

技術本部成果発表会(2024年度成果)

講演資料

日時 2025年5月15日(木) 13時00分～17時20分

場所 豊洲ベイサイドクロスタワー



目次

安全性向上委員会	1
ハードウェア委員会 RISC-V WG	9
組込みシステムセキュリティ委員会	19
コモングラウンド委員会	29
応用技術調査委員会 OSS 活用WG	43
応用技術調査委員会 アジャイル研究 WG	65
応用技術調査委員会 AI 研究WG	75
プラットフォーム構築委員会 Open EL WG	91
コモングラウンド委員会 スマートライフ WG	116



技術成果発表会 2025

「複雑システムにおける安全設計の普及活動の成果について in2024」

2025年5月15日
安全性向上委員会



© Japan Embedded Systems Technology Association

Contents



1. 24年度活動概要

2. 24年度成果紹介

- 安全性向上セミナー『基礎コース in2024』の実施
- 安全性手法の検討
 - 事例①：STAMP/STPA トライアル ～移動式クレーンの遠隔操作
 - 事例②：VDM++を用いた安全制約逸脱システム導出方法
- 外部連携・発信（外部組織との技術交流など）

3. 今後の活動

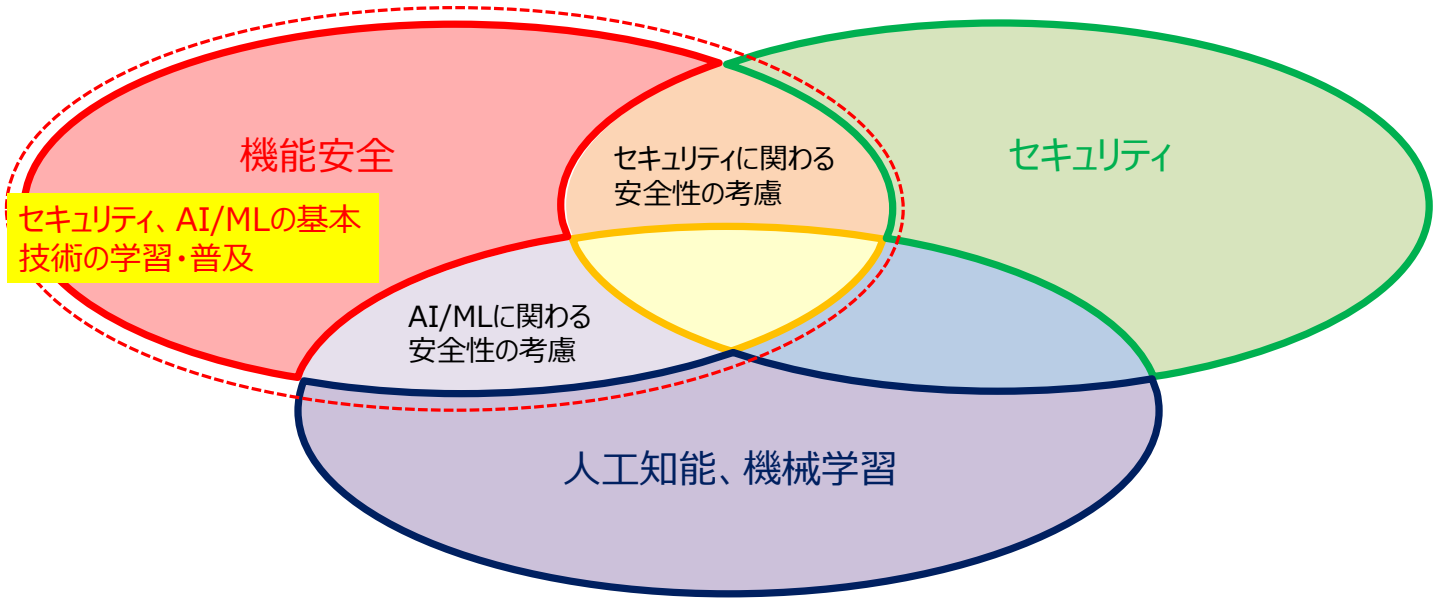


© Japan Embedded Systems Technology Association

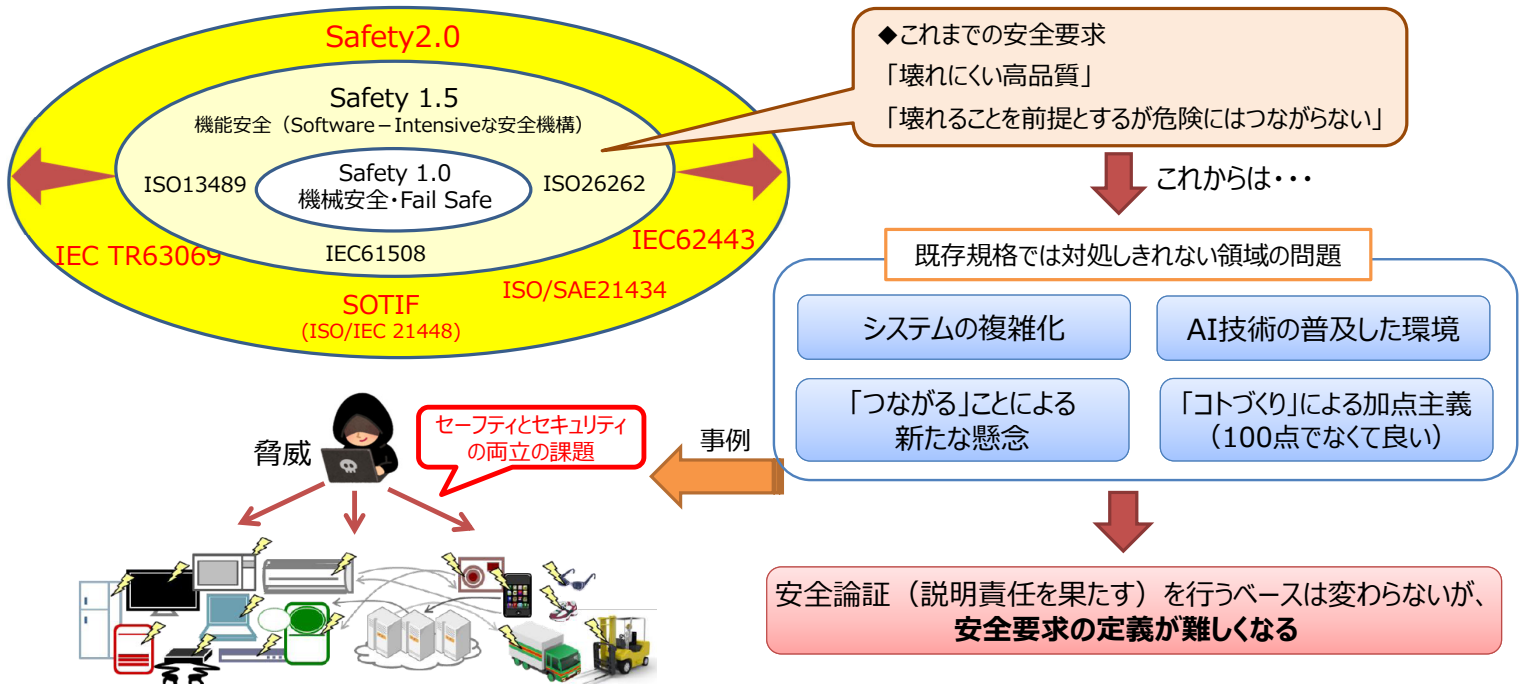
1. 活動概要 ～JASA 安全性向上委員会のアプローチ～



[Policy] : 機能安全、情報セキュリティに関して、技術動向の調査・研究を行い、成果は積極的に情報発信していく



1. 活動概要 ～なぜ安全性の向上が必要なのか？～



1. 活動概要 ～AIの安全性～



【AIの安全性に係る課題例】

課題	詳細説明	解決策
データのプライバシーとセキュリティ	個人データの漏洩や不正利用のリスク	暗号化技術のシカと異常検知システムの強化
技術的な複雑性と高コスト	AI導入には高い技術力と大規模な投資が必要	OSSの利用拡大と教育機関との連携による人財育成
法規制と標準化の遅れ	国際的な統一規制の不在	国際的な規制機関との連携によるAI専門の法規制と標準の策定 ※EUの「AI法規」(2024年8月発行)
社会的な受容と倫理問題	AIによる職業の自動化や倫理的な問題	倫理ガイドラインの作成と公共の教育・啓蒙活動
技術の標準化と相互運用性	システム間の互換性の欠如	業界リーダーによる技術標準の策定とオープンスタンダードの推進
システムへの不正出力	クリティカルな分野において誤った判断や出力が直接的なアクシデントの繋がる	透明性の確保と説明責任。AIがどのようなデータで学習され、どのようなロジックで出力を生成しているかを、可能な限り公開し、利用者や第三者がその判断過程を理解できるよう努める ※STAMP/STPAの利活用

生成AIを利用したシステム・ソリューションは、その利便性と同時に新たなリスクや安全問題をはらんでいる。
安全性を担保するためには、技術開発面だけでなく、倫理、法規制、ユーザー教育、運用体制など多方面からの取り組みが不可欠。

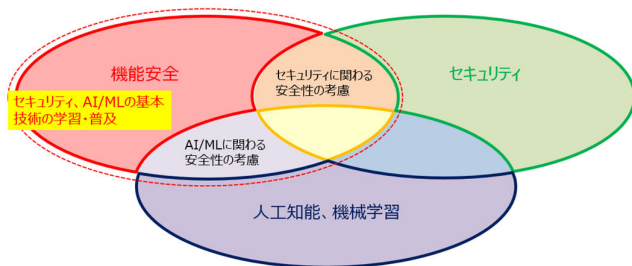


© Japan Embedded Systems Technology Association

1. 活動概要 ～取組み概要～



- Safety & Security (S&S)の安全分析方法の研究・調査による安全性発展へ貢献
- 技術教育セミナーの企画・実施による人財育成
- 外部連携・技術交流
- STAMP啓発活動
- 新メンバー募集による裾野拡大



2030年のあるべき姿



© Japan Embedded Systems Technology Association

2. 24F成果紹介 ～安全性向上セミナー『基礎コース in2024』～



●安全性向上セミナー『基礎コース』の募集要項

「基礎コース」	
日時	【第1回】2025年 2月19日 (13:00-17:00) 【第2回】2025年 2月26日 (10:00-17:00) 【第3回】2025年 3月 5日 (14:00-17:00)
開催形式	オンライン (※第1回、第3回) オンサイト (※第2回)
参加費	第1回、第3回 : 【JASA会員】3,000円/回、【一般(非会員)】6,000円/回 第2回 : 【JASA会員】6,000円/回、【一般(非会員)】12,000円/回
参加人数	20名/回 ※最少開催人数5名とし、第2回は10名を超える場合はWeb開催とする
習得できる知識	<ul style="list-style-type: none"> 安全の基本と、安全論証の重要性を学ぶ ソフトウェア集約システム・組み込みシステムの安全やセキュリティに関する国際規格を学ぶ 複雑システムのシステムズ理論に基づく事故モデルのSTAMPをベースとした分析手法であるSTPAやCAST を具体的な事例で学ぶ
予備知識	安全工学に関する一般的な知識ないし業務経験があった方が望ましいが、必須ではない

設定金額を全体で増
※一般は23F比100%増



© Japan Embedded Systems Technology Association

7

2. 24F成果紹介 ～安全性向上セミナー『基礎コース in2024』～



●プログラム紹介

【第1回】：システム理論で探るこれからの安全対策～STAMP/STPAの活用～

- 「安全の基本 in Society5.0(Update for 2024)」
- 【基調講演】「STAMP/STPA手法の展開 -コミュニケーションに関わる事故防止に向けて」 講師：早稲田大学 教授 小松原 明哲 様
- 【招待講演①】「システム理論による安全工学～想定外にきづくための思考法STAMP～の解説」 講師：BIPROGY株式会社 福島 祐子 様
- 【招待講演②】「STAMP/STPA導入の取り組み紹介」 講師：株式会社タダノ 三好 圭 様 / 林 洋幸様
- 「Safety&Securityの国際規格の動向in2024」

【第2回】：事例で学ぶSTAMP/STPA (入門編)

※ハンズオンセミナー

- 「STAMP/STPAとは? ～列車ドアの事例～」
- 「とりこ検知システムの分析事例
- 「最近の事故に関する分析の可能性について説～」
- 「STAMP/STPA入門事例 ～ハンズオン～」 ※講師に (独)情報処理推進機構(IPA)石井 正悟様を招待

【第3回】：事例で学ぶSTAMP/STPA/CAST (中級編)

- 「システミック思考による複雑システムの安全分析STP」
- 「複雑システムにおけるシステミック思考に基づく事故因果分析法CAST」
- 「STAMP/STPAの自動車関連規格への対応 -ISO26262, ISO21448への適用、拡張、統合分析の紹介」

2. 24F成果紹介 ～安全性向上セミナー『基礎コース in2024』～



- ✓ トヨタ系列企業や大学(学生含む)など、多業種が参加
- ✓ 1日枠のハンズオンは好評
- ✓ 新しい刺激のために事例の収集が必要
- ✓ 難易度の位置付けを定義する必要がある

認知度のUpと安定した収支の実現に向けたブラッシュアップの継続

24年度

- 黒字継続
- ハンズオンを1日枠で開催

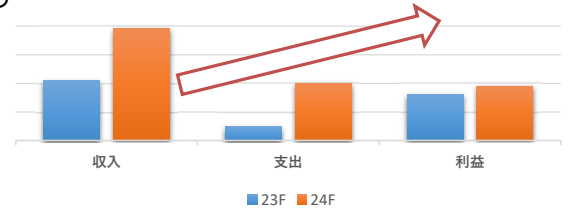
23年度

- セミナー収支黒字化
- 難易度のバリエーションをより明確にコンテンツを見直し
- オンサイト再開

22年度

- 難易度のバリエーションを設定
- 受講者に寄り添うセミナー形式 (Q&Aや議論の時間を設定)
- 「有料」にチャレンジ

セミナー収支



- 「技術教育セミナー」の活動を2019年より開始
- コロナ禍により、2021年からオンラインセミナーへ企画変更

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

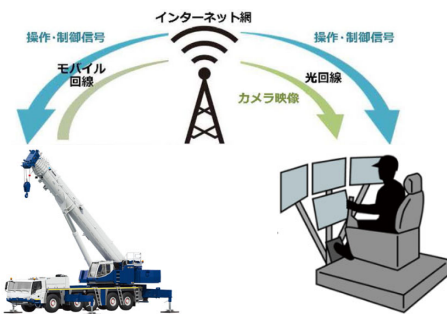
© Japan Embedded Systems Technology Association

9

2. 24F成果紹介 ～安全分析手法の検討～



「STAMP/STPA トライアル ～移動式クレーンの遠隔操作」(タダノ社) EdgeTech+2025で発表



遠隔操作システム

建機でもCASE、i-Construction2.0 が進んでいくため、業界をリードしていくためにも
タダノで早期に展開したい

ノウハウと市場問題解決で築いた安全

- 自社の技術領域外の技術導入
- システムが複雑化、他のシステムとの融合(System of Systems)
- ソフトウェア制御が中心

新たなリスク発生

システム増大 + 外部システム連携

『機能安全』だけでなく、『システム安全』+『安全論証』

- システム視点で安全要求の抽出と、確実な作り込みが重要
- 安全であることの証明(安全論証)が必要

But...

STAMP/STPAをトライアル

従来のFTA,FMEAでは、単機能評価、故障をベースとした安全分析しかできない

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

© Japan Embedded Systems Technology Association

10

2. 24F成果紹介 ～安全分析手法の検討～



「STAMP/STPA トライアル ～移動式クレーンの遠隔操作」(タダノ社)

- ◆ 23年度より安全性向上委員会で継続して安全分析を実施。24年度で一定の成果を出すことができた。
 - 分析結果を設計に反映することができた。
 - 教育コンテンツの運用ルールへ反映することができた。
- ◆ STAMP/STPAを適用して良かった点、改善点。

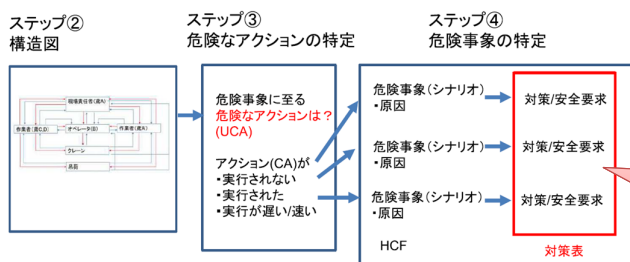
【良かった点】

- システムとして網羅的に見れ、ヒントワードなどでシナリオを引き出すツールとして有効。
- STAMP実施前だと危険意識が低かった対策の必要性が明確になった。
- 停止手段などリスクアセスメントで想定していたことを論理性をもって再確認できた。

STAMP/STPAはハードルは高いが、やる価値も高い

【改善点】

- 危険事象のシナリオやシナリオに対する安全要求に重複部分が多く整理が大変。ツール改善に期待。



STAMP実施前は有効性の認識が低い対策がいくつかあった

2. 24F成果紹介 ～安全分析手法の検討～



「VDM++を用いた安全制約逸脱システム導出方法」の紹介

【モチベーション】

人が絡むシステムにおける安全制約逸脱シナリオを導出する手法を提案。特に、半自動システムにおいて人間の操作や判断が重要な役割を果たす場合、誤操作や判断ミスが重大な事故を引き起こす可能性がある。そこで、形式手法VDM++を用いて異常ケースのシミュレーションを行い、安全逸脱シナリオを検討し、安全要求仕様を導出することを目的とする。

VDM++とは？
形式手法VDMを拡張し、「オブジェクト指向構文」「並行性・リアルタイム性」を盛り込んだ仕様記述言語

要点	
人が絡むシステムの特徴	柔軟性があるが、誤操作により事態が悪化する可能性がある。 例として、自動車のブレーキ操作の誤操作が挙げられる。
システム構成とプロセスモデル	半自動システムにおける重要な判断と操作。 機器選択制御の例を用いて、アクシデント、ハザード、安全制約を説明。
モデリング	応答を待たずに次の要求を行う。複数の要求に対し、どの時点で有効な応答が得られたかを判定するのか？
異常ケースモデリング	異常ケースの種類と発生位置を設定。 Not ProvidingやToo Lateのハザードシナリオ。
安全要求仕様の導出	ハザードシナリオの事象発生を防ぐための安全要求仕様。

【まとめ】

VDM++によるモデリングを用いて安全制約逸脱のシナリオを作成することが有効である可能性を示すことができた。動的なモデルを用いて解析を行う場合には困難が伴うが、UCAを作成することで、モデルの要素毎に具体的な安全要求仕様を導く。

2. 24F成果紹介 ～外部組織との技術交流/技術調査/STAMP啓発活動など～



技術交流

- ▶京都大学院と意見交換
「レジリエントな生産システムのための機能共鳴解析手法を用いた作業者の適応的熟達のモデル化」(マイクロエンジニアリング専攻 安江様)

安全工学における技術調査

- ▶Systems-Theoretic Safety Assessment of Teleoperated Road Vehicles (2021)
- ▶「Google NotebookLMでSTPAしてみた」
- ▶ロスシナリオの識別の事例報告：STPA Handbookのロスシナリオ作成手順に従い、航空機の空中衝突の事故
- ▶事例紹介：SAE J3187-2 System Theoretic Process Analysis (STPA) Recommended Practices for Evaluations of Safety-Critical Systems in Any Industry
- ▶「完全自動運転で事故が減る」は本当か？

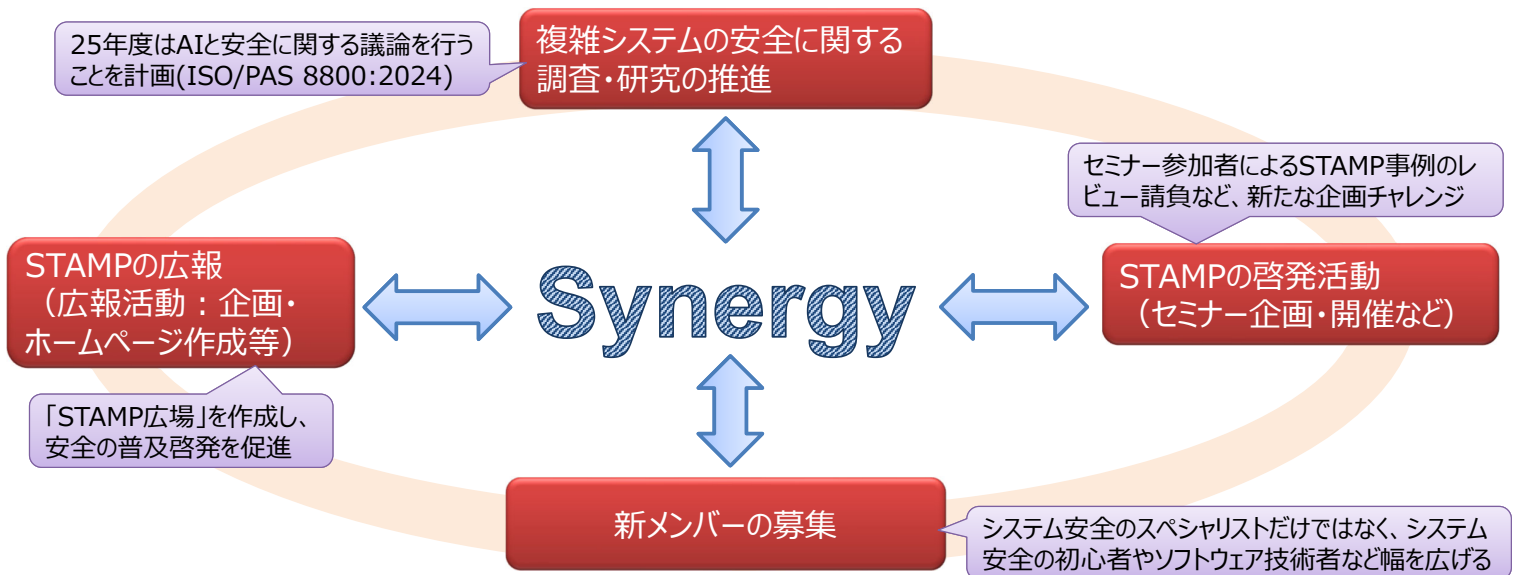
STAMP啓発活動

- ▶JASAのSTAMPホームページを全面リニューアル
- ▶Nancy G. Levesonの「Engineering a Safer World」の翻訳版「システム理論による安全工学 ～想定外に気づくための思考法STAMP～」の活用 (EdgeTech+ で発表)
- ▶Bulletin JASA寄稿による新規会員の募集促進

3. 今後の活動



2025年度の注力活動





【安全性向上委員会】
2025年5月9日 発行

発行者 一般社団法人 組込みシステム技術協会
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: <http://www.jasa.or.jp/>

本書の著作権は一般社団法人組込みシステム技術協会(以下、JASTA) が有します。
JASTAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASTAが占有します。
その他、JASTAが定めた著作権規程に準じます。



© Japan Embedded Systems Technology Association

2024年度 成果報告

2025年5月15日

技術本部ハードウェア委員会 RISC-V WG主査
小檜山智久 ((株)日立産機システム)



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

24年度成果のサマリ



Summary

2024年度は次のような成果がありました

1. 月次定例WGを12回開催し、のべ103社17校176名の参加があった
2. RISC-V WG主催Webinarを3回オンラインで開催し、83名の参加があった
3. 一昨年度までの5か年の成果 + 昨年度のJASA版RISC-Vチップ製作に係る調査結果を会員が閲覧できるWebコンテンツとしてまとめ、リニューアル公開した
4. EdgeTech+ West 2024及びEdgeTech+ 2024のJASAセミナーで講演、JASAパビリオンでは展示を行いRISC-V WGの活動を紹介した
5. 一社) RISC-V協会主催RISC-V Day Tokyo 2024 Summer(24/8)では講演とデモ機展示、2025 Spring(25/1)ではデモ機展示を行った
6. 新たに一社) OpenSUSI、ISHI会との協創活動を開始した



1. RISC-V WGの活動について

About the activities of JASA RISC-V WG

《WGの活動方針》

- ・オープンな仕様で会員が自由に活用できるRISC-Vプラットフォームを
会員の協力で開発整備し、組込み分野でのRISC-V普及に努める
- ・関連団体とのコラボによりプラットフォームの応用範囲を広げる

《活動内容の項目》

- ◆ 月例WGの開催
- ◆ RISC-V著名人を講師にお迎えし、隔月ペースのWebinar開催
- ◆ 組込みに使えるRISC-Vプラットフォームの開発と普及
- ◆ 誰もが追試できる開発プラットフォームのコンテンツ整備と公開
- ◆ RISC-V関連団体との協創によるJASAプレゼンスの向上



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

3

2. 月例WGの活動状況



Monthly WG Activities

#	回次	日時	開催	会社	学校	参加
1	第57回	2024/4/24	ハイブリッド	8	2	16
2	第58回	2024/5/33	ハイブリッド	7	2	17
3	第59回	2024/6/27	ハイブリッド	7	1	14
4	第60回	2024/7/25	ハイブリッド	6	1	12
5	第61回	2024/8/27	ハイブリッド	8	2	15
6	第62回	2024/9/24	ハイブリッド	8	2	13
7	第63回	2024/10/24	ハイブリッド	10	0	13
8	第64回	2024/11/28	ハイブリッド	12	2	18
9	第65回	2024/12/18	ハイブリッド	8	1	13
10	第66回	2025/1/21	ハイブリッド	9	1	12
11	第67回	2025/2/27	ハイブリッド	8	1	15
12	第68回	2025/3/26	ハイブリッド	12	1	18
				103	17	176



(96) (14) (192)
カッコ内は23年度

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

10

4

3. RISC-V WG主催Webinar開催状況



RISC-V WG sponsored Webinar status

#	回次	日時	演題	講師	参加
1	第18回	2024/6/27	OpenSUSIとXhipAllianceのご紹介	AIST Solutions 岡本 淳一 氏	33
2	第19回	2024/7/25	1ステージ化RISC-V (RV32IM) による電力効率の追求及びその応用について Effinix社Sapphire SoCとの融合による高効率動作のご紹介	ウーノラボ 福島 眞粧美 氏	29
3	第20回	2024/11/28	IETFのSecurity AREAと関連技術の動向	IETF Security Area SUIT WG Co.Chair 塚本 明 氏	21
					83

23年度[6回開催] (140)



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

4. RISC-Vプラットフォーム開発の狙い



Aim of developing the RISC-V platform

《初めて取り組む人の課題》

- ・オープンなのでどこかに情報は公開されている
- ・それぞれの場所に、それぞれの言語で点在する情報を丹念に集め、断片をつなぎ合わせ、試行錯誤しながら理解を深めて作り上げるには時間と執念とある程度の知識が必要
⇒ 初心者にはつらい！

《WGが提供する価値》

- ◆ WGメンバで実際に検証して実績がある手順を確立
- ◆ 日本語/英語のバイリンガルで参照できるWebページの公開
- ◆ 開発環境の準備から完成まで一気通貫で説明
- ◆ 困ったらWGのオブザーバになってわからないことを聞ける
- ◆ 開発環境等の更新にできる限り対応
- ◆ 追試したら自動的に自分用のプラットフォームになる



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



5. 開発ロードマップと実績

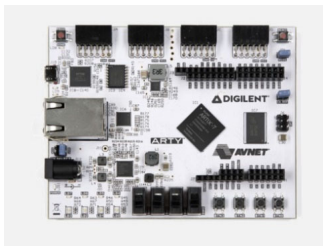
Development schedule for last 5 years

《過去5年間の活動》

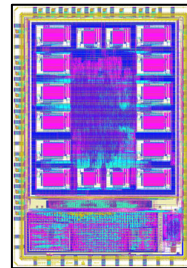
2020-22年度	2023-24年度～
<ul style="list-style-type: none"> ・32ビット版(Arduino)/64ビット版(LINUX)RISC-VコアFPGA実装 ・産学連携 ・成果のWeb公開 	<ul style="list-style-type: none"> ・JASA版RISC-V SoC開発 <ul style="list-style-type: none"> - ターゲット:セキュアなIoTエンジン - オープンシリコン開発環境の活用 ・ボード作成, RTOS実装 ・IoTクラウド接続

FPGAベース

カスタムLSI(SoC)ベース



市販FPGA評価
ボード Arty A7
35T:32/Arduino
100T:64/LINUX



eFabless
chipignite

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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

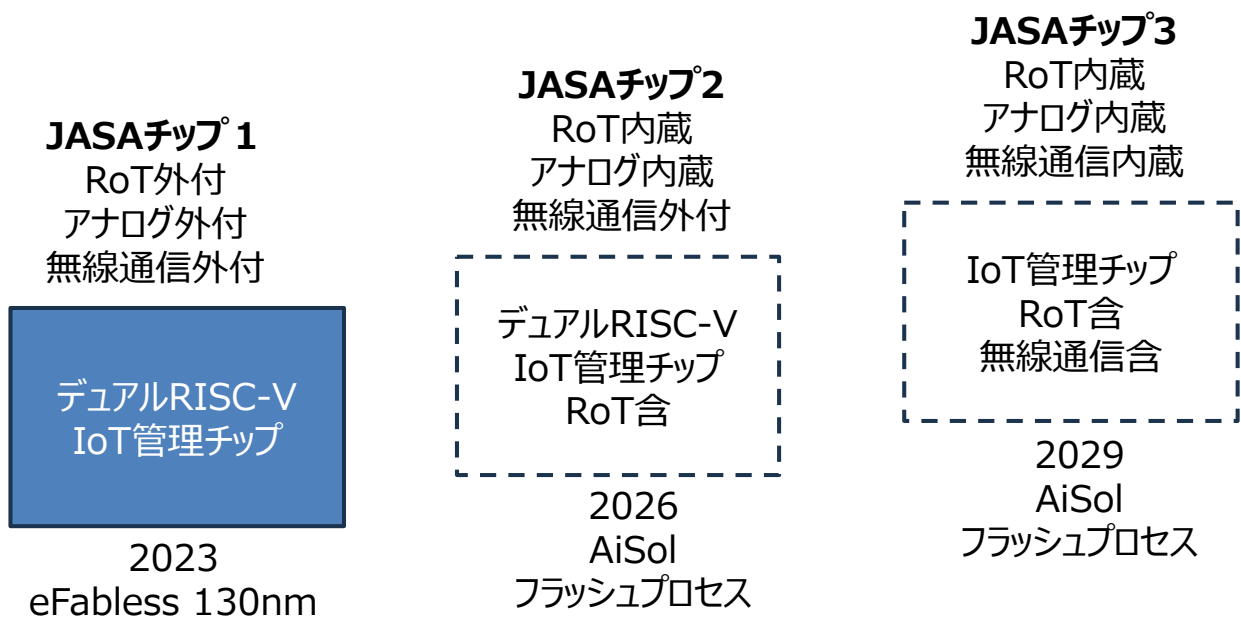
7

6. これからの開発ロードマップ



Future development roadmap

《長期計画》



RoT: Root of Trust

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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

12

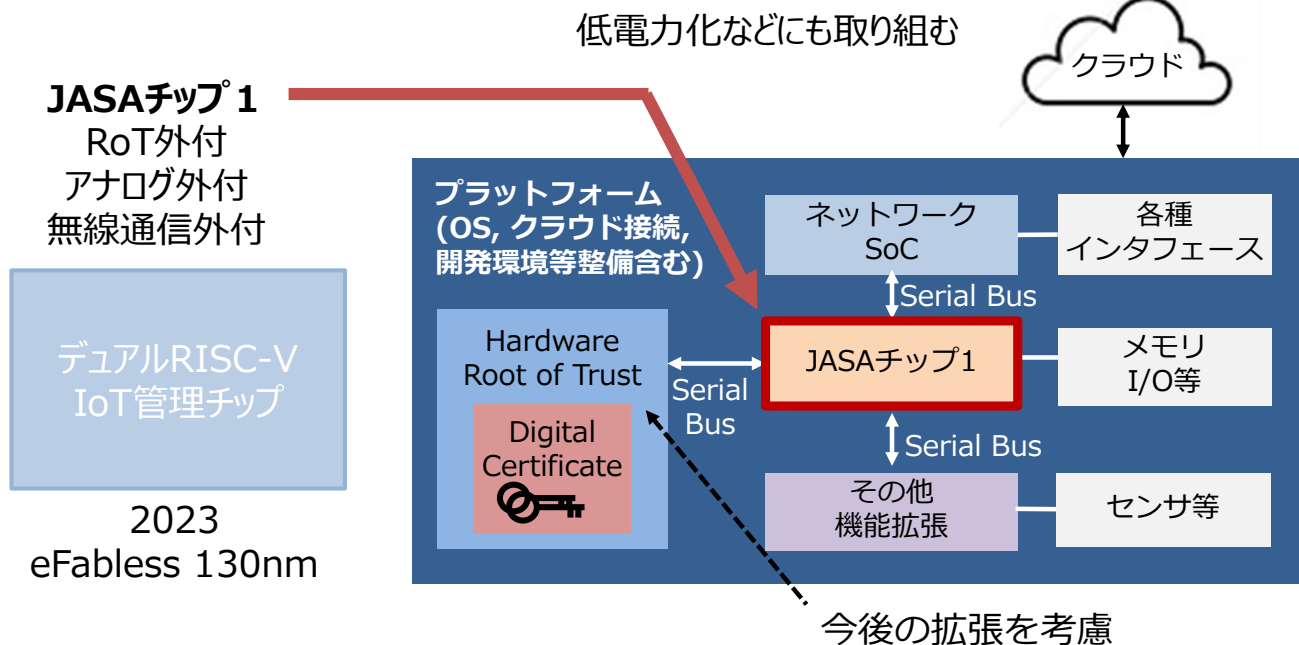
8

7. 開発のスコープ



Development Scope

《IoTシステム化までがターゲット》



RoT: Root of Trust



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

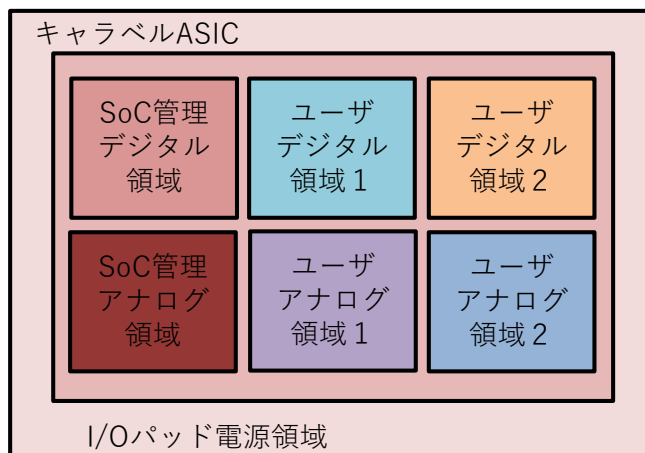
8. 作ろうとしているチップ①



eFabless Chip Configuration

《eFablessチップの構成》

キャラベルがクロック、ピン配置、デバッグなどの機能を提供



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

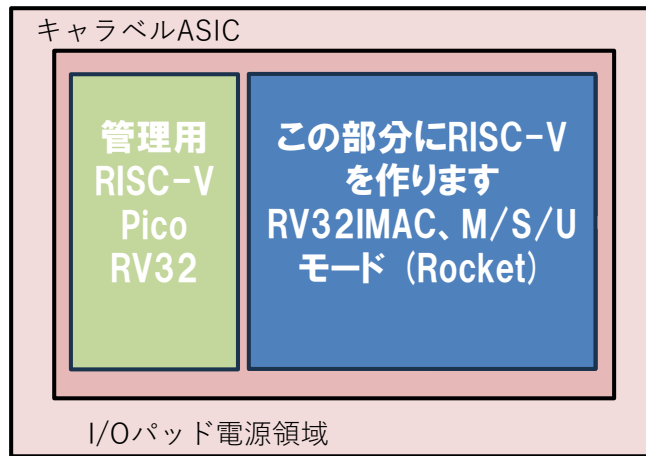
9. 作ろうとしているチップ^o②



What parts of the chip are made?

