

RRI・WG2・ニーズシーズ課題整理SWG公開シンポジウム

第4回『リサイクル分野』講演会総括

パナソニックR&Dセンターシンガポール

安藤健

4回「リサイクル分野」講演会概要

2026年3月26日（木）

13:05-13:40 「Car to Carを目指したデンソーの取組み」

デンソー サークュラーエコノミー事業開発部長 博士（医学） 奥田英樹様

13:40-14:15 「家電リサイクルにおける取組と技術課題」

パナソニックホールディングス MI本部 マニユファクチャリング
ソリューションセンター 資源循環技術課 課長 松田源一郎様

14:15-14:50 「VLM・VLAによる次世代リサイクルロボットの社会実装と技術的課題」

イーアイアイ 常務執行役員 小林均様
（技術士（衛生工学部門）、早稲田大学環境総合研究センター招聘研究員）

14:50-15:00 全体討議

「捨てない」が当たり前に。サーキュラーエコノミー（循環型経済）で変わる私たちの未来

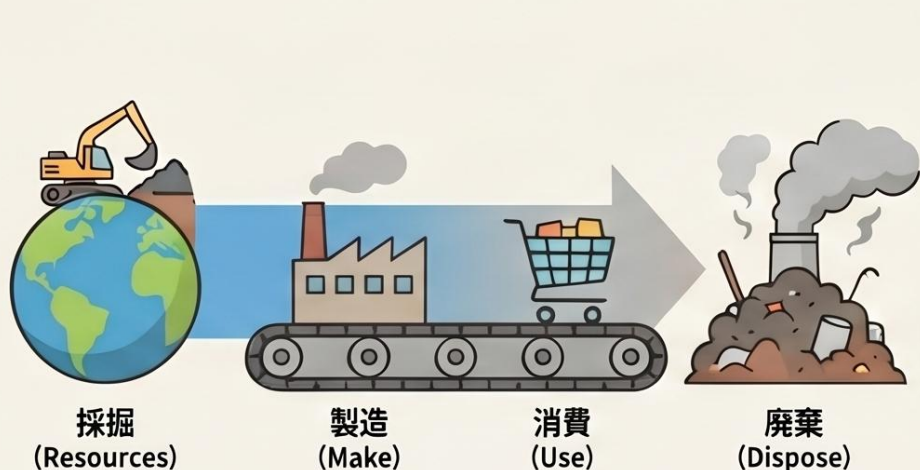
これまでとこれからの経済のカタチ

これからの「サーキュラー（循環型）経済」

従来の「リニア（直線型）経済」

資源を「管理」して使い続けるループ

資源を「消費」して捨てる一方通行



資源を「消費」して捨てる一方通行。
「取って、作って、捨てる」モデル。
資源の無駄が多く、環境負荷が高い。



モノづくりの新しいルール：
「ゴミ処理」から
「資源供給」への主役交代

リサイクル業者が経済の「絶点」ではなく、
新しい材料を作る「起点」になります。

二つの経済モデルの決定的な違い

	リニアエコノミー（直線型）	サーキュラーエコノミー（循環型）
基本の考え方	大量生産・大量消費・大量廃棄	ゴミを出さない設計と資源の循環
製品の流れ	採掘 → 製造 → 消費 → 廃棄	製造 → 使う → 再利用・再生の輪
ゴミの扱い	プロセスの終着点（負担）	価値のある「未活用の資源」



設計から廃棄を出さない工夫をし、
経済成長と資源消費を切り離します。



「所有」から「利用」への変化 (PaaS)：
モノを充てるのではなく、サブスクの
ように「機能」を貸し出す仕組みへ。

循環のための設計 (デザイン・
フォー・サーキュラリティ)：
最初から「修理のしやすさ」や「リサイ
クルのしやすさ」を考えて作ります。

リサイクルの現場の様子

資料；パナソニックHD松田様の講演資料より抜粋

家電リサイクル処理の事例(パナソニックエコテクノロジーセンターPETEC)



エアコン解体ライン



冷蔵庫解体ライン



洗濯機解体ライン



薄型テレビ解体ライン



リサイクルの現場の様子と課題

資料；イーアイアイ小林様の講演資料より抜粋

(現状の課題) 既存設備が対応できない、廃棄物の**高度な選別は手選別に依存** ⇔ 過酷な作業環境による**人手不足**
 (CE実現に当たっての課題) 増加し続ける**廃棄物の多様性**への対応・**徹底した異物除去**の実現



