

# 本委員会活動報告と ロボットハンド事業化課題

立命館大学グローバル・イノベーション研究機構  
特別招聘研究教授  
IHaSA会長  
チトセロボティクス副社長

川村貞夫

# 委員会構成

(敬称略)

(委員長) 立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構  
機構長代理 特別招聘研究教授

川村 貞夫

(副委員長) 大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授

原田 研介

(副委員長) 産業技術総合研究所 インダストリアルCPS研究センター  
オートメーション研究チーム長

堂前 幸康

【委員メンバー】

大阪大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 教授

東森 充

川崎重工(株) ロボットディビジョン 商品企画副統括部長

真田 知典

経済産業省 ロボット政策室

室岡 雅樹

新エネルギー・産業技術総合開発機構 ロボット・A I 部 専門調査員

竹葉 宏

セイコーエプソン(株) マニファクチャリングソリューションズ事業部 エキスパート

長谷川 浩

日立製作所 ロボティクス研究部

梁 宰誠

福島大学 共生システム理工学類 准教授

衣川 潤

三菱電機(株) 先端技術総合研究所 自律制御システム開発プロジェクトグループ  
三菱電機(株) 先端技術総合研究所 自律制御システム開発プロジェクトグループ

原口 林太郎  
春尾 七星

【オブザーバ】

新エネルギー・産業技術総合開発機構 ロボット・A I 部 主任研究員

土井 浩史

【オブザーバ】

経済産業省 ロボット政策室

板橋 洋平

経済産業省 ロボット政策室

今福 幸一

経済産業省 ロボット政策室

佐藤 大樹

経済産業省 ロボット政策室

山本 知宏

経済産業省 ロボット政策室

兼子 有沙

経済産業省 ロボット政策室

草刈 裕亮

## 課題

- ・販売済みE E の性能限界が不明であり,  
多種多様なワークへの利用指針がない。
- ・多種多様なワークに有効なエンドエフェクタが必要であり,  
何を開発してよいかが分からない。
- ・システム全体の問題が明確でなく, 開発目標が定まらない。

## 人の手のようなロボットハンドがほしい？

手形状が最適だから器用なハンドリング可能？



### 〔1〕 母指対向性

人は親指と他の全ての指の先端を接触可能  
器用な操りを達成可能  
チンパンジーはできない

### 〔2〕 鰭から進化した形状

過去の過程に縛られた人の手の形状  
工学的設計で模倣する意味は少ない

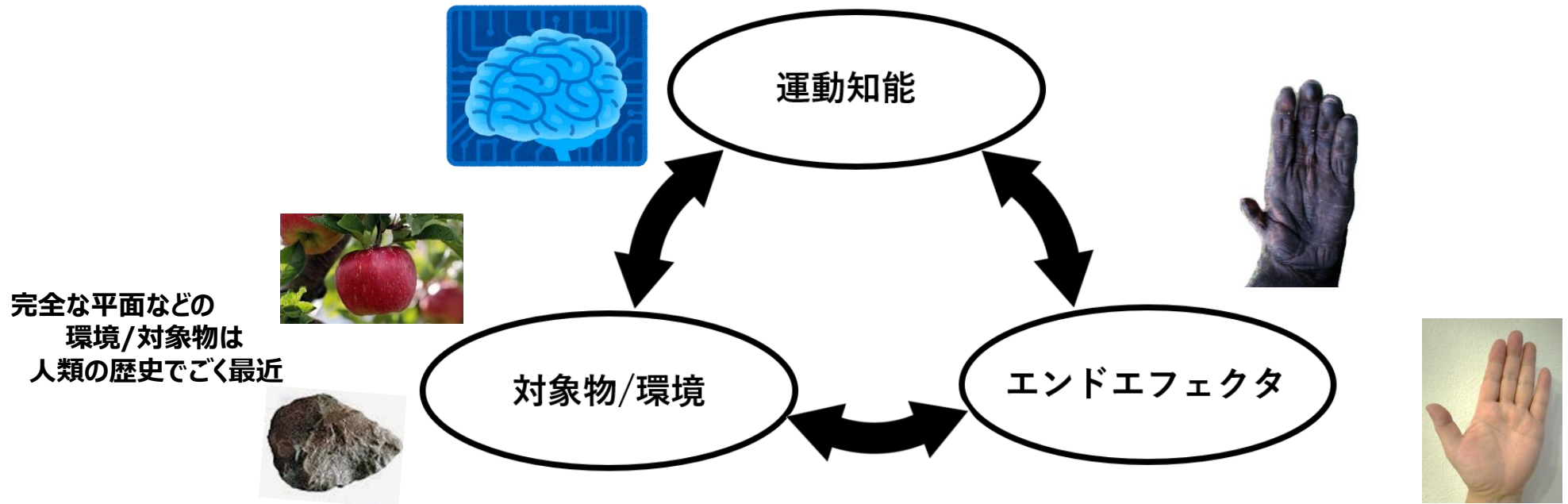
### 〔3〕 2015年nature communications 「人の手も最適とは言えない」との議論