《チップのどの部分を作るのか》

キャラベルという「枠」の中にユーザが設計できる領域がある

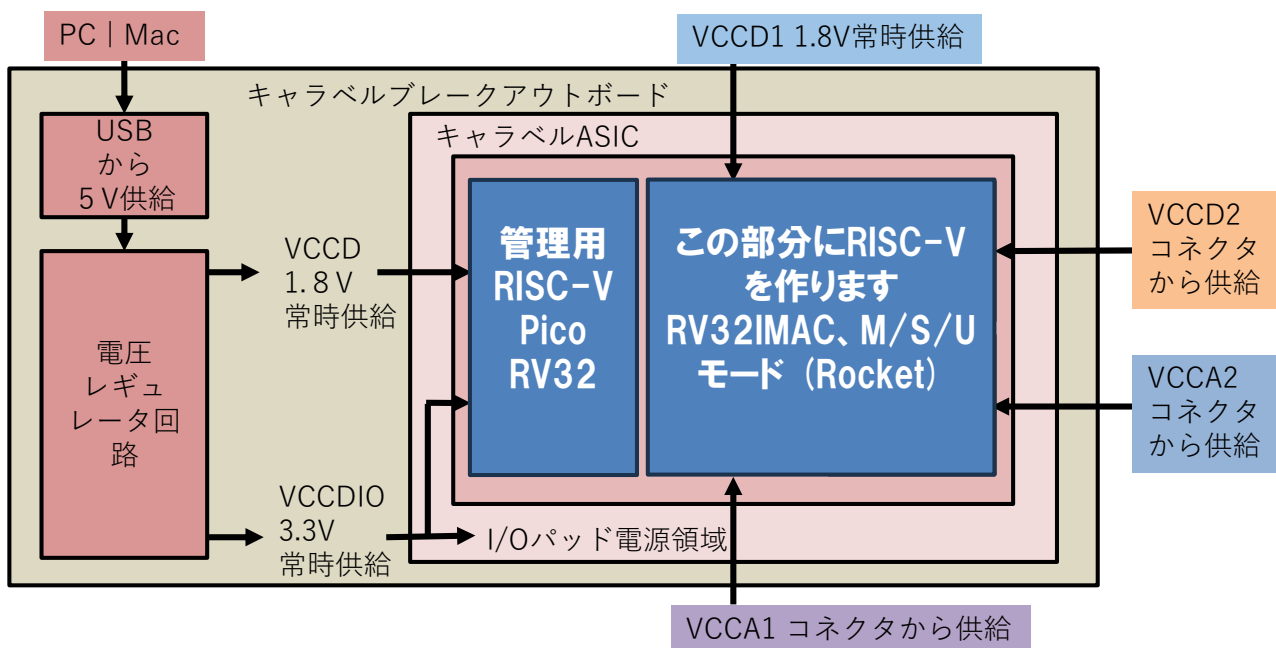


10. 作ろうとしているチップ^oと評価環境



Chip evaluation configuration

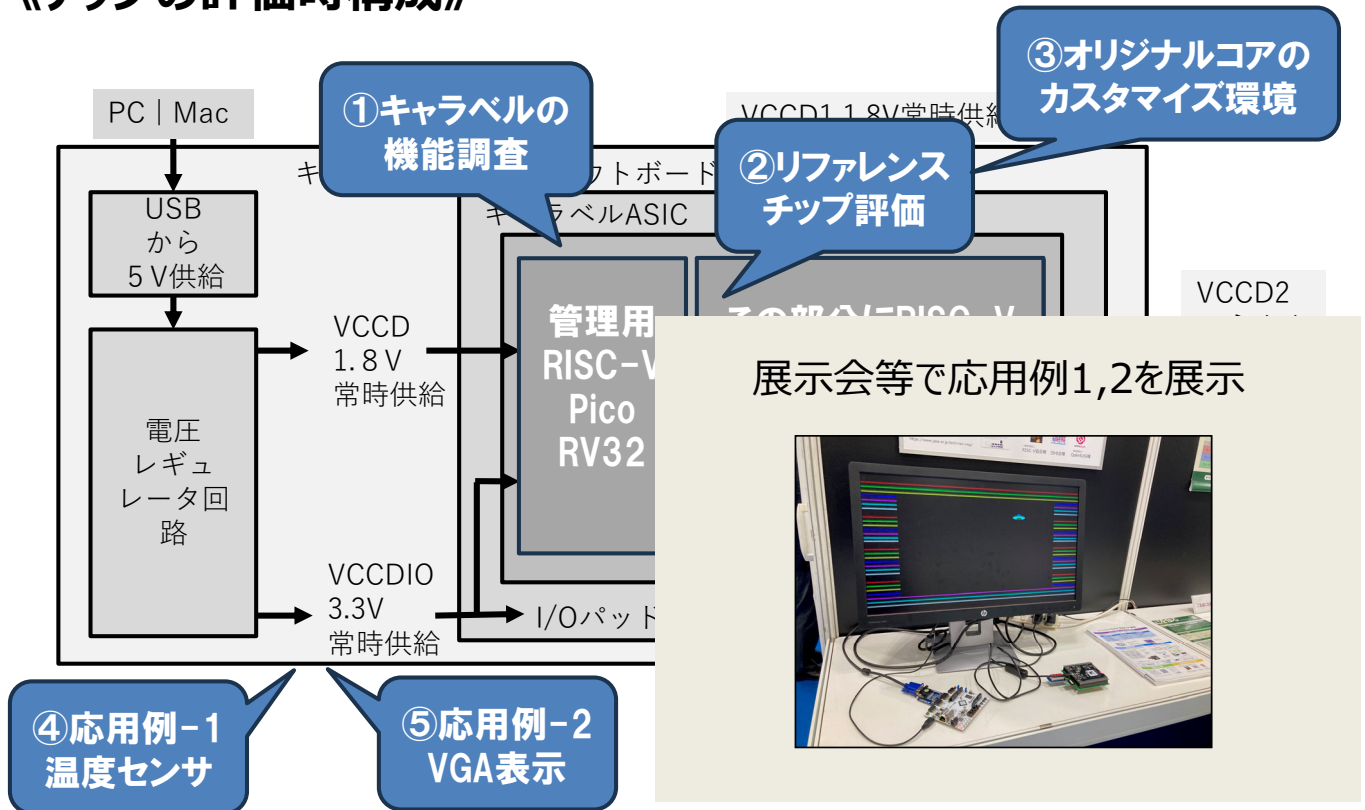
《チップの評価時構成》



11. 24年度の調査範囲

Scope of the survey in FY2024

《チップの評価時構成》



12. 24年度調査・開発状況のまとめ

Summary of R&D status in FT2024

《状況の変化を乗り越えて》

- ・調査につれ、eFabless社によるオープンソース シリコンでのチップ製作につき新しい知見が得られたため、この知見を活かして効率的に計画を進めるために作業内容を見直した
- ・eFablessでのチップ製作に向け、JASAから米国企業への発注面の課題を解決できるOpenSUSIの発注の仕組みで進めることにした
- ・年度末が近い2月にeFablessの活動停止との報を受け、他のチップ製作手段について調査を開始した
- ・開発は一旦止め、並行してJASAとしてあるべきチップの議論を開始した
- ・作業公募を行い、今年度の検討成果をRISC-V WGページからリンクされたWG成果ページにまとめるため、従来公開分もリニューアルして追加公開した

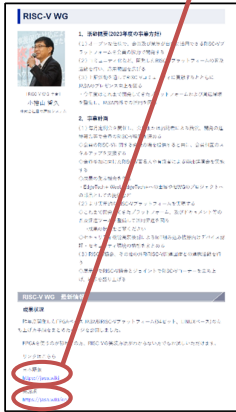
13. 活動成果の公開

Publication of development results

◆ 活動成果へのアクセス方法

- ・RISC-V WGのホームページ最下部のリンクをクリック

RISC-V WGページ



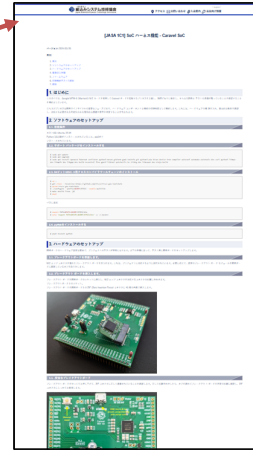
- ・日本語リンク
- ・英語リンク



- ・FPGAリンク
- ・SoCリンク



- ・詳細項目リンク



スマホをお持ちの方はこちら ⇒



14. 外部団体との協創

Co-creation with RISC-V related organizations

《相互交流》

(1) RISC-V協会

- ・協会幹部がWGメンバとしてWGに参加
- ・RISC-V Day Tokyo 2024 Summer (24/8/1) : WGから講演とデモ機展示
- ・RISC-V Day Tokyo 2025 Spring (25/2/27) : デモ機展示
- ・同カンファレンスのJASA向けディスカウントコードを発行いただいた



(2) 産総研 AIST Solutions / OpenSUSI*

- ・幹部がWGメンバとしてWGに参加
- ・WG主催セミナーで講演(24/6/27)



(3) ISHI会

- ・幹部がWGメンバとしてWGに参加



※OpenSUSI : Open Source Utilized Silicon Initiatives

15. 講演関係

Presentation of WG activities

《広報活動》

- (1) EdgeTech+ WEST 2024
JASA本部セミナー
RISC-V WG活動の紹介
- (2) EdgeTech+ 2024
JASA本部セミナー
RISC-V WG活動の紹介
- (3) RISC-V協会主催
RISC-V Days Tokyo 2024 Summer
2024年8月1日(水)
@東京大学 伊藤謝恩ホール
「JASA RISC-Vチップ計画」

ハードウェア委員会 RISC-V WG

JASA RISC-V WGの活動状況

◆活動の目的 (1) 皆が使えるプラットフォームの開発 (2) 開発成果の教育コンテンツ化

2020,21年度	2022年度	2023年度～
<ul style="list-style-type: none"> ・32ビット版RISC-VコアFPGA実装 ・ブートローダ開発 ・Arduino環境移植 ・VSCデバッグ環境構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・64ビット版RISC-VコアFPGA実装 ・LINUXカーネル移植 ・ブート環境 ・成果の公開準備 	<ul style="list-style-type: none"> ・JASARISC-V開発 ・ターゲットの明確化 ・方式の調査 ・ホード作成, RTOS実装 ・IoTクラウド接続

FPGAベース

市販FPGA評価ボード
Arty A7
35T:32/Arduino
100T:64/LINUX

カスタムLSIベース

eFabless
ChipIgnite

事前評価

評価環境：リファレンスとなるチップで評価中

リファレンスチップ
評価用に追加

温度センサーのデモ

Chisel 学習

Chisel：最新のハードウェア記述言語

言語変換 → Verilog HDL → FPGAデータ

論理合成

机上だけでなくFPGAでも確認

FPGAに書き込み動作を確認

ハードの動きが実感できる

VGA表示のデモ

RISC-V事前評価

Chisel 理解 → 勉強会

JASAチップ作成

成果の公開

RISC-V WGのページの最下リンクから日英のバilingualで手順を公開

<https://www.jasa.or.jp/tech/risc-vwg/>

関連団体とのコラボ

相互に協力しながら進めています

一般社団法人 RISC-V協会様 ISHI会様 OpenSUSI様

24年度成果のサマリ (再掲)

Summary

2024年度は次のような成果がありました

1. 月次定例WGを12回開催し、のべ103社17校176名の参加があった
2. RISC-V WG主催Webinarを3回オンラインで開催し、83名の参加があった
3. 一昨年度までの5か年の成果 + 昨年度のJASA版RISC-Vチップ製作に係る調査結果を会員が閲覧できるWebコンテンツとしてまとめ、リニューアル公開した
4. EdgeTech+ West 2024及びEdgeTech+ 2024のJASAセミナーで講演、JASAパビリオンでは展示を行いRISC-V WGの活動を紹介した
5. 一社) RISC-V協会主催RISC-V Day Tokyo 2024 Summer(24/8)では講演とデモ機展示、2025 Spring(25/1)ではデモ機展示を行った
6. 新たに 一社) OpenSUSI*、ISHI会との協創活動を開始した

※OpenSUSI : Open Source Utilized Silicon Initiatives

2024年度 RISC-V WG成果報告

2025/5/15 発行

発行者 一般社団法人 組込みシステム技術協会
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/>

本書の著作権は一般社団法人組込みシステム技術協会(以下、JASA) が有します。
JASAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASAが占有します。
その他、JASAが定めた著作権規程に準じます。



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

昨年に引き続き、番外編



CHIP MUSEUM mini++

EdgeTech+2024で
「それぞれの時代を牽引したチップたち」展として
チップミュージアム mini++を展示 (次回はmini# ?)



EdgeTech+2024 開催概要 出展情報 カンファレンス 特別企画 来場案内 出展案内 プレス ご案内・お知らせ 出展のお問い合わせ

チップミュージアム mini++

それぞれの時代を牽引したチップたち

- ✓ 歴史的な半導体チップを展示するチップミュージアム mini+ がさらにパワーアップ。チップミュージアム mini++として今年もEdgeTech+ 2024会場に帰ってきた!
- ✓ 昨年度の周辺チップを含めたプロセッサファミリーやボード展示のさらなる充実に加え、コラボ企画も登場!

🔴 スペシャルピッチに秀関快郎氏の登壇決定!

館長 秀関快郎のチョイスで
全長24メートルのショーケースに
レアチップを満載



コラボ企画開始



可用性を重視したセキュリティ対策

2025年05月15日

組込みシステムセキュリティ委員会

デジタル・インフォメーション・テクノロジー株式会社

岡田 大和



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

はじめに



サーバーサイドのセキュリティトレンド (サーバーサイドのセキュリティ動向)



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

ここ数年、サーバーサイドのセキュリティ対策のトレンドは、
レジリエンス（復元力）
ゼロトラスト（すべてのネットワークアクセスを信頼しない）
が主流となっています。

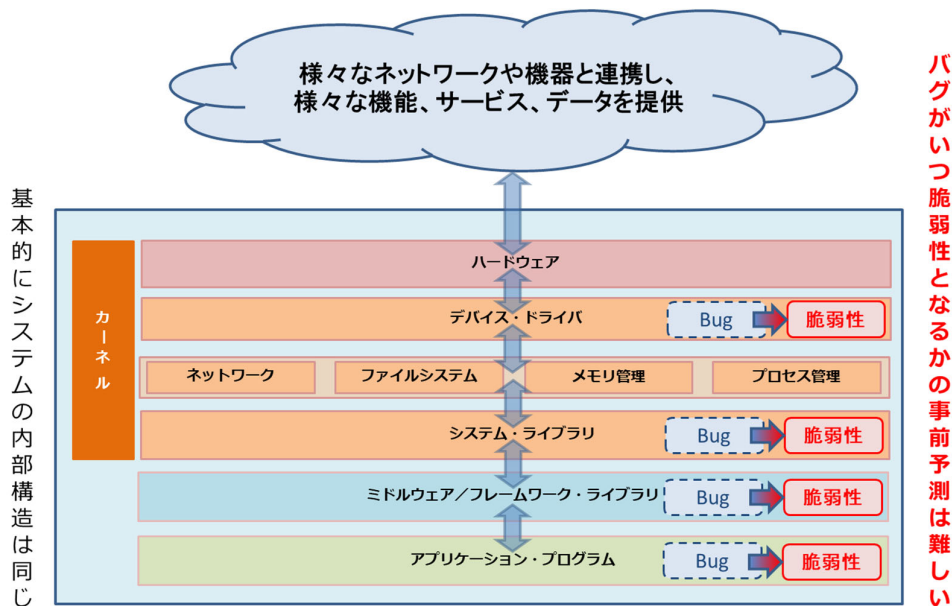
レジリエンス)

サイバー攻撃による被害が発生する（やられる）という前提に立ち、その被害を最小限にとどめ、早期に事業を復旧させるという概念。

ゼロトラスト)

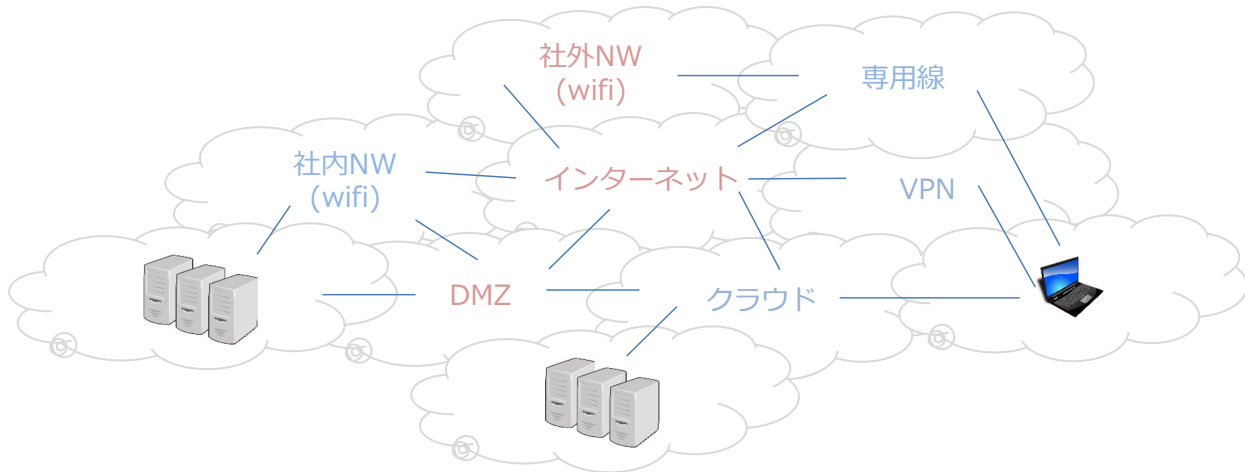
社内、社外などのネットワーク境界による信頼モデルを設けず、全てのネットワーク通信は信頼できないという前提に立ち、アクセスごとに厳密な認証と通信経路の暗号化などを行うという概念。

脆弱性に対するリスク



デバイスドライバ、システムライブラリ、ミドルウェア、アプリケーションなどの様々なレイヤで年間数万件のバグが報告され、その中でも脆弱性（サーバーへの侵害などが可能なバグの悪用方法が判明するケース）は年間数百件のにのぼります。

（ただし、可用性の観点からも脆弱性に対して迅速に対応する事は難しい・・・）



クラウド環境の台頭などにより、ネットワーク境界がますます曖昧になり従来のネットワークセグメントによるセキュリティ確保が困難になっており、アクセス毎に認証と通信経路の暗号化によるセキュリティ対策が必要（ゼロトラスト）となっています。（ただし、認証情報の厳密な管理、暗号化によるセキュアな攻撃（検知困難）など問題は山積・・・）

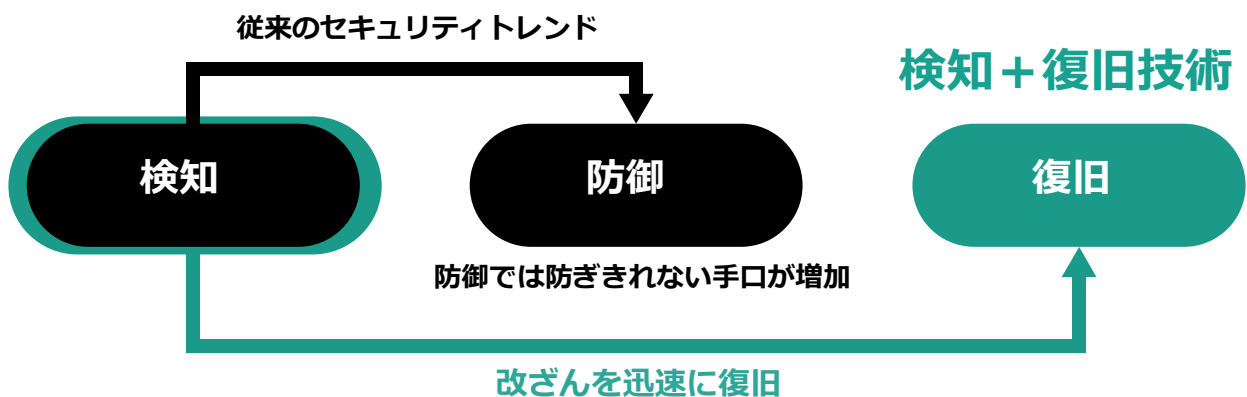
システム改ざんの検知・復旧技術で実害をゼロに！

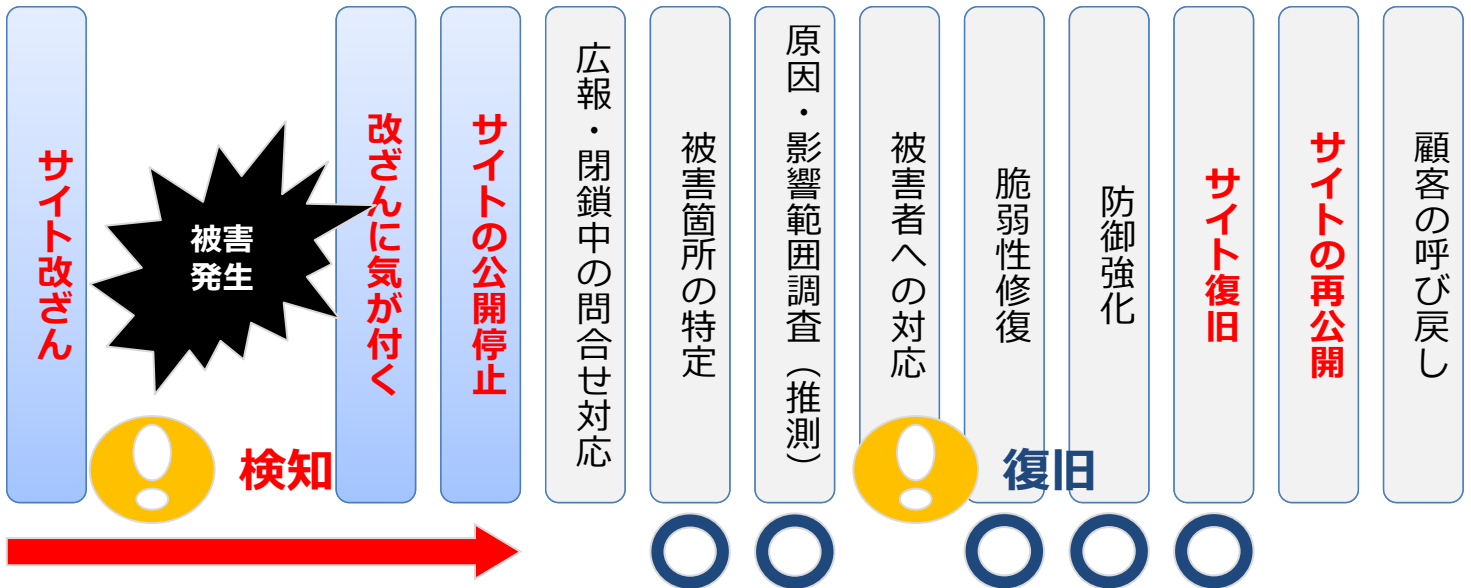


可用性の観点からの脆弱性に対する迅速な対処（パッチ適用）の困難さ、ネットワークからの不正侵入に対する対処の困難さに対処するには、

- ・システム改ざん（インシデント）の検知（自己検知）、
- ・及び復旧（自己修復）

がセキュリティ対策として最も効果的です

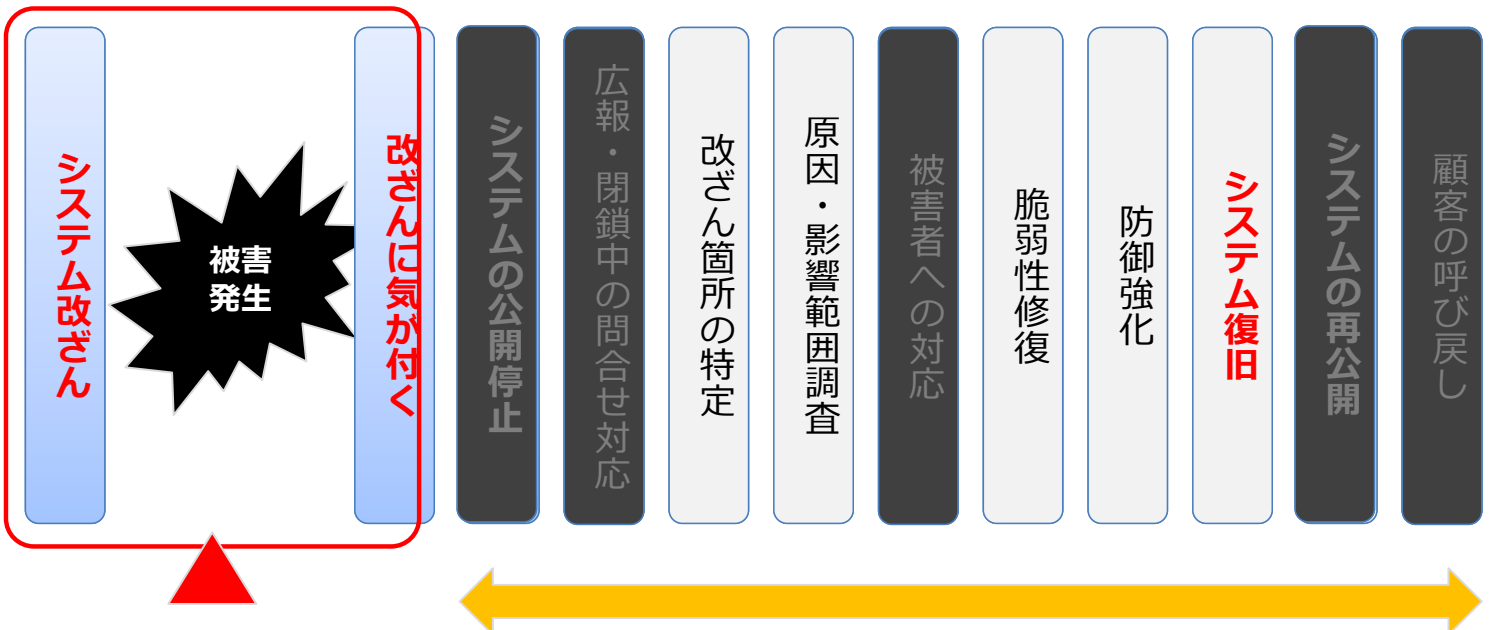




改ざん検知の即時性が高ければ高いほど、被害の発生する期間を短縮できる = 被害を少なくすることができる

被害箇所の特定、分析、脆弱性修復、防御強化、サイト復旧までの期間が短ければ短いほど、ビジネス（ブランド含む）への影響を最小化できる

検知 + 復旧技術の利点（可用性の維持）



迅速に自動対処

検知 + 復旧技術で
改ざん発生と同時に検知し
元の状態に復旧

正常な状態を維持することが可能となるため、
可用性を維持したまま
原因調査・脆弱性修復・防御強化に専念できる・・・

セキュリティ対策の起点、及び対策時間を確保可能



24年度の組込みセキュリティ委員会の活動内にて、
貴重な情報の共有や議論が行われました。

特にCRA（欧州サイバーレジリエンス法）の内容や動向、
「Secure by Design」の日本語訳、
各国の規制の情報など非常に有益な情報を得る事ができました。
また、SBOM（ソフトウェア部品表）の必要性の背景、
及び可用性の観点から見ても、
サーバーサイドセキュリティ対策である検知・復旧の考え方を
組込み機器へ適用する事が様々な対策に対して効果的ではないかと考えました。



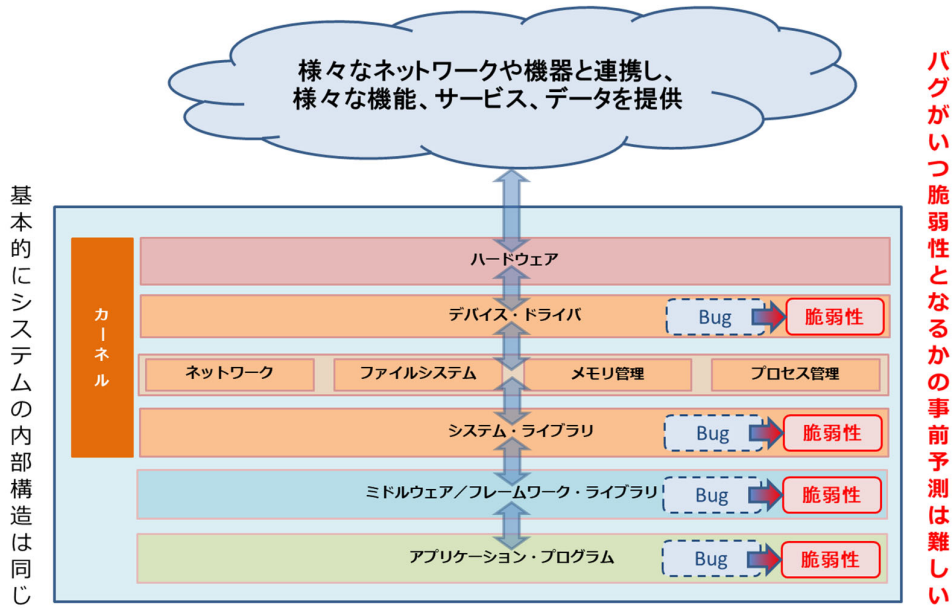
© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

9

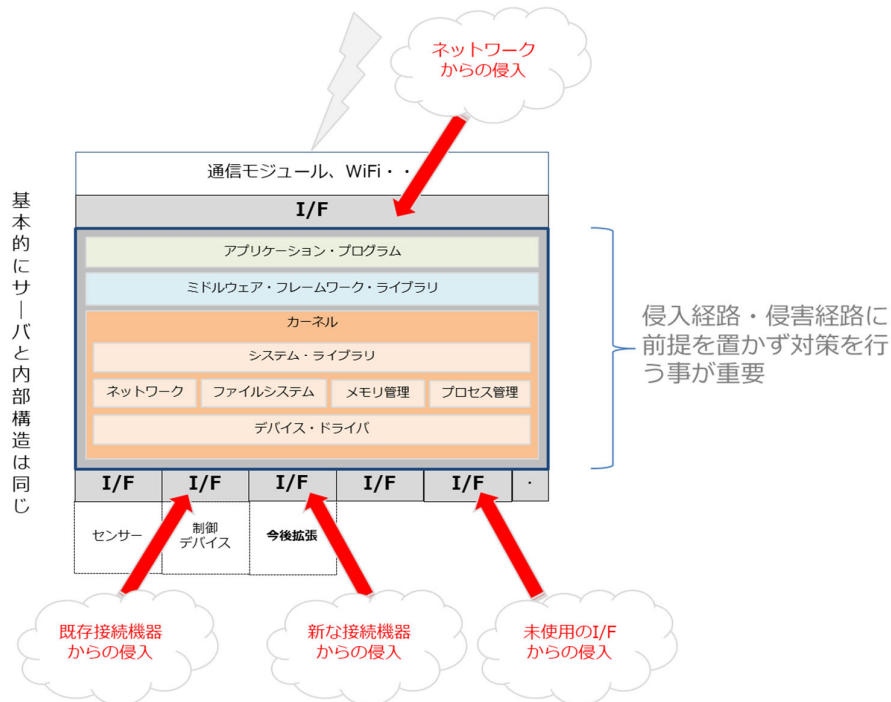
リスクと対策



- ・ **組込み機器のリスク**
- ・ **改ざん検知・復旧技術（レジリエンス）**



脆弱性はどのレイヤで発生するか分からず、且つ事前予測が難しい・・・。
SBOMにより脆弱性に対するアクション（パッチやアップデート）は従来よりも早く行う事ができるようになりますが、実際問題として直ぐにアクションを起こす事は難しく、既に攻撃を受けてしまったのかどうかも分からない・・・



I/Fの数だけ侵入経路（ネットワーク、既存接続機器、新たな接続機器、未使用のI/Fなど）は存在し、アプリケーションを含めた事前対策を行う事は難しい・・・



- 脆弱性はどのレイヤで発生するか分からない
 - レイヤに関わらず対策できる事が必要（レジリエンス）
- 脆弱性の事前予測は難しく、前提を置いた対策だけでは前提が崩れた際に対応できない
 - やられる事を前提とした対策が必要（レジリエンス）
- 脆弱性への対処は迅速に行う事が難しい
 - パッチがすぐに提供されるとは限らず、又、可用性の観点からも迅速な適用も難しい為、正常な状態の維持が必要（レジリエンス）
- 侵入経路はI/F+利用するアプリケーションの数だけ存在する
 - 侵入される事を前提とした対策が必要（レジリエンス）



インシデント発生を検知と復旧（リカバリー）が重要

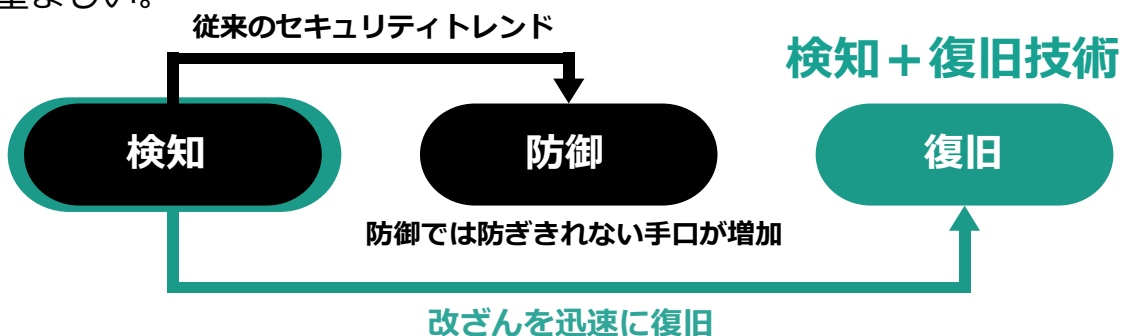


© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

改ざん検知・復旧技術の基本コンセプト



- シンプルで確実である事
 - サイバー攻撃の種類や前提を置いた汎用的な対策ではなく、**守るべき物を確実に守れる事**が望ましい。
- 正常な状態を維持できる事
 - 既存の脆弱性、未知の脆弱性（まだ既知となっていない脆弱性）に対するサイバー攻撃であっても、**対策を取るまでの間、正常な状態を維持（可用性の維持）**できる事が望ましい。
- 柔軟に対応できる事
 - 使用するOS、ミドルウェア、フレームワーク、アプリケーションは、その機器の役割で変化し、機能拡張も行われる為、**使用する物に対して柔軟に対応できる事**が望ましい。

