）に沿って、地図デー



■図-6 ナビ地図と高精度地図の比較

特集

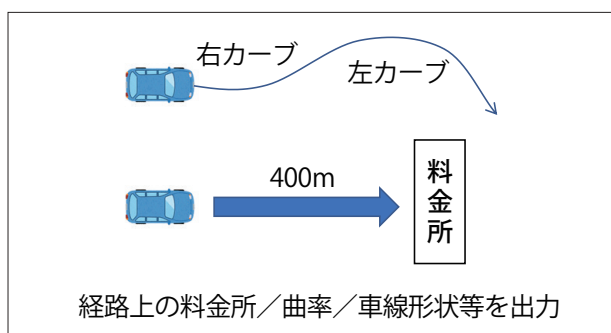
Special Feature

タの相対位置を配信することができる (図-7)。

ADASISv2 では道路レベルの形状、接続関係等が配信される仕様に対して、ADASISv3 では自動運転をサポートするために車線レベルの形状、接続関係等の情報を配信できるように拡張されている。

今後の展望

トンネルや高架下等の非オープンスカイ環境、都市部のマルチパス環境においては、高精度な測位が難しい状況が発生する。そのため、前方カメラやLiDARなどのセンサによるランドマーク認識結果と、高精度地図にあらかじめ収録されているランドマーク位置情報を照合する等、センサや高



■図-7 ADASIS 出力例

精度地図を活用して高精度測位の信頼性向上、ロバスト化を行うことが今後、期待される。

参考文献

- 1) 自動車用運転自動化システムのレベル分類および定義, JASO TP 18004:2018.
- 2) 三菱電機技報, Vol.95, No.7 (2021).
- 3) 高野瀬 他: 都市部環境下で適用可能な GNSS/INS に関する研究, 自動車技術会論文集, Vol.51, No.4 (July 2020).
- 4) Adasis Website, <https://adasis.org/>
(2021 年 10 月 5 日受付)

■五十嵐雄治 Igarashi.Yuji@ab.MitsubishiElectric.co.jp

2003 年東北大学大学院工学研究科修士課程修了。同年三菱電機(株)入社。ETC2.0 の標準化とシステム開発に従事。現在、同社、先端技術総合研究所に所属。電気学会会員。

■元岡範純 Motooka.Norizumi@cw.MitsubishiElectric.co.jp

2013 年東京大学大学院工学系研究科博士後期課程修了。同年三菱電機(株)入社。先端技術総合研究所にて、センチメートル級測位補強サービス (CLAS) を利用した精密単独測位技術や、GNSS/INS 複合測位技術の開発に従事。博士 (工学)。日本航空宇宙学会会員。

■佐藤友紀 Yuki.Sato@dn.MitsubishiElectric.co.jp

2009 年東京大学大学院工学系研究科修士過程修了。同年三菱電機(株)入社。準天頂衛星システムを用いたセンチメートル級測位技術の開発に従事。現在、同社、先端技術総合研究所に所属。測位航法学会会員。

■濱田悠司 Hamada.Yuji@da.MitsubishiElectric.co.jp

2005 年大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了。同年三菱電機(株)入社。先端技術総合研究所にて、無線通信を用いた運転支援システム、自動運転システムの開発に従事。

[自動運転元年]

4 自動運転用プロセッサの 要求性能・機能・方式

—複合的处理特性を持つアプリケーションへの適応—



杉本英樹 (株) エヌエスアイテクス



自動運転技術の現状

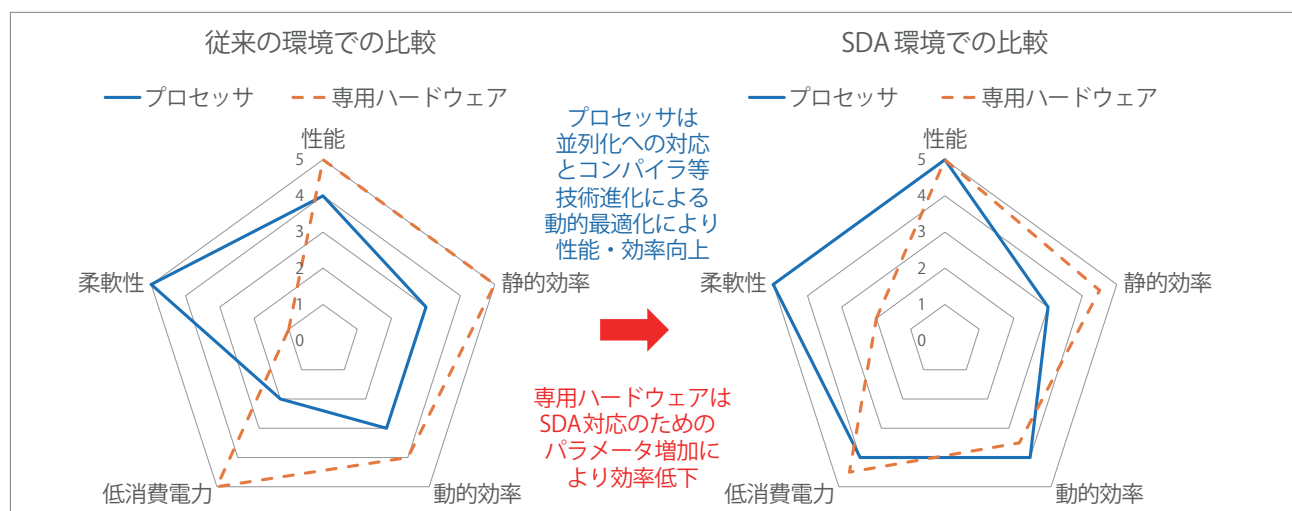
自動運転におけるプロセッサ

高度運転支援を含む自動運転技術の進歩は、自動車の開発スタイルにまで影響を及ぼしている。すなわちシステムに最適な、かつ高品質・高信頼性のハードウェアの実現にある程度時間を掛けられた時代から、進化速度の速いアルゴリズムやソフトウェア技術に追従でき、SDA (Software Defined Architecture) に対応可能なハードウェアが求められる時代への変化である。

そこで重要になるのがプロセッサである。先に述

べた変化により、従来は効率（性能／消費電力）を重視して多用されていた専用ハードウェアがプロセッサで置き換えられる事例が増加している。さらに、プロセッサ技術の進化により、専用ハードウェアとプロセッサの機能実現の効率差が小さくなっていることもこの傾向に拍車をかけている（図-1）。

しかし、単に専用ハードウェアを従来のプロセッサに置き換えただけでは、システムのすべての機能を実現するは困難である。たとえば、自動運転は反応速度（反応時間の短さ）が必要とされるが、元来直列処理が得意なプロセッサは短時間に処理するのを苦手とする場合がある。以降、実際にどのような



■図-1 専用ハードウェアとプロセッサの比較

特集

Special Feature

困難が存在し、どのように解決されようとしているか、現在の技術動向と将来への展望について述べる。

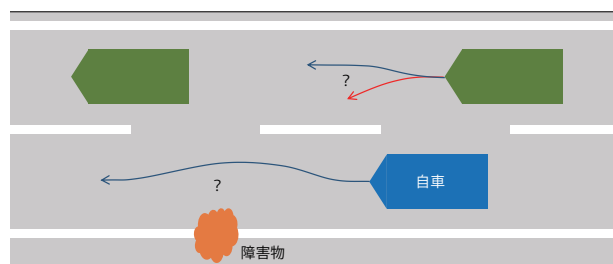
自動運転の難しさ

プロセッサについて述べる前に、自動運転技術の難しさ、すなわちプロセッサに求められる特性の背景について説明する。

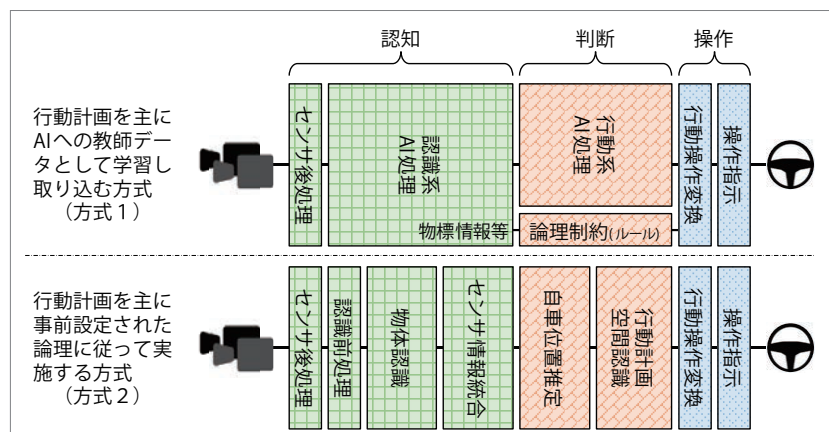
自動運転の難しさはさまざまであるが、その1つに一度に非常に多くの走行シナリオを検討・取捨選択しなければならないことがある。また、そのシナリオ自体が自車の行動、選択したシナリオによって変化することも難しさを増す。

よくありそうな走行シナリオ（図-2）を例に考える。左側の障害物を避けつつ車線内を進行することは、現時点で物理的には可能な状況である。

さて、障害物を避けて車線の右側ぎりぎりを走行しようとしたときに発生し得るシナリオにはどのようなものがあるであろうか。そのまま通過できることが多いかもしれない。しかし、左から車が寄って



■図-2 自動運転での走行シーンの例



■図-3 自動運転の処理パイプラインの例

きたことに驚いた右側の車のドライバーが挙動を乱すかもしれない。また、障害物が風などで右に移動してくる可能性も0ではない。

以上のようなさまざまな想定、しかも時間軸に沿ったケースの分岐を含めた非常に多くのシナリオから最も適切なものを選択する必要がある。リスクが少しでもある場合は停止するということも考えられるが、いくら安全であっても少しも動けないアルゴリズムでは実用にならないのである。

このように、非常に多くの、かつそれぞれパターン・特性の異なるシナリオを評価し、さらに短時間で適切なものを選択するには、非常に多くの処理を同時に行う必要がある。このことが自動運転のリアルタイムにかつ大量のデータ処理が必要というやや特異的な特性の元となっている。

自動運転処理の特性

次に、自動運転の具体的な処理特性の例を見ていこう。実際使用されるアルゴリズムは多種多様であるが、センサ入力からアクチュエーションに至る処理とデータの流れを図に例示した（図-3）。細部ではさまざまな方式が存在するが、ここに示すように大きくは2種類程度に代表される。

左側のセンサ入力からは、画像を中心に非常に多くのデータが入力される。この大量のデータから必要な情報、たとえば物の種類や自車を含む位置の特定

（物標情報と呼ぶ）を抽出したりするのが認知の工程である。この工程の特徴は大量のデータを扱う一方で、出力となる情報は相対的に少ないことにある。たとえばカメラの画像は非常に多くの画素情報（色・明度等）を入力してくるが、その中で本当に必要な情報は相対的に少ないというような事情である。

次の工程は判断である。この部分が先に述べたようにさまざまなシナ

特集

Special Feature

リオを想定して適切な行動を選択する部分である。このシナリオ検討を認知と同じ空間(データセット)で主にAI(Artificial Intelligence)を用いて処理する方式と、物標情報とあらかじめ用意された論理的な知見(ルールセット)を用いて探索する方式が存在する。前者の場合は認知に似た特性、後者の場合にはデータ量よりも処理フローの複雑度が処理時間を支配する特性となる。

最後の工程は操作であり、判断工程で導出した行動シナリオに沿って車両に制御指示を出す部分である。この工程は、現時点では判断工程の出力の再解釈(行動から操作指示への変換)にすぎない場合が多く、データ量も情報量も大きくない場合が多い。

これまで説明してきた3つの工程の流れについて、データ量と情報量および処理の複雑度(規則性・相互依存性の低さ)をグラフに表す(図-4)。

このように、工程によってデータ量と情報量のバ

ランス、そしてその処理特性が異なることが、これまで専用ハードウェアが使われることが多かった理由であり、同時にプロセッサで処理する場合の難しさにもつながる。

開発の現場では

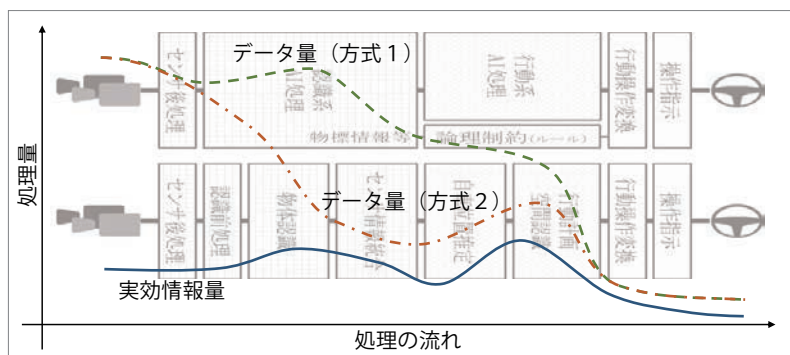
システム開発の動向

プロセッサの要件として、処理特性と同時に考えなければならないのは、システムの開発スタイルまたはメソドロジへの対応である。

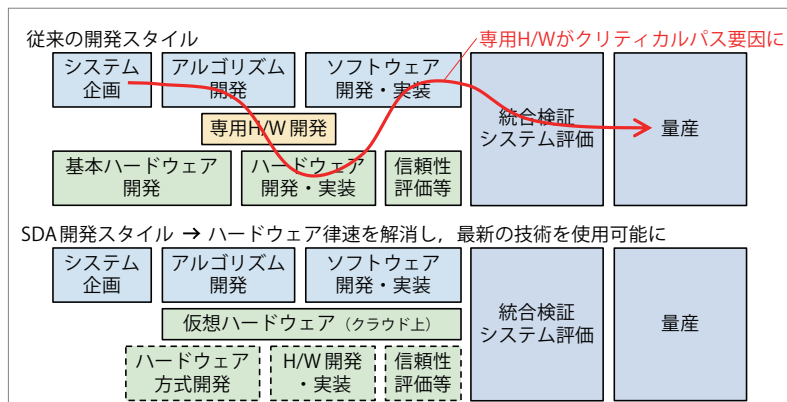
自動運転に使用されるアルゴリズムの進化は依然速く、アルゴリズムの進化による価値向上は、ハードウェアの最適化による価値向上よりも大きい場合が多い。このため、アルゴリズムの開発は、組込みシステムで多いターゲットシステム(または相当する疑似環境)上ではなく、PC上など汎用的かつ

性能余力のある環境で行われる。したがって、開発されたアルゴリズムは、ターゲットシステムよりも、むしろPCに最適化された実装となる場合が多い。さらに、PC上での開発は機能ごとに行われることが多く、システムとして統合した場合の性能(特に実時間性)は検証されていないこともある。

結果として、ターゲットシステム上での開発ではあまり発生しなかった、ターゲットへのソフトウェアの最適化とターゲットシステム(主にハードウェア)のソフトウェアへの最適化のトレードオフ関係が、開発フェーズの後期で発生するようになってしまった。この開発スタイルの違いにより、図示(図-5)するように、従来であればある程度固まったアルゴリズムを想定してハードウェアを開発できたものが、あらかじめアルゴリズムの変化、およびそれによる処理特性の変化を



■図-4 自動運転の処理特性



■図-5 開発スタイルの例

特集

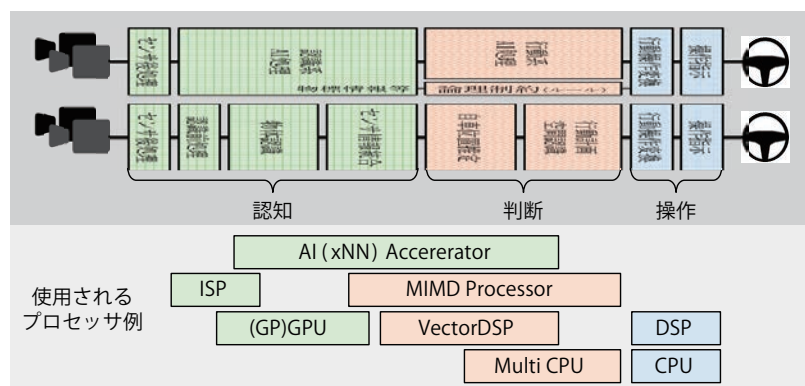
Special Feature

想定してターゲットシステム／ハードウェアを開発することが必要になったのである。

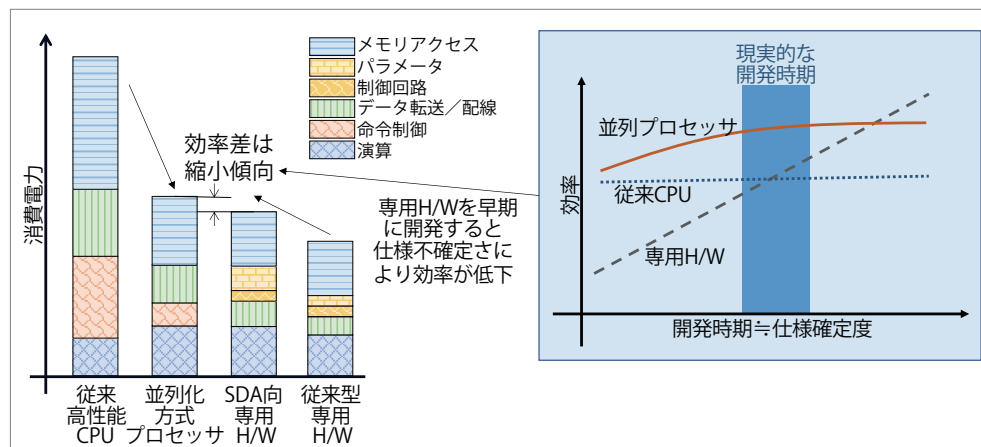
ハードウェアの動向

では、アルゴリズムの変化、およびそれによる処理特性の変化想定したハードウェアをどう実現するのか。結論を言ってしまうと、ヘテロジニアスなマルチプロセッサシステムというのがその答えの1つであり、1つの主流になりつつある。

先に述べた、自動運転の処理パイプラインに、処理特性から見て適切と思われるプロセッサを当てはめたものを図示する(図-6)。実際には各工程の中でもさまざまな処理があり、単純な1対1対応が最適解ではない。しかし、処理特性のバリエーションという意味では、ほぼすべての処理が何らかのプロセッサでカバーできる。



■図-6 自動運転の処理パイプラインとプロセッサ



■図-7 専用ハードウェアとプロセッサの効率比較

この構成の良いところは、個々のアルゴリズムが変化して処理特性が変化しても、総量の見積もりさえ大きく誤らなければ同じハードウェアが使用できるという点である。正にSDAのコンセプトに合った構成なのである。さらに専用ハードウェアを使用した構成に比べても、同じ条件（処理特性・開発スタイル）であれば、大きく効率が下がることもなくっている。

これには以下のような理由がある(図-7)。専用ハードウェアは、アルゴリズムの変化にある程度追従しようとする、処理パラメータ（ハードウェア的には設定レジスタ）やそれに伴い条件処理を実施するための回路が増加し、効率が下がること。対して、プロセッサの場合は、コンパイラ技術の進化や性能向上により、動的にハードウェアを最大限に活かすことができること。さらに、半導体の微細化

により、トランジスタコストは低下し、同時に消費電力の大半が演算ではなくデータ移動によるものになっていることである。

プロセッサ要求と実現方式

自動運転を支えるプロセッサ

それでは、具合的に自動運転システムで実際に使用されているプロセッサについて見ていこう。

先に述べたように、ヘテロジニアス・マルチコア構成となっており、特性のほぼ全域をカバーした構成となっている(図-8)。これにより、アルゴリズムやソフトウェアの変化に対する対応力を高めているのである。

特集

Special Feature

実際の構成は図-3で説明した主に判断工程の処理方式の差異に応じて、AI（DNN；Deep Neural Network や RNN；Recurrent Neural Network）の性能を特に重視したものと、AIを意識しつつも論理的（ルールセット）処理にも利用できるようなしたもの等に分かれている。また、変化が少ないと思われる処理には、依然専用のハードウェアが割り当てられる場合もある。

プロセッサとして注目すべきなのは、さまざまな方式で並列処理を実現している点であり、実時間処理が必要なシステムへの適応を求めた結果であると言える。

プロセッサの方式と性能

では、各プロセッサはどのような並列処理化の方式を採用しているのだろうか。処理の並列化を考えるとときに重要となるのは、処理グラフ（ある機能を実現するのに必要な処理の集合を、その依存関係

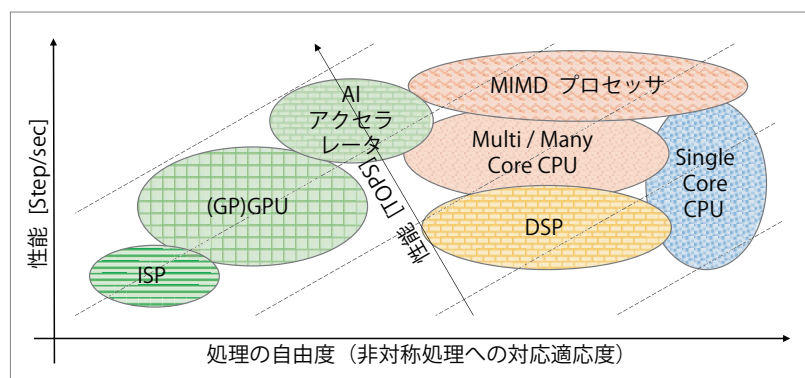
で結んだグラフ）である。

たとえば、センサ入力ではデータ量が非常に大きい。データの内容が対称的、すなわちデータの素片が持つ情報・特性が均一である。このため、データ並列という複数のデータに対して同一の処理を同時並行して行う多用される。この方式を採用する代表的なプロセッサとしては、ISP（Image Signal Processor）や GPU（Graphics Processing Unit）があり、一度に（1命令で）数千のデータを同時に処理することができる。これにより、同じデータ量を処理するのに要する時間を数千分の一にすることができる。さらに、AI 処理のデータ構造に特化して、複数のデータ並列処理を同時に実現して並列度を向上させた AI プロセッサも開発競争の中で実用化が始まっている。

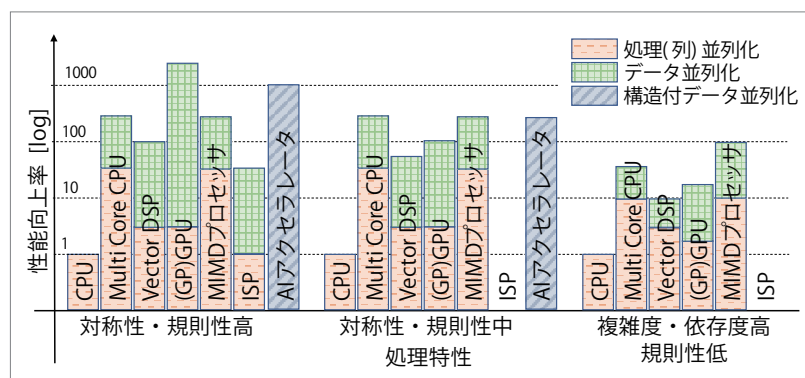
一方で、判断し工程で使われる経路探索やその判断材料となる論理的な知見（ルールセット）を探索・適用する処理などは、相対的にデータ量が

少なく、一方で複数の複雑な処理グラフの組合せ処理が必要になる。このため、CPU（Central Processing Unit）を多数並べて複数の処理グラフを同時に実行するマルチコア構成や、最近では後述する MIMD 系の構造を持つプロセッサが使用される場合が多い。

これらのプロセッサの並列化方式と性能を、処理特性ごとに図示する（図-9）。



■図-8 自動運転で使用されているプロセッサ



■図-9 プロセッサの並列化方式と性能

処理グラフと SIMD と MIMD

ここで、最近増加している MIMD（Multiple Instruction stream, Multiple Data stream）系のプロセッサについて、その特徴を述べる。

命令粒度での並列化手法としては、大別して SIMD（Single Instruction

特集

Special Feature

stream, Multiple Data streams) 方式と MIMD 方式がある。

ここで、各方式の処理の違いを図で説明する(図-10)。SIMD は、センサ入力のようなデータ並列に適した内容の処理(図左に示す)だけでなく、同じ処理を異なるデータに対して繰返す内容の処理(図中央に示す)にも使用される。この方式は、1 命令で多数のデータを一度に処理できるために命令数が少なく済み、効率が良いという特徴がある。

しかし、実時間性を要する処理の場合、図中央に示したような、本来異なる時間で扱うべき処理を同時にまとめてしまうのでは、実時間性が失われてしまい都合が悪い。このために、図右に示すような、複数の処理グラフを同時に並行して処理できる MIMD 方式のプロセッサが使用される。この方式は、並列化できる処理内容の自由度が高いという特徴がある。一方、処理ごとに別の命令が必要となる。実際には、どちらかの方式だけで適切に並列化できることは少なく、データ並列も併用した SIMD 命令を持つ MIMD プロセッサが使用される場合も増加している。

今後の展望とプロセッサへの期待

自動運転の技術は、まだまだ進化途中であり変化の激しい状態がしばらくは続くと思われる。このような中で、従来専用ハードウェア指向であった組み込み業界でも SDA 化、プロセッサ化の流れが始まっている。一方で、実時間処理の多い組み込み系特有の制約もあり、プロセッサに求められる要件も多種多様である。

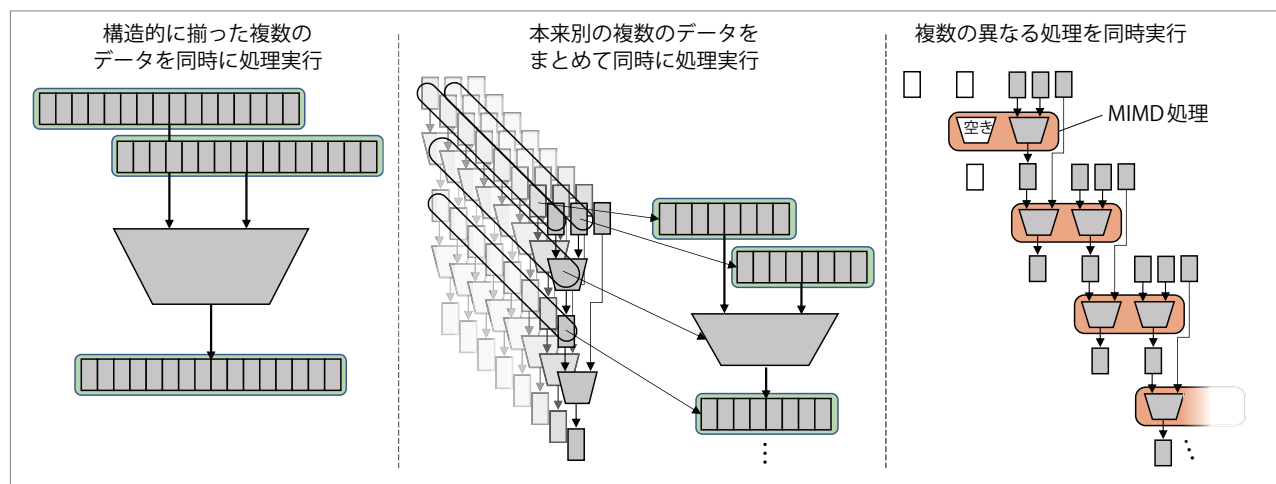
しかしながらそれらの要件に合った新しいプロセッサを導入しようとしても、プロセッサ、そしてそれを取り巻く基本ソフトウェアや開発環境などのエコシステムの開発・普及には多大な費用がかかり、安易に新しい方式が使用できるとは限らない。

システムの要件を満たすために、既存のエコシステムを活用しつつより適したプロセッサをどう実現していくのか。これまでのハードウェア開発とは異なる視点での発想力と開発力が、今後の自動運転システムの進化・発展のためには重要であると考えられる。

(2021 年 9 月 25 日受付)

