

データベースに基づいた ハンドリング設計支援



相山 康道（筑波大学）



University of Tsukuba

ROBOCIPのUROBOROSプロジェクト



◆ ROBOCIP（産業用ロボット次世代基礎技術研究機構）

◆ UROBOROSプロジェクト

<https://uroboros-project.github.io/ja/index.html>

◇ 今までロボット導入ができていない分野に ロボット導入を促進することを目的

1. Data driven
2. Reusable: 再利用可能なソフトウェア
3. Open: 社会への貢献

◇ NEDOプロジェクト「革新的ロボット研究開発基盤構築事業」

産業用ロボットの機能向上・導入容易化のための産学連携による基礎技術研究

9大学・1研究機関が参加（UROBOROS関係は5大学・1研究機関）

筑波大学：ハンドリング関連データベース構築で参画



<https://youtu.be/gQPJPNwiiVI>

<https://youtu.be/dJkilFzXKfw>



ROBOCIPのUROBOROSプロジェクト



◆ UROBOROSプロジェクト

<https://uroboros-project.github.io/ja/index.html>

- ◇ モデルフリー手法では、モノを正確にハンドリングすることが難しい
- ◇ モノを把持し扱う為に必要な情報をデータベースに貯め、そのデータを AI で処理することによって、人間のように**どんなモノでも**掴んで正確な作業ができるアームを備えたロボットを実現可能に
- ◇ ソフトウェアを集積し再利用性をあげる
- ◇ ソフトウェアの再利用がしやすい環境・異なる知見を持つ人々が役割を分担して高度なシステムの作成に貢献しやすい環境(=フレームワーク)をつくる



ハンドリングのためのデータベース群

◆ ハンドリングシステムに必要な情報

- ◇ 対象ワークの幾何的情報（形状，サイズ，等）
- ◇ 対象ワークの力学的情報（質量，重心位置，等）
- ◇ ハンドの情報（把持力，ストローク，等）



◆ ワークDB

形状データ(メッシュデータ)，外觀，基準姿勢座標系

◆ ハンドリングDB

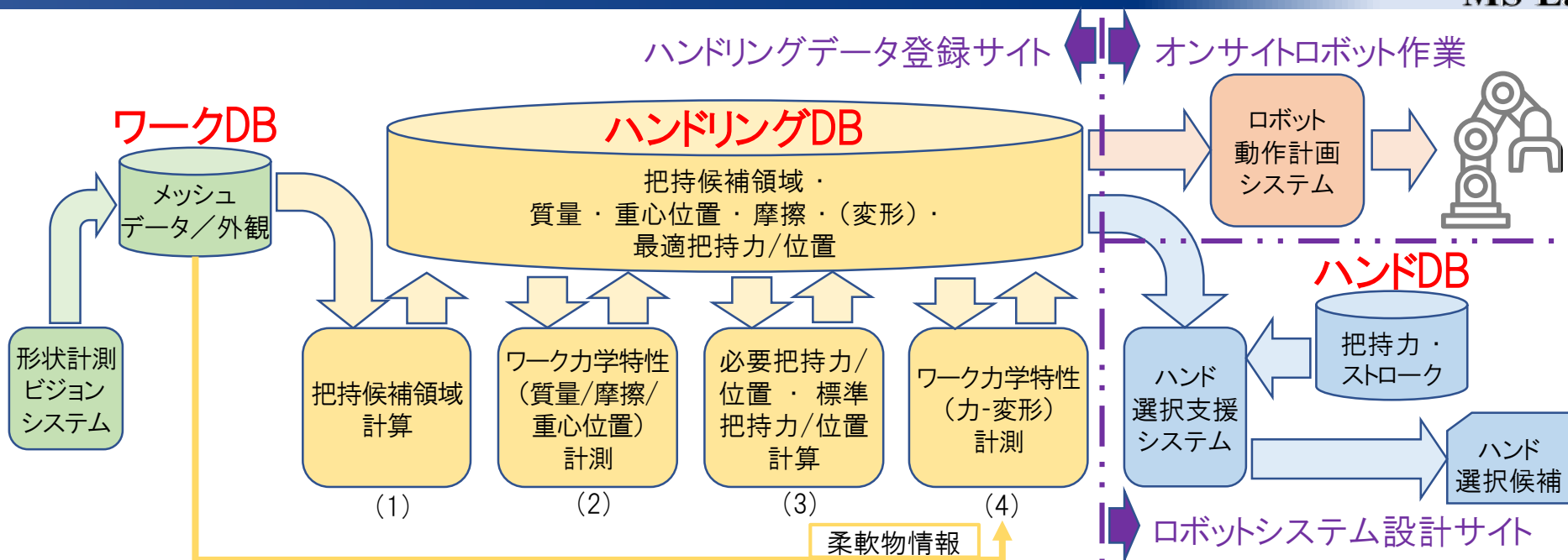
力学的情報(質量，重心位置，摩擦係数)，
把持候補領域，標準把持力・把持位置，必要ストローク