飲料容器リサイクルにおける手選別状況



飲料容器の搬入状況

除袋及びPETボトル手選別

磁選、アルミ選、光学選別後
 ⇒PET選別 (内容物入り)、びん色選別 (茶、白、ミックス)



びん色選別 (茶、白、ミックス)



飲料容器の種類選別、PETラベル外し、汚れ洗浄

既存の選別機器による利用課題

既存選別機器	用途	利用課題
磁力選別機	鉄スクラップの回収	・スチール缶と、スプレー缶 (危険物) の区別ができず、別途選別要。
渦電流選別機	アルミニウムの回収	・アルミ缶とLiBの選別ができず、別途選別要
光学選別機	PET、PP、PE等の素材選別	・PETボトルの色付、柄付の選別ができない。またPETボトル中の残液、タバコ吸殻等の内容物の確認ができない ・1回通しでは、選別精度が低い。1-2種類の選別しかできないため、縦方向の複数設備の配置が必要。
高磁力選別機	ステンレス、LiBの回収	・廃棄物が積層 (3cm以上) する場合、除去できない。

なぜリサイクルのロボット化は難しいのか



観点	一般的な製造	リサイクル
構造	既知	未知／似ていても中身が違う
対象物	同一品種	型式・世代・メーカー混在
状態	均一	変形・汚れ・サビ・劣化あり
成功条件	繰返し精度	認識＋判断＋リカバリ
失敗時影響	停止・品質低下	破損・火花・価値低下