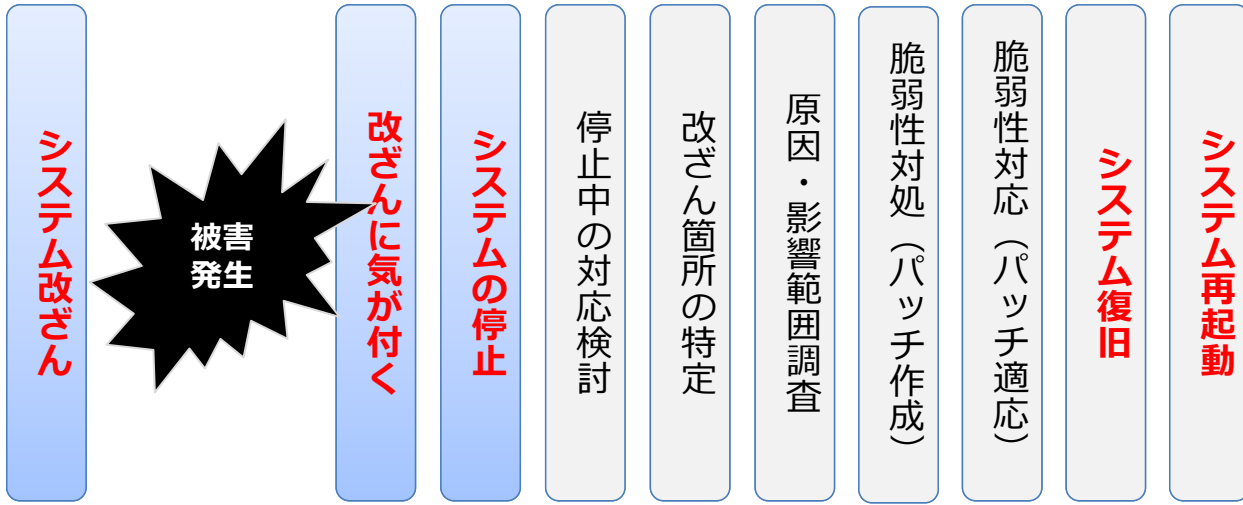


© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



改ざん（インシデント）に気づける！

改ざんされている事に気づけないと、停止する等の対処を行う事ができず被害が大きくなってしまふ

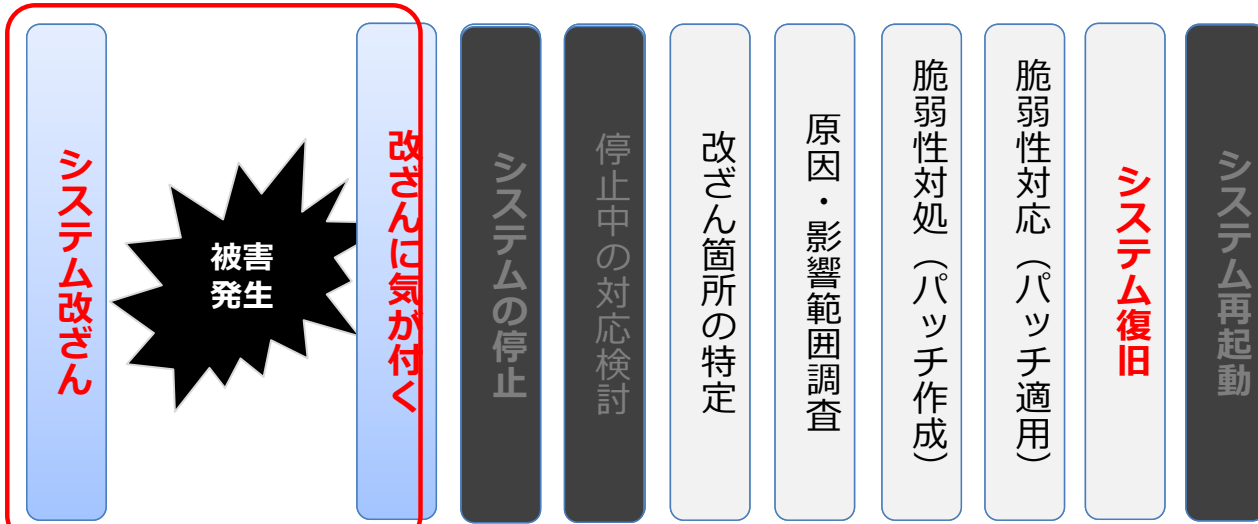


改ざん検知の即時性が高ければ高いほど、この期間を短縮できる = 被害を少なくすることができる

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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

改ざん検知 + 瞬間復旧の利点



迅速に自動復旧

検知 + 復旧技術で
改ざん発生と同時に検知し
瞬時に元の状態に復旧



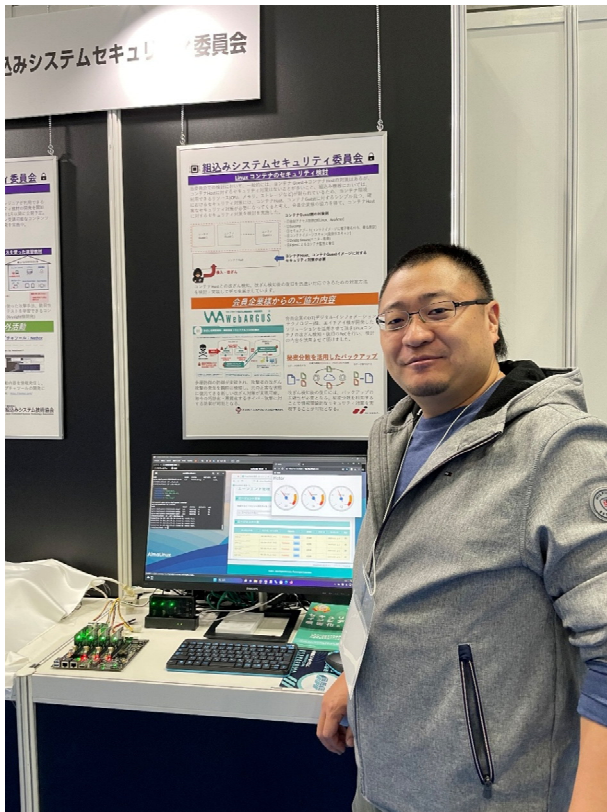
正常な状態を維持することが可能となるため、
可用性を維持したまま

原因調査・脆弱性修復・防御強化に専念できる・・・

セキュリティ対策の起点、及び対策時間を確保可能

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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

17

組み込み機器向けの検知・復旧技術の目的



1. 基板上的の様々なアプリケーションに対し、安全なプラットフォームの提供 (基板上的のOS保護)の提供 (検知・復旧、データ保護、通知)
2. 様々なアプリケーションに対し、アプリケーション個別の柔軟性の高いセキュリティ機能の提供 (検知・復旧、データ保護、通知)

今後も検知・復旧技術の組み込み機器への適用を目標に
研究・開発を行って行く予定です

ご清聴ありがとうございました

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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

27

18



【講演タイトル】

2025/5/15 発行

発行者 一般社団法人 組み込みシステム技術協会
〒104-0042
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/>

本書の著作権は一般社団法人組み込みシステム技術協会(以下、JASA) が有します。
JASAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASAが占有します。
その他、JASAが定めた著作権規程に準じます。



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



2025技術本部成果発表会

Society5.0を実現するための

エッジテクノロジーの役割

～2024年度コモングラウンド委員会の取組みとインフラ
協調型ロボット制御のデモ事例紹介～

2025年5月15日

コモングラウンド委員会

國井 雄介



© Japan Embedded Systems Technology Association

1

コモングラウンド委員会紹介



活動目的

Society5.0を実現するための、サイバー空間（仮想空間）と
フィジカル空間（現実空間）を融合させたデジタルツインにおいて、
インフラ協調型のロボット制御における、**エッジ側**の（センサ、アクチュ
エータ、ロボット等）の**必要条件や技術的課題を調査研究**し、
得られた成果や課題解決に向けた提案などを外部へ情報発信する。

2024年度コモングラウンド委員会活動

- **デジタルツイン関連技術の調査研究**
デジタルツイン関連技術の見識を深めるため、有識者を招いて勉強会や
企業のサービス事例を題材とした「白熱教室」を実施。
（コモングラウンド、デジタルライフライン、箱庭など）
- **各WGのとりまとめ**
ドローンWG、スマートライフWGの活動状況の取りまとめ&連携を実施。
- **コモングラウンド委員会のアピール&仲間集め**
展示会におけるセミナー実施や、毎月の委員会をハイブリッドで実施し、
メンバーや連携団体を広く全国に求める活動を実施。
- **JASA デジタルツイン環境デモ構築**
箱庭を活用し、工場が自律的に稼働する構想を実現するデモを作成。



デジタルツイン関連技術の調査研究

2024年度活動振り返り（デジタルツインの調査研究）



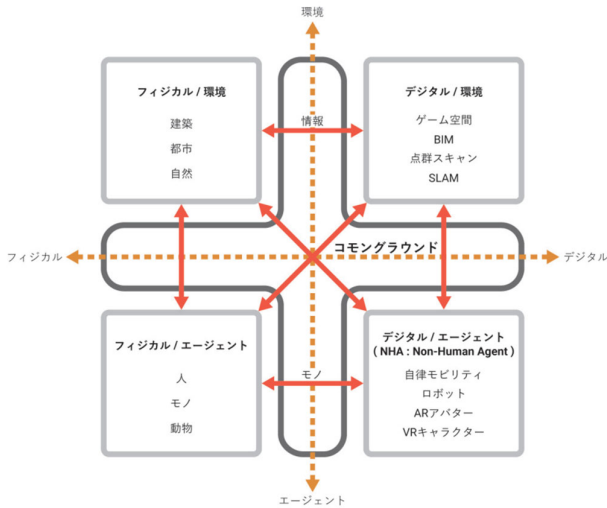
委員会は、毎月開催。有識者の方を招いて計12回セミナーを実施。
前半は、セミナー＋白熱教室、後半はコモングラウンド委員会活動報告。

日程	セミナー	講師
5/17	「AR/MRアプリエンジン iVoRiEngine」紹介	ポケット・クエリーズ 佐々木様
6/17	「モビリティ連携基盤」紹介	スズキ 杉村様
8/26	「Sparklink」紹介	AZAPA 上竜様
9/17	「QtのDigital Twin関連の方向性」	Qt 小宮様
9/17	「ドローン活用事例紹介」	Blue Innovation 酒井様
10/21	「Wi-Fi Halowのご紹介」	メガチップス 林様
10/21	「smart buildingにおけるSDM紹介」	構造計画研究所 加藤様
12/16	「1NCE IoT紹介」	ソフトバンク 西原様
1/20	「マン・マシン・インターフェイスとしてのAI」	令和AI 坂本様
2/17	「Transit Optimal Platform紹介」	株式会社iPX 赤川様
2/17	「VisualSLAMのご紹介」	RYAN ROBOTICS様 清水様
3/17	「独自SDxの取り組み」	NTTデータMSE 杉山様



人とロボット、ロボット同士が 協調動作する世界

実現のために、**コモングラウンド**の考え方が有用である。



現実空間（フィジカル）と**情報空間**（デジタル）が合わさった次世代の社会において、**人とNHA**（Non-Human-Agent：ロボット、アバター等）が共存できる世界を目指すための**汎用的空間記述プラットフォーム**。

人とNHAが共通に世界を認識するための基盤

図1 フィジカルとデジタル、エージェントと環境による四象限と相互連携におけるコモングラウンドの位置づけ



インフラ協調型のロボット制御が重要

ロボット側に機能を追加するアプローチ



インフラ協調型を活用するアプローチ



各ロボットに『死角』が発生する

協調動作には高度な通信・処理が必要

ロボットの高機能化→コスト高

現場の『共通認識』を確立できる

柔軟なコミュニケーションが可能

ロボットは最低限の機能で動作→コスト減



コモングラウンド委員会の アピール&仲間集め

2024年度活動振り返り（コモングラウンド委員会のアピール&仲間集め）



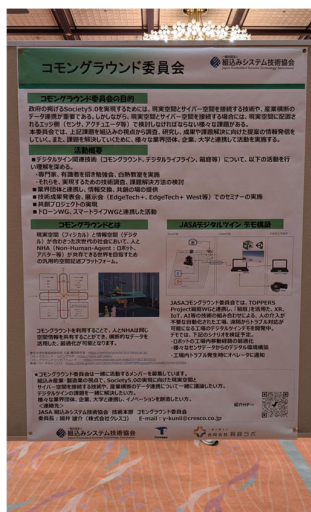
委員会アピール&仲間集めのため、展示会出展やセミナーを実施。

日程	イベント	URL
6/21	JASA 2023年度技術成果発表会	https://www.jasa.or.jp/lists/technology_upgrading/2024technical/
7/12	JASA EdgeTech+2024West	https://www.jasa.or.jp/etwest/2024/
8/29	SWEST26 インタラクティブセッション	https://swest.toppers.jp/SWEST26/program/#interactive
10/18	九州ものづくりフェア	https://mono2024.nikkan.co.jp/event/exhibitor_list?search_param_freeword=jasa
11/20	EdgeTech+2024	https://www.jasa.or.jp/expo/2024/about/
12/8	箱庭まつり # 2 話題提供	https://hakoniwa.connpass.com/event/336520/
12/13	Robot Innovation Week 2024	https://techshare.co.jp/riw2024-release/
1/24	第3回JASA-CIAJ交流会	https://www.jasa.or.jp/lists/event_seminar/3rd_jasa-ciaj/

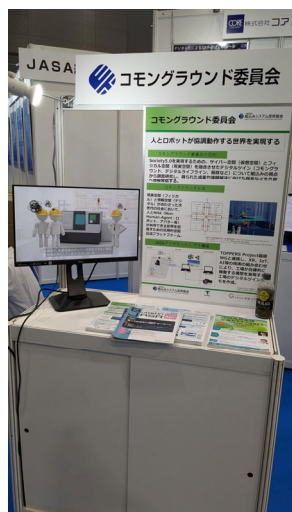
2024年度活動振り返り (コモングラウンド委員会のアピール&仲間集め)



委員会アピール&仲間集めのため、展示会出展やセミナーを実施。



SWESTでのコモングラウンド
ポスター展示



EdgeTech+ west2024
セミナー

九州ものづくりフェア
展示



EdgeTech+ 2024
デモ



RobotInnovationWeek2024
セミナー



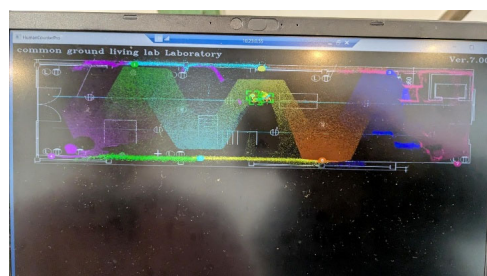
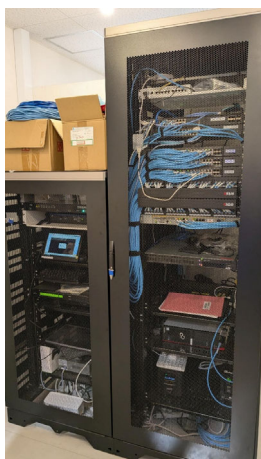
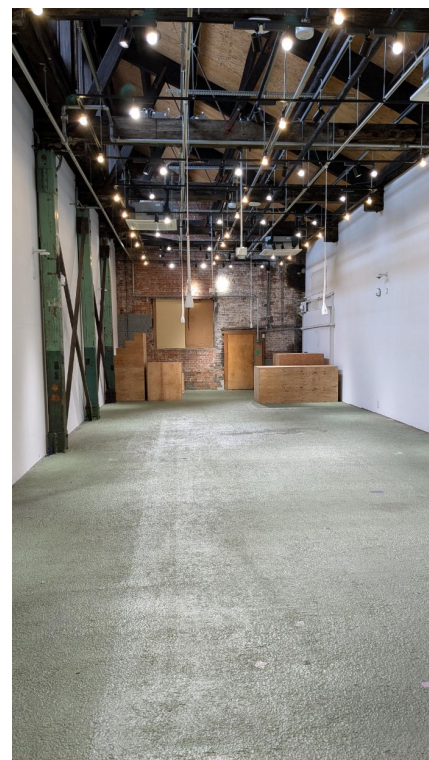
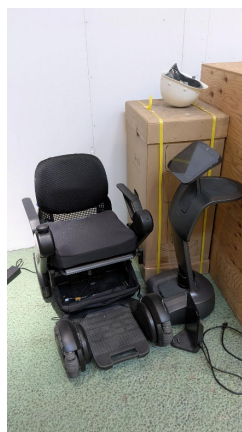
一般社団法人
組込みシステム技術協会
Japan Embedded Systems Technology Association

© Japan Embedded Systems Technology Association

2024年度活動振り返り (コモングラウンド委員会のアピール&仲間集め)



2/20(木)15:00~16:00 コモングラウンド・リビングラボとの意見交換会を実施。
3/3(月)13:00~コモングラウンド・リビングラボを訪問し、施設見学を実施。



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

© Japan Embedded Systems Technology Association



記事執筆

Interface

Interface 2024年10月号 第3回 箱庭を活用したデジタルツイン 前編

<https://interface.cqpub.co.jp/magazine/202410/>

Interface 2024年12月号 第4回 箱庭を活用したデジタルツイン 後編

<https://interface.cqpub.co.jp/magazine/202412/>

Interface 2025年6月号 第5回 インフラ協調型ロボット制御をデジタルツインで

<https://interface.cqpub.co.jp/magazine/202506/>

BulletinJASA

Vol.093,2025 [技術特集] 知っておきたいHOTキーワード

https://www.jasa.or.jp/dl/bj/bj093/bj93_special.pdf



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

© Japan Embedded Systems Technology Association

コモングラウンド委員会メンバー募集



コモングラウンド委員会で一緒に活動してみませんか？
委員会MTGをヒアリングのみでもOK！
ハイブリッドなので地方もOK！
JASA会員じゃなくてもOK！
特にデモ作成のリアル側に興味のある方！！



活動内容

- デジタルツイン、コモングラウンド、デジタルライフラインについて、以下の活動を行い理解を深める。
 - 専門家、有識者を招き勉強会、白熱教室を実施
 - それらを、実現するための技術調査、課題解決方法の検討
- 業界団体と連携し、情報交換、共創の場の提供
- 技術成果発表会、展示会（EdgeTech+、EdgeTech+ West等）でのセミナーの実施
- 共創プロジェクトの実現
- JASAデジタルツインデモ作成
- ドローンWG、スマートライフWGと連携した活動



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

© Japan Embedded Systems Technology Association

JASA

デジタルツインデモ構築

デジタルツインを活用した工場例



1. 工場内トラブル発生時にオペレータに通知

工場内のラックで荷崩れなどのトラブルが発生した場合、現場をリアルタイムでセンシングしているデータからトラブルを検知し、オペレータに通知。

また、トラブルの再現ができるため、再現防止の検討に活用可能。

2. ロボットの工場内移動経路の最適化

工場内でAGVを利用して荷物を運搬する場合、工場内の最新状況データを元に最適な経路を設定するが可能。

3. 様々なセンサデータを組み合わせ可視化

工場のインフラに設置された各種センサや、ロボットが搭載するカメラやセンサが取得する動的データをリアルタイムでバーチャル側に反映させることで、最新の工場内部の状況を常に把握すること可能。



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

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

© Japan Embedded Systems Technology Association

15

JASA デジタルツインデモ構築

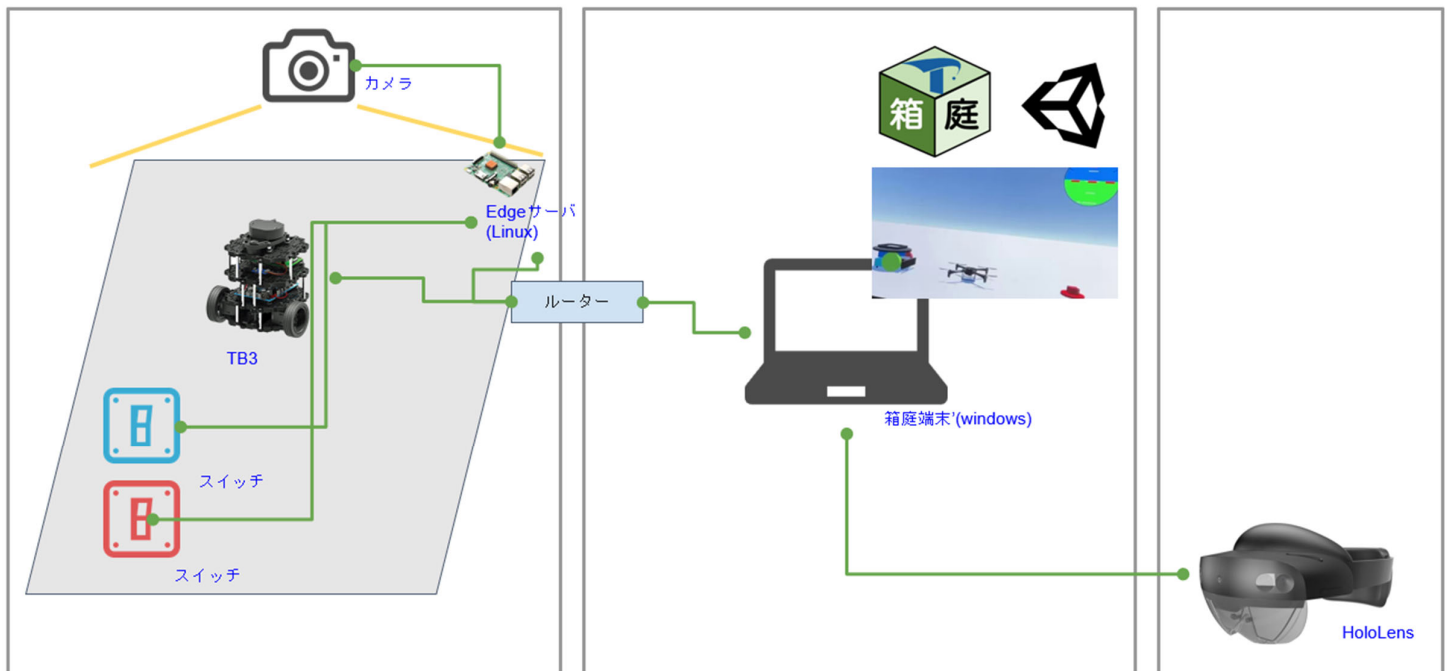


製造現場でのトラブル初動対応を想定したデジタルツインデモを作成。
インフラ協調型で制御されたロボットTB3（TurtleBot3）が、
トラブル地点に移動する。

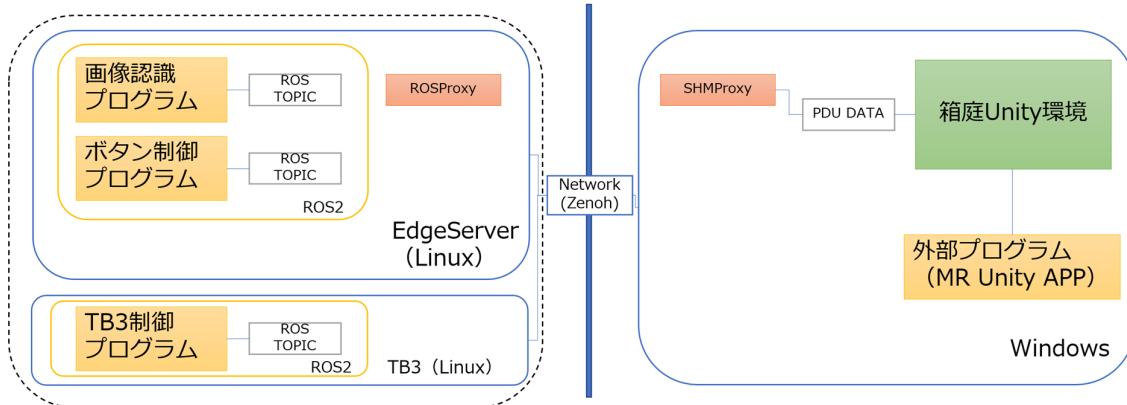
Real空間

Cyber空間

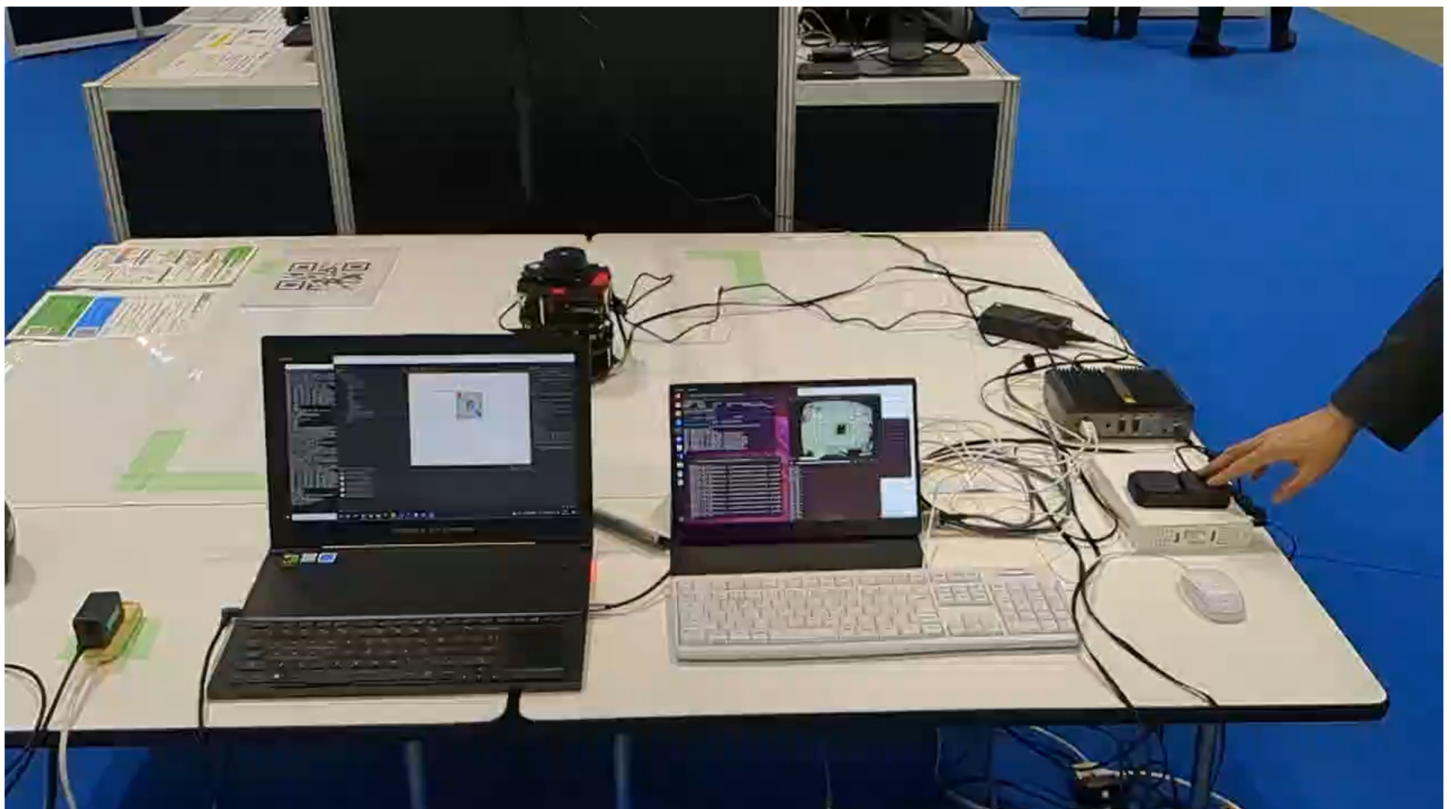
MR端末

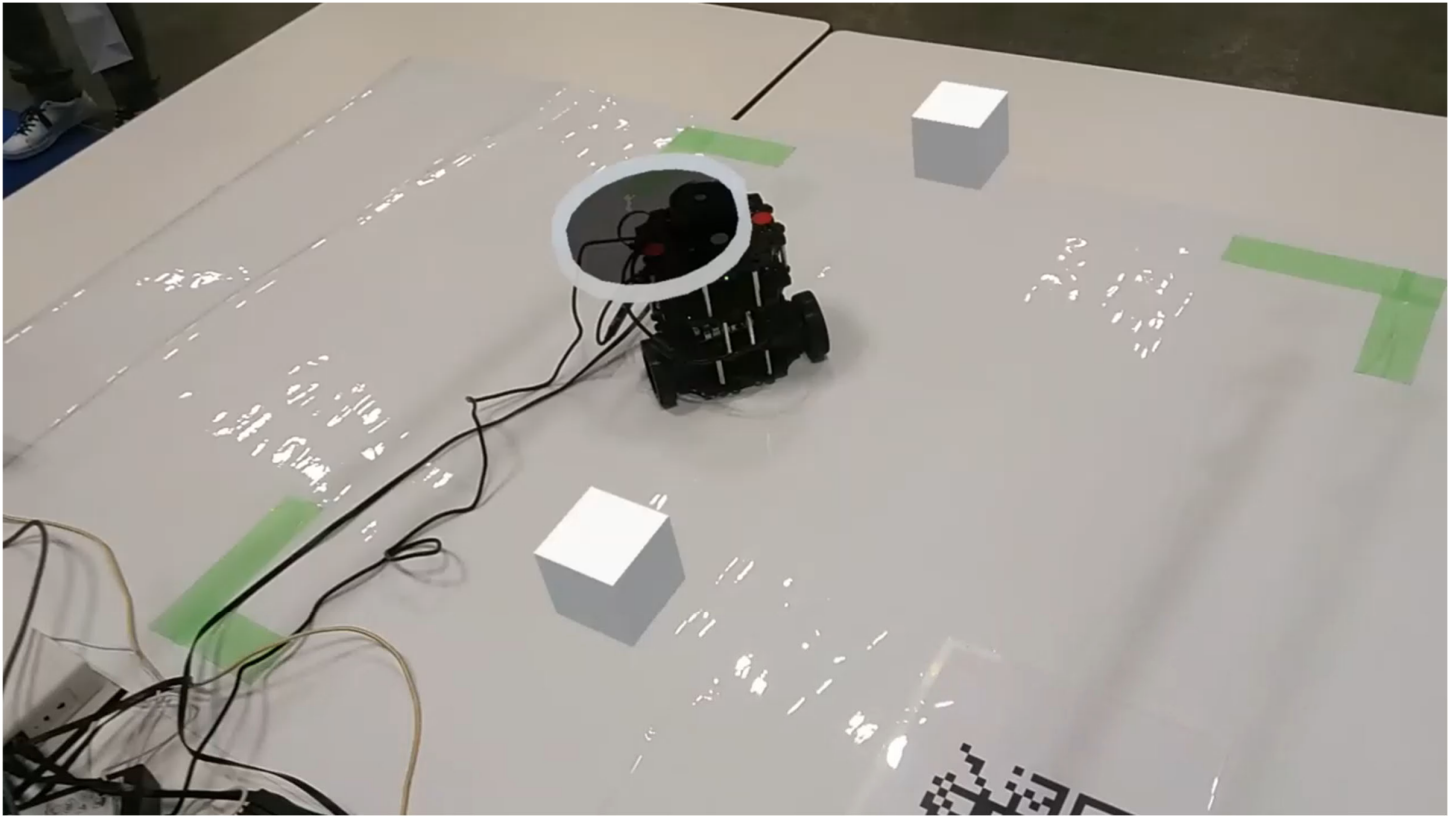


モジュール構成



TB3の位置を画像認識プログラムで推定。
箱庭Unity環境へ、位置情報を送信。
箱庭Unity環境で、目的地までの経路を生成し、
目的地へ移動するための情報をTB3に送信。
MR端末（HoloLens2）で、目的地までの経路を重畳し確認。





デモ開発で良かったところ

- ・箱庭がバーチャルとリアル通信部分など隠蔽してくれているため、PDUの型と名前さえ決めれば、バラバラに開発して繋がられる。
- ・ROS対応のものは、箱庭と簡単に通信できることが実証できた。
- ・Zenohを利用した通信は、リアルタイム性が高いことがわかった。
- ・箱庭側でサポートを手厚くしてもらった。
- ・インフラ協調型のロボット制御の検証環境の構築ができた。

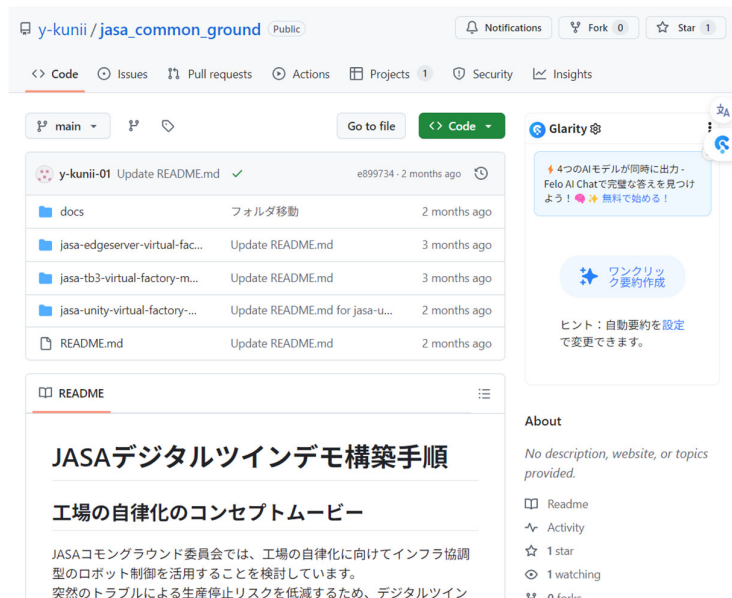
デモ開発で苦労したところ

- ・カメラの位置の設定。キャリブレーション。
- ・座標系の話。（単位、右手系、左手系、原点）
- ・TB3の位置ズレ。
- ・カメラ認識誤差、認識速度。
- ・TB3の応動時間。
- ・箱庭の環境構築の際、Windowsという部分でハマった。
- ・箱庭を利用するラーニングコストがかかった。
- ・通信部分の不具合を解析する場合、原因を特定するために時間がかかった。



