



組込みシステム技術協会機関誌

vol. 93

Bulletin JASA

2025
Apr.

技術特集 HOT TECH

知りたいHOTキーワード

✓ デジタルツイン ✓ 箱庭 ✓ コモングラウンド ✓ ドローン



JASA改革プロジェクト 組込み業界の未来を切り拓く

『JASAビジョン2030』第1中期計画の実施報告

会社訪問



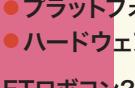
東信システムハウス株式会社
組込み・アプリ・システムでソフト開発領域をカバー
オリジナル製品開発で新たな事業軸を目指す

大学訪問



東京農工大学 工学部 知能情報システム工学科 中條研究室
超並列処理系をベースにAIから計算機まで幅広く研究
RISC-Vにも注目、4月から内閣府主導プロジェクトをサポート

技術本部紹介



● プラットフォーム構築委員会 組込みDevOps WG
● ハードウェア委員会 デバイスWG

etc.

ETロボコン2025／顧問弁護士からのメッセージ／横田英史の書籍紹介コーナー
[Information]
第3回JASA-CIAJ交流会 報告／新入会員企業紹介

業界動向・技術情報を届けします！

『Bulletin JASA』は、当協会発行の会報です。(1月・4月・7月・10月 年4回発行)

組込み技術業界の動向や各種セミナーなど、様々な情報を皆様に発信しています。

ご希望の方には、必要部数をお届けいたします。以下フォームよりお申し込みいただけます。

*組込み技術、製品設計・開発など、業界に関連する方が対象となります。



URL <https://www.jasa.or.jp/lists/bulletinjasasubscription/>

<主なトピックス>

1月:「新春」 業界の見通し -会員アンケート、組込み企業・大学研究室訪問 etc.

4月:「技術特集」 旬の技術を深堀する“知っておきたいHOTキーワード” etc.

7月:「EdgeTech+ West 特集」 出展社紹介、JASA技術本部成果発表会 etc.

10月:「EdgeTech+ 特集」 展示会プレビュー、ETロボコンチャンピオンシップ大会 etc.



Bulletin JASA vol.93 contents

※記載の会社名、製品名などは各会社の商標または登録商標です。※本紙掲載記事の無断転載を禁じます。

1… JASA 改革プロジェクト 組込み業界の未来を切り拓く

4… 『JASA ビジョン 2030』第1中期計画の実施報告

[技術特集] 知っておきたいHOTキーワード

- 7… いま知りたいデジタルツインの現状と今後 12… デジタルツイン時代のプラットフォームとしての箱庭
18… デジタルツインとインフラ協調型ロボット制御 22… デジタルツイン技術でドローンのラスト・ワンマイルを検証する

26… [技術本部紹介]

プラットフォーム構築委員会 組込みDevOps WG
ハードウェア委員会 デバイスWG

28… [会社訪問] 東信システムハウス株式会社

組込み・アプリ・システムでソフト開発領域をカバー
オリジナル製品開発で新たな事業軸を目指す

30… [大学訪問] 東京農工大学 工学部 知能情報システム工学科 中條研究室

超並列処理系をベースにAIから計算機まで幅広く研究
RISC-Vにも注目、4月から内閣府主導プロジェクトをサポート

32… 顧問弁護士からのメッセージ

33… 横田英史の書籍紹介コーナー

34… 会員企業一覧

36… ETロボコン2025

表3… 第3回JASA-CIAJ交流会 報告／新入会員紹介
編集後記

※記載の会社名、製品名などは各会社の商標または登録商標です。※本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

JASA改革プロジェクト 組込み業界の未来を切り拓く

副会長 渡辺 博之

現代社会は急速な変革の中にあります。技術革新が加速し、企業は新たな市場環境への適応を強いられています。特に組込み業界においては、AIの進化、仮想化技術、サイバーフィジカルシステム (CPS) など、革新技術が急速に進展しています。

このような背景の中、JASA (組込みシステム技術協会) は業界全体の発展を支えるため、「JASA改革プロジェクト」を立ち上げました。本記事では、このプロジェクトの背景、目的、具体的な活動内容、そして今後の展望について詳述します。

世の中の変化と組込み業界の対応

現代社会は急速に変化しており、特にVUCA (Volatility: 不確実性、Uncertainty: 不安定性、Complexity: 複雑性、Ambiguity: 曖昧性) 環境において、企業経営の難易度が増しています。市場環境の変動が激しく、従来の成功モデルが通用しなくなるケースが増加しています。そのため、企業は柔軟性を持ち、継続的な変革を進めることができます。

ソフトウェア開発技術も急速に進化しており、高度化・多様化が進んでいます。アジャイル開発やDevOpsといった新しい開発手法が普及し、短期間でのリリースが求められる時代となりました。クラウド技術の進展により、システムの柔軟性と開発・運用の効率化も進んでいます。

組込み業界もこのような変化に直面しており、前述したように生成AI、仮想化技術、CPSなどの先端技術が台頭しています(図

1)。ソフトウェアデファインドと呼ばれる、従来のハードウェア中心の開発からソフトウェア主導の開発へとシフトしており、新たな技術への適応が急務となっています。

さらに、組込みシステムの適用領域は、自動車や家電にとどまらず、医療機器やスマートシティなどに広がりを見せており、これに伴いソフトウェアの重要性が一層高まっています。品質や安全性を確保しつつ、迅速な開発を実現するためには、技術

図1 課題1：組込み業界の変化に追従する

生成AI、仮想化、CPS、内製化など、先進技術が台頭

激震：2030年 組込みソフト開発のプロセスに大きな変革が生じることを予想

顧客：川上企業（メーカー系企業）が、組込み業界に求める価値が変化する

JASAの仮説を作る

組込み業界が、変化に追従できるかが問われている

JASAは組込み業界団体として、日本の組込み業界をリードする役割

業界をリードする

顧客の求める価値：変化を定義

会員企業の変化追従を支援

先進技術のナレッジ習得

JASA組織ミッションにブレークダウ

技術者育成

- AI、オープンソース、クラウド技術など、技術が大きく進化し、保有する従来技術では対応できなくなる
- JASA：組込み開発2.0（仮称）にシフト → 組込みソフト開発プロセスの変革に追従
- JASA会員企業：組込み開発ベンダーが、先進技術を使いこなし、メーカーに提供できる新たな強みを持つ
- 個々の中小企業単独では変化に追従することは困難であり、JASAは業界団体として、先進技術の利活用ナレッジ、技術者育成などを進め、組込み業界をリードし、組込みソフトのプロ集団としての位置を維持する

図2 課題2：会員向けサービスを充実させる

業界団体として、会員へ提供するサービスを継続的に提供・改善する、仕組みづくりが重要となる
JASAに加入するメリットを明確に定義する → 新規会員の獲得、脱会会員数の削減を目指す

そのためには、新規加入会員、既存会員が、JASAに求めるサービスの再定義が必要

会員サービス＝会員個社だけでは実現困難なサービス

＜サービスの例＞　時代の変化に対応し、提供するサービスをUPDATE！

- ・経営を磨きたい
- ・人を採用したい
- ・社員を育てたい
- ・経営の相談をしたい
- ・経営者と交流したい　など

※ 組込み業界の最新動向を会員に発信し、「支部活動の支援＋支部活動の活性化」につなぐ

図3 提案：JASA改革プロジェクトの発足

TOBE：組込み業界の価値を高める+質の高い会員サービスの提供



者のスキル向上と開発手法の最適化が求められています。

期待される業界団体の役割

このような急速な技術革新の時期において、個別の企業が単独でこれらの変化に対応することは非常に困難です。特に、中小企業にとって新技術のキャッチアップや人材確保は大きな課題となっています。このような状況においては、業界団体の果たすべき役割がこれまで以上に重要となっています(図2)。

業界団体は、業界全体の発展を促進し、会員企業の成長を支援する役割を担っています。企業単独では対応が難しい技術革新に対して、業界全体で知見を共有し、技術の標準化や人材育成を推進することが求められています。

JASA改革プロジェクト

JASAは組込み分野における業界団体として、業界全体の発展に貢献していくことが期待されています。上記の状況を踏まえ、今年から新たに「JASA改革プロジェクト」を立ち上げ、組込み業界の変化に適応し、業界全体をリードするための新たな取り組みを進めていきます(図3)。

本プロジェクトの目的は、以下の2つに集約されます。

1.組込み業界の未来予測と対応策の策定

- ・社会や技術の変化を予測し、それを踏まえた組込み業界の将来像を描きます。
- ・技術トレンドやビジネスモデルの変化を分析し、業界として進むべき方向性を明確化します。

・会員企業に対し、将来の市場動向や技術トレンドを理解し、戦略的な意思決定をサポートする情報を提供します。

・これらの知見を基に、経済産業省やIPAへの政策提言を行い、業界全体の成長戦略を策定します。

2.会員企業向けサービスの充実

・経営強化や技術力向上をサポートする、企業単独では実現が難しいサービスを提供します。

・特に、経営相談や人材採用、社員教育、経営者交流など、会員企業が抱える課題解決を支援する多様なサービスを提供し、会員企業の成長を促進します。

・また、会員企業にとって有益な研修プログラムや技術交流イベントを実施し、最新の技術動向に対する理解を深めてもらうと

図4 JASA改革プロジェクトと予算策定方針、次期3ヶ年計画

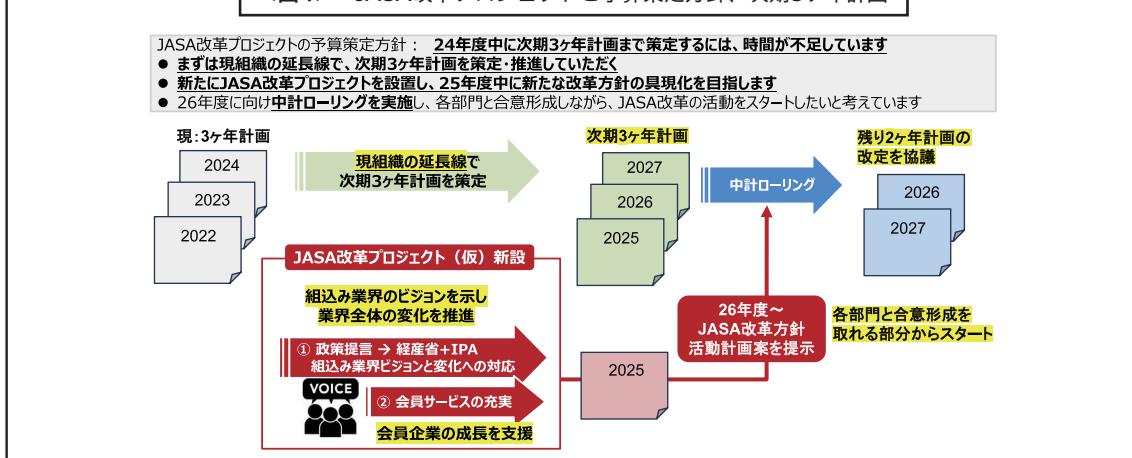


図5 JASA改革プロジェクト：活動イメージ（素案）



ともに、企業の競争力強化を支援します。
・組込みシステム技術の普及と標準化を推進し、業界全体の技術レベルの向上に寄与するための取り組みも強化します。

2025年度の活動

JASA改革プロジェクト元年となる2025年度は、次の4つを柱に据えています。

①会員企業の技術動向調査

会員企業がR&Dに取り組んでいるテーマ、あるいは課題と考える技術分野など技術動向調査を実施し、会員企業の強みと弱みを把握します。

②未来予想レポートの作成

業界の現状や技術トレンドを把握するための市場調査や専門家へのヒアリング

等を実施し、その結果を会員企業に提供します。

これにより、企業は戦略的な意思決定を行いやすくなります。

また、このレポートを基に、JASA各部門の活動テーマを設定し、連携を強化します。

③会員の困りごと、サービスニーズの調査

会員企業の声をヒアリングし、会員企業が抱える課題や期待に応じた、新たなサービスの設計を進めます。

④会員コミュニケーションの活性化

新会員へのオリエンテーションや、既存会員との交流機会を増やすことで、会員企業間での知識共有やネットワーキングを促進します。

JASAは2025年度から新たな次期3ヵ年計画がスタートします。JASA改革プロジェクトはこの次期3ヵ年計画と連携して推進され、初年度となる2025年度のプロジェクト活動報告を踏まえ、新たな活動方針の提言、2026年度および2027年度の計画立案・推進につなげていきます(図4、5)。

まとめ

JASA改革プロジェクトは、組込み業界の急激な変化に対応し、業界全体の成長を支える重要な取り組みです。このプロジェクトを通じて、会員企業の競争力を高め、JASAの役割をさらに強化していきます。

会員企業の皆さまの声が重要なキーを握っていますので、プロジェクトへの積極的なご参加、ご協力をよろしくお願いします。

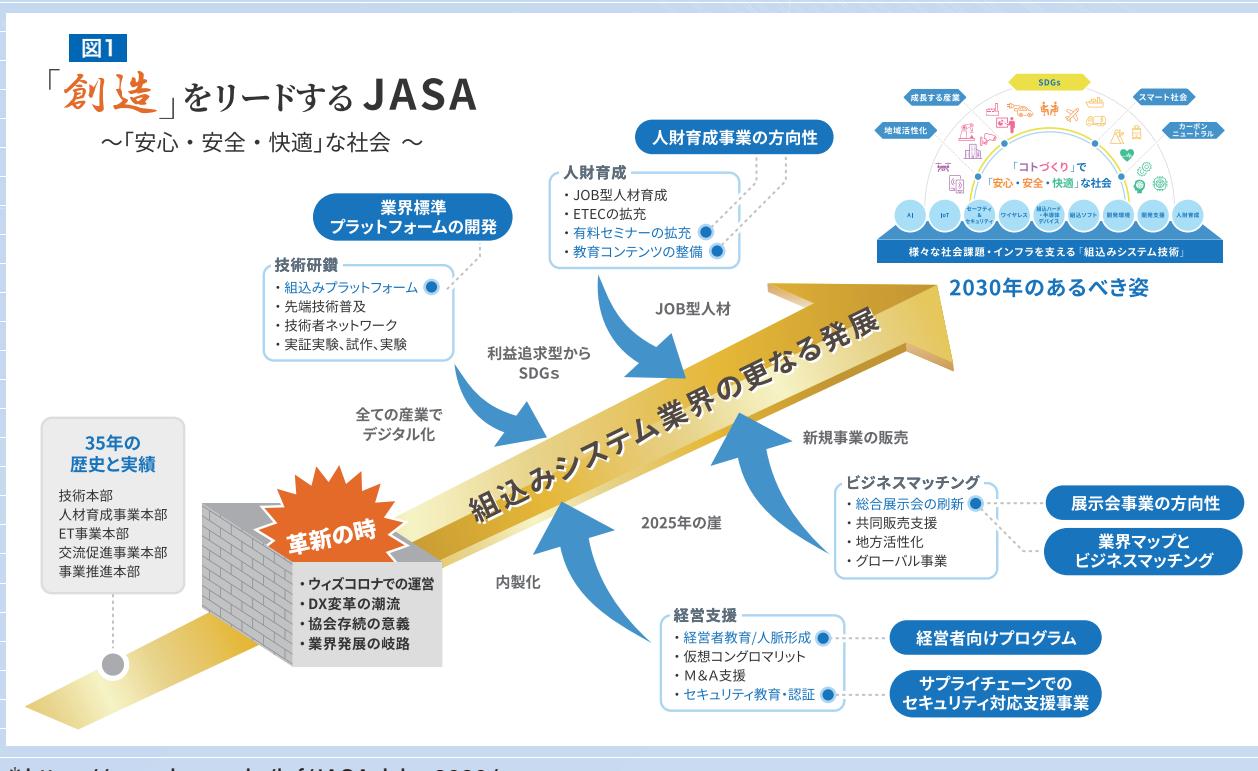
『JASAビジョン2030』 第1中期計画の実施報告

組込みシステム技術協会(以下JASA)は2022年に、業界団体としての存在意義の見直しと強い事業基盤の再構築を目的として『JASAビジョン2030』を策定した*。策定にあたっては、SDGsのゴールに合わせて2030年を最終年度とし、まずその時点でのJASAのあるべき姿を描いた。そこからのバックキャストとJASA35年の歴史から学ぶフォアキャストとを融合して3か年単位で計画を立案した(図1)。

2022年度の3か年計画では、JASAの事業の基軸「ビジネスマッチング」「経営支援」「技術研鑽」「人財育成」を

踏まえ、以下の6つの施策を立ち上げた。本稿では最初の3年間を振り返り、成果を報告する。

- ①展示会事業を成長性のある収益事業に刷新
- ②業界団体としての、るべき人材育成事業の追求
- ③サプライチェーンでのセキュリティ対応支援事業の創出
- ④経営者向けプログラムの充実と人脈形成機会の創出
- ⑤業界マップの制作とビジネスマッチングの場の創造
- ⑥業界標準プラットフォームの開発と成果物の共有化



施策①:展示会事業を刷新

それまでET&IoT展としての開催していたイベントの名称を、クラウド・エッジ時代を意識してEdgeTech+と改称した。この「+」がクラウドを意識したネーミングである。展示内容も大きく見直した。日本で初めて車載ソフトウェアを集めた「Automotive Software Expo」を開催し、これまでで最多となる来場者数につなげた(図2)。

施策②:るべき人材育成事業の追求

ETEC (Embedded Technology Engineer Certification:組込み技術者試験制度)事業がSDV (Software Defined Vehicle)への流れなどを受け、順調な成長を遂げた。受験者定着の効果が大きいと分析している。このほかセミナー拡充やスリランカからのインターンシップ生(12名)を受け入れるなどを実施し成果を上げた(図3)。

施策③:セキュリティ対応支援事業の創出

セキュリティ対応支援事業には大きな進展があった。まず、IPA(情報処理推進機構)から「IoTセキュリティ教材」の管理を引き受け、約100社に無償提供・サポートすることができた。さらにIoT機器の認証事業にも着手した。セキュアIoTプラットフォーム協議会と共同で経産省に働きかけ、IoT機器適合性評価事業を立ち上げた(図4)。

図2



図3

- ①ETロボコンで蓄積した教育コンテンツをベースに「ET&IoTコース」を開発事業化 ⇒ △
→コース開発事業化は未達である。ETロボコン参加数は、200チーム前後で継続中である。
- ②ETECコンテンツの強化(書籍リリース) ⇒ ○
→ETECクラス1向け上巻を2022年度発売、下巻を今年度発売予定(ETECクラス2は2021年出版済)
- ③教育コンテンツ整備と研修実施(有料実施ならびに会員外も含めて) ⇒ ○
→2022~2024年度 新規研修コンテンツ7件、既存コンテンツ6件の実施
- ④海外人材活用の施策(追加分) ⇒ ○
→2020年~2022年度 スリランカ組込みエンジニア教育補助金を活用、英語化研修コンテンツ制作
→2023年度 スリランカからインターンシップを補助金を活用して実施、8名インターンシップ受入れ実施
→2024年度 スリランカからインターンシップを補助金を活用して実施、4名インターンシップ受入れ実施
- ⑤JASA イノベーションチャレンジから仮説検証ブートキャンプへ(追加分) ⇒ △
→2023年度まで実施した、JASA イノベーションチャレンジを、企画からリニューアルして実施
- ⑥高齢者雇用推進事業(追加分) ⇒ ○
→2022年度 会員企業メンバーでWGを立ち上げ、アンケート調査とヒアリングを実施
→組込み業界における高齢者雇用の在り方をまとめ「組込みシステム業高齢者雇用推進の手引き」を制作し
製本、会員へ配布、普及啓発セミナー実施

施策④:経営者向け事業の拡充

経営者不足や事業継承などの課題を抱える会員企業に向けた支援事業をJASAの柱として追加した。例えば事業推進本部に設けた経営者サミット委員会は、経営者が知見を高め、人脈を形成する場としてトップリーダー倶楽部を立ち上げた(図5)。

施策⑤:情報発信の強化

JASAの情報発信力を強化するため、機関誌「Bulletin JASA」に掲載するコンテンツの充実と品質向上を行った。また業界の状況が人目でわかるカオスマップの作成、会員自らが情報を発信できるJASAホームページの拡充、会員情報データベースの改善などを実施した(図6)。

施策⑥:業界標準プラットフォームの開発

日進月歩の技術を取り入れ、生成AIへの対応を意識した業界標準のDevOpsプラットフォームを、関連データーのDB化と

業務の合理化を念頭に置きつつ開発を進めている。PoCによって実現可能性を検証している段階である(詳細はp.26~27参照)。

図4



IEC62443をはじめとする国際標準やSP800シリーズなどのセキュリティ規格が定められ、調達基準としても採用され始めているが、取得のためには莫大の費用と長期の検証期間がかかるため適合できるのが一部の大手企業に限定されるのが現状である。

「IoTセキュリティ手引書」をベースに「脆弱性検査およびIoTセキュリティ検査」とIoTシステムに求められるセキュリティ要件を以下の点に絞り込み、国際標準(IEC62443)への適合性を確認する「セキュアIoT認定」を組合せたプログラムを発表。

- 【検証ポイント】**
- ライフサイクル管理
 - ・真正性の担保(鍵管理、ROT: Root Of Trust)
 - ・認証と識別(設計・製造、利用、廃棄、リサイクル)
 - ・セキュアアップデート(OTA Over The Air)



次期3か年計画における 6つの課題

第1期の成果を踏まえ、次期3か年計画の策定を行っている。策定にあたっては、6つの課題を解決することに重点を置く。第1は、展示会事業を成長性のある収益事業に刷新することである。展示会の価値と満足度を高めることで、新規出展者とリピーターの拡大を図る。

