

B J

組込みシステム技術協会機関誌

vol. 81

Bulletin JASSA

2022
Apr.

技術特集

①

リアルタイム組込みシステムにおける
群制御及びデジタルツイン機能を活用した実証実験

技術特集

②

知っておきたい **HOT** キーワード

量子コンピューター/半導体の民主化/Wi-Fi HaLow/ブレインマシンインタフェース

会社訪問

株式会社ラデックス



4つの事業領域を軸にノウハウを備えた技術力で社会に貢献中
多様化する技術ニーズに応える人材開発に取組み飛躍を目指す

イベント



[参加チーム・スポンサー募集]

デジタル人材イノベーションチャレンジ2022
ETロボコン2022

委員会
活動

[交流推進本部 人材交流委員会]

実践リーダー研修 2022年度 受講者募集

etc.

横田英史の書籍紹介コーナー

クミコ・ミライ ハンダフルワールド(第19話)

イベントカレンダー/広報委員会からのお知らせ/新入会員紹介



一般社団法人

組込みシステム技術協会
Japan Embedded Systems Technology Association

協会の“今”をダイナミックに紹介中

協会活動の4本柱（ビジネスマッチング、経営支援、技術研鑽、人材育成）をトップページで前面に押し出し、協会の“今”をダイナミックにお伝えしています。もちろんスマホにも対応しています。

ご意見・ご要望のほか、「こんなセミナーやイベントを開いた」「製品やサービスがメディアに取り上げられた」などの情報があれば、ぜひ事務局にご連絡をお願いします。



Contents

Bulletin JASA Apr. 2022

Vol.81

- 1 … [技術特集①]
リアルタイム組込みシステムにおける
群制御及びデジタルツイン機能を活用した実証実験
令和3年度「産業技術実用化開発事業費補助金（次世代ソフトウェアプラットフォーム実証事業）」
- 4 … [技術特集②]
知っておきたいHOTキーワード
4 … 「未完の大器」量子コンピューター 特定用途を皮切りに飛躍へ
8 … 進む、半導体開発の民主化
12 … IoT向け無線LAN Wi-Fi HaLowが登場へ
15 … 脳と機械を直結するBMI技術 超人的な能力目指し進化
- 18 … [会社訪問] 株式会社ラデックス
4つの事業領域を軸にノウハウを備えた技術力で社会に貢献中
多様化する技術ニーズに応える人材開発に取り組み飛躍を目指す
- 20 … [参加チーム・スポンサー募集]
デジタル人材イノベーションチャレンジ2022/ETロボコン2022
- 22 … [交流推進本部 人材交流委員会]
実践リーダー研修 2022年度 受講者募集
- 24 … 横田英史の書籍紹介コーナー
- 25 … クミコ・ミライ ハンダフルワールド(第19話)
- 26 … 会員企業一覧
- 28 … Information イベントカレンダー / 広報委員会からのお知らせ / 新入会員紹介
編集後記

リアルタイム組込みシステムにおける 群制御及びデジタルツイン機能を活用した実証実験

令和3年度「産業技術実用化開発事業費補助金(次世代ソフトウェアプラットフォーム実証事業)」

1 総 括

株式会社アックス (一社)組込みシステム技術協会

当協会と会員企業6社は、群制御機能およびデジタルツイン機能を実装したリアルタイム組込みシステムを構築し、各種の実証実験によって有効性を検証した。本稿では概要を紹介する。

プロジェクトの全体構成と、当協会と会員企業の役割分担を図1-1に示す。各社は、プラットフォームおよびエッジクラウド、映像音声技術、OpenELの拡張、デジタルツイン、遠隔制御技術の開発などをそれぞれ担った。プロジェクトの期間は2021年7月から2022年2月。プロジェクトを通して、会員企業から6件の特許と1件の意匠が出願された。

分散クラウドのリアルタイム性と管理効率を高める

現在、IoTデバイスなどユーザー端末からは大量のデータがインターネットを介してクラウドに送られている。IoTシステムに対するユーザーニーズの多様化や、センサーの性能や機能の向上、IoTデバイス(センサー)数そのものの増大などによ

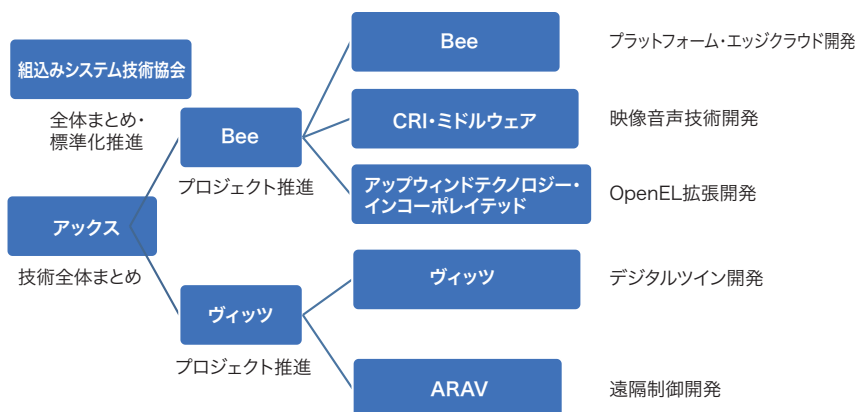


図1-1 プロジェクトの構成と体制図

て、こうしたデータは日増しに増えている。この傾向は今後も続くと考えられる。

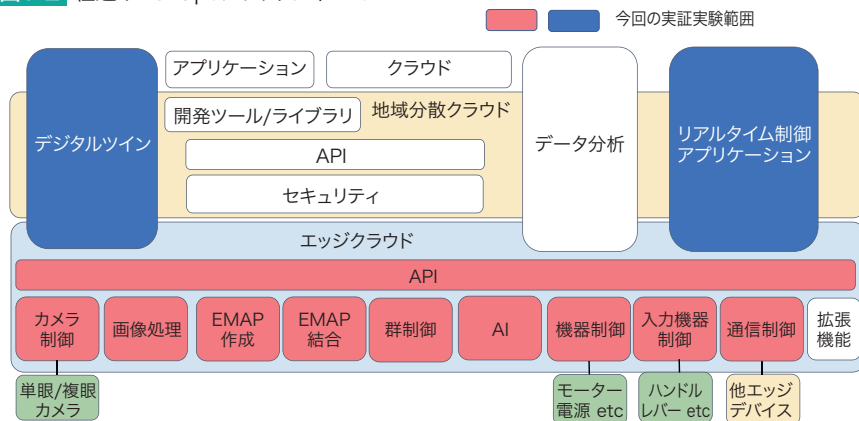
ここで問題になるのが、データ量の増加に伴う負荷の増大、クラウドとのデータ送受信に伴う通信遅延、クラウドでのデータ処理に伴う遅延、端末(センサー)数の増大に伴う管理効率の低下である。こうした課題に対応するのが「分散クラウド」である。クラウドをエッジクラウド、地域分散クラウド、クラウドの3層構造にして分散配置することで、IoT端末からクラウドに至るまでの経路におけるボトルネックを解消し、リア

ルタイム性のある処理を可能にする。

本プロジェクトは、大きく2つのプロジェクトから成る(図1-2)。一つは、分散クラウド環境上にAIを活用した群管理プラットフォームを構築する実証実験プロジェクトである(図1-2の赤色部)。エッジクラウド上で、大量のIoTセンサーやロボットなどを群として制御する。もう一つは、現実世界の状況を仮想空間上にリアルタイムに再現する組込みシステムの実証事業プロジェクトである(図1-2の青色部)。デジタルツイン環境を構築し、現実世界をシミュレーションすることでエッジクラウドにおけるデータ量を減らす。

こうした2つのシステムを「組込みDevOpsプラットフォーム化」することで、より大規模なリアルタイム組込みシステムを容易に実現することが可能になる。「ドローンの群管理制御による写真、地図作成ソリューション」「デジタルツイン活用のスマート工場の生産性向上ソリューション」「5Gを活用した重機器、農機具の遠隔操作ソリューション」といったビジネスへの展開を想定する。

図1-2 組込みDevOpsプラットフォーム



分散クラウドにおける、AIを活用した 群管理エッジプラットフォームの研究実証実験

株式会社Bee 株式会社CRI・ミドルウェア アップウィンドテクノロジー・インコーポレイテッド

複数のIoT端末を群管理することでエッジクラウドを実現する技術を開発し、その有効性について実証実験を行った。群管理は、IoT端末のピアツーピア制御とリアルタイムの同報配信の実装によって実現した。組み込みDevOpsプラットフォーム(図1-2)では赤色の部分に該当する。以下、概要を報告する。

複数IoT端末を群制御し、 エリア地図を動的作成

実証実験にあたって、単眼カメラを搭載したIoT端末を群管理することで、エリア地図(以下EMAP)を動的に生成するEMAPプラットフォームを開発した。EMAPプラットフォームの特徴は、事前に正確な地図を用意することなく、地形の変化にリアルタイムで対応可能な点や、GPSやインターネットにアクセスができない状況でも地図を生成できる点である。

EMAPプラットフォームは複数のIoT端末を群管理することでエッジクラウドを形成する。エッジクラウドは親となる「親端末」と親端末につながる「子端末」から成る。親端末と子端末がやりとりをして正確なEMAPを動的に生成する(図2-1)。

まず子端末はカメラ映像に対して解像度の変更や歪み補正を行うとともに、自己位置推定と地図作成を同時に実行するオープンソースのSLAM「OpenVSLAM」を用いてEMAPを生成する。子端末は生成したEMAPを親端末に送信する。親端末は受け取ったEMAPを補完・結合してできた新たなEMAPを子端末に送り返す。子端末は受け取ったデータで自らの持つ

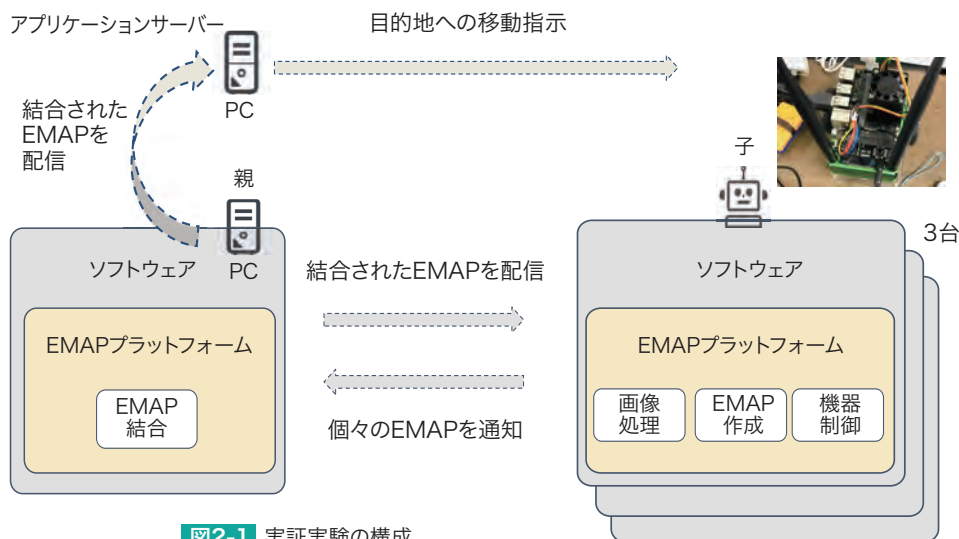


図2-1 実証実験の構成

EMAPを更新する。

こうすることで、地域分散クラウドやクラウドを介することなく、エッジクラウドだけでEMAPの更新を低遅延で行うことが可能になる。なおクラウド上のアプリケーションサーバーは、エッジクラウドからEMAPを受け取り未探索地域に移動するように子端末に指示を出す。こうして漏れのないEMAPを作成できる。

実証実験には、子端末にJetson Nanoを使ったAI自律走行車「JetBot」、親端末とアプリケーションサーバーにパソコン、カメラにソニーのIMX219-160を用いた。Wi-Fiを介した端末間の通信はROS2のPub/Sub方式で行った。JetBotのモーター制御とバッテリー電圧のモニター機能を実装するために、OpenELを拡張した。カメラ画像の解像度は、処理負荷の大きさと認識精度を考え512×288画素に設定した。この場合、RAWデータで432Kバイト、JPEGデータで46Kバイト、EMAPで18Kバイトとなり、通信データの低減を確認できた。

エッジクラウドをオンデマンドで形成

群制御として、結合EMAPの未探索エリアに子デバイスを向かわせるアプリケーションを開発した。未探索のセルに隣接する探索済みセルをフロンティアエッジセル(X)と呼ぶ。未探索エリア抽出アルゴリズム「Frontier-Based Exploration」によってXのリストが抽出される。エッジデバイスの自己位置から近い順にソートを行い、リストの先頭へ移動を指示する。デバイスの周囲24セルは他のデバイスが近づかないように指示を出すことで、衝突や同じセルへ移動することを防ぐ。

実証実験の結果、AIなどを使った画像認識、単眼カメラによる自己位置推定と地図作成、複数のエッジデバイスで特徴点を抽出した情報からEMAPを作成できることを確認した。

今後の課題としては、以下が残った。EMAP作成では複眼・深度カメラを使ったSLAMの実行である。SLAMの再検討も必要と考える。EMAP結合では角度の補正アルゴリズムの検討と実装、エッジ端末による結合の実行などである。

参考文献 1) 未探索エリア抽出アルゴリズム「Frontier-Based Exploration」、
<http://web.archive.org/web/20200218053936/http://robotfrontier.com/frontier/detect.html>

現実世界の状況をリアルタイムに 仮想空間に再現する実証実験

株式会社ヴィッツ ARAV株式会社

工場や建設現場といった現実世界の状況を仮想空間にリアルタイムで再現するデジタルツイン技術の実証実験をエッジクラウド環境で行い、有効性を確認した。サイバー空間で現場をリアルタイムで見える化し、危険予測による安心・安全の担保や現場作業の効率化を支援する。今回の実証実験は、図1-2の組み込みDevOpsプラットフォームにおける青色の部分に該当する。実証実験によって、デジタルツインのシミュレータ上で、①事前の作業計画、②実稼働とシミュレータの差分からの危険予測、③稼働時の近未来の予測による緊急停止などの効果を確認することができた。

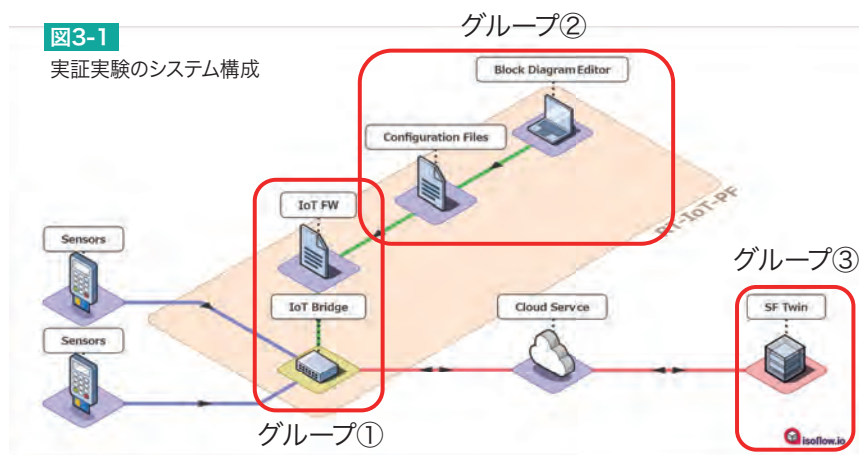
建機を使って実証実験

実証実験に用いたシステム構成を図3-1に示す。①～③のグループに分けてデジタルツインプラットフォーム「RT-IoT-PF」を開発し、実証実験を行った。開発にあたっては、100ms以内の応答速度をもつエッジクラウド、優先度付き帯域制御で100Mbpsの性能をもつIoTブリッジの実現を目標に置いた。また機能要件として、4Kカメラの4台同時接続(排他)、3D LiDARの2台同時接続(排他)、4Kカメラ2台と3D LiDAR1台の同時接続(排他)を想定した。

グループ①がカバーするのは、エッジクラ

図3-1

実証実験のシステム構成



ウドを構成するハードウェア(図3-1のIoT Bridge)とソフトウェア(同IoT FW)である。ハードウェアにはサーバーAIR-300(Advantech製)とRaspberry Pi4を使った。センサーからのデータをエッジクラウドで処理するとともに、クラウドとセンサーデータを送受信するためのブリッジの機能を果たす。IoT FWはブリッジ機能を実現するソフトウェアで、優先度付きの動的配信機能を備える。カメラを使った物体検知と位置情報取得にはYOLOv5を用いた。併せてStereolabs製のステレオカメラZEDとROS2 Wrapperを組み合わせた検証も行ったが、結果に大きな差異はなく問題は生じなかった。

グループ②が担うのはユーザーインタフェースに関係した部分である。グループ①で開発したIoT FWを動作させるための設定ファイル「Configuration Files」を生成するGUIツール「Block Diagram Editor(BDE)」を開発した。マウスによるアイコン操作と数カ所の数値入力で、データの入出力、処理内容、センサーの個数と種類、センサーとIoT Bridgeの接続関係などを定義できる。将来的には標準ライブラリの装備とともに、ユーザー自身がライブラ

ある。ユーザーにライブラリ作成を開放するのは、多くのユーザーを巻き込むことで応用範囲を広げるためである。

グループ③は仮想空間に工場や工事現場の環境を再構成する技術を開発した。エッジクラウドからのセンサーデータや可動体データからデジタルツインを実現する。SF Twinと呼ぶソフトウェアと組み合わせ、現場の安全性の向上や効率化を支援する。例えば協働ロボットの遠隔操作を実現するデジタルツインでは、クラウドにDell製のPowerEdge R340、エッジクラウドにRT-IoT-PF(AIR-300)の構成で、最大4台の協働ロボット(JAKA Zu7)を同時接続し遠隔制御できることを確認した。PowerEdge R340には最大6つのエッジクラウドを同時接続可能である。