これまでの成果は、JASA会員が共通で利用できるように、
下記GitHubで、ソースコード、構築手順を公開しています。

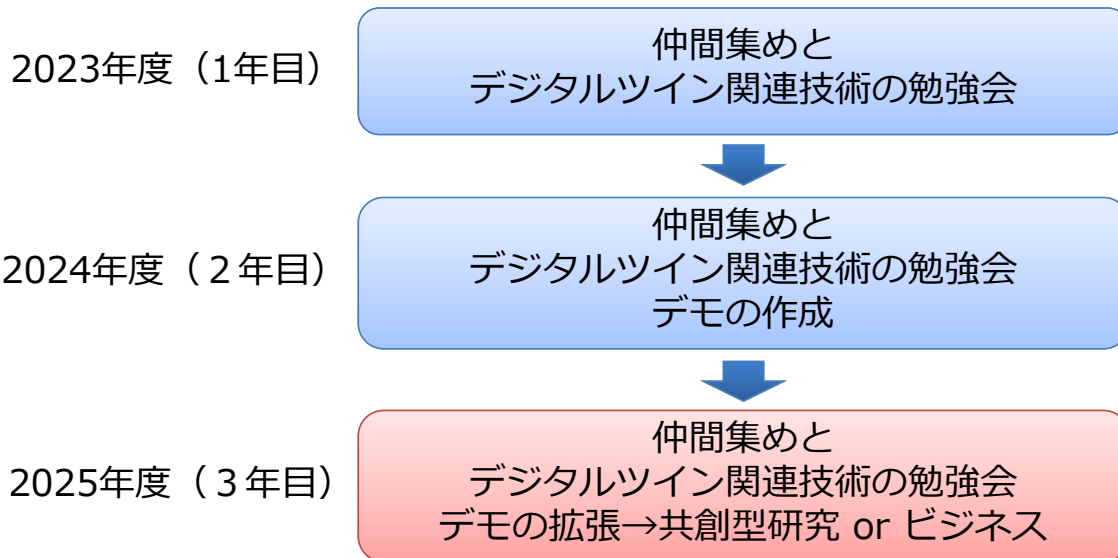
https://github.com/y-kunii/jasa_common_ground



コモングラウンド委員会
のメンバーには、
設計書類もGoogleDriveで
共有しています。



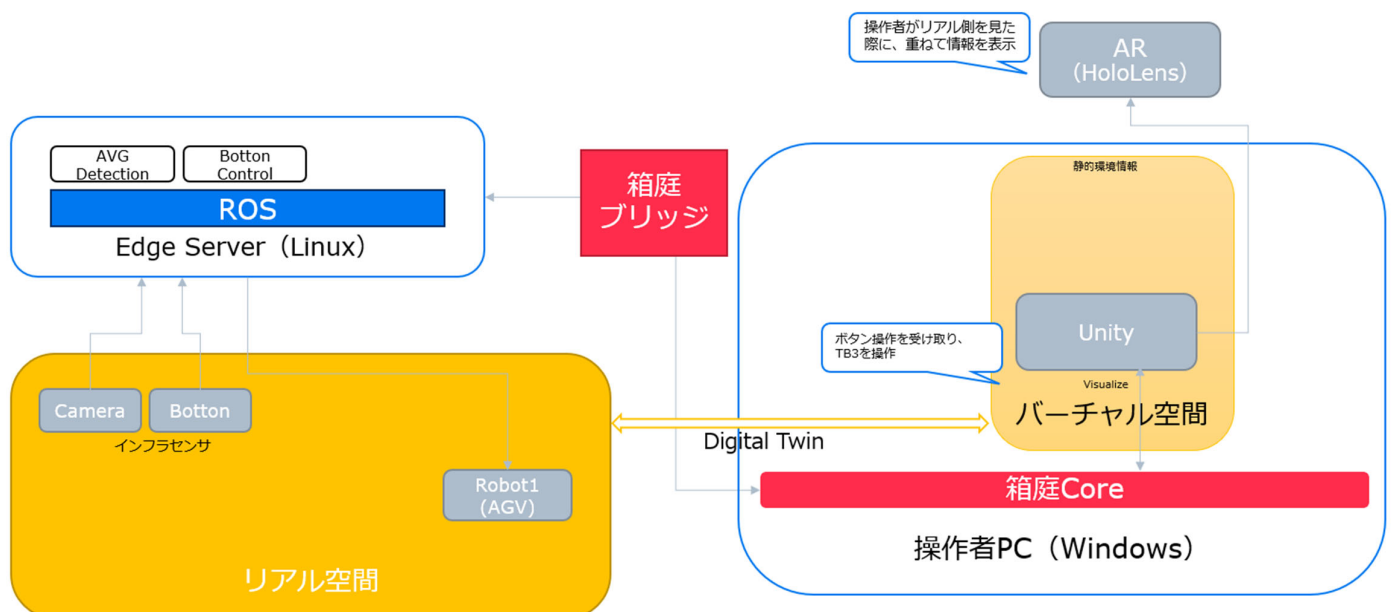
2025年度コモングラウンド 委員会活動方針



2025年度は、**JASAデジタルツインデモの拡張**と、
展示会での意見交換や他社との打ち合わせなどを実施していき、
共創型研究や、ビジネスにつなげていく。
また、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
（組込み視点）ガイドラインの作成**を実施する。

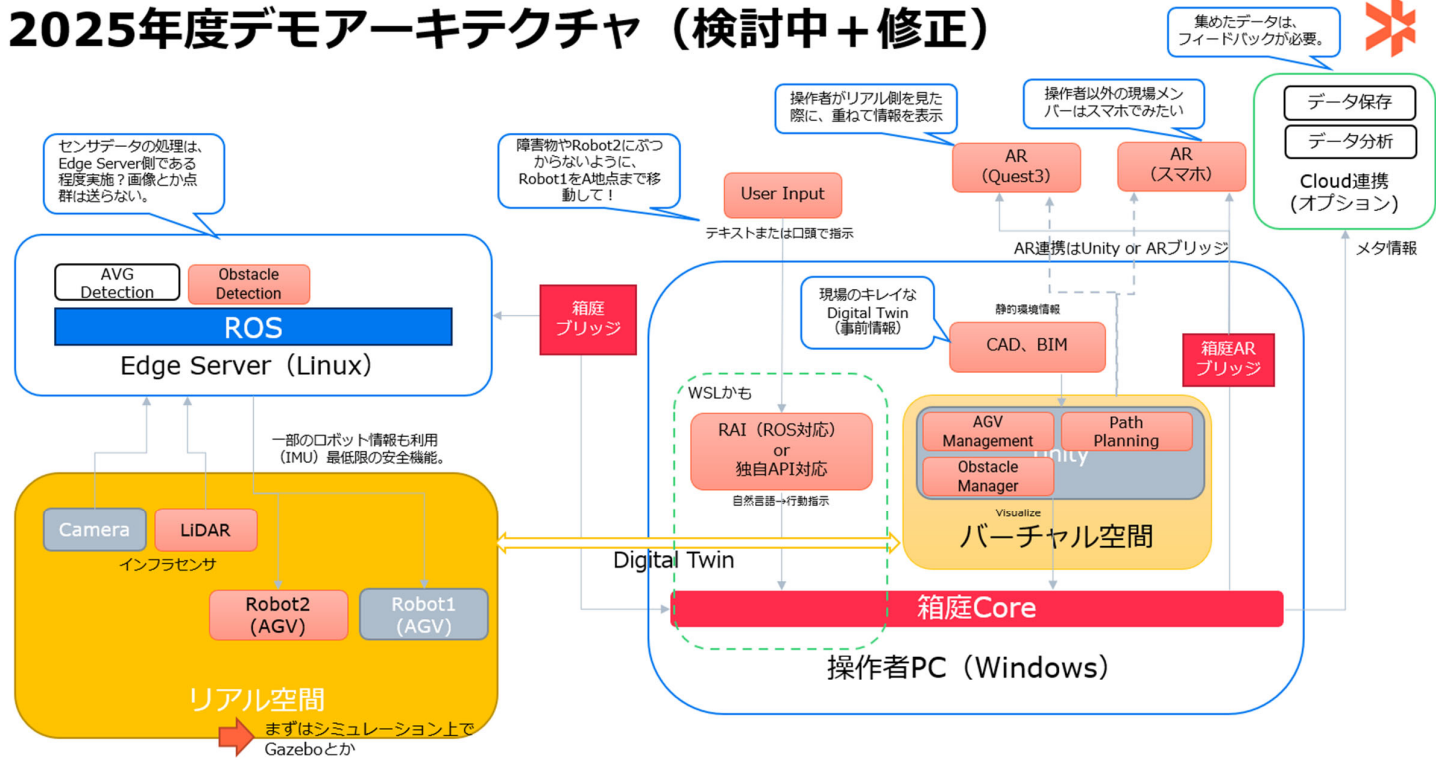


2024年度デモアーキテクチャ





2025年度デモアーキテクチャ（検討中+修正）



Appendix



参考URL

東京大学生産技術研究所5部 豊田研究室

<https://www.commonground.iis.u-tokyo.ac.jp/>

コモングラウンドリビングラボ

<https://www.cgll.osaka/>

コモングラウンドリビングラボ note

https://note.com/cgll_osaka

デジタルライフライン全国総合整備計画

https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/lifeline.html

Ouranos Ecosystem (ウラノス・エコシステム)

https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/ouranos.html

箱庭

<https://toppers.github.io/hakoniwa/>

箱庭ラボ

<https://hakoniwa-lab.net/>



【2025技術本部成果発表会
Society5.0を実現するためのエッジテクノロジーの役割】

2025/5/15 発行

発行者 一般社団法人 組込みシステム技術協会
東京都 中央区 入船 1-5-11 弘報ビル5階
TEL: 03(5643)0211 FAX: 03(5643)0212
URL: <http://www.jasa.or.jp/>

本書の著作権は一般社団法人組込みシステム技術協会(以下、JASA)が有します。
JASAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASAが占有します。
その他、JASAが定めた著作権規程に準じます。



© Japan Embedded Systems Technology Association

27

Backup



© Japan Embedded Systems Technology Association

28

OSSによるLSI開発 OpenEDA と RISC-V (update)

2025年5月15日
OSS活用WG/技術本部本部長
竹岡尚三 (株)アックス

日本の半導体 産業 復興!



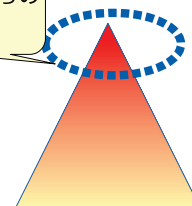
- ・ 国内8社が半導体製造会社「Rapidus」設立
- ・ 経産省キモ入り 「10年の遅れ」取り戻す
- ・ キオクシア、ソニーグループ、ソフトバンク、デンソー、トヨタ自動車、NEC、NTTがそれぞれ10億円、三菱UFJ銀行が3億円を出資した。



<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20221111/k10013887921000.html>

- ・ 半導体 工場は、かろうじて 最新のものがある
- ・ でも、「お高いんでしょう〜?」
- ・ 技術者 不足
 - ・ 半導体 設計 技術者
 - ・ 論理回路 設計 技術者

このへんの人たちの話でしょ...



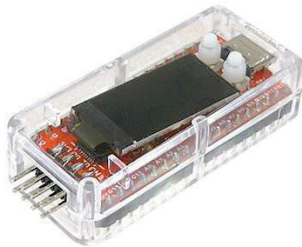
中華チップ 強し! (^.^;



Lichee Nano 極小 Linuxボード

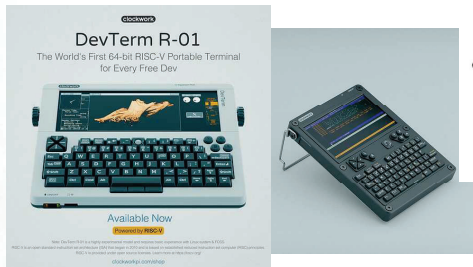
SD Card Size
CPU: ARM 926EJS @900MHz
32MB DDR SoC(内蔵),
16MB SPI Flash

<https://www.seeedstudio.com/LicheePi-Nano-ARM926EJS-SoC-Development-Board-16M-Flash-p-2892.html>



Sipeed Longan Nano RISC-V GD32VF103CBT6開発ボード

<https://www.seeedstudio.com/Sipeed-Longan-Nano-RISC-V-GD32VF103CBT6-Development-Board-p-4205.html>



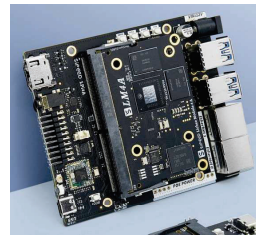
Allwinner D-1@1GHz搭載 Clockworks DevTerm,uConsole 普通にLinux,GUIが使える

<https://www.clockworkpi.com/product-page/devterm-kit-r01>



M5Stamp C3U Mate ESP32-C3 RISC-V MCU ESP32のCPUがRISC-Vになった

<https://www.switch-science.com/catalog/7894/>



LicheePi 4A RISC-V@1.85GHz x4 50GFLOP GPU

<https://wiki.sipeed.com/hardware/zh/lichee/t>



LLMモジュール

AX630C SoC, 3.2 TOPs NPU
<https://docs.m5stack.com/ja/module/Module-LLM>

技術者 不足をStop!日本の半導体 産業 復興!



- ・ OSSの開発ツールで、LSI 開発
 - ・ 無料ツールの使い手が増える → 技術者不足 解消!
 - ・ 半導体 設計 技術者
 - ・ 論理回路 設計 技術者
- ・ 半導体 工場は、「お高くない」ものもある
 - ・ レガシーファブ
 - ・ 65nm,90nmとか安くてかなりいい

みんなのLSI
俺のASIC

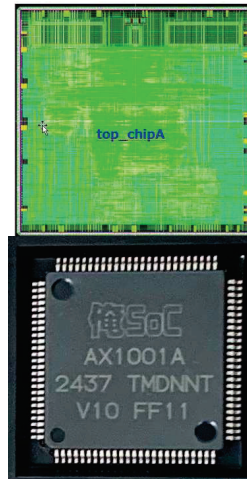
LSI開発の民主化だっ!!!

AXEの完全オリジナルLSI Laxer AX1001 概要仕様

TSMC 90nmで製造,920万トランジスタ
LQFP 100pin
27/SEP/2024 京都で1stシリコン動作

俺SoC

機能	数	備考
CPU	1	RISC-V RV32Iに、4SIMD 8bit浮動小数点ベクトル機構、ハードウェアによるマルチタスク制御機構、多重分岐命令(特許取得済、Prolog,Lisp,JavaVMの実行を加速)と、それら进行操作する命令を付加。Clock=0Hz~320MHz, 480MHz
RAM	1	プログラム・コードRAM 64KBytes。
	1	データRAM 64KBytes
SIO(UART)	3	SIO0(UART0)は、bootloadingとデバッグ・コンソールに使用される。UART1,2はユーザが自由に使用できる
GPIO	38	18本はPullUP指定可能。20本はPullDown指定可能。2本は、SIO1と兼用。2本は、SIO2と兼用。18本は外部イベント源として使用可能。(※外部イベントとは、一般CPUにおける割込のようなもの。外部イベントが発生すると、イベントについて待機しているスレッドが起床する)
AWG	1	16bit出力,1ch。出力ピンは、PWMと兼用。PWMと排他的に使用
PWM	8	出力ピンは、AWGと兼用。AWGと排他的に使用
Ether I/F	1	100Mbps NICオンチップ。PHY I/Fを持つ (PHYは外付け)
ROS2通信機能	1	"ROS2rapper"という名称の、新開発のハードウェアによるROS2通信機能。CPUから初期化することで、自動的に通信を行う



消費電力: @320MHz: 150mW~200mW
@1.79MHz:10mW

OSS EDAツールによる開発ではありません(^^;

AISol の半導体事業の目標

国内の半導体アセット（チップ製造能力）を本プロジェクトのプラットフォームに再整備することで専用半導体の設計の参入障壁を下げ、国内産業が専用半導体にて国際競争を勝ち抜く環境を提供する。



Open Source Silicon for Japan



2025/05/12

ONLY for 2023 Edge-Tech Conference

OpenSUSI, AIST Solの団体



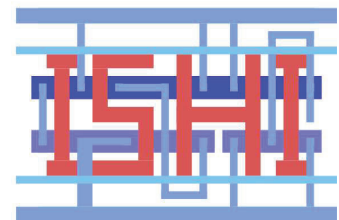
- ・ AIST Solutionsは、2024年4月5日付で一般社団法人OpenSUSIを設立しました。
- ・ <https://www.semiconportal.com/archive/editorial/industry/240423-aistsolutions.html> より引用
- ・ 産業技術総合研究所が日本版「半導体ICの民主化」プロジェクトを進めていることがわかった。産総研の総責任者である理事長の石村和彦氏（図1）は、産総研が開発した技術を社会実装して世の中の役に立たせようという石村改革を就任以来進めてきた。2023年設立したAIST Solutionsは社会実装の先頭部隊。2024年4月には半導体ICの開発に向けて「OpenSUSI」を設立した。これこそ半導体の民主化を狙った組織である。
- ・ 4月に設立されたOpenSUSIが扱うのは、マーケットが豊富なレガシープロセスの半導体であり、ロングテール製品向けにASIC（アナログやデジタル回路を中心に設計されたハードウェアIC）やSoC（CPUなどのプロセッサを中心にソフトウェアも含めたIC）などを開発するためのサポートを行う。
- ・ レガシープロセス:最先端の配線構造やトランジスタ構造をフルに3次元活用しない。



ISHI会



- ・ <https://ishi-kai.org/>
- ・ 「石 (チップ)」の会
- ・ OSS EDAを実際に使用して、IPを開発する人たち
- ・ 学識経験者/大学の先生も多数
- ・ ワールドワイドなプロジェクトを実施中
 - ・ 日本の担当は、オンチップ 安定化電源
- ・ 初心者 指導も熱心に行っている
 - ・ JASA RISC-V WGにも出席





- ・ ISHI会一周年記念イベント～大討論会～ 2024年05月06日(月) パネリストとして登壇&議論
- ・ <https://ishikai.connpass.com/event/315799/>



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



半導体(LSI) 開発が
OSSで自由な世界に



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



- ・ 米国、OpenROAD、OSS EDAへの投資
- ・ GoogleなどのLSI開発の民主化を行っている。2020年ごろより
- ・ 日本政府も、半導体産業 復興を行う
 - ・ LSI開発者の裾野を広げる
 - ・ 零細企業でも、LSI設計ができる時代になった
 - ・ Open EDAを活用(Googleにならう)
 - ・ OSSのハードウェア開発ツールを使用
- ・ 専用LSIは、低消費電力=持続可能社会に貢献
- ・ 汎用CPU, Intel x86は電力消費が大きすぎる

- ・ 我々は、OSSのハードウェア開発ツール 振興を行う!



US DARPAによる OpenROADへの投資



川崎俊平氏の資料より引用

https://riscv.or.jp/wp-content/uploads/RVDs2022Spring_SHC-2022-06-02_c.pdf



DARPAによるOpenROADへの\$200Mの投資

- オープンソースEDAソフトウェア
 - 数十年前から存在。最先端ノード製造工程の複雑で商業ツールに遅れた
 - EDAツールのコスト: 3つのEDA会社が25%を研究開発に投資
 - Nvidia、Apple、Qualcommなどエンタープライズ顧客
 - \$10のIoTチップを作る小さなチーム
- 20の既存ツール → 1アプリにバンドル → エンドツーエンドのフロー
 - Qflow: Verilogソース → 物理レイアウト
 - SPICE: 回路シミュレーションプログラム
 - Magic: VLSI回路レイアウトの作成と変更
 - Mead-Conway設計手法で、単純ルールで、基本セルを階層設計
 - VIS: Verification Interacting with Synthesis



- Googleと半導体ファウンドリの「SkyWater」が協力し、業界初となるオープンソースのPDKを公開
 - Skywaterは2017年に米Cypress Semiconductorからスピノフしたファウンドリ企業
- PDK プロセス設計キット
- ある特定の半導体プロセスで回路設計を行う際に必要な設計情報
- **トランジスタ配置の制約条件などが書かれている**
- 半導体の設計者は、半導体製造のファウンドリから「Process Design Kit(PDK)」と呼ばれる開発キットを購入
- 半導体ファウンドリが提供するPDKは高価 → **それが無料 OSSに!**
- 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
- GitHub - google/skywater-pdk: Open source process design kit for usage with SkyWater Technology Foundry's 130nm node.
<https://github.com/google/skywater-pdk>



- 半導体チップの設計フロー3つの要素
 - RTLデザイン ○
 - EDAツール(電気、電子CAD) ○
 - PDKデータ ← **これがOSSに!**
- 唯一オープンソース化がなされていなかったPDKデータがいよいよオープンソース化された

eFabless 事例1



- NEDO資金も受け、日本人 河崎氏も、
実際に、LSIを開発した。



https://riscv.or.jp/wp-content/uploads/RVDs2022Spring_SHC-2022-06-02_c.pdf

※河崎氏は、RISC-V Foundation ボードメンバで、

JASA RISC-V WGメンバでもある

- 「Google社 が スポンサーとなりeFabless社 の オープンソースシャトル を 使用し30日でRISC-V半導体 を 設計試作」
- <https://riscv.or.jp/2022/05/marmot-risc-v-asic/>
- JASA RISC-V WGとJASA OSS-WGは、頻繁に情報交換中
- <https://caravel-harness.readthedocs.io/en/latest/>



eFabless 事例2



- 今村 謙之氏も、
実際に、LSIを開発した。

ISHI会の人

- Kernel/VMLayerを自分色に染める!By ISHI会

<https://www.slideshare.net/noritsuna/kernelvmby-ishi>

- イベント「はじめての半導体チップ設計」のアーカイブ動画を公開
https://ishi-kai.org/event/report/2023/08/25/AugustEvent_0804_Report.html

<https://www.youtube.com/watch?v=W-HDNI4JK5A>



悲報:eFabless 倒産



- eFabless倒産…
- だが、まだ行ける

eFabless居なくても平気だぜ!



Tiny Tapeout

- <https://tinytapeout.com/>
- ISHI会 今村氏が熱心に普及活動

OpenSUSI

- OpenSUSIは、国内の工場(レガシーfab)で、オレオレLSIの開発を推進



- <https://tinytapeout.com/>
- ISHI会 今村氏が熱心に普及活動
- 半導体製造(TinyTapeout)に挑戦しよう!
学生などの若者たちも挑戦中
JASA RISC-V WGもTinyTapeout
活動を(精神的)支援
- <https://www.slideshare.net/slideshow/tinytapeout/260745768>
- TinyTapeoutでオレオレICを作ろう
- <https://t-techlab.com/2024/02/18/tinytapeout%E3%81%A7%E3%82%AA%E3%83%AC%E3%82%AA%E3%83%ACic%E3%82%92%E4%BD%9C%E3%82%8D%E3%81%86/>

プロジェクト (サービス) 内容

設計ツール (EDA ツール)	仕様(Pin)	お値段	回数
<ul style="list-style-type: none">• デジタル• Webベース設計ツール• OpenLANE2• アナログ• なし	<ul style="list-style-type: none">• I/O• Input 8pins• Output 8pins• In/Out 8pins• Reset• Clock 10MHz	<ul style="list-style-type: none">• 半導体 + 基板 = €150 + 送料• 1Tile(区画) = €50 each• MAX:8x2Tiles	<ul style="list-style-type: none">• リードタイム• 約半年• 4月と9月• iHPシャトルのペース

半導体チップの設計フロー3つの要素

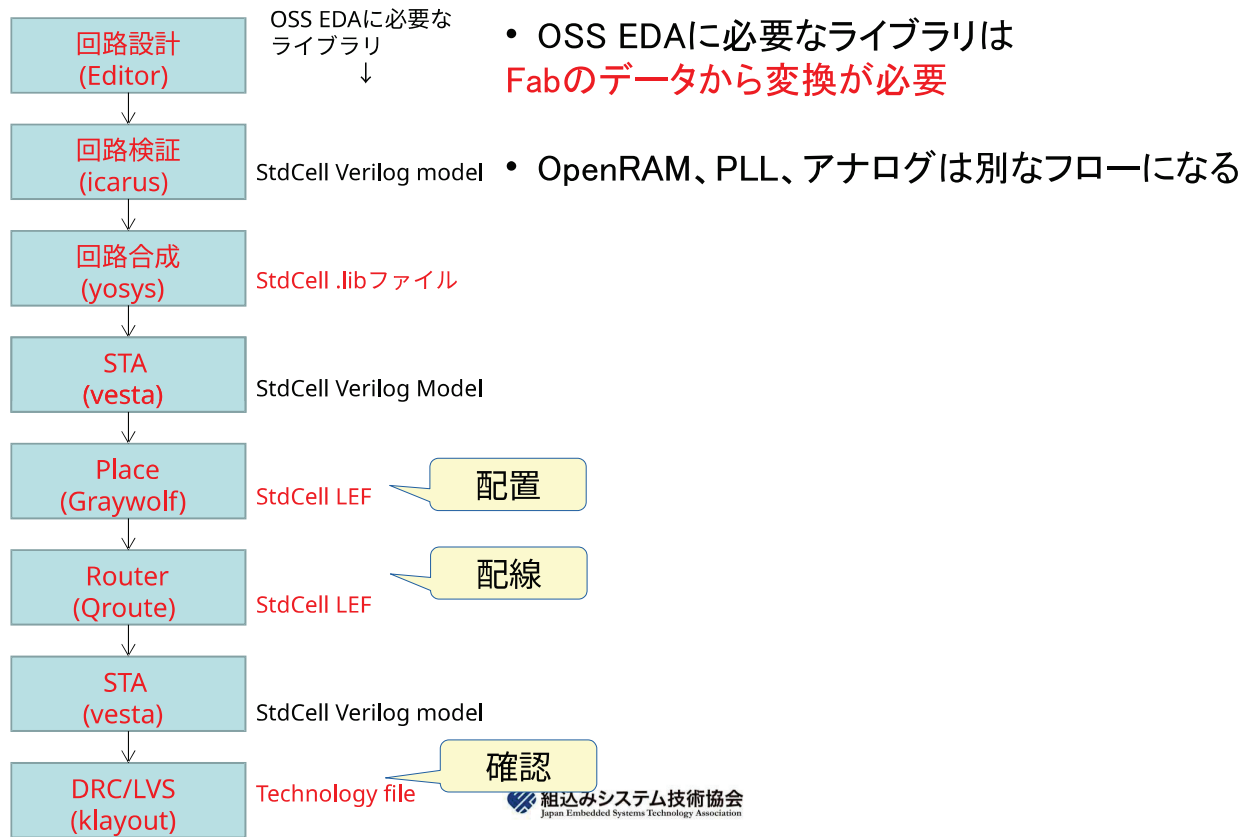


- RTLデザイン ○
- EDAツール ○
- デジタル合成フロー○
- PDKデータ ← これがOSSに

OSSによるLSI開発のEDAフロー



ロジック部開発フロー



デジタル合成フロー (Digital Synthesis Flow)



- Digital synthesis flowは、ツールと手法
 - RTL → 物理回路 を合成
 - FPGA ならば、Xilinx, Intel などのコンフィギュレーション・コード
 - 特定の半導体工場(ファブ)で作るIC(LIS)の場合は、ファブのプロセス・テクノロジーでのレイアウト
 - PDK情報が必要
- これまで
- 半導体用のデジタル合成フローは、**ケーデンスやシノプシス** という大手企業のみが供給していた
- FPGA 用は、Xilinx, Intel などFPGAメーカーがツールを提供
OSSではないが、無料で配られていることも多い

Graywolf OSS デジタル合成フロー・ツール

- トランジスタ配置ツール
 - 主にQflowと併用
- TimberWolf 6.3.5からフォークした
 - TimberWolf はイェール大学で開発され、商用化されるまで、しばらくはオープンソースとして配布された
 - TimberWolf のオープンソース版の最後のバージョンは詳細ルーティングを実行しない
 - しかし、プロ仕様の配置ツールだった
 - graywolf の主な改善点
 - ビルド プロセスがより合理化された
 - 通常の Linux ツールとして動作する
 - 最初に環境変数を設定することなく
 - どこからでも呼び出すことができる

<https://github.com/rubund/graywolf>



Qflow OSS デジタル合成フロー・ツール

※Graywolfと併用するのがよい

- デジタル合成フローは、verilog や VHDL などの高水準言語で書かれた回路設計を物理回路に変換するために使用される一連のツールとメソッドです。
- Qflow 1.3: An Open-Source Digital Synthesis Flow
- <http://opencircuitdesign.com/qflow/welcome.html>
- OpenCores内 情報
 - <https://opencores.org/howto/eda>
- Icarus Verilog Simulator: Verilog simulation and synthesis tool
- Verilator: free Verilog HDL simulator
- GHDL VHDL simulator



OpenRAM: RAM合成ツール



- OpenRAMは、RAMを合成する
- 同時ではない、read/write のフツアのRAMは合成できる
- OpenRAMは、同時1read & 1write のRAMが仕様上は合成できるはず。
 - だが、ダメ(残念)

Klayout



- マスクの確認
- 分析
- <https://www.klayout.de/>

```
# The PCell declaration for the circle
class StarKCell = KCellDeclarationMaker

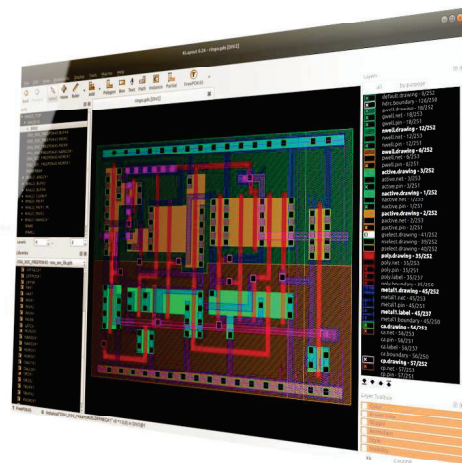
include RMA

def initialize
  # Important: initialize the super class
  super

  # declare the parameters
  param :l, TypeLayer, "Layer", default = LayerInfo.new(0), :l
  param :r1, TypeDouble, "Inner radius", default = 1, :unit = "mm"
  param :r2, TypeDouble, "Outer radius", default = 1.2, :unit = "mm"
  param :n, TypeInt, "Number of rays", default = 32
  param :da, TypeList, "Ray angle", default = [0, :unit = "deg"]
end

def display_text Impl
  # Provide a descriptive text for the cell
  "StarKCell=[(l,r1,r2) * 32] * r1.to_f * R90deg * 32 * 123456"
end

def produce Impl
  # This is the main part of the implementation: create the layout
  # compute the ray parts and produce the polygons
  d = Math::PI * da * 0.5 * 180.0
  a = 0.0
  n.times do |i|
    dpts = [
      dPoint new(r1 * Math.cos(a), d1, r2 * Math.sin(a), d1),
      dPoint new(r1 * Math.cos(a), d1, r2 * Math.sin(a), d1),
      dPoint new(r2 * Math.cos(a), d1, r2 * Math.sin(a), d1),
      dPoint new(r2 * Math.cos(a), d1, r2 * Math.sin(a), d1)
    ]
    cell.shapes[1,layer].insert(DPolygon.new(dpts))
    a = Math::PI * 2 * i / n
  end
end
```



GAFANAなどが自社向け半導体の開発に力を入れる理由

- データセンタの消費電力 削減
 - 自社製 専用半導体で電力削減
- 設計技術だけで自社半導体はできる
 - 半導体工場レス
 - RTL(デジタル論理)設計ができれば
 - 専用アルゴリズム用LSI
- オーダーメイドICは、FPGAでは不満
 - FPGAは消費電力 大
 - FPGAは遅い

国内



- 政府が、LSI産業 再興
 - JASAにも、経産省から LSI 開発者 教育についてヒアリングが来て、私もJASA技術本部長として応えました。
- LSI開発者の裾野を広げたい
 - 産業技術総合研究所なども、OpenEDAに注目

日本も、国の金で施設を用意した

ふくおかIST(公益財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団)

福岡システムLSI総合開発センター
「システムLSI設計試作センター」

- http://www.ist.or.jp/lsi/pg04_02.html

- ベンチャー企業が半導体の設計ツールを安価で利用できる
- LSI設計、少量 試作できる
 - 50~100万円 あれば、LSIの少量生産ができる仕組みがある



小規模EDA開発 日本でも流行

福岡システムLSI総合開発センター
「システムLSI設計試作センター」
の設計ツール一覧

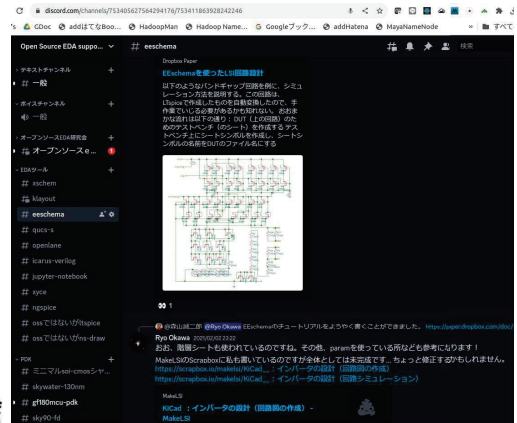
EDA機能		製品名	
ハイレベル設計	CLレベル合成	* CyberWorkBench ※NECの商品	
フロントエンド設計	論理シミュレータ	* Incisive Enterprise Simulator L	
	回路図エントリ	* Schematic Editor	
		* ASCA	
	シミュレーションIF	* ASCA Basic	
		* Virtuoso ADE	
	総合回路設計	* ASCA Sim.faceA	
		* C ³	
		Composer IFオプション	* Composer IF
		Verilog Interfaceオプション	* Verilog Interface
		SPICE Interfaceオプション	* Analog HSPICE IF
アナログ回路シミュレータ		* Spectre circuit Sim	
	* Msim		
汎用回路波形解析	* SimVision		
レイアウト	レイアウトエディタ	* Virtuoso LE	
		* ISMO	
	Cadence Linkオプション	* Cadence Link (DF II Upgrade)	
レイアウト検証 その他	DRC	* Calibre DRC	
	LVS	* Calibre LVS	
	IFオプション	* Calibre RVE	
	DRC/ERC	* iDRC/ERC	
	Caliber IFオプション	* Caliber IF	
	寄生パラメータ抽出	* Calibre xRC	

Open Source EDA Supporters (discord)



<https://discord.com/channels/753405627564294176/932209975558832128>

- OSS EDAをサポートする人たちの集まり
 - 親切で優しい
- ふくおかIST のOSS EDAサーバのユーザ会
 - サーバを維持するモチベーション
- オレオレ Open PDKを開発したり: 森山氏
- オレオレ Standard Cellライブラリを開発できるツールの開発者が居たり:西澤氏@早稲田大
- オープンソースEDAフォーラム @福岡
 - 2023/DEC/08
 - OSSコンソーシアムEDA部会が共催
 - JASA OSS活用WG協力
- OSC福岡にも出展
 - OSSコンソーシアム&協力:JASA OSS-WG体制
 - 2023/DEC/09



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

ミニマルファブ



一般社団法人 ミニマルファブ推進機構

MINIMAL(Minimal Fab Promoting Organization)は、半導体、MEMSなどマイクロデバイスの多品種少量生産を可能とする革新的な産業システム(ミニマルファブ)の発展と普及を支援する世界唯一の団体です。

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

- 半導体 1個を手作りで作れる
- 手間は掛かるが、費用は超安い



<https://www.semiconportal.com/archive/editorial/conference/report/130705-minimalfab.html?print>
より引用

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



電子CAD OSS



電気/電子開発ツール



- いわゆるEDAツール(電気、電子CAD)
- Spice
 - 電子回路シミュレータ
- KiCAD
 - 回路図、基板CAD

Spice



- 電子回路シミュレータ 無料版(必ずしもOSSではない)
- PSpice for TI
 - PSpiceのTI強化版

<https://www.tij.co.jp/tool/jp/PSPICE-FOR-TI>

- LTspice
 - アナログデバイセス

<https://www.analog.com/jp/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

https://www.ltspice.jp/information_category/general/

- Ngspice (OSS)

