

情報処理

2019
12

Vol.60 No.12
通巻 657 号

特集 「京」の後の時代を支えるスパコン

特別解説 AWS東京リージョン障害の波紋～クラウド時代の安定運用の課題～

解説 「京」を中核とするHPCI利用研究成果の普及状況
—利用報告書のダウンロード分析—

報告 CS領域奨励賞を受賞したジュニア会員との目々
—広島で生えてきた元気印のご紹介—



巻頭コラム

劉慈欣『三体』と人列コンピュータ
大森 望



教育コーナー：ぺた語義

連載：IT紀行／5分で分かる!? 有名論文ナナメ読み／集まれ!ジュニア会員!!／

情報の授業をしよう!／ビブリア・トーク／論文必勝法

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)
Fujisan



一般社団法人
情報処理学会
Information Processing Society of Japan

すぐ使えるセキュリティ装置

ネットの番犬 通さん犬2



NEW 不正データのログチェック機能



お客様のご要望に対応しました

通したいアドレスを指定するだけ

ネットワークの変更不要

IPアドレスなし

すぐ使える

初期状態では全てのプロトコルやポートを通さない
HTTP, リモート, FTP, Telnet等

1 設定は専用装置からのみ



IPアドレスがないため設定装置と通さん犬は専用設定ケーブルで接続
ネットワーク経由でのウィルスの侵入や攻撃の対象とならない

フィルタリング設定アプリ



本製品はセキュリティ製品です。
設定装置のご購入には秘密保持契約が必要です。

2 OA分野でも活躍

PC, サーバ, ネットワークプリンタ,
監視カメラでも活用

3 「出口対策」外部への情報流出を防ぐ

万一 FA/制御機器がウィルスに感染しても
データを外部に出さない



不正ログ
内蔵DB



不正データ
外部サーバ

不正データ専用LAN*

万一外部サーバが不正データに感染しても通さん犬2本体への影響はありません。

NEW

1 不正データをログ保管

不正データの送信元や日時を確認

NEW

2 指定した不正データの収集

不正データを外部サーバへ保管
全データロガーとしても活用できます
※ 通さん犬2 LAN3ポート搭載製品のみ

4 簡単設定

IP,ポート番号,MACアドレスで指定
TCP/UDP/ARP/ICMP プロトコル対応

5 工場・交通機器・屋外・劣悪環境でも使える

高温・低温・耐振動・耐衝撃、止まらない、壊れない

6 電源ブチ切り®対応



電源再投入後、自動復旧

LTEモデルもラインナップ予定

- ・LTE無線のIPパケットもフィルタリング
- ・LTE無線モジュール SIMフリー搭載
- ・国内docomo, KDDIのネットワークに対応
- ・電源ブチ切り®対応
- ・動作温度は-20℃~+50℃

データ駆動で新時代を切り拓く

平成から令和に元号が変わり、東京オリンピック・パラリンピックを来年に控える今、新時代が始まる節目の年を迎えています。このような中、AIをはじめとするデータ駆動型の技術が進展し、実課題に適用されることで、社会のあり方が大きく変わりつつあります。今年の連続セミナーでは、このようなデータ駆動に基づく技術を幅広く取り上げ、第一線の講演者がその技術の詳細から利活用の実際までを語ります。計6回のセミナーを通じ、企業のITエンジニアや研究者が新時代のビジネスを切り拓くための方向性を示唆できるよう企画しました。

第1回 6.26

終了しました

AIと歩む未来(1)
自然言語処理の最新動向

コーディネータ:

関根聡

理化学研究所 革新知能統合研究センター (AIP)

第2回 7.30

終了しました

トラスト時代における
セキュリティ技術

コーディネータ:

今岡仁

NEC

第3回 9.11

終了しました

AIと歩む未来(2)
画像・映像処理の最前線

コーディネータ:

篠田浩一

国立大学法人東京工業大学

第4回 10.21

終了しました

AIと歩む未来(3)
社会に広がるAIの現状と課題

コーディネータ:

浦本直彦

株式会社三菱ケミカルホールディングス

第5回 11.15 (金)

シミュレーションと
人工知能

コーディネータ:

野田五十樹

国立研究開発法人産業技術総合研究所

第6回 12.9 (月)

IT分野の研究開発動向を
俯瞰する

コーディネータ:

木村康則

国立研究開発法人科学技術振興機構

参加費

※本会場と遠隔会場は、参加費が異なります。

本会場 (東京) 参加費

〔消費税込〕* 電子資料付

参加区分	6枚	3枚	1枚	当日申込
正会員	86,400円	64,800円	30,240円	33,000円
一般非会員	108,000円	81,000円	37,800円	40,000円
学生	12,960円	9,720円	4,400円	6,000円

*正会員の参加費適用は、情報処理(個人・賛助会員)、電子情報、電気、照明、映像情報の各学会個人会員および協賛企業所属の方。

遠隔会場 (関西・東北) 参加費

〔消費税込〕* 電子資料付

参加区分	6枚	3枚	1枚	当日申込
正会員	60,500円	45,400円	20,300円	21,000円
一般非会員	75,600円	56,700円	25,300円	26,000円
学生	9,100円	6,900円	3,100円	4,000円

参加はチケット制!!

6枚一括購入が
断然おトク!
興味がある回を
絞って3枚or1枚
からの参加もO.K.

スポンサー募集

今年度より連続セミナー 2019
ではスポンサーを募集しております。

全体スポンサー (全6回対象)

費用: 216,000円 (税込)

特典1: 聴講無料招待券 (1口につき6枚)
特典2: Webページへのロゴの表示 (サイズ大)、御社Webページへのリンク
特典3: セミナー会場「ご自由にお取り下さい」コーナーへの資料・パンフレット等の陳列

ドリンクスポンサー (各回1社まで)

費用: 32,400円/回 (税込)

特典1: ドリンクスペースにおけるロゴの表示
特典2: セミナー会場「ご自由にお取り下さい」コーナーへの資料・パンフレット等の陳列

問合せ先 一般社団法人情報処理学会 事業部門 event@ipsj.or.jp Tel.03-3518-8373 <https://www.ipsj.or.jp/event/seminar/2019/>

協賛: 一般社団法人照明学会、一般社団法人映像情報メディア学会、一般社団法人電気学会、一般社団法人情報サービス産業協会、一般社団法人電子情報通信学会、一般社団法人電子情報技術産業協会、一般社団法人人工知能学会、モバイルコンピューティング推進コンソーシアム、一般社団法人情報通信技術委員会、新世代M2Mコンソーシアム、一般社団法人インターネット協会
後援: 理化学研究所、特定非営利活動法人 ITコーディネータ協会



PREFACE

巻頭コラム

- 1166 劉慈欣『三体』と人列コンピュータ 大森 望

SPECIAL
ARTICLE

特別解説

- 1168 ■ AWS 東京リージョン障害の波紋〜クラウド時代の安定運用の課題〜 柏崎礼生

SPECIAL
FEATURES

特集

「京」の後の時代を支えるスパコン

- 1174 0. 編集にあたって 大山恵弘
- 1176 1. ■ 日本のスーパーコンピュータの現在の状況と今後 朴 泰祐・田浦健次朗
- 1182 2. ■ 次期フラッグシップスーパーコンピュータの概要—スーパーコンピュータ「富岳」
石川 裕・佐藤三久・新庄直樹・清水俊幸
- 1189 3. ■ ABCI：世界初の大規模オープン AI インフラストラクチャ 小川宏高
- 1193 4. ■ メニーコアアーキテクチャに基づくスーパーコンピュータ 朴 泰祐・中島研吾
- 1198 5. ■ 多数の Xeon プロセッサを用いるスパコン 南里豪志
- 1204 6. ■ いまどきのベクトル型スパコン—高性能ベクトルコアと高バンド幅メモリで高い実行効率を追求—
小林広明

ARTICLE

解説

- 1212 ■ 「京」を中核とする HPCI 利用研究成果の普及状況—利用報告書のダウンロード分析—
木村晴行・丸山順子・平塚 篤

REPORTS

報告

- 1227 ■ Jr. CS 領域奨励賞を受賞したジュニア会員との日々—広島で生えてきた元気印のご紹介— 川端英之

★ Jr. 指標にジュニア会員向けが追加されました。

《記号の説明》

■ 基礎 ■ 専門家向け
■ 基礎 ■ 専門家向け
■ 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させていただきます

情報処理

1173 連載：📖 集まれ!ジュニア会員!!

連載：論文必勝法

1220 📖 条件付き採録をクリアするには一適切な回答書の書き方— 田中勇樹

連載：情報の授業をしよう!

1230 📖 「仕組みの理解」に重点を置いたプログラミングの授業事例集—プログラミングでスマートフォンの向こう側を見よう— 間辺広樹

教育コーナー：ぺた語義

1237 📖 📖 科学と工学のはざままで情報を考える 田中淳裕

1238 📖 初学者向けプログラミングの授業におけるソーシャルな知のデザイン (第1回) 斎藤俊則

1243 📖 大学と高校教科「情報」のかかわり 永松礼夫

連載：📖 ビブリア・トーク—私のオススメ—

1248 エンジニアの知的生産術—効率的に学び、整理し、アウトプットする 大見嘉弘

連載：📖 5分で分かる!?! 有名論文ナナメ読み

1250 Schmidt-Hieber, J.: Nonparametric Regression Using Deep Neural Networks with ReLU Activation Function 今泉允聡

連載：IT 紀行

1254 お買い上げありがとうございました! 技術書典に出展してみた 山本ゆうか

会議レポート

1256 マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2019) シンポジウム参加報告 仲道耕二

1247 論文誌ジャーナル掲載論文リスト

1247 論文誌トランザクション掲載論文リスト

1253 英文目次

1259 2019年度山下記念研究賞表彰 (概要)

1262 会員の広場

1264 IPSJ カレンダー

1266 人材募集

1267 有料会告

1269 有料会告について

1272 アンケート用紙

1274 編集室/次号予定目次

1275 掲載広告カタログ・資料請求用紙

1276 賛助会員のご紹介

巻末「情報処理」第60巻 総目次

◆◆「情報処理」Kindle で販売中!◆◆

「情報処理」はKindle版でも販売中です! 冊子を持ち運びしなくても、スマホ・タブレット端末さえあればどこでも気軽に会誌を読むことができます。ぜひご利用ください!

ご購入は Amazon から→ <https://www.amazon.co.jp/>

「情報処理学会 Kindle」で検索



■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：楠 房子・清水 佳奈

本号エディタ:

井本 和範・稲葉利江子・上原哲太郎・江渡浩一郎・大石 康智・大川 徳之・太田 智美・金子 格・川上 玲・久野 靖・小林 真也・佐藤 史子・城島 貴弘・須川 賢洋・田名部元成・谷口倫一郎・谷田 英生・戸田 貴久・鳥澤健太郎・坂東 宏和・福地健太郎・坊農 真弓・間瀬 正啓・水野加寿代・茂木 和彦・湯村 翼・渡辺 博芳

編集長ブログ: blog-mag.ipsj.or.jp

■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



劉慈欣 『三体』 と人列コンピュータ

■ 大森 望



2019年7月に邦訳が出た劉慈欣^{リウ・ツーシン}『三体』(早川書房)は発売1カ月で12刷(電子版と合わせて11万部超)に達し、ちょっとした中国SFブームを巻き起こしている。もともと英訳版は2015年のヒューゴー賞を受賞し、オバマ前大統領やマーク・ザッカーバーグも絶賛。2008年に出た本国版も、こうした海外での評価を背景に人気が発火、三部作合計で2,100万部を超えたという。劉慈欣はいまや“国の宝”と言われる超VIPだが、『三体』執筆当時(2006年)は、山西省の山間部にある発電所のエンジニアだった。長年コンピュータ管理を担当していたそうで、そのせいか、作中にも新旧とりまぜ、さまざまなコンピュータが登場し、重要な役割を果たす。

小説の内容をざっくり説明すると、テーマは異星文明とのファーストコンタクト。若き女性天体物理学者・葉文潔^{イェ・ウェンジェ}を軸に、文化大革命当時(1967年)の糾弾集会の壮絶なエピソードで始まる過去パートと、ナノマテリアル研究者の汪淼^{ワン・ミャオ}が超自然的な怪現象に見舞われる現代パートの2本柱で進行する。その汪淼が作中でプレイするオンラインVRゲーム「三体」が読みどころのひとつ。

ゲームの舞台は、三つの太陽を有する惑星。運行が予測できないため、いきなり極寒に襲われたかと思えば灼熱地獄に陥ったりして、幾多の文明が滅亡してきた。プレイヤーの目的は、文明の発展段階を先へ先へと進めつつ、三体問題を解くことで太陽の運行に法則性を発見し、万年曆をつくること。汪淼は歴史上の人

■ 大森 望

書評家, 翻訳家, SF アンソロジスト

1961 年高知市生まれ。京都大学文学部卒業。書評家, 翻訳家, SF アンソロジスト。責任編集の『NOVA』全 10 巻で日本 SF 大賞特別賞, 星雲賞受賞。著書に『21 世紀 SF1000』『現代 SF 観光局』など。訳書に劉慈欣『三体』(共訳) など多数。



物 (のキャラクター) たちとともにこの難事に挑む。たとえば, フォン・ノイマンとニュートンは, 膨大な計算のため, 秦の始皇帝から三千万人の兵士を借り, それぞれに手旗を持たせて 1 辺 6 キロメートルの正方形に並べ, 巨大な人列コンピュータ (秦 1 号) をつくりだす。OS 「秦 1・0」の起動場面はこんな具合。

〈ピラミッドの中腹あたりにいる, 一列に並んだ旗手が, 手旗信号で指令を発信すると, 下方の大地の, 三千万人から成る巨大なマザーボードが, 水面で光がきらめく湖へと一瞬で変わったかのように見えた。数千万の小旗が揺れ動いている。ピラミッドのふもと近くに広がるディスプレイ隊形では, 緑色の大きな旗から成る進行度表示線プログレス・バーがじりじりと延びていって, 現在進行中のセルフチェックがどこまで進んだかを示している (後略)〉

この部分のはちに独立した短編「円」に仕立て直され, ケン・リュウ編訳の英語版『折りたたみ北京 現代中国 SF アンソロジー』に収録されて, 2018 年に邦訳が出ている (「円」のみ Web 上で無料公開中)。また, 『三体』終盤では, 11 次元の陽子を 2 次元に展開して回路を焼きつけた突拍子もないウルトラスーパーコンピュータ (その名も “智子”) が登場するが, そのとんでもないスペックはぜひ現物で確かめてください。劉慈欣の啞然とするような想像力と中国 SF の (まさに大陸的な) 大らかさが堪能できます。

AWS 東京リージョン障害の波紋 ～クラウド時代の安定運用^{☆1}の課題～

柏崎礼生 | 国立情報学研究所

あらまし

2019年8月25日にアマゾン ウェブ サービス (Amazon Web Services : AWS) は、8月23日に東京リージョンの1つのアベイラビリティゾーン (Availability Zone : AZ) で、冷却システムのトラブルによるオーバーヒートにより一部の仮想マシン (Amazon Elastic Compute Cloud : Amazon EC2) を提供するサーバが停止したと発表した^{☆2}。

Amazon EC2のサービスは「リージョン」ごとに、地理的に数十キロメートル以上離れた場所にある3つ以上のAZにある物理計算機により提供され

る(図-1)。各AZは電源等も独立した1つ以上のデータセンター(通常は3つ)で構成されており^{☆3}、リージョン内にあるAZ同士は短い遅延時間の内部ネットワークで接続されている。東京リージョンでは2018年1月に4つ目となるAZが開設され、今に至る。8月25日時点では、仮想マシンおよびストレージ (Amazon Elastic Block Storage : Amazon EBS) ボリュームに障害が発生し、6時間後に大部分が復旧したとアナウンスされたが、この発表から3日後、障害時にマネージドサービス^{☆4}であるリレーショナルデータベースサービス (Amazon Relational Database Service : Amazon RDS) や Application Load Balancing (ALB) の一部にも影響が発生していたことが追加発表された。

AWSを情報インフラストラクチャとして利用するサービスは数多あり、今回の障害により事業者が提供する60以上のサービスに影響があったとの調査結果もあった^{☆6}。一部では今回の障害により「クラウドに集中することのよろさを露呈した」とする報道も

^{☆1} 本稿において特に断りのない限り、運用とはサービス運用を指すものとする。サービス運用とはサービスが持つ価値を継続して供給することを意味する。経済学の文脈においてサービスとは人間の欲求を充足するもののうち無形ものを指す。

^{☆2} 東京リージョン (AP-NORTHEAST-1) で発生した Amazon EC2 と Amazon EBS の事象概要, <https://aws.amazon.com/jp/message/56489/>

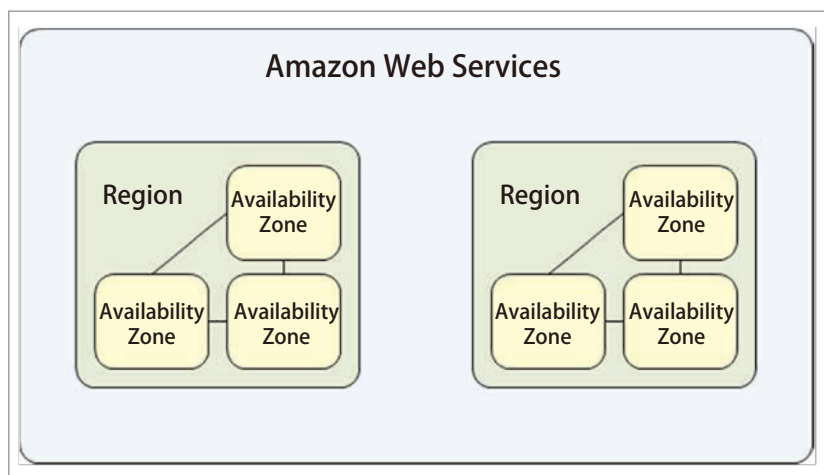


図-1 AWSにおけるリージョンとアベイラビリティゾーンの模式図^{☆5}

^{☆3} グローバルインフラストラクチャリージョンとAZ, https://aws.amazon.com/jp/about-aws/global-infrastructure/regions_az/

^{☆4} 情報インフラストラクチャの運用をAWSに委託するサービス。Amazon RDSのほか Elastic Load Balancing, Application Load Balancing, Lambdaなどがそれに該当する。

^{☆5} リージョンとアベイラビリティゾーン, https://docs.aws.amazon.com/ja_jp/AWSEC2/latest/UserGuide/using-regions-availability-zones.html

^{☆6} AWS東京リージョンで発生した大規模障害についてまとめてみた, <https://piyolog.hatenadiary.jp/entry/2019/08/23/174801>

あった^{☆7}。この報道に対しては批判的な意見もあるが、クラウドにせよオンプレミス^{☆8}のシステムにせよサービスを支える情報インフラストラクチャに可用性が考慮されていない偏りがあれば、そこが単一障害点となり得ることは事実である。

高可用性に関する議論

システムの可用性を高めるための技術はこれまで数多く研究開発されてきた。計算機の主記憶装置上の情報を補助記憶装置のファイルに書き出すという処理も、可用性を高めるための手法と述べることができる。補助記憶装置単体の故障によるデータの損失を緩和するために Redundant Array of Inexpensive^{☆9} Disks (RAID) やイレイジャー・コーディングといった方法が考案され実装された。保存されたデータを処理する CPU や主記憶装置、およびその上で動作するアプリケーションの可用性も同様に重要であり、処理基盤を複数用意することで可用性を高めることができる。しかし複数の処理基盤が1つの構成要素（補助記憶装置やデータベース）を共用するとき、この単一の構成要素と処理基盤との接点が単一障害点となったり、あるいは可用性を高めることを困難にすることがある。

自然災害のように広域で同時多発的に発生する障害に対しては、地理的に分散したシステム構成とすることが有効である。単に地理的に分散しているだけでなく、複数の互いに独立な電力供給を受けることや、回線の相互接続先が別組織であることも可用性を高めるためには重要である。今回の AWS の障害において、異なる AZ の構成要素が地理・電力供給・ネットワークの観点で完全に独立していることは、各自でホワイトペーパーなどで確認できるので、複数の AZ を用いたシステムの設計を行えば可用性が向上することは期待できる。この際に AZ をまたいだ負荷分散を行うには、前述の

マネージドサービスである Elastic Load Balancing や ALB を用いるが、運用を委託した部分で予期せぬ影響が発生した場合、ユーザは問題を検知する運用管理をしない限り、問題解決に関する制御が困難になることに気付くだろう。一方で、問題解決に関する制御をユーザが掌握したからといって、必ずしも迅速に問題を解決できるとは限らないことには留意しなければならない。今回の障害で、AWS を利用したサービスの復旧に要する時間が比較的長くなった企業は、AWS を利用する上で稼働監視や、システム障害に対する対応を準備していなかったことが一因となっている可能性は否めないだろう。

単一のクラウドプロバイダを利用するのではなく、複数のクラウド、それもパブリッククラウドだけでなくオンプレミスのプライベートクラウドも含め、インタークラウド環境でシステムを構成させれば可用性が高まる可能性がある。しかし地理的に分散した計算機資源の間の通信遅延によりシステムが提供するサービスのパフォーマンスが落ちるならば本末転倒である。また複数のクラウドプロバイダの操作や特性をつかみ運用することはコストが余分にかかる。まずは、そのクラウドプロバイダがどのような構成であるのか、たとえば AZ はどのような構成になっているのかを、各自がホワイトペーパーなどでよく確認し、たとえば AWS であれば複数 AZ を使うといったような可用性を高める仕組みをとるべきである。それでも不安があり、かつコストをかけてもよいのであれば複数クラウドを利用するという順番の検討が必要である。何を担保するために可用性を高めたいのか、そしてそれにはどこまでコストをかけるのか、復旧にかかる時間、どこまでデータを戻せばよいのかといった点をあらかじめ決めておくことが重要である。AWS では、可用性を高める構成を Well-Architected フレームワークとして公開しており、各自が AWS を利用する上でのベストプラクティスをチェックして改善できるようにするシステムを公開していたり、どのように壊れていくシステムから原因を特定し、改善して維持していくかを実際に体験的しながら行う GameDay のよう

^{☆7} クラウド集中にもろさ アマゾン「AWS」大規模障害, <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO48956120T20C19A8EA1000/>

^{☆8} 自組織内で計算機資源を所有し利用する形態を指す。

^{☆9} Inexpensive でなく Independent であるとする説もある。

なイベントで学んだりすることができる。Google 社では 2000 年代の初めから Site Reliability Engineering という原理を提唱しており、これは「運用をソフトウェアの問題のように扱うときに得られるもの」と定義される^{☆10}。この原理において、サービスレベル指標とサービスレベル目標の重要性が強調される。提供するサービスを評価する指標において、サービスの中断がどの程度の利益損失を発生させるか。一方で投資により可用性を高めることで、利益損失がどの程度緩和されるか。このような定量的な評価により、可用性を高める設計に投資対効果があるかどうかを判断することができる。

障害により可用性が損なわれると、提供できる価値を減ずることになるため、サービス提供者はサービスの可用性を高く維持しようとする。しかし、あらゆる外乱を除外することは不可能であるから、外乱により可用性は一時的に低下する場合がある。そのときサービス提供者は外乱を除外したり、外乱による情報システムの構成の変更を修復するなどして、障害が発生する以

前の品質に戻そうとする。このような回復力、あるいはレジリエンスと呼ばれるものは情報システムの運用によって実現される。このレジリエンスは図-2 に示す模式図で表現される。この図は可用性に限らず情報セキュリティのインシデント対応における効果の説明で利用されることもある。

障害が発生するとサービスの品質（図-2 においてはインフラストラクチャの品質（平時品質に対する百分率））が低下する。低下した品質はやがて徐々に平時の品質へと回復していく。災害に対する減災の取り組みや、高可用性のためのさまざまな手続きは、この障害直後の品質の低下を抑制し、回復直線を急峻にすることで、障害によって生じたくさび形の間隙の面積を小さくしようとする試みである。

障害が発生する個所を事前に想定し、実際にその想定に従って障害を実装することで、システムが想定内の枠内で稼働するかどうかを検証する手法が Failure

☆10 Chris Jones, Todd Underwood and Shylaja Nukala: Hiring Site Reliability Engineers, usenix ;login, Vol.40, No.3 (2015).

☆11 Michel Bruneau, Stephanie E. Chang, Ronald T. Eguchi, George C. Lee, Thomas D. O'Rourke, Andrei M. Reinhorn, Masanobu Shinozuka, Kathleen Tierney, William A. Wallace, and Detlof von Winterfeldt (2003) A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. Earthquake Spectra: November 2003, Vol. 19, No. 4, pp. 733-752. の Figure 1 を改変。

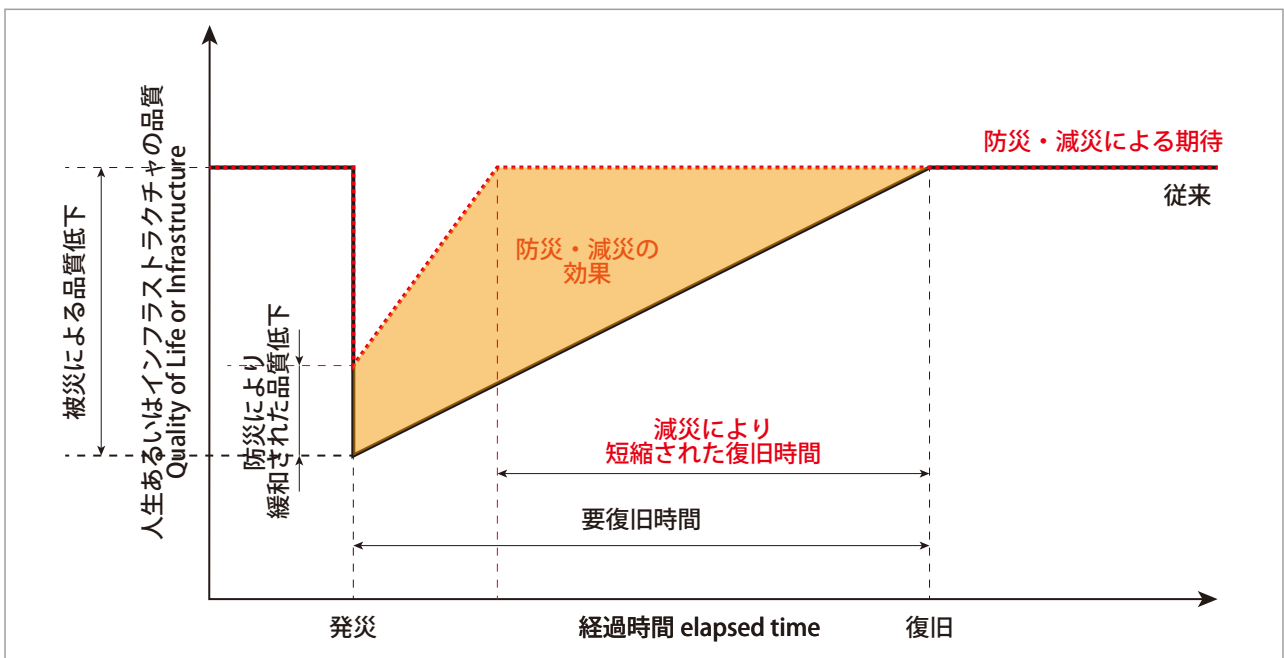


図-2 災害前後のインフラストラクチャ品質の変化^{☆11}

Injection Testing (FIT) である。動画配信サービスを提供する Netflix は Chaos Engineering という概念を提唱し「稼働しているシステムに襲いかかる外乱への対応能力を確立するための実験訓練」であると定義する^{☆12}。Netflix はそのサービスを支える情報インフラストラクチャとして AWS を利用しているが、FIT による事前の検証を通じ設計や設定を更新することで、AWS で大規模障害が発生した際にも安定したサービスを提供することができた。ここで使用されている Chaos Monkey というツール群は公開されており、AWS を利用しているほかのユーザにも利用され訓練に用いられている。

システムの構成が複雑になるほど、障害が発生する個所は増大し、したがって複数の障害の組合せは指数関数的に増大する。サービスを提供するシステムの構成が複雑であれば、わずかな障害の差異が大きなサービス品質の変動につながる可能性がある。あらゆる障害の組合せを事前に検証することが理想ではあるが、時間や資金を含む資源の制約があるため、限定的な障害の組合せで検証を行うことが現実的であろう。たとえば2カ所で同時に障害が発生すること(二重障害)までを対応の範囲内であるとし、三重障害以上は十分に発生確率が低いと見做して想定範囲外と割り切ることもまた選択され得る運用ポリシーである。障害を回避すべき現象と考えるのではなく、ソフトウェアにより解決する「問題」であるとして取り組むことが、この時代の運用として求められることなのだろう。

過去に学ぶ

国土交通省東北地方整備局による『東日本大震災の実体験に基づく 災害初動期指揮心得』^{☆13}を紐解くと、最初のページには「備えていたことしか、役には立たなかった。／備えていただけでは、十分ではなかった。」

という2行のみが記されている。可用性を高める仕組みなくして可用性を高めることはできないし、しかしその仕組みを導入しただけで可用性が高まるわけではない。その仕組みを実際に使うために意図的に障害を発生させる訓練が備わって、初めてその仕組みが運用に組み込まれると言える。たとえばこのような事例がある。

2011年3月11日に起きた東日本大震災は福島第一原子力発電所の爆発事故を招いた。日本の原子力施設の緊急事態において、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム (System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information : SPEEDI) が放射性物質の拡散範囲を計算し、その影響予測を行うこととなっていた。しかしこの爆発事故においては緊急時対策支援システム (Emergency Response Support System : ERSS) からの放出源情報が得られなかったため、SPEEDIによる計算を行うことができなかったと報告されている。ERSSが放出源情報をSPEEDIに提供できなかったのは、ERSSに原子炉内の情報等を提供する東京電力の緊急時対応情報表示システム (Safety Parameter Display System : SPDS) がデータを伝送できなかったからである。SPDSは政府専用回線である統合原子力防災ネットワークを通じてERSSへデータを伝送する。SPDSサーバから統合原子力防災ネットワークに至る中継機器には無停電電源装置 (Uninterruptible Power Supply : UPS) により停電時にも一定時間の電力供給が行われるよう設計されていた。しかし中継機器とUPSは接続されていたが、中継機器間を接続する伝送路に接続されたメディアコンバータへはUPSからの電力供給が行われていなかった。このため、このネットワークは地震発生から早い時点で機能を喪失していた(図-3)^{☆14}。

この報告書が事実を正しく記述したのかどうかの判断は読者の判断に委ねるとして、このような障害は事前に適切な訓練が行われていれば防ぐことができた

^{☆12} PRINCIPLES OF CHAOS ENGINEERING, <http://principlesofchaos.org>

^{☆13} 日本語版, <https://www.amazon.co.jp/dp/B00S8UXG9G>
英語版, <https://www.amazon.co.jp/dp/B00S8UXFU6>

^{☆14} 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会最終報告 (本文編) IV章 2(1), <https://www.kantei.go.jp/jp/topics/2012/pdf/jikocho/honbun.pdf>

と言うことができる。だが「適切な訓練」を行うこともまた難しい。

2010年、岩手県釜石市の鶴住居地区では避難訓練への参加率を上げるため、本来の避難場所ではなく屋根のある釜石市鶴住居地区防災センターを避難訓練に利用した。この防災センターは2010年に開所したばかりの標高4.3m、最寄りの海岸線まで約1.2kmの距離にある鉄筋コンクリート造2階建の施設であった。市指定津波避難場所は市街地から1kmほどの距離があり、標高も30m～50mの地点にあった。この結果、市民には「避難場所」が防災センターであるとの認識が広がり、東日本大震災直前の2011年3月9日に起きた三陸沖地震の発生時においても防災センターに避難した市民がいた。このような事態を受けても市は住民に対して防災センターが一次避難場所ではないことの告知を行わなかった。この結果、東北地方太平洋沖地震とこの地震に起因する津波に際し、防災センターで69人が遺体として収容された。また200人以上が

防災センターに避難していたという情報もある。

プライスウォーターハウスクーパース社の「IT-BCPサーベイ2014」によると、情報システムの中断・停止における対応体制・手順の訓練・演習を「行っていない」あるいは「不定期に行う」と回答した企業数は半数を上回った^{☆15}。この調査から5年が経過し、状況はどれだけ改善されているだろうか。あるいはあの震災の記憶も風化してしまい、状況は悪化しているのだろうか。訓練を巻き込んだ運用が広範に普及していくことを期待したい。

(2019年9月30日受付)

☆15 <https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership/it-bcp-survey2014.html>, 回答数は130。

■ 柏崎礼生 (正会員) reo@cmc.osaka-u.ac.jp

国立情報学研究所サイバーセキュリティ研究開発センター特任准教授 (博士 (情報科学))。広域分散システムのレジリエンスに興味を持つ。

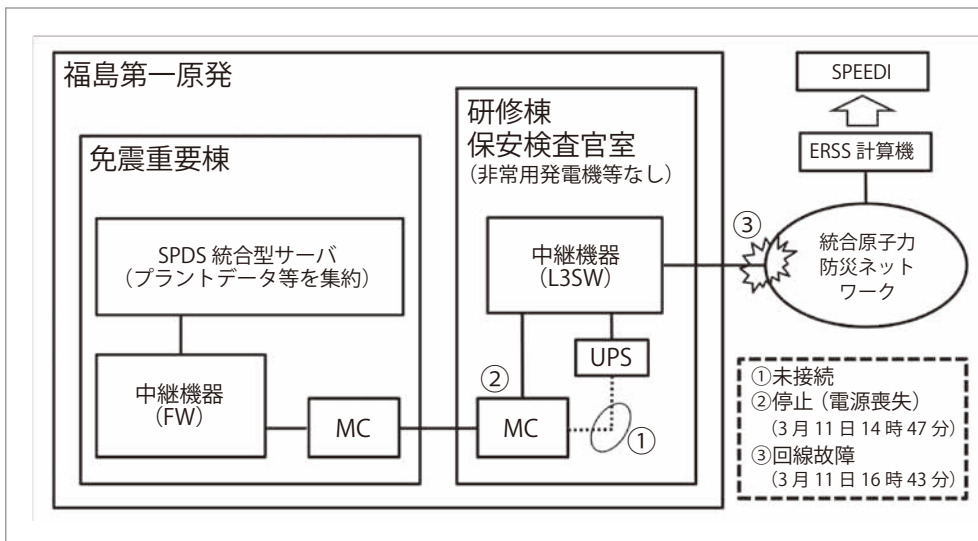
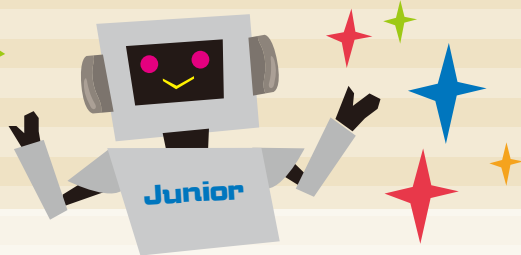


図-3 SPDSデータのERSS回線への伝送状況 (東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会最終報告より)

集まれ! ジュニア会員!!



今回は、日頃からプログラミングを楽しんでいるジュニア会員によるプログラミング環境 Scratch での作品を紹介します。「Scratch の楽しいところは自分が作りたいものを簡単にすぐ作れるところ。今回紹介したい作品は、最初は迷路を作って遊びたいと思って作り始めたけど、作っていくうちに町らしくなったからお買い物ゲームを作ろうかなと思って作った」とのことです。

作品介绍

rinyanya さんの作品「お買い物 shopping」 <https://scratch.mit.edu/projects/169376624/>

町の中でお買い物をしたり、アルバイトしたりするゲームです。「ハナちゃん」を矢印キーで操作して、町のお店などに入ると、その場所ごとのイベントや会話を楽しむことができます。たとえば、町の下の方にある「ネネル」はペットショップでペットを買うことができます。町の右下の方にある「愛」では水と肥料をあたえて植物を育てることができます。画面左上から「サクラ山駅」に行くことができ、その途中にあるマンションに住んでいるトナカイと会話することができます。この場面でこだわっていたポイントは、トナカイとの会話に乱数を使っているところ。乱数を使うことで、会話が少し面白くなっています。駅からは電車で富士山の町に向かい、富士山では友だちの「ユキちゃん」と一緒に富士山に登ることができます。ほかにもたくさんのお店やイベントが用意されているので、ぜひ遊んでみてください。



● 町の様子 (中央にいるのがハナちゃん)



● 「愛」で植物を育てる様子



● ハナちゃんのプログラムの一部

町のさらなる発展を期待します。すでに多くの Scratch ユーザがこの作品をリミックスしていますが、ほかの人とも協力できるといいですね。新たなお店を出店したり、一緒に行動するキャラクタを登場させたり、ちがう町を作ったり、さまざまな方向性がありますね。また、こだわったポイントの1つである、トナカイとの会話については、相手からの返答によってトナカイの返答を変えたり、もっと会話が長くように改良したりするのも、面白いと思います。



作りたいものを作っているということがひしひしと伝わってくる素敵な作品ですね。町にあるお店で、それぞれ異なるイベントを楽しめるように、作り込まれています。プログラムは複雑で分かりにくくなってしまいうものですが、14個の背景画像を用意して、「〇〇色に触れた」と「背景が〇〇になったとき」のブロックやメッセージ機能を活用することで、分かりやすく簡潔に表現できているところが素晴らしいです。また、「このスプライトの他のスクリプトを止める」というブロックを利用して、各イベントを制御しているところも工夫が見えます。

長編の物語作品やゲームを作りたいときには、今どの場面にいるのかなどの状態管理が必要になります。今回の作品では場面遷移が多く行われていて、プログラムも分かりやすく書かれているため、そういった作品を作りたい方はぜひ参考にしてみてください。

参考 Web サイト : Scratch, <https://scratch.mit.edu/>

本企画では、ジュニア会員の方の作品・プログラムを募集しています。氏名、ニックネーム、ご連絡先メールアドレス、会員番号、作品に利用しているプログラミング言語、作品タイトル、作品の説明、こだわったポイントを、以下の宛先までお送りください。

✉ 会誌編集部門 E-mail : editj@ipsj.or.jp

担当 : 吉田 葵 (青山学院大学)

「京」の後の時代を支えるスパコン

編集にあたって

大山恵弘 | 筑波大学

日本を代表するスーパーコンピュータ（スパコン）であり、TOP500と呼ばれる性能ランキングで世界第1位を取った「京」が2019年8月に運用終了を迎えた。「京」が活躍した時代が終わったが、一方で、次の時代を支えるさまざまなスパコンが開発、運用されている。

スパコンは単に多くのコンピュータを並べればできるものではない。高性能化や高信頼化などの必須要件を達成するために、最新のハードウェア技術とソフトウェア技術を結集させる必要がある。さらに、運用にあたっては大電力の調達や専用冷却設備の建設などの複雑な問題も解決する必要がある。スパコンを設計、開発し、安定的に運用するには、とてつもなく多くの技術的蓄積、創意工夫、地道な作業などが必要である。

この特集では、最新のスパコン構築技術を解説する。まず、日本のスパコンの現状と今後について俯瞰的に解説する。次に、国内のほかのスパコンと比べて著しく大規模であり突出して高い性能を達成する見込みであるポスト「京」、すなわちスー

パーコンピュータ「富岳」を取り上げる。その後、利用するプロセッサについてはハードウェア構築法を切り口としてスパコンを大きく4種類のグループに分けて解説する。

「①日本のスーパーコンピュータの現在の状況と今後」では、まずスパコンについての基礎知識について、さらに、国内の主要なスパコンを共同利用するための重要な枠組みである HPCI について解説していただく。HPCI と「富岳」とのかかわりや、日本のスパコンの今後についても解説していただく。

「②次期フラッグシップスーパーコンピュータの概要—スーパーコンピュータ「富岳」」では、「京」の次の日本を代表するスパコンとして開発が進んでいる「富岳」について解説していただく。今まさに「富岳」を開発している主要メンバによる解説であり、「富岳」の技術的情報が豊富に含まれている。この記事により、「富岳」に搭載されるハードウェアとソフトウェアをある程度詳しいところまで把握できるはずである。



「③ ABCI : 世界初の大規模オープン AI インフラストラクチャ」では、GPU を積極的に用いたスパコンについて解説していただく。特に、産業技術総合研究所による、高度な人工知能処理を可能にする大規模で省電力のクラウド型計算システム「AI 橋渡しクラウド (AI Bridging Cloud Infrastructure, ABCI)」について解説していただく。ABCI はきわめて高い性能の GPU を 4,000 基以上積んでいるという特徴を持ち、2019 年 6 月に発表された TOP500 というスパコンのランキングでは国内第 1 位である。

「④メニーコアアーキテクチャに基づくスーパーコンピュータ」では、代表的なメニーコアプロセッサである Intel 社の Xeon Phi, および、それを積極的に用いたスパコンについて解説していただく。さらに、そのようなスパコンとして、筑波大学と東京大学が共同で調達、運用している Oakforest-PACS についても解説していただく。Oakforest-PACS は ABCI が登場するまでは国内最高性能スパコンであった。

「⑤多数の Xeon プロセッサを用いるスパコン」では、Xeon プロセッサを搭載したスパコンについて解説していただく。特に、そのようなスパコンのうち特に大規模なものとして、九州大学で運用されているスーパーコンピュータシステム ITO の

サブシステム A を紹介いただく。国内外の Xeon プロセッサ搭載スパコンや、そのようなスパコンの性能と消費電力との関係および今後の展望についても述べていただく。

「⑥いまどきのベクトル型スパコン—高性能ベクトルコアと高バンド幅メモリで高い実行効率を追求—」では、ベクトル型と呼ばれるスパコンについて解説していただく。また、そのようなスパコンのうち特に大規模なものとして、東北大学で運用されている SX-ACE と SX-Aurora TSUBASA について解説いただく。国内のほかのベクトル型スパコンについても述べていただく。豊富な性能評価結果を含んでおり、スパコンの構築ではプロセッサ単体の性能のみならずメモリの性能が決定的に重要であることを定量的な形で理解できる記事となっている。

本特集の記事は、2019 年における国内最先端のスパコンおよびいくつかの標準的なスパコンの設計を解説するものであり、一通り読むことによって国内のスパコンの最新状況がある程度俯瞰できると考えている。読者の方には、ぜひ、本特集を通じてスパコンの技術の面白さや、スパコンの規模の途方もなさを感じていただきたい。

(2019 年 9 月 17 日)

「京」の後の時代を支えるスパコン

① 日本のスーパーコンピュータの現在の状況と今後



朴 泰祐 | 筑波大学計算科学研究センター 田浦健次郎 | 東京大学情報基盤センター

「スーパーコンピュータ」とは何か？

今や「スーパーコンピュータ」という言葉は一般に知れ渡り、特に国家フラッグシップマシンとしての「京」コンピュータの誕生以来、マスコミ等でも取り上げられることが増えた。しかし、そもそもスーパーコンピュータとは何なのか、どのように定義されるか、という点から解説を始めたい。なお、以下、本稿では誌面節約のため、一般的に使われている略称「スパコン」を使うことにする（不本意ではあるが）。

スパコンは一般的なコンピュータ、たとえばノートPCやデスクトップPCと何が異なるのか？一言で言えば、「演算能力・メモリ性能・メモリ容量・ネットワーク性能・ディスク容量といった、コンピュータの基本的な構成要素がすべて桁違いに大きかったり高速だったりする『スーパーな』コンピュータ」である。時代でいえば、1970年代初頭（当時はまだパーソナルコンピュータもなかった）に、当時の大型計算機の性能をはるかに上回る、特に科学技術計算の性能（浮動小数点の数値計算）がきわめて高い特殊な計算機として製造された。当然、一般的な計算機とは作りが異なり、複雑な浮動小数点演算を高速に処理するためのパイプライン処理や並列処理技術が導入されており、また一般的なユーザを対象としていないことから販売台数も限られ、非常に高価なシステムであった。現在のスパコンの構成（アーキテクチャ）はさまざまな方式があり多岐に

渡るが、それらについては本稿の各章で詳しく述べられている。

スパコンの性能と高性能計算

スパコンは一般的なコンピュータに比べ何が「スーパー」なのか、先述したようにさまざまな尺度があり得るが、最も重要なのは「浮動小数点演算性能」である。Floating-point Operations Per Second を略し、FLOPS（フロップス）と呼ばれる単位で示される。1秒間に浮動小数点演算1回を処理できれば1FLOPSということになる。

通常のPCには汎用CPUが備わっているが、こういったCPUのFLOPS値は1CPUあたり数～十数GFLOPS程度である。ここでGは「ギガ」のことで 10^9 である。コンピュータの演算性能やメモリ容量は非常に大きいため、補助単位としてM, G, T, P等が使われる。それぞれ「メガ (10^6)」「ギガ (10^9)」「テラ (10^{12})」「ペタ (10^{15})」と呼ぶ。

では、現在の世界トップレベルのスパコンの性能はどれくらいだろうか。TOP500リスト¹⁾と呼ばれる、世界のスパコンの性能ランキングの一覧があり、毎年6月と11月に更新される。歴史は古く、25年以上の間、リストの更新が続けられている。TOP500リストにおけるスパコンのランキングは、「理論的に達成可能な最高性能（理論ピーク性能）」ではなく、大規模連立一次方程式をガウス

の消去法に基づいて解いた場合の FLOPS 値を求めるベンチマーク、「LINPACK」によって決定される。図-1に、2019年6月のTOP500リストから得られるスパコンの性能向上グラフを示す。横軸は年代、縦軸はFLOPS値であるが、対数スケールのFLOPS値がほぼ直線的に伸びていることで、いかに性能向上が凄まじいかがうかがえる。3つの線は「第1位」「第500位」「1位から500位までの性能の総和」を表している。本稿のいくつかの章で述べられているように、現在のスパコンは超並列方式と呼ばれ、CPUを千台～百万台規模で集約した構成を取る。さらに、各CPUの性能が一般的なそれに比べきわめて高く、それらの技術の集大成がこの性能をもたらしている。

このようにきわめて高いスパコンのFLOPS性能はなぜ求められるのか？ 現在、さまざまな分野での高精細シミュレーションが日常的に行われている。一例として数値気象予報を挙げる。3次元空間上の空気の流れはNavier-Stokes方程式と呼ばれる偏微分方程式で表されるが、これを解析的に解くことは難しい。そこで、空間を細かい「網の目」(メッシュ)に区切り、その各点における気圧や温度等の物理的変数を数値化し、これを数値積分によって解くことで気圧の変化や、雲の元となる水分子の密度等を詳細にシミュレーションすることができる。もう1つの例として、宇宙における銀河のシミュレ-

ーションでは、引力や化学反応等の現象を方程式で表現し、これを数値的に計算することで銀河の成り立ちやビッグバン後の星の形成等を数値的に再現する。いずれの場合も、詳細なシミュレーションのためには膨大な量の数値計算が必要で、浮動小数点を用いる必要がある。さらに、演算精度に関しても倍精度浮動小数点(64bit)が求められる場合も多い。

このような数値シミュレーションに求められるFLOPS値はきわめて高く、これを実用的な時間(明日の天気予報に3日間かかっては困る!)で処理するためにはスパコンが必要なのである。このような数値計算に基づく科学・工学を「計算科学」「計算工学」と呼ぶ。そして、このような高い演算能力を求めるアプリケーション分野を支える、ハードウェア技術からアプリケーション性能チューニング技術までをまとめて、広く「高性能計算(HPC: High Performance Computing)」と呼ぶ。なお、Computer Scienceという言葉は計算機科学(計算機のための科学)と訳されるが、計算科学の英語はComputational Scienceであり、「計算機によって推進される科学」という意味になる。

また、近年では、従来からあるこのような浮動小数点演算に基づくアプリケーションだけでなく、AI(人工知能)研究の現実的手法としての深層学習(Deep Learning)等にもスパコンが多用されており、その役割はますます広がっている。

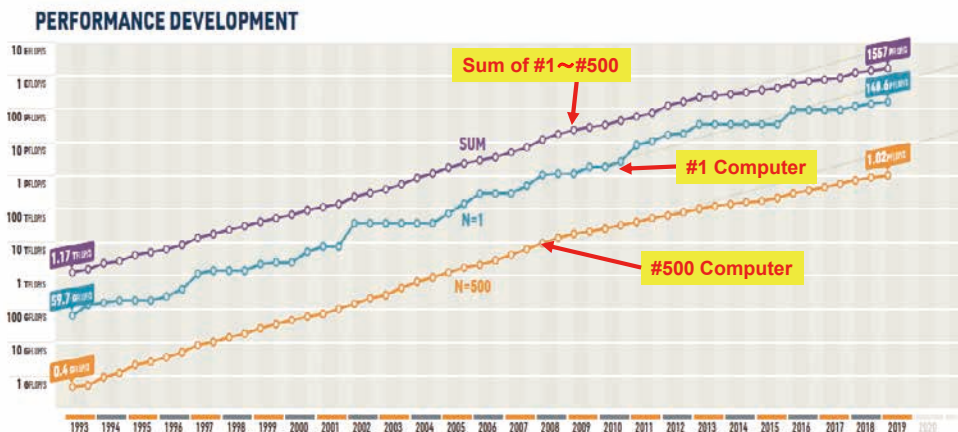


図-1 TOP500 リストにおけるスパコン性能の変遷

日本におけるスパコンの配置

TOP500 リストにおける日本のスパコンの位置付けは当然気になるところだが、その前に日本におけるスパコンの配置について概説する。従来、スパコ

ンはきわめて高性能かつ高価な特殊な計算機である。したがってこれを配備してユーザに提供するのは一般の計算機センターには難しく、国内でも有数の計算センターに設置されている。国家プロジェクトによるフラッグシップスパコンとして構築された「京」コンピュータは、世界初のLINPACK性能10PFLOPSを達成したマシンである（「京」の意味の1つが $10^{16}=10$ ペタであった）。「京」の運用母体は神戸にある理化学研究所・計算科学研究センター（「京」完成時点の名称は計算科学研究機構）であり、文字通り日本最高性能のスパコンを有するセンターである（以下、R-CCSと略す）。

このように理研のR-CCSは特別であるが、これ以外に9つの国立大学（北大、東北大、筑波大、東大、東工大、名大、京大、阪大、九大）のそれぞれに大規模計算センターまたは情報基盤センターと呼ばれる計算センターがあり、それぞれが1台以上のスパコンを管理運用している。それ以外に、いくつかの国立研究所がスパコンを管理運用している。そのほとんどは文部科学省の組織であるが、経済産業省組織として産業技術総合研究所がABCi（AI Bridging Cloud Infrastructure）システムを管理運用しており、2019年6月時点でこのマシンがTOP500リストにおける国内最高性能スパコンである。また、かつて世界最高性能スパコンであった「地球シミュレータ」を保有していた海洋研究開発機構（JAMSTEC）等もある。さらに、これら以外に比較的小規模のスパコンを有する大学および研究所が存在する。

各センターはそれぞれ独自のスパコン共用プログラム（どのように利用者を募集・選定・資源配分するか）を持っており、多くは有償利用であるが、一部のセンターおよびプログラムでは一定の条件下で無償での利用も提供している。また、一般的な科学技術研究のほかに企業向けの利用も促進している場合が多い。

HPCI～スパコンの共用に関する枠組み

R-CCSの「京」コンピュータは2019年8月中旬に運用が終了したが、それまではナショナルフラッグシップマシンとして国内における中心的存在であった。また、前述した9つの国立大学法人のスパコンセンターでは全国のスパコンを必要とするさまざまな分野の科学・工学研究者や企業の研究者を対象とし、スパコンを共用するためのプログラムが用意されている。

現在、国内の主要スパコンは超高速ネットワークで結ばれ、さらに大容量の共有ファイルシステムに接続され、ユーザが複数のスパコンを効率的に利用する仕組みが用意されている。その基本となるのが文科省が運用する「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ（HPCI：High Performance Computing Infrastructure）」である。

日本におけるHPCIの生い立ちにはある特殊な経緯があった。「京」コンピュータの開発が進む中、2009年11月13日（金）に行われた事業仕分けにおいて、ナショナルフラッグシップマシンである同システムの開発が凍結されそうになった。しかし、その後の議論で「一部の特定の研究者だけのスパコンではなく、国内の多数の研究者が使えるものにする」という方向が示され、結果として広い研究分野に跨る多数の研究者にとって使いやすいスパコンの開発とその利用ネットワークを構築するという計画が持ち上がった。この基本となる枠組みがHPCIである。この経緯およびHPCI誕生に至る文科省での議論については文献2)を参照されたい。

結果として、HPCIは日本のスパコン資源の共用、その位置付け、さらに今後のスパコンの開発にまで関係する重要な枠組みとなっている。HPCIは単にスパコン同士をつなぐネットワークではなく、東西の2拠点にそれぞれ巨大な共用ファイルシステムを整備し、HPCIに属するすべてのスパコンのユーザがこれを利用できる仕組みになっている。また、ス

パソコン間のログインやジョブ実行、さらにファイル共有を容易にするシングルサインオンの仕組みも提供されている。

HPCIは文科省が運営しているが、その基本的な考え方や運用はスパコンを提供する組織とスパコンを利用するユーザコミュニティの双方の議論によって進められる。これを束ねる組織として「HPCIコンソーシアム」が設立され、その下に各種部会、またHPCIに属するスパコン提供機関を中心とする「HPCI連携サービス委員会」が組織され、HPCI関連組織間の調整やスパコンの利用状況等の情報整理を行っている。

「京」コンピュータはもちろん、9つの国立大学のセンターのスパコン、さらにいくつかの国研のスパコンがHPCIにリソースを提供している。しかし、これらのスパコンのすべてのリソース（CPU時間）がHPCIに供出されているわけではなく、それぞれのセンターは独自の利用プログラムとHPCIの下での利用を併用している。HPCIでは年1回（「京」に関しては年2回）の利用申請を受け付け、計算科学・計算工学上の重要な研究のためにスパコン資源が提供される。このスパコン利用は一部を除いて無償である。その代わりに、全申請は書類および合議による審査にかけられ、その科学的重要性やスパコン利用計画の妥当性等が審議され、最終的なリソース量が決定される。HPCIの利用プログラムでは、申請プロジェクトはHPCI下の複数のスパコンを利用することも可能であり、HPCIの共用ストレージはこういったスパコンの連携利用で大きな威力を発揮する。また、大規模シミュレーションではその計算結果のデータ量も膨大になるため、プロジェクト遂行期間にデータを保存することも共用ストレージの重要な役割である。

「富士山」と「八ヶ岳」

「京」コンピュータはナショナルフラッグシップ

スパコンであり、その利用はHPCIを中心として行われてきた。一方、国立大学を中心とするスパコンの設置は、基本的に各大学のポリシーに委ねられており、どの程度の予算および規模のマシンを、どのようなアーキテクチャに基づいて構築するかは各大学によって決められている。本稿の以降の章では、代表的なスパコンアーキテクチャについて詳しく述べられているが、そのようなバラエティに富む多種に渡るスパコンを利用できるのもHPCIの強みといえる。

「京」コンピュータ、そして現在開発中の次世代のナショナルフラッグシップスパコンである「富岳」（名称が確定するまでは『ポスト「京」コンピュータ』と呼ばれていた）は国内で唯一のフラッグシップであり、いわば孤立峰である「富士山」のような存在であるといえる。これに対し、それ以外の国立大学等のHPCI下のスパコン群は、さまざまな個性やサイズのマシンが混在していることから「八ヶ岳連峰」のような存在と考えることができる。八ヶ岳という山は存在しないが、さまざまなスパコン群が1つの集合としてHPCIの下に束ねられている状況をなぞらえてこのように呼ばれている（その意味で、ポスト「京」コンピュータに「富岳」という名称が付けられたことはきわめてストレートであるといえる）。

日本の計算科学・計算工学の発展にとって、富士山と八ヶ岳連峰はどちらも重要である。「京」コンピュータや「富岳」は1台しかなく、いかにその絶対的性能が高いとはいえ、多数のユーザが共用することでユーザあたりの資源量には限りがある。また、アプリケーションによっては演算加速装置（GPU等）が効率的に利用でき、「京」コンピュータ並みの計算をよりコンパクトなシステムで実行できる可能性もある。したがって、両者はともに重要なのである。

HPCIではフラッグシップマシン以外のスパコン群を「第二階層（Tier-2）」と呼んでいる。これはそれらのマシンが「京」コンピュータより下位にあ

るという意味ではなく、便宜上「京」と区別するためにそう呼ばれているだけである。先述したように、第二階層スパコン群は各運営組織のポリシーで導入されるが、それぞれはHPCIを支える重要な計算資源である。そこで、文科省では第二階層の各スパコンを運用する組織に情報を求め、今後の国内におけるスパコンの配備計画をまとめている。各組織は、今後数年間のスパコンの入れ替え計画を性能(FLOPS)や予想消費電力、さらにどのようなアーキテクチャで進めるかといった情報を共有しており、この情報は一般にも公開されている。表-1に2019年9月現在でHPCIに資源を提供している第二階層スパコンの一覧を示す。なお、1大学が複数のシステムを提供している場合もあり、この表では代表的なシステム(最大性能のもの)を示している。

第二階層のシステム群は「京」コンピュータに比べ一見、下位に位置づいているように見える。しかし、実際には「京」の利用を希望するユーザは非常に多く、また「京」の全資源がHPCI向けに提供されているわけでもない。また、2019年8月に運用を停止した「京」の性能を上回るシステムも複数存在している。このため、HPCIプログラムは「京」と第二階層が支え合いながら進められており、ど

らの階層も重要な資源である。実際、2019年8月に「京」コンピュータが運用終了し、その後「富岳」が実用になるまでの間、八ヶ岳連峰、すなわち第二階層スパコン群の役割は非常に重要になるのである。

日本のスパコンの今後

次期ナショナルフラッグシップスパコンであるポスト「京」コンピュータ＝「富岳」は2021年度から本格運用される計画で、そのときにはもちろんHPCIプログラム等を通じて最先端・超大規模シミュレーションに供されるだろう。「富岳」はすでにその設計を終え、ハードウェアの構築やシステムソフトウェア、さらにアプリケーションソフトウェアの開発が急ピッチで進められている。

一方、第二階層スパコン群も前述のような形で各組織での配備が計画されている。これらのスパコンはフラッグシップマシンとは異なり「一から作成」しているわけではない。しかし、プロセッサや演算加速装置に何をを用いるか、並列処理ネットワークはどうするか、ストレージはどうするか等、幅広い設計点があり、各組織のポリシーが大きく反映されたものとなる。図-2に、2019年7月時点での第二階層スパコン群の導入計画の一覧を示す。もちろん、

これは各組織における現時点での計画であり、必ずしもその通りになる保証はない。しかし、日本のスパコンの今後の発展に対する一定の指標を与えるものであることは確かである。

HPCIでは、今後の日本のスパコン開発がどのような形で進められるべきであるという「提言」も行っている³⁾。あくまで提言であるため、これが国のスパコン開発に直接反映されるわけではないが、有識者による重要なメッセージであることは間違いない。