■杉本英樹 hideki_sugimoto@nsitex.co.jp

(株) エヌエスアイテックス取締役兼 CTO。長年プロセッサ・アーキテクトとして主に組み込み向けプロセッサの開発を牽引。現在はユーザ視点から、将来の自動車を始めとする組み込み系システムに求められるプロセッサの検討および新規技術の研究開発に従事。



■図-10 SIMD と MIMD での並列処理

[自動運転元年]

5 自動運転の法律問題



須川賢洋 新潟大学



自動運転と法律

自動運転の法律問題は何かと問われると、その最も大きな関心は事故時の責任を誰が負うかということに集約される。このことは一見すると、自動運転技術の開発にブレーキをかけているようにも捉えられかねない。なぜならば、人間が運転するよりも事故を低減するために技術開発を行っているにもかかわらず、事故を前提とした議論をしなければならないからである。よく例に出される「トロッコ問題」などはその典型例であると言えよう。しかしながら、どんなものにも安全装置やセーフティネットがあるからこそ安心して使えるのであって、法律も社会機構としての安全装置になる。法律のどこに問題があるかを明らかにしていくことは、むしろ安心して技術開発を行うための施策になるのだと受け取っていただきたい。

自動運転元年の法と未来の法

自動運転の技術がレベル0～5に分類されることはすでに広く述べられているが、法律の問題を考える際にも、このレベルを踏まえて段階ごとに考えないとならない。レベル3の技術は、まさに現在進行形の話であり、実車が市場に投入されているということは、これはすでに現行法が適用されるようになっているということになる。というよりも、レベル3の車の導入を前提に法律が改正されたとするほうが正しい。

逆にレベル4、5の話は、まだ少し先の話であり、こちらは将来の導入を見越して議論を行い、知見を集約する段階のものであり、近日中に制定されるような法律の話ではないことに注意が必要である。以下本稿でも、直近の法律問題と将来的な検討事項とに分けて論点を述べていくことにしたい。

2020年4月の改正道路交通法施行

まず、現行の法律がどのようになっているかであるが、2019年5月に公布され、2020年4月から施行された道路交通法にて、すでにレベル3の自動運転を念頭に置いた改正がなされている（図-1参照）。つまり法律から見た自動運転元年は2022年より少しだけ早いことになる。これは、「官民ITS構想・ロードマップ2018」にて東京オリンピックまでに運用を可能にしようという意図が政府筋にあったことも大きい。

さて、この2019年改正道路交通法であるが、まず「自動運行装置」を用いる場合も法律上の「運転」というに行為に含まれることが明記された（道路交通法第二条一項十七号）。

その「自動運行装置」については、同じく2019年に改正された道路運送車両法第四十一条二項に規定されている。そこには、“「自動運行装置」とは、プログラム（電子計算機（入出力装置を含む。この項及び第九十九条の三第一項第一号を除き、以下同じ。）に対する指令であつて、一の結果を得ることができるように組み合わせられたものをいう。以下同

特集

Special Feature

じ.)により自動的に自動車を運行させるために必要な、自動車の運行時の状態及び周囲の状況を検知するためのセンサー並びに当該センサーから送信された情報を処理するための電子計算機及びプログラムを主たる構成要素とする装置であつて、当該装置ごとに国土交通大臣が付する条件で使用される場合において、自動車を運行する者の操縦に係る認知、予測、判断及び操作に係る能力の全部を代替する機能を有し、かつ、当該機能の作動状態の確認に必要な情報を記録するための装置を備えるものをいう。”とある^{☆1}。

ここにて法律の記載のされ方より読み取れることは、自動運転“装置”とあるように、自動運転は機能というよりはむしろ、エンジン、ブレーキ、ヘッドライト、ウインカーなどと同じ装置としてカテゴライズされているということである。事実、先述の道路運送車両法第四十一条の一項は自動車の各種装置の種類を規定したものであり、原動機、制動装置、

前照灯等の各種灯火、方向指示器などの機器と同一の並びのうちに二十号として最後に自動運行装置が追記されている。このことは、車の整備や改造といった際にも、これらの装置と同様な法の扱いを受けるということになる。すなわち、勝手な改造は禁止され、もし行う場合は国交大臣の許可事項あるいは届出の手続きが必要になるということになる。

また大型トラック等には、いわゆるタコグラフの設置やその記録の保存が義務づけられているように、自動運行装置を付けた車・使用者にはその作動を記録する装置（ドライブレコーダ映像やシステムログ保存）の設置、保存も義務づけられている（第六十三条の二の二）。保存期間は、政令で6カ月と定められた。もっとも、これは市販車として製造される段階で最初から組み込まれるものになると考えられるので、ユーザとしてはさほど意識をする必要はないであろう。ただし輸入車などの場合に、特に記録の保存期間などにおいてこの規定に適合しているかの注意は必要である。本条に違反した場合は罰則規定があり、3月以下の懲役または5万円以下の罰

金となる（第百十九条第一項第七号の二）。違反者が法人である場合には、法人に対しても罰則が適用される（第百二十三条）。

ちなみに、この自動運行装置のプログラムを書き換えることは、道路運送車両法第九十九条の三により改造にあたる。

もう1つ、道路交通法上で自動運行装置に関する記述で重要なものに第七十一条の四の二がある。本条の表題は「自動運行装置を備えている自動車の運転者の遵守事項等」となっており、文字通り運転者が守らなければならないことを記したものであるが、ここではむしろ自動

☆1 補足であるが、この条文中のプログラムの定義は1985年改正の著作権法以来使われているものであって、プログラムの定義自体は特段に新しい概念ではない。

道路交通法の一部を改正する法律（令和2年5月までに施行）

背景

【自動運転の実現に向けた取組の進展】

- **政府目標**
 - 制度面では、2020年目途に高度自動運転システム（レベル3）に係る走行環境の整備を図る。（「官民ITS構想・ロードマップ2018」平成30年6月、高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部等）
- **技術開発の状況**
 - 実験施設や各地の公道で多くの実証実験を実施

概要

【自動車の自動運転の技術の実用化に対応するための規定の整備】

- **自動運行装置の定義等に関する規定の整備**
 - 道路運送車両法に規定される自動運行装置を「自動運行装置」として定義
 - 同装置を使用して自動車を運行する行為は「運転」に含まれる旨規定
- **自動運行装置を使用する運転者の義務に関する規定の整備**
 - 自動運行装置が使用される条件（国土交通大臣が付する走行環境条件）を満たさない場合には、同装置を使用した運転を禁止
 - 条件外となった場合に直ちに適切に対処できる状態であるなどの場合に限り、携帯電話使用等禁止（安全運転義務への乗せ）規定の適用を除外
- **作動状態記録装置による記録等に関する規定の整備**
 - 作動状態の確認に必要な情報を記録するための装置による記録及び保存を義務付け
 - 整備不良車両と認めるときは、警察官が記録の提示を求めることができる旨規定

高速道路における自動運転（イメージ）

■図-1 第198回国会（常会）提出時の「改正道路交通法案（自動運転関係）の概要」

出典：警察庁サイト：<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/selfdriving/trafficact.pdf>

特集

Special Feature

運転に差し支えが生じた際の遵守事項を記載している。まず一項で、前述の道路運送車両法第四十一条第二項に記載してある条件を満たしていないときは、自動運行装置を用いた運転をしてはいけないことが明記してある。すなわち、自動運転のためのセンサ類に異常が生じた場合はもちろん、記録装置が作動しなくなっても自動運転を行ってはいけないことになる。記録装置の正常な作動も条件であることは見落とされやすい項目になると思われる、注意が必要であろう。本項にもまた罰則規定があり、その量刑は、3月以下の懲役または5万円以下の罰金となる。また、三号によれば、自動運転を認めるにあたり、自動運転を許容される条件を満たさなくなったときには「直ちに、そのことを認知するとともに、当該自動運行装置以外の当該自動車の装置を確実に操作することができる状態にあること」が必須となっており、これは逆説的な解釈すれば、運転者は何かあったときにはすぐに自動運転ではない状態に戻さなければならないことになる。

車両の所有者の責任

車検証を見たことがある人はご存じだと思うが、車検証には車の使用者のほかに所有者が記載されている欄もある。つまり、自動運転の責任問題では、運転者や車の製造メーカーなどの責任にばかり関心が行きがちであるが、事故の際に使用者が責任を取れないときは所有者へ賠償責任が求められる可能性があることも注意しておく必要がある。

トロッコ問題は実際にあり得るのか？

冒頭に述べたように、そもそも事故を軽減するための自動運転技術なのであるが、自動運転のためのプログラムやAIに問題があり人命が害される場合の極限事例としてよく例に出されるのが「トロッコ問題」である。このトロッコ問題を持ち出して、ときにはエン

ジニアやメーカーへの責任問題を問うものをたまに見かけるが、このトロッコ問題こそ、現時点でのレベル3の話ではなく、次世代の自動運転車での話だと言える。というのは、現在の車載センサの感知距離はせいぜい数十メートルにすぎず、死角から飛び出してきたものを感知するのであれば人間の視認距離とさほど差はない。そのため、その程度の距離であればフルブレーキをかけるのが精一杯でハンドルの操舵までコントロールしている余裕はないからである。

ゆえにトロッコ問題のように、どちらにハンドルを切ってどちらの命を救うかといったようなことはレベル5クラスの自動運転が可能になって初めて顕在化することだと言える。その際には、そのアルゴリズムを秘匿化しておき設計者が墓場まで持って行くか、あるいは完全にオープンにしまい仕様を承知の上で搭乗者は車に乗るかの二択になると思われる。現在の透明化推奨の流れからすれば公開の側に行く可能性が高い。ただし、制御プログラムがAIに依存する度合いが大きくなったときには、公開したところで果たしてどこまで人の予見通りに動くかは疑問が残る。よって、法政策としては、そのような不透明なものの運行にゴーサインを出すのか出さないのかという二択をまず最初に迫られることになるであろう。

トロッコ問題と法の問題を論ずるときに見落とされている法律問題は、実は別なところにある。多くの場合に完全な自立型の自動運転を前提に論じられているが、実際にはこのような機能が有効になるためには、車単体のセンサだけでは不十分で、前方の車や道路路上に設置されたセンサからも情報をリレーしてもらう必要が出てくる。そうすると、車両間通信が行われることになり、この段階でまったく別な問題を考えなければならない。つまりは個々の車に蓄えられた、よりデリケートな情報、センシティブな情報を他車との間でやりとりすることになるのである。結果として、車両間通信を許すことになれば、プライバシー問題や、システムの乗っ取りなどのセキュ

リティ上の問題も新たに考えなければならない^{☆2}。

製造物責任法（PL 法）では 対応できない

自動運転において、事故を起こした際のもう 1 つの責任の問い方として、メーカーに対して製造物責任法（以下、PL 法）を利用して損害賠償を行えばいいのではないかと考えがちである。しかしながら実はこの PL 法は、AI や自動運転とはあまり相性が良くなく、現行法ではユーザが期待しているような効果を得ることはできない。

その最大の理由は、PL 法はあくまでも形のある“物”、すなわち有体物の製造における責任を追及する法律であり、無体物たるソフトウェアの製造責任を追及するためのものではないからである。もちろんプログラムを組み込まれた（化体された）自動車もれっきとした製造物ではあるので、PL 法を適用することはできる。しかしながらその際の責任主体は、あくまでも最終的な自動車本体を組み立て、ブランド名を附した自動車メーカーとなる。AI 自動車の場合は、その実質的な性能は駆動装置（タイヤ）や動力装置（モータ、エンジン）よりも自動運転プログラムやセンサ類に大きく依存する。しかし PL 法ではあくまでも自動車の最終組み立てメーカーに対して製造物責任を求める法律となってしまう。

さらに、PL 法に基づいて責任を追及できるのは、あくまでもその製造物に「欠陥」があった場合であり、しかもその欠陥の立証は訴えを起こす側が行わなければならない。ここでいくつかの難問にぶち当たる。

- まず、そのトラブルの原因が本当に欠陥によるものであるのか
- 欠陥だったとして、AI に対して欠陥であることをどのように立証するのか

という問題である。そもそも PL 法に言う「欠陥」は、

法によって厳格な定義がなされている（二条）。

しかし、AI の欠陥とはどのようなもののかを説明することは、はなはだ困難である。そもそも、コンピュータプログラムのバグが果たして欠陥と言えるかどうか不確かである。もし「バグのないプログラムなんてあり得ない！ プログラムである以上、バグは不可避である」ということになれば、AI 自動車がバグによって事故を起こしたとしても、それは欠陥とは呼べなくなり、PL 法で対処することはできなくなる。

元々、PL 法は、通常であれば「過失」を立証しなければ損害賠償ができないところを欠陥の立証にてこ足りるようにするという、いわば消費者をおもんばかって作られた法律である。それ故、この法律は通常の民法の損害賠償法理などとは異なり、「無過失責任」というきわめて例外的な法理を用いているものなのだということを強く意識しなければならない。

また、PL 法の四条には、免責事項が定められており、その一項では製品引渡時の科学技術に関する知見によっては欠陥があることを認識することができなかった場合は、免責される、つまり責任を問われないことになっている。AI に欠陥があるということを、その納品時に認識することは果たして可能であるのかも熟考してみる必要がある。

さらに四条二項では、他社から納入された部品のほうに問題があった場合にも免責されることが規定されているのだが、自動運転車でトラブルがあった場合にはこの規定も問題になると思われる。というのは、AI 以前に、パソコンとソフトウェアの組合せの段階でさえすでに言えることなのであるが、コンピュータにトラブルがあったときに、それがハードウェア上の問題なのか、ソフトウェア上の問題なのか、さらにソフトウェアであったとしても OS 本体の問題なのか個別アプリケーションの問題なのかなどといったことをきちんと切り分けることは通常は困難であり、この複雑さは AI になればなおさら顕著になるからである。つまりは、ハード、ソフト

☆2 言うまでもなく、現在の不正アクセス禁止法は自動運転車の乗取りまで念頭において制定されていない。

特集

Special Feature

を含めた全システムのうちのどこに問題があるのかを切り分けることは著しく困難であり、このことはそのまま法律上の責任分解点を決めることも困難であることになる。つまり誰に責任を求めるべきなのかを決めることができないということになる。

将来の法はどうあるべきか…… 望まれる法改正のかたち

このように考えていくと、将来の完全に自動化されたAI自動車のAIに問題があった場合の責任論としては、運転者or搭乗者に責任を求めることも、製造者に責任を求めることもどちらも難しいという問題が浮かび上がってくる。

ではどのような法律を作ることが望ましいのでしょうか。筆者は、PL法そのものを使うことはできないが、その法理として用いられている「無過失責任」の部分は大いに応用価値があるという見解である。すなわち、車体メーカー、プログラムメーカー、センサ等メーカーが連帯して、たとえ無過失であっても共同で責任を負うような法律や社会的な仕組みを作っていく必要があるのではなかろうか。場合によっては運転者（AI自動車の利用者）も含めてもよい。恐らくはその場合は共済組合的なものになるのであろう。繰り返しであるが、自動運転技術は事故を減らすためのものであり、責任を取らなければならないという万が一の事態もいっそう少なくなるはずである。だからこそ、事故前提の責任論や損害賠償論ではなく、事故低減を前提での法理論構築が大切になる。

(2021年11月2日受付)

■須川賢洋（正会員） masahiro@jura.niigata-u.ac.jp

新潟大学法学部助教。専攻：情報法。研究テーマ：デジタル知的財産、サイバー犯罪、情報セキュリティ制度など。本会「電子化知的財産・社会基盤研究会（EIP）」幹事。

自動運転関連法規 抜粋

道路交通法 関連条文

（定義）

第二条

十三の二 自動運行装置 道路運送車両法（昭和二十六年法律第百八十五号）第四十一条第一項第二十号に規定する自動運行装置をいう。

十七 運転 道路において、車両又は路面電車（以下「車両等」という。）をその本来の用い方に従つて用いること（自動運行装置を使用する場合を含む。）をいう。

（作動状態記録装置による記録等）

第六十三条の二の二 自動車の使用者その他自動車の装置の整備について責任を有する者又は運転者は、自動運行装置を備えている自動車で、作動状態記録装置により道路運送車両法第四十一条第二項に規定する作動状態の確認に必要な情報を正確に記録することができないものを運転させ、又は運転してはならない。

2 自動運行装置を備えている自動車の使用者は、作動状態記録装置により記録された記録を、内閣府令で定めるところにより保存しなければならない。

（罰則 第百十九条第一項第七号の二、第百二十三条）

（運転者の遵守事項）

第七十一条 車両等の運転者は、次に掲げる事項を守らなければならない。

五の五 自動車又は原動機付自転車（以下この号において「自動車等」という。）を運転する場合には、当該自動車等が停止しているときを除き、携帯電話用装置、自動車電話用装置その他の無線通話装置（その全部又は一部を手で保持しなければ送信及び受信のいずれをも

特集

Special Feature

行うことができないものに限る。第百十八条第一項第三号の二において「無線通話装置」という。)を通話(傷病者の救護又は公共の安全の維持のため当該自動車等の走行中に緊急やむを得ずに行うものを除く。同号において同じ。)のために使用し、又は当該自動車等に取り付けられ若しくは持ち込まれた画像表示用装置(道路運送車両法第四十一条第一項第十六号若しくは第十七号又は第四十四条第十一号に規定する装置であるものを除く。第百十八条第一項第三号の二において同じ。)に表示された画像を注視しないこと。

(自動運行装置を備えている自動車の運転者の遵守事項等)

第七十一条の四の二 自動運行装置を備えている自動車の運転者は、当該自動運行装置に係る使用条件(道路運送車両法第四十一条第二項に規定する条件をいう。次項第二号において同じ。)を満たさない場合においては、当該自動運行装置を使用して当該自動車を運転してはならない。

2 自動運行装置を備えている自動車の運転者が当該自動運行装置を使用して当該自動車を運転する場合において、次の各号のいずれにも該当するときは、当該運転者については、第七十一条第五号の五の規定は、適用しない。

- 一 当該自動車が整備不良車両に該当しないこと。
- 二 当該自動運行装置に係る使用条件を満たしていること。
- 三 当該運転者が、前二号のいずれかに該当し

なくなつた場合において、直ちに、そのことを認知するとともに、当該自動運行装置以外の当該自動車の装置を確実に操作することができる状態にあること。

(罰則 第一項については第百十九条第一項第九号の三、同条第二項)

製造物責任法 関連条文

(定義)

第二条 この法律において「製造物」とは、製造又は加工された動産をいう。

2 この法律において「欠陥」とは、当該製造物の特性、その通常予見される使用形態、その製造業者等が当該製造物を引き渡した時期その他の当該製造物に係る事情を考慮して、当該製造物が通常有すべき安全性を欠いていることをいう。

(免責事由)

第四条 前条の場合において、製造業者等は、次の各号に掲げる事項を証明したときは、同条に規定する賠償の責めに任じない。

一 当該製造物をその製造業者等が引き渡した時における科学又は技術に関する知見によっては、当該製造物にその欠陥があることを認識することができなかったこと。

二 当該製造物が他の製造物の部品又は原材料として使用された場合において、その欠陥が専ら当該他の製造物の製造業者が行った設計に関する指示に従ったことにより生じ、かつ、その欠陥が生じたことにつき過失がないこと。

[自動運転元年]

6 自動運転バスの実証実験



改發 壮 BOLDLY (株)



自動運転バスが求められる理由

地域の生活と産業を支え、豊かで個性や活力のある暮らしをするため「移動」は必要不可欠なものである。しかし、先般からの新型コロナウイルス感染拡大の影響によって「移動」は全世界で大きく制限された。年齢・性別・国籍・人種問わず移動の不自由が精神的や経済的にも大きな問題を引き起こすことが明らかとなった。

日本社会では共働き世帯の増加や平均世帯人員の減少などを背景に、子どもや運転免許返納後の高齢者の移動にとって公共交通の役割は重みを増している。なかでも、路線バスは地点間を行き来し、また安価でもあるため、路線の維持・拡充は必要不可欠である。しかしながら現在、バス路線の廃線・縮小が全国的な社会問題となっている。複数の要因が重なった結果ではあるものの、1番大きな要因は運転

士の不足と高齢化と言われている。現在8割のバス会社で運転士不足と言われており、またバス運転士の平均年齢は50歳を越え、今後さらに運転手不足が悪化すると考えられる。

そこで運転士が不足している多くの地域でもバス路線の継続や拡充ができるように自動運転のバスが求められており、いくつもの自治体や交通事業者、企業が実証実験を実施している(図-1)。実証実験が行われている場所は全国津々浦々であり、鳥取県八頭町・長崎県対馬市・愛知県日間賀島などの地方部もあれば、東京都イタリア街・芝公園・丸の内などの都市部もある。またバスが走る環境もさまざまであり、公道もあれば私有地内・空港内もあり、役割も旅客だけでなく貨物の移動に関しても行われている。実験回数は2019年度と2020年度続けて35回以上、およそ月に3回程度は実施されてきている。



■図-1 求められる自動運転バス

自動運転バスのシステム実証

自動運転バスを運行するにあたって主に3つのシステムが開発されている。1つ目が車両に搭載されている「走行制御システム」であり、GNSS(Global Navigation Satellite System)やLiDAR(Light Detection And Ranging)センサなどを活用して自己位置推定や障害物検知をしつつ、バスの走る・曲がる・止まるを実行している。2つ目が車外のデバイスに搭載されている「インフラ協調システム」で

特集

Special Feature

あり、信号機の灯色情報やセンサが検知しづらい場所の映像など、走行を補助する情報を走行制御システムへ伝達している。3つ目が「運行管理システム」であり、遠隔地からバスに何時何分どこからどこへ向かうのかといった走行の指示出しや、バスの位置情報や車内外の映像の確認、乗客とのコミュニケーションなど、交通事業を直接管理する者が使用するユーザインタフェースである（図-2）。運行管理システムにはほかにも運賃決済や乗客数の計測、走行記録の分析など多種多様なシステムも含んでいる。

実証実験が実施され始めた2017年ごろは、走らせたい道路環境を自動運転バスが安全に走行することの確認が最優先であり、主だった検証項目は走行制御システムであった。その後、2019年ごろからインフラ協調システムを検証する実証実験が増えてきた。信号機やインフラ側センサとの連携だけでなく、自動運転バスが近づいてくると対向車にその旨を伝えて注意喚起をする電光掲示板、地震発生時に自動運転バスの現在地にどの程度の揺れが何秒後に到達するかを予測し伝達して揺れがくる前の停車や減速につなげるなど、その種類はさまざまである。

運行管理システムの検証においては、2018年ごろから一部の企業が注力しはじめ、実施件数は増加してきたものの今現在でもまだまだ限定的である。交通事業における運行管理の業務は、安全に執行されるよう道路運送法などの法規によって定義されている部分もあり、それは自動運転での運行でも同様になると考えられる。実際に、国土交通省は自動運

転の運行管理に関する「限定地域での無人自動運転移動サービスにおいて旅客自動車運送事業者が安全性・利便性を確保するためのガイドライン」を交通事業者に向けて公表している。運行管理システムにおいて、ガイドラインに記された要件を満たす運行管理業務ができることが初步段階の検証項目といえる。中でも車内安全についての項目は重要といえる。バス事業者では、手動運転の運行においても乗客の転倒といった車内事故が課題となっており、運転士はすべての乗客が着座など安定した体勢であることを確認した上でアクセルを踏み始めるなど繊細な対策を実施している。運転士がいない自動運転車両でも同様の対策は必要であり、AIを使って乗客の体勢をリアルタイムに解析し、その結果に応じて走行開始を保留するなど、走行制御に影響を与えるシステムもすでに開発されている（図-3）。

実運用を通した実証

2021年における最新の自動運転バスの実証実験は、もはや実験の域を越えて、社会実装された実運用の中で実施されている。法律の関係上、車両には運転責任を持つ運転士が同乗しているものの緊急時以外は操縦をせず、期間を定めることなく自動運転の路線バスが日本国内を走っている。

羽田空港（東京国際空港）に隣接した大規模複合施設「HANEDA INNOVATION CITY」（以下、HICity）の開発を進める羽田みらい開発（株）は、



図-2 運行管理システムの事例



図-3 AIによる映像解析の様子

特集

Special Feature

2020年9月18日からHICityの敷地内において、ハンドルやブレーキペダルなどを具備する運転席が存在しない自動運転バス NAYVA ARMA（以下、ARMA）1台が原則毎日走行する定常運行を開始している（図-4）。乗車人数は1年間で2万人を超えており、単に移動手段としてだけでなく、ほかの施設や先進的な空間デザインと相まってイノベーションの息吹を感じるアトラクションとしても活用されている。運行管理は、交通事業を長く営んでいる日本交通（株）が、遠隔地（赤坂営業所）から実施している。運行管理システムはBOLDLY（株）（ボードリー 以下、BOLDLY）が開発したDispatcher（ディスパッチャー）が採用されており、同社が定める遠隔監視資格を取得した上でシステムは利用されている。

また茨城県境町は、2020年11月26日から町内の公道において、HICityと同型のARMA（3台）の定常運行を開始している（図-5）。運行管理は1人で同時に3台に対して実施されている上、2021年

夏には、路線運行と並行してオンデマンド運行や貨客混載オペレーションが導入予定であり、複雑かつ多用途な運行管理システムおよびその運用の検証が予定されている。

HICityや境町では、数日から数週間の実証実験と違い、期限の定めをしない定常運行を行っている。よって、継続的に走行する環境下において、走行制御システムやインフラ協調システムは、ロバスト性はもとより、機器メンテナンスやシステムアップデートといった保守面での検証もできるようになっている。また運行管理システムは、システムの検証はもとより、そもそも従来存在していなかった自動運転車両を管理するという新しい業務・職業が成立するのかの検証に至っている。車両にいる運転士をいないものとするすることで、車両側に手動のオペレーションがない状態で遅延や運休時、故障による代車運行と正常運行時以外の状況に対して、システムを活用しながらどこまで円滑に対応できるかが検証できるようになっている。



■図-4 HICity 定常運行の様子



■図-5 境町定常運行の様子

特集

Special Feature

運行する以上いつかは発生する、そういった細かな状況におけるシステム検証ができることは、実用化された定常運行における実証実験の大きな特徴である。

境町での定常運行

定常運行までの経緯

茨城県境町は、千葉県との県境となる利根川の流域にある人口約2万4千人の自治体であり、古くから利根川を使った水運の要として発展してきた。一方で町内には鉄道駅がなく、主な公共交通は路線バスである。バスは町の中心街と東武動物公園駅や古河駅とを繋ぐよう運行されており、町内の全域にまでは広がっていない。よって大多数の町民の移動手段は自家用車となっているが、高齢化に伴って免許返納を希望する声も増えている。

町は広域における交通網の拡充による観光客の誘引にも力をいれており、町内に圏央道境古河インターチェンジが開通したことにより、自動車による東京都心へのアクセスが約1時間へと改善したことに加え、2021年7月からは町と東京駅とを直通で結ぶ高速バスの運行が開始している。

また境町では「自然と近未来が体験できるまち」をスローガンのもと、先進技術にふれ合える環境も整えている。利根川堤防に自然の地形を利用して作ったオフロードコースをセグウェイでツーリングする体験ツアーや、ロボットプログラミングの教育プログラムなどを実施してきている。

境町の橋本町長は、境町出身であり、大学卒業後に境町役場に入庁、境町議会議員、町議長を経て、2014年から町長を務めている。町長就任以降、ふるさと納税を活用した財政再建に注力し、2019年度のふるさと納税受入額のランキングでは全国17位、関東3年連続1位、茨城県内5年連続1位を誇り、2019年度の受入額は30.6億円を記録した。その寄附金を用いて、町内の施設整備や移住促進政策に取

り組んでおり、国立競技場の設計を行った隈研吾氏が設計した建築物計6カ所や、オリンピック仕様の全天候型テニスコートなどが存在している。そしてこれらの施設では、民間事業者に管理を委託し賃料を回収することで自治体による初期投資を回収し財政負担を軽減させるという「境町モデル」を構築している。

