



入門ガイド

v2.0.0

目次

1. ようこそ	1
1.1. 3D ロボットビジョンソリューションの概要	2
1.2. 実際のアプリケーションの導入	8
1.2.1. ビジョンソリューションの設計	8
1.2.2. ビジョンシステムのハードウェア設置	15
1.2.3. ロボット通信設定	27
1.2.4. ハンド・アイ・キャリブレーション	29
1.2.5. ビジョンプロジェクトの設定	29
1.2.6. 把持と配置を実行	32
2. 上級ガイド	38
2.1. 3D位置姿勢調整	38
2.1.1. 位置姿勢を調整（Z形状でソート）	39
2.1.2. 位置姿勢を調整（S形状でソート）	45
2.1.3. 位置姿勢を調整（コンテナ中心までの距離）	51
2.1.4. 位置姿勢を調整（高さ）	55
2.1.5. 位置姿勢を調整（位置姿勢の信頼度）	59
2.1.6. 位置姿勢を調整（基準点を指す）	62
3. アプリケーションの最適化	68
3.1. 特集：把持精度の向上	68
3.1.1. 把持精度の概要	68
3.1.2. 把持精度を確保	80
3.1.2.1. 要件を満たす把持精度の確認手順	80
3.1.2.2. プロジェクトの精度要件を確認	82
3.1.2.3. ロボットがしっかりと取り付けられていることを確認	82
3.1.2.4. ロボットの絶対精度をチェック	83
3.1.2.5. ロボットモデルパラメータを検証	87
3.1.2.6. カメラとそのブラケットがしっかりと取り付けられていることを確認	88
3.1.2.7. 点群品質をチェック	88
3.1.2.8. カメラの内部パラメータをチェック	89
3.1.2.9. 外部パラメータの精度を向上・検証	96
3.1.2.10. プロジェクトの認識精度を向上	99
3.1.2.11. 位置姿勢の繰り返し精度を検証	101
3.1.2.12. 試運転で把持精度を検証	103
3.1.3. 「ロボットの把持ずれ」のトラブルシューティング	104
3.1.3.1. 「ロボットの把持ずれ」のトラブルシューティング手順	105
3.1.3.2. 認識精度が低下していないかを確認	106
3.1.3.3. ハードウェアに問題がないかを確認	109
3.1.3.4. 内部パラメータの誤差が大きくなっていないかを確認	111
3.1.3.5. 外部パラメータの誤差が大きくなっていないかを確認	115
3.1.3.6. ロボットの絶対精度が低下していないかを確認	118
3.1.3.7. 外部パラメータの再キャリブレーション	121
3.1.3.8. 試運転で問題が解決されたかどうかを確認	121
3.2. 特集：アプリケーションサイクルタイムの改善	121

3.2.1. サイクルタイムを改善する流れ.....	122
3.2.2. サイクルタイムの改善ガイド.....	123
3.3. 特集：点群モデルと把持位置姿勢を作成.....	130
3.3.1. 点群モデルと把持位置姿勢の紹介.....	132
3.3.1.1. 点群モデルと把持位置姿勢の紹介.....	132
3.3.2. 点群モデルと把持位置姿勢の作成戦略.....	133
3.3.2.1. 点群モデルの作成戦略.....	133
3.3.2.2. 把持位置姿勢の作成戦略.....	139
4. もっと読みたい.....	143
4.1. 特集：「ワーク認識」に関するよくある問題と対処法.....	143
4.1.1. 「点群前処理」に関するよくある問題.....	143
4.1.2. 「ワークの選択と認識」に関するよくある問題.....	147
4.1.3. その他の問題.....	152

1. ようこそ

Mech-Mindのビジョンシステムのチュートリアルマニュアルへようこそ！

ビジョンシステム

[3D ロボットビジョンソリューションについて](#) [3D ビジョンアプリケーションの構成](#)

[Mech-Mindソフトウェアの概要](#)

[ロボットシステムとの統合](#)

実際のアプリケーションの導入

実際のプロジェクトでは、3Dロボットビジョンアプリケーションの基本的な導入手順を下図に示します。



各段階の詳細な説明を確認するには、以下のリンクをクリックしてください。

- [1 ビジョンソリューションの設計](#)
- [2 ビジョンシステムのハードウェア設置](#)
- [3 ロボット通信設定](#)
- [4 ハンド・アイ・キャリブレーション](#)
- [5 ビジョンプロジェクトの設定](#)
- [6 把持と配置を実行](#)

上級ガイド

豊富なサンプルを使用してビジョンシステムの上級者向け機能やツールの設定と使用方法を紹介します。これにより、ビジョンシステムのさらなる活用方法やコツを学び、実践的なスキルを身につけることができます。

[3D位置姿勢調整](#)

アプリケーションの最適化

把持精度の向上、タクトタイム改善、衝突検出の設定など、アプリケーションの最適化に関する専門ガイドを提供します。

特集：把持精度の向上

把持精度を確保

[「ロボットの把持ずれ」のトラブルシューティング](#)

特集：アプリケーションサイクルタイムの改善

[サイクルタイムを改善する流れ](#)

[サイクルタイムの改善ガイド](#)

特集：点群モデルと把持位置姿勢を作成

[点群モデルと把持位置姿勢の紹介](#)

[点群モデルの作成戦略](#)

[把持位置姿勢の作成戦略](#)

[点群モデル作成の参考資料](#)

[ロボットハンドの分類とオフセットの紹介](#)

特集：「ワーク認識」に関するよくある問題と対処法

[「点群前処理」に関するよくある問題](#)

[「ワークの選択と認識」に関するよくある問題](#)

[その他の問題](#)

1.1. 3D ロボットビジョンソリューションの概要

3D ロボットビジョンソリューションについて

3D ロボットビジョンソリューションは、Mech-Mindのセンサー検知、ビジョン理解、経路計画などの技術を統合した包括的なソリューションであり、ロボットが複雑で未知または動的な環境で直面する課題に対処することを目的としています。

このソリューションは、部品供給、パレタイジング・デパレタイジング、位置決め・組立て、商品仕分けなど、様々な適用シーンを提供しており、自動車、物流、スーパーマーケット、重工業などの幅広い業界で広く採用されています。

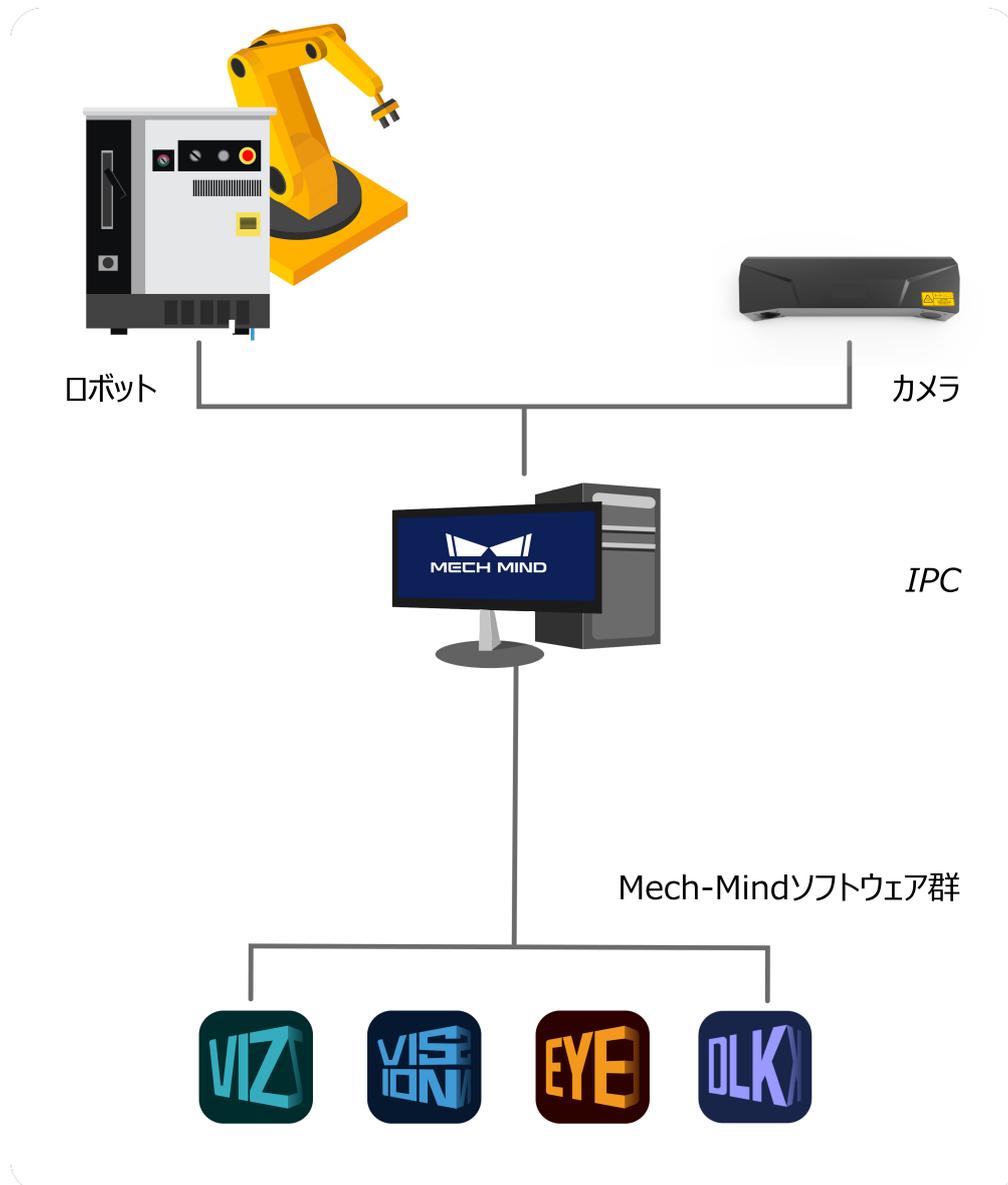
このソリューションの導入は、Mech-Mindビジョンシステムをロボットシステムに統合することで、完全な3Dビジョンアプリケーションを構築し、3Dビジョンシステムを活用してロボットの自動化作業を実現することを目的としています。

このソリューションを導入するために必要なソフトウェアとそれに対応するバージョンについては、[3D ロボットビジョンソリューションの組合せ可能なソフトウェアの推奨バージョン](#)をご

参照ください。

3Dロボットビジョンアプリケーションの構成

3Dロボットビジョンアプリケーションは通常、ロボット、カメラ、IPC、およびMech-Mindソフトウェアで構成されています。



ロボット

ロボットは、移動、動作、位置決めなどのタスクを実行するために、ある程度の自律性を持ってプログラムされた機械装置です。Mech-Mindビジョンシステムにおいて、ロボットはビジョンシステムの出力結果に応じた自動化作業を実行します。



- ロボットセルは、ロボット本体、コントローラおよびティーチペンダントで構成されています。
- 高度な自動化が求められる産業用途では、ロボットの動きや動作を制御するためにPLC

(プログラマブルロジックコントローラ)を使用することがあります。より高度な制御とモニタが必要な場合、ロボットは、動作経路計画、タスクスケジューリング、動作制御など、より複雑なプログラミングとロボットの制御のために上位システムを使用することもできます。Mech-Mindビジョンシステムは、PLCや上位システムとの併用に対応可能です。

- 本文では、ロボット、PLC、上位システムは総称して「ロボット側」と呼ばれます。

カメラ

Mech-Mindが独自に研究開発したMech-Eye産業用3Dカメラ（以下は「カメラ」）を指します。それを使用して対象物の画像や位置情報を取得できます。

IPC

Mech-Mindソフトウェアの動作環境を提供するコンピュータ機器を指します。

Mech-Mindが提供する標準的なIPC（推奨）を使用するか、独自のデバイスをIPCとして使用することができます。IPCの詳細については、[IPC型番選択](#)をご参照ください。

Mech-Mindソフトウェア

Mech-Mindソフトウェアは、カメラで取得した画像と位置情報をもとにビジョン処理を行い、対象物の位置と姿勢、計画されたロボットの動作経路を出力し、把持、パレタイジング・デパレタイジング、接着、仕分けなどの自動化作業でロボットをガイドするために使用されます。Mech-Mindソフトウェアはそれぞれ役割を果たしています。詳細については、[Mech-Mindソフトウェアの概要](#)をご参照ください。



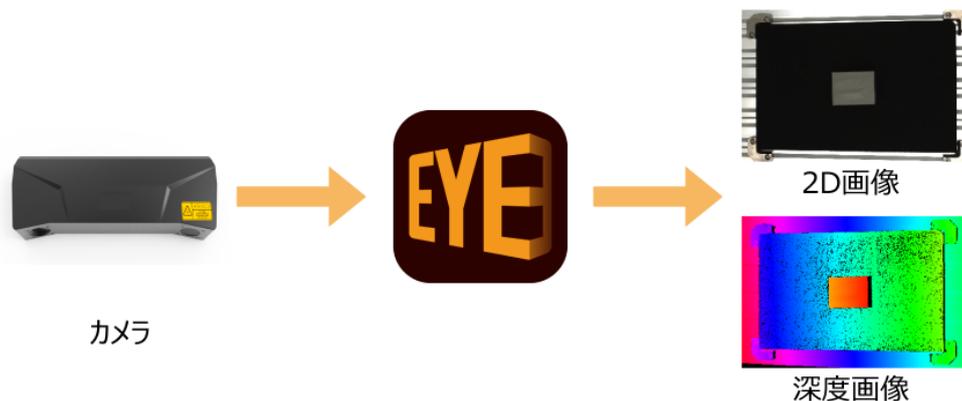
本文では、Mech-Mindが提供するカメラ、IPC、Mech-Mindソフトウェアは総称して「Mech-Mindビジョンシステム」と呼ばれます。

Mech-Mindソフトウェアの概要

Mech-Mindビジョンシステムには、以下のソフトウェアが含まれています。

- Mech-Eye Viewer カメラ調整ソフトウェア

Mech-Eye Viewerは、カメラのパラメータを対象物の特徴に合わせて調整し、高品質な2D画像、深度画像および点群を簡単かつ迅速に取得することができます。



● Mech-Vision 画像処理ソフトウェア

Mech-Visionは、グラフィカルなインターフェイスにより、プログラミング不要でバラ積みピッキング/パレタイジング・デパレタイジング/位置決め・組立/塗布・塗装/溶接/欠陥検査/寸法測定などの実装ができる高度な画像処理ソフトウェアです。3Dビジョン、ディープラーニングなどといった最先端のアルゴリズムを内蔵しており、複雑な多様なニーズに対応します。

このソフトウェアは、取得された画像データに基づいて一連のビジョン処理を行い、最終的にビジョン結果（対象物の位置や向きなど）を出力します。また、ビジョン結果に対して簡単な経路計画を行い、ロボットの把持経路を出力することも可能です。



● Mech-Viz ロボット経路計画ソフトウェア

Mech-Vizは、Mech-Visionから得られた点群やワークの位置情報を使用して、把持、取り扱い、配置などのロボット経路を自動的に計画します。

グラフィカルなインターフェイスでプログラミング不要であることに加え、ワンクリックでシミュレーションが実行できる、高度なロボット経路計画ソフトウェアです。経路計画/衝突検出/把持計画などのアルゴリズムを内蔵しており、多くのロボットメーカーのロボットに対応します。



- Mech-DLK ディープラーニング学習用ソフトウェア

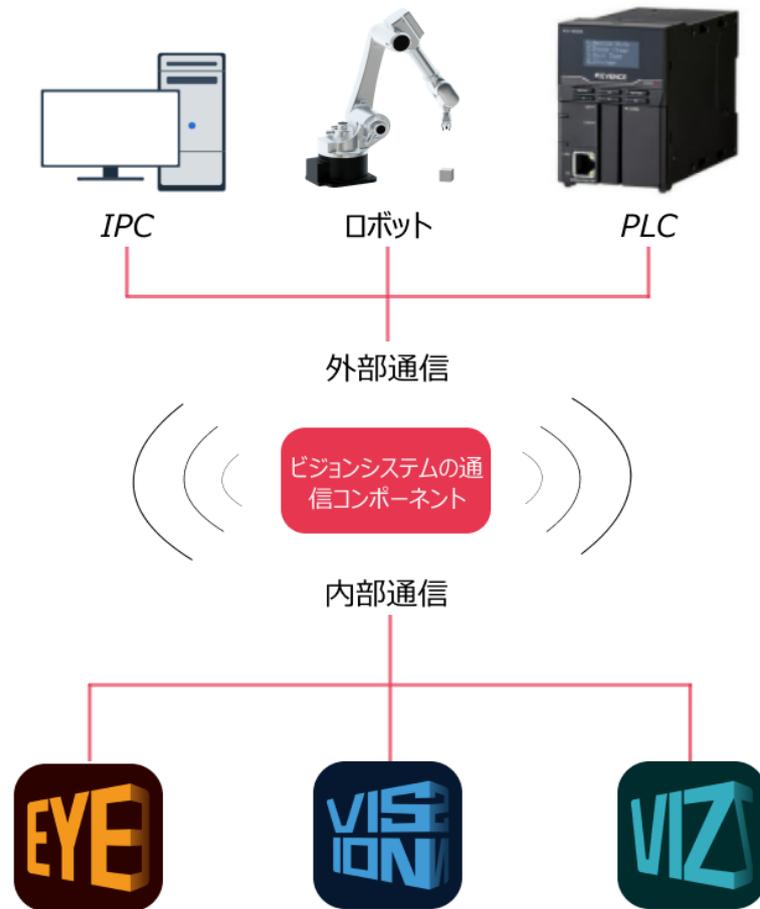
グラフィカルなインターフェイスに加え、自社開発した強力なディープラーニングアルゴリズムを複数内蔵しています。

シンプルな操作方法でバラ積みされたワークの認識/高難度の欠陥検査/品質検査など、複雑な問題を迅速に解決し生産性を向上することで人件費の削減が可能です。

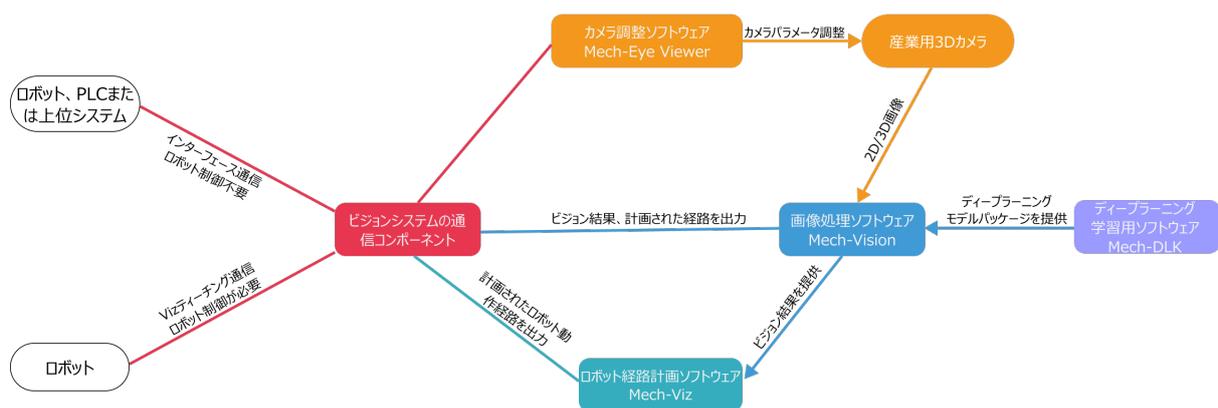


- ビジョンシステムの通信コンポーネント

ビジョンシステムの通信コンポーネントは、ビジョンシステムのソフトウェア間のデータ交換を可能にし、ロボット、PLC、上位システムなどの外部機器との標準化およびカスタマイズされた通信をサポートしています。これにより、ビジョンシステムによるロボットの自動化作業を実現します。



Mech-Mindソフトウェア間の関係を下図に示します。



ロボットシステムとの統合

Mech-Mindビジョンシステムは、外部通信インターフェースを提供し、ロボット、PLC、および上位システムなど、ロボットシステム内のデバイスとの通信統合をサポートしています。これにより、ビジョンシステムはロボット側にビジョン結果や計画されたロボットの把持経路（Mech-VisionまたはMech-Viz）を返すことができます。

Mech-Mindビジョンシステムは、以下の通信方式をサポートしています。

▶ <https://docs.mech-mind.net/download/video/communication/communication-modes-en.mp4> (video)

● Vizティーチング通信

Vizティーチング通信では、ビジョンシステムがロボットを制御します。つまり、ビジョンシステムがマスター、ロボットがスレーブとして機能します。ビジョンシステムは、ロボットに対して動作やIOのコマンドを送信し、ロボットはこれらのコマンドを継続的に監視して実行します。ビジョンシステムは、ワークの供給やパレタイジング・デパレタイジングなど、計画されたロボットの動作経路に従って、対応するタスクを実行するようにロボットを制御することになります。

この通信方式を使用する場合、Vizとの通信プログラムをロボットに読み込むか、またはロボットのSDK（ソフトウェア開発キット）を介してロボットの制御を取得する必要があります。ビジョンシステムとロボット間の通信のみに対応しています。

● インターフェース通信

インターフェース通信では、ロボット側がロボットを制御します。つまり、ロボット側がマスター、ビジョンシステムがスレーブとして機能します。ロボット側とシステムシステムは同じ標準通信プロトコルを使用して通信し、ロボット側がリクエストを送信し、ビジョンシステムは処理後に応答（対象物の位置姿勢とラベル情報）を返します。異なるリクエストに基づいて、ビジョンシステムはビジョン結果または計画された把持経路を返します。ロボットは、ビジョンシステムから返された結果に基づいてさらなる判断を行い、対応するタスクを実行します。

この方式を使用する場合、ロボットのインターフェースプログラム（ビジョンシステムと通信するためのプログラム）とロボットの把持プログラム（ビジョンシステムから返されたデータを受信し、ロボットを制御するためのプログラム）を作成してロボットに読み込む必要があります。ビジョンシステムがロボット、PLC、上位システムとの通信に対応しています。

通信方式の詳細については、[通信方式の概要](#)をご参照ください。

1.2. 実際のアプリケーションの導入

1.2.1. ビジョンソリューションの設計

導入前に、プロジェクトの実際の要件に基づいてビジョンソリューションを設計し、カメラ型番、IPC型番、カメラの取り付け方式、およびロボットの通信方法などを確定する必要があります。これらの項目を確定することで、3Dビジョンシステムによるアプリケーションの迅速な導入が可能となります。

この段階では、以下のことを完了させてください。

[カメラ型番を選択](#)

- [キャリブレーションボードの型番を選択](#)
- [カメラの取り付け方式を選択](#)
- [IPC型番を選択](#)
- [ロボット型番を選択](#)
- [ロボットの通信方式を選択](#)
- [ディープラーニングを使用するかどうかを確認](#)



高い把持精度が求められるプロジェクトの場合は、導入する際には [特集：把持精度の向上](#) を参照して関連設定を行ってください。

カメラ型番を選択

Mech-Eye産業用3Dカメラは、Mech-Mindが独自に開発した高性能な産業用3Dカメラです。多種多様なワークに対し、高精度な点群データの生成が可能です。カメラごとに外乱光耐性/小型/ミクロン単位の高精度といった特徴があり、豊富な製品ラインナップで様々なニーズに対応します。

実際のプロジェクトでは、カメラのワーキングディスタンス、視野、および精度の要件に基づいて、適切な型番を選択してください。

カメラ型番を選択する際には、以下のことが参考になります。

- [カメラ型番選択ツール](#) を使用して、対象物の寸法に応じて適切な型番を選択します（V4カメラのみ対応）。
- [カメラ視野計算機](#) を使用して、ワーキングディスタンスと視野に基づいて適切な型番を選択します。
- 複数の型番が要件を満たす場合、[カメラの特徴と利用シーン](#) を参照して最適な型番を選択してください。サポートが必要な場合は、Mech-Mind株式会社の営業担当やプリセールスにお問い合わせください。

キャリブレーションボードの型番を選択

キャリブレーションボードは、内部パラメータのチェックと外部パラメータのキャリブレーションに使用され、キャリブレーションの精度と安定性に影響を与えます。Mech-Mindでは、3種類のキャリブレーションボードを提供しています。詳細は、[キャリブレーションボード](#) をご参照ください。

実際のプロジェクトでは、以下の表を参考にして、カメラ型番と実際のワーキングディスタンスに基づいて適切なキャリブレーションボードを選択してください。

V4 世代

カメラ型番	ワーキングディスタンス (mm)	推奨型番
UHP	300±20	OCB-005
NANO	300~600	CGB-020
PRO S	500~800	CGB-020
PRO M	1000~1500	CGB-035
	1500~2000	CGB-050
LSR S	500~1000	CGB-035
	1000~1500	CGB-050
LSR L	1200~3000	CGB-050
DEEP	1200~3500	CGB-050
PRO XS	300~600	CGB-020
Log S	500~800	CGB-020
	800~1000	CGB-035
Log M	1000~1500	CGB-035
	1500~2000	CGB-050
Laser L Enhanced	1500~3000	CGB-050

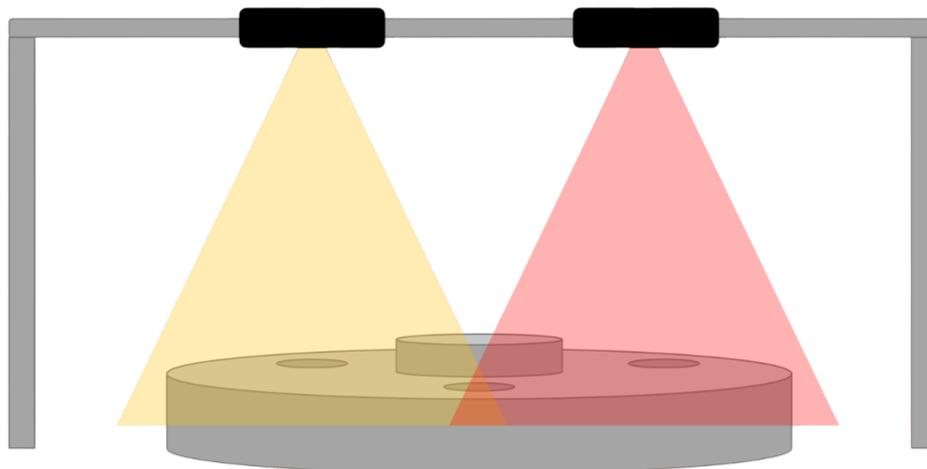
カメラの取り付け方式を選択

カメラとロボットの相対的な位置関係やタクトタイム要件に応じて、カメラの取り付け方式を選択します。一般的な取り付け方式には「Eye to hand (ETH)」と「Eye in hand (EIH)」があります。

取り付け方式	Eye to hand (ETH)	Eye in hand (EIH)
説明	カメラがスタンドに取り付けられています。	カメラはロボット先端に取り付けられています。