「富岳」を始めとするスパコンは超並

表-1 現在運用中のHPCI一般利用課題で利用できる第二階層システム(複数のシステムを提供している機関については最大性能のものを掲示)

大学/機関	マシン名称	プロセッサ アーキテクチャ	プロセッサ型番
北海道大学	Grand Chariot	マルチコア	Intel Xeon
東北大学	SX-ACE	ベクトル演算加速	NEC SX-ACE
筑波大学	Cygnus	GPU+FPGA	NVIDIA Tesla V100 + Intel Stratix10
JCAHPC (筑波大学+ 東京大学)	Oakforest PACS	メニーコア	Intel Xeon Phi
東京大学	Oakbridge-CX	マルチコア	Intel Xeon
東京工業大学	TSUBAME 3.0	GPU	NVIDIA Tesla P100
名古屋大学	PRIMEHPC FX100	マルチコア	富士通 SPARC64 XIfx
京都大学	Camphor 2	メニーコア	Intel Xeon Phi
大阪大学	OCTOPUS	GPU	NVIDIA Tesla P100
九州大学	ITO サブシステム A	マルチコア	Intel Xeon
海洋研究開発機構	地球シミュレータ	ベクトル演算加速	NEC SX-ACE

列方式を取っており、きわめて高性能な演算装置を数千～百万という単位で集約して構成される。今後のさらなる性能向上を目指すとき、単体の演算装置の性能の限界や消費電力の限界、そしてその結果としての電力あたり性能の限界、さらにネットワーク結合における台数の限界等、あらゆる面でこれまで以上に厳しい条件が見えてきている。特に、いわゆる「ムーアの法則」と呼ばれる半導体微細加工技術の限界や、大規模システムの部品点数から来る耐故障性の問題等、さまざまなチャレンジが待ち受けている。

それでも、スパコンと高性能計算の研究者たちはその性能はさらに向上すると信じている。すでに世界最高性能スパコンの性能は100PFLOPSを超えており、当然次の目標は1EFLOPS (Exa-FLOPS)ということになるが、これが時間の問題であることは疑いようがない。しかし、その先、すなわち「post-Exa」時代のスパコンがどのような技術に

よって構築されるのか、あるいはそもそも本当に可能であるのかについては現時点ではほぼ未知数といえる。それでも研究は進められ、新しい技術による革新が起きることに大いに期待したい。

参考文献

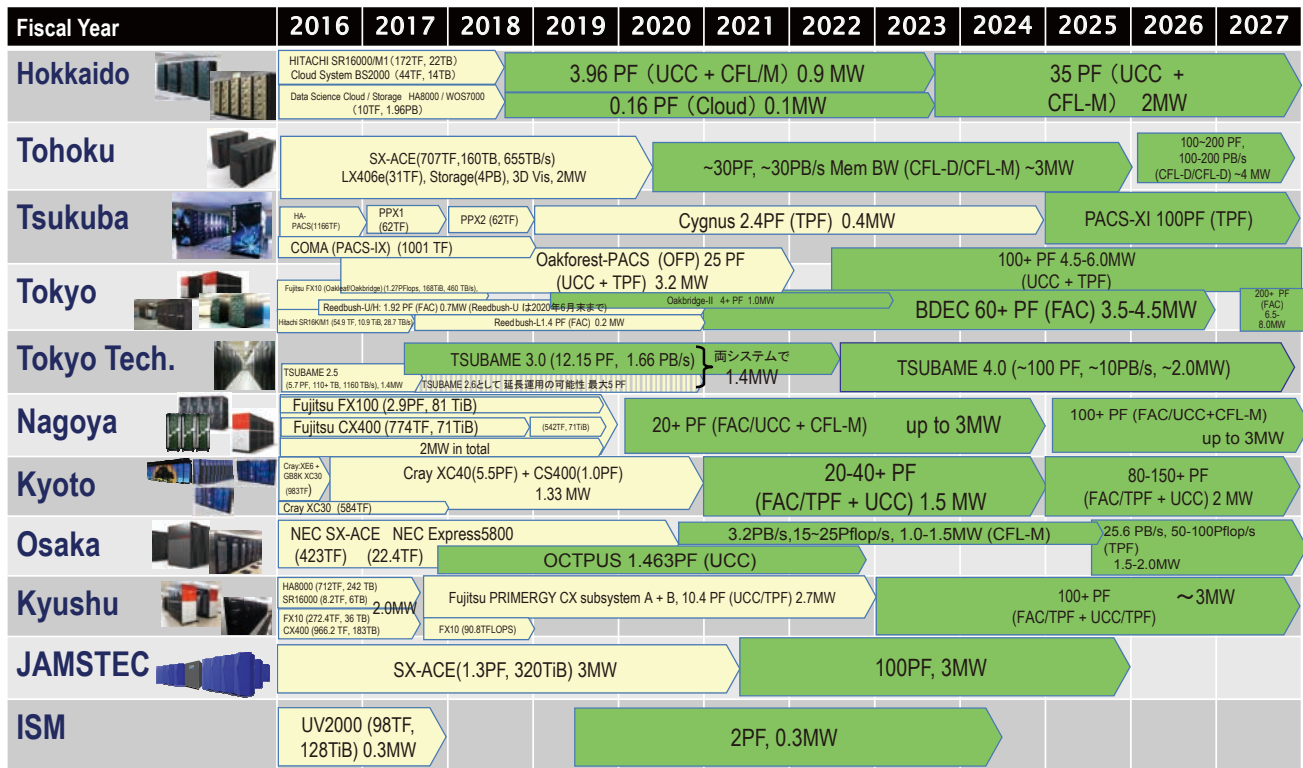
- 1) <http://www.top500.org>
- 2) 衆議院決算行政監視委員会における行政監視に基づく事業の見直しに関する対応状況について、http://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/jouhou/1325199.htm
- 3) ポスト「京」による成果創出に向けた提言、https://www.hpci-c.jp/news/file/190624_HPCIC_teigen_01.pdf (2019年8月28日受付)

朴 泰祐 (正会員) taisuke@ccs.tsukuba.ac.jp

慶應義塾大学大学院理工学研究科電気工学専攻修了、工学博士 (慶應義塾大学)。現筑波大学計算科学研究センター長、同大学院システム情報工学研究科 教授。現HPCI連携サービス委員会委員長。超並列アーキテクチャ、相互結合網、クラスタ計算に興味を持つ。2011年ACM GordonBell賞共同受賞。IEEE、ACM各会員。

田浦健次朗 (正会員) taura@itc.u-tokyo.ac.jp

東京大学情報基盤センター長、同大学院情報理工学系研究科 教授。並列計算、分散計算、高性能プログラミング言語やその実装などに興味を持ち、効率的なスレッド処理系、負荷分散、自動ゴミ集め、分散計算基盤の構築などに取り組む。ACM、IEEE各会員。



電力は最大供給量 (空調システム含む)

図-2 HPCI 第二階層システムにおけるシステム配備計画

「京」の後の時代を支えるスパコン

② 次期フラッグシップスーパーコンピュータの概要—スーパーコンピュータ「富岳」



石川 裕 | 理化学研究所計算科学研究センター

佐藤三久 | 理化学研究所計算科学研究センター

新庄直樹 | 富士通 (株)

清水俊幸 | 富士通 (株)

概要

文部科学省が行った2012年からの2年間プロジェクトである「将来のHPCI^{☆1}システムのあり方の調査研究」の成果を基に2014年からフラッグシップ2020プロジェクト (FLAGSHIP2020 Project) が開始された。本プロジェクトは、(1) スーパーコンピュータ (以下、スパコン) 「京」の後継機の開発・整備、および (2) 開発した後継機を用いて重点的に取り組むべき社会的・科学的課題 (重点課題) に向けたアプリケーションの開発から構成され、2021年頃に後継機の共用^{☆2}が開始する予定である。プロジェクト開始時、後継機の名称は決まっていなかったため、ポスト「京」という名前を使用していた。ポスト「京」の開発においては、世界最高水準の消費電力性能、計算能力、ユーザの利便・使い勝手の良さ、画期的な成果の創出というシステムの特徴を兼ね備えた、総合力のあるスパコンを実現すべく、(1) システムの消費電力を30~40MWとし、(2) いくつかの実アプリケーションにおいて、「京」の100倍の性能を達成できること、をシステムの性能目標とした。なお、「京」の消費電力は2011年11月TOP500リストのベン

チマーク計測において約12MWだった。

ポスト「京」の開発は理化学研究所 (以下、理研) に委託され、理研は開発企業を公募し、富士通 (株) (以下、富士通) を開発パートナーに選び、また、文部科学省が選定した9つの重点課題実施機関とともにハードウェアとソフトウェアのコーデザイン (協調設計) を進めた。コーデザインにおいては、各重点課題実施機関からアプリケーションを選定してもらい、それらターゲットアプリケーションの実行効率を高めるべく、ハードウェア、ソフトウェアの設計を進めた。ターゲットアプリケーションのリストを表-1に示す。

2018年夏には富士通において試作機が完成しハードウェア試験が実施され、さらに、現在、システムソフトウェアの開発・試験が進んでいる。試作機によるターゲットアプリケーションの性能予測で

表-1 ターゲットアプリケーション

	名前	概要
①	GENESIS	タンパク質構造予測
②	Genomon	ゲノム解析
③	GAMERA	地震シミュレーション
④	NICAM+LETKF	ビッグデータとシミュレーションによる気象予測
⑤	NTChem	第一原理量子化学計算
⑥	ADVENTURE	大規模計算力学システム
⑦	RSDFT	第一原理計算電子状態計算
⑧	FrontFlow/blue	Large-Eddy Simulation (乱流シミュレーション)
⑨	LQCD	Lattice QCD (量子色力学)

☆1 High Performance Computing Infrastructure の略。

☆2 「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」に基づき設置・運用されます。

は、ターゲットアプリケーションのうち2つのアプリケーションが「京」の100倍以上の性能を達成する見込みである¹⁾。また消費電力に関しても目標値を達成する見込みである。ユーザの利便・使い勝手の良さについては、「京」と互換性のあるOpenMP^{☆3}によるノード内スレッド並列とMPI^{☆4}によるノード間並列プログラミングモデルを踏襲していること、また、標準的Linux Distributionの利用、オープンソース管理ツールの採用、仮想マシン、システムが提供する実行環境以外のユーザが望む実行環境を利用可能とするコンテナ技術などを導入することによりユーザの利便性を上げている。2019年5月、名称公募の末、スーパーコンピュータ「富岳」という名称が正式に決まった。「富岳」は富士山の異名で、富士山の高さが「富岳」の性能の高さを表し、また富士山の裾野の広がり「富岳」のユーザの拡がりを意味する。本稿では、「富岳」のハードウェアおよびソフトウェアの概要を紹介する。

ハードウェア

プロセッサ

富岳のプロセッサアーキテクチャは、本稿冒頭で述べた「将来のHPCIシステムのあり方の調査研究」の中の「レイテンシコアの高度化・高効率化による将来のHPCIシステムに関する調査研究」における成果²⁾が基になっている。この調査研究において、

表-2 A64FX 諸元

命令セット アーキテクチャ	Armv8.2-A SVE (512bit)
計算コア数と性能	48 + 2/4 アシスタントコア 倍精度: 2.7 TF 以上, 単精度: 5.4 TF 以上, 半精度: 10.8 TF 以上
キャッシュ・メモリ	L1D: 64 KiB, 4way, 230 GB/s (load), 115 GB/s (store) L2: 8 MiB, 16way, 115 GB/s (load), 57 GB/s (store)
主記憶	HBM2 容量 32 GiB, バンド幅 1024 GB/s
インターコネク	Tofu Interconnect D (28 Gbps × 2 lane × 10 port)
I/O	PCI-Express Gen3 x16
半導体技術	7nm FinFET

☆3 コンパイラ指示文によりスレッド並列化する標準規格。

☆4 通信ライブラリ標準規格。

低電力型、高周波数型、高IPC (Instruction Per Clock) 型、行列積加速型を含む8つのタイプのアーキテクチャを検討した。SIMD (Single Instruction Multiple Data) 演算幅、演算回路数、キャッシュ容量、コア数、コア接続方式など基本要素について、ターゲットアプリケーション候補になっていたアプリケーション群に対してそれぞれのアーキテクチャにおける性能推定を実施し、アーキテクチャを絞り込んでいった。プロジェクトが開始するとターゲットアプリケーション群に対して同様の手法で基本アーキテクチャを決定し詳細化していった。

表-2に「富岳」のプロセッサ、富士通 A64FX³⁾の仕様の概要を示す。プロセッサチップは、7nm FinFETの半導体技術を使い、アプリケーションが使用する48コアのCPUとインターコネクネットワークであるTofu Interconnect D (TofuD) インタフェース、I/OのためのPCI Expressインタフェースが搭載されたメニーコア・プロセッサである。図-1はチップのダイ写真である。12コアごとにグループ化され、これをCMG (Core Memory Group) と呼んでいる。同一CMGにあるコアはそれらのコア間で共有されるL2キャッシュとHBM2 (High Bandwidth Memory 2) と呼ばれるメモリ

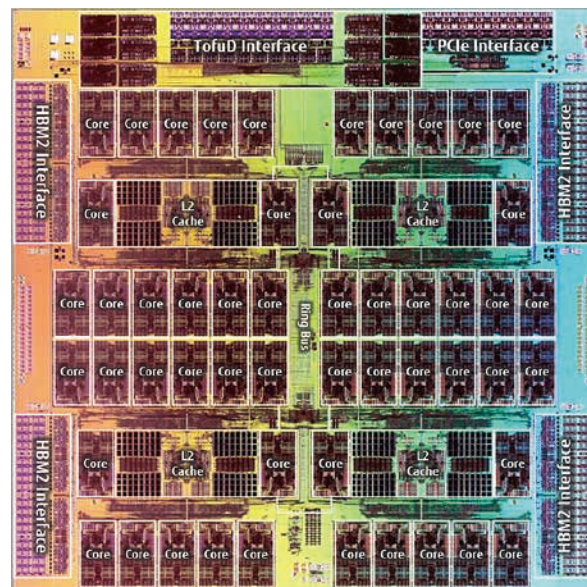


図-1 A64FX チップのダイ写真

を接続するメモリコントローラに接続されている。CMGは、チップ内のネットワークで接続されており、CMG間においてメモリは共有される。CMGには12コアに加えて1つのアシスタントコアとよばれるコアがオペレーティングシステムのデーモンプロセスやI/O処理専用コアとして実装されている。命令セットは、Arm社の64bitアーキテクチャArmv8.2-Aに高性能計算のためのSIMD命令仕様であるSVE (Scalable Vector Extension)²⁾が採用されている。SIMD幅は512bitで、8つの倍精度浮動小数点(64bit)データを同時に演算でき、2.7TFLOPS以上の理論性能を有する。

主記憶として採用されているHBM2は、シリコン基板上にメモリチップをSi貫通電極(TSV: Through-Silicon Via)により接続した積層メモリである。1つの積層メモリあたり256GB/sのメモリバンド幅を持つ。CPUには4つの積層メモリが接続されており、全体では32GiBの容量、1024GB/sのメモリバンド幅を有する。外部接続されるDDRメモリはない。TofuDは、「京」のネットワークであるTofuインターコネクと同様の6次元メッシュ/トーラストポロジを採用している。

表-3に「富岳」と「京」の性能比較を示す。「京」は2011年に完成したシステムであり、全系性能は約11PFLOPSある。「富岳」は400以上のラックから構成される予定であるが、そのうちの10ラックでほぼ「京」全体の性能を有することになる。

SVE

SVE^{☆5}はArm社が富士通の協力を得て策定したHPCアプリケーションのためのArmv8で拡張されたSIMD命令セットである。以下の特徴を持つ。

☆5 Arm limited, "ARM Architecture Reference Manual Supplement - the Scalable Vector Extension (SVE), for Armv8-a." 2018, <https://developer.arm.com/docs/ddi0584/latest/arm-architecture-reference-manual-supplement-the-scalable-vector-extension-sve-for-armv8-a>

(1) ベクトル長非依存プログラミング (Vector-length agnostic programming) が可能。VLと呼ばれるレジスタにSIMD命令のベクトル長が格納されており、各命令はこれを参照して動作する。これにより1つのバイナリを異なるベクトル長のハードウェアで動作させることができる。

(2) SVEのほとんどのSIMD演算命令は、ベクトルの各要素を演算するかしないかを制御する機構があり、これを駆使することによってコードをコンパクトにすることができる。たとえば、SIMD命令を使ったループの最初と最後の処理を簡単にすることができる。

(3) アドレスをベクトル要素として持つオペランドとして、複数のメモリアドレスの要素を読み書きする、Gatherロード命令、Scatterストア命令がある。

(4) ベクトル要素のデータ型は、FP64(倍精度浮動小数点)、FP32(単精度浮動小数点)に加えてFP16(半精度)やINT8(8ビット整数)のデータ型がある。FP16やINT8を使って、機械学習等のAIアプリケーションを加速することが可能である。

基本性能

倍精度浮動小数点行列計算DGEMMの性能およびSTREAMベンチマークプログラムの中のTriad($a[j] = b[j] + \text{scalar} * c[j]$ の計算)の性能はそれぞれ以下のとおりである。

- DGEMM : 2.5+ TFLOPS
- STREAM Triad : 840 GB/s

また、図-2に示す通り、1ノードにおけるHimeno

表-3 「富岳」と「京」の比較

		「富岳」	「京」
CPUアーキテクチャ		A64FX	SPARC64 VIIIfx
ノードあたり	コア数	48	8
	理論倍精度浮動小数点演算性能	2.7 TFLOPS 以上	0.13 TFLOPS
	主記憶容量	32 GiB	16 GiB
	理論メモリバンド幅	1024 GB/s	64 GB/s
ラックあたり	理論ネットワーク性能	40.8 GB/s x (双方向)	20 GB/s x (双方向)
	ノード数	384	102
半導体技術	理論倍精度浮動小数点演算性能	約 1PFLOPS	約 0.013PFLOPS
		7 nm FinFET	45 nm

ベンチマーク（ポアソン方程式をヤコビの反復法で解くプログラム）、WRF ベンチマーク（気象予測系プログラム）の性能が測定されており高い性能を発揮している。

ハードウェア構成

図-3 に示す通り「富岳」本体は計算ノードと計

算およびI/O処理を行う計算兼I/Oノードから構成され、15万ノード以上（理論倍精度浮動小数点演算性能400PFLOPS以上）が設置される予定である。予想ピーク演算・メモリ性能を表-4に示す。計算兼I/Oノードにはユーザ用ストレージが搭載されている計算兼ストレージI/Oノードがあり1.6TBのSSDが搭載される。計算ノードのアシスタ

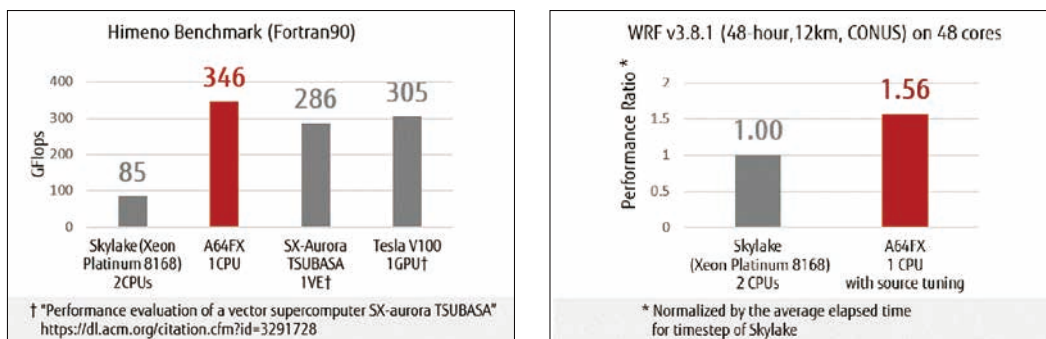


図-2 Himeno ベンチマーク, WRF ベンチマークの結果

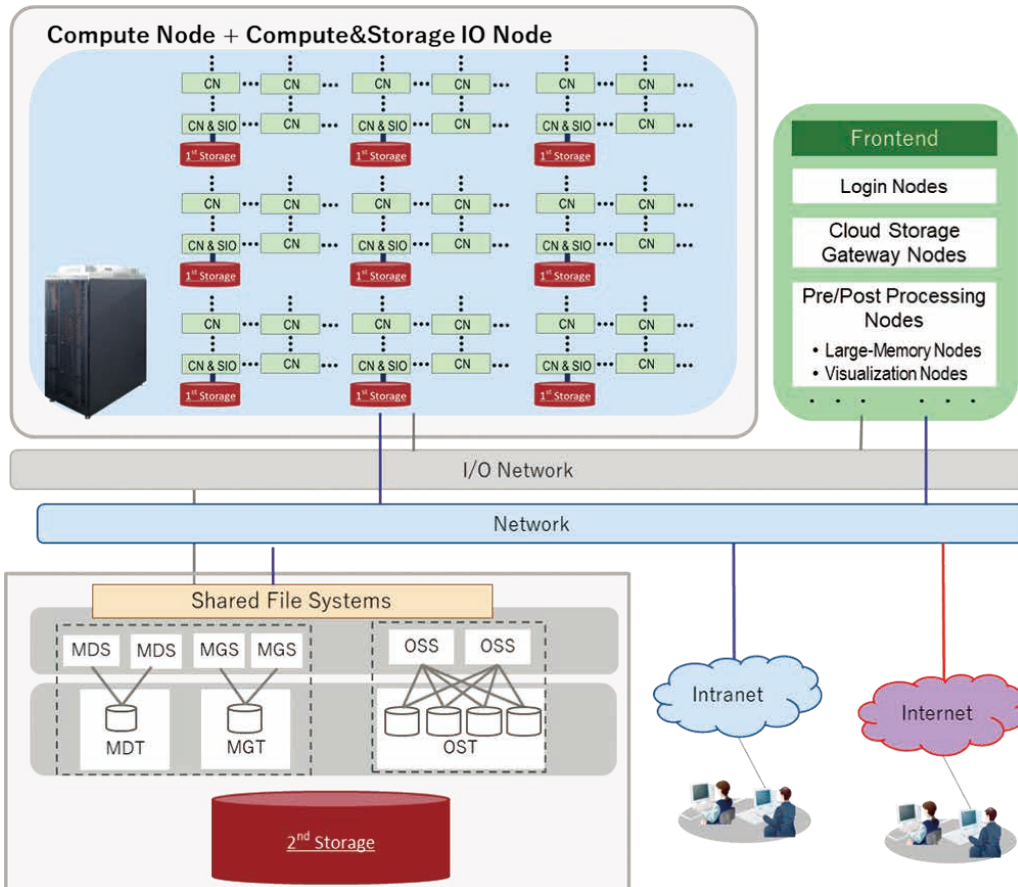


図-3 「富岳」ハードウェア構成概要

ントコアは2基、計算兼ストレージ I/O ノードのアシスタントコアは4基である。これらコアは他の48コアと同じ仕様である。16台の計算ノードごとにそのうちの1台が計算兼ストレージ I/O ノードとして構成される。

ストレージシステムは2階層構成とし、第1階層を計算兼ストレージ I/O ノードに搭載されているストレージ、第2階層として約150PB容量を有する共有並列ファイルシステムを提供する。

本体システムに接続されるネットワークは共有ファイルサーバに接続するネットワーク、フロントエンドに接続するネットワークなどから構成される。フロントエンドネットワークから日本全国の大学、研究機関等の学術情報基盤ネットワークであるSINETに接続される。

将来の拡張性についての検討

一部の計算ノードのPCI Express 経由で他のデバイスに接続しバッチジョブ運用できるように検討を進めている。たとえば、将来、アプリケーション実行に特化した高性能FPGA クラスタを接続し、「富岳」の計算ノードとともに協調計算できるような仕組みをバッチジョブシステムに組み込んでいる。

ソフトウェア

ソフトウェアスタックの概要を図-4に示す。「富岳」は「京」同様LinuxをOSとして採用している。「京」のプロセッサアーキテクチャであるSPARC向けのLinux Distributionは存在しなかった。このため「京」ユーザがLinux系ツールやライブラリを利用したいときは、ソースコードを入手してコンパイルしなければならなかった。「富岳」ではRed Hat Enterprise Linux 8によりツールなどのソフトウェアが整備さ

れ「京」のような不便さは解消される。

また、ますます、さまざまなオープンソースの活用が見込まれるが、同一ソフトウェアでもユーザによって異なるバージョンを利用したい、あるいは、新しいシステムソフトウェアを利用したい、などさまざまな要求が出てくるだろう。これらのニーズに応えるべく「富岳」においては、オープンソース管理ツール、仮想マシン、コンテナなどを導入する。

プログラミング言語・ライブラリ

富士通製コンパイラとして以下のプログラミング言語環境が提供される。

- Fortran 2008 と Fortran 2018 の一部仕様
- C11仕様ならびにGNU およびClang^{☆6} 拡張
- C++14 と C++17 の一部仕様ならびにGNU およびClang 拡張
- OpenMP4.5ならびにOpenMP 5.0の一部仕様

☆6 オープンソースコンパイラの1つ。

表-4 総演算・メモリ性能

	「富岳」	「京」
総倍精度浮動小数点演算 (64bit)	400 PFLOPS 以上 (34 倍以上)	11.3 PFLOPS
総単精度浮動小数点演算 (32bit)	800 PFLOPS 以上 (70 倍以上)	11.3 PFLOPS
総半精度浮動小数点演算 (16bit)	1,600 PFLOPS 以上 (141 倍以上)	—
総メモリバンド幅	150 PB/sec 以上 (29 倍以上)	5,184TB/sec

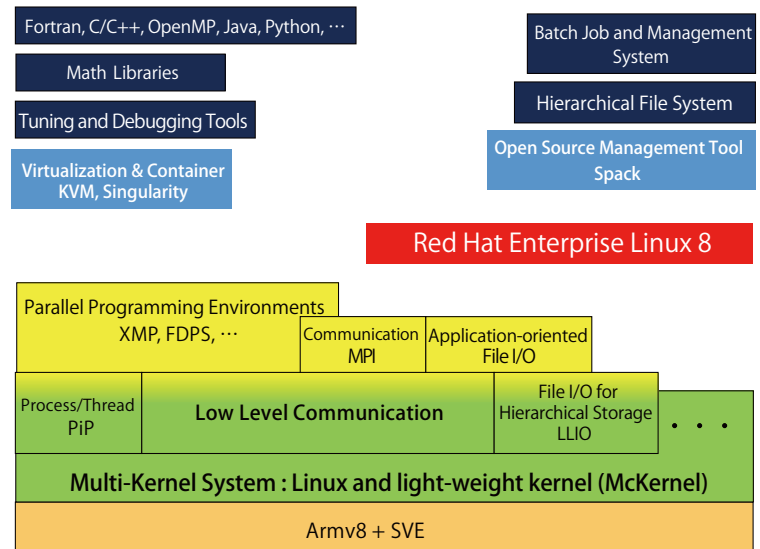


図-4 ソフトウェアスタックの概要

富士通製コンパイラに加えてGCC, LLVM, Arm製コンパイラも利用できる。また, Java, Ruby, Python (NumPy や SciPy 等のモジュールを含む) は富士通製コンパイラによる最適化された環境が提供される。

さらに, 理研が開発している XcalableMP 言語^{☆7}, FDPS ライブラリ^{☆8} が提供される予定である。XcalableMP は, Fortran, C および C++ の拡張として定義される PGAS 言語であり, 指示文に基づく平易なグローバルビュー並列化と, Fortran 2008 から導入された Coarray 機能に基づく, より精密なローカルビュー並列化の両方を提供する点を特徴とする。

FDPS は粒子法の大規模並列化を容易にするフレームワークであり, 粒子を表すクラスおよび粒子間相互作用を計算する関数を与えると, それらを使って

- 分散メモリ並列化のための領域分割
- 粒子のノード間移動
- 粒子間相互作用の計算

を効率的に行う MPI および OpenMP 並列化された関数群を生成する。アプリケーション開発者は C++, Fortran, C 言語からこれら関数を呼び出すことで, 開発者が並列化プログラミングしなくても高性能なプログラムを容易に開発できる。

数値計算ライブラリ

数値計算ライブラリとして, 富士通により BLAS (行列とベクトルに関する基本線型代数ライブラリ), LAPACK (線型計算のための数値解析ライブラリ), ScaLAPACK (並列版線型計算のための数値解析ライブラリ), 富士通製数値計算ライブラリである SSLII が提供される。また, 理研は 150K ノード規模の高並列環境下でのスケーラビリティや小規模問題に対応したライブラリについても開発を進め

ており, 固有値ソルバ EigenExa, 分散並列行列積ルーチン 2.5D-PDGEMM, バッチ BLAS カーネル BatchedBLAS が理研より提供される予定である^{☆9}。

通信ライブラリ

MPI 通信ライブラリの実装として, Open MPI, MPICH と呼ばれる 2 つの流れがある。富士通製通信ライブラリは Open MPI をベースにしている。理研は MPICH をベースにした通信ライブラリを開発してきており MPICH も「富岳」で利用できるようになる予定である。

プログラム開発支援環境

統合開発環境 (IDE) として, オープンソースである Eclipse を提供する。「京」で提供してきたデバッガ, 解析ツールはそれらの改良版が富士通により提供される予定である。また, HPC の分野で広く使われている性能解析ツール Scalasca が利用できる。

システムソフトウェア

オープンソース管理ツール

多くの並列アプリケーションはシステムごとにバイナリを作る必要がある。これはたとえばインターコネクトハードウェアには Tofu, InfiniBand, Omni-Path, Slingshot などさまざまな製品があるが, あるインターコネクト向けに作られたバイナリはほかのインターコネクトでは動作しない。このように, アプリケーションによってはソースコードからコンパイルする必要がある。これを支援するツールとしてパッケージ管理ツール Spack を導入する予定である。Spack は米国ローレンス・リバモア国立研究所 (LLNL) で開発されているツールである。

バッチジョブシステム, LLIO

「京」ではバッチジョブシステムによりユーザの

^{☆7} <https://xcalablemp.org/>

^{☆8} <http://fdps.jmlab.jp/>

^{☆9} <https://www.r-ccs.riken.jp/labs/lpnctr/projects/>

ジョブを実行する（なお、interactive 属性を付けてバッチジョブシステムに要求すると、ユーザが計算ノードを会話的に使うこともできる）。ファイルステージング手法が採用されており、ユーザはバッチジョブスクリプトに共有ファイルサーバに置かれているどのファイルを「京」のローカルストレージにコピーするのか、ジョブ実行後ローカルストレージのどのファイルを共有ファイルサーバにコピーするのかを指示する必要があった。「富岳」ではファイルステージングを採用せず、LLIO (Lightweight Layered IO Accelerator)⁴⁾ と呼ばれるソフトウェアにより第1階層ストレージをキャッシュあるいは一次ファイル置き場として利用し、第2階層ストレージとは非同期 I/O 処理することにより性能および利便性の向上を図る。

仮想マシン、コンテナ

仮想マシンとして Armv8 に対応した KVM を導入する。これにより異なる Linux バージョンの利用も可能となる。またコンテナとして Singularity を導入すべく現在動作検証を進めている。Singularity は、米国ローレンス・バークレー国立研究所で開発されているコンテナ・ソフトウェアである。

ランタイム、OS カーネル

Linux カーネルに加えて理研は、軽量カーネル IHK/McKernel^{☆10} を開発している。Linux と共存して動作し、ユーザはバッチジョブ実行時に IHK/McKernel を使うかどうか選択できる。また、理研が研究開発してきている新しいプロセス・スレッド実行モデル PiP^{☆10} も「富岳」で提供予定である。

今後の開発スケジュール

「富岳」は、「京」を撤去し同じフロアに設置される。2019年8月に「京」の運用を停止し、2019年末か

ら「富岳」の設置を開始する。2021年頃の共用開始を目指して設置・調整が続くが、2020年の4月頃から、文部科学省の成果創出加速プログラム等において限定的に利用できるよう計画している。

内閣府の総合科学技術・イノベーション会議の専門部会では、「富岳」について、Society 5.0 における研究開発基盤として活かされるようにビッグデータ、AI等のアプリケーションについても開発を促進するように指摘されており、今後、これら分野への利用促進の取り組みが進むであろう。

参考文献

- 1) 理化学研究所「富岳」関連技術情報, <https://postk-Web.r-ccs.riken.jp>
- 2) 石川 裕 他: レイテンシコアの高度化・高効率化による将来の HPCI システムに関する調査研究, 第11回戦略的高性能計算システム開発に関するワークショップ, 2014年3月, <http://www.open-supercomputer.org/workshop/sdhpc/sdhpc-11/>
- 3) 富士通「富岳」関連参考資料, <http://www.fujitsu.com/jp/solutions/business-technology/tc/catalog/>
- 4) 岡本拓也, 酒井憲一郎, 住元真司, 石川 裕: 計算ノード Burst Buffer 実現のためのデータ処理方式の検討と評価, 情報処理学会, 2018-HPC-165 巻, 7号(2017).
(2019年8月7日受付)

石川 裕 (正会員) yutaka.ishikawa@riken.jp

1987年慶応義塾大学大学院工学研究科電気工学専攻博士課程修了。同年通産省電子技術総合研究所入所。2002～2014年東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻。現在、理化学研究所計算科学研究センター、フラッグシップ2020プロジェクトリーダー。工学博士。

佐藤三久 (正会員) msato@riken.jp

2018年度より、理化学研究所計算科学研究センター副センター長。2014年より、フラッグシップ2020プロジェクト副プロジェクトリーダー、プログラミング環境研究チームリーダー。筑波大学連携大学院教授、筑波大学名誉教授、理学博士。

新庄直樹 shinjo@jp.fujitsu.com

1987年東京大学大学院理学系研究科修士課程修了、富士通(株)入社。以来、スーパーコンピュータの開発に従事。2007年次世代テクニカルコンピューティング開発本部システム開発統括部長代理、2014年同本部長。

清水俊幸 t.shimizu@jp.fujitsu.com

1988年東工大大学院理工学研究科修士課程修了、同年(株)富士通研入社、1996年米 Wisconsin 大 Madison 校客員研究員、2010年より、九州大学情報基盤研究開発センター客員教授、現在、富士通(株)次世代テクニカルコンピューティング開発本部に勤務、1993年電子情報通信学会論文賞。

^{☆10} <http://www.sys.r-ccs.riken.jp/>

「京」の後の時代を支えるスパコン

③ ABCI：世界初の大規模オープン AI インフラストラクチャ



小川宏高 | 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

ABCI の概要

国立研究開発法人 産業技術総合研究所（以降、産総研という）は、経済産業省「人工知能に関するグローバル研究拠点整備事業」（平成 28 年度二次補正）の一環として、アルゴリズム（Algorithm）、ビッグデータ（Big Data）、計算能力（Computing Power）の協調による、高度な人工知能処理を可能にする大規模で省電力のクラウド型計算システム、「AI 橋渡しクラウド（AI Bridging Cloud Infrastructure）」（以降、ABCI という）¹⁾を整備することとし、2017 年 9 月に一般競争入札による調達を行い、富士通（株）（以降、富士通）の技術の採用を決定した。以降、富士通および関連各社の協力の下、東京大学柏 II キャンパス内の産総研柏センターに新たに建設された「AI データセンター棟」²⁾への搬入・設置・システム構築・運用に向けた準備等を進め、2018 年 8 月より運用を開始した。

ABCI は、我が国の人工知能技術開発のためのオープンなリーディングインフラストラクチャとして、人工知能分野の最重要課題への挑戦、特に画像認識、音声認識、自然言語処理、種々の機械学習アルゴリズムやデータモデルの高度化、自動車／ロボットの自動運転／制御、創薬向け化合物推定、音声対話、自動翻訳等、幅広い分野での新たなアプリケーションの創出や、これらを支えるクラウド型計算システムの設計・運用ノウハウの民間への技術移転等、人

工知能技術の社会実装の推進を目的としている。

ABCI のハードウェア上の一番の特徴は、「NVIDIA Tesla V100 SXM2」という Graphics Processing Unit (GPU) を 4,352 基搭載した国内最大規模のシステム、ということである。グラフィックス処理用プロセッサとして開発された GPU は、ピクセル値など大量のデータ列・パラメータに対する積和演算などに特化した設計をとっている。数 1,000 基の演算コアと広帯域メモリをパッケージ化することで、Single Instruction Multiple Data (SIMD) 型の処理の性能を追求する一方、仮想メモリの実現や複雑な分岐処理などの性能は犠牲にしている。これらの工夫により、大量のデータに対して同一の演算を行う並列性の高い処理においては、同世代の CPU の 5～10 倍の性能を示し、電力あたりの性能も高い。こうした GPU の性質は、HPC アプリケーションのみならず、ABCI がターゲットとするディープラーニングの学習・推論にもよく適合する。

GPU ベースのスパコンはすでに TOP500 List の 25% を占めるまで一般的となっている。特に 2016 年にチップ間インターコネクト NVLink が登場して以降、NVLink の高帯域幅（160～300GB/sec）を活用するため、マルチ GPU 構成によるファットノードをベースとしたシステムが増加している。米国オークリッジ国立研究所の Summit は、そうしたスパコンシステムの世界最大のインスタンスであり、ABCI の 6 倍以上のキャパシティを有する。国内の事例

では、産総研が ABCI のプロトタイプとして構築した AIST AI Cloud (AAIC) のほか、東工大 TSUBAME3, 東大 Reedbush-H/L, 九大 ITO サブシステム B, 筑波大 Cygnus (PCIe 版を利用) 等がある。また、民間でもさくらインターネットの事例などがある。

ABCI の実効性能・省電力性能は各種ベンチマーク結果が示す通りである。2019 年 7 月公表の MLPerf Training v0.6³⁾ (ディープラーニングの標準ベンチマーク) の Image Classification で、富士通研究所が ABCI を用いて 70 秒という世界最速記録を打ち立てた。2019 年 6 月公表の TOP500 List では 19.9 PFLOPS で世界 8 位かつ国内 1 位となった。同じく Green500 List でも 14.423GFLOPS/W で世界 3 位かつ国内 1 位となった。HPCG でも

0.509PFLOPS を記録し、世界 5 位に位置している。

ABCI システム

ABCI の外観を **図-1** に示す。ABCI は、AI データセンター棟が提供する電源、冷却システム、48U ラックを用いて導入された。

ABCI システムは、高性能計算システム、複数のストレージシステム、各種ネットワーク、それらの補助的機器から構成されるハードウェアと、システムを最大限活用するためのソフトウェア群からなる。ハードウェア構成の概要を **図-2** に示す。

以下では、主要な構成要素である高性能計算システムの計算ノードとインターコネク트에フォーカスして説明する。



図-1 ABCI システム外観

計算ノード

ABCI の計算ノードは 1,088 台あり、そのすべての構成が同一である。FUJITSU Server PRIMERGY CX400 M4 をベースとした 2U シャーシに、PRIMERGY CX2570 をベースとした計算ノードを 2 台ずつ搭載した構成を基本とし、17 シャーシ 34 ノード、スイッチ 8 基、Cooling

Distribution Unit (CDU) を 48U ラックに搭載する。ラックの重量は 1.1 トンを超え、消費電力は 67.33kW に及ぶ超高密度パッケージングを実現している。システム全体では 32 台のラックから構成される。

計算ノードの主要な構成は以下の通り。ブロック図は **図-3** に示す。

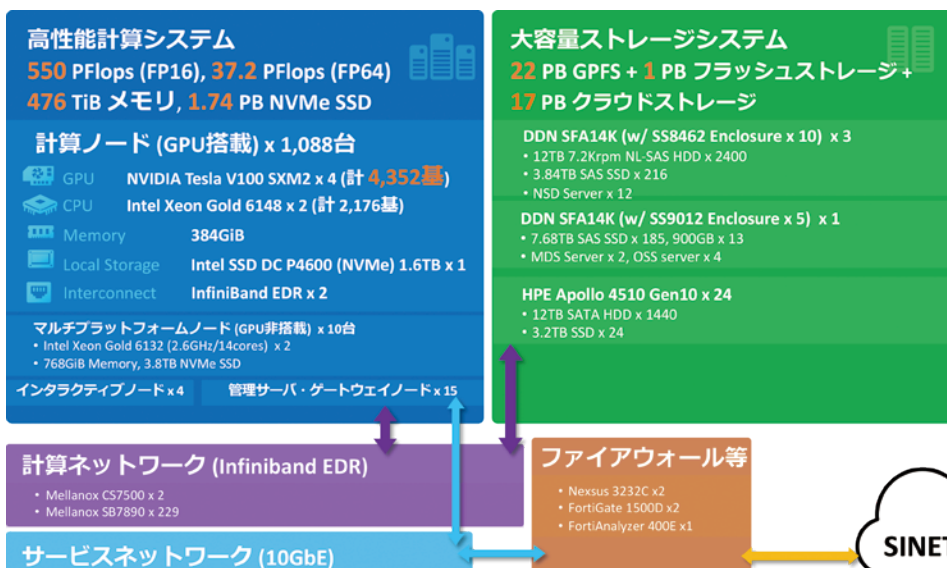


図-2 ABCI ハードウェア構成

- CPU : Intel Xeon Gold 6148 Processor (Skylake-EP, 27.5MB Cache, 2.40GHz, 20 cores, 1.536TF@FP64) × 2
 - メインメモリ : DDR4 2666MHz RDIMM (ECC) 384GiB (32GiB x12), メモリバンド幅:128GB/s × 2
 - GPU : NVIDIA Tesla V100 SXM2 (5120 CUDA cores, 16GiB HBM2, 900GB/s, 7.8TF@FP64, 15.7TF@FP32, 125TF@FP16) × 4
 - ローカル SSD : Intel SSD DC P4600 1.6TB u.2 × 1
 - インターコネク ト : InfiniBand EDR (100Gbps) × 2
- 全体では, Intel Xeon Gold 6148 Processor が 2,176 基, NVIDIA Tesla V100 SXM が 4,352 基, メモリ 476TiB, メモリバンド幅 4.19 PB/s, NVMe SSD 1.74PB となる. また, 理論ピーク性能では 37.2 PFLOPS (FP64), 75PFLOPS (FP32), 550PFLOPS (FP16) に相当する.

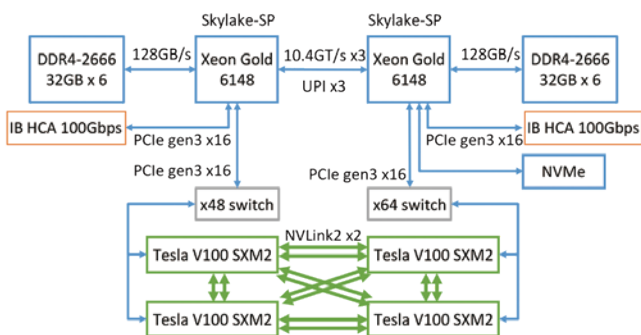


図-3 ABCI 計算ノード構成

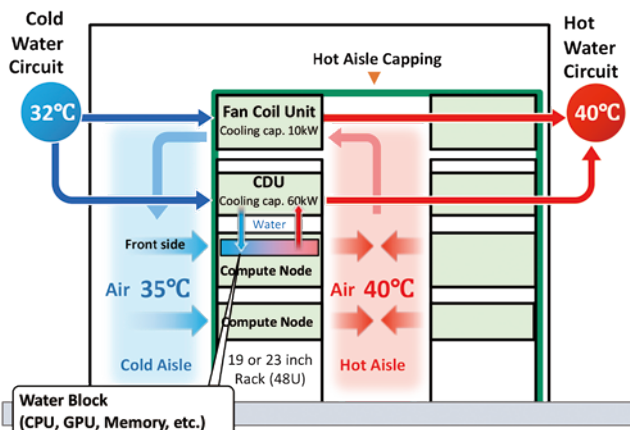


図-4 AI データセンター棟の冷却システム

計算ノードの冷却

AI データセンター棟⁴⁾では, 冷却塔のみを用いて冷水を製造するフリークーリングシステムを採用しており, 年間を通じて 32°C 以下に冷却した 1 次冷却水をラックに供給する (図-4). 32°C と比較的高温に設定しているのは, データセンターのある 柏地区の最大湿球温度がおおむね 27°C であり, 高温多湿の最悪ケースを想定しても 32°C の冷却水であれば常時安定的に製造できるからである.

この冷却水は CDU を介して 2 次冷却水としてラック内の計算ノードに分配される. 計算ノードでは, 高温になる CPU, GPU, メモリ等の基幹部品に取り付けられたコールドプレートを通じて冷却する (図-5).

冷却しきれなかった熱はサーバ内のファンにより ホットアイル (サーバ後方・排気側) に空気として 排出される. ホットアイルの空気は, ラック上部に設置された簡易型空調機, Fan Coil Unit (FCU) によって冷却され, コールドアイル (サーバ前方・吸気側) に排出される. このとき FCU は CDU と同様に 32°C の冷却水を用いるため, コールドアイルの温度は 35°C となる. 通常のデータセンターと比較すると高温だが, ほとんどの IT 機器は 10 ~ 35°C を稼働条件としており, 問題とはならない.

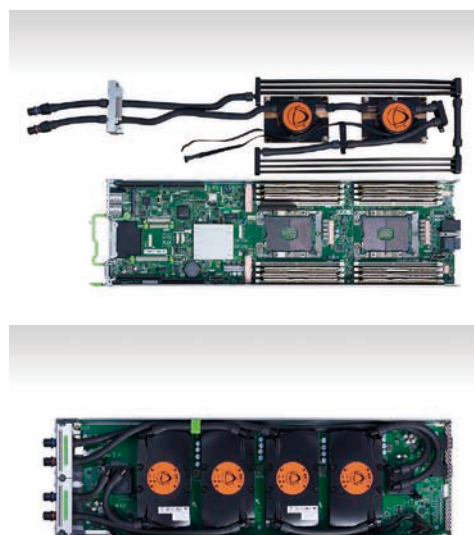


図-5 ABCI 計算ノード

計算ノードのインターコネクト

ABCIでは、図-6に示すように、ラック内のノードは、フルバイセクションバンド幅（任意の半数のノードが同時に残りの半数のノードに同時に通信しても競合が起きない構成）で相互に接続する。その一方、ラック間は、ノードの総インジェクションバンド幅6,800Gbps (=100Gbps × 2ポート × 34ノード) の約1/3、2,400Gbps相当でコアスイッチに結合する構成をとる。ABCIの規模であっても、コアスイッチは2基のみで済む。

こうした構成をとったのは、ABCIがターゲットとしているディープラーニングタスクの大半がノードまたはGPU単体で実行されるためである。また、並列分散で実行されるタスクもRing-AllReduceアルゴリズム⁵⁾で通信するため、バイセクションバンド幅を使い切れない。また、全体的にインターコネクトが低コストで済み、システムの最小構成である「ラック」を増加させても主として配線コストしか増えないという利点もある。

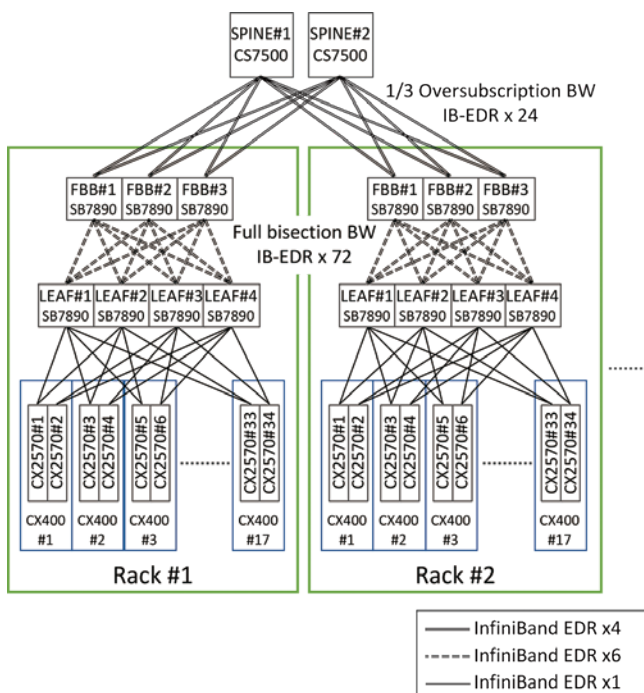


図-6 ラック内・外インターコネクト

ABC I利用を通じた研究成果創出に向けて

2018年8月の運用開始から1年を経て、ABCIは100名を超えるプロジェクト、1,000名を超えるユーザに利用されており、MLPerf Trainingのようなベンチマークのみならず、顕著な研究成果も生まれてきている。特に近年は、画像認識分野におけるImageNetのような大規模な学習用データセットに対してディープラーニングを適用して汎用学習済みモデルを構築し、それをベースに転移学習によって個別課題のための学習済みモデルを構築して利用されるようになってきている。動画認識、自然言語理解の分野では、その有効性が示されつつある。このような大規模な学習用データを用いた学習もABCIを利用することで可能となってきた。

ABCIでは、さらなる研究成果の創出に向け、莫大な演算能力によりはじめて可能になる人工知能分野の最重要課題への挑戦を支援するため、グランドチャレンジプログラムを実施している。本プログラムは、ABCIの全1,088ノード(4,352GPU)を最大24時間、1研究グループでの占有利用を可能にする公募型プログラムである。各年度とも3回の実施を予定しており、各回2課題程度を採択する予定としている。

参考文献

- 1) AI Bridging Cloud Infrastructure, <https://abci.ai/>
- 2) 小川宏高, 松岡 聡, 佐藤 仁, 高野了成, 滝澤真一郎, 谷村勇輔, 三浦信一, 関口智嗣: 世界最大規模のオープン AI インフラストラクチャ AI 橋渡しクラウド (ABCI) の概要, 情報処理学会研究会報告 (2018).
- 3) <https://mlperf.org/training-results-0-6/>
- 4) 高野了成, 三浦信一, 杉田 正, 小川宏高, 松岡 聡: 0.55 AI-EFLOPS の計算インフラストラクチャを支える超グリーン AI データセンタ, 情報処理学会研究会報告 (2018).
- 5) Jeaugey, S.: Optimized Inter-GPU Collective Operations with NCCL, GTC (2017).

(2019年8月7日受付)

小川宏高 (正会員) h-ogawa@aist.go.jp

1998年東京大学大学院工学系研究科博士課程中退。博士(理学)。東京工業大学情報理工学研究所助手等を経て、現在、産業技術総合研究所 実社会ビッグデータ活用オープンイノベーションラボラトリ ラボ長 兼 人工知能研究センター人工知能クラウド研究チーム長。人工知能クラウド、ハイパフォーマンスコンピューティング等の研究に従事。ACM等の会員。

④ メニーコアアーキテクチャに基づくスーパーコンピュータ

朴 泰祐 | 筑波大学計算科学研究センター

中島研吾 | 東京大学情報基盤センター

メニーコアプロセッサ

メニーコアプロセッサの概要

現在のスーパーコンピュータ（以下、誌面節約のため「スパコン」と略す）は超並列方式、すなわち大量のプロセッサを何らかの高性能相互結合網で接続し、分散メモリ上で並列プログラミングを行って利用するのが典型的な姿である。特に電力あたり性能を非常に高めたい場合、システムを制御するCPUに加え、演算加速装置を付加する場合も多い。現在主流となっている演算加速装置はGPU (Graphics Processing Unit) であるが、より汎用プログラミングを容易にし、かつ汎用高性能CPUよりもはるかに高い絶対性能と電力あたり性能を求めるプロセッサがメニーコア (Many-Core) 型アーキテクチャである。一般的に、GPUでは単一命令で同種の演算を大量に実行し、命令制御系を単純化することで電力あたり性能を向上させている代わりに、そのプログラミングは専用の言語を用いたりプログラム中の並列性について常に意識する必要がある、汎用CPUに比べ煩雑である。

一般的に入手可能な商用メニーコアプロセッサとして最も利用されているのはIntel社のXeon Phiと名付けられたプロセッサファミリーである。初代のXeon Phiは評価用 (非売品) のKnights Ferry (KNF, 2010年)、その後の商用版のKnights Corner (KNC, 2012年) というコード名で開発・販売された。こ

れらはPCIe (PCI Express) カードとして提供され、GPUのように通常のCPUをホストとして、それに接続される演算加速装置であった。その後、メニーコアプロセッサ本体が通常のCPUと同様に自らブートし、システム管理、つまりOSを実行でき、演算加速も行うようなBootable CPUとして提供されたのがKnights Landing (KNL, 2016年) である。

Xeon Phi プロセッサのCPUコアの特徴

そもそもメニーコアプロセッサと一般的なマルチコアプロセッサはどう違うのだろうか？ Xeon Phiシリーズは基本的にIntel社CPUの標準命令セットであるIA-32 (いわゆるx86系) に基づく命令セットアーキテクチャを持つ。このため、各コアでは普通にx86バイナリが動作し、Linux等のOSも動作する。一般のx86系CPUはマルチコア構成で、数個～20個程度のコアが1チップ上に実装されている (コア数は年々増加している)。一方、メニーコアであるXeon Phiは50～70個程度のコア数を持ち、単純比較では数倍のコアが内蔵されている。これらが汎用高性能CPUコアと同様に動くのであれば、多い方が得、ということになるが話はそう単純ではない。

現在の汎用高性能CPUは消費電力が非常に大きく、スパコンに用いられるものでは100W以上である。コア数が増えると当然電力も大きくなるが、半導体テクノロジー (シリコンの微小化) やアーキテ

クチャの工夫で、コア数と性能が向上しても電力を一定に抑えてきた。したがって、同じ内容のコアを数倍搭載すれば、当然電力が大幅に増えてしまう。そこでメニーコアプロセッサのコアは、命令セットこそ同じだが、演算パイプライン構成、分岐予測機構、キャッシュおよびメモリの制御機構等、CPU性能の本質にかかわるようなアーキテクチャ上の簡略化が行われている。たとえば1つのコアでの整数命令の実行性能を単純比較すると、汎用高性能CPUコアの方がメニーコアのそれより高速である。この点が、メニーコアプロセッサの性能チューニングを難しくする要因となっている。

Intel社は、メニーコアプロセッサのコア単純化を補うため、浮動小数点演算命令を大幅に強化した。Xeon Phiシリーズのプロセッサには512bit SIMD (Single Instruction Multiple Data) 命令セットが備えられた。これは1命令で、たとえば64bit倍精度浮動小数点演算であれば4つ同時に、または32bit単精度浮動小数点演算であれば8つ同時に実行する。対象となるレジスタも512bitに拡張されている。四則演算だけでなく、科学技術計算で多用される積和演算（乗算と加算を1命令で実施）も可能である。512bitの積和演算命令を使えば、1命令で16個の単精度浮動小数点演算が同時に実行できるわけである。SIMD命令も多く電力を消費するのだが、

独立な16個の命令を順に実行するよりも演算パイプラインの制御が単純化され、演算あたりの消費電力は大幅に低減される。しかし、メモリ上のデータの並びや、演算順序の制約から、規則的な配列処理だけに向いていて、これが科学技術計算の一般的特性にマッチする。このように、科学技術計算の特性を活かしつつ、コアのアーキテクチャを単純化することで、メニーコアプロセッサをこれらの処理向けに実用化することに成功している。逆に言えば、一般的なOSや事務処理アプリケーションの実行はメニーコアプロセッサではうまく高速化できないともいえる。また、これらの命令をなるべく高頻度で利用できるようにアプリケーションおよびコンパイラが工夫されなければならない。

もう1つの電力削減要因は動作周波数である。一般的な汎用高性能CPUは2.8～3.3GHz程度のクロック周波数を持つが、KNLでは1.4GHz程度と低く抑えられている。CMOSデバイスの消費電力は周波数に大きく影響されるため、これは重要である。命令あたりの浮動小数点演算性能の増加、多数のCPUコア、比較的低い動作周波数の組合せによって科学技術計算において非常に高性能を出すCPUが実現されたといえる（なお、512bitのSIMD命令はその後、高性能向けマルチコアCPUにも導入された）。

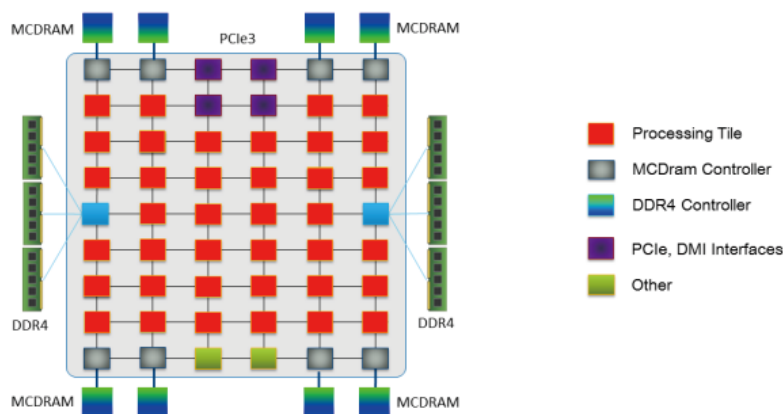


図-1 Intel Xeon Phi 7250 Knights Landing プロセッサの内部構成 (http://intel.com より)

Knights Landing のメモリ構成

図-1に、KNLの内部構成を示す。KNLはそのスペックによりいくつかの型番があるが、ここでは一番用いられているIntel Xeon Phi 7250プロセッサ(1.4GHz, 68 cores)を取り上げる。同プロセッサは合計68個のCPUコアが2個一組でペアになり(タイルと呼ばれる)、メモリへのインタフェースと一部のキャッシュを共有している。34個

のタイルはチップ上で2次元メッシュ構造のネットワークで結合されており、この上でチップ上に組み込まれた高バンド幅メモリであるMCDRAMと、チップに外付けされた汎用DRAMメモリ、さらにPCIe等の外部インタフェースに接続される。MCDRAMはメモリモジュールへのアクセスパスを通常のDRAMより広くし、一度のアクセスで大量の連続データを読み書きすることでスループットを向上する特殊なメモリで、チップ上でCPU部と直結配線されている。MCDRAMはチップに組み込まれているため容量に制限がある(7250では16GB)。これを補うため、KNLでは一般的なDDR型のDRAMも利用可能で、両クラスのメモリをうまく使い分けることでメモリバンド幅がボトルネックになりがちな科学技術計算アプリケーションを高速化することが可能であり、この点も性能チューニングの要点である。7250プロセッサの理論ピーク性能は約3TFLOPSであり、同世代のマルチコアプロセッサに比べ7~8倍程度高速である。しかし、アプリケーション性能を最大に引き出すような最適化を施さなければこの性能は発揮できない。

国内におけるメニーコア型スパコン

KNCを演算加速装置として用いたスパコンの中で国内最高性能のものは筑波大学・計算科学研究センターのCOMAシステムであったが、これは2019年3月で運用を終了している。一方、KNLの登場により、これをスパコンの本体CPUとして用いることができるようになり、これを用いたスパコンは



図-2 Oakforest-PACSの外観(左)と計算ノードの内部(右)

国内外で多く導入された。KNLはスタンドアロンなCPUであるため、マザーボードをコンパクトに構築でき、特にTOP500リスト(本特集「1.日本のスーパーコンピュータの現在の状況と今後」の冒頭を参照)で上位にランクするような超並列・高性能システムに用いられている。