第2は、業界団体としてのるべき人材育成事業の追求である。例えばETロボコンは過半数が学生チームとなっており対応が喫緊の課題である。ETECについても、さらなるコンテンツ強化・整備と研修の充実が求められる。このほか、海外人材活用のインセンティブ施策の強化や仮説検証ブートキャンプの定着化など課題は多い。

第3は、セキュリティ対応支援事業のいっそうの強化である。IoT・組込みシステム向け国際安全規格や認証対応の技術動向調査、セキュリティ対応支援の体制整備、経産省やIPAとの連携などやるべきことは多い。セキュリティ教育コンテンツやコンテンツの拡販も重視しなければならない。

図5



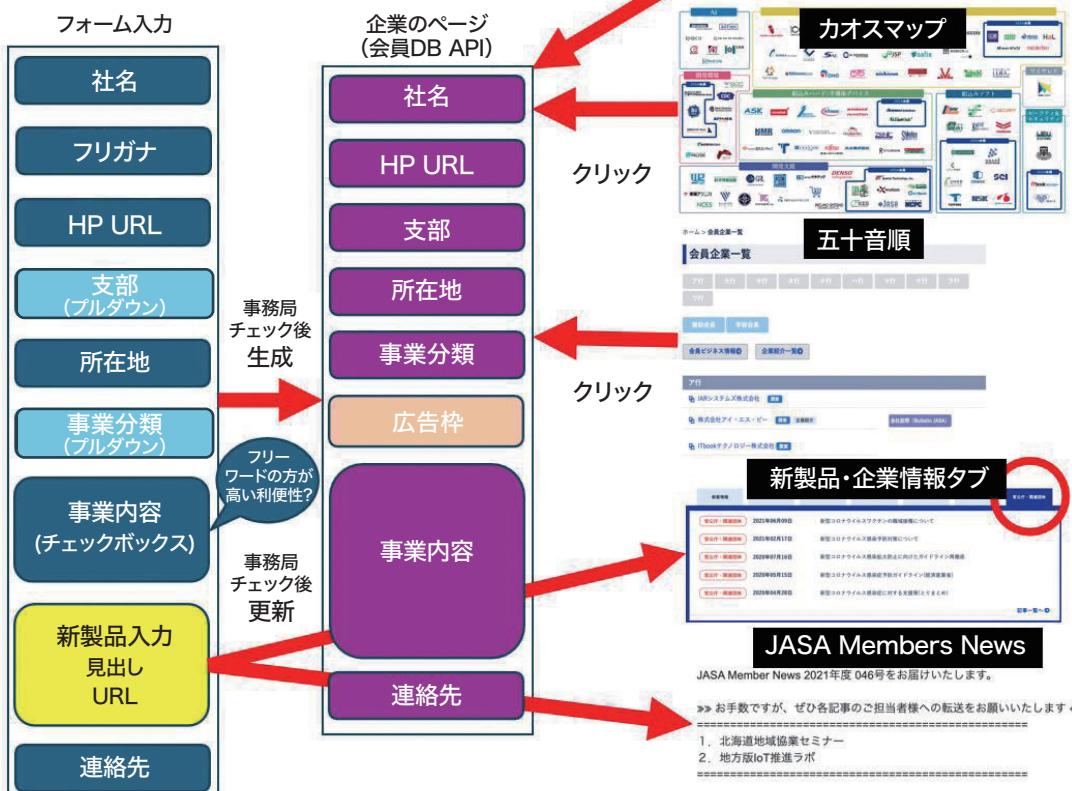
第4は、トップリーダー倶楽部への参加企業の拡大である。そのためには、JASA会員の経営者が必要としているコンテンツを探り、経営者に人脈形成と協創の場を提供する“刺さる”企画の立ち上げが求められる。

第5は機関誌Bulletin JASAの強化・読者増である。コンテンツの充実(閲読状態についてアンケート調査)や会員アンケートのサンプル数の増加、広報委員会の増強など着手すべきことは多い。

第6の業界標準のDevOpsプラットフォームについては継続的な開発が求められる。部品などの供給会社とのアライアンスや教育への展開、実施母体のさらなる充実、ビジネスモデルの試行なども手掛けなければならぬ。

2025年度からJASA改革プロジェクトを立ち上げ、JASA会員へのさらなるサービス向上はもちろん、業界をリードする協会を目指す所存である。

6



知りたいHOTキーワード

✓ デジタルツイン ✓ 箱庭 ✓ コモングラウンド ✓ ドローン

いま知りたいデジタルツインの現状と今後

松尾 裕一、青木 健、立川 智章

東京理科大学工学部情報工学科 TUSデジタルツインラボラトリ

このところ、あちこちで「デジタルツイン」という言葉を目にする機会が多くなった。デジタルツイン(Digital Twin、以下DTと表記)は、直感的(狭義)には、現実空間にある「モノ」「実体」(Physical Twin、以下PTと表記)の仮想空間(コンピュータ上)へのコピーを表すが、広義には、PTとDT間のデータ・情報の交換をリアルタイムに行うことにより、PTの監視、予測、制御、最適化などを行うことを目的とする仕組みや手段を表す。

最近、ものづくりにおいては、DT活用による生産性向上や技術継承、工程の最適化といった課題解決への期待が高まっている。また、医療、スマートシティなどへのDT利用も始まっている。しかしながら、DTの応用が各分野で急速に進んだために、DTの定義や解釈に関して混乱が生じているのも事実だ。そこで、本稿ではまず「DTとは何か」、すなわちDTの定義を明確にすることから始め、DTの現状や課題、今後の展開について製造業分野を中心に解説したい。

デジタルツインの歴史と定義

DTを語る際、いろいろな用語が出て来て混乱のもとになるので、まずはそれを整

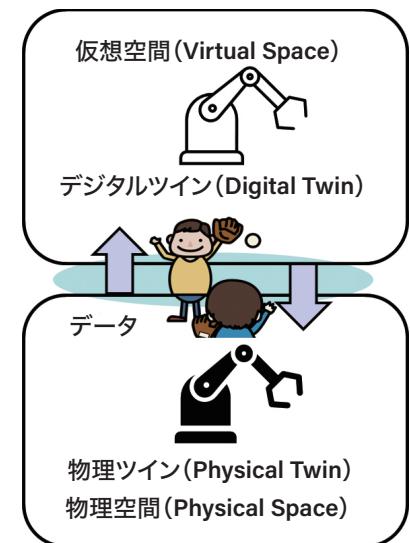
理する。PTが存在する空間を物理空間(Physical Space)と呼ぶ。PTは、オブジェクト(Object)、エンティティ(Entity)、アセット(Asset)などと言い換えられる。一方、DTが存在する空間は、仮想空間(Virtual Space)、サイバー空間(Cyber Space)などと呼ばれ、DTは、コピー(Copy)、レプリカ(Replica)、ミラー(Mirror)などと言い換えられる。英語のTwinは双子の片方を示すのに対し、日本語で「双子」と言うときは両方を示す場合が多いことに注意したい。

図1は、物理と仮想の対応関係を示したものである。DTが仕組みや手段を表す場合は、DT、PT、それらの接続の3つの要素が含まれる。

1990年代に端緒

DTの概念を最初に唱えたのは、2003年、当時ミシガン大のGrievesと言われているが、それからしばらくの間はあまり注目されず、DTをはじめて明確に定義したのは、2012年、NASAのGlassgenとStargelであり、「利用可能な最良の物理モデル、センサーの更新、履歴などを使用する完成時の車両またはシステムのマルチフィジックス、マルチスケール、確率的シ

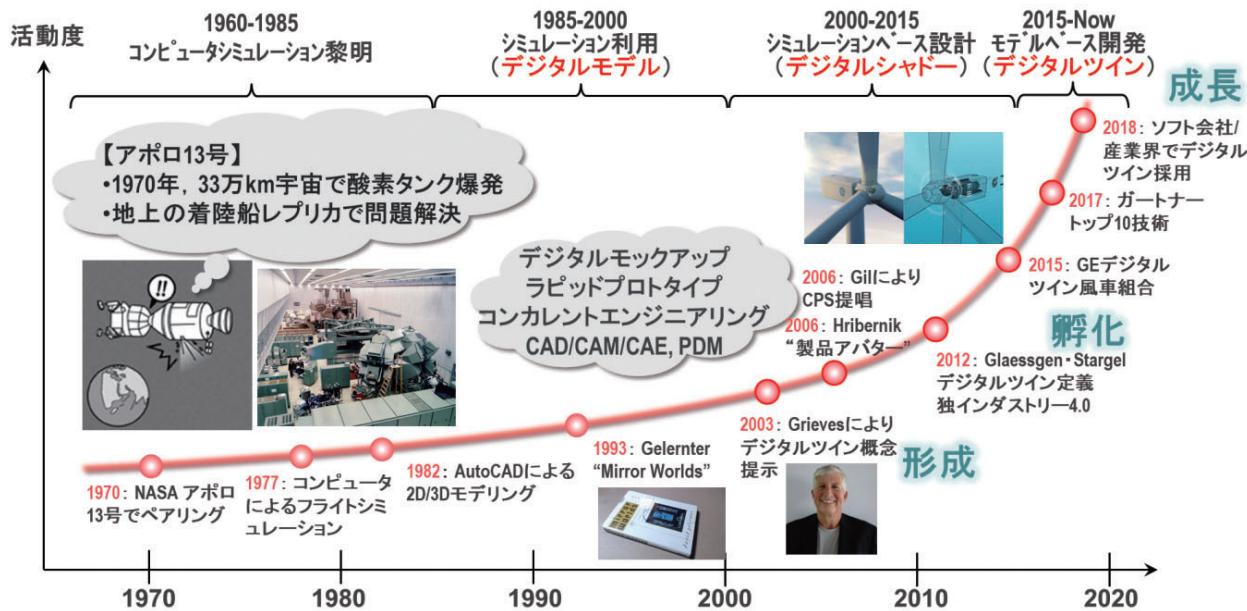
図1 物理と仮想の対応関係と用語



ミュレーション」とした¹⁾。ただ、この定義は、当時としては妥当だったものの、現代のDTの定義とは異なり、「DTはシミュレーション」という解釈の遠因となった。

その後思いのほかいろいろな(勝手な)定義が現れたため、2018年頃から標準化の機運が高まり、製造業に関しては2021年にISO 23347が発行された。そこでは、DTは「適切な同期速度で要素とそのデジタル表現間の収束を可能にする手段を備えた観察可能な製造要素のデジタル表現」と定義されている。ただし、「要素」に

図2 デジタルツインの発展経緯



は、人員、設備、材料、プロセス、環境、製品、サポート、ドキュメント等が含まれるとし、広い適用範囲を見ていると同時に、同期や収束といった言葉が使われており、物理と仮想の「連携」が前面に出たものとなっている²⁾。

図2は、DTの発展経緯をデジタルの大きな流れとともに示したものである。DTの読み物には、1970年のアポロ13号の宇宙船爆発事故に地上のレプリカを用いて対応したのがDTの始まりとされているが、これは後付けの理屈に近く、1990年代のCAD/CAM/CAE、それらを使ったデジタルモックアップやラピッドプロトタイピングといったデジタル化やコンピュータ化の進展の中から生まれて来たのがDTであると言つても過言ではない。

また、近年DTが急発展した背景として、デジタル・トランスフォーメーション(DX)に対する世の中の流れや期待、道路・橋梁・下水道などの社会インフラの老朽化問題、モノからコトへのサービスのXaaS化、機械学習に代表されるデータ科学の発展などがあると言われている。これに、コロナ禍によって生じた不確実性への対応、サプライチェーン強靭化への要請などが加わり、物理と仮想の距離を縮める実務的な

必要性から今日、DTに強い注目が集まっているという見方ができるであろう。

モデルと特性、応用の現状、意義

Grievesは、DTは3つの基本要素、すなわち物理部分、仮想部分、接続部分から成り、図1に示したように、物理から仮想にはデータが、仮想から物理には情報が移動するとした³⁾が、これがDTの一番わかりやすくシンプルなモデルである。イラストに示したように「リアルとデジタルのキャッチボール」と捉えればイメージしやすいので

はないだろうか。

その後、Taoら⁴⁾やThelenら⁵⁾がもう少し手の込んだ(実用を意識した)5要素モデルを提案している。Taoらの5要素モデルでは、DTは、物理、仮想、接続の3要素に加え、データ、サービスの部分が加わっている。Thelenらは、物理、仮想に加えて、更新エンジン(物理⇒仮想)、予測エンジン(仮想⇒物理)、最適化エンジンの5要素を基本とするモデルを提案している。

一方、DTとは別に2006年、NSF(アメリカ国立科学財団)のGillがサイバーフィジカルシステム(Cyber Physical System、

図3 デジタルツインの仕組みに関するTUSモデル

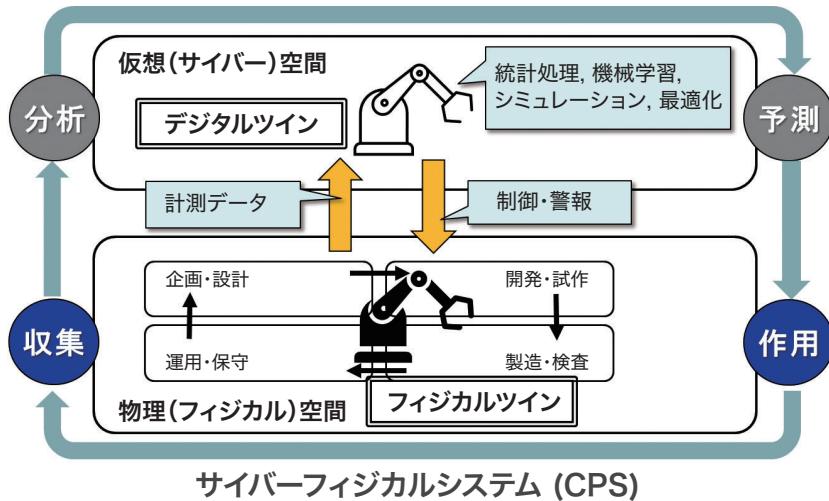
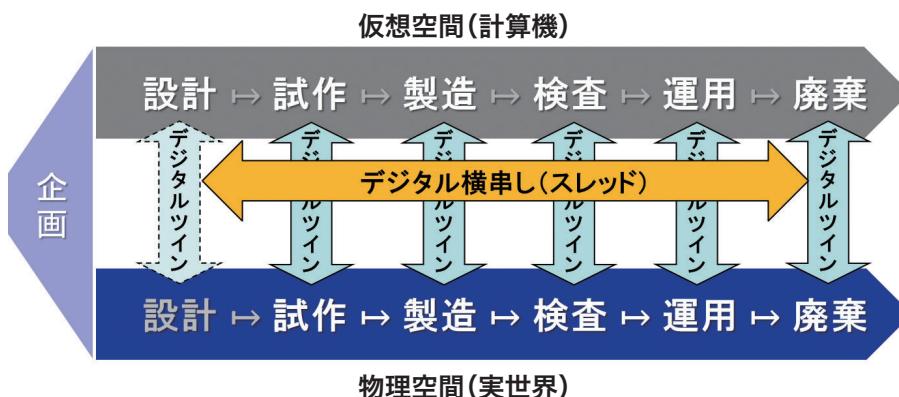


図4 ものづくりデジタルツインの工程間の連携に関するTUSモデル



以下CPSと表記)を提唱した⁶⁾。CPSは、物理空間からデータを収集し、仮想空間で分析・予測し、物理空間にフィードバックするというループを回す組込み系の仕組みが元祖になっている。

広義のDTの仕組みも基本的には同じであるが、DTの場合は、デジタルモデルやモデリングを強く意識する点がCPSとは異なる。また、OT(Operational Technology)側からアプローチの帰結がCPS、IT(Information Technology)側からの帰結がDTという理解・整理も可能であろう。

我々の考えるものづくりデジタルツインの仕組みの描像を図3に示す⁷⁾。DTとPTの違いを明確化し、CPSループが回るということがわかるようにしている。

持つべき3つの特性

DTの持つべき主な特性として以下の3点が挙げられている⁸⁾。

1)自己進化(Self-Evolution)または共進化(Co-Evolution):リアルタイムで物理ツインから得た情報を活用し、自己適応・自己最適化により成長する。

2)同期性(Synchronization):PTとDTの状態がリアルタイムに同期(サイバーフィジカル同期)する。

3)自律性(Autonomy):AIを活用し、人手を介さず機器が最適な意思決定・選択を行う。

無論、これらの特性は最終形、理想形であり、実際はいろいろなレベルのDTがあり得るし、提案・実践されている。実用面では、PTのデータを収集し、可視化したり監視したりする場合が多い。Krizingerら⁹⁾はこれを「デジタルシャドウ(Digital Shadow)」と呼んだ。

また、製品のDTは、プロダクト・ツイン(Product DT)、生産整備のDTは、プロダクション・ツイン(Production DT)と呼ばれる。さらに、製品が未だない設計段階でのDTはプロトタイプ(Prototype)、PTが存在する試作から下流のDTはインスタンス(Instance)と呼ばれる。規模的には、部品やユニット単位のDTから、システムオブシステムレベルのDT(SoS DT)、DTどうしの連結(フェデレーションDT)などがあり得る。また、物理空間へのフィードバックも、警報、制御、意思決定といった様々な形態、ロボットのようなリアルタイムから設計変更のような週単位まで様々な時間スケールが考えられる。

ものづくりを考えたとき、設計から製造、運用保守へと工程が進んで行き、DTはPTとともに共進化するというシナリオが理想形であるが、これだと実体が掴みにくいため、我々は「各工程でDTを作ることができて、それらにデジタルの横串を通す(データ連携する)のがデジタルスレッド(Digital Thread)」という工程モデルを作った。図4に我々の考えたものづくりデジタルツイン

の工程間の連携に関する描像を示す¹⁰⁾。

Taoら¹¹⁾によれば、設計2割、製造3割、運用保守4割といった適用割合であり、運用保守では、DTを使った予知保全(Predictive Maintenance)が最近では注目を集めている。

都市と医療における成長が著しい

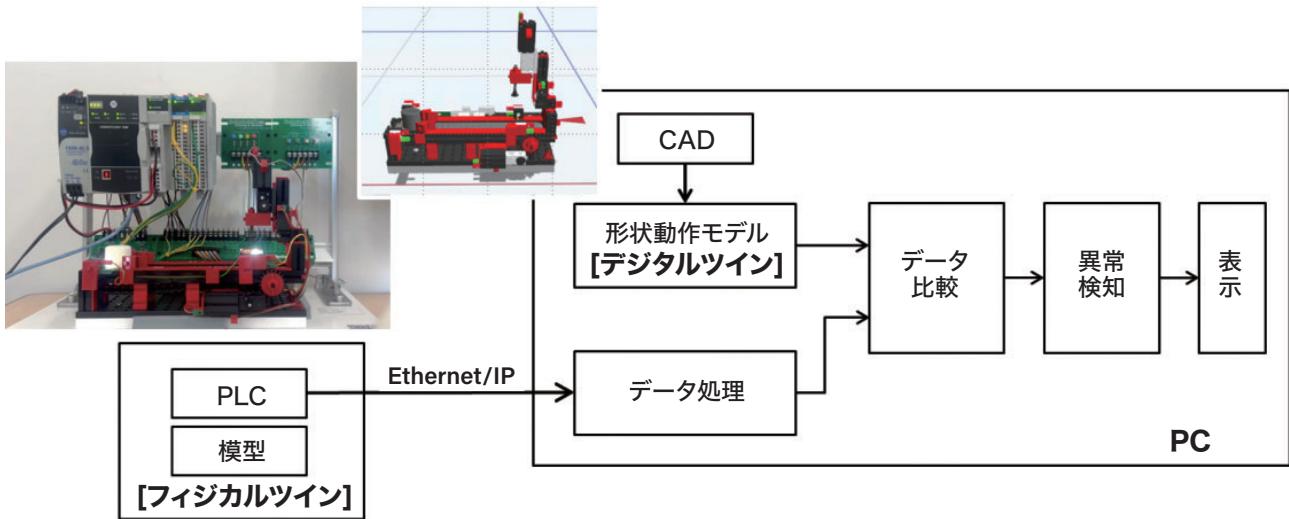
上記では、DT応用の6割を占める製造業を中心に説明したが、今日、DTの応用範囲は、輸送、エネルギー、都市、医療、海洋、石油、農業、物流、電力、教育など多方面に及んでいる。特に都市と医療は成長が著しい。都市では、スマートシティと呼ばれる都市全体をDT化する試みが、バーチャルシンガポールや国交省のPLATEAUをはじめ、世界各地で進んでいる。医療では、個別化医療に向けたデジタルヒューマンの構築が進められている。

これらの応用分野の製造業との違いは、目的や規模もさることながら、大きな違いはデータの扱いと人間との係わり方である。特に医療や都市では個人情報や機密情報の観点でデータの慎重な扱いが必要である。また、判断や意思決定は多くの場合人間が行う必要があることも念頭に置く必要がある。

では、こうしたDTがどんな場面・状況で役に立つのだろうか。

まずは、リアルタイムで機械やシステムの状態を知りたいという場合がある。これはIoTとほぼ同じ路線である。次は、直接データを取れない、危険でできない、試しに何かをやってみたい、リスクを知りたいといった場合である。表面状態から内部状態を予測する(仮想計測、バーチャルセンサ)、異常データが少ない場合の異常検知、仮想的なテスト(what-if分析)、仮想試運転(バーチャル・コミッショニング)などがある。現状状態から将来予測したいという場合にもDTは有効であり、特別に予測的DT(Predictive DT)と呼ばれることもある。