◆ ハンドDB

ハンド種，把持力，ストローク，（爪形状），爪取付け位置



ハンドリングのためのデータベース群



◆ 対象ワーク：

主にコンビニ等で扱う物品を想定．CADデータのあるワーク等も可

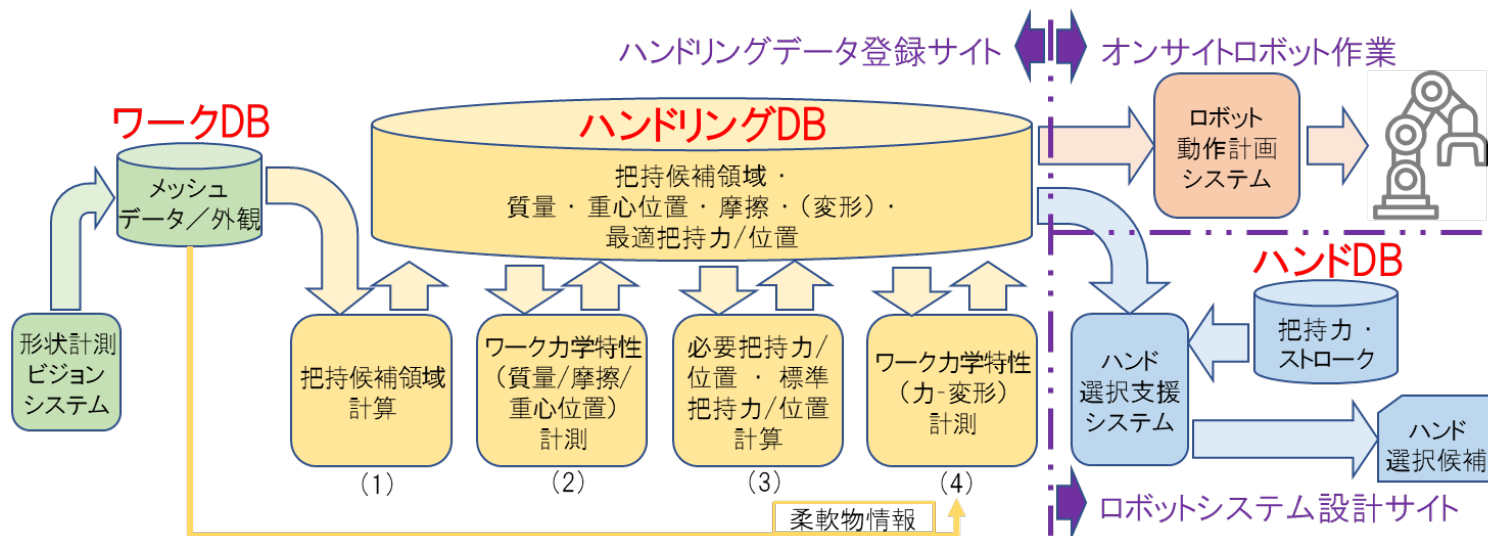
◆ ハンド： 現在は平行2指ハンド(電動・エア)を想定．今後拡張は可能

◆ 把持： 現在は 2指ハンド + 特定の爪形状 での最適把持を算出

ハンドリングのためのデータベース群

◆ データベース構築・利用のタイミング

- ◇ ワークDB: 新ワーク登録時
- ◇ ハンドリングDB: 新ワーク登録時. 力学特性計測・最適把持計算
- ◇ ハンドDB: 新ハンド開発時. システム設計者による爪作成時
- ◇ ハンド選択支援システム: ハンドリングシステム設計時(Sier). 全DB
- ◇ オンサイト: ハンドリングDB・ワークDB利用. 動作計画