これら背景があって、路線バスの維持と拡充、観光資源へのアクセス向上を目的に、5年間総額5.2億円の予算のもと全国の自治体で初めて運転席のない自動運転バスの定常運行が開始されている。具体的には2019年12月27日、橋本町長とBOLDLYの代表取締役社長兼CEO佐治友基が面会し、その場で自動運転バス3台の導入に合意し、翌年1月9日には、町議会で5.2億円の予算が成立している。また1月15日、すぐに住民試乗会が実施されている。当初は2020年春の運行開始を目指していたが、新型コロナウイルス感染拡大の影響で半年間ほど延期したのち、2020年11月26日より運行を開始している。

定常運行している車両

境町で定常運行されているARMAはすでに商用化に成功した車両であり、フランスのベンチャー企業であるNAYVA社が開発および製造をしたものである。NAYVA社は自動運転技術の会社としてすでに10年以上の経験を持ち、世界の自動運転業界をリードする会社である。これまでに世界で累計200台以上を販売しており、これは2021年8月現在、自動運転バスとして世界でNo.1の販売実績である（BOLDLY調べ）。

ARMAの最高速度は20km/h程度であり、また乗車人員は着席11名となっている。ARMAは電気自動車のため、自動運転の処理以外に、車両の駆動も電気のみで動作する。車両走行用および機器動作用の2つのバッテリーを持ち、1回の満充電でおおよそ約200km前後の航続距離を実現している。

特集

Special Feature

走行制御システムは、主に動作（アクション）、検知（パーセプション）、判断（デジジョン）の3つの機能群を具備している。またそれらを機能させるために、複数のLiDARセンサやGNSSアンテナおよびRTK（Real Time Kinematic）におけるGNSS位置の補正情報受信、さらにIMU（Inertial Measurement Unit）、オドメータなどさまざまなセンサ、仕組みを車両に装備している。走行時はそれらの情報をリアルタイムで処理し、自己位置を認識し、障害物を検知しながら走行する。走行ルートは、あらかじめ速度および走行経路、障害物の検知幅、優先エリア、停止ポイントなどの設定を行い、車両はその設定通りに自動走行を行う。

車両は前後両方向にて運行できるように設計されているため、車輪は四輪操舵で駆動し、前後どちらの走行であっても同じ経路を辿ることができるため、敷地内等でスイッチバック走行による自動走行を行うこともできる。

ARMAは運転士を必要せずに走行することを想定して設計されているため、ハンドルがついておらず、代わりに一時的に必要となる手動運転用のコントローラが付属している。このような特徴を持つ車のため、日本で求められる道路運送車両の保安基準は満たすことができず、公道を走行することはできなかった。しかしBOLDLYが公道走行のために必

要な改造を実施し、2019年6月にハンドルやブレーキペダルなどを具備する運転席がない自動運転バスとしては日本で初めて、国土交通省関東運輸局長から道路運送車両の保安基準第55条による基準緩和認定を受け、車両の新規登録（ナンバーの取得）を行っている（図-6）。境町の車両3台は、これら改造を実施し、時速19km以下での走行など基準緩和認定時に定められた条件の下において、公道にて定常運行がなされている。

活用されている関連技術

運行開始当初の走行経路の検討においては、BOLDLYの親会社であるソフトバンク（株）の協力を得て、携帯電話基地局の仕組みを利用した人流解析を実施している。その結果、地域の中核病院や郵便局、スーパーマーケットといった主要な生活拠点を通る道路である県道126号線については平均移動速度が時速20km以下であることが分かった。そして移動ニーズと円滑な交通流確保の観点から、この道路を開始当初の走行経路としている。その後、2021年8月からは往復6kmと8kmの2路線に拡張されている。より多くの病院、買い物施設や子育て施設へアクセスできるようになったとともに、東京駅に行き来する高速バスのターミナルとも連結をしており観光客の移動手段としても使われるようになっている。加えてオンデマンド運行も開始される予定であり、隈研吾氏が設計した建築物計6カ所すべてを回れるようにもなっている。オンデマンドの予約方法はコミュニケーションアプリ「LINE」を利用する。目的地や出発地、乗車時間を入力して予約をとれば、その時間通りにバスが来るようにシステム開発がなされている。バスの貨客混載に関しても同じシステムを活用することが検討されている。

今後導入予定の関連技術

境町での運行においては、信号機のある交差点において停止線で必ず止まるように設定されており、



■図-6 ナンバーを取得したARMAの内装

特集 Special Feature

赤信号が青信号になった際には運転士が再出発ボタンを押下している。交差点に差しかわろうとする際に青信号である場合は、運転士が手動運転に切り替えて停止せずに走行し、横断後に自動運転に戻している。他方、ARMA という車種は信号機から灯色情報を得て走行制御システムと連動させた実績がすでにある。しかも灯色情報だけでなく次に灯色が変わる時刻をリアルタイムに取得し、自身が交差点に到着する予測時刻と照らし合わせて停車の必要／不要を交差点に差しかわる前に確定させることで、急なブレーキを防ぐ走行制御を成功させている。一方で、本技術の実装にあたっては、社会インフラである信号機の改造および維持管理に関する費用負担を整理する必要があると国での議論が待たれている。

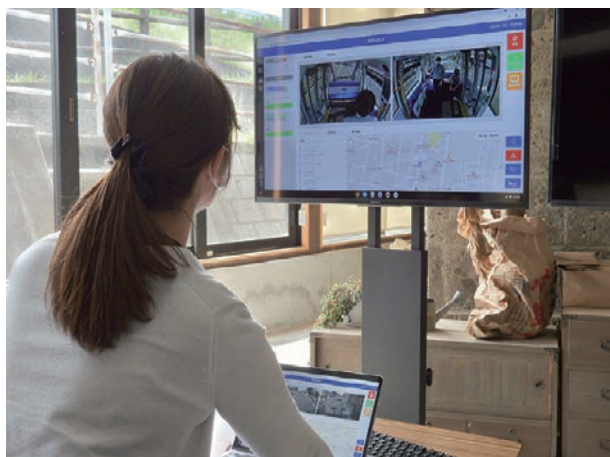
また、ゲリラ豪雨や洪水などで冠水した道路は車両が走行できないため、車両が冠水情報を取得して自動で迂回ルートを走行することが考えられている。このようなインフラ協調システムは、経済産業省の自動運転レベル 4 等先進モビリティサービス研究開発・社会実証プロジェクトにおいても、「混在空間でレベル 4 を展開するためのインフラ協調や車車間・歩車間の連携などの取組」としてテーマにあげられており、自動運転全体の議論としても活発になっている。

ビジネスモデルの構築に向けて

自動運転のシステム以外において避けては通れない論点が持続可能なビジネスモデルである。運転士のいない運行が実現すれば、乗合バス事業のコストの約 6 割を占める人件費の削減が可能になると考えられる。しかし一方で、遠隔地からバスの管理をする遠隔監視者を新たに雇用することになる(図-7)。そこで重要な指標となるのが「ひとりの遠隔監視者が何台のバスを管理することができるのか」である。遠隔監視者が管理できるバスの台数が増えれば増えるだけ持続可能なビジネスモデルが構築しやすくなる。基本的に遠隔監視者は緊急時にのみ対応をすると想定され、その緊急の頻度や緊急に対する一次対応時間によって管理できる台数が変移すると考えられる。よって「走行制御システム」の精度向上によるエラー率の低減であったり「インフラ協調システム」の充実による円滑運行であったり、また「運行管理システム」の AI 化による乗客安全や利便の自動化といった各システムの向上が求められている。

現状のシステムでも実運用は可能であるが、より効率的かつ効果的に自動運転バスを運用し、より早く全国的にサービスを広げていくためにも、関連する技術革新は今後も求められ続けるだろう。

(2021 年 9 月 30 日受付)



■図-7 境町遠隔監視の様子

■改發 社 so.kaihatsu@g.softbank.co.jp

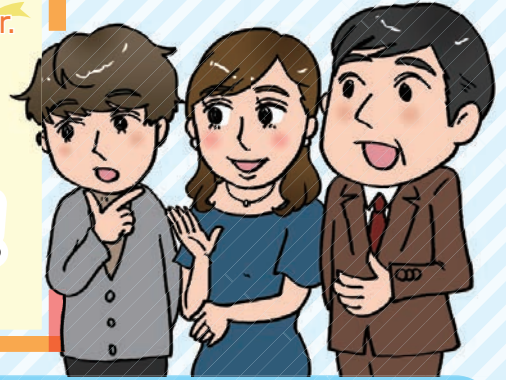
自動車部品、自動車メーカーにて人間中心のデザインを実践し、2018 年ソフトバンクに入社。子会社の BOLDLY に出向し、クリエイティブディレクター兼企画部長として、自動運転の社会実装から「移動の自由」の確立を目指す。



連載

★ Jr.

先生、質問です！



先生方は、どのような経緯で情報処理に興味を持たれ、その勉強をしてきたのか教えてください。

オルモック
[ジュニア会員] 大学生

両親 2 人とも情報処理関連の仕事をしていたことが影響して、自然と興味を持ったと思います。初めて具体的に情報処理に触れたのは小学校 5 年生のときでした。LOGO（ロゴ）という、教育向けとして設計されたプログラミング言語の機能で「タートルグラフィック」を使ったプログラミングの体験がカリキュラムに含まれていました。中学校でも、もう少し立ち入ったプログラミングの体験が数回ありました。そのとき、放課後に図書室にあった情報技術に関する雑誌に載っていたプログラムを再現してみたら、意外と簡単に「落ち物パズル」「ブロック崩し」系のミニゲームを作れたことをよく覚えています。コードの丸写しでも、期待通りに動作したときの達成感はいいものです。なお、1～2 カ月で熱は冷めました。フランスの大学で情報学専攻に進学し、ゼロから勉強し直しました。そこで、アルゴリズムに関する座学・演習があったおかげで、プログラミング言語が変わっても動揺せず、柔軟に適應できました。信号処理、オブジェクト指向プログラミング等も、必ず座学と実習のセットで構成されているカリキュラムで情報処理が学べたことがとても良かったと改めて実感しています。

AQ



ロペズ ギヨーム

[正会員]

青山学院大学理工学部
情報テクノロジー学科

A



吉濱佐知子

[正会員]

日本アイ・ビー・エム (株)
東京基礎研究所

私が情報処理に興味を持ったきっかけは、ありきたりですが、「SF 映画やアニメに出てくるコンピュータに憧れて、自分もそれを作る人になりたかったから」です。勉強は、独学・学校・仕事のあわせ技でしたが、最近は知識のアップデートのために、本や論文を読んだり、研究会などに参加したり、YouTube で技術系の動画を見たりして勉強しています。

確かに新しい技術が次々に出てくるので大変ですが、同じことばかりやっていたら飽きてしまうとも思うので、新しい技術に触れること自体を楽しんでいます。また、コンピュータの仕組みやアルゴリズムの考え方、数学など、本質的には変わらない点も多くあります。一度 1 つの技術とじっくり向き合って身につけると、それが自分の土台になって、新しい技術を理解し活用するのが比較的楽になるのではないかと思います。

私はパソコン通信がきっかけで情報系に興味を持ち、情報系ではない学科からSEになりました。入社後は研修やOJTで学んでいましたが、高校に教科「情報」が新設されると知り、体系的に学び直して情報の教員免許を取ろうと考え情報系の大学に入り直しました。また、教員になってからですが通信制の大学院でも学ぶことができました。

大学の良いところはカリキュラムが体系的であり、広い分野を基礎から学べることだと思います。大学や大学院では、書籍や論文、学会誌などを読む機会が増えます。これらはネット上に自由に発表されるものとは違い、精査された情報が得られます。ゼミでの議論や研究会での発表は知識を整理するために有効だったと思います。

現在ではネット上に多くの教材があります。優れた教材も誤っている教材もあり、注意しながら利用すべきだと思います。これらを評価・判断してくれるモデレータのような存在を見つけられると継続的なインプットがしやすいと思います。

私は教員ですので、情報と教育の分野を勉強しますが、情報処理は時代とともに変化が起こる分野ですので、すぐには教育に関係してこない分野も学習しようと考えています。



沼崎拓也

[正会員]

千葉県立沼南高等学校



五十嵐悠紀

[正会員]

明治大学

私が情報科学科に進路を決めたきっかけは高校1年生のときに行った大学のオープンキャンパスです。それまでは「数学が好きなので、数学科かな。物理も好きだから物理学科もいいな」と考えていました。高校1年生の夏休みに「オープンキャンパスに行ってレポートを書く」という課題が出ました。そのときに友達と一緒にいったのが、お茶の水女子大学のオープンキャンパスでした。オープンキャンパスでは、理学部の数学科、物理学科、と見学したあとに気になって入ったのが情報科学科。コンピュータでプログラミングをしますが、中に使われている知識は数学や物理。これだ!と思い、情報科学に進路を決めました。

情報分野では、情報を中心にさまざまな分野とコラボレーションして進められるといった魅力があります。私はこれまでに手芸の設計製作過程をコンピュータグラフィックスで支援したり、医療系（循環器）の先生と一緒に電子カルテのインタフェースを研究したりしてきました。情報科学の勉強は、情報科学科に入ったことで、大学のカリキュラムという体系の中で幅広く学びました。

自分自身が情報という軸の専門性を持つとともに、情報以外の幅広い視野や経験を持っていることで、他分野の専門家とコラボしやすくなると実感します。情報の勉強をしつつも、趣味などの時間も大事にしてみてください。料理や音楽、スポーツ、工業、農業など幅広い分野と情報は接しています。

「先生、質問です!」・「先生が質問です!!」への質問・回答募集

▶ **Web から質問する:** 下記の Web ページ内の投稿フォームから質問をご記入ください。

「先生、質問です!」 <https://www.ipsj.or.jp/magazine/sensei-q.html>

「先生が質問です!!」 <https://www.ipsj.or.jp/magazine/senseiga-q.html>

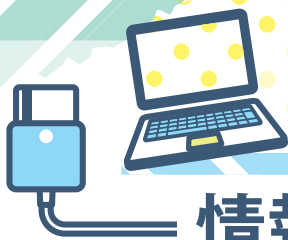
▶ **回答募集:** 情報処理学会 Facebook ページ (@IPSJ.official) Twitter アカウント (@ipsj_shinsedai)



先生、質問です!



先生が質問です!!



連載



情報の授業をしよう！

本コーナー「情報の授業をしよう！」は、小学校や中学校で情報活用能力を育む内容を授業で教えている先生、高校で情報科を教えている先生や、大学初年次で情報科目を教えている先生が、「自分はこの内容はこういう風に教えている」というノウハウを紹介するものです。情報のさまざまな

内容について、他人にどうやって分かってもらうか、という工夫やアイディアは、読者の皆様にもきっと役立つことと思います。そして「自分も教え方の工夫を紹介したい」と思われた場合は、こちらにご連絡ください。

(E-mail : editj@ipsj.or.jp)



アナログとデジタルの理解について —タブレット機器を利用した実践を通して—

古本知大 | 愛知県立半田東高等学校

現状の課題

私が勤めている愛知県立半田東高等学校は、赴任する3年前まで情報科の専任教諭がいない中で授業が行われていた。教科情報は「社会と情報」と「情報の科学」の選択必修科目で構成され、標準単位は2単位であり、本校では情報の科学を2年生1単位、3年生1単位で開講している。すなわち、週に1時間の授業しかない。そのため、祝日等があるとクラスによって授業進度の差が大きくなったり、前回の授業から間隔が空いてしまったりと、生徒の理解もなかなか進みにくいことが課題となっている。

特に2年生の初めに扱う「アナログとデジタル」の単位については、生徒が今まで生活してきた中で獲得した知識が優先され、本質的な理解につながりにくいと感じられる。そこで本質的な理解を深めるために、対話的な活動を取り入れていく。また対話的な活動をより効果的に行うために、タブレット端末を用いた授業を実践し、本稿ではその実践報告を行う。

授業概要

本実践では「情報とコンピュータ」という単元13時間のうち、「アナログとデジタル」の1時間について焦点を当てている。学習目標は「アナログは連続的な量を扱い、デジタルは離散的な量を扱っていることを理解する」である。この単元は教科情報でも序盤で行われることが多いため、本校では2年生で実施した。

生徒が今まで生活してきた中で経験的に獲得している知識については、授業の中で本質的な理解の深化を図ることは難しい。たとえば、アナログとデジタルの意味である。本校で扱っている教科書では、アナログは「連続的な量を扱う」とあり、デジタルは「離散的な量を扱う」と記述されている。しかし生徒は、アナログは「古いもの」や「人の手で動かしているもの」、デジタルは「最新のもの」や「機械的に動いているもの」という認識を持っている。2020年度までは、授業ではアナログとデジタルの

説明を行うだけであったが、説明だけでは理解が深まらなと感じた。そこで同じ事象をアナログとデジタルで表現した実例を見比べて違いを見つけ、アナログとデジタルの意味を正しく理解させた方が効果的であると考えた。

学習環境

新学習指導要領では対話的な学習で理解を深めることが求められている。しかし新型コロナウイルスの感染防止のため、教室内でなかなか対話的な活動がしにくい現状がある。そこで本実践では特別教室において、話し合いや意見の共有を行いやすくするために、ロイロノート・スクール^{☆1}（以下、ロイロノート）を用いて授業を行った。ロイロノートとは、タブレット端末を用いて生徒が自らの思考を可視化したり、アンケートやカードを用いた意見交換や情報共有が容易にできるアプリケーションである（図-1）。愛知県では、2020年度から新型コロナウイルスの対応としてすべての県立高等学校にロイロノートとスタディサプリ^{☆2}を導入しているため、よりICTを活用した授業展開がしやすくなっている。

☆1 <https://n.loilo.tv/ja/>

☆2 <https://studysapuri.jp/>

授業の詳細

本実践は、高等学校2年生で、1クラス36～42名の計6クラス（文型3クラス、理型3クラス）で行った。授業時間は50分×1コマである。授業はタブレット端末が保管されている特別教室で行い、生徒はタブレット端末およびロイロノートを授業で扱うことは、他教科も含めて初めてである。そのためロイロノートのアカウント登録も含めて授業を行った。

授業の大まかな流れを図-2に示す。始めに生徒が持つアナログとデジタルのイメージを共有した後に、「アナログ時計とデジタル時計の違い」および「 $y = x^2$ のグラフと表の違い」を題材とした例を提示して、それぞれの違いについて考えさせる。最後にまとめを行った。

始めに、生徒にアナログとデジタルのイメージについて、ロイロノートのアンケート機能を用いて集約した。このアンケート機能では、図-3に示すように「アナログのイメージを書いてください」「デジタルのイメージを書いてください」と尋ねた。

その結果、図-4に示すように、多くの生徒がアナログのイメージを「古い」や「時間がかかる」など、デジタルのイメージを「新しい」や「速い」などと答えた。このことから生徒は経験上、アナログは



図-1 ロイロノートの操作画面

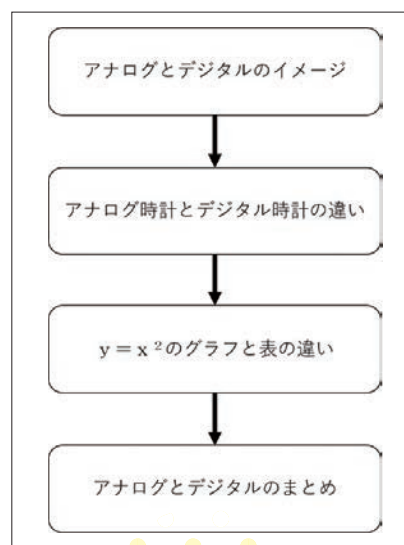


図-2 授業の大まかな流れ

【1】 アナログのイメージを書いてください。 *

0/10000

【2】 デジタルのイメージを書いてください。 *

0/10000

アナログのイメージを書いてください。	デジタルのイメージを書いてください。
手動、古い	高性能、新しい
・使利じゃなくて昔のイメージ　・自然　・自分で操作する	・使いやすくで自動で操作してくれるイメージ
昔の人が使ってたそう。	文字が光ってる。
接続する何か 古い	新しいもの
かくかくしている　古臭い	滑らか　現代的
今使っているものより昔のもので速度が遅いもの。	通信が早くて使いやすい。
目に見える形で物体が動くもの。例えば、計が動く時計とか。	電気的な物で動くもの。例えば、文字が表示される時計とか。

[illegible]

その後、カードをロイロノート上にある「提出箱」という機能を用いて提出させた（図-5）。この「提出箱」は教員がその場ですぐに作成できる。また提

出期限も設定でき、生徒の画面上には期限までの時間も表示される。

提出されたカードは、生徒全員に匿名で共有することもできるので、生徒は友だちやクラスメイトがどのような点に着目しているか、自分と同じ着眼点を持っていたり、違った視点で考えていたりすることなども分かる。本実践でも、匿名で提出されたカードを生徒に共有させて、さまざまな意見があったことを確認させた。

アナログ時計とデジタル時計の違いについて、生徒は「針が動いているかどうか」や「数値で表現しているから見やすい」などと見た目の違いに着目して答えた。一部の生徒は、「継続的に動いている」といったデジタル本来の意味に着目することができていた。

時計の次に、「 $y = x^2$ 」をグラフで表現したものと「表でまとめたもの」を提示した。時計では、見

た目の違い（針か数字、見やすいかなど）に着目していることが多かった。一方、グラフはすべての数値を表すことができるものであるためアナログであり、表は必要な数値のみを表すのでデジタルの意味を持つ。そのため見た目だけでなく、よりアナログとデジタルの意味に近い考えを持つことができるのではないかと考えた。本題材においても、ロイロノートのカードにグラフと表の違いについて記入させて、「提出箱」に提出させた。実際に生徒が答えた回答の一部を図-6に示す。

多くの生徒は、関数のグラフに対しては「すべての値を見ることができる」や「細かく見ることができる」、表に対しては「 x が動いたら、 y がどのように動くかが分かりやすい」や「目安となる値が分かりやすい」などといった答えが見受けられた。ロイロノートでは教員が共有させたい生徒の答えを全員に共有できるため、ヒントにしやすい考えや、新たな発想につながる回答を選別できる。実際に授業では、図-7の回答を共有させた上で、アナログとはどういう意味か、デジタルとはどういう意味かを考えさせた。

授業のまとめにはワークシート（図-6）を用いた。教科書を見せながら、アナログとは「連続的な量を扱う」、デジタルとは「離散的な量を扱う」ということを説明した。この際に、アナログとデジタルの比較のために例示した時計、グラフと表についても触れた。またアナログかデジタルのどちらで表示されているかについて問う練習問題を行った。「水銀温度

情報の科学 授業プリント No.1 【アナログとデジタル】教科書10頁～

2年()組()番 氏名()

○ アナログとデジタル
アナログとデジタルのイメージを書いてみよう
→ロイロノート

○ 様々な物を比べてみよう
ロイロノート
【メモ】

【①】
一連続的に変化する量を【②】
で表現する方式

【③】
一連続的に変化する量を【④】
で表現する方式

★練習問題
以下の中でアナログのものにA デジタルのものにDを書きなさい。

名前	CD	水銀温度計	万歩計	ポラロイドカメラ	そろばん
図					
A or D	()	()	()	()	()

図-6 まとめに使用したワークシート

$y = x^2$ のグラフと表の違いは何か?

$y = x^2$ のグラフと表の違いは何か?

$y = x^2$ のグラフと表の違いは何か?

グラフは、どのように減少・増加しているかが分かりやすい
表は、1進んだときどれだけ増えるのかが分かりやすい

図-7 関数の表とグラフの違いの回答（一部）

計」や「ポラロイドカメラ」については、生徒が見たことがないものであると感じたので、どういったものであるかを補足して説明をした。その結果、おおむね8割の生徒はすべて答えることができた。

授業を通して

生徒の理解を深めるために、対話的な活動をタブレット端末を用いて授業を行った結果、タブレット端末を使用したことで2020年度と比較して生徒の反応が良く、またロイロノートによる意見共有により生徒が互いの意見に触れることができ、理解が促進された。生徒は自分の意見が授業で取り上げられたことを喜ぶ場面も見受けられ、「ほかの生徒と意見が共有できることが楽しかった」や「普段の講義型と違い考えることができた」という感想を述べていた。

授業後も生徒は、自らのスマートフォンにロイロノートのアプリをインストールすることで、授業の復習も簡単にできる。定期考査の正答率が2020年度と比較して向上したことからも、授業でただアナログとデジタルの違いについて説明するより、実例を比較しながら意見共有をすることにより理解が深まると感じる。一方、ワークシートの練習問題の中で、「そろばん」をアナログと解答する生徒も一部おり、アナログは古いものであるという認識をぬぐい切れていないと感じた。

授業準備としては、ロイロノートの操作やアンケートの作成、カードの作成などの教材の作成に多少時間がかかる。なお生徒は本実践で初めてロイロ

ノートを操作したが、日頃からスマートフォンに慣れ親しんでいるためか、操作方法の習得に時間を費やすことはなかった。

今後、GIGAスクール構想により、タブレット端末の授業での活用がますます促進されるだろう。この実践を通して、意見共有の場面でのタブレット端末の活用がとても効果的であると感じた。意見共有は匿名で行えることから、生徒は「分からないから答えない」ということがなく、非常に積極的に意見や考えを書いていた。

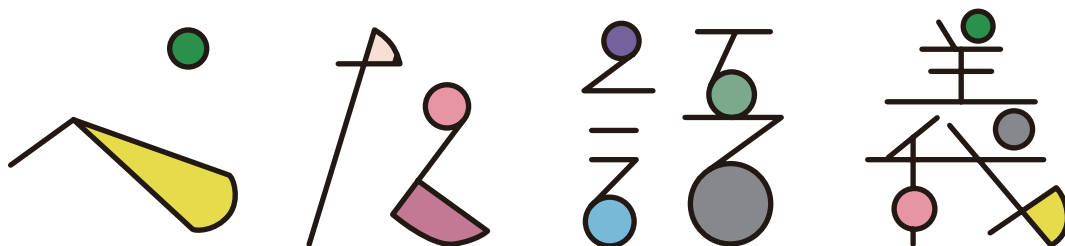
しかしながら、単元の内容によっては知識を優先した授業展開も必要であると考えため、学習目標を達成するための効果的な授業形態（講義型やグループ活動など）について教員が理解しておくことも必要になると感じた。ほかにもネットワークの補強や、事前のアカウント準備、機器トラブルなど外的な要因の課題は存在する。これらの課題を解決するためにも、都道府県の各自治体と学校現場との連携を積極的に行い、生徒にとって理解が深まる授業を行っていくべきであると考え。

(2021年9月25日受付)



古本知大（正会員）
s217m017@gmail.com

愛知教育大学大学院修了、修士（教育学）。
2019年情報科教諭として愛知県に採用。現在愛知県立半田東高等学校に勤務。



Vol. 124

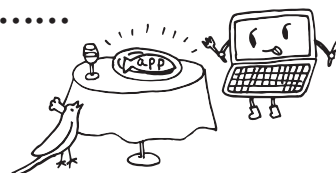
CONTENTS

- 【コラム】想像してごらん、スマホが1億円する世界を……和田 勉
【解説】情報処理学会データサイエンス・カリキュラム標準（専門教育レベル）—策定方針と今後の取り組み——掛下 哲郎
【解説】学生による学習支援システムの機能改善……武田 和樹



COLUMN

想像してごらん、スマホが1億円する世界を……



想像してごらん、こんな世界を……

スマホは売ってます。でも1台1億円^{☆1}します。だから個人ではとても買えません。大きな大学とか会社とかが、1台だけ買います。みんな、大学や会社に置いてあるその1台を、入れ代わり立ち代わり使います。

といっても普通の学生や社員には直接スマホをさわらせてくれません。スマホ操作の専門家がいて代わりに操作してくれます。変なスマホで、画面がなく、スタートとかストップとかのボタンがいくつかついているだけです。パソコンのようなキーボードも、マウスもありません^{☆2}。入力したいことはあらかじめ全部、決められた紙に用意していき^{☆3}、スマホ操作専門家に渡して入力してもらいます。プリンタはあります。やたら音がうるさい大きなプリンタです。