図3-2にデジタルツインを用いて建機を遠隔操作する実証実験を示す。建機から周辺を撮影したデータはエッジクラウドで処理され、建機周辺の環境データを軽量化する。デジタルツインのシミュレーション結果と周辺環境データを組み合わせてディスプレイに表示し、建機の遠隔操作を行う。



図3-2 デジタルツインで建機を遠隔操作

知っておきたいHOTキーワード

- ✓ 量子コンピューター
- ✓ 半導体の民主化
- ✓ Wi-Fi HaLow
- ✓ ブ레인マシンインタフェース

「未完の大器」量子コンピューター 特定用途を皮切りに飛躍へ

技術ジャーナリスト
今井 拓司

2022年3月8日。岸田文雄首相肝煎りの「新しい資本主義実現会議」の第3回会合が開かれた。議題は科学技術分野の成長戦略。その重点分野の1つとして打ち出されたのが、量子コンピューターの研究開発である。日本単独の開発ではなく、欧米企業との連携を視野に入れるという¹⁾。

政府はこれまでも量子コンピューターに注目した政策をいくつも実施してきた。2020年1月に「量子イノベーション戦略」を策定し、国内の研究機関の連携体制を構築。2021年2月には「ムーンショット型研究開発制度」の一環として、「誤り耐性型汎

用量子コンピューター」の開発プロジェクトを立ち上げた。

それにも関わらずさらなる強化を目指す背景には、他国と比べて出遅れたとされる現状がある。欧米や中国では、2010年代後半に国家の戦略研究プロジェクトが始まり、米Googleや米IBM、中国AlibabaといったIT大手からスタートアップまで、いくつもの企業が開発を進めてきた(図1)。後を追う日本は、八方手を尽くして巻き返しを図る考えだ。

各国が躍起になるのは、量子コンピューターが将来巨大な産業に育つ可能性があ

るためだ。量子コンピューターは、特定の用途において既存のコンピュータでは実現できない桁違いの性能を期待できる。量子コンピューターを巡る各国の鏖迫り合いは、いわば次世代のコンピューター産業の

図1 IBMの量子コンピューター

米IBMが開発した量子コンピュータ「IBM Quantum System One」は、2021年7月に日本でも稼働を始めた。
(出所：東京大学とIBMのプレスリリース)
<https://jp.newsroom.ibm.com/2021-07-27-Launched-Japan-first-gate-type-commercial-quantum-computer>



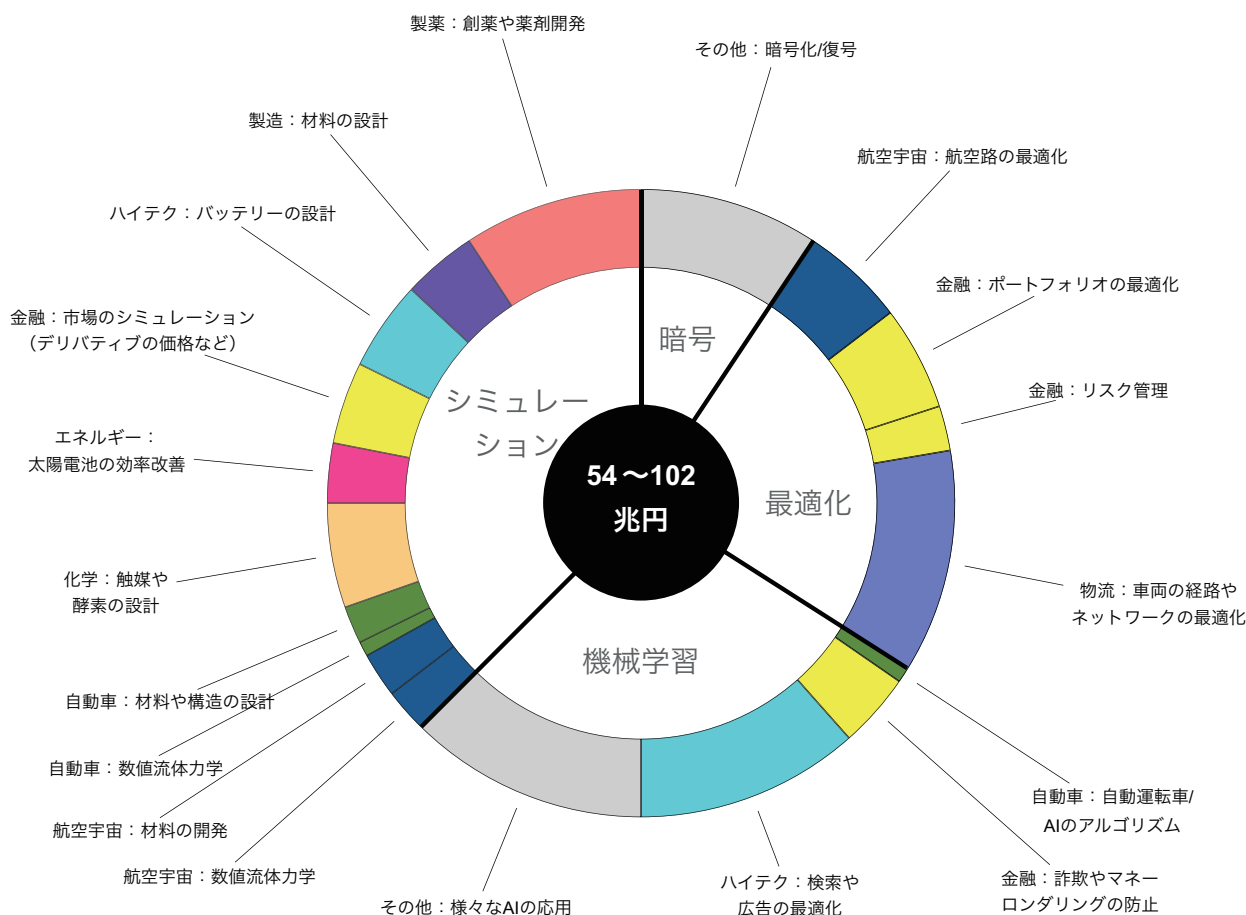


図2 2040年以降の用途別の市場規模

(出所: 米Boston Consulting Groupの2021年7月の予測 (各用途の平均値) を基に1ドル=120円として作成)

主導権争いなのである。

ただし現時点の量子コンピューターは、従来型でいえば最初期のコンピューターの1つ「ENIAC」の登場よりも前の段階にある。物理的な演算素子やアーキテクチャーの候補が乱立し、標準が固まる気配はない。用途がどこまで広がるかも今後の開発次第だ。本格的な実用化の時期は、2030年以降にずれ込む可能性がある。それでも研究は急ピッチで進んでおり、その成果は未来のコンピューター産業を大きく左右するため、今後の動向を注視すべき技術であることは間違いない。

より強力な万能計算機

量子コンピューターが注目を集めるようになったのは、ムーアの法則の失速が顕著になった2010年代に入ってからである。2014年にGoogle社が量子コン

ピューターを自社開発する方針を表明し、2016年にはIBM社が小規模の試作機をクラウド上で利用できるサービスを開始した。いずれも既存のコンピューターの性能が頭打ちになる前に、後継技術を育成する格好だ。

量子コンピューターのアイデア自体は物理学者のRichard Feynmanが1981年に提唱したとされる。1985年には英Oxford Universityの物理学者David Deutcheが、古典力学に基づくチューリングマシン、すなわち既存のコンピューターよりも強力な万能計算機を、量子力学の原理を利用することで構築できると主張し、量子コンピューターの理論の基礎を築いた。

従来のコンピューターと同様に、量子コンピューターもビットで表現された数値を各種の論理ゲートで処理することで、様々な計算を実行する。両者の大きな違いはビットの

表現にある。既存のコンピューターのビットが「0」か「1」かのどちらかであるのに対して、量子コンピューターでは「0」と「1」を同時に表せる「量子ビット」を利用する。量子ビットこそ、計算を高速化する肝の技術といえる。

量子ビットの実現に利用されるのが量子力学の原理である。量子(原子や電子、光子などの微細な粒子)の様々な性質は、測定されて確定するまでは、複数の結果が確率的に重ね合わされた状態にあると考えられている。

例えば電子のスピン(自転)は上向きか下向きかの2通りの結果があり、測定する前の電子では確率a%で上向き、確率b%で下向きの重ね合わせ状態にある^{注1)}。測定すると向きが確定し、100回測定すればa回が上向き、b回が下向きという結果になる。ここで、上向きのスピンを0、下向きのスピンを1と考えると、観測前の電子を使って

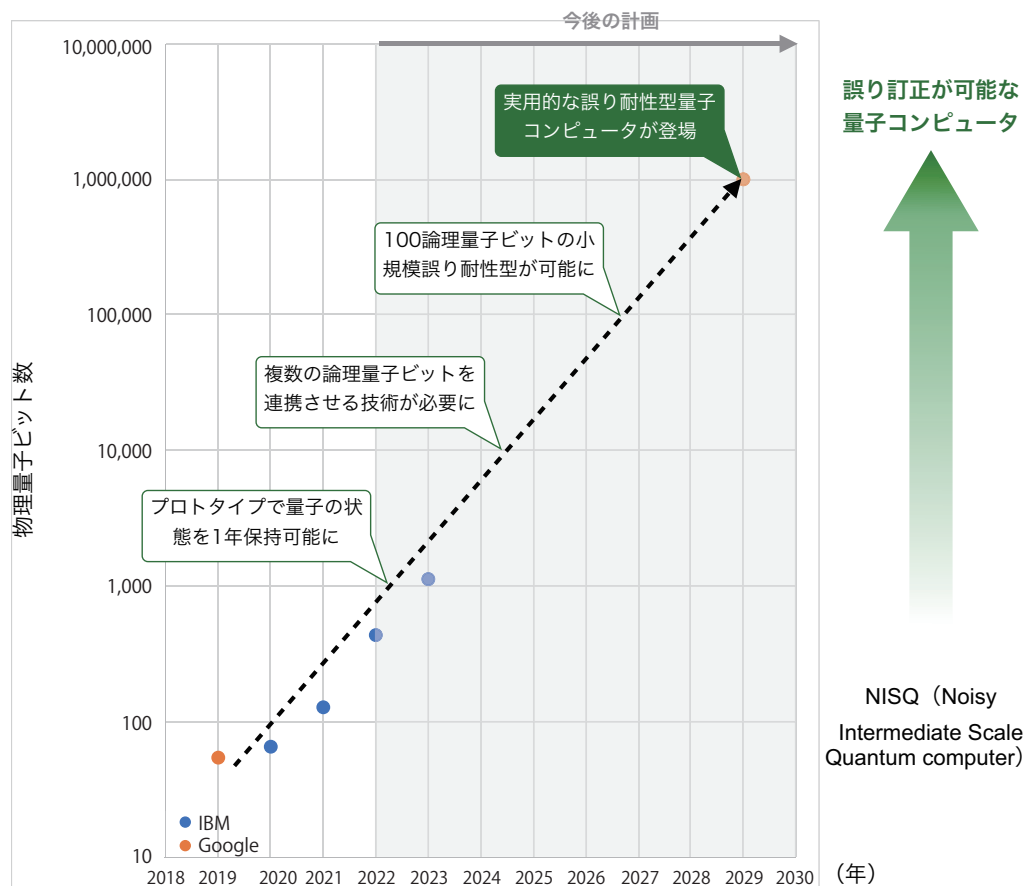


図3 量子コンピューターの開発ロードマップの例
(出所：米IBMと米Googleの発表を基に作成)

0と1の値を同時に取る量子ビットを実現できるわけだ。なお、量子ビットに利用する物理現象には電子のスピン以外にも、複数の選択肢がある(後述)。

量子ビットで超並列計算

量子コンピューターが高速なのは、量子ビットを使うことで、多数の計算を一挙にこなせるためだ。n個の量子ビットは同時に 2^n 個の数字を表すことができるので、それに対する論理ゲートの操作は 2^n 並列で実行されることになる。n=10では1024、50では1000兆を上回り、100になると 10^{30} という途方もない並列計算になる。

問題は、この並列計算から取り出せる結果は1つしかないことだ。測定によって重ね合わせ状態が崩れ、1つの結果に確定するためである。例えば量子ビットが100個あり、各量子ビットの0と1の確率が等しい場

合、正解が1つだとすると、計算結果が正解になる確率は約 $1/10^{30}$ 、すなわちほぼゼロになってしまう。

この難点を解決するのが量子コンピューターのアルゴリズムである^(注2)。超並列計算という特徴を利用しながら、高い確率で正解が求まるアルゴリズムが、いくつかの用途で知られている。例えば「Groverのアルゴリズム」は、n個の量子ビットで表された 2^n 個の候補の中から、指定した条件を満たす正解を効率よく探し出せる。

有名な「Shorのアルゴリズム」を使うと、インターネットで標準的に利用される「RSA暗号」を高速に解くことができる。2048ビットの鍵を使ったRSA暗号を既存のスパコンで解読するには1億年以上必要といわれるのに対し、Google社らの試算によると2000万量子ビットの量子コンピューターがあれば8時間で解けてしまう⁽²⁾。

ただし量子コンピューター用のアルゴリズムは現状では少ない。アルゴリズムを集めたWebサイト(<https://quantumalgorithmzoo.org>)に登録された数は60ほどと、まだ限定的である。それでも、応用可能な産業分野は多岐にわたると考えられている。米Boston Consulting Groupは、量子コンピューターの用途を「暗号」「最適化」「機械学習」「シミュレーション」の4つに大別し、それぞれが多くの業界に恩恵をもたらすと指摘した。同社の2021年7月の予測によれば、本格的な普及期である2040年以降の全世界の市場規模(利用者が年間で獲得できる価値の合計)は、4,500億～8,500億ドル(1ドル=120円換算で約54兆～102兆円)に達するという(図2)⁽³⁾。

ハード開発に10年単位の時間

問題は、これらのアルゴリズムを実行す

表1 量子コンピューターのハードウェアの代表的な方式

(出所：筆者が作成)

方式	超伝導	イオントラップ	光	半導体
開発企業や研究機関の例	米Google、米IBM、 中国Alibaba、NEC ^{*1}	米IonQ、米英Quantinuum、 沖縄科学技術大学院大学 ^{*1}	カナダXanadu、 東京大学 ^{*1}	米Intel、日立製作所 ^{*1}
量子ビットに利用する物理現象	超伝導回路の状態（電荷など）	真空中にトラップされたイオンの状態（エネルギー）	光子の状態（偏光など）	量子ドット中の電子の状態（スピンなど）
量子ビットのゲート操作の手段	マイクロ波	レーザー	光学素子	マイクロ波
現状での長所と短所	○多くの企業や研究機関が開発中 ○誤り率が低い ○ゲート操作が高速で確実 △コヒーレンス時間^{*2}が短い △動作に絶対0度に近い温度が必要	○コヒーレンス時間が長い ○誤り率が低い ○ゲート操作の確実性が非常に高い △大規模化が困難 △真空が必要 △ゲート操作が低速	○コヒーレンス時間が長い ○室温で動作可能 △一部のゲート操作が不確実 △誤り率が高い	○既存の半導体技術を応用できる ○高速なゲート操作を期待できる △動作に絶対0度に近い温度が必要 △誤り率が高い

^{*1} 科学技術振興機構（JST）の「ムーンショット型研究開発事業」の目標6「2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性汎用量子コンピュータを実現」の一環で開発

^{*2} 重ね合わせ状態を保てる時間

るに足るハードウェアがまだないことだ。利用できる量子ビットの数が圧倒的に不足している。開発の先頭を走るIBM社が2021年11月に発表した最新試作機の量子ビット数は127。先述のGoogle社の試算に登場する2000万と比べると何桁も少ない。

ハードウェアの開発を進める各社は量子ビットの数を急速に増やすロードマップを描いている(図3)。IBM社は、2022年に433、2023年には1121量子ビットを実現すると表明。さらに野心的な目標を掲げるGoogle社は、2029年にも100万量子ビットを達成するという。

実はそれでも十分とはいえない。以上の量子ビットの数字は、物理的に実現される量子ビットの数を指している。物理的な量子ビットでは、雑音などによって処理の途中で重ね合わせ状態が壊れる懸念があるため、実用上は誤り訂正を施す必要がある。誤り訂正後の量子ビットは論理ビットと呼ばれる。

実はここに大きなギャップがある。誤り訂

正の方式にもよるが、1つの論理ビットを実現するためには、1000もの物理ビットが必要とされるのだ。Google社の目標である100万量子ビットは物理ビットの数であるため、論理ビットに換算すると、たかだか1000に過ぎないわけである。この程度でも実用に堪える用途はあるとされるが、先述の暗号解読を含め、広範な応用で使うためにはさらに桁違いの量子ビット数が必要になる。

もっとも、誤り訂正能力のない量子コンピューター(NISQ: Noisy Intermediate Scale Quantum computer)に使い道がないわけではない。関係各社はNISQ向けのアルゴリズムの開発も進め、先行して市場を開拓する心づもりである。その間に誤り訂正可能な量子コンピューターに向けたハードウェアやアルゴリズムを整備し、本格的な普及に備える方針だ。