図5 ベルトコンベア模型を対象としたDTによる異常検知システムのブロック図



要素技術とアーキテクチャ

DTの実現に必要な技術(Enabling Technologies)は、応用分野によっても違ってくるが、一般に言われているものが多くなると、分析技術、モデリングとシミュレーション技術、接続技術、同期技術、セキュリティ技術、可視化技術などになる。とりわけ最近発展の著しいIoT技術、通信技術、ビッグデータ処理技術、機械学習技術、クラウド技術、XR技術などのNew ITと呼ばれる新興技術がDTの発展を牽引したと言われている。

中でも、IoT技術は、家電、自動車などさまざまな「モノ」をインターネットに繋ぐ技術で、1999年にMITのAshtonがIoTという言葉を使用して以来、2025年には世界のIoTデバイスは70億以上になると予測されており、DT発展の大きな原動力の一つである。

DTのアーキテクチャとして、物理層、通信層、モデル層、機能層から成る4層モデルなどが提案されている。今日、実務で使えるDTの構築は、もはや単一ベンダーでは難しいという認識が一般的であり、必要な機能を一覧表から選択し仕様を決めて行く機能周期表といったツールも登場している¹⁰⁾。

課題と研究・教育事例、今後の展望

DTは未だに発展途上の技術・仕組みであり課題もある。ここでは身近な課題を3点挙げる。

第一は、導入に関する課題で、DTのメリットの検証と定量化が不十分な点である。上記でDTのメリットや効用について述べたが、コストと利益のトレードオフに関する実績データはほとんど公表されていない。実際、現状の良く知られている成功事例は、航空機、鉄道、海運、電力、都市といった大規模で複雑な製品・対象に係わる分野、すなわちスケールメリットが働く分野のものが多く、結果として、企業がDTを導入する際のスタート点や初期投資量が不明であり、スマートスタートが困難という話はよく耳にする。

第二は、センサやデータに関する課題で、センサの最適な取り付け位置や数は自動的には決まらない、センサ自体の異常が発生した場合の対処法、大量に取得されたデータの処理時間とコスト、といった問題である。センサ位置は、簡易なDTを構築してから調整して行くという手段もあり得るが、そうしたノウハウはあまり蓄積・公開されていないのが現状である。

第三は、構築に関するもので、モデリン

グの忠実度の調整(勘所の把握)、既存のIT環境との統合、日本型ものづくりへの適応、様々な専門知識を持つ人材の育成といった課題である。特に、匠の技や現場力と称される日本のものづくりの底流をDTにどう反映させるかは重い課題である。

東京理科大における先駆的取組み

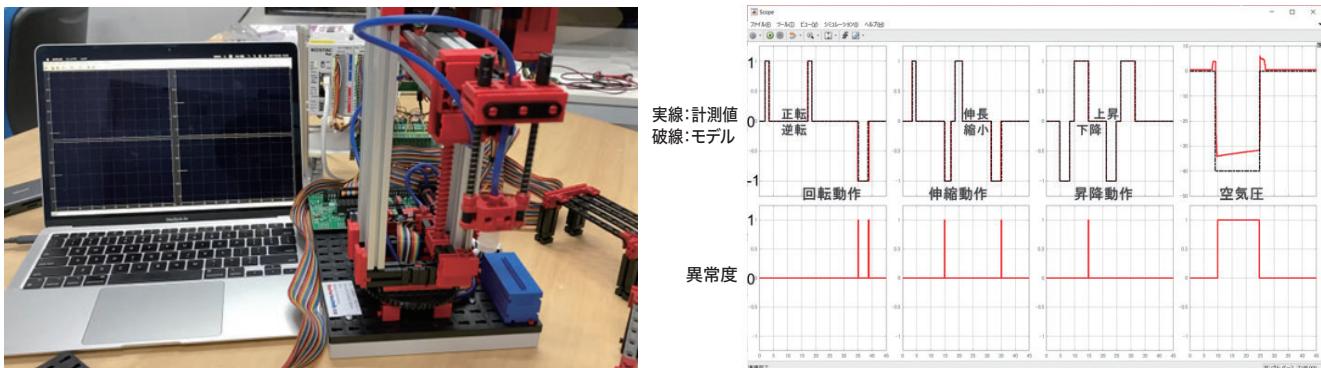
東京理科大では、これらの課題克服に向けて幾つかの先駆的取組みを行っている。

まず、工場などの実務においてDTを構築しPOCを実践する際、実物の機械や設備を利用するには安全性やコスト面で難しいこと、試行錯誤によりモデリングの勘所を掴むのが重要なことに鑑み、PLCで制御する機械等の模型を使い、Matlab/Simulink、Emulate3D、Unity3Dといったツールでハンドリングするシステムを構築し、DTにより簡単な異常検知を行う実験を行っている。

図5は、模型を用いたDTによる異常検知システムのブロック図を示す。模型やPLC、ソフトウェアを変えることで、様々なテスト環境を構築することができる。

図6は、グリッパーロボットの動作の異常検知を行った例である。図6右上の図は、ロボットの動作(回転、伸縮、昇降)と空気圧の実際(赤線)とモデル(黒線)の比較を

図6 グリッパー口ボット模型を対象としたDTによる異常検知システムと検知結果



示したもので、右下の図は異常度を示したものである。模型の実動作はDTモデルと微妙にずれるため、ところどころで動作異常が検出されている。空気圧は、モデルの値ほどには下がっていないかったため異常判定が出ている。異常をLEDの点灯に反映させることでCPSサイクルを構築できる。

もう一つの取組みは、教育や人材育成である。上記実験からわかったことは、DTの仕組みはIT技術とOT技術の融合という側面があり、OTの理解が重要ということである。そこで我々は、IT OT 融合教育「YouGo」と題して、学科の演習授業にOT演習を取り入れることにした。

具体的には、PCとPLCを接続し、ラダーコードを自作して模型を動かすという内容で、学生がOT技術に容易に馴染めるようにした。また、DT構築には多くの専門知識が必要なことから、STEAM教育の方法論を取り入れたバーチャルファクトリを構築し

ている。STEAM教育とは、Science、Technology、Engineering、Arts、Mathematicsを学際的に学び、ICTを通じて自発性・創造性・問題解決能力の醸成を目指すものであり¹¹⁾、コロナで普及したリモートアクセス環境を通じてオンラインで教材にアクセスし、DTの仕組みに触れることで、総合力、課題解決力を効率よく身に付けることを狙っている。

今後の展望など

以上、DTの定義、現状、課題などについて論じてきたが、その捉え方や解釈、実装などにはある程度の幅や独自性があつても良いのだと思う。なぜなら、DTは手段であつて目的ではないし、もともと各種の技術をうまく使った相乗効果を引き出すのがDTの狙いだからである。したがって、今後必要になるのはDTの理屈の深堀りではなく、ユースケースの集積やノウハウの共有

であろう。我々は、日本機械学会計算力学部門の配下に「ものづくりデジタルツイン研究会(<https://dtlab.it.tus.ac.jp/dtim/>)」を作り、議論を開始している。

また、DTには、リアルとデジタルの融合、物理駆動とデータ駆動の融合、ITとOTの融合といつといろいろな「融合」が含まれ、実現には「異分野融合」や「多面的思考」が不可避になる。生産性向上や低炭素持続可能性などの社会課題の解決に向けた起爆剤となる可能性も秘めており、DTの今後の動向に注目して行く必要がある。

謝辞

DTの実験や教育を進めるにあたり、株式会社テクノプロ テクノプロ・デザイン社の伯田誠氏、ロックウェルオートメーションジャパン株式会社の高松典彦氏にご協力いただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献：

- 1) Glaessgen, E. and Stargel, D.: The digital twin paradigm for future NASA and U.S. Air Force vehicles, AIAA Paper 2012-1818, 2012
- 2) ISO 23247: Automation systems and integration - Digital twin framework for manufacturing, 2021
- 3) Grieves, M.: Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. White Paper, 2014.
- 4) Tao, F. , et al.: Digital Twin Driven Smart Manufacturing, Academic Press 2019.
- 5) Thelen, A., et al.: A comprehensive review of digital twin — part 1: modeling and twinning enabling technologies, Structural and Multidisciplinary Optimization, Vol. 65, 2022.
- 6) Cyber Physical Systems Public Working Group: Framework for Cyber-Physical Systems, Release 1.0, NIST 2016.
- 7) 松尾裕一、藤井孝藏:東京理科大学におけるデジタルツイン人材の育成、日本機械学会誌 Vol.125, No.1248, 2022.
- 8) Sharma, A., et al.: Digital Twins: State of the art theory and practice, challenges, and open research questions, Journal of Industrial Information Integration Vol. 30, 2022.
- 9) Krizinger, W., et al.: Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification, IFAC PaperOnline, Vol. 51-11, 2011.
- 10) Schalkwyk, P.: Digital Twin Capabilities Periodic Table, Digital Twin Consortium, 2022.
- 11) Yakman, G.: What is the point of STEAM? –A Brief Overview. Notes, 2010.

デジタルツイン時代の プラットフォームとしての箱庭

森 崇 合同会社 箱庭ラボ

箱庭とは、統合シミュレーションを実現するためのプラットフォームである。単一のシミュレータではなく、異なる機能やプログラム、シミュレータなどを統合する「シミュレーション・ハブ」として機能する(図1)。

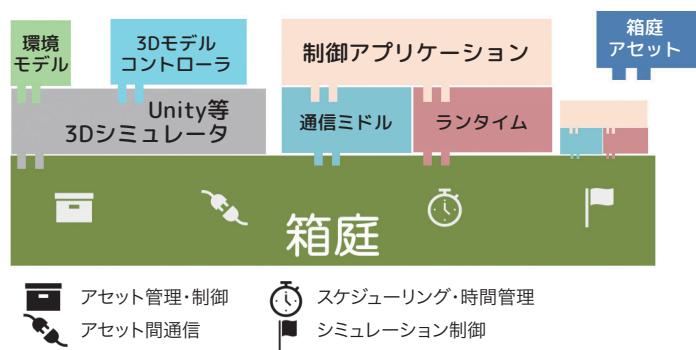
ここで言う統合シミュレーションとは何か。従来のシミュレータの場合、例えば、ロボットの物理挙動を再現するGazeboや、視覚的な再現性に優れたUnity、Unreal Engineのようなシミュレータは、それぞれ特定の用途に特化して利用されることが一般的である。これらのシミュレータは、単体で想定されるユースケースに対応することを前提に設計されており、その目的においては最適な選択肢であると言える。

一方で、これから時代、デジタルツインやデジタルライフライン¹⁾のように、多様な分野が連携する複雑なシミュレーション(これが統合シミュレーション)が求められる可能性が高まっている。例えば、以下のようなユースケースに対応できる柔軟な統合システムが必要である。

- ロボットとドローンの協調動作:効率的作業を実現するためのシミュレーション。
- 産業オートメーションとIoTデバイスの連携:機器間の通信や動作をリアルタイムで検証し、製造業DXでの生産プロセス最適化に利用する。
- AIエージェントとの協働:自律的な意思決定や動作をシミュレーションし、最適なアルゴリズムの検証、安全性の検証に利用する。

このような複雑なシミュレーションを実現するために、既存のシミュレータを拡張することは可能ではある。しかし、特定用途に特化したシステムに陥りやすく、汎用性を

図1



欠く問題がある。また、オープンソースベースのシミュレータでは、コードの理解や環境のカスタマイズに高度な専門知識が必要であり、導入や改造に時間とコストがかかることが課題となる。さらに、分野ごとに独立したシミュレータが複数あり、それらを繋げて1つの時間で動作するようなヘテロ・シミュレータ環境も今後必要となる。

箱庭は、これらの課題に対して、様々な分野のシミュレータやプログラムを統合できる柔軟で汎用的なプラットフォームを目指している。その大きな特徴が、オープンソースであることだ。オープンソースであることで、コードの透明性が確保され、異なる分野のエンジニアが開発に参加できる。また、コミュニティを通じて様々な専門知識が集約されることで、新たな技術や要件にも柔軟に対応できる可能性が期待される。

こうした特性により箱庭は、異種シミュレータ間の連携を促し、多様な分野のニーズに対応する柔軟で汎用的な統合基盤として、未来を切り拓く存在となりつつある。

箱庭の位置づけ

デジタルツインは、現実空間の物理的な対象(機械、建物、プロセスなど)を仮想空

間に再現し、シミュレーションやモニタリングを通じてリアルタイムにデータを活用するための考え方である(図2)。つまり、デジタルツインそのものは概念であり、それを具体的に実現するには、適切な技術やツール、プラットフォームが必要となる。

特に、現実空間と仮想空間を効果的に繋げるためには、いくつかの重要な課題をクリアする必要がある。

デジタルツインにおける課題

・データ交換の互換性の確保

現実空間と仮想空間の間でデータを交換する際、プロトコルや通信方式が違っていても統一的に扱える仕組みが求められる

・システム導入の容易化

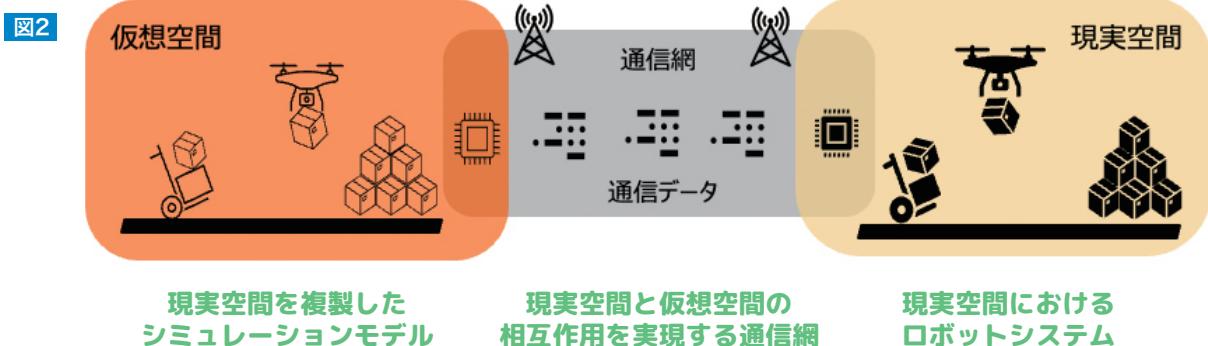
新しいシステムや技術を導入する際に、初期設定や運用が簡単で、追加の教育コストや高度なスキルを必要としないことが重要である

・システムの拡張性の確保

必要に応じて機能の追加やシステムをスケールアップできる柔軟性が求められる

・通信のリアルタイム性の確保

通信遅延を最小化し、リアルタイムでデータの授受を行う技術が必要となる場合が多い



- 多様な開発環境・ネットワーク構成への対応
多様なプログラミング言語や開発環境(Windows/Mac/Linux)、およびネットワーク構成(Wi-Fiや5Gなど)に対応し、開発者が誰でも柔軟に活用できることが求められる

柔軟で拡張性の高いアーキテクチャ

デジタルツイン時代における箱庭の位置づけは、アーキテクチャレベルで実装を支える技術と言える。

箱庭は、用途に応じた柔軟で拡張性の高いネットワークアーキテクチャを指向している。大きく4つの構成から成る(図3)。

1. 基本構成

単一のパソコン上で複数のシミュレータを統合し、簡易的かつ効率的なシミュレーションを実現する。小規模での利用に適し

ており、迅速なシステム検証に最適である。

2. 負荷分散構成

大規模なシステム運用の課題に対応するため、箱庭コンダクタ(サーバー/クライアント)を通じて負荷を分散させながら、シミュレーション時刻同期とデータ通信を可能にする。この構成により、負荷の集中を回避しながら高いパフォーマンスを維持する。

3. リアル連携構成

現実空間に存在するIoTデバイスやARデバイスなどをシミュレータと結びつけるために、箱庭ブリッジという箱庭コンポーネントを活用する。この構成により、様々な通信プロトコルを吸収し、仮想空間と物理空間のリアルタイムな相互作用を実現する。

4. クラウド連携構成

クラウド環境に独立したシミュレーション環境を設置し、基本構成のシミュレータ

と緩やかに接続し、必要なデータだけを効率よく交換する構成を目指している。この構成は、離れた拠点間の統合や計算リソースの効率的な利用を想定している。

このアーキテクチャにおいて、リアル連携構成は、デジタルツインを実現する構成として活用できる。さらに、箱庭のアーキテクチャは、分散構成やリアルタイム同期といった複雑な課題に対応する強力な基盤を提供するだけでなく、デジタルツインの可能性を広げ、新たな価値創出を促進する原動力となり得る。

機能と適用範囲、応用事例

箱庭はシミュレーション・ハブとして機能するために、中核となる「箱庭コア機能」を提供している。これは、いわばシミュレータ用のリアルタイムOSのような役割を果たし、複数のシミュレータやシステムを連携させ、統一されたシミュレーション環境を実現するための基盤である。

図4に示されているように、箱庭コア機能は以下の5つの要素で構成されている。

コア機能

1. 箱庭アセット

既存のシミュレータやプログラムを、後述する箱庭APIを通して箱庭アセット化することで、異なるシミュレータやシステム間の通信を統一的に扱えるようにする。例えば、Gazeboで物理シミュレーションを行なながら、Unityでのビジュアライズを統合

図3

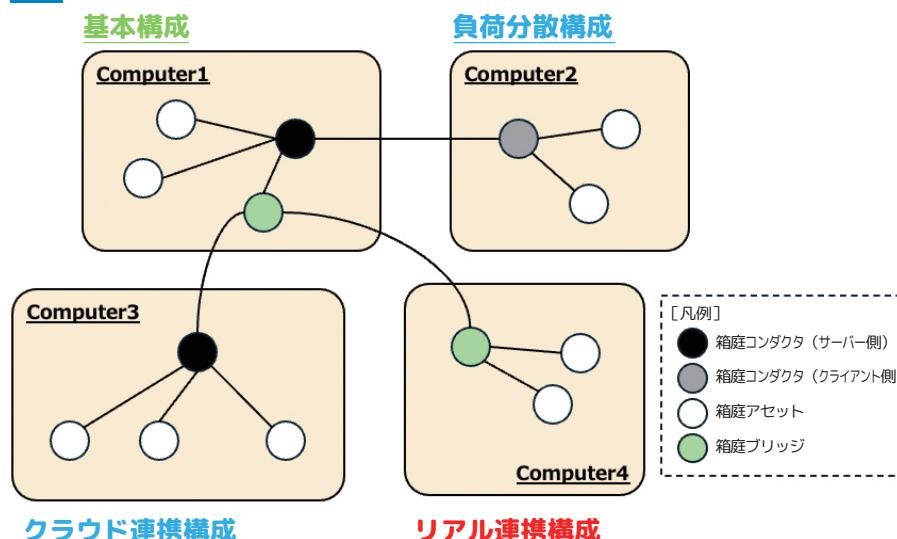
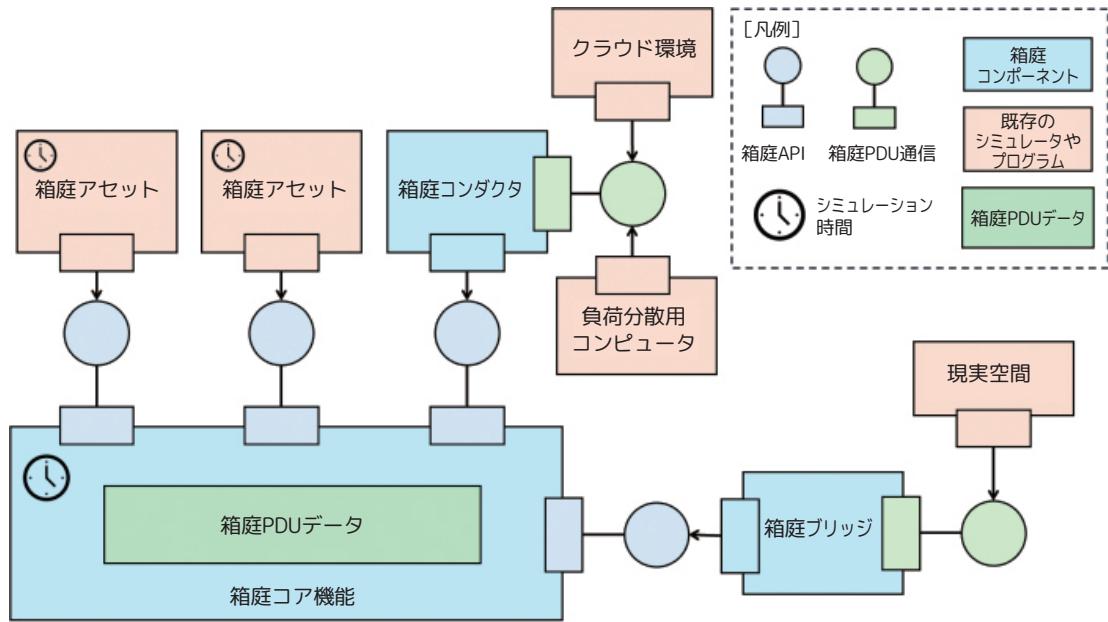


図4



的に運用できる環境を構築することが可能である。

2. 箱庭API

箱庭APIは、モジュール性を実現するための中核的な役割を果たしている。また、APIは、異なるプログラミング言語や環境に依存しない設計(例: Python、C/C++、C#、Rust、Elixirなどへの対応)を採用しており、幅広いカスタマイズニーズに応えることができる。

3. 箱庭時刻同期

箱庭アセット間のシミュレーション整合性を保つためには、時刻の同期が必要である。箱庭は分散シミュレーションを可能にする独自の「時刻同期機能」を備えており、リアルタイム性と再現性のあるシミュレーションを実現する。