リサイクル現場は、究極の多品種少量の現場とも言える環境

ロボット活用の現在地：選別先行、解体は工程限定

工程別の商用成熟度（5段階の相対評価）

	選別	解体	回収
自動車	2	2	4
家電	4	3	4
一般廃棄物	5	3	4

1 実証前 ~ 5 商用実装

一般廃棄物

高混合ラインから有価物を安定に抜く選別ロボットが最も進展。安全監視系も投資回収しやすい。

家電

4品目制度を土台に、工程限定の自動解体が進行。高純度樹脂回収は依然として手解体依存が大きい。

自動車

EV電池や部材単位は進む一方、車両全体の精密解体はまだ開発・実証色が強い。高電圧・接着・車種差が大きな壁。

成熟してきているのは、「高スループット選別」と「危険物・火災対策」
最も不確実性が高いのは「高混載・高多様性の解体自動化」

現場で効くロボットと、まだ難しいロボット

導入が進みやすい領域

高度選別

飲料容器、びん色、禁忌品除去、建設廃材選別

工程限定の解体

ねじ外し、カバー外し、モジュール単位の分解

安全監視

火花・煙検知、LiB起因火災の早期発見

既設設備への後付け

コンベヤ上に載せる・被せる方式で導入障壁を下げる

難易度が高い領域

非破壊の精密解体

固着・経年劣化・接着・内部応力で「外せる／無理」の判断が難しい

不定形物ハンドリング

潰れ缶・透明PET・残液付き容器・LiB内蔵品は挙動が読みにくい

完全自律化

認識に成功しても、把持失敗や位置ずれ、周辺干渉で失敗が増える

ROIの成立

低採算ラインでは、精度だけでなくタクト・保守・許認可まで含めて評価が必要

開発課題は「認識性能・制御性能を上げること」に加えて
現場適合（投入状態・設備条件・安全制約）まで含めてシステムとして閉じる必要がある。

第4回講演会の構成

デンソー

Car to Carを目指した取組み

自動車を「再生材料製造業」の起点と捉え、高純度循環に向けた精緻解体を構想。
ただし判断基準は徹底して経済合理性。

高純度循環

経済合理性

パナソニックHD

家電リサイクルにおける取組と技術課題

家電4品目の制度基盤の上で、CAD活用型の精緻分解へ移行。
分解CPSで設計改善ループまで視野に入れる。

設計情報活用

分解CPS

イーアイアイ

VLM・VLAによる次世代リサイクルロボット

一般廃棄物でまずVLM選別を社会実装。
次にVLAでキャップ外し・潰れ容器・LiB対応へ。
現場適合と段階導入を重視。

VLM/VLA実装

段階導入

講演概要① デンソー：Car to Carを目指す精緻解体

リサイクルを、「廃棄物処理」ではなく
ものづくりの起点となる
「再生材料製造業」として再定義



ロボット活用

締結パターンを押さえれば、かなりの部位をカバーできるという見立て。AIで解体動作を生成。

技能伝承

手術支援ロボットの操作部を使い、技能者の動きをロボット学習に載せる発想。

前提条件

CAD等の詳細設計情報は使えない前提。競争力の源泉であり、共有が難しい。

判断基準

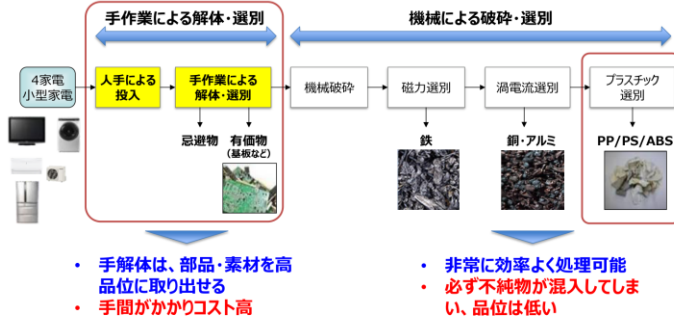
どこまで精緻に解体するかは「技術的に可能か」ではなく「解体価値が採算に乗るか」で決まる。

自動車業界では「情報が閉じていること」を前提に、
現物観察・技能学習・経済性評価を統合する必要がある。

講演概要② パナソニックHD：家電リサイクルを「精緻分解」へ

一般的な家電リサイクルフロー

リサイクルの質を高めるため、まず手解体による解体・選別を実施
その後、細かく機械粉碎してから、素材ごとに回収



Panasonic

パナソニックホールディングス(株) HD本部 | 564

現状認識

手解体は高品位だがコスト高。破碎は効率的だが不純物混入で品位が下がる。

技術の中核

3D CADから必要情報を抽出し、部品拘束を基に分解DBを構築。分解CPSで手順・動作を自動生成。

狙い

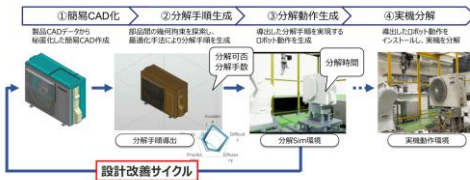
試作なしで分解性を評価し、実機分解だけでなく設計改善サイクルにつなぐ。

技術課題

設計情報と実物のズレ、ねじ・嵌合・配線の難認識、固着や経年劣化による「外せる／無理」の判断が難しい。

分解CPSによる設計改善サイクルと自律分解システムの実現

- 分解CPSにより、試作なしで分解性の評価が可能
 - 分解手順・ロボット動作を自動生成し、サイバー空間で動作確認 → 自律分解システム
- ・CADEモデルをinputし、分解手順を導出
・分解手順導出時の「分解手数」(P)「分解手数」(R)「分解時間」(T)による分解性を評価



Panasonic

パナソニックホールディングス(株) HD本部 | 1244

エアコン室外機自動分解動作 (2023年導入)



Panasonic

パナソニックホールディングス(株) HD本部 | 1244

データ共有が可能な家電では、設計情報を活かした自律分解が現実的。
最終的には、現物差分を吸収する認識・力制御・失敗回復がボトルネック。

講演概要③ イーアイアイ：一般廃棄物へ先端AI（VLM/VLA）を実装

VLMのAIリサイクルロボット【社会実装システム】



① AI認識精度95%（実用化目標）

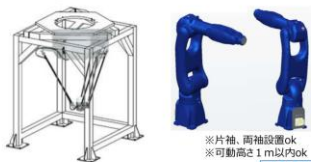
ハイブリッドAIモデル【深層学習+VLM】

VLM：大規模視覚言語モデル（Vision Language Model）

② 飲料容器（8分類）に対応

- PETボトル（3種類：ラベル有、ラベル無、把手付き）
 - 缶（2種類：飲料缶、スプレー缶）
 - ガラスびん（3種類：3色選別/茶、無色、ミックス）
- ※中身入り容器、色付き容器等の対象拡大も可能