ハードの本命が不明

量子コンピューターのもう1つの大きな課題は、量子ビットを実現する物理系が乱

立し、どれが標準になるのかわからないことである。Google社やIBM社が取り組む超伝導方式をはじめ、イオントラップ、光、半導体など各種の方式が研究されている。いずれも一長一短があり、本命は決め難い(表1)。日本のムーンショット型研究開発では、別々の研究機関でこれら全てを網羅しているほどだ。

これが、現状の量子コンピューターがENIAC以前といえるゆえんである。既存のコンピュータは、その後のトランジスタや集積回路の発明で小型化が進み、ムーアの法則の波に乗って一挙に進化した。小型化や性能向上は応用範囲を押し広げ、ENIACの当初の狙いだった弾道計算から、パソコンやスマホ、スマートウォッチの各種のアプリにまで発展した。

量子コンピューターの将来は、同様な役割を果たす技術が登場するかどうかで大きく変わる。世界的な競争で過熱する研究開発の最前線からは当分目が離せない。

参考文献

1) 「AI、量子技術で国家戦略 首相「実行計画に明記」、日本経済新聞電子版、2022年3月8日付。

2) G. Gidney et al., "How to factor 2048 bit RSA integers in 8 hours using 20 million noisy qubits," <https://arxiv.org/abs/1905.09749>

3) J-F. Bobier et al., "What Happens When 'If' Turns to 'When' in Quantum Computing?," <https://www.bcg.com/publications/2021/building-quantum-advantage>

注1) 実際には確率ではなく確率振幅による重ね合わせ。確率振幅は複素数で、2乗すると確率になる。「0」状態と「1」状態の確率振幅の組み合わせは、量子ビットを扱う論理ゲートの操作で任意の値に設定できる。

注2) 現在の量子コンピューターのアルゴリズム(プログラムにも相当)は、量子ビットを操作する各種の論理ゲートを組み合わせた回路図の形で記述される。

進む、半導体開発の民主化 ～カスタムエッジAIチップが身近に～

(株)HACARUS エッジ・エバンジェリスト
田胡 治之

「ロジック集積回路開発は半導体メーカーが行うもの」という長年の常識が変化しつつある。1990年代初頭、ファブレス（半導体設計専門企業）とシリコンファウンドリー（半導体製造専門企業）の分離が起きて以来水平分業が進み、開発各段階でのユーザー選択肢が増え、「民主化」が進んだ。最近では半導体ユーザー企業がサーバー用マイクロプロセッサを開発するまでに至っている。民主化の推移と原因、今後の見通しを考察する。

ロジック集積回路設計階層の推移

ロジック集積回路設計階層の推移を図1に示す。各時代毎のロジック集積回路の典型的な応用と、設計階層を示す。

1990年以前は、半導体メーカーは企画から製造まで行う「垂直統合型」メーカーであった。典型例は米Intelである。

1995年以降、米国を中心に製品企画から集積回路製造Readyなデータ(GDS II: Graphic Data System II)作成までの設計工程専門のファブレス企業とシリコンファウンドリーのタッグが誕生した。ロジック集積回路設計と半導体製造の分離である。ファブレスの例として米国のNVIDIAやQualcomm、製造専門として台湾のTSMCやUMCなどが挙げられる。

2005年頃までにファブレスとシリコンファウンドリーのエコシステムが確立した。業界標準規格（例えばUSB、PCI Express）が普及し、それぞれの専門メーカーが開発した回路ブロック（IP: Intellectual Property）を買った方が自社開発よりも期間とコスト面で有利になったことも、有利に働いた。マイクロプロセッ

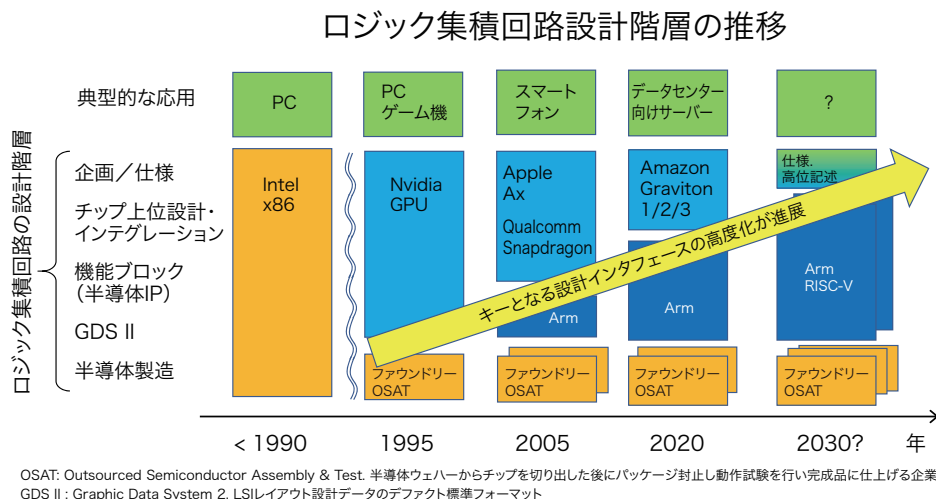


図1 ロジック集積回路設計階層の推移

サーコアも、当初から IP 外販向けに開発されるので使い勝手が良く、特定半導体製造メーカーにロックインされないことを特長とする Arm アーキテクチャがシェアを伸ばした。

半導体発注者は、IP 選択の自由と半導体製造メーカー選択の自由を得たことになる。即ち、半導体の民主化の始まりと言える。CPU IP に加え GPU IP も加わり、IP のレパートリーはますます増えた。例えばスマートフォン SoC (Silicon on Chip) 設計者が IP を容易に使えるように、EDA ツールメーカーと IP メーカーが協力して、ARM Cortex-A7 用のデザインキットを提供した。

2020 年頃には、IP の高度化がますます進み、半導体ユーザー企業によるサーバー用マイクロプロセッサの自社開発も実現した。詳しくは後述する。

2030 年頃には、IP の高度化と EDA ツールの進展はますます進むと考える。アプリが明確で数量が見込めるのであれば、

EDA ツールや IP の高度化によりユーザー独自のロジック半導体開発の敷居はますます低くなると予想される。さらに民主化されたロジック集積回路開発が当たり前になるであろう。

シリコン・ファウンドリーにおいても、新しい動きが始まっている。ロジック半導体設計会社は、半導体製造の依頼先であるファウンドリーから「Process Design Kit (PDK)」と呼ばれる開発キットを購入するのが一般的である¹⁾。

PDK とは、ある特定の半導体プロセスで回路設計を行う際に利用する設計情報、レイアウトデザインルール、トランジスタ特性、配線容量、配線抵抗などのデータをまとめたもの。

例えば TSMC は車載 IC 向けの 7nm 製造プロセスに最適化した PDK を提供している。車載 IC の設計を行うメーカーが TSMC の 7nm プロセスを利用してチップを製造したい場合は、機密保持契約 (NDA) を締結し高額な PDK を購入して設計を

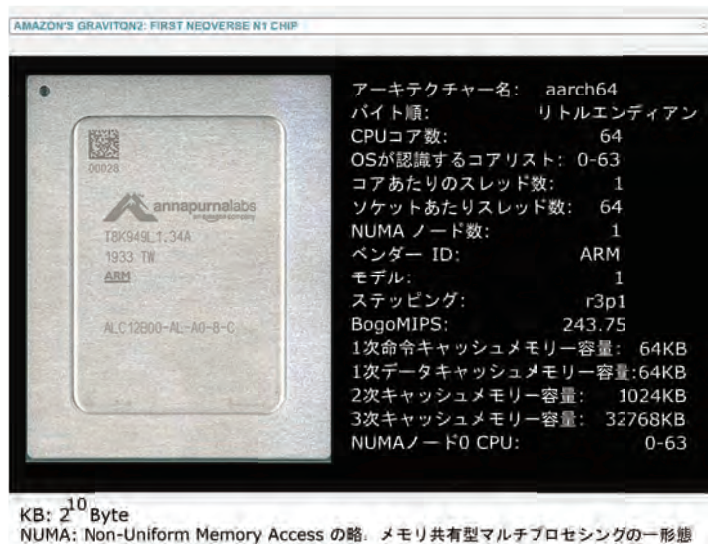


図2 Amazon Graviton2 のパッケージ蓋とチップ主要諸元⁴⁾を筆者が日本語訳

Amazonクラウド環境 (EC2 16x large Instances) で提供されるCPUプラットフォーム3種の諸元比較			
	m6g	m5a	m5n
CPUプラットフォーム	Graviton2	EPYC 7571	Xeon Platinum 8259CL
ソケットあたりのコア数	64	32	"24 (16 instantiated)"
同時マルチスレッディング数	—	2-way	2-way
CPUソケット数	1	1	2
動作クロック周波数	2.5GHz	2.5-2.9GHz	2.9-3.2GHz
命令セット	Arm v8.2	x86-64 + AVX2	x86-64 + AVX512
マイクロアーキテクチャ	Neoverse N1	Zen	Cascade Lake
1次命令キャッシュメモリ容量	64kB	64kB	32kB
1次データキャッシュメモリ容量	64kB	32kB	32kB
2次キャッシュメモリ容量	1MB	512kB	1MB
3次キャッシュメモリ容量	32MB shared	8MB shared per 4-core CCX	35.75MB shared per socket
メモリーインタフェース	8x DDR4-3200	8x DDR-2666 (2x per NUMA-node)	8x DDR4-2933 per socket
NUMAノード数	1	4	2
DRAM容量		256GB	
熱設計電力(TDP)	推定 80~110W?	180W	210W per socket
クラウドコンピューターの時貸し料金	US\$2.464/hour	US\$2.752/hour	US\$3.808/hour

NUMA: Non-Uniform Memory Access の略。メモリ共有型マルチプロセッシングの一形態

図3 Amazon クラウド環境 (EC2 16x large Instances) で提供されるCPUプラットフォーム3種の諸元比較⁶⁾

行っている。これが身近な半導体開発の障壁になっていた。

2020年7月、米Googleと半導体ファウンドリーの米SkyWaterが協力し、業界初となるオープンソースのPDKを無料公開した²⁾。「SkyWaterの130nmプロセス『SKY130』で半導体チップの製造を行うための設計を無料で行うことが可能になる」と、半導体業界のオープンソースを推進する業界団体「The Free and Open Source Silicon Foundation (FOSSi)」のディレクターであるフィリップ・ワグナー氏は説明している³⁾。

例1: Amazon Graviton

2020-2022年時点でのユーザー企業

によるロジック半導体開発例を示す。米Amazonは自社データセンター向けにGraviton、Graviton2マイクロプロセッサチップとそれを使ったサーバーを開発し、同社の各種クラウドで使っている(図2、図3)^{4), 5), 6)}。それらにはArm社NeoverseというマイクロプロセッサIPが使われている。Annapurna Labs社(Amazon社が2015年に買収したイスラエルの半導体設計会社)が、Graviton チップを設計開発した。その処理性能と低消費電力性は、x86アーキテクチャーのサーバーよりも優れている、と言われている。

筆者は「サーバー用マイクロプロセッサはとても複雑なため、専門メーカーの長年の開発経験が必須だろう」と思ってい

たが、覆された。このようにIPの高度化とEDAツールの進展により、半導体ユーザー(この例ではAmazon社)がサーバー用マイクロプロセッサであっても開発できることを実証した。民主化が進化したと言える。

ただし半導体開発は数量が出ないと採算がとれない原則は変わっていない。Amazon Web Services(AWS)は数百万台ものサーバーを所有し、1年間で約100万台を新しいサーバーに入れ替えているといわれている⁸⁾。

チップとサーバーの自主開発には2つのメリットがある。即ち(1)AWSのワークロードにフィットしたサーバー実現、(2)x86サーバー調達より低コストなサーバー調達である。(2)については、Amazonクラウド向け

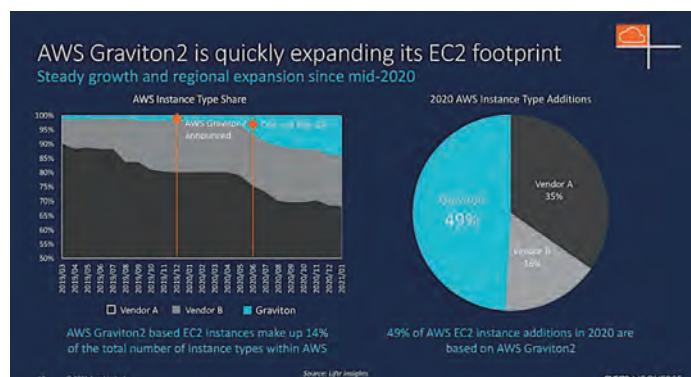
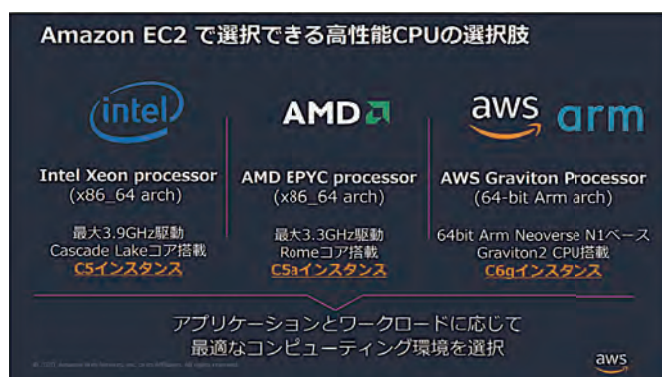


図4 Amazon EC2 (クラウドサービスとして提供されるサーバー) で選択できるマイクロプロセッサ種類(左側)と2020年にGraviton2 が占める割合(右側)⁶⁾

SiFive社RISC-VマイクロプロセッサコアIPのラインナップ



図5 米SiFiveが提供するRISC-V Core IP Portfolio¹⁰⁾を元にタイトルを日本語化、赤丸を加筆

に、Graviton各チップはおそらく数百万個に及ぶ生涯製造数量が見込まれるため、自主開発コストを回収できると考えられる。そこにNeoverseがうまくマッチしたといえよう。

2021年末時点では第3世代Graviton3を評価中とのこと。Graviton3プロセッサは、Graviton2と比較して浮動小数点演算で2倍、機械学習で3倍の能力を持ち、最大60%の電力消費量削減を実現したという⁷⁾。

図3左列がGraviton2を使ったm6gで、ソケットあたりのCore数はAMD社、Intel社の2倍以上、熱設計電力(TDP)は

推定80~100Wで、AMD社のEPYC、Intel社のXeon Platinumに比べて半減している。時間貸し料金も一番安い。

2020年のAmazon EC2インスタンスにおける新規追加のうち49%がGraviton2になっており、x86プロセッサ(AMD社製、Intel社製)の51%に近づいているようだ。インスタンス全体に対するシェアとしては、2021年1月時点で15%に増えつつあると説明している(図4右)⁵⁾。Amazon社EC2インスタンスの高性能CPUの選択肢を図4左に示す⁵⁾。

例2: RISC-V

RISC-Vは、確立された縮小命令セットコンピュータ(RISC)の原則に基づいたオープン標準の命令セットアーキテクチャ(ISA)である。他の多くのISA設計とは異なり、RISC-V ISAは、使用料のかからないオープンソースライセンスで提供されている。多くの企業がRISC-Vハードウェアを提供したり、発表している。またRISC-VをサポートするオープンソースのOSが利用可能であり、いくつかの一般的なソフトウェアツールチェーンで命令セットがサポートされている⁹⁾。

RISC-Vは命令セット仕様で、それに基づいたマイクロプロセッサコアIPとSoCは、例えば米SiFive、台湾Andes Technology等から製品化されている。

SiFive社RISC-VマイクロプロセッサコアIPのラインナップを図5に示す。縦方向は対応するOSで、第1行はLinux対応のIP4種、第2行は64ビットMCU向けIP3種、第3行は32ビットMCU向けIP3種である。横方向はパイプライン段数などのIPコア内部構造に対応し、左は低消費電力かつ小チップ面積、右に行くほど高性能で消費電力の大きいIPである。

SiFiveユーザー動向: ArchiTek社がSiFive RISC-V 搭載チップ発表

2021年3月18日(木)

ArchiTek社とSiFive社は、セキュリティやプライバシーを保ち柔軟にエッジAI処理を可能にする AiOnIc® プロセッサを開発

AiOnIc®
Edge AI Processor

ArchiTek



Edge AI Processor "AiOnIc®" (アイオニック)

- ・ 半導体製造プロセス: TSMC 12nm(N12FFC)
- ・ パッケージ: FCCSP(12mmx12mm), 484pins, 0.5mmピッチ
- ・ ダイサイズ: 4.5mmx4.5mm
- ・ 動作電圧: 0.9V, 1.8V
- ・ マイクロプロセッサコア: SiFive社 RISC-V(E34)
- ・ SRAM容量: 8MB
- ・ インタフェース: DDR4, Ethernet, UART, I2C, I2S, SPI, QSPI, GPIO
- ・ 動作クロック周波数: ~600MHz
- ・ "aiPE" エンジン
 - ・ デジタル信号処理
 - ・ ソート処理
 - ・ 多チャンネル高機能DMA
 - ・ 逆行列計算
 - ・ 高速フーリエ変換(FFT)
 - ・ GPUによる汎用計算(GPGPU)
 - ・ コンピュータビジョン
 - ・ 乗算処理