4. 箱庭PDUデータ

箱庭アセット間の通信データの形式を標準化している。特に、ROS IDL (Interface Definition Language)を用いることで通信データの構造を共通化し、各システム間でスムーズなデータ交換を実現する。また、箱庭は多様な通信プロトコル(例: ROS、Zenoh、MQTT、UDP、共有メモリ)に対応しており、異なる環境や要件に柔軟に対応できる。

5. 箱庭コンポーネント

箱庭コンダクタや箱庭ブリッジといった主要なコンポーネントを提供する。箱庭コンダクタは、シミュレーション環境全体の制御を担い、時刻同期や負荷分散を実現する。一方、箱庭ブリッジは、仮想空間と現実空間を繋ぐ中継役として機能し、リアルタイム通信を円滑に行う。

適用範囲

箱庭のアーキテクチャは、複数のシミュレータやシステムを統合し、統一されたシミュレーション環境を構築する基盤として機能する。製造業や物流の最適化、教育現場での技術者育成、さらには医療や宇宙開発に至るまで、多様な分野で新たな価値を創出するポテンシャルを持つ。

一方で、このアーキテクチャを実現するためには、多様な技術要素を適切に組み合わせる必要がある。これらの技術要素を「技術軸」として整理し、箱庭の主要コンポーネントにマッピングすることで、全体像がより明確に見えてくる。

特に、デジタルツインの実現において重要な役割を果たす箱庭のコンポーネントには、箱庭アセット、箱庭ブリッジ、IoTデバイスが挙げられる。図5に、それぞれの技術

軸を色分けし、これらの主要コンポーネントと技術軸の関係性を示す。

■箱庭アセットに関連する技術軸

「箱庭アセット」は、異なるシミュレータやプログラムを統合するための中核的なコンポーネントであり、以下の技術軸がその実現において重要な役割を果たす。

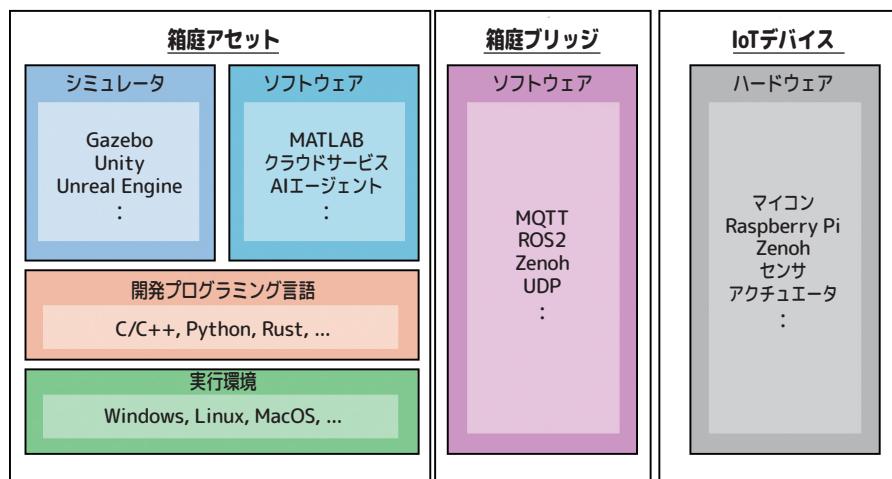
・シミュレータ

シミュレータは、現実世界を仮想空間に再現する基盤であり、箱庭の機能において欠かせない要素である。例えば、GazeboやUnityといったシミュレータを統合することで、ロボットやドローンの動作をリアルタイムで再現し、シミュレーションの一貫性と精度を確保する。これにより、複数のシミュレータ間のデータ連携を可能にし、複雑なシステムの挙動をより正確に予測できる環境を提供する。

・ソフトウェア

MATLABやAIエージェントなどの専門的な解析・設計ツールとの連携は、箱庭の適用範囲を拡張する上で重要な役割を果たす。これにより、シミュレーション環境内でのAIアルゴリズムの学習や、物理モデルの最適化が容易になる。ソフトウェア連携を通じて、開発者は仮想空間内で得られた成果を現実世界の設計や運用に即座に反

図5



映させることができる。

・プログラミング言語

多様なプログラミング言語(Python、C++、Rustなど)への対応は、開発者の自由度を高め、箱庭を活用するためのハードルを下げる。異なるバックグラウンドを持つ技術者が、各自の得意とする言語で開発を進められる環境を提供することで、異分野のコラボレーションが促進される。また、この柔軟性は、箱庭を複数の分野やシステムにまたがる統合基盤として活用する際に不可欠な特性である。

・実行環境

Windows、Linux、MacOSといった多様なOSへの対応は、箱庭の実用性と普及性を支える重要なポイントである。異なる環境でも統一された動作を保証することで、開発者や運用者は柔軟に環境を選択でき、開発の初期コストや運用上のリスクを大幅に軽減できる。この対応力は、特に産業界や教育分野など、多様なニーズを持つユーザーにとって大きな価値を持つ。

■デジタルツインを支える技術軸

「デジタルツイン」を実現するためには、仮想空間と現実空間を繋ぐ「箱庭ブリッジ」の役割が極めて重要である。このコンポーネントを支える技術軸として、以下の2つが挙げられる。

・通信プロトコル

通信プロトコルは、異なるシステム間で

のデータ連携を可能にする基盤技術である。箱庭は、MQTT、ROS 2、Zenoh、UDPなど多様な通信プロトコルに対応しており、デバイスやシステム間のデータ交換をシームレスに行える。これにより、現実空間と仮想空間のリアルタイム同期を実現し、異種システム間の連携が円滑に進む。例えば、Zenohは低遅延通信を可能にし、農業用ロボットやIoTセンサーが環境データをリアルタイムに仮想空間へ送信するシナリオで利用される。

・IoTデバイス

IoTデバイスは、現実空間のデータを仮想空間に反映する役割を担う重要な技術軸である。箱庭ブリッジを介することで、Raspberry Pi、センサー、アクチュエータ、ロボットなど多様なデバイスをデジタルツイン環境に統合できる。この柔軟性により、現実世界の状態を正確かつタイムリーに仮想空間で再現できる。例えば、Raspberry Piが土壤センサーから収集したデータを箱庭ブリッジ経由で仮想空間に送信し、農業分野での最適化やモニタリングに活用される。

応用事例

箱庭のアーキテクチャとコア機能、さらにそれを支える6つの技術軸は、幅広い分野への応用を可能にしている。以下の具体例は、それらがどのように活用され、新たな価値を生み出しているかを示すものである。

■ETロボコンのシミュレーション環境

2020年のコロナ禍において、ETロボコンは仮想環境での開催を余儀なくされた。TOPPERS/箱庭WGはJASAのETロボコン実行委員と協力し、ETロボコン・シミュレータを開発(図6)。 μs (マイクロ秒)以下の精度で動作するマイコンシミュレータAthrillと、Unity上のロボットシミュレーションをリアルタイムかつ高い再現性で統合した。

このシステムにより、競技会の継続が可能となり、遠隔地からの参加も実現できた。箱庭の時刻同期機能がその柔軟性と信頼性を発揮した。

■ドローンのシミュレーション環境

ドローンの飛行挙動や複数機体の協調動作の検証においても、箱庭はその力を発揮している。1ms単位の高精度時刻同期やPX4との通信プロトコル(MAVLink)連携により、リアルタイムかつ再現性の高いシミュレーションを実現。また、物理モデル、制御、ビジュアライズを分離し、それらを箱庭アセットとして統合するアーキテクチャを採用。これにより、ARデバイス上でのドローン操縦訓練環境など、多岐にわたる応用を可能にしている。

図7の左側は、Visual Studio Codeの画面である。箱庭ドローンシミュレータを実行するための環境であり、箱庭およびPX4(オープンソースのフライトコントローラー

図6



右上には、MacBook Pro上で動作する箱庭の仮想空間が表示されている。この空間では、現実のロボットのツインが仮想空間に再現される。また、バーチャルドローンが飛行しており、信号や荷物が存在する場面がシミュレートされている。さらに、「QUEST3」の位置情報もバーチャル空間内で青色のオブジェクトとしてフィードバックされ、バーチャルとリアル双方の位置関係が統合されている様子が視覚的に表現される。

箱庭の現状と課題、そして未来

現状

箱庭は、複数のシミュレータや異なるシステムを統合するシミュレーション・ハブとして、その価値が徐々に認知されつつある。特に、以下のような成果が挙げられる。

・シミュレーション環境の多様性

ETロボコンやドローンシミュレーションなど、異なる応用分野において、その柔軟性と汎用性を実証している。

・技術的な優位性

高精度な時刻同期機能や、通信プロトコルへの柔軟な対応を通じて、リアルタイム性と信頼性の高いシミュレーション環境を提供している。これらの技術は、学会向けに論文化や発表が進んでいる。

・オープンソースの普及

JASAコモングラウンド委員会／ドローンWG、TOPPERS/箱庭WG、合同会社箱

ラー)が動作している。シミュレータの設定や制御プログラムの編集がここで行われる、右上はUnity画面であり、ドローンの動作を可視化するためのUnityビジュアライズ部分である。ドローンや周囲の3D環境の状況をリアルタイムで確認することができる。右下のQGroundControl (QGC)の画面で、地上局としてドローンを遠隔操作する様子を示している。ドローンの飛行経路、位置、速度、状態を監視しながら操作を行うことが可能である。

デジタルツインの構築と運用

デジタルツインの課題であるデータ交換、リアルタイム性、拡張性の確保に対し、箱庭は次の解決策を提供している。

1.データ交換の互換性: 箱庭PDUとZenoh、ROS2を活用し、既存のROSシステムとUnityのシームレスな連携を実現。

2.リアルタイム性: Zenohを用いた低遅延通信により、現実空間と仮想空間間のリアルタイム通信を実現。

3.拡張性と容易な導入: 箱庭ブリッジにより仮想空間と現実空間を統合し、スムーズな導入とシステム拡張を可能にした。

特に、仮想空間内のドローンと現実空間内のTurtleBot3を連携させたデモ(図8)は、物流や製造業、教育といった多分野へ

の応用可能性を実証した。リアルタイム通信による協調動作や高精度なシミュレーションが、多様な課題解決に寄与することを示した。

図8の中央は、現実世界に存在するロボットとLiDAR (URG-04LX-UG01)を基に、リアル空間とバーチャル空間が融合している状態を表す。現実空間では、ロボットとLiDARのみが存在しているが、VRゴーグル「QUEST3」を通して見ると、バーチャル空間上のドローンや荷物が重ね合わされて表示され、リアルとバーチャルが統合されたシーンを視覚的に確認することができる。左下のグラフは、LiDARを用いてロボットの位置情報を計算している様子を示す。この位置情報はバーチャル空間にフィードバックされ、ロボットの正確な位置がバーチャル上でも反映されていることを意味する。

図7

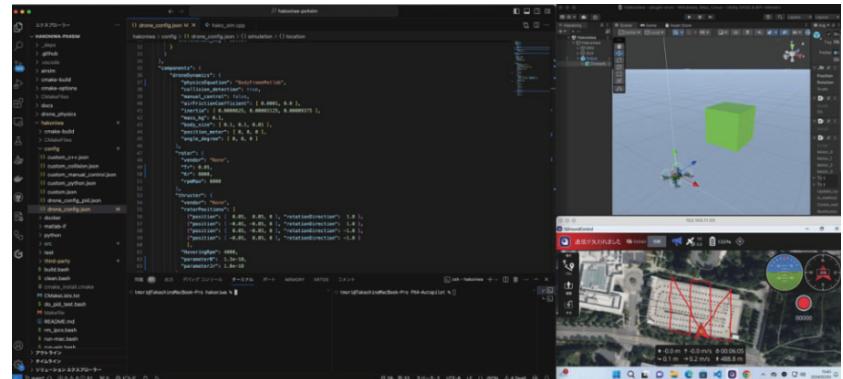
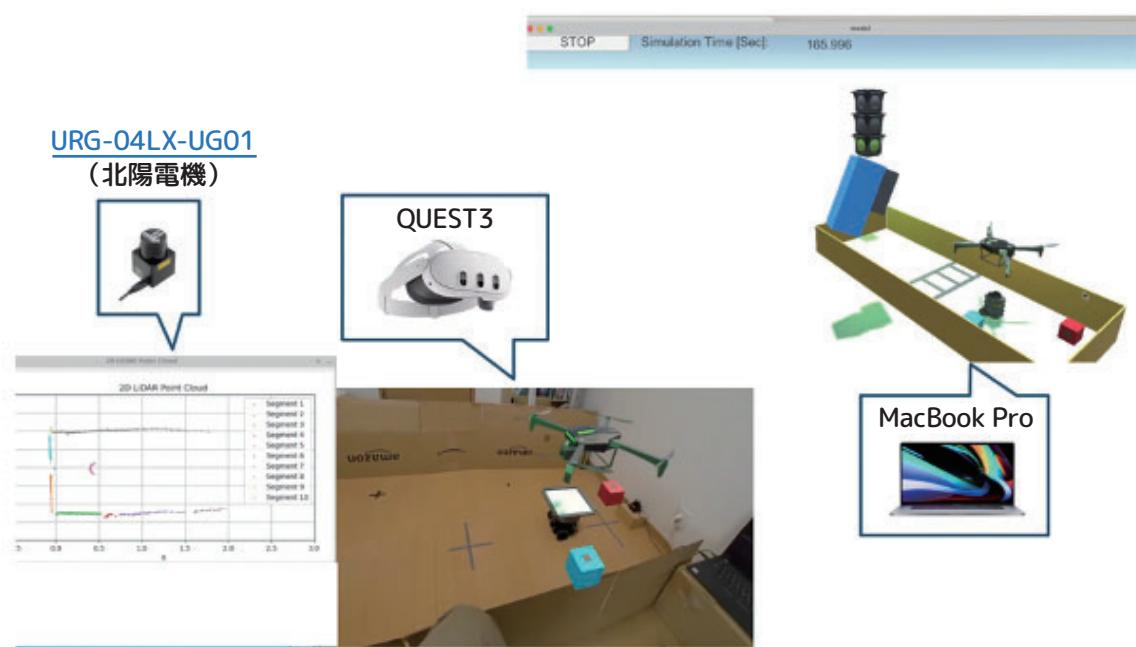


図8



庭ラボといったコミュニティ主導の開発体制が進行しており、多様な関係者との連携が深化している。

こうした取り組みを通じて、箱庭はデジタルツインや分野横断型シミュレーションを支えるプラットフォームとしての可能性を広げている。

課題

一方で、さらなる成長に向けて解決すべき課題も存在する。

・開発リソースの拡充

オープンソースプロジェクトとしての強みを活かす一方で、より多くの技術者やコミュニティメンバーを巻き込む仕組み作りが求められる。

・使いやすさの向上

ドキュメントの拡充、チュートリアルの追加、GUIでの操作可能なアプリなどを整備して、初心者がスムーズに導入できる環境を提供する必要がある。

・実社会での実例の実績

研究開発を超えて、産業分野など実際の業務などでの実績を増やしていく、更に箱庭の進化をさせていくことが重要となる。

これらの課題は、箱庭が次のステージへと進むためのステップであり、成長の余地

を示している。

未来

箱庭は、これからデジタルツイン時代において、中核的なプラットフォームとして進化するポテンシャルを持っている。そのためには、以下の取り組みが鍵となる。

・エコシステムの拡大

技術者、産業界、教育機関との連携を深め、多様なプロジェクトを通じて箱庭の活用を促進する。

・ユーザーエクスペリエンスの向上

簡単に導入できる環境構築のツールや、直感的に使えるGUIを開発することで、より多くのユーザーが参入しやすいプラットフォームを目指す。

・応用分野の拡大

製造業、物流、教育、医療、宇宙開発といった分野での成功事例を積み重ね、さらなる可能性を切り拓く。

・プレゼンス強化

箱庭の技術は、単なるツール/シミュレータの枠を超えて、新たなプラットフォームとして国内外に認知されるべきだと考えている。その施策の一環として、大阪万博に向けて箱庭のドローン技術やデジタルツインの可能性を広く発信することを目指している。

万博という国際的な舞台を活用し、デジタルツインの実装例や産業・教育分野での具体的な活用シナリオを提示することで、次世代のプラットフォームとしての地位を確立し、さらなる発展を目指していきたい。

箱庭の技術は、シミュレーション・ハブとして独自の価値を発揮しながら進化し続けている。大阪万博をはじめ、国内外での認知拡大の機会を活用し、技術力と柔軟性を武器に課題を克服しつつ、デジタルツイン時代における新たな価値を提供する革新的なプラットフォームへ成長させることを目指している。

日本は、これまで産業的に組込み技術に強いエンジニアを育成してきた。これまでの機械、電気・電子、制御、通信、ソフトウェアといったエンジニアリング領域のシミュレーションだけでなく、今後はビジネス企画、事業開発、AI活用といったビジネス領域のシミュレーションも求められるようになるだろう。箱庭は、こうした分野を横断するエンジニアの協調の場として、「コラボレーション・フィールド=箱庭」という価値を持つ。さらに、人を含めた活用シーンを広げることで、異分野協調関係を誘発するきっかけとなる存在を目指している。

デジタルツインと インフラ協調型ロボット制御

國井 雄介 コモングラウンド委員会 委員長

近年、多くの業種や産業においてロボットの導入が進み、人々の生活やものづくりの現場が大きく変化しつつある。このような変化を背景に、組込みシステム技術協会（JASA）のコモングラウンド委員会は、「Society5.0」と呼ばれる未来社会のビジョンを実現するため、デジタルツイン関連技術、特にエッジ（組込み）側の調査・研究を行っている。

コモングラウンド委員会においては、Society5.0を「人とロボット（人型ロボットだけでなく、ドローンや自動運転車、バーチャル世界のバーチャルエージェントなどを含む）や、ロボット同士が協調して社会課題を解決し、新たな価値を創出する次世代の社会」であると捉えている。そして、この社会を実現するための技術調査や議論、実証実験を継続し、得られた知見や課題を整理し、解決策を提案する活動を続けている。

コモングラウンド委員会が賛同しているのは、東京大学の豊田啓介教授らが提唱する「コモングラウンド（Common Ground）」^{※1}という考え方である。コモングラウンドは、汎用的な3次元空間記述を体系化したうえで、現実空間（フィジカル）と情報空間（デジタル）を双方向に接続し、人とNHA（Non-Human Agent: バーチャルエージェントやロボットなど）が同じ情報基盤を用いてリアルタイムに協働できるようにするプラットフォームである。「コモングラウンド・リビングラボ」^{※2}において社会実装が進められており、コモングラウンド委員会も定期的に情報交換を行っている。

このコモングラウンドを実現するためには、ロボット本体を高性能化するだけでは不十分である。組込み技術の観点からインフラ側のセンサやネットワークと連携し、より高度な制御や効率化を行う「インフラ協調型」のアプローチが欠かせない。こうした

システム全体を支える要素技術の確立には、リアルタイム性の高い通信プロトコルや、多様なセンサデータを統合する仕組みづくりなど、組込みならではのノウハウが求められる。

そこで当委員会は、企業や大学、研究機関との連携を進めながら、実証実験や勉強会を通じて組込み視点の技術的ノウハウを蓄積している。これらの取り組みによって、ロボットとインフラが互いに情報を補完し合う環境をつくり、より多彩なユースケースでの協調動作を実現することを目指している。

具体的には、毎月の委員会で有識者を招いた勉強会を開催し、展示会でのJASAセミナーでは最新の技術や事例を共有している。また、デジタルツインの実証実験を継続的に実施し、現場で発生する課題を洗い出しながら改善策を検討している。本記事では、これらの活動の中でも特に「イ

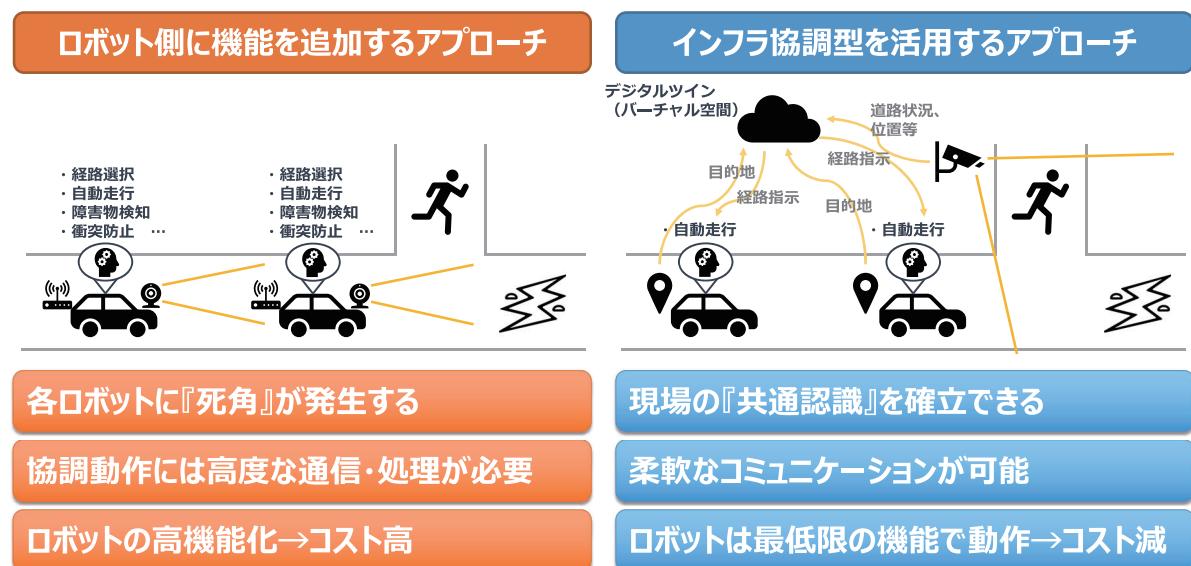


図1 ロボット側に機能を追加するアプローチとインフラ協調型を活用するアプローチの比較

※1) <https://www.commonground.iis.u-tokyo.ac.jp/ja/> ※2) <https://www.cgll.osaka/>