力学特性計測システム

- ◆ビジョンシステムによる形状計測だけでは、適切な把持は求まらない
- ◆幾何的に把持可能な個所は求まるが、力学特性(重心 等)が不明

(1) 把持可能な候補領域の算出



力学特性計測システム

(2) 力学特性の計測

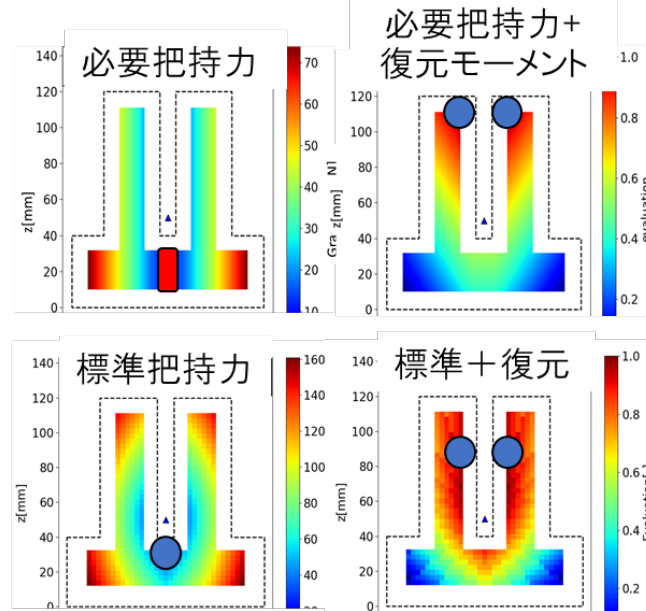
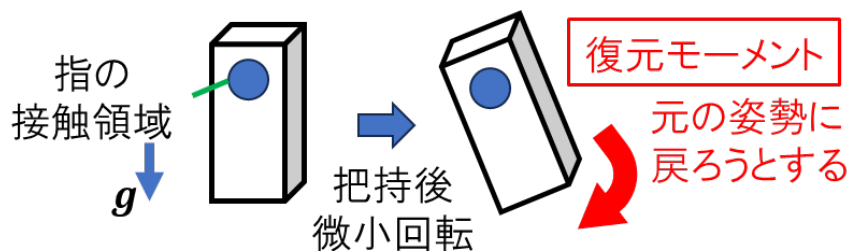
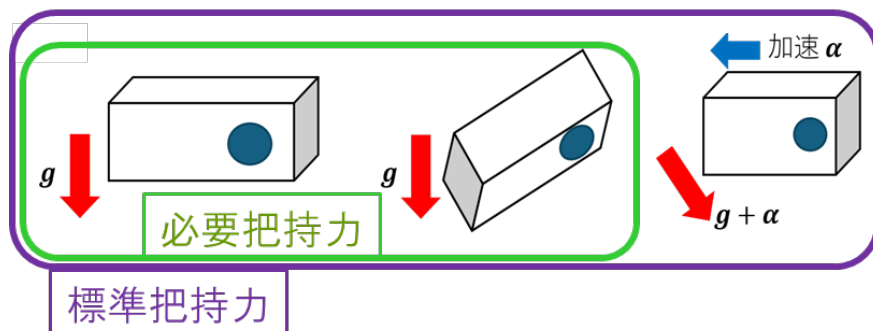
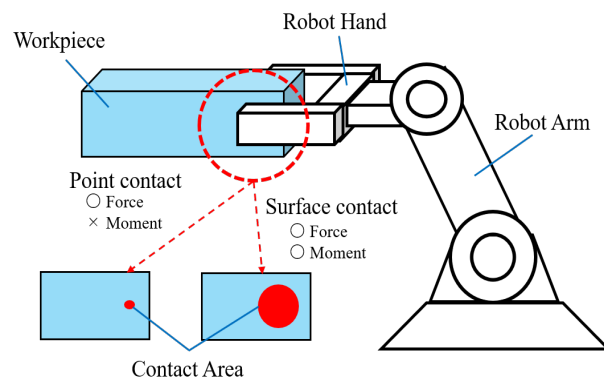
0. ワークを電子はかりに載せる
1. 電子はかりで**質量**を計測
2. バイスでワークを固定する
3. ワーク表面でハンドを滑らせ、
接触力から**摩擦係数**計算
4. ワークの固定を外し、ハンドで
掴み上げる
5. 様々な姿勢で重力による力と
モーメントを測定し、**重心位置**
を推定する
6. ハンドリングDBへ登録