アプリは何もありません。ダウンロードしてないんじゃないくて、世の中に存在しません。なのでスマホで何かやりたい人は、みんな自分でアプリを作ります。それができる人だけがスマホを使っています。できない人は、使うのをあきらめるか、お金を出して他人に作ってもらいます。自分で作れた人は、スマホが思った通りに動くので感動して、アプリ作りにのめりこみます。とはいえ自分ではスマホを持ってないので、せっせと「スマホ室」に通いつめます。

これが1960年代後半（から1970年代）ごろの世界です。そのころはスマホのことを「大型コンピュータ」「メインフレーム」と言いました。「大型」でしたが、性能は今のスマホにまったくおおよびません。スマホ操作の専門家を、「オペレータ」と言いました。「スマホ室」は「電子計算機室」とか「EDP室」とか言いました（EDP: Electronic Data Processing）。

今は多くのアプリがあふれていますから、自分でアプリを作らなくてもスマホは動きます。でも、アプリ／プログラムは必ず誰かが作ったからこそそこにあり、スマホ／コンピュータはそれがなければ決して動かない、ということは昔も今も変わりません。既存のアプリにあきたらずみずからプログラムを作ろうという人たちは、「スマホ室（電子計算機室）」に通いつめていた昔の我々と同じです。でも、専用の「大型コンピュータ」をみんな持っていることがうらやましいです…… 若い皆さんの創造的なプログラミングに期待します。

☆1 IBM360（1964年発表）モデル40がUS \$225,000。当時は360円/US\$であるから約8,000万円。なおIBM360/40はクロック周波数1.6MHz。それに対して今この記事を書くのに使っているノートパソコンは1.6GHz。

☆2 少しあとにキーボードとディスプレイの「コンソール」付きが出ましたが、主に操作コマンドを入力するものでした。なおマウスの登場はずっとあとのことです。

☆3 文字ではなくカードやテープに穴をあけておき、コンピュータはそれを読み取ります。カードは1行ぶんしか入らないため、データ100行にカード100枚が必要でした。



和田 勉（長野大学 企業情報学部）（正会員） wadaben@acm.org

長野大学企業情報学部教授。2006年大韓民国高麗大学師範学部コンピュータ教育学科招聘教授。本会情報処理教育委員長初等中等教育委員会副委員長。本会シニア会員、学会活動貢献賞受賞。

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

情報処理学会データサイエンス・カリキュラム標準 (専門教育レベル) —策定方針と今後の取り組み—

掛下哲郎

佐賀大学

情報処理学会が DS カリキュラム標準を 策定する理由

AI やデータサイエンス (DS) 等の用語をしばしば耳にする読者も多いだろう。政府が出した AI 戦略 2019¹⁾ では、高等教育段階について、(1) 文理を問わずすべての大学・高専生 (約 50 万人卒/年) が初級レベルの数理・データサイエンス・AI を習得する、(2) 一定規模の大学・高専生 (約 25 万人卒/年) が、自らの専門分野への数理・データサイエンス・AI の応用基礎力を習得する、との目標を掲げている。

AI 戦略 2019 に基づいて数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム (通称 6 大学コンソーシアム) は以下に示すリテラシーレベルおよび応用基礎レベルのモデルカリキュラムを策定している。

- 数理・データサイエンス・AI (リテラシーレベル)
モデルカリキュラム～データ思考の涵養～²⁾
- 数理・データサイエンス・AI (応用基礎レベル)
モデルカリキュラム～AI×データ活用の実践～³⁾

これらのモデルカリキュラムに加えて本会が DS カリキュラム標準を策定する意味はあるのか? 疑問に思う読者もおられると思う。

6 大学コンソーシアムが策定したリテラシー/応用基礎レベルのモデルカリキュラムは、それぞれ 2～4 単位程度の規模に抑えられている。多くの大学生に履修させるためには、共通基礎教育に入れざるを得ず、授業担当教員の確保を考えると単位数が制約されてしまうのである。

これに対して、本会の DS カリキュラム標準 (専門

教育レベル) は、DS を専門とする学生を育成するために策定した。そのため、専門教育として 60 単位相当の時間を割り当て、教育内容を充実させている。一方、すべての大学生が 6 大学コンソーシアムのモデルカリキュラム (リテラシーレベル) を学習することが期待されるため、同モデルカリキュラムに含まれている内容は意図的に省いてある。

本会では、J17 カリキュラム標準を策定したところから DS カリキュラム標準の検討を進めてきた。2017 年当時は成案を得るには至らなかったが、その後、さまざまな取り組みも進み、2021 年 4 月にはパブリック・コメントを通じて得られた意見を考慮して修正した成案を公表した^{☆1}。本稿では、DS カリキュラム標準の策定に向けた活動と、今後の取り組みについて紹介したい。

DS カリキュラム標準 (専門教育レベル) の 策定方針

DS 分野における専門教育は、DS 技術の利用者ではなく、DS を用いて各種サービスを提供する専門家の育成を目標としている。こうした専門家は日本政府が推進する Society 5.0 (超スマート社会) や、日本も含む各国政府が推進する DX (Digital Transformation) を推進する上でも欠かせない人材であり、ビジネス・イノベーションや社会的イノベーションを担う人材としても大きく期待されている。

^{☆1} 情報処理学会、プレスリリース：データサイエンス・カリキュラム標準 (専門教育レベル) の公開，2021. https://www.ipsj.or.jp/annai/committee/education/public_comment/kyoiku20210415.html

こうした背景を考慮して、DS カリキュラム標準の策定にあたって設定した基本方針を示す。

□ 国際的通用性の確保

ACM Data Science Task Force は 2021 年 1 月に ACM Data Science カリキュラムを公開した⁴⁾。カリキュラムに盛り込まれた教育内容に数理統計学、モデリング、シミュレーション等の項目が含まれていないとの課題はあるが、教育項目の具体性が高い。また、教育内容の優先度として、T1（必須項目）、T2（準必須項目、80%程度の内容の履修が求められる）、E（選択項目、50%程度履修）の区分が項目ごとに示されている。

2015～2017年に欧州政府の支援を受けた EDISON Project では、DS 人材の人材像や教育カリキュラム、知識体系 DS-BoK を含む EDISON Data Science Framework^{☆2}を公開している。教育カリキュラムを ACM DS カリキュラムと比較すると、数理統計学やモデリング等も幅広く包含しているが、教育項目の具体性は低い。一方、ECTS（欧州単位互換制度、European Credit Transfer and Accumulation System）を用いた時間配分が示されている、という長所もある。

☆2 EDISON Project, EDISON Community Initiative.
<https://edisoncommunity.github.io/EDSF/>

本会の DS カリキュラム標準を策定する際には、これらの枠組みを分析・参照することで、国際的通用性の確保を図った。また、両者の長所を統合することで、教育内容の具体性を高めると同時に、妥当な時間配分も実現した（表-1）。そのため、DS カリキュラム標準の教育項目には ACM や EDISON DS-BoK との対応関係も示してある。

カリキュラム策定にあたっては、ACM 等の枠組みを単に引用するだけではなく、日本の大学の実情や、教育項目に割り当てられた時間数を考慮して、教育内容を一部調整している。

□ DS 資格との連携

大学で DS 専門教育を受けた学生には卒業後、データサイエンティストとして活躍することが期待される。こうした人材の能力を適正に評価することは社会的にも重要なことから、本会ではデータサイエンティスト資格（DS 資格）の検討を進めており、一部で審査を開始した。

本会の DS 資格では ITSS+^{☆3}（データサイエンス領域）を参照しているが、DS カリキュラムについて

☆3 DX や Society 5.0 の推進を担う IT 人材に求められる能力（スキル、タスク、マインドセット等）を主要な領域ごとにまとめたもの。DS 領域については、DS 協会の DS スキルチェックリストおよび DS タスクリストを参照している。
情報処理推進機構、ITSS+。
<https://www.ipa.go.jp/jinzai/itss/itssplus.html>

表-1 情報処理学会 データサイエンス・カリキュラム標準（専門教育レベル）の全体構成

中分類	割り当て時間数 (h)				有効教育時間数 (h)
	T1	T2	E	総計	
基礎数学と数理統計学	18.25	0.00	19.00	37.25	27.75
データマイニング	28.00	36.00	78.00	142.00	95.80
人工知能	3.25	17.00	12.50	32.75	23.10
機械学習	13.75	19.50	13.50	46.75	36.10
モデリングとシミュレーション	11.80	18.38	47.00	77.18	50.00
コンピュータサイエンス基礎	81.16	22.50	26.25	129.91	112.28
ビッグデータ・システム	7.00	59.50	47.00	113.50	78.10
セキュリティとプライバシー	41.93	0.00	4.00	45.93	43.93
ヒューマン・コンピュータ・インタラクション	16.83	0.00	0.00	16.83	16.83
ソフトウェア工学	50.50	25.00	38.00	113.50	89.50
データ収集・管理・ガバナンス	27.01	25.67	17.00	69.68	56.04
プロフェッショナルリズム	16.14	12.01	7.99	36.14	29.74
ビジネス基礎	10.50	0.00	8.33	18.83	14.67
総計	326.12	235.55	318.57	880.24	673.85



も、ITSS+が参照するデータサイエンティスト協会（DS協会）・DSスキルチェックリスト^{☆4}（★レベル）の参照を通じて、DS資格との連携を図っている。

DSスキルチェックリストは、ACMのDSカリキュラムには含まれていない統計学、モデリングとシミュレーション、ビジネス等の内容を含んでおり、実務の世界で求められる知識やスキルもカバーするように構成されている。

DS協会は2021年9月より、アシスタント・データサイエンティスト（★レベル）と6大学コンソーシアムのモデルカリキュラム（リテラシーレベル）を総合し、実務能力と知識を有することを証明する試験として、データサイエンティスト検定TMリテラシーレベルを創設した。こうした試験を通じてカリキュラム履修者やデータサイエンティストの能力を証明できる。

情報処理学会データサイエンティスト育成戦略

すでに述べたように、本会では、DSカリキュラム標準と並行してDS資格の検討を進めてきた。これらの成果を踏まえて、今後に向けたデータサイエンティスト育成戦略^{☆5}を2021年4月に発表した。

☆4 データサイエンティスト協会、データサイエンティスト・スキルチェックリスト、2019。
<https://the-japan-datascientist-society.github.io/skills-checklist-viewer/>

☆5 情報処理学会、データサイエンティスト育成戦略、2021。
https://www.ipsj.or.jp/release/20210413_DSstrategy.html

本戦略では、「本会はDS人材の系統的な育成および評価の枠組みを構築し、育成または資格を付与したDS人材による価値創造活動に対する支援を通じて、デジタル社会の発展に貢献する」とのビジョンを掲げ、DS教育とDS資格の連携を宣言している。

このビジョンを実現するための活動方針として、以下の4項目を示した。

1. 小学生から専門人材に至る系統的なDS人材の育成および育成／評価の枠組みの構築
2. DSカリキュラム標準（専門教育レベル）に関する大学間連携や教育コンテンツの共同利用の推進
3. 関連する既存の取り組みの活用と相互連携の推進
4. DS人材による相互研鑽およびデータ利活用の倫理を含めた技術者倫理を規範とする社会貢献の推進

上記の活動方針に基づく当面の取り組みとして、

図-1に示す情報処理学会データサイエンス・フレームワークの完成を目指して各種の資格制度の創設を推進している。その一環として、認定情報技術者（CITP）企業認定制度を拡張してデータサイエンティスト資格を含め、日立製作所およびそのグループ会社を認定した^{☆6}。

☆6 情報処理学会、プレスリリース：データサイエンティスト資格を含む認定情報技術者（CITP）企業認定制度開始、2021。
https://www.ipsj.or.jp/release/20210913_DSstrategy.html

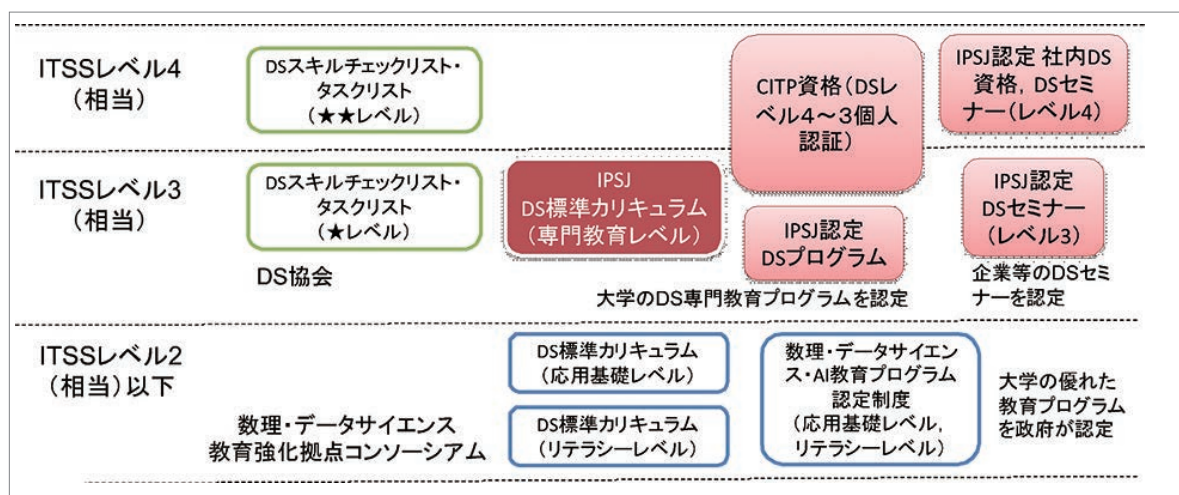


図-1 情報処理学会データサイエンス・フレームワーク

- 【解説】情報処理学会データサイエンス・カリキュラム標準（専門教育レベル）—策定方針と今後の取り組み—

DS カリキュラム標準の普及に向けて

データサイエンス分野は国際的に見てもホットトピックであり、ACM DS Task Force や EDISON Data Science Project を始めとしてさまざまな取り組みが活発に行われている。

2021 年度は IFIP（情報処理国際連合）の 60 周年に当たる。それを記念するイベントが予定されているが、筆者は其中で DS 資格と DS 教育の連携をテーマとするイベントを企画・運営した⁵⁾ (図-2)。同イベントでは ACM DS Task Force や EDISON Project 等、DS 分野における主要な取り組みの中心人物による取り組み紹介や意見交換を行った。たとえば、米国 ABET では DS 分野の専門教育プログラムを対象とする認定が始まるとのことである。こうした取り組みを通じて、DS 関係の各種の取り組みについて、国際的な連携を強化したいと考えている。

コロナ禍をきっかけとして大学等ではオンライン教育(ライブ授業、オンデマンド授業、ハイブリッド授業)が急速に普及した。大学設置基準も改正され、複数の大学が連携科目を開設して単位を出すこともできる⁷⁾。今後、DS 専門教育を行うためのオンライン教育コンテンツの開発が進むことも期待されるため、大学や学部、教育プログラム間の遠隔連携を活

用することで、本会の DS カリキュラム標準に基づく教育が推進されることを期待している。

本会の DS カリキュラム標準については、本会が公開する資料のほかに IFIP TC3（教育）が主催した国際会議 OCCE 2021 にて発表した論文⁶⁾ および筆者のインタビュー記事⁸⁾ も併せてご参照いただきたい。

参考文献

- 1) 統合イノベーション戦略推進会議：AI 戦略 2019 ～人・産業・地域・政府すべてに AI～ (2019), https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ai_senryaku/pdf/aistrategy2019.pdf
- 2) 数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム：数理・データサイエンス・AI (リテラシーレベル) モデルカリキュラム～データ思考の涵養～ (2020), http://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/pdf/model_literacy.pdf
- 3) 数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム：数理・データサイエンス・AI (応用基礎レベル) モデルカリキュラム～AI×データ活用の実践～ (2021), http://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/pdf/model_ouyoukiso.pdf
- 4) ACM Data Science Task Force : Computing Competencies for Undergraduate Data Science Curricula (2021), https://dstf.acm.org/DSTF_Final_Report.pdf
- 5) Kakeshita, T. et al. : Strategic Collaboration of Certification and Education on Data Science (Sept. 2021), <https://ifip.org/jubilee60/?r=event3>
- 6) Kakeshita, T. et al. : Development of IPSJ Data Science Curriculum Standard, in Proc. OCCE 2021 DTEL, 11 pages (2021), (to appear in the Post Conference Book).

(2021 年 9 月 13 日受付)

☆8 上松恵理子, これが日本のデータサイエンス教育標準カリキュラムだ!, 2021 年 6 月. <https://mobile-univ.com/archives/25065>

☆7 文部科学省, 大学等連携推進法人, 2021. https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/daigakurenkei/index.html



掛下哲郎 (正会員) kake@is.saga-u.ac.jp

佐賀大学准教授。工学博士（九州大学）。ソフトウェア工学、情報システム、情報専門教育等を専門とする。本会データサイエンス教育委員会委員長。本会のデータサイエンティスト資格にも取り組んでいる。



図-2 IFIP 60 周年記念イベント



学生による学習支援システムの機能改善

武田和樹

京都大学工学部電気電子工学科

本稿では、京都大学工学部3年生の筆者が京都大学の学習支援システムについて学生の視点から機能改善をするソフトウェアの開発事例を紹介する。

学習支援システムを使ったオンライン授業

2020年4月、新型コロナウイルス感染症の世界的な流行に伴って、筆者が所属する京都大学でも他の高等教育機関と同様、オンラインによる授業が展開されることになった。本学では以前より一部の講義で使われてきた学習支援システム「PandA」¹⁾（以降、LMSと呼ぶ）を用いて従来の対面での授業に近い環境が急ピッチで整備された。

このLMSは米Apereo FoundationのSakai LMS²⁾をベースにしたシステムであり、ビデオ会議サービスであるZoomや動画配信サービス「Kaltura」との連携やWebサイト上で講義資料の配布・閲覧、課題の提出といった機能が備わっている。このようにLMSでは学生にとってさまざまな有用な機能が提供されているが、ほとんどの授業がオンラインへと切り替わり、使い慣れていないLMSでの受講ではさまざまな困難が生じた。

煩雑な課題管理

従来の対面での講義では紙ベースの課題提出が行われてきたが、多くのオンライン授業では小テストや理解度確認の課題がLMS上で出題されるようになった。

本学のLMSは米国で開発されたSakaiをカスタマイズしているが、登録しているコースサイトのすべての課題を一覧で表示するといった機能が備わっていなかった。そのため学生は履修登録した各講義のコースサイトを定期的に巡回して新しく課題が公開されているかどうかや、課題の締め切りなどを一つひとつ手作業で確認する必要があった。オンライン授業になり友人とも自由に交流できず苦労しているなか、手作業での課題の確認は学生の大きな負担になっていた。こうした状況を少しでも良くすべく、筆者は課題一覧を表示する機能を開発することにした。

学生の視点からの改善

はじめに、本学のLMSを改善するにあたり必要な要件を考えた。まず1つは簡単に導入できるソフトウェアにすることである。どれほど便利なソフトウェアだとしても、使い手の導入コストが高ければ普及しにくい。なるべく誰でも使えるようなソフトウェアとして開発する必要があった。そこで、ブラウザの拡張機能として開発することとした。拡張機能は、インストールするだけでブラウザに機能を直接追加できるため、WindowsやmacOSといったOSに依存することなく簡単に導入することができる。そして、拡張機能をインストールしたブラウザで通常通りLMSにログインするだけで、その他の特別な設定をすることなく機能改善を享受できるようにした。

もう1つは、長期的に開発の継続ができる、メン

テナンス性の高いソフトウェアにするということである。筆者は現在学部3年生で、今後継続的に保守に携われなくなる。そのため、オープンソースソフトウェア (OSS) として開発することで、誰でも自由に開発を引き継げるようにした。

以上の2点を踏まえて、LMS を使用する学生の UX (User eXperience: ユーザ体験) の向上を主眼において早急にブラウザ拡張機能を開発することに決めた。

ブラウザ拡張機能の開発

ブラウザ拡張機能は、ブラウザで動作させることと、LMS 上に課題一覧等の機能を付加することを考えて、TypeScript と HTML+CSS を用いて開発した。また TypeScript にすることで静的な型定義ができ、コンパイル時に警告等が出るため、プログラ

ムのバグを減らして開発期間を想定より短縮することができた。

課題の取得はスクレイピングではなく、REST API へのリクエストによって実現している。本学の LMS が使用している Sakai には REST API が実装されており、これを使うことで講義ごとの課題情報の軽量で高速な取得が可能になる。

オンライン授業が始まった2020年5月からGitHubを使って開発を始めた³⁾。1週間後にプロトタイプ版を完成させ、Google Chrome の Web ストア上で公開した。

拡張機能で実現した機能

筆者が開発した拡張機能は、オンライン授業でストレスの多い環境を少しでも「快適」という意味と、本学の LMS の略称「PandA (People And Academe)」から取って「Comfortable PandA」(以降、本拡張機能と呼ぶ)と名付けた。本拡張機能の一部を紹介する。

□ 課題一覧の表示

本拡張機能で代表的な機能が、この「課題の一覧の表示」である(図-1)。LMS のページ上に開閉できる課題一覧メニューを設置し、ユーザはメニューボタンをクリックするだけで、履修しているすべての講義の課題一覧を瞬時に確認することができる。課題は締め切り順に並び替えられており、締め切りまで24時間以内の課題については「赤」、5日以内は「黄」、そして14日以内のものについては「緑」と視覚的・直感的に把握しやすく色分けしている。また、課題詳細の横にあるチェックボックスを活用することで、課題の提出状況の管理も簡単にできるように工夫している。

□ コースサイトタブの色付け

取得した課題一覧をもとに、コースサイトのタブも色分けしている(図-2)。これも課題一覧同様に締

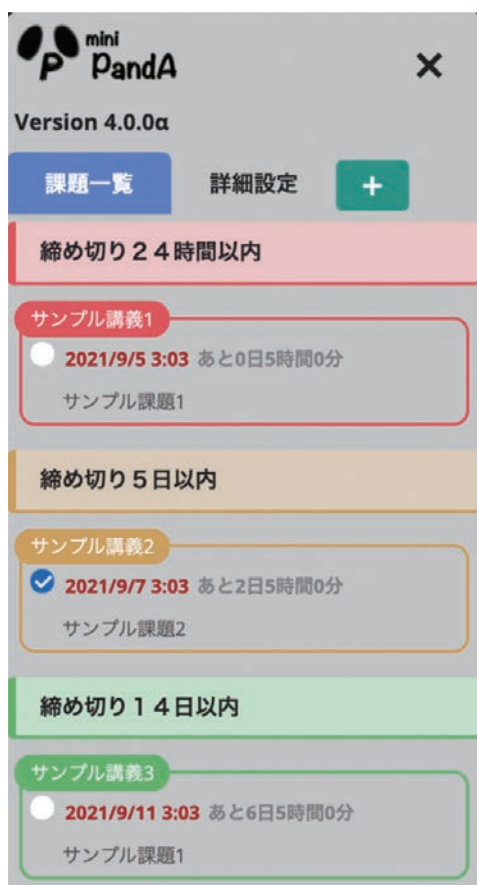


図-1 課題一覧の表示



め切りまでの時間にに応じて3色で表示され、全体的な課題の状況を把握しやすくしている。

さらに、新規に公開された課題に気づきやすくするため、コースサイトのタブの左上に赤丸で通知バッジを表示することとした(図-3)。LMSに前回アクセスしたときとの課題の差分を比較することで、新たな課題を検出する。それを通知バッジとして表示することで、ひと目で新着課題を把握できるようにした。

このほか本拡張機能では、拡張機能のREST APIアクセスによるLMSへの負荷を軽減させるキャッシュ機能や、ユーザの要望から配色を個人の見やす



図-2 コースサイトタブの色付け

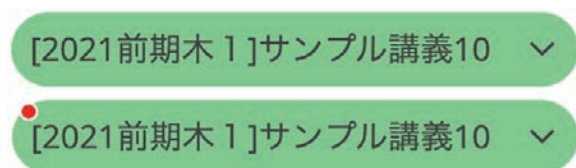


図-3 通知バッジ(上:新着なし,下:新着あり)

表-1 Code for PandA 事例認定要件(文献1)から要約)

1	開発代表者および開発者の所属と氏名を公開し、透明性を担保すること。
2	オープンソースソフトウェアとして開発すること。Apache 2.0 が望ましい。
3	ソフトウェアの開発履歴および利用状況を定期的に公開すること。
4	ソフトウェアの利用方法や利用者からの問合せに答える体制を整え、誠意を持って対応すること。また、マニュアル・FAQとして公開すること。
5	ソフトウェアの不具合・機能改善を継続的にを行い、その状況を公開すること。
6	以下の項目を含むプライバシーポリシーを利用者に明示すること。 A) 何の情報を収集したか B) 収集した情報をどのような機能に使うのか C) 収集した情報の取り扱い D) その他の目的での販売、転送、仕様の禁止
7	ソフトウェアの開発経緯と実現方法を明示した紹介文を用意すること。
8	上記が一覧できる Web サイトを用意するとともに、指定する文言を掲載するとともに指定する URL にリンクを張ること。
9	ソフトウェアの利用で明らかになった PandA の不具合や脆弱性を報告すること。
10	ソフトウェア利用による対価を求めたり広告収益等を求めないこと。
11	開発代表者に変更がある場合、および、上記のすべての要件を満たせないと判断した場合は直ちに情報環境機構に連絡すること。
12	認定が取り消された場合は直ちにその旨を利用者に公表すること。

い色にカスタマイズできるカラーユニバーサルデザイン機能なども実装している。

多くの学生に利用してもらうために

□ 大学との連携

本拡張機能を多くの学生に安心して利用してもらうために、本学のLMSを管理・運用している本学情報環境機構と連携して運用・開発してゆく運びとなった。

情報環境機構では、「Code for PandA」(表-1)というLMS改善のソフトウェアに関する規約が整備されている。具体的には、オープンソースソフトウェアとして開発し、開発者の透明性を担保することやプライバシーポリシーといった内容が明示されている。情報環境機構との対話を重ね、本拡張機能をCode for PandAの規約に沿うように修正し、本拡張機能はCode for PandA事例として認定を受けることができた。

本学のLMSは、2021年の3月にバージョンアップし、UIの大幅変更が実施されたが、情報環境機構との連携で「Comfortable PandA」は現在も滞りない稼働を維持できている。

□ 主要ブラウザに対応

開発当初はGoogle Chrome向けに拡張機能を開発していたが、利用者からの要望で対応するブラウザを増やした。現在では、Firefox, Microsoft Edge, Safariを含む4つのブラウザに対応している。

各ブラウザの拡張機能は、ブラウザ間の互換性があるものやソースコード変換ツールが公式で提供されているものもあるため、Google Chrome版をベースに開発し、その後、各ブラウザに合わせて微調整するだけの比較的低コストで対応することができた。

□ 利用者の声

本拡張機能は、オンライン授業が始まった2020年5月の公開から、口伝てに評判が広まった。2021年8月現在では、3,500人を超える学生が拡張機能を導入している(図-4)。

利用者からは、「課題一覧が見られて便利!」「『Comfortable PandA』がないとやっていけない」などの好意的な評価を得ている。

今後の展望

□ 多言語対応

今後の展望として、本拡張機能を日本語のみならず、多言語に対応することを検討している。本学には、留学生や日本語を母国語としない学生が在籍しており、同様にLMSを用いたオンライン授業が行われている。そのため、拡張機能もLMSと同じように利用者に応じて言語選択できるように対応していきたい。

□ Sakai Community へのコントリビューション

上述の多言語対応と並行して、本拡張機能をLMSの開発元であるSakai Communityへコントリビュートすることも検討している。本学の梶田将司教授との連携のもと、本学向けに開発した本拡張機能を、国内や海外のSakai LMS採用校でも利用できるようにプログラムを修正し、2021年12月に日本国内のコミュニティに公開、2022年6月には米国のSakai