Sergio Almeida, Jeroen B. Smaers<sup>4</sup> & William L. Jungers “The evolution of human and ape hand proportions” nature communications, ARTICLE 14 Jul 2015  
DOI: 10.1038/ncomms8717

手形状が不十分だから器用なハンドリングのために脳が発達した？

# エンドエフェクタ・運動知能・対象物/環境の関係

相互に関係しながら運動知能と手は進化してきた



人の手の形のみ模倣することに工学的な意味はない。

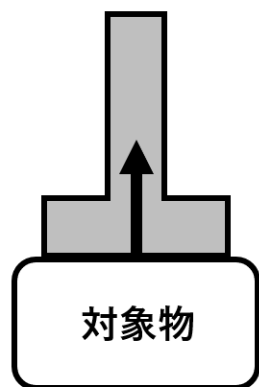
人工システムとして白紙の状態から設計するとき、  
どこから始めて考えるか難しい

# マニピュレーション委員会の進め方

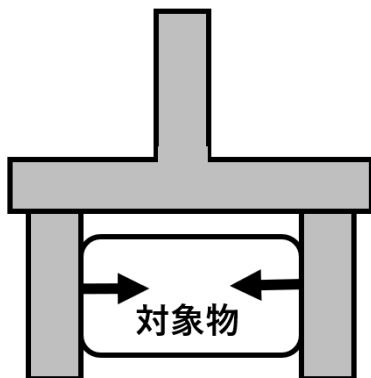
- (1) カタログと利用経験から既存EE  
（吸着、2指、ソフト、ベルヌーイ）の特徴分析**
- (2) 特定分野（食品，コンビニ，農産物集出荷，物流）での  
対象物の特徴付け**
- (3) 対象物とハンドのデータベース構築**
- (4) システム全体および事業化問題の調査と解決策の検討**
- (5) 成果物は原則一般公開**  
・公開シンポジウム 本日2024.2.27 14:00-16:00機械振興会館

# ロボットハンドの力学原理分類

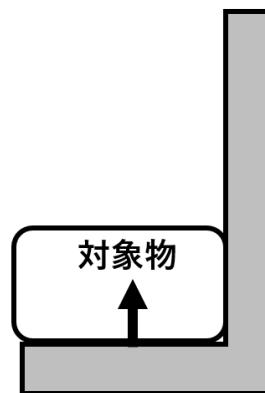
吸着



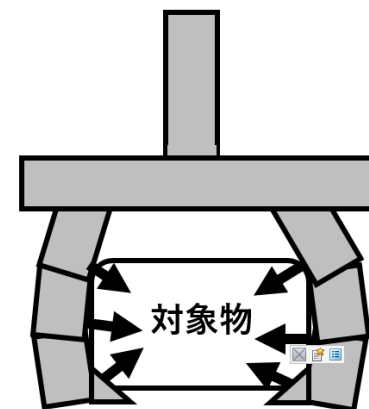
複数指挟み込み



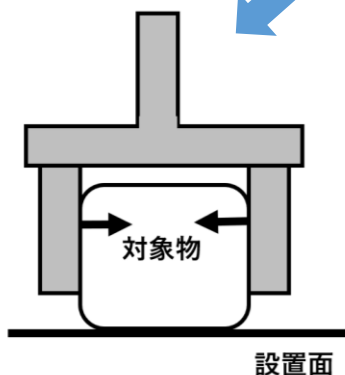
鉛直下方から支持



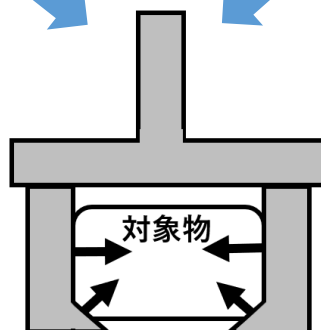
柔軟指



設置面に  
非接触



一部鉛直  
下方から支持



# (1)カタログと利用経験から既存EEの特徴分析

## 吸着パッドの特徴

- メリット**
- ・鉛直方向の位置制御誤差問題はパッドの柔軟性である程度解決
  - ・鉛直上方からのみの把持で、対象物を高密度に充填可能
- デメリット**
- ・高加減速時にはパッドの柔軟性から振動問題発生する場合あり
  - ・対象物の吸着面性質に吸着性能が依存
  - ・対象物の位置姿勢を制御し難い