図6 米SiFiveのRISC-V Core IP を使った ArchiTek(株) Edge AI Processor "AiOnIc" 諸元¹⁰⁾

拠点の体制・運営

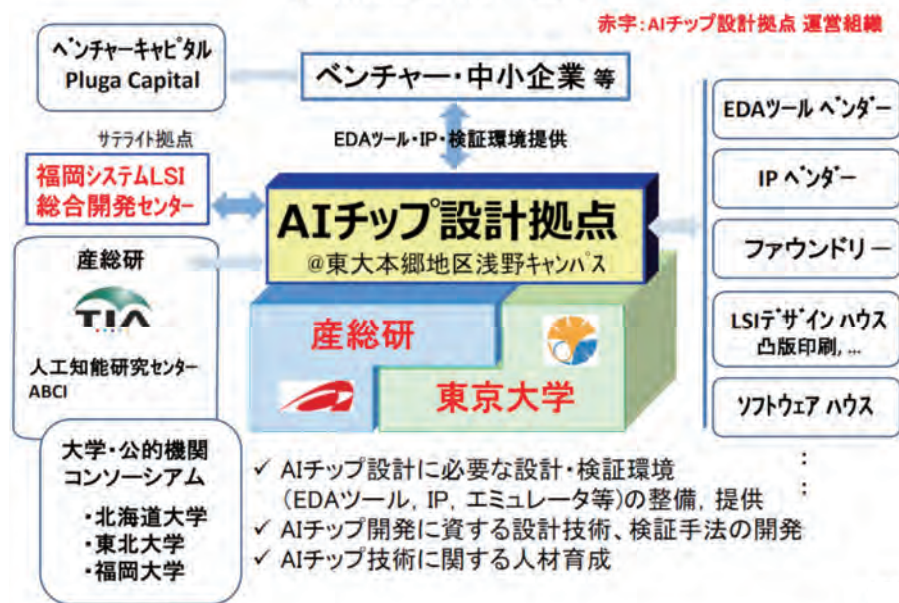


図7 AIチップ設計拠点

日本のArchiTek(株)は、SiFive社 E34 コア(図5中の赤丸)を使った独自のエッジAIプロセッサを開発した。「エッジAIプロセッサ"AiOnic"(アイオニック)は、自動運転に不可欠なSLAM(Simultaneous Localization and Mapping: 自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術)では汎用CPUと比較して処理時間を1/20に短縮、骨格、姿勢推定を実行するOpenPoseでは、GPUに比べて約3.8倍の動作速度を実現した」という(図6)¹⁰⁾。

ルネサス エレクトロニクスは、同社ASSP搭載に向けて、Andes Technology社のRISC-V 32ビットCPUコアを採用することを発表している¹¹⁾。RISC-Vのエコシステムと採用事例は拡がりつつある。

東大d.labと産総研AIチップ設計拠点

半導体開発の民主化に関係する日本国内でのロジック集積回路設計拠点を二つ紹介する。

d.lab(東京大学大学院工学系研究科附属システムデザイン研究センター)は2019年設立。ソリューションを創り出す側の視点に立って、システムのアイデアを持つ人なら誰でも専用チップを即座に手にすることができるように、デザインの手法と製品のエコシステムを再構築することを目的とする¹²⁾。

具体的には、(1)多くのソフトウェア技術者が使えるPython、C++言語を使った設計記述から高度なコンパイラによるLSIハードウェア記述への変換により設計効

率10倍向上、(2)半導体のエネルギー効率10倍向上、を目指す。半導体製造は提携したTSMCに委託する。

AIDC(AIチップ設計拠点)は2018年12月設立。設立趣旨は、「AIチップ開発を目指す中小・ベンチャー企業などに、EDAツール群やエミュレーターからなるAIチップ設計環境や、設計フローやリファレンスデザインなどの共通基盤、拠点到蓄積される設計資産やノウハウ、AIチップ設計人材育成環境を提供することで、わが国の中小・ベンチャー企業などのAIチップ開発加速への貢献を目指すとともに、産官学協調によるAIチップ開発の加速を目指す」である¹³⁾。

図7に体制を示す。中小企業ベンチャー企業が、数千万～数億円するEDAツールを安価に使うことができる。6社のAIアクセラレーターを搭載した評価チップ(AI-One)が試作され、評価結果が公表予定である¹⁴⁾。

まとめ

2030年に向けて、半導体開発の民主化はますます進むと予想される。TSMC Phillip Wong氏は、「高校生がWebアプリをつくるかのようにSoCをさっと設計・試作してWebで販売する世界」を予測している。いつやってくるのでしょうか？

参考文献

- 1) 小島、「PDK」、<https://xtech.nikkei.com/dm/article/WORD/20130115/260353/>
- 2) 「Googleが半導体チップの設計に必要な「PDK」をオープンソース化するプロジェクトを支援」、<https://gigazine.net/news/20200711-google-skywater-opensource-pdk/>
- 3) The Free and Open Source Silicon Foundation, <https://www.fossi-foundation.org/>
- 4) 田胡、「『半導体業界の第一人者、AI業界を行く!』 Vol.12: クラウドネイティブプロセッサ」、<https://hacarus.com/ja/ai-lab/20210709-cloud-native-processor/>
- 5) 笠原、「Arm、DC向けCPU IPデザイン「Neoverse」の高性能版「Neoverse V1」とArmv9に対応した「Neoverse N2」を発表」、<https://cloud.watch.impress.co.jp/docs/news/1321510.html>
- 6) Frumusanu, "Amazon's Arm-based Graviton2 Against AMD and Intel: Comparing Cloud Compute", <https://www.anandtech.com/show/15578/cloud-clash-amazon-graviton2-arm-against-intel-and-amd>
- 7) 新野、「AWS、Armベースの独自プロセッサを強化した「Graviton 3」発表 新インスタンス「C7g」も」、<https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2112/01/news088.html>
- 8) 斎藤、「コレ1枚で分かる『クラウドコンピューティング 2019年版』」、<https://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1905/08/news002.html>
- 9) 「RISC-V」、<https://ja.wikipedia.org/wiki/RISC-V>
- 10) 近藤、「国内顧客によるSiFive RISC-V 搭載チップ発表! SiFiveの最新動向・発表のご紹介」、https://riscv.or.jp/wp-content/uploads/RVDT2021S-SiFive_and_DTS.pdf
- 11) 「ルネサス初のRISC-V搭載ASSPの開発に向けて、アンデス社のRISC-V 32ビットCPUコアを採用」、<https://www.renesas.com/us/ja/about/press-room/renesas-selects-andes-risc-v-32-bit-cpu-cores-its-first-risc-v-implementation-assps>
- 12) 「東京大学 システムデザイン研究センター d.lab」、<http://www.dlab.t.u-tokyo.ac.jp/about/>
- 13) 内山、「AIチップ設計拠点 -AIチップに関連した世界の動きと拠点の活動」、https://riscv.or.jp/wp-content/uploads/20210421RISC-Vday_uchiama.pdf
- 14) 「Ai-One概要」、https://ai-chip-design-center.org/aic2020/aic2020_wp_Public/public_aione/

IoT向け無線LAN Wi-Fi HaLowが登場へ

～免許不要の920MHz帯で長距離、低電力、セキュアな通信を提供～

山形大学 客員教授/MPCPワイヤレスシステム活用委員会 委員長
(NEC/NECネットズエスアイ)

小林 佳和

無線LANの普及促進を図る業界団体 Wi-Fi Allianceは、IoT向けの「Wi-Fi HaLow (IEEE802.11ah)」の認証を2021年11月から始めた。Wi-Fi HaLowは、IoT環境での利用を前提にした規格で、屋外で1kmの通信距離と100kbps以上の通信速度を実現する。5G帯や2.4GHz帯よりも低いサブ1GHz帯を使うことで、障害物に強いといった特徴を備える。920MHz帯なのでライセンスが不要なのもありがたい。

このほかセンサー情報から映像までをWPA3対応のセキュアな環境で扱えることや低消費電力も大きな魅力である。通信速度はIoT向け通信のなかでは速く、規格上は近距離なら100Mbps以上を実現可能である。以下、Wi-Fi HaLowについて概要を紹介する。

屋外1kmで100kbs以上の通信

Wi-Fiの用途は、パソコンをはじめとした情報機器から家電、組み込み機器、IoT端末などへと大きく広がっている。メールやインターネットアクセスなど人間が利用するシーンだけではなく、LANケーブルの呪縛を解かれたこともあってIoT (Internet of Things) やMtoM (machine to machine) といった多種多様な使い方が生まれている。Wi-Fi HaLowは、IoT/MtoM向けの領域を発展させるために生まれた最新の無線LAN規格である。

規格化にあたって要件として挙げられたのは以下の通り。通信距離1kmで100kbs

802.11ah (Wi-Fi HaLow) = IoT/MtoMの拡充

通信距離で屋外1km、通信速度100kbps以上

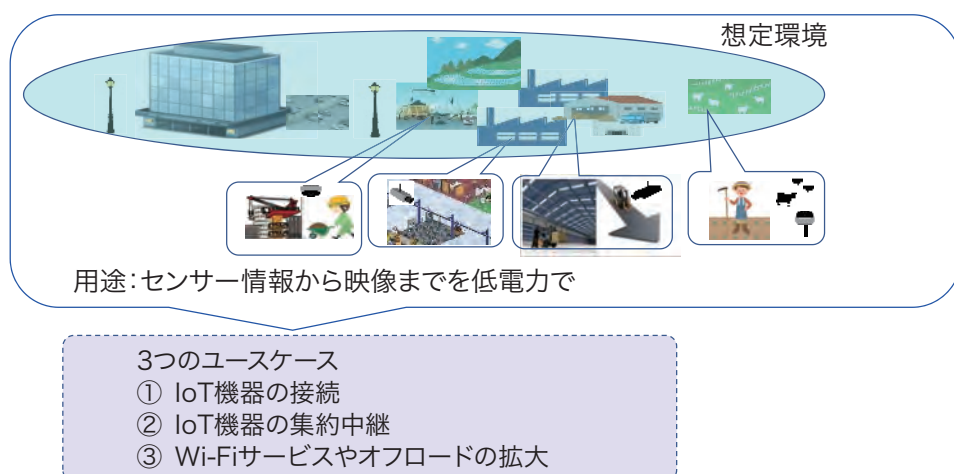


図1 Wi-Fi HaLowが想定する3つのユースケース

の双方向通信ができること、屋外や凸凹をもつ構造物が存在する環境でも通信できること、屋外におかれたIoT端末での利用を想定し低消費電力を実現すること、他の通信方式と共存できること、である。

3つのユースケースを想定

Wi-Fi HaLowの検討に当たっては、図1に示すユースケースをもとに議論を交わし、規格を練り上げた。想定されたユースケースは3つ。①IoT機器の接続、②IoT機器の集約中継、③Wi-Fiサービスやオフロードの拡大である。3つのユースケースに対応するための要件を表1にまとめた。

第1のIoT機器の接続では、1つのアク

セスポイントに6000台のIoT機器がつながることを想定した (実際の規格ではMAC層を拡張し8000台超に対応)。固定されているIoT端末を前提にする。通信速度は100kbps。屋内と屋外のいずれの環境でも使え、ノイズの多い場所や障害物が移動している不安定な環境にも対応する。例えば工場や屋外での畜産、施工現場もWi-Fi HaLowのカバー範囲である。ノイズの多い環境に対応するための機能例として、コーディングレートがある。その対応範囲は広く、5/6～1/2となっている。

第2の集約中継とは、BluetoothやRFIDなどを使ったIoT端末の通信を集約して、

	主な利用場所	想定地域	速度	移動度	アクセスポイント (AP)と端末数
IoT機器の接続	屋外/屋内	都市	100Kbps	静的	AP:1
		郊外			端末:6000
		田舎			
IoT機器の集約中継	屋外	産業	1Mbps	静的	AP:10
		田舎		低速	端末:500
Wi-Fiやオフロード拡大	屋外	都市	20Mbps	人の移動	AP:1
		郊外			端末:50

表1 3つのユースケースに求める要件

中継する機能を意味する。屋外での利用を想定する。通信速度は1Mbps。アクセスポイントにつながるIoT端末数は500である。集約中継ではBluetoothやRFIDを使った通信のデータを蓄積中継する機能によって、通信回数を抑えることも視野に入れる。例えばBluetoothの通信が終わるたびに省エネモードに移行させ、消費電力の低減を図ることも可能になる。

第3のユースケースは、Wi-Fiサービスの遠距離中継である。都市や郊外で人が移動しつつ使えることを想定する。通信速度は20Mbps。速度の要件が20Mbpsと高い

ため、アクセスポイントにつながるIoT端末数は50台程度に絞ることになる。

映像データを扱え、機器制御にも使える

IoT端末やMtoM向けの通信には、LoRaやモバイルMtoM、SigfoxなどLPWA (Low Power Wide Area)と呼ばれる規格が存在する。Wi-Fi HaLowは、既存のLPWAとどう違うのだろうか。

LPWAの仕様は、日射計や温湿度などからのセンシングデータを1日に数回送信するといった使い方に最適化されている。収集したデータを使って肥料や水やりのタ

イミングを決める「農業のICT化」が利用例である。また人間が頻繁にアクセスできない立地を考慮して、電池動作を想定した仕様になっている。

農業のICT化をさらに一步進めるとする。例えば害虫や病気を確認して農薬を散布したい場合に、作物の状況を把握するために映像での確認が必要になる。ICTを使った魚などの養殖の効率化でも、映像は欠かせない。Wi-Fi HaLowでは、1日に数回のセンシングデータ送信に最適化しつつ、動画データや制御データを送信することが実現されている。

Wi-Fi HaLowは既存のWi-Fiや5G、光通信と同様にTCP/IPに対応しており、これらとのシームレスな通信が可能である。専用の通信データ形式や通信プロトコルを用いるLPWAとの大きな違いである。Wi-Fi HaLowからのデータをダイレクトにインターネット経由でクラウド上のサーバーに送り、他のネットワークからのデータと合わせてAI処理するといった使い方が可能になる。このほか、OTA (Over The Air)によるファームウェアアップデートが可能などところや、WPA3に対応したセキュアな環境での通信を提供するところがWi-Fi HaLowの大きな特徴となっている。セキュリティに関しては、無線LANのデータリンク層(レイヤー2)、ネットワーク層(レイヤー3)、アプリケーション層(レイヤー7)による3重構造の強固なセキュリ

属性	Wi-Fi HaLow	Bluetooth Low Energy	Z-Wave	Zigbee	Wi-SUN	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT
周波数	サブ1GHz	2.4GHz	サブ1GHz	2.4GHz/サブ1GHz	サブ1GHz	サブ1GHz	サブ1GHz	要免許
データレート (bps)	150k-86.7M ^{*1}	125k-2M	9.6k-100k	250k	6.25k-800k (50kデフォルト)	100 or 600	300-27k	20k-127k
カバレージ (m)	> 1k	< 100	< 30	< 20	< 1k	< 40k	< 10k	< 10k
変調	OFDM over BPSK, QPSK, 16/64/256 QAM	GFSK	GFSK	BPAK/OQPSK	MR-FSK/MR-OFDM/MR-OQPSK	DBPSK/GFSK	CSS	QPSK
バッテリー寿命	複数年	複数年	複数年	複数年	複数年	複数年	複数年	複数年
セキュリティ	WPA3	128-bit AES in CCMMode	Security 2 (S2)	128-bit AES in CCMMode	IEEE 802.1X	セッションレベルのセキュリティ	128-bit AES in CCMMode	3GPP セキュリティ
OTAファームウェアアップデート	サポート	サポート	-	-	-	-	-	-
サブスクリプション	不要	不要	不要	不要	不要	必要	必要	必要
TCP/IP (インターネット)	サポート	-	-	-	-	-	-	-
ネットワーク領域	スター/リレー	P2P ^{*2} /メッシュ	メッシュ	メッシュ	メッシュ	スター	スター	スター

*1) 86.7Mbpsは1ストリーム 256QAM 5/6code rate 4μsGI 16MHz幅などで可能 (3ストリーム時では、200Mbps以上可)

*2) Peer-to-Peer

表2 Wi-Fi HaLowと他の通信方式との比較

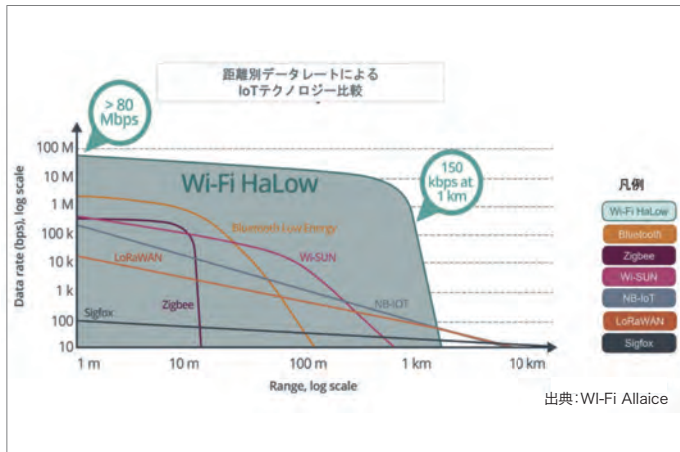


図2 セキュアで低消費電力の長距離通信を可能に

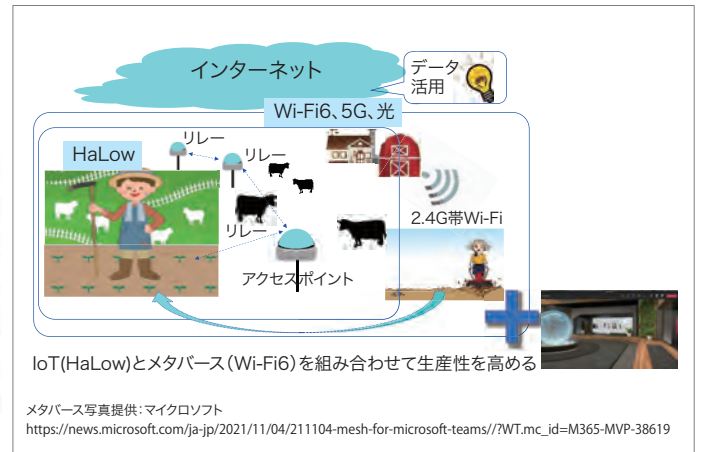


図3 多様な方式と組み合わせで利用可能

ティも可能である。

他の通信方式との比較を表2と図2にまとめた。

920MHz帯で使い勝手を高める

Wi-Fi HaLowは920MHz帯を用いた無線LAN通信である。低い周波数の利用によって通信距離を伸ばすことができる。障害物の影響も抑えられる。免許が不要というメリットも小さくない。