KNLを用いたHPCI(革新的ハイパフォーマンスコンピューティングインフラ)資源としては、筑波大学と東京大学が共同運営するJCAHPCが運用するOakforest-PACS、京都大学のCamphor 2、北海道大学のGrand Chariotの一部、大阪大学のOCTOPUSの一部等がある。このうちCamphor 2はCray社が提供する独自の相互結合網を持つ超並列システムであるが、残りはKNLをCPUとするクラスタ型計算機である。本稿の残り部分ではこのOakforest-PACSを例として取り上げる。

Oakforest-PACS

Oakforest-PACS(以下、OFP)は筑波大学と東京大学が共同調達・共同運用しているKNLを用いた超並列クラスタで、2016年11月のTOP500リストに初めて載り、世界第6位、国内第1位にランクされた。つまり、「京」コンピュータを上回る性能を持つスパコンが大学主導で導入された。両大学は、OFPの調達と運用を円滑に行うために、JCAHPC(最先端共同HPC基盤施設: Joint Center for Advanced HPC)を設立し、予算および人的資源、スパコン稼働に必要な光熱水料等をすべて一定の按分で負担している。ただし、スパコン本体は東京大学柏キャンパスの情報基盤センターに設置されている。2018年6月のTOP500リストで、産業技術総合研究所が運用するABCI(AI Bridging Cloud Infrastructure)システムが登場するまで、国内最高性能スパコンであった。

OFPは8208ノードのKNLによる計算ノードからなる。図-2(左)にOFPの外観を、また図-2

(右) に計算ノードを示す。OFP の各計算ノードは Intel Xeon Phi 7250 メニーコアプロセッサを1基搭載し、相互結合網インタフェースとして Intel の Omni-Path Architecture による、理論ピークバンド幅 100Gbps が搭載されている。メモリは先述のように 16GB の MCDRAM に加え、DDR メモリが 96GB 接続されている。

超並列スパコンのアーキテクチャ上の大きな特徴は、高性能プロセッサ間での通信を高性能で行うための相互結合網をどのように構築するかにある。OFP ではクラスタ型計算機で一般的に用いられる Fat-Tree と呼ばれるトポロジで結合網を構築している。Fat-Tree とは、Ethernet 等に用いられる単純な Tree 構造と異なり、相互結合網を多階層で構築する際、スイッチの上位側と下位側で同等のバンド幅を確保するようネットワークリンクとスイッチを増強したものである。図-3 に相

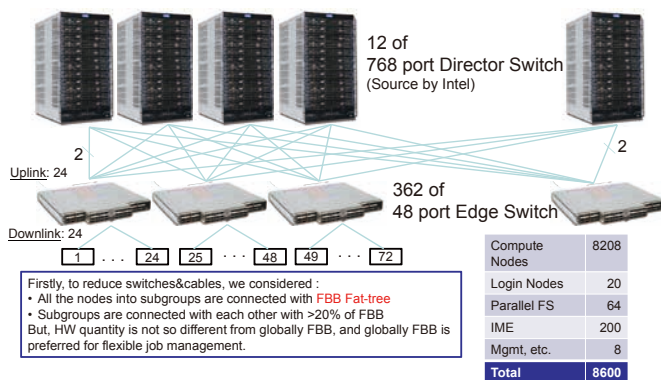


図-3 Oakforest-PACS の大規模相互結合網 (full bisection bandwidth fat-tree)

表-1 Oakforest-PACS の仕様

Total peak performance		25 PFLOPS
Linpack performance		13.55 PFLOPS (with 8,178 nodes, 556,104 cores)
Total number of compute nodes		8,208
Compute node	Product	Fujitsu PRIMERGY CX1640 M1
	Processor	Intel® Xeon Phi™ 7250 (Code name: Knights Landing), 68 cores, 3 TFLOPS
	Memory	High BW 16 GB, > 400 GB/sec (MCDRAM, effective rate) Low BW 96 GB, 115.2 GB/sec (DDR4-2400 x 6ch, peak rate)
Inter-connect	Product	Intel® Omni-Path Architecture
	Link speed	100 Gbps
	Topology	Fat-tree with (completely) full-bisection bandwidth (102.6TB/s)
Login node	Product	Fujitsu PRIMERGY RX2530 M2 server
	# of servers	20
	Processor	Intel Xeon E5-2690v4 (2.6 GHz 14 core x 2 socket)
	Memory	256 GB, 153 GB/sec (DDR4-2400 x 4ch x 2 socket)

互結合網の構成を示す。スイッチは上下2つの階層からなり、下位階層では48ポートのスイッチ(上位・下位それぞれ24ポート)を用い、上位階層では768ポートの巨大なスイッチを用いている。この構造により、どの計算ノードからどの計算ノードへの通信も、理論的にはブロックされずに最高の並列通信が可能となる。

OFP のハードウェアおよびソフトウェアの仕様を表-1にまとめた。OSはLinuxを用いるが、フロントエンド(ユーザがログインしてコンパイルやジョブ投入を行うサーバ)はセキュリティを重視してRed Hat Linuxを導入しているのに対し、計算ノード間は一般的なログインができないため、CentOS(無償版)を導入している。

OFP のもう1つの特徴として、高性能共有ファイルシステムが挙げられる。すべての計算ノードおよびフロントエンドサーバから均一にアクセス可能なLustreファイルシステムによる25PBの共有ストレージがあり、ユーザはここに初期データや計算結果を保存できる。共有ファイルシステムであるため、次の計算がどの計算ノードで実行されても問題はない。OFPではさらに、SSDで構成された約1PBの高速ファイルキャッシュを備えている。非常に高速で高いバンド幅(共有ファイルシステムの約3倍)を持つことで、大規模計算中の一時ファイルや結果ファイルを高速に読み書きすることができる。なお、2019年6月時点で、この高速ファイルキャッシュのバンド幅は世界最高性能としてランクされている(IO-500ベンチマークによる)。

Oakforest-PACS の運用とアプリケーション

OFPはJCAHPCによって管理されるが、その利用プログラムは若干複雑である。筑波大学と東京大学はそれぞれの調達および運用資金の比率で計算資源を按分しており、各大学の各種利用プロ

グラムはその枠内で自由に設定されている。また、JCAHPCとしてHPCI一般利用に共同で資源を提供している。つまり、HPCIを通してのOFPの利用は筑波大学・東京大学が共同で行っている。

HPCI一般利用のほかに両大学が独自の利用公募を行っているが、全体としてのアプリケーション分野の分布を図-4に示す。ここで目立つのはQCD (Quantum Chromo-Dynamics) で、各種プログラムを通じて総資源の40%以上が使われている。QCDに次いで多い地球科学・宇宙科学分野の利用者の多くは、前年度まで稼働していた東京大学のOakleaf-FX (富士通PRIMEHPC FX10, 「京」の商用版) を利用していたが、2018年度からはOFPを利用するようになっている。全体的には基礎科学分野、ものづくり、地球科学、材料科学等の分野が70%程度の資源を利用していることが分かる。

各アプリケーションのジョブサイズは1ノードからシステム全体を使うまで多岐に渡るが、数百人のユーザが共有するため巨大なアプリケーションを実行するには資源調整が必要である。JCAHPCでは、毎月月末に実施されるシステムメンテナンスに合わせ、OFPのすべてのノードを24時間占有利用することができる「大規模HPCチャレンジ」を実施している。これは計算科学・計算工学分野の大規模シ

ミュレーションを挑戦的に行う研究者への特別措置で、研究の内容やシミュレーションコードの準備状況、予備評価等を添えた申請を行うことで、無償でOFPのフルシステムを24時間利用できる。

ポスト「京」コンピュータ開発への貢献

最後にOFPの重要な役割の1つとして、ポスト「京」コンピュータのシステムソフトウェア開発への貢献を紹介しておく。理化学研究所・計算科学研究センターでは、ポスト「京」コンピュータ『富岳』を効率的に運用するためのOSであるMcKernelを開発している。これはメニーコアアーキテクチャに基づくプロセッサという特性に基づき、計算ノード内のスレッド処理を揃え、スレッド間待ち合わせによる性能低下を防ぐ機能や、超並列分散メモリシステム上でのメッセージパッシングを効率的に行う機能等が盛り込まれている。国内でこの開発に貢献できる計算機資源は少なく、OFPはメニーコア型クラスタの代表としてこの研究に大きく貢献している。さらに、同センターで開発中の、PGAS (Partitioned Global Address Space) モデルに基づく大規模並列記述言語であるXcalableMPの開発にも用いられている。

(2019年8月29日受付)

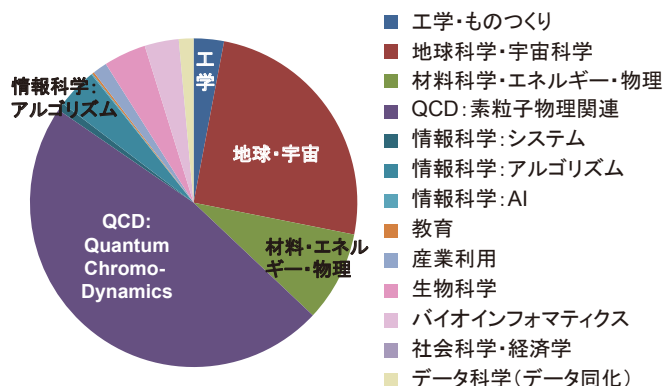


図-4 2018年度のOakforest-PACSの資源利用分布

朴 泰祐 (正会員) taisuke@ccs.tsukuba.ac.jp

慶應義塾大学大学院理工学研究科電気工学専攻修了, 工学博士 (慶應義塾大学)。現筑波大学計算科学研究センター長, 同大学院システム情報工学研究科 教授。現HPCI連携サービス委員会委員長。超並列アーキテクチャ, 相互結網, クラスタ計算に興味を持つ。2011年ACM ゴードンベル賞共同受賞。IEEE, ACM 各会員。

中島研吾 (正会員) nakajima@cc.u-tokyo.ac.jp

東京大学工学部航空学科卒業。テキサス大学大学院航空宇宙工学専攻修了 (MS)。博士 (工学) (東京大学)。三菱総合研究所, 高度情報科学技術研究機構, 東京大学理学系研究科を経て, 2008年より東京大学情報基盤センター教授, 2018年より理化学研究所計算科学研究センター副センター長, 専門は数値流体力学, 並列アルゴリズム, 日本応用数学会・日本計算工学会・SIAM・IEEE 各会員。

「京」の後の時代を支えるスパコン

⑤ 多数の Xeon プロセッサを用いるスパコン



南里豪志 | 九州大学

現在、スパコンの大半が Xeon プロセッサを搭載しており、しかもその中の多くが、アクセラレータを持たない、Xeon プロセッサを主要な計算資源とするシステムである。本稿では、このようなシステムが普及した背景を説明し、その特徴の1つである多様性について言及する。その後、実際のシステムの例として、九州大学のスーパーコンピュータシステム ITO サブシステム A をはじめ、国内外のいくつかのシステムを取り上げ、構成を比較する。また、Xeon プロセッサ搭載システムの今後についても展望する。

Xeon プロセッサを搭載したスパコンの登場と普及

Top500 リストの中の Xeon プロセッサ搭載スパコン

現在、世界のスパコンの大半に Intel 社の Xeon プロセッサが搭載されており、そのうちの多く

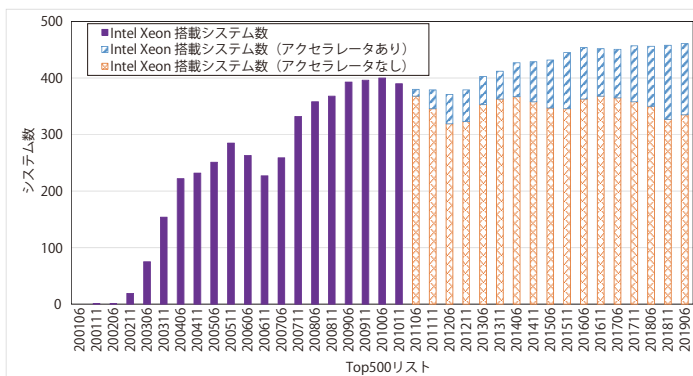


図-1 Top500 リストの Xeon プロセッサ搭載システム数

が Xeon プロセッサを主要な計算資源としている。図-1 は、スパコンの性能順位リストの1つである Top500 リストにおける Xeon プロセッサ搭載システム数の推移である。これは、リスト中のプロセッサの項目に Xeon を含むシステムのうち、Intel 社のメニーコアプロセッサである Xeon Phi を含まないものの数である。図より、2001 年 11 月に最初のシステムが登場して以降、急速に Xeon プロセッサを搭載したシステム数が増加し、ここ数年は常に 9 割を超えていることが分かる。

また、2011 年以降のシステム数については、アクセラレータの項目が None であるものとそうでないものを、それぞれ「アクセラレータなし」と「アクセラレータあり」に分けて示している。それによると、アクセラレータありのシステム数が増加傾向にあるものの、アクセラレータのない Xeon プロセッサ搭載システム数は 7 割前後で推移していることが分かる。これは、Xeon プロセッサの計算資源としての需要が依然として非常に高いことを示している。

Xeon プロセッサ搭載スパコン普及の背景

2001 年以降に Xeon プロセッサ搭載スパコンが普及した 1 つの要因は、Xeon プロセッサの高性能と高信頼性である。Xeon プロセッサは、Intel 社が 1998 年に販売を開始したマイクロプロセッサのブランド名であり、サーバやワークステーションでの要求に応える高性能と高信頼性を特徴としている。

たとえば、本稿執筆時点（2019年7月）での Xeon プロセッサとデスクトップ向けの Core i9 等のプロセッサとの主な違いとして、1台の計算機に複数のプロセッサを搭載可能であること、およびメモリのエラー訂正機能を利用できること、が挙げられる。複数プロセッサの搭載は、単なる演算性能の増加だけでなく、搭載可能メモリ量や接続可能デバイス数の増加も意味しており、より大規模な問題での利用を可能とする。一方メモリのエラー訂正機能は、メモリエラーによる運用停止の頻度を低減させるため、長期間の安定運用につながる。これらの特性から、スパコンでの利用に耐えるプロセッサとして、Xeon プロセッサの評価が高まった。

しかし、プロセッサだけではスパコンを構成できない。この時期に Xeon プロセッサ搭載スパコンが普及したプロセッサ以外の背景として、汎用高性能ネットワークの登場と、標準的なソフトウェア環境の整備が挙げられる。1995年以降、Xeon プロセッサを搭載した計算機同士を接続するインターコネクトネットワークとして利用可能な、Fast Ethernet, Myrinet, InfiniBand, Gigabit Ethernet 等の汎用高性能ネットワークが相次いで登場した。さらに、Linux, MPI (Message Passing Interface), OpenMP という、現在のスパコンでは標準となったソフトウェア環境が、これらのネットワークで接続された Xeon プロセッサ搭載計算機群の上で利用可能となった。これらにより、共通の並列計算環境を持つさまざまな規模の Xeon プロセッサ搭載システムが世界中で導入された。それらのシステムで開発されたソフトウェアや得られた知見が、折しも利用が広がりつつあった Web を介して共有された結果、Xeon プロセッサ搭載システム利用者のコミュニティが形成され、スパコンとしての導入事例が増加したと考えられる。

Xeon プロセッサ搭載スパコンの多様性

Xeon プロセッサ搭載スパコンの重要な特徴の1つ

として多様性が挙げられる。まず Xeon プロセッサ自体が、各世代で多様なコア数やクロック周波数の組合せから選択可能である。そのため、使用するプログラムの並列性や要求されるシングルスレッド性能、および予算や電力の制約に応じて、適切なものを選ぶことができる。さらに、システムの計算ノード数、ノードあたりの搭載メモリの種類や量、ストレージの容量や形態、計算ノード間のインターコネクトネットワークの種類や接続形状、等も、予算や用途に合わせて調整可能である。

例として、インターコネクトネットワークの種類による計算性能への影響を、図-2に示す。図の縦軸は、システムの理論ピーク性能（理論的に達成可能な最高性能）に対する LINPACK 性能（Top500 で用いられるベンチマークプログラムの性能）の比で、計算システムの計算効率を示す指標の1つである。一方、横軸は Top500 リストの順位であり、2019年6月のリストの各順位のシステムの計算効率を、使用したインターコネクトネットワークの種類を示す点でプロットした。なお、インターコネクトネットワーク以外の影響をできるだけ排除するため、Skylake マイクロアーキテクチャ以降の Xeon プロセッサを搭載し、アクセラレータを持たないシステムのみをプロットしている。

図より、インターコネクトネットワークとして Gigabit Ethernet を選択した場合の性能が、ほかの

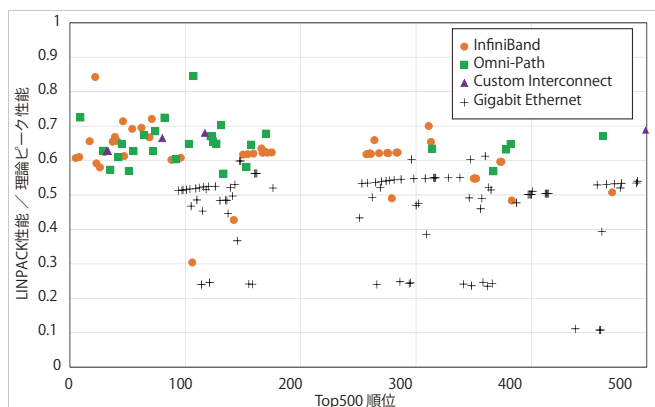


図-2 インターコネクトネットワークによる理論ピーク性能対 LINPACK 性能比の相違

種類を選択した場合に比べて低くなる傾向が明らかである。この傾向は、アプリケーションの通信量や頻度、およびスパコンの規模によって変動するため、スパコンの設計では、用途に応じたインターコネクトネットワークへの予算配分が重要になる。

Xeon プロセッサ搭載スパコン事例

九州大学スーパーコンピュータシステム ITO サブシステム A

Xeon プロセッサを主要な計算資源としているスパコンの例として、筆者が所属する九州大学情報基盤研究開発センターで2018年1月に稼働開始したスーパーコンピュータシステム ITO（以降、ITO）のサブシステム A を紹介する。ITO は、主に国内の大学や研究機関に提供される全国共同利用の計算資源である。図-3 に ITO の構成図を示す。このシステムで大規模計算を担当するバックエンドは、Xeon プロセッサのみを計算資源とするサブシステム A、および Xeon プロセッサと NVIDIA 社の Tesla を計算資源とするサブシステム B で構成される。ほかに、可視化などの対話的な処理を担当するフロントエンドと、バックエンドやフロントエンドから共有されるストレージがあり、これらがインターコネクトネットワークを介して接続されている。

ITO のサブシステム A は、各計算ノードが Intel

社の Skylake 世代の Xeon プロセッサ Xeon Gold 6154 を 2 基ずつ搭載している。このプロセッサは、基本のクロック周波数が 3.0GHz、プロセッサコア数が 18 個で、消費電力を示す TDP (Thermal Design Power, 熱設計電力) が 200W である。これらの数値は、同世代の 2~4 プロセッサ搭載サーバ向け Xeon プロセッサとしては高めである。このうち高い基本クロック周波数は、並列性が低いプログラムでも高速に処理できることを意味し、このシステムの汎用性向上に貢献している。

各計算ノードに搭載されているメモリは 192GB であり、DDR4-2666 のメモリモジュールをプロセッサあたり 6 本ずつのメモリチャンネルに装着することで、計算ノードあたりの総メモリバンド幅は約 255.9GB/秒となっている。

サブシステム A を含め、ITO の全体を接続するインターコネクトネットワークは、Mellanox 社の InfiniBand EDR である。このネットワークの片方向あたりの理論転送速度は 100Gbps である。また、ITO の任意の計算ノード間の通信遅延時間は 2 μ 秒以下である。

ITO のように多数の計算ノードを接続するシステムでは、接続に用いる形状が性能に大きく影響する。

たとえば 36 ポートのスイッチで単純な木構造を構成した場合、2,000 台の計算ノードを接続するのに必要なスイッチ数は高々 60 台程度である。しかしこの接続では、多数の計算ノードからの通信が 1 本の経路に集中する通信衝突が多発し、通信速度が大幅に低下するため十分な計算性能が得られない。そこで通常、InfiniBand や Omni-Path を用いたインターコネクトネットワークでは、Fat-Tree と呼ばれる形状でノード間を接続する。これは、前述の木構造で根に近づくほど帯域幅を広くするものである。実際のインターコネクトネットワークでは、スイッチ間を接続するための上位のスイッチを多重に用意することで経路を増やし、帯域幅の増加と通信衝突の軽減を図る。

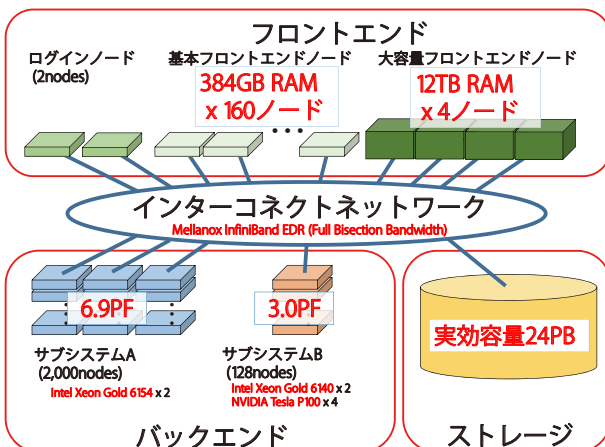


図-3 スーパーコンピュータシステム ITO の構成図

特に ITO では、システム全体で Full Bisection Bandwidth（フルバイセクション帯域幅）となるように Fat-Tree を構成している。Full Bisection Bandwidth とは、全システムの任意の半数の計算ノードが残り半数の計算ノードに対して同時にデータを送信しても通信路の衝突が起こらない接続形態である。そのため、多数のジョブが同時に実行されている状況でも通信路の衝突が発生しにくく、安定した通信性能を維持することができる。

ITO では、407 台の 36 ポートスイッチと 8,044 本のケーブルを使用し、これを実現している。

InfiniBand EDR のもう 1 つの特徴は、SHARP (Scalable Hierarchical Aggregation and Reduction Protocol) である。これは、並列計算で多用される Allreduce という集約通信の中で必要になる、和や論理演算等の計算を、計算ノードのプロセッサではなくインターコネクトネットワークのスイッチ装置で行わせる機能で、これにより集約通信が高速化される上、プロセッサを本来の計算に専念させることで計算効率の向上も図ることができる。

国内外の Xeon プロセッサ搭載スパコン

続いて、国内外の Xeon プロセッサ搭載スパコンの事例として、2019 年 6 月の Top500 リストにおいて 100 位以内に入った国内のスパコンを表-1 に、10 位以内に入った海外のスパコンを表-2 に、それぞれ示す。

まず、表-1 のシステムのうち気象庁の 2 つの

表-1 Top500 (2019 年 6 月) において 100 位以内の国内の Xeon プロセッサ搭載スパコン

名前	組織	Processor	ノード数	Interconnect Network
Cray XC50	気象庁	Xeon Platinum 8160 (2.1GHz, 24 コア)	2,816	Aries
Cray XC50	気象庁	Xeon Platinum 8160 (2.1GHz, 24 コア)	2,816	Aries
ITO サブシステム A	九州大学	Xeon Gold 6154 (3.0GHz, 18 コア)	2,000	InfiniBand
Oakbridge-CX	東京大学	Xeon Platinum 8280 (2.7GHz, 28 コア)	1,368	Omni-Path
JFRS-1	六ヶ所核融合研究所	Xeon Gold 6148 (2.4GHz, 20 コア)	1,370	Aries

表-2 Top500 (2019 年 6 月) において 10 位以内の Xeon プロセッサ搭載スパコン

名前	組織	Processor	ノード数	Interconnect Network
Frontera	テキサス大学 (USA)	Xeon Platinum 8280 (2.7GHz, 28 コア)	8,000	InfiniBand
SuperMUC-NG	ライプニッツ研究センター (Germany)	Xeon Platinum 8174 (3.1GHz, 24 コア)	6,480	Omni-Path

Cray XC50 は、2018 年 6 月に運用を開始した同一機種で、片方が数値予報を担当する主系、もう片方が開発業務と主系のバックアップを担当する副系である。次に、東京大学の Oakbridge-CX は、ITO と同じ全国共同利用のシステムで、正式な運用開始は 2019 年 7 月である。また、六ヶ所核融合研究所の JFRS-1 は、同研究所の研究開発を支援する目的で 2018 年 6 月に運用が開始された。

一方、表-2 のシステムのうちテキサス大学の Frontera は、主に米国の NSF (National Science Foundation) を介して全米に提供されるシステムで、2019 年 6 月に初期運用が開始された。これに対してライプニッツ研究センターの SuperMUC-NG は、ヨーロッパの研究者向けに提供されるシステムで、2018 年 9 月に運用が開始された。

表-1、表-2 の各システムに搭載されているプロセッサの名前の、Xeon の後に表記される Platinum, Gold はプロセッサのカテゴリを示しており、Platinum の方がより多くのコアを搭載したプロセッサを選択可能であるものの、Gold より高価である。そのためスパコンの設計における傾向として、1 台の計算ノードあたりの性能や、システム全体の電力対効率を重視する場合に Platinum が選択され、価格対性能を重視する場合に Gold が選択されることが多いと考えられる。また、カテゴリ名の後の数字は、選択可能なコア数とクロック数の組合せの番号を示している。これらの組合せも電力や価格に影響するため、スパコンの導入にあたっては、実際に利

用を予定しているいくつかのプログラムについて性能を比較し、予定している予算や使用可能な電力の範囲内で最適なものを選択する必要がある。

なお、本節で紹介したシステムを含め、Xeon プロセッサを搭載するスパコンのほとんどが、計算ノードに2プロセッサずつ搭載する構成を選択している。計算ノードあたり1プロセッサとしない理由としては、計算ノードあたりの性能が低く搭載できるメモリ量も少なくなることが挙げられる。また、計算ノードあたり3プロセッサ以上としない理由としては、計算ノードが大規模化して高額になることや、プロセッサとメモリの位置関係による性能変動が大きくチューニングが困難となることが挙げられる。

一方、インターコネクトネットワークについては、表-1、表-2の各システムとも、Ethernetよりも高価で高性能なネットワークが選択されている。Omni-PathはIntel社の製品で、InfiniBandと同様に100Gbpsの理論転送速度を有している上に、InfiniBandよりもポート数の多いスイッチを使用可能であるため、システム全体のスイッチ数やケーブル数を削減でき、安価にシステムを組むことができる。ただし、前述のSHARPのように集約通信をスイッチ装置で行わせる機能はない。これに対してAriesはCray社が自社のスパコンシステム専用に開発しているネットワークで、InfiniBandやOmni-Pathと同等かそれ以上の通信速度を有する。

表-1、表-2でInfiniBandやOmni-Pathを選択している各システムのネットワークの接続形状はFat-Treeである。ただし、FronteraとSuperMUC-NGはFull Bisection Bandwidthでない。これは、計算ノード数が8,000および6,480と多く、Full Bisection Bandwidthのために必要になるスイッチの台数やケーブルの本数が膨大となるためであると考えられる。詳細な形状は不明であるものの、一般にこのようなシステムでは、システム全体をいくつかのブロックに分け、それぞれのブロック内はFull Bisection Bandwidthとなるように接続

して、ブロック間の接続に用いるスイッチやケーブルを削減した形状とすることが多い。

これに対してAriesを選択した各システムは、Dragonflyと呼ばれる形状でノード間を接続している。これは、計算ノードを大規模、中規模、小規模のように多段階でグループ分けし、それぞれの段階でグループ間を全対全接続するもので、大規模なシステムにおいてFat-Treeより少ないケーブル数でノード間を接続できる特徴がある。

今後の展望

近年、消費電力が計算機の性能を制約する最も重要な条件となったことから、アクセラレータやメニーコアのような電力対性能に優れた演算装置が登場している。しかしこれらの演算装置は、性能を発揮させることのできるプログラムが限定されるか、もしくは十分な性能を得るためのチューニング作業に時間を要することが多い。そのため計算機センター等で運用する際は、十分な利用者支援が不可欠となる。

これに対してXeonプロセッサは、過去に開発されたほとんどのソフトウェアが最新の製品でも手を加えずに動作する。さらに、プロセッサを更新するだけで、特にチューニングを施さなくてもある程度の性能向上が得られる場合が多い。このように利用者や計算機センターの負担が少ないことが、Xeonプロセッサを主要な計算資源とするスパコンが依然としてTop500リストの7割程度を占めている理由の1つだと考えられる。

たとえば、2015年に発売が開始された、Skylakeと呼ばれるアーキテクチャを採用したXeonプロセッサでは、コア数やメモリバンド幅等の向上に加え、それまでの2倍の32個のデータに対するSIMD (Single Instruction Multiple Data) 演算を行えるAVX-512命令の追加により、大幅な性能向上を図っている。このSkylakeアーキテク

チャ以降のプロセッサと、一世代前の Broadwell アーキテクチャ以前のプロセッサで、消費電力に対する LINPACK 性能の比を比較すると (図-4)、Skylake アーキテクチャ以降のプロセッサを使用した場合の方が高くなる傾向が見られる。このことから、少なくとも LINPACK ベンチマークでは、コア数の増加、メモリバンド幅の向上、および AVX-512 命令による効果が得られている、と判断できる。

しかし、コア数と SIMD 演算数の増加による性能向上には限界が見え始めている。たとえば、Skylake アーキテクチャ以降のプロセッサによる計算効率と、Broadwell アーキテクチャ以前のプロセッサによる計算効率を比較すると、図-5 に示すように Skylake アーキテクチャ以降のプロセッサで計算効率が低下

する傾向が見える。この原因として、まず Skylake 以降のクロック周波数の問題が挙げられる。計算効率の分母である理論ピーク性能は、プロセッサの基本クロック周波数と同時実行可能な最大の演算数の積であり、Skylake アーキテクチャでもそのように算出している。しかし Skylake アーキテクチャでは、同時実行可能演算数を最大にする AVX-512 命令を使用する際はクロック周波数が下げるように設計されている。すなわち、AVX-512 命令を基本クロック周波数で実行することはできない。

また、コア数や同時 SIMD 演算数の増加によって得られる性能向上は並列処理による効果である。そのため並列性の低いプログラムでは、ほとんどその効果が得られないか、もしくは性能向上のための大幅なチューニングが必要となる。その結果、Xeon プロセッサを主要な演算資源とするスパコンにおいても、今までのように互換性を維持した性能向上が困難となることが考えられる。これは、今後普及が予想される AMD 社の EPYC プロセッサのような Xeon 互換アーキテクチャも同様である。

これに加え、今後、特に省電力性が求められるスパコンにおいて、Xeon 互換プロセッサのような汎用性の高いアーキテクチャは不利であり、メニーコアやアクセラレータ等、コアの機能や性能を制限して省電力を追求したアーキテクチャが採用される可能性が高い。そのため利用者には、用途等の状況に応じて利用するアーキテクチャを選択し、プログラムを適切にチューニングすることが求められる。また、多くの計算機センターは、複数の種類のアーキテクチャによるスパコンを運用し、それぞれの特徴やチューニング技術を紹介することで、利用者の支援にあたっている。

(2019年7月31日受付)

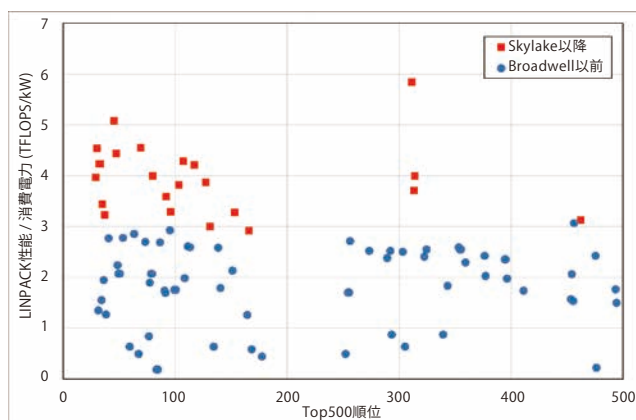


図-4 Skylake アーキテクチャの消費電力対 LINPACK 性能比への影響

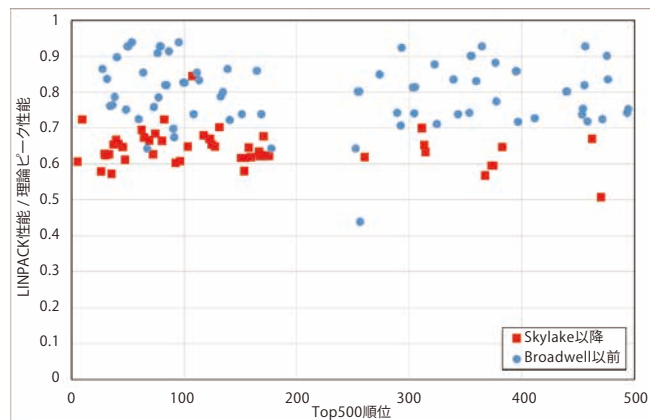


図-5 Skylake アーキテクチャの理論ピーク性能対 LINPACK 性能比への影響

南里豪志 (正会員) nanri.takeshi.995@m.kyushu-u.ac.jp

1995年九州大学大学院工学研究科情報工学専攻 修士課程修了, 1996年九州大学大型計算機センター 助手, 2001年九州大学情報基盤センター 助教授, 現在, 九州大学情報基盤研究開発センター 准教授. 博士 (情報科学).

「京」の後の時代を支えるスパコン



⑥ いまどきのベクトル型スパコン —高性能ベクトルコアと高バンド幅メモリ で高い実行効率を追求—

小林広明 | 東北大学

ベクトル型スパコンとは？

皆さんはベクトル型スパコンと聞いて何を思い浮かべるのだろうか？ Crayをはじめとする古典的スパコンだろうか？ 確かに1命令でたくさんのデータを処理するベクトルISA（命令セット）に大きな違いを見出せないかもしれないが、それを支えるマイクロアーキテクチャ（プロセッサ構成方

式）は、その時代の最新の半導体技術とアーキテクチャ技術が取り入れられ、大きく進歩してきた。2009年9月3日に開催のFIT（情報処理学会情報科学技術フォーラム）において、「21世紀はベクトルコンピューティングの時代!？」というタイトルで企画セッションを行ったが、いまやGPU、Xeon Phiそしてx86プロセッサでもベクトル命令や処理機構が当たり前となり、プログラムのベクトル化は、

プロセッサのマルチコア化に伴うプログラムの並列化とともに、プロセッサの性能を引き出す上で重要なプログラム最適化技術となっている。

東北大学が運用するスパコンSX-ACEやSXシリーズの最新のモデルであるSX-Aurora TSUBASAなどいわゆるベクトル型スパコンの特徴は、複数のデータを単一の命令で処理できるベクトル演算命令やベクトルロード・ストア命令等を有することに加え、そのマイクロアーキテクチャやシステムアーキテクチャに高性能ベクトルコアや高バンド幅メモリサブシステムを導入していることにある。

図-1はSXを含む代表的なプロセッサのコアあたりのFlop/s性能とメモリバンド幅を、図-2はプロセッサソケットあたりの同性能を示したものが、ベクトル型スパコンのコアあたりの演算性

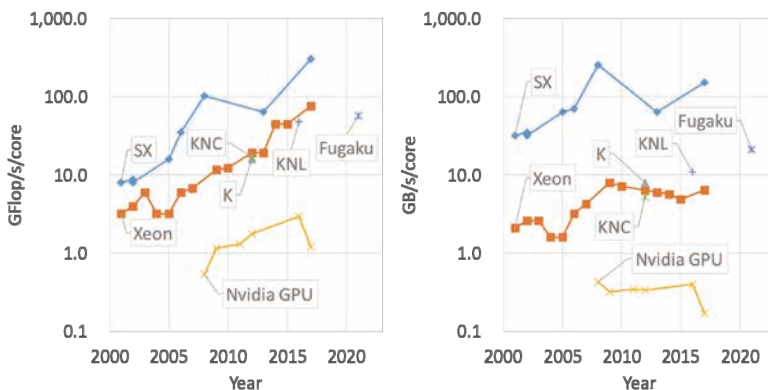


図-1 コアあたりの演算・メモリ性能

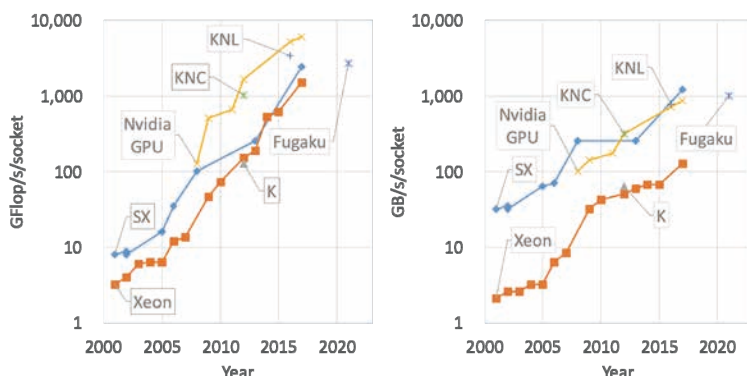


図-2 プロセッサソケットの演算・メモリ性能

能およびメモリ性能は群を抜いており、たとえば SX-Aurora TSUBASA と Xeon Skylake を比べるとコアに関しては、Gflop/s 性能で約 4 倍、メモリバンド幅性能で 24 倍、ソケットに関しては Gflop/s 性能は 1.6 倍程度であるが、メモリバンド幅性能は 10 倍近くの性能差があり、SX のベクトルプロセッサは同時代の HPC 向けプロセッサに比べ高いコア性能とメモリバンド幅性能を有していることが分かる。

これらのことから、ベクトル型スパコンは高い B/F (メモリバンド幅性能 bytes/s と演算性能 flop/s の比) を持つシステムともいえる。高いメモリ性能や B/F を有するシステムは、後述するように流体や構造計算などメモリ制約である多くの実アプリケーションの実行において、高い実効性能が得られることが知られている¹⁾。

本稿では、東北大学サイバーサイエンスセンターで 2015 年から運用しているベクトル型スパコン SX-ACE と 2018 年に発売された最新の SX シリーズのモデル SX-Aurora TSUBASA のシステム構成について述べ、これらのシステム向けプログラム

開発とその高速化技術に関する研究から得られた知見を紹介し、ベクトル型スパコンの現状と今後への期待について述べる。

東北大学大規模科学計算システム SX-ACE

システム構成

東北大学で運用する SX-ACE システムは 5 クラスタから構成される。各クラスタは 512 ノードが IXS (Internode Crossbar Switch) という専用の多段クロスバーネットワークで接続され、うち 2 クラスタはクラスタ間も IXS 接続されている。1 つのノードは 256Gflop/s の性能を有するベクトルプロセッサ 1 つと 64GB のメモリサブシステムが 256GB/s のメモリバンド幅性能で接続されている。したがって、1 クラスタのピーク性能は 131Tflop/s、総メモリバンド幅は 131TB/s で、B/F は 1.0 となる。

図-3 に SX-ACE のプロセッサアーキテクチャを示す。SX-ACE プロセッサは 4 つのベクトルコアから構成され、これらのコアはクロスバース

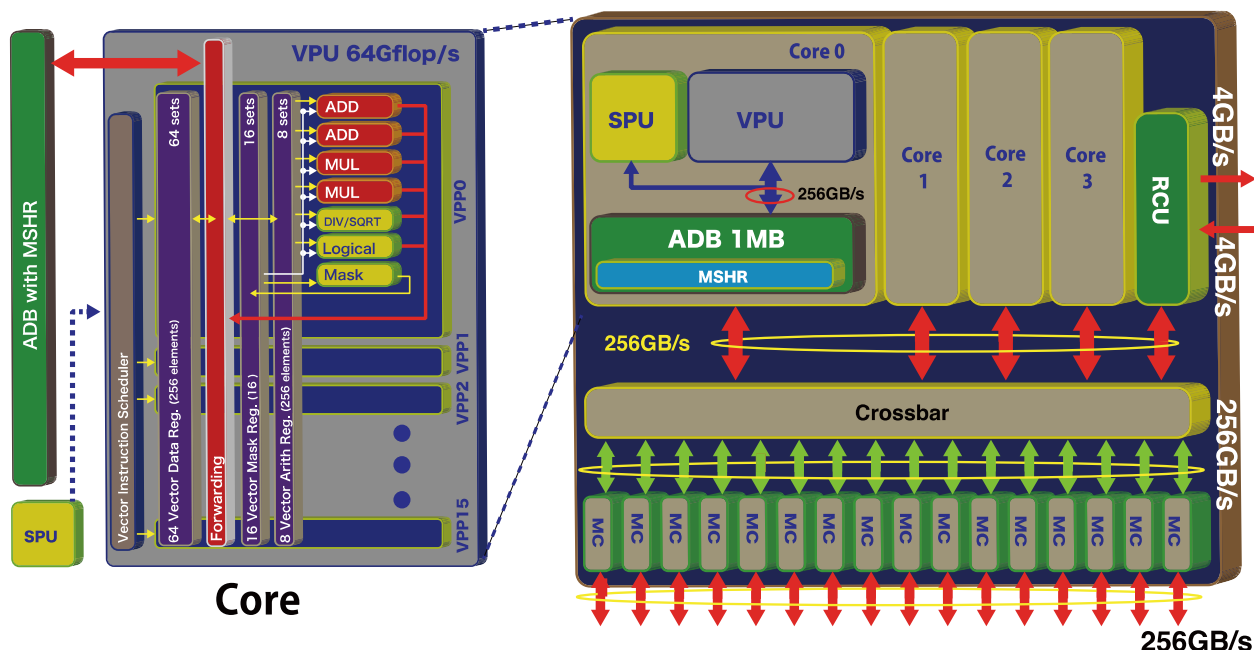


図-3 SX-ACE プロセッサアーキテクチャ

イッチを介してメモリサブシステムへ接続されている。各コアは、主にスカラプロセッシングユニット (SPU), ベクトルプロセッシングユニット (VPU), 不要なメモリアクセスを削減する MSHR (Miss Status Handling Register) 機能付きのオンチップベクトルデータキャッシュ (ADB, Assignable Data Buffer) から構成される。VPU は 256 ベクトル長を持つベクトル命令を処理する。コア占有型の ADB は 1 MB の容量を有し、再利用性の高いベクトルデータを選択的に保持でき、データアクセス時の ADB ヒット時には広帯域・短レイテンシでのデータアクセスを実現すると同時に、オフチップメモリへのアクセス削減に貢献する。4つのコアはクロスバースイッチを介してメモリに接続され、アプリケーションの特性に応じて選択的にコアを活性化する機能により 1 コアあたり最大で 256GB/s のメモリ帯域を占有利用することが可能であり、この機能によりプログラムの特性を考慮して B/F を 1 から 4 に調整することもできる。SPU は 1Gflop/s の性能を有し、主に命令デコード、VPU に対するベクトル命令発行、およびスカラ系命令の処理を行う。加えて、ベクトル処理能力の向上のために、ベクトルロード・ストア命令の実行順序を変えて高速化するアウトオブオーダー実行やベクトルパイプ間でのデータフォワーディング機構なども兼ね備えている。

SX-ACE の応用分野と性能

SX-ACE の高いメモリバンド幅や高性能コアによる効率の良いベクトル処理能力は、多くの科学技術分野や工学分野での研究開発に活用されている。具体的には、流体科学、電磁解析、熱解析、気象気候、災害科学、材料物性、宇宙などその分野は広範囲におよび、これらの成果は国産近距離ジェット機、発電タービン、高性能タイヤ設計など産業界にもインパクトを与えている。

また、東北大学と大阪大学の SX-ACE が中心となって実現されたリアルタイム津波浸水被害推計システムは、南海トラフ沖など鹿児島から静岡までの約 6,000km にもおよぶ太平洋沿岸域での大規模地震発生時には、ただちに緊急シミュレーションモードに両機関の SX-ACE が設定され、地震発生から 30 分以内に 30m メッシュの精度で 6 時間分の津波浸水被害情報を政府や自治体へ提供する。大規模津波被害発生時に救助や復旧などを迅速化することを目的として開発された本システムは、現在、内閣府の防災システムの一部に組み込まれ、24 時間・365 日運用されている。また津波浸水被害シミュレーションにおいては、同じ規模のシミュレーションを行う京コンピュータと比較して、SX-ACE は 1/32 以下のコア数で要求時間を達成できることが明らかになっており、SX-ACE の高い実効性能がここからも分かる²⁾。

次に、SX-ACE の有する高いメモリバンド幅や B/F がもたらす、高い実効性能の例を世界的な性能指標である HPCG (High Performance Conjugate Gradient) ベンチマークを例に説明する¹⁾。

我々は SX-ACE の性能を最大限に引き出すために、超平面法の導入とベクトル長と ADB ヒット率向上の両面を考慮した問題サイズ的最適化、再利用性の高いデータの選択的 ADB 配置など多く高速化技術を HPCG ベンチマーク向けに開発した。その結果、図-4 に示すように実行効率 (ピーク性能に対する達成性能の

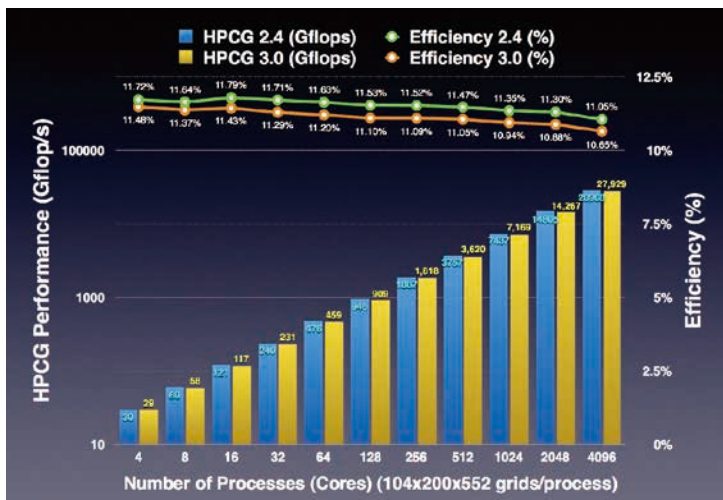


図-4 SX-ACE の HPCG 性能

比) 11% 前後の非常に安定した台数効果を得ることができた。

図-5 に HPCG ベンチマークに登録されているシステムの性能比較 (2016 年 11 月 SC16 登録時点) を示す。同図から分かるようにスカラプロセッサや GPU などアクセラレータを搭載するスパコンが 0.3 ~ 5% 程度の実効性能であるのに対し、SX-ACE は約 11% と優れた実行効率を達成している。

実行効率の低さをカバーするためには、同図の Required Peak 倍のピーク性能を少なくとも有する必要がある、システムの示すピーク性能の意味するところがメモリ性能によって大きく変わってくることを示唆している。

以上の SX-ACE でのプログラム開発の経験から、メモリ制約のベンチマークやアプリケーションで高い実行効率を達成するには、演算性能とメモリ性能のバランスが重要であると言える。

最新のベクトル型スパコン SX-Aurora TSUBASA

SX-Aurora TSUBASA の構成

SX-Aurora TSUBASA のシステム概要

SX スパコンシリーズは、前述のように高性能

ベクトルコアと高メモリバンド幅メモリの組合せで、多くのメモリ制約のアプリケーションにおいて高い実効性能を実現してきた。その一方、SX のオペレーティングシステムは System-V をベースとした Super-UX が導入されており、近年の Linux ベースのオープンソースの実装に困難が生じて、利用拡大の制約となっていた。そのような問題を解決するために、SX シリーズの持つ高いベクトル実効性能とデファクトスタンダードな Linux のプログラミング環境の汎用性を得るために、新たに開発されたのが SX-Aurora TSUBASA である。

SX-Aurora TSUBASA はベクトルプロセッサを搭載する Vector Engine (VE) と、Linux OS 機能を実行する x86 Vector Host (VH) から構成される新しいシステムアーキテクチャを採用している。この構成は従来のアクセラレータのシステムアーキテクチャと似ているが、その設計コンセプトは大きく異なる。SX-Aurora TSUBASA では、アプリケーションは VE で実行され、Linux のシステムコールなどの OS 機能のみが VH にオフロードされる。このようなシステムアーキテクチャと実行モデルを採用することで、従来のアクセラレータに比べ 2 つの大きな利点がある。1 つは、アプリケーションが VE で実行されるため、VE と VH のデータ転送を最

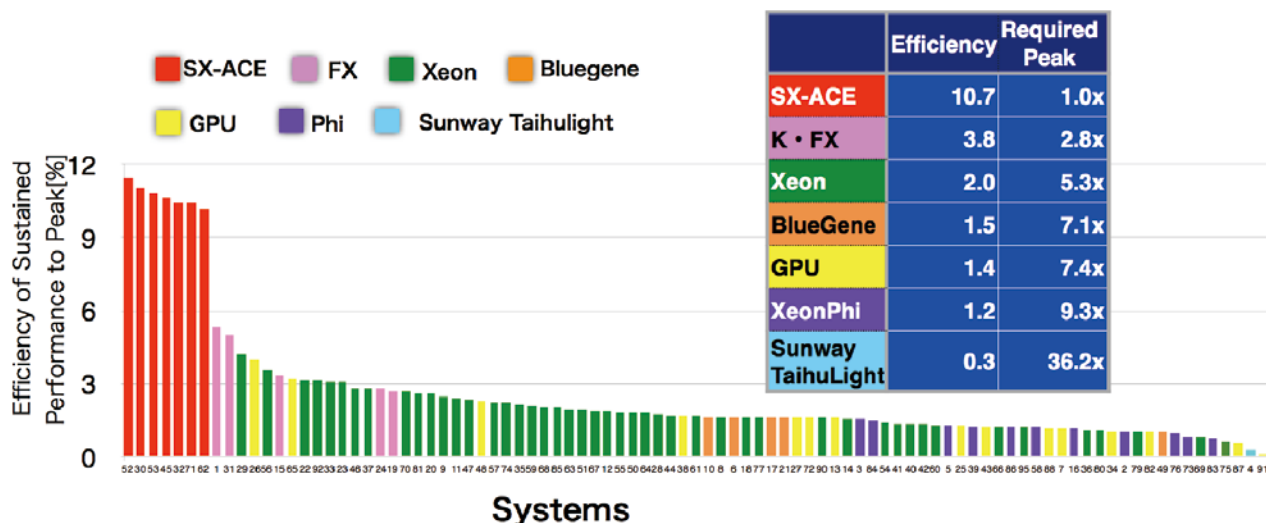


図-5 HPCG ベンチマークの実行効率

小限におさえることができることである。2つ目は、VE でプログラムを実行するため、従来の SX と同様、コンパイラが自動ベクトル化、自動並列化を行うことで特別なプログラミングをしなくてもベクトルプロセッサでプログラムを実行することができる点である。SX-Aurora TSUBASA は、従来のアクセラレータの実行モデルの問題点を解決し、これまでの SX スパコンと同様の使い勝手の良さを維持しつつ、Linux 標準環境を利用者に提供している。

ベクトルエンジン (VE)

図-6 左図に VE の CPU パッケージを示す。長方形の形をしたベクトルプロセッサが中央に配置されて、6つの HBM2 (High Bandwidth Memory 2) メモリがベクトルプロセッサの両サイドに3つずつ配置されている。6つの HBM2 実装は世界で初めての実装になる。この最先端技術によって、ベクトルプロセッサは、1.22 TB/s もの世界最高のメモリバンド幅と容量 48GB のメモリサブシステムを実現している。また、演算性能は、単精度浮動小数点演算で 4.90 Tflop/s、倍精度浮動小数点演算で 2.45 Tflop/s とメモリ性能とバランスのとれた設計になっている。

図-6 右図に示すように、ベクトルプロセッサは、8つのベクトルコア、16 MB のラストレベルキャッシュ (LLC)、2次元メッシュメモリネットワーク、6つの HBM2 メモリインタフェースから主に構成

されている。たとえば Type 10A の VE では、各コアが 1.6 GHz の周波数で動作し、単精度浮動小数点演算 (SP) で 614.4 Gflop/s、倍精度浮動小数点演算 (DP) で 307.2 Gflop/s の演算性能を達成している。16 MB の LLC は各コアと 2次元メッシュで接続され、キャッシュバンド幅は 3.0 TB/s を実現している。各 HBM2 メモリインタフェースは 204.8 GB/s のバンド幅で HBM2 と接続されている。ベクトルプロセッサは PCI Express Gen3 のインタフェースを介して、VH および DMA (Direct Memory Access) エンジンと接続されており、DMA エンジンにより VE 間および VH-VE 間のデータ転送を行う。ベクトルプロセッサは 16 nm FinFET プロセスで製造されており、14.96 mm × 33.00 mm の面積に約 48 億トランジスタが集積されている。GPU とほぼ同じサイズにパッケージされた VE と HBM2 メモリの消費電力は、VE カード単体で 300 W 以下である。

SX-Aurora TSUBASA の実行モデル

SX-Aurora TSUBASA では、基本的に VE でアプリケーションが実行され、OS に関するシステムコールや VH での実行が適しているスカラ演算などを VH 側にオフロードする (図-7 左図 VE execution モードと呼ぶ)。図-7 左図では、VE で実行されるベクトル処理中心のアプリ (V AP) から Linux システムコールやスカラ演算部分 (S) が

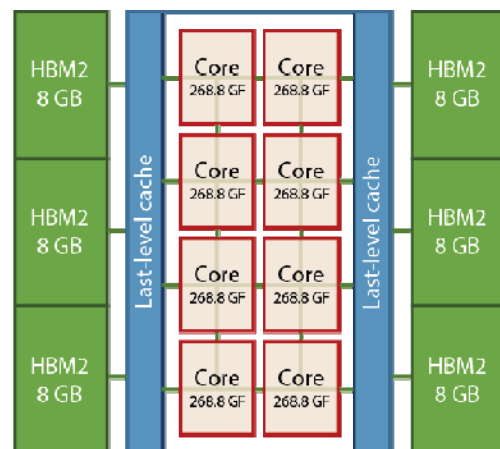


図-6 VE の構成：ベクトルチップ写真 (左) とシステムアーキテクチャ (右)

VHへオフロードされる様子を示している。

VHでは、プロセスのスケジューリングや、アプリケーションから呼ばれるシステムコールの処理など、OSの機能を担当する。さらに、システムコールなどの処理は自動的にVHへオフロードされるため、VHとVE間のやりとりを明示的に指示する必要などはない。またGNU C Library (glibc)はVE向けに移植されているため、glibcプログラミングが可能である。言い換えると、アクセラレータと異なり、SX-Aurora TSUBASA上でアプリケーションを実行するために特別なプログラミングは不要であり、C/C++やFortranなどの標準的なプログラミング言語で書かれたプログラムをそのままコンパイルすることで、SX-Aurora TSUBASA上で実行することができる。これによって、従来のベクトル型スパコンと同様の使い勝手の良さを実現している。

また、VHが適した計算を明示的にオフロードするVH offload実行モードも有する。これにより、スカラ処理などVHで処理の方が効率的である部分をユーザが指定しVHで強制的に処理させることができる。

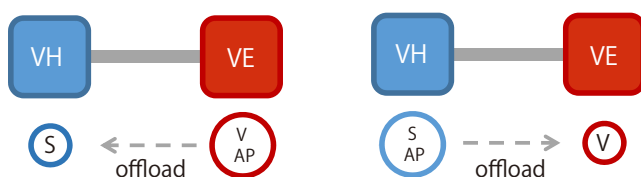


図-7 SX-Aurora TSUBASA の実行モデル

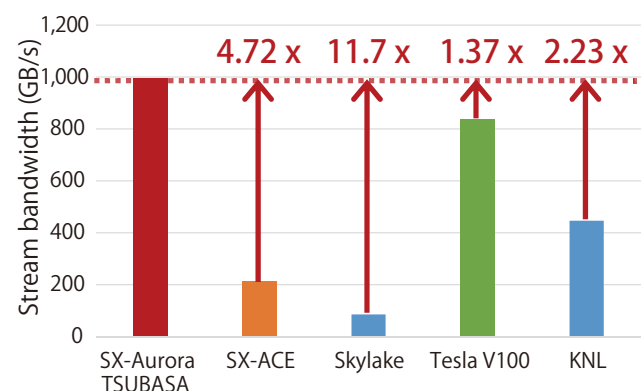


図-8 STREAM ベンチマークによる性能評価

一方、従来のGPUのようにVH側でプログラムを実行し、ベクトル処理部分をVE側にオフロードする機能も提供し、GPU向けに開発されたプログラムの移植性も考慮されている(図-7右図VE offloadモードと呼ぶ)。図-7右図では、VHで実行されるスカラプロセッサ向けに開発されたアプリ(S AP)からベクトル演算部分(V)がVEにオフロードされている様子が見られる。

SX-Aurora TSUBASA の性能

ここでは、スパコンの性能評価指標として国際的に使われるSTREAMベンチマークとHimenoベンチマークの2つを用いたSX-Aurora TSUBASAの性能について紹介する。併せて、新たに導入された実行モデルについても評価結果を報告する。評価の詳細については文献3)を参照されたい。

STREAM ベンチマーク性能

図-8に、スパコンの実効メモリバンド幅を測定するための標準ベンチマークプログラムであるSTREAMカーネルを用いたSX-Aurora TSUBASAの実効メモリ性能を示す。比較のために、SX-ACE、Intel Skylake、NVIDIA Tesla V100、Intel KNLの性能も測定した。同図から分かるようにSX-Aurora TSUBASAでは、SX-ACE、Skylake、Tesla V100、KNLに比べて、それぞれ4.72倍、11.7倍、1.37倍、2.23倍と高い実効メモリバンド幅を示している。

Himeno ベンチマーク性能

Himenoベンチマークは非圧縮性流体解析コードの性能評価のために考案されたもので、ポアソン方程式解法をヤコビ反復法で解く場合に主要なループの処理速度を計測するものである。19ポイントステンシル計算が高コストであるために、主にコンピュータのメモリバンド幅の性能に大きく左右されるという特徴がある。

図-9に、Himenoベンチマークによる単精度演算での性能評価結果(flop/sによる実効性能値)を示す。横軸はシステム名を示す。ここでは、3つの

SX-Aurora TSUBASA のシステム (10B, 10A, 20B, それぞれ1VEで測定) の性能に加え, 比較のために SX-ACE, FX100, 富岳, Tesla V100 (以上, それぞれ1プロセッサについて測定. なお, 富岳の性能はISC 2019の発表資料による), Xeon Skylake (2プロセッサで測定) の性能も併せて示した. 同図下段には, システムのスペック Peak Perf. (DP) (Tflop/s) で示す倍精度演算性能 Tflop/s 値と, Memory BW (TB/s) で示すメモリバンド幅性能 TeraBytes/s) を示している. データは問題サイズの最も大きい XL (1,024 × 512 × 512) を用いた.