「インフラ協調型ロボット制御」と「エッジ側の技術的課題」に焦点を当て、JASAが構築したデジタルツインデモの概要と、その成果を紹介する。

バーチャルとリアルを融合

コモングラウンドを実現するためには、バーチャル（情報空間）とリアル（物理空間）の情報をやり取りしながらロボットを制御することが欠かせない。従来のロボット制御では、ロボット本体に多くのセンサや演算機能を搭載し、ロボット自身が状況を把握して動くことが一般的であった。しかし、この方法では各ロボットのコストや消費電力が高くなり、複数のロボットを同時に動かす際には制御が複雑化しやすい。たとえば、ロボット同士の衝突を防ぐために通信方法を細かく決めたり、1台1台に高性能の画像処理装置（GPU）を搭載したりすると、開発コストおよび導入コストが上昇する。

そこで注目されているのが、インフラ協調型ロボット制御という考え方である。これは、工場や倉庫、公共施設などのインフラ側にあらかじめセンサやカメラ、通信機器を設置しておき、それらの情報を一元管理したうえでロボットに必要な指令を送る仕組みを指す。空港の管制塔が全体を見渡

して飛行機を誘導するイメージに近い。この方法を採用することで、ロボット本体に搭載するセンサを減らせるため、ハードウェアコストの削減や省電力化につながる。

さらに、インフラ協調型の仕組みでは、ロボット側が見えない範囲（死角）や、ロボット同士がお互いを認識できない状況でも、インフラ側のセンサ情報を共有することで衝突を回避しやすくなるという利点がある。一方で、すべての情報をインフラ側で管理する性質上、通信が遅延したり障害が発生した場合に備えたフェイルセーフ対策が不可欠である。また、インフラ設備を設置するコストや、既存の現場に導入する際のハードルを検討しなければならない。

コモングラウンド委員会では、こうしたインフラ協調型の仕組みを実現するために、バーチャル空間（デジタルツイン）を活用することを検討している。具体的には、複数のロボットの位置やセンサ情報をリアルタイムでバーチャル側に反映し、そこで障害物の位置や経路計算を行い、バーチャル側からの指示によって実際のロボットを制御する方法を模索中である。さらに、人がAR（拡張現実）デバイスを利用し、リアル空間とバーチャル空間を重ね合わせて表示することで、ロボットとの協調作業を効率よく進めることも検討している。

実現に向けた組込み技術の重要性

インフラ協調型ロボット制御を構築するうえで、エッジ（組込みシステム）技術の検討は必要不可欠である。エッジとは、クラウド（遠隔のサーバ）ではなく、現場に近い場所でデータ処理や制御を行う仕組みを指す。リアルタイム性や安全性が求められる現場においては、ロボット本体やゲートウェイデバイス、産業用パソコンなどのエッジ機器が中心的な役割を担う。以下では、組込み側特に検討すべき主なポイントを示す。

1. 多様なセンサの情報収集とフィードバック

カメラ、LiDAR、温度センサ、加速度センサなど、多種多様なデバイスから得られる情報を安定的かつタイムリーに収集し、ロボットへ適切にフィードバックすることが重要である。センサごとに出力フォーマットや通信プロトコルが異なる場合もあるため、標準化や統合的な管理を検討する必要がある。

2. ロボット制御とセキュリティ

インフラ側から得られる情報を利用し、ロボット本体をどのように制御するかが大きなポイントとなる。リアルタイムOS（オペレーティングシステム）の選定や、ロボットオペレーティングシステム（ROS）との連携方法など、組込み技術特有のノウハウが不可欠である。また、外部からの攻撃や誤作動を防ぐため、通信暗号化や機器認証などのセキュリティ対策にも十分な注意が必要となる。

3. 大量データの通信とフェイルセーフ設計

インフラ協調型システムでは、ネットワークを介して大量のデータが常時やり取りされる。複数のロボットを同時に運用する現場では、通信帯域の確保や遅延の制御が非常に重要である。さらに、通信が途切れたり遅延した場合でも、ロボットがどこまで自律的に動作できるかを明確にし、フェイルセーフ設計を考慮する必要がある。



図2 JASAの考える自律化した工場イメージ。コンセプトムービーの一部

コモングラウンド委員会では、これらのエッジ側で検討すべき内容を整理し、最終的には「インフラ協調型ロボット制御のエッジ側ガイドライン」として取りまとめの方針である。このガイドラインは、JASA会員企業がロボットシステムを導入する際の参考になるだけでなく、異なるメーカーの装置を同一環境で共存させるための基盤整備にも寄与すると考えている。こうした取り組みを通じ、安全かつリアルタイムに動作するロボット制御システムの実現を引き続き推進していきたいと考える。

『箱庭』を活用した デジタルツインデモ構築 ～工場の自律運用ユースケース～

前章までの背景を踏まえ、コモングラウンド委員会ではインフラ協調型ロボット制御のユースケースとして工場の自律化を検討している。工場内でトラブルが発生した際に生産が長時間停止しないよう、デジタルツイン技術を使って現場の状況を遠隔で再現し、ロボットやドローンによって迅速に対応する仕組みを目指している。^{※3}

この取り組みの一環として、TOPPERSプロジェクトが開発・公開しているオープンソースソフトウェア（OSS）「箱庭（hakoniwa）」^{※4}を活用し、JASA版デジ

タルツインデモを構築して実証実験を進めている。今回のデモにおいては、以下の2点が大きな特徴である。

1. カメラ画像だけで位置や向きを検出

デモ環境の上部に設置したカメラから俯瞰画像を取得し、ロボットに貼った赤い丸シールを画像解析することで位置座標や向きを算出している。ロボット側ではLiDARなどの追加センサを用いないため、ハードウェア構成をシンプルに保てる点が利点である。

2. 制御指示をバーチャル空間から行う

カメラで取得したロボットの位置情報は、リアルタイムでバーチャル空間へ送られる。バーチャル空間側ではロボットのモデルを動かしながら実空間と常時同期し、さらにリアル空間に設置されたスイッチの押下情報も連携している。スイッチが押されたタイミングに合わせて、バーチャル側が“司令塔”となりロボットに前進や後退といった指示を出すため、ロボット本体の制御ロジックは必要最低限で済む。

このデモを構築することで、リアル空間とデジタル空間が常に同期し、“インフラ協調型”ならではのロボット制御を実験できる環境が整った。今後は、インフラ側のセンサの追加や障害物の回避、複数台のロボット制御など、工場の自律運用に必要なユースケースを順次検証しながら、実証実

験を継続していく予定である。

実証結果、課題と今後への期待

今回のデモを構築・運用した結果、いくつかの成果と課題が明らかになった。今後は、これらの知見を踏まえ、さらなる技術検証を進める予定である。

得られた成果

- 通信処理の抽象化による開発効率向上
箱庭がバーチャル空間とリアル空間をつなぐ通信部分を抽象化しているおかげで、事前にPDU（プロトコルデータユニット）の形式を決めておくだけで、各開発者が独立してプログラムを作成してもスムーズに連携できることがわかった。利用者側が通信プロトコルを意識する必要がない点も大きな利点である。

・ROSとのスムーズな連携

箱庭にはROSとの連携機能が備わっており、ROS対応のロボットであればデジタルツイン環境への組み込みが容易であることが判明した。今後のセンサ追加でも、ROS対応の機器を採用すれば連携がさらに簡単になる。

・インフラ協調型制御の実現可能性を確認

カメラだけでロボットの位置や向きを認識し、スイッチ操作で動作指示を行う実験を通じ、ロボット本体を過度に複雑化しなくてもシステム全体を構築できることがわかった。インフラ協調型の利点が具体的に示された点は大きな成果である。

明らかになった課題

・位置情報の誤差と向きの誤認識

カメラ画像を解析してロボットの位置、向きを判定しているため、誤認識が起こる場合がある。誤差が積み重なり、バーチャル側とリアル側の位置ズレることや、向きを間違えた場合、経路情報が破綻し、制御が失敗するケースが見受けられた。

・ネットワーク品質とフェイルセーフ設計

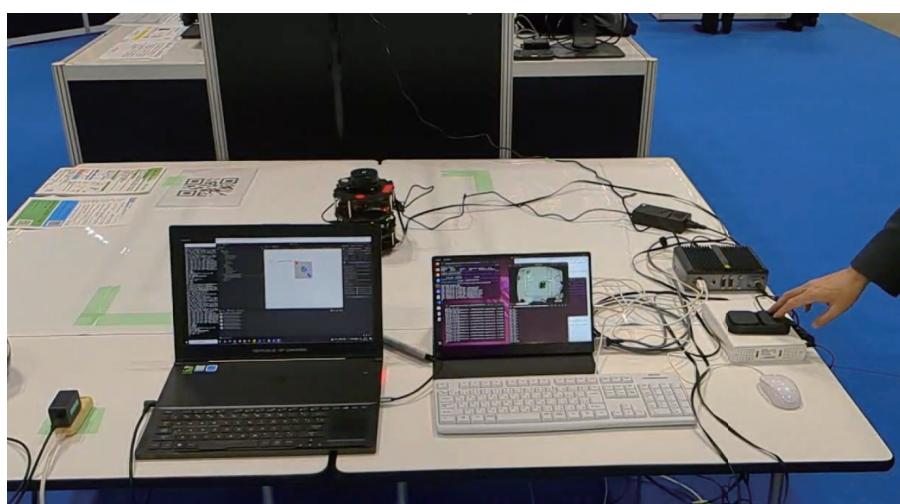


図3 EdgeTech+2024 コモングラウンド委員会ブースでの展示の様子

※3) https://y-kunii.github.io/jasa_common_ground/FACTORYTL_2025-03-02_HD.mp4

大量のデータをインフラ側で扱うため、通信遅延や帯域不足への対策が不可欠である。また、通信が途絶した際にロボットがどの程度まで自律的に動作できるか、フェイルセーフの仕組みを検討する必要がある。

・セキュリティの確保

當時ネットワークに接続する構成では、外部からの攻撃や不正アクセスを防ぐためのセキュリティ対策が必須である。通信暗号化や機器認証など、実運用レベルでの検討が必要である。

今後の展望

・センサの多様化とハイブリッド自己位置推定

カメラだけでなく、LiDARやロボットが持っているIMUなどのセンサを組み合わせることで、位置認識の精度や安定性をさらに向上させたいと考えている。

・3Dバーチャル空間での高度な経路計画

実際の室内点群データを活用して、よりリアルな仮想工場を構築し、障害物回避のパスプランニングを高度化していく方針

である。

- ・会員企業との知見共有とビジネス創出
- これらの成果やノウハウは、ロボット導入を検討している会員企業に向けて広く提供し、インフラ協調型ロボット制御の導入事例を増やすことで、新たなビジネスやサービスが生まれる契機となることを期待している。

コモングラウンド委員会としては、引き続きデジタルツインを活用したインフラ協調型ロボット制御の可能性を探り、実運用に近い環境での検証を継続しながら、Society5.0に貢献する技術や手法を確立していく考えである。

最後に、コモングラウンド委員会の今後の展望と、JASA会員企業へのメッセージを示す。委員会が目指す「インフラ協調型ロボット制御」は、1社のみの取り組みでは限界がある。ロボットメーカー、センサメーカー、通信事業者、ソフトウェアベンダー、大学、研究機関など、多様なステークホルダーが力を合わせ、共創によってこそ大きな成果を生み出せる領域である。

そこで、業界団体として中立的な立場を持つJASAの存在意義が大きい。JASAは、組込み技術に関わる多様な企業や団体を結ぶハブとして、特定の企業の利益に偏らず、共通のプラットフォームや技術指針を整備し、情報共有を促進する役割を担っている。ロボット制御に用いられる組込み技術はもちろん、クラウドやネットワークなどの隣接分野の知見も不可欠であるため、複数の業界が連携しやすいJASAの枠組みが重要だと考えている。

すでにコモングラウンド委員会は、東京大学やコモングラウンド・リビングラボとの連携や、TOPPERSプロジェクト箱庭WG（ワーキンググループ）との協力を通じ、複数の実証実験を進めている。そこでは、ロボットの協調動作や3Dシミュレーション、AI（人工知能）を用いた高度な制御手法など、最先端の研究や技術開発が活発に行われている。今後も、様々な企業や大学、研究機関との連携を強化し、技術調査と課題解決を推進していく方針である。

また、JASA会員企業には、ぜひ本委員会の活動に参加してほしいと考えている。インフラ協調型ロボット制御のデモの構築や勉強会に参加することで、新たなビジネスの着想を得る機会が得られるはずである。たとえば、「自社製品をコモングラウンドに適合させたい」「自律運用の技術を取り入れたサービスを開発したい」といった具体的なアイデアや要望があれば、委員会メンバーと意見交換しながら実装や検証を行うことが可能である。

Society5.0の世界は、人だけでなく、ロボットやAI、ドローン、自動運転車など、多彩なエージェントが役割を分担しながら共存する社会である。その社会を現実化するには、バーチャルとリアルの融合による効率化や、インフラ側の協調制御といった要素技術の確立が不可欠である。JASAコモングラウンド委員会は活動を続け、成果を広く共有していく所存である。多くの参加と協力を願っている。

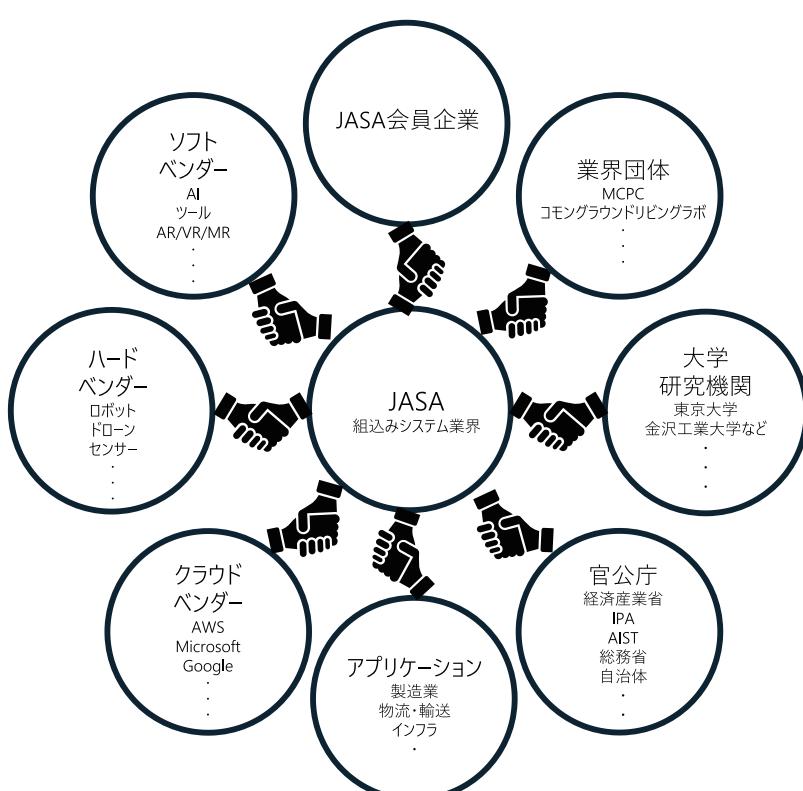


図4 業界団体であるJASAをHUBとしての産学官、会員企業での連携

※4) 箱庭は、複数のシミュレータやプログラムを結合する“シミュレーションHUB”として利用できるプラットフォームである。バーチャル空間(仮想)と実際のロボットやセンサ(リアル)を簡潔につなぐ仕組みを提供している。詳細は以下URLを参照。 <https://toppers.github.io/hakoniwa/>

デジタルツイン技術でドローンのラスト・ワンマイルを検証する

牧野進二 ドローンWG 主査

ドローンにおける安全性・信頼性の確保と検証が不可欠になっている。本記事ではシミュレータ技術を活用し、ドローンの利用にあたっての安全性・信頼性を検証した事例を紹介する。

ドローンの安全性確保が不可欠に

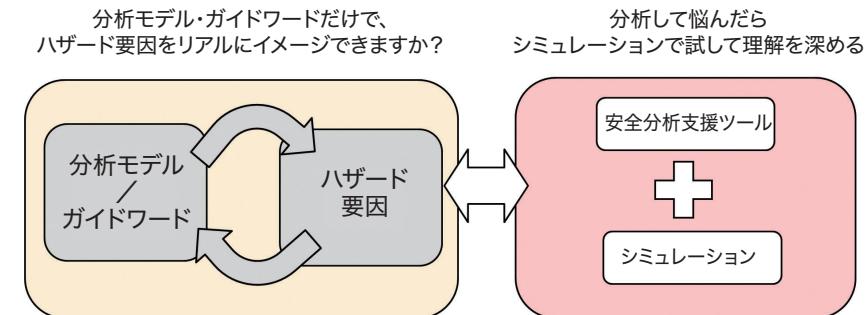
ドローンの利活用にあたっては、「レベル」と「カテゴリ」の大きく2つの飛行基準が定められている。「レベル」はドローンの飛行技術で、飛行の難易度を示す。レベル1～4が定義されている。「カテゴリ」はドローンの飛行リスクに応じた分類である。カテゴリI～IIIが定義されている。ドローンの利活用にあたってレベル4(有人地区、補助者なし、目視外飛行)の活用が望まれており、飛行時の安全基準遵守が必要くなっている。

ドローンをレベル4活用するための安全基準として、国土交通省が改定した「航空法等の一部改正する法律」がある。法改正で、ドローンの機体認証と無人航空機のライセンス制度が設けられた。機体認証では、第一種/第二種の2種類の認証制度が創設された。

無人航空機のライセンス制度では、ドローンの飛行用途のカテゴリによって一等/二等の無人航空操縦のライセンス制度が設けられた。このほか経済産業省などが出している「空のロードマップ」でも機体認証を軸に様々な安全基準確立の必要性をうたっており、ドローン開発時に部品レベルの評価を求める動きも存在する。

ドローンの機体開発と利用にあたっての安全基準としては、国土交通省の「無人航空機の型式認証における安全基準及び均

図1 安全分析とシミュレータでの可視化イメージ



一性基準に対する検査要領」がある。NEDOのReAMo(Realization of Advanced air Mobility)プロジェクトが各パートの解説文書を出している。安全基準として、305個の起こり得る故障のパートがあり、このパートについて検査要領を満たさなければならない。安全性の分析にはFTA、FMEA、STAMP/STPAなどの手法が挙げられているが、具体的な検証方法は開発側で確立する必要がある。

安全分析においては様々な手法が存在するものの、分析者の力量や経験則などに左右される傾向がある。また安全分析結果の正否が、実装段階の後工程で判明することが少なくない。上流工程で正否を証明する手法も存在するが、安全分析結果を正しくイメージすることは容易ではない。この問題を解決する手段の一つがシミュレーション技術の利用である。

上流工程でシミュレーション技術を用い、安全分析結果を可視化すれば、安全分析結果が正しい方向になっていることを早期に判断することが可能となる。また分析不足を判断する材料になり、新しい安全分析スタイルの確立につながる。JASAドローンWGはこのように考え、ドローン利活用に

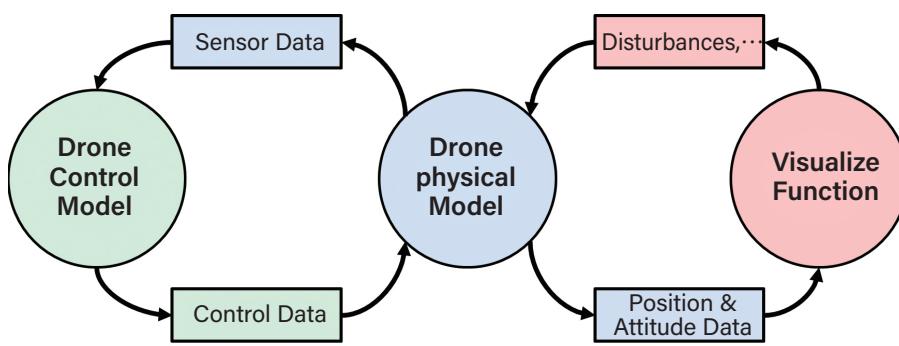
おける安全性・信頼性の分析に、シミュレータ技術を応用することにした(図1)。

箱庭シミュレータを活用

シミュレータ技術には様々なものがある。そのなかでドローンWGはTOPPERSプロジェクトが開発している「箱庭」を選んだ。箱庭を選んだ理由としては、①手軽に使える環境、②機能拡張性が高い、③時間制約(リアルタイム性)が正確、といった要件を満たす無償のツールであることが挙げられる。コモングラウンド委員会で活用していることも選定理由の一つだった(詳しくはp.18～21を参照)。

箱庭を利用するメリットとして拡張性が挙げられる。箱庭は、シミュレータに必要な機能をアセットとして定義することで様々なシミュレーション環境を作り出すことができる(詳しくはp.12～17を参照)。アセットの要素が増えても時間同期のズレがなく、シミュレーション対象のリアルタイム性を確保できる特徴もある。これは各アセットと箱庭間の時間同期に分散制御方式を用いて、時間同期の並列化を行っているからである。このためアセットの要素が増えても、影響を受けにくい。