最適把持の算出

(3) 必要把持力/把持位置・標準把持力/把持位置 計算

2指ハンドによる把持の面接触力学モデルを構築し，力とモーメントの釣り合いに必要な把持力を導出．また，任意の方向への並進慣性力，微小誤差に対する復元力を考慮した標準把持力，最適把持位置を導出



ハンド選択支援システム

(5) システム設計時にハンド選択を支援するシステム

◇ ハンドを選択する際の検討項目

- ワークを把持するための力が出せること
- 把持に必要な幅にハンドが開くこと
- 把持する際に位置誤差をある程度吸収できること
- 把持力をだすためにワーク幅よりある程度狭く閉じられること



◇ ハンド選択のためのプロパティとその要求スペック(初期設定値)

- **把持力** 初期値: 標準把持力 ($\alpha=1g$ における)
- **開時幅** 初期値: ワーク幅 + 2mm
- **ストローク** 初期値: 4mm

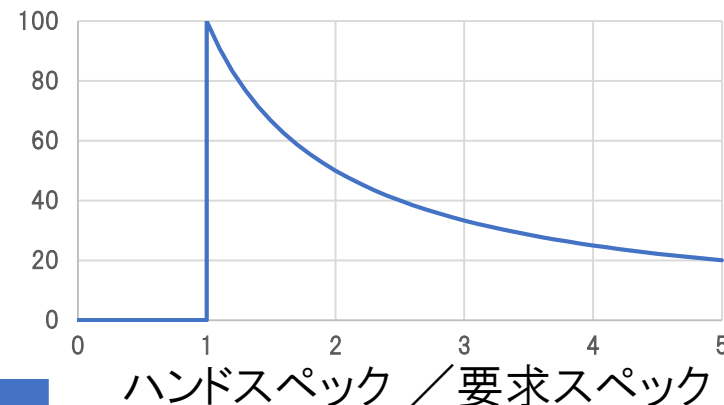


ハンド選択支援システム

◆ 評価値

- ◇ 3つの各プロパティに対し、右のように点数をつけて、和で総合点を算出（オーバースペックは低評価に）

評価点



◆ 例

◇ ハンド

	把持力 [N]	ストローク [mm]	開時幅 [mm]	
Hand-1	15	14		電動
Hand-2	177	8		空圧
Hand-3	4	6		電動
Hand-4	235	85	85	汎用

◇ ワーク1



要求スペック:

把持力: 1.69[N]

ストローク: 4[mm]

開時幅: 51.0[mm]

	Grasping Force	Stroke	Open Width	Total Score
Hand-1	11.3	28.6	100.0	139.8
Hand-2	1.0	50.0	100.0	151.0
Hand-3	42.3	66.7	100.0	208.9
Hand-4	0.7	4.7	60.0	65.4

ハンド選択支援システム

◆ 例(続)

◇ ワーク1+ワーク2

 + 		Required Parameters			
		Grasping Force			6.66 [N]
		Open Width			58.3 [mm]
		Stroke		11.3 [mm]	
		Grasping Force	Stroke	Open Width	Total Score
 	Hand-1	44.4	80.7	100.0	225.1
	Hand-2	3.8	N.G.	100.0	N.G.
	Hand-3	N.G.	N.G.	100.0	N,G,
	Hand-4	2.8	13.3	68.6	84.7

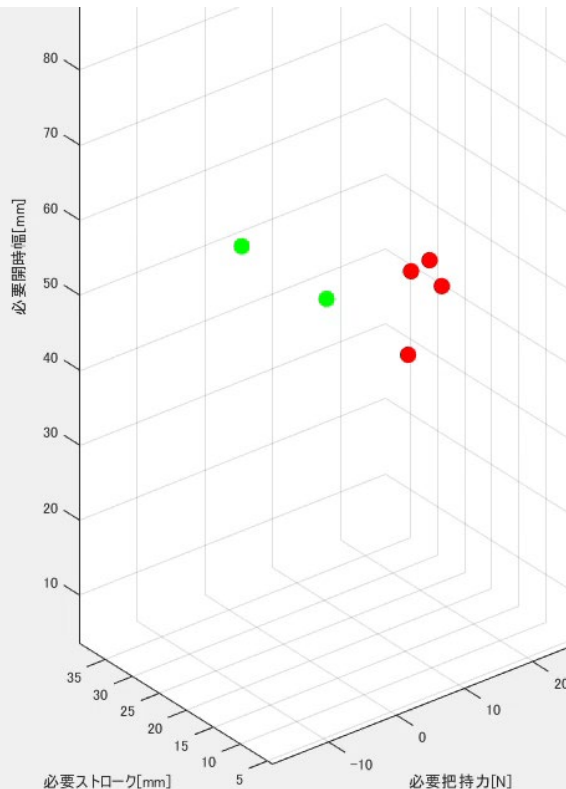


ハンド選択支援システム

◆ 多数のワークをいくつかのハンドで

- ◇ ワークを3種のプロパティの空間でクラスタ分割
(現在は, 各軸の重み固定. 重みの変更への対応は容易)

開時幅: 51.0[mm]
ストローク: 42.6[mm]
把持力: 5.40[N]

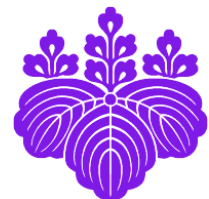
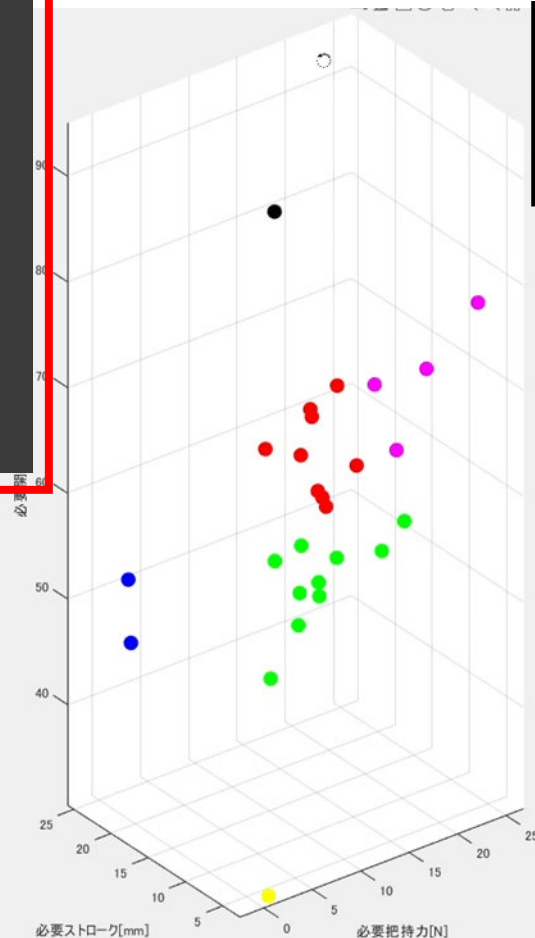


開時幅: 62.4[mm]
ストローク: 15.4[mm]
把持力: 6.66[N]



ハンド選択支援システム

◇ 27種ワークを6つのクラスタに分割



まとめ

- ◆ データやソフトウェアの集積を進め、そこからAI等による応用を展開するUROBOROSプロジェクトについて紹介した
- ◆ ハンドリングに関係する3つのデータベース(ワークDB, ハンドDB, ハンドリングDB)およびその関連作業について紹介した
- ◆ 現在は, 2指ハンド限定, 爪先形状固定, 評価項目固定, 等多くの限定があるが, 拡張(3指・吸着, 他爪での推定, 項目追加・評価重み変更, 等)は容易な構造となっている
- ◆ ハンドリングDB登録に必要な, 把持候補領域計算, 力学特性計測, 必要把持力/位置・標準把持力/位置計算を紹介した
- ◆ ハンド選択支援システムにより, ワーク1つ以上に対し, ハンド1つ以上の選択支援が可能なことを示した