日本ではWi-Fiへの周波数割り当てで、920.5MHz～928.1MHzの7.6MHz幅が検討対象となっている。これでは4MHz幅までしか扱えないので、日本ではWi-Fi HaLowが規格として定める8MHz幅や16MHz幅の通信は含まれない。

1MHz幅では、256QAM変調でコーディングレート3/4なら1ストリームで4Mbpsの最大転送速度を期待できる(コーディングレートは5/6まで高められる)。4MHz幅では、256QAM変調でコーディングレート3/4なら1ストリームで18Mbps、3ストリームで54Mbpsのデータ通信が可能になる。また北米のように4MHzよりも広帯域なバンド幅なら、近距離で80Mbps以上が期待できるとされている。

Wi-Fi HaLowでは低消費電力化に対応するため、センサー端末モードとオフロードモードと呼ぶ2つのモードが検討さ

れた。このうちセンサー端末モードでは回路の電源をオフにして待機状態になる。必要に応じて、センサー端末モードとオフロードモードの両方を使える混合モードも規定されている。

なお回路設計に当たって、既存のWi-Fi回路を流用できるところもWi-Fi HaLowの利点の1つである。例えばIEEE802.11acの回路でクロックを10分の1に分周するだけでWi-Fi HaLowの基本回路を構成できる。クロック周波数が下がるので他のWi-Fiに比べて消費電力の低減にもつながる。

このほかWi-Fi HaLowはカバー範囲を延長するために、2段までのツリー状をとることができる。アクセスポイントをリレー方式でつなぐ(図3)。これによって農地や工場など広い敷地をカバーするライブート通信を実現する。ツリー状での端末が増えると(最大8192ビットに対応する端末数だと)データパケットが衝突し再送を繰り返す状況が想定され、通信効率の低下と消費電力の増加を招く恐れがある。Wi-Fi HaLowはこうした事態に対応するために、計画的通信を可能にする仕組みを用意する。通信をスリープさせる時間も、従来の18.5時間ほどから年単位に拡大でき、毎年冬はスリープで春に起動という省エネも実現できる。これは、Max Idle Period(最

大待機時間)が5年超えの設定が可能となったためである。

IEEE802.11ahでは、IP通信という特性を活かして多様な通信規格の組み合わせが可能である(図3)。さらに通信規格だけではなく、サービスの組み合わせの多様性にもつながる。例えばIoT+メタバースといった具合である。メタバース上にIoT情報を投影して、高速な通信環境で閲覧しつつAIによる支援を受けたり、その場で打ち合わせをしたり、といった利用シーンである。マイクロソフト社やメタ社、アップル社などからメタバース系ツールの提供が進み、こうした環境が身近になりつつある。

まとめ

Wi-Fi HaLowに対応した半導体は現在、米Newracom、米Adapt-IP、オランダのMethods2Business、オーストラリアのMorseMicro、米Palma Ceia Semidesignの5社から供給されている。今後、半導体の価格が低下し、半導体ベンダーが増え、使い勝手が良くなれば、本格的な普及期を迎えるだろう。Wi-Fi HaLowが、IoTやMtoM環境における生産性の向上、自動化や省エネの進展、SDGsの達成に貢献することを期待して止まない。

脳と機械を直結するBMI技術 超人的な能力目指し進化

技術ジャーナリスト

今井 拓司

コンピューターとボールを打ち合うビデオゲーム「Pong」を、考えただけでプレーできる。Elon Musk氏が起業した米Neuralinkが2021年4月に公開した動画は、脳に電極を埋め込んだサルがジョイスティックなしでゲームをこなす様子を映し出し、技術開発の着実な進歩をアピールした。同社が手掛けるのは、電極で読み取った脳の信号をコンピューターで解読し、機械の操作などに利用するBMI (Brain Machine Interface) 技術である。2019年7月に同社が開発中の技術を初めて公表すると、BMIに対する期待が一気に高まった。

Neuralink社が破格の注目を浴びるのは、Elon Musk氏の会社であることはもちろん、究極的には一般人に同様な技術を適用する可能性を見据えているからだろう。実際Musk氏は、人の脳と人工知能 (AI) を接続して人間の能力を拡張するという狙いを公言している。さらに、電極挿入用の手術

ロボットの開発によって、将来は手術の費用を視力の矯正に使うレーシックと同程度まで引き下げるとの目標も掲げる。

とはいえ、こうした時代が到来するのはかなり先で、Neuralink社の当面の狙いは神経系に障害を負った人の機能の補助にある。腕や全身などを動かせない人が、考えただけでコンピューターやロボットハンドを操作する用途である。この分野には同社以外にも多くの研究機関が取り組んでおり、開発は急ピッチで進んでいる。2021年には米国で臨床試験中のBMI「BrainGate2」を埋め込んだ患者が、頭で考えるだけで90文字/分の速度で文字入力できることが示された¹⁾。ロボットハンドから脳に触覚をフィードバックすることで、つかんでいるものの種類を、目で見ずに約8割の精度で判別できたという研究結果も現れた²⁾。

それでも健常者の能力にはまだ及ばない。スマートフォンへの入力スピードは

BrainGate2を埋め込んだ患者と同年代で115文字/分とされ、触覚フィードバックの実験では3種類のものを区別できたにすぎない。「AIの能力を思うがままに使える」といった夢の用途を実現するには、技術も脳に関する知見もまだまだ不足している。今後も10年以上の時間をかけて、研究開発を続けていく必要があるようだ。

侵襲型と非侵襲型に大別

BMIは大きく分けて2つの技術から成る (図1)。脳の活動を計測して解釈する方法と、特定の効果を狙って脳に刺激を与える手段である。それぞれを単独で利用する場合が多いが、両者を組み合わせる用途もある。例えば2021年には、うつ病の患者の状態を脳深部に挿し込んだ電極で検知し、悪化したときには微弱な電流で深部を刺激する治療法が発表された³⁾。

脳活動の計測と刺激のいずれの技術に

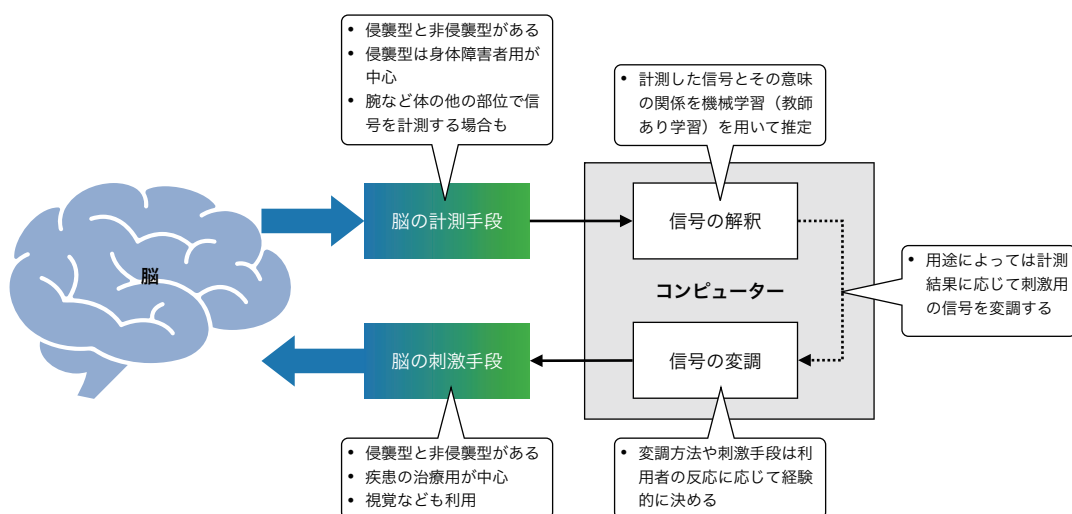


図1 脳とコンピューターをつなぐBMI

BMIの典型的なシステム構成を示した。脳の活動を計測して利用する方法と、脳の活動を刺激する方法の2つがあり、用途によっては両者を組み合わせる場合もある。計測や刺激に使う方法には、手術によって被験者の体内に埋め込む侵襲型と、体の外から適用できる非侵襲型がある。（出所：筆者が作成）

方式	非侵襲型（計測のみ、広範囲に対応）				侵襲型（計測と刺激が可能、狭い範囲に対応）	
	脳波計（EEG）	近赤外光脳活動計測（fNIRS）	脳磁図（MEG）	機能的磁気共鳴画像（fMRI）	皮質脳波（ECoG）	微小電極によるニューロンの活動電位測定
概要	脳の活動による電位の変化を頭部に付けた電極で測定。時間解像度は高いが、空間解像度が低い。様々な製品がある。	脳の活動に伴う血流の変化を、近赤外線を利用して測定。頭部に装着した装置を用いる。空間解像度は脳波より高いが、時間解像度が低く遅れもある。	脳の活動に伴う磁場の変化を測定する。時間解像度が高く、空間解像度は脳波より高い。磁氣的にシールドした部屋が必要。大型の装置を使うものに加え、頭部に装着して使う装置も登場した。	脳の活動に伴う血流の変化を、核磁気共鳴現象を利用して測定。空間解像度は非常に高いが時間解像度が低く遅れもある。大型の装置を使う。	開頭手術により、シート状の電極を脳の表面に接触させて脳波を計測。空間分解能や時間分解能が高い。電極を通して脳を刺激することも可能。	開頭手術により、多数の針状の微小電極を脳に挿入。個々のニューロンの活動やニューロンの集団の活動を計測できる。空間分解能や時間分解能が高い。電極を通して脳を刺激することも可能。

EEG：electroencephalography fNIRS：functional near-infrared spectroscopy MEG：magnetoencephalography
fMRI：functional magnetic resonance imaging ECoG：electrocorticography

表1 BMIに利用できる脳活動の計測/刺激の方式

非侵襲型の脳活動の刺激方式には、頭蓋骨の外側から超音波（TUS：transcranial focused ultrasound stimulation）、磁気（TMS：transcranial magnetic stimulation）、直流電流（tDCS：transcranial direct current stimulation）などを印加する方式がある。侵襲型には、脳の深部などに電極を入れる定位的頭蓋内脳波（SEEG：stereoelectroencephalography）や脳深部刺激（DBS：deep brain stimulation）などもある。（出所：筆者が作成）

も、侵襲型と非侵襲型がある。前者は手術で電極を脳内に埋め込むような手法で、基本的に障害や疾患を持つ人の治療用である。後者は人体に手を加えることなく利用できる方法で、健常者でも使うことが可能だ。いずれもさまざまな手法がある（表1）。侵襲型は同じ技術を状態の解釈と脳の刺激の双方に適用できるものが多いのに対し、非侵襲型では基本的に別々の技術を使う。

高性能には侵襲型

脳からより多くの情報を得られ、より豊富な刺激のパターンを実現できるのは侵襲型の方である。Neuralink社の手法や、上述の文字入力や触覚フィードバックの結果はいずれも侵襲型の成果だ。超人的な能力を実現する可能性が高いのは侵襲型の方といえる（図2）。Elon Musk氏が侵襲型を選んだのもそのためだろう。

ただし越えなければならないハードルは非常に高い。現状では、状態の解釈結果も刺激のパターンも、実際の脳活動の多様さと比べてあまりにも限定的だからである。例えば先ほどの文字入力の技術では、被験者はそれぞれのアルファベットを頭の中で筆記するように求められる。思い浮かべた単語を、そのまま入力できるわけではな

いのである。それでも従来の方法よりも高速にできたのは、それまではマウスカーソルを動かして画面上のソフトウェアキーボードをクリックする方法だったためだ。

感覚のフィードバックもかなり基礎的な段階にある。前述の触覚フィードバックのケースでは、脳のどの部位をどのような電流のパターンで刺激するべきかを、あらかじめ個人ごとに調べる必要がある。脳を刺激して視覚や聴覚を回復する試みにも長い開発の歴史があるが、人の知覚の再現にはほど遠い状況だ。

状況を改善していくには、BMI技術の進歩に加えて脳の動作原理のより深い理解が欠かせない。BMI技術の有効性を臨床試験で確認しながら、最新の脳科学の成果を反映していくことになるだろう。

非侵襲は当面は実験用か

一般人でも利用できる非侵襲方式では、今のところ実現できる用途はかなり限定されている。頭に被って使えるfNIRS装置や脳波計を使った実験では、ロボットハンドの開閉を指示する数個のコマンドを発行する程度にとどまる。この状況は、すぐには変わりそうにない。

非侵襲で脳活動を計測・刺激する技術

自体は着実に進歩している。2021年には米国のスタートアップ企業Kernelが、頭に被って使える脳磁図の計測装置「Flux」を開発した。従来の大型装置と比べて被験者の負荷を低減でき、より日常的な環境での計測が可能になる。ただし磁氣的にシールドした部屋が必要といった制約は残る。同社が出荷しているヘルメット型のfNIRS装置「FLOW」と同様、日常的に使うというより研究用途が中心になりそうだ。こうした技術を使って、具体的な応用につながる知見を洗い出すことが先決だろう。

いったん効果が高い用途がわかれば、それ向けに装置を小型化して使いやすくすることは比較的容易と見られる。既にfNIRS装置では、日立ハイテクや東北大学が出資するベンチャー企業のNeUが、頭に巻いて前頭部の脳の活動を計測できる小型装置を製品化している。別のベンチャー企業のVIE STYLEはイヤホン型のワイヤレス脳波計を開発しており、国立がん研究センター東病院と共同で、麻酔を施した患者の状態モニタリングに使おうとしている。

侵襲度を下げる方式が続く

これらの既存方式にとらわれず、より高度なBMIを、より少ないユーザーの負担で

	非侵襲型	侵襲型
脳活動の計測	- 数種類のコマンドの発行（ロボットハンドの「つかむ」「離す」など） - 覚醒や入眠といった脳の状態の推定 - 見ている画像や夢の再現 - 脳の領域ごとの活動の可視化 ・・・	- ロボットハンドの3次元的な動作 - 画面上のカーソルの移動やクリック - 文字入力や発話 - ビデオゲームのプレー ・・・
脳とやりとりできる情報量、脳自体の理解		
脳活動の刺激	- ニューロフィードバックやデコーディングニューロフィードバック（信号を解釈した上でフィードバックする方法） - 疾患の治療（うつ病、アルツハイマー病、パーキンソン病など） ・・・	- ロボットハンドからの触覚フィードバック - 視覚や聴覚の再現 - 疾患の治療（うつ病、アルツハイマー病、パーキンソン病など） ・・・

- 人とAIが融合？
- 考えるだけで会話？
- 無制限の記憶？
- 超人的な知覚？

図2 超人的な能力実現は当分先

BMIを使ってこれまでに実現できた用途と、将来の期待を示した。現状での実用的な応用は身体障害者の生活の補助や、神経系に起因する疾患の治療を目指したものが多く。非侵襲型よりも侵襲型の方が、脳から獲得できる情報量や脳に与える刺激のパターンが豊富であり、より踏み込んだ用途を実現できている。それでも健康者が他の手段で実行する場合と比べると、実行の速度や感覚の精細度はかなり劣る。将来の目標とされる超人的な能力を実現するためには、脳とやりとりできる情報をさらに増やすほか、脳自体の動作原理や詳細な構造の解明が欠かせない。（出所：筆者が作成）

実現しようとする動きはある。

2021年7月、Neuralink社よりも早く米食品医薬局(FDA)から臨床試験の認可を受けて話題になったのが、米SynchronのBMI技術。血管を広げるために使うステントと同様な仕組みを用いて、侵襲度が低い手術で脳内に電極を設置できる⁴⁾。

BrainGate技術の開発元だった米Brown Universityなどは、2021年8月に新手法の開発を発表⁵⁾。信号の計測と刺激ができる塩粒大の電子回路「ニューログレイン」を大脳皮質上に多数散りばめ、それらと信号をやりとりしつつ電力も供給するハブの装置を頭皮に貼り付ける方式だ。ネズミの脳を対象にした実験で48個のニューログレインを利用可能なことを確認済みで、最大770個まで拡大できるという。

米国防高等研究計画局(DARPA)は、健康者が基本的に手術なしで利用できる高性能BMI技術を開発する「Next-Generation Nonsurgical Neurotechnology (N³)」と呼

ぶ研究プロジェクトを推進している。2019年5月に非営利の研究機関Battelle、米Carnegie Mellon University、米Teledyneなど6つの研究チームを選択。音や光、磁気などを組み合わせた技術を検討しているという。日本でも、科学技術振興機構(JST)のムーンショット型研究開発事業の目標1の枠内で、新たな非侵襲BMI技術の開発が進んでいる。

メタは手首に注目

ユーザーの心の状態を知るためには、大脳以外の部分で信号を計測する選択肢もある。2021年5月、Neuralink社の共同創業者だったMax Hodak氏が同社を退社して新しい企業をスタートさせたことが判明。新会社のScienceでは、脳から外部に出る抹消神経(脳神経、cranial nerves)を計測や刺激の対象にするという。日本のベンチャー企業MinD in a Deviceは、左右の大脳半球を繋ぐ脳梁にCMOSセンサーに