Himeno ベンチマークはメモリ負荷が高く, グラフから分かるように高いメモリバンド幅が Himeno ベンチマークにおいても高い実行効率として表れている (なお, さらなる最適化でメモリアクセス命令を削減したことにより, 10B の性能は文献3) より性能が約10%向上している. また, 10A, 20B は東北大学サイバーサイエンスセンター・高性能計算技術開発 (NEC) 共同研究部門で先行評価した結果による).

ベクトルオフローディング性能

図-10にSX-Aurora TSUBASA を用いてマイクロベンチマークを実行した場合の性能を示す. 本マイクロベンチマークは, ヤコビ計算 Jacobi 1とその結果を出力するI/O, その後に再度ヤコビ計算を行う Jacobi 2の3つから構成されている. 実行は, VE でプログラムを実行する VE execution, I/O を明示的に VH へオフロードする VH offload, ヤコビ計算を VE にオフロードする VE offload の3通りで行った. VE execution の場合, I/O の部分がほかの2つに比べ大きくなり, 総実行時間が長くなっていることが分かる. 一方, VH offload や VE offload の場合, スカラ処理に向いているI/OがVHで実行されるため, VE execution に比べ, 総実行時間が短くなっている. また, 初期データの転送が必要な VE offload に比べ, VH offload では初期データの転送が不要なため, 総実行時間が一番短いことが分かる. このようにアプリケーションの特性により VE-VH を適切に使い分けるハイブリッドなプログラム実行も可能になる.

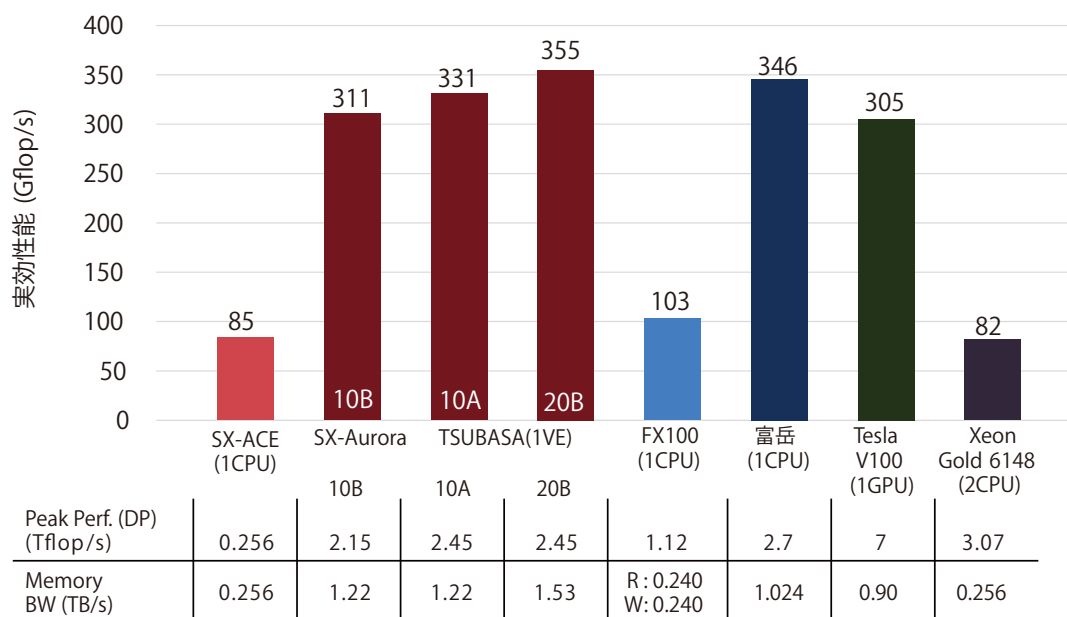


図-9 HIMENO ベンチマークによるノード性能評価

ベクトル型スパコンユーザの広がり と今後への期待

SX-ACE を運用する代表的な機関としては、東北大学のほかに海洋研究開発機構（10 クラスタ構成、うち4クラスタはIXS相互接続で拡張クラスタ化）や大阪大学（3クラスタ構成）があるが、ここでも気候／気象シミュレーション・地震／津波シミュレーションや心臓の興奮伝播シミュレーション等で高い実行効率を達成し、我が国の最先端科学の推進や気候・気象に関する巨大なデータベースの構築に貢献している。

一方、SX-Aurora TSUBASA は、VE による高性能ベクトルコアと高バンド幅メモリによる高いベクトル性能を維持しつつ VH による Linux 環境の提供を実現する新しいベクトル型スパコンの在り方を提示している。また、これまでの SX-ACE シリーズと異なり、デスクサイドから大規模クラスタ構成まで自由に構成することもできる。SX-Aurora TSUBASA は、日本と欧米にすでに 100 を超えるシステムが導入され、最近のニュースとしてはドイツ気

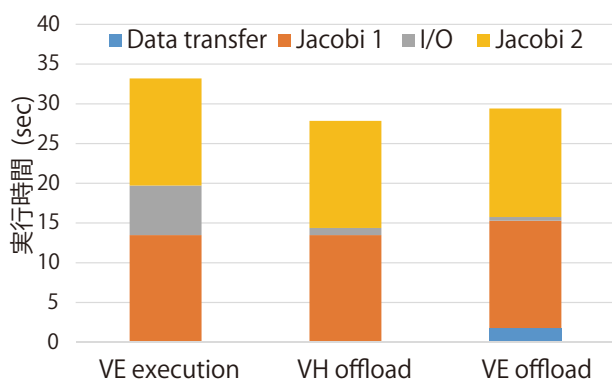


図-10 オフローディングの性能評価

象庁に SX-Aurora TSUBASA ベースの欧州最大級の気象予報システムの導入が決定している。

SX-Aurora TSUBASA 利用者コミュニティも 100 名規模で立ち上がり、日本と欧州のユーザが中心になって利用技術やプログラムの高速化の情報交換やベンダに対して SX-Aurora TSUBASA の利用環境の改善の提言などを行っている。

もちろん、ベクトル型スパコンは万能ではないし、応用分野に応じてさまざまなスパコンが適材適所で活用されていくものと思うが、今後、日本からの高性能ベクトル技術が世界に浸透し、新しい時代のベクトル型スパコンユーザコミュニティがますます活発になることを期待している。

参考文献

- 1) Egawa, R., Komatsu, K., Momose, S., Isobe, Y., Musa, A., Takizawa, H. and Kobayashi, H. : Potential of a Modern Vector Supercomputer for Practical Applications - Performance Evaluation of SX-ACE -, J. of Supercomputing, pp.1-29 (2017).
- 2) Musa, A., Watanabe, O., Matsuoka, H., Hokari, H., Inoue, T., Murashima, Y., Ohta, Y., Hino, R., Koshimura, S. and Kobayashi, H. : Real-time Tsunami Inundation Forecast System for Tsunami Prevention and Mitigation, J. of Supercomputing, pp.3093-3113 (2018).
- 3) Komatsu, K., Momose, S., Isobe, Y., Yokokawa, M., Watanabe, O., Aoyama, T., Sato, M., Musa, A. and Kobayashi, H. : Performance Evaluation of a Brand-New Vector Computer SX-Aurora TSUBASA, Proceedings of SC18 (2018).

(2019年8月1日受付)

小林広明 (正会員) koba@tohoku.ac.jp

東北大学大学院情報科学研究科教授。同サイバーサイエンスセンター・高性能計算技術開発 (NEC) 共同研究部門長併任。工学博士。専門は高性能コンピュータアーキテクチャとその応用。量子計算にも興味を持つ。東北大学総長特別補佐 (デジタル革新担当)。

「京」を中核とする HPCI 利用研究成果の普及状況 —利用報告書のダウンロード分析—

木村晴行 丸山順子 平塚 篤 | 高度情報科学技術研究機構

HPCI 利用研究成果と利用報告書

一般財団法人 高度情報科学技術研究機構 (RIST) は特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律 (以下、「共用法」) に基づく登録施設利用促進機関として、特定高速電子計算機施設 (以下、「京」) の利用促進業務を推進し、並行して文部科学省委託業務「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ (HPCI) の運営業務」を代表機関として推進してきた。

「京」の共用の促進に関する基本的な方針 (共用法に基づき文部科学大臣が定める方針) において、利用研究成果は、科学技術の振興を図るとともに、スーパーコンピュータの利用分野等に関する新たな知見を活かした「京」のさらなる利用を促進する観点から、知的公共財として積極的に公表し、普及されるべきものであるとされている。

この方針のもと、「京」を中核とする HPCI 共用計算機資源の利用者は課題実施終了後 60 日以内に利用報告書の提出を求められている。

「京」を中核とする HPCI の共用開始 (2012 年 9 月) 以降、2019 年 7 月までに 1,100 件を超える利用報告書が HPCI ポータルサイトに公開されており^{1), 2)}、2014 年 7 月 15 日の統計データ取得開始以降、2019 年 7 月末までのダウンロード数は約 108,000 件^{※1}に

上る。これら多数のダウンロード状況を分析することにより、HPCI 利用研究成果の普及状況について貴重な知見を得ることができた。

利用報告書ダウンロード状況

時間的变化

図-1 に 2014 年 7 月から 2019 年 7 月までの利用報告書ダウンロード数およびその累積値の月次変化を示す。当初 (2014 年度, 2015 年度) は前年度に終了した課題の利用報告書公開開始後、高いダウンロード数 (月間約 2 千件程度) の状況が 2~3 カ月続くのみであった。2017 年 2 月頃からは月間 2 千件レベルをほぼ連続的に維持し、2018 年 10 月からは月間 2 千~5 千件の範囲で変動しつつ現在に至っている。また、2015 年度以前の実施課題の利用報告書のダウンロード数が現在でも全体の半分近くを占めている。

課題枠別ダウンロード数

「京」を中核とする HPCI 利用研究における課題枠 (成果公開課題) は以下のものから構成される; 「京」一般利用枠 (一般課題, 随時課題 (競争的資金等獲得課題, トライアル・ユース), 若手人材育成利用, 産業利用 (実証利用, トライアル・ユース)), 「京」以外の HPCI 一般利用枠 (一般課題, 産業利用 (実証利用, トライアル・ユース)), 戦略プログ

※1 クローリング等の実質的でないダウンロードを除外した件数。

ラム (2015 年度末で終了), ポスト「京」研究開発
 枠重点課題 (2015 年 10 月開始), 同萌芽的課題 (2016
 年 8 月開始), 重点化促進枠, 共用法第 12 条調査研究.

図-2 (上) に課題枠別ダウンロード割合を示す。
 「京」産業利用のダウンロード割合が最も多く, 全
 体の約 27 % を占めている。次いで「京」以外の
 HPCI 一般 (以下, HPCI 一般と呼ぶ) (約 22 %), 「京」
 一般 (約 15 %), 戦略プログラム (約 12 %) と続く。
 図-2 (下) に示すように 1 課題あたりの平均ダウ
 ンロード数でも「京」産業利用 (実証利用) が抜き
 んでおり, 次いで「京」以外の HPCI 産業利用 (実
 証利用), 同 (トライアル・ユース), 「京」産業利
 用 (トライアル・ユース) と続き, 産業利用課題が
 上位を占めている。

ダウンロード元機関分類

利用報告書のダウンロード元を大学等, 企業, 研
 究機関等, 行政・立法, 報道・公共サービス, 医療,

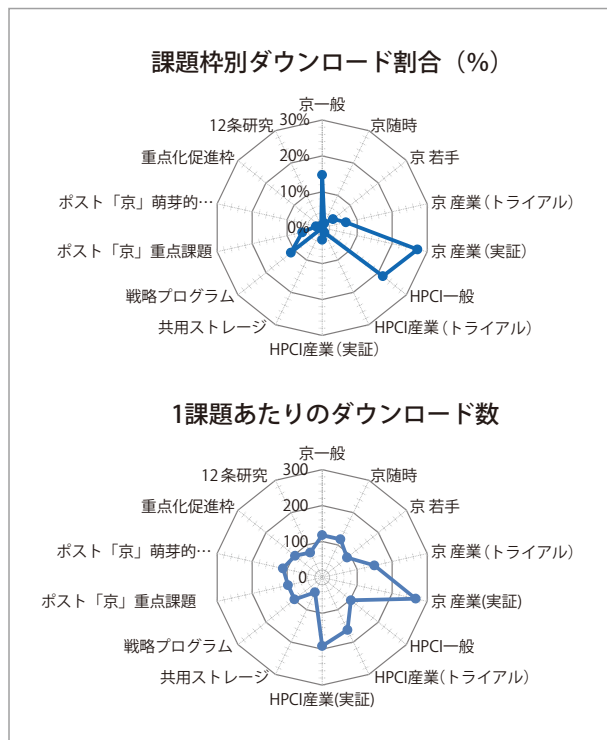


図-2 課題枠別ダウンロード割合 (上), 同 1 課題あたりのダ
 ウンロード数 (下)

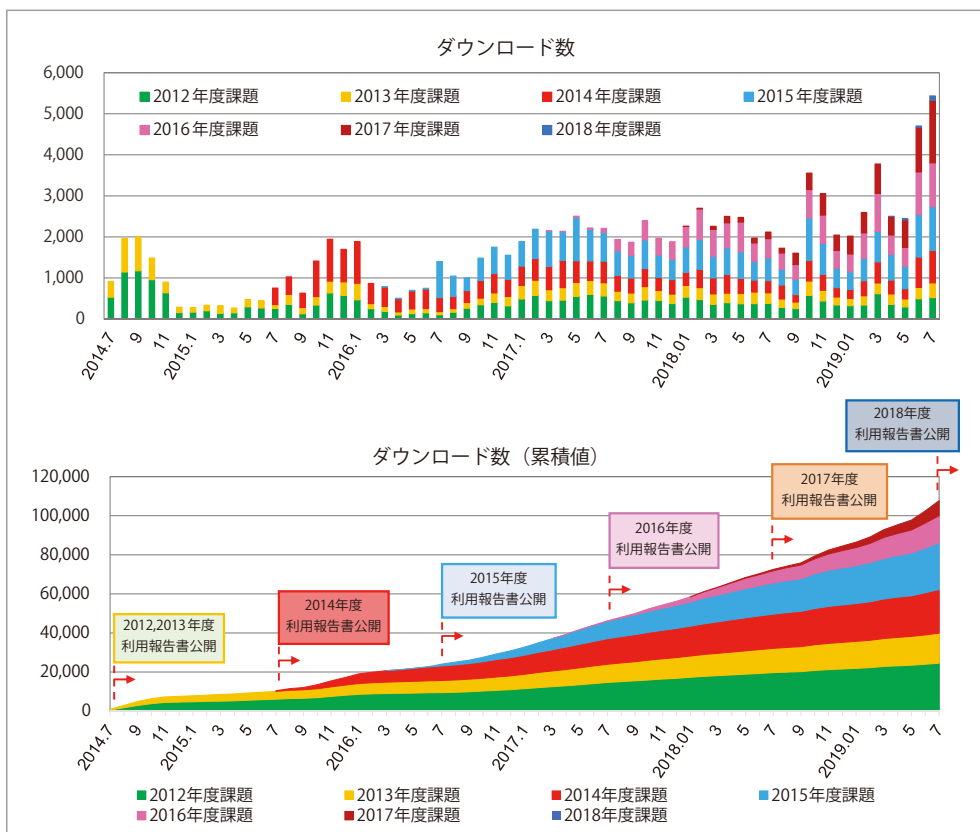


図-1 利用報告書ダウ
 ンロード数の月次変化 (上),
 ダウンロード数の累積値の月
 次変化 (下)

ネットワーク事業回線経由，国外に分類した（以下，総称して機関分類と呼ぶ）. ダウンロード元はIPアドレスから判定している. 図-3に機関分類別ダウンロード割合を示す. 各分類ごとの機関数（国外の場合は国と地域の数）が凡例に示されている. 大学等からは307機関がダウンロードし，その延べ回数全体のダウンロード数に占める割合（ダウンロード割合）は約23%である. 企業からは976社でダウンロード割合は約20%，研究機関等からは89機関でダウンロード割合は約6%である. ダウンロード割合は少ないが，行政・立法（68機関），報道・公共サービス（29機関），医療（44機関）など社会の幅広い分野からダウンロードされている. なお，ネットワーク事業回線経由のダウンロード割合は約36%と最も高い割合を示している. ネットワーク事業回線からのアクセスは，たとえば個々の機関に所属している人々が自宅からアクセスする場合や個々の機関が一般向けのネットワーク事業者と契約している場合などが考えられる.

日本国外からのダウンロード割合は約13%，76の国と地域にわたる. その内訳は以下のとおりである.

北米（4；米国，カナダ，メキシコ，バミューダ諸島），中米（2；グアテマラ，ホンジュラス），南米（7；

ブラジル，コロンビア，ペルー，チリ，アルゼンチン，エクアドル，ベネズエラ），欧州（32；英国，アイルランド，フランス，ドイツ，イタリア，スペイン，ベルギー，オランダ，ルクセンブルク，デンマーク，ノルウェー，スウェーデン，フィンランド，エストニア，チェコ，スロバキア，スイス，オーストリア，ハンガリー，ポーランド，ルーマニア，ブルガリア，クロアチア，ウクライナ，ベラルーシ，トルコ，キプロス，ギリシャ，イスラエル，リトアニア，ポルトガル，アゼルバイジャン），ロシア，アジア（21；中国，韓国，台湾，ベトナム，シンガポール，マレーシア，インドネシア，タイ，フィリピン，インド，ブータン，パキスタン，イラン，カザフスタン，サウジアラビア，香港，モンゴル，レバノン，マカオ，イラク，アラブ首長国連邦），アフリカ（7；アルジェリア，モロッコ，ナイジェリア，南アフリカ，エチオピア，エジプト，チュニジア），オセアニア（2；オーストラリア，ニュージーランド）

利用分野別ダウンロード数

利用報告書のダウンロード数の大小はHPCI利用研究成果に対する読者の関心度の1つの目安になる. これに基づき，前節に示すダウンロード元機関分類ごとに（ネットワーク事業回線経由を除く），利用分野別に利用成果への関心度をまとめる.

HPCIの8つの利用分野（バイオ・ライフ，物質・材料・化学，環境・防災・減災，工学・ものづくり，物理・素粒子・宇宙，エネルギー，情報・計算機科学，数理科学）を取り上げ，各分野の利用報告書へのダウンロード数を大学等，研究機関等，企業，行政・立法，報道・公共サービス，医療，国外の分類に従い，その度数分布を調べた. 図-4にレーダ図として，結果を示す. 以下にその特徴をまとめる.

- バイオ・ライフは大学等，次いで企業，国外からの関心が高い.
- 物質・材料・化学は大学等と企業からの関心が高く，両者は拮抗している.

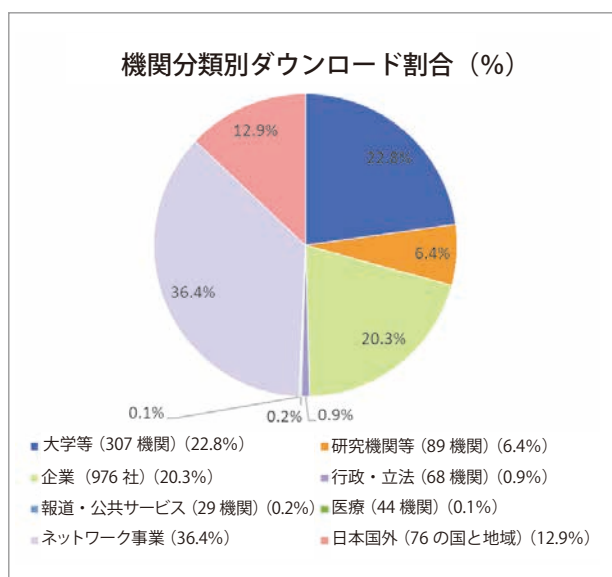


図-3 機関分類別ダウンロード割合

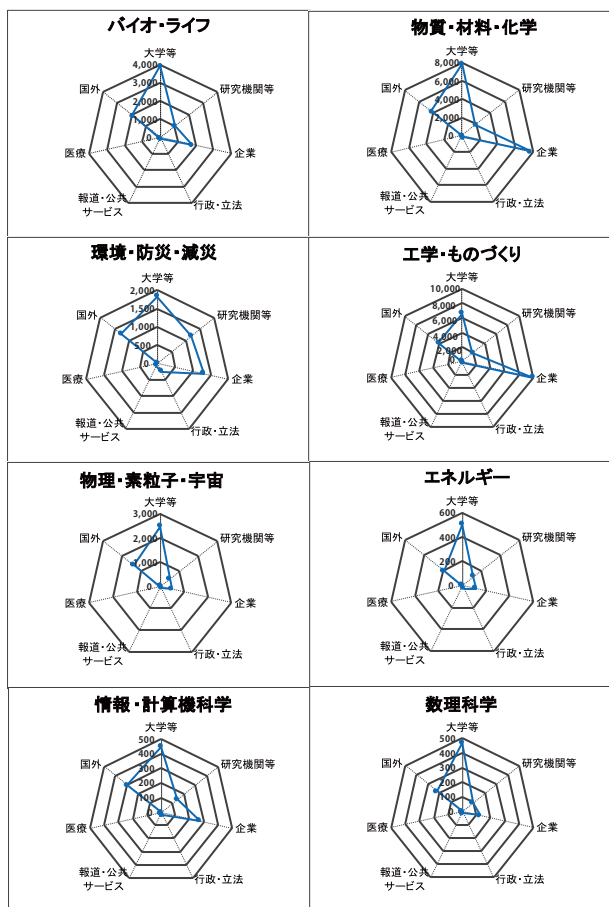
- 環境・防災・減災は大学等，次いで企業，国外，研究機関等からの関心が高い。
- 工学・ものづくりは企業，次いで大学等の関心が高い。
- 物理・素粒子・宇宙，エネルギー，数理科学は大学等からの関心が高くて高い。
- 情報・計算機科学は大学等，次いで企業，国外，研究機関等からの関心が高い。

逆に，ダウンロード元機関分類（大学等，研究機関等，企業，行政・立法，報道・公共サービス，医療，国外）ごとの利用分野別ダウンロード分布を図-5に示す。以下にその特徴をまとめる。

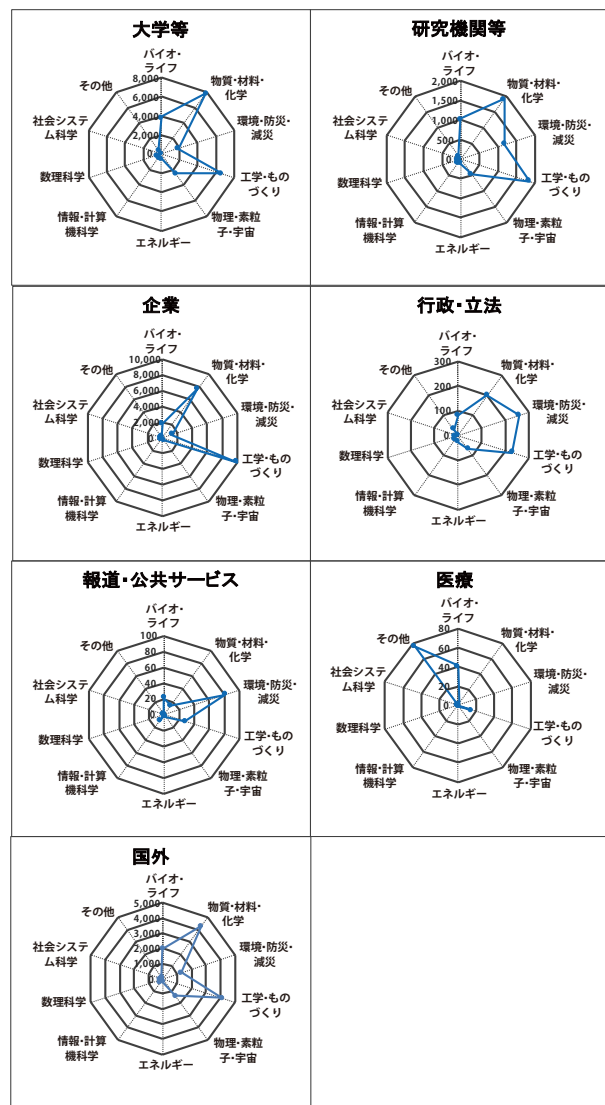
- 大学等は，「物質・材料・化学」，次いで「工学・ものづくり」への関心が高くて高い。
- 研究機関等は，「物質・材料・化学」，「工学・ものづくり」への関心が高くて高い。

のづくり」に加え，「環境・防災・減災」，「バイオ・ライフ」への関心も比較的高い。

- 企業からは，「工学・ものづくり」，次いで「物質・材料・化学」への関心が高くて高い。
- 行政・立法からは「環境・防災・減災」への関心が高くて最も高く，次いで「工学・ものづくり」，「物質・材料・化学」への関心が高い。
- 報道・公共サービスからは「環境・防災・減災」，「工学・ものづくり」への関心が高い。
- 医療からは「その他」（医療関係の課題が含まれる）への関心が高くて最も高く，次いでバイオ・ライフへの関心も比較的高い。



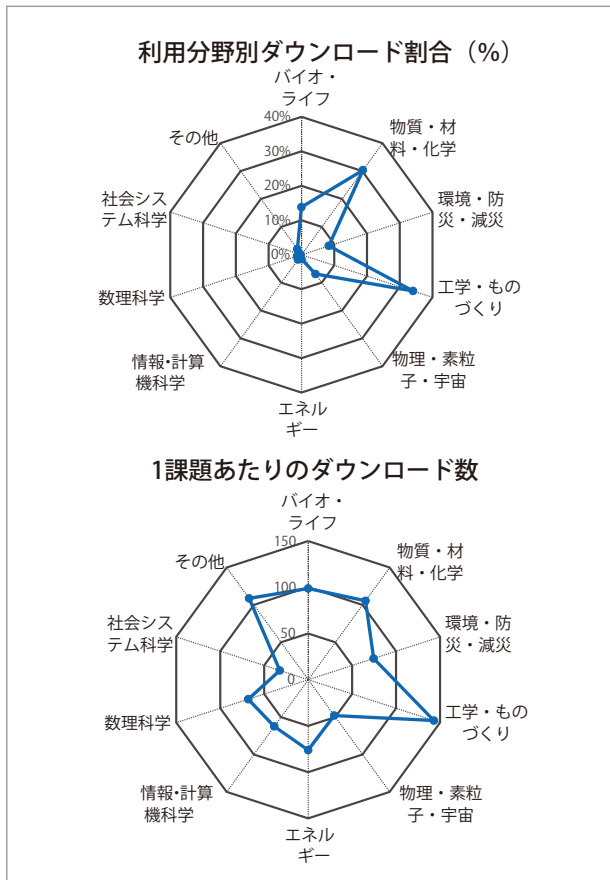
■ 図-4 利用分野ごとのダウンロード元分布



■ 図-5 ダウンロード元機関分類ごとの利用分野別ダウンロード分布

関心が高い。

- 国外からのダウンロード分布は大学等と類似している。

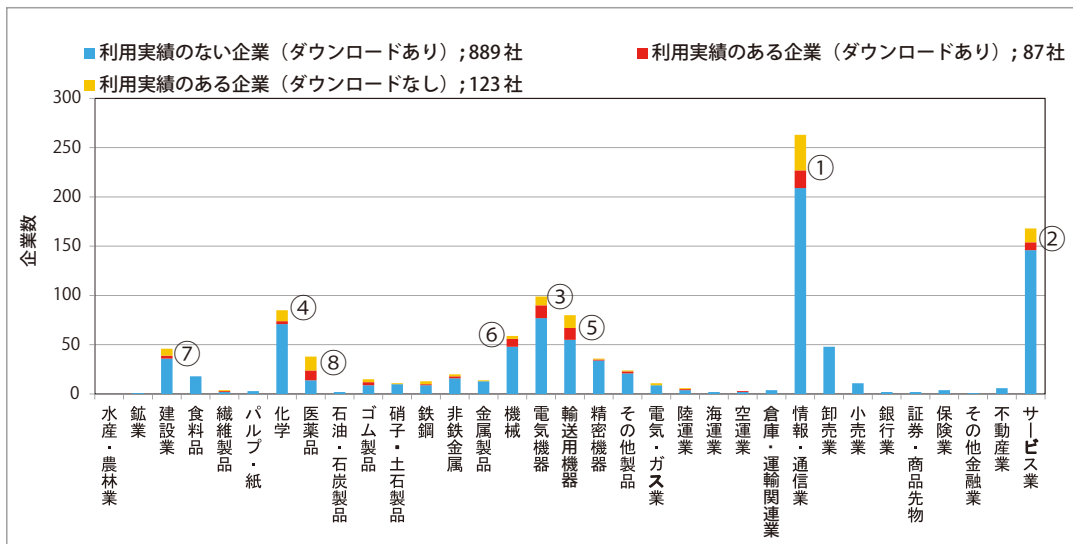


■ 図-6 全体を通じての利用分野別ダウンロード割合 (上), 同1課題あたりのダウンロード数 (下)

図-6 (上) に全体を通じての利用分野別ダウンロード割合を示す。図-5の大学等と類似しているが「工学・ものづくり」の割合の方が「物質・材料・化学」の割合よりやや高い。図-6 (下) には1課題あたりのダウンロード数を示す。「工学・ものづくり」, 「その他」, 「物質・材料・化学」, 「バイオ・ライフ」の順に高い。なお、図には示していないが、ネットワーク事業回線からの利用分野別ダウンロード割合は全体を通じての利用分野別ダウンロード割合と類似している。

産業利用成果の普及

図-3に示すように、産業界からは976社が利用報告書をダウンロードしている (2019年7月末現在)。東京証券取引所の業種分類 (33業種) に従い、これら976社の業種の分布を調べた。図-7にその結果を示す。ダウンロード元企業でHPCI利用実績のない企業 (889社) は青の領域で、HPCI利用実績のある企業 (87社) は赤の領域で示す。オレンジ色の領域はHPCIの利用実績があるがダウンロードしていない (あるいは現時点で識別できていない) 企業を示す。HPCI利用実績のある企業 (赤とオレンジ色の領域) の業種は高々19業種 (33業種の内



■ 図-7 HPCI 利用実績のある企業およびダウンロード元企業の業種分布 (東証33業種で分類)

の 58 %) であるが、HPCI は利用していないがダウンロードを行っている企業の業種は 32 業種 (同 97 %) に及んでいる。

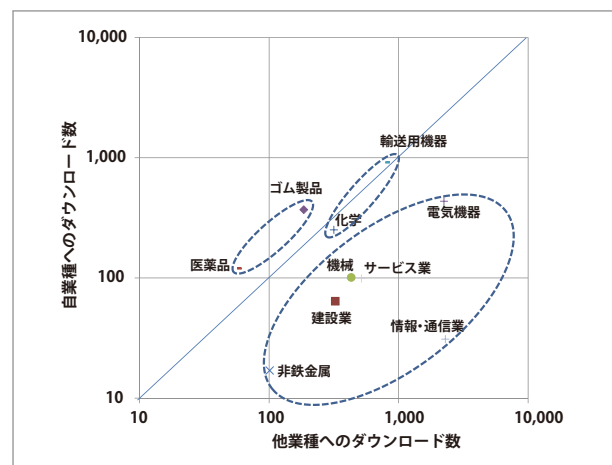
HPCI 利用実績がありかつダウンロード元企業が多く含まれる業種は以下の通りである (上位 8 業種まで降順で示す); ①情報・通信業 (227 社), ②サービス業 (154 社), ③電気機器 (90 社), ④化学 (74 社), ⑤輸送用機器 (67 社), ⑥機械 (56 社), ⑦建設業 (39 社), ⑧医薬品 (24 社)。HPCI 利用実績のある企業は含まれないが, ダウンロード元企業が比較的多い業種は, 卸売業 (48 社), 食料品 (18 社), 小売業 (11 社) である。

また, 卸売業, 小売業に加え, 不動産業, 保険業, 倉庫・運輸関連業などの非製造業からもダウンロードされている。たとえば, 卸売業からは輸送用機器, 電気機器, 化学, ゴム製品, 等の業種の利用報告書が参照されている。このように, HPCI 利用研究成果は我が国の産業界から幅広く関心を持たれていることが分かる。

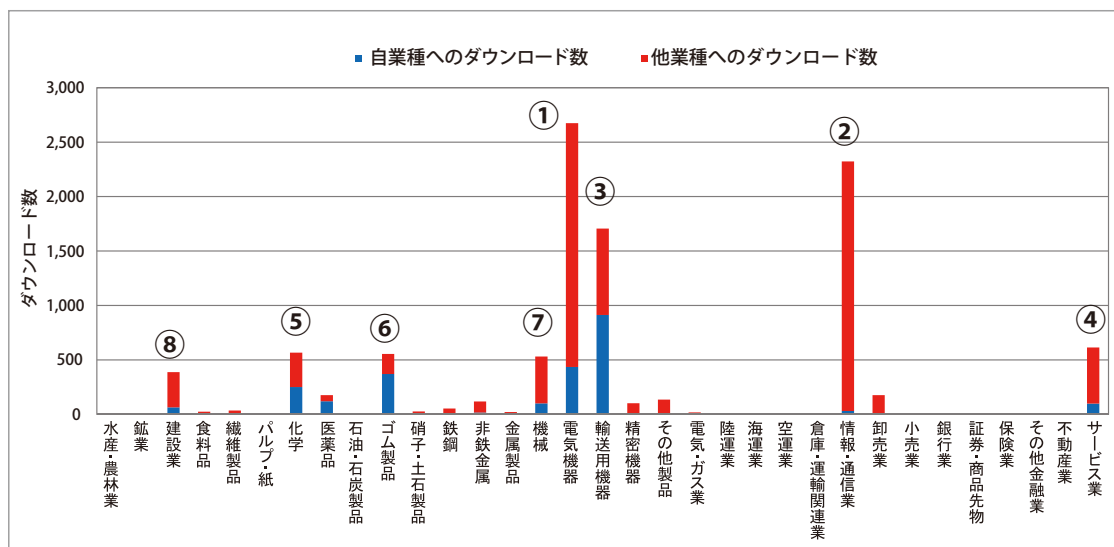
2019 年 7 月までに公開されている産業利用課題 (トライアル・ユースを含む) の利用報告書 (全 243 課題) に対する企業からのダウンロード数を業種別に分類したものが図-8 である。自業種の利用報告書のダウンロード数を青で, 他業種の利用報告書のダウンロード数を赤で示している。自業種と他業種を合わせた全体のダウンロード数上位 8 業種までの順位が図に示されている。上位 8 業種は, ①電気機器 (2,674 件), ②情報・通信業 (2,323 件), ③輸送用機器 (1,706 件), ④サービス業 (614 件), ⑤化学 (567 件), ⑥ゴム製品 (555 件), ⑦機械 (531 件), ⑧建設業 (388 件) である。

図-9 はこれらに医薬品, 非鉄金属を加えた 10 業種について自業種へのダウンロード数と他業種へのダウンロード数の関係をプロットしたものである (両対数目盛)。これより上位 10 業種の中で他業種へのダウンロードに比して自業種へのダウンロー

ード数が多い業種は, 卸売業 (48 社), 食料品 (18 社), 小売業 (11 社) である。



■ 図-9 自業種へのダウンロード数 対 他業種へのダウンロード数



■ 図-8 産業利用課題の利用報告書ダウンロード数の業種分布

ドが多い業種はゴム製品と医薬品のみであることが分かる。企業全体では他業種へのダウンロード数と自業種のダウンロード数の比は、ほぼ3:1である。このように企業全体として見れば、互いに他業種への利用報告書への参照（相互参照）の方が明らかに多い。図-10はこのような業種間の相互参照の状況を視覚的に分かりやすく表したものである。HPCI利用実績のある企業が含まれる業種（19業種）を円周上に配置し、それらの業種間を双方向のダウンロード数に比例した太さの線で結んでいる。図に示すようにHPCI利用実績のある企業が属する業種（19業種）間できわめて密に利用報告書の相互参照が行われている。特に、電気機器と化学の間、電気機器と輸送用機器の間、情報・通信業と化学の間、情報・通信業と輸送用機器との間で結びつきが強いことが示されている（ダウンロード数；600～800）。

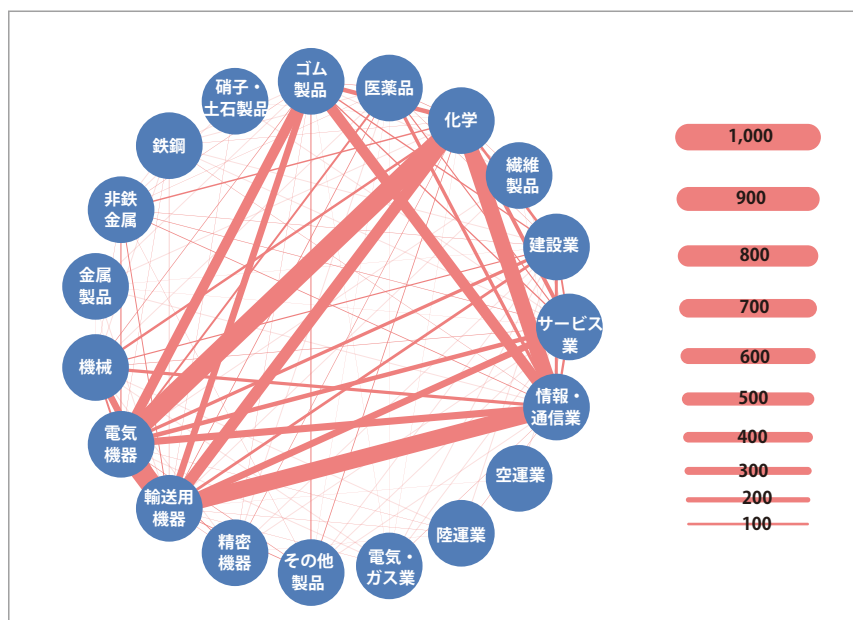
図-11は図-9に示されている業種に鉄鋼、繊維製品を加えた12業種について他業種からの被ダウンロード数と他業種へのダウンロード数の関係をプロットしたものである（両対数目盛）。3グループに分かれている。すなわち電気機器、情報・通信業

は他業種へのダウンロード数の方が他業種からの被ダウンロード数より多い。逆に、輸送用機器、化学、ゴム製品、医薬品は他業種からの被ダウンロード数の方が他業種へのダウンロード数より多い。残りの業種（サービス業、建設業、機械、等）は他業種へのダウンロード数と他業種からの被ダウンロード数がバランスしている。

HPCI 利用研究成果の普及状況

HPCI 利用報告書は HPCI 利用研究成果をまとめた形で世に速報している。そのダウンロード状況を詳細に分析することにより「共用の促進に関する基本的な方針」の中で謳われている「成果の公表と普及」の観点から重要な役割を果たしていることが明らかになった。

利用報告書のダウンロード数は2014年7月15日の統計データ取得開始以降、2019年7月末で約108,000件に達している。課題枠別のダウンロード割合、1課題あたりのダウンロード数とも「京」産業利用（実証利用）が最も多い。機関分類別のダウンロード割合は（ネットワーク事業回線経由を除

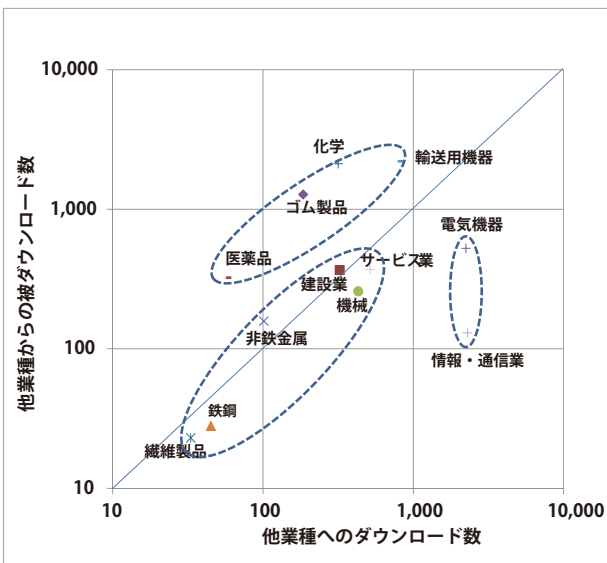


■ 図-10 HPCI 利用実績のある企業が含まれる業種間の利用報告書参照状況（双方向のダウンロード数の大きさを線の太さで示す）

く), 大学等が最も多く (約 23%), 次いで企業からが多い (約 20%)。

利用分野別関心度では, 工学・ものづくりには企業が, 物質・材料・化学には大学等と企業が, それ以外の分野には大学等が, それぞれ最も高い関心を示している。全体を通じて, 「工学・ものづくり」, 「物質・材料・化学」への関心が際立って高い。

産業界からは, HPCI 利用実績のある企業 210 社 (ダウンロードなしを含む) に比して HPCI を利用していない 889 社が利用報告書をダウンロードし



■ 図-11 他業種からの被ダウンロード数 対 他業種へのダウンロード数

ている。また, HPCI 利用実績のある企業の業種は東証 33 業種中 19 業種 (58%) であるのに対して, ダウンロード元企業の業種は 32 業種 (97%) に及ぶ。企業全体で他業種へのダウンロード数と自業種のダウンロード数の比はほぼ 3:1 であり, HPCI 利用実績のある企業の属する業種間できわめて密に利用報告書の相互参照が行われている。

参考文献

- 1) HPCI ポータルサイト, 利用報告書, http://www.hpci-office.jp/pages/user_report
- 2) 木村晴行, 平塚 篤, 渡辺一慶, 佐藤正泰: HPCI 利用報告書のダウンロード分析に基づく HPCI 利用研究成果の普及状況, RIST NEWS, No.61 (2016 年 7 月), <http://www.rist.or.jp/rnews/61/61s4.pdf>

(2019 年 8 月 29 日受付)

■ 木村晴行 (正会員) kimura.haruyuki@rist.or.jp

1975 年京都大学大学院原子核工学専攻修士課程修了, 同年日本原子力研究所入所, 核融合研究に従事, 2008 年上級研究主席六ヶ所 BA プロジェクトユニット長, 2013 年より高度情報科学技術研究機構神戸センターに所属, 計画推進室長 (2018 年まで), 博士 (工学)。

■ 丸山順子 maruyama@rist.or.jp

大阪府立大学工学研究科応用化学専攻修士課程修了, 三菱電機 (株) ULSI 開発研究所, ルネサスエレクトロニクス (株), 神戸大学を経て, 現在, 一般財団法人 高度情報科学技術研究機構 (RIST) 神戸センター所属。研究情報管理業務等を担当。

■ 平塚 篤 atsushi.hiratsuka@rist.or.jp

日本大学生産工学部卒業。(株) KCS, 日本原子力研究所外来研究員を経てフリーランス SE。並列計算コード開発から基幹システム開発まで幅広く従事。2013 年より高度情報科学技術研究機構神戸センター所属。データ解析アプリケーション等の開発を担当。





論文必勝法



条件付き採録をクリアするには —適切な回答書の書き方—

田中勇樹 | 群馬大学

条件付き採録を受け取ったら

本会の論文誌ジャーナル/JIP/トランザクションへ投稿された論文は、1回の査読で採録となることは稀であり、ほとんどの場合、条件付き採録となり、著者に対して照会が行われる。その際、論文を採録とするために改訂が必要な個所が査読者から著者へコメントとして提示される。量・質ともに多少の差異はあるが、査読者が論文を読み進めるにあたり気になったところ、不明瞭であったり、証明や実験、考察が不十分であったりするところがコメントの中心である。著者は査読者から受け取ったコメントをもとに論文の改訂を行い、改訂個所を明示した回答書とともに再提出することで、再度の査読を受ける。2回の査読により採否の判定を行うことで採録される論文の完成度を上げ、ひいては論文誌全体の質を高めることにつながる。

その際に提出する回答書とは一言でいえば、修正後の論文に追加説明を行うための資料である。回答書は論文のように決まった書式はないが、多くの論文を査読している方であれば、どの回答書も似たような構成をとっていることがお分かりになると思う。また、回答書により改訂論文の変更個所を説明することは国内外を問わず広く浸透している慣習である。

論文単体で内容の理解ができてこそ良い論文と言えるが、条件付き採録として照会を行った論文に対し、採録に十分なレベルに修正されているかを確認するためには、改訂後の原稿をすべて読むのではなく、改訂された個所を集中的に確認できた方が、査読者にとっても負担が少なく、出版に至るプロセスが円滑に進む。

本連載の前回 (Vol.60, No.11) の中で、条件付き採録についての解説を行っているが、今回は、条件付き採録として著者に照会が行われたとき、修正原稿とともに提出する回答書について、その立ち位置や査読者にとって読みやすい回答書はどのようなものかを解説する。

査読者からのコメントは宝の山

査読者は著者（とその周辺の研究者）以外で論文を目にする最初の研究者であり、査読者の選定は論文誌編集委員が著者から提示された論文のキーワードや、論文の内容も参考に、当該分野に明るい研究者から行われる。その査読者から見て、論文の内容に疑問や不明瞭な部分がある場合、論文の完成度を高めるために条件付き採録で著者に修正が必要な個所が提示される。これはすなわち、晴れて採録となり、一般読者（その分野を専門としているかどうかを問わない）の目にとまること



になった際に、やはり同じように疑問に考えたり、誤解をもたれやすい個所であったりする内容である。

修正原稿を提出した後の査読では、査読者が提示した条件に対して適切に対応しているか、つまり、査読者が指摘した内容に対して必要十分な改訂がなされているかどうか、採否を決定する最も重要なポイントとなる。逆に、改訂後の原稿に対して（改訂が不十分である、という以外の）新たな指摘事項を理由に不採録とすることはできない。

査読者から示された採録の条件を受け取ったとき、挙げられた採録条件の個数が少なければ頑張っただけで改訂しようと思うものの、条件が多いと、改訂の意欲が削がれることが往々にしてある。また、時間をかけて作った論文に難癖をつけられたという感覚を持つこともあり、査読者に対して良くない印象を持つかもしれない。査読者は論文を批判する意図を持っているわけではなく、論文の質を上げるために修正が必要な点について指摘しているだけなので、指摘の多さは著者自身では気がつかない論文の未完成度のあらわれと思うとともに、論文を細部に至るまで読んでもらえたと好意的に受け取り、その期待に答えられるような改訂を行うことを心がける。

回答書には何を書けばよいか

回答書は、改訂した論文に対する補足説明であり、2回目の査読で査読者は補足説明が多く書かれている回答書を中心に読み、採否判定を行う。回答書の作成は、著者にとっては論文原稿の改訂と合わせて二度手間になってしまい、どうしても回答書の作成がおろそかになりがちである。しかし、回答書の出来によっては、論文が十分に改訂されていても不採録となる可能性もあり得る。回答書は査読者からのコメントに対して論文のどの

部分を、どのように改訂を行ったかを明示するための大事な資料であるため、論文の改訂と並行して、回答書の作成にも力を入れるべきである。

筆者が編集委員を経験する中で見てきた多くの回答書のうち、良い回答書は次章で示すポイントが共通している。回答書作成の際には、これらを特に注意するとよい。

良い回答書の書き方

本章では、実際に回答書をどのような組み立てで書けばよいか、回答書に書くべき内容は何かについて解説する。はじめに、比較的スムーズに回答書が作成できる場合のポイントを示す。続いて、回答書の作成を慎重に行う必要のある2つの事例を紹介する。1つは、著者の主張と査読者の意見に相違がある場合である。もう1つは、不採録の判定が査読者から出されているが、条件付き採録と判定されている場合である。

良い回答書のための基本的なポイント

2名の査読者とも条件付き採録と判定した場合、メタ査読者は基本的には条件付き採録の判定を行う^{☆1}。条件付き採録と判定を下した査読者は、**図-1**に示すように、著者へのコメントとして「論文全体の概評」「採録とするために修正すべき点」「採録とするための修正は必須ではないが、論文をより良くするための意見」を記載し、著者へ送付する。このうち、後者2つについては基本的には個条書きとなっており、何を修正すべきであるかが明記されている^{☆2}。**図-2**に回答書の全体的なフォーマットを示す。回答書は、メタ査読者、査読者1、査読者2それぞれのコメント一つひとつ

^{☆1} 2名の査読者がともに条件付き採録とした場合、メタ査読者は不採録の判定を行わない。

^{☆2} 月1回開催される編集委員会で採否判定をする際、査読者のコメントに目を通し、条件付き採録とする場合、何をどう修正すべきかの指摘が明確にされているかを確認する。指摘が明確でない場合は査読者にコメントの修正を依頼している。

本論文は〇×〇×について、△△△手法を提案し、既存の×××手法よりも優れた手法であることを実験により示しています。

〇×〇×問題の重要性や論文の構成、手法の新規性や提案手法の有効性の議論については問題がないように思えますが、いくつかの点で不明確な点が見受けられるため、条件付き採録として判定します。以下に挙げる項目1)~5)について、適切な修正を行うことを採録の条件とします。

また、採録に際し修正が必須ではありませんが、参考意見として項目a)~c)を挙げます

- 2ページ xx行目 〇×について、既存の研究として[3]を引用していますが、出版が古く、最新の研究成果とは言い難いように思えます。ここ数年のうちに本研究に言及した同様の研究はないのでしょうか。あるようならいくつか調査を行い、適宜引用するとともに、提案手法との差異を示してください。
- 3ページ xx行目 〇△の定義の中で、変数m,nの大小関係が明示されていませんが、m<nのときは値が定まりません。m,nの大小関係に制限が必要であればそれを明示するか、m<nのときでも値が定まるような定義に修正してください。
- 3ページ y行目：〇〇の定義について、数式により厳密に示していることは問題ありませんが、読者の理解を助けるために、図で例を示してください。
- 5ページ 定理y: 条件がabcとなっているときは、定理の証明で使用している式では結果が負となってしまう、定理が成立しないように見えます。このことについて、条件がabcとなることが無いことを示すか、条件がabcのときは、証明の式ではなく、別の方法で定理が成り立つことを示してください。
- 5ページ、数式(13)の1行目：このΣはnでないと、次の行への変形が成り立たないように思えます。確認し、修正してください。Σのままでも問題なければ、何故Σで問題がないか説明してください。

参考意見：
a) 2ページab行目：「設定もが」→「設定が」
b) 3ページ1行目：定義がひとつ書かれたのみの節というのは、文章として収まりが良くないように思えます。他の節に吸収させた方が良いと思います。
c) 英文アブストラクトにスペルミスが多く見られます。スペルチェックで確認するとともに、適切に修正してください。

論文全体の概評

採録とす
るため
に修正
すべき
点
(採録
条件)

参考意見
(採録の
ための
修正は
必須で
はない)

図-1 査読者から送られてくるコメント (条件付き採録の場合)

2019JAPxxxx “〇×～論文タイトル～〇×”の査読コメントに対する回答書

田中 勇樹

初めに、2名の査読者の方ならびにメタ査読者の方に対し、論文2019JAPxxxx “〇×～論文タイトル～〇×”の査読を行っていただいたことに深く感謝いたします。いただきましたコメントをもとに、論文の改訂を行いましたので再提出させていただきます。併せて、各コメントに対する回答を以下に記載させていただきます。

メタ査読者からのコメントに対する回答
本論文では…～論文全体の概評～
概評に対する回答：本論文に対し、有益なコメントをいただきありがとうございます。～～

コメント1:〇ページ〇行目 ～～～
コメント1に対する回答:～～～

コメント2:〇ページ〇行目 ～～～
コメント2に対する回答:～～～

査読者1からのコメントに対する回答
本論文では…～論文全体の概評～
概評に対する回答：本論文に対し、丁寧な査読とコメントをいただきありがとうございます。～～～

コメント1:〇ページ〇行目 ～～～
コメント1に対する回答:～～～

コメント2:〇ページ〇行目 ～～～
コメント2に対する回答:～～～

査読者2からのコメントに対する回答
本論文では…～論文全体の概評～
概評に対する回答：本論文に対し、有益なコメントをいただきありがとうございます。～～～

コメント1:〇ページ〇行目 ～～～
コメント1に対する回答:～～～

コメント2:〇ページ〇行目 ～～～
コメント2に対する回答:～～～

四角で囲まれた「コメント」と「コメントに対する回答」の組は、図-3の構造を持つ

論文タイトル、著者名、御礼文

メタ査読者からのコメントとその返答

査読者1からのコメントとその返答

査読者2からのコメントとその返答

図-2 回答書の全体的なフォーマット



に対して回答を行い、1つの文書とする。

論文番号や論文名をタイトル部に入れる

多くの論文を査読している査読者は、条件付き採録と判定した論文の数だけ回答書を受け取っているため、特集号のように投稿時期が集中する場合は、どの論文に対する回答書か分からなくなってしまう。自身の回答書がどの論文に対するものかを明示するために、タイトル部には論文番号や論文名を記載しておく。

最初に、査読者とメタ査読者に感謝の意を述べる

査読者、メタ査読者はともに相当の労力を注いで査読を行っている。2回目の査読を気持ち良く行ってもらいたい意味合いも含め、コメントに対する回答を行う前に、各査読者への全般的な感謝の意を綴る。

各コメントに対し、一つひとつ丁寧に回答する

各査読者の条件一つひとつに対して、それぞれ「お礼」「コメントに対する回答」「論文中の修正箇所の提示とその部分の引用」を提示する。1つのコメントに対しての回答の例を図-3に示す。コメントについては、コメント番号だけではなく、コメント文全体を引用し、査読者が査読時にどのようなコメントを著者に示したかを、条件付き採録の通知文を見ることなく理解できるようにしておく。修正箇所についても、「何ページの何行目」と

ポインタを示すだけでなく、当該部分の修正後文章を回答書の中にも記載し、査読者が回答書と修正後の論文の両方に並行して目を通さなくても済むようにする。1つのコメントに対して複数の箇所を修正した場合には、それらの修正箇所すべてを回答書の該当するコメント位置に記載する。回答書の1カ所に修正箇所がまとまって記載されていると、査読者は改訂箇所のチェックが容易になる。改訂が追記のみである場合は、追記した旨とその部分の文章の抜き出しがあれば十分であるが、加筆だけでなく文章の一部を削除したり、数式などの改訂を行ったりした場合は、単純に修正前後の文章の差分を記載するだけでなく、修正前の論文の当該部分も引用した上で、どの部分を変更したかを回答書に明示し、査読者の求める修正を十分に行っていることを示す必要がある。

査読者間での意志疎通、互いのコメントのチェックなどは行われないうえ、複数の査読者から同じ採録条件が提示されることがある。その場合、後の査読者が条件とした内容に対しては、先に提示されている条件への回答を参照するよう書き、著者の方で回答書に書くべき項目を減らしてはならない。条件の項目を減らした場合、査読者は自身の提示した条件を省略したと誤解し、採録条件を満たしていないと判断する可能性があるためである。

(可能であれば) 査読者が指摘した以上の、ただし指摘に関係ある範囲内の改訂を行う

本来であれば広範囲の指摘が必要な場合でも、それのうち1つだけコメントとして載せているなど、査読者からの指摘が不十分であることも場合によっては考えられる。たとえば、査読者のコメントでは「変数 x が0のとき成立しないことに対し、制約

コメントx:○ページ, ○行目:○×について、○○だけではなく△△となる場合も考えられます。後者の場合はどうなるか説明してください。

コメントxに対する回答:ご指摘ありがとうございます。当該箇所では○×について、○○に関する結果のみを示していますが、ご指摘の通り、△△については言及が不足しておりました。△△の場合結果が○△□となることを説明する文章を本文○ページ、○×行目に追記いたしました。ご確認ください。

改訂箇所: ○ページ, ○×行目:
また、△△となる場合、～中略～よって、○△□となる。

査読者からのコメント(そのまま引用すること)

コメントに対する御礼と、コメントに対する返答文

改訂版の原稿で修正した部分の抜粋

*この例では紙面の都合上、改訂箇所の例示部分で「～中略～」としているが、実際の回答書ではこのように省略せず、当該部分を改訂版の原稿から過不足なく抜き出してください

図-3 査読者からのコメントに対する回答の例

条件をつけたり、 x が0のときでも成立するように式を修正したりすること」とある場合でも、実は x が0以外の場合でも成立しない可能性が考えられる。その場合、 x が0のときに対しての修正を行うだけでなく、指摘された箇所全体を見直して、査読者の指摘を上回る改訂を行うようにすると、査読者も好意的に受け取る。また、出版時に目にする一般読者に対しても親切な対応となる。一方で、コメントとして指摘された部分に関係のない部分の改訂は誤字脱字の修正など、論文の主張に影響のない範囲で行うにとどめるようにする。採録条件と関係のない部分の改訂を行うと、その部分は査読者にとっては新規部分となってしまう、その部分への指摘が2回目の査読で行えず、不採録となることがあるためである。

回答書を読まなくても論文の内容が理解できるように、論文本体を改訂する

本稿の主題は回答書の書き方であり、ここまで書いてきたことは「“回答書だけ”を読むことで、論文本体を読まなくても十分な改訂を行えていることが分かるように回答書を作成する」であったが、逆もまた然りである。つまり、「“改訂後の論文だけ”を読むことで内容が理解できるように、論文本体を改訂する」ことも重要である。なぜならば、一般読者は回答書にしか書かれていない説明を読むことができず、出版された論文を読んだときに、それらの説明がないと話の流れや内容の理解が困難になる可能性があるためである。

論文の改訂を行う際、査読者への説明を第一と考えるあまり、論文を理解する上で必要な部分を回答書には記載したが、論文本体に記載し損ねることがある。回答書を使って査読者へ論文の記載内容の真意を伝えることはもちろん重要であるが、最初に示した通り、査読者の指摘は一般読者からの指摘ともなり得る点であることを念頭に置き、コメントへの回答として記載した部分は、できるだけ論文本体へも記載し、査読者以外の読者が同

じ疑問を抱かないようにすべきである。

回答書の上では適切に回答を行えているにもかかわらず、論文本文への改訂、つまり、一般読者への説明が不十分という理由で不採録となってしまふことがあり得る。このような理由で不採録になることを防ぐためにも、本文中に記載すべき内容と、記載した方が読者にとって有用な内容、本文中に記載することで逆に読者の理解を妨げる内容の区別をしっかりと意識し、前者2つを本文中に記載するよう、論文の改訂を行う。

参考意見にもできるだけ対応する

査読者からのコメントには、採録の条件としていっているものだけでなく、論文をさらに良くするためのコメントもある。多くは、言葉遣いの指摘であったり、今後の研究を続けるにあたって有用なコメントが書かれていたりするケースが多い。後者の例としては、実験の提案などがある。実験の追加は時間の制約上難しく、査読者もその点を勘案して、採録に際して必須ではないよう配慮しているが、次の研究の種となるようなコメントを与えてくれる査読者も多い。参考意見であるので論文の改訂を行うことは必須ではないが、可能であればその意見も取り込み、論文の完成度を高めるようにする。論文中に反映しない場合でも、査読者に対しては感謝の意を回答文中で示す。