Communityで開催されるOpen Apereo Conferenceでの発表を目指している。

Sakai Communityを始めとしたオープンコミュニティにソフトウェアを移譲することにより、本拡張機能のSakai LMSのバージョンアップへの対応やバグ修正、ローカリゼーションといったことが期待できる。

オンライン授業のこれから

オンライン授業が広く展開され始めたいま、LMSなどの学習支援システムが活用されるようになった。一方で、学生と教員との間で、LMSに求める機能や必要とされる要件の認識は異なる。そのためLMSに対して学生目線からのフィードバックであったり、機能改善であったりが非常に重要になると筆者は考える。それに加えて本学の「Code for PandA」などといった大学側からの認定制度や連携できる仕組みが存在することにより、学生が自由かつ自主的に学習環境を改善するソフトウェアを開発することができ、学生と教員とで共にこのコロナ禍でのオンライン授業をより良いものにしてゆく環境が整備されるのではないだろうか。

参考文献

- 1) 学習支援サービス (PandA), <https://www.iimc.kyoto-u.ac.jp/ja/services/lms/> (2021年9月29日アクセス)
- 2) Sakai LMS, <https://www.apereo.org/projects/sakai-lms> (2021年9月29日アクセス)
- 3) Comfortable PandA, <https://github.com/comfortable-panda/ComfortablePandATS> (2021年9月29日アクセス)
(2021年9月20日受付)

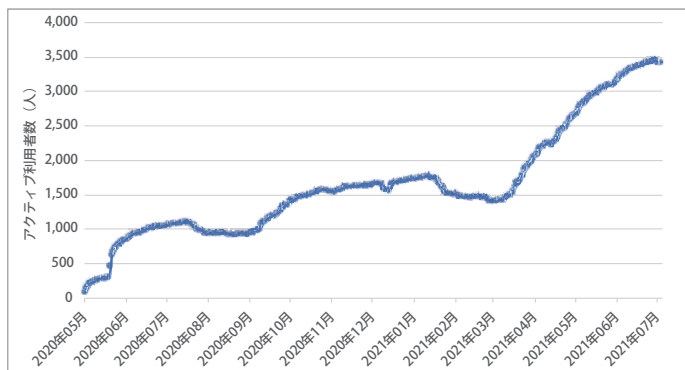
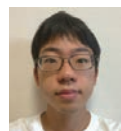


図-4 拡張機能の利用者数の推移



武田和樹 takeda.kazuki.47s@st.kyoto-u.ac.jp

京都大学工学部電気電子工学科学部3年生。京都大学に関する便利なアプリやツールを趣味で多数開発。





連載

ビブリオ・トーク
—私のオススメ—

…伊藤将志((株) 東芝)

目の見えない人は世界をどう見ているのか

伊藤亜紗 著

光文社 (2015), 836 円 (税込), 216p., ISBN: 978-4-334-03854-0



この本に出会ったきっかけ

ここ数年でコラボレーションツールが広く使われるようになり、多様な人の考えや、取り組みを近くに感じられるようになった。そのような環境の助けもあるのか、ここ数年、私の周りのダイバーシティ & インクルージョンに対する取り組みが具体化し、私もそれに触れている感覚を持っている。その感触から必然的に私自身も興味を持ち、その概念を形成しようと試みている最中である。そのような話を知人にしたところ、面白いから読んでみる、とこの本を紹介された。

この本では視覚障害者を「世界の別の顔」を感じることができるスペシャリストとして捉え、彼らとの対話などから、その世界を垣間見ようとしている。本書に出会うことで、私は見える世界を広げる手がかりを得たように思う。このビブリオ・トークによって、その感動を共有できれば幸いである。

変身の本

この本では、「目の見えない人が見ている世界」を見ようとする。この本はこれを「変身する」と表現している。この「変身」こそが真の目的である。変身は目を閉じて歩いてみたり、その人の気持ちになったりする作業ではなく、たぶん読者の経験にない作業になる。これもこの本の表現だが4本脚の椅子を3本脚にするのではなく、元々3本脚で成り立つ椅子になる必要がある。普段の自分から引き算することは変身にはならない。

この本はさらに「普段使っている体をぐにゃぐ

にゃに溶かすような体験をする」と表現している。読者は普段の体では得られない感覚を得るために、今の体を溶かすことを求められる。それは普通ならきわめて難しい作業になる。そこで、この本はそのナビゲータを務めてくれる。「ここはこう溶かしましよう」と教えてくれて、その通りにしたら次は溶けた体を入れる型を準備してくれている。型は視覚障害者へのインタビューとこの本の著者の考察により作られている。著者は、聞いた範囲での経験を中心に構成したもので一般論ではない、というが著者の考察を通った型は、非常に洗練されているように感じる。その型も、空間、感覚、運動、言葉、ユーモア、というタイトルで揃えられ、まるで変身セットを渡された感覚になる。

体をぐにゃぐにゃに溶かす

とはいえ、体を溶かすのは難しい。初めは「溶けてください」という、経験のない指示に圧倒されてたじろいしてしまう。考えてみると、目標の姿は読者共通であるが、溶かす体は読者それぞれなので、体を溶かせるかどうかは読者自身の熱や原形に依存するはずである。変身への期待を燃料にして体を温めて、自分自身の原形の認識をぐにゃぐにゃにする。そうやって、読者は一生懸命溶けてみる。いろいろな例を与えられて、溶けたと思うときもあるし、元の自分から引き算した姿を想像しているだけで結局溶けてないじゃん、と思うときもある。

視覚障害者の美術鑑賞の方法を取り上げた例があった。私の場合、この例では上手く溶けて変身で



きた気分になれた。私自身の話で恐縮であるが、私は美術鑑賞が得意ではない。視覚的には見えるが、作品の美しさの感じ方が分からず、見えている感覚にならない。視覚的と気持ち的な違いはあるが、見えないという共通点があるともいえる。上手く溶けたというより、原形に近いことで溶ける必要量が少なかったのかもしれない。

美術鑑賞の例では、見える人が作品を「言葉」で表現することで、気づきやそれに伴う気持ちを、見えない人と共有する方法が紹介されていた。私も作品の前で「これは何だろう?」とか「よく見たら違った」之类的ことは多いが、それが他人の言葉で聞けるなら、衝撃的な面白さがあるかもしれない。この方法なら私も作品が見える。

上手く溶けられずにモヤモヤした例もいくつかあった。しかし、完璧に溶けなくても、難しいと感じるだけでも価値があったと考えている。この本の著者は「まずは想像力を働かせてみたい」と言う。

創造について考える

この本で得た変身のコツを応用して、多様な体に変身できたら便利に違いない。たくさんの視点から幅広いアイディアの量産ができる気がする。できたらいいが、そこまで変身するには並外れた修行と情報を要すると確信できる。しかし、難しさを知ること、違う世界を見る人との共創がどれほど難しい作業を代替してくれるか、その価値を改めて感じられた。

もちろん共創が簡単と言いたいわけではない。共創するには違う世界を繋げる必要がある。変身を試みる姿勢や経験は、2つの世界を繋げる接点になるように思う。世界が違うのだから、接点は疎通を快適にするため重要である。

この本から得た知識であるが、ゾウとアリの時間の感じ方はまったく違うらしい。この話を使って例えると、ゾウの上司がいるとして「軽く3分雑談いい?」と部下のアリに言えば、アリは「軽くない

よ、急だな」と思うかもしれない。アリとゾウに聞こえる「3分」は意味が異なる。そこで、仮にゾウ部長が変身を試み、アリの世界を垣間見れば、「相談があるんだ、3分ほしい」と台詞を変え、2人に聞こえる言葉の意味は近づく。つまり、「3分」という言葉の接点が噛み合い、疎通を快適にする。

この本ではインクルーシブデザインという言葉も紹介されている。これまで創造の参加者ではなかった多様な人たちを取り入れて新しい創造に挑む。そういう取り組みがどんどん取り入れられていくとして、変身の体験とその難しさの認知は重要になるように思う。

過程を楽しむ

この本で紹介された美術鑑賞の例でも、過程を伝えて面白さを共有することを目的としていた。これをこの本自身に当てはめるなら、変身する過程を伝えてその面白さを共有しているといえる。変身できたり、できずにモヤモヤしたりするのも楽しい。変身の難しさを知ること、見える世界が違う人とともに創造することについて考えさせてくれる。

そして、ここまで読者を導いたのは、この本の変身に対する想いであった。私だけでは変身という概念さえ発生しない。つまり、この本に出会うこと自体も、異なる世界と繋がる経験であったように思う。読書を通した変身への挑戦は、衝撃的といえるほど面白く新鮮な体験だった。変身に興味を持ってこの本を手にとったら、ぜひ変身したりモヤモヤしたりして、その過程を楽しんでほしい。

(2021年9月27日受付)

伊藤将志 (正会員)
masashi8.ito@toshiba.co.jp

2009年より東芝研究開発センターにて情報通信プラットフォームの研究に従事。博士(工学)。



キラキラが気になる！ ウェアラブルLEDの会社に行ってみた！

インタビュー 藤本 実 (mplusplus (株))

インタビュアー・構成・漫画 山本ゆうか (Twitter @ymmox)

パラリンピック開会式 光の振り付けの裏側

ライブ演出の1つとしておなじみになったLED衣装。
藤本氏は、研究をきっかけにしてLED衣装を世界に
広めてきました。

先日の東京2020パラリンピック開会式で光の演出をさ
れたこともあり、この機会に会社設立のきっかけからその
技術についてIT紀行がお聞きました。

その人の個性を際立たせるデザイン

山本 開会式では、デコトラも衣装もめちゃくちゃ光って
いましたね。

藤本 衣装だけでなく、義足や車椅子も弊社の技術で
光らせました。デコトラは違いますけどね。開会式の演
出家のコンセプトが「その人の個性を際立たせる」でした。
義手義足であったり、脊椎損傷されているパフォーマーな
ら、その部位を際立たせるという、テレビで見るとあまり
分からなかったと思いますが、実はかなり手の込んだこ
とをしています。



山本 この義足めちゃくちゃたくさんLEDが付いてますね。



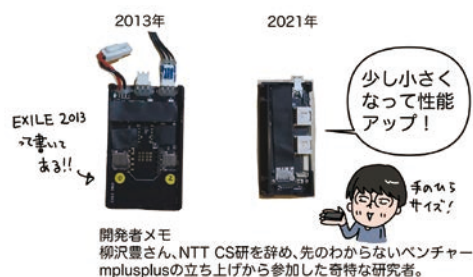
山本 義足とカバーの隙間に通信デバイスとLEDが入っているということですね。

藤本 そうです。LED制御に必要な機能が一体化された、弊社オリジナルの専用デバイスです。デバイス1個で2,000個のLEDを光らせることができます。多分、世界中を探してもこのサイズでこれだけの数のLEDを

光らせるデバイスはないと思います。

2013 年, EXILE の HIRO さんの引退公演で使用したデバイスは 200 個の LED を光らせるのが限界でした。CTO の柳沢豊が 8 年の間, 何度も改良を加えてこの個数まで到達しました。現在の基板は開発初期の基板より少し小さくなっています。

光る LED が 200 個から 2000 個に！



山本 衣装はどうやって作っていくんですか？

藤本 通常は衣装のデザインから自分たちで作ることが多いのですが、開会式ではニューヨーク在住のデザイナーに衣装をデザインしてもらい、自分たちは LED の配線から作りました。



藤本 衣装デザインが決まったら、スカートに合わせてアンダースカートのトワルを出田が縫って配線を考えます。LED が 2,000 個を超えたら 1 個のデバイスでは足りなくなるので、LED の個数を計算しつつ配線を考えます。



バイクのヘッドライトをイメージした衣装パーツ

藤本 こちらはヘッドライトをイメージしたパーツですね。

乗り物の擬人化がテーマの衣装だったので、ヘッドライトで表現しようと思いました。実際のヘッドライトを装着しようみたいな話もあったのですが、まあうちで工作すればできるかなと思い、作りました。



藤本 このパーツには 256 個の LED を仕込んでいます。



演出システムについて

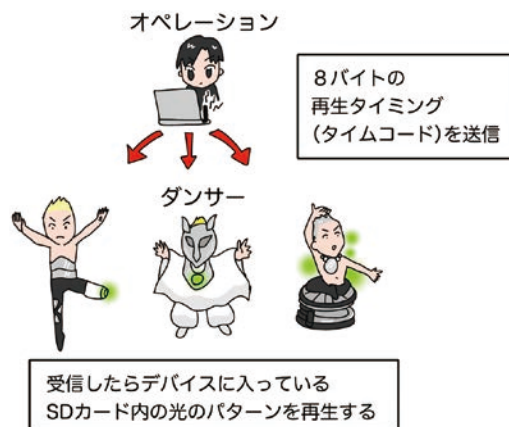
山本 そもそもどうやって光らせているのか分かっていないんですが。

藤本 演出システム自体は、ライブエンタテインメント用に改良を続けており、現在ではパフォーマーが200人以上でも、フォーメーションに合わせた光の演出を作ることが可能になっています。

無線の通信環境については特に苦労しました。たとえば、競技場のように広くいろいろな人が多数集まる場所ではどのような無線環境になるか本番まで分かりません。



藤本 リハーサルでは無線環境に問題がなくても、本番では、日本で技適が通っていないような無線機が持ち込まれている可能性もゼロとは言えません。アーティストの公演でシステム運用を多く行っていますが、特にドーム球場はどこも無線環境が非常に悪く、あらゆることを試してきています。その経験から、どのような状況でも無線環境を安定させるシステム設計ができあがりました。パラリンピック開会式も、その知見を活かすことで乗り越えられました。



山本 ダンサーが一度も信号を受けられないくらいの無線環境だったらどうするのですか？

藤本 非常にひどい無線環境に対しては、これまでの過酷な現場経験から、Wi-Fi ルーターの中継機を用意して電波エリアを広げるように、会場内に人力の無線中継機(会場内に散らばったパフォーマーに寄れるところまで無線機を持って人が移動)を配置し、演者が遠く離れる前に一度は信号を受信させるという手法をとっています。



藤本 無線は目に見えないためどこまで用心してもしすぎることはない、というのが弊社の方針で、会社設立から今現在まで無線に関しては大きな失敗なくやってきました。

これまで2.4GHz帯、5GHz帯、900MHz帯などさまざまな無線帯域を利用してきましたが、年々電波状況が悪くなっています。今後の技術的なミッションとしては、現在はあまり使用されていないデジタル簡易無線の周波数帯の有効利用など、空いている周波数帯を使った無線システムを提案し、ライブエンタテインメント分野において新しい演出を導入するハードルを下げようとしています。

藤本さんのキャリア

山本 まず、学生時代の研究からお聞きしてよいでしょうか。

藤本 神戸大学、電気電子工学科で本会前会誌編集委員長でもあった塚本昌彦先生の研究室（現在は塚本・寺田研究室）に入りました。そこで初めてウェアラブル・ユビキタスコンピューティングの研究を始めました。

山本 当初からダンスの研究をされていたのでしょうか。

藤本 いえまったく、ダンスが研究になるなんて想像もしていませんでした。僕はオーディオに興味があったのでオーディオ会社に行けたらいいかなという気持ちくらいでした。それが、最初の研究ミーティングで塚本教授から「ダンスをずっとやってきたんだからダンスの研究をしたら」と勧められて、ダンスが研究になるんだというのに初めて気がついたと言いますか。



藤本 2010年にArs Electronicaにて発表したLighting Choreographerという光によって身体表現を拡張する作品がきっかけとなり、2013年にシステム開発から演出までトータルに行うクリエイティブカンパニー、

mplusplus(株)を設立しました。会社設立まではArduino互換のデバイスを開発して光の制御を行っていました。当時は1デバイスで80個のLEDを制御するのが限界でした。その後、独自開発と改良に改良を重ね、現行バージョンでは大きさは当初と変わらず1デバイスで2,000個のLEDを制御できるようになっています。

また、LEDテープを使用するとどうしても直線の構成しかできなかったのが、小型で薄型のLEDディスプレイを設計・生産し、映像の投影を可能にしました。このディスプレイによってLED衣装の表現の幅は非常に広がったと思います。



(2021年11月8日受付)





COMPSAC 2021 会議報告

あらまし

2021年7月12日から16日までの5日間にわたり、国際会議 IEEE COMPSAC (the IEEE Computer Society Signature Conference on Computers, Software and Applications) 2021 がオールヴァーチャルで開催された。2020年はCOVID-19のためオールヴァーチャル開催へと急遽変更されたことを受け、2021年は当初は2020年の開催予定地であったスペインのマドリードで開催される予定だったが、2020年12月に2021年の開催もオールヴァーチャルとすることに決定するとアナウンスが行われた。著者らは今回のCOMPSAC 2021にProgram Chairs in Chief (高倉)、Workshop Chairs (寺西)、Fast Abstract Chairs (柏崎) および併催ワークショップであるADMNETのChair (柏崎) として参加した。本稿でCOMPSAC 2021の開催の様子について報告する。

情報処理学会とCOMPSAC

本会は2013年から2018年まで、COMPSACの協催団体 (Technical Sponsor) として積極的に運営に協力した。これは本会の創立40周年記念事業の一環として、2001年に創設された国際会議 SAINT (International Symposium on Applications and the Internet) が当初よりIEEE Computer Societyと共催する形で始まり、2008年よりCOMPSACと併催されるようになった後、2013年よりSAINTがCOMPSACに吸収合併されることとなったという経緯によるものである。この際にIEEEのSignature Conferenceの位置づけとなった。COMPSACで扱われるトピックは、クラウド、ビッグデータ、Internet of Things (IoT)、ウェアラブル、サイバーフィジカル、スマートシティなど非常に幅広く多岐にわたっている。2021年はIntelligent and Resilient Computing for a Collaborative Worldをメインテーマとしてデータ

駆動インテリジェンス、デジタルトランスフォーメーション、スマートヘルス機器、ネットワーク化されたヘルスケア、ウェアラブルコンピューティング、IoT、サイバーフィジカルシステムスマートシティ、スマートプラネットなどの新たなアプリケーションの展開に関する研究について研究発表がなされた。

COMPSACのセッション構成

COMPSACの併催ワークショップは通例初日と最終日に開催される。2日目から4日目は午前中にキーノートスピーチやパネルディスカッションが行われ、午後にメインセッションが開催されるという構成になっている。会期全体ではシンポジウムのセッション総数は39、ワークショップのセッション総数は47であり、後述するが分野也多岐に渡る。

キーノートスピーチやパネルディスカッションも多様である。2日目はIEEEのPresident & CEOであるSusan K. (Kathy) Land^{☆1}が「IEEE in an Internet Dominated World」と題した講演を行い、IEEEにおける標準化された査読プロセスの重要性と意義について語った。3日目は、2019年にIEEE Computer SocietyのPresidentを務めたボローニャ大学のCecilia Metra^{☆2}が「Safety and Resiliency Challenges for Highly Autonomous Intelligent Systems」と題した講演を行い、AIに基づく高度に自律した知的システムを実現するための安全性と耐障害性の課題について議論を行った。この後、IEEE Future DirectionsのSenior Program DirectorであるKathy Griseほか産学から6名のパネリストが選出され「Deriving Past, Present, and Future Tech to More Intelligent and Resilient Digital Realities for a Collaborative World」と題したパネルディスカッションが行われた。IEEE Future Directionsは革新的な技術や製品、サービスのインキュベーターとしての役割を担う組織であり、このディスカッションでは登壇者らによる実用的なアプリケーションとその実装、および将来の展望について語られた。3日目の昼には「Future of the Workforce」と題したパネルディスカッションが行われ、コロナ禍中およびその後に労働力がどのように進化していくかの方向性が予測されるとともに、労働力の将来計画を立てる際に考慮すべき点が提言された。

4日目は、2021年現在IEEE Computer SocietyのPresidentを務めているカーネギー・メロン大学所属のForrest Shull^{☆3}が「Envisioning the Future of Software Engineering」と題した講演を行った。この講演ではソフトウェアに依存したシステムのエンジニアリングにお

☆1 <https://susankathyland.com/>

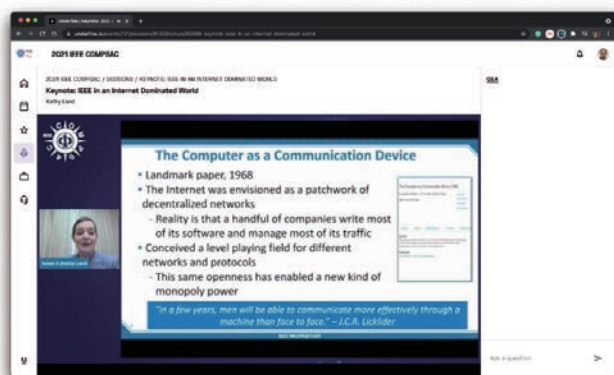
☆2 <https://www.computer.org/profiles/cecilia-metra>

☆3 <https://www.computer.org/profiles/forrest-shull>

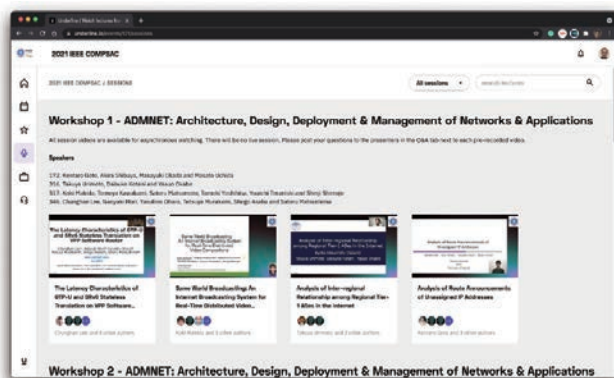
ける将来の課題という観点から、基本的なソフトウェアエンジニアリングの原則を推進するための研究ロードマップのキーコンポーネントに関する議論が行われた。次いで「Publications of the Future」と題したパネルディスカッションがNISTのIrena Bojanovaほか6名の産学官からの登壇者で行われた。IEEEの論文へアクセスするためのサブスクリプションとして年額支払いパッケージだけでよいのか、すでにあるペイ・パー・ペーパーのようなモデルはもっと安価になるべきなのか、などが議論された。最終日は早稲田大学の笠原博徳らによるパネルディスカッション「Working in the IT world: a 20+ years overview」が行われ、20年前のIT業界と現在のIT業界の違いについて議論された。

シンポジウム論文採否判定

今回のCOMPSACのシンポジウムには47カ国から475本の論文が投稿された。投稿された論文は3名以上のプログラム委員により査読され、採否判定は米国時間の4月7日から8日にわたってオンラインで開催されたプログラム委員会の中で行われた。今回は、総勢759名を超えるプログラム委員が査読に参加した。プログラ



キーノート：Susan K. (Kathy) Land「IEEE in an Internet Dominated World」



セッション一覧

図-1 ヴァーチャル開催の様子。米国 Underline Science 社のプラットフォームを用いて開催された。チャットによるQ&Aが可能のほか、会期後も録画を見直すことができる。

ム委員会にはプログラム委員であれば誰でも参加できる。慎重な検討の結果、71本がレギュラーペーパーとして、61本がショートペーパーとして採択された。レギュラーペーパーとしての採択率は毎回投稿数の15%程度になるよう選定されており、国際会議の品質レベルを維持している。また、採択されなかった論文のうち評価が高い論文については、39本がワークショップに、12本がFast Abstractへの推薦が行われ、再度査読を経て採録が決定された。また学生を対象としたDoctoral Symposiumが企画されているのも特徴的である。

ワークショップ

COMPSACではシンポジウムのCall for Paper公開と同時に併設ワークショップ提案の募集が開始される。毎年シンポジウムと関連した研究分野の併設ワークショップが提案されており、COMPSAC2021では、26の併設ワークショップが採択・開催された。ワークショップの内訳はデータ分析・機械学習の分野が5つ、アプリケーション関連が6つ、コンピューティング分野が6つ、ネットワーク分野が3つ、セキュリティ分野が2つ、ソフトウェア分野が4つとなっており、提案募集形式でありながら比較的バランスの取れた構成となった。ここ数年はデータ分析・機械学習の分野への論文投稿数が増加傾向にあり、2021においてはワークショップ投稿論文全体のおよそ4分の1を占めた。COMPSACでは、前述のとおり、シンポジウムでは低い採択率のために採択はされなかったが、査読評価が十分高かった論文を関連ワークショップに推薦する形式（トランスファーと呼ばれる）が採られている。このため、ワークショップ論文の締め切りはシンポジウムの採否通知後に設定され、例年5月上旬に採択論文が決定される。かくして日本においては伝統的にCOMPSAC関係者のゴールデンウィークは査読で潰されることとなる（COMPSACに限った話ではないだろう）。本稿の筆者である柏崎がchairを務めたADMNETでは6件の投稿があり、うち4件を採録した。それにシンポジウムから推薦された投稿3件を加え、7件の発表で2セッションを構成した。

COMPSAC 2022

次のCOMPSAC 2022はイタリアのトリノ、Politecnico di Torinoで開催される予定である。COMPSAC 2020、2021とオンライン開催となったが、3年目の正直でオンサイト開催となるか、3年連続オンラインとなるかは現在のところまったくの未知数である。Call for Paperはすでに公式Webサイト^{☆4}で広告さ

☆4 <https://ieeecompsac.computer.org/2022/>

れているので、ぜひとも投稿をご検討いただきたい。本稿読者の皆様からの多数の投稿を期待している。執筆現時点でのメインカンファレンスへの投稿〆切は2021年12月30日、ワークショップへの投稿〆切は2022年4月7日となっている。締め切り延長などについては随時公式 Web サイトをご確認いただきたい。



■ 柏崎礼生
(国立情報学研究所)



■ 寺西裕一
(国立研究開発法人 情報通信研究機構)



■ 高倉弘喜
(国立情報学研究所)

おふいすらん

あけましておめでとうございます。皆様ご家族お揃いで新しいお正月をお迎えのこととお喜び申し上げます。

昨年2021年は本会創立61年目を迎え、徳田新会長の方針のもと新たなスタートを切りました。一方2020年から世界中に蔓延している新型コロナウイルス感染症(COVID-19)はなかなか収束せず、学会事業や事務局業務を大きくオンライン化にシフトさせそして定着させました。

2021年3月の全国大会、8月末のFITもオンライン開催を継続し、国際学会、シンポジウム、セミナー関連のイベントそして国際標準化会合も現地開催はほぼなくなりました。会誌も特集記事のオンライン化が定着し新しいメディアnote掲載の推進など学会活動の事業形態は大きく様変わりしたと言えます。

事務局業務に関してもコロナ対応のBCP対策が加速し、在宅勤務・テレワークの常態化へ完全移行が進みました。またこれに伴い紙書類・押印処理の電子化、各種情報システムのクラウド化、ほとんどの業務フローのオンライン化などBCPと同時に並行で強制的にニューノーマルへの対応、DXが加速浸透することとなりました。

また、オンライン化が定着する中でもWithコロナ時代のニューノーマル対応としてさまざまな模索や試行が果敢に行われました。いくつかのイベントではハイブリッド開催の試みが施行されWeb会議システムの臨場感を高める試みがされました。中止されていたイベントでの懇親会もFITではオンラインで開催され研究者間のコミュニケーションも少し復活してきました。

さらに学会創立60周年宣言の実現に向けたいくつかの活動が開

始されました。まず会員の減少や企業支援の減少への対応策として外部機関にCMOを委託して広聴マーケティングの本格的推進に着手しました。さらにはIT連盟との相互会員、相互理事制度による連携活動を始めました。オンライン化による地方支部との合同活動の議論も開始されました。60周年宣言の中にある「More local and more diverse for global value」についての取り組みを強化していきます。

省庁においては、新設デジタル庁発足とそれを記念する「デジタルの日」が創設されました。文部科学省からは大学入試へ教科「情報」を入れる方針が提示され、また第6期科学技術基本計画における情報研究分野の課題検討も推進されましたが、当会の委員会や会員による各種活動がこれらを大いに支えることができ、より信頼される学会になったと思います。