似た回路を挿入する技術を検討している。

脳から遠く離れた場所でも、ユーザーの意図を知ることができるのが米Meta(旧Facebook)だ。同社は2019年に、手首につけたリング状の装置で筋電信号を検出する技術を持つ米CTRL-Labsを買収した。かつてMeta社はBMI技術の利用も検討していたが、ユーザーを煩わせずにAR(拡張現実感)グラスと併用できる入力方法としては腕の信号の利用が向くと判断したという。いずれは、指の動作を考えただけで意図を検出可能になると期待している。

現在の技術のどれが生き残り、超人的な能力をいつごろ可能にするのかは全く見通せない。それでも、理想的なBMIが実現できれば巨大な市場があることは確実で、なおかつユーザーが身につけて利用する機器が重要になるはずだ。組み込み業界にとって、BMIが夢のある領域であることは間違いない。

参考文献

- 1) F. R. Willett et al., "High-performance brain-to-text communication via handwriting," Nature, 593, May 2021. <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03506-2>
- 2) S. Chandrasekaran et al., "Historical perspectives, challenges, and future directions of implantable brain-computer interfaces for sensorimotor applications," Bioelectronic Medicine, 7, Sept. 2021. <https://bioelecmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s42234-021-00076-6>
- 3) K. W. Scangos et al., "Closed-loop neuromodulation in an individual with treatment-resistant depression," Nature Medicine, 27, Oct. 2021. <https://www.nature.com/articles/s41591-021-01480-w>
- 4) T. J. Oxley et al., "Motor neuroprosthesis implanted with neurointerventional surgery improves capacity for activities of daily living tasks in severe paralysis: first in-human experience," Journal of NeuroInterventional Surgery, 13, 2021. <https://jn.is.bmj.com/content/13/2/102>
- 5) J. Lee et al., "Neural recording and stimulation using wireless networks of microimplants," Nature Electronics, 4, Aug. 2021. <https://www.nature.com/articles/s41928-021-00631-8>

4つの事業領域を軸にノウハウを備えた技術力で社会に貢献中 多様化する技術ニーズに応える人材開発に取組み飛躍を目指す

インフラや公共システムなど、分野に特化したシステム開発で社会に貢献するラデックス(本社:東京都中央区)。卓越したノウハウで長きにわたりシステムを支え続けるが、その一方で多様化する技術ニーズに応えるべくスキルアップに努める。毎年10名からの新卒者を採用、ITSSレベルを計画的に取得していくなど教育に注力し組織基盤を強化している。昨年移転した築地の本社を訪ね近況を伺った。

はねだ けんいち
代表取締役社長 羽田 健一 氏



分離独立後、意気込みを込めた 社名でリスタート

ラデックスの事業は、社会インフラ、ICTシステム、組込みシステムなどのソフトウェア開発がメイン。1971年に設立されたハード・ソフトの開発会社が前身で、ソフトウェア開発会社として分離独立後の1981年にラデックスに商号を変更、40年以上にわたり社会への貢献を続けている。

代表取締役社長の羽田健一氏は、会社が分離する前年に技術者として入社した。「ミニコンを使った制御系システムの開発を続けていました」。称号の変更は分離から2年後。ドイツ語のRADIX＝基数という言葉に、社員の意気込みが込められた。「前身の会社は経営面で苦労した経緯があり、この会社でゼロからスタートしてみんなで成長していこうという強い意志を込めたものです。発音は“レイディックス”ですが、言いやすくラデックスにしました」と羽田氏は振り返る。

そうしてリスタートした同社だが、スタート時に30名ほどだった社員数は200名を超える規模に発展している。

専門知識を要する領域で システムを支え続ける

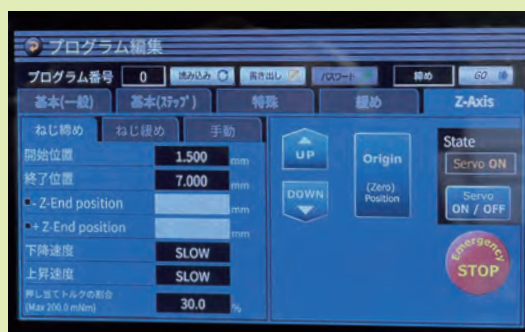
もともと東芝との強いつながりもあり、電力系やプラント系といった制御システム開発の実績も多い。現在は、社会インフラ、公共システム、ICTソリューション、組込みシステムの4事業で展開する。

社会インフラ事業は鉄道系、電力系のシステム開発が中心。鉄道系はダイヤ作成、乗務員管理などオープン系システムの開発、電力系は発電所監視、送電・配電システムなどの開発に携わる。公共システム事業はNTTデータグループと連携し、官公庁など公共分野向けのシステム開発、インフラ構築に対応する。ICTソリューション事業は、ソフトバンクの社内システム開発を続けるなど実績を重ねている。

鉄道・交通系システム、空調機、複合機といった機器開発の実績が豊富なのが組込みシステム事業。事業部は東京事業所(府中市)と静岡事業所(三島市)で展開している。鉄道・交通分野は定期券発行機や料金収受システムなど駅務機器系システム、高速道路のETCシステムの開発など東京事

業所での実績に加え、静岡事業所では数多くの空調機、複合機の開発など大掛かりなプロジェクトを10年以上続けている。反面、直近では産業用ロボットのプログラム作成やティーチング作業用の入力・操作装置であるティーチングペンダントのアプリ開発に関わるなど、領域を広げつつある。取締役で静岡事業所長の中谷将宏氏は「静岡では複数の大きなプロジェクトに関わっていますが、同時にスマートペンダントのような小規模な案件にも対応して技術拡張につなげていきたいと考えています」と話す。また静岡事業所は業務の持ち帰り率が高く、7～8割のメンバーが事務所で作業しているという。中谷氏が「持ち帰ってチームでトライするという体制もできていて、若手の育成につながっています」というようにプラスに展開できているようだ。

いずれも専門的な業務知識が求められる分野ながら、ノウハウを備えた技術力で、10年や30年40年と長年にわたり関係性を強め開発を続けている。その一方で、新たな技術力を身に付ける必要性を強く感じている。羽田氏は「たとえば官庁系では、クラウド



▲画面はモーター関連の製品開発を行う(株)バンガードシステムズと連携して開発が進んでいる「PRO-FUSEシリーズ Advance-Z」。ロボットでは制御しにくいネジを押し込む「Z軸」方向の駆動を持った微小ネジ用の電動ドライバーとなっている特長があるという。

◀静岡事業所および組込みシステム事業について紹介いただいた取締役 静岡事業所長の中谷将宏氏



環境を整備してDX化が加速する傾向にあります。そうしたなかで、クラウドエンジンなど新たに知識を高めていかないと競争力が付きません」とし、今年度は特にクラウド技術者の養成に注力するという。

人材開発にITSSを活用し 段階を経たレベルアップを実践

もともと採用、人材育成には積極的だ。その取り組みが、これまでの堅調な成長を支えてきたといえる。人材については課題とする会員も多いので掘り下げて紹介すると、毎年10名から15名の新卒者を採用するという。「入社後にきちんと教育するので、専攻は情報系でも文系でもこだわりません。1年目はOJTを含む教育、2年目からは取引先の案件に対応しながら技術を身に付けてもらいます」(羽田氏)。

技術力の基準値にはITスキル標準であるITSS(IT Skill Standard)を導入している。ご存じの人が多いだろうが概要を記すと、高度IT人材育成を目的に作成された教育・訓練を行う際の指標。IT領域を「ITアーキテクト」「ソフトウェア開発」「ITサービスマネジメント」など11種類の職種、さらに38種類の専門分野にわけて定義。そのうえで、情報技術の基礎知識を有するレベル1からプロフェッショナルとして専門分野が確立されたレベル7まで、

個人の能力や実績に基づいた7段階のレベルが設定されている。

このITSSを活用し、羽田氏は「品質目標の意味もありますが、1年目にITパスポートの取得、3年以内に基礎知識を得るレベル1、5年以内にレベル3となる応用知識や技能を有するように、義務教育化しています」と説明する。同時に、教育委員会と称し教育体制を常に見直す活動も行う。各部門のマネージャクラスや入社2～3年の若手社員も加わり、部門単位や全体の教育体制をアップデートしていくもので、10年以上続いているという。また入社前の内定者を対象に、eラーニング風にビジネスの基礎教育を学ぶ研修期間を設けている。内定後、入社までの間にも会社と接する機会をつくり、より知識を深めてもらう狙いだという。こうした一連の取り組みに対し羽田氏は「多くの社員が新卒からマネージャ、取締役になってずっと会社を支えています。そうした管理者も育てていくことを想定しています」と話す。

他社と交流機会を増やし 多様なニーズに応える

コロナ禍にあって、取引先の意向からテレワーク中心にシフトした。業務は受託で客先に常駐して進めているが、多くが持ち帰り可能となり50%はテレワークで開発

中という。本社はそうした変化に合わせて昨年コンパクトなオフィスに移転、浮いた分の経費を人材育成への投資、グループウェアやチャットなど環境を完備し、社員とのコミュニケーション維持・強化に努める。あえて定期的に集まって、「以前のように先輩の背中を見て成長していけるきっかけに」(羽田氏)として、顔を合わせて仕事をする機会も設けている。

もう一つ事業の課題にあげるのが、新たな技術への対応だ。「クラウドもそうですが、同じ業務でも違うスキルが求められてきます。取引先側での内製化が進んでくるとプログラム中心では勝負できない。ITSSでいえば、レベル4や5に相当する人材の必要性を感じています」(羽田氏)。その対応のひとつとして、他部門に移って新しい業務、技術にふれてもらう機会をつくっているという。

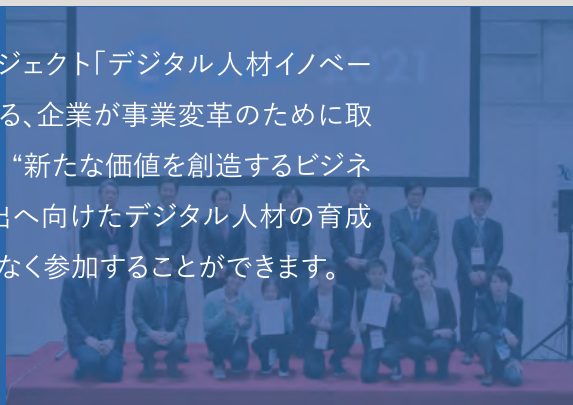
入会したJASAでも、そんな課題が解消できる技術交流を期待する。羽田氏は「なかなか外の文化や他者と接して知見を広げる機会が少ない。会員企業との交流機会を積極的に活かして人も組織も飛躍していけるきっかけになれば」、中谷氏も「技術的に偏りがちな環境から、そこを補えるようなパートナーとの出会いがあればうれしく思います。DX時代で多様性も求められているなかで協力し合える機会に期待しています」と入会の思いを語ってくれた。

●「会社訪問」のコーナーでは、掲載を希望される会員企業を募集しています。お気軽にJASAまでお問い合わせください。



デジタル人材イノベーションチャレンジ2022

JASAは、デジタル社会を牽引できる人材の育成を目的とした実践プロジェクト「デジタル人材イノベーションチャレンジ2022」の開催を決定いたしました。経済産業省が提唱する、企業が事業変革のために取るべきアクションを参考に「課題・解決・実装」を段階的に繰り返して学び、“新たな価値を創造するビジネスの企画・立案”をコンテスト形式で評価する内容となります。新価値創出へ向けたデジタル人材の育成を目的とし、すべてのプログラムはオンラインにて提供、地域・時間の制限なく参加することができます。



【募集中!】参加チーム・スポンサー
参加チームは5/31(火)まで

<後援予定>



2022年 デジタル人材イノベーションチャレンジ デジタル社会を牽引できる人材の育成

延べ
27チーム

2021年 DXイノベーションチャレンジ
Society 5.0に向けたイノベーション創出

延べ
88チーム

2018-2020年 IoTイノベーションチャレンジ
SDGsをテーマにIoTを活用したビジネスの企画立案

延べ
23チーム

2015-2017年 組込みIoTハッカソン
課題のもとにIoTサービスを開発、実装を行う

実施概要

デジタル社会を牽引できる人材を育成することを目的とします。基礎的な理論を習得し、幅広い知識を得るとともに、動画によるオンデマンド学習、ワークショップなどを通じて、思考力、企画力などの実践的な力を鍛えます。

実践形式のプログラム

なりたい姿をデザインし、市場・社会や業界・企業の問いを解決するアイデアをもとに今までにない新しいビジネスを企画を立案する



開催スケジュール

- : オンライン開催
- ◆: オンライン／リアル
のハイブリット開催

	6月	7月	8月	9月	10月	11月
研修プログラム	講座	●前編公開 (6月中旬) ●後編公開 (7月中旬)		※期間中は何度も視聴できます		
	ワークショップ	●チームビルディング (6月上旬) ●アイデア創出 慶応大学SDM開催 (6月中旬)				
実践プログラム	企画コンテスト	●オリエンテーション はじめてのイノチャレ (6月上旬)		●一次審査 (9月下旬)	●二次審査 (10/21, 22)	◆決勝審査 (11/18)
	相談会		●企画/検討アドバイス (7月下旬)	●審査前アドバイス (8月下旬)	●最終アドバイス (10月上旬)	

イノチャレの
参加申込みはこちら

<https://innovation-challenge.biz/entry/>

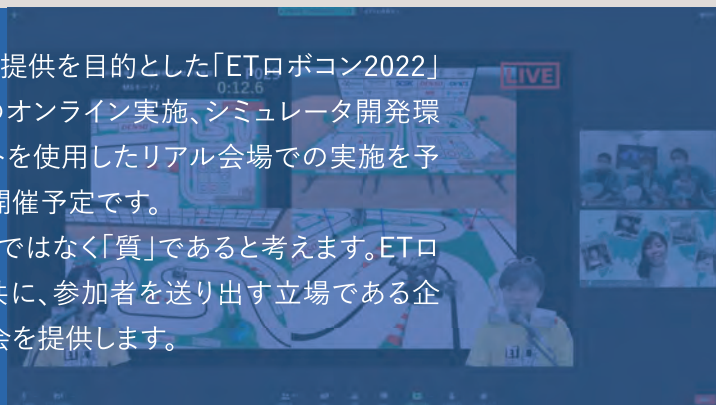




ETロボコン2022

IT・組込み分野におけるエンジニア人財育成・技術教育機会の提供を目的とした「ETロボコン2022」は、2年ぶりにリアル会場で開催いたします。教育プログラムのオンライン実施、シミュレータ開発環境の提供は継続しつつ、学びの集大成である大会ではロボットを使用したリアル会場での実施を予定しており、オンラインとリアルの両方を活かしたコンテストを開催予定です。

IT人材の不足が叫ばれていますが、不足の原因は人材の「量」ではなく「質」であると考えます。ETロボコンでは、質の高いエンジニアを育てる機会を提供すると共に、参加者を送り出す立場である企業・教育機関にもETロボコンを活用し、発展していただける機会を提供します。



対 象

高校生以上（エンジニア及び大学生、高専生、専門学生が主な対象）

参加申込期間

3月16日（水）～4月22日（金）まで

年間スケジュール



参加クラス

エントリークラス	プライマリークラス	アドバンストクラス
プログラミング設計 ▶ 未経験者	プログラミング設計 ▶ 経験があるが、開発経験が少ない	プログラミング設計 ▶ 基礎習得済み、応用を学びたい

個別での参加相談や本活動と一緒に盛り上げていただく協賛企業も募集しております。

オンライン相談会は随時開催しておりますので、お気軽にご相談ください。

詳しくはETロボコン事務局(er-info@etrobo.jp)までお問い合わせください。

参加申込方法▶



人財育成×VPM

人財育成に必要な3つのポイントの実現が可能

Vision

組織とヒト
共に成長

Passion

内発的な
動機づけ

Mission

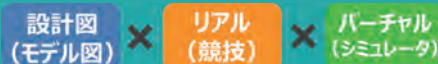
一人前の
エンジニア

ETロボコンの特徴

- ・企業と教育機関のガチンコバトル
- ・ソフトウェア重視の教育型ロボコン
- ・設計図（モデル図）も評価対象

リアル×バーチャル

現実世界では、最終的に製品への
落とし込みが必要不可欠



チャンピオンシップ大会

40チーム選出予定

地区大会（オンライン開催）

エントリークラス

地区大会（リアル会場での開催）

プライマリークラス

アドバンストクラス

※エントリークラスは地区大会のみ



実践リーダー研修

交流推進本部 人財交流委員会

2022年度 受講者募集

活動内容のご紹介

コロナ禍を受け、私たちを取り巻く社会・ビジネス環境が目まぐるしいスピードで激変し、あらゆる産業や業界、市場が根底からの再定義を求められ始めている混とんとした時代に突入しています。

人財交流委員会では、実践リーダー向けの研修を用意し、このような時代に即応できる実践リーダーの育成活動を続けています。

過去には、「新たな価値を生み出すビジネスモデルを考えるためのイノベティブ

思考」、「社長の右腕となる幹部候補を育てるための経営戦略策定方法」、「不確実性に即応するためのシステムズエンジニアリング」など、毎年、会員の皆様に興味を持っていただけるテーマを設定し、フレームワーク、事例、思考方法などを学んできました。

講義だけではなく、地域・会社・職位・立場が異なる4～5人のグループ単位でチーム活動を行うことにより、様々な考え方、知

識、経験の共有、及び、成長志向の実践リーダー同士のネットワークを構築していただきました。研修終了後数年経っても、この繋がりを大切にしているチームも有り、1年かけてチーム活動を行い築き上げた絆はより強いものになっているようです。