査読者が誤解をしている／査読者が著者と異なる意見を持ちコメントをしている場合

論文誌の編集委員はその分野に精通している研究者を中心に査読者の選定を行うが、査読者の先入観や曖昧な記載、数式内で使用する文字の誤植などで、内容に誤解が生じ、証明や説明の不完全さを指摘される可能性がある。この場合、査読者の誤解をうまく解きつつ、採録になった後に読むであろう読者にも同じ誤解を生じさせないように、文章の校正をする必要がある。また、その文章についての詳細な説明を回答書に記載し、誤解や主



張違いを解消する必要がある。

コメントへの回答には、指摘に対するお礼に続いて、査読者に誤解を与える書き方をしたことのお詫び、査読者の指摘に対して誤解であることを、理論立てて説明、誤解を招いた個所への追記や校正などを行い、その個所を提示する。

単純な誤植から誤解を招いた場合は、その指摘についてのお礼をし、誤植であった旨の説明と、誤植を修正した数式や文章を回答として記載する。

また、著者と査読者が異なる意見を持っており、査読者の主張がコメントとして書かれている場合もある。この場合、査読者からは、査読者の意見と著者の主張を比較し、より適切な主張を明記することが採録条件として提示される。著者は、査読者の意見を精査し、著者の意見と比較した上で、査読者の意見が著者の意見よりも適切なものであれば、その意見を受け入れて論文に取り込み、論文全体の整合性をとるように改訂を行う^{☆3}。また、回答書には、査読者の意見に対してほかのコメントよりも丁寧に感謝の意を表す。

逆に、著者の意見が適切である場合は、査読者の意見を受け入れつつも、著者の意見が適切であることを回答書で十分に説明する必要がある。その際、(査読者からのコメントであることを明示する必要はないが)論文中に注釈としてその意見を紹介し、それに対する著者の意見との違いや、著者の意見の方がより適切であることを記載するとよい。

ここで注意すべき点は、指摘をした査読者に対して真摯に対応することである。査読者も簡潔を旨としてコメントを書いた場合、その文章が高圧的な態度であるように感じることもあるが、重要な指摘をしてもらえたと受け取り、丁寧に、かつさらなる誤解を与えないように回答を行い、改訂についても読者に査読者と同様な、あるいは別の

^{☆3} 査読者のコメントにより、論文の中心となる主張が1回目の原稿と大きく変化してしまう場合、取り下げをして内容の再考を行う必要がある。

誤解を生じさせないように行う必要がある。

不採録と判定した査読者が含まれる場合

メタ査読者は査読者の評価をもとに採否判定を行うが、2名の査読者のうち1名、または2名とも条件付き採録以外の評価をした場合でも、条件付き採録として採否決定が行われる場合がある。査読者は採録と判定したが、メタ査読者の判定が条件付き採録となった場合、採録と判定した査読者から参考意見としてコメントが与えられることがある。これは条件付き採録の場合の参考意見と同様に対応すればよい。

一方、不採録の評価を下した査読者がいた場合、そのコメントには、採録の条件が明示されていないが、不採録となった理由はコメントとして記載されている。著者はそのコメントをもとに、不十分・不明瞭であった部分などを改訂し、再提出を行う。回答書には、不採録と判定した査読者のコメントに含まれる不採録となった理由を(著者側で)適宜区切り、それぞれの理由に対して、著者からのコメントをつけるとともに、必要に応じて論文の改訂を行う。多くの場合、不採録理由に記載されているコメントの中で対応すべきものを、メタ査読者が採録の条件として示しているので、それに従って改訂を行い、回答書へもその旨記載する。

改訂個所を分かりやすくするための工夫

改訂後の原稿と、その補足資料である回答書を添付するだけでは、前章にも挙げた通り、論文全体の構成に不具合がないかの確認ができない。改訂後の論文についても、改訂個所を分かりやすくするための工夫をすべきである。原稿の提出形式がpdfであれば、Adobe Readerの注釈機能、特に“テキストをハイライト表示”を効果的に使用することで、改訂個所の明示が可能となる。

また、原稿そのものに手を加え、文字色を変える^{☆4}ことも、改訂箇所を明示する手段として有効である。下線を引いたり、太字にしたりでも改訂箇所の明示は可能であるが、これらの文字装飾は通常の論文中でも使用されることがあり、改訂箇所の提示なのか否かが分かりにくい。1回目原稿との差分を明示するためには、色を効果的に使用することを推奨する。筆者が今までに見た改訂原稿には、査読者1、査読者2、両査読者、メタ査読者からのコメントに関する改訂部分をそれぞれ赤、緑、青、紫と複数の色を使い分け、誰からのコメントに関連した改訂であるかも色によって区別できる論文があった。一見すると使用色が多く、若干読みにくい印象を与えるが、各査読者は自身の指摘した部分がどこにあるかが一目瞭然であり、回答書との対応もとりやすい。

条件付き採録から採録につなげるために

本稿では、1回目の判定で条件付き採録となっ

^{☆4} Wordであればフォントの色で、LaTeXであればcolorパッケージを使うと文字色の変更が簡単にできる。

た場合、再投稿時に改訂版の原稿とともに提出する回答書について、その立ち位置や書き方などの解説を行った。2回目の判定が採録となるか否かは論文の改訂が十分かどうかで決まるが、回答書もその決定に少なからず影響を与えることを心にとどめておいていただきたい。

論文の書き方についての書籍は多く出版されているが、投稿後の論文の扱いについて言及されているものはあまり多くない。文献1)も論文の書き方についての書籍であるが、レフリーコメントについてどのように対応すべきかが章立てされており、回答書の作成の参考になる。

採録となる可能性を上げるために、査読者にとって親切な、良い回答書を書くことが重要となるが、本稿がその一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 酒井聡樹：これから論文を書く若者のために 究極の大改訂版、共立出版（2015）。

（2019年8月29日受付）

田中勇樹（正会員） ytanaka@gunma-u.ac.jp

2006年群馬大学大学院工学研究科 電子情報工学専攻 博士後期課程修了。博士（工学）。2010年より群馬大学 大学院工学研究科（2013年より大学院理工学府）助教、本会論文誌ジャーナル編集委員会 基盤グループ主査（2018年）。



CS 領域奨励賞を受賞した ジュニア会員との日々

—広島で生きてきた元気印のご紹介—

川端英之 | 広島市立大学

ジュニア会員の CS 領域奨励賞受賞

情報処理学会のジュニア会員になれるのは大学の学部3年生までですので、ジュニア会員が研究会で発表したり論文を執筆したりするのはあまり見られないことかもしれません。そんな中、2019年度のコンピュータサイエンス領域奨励賞（CS 領域奨励賞）受賞者の1人として、発表当時に広島市立大学情報科学部2年生で現在ジュニア会員である河野雄也さんが選出されました。受賞対象は、第119回プログラミング研究発表会における「Haskellにおける型クラス制約を満足する型変数割当ての唯一性検査に基づく型の曖昧性解決」という題目の口頭発表です。

このたびの「ジュニア会員の CS 領域奨励賞の受賞」という比較的珍しい出来事は、CS 領域奨励賞選考委員会でも話題となったそうです。本稿では、当該研究発表における指導教員という立場から、河野さんを指導することになった経緯や、どのように研究を進めたのかなどについて、ご紹介します。

はじめりはプログラミング談義から

広島市立大学情報科学部情報工学科では、学生が研究室に配属されるのは学部4年生になる時点ですので、それより若い学生に対して公式に研究指導教員が決められることはありません。私が河野さんと接することになったのは、単に同好の士だったからと言えます。高校時代からプログラミングに親しんでいたという河野さ

んは、入学してすぐのころから面白そうなものを求めてあちこちの研究室に顔を出していたようです。私のところにも遊びに来たことがありますが、どうも私が関数型言語 Haskell を使った卒業研究を指導していたことが気になったようでした。プログラミング言語や言語処理系に並々ならぬ興味を抱いていた彼は、圏論やエフェクトシステムにも関心があるのだと明るく語っていました。

もうすぐ学部2年生になるという2018年3月半ばに、河野さんは再度私のところに遊びに来ました。雑談中、Haskellの型クラスが話題に上りました。型クラスは、関数のオーバーローディングの実現などに便利な仕組みですが、型クラス定義の組合せによっては式の型が決定不能（曖昧）になり得るので、プログラム中のあちこちに型注釈を散りばめざるを得ない状況を生じさせます。それが稀なことであればよいのですが、現在のHaskellの型推論機構では、可能な型付けが一意に定まる式に対してさえ「型が曖昧だ」と判断する場合は頻繁に起こり得ます。

私が「Haskellの型クラスにまつわる曖昧性除去ってもうちょっと上手くできないものかなあ?」と言ったところ、考え始めた河野さんは、数日後、実装方法のアイデアをSlack（SNSの一種）経由で送ってきました。それはマークダウン形式のテキストファイルで、研究発表資料に使えるような濃さの内容を含んだものでした。これは面白そうだということで、ほぼ私の独断で、6月のプログラミング研究会で（論文同時投稿で）喋ってみようという話にしてしまいました。申込締切まで残り16日というところでした。

初めての論文執筆

ほとんど Slack 上での議論によって題目や内容梗概をまとめ、発表申込をした後は、河野さんが実験用プロトタイプ的设计と実装を進めつつ草稿を書き、私が論文構成上の意見を返すというこの反復でした。4月後半から原稿提出締切の5月8日まで、ほぼ毎日行われた意見交換や原稿改訂等のやりとりは、ほとんどが Slack 上でなされました。河野さんのために研究室に机を1つ用意しましたが、対面でのやりとりはあまりありませんでした。

彼は日頃から Haskell をはじめ多くのプログラミング言語の最新動向を追いかけていました。大学内からなら ACM のデジタルライブラリにもアクセスできるということで、Wadler らにより POPL'89 で発表された型クラスの論文等にも改めて目を通したようですが、辞書渡しによる型クラスの実装方式は彼にとって既知のものでした。英文論文を読むことにまったく抵抗がない様子には大変感心しました。論文執筆における私の主な役割は、体裁や文面を整えたり主張の仕方を整理することでした。

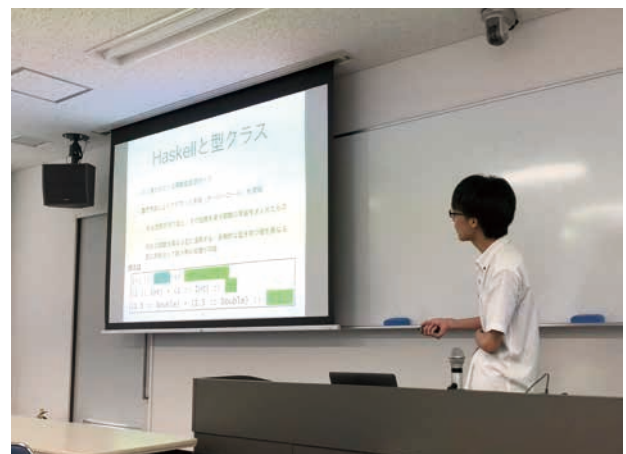
論文執筆時のエピソードを1つ紹介します。論文の主題は Haskell の型推論器の実現方式ですが、当初は、標準的な Haskell コンパイラである Glasgow Haskell Compiler (GHC) のプラグインとして型推論器機能の一部を実装し、予備実験的なことで話をまとめようとしていました (GHC 自体に手を入れるのは骨が折れる作業です)。しかし、型推論器の実装が主題なら、型推論器全体にわたる包括的な実験や議論が欲しいところです。調べてみると、Typing Haskell in Haskell (THIH) という型推論器の参照実装が存在します。「いずれはこれを用いた取り組みもしたいね」と河野さんに伝えたのは5月4日の朝でしたが、その日の夕方に彼は THIH 上での実装が完了したと報告してきました。原稿締切までの数日間で、論文の後半の構成がガラリと変わりました。

研究発表, 論文修正, 英語化

プログラミング研究会は2018年6月7日から2日間の日程で岐阜大学サテライトキャンパスにて開催されました。発表に向けての準備は流石にオンラインだけでは難しいものがあります。スライド修正や発表練習は対面で何度か行いました。その甲斐あってか、発表会での河野さんの振舞いは堂々としたものでした(図-1)。自身の発表をそつなくこなし、ほかの発表に対しても積極的に質問をします。懇親会では未成年であるという理由でお酒が飲めず、その話題でひと盛り上がりしました。

同時投稿の論文はその後無事採録となり、それを受けて論文の修正作業に入りました。そのころ広島近辺は大きな豪雨災害に見舞われましたが、幸いなことに Slack でのやりとりに影響はほぼなく、遠隔で意見交換を重ねて論文を修正しました。

8月8日に正式な採録通知を受けた時点で、英語化の機会についての情報を得ました。せっかくだからということで英語化にもチャレンジです。河野さんはいつでも、軽く背中を押すと反応してくれるのでした。英語化は9月21日に完了しました。英語化チェックを受けて最終的にできあがった論文¹⁾には、若いジュニア会員の笑顔が載っています。



■ 図-1 プログラミング研究会での発表の様子

ジュニア会員の活躍への期待

河野さんがジュニア会員になったのは、夏のプログラミングシンポジウム(プロシン)の参加申込締切が迫る7月末のことでした。つまり、このたび河野さんが受賞したCS領域奨励賞は、実は、ジュニア会員が研究および発表を行ったものではなく、また私はジュニア会員を指導したわけでもありません。

ジュニア会員がCS領域奨励賞を受賞したことが注目されるのは、若手の育成が重要だという共通認識の表れでしょう。教職にある方にとっては釈迦に説法ですが、学生を育てることは簡単ではなく、各自の成長は予測も制御も困難です。ですが、IPAの未踏事業に深くかかわっておられる竹内郁雄先生曰く、強烈なIT人材は「生えてくる」もののようです²⁾。私の限られた視野の中でも、それを実感する事例を時折見つけることができます。河野さんとの出会いもその1つで、私は指導したというよりも活動の場を提供したくらいの気持ちでいます。

学生の目の色が変わるきっかけは、ハマれることとの出会いをおいてほかにはなさそうですが、その出会いのチャンスは、学会の会員になって活動し始めること

によって大幅に広がるでしょう。ジュニア会員は、安価でさまざまなサービスを受けることができるので、学生にとってとても魅力的な制度だと思います。晴れてジュニア会員となった河野さんもその恩恵を受け、夏のプロシンに安価で参加してエンジョイした後は、日本ソフトウェア科学会の研究会主催ワークショップPPL 2019、IPAの若手発掘事業の1つであるセキュリティ・キャンプ全国大会2019のC言語コンパイラ自作ゼミなどに参加し、色々な分野の人々との交流を楽しんでいます。河野さんには、引き続き伸び伸びと思うがままに活動してほしいと願うと同時に、時々また雑談に付き合ってもらいたいと思っています。

参考文献

- 1) Kono, Y., Kawabata, H. and Hironaka, T. : Resolving Ambiguous Types in Haskell by Checking Uniqueness of Type Variable Assignments under Type Class Constraints, *Journal of Information Processing*, Vol.27, pp.87-94 (2019).
- 2) 竹内郁雄 : IT人材発掘・育成あの手この手, *情報システム学会誌*, Vol.5, pp.5-13 (2010).

(2019年8月23日受付)

■川端英之(正会員) kawabata@hiroshima-cu.ac.jp

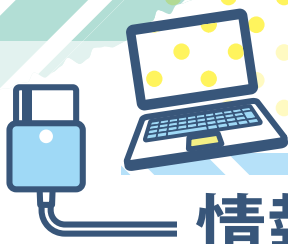
1992年京都大学工学部卒業。2004年京都大学博士(工学)。現在、広島市立大学大学院情報科学研究科講師。

2019年度コンピュータサイエンス領域奨励賞の選出について

プログラミング研究会 2019年度主査
西田直樹(名古屋大学)

コンピュータサイエンス領域奨励賞(CS領域奨励賞)は2006年に創設され、特に優秀な研究発表を行った若手会員、もしくは、それと同等以上の実績をあげた若手会員に贈呈される賞です。ここでいう若手会員とは、発表日を含む年度冒頭(4月1日)に29歳以下の方です。

プログラミング研究会では発表会後に行われる編集委員会にて対象となる発表について編集委員がCS領域奨励賞に推薦するかどうかを審議します。その後、事務局からの受賞候補者推薦の依頼を受けて、該当年度内の対象発表すべてについて運営委員・編集委員が編集委員会での推薦の可否をもとに投票を行い、研究会の幹事にて慎重に審議し受賞候補者を選出しています。投票時には対象者がジュニア会員であるかどうかという情報を考慮せず選出しました。その中から今回、CS領域奨励賞を受賞することになった河野雄也さんの発表はまだ学部2年生であることを気づかせないくらい優秀な発表であったと言えます。



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)



「仕組みの理解」に重点を置いた プログラミングの授業事例集

—プログラミングでスマートフォンの向こう側を見よう—

間辺広樹 | 神奈川県立柏陽高等学校

リーダーの育成に向けて

神奈川県立柏陽高等学校では「次代を担うグローバルリーダーの育成」を学校目標として掲げています。私としては「リーダーとして情報社会の成立ちを知り、情報技術を活用して新たな社会を創造する態度を身に付けてほしい」と生徒に言いながら、日々情報教育を実践しています。その中で、柱として位置付けているのが「仕組みの理解」に重点を置いたプログラミングの授業です。

生徒はスマートフォンなど情報通信端末を携行し、常に何らかのソフトウェアや情報システムを活用しています。しかし、それらがプログラミングによって作られていることや、複数の機器の間をデータが流れて実現している、という仕組みについては理解がなく、興味や関心も希薄といった状態です。

そこで、スマートフォンの画面の向こう側で何が

起こっているのかという仕組みについて、プログラミングを用いた体験的な活動を通して理解させる取り組みを行ってきました。本稿では、それらの事例のいくつかを報告させていただきます。

プログラミング教育の目標

学習目標

一般にプログラミング教育というと、順次・反復・分岐といった基本制御構造や、変数・配列といったプログラミング固有の概念について理解し、簡単なプログラムの作成を通して、理解を深めていくという流れが多いと思います。そのような「プログラムの作り方の指導」ももちろん大切ですが、私は「仕組みの理解」に必要な以下を学習目標とした授業を設計してきました。

1. プログラムの動作原理の理解



2. アルゴリズムの理解


3. 情報システムの仕組みの理解

次章以降にて、それぞれの目標達成に向けた授業の事例を紹介していきますが、まずは本稿の事例にて多く使っているプログラミング言語のドリトルについて、説明しておきます。

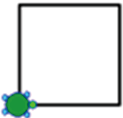
プログラミング言語ドリトル

ドリトルは大阪電気通信大学の兼宗研究室にて開発が進められている教育用の言語です¹⁾。すでに多くの実践事例が紹介されていますが、私はプログラミングの導入や情報システムの仕組みの理解などに活用しています。ドリトル (=Do Little) という名前が表すように、少ない記述で通信やロボット制御などさまざまなプログラムを作れることが特徴です。何より日本語で記述できるので、プログラミングのハードルを下げ、学習させたいことに生徒の思考を集中させることができます。

ドリトルは、インストール版とオンライン版、Bit Arrow^{☆1}版があり、機能に違いがありますので、授業内容に合わせた版を選択することが必要です。

サンプルプログラム 1	実行結果
かめた=タートル!作る。 かめた! 100 歩く。 かめた! 90 左回り。	

サンプルプログラム 1

サンプルプログラム 2	実行結果
かめた=タートル!作る。 「かめた! 100 歩く。 かめた! 90 左回り。 」! 4 繰り返す。	

サンプルプログラム 2

^{☆1} オンラインプログラミング学習環境 Bit Arrow, <https://bitarrow.eplang.jp>

授業事例

動作原理の理解・グラフィクス

私がプログラミングの導入として行っているドリトルによるグラフィクスの事例を紹介します。

これは「プログラムの動作原理」を理解させることを目標とした授業で、次の**サンプルプログラム 1**を1行ずつ実行させながら進めます。


実際の授業では「かめた」ではなく、自分でカメラの名前を付けられることや、パラメータを変えて動作の違いを観察することなどを指示します。また、あえて「作る」を「作れ」と書かせてエラーが出ることの体験もさせます。このような活動によって

- コンピュータはプログラム通りにしか動かない
 - プログラムはルールに従って作らないと動かない
 - 自分で決められる部分と決められない部分がある
- といった「プログラムの動作原理」について体験的に学ばせることができるのです。

このプログラムをもとに、正方形を作らせるのですが、「繰り返す」という構造を用いることで**サンプルプログラム 2**のように効率良く作成できることを説明します。

この授業で私から説明するのは「歩く」「右(左回り)」という2つの命令と、この「繰り返す」構造だけです。その後は問題を出し答えを考えさせます。

正方形の後に「正三角形を作りなさい」という問題を出すと、多くの生徒が次のような**誤ったプログラム**を作ります。

誤ったプログラム	実行結果
かめた=タートル!作る。 「かめた! 100 歩く。 かめた! 60 左回り。 」! 3 繰り返す。	

誤ったプログラム

このことは、

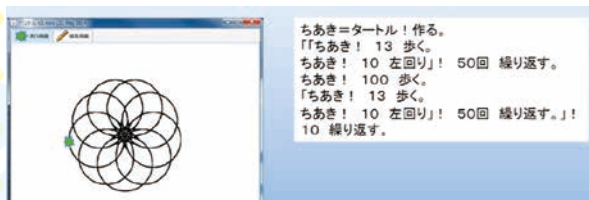
- パラメータを変えると動作が変わる
- 文法は正しくても動作は正しくないことがある
ということについて学習したことになります。最後は作品作りをさせて、相互に閲覧する機会を作ります。生徒は工夫を凝らした作品(図-1)を作ってくれるので、
- 単純な命令も組合せ次第でさまざまなものができる
ということを理解してくれるのです。

動作原理の理解・ゲーム

ドリトルでは簡単にゲームを作ることができます。これも「プログラムの動作原理の理解」を目標とした授業ですが、生徒にとってゲームは身近なもので、親近感を持ちながら実習できるようです。授業に用いるのは以下の**サンプルプログラム3**です。

ボタンが出てきたところで生徒は盛り上がり、動作を定義したところで、教室にマウスの音が響きます。そして、次の**サンプルプログラム4**へと成長させていきます。このゲームは、自動で動くカメをボタンを押すことで制御し、花を消していくものですが、作る過程で生徒は多くのことを感じとってくれます。

この授業では生徒は自分でパラメータを変えてカメの動き方を変えるので、それに伴ってゲームの難



■図-1 生徒による自由作品

サンプルプログラム3	実行結果
かめた=タートル!作る。 左ボタン=ボタン!“左” 作る。 左ボタン:動作=「かめた!30 左回り」。	左

サンプルプログラム3

易度に変化が生じます。このことから、

- ゲーム(またはソフト)は自分でも作れる
- パラメータによってゲームの難易度を変えられる
ということを理解し、「あのゲームもこんなふう
に作られたのか」や「こうやってゲームを簡単に
したり難しくしたりできるのか」など、自分の
体験と結びつけるようになっていきます。

アルゴリズムの理解・整列

Web検索やスマートフォンの電話帳など、データの検索や整列などは生徒にも身近な情報処理と言えます。情報科の教科書にも例題として掲載されていることが多い題材ですが、プログラムを見ただけ

サンプルプログラム4
かめた=タートル!作る。 左ボタン=ボタン!“左” 作る。 左ボタン:動作=「かめた!30 左回り」。 右ボタン=ボタン!“右” 作る。 右ボタン:動作=「かめた!30 右回り」。 時計=タイマー!作る。 時計!“かめた!10 歩く” 実行。 タートル!作る “tulip.png” 変身する ペンなし 100 100 位置。 タートル!作る “tulip.png” 変身する ペンなし 100 -100 位置。 タートル!作る “tulip.png” 変身する ペンなし -100 100 位置。 かめた:衝突=「 相手 相手!消える」。

実行結果
左 右

サンプルプログラム4



ではどのような処理が行われているか分かりにくいために、私は整列（ソート）アルゴリズムを生徒自身に発見させる授業を行っています。

ここではいったんドリトルを離れ、整列アルゴリズムを理解させるために私が自作した教材を使った授業の紹介をします。



■図-2 仮想天秤の操作画面

これは、ディスプレイ上で動作する仮想天秤です(図-2)が、コンピュータと同じように一度に2つのデータしか比較できないという制限を設けたり、配列に相

当する比較の結果の保存場所を設けたりして、コンピュータが行う処理を人が行うようにした教材です²⁾。

この授業では8つのおもりを重さの順に並べる方法を発見させ、どのような方法を発見したのかを記述させるという活動をさせます。ドリトルプログラミングの授業と違って、教室はしんと静まりかえるのですが、後で感想を聞くと「高校生になってこんなに頭を使ったことはなかった」と答えるなど、生徒は真剣にその方法を考えます。

どのような方法を考えたのか発表させると、クイックソート(図-3)や挿入ソート(図-4)と名付けられた有名な整列の方法を見つけ出す生徒もいれば、それらを組み合わせた独自の方法を検討する生徒もいます。

アイデア	おもりの比較順	何をしようとしているか (ブロック単位で記述)	決定事項 順位の決定等
とにかく二分してみる！ 二分したものをそれまた二分… としていき最終的に2つの重さのものをはかるだけでよくなるようにする。	1 A - B	↑ Aを境に 「Aより軽いもの」 「Aより重いもの」 に二分する ↓ EとFのどちらが重いか知る ↑ (B, C, D, G, H)について 「Bより軽いもの」「Bより重いもの」 に二分する ↓ CとGのどちらが重いかを知る DとHのどちらが重いかを知る	
	2 A - C		
	3 A - D		
	4 A - E		
	5 A - F		
	6 A - G		
	7 A - H		
	8 E - F		
	9 B - C		
	10 B - D		
	11 B - G		
	12 B - H		
	13 C - G		$E < F < A < (C, G) < B < (D, H)$
	14 D - H		$E < F < A < C < G < B < (D, H)$
	15 -		$E < F < A < C < G < B < H < D$

■図-3 クイックソートが書かれたプリント

アイデア	おもりの比較順	何をしようとしているか (ブロック単位で記述)	決定事項 順位の決定等
まずA-B → 重い方とCを計る その後は必ず重い方を残してい き、それよりも軽いおもりが現 れたら、そのおもりがどこに入 るかを1つずつ確かめていく。	1 A - B	↑ ABCの3つの順番を知る ↓ Dがどこに入るのかを知る ↑ Eがどこに入るのかを知る ↓ Fがどこに入るのかを知る ↑ Gがどこに入るのかを知る ↓ Hがどこに入るのかを知る	$A < B$
	2 B - C		
	3 A - C		
	4 B - D		
	5 D - E		
	6 E - B		
	7 E - C		
	8 E - A		$E < A < C < B < D$
	9 D - F		
	10 B - F		
	11 C - F		
	12 F - A		
	13 F - E		$F < E < A < C < B < D$
	14 D - G		
	15 B - G		
	16 C - G		$F < E < A < C < G < B < D$
	17 H - D		
	18 H - B		$F < E < A < C < G < B < H < D$
	19 -		

■図-4 挿入ソートが書かれたプリント

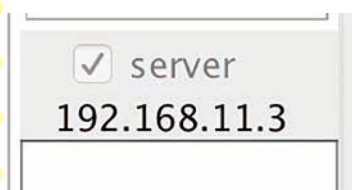
さらに紙に書かせてみると、分かりやすく記述できる生徒もいて、高いプログラミング的思考力を有した生徒を発見できるという授業にもなります。

この授業を通して、

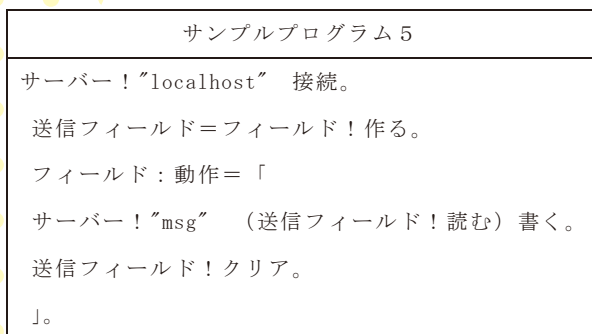
- 整列処理を行うためにいくつかの方法がある
 - 効率の良い方法と良くない方法とがある
- などの「アルゴリズムの理解」を導くことができるのです。

情報システムの理解・チャット

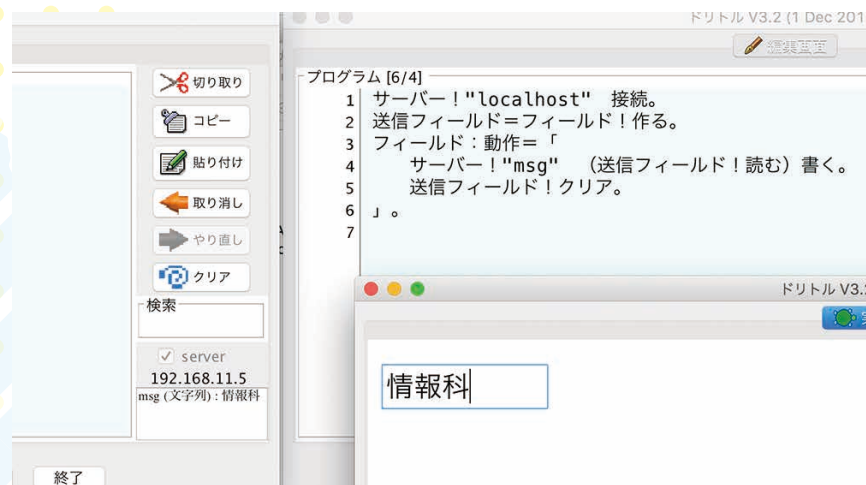
ドリトルのネットワーク機能を用いたチャット作りの授業について紹介します。生徒が使っている



■図-5 サーバの起動



サンプルプログラム 5



■図-6 一人チャットの様子

ゲームや SNS などは基本的にオンラインで提供された情報サービスです。しかし、生徒は目の前にあるスマートフォンの画面しか見えておらず、それがどこに繋がっていて、どのようにデータが流れ、どのように処理されているか、といった仕組みを理解していません。ドリトルを使うと、生徒が使っているパソコンだけでチャットやオンラインゲームのような情報システムを構築し、その仕組みを授業にて学習することができます。サーバ、クライアント、IP アドレスなどネットワークに関する知識も必要となるので、それらの学習も合わせて行うことが必要です。

実習はサーバ機を意識するところから始まります。ドリトルでは「server」と書かれたボタンにチェックを入れるだけでサーバ機として動作させることができます (図-5)。

まずは自分だけで行う「一人チャット」から始めます。プログラムはドリトルのマニュアルに書かれた**サンプルプログラム 5**を使います。

ドリトルをもう1つクライアント用として起動して、サンプルプログラム 5を書かせます。実行するとテキスト入力の画面が出てきますので、たとえば「情報科」と入力してリターンを押すと、サーバ側のドリトルに「情報科」と表示されます。一人チャットシステムの完成です (図-6)。

次に生徒同士でのチャットシステム作りに進むのですが、誰のパソコンをサーバ機にするかを決め、その IP アドレスを他の生徒は聞いて、プログラム中 localhost と書かれた部分を 192.168.*.* 等と設定し直す必要があります。実はこの作業が生徒にとって分かりにくく、その後の実習が上手くいくかどうかの鍵になります。



この実習では、受信の自動化などチャットシステムを充実させるプログラムも用意されているのですが、生徒にとっては、サーバ、クライアントの役割を意識し、皆が適切に設定できてはじめて実習が成り立つことから、

- サーバ、クライアントのそれぞれに役割がある
- サーバとクライアントでデータを送り合っている
- クライアントから送られたデータがサーバで共有されてシステムとして成り立つ

などの「情報システムの理解」へと通じる授業となります。

情報システムの理解・スマートスピーカ

昨今では、家電を含めさまざまな機器がインターネットに接続され、これまでは想像することもできなかった情報サービスが展開されるようになりました。生徒にも情報技術の進展に伴う社会の変化などについて考えてほしいと思うのですが、その際に必要になるのは仕組みの理解です。

スマートスピーカ（AIスピーカ）については現

在数社から発売されていて、一般家庭にも普及しています。スマートスピーカの機能である「スキル」については、「カスタムスキル」として開発した機能を追加できることから、これまでのスマートフォンのアプリ開発のように、カスタムスキル開発も盛り上がりを見せるかもしれません。

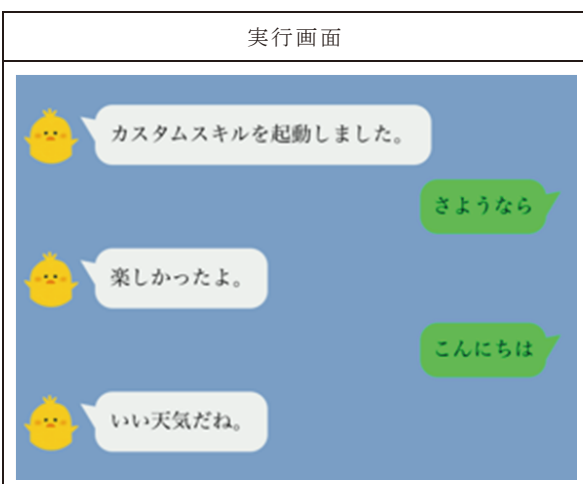
ドリトルでは、現在LINE（株）から発売されているClovaというスマートスピーカについてのカスタムスキルを開発する環境作りが進められています³⁾。これは、スキル開発をするサーバにアクセスし、**サンプルプログラム6**のようなプログラムを使って実行するもので、動作確認の後、アップロードすればあらかじめ登録したスマートスピーカに機能追加される仕組みです（**図-7**）。

この環境を使って、授業を行ったところAIのプログラムがどのようなことをしているかなどを考えさせることができたと感じています。また、カスタムスキルを開発する活動を行ったことで、スマートスピーカの仕組みを理解させる実習になったと感じていますが、こちらはまだ十分な検証ができていないので、実践方法などについては、今後の課題となっています。

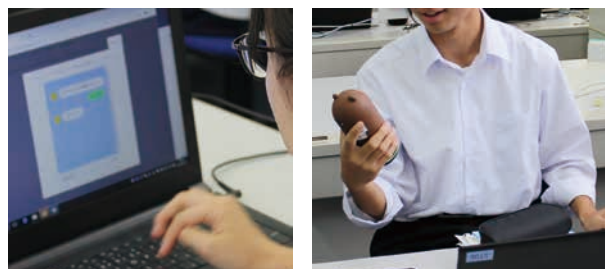
情報システムの理解・お買い物サイト

最後にお買い物サイトなどの仕組みを理解する授業事例について紹介します。紙面の関係で紹介できていませんが、Bit Arrowというオンラインの学習環境を使ってCによるプログラミングを体験していることと、sAccess⁴⁾というオンラインの学習環

サンプルプログラム6
こんにちは＝「クローバー！」いい天気だね。」話す。」。
さようなら＝「クローバー！」楽しかったよ。」話す。」。



サンプルプログラム6



■図-7 Clovaを用いた授業の様子

境を使ってデータベースの考え方を学んでいること、HTMLを使って簡単なWebページ作りの実習を行っていることが前提となっています。

生徒にとってお買い物サイトで商品を検索することは身近な行為だと思います。一方で、以下のような技術が組み合わさった複雑な情報システムであり、その仕組みを理解することは容易ではありません。

- サーバとクライアントがネットワークを介してデータのやりとりをしている
- 顧客データ、商品データ、購入履歴などはデータベースに格納されている
- データベースに格納されたデータはサーバサイドプログラムによって操作される
- ユーザが入力したキーワードがサーバサイドプログラムのデータ操作を行うSQLへと渡されて実行される

PHP エディタ⁴⁾はそのような仕組みを学習できるサイトです。アクセスすると、左にPHPのプログラムがあり、右側にプログラムの実行結果が表示されています(図-8)。

生徒はPHPの学習はしていませんが、ドリトルとCによるプログラムの学習経験とsAccessを使ったデータベース学習経験があれば、PHPのプログラムを見ながら「この部分はデータベースにアクセスしてユーザが入力したキーワードを検索してい

る」などの説明を理解できるようになっています⁵⁾。特に、データの流れに注目させることが「情報システムの仕組みの理解」にとって大切だと思います。

スマートフォンの向こう側

生徒にとってはスマートフォンの画面でしか見えていない現象について、その奥で何が起きているのかという仕組みについて、既存のプログラムを活用した体験的な活動によって仕組みを理解させる方法を紹介いたしました。複雑化が進むであろう情報化社会において、そのような授業法を含めた「情報の授業」について、今後も研究し、実践していきたいと思います。

参考文献

- 1) ドリトル：https://dolittle.eplang.jp/
- 2) 間辺広樹 他：コンピュータ・アルゴリズムの「発見・記述・伝達」を導く授業の実践と評価、情報処理学会論文誌教育とコンピュータ(TCE), 2(1), pp.10-24 (2016).
- 3) 本多佑希 他：スマートスピーカーのアプリケーション開発を支援するプログラミング学習環境の開発、情報教育シンポジウム論文集, pp.62-68 (2019).
- 4) sAccess シリーズ：http://saccess.eplang.jp/
- 5) 間辺広樹 他：高等学校における複数言語によるプログラミング教育の提案、情報処理学会論文誌教育とコンピュータ(TCE), 3(3), pp.29-41 (2017).

(2019年9月15日受付)

間辺広樹 (正会員) manaty2005@mh.scn-net.ne.jp

神奈川県立柏陽高等学校にて総括教諭として情報科と数学科を担当。東海大学では非常勤教員として「情報科教育法」を担当。博士(工学)。

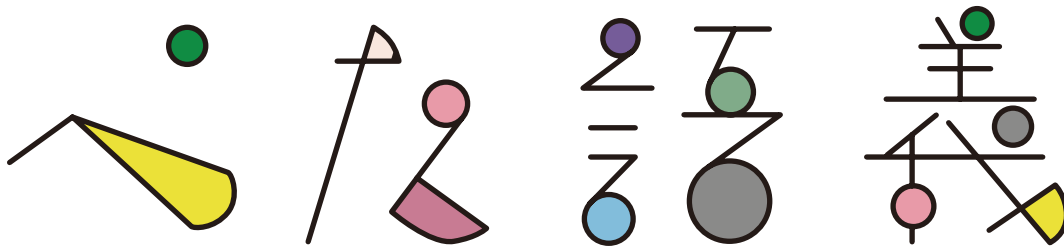
```
17 </form>
18 <?php
19 session_start();
20 require_once("common.php");
21 $cond="";
22 $sname="";
23
24 //データベースへの接続を表すPHP_PDO インスタンスを生成する
25
26 $db = new PHP_PDO('コンビニ');
27
28 if(array_key_exists('sname',$_POST)){
29     $sname = $_POST['sname'];
30 }
31 $sql='select * from 商品データ';
32
33 if($sname != ""){
34     $cond=" where 商品名 like '%" . $sname
35     ."%' ";
36 }
37 $sql = $sql . $cond;
```

■図-8 PHP エディタの画面

サンプルショップ

商品名検索：

商品コード	商品名	内容量	メーカー
C4009	チキンヌードル<カレー味>	22 g	みずうみ製
C6390	坦々ヌードル	25 g	みずうみ製
C7320	トマトヌードル	23 g	みずうみ製
C8522	シーフードヌードル	53 g	みずうみ製
C6526	ゆずヌードル	24 g	みずうみ製
G2320	デコチュウ<アップル>	12粒	銀河製菓
G3944	デコチュウ<さくらんぼ>	12粒	銀河製菓
G6148	デコチュウ<グレープ>	12粒	銀河製菓
IR329	前茶百年	555m l	やまと製茶



Vol. 99

CONTENTS

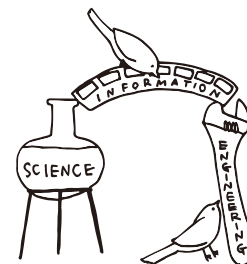
【コラム】科学と工学のはざままで情報を考える… 田中 淳裕

【解説】初学者向けプログラミングの授業におけるソーシャルな知のデザイン（第1回）… 斎藤 俊則

【解説】大学と高校教科「情報」のかかわり… 永松礼夫

COLUMN

科学と工学のはざままで情報を考える



今から 30 年ほど前に私が情報工学を専攻したのは、科学と工学の境目にある領域を学ぶことで、何か新しいことができるのではないだろうか？と漠然と考えていたからです。その鍵が情報にある！と考えたのは今思うと若干短絡的な思考だったかもしれませんが。

そんな古いことを思い出した理由は、本会の前回全国大会（第 81 回）で開催された中高生ポスターセッションの内容を知ったからでしょうか。発表の一覧は全国大会の Web ページ¹⁾に、そして受賞テーマに関しては本誌 8 月号²⁾に解説が述べられています。発表テーマの中の、人がかかわる社会問題を対象とするもの、実践を繰り返しながら解決手段をブラッシュアップするもの、何らかの自律的な動作を実現するシステムなどが、私が個人的に興味をひかれるテーマになります。

科学は真理を追究するもの、一方で工学は現実の課題解決をスマートに行うものと私は認識しています。ところで、高校までの教育課程で、科学（多くは数学・物理・化学など）と工学との関係はきちんと教えられているのでしょうか？工業高校、高等専門学校、工学科を持つ一部の高校を除き、多くの進学校では工学を改めて学ぶ機会はないように思えます。このような進学校でも、情報科目が大学入試に追加されたことをきっかけに、情報という視点で科学と工学との関係を学ぶ機会が必然的に増えてくるのではないかと考えています。

プログラムを書いて何かを認識したり、何かを制御したりするのも情報の 1 つの在り方かもしれません。しかしながら、情報が最も効果を発揮するのは、科学的な知識を背景に、現実の課題解決を情報という手段で提供する場合ではないでしょうか。一例としては、人々の健康問題を解決したり、高齢者の暮らし方を改善したりする手段の提供が挙げられます。新しく情報を学ぶ中高生には、現実社会の中に新しい情報の流れを作り出すことで、個人の行動や集団の振舞いをより良くすることを目指し、情報の成果を具体化させてほしいと思っています。

実は、前回のポスターセッションは個人的な都合で残念ながら参加できませんでした。次回は社会課題の解決につながる「情報」という視点で、ぜひ多くのジュニア会員の発表を聞き、直接対話してみたいと思っています。

参考文献

- 1) 情報処理学会 第 81 回全国大会 中高生ポスターセッション, https://www.ipsj.or.jp/event/taikai/81/ipsj_web2019/html/event/B-6.html
- 2) 大山 裕：中高生ポスターセッションの報告—受賞テーマ研究—, 情報処理, Vol.60, No.8, pp.766-769 (Aug. 2019).

田中 淳裕 (NEC)

初学者向けプログラミングの授業における ソーシャルな知のデザイン (第1回)

齋藤俊則

星槎大学

初学者向けプログラミング授業の課題

初学者向けプログラミング授業^{☆1}では、近い将来に学習者がプログラミングにかかわることが自明である場合を除き、学習者自身における、プログラミングを学ぶ理由の理解やプログラミングにかかわることへの納得感の形成がしばしば教授者にとっての課題となる。本稿では、そのような課題のある大学情報系科目を想定して、学習者が「プログラミングを学ぶ理由」や「プログラミングにかかわることへの納得感」を自ら見出させることに重きを置いた、初学者向けプログラミング授業の作り方を2回に分けて解説する。今回は、この課題の解決に力点を置かなければ、プログラミング授業は「デジタル・コンピテンシー」の獲得を学習目標とすべきであること、そしてプログラミング授業においてデジタル・コンピテンシーの獲得を学習目標とするならば、教授者がプログラミングを「〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画」の主題のもとで解釈し授業を編成することが重要であることを説明する。

デジタル・コンピテンシー

情報系や理工系の専門科目への接続が想定されない情報系科目における、初学者向けプログラミング授業で優先すべき学習目標は、コンピューティングの専門家ないしは高度な利用者となるための基礎能

☆1 本稿では科目全体でプログラミングを扱う場合だけでなく、科目の学習内容の一部にプログラミングを組み込む場合を念頭に置き、双方を合わせて「プログラミング授業」と呼ぶ。

力の獲得よりも、まずデジタル技術一般の利用者としての汎用的な素養の獲得であろうと考えられる。そのような素養をここで大掴みにデジタル・コンピテンシーと呼びその詳細を検討する。

コンピテンシーとは、たとえば自らが属するグループの問題解決など、社会的な文脈の中で有能に振る舞うことのできる人の力量を包括的に表す概念である¹⁾。コンピテンシーには特定分野の知識やスキルのような顕在化されやすい力量のほかに、力量を発揮することの意欲や動機などの潜在的かつ心理的要因^{☆2}や、いわゆるソーシャルスキルのような社会的場面での力量などが含まれる²⁾。コンピテンシー概念は従来の客観化、専門分化されたスキル観や能力観ではカバーしきれない、社会的文脈を前提とする包括的な能力モデルとして、複雑さを増す21世紀の社会の教育課題を展望する議論の中で主流となっている(たとえば文献3)、4)。

これを受けてデジタル・コンピテンシーとは、デジタル技術の社会的な応用場面で有能な人が持つであろう顕在的、潜在的、社会的な力量と定義することができる。そのような応用場面としては、現在の具体的な社会課題の解決に結びついた多様な場面が想定される(表-1に社会課題のデジタル技術による解決可能性について授業中に議論を行うことを想定したディスカッショントピックの例を示した)。ただし課題解決への参画や貢献には、その人自身がデジタル技術を実装することに限らず、課

☆2 前者の顕在化されやすい力量を認知的スキルと呼ぶのに対して、力量の発揮にかかわる潜在的・心理的要因を非認知的スキルと呼ぶことがある。

題の当事者としてデジタル技術の専門家と効果的に協働することなどを含む。この意味において、デジタル・コンピテンシーの獲得は、近い将来、デジタル技術の専門家に限らずさまざまな立場から社会課題に参画し貢献することを求められる一般の学習者にとって(こそ)、優先されるべき学習課題であると考えられる。

〈ソーシャルな知〉のデザイン

デジタル・コンピテンシーの獲得を学習目標とするプログラミング授業を作るためには、教授者がまずデジタル・コンピテンシーとしてのプログラミングの在り方を深く理解する必要がある。専門家としてコンピューティングに深くかかわる教授者の多くにとっては、プログラミングはそれ自体が知的かつ創造的な探求の対象であり、学習すべき価値を見出す上でほかに理由は必要ないと感じられるかもしれない。しかし、プログラミングをデジタル・コンピテンシーとして位置づけるためには、社会的文脈におけるプログラミングの意味や価値について今一步踏み込んだ理解が必要である。この理解を深める上で「デジタル・コンピテンシーとしてのプログラミングを学ぶことは、すなわち〈ソーシャルな知〉のデザインを学ぶことである」という考え方が示唆を与える。

〈ソーシャルな知〉とは、ひとことで言えばソーシャルな、すなわち社会的な関係の中にある状況のもとで、その意味や価値が問われる知である。さら

表-1 社会課題のデジタル技術による解決可能性を議論するためのディスカッショントピックの例

社会課題の分類	ディスカッショントピックの例	デジタル技術による解決可能性の示唆
高齢化、地域間の経済格差	地方村落における農業生産従事者の減少と事業持続の困難をどのように解決するか？	生産過程の自動化や省力化、各種気象データの収集と活用、新たな流通販売経路の構築 etc.
社会参画の多様性拡大	障害者雇用と社会参画支援のための業務プロセスの改善をどのように行うか？	業務内容と障害の程度に応じた業務支援のシステム化、心身機能を補助するデバイスの開発 etc.

に、その知の活用が従来なかった新しい社会的な関係を生み出すことを含めて〈ソーシャルな知〉と呼ぶことができる。この考え方の背景には、社会とは人が為すあらゆる事柄（行為であれコミュニケーションであれ）に付随する意味や価値の源泉であり、社会の側もまた人が意味や価値を見出すあらゆる事柄を媒介にして編成され維持されるという認識がある。このような意味や価値と社会との関係についての認識は、学問分野でいえば社会情報学、さらにはその源泉の1つである社会学に由来する。ある社会情報学の文献は、社会学の古典である Max Weber による行為と社会との関係の解釈に触れつつ「行為とは、主体が主観的な意味に従い意味ある行動を取ることであり、また他者がその行為によって方向付けられることで成立するのが社会なのである。よって単なる生理学的な反応だけでは行為とはいえない。主観的な意味とは行為の動機であり、行為の動機を「理解する」ことが大切になる」と説明する⁵⁾。すなわち、社会集団やコミュニティにとって重要な意味を持つ課題解決への取り組みとは「主観的な意味」に動機付けられた「意味ある行動」の集積にほかならず、その中で生み出される知とは〈ソーシャルな知〉そのものであるといえよう。

デジタル・コンピテンシーとしてのプログラミングとは、社会集団やコミュニティの中で生ずる「主観的な意味」に動機付けられた「意味ある行動」であり、特に課題解決に必要な知識の創造や実現に与る点で、それは〈ソーシャルな知〉をデザインすることである。社会課題に直面する人がプログラミングを知ること、仮にコーディングをより高度な技量を持つ他者にゆだねる場合であっても、課題解決に向けてデジタル技術をより能動的に活用する道を開き、課題解決の当事者として、まだ存在しない解決方法の創造に主体的に参画することを可能にする。しかしこの可能性が現実のものとなるためには、社会課題に直面する当事者がプログラミングを知るにとどまらず、プログラミングを通して課題解決のた



めの知をデザインすることに対して、「行為の動機」としての「主観的な意味」を見出す必要がある。それ故に、デジタル・コンピテンシーとしてのプログラミングを学ぶことは、動機となる「主観的な意味」の発見を含めて〈ソーシャルな知〉のデザインを学ぶことなのである。

■ プログラミング授業における 〈ソーシャルな知〉のデザインの導入

プログラミング授業において教授者が〈ソーシャルな知〉のデザインの主題を意識することは、プログラミングを学ぶ理由の理解やプログラミングにかかわることへの納得感の形成に課題がある学習者との間に対話的な関係を開くための準備となる。そもそも、プログラミングを介した研究や職務の遂行が当然のことである教授者の多くは、すでに〈ソーシャルな知〉のデザインに深く参画し、新たな価値の創造に携わっている。この状況に長くある人は、そのような活動に参画することの成り立ちにくさを振り返ったり、活動の中心にある「プログラミングをすること」の意味や価値をあえて再考する機会は必ずしも多くはないのではないかと推察される。他方、学習の理由や納得感を見出せない学習者たちは、プログラミングが社会に不可欠な価値を生み出す活動であり、意味のある営為であることを、漠然とではなく具体的に理解するために、より多くの支援を必要とする。加えて、そのような学習者たちにとって、社会的な意味や価値の創造に与る〈ソーシャルな知〉のデザインへの参加の可能性が自らにも開かれていることを理解するには、さらに多くの支援が必要である。

したがって、上述のような学習者を対象とするプログラミング授業では、ただプログラミングを学ばせるだけではなく、「プログラミングを通して〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画を促すこと」を正面から主題に掲げて授業を構成することが、学習者における学ぶ「理由」や「納得感」の発見に対する支援と

しての意味を持ち得る。なぜなら、〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画を問うことは、その先にあるプログラミングの意味や価値への問いに必然性を与えるからである。これらの問いは翻って、学習者自身のプログラミングを学ぶ理由や納得感の発見を助けることになる。

「〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画を促すこと」を授業の主題とすることは、すなわち、授業の事前準備の段階において、授業を成立させるすべての道具立て(たとえば、科目全体の目的と目標、個々の授業回の目的と目標、学習者に対する支援方針、教材その他の学習リソース、学生に課す課題や演習、学習成果の評価基準など)を、「学生に対して〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画を促しているかどうか」という観点より吟味することから始まる(表-2参照)。そして、同じ観点で授業実践の評価や改善を繰り返すことによってそれは実現する(具体的な実践事例は次回の記事で紹介する)。学習者の支援の観点から特に留意すべきは、学習者に対して〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画に向けた学習のコンテキスト、すなわち学習の開始から収束(たとえば最終成果物の提出や発表など)に向けた学習活動の脈絡、を作るための配慮である。明確な学習のコンテキストの存在は、特に、現在学んでいる事柄が目的とするゴールに向けてどのような意味や価値を持つのかを学習者自身が見出しやすくするために必要である。

プログラミング授業におけるこのような学習のコンテキストは、プログラミング授業を実施する科目全体、さらには科目体系全体の形作る学習のコンテキストと呼応することが望ましい。いわゆるカリキュラム・ポリシーの制定から始まるカリキュラム・マネジメントの話題は本稿の扱う範囲を超えるが、カリキュラム全体が学生に対して何らかの形で〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画を促すものであれば、プログラミング授業の組み立ては、科目体系全体の作り出す学習のコンテキストへの呼応や調

和を意識することでより効果的となる。科目体系全体において〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画に向けた学習のコンテクストを作ることができるならば、学習者がデジタル・コンピテンシーとしてプログラミングを学ぶことの意味や価値を知り、そこに自分なりの理由や納得感を見出すことはより容易となるであろう。

このような授業では学習者の何を評価すべきか

〈ソーシャルな知〉のデザインを主題とするプログラミング授業では、学習者の評価はプログラミング技術の獲得のみならず、プログラミングを含めたデジタル技術を活用して知の生産者として社会へ参画しようとする姿勢や、そのような社会参画の蓋然性を高める学習者としての素養の成長を総合的に評価することが重要である。しかし、そのような姿勢や素養の成長は客観的な評価材料のみでは確認し

づらいため、いわゆる形成的評価（学習の途上にある学習者に介入しつつ進捗や乗り越えるべき課題に関する質的なフィードバックを交えながら行う評価）を適宜用いながら総合的に成長を跡付けることが求められる。

その際に、特に注意深く観察すべき点の1つは、学習者による、プログラミングを学ぶことの意味や価値への言及の内容とその変化である。こと、プログラミングを学ぶ理由や納得感に課題がある学習者は、学習を開始する当初は、プログラミングを学ぶことの意味や価値を語る語彙をほとんど持たないか、非常に限定的であることが通常である。その語彙の変化（たとえば学習の意味や価値を語る語彙が豊かになった、内容が具体的になった、学習者の置かれた文脈との関係が表れてきた、など）を観察することで、学習者における〈ソーシャルな知〉のデザインの主題のもとでのプログラミングの学習の進捗や深化が理解できる。

表-2 「〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画」の主題を導入したプログラミング授業の企画例（抜粋）

授業の目的と目標 (1) 目的 すべての学習者がデジタル技術による課題解決の当事者になり得ることを認識した上でプログラミングの基礎を学び、かつそれぞれの立場においてプログラミングを学ぶ意味や価値を発見できること (2) 目標 学習者が自分の設定した小さな課題解決に役に立つプログラムを作成し、その性能や改善点を評価できること 学習者が社会課題解決の事例に基づいてプログラミング技術を学習することの意味や価値を他者に説明できること
授業進行 第1, 2回に具体的な課題解決へのプログラミングの利用事例を取り上げてディスカッションを行う。第3回に学習者に小さな課題解決のプロジェクトの立案を促す。その後の回で基礎的なプログラミング技術の学習に取り組み、立案した課題解決に役立つプログラムの設計、実装、評価を経験させる。最終回に成果発表を設けプロジェクトの成果の振り返りと、実際のプログラム開発経験を踏まえた課題解決事例(最初の2回で取り上げたもの)に対する評価を発表させる
今年度取り上げる課題解決の事例 (1) 課題の内容 気候変動によって亜熱帯化が進む島嶼部での伝染病の発生 (2) デジタル技術（特にプログラミング）を使った課題解決の可能性 ドローン、リモートセンシング、画像解析技術の組合せによる島内の水場の位置の特定とその変化の観測
上記事例を手掛かりにした授業展開のための問いの例 (1) ディスカッション 課題解決事例においては、どのような場面でどのような「知」が創出されるか？ その「知」は誰にとってどのような意味や価値を持ち得ると考えられるか？ 当事者が持つデジタル・コンピテンシーは上記事例の解決にどのような影響を与えると考えられるか？ (2) 課題解決の企画立案： このような社会・コミュニティの課題解決にプログラミングが用いられる例はほかにないか？ 自分（たち）がかかわる社会やコミュニティにおける課題解決にプログラミングを応用できる例はないか？ (特に限られた予算、時間、技術レベル等を想定した) 小規模の実行可能な課題解決としてどのような事例が考えられるか？ (3) 技術的な課題の明確化と学習目標化： 選んだ課題の中で特にプログラミングが役立つような部分はどこか？ 授業で扱う基本的な技術の組合せを課題解決のどの部分にどのように応用できそうか？



また、学習者同士の協働性が問われる課題を置くことで、それぞれの学習者のプログラミングへのかかわりの自律性や、それを〈ソーシャルな知〉としてグループのために行使することの積極性を観察することができる。この観点による観察においては、教授者は学習開始時点におけるプログラミングの技術や知識の個人差を念頭に置きつつ、適宜助言やフィードバックを交えながら、特に技術や知識の面で不安がある学習者が、課題解決において積極的な役割を果たせるように支援することが重要となる。そして、協働の過程で、技術や知識の面で異なるスタートラインに立つそれぞれの学習者が、〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画を通じたデジタル・コンピテンシーの発揮の面で見せた成長を積極的に評価することが求められる。

次回に向けて

本稿ではプログラミングを学ぶ理由の理解やプログラミングにかかわることへの納得感の形成に課題のある大学情報系科目を想定して、学習目標としてのデジタル・コンピテンシーの獲得と、授業の主題としての〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画を手掛かりに、学習者が「プログラミングを学ぶ理由」

や「プログラミングにかかわることへの納得感」を自ら見出させることに重きを置いたプログラミング授業の作り方の骨子を解説した。今回は筆者がかかわってきた実践の成果を例に、〈ソーシャルな知〉のデザインへの参画の主題を取り入れたプログラミング授業のもとで、学習者がプログラミングの学習にどのように動機付けられたのかを具体的に解説する。

参考文献

- 1) Woodruffe, C. : What is Meant by a Competency?, Leadership & Organization Development Journal, 14(1), pp.29-36 (1993).
- 2) Magenheimer, J., Nelles, W., Rhode, T. and Schaper, N. : Towards a Methodical Approach for an Empirically Proved Competency Model, In Teaching Fundamentals Concepts of Informatics : 4th International Conference on Informatics in Secondary Schools - Evolution and Perspectives Proceedings, pp.124-135 (2010).
- 3) 文部科学省, OECDにおける「キー・コンピテンシー」について, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/039/siryu/attach/1402980.htm
- 4) OECD, OECD Future of Education and Skills 2030 - Organisation for Economic Co-operation and Development, <http://www.oecd.org/education/2030-project/>
- 5) Scardamalia, M., Bransford, J., Kozma, R. and Quellmalz, E. : New Assessments and Environments for Knowledge Building, In Griffin, P., McGaw, B. and Care, E. (Eds.) : Assessment and Teaching of 21st Century Skills. Dordrecht, Springer, pp.231-300 (2012).
- 6) 石井和平 : 社会情報学—情報技術と社会の共変—, 学術出版会, p.20 (2007).