## ベルヌーイチャックの特徴

- メリット**
- ・非接触搬送可能（比較的凹凸表面にも対応可能）
  - ・鉛直上方からのみの把持で、対象物を高密度に充填可能
- デメリット**
- ・高加減速時には対象物が水平移動する可能性あり
  - ・適切な距離設定のため鉛直方向の位置制御ある程度必要
  - ・対象物の位置姿勢を制御し難い

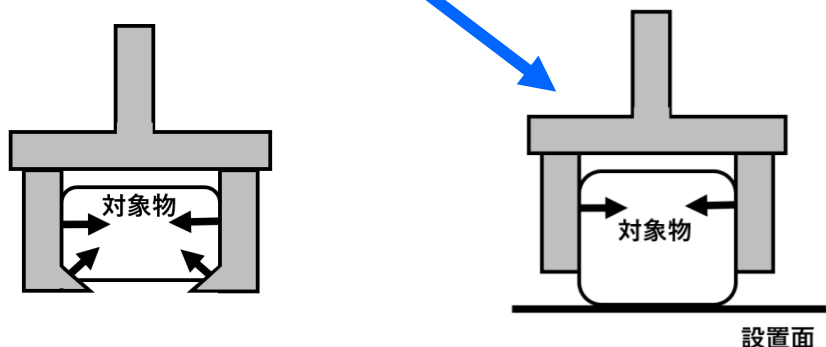
## 複数指挟み込みの特徴

### メリット

- ・構造が簡単 頑健で耐久性に優れる
- ・アクチュエータ数少なく構成可能 制御も多指ハンドに比して容易
- ・対象物をハンド内で運動拘束 ハンドで対象物の位置姿勢制御可能

### デメリット

- ・鉛直方向は摩擦力で対象物を保持するので十分大きな把持力必要
- ・対象物が脆弱物など十分な水平方向把持を発生できない場合あり
- ・対象物形状が複雑で多様な場合、接触面積を十分に確保し難い
- ・対象物設置面への接触回避のために十分な鉛直方向位置精度必要



## 鉛直下方から支持の特徴

- メリット
  - ・水平方向把持不可の対象物（薄膜，脆弱など）の把持可能
- デメリット
  - ・鉛直下方からの支持のための構造/機構/制御が比較的複雑
  - ・対象物の位置姿勢を制御し難い

## 柔軟指の特徴

### メリット

- ・対象物の多様な形状にならう指の形状変化可能
- ・多様な形状物に対して接触点/面積を拡大可能
- ・包み込み動作によって鉛直下方からの支持
- ・元の構造が密閉式 防水 洗浄は比較的容易

### デメリット

- ・対象物形状にならう程度の柔軟性実現は困難な場合あり
- ・柔軟性のため高加減速運動時に振動問題発生
- ・包み込み把持で確実に対象物を固定できない場合もある
- ・指の厚みから細い隙間に挿入困難 高密度充填に不向き

## (2)特定分野での対象物の特徴付け

### コンビニ配送作業

#### 状況例

- ・1つの配送センターで約1000種類（製造企業も種類にカウント）  
1日に扱う総量 約30万個
- ・データに基づいてコンビニごとに異なる種類と数量を種分け作業
- ・移動効率を高めるために、可能な限り高密度に番重に物品を詰める作業
- ・現状は人手作業

#### 分析

- ・生の食品をほとんど扱わない。対象物は袋や容器内にある。
- ・脆弱な食品があり、ハンドリングでダメージを受けやすい。
- ・大きさや形状は、内要物の特性やデザイン性を重視して決められ、  
ハンドリングからは決定できない。現状はロボットフレンドリーではない。
- ・詰め替え作業であり、番重に高密度に充填するので、  
上部からの吸着が有用