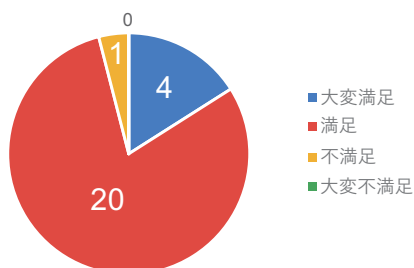
この活動を継続することで、会員企業の皆様の成長、さらには、会員企業の繁栄に貢献したいと考えています。

(人財交流委員長 安藤 亘)

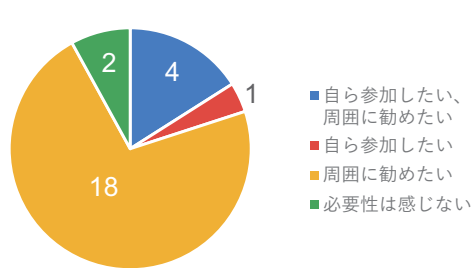
■2021年度 成果報告会(オンライン開催)受講者アンケート結果

テーマ▶「アフターコロナ時代に即応する実践リーダー“協創”プログラム」
“新たな価値を生み出すコンセプトをデザインする”

研修の満足度について (単位：人)



来年度の参加について (単位：人)



2021年度受講者へのアンケートの結果、ご回答いただいたほとんどの方に満足のご研修だったと評価をしていただきました。「多くの設計手法を学ぶことができた。現場にも必要に応じてどんどん活用したい」、「他社の方と議論することができ、普段と違う視点を知ることができた。よい刺激になった」、「多様な思考方法や、想定以上の気付きを得ることができた」、「イノベティブな思考の助けとなる様々な手法を

学べた」などのコメントをいただいております。受講者の成長に繋がっています。

また、2022年度の研修への参加についても、ほとんどの方に「周囲に勧めたい」または、「自ら参加したい」と高評価をいただきました。成果発表会を視聴された上司の方からも「周囲に勧めたい」とのコメントをいただいております。

コロナ禍の影響により、2020年度からは、オンラインでの開催となり、「感情が伝わり

にくい」、「話すタイミングが難しい」などのマイナス面もありましたが、「移動しなくてよいので、業務への影響を最小限にできた」、「業務が多忙でも、チーム活動を行いやすかった」、「オンラインホワイトボードツール(MIRO)を使用すれば、互いの意見が伝わりやすかった」、「毎回、録画データが公開されるので、復習ができた」などプラス面も多くありました。

2021年度受講者のご感想(成果報告会優勝チームの皆様)

2021年度の実践リーダー研修の成果報告会で優勝した「心喜一転」チームの皆様にご感想をお聞きました。

「チームの雰囲気もよく、メンバーの方の柔軟な発想にも助けられ、今回の成果にたどり着けたと感じています。」

株式会社ビッツ 高木吉康

「この研修を通じて、様々なフレームワークや手法を用いながらチームで考えることの効果を感じることができました。」

ビジネスキューブ・アンド・パートナーズ株式会社
大野貴正

「報告会を含む全5回の講義で様々な手法や考え方を学んで実践でき、とても貴重な経験ができたと感じます。」

株式会社Bee 谷本舞耶

「7月から3月の成果報告会までの9か月間で打ち合わせを何度も行い、あでもないこうでもないといくさん議論を重ねました。チームメンバーは支部も会社も何から何まで異なるので、都合を合わせるのも大変でなかなか全員が揃うことはなく、思うように議論が進まないときもありました。」

最後の最後で今まで考えていた案をひっくり返して一から考え直すことになりましたが、最終的には納得できる発表ができ、それが優勝という結果

に繋がったのだと思います。他社の方と密に議論をして何かひとつのソリューションを考えるという機会は珍しいものだと思います。確かに大変ではありましたが、それと同時に非常に有意義な時間を過ごすことができました。議論が進まず立ち止まった時間も決して無駄ではなく、それもまたひとつの大きな学びとなりました。受講してよかったなと思います。」

「心喜一転」チームメンバー一同

「他社の方々と一緒に受講した講義及びミーティングを通して意見を出しながら、学んだ手法を生かすことができました。」

株式会社ウォンツ 田原ジェシカサユリ

「他社の方々と一緒に研修で学んだ手法を用いて新ソリューションを考えるのは貴重な体験であり、自社でも活かそうと思います。」

株式会社ステップワン 大寺宏樹

2021年度の成果報告会の様子は、以下のURLからご確認ください。

https://youtu.be/d_b1u0bd4VU



■2022年度 受講者募集(後日、事務局より詳細をご案内)

テーマ▶「次世代を担う実践リーダー”協創”プログラム」
“新たな価値を生み出すビジネスをデザインする”

[講師] 関西学院大学専門職大学院
経営戦略研究科
清水 詠氏

●目的

- ・「協創」アプローチから新たな価値を生み出す「ビジネス」をデザインするスキル体得を通じ、次世代を担う実践リーダーを育成する
- ・地域・企業・職位・立場を超越した、実践リーダーとして有用となる、「協創」に繋がる相互ネットワークを醸成させる

●対象

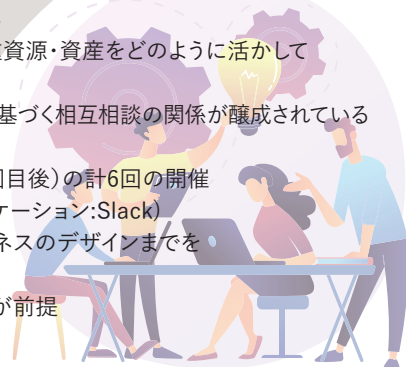
- ・それぞれの実践の場で、自社・自身の成長を本気で考え、日々格闘している実践リーダー(職位・立場・JASA会員有無は問わず)(過去の研修参加者で、反復的に考え続ける鍛錬、及び新たなネットワーク醸成を図りたい方も受講可能)

●到達ゴール

- ・新たな価値を生み出す「ビジネス」をデザインするために必要な「考え方」と「やり方」を、チームによる「協創」アプローチを通じて体得している
- ・その「協創」アプローチを通じてデザインされた、新たな価値を生み出す「ビジネス」を、社会・地域・市場・顧客に問い、そのフィードバックから次へ繋がるアクションを主体的に見出し、チームで継続して検討し始めている
- ・この新たな価値を生み出す「ビジネス」が、自社におけるビジネスとどのように関連されるのか、各種資源・資産をどのように活かしていけるのか、また、自身の実践の場でどのように取り組んでいけるのか、について考え始めている
- ・地域・企業・職位・立場は違えど、成長志向の実践リーダー同士の新たな繋がりが醸成され、共通言語に基づく相互相談の関係が醸成されている

●実施方式

- ・計4回のワークショップ(各回13:30~17:00)、中間報告会(第1回と第2回の間)、最終発表会(第4回目後)の計6回の開催
- ・各回の実施方式は、完全オンライン形式(リアルタイム配信:Webex, ディスカッション:Miro, コミュニケーション:Slack)
- ・4~5名を1チームとして組成(事務局にて事前設定)し、このチームで、着目するテーマ設定からビジネスのデザインまでを「協創」アプローチで取り組む
- ・各回での実施日以外のインターバル期間に、チームで適宜、討議・調査・分析・検証に取り組むことが前提



横田英史の 書籍紹介コーナー



脳と人工知能をつないだら、人間の能力はどこまで拡張できるのか ～脳AI融合の最前線～

紺野大地、池谷裕二
講談社 1,760円(税込)

脳と情報技術の融合の最前線に立つ研究者が旬の話題を、クリアな語り口で紹介する。最新の研究を構造化して整理しており、とても読みやすい。イーロン・マスク創業の米NeuralinkのBMI(ブレイン・マシン・インタフェース)など幅広い話題を取りあげる。

本書が取りあげる話題は、脳と脳をコンピュータを介してつなぐ、脳にセンサーを埋め込む、BMI、脳と人工知能の融合、脳とインターネットの結合などと幅広い。驚かされる研究や動物実験が数多く紹介されている。

筆者は東京大学の「ERATO 池谷AI融合プロジェクト」の創設者とメンバー。ERATOは脳の未知の能力を人工知能を用いて開発することで、脳の潜在性の臨界点を探るとするプロジェクトである。動きの早い分野なので内容の陳腐化が気になるが、可能な限り直近の話題を取り上げようとする著者の姿勢は好感が持てる。

実在とは何か ～量子力学に残された究極の問い～

アダム・ベッカー、吉田三知世・訳
筑摩書房 2,750円(税込)

量子コンピュータに注目が集まっているが、その仕組みは理解しづらい。筆者

は、量子力学の科学史的な歩みを丹念な取材で描き出す。登場するのはアインシュタインやシュレジンガー、ハイゼンベルグ、ファインマンなど多士済々。本書を読んでも量子コンピュータ(量子力学)の原理を理解できるようにならないが、理解できなくても仕方がないことが分かる。

筆者は、なぜ量子力学にクリアな説明が存在しないかを、文献や取材に基づき明らかにする。元凶は、量子力学の正統的説明とされる「コペンハーゲン解釈」に対する論争を物理学者たちがタブー視したこと。量子力学は半導体開発などにおける計算ツール(シミュレーション・ツール)として実に役立つ。実験と実用性を重んじる米国の物理学会にマッチした。細かいことを言わず、「黙って計算しろ」という訳である。

INNOVATION STACK ～だれにも真似できないビジネスを創る～

ジム・マッケルビー、山形浩生・訳
東洋館出版社 2,090円(税込)

モバイル決済代行サービスを手がけるスクア(Square)の共同創業者が綴る起業論。筆者は、自らの経験だけではなく他社の成功例から共通する法則を見出し、「スタートアップ必勝論」を展開する。

ビジネスを成功に導くのは、既存の方法では対応できない問題を解決するイノベーション(発明)を積み重ねる「イノベーションスタック」を深くすること。深ければ深いほど、競争優位な立場を築くこ

とができる。スタートアップが成功する秘訣は解決したい課題にすばやく手をつけ、イノベーションにつなげること。一つのイノベーションは無理や課題を引き起こす。それを解決するために、別のイノベーションが必要になる。こうしてイノベーションスタックを築く。イノベーションスタックは計画ではなく、生死にかかわる脅威に対する一連の対応だとする。

地球の未来のため 僕が決断したこと

ビル・ゲイツ、山田文・訳
早川書房 2,420円(税込)

温室効果ガス ゼロを2050年に達するために、技術・市場・政策面で行うべきことを論じた書。市場と政策、技術は互いに補完し、この3つのレバーは「すべて同時に、同じ方向に引く必要がある」とする。2050年に目標を置き、バックキャストで議論を展開する。2030年時点で削減効果が見込めても、誤った形で適用すると2050年の目標達成の足かせになりかねない技術や政策は「不可」と断じる。

キーワードの一つは「グリーンプレミアム」である。温室効果ガスを排出する既存技術を使った場合と排出ゼロの新技術を使った場合のコスト差を指す。現在の温室効果ガスの排出量は年間510億トン。これを構成する「電気を使う」「ものをつくる」「ものを育てる」「移動する」「冷やしたり暖めたりする」ごとに、グリーンプレミアムを小さくする技術を特定し、実現可能性に言及する。

横田 英史 (yokota@et-lab.biz)

1956年大阪生まれ。1980年京都大学工学部電気工学科卒。1982年京都大学工学研究科修了。川崎重工業技術開発本部でのエンジニア経験を経て、1986年日経マグロウヒル(現日経BP社)に入社。日経エレクトロニクス記者、同副編集長、BizIT(現xTECH)編集長を経て、2001年11月日経コンピュータ編集長に就任。2003年3月発行人を兼務。2004年11月、日経バイト発行人兼編集長。その後、日経BP社執行役員を経て、2013年1月、日経BPコンサルティング取締役、2016年日経BPソリューションズ代表取締役就任。2018年3月退任。2018年4月から日経BP社に戻り、日経BP総合研究所 グリーンテックラボ 主席研究員、2018年10月退社。2018年11月ETラボ代表、2019年6月当協会理事、現在に至る。

記者時代の専門分野は、コンピュータ・アーキテクチャ、コンピュータ・ハードウェア、OS、ハードディスク装置、組込み制御、知的財産権、環境問題など。

*本書評の内容は横田個人の意見であり、所属する団体の見解とは関係がありません。



クミコ・ミライ ハンダフルワールド 第19話

メタバース! ハンダフルワールド ①



メタバース! ハンダフルワールド ②



この漫画はダイナフォントを使用しています。

もへつづく

毎日楽しく使えちゃう!!
クミコ・ミライの LINE スタンプ

発売中!



LINE で検索! クミコ・ミライ



JASA 会員一覧

(2022年4月)

北海道支部

HISホールディングス株式会社	http://www.hokuyois.co.jp/
株式会社技研工房	https://www.giken-k.biz
株式会社コア 北海道カンパニー	http://www.core.co.jp/
北都システム株式会社	https://www.hscnet.co.jp/

東北支部

株式会社イーアールアイ	http://www.erii.co.jp/
株式会社コア 東関東カンパニー	http://www.core.co.jp/
株式会社CIC 東北支店	https://www.cichdgroup.com/
国立大学法人東北大学 情報科学研究科教授 青木研究室	http://www.tohoku.ac.jp/
株式会社ビッツ 東北事業所	https://www.bits.co.jp/

関東支部

一般社団法人I I O T	https://www.iiot.or.jp/
IARシステムズ株式会社	https://www.iar.com/jp/
株式会社アイ・エス・ビー	https://www.isb.co.jp/
一般社団法人iCD協会	https://www.icda.or.jp/
一般社団法人ICT CONNECT 21	http://ictconnect21.jp/
一般社団法人IT検証産業協会	https://www.ivia.or.jp/
株式会社アクティブ・ブレインズ・トラスト	https://active-brains-trust.jp/
株式会社アスク	https://www.ask-corp.jp/
アストロデザイン株式会社	https://www.astrodesign.co.jp/
株式会社アックス	http://www.axe.bz/
アップウィンドテクノロジー・インコーポレイテッド	http://www.upwind-technology.com/
アドバンスデザインテクノロジー株式会社	http://www.adte.co.jp/
アドバンスシステムズ株式会社	http://www.asco.jp/
株式会社アドバンス・データ・コントロールズ	http://www.adac.co.jp/
株式会社アフレル 東京支社	https://afrel.co.jp/
ARAV株式会社	https://arav.jp/
アンドールシステムサポート株式会社	https://www.andor.jp/
株式会社イーテクノロジー	https://www.e-technology.co.jp/
イマジネーションテクノロジーズ株式会社	https://www.imgtec.com/
株式会社インサイトワン	http://www.insight-one.co.jp/
株式会社インフォテック・サーブ	http://www.infotech-s.co.jp/
株式会社ウェーブ	https://www.waveco.co.jp/
株式会社エイチアイ	https://hicorp.co.jp/
株式会社エクスマーショ	https://www.exmotion.co.jp/
株式会社SRA	https://www.sra.co.jp/
SHコンサルティング株式会社	https://www.swhwc.com/
STマイクロエレクトロニクス株式会社	https://www.st.com/
株式会社NS・コンピュータサービス エンベッド本部	https://nscs.jp/
株式会社NTTデータ オートモビリティ研究部	https://www.zipc.com/
株式会社エヌデーデー	https://www.nddhq.co.jp/
株式会社エンファシス	http://www.emfasys.co.jp/
株式会社エンベックスエデュケーション	https://www.embex-edu.com/
株式会社OrbisBrain	http://orbisbrain.com/
ガイオ・テクノロジー株式会社	https://www.gao.co.jp/
株式会社金沢エンジニアリングシステムズ	https://www.kanazawa-es.com/

株式会社カンデラジャパン	https://www.canderajp.co.jp/
合同会社Keychain	https://www.keychain.io/
株式会社ギガ	https://www.giga.core.co.jp/
一般社団法人行政情報システム研究所	https://www.iais.or.jp/
京都マイクロコンピュータ株式会社	http://www.kmckk.co.jp/
特定非営利活動法人組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会	http://www.sesame.jp/
一般社団法人組込みマルチコアコンソーシアム	https://www.embeddedmulticore.org/
株式会社グレープシステム	https://www.grape.co.jp/
株式会社クレスコ	https://www.cresco.co.jp/
株式会社グローセル	https://www.gloسل.co.jp/
グローバルイノベーションコンサルティング株式会社	https://www.gicip.com/
株式会社コア	http://www.core.co.jp/
一般財団法人国際情報化協力センター	https://cicc.or.jp/
株式会社コマス	http://www.comas.jp/
株式会社コンセプトアンドデザイン	https://www.candd.co.jp/
一般社団法人ソフトウェア協会	https://www.saj.or.jp/
サイバートラスト株式会社	https://www.cybertrust.co.jp/
佐島電機株式会社	http://www.satori.co.jp/
株式会社CRI・ミドルウェア	https://www.cri-mw.co.jp/
株式会社CIC	https://www.cichdgroup.com/
CQ出版株式会社	https://www.cqpub.co.jp/
JRCエンジニアリング株式会社	http://www.jrce.co.jp/
株式会社ジェーエフピー	http://www.jfp.co.jp/
一般社団法人J-TEA	http://www.j-tea.jp/
ジェネシス株式会社	http://www.genesys.gr.jp/
株式会社システムクラフト	http://www.scinet.co.jp/
株式会社システムサイエンス研究所	http://www.sylc.co.jp/
一般社団法人重要生活機器連携セキュリティ協議会	http://www.ccds.or.jp/
一般社団法人情報サービス産業協会	https://www.jisa.or.jp/
一般社団法人スキルマネージメント協会	http://www.skill.or.jp/
株式会社ストラテジー	http://www.k-s-g.co.jp/
株式会社ゼロソフト	https://www.zerosoft.co.jp/
ソーバル株式会社	https://www.sobal.co.jp/
株式会社Sohwa & Sophia Technologies	http://www.ss-technologies.co.jp/
一般財団法人ソフトウェア情報センター	http://www.softic.or.jp/
第一生命保険株式会社	http://www.dai-ichi-life.co.jp/
一般社団法人体験設計支援コンソーシアム	http://www.cxds.jp/
ダイナコムウェア株式会社	https://www.dynacw.co.jp/
大旺工業株式会社 ※「旺」は正しくは日偏に玉	http://taiyo-kg.co.jp/
株式会社チェンジビジョン	http://www.change-vision.com/
TISソリューションリンク株式会社	https://www.tsolweb.co.jp/
株式会社DTSインサイト	https://www.dts-insight.co.jp/
株式会社D・Ace	http://d-ace.co.jp/
ディジ インターナショナル株式会社	http://www.digi-intl.co.jp/
TDIプロダクトソリューション株式会社	http://www.tdips.co.jp/
データテクノロジー株式会社	http://www.datec.co.jp/
株式会社テクノプロ	https://www.technopro.com/
テクマトリックス株式会社	https://www.techmatrix.co.jp/
デジタル・インフォメーション・テクノロジー株式会社	http://www.ditgroup.jp/