<http://ngspice.sourceforge.net/>

- Qucs (OSS)

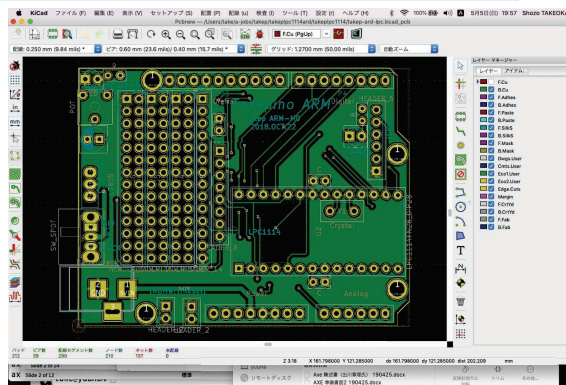
<http://ngspice.sourceforge.net/>



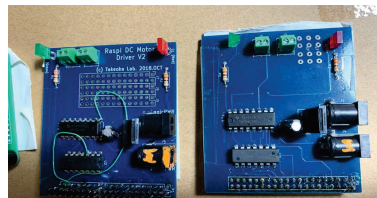
KiCAD



- EDAツール(電気、電子CAD)
- <https://www.kicad.org/>
- KiCADがあれば、アマチュアでも基板が作れる
- 写真はたけおかが、KiCADで設計
 - 中国でプリント基板少量生産
- シミュレーションはできない
- 知的な手助けは無い
 - 高周波回路の引き回し補助とか無い
- Linux, Macでも動作



ArduinoフォームファクタのARM, MIPSマイコン



Raspi2,3用DCモータドライバ





RISC-V

RISC-V

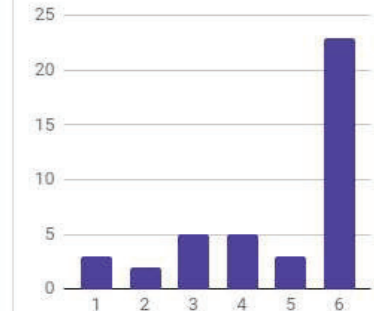


- 命令セットの使用が無料
- 自由に利用可能ないくつものCPUデザインがある
- BSDライセンス
 - オープンかつ自由
 - または
 - クローズドで独占的に
- 派生成果物
 - RISC-V自身と同様
 - オープンかつ自由に、またはクローズドで独占的に、作成することを許可する。

OSS-WG RISC-V OSSコレクション

- RISC-V 用 OSS リスト
 - OS, コンパイラ、開発環境
 - RISC-V ソフトコア
 - CPUコア論理
- 2020年 春から、地道に情報更新

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1nmeHG5HJanHjPiy3s145dYHLAiKgpcWrpNqpY_2TbOU/edit?usp=sharing



項目	値
1: Boot Loader	3
2: CPUシミュレータ	2
3: コンパイラ、言語処理系	5
4: OS	5
5: 開発環境	3
6: CPU(ソフトコア)	23

AXEは東工大 吉瀬研RVCoreを魔改造

吉瀬研 RVCore

<https://www.arch.cs.titech.ac.jp/wk/rvcore/doku.php>

- Gnu Prolog加速命令 追加(AXEとTELで特許 共同出願中)
- ハードウェア・マルチスレッド機構 追加
 - 時分割マルチスレッド
 - ハードウェアのセマフォ機構
 - 外部イベント→セマフォ結びつけ
 - LL/SCによる排他制御機構
- OS機能をハードウェア化 → 省メモリ、省電力化
- 「俺のSoC」プロジェクト
 - このCPUの入ったLSIをOSS EDAで開発した
 - 高価なEDAツールで開発した (^_^;

OSSハンズオン

OSS鳥瞰図 作成



OSS-WG OSSハンズオン

テーマ: エッジデバイスプロトタイピングで深めるOSS活用WG

概要: 従来の座学のみで完結する勉強会ではなく、エッジデバイスを用いたハンズオンを中心としたチーム単位でのプロト開発を通じてOSS活用技術の向上を目指します

実施方式: 各自のやってみたいコトを共通項に企業の枠を超えたチームを編成し、エッジデバイスを利用しながらチームで定めたテーマに基づきワークショップ形式(全5回程度)で実施

実績:

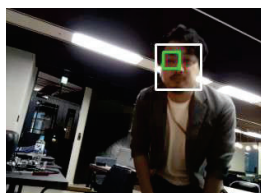
- 2025年度 全4回開催+報告会の予定で、実施中
- 2024年度 全4回開催+報告会実施。参加者7名、3チーム編成
- 2023年度 全4回開催+報告会実施。参加者8名、3チーム編成
- 2022年度 全4回開催+報告会実施。参加者9名、3チーム編成
- 2021年度 全4回開催+報告会実施。参加者9名、3チーム編成



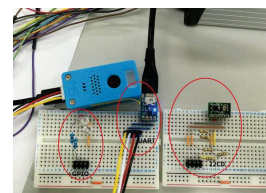
ワーキングの様子。
企業間でチームを編成し、
ハンズオンに取り組む



2021年度は液晶+WiFi マイコンのM5 Stickを使ったハンズオンでAIあり、IoTありとバラエティがあった



報告会のデモ。ラズパイとカメラと人感センサーで作成した社内来客検知で顔検出を行ったところ



2020年度はAIマイコンのM5StickVを使ったハンズオンでエッジAIにも取り組んでいる



アジャイル成功への道 ～品質保証部のアジャイル実践・ ダークアジャイルの事例から学ぶ～

JASA アジャイル研究WG
水谷 紘也



背景

- 日本ではアジャイルが浸透していない
 - ・ 契約の問題
 - ・ 品質確保のルールが整備されていない
 - ・ アジャイルに対する認識誤り



- テーマ設定
 - ・ 品質保証部の関わり方
 - ・ 「ダークアジャイル」の事例集作成



1

品質保証部の関わり方のポイント

2

品質保証部の関わり方に関する検討事項

3

「ダークアジャイル」の事例集作成のポイント

4

誤った認識で進めた場合のよくある問題

5

まとめ

品質保証部の関わり方のポイント



- 品質保証部がアジャイル開発の良さを理解して品質保証を進めないと・・・

顧客・開発現場がアジャイルの良さを活用しようとしても阻害してしまう



アジャイルに対する品質保証部の関わり方をできるだけ詳細なイメージを持てるレベルでコンテンツ化



■ 品質ゲート

- 工程移行時にプロセス品質とプロダクト品質を確認

■ QAテスト

- 完成したソフトウェアを顧客に提出する前に要求を満たしているかを確認



すでに仕組み化されたやり方で実施



■ 品質管理に対する誤解

- WF開発からアジャイル開発に移行する際に、品質管理の考え方に戸惑いがある
- 従来のWFの延長で考えるのはいけないと分かっているが、ガイドなどもないため、どうしてよいか分からない

■ メトリクスの違い

アジャイルの良さを阻害する可能性あり

- プロジェクトの進行スタイルや成果物の違いから、テスト密度やバグ密度などのメトリクスの取得方法や評価方法が異なる

■ 多角的な品質管理

- 受け入れ基準を満たす + バックログの網羅
- 開発者のスキルやチームの成熟度の変化も含めたリソース品質



■ 顧客の視点

- 開発リソースの最大能力を引き出すための支援
- 欲しいものを**適切な品質**でほしい期間内にリリースする支援
- アジャイルに適した品質保証活動

■ 開発側の視点

- 開発リソースの最大能力を引き出すための支援
- 顧客要求に合わせた品質レベルになっているかの確認
- リリース基準の確認



■ 品質保証部の視点

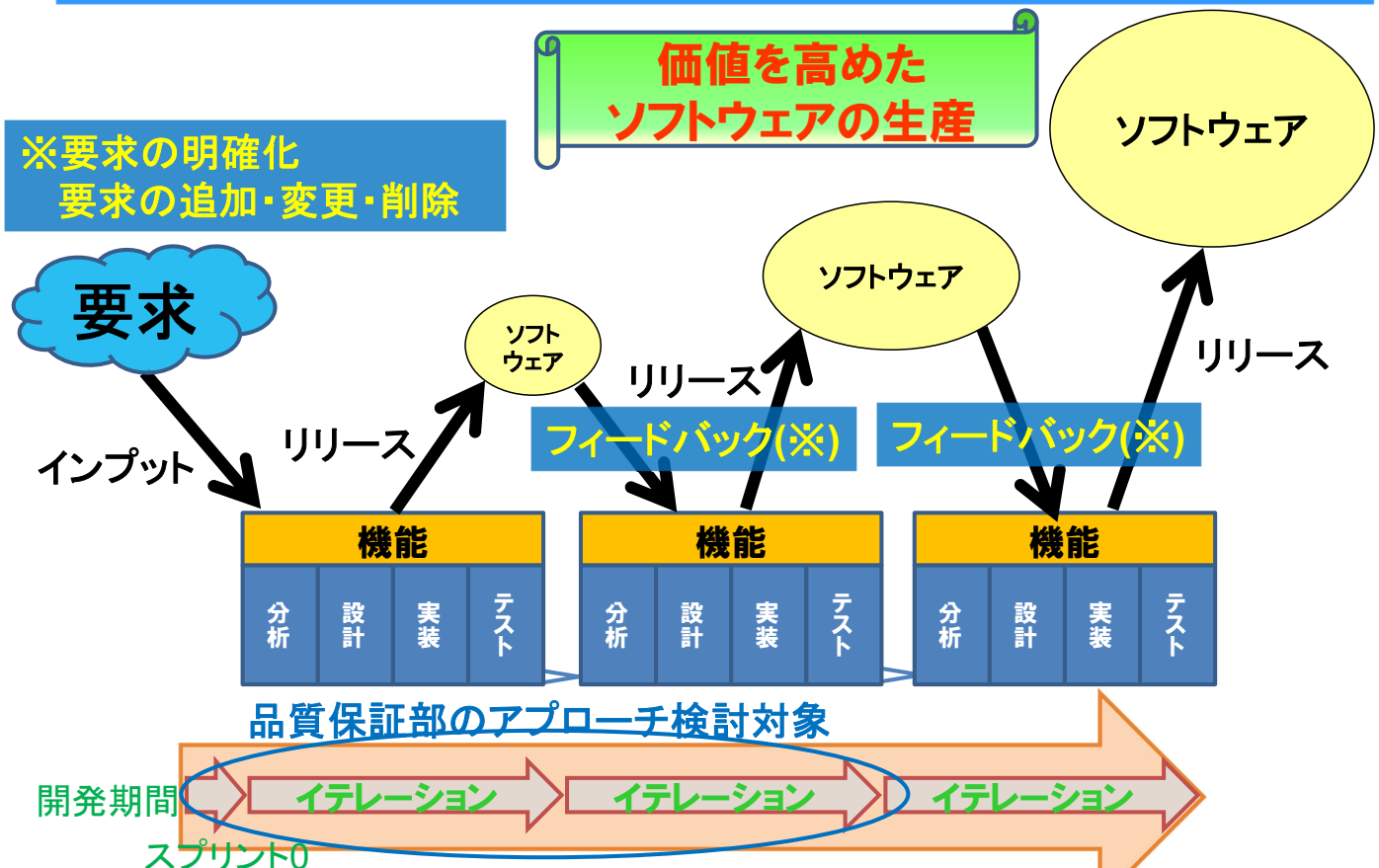
- 組織の中でアジャイルを普及させるためのガイドの作成
 - ー アジャイルの特性を消さない
 - ー ウォーターフォールの延長線でない
- 組織に対する教育、提言
- アジャイル開発案件の受注の可否基準の作成

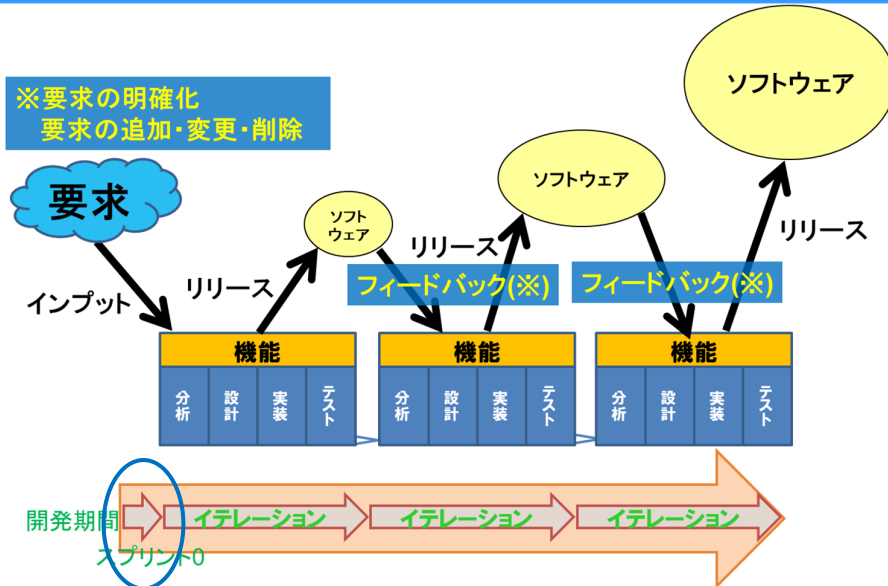


品質保証部がどのようなタイミング(案件と同期/非同期)でどのように関わるかを仮説を立てて提案していく

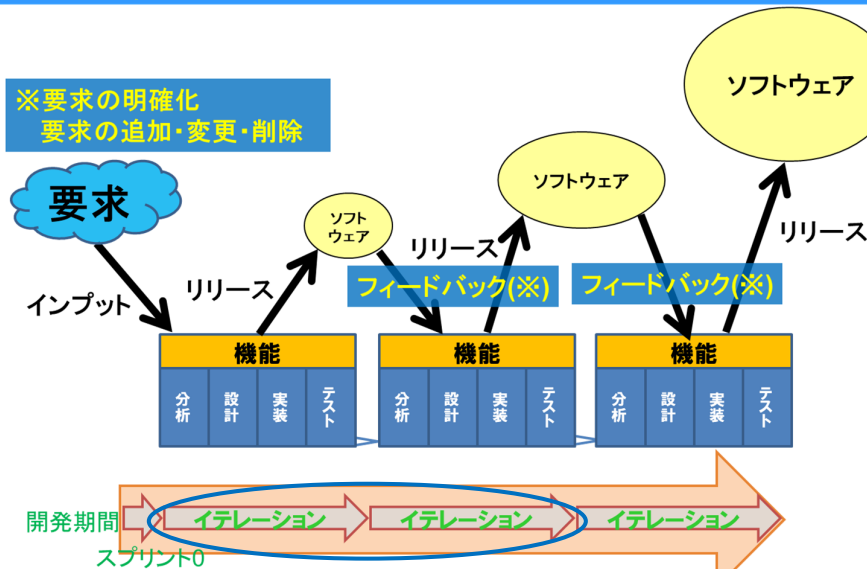
(例)

- アジャイルプロセスの定義
 - 従来型のWFの延長でなく、組織にあった実現可能なプロセスを定義し、アジャイルを組織的に導入できる環境を作る。
- ガイドの作成
 - アジャイルプロセスに沿って業務ができるようガイドを作成し、開発現場、顧客を含むステークホルダを導く。
- 事例を用いた教育





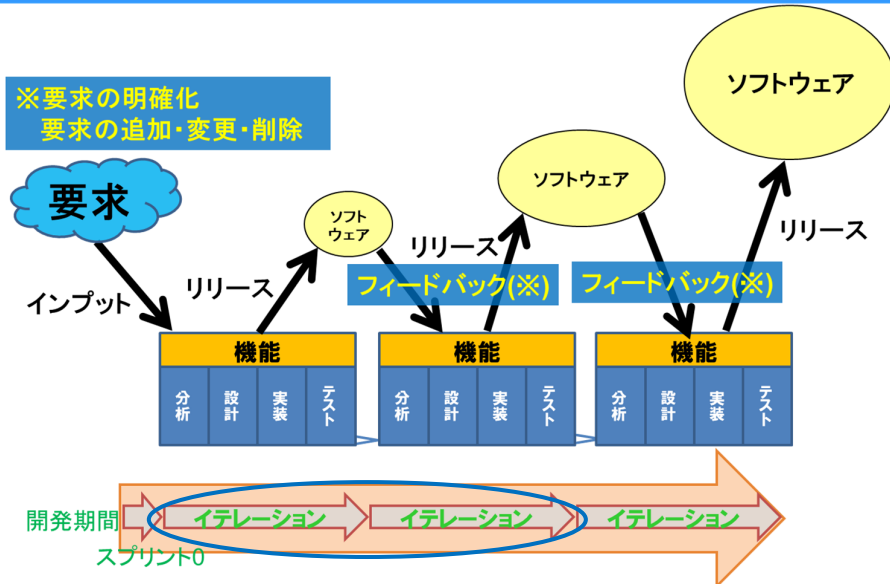
アジャイル開発を適用できるのかの見解出し
 開発チームが「未熟」な場合の品質視点でのサポート
 アジャイルコーチ的な役割での支援



どのレベルで品質保証部が関与するかの計画を立てる

- ・リリースごとの価値の定義
- ・リリースごとの品質保証部の役割
- ・リリースごとの品質保証部の関わるタイミング

計画後は
 全体でコンセンサスを取る



- スクラムマスターが機能しているかの監視・サポート
- ・開発者が集中できる環境を提供できているか
 - ・円滑なコミュニケーションがとれているか
 - ・ステークホルダーとの連携が十分とれているか

「ダークアジャイル」の事例集作成のポイント



アジャイルに対して誤った認識を持って進めた結果、悪いイメージを持っている現場も少なくないのでは？

正しい認識を持てれば適切なケースでアジャイル開発を選択するモチベーションが高まるのではないかな？

研究会メンバーの失敗事例をもとに誤ったアジャイルにならないよう「ダークアジャイル」の事例集を作り、良いイメージを持てるようなコンテンツとしたい



- 過大な期待
 - アジャイルのプラクティスを適用すればうまくいく
(形だけのアジャイルではうまくいかない)
- 思考がWFから離れられない
 - リリースのたびにWF開発時の品質保証を求められる
 - 設計工程のレビュー指摘率が何%以下の時には説明を求められる
- イメージでアジャイルを判断
 - 設計なしでいきなりソフトを作る

ダークアジャイルの事例紹介



項目	事象	アジャイルの良さが失われる要素
見積	WFと同等の詳細なレベルの見積を求められ、見積に大きな時間を取られる。	アジリティの低下
スプリントプランニング	取り込まれたスプリントのバックログが納期必達、全件必達を求められ、調整ができない。	フィードバックの時間が削られ、改善・成長機会の損失、モチベーションの低下
デイリースクラム	仕様調整の相談の場になり、参加者全員の時間を消費してしまう。本来の目的と異なるため、十分な検討が完了したかが確認できない。	生産性の低下 品質の低下
デイリースクラム	複数チームで開発する場合のチーム単位の進捗を順に確認するため、多くの時間を取られる。	生産性の低下
バックログ	好き勝手に各々が自由に追加し、交通整理がされないまま、未クローズのものが積み上がってしまう。	アジリティの低下 品質の低下



- EdgeTech+2024のアンケート結果
 - ダークアジャイルの**解決方法**を知りたかった
 - 事例をもっと聞きたかった
 - もっと**突っ込んだ話**、**掘り下げた話**が聞きたかった
- 今後の活動方針
 - ダークアジャイルの事例の深堀、解決策の提示
 - 品質保証関連のガイドラインの検討



- ご意見・ご質問は以下まで
 - nagoya@jasa.or.jp

【アジャイル研究会活動報告】

2025/5/15 発行

発行者 一般社団法人 組込みシステム技術協会
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: <http://www.jasa.or.jp/>

本書の著作権は一般社団法人組込みシステム技術協会（以下、JASA）が有します。
JASAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASAが占有します。
その他、JASAが定めた著作権規程に準じます。



AI研究WG 2024年度成果発表

2025年5月15日

応用技術調査委員会 AI研究WG

中村 仁昭



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

AI研究WG



- 研究会とセミナーの2本立てで開催
- 研究会
 - ・ 今年で6年目になるDeep Learningを既に理解して開発できるメンバーが集り、様々なテーマでAI活用研究を行なう研究会
 - ・ メンバーは現在8社 17名
- セミナー
 - ・ 今年で9年目になる初学者向けのDeep Learningセミナー
- AI研究WG発表会
 - ・ 年度末に研究会/セミナー別で発表会を実施





- エッジデバイス上でのDeep Learningの可能性や、様々なテーマで持続的に調査研究を行なう
- 1ヶ月に1度、定例会議を開きDeep Learning周辺の最近の動向の共有、メンバーの研究内容の進捗発表
- 全員でコンペに参加して実力を試したり
 - 個々のメンバーで興味のあるコンペに参加



- 1年間で3回の座学とグループでのDeep Learningデモ作成がゴール
- 講習にはGoogle Colaboratoryを利用
 - Colaboratoryはクラウドで実行されるJupyterノートブック環境なのでお手軽
- フレームワークはTensorFlow+Keras
- グループ間の情報共有、全体連絡にSlackを活用



2024年度活動内容・研究会



実施内容

- 個々の研究案件を継続
 - 個々の研究テーマにそって、グループに分かれて研究を進めている
- Deep Learningの最近の話題の共有
 - LLM以外の話題も積極的に共有
- 開催されている機械学習コンペの確認
 - SIGNATEやNishikaなど国内のコンペを中心に確認
- 発表会
 - 研究会のメンバーでオンラインで実施

共有した最近の動向



- 深層学習VS決定木:テーブルデータ分析の未来
- Dockerで構築する機械学習環境【2024年版】
- 時系列データのための大規模言語モデル
- LLMの効率化を支えるアルゴリズム
- 情報処理学会関西支部2024年度定期講演会「自然言語処理と大規模言語モデルの基礎」
- Large Vision Language Model (LVLM) に関する最新知見まとめ
- マイクラ内に「AI文明」、1000体のエージェントが仕事、宗教、税制まで作った
- RAG開発の超入門【RaggleのQuickStart】
- ModernBERT のブログを読んでみた感想
- 100倍速で実用的な文章ベクトルを作れる、日本語 StaticEmbedding モデルを公開
- 生成AIのせいでプログラマーの仕事はなくなる? 「需要はむしろ増える」とティム・オライリー氏
- etc.

個々の研究案件



- 組込み環境で生成AI
- 低リソースデバイスAI
- LLMチューニング
- 深層教科学習の説明可能性
- Unity ML-Agentsを活用した強化学習



- Transformerモデルの概要
- 拡散モデルの解説
- 組み込み環境(ラズパイ)で拡散モデル
- 組み込み生成AIの実用性について考察
 - SLMは実用的
 - 拡散モデルは有望だが遅い



Transformer

- ▶ Transformerは2017年に発表された自然言語処理の論文“Attention is All You Need”で初めて登場したモデル
- ▶ 翻訳タスクでSeq2seq(RNNベース Encoder-Decoderモデル)より速く、精度が高い
- ▶ RNNもCNNも使わずAttentionのみ使用したEncoder-Decoderモデル
 - ▶ 並列計算が可能
- ▶ アーキテクチャのポイントは3つ
 - ▶ Encoder-Decoderモデル
 - ▶ Attention
 - ▶ 全結合層
- ▶ NLPの最近のSoTA(BERT, GPTなど)のベースとなるモデル

SLM (Small Language Model)

- ▶ LLMに対して近年提唱されるようになったSLM (小規模言語モデル)がある
 - ▶ LLMよりも比較的小さいパラメータ数のモデルに対する総称
- ▶ 一般常識や日常会話ができる程度の知識があり、専門性の高い情報を扱う場合はRAGやファインチューニングを使う運用が想定されている
- ▶ パラメータ数が小さいためLLMよりも小規模な計算リソースで使用可能
 - ▶ エッジデバイスで処理させることでセキュリティを担保できる
- ▶ MicrosoftのPhi-3 Miniや、MetaのLlama 3.2、GoogleのGemma 2などがSLMの代表例

組み込み環境で拡散モデル

Machine	Time	
Raspberry Pi 4	32分36秒	▶ Stable Diffusion v1.5で400x400pxの画像を生成 <ul style="list-style-type: none">▶ straczowski.com/raspberry-pi-stable-diffusion
Raspberry Pi 5	14分11秒	

▶ やはりCPUのみだと重い

組み込み生成AIの実用性

- ▶ SLMであればある程度動作する
 - ▶ VLM(Vision and Language Model)はかなり動作が遅い
- ▶ コマンドプロンプトを工夫すればFew-shot分類機として実用可能
 - ▶ 取得したテキストに「ポジティブな内容かをYesかNoで答えて」など
- ▶ 速度的な観点でBERT(Encode Only Model)を取り入れるのは有効
- ▶ 応用範囲の広さから拡散モデルが有望だが、動作速度は遅い
 - ▶ 高速化に期待

- 前年度から進めていたM5Stack AtomS3(ESP32-S3)でフラッシュ暗算
- 前年度からデータ送受信を変更
 - $1px \cdot 1Byte \rightarrow 1px \cdot 1bit$
- 推論をアップデート
 - データ送受信に伴う推論画像変更
 - 学習部分を1から自作
- 推論高速で精度も改善

AI研究WGでの取り組みについて

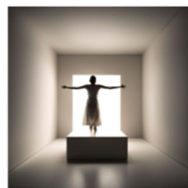
テーマ:低リソースデバイスでAI

ウェアラブルデバイスなどでAIが活用されるが、こうしたデバイスでは限られたリソースの中でAIを活用しているのが実情

そんなリソース制限下でAIを扱うための研究

リソース制限を受けても

高速に、自由にAIを動かしたい！！



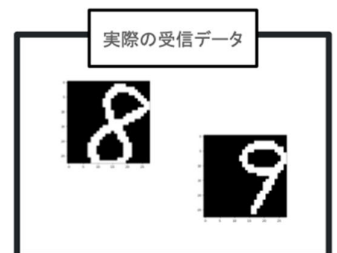
速度向上のための対策について

- 数字の形がはっきりとわかりさえすればMNISTで学習したモデルが使用できる



- 画像のピクセルデータを1bit単位で送信
 - $28 \cdot 28 / 8 = 98Byte$ (元々は57600Byte)

元のRAWデータから0.17%に圧縮



結果について

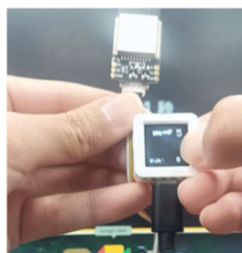
フラッシュ暗算ができる程度の精度と速度の向上が見られた

画像取得速度:10FPS程度

推論速度:秒間30回の推論程度

数字文字認識:

1→4→8→2→9が認識できている



まとめ

- 前年度から進めていたM5Stack AtomS3(ESP32-S3)でフラッシュ暗算する
 - 前年度からデータ送受信を変更
 - $1px \cdot 1Byte \rightarrow 1px \cdot 1bit$
 - 推論をアップデート
 - データ送受信に伴う推論画像の変更
 - 学習部分を1から自作
 - 推論は高速で精度も改善
- 次回はrv1103・rv1106による推論とESP32-S3の性能比較



- ユーザーが入力したデータを読み取り、指定した情報を抽出して出力
 - 名刺や帳票から効率よく情報を抽出するなど
- この目的のため3つの手法を模索
 - プロンプトチューニング
 - AIから期待通り出力を得られるように、AIに与える指示、命令 (プロンプト)文を最適化
 - 入力データ前処理
 - LLMが理解しやすいように入力データに前処理を行うことで精度向上を目指す
 - LLMパラメータ設定
 - Temperature(回答ランダム性を制御)
 - Frequency Penalty(生成されたテキストに特定単語やフレーズが存在することを抑制)



やってみたこと

LLMに行わせるタスク

ユーザーが入力したデータを読み取り、指定した情報を抽出して出力する
上記タスクを達成するために、以下の3項目を実施した

- プロンプトチューニング
- 入力データの前処理
- LLMのパラメータ設定

入力データの前処理

画像からデータを抽出させたい場合、
入力画像に以下のような前処理を施す

- 抽出したい部分を枠で囲む
- 枠線の太さを調整
- 枠線の色を変える
- タスクに関係のない部分はカットする

プロンプトが書きやすくなるのもメリット

例) 赤枠で囲まれた部分には宛先情報が記載されています



プロンプトチューニング

プロンプトチューニング (プロンプトエンジニアリング)とは？

AIから期待通りの出力を得られるように、AIに与える指示、命令(プロンプト)文を最適化する

例えば...

マーケティングについて教えて

と聞くよりも

B2Bソフトウェア企業が導入すべき効果的なコンテンツマーケティング戦略を5つ、それぞれ200字程度で説明し、各戦略の主な利点と実装する際の課題も含めて解説してください。

と聞いた方がユーザーの目的にあった詳細な回答が得られやすくなる

ただし、複雑なプロンプトにしすぎるとかえって悪化することも ...

最後に

ChatGPTやGemini等、普段使用するようなモデルは高性能なので、工夫を凝らすよりも期待した通りの回答を得ることが出来る

ただ、次のような問題で高性能なモデルを使えない場合もあるので、そのようなケースでは精度向上に有効な手段となる

- 商用利用不可なライセンス
- ローカル環境で動作させたい場合、リソースの問題でパラメータ数の多いモデルを動かせない

今回得た知見を基に、来年はエッジデバイス上でLMを動かしてみたい
(注文したJetson早く届いてほしい...)

- 強化学習における最適な方策について判断根拠を説明すること重要
 - 将棋や囲碁などボードゲームで指し手決定
 - 熟練者からノウハウ獲得、等
- 強化学習にLLMを導入してAgent行動判断根拠を説明させる
- LLMによる推論部分がネックとなり学習を完了することができなかった
- 行動判断根拠実験というより、学習データ言語化に関する実験に

背景

強化学習における最適な方策についてその判断根拠を説明することは重要

例えば、

将棋や囲碁などのボードゲームで指し手の決定

熟練者からのノウハウ獲得 等

言語化できることに意味があるタスクが多く存在する

急成長しているLLMの高い文章生成能力を上手く使えば、

判断根拠を説明させられるのでは

実験結果: VLMの推論性能

prompt:

これはスーパーマリオのゲーム画面です。

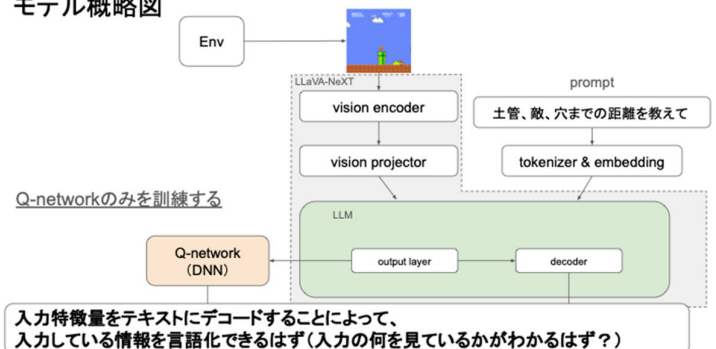
マリオから緑の土管、穴、敵までの距離を教えてください。

生成されたテキスト

提供されている画像では、マリオは画面の左側のレンガのプラットフォームに立っています。緑色の粘土パイプはマリオの右側にあり、穴はパイプの真下にあります。敵は、クンパのように見えるが、レンガのプラットフォームに立っているマリオの右側にもある。マリオから緑色の粘土パイプまでの距離は、スーパーマリオなどのプラットフォームゲームで通常使用されるグリッドシステムで測定されるように、約1.5~2ユニットです。穴がパイプの真下にあるため、マリオから穴までの距離は同じです。マリオから敵までの距離は正確にはわかりませんが、敵はマリオの右側にあるレンガのプラットフォームにも立っているため、似たような距離のようです。



モデル概略図



実験結果: VLMの推論性能

- 相対距離を正確に予測できていない
 - 生成テキストを見ると、物体間の相対距離を正確に予測できていないように見える
 - プロンプト等で工夫が必要そう
- 推論速度が遅い
 - RTX4070Tiで推論したが、3s/frame程度かかる
 - 少なくとも10000step以上は必要になりそうなので、トライアンドエラー前提の実験はやりにくい

Unity ML-Agentsを活用した強化学習



- 目的: 3D Pinball Space Cadetで人間のプレイと同程度のスコア(1,000,000点)を取得できるモデルの作成
- 前年度の課題の解決を模索
 1. 学習に要する時間が長すぎる
 2. 序盤の学習効率の悪さ
 3. ボールを落とさない方向に学習が進む
- 今回取り組んだ内容
 - 学習時間の短縮
 - 報酬設計の見直し
 - 観測データの追加
- ML-Agentsを用いた学習の高速化(軽微…)
- 報酬設計による学習傾向の改善

Unity ML-Agentsを活用した強化学習



題材



学習環境②

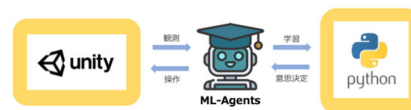


操作は左右のフリッパーと発射台。(台を動かす操作は未使用)
3回ボールが落ちるとゲーム終了。



・学習環境はUnityのML-Agentsを使用
<https://github.com/Unity-Technologies/ml-agents>

Unity 2023.2.15
ML-Agents version 21



取り組み①: 学習時間の短縮

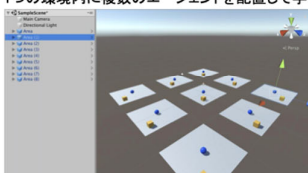


取り組み②: 学習結果の考察



アプローチ②: 複数のエージェントによる並列学習

1つの環境内に複数のエージェントを配置して学習



アプリをプレハブ化する対応が必要 → Unity側の改修が難航したため今回は断念

学習結果としてはイマイチ

(i) 報酬が不安定 (ii) エピソードの長さが増加しない



➡ リプレイボール落下ボーナス によって ボール落下のペナルティが伝わっていない可能性



成果発表・研究会



2024年度活動内容・セミナー





■ 第1回 2024/7/3

- Deep Learningの説明
- Deep Learningの最近の話題
 - ー MIT Tech Review: AIは「笑い」を取れるか？ プロがLLMにネタを書かせた結果
- Python基礎とMNISTデモをGoogle Colaboratoryで実施



■ 第2回 2024/8/21

- Neural Networkの解説
- Neural Networkの学習アルゴリズムの説明
- 課題発表に向けたグループ分け

■ 第3回 2024/11/13

- ハイパーパラメータなど学習にあたってのテクニックの解説
- CNNの解説
- ColabでKeras MNISTの学習結果の可視化デモ
- 課題進捗発表



- 第4回 2025/2/12
 - 課題進捗発表会
 - 課題推進
- セミナー成果報告会 2025/3/24
 - 成果発表



成果発表・セミナー

- ディスクのS.M.A.R.T情報と故障有無、および故障発生までの時間を機械学習にて分析
- 生存時間予測にてディスクがN時間後に壊れる確率を推論
 - Cox比例ハザードモデルを用いた予測
 - ー ハザード回帰係数を使用した生存時間予測
 - Random Survival Forestを用いた推論
 - ー イベント発生までの時間データを分析するために特別に設計された高度なアンサンブル学習方法