<p>説明図</p>		
<p>特徴</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● この取り付け方式では、撮影位置と角度が固定されており、より広い視野範囲を実現できます。 ● ロボットはタスクを実行する際にカメラの撮影を待つ必要がないため、生産効率とタクトタイムが向上します。 	<ul style="list-style-type: none"> ● この取り付け方式では、撮影位置と角度がより柔軟になります。カメラはロボットアームに取り付けられ、ロボットアームとともに正確に移動・位置決めされるため、カメラは複数のパレット位置に適応できます。また、ロボットはカメラの撮影位置を変更して異なる高さのパレットにも対応可能です。 ● ただし、この取り付け方式では、ロボットはタスクを実行する際に撮影を待つ必要があるため、全体のタクトタイムに影響があります。

また、カメラの視野を拡大し、重複した視野の点群の品質を向上させるために、プロジェクトでは複数のカメラを取り付けることがあります。これは「Eye to eye (ETE)」取り付け方式と呼ばれます。



どのカメラ取り付け方式を選択するにしても、取り付けにはカメラ取り付けスタンドを使用します。カメラ取り付けスタンドの設計に関する詳細な情報は、[カメラ取り付けスタンドの設計](#)をご参照ください。

IPC型番を選択

Mech-MindのIPCは、Mech-Mindソフトウェアが必要とする標準的な実行環境を提供し、ソフトウェアの機能と性能を最適化できます。

IPCの [適用シーン](#)や[技術仕様](#)に基づいて、IPC型番を選択してください。詳細は下表の通りです。

技術仕様	適用シーン	Mech-Mind IPC STD	Mech-Mind IPC ADV	Mech-Mind IPC PRO
同時に実行可能なMech-Visionプロジェクト数	標準インターフェース/Adapter通信（経路計画ステップなし）	≤5	≤5	≤5
	標準インターフェース/Adapter通信（経路計画ステップあり）	≤5	≤5	≤5
	Vizティーチング通信（Mech-Vizソフトウェアを使用）	≤5	≤5	≤5
	3Dビジョンソリューション（3Dマッチングを使用）	≤5	≤5	≤5
	3Dビジョンソリューション（3Dマッチングおよび2Dディープラーニングを使用）	≤2	≤2	≤4
1つのソリューションで接続可能なカメラの数		≤2	≤2	≤2

技術仕様	適用シーン	Mech-Mind IPC STD	Mech-Mind IPC ADV	Mech-Mind IPC PRO
1つのソリューションで読み込み可能なディープラーニングモデルの数		≤5 (CPU)	≤5 (GPU)	<8 (GPU)
1つのソリューションで接続可能なロボットの数 (Vizティーチング通信)		1	1	1
1つのソリューションで同時に有効化できる通信方式の数		1	1	1
1つのソリューションで同時に接続可能なクライアントの数 (標準インターフェース/Adapter通信)		≤4	≤4	≤4

自分で用意したデバイス (PCまたはノートパソコン) をIPCとして使用する場合は、[自分で用意したIPCの設定](#) を参照してそれがシステムの構成要件を満たしていることを確認し、関連する設定を完了してください。

ロボット型番を選択

ロボットの選定時には、ロボットの可搬質量、ロボットの可達範囲、通信方式などの要素を考慮する必要があります。

ロボットの通信方式を選択

通常、インターフェース通信は生産ライン上の実際のアプリケーションに適しており、より柔軟な機能と高速な把持タクトタイムを実現できます。一方で、Vizティーチング通信は通常、把持効果を迅速に検証するためにプロジェクトのテスト段階で使用されます。

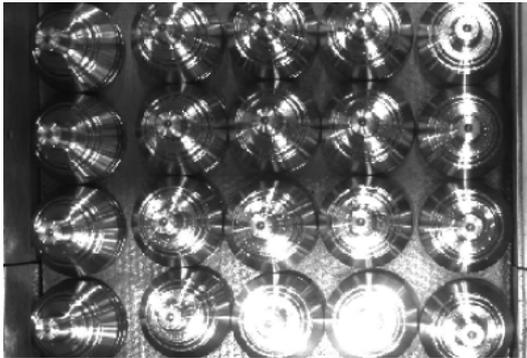
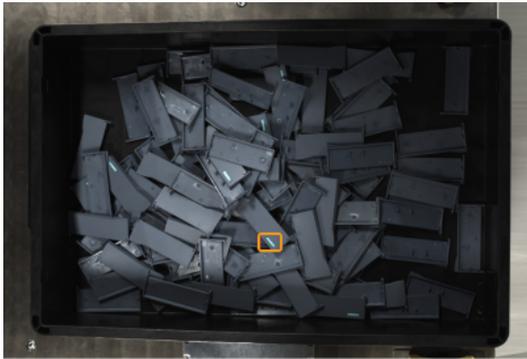
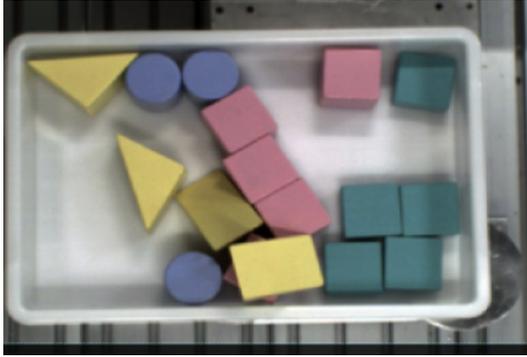
▶ <https://docs.mech-mind.net/download/video/communication/communication-modes-en.mp4> (video)

通信方式を選択するには、[通信方式の選択](#) をご参照ください。通信方式の詳細については、[通信方式の概要](#) をご参照ください。

ディープラーニングを使用するかどうかを確認

[ディープラーニングソリューションを選択](#) を参照して、ビジョンソリューションにディープラーニングが必要であるかどうかを確認してください。

ビジョン認識のプロセスでは、3Dマッチングだけでは以下の問題を解決できない場合、ディープラーニングの使用が必要になります。

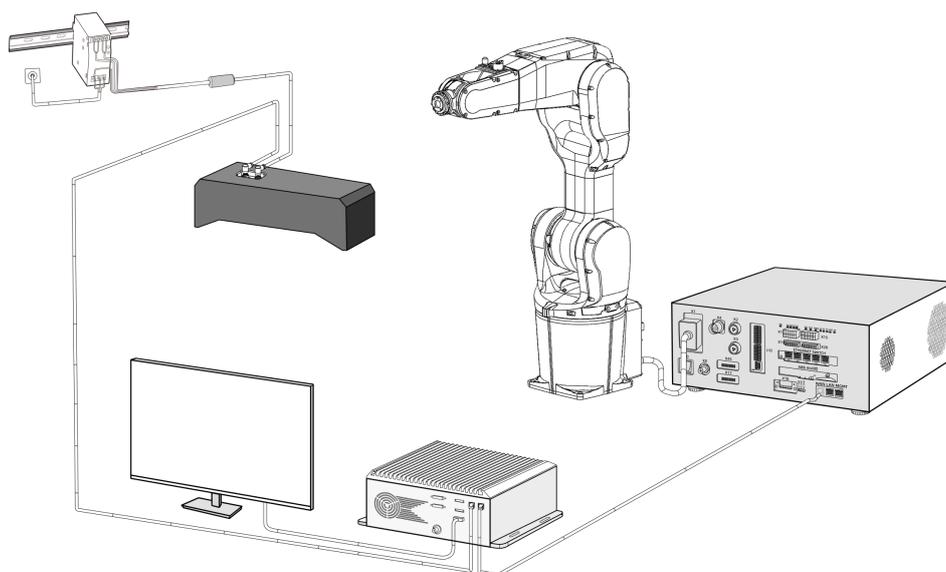
番号	従来の方法における課題	説明図
1	ワーク表面に高い反射性があり、点群品質が低い場合。	
2	ワーク点群に曲面特徴が少なく、特徴点群の数が少ない場合。	
3	ワーク同士が整列して並べられ、密集しており、かつ点群のクラスタリング効果が悪い場合。	
4	ワーク特徴がカラー画像にのみ存在し、ワーク点群に特徴がない場合。	

番号	従来の方における課題	説明図
5	<p>プロジェクトがビジョンタクトタイムに高い要件が求められている場合。例えば、ワーク数が多い場合、点群モデルのマッチングに時間がかかります。</p>	

1.2.2. ビジョンシステムのハードウェア設置

ビジョンシステムのハードウェア設置は、カメラとIPCなどのハードウェアデバイスを実際の動作環境に統合し、ビジョンシステムが正常に動作するのをサポートするプロセスです。

この段階では、ビジョンシステムのハードウェアの取り付けと接続を完了させる必要があります。



Mech-Mindビジョンシステムの設置は、**梱包内容の確認** → **ハードウェアの取り付け** → **ネットワーク接続** → **ソフトウェアのアップグレード（オプション）** → **ビジョンシステムが画像を正常に取得できるか確認** の順で行う必要があります。



高い把持精度が求められるプロジェクトの場合は、導入する際には **特集：把持精度の向上** を参照して関連設定を行ってください。

梱包内容の確認

1. お受け取りの際は、カメラ梱包箱に問題がないことを確認してください。
2. 梱包箱中にある『同梱包一覧』を確認し、商品や付属品に欠品や損傷がないことを確認してください。

下図は、梱包箱に含まれるものや付属品の例を示しています。以下の同梱品一覧は参照用です。実際の梱包内容は、梱包箱内の『同梱包一覧』をご確認ください。



番号	種類	名前	機能
1	IPCと付属品	Mech-Mind IPC STD	Mech-Mindソフトウェアの動作環境を提供
2		IPCの付属品	取付ブラケット、外部WiFiアンテナ、固定ネジなどの付属品
3		IPCの電源ケーブル	IPCの電源を入れる
4	カメラと付属品	Mech-Eye産業用3Dカメラ	画像取得
5		カメラ取扱説明書	Mech-Eye産業用3Dカメラの取扱説明書
6		カメラの付属品	カメラの取り付け

番号	種類	名前	機能
7	その他の付属品	ドングル	ソフトウェアのライセンス供与
8		キャリブレーションボード	カメラをキャリブレーション
9		フランジ	キャリブレーションボードの取り付け
10		カメラDC電源ケーブル（標準仕様20メートル）	カメラをレール電源に接続（オプションでより長い電源ケーブルも利用可能）
11		カメラのLANケーブル（標準仕様20メートル）	カメラをIPCに接続（オプションでより長いLANケーブルも利用可能）
12		レール電源（標準仕様）	Mech-Eye産業用3Dカメラの電源を入れる（オプションで電源アダプターも利用可能）
13	同梱品一覧		梱包に含まれるすべてのものと付属品を一覧表示します



万一、商品紛失・破損等が発生した場合は、Mech-Mind株式会社にお問合せください。

その他のものを準備

カメラ梱包に入っているものの他に、下表に示すようなものを自分で用意する必要があります。

名前	機能
モニター	IPCの画面表示に使用されます
HDMIケーブル	IPCとモニターを接続します
RJ45 LANケーブル	IPCとコントローラを接続します



通常、IPCはRJ45 LANケーブルでコントローラと接続し、カメラのLANケーブルでカメラと接続します。ルータ経由でIPCをロボットコントローラに、IPCをカメラに接続することもできます。

ハードウェアの取り付け



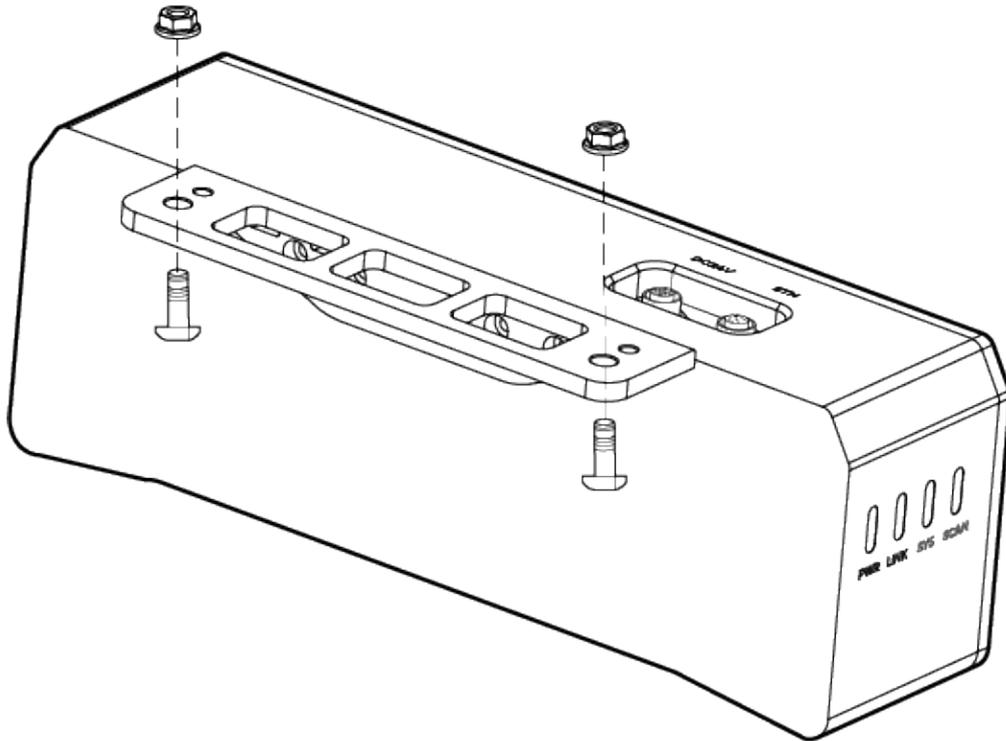
ビジョンソリューションの設計段階でEye to hand (ETH) のカメラ取り付け方式を選択した場合は [カメラの取り付け \(ETH\)](#) を参照して操作し、Eye in hand (EIH) のカメラ取り付け方式を選択した場合は [カメラの取り付け \(EIH\)](#) を参照して操作してください。

カメラの取り付け (ETH)

i ETH取り付け方式では、カメラがブラケットに取り付けられています。

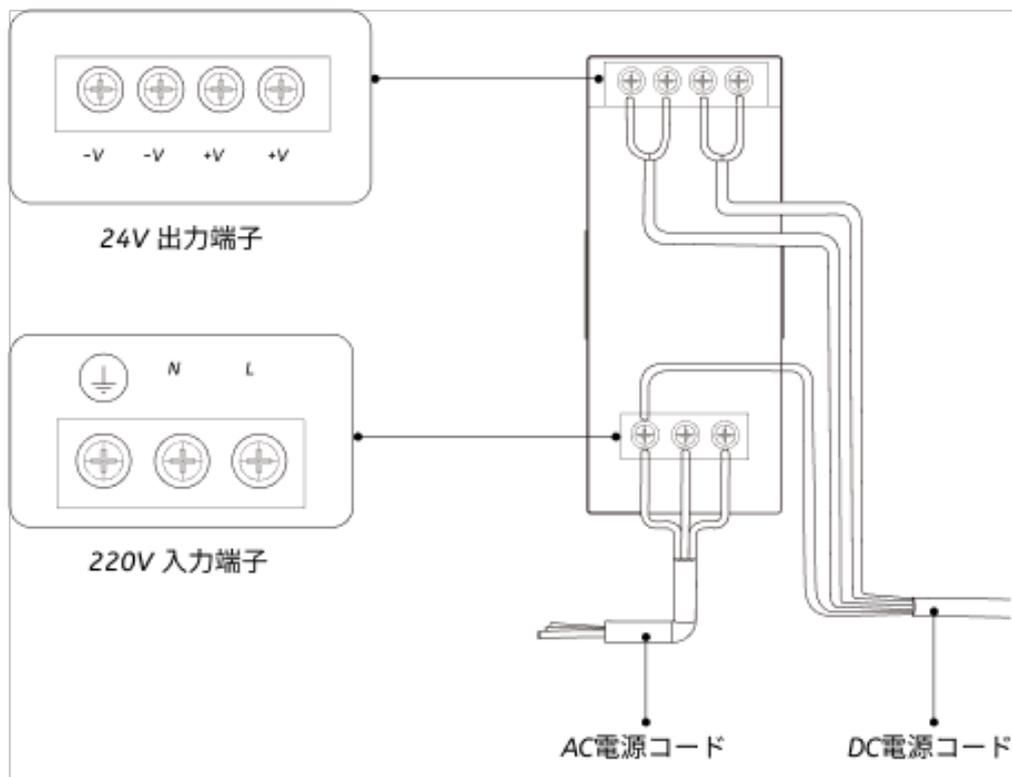
カメラブラケットの設計と取り付け (Eye to hand) を参照して、カメラブラケットの取り付けを完了させてください。カメラブラケットをしっかりと取り付けたら、カメラの取り付けを行います。

1. 付属品からカメラを取り付けるためのネジとスパナを探します。
2. 下図に示すように、レンチを使用して2本のネジを締め、カメラを固定します。



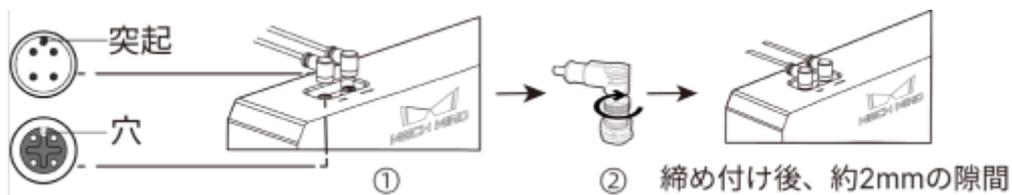
3. カメラ取り付け後、レンズ保護フィルムを剥がします。
4. レール電源でカメラの電源を入れます。

- DC電源ケーブルの接続：
 - +Vを24V出力端子の+Vに接続します。
 - -Vを24V出力端子の-Vに接続します。
 - PEを220V入力端子 ⊕ に接続します。



5. カメラのLANケーブルを取り付けます。

カメラのLANケーブルの航空コネクタの突起をETHポートの開口部に差し込み、ナットを締めます。



6. カメラケーブルの配線規範に従って、LANケーブルと電源ケーブルを固定し、配線してください。

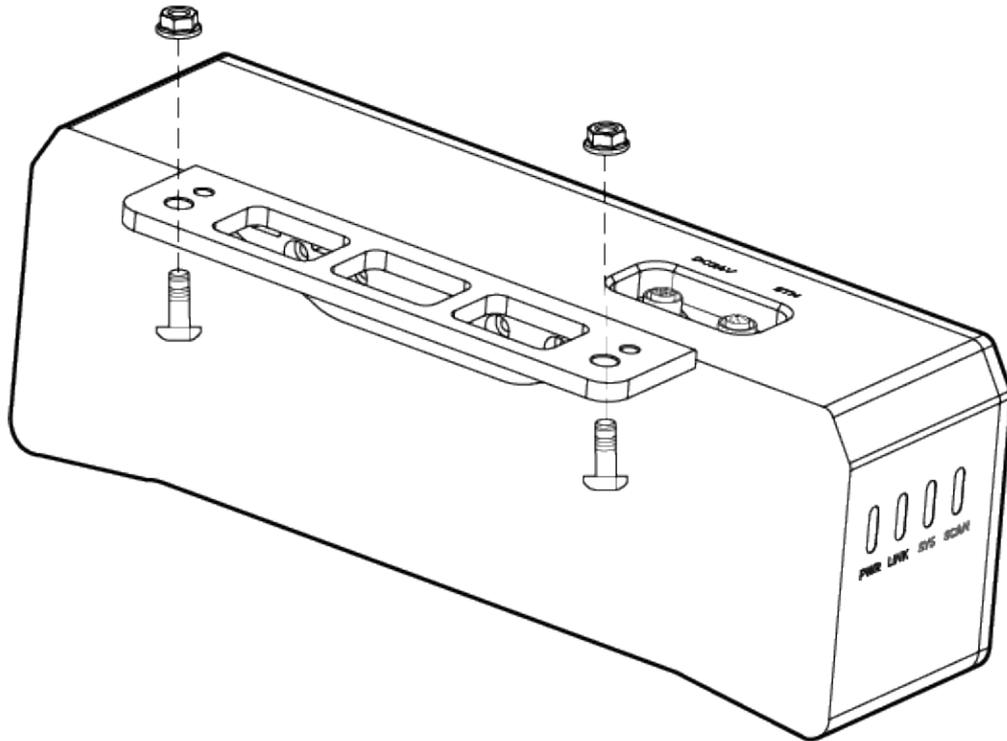
カメラの取り付け (EIH)



EIH取り付け方式では、カメラも取り付けブラケットを使ってロボット先端に取り付ける必要があります。

取り付ける際には、[カメラブラケットの設計と取り付け \(Eye in hand\)](#) をご参照ください。カメラブラケットをしっかりと取り付けたら、カメラの取り付けを行います。

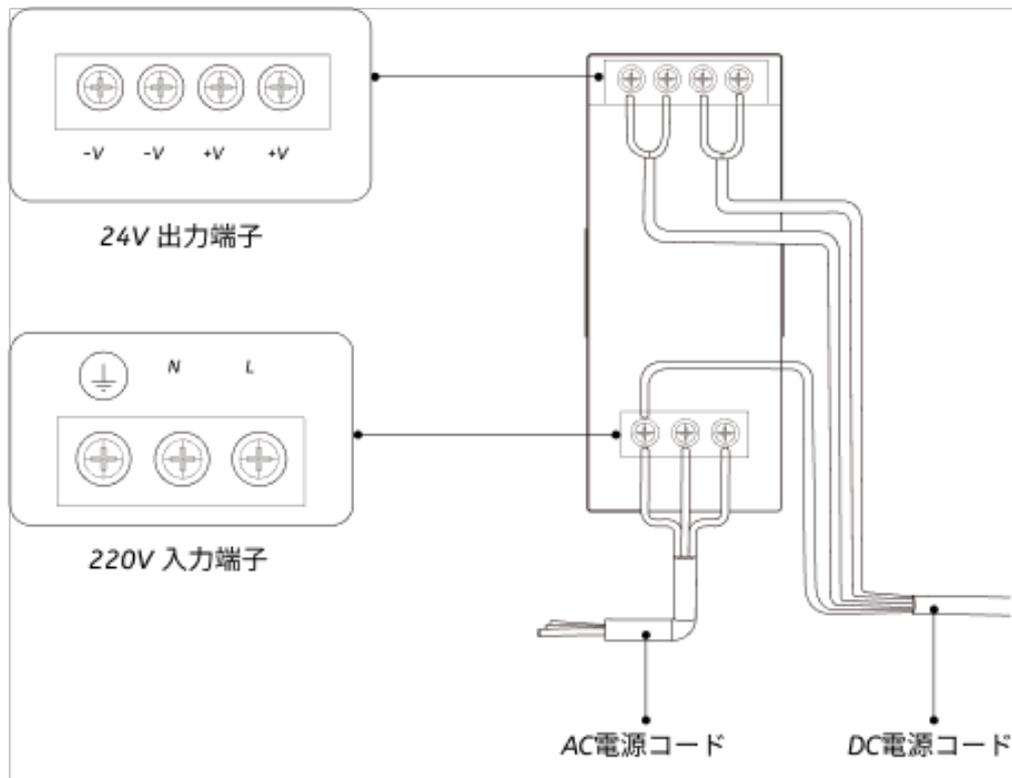
1. 付属品からカメラを取り付けるためのネジとスパナを探します。
2. 下図に示すように、レンチを使用して2本のネジを締め、カメラを固定します。



3. カメラ取り付け後、レンズ保護フィルムを剥がします。

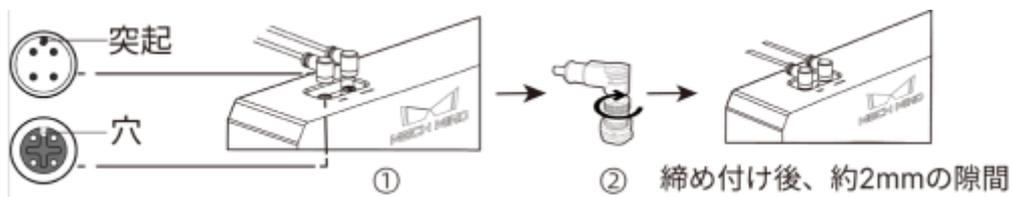
4. レール電源でカメラの電源を入れます。

- DC電源ケーブルの接続：
 - +Vを24V出力端子の+Vに接続します。
 - -Vを24V出力端子の-Vに接続します。
 - PEを220V入力端子 ⊕ に接続します。



5. カメラのLANケーブルを取り付けます。

カメラのLANケーブルの航空コネクタの突起をETHポートの開口部に差し込み、ナットを締めます。



6. カメラケーブルの配線規範に従って、LANケーブルと電源ケーブルを固定し、配線してください。

IPCの取り付け（取り付けブラケットによる）

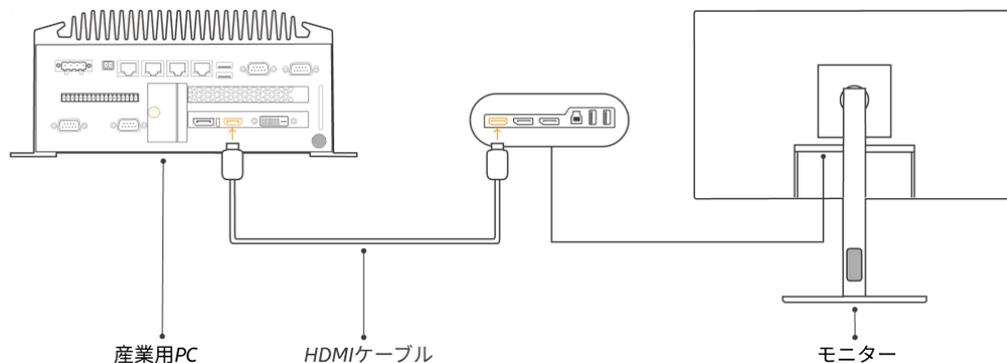
以下の手順で、2つの取り付けブラケットを使用して、埋め込み型デバイスを壁などの平らな面に固定します。

1. デバイスを逆さまにします。
2. 底面にある固定用のねじ穴と、取り付けブラケットの両側にあるねじ穴を合わせます。
3. ブラケットにねじを挿し込み、デバイスとブラケットを固定します。



4. 予め決められた表面に穴を開けます。
5. ブラケットの両側の取り付け穴と、決められた表面の穴を合わせます。
6. デバイスを目標の取り付け表面に固定するために、4つの固定ねじを挿入し締めます。
7. IPCとモニターをHDMIケーブルで接続します。

下図のように、HDMIケーブルの一端をモニターのHDMIポートに、もう一端をIPCのHDMIポートに差し込みます。



8. 電源アダプタでIPCの電源を入れます。

電源アダプタの電源プラグをIPCの電源入力ポートに差し込み、電源アダプタのもう一方の端を電源に接続します。

9. ドングルを差し込みます。

ドングルをIPCのUSBポートに差し込みます。

10. IPCの電源が入った後、IPCを起動します。

- IPCが正常に起動する場合、電源インジケータは常に点灯しています。
- IPCが起動しない場合は、Mech-Mind株式会社のテクニカルサポートにお問い合わせください。