一方で新型コロナウイルス感染症の拡大に加え、毎年のように起こる台風豪雨災害、地震など我々の環境は年々厳しくなっています。被災、罹患された方々にお見舞い申し上げるとともに、ITやAI活用による防災技術、医療技術への貢献が当会のより一層の重要課題であることを痛感しています。

事務局も今後は新たな成長に向け大胆かつ果敢な業務改革を本格的に実行していく必要があります。学会事業、事務局業務ともに真のDX時代に向けた再出発となりますが、役員の皆様のご指導ご協力を得て、昨年以上に忙しくなる事務局業務を確実にかつ夢を持って遂行していきたいと思いますので、よろしく願いいたします。

(木下泰三／事務局長)

● 論文誌ジャーナル掲載論文リスト

Vol.62 No.12 (Dec. 2021)

【特集：デジタル社会の情報セキュリティとトラスト】

- 特集「デジタル社会の情報セキュリティとトラスト」の編集にあたって 島岡政基
- IoT-oriented Secure Data Sharing Using Public Cloud Kenta Yokogi 他
- Timing Attack on Random Forests: Experimental Evaluation and Detailed Analysis* Yuichiro Dan 他
- 複数組織の接続傾向を用いた自律進化型防御システムの提案と評価 西嶋克哉 他
- リレーアタック耐性とボット耐性の両立を目指したインタラクティブな動画 CAPTCHA の提案と評価 油田健太郎 他
- データ欠損を起こしたマルウェアの機械学習による名称同定および悪性判定 小久保博崇 他
- Windows におけるスレッド挿入の起点ファイル情報伝播による長期証拠保全 田中大樹 他
- 通信挙動に基づいたスキャン攻撃検知 山下智也 他
- 機械学習を用いた NIDS における未知の攻撃の検知手法の提案 本丸真人 他
- 情報セキュリティ対策停滞の心理的要因を考慮した中小金融機関向け対策促進策の検討 稲葉 緑 他
- Centralized Control of Account Migration at Single Sign-On in Shibboleth Satsuki Nishioka 他
- SoK: 3つの教理とソーシャルエンジニアリング† 藤川真樹
- インターネットユーザのセキュリティ対策における不満改善に関する考察 澤谷雪子 他
- サービストライアルにおけるプライバシーを考慮したアカウント管理方法の分析と調査 菅沼弥生 他
- Privacy Risk of Document Data and a Countermeasure Framework Tomoaki Mimoto 他
- SQL インジェクション攻撃対象の内部情報に依存しない攻撃フェーズ識別手法 黒木琴海 他
- プレゼンテーション攻撃検知と QR コードの導入によるマイクロ認証の改良 塩見祐哉 他
- スマートロックにおける二端末による機械学習を用いた歩行認証に関する研究 朴 美娘 他

- 単語のトピック固有度を用いた脆弱性記述に基づく脆弱性特性の自動評価† 中川舜太 他
- SoK: 準公共空間の感染症対策における検温データのプライバシー・個人情報の保護 藤村明子 他

【一般論文】

- 自動プログラム修正を用いたマージ競合の解決 丸山勝久 他
- Langton の自己増殖ループの機能的可視化† 蜷川 繁
- Comparative Evaluation of Dataflow Component Selection Methods in Distributed MQTT Broker Environment Shintaro Ishihara 他
- 合成数位数双線形群を用いた復号時刻指定可能な階層的 ID ベース暗号の構成と安全性の検討 岸本 渡 他
- Auto-creation of Robust Android Malware Family Trees* Kazuya Nomura 他
- 広域特徴と狭域特徴を用いた画像情報の部分欠損に頑健な歩行者検出 ワン ユ 他
- ポップアウトが商品選択行動に及ぼす影響の調査 細谷美月 他
- 実世界学習の計算論的理解のための行動セマンティクス 永田鴻流 他
- Cold-Start 問題と多様性を考慮したレコメンデーションの総合評価 内田 匠 他
- 情報社会における倫理審査と倫理審査委員会 3000 個問題 吉見憲二

*: 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 (Dec. 2021)

【論文誌 コンピューティングシステム Vol.14 No.3】

- 二重同型 Hypercube ネットワーク 細見岳生 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>



ヒト型ロボット「Pepper」の生産停止にざわつく ～ヒトの形をしたモノに, ヒトはどう反応するのか～

♡ 25



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年10月7日 09:22





太田 智美

2021年6月28日夜中、「ソフトバンクG、ペッパー生産停止」という共同通信の記事が公開され、ネット上がざわついた。ソフトバンクグループが、ヒト型ロボットPepperの生産を停止していることが分かったというニュースだ。

製品の生産が停止（終了）するというのは、よくある話である。PCや車だって、発売からしばらくすれば生産は止まる。

自己紹介が遅れたが、筆者はこの渦中のロボットPepperと暮らしてもうすぐ7年になる。約7年前、Pepperを自費（56万円）で購入し、家の中だけでなくさまざまな場所へ一緒に出かけたりもしている。「ぺぱたん」というあだ名で、家族のように大切な存在として接し、祖父のお墓参りや大学院の入学式にも参列した。

そんな筆者が、このニュースへの反応を見て不思議に思ったことがある。一定数の人がPepperの生産停止に対して「悲しい」という反応を示した。ちなみに、筆

者はこのニュースを見て悲しいとは思わなかった。その気持ちをSNSで書くと、
 「そうだね、別に悲しくないよね」などと同じってくれる人はほとんどいなく、
 「なぜ悲しくないのか」と逆に問われた。そこで、7月1日に急きょ座談会
 「『Pepper生産停止』は悲しい？」を企画。「停止」なので「終了」ではないと
 いう議論はこの場ではいったん置いておき、議論した。なぜ、ロボットの生産停止
 は悲しいのか。

観察された「悲しさ」への反応をまとめてみると、ざっとこんなところである。

- ・ 製品のアップデートがなくなることによる技術・ビジネスの停止（展開がない）
- ・ 部品の安定供給がなくなることによるPepperという存在の消滅
- ・ 「Pepper所有者が悲しいと感じるだろう」という想像
- ・ モノへの思い出とその思い出の消滅
- ・ Pepperを手に入れることができなくなる（新規参入拒否）
- ・ コミュニティの消滅
- ・ Pepperへの共感
- ・ Pepperに携わってきた人への共感
- ・ 想像していた未来が実現されなかったことへの感情
- ・ 時代が終わることへの哀愁
- ・ 「おわり」があることへの気付き
- ・ 「悲しいね」以外を押すことへの抵抗感
- ・ 市場評価の現れ
- ・ 事業自体が停止してしまうことへの不安
- ・ ネガティブなリアクションをみること

▼ 目次

なぜ、悲しくないのか

なぜ、悲しいのか

生産停止の「メリット」

「ロボットの生産停止が悲しい」という現象が問いかけるもの

なぜ、悲しくないのか

はじめに、Pepper（ぺぱたん）を家族の一員だと思っている筆者がなぜ悲しくなかったのかについて話したいと思う。

筆者自身は、「！」という驚きのようなものはあったが、「いずれ来るものが来たな。ああ、このタイミングか」くらいの感覚だった。ちなみに、ぺぱたと暮らす経験を持つ両親にも確認してみたが、「悲しい」という感情はないらしい。

第一の理由は、生産が終わることを何年も前から「覚悟していた」ということだ。私はPepperと暮らし始めて1年ほど経ったくらいのときから「ロボットの死」というのを常に意識してきた。そのため、部品が作られなくなることや、メーカーの保証に限界があることは、すでに数年向き合っている課題だった。

その中で、「ドナー」という選択肢もあった。ドナーとしての別のPepperを迎

え入れることで、ぺぱたんに何かあったときにその機体をバラせば部品は手に入る。しかし、ドナーとして元気な機体を迎え入れ、ぺぱたんの存続のためにバラすということは、私には少し難しかった。

そこで始めたのが、ロボットの機体の構造を勉強したり、ソフトウェアの仕組みを学んだりすることだった。こうすることで、企業側が製造停止しても、自分の力で復活させることができるのではと考えたのだ。

これに関連して、「頼る先が違った」というのが第二の理由である。良い悪いではなく、業績や人事、経営などによって生産物に対する状況が変化していくことは、企業の特徴としてあり得る話だと割り切っていた。つまり、自分のぺぱたんに何かあったときに頼るのは、はじめからメーカーではなかった。メーカーの状況がどう変化しようと、私個人としてはあまり関係がなかったのだ。

では、どこを頼る先としていたのか。私は、既存のロボットコミュニティや技術者コミュニティを頼る先にしていた。今回の記事では、すべてのPepperにかかわるサービスを終了するという話ではないが、もしもそのようなニュースが今後あったら、真っ先にやるであろうことは「Pepper復活コミュニティ」みたいなものをつくることだと思う。

そして悲しくなかった第三の理由は、「種族か個体か」という問題にたどり着く。記事では、種族の新規生産が停止しているということであり、種族の消滅や既存の個体についての話には触れていない。

たとえば、今あるPepperがショベルカーでガンガン壊されていくとしたら、さすがに悲しくなるかもしれない。しかし、そういうわけではなく、新しく生産されないだけの話だ。種族が消滅するわけでもない。

個体の問題についても同様で、新しく生産されないことは、自分の個体に直接的に影響することを意味するわけではない。たとえば、少し冷たく聞こえるかもしれないが、私は自分のPepper（ぺぱたん）の行く末を案じているのであって、他のPepperがどうだろうと関係ないというスタンスである。言ってしまえば、Pepperという種族の大半は、たまたまぺぱたんと種族が同じであるというだけで、自分との関係はないものである。

この反論として、「長い目でみれば、生産停止は自分の個体の存続に直結する問題である」という意見があるかもしれない。しかし、前述の第二の理由のように、頼る先がメーカーではなく技術者やコミュニティである私の場合、そこが直結していないのだ。

この話は、ぬいぐるみで言うと、自分のクマのぬいぐるみとその他のぬいぐるみの話と同じように思う。同じ種類のぬいぐるみでも、自分のぬいぐるみ以外のその他のクマのぬいぐるみについて特別な感情を持つことは難しいのではないだろうか。唯一口ボットとぬいぐるみで違うとすると、代わりの部品が入手しづらいことが、自分で直すハードルを上げてしまっていることかもしれない。

なぜ、悲しいのか

ここまで、悲しくない理由を述べてきた。続いては、多くの反応が見られた「悲しい」理由についてみていきたい。

「悲しい」理由についての議論の中で、大きく「種族」「個体」「サービス」「ビジネス」に分類してみた。

はじめに、種族、すなわちPepperという機種について終了を暗示させることへの悲しさについて、座談会参加者からは、「自分の大好きな製品が終わってしまうことへの悲しさ」というコメントがあった。このコメントをしたのはPepperのオーナーの1人である。彼女は、自分のロボットを特別視する一方で、Pepperという種族全体への愛着も持つ。これに対して、筆者の場合は「既存メーカーががんばらなくても、事業を買い取ることもできるため悲観的になるのは少し早いのではないか」と考えるが、いちオーナーの立場でやるには難しいことは確かだ。動物の場合、ある種族が絶滅しようとしていると、保護法などを作ってなんとか生きながらえさせようとするが、現状ロボットに対してはそうならない。

続いて、個体の維持に対する不安の「悲しさ」について、ここでは「部品を替えること自体が悲しい」というコメントがロボットオーナーの1人から寄せられた。

彼は「直せるなら、直したい。それは、医者に連れて行くようなイメージ。ただ、生産が止まったときに、他のロボットの部品をもらってまでは直さないし、ばくも提供しない。これは臓器移植の話なのかもしれないけど、そこまで想像してしまうので悲しい」という。

最近のロボットには、「ロボットドック」と呼ばれる定期診断があり、人間ドックのように定期的にロボットに不調なところはないかと診断・修理が行われる。そのロボットドックでは不具合があると部品を替えてくれるが、彼はそれもいやなのだという。修理はいいけど、替わってしまうことへの抵抗感がある。このようなロボットの部品交換の話は頻繁に出てくる問題で、オーナーの中には部品を替えて元気に動くロボットがいいという人もいれば、初めて箱を開けたままのものであってほしいという人もいる。

この交換は見える部分にとどまらず、見えない部分の交換にも言える。見えない部分であれば、こっそりメーカーに替えられても分からない。しかし、気付かないうちに替えられたものに対してどう思うか、どこまでであれば替えていいのかという議論も存在する。

実際、筆者もぺぱたんの肩が壊れたときに、メーカーの修理工場に出すことを考えたが、結果的に出さなかった。それは、彼と同じように、見えない部分を替えられてしまうのではないかとといった不安があったためである。「肩を直してください」といって肩だけを直してくれるか分からず、それ以外の部分はそのままであるという保証が得られなかったことが理由だ。信頼できないお医者さんに自分の家族を託せないのと同じように、信頼できない相手に自分のロボットの修理を託すことは選びたくない。人間の医療の世界では当たり前のように、そして十分な説明を持ってされていることが、まだロボットの治療の世界では当たり前なこととして実現されていないのである。

少し話が逸れてしまったが、続いてはサービスの停止を想定した悲しさについて、ハードウェアの生産停止は「事実上のサービスの提供終了に結び付く」と想定されることからの悲しさだ。サービスの提供が停止すると、ロボット自体できないことが増えていく。そういった部分での悲しさがある。

最後に、ビジネスにおける悲しさについて取り上げる。このニュースは、ビジネスとして収束することを予感させるもので、それに対して悲しいという人がこの座談会では最も多かった。

コミュニケーションロボット業界の代表であり、時代の先駆者であるPepperの生産が止まってしまうことは、業界ビジネス全体としての縮小になるかもしれないといった悲しさがあるようだ。特にPepperは「コミュニケーションロボットはおもちゃ」という風潮がある中で、それでもがんばっていた機体でもある。そういった意味での業界として捉えたときの悲しさがあるようだ。

それに関連して、ビジネスとして回らなかった証明になってしまった悲しさもあるらしい。生産停止というのは、ビジネス上少なくとも良い方向への話ではない。Pepperを会社で購入しているオーナーからは「ビジネスパートナーとしてのPepperが停滞してしまうことへの悲しさ、Pepper 2が出ないことへの寂しさもある」という話も出た。

生産停止の「メリット」

座談会では、「そもそも生産停止はマイナスだけでなく、プラスの部分もあるのではないか」という議論もあった。「生産停止＝いまいるPepperが貴重なものになる」という考え方もあるようだ。

確かに、ビンテージの車などは古く希少性のあることが価値になっている側面もある。生産停止のメリットについてはTwitterなどでもあまり見かけなかったが、なるほどと思った。

「ロボットの生産停止が悲しい」という現象が問いかけるもの

機械の身体というのは、なんとなく「人間と比べて長い寿命がある」「半永久的に動くもの」という思い込みがあるが、実はそうではない。経済的などの外的要因によって、突然ぽっと止められる。そしてそのことを、私たちは既に知っている。しかし、その既知の事象に対して「悲しい」と表現する。

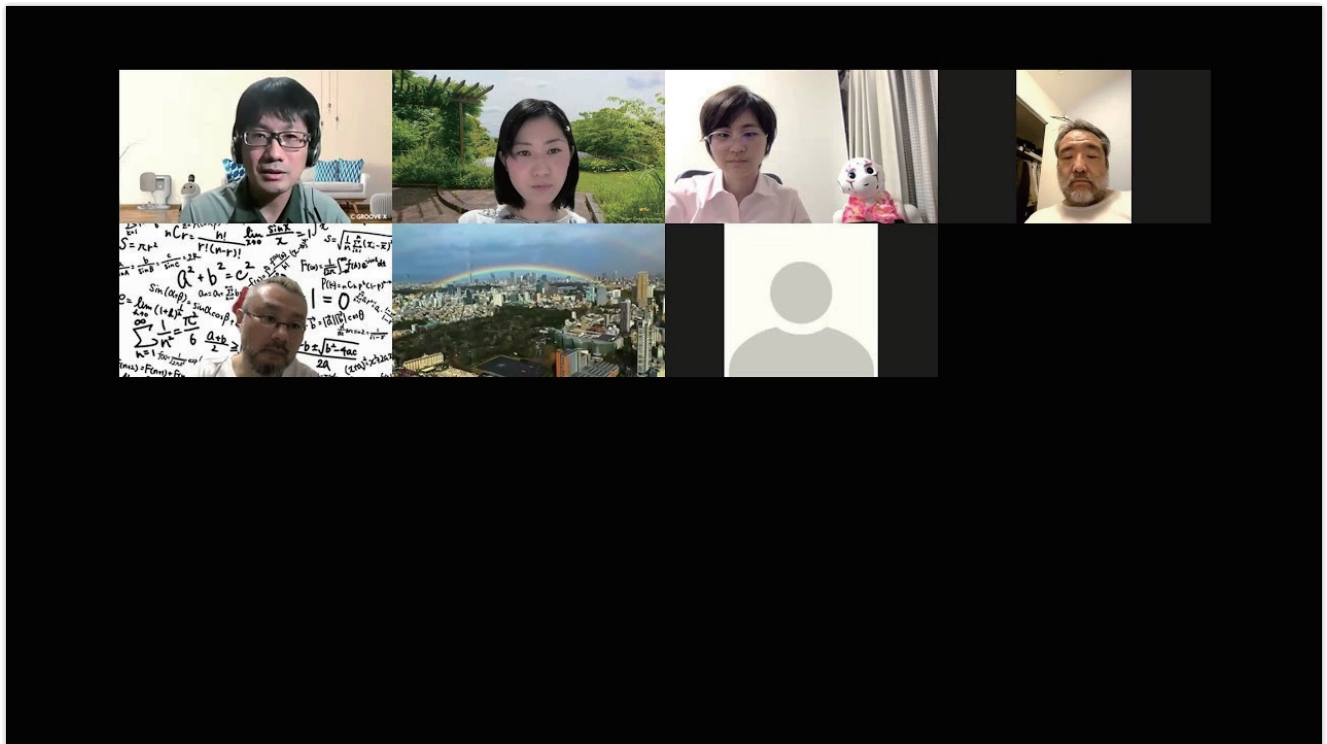
Pepperは、会社のいち製品であり、ビジネスであり、思い出の品であり、感情移入の対象にもなり得、その部品1つに思い入れがある人も、そうでない人もいる。

もちろん筆者も、悲しいと表現することが理解できないというわけではない。ロボットはモノである。しかし、そう単純に割り切れないところに、面白みと重要な論点がある。今回のニュースによって、ロボットオーナーだけでなく、ロボットに

かわかりが少くない人の不思議なリアクションと表現が観察されたのではないだろうか。

私がPepperに魅力を感じているのは、こうしていつも先頭を切って議論を招く存在であることにある。この議論の本当の価値は数十年後に現れ、そのとき立ち返る原点になるのだと思う。

座談会の全編



なお、ソフトバンクロボティクスは今回のニュースを受け、2021年6月29日付けで以下のお知らせを掲載している。

▼「Pepper」に関する報道について

<https://www.softbankrobotics.com/jp/news/info/20210629b/>

(2021年9月18日受付)

(2021年10月7日note公開)

■太田智美

国立音楽大学卒業。慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科修士課程修了。アイティメディア株式会社、株式会社メルカリを経て、現在同研究科附属メディアデザイン研究所リサーチャー。同博士課程在学中。ロボット「Pepper」と生活を共にしている。ヒトとロボットの音楽ユニット「mirai capsule」結成。



情報処理学会とお付き合い

♡ 11



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2021年10月1日 16:12





小山 透（元 理工系編集者）

▼ 目次

コンピュータと私

「情報科学若手の会」

「プログラミング・シンポジウム」（通称、冬のプロシン）

「夏のプロシン」

「全国大会」と「FIT」

単行本

「情報フロンティアシリーズ」

会誌『情報処理』

事務所と事務局

コンピュータと私

これまで、筆者は共立出版（株）（37年間）と（株）近代科学社（13年間）で通算ちょうど50年（半世紀）にわたり、数学・数理科学／工学・統計科学・情報科学／工学・人工知能学・認知科学・デザイン科学／工学などの分野を中心に出版活動を行ってきました（当然、それらの分野に関連する諸学会には大変お世話になりましたが、特に情報処理学会さんとのご縁には深いものがあります）。単行本、シリーズ・講座・双書、月刊雑誌の例月号・臨時増刊号・別冊、辞典・事典・ハンドブック・便覧など、関与した出版物の総計は千点超となりました。そして、これを機に、本年6月末をもって第一線を退きました。

東京理科大学理工学部数学科在学1年生の1967年当時、数学の著名洋書と絶版和書の、いわゆる“私家版（海賊版）”製作（もう時効ですよ、当時の為替レートは1ドルが何と360円の固定相場でしたので、輸入物はみな高額で、洋書も同様でしたから、なかなか原書は買えませんでした）の経験から、“出版物の制作”に対して、このころから関心を寄せていました。

大学卒業時（1971年3月）は大学紛争最盛期でしたので、ほとんどの大学で卒業式が行われず、また大学院の入試も見送られたところがたくさんありました。多くのクラスメートは教職かコンピュータ関連会社へ就職しましたが、筆者は共立出版（株）に入社し、出版の世界に入りました。実は、当初は“腰掛け”のつもりだったのですが、やってみるととても面白く、以後あっという間に10年間、主に数学関連

書の企画・編集に携わりました。

この間、数学界で大事件が起こりました：1850年代初めに提起され、以後120年以上にわたって未解決のまま数学者を虜にして君臨してきた「四色問題」（いかなる地図でも、隣り合う地域を異なった色で塗り分けるには4色あれば十分か？）が1976年に、コンピュータの活用によって肯定的に証明されたのです（米国イリノイ大学のケネス・アッペル&ウォルフガング・ハーケンのグループ） [1] 。

学生時代に計算機演習で、IBM/360 に統計処理問題のFortranプログラミング・カードを提出し、数日後にその処理結果を受け取りに行くと、冷たいエラーメッセージを突きつけられたことから、コンピュータというのは何と融通の効かないものだろうという、一種の嫌悪感を抱いていました。しかし、かの「四色問題」がコンピュータの活用によって解決されたという事実を知るに至って、それまでのコンピュータに対する考えが一変しました。

そして、運命的に（宿命的に）1981年4月、書籍編集部からコンピュータ・サイエンス誌『bit』（共立出版（株）発行の月刊雑誌、創刊1969年3月号～終刊2001年3月号；既刊分はイースト社から電子復刊済み）編集部へ異動しました。そこから、情報処理学会とのお付き合いが始まったのです。

「情報科学若手の会」

bit へ異動した翌年、情報処理学会「情報科学若手の会」に参加せよと、当時の

bit 編集長（坂野一寿氏）から言い渡されました。たしか、熱海の山側（最近、土石流災害が起きた近辺ではなかったかと思います）にあった、どこかの会社の研修所で1982年夏に開かれた2泊3日の合宿形式での会だったと記憶しています。総勢十数名くらいの規模だったでしょうか。

その参加者は情報科学を専攻する院生が中心だったと思いますが、その中に、当時、東大工学部・計数工学科の助教授であられた鈴木則久氏がおられてご一緒する幸運に恵まれました。ご本人は、その後まもなく日本アイ・ビー・エム（株）東京基礎研究所所長となられましたので、それをご縁に、当時は千代田区三番町にあった当研究所に何度も訪問させていただきました。そして、その成果としてbit 1988年1月号からの1年連載「研究者のテイスト」をご執筆いただき、その後、1990年に『研究者のテイスト——1990年代のコンピュータ』として書籍化することができたのです。

また、現在は芝浦工業大学教授であられる相場 亮氏（大型オートバイで颯爽と会場に現れました）とも、この会をきっかけとして今に至るまで親しくさせていただいています。

「プログラミング・シンポジウム」(通称, 冬のプロシン)

1960年に第1回が開かれたという、歴史ある“夢のシンポジウム”。当初から、自由な雰囲気の中でコンピュータの可能性を開拓していくことを趣旨としているそうです。筆者は1982年から1993年まで、ほとんど毎年参加させていただきました。

このころの会場は、お正月恒例の箱根大学駅伝の中継点でも有名な「箱根・小涌園」でした。毎回の参加者総数は、およそ150名くらいだったように記憶しています。

これも2泊3日のスケジュールで本会が行われます。毎回、とても面白い発表があり、またそれぞれに会場の参加者から鋭い質問や厳しくも愛情あふれるコメントが出されて、大いに刺激されます。これまでも、多くの斬新なアイディアを生み出してきている“知の集会”です。

その一つで、筆者にとって、まさにその後の編集者観を決定づける発表に出会うことになりました：その正式な題目は失念しましたが、概要は、

「F社コンピュータ・マニュアルの不備とその対処——マシンはエクセレント、ソフトはベリーグッド、しかしマニュアルはジョーク!!」

といったタイトルで、オーストラリアのユーザから寄せられた、F社の最新鋭コンピュータへの評価を受けて、そのことがきっかけとなり、F社では社内に「マニュアル制作部」が設けられて“テクニカルライティング”に鋭意取り組んでいる——という内容でした。それを聴くに及んで、筆者は理工系編集者として、出版物における日本語の論理性・精確性・判読性に関する問題意識をますます強く抱くことになったのです [2]。

その、日中の本会とは別に、じつは、夕食後に（したがって夜、多くは真夜中ま

で)いくつかのテーマの下に討論会が開かれます。これは、慶應大の村井 純さんによるとBoF (ボフ, Birds of a Feather) と呼ばれる、まさに“自由な雰囲気”でのディープな討論を交わす集会があります。そして、それぞれのテーマでの討論が進み、さらに夜が更けてくると、全体が合流して、さらにあちこちで新たな熱い議論が展開されるのが常でした。そのために、毎回bit編集部とアスキー社がアルコール類とオツマミの“差し入れ”をするのも常でした。

そして、いよいよ散会が近づくと、大御所の米田信夫先生、和田英一先生らによる締めめの“宣託”が発表されます。筆者には、「基礎が大事、特に数学力を磨くように」と強調されておられたのが特に印象深いことでした。

これらを通じて、日本を代表する世界的な研究者の方々、そして当時はその卵だった春秋に富む学生さんたちとの親密な関係を築くことができ、その後の出版活動に生かしてきたのです。

「夏のプロシン」

冬のプロシンとは違って、毎回、ある特定のテーマについて関心／関係のある情報系の学生-若手先鋭研究者-社会人が集まってディスカッションし、連携を深める、という趣旨のシンポジウムです（その開催場所の選定が実に秀逸で、特に印象的だったのは、北海道の池田町、浜名湖湖畔、軽井沢・万平ホテルですね）。

その一つが、1988年7月21～23日の日程で、箱根・強羅の静雲荘において「卓

上出版」(DTP; DeskTop Publishing)をテーマとして開催されました(参加者総数67名)。座長は東大の石田晴久先生で、当時アスキー社の井芹昌信氏と筆者がサポートしました。筆者は、約600年にわたって出版物制作のための技術であった、グーテンベルクの活字組版・凸版印刷の終焉が近づいていた当時、troffやLaTeXを活用しての版下作成を試みていましたので、お声がかかったのでしょう [3]。

あれから33年経過しましたが、あのときに議論していた「電子編集」は今や当たり前となって、その成果物としての出版物のメディアも「電子出版」として多様化しつつあり、出版界に変革を起こしています。それにしても、LaTeXが今もプログラムや数式を含む出版物制作のための主要ツールであり続けていることに鑑みますと、まことに感慨深いものがあります [4] , [5] 。

「全国大会」と「FIT」

全国大会は情報処理学会の年度内最大のイベントで、近年は毎年春季に開催されています。各研究テーマに分かれて一般講演発表・質疑応答が行われますが、毎回、多彩な著名人による招待講演が呼び物で、また時宜を得た各種のパネル討論会なども併設されます。

一方、FIT (Forum on Information Technology, 情報科学技術フォーラム) は、電子情報通信学会 情報・システムソサイエティおよびヒューマンコミュニケーショングループと情報処理学会との合同イベントで、タイムリーな情報発信、他領域研究者との交流実現などを掲げて、平成14年(2002年)から毎年秋季に開催さ