図2 ドローンシミュレータのアーキテクチャ構造



時間同期については、TOPPERSで数学的な証明(箱庭時刻同期の数学的証明)¹⁾もされており、組込みシステムでのmsオーダの動作に対応できると考えた。

もう一つの利点はビジュアライズ機能との連携である。法規制などでドローンが手軽に飛ばせないため、バーチャル空間でドローンを飛ばす仕組みを作る必要があったが、箱庭では、Unityなどのゲームエンジンと連携できるアセットが既に用意されているので、ドローンの飛行を手軽に可視化できると考えた。

実機を忠実に再現するモデル

ドローンシミュレータの開発では、より実機に近い形でのシミュレーションができるアーキテクチャを考えた。ゲームエンジンの機能をそのまま使うことも可能だが、実機の動作と同等にするため2つのモデルを定義した。ドローンの物理制御モデル(Drone Physical Model)と機体を制御するモデル(Drone Control Model)である(図2)。

物理制御モデルはドローンの物理的な部分のPID制御を相当する。機体を制御するモデルは物理的な機体の座標制御、ロータ(プロペラ)の推力、ドローンの速度、加速度などの動力制御を担う。ちなみにゲームエンジンは描画だけを使っている。このほかバッテリー、センサーなどのモデルを用意して、実機をシミュレーション空間で検証できるアーキテクチャとした。

開発は、箱庭ラボの森氏、永和システム

マネジメントの平鍋氏、TOPPER箱庭WGの助けを借りながら進めた。ドローンのハードウェア/ソフトウェアやデバイスの情報、過去に金沢工業大学と共同研究していた機体開発のノウハウなど、ドローンWGの資産を活用しながら開発を進めた。

2023年7月の開発着手から半年後、正確なロータ制御といった実機と同等な飛行の実現に至った(図3)。図3のシミュレーション結果を見ると、ホバリング状態ではロータ制御が均一になっている。一方、前進状態では後方のロータを強くして推力を得ているため、機首が少し下がって飛んでいることが分かる。障害物への衝突も忠実に再現できた。

次に検討したのが「手軽にバーチャル空間で飛ばす」機能拡張である。PCにゲームコントローラを接続し、シミュレーション空間でドローン飛行ができるように機能を拡張した。次に拡張したのが、ドローンの飛

行レベル3以上を検証するための自動航行機能である。DJI社の一部機種が備えるPythonで自動航行をプログラミングする仕組みを用いた。Pythonで制御できるAPIを用意し、自動航行の検証ができる仕組みを実現した。これらの拡張機能によって、大学での授業など学術的な活用がされるようになった。

デジタルツインを実現

ドローンシミュレータの開発当初、2つの分野への適用を念頭に置いていた。1つはドローンの安全分析である。ドローン飛行時のフェールセーフ分析のために使う。もう1つは経済産業省の「デジタルライフライン」である。

デジタルライフラインは、様々なモノとモノが連携動作することでライフラインを実現する。ドローンが重要な役割を果たすのが「ラスト・ワンマイル」である。しかし、法規制などから手軽にドローンの実機を飛ばすことは難しい。そこで、ラスト・ワンマイルでの様々なモノとの連携動作を検証するためドローンシミュレータを用いる。

デジタルライフラインの検証では、バーチャル空間とリアル空間を融合した検証が必要になる。そこでバーチャル空間とリアル空間を融合させるブリッジ機能を開発して、バーチャル空間とリアル空間を融合させることにした。バーチャル空間とリアル空間が融合した空間をここではフュージョン空間と定義する(図4)。例えばバーチャル空間と

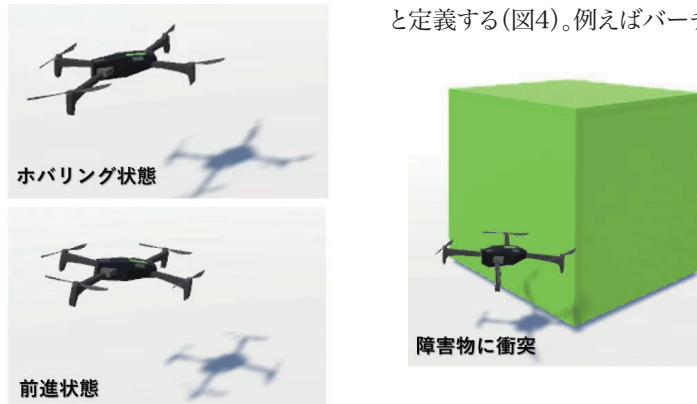
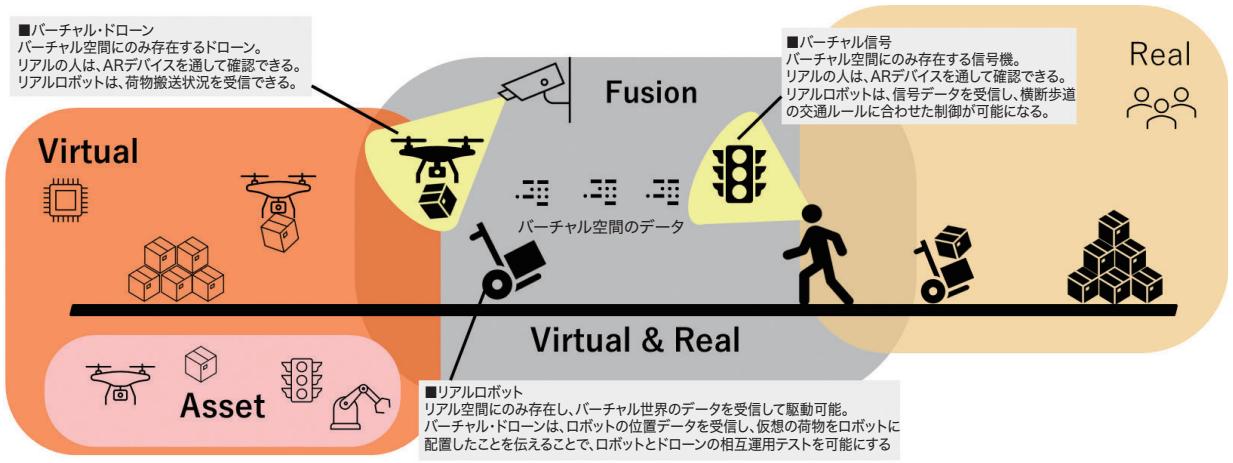


図3 ドローンシミュレータを使ったバーチャルドローンの飛行

1) <https://github.com/toppers/hakoniwa-core-cpp-client/blob/main/math/README.md>

図4 実空間とバーチャル空間を融合するためのアーキテクチャ構造



バーチャル空間で安全な検証

バーチャルとリアルを融合したサービスの実現

リアル空間の位置情報は、ブリッジ機能を介して送受信するアーキテクチャである。

ブリッジ機能を介した通信によって、リアル空間とバーチャル空間の連携や同期が行えるようになった。図5は、デジタルツインの初期段階でのデモである。バーチャル空間およびリアル空間のロボットとドローンがブリッジ機能を介して通信を行う。ドローンが荷物をロボットに届ける動作を、バーチャル空間とバーチャル空間の両方で実現できた。

AR技術を使ってリアリティをもたせる

ドローン操作のリアリティを出すためにAR(拡張現実)を利用した。XRゴーグルを装着してドローンを操作することで、実機に近いライブ感を味わってもらえるようにし

た。より現実世界に近い形で、デジタルライフラインの検証ができると考える。

ARの活用にあたっては手軽さも大切である。そこでXRデバイスだけでドローン利活用の検証ができる機能を追加した。現実世界でXRゴーグルを利用して、ドローンの飛行計画の立案や最適化ルートの検証が可能になる。例えば農作業での利活用である。実際に農地に行き、バーチャルドローンを使いながら効率的な農薬散布方法などを検証できる。このほかドローンを操縦した経験のない農家の方の訓練にも、XRゴーグルを使ったドローンシミュレータが使える。

このほか、インフラ点検の高所作業における建機とドローンとの連携や、製造業でのUGV(unmanned ground vehicle)とドローンとの連携など、幅広い応用が考え

られる。さらにリアリティを高めるために、障害物の検知や衝突時の破損再現なども必要になる。今後の課題である。

将来展望

上記のようにドローンシミュレータ開発は、初期段階を終えたと考えている。次のステップとして手掛けないといけないのは、ドローン飛行時のフェールセーフ分析など安全性分析への活用、AR活用の拡大、技術教育での利用である。以下で簡単に説明する。

安全分析に活用

安全分析の重要性は、法規制の動向を踏まえても言を俟たない。図6に安全分析に適用する上での課題をまとめた。ペイロードや天候の変化、墜落時のフェールセーフ機能の検討など課題は多岐にわたる。今後は安全分析のシナリオ検証をシミュレーションで実現するための活動を進めていく。

世界の動向を見ると、BLUE UAS²⁾のようなドローン開発時の部品選定や利用レベルでの検証も必要になるだろう。利用部品については、情報漏えいやサプライチェーンにおけるセキュリティリスクも考えなければならない。安全性だけではなく、サイバーセ

図5 ドローンシミュレータを使ったデジタルツイン技術の検証

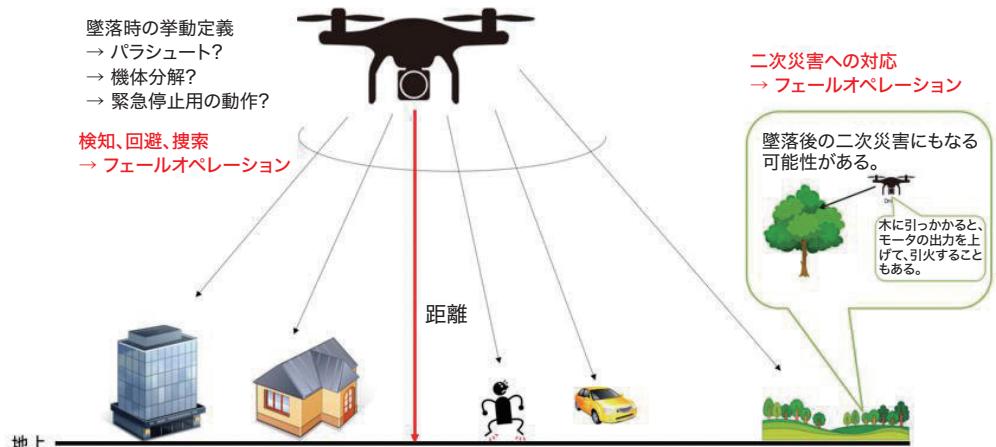


図6 ドローン利用事の安全制約の要約

■ペイロードの変化による安全性担保



■自然災害(強風など)安全性担保



キュリティの観点での分析が必要になると予想される。この点でも、今回開発したドローンシミュレータは有用と考える。センサー機器など部品レベルのモデルを組み込んでいるので、各デバイスマodelに対して安全性・セキュリティの分析を可能にする機能を今後追加することで対応できるだろう。

また安全分析とセキュリティ分析を組み合わせた場合、セキュリティ観点の分析結果がセーフティ機能を低下させないように注意しなければならない。しかしセキュリティとセーフティの両方のスキルを身に付けるのは容易ではなく、実務上の大変な課題である。この点については、シミュレータの可視化機能やAIを活用することで、分析者・設計者のスキルを補完する機能を提供したいと考えている。

ドローンパイロットの育成

展示会や大学でのデモンストレーションを踏まえると、ドローンパイロットの育成にAR空間でのドローン操縦訓練は十分に使えそうである。AR空間でのドローン操縦訓練によって、実機を操縦する技能は確実に向上する。実際、トイドローンを障害物に衝突させたり墜落させていた操縦者が、AR空間での訓練によってメキメキ腕を上げるケースが少なくない。今後は訓練データを収集し大学と共同研究することで、AR空間のドローン操縦の有効性を定量的に裏付けたいと考えている。

技術者の育成

箱庭の活用・開発が、技術スキルの向上につながることは間違いない。Python

やC#などのコンピュータ言語、TCP/IPなどの通信技術、Unityなどのゲームエンジンを使ったバーチャル開発、Windowsインストーラの開発、制御工学の知識など、身に付けられるスキルは多岐にわたる。組込み技術者が普通では体験できない技術部分が多く含まれている。バーチャル空間の良さを活かした「失敗して学ぶ」カリキュラム作りを行い、大学などと連携した人財育成に繋げていきたいと考えている。

ドローンシミュレータが備えるデジタルツイン技術を活用したデモンストレーションを、2025年4月29日に関西・大阪万博の大阪ヘルスケアアビリオンの催事イベントで披露する予定である。

2) Blue UAS: <https://www.diu.mil/blue-uas/framework>

組込みDevOpsシステム、所望の組込みシステムの構築を支援

プラットフォーム構築委員会委員長(兼)組込みDevOps WG主査 竹岡尚三



近年、組込みの要素は広範囲、多種において、また新製品のリリース周期も短くなっている。それらの要素を正しく選択し組み合わせることは、熟練の技術者でも難しくなってきている。若年技術者にとっては、たいへんな時代である。

また、我々のパートナー会社にも変化がある。一昔前までは、我々のパートナーはいわゆるメカ系であり、組込み開発では「一緒に作っていこう」という気持ちがあり、発注仕様は専門家どうしのものとして、詳細に書かれしており、要素部品などの選択の幅はさほど広くはなかった。

しかしながら、近年はITサービス提供者(プロバイダ)が、そのサービスにふさわしいエッジ機器を求めることがしばしばある。そのエッジ機器の仕様は情報収集、通知、通信の機能程度が要求仕様として与えられる。その他の要素は詳細に詰められておらず、エッジ機器開発を受注する側が適切な要素の組み合わせを考えなければならない。

採用すべき要素の組合せを探す作業を支援

こうした状況に対応するためのシステムが組込みDevOpsシステムである(図1)。多様な組合せのなかから採用すべき要素を探す作業を補助するシステムの実現を目指し開発を進めている。

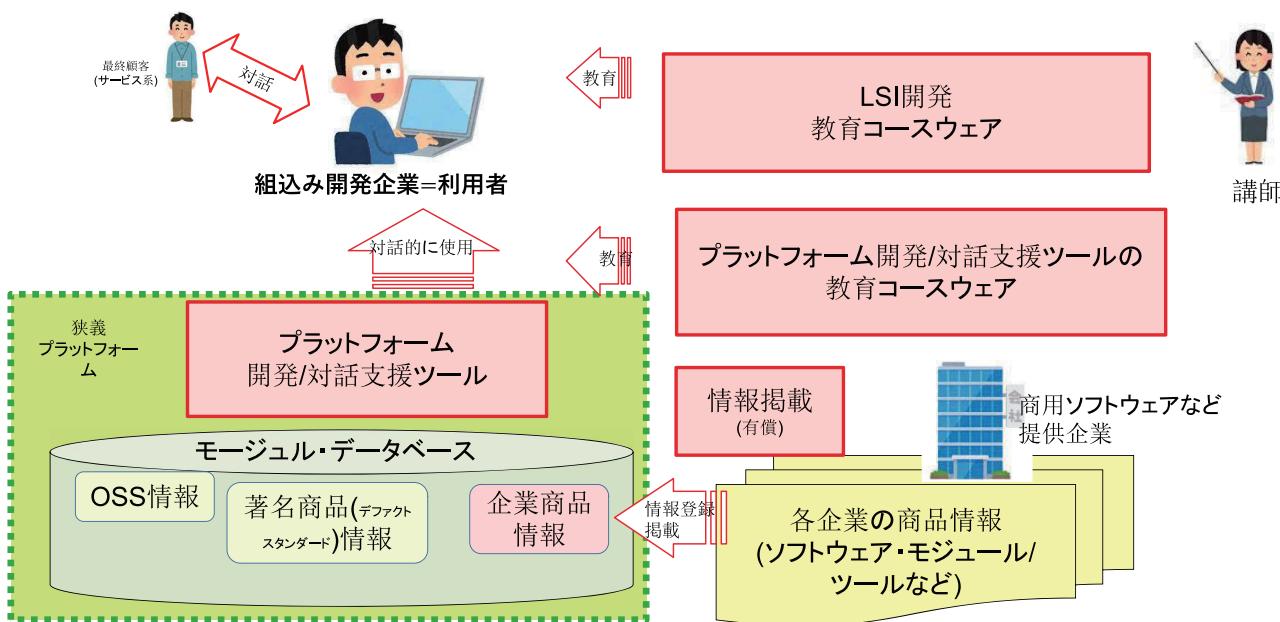
具体的には、SoC、周辺デバイス、OS、ミドルウェアなどの情報をデータベースに登録しておき、組込み開発技術者が対話的に使用することで、欲しい要素の組み合わせを短時間に得られる。データベース中の情報には、ミドルウェアが動作するOSや必要と

するメモリ容量などの情報も含まれる。また、SoCで使用できるOS、メモリ容量などもカバーする。

組込みDevOpsシステムの使用者は、メモリ容量、OS(リアルタイムOSであるかLinuxか)などの制約条件を入力しつつ、必要な通信プロトタイプがサポートされているか、などを確認して、適切な要素の組み合わせを絞り込んでいく。

現在は、2023年度に開発したGUI(モックアップ)にデータベースを接続して、システムとして機能するように仕上げようとしている。ただし、データベース中のデータはまだ空である。

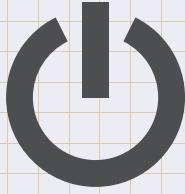
図1 組込みDevOpsシステムの概要



ハードウェア委員会 デバイスWG紹介

OSS EDAツールの活用、低コストなLSI開発の方法などを研究へ

ハードウェア委員会 委員長(兼)デバイスWG主査 竹岡尚三



デバイスWGは、かつてはハードウェア委員会として活動しており、基板レベルのハードウェア設計や他のWGと共同でロボットの研究を行っていた。ITサービスの時代となり、ハードウェアのみを対象とする活動は、その意義が薄く、ここ2年ほどは、活動の方向性が定まらず、活動はほぼ休止状態だった。

最近、日本と米国では半導体製造の復興が進み、またレガシー・ファブ(円熟したプロセスの半導体製造工場)の活用も進められつつある。一部のレガシーファブでは低価格での試作が提供

され始めている。

また、米Googleなどがオープンソース・ソフトウェア(OSS)のEDAツールを活用したLSI開発を推進している。OSS EDAツールを使用して設計を行い、レガシーファブで試作するという、LSI開発はJASA会員企業でも実施可能となっている。実際、ハードウェア委員会傘下のRISC-V WGでは、「JASA版RISC-Vチップ」の開発を進めている。

2025年度からのデバイスWGは、OSS EDAツールの活用、低コストなLSI開発の方法などを研究し、一部の設計作業を実際に行う予定である



生成AIで自然なUIを構築

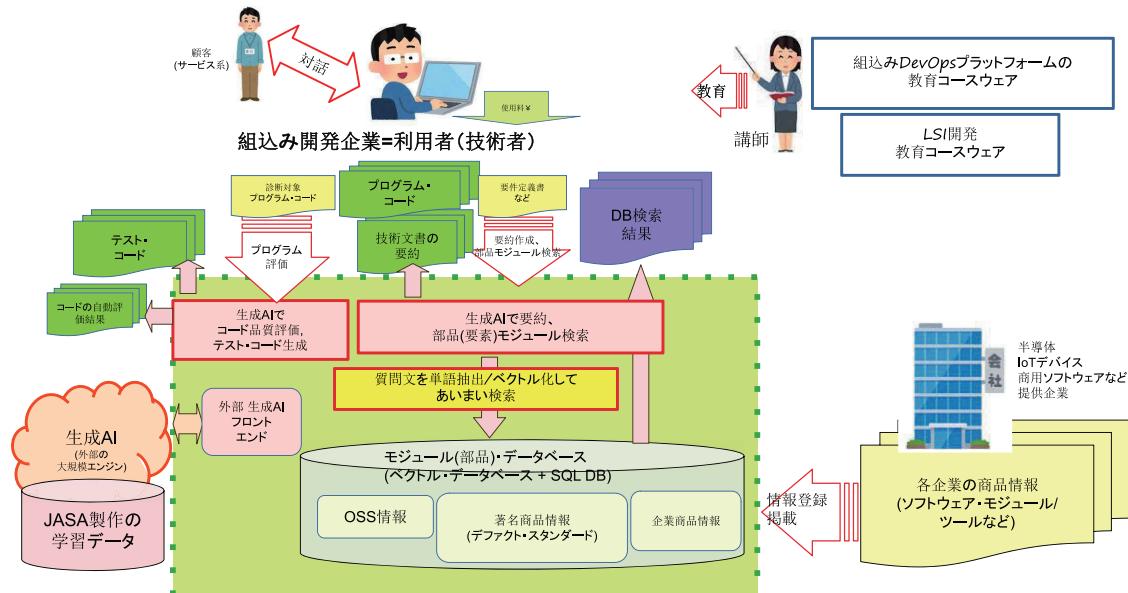
2024年度前半は、経済産業省の補助金に紐づいたプロジェクトとして、組込み開発分野での生成AI活用について調査、意見交換などを実施した。

生成AIは、自然言語による対話や、要約は得意であるが、誤りも一定の確率で発生する。組込みDevOpsで求められる、エキスパートの精密な知識の提供にはそぐわない一面もある。しかし自

然なユーザー・インターフェース(UI)の実現には、生成AIの活用が不可欠だと考えている。2024年度後半からは、これまでに得られた知見をもとに、組込みDevOpsのフロントエンド部に生成AIを活用することを検討している(図2)。

2025年度も引き続き、組込みDevOpsシステムでの生成AI活用の調査・検討を行う予定である。また組込みDevOpsデータベースに登録すべき内容の収集/募集を始めたいと考えている。