ネットワーク接続

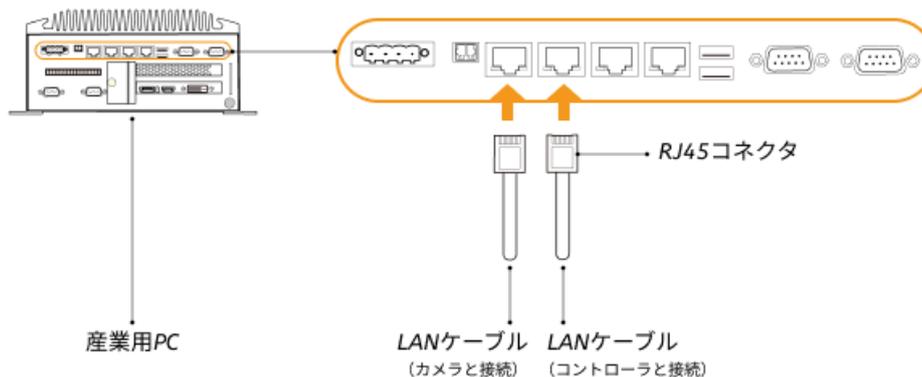
以下では、IPCとカメラとのネットワーク接続、IPCとロボットとのネットワーク接続について説明します。

以下の操作で、次のIPアドレスに従ってネットワークを設定します。実際のネットワーク環境に応じて調整してください。

機器		IPアドレス
IPC	カメラに接続されているLANポート	192.168.100.10
	コントローラに接続されているLANポート	192.168.200.10
カメラ		192.168.100.20
ロボット		192.168.200.20 (ロボットは設定済み)

IPCとカメラ、IPCとコントローラを接続

1. カメラが接続されているLANケーブルのもう一方の端をIPCのLANポートに差し込みます。



2. 両端にRJ45コネクタが付いたLANケーブルを使用して、LANケーブルの一端をIPCのLANポートに、もう一端をロボットコントローラのLANポートに差し込みます。

IPCのIPアドレスを設定

1. IPCで、**コントロールパネル** > **ネットワークとイーサネット** > **ネットワークと共有センター** > **アダプターの設定の変更** を選択すると、**ネットワークの接続** の画面が表示されます。
2. カメラが接続されているLANポートを選択し、右クリックして **名前の変更** を選択し、「To_camera」など、ネットワーク接続を示すポートに名前を変更します。
3. カメラが接続されているLANポートを選択し、右クリックして **プロパティ** を選択し、**イーサネットのプロパティ** の画面に入ります。
4. **イーサネットプロトコルバージョン 4 (TCP/IPv4)** を選択して [**プロパティ**] をクリックし、**Internet プロトコルバージョン 4 (TCP/IPv4) のプロパティ** の画面に入ります。
5. **次のIPアドレスを使う** を選択し、**IPアドレス** を「192.168.100.10」、**サブネットマスク** を「255.255.255.0」、**デフォルトゲートウェイ** を「192.168.100.1」に設定してから、[**OK**] をクリックします。



6. 手順2~5を繰り返し、ロボットコントローラが接続されているLANポートの名前を変更し（例：To_robot）、LANポートのIPアドレスを設定します。例えば、LANポートのIPアドレスは「192.168.200.10」です。

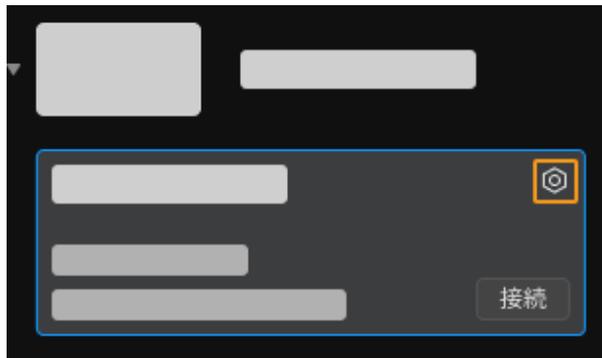


コントローラに接続するIPCのLANポートのIPアドレスは、ロボットのIPアドレスと同じネットワークセグメント内にある必要があります。

カメラのIPアドレスを設定

1. IPCのデスクトップ上にある  アイコンをダブルクリックし、Mech-Eye Viewerを起動します。

2. カメラ一覧からカメラを選択し、マウスをカメラ情報バーに移動すると、が表示されます。クリックすると **IP設定画面** に入ります。



カメラが検出できないか、またはカメラに接続できない場合は、[カメラのトラブルシューティング](#) を参照して問題を解決してください。

3. カメラ エリアで、**静的IPに設定** を選択し、**IPアドレスクラス** を「クラスC 192.168.x.x」、**IPアドレス** を「192.168.100.20」、**サブネットマスク** を「255.255.255.0」に設定してから、[**適用**] をクリックします。



カメラのIPアドレスは、カメラが接続されているIPCのLANポートのIPアドレスと同じネットワークセグメント内にある必要があります。

ネットワーク接続をテスト

1. ショートカットキー **Win + R** で **実行画面** を表示します。
2. 名前に **cmd** と入力し、[**OK**] をクリックします。
3. コマンドウィンドウに **ping XXX.XXX.XX.XX** と入力し、**Enter** をクリックしてコマンドを実

行します。



XXX.XXX.XX.XXは、実際に設定されたカメラまたはロボットのIPアドレスに変更します。

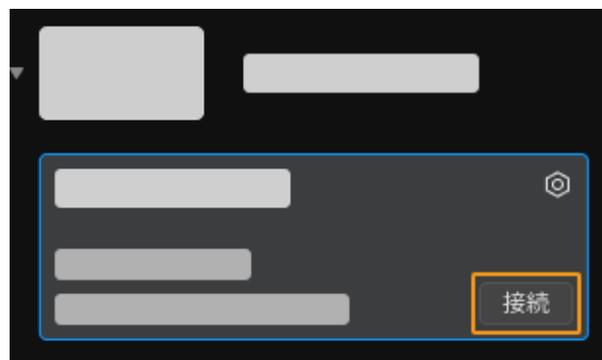
ネットワークの接続が正常であれば、次のようなメッセージが表示されます。

```
XXX.XXX.XX.XXにPingを送信しています 32バイトのデータ：
XXX.XXX.XX.XXからの応答： バイト数=32 時間<1ms TTL=128
XXX.XXX.XX.XXからの応答： バイト数=32 時間<1ms TTL=128
XXX.XXX.XX.XXからの応答： バイト数=32 時間<1ms TTL=128
XXX.XXX.XX.XXからの応答： バイト数=32 時間<1ms TTL=128
```

取得した画像の品質を確認

IPC、カメラ、およびロボットのネットワーク接続が機能していることを確認し、すべてのソフトウェアが最新バージョンであることを確認した後、ビジョンシステムが画像を正常に取得し、画像品質が要件を満たしていることを確認する必要があります。

1. ワークをカメラの視野中心に置き、エッジと最高層にあるワークがカメラの視野に入っていることを確認します。
2. IPCのデスクトップにある  アイコンをダブルクリックしてMech-Eye Viewerを起動します。
3. カメラ一覧からカメラを選択して [接続] をクリックします。

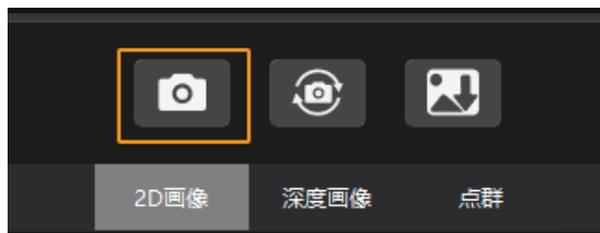


4. カメラ接続後、実際の要件に応じてパラメータグループを選択します。

ファームウェアバージョン2.2.0以降、V4世代のカメラには、さまざまなシーンやワークに対応する組み込みパラメータグループが内蔵されています。実際のシーンに応じてパラメータグループを選択し、パラメータ値を調整すると要件を満たすデータを収集できます。これによってパラメータ調整がより簡単になります。詳細については、<https://docs.mech-mind.net/ja/eye-3d-camera/2.4.0/extended-reading/built-in-parameter-groups.html>[組み込みパラメータグループ, window=_blank] をご参照ください。



5. パラメータグループを選択した後、[一回キャプチャ]をクリックします。

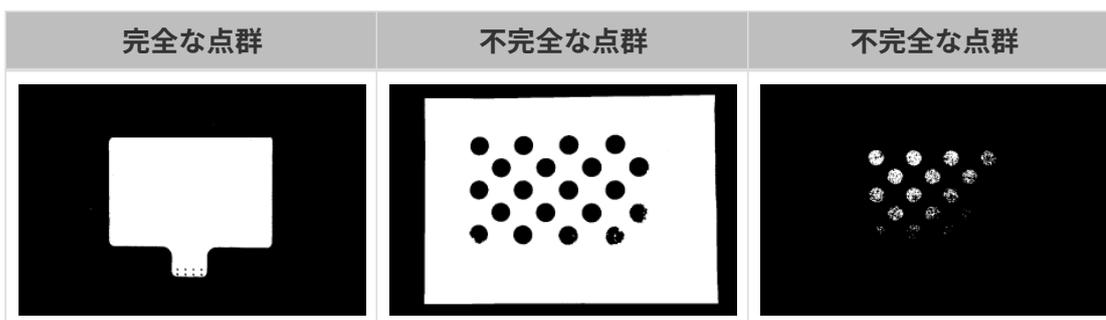


6. 取得した画像品質が要件を満たしていることを確認します。

- 2D画像：輝度が適切で、対象物の表面のディテールがはっきりと見られます。



- 深度画像と点群：対象物のデータが完全に見られます。



- 取得した画像が要件を満たさない場合、[Mech-Eye Viewer](#)でパラメータを調整してください。
- ビジョンソリューションがディープラーニングの使用を必要とする場合は、[ディープラーニング画像の取得要件](#)を参照して要件を満たす画像を取得してください。

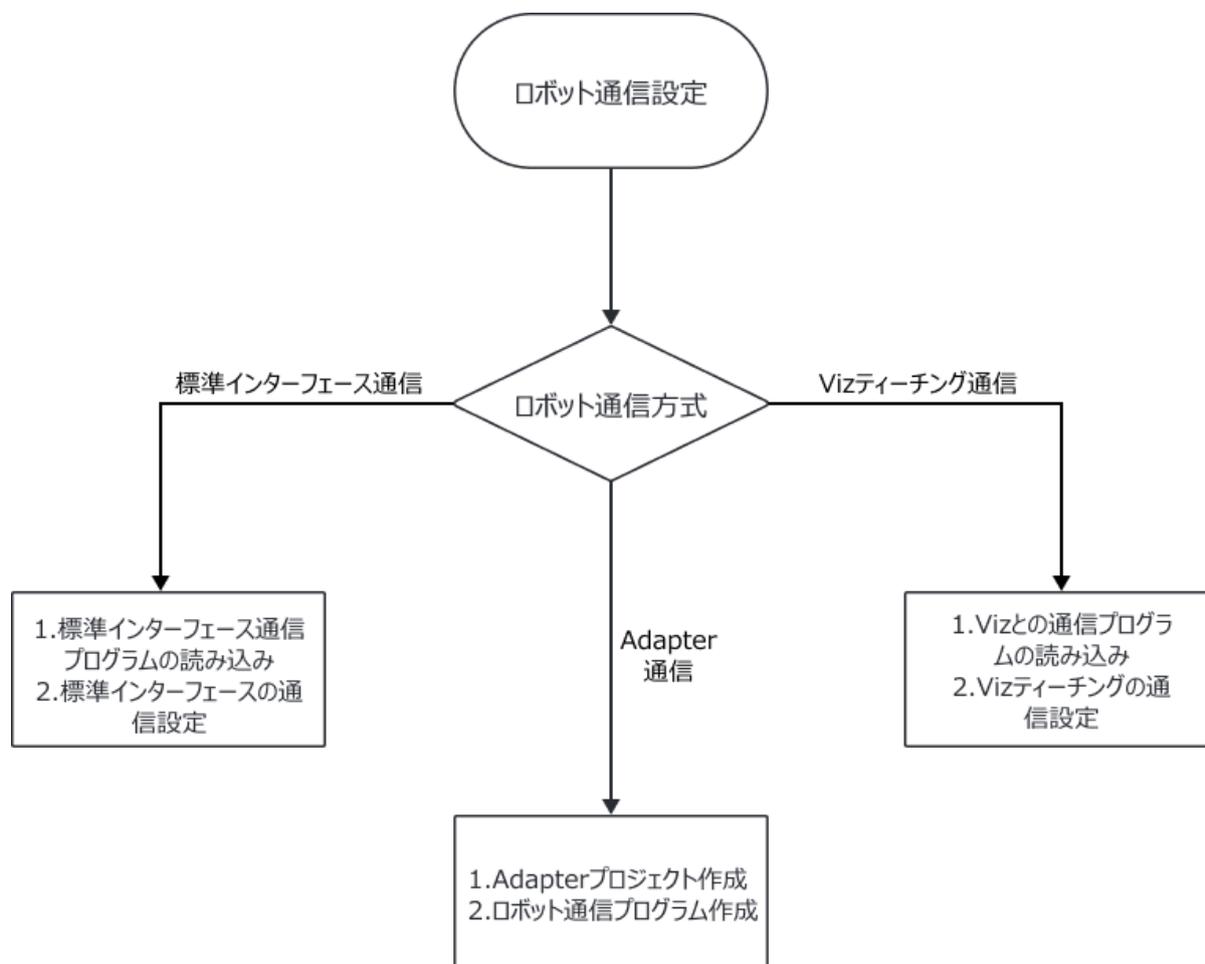
1.2.3. ロボット通信設定

[ビジョンシステムのハードウェア設置](#)では、ビジョンシステムとロボットシステムのハードウェアを統合します。ロボット通信設定は、両者の通信を統合し、ビジョンシステムとロボット

側がデータを正確かつリアルタイムにやり取りできるようにするプロセスです。

通常、ロボット通信設定では、Mech-Mindが提供する通信プログラムと設定ファイルをロボットシステムに読み込み、それに対応する通信設定を完了する必要があります。

この段階で設定が必要な項目は、ビジョンソリューションの設計段階で選択したロボット通信方式によって異なります。



- 標準インターフェース通信を選択した場合、この段階では標準インターフェースプログラムと設定ファイルをロボットシステムに読み込み、標準インターフェース通信に関連する設定を完了する必要があります。

設定する際は、[標準インターフェース通信対応状況一覧表](#)が参考になります。

- Vizティーチング通信を選択した場合、この段階ではVizとの通信プログラムと設定ファイルをロボットシステムに読み込み、Vizティーチング通信に関連する設定を完了する必要があります。

設定する際は、[Vizティーチング通信対応状況一覧表](#)が参考になります。

- Adapter通信を選択した場合、この段階ではビジョンシステムのためにAdapterプロジェクトを作成し、ロボット側の対応する通信プログラムを作成する必要があります。

Adapterはカスタマイズされた通信方式であるため、高いプログラミング能力が求められます。Adapter通信に関する詳細は、[Adapter通信](#)をご参照ください。

1.2.4. ハンド・アイ・キャリブレーション

ハンド・アイ・キャリブレーションとは、カメラ座標系とロボット座標系との対応関係（外部パラメータ）を求めることです。ビジョンシステムにより取得した対象物の位置姿勢をロボット座標系に変換し、ロボットが対象物の把持を完了させるように制御します。

キャリブレーションフローは、ロボットタイプ、通信方式、カメラの取り付け方式、およびキャリブレーションデータの取得方法によって異なります。

Mech-Visionでは、キャリブレーションツールが組み込まれています。標準化されたキャリブレーションの実行手順により、キャリブレーションを簡単に行えます。

プロジェクトの実際状況に基づいて、適切な [キャリブレーションフローを選択](#) し、操作ガイドに従ってキャリブレーションを完了できます。



- 高い把持精度が求められるプロジェクトの場合は、導入する際には [特集：把持精度の向上](#) を参照して関連設定を行ってください。
- キャリブレーション中に問題が発生した場合は、[よくある問題と解決策](#) を参照してトラブルシューティングを行ってください。

1.2.5. ビジョンプロジェクトの設定

この段階では、対象物の認識と位置決めを実現するために、ビジョンプロジェクト（すなわちMech-Visionプロジェクト）を設定する必要があります。



- 高い把持精度が求められるプロジェクトの場合は、導入する際には [特集：把持精度の向上](#) を参照して関連設定を行ってください。

ビジョンプロジェクトは、画像の取得から始まり、その後、画像データに対して様々なアルゴリズム処理（点群前処理・後処理、ワーク認識、3D位置姿勢調整、ディープラーニング推論など）を行い、最終的にはロボットをガイドするためのビジョン結果（位置姿勢、ラベルなど）が出力されます。

- ビジョン処理フローの主要な機能（3D位置姿勢調整、ディープラーニングなど）に対して、Mech-Visionソフトウェアの「ソリューションライブラリ」はサンプルプロジェクトを提供しています。これにより、3Dビジョンシステムの上級者向け機能やツール、デバッグ経験を深く学ぶことができます。
- Mech-Visionソフトウェアの「ソリューションライブラリ」は、部品供給、パレタイジング・デパレタイジング、位置決め・組立、商品のピッキング、品質検査などの業界における一般的な適用シーンに適用可能な代表的なソリューションやプロジェクトを提供しています。これらのソリューションやプロジェクトを参照してビジョンプロジェクトの作成、設定、およびデバッグを迅速に完了することが可能です。

ビジョンプロジェクトの一般的な設定手順を下図に示します。



1: プロジェクト作成	プロジェクトの構築手順	プロジェクトの構築手順と方法を記載しています。
	プロジェクトに関する操作	プロジェクトの一般的な操作を記載しています。
	ステップに関する操作	ステップの一般的な操作を記載しています。ステップはプロジェクト構築の基礎であり、1つのステップは1つのアルゴリズム処理ユニットです。異なるステップを組み合わせて、異なるアルゴリズム処理フローを構築します。

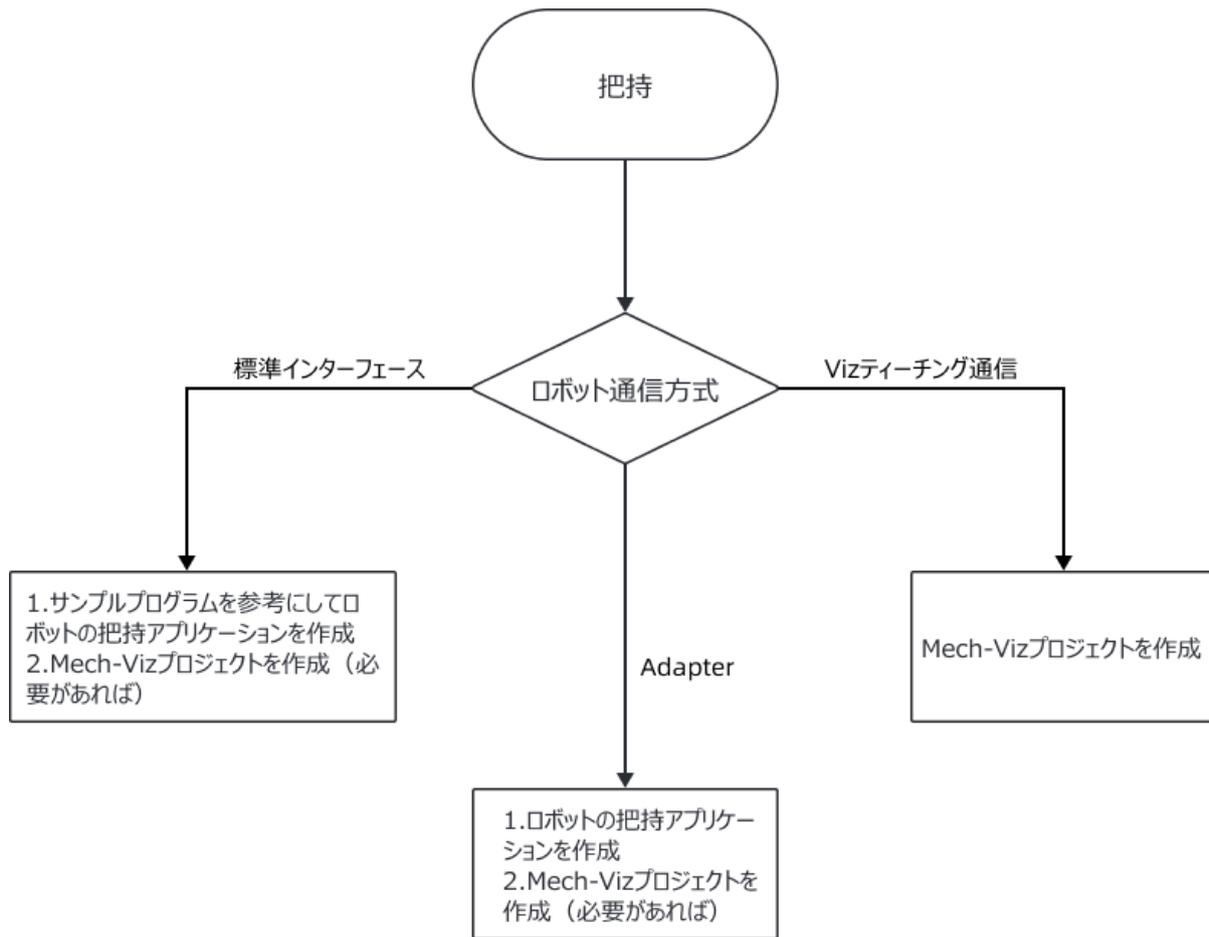
2：パラメータ設定	カメラパラメータの調整	<p>カメラパラメータの調整が完了し、カメラが取得した2D画像と深度画像の品質が要件を満たしていることを確認します。これにより、ビジョンプロジェクトによって出力された最終的なビジョン結果の精度を確保します。</p>
	点群モデルと把持位置姿勢を作成	<p>3Dマッチングアルゴリズムは、対象物の点群モデルを基にして対象物を認識します。そのため、ビジョンプロジェクトを設定する際には通常、点群モデルを作成する必要があります。</p>
	ディープラーニングの使用ガイド	<p>ワーク表面に高い反射性がある、または点群の品質が低いなど、複雑な認識要件がある場合、3Dマッチングアルゴリズムだけでは要件を満たす認識効果が得られないことがあります。ディープラーニングと組み合わせて使用することで、より優れた認識効果が実現できます。ディープラーニングモデルのトレーニングと設定を行う際には、このガイドが参考になります。</p>
	位置姿勢の調整	<p>対象物が正常に認識された後、通常はその位置姿勢に対して様々な処理が行われ、これによりロボットの把持が容易になります。位置姿勢の迅速な調整には、位置姿勢編集ツールを使用できます。</p>
	ステップの参照情報	<p>ステップパラメータに関する説明や設定方法を記載しています。ステップのパラメータを設定する際には、これが参考になります。</p>

3：デバッグと最適化	デバッグ結果出力	各ステップをシングルステップで実行し、デバッグ結果出力ウィンドウで実行効果を確認します。その後、プロジェクト全体を実行し、出力されたビジョン結果を確認します。
	ディープラーニングモデルの反復	ディープラーニングを使用する場合、ディープラーニングの推論結果が要件を満たさない場合は、モデルの追加調整が必要です。
	データ保存	メンテナンスのために、プロジェクトデータを定期的にバックアップする必要があります。
4：生産と運用保守	オペレーターインターフェイスを設定	ビジョンソリューションを生産ラインに導入する前に、オペレーターインターフェースを構築することができます。これにより、現場のオペレーターは生産状況を迅速に把握し、生産結果を確認し、ワーク種類を切り替えたり追加したりすることが容易になります。また、運用やトラブルシューティングを簡単に行うこともできます。
	オペレーターインターフェイスを使用	現場のオペレーターは、このマニュアルに従ってオペレーターインターフェースの使用方法を迅速に理解できます。

1.2.6. 把持と配置を実行

把持は、3Dロボットビジョンアプリケーションの導入の最終目標です。この段階では、ロボットがビジョンシステムによって正確に把持できるように、把持作業のワークフローを構築する必要があります。

ロボットの把持作業のワークフローの構築方法は、選択したロボット通信方式によって異なります。



高い把持精度が求められるプロジェクトの場合は、導入する際には [特集：把持精度の向上](#) を参照して関連設定を行ってください。

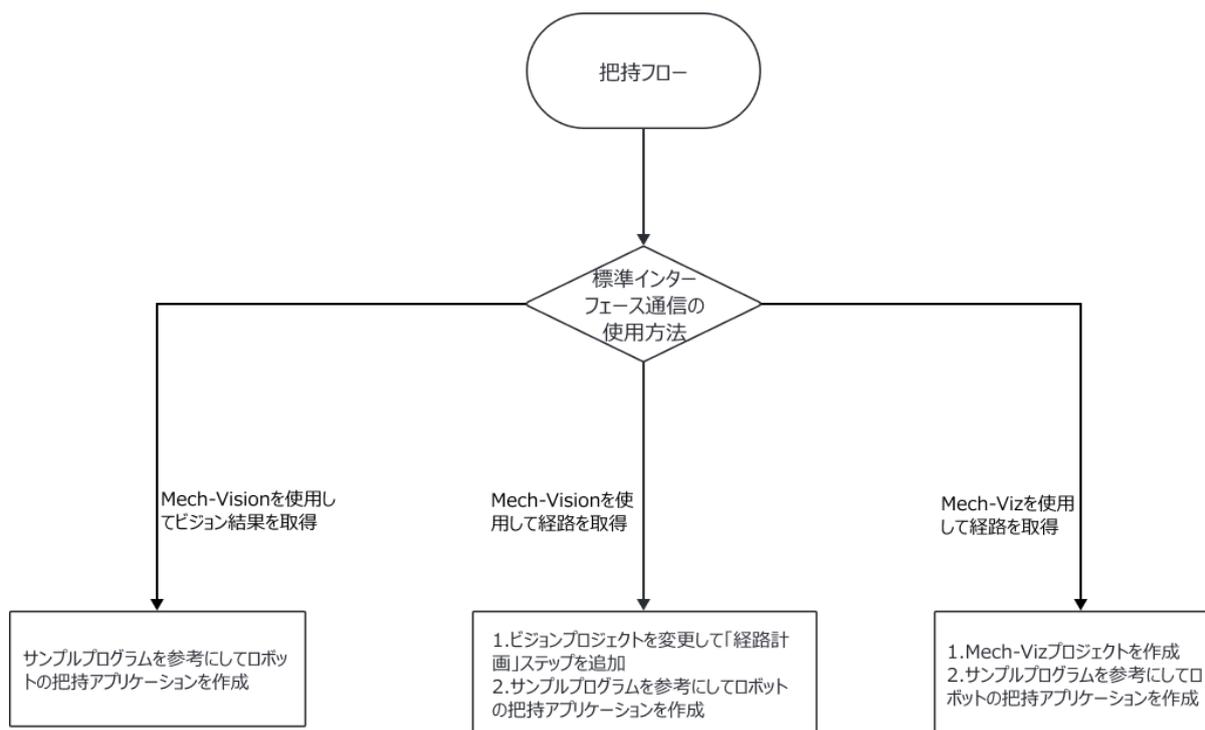
ロボットの把持作業のワークフローを構築（標準インターフェース通信）

標準インターフェース通信方式を使用する場合、ロボット側でロボットの把持アプリケーションを作成し、ビジョンシステムによるロボットの把持作業を実現することが可能です。Mech-Mindは、対応済みのロボットに対して標準インターフェースのサンプルプログラムを提供しており、これを参考にして把持アプリケーションを作成することができます。