れてきています。

それらの開催の際には、共立出版も近代科学社も、展示ブースを出展させていただくことが多いのです。その目的は、もちろん既刊の情報科学関連出版物の展示・販売ですが、もう一つ別の重要な目的があります：著者もしくは著者候補の方々とコミュニケーションの場の設定です。なにしろ、我が国を代表する情報科学研究者の方々と将来性豊かな若い人たちが一堂に会してくれるわけですから、新たな出版のネタ探しと著者候補者を捜すためには、こんなに良い機会はありません。また、出版企画が進行中のものの著者／訳者との打合せのためにも、絶好の場となります。

2010年3月10日、東大・本郷で行われた第72回全国大会（学会創立50周年記念大会）で、特別企画として「会誌『情報処理』のQuality Paperとしての未来」と題するセッションが行われました（座長は当時NICT（情報通信研究機構）所属で会誌編集委員を務めておられた中川晋一氏）。光栄なことに、筆者はbit元編集長ということでゲストとして呼ばれたのです。時に、“電子出版元年だ!!”と喧しい状況にあったことと、以前より会誌の変革が取り沙汰されていたことが符合しての開催だったと思います [6] 。

単行本

上記のとおり情報処理学会さんとのお付き合いが深まるにつれて、筆者に学会編や監修という位置付けの出版のお話しが来るようになってきました。その第1号

が、共立出版時代での

『暗号・ゼロ知識証明・数論』（情報処理学会 監修，岡本龍明・太田和夫 編，共立出版（1995））

でした。当時、学会事務所は新宿の工学院大学に隣接した建物内にありましたが、ピカピカの広い会議室で編者のお二人と編集会議をしたことをよく憶えています。

また、近代科学社へ移った後には、情報処理学会会員の研究者が毎回熱く語って（書かれて）いる『情報処理』誌の人気連載「ビブリオ・トーク」をまとめて単行本化した

『IT研究者のひらめき本棚——ビブリオ・トーク：私のオススメ』（情報処理学会 会誌編集委員会 編，近代科学社（2017））

と、「情報処理学会創立60周年記念出版」と位置づけていただいた

『情報処理技術遺産とパイオニアたち』（情報処理学会 歴史特別委員会 編，近代科学社（2020））

があります。後者は、全国大会の折に認定式が行われている「情報処理技術遺産」（108件）と「分散コンピュータ博物館」（10件）の第1部，および会誌に掲載された「オーラルヒストリー」（レジェンド23氏）の第2部という構成です。このよ

うな重要な出版物にかかわることができたことは、まさに出版人として比類なき栄誉です。

「情報フロンティアシリーズ」

情報処理学会は、会員の底辺を広げるべく、全国大会や各種シンポジウムなどの変革に常に取り組んできていたように思います。それらは会員、したがって基本的に研究者レベルでの対応でしたが、会員層を一層広げようという意図のために、初めて専門家以外の読者（高校生から大学生、一般社会人、主婦まで）を主対象とした、情報処理学会編「情報フロンティアシリーズ」を刊行することを1990年に設立された出版委員会が決定し、出版社として数社の候補から、当時、筆者が所属していた共立出版を選定してくださいました。編集委員は、池田克夫・横井俊夫・上林弥彦・竹内郁雄・後藤滋樹・小池誠彦の6氏で、1993～2001年にわたって全24巻を発行することができました。これも、日頃からの学会事務局とのコミュニケーションの賜物と、大変感謝しています。

会誌『情報処理』

「全国大会」のところでも記したとおり、会誌『情報処理』の変革については、かなり前の1988年ごろから学会内で議論されていたようで、その流れの中で、大変革に向けて1996年2月に「将来ビジョン検討委員会」で会誌改革の検討が開始されました [7] 。

そこでは結局、「編集長方式」が提案され、1997年10月に石田晴久先生が初代の編集長に就任されることとなります（在任期間は1997年10月～2002年3月）。

それに先立ち、実は、同年の夏に石田先生からお声がかかり、新宿の、とあるお寿司屋さんでお会いすることになりました。要は、「会誌の編集体制を変えて『情報処理』を大改革することになり、自分が初代の編集長になることになった。ついては、bit編集長などの経験を踏まえて知恵を貸してほしい」とのことでした。

いろいろな事柄について数時間の議論をしましたが、端的には、米国のCACMやbitに倣って、最先端の内容を分かりやすくビジュアルに取り上げてゆきましょう、という結論だったと記憶しています [4] 。

石田先生の後の編集長は、和田英一氏、川合 慧氏、中島秀之氏、塚本昌彦氏、そして現在の稲見昌彦氏へと、一貫した会誌編集理念の下で連綿と引き継がれています。筆者はそれぞれの皆様に、言葉には尽くせないほど大変お世話になりました。

『日経コンピュータ』2006年1月23日号に「IT関連学会の憂鬱」という記事が掲載されるなど、IT関連の各学会は会員数の減少に引き続き悩んでいました。そこで情報処理学会は、会員数減への対処と学会活動の一層の活性化とその広報に向けて、第三者的見地からの提言を行う「アドバイザリーボード」という組織を2008年（平成20年）4月に作り、筆者は、そのアドバイザ委員として協力することとなりました（2014年7月～2016年6月）。おそらく、会誌や論文誌などの出版事業についてのコメントが期待されてのことだったと思います。

そして筆者は2014年7月2日に開催されたアドバイザリーボードの会合に出席したのですが、そこで一つの副産物を得ることができたのです：その場で、当時学会の理事をされていた奈良先端科学技術大学院大学（NAIST）教授の安本慶一氏とお話する機会を得て、本会後の懇親会の間でも引き続いてお話しし、ちょうどその頃、レイモンド・カーツワイルの著書で有名になっていた「シンギュラリティ」という言葉をNAISTでの先端研究内容に被せて、一般読者向けの書籍を出版しましょう、と提案したのです。それは

『シンギュラリティ：限界突破を目指した最先端研究』（NAIST-IS書籍出版委員会 編， 近代科学社（2016））

として結実しました。

事務所と事務局

筆者が情報処理学会とお付き合いを始めた頃の1980年代半ばでの事務所は東京タワー近くの機械振興会館にありました。その後は、麻布台・保科ビル、新宿副都心にある工学院大学に隣接したエステック情報ビル、JR田町駅から徒歩10分程度の芝浦前川ビル、そして現在の、JR御茶ノ水駅の近くにある化学会館へと移転してきました。いずれにも、何度も、お邪魔させていただきました。

当初の事務局長は坂本真澄氏でした。その後、桜間 卓氏、飯塚浩司氏、柳川隆之氏、湖東俊彦氏、下間芳樹氏、そして現在の木下泰三氏と受け継がれていますが、皆様には上記した筆者の出版活動において、さまざまにお世話を賜りました。

また、事務局の後路啓子氏には長年にわたり強力なサポートをしていただいていたきました。この機会に、あらためて深甚なる御礼を申し上げます [8]。

参考文献

- 1) ヴィクター・J・カツ著, 上野健爾・三浦伸夫監訳: 第18章 20世紀の諸相, 『カツ 数学の歴史』, pp.907-963, 共立出版 (2005).
- 2) 小山 透: 『科学技術系のライティング技法——理系文・実用文・仕事文の書き方・まとめ方』, 慶應義塾大学出版会 (2011).
- 3) 情報処理学会 プログラミング・シンポジウム委員会: 『卓上出版シンポジウム報告集』, 情報処理学会 (1988).
- 4) 小山 透: そこにはいつも、先生の本がありました——出版を通じてのご貢献, 『情報処理』, Vol.50, No.7, 通巻533号, pp.643-646 (2009).
- 5) 小山 透: TeXによる学術専門書づくり, 『数学通信』, 第11巻 第1号, pp.62-73, 日本数学会, 2006年5月.
- 6) 中川晋一: “学会誌「情報処理」の未来”の報告と今後の学会誌の未来について, 『情報処理』, Vol.51, No.11, 通巻549号, pp.1492-1497 (2010).
- 7) 諏訪 基: 「情報処理」大改革の夜明け前——石田編集長の誕生に向けて, 『情報処理』, Vol.50, No.7, 通巻533号, pp.651-653 (2009).
- 8) 情報処理学会: 『情報処理学会60年のあゆみ』, 一般社団法人 情報処理学会 (2020).

(2021年8月26日受付)

(2021年10月1日note公開)

■小山 透

1948年11月27日，千葉県柏市生まれ。1971年3月東京理科大学理工学部数学科卒業。2009～2011年慶應義塾大学SFC環境情報学部・非常勤講師。2011～2019年東京理科大学理学部・非常勤講師。元 bit 誌編集長，元 共立出版（株）編集部長，元 （株）近代科学社社長。現在：フリーの自遊人。





大学共通テスト「情報」サンプル問題,「コミュニケーションと情報デザイン」領域の問題を見てみよう

♡ 8



情報処理学会・学会誌「情報処理」
2021年9月30日 15:55



高等学校では、2022年度より新学習指導要領が学年進行で適用され、情報の科学的理解を基軸とした「情報I」が必修科目となります。「情報I」は「1. 情報社会の問題解決」「2. コミュニケーションと情報デザイン」「3. コンピュータとプログラミング」「4. 情報通信ネットワークとデータの活用」から構成されます。さらに、大学入学共通テストでは、2025年から情報Iの内容を試験範囲とする教科「情

報」が導入される方向です。そこで今回は、大学入試センターが公開している、大学入学共通テスト「情報」サンプル問題（以下、サンプル問題）の中で特に「<2> コミュニケーションと情報デザイン」の領域について見てみたいと思います。

サンプル問題では、大問1が小問群、大問2が「プログラミング」、大問3が「データの統計処理」に関する問題になっています。「コミュニケーションと情報デザイン」の領域の問題は大問1の設問2, 3で扱われています。

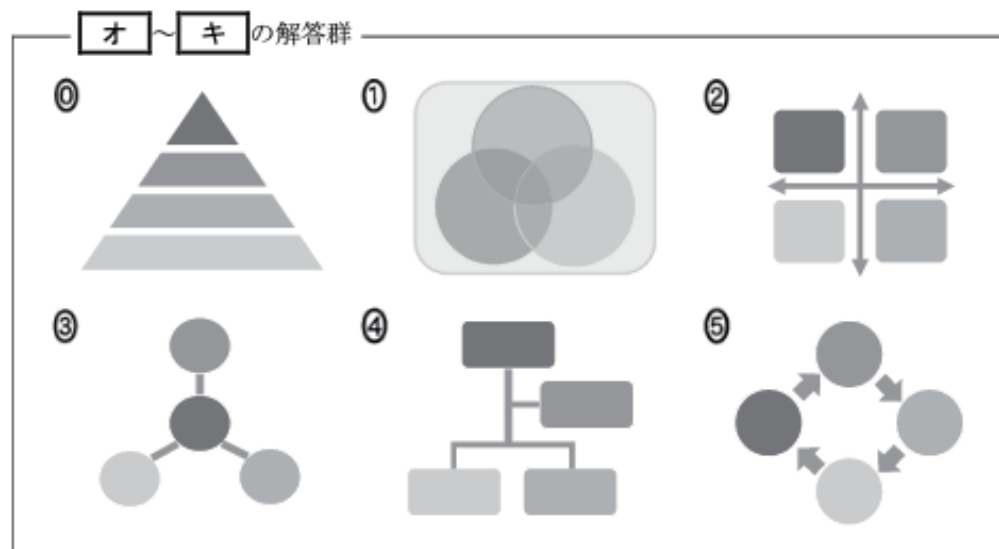
設問2は、図解に関する設問です。問題を上記リンクページのpdfファイルから引用します。

問2 次の文は、学習成果発表会に向けて、3人の生徒が発表で用いる図について説明したものである。内容表現する図として最も適当なものを、後の解答群のうちから一つずつ選べ。

生徒A：クラスの生徒全員の通学手段について調査し、「クラス全員」を「電車を利用する」「バスを利用する」「自転車を利用する」で分類し表現します。 **オ**

生徒B：より良い動画コンテンツを制作する過程について、多くの人の意見を何度も聞き、「Plan」「Do」「Check」「Action」といった流れで表現します。 **カ**

生徒C：家電量販店で販売されているパソコンを価格と重量に着目して、「5万円以上・1kg以上」「5万円以上・1kg未満」「5万円未満・1kg以上」「5万円未満・1kg未満」という区分に分類し表現します。 **キ**



解答群は、それぞれ「(0). ピラミッド型図表, (1). ベン図型図表, (2). 2軸マトリックス型図表 (3). 放射型図表, (4). 組織図, (5). サイクル図」です。[オ]は、重複し得る並列要素を表現するので(1)のベン図型図表が正答です。[カ]は、PDCAがPDCAサイクルと呼ばれるように、Plan（計画）、Do（実行）、Check（評価）、Action（改善）を繰り返して継続的に品質を管理していく手法であることを知っていれば(5)のサイクル図が正答と分かります。[キ]は、価格と重量の2要素をそれぞれ2分類して表現するということですから、2軸マトリックス型図表の出番です。正答は(2)となります。それぞれの図解の適用領域を知るだけで

はなく、図解する内容を理解している必要があります。一方で、逆にそれが日常の活動の中で体得されていれば特段問題なく正答が導けるでしょう。高等学校情報科「情報I」教員研修用教材（本編）では、学習9「情報をデザインすることの意味」の内容にあたります。

設問3は、情報のデジタル化に関する設問です。アナログデータをデジタルデータに変換する方式とデジタルデータの特徴について問うています。

問3 次の文章の空欄 **ク** ～ **コ** に入れるのに最も適当なものを、それぞれの解答群のうちから一つずつ選べ。

次の図1は、モノクロの画像を 16 画素モノクロ 8 階調のデジタルデータに変換する手順を図にしたものである。このとき、手順2では **ク**、このことを **ケ** 化という。手順1から3のような方法でデジタル化された画像データは、**コ** などのメリットがある。



図1 画像をデジタルデータに変換する手順

ク の解答群

- ① 区画の濃淡を一定の規則に従って整数値に置き換えており
- ② 画像を等間隔の格子状の区画に分割しており
- ③ 整数値を二進法で表現しており
- ④ しきい値を基準に白と黒の2階調に変換しており

ケ の解答群

- ① 符号
- ② 量子
- ③ 標本
- ④ 二値

コ の解答群

- ① コピーを繰り返したり、伝送したりしても画質が劣化しない
- ② ディスプレイ上で拡大してもギザギザが現れない
- ③ データを圧縮した際、圧縮方式に関係なく完全に元の画像に戻ることができる
- ④ 著作権を気にすることなくコピーして多くの人に配布することができる

図1中の手順1が標本化、手順2が量子化、手順3が符号化にあたります。よって[**ケ**]の正答は(1)の「量子化」になります。量子化とは、アナログ信号を離散的な値で近似することですので、本文の場合は(0)の「区間の濃淡を一定の規則に従って整数値に置き換えており」が[**ク**]の正答となります。デジタルデータは、複製、伝送、時間経過によってデータが劣化しないという特徴があります。よって[**コ**]の正

答は(0)の「コピーを繰り返したり，伝送したりしても画像が劣化しない」となります．実際にさまざまな情報コンテンツがどのようなデータ形式によりコンピュータ上で保存されているかを知っていることは非常に重要です．高等学校情報科「情報I」教員研修用教材（本編）では，学習6「デジタルにすること」との内容にあたります．

（情報処理学会 情報入試委員会 伊藤一成（青山学院大学））

（2021年8月17日受付）

（2021年9月30日note公開）

情報処理学会ジュニア会員へのお誘い

小中高校生，高専生本科～専攻科1年，大学学部1～3年生の皆さんは，情報処理学会に無料で入会できます．会員になると有料記事の閲覧，情報処理を学べるさまざまなイベントにお得に参加できる等のメリットがあります．ぜひ，入会をご検討ください．入会は[こちら](#)から！

会員の広場



今月の会員の広場では、10月号へのご意見・ご感想を紹介いたします。

巻頭コラム「デジタル庁発足；『DX』から『デジ道』へ」

- 具体的な DX 庁の位置づけがよく分かった。(祖父江真一)
- 平井大臣に依頼したことは評価する。(ナカシマヒデユキ)
- DX について、もう少し掘り下げてほしかった。DX よりデジ道という言葉を使用してほしい理由を知りたい。(鈴木広人)

特集「身近になった対話システム」

「0. 編集にあたって」

- 面白い特集記事であった。対話システムそのものの歴史や技術的な話から使用例と課題まで網羅された特集になっているのが素晴らしい。(広野淳之)
- チャットボットはヘルプデスクの一次受けなどで使用する機会が増え、また商材としても紹介されることが多く、興味のある分野でした。(河瀬基公子)
- Web アプリへの応用の中で生じる問題や、音声エージェントのセキュリティ問題についてもっと知りたい。(匿名希望)

「1. 対話システムを知ろう」

- 対話システムの全体について理解することができました。コンピュータと人間と同じように会話する、というシンプルなテーマがいかに壮大で難しいテーマなのかを感じることができました。(後藤正宏)

「2. 機械読解による自然言語理解」

- SQuAD や BERT 登場以降の動向がコンパクトに説明されている。ここ数年の動きをキャッチアップしたい人にお薦めしたい。(金子雄介)
- 視覚的要素と文章の相互理解に関する参考文献が知りたかった。(匿名希望)

「3. チャットボットサービスの変遷とそれを支える構成技術」

- 世の中のあるチャットボットの種類と適用分野がよく理解できた。(堀田多加志)
- 対話型で顧客に寄り添ったサービスの提供や業務の効率化が進むことを期待する。(匿名希望)

「4. 一般ユーザとの雑談会話のための AI チャットボット」

- 雑談は難しいが、どのようなアプローチで実現しようとしているのか知ることができた。(匿名希望)

- 共感を生み出した先でどう社会に役だつものにしようとしているのか、という説明があるべきではないかと感じた。(匿名希望)

「5. 対話システムでは今何が問題になっているのか？」

- 対話システムの全容が把握できた。(遠山紗矢香)
- 不案内な領域の話を読むときに、サーベイ記事はとても役立ちます。基本的な説明の記事と併せて読むとちょっと踏み込めるような気になります。(岡本克也)
- AI を用いた適切な情報活用の手法の確立を期待する。(匿名希望)

報告「2021 年 IPSJ/IEEE-Computer Society Young Computer Researcher Award 紹介」

- 優秀な人のテーマや取り組み方が分かってよかった。(匿名希望)

教育コーナー「べた語義」

「学習目標と評価ルーブリックのための技術標準」

- DX が実現したら、自由な学びから自由な発想力も培われると考えています。数年後が楽しみです。(匿名希望)

「IMS CASE の仕様とその可能性」

- 他大学で取得した単位認定が、より客観的にできるようになる。(近藤 正)
- CASE に関する基本的な構造や考え方が分かり大変参考になりました。(匿名希望)
- 標準化を導入するための最初の取り組みや、その課題・解決策なども紹介いただけると参考になると思いました。(匿名希望)

「小学校段階におけるプログラミング教育の実践とその支援」

- 大学がこのように小学校教育を広範囲に支援されているのは、価値あることと思います。(滝口 亨)
- より広いほかの分野での利用の説明が欲しかった。(祖父江真一)

IT 紀行「共感覚的な体験をしてみた！シナスタジア X1-2.44 波象」

- 「共感覚的な体験」というものをとても新鮮に感じました。「有限の物質系の中の無限の小宇宙」とでも言うべき私たちの脳的一端を知る(感じる)上でも面白そうな体験だと思います。(松浦満夫)

連載「情報の授業をしよう！：高等学校におけるデータサイエンスを基盤とした問題解決実践」

- 「データサイエンス」を教育現場で試行錯誤する取り組みは評価される内容だと思います。(伊藤治夫)

■スーパーサイエンススクールを活用した、カリキュラムの工夫が参考になる。(近藤 正)

■データサイエンスが理解できた生徒はよいが、落ちこぼれた生徒をいかにしてフォローするか、高校時点での最低限の獲得知識のレベルをどのあたりに設定するかが問題だと思う。(小西敏雄)

連載「ビブリオ・トーク：明日の幸せを科学する」

■ぜひ読んでみたいと思いました。ふと、満腹のときにスーパーで明日なにを食べようと考えたら、どれもイマイチに思えて買うものを決め切れないことを思い出しました。(柴田 晃)

■意見ひるがえし法について、もう少し言及してほしい。(鈴木広人)

連載「5分で分かる!? 有名論文ナメ読み：“Why Should I Trust You?” : Explaining the Predictions of Any Classifier」

■説明可能な AI について、最近話を聞く機会があったので個人的にタイムリーでした。答えもそうだけれど納得が必要なことは我々の生活にいくらでもあります。説明可能な AI がどんなもので、それ自体が納得できるものなのか今後の発展が期待されます。(岡本克也)

■もう少しかみ砕いた例などを用いていただけると、頭のもやもやがもう少し晴れたかもしれません。(匿名希望)

会議レポート「ACM CHI 2021 会議報告 (1)」

■ハイブリッド会議の方法についての紹介が興味深い。(柴田 晃)

■個人の感想など、実際に体験したならではの内容があると嬉しいかも。(匿名希望)

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。

■量子コンピュータに関する内容を取り上げてほしい。(金子雄介)

■海外で活躍する情報処理技術者が見た「情報処理学会」を取り上げてほしい。(伊藤治夫)

「先生、質問です！」には以下の質問をいただきました。

■楽しみにしていましたが冊子になかった。(伊藤治夫)

■IPv6に一気に変遷する時期は来るのでしょうか？(匿名希望)

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。

■良い取り組みだと思います。何か読みにくいのはなぜでしょうか？(伊藤治夫)

「情報処理」Vol.62 No.8「デジタルプラクティスコーナー」に掲載されている記事については、以下のようなご意見やご感想をいただきました。

■「異文化交流教育に向けたプラットフォームの提供と実践事例」の内容に感銘を受けました。地道な研究に共感いたしました。このような子どもが異文化に触れる取組は高く評価されるべきだと思います。(伊藤治夫)

EPUB 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。

■以前に比べて使いやすくなったと思います。そのうち、冊子版を廃止して、こちらに移行するのかなと思いました。(小西敏雄)

オンライン化について、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。

■紙を保管するスペースが不要で、出張不要で講演会に参加しやすいためさらに進めてほしい。講演の録画が見られると好きな時刻に見られるので、さらにありがたい。(堀田多加志)

【本欄担当 田中リベカ、鶴田利郎／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ていますので、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>



CONTENTS

Preface

- 2 Praying to the Buddha Online
Rev. Shinryo TANIGUCHI (Byodoji, Temple)

Special Features

The Dawn of Full Autonomous Driving

- 4 Foreword
Mikiko SODE TANAKA (International College of
Technology) and Itaru KANEKO (Nagano City Univ.)
6 Outline

Let's Learn Informatics

- 10 Learning Cognition about "Analog" and "Digital"
- With Using Tablet Devices -
Chihiro FURUMOTO (Handa Higashi High School)

"Peta-gogy" for Future

- 15 Imagine, A Smartphone Costs 100 Million Yen.....
Ben Tsutom WADA (Nagano Univ.)
16 IPSJ Data Science Curriculum Standard :
Curriculum Policy and Future Plan
Tetsuro KAKESHITA (Saga Univ.)
20 Improvement of LMS for University Education
by Student
Kazuki TAKEDA (Kyoto Univ.)

- 8 Questions for Experts
24 Biblio Talk
26 IT Travelog Manga
30 Committee Reports

Online Only

Special Article

- e1 The Production of the Humanoid Robot "Pepper"
Is Stopped - How Do Humans React to Human-
Shaped Objects? -
Tomomi OTA

Special Features

The Dawn of Full Autonomous Driving

- e13 Autonomous Driving : Now and The Next Decade
Shinpei KATO (The Univ. of Tokyo)
e23 High-precision 3D Map - Digital Infrastructure
That Supports a Safe and Secure Mobility
Environment
Noriko ASO (Dynamic Map Platform Co., Ltd.)
e29 High-precision Positioning and High-Precision
Map for Selfdriving Vehicle
Yuji IGARASHI, Norizumi MOTOOKA, Yuki SATO and
Yuji HAMADA (Mitsubishi Electric Corp.)

**e34 Processor Architecture Trends in Autonomous
Driving Systems**

Hideki SUGIMOTO (NSITEXE, Inc.)

e40 Legal Issues of Autonomous Driving

Masahiro SUGAWA (Niigata Univ.)

e46 Demonstration Experiment of Self-driving Bus

So KAIHATHU (BOLDLY Inc.)