図2 生成AIを活用した、組込みDevOpsプラットフォーム全体概要



組込み・アプリ・システムでソフト開発領域をカバー オリジナル製品開発で新たな事業軸を目指す

古くからのJASA会員である東信システムハウス（神奈川県川崎市）。主業務となる組込みソフト開発では、車載・医療・映像・印刷などIT/IoT端末機器など豊富な開発実績がある。業務アプリなどソリューション展開、さらにオリジナル製品開発と重ねる一方、教育や福利厚生面で充実度を高め、昨年は離職者ゼロを記録した。複数のJASA会員が拠点とする『かわさきマイコンシティ』の本社を訪ね話をうかがった。

なごや
代表取締役社長 **名児耶 真一氏**



組込みを主軸にソフト開発で多数実績

東信システムハウスの本社がある『かわさきマイコンシティ』は、通信・情報処理・ソフトウェア業などの研究開発機能が集積されたエリア。川崎市がかつての工業地帯や大手電機メーカーの拠点など古くからの環境を継承するように、産業クラスター化を目指し1985年に策定された地区計画だ。誘致時はJASAも会員向けに窓口として関わったことから、ほかにもSohwa&Sophia Technologies、コア、CICといった会員の開発拠点ともなっている。

そんな環境下で技術を研鑽し続ける東信システムハウスは1977年の創業、50周年も2年後に近づいてきた。電気・電子機器の受託開発を主業務とする東信電気を親会社に持つグループ会社の1社だ。代表取締役社長の名児耶真一氏は「東信電気はNECのエンジニアからスピンアウトした創業者が設立、今年75周年を迎えました。IT機器全般に対応し、主にはIT基板を受託製造するEMSサービスを展開していますが、そこからソフトウェア開発部門を分離して立ち上げた会社が東信システムハウスです」と成り立ちを教えてくれた。

そうした経緯から東信電気と共同で開発する案件も多い。技術センターとして機能する新潟営業所（長岡市）勤務を含め、現在50名を超えるエンジニアを擁し、受託開発を中心にデジタル社会のニーズに応えるべく業務を展開している。現状の業務について、名児耶氏は「組込みソフト開発とアプリケーションソフト、システム構築・運用サービスの3方向を柱に、ソフトウェア全体をカバーする位置づけで展開しています」と紹介する。

受託開発が中心のなか、業務の幅を広げようと積極的に展開しているのがアプリケーション開発になる。「WEB系のアプリケーション、モバイル系の基地局など応用分野を広げていきました」（名児耶氏）と、ビジネス寄りのソリューションを開発中だ。また、そうした開発ノウハウを生かし提供しているのがシステム構築サービス。構築から開発支援、運用管理、保守など一貫したサービスを企業や自治体に常駐するかたちで対応している。

ソフト開発はハードに近い領域にも対応

組込みソフト開発では「公共バスの音声案内システム、医療機器の透析装置、ロード

セルが用いられた小売店の買い物カード決済端末などの開発が進んでいます。昨年は放送映像機器のインターネット映像伝送の開発も携わりました。ミドルウェアやファームウェアなど、組込みソフトというよりハード系に近いところ、ほとんどハード開発の範疇のような案件が多い」と名児耶氏は話す。第二システム部部長の横田誠氏は「親会社と共同で進める製品開発でいえばハードに近いところで対応します。放送映像機器の例ではファームウェア開発としてはハーダルの高さを感じましたが、まずはチャレンジしてみよう」と対応したものです」という。

得意ということでは「制御技術は当社の強み」（横田氏）という。創業当時はプリンタの製品開発に多く関わってきた経緯があり、いまでも複合プリンタや業務用プリンタなどを制御する開発を中心にその技術力を発揮している。また昨今では、車載系の開発案件が増えているという。「営業所の長岡ではメーターまわりの制御など全員が車載系の開発に携わっています」（横田氏）。その傾向はアプリ開発でも表れているそうで、車載関連のソフト開発のボリュームが全体的に拡大しているようだ。



▲恒例となった夏のイベント
“とうしん夏祭り”的様子



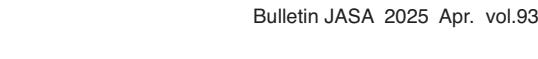
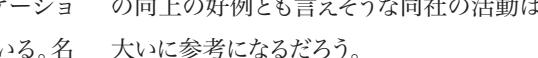
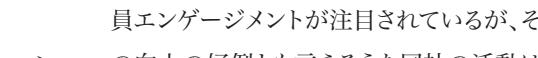
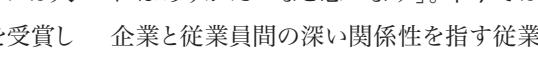
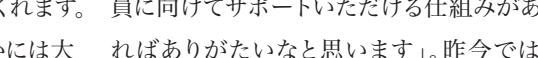
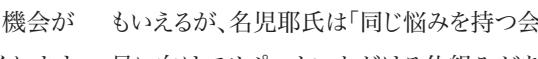
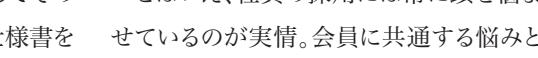
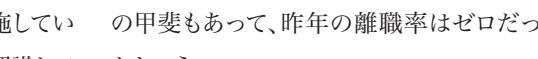
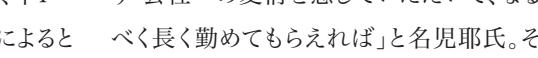
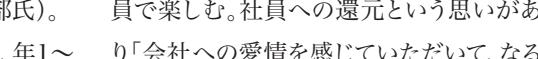
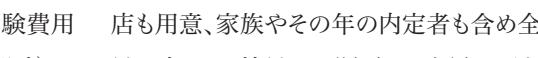
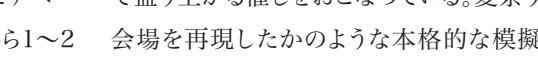
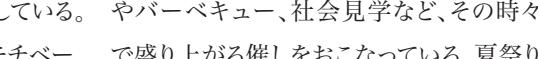
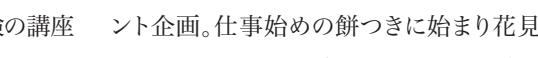
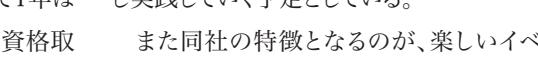
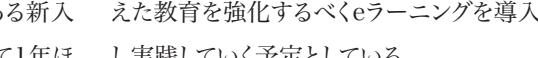
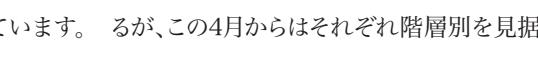
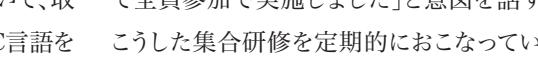
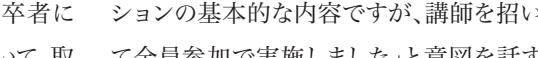
取締役 営業統括

安部 洋一郎氏



第二システム部 部長

横田 誠氏



引き合い増加中のオリジナル製品も

受託開発で多忙ななか、オリジナルの製品開発にも注力している。そのうちのひとつで、引き合いが増えているという製品がタブレット向けキッティング用ソフト。“キッティング”は端末のセットアップ作業を指すが、この『タブレットアドミン for キッティング』はAndroidデバイス用で、設定時間を手作業と比べ1/10に短縮し、スマホや組込み機器、ハンディターミナルなど各種Androidデバイスを40台まで一括設定が可能となる。オフラインでも使用できるUSB接続も特徴のひとつだが、ここへきてスーパーマーケットでの活用が広がりつつあるようだ。

横田氏は「当初想定したニーズとは異なりますが」と苦笑しつつ、「先ほどふれたような決済端末となる買い物カードを使用しているスーパーで、端末を一度に大量にキッティングする用途での引き合いが増えています」という。

こうしたオリジナルの製品開発には積極的にチャレンジしていく考えだ。名児耶氏は「もう一つの軸として、ニーズに合わせてちょっとカスタマイズすれば提案できるようなものを目指したい。まずは受託開発のメンバーを中心に得意な組込みソフト開発の強みを活かしながら具体策を検討しています」と教えてくれた。

勉強会や四季のイベントでモチベーション向上

社員の教育にも余念がない。新卒者に限っている新入社員への研修について、取締役営業統括の安部洋一郎氏は「C言語を中心に3ヵ月弱の研修をおこなっています。学校でゲームをつくるなど経験のある新入社員ならメンターとして先輩がついて1年ほどOJTをおこないます」と説明する。資格取得に向けても、情報処理技術者試験の講座を専門学校から先生を招いて実施している。「模擬試験をおこなうなど勉強するモチベーションアップにつながるので、そこから1~2回で合格する人も出る内容です。受験費用も3回までは会社が負担します」(安部氏)。

インターンシップもおこなっていて、年1~2名平均で受け入れている。安部氏によると「お盆休み明けから10営業日に実施しています。SE希望者が多く、その役割を認識してもらうためにも最初に商品を企画してそのプレゼンをしてもらい、後半は評価仕様書をつくってもらう。3~4回プレゼンする機会が出てきますが、それで自信をつけてくれます。のちに入社した社員もいます」。なかには大学に戻ったあとの発表会で優秀賞を受賞した学生もいたそうだ。

昨年には全員を対象にコミュニケーション能力を高める勉強会も実施している。名

児耶氏は「社会人のリテラシーであり実際お客様先に出向く機会も多い。コミュニケーションの基本的な内容ですが、講師を招いて全員参加で実施しました」と意図を話す。こうした集合研修を定期的におこなっているが、この4月からはそれぞれ階層別を見据えた教育を強化するべくeラーニングを導入し実践していく予定としている。

また同社の特徴となるのが、楽しいイベント企画。仕事始めの餅つきに始まり花見やバーベキュー、社会見学など、その時々で盛り上がる催しをおこなっている。夏祭り会場を再現したかのような本格的な模擬店も用意、家族やその年の内定者も含め全員で楽しむ。社員への還元という思いがあり「会社への愛情を感じていただいて、なるべく長く勤めてもらえれば」と名児耶氏。その甲斐もあって、昨年の離職率はゼロだったという。

とはいっても、社員の採用には常に頭を悩ませているのが実情。会員に共通する悩みともいえるが、名児耶氏は「同じ悩みを持つ会員に向けてサポートいただける仕組みがあればありがたいなと思います」。昨今では、企業と従業員間の深い関係性を指す従業員エンゲージメントが注目されているが、その向上の好例とも言えそうな同社の活動は大いに参考になるだろう。

●「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。

超並列処理系をベースにAIから計算機まで幅広く研究

(K Program)

RISC-Vにも注目、4月から内閣府主導プロジェクトをサポート

農学と工学の二つの学問領域を核に幅広い関連分野を包含する科学技術系大学である東京農工大学(本部:東京都府中市)。情報工学、電気電子工学の基礎から最新のデータ処理技術、人工知能技術も学べる知能情報システム工学科で、超並列処理系をベースにAIから計算機まで幅広い研究を続けているのが中條拓伯教授。オープン仕様のRISC-Vに注目し、JASA技術本部のRISC-V WGでもプラットフォーム開発、普及にご指導いただいている。小金井キャンパス(東京都小金井市)にある研究室を訪ね近況をうかがった。

分散共有メモリ研究で博士号

東京農工大学は2024年に150周年を迎えた。1874年(明治7年)4月、新宿御苑の前身となる内務省勸業寮内藤新宿出張所に置かれた農事修学場と蚕業試験掛が農学部、工学部のルーツ。工学部は2019年4月から生命工学科、生体医用システム工学科、応用化学科、化学物理工学科、機械システム工学科、知能情報システム工学科という現在の6学部構成となっている。

中條研究室のある知能情報システム工学科は、核となる情報工学、電気電子工学を横断した研究を推進する高度ITイノベーション人材を育成する。ハードウェアからソフトウェアまで幅広い知能情報システム工学分野を網羅する学科の構成が特徴となっている。そうしたなかで、AIから計算機まで幅広く研究している中條研究室。現在、優に20名を超える学生が学ぶ大所帯の研究室だ。「プロセッサを学びたい学生もいれば、AIを研究したいという学生もいます。自分の研究したいことを見つけて進めてもらっています」と中條拓伯教授は言う。研究室からは明るい声が聞こえ、楽しみながら研究に勤しむ様子が伝わってくる。

中條氏が博士の学位を取得した研究は分散共有メモリ(Distributed Shared Memory: DSM)。分散メモリシステム上で高速実行できるシステムをつくるという考え方は1980年代あたりからあったもの。90年代半ばに文部科学省の科学研究費助成事業の重点領域研究に採択され、中條氏もその研究メンバーとして加わっている。「東京大学の田中英彦先生を代表に、超並列用のアプリ

ケーション、プログラミング言語、計算機用OS、アーキテクチャの4班に分かれた構成でした。私はアーキテクチャ班に属して、効率的な分散共有メモリの実現を最大の目的に設計したJUMP-1(ジャンプワン)という超並列計算機を試作しました」とその実績を語る。

RISC-V、FPGAで高速化を提案

現在進行中の研究テーマを紹介する。

ひとつはRISC-Vを中心としたハードウェア研究で、RISC-Vベースのアクセラレータとベクトルレジスタの共有。『SHAVER(シェーバー:Sharing Vector Registers)』と称するその仕組みを中條氏は次のように説明する。「SHAVERはプロセッサ内部のベクトルレジスタの一部をアクセラレータと直接共有する機構です。アクセラレータとRISC-Vのベクトル拡張の間でベクトルレジスタを共有してベクトルロードしたら、レジスタで書き込まれたものがそのままアクセラレータから読めるというものです」

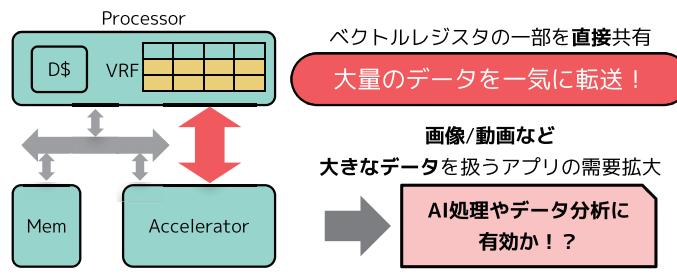
通常は高速・大容量の転送にはハード

ウェアを使って直接データ転送するDMA(Direct Memory Access)転送を用いるとこころだが、転送している間はバスを占有するためほかのデバイスはアクセスできない。「そうしたことなく、どんどんベクトル演算を実行したり、その結果をアクセラレータで処理できます。特に、画像データ音声データを圧縮したものを展開するなどの前処理、計算したものをまた圧縮してメモリに書き戻すといった後処理があって、なおかつ処理したものの高速な演算を同時に実行する仕組みになっています」と説明する。さらに、オープンソースコアvicunaでの実装、同じくvicunaで実装したDMA転送との評価など研究を進めている。

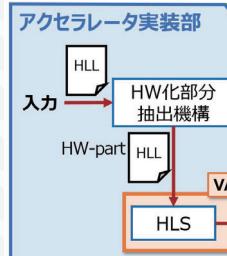
2つめは、FPGAによる高速化。多数の計算機・FPGAをまとめて単一の計算機のように扱う仕組みを研究、再構成可能仮想アクセラレータ(Reconfigurable Virtual Accelerator)という名称から『ReVA(リーバ)』とした。「FPGAで高速化するにはFPGA上のリソースが大量に必要となります、リソース容量の多いFPGAは数百万円にもなる非常

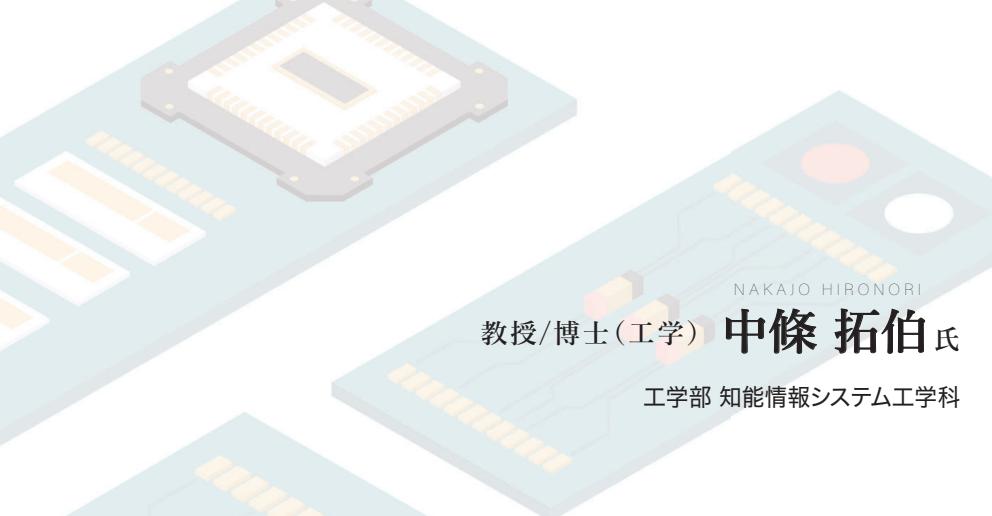
▼『SHAVER(シェーバー)』 RISC-Vベースのアクセラレータとベクトルレジスタの共有。プロセッサ内部のベクトルレジスタの一部をアクセラレータと直接共有する

新提案：SHAVER (Sharing Vector Registers)



ReVAによるアプ





NAKAO HIRONORI

教授/博士(工学) 中條 拓伯 氏

工学部 知能情報システム工学科



に高価なもの。そこで、複数のFPGAのリソースをネットワークで接続して、あたかもひとつのFPGAで高速化しているように見せるという研究です」

仮想化で单一に見せることに加え、ハードウェアが分散していてもメモリアクセスがおこなえる。「共有メモリという空間があれば、ネットワーク上でメモリを通じてデータがやり取りできます。メモリもですがロジックも分散していることで“Distributed Shared Logic”という概念を打ち出しました。共有メモリはリソースのキャッシュ間のデータが一致しなくなるコヒーレンス性の問題が生じますが、CPUのメモリ空間と接続デバイスのメモリ間のメモリコヒーレンスを維持するCXL(Compute Express Link)規格を用いてReVAのエミュレーションを進めています」

半年間、面白いと思うテーマで進めてもらつたなかにあります。いろいろなセンサーやカメラでセンシングして、成長過程でカイワレ大根からメッセージがテキストで届きPCで受けてアプリで読み上げるという。温度が低いと“ちょっと寒いかも”とか、収穫のころなら“食べごろよ”とか(笑)」

そうして着目したスマート農業で取り組んでいる研究は、水田ドローンを用いた水稻有機栽培における雑草管理の補助。稲の有機栽培では、雑草対策が最大の課題とされる。光や養水分などの資源を奪い合うように作物と競合することで、成長を妨げる要因となり、収穫量や品質の低下を招いてしまう。対策のひとつは水の濁りで、雑草の光合成を妨げることで生育を抑制する。水田ドローンは水田を攪拌して水を濁らせるというものだ。

「共同研究先の企業が水田用自動抑草ロ

ボットを開発していますが、ある程度抑止につながるもの、どうしてもまた生えてきてしまう。また筐体の大きさで育ってきた稲をなぎ倒してしまったため使用が制限されます。『Oyone(オヨネ)』と名付けた我々の水田ドローンは稲にぶつからず、株間を自動航行でき、RaspberryPiとカメラを載せてAI技術で雑草を検知するものです。2年ほど前に論文も発表しました。府中キャンパスの水田のほか、福島と新潟、二期作が主流の西表島の農家の協力を得て実験をおこなっているという。「いまは、藻が絡みにくいタイプのスクリューでOyone2号を開発中です」

K ProgramでTEEを研究

それらに加えて、この4月から4つめのテーマと位置付けられるK Programが始まっている。科学技術振興機構(JST)経済安全保障重要技術育成プログラム(K Program)に採択された、先端的な重要技術を育成するための研究開発だ。安全なプログラム実行の環境を提供するハードウェア技術であるTEE(Trusted Execution Environment)が研究テーマ。5年計画のプロジェクトで「現状の技術はチップに依存していて互換性がない。ユニバーサルなTEE、ポータブルなTEEを世の中に提供しなければいけない」ということで採択されたものです。我々はミドルウェアとAPIをいろいろ試して、チップを試すところではRISC-Vを用いながらPoCシステムを提供していきます」という内容になる。

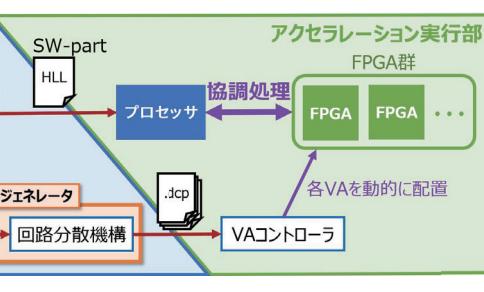
超並列系の分野で、これまで数多の研究成果を発信してきた中條氏。いまいちばんのアプリケーションであるAIの処理速度や効率を高めるニーズは強まるばかりで、中條氏の研究成果はますます重要になっていきそうだ。

稻作の課題に向き合うスマート農業研究

3つめとしてあがるのがスマート農業。意外に感じるが、このプロジェクトは農学部と農業分野でビジネス展開する企業との共同で進めているという。「きっかけは学生が始めたカイワレ大根育成の実験」からだそうだ。『PBL(Project Based Learning)教育として

▼『ReVA(リーバ)』 多数の計算機・FPGAをまとめて単一の計算機のように扱う仕組み

リケーション高速化



▲水田ドローンOyoneを手に
▼稲の間を航行し雑草を検知する。



顧問弁護士 からの メッセージ



ブレークモア法律事務所
弁護士
平野 高志 氏

(下記は弁護士平野高志が当協会向けに配布しているニュースレターを再編集したものである)