(2019年9月2日受付)

齋藤俊則 (正会員) t-saito@gred.seisa.ac.jp

星槎大学大学院教育実践研究科准教授。本会誌編集委員会専門委員会(教育分野/ EWG) 幹事。本会 IFIP 委員会 TC3 (教育) 代表。WCCE 2021 開催準備委員会委員長として同会議の広島開催の準備に取り組む。



大学と高校教科「情報」のかかわり

永松礼夫

神奈川大学

高校教科「情報」は元気に育っているか？

情報処理とその教育に関心を持つ大学人としての雑感を書かせていただく。高等学校の教科として「情報」が登場してから久しいが、新参者の教科として何となく肩身の狭い印象はいまだに否めない。大昔からある英語や数学や理科(物理・化学・生物)と比べてみると、教育の根幹をなすような堂々とした基本的教科になれたとは言いにくい。大学受験科目として広範に採用されてはいないので、受験指導を通して真剣に指導される機会が少ないことも影響しているのだろう。また「情報科学・情報工学・ICT」そのものが分野として歴史が浅く日々の進歩が激しいため、受験勉強をしようにも定番の問題集や参考書が存在しないこともある。さらに、パソコン教室のような文書作成や表計算のスキルを教えるだけの実技科目であるとみなされてしまうなど、わざわざ教科として教える価値のある深みを持つ理論・知識の体系がないようにも思われている。その結果、現代社会を生きる上で重要な、高校卒業までにしっかり身に付けておくべき知識を扱っている科目であるという意識が薄く、学校運営の中で何かと低い優先度で扱われているようにも見える。

教科「情報」がもっと「元気な」教科になってほしいと思いつけている。数年前から「情報入試研究会」や「文部科学省・大学入学者選抜改革推進委託事業(情報分野)「情報学的アプローチによる『情報科』大学入学者選抜における評価手法の研究開発」(2016～2018年度)¹⁾にかかわっている。また、高大接続に関する文部科学省の会議の傍聴に行ったり、「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：情報学分野」²⁾の策定の過程を関連委

員会のメンバとしてウォッチしてきた。

我が国の高等教育の特徴として、多くの生徒が受験して大学に入るまでにエネルギーを費やし、入学後は真剣に学ばない風潮があることは事実であろうし、それをまず改革するのが本筋であろう。また、近年では「上位校」ではない大学では推薦入試など、「受験」を要しない選抜で入学する者が半数近くになっている。高校全体の教育を活性化するゴールに対しては、国立で5科目、私立でも3科目以上を課するような大学入試の比率が低下し、入試改革の教育改革への影響は限定的になっている³⁾。

しかし、「情報を元気な科目にする」ための1つの手段であると割り切って、情報入試(大学の入学試験で教科「情報」を取り入れること)をここ数年來は応援してきた。最近(と言ってもこの1年ほど)は少し流れが変わり、首相直下の会議などでIT立国とそれを支える教育の重要さが強調され、デジタル人材・AI人材の語を頻繁に目にするようになった。折しも、次の指導要領策定や大学入試センター試験の改革のタイミングに合わさったこととも呼応して、センター試験への導入や小学校へのプログラミング教育の取り組みなど、教科「情報」を直接応援するような流れが加速している。

本稿ではこういった経験をもとに、個人的な見解も交えて、高大連携や入試や初年次教育の話題を主に、高校と大学の「情報」教育に関してミスマッチを感じる個所や課題とを感じる個所について述べてみたい。

「～的」思考

知識とは別に、思考力、とりわけ「情報的な」考え



方を育むことが強調されている。本稿の読者の多くは、「CT—Computational Thinking」⁴⁾が頭にかぶであろう。一語で内容が正しく伝わる良い日本語訳がなく、中島先生は「計算論的思考」を充てている。プログラミング教育が強調される流れの中で「プログラミング的思考」という言葉もよく使われる。Wingの元論文を見ると、「計算機科学者のように問題解決する」思考法となっている。その流れで、ある問題を、計算する機械や情報を処理するエージェントを用いて解くためにどのような方法を選択するかを決める際の考え方として、問題の分割・階層化・手順化などを強調している。今後のコンピュータに基づく情報処理とそれを応用した社会システムの構築にも役立つような、「コンピュータ・サイエンス」における「科学的方法」(客観的事実に基づく考察や論理的思考に基づいた判断)と言えよう。

教育の文脈では少し違ってくるようで、イギリスの初等教育へのガイドライン (Computing At School (CAS) による⁵⁾) では、ポイントとして、(1) think algorithmically ; (2) think in terms of decomposition ; (3) think in generalizations, identifying and making use of patterns ; (4) think in abstractions, choosing good representations ; (5) think in terms of evaluation を挙げている。あえて英語のままで表記したが、これらを輸入して日本の教育を論じる際に、日本語への置き換えが十分でなく、意味が微妙に違って議論されていることもあるので危惧を感じている。(3)の後半は、ソフトウェア工学での「デザイン・パターン」を意識した記述と思われるが、単に「パターン認識」と紹介された例がある。日本語では同じ「認識」と片づけてしまいがちだが、recognitionは「存在を認知する、あるいは、知られた分類のどれに該当するかを判断する」、identifyは「同じ種類・類型のものであるかを判断する」、discriminationは「ある基準に照らして該当するか否かを判断する」であり、それぞれ違った概念に結びついている。カリキュラムの設計やシラバス(講義要目)の記載を扱うときもそうであるが、ま

だその分野を学習していない人が当該分野の知識の詳細を示しているキーワードを議論・評価することには、困難が伴うことを自覚しておきたい。

「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ)」⁶⁾の中では、基本命令を組み合わせてプログラムを作成する活動を意識して「プログラミング的思考」を「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つひとつの動きに対応した記号を、どのように組み合わせるか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」としている。これを見ると、「Computational Thinking」が情報科学的な問題解決の方法論を広くカバーするものであったのに、「プログラミング的思考」では学校でできる範囲のプログラミング実践に限定された枠組みに寄っているようだ。

設計と「デザイン」

情報科学・情報工学の立場では「デザイン」の語は、「設計(何かを作る際に前もって計画し、そこで定めたことを記録に残し、それに従って作ること)」と「意匠(色や形や見た目)」の2つの意味で使われる。やや極端な例だが、意匠は本来の機能(電気のスイッチなら、人による操作と回路のON/OFFを対応させること)とは別の製品の属性(部材の形や硬さや表示の分かりやすさ)を工夫して、本来の機能をより使いやすくすることを考えることであり、「ユニバーサルデザイン」の例はこれに当たる。指導要領に「情報デザイン」の項目があるが、意匠の側面として捉えている。

デザインの「設計」の側面はまだまだ扱いが不十分に思える。たとえば、スタンフォード大学のd.schoolの教育は、「ものづくり」をチームでの議論を通して設計から制作・実用化まで行う活動を実践する場であり、初期の段階から意匠も含めて総合的に計画することを強調している。最近の「ものづくり」ではアップル社の製品のように、形や動きに

よって初めて成立する機能もあるので、設計と意匠を総合的に扱う流れは自然である。

「情報」の教育では、設計の側面はあまり強調されていないので、プログラミング言語を習って少し経った学生が、やや大きめの作品を作ろうとすると、やみくもにプログラムを入力する作業から始めてしまう。教育者としては「いきなりコードを書くな！まず設計図を書け」と言いたい。感覚的なものでなく、事実と論理的思考に基づいた「科学的方法」に則ったシステムやプログラムの作成が求められている。情報システムやITを専門とする道に進むならば、自分以外の人が使ったり・保守したりすることを想定した「お客様にお出しできる」プログラムを作ることがゴールである自覚を持ってほしいものだ。

入試について

入試改革の文脈、特に大学入学共通テスト（新テスト）に関して、コンピュータ化された試験の導入と思考力を測る試験の導入の両者は一緒に語られることが多いが別のものである。

□ コンピュータで行う試験

知識を問うようなCBT（コンピュータ化された試験）は資格試験等ではすでに広範に実施されている。紙で行っていたことを電子化（キーボードとディスプレイ）するだけにとどまらない。「適応型テスト」では、試験の進行を積極的に制御して試験時間中の受験者の応答の内容（どんな解答をしたか）に応じて以降の出題が変化するようにしたり、解答順序を強制して特定の問題は一度答えたら「戻れない」ようにすることができたりする。たとえば、語学などでレベル判定を行いたい場合、それまでの正答率が高ければより難しい問題を・低ければよりやさしい問題を出題することで、少ない設問数で受験者のレベルをより効果的に絞り込める。医療系の試験などでは、「戻れない」フローを使い、1問目では症状から病名を答えさせ、2問目では病名を明らかにした上で治

療法を解答させるといった問題を出題している。

試験を行う側では、大量の問題ストックを用意する必要があり、問題の作成はもちろん、作成した問題の質の管理（特に難易度を揃えること）が難しい。難易度の揃った類題を効率的に（可能ならば自動的に）数多く作成できる方法があるかが課題になっている。

□ 思考力を測る入試

知識を問う問題よりも一問あたりの解答時間がかかると予想されるので、限られた試験時間の中にかに収めるかが課題となる。複数の種類の思考力を別々に測ろうとすればなおさらである。

思考力を測る試験として、記述式が良いとされているが、限られた試験時間・採点時間の中で処理できるように配慮すると問題の作り方が制限されてしまう。解答欄として用意するマス目の数を減らして文字数に強い制限をかける、構成（二文を逆接の接続詞でつなぐ、など）や使用するフレーズ（問題文で示した傍線部の単語を使う、など）に制約をつけて採点を容易にする、などである。このような制限をすると副作用として、あまり思考力を使わなくても、定型的な解答方法のコツに従えば点が取れるような問題になってしまい、思考力を測る趣旨から乖離してしまう。また、米国の共通テストでの記述式エッセイについても、内容よりもテクニックで点が取れる、入学後の成績と相関が少ないなどの問題が浮上している。

委託事業¹⁾の一環として文字数を指定したマス目に自由記述させた答案の採点を試みたが、試験を終えて答案を見るまでどんな単語が来るか分からない、辞書にない若者言葉や造語が入る可能性もある。このような状況で単語の選択についても評点するなら、あらかじめ採点基準を定めることはできない。

別のアイデアとして、出題側であらかじめ解答文の構成要素となる単語やフレーズを書いたカード（短冊）を提示しておき、それらの中から使うものを選択して並べ替えることで解答文を作成させる方式を導入



した。この「短冊方式」では、未知の単語問題を回避しつつ、解答パターンは十分多くあるが採点しやすい程度に少ない有限な数に絞れることが分かった。

情報機器を扱うスキル

大学に進むまでに身に付けておいてほしい「情報学」を知識・スキルの側面から考える。大学の初年次セミナーの担当者から、「レポートの作成法」といったタイトルで「レポートの書き方」を教えたいのに「文書作成ソフトの使い方」の教育に終始してしまった、という声を聞く。コンピュータ操作を教えることに煩わされずに、論説文の構成、証拠を示した客観的な議論の進め方、資料の引用の仕方を教えることに専念したいという意味である。

学生が初めて自分用のPCを持つタイミングは変化しているようで、少し前のように大学入学の時点で一斉にPCを買わなくなっている。スマホの高機能化で大概のことは足りるし、高校時代からコンピュータを用いた授業を受けた者も多く、入学前からタブレット端末やPCを所有している者も多くなってきた。

学生が端末を持っていることを前提に、「コンピュータ教室」で行っていたことを、一般教室で行おうとする動きもある。BYOD (Bring Your Own Device) と呼ばれ、従来型のコンピュータ教室の削減と絡めて語られることもある。

授業運営側からみれば、文具としてのPC (学部・学科を問わず、Webとメールへのアクセス・文書作成・資料提示・簡単な表計算などの標準的な知的生産活動の機能)と、教育機材としてのPC (専門科目に固有であったり、大規模な情報を扱ったり、特定の装置と関連するようなもの：実験実習設備に相当)の境界があいまいで、個人端末ですべてのコンピュータ演習が代替できるとか、PCを持つる学生には文書作成は指導不要などの誤解もある。

「必要・共通」な端末スキルの範囲は、教育の電子化の進展と歩調を合わせるべきで、現状は発展途上であることをしっかり自覚することが大事である。情

報機器を用いた勉強法についてコンセンサスがなく、紙媒体のカルチャーから「BYODカルチャー」への移行ができていない^{☆1}。紙媒体での文化の蓄積の上に構築された「〇〇大生の超ノート術」に相当するものの電子デバイス文化版が登場するのはまだ先だとすれば、それを創りだせるような学生が育ってほしい。

未来に向けて

「情報学」のカバーする内容は、情報システムに関する知識・スキルの側面とコンピュータに基づく情報処理の土台となる客観的考察や論理的思考の側面の2つがある。そのため、この分野ではルーチン化した流れに乗るだけでなく、そのルーチン自体を見直して改良につなげる思考法こそが重要であり、我々も実践を怠ってはいけないうし、そこが面白いのだと思っている。

参考文献

- 1) 文部科学省・大学入学者選抜改革推進委託事業 (情報分野) : 情報学的アプローチによる『情報科』大学入学者選抜における評価手法の研究開発 (2016～2018年度), http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/senbatsu/1413650.htm
- 2) 浜中淳子 : 2020年度の入試改革 高校生「学習離れ」防げず, 日本日本経済新聞 2019年8月12日付。
- 3) 日本学術会議 情報学委員会 情報科学技術教育分科会 大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 情報学分野, 2016年3月23日, <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-h160323-2.pdf>
- 4) 中島秀之 : Computational Thinking 計算論的思考, 情報処理, Vol.56, No.6, pp.584-587 (May 2015) (Jeannette M. Wing : Computational Thinking, Communications of the ACM, Vol.49, No.3, pp.33-35 (Mar. 2006) の翻訳)。
- 5) CAS, Computational Thinking A Guide for Teachers (Nov. 2015), <https://www.computingschool.org.uk/computationalthinking>
- 6) 小学校段階における論理的思考力や創造性, 問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議 (2016), 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について (議論の取りまとめ), 2016年6月16日, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm (2019年9月17日受付)

永松礼夫 (正会員) lnag@kanagawa-u.ac.jp
神奈川大学・理学部情報科学科・教授。

^{☆1} 第14回神奈川大学メディア教育シンポジウム「大学教育における必携PC活用を考える」(帝京大学・宮崎誠先生の講演), 2019年6月22日, https://www.kanagawa-u.ac.jp/event/details_18581.html

● 論文誌ジャーナル掲載論文リスト

Vol.60 No.11 (Nov. 2019)

【特集：エンタテインメントコンピューティング】

- 特集「エンタテインメントコンピューティング」の編集にあたって
小坂崇之
- 偶然の遊びにおける確率認知とエンタテインメント性との関係の調査*
水口 充 他
- Facelot：顔検出と顔属性をエントリーとしたアドホックな抽選システム
金子翔麻 他
- 身体部位の分離画像の生成と関節点の自動設定による手描きイラストの姿勢制御
鈴木 優 他
- 幸福感を提供する VR 画像閲覧システム GaZone
杉本 翔 他
- ゲーム風演出で読書を促進するモバイルアプリケーション†
草野有沙 他
- UPP (Unreal Prank Painter)：悪戯の楽しみに着目した落書きコンテンツ
安東俊之介 他
- ブロックとコネクタを活用した探索的な VR コンテンツ操作インタフェースに関する研究
市川将太郎 他
- TracKenzan：トラックパッドとタッチペンを用いたいけばな練習システムの提案と評価
横窪安奈 他
- 等身大ヒューマノイドを活用したロボットと共生する未来へ向けたメディアアートコンテンツ
藤井綺香 他
- Ball in Bowl: 日常ストレスからの解放を目的としたタブレットアプリケーション†
渡邊桃吾 他
- HamoKara: A System that Enables Amateur Singers to Practice Backing Vocals for Karaoke
Mina Shiraiishi 他
- Automatic Music Completion Based on Joint Optimization of Harmony Progression and Voicing
Christoph Matthias Wilk 他
- 楽譜情報を用いた高時間分解能 Audio-to-MIDI 変換
保利武志 他

【一般論文】

- エンタープライズ系ソフトウェアの信頼性に影響を与える質的要因の分析
古山恒夫
- A Method to Reduce Transaction Time for Real-time IoT Applications*
Chaxiong Yukonhiatou 他
- An Attempt to Read Network Traffic with Doc2vec
Mamoru Mimura

- ニューラルネットワークを利用した日本語意味役割付与モデルの構築
岡村拓哉 他
- BubbleSlide：スマートウォッチ向け円環型日本語かな入力インターフェース
東條貴希 他
- 条件の変更にロバストなデジタルカーリングの改良†
森健太郎 他



*：推薦論文 Recommended Paper

†：テクニカルノート Technical Note

● 論文誌トランザクション掲載論文リスト (Nov. 2019)

【論文誌 プログラミング Vol.12 No.5】

- Solving String Constraints with Streaming String Transducers
Qizhen Zhu 他



【論文誌 コンピューティングシステム Vol.12 No.4】

- Time Segment Correction method for parallel time integration
Akihiro Fujii 他
- QR Factorization of Block Low-Rank Matrices with Weak Admissibility Condition
Akihiro Ida 他
- Parallelization of Matrix Partitioning in Construction of Hierarchical Matrices using Task Parallel Languages
Zhengyang Bai 他





連載

ビブリオ・トーク
—私のオズメー—

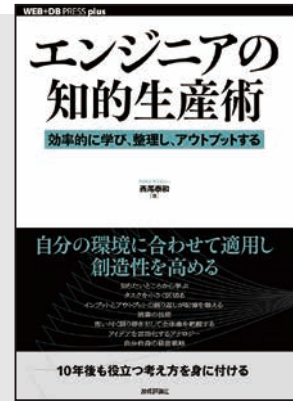
… 大見嘉弘 (東京情報大学)

エンジニアの知的生産術

— 効率的に学び、整理し、アウトプットする

西尾泰和 著

技術評論社 (2018), 272p., 2,480 円+税, ISBN : 978-4-7741-9876-7



SE がより良く働くために

個人やチームの生産性向上の研究を行っている著者が、SE (システムエンジニア) の知的生産の方法について書いた本である。大部分はエンジニア全般に通用する内容だが、本書のシリーズがコンピュータ関係ばかりであり、本書の冒頭などでプログラミングを例に挙げている個所が多いので、読者はIT関係のエンジニアに限られそうだ。

著者は、考えを整理して表現するワークショップを大学で実施したり、新たな知識の創出について講演してきた。しかし、著者が伝えたいことが1冊にまとまっている本がないので、本書を書いたようだ。ワークショップや講演、そして著者の実践からの経験に基づく知見が本書の随所に垣間見え、「活きた」内容になっていると感じた。

以下に本書の章立てを示す。なかなか盛りだくさんな内容だ。

- 第1章 新しいことを学ぶには
- 第2章 やる気を出すには
- 第3章 記憶を鍛えるには
- 第4章 効率的に読むには
- 第5章 考えをまとめるには
- 第6章 アイデアを思い付くには
- 第7章 何を学ぶかを決めるには

本書の特徴

知的生産に関する本では、梅棹忠夫『知的生産の技術』、川喜田二郎『発想法』などが有名だが、出

版から半世紀がたち、実践の具体的方法はずいぶん古くなっている。その後、同種の本は主にビジネス書として多数出たが、その多くはハウツー本で表面的なことしか書かれていない。

また、IT分野における知的生産について書かれた本は案外少ない。Gerald M. Weinbergの著書に代表されるようなソフトウェア開発に限った本は多数出ている。しかし、その前提となる学習法や整理法、何を学ぶべきかといった根本的な事柄について書かれた本は、社会人全般を対象としたものがほとんどである。

本書はSEの視点から知的生産に関する方法論を幅広く紹介しており、さらに読者が各個人に合ったやり方にカスタマイズするように導くように書かれている。今までありそうでなかった本だと感じた。

以下では、各章の中で印象深かった内容を紹介する。

第1章 新しいことを学ぶには

学びのサイクル (情報収集、抽象化・モデル化、実践・検証) などが書かれている。この中でも、抽象化・モデル化は特に詳しく書かれている。これらは、SEにとって特に必要な能力だといえるだろう。

また、学びのサイクルを回すにも「やる気」が重要なことが書かれている。そして、やる気を維持するにはゴールの明確化が重要だとある。「『プログラミング言語 Python をマスターしよう』という目標を立てるのは、典型的なバッドパターンです。」とある。なぜなら、どこまで理解すればマスターしたことになるのかが曖昧だからである。多くの人が陥

りがちな曖昧な目標設定の例で、身につまされる思いがした。

第2章 やる気を出すには

全体像の把握、タスクの設定、重要事項の優先などが書かれている。表題を見ると、やる気がある人には関係ない章に思えるが、むしろ「やる気があるのに思うように成果が出ない」人のほうが読むべき内容だと感じた。

第5章 考えをまとめるには

従来からよくある整理法や発想法で取り上げられてきた内容である。KJ法を中心に説明しているが、ふせん紙のサイズや色について、実践に基づく言及が興味深い。

いわゆるハウツー本では、KJ法はカードをグループにまとめていく、という説明しかないものが多い。しかし、KJ法は関係のあるカードどうしを線で結ぶA型図解化も特徴である。また、図が完成した後に、図を元に文章を起すB型文章化がある。本書は、これらにも触れており、丁寧に書かれているという印象を受けた。

第7章 何を学ぶかを決めるには

本書の中で一番根源的で重要な章だと感じた。「科学と数学の正しさの違い」、「意思決定の有用性は事後的に決まる」、「他人からの知識の獲得はコストが安い価値も低い」、「卓越か差別化か」といった興

味深い内容に触れている。特に、まだ方向性が定まっていない若い人にはぜひ読んでほしい内容である。

本書の意義と今後

第1章で述べられている抽象化は、従来であれば、大人になれば意識もせず自然に身についた能力であったかと思う。それは、普段から読書をし、文章を数多く読むことで読解力がつき、それに伴って抽象化能力がついた、ということではなかろうか。ところが、最近は読書離れが進み、若い人の読解力の低さが問題になっている。若い人に本を読めと言っても急に読書量が増えるとは思えないので、効率良く抽象化能力が養われる読書法や訓練法が必要なのかもしれない。本書がそのヒントとなり得る。

ITが社会のさまざまなところに浸透している現在では、SEが用いる方法論も画一的ではなく、複数から適切なものを選択して活用することが必要となるだろう。複数の方法論を理解し、それらを自分なりにカスタマイズして使うという本書のやり方は、現代にマッチしていると思う。イノベーションを促すことにもなり得るし、多くのSEがより良く豊かに働くための助けとなりそうだ。

(2019年9月30日受付)

大見嘉弘 (正会員) ohmi@rsch.tuis.ac.jp

1996年豊橋技術科学大学大学院工学研究科博士課程修了。博士(工学)。2013年より東京情報大学総合情報学部准教授。豊橋技術科学大学在学中にカード操作ツールKJエディタの研究に参画。



Schmidt-Hieber, J. : Nonparametric Regression Using Deep Neural Networks with ReLU Activation Function

Annals of Statistics To appear (2019)

深層学習の登場とその問題点

深層学習は多層ニューラルネットワークというモデルを用いたデータ解析法で、従来法とは一線を画した性能を発揮し得る手法として幅広く注目を集めている。その契機となったのは2012年に開催された画像認識コンペティションで、トロント大学のチームが開発した深層学習が、それまでの従来法による分類精度を大幅に改善した。いまだ深層学習は多くの計算リソースを必要とするとはいえ、その高い性能と汎用性は社会の多くの領域で高い注目を浴びている。典型的な成功例として、DeepMind社が開発した囲碁AIのAlphaGoが、人間のトッププロを破ったことはまだ記憶に新しい。

応用は急速に進展しているものの、深層学習の実用面で用いられるアルゴリズムは、いまだ探索的・非効率的なものが多い。たとえば、多層ニューラルネットワークモデルのパラメータは非凸最適化問題の解として与えられるため、多量の計算資源を必要とする上に、出力されたパラメータの性質が不明でその後の分析などが難しい。また、多層ニューラルネットワークは層数やノード数などの多くの調整パラメータを持つが、それらの適切な数の指針やその選択方法はいまだ発展途上で、これにも計算資源を大量に投入した探索が必要になる。これらの方法を改善させることが、今後の円滑な深層学習の発展に必要であるとされている。

数学的理解に向けた統計理論

本稿で紹介する論文は、深層学習の数学的理解を通して、今後の実用的な深層学習に貢献しようとする試みの1つである。しかし、すべての問題点を同時に調べることは難しいため、この論文では、“パラメータの学習が十分にうまくいった場合、どのようなデータやネットワークのもとで深層学習がうまく働くのか”，という点に主に着目している。

深層学習の解析に用いるフレームとして、ノンパラメトリック回帰という統計学の問題を用いる。今、データとして入力 X と出力 Y の組が複数観測されているとする。たとえば、画像から年齢を推定する問題であれば、入力 X が人の顔の画像で、出力 Y が写っている人の年齢に相当する。また、仮定として、それらの組は回帰モデル

$$Y=f_0(X)+\varepsilon$$

から独立に生成されているものとする。ここでは、 f_0 は入力と出力を関連づける未知の関数で、 ε は入力とは独立に生成されるノイズである。ノンパラメトリック回帰問題の目的は、 n 個の入出力の組 $(X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n)$ から未知関数 f_0 を推定することである。

深層学習によるデータ分析は、この問題における未知関数 f_0 の推定に対応している。多層ニューラルネットワークによる関数 f のもとでの二乗和損失 $\sum_{i=1}^n (Y_i - f(X_i))^2$ を考え、これを最小にするパラメータによる関数を \hat{f}_n とする。これを、深層学習による f_0 の推定量であると考え、その性能を予測誤差

$$R(\hat{f}_n, f_0) := E[(\hat{f}_n(X) - f_0(X))^2]$$

を用いて評価する。この尺度は汎化誤差とも呼ばれ、

回帰問題における性能評価に用いられる一般的な尺度の1つである。

汎化誤差とその最適性

汎化誤差を評価する上で、データを生成している未知関数 f_0 がどのような構造を持っているか、という点が重要な役割を果たす。すなわち、未知関数 f_0 がとてもシンプルな構造（たとえば線形関数）をしていれば誤差はあまり増加せず、難しい構造（たとえば鋸刃のようなギザギザな形状）をしていれば誤差は増加することが予想される。このような関数の難しさを表現するとき、「微分可能性」なる概念が用いられる。関数 f_0 が微分可能であるとは、入力 X が少し変動したときに、 f_0 が返す値がそこまで大きく変動しないということを表している。上記の入力画像 X から年齢を推定する問題において、画像に写っている顔に白髪が1本増えたからといって、その人の年齢が30歳も変化することは考えづらい。微分可能性は、このようなデータの特徴を表現する数学的概念として広く用いられている。

紹介論文は、未知関数 f_0 が微分可能であるような状況において、推定量 f_n がもたらす汎化誤差についていくつかの結果を証明した。1つ目は、ReLU活性化関数を持つ適切に選択された多層ニューラルネットワークのもとでの汎化誤差の上限とデータ数 n との関係を明らかにしたことである。今、入力 X は t 次元のベクトルで、未知関数 f_0 は β 回微分可能であるような状況を考える、このときの主結果（論文中の系1）の要点のみを記述すると、ある存在する2つの正の定数 C_1 および C_2 のもとで、多層ニューラルネットワークが最大で $C_1 n^{t/(2\beta+t)}$ 層を持ち、また各層のノード数（幅）が最低 $C_1 n^{t/(2\beta+t)}$ 個、全体のエッジ数（非ゼロパラメータ数）が $C_1 n^{t/(2\beta+t)}$ 個であるとき、推定量 f_n による汎化誤差は

$$R(f_n, f_0) \leq C_2 n^{-2\beta/(2\beta+t)}$$

で評価されることを示した。この汎化誤差の評価

により、データ数 n が無限に増大していく場合、汎化誤差はゼロに収束することが示される。加えて、この結果は n の増加に合わせて誤差が減少する速さを明らかにしている。たとえば画像解析の問題において、入力画像 X が400個のピクセルを持つとき、これは400次元のベクトルに等しいので、 $t=400$ の状況に対応している。また、データを生成する関数が $\beta=10$ 回微分可能であったとしよう。この設定では、汎化誤差の上限は t と β を代入して $C'n^{-1/21}$ で与えられる。すなわち、データ数 n が2倍になったとき、汎化誤差の上限は $2^{-1/21} \approx 0.96$ 倍になる。このように、データの次元および関数の複雑さ（微分可能性）の情報を用いて、汎化誤差の大きさを予想することが可能になった。

2つ目の結果は、上記の導出された汎化誤差の評価が、一種の理論的な最適性を満たしていることを示したことである。この結果（論文中の定理3）を簡潔に述べると、系1で導出された汎化誤差の上限の減少のスピードは、（深層学習に限らない）どんな推定量を用いても、ある存在する f_0 のもとでこれより速い減少スピードを達成することはできない、ということが示されている。すなわち、深層学習が達成する汎化誤差の上限は、理論上最も速い減少スピードを持っている、ということが数学的に示されている。

上記のように、汎化誤差の評価を通じて、深層学習の性能を説明するいくつかの原理が明らかになった。すなわち、汎化誤差の減少の速さは入力 X の次元や未知関数 f_0 の滑らかさによって決まり、またそれらは理論的に最適であること、加えてその性能を達成するための多層ニューラルネットワークの構成がある程度明らかにされた。紹介する論文では f_0 の構造をより深く調べており、 f_0 が合成関数構造を持つ場合の細かい評価を与えている。

今後の理論の方向性

統計理論を用いて深層学習の性質がある程度は明らかになったが、まだ多くの謎が残されている。そのうちの大きな1つは、パラメータ学習によるものである。上記で紹介した推定量 f_n は二乗和損失を最小にするパラメータが学習できた状況を考えているが、実際にはそういった状況が達成されているとは考えづらく、その影響を考量する必要がある。また、上記の結果で導出された汎化誤差の減少スピードだが、実験的に計測される減少スピードはこれよりも速いことが多く、ここにも理論と実際の大きなギャップが存在する。このよう

にまだまだ多くの謎が残されており、こういった点を明らかにしていくことが、今後の深層学習の理論研究に求められている。

(2019年9月11日受付)

今泉允聡 imaizumi@ism.ac.jp

2017年東京大学大学院より博士号取得。同大および統計数理研究所における日本学術振興会特別研究員などを経て、2018年より統計数理研究所助教。理化学研究所客員研究員、JST さきがけ研究員などを兼任。数理統計学および深層学習理論などの研究に従事。



CONTENTS

Preface

- 1166 **Human-formation Computer in *The Three-Body Problem***
Nozomi OHMORI

Special Article

- 1168 **Repercussions of the Amazon EC2 Service Event in the Tokyo : Challenges for Reliable Operations in the Cloud Computing Era**
Hiroki KASHIWAZAKI (National Institute of Informatics (NII))

Special Features

Supercomputers in the Post-K Computer Era

- 1174 **0. Foreword**
Yoshihiro OYAMA (Univ. of Tsukuba)
- 1176 **1. Current Status of Supercomputers in Japan and Perspective for Tomorrow**
Taisuke BOKU (Univ. of Tsukuba) and Kenjiro TAURA (The Univ. of Tokyo)
- 1182 **2. An Overview of Next Japanese Flagship Supercomputer**
Yutaka ISHIKAWA, Mitsuhsisa SATO (RIKEN Center for Computational Science) , Naoki SHINJO and Toshiyuki SHIMIZU (Fujitsu Ltd.)
- 1189 **3. ABCI : The World's First Open Public Infrastructure for Advancing AI Research and Deployment**
Hirotaka OGAWA (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST))
- 1193 **4. Supercomputer based on Many-Core Architecture**
Taisuke BOKU (Univ. of Tsukuba) and Kengo NAKAJIMA (The Univ. of Tokyo)
- 1198 **5. Supercomputers with Xeon Processors**
Takeshi NANRI (Kyushu Univ.)
- 1204 **6. Modern Vector Supercomputers**
Hiroaki KOBAYASHI (Tohoku Univ.)

Article

- 1212 **Status on Dissemination of HPCI Research Achievements - Download Analyses of HPCI User Reports -**
Haruyuki KIMURA, Junko MARUYAMA and Atsushi HIRATSUKA (Research Organization for Information Science and Technology)

How to Pass the Paper Review

- 1220 **How to Write a Reply Letter**
Yuuki TANAKA (Gunma Univ.)

Reports

- 1227 **Looking Back a Joint Work with a Winner of the IPSJ Computer Science Research Award for Young Scientists**
Hideyuki KAWABATA (Hiroshima City Univ.)

Let's Learn Informatics

- 1230 **Programming Lessons for Understanding of Mechanism**
Hiroki MANABE (Hakuyo Senior High School)

"Peta-gogy" for Future

- 1237 **Thinking about Information from the Point between Science and Engineering**
Atsuhiko TANAKA (NEC Corp.)
- 1238 **Designing Social Knowledge in Programming Classes for Novice Learners**
Toshinori SAITO (Seisa Univ.)
- 1243 **Issues on Infomatics Education at High Schools and Universities**
Leo NAGAMATSU (Kanagawa Univ.)

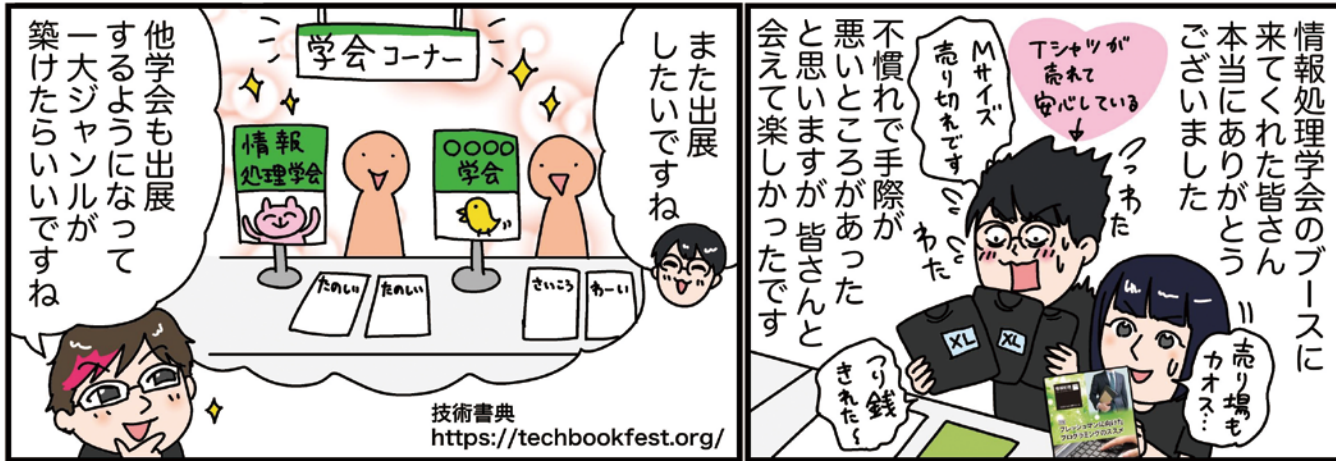
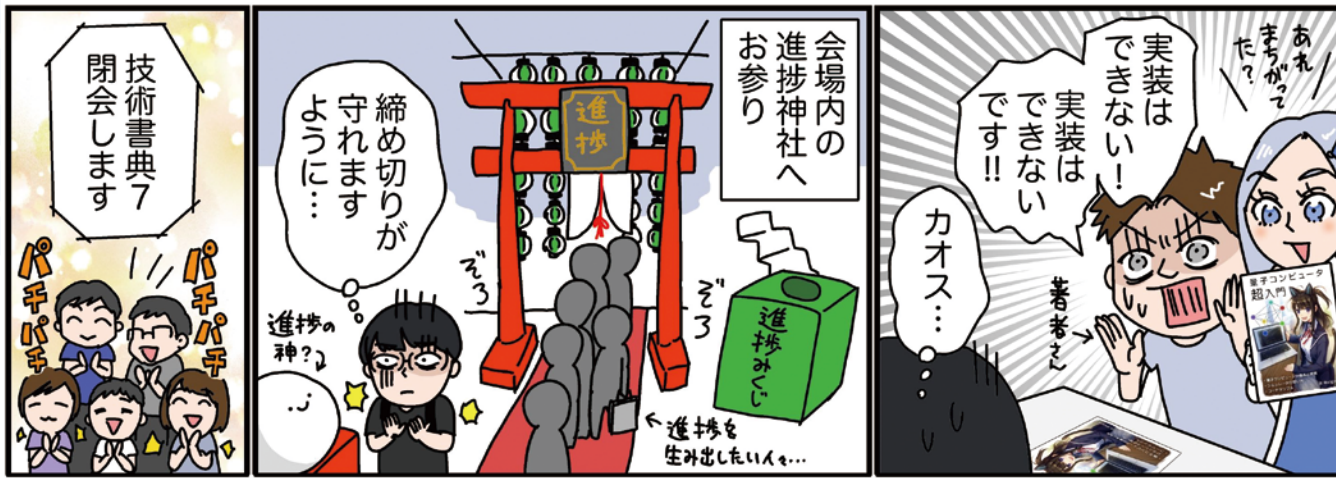
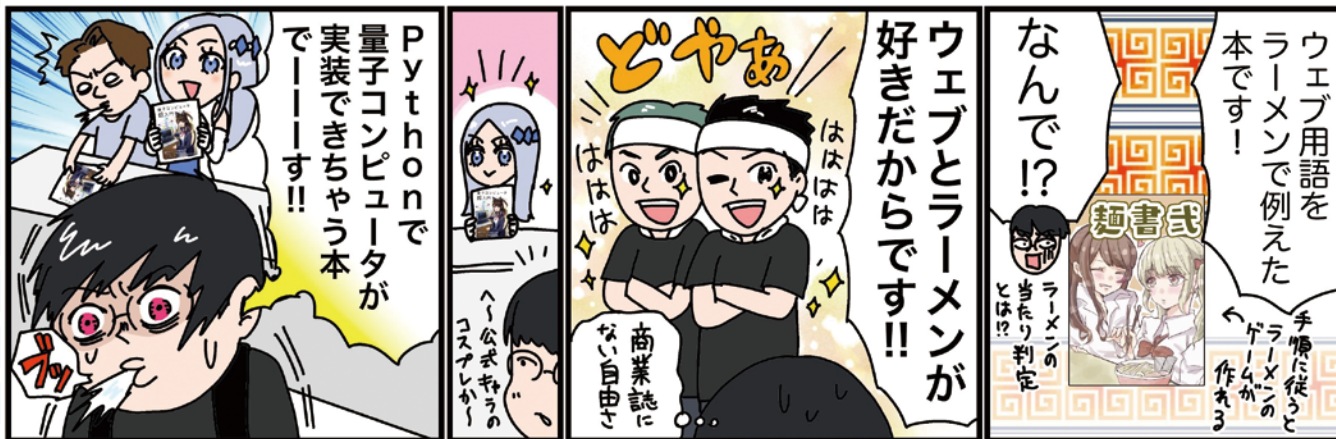
- 1173 **Gathering to Share Original Programming Projects for Junior**
- 1248 **Biblio Talk**
- 1250 **Skimming a Famous Paper in Five Minutes**
- 1254 **IT Travelog Manga**
- 1256 **Conference Report**

読後のご意見をお送りください

本誌では、現在約 120 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、毎号巻末に掲載しております所定の用紙または Web ページ (<https://www.ipsj.or.jp/magazine/enquete.html>) をお使いいただき、奮って事務局までお寄せください。

一般社団法人 情報処理学会 会誌編集部門

〒 101-0062 東京都千代田区神田駿河台 1-5 化学会館 4F E-mail: editj@ipsj.or.jp Fax(03)3518-8371



戦利品紹介コーナー

湯村委員の戦利品
那珂核融合研究所のトカマク核融合プラズマ実験装置の写真集は、現在建造中である稼働予定なのですが、なぜか普段入れない内部の写真が盛りだくさんで、めっちゃくちゃカッコいいです。理系出身の小説家の方が書いた文章の書き方指南本は、とてもわかりやすく、帰りの飛行機の中で一気に読みました。

櫻委員の戦利品
初参加でしたが、全体的に非常にレベルが高く驚きました。中でも現役東工大卒業生が携った「バイナリイーター」や「電子ガール」は、流石に素晴らしい出来でした。「ハルキになる3つの方法」は村上春樹風な文章を書く方法が語れており、大変興味深い内容でした。発売のため購入できなかった本もあり、次回は朝から参戦したいと思います。

技術書典 戦利品

ハルキになる3つの方法/
エンジニアアンチパターンNEXT/
電子ガール/
Binary Eater Data Race Detection Algorithm and Implementation

取材してほしい人・イベントなどを募集中!
★Twitterハッシュタグ #PSJ_IT紀行
★メールアドレス editj@ipsj.or.jp

戦利品紹介コーナー

TOKAMAK那珂核融合研究所/エンジニアのための日本語文章テクニック/MSstick Mo★Moku Moku/月刊ポストドク/純肉本/RSP-00激レア開発記/空に飛ばす/GPSと仲良くなってNTPサーバを作ろう/地学の散歩路/みんなの地学塾/スマートスピーカーでおうちハック/TTCN-3によるネットワークのテスト自動化

総額 ¥13,650



↑こちらのページから読んでね!



会議レポート

マルチメディア、分散、協調と モバイル (DICOMO2019) シンポジウム参加報告

DICOMO2019 シンポジウムの概要

2019年7月3日(水)から5日(金)まで、福島県郡山市の温泉旅館「ホテル華の湯」において、マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2019) シンポジウムが開催された。

DICOMO シンポジウムは「マルチメディア通信と分散処理研究会」「グループウェア研究会(現「グループウェアとネットワークサービス研究会)」「モバイルコンピューティング研究会(現「モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム研究会)」による情報交換およびこれらの分野の発展の目的で、1997年に北海道ニセコにおいて DiCoMo ワークショップとして第1回が開催された。翌1998年からは DICOMO シンポジウムに名称を変えて毎年開催され、今回で23回目の開催を迎えた。第1回当時は参加者145名、発表件数109件であったが、現在は10研究会(上記3研究会に以下の7研究会が加わった「コンピュータセキュリティ研究会」「高度交通システムとスマートコミュニティ研究会」「ユビキタスコンピューティングシステム研究会」「インターネットと運用技術研究会」「セキュリティ心理学とトラスト研究会」「コンシューマ・デバイス&システム研究会」「デジタルコンテンツクリエイション研究会)」による共催となり、ネットワークからコンテンツまで幅広い分野の研究者が集まり、毎回400名前後の参加者、300件弱の発表件数の規模を誇る大きな会議となっている。さらにデモセッション(2002年から)や企業展示(2005年から)といった、研究成果を目に見える形で紹介したり、大学と企業の研究者間の交流を活発化したりする取り組みも行われているなど、非常に特色のある会議となっている。

今年の DICOMO2019 シンポジウムは、AI/ビッグデータ/IoT/クラウドなどの技術による、ビジネスモデルの創出や社会課題の解決などを実現する技術的な潮流であ

るデジタルトランスフォーメーション(DX)が注目を集めていることを踏まえ、統一テーマとして「デジタルトランスフォーメーション～予測が困難な未来を切り拓く情報技術～」を掲げた。さらに統一テーマに関して8つの特別セッションを設け、その中で主催の研究会から統一テーマに沿った最新のトピックに関する招待講演が行われた。今回は、講演が272件、特別講演1件、招待講演8件、デモ展示9件(企業展示1件を含む)があり、参加者は400名を超える例年と同様の規模の下、開催された。

また DICOMO2019 と併設して、デジタルコンテンツクリエイション(DCC)研究会主催による「デジタルコンテンツ制作発表会」が初日7月3日の DICOMO2019 の開会式前の午前中に行われた。本発表会は部屋の照明を落とした中で発表が行われ、VRやプロジェクションマッピングを使用したものなどインタラクティブなコンテンツも多く、見学者の興味を誘う内容であった。また本発表会の発表の一部はシンポジウムのデモセッションでも発表された。

特別講演

2011年の東日本大震災で大きな被害を受けた東北地方での開催を受け、津波工学の第一人者である、東北大学災害科学国際研究所所長 今村文彦教授を招き、「巨大化する自然災害と軽減への戦略—東日本大震災や南海トラフ地震などを事例に」というテーマで、東日本大震災の津波被害の実態やその教訓をもとにした災害科学、実践的防災学の活動内容について紹介が行われた(図-1)。身近な防災の話題かつ防災対策技術の最新動向の紹介ということもあり、大変興味深い講演であった。特に、震災の1年後に発足した災害科学国際研究所(IRiDeS)においては、震災で得られた教訓や知見をベースに自然災害科学に関する世界最先端の研究として、過去の低頻度大災害の再評価、複合災害の実態と波及の抑止、災害情報と認知、広域災害把握と支援学、震災等のアーカイブ構築と利用促進などが行われていることが紹介された。



図-1 特別講演の様子

招待講演と一般講演

講演は、ホテル内の8つの会場で平行に行われ、3日間合計で64セッションが開催された。8平行であることからすべての講演を聞くことは不可能であり、参加者は興味のあるセッションや論文をプログラムからチェックしておくなど事前のスケジュールリングが必要である。講演件数が非常に多いため詳細はここでは紹介しないが、各タイトルやアブストラクトについてはDICOMO2019のWebページ¹⁾を参考にされたい。

招待講演は8つの特別セッションにおいて実施され、幅広いテーマに関して最新の研究・技術動向について講演が行われた。どの講演も興味深いテーマであったため全講演を聞きたかったが、自分の発表のセッションやほかに聞きたい発表との兼ね合いで聞けない講演があり残念だった。可能であれば半日の招待講演セッションを設けてまとめて開催していただけるとありがたい。

以下に招待講演のタイトルと発表者の一覧を示す。

- (1) IoTとロボティクス—ロボット応答制御のための経路予測 - (加藤由花/東京女大)
- (2) インターネットテレビの視聴データによるメディア・コミュニケーション研究(高野雅典/サイバーエージェント)
- (3) ナビゲーション・ビッグデータ・オープンデータで実装する交通行動変容と交通再設計 (太田恒平/トラフィックブレイン)
- (4) 自動運転ロジックの開発・評価をどうするか ~学習・評価用走行データベースの構築~ (二宮芳樹/ティアフォー/名古屋大学)
- (5) 万有情報網 ~デジタル技術で変容するモノと空間~ (川原圭博/東大)
- (6) 超個体型データセンター OS を目指したさくらインターネット研究所の取り組みと未来を見据えた研究組織設計 (松本亮介/さくらインターネット)
- (7) AIのセキュリティの現状：研究動向と金融分野での活用にかかわる考察 (宇根正志/日本銀行金融研究所)
- (8) 在宅医療におけるICT活用の取り組み紹介 (烏谷彰/富士通研)

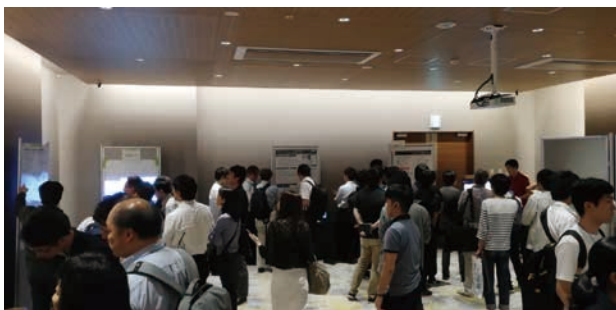


図-2 デモセッションの様子

デモセッション

デモセッション8件と企業展示1件が2日目に開催された。2会場に分かれて開催され、パネルによる説明とデモ展示が行われた(図-2)。インタラクティブなデモや視覚化することで効果を分かりやすく説明できる内容が多かった。見学者も実際に参加できるインタラクティブなデモもあり、大変盛況であった。

ナイトテクニカルセッション

DICOMO シンポジウムの近年の名物イベントの一つとなっているのが、ナイトテクニカルセッションである。発表者は通常の講演同様のプレゼンテーションを行うが、内容は最新技術を意外な課題に適用し、それを趣向を凝らしたプレゼンで紹介するなど「斬新な発表」が行われた。主に学生たちが中心となり時間をかけて準備をしているようであり、非常に凝った発表が多かった。また会場も見学者が飲み物や菓子を手に参加するなどリラックスした雰囲気もあり、非常に楽しいセッションであった。

表彰

DICOMO シンポジウムでは、さまざまな観点から以下のような多くの賞が設定されており、研究の質向上に向けた動機付けに役立っている。賞は参加者による参加期間中の投票によって決定される。

優れた論文に対して授与される「最優秀論文賞」および「優秀論文賞」、優れたプレゼンテーションに対して授与される「最優秀プレゼンテーション賞」および「優秀プレゼンテーション賞」のほかに、「ヤングリサーチャ賞」「シニアリサーチャ賞」「野口賞」(優秀なデモに授与)、「ベストカンパサント賞」(良い質問/コメントを行った参加者に授与)、「活動功労賞」(シンポジウム運営を通じて学術交流の活性化へ貢献した人物に授与)が設定されている。またナイトテクニカルセッションについても審査員による表彰(1~3位)が行われる。

すべての賞はここでは紹介できないため、「最優秀プレゼンテーション賞」を獲得した4件ならびに「最優秀論文賞」を獲得した3件を以下に示す。その他の賞については、文献2)を参照されたい。

【最優秀プレゼンテーション賞】

「センサ行動認識における Zero-shot 学習法のためのベクトル表現の性質の分析」 松木 萌 (九工大)

「ウェアラブルセンサ装着位置/向きの違いに口バスターな行動認識システムの実現に向けたデータ変換手法の検討」 中村優吾 (NAIST)

「クラウドセンシングによる屋内 Wi-Fi AP の3次元位置推定手法」 天野辰哉 (阪大)

「遍在する顔ロボットを用いた注意誘導効果の評価」

江口綾亮（神戸大）

【最優秀論文賞】

「グラフを用いた NMF の地域分散高速化」 越塚 毅(東京理科大), 竹内 孝, 松林達史, 澤田 宏 (NTT)

「Improving Face Recognition for Identity Verification by Managing Facial Directions and Eye Contact of Event Attendees」 Akitoshi Okumura (IPA Information-technology Promotion Agency, Japan), Susumu Handa, Takamichi Hoshino, Naoki Tokunaga, Masami Kanda (NEC Solution Innovators, Ltd.)

「大規模な実働無線 LAN システム評価のための仮想デバイス利用型無線 LAN エミュレータ」 加藤新良太（静岡大）, 高井峰生（阪大/UCLA）, 石原 進（静岡大）

DICOMO2020 に向けて

DICOMO シンポジウムは毎年異なる企業が幹事会社となって実行委員会を構成し、開催場所や時期を決定している。毎年 400 名あまりの参加者を収容し、300 件あまりの発表プログラムを構成・実施できる施設を確保するのは大変であろうと思う。東京オリンピックもやってくる来年 2020 年のシンポジウム開催地、日程は現時点では不明であるが、次回も盛況となるよう期待したい。

参考文献

1) DICOMO2019 Web ページ・プログラム :

<http://dicomo.org/program/>

2) DICOMO2019 Web ページ・表彰 :

<http://dicomo.org/commendation/>

(仲道耕二 / (株) 富士通研究所)

☆ジュニア会員サポーター募集中! ☆

<https://www.ipsj.or.jp/junior/supporter.html>

本会では、将来の IT 人材として活躍するジュニア会員を育成するため、サポーターを募集しています。サポーターの方々からいただいた資金は、ジュニア会員を対象としたイベントやサービスに使用し、今後充実させていく方針です。

【募集要項】

1. サポーター料金：55,000 円（税込） / 1 口
 - ・ 期間：4 月～翌年 3 月（年度単位）
 - ・ 口数：1 口から加入いただけます。
2. 申込方法：下記フォームからお願いします。
ジュニア会員サポーター申込書：https://www.ipsj.or.jp/02moshikomi/mem/m-junior_supporter.html
3. バナーの画像ファイルを送信してください。
 - ・ サイズ：横幅 600pixel, 高さ 300pixel
 - ・ 送信先：会員サービス部門 mem@ipsj.or.jp

【サポーター特典】

1. バナー表示とリンク
 - ・ 表示期間：サポーター期間と同じ
 - ・ 掲載場所：ジュニア会員のトップページ：<https://www.ipsj.or.jp/junior/>
 - ※ 1 バナー 1 リンクです。口数分まで表示数を増やせます。
2. チラシ配布
 - ・ 配布期間：サポーター期間と同じ
 - ・ 配布場所：全国大会会場など本会指定のイベント会場
 - ※ 1 会場チラシ 1 種類ですが、口数分までチラシの種類を増やせます。

◆ バナーとチラシについてお願い ◆

- ・ バナーのリンク先や配布チラシはジュニア向けの内容としてください。
- ・ 営利目的（高額商品の販売・勧誘）は避けてください。



2019年度山下記念研究賞表彰（概要）

詳細は学会 Web ページ (<https://www.ipsj.or.jp/award/yamashita.html>) をご覧ください。

山下記念研究賞は、これまでは研究賞として本学会の研究会および研究会主催シンポジウムにおける研究発表のうちから特に優秀な論文を選び、その発表者に贈られていたものですが、故山下英男先生のご遺族から学会にご寄贈いただいた資金を活用するため、平成6年度から研究賞を充実させ、山下記念研究賞としたものです。受賞者は該当論文の登壇発表者である本学会の会員で、年齢制限はありません。本賞の選考は、表彰規程、山下記念研究賞受賞候補者選定手続および山下記念研究賞推薦内規に基づき、各領域委員会が選定委員会となって行います。本年度は39研究会の主査から推薦された計57編の優れた論文に対し、慎重な審議を行い、決定されたうえで、理事会（2019年8月）および調査研究運営委員会に報告されたものです。本年度の下記受賞者には、3月6日に金沢工業大学で開催される第82回全国大会の席上で表彰状、賞牌、賞金が授与されます。

[コンピュータサイエンス領域]

- **Compressed Vector Set: A Fast and Space-Efficient Data Mining Framework**
[Web とデータベースに関するフォーラム (WebDB Forum 2018) (2018/9/13)] (データベースシステム研究会)
小山田昌史君 (正会員)
- **Apache Drill と FPGA アクセラレータを統合するシステムアーキテクチャの提案**
[データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2019) (2019/3/5)] (データベースシステム研究会)
渡辺 聡君 (正会員)
- **企業のソフトウェア開発に対する自動プログラム修正技術適用の試み**
[ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム (SES2018) (2018/9/6)] (ソフトウェア工学研究会)
内藤圭吾君 (正会員)
- **IT システム開発における類似プロジェクト検索技術の開発**
[ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム (SES2018) (2018/9/7)] (ソフトウェア工学研究会)
山本智基君 (正会員)
- **ルーティングアルゴリズムによる通信帯域の測定と理解**
[2018-ARC-232 (2018/7/31)] (システム・アーキテクチャ研究会)
河野隆太君 (正会員)
- **1Tbps 実現に向けたルータのメモリ階層の最適化**
[2018-ARC-233 (2018/12/7)] (システム・アーキテクチャ研究会)
田中京介君 (学生会員)
- **追記型インターフェイスによる SSD のテイルレイテンシ改善**
[コンピュータシステム・シンポジウム (ComSys2018) (2018/11/30)] (システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会)
田所秀和君 (正会員)
- **FDSOI プロセスにおけるスタック構造のソフトエラー耐性を高める対策手法の提案およびデバイスシミュレーションを用いた評価**
[DA シンポジウム 2018 (2018/8/31)] (システムと LSI の設計技術研究会)
山田晃大君 (正会員)
- **最大充足化問題を用いた抵抗性オープン故障に対するテスト生成法**
[2019-SLDM-187 (2019/3/18)] (システムと LSI の設計技術研究会)
山崎紘史君 (正会員)
- **Volta 世代の GPU における重カントリーコードの性能評価**
[2018-HPC-166 (2018/9/27)] (ハイパフォーマンスコンピューティング研究会)
三木洋平君 (正会員)
- **小疎行列積計算の GPU 最適化**
[2019-HPC-168 (2019/3/7)] (ハイパフォーマンスコンピューティング研究会)
長坂侑亮君 (正会員)
- **Dual-context Modal Logic as Left Adjoint of Fitch-style Modal Logic**
[(2018/6/7)] (プログラミング研究会)
角谷良彦君 (正会員)
- **On the Multi-Service Center Problem**
[2018-AL-169 (2018/9/3)] (アルゴリズム研究会)
伊藤健洋君 (正会員)
- **厳しい評価回数制限下における多変数問題に対するアプローチの提案**
[2018-MPS-120 (2018/9/26)] (数理モデル化と問題解決研究会)
開発拓也君 (正会員)
- **A motion planning method for mobile robot considering rotational motion in area coverage task**
[Asia Pacific Conference on Robot IoT System Development and Platform (APRIS2018) (2018/10/31)] (組込みシステム研究会)
矢野泰生君 (学生会員)

[情報環境領域]

- **SmartFinder: 集約型自己組織化スマートデバイス位置推定方式のノード間メトリックを用いた拡張とその実装**
[2018-DPS-175 (2018/5/24)] (マルチメディア通信と分散処理研究会)
北之馬貴正君 (正会員)
- **分散エッジ環境における機械学習実現最適化の検討～エッジ上で動作するアルゴリズム・オントロジーの決定と転移学習適用による最適化検討～**
[2019-DPS-177 (2019/1/31)] (マルチメディア通信と分散処理研究会)
森 郁海君 (正会員)