概要

- ・テーマ
機械学習を用いたディスクの故障予測
- ・方法
ディスクのS.M.A.R.T情報と故障有無、および故障発生までの時間を機械学習にて分析。
生存時間予測にてディスクがN時間後に壊れる確率を推論。

生存時間予測とは

- ・生物の死や機械システムの故障など、1つの事象が発生するまでの予想される期間を分析する、統計学の一種。
- ・各種説明変数と事象発生の有無、事象発生までの時間を元に学習を行い、推論を行う。

【とある疾病発生までの推論】



作業概要

- ・学習環境
言語 : Python
実行環境 : コマンドプロンプト、Google Colaboratory
- ・利用データ
(kaggle) Backblaze Hard Drive Failure Dataset 2023
<https://www.kaggle.com/datasets/priyamsaha17/backblaze-hard-drive-failure-dataset-2023>
- ・手法
① Cox比例ハザードモデルを用いた予測
② Random Survival Forestを用いた推論

手法② Random Survival Forest 考察

- ・データについて
実際のデータを確認すると、1ヶ月後に壊れるデータと1年後も壊れないデータとで差異が無い場合も存在した。

	S.M.A.R.T 1	S.M.A.R.T 5	S.M.A.R.T 10	S.M.A.R.T 196	S.M.A.R.T 197	S.M.A.R.T 198	S.M.A.R.T 226
壊れる	100	100	100	100	100	100	100
壊れない	100	100	100	100	100	100	100

- ⇒兆候自体が無く、突然壊れる、というパターン。
実はS.M.A.R.T情報のWikipediaにも、「Googleの研究では、半数のHDDは何の兆候もなく突然死する」との記載あり。
- ⇒もしかすると今回利用した説明変数以外のパラメータでは兆候が取れるものがあるかもしれない。



■ 顔認証

- 顔領域検出モデル(MTCNN)で顔の切り抜き
- 顔特徴量ベクトルをInceptionResNetV1で取得
- 事前登録した顔とコサイン類似度で比較

■ 声紋認証

- 音声から発音部分を音声認識モデル(Whisper)で抽出
- 事前登録していた音声とベクトルDBで類似度を算出



顔認証シーケンス

- ① 認証者の顔が写った画像を撮影
- ② 撮影した画像から顔部分切り抜き
"MTCNN"という顔領域検出モデル(学習済み)を使用
- ③ 認証者の顔の特徴量ベクトル取得
"InceptionResNetV1"という顔認識モデル(学習済み)を使用
- ④ 事前登録しておいた顔との類似度算出
コサイン角度を類似度として算出
- ⑤ 類似度が閾値を超えているか確認
超えた場合: 対象の事前登録しておいた顔の人物=認証者とし、声紋認証へ
超えなかった場合: 事前登録しておいた別の人物の顔画像を用いて④からやり直す
※事前登録しておいた全ての顔画像との類似度が閾値を超えなかった場合、入室を拒否

声紋認証シーケンス

- ① 認証者の声が含まれる音声を録音
- ② 録音した音声を事前登録しておいた音声と結合
- ③ 各音声から声が入っている部分のみ抽出
"Whisper"という音声認識モデル(学習済み)を使用
- ④ 認証者の声と事前登録しておいた全ての声の類似度算出
ベクトルDBを用いて類似度を算出
類似度が閾値を超えている場合、対象の事前登録者を候補者リストに追加
- ⑤ 入室を許可できるか判定
候補者リストの中に顔認証で判定された人物が含まれる場合: 入室を許可
含まれなかった場合: 入室を拒否

顔認証の精度

肌の色・服を変えた同一人物: 同一人物だと判定可能



声紋認証の精度

識別不可パターン

認証対象音声(花野): カブトムシ



事前登録音声(木下): おはよう



事前登録音声(森): こんにちは



事前登録音声(花野): よろしくお願ひします





2025年度



今後の予定

■ 研究会

- 開催ペース(1回/月)を維持
 - ー 参加しやすいWeb会議で情報共有、課題共有を強化
- コンペの範囲を拡大
 - ー 海外コンペも積極的に

■ セミナー

- 資料のブラッシュアップ





【AI研究WG 2024年度成果発表】

2025/5/15 発行

発行者 一般社団法人 組込みシステム技術協会
〒104-0042
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/>

本書の著作権は一般社団法人組込みシステム技術協会（以下、JASA）が有します。
JASAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASAが占有します。
その他、JASAが定めた著作権規程に準じます。



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



OpenEL

OpenELが変える組込みシステム開発

OpenEL対応デバイスの追加と国際標準への提案

2025年5月15日

OpenEL活用WG

主査 中村憲一



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

目次



- 組込みシステム開発における課題
- OpenELとは？
- OpenELの実装例
- 2024年度の活動報告
- 2025年度の活動予定



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



組込みシステム開発における課題



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

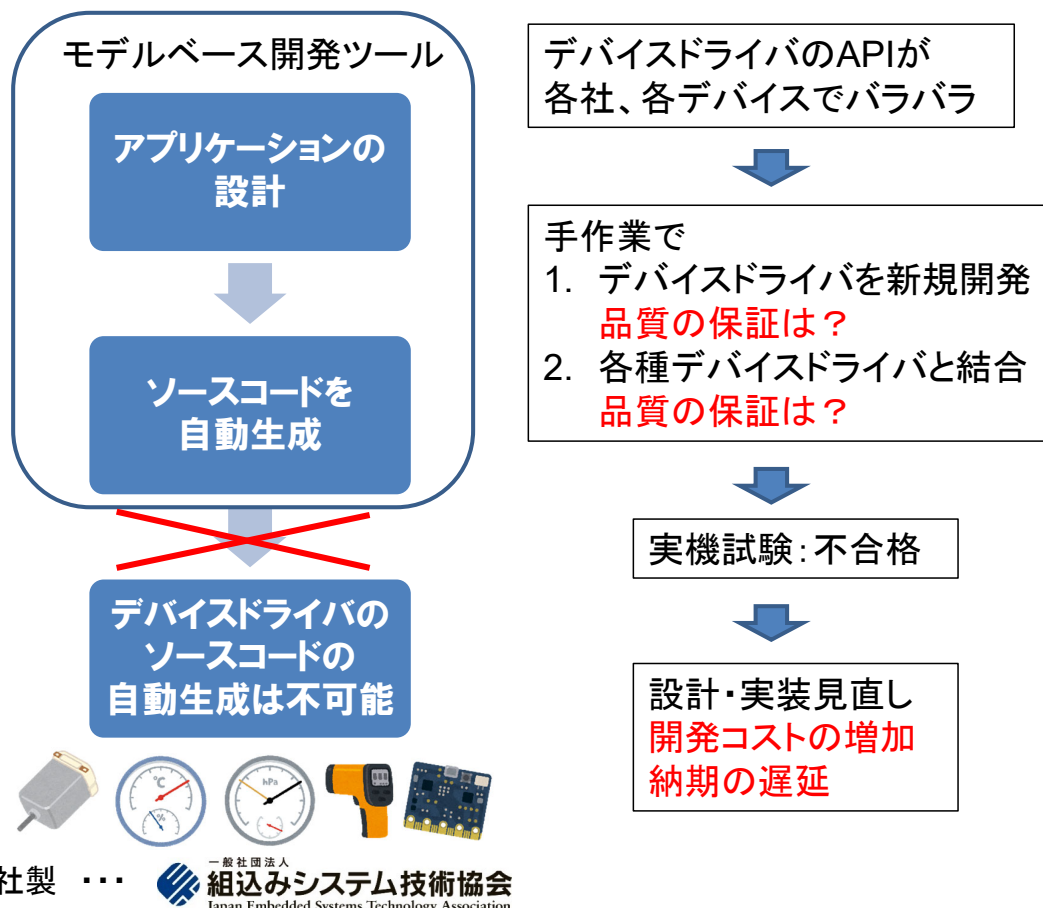
組込みシステム開発における課題



1. 品質保証 (Quality guaranteed)
 2. 開発コスト (development Cost) の削減
 3. 納期 (Delivery time) の短縮
- これらの課題を解決するためにモデルベース開発が採用されているが、モデルベース開発にも課題が存在する。



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

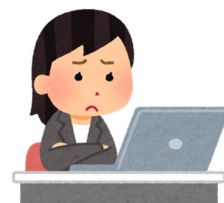


© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

モデルベース開発における課題



- 組込み用の自動コード生成の品質に問題がある。
- 品質を維持するためのノウハウの蓄積が難しい。
- ドライバのコードは生成されないため、ドライバを用意する必要がある。
- なるべくプログラムを書きたくない。
 - 瑕疵担保責任を負いたくない





■ メーカーの課題

- ソフトウェアの開発効率
- ソフトウェアの品質
- 自社製以外のソフトウェアにも保証義務

■ ベンダーの課題

- 他社製のソフトウェアとの相性は保証できない
- ベンダーごとに異なるインターフェース仕様
- ハードウェアならプラグフェストで相互接続試験を実施する機会があるが、ソフトウェアは？

解決策の提案



■ アプリケーションプログラミングインターフェース(API)とドライバ用のテンプレートを標準化すれば良い。

→ 開発効率UP!

→ ソースコードの可読性が向上 → レビューが容易

→ バグが入りにくなる → 品質UP!

■ テストパターンを自動生成し、シミュレーターによるテストの実施 → 論理などの単純なバグはここで排除

■ テスト後の実行コードを実機にデプロイ

■ 実機では実機特有のテストを重点的に実施 → 工数短縮!



■ 品質と効率を上げる組込み用のモデルベース開発を実現!

OPENELとは？

OpenEL活用WG



■ 目標

1. OpenELの国内外における普及
2. OpenELの仕様の強化
3. OpenELの国際標準への提案

■ 活動

- WGの開催(毎月)
- OpenELに関連しそうな技術や規格の講演会の開催(年2回)
- ユーザーの増加が見込まれるデバイスやプラットフォームへの対応
- 開発成果の一般公開
- 上流から下流まで一気通貫した開発を実現するための活動

■ メンバー

- 会員(7): アップウインドテクノロジー、エヌデーデー、チェンジビジョン、東洋大学、UCサロン、アフレル、金沢工業大学
- 非会員(7): 京セラ、東京大学、静岡大学、シマフジ電機、永和システムマネジメント Knowledge & Experience、日立産機システム



■ 目的

- **ハードウェアの抽象化**を実現し、**QCDの向上**および**上流から下流まで一気通貫した開発**を目指す

■ 背景

- 組み込みソフトウェア技術者の不足
- 製品やデバイスの多様化(多品種少量生産)
- 上位層との標準インターフェースの欠如

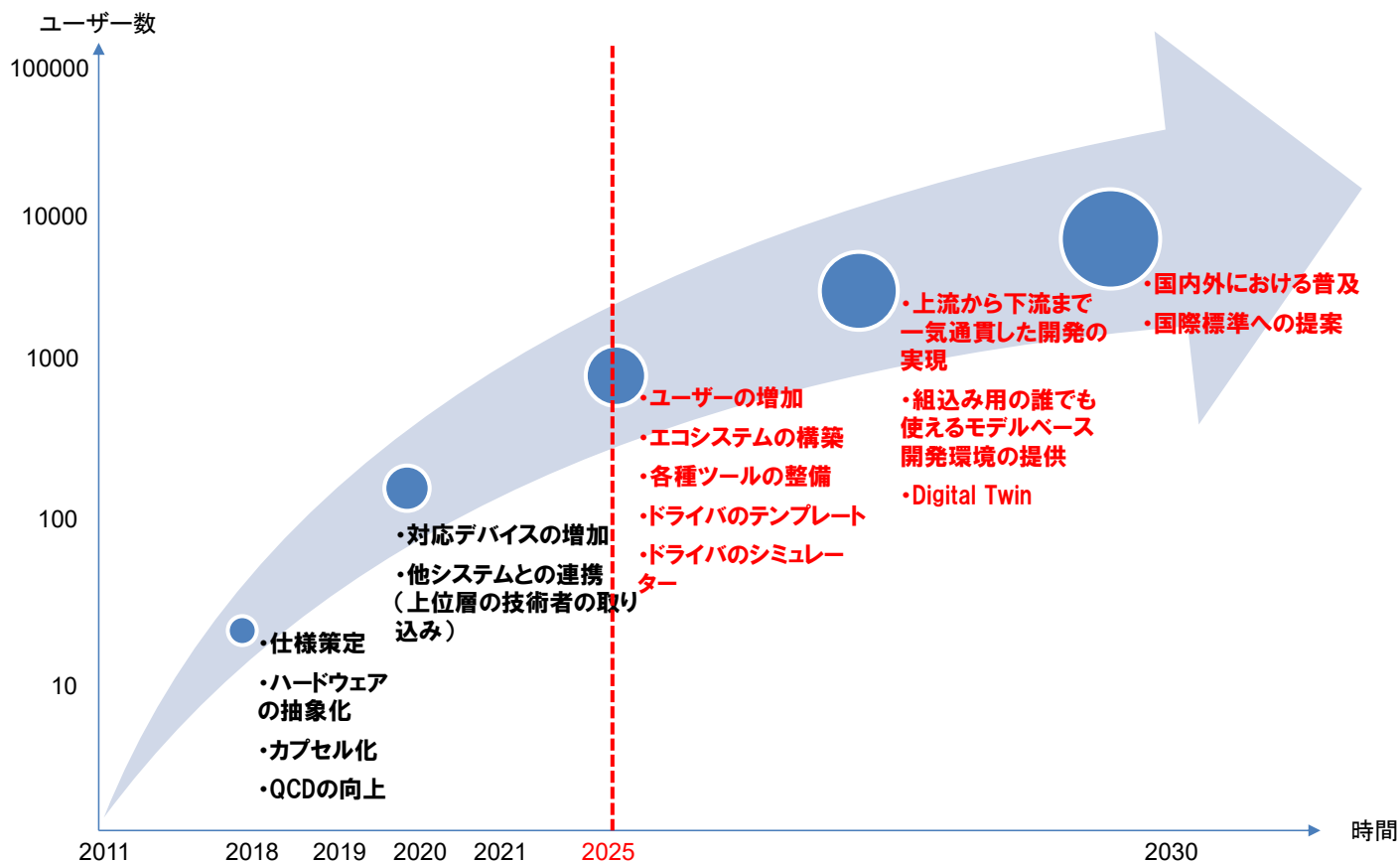
■ 課題

- 品質保証(Quality guaranteed)
- 開発コスト(development Cost)
- 納期(Delivery time)



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

OpenEL[®]のロードマップ



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

OpenEL®の何が嬉しいのか？期待される効果

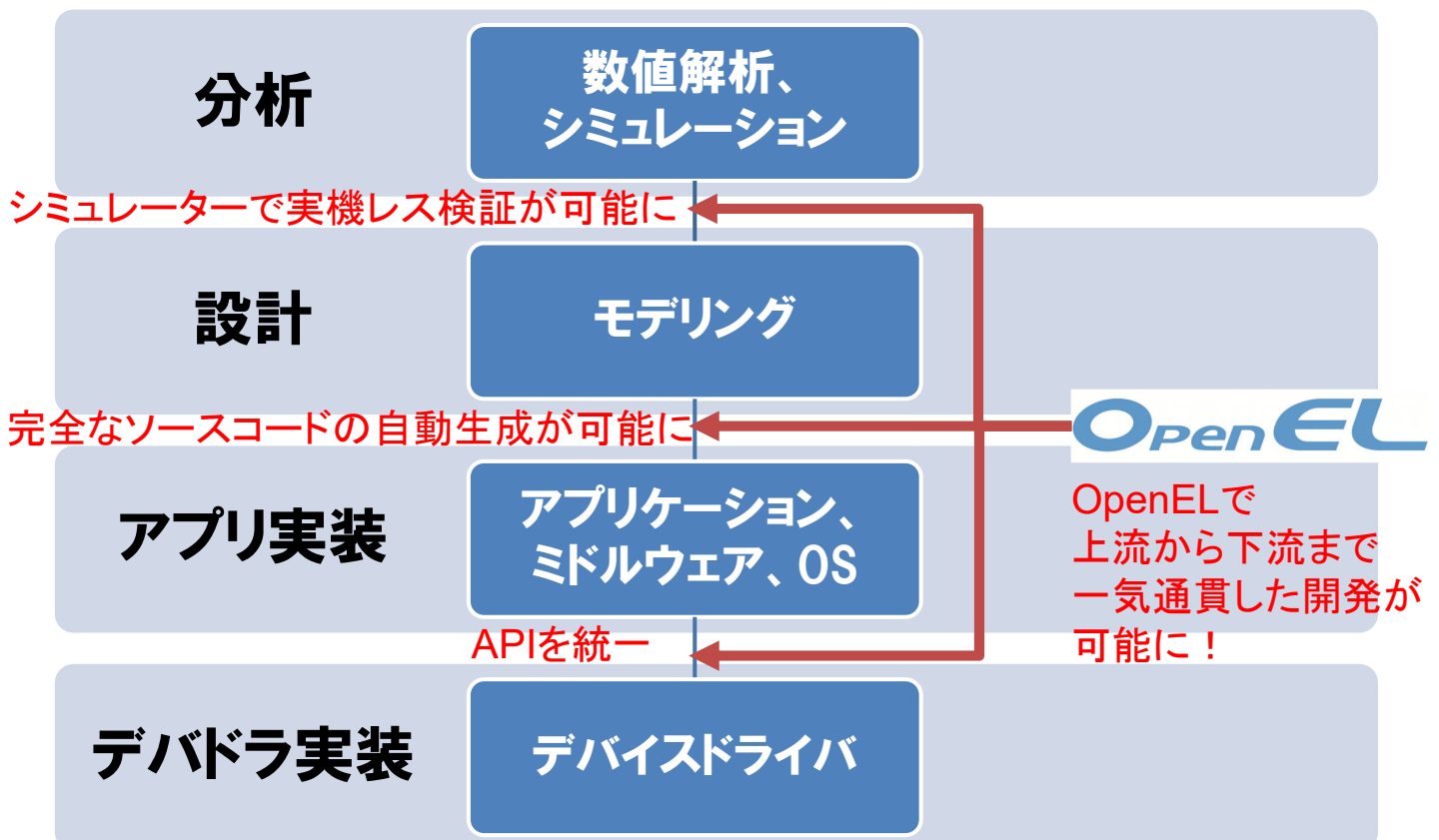


- 品質(Quality)の向上
 - テスト済みのソフトウェア部品(コンポーネント)を再活用することにより品質を保証！
- 開発コスト(Cost)の削減
 - デバイス毎に異なっていたAPIを学習する期間を削除！
 - ソフトウェア部品(コンポーネント)の新規開発の削減！
 - テスト済みのソフトウェア部品(コンポーネント)を再利用することにより開発期間を短縮！
 - 車輪の再発明を排除！
- 納期(Delivery)の短縮
 - APIが標準化されているため、異なるプラットフォーム、異なるベンダーのデバイスでもソースコードの変更が不要
 - テスト済みのソフトウェア部品(コンポーネント)を組み合わせることにより開発期間とテスト期間を短縮！
- ソフトウェア開発力の強化
 - アクチュエーターやセンサーを専門としない組み込みソフトウェア技術者による制御システムの開発が可能に
 - エンタープライズシステムの技術者によるIoTシステムなどの開発も可能に
- 応用範囲(シミュレーターやWebとの接続)の拡大
- ユーザーの増加



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

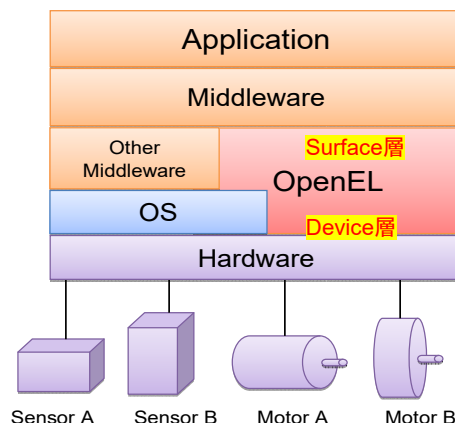
OpenEL®で何がどうなるのか？



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



- 制御システムやIoTデバイスなどの**ソフトウェアの実装仕様(API)**を標準化する組み込みシステム向けのオープンなプラットフォーム
- 特徴
 - デバイスの制御に特化し厳選された**19個のAPI**
 - Surface層とDevice層の複数層による**ハードウェアの抽象化**を実現
 - デバイスを交換してもアプリケーションの**ソースコードの修正は不要!**
 - Device層によるハードウェア制御の**ノウハウの隠蔽化**を実現
- 実装言語
 - C/C++/C#
- 対応プラットフォーム
 - Non-OS、Embedded RTOS、Linux、Windows、macOS
- 対象ユーザー
 - 組み込みシステム技術者からエンタープライズシステム技術者まで



- デバイス(センサーやモーター)の接続先が異なっていてもアプリケーション層のソースコードは変更不要！
 - GPIO
 - UART
 - SPI
 - I2C
 - CAN
 - Ethernet
 - Internet
- 実デバイスが存在しなくても仮想シミュレーション環境でテストが可能！
 - 箱庭
- シミュレーション環境と実環境でアプリケーション層のソースコードは同一！
 - HAL ID、OpenEL未対応のデバイス用のコードを除く



2011年5月、プラットフォーム研究会ロボットWGにより開発着手

2012年5月、OpenEL 0.1を公開

2013年5月、OpenEL 1.0を公開

2015年4月～2018年2月、
経済産業省の国際標準開発事業に採択

2015年7月、OpenEL 2.0を公開

2018年6月、OpenEL 3.1をGitHubで公開

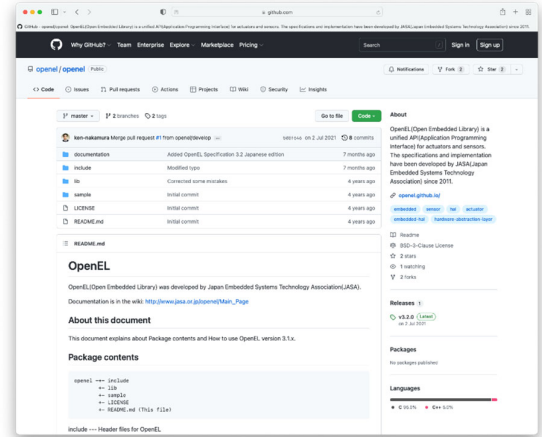
<https://github.com/openel/openel>

2020年10月～2021年2月、
経済産業省「地域分散クラウド技術開発事業」に採択

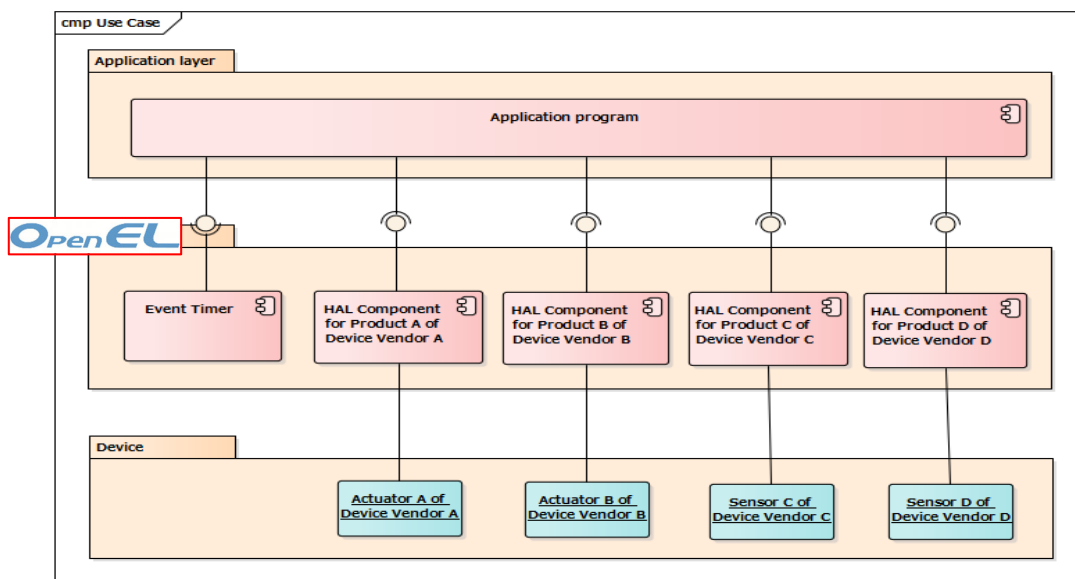
2021年7月、OpenEL 3.2(C#版)を公開

2021年7月～2022年2月、
経済産業省「次世代ソフトウェアプラットフォーム実証事業」に採択

2023年5月、OpenEL 3.2(C++版)を公開

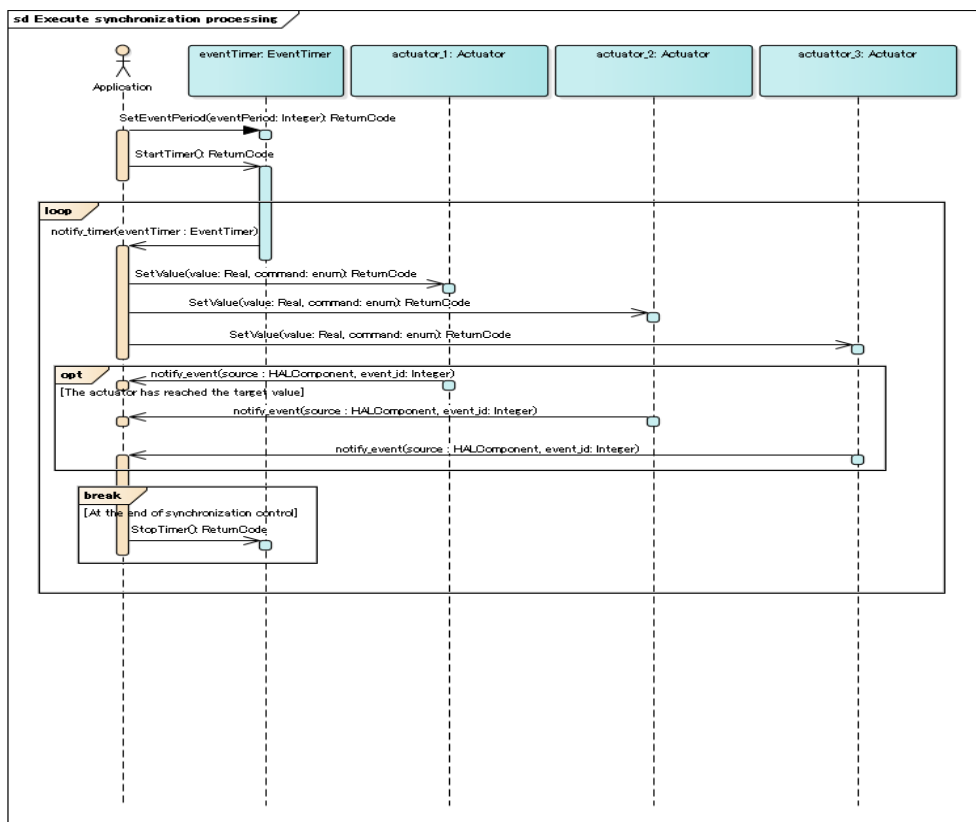
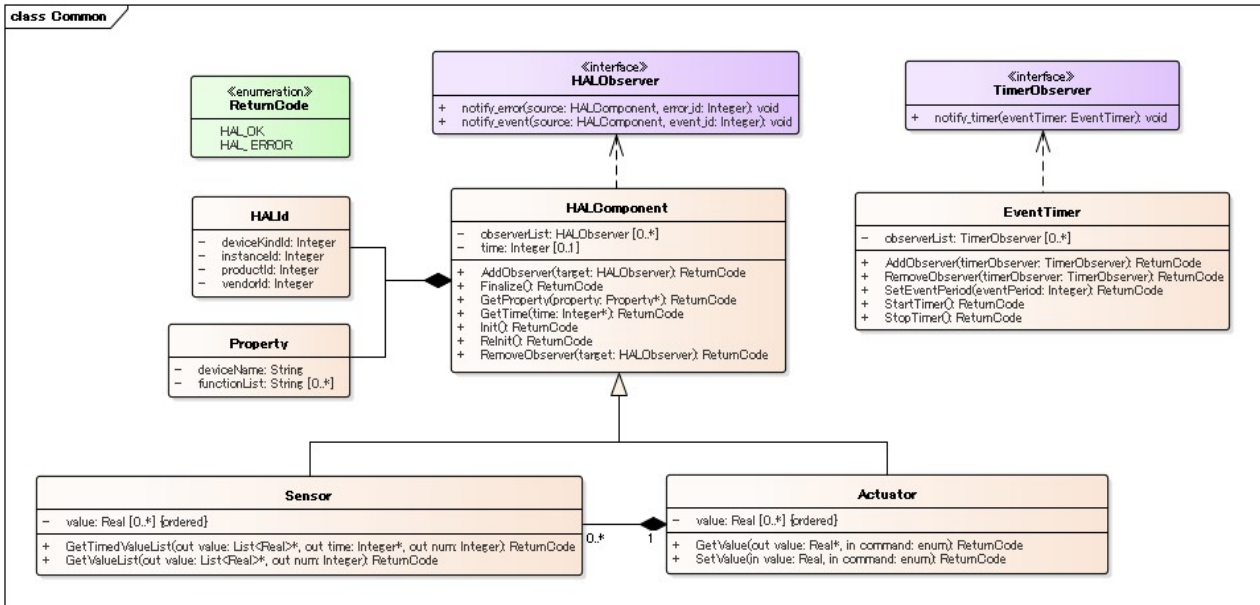


OpenEL[®] 3.2 仕様



Surface層

Device層





■ コンポーネント共通

```
HALRETURNCODE_T HalInit(HALCOMPONENT_T *halComponent);
HALRETURNCODE_T HalReInit(HALCOMPONENT_T *halComponent);
HALRETURNCODE_T HalFinalize(HALCOMPONENT_T *halComponent);
HALRETURNCODE_T HalAddObserver(HALCOMPONENT_T *halComponent, HALOBSERVER_T
*halObserver);
HALRETURNCODE_T HalRemoveObserver(HALCOMPONENT_T *halComponent, HALOBSERVER_T
*halObserver);
HALRETURNCODE_T HalGetProperty(HALCOMPONENT_T *halComponent, HALPROPERTY_T
*property);
HALRETURNCODE_T HalGetTime(HALCOMPONENT_T *halComponent, int32_t *timeValue);
```

■ イベントタイマー

```
HALRETURNCODE_T HalEventTimerStartTimer(HALEVENTTIMER_T *eventTimer);
HALRETURNCODE_T HalEventTimerStopTimer(HALEVENTTIMER_T *eventTimer);
HALRETURNCODE_T HalEventTimerSetEventPeriod(HALEVENTTIMER_T *eventTimer, int32_t
eventPeriod);
HALRETURNCODE_T HalEventTimerAddObserver(HALEVENTTIMER_T *eventTimer,
HALTIMEROBSERVER_T *timerObserver);
HALRETURNCODE_T HalEventTimerRemoveObserver(HALEVENTTIMER_T *eventTimer,
HALTIMEROBSERVER_T *timerObserver);
```



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



■ モーター制御

```
#define HAL_REQUEST_NO_EXCITE (0)
#define HAL_REQUEST_POSITION_CONTROL (1)
#define HAL_REQUEST_VELOCITY_CONTROL (2)
#define HAL_REQUEST_TORQUE_CONTROL (3)
#define HAL_REQUEST_POSITION_ACUTUAL (5)
#define HAL_REQUEST_VELOCITY_ACUTUAL (6)
#define HAL_REQUEST_TORQUE_ACUTUAL (7)
```

```
HALRETURNCODE_T HalActuatorSetValue(HALCOMPONENT_T *halComponent, int32_t request, HALFLOAT_T value);
```

目標角度/位置、目標角速度/速度、目標トルクまでモータを動作させる。本メソッドは非同期であり、モータが目標値に到達するまでは待たない。モータが目標値に到達する前に、再度本メソッドが呼ばれた場合には、目標値が更新される。モータが目標値に到達したことは、HALObserver を使用してアプリケーション側に通知される。ただし、この通知は、最終的な目標値に到達した場合のみ発行される。このため、本メソッドを複数回呼び出し、目標値が更新された場合には、最終的な目標値を設定したメソッドに対応した通知のみ行われる。

```
HALRETURNCODE_T HalActuatorGetValue(HALCOMPONENT_T *halComponent, int32_t request, HALFLOAT_T *value);
```

対象モータの現在角度/位置、現在角速度/速度、現在トルク/力を取得する。
現在値が測定できない要素の場合には、推定値もしくは指令値を返す。

位置 単位[rad] または [m](製品仕様)
速度 単位[rad/s] または [m/s] (製品仕様)
トルク 単位[N・m] または [N] (製品仕様)



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



■ センサー入力

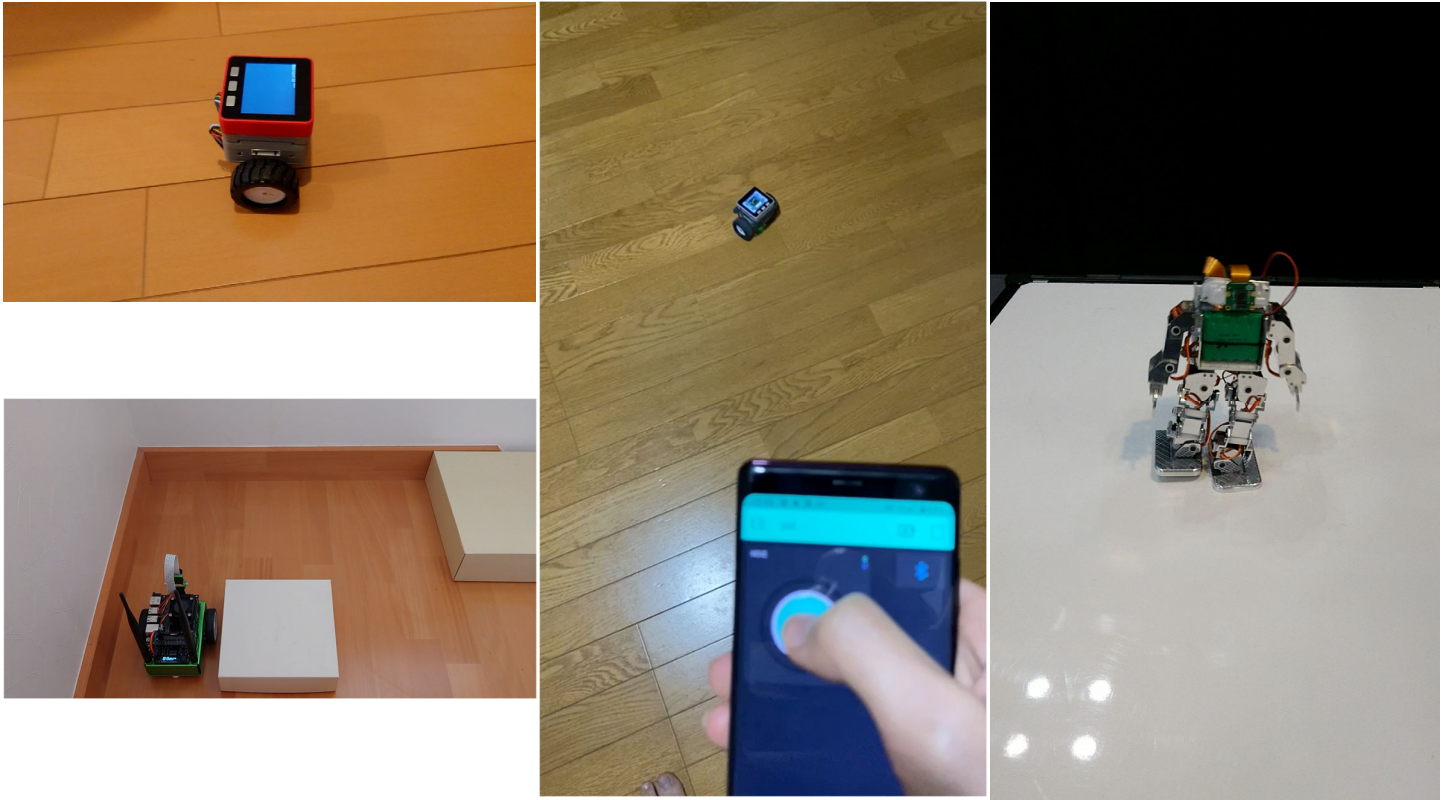
HALRETURNCODE_T HalSensorGetValueList(HALCOMPONENT_T *halComponent, int32_t *size, HALFLOAT_T *valueList);
センサーから値を取得する