- ・詰め替え時間は配送タイミングに合わせるために一定の制約がある。

# 対象物特徴

## 1. 質量

全体 25g～1000g （最小質量例：ドレッシングやチーズ1個 25m | 最大質量例：液体1リットルパック）

弁当 400g～500g

おにぎり1個 120g

液体用パック 200g, 500g, 1000g など

## 2. 形状

直径換算 30mmから250mm程度

弁当 長方形 標準 225mm×165mm

円形 標準 210mm

おにぎり 長方形 袋

サンドイッチ 三角形 袋

スイーツ 四角形 袋

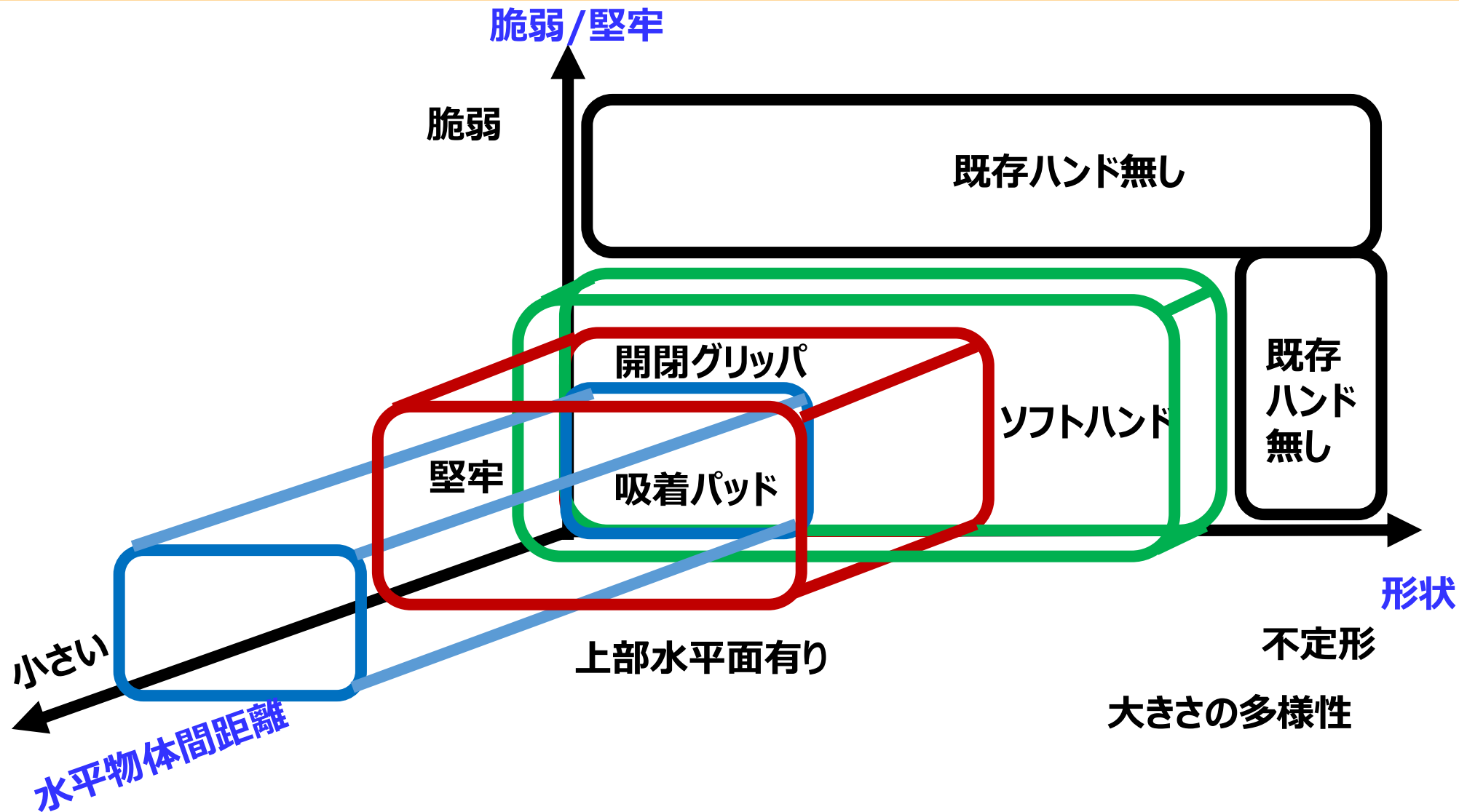
野菜など 不定形



3本×5パック



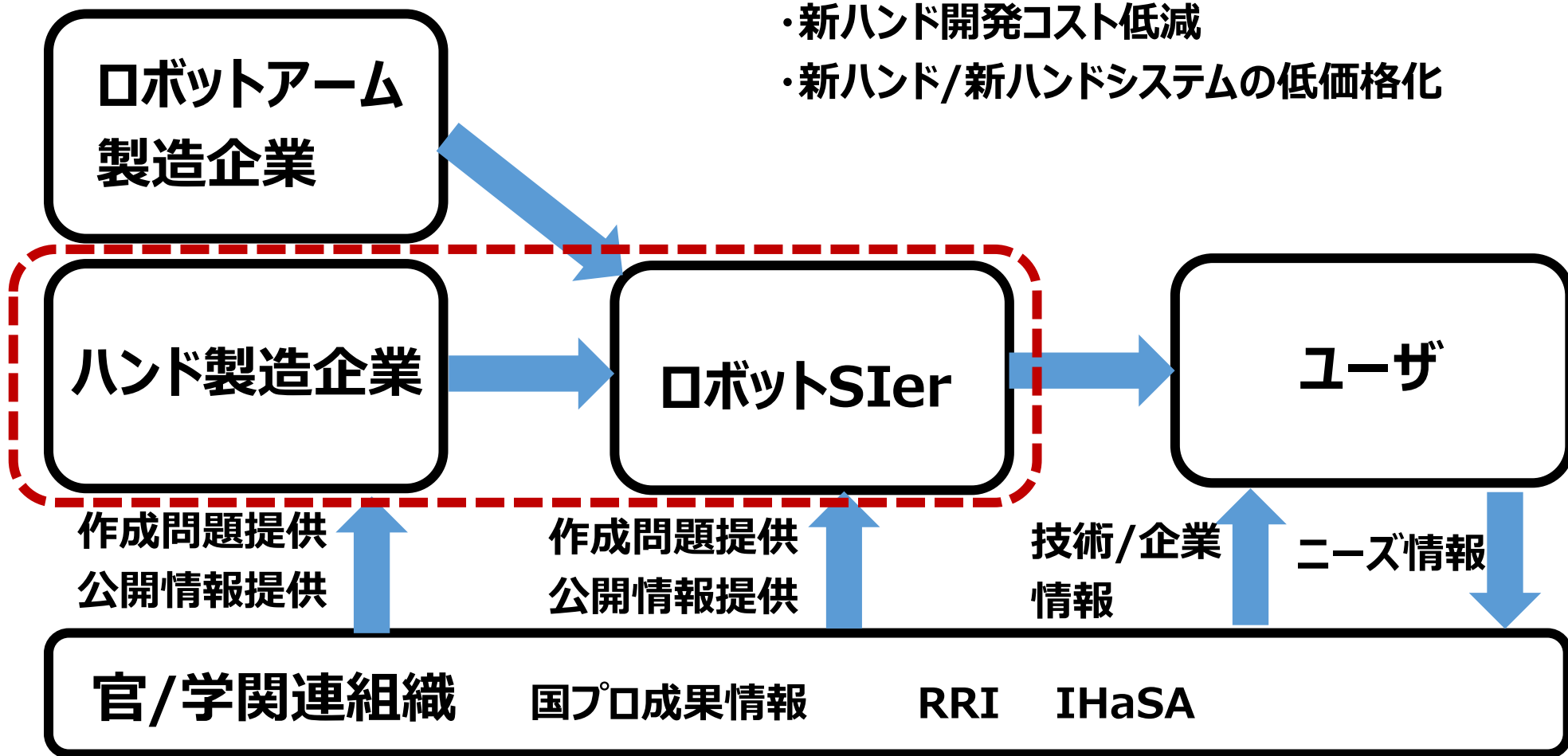
# 既存EEと対象物の特徴付け (検討継続中)



# 事業化への道

官/学関連組織からのオープン情報により

- ・新ハンド開発コスト低減
- ・新ハンド/新ハンドシステムの低価格化



## 2024年度活動計画

- (1) カタログと利用経験から既存EE（吸着、2指、ソフト、ベルヌーイ）の特徴分析
- (2) 特定分野（食品、コンビニ、農産物集出荷、物流）での対象物の特徴付け
- (3) 対象物とハンドのデータベース構築
- (4) システム全体および事業化問題の調査と解決策の検討
- (5) 成果物は原則一般公開 公開シンポジウムなど

しかし、マニピュレーション事業化は構造的困難を抱える

- ・対象物，対象作業，ハンド機能は極めて多様
- ・俯瞰的に技術やニーズの知識獲得は困難

多様な分野，技術，ニーズなどを集積して皆が使えるように整備

内容向上のためには，多くの方の情報提供と議論参加が必要

産官学金の各分野の御協力を，よろしくお願い致します。



ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会  
Robot Revolution & Industrial IoT Initiative