③ ロボットは2種類

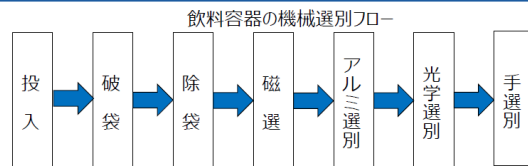


パラレルリンク式
（稼働直径：1300mm）

アーム式 **開発中**
（稼働直径：800mm）



飲料容器リサイクルの現状と将来像



機械選別できないこと
（手選別で対応）

（注）事業規模、機械設備の整備内容等で手選別の人数は異なる。
（手選別の人数）
・民間 3名～10名程度
・自治体 5名～30名
※官民で全国1,500施設程度が存在

ロボット開発の対象（青、赤）

手選別の理由	具体的な手選別の内容
(1) 禁忌品の回収	① スプレー缶 ② リチウムイオン電池
(2) 機械設備による取り損ね品の回収	① 潰れたPETボトル ② 潰れた缶（区分なし） ③ ビニール袋の回収
(3) 機械設備ではできない作業	① ガラスビン色選別（茶、無色、ミックス） ② PETボトル（中身あり） ③ PET、ガラスビンの蓋取り外し ④ PETボトルの残液、異物回収と洗浄 ⑤ ガラスくずの回収

VLM搭載のAIリサイクルロボット
※(1)①、(3)①、②
形状が判別可能な物体の定点把持で、コンベヤ状態に関わらず「高度な選別」が可能となる。

フィジカルAIによるAI高度作業ロボット
※(1)②、(2)①、②、③、(3)③、④、⑤
潰れた缶など不定形物の柔軟なハンドリングや、ヒトが行っていた物理作業の代替が可能となり、完全自動化ができる。

Copyright © 2026 EII, Inc. All Rights Reserved.