HALRETURNCODE_T HalSensorGetTimedValueList(HALCOMPONENT_T *halComponent, int32_t *size, HALFLOAT_T *valueList, int32_t *timeValue);
センサーから値と時間情報を取得する

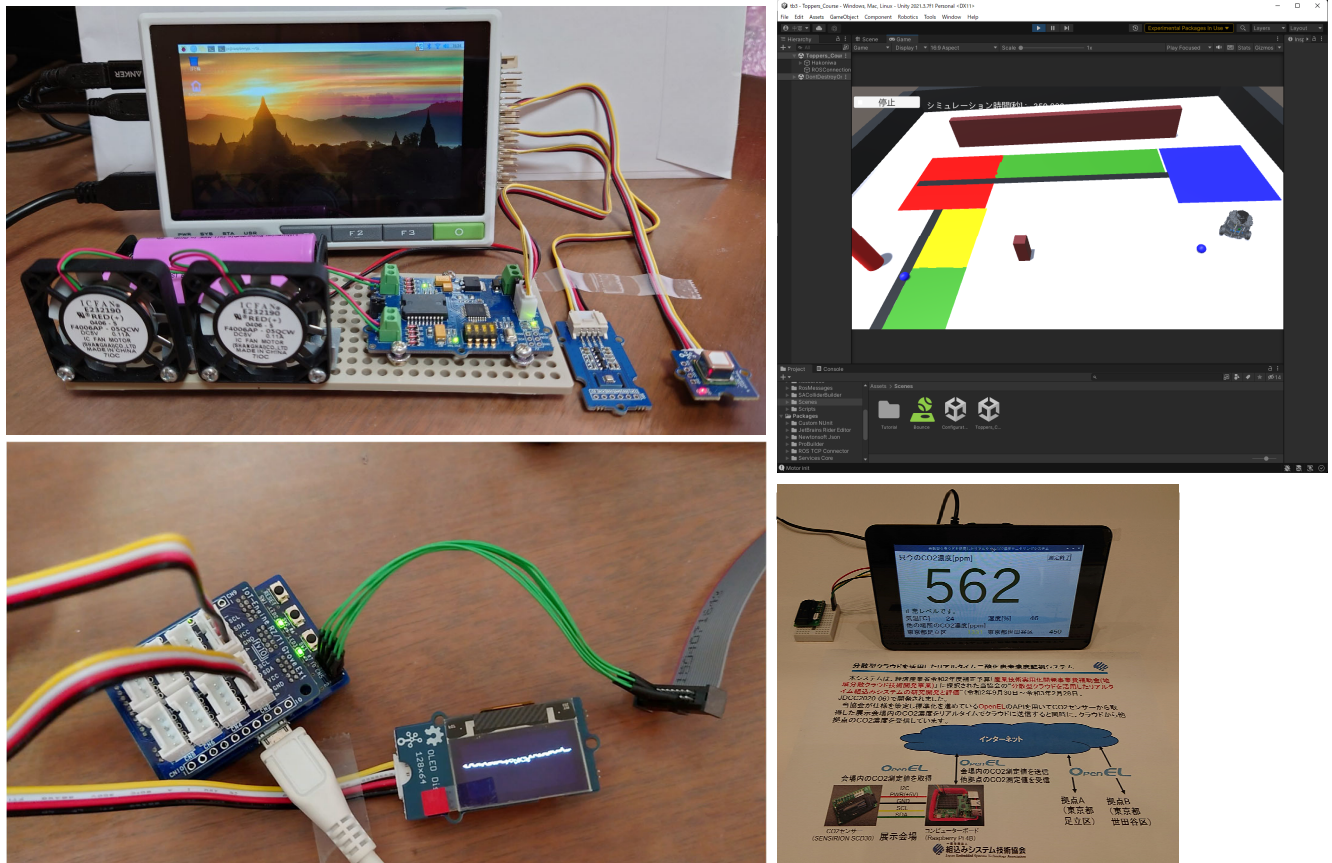


OPENELの実装例

OpenELの実装例



OpenELの実装例



2024年度の活動報告

2024年度の活動目標



ユーザーの増加、対応デバイスの増加、他システムとの連携、OpenELエコシステムの構築を目指して活動する。

1. OpenELの国内外における普及

- OpenELの国内外における普及のため、OpenEL対応プラットフォームとデバイスを強化する。
- ETロボコンSPIKEキットへの対応

2. OpenELの仕様の強化

- 国際標準への提案にあわせて仕様を強化する。

3. OpenELの国際標準への提案

- ISO/IEC JTC1/SC41への提案
- 経済産業省が国際標準化を進めているISO/IEC 30161 Internet of Things(IoT) – Data Exchange Platform for IoT servicesのPart 3: Architecture and interface for remote control systemsのInterface仕様としてOpenELを提案する。



- WG開催: 12回
- セミナー開催: 2回
- 1. OpenELの国内外における普及
 - LEGO SPIKE(SPIKE-RT)、Raspberry Pi Mouseへの対応
 - EdgeTech+ West出展、講演
 - EdgeTech+ 出展、講演
- 2. OpenELの仕様の強化
 - 改訂なし
- 3. OpenELの国際標準への提案
 - ISO/IEC JTC1/SC41への提案を実施
 - ISO/IEC 30161-1:2020、30161-2:2023 IoT DEPを実装

第1回セミナー



日時: 2024年11月29日(金) 15:00~16:00

場所: JASA会議室及びWebEx

参加者: 8名/5社+ WG外: 1名

講演タイトル: スマートホーム機器の新たな共通規格であるMatterとは

講演者: デイジインターナショナル株式会社 代表取締役社長 江川将峰様

テュフラインランドジャパン株式会社 シニアエキスパートエンジニア 齋藤修治様

講演概要:

欧米を中心にスマートホームの普及が進んでいるもののメーカー毎にバラバラな通信規格は、普及の障害要因となっていた。その問題を解決するために誕生したのが「Matter」である。Matterとは、CSA(Connectivity Standard Alliance)が推進する業界統一のオープンソース接続規格で、メーカーを問わず、プラットフォームを超えてIoT機器間のシームレスな通信を可能にするものである。このMatterの protocolsによりプラットフォームの枠組みを超え、より便利にIoT機器の操作ができるようになる。本講演では、スマートホーム、CSA(Connectivity Standard Alliance)、Matter、Matter対応製品、認証プロセスなどについて紹介いただいた。



日時: 2025年2月25日(火) 16:00~17:00

場所: JASA会議室及びTeams

参加者: 10名/7社 + WG外: 7名

講演タイトル: SLMとエッジAIコンピューティングの最前線

講演者: 東京エレクトロデバイス株式会社 クラウドIoTカンパニー

バイスプレジデント 西脇章彦様

部長 北澤知成様

講演概要:

東京エレクトロデバイスによる本セッションでは、エッジAIコンピューティング向けに注目されているSLM(Small Language Model、小規模言語モデル)に関する最新技術動向を解説いただいた。

また組み込み機器向けのSLM動向ならびにエッジAI活用事例について、具体的なデモを交えて紹介いただいた。

EdgeTech+ West 2024

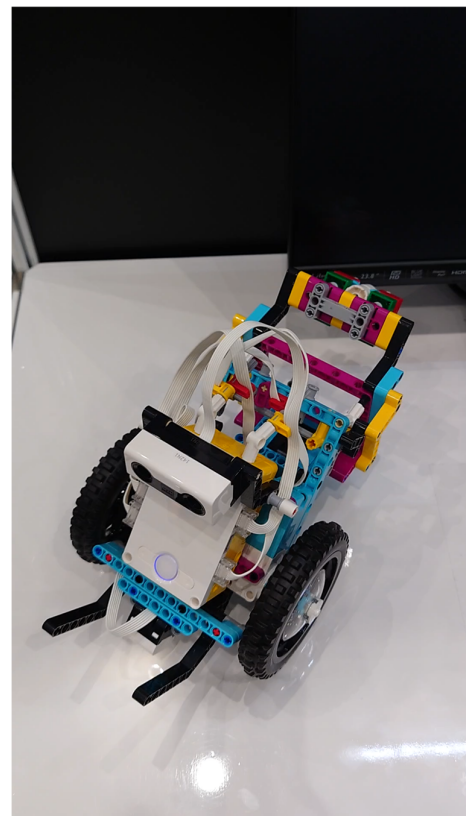
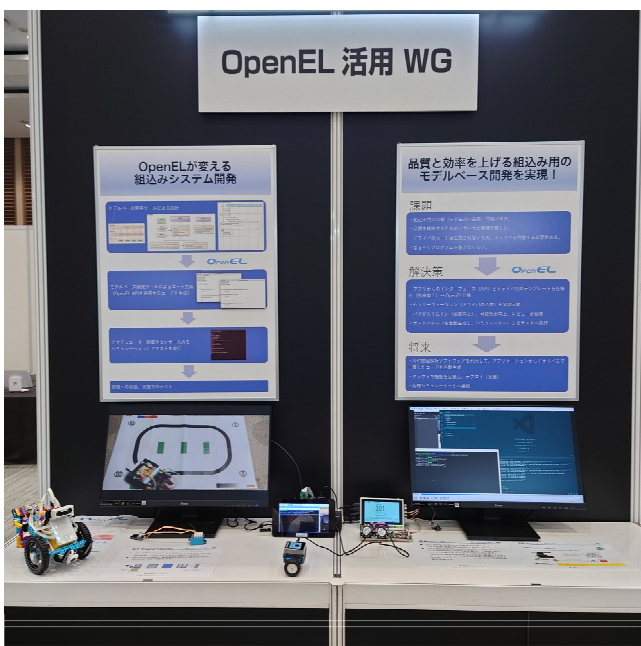


OpenELブース来場者数: 約100名

OpenEL資料配布: 80枚

(内訳: ブース: 60枚、講演: 20枚)

講演聴講: 20~25名

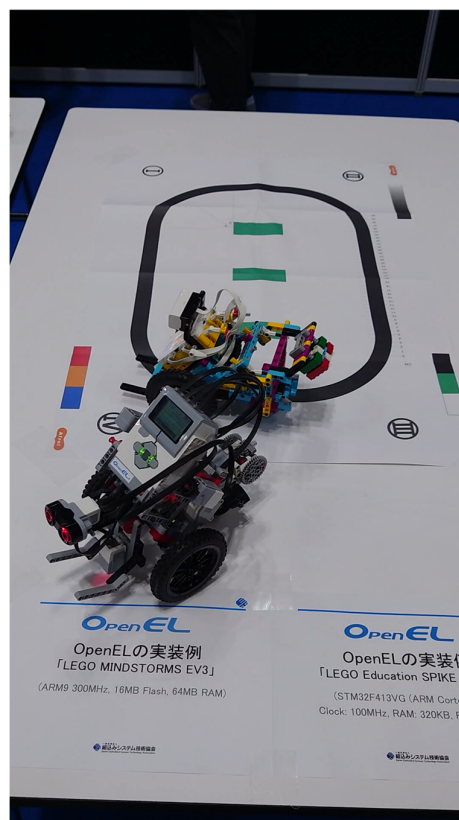
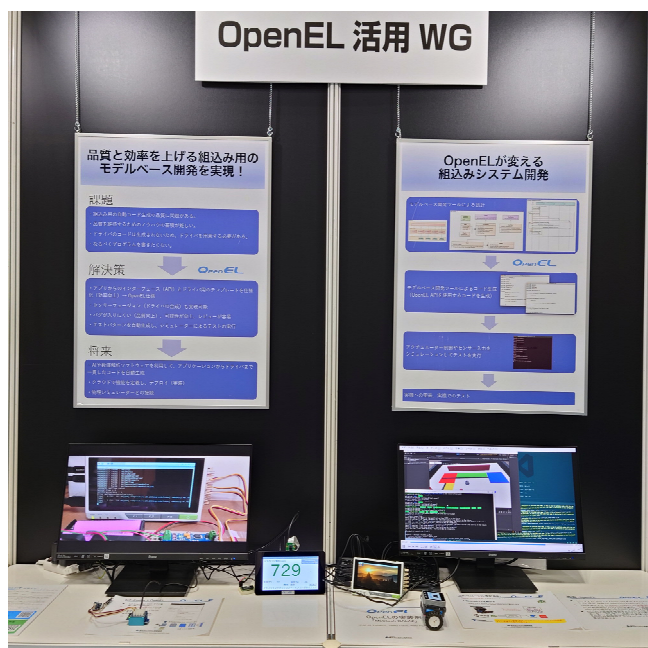


OpenELブース来場者数: 約200名

OpenEL資料配布: 280枚

(内訳: ブース: 150枚、講演: 30枚、会員ブース: 100枚)

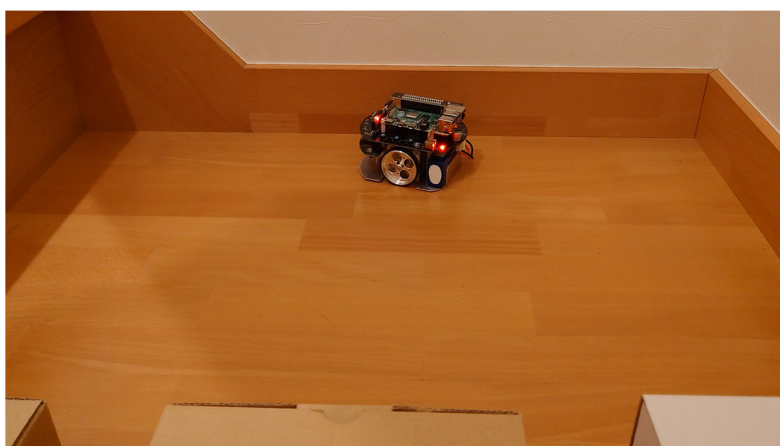
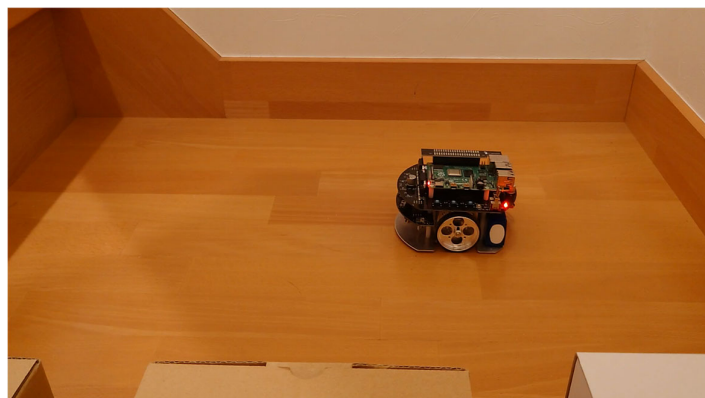
講演聴講: 30~40名



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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

Raspberry Pi Mouseへの対応



大阪・関西万博催事イベント対応のため、(株)アールティー様からRaspberry Pi Mouseを無償で貸与いただきました。ありがとうございました。

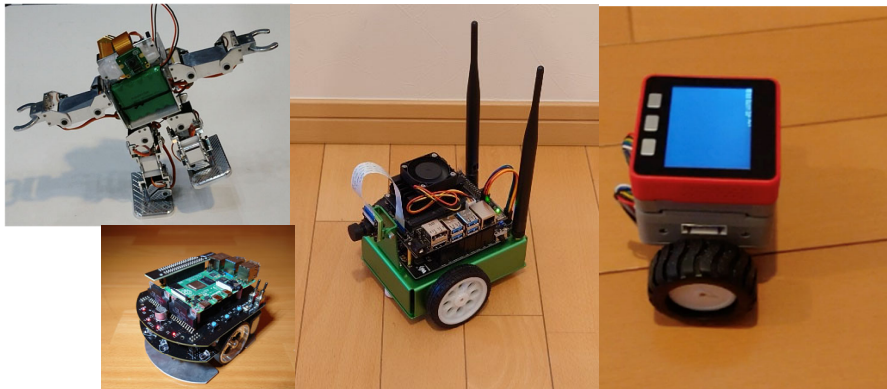
一般社団法人
組み込みシステム技術協会
Japan Embedded Systems Technology Association

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



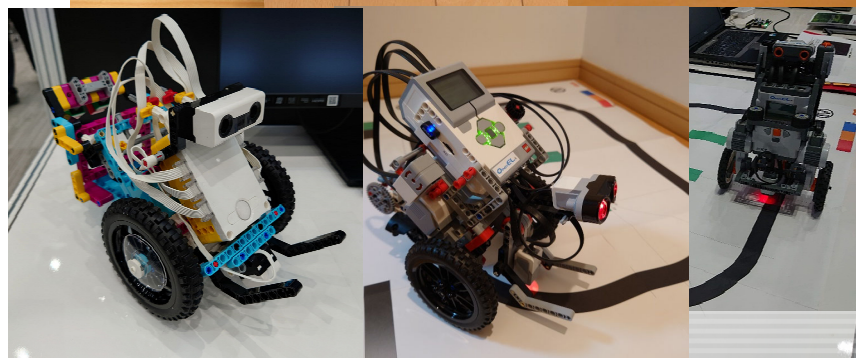
■ 対応デバイス

- ・ モーター(速度制御、位置制御、トルク制御)
- ・ ジャイロセンサー
- ・ トルクセンサー
- ・ 加速度センサー
- ・ 地磁気センサー
- ・ 距離センサー
- ・ カセンサー
- ・ 温度センサー
- ・ 湿度センサー
- ・ 気圧センサー
- ・ 二酸化炭素センサー
- ・ カラーセンサー
- ・ タッチセンサー
- ・ 電流センサー



■ 実装例

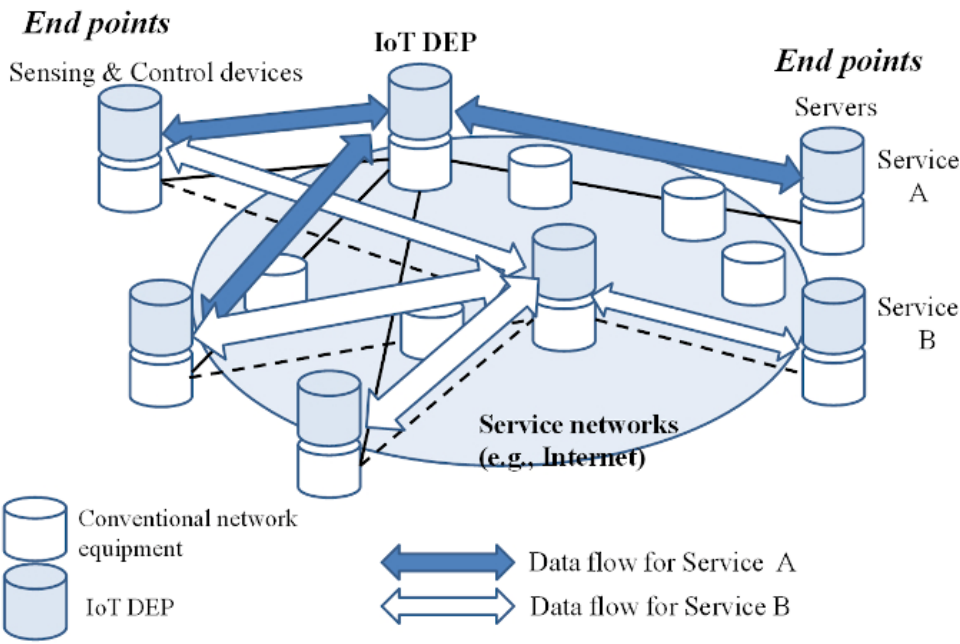
- ・ 二足歩行ロボット UTRX-17
- ・ M5Stack Fire/BALA/BALA2
- ・ LEGO Mindstorms NXT/EV3
- ・ **LEGO SPIKE**
- ・ NVIDIA JetBot
- ・ IoT-Engine RZ/T1 SEMB1401
- ・ **Raspberry Pi Mouse**
- ・ 箱庭



国際標準への提案



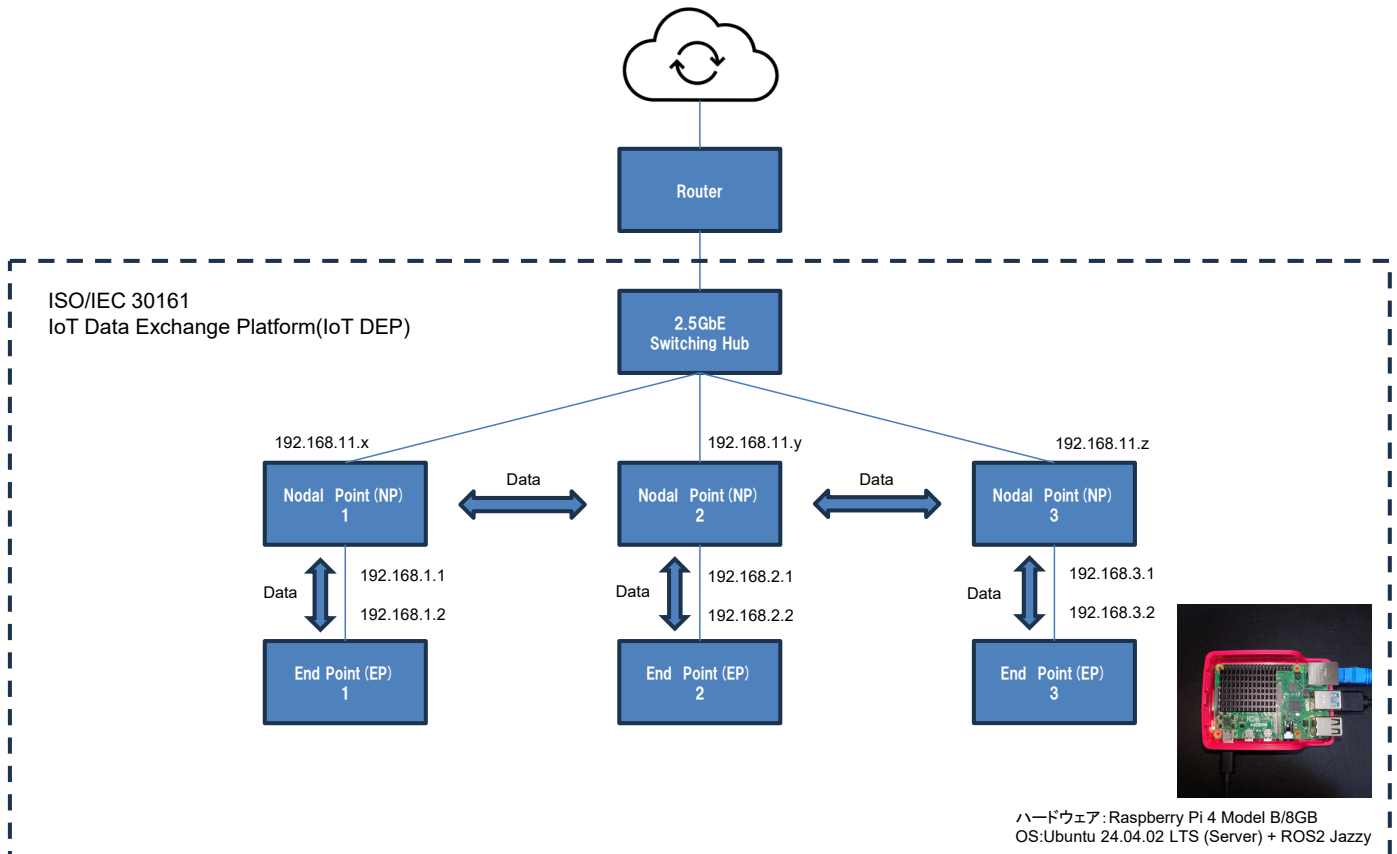
- 金沢工業大学主導の提案が「令和6年度エネルギー需給構造高度化基準認証推進事業費」に選定
- テーマ名:「募省6 遠隔制御システム向けIoTプラットフォームに関する国際標準化」
- テーマ概要: ネットワークを介した様々な産業用の遠隔制御システムの実現するためのIoTプラットフォームの標準化を実施。
ISO/IEC 30161シリーズ(IoT Data Exchange Platform)の実現形態として、**機器接続抽象化機能**を組み合わせることにより、制御システムの遠隔接続を実現。
アーキテクチャ、インターフェース及び実装方式の国際規格を開発する。
- 5月: ISO/IEC JTC1/SC41ヘルシンキ会議で新規格を提案
- 11月: 中国会議でPWI(Preliminary Work Item(予備業務項目))として承認
- 2~4月: PWI会合を3回実施
- 6月のモントリオール会議でNWIP(New Work Item Proposal(新業務項目提案))を予定

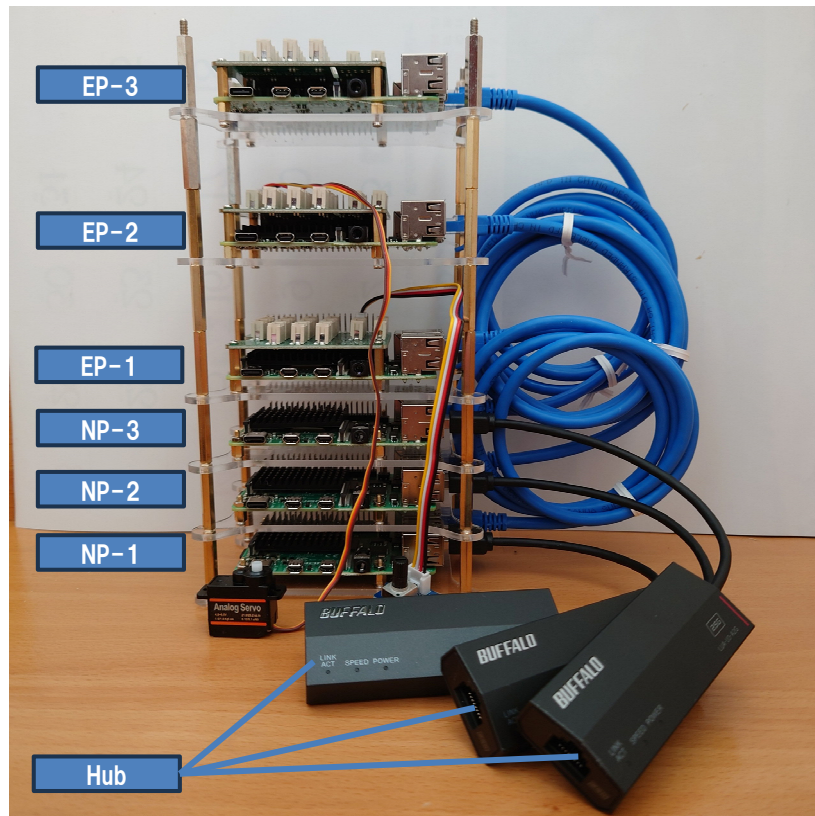


IoT DEPを含んだネットワーク構成の模式図

引用元: https://www.kanazawa-it.ac.jp/kitnews/2021/0115_yokotani.html

IoT DEPの実装



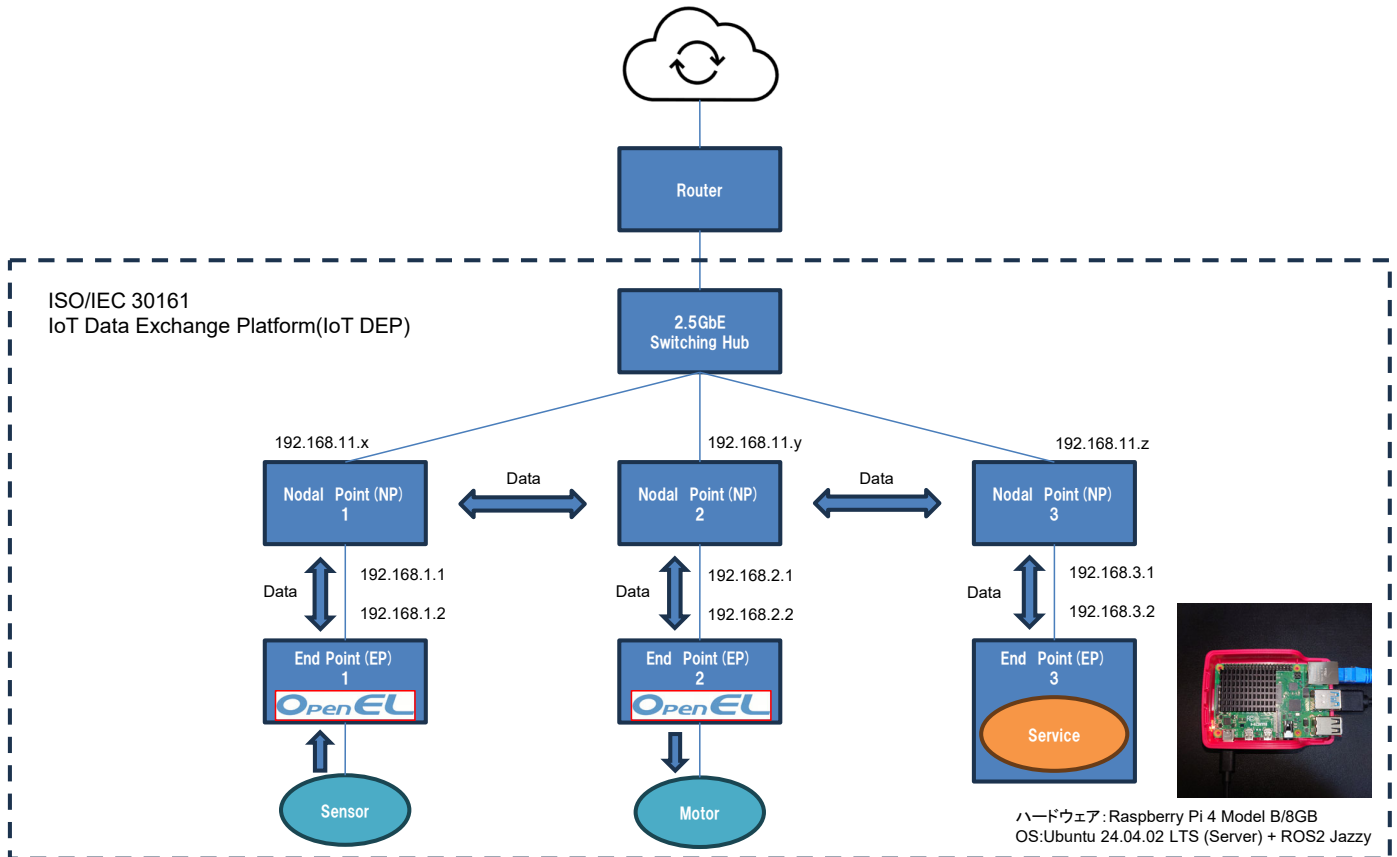


一般社団法人
組込みシステム技術協会
Japan Embedded Systems Technology Association

EP-1からNP-2,3へのデータ転送の例

	<pre>jasa@np-1:~/ros2_ws/src/my_... jasa@ep-1:~\$ ros2 topic pub /input_topic std_msgs/msg/String "data: 'Hello, Relay'"</pre>	<pre>jasa@np-2:~\$ ros2 topic echo /output_topic</pre>	NP-2
EP-1		<pre>jasa@ep-2:~\$ ros2 topic echo /output_topic</pre>	EP-2
	<pre>jasa@np-1:~/ros2_ws/src/my_relay_package/my_relay_package\$ python3 relay_node.py</pre>	<pre>jasa@np-3:~\$ ros2 topic echo /output_topic</pre>	NP-3
NP-1		<pre>jasa@ep-3:~\$ ros2 topic echo /output_topic</pre>	EP-3

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



2024年度の活動総括

1. OpenELの国内外における普及

- ETロボコンSPIKEキット(SPIKE-RT)とRaspberry Pi Mouseに対応し、OpenEL対応プラットフォームが2つ増えた。
- 展示会に出展し、300名を超える方々に来場いただいた。
- 展示会で講演し、50名を超える方々に聴講いただいた。
- インドネシアで開催されたIEEE 29th Asia Pacific Conference on Communications(APCC)でOpenELが紹介される論文が発表された。

2. OpenELの仕様の強化

- 2025年度に持ち越した。

3. OpenELの国際標準への提案

- ISO/IEC JTC1/SC41で新規格を提案し、PWIとして承認された。
- PWI会合を実施し、NWIPへの準備を進めた。
- ISO/IEC 30161-1:2020、30161-2:2023 IoT DEPを実装した。

2025年度の活動予定

2025年度の事業計画



- WG: 12回
- セミナー: 2回
- 1. OpenELの国内外における普及
 - EdgeTech+ West出展、講演
 - EdgeTech+ 出展、講演
 - EXPO 2025 大阪・関西万博 出展(4/29)
- 2. OpenELの仕様の強化
 - デジタルツイン向けのデバイスドライバの要求仕様の策定、設計、実装
- 3. OpenELの国際標準への提案
 - 6月: モントリオール会議でNWIP (New Work Item Proposal (新業務項目提案))
 - 2025年度: 作業原案 (WD)
 - 2026年度: 委員会原案 (CD)
 - 2027年度: 国際規格原案 (DIS)、最終国際規格案 (FDIS)
 - 2028年度: 国際規格 (IS)

EXPO 2025 大阪・関西万博 出展(4/29)



イベント名:ドローンが創る物流、医療、災害時の革新とデジタルツイン技術の活用

会場:東ゲートゾーン 大阪ヘルスケアパビリオン **リボーンステージ**

14:00から18:00まで約**20名**がOpenELで制御するRaspberry Pi Mouseの操作を体験



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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

45

EXPO 2025 大阪・関西万博 出展(4/29)



OpenEL

OpenEL® ensures the quality of your embedded software, reduces development costs and shortens delivery times!

What is OpenEL®(Open Embedded Library)?

Developed primarily by the Japan Embedded Systems Technology Association (JESA), this is an open platform for embedded systems that standardizes software implementation specifications (API) for control systems, IoT devices, and other devices.

What are the benefits of using OpenEL®?