- 抵抗膜方式の多重座標計測による布製タッチセンサの提案
[2019-HCI-181 (2019/1/22)] (ヒューマンコンピュータインタラクション研究会)
青木靖太君 (正会員)
 - BBEEP: 歩行者との衝突予測に基づく警告音を用いた視覚障害者のための衝突回避支援システム
[インタラクション 2019 (2019/3/6)] (ヒューマンコンピュータインタラクション研究会)
粥川青汰君 (学生会員)
 - 広域観光支援システムへのデザイン思考アプローチ適用の試み
[2018-IS-145 (2018/9/8)] (情報システムと社会環境研究会)
上田翔磨君 (正会員)
 - Real-time free viewpoint rendering via view-dependent polygon plane arrangement
[2019-AVM-104 (2019/3/1)] (オーディオビジュアル複合情報処理研究会)
野中敬介君 (正会員)
 - 複数対話型エージェントの役割分担によるユーモア生成システムの基礎検討
[グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2018 (2018/11/16)] (グループウェアとネットワークサービス研究会)
中原涼太君 (正会員)
 - 講演者および聴講者の双方を支援するための VR 講演システムの開発
[2019-GN-106 (2019/1/25)] (グループウェアとネットワークサービス研究会)
森本麻代君 (学生会員)
 - 読み手意識 (Audience Awareness) 尺度に基づく「わかりやすい説明文章」の背景要因の検討
[2018-DC-109 (2018/7/3)] (ドキュメントコミュニケーション研究会)
辻 義人君 (正会員)
 - SOXFire: XMPP に基づく都市センサ情報流通基盤
[2018-MBL-88 (2018/8/31)] (モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム研究会)
米澤拓郎君 (正会員)
 - スマートフォンによる歩行者と車両の交通状況理解システムの設計と評価
[2019-MBL-90 (2019/3/5)] (モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム研究会)
秋川亮太君 (学生会員)
 - 超音波の分離放射による音声認識機器への攻撃: ユーザスタディ評価と対策技術の提案
[コンピュータセキュリティシンポジウム (CSS2018) (2018/10/22)] (コンピュータセキュリティ研究会)
飯島 涼君 (学生会員)
 - 実世界でも攻撃可能な Audio Adversarial Example
[コンピュータセキュリティシンポジウム (CSS2018) (2018/10/23)] (コンピュータセキュリティ研究会)
矢倉大夢君 (学生会員)
 - 車両からの電波の長期計測による路側機の高精度測位方式の提案
[マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2018) (2018/7/4)] (高度交通システムとスマートコミュニティ研究会)
戸田和宏君 (正会員)
 - 飲料のアルコール濃度計測を行うスマートアイスクューブの試作と評価
[2018-UBI-58 (2018/5/18)] (ユビキタスコンピューティングシステム研究会)
松井秀憲君 (学生会員)
 - Wi-Fi チャンネル状態情報を用いた教師無し学習によるドアの開閉検知手法
[2018-UBI-60 (2018/12/4)] (ユビキタスコンピューティングシステム研究会)
尾原和也君 (正会員)
 - DNS シンクホールとハニーポットを用いた不正 FQDN に対する通信観測システムの開発
[2018-IOT-41 (2018/5/18)] (インターネットと運用技術研究会)
佐保航輝君 (学生会員)
 - 九州大学における要機密情報の保護方法に関する一考察
[2019-IOT-44 (2019/3/7)] (インターネットと運用技術研究会)
嶋吉隆夫君 (正会員)
 - 覗き見耐性を持つマウス操作と数字盤を組み合わせた個人認証方式の提案と評価
[コンピュータセキュリティシンポジウム (CSS2018) (2018/10/23)] (セキュリティ心理学とトラスト研究会)
坂本憲理君 (正会員)
 - 公共施設における動的案内サインを用いた人流誘導システムの評価
[2019-CDS-24 (2019/1/25)] (コンシューマ・デバイス&システム研究会)
市川裕介君 (正会員)
 - 両面透過型多層空中像表示技術の提案と実装
[2019-DCC-21 (2019/1/25)] (デジタルコンテンツクリエイション研究会)
巻口誉宗君 (正会員)
 - 認知症フレンドリーな社会デザインのためのマルチステークホルダープラットフォームプロセス
[2018-ASD-12 (2018/6/29)] (高齢社会デザイン研究会)
岡田 誠君 (正会員)
- [メディア知能情報領域]
- A proposal for a unified corpus of the Ainu language
[2018-NL-237 (2018/9/25)] (自然言語処理研究会)
Nowakowski Karol Piotr 君 (学生会員)
 - 競輪予想記事の自動配信に向けた的中車券予測
[2018-ICS-192 (2018/7/7)] (知能システム研究会)
吉田拓海君 (学生会員)
 - Linking videos and languages: Representations and Their Applications
[2018-CVIM-212 (2018/5/11)] (コンピュータビジョンとイメージメディア研究会)
大谷まゆ君 (正会員)

- 色と動き情報の学習による静止画像からのシネマグラフ生成
[2018-CVIM-214 (2018/11/7)] (コンピュータビジョンとイメージメディア研究会)
遠藤結城君 (正会員)
- 人物の単視点全身画像の再照明
[Visual Computing (VC2018) (2018/6/23)] (コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学研究会)
金森由博君 (正会員)
- 仮想ネットワーク構築ライブラリ **VITocha** とネットワーク技術者教育
[2018-CE-145 (2018/6/9)] (コンピュータと教育研究会)
鈴木常彦君 (正会員)
- 初等・中等教育における体系的なプログラミング教育のための評価規準に関する試案
[2018-CE-145 (2018/6/9)] (コンピュータと教育研究会)
大森康正君 (正会員)
- 加点情報の再構成
[2018-CH-117 (2018/5/12)] (人文科学とコンピュータ研究会)
高田智和君 (正会員)
- End-to-End Pre-Modern Japanese Character (Kuzushiji) Spotting with Deep Learning**
[人文科学とコンピュータシンポジウム (じんもんこん 2018) (2018/12/1)] (人文科学とコンピュータ研究会)
Clanuwat Tarin 君 (正会員)
- GPR** に基づくメロディセグメンテーションによるフレーズの分散表現の獲得
[2018-MUS-119 (2018/6/17)] (音楽情報科学研究会)
平井辰典君 (正会員)
- 階乗隠れセミマルコフモデルに基づく音楽音響信号に対するカバー譜生成
[2018-MUS-121 (2018/11/21)] (音楽情報科学研究会)
柴田健太郎君 (学生会員)
- von Mises** 分布 **DNN** に基づく振幅スペクトログラムからの位相復元
[2018-SLP-122 (2018/6/17)] (音声言語情報処理研究会)
高道慎之介君 (正会員)
- 非線形ひずみ除去のための敵対的 **denoising autoencoder**
[2018-SLP-123 (2018/7/26)] (音声言語情報処理研究会)
俵 直弘君 (学生会員)
- 情報社会における倫理審査と倫理審査委員会 **3000** 個問題
[2018-EIP-82 (2018/11/2)] (電子化知的財産・社会基盤研究会)
吉見憲二君 (正会員)
- 協力ゲーム **Hanabi** における相手の思考時間を戦略の指標に加えたエージェントの開発と評価
[ゲームプログラミングワークショップ 2018 (2018/11/16)] (ゲーム情報学研究会)
佐藤栄介君 (学生会員)
- 誇張した咀嚼運動の映像提示による食感知覚操作に関する基礎検討
[2018-EC-48 (2018/6/15)] (エンタテインメントコンピューティング研究会)
鈴木佑司君 (学生会員)
- 偶然の遊びにおける主観的確率とエンタテインメント性との関係の調査
[エンタテインメントコンピューティング 2018 (2018/9/14)] (エンタテインメントコンピューティング研究会)
水口 充君 (正会員)
- libRCGA** : 動力学モデルの高速なパラメータ推定のための遺伝的アルゴリズムライブラリ
[2018-BIO-55 (2018/9/18)] (バイオ情報学研究会)
前田和勲君 (正会員)
- Notebook** による講義・演習環境の開発
[2019-CLE-27 (2019/3/22)] (教育学習支援情報システム研究会)
長久 勝君 (正会員)
- 視覚障害者の移動特性を考慮した位置推定手法
[2018-AAC-7 (2018/8/25)] (アクセシビリティ研究会)
山本晃平君 (学生会員)



今月の会員の広場では、9月号へのご意見・ご感想を紹介いたします。まず、巻頭コラム「人間×AI」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■囲碁の素人の立場でも大変面白く拝読しました。囲碁AIの国をかけた戦いの状況とそれを支える専門的な情報技術について非常によく分かる内容でした。
(匿名希望)

特別解説「Twitterアカウントを凍結されて気付いたジレンマ」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■エンドユーザでできる対策があるのかは分からないが、社会問題として興味を持った。
(匿名希望)

■個人的には、凍結されてもしょうがないものだと感じる。それが、営利企業が提供しているサービスを利用するということだと思っている。
(匿名希望)

■課題提起と愚痴が混沌としていると感じた。愚痴は愚痴、課題提起は課題提起で明確に書き分ければ良かったのでは。
(匿名希望)

特別解説「自動運転への高まる期待と安全目標設定の難しさ」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■自動運転の何が難しいのかが分かりやすく整理されていて良かったです。
(匿名希望)

報告「未踏の第25期スーパークリエイターたち」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■「未踏ジュニア」も取り上げてみてはどうか？
(國武悠人／ジュニア会員)

小特集「集めよ！ジュニア会員！！」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■ジュニア会員のこれまでの経緯がよく分かりました。一方で、小中高生にとって情報処理学会は、まだまだハードルが高いもののように思いました。
(匿名希望)

■会員のすそ野を広げることは困難だと思いますが、大切なことなのでさまざまな施策を検討されていることに改めて敬意をもって読ませていただきました。その中で身近にある大切さの記述について本当にそうだなと感じており、たとえばすべてのとはいわずとも少しセレクトして中高くらいの図書館に会誌（冊子版）を寄贈されるというような施策はあるのかな？と思いました。関連して、今月号から始まった「IT紀行」などは良い方向に向いたなと思いました。
(滝内邦弘)

トピックス「研究会推薦博士論文速報」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■幅広い内容を紹介しており、楽しく読めました。また、1件30秒くらいで要点を理解することができたので、読みやすかったです。OSやH/Wの仮想化等情報システムの基盤部分の研究がいくつかあり、自分にとっては意外でした。
(匿名希望)

連載「生まれ！ジュニア会員！！」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■Scratchの企画が続いているが、ジュニア会員になる学生が、入門で、あまり実践的ではないScratchに興味があるのかよく検討するべきではないか。
(坂元 翔／ジュニア会員)

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

■表層的な話がが多く実践した側ならではの知見が少ない。
(匿名希望)

連載「論文必勝法」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■保存版にしてこれから論文を書く＆書きたい方が皆見られるようになるとういかなと思いました。
(匿名希望)

■良い企画だと感じました。投稿活動をしていない会員にとって、論文に関する情報は知っているようで知らないことが多いので、今回は「本会が刊行する論文誌について」のように整理された形で概要を知ることができ、興味を持つことができました。
(匿名希望)

連載「情報の授業をしよう！」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■高校における情報教育の状況がよく分かる良い記事だと思います。小中からの接続、大学との接続という観点からも事例を取り上げていただければと存じます。
(匿名希望)

連載「5分で分かる!? 有名論文ナメ読み: Lejaren A. Hiller and Leonard M. Isaacson: Experimental Music: Composition with an Electronic Computer」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■紹介されていた、1956年に世界で初めてコンピュータにより自動作曲された曲 Illiac Suite を聞いてみましたが、違和感がなく心地よく聞くことができ、驚きました。(匿名希望)

会議レポート「22nd International Conference on Extending Database Technology (EDBT) 参加報告」については、以下のようなご意見・ご感想をいただきました。

■専門とするデータベースの最新研究動向を知ることができ、大変有意義でした。機械学習等のデータ分析に貢献するデータベース技術の基調講演等、詳細を知りたい発表がいくつかありました。グラフデータ処理やストリーム処理の分野は以前からあり現在も活発に研究されていることが分かりましたが、ビジネスの現場でどの程度活用されているのか、という点に疑問を持ちました。(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。

■私は、AIやプログラミングについて興味があります。小学校で必修になるのはもう少し先のことなので、まだ、あまり詳しいことが分かりません。本号は、いつもよりも多くAIのことについての特集があったので、嬉しかったです。また、AIの記事を取り上げていただきたいです。(佐々木結衣/ジュニア会員)

■グラフィック処理の現状について特集してほしい。(角田洋太郎/ジュニア会員)

■ジュニア会員小学生でも本当にプログラミングのファシリテータになれるか? ファシリテーションの講習会に出て、ファシリテーションをやりたいです。とても楽しそうです。(神長春花/ジュニア会員)

■今回は学術的な内容がほとんどなかったのが残念。学会の方針や考え方を理解できたのはよかったが、本来は、そうした学会の運営にかかわる話は総会などで説明して会員に周知する術を持つべきではなかろうか。本体価格1,602円もする会誌を利用するのは手段としては納得しかねる。(伊藤雅樹)

■FIT2019に参加しました。有料の会議のため、内容を掲載することは無理かもしれませんが大会の様態などのレポート記事があってもよいかと思いました。全部は参加できていませんが、「コンペの覇者」「若手研究者が描く未来予想図」など同じような企画を会誌でもぜひしていただきたいと思うような魅力、面白さを感じました。また、「医療と自然言語処理のこれから」という自然言語処理研究者と現場の医師による講演・パネルも非常に示唆に富む興味深い内容で今後会誌での特集記事を読みたいと思いました。(柏野和佳子)

【本欄担当 若林 啓, 角尾晋一/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。

皆様にとって会誌をより役立つものとするため、
・記事に対する感想、意見 ・記事テーマの提案 ・会誌または学会に対する全般的な意見、提言
・その他、情報処理技術についての全般的な意見、提言
など自由なご意見、ご感想をお待ちしております。

なお、「道しるべ」については

<URL: <https://www.ipsj.or.jp/magazine/sippitsu/michishirube.html>> で

これからのテーマ案を募集しており、いただいたご意見をまとめております。

※ご意見、ご感想を会誌に掲載させていただいた方には薄謝または記念品を進呈いたします。

掲載に際しては、編集の都合上、ご意見に手を加えさせていただくことがありますので、あらかじめご了承ください。なお、意見の投稿に伴う、住所、氏名、所属などの個人情報については、学会のプライバシーポリシーに準じて取り扱いたします。 <URL: <https://www.ipsj.or.jp/privacypolicy.html>>

応募先 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5 化学会館4F
一般社団法人 情報処理学会 会誌編集部 E-mail: editj@ipsj.or.jp Fax (03) 3518-8375
<https://www.ipsj.or.jp/magazine/enquete.html>

ご意見をお寄せ
ください!



IPJS カレンダー

開催日	名 称	論文等応募締切日	参加締切日	開催地
	論文誌「離散と計算の幾何・グラフ・ゲーム」特集への論文募集 https://www.ipsj.or.jp/journal/cfp/20-T.html	11月15日(金)		
	論文誌「実社会を支える暗号・セキュリティ・プライバシー技術」特集への論文募集 https://www.ipsj.or.jp/journal/cfp/20-R.html	11月25日(月)		
	論文誌「ユビキタスコンピューティングシステム (IX)」特集への論文募集 https://www.ipsj.or.jp/journal/cfp/20-Q.html	12月9日(月)		
11月13日(水)～	第189回システムとLSIの設計技術・	9月4日(水)	当日のみ	愛媛県男女共同参画センター
11月15日(金)	第52回組込みシステム合同研究発表会 (デザインガイア2019) https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/sl189emb52.html			
11月13日(水)～	第230回システム・アーキテクチャ研究発表会 (デザインガイア2019)	9月4日(水)	当日のみ	愛媛県男女共同参画センター
11月15日(金)	https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/arc230.html			
11月14日(木)～	グループウェアとネットワークサービス ワークショップ 2019 (GNWS2019)	8月2日(金)		伊豆大島 ホテル白岩 (東京都大島町)
11月15日(金)	http://siggn.sakura.ne.jp/gnws2019/			
11月15日(金)	連続セミナー 2019 第5回「シミュレーションと人工知能」 https://www.ipsj.or.jp/event/seminar/2019/program05.html		定員になり次第	化学会館/大阪大学中之島センター/東北大学電気通信研究所
11月15日(金)～	第152回コンピュータと教育・	9月23日(月)	当日のみ	広島大学 情報メディア教育研究センター
11月17日(日)	第29回教育学習支援情報システム合同研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/ce152cle29.html			
11月18日(月)	関西支部定期講演会 「教育ビッグデータの利活用に関する現状・動向・課題」 https://kansai.ipsj.or.jp/2019kouen/		定員になり次第	大阪大学中之島センター
11月19日(火)～	第125回音楽情報科学研究発表会	10月11日(金)	当日のみ	駒澤大学 駒沢キャンパス
11月20日(水)	https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/mus125.html			
11月20日(水)～	第93回モバイルコンピューティングとバーベイスシステム・	9月27日(金)	当日のみ	11/20かんぼの宿大和平群
11月22日(金)	第79回高度交通システムとスマートコミュニティ合同研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/mb193its79.html			11/21-22奈良先端科学技術大学院大学研修ホール
11月22日(金)	第86回電子化知的財産・社会基盤研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/eip86.html	10月16日(水)	当日のみ	新潟大学 駅南キャンパスときめいと
11月23日(土)～	第150回情報システムと社会環境研究発表会	9月23日(月)	当日のみ	名桜大学
11月24日(日)	https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/is150.html			
11月28日(木)～	第175回アルゴリズム研究発表会	9月30日(月)	当日のみ	旧大連軌路上屋
11月29日(金)	https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/all175.html			
11月29日(金)	ユーザブルセキュリティ・プライバシー (USP) 論文読破会3 https://www.iwsec.org/spt/uspread3.html		当日のみ	化学会館
12月2日(月)	第60回バイオ情報学研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/bio60.html	10月28日(月)	当日のみ	博多駅南BMT貸会議室
12月3日(火)	情報処理学会×データ流通推進協議会主催 短期集中セミナー 2019「Society5.0に向けたデータ流通」 https://www.ipsj.or.jp/event/s-seminar/2019/data-distribution/index.html		11月26日(火) 定員になり次第	日本教育会館 8F 第二会議室
12月3日(火)～	第87回コンピュータセキュリティ研究発表会	10月11日(金)	当日のみ	沖縄県立美術館・博物館 (おきみゅー) 博物館講座室
12月4日(水)	https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/csec87.html			
12月4日(水)	第115回ドキュメントコミュニケーション研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/dc115.html	10月11日(金)	当日のみ	セコム本社セコムホール
12月4日(水)～	第243回自然言語処理研究発表会	10月18日(金)	当日のみ	NHK放送技術研究所
12月5日(木)	https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/nl243.html			
12月5日(木)～	第12回 インターネットと運用技術シンポジウム (IOTS 2019)	9月17日(火)	11月28日(木)	沖縄産業支援センター (沖縄県那覇市)
12月6日(金)	https://www.iot.ipsj.or.jp/symposium/iots2019/			
12月5日(木)～	第107回オーディオビジュアル複合情報処理研究発表会	10月17日(木)	当日のみ	アイーナ いわて県民情報交流センター
12月6日(金)	https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/avm107.html			
12月5日(木)～	第130回音声言語情報処理研究発表会	10月18日(金)	当日のみ	NHK放送技術研究所
12月6日(金)	https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/slp130.html			
12月6日(金)	第16回高齢社会デザイン研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/asd16.html	10月23日(水)	当日のみ	ココヨ 品川オフィス会議室
12月9日(月)	連続セミナー 2019 第6回「IT分野の研究開発動向を俯瞰する」 https://www.ipsj.or.jp/event/seminar/2019/program06.html		定員になり次第	国立研究開発法人科学技術振興機構/大阪大学中之島センター/東北大学電気通信研究所
12月10日(火)～	第31回コンピュータシステム・シンポジウム (ComSys2019)			大阪大学
12月11日(水)	http://www.ipsj.or.jp/sig/os/index.php?ComSys2019			吹田キャンパス
12月10日(火)～	第185回ヒューマンコンピュータインタラクション・	10月18日(金)	当日のみ	淡路夢舞台国際会議場
12月11日(水)	第64回ユビキタスコンピューティングシステム合同研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/hci185ubi64.html			
12月11日(水)～	第126回数理モデル化と問題解決研究発表会	10月16日(水)	当日のみ	電気通信大学
12月12日(木)	https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/mps126.html			

開催日	名称	論文等応募締切日	参加締切日	開催地
12月12日(木)～ 12月13日(金)	第203回ソフトウェア工学研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/se203.html	10月24日(木)	当日のみ	早稲田大学 グリーンコン ピューティング研究開発 センター/早稲田大学 西早稲田キャンパス
12月12日(木)～ 12月13日(金)	第54回エンタテインメントコンピューティング研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/ec54.html	10月30日(水)	当日のみ	奈良先端科学技術 大学院大学
12月13日(金)	短期集中セミナー 2019「JPEG/MPEG 標準化の最新動向2019～ 2020年に向けた活動状況～」 http://www.ipsj.or.jp/event/s-seminar/2019/ITSCJ-JPEGMPEG/		定員になり次第	機械振興会館6階 66会議室
12月13日(金)～ 12月14日(土)	第11回アクセシビリティ研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/aac11.html	10月25日(金)	当日のみ	早稲田大学 西早稲田キャンパス
12月14日(土)～ 12月15日(日)	人文科学とコンピュータシンポジウム「じんもんこん2019」 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/s-ch2019.html	8月26日(月)	当日可	立命館大学 大阪いばらきキャンパス
12月18日(水)～ 12月19日(木)	第172回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/hpci172.html	10月17日(木)	当日のみ	沖縄産業支援センター
12月23日(月)～ 12月24日(火)	第170回データベースシステム研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/dbs170.html	10月22日(火)	当日のみ	国立情報学研究所
12月26日(木)～ 12月27日(金)	第181回マルチメディア通信と分散処理研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/dps181.html	11月22日(金)	合宿形式につき参加申込要 詳細はWebページで 確認のこと	アクティブリゾート 宮城蔵王

2020年

1月10日(金)～ 1月12日(日)	第61回プログラミング・シンポジウム http://www.ipsj.or.jp/prosym/			ラフォーレ倶楽部 伊東温泉湯の庭
1月15日(水)～ 1月16日(木)	第186回ヒューマンコンピュータインタラクション研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/hci186.html	11月15日(金)	当日のみ	大濱信泉記念館 (沖縄県石垣市)
1月15日(水)～ 1月16日(木)	第127回プログラミング研究発表会 https://sigpro.ipsj.or.jp/pro2019-4/	11月15日(金)	当日のみ	医療イノベーション 推進センター
1月15日(水)～ 1月17日(金)	International Conference on High Performance Computing in Asia Pacific Region (HPCAsia2020) http://sighpc.ipsj.or.jp/HPCAsia2020/			アクロス福岡
1月23日(木)～ 1月24日(金)	第231回システム・アーキテクチャ・ 第190回システムとLSIの設計技術合同研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/arc231sldm190.html	11月8日(金)	当日のみ	慶應義塾大学 日吉キャンパス
1月23日(木)～ 1月24日(金)	第220回コンピュータビジョンとイメージメディア研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/cvjm220.html	11月1日(日)	当日のみ	奈良先端科学技術大学院 大学
1月24日(金)～ 1月25日(土)	ウィンターワークショップ2020・イン・京都			YIC京都工科大学
1月29日(水)～ 1月30日(木)	第176回アルゴリズム研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/al176.html		当日のみ	下呂温泉
2月27日(木)～ 2月28日(金)	第108回オーディオビジュアル複合情報処理研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/avm108.html		当日のみ	沖縄セルラー電話 株式会社(予定)
3月2日(月)～ 3月3日(火)	第36回セキュリティ心理学とトラスト研究発表会 https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/spt36.html	1月16日(木)	当日のみ	沖縄県青年会館
3月5日(木)～ 3月7日(土)	情報処理学会 第82回全国大会 https://www.ipsj.or.jp/event/taikai/82/			金沢工業大学 扇が丘キャンパス
3月9日(月)～ 3月11日(水)	インタラクション2020 https://www.interaction-ipsj.org/2020/	12月23日(月)	当日可	学術総合センター内 一橋講堂

Web ページ (<https://www.ipsj.or.jp/>) 更新情報

[トピックス]

10月15日	2020年度代表会員候補者の募集
10月15日	2020年IPSJ/IEEE Computer Society Young Computer Researcher Award 候補者推薦募集
10月15日	人材募集情報 (Vol.60 No.11)
10月15日	会誌「情報処理」Web カタログ (Vol.60 No.11)
10月8日	第82回全国大会講演申込の受付を開始しました
10月7日	2019年度論文賞候補論文推薦募集
9月25日	就職情報(広告)のお申し込み受付中
9月19日	論文誌「組込みシステム工学」特集 論文募集
9月19日	論文誌「ユビキタスコンピューティングシステム (IX)」特集 論文募集
9月18日	2020年日本国際賞平成記念研究助成募集

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 税抜 20,000円 (税込 22,000円)

賛助会員 (企業) 税抜 30,000円 (税込 33,000円)

賛助会員以外の企業 税抜 50,000円 (税込 55,000円)

*本誌へ掲載依頼いただいた場合に限り, 追加料金 税抜 4,000円 (税込 4,400円) で同一内容を本会 Web ページに掲載できます。

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

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

*特に指定がないかぎり履歴書には写真を貼付のこと

■理化学研究所 脳神経科学研究センター

募集職種 理化学研究所(和光市) 脳神経科学研究センター(CBS)
チームリーダーまたはユニットリーダー(研究管理職)

募集人員 数名

専門分野 CBSが掲げる研究の主課題の1つである「理論が先導する脳研究」に沿い, 神経科学における前人未踏な分野を切り開く志を持つ研究者を募集いたします

応募資格 採用日までに博士号の取得が見込まれること。または学位取得者。CBSと理研の優れた環境を活かし, 世界最先端の研究を行える人

着任時期 2020年4月以降(応相談)

提出書類 詳細は下記の照会先をご参照ください

応募締切 2019年11月30日

送付先 応募フォームでの登録が必要になります。詳細は下記の照会先をご参照ください

照会先 <https://cbs.riken.jp/jp/> (理研 CBS Web ページ)





<https://www.ipsj.or.jp/event/s-seminar/2019/data-distribution/>

Society5.0に向けたデータ流通

有
料
会
告

我が国では、サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、新たな未来社会(Society)を“Society 5.0(ソサエティ5.0)”として、科学技術基本法の第5期(2016年度から2020年度の範囲)の示す方向を示し、さまざまな研究開発が取り込まれています。

ここで、サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を融合する上で、この二つの空間を自由に行き来する“データ”の流通を促進し、膨大なデータから得られる新しい知見や付加価値を実社会にフィードバックしていくことが重要となります。

本セミナーは、このソサエティ5.0とデータ流通への取り組みについて、学術、産業の両面から研究プロジェクトや実ビジネスの実務者に事例を交えた解説をいただきます。

本セミナーは、データ流通に関連した研究・開発をする全ての方を対象としています。

■プログラム■

■開催 2019年12月3日(火)13:00 - 17:30

■会場 日本教育会館 8F第二会議室
(〒101-0003 東京都千代田区一ツ橋2-6-2)

■主催 一般社団法人情報処理学会
一般社団法人データ流通推進協議会

■参加費
正会員 10,000円 非会員 12,000円 学生 5,000円
※情報処理学会個人会員／データ流通推進協議会個人会員／情報処理学会賛助会員／データ流通推進協議会賛助会員／データ流通推進協議会特別会員および協賛団体の個人会員は正会員価格

■申込締切:2019年11月19日(火)

■定員 168名

■当日来場受付

受付開始:12:30-

受付場所:日本教育会館 8F第二会議室前

13:00-13:05	オープニング 西山 博泰(株式会社日立製作所)
13:05-13:50	「データ流通が産業界の未来を創る」 杉山 恒司(株式会社ウフル)
14:00-14:45	「データ流通連携基盤とその利活用と課題」 越塚 登(東京大学大学院情報学環)
14:55-15:40	「宇宙データ、シブデータセンター、医療事例紹介」(仮題) 菅谷 智洋(さくらインターネット株式会社)
15:50-16:35	「情報銀行」(仮題) 納村 哲二(フェリカポケットマーケティング株式会社)
16:45-17:30	「データ流通とデータ取引市場」 真野 浩(一般社団法人データ流通推進協議会 代表理事/事務局長)
17:30-	クロージング

問合せ先 一般社団法人情報処理学会
イベント担当 event@ipsj.or.jp

情報処理学会創立 60 周年記念 (第 82 回) 全国大会

【大会スローガン】 サステイナブルな情報社会

一般セッション・学生セッション 講演募集案内

【会期】 2020 年 3 月 5 日 (木) ~ 7 日 (土)

【会場】 金沢工業大学 扇が丘キャンパス (石川県野々市市扇が丘 7-1)

【Web サイト】 <https://www.ipsj.or.jp/event/taikai/82/>

有料会告

情報処理学会では、情報処理学会創立 60 周年記念 (第 82 回) 全国大会の一般セッション・学生セッションの講演申込受付を以下のとおり行います。毎回 1,200 件を超える発表申込をいただき活発な議論、意見交換、交流が行われております。皆様の研究成果発表の場として、是非とも奮ってお申込ください。

【募集分野】

以下の分野で募集を行う予定です。

詳しくは第 82 回全国大会 Web サイトをご覧ください。

1. コンピュータシステム
2. ソフトウェア科学・工学
3. データとウェブ
4. 人工知能と認知科学
5. ネットワーク
6. セキュリティ
7. インタフェース
8. コンピュータと人間社会

【講演募集内容と使用言語】

1. 全国大会にふさわしい内容を備えたものとします。
(情報技術の学術・技術の振興に寄与する研究成果の発表)
2. 発表は日本語または英語とします。

【講演申込資格】

申込種別	資格
一般セッション	不問
学生セッション	高専・大学学部・修士 (博士前期課程) 在学者

【講演時間 (質疑応答含む)、論文頁数】

講演申込種別	講演時間	原稿頁
一般セッション	20 分	2 頁
学生セッション	15 分	2 頁

【講演申込・原稿投稿日程】

講演申込・修正・取消締切日: 2019 年 12 月 3 日 (火)
原稿投稿・差替え締切日: 2020 年 1 月 10 日 (金)

【講演申込・原稿投稿方法】

講演申込、原稿投稿は、標記の情報処理学会創立 60 周年記念 (第 82 回) 全国大会 Web サイトからお願いいたします。

【講演申込にあたっての注意事項】

- * 講演申込は講演発表者ご本人様で行ってください。
- * 講演申込締切後の申込情報変更は、一切受け付けません。
- * 講演の代理 (代読) は原則として認めません。
- * 講演キャンセルの連絡は、必ず電子メールにて [\[ipsj82@gakkai-web.net\]](mailto:ipsj82@gakkai-web.net) までお願い致します。
- * 講演申込登録締切後に講演をキャンセルされましたも、講演参加費および論文集代 (希望者のみ) はお支払いいただくこととなりますのでご注意ください。
- * 講演申込登録をされた情報のうち書誌情報 (標題、講演者および共著者の名前・所属、論文要旨)、および原稿は、情報処理学会電子図書館 (情報学広場) に掲載いたしますので予めご承知置き下さい。なお、掲載時期は大会初日から 3 カ月経過以降の予定です。

【講演機器】

講演機器は、プロジェクトになります。接続ケーブルは、D-sub15 ピンです。ノート PC は、準備しておりませんので各自で必ずご持参願います。

【講演参加費・講演論文集代 (税込)】

申込種別	会員種別	費用 (税込み)
一般セッション	正会員	11,000 円
	学生会員	6,000 円
学生セッション (1 件の申込につき)	一般非会員	26,000 円
	学生非会員	15,000 円
講演論文集 (希望者のみ)	全会員種別	8,500 円

- * ジュニア会員の講演参加費用は無料です。
- * 会員とは、講演者が本会の会員番号をお持ちの個人会員の方です。
- * 電子情報通信、電気、映像情報メディア、照明の会員番号をお持ちの個人会員の方は会員費用で申し込めます。
- * 講演参加費には、講演料、大会参加費、プログラム冊子、全論文の PDF アクセス権が含まれます。
- * 講演者の方には、ご自身の論文が掲載されている講演論文集 1 部に限り、講演申込同時予約販売をいたします。ご希望の方は、講演申込フォームの講演論文集欄を「希望する」にチェックしてください。
- * 上記の講演参加費は、1 件の申込に対しての費用ですので、複数件講演申込する場合には講演参加費×申込件数分の講演参加費が必要となります。
- * 入会申請中の方は、講演申込締切日 12 月 3 日 (火) までに入会申請を完了してください。会員サービス部門から「入会承認予定のお知らせ」(会員番号を記載) をメールでお送りします。
期日までにお支払いいただけない場合は、入会申請中で講演申込をされても非会員の講演費を請求させて頂く場合がございますので、ご了承くださいませようお願いいたします。

【表彰について】

全国大会では、発表された論文の中から優秀な論文、発表に対して以下の賞を贈呈しております。それぞれの賞の受賞対象は、当会の個人会員に限りますので、非会員の方は当会にご入会の上、講演申込みをしていただくことをお勧めいたします。

賞の種類	受賞者
大会優秀賞	全国大会で発表された当会の会員で、特に優秀な論文の登壇発表者 10 名以内。
大会奨励賞	全国大会で発表された当会の会員で、学部生または学部在学から卒業後 10 年までの新進の科学者または技術者で、大会優秀賞の対象とならなかった論文の登壇発表者 10 名以内。
学生奨励賞	全国大会で発表された当会の会員で、学生セッションで発表された中から、優秀な発表をした方各 2 名以内。大会のローカルアワードとして授与 (該当なしの場合もあり)。

【大会最新情報の掲載】

講演申込に関する詳細、大会で開催予定の招待講演・イベント企画セッション等の詳細は、情報処理学会創立 60 周年記念 (第 82 回) 全国大会 Web サイトへ順次掲載してまいりますのでご確認ください。

【問合せ先】

一般社団法人情報処理学会 事業部門
Tel.03-3518-8373 Fax.03-3518-8375
E-mail: jigyo@ipsj.or.jp

◆◆ 有料会告について ◆◆

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

記

■掲載条件

件名	内容	掲載単位	掲載料金（税抜）	
論文募集／ 参加者募集	国際会議，シンポジウム，ワークショップ，講演会，講習会などの論文募集・参加者募集	1 ページ，1/2 ページ または 1/4 ページ	(主催・共催)	
			1 ページ	50,000 円
			1/2 ページ	30,000 円
			1/4 ページ	20,000 円
			(協賛)	
広告として取り扱う				
人材募集	国公立教育機関，国公立研究機関， 企業の人材募集	10 行程度	国公立教育機関，国公立研究機関	20,000 円
			賛助会員（企業）	30,000 円
			賛助会員以外の企業	50,000 円
* 本会誌へ掲載依頼いただいた場合に限り，追加料金 4,000 円で同一内容を本会 Web ページに掲載できます。				

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

■原稿の書き方

- 行事次第書： A4 変形判カメラレディまたは PDF ファイル（フォント埋め込み）とします。
(1 ページ) 天地 250mm × 左右 180mm
(1/2 ページ) 天地 120mm × 左右 180mm
(1/4 ページ) 天地 55mm × 左右 180mm
* A4 変形判以外の原稿は縮小または拡大となりますのでご注意ください。
- 人材募集： 次の項目を明記し，E-mail または Fax，郵送にてお送りください。
[募集職種，募集人員，(所属)，専門分野，(担当科目)，応募資格，着任時期，提出書類，応募締切，送付先，照会先]
* なお，都合により編集させていただく場合がありますので，ご了承ください。

■申込期限 毎月 15 日を締切日とし，翌月号（15 日発行）に掲載します。

■掲載料金 掲載号発行日に料金を請求いたしますので，3 カ月以内にお支払いください。

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

◆◆「情報処理学会」 入会のご案内 ◆◆

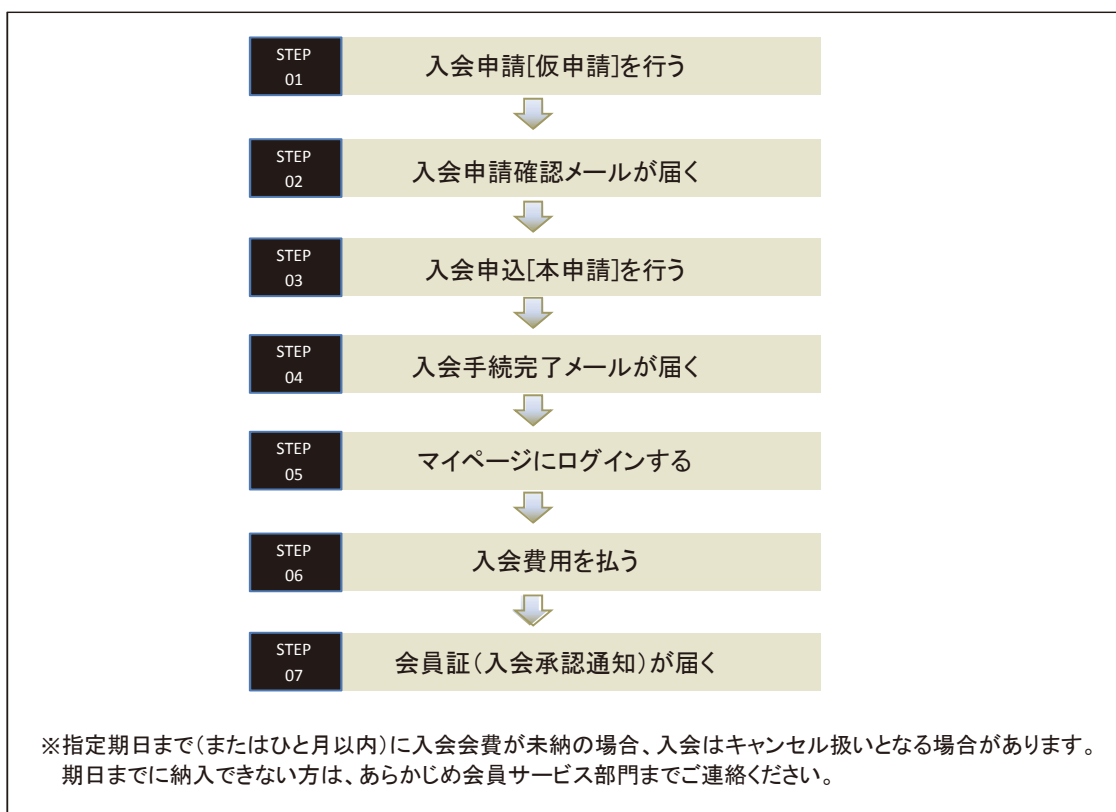
■ 入会方法

個人会員はこちら ⇒ https://www.ipsj.or.jp/nyukai_kojin.html

賛助会員はこちら ⇒ https://www.ipsj.or.jp/nyukai_sanjo.html

■ 個人会員の入会手順

いただいた個人情報は、学会のプライバシーポリシーに準じて取り扱いいたします。
<https://www.ipsj.or.jp/privacypolicy.html>



■ 2019年度会費等の金額

	入会金*1 (消費税対象外)	年会会費*2 (消費税対象外)
正会員	2,000円	10,800円
学生会員	---	4,800円
賛助会員	---	1口 50,000円

【2019年度の期間:2019年4月1日～2020年3月31日】

*1:正会員の入会金免除の方法は、入会申込[本申請]の画面に記載しています。

*2:表示の会費は2019年度額です。入会月によらず、年度額を請求します。会費の翌年度への繰越はありません。

入会後にオプションで次のものがマイページから申込できます。掲載論文は電子図書館での閲覧となります。

・論文誌ジャーナル ・総合デジタルライブラリ ・研究会登録

■ 入会申込先

一般社団法人 情報処理学会 会員サービス部門
〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5 化学会館4F
Tel(03)3518-8370 Fax(03)3518-8375 mem@ipsj.or.jp
<https://www.ipsj.or.jp/>

振込口座 名義人 一般社団法人 情報処理学会
郵便振替 00150-4-83484
みずほ銀行 虎ノ門支店 (普) 1013945
三菱UFJ銀行 本店 (普) 7636858

ご寄付のお願い

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

皆様から頂きますご寄付は

情報技術を通じて、人類及び世界の発展に資するため
情報技術を中心に学術および技術の振興に資するため
将来を担う人材の育成に資するため

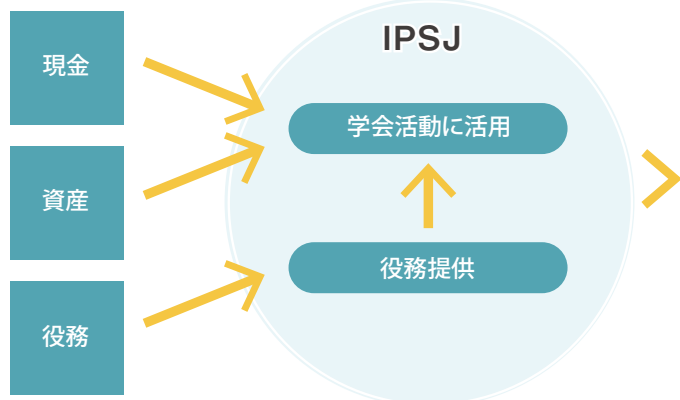
などの観点に照らし、下記の項目に活用させて頂く所存です。

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

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

IPSJ 寄付

会員他寄付



活用先

教育・育成

情報入試 | 子ども教室 | パソコン教室

社会貢献

表彰

国際活動

規格標準化

情報資産保存

学会諸事業

その他



詳しくはこちら

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

お問合せ

一般社団法人 情報処理学会 管理部門

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-5 化学会館4F

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

✉ soumu@ipsj.or.jp

ご意見をお寄せください！

【12月10日頃までにお出しく下さい】

宛先 一般社団法人 情報処理学会 モニタ係（下記のいずれから送付できます）
https://www.ipsj.or.jp/magazine/enquete.html Fax(03)3518-8375 E-mail:editj@ipsj.or.jp
(E-mail で送信される場合は、10-1-a のようにコードでお答えください)
※ご意見の投稿に伴う、住所、氏名、所属などの個人情報については、学会のプライバシーポリシーに準じて取り扱いいたします。
https://www.ipsj.or.jp/privacypolicy.html

[コード]

- (1) ご氏名
- (2) ご所属 Tel. () -
- (3) E-mail:
- (4) 業種：(a) 企業（サービス業）(b) 企業（製造業）(c) 研究機関 (d) 教育機関（小・中・高校・高専・大学・大学院など）
(e) 学生 (f) 学生（ジュニア会員）(g) その他…………… 4- []
- (5) 職種：(a) 研究職 (b) 開発・設計 (c) システムエンジニア (d) 営業 (e) 本社管理業務
(f) 会社経営・役員・管理職 (g) 教職員（小・中・高校・高専・大学・大学院など）
(h) 学生 (i) 学生（ジュニア会員）(j) その他…………… 5- []
- (6) 年齢：(a) 10代 (b) 20代 (c) 30代 (d) 40代 (e) 50代 (f) 60代以上…………… 6- []
- (7) 性別：(a) 男性 (b) 女性…………… 7- []
- (8-1) あなたはモニタですか？：(a) はい (b) いいえ…………… 8-1- []
- (8-2) あなたのご意見は「会員の広場」（会誌および Web）に掲載される場合があります。その場合：
(a) 実名可（氏名のみ掲載）(b) 匿名希望 (c) 掲載を希望しない…………… 8-2- []
- (9) どちらの媒体で記事をお読みになりましたか？
(a) 冊子版 (b) 情報学広場（電子図書館）(c) App Store (d) fujisan (e) その他…………… 9- []
- (10) 今月号（2019年12月号）の記事は良かったですか。下記の記事すべてについて評価をご回答ください。
[a…大変良い b…良い c…普通、どちらとも言えない d…悪い e…読んでいない]
- 巻頭コラム：劉慈欣『三体』と人列コンピュータ…………… 10-1- []
特別解説：AWS 東京リージョン障害の波紋…………… 10-2- []
連載：集まれ！ジュニア会員！！…………… 10-3- []
特集：「京」の後の時代を支えるスパコン
0. 編集にあたって…………… 10-4- []
1. 日本のスーパーコンピュータの現在の状況と今後…………… 10-5- []
2. 次期フラッグシップスーパーコンピュータの概要…………… 10-6- []
3. ABCI：世界初の大規模オープン AI インフラストラクチャ…………… 10-7- []
4. メニーコアアーキテクチャに基づくスーパーコンピュータ…………… 10-8- []
5. 多数の Xeon プロセッサを用いるスパコン…………… 10-9- []
6. いまどきのベクトル型スパコン…………… 10-10- []
解説：「京」を中核とする HPCI 利用研究成果の普及状況…………… 10-11- []
論文必勝法：条件付き採録をクリアするには…………… 10-12- []
報告：CS 領域奨励賞を受賞したジュニア会員との日々…………… 10-13- []
情報の授業をしよう！：「仕組みの理解」に重点を置いたプログラミングの授業事例集…………… 10-14- []
べた語義：科学と工学のはざままで情報を考える…………… 10-15- []
べた語義：初学者向けプログラミングの授業におけるソーシャルな知のデザイン（第1回）…………… 10-16- []
べた語義：大学と高校教科「情報」のかかわり…………… 10-17- []
ピブリオ・トーク：エンジニアの知的生産術…………… 10-18- []
5分で分かる!? 有名論文ナメ読み：
Schmidt-Hieber, J.: Nonparametric Regression Using Deep Neural Networks with ReLU Activation Function…………… 10-19- []
IT 紀行：お買い上げありがとうございました！ 技術書典に出展してみた…………… 10-20- []
会議レポート：マルチメディア、分散、協調とモバイル（DICOMO2019）シンポジウム参加報告…………… 10-21- []
- (11) 本号で最も良かった記事は何ですか？ 上記〔10〕の設問の記事番号から1つだけ選び（例：10-8の記事の場合は「8」と記入）、その理由をご回答ください。上記に掲載されていない記事の場合はタイトルを直接ご記入ください。
〔11-1〕良かった記事…………… 11-1- []
〔11-2〕この記事に対する貴方の立場：a) 専門家 b) 非専門家…………… 11-2- []
〔11-3〕選んだ理由（下記から、いくつでも選択可）…………… 11-3- []
a) 技術・研究動向がよく分かった b) 知的興味をかきたてられた c) 新たな知識を得ることができた d) 内容が平易で理解しやすかった
e) その他（具体的に下記にご記入ください）

〔12〕 本号で最も良くなかった記事は何ですか？ 上記〔10〕の設問の記事番号から1つだけ選び（例：10-8の記事の場合は「8」と記入）、その理由をご回答ください。上記に掲載されていない記事の場合はタイトルを直接ご記入ください。

- 〔12-1〕 良くなかった記事 12-1- []
 〔12-2〕 この記事に対する貴方の立場：a) 専門家 b) 非専門家 12-2- []
 〔12-3〕 選んだ理由（下記から、いくつでも選択可）..... 12-3- []
 a) 記事の内容に誤りがあった b) ありきたりの内容だった c) 記事が難しすぎた d) 何を言いたいのか分からなかった e) 宣伝の意図が強すぎる
 f) テーマに興味を持てなかった g) その他（下記に具体的に記入ください）

〔13〕 今月の特集に対する貴方の立場を教えてください。

- 〔13-1〕 「京」の後の時代を支えるスパコン：a) 専門家 b) 非専門家 13-1- []

〔14〕 設問〔10〕で読んでいないと答えた記事について、その理由を教えてください。

〔15〕 会誌のオンライン版ができたらどのような記事を読みたいか、どのようなコンテンツが期待できるか、などご意見がございましたら教えてください。

〔16〕 会誌に対するご意見や感想、著者への質問、巻頭コラムに登場してほしい人物、今後取り上げてほしいテーマなどありましたらご記入ください。（スペースが足りない場合はお手数ですが別紙を追加してください）

■ 各種問合せ先 ■

一般社団法人 情報処理学会（本部） ※支部所在地等詳細はリンクされている各支部ページでご参照ください。
 〒 101-0062 東京都千代田区神田駿河台 1-5 化学会館 4F Fax(03)3518-8375 <https://www.ipsj.or.jp/>

担 当	E-mail	Tel(ダイヤルイン)	取り扱い内容
■ 会員サービス部門			
会 員	mem@ipsj.or.jp	03-3518-8370	入会、会費、変更連絡、退会、在会証明、会員証、会誌配布、会員特典、会費等口座振替、海外からの送金、賛助会員、電子図書館
■ 会誌編集部門			
会誌編集	editj@ipsj.or.jp	03-3518-8371	会誌「情報処理」の掲載内容、広告掲載、出版、コンピュータ博物館（情報処理技術遺産）
著作権	copyright@ipsj.or.jp		転載許可、著作権
デジタルプラクティス	editdp@ipsj.or.jp		デジタルプラクティス（DP）の編集・査読、DPレポート
図 書	tosho@ipsj.or.jp	03-3518-8374	出版物購入
■ 研究部門			
論文誌	editt@ipsj.or.jp	03-3518-8372	論文誌（ジャーナル/JIP/トランザクション）の編集・査読
調査研究／国際／教育	sig@ipsj.or.jp		研究会登録、研究発表会、研究グループ、シンポジウム、国際会議、IFIP委員会、情報処理教育委員会、ア krediyation対応
■ 事業部門			
事 業	jigyo@ipsj.or.jp	03-3518-8373	全国大会、FIT、プログラミングコンテスト、プログラミング・シンポジウム、協賛・後援
技術応用	event@ipsj.or.jp		連続セミナー、短期セミナー、IT フォーラム、ソフトウェアジャパン、その他講習会
認定情報技術者制度	ipsj.citp@ipsj.or.jp		認定情報技術者制度
■ 管理部門			
総務／庶務	soumu@ipsj.or.jp	03-3518-8374	総会・理事会、支部、選挙、総務系選奨、関連団体、アドバイザーボード
経 理	keiri@ipsj.or.jp		出納、送金連絡
システム企画	sys@ipsj.or.jp		システム企画、セキュリティ、電子化委員会、電子図書館、IPSJ メールニュース
■ 情報規格調査会			
規格部門	問合せフォーム https://www.itscj.ipsj.or.jp/contact/index.html		ISO/IEC JTC 1での情報技術の標準化業務 〒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 https://www.itscj.ipsj.or.jp/

20年ほど前に受講していた大学院の授業で教授が、コンピュータが進歩してもスパコンはそう簡単に世界からなくなると語っていらしたことを思い出す。果たしてこの2019年、スパコンはなくなるどころか、国や企業の産業競争力の源泉として、ますますその重要性を高めている。

今回の特集では、スパコンの分野で活躍されている第一人者に執筆をお願いした。最初は国内の大きなスパコンを紹介する記事を集めた特集にしようと思っていた。しかし、国内に限っても非常に多くのスパコンが稼働しており、それらすべてについて個別の記事を掲載するのは不可能である。最新のTOP500にランクインしている大規模なスパコンだけでも28台もある。そこで、専門家の方々と企画について議論し、スパコンを技術面から大まかに分類して、その分類に従って記事を構成することとした。さらに特集の先頭には、スパコンの現状を俯瞰する記事と、突出した存在である「富岳」を解説する記事を配置することとした。この特集の記事を一通り読めば、現在の最先端のスパコンのスペックや構築技術をかなりの程度把握できるようになっていると思う。企画段階で有益なご意見をいただいた筑波大学の朴先生と理化学研究所の石川先生にはこの場をお借

りして深く感謝したい。

執筆者はどなたもとんでもなく忙しい方なので、原稿が予定通り届くかどうか、出版号が後ろにずれないか、エディタとしてはずっと不安だった。しかし蓋を開けてみると、どの記事についても、問題が起きないタイミングで、初稿段階からかなり完成度が高い原稿をいただくことができた。編集作業では表現の修正などの色々なお願いをさせていただいたが、誠実に対応していただき助かった。執筆者の方々にもこの場を借りて感謝したい。また、丁寧な閲読をしていただいた編集委員や事務局の方々にも感謝を申し上げたい。

さて、日本のフラッグシップ(旗艦)スパコンとなる「富岳」は、「京」の100倍の性能を目指して開発が続けられており、2021年から共用開始予定である。「京」のスペックにも恐ろしいものがあつたが、「富岳」は「京」と比べてさえも桁違いの、まさにあらゆる意味でスーパーなマシンである。「富岳」の驚異的な計算パワーによって、今度はどんな難問が解かれていくのか。今から楽しみでならない。

(大山恵弘/本特集エディタ)

次号(1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。

「特集」『AIの遺電子』に学ぶ未来構想術

SF漫画家が実践する「未来の見つけ方」/機械仕掛けのソーシャルタッチ/生物らしさのあるロボットと人間の融合—生殖と共生の可能性—/「自分の中のもう一人の自己」が人格化された社会について: AI人格過剰志向性と人格標準化バイアス/誰もが科学する未来の社会をソウゾウする—SCIの意伝子—/個性とその複製に関する一考察/「超AIもつらいよ」—ヒトならぬ身でヒトの社会を切り盛りする細腕繁盛記—/カレンとミライの小即興曲(インヴェンション)/カンナたちの研究/アーカイブ衰亡史/はだかの耳、虫の声/座談会「未来ビジョン座談会」

教育コーナー: ペタ語義

連載: IT紀行/5分で分かる!?有名論文ナナム読み/集まれ!ジュニア会員!!/買い物自慢/情報の授業をしよう!/ビブリオ・トーク/論文必勝法

コラム: 巻頭コラム

会議レポート: ACM SIGIR 2019 参加報告

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.jaaccc.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ついては、学術目的利用に限り、無償で転載利用いただくことが可能です。ただし、利用の際には予め申請いただくようお願い致します。

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

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

Notice for Photocopying

Information Processing Society of Japan authorized Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAC) 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 JAC (<http://www.jaaccc.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

掲載場所	4色	1色
表2	330,000円 (税抜)	—
表3	275,000円 (税抜)	—
表4	385,000円 (税抜)	—
表2対向	300,000円 (税抜)	—
表3対向	265,000円 (税抜)	155,000円 (税抜)
前付1頁	250,000円 (税抜)	135,000円 (税抜)
前付1/2頁	—	80,000円 (税抜)
前付最終	—	148,000円 (税抜)
目次前	—	148,000円 (税抜)
差込 (A4変形判 70.5kg未満 1枚)	275,000円 (税抜)	
差込 (A4変形判 70.5kg～86.5kg 1枚)	350,000円 (税抜)	
同封 (A4変形判 1枚)	350,000円 (税抜)	

■ 「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」 60巻12号 掲載広告 (五十音順)

- インターメディアプランニング..... 表4 すべての会社を希望
 インタフェース..... 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

FUJITSU

富士通 (株)

Orchestrating a brighter world

NEC

日本電気 (株)

**MITSUBISHI
ELECTRIC**
Changes for the Better

三菱電機 (株)

CyberAgent.