標準インターフェース通信を使用する場合、作成したプロジェクトやビジョンシステムの出力結果に応じて、標準インターフェースとビジョンシステムの連携方法は以下の3つに分類されます。

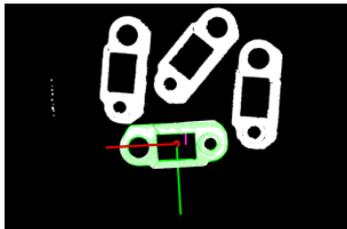
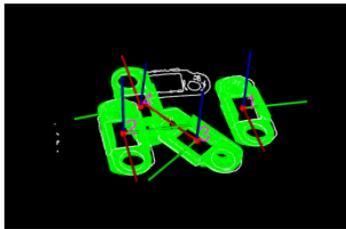
- [Mech-Visionを使用してビジョン結果を取得](#)
- [Mech-Vizを使用して計画された経路を取得](#)
- [Mech-Visionを使用して計画された経路を取得](#)

以下では、これらの連携方法について詳しく説明します。



Mech-Visionを使用してビジョン結果を取得

この方法では、ロボットまたはPLCは標準インターフェースコマンドを使用してMech-Visionプロジェクトをトリガーし、Mech-Visionが出力したビジョン結果を取得します。

必要なプロジェクト	Mech-Visionプロジェクト
ビジョンシステムの出力結果	<p>ビジョン結果。1つ以上のビジョンポイントを含み、各ビジョンポイントには位置姿勢、ラベルなどのデータが含まれます。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>単一のビジョンポイント</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>複数のビジョンポイント</p> </div> </div>



ビジョン結果は、Mech-Visionプロジェクトの **出力** ステップから出力されます。「出力」ステップの **ポートタイプ** パラメータを **事前定義済み (ビジョン結果)** または **カスタム** に設定する必要があります。

この方法の一般的なフローは以下の通りです。

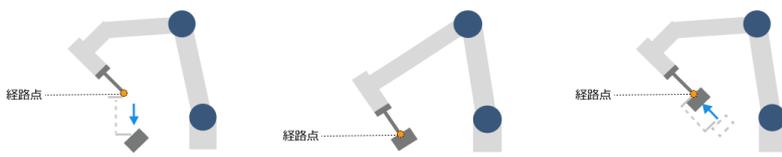
1. ロボットまたはPLCは標準インターフェースコマンドを使用してMech-Visionプロジェクトをトリガーします。

2. ビジョンシステムがMech-Visionプロジェクトを実行し、ビジョン結果を出力します。
3. ロボットまたはPLCは標準インターフェースコマンドを使用してビジョン結果を取得します。
4. ロボットはビジョン結果による把持を行います。

上記のフローを実現するために、ロボットまたはPLCプログラムを作成する必要があります。Mech-Mindは、対応済みのロボットまたはPLCに対して数多くのサンプルプログラムを提供しています。そのうち、最初のサンプルプログラムは上記のフローに従って実装されています。さらに、他の拡張機能を実装するために他のサンプルも参考にできます。ロボットプログラムまたはPLCプロジェクトを作成するには、[標準インターフェース通信](#)をご参照ください。

Mech-Vizを使用して計画された経路を取得

この方法では、ロボットまたはPLCは標準インターフェースコマンドを使用してMech-Vizプロジェクトをトリガーし、Mech-Vizが出力した計画された経路を取得します。

必要なプロジェクト	Mech-VizとMech-Visionプロジェクト
ビジョンシステムの出力結果	<p>計画された経路。一連の経路点からなり、各経路点にはロボットの位置姿勢、ラベル、移動タイプ、速度などのデータが含まれます。</p> 



- Mech-VisionプロジェクトはMech-Vizプロジェクトのビジョンサービスとして呼び出されます。Mech-Visionプロジェクトの出力ステップのポートタイプは、**事前定義済み（ビジョン結果）** または **カスタム** に設定する必要があります。
- 計画された経路は、Mech-VizがMech-Visionの出力したビジョン結果に基づいて、動的に計画された衝突のないロボット移動経路を指します。
- 通常、計画された経路には、把持のための経路点のみが含まれ、配置のための経路点はありません。配置のための経路点は、ロボットプログラムに手動で追加することができます。

この方法の一般的なフローは以下の通りです。

1. ロボットまたはPLCは、標準のインターフェースコマンドを使用してMech-Vizプロジェクトをトリガーします。
2. ビジョンシステムがMech-Vizプロジェクトを実行し、計画された経路を出力します。Mech-Vizプロジェクトの実行中、Mech-Vizはビジョン結果を取得するためにMech-Visionプロジェクトを呼び出し、ビジョン結果に基づいてロボットの移動経路を計画します。
3. ロボットまたはPLCは、標準のインターフェースコマンドを使用して計画された経路を取得し

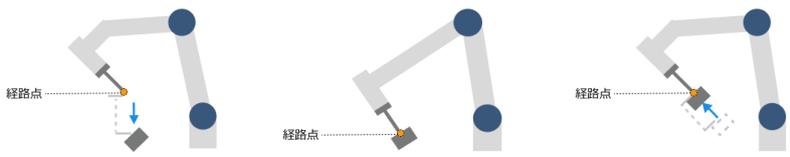
ます。

4. ロボットは計画された経路に従って把持を行います。

上記のフローを実現するために、ロボットまたはPLCプログラムを作成する必要があります。Mech-Mindは、対応済みのロボットまたはPLCに対して数多くのサンプルプログラムを提供しています。そのうち、2番目のサンプルプログラムは上記のフローに従って実装されています。さらに、他の拡張機能を実装するために他のサンプルも参考にできます。ロボットプログラムまたはPLCプロジェクトを作成するには、[標準インターフェース通信](#)をご参照ください。

Mech-Visionを使用して計画された経路を取得

この方法では、ロボットまたはPLCは標準インターフェースコマンドを使用してMech-Visionプロジェクトをトリガーし、Mech-Visionが出力した計画された経路を取得します。

必要なプロジェクト	Mech-Visionプロジェクト
ビジョンシステムの出力結果	<p>計画された経路。一連の経路点からなり、各経路点にはロボットの位置姿勢、ラベル、移動タイプ、速度などのデータが含まれます。</p> 



- Mech-Visionプロジェクトの **出力** ステップの **ポートタイプ** パラメータは、**事前定義済み (ロボット経路)** に設定する必要があります。
- 計画された経路は、Mech-Visionプロジェクトの **経路計画** ステップによって計画された衝突のないロボット移動経路を指します。
- 通常、計画された経路には、把持のための経路点のみが含まれ、配置のための経路点は含まれません。配置のための経路点は、ロボットプログラムに手動で追加することができます。

この方法の一般的なフローは以下の通りです。

1. ロボットまたはPLCは標準インターフェースコマンドを使用してMech-Visionプロジェクトをトリガーします。
2. ビジョンシステムがMech-Visionプロジェクトを実行し、計画された経路を出力します。
3. ロボットまたはPLCは、標準のインターフェースコマンドを使用して計画された経路を取得します。
4. ロボットは計画された経路に従って把持を行います。

上記のフローを実現するために、ロボットまたはPLCのプログラムを作成する必要があります。Mech-Mindは、対応済みのロボットやPLCに対して数多くのサンプルプログラムを提供して

います。そのうち、3番目のサンプルプログラムは上記のフローに従って実装されています。さらに、他の拡張機能を実装するために他のサンプルも参考にできます。ロボットプログラムまたはPLCプロジェクトを作成するには、[標準インターフェース通信](#)をご参照ください。

ロボットの把持作業のワークフローを構築（Vizティーチング通信）

Vizティーチング通信を使用した場合、Mech-Vizでロボットの把持作業のワークフロー（Mech-Vizプロジェクト）をグラフィカルに構築できます。

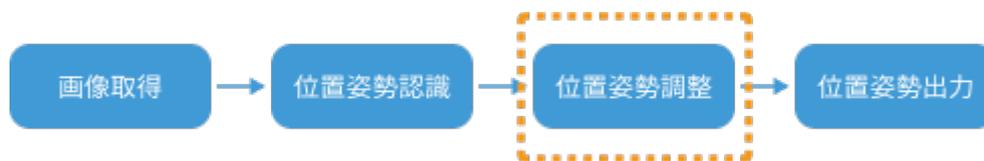
1：ワークフロー構築	最初のプロジェクトを構築	Mech-Vizプロジェクトを構築するための一般的な手順を記載しています。
2：モデル作成	モデルエディタでモデルを作成	モデルエディタを使用してロボットハンド、ワーク、およびシーンのモデルを作成します。これらのモデルは、シミュレーションおよび衝突検出に使用されます。
3：リソース設定	ワーク設定	ワークのモデルをインポートして設定します。 ワークの対称性 、 把持範囲 などを設定して把持成功率を向上させます。
	ロボットハンド設定	ロボットハンドのモデルをインポートして設定します。ロボットハンドのモデルの位置、サイズ、ロボットハンドの制御ロジックを調整する必要があります。
	シーンの物体の設定	シーンの物体を設定し、ロボット実機の動作環境を再現します。衝突検出や経路計画に使用されます。
4：シミュレーションと最適化	衝突検出設定	衝突検出機能を設定し、ロボット動作中に衝突が発生しないようにし、計画された衝突のない経路を出力します。
	計画履歴による最適化	計画履歴はMech-Vizの計画の全過程を完全に記録し、可視化の手法で衝突結果を表示します。計画の失敗を解決する方法については、この履歴を参照してトラブルシューティングできます。

2. 上級ガイド

2.1. 3D位置姿勢調整

3D ロボットビジョンソリューションを把持シーンに適用する場合、ロボットの把持成功率を向上させるために、ビジョンシステムが対象物の位置姿勢を認識した後、一般的に現場の実際状況に応じて位置姿勢を調整する必要があります。

位置姿勢調整はビジョン処理フローにおいて重要な手順であり、位置姿勢の座標変換、並進/方向調整、位置姿勢フィルタリングなどが含まれます。



▶ <https://www.youtube.com/watch?v=t6UwM-glgTE> (YouTube video)

位置姿勢編集ツールの紹介

本ガイドでは、位置姿勢の調整方法と実際の適用シーンに基づいて位置姿勢の調整方法を選択する方法について説明します。

位置姿勢の調整方法

Mech-Visionには位置姿勢編集ツールが組み込まれています。このツールを使用して対象物の位置姿勢の調整と把持順序の最適化を簡単に行うことができます。[位置姿勢を一括調整 \(V2\)](#) をクリックして選択し、[設定ツール] ボタンをクリックして[位置姿勢編集ツール](#) を開き、このツールを使用して位置姿勢の調整を行います。

位置姿勢の調整例

[位置姿勢編集ツール](#) を使用して位置姿勢を調整する際には、現場の実際の把持要件に応じて対象物の把持方法を調整する必要があります。Mech-Visionのソリューションライブラリには、多くの3D位置姿勢調整に関するサンプルが含まれています。本ガイドでは、これらのサンプルを通じて位置姿勢編集ツールの使用方法を説明し、現場の把持要件を満たす方法を紹介します。下表に、現場の把持要件に応じた適切なサンプルを参照できます。

例	適用シーン	説明
位置姿勢を調整 (Z形状でソート)	段ボール箱のデパレタイジングや、ワークが整列して並べられた場合 (Z形状でソート)	「Z」形状の順序で対象物を把持します。

例	適用シーン	説明
位置姿勢を調整（S形状でソート）	段ボール箱のデパレタイジングや、ワークが整列して並べられた場合（S形状でソート）	「S」形状の順序で対象物を把持します。
位置姿勢を調整（コンテナ中心までの距離）	バラ積みピッキング	先にコンテナ中心に近いワークを把持し、次にコンテナ壁に近いワークを把持します。
位置姿勢を調整（高さ）	ワークの位置姿勢の高さに基づいて把持順序を決定する必要がある場合	先に位置姿勢の高さが高いワークを把持することで、把持成功率を向上させます。
位置姿勢を調整（位置姿勢の信頼度）	位置姿勢の信頼度のみに基づいて把持順序を決定する必要がある場合	先に位置姿勢の信頼度が高いワークを把持することで、把持成功率を向上させます。
位置姿勢を調整（基準点を指す）	シャフトやバーの供給	コンテナの側壁近くのワークを把持する場合、ロボットハンドがコンテナに衝突するのを防ぐために、ロボットハンドを傾けて把持することが必要です。

2.1.1. 位置姿勢を調整（Z形状でソート）

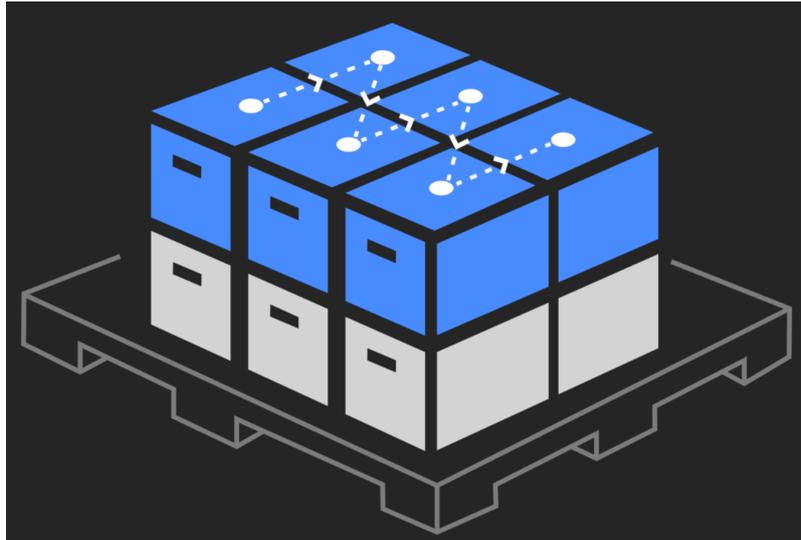
まず「Z形状でソート」の適用シーンと適用例を紹介し、「位置姿勢を調整（Z形状でソート）」のサンプルプロジェクトを例にとって、実践ガイドを提供します。次に、[位置姿勢を一括調整（V2）](#) ステップのパラメータ調整方法を説明し、最後に実際の適用時の注意事項を紹介します。

▶ <https://www.youtube.com/watch?v=BkSXNTkJxiU> (YouTube video)

位置姿勢編集ツールの適用：デパレタイジング

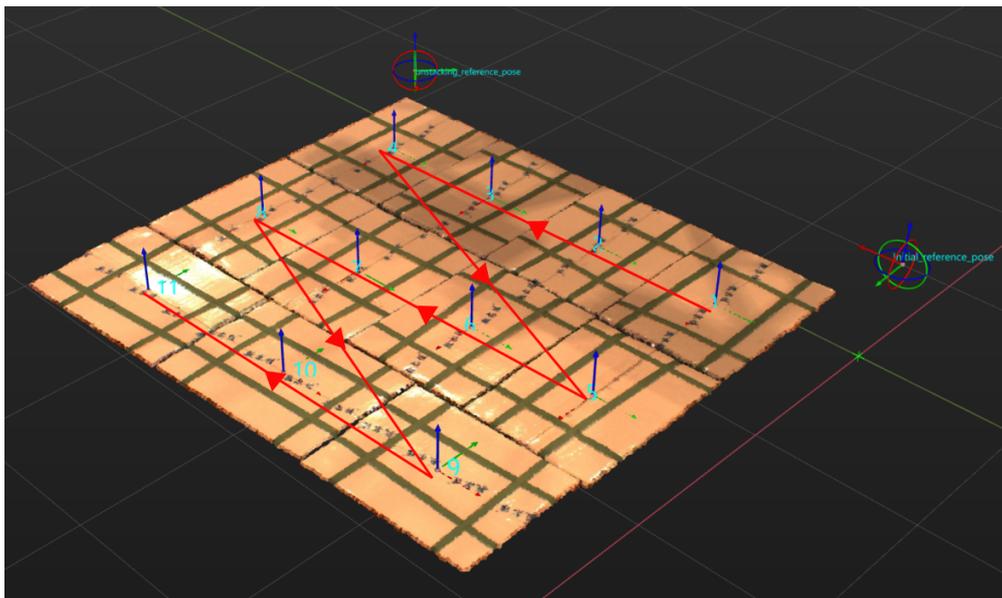
適用シーン

「Z形状でソート」は、段ボール箱のデパレタイジングやワークが整列して並べられた場合に適用しており、最高層のワークの位置姿勢を「Z」形状でソートして把持します。



適用例

以下では、段ボール箱のデパレタイジングを例として、「位置姿勢を調整（Z形状でソート）」のサンプルプロジェクトを使用し、ロボットが下図の矢印で示した「Z」形状の順序に箱を把持するようにします。



以下は、この例に基づいた実践ガイドと注意事項の説明です。

実践ガイド

適用シーンを理解した後、それを使用する必要がある場合は、ソリューションライブラリから関連プロジェクトをダウンロードし、以下の内容を参考にしてパラメータの調整方法を学んでください。

「位置姿勢を調整（Z形状でソート）」のプロジェクトはMech-Visionのソリューションライブラリにあり、実践例の下からダウンロードして使用できます。プロジェクトを作成した後、**位**

位置姿勢を一括調整 (V2) ステップを選択し、[**設定ツール**] ボタンをクリックして、[位置姿勢編集ツール](#) を開きます。位置姿勢調整、位置姿勢処理ルール、共通設定の3つの手順が含まれます。



1. 位置姿勢調整：位置姿勢の向きを調整します。
2. 位置姿勢処理ルール：実際の要件に基づいて位置姿勢をソートし、要件を満たしていない位置姿勢を除去します。
3. 共通設定：位置姿勢処理以外の設定を行い、位置姿勢と1対1に対応する他のデータ（箱の寸法など）を再ソートすることができます。

以下は、各手順の主要なパラメータの説明です。

位置姿勢調整

1. 方向の調整方式を選択します。

対象物の位置姿勢を自動的にZ軸上向きにするため、**方向調整** を **自動合わせ** に設定することを推奨します。

その他の方向調整方式については、[位置姿勢の方向を調整](#) をご参照ください。

2. 適用シーンを選択します。

位置姿勢のX軸方向を統一し、箱を把持する際の余分な動きを避けるため、**適用シーン** を **段ボール箱のパレタイジング・デパレタイジング** に設定する必要があります。

段ボール箱のパレタイジング・デパレタイジング を選択した後、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップには1つの入力ポートが追加されます。箱寸法を入力するために、このポートを **ワークの位置姿勢と寸法を読み込む** ステップの「箱の寸法」出力ポートに接続します。

3. 箱の形状を判断します。

正方形サイズの判定しきい値 パラメータは、箱の表面が正方形かどうかを判断するために使用されます。**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップで入力された箱の長さとの幅の差がこのしきい値より小さい場合、箱の表面は正方形と見なされます。このパラメータを実際の状況に応じて設定してください。

正方形サイズの判定しきい値 パラメータを設定した後、[**データを取得**] ボタンをクリックすると、箱の寸法と位置姿勢が自動的に取得され、位置姿勢も調整されます。

4. 位置姿勢調整の目標方向を選択します。

このプロジェクトでは、段ボール箱が交互に配置されているため、異なる配置方法において、ロボットが段ボール箱を把持する際の回転運動を最小限に抑えるために、**目標方向** を設

定を マニピュレータによる設定、方向を X軸の正方向 に設定します。

上記の設定が完了したら、[次へ]をクリックして位置姿勢処理ルールの画面に入ります。

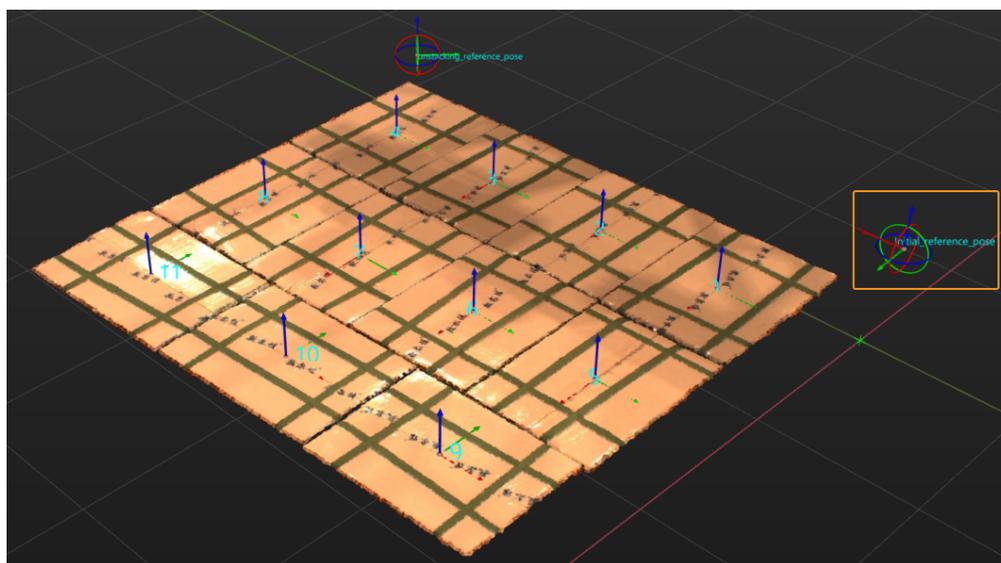
位置姿勢処理ルール

1. ソート方法を選択します。

平面上のZ形状でソート を選択します。

2. 基準位置姿勢を設定します。

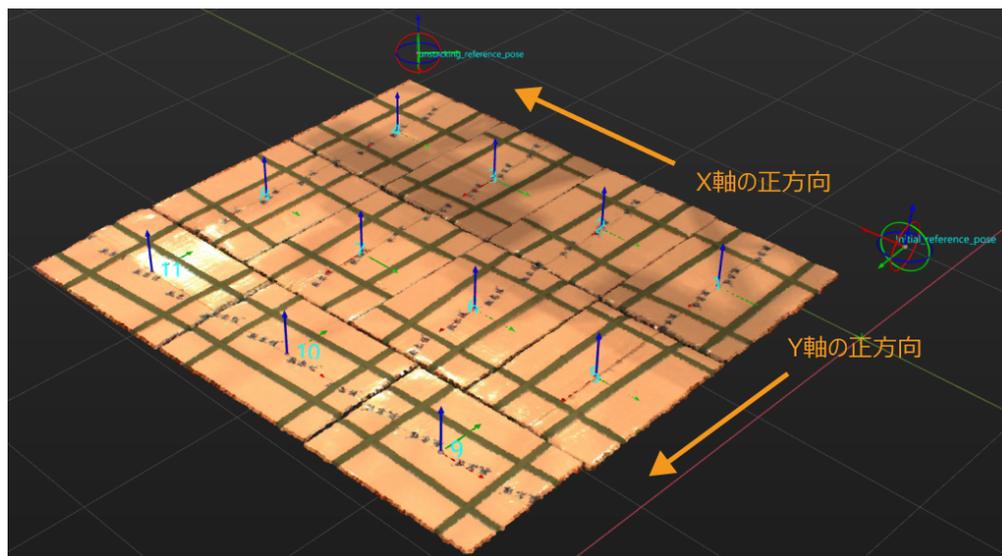
この基準位置姿勢は、把持の開始位置を確認するために使用されます。基準位置姿勢の設定方法については、[基準位置姿勢の設定](#) をご参照ください。デパレタイジングシーンでは、ワーク位置が固定されているため（このサンプルプロジェクトでは箱が右上にある）、**マニピュレータによる設定** を選択して基準位置姿勢を右上に設定する必要があります。実際のシーンでは、実際の把持開始位置に基づいて基準位置姿勢を設定してください。



3. 行列方向を設定します。

最適な把持順序を確保するために、箱を把持する際の **行方向** と **列方向** を設定する必要があります。

このサンプルプロジェクトでは、基準位置姿勢が右上にあるため、最適な把持順序を確保するために、**行方向** を **基準位置姿勢のX軸の正方向** に設定し、**列方向** を **基準位置姿勢のY軸の正方向** に設定します。実際のシーンでは、実際の把持開始位置に基づいて行/列方向を設定してください。



4. 行間隔を設定します。

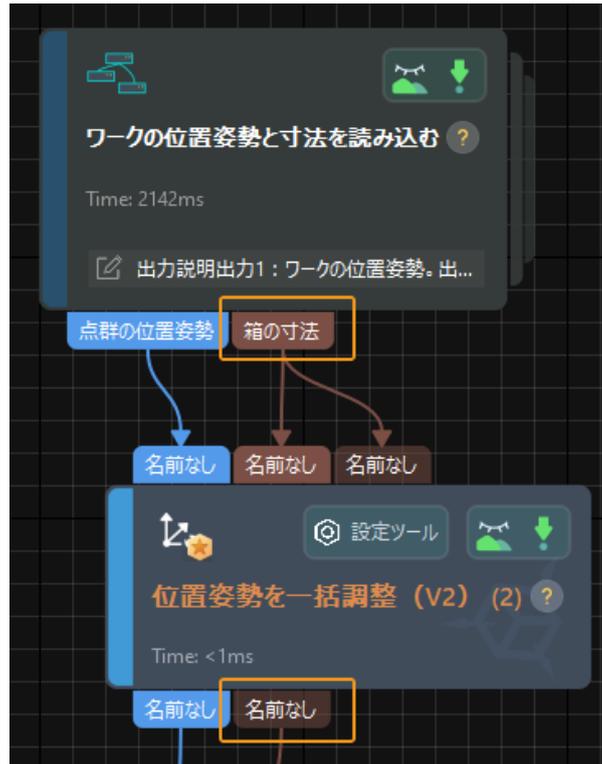
行間隔とは、平面上のZ形状でソートする時の各行の対象物の位置姿勢の間隔を指します。実際のシーンでは、このパラメータを各行の対象物の位置姿勢間隔に基づいて設定してください。

上記の設定が完了したら、[次へ]をクリックして共通設定の画面に入ります。

共通設定

このサンプルプロジェクトでは、箱の寸法と位置姿勢データを一緒にソートして出力するために、**新規ポート数を設定**のパラメータ値を1に変更する必要があります。変更後、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップには新しい入力ポートと出力ポートがそれぞれ1つ追加され、箱の寸法データの入力と出力が可能になります。

この場合、**ワークの位置姿勢と寸法を読み込む** ステップの「箱の寸法」出力ポートを **位置姿勢を一括調整 (V2)** の新しい入力ポートに接続します。**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの新しい出力ポートをその後のステップの入力ポートに接続します。最後に [データを取得] ボタンをクリックします。



他のデータをソートする必要がない場合、**新規ポート数を設定**のパラメータ値を変更する必要はありません。

これで、関連するパラメータの調整が完了しました。**[保存]** ボタンをクリックして変更を保存します。

注意事項

実際のアプリケーションでは、以下の注意事項に従った上で、プロジェクトに **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップを追加し、データフローを接続してください。

- **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの前に、ワークの位置姿勢を認識し、最高層の全てのワークの位置姿勢を正常に出力できるステップまたはステップの組合せ (**ワークの位置姿勢と寸法を読み込む** など) を接続する必要があります。これらのステップまたはステップの組合せの位置姿勢出力ポートは、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの位置姿勢入力ポートに接続して、位置姿勢のソートを行います。