10

導入対象

既存選別機で取り切れない対象に注目。PET・缶・びん、禁忌品、LiB起因火災など「現場の困りごと」から入る。

社会実装

VLM搭載の飲料容器選別ロボットは、8分類対応・認識精度95%目標。第一号機の納入も決定

次の一手

VLAで、潰れ容器の把持、PETの蓋外し・ラベル剥離、LiB内蔵品など「高度作業」へ拡張。

本質的課題

推論遅延、位置ずれ、形状変化、データ不足、安全標準の未確立。
品質安定のためには環境側の整備も重要。

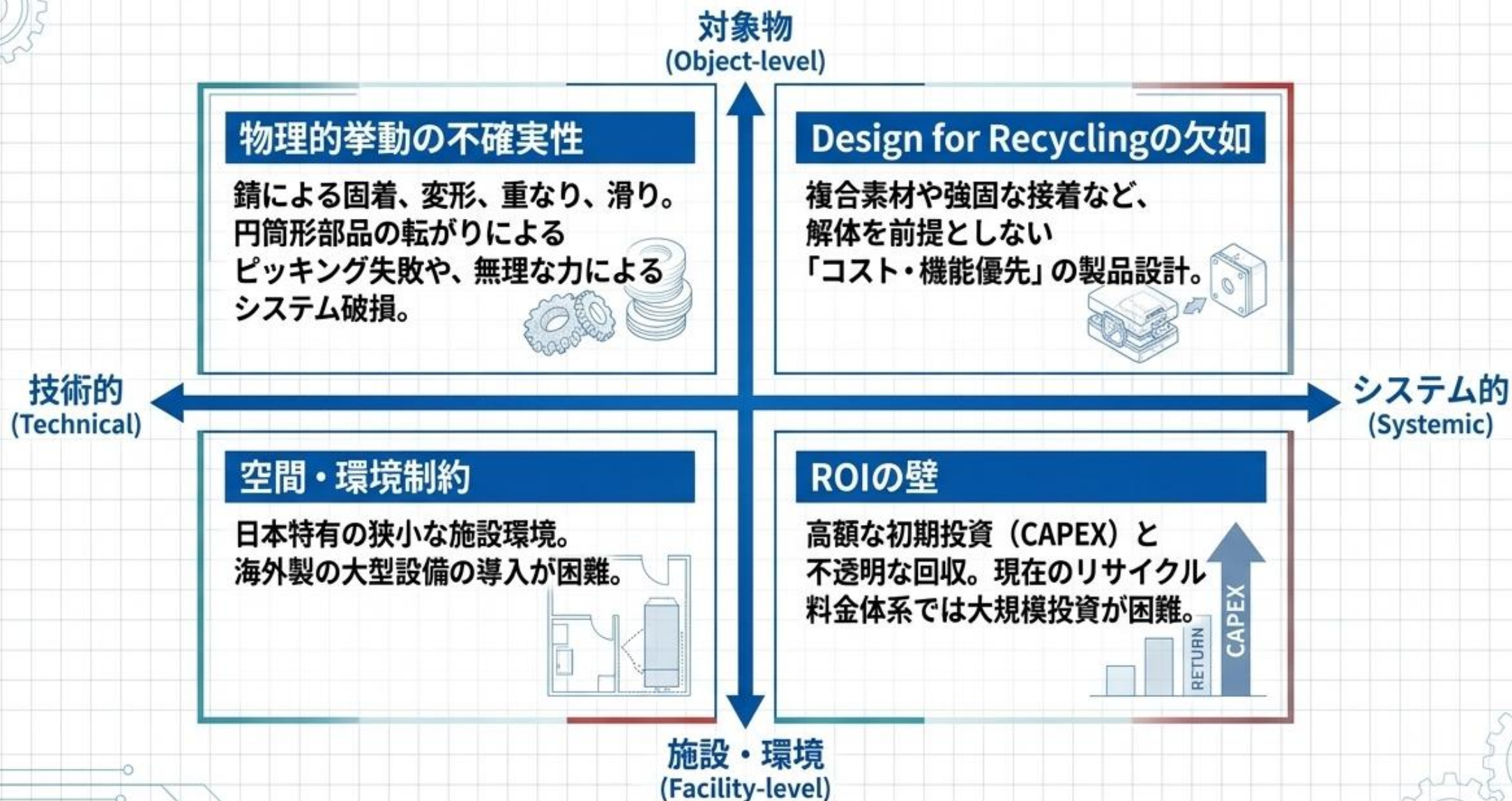
「まず現場導入できる選別」から入り、VLM→VLAと段階的に難易度を上げる

3講演からみた前提条件の違い

比較軸	デンソー	パナソニックHD	イーアイアイ
対象	使用済み自動車	家電4品目	一般廃棄物・飲料容器
目指す価値	高純度材でCar to Car	高品位再生材 + 設計改善ループ	人手代替と危険物除去 + 段階的な高度作業
使う情報	現物観察・技能学習 (CAD共有は前提にしない)	3D CAD・分解DB・CPS	実ライン画像・VLM/VLA・エッジ運用
ロボットの役割	精緻解体・技能転写	精緻分解・自律手順生成	選別→高度作業へ拡張
主要ボトルネック	車種差／情報非開示／採算	実物差分／固着／難認識部位	推論遅延／不定形挙動／安全
スケール条件	回収価値が採算に乗る部位から	設計情報活用＋現場差分吸収	既設設備への後付けと現場適合