デンセイシリウス株式会社	https://www.denseisirius.com/
株式会社電波新聞社	https://www.dempa.co.jp/
東京電機大学 未来科学部	http://web.dendai.ac.jp/
東芝情報システム株式会社	https://www.tjsys.co.jp/
東信システムハウス株式会社	http://www.toshin-sh.co.jp/
株式会社トーセシステムズ	https://www.toseisystems.co.jp/
株式会社東光高岳	https://www.tktk.co.jp/
特定非営利活動法人TOPPERSプロジェクト	http://www.toppers.jp/
トロンフォーラム	http://www.tron.org/
株式会社永栄	http://www.nagae-jp.com/
株式会社ニッキ	http://www.nikknet.co.jp/
株式会社日新システムズ 東京支社	https://www.co-nss.co.jp/
日本システム開発株式会社	http://www.nskint.co.jp/
日本生命保険相互会社	https://www.nissay.co.jp/
日本ローターバハ株式会社	https://www.lauterbach.com/jindex.html
NextDrive株式会社	https://jp.nextdrive.io/
ノアソリューション株式会社	http://www.noahsi.com/
株式会社ノードゥス	https://www.nodus-inc.com/
ハートランド・データ株式会社	https://hlde.co.jp/
株式会社ハイスポット	http://www.hispot.co.jp/
株式会社パトリオット	http://www.patriot.co.jp/
ハル・エンジニアリング株式会社	http://www.haleng.co.jp/
株式会社ビー・メソッド	http://www.be-method.co.jp/
株式会社ピーアンドピービューロー	https://www.pp-web.net/
BTC Japan株式会社	http://www.btc-es.de/
ビジネスキューブ・アンド・パートナーズ株式会社	http://biz3.co.jp/
株式会社日立産業制御ソリューションズ	https://www.hitachi-ics.co.jp/
株式会社ビット	https://www.bits.co.jp/
株式会社ブライセン	https://www.brycen.co.jp/
フラットーク株式会社	http://www.flatoak.co.jp/fltk/
ベクター・ジャパン株式会社	http://www.vector.com/jp/ja/
マルツエレクトロニクス株式会社	https://www.marutsu.co.jp/
三井住友信託銀行株式会社	https://www.smtb.jp/
株式会社メタテクノ	https://www.meta.co.jp/
モバイルコンピューティング推進コンソーシアム	https://www.mcpc-jp.org/
ユタカ電気株式会社	http://www.yutakaelectric.co.jp/
株式会社ラデックス	https://www.rdx.co.jp/
株式会社来夢多	http://www.ramuda.co.jp/
リネオソリューションズ株式会社	https://www.lineo.co.jp/
早稲田大学 グローバルソフトウェアエンジニアリング研究所	http://www.washi.cs.waseda.ac.jp/

中部支部

株式会社ウィッツ	https://www.witz-inc.co.jp/
株式会社ウォンツ	http://www.wantsinc.jp/
有限会社OHK研究所	
株式会社OTSL	http://www.otsl.jp/
株式会社コア 中部カンパニー	http://www.core.co.jp/
三幸電子株式会社	http://www.sanko-net.co.jp/
株式会社サンテック	http://www.suntec.co.jp/
シリコンリナックス株式会社	http://www.si-linux.co.jp/
東海ソフト株式会社	http://www.tokai-soft.co.jp/
東洋電機株式会社	http://www.toyo-elec.co.jp/

萩原電気ホールディングス株式会社	https://www.hagiwara.co.jp/
株式会社バッファロー	http://buffalo.jp/
半田重工業株式会社	https://hanju.co.jp/
株式会社明理工業	http://www.meiri.co.jp/
株式会社ユタカ電子	http://www.yutakadenshi.co.jp/

北陸支部

株式会社アフレル	https://afrel.co.jp/
----------	---

近畿支部

株式会社暁電機製作所	https://www.arunas.co.jp/
株式会社アクシアソフトデザイン	http://www.axia-sd.co.jp
アンドールシステムサポート株式会社 大阪事業所	https://www.andor.jp/
イーエルシステム株式会社	http://www.el-systems.co.jp/
株式会社エイビイラボ	http://www.ab-lab.co.jp/
株式会社大阪エヌデーエス	https://www.nds-osk.co.jp/
一般財団法人関西情報センター	http://www.kiis.or.jp/
組込みシステム産業振興機構	http://www.kansai-kumikomi.net/
株式会社クレスコ 大阪事業所	https://www.cresco.co.jp/
株式会社コア 関西カンパニー	http://www.core.co.jp/
コネクトフリー株式会社	https://connectfree.co.jp/
株式会社Communication Technologies Inc.	https://www.cti.kyoto/
株式会社システムクリエイティブ	http://sc.poi.ne.jp/
株式会社システムプランニング	http://www.sysplnd.co.jp/
スキルシステムズ株式会社	https://skill-systems.co.jp/
株式会社ステップワン	http://www.stepone.co.jp/
株式会社窓飛	http://www.sohi.co.jp/
株式会社ソフトム	http://www.softm.co.jp/
株式会社ソフト流通センター	http://www.k-src.jp/
太洋工業株式会社	http://www.taiyo-xelcom.co.jp/
株式会社たけびし	http://www.takebishi.co.jp/
株式会社データ・テクノ	http://www.datatecno.co.jp/
有限会社中野情報システム	http://nakanoinfosystem.com/
株式会社日新システムズ	https://www.co-nss.co.jp/
日本メカトロニクス株式会社	http://www.n-mec.com/
株式会社ハネロン	http://www.haneron.com/
株式会社Bee	http://www.bee-u.com/
株式会社ビット 関西事業所	https://www.bits.co.jp/
株式会社星光	http://hoshimitsu.co.jp/
株式会社村田製作所	https://www.murata.com/ja-jp/
株式会社ルナネクス	http://www.luna-nexus.com/

九州支部

株式会社エフェクト	http://www.effect-effect.com/
株式会社コア 九州カンパニー	http://www.core.co.jp/
株式会社CIC 九州営業所	https://www.cichdgroup.com/
柳井電機工業株式会社	http://www.yanaidenki.co.jp/

・個人会員 9名

イベントスケジュール

第36回社員総会

日時 6月27日(月) 15:00～17:00

場所 大手町サンケイプラザ

議題 2021年度事業報告書(案) 承認の件
2021年度財務諸表(案) 承認の件 他
総会終了後、懇親会開催予定



技術本部2021年度事業成果発表会

日時 6月3日(金) 13:00～17:30

場所 ハイブリット開催

議題 各委員会・WGによる
2021年度調査研究内容と成果



広報委員会からのお知らせ



協会案内パンフレットを刷新!

協会概要と事業活動等を紹介する協会案内を発行しました。

JASA ビジョン2030に向け、“「創造」をリードするJASA”として、「人財育成」、「技術研鑽」、「経営支援」、「ビジネスマッチング」の4本柱で事業活動を紹介しています。



以下ページから入会案内のPDFがダウンロードできます。

<https://www.jasa.or.jp/inf/application/>

海外視察研修事業「スウェーデン」
「バーチャル」視察ツアー
公開ご案内

国際交流委員会は、2021年度海外視察事業の一環として、北欧のIT先進国であり幸福度でも名高いスウェーデンを取り上げ、IoT関連ベンチャー企業とそれを支える大学等をご紹介した

バーチャル視察ツアーをHPにて公開しました。(昨年度はミャンマー・スリランカの2ヶ国)

https://www.jasa.or.jp/lists/sweden_tour_2022/



JASAホームページ「広報アーカイブ」では、様々な協会活動(動画)報告を掲載しています。是非ご覧ください。

https://www.jasa.or.jp/archive/pr_archive/

JASA新入会員企業紹介



株式会社大阪エヌデーエス

〒540-0001 大阪府大阪市中央区城見1丁目4番7号 <https://www.nds-osk.co.jp/>

当社は1969年の創業以来、半世紀にわたり組込みシステム開発と基盤系システム開発を2本柱に事業を展開し、未来の社会に必要とされるITソリューションをご提供しています。組込み分野では、新たな移動サービスで注目を集めるMaaSやコネクテッドカー、自動運転といった車載機器から、生活を便利にするスマート家電、AIやIoTと融合した産業用ロボットまで、未来につながるあらゆる製品のシステム開発を行い高い評価を戴いております。

■編集後記

新年度が始まりました。当協会も、1月号で紹介した「JASAビジョン2030」に向けた歩みを始めます。人財育成や人財交流は、JASAビジョンが掲げた4つの重点項目の1つです。今号では、「実践リーダー研修」「デジタル人材イノベーションチャレンジ」「ETロボコン」の告知を掲載しています。奮ってご参加ください。

4月号の恒例となっている技術特集を、今年は2本立てにしました。

1つは、エッジクラウド技術とデジタルツイン技術に焦点を当てた「リアルタイム組込みシステムにおける群制御及びデジタルツイン機能を活用した実証実験」です。昨年の「分散型クラウドを活用したリアルタイム組込みプラットフォーム

の実証実験」プロジェクトの知見を活かしつつブラッシュアップしました。当協会と会員企業6社によるプロジェクトです。ご一読ください。

もう1つの技術特集では、最先端の技術キーワードを取り上げました。量子コンピューター、半導体の民主化(カスタムエッジAIチップ)、IoT向け無線LAN「Wi-Fi HaLow」、BMI(Brain Machine Interface)です。それぞれ3～4ページでコンパクトに解説して頂きました。Webや新聞、雑誌を読むときの参考にできれば幸いです。

広報委員長 横田英史

【訂正】Bulletin JASA vol.80 2022年1月号の裏表紙で、プラットフォーム構成委員会とありますが、プラットフォーム構築委員会の誤りです。お詫びして訂正します。

協会概要

JASAは、組込みシステム技術とIoT・5G・AI等を包括するエッジコンピューティング技術を駆使し、様々な産業分野を跨ぐ協会として、技術の普及・高度化、調査研究、人材育成、ビジネス創出等、広範な業界活動を積極的に展開しています。

名 称 一般社団法人組込みシステム技術協会
Japan Embedded Systems Technology Association (JASA)

会 長 竹内 嘉一

事務所 本部 東京都中央区入船 1-5-11 弘報ビル 5 階
 支部 北海道、東北、関東、中部、北陸、近畿、九州

会員数 正会員 150 社 賛助会員 27 社 支部会員 14 社
 学術会員 3 団体 個人会員 9 名 (2022 年 4 月現在)

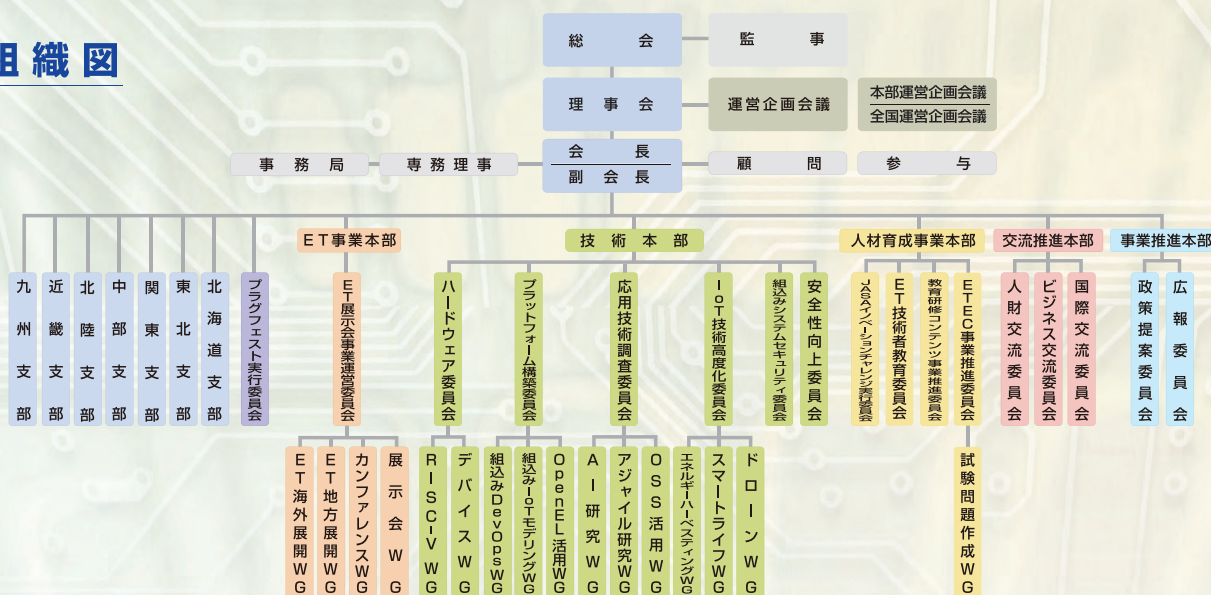
設立 昭和 61 年 8 月 7 日

平成 24 年 4 月 1 日一般社団法人へ移行

組 織 事業推進本部、交流推進本部、人材育成事業本部、
技術本部、ET 事業本部

産業分類 日本標準産業分類 G-3912 組込みソフトウェア業

組織図



主な事業活動

協会の広報及び政策提案等事業

- ①『JASA ビジョン 2030』に向けた諸事業の策定
- ②企業と経営者にとって必要とされる知識、人脈、協創機会の提供
- ③業界マップ整備による協業とアライアンスの推進
- ④ホームページ・機関誌等による業界広報と技術普及促進
- ⑤産官学に向けた JASA ブランド・ロイヤリティの向上

交流促進事業

- ① 国際化対応の支援
- ② 協業・ビジネスマッチング機会の提供
- ③ 人脈形成のための人財交流の促進
- ④ 学生に向けた業界認知度の向上と交流イベントの運営

人材育成事業

- ① ETEC(組込み技術者試験制度)によるスキル向上と技術者教育
- ② 各種セミナー運営による人材育成事業強化
- ③ 「ETロボコン」による若手技術者の教育機会を提供
- ④ デジタル社会を牽引できる人材の育成を目的とした実践プロジェクト
「デジタル人材イノベーションチャレンジ」の開催

技術高度化・普及開発事業

- ① 機能安全とセキュリティ技術の追求及び安全仕様の手順化
- ② モデリング技術の活用推進など先端研究レベルの成果追求
- ③ AI活用技術の推進
- ④ 実用IoTとサイバーフィジカル・システムを実現するエッジDX技術の推進
- ⑤ エッジ・コンピューティング・プラットフォームとしてのJASA標準組込みプラットフォームの開発・策定
- ⑥ 持続可能社会のための省資源コンピューティングの推進
- ⑦ RISC-Vなどオープンな技術の発展、振興

展示会・イベント事業

- ① クラウドネイティブ時代のエッジテクノロジー総合展「EdgeTech+」の開催
- ② オープンイノベーションイベント、協業イベントの企画運営
- ③ 業界団体イベントとしての様々なコンテンツ提供
- ④ リアルイベントとオンライン活用によるハイブリッド開催

支部活動と地域活性化

- ① 支部・本部連携による、組込みシステム技術の普及啓発
- ② オンライン会議・Webinarを活用した、地域から全国レベルの情報発信
- ③ 地域特性を生かした支部事業の活性化と会員相互の交流促進
- ④ 地域における官公庁及び関連機関との情報交流と地域産業の活性化推進

エッジテクノロジーの国内最大級イベント

2022年 **リアル** 開催!!

社会課題・インフラを支える
エッジテクノロジー総合展

大阪開催

ET&IoT **West**
2022

2022年 7月28日 木 - 29日 金

グランフロント大阪

<https://www.jasa.or.jp/etwest/>



横浜開催

EdgeTech **+**
2022

2022年 11月16日 水 - 18日 金

パシフィコ横浜

<https://www.jasa.or.jp/expo/>



●出展に関する資料請求・お問い合わせ・お申し込み等

ET・IoT展示会事務局 (株) ナノオプト・メディア内 Tel. 03-6258-0589 sales-info@f2ff.jp



一般社団法人
組込みシステム技術協会
Japan Embedded Systems Technology Association

[本部事務局]

〒104-0042 東京都中央区入船 1-5-11 弘報ビル 5 階

TEL: 03-6372-0211 Email: jasainfo@jasa.or.jp <https://www.jasa.or.jp/>