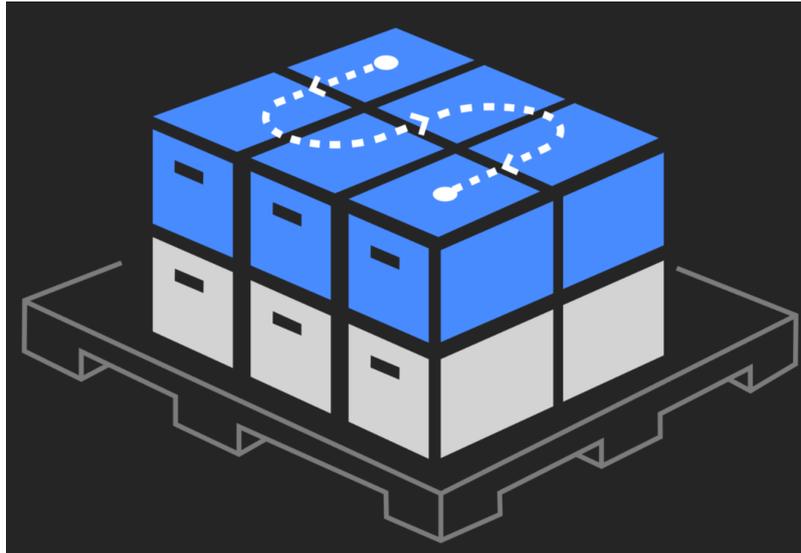
- ロボットが「Z」形状に箱を把持し、調整された位置姿勢を出力するために、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの後には、**経路計画** や **出力** ステップなどの他の位置姿勢入力に関連ステップを接続する必要があります。
- デパレタイジングの場合、箱の形状を判断するために、プロジェクトに箱の寸法を出力するためのステップが必要です。

2.1.2. 位置姿勢を調整 (S形状でソート)

まず「S形状でソート」の適用シーンと適用例を紹介し、「位置姿勢を調整 (S形状でソート)」のサンプルプロジェクトを例にとって、実践ガイドを提供します。次に、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップのパラメータ調整方法を説明し、最後に実際の適用時の注意事項を紹介します。

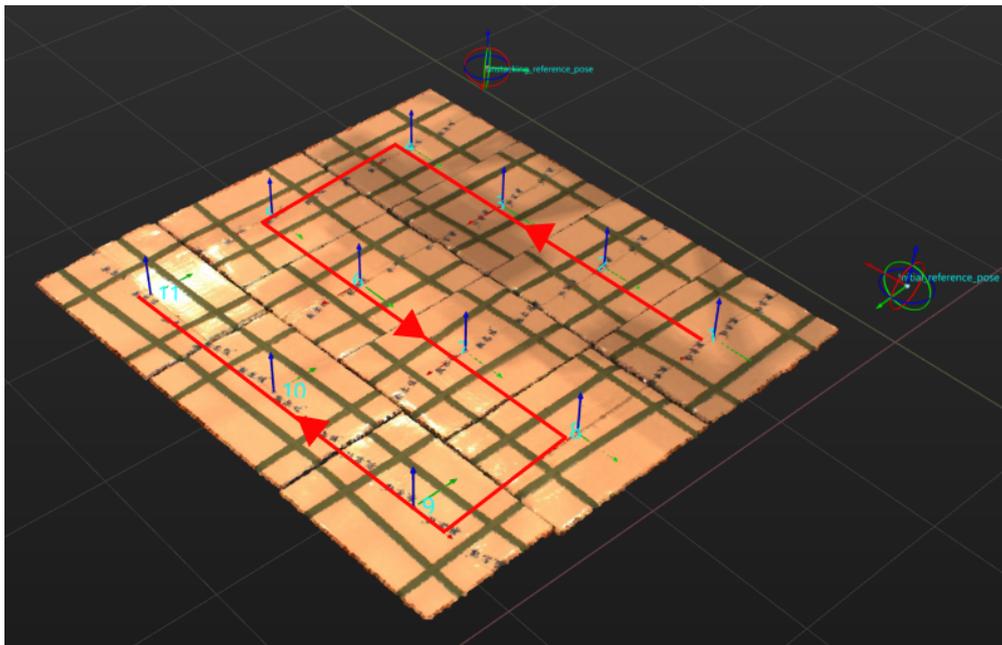
適用シーン

「S形状でソート」は、段ボール箱のデパレタイジングやワークが整列して並べられた場合に適しており、最高層のワークの位置姿勢を「S」形状でソートして把持します。



適用例

以下では、段ボール箱のデパレタイジングを例として、「位置姿勢を調整（S形状でソート）」のサンプルプロジェクトを使用し、ロボットが下図の矢印で示した「S」形状の順序に箱を把持するようにします。



以下は、この例に基づいた実践ガイドと注意事項の説明です。

実践ガイド

適用シーンを理解した後、それを使用する必要がある場合は、ソリューションライブラリから関連プロジェクトをダウンロードし、以下の内容を参考にしてパラメータの調整方法を学んでください。

「位置姿勢を調整（S形状でソート）」のプロジェクトはMech-Visionのソリューションライブ

ラリにあり、実践例の下からダウンロードして使用できます。プロジェクトを作成した後、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップを選択し、**[設定ツール]** ボタンをクリックして、**位置姿勢編集ツール** を開きます。位置姿勢調整、位置姿勢処理ルール、共通設定の3つの手順が含まれます。



1. 位置姿勢調整：位置姿勢の向きを調整します。
2. 位置姿勢処理ルール：実際の要件に基づいて位置姿勢をソートし、要件を満たしていない位置姿勢を除去します。
3. 共通設定：位置姿勢処理以外の設定を行い、位置姿勢と1対1に対応する他のデータ（箱の寸法など）を再ソートすることができます。

以下は、各手順の主要なパラメータの説明です。

位置姿勢調整

1. 方向の調整方式を選択します。

対象物の位置姿勢を自動的にZ軸上向きにするため、**方向調整** を **自動合わせ** に設定することを推奨します。

その他の方向調整方式については、**位置姿勢の方向を調整** をご参照ください。

2. 適用シーンを選択します。

位置姿勢のX軸方向を統一し、箱を把持する際の余分な動きを避けるため、**適用シーン** を **段ボール箱のパレタイジング・デパレタイジング** に設定する必要があります。

段ボール箱のパレタイジング・デパレタイジング を選択した後、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップには1つの入力ポートが追加されます。箱寸法を入力するために、このポートを **ワークの位置姿勢と寸法を読み込む** ステップの「箱の寸法」出力ポートに接続します。

3. 箱の形状を判断します。

正方形サイズの判定しきい値 パラメータは、箱の表面が正方形かどうかを判断するために使用されます。**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップで入力された箱の長さや幅の差がこのしきい値より小さい場合、箱の表面は正方形と見なされます。このパラメータを実際の状況に応じて設定してください。

正方形サイズの判定しきい値 パラメータを設定した後、**[データを取得]** ボタンをクリックすると、箱の寸法と位置姿勢が自動的に取得され、位置姿勢も調整されます。

4. 位置姿勢調整の目標方向を選択します。

このサンプルプロジェクトでは、段ボール箱が交互に配置されているため、異なる配置方法

において、ロボットが段ボール箱を把持する際の回転運動を最小限に抑えるために、**目標方向を設定**を**マニピュレータによる設定**、**方向**を**X軸の正方向**に設定します。

上記の設定が完了したら、[次へ]をクリックして位置姿勢処理ルール of の画面に入ります。

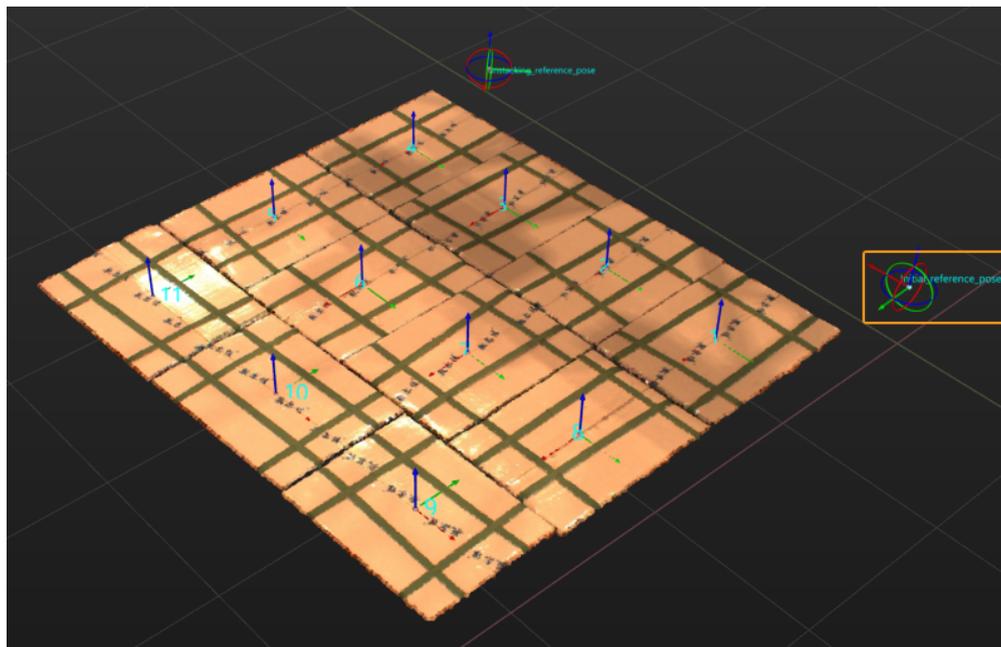
位置姿勢処理ルール

1. ソート方法を選択します。

平面上のS形状でソートを選択します。

2. 基準位置姿勢を設定します。

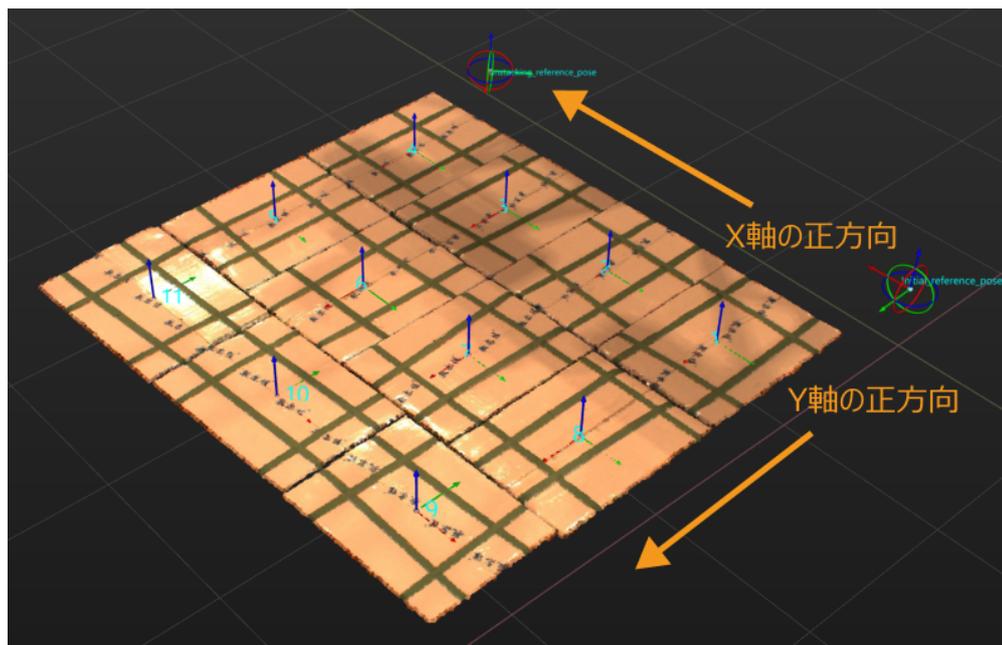
この基準位置姿勢は、把持の開始位置を確認するために使用されます。基準位置姿勢の設定方法については、[基準位置姿勢の設定](#)をご参照ください。デパレタイジングシーンでは、ワーク位置が固定されているため（このサンプルプロジェクトでは箱が右上にある）、**マニピュレータによる設定**を選択して基準位置姿勢を右上に設定する必要があります。実際のシーンでは、実際の把持開始位置に基づいて基準位置姿勢を設定してください。



3. 行列方向を設定します。

最適な把持順序を確保するために、箱を把持する際の**行方向**と**列方向**を設定する必要があります。

このサンプルプロジェクトでは、基準位置姿勢が右上にあるため、最適な把持順序を確保するために、**行方向**を**基準位置姿勢のX軸の正方向**に設定し、**列方向**を**基準位置姿勢のY軸の正方向**に設定します。実際のシーンでは、実際の把持開始位置に基づいて行/列方向を設定してください。



4. 行間隔を設定します。

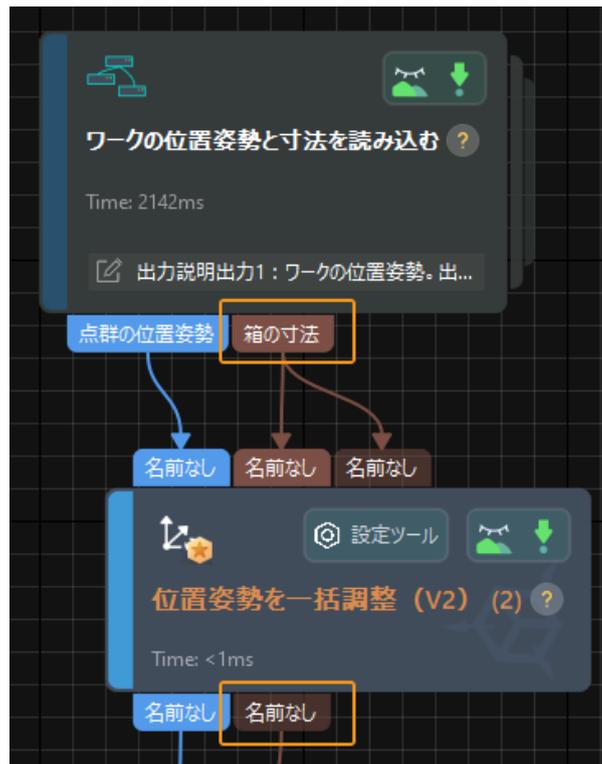
行間隔とは、平面上のS形状でソートする時の各行の対象物の位置姿勢の間隔を指します。実際のシーンでは、このパラメータを各行の対象物の位置姿勢間隔に基づいて設定してください。

上記の設定が完了したら、[次へ]をクリックして共通設定の画面に入ります。

共通設定

このサンプルプロジェクトでは、箱の寸法と位置姿勢データを一緒にソートして出力するために、**新規ポート数を設定**のパラメータ値を1に変更する必要があります。変更後、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップには新しい入力ポートと出力ポートがそれぞれ1つ追加され、箱の寸法データの入力と出力が可能になります。

この場合、**ワークの位置姿勢と寸法を読み込む** ステップの「箱の寸法」出力ポートを **位置姿勢を一括調整 (V2)** の新しい入力ポートに接続します。**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの新しい出力ポートをその後のステップの入力ポートに接続します。最後に [データを取得] ボタンをクリックします。



他のデータをソートする必要がない場合、**新規ポート数を設定**のパラメータ値を変更する必要はありません。

これで、関連するパラメータの調整が完了しました。[保存] ボタンをクリックして変更を保存します。

注意事項

実際のアプリケーションでは、以下の注意事項に従った上で、プロジェクトに **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップを追加し、データフローを接続してください。

- **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの前に、ワークの位置姿勢を認識し、最高層の全てのワークの位置姿勢を正常に出力できるステップまたはステップの組合せ (**ワークの位置姿勢と寸法を読み込む** など) を接続する必要があります。これらのステップまたはステップの組合せの位置姿勢出力ポートは、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの位置姿勢入力ポートに接続して、位置姿勢のソートを行います。



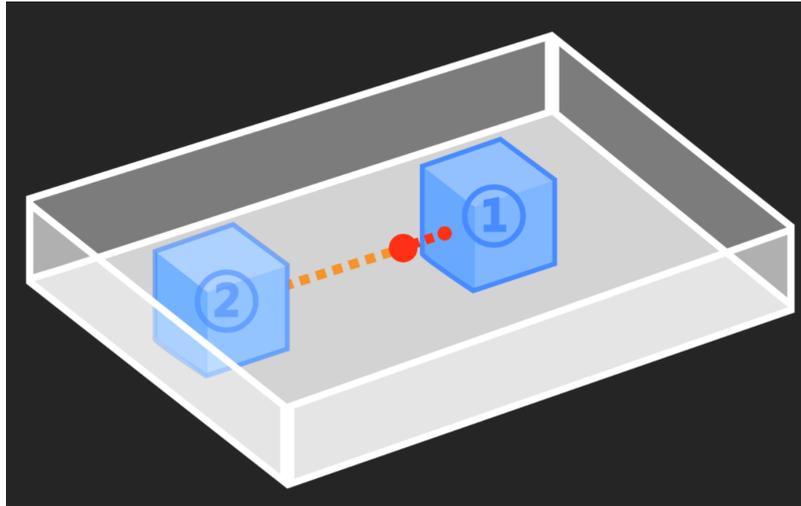
- ロボットが「S」形状に箱を把持し、調整された位置姿勢を出力するために、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの後には、**経路計画** や **出力** ステップなどの他の位置姿勢入力に関連ステップを接続する必要があります。
- デパレタイジングの場合、箱の形状を判断するために、プロジェクトに箱の寸法を出力するためのステップが必要です。

2.1.3. 位置姿勢を調整 (コンテナ中心までの距離)

まず「コンテナ中心までの距離」の適用シーンと適用例を紹介し、「位置姿勢を調整 (コンテナ中心までの距離)」のサンプルプロジェクトを例にとって、実践ガイドを提供します。次に、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップのパラメータ調整方法を説明し、最後に実際の適用時の注意事項を紹介します。

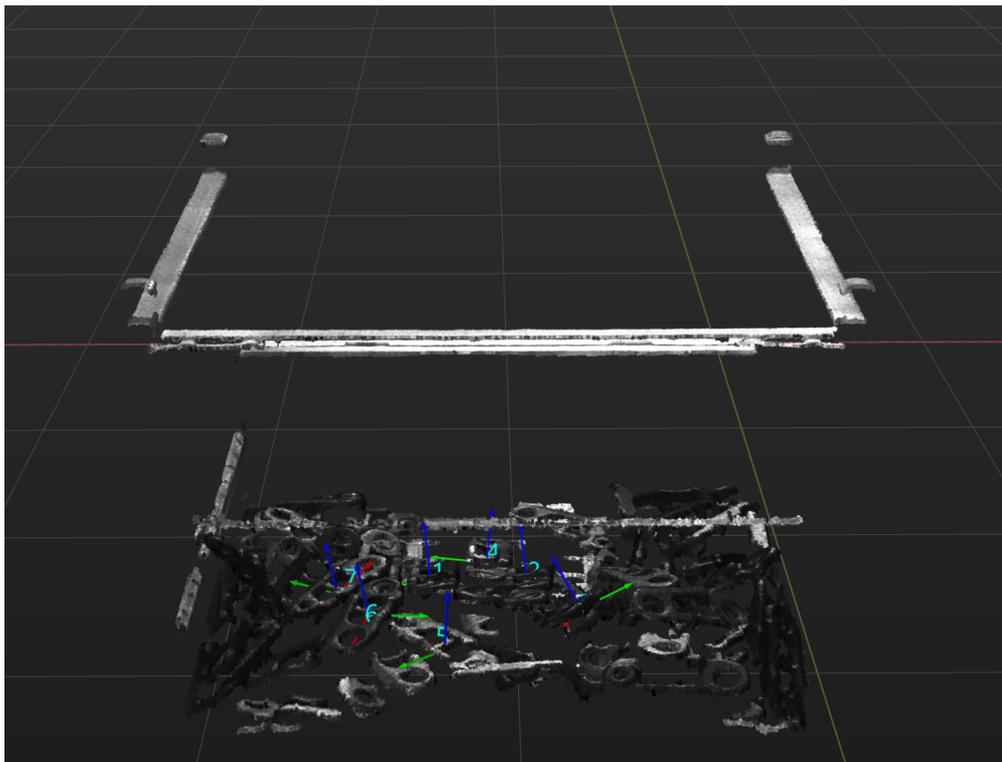
適用シーン

バラ積みピッキングのシーンに適しています。まず、コンテナ中心に近いワークを把持し、次にコンテナの側壁に近いワークを把持します。



適用例

以下では、トラックリンクの把持を例にとり、「位置姿勢を調整（コンテナ中心までの距離）」のサンプルプロジェクトを使用して、まずワークを位置姿勢からコンテナ中心までの距離に基づいてソートし、その後把持します。



以下は、この例に基づいた実践ガイドと注意事項の説明です。

実践ガイド

適用シーンを理解した後、それを使用する必要がある場合は、ソリューションライブラリから関連プロジェクトをダウンロードし、以下の内容を参考にしてパラメータの調整方法を学んでください。

「位置姿勢を調整（コンテナ中心までの距離）」のプロジェクトはMech-Visionのソリューションライブラリにあり、実践例からダウンロードして使用できます。プロジェクトを作成した後、**位置姿勢を一括調整（V2）** ステップを選択し、**[設定ツール]** ボタンをクリックして、**位置姿勢編集ツール** を開きます。位置姿勢調整、位置姿勢処理ルール、共通設定の3つの手順が含まれます。



1. 位置姿勢調整：位置姿勢の向きを調整します。
2. 位置姿勢処理ルール：実際の要件に基づいて位置姿勢をソートし、要件を満たしていない位置姿勢を除去します。
3. 共通設定：位置姿勢処理以外の設定を行い、位置姿勢と1対1に対応する他のデータ（箱の寸法など）を再ソートすることができます。

以下は、各手順の主要なパラメータの説明です。

位置姿勢調整

1. 方向の調整方式を選択します。

対象物の位置姿勢を自動的にZ軸上向きにするため、**方向調整** を **自動合わせ** に設定することを推奨します。

その他の方向調整方式については、**位置姿勢の方向を調整** をご参照ください。

2. 適用シーンを選択します。

位置姿勢のZ軸方向をできるだけ統一し、ソートを容易にするために、**適用シーン** を **Z軸方向合わせ（部品供給）** に設定します。

上記の設定が完了したら、**[次へ]** をクリックして位置姿勢処理ルールの画面に入ります。

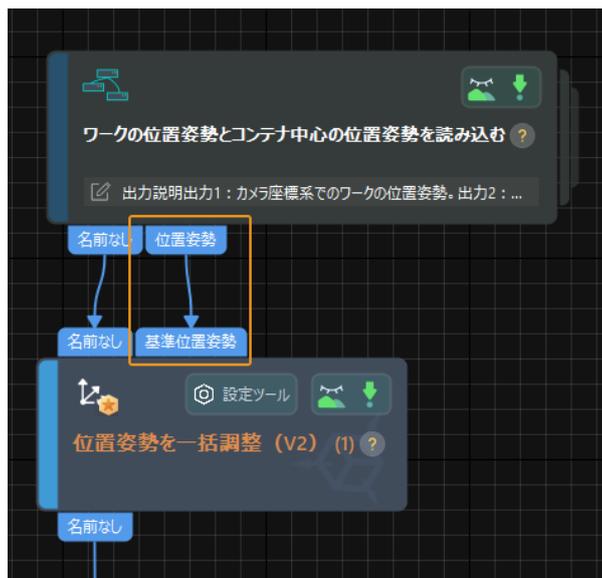
位置姿勢処理ルール

1. ソート方法を選択します。

位置姿勢から基準位置姿勢までの距離でソート を選択します。

2. 基準位置姿勢を設定します。

この基準位置姿勢は、把持の開始位置を確認するために使用されます。基準位置姿勢の設定方法については、**基準位置姿勢の設定** をご参照ください。このプロジェクトでは、コンテナ中心に近いワークを先に把持し、その後コンテナの側壁に近いワークを把持するため、基準位置姿勢を **外部ステップによる入力** に設定する必要があります。つまり、**ワークの位置姿勢とコンテナ中心の位置姿勢を読み込む** ステップの組合せによって出力された位置姿勢を基準位置姿勢として使用します。



3. ソート順序を選択します。

昇順を選択します。

上記の設定が完了したら、[次へ]をクリックして共通設定の画面に入ります。

共通設定

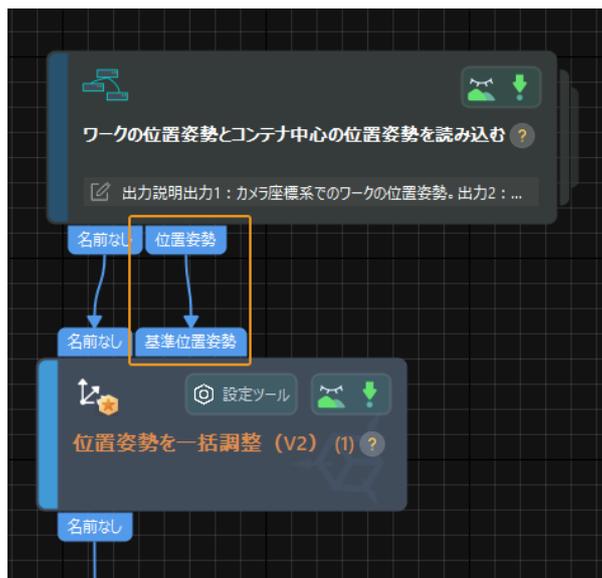
トラックリンクの把持シーンでは、他のデータをソートして出力する必要がないため、共通設定は不要です。

これで、関連するパラメータの調整が完了しました。[保存]ボタンをクリックして変更を保存します。

注意事項

実際のアプリケーションでは、以下の注意事項に従った上で、プロジェクトに**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップを追加し、データフローを接続してください。

- **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの前に、ワークの位置姿勢およびコンテナ中心の位置姿勢を認識し出力するためのステップやステップの組合せ (**ワークの位置姿勢とコンテナ中心の位置姿勢を読み込む** など) を接続する必要があります。これらのステップまたはステップの組合せの位置姿勢出力ポートは、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの位置姿勢入力ポートに接続して、位置姿勢のソートを行います。



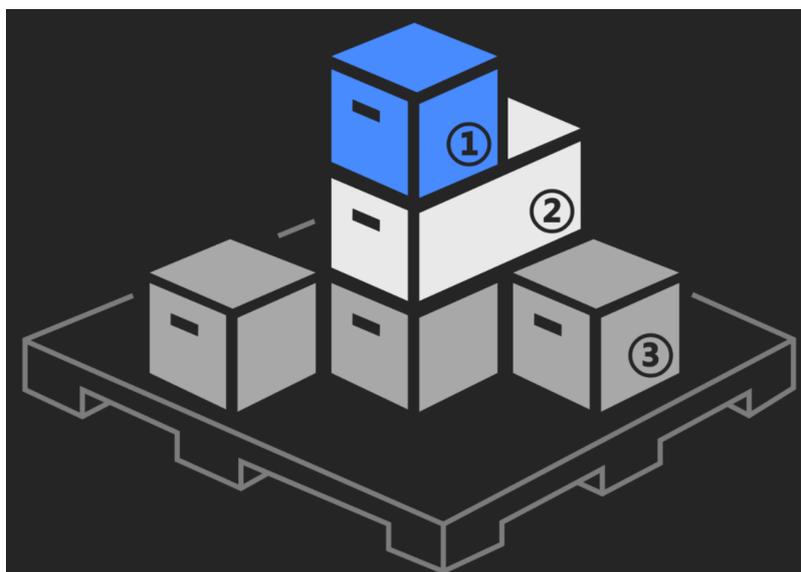
- **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの後に、位置姿勢入力に関連ステップ（経路計画 や 出力ステップなど）を接続する必要があります。これにより、調整された位置姿勢が出力され、ロボットが位置姿勢の高さに基づいてトラックリンクを把持できるようになります。