共通点は「非定型物の扱い」。違いは「使える情報」と「どこで採算を取るか」
解決アプローチは1つではなく、業界ごとに最適解が分かれる




現場導入を阻む4つの巨大なボトルネック



挑戦領域①：CADには記述されない「物理的不確実性」の克服

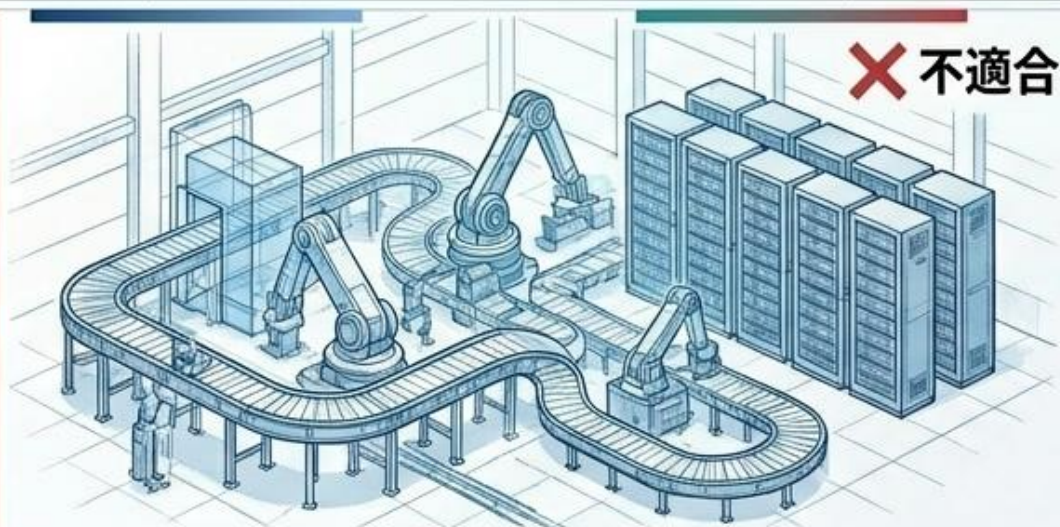


【Focus: Perception & Manipulation】

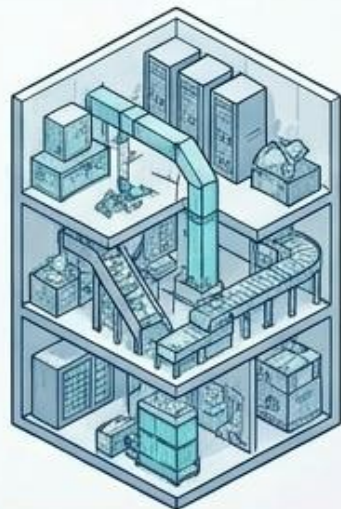
- 現場の現実には、重なり、転がり、滑り、錆による固着である。
- ロボットに求められるのは、視覚 (Vision) だけでなく、リアルタイムの姿勢制御と「力触覚フィードバック」による異常検知・回避行動。
- CADデータがない (Black-box)、またはCADから逸脱した (劣化した) 対象に対し、無理な力を加えずに自律的にリカバリーする力制御の高度化が急務。

挑戦領域②：空間制約とROIの壁を突破するシステム・アーキテクチャ

国米
欧洲






狭小な
処理施設



Retrofit Module
(後付けモジュール)



【Focus: System Deployment & Economics】

- 高額な初期投資 (CAPEX) と、日本特有の狭小な施設環境がロボット導入の最大の障壁。
- 欧米型の大型設備ではなく、既存の搬送ラインに「レトロフィット (後付け)」できるモジュール設計・軽量パラレルリンク型ロボットの開発が必要。
- ハードウェアの売り切りではなく、AIソフトウェアのサブスクリプション (RaaS) 化による投資回収の透明化が不可欠。

挑戦領域③：ロボティクス主導の「Design for Recycling (DfR)」要求



【Focus: Co-evolution with Product Design】

- ロボット単体の進化だけで複合素材や強固な接着を解体するのは不可能。
- ロボット専門家は、受動的に対象を処理するだけでなく、自動解体を可能にする「設計要件（サーキュラーデザイン）」を製造側（動脈産業）へフィードバックする必要がある。
例：締結パターンの標準化、分解データベースの構築、素材情報へのアクセスを可能にするQR/パスポートの標準実装。

今後、技術的に解くべき課題

1. 認識

型番混在・汚れ・破損・透明体
・LiB内蔵など、見た目だけでは
分からない状態推定を強化

2. 計画

CADがある／ない両ケースで、
分解可否判断・把持戦略・失敗
時リカバリを生成

3. 操作

潰れ物・固着部・接触リッチ作
業に対する力制御、壊さない分
解、ハンド最適化

4. 運用

推論遅延、エッジ実装、設備後
付け、安全標準、許認可、保守
を含むシステム設計

5. データ

分解DB、現場失敗データ、評価
ベンチ、プロダクトパスポート
のような情報基盤づくり

**ロボット研究としては、単一タスクの研究に加えて、
「現場ばらつきを許容しつつ、採算に乗る形で閉じるシステム」をどう作るかも重要**

まとめ

講演会全体からの結論

- リサイクルのロボット化は、製造自動化の単純な横展開ではない。
- 「非定型・混載・劣化」を前提にした別の設計思想が必要。
- 足元では、選別・危険物除去・工程限定の解体が有望。
- 全面自動化よりも、価値の高いボトルネックを確実に潰す戦略が現実的。
- 次に解くべきは、認識精度の先にある
- 「壊さない分解」「失敗回復」「現場データ基盤」「経済合理性」の統合。

**リサイクルロボットは、単なる省人化装置ではなく、
循環型社会の実装速度を決める「社会インフラ」である**