フジテレビの事件、詳細は全然みていませんが、企業の不祥事対策について弁護士として考えさせられます。

昭和、平成初期の時代の企業の不祥事対策で一番大切なことは「企業ぐるみ」とられないことでした。「企業ぐるみ」の意味がわかりにくいのですが、不祥事に会社の社長や経営陣が直接関与していたら「企業ぐるみ」のようなイメージです。そのために、不祥事の処理において、直接の責任は担当者レベルですませ、社長や経営陣は監督不十分くらいで事件を終わらせるに腐心しました。

広報もその流れで動き、マスコミも世の中も「社長も実際は知っていた」と思いながら、このような幕引きで許してくれました。不祥事が企業ぐるみでなければ、会社自体の問題ではないとしてやがて忘れてもらいました。

江戸時代でもないのに、なぜ「殿」を守ることがそれほど大切なのか、よく考えると不思議ですが、みなそれが当然と思っていた。その後、企業の開示責任が重くなり、このような処理はとりにくになりましたが、それでも会社内の根本的な考え方は変わっていないと思います。

企業の不祥事、昭和の考え方は通用しない

しかし、今回の事件をみると、そのような考え方が通用しない世の中になったことがわかります。社長や会長が記者会見にて「〇〇でないことを信じる」と言ってますが、昔はそれで許された(少なくともマスコミもそれ以上追及しない)のですが、それが許されていません。そうした意味で今後の不祥事対策はますます難しくなるとともに、不祥事を起こさないことがますます重要になってきます。

では、会社のガバナンス、コンプライアンスをきちんとやればよいかというと、そんなに単純なことではないと思います。

今回の事件でN氏が起こしたことが巷で言われているとおりであれば次元がかわりますが、今回ほどひどいことではなくても、会社の中で理不尽なことが起きて、会社の中の力関係で被害者が何もできないケースはたくさんあります。

セクハラ被害にあっても加害者が会社の中で力のある人である場合、会社が加害者をくびにすることはないので、事件処理後一緒に職場で働くのがいやで会社に何も

言わないでそのまま我慢して同じ会社で働いている人がいます。

弁護士が言うことではないかもしれません、法律違反があってもそれが是正される保証はないのが世の中です。法律以上の社会的な力がはたらいて、正義が貫けないことがたくさんあります。難しいのは、みなが見て見ぬふりをしている不正義のどこからが許されないかの判断です。

フジテレビの事件はこの点において、昔はやった「赤信号みんなで渡れば怖くない」をやらかしてしまった事案かもしれません。フジテレビの事件を他山の石とせず、自分の会社が正義を実際に実行できるような体制になっているか、みんなが見て見ぬふりをしている不正義がないかを、きちんと見直すよいチャンスではないかと思います。

令和における企業の不祥事対策

▶ 昭和、平成初期の流儀は通用しない

▶ 正義を実際に実行できる体制

▶ 見て見ぬふりをしている不正義を許さない体制



平野 高志 氏 プロフィール

1985年 弁護士登録
1985年-1988年 八木総合法律事務所(現牛島法律事務所)
1988年-1990年 米国シカゴMasuda,Funai,Eiffert & Michell法律事務所
1990年 ブレークモア法律事務所入所
2000年-2006年 マイクロソフト日本法人(法務担当執行役等)、ブレークモア法律事務所に復帰

社団法人コンピュータソフトウェア協会フェロー、
一般社団法人ソフトウェア協会、一般財団法人ソフトウェア情報センター、
財団法人ソフトウェア情報センター評議員、株式会社ファルテック監査役、
リヨービ株式会社監査役、ミルボン株式会社監査役、著作権法学会員、
日本工業所有権法学会員、日本経済法学会員、
情報処理推進機構2020年モデル取引・契約書見直し検討部会 主査

横田英史の 書籍紹介コーナー



量子超越

～量子コンピュータが世界を変える～

ミチオ・カク、斎藤隆央・訳

NHK出版 2,860円(税込)

量子コンピュータの潜在能力や活用への期待を論じた書。医療や創薬、エネルギー、核融合、地球温暖化などの課題を網羅的に取り上げ、量子コンピュータが果たすことのできる役割を紹介する。

例えば量子医学への応用では、創薬や難病の治療、遺伝子編集、不老不死など興味深い話が満載である。不老不死では、アルツハイマー病やALSなどとの関連が疑われるプリオンの性質を量子コンピュータで理解し、治療法が見つかる可能性に言及する。

量子力学や量子コンピュータの原理に深入りせず、実用化後の応用面に的を絞って論じる。量子コンピュータが人類に与える影響の大きさを知ることのできる良書である。

生成AIのしくみ

～〈流れ〉が画像・音声・動画をつくる～

岡野原大輔

岩波書店 1,650円(税込)

生成AIが、〈流れ〉をどのように使って画像や音声、動画を生成しているのかを、数式を使わず説明した書。生成AIの仕組みを定性的に説明する試みはユニークである。著者が強調するのは、「水面にインクで書いた文字が広がる過程を逆向きに再生できれば文字が浮かび上がる」ような〈流れ〉が、生成AIの核心となるアイデアということ。〈流れ〉によって、生成AIは

画像や音声、動画を作り出すとする。

筆者は生成AIの生成タスクを「とりわけ難しい機械学習問題」と位置づけ、その問題を解くツールとして「多様体仮説」「対称性」「構成性」を紹介する。

破壊なき市場創造の時代

～これからのイノベーションを実現する～

W・チャン・キム、レネ・モボルニュ、

有賀裕子・訳

ダイヤモンド社 2,530円(税込)

ブルー・オーシャン戦略で知られる著者が、既存の業界や企業を破壊せず、企業倒産や雇用の喪失を生まない「非ディスラプトなイノベーション」を提唱した書。ゼロサム思考からポジティブ思考に転換し、経済善と社会善を両立すべきだと強調する。

まだ解決されていない課題や問題を探せば、破壊を伴わない新しいイノベーションの道が見えると強調する。既存の業界の垣根の外側に非ディスラプトな新規領域を創造し、既存企業との直接対決や反発を避けて破壊なしに成長を実現する。

破壊を伴わないイノベーションの機会を見つけられないのは、暗黙の前提が邪魔するからだと説く。他人の憶測を鵜呑みにしないことや識者を当てにしないことが重要だとする。

AI経済の勝者

アジェイ・アグラワル、ジョシュア・ガズ、

アヴィ・ゴールドファーブ、小坂恵理・訳

早川書房 3,190円(税込)

金融やマーケティング、流通などのビジネスにAIを実装しワークフローを効率化

する手法を論じた書。個人や企業、組織がAIを効果的に使い、投資に見合った利益を得るための勘所を披露する。AIが予測、人間が判断を担うことが重要だと断じる。

筆者はAI活用のソリューションが、「ポイント」、「アプリケーション」から「システム」に移行すべきだと論じる。ただしシステム・ソリューションへの移行には注意が必要である。企業の意思決定プロセスは無数のルールで成り立っており、そのなかの一つをAIに置き換えると、他の部分に大きな影響を及ぼしかねない。ディスカバリー・キャンバスと呼ぶ手法で、白紙の状態からシステム全体の絵を描くべきだとする。

悪文の構造

～機能的な文章とは～

千早耿一郎

筑摩書房 1,210円(税込)

多くの方にとって必要なのは芸術的な名文を書くことではなく、悪文を書かないこと。小説や新聞、法律の条文を取り上げ具体的に、「悪文」を書かないとための技術を紹介した書。文章の構造を図示して、読みづらかったり、誤解を生んだりする原因を解明する。筆者が「工学的」と呼ぶ手法は実に明快で分かりやすい。三島由紀夫や有吉佐和子、新田次郎といった著名小説家の文章でも、駄目な部分を具体的に指摘し、容赦なくこき下ろす。

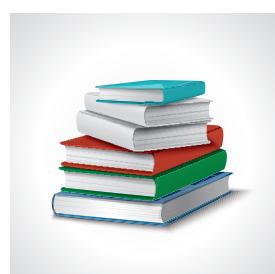
筆者が重視するのは、正確であり、曖昧でなく、誤解されない“機能的”な文章である。読者に負担をかけない、読者に対する親切心に裏付けられた文章を重視する姿勢に共感が持てる。

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、BizT(現日経クロステック)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に就任。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、2020年4月(株)DXパートナーズ アドバイザリーパートナー、2024年3月(株)観濱舎を設立 代表取締役社長、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ありません。



JASA 会員一覧

(2025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 |
| 株式会社クレスコ 北海道開発センター | https://www.cresco.co.jp |
| 株式会社コア 北海道カンパニー | http://www.core.co.jp/ |
| 株式会社シー・エヌ・エス | http://www.cnws.co.jp/ |
| 株式会社テクノラボ | https://www.techno-labo.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函館分室 | https://www.ditgroup.jp/ |
| 株式会社リッジワークス | https://www.ridgeworks.co.jp/ |

東北支部

| | |
|-----------------------------|---|
| 株式会社イーアールアイ | http://www.erii.co.jp/ |
| 株式会社イーエムエス | https://ems-to.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IIOT | https://www.iiot.or.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/ |
| 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/ |
| 株式会社アットマークテクノ | https://www.atmark-techno.com/ |
| アップウインドテクノロジー・インコーポレイテッド | http://www.upwind-technology.com/ |
| アドバンストシステムズ株式会社 | http://www.asco.jp/ |
| 株式会社アドバンスト・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/ |
| アンドールシステムサポート株式会社 | https://www.andor.jp/ |
| イーソル株式会社 | https://www.esol.co.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/ |
| 株式会社インテック | https://www.intec.co.jp/ |
| 株式会社インフォテック・サーブ | http://www.infotech-s.co.jp/ |
| ワインボンド・エレクトロニクス株式会社 | https://www.winbond.com/hq?__locale=jp |
| 株式会社エクスマーション | 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NSP | http://www.nsp-ltd.co.jp/ |
| 株式会社NTTデータMSE | https://www.nttd-mse.com/ |
| 株式会社NTTデータ オートモビリジェンス研究所 | https://www.zipc.com/ |
| 株式会社エヌデーター | 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/>

ガイオ・テクノロジー株式会社

<https://www.gaio.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/>

学校法人金沢工業大学産業連携室

<https://www.kanazawa-it.ac.jp/>

株式会社ギガ

<https://www.giga.core.co.jp/>

キーサイト・テクノロジー株式会社

<https://www.keysight.com/jp/ja/>

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.sessame.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/>

グローバルインベーションコンサルティング株式会社

<https://www.gicip.com/>

K-Best Technology株式会社

<https://kbestjp.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/>

サイバートラスト株式会社

<https://www.cybertrust.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/>

株式会社システム計画研究所

<https://www.isp.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/>

一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会

<https://www.ciaj.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STELAQ

<https://stelaq.co.jp/>

株式会社ストラテジー

<http://www.k-s-g.co.jp/>

一般社団法人セキュアIoTプラットフォーム協議会

<https://www.secureiotplatform.org/>

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/>

一般社団法人ソフトウェア協会

<https://www.saj.or.jp/>

一般社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/>

株式会社チェンジビジョン

<http://www.change-vision.com/>

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/>

デジイ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/>

| | |
|------------------------------|---|
| 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/ |
| 株式会社トーセーシステムズ | 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/ |
| 株式会社ナイトテクノロジー | https://k-tech.co.jp/ |
| 株式会社ニッキ | http://www.nikkinet.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/ |
| 株式会社日本製鋼所 広島製作所 | https://www.jsw.co.jp/ |
| 日本生命保険相互会社 | https://www.nissay.co.jp/ |
| 日本ローター・バッハ株式会社 | https://www.lauterbach.com/jindex.html |
| ノアソリューション株式会社 | http://www.noahsi.com/ |
| 株式会社ノードウス | https://www.nodus-inc.com/ |
| 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 | https://www.haleng.co.jp/ |
| ビ・エモーションA.I.株式会社 | https://www.beemotion.ai/ |
| 株式会社ピーアンドピービューロウ | https://www.pp-web.net/ |
| 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/ |
| 株式会社ビッツ | https://www.bits.co.jp/ |
| 株式会社ブライセン | https://www.brycen.co.jp/ |
| マルツエレック株式会社 | https://www.marutsu.co.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/ |
| 一般社団法人RISC-V協会 | https://www.riscv.or.jp/ |
| リネオソリューションズ株式会社 | https://www.lineo.co.jp/ |
| 株式会社連基 | https://www.cnct.world/ |
| 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

| | |
|----------------|---|
| 株式会社ヴィッツ | 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/ |
| 株式会社テクノフュージョン | http://www.tfusion.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/ |
| ベルエアーシステムズ株式会社 | https://www.belairsystems.jp/ |
| 株式会社明理工業 | http://www.meiri.co.jp/ |
| 株式会社ユタカ電子 | https://www.yutakadensi.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 |
| 株式会社アフレル | https://afrel.co.jp/ |
| イーエルシステム株式会社 | http://www.el-systems.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 | https://systive.co.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/ |
| 住友電工システムソリューション株式会社 | https://www.seiss.co.jp/ |
| 株式会社窓飛 | http://www.sohi.co.jp/ |
| 株式会社ソフト流通センター | http://www.k-src.jp/ |
| 太洋テクノレックス株式会社 | http://www.taiyo-xelcom.co.jp/ |
| 株式会社たけびし | http://www.takebishi.co.jp/ |
| 株式会社タダノ | http://www.tadano.co.jp/ |
| 株式会社D・Ace 大阪支社 | http://d-ace.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 | https://www.dtigroup.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/ |
| 日本メカトロン株式会社 | 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/ |
| 株式会社ビッツ 関西事業所 | https://www.bits.co.jp/ |
| 株式会社bubo | https://www.bubo.inc/ |
| 株式会社FLAPS | https://www.e-flaps.com/ |
| 株式会社村田製作所 | https://www.murata.com/ja-jp/ |
| 株式会社ルナネクサス | http://www.luna-nexus.com/ |

九州支部

| | |
|-------------------|---|
| 株式会社エフェクト | http://www.effect-effect.com/ |
| 株式会社クレスコ 福岡開発センター | https://www.cresco.co.jp/ |
| 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/ |
| 株式会社メック | https://www.mecc.co.jp/ |
| 柳井電機工業株式会社 | http://www.yanaidenki.co.jp/ |

・個人会員 9名

見る未来、動かす力、
極めろ探究心

体験でマナブ、デジタル人財育成コンテスト

エンジニアの学び場 ETロボコン2025

Embedded Technology
Software Design
Robot Contest

IT・組込み分野におけるエンジニア人財育成・技術教育の機会を提供する「ETロボコン2025」を開催します。

ETロボコンは、あらゆる世代を対象に「人材育成のDX」を推進しています。今年も、オンデマンド学習やシミュレータ開発環境を提供し、参加者の学びをサポートします。

昨今、IT人材の不足は「量」だけでなく「質」の問題でもあると考えられており、ETロボコンはテクニカルスキルだけでなく、チーム開発やコミュニケーション能力の醸成の場として注目を集めています。

ETロボコンでは、「ヒトと組織が共に成長」をテーマに掲げ、参加するエンジニアの成長と共に、企業や教育機関が組織として成長する機会も提供しています。これにより、質の高いIT人材を育成し、

未来の技術者やリーダーを輩出することを目指しています。

<https://www.etrobo.jp/>



概要

学びの砂場

更なるデジタル社会で何が必要か？

1. プログラミング
2. アーキテクチャー（設計技法）
3. コミュニケーション

最近の最重要事項
企業の採用／教育担当者、教育機関の教員

ETロボコン2025

レベルにあつた「学びのステージ」

実体験の学び
エンジニアの土台作り
匠の育成

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

スケジュール

年間スケジュール



| | |
|--------|------------------------|
| 4月18日 | : 参加募集締切 |
| 5月～6月 | : オンライン技術教育 |
| 7月～8月 | : 試走会 |
| 8月 | : モデル相談会 |
| 9月～10月 | : シミュレータ大会※1 地区大会※2 |

※1: エントリー大会、※2: プライマリー、アドバンストクラス

11月20日21日: チャンピオンシップ大会

エンジニアの人材育成でお悩みの方は、まずはご相談ください！

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。

参加申込みは4/18 (金)まで

※締切日以降のお申し込みに関しては、
ETロボコン事務局まで直接お問い合わせください。



第3回JASA-CIAJ交流会 報告

第3回JASA-CIAJ交流会が2025年1月24日(金)に開催されました。この交流会は、JASA(一般社団法人組込みシステム技術協会)とCIAJ(一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会)が主催し、両団体の活動状況や業界動向の情報交換を目的としています。

Society 5.0の実現に向けたエッジテクノロジーの役割や、通信

日時 2025年1月24日(金) 15:00-17:00
場所 CIAJ AB会議室(東京都中央区日本橋兜町)

トライフィックデータの活用など、最新の技術動向と業界の取り組みを共有する重要な場となっています。参加者は、IoTやエッジコンピューティングが社会課題の解決にどのように貢献できるかについて理解を深める機会を得ました。



＜主要議題＞

- ・Society5.0の実現に向けたエッジテクノロジーの役割 **【発表者】**國井雄介氏 (JASAコモングラウンド委員会 委員長)
【内容】インフラ協調型ロボット制御のエッジ側の課題、フィジカル空間とサイバー空間の接続ポイント、工場自律化のデモ紹介
- ・通信トライフィックデータの有効活用と委員会の活動 **【発表者】**西井浩士氏 (CIAJ トライフィックデータ活用委員会 委員長)
【内容】通信トライフィックデータの活用と社会発展への貢献
- ・JASA – Linux Foundationとのエンジニア教育プログラムの共同検討 **【発表者】**佐野勝大氏 (JASA副会長)
【内容】組込みソフトウェアエンジニアの需要増加と技術の高度化に対応する教育プログラム
- ・電機・電子業界「カーボンニュートラル行動計画」進捗報告 **【発表者】**濱川雅之氏 (CIAJ環境委員会 幹事)
【内容】電機・電子業界のカーボンニュートラル行動計画の概要と進捗



JASA新入会員企業紹介

株式会社アットマークテクノ



〒001-0012 札幌市北区北12条西4丁目1-6 松崎北12条ビル <https://www.atmark-techno.com>

株式会社アットマークテクノは、組み込み機器向け産業用コンピュータを開発・製造する企業です。Armプロセッサを採用した組み込みプラットフォーム「Armadillo」シリーズは、Linuxを標準搭載し、高信頼・省電力を実現。IoTゲートウェイやエッジコンピューティング分野で広く活用されています。長期供給に対応し、産業機器やFA、社会インフラ向けに最適なソリューションを提供。安定した製品供給と技術サポートを強みとしています。

イーソル株式会社



〒164-8721 東京都中野区本町1-32-2 ハーモニータワー <https://www.esol.co.jp>

1975年の創業以来、リアルタイムOS技術を核とするソフトウェアプラットフォーム製品開発と、車載システム開発を筆頭に、FA、人工衛星、デジタル家電を含むあらゆる分野のエンジニアリングサービスを展開しています。常に最先端技術を取り入れた自社製品の研究・開発や、主要メーカー・大学機関との共同研究に加え、AUTOSAR、マルチ・メニーコア技術の標準化活動なども積極的に進めています。

株式会社システム計画研究所



〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町18-6 日本会館 <https://www.isp.co.jp>

株式会社 システム計画研究所／ISPは科学技術分野に特化したソフトウェア開発を得意としています。画像処理、ロボティクス、医療、宇宙、組み込み分野をターゲットとしています。また、最近ではAIを初期検討～システム構築までトータルでサポートしており、AIを中心に各分野に展開することで業界の発展に貢献したいと考えております。組み込み分野ではROS2/FPGAに特に力をいれております。よろしくお願いいたします。

株式会社日本製鋼所



〒141-0032 東京都品川区大崎1丁目11番1号 ゲートシティ大崎ウエストタワー <https://www.jsw.co.jp>

当社は、樹脂関連機械とレーザ応用製品を中心に幅広く産業機械をラインナップする産業機械事業と、電力、石油、天然ガス等エネルギーに関わる諸製品を柱とする素形材・エンジニアリング事業をグローバルに展開しております。創業以来、110年を超える歴史を通じ蓄積してきた技術・技能と新たに創出する技術を生かしつつ、本会への参加を通じて、今後も幅広く社会の発展に貢献してまいります。何卒よろしくお願い申し上げます。

■編集後記

真新しいスーツの新入社員と廊下ですれ違ったり、通勤途中にピカピカの1年生と出会ったり、組織改編で新たな部署がスタートしたりと、4月は心改まる月です。4月から事業年度が始まる企業も少なくありません。JASAも新しい施策「JASA改革プロジェクト」を立ち上げました。2030年を最終年度とした「JASAビジョン2030」を踏まえながら、大きく2つの取り組みを始めます。一つは組込み業界の未来予測と対応策の策定。もう一つは、会員企業向けサービスの拡充です。ご期待ください。JASA改革プロジェクトの概要を紹介する記事を掲載しました。JASAビジョン2030

の最初の3年を総括する記事と併せてお読み頂ければ幸いです。

今号は恒例の技術特集です。デジタルツインを取り上げます。デジタルツインの定義と歴史、将来像の紹介に始まり、デジタルツインを実現するプラットフォーム「箱庭」の技術解説、技術本部コモングラウンド委員会とドローンWGがそれぞれ取り組んでいる2件の事例をお届けします。とても充実した内容です。ぜひお読みください。

広報委員長 横田英史

機関誌 Bulletin JASA Vol.93

令和7年 4月 18日
東京都中央区入船 1-5-11 弘報ビル 5階
Tel.03-6372-0211 Fax.03-6372-0212
URL <https://www.jasa.or.jp/>

一般社団法人組込みシステム技術協会
発行人 会長 竹内 嘉一
編集人 広報委員長 横田 英史

◎無断転載を禁じます。