2.1.4. 位置姿勢を調整（高さ）

まず「位置姿勢のZ値でソート」の適用シーンと適用例を紹介し、「位置姿勢を調整（高さ）」のサンプルプロジェクトを例にとって、実践ガイドを提供します。次に、[位置姿勢を一括調整 \(V2\)](#) ステップのパラメータ調整方法を説明し、最後に実際の適用時の注意事項を紹介します。

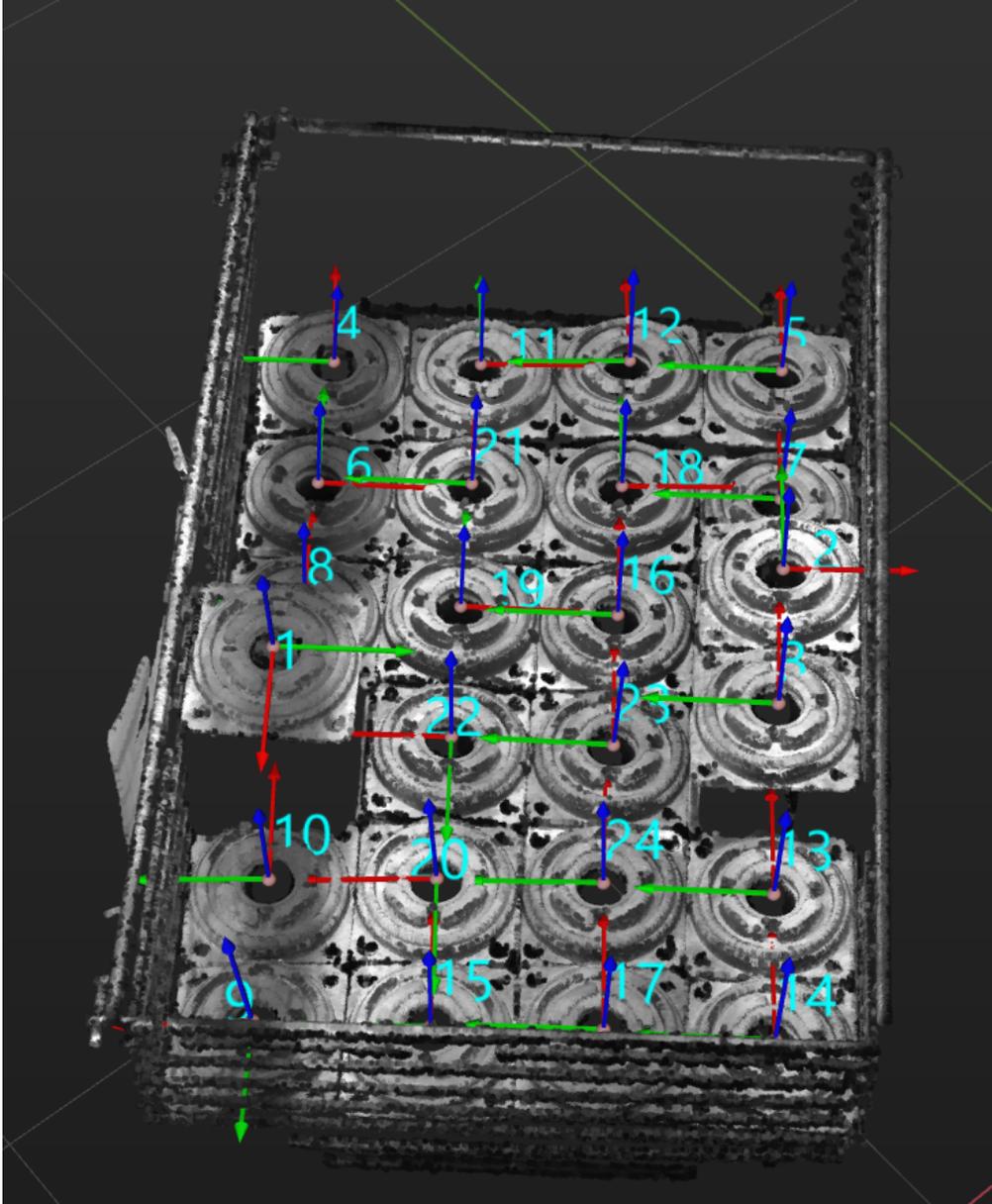
適用シーン

ワークの位置姿勢の高さに基づいて把持順序を決定する必要があるシーンに適しています。位置姿勢の高さが高いワークから先に把持することで、把持成功率を向上させることができます。



適用例

以下では、リング供給を例として、「位置姿勢を調整（高さ）」サンプルプロジェクトを使用し、ワークの位置姿勢のZ値でソートし、その後把持します。



以下は、この例に基づいた実践ガイドと注意事項の説明です。

実践ガイド

適用シーンを理解した後、それを使用する必要がある場合は、ソリューションライブラリから関連プロジェクトをダウンロードし、以下の内容を参考にしてパラメータの調整方法を学んでください。

「位置姿勢を調整（高さ）」のプロジェクトはMech-Visionのソリューションライブラリにあり、実践例の下からダウンロードして使用できます。プロジェクトを作成した後、**位置姿勢を一**

括調整 (V2) ステップを選択し、[**設定ツール**] ボタンをクリックして、**位置姿勢編集ツール** を開きます。位置姿勢調整、位置姿勢処理ルール、共通設定の3つの手順が含まれます。



1. 位置姿勢調整：位置姿勢の向きを調整します。
2. 位置姿勢処理ルール：実際の要件に基づいて位置姿勢をソートし、要件を満たしていない位置姿勢を除去します。
3. 共通設定：位置姿勢処理以外の設定を行い、位置姿勢と1対1に対応する他のデータ（箱の寸法など）を再ソートすることができます。

以下は、各手順の主要なパラメータの説明です。

位置姿勢調整

1. 方向の調整方式を選択します。

対象物の位置姿勢を自動的にZ軸上向きにするため、**方向調整** を **自動合わせ** に設定することを推奨します。

その他の方向調整方式については、[位置姿勢の方向調整](#) をご参照ください。

2. 適用シーンを選択します。

位置姿勢のZ軸方向をできるだけ統一し、ソートを容易にするために、**適用シーン** を **Z軸方向合わせ (部品供給)** に設定します。

上記の設定が完了したら、[**次へ**] をクリックして位置姿勢処理ルールの画面に入ります。

位置姿勢処理ルール

位置姿勢をソート

1. ソート方法を選択します。

位置姿勢のX/Y/Z値でソート を選択します。

2. 位置姿勢の指定値を設定します。

このプロジェクトでは、ワークの位置姿勢の高さに基づいてソートして把持するため、**Z値** を選択します。

3. ソート順序を選択します。

位置姿勢の高さが高いワークを先に把持するため、**降順** を選択します。

位置姿勢をフィルタリング

1. 指定する軸を選択します。

「+」ボタンをクリックし、表示される画面で「角度によるフィルタリング」を選択します。その後、「指定する軸」を**Z軸**に設定します。

2. 目標方向を設定します。

ロボット座標系を選択し、それを基準位置姿勢として使用します。

3. 方向を選択します。

Z軸の正方向を選択します。

4. 最大角度差を設定します。

このプロジェクトでは、30°に設定する必要があります。位置姿勢の指定軸（Z軸）と目標方向（ロボット座標系）との間の角度が30°以下である場合、位置姿勢は保持されます。



現場の状況に応じて最大角度差の値を設定してください。ワークが整列して水平に配置されている場合、この値は小さく設定し、ワークがバラ積みされた場合、この値を適切に大きくする必要があります。

上記の設定が完了したら、**[次へ]**をクリックして共通設定の画面に入ります。

共通設定

リングの供給シーンでは、他のデータをソートして出力する必要がないため、共通設定は不要です。

これで、関連するパラメータの調整が完了しました。**[保存]**ボタンをクリックして変更を保存します。

注意事項

実際のアプリケーションでは、以下の注意事項に従った上で、プロジェクトに**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップを追加し、データフローを接続してください。

- **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの前に、ワークの位置姿勢を認識し、カメラ座標系でのソートするワークの中心位置姿勢を正常に出力できるステップまたはステップの組合せ（**ワークの位置姿勢を読み込む** など）を接続する必要があります。これらのステップまたはステップの組合せの位置姿勢出力ポートは、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの位置姿勢入力ポートに接続して、位置姿勢のソートを行います。



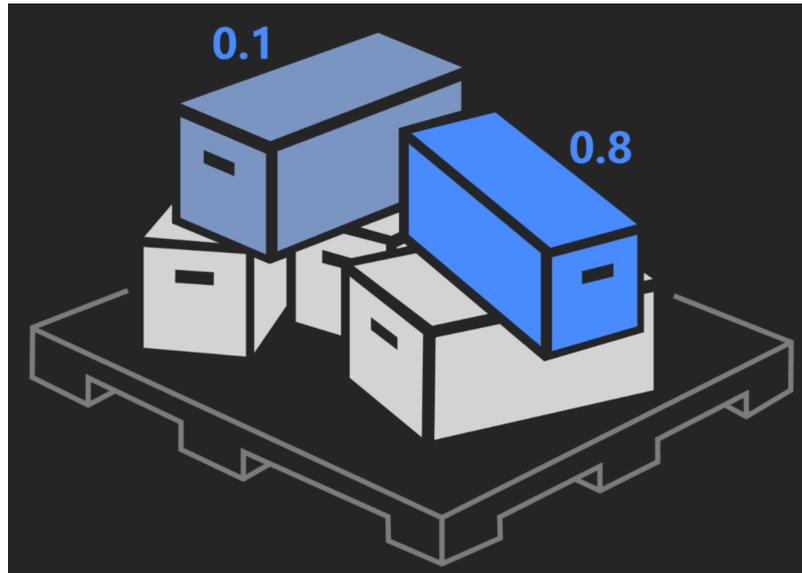
- **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの後に、位置姿勢入力に関連ステップ（経路計画 や 出力ステップなど）を接続する必要があります。これにより、調整された位置姿勢が出力され、ロボットが位置姿勢の高さに基づいてリングを把持できるようになります。

2.1.5. 位置姿勢を調整（位置姿勢の信頼度）

まず「位置姿勢の信頼度でソート」の適用シーンと適用例を紹介し、「位置姿勢を調整（信頼度）」のサンプルプロジェクトを例にとって、実践ガイドを提供します。次に、[位置姿勢を一括調整 \(V2\)](#) ステップのパラメータ調整方法を説明し、最後に実際の適用時の注意事項を紹介します。

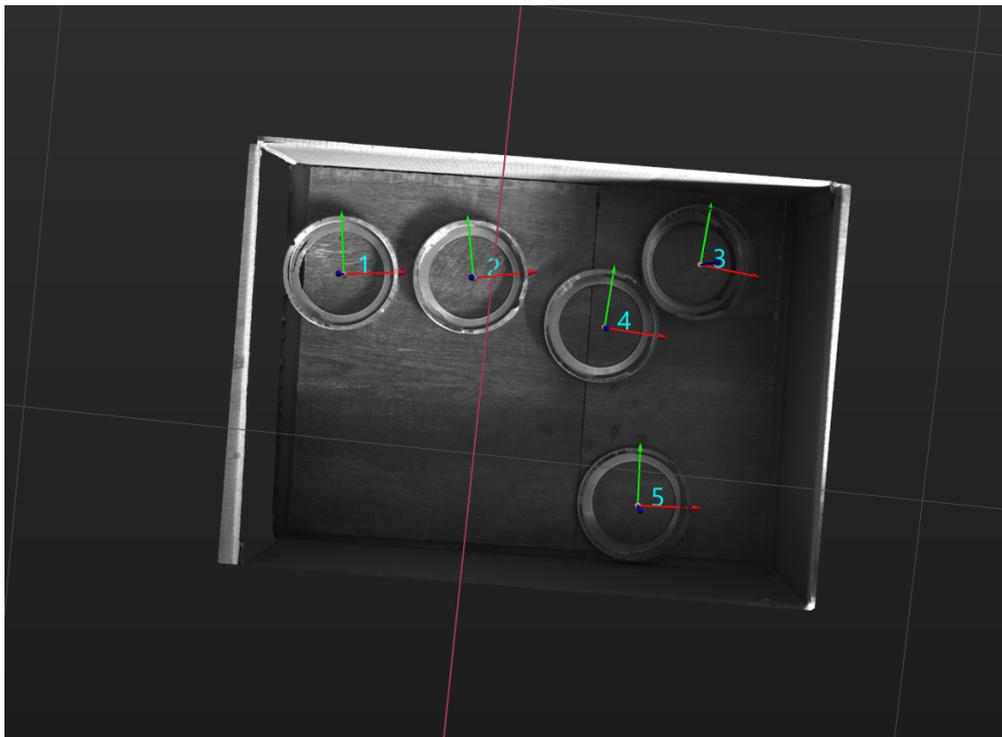
適用シーン

位置姿勢の信頼度のみに基づいて把持順序を決定する必要があるシーンに適しています。位置姿勢の信頼度が高いワークを先に把持することで、把持の成功率を向上させることができます。



適用例

以下では、リングの把持を例として、「位置姿勢を調整（位置姿勢の信頼度）」のサンプルプロジェクトを使用し、ワークを位置姿勢の信頼度に基づいてソートし、その後に把持します。位置姿勢の信頼度が高いワークを優先的に把持します。



以下は、この例に基づいた実践ガイドと注意事項の説明です。

実践ガイド

適用シーンを理解した後、それを使用する必要がある場合は、ソリューションライブラリから関連プロジェクトをダウンロードし、以下の内容を参考にしてパラメータの調整方法を学んで

ください。

「位置姿勢を調整（位置姿勢の信頼度）」のプロジェクトはMech-Visionのソリューションライブラリにあり、実践例の下からダウンロードして使用できます。プロジェクトを作成した後、**位置姿勢を一括調整（V2）** ステップを選択し、**[設定ツール]** ボタンをクリックして、**位置姿勢編集ツール** を開きます。位置姿勢調整、位置姿勢処理ルール、共通設定の3つの手順が含まれます。



1. 位置姿勢調整：位置姿勢の向きを調整します。
2. 位置姿勢処理ルール：実際の要件に基づいて位置姿勢をソートし、要件を満たしていない位置姿勢を除去します。
3. 共通設定：位置姿勢処理以外の設定を行い、位置姿勢と1対1に対応する他のデータ（箱の寸法など）を再ソートすることができます。

以下は、各手順の主要なパラメータの説明です。

位置姿勢調整

1. 方向の調整方式を選択します。

対象物の位置姿勢を自動的にZ軸上向きにするため、**方向調整** を **自動合わせ** に設定することを推奨します。

その他の方向調整方式については、**位置姿勢の方向を調整** をご参照ください。

2. 適用シーンを選択します。

位置姿勢のZ軸方向をできるだけ統一し、ソートを容易にするために、**適用シーン** を **Z軸方向合わせ（部品供給）** に設定します。

上記の設定が完了したら、**[次へ]** をクリックして位置姿勢処理ルールの画面に入ります。

位置姿勢処理ルール

1. ソート方法を選択します。

位置姿勢の信頼度でソート を選択します。

2. ソート順序を選択します。

降順 を選択します。

上記の設定が完了したら、**[次へ]** をクリックして共通設定の画面に入ります。

共通設定

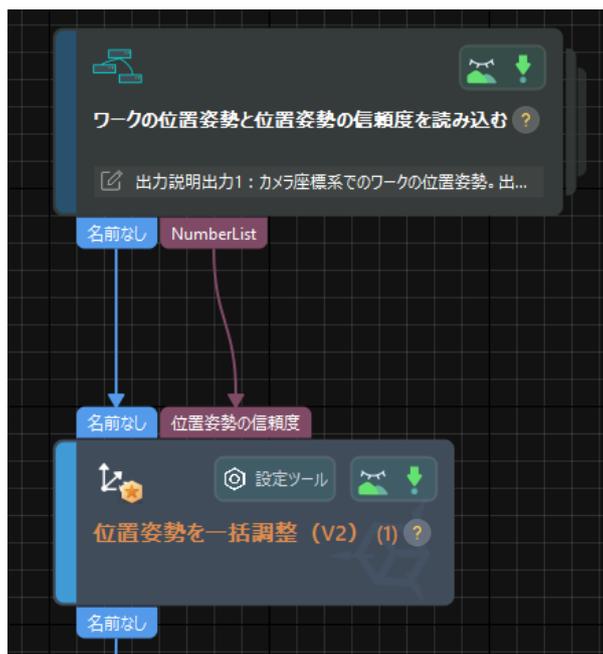
リングの把持シーンでは、他のデータをソートして出力する必要がないため、共通設定は不要です。

これで、関連するパラメータの調整が完了しました。[保存] ボタンをクリックして変更を保存します。

注意事項

実際のアプリケーションでは、以下の注意事項に従った上で、プロジェクトに **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップを追加し、データフローを接続してください。

- **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの前に、ワークの位置姿勢を認識し、位置姿勢に対応する信頼度（マッチング信頼度、ディープラーニングスコアなど）を正常に出力できるステップまたはステップの組合せ（**ワークの位置姿勢と位置姿勢の信頼度を読み込む** など）を接続する必要があります。これらのステップまたはステップの組合せの位置姿勢出力ポートは、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの位置姿勢入力ポートに接続して、位置姿勢のソートを行います。



- **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの後に、位置姿勢入力に関連ステップ（**経路計画** や **出力** ステップなど）を接続する必要があります。これにより、調整された位置姿勢が出力され、ロボットが位置姿勢の信頼度が高い順にリングを把持することが可能になります。

2.1.6. 位置姿勢を調整（基準点を指す）

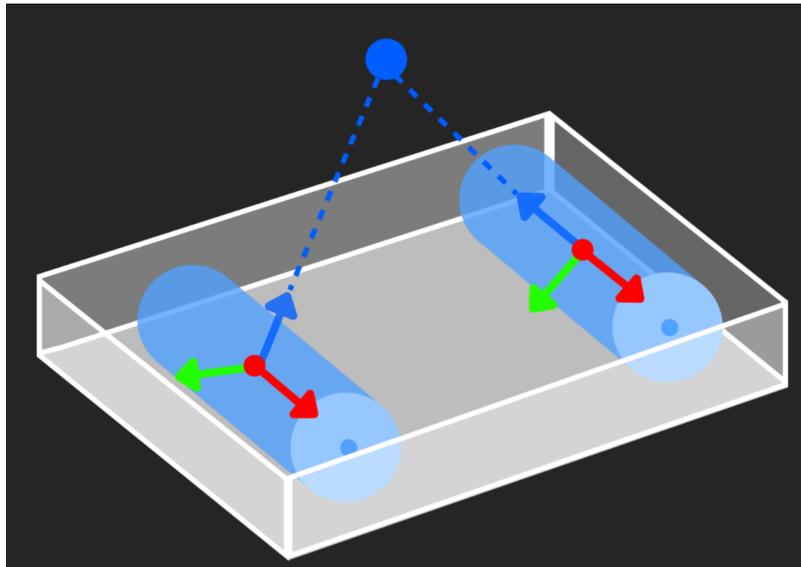
まず「基準点を指す」の適用シーンと適用例を紹介し、「位置姿勢を調整（基準点を指す）」のサンプルプロジェクトを例にとって、実践ガイドを提供します。次に、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップのパラメータ調整方法を説明し、最後に実際の適用時の注意事項を紹介します。

▶ <https://www.youtube.com/watch?v=aasNIECeAmE> (YouTube video)

位置姿勢編集ツールの適用：整列して並べられているワークの供給

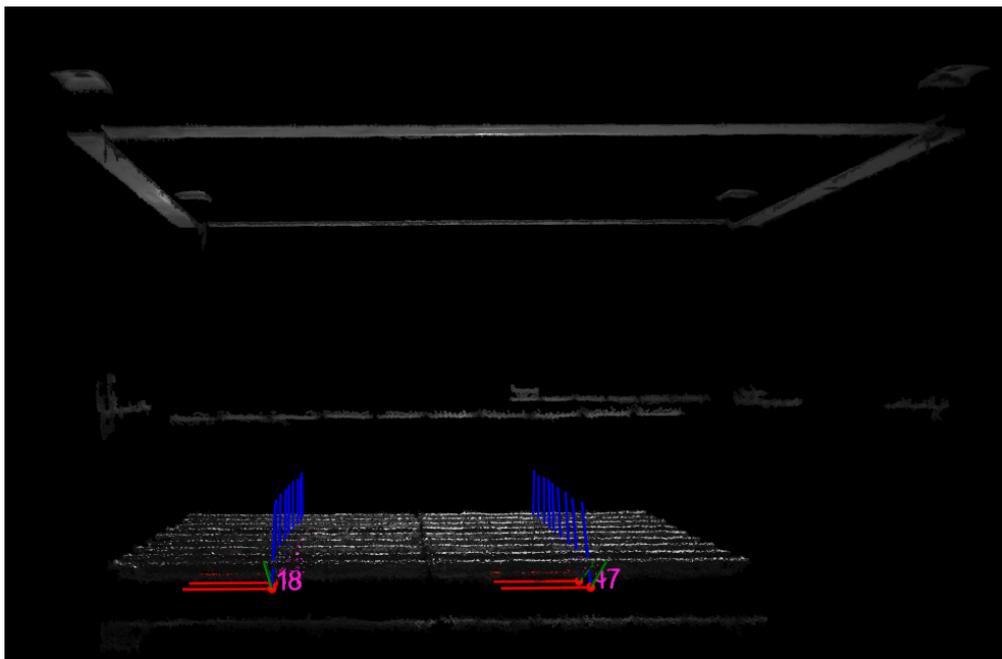
適用シーン

シャフトやバーの供給シーンに適しています。コンテナの側壁近くのワークを把持する場合、ロボットハンドがコンテナに衝突するのを防ぐために、ロボットハンドを傾けて把持する必要があります。



適用例

シャフトやバーの供給シーンに適しています。コンテナの側壁付近のワークを把持する場合、ロボットハンドがコンテナに衝突するのを防ぐために、シャフトやバーの位置姿勢のZ軸を特定の点（基準点）に向け、シャフトやバーから基準位置姿勢までの距離をソートし、順番に把持します。



以下は、この例に基づいた実践ガイドと注意事項の説明です。

実践ガイド

適用シーンを理解した後、それを使用する必要がある場合は、ソリューションライブラリから関連プロジェクトをダウンロードし、以下の内容を参考にしてパラメータの調整方法を学んでください。

「位置姿勢を調整（基準点を指す）」のプロジェクトはMech-Visionのソリューションライブラリにあり、実践例からダウンロードして使用できます。プロジェクトを作成した後、**位置姿勢を一括調整（V2）** ステップを選択し、[設定ツール] ボタンをクリックして、**位置姿勢編集ツール** を開きます。位置姿勢調整、位置姿勢処理ルール、共通設定の3つの手順が含まれます。



1. 位置姿勢調整：位置姿勢の向きを調整します。
2. 位置姿勢処理ルール：実際の要件に基づいて位置姿勢をソートし、要件を満たしていない位置姿勢を除去します。
3. 共通設定：位置姿勢処理以外の設定を行い、位置姿勢と1対1に対応する他のデータ（箱の寸法など）を再ソートすることができます。

以下は、各手順の主要なパラメータの説明です。

位置姿勢調整

1. 方向の調整方式を選択します。

対象物の位置姿勢を基準点に向けるために、**方向調整** を **基準点を指す** に設定する必要があります。

ります。

2. 基準位置姿勢を設定します。

位置姿勢の向きを調整するには、基準位置姿勢の設定が必要です。設定方法については、[基準位置姿勢を設定](#)をご参照ください。このプロジェクトでは、[マニピュレータによる設定](#)に設定し、これにより把持方向を調整します。

3. 指す軸と固定する軸を設定します。

このプロジェクトでは、**指す軸**を**Z軸**に、**固定する軸**を**X軸**に設定します。実際のシーンでは、ワークの対称性に応じて**指す軸**と**固定する軸**を設定してください。

4. 対称角度のステップサイズを設定します。

対称角度のステップサイズの値は、把持精度を確保し、ワークの対称性を最適化し、誤差を減らすために、把持中に調整することができます。シャフトやバーの供給シーンでは、位置姿勢が基準点を指すようにする必要があるので、このパラメータの値を調整します。

上記の設定が完了したら、[\[次へ\]](#)をクリックして位置姿勢処理ルールの画面に入ります。

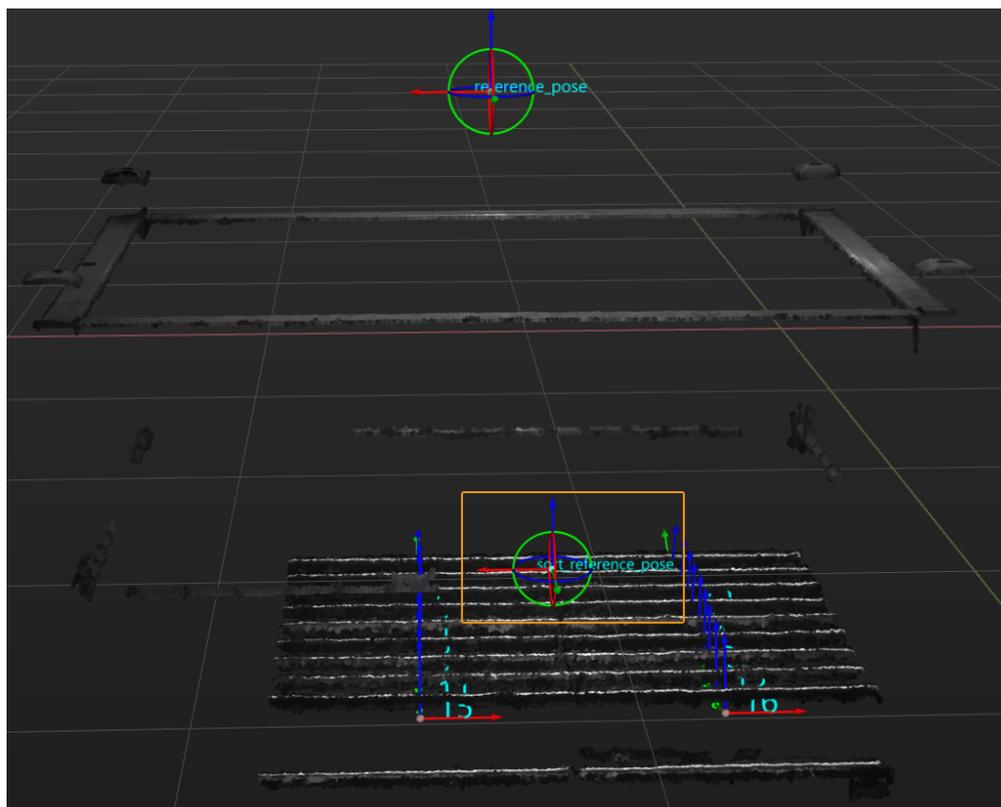
位置姿勢処理ルール

1. ソート方法を選択します。

シャフトやバーの供給シーンでは、中心位置にあるワークを先に把持する必要があります。そのため、**ソート方法**を**位置姿勢から基準位置姿勢までの距離でソート**に設定することを推奨します。この方法は、すべての入力位置姿勢から基準位置姿勢までの距離を計算し、その距離によって位置姿勢をソートすることができます。