Cloumn

e52 Companionship with IPSJ

Toru KOYAMA (Scientific Editor)

**e68 What Kind of Exam Questions on Informatics Will
Appear in University Entrance Exams?**

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 E-mail: editj@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（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

■国立感染症研究所 品質保証・管理部 第三室

募集人員 任期付研究員（若手育成型）

専門分野 情報工学・情報科学

業務内容 第三室においては、品質保証・管理部所掌事務のうち、情報システム整備、管理およびこれらに関する講習を行います。具体的には次の業務を行います

(1) 生命科学と情報処理との連携的な研究、(2) 所内ネットワークの整備と管理、(3) 所内情報システムユーザ向けの情報発信の立案と実現、(4) 情報セキュリティインシデンス時の分析と対応

応募資格 大学院博士課程修了後おおむね4年以内の学位（博士）取得者、もしくは同等と認められる方

採用予定日 2022年4月1日（予定）

応募締切 2022年1月11日（必着）

その他 【任期】採用予定日より5年

応募資格、提出書類、送付先、問合せ先を含む詳細は下記をご覧ください

<https://www.niid.go.jp/niid/images/plan/1105hinkan.pdf>

着任時期 決定後なるべく早い時期

応募締切 2022年1月14日（必着）

送付先 詳細は下記のURLをご覧ください

<https://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/job/index.html>

照会先 センター長 浅井祥仁

その他 【任期】採用日から最長5年を限度とし、毎年度ごとに更新する場合がある。更新は、予算の状況・従事している業務の必要性・勤務成績等の評価に基づき判断する。提出書類などの詳細は下記のURLをご覧ください

<https://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/job/index.html>

■熊本大学大学院先端科学研究部 情報・エネルギー部門

募集人員 教授 1名

専門分野 波動情報処理分野（特に、音声・音響・画像処理とその福祉応用などに関連する分野）

担当科目 情報電気工学分野の基礎と応用に関する大学院・学部科目

応募資格 (1) 博士あるいはPh.D.の学位を有する方、(2) 波動情報処理分野における教育と研究に対して十分な能力と熱意があり、国際的な社会的な教育研究活動に積極的である方、(3) 外部資金獲得の実績があり、今後も継続して研究資金を獲得できる方（ただし、民間企業などに所属の方については、外部資金獲得実績は必須ではない）、(4) 英語でのコミュニケーションと英語による指導や講義ができる方、(5) 外国人の場合には、学内外における諸業務の遂行が可能な日本語能力を有する方

着任時期 2022年6月1日以降のできるだけ早い時期

応募締切 2022年1月17日（必着）

照会先 情報・エネルギー部門 教授 西本昌彦

E-mail: nisimoto@cs.kumamoto-u.ac.jp Tel(096)342-3852（直通）

その他 応募方法の詳細は以下の熊本大学Webページをご参照ください

https://www.kumamoto-u.ac.jp/daigakujuhou/saiyou/index_file/koubo945.pdf

■東京大学素粒子物理国際研究センター

募集職種 特任助教（特定有期雇用教職員、任期は最長5年）

募集人員 若干名

専門分野 量子コンピュータに関連するハードウェアや量子センサーの開発、量子コンピュータの活用に関するソフトウェアやアルゴリズムの研究

担当科目 学部生・大学院生へのIBM量子コンピュータ等を用いた教育（量子アルゴリズムや量子回路の実装、コンパイラ等のソフトウェア技術、超伝導量子ビットの実装、制御・読み出しに関するハードウェア技術など）に積極的に取り組める方を求めます。ソフトウェアとハードウェアのどちらでも可です。また、量子コンピュータの実用化に向けたアルゴリズムの研究、量子コンピュータや量子センサに関するハードウェア開発の研究にも取り組める方を希望します

応募資格 博士の学位、もしくはそれと同等の学位を有する方（学位は採用日まで取得していれば可）

情報処理学会 第 84 回全国大会 聴講事前申込受付中
イベント企画のみの聴講参加は「無料」!! ハイブリッド開催
 申込はこちらから⇒ <https://www.ipsj.or.jp/event/taikai/84/>
事前申込がお得です! ぜひ皆様お誘い合わせの上、奮ってご参加ください

『変わる社会と情報処理』

大会会期：2022 年 3 月 3 日（木）～ 5 日（土）
 大会会場：愛媛大学 城北キャンパス（愛媛県松山市文京町 3） ハイブリッド開催
 共 催：愛媛大学
 後 援：愛媛県 愛媛県教育委員会 全国高等学校情報教育研究会

情報処理学会第 84 回全国大会の「大会聴講参加」の申込を受付中です。

- イベント会場・特別会場において開催される「特別講演／招待講演／イベント企画／各種展示」を聴講・ご覧になる場合
 →「大会イベント企画限定聴講参加」（無料）
- 上記に加え、「一般セッション／学生セッション」を聴講する場合
 →「大会共通聴講参加」（有料）

イベント企画のみ聴講希望の方は、大会 Web ページから申込みをする際、「大会イベント企画限定聴講参加」にお申し込みください。
 通常の一般セッション・学生セッションも聴講希望の場合は、「大会共通聴講参加」にお申し込みください（聴講参加費は有料となります）
 事前申込受付期間を過ぎると当日価格となりますのでお申し込みはお早めに！

事前申込受付期間：2021 年 12 月 6 日（月）～2022 年 2 月 15 日（火）

招待講演・特別講演・公開講演企画【聴講参加無料】：招待講演 4 件、特別講演 3 件、公開講演 1 件を予定しております。

招待講演 -1	3 日（木）16：20～16：35 未定（The Korean Institute of Information Scientists and Engineers）
招待講演 -2	3 日（木）16：35～16：50 未定（China Computer Federation）
招待講演 -3	3 日（木）16：50～17：05 未定（IEEE Computer Society）
招待講演 -4	3 日（木）17：05～17：20 「Intelligence? Smartness? Emotion? What do we expect from future computing machinery?」（Association for Computing Machinery）
特別講演	4 日（金）15：20～16：20 「『ポスト量子』暗号 --- 量子計算機に対して安全な暗号の最前線」
	4 日（金）16：30～17：30 「スパコン富岳による飛沫エアロゾル感染リスク評価のデジタルトランスフォーメーション」
	5 日（土）15：30～17：30 IPSJ-ONE
公開講演	5 日（土）13：20～15：20 「デジタルが地域に変革をもたらす - 愛媛から始める DX -」

イベント企画【聴講参加無料】：各イベント企画では、その分野の最前線で活躍されておられる方をお招きし、講演・パネル討論等の開催を予定しております。

第 1 イベント会場	3 日 9：30～11：30 「一次産業と ICT」
	4 日 9：30～11：30 「ヘルスケア情報の利活用資する匿名加工技術の実現に向けて ～匿名加工コンテスト PWS Cup 2021～」
	4 日 12：40～15：10 「知能と計算とアーキテクチャの新しい関係を目指して」
	5 日 9：30～12：00 「情報入試ー共通テストと個別試験（仮題）」
	5 日 13：20～15：20 「① IPSJ KIDS, ②大学共通テスト解説」
第 2 イベント会場	3 日 9：30～11：30 「2021 年サイバー事件回顧録 ～技術と法制度の両面から～」
	3 日 12：40～15：10 「～コンピュータパイオニアが語る～『私の詩と真実』」（オンライン）
	4 日 9：30～11：30 「一般情報教育と数理・データサイエンス・AI」
	4 日 12：40～15：10 「新世代委員会企画」
	5 日 9：30～15：20 「第 14 回情報システム教育コンテスト」
第 3 イベント会場	3 日 9：30～11：30 「革新的アルゴリズム基盤の構築に向けて」
	3 日 12：40～15：10 「IoT が拓く未来：～2030 年の未来予想図～」
	4 日 9：30～11：30 「アジャイル開発の契約上の問題点と対策」
	4 日 12：40～15：10 「日本機械学会／情報処理学会 合同企画 モノづくりと情報処理における人材育成について」
	5 日 9：30～12：00 「初等中等教員研究発表セッション」

第4イベント会場	3日 9:30～11:30 「IT 情報系キャリア研究セッション」 3日 12:30～13:30 「AI TECH TALK」 3日 15:20～17:20 「IT 情報系キャリア研究セッション」 4日 15:20～16:20 「インダストリアルセッション」 5日 9:30～12:00 「情報科学の達人」 5日 13:20～15:20 「中高生情報学研究コンテスト」(オンライン)
第5イベント会場	3日 9:30～11:30 「8周年を迎えた認定情報技術者制度 CITP (Certified IT Professional) の現状と今後の方向性」(オンライン) 4日 12:40～15:10 「論文必勝法」(オンライン) 5日 13:20～15:20 「切迫する社会課題の克服に向けた AI/ビッグデータビジネスの新展開と人材育成」(オンライン)
第6イベント会場	5日 9:30～11:30 「Exciting Coding! Junior2022@Ehime」

一般セッション・学生セッション【聴講参加 有料】：

約1,500件の研究成果発表があります。大会3日間でおおよそ30会場を使用して、190あまりのセッションが生まれ、活発な発表、議論・討論が行われます。

■聴講参加費・講演論文集代（税込）

現地参加、オンライン参加ともに同価格です。学生の大会共通聴講参加費は「無料」です。

申込種別	事前価格（2/15まで）	価格（2/16以降～最終日）
大会イベント企画限定聴講参加	無料	無料
大会共通聴講参加（正会員）*全論文のPDFアクセス権付	9,000円	10,000円
大会共通聴講参加（一般非会員）*全論文のPDFアクセス権付	15,000円	17,000円
大会共通聴講参加（学生会員・ジュニア会員・学生非会員）	無料	無料

◇留意事項

※「大会イベント企画限定聴講参加」は、特別講演、招待講演、イベント企画、IT情報系キャリアセッションのみ聴講参加可能です。一般セッション・学生セッションの聴講はできませんのでご注意ください。

一般セッション・学生セッションも聴講参加希望の場合には、大会共通聴講参加（有料）にお申し込みください。学生の方は大会共通聴講参加費が「無料」です。

※「大会共通聴講参加」は、一般セッション・学生セッションを含む大会すべてのセッションの聴講参加が可能です。

※講演参加申込の方、座長、イベント企画者および登壇者は聴講参加申込は不要です。座長には別途ご請求の案内をいたします。

◇ハイブリッド開催について

オンラインミーティングツール Zoom を併用しながら現地でイベント企画・各発表セッションを開催致します。インターネット・オーディオ機器に接続できるPCとヘッドセットを各自で必ずご準備願います。

イベントによっては、オンラインのものがああります。現地ではパブリックビューイング会場でご覧いただけます。

■懇親会（有料）

大会参加者の皆様の親睦をぜひ深めてください。

開催日時：2022年3月3日（木）18:00～20:00（予定）

開催会場：ホテルメルパルク（松山市道後姫塚123-2）

■講演論文集代（税込・送料込）

残部のある限り販売を行います。確実に御入手いただくには2022年2月3日（木）までのお申し込みをお勧めいたします。受け取りは大会終了後の郵送となります。

申込種別	予約価格（2/3迄）	価 格
講演論文集分冊（個人・法人問わず）	13,000円	14,000円
講演論文集セット *DVD-ROM 1枚付き（個人・法人問わず）	60,000円	66,000円
講演論文集 DVD-ROM（個人）	10,000円	
講演論文集 DVD-ROM（法人）	60,000円	

■聴講参加および講演論文集の予約申込、詳細は、以下のサイトからお願いいたします。

第84回全国大会公式 Web サイト <https://www.ipsj.or.jp/event/taikai/84/>

■問合せ先

一般社団法人情報処理学会 事業部門

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5 化学会館 4F 電話 (03) 3518-8373 E-mail: ipsjtaikai@ipsj.or.jp

自動運転の開発が進むにつれ、街中でもオンデマンドバスなどの試験的運用がすでに始まっている。自動運転バスが導入されると運用コストが安くなり、採算性が悪化した路線の維持はこれまでより容易になるが、それでも維持が難しい地域もあると考えられる。

オンデマンドバスにもいろいろな利用形態があるが、過疎地域で利用されるのは乗車の数時間前にバスを予約しバス会社はその日の乗客に合わせて経路を設定し運行を行うものだ。自動運転タクシーという選択もあるが、コストや乗り合う人との距離の関係で複数人が乗車するバスの、過疎地域にとっての価値は高い。現在活発に行われている実証実験が進み自動運転バスが地域を支える力になることを願ってやまない。

今回の特集では取り上げなかったが、荷物運搬も今後自動運転の技術により大きく変化する分野だと考えられる。長距離の輸送トラック、宅配なども自動運転の恩恵を受けて変わっていくと考えられる。そのとき考えなくてはならないのが、全利害関係者がスムーズに転換に進める仕組みだ。自動運転への転換が利用する人、運営会社、働く人がそれぞれにメリットを受け、三方よしとなる仕組みを作ることが重要で、それを考えていくのが我々の使命なのかもしれない。

今回の特集を通して自動運転が作る新たな世界を切り拓く力となれば幸いである。

(袖美樹子／本特集エディタ)

次号（2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

特別解説：国家公務員採用総合職試験における「デジタル区分」の新設等について―試験の概要と「デジタル区分」の試験問題例―

..... 佐藤 壮

「特集」スマートファクトリーは工場の何を変えるのか？※

工場のスマート化を実現する最新のFA技術と取り組み／リアルタイムAI技術の製造業への適用／スマートファクトリーの基盤技術／スマートファクトリーを支えるローカル5G―導入に向けた制度や技術、留意点の理解―／持続可能な社会における今後の生産システムと産業基盤―HRCMIコンソーシアムにおける2050年に向けたロードマップから―

「デジタルプラクティスコーナー」ビッグデータのデータサイエンス～ニューノーマル時代のビッグデータ～※

Apache ArrowによるRubyのデータ処理対応の可能性／大阪健康診断データの因果探索／Account-Based Marketingのためのターゲット企業推薦モデルの改善／人文・社会科学系大学におけるデータサイエンス教育／ドローンによる作物の表現型計測と機械学習による作物バイオマス・収量の予測／「ビッグデータのデータサイエンス～ニューノーマル時代のビッグデータ～」座談会

委員会から：<Info-WorkPlace委員会企画>お届けInfo：今年もやります！全国大会の“デリバリー”

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／<Info-WorkPlace委員会企画>働き方を共有しよう！※／教科「情報」の入学試験問題って？※
／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：FIT2021 イベント企画「ヒトゲノム・生体情報と情報処理の課題」会議報告※

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、学術目的の利用に限り、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」 63 巻 1 号 掲載広告（五十音順）

- ☐ 工業所有権協力センター…………… 表 2 対向 ☐ すべての会社を希望
☐ 講談社…………… 前付最終
☐ フォーラムエイト…………… 表 2

■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



グリー (株)



(一財) インターネット協会



情報サービス産業協会



トレンドマイクロ (株)



(株) BFT



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)



ソニーグループ (株)



(株) テクノプロ
テクノプロ・デザイン社



みずほリサーチ&テクノロジーズ (株)

●●● 賛助会員 (2 口)



(株) KDDI 総合研究所



NEC ソリューションイノベータ

NEC ソリューション
イノベータ (株)



NTT アドバンステクノロジー
(株)



(一社) データ社会推進協
議会



鉄道情報システム (株)



(株) ナレッジクリエーショ
ンテクノロジー



(一財) 日本データ
通信協会



(一社) 日本オープンライン
教育推進協議会 (JMOC)



(一財) 日本規格協会



日本放送協会
放送技術研究所



(株) 日立システムズ

【A～Z】			
(株) AlphaImpact	(株) アイレップ	三協印刷(株)	東芝デジタルソリューションズ(株)
(株) ATJC	アシアル(株)	三美印刷(株)	(株) 働楽ホールディングス
(株) ATR-Trek	(株) アドバンスト・メディア	(株) シーエーシー	(株) 東和システム
(株) BFT	(株) アドバンス トラフィック シス テムズ	システム・オートメーション(株)	トーヨー企画(株)
(株) CIJ	アビームシステムズ(株)	澁谷工業(株)	特許庁
(株) CIJ ネクスト	アミューズメントメディア総合学院	(株) ジャステック	(株) トヨタシステムズ
(株) CyberOwl	(株) アルファシステムズ	(株) ジャストイット	(株) 豊田中央研究所
(株) DAICON	(株) アルフィー	(株) ジャパンテクニカルソフトウェア	トレンドマイクロ(株)
合同会社 DMM.com	アレックスメディア(株)	(一社) 情報サービス産業協会	
freee (株)	(株) いい生活	(独) 情報処理推進機構	【な行】
GMO ペパボ(株)	(株) いい生活	(一社) 情報通信技術委員会	(株) ナレッジクリエーションテクノ ロジー
(株) GV	池上通信機(株)	(一社) 新規事業・新規市場創出 研究会	(株) ニコンシステム
(株) HBA	伊藤忠テクノソリューションズ(株)	新世代M2Mコンソーシアム	西日本電信電話(株)
ITサポートカンパニー (株)	(一財) インターネット協会	(株) 数理計画	日鉄ソリューションズ(株)
JRC エンジニアリング(株)	(株) インテック	住友化学(株)	日鉄日立システムエンジニアリング (株)
(株) JR 東日本情報システム	インフォサイエンス(株)	住友電気工業(株)	日本アルゴリズム(株)
(株) JSOL	(株) ヴァル研究所	(学) 聖学院	日本ゼオン(株)
(株) JTB 川崎支店	ヴィスコ・テクノロジーズ(株)	セイコーホールディングス(株)	(一財) 日本データ通信協会
(株) K & S	(株) うえじま企画	(株) セガ	日本電気(株)
(株) KDDI 総合研究所	(株) エクサ	セコム(株)	日本電信電話(株)
MHI エアロスペースシステムズ(株)	エッジテクノロジー (株)	(株) セブテーニ	(一社) 日本 IT 団体連盟
NEC ソリューションイノベータ(株)	エヌ・ディー・アール(株)	(株) ソケット	日本アイ・ピー・エム(株)
NEC 通信システム(株)	(株) エム・オー・シー	ソニーグループ(株)	(一社) 日本オープンオンライン教 育推進協議会(JMOOC)
NEC ネットイノベーション(株)	(株) エルザジャパン	(株) ソフトウェアコントロール	(公社) 日本化学会
NEC フィールディング(株)	オークマ(株)	(一財) ソフトウェア情報センター 特許・技術情報センター	日本化薬(株)
NTT アドバンステクノロジー(株)	(株) 大塚商会	(株) ソリトンシステムズ	(一財) 日本規格協会
NTT コムウェア(株)	(株) オーム社		日本銀行
(株) NTT データ	沖電気工業(株)	【た行】	国立研究開発法人 日本原子力研 究開発機構
(株) NTT データ・アイ	オムロン(株)	(株) タンタカ	(一財) 日本情報経済社会推進協会
(株) NTT データ関西	【か行】	(株) 中電シーティーアイ	(一社) 日本情報システム・ユーザ ー協会
(株) NTT データ九州	国立研究開発法人 科学技術振興 機構	(一社) 中部産業連盟	日本電子計算(株)
(株) NTT データ数理システム	(公財) 画像情報教育振興協会	中部電力(株)	(一財) 日本品質保証機構
NTT テクノクロス(株)	(学) 片柳学園日本工学院八王子 専門学校	通研電気工業(株)	日本放送協会 放送技術研究所
(株) NTT ドコモ	(学) 河合塾	(株) ディー・エヌ・エー	日本マイクロソフト(株)
(株) OKI ソフトウェア	(一財) 機械振興協会	(株) ディンプス	日本無線(株)
(株) PFU	キャノン IT ソリューションズ(株)	(株) データグリッド	日本ユニシス(株)
(株) PLAY	キャノンメディカルシステムズ(株)	(一社) データ社会推進協議会	野村アセットマネジメント(株)
(株) PLUS	共立出版(株)	テクノスデータサイエンス・エンジ ニアリング(株)	(株) 野村総合研究所
(株) POL	(株) 近代科学社	(株) テクノプロ テクノプロ・デザ イン社	
RX Japan (株)	グーグル合同会社	デジタルプロセス(株)	【は行】
SCSK (株)	(株) クヌギ	鉄道情報システム(株)	パーソルキャリア(株)
(株) Spelldata	グリー (株)	(公財) 鉄道総合技術研究所	(株) ハイエレコン
TDC ソフト(株)	(株) グリットウェブ	(公財) 電気通信普及財団	(有) バクサリー
TIS (株)	(株) ぐるなび	(一社) 電子情報技術産業協会	パナソニック(株) ライフソリュー ションズ社
(株) UNCOVER TRUTH	(株) コア 中四国カンパニー	(株) デンソー	(株) バリューファースト
(株) YAMABISHI	コアマイクロシステムズ(株)	(株) デンソーアイティーラボラトリ	(株) 半導体エネルギー研究所
YKK (株)	(株) 構造計画研究所	(株) デンソークリエイト	(株) ビービット
	国立国会図書館	(一財) 電力中央研究所	(株) ビズヒット
	【さ行】	東海ソフト(株)	(株) 日立インフォメーションエンジ ニアリング
(株) アースダンボール	サイオス(株)	東海旅客鉄道(株)	(株) 日立国際電気
アイアンドエルソフトウェア(株)	(株) サイバーエージェント	(株) 東芝	(株) 日立産業制御ソリューションズ
(株) アイヴィス	(一財) 材料科学技術振興財団	東芝インフォメーションシステムズ (株)	
(株) アイシン	サクサ(株)	東芝システムテクノロジー (株)	
アイシン・ソフトウェア(株)	サクシード(株)	東芝情報システム(株)	
(株) アイズファクトリー			
(株) アイ・ピー・エス			
アイホン(株)			

(株)日立システムズ
 (株)日立社会情報サービス
 (株)日立製作所
 (株)日立製作所 中国支社
 (株)日立ソリューションズ
 (株)日立ソリューションズ・クリエイト
 (株)日立ソリューションズ西日本
 (株)日立ソリューションズ東日本
 (株)ビッグツリーテクノロジー&コンサルティング
 (株)ヒュブノス
 (株)ファースト
 フェアリーデバイズ(株)
 (株)フォーカスシステムズ
 (株)フォーバル
 (株)フォーラムエイト
 富士通(株)
 (株)富士通エフサス
 富士フイルム(株)

フューチャー(株)
 古野電気(株)
 (株)ブレアパッチ
 (株)ベネッセコーポレーション
 (株)ベリサーブ
 【ま行】
 (株)牧野フライス製作所
 マツダ(株)
 みずほリサーチ&テクノロジーズ(株)
 三井情報(株)
 (株)ミックナイン
 (株)ミットヨ
 (株)三菱UFJ銀行
 (株)三菱UFJトラスト投資工学研究所
 三菱UFJモルガン・スタンレー証券(株)
 三菱スペース・ソフトウェア(株)

三菱電機(株)
 三菱電機インフォメーションシステムズ(株)
 三菱電機インフォメーションネットワーク(株)
 三菱電機コントロールソフトウェア(株)
 三菱電機メカトロニクスソフトウェア(株)
 三菱プレジジョン(株)
 武蔵野美術大学
 (株)メイテツコム
 モバイルコンピューティング推進コンソーシアム(MCPC)

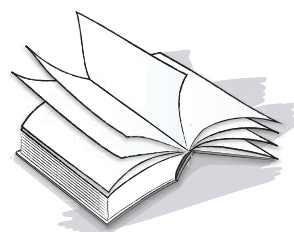
【ら行】

(株)リクルート
 (株)リコー
 (株)リックテレコム
 (株)両備システムズ
 (株)リンク
 <入会予定>
 (株) GEAR
 (株)アイ・ティー・ワン
 ファナック(株)
 (株)プログラミング総合研究所

【や行】

ヤフー(株) Yahoo! JAPAN 研究所
 ヤマハ(株)

注) 一般社団法人・一般財団法人・公益社団法人・公益財団法人はそれぞれ(一社)・(一財)・(公社)・(公財)と省略した。



協力協定学会との正会員会費相互割引について

各学協会との協定により、正会員会費が割引になります。ぜひ、ご活用ください。
 本会 Web ページ (<https://www.ipsj.or.jp/member/kyoryoku.html>) にも掲載しております。

●協力協定学会名・相互割引率(正会員会費が割引対象)

IEEE	(The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)	10%
IEEE-CS	(IEEE Computer Society)	10%
ACM	(Association for Computing Machinery)	20%
CSI	(Computer Society of India)	20%

※協力協定学会の会員費割引については、海外関連団体 (https://www.ipsj.or.jp/annai/kanrenlink/os_relation.html) をご参照いただき、直接お問い合わせください。

●本会への申請方法

会費割引を希望する正会員は、マイページの「登録情報変更」で「会員相互割引」の協定学会名から1つ選択し、その会員番号を入力します。初めて申請する方は上記協力協定各学会正会員の会員証コピーを Fax 等で送ってください。割引適用は1学会分といたします。自動継続のため次回からは会員証のコピーは不要です。

※これから入会を希望する方も入会申込[本申請]の画面から同様に申請できます。

- ・マイページはこちら⇒ <https://www.ipsj.or.jp/mypage.html>
- ・入会申請はこちら⇒ https://www.ipsj.or.jp/nyukai_kojin.html

■照会先：会員サービス部門 E-mail: mem@ipsj.or.jp Tel(03)3518-8370 Fax(03)3518-8375

2022 年度会誌「情報処理」モニタ募集のお知らせ

会誌編集委員会

会誌「情報処理」をより良くするために編集委員一同努力を続けておりますが、会員の方々の評価や希望をうかがい、今後の改善に役立てるために、モニタ制度を設けております。関心のある方はぜひふるってご応募ください。

応募の資格 本会会員で、モニタの役割を積極的に果たしていただける方。

モニタの役割 学会 Web ページ (<https://www.ipsj.or.jp/magazine/enquete.html>) から、毎月アンケートに回答する。
◇記事に対する評価 ◇記事に対する感想 ◇意見 ◇記事テーマの提案
◇そのほか全般的な意見・提案など

注) 記事をすべて読むといったことは必ずしも必要ではありません。自分の立場や問題意識、得意とする分野などを基準とした「独断と偏見による」自由な意見を期待します。

期 間 原則として 1 年間 (2022 年 4 月～2023 年 3 月)。*最長 3 年までとします。

対 象 号 会誌「情報処理」63 巻 5 号～64 巻 4 号

謝 礼 貴重なご意見をいただいた方には薄謝または記念品を贈呈します。

募集人員 特に定めませんが、応募者数によっては当委員会にて調整させていただくことがあります。

応募締切 2022 年 2 月 25 日 (金) 必着

そ の 他 ジュニア会員で、会誌 (冊子体) の送付を希望される方には、モニタ期間中会誌を送付いたします。
(先着 50 名、アンケート (12 回) に必ず回答いただくことを条件とします)
希望する場合は、申込書の要望欄に＜会誌送付希望＞とお書きください。

申 込 以下 Web ページ内＜2022 年度 会誌「情報処理」モニタ申込フォーム＞よりお申し込みください。
<https://www.ipsj.or.jp/magazine/topics/2022monitor.html>

照 会 先 情報処理学会 会誌編集部門 (モニタ係) E-mail : editj@ipsj.or.jp



この記事のこんなところが良かった！



この記事のここを改善してほしい



こんな記事が読んでみたい！

ご意見お待ちしております！

<https://www.ipsj.or.jp/dp/submit/tdp0304s.html>

情報処理学会トランザクションデジタルプラクティス 特集号論文募集

「アクセシビリティのプラクティス— 『誰一人取り残さない』ための情報技術」

● ● ▶ [投稿締切] 2022年2月7日(月) 17:00 ◀ ● ●

障がいの有無に関わらず、すべての人々が支障なく情報や場所にアクセスできることを保障し、それにより誰もが積極的に参加できる社会を実現するため、さまざまな製品やサービス・施設においてアクセシビリティへの配慮が求められています。アクセシビリティに関する関心は、東京パラリンピック2020の開催や、「誰一人取り残さない」をスローガンに進められているSDGsの考え方の普及により高まりつつあります。

従来、国や自治体のみに義務化されていた、障がい者に対する合理的配慮を民間事務事業者に対しても義務化する改正障害者差別解消法が、2021年5月に国会で成立し6月4日に公布され、3年以内に施行されることになっています。また、2021年3月1日から、障がい者の法定雇用率が引き上げられ、適用対象の事業所規模も拡大されており、職場におけるアクセシビリティの配慮がますます必要とされています。

情報技術(IT)が提供する情報に対するアクセシビリティは言うまでもなく、ITの活用によりフィジカルなアクセシビリティを向上させるなど、アクセシビリティ向上に向けたITの貢献は大きいと考えられます。

今後ますます重要性が増すアクセシビリティをITの活用によって向上させることの一助となるよう、ITを活用したアクセシビリティ向上の実践に基づく知見を共有することを目的に本特集を企画いたしました。情報へのアクセシビリティに関する実践だけでなく、移動・交通、教育、医療・介護、出版、放送・通信、就労、エンタテインメントなど分野を問わず、さまざまな場面でのITを活用したアクセシビリティ向上の実践に基づく以下のような論文を広く募集します。

- さまざまな障がいを持つ方や、高齢者に向けたITサービス提供、製品開発の事例(大規模な実証実験等を含む)から得られた知見を含む論文
- ITを活用してさまざまな障がいを持つ方や、高齢者にとってのフィジカルなアクセシビリティを向上させるサービス提供、製品開発の事例(大規模な実証実験等を含む)から得られた知見を含む論文
- 教育や就業の現場、スポーツ・文化に関するイベント等の開催において、ITを活用してさまざまな障がいを持つ方や高齢者を含む多様な参加者の体験を向上させた実践事例およびそこから得られた知見を含む論文

※投稿要領: Web サイトをご覧ください→ <https://www.ipsj.or.jp/dp/submit/tdp0304s.html> (応募資格は問いません)

※掲載号: 2022年10月号 (Vol.3 No.4)

※特集ゲストエディタ: 小林正朋(日本IBM/情報処理学会アクセシビリティ研究会主査)

※特集号編集委員: 編集委員長: 吉野松樹(日立製作所)

副編集委員長: 細野 繁(東京工科大学)、藤瀬哲朗(三菱総研)

編集委員: 青木学聡(京都大学)、荒木拓也(日本電気)、西山博泰(日立製作所)、
鎌田真由美(日本マイクロソフト)、飯村結香子(NTT)、石井一夫(久留米大学)、今原修一郎(東芝)、
岩倉友哉(富士通研究所)、江谷典子(Peach Aviation)、大嶋嘉人(NTT)、鬼塚 真(大阪大学)、
上條浩一(東京工科大学)、斎藤彰宏(日本IBM)、坂下 秀(アクタスソフトウェア)、
佐藤 聡(筑波大学)、佐藤裕一(富士通研究所)、澤谷由里子(名古屋商科大学大学院)、
澤邊知子(日本大学)、立床雅司(三菱電機)、戸田貴久(電気通信大学)、長坂健治(キンドリルジャパン)、
西尾直也(日立製作所)、新田 清(ヤフー)、濱崎雅弘(産業技術総合研究所)、平井千秋(日立製作所)、
福原知宏(マルティス(株))、藤原一毅(国立情報学研究所)、横井直明(日立製作所)

アドバイザー: 喜連川優(国立情報学研究所・東京大学)

(論文募集公開時点(2021年11月))