(株) サイバーエージェント

IBM

日本アイ・ビー・エム (株)

●●● 賛助会員 (10 ~ 19口)

RECRUIT

(株) リクルート

Google

グーグル合同会社

docomo

(株) NTT ドコモ

TOSHIBA

(株) 東芝

NTT

日本電信電話 (株)

Microsoft

日本マイクロソフト (株)

FORUM 8
フォーラムエイト

(株) フォーラムエイト

●●● 賛助会員 (3 ~ 9口)

TIC
Telecommunication
Technology
Committee

(一社) 情報通信技術委員会

NTT DATA

(株) NTT データ

GREE

グリー (株)

Rakuten
Institute of Technology

楽天技術研究所

IA japan

(一財) インターネット協会

ISA

情報サービス産業協会

**TREND
MICRO**

トレンドマイクロ (株)

NTTコムウェア

NTT コムウェア (株)

NTTテクノクロス

NTT テクノクロス (株)

uejima

(株) うえじま企画

OKI

沖電気工業 (株)

Canon
キヤノンマーケティングジャパン株式会社
キヤノンマーケティングジャパン (株)

**CMS CORE MICRO
SYSTEMS INC.**

コアマイクロシステムズ (株)

SANBI

三美印刷 (株)

SEPTENI

(株) セブテーニ

SONY

ソニー (株)

**team
Lab**

チームラボ (株)

**TECHNOPRO
Design**

(株) テクノプロ
テクノプロ・デザイン社

Panasonic

パナソニック (株)

MIZUHO みずほ情報総研

みずほ情報総研 (株)

人と音楽の新しい関係をデザインする。

レコチョク

(株) レコチョク

「情報処理」第60巻 総目次

号 頁

■巻頭コラム

試してみても良きにつくべし	野村万蔵	1- 2
デジタル機器、誰もが買った日から使える機器であってほしい	若宮正子	2- 102
ストレスチェック制度開始後の企業のメンタルヘルス対策に必要なこと	武神健之	3- 202
VR, その過去から未来へ	樹林 伸	4- 302
小説工学	阿川大樹	5- 378
AIは進化するのに、なぜ人間は進化しないのか	前刀禎明	6- 478
モバイルインターネットの移り変わり	木寺祥友	7- 578
物質世界の情報化	舘 暲	8- 702
人間× AI 人を超えた先にあるもの	大橋拓文	9- 818
清々しいほどの敗北の中	八谷和彦	10- 942
E-mail との長い長い戦い	青野慶久	11- 1066
劉慈欣『三体』と人列コンピュータ	大森 望	12- 1166

■巻頭言

より多くの人と社会価値創造に取り組む ―会長就任にあたって―	江村克己	7- 580
--------------------------------------	------	--------

■特別解説

スパイチップはあるのか ハードウェアセキュリティの必要性	長谷川健人・戸川 望	1- 4
石狩データセンター奮闘記	田中邦裕	1- 7
粗悪学術誌/国際会議について ―傍らの濁流―	和田俊和	2- 104
改元と情報システム	上原哲太郎	5- 380
学校へのスマートフォン持ち込み禁止見直し議論の背景	上松恵理子	5- 386
不正プログラム判断の混沌 ―無限アラート事件とCoinhive 無罪判決から考える―	楠 正憲	6- 480
ビッグデータの不正競争防止法による保護	須川賢洋	7- 583
Twitter アカウントを凍結されて気付いたジレンマ ～守るべき表現の自由と不正対策との狭間で～	楠 正憲	9- 820
自動運転への高まる期待と安全目標設定の難しさ	永井正夫	9- 822
暗号資産 Libra ―Bitcoin との違い, Facebook の狙いは	楠 正憲	10- 944
AWS 東京リージョン障害の波紋 ～クラウド時代の安定運用の課題～	柏崎礼生	12- 1168

■特集

「機械学習工学」

0. 編集にあたって	野ヶ山尊秀・丸山 宏	1- 10
1. 機械学習工学の狙いと展開	丸山 宏	1- 12
2. 機械学習応用システムの開発・運用環境	今井健男・太田満久	1- 17
3. 機械学習応用システムのテストと検証	石川冬樹・徳本 晋	1- 25
4. 機械学習応用システムのセキュリティとプライバシー	吉岡信和	1- 34
5. 機械学習のためのヒューマンインタフェース	五十嵐健夫	1- 40
6. 機械学習応用システムのプロジェクト管理と組織	本橋洋介	1- 48

「社会を変えるIoT」

0. 編集にあたって	袖美樹子	2- 110
1. 国内外におけるIoTによる社会変革・サービス創出の取り組み	下條真司・赤阪晋介・田淵雄一郎・田口一徹	2- 112
2. 介護現場でのIoT/ICT利活用 ―介護業界にIoT/ICTの利活用で革命を！―	山本拓真・笹井 修	2- 116
3. 水産業を支援するIoT サービス構築 ―宇和海海況情報サービス You see U-Sea ―	小林真也	2- 121
4. 佐賀有明海域ノリ養殖でのAI・IoT・Robot 実証実験 ―第4次産業革命型水産業の実現に向けた6者間連携協定―	横山恵一	2- 127
5. IoTを活用した勝ち残る養豚経営 ―1次産業から1.5次産業への脱皮―	内海良夫・原田勝己	2- 131
6. IoT子ども見守りシステム ―安心安全な街づくり―	袖美樹子・加藤孝浩	2- 135

「水産業と情報処理」

0. 編集にあたって	和田雅昭	3- 204
1. 水産業が抱える課題とICTへの期待	佐野 稔	3- 206
2. 水産ICTから水産クラウドへ	畑中勝守・サフィル	ラマドナ 3- 210
3. 漁業現場におけるパートナーとの共創	安井重哉	3- 214
4. インドネシアの漁業者との共創 ―漁業システムのデザイン―	岡本 誠	3- 218

5. スマート水産データベースへの期待 —データ連携が実現する持続可能な水産業—	和田雅昭	3- 222
6. 定置網漁業における働き方改革に向けた魚種判別手法の開発	鈴木恵二	3- 226
7. 笠戸島における赤潮監視の取り組み	和西昭仁	3- 230
8. 水産業支援のための画像処理技術とその利用	戸田真志・榎本洗一郎	3- 234
9. 海岸工学における漁業ビッグデータの活用	岡辺拓巳	3- 238

「医療と情報」

第1部 ヘルスケア・インフォマティクスの先端技術

0. 編集にあたって	金子 格・湯田恵美	4- 304
1. 生体情報の応用 —バイオメディカル・ビッグデータ分析	湯田恵美	4- 306
2. 医用画像診断の未来	盛田健人・小橋昌司	4- 310
3. 介護・福祉に関する課題と情報工学の役割	川中普晴・上野和代・高松大輔・鶴岡信治	4- 314

第2部 身体情報を医療と結びつける情報学

0. 編集にあたって	福地健太郎・杉浦裕太	4- 318
1. デジタルヒューマン技術が実現する臨床現場や生活空間における運動解析	多田充徳・戸田晴貴・丸山 翼	4- 320
2. フレイル予防のためのコミュニケーションデザイン	遠峰結衣・清野 諭	4- 324
3. オーラルフレイル予防のための口腔トレーニング	大岡貴史・野嶋琢也	4- 329
4. スマートフォンアプリケーションによるリハビリテーション支援	藤田浩二・杉浦裕太	4- 333
5. ユビキタスコンピューティング技術を活用した共同注視解析・断層画像閲覧支援の試み	杉本麻樹・小澤宏之・林田 哲	4- 336

「オープンサイエンスの動向と情報科学の役割」

0. 編集にあたって	武田英明	5- 390
1. オープンサイエンスの成り立ちと学術コミュニケーションの未来	武田英明	5- 392
2. オープンサイエンス政策の狙いと情報科学への期待	林 和弘	5- 399
3. 地球惑星科学の視点でみるオープンサイエンス —研究データの取り扱いを振り返る—	村山泰啓	5- 407
4. 学術機関向け全国的な研究データ管理サービス —情報学によるオープンサイエンスの実現に向けて—	込山悠介	5- 414
5. シチズンサイエンスから共創型イノベーションへ —ニコニコ学会βが示した一般市民による科学の可能性—	江渡浩一郎	5- 421

「フレッシュマンに向けたプログラミングのススメ」

0. 編集にあたって	江渡浩一郎	6- 484
1. 読みやすいコードが良いコード	平鍋健児	6- 486
2. コードリーディングと写経のススメ	油井 誠	6- 490
3. 命名に時間をかけよう	柿本正憲	6- 494
4. 「いつでも」「どこでも」「だれでも」動かせるコードを目指して	榊 剛史	6- 498
5. ゲームチェンジを楽しもう	洪川よしき	6- 503
6. プロダクト開発や技術的課題の解決を抽象化して社内外のプログラミングの活動を重ね合わせよう	松本亮介	6- 507
7. プログラミングと「あ」の書き方を文章で説明することは同じ	増井雄一郎	6- 510
8. サバイバルツールとしてのプログラミング —プログラミング技術は一生使える基礎技能—	及川卓也	6- 513
9. これから世界を視野に入れて働くエンジニアへ	原田隆宏	6- 517
10. ソフトウェア的発想でハードウェアを作る ～プログラミング経験をハードウェアの企画・開発に活かす～	田中章愛	6- 521

「未来の学びを主導する高専教育」

0. 編集にあたって	袖美樹子	7- 586
1. 世界のKOSENに向けた高専教育の展望	谷口 功	7- 588
2. 高専教育の質保証 —学生のチカラを保証する—	但野 茂	7- 596
3. 学外コンテスト参加のための取り組み —地域の問題解決プロジェクトの成果をコンテストへ—	出江幸重	7- 600
4. エンジニアリング・デザイン教育としての高専ロボコン	藤原康宣	7- 606
5. グローバルイノベータ育成	袖美樹子・松下臣仁	7- 610
6. 長岡技術科学大学における高専連携と情報処理関連教育	武田雅敏・杉田泰則・高橋弘毅	7- 615
7. 高専と連携した情報系人材育成	若原昭浩・福村直博	7- 619
8. 金沢工業高等専門学校での生活	西野裕貴	7- 624
9. 今こそ、高専の時代 —起業家が考える、高専の真の可能性—	渋谷修太	7- 626

「グローバルに活躍する」

0. 編集にあたって	渡辺晴美・大川 猛	8- 704
1. 海外への道 ～オプショア組込みソフトウェアの最前線と日本からの技術導入について～	井倉将実	8- 706
2. 日本への留学のメリットとその後のキャリア	Nattha Jindapetch / インタビュー 渡辺晴美・大川 猛	8- 711
3. ゼロからの国際会議の立ち上げ	大川 猛	8- 714
4. グローバル Project-Based Learning —ドローン制御ソフトウェア開発を通して—	久住憲嗣・三輪昌史・大江信宏	8- 718
5. グローバル Project-Based Learning における学生の声	菅谷みどり	8- 722
6. 海外インターンシップ・インタビュー —積極的なコミュニケーションの重要性を学ぶ—	佐藤未来子・小倉信彦	8- 726

「ワークライフバランス」

0. 編集にあたって	木塚あゆみ	8- 730
1. ハードワーカーからソフトワーカーへの転換—家族を中心としたしなやかな働き方へ—	小町 守	8- 732
2. 単位時間あたりのスキルに着目したワークライフバランス—ディープライフ—	松本亮介	8- 734
3. リモートワークという働き方—ライフからワーク・ワークからライフ—	大城佳明	8- 737
4. 介護をしながら働く—身の丈にあった介護—	徳應和典	8- 739
5. ワークライフバランスを議論する前に考えるべきこと—テレワーク研究における実践事例から—	吉見憲二	8- 742
6. 子どもがいるからとあきらめないために—仕事と育児の両立における現実と期待する未来—	五十嵐悠紀	8- 744
7. 4歳の子どもを連れて学会に参加してみた	鈴木 優	8- 746

「集めよ！ジュニア会員！！」

0. 編集にあたって	重野 寛・坊農真弓・櫻 惇志	9- 838
1. 学生無料トライアル会員、そして、ジュニア会員へ	喜連川優	9- 840
2. ジュニア会員から始まる学会活動の新たなステージ—なぜいまジュニア会員なのか—	西尾章治郎	9- 843
3. 今こそ花開く、熱き想い—情報処理教育委員会の活動とその歴史—	美馬のゆり	9- 845
4. IPSJ-ONE がジュニア会員を惹きつけるわけ	五十嵐悠紀	9- 849
5. ジュニア会員と学会のインタフェースとしての会誌—裾野を広げることの重要性—	稲見昌彦・構成：中田真城子	9- 853
6. 「先生、質問です！」が目指すこと	櫻 惇志	9- 855
7. Exciting Coding! Junior のこれまでとこれから	伊藤一成・吉田 葵・稲葉利江子	9- 859
8. ジュニア会員体験記	太田智美・畑田裕二	9- 863

「ソーシャル・マジョリティ研究」

0. 編集にあたって	坊農真弓	10- 948
1. ソーシャル・マジョリティ研究とは何か	綾屋紗月	10- 950
2. 当事者研究とは何か？	熊谷晋一郎	10- 955
3. コミュニケーション研究がソーシャル・マジョリティ研究に出会った	坊農真弓	10- 959
4. リレーコラム：ソーシャル・マジョリティ研究事始め		
4.1. 感情的である〈私〉と、感情を持つ「私」—身体で分かることと言葉で分かること—	澤田唯人	10- 962
4.2. 発声と発話の仕組みってどうなっているの？	藤野 博	10- 963
4.3. 聴覚の「中次」処理	古川茂人	10- 963
4.4. 会話における「3人目問題」	坊農真弓	10- 964
4.5. 普通であることについて	浦野 茂	10- 965
4.6. 会話のルールの一般性	浅田晃佑	10- 965
4.7. いじめの構造—マジョリティも対処しきれていない「学校ストレス」への対処—	荻上チキ	10- 966
4.8. ソーシャル・マジョリティ研究の2つの側面	熊谷晋一郎	10- 967

「セキュリティ人材育成の現状と実践」

0. 編集にあたって	牛田啓太	10- 968
1. セキュリティ人材育成の現状と今後の展望—持続的なセキュリティ人材の供給に向けて—	衛藤将史・神園雅紀	10- 970
2. 社会におけるセキュリティ人材育成事例 (1)—NICTにおけるセキュリティ人材育成事業—	安田真悟	10- 976
3. 社会におけるセキュリティ人材育成事例 (2)—産業サイバーセキュリティセンターにおける人材育成—	門林雄基	10- 982
4. 大学におけるセキュリティ人材育成事例—工学院大学情報学部におけるセキュリティ教育—	藤川真樹・小林良太郎・永宮直史	10- 990
5. 実践形式によるセキュリティ人材育成の取組み	園田道夫	10- 996

「デジタルタイプ—文字情報処理基盤の今とこれから—」

0. 編集にあたって	牛田啓太	11- 1068
1. UD フォント—デジタル時代と社会が生んだタイプフェイス—	水野 昭	11- 1070
2. Web フォント—日本語環境における「戦い」と、文字の歴史の延長線にある基盤技術—	関口浩之	11- 1076
3. フォントエンジニア—フォント技術を支える仕事—	齊藤暁男	11- 1084
4. バリエブルフォント—表現を広げる未来のデジタルタイプ技術—	服部正貴	11- 1090
5. 情報処理基盤としてのフォントの整備—源ノ角ゴシック・源ノ明朝の開発—	Ken Lunde	11- 1096
6. オープンソースフォント—日本のオープンソースフォントを支えたM+ FONTS—	森下浩司・聞き手：牛田啓太	11- 1104

「京」の後の時代を支えるスパコン」

0. 編集にあたって	大山恵弘	12- 1174
1. 日本のスーパーコンピュータの現在の状況と今後	朴 泰祐・田浦健次朗	12- 1176
2. 次期フラッグシップスーパーコンピュータの概要—スーパーコンピュータ「富岳」	石川 裕・佐藤三久・新庄直樹・清水俊幸	12- 1182
3. ABCI：世界初の大規模オープン AI インフラストラクチャ	小川宏高	12- 1189
4. メニーコアアーキテクチャに基づくスーパーコンピュータ	朴 泰祐・中島研吾	12- 1193
5. 多数のXeon プロセッサを用いるスパコン	南里豪志	12- 1198

6. いまどきのベクトル型スパコン —高性能ベクトルコアと高バンド幅メモリで高い実行効率を追求—	小林広明	12- 1204
--	------	----------

■トピックス

研究会博士論文速報		9- 868
-----------	--	--------

■インタビュー

若宮正子氏インタビュー 「人生百年時代, 超スマート社会を楽しむ秘訣」	インタビュー: 中野美由紀	6- 526
-------------------------------------	---------------	--------

■解説

情報学者が競馬予想に踏み出すときに知っておくべきこと	寺沢憲吾	2- 154
正しい分析結果を導くためのデータ前処理 —分析者に求められる正確なデータ研磨のスキル—	菊川康彬	5- 436
高専カンファレンスの十余年を振り返る	大日向大地	7- 630
次世代メディアの探求! MPEGにおけるイマーシブメディアの標準化	青木秀一	7- 636
コミュニティ型の AI 人材育成 —東京大学における AI 講座運営からの学び—	中山浩太郎	7- 644
「京」を中核とする HPCI 利用研究成果の普及状況 —利用報告書のダウンロード分析—	木村晴行・丸山順子・平塚 篤	12- 1212

■報告

CEDEC 2018 開催報告 — 20 周年を迎えて—	中村樹之・今給黎隆	1- 56
独創的な人向け特別枠 異能 (Inno) vation プログラム紹介 「へんな人」を募集!?	佐藤 快	2- 142
情報処理学会ジュニア会員インタビュー: どうして情報処理学会誌を読んでいるの?	畑田裕二	3- 264
IPSJ 出前授業体験録 —中学生に語る「超人の作り方」—	太田智美・畑田裕二	7- 652

「2018 年度論文賞の受賞論文紹介」

・選定にあたって	谷口倫一郎	8- 748
・IoT の世界に触れて	横谷晟人	8- 749
・世界中のバリアを明らかにしたい	宮田章裕	8- 750
・異なる種類の情報を「統合」する試み	鈴木雅大	8- 751
・人間の視覚特性を利用した映像圧縮伝送技術の研究	岡田光弘	8- 752
・スマートフォンを使いこなしてもらうために	萩谷俊幸	8- 753
・地味な研究に対する評価	増原英彦	8- 754
・人と人型ビクトグラムの協働によるプログラミング学習	伊藤一成	8- 755

「2018 年度業績賞紹介」

・選奨にあたって	浅井光太郎	8- 756
・未知の人物を対象とした世界初の映像解析	劉 健全・西村祥治・平川康史・荒木拓也・董 婷婷	8- 757
・特徴ある IoT デバイスで新たなソリューション開発へ	中本裕之・佐藤弘幸・高 虹・馬場俊二・菅田 隆	8- 758
・クラウドにおける機微情報の利活用を目指して	吉野雅之・佐藤尚宜・長沼 健・佐藤恵一・村瀬真治	8- 759

「2018 年度マイクロソフト情報学研究賞紹介」

・選定にあたって	岡部寿男	8- 760
・マルチエージェント自動交渉とその先	藤田桂英	8- 761
・自律分散ロボット群の未解決問題に挑む	山内由紀子	8- 762

「2018 年度情報処理技術研究開発賞紹介」

・選定にあたって	岡部寿男	8- 763
・コーヒーを飲みながら	堀井 洋	8- 764
未踏の第 25 期スーパークリエイターたち	竹内郁雄	9- 824

「2019 年 IPSJ/IEEE-CS Young Computer Researcher Award 紹介」

・選定ならびに授賞式について	岡部寿男・湊 真一	10- 1002
・学習分析研究との出会い	島田敬士	10- 1003
・実世界を観測し理解する研究	前川卓也	10- 1004

「2019 年 IPSJ/ACM Award for Early Career Contributions to Global Research 紹介」

選定, 授賞式ならびに ACM Awards Banquet について	岡部寿男	10- 1005
マイニングソフトウェアリポジトリ研究を通じて	亀井靖高	10- 1006
CS 領域奨励賞を受賞したジュニア会員との日々 —広島で生えてきた元気印のご紹介—	川端英之	12- 1227

■シニアコラム

「IT 好き放題」

情報処理学会はフロンティア —物質科学と記憶科学の舞台—	輿水大和	1- 60
北海道胆振東部地震と情報	古川正志	2- 109
未来の IT 技術者, 研究者へ	尾家祐二	3- 242

日本人留学生の減少危機と相互啓発：米国ボストン事情	関野 陽	4- 340
記憶の中の計算機たち	和田英一	5- 389
■教育コーナー		
「べた語義」		
今後の全国高等学校情報教育研究会の役割と使命	牛来峯聡	1- 61
青森県での教員研修の実施報告—小学校段階におけるプログラミング教育の在り方—	高木正則	1- 62
中学校でのタブレット活用の実践と学習ログの分析—京都 ICT 教育モデル構築プロジェクト—	村上正行・飯山将晃・美濃導彦	1- 66
ラーニングアナリティクスが当たり前になる日のために	古川雅子	2- 173
実課題 PBL による人材育成	遠藤慶一	2- 174
「知識」「知恵」「コンピテンシー」—活躍につながる 3 つの基本能力—	小林真也	3- 243
プログラミング入門科目の指針と実践例（前編）	久野 靖	3- 244
小中学校における〈普通教育としてのプログラミング教育〉の展開と課題	紅林秀治	3- 248
物事を疑って見えていますか	加藤謙一	4- 341
Exciting Coding! Junior 2018 実施報告	吉田 葵・伊藤一成	4- 342
Scratch 2018 Tokyo 開催報告—プログラミングによる創造的な学びとは—	宮島衣瑛・杉浦 学	4- 346
ひろがる数学 e ラーニング	白井詩沙香	5- 427
高等教育機関等における ICT 利活用の実態—2017 年度 AXIES 調査を基に—	稲葉利江子	5- 428
SNS を利用した学習環境	井上 仁	5- 432
数えられることの幸せ—コンピュータ教師の父親に息子がくれたプレゼント—	斎藤俊則	6- 535
高大接続改革と e ポートフォリオ—資質・能力を多面的・多角的に評価し育成していくために—	森本康彦	6- 536
プログラミング入門科目の指針と実践例（後編）	久野 靖	6- 541
あんこはジャムか	川合 慧	7- 659
中高生ポスターセッションの報告—企画と概要—	中山泰一	7- 660
中高生ポスターセッションの報告—意義と効果—	鹿野利春	7- 663
中高生ポスターセッションの報告—当日の様子—	和田 勉・中野由章	7- 665
高等学校「情報 I」の実施に向けた研修への期待	兼宗 進	8- 765
中高生ポスターセッションの報告—受賞テーマ研究—	大山 裕	8- 766
小中高で必修化されたプログラミング教育—情報処理学会第 81 回全国大会パネルディスカッションより—	間辺広樹	8- 770
説明できる人工知能：自分の知能の働きを説明できるのか？	佐藤真一	9- 885
グローバル PBL—イノベーション創出と持続可能な開発のための人材育成—	井上雅裕	9- 886
Computational Thinking は大学入試を変え得るか	萩原兼一	9- 890
わからない人の気持ちを忘れない	天野由貴	10- 1007
協調学習の中でのプログラミング	遠山紗矢香	10- 1008
どうする？ 大学等におけるこれからの一般情報教育	立田ルミ	10- 1013
数理・データサイエンス教育	井上 仁	11- 1115
高校生が開発した小学校プログラミング教育教材	倉橋克彦	11- 1116
科学と工学のはざままで情報を考える	田中淳裕	12- 1237
初学者向けプログラミングの授業におけるソーシャルな知のデザイン（第 1 回）	斎藤俊則	12- 1238
大学と高校教科「情報」のかかわり	永松礼夫	12- 1243
■連載		
「5 分で分かる! ? 有名論文ナナメ読み」		
Emanuel A. Schegloff, Gail Jefferson and Harvey Sacks :		
The Preference for Self-correction in the Organization of Repair in Conversation	坊農真弓	1- 72
Ling, B. and Intille, S. S. : Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data	村尾和哉	2- 170
Valins, S. : Cognitive Effects of False Heart-rate Feedback	福嶋政期	3- 276
Stam, J. : Stable Fluids	土橋宜典	4- 352
Peter Bailis et al. : MacroBase : Prioritizing Attention in Fast Data	鈴木 順	5- 444
Ferragina, P. and Manzini, G. : Opportunistic Data Structures with Applications	清水佳奈	6- 554
Cyril W. Cleverdon, Jack Mills, E. Michael Keen :		
Factors Determining the Performance of Indexing Systems ; Volume 1 : Design	酒井哲也	7- 680
Duchi, J. et al. : Adaptive Subgradient Methods for Online Learning and Stochastic Optimization	Matthew J. Holland	8- 780
Lejaren A. Hiller and Leonard M. Isaacson : Experimental Music : Composition with an Electronic Computer	深山 覚	9- 910
Anantha P. Chandrakasan et al. : Low-Power CMOS Digital Design	塩見 準	10- 1040

King, G., Pan, J. and Roberts, M. E. : Reverse-engineering Censorship in China :

Randomized Experimentation and Participant Observation	水野貴之	11- 1130
Schmidt-Hieber, J. : Nonparametric Regression Using Deep Neural Networks with ReLU Activation Function	今泉允聡	12- 1250
「IT 紀行」		
女の子の「盛り」を研究する久保友香先生に会ってみた.....	山本ゆうか	9- 916
競プロ er 増加中！ AtCoder の高橋直大さんに会ってみた	山本ゆうか	10- 1046
お買い上げありがとうございました！ 技術書典に出展してみた	山本ゆうか	12- 1254
「集まれ！ジュニア会員！！」		
.....	2- 159, 3- 275, 4- 360, 5- 451, 6- 483, 7- 635, 8- 782, 9- 884, 10- 1043, 11- 1109, 12- 1173	
「買い物自慢」		
デジカメの代わりに Huawei のスマホを買ってみた	江渡浩一郎	8- 784
M5Stack が便利すぎて感動した	湯村 翼	9- 867
電子ペーパー DPT-RP1 はいいぞ	大川徳之	10- 1029
ノイズキャンセリングヘッドホンで快適出張移動	山際伸一	11- 1127
「古機巡礼 / 二進伝心」		
2018 年度情報処理技術遺産および分散コンピュータ博物館認定式	旭 寛治	7- 656
オーラルヒストリー：戸田 巖氏インタビュー	浦城恒雄・発田 弘・前島正裕・松永俊雄・山田昭彦	11- 1138
「情報の授業をしよう！」		
連載にあたって	久野 靖	2- 160
「問題解決」のススメ	小原 格	2- 161
Scratch を活用した段階的なプログラミング指導例	谷川佳隆	3- 270
モデル化とシミュレーションの授業をしよう！	春日井優	4- 354
「情報のデジタル化」の指導例	佐藤義弘	5- 446
情報を読み解く目を育てる —小学校の授業における統計グラフの指導—	中村武弘	6- 546
情報の考えを取り入れた中学数学での授業	加藤和幸	7- 670
考えて表現して動く人になるために	小林潤一郎	8- 774
高等学校教科情報における Python を利用した統計学習 —問題解決能力の向上を目指して—	阿部百合	9- 900
中学校におけるプログラミング教育 —ネットワークを利用したプログラミングと計測・制御—	西ヶ谷浩史	10- 1022
中学におけるタブレット端末を活用した、学習における思考プロセスの可視化 —産官学連携 京都 ICT 教育構築プロジェクトにおける取り組みから—	久保泰雄	11- 1120
「仕組みの理解」に重点を置いたプログラミングの授業事例集 —プログラミングでスマートフォンの向こう側を見よう—	間辺広樹	12- 1230
「先生、質問です！」		
.....	1- 76, 3- 280, 4- 362, 5- 454, 6- 558, 8- 786, 9- 914, 10- 1044	
「ビブリオ・トーク—私のオススメ—」		
ハードウェアハッカー～新しいモノをつくる破壊と創造の冒険	湯村 翼	1- 70
世界の不思議な音 奇妙な音の謎を科学で解き明かす	大石康智	2- 168
BEATLESS 上 BEATLESS 下	太田智美	3- 268
ミンスキー博士の脳の探検 —常識・感情・自己とは—	川上 玲	4- 350
2050 年の技術 英『エコノミスト』誌は予測する	城島貴弘	5- 442
True Names : and the Opening of the Cyberspace Frontier	福地健太郎	6- 552
攻殻機動隊	稲見昌彦	7- 676
AI の遺電子	櫻 惇志	8- 778
文学効能事典 あなたの悩みに効く小説	畑田裕二	9- 908
人工知能システムのプロジェクトがわかる本 企画・開発から運用・保守まで	谷田英生	10- 1038
誰のためのデザイン？ 増補・改訂版 —認知科学者のデザイン原論—	間瀬正啓	11- 1128
エンジニアの知的生産術 —効率的に学び、整理し、アウトプットする	大見嘉弘	12- 1248
「リレーコラム」		
学会誌にエンタテイメント要素を盛り込んでみた	竹内ゆうすけ	1- 82
情報処理技術が支援するアニメ制作	平澤 直	2- 167
VR3.0 → 4.0 の間に咲いた VTuber という新人類の研究	白井暁彦	3- 286
「CG から飛び出した楽しい研究」はどのようにして始まったか	五十嵐悠紀	4- 361
私のウェアラブル生活	塚本昌彦	5- 452
研究環境古今東西 ～スープの冷めない距離～	坊農真弓	6- 557
ライフログ研究でリア充に！?	角 康之	7- 669
シンプルに将来を考える	伊藤貴之	8- 783
バイアスを外そう	佐藤史子	9- 907

ダイバーシティの視点をもっと多様に	稲葉利江子	10- 1036
対談：「リレーコラム」をふりかえって	坊農真弓・楠 房子	11- 1132
「論文必勝法」		
連載にあたって	谷口倫一郎	9- 894
論文とは何か	中山泰一	9- 895
本会が刊行する論文誌について	中山泰一	9- 897
論文執筆の作法—正しい論文の書き方—	島岡政基	10- 1016
採否判定結果が届いたら—査読結果に対する次のアクション—	松島裕康	11- 1110
条件付き採録をクリアするには—適切な回答書の書き方—	田中勇樹	12- 1220

■学会活動報告

IFIP—情報処理国際連合—近況報告	村山優子	3- 254
情報技術の国際標準化と日本の対応—2018年度の情報規格調査会の活動—	情報規格調査会	10- 1030

■会議レポート

VizAfrica 2018 参加報告—アフリカ初の可視化シンポジウム—	小山田耕二	1- 80
SICE Annual Conference 2018 会議報告	河野洋平	2- 178
JSST2018 参加報告	川原慎太郎	2- 179
ACM SIGIR 2018 参加報告	野本昌子	3- 282
UIST 2018 参加報告	片倉翔平	5- 458
SIGGRAPH Asia 2018 会議報告	安生健一	5- 460
MobileHCI 2018 参加報告	鈴木健司	5- 462
APSEC 2018 開催および参加報告	丸山勝久・鶴林尚靖・鷺崎弘宜・堀田圭佑	6- 560
SANER 2019 会議報告	山下一寛・切貫弘之	8- 790
Augmented Human 2019 会議報告	鈴木一平	8- 792
22 nd International Conference on Extending Database Technology (EDBT) 参加報告	加藤千裕	9- 918
ACM ASPLOS 2019 報告	須崎有康	9- 920
ICWE 2019 会議報告	野呂智哉・大嶽智裕	10- 1048
CVPR 2019 参加報告	橋本敦史・平川 翼・吉橋亮太・藤村友貴	11- 1134
マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2019) シンポジウム参加報告	仲道耕二	12- 1256

■連載漫画「IT日和」

.....	1- 75, 2- 180, 3- 253, 4- 369, 6- 525, 7- 675, 8- 789
-------	---

■連載漫画「IT日和」番外編

第81回情報処理学会全国大会@福岡大学七隈キャンパスについて	山本ゆうか	5- 456
--------------------------------------	-------	--------

■ほっとタイム

.....	6- 562, 6- 563
-------	----------------

「IPSJ Magazine」 Vol.60 Contents

No. Page

■ Preface

Try First, Think Later	Manzo NOMURA	1- 2
Digital Device, I Want to It Can Be Usable for Everyone, The First Day as a User	Masako WAKAMIYA	2- 102
Stress Check Act and New Mental Health Measures in Japan	Kenji TAKEGAMI	3- 202
VR Technology, Its Past and Future	Shin KIBAYASHI	4- 302
Novel Engeneering	Taiju AGAWA	5- 378
Don't You Evolve Like AI?	Yoshiaki SAKITO	6- 478
Mobile Internet Change	Yoshitomo KIDERA	7- 578
Creating the Future Society with Many Fellow Members - Upon Assuming the IPSJ President -	Katsumi EMURA	7- 580
Informatization and/or Virtualization of the Physical Material World	Susumu TACHI	8- 702
What AI is Beyond People	Hirofumi OHASHI	9- 818
Appreciate the Taste of Our Defeat	Kazuhiko HACHIYA	10- 942
Long Long Battle with Email	Yoshihisa AONO	11- 1066
Human-formation Computer in <i>The Three-Body Problem</i>	Nozomi OHMORI	12- 1166

■ Special Article

Does a Spy Chip Really Exist?	Kento HASEGAWA and Nozomu TOGAWA	1- 4
Behind the Scene of Ishikari Data Center - Hokkaido Earthquake -	Kunihiro TANAKA	1- 7
On Predatory Journals and Conferences : A Muddy Stream beside You	Toshikazu WADA	2- 104
The Japanese Era Name System - Gengo : How New Gengo Affects Information Systems?	Tetsutaro UEHARA	5- 380
Background to the Debate on Rethinking the Banning of Smartphones in Schools	Eriko UEMATSU	5- 386
Confusion on Definition of Illegal Software	Masanori KUSUNOKI	6- 480
Protection of Big Data by Unfair Competition Prevention Act	Masahiro SUGAWA	7- 583
A Personal View After the Experience of Shutting Down of Twitter Account - Among the Conflict of the Freedom of Expression and the Protection from Inappropriate Use	Masanori KUSUNOKI	9- 820
Expecting Automated Driving Development Requiring for Safety Assurance	Masao NAGAI	9- 822
Crypto Assets Libra - Difference from Bitcoin, Facebook Aims	Masanori KUSUNOKI	10- 944
Repercussions of the Amazon EC2 Service Event in the Tokyo : Challenges for Reliable Operations in the Cloud Computing Era	Hiroki KASHIWAZAKI	12- 1168

■ Special Features

"Machine Learning Engineering"

Foreword	Takahide NOGAYAMA and Hiroshi MARUYAMA	1- 10
Machine Learning Systems Engineering : Its Goals and Development	Hiroshi MARUYAMA	1- 12
Development and Operation Environments for Machine Learning-Based Systems	Takeo IMAI and Mitsuhisa OHTA	1- 17
Testing and Verification of Machine Learning - Based Systems -	Fuyuki ISHIKAWA and Susumu TOKUMOTO	1- 25
Security and Privacy on Machine Learning Based Systems	Nobukazu YOSHIOKA	1- 34
Human Interface for Machine Learning	Takeo IGARASHI	1- 40
Project Management and Organization of Development of Machine Learning-Based Systems	Yosuke MOTOHASHI	1- 48

"IoT to Change the World"

Foreword	Mikiko SODE TANAKA	2- 110
IoT for Daily Use : Present and Future	Shinji SIMOJO, Shinsuke AKASAKA, Yuichiro TABUCHI and Ittetsu TAGUCHI	2- 112
Take Advantage of IoT/ICT in the Nursing Care Field - Revolution in the Nursing Care Industry by Utilizing IoT/ICT -	Takuma YAMAMOTO and Osamu SASAI	2- 116
IoT Service to Support the Fishery Industry - Uwa Sea's Sea Status Information Service 'You See U-Sea' -	Shinya KOBAYASHI	2- 121
6-Party Agreement for Cultivating Nori Seaweed with IoT, AI, and Robots	Keiichi YOKOYAMA	2- 127
Pig Farming Management to Survive	Yoshio UTSUMI and Katsumi HARADA	2- 131
IoT Children Observation System - Construction of a Safe and Secure Society -	Mikiko SODE TANAKA and Takahiro KATOU	2- 135

"Smart Fisheries Industry"

Foreword	Masaaki WADA	3- 204
Present Issue and Expectation of ICT in Fishery of Japan	Minoru SANO	3- 206

Beyond Fisheries ICT to Fisheries Cloud Computing Services	Katsumori HATANAKA and Ramadhona SAVILLE	3- 210
Co-creation with Partners in the Fishery Field	Shigeya YASUI	3- 214
Co-Creation with Indonesian Fishermen - Design for Fishery System -	Makoto OKAMOTO	3- 218
Expectations for Public Data Platform for Sustainable Fisheries	Masaaki WADA	3- 222
Promoting Work Style Reforms in Set-Net Fishery with AI System for Discriminating Fish Species	Keiji SUZUKI	3- 226
Efforts of the Red Tide Monitoring Using Sensors off Kasado Island in the Seto Inland Sea	Akihito WANISHI	3- 230
Image Processing Technology for Fishery Support and Its Application	Masashi TODA and Koichiro ENOMOTO	3- 234
Advancements in Coastal Engineering : Big Data Challenges with Fisheries	Takumi OKABE	3- 238
"Medical Information Processing"		
Part I : Medical Informatics		
Foreword	Itaru KANEKO and Emi YUDA	4- 304
Application of Biological Informatics Using Biomedical Big Data	Emi YUDA	4- 306
Medical Image Diagnosis for the Predictive Medicine	Kento MORITA and Syoji KOBASHI	4- 310
Problems on Care and Welfare Fields and Possibility of Computer Science	Hiroharu KAWANAKA, Kazuyo UENO, Daisuke TAKAMATSU and Shinji TSURUOKA	4- 314
Part II : Bridging Between Medical and Somatic Informatics		
Foreword	Kentaro FUKUCHI and Yuta SUGIURA	4- 318
Motion Analysis in the Clinical Field and Living Environment Realized by Digital Human Technology	Mitsunori TADA, Haruki TODA and Tsubasa MARUYAMA	4- 320
Communication Design for Preventing Frailty	Yui TOMINE and Satoshi SEINO	4- 324
Oral Motor Training for Prevention of Oral Frailty	Takafumi OOKA and Takuya NOJIMA	4- 329
Rehabilitation Support with Smartphone Application	Koji FUJITA and Yuta SUGIURA	4- 333
Joint Attention Analysis and Browsing Interface for Tomographic Images Using Ubiquitous Computing Technology	Maki SUGIMOTO, Hiroyuki OZAWA and Tetsu HAYASHIDA	4- 336
"Trends and Roles of Computer Science in Open Science"		
Foreword	Hideaki TAKEDA	5- 390
The Origin of Open Science and Future of Scholarly Communication	Hideaki TAKEDA	5- 392
Open Science Policy : Its Aim and Expectation to Information Science	Kazuhiro HAYASHI	5- 399
Open Science Viewed from Earth & Planetary Sciences - Revisiting Research Data Sharing	Yasuhiro MURAYAMA	5- 407
National Research Data Management Service for Academic Institutions	Yusuke KOMIYAMA	5- 414
From Citizen Science to Co-Creative Innovation - Possibility of Science by Citizens Indicated by NicoNicoGakkai Beta -	Koichiro ETO	5- 421
"Encouragement of Programming for Freshman"		
Foreword	Koichiro ETO	6- 484
Writing Readable Code	Kenji HIRANABE	6- 486
Encouragement of Code Reading and Sutra Copying	Makoto YUI	6- 490
Spend Time for Naming	Masanori KAKIMOTO	6- 494
How to Code that Anyone can Run Anytime, Anywhere	Takeshi SAKAKI	6- 498
Enjoy Game Change	Yoshiki SHIBUKAWA	6- 503
Abstract Product Development and Technical Problem Solving and Superimpose Internal and External Programming Activities	Ryosuke MATSUMOTO	6- 507
It is the Same to Explain How to Write " あ " and Programming	Yuichiro MASUI	6- 510
Programming as a Survival Tool	Takuya OIKAWA	6- 513
Advice for Engineers Starting to Work in the Global Environment	Takahiro HARADA	6- 517
Hardware Job with Software Thinking	Akichika TANAKA	6- 521
"Kosen Education to Lead Future Learning"		
Foreword	Mikiko SODE TANAKA	7- 586
Future Perspective of KOSEN Education Toward the KOSEN of the World	Isao TANIGUCHI	7- 588
Quality Assurance for Engineering Education in National Institute of Technology (KOSEN)	Shigeru TADANO	7- 596
Approach to Programming Contests	Yukishige IZUE	7- 600
Kosen Robocon as Engineering Design Education	Yasunori FUJIWARA	7- 606
To Educate Leaders of Global Innovation	Mikiko SODE TANAKA and Omihito MATSUSHITA	7- 610
Collaboration with KOSEN and Information Processing Related Education in Nagaoka University of Technology	Masatoshi TAKEDA, Yasunori SUGITA and Hirotaka TAKAHASHI	7- 615
Foster of ICT Engineer Cooperated with KOSEN	Akihiro WAKAHARA and Naohiro FUKUMURA	7- 619
Campus Life in the KOSEN	Hiroki NISHINO	7- 624
The Era of Kosen is Coming	Shuta SHIBUYA	7- 626

"Challenge to Work in Global Business"

Foreword	Harumi WATANABE and Takeshi OKAWA	8- 704
Road to Oversea - On the Front Line of Offshore Embedded Software and Technology Adoption from Japan -	Masami IKURA	8- 706
Merits of Studying in Japan and Career After It	Nattha JINDAPETCH, Harumi WATANABE and Takeshi OKAWA	8- 711
Starting-Up an International Conference from Scratch	Takeshi OKAWA	8- 714
Global Project-Based Learning with Drone System Development	Kenji HISAZUMI, Masafumi MIWA and Nobuhiro OHE	8- 718
Interviews on Participate for Global Project-Based Learning	Midori SUGAYA	8- 722
Internship in a Global Company	Mikiko SATO and Nobuhiko OGURA	8- 726

"Work-Life Balance"

Foreword	Ayumi KIZUKA	8- 730
From a Hard Worker to a Soft Worker	Mamoru KOMACHI	8- 732
Work-Life Balance Focusing on Skills Per Unit Time - Deep Life -	Ryosuke MATSUMOTO	8- 734
The Style of Working Remotely Life to Work, Work to Life	Yoshiaki OSHIRO	8- 737
Working and Caregiving	Kazunori TOKUO	8- 739
Things to Think Before Discussing WLB - Through Practical Cases in Telework Research -	Kenji YOSHIMI	8- 742
Work-Life Balance : A University Faculty's Perspective	Yuki IGARASHI	8- 744
I Attended Domestic Conferences with Four-Year-Old Son	Yu SUZUKI	8- 746

"Junior Membership Program and New Society Services"

Foreword	Hiroshi SHIGENO, Mayumi BONO and Atsushi KEYAKI	9- 838
From Free Trial Student Membership to Junior Membership - Enhancing Role of IPSJ for Youth -	Masaru KITSUREGAWA	9- 840
New Stage of Society Activities with Junior Members	Shojiro NISHIO	9- 843
It's the Time for Blooming of the Passion - Activities and History of Information Processing Education Committee -	Noyuri MIMA	9- 845
IPSJ-ONE Report	Yuki IGARASHI	9- 849
Magazine as an Interface Between Junior Members and the IPSJ	Masahiko INAMI structure of text : Makiko NAKATA	9- 853
Goal of the Project : "Questions for Experts"	Atsushi KEYAKI	9- 855
Past and Future of Exciting Coding! Junior	Kazunari ITO, Aoi YOSHIDA and Rieko INABA	9- 859
The Interview with Members Who Experienced Junior Membership	Tomomi OTA and Yuji HATADA	9- 863

"Social Majority Studies"

Foreword	Mayumi BONO	10- 948
What is Social Majority Studies?	Satsuki AYAYA	10- 950
What is Tojisha-Kenkyu?	Shin-ichiro KUMAGAYA	10- 955
Communication Studies Meets Social Majority Studies	Mayumi BONO	10- 959
Becoming Emotional and Having Emotion : A Phenomenological Approach to Lived Experience of Emotions	Tadato SAWADA	10- 962
What is the Mechanism of Vocalization and Speech ?	Hiroshi FUJINO	10- 963
"Middle-order" Auditory Processes	Shigeto FURUKAWA	10- 963
Third-party Issues on Conversations	Mayumi BONO	10- 964
On Being Ordinary	Shigeru URANO	10- 965
Generality in Conversational Rules	Kosuke ASADA	10- 965
The Organization of Bullying at School : 'School Stress' for Everybody	Chiki OGIUE	10- 966
Two Aspects of Social Majority Studies	Shin-ichiro KUMAGAYA	10- 967

"Cultivating Cybersecurity Professionals"

Foreword	Keita USHIDA	10- 968
The Present and the Future of Cultivation of Cybersecurity Professionals	Masashi ETO and Masaki KAMIZONO	10- 970
Human Resource Development Projects in Cybersecurity Field at NICT	Shingo YASUDA	10- 976
Capacity Building Programs at the Industrial Cybersecurity Center of Excellence	Youki KADOBAYASHI	10- 982
Security Education at Kogakuin University	Masaki FUJIKAWA, Ryotaro KOBAYASHI and Tadashi NAGAMIYA	10- 990
Security Human Resource Development by Practice	Michio SONODA	10- 996

"Digital Type - The Present and the Future of Infrastructures for Textual Information Processing -"

Foreword	Keita USHIDA	11- 1068
UD Font - Typeface Brought by the Digital Age and Society -	Akira MIZUNO	11- 1070
Web Font - Overcoming Disadvantages of Japanese Environment and Extending Technology of Writing -	Hiroyuki SEKIGUCHI	11- 1076
Font Engineer - The Background of Font Technology -	Akio SAITO	11- 1084

Variable Font - Expanding the Expression of Future Digital Type Technologies -	Masataka HATTORI	11- 1090
Improving Font Information Processing Infrastructure		
- Source Han Sans & Source Han Serif Development -	Ken LUNDE	11- 1096
Open Source Fonts		
- M ⁺ Fonts, Fonts Which Has Led Japanese Open Source Environment -	Coji MORISHITA and Keita USHIDA	11- 1104
"Supercomputers in the Post-K Computer Era"		
Foreword	Yoshihiro OYAMA	12- 1174
Current Status of Supercomputers in Japan and Perspective for Tomorrow	Taisuke BOKU and Kenjiro TAURA	12- 1176
An Overview of Next Japanese Flagship Supercomputer		
.....	Yutaka ISHIKAWA, Mitsuhisa SATO, Naoki SHINJO and Toshiyuki SHIMIZU	12- 1182
ABCI : The World's First Open Public Infrastructure for Advancing AI Research and Deployment	Hiroataka OGAWA	12- 1189
Supercomputer based on Many-Core Architecture	Taisuke BOKU and Kengo NAKAJIMA	12- 1193
Supercomputers with Xeon Processors	Takeshi NANRI	12- 1198
Modern Vector Supercomputers	Hiroaki KOBAYASHI	12- 1204
■ Topics		9- 868
■ Interview		
The Secrets for Enjoying a Super Smart Society Towards The 100-Year-Life Era		
.....	Masako WAKAMIYA and Miyuki NAKANO	6- 526
■ Article		
Things You Should Know When Applying Data Science to Horse Racing	Kengo TERASAWA	2- 154
Preparing the Data for Enhanced Analysis	Yasuaki KIKUKAWA	5- 436
Looking Back Over Ten Years of Kosen Conference	Daichi OBINATA	7- 630
Standardization Activities on Immersive Media in MPEG - Toward the Future of Multi Media	Shuichi AOKI	7- 636
Community Oriented AI Human Resource Development	Kotaro NAKAYAMA	7- 644
Status on Dissemination of HPCI Research Achievements - Download Analyses of HPCI User Reports -		
.....	Haruyuki KIMURA, Junko MARUYAMA and Atsushi HIRATSUKA	12- 1212
■ Reports		
Report on CEDEC 2018 - In Commemoration of the 20th Anniversary - ...	Shigenobu NAKAMURA and Takashi IMAGIRE	1- 56
異能 (Inno) vation Program	Kai SATO	2- 142
Why Do Elementary and Junior High School Students Read IPSJ Magazine?	Yuji HATADA	3- 264
IPSJ School Visit Lecture Report	Tomomi OHTA and Yuji HATADA	7- 652
"The 2018 IPSJ Best Paper Award"		
• Foreword	Rin-ichiro TANIGUCHI	8- 748
• Touch the World of IoT	Masato YOKOTANI	8- 749
• To Seek out Barriers Around the World	Akihiro MIYATA	8- 750
• An Approach to "Integrate" Different Types of Information	Masahiro SUZUKI	8- 751
• High Efficiency Video Coding Transmission System Based on Human Vision Properties	Mitsuhiro OKADA	8- 752
• The Journey to Helping Users to Master Smartphones	Toshiyuki HAGIYA	8- 753
• Evaluation Research on a Not-So-Exciting Topic	Hidehiko MASUHARA	8- 754
• Programming Learning by Collaboration Between Human and Human Pictograms	Kazunari ITO	8- 755
"The 2018 IPSJ Industrial Achievement Award"		
• Foreword	Kohtaro ASAI	8- 756
• The World's First Video Analysis for Unknown Persons		
.....	Jianquan LIU, Shoji NISHIMURA, Yasufumi HIRAKAWA, Takuya ARAKI and Tingting DONG	8- 757
• New Solution Development by Designing Thin and Small IoT Devices		
.....	Hiroyuki NAKAMOTO, Hiroyuki SATO, Hong GAO, Syunji BABA and Takashi KANDA	8- 758
• Searchable Encryption to Process Sensitive Information in the Cloud		
.....	Masayuki YOSHINO, Hisayoshi SATO, Ken NAGANUMA, Keiichi SATO and Shinji MURASE	8- 759
"The 2018 IPSJ Microsoft Faculty Award"		
• Foreword	Yasuo OKABE	8- 760
• Multi-Agent Automated Negotiation and Future Directions	Katsuhide FUJITA	8- 761
• Tackling an Open Problem in Distributed Coordination of Autonomous Mobile Robots	Yukiko YAMAUCHI	8- 762

"The 2018 IPSJ Research and Engineering Award"

• Foreword	Yasuo OKABE	8- 763
• Coffee Break that Matters	Hiroshi HORII	8- 764
25th-Generation Mitou Super Creators	Ikuo TAKEUCHI	9- 824

"The 2019 IPSJ/IEEE-CS Young Computer Researcher Award"

• Message from the Selection Committee	Yasuo OKABE and Shin-ichi MINATO	10- 1002
• Chance to Start "Learning Analytics"	Atsushi SHIMADA	10- 1003
• Research on Sensing and Understanding the Real World	Takuya MAEKAWA	10- 1004

"The 2019 IPSJ/ACM Award for Early Career Contributions to Global Research"

• Message from the Selection Committee	Yasuo OKABE	10- 1005
• Global Research Experience Through Mining Software Repositories	Yasutaka KAMEI	10- 1006
Looking Back a Joint Work with a Winner of the IPSJ Computer Science Research Award for Young Scientists	Hideyuki KAWABATA	12- 1227

■ Senior Column

"Messages on Favorite IT"

IPSJ as the Science Frontier - On the Stage of "MATTER and MEMORY" -	Hiroyasu KOSHIMIZU	1- 60
Information Infrastructure Crisis on Hokkaido Eastern Iburi Earthquake	Masashi FURUKAWA	2- 109
To IT Experts and Researchers of Future	Yuji OIE	3- 242
Crisis of Decreasing Japanese Students Studying Abroad and Interdisciplinary Activities : Boston's Case	Akira SEKINO	4- 340
Unforgettable Vintage Computers	Eiiti WADA	5- 389

■ "Peta-gogy" for Future

Role and Mission of the National Society of High School Teachers for the Study of Information Education	Minetoshi GORAI	1- 61
Report on an In-Service Teacher Training in Aomori - The Way of Programming Education in Elementary School -	Masanori TAKAGI	1- 62
Analysis of Learning Log of Using Tablet at Junior High School - Kyoto ICT Educational Model Building Project -	Masayuki MURAKAMI, Masaaki IIYAMA and Michihiko MINOH	1- 66
The Day When Learning Analytics Becomes Common Sense	Masako FURUKAWA	2- 173
Human Resource Development Using Project - Based Learning with Real-World Problems	Keiichi ENDO	2- 174
"Knowledge", "Wisdom" & "Competency" - Three Ability to Lead to Success -	Shinya KOBAYASHI	3- 243
Design Policy and Practice of College 1st-Grade Introductory Programming Class (Part 1)	Yasushi KUNO	3- 244
Developments and Challenges of Programming Education as General Education in Elementary and Junior High Schools	Shuji KUREBAYASHI	3- 248
Do You See Suspicious	Kenichi KATO	4- 341
A Report on "Exciting Coding! Junior 2018"	Aoi YOSHIDA and Kazunari ITO	4- 342
Scratch 2018 Tokyo Event Report	Kirie MIYAJIMA and Manabu SUGIURA	4- 346
Widespread Adoption of Mathematics e-Learning	Shizuka SHIRAI	5- 427
Current Situation of ICT Usage in Higher Education	Rieko INABA	5- 428
Learning Environment Using SNS	Hitoshi INOUE	5- 432
The Happiness of Being Able to Count : A Present the Son Sent to His Father Working as a Computer Teacher	Toshinori SAITO	6- 535
High School/University Articulation Reforms and e-Portfolios		
- Fostering and Assessing Qualities and Abilities Using e-Portfolios -	Yasuhiko MORIMOTO	6- 536
Design Policy and Practice of College 1st-Grade Introductory Programming Class (Part 2)	Yasushi KUNO	6- 541
Is ANKO a Kind of Jam?	Satoru KAWAI	7- 659
Report of Junior High School and High School Student Poster Session - An Overview of Planning -	Yasuichi NAKAYAMA	7- 660
Report of Junior High School and High School Student Poster Session - Meaning and Effect -	Toshiharu KANO	7- 663
Report of Junior High School and High School Student Poster Session - Report of the Day -	Ben Tsutom WADA and Yoshiaki NAKANO	7- 665
Expectation to the Training for the New Subject of High School "Information I"	Susumu KANEMUNE	8- 765
Report of Junior High School and High School Student Poster Session - Awarded Theme Research -	Yutaka OHYAMA	8- 766
Programming Education which will be Made Compulsory at Elementary, Secondary and High School	Hiroki MANABE	8- 770
Explainable Artificial Intelligence : Can You Explain How Your Intelligence Works?	Shin'ichi SATOH	9- 885
Global PBL - Human Resource Development for Innovation and Sustainable Development -	Masahiro INOUE	9- 886
Can Computational Thinking Change University Entrance Examinations ?	Kenichi HAGIHARA	9- 890

Keep the Novice Mind, Anytime	Yuki AMANO	10- 1007
Programming in Collaborative Learning	Sayaka TOHYAMA	10- 1008
What will We Do? Future General Informatics Education at Universities	Lumi TATSUTA	10- 1013
Mathematical and Data Science Education	Hitoshi INOUE	11- 1115
Elementary School Programming Education Material Developed by High School Students	Katsuhiko KURAHASHI	11- 1116
Thinking about Information from the Point between Science and Engineering	Atsuhiko TANAKA	12- 1237
Designing Social Knowledge in Programming Classes for Novice Learners	Toshinori SAITO	12- 1238
Issues on Infomatics Education at High Schools and Universities	Leo NAGAMATSU	12- 1243

■ Series

"Skimming a Famous Paper in Five Minutes"

..... 1- 72, 2- 170, 3- 276, 4- 352, 5- 444, 6- 554, 7- 680, 8- 780, 9- 910, 10- 1040, 11- 1130, 12- 1250

"IT Travelog Manga"

..... 9- 916, 10- 1046, 12- 1254

"Gathering to Share Original Programming Projects for Junior"

..... 2- 159, 3- 275, 4- 360, 5- 451, 6- 483, 7- 635, 8- 782, 9- 884, 10- 1043, 11- 1109, 12- 1173

"Shopping Boast"

..... 8- 784, 9- 867, 10- 1029, 11- 1127

"Pilgrimage to Vintage Computers / Trail Blazers' Recollections of 0's and 1's"

2018 Nomination of the Information Processing Technology Heritages

Hiroharu ASAHI 7- 656

Oral History : Interview with Iwao TODA

..... Tsuneo URAKI, Hiroshi HATTA, Masahiro MAEJIMA, Toshio MATSUNAGA and Akihiko YAMADA 11- 1138

"Let's Learn Informatics"

Foreword

Yasushi KUNO 2- 160

Why "Information Studies" ? - For Problem Solving

Tsutomu OHARA 2- 161

Example of Gradual Programming Guidance Using Scratch

Yoshitaka TANIKAWA 3- 270

Let's Start a Modeling and Simulation Class !

Yu KASUGAI 4- 354

Teaching Example of "Digitization of Information"

Yoshihiro SATO 5- 446

Learning to Develop the Ability to Read and Understand Information

- Teaching Method of Statistical Graph in Elementary School Class -

Takehiro NAKAMURA 6- 546

Junior High School Mathematics for Information Studies

Kazuyuki KATO 7- 670

Think and Express for Yourself and Then Act

Junichiro KOBAYASHI 8- 774

Learning of Statistics for Problem-Solving in a High School

Yuri ABE 9- 900

Programming Education in Junior High School - Network Programming and Measurement Control -

..... Hirofumi NISHIGAYA 10- 1022

Vizualization of a Process of Thinking in the Learning by the Efficient Use of a Tablet PC - Engaging in the Project to

Construct ICT Education in Kyoto in Cooperation with Enterprises, Government and Schools -

Yasuo KUBO 11- 1120

Programming Lessons for Understanding of Mechanism

Hiroki MANABE 12- 1230

"Questions for Experts"

..... 1- 76, 3- 280, 4- 362, 5- 454, 6- 558, 8- 786, 9- 914, 10- 1044

"Biblio Talk"

..... 1- 70, 2- 168, 3- 268, 4- 350, 5- 442, 6- 552, 7- 676, 8- 778, 9- 908, 10- 1038, 11- 1128, 12- 1248

"Regular Column"

..... 1- 82, 2- 167, 3- 286, 4- 361, 5- 452, 6- 557, 7- 669, 8- 783, 9- 907, 10- 1036, 11- 1132

"How to Pass the Paper Review"

Foreword

Rin-ichiro TANIGUCHI 9- 894

What is a Paper

Yasuichi NAKAYAMA 9- 895

About the Journals Published by IPSJ

Yasuichi NAKAYAMA 9- 897

A Protocol for Writing a Journal Paper

Masaki SHIMAOKA 10- 1016

After Receiving the Notification of Acceptance or Rejection

- What to Do for Results of Peer Reviews -

Hiroyasu MATSUSHIMA 11- 1110

How to Write a Reply Letter

Yuuki TANAKA 12- 1220

■ Conference Report

..... 1- 80, 2- 178, 2- 179, 3- 282, 5- 458, 5- 460, 5- 462, 6- 560, 8- 790, 8- 792, 9- 918, 9- 920, 10- 1048, 11- 1134, 12- 1256

■ IPSJ Activity Report	3- 254, 10- 1030
■ IT Manga	1- 75, 2- 180, 3- 253, 4- 369, 5- 456, 6- 525, 7- 675, 8- 789
■ Hot Times	6- 562, 6- 563



書評（ビブリオ・トーク）・会議レポート募集のお知らせ

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

1. **募集対象** 次の2種類の記事について、原稿を募集します。書評に関しては、「ビブリオ・トーク—書評—」、「ビブリオ・トーク—私のオススメ—」の2つのカテゴリを設けます。
- a-1) ビブリオ・トーク—書評—：過去2年間に出版された、本会会員にとって有益な図書についての紹介もしくは批評。
 - a-2) ビブリオ・トーク—私のオススメ—：お気に入りの本の紹介。
 - b) 会議レポート：情報処理に関する国際規模の会議・大会の報告など、時事性が高く、本会会員に広く知らせる価値のある話題。

2. 応募資格

原則として本会会員に限ります。

3. 応募の手続き

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



4. 原稿の取扱い

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

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

IT研究者のひらめき本棚 ビブリオ・トーク：私のオススメ

2017年9月発売 定価 1,980円(本体1,800円+税)

編：情報処理学会 会誌編集委員会

判型 A5変 152頁 ISBN 978-4-7649-0548-1 C3004

月刊『情報処理』の人気連載をまとめた本がついに登場！



情報処理学会誌『情報処理』で好評連載中の「ビブリオ・トーク -私のオススメ-」がついに一冊の書籍に！

この連載でIT研究者の方々が紹介した、デマルコやカーニハン、ヘネシー&パターンソン、更にはアシモフやホーガン、伊藤和典、というバラエティに富んだラインナップを40本収録。

序文は、第一回担当である人工知能研究者・中島秀之。

さらに帯に、メディアアーティスト・落合陽一の推薦文をいただき、IT研究者を目指す学生にもオススメの一冊！

■紹介書籍(一部)

- | | | |
|--|---------------------------------|--|
| ◇ ハッカーと画家 | ◇ 機動警察パトレイバー風速40メートル | ◇ ぼくの命は言葉とともにある(9歳で失明18歳で聴力も失ったぼくが東大教授となり、考えてきたこと) |
| ◇ プログラム書法(第2版) | ◇ ピープルウェア 第3版 | ◇ 部分と全体 私の生涯の偉大な出会いと対話 |
| ◇ Computer Networks 5th Edition | ◇ Computer Lib /Dream Machines | ◇ 夜明けのロボット(上)(下) |
| ◇ デジタル作法 | ◇ 未来の二つの顔 | ◇ ポスト・ヒューマン誕生 |
| ◇ 珠玉のプログラミング | ◇ 生体用センサと計測装置(ME教科書シリーズ) | ◇ 理科系の作文技術 |
| ◇ Computer Architecture, 5th Edition A Quantitative Approach | ◇ Cooking for Geeks—料理の科学と実践レシピ | ◇ 現代倫理学入門 |
| ◇ Operating Systems Design and Implementation (3rd Edition) | ◇ ハッカーのたのしみ | を含む40銘柄を紹介。 |

※ご注文は、お近くの書店様へ

□ お問合せ先

〒162-0843 東京都新宿区市谷田町2-7-15

株式会社近代科学社 営業部 TEL 03-3260-6161 / FAX 03-3260-6059

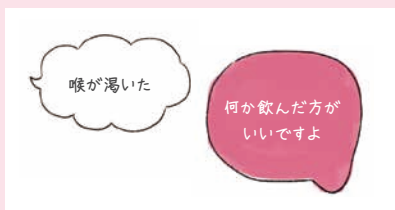
sales-corporate@kindaikagaku.co.jp <http://www.kindaikagaku.co.jp>

語るAI、かたらい



NTTドコモの対話AI技術を活用してキャラクターが簡単に会話できるようになります！

サービス紹介



どんな話題にも応答
(シナリオ数 4000 万相当)



カスタマイズ可能



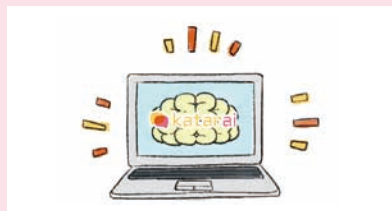
高品質な会話



すぐにつかえる
(シナリオ作成不要)



圧倒的な低価格



おぼえて成長

- かたらいに接続するだけで、すぐに会話できるロボットが作れます！[※]
- ご要望にお応えして!アカデミックプラン準備できました!

※音声認識・音声合成は別途準備する必要があります

導入事例



株式会社講談社

コミュニケーションロボット ATOM
顔を覚え、あなたの興味を理解し、自分から積極的に話しかけてくる ATOM。高いコミュニケーション能力と豊富なコンテンツで、いっしょに家族の一員になっています。

©TEZUKA PRO / KODANSHA



日本テレビ放送網株式会社

アンドロイドアナウンサー「アオイエリカ」
番組出演やイベント、WEB 企画を通して新しいコミュニケーションメディアとして活躍中です。対面での会話のほか、ツイッターでのやりとりも楽しめます。
※会話の一部で「かたらい」を利用しています

お問合せはこちらから

✉ katarai.support@ipi.co.jp

詳しくは公式サイトを検索

かたらい



<https://www.katar.ai/>



〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台一十五
編集人 稲見昌彦
発行所 東京都千代田区神田駿河台一十五
発行人 木下泰三

電話 東京 (03) 3518-1837
振替口座 〇〇一五〇一四一八三四八四

印刷所 東京都荒川区西日暮里五一九一八
三美印刷株式会社

会員外発売所 東京都千代田区神田錦町三一一
株式会社 オーム社

定価 (本体 1,600 円 + 税)

本誌広告一手取扱い アドコム・メディア株式会社
〒169-0073 東京都新宿区百人町 2-21-27 TEL.03-3367-0571 FAX.03-3368-1519

雑誌 05269-12



4910052691292
01600