2. 基準位置姿勢を設定します。

この基準位置姿勢は、把持の開始位置を確認するために使用されます。基準位置姿勢の設定方法については、[基準位置姿勢の設定](#)をご参照ください。このプロジェクトでは、コンテナ位置が固定であるため、[マニピュレータによる設定](#)の方法を使用して基準位置姿勢を設定します。



3. ソート順序を選択します。

位置姿勢から基準位置姿勢までの距離が小さいものから大きいものへとソートし、その後の把持を容易にするために、**ソート方式**を**昇順**に設定します。

上記の設定が完了したら、**[次へ]**をクリックして共通設定の画面に入ります。

共通設定

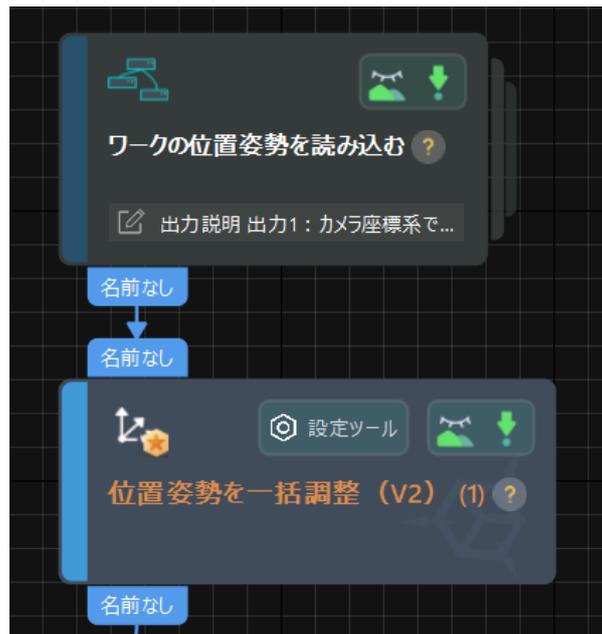
シャフトやバーの供給シーンでは、他のデータをソートして出力する必要がないため、共通設定は不要です。

これで、関連するパラメータの調整が完了しました。**[保存]**ボタンをクリックして変更を保存します。

注意事項

実際のアプリケーションでは、以下の注意事項に従った上で、プロジェクトに**位置姿勢を一括調整 (V2)**ステップを追加し、データフローを接続してください。

- **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの前に、ワークの中心位置姿勢を認識し出力するためのステップやステップの組合せ (**ワークの位置姿勢を読み込む** など) を接続する必要があります。これらのステップまたはステップの組合せの位置姿勢出力ポートは、**位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの位置姿勢入力ポートに接続して、位置姿勢のソートを行います。



- **位置姿勢を一括調整 (V2)** ステップの後に、位置姿勢入力に関連ステップ（経路計画 や 出力ステップなど）を接続する必要があります。これにより、調整された位置姿勢が出力され、ロボットが基準位置姿勢までの距離にシャフトやバーを把持することが可能になります。

3. アプリケーションの最適化

3.1. 特集：把持精度の向上

実際の生産現場では、3D ロボットビジョンソリューションが一定期間正常に稼働した後、「ロボットの把持ずれ」問題が発生することがあります。この問題は、把持精度が低下しており、把持誤差がプロジェクトの精度要件を満たさないことを示しています。

本特集は、アプリケーションの導入段階で把持精度を向上させ、プロジェクトの精度要件を満たすためのガイドを提供し、安定した生産段階で把持する「ロボットの把持ずれ」問題を迅速に解決することを目的としています。

把持精度について

把持精度の概念と様々な把持誤差の要因を説明します。

[把持精度の概念](#)

[把持精度の説明](#)

[把持誤差の要因](#)

把持精度を確保

実際アプリケーションの導入段階では、アプリケーションの把持精度がプロジェクトの精度要件を満たしていることを確認するために、以下の内容をお読みください。

[要件を満たす把持精度の確認手順](#)

[把持精度向上策](#)

トラブルシューティング

ビジョンシステムが安定稼働する生産段階で、現場で発生した「ロボットの把持ずれ」問題をトラブルシューティングするためには、以下の内容をお読みください。

[「ロボットの把持ずれ」問題のトラブルシューティング手順](#)

[誤差分析とトラブルシューティング手順](#)

3.1.1. 把持精度の概要

本文は、把持精度の概念と把持誤差の様々な原因を詳細に説明し、把持誤差に関する一般的な誤解を明らかにすることを目的としています。

▶ <https://www.youtube.com/watch?v=LkEzliLUiOY> (YouTube video)

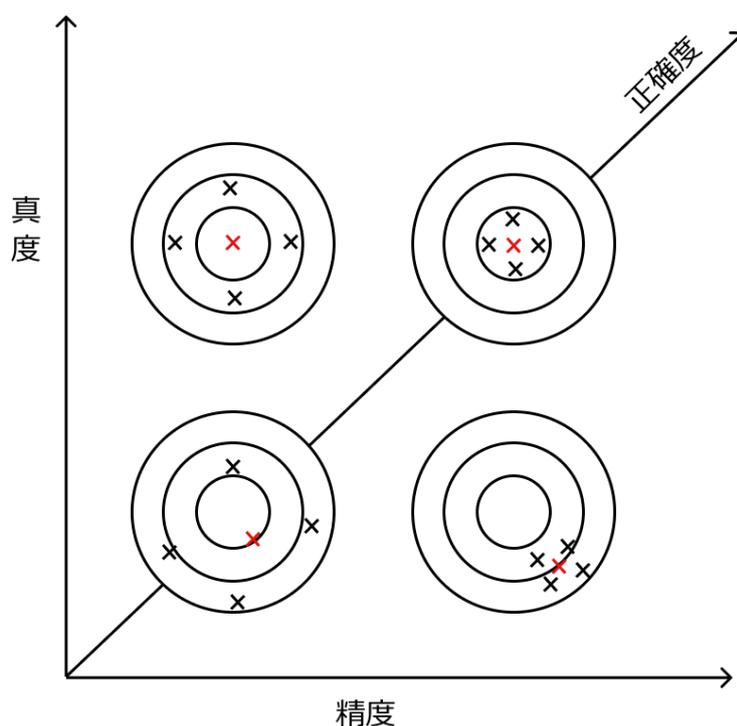
把持精度の紹介

把持精度を詳しく説明する前に、真度、精度、および正確度という3つの混同しやすい概念を明確にする必要があります。

ISO 5725規格によると、これら3つの概念は以下のように定義されます。

- 真度 (trueness) : テスト結果の期待値と実測値との間の一致の程度のことです。
- 精度 (precision) : 指定された条件に従って測定して得られた一連の測定値間の一致の程度のことです。これはランダム誤差の分布に依存し、真値や指定値とは関係ありません。通常、テスト結果の標準偏差 (standard deviation) で評価されます。
- 正確度 (accuracy) : テスト結果と実測値との間の一致の程度のことです。正確度は一連のテストにおいて使用され、ランダム誤差や共通のシステム誤差、偏差成分を含みます。したがって、正確度は真度と精度の組み合わせと見なすことができます。

下図は、これら3つの関係を示しています。



3D ロボットビジョンソリューションの把持シーンでは、**把持精度** はロボットの実際の把持位置と期待される把持位置との一致の程度を示し、通常は把持誤差で表されます。実際のプロジェクトでは、アプリケーションの把持精度要件、つまりX/Y/Z方向の把持誤差の許容範囲を明確に定義する必要があります。

3D ロボットビジョンソリューションは以下のような手順で把持を行います。

1. **カメラで画像を取得**：カメラを使用してシーンの画像を取得します。
2. **ビジョンシステムによる対象物の認識**：ビジョンシステムにより画像から対象物を認識します。
3. **ビジョンシステムによる把持位置姿勢の出力**：ビジョンシステムは外部パラメータに基づいて、対象物の位置姿勢をカメラ座標系からロボット座標系に変換し、把持位置姿勢を出力します。
4. **ロボットが把持位置姿勢に従って対象物を把持**：ロボットは受信した把持位置姿勢に従って把持作業を完了します。

把持プロセスでは、各手順で誤差が生じる可能性があります。したがって、把持誤差は全体手順における様々な誤差を累積したものです。

把持誤差が発生する原因は以下の通りです。

- カメラ誤差
- ロボット誤差
- 外部パラメータの誤差
- ビジョン認識の誤差
- その他の誤差（衝突や取付の安定性など）

以下では、各誤差の意味、原因および把持精度への影響について詳しく説明します。

誤差が発生する原因

カメラ誤差

カメラ誤差は、カメラ自体の精度を反映します。カメラ精度には、カメラの絶対精度とカメラの繰り返し精度が含まれます。

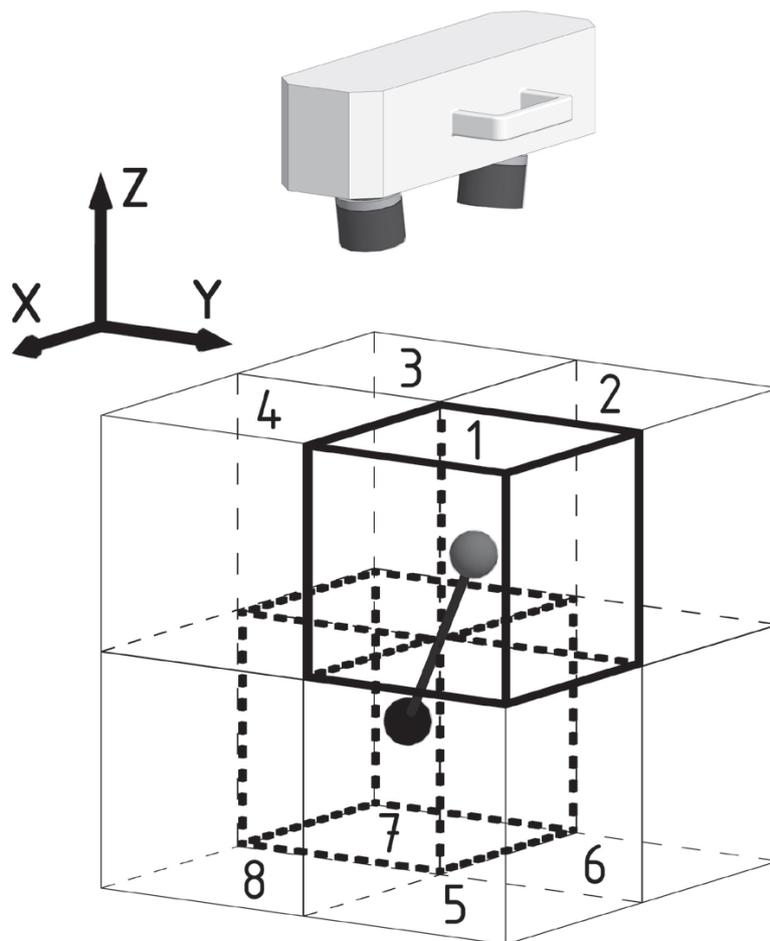
カメラの絶対精度

カメラの絶対精度（またはキャリブレーション精度）とは、視野内の2点間の距離の測定値と実際値との間の一致の程度（trueness）を指します。

測定方法：セラミックボールの標準測定具を使用して測定を行います。撮影されたボールの点群から球面をフィッティングし、球心座標と球心距を計算します。そして、球心距の測定値と真値を比較します。3D空間に7つの位置にボールを配置し、その球心距をフィッティングします。球心距誤差の中央値と最大値が絶対精度として計算されます。



誤差は球心距の誤差値をボールの球心距離で割ったものです。



Mech-Mindのカメラは工場出荷前に絶対精度が厳しくチェックされています。異なるカメラ型番の絶対精度については、[カメラの技術仕様](#)をご参照ください。

カメラの絶対精度に影響を与える要因には以下があります。

- ハードウェアの問題：レンズ、センサー、または他のコンポーネントの問題など、カメラ自体に故障や損傷がある可能性があります。
- 環境変化：照明条件、温度、湿度などの環境要因の変化がカメラの性能に影響を与えます。例えば、カメラの温度ドリフトは絶対精度の低下を引き起こす可能性があります。
- 機械変形：カメラやその取り付けブラケットの機械構造の変形や緩みがカメラ位置の不安定を引き起こし、絶対精度に影響を与える可能性があります。

カメラの繰り返し精度

カメラの繰り返し精度は、Z方向一点繰り返し精度とZ方向エリア繰り返し精度に分けられます。

- Z方向一点繰り返し精度(1σ)：ある点のZ値を100回測定した 1σ の標準偏差です。Z方向一点繰り返し精度は、Z方向の単一ピクセルの精度を評価するために使用されます。

測定方法：セラミックプレートを測定対象とします。カメラが熱平衡状態に到達した後、5

秒ごとにセラミックプレートを100回撮影し、各ピクセル位置の100回の深度値の標準偏差の中央値を計算します。

- Z方向エリア繰り返し精度(1σ)：深度画像内の2つのエリアにおけるZ値を100回測定した 1σ の標準偏差です。Z方向エリア繰り返し精度 (1σ) は、フィッティングした平面のZ方向の精度を評価するために使用されます。

測定方法：セラミックプレートを測定対象とします。カメラが熱平衡状態に到達した後、5秒ごとにセラミックプレートを100回撮影し、2つのエリア（ 200×200 ピクセル）の100回のZ平均値の 1σ の誤差を計算します。



3D ロボットビジョンアプリケーションでは、一般的にZ方向一点繰り返し精度が参考値となります。

カメラの繰り返し精度に影響を与える主な要因は以下の通りです。

- ワーキングディスタンス：ワーキングディスタンスが大きいほど、繰り返し精度はより速く低下します。
- ハードウェアの問題：レンズ、センサー、または他のコンポーネントの問題など、カメラ自体に故障や損傷がある可能性があります。
- 環境の変化：照明条件、温度、湿度などの環境要因の変化がカメラの性能に影響を与え、カメラの温度ドリフトなど、繰り返し精度の低下を引き起こす可能性があります。
- 機械変形：カメラやその取り付けブラケットの機械構造の変形や緩みにより、カメラ位置の不安定を引き起こし、繰り返し精度に影響を与える可能性があります。

カメラの温度ドリフト

カメラの温度ドリフトとは、カメラ内部のコンポーネントが温度変化によって熱変形し、カメラの点群にドリフトが生じる現象を指します。カメラの温度ドリフトは、以下の要因によって引き起こされる可能性があります。

- 内部部品の応力変形、劣化、または老化。
- 温度、湿度、気圧などの外部環境の変化。

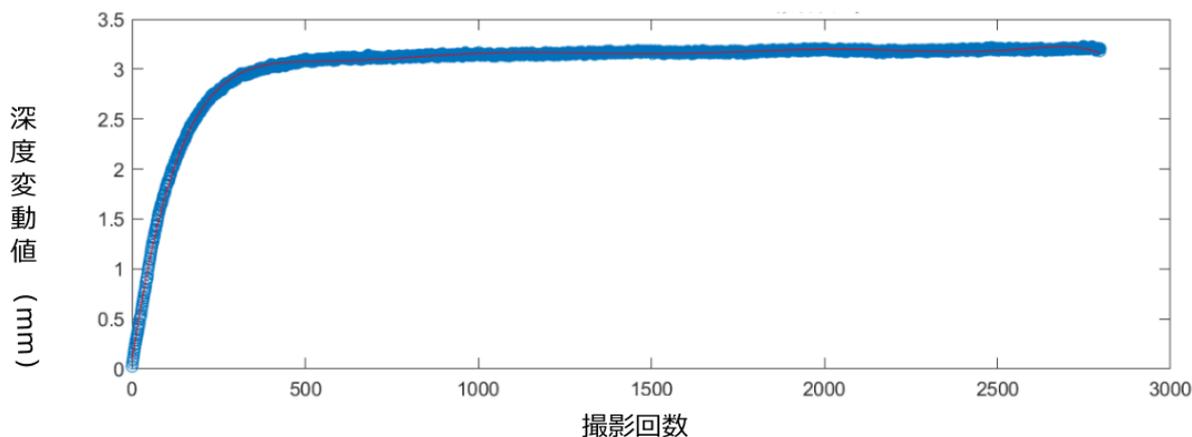
温度ドリフトは、点群の各次元の数値、カメラの繰り返し精度や絶対精度に影響を与えます。

温度ドリフトの分類

温度変化の原因によって、温度ドリフトは冷間始動ドリフト（Warm-up Drift）と環境熱ドリフト（Environmental Thermal Drift）の2種類に分類されます。

- 冷間始動ドリフトは、3Dカメラの冷起動プロセス自体による温度変化によって生じる点群のドリフトを指します。
- 環境熱ドリフトは、環境の温度や湿度などの変化によって生じる点群のドリフトを指します。

下図は、LSR Lカメラの代表的な冷間始動ドリフトの曲線を示しています。縦軸はカメラの撮影平面の深度値の変化であり、横軸は撮影回数です。このような曲線は、カメラが冷たい状態から暖まり、熱平衡に達する過程で生じる深度値の変化を示しています。一般的には、カメラが暖まるにつれて深度値の変化が減少し、熱平衡に達すると変化が安定します。カメラはおおよそ5秒ごとに1回撮影し、約400回（約33分間）の撮影後に熱平衡に達し、熱平衡後の深度値の変化は約3 mmです。



温度ドリフトへの対応

- **予熱**：不正確さの発生を最小限に抑えるため、ハンドアイキャリブレーション、カメラの内部パラメータのキャリブレーション、内部パラメータのクイック補正、その他の補正パラメータのキャリブレーションを行う前に、カメラを予熱する必要があります。カメラの予熱は、以下のいずれかの方法で行います。
 - Mech-Eye ViewerまたはMech-Eye APIを使用してカメラに接続し、30分以上の連続画像キャプチャを行います。高精度が求められるアプリケーションでは、45分以上の予熱を推奨します。
 - カメラの電源を入れてから40分以上待機します。
- **アプリケーション環境の温度、湿度、および圧力を安定した状態に保ちます。**
- **「ハンドアイのドリフト自動補正」システムの導入**：カメラ温度ドリフトの問題を解決するだけでなく、3Dビジョンシステムの信頼性と動作の安定性を確保します。

また、カメラとそのブラケットがしっかりと取り付けられているかどうかは、カメラの絶対精度と繰り返し精度に直接影響します。

ロボット誤差

ロボットに関連する誤差には、主にロボット自体の精度誤差とロボットモデルパラメータの誤差があります。

ロボットの精度誤差

ロボットの精度は、ロボットの繰り返し（位置決め）精度とロボットの絶対（位置決め）精度に分けられます。

- ロボットの繰り返し精度とは、ロボットが空間内の1点に繰り返し到達したときの位置の変動の程度を指します。
- ロボットの絶対精度とは、ロボットが空間内の1点に到達したときの目標位置からのずれのことを指します。設定されたロボット移動の直線距離と実際の距離の差を測定することは、ロボットの絶対精度を大まかに測定する方法の1つです。

ティーチペンダントを使用して動作経路を教示するアプリケーション（3D ロボットビジョンアプリケーション以外の場合）では、把持精度はロボットの繰り返し精度にのみ影響されます。一方、3D ロボットビジョンアプリケーションでは、把持位置姿勢がビジョンシステムによって出力されるため、把持精度は主にロボットの絶対精度に影響されます。

ロボットの絶対精度が低下する一般的な要因には以下があります。

- ロボットの原点ずれ。
- TCPの精度誤差。
- ロボットがしっかりと取り付けられていない。

ロボットの原点ずれ

ロボットの精度に問題があると思われる場合、まずはロボットの各軸の原点がずれていないか確認することをお勧めします。ロボットの原点とは、ロボットの各軸のエンコーダのゼロ位置のことです。原点がずれると、ティーチペンダントに表示されるロボットの各軸の数値がロボット実機の各軸角度との間に誤差が生じます。ロボットの原点ずれは、ロボットの絶対精度の低下を引き起こす可能性があります。

原点ずれは以下のような場合に発生する可能性があります。

- 新規購入時に、ロボットメーカーがロボット原点のキャリブレーションを行っていない。
- 輸送中にロボットの原点がずれた。
- バッテリーの残量が少なくなり交換した。
- ロボット本体やコントローラを交換した。
- カウンターデータが失われた。
- 間違った原点キャリブレーションが行われた。

TCPの精度誤差

把持アプリケーションでは、ロボット先端には通常、吸盤やグリッパーなどのハンドが装備されています。ロボットハンドはロボットフランジの延長と見なされ、様々な形状があります。

ロボットシステムは、その位置の記述と制御をロボットのTCP（ツール中心点）を基準に行います。これにより、ロボット先端にツール座標系を確立し、ロボットの制御点をロボット先端に転送します。

ティーチング法によるロボット移動経路を設定するアプリケーションでは、TCP誤差があってもアプリケーションは正常に動作する場合があります。しかし、3D ロボットビジョンアプリケーションでは、ロボットの移動経路は通常、ビジョンシステムによって提供されるため、TCP誤差は把持誤差を引き起こす可能性があります。

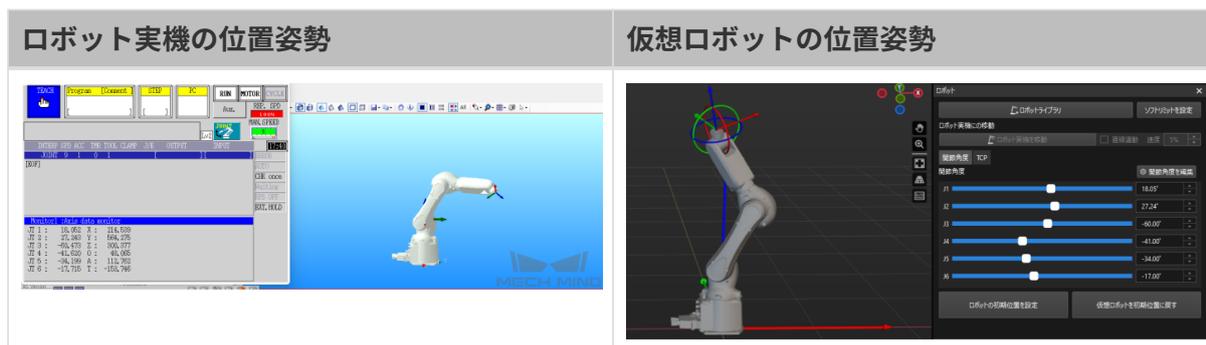
TCP誤差の主な原因は以下の通りです。

- TCPの定義が正確でない。
- ロボットハンドがしっかりと取り付けられていない。

ロボットモデルパラメータの誤差

ロボット自体の精度の問題に加えて、ビジョンシステムが使用するロボットモデルの精度も把持精度に影響します。

Mech-Vizプロジェクトでは、シミュレーションや経路計画にロボットモデルを使用しています。ロボットモデルを作成する際にロボットパラメータを正確に設定しないと、下図のようにソフトウェア内の仮想ロボットの位置姿勢とツール位置姿勢がロボット実機と一致しないことがあります。



ソフトウェア内の仮想ロボットの位置姿勢やツールの位置姿勢がロボット実機と一致しない場合、以下の問題が発生する可能性があります。

- ハンド・アイ・キャリブレーションで間違ったロボットの位置姿勢を使用し、キャリブレーション結果の誤差が大きくなったり、キャリブレーションが失敗する可能性があります。
- ビジョンシステムが間違ったビジョン結果をロボットに出力する可能性があります。
- ビジョンシステムが間違った経路点をロボットに出力する可能性があります。これにより、ロボットが正しく把持できず、把持が失敗したり、周囲の物体と衝突したりする可能性があります。

外部パラメータの誤差

外部パラメータは、ロボットとカメラの間の位置姿勢変換関係を表します。外部パラメータはハンド・アイ・キャリブレーションによって取得され、ハンド・アイ・キャリブレーションの結果の誤差は外部パラメータの誤差となります。

外部パラメータの誤差は、カメラ誤差、ロボット誤差、その他の誤差を累積した複合誤差です。

外部パラメータの誤差に影響を与える主な要因は以下の通りです。

- 点群品質。
- カメラの絶対精度。
- ロボットの絶対精度。
- キャリブレーションボードの取り付けの安定性。
- キャリブレーションデータを取得する際のキャリブレーションボードの揺れ。

外部パラメータの誤差が大きすぎると、ビジョンシステムから出力される把持位置姿勢と予期される位置姿勢との間に大きなずれが生じ、それによりロボットが正常に把持できません。

ビジョン認識の誤差

ビジョン認識の誤差は、ビジョンプロジェクトの認識の正確性と繰り返し精度のパフォーマンスを反映しています。

ビジョンプロジェクトでは通常、以下のアルゴリズムが認識に使用されます。



- **3Dマッチング**：3Dマッチングアルゴリズムは、事前に定義された対象物の3Dモデル（点群モデル）と現場で取得した点群データ（シーンの点群）をマッチングして、3D空間で対象物を正確に位置決めします。
- **ディープラーニング**：3Dマッチングの認識精度が要件を満たさない場合（ワークの反射、ワーク点群上の曲面特徴が少ない場合など）、ディープラーニングを使用して認識精度を向上させることができます。
- **3Dマッチングとディープラーニングの組合せ**：3Dマッチングとディープラーニングを組み合わせることで、両方のアルゴリズムの利点を総合的に活用し、認識の精度とロバスト性を向上させることができます。高精度な位置決めが必要であり、対象物の表面特徴がはっきり見えない場合は、3Dマッチングとディープラーニングを組み合わせることで、高い認識精度を実現できます。

ビジョン認識の誤差に影響する要因は以下の通りです。

- **ディープラーニングの精度不良**：ディープラーニングモデルのトレーニング品質やパラメータ設定が適切でない場合、認識誤差が増加する可能性があります。
- **3Dマッチングの精度不良**：3Dマッチングアルゴリズムの不正確さや不適切なマッチングアルゴリズムの設定は、3D空間における対象物の位置決め精度が低下し、さらに認識の正確性に影響を与える可能性があります。
- **不適切な位置姿勢調整戦略**：不適切な位置姿勢調整戦略は、ビジョンシステムでの対象物の姿勢推定の誤りを引き起こし、さらに認識の精度とロバスト性が影響を与える可能性があります。正確な位置姿勢調整は、高精度な位置決めにとって大切です。
- **認識の繰り返し精度誤差**：ビジョンシステムが認識タスクを繰り返し実行する際、誤差が蓄積し、繰り返し精度が低下する場合、システムの安定性と信頼性がさらに影響を受ける可能