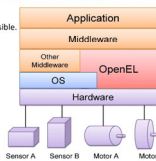
- It reduces the need for new development of software components.
- By reusing tested software components, you can guarantee quality and shorten the development process.
- You can eliminate the learning period for APIs that differ for each device.
- Because the API is standardized, there is no need to change the source code of the application software even for different platforms or devices from different vendors.
- Model-based development can be realized.
- Consistent development from upstream to downstream is possible.

Features of OpenEL®

- 19 carefully selected APIs specialized for device control
- Realize hardware abstraction through multiple layers
- Realize hidden know-how of hardware control
- Implemented in C/C++/C#
- Open source software
- Compatible with various platforms

OpenEL® compatible devices

- Motors (speed control, position control, torque control)
- Sensors (gyro, torque, acceleration, geomagnetic, distance, force, temperature, humidity, air pressure, carbon dioxide, color, touch, current)



Access now!

<https://github.com/openel>



Raspberry Pi Mouse
Operating instructions
ラズベリーパイマウスの操作説明

Operation Commands 操作コマンド	Command Description コマンドの説明
mf1	Move forward 1 second 1秒前進
mb1	Move backward 1 second 1秒後進
tr90	Turn right 90 degrees 右90度旋回
tl90	Turn left 90 degrees 左90度旋回
tr180	Turn right 180 degrees 右180度旋回
tl180	Turn left 180 degrees 左180度旋回

These commands use OpenEL to control the motors and sensors. これらのコマンドはOpenELを使用してモーターとセンサーを制御しています。

Raspberry Pi is a trademark of Raspberry Pi Ltd.

Raspberry Pi is a registered trademark of Raspberry Pi Ltd. in the UK.

OpenEL is a registered trademark of Japan Embedded Systems Technology Association (JESA) in Japan.

OpenEL is a trademark of Japan Embedded Systems Technology Association (JESA) in Japan.

OpenEL is a trademark of Japan Embedded Systems Technology Association (JESA) in Japan.

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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

113 46



TISインテックグループ TIS株式会社
 イームズロボティクス株式会社
 合同会社箱庭ラボ
 地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター
 アップウインドテクノロジー・インコーポレイテッド
 株式会社エクスモーション
 株式会社 シアン
 計画工学研究所
 株式会社クレスコ
 株式会社日立産業制御ソリューションズ
 デジタル・インフォメーション・テクノロジー株式会社
 株式会社D・Ace
 一般社団法人組込みシステム技術協会
 一般社団法人しまなみドローン協会
 株式会社ozora
 株式会社アールティ

・・・イベント主催
 ・・・イベント共催
 ・・・イベント共催

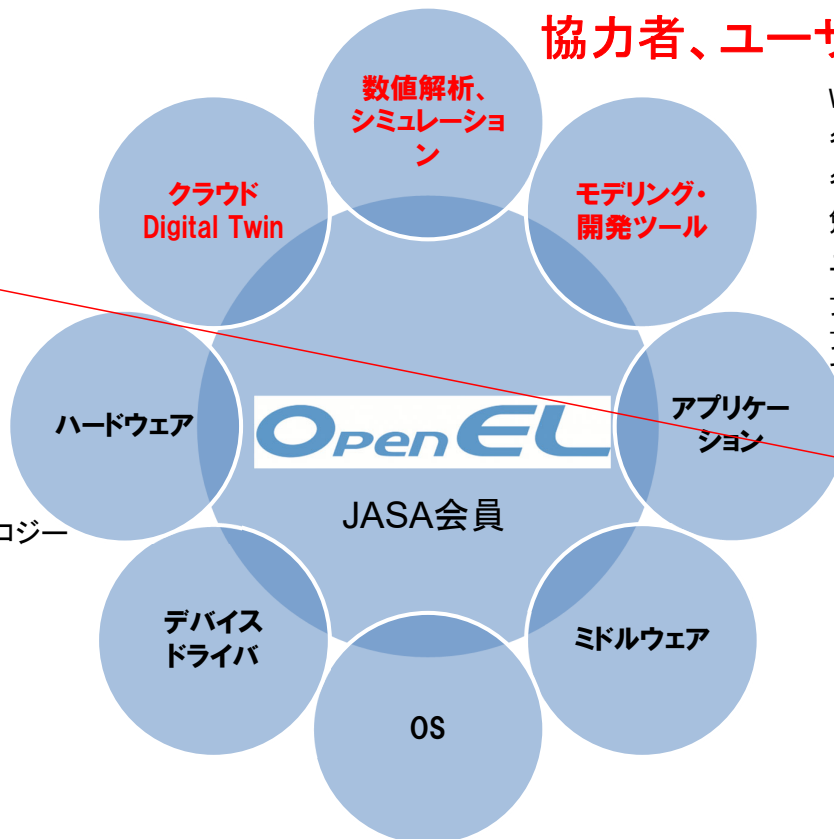
誠にありがとうございました。
 一般社団法人 組込みシステム技術協会
 Japan Embedded Systems Technology Association
 © Japan Embedded Systems Technology Association 2025

OpenEL エコシステム



協力者、ユーザー募集！

WGメンバー
 各種コンポーネントの実装
 各種ツールの対応
 勉強会講師
 ユーザーサポート
 貴社の顧客への提案等、
 貴社のビジネスツールとして
 てもご活用ください。



WGメンバー
 アップウインドテクノロジー
 アフレル
 エヌデーデー
 京セラ
 シマフジ電機
 チェンジビジョン
 金沢工業大学
 静岡大学
 東京大学
 東洋大学
 Knowledge & Experience
 日立産機システム
 UCサロン

教育
 大学
 高専
 専門学校
 工業高校



■ ご静聴ありがとうございました。



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



【OpenELが変える組み込みシステム開発】

2025/5/15 発行

発行者 一般社団法人 組み込みシステム技術協会
〒104-0042
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/>

本書の著作権は一般社団法人組み込みシステム技術協会（以下、JASA）が有します。
JASAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASAが占有します。
その他、JASAが定めた著作権規程に準じます。



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

画像認識による笑顔の 認識技術とその応用

2025年5月15日

コモングラウンド委員会/スマートライフWG

吉栖 孝弘

スマートライフWG紹介



活動目的

1. 人の感情（エモーション）や状態（バイタル）をセンシングし、IoTとして応用するための技術の調査・研究を実施する。
2. 生活上の課題を解決する（QoL向上の）ソリューションを **組込みの視点**から提案し、生活用IoTの普及を目指す。
3. プロトタイプを作成し、ソリューションの有用性について実証実験を行う。

過去の主な活動実績

■ 2017～2021

各種センサーの検証、バイタルセンシング
スマートホームでのIoT検証



■ 2021～2024

カメラ映像から表情解析



EdgeTech+でプロトタイプ デモ展示

- エモーションフラワー
- ハッピーミラー
- スマイルガチャ





オンラインコミュニケーションの課題

コロナ禍以降、**直接対話し、自分の感情（表情）をアウトプットする機会が減った**。それにより、笑顔を作ることが自然にできなくなった。カメラをオフにし、顔出しをしないオンラインコミュニケーションの弊害もある。



課題解決の仮説

自ら感情を豊かに表現できるようになれば、相手に感情を伝えやすくなったり、自分のモチベーションを上げたりできるのではないかな？



会話では、相手の表情から相手が理解しているかを確認するが、オンラインで顔出しをしていない場合、**相手の表情（感情）が見えず**、コミュニケーションが取りづらい。



オンラインコミュニケーション時に、リモート先の相手の**感情（表情）を可視化**することで、**コミュニケーションの活性化**に寄与できるのではないかな？

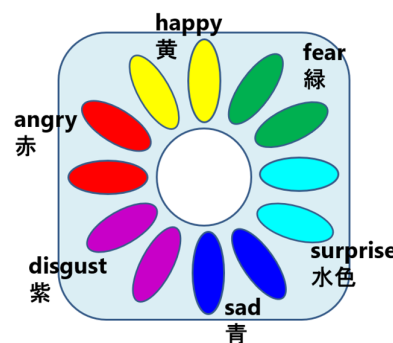


感情色仕様



オンラインコミュニケーションで一般的に使われるカメラを利用し、画像から感情を分類。感情の色は、プルチックの感情の輪に合わせた。

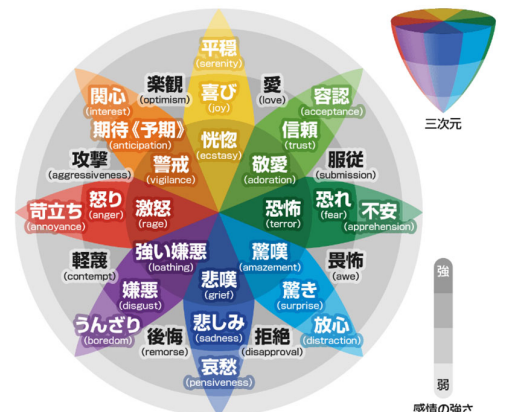
感情	名前
angry	赤
disgust	濃い紫
fear	濃い緑
happy	黄色
sad	青
surprise	水色
neutral	白



※neutralの場合は、全LEDを白にする

プルチック感情の輪

感情を8つの基本感情（真ん中）と2つの基本感情から生まれる混合感情に分類。さらにに基本感情には、感情の強さもある。



<https://swingroot.com/plutchik-emotion/>

単純に色を変えるのではなく、花の形にして、表現する。
エモーションフラワーと命名しプロトタイプの実成を実施。



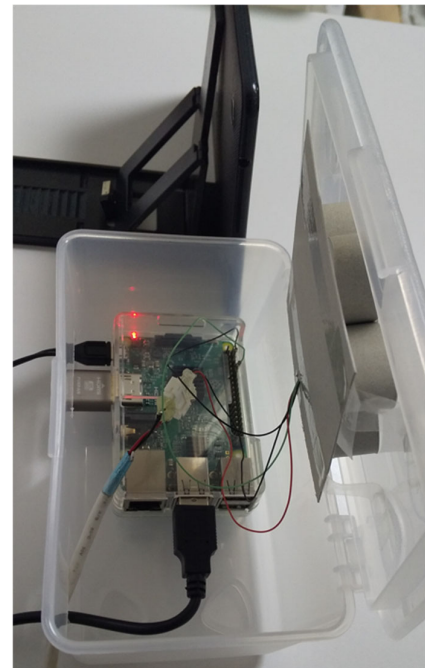
エモーションフラワープロトタイプ実機



正面



中身



HW	マイコン	RaspberryPi3
	LED	NeoPixel Ring
	カメラ	USBカメラ (エレコム)
SW	言語	Python3
	ライブラリ	Tensorflow (keras) Adafruit NeoPixel

Edgeのみで
動作可能



1. 免疫力がアップする

笑いや笑顔には、ナチュラルキラー細胞という免疫細胞を活性化させ、免疫力をアップする効果がある

2. エイジングケアになる

顔のリフトアップ効果が期待される

3. 表情筋が刺激を受け、ポジティブな気持ちになる

笑顔になることで顔の表情筋が刺激を受け、それが脳にフィードバックされると、ポジティブな感情が生まれる

4. コミュニケーションがスムーズになる

口角アップにより心理的安全性が担保される

5. 笑顔は周りに伝染する

相手の笑顔につられて笑顔になるので、お互いにいい気分になる

6. 幸福度がアップする

気持ちがポジティブなのでポジティブな発言が多く、幸せになる

『楽しいから笑うのではない。
笑うから楽しいのだ』



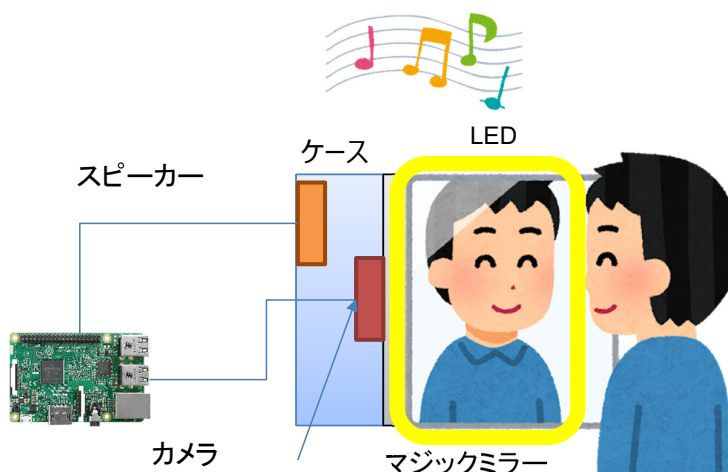
WGでは、スマートライフのキーワードとして、
笑顔に注目



ハッピーミラープロトタイプ



笑顔練習用の鏡を作ってみよう！



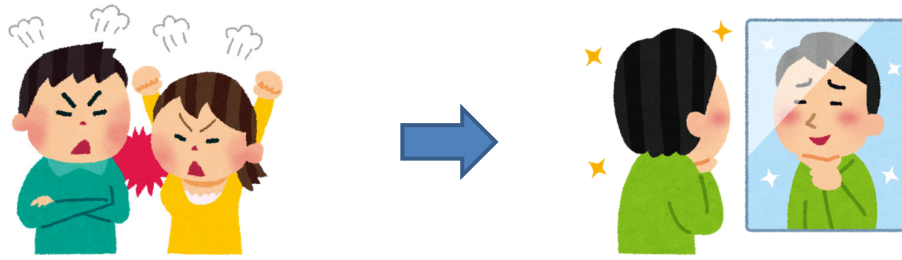
■仕様

- マジックミラーの裏にカメラをセットし、カメラを意識させない。
- カメラで笑顔を認識。（数秒間笑顔を作る）
- 笑顔を検出したら、LEDを光らせる。
- 笑顔が数秒間継続したら、スピーカーから音声を流す。



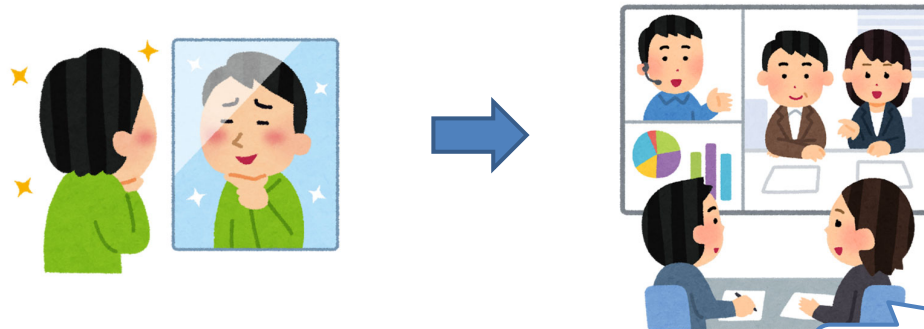
アンガーマネジメントへの活用

怒りを鎮めるために、怒りを感じたら、笑顔を作る。（怒りは6秒間しか持続しない）



リモートワークへの活用

笑顔を作ってから、MTGへ参加。メンバーの心理的安全性が確保されMTGが活性化する。



- 毎朝の身支度時に笑顔の練習をする
 - ゲームへの活用
- など、応用例はまだまだ！

ハッピーミラープロトタイプ実機



HW	マイコン	Raspberry Pi 3
	LED	フルカラーシリアルLEDテープ
	カメラ	Raspberry Pi カメラモジュール V2.1
	スピーカ	伝振動スピーカ
SW	言語	Python3
	ライブラリ	Tensorflow (keras) Adafruit NeoPixel

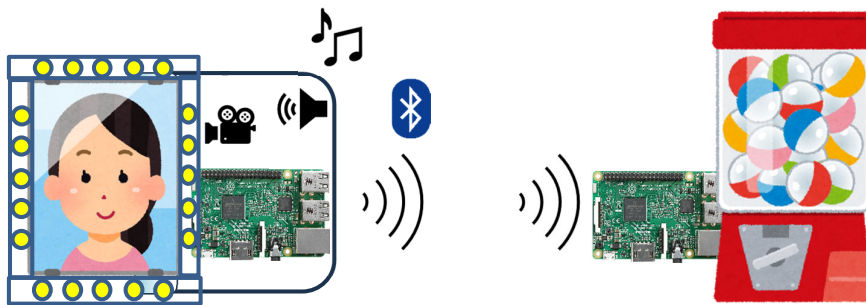
スマイルガチャ (ET+2023, 2024展示デモ)



ハッピーミラーの笑顔検出を利用し、以下の機能を追加した「スマイルガチャ」を考案した。

- 3秒以上連続して笑顔を検出、または3秒未満で笑顔が途切れた等、ハッピーミラーの Raspberry Pi からビーコン（笑顔検出/検出中断/他）を発信する。
- スマイルガチャの Raspberry Pi は特定のビーコンを受信したら、ガチャのハンドルをモーターで回し、景品を出す。

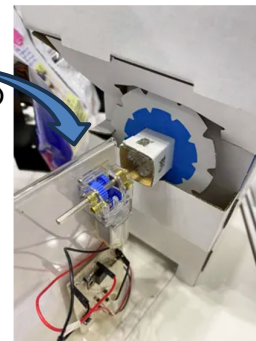
その他、ハッピーミラーには、認識する表情が一瞬一瞬で変化する「ばたつき」を抑えるため、平準化処理の調整を行った。



スマイルガチャ プロトタイプ実機



ガチャの裏側



ハッピーミラーとガチャ筐体の Raspberry Pi 同士がビーコン通信し、笑顔検出をトリガにモーターを回すことでガチャから景品が出てくる

HW	マイコン	Raspberry Pi 3 2台
	LED	フルカラーシリアルLEDテープ
	カメラ	Raspberry Pi カメラモジュール V2.1
SW	言語	Python3
	ライブラリ	Tensorflow (keras) Adafruit NeoPixel

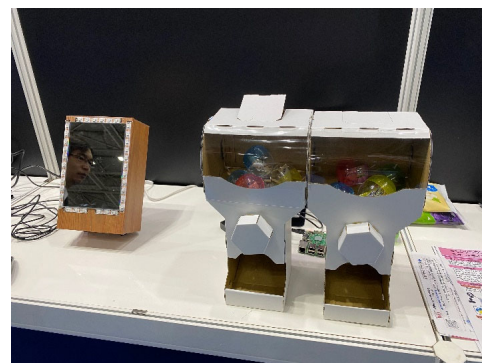


- 人の顔自体を認識できないことがある
 - 人によっては顔として認識しにくい(特に眼鏡や年配の方)
 - 環境の明るさによる要因もあるが、カメラや顔検出モデルによって改善できるのでは？
- 認識できてもタイムラグが大きい
 - Raspberry Piの性能による影響が大きい
 - カメラ前でどの程度表情を作ればよいかわかりにくい
- どんな顔をしてもなかなか認識しない表情がある
 - disgust(嫌悪)、fear(不安)等は表情の作り方・維持が難しく検出もされにくい、笑顔は維持しやすく認識率も高い
- 段ボール製のスマイルガチャは、運搬・運用の耐久性が低い

プロトタイプ開発における失敗と学び



- ifLinkサービスを利用して、笑顔を「If」、モーター駆動を「Then」として、「複数台設置した中から、表情によって動かすガチャを変える」動かそうとしたが、選定したモジュールに制約があり期待した動作ができなかった。



失敗もあったが、学びとして、

- 笑顔以外の表情の検出率や再現性を考えると、「**笑顔**」に特化することは方向性として間違っていない
- ネットワークを介すのではなく、**Raspberry Pi** のみで稼働できるシステムであれば、**設置や稼働も簡単**になる



2024年度の課題



2023年度までに開発したプロトタイプを通して得た課題を解決するために、2024年度は機能向上をメインに取り組んだ。

- 環境の明るさや人によっては顔を検出せず、展示会来場者がなかなか実体験できない場合があった。（特に太いフレームの眼鏡の人、年配の人など）
 - ✓ しかし、カメラを使用した表情解析は、その他のセンサーよりもエモーション検出に向いている（判定結果とその理由が比較的分かりやすい）
- 顔検出・表情認識モデルの改善・精度向上を考える。

- 展示・運用として、より使いやすいものにする。
多くの人に触れるところに設置するには筐体の強度改善も必要
（従来品は段ボール製のガチャを使用し、Raspberry Piや、モーター制御回路が露出している）
- 設置のしやすさや耐久性を考える。

2024年度の課題



■スマイルガチャはどんな使い方ができるか
何度かの展示会出展を経て、来場者との意見交換で、この技術の「活かすところ」が見えてきた。

➤ エンターテインメントとしての利用

画像から感情を読み取るという手軽さ、また笑顔にさせるというコンセプトから、多くの人を楽しむことを目的としても使えそう。
アミューズメントとしての利用が期待できるかも。

➤ コミュニケーションツールとしての利用

「他人が笑顔になろうとしていること自体が楽しい」という意見があり、同じ空間にいる人のコミュニケーションを活性化する役割がある。

感情認識の精度が低くても、それを笑い飛ばせるような玩具・ツールとして、エンタメ性をもった使い方でも有効活用できそう。

顔検出精度の向上実験 YuNet



顔検出モデル：YuNetモデルに変更

https://github.com/opencv/opencv_zoo/tree/main/models/face_detection_yunet

- 現状（正面の顔しか検出しない）よりも検出できる顔の状態が多く、検出速度が速い。
 - 横向きでも検出する（手で口を覆ったら検出しなかった）
 - 首をかしげると検出が弱い印象
 - PC上での実測 21~23fps
- 精度はYOLOv8には劣るが、軽さも考慮するとYuNetの方が使いやすそう。
 - 参考：
 - <https://opencv.org/blog/opencv-face-detection-cascade-classifier-vs-yunet/>
 - <https://zenn.dev/piment/articles/75cd1a96e8b362>

これをデータ収集にも利用した。

- ✓ 画像ファイルからYuNetで顔を検出し、FER2013に合わせて正方形に切り取ってファイル保存するプログラムを作成。



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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

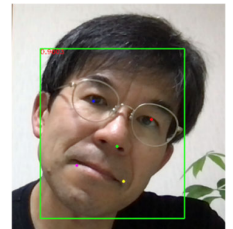
17

カメラ映像から表情を認識するまで



■ 数ステップのハードルがある

1. カメラから映像を読み取る
→暗い所でもきれいな映像が撮れるカメラの方が良い
2. 顔検出モデル：カメラ画像から顔を検出し、その部分を切り取る
→そもそも顔が検出されないと、表情認識に進めない
3. 表情認識モデル：切り取った画像から表情を分類する
いろんな表情が確率のように表現され、確率が高い表情を採用
→笑っているつもりでも表情に出にくいと誤認識される
→一瞬一瞬の画像により表情の判定（確率）がコロコロ変わる



笑顔：10%
怒り：20%
悲しい：5%
普通：50%
：

いたって
普通
…ですね

認識する表情がコロコロ変化するのを抑えるため、数枚の画像の表情（確率）を平準化することにより調整を行ったが、その分、表情の変化に対する反応が鈍くなる副作用もあり、バランスを取るのが難しい。

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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

18
124

FER2013データセットについて



- disgust (うんざり) はデータ数が圧倒的に少ないので、学習精度が落ちている可能性あり。
- Fear (恐怖) は angry (怒) や sad (悲) と区別しづらく、表情に出るほど恐怖を感じる状況がまれ。(あったら防犯などに使える??)
- 中には顔ではない画像や、正しく分類されていないものもあった



▼顔ではない



▼笑顔? ▼恐怖?



▼悲? ▼恐怖?



番号	表情	train.csv	val.csv	test.csv
0	angry	3995 (13.9%)	467 (13.0%)	491 (13.7%)
1	disgust	436 (1.5%)	56 (1.6%)	55 (1.5%)
2	fear	4097 (14.3%)	496 (13.8%)	528 (14.7%)
3	happy	7215 (25.1%)	895 (24.9%)	879 (24.5%)
4	sad	4830 (16.8%)	653 (18.2%)	594 (15.3%)
5	surprise	3171 (11.0%)	415 (11.6%)	416 (11.6%)
6	neutral	4965 (17.3%)	607 (16.9%)	626 (17.4%)
合計	35887	28709	3589	3589

FER2013データセットのデータ数



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

19

データセットの変更とモデル再作成



■ データセット

- FER2013データセットから、明らかに顔ではないものを除去
- (個人的な視点から) 誤分類と思われるものを修正
- 日本人、年配、眼鏡ありのデータを収集し追加 (約130枚)
- ハッピーミラー向けに、happyかその他かの2種類にした (happy以外をまとめた)

⇒これにより、日本人の表情認識精度の向上を図った

番号	表情	train.csv	val.csv	test.csv
0	happy以外	21484 (74.7%)	2696 (74.9%)	2707 (75.2%)
1	happy	7295 (25.3%)	905 (25.1%)	891 (24.8%)
合計	35978	28779	3601	3598

分類処理後のデータ数

■ モデル

- fer2013_mini_XCEPTION から ResidualMaskingNetwork に変更
 - 評価では、精度が高く、かつ高速
- 学習・推論プログラムを多分類から2値分類に変更し、学習し直した



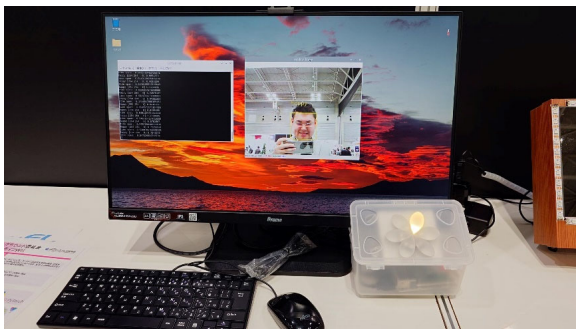
© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

125 20

新モデルをEdgeTech+2024で展示



- これまで難しかった眼鏡や年配の方の表情認識精度が上がっていることを明らかに実感できた。
 - 前回顔を検出できなかった人が、今回は表情認識まで成功！
 - ただし、太いフレームの眼鏡着用者は顔検出できないことがあった。
 - さらなるデータ収集やチューニングは継続的に行う必要がある
- 認識速度は改善してはいるが、実用レベルの観点からは まだ若干ストレスを感じる
 - ハード（Raspberry Pi 3）のスペックが大きな要因か



3Dプリンタを使用したガチャ筐体の設計・製作

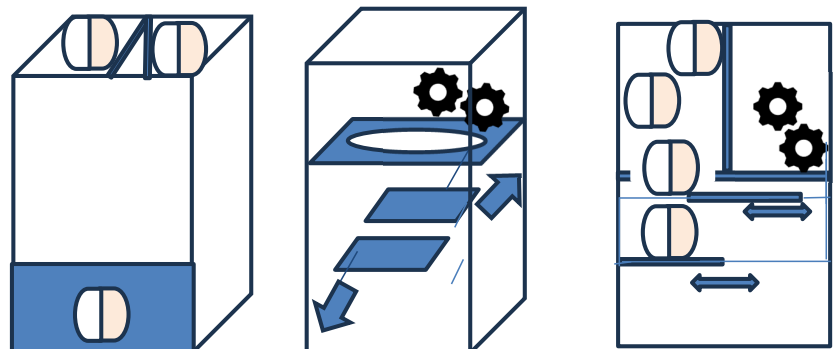


従来のガチャは段ボール製だったため、運搬・使用するうちに、傷み・動作のがたつきが生じていた。

⇒筐体の強化を主目的に、3Dプリンタによるガチャ筐体の製作を行った。

持ち運びを考慮して分解できるようにしたり、モーターやRaspberry Piを筐体内に収める空間を設けるなどしたが・・・

筐体設計とプリンタ素材に対するノウハウが足りず、設計ミスや板のゆがみなどから、運用に至らなかった…。orz



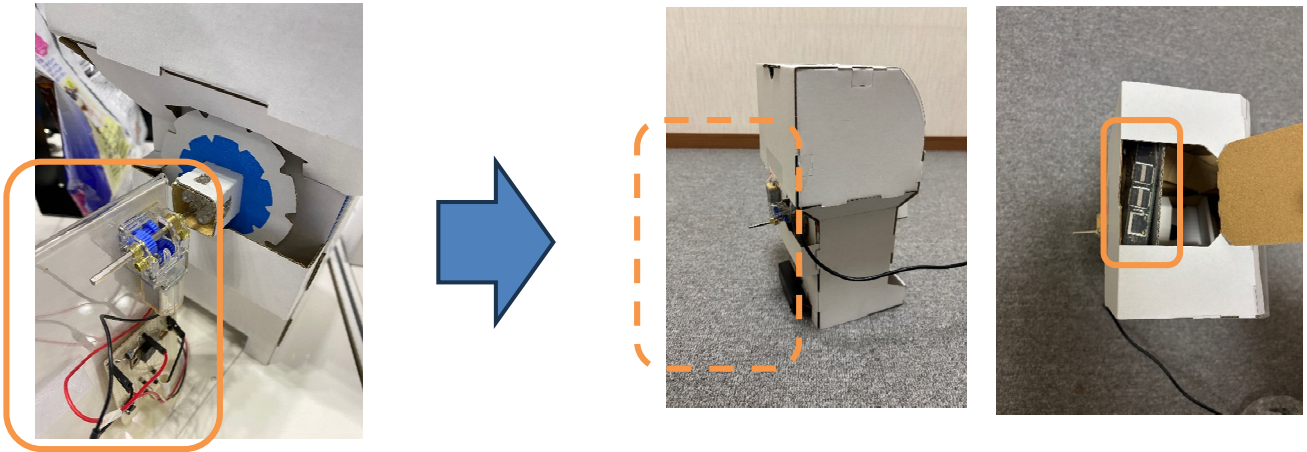
段ボールガチャのマイナーな改造+延命



外側に大きく飛び出していたモーターと Raspberry Pi …

⇒Raspberry Pi とモーター制御基板は筐体内に収納し、モーターと電池ボックスは筐体背面に付けることにより、裏側をスッキリさせた。

これでEdgeTech+2024はしのいだが…、筐体の改良は継続検討したい。



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

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

23

EgdeTech+ 2024 来場者の声（一部）



介護施設では介護者が利用者一人一人を対応する時間は限られている。その間の対応をいかに濃密に有効にできるかが大事。利用者の直接の反応というよりは、利用者の表情が良くなることで介護者の反応が良くなって利用者に跳ね返ってくる効果が出るのではないか。

役所の端末操作で困っている表情をしていたら人を呼び出す。怒っていたら上司を呼び出すなどできると良いかも。

声で感情認識をコールセンターで使われている。表情と声を組み合わせるといいかも。

情報端末などで感情に合わせて表示するフォントを変えられると面白そう。

営業の机の上に小さい鏡を置いている。電話を取る前に鏡を見て笑顔を作ってから受話器を取っている。気持ちが声に出るので、相手のウケが違うと思っている。

表情認識を研究したことがあったが、有料の表情認識ソフトを使っても難しく、諦めた。日本人の中でも、若くてもうまいかない社員がいた。声の方がいいかもしれない。あるいはマルチモーダルか。

PCのデスクトップの右下にフラワーを表示したら、自分の今の表情が分かっているいいかも。PCに向かっていると無表情になるので。

カメラの液晶画面の方にカメラを付けて、操作者の表情を撮影して、難しそうにしていたら優しいヘルプを出すなど考えたことがあった。実現はしなかった。

感情・表情を利用したアプリケーションにはニーズはあるが、まだあまり活用できていない様子
アイデア・状況次第でまだまだ深掘りできる可能性大！

一般社団法人
組込みシス
Japan Embedded System

© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

127



- 人の顔の画像を収集するのは大変
 - ・ 肖像権、個人情報・・・
 - ・ いろんな表情、いろんな角度をまんべんなく集めなくては・・・

だったら生成AIに
がっばがっば作らせてみるか？

- DALL E 2/3 が写真のような画像を生成できるらしい。
 - Microsoft Bing が DALL E 3 を使っているらしい。
- ・・・ということで、Microsoft Edge の Copilot でやってみた。(2024年5月)



以下の条件に合う写真のようなリアルな画像を10枚生成してください。

- ・日本人
- ・男性
- ・70代
- ・笑顔



- ・ 写真っぽいを出してくれた。→使えそうな気がする。
- ・ 髪型などきちんと整っている。
- ・ みんな和装、和室、掛け軸、花など周辺は似ている (西洋人目線のバイアス?)
- ・ 10枚指示したのに4枚しか出してくれなかった。
- ・ 10枚求めたら、やんわり断られた↓

自分：
10枚生成することはできますか。

Copilot：
間違えました、すみません。それについては回答を出すことができません。違う話題にしましょう。

【参考】写真のようなリアルな画像生成について



以下の条件に合う写真のようなリアルな画像を10枚生成してください。

- ・日本人
- ・男性
- ・80代
- ・悲しい顔



- ・グレースケールになった。
- ・みんな和装
- ・掛け軸、盆栽、日本刀など周辺も似ている。
- ・10枚指示したのに、やはり4枚しか出してくれない。

【参考】写真のようなリアルな画像生成について



以下の条件に合う写真のようなリアルなカラー画像を10枚生成してください。

- ・日本人
- ・男性
- ・80代
- ・笑顔



- ・若干セピア調。
- ・みんな和装、白髪、おでこやや広め。
- ・庭園、低木、桜の木？
- ・顔もどことなく似てるような・・・
→もっと増やせばバリエーションでくる？
・・・けど、かたくなに4枚しか出してくれない

【考察】

- ✓ 少し作ってデータセットに混ぜ込むのはありかも。
- ✓ 大量に投入すると偏った認識をするモデルが出来上がりそう。
- ✓ 一度に4枚しか作ってくれないので、良い画像を作ってくれたとしても「がっぽがっぽ」はしんどい。



今後の活動

- 複数人の表情認識（空間の雰囲気可視化）・・・メインで取り組む
 - 教室、展示会場やセミナー会場など広い空間の人の表情を読み取る
 - 複数人の感情の可視化、表現方法
 - デバイスの認識できる数・速度次第で、複数のデバイスで読み取ったデータの集約も検討
 - 2025年度に超基本動作＋機能追加・改良を継続実施。
- Matter 調査（スマート家電との接続）
 - まずは2025年度 1年を通じて調査・実験

技術面

- 複数人の感情の表現方法・利用方法検討
- 他の感情検出センサや手法の調査
- Raspberry Pi 3 から 5 へのアップグレード、または他のデバイスへの移行、環境整理

外部連携

- 千葉大学 小室准教授
 - 室内など集団の感情状態推定を研究 → オブザーバーとしてご参加いただき継続的に情報交換予定
- 株式会社シーエーシー (<https://www.cac.co.jp/>)
 - 音声から感情解析を行うAI技術を持つ。
 - 表情分類 Affdex（米 Affectiva 社）の日本代理店 → WG内での試用に向けて調整中



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025

WGメンバー募集



スマートライフWGと一緒に活動してみませんか？



© Japan Embedded Systems Technology Association 2025



スマートライフWGへの依頼事項お待ちしております。

- こんなもの作って、試してみしてほしい。
- こんなセンサあるけど使ってみてほしい。
- こんなIoT PF使ってみて、使用感を教えてほしい。
- こういうことやりたいんだけど、一緒にやってもらえない？
などなど



【2025年度 技術本部成果発表会・スマートライフWG 発表資料】

2025/5/15 発行

発行者 一般社団法人 組込みシステム技術協会
〒104-0042
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/>

本書の著作権は一般社団法人組込みシステム技術協会（以下、JASA）が有します。
JASAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASAが占有します。
その他、JASAが定めた著作権規程に準じます。