性があります。したがって、良好な認識の繰り返し精度を保つことは、長時間稼働するシステムにとって大切です。

以下では、ビジョン認識の誤差に影響する要因について詳しく説明します。

ディープラーニングの精度不良

ビジョンプロジェクトのディープラーニングの精度不良になる原因は以下の通りです。

- **カメラで取得した2D画像の品質**：取得した2D画像が明るすぎたり暗すぎたりする場合、ディープラーニングの推論効果に直接影響します。この問題は通常、2D露出パラメータを調整することで解決できます。強い環境光の場合は、画像品質を向上させるために遮光対策も必要となります。
- **ディープラーニングモデルの品質**：取得した2D画像の品質と、ディープラーニングのトレーニングで得られたモデルの品質は、ディープラーニングの推論効果に直接影響します。ディープラーニングの精度を向上させるために、トレーニングモデルの画像が鮮明で高品質であり、トレーニングのデータセットが代表的である必要があります。
- **ディープラーニングのパラメータ設定**：ディープラーニングのパラメータを適切に設定することは、インスタンスセグメンテーションの正確性にとって大切です。これらのパラメータを微調整することで、モデルのパフォーマンスを異なるシーンに適応させ、最適なディープラーニング推論効果を実現することができます。システム運用中に発生する可能性のある変化に対応するため、パラメータ設定を定期的を確認し、更新する必要があります。

3Dマッチングの精度不良

ビジョンプロジェクトの3Dマッチングの精度不良になる原因は以下の通りです。

- **点群品質**：カメラが取得した点群の品質が低い場合、作成された点群モデルやシーンの点群の品質に直接影響し、それによって3Dマッチングの精度が低下します。
- **点群モデルと把持位置姿勢の正確性**：マッチング精度はサーフェスモデルとエッジモデルによって異なります。サーフェスモデルはより高いマッチング精度を提供しますが、認識にはより長い時間がかかります。モデルを作成する際に、ドラッグ法とティーチング法を使用して把持位置姿勢を追加できます。ティーチング法で追加された把持位置姿勢の方が高い精度を持ちます。したがって、精度要件が高く、ワーク方向が一致しており、ロボットのTCP誤差が測定しにくい場合は、精度を向上させるためにティーチング法を使用して把持位置姿勢を追加することを推奨します。
- **マッチングアルゴリズムの設定**：マッチングアルゴリズムの設定が適切でないと、マッチングの効果や繰り返し精度に悪影響を与える可能性があります。正しいマッチングアルゴリズムの選択と設定は、正確なマッチングを確保するための重要な要素であり、特に複雑なシーンや異なるワーク間を切り替える場合には重要です。実際の要件に合わせてアルゴリズムパラメータを調整することで、マッチング精度とシステムの安定性が向上します。

不適切な位置姿勢調整戦略

位置姿勢調整戦略の適用性は、具体的なシーンに基づいて決定されます。一部の場合、不適切

な位置姿勢調整戦略は把持誤差を引き起こす可能性があります。例えば、プロジェクトを作成する時は、ワークがパレットの左側にあると仮定し、ワークがパレットの右側にある可能性を無視した場合、把持ずれが生じる可能性があります。

位置姿勢調整戦略が適切でない原因は主に以下の通りです。

- **全部状況の考慮不足**：位置姿勢調整戦略を設計する際に、ワークの可能な位置変化やシーンの違いを十分に考慮していない場合があります。それによって、特定のシーンに適應できない可能性があります。
- **環境変化の更新の遅れ**：作業環境は、レイアウトの変更、機器の交換、またはワークの配置方法の変更などにより変化する可能性があります。位置姿勢調整戦略がこれらの変化を反映するように更新されない場合、新しい作業環境に正確に適應できなくなる可能性があります。
- **柔軟性の不足**：一部の位置姿勢調整戦略は、様々なワーク位置に柔軟に対応できない可能性があります。それによって、考慮されていない状況下でずれが生じる可能性があります。

位置姿勢調整戦略の正確性を確保するためには、ワークの可能な位置の変化を十分に考慮し、様々な作業環境に対応するように調整戦略を適時に更新する必要があります。位置姿勢調整アルゴリズムの設定を定期的を確認し、最適化することで、異なる作業環境で正確な位置姿勢調整と誤差率の低減を実現します。

認識の繰り返し精度誤差

認識の繰り返し精度誤差は、ビジョンプロジェクトの安定性を評価するための重要な基準であり、様々な要因に直接影響されます。

- **点群処理**：照明環境、ワークの材質、周囲の物体の反射性は、ワークの点群品質に大きな影響を与えます。点群処理のロバスト性を向上させるためには、異なる照明条件や物体表面の特性を十分に考慮し、適應させる必要があります。これにより、繰り返し精度の誤差を低減できます。
- **ハードウェアの影響**：温度変化がカメラハードウェアに与える影響は、カメラの内部パラメータと外部パラメータの両方に影響し、位置姿勢変換の精度に影響します。したがって、温度変化を管理し、内部および外部パラメータを適時に調整することは、システムの安定性を確保するための重要なステップです。
- **ビジョン認識ソリューションの選択**：ビジョン認識ソリューションを選択する際には、インスタンスセグメンテーションの採用、マッチング方法、マッチングパラメータ、および把持位置姿勢の設定などがシステムの安定性に直接関係します。ビジョン認識ソリューションを適切に選択し、マッチングパラメータを最適化することで、システムを異なる作業環境によりよく適應させることができます。
- **論理判断とエラー防止**：適切な論理判断とエラー防止機能の設計も非常に重要です。そうしないと、異常条件でシステムが正常に動作できない可能性があるため、全体的な安定性に影響を与える可能性があります。

したがって、ビジョンプロジェクトの安定性を向上させるためには、点群処理、位置姿勢調

整、ビジョンソリューションの選択、論理判定など、すべての状況を総合的に考慮し、適切に設計する必要があります。これにより、認識の繰り返し精度誤差を低減し、システムが異なる作業環境下でも信頼性の高い動作を実現できるようになります。

その他の誤差

カメラの不適切な取り付けによる誤差

カメラの不適切な取り付けによる誤差は、ビジョンシステムにおける一般的な問題の一つです。カメラやそのブラケットがしっかりと取り付けられていないと、ロボットの動きや周囲環境の振動によってカメラが揺れ、画像品質に影響を与える可能性があります。このような状況は、カメラの絶対精度と繰り返し精度に直接影響します。

このような誤差を避けるためには、「ビジョンシステムのハードウェア設置」段階で、カメラとその取り付けブラケットをしつとりと取り付け、その構造が安定していることを確認する必要があります。

ロボットの不適切な取り付けによる誤差

ロボットの不適切な取り付けもシステムの誤差を引き起こす可能性があります。ロボット架台が安定でないと、動作中に揺れが生じ、ロボットの繰り返し精度と絶対精度が低下します。

このような問題を解決するには、「ビジョンシステムのハードウェア設置」段階で、ロボットの取り付け位置と構造を適切に調整し、その安定性を確保する必要があります。

ハードウェアの変形

ハードウェアの変形も誤差の原因となります。生産プロセス中に、カメラやロボットハンド、カメラのブラケットなどのハードウェア部品が衝突によって変形し、カメラ、TCPまたは把持の精度に影響を与える可能性があります。

ハードウェアの変形による誤差を避けるためには、ハードウェア部品の完全性を定期的に点検し、変形が見られた場合は迅速に交換または修理を行う必要があります。生産プロセス全体で、ハードウェア部品を定期的に点検・保守することは、システムの安定性を確保するための重要な対策です。

把持精度の説明

把持精度に関する説明は以下の通りです。

- 把持精度は通常、把持誤差によって表されます。つまり、実際の把持位置と予期される位置との一致の程度を示します。
- ロボットピッキングでは各段階のすべての誤差の累積が最終的な把持精度となります。
- 全体的な把持誤差がプロジェクトの精度要件を満たすためには、誤差を補正してシステムを最適化する必要があります。

誤差を排除する目的は、プロジェクトの要求に応じることであり、誤差を完全に排除するこ

- とではありません。例えば、ワーク認識に問題がない場合は、すべての点群を取得する必要はありません。
- 多くの場合、誤差を完全に排除することは難しいですが、減少させることは可能です。誤差が合理的な範囲レベルに達した場合、その問題を再評価する必要はありません。
- 誤差が検出されても、必ずしもすべて解決できるわけではありません。例えば、ロボットのDHパラメータ誤差などはメーカーや機種によっては変更できない可能性があります。

3.1.2. 把持精度を確保

本文では、アプリケーションの精度が要件を満たしていることを確保するために、実際のアプリケーションの導入に把持精度を向上させるためのガイドを提供します。

▶ <https://www.youtube.com/watch?v=TyFUxLrecOs> (YouTube video)

実際のアプリケーションの導入前に把持精度が要件を満たしていることを確認する方法については、以下の内容をお読みください。

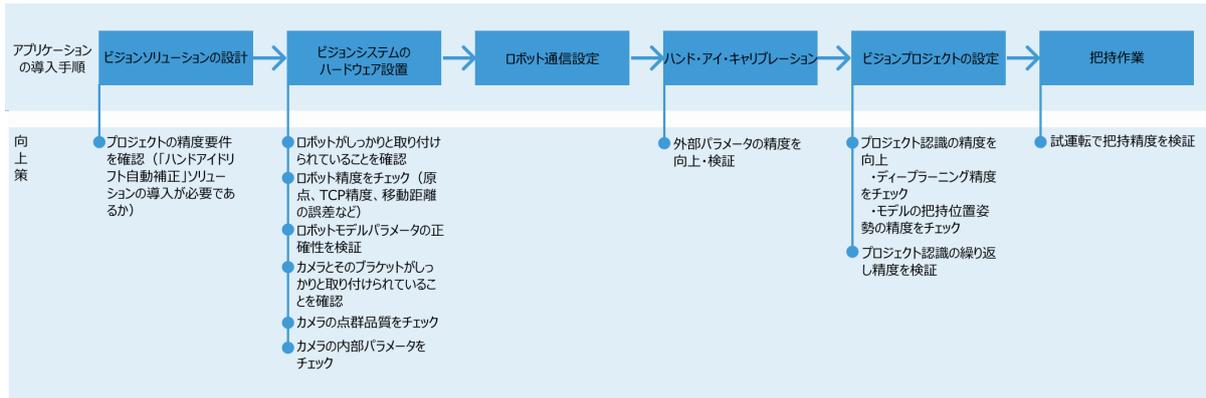
- [要件を満たす把持精度の確認手順](#)

実際のアプリケーションの各導入段階の精度保証/向上策については、以下の内容をお読みください。

- [プロジェクトの精度要件を確認](#)
- [ロボットがしっかりと取り付けられていることを確認](#)
- [ロボットの絶対精度をチェック](#)
- [ロボットモデルパラメータを検証](#)
- [カメラとそのブラケットがしっかりと取り付けられていることを確認](#)
- [点群品質をチェック](#)
- [カメラの内部パラメータをチェック](#)
- [外部パラメータの精度を向上・検証](#)
- [プロジェクトの認識精度を向上](#)
- [位置姿勢の繰り返し精度を検証](#)
- [試運転で把持精度を検証](#)

3.1.2.1. 要件を満たす把持精度の確認手順

実際のアプリケーションの各導入段階では、可能な誤差を減らし、把持精度がプロジェクト要件を満たすようにするために、適切な精度向上策を採用する必要があります。



各段階で採用する精度向上策は以下の通りです。

導入段階	向上策	説明
1. ビジョンソリューションの設計	プロジェクトの精度要件を確認します。	アプリケーションを導入する前に、精度要件を事前に確認する必要があります。高精度が求められる場合、「ハンドアイドリフトの自動補正」ソリューションが必要であることを確認する必要があります。
2. ビジョンシステムのハードウェア設置	ロボットがしっかりと取り付けられていることを確認します。	ロボットがしっかりと取り付けられていないと、ロボットの繰り返し精度に影響します。
	ロボット精度を確認します。	ロボット原点がずれていないかをチェックし、移動距離の誤差とTCP精度を確認します。
	ロボットモデルパラメータの正確性を検証します。	ロボットモデルパラメータが正確でない場合、ビジョンシステムから出力される経路点が正確でなくなり、さらには衝突を引き起こす可能性があります。
	カメラとそのブラケットがしっかりと取り付けられていることを確認します。	カメラとそのブラケットがしっかりと取り付けられていないと、カメラの絶対精度と繰り返し精度に影響します。
	カメラの点群品質を確認します。	カメラ点群の品質が低い場合、ビジョン認識の精度が低下します。
	カメラの内部パラメータをチェックします。	カメラの内部パラメータが合格していることを確認します。
3. ロボット通信設定	/	/

導入段階	向上策	説明
4.ハンド・アイ・キャリブレーション	外部パラメータの精度を検証・向上します。	外部パラメータの精度の誤差が大きすぎると、把持位置姿勢の誤差が大きくなります。外部パラメータの精度は、ハンド・アイ・キャリブレーションを行った後に検証する必要があります。
5.ビジョンプロジェクトの設定	プロジェクトの認識精度を向上させます。	認識アルゴリズムの選択、点群モデルおよび把持位置姿勢の精度は、出力される位置姿勢の精度に影響します。
	プロジェクト認識の繰り返し精度を検証します。	ビジョンプロジェクトの設定が完了したら、ビジョンプロジェクトの出力される位置姿勢の繰り返し精度を検証する必要があります。
6. 把持作業	試運転によって把持精度を検証します。	生産ラインでビジョンシステムを正式に稼働させる前に、把持精度を検証するための試運転が必要です。

上記の手順に従って確認した後、精度向上策を参照してアプリケーションの全体的な把持精度を向上させることができます。

3.1.2.2. プロジェクトの精度要件を確認

ビジョンソリューションを設定する前に、プロジェクトの精度要件（例えば、 $\pm 3\text{mm}$ ）を確認し、それに基づいてアプリケーション精度の期待値と目標を決定する必要があります。

通常、 $\pm 3\sim 5\text{mm}$ の把持精度は一般的なプロジェクトの精度要件を満たすことができます。プロジェクトがより高い把持精度（例えば $\pm 1\text{mm}$ ）を要求する場合、より厳格な精度チェック基準を実施し、誤差を可能な限り排除する必要があります。

高精度アプリケーションの場合、「ハンドアイドリフト自動補正」システムの導入を推奨します。これにより、カメラの温度ドリフトなどの問題を解決するだけでなく、3Dビジョンシステムの信頼性と安定性も確保できます。

3.1.2.3. ロボットがしっかりと取り付けられていることを確認

ロボットの精度をチェックする前に、まずロボットの取り付けがしっかりしているかを確認する必要があります。ロボットの架台が安定しないと、ロボットの移動中に揺れが生じ、ロボットの繰り返し精度に影響を与える可能性があります。これは、後続のロボットの精度チェックの信頼性に影響します。

以下の要件を満たしているかを確認してください。

- ロボット本体を設置する地面が平らで整っていること。

- ロボット本体の架台が、100%の速度で動作中でも安定しているように設計されていること。
- ロボット本体と取り付け架台がネジでしっかりと固定されていること。

確認方法：ロボットを100%の速度で大幅に移動または回転させて、ロボット架台と本体に明らかな揺れがないかを確認します。揺れがある場合は、ロボットの取り付け要件に従って固定してください。

3.1.2.4. ロボットの絶対精度をチェック

ロボットの絶対精度のチェックは通常、レーザートラッカーなどの専門機器とキャリブレーションソフトウェアが必要です。ビジョンソリューションを実際に導入する前に、ユーザーは自分でロボットの絶対精度をチェックするか、ロボットメーカーに連絡してロボットの絶対精度をチェックし、ロボットの絶対精度チェックレポートを取得する必要があります。

本文では、いくつかの一般的なロボットの絶対精度の評価方法を提供しています。これらの評価方法は定量的なロボットの絶対精度チェックを代替するものではなく、参考情報としてのみ提供されています。

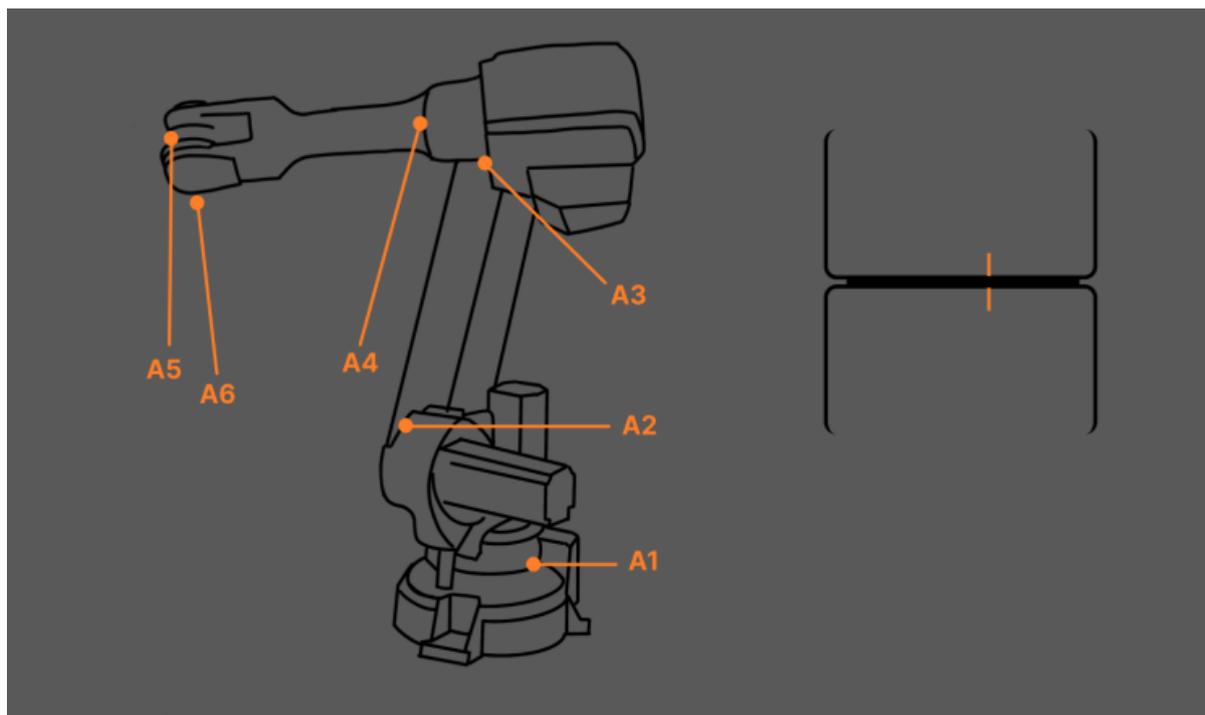
ロボットの原点をチェック

ロボットは通常、工場出荷時に標準原点を取得するために機器テストが行われます。標準原点姿勢では、各軸の目盛り線が基本的に整列しています。



一部のロボットメーカーは、標準原点での各軸のエンコーダー値をロボット本体に添付しています。この値は関節モーターとエンコーダーが分離されていない限り、変化しません。

チェック方法：標準原点の姿勢で、各軸の目盛り線が整列しているかを確認します。



- 目盛り線に明らかなずれがない場合、ティーチペンダントに表示される値が工場出荷値と一致しているかどうかをさらに確認できます。
- 目盛り線が明らかなにずれている場合、手動で原点をキャリブレーションしても高精度なアプリケーションのロボット精度要件を満たすことはできません。その場合は、サポートを受けるためにロボットメーカーにお問い合わせください。

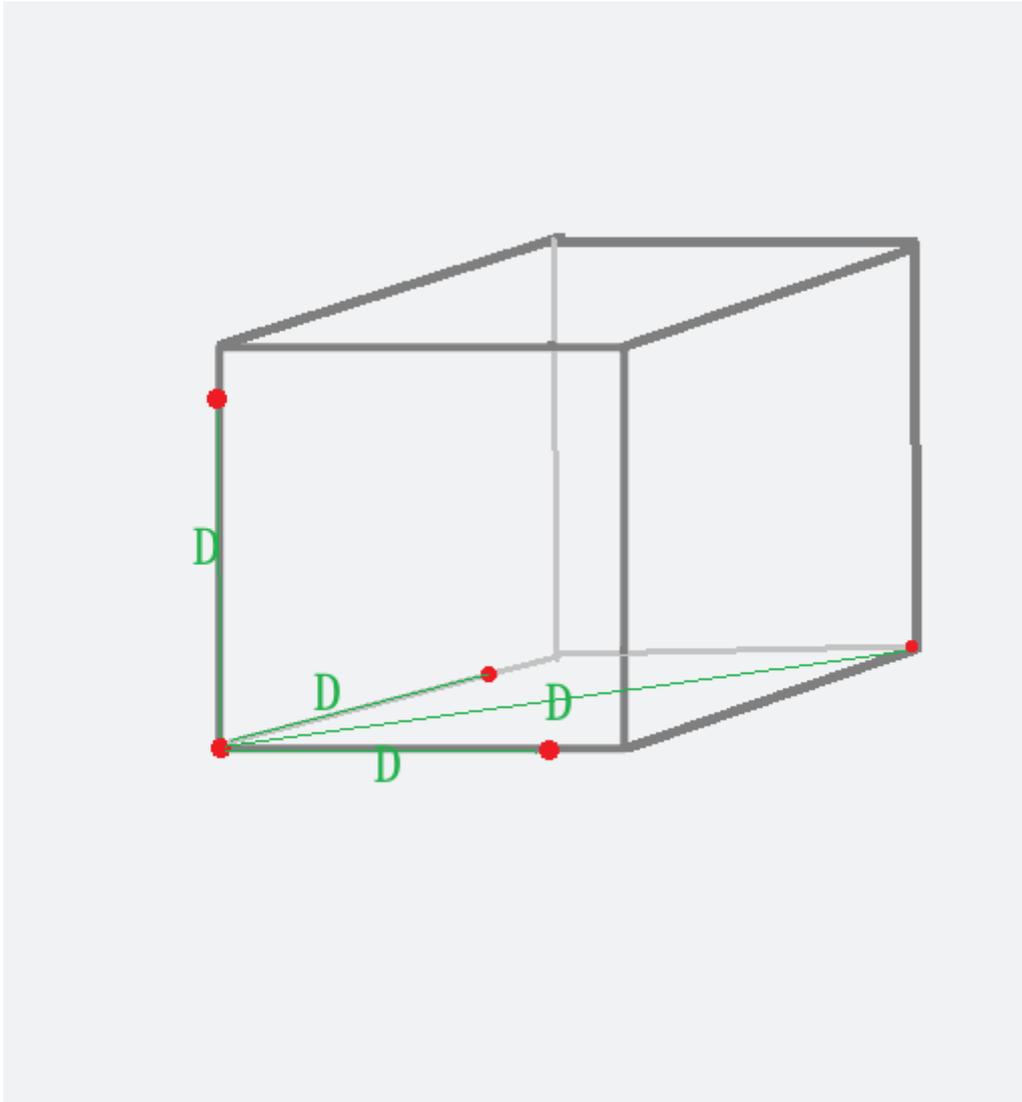
ロボットの原点キャリブレーション方法については、コミュニティで公開されている [ロボットの原点のキャリブレーション操作方法](#) をご参照ください。

移動距離の誤差をチェック

ティーチペンダントを使用して、ロボットを稼働空間内の固定方向（例えばX方向やY方向）に沿って一定距離を移動させます。移動が完了した後、ロボットが実際に移動した距離と比較し、その差を測定します。

チェック方法：

- XYZの各軸と対角線上の2つの点を選択し、それぞれの軸方向でロボットの移動距離Dをティーチペンダントから読み取り、物差しで測定した実際の移動距離D'と比較します。
- （推奨）上記の方法でXYZの各方向と異なる位置で測定を行います。



チェック基準：

全体の差が小さいほど、移動距離の誤差が小さく、ロボットの絶対精度が高いことを示します。通常、ロボットの絶対精度はサブミリメートルレベルです。移動距離の誤差が大きすぎる場合（例えば、±1mmを超える場合）、ロボットメーカーに連絡してロボットの絶対精度をキャリブレーションする必要があります。

ロボットの7軸精度をチェック

レール付きの7軸ロボットの絶対精度を検証する場合、ロボットをレール方向に沿って固定距離だけ移動させ、その後移動距離の誤差をチェックします。

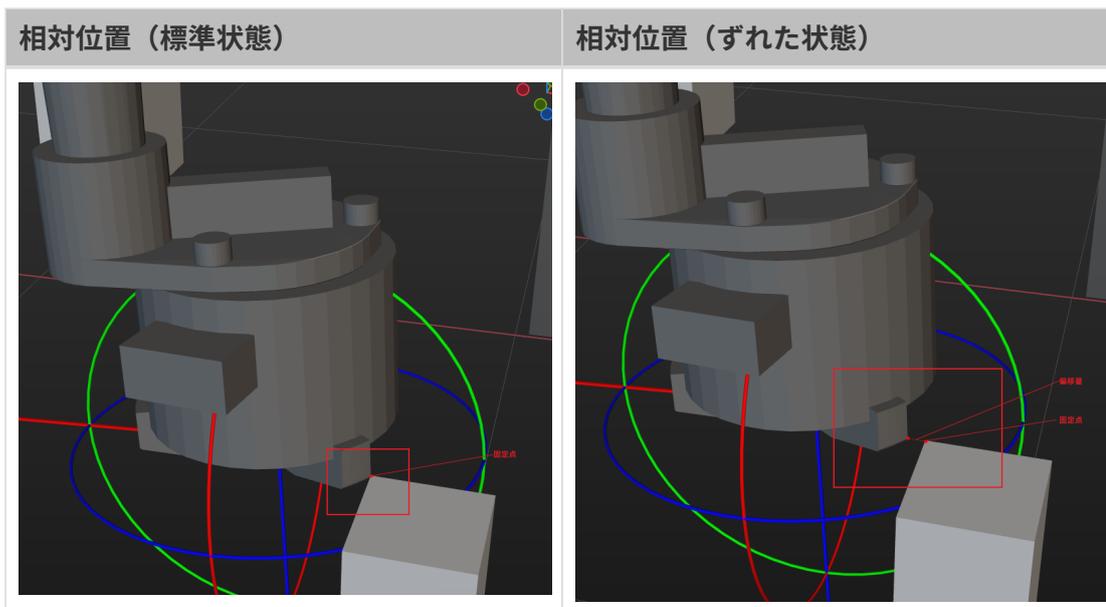
ロボットが同じ位置に到達した時の誤差が大きい場合（例えば、数ミリメートル）、ロボットの7軸精度が低い可能性があります。この場合は、ロボットメーカーに連絡してロボットの精度を補正する必要があります。

ロボットのTCP精度をチェック

ロボットハンドの取り付けをチェック

ロボットハンドの取り付けが適切でない場合、TCP精度に影響を与える可能性があります。ロボットハンドがしっかりと取り付けられていることを確保するための措置は以下の通りです。

- **適切なサポート構造の選択**：均等なプリロードを考慮して、ロボットハンドおよびロボットのプリロード要件に準拠する適切なサポート構造を選択します。
- **ワッシャーとスプリングの使用**：金属部品（一定の硬度を持つ材料）を接続する場合、一般的にはワッシャーとスプリングが必要です。特にU型の穴部分にはワッシャーとスプリングを追加する必要があります。
- **スレッドロッカーの使用**：ロボットハンドの部品のボルト接続部に、適切な強度のスレッドロッカー（低強度または中強度のもの）を使用して、締結部品の緩みを防ぎます。
- **ネジの長さの選択**：接続部品の材質と仕様に応じて適切な長さのネジを選択し、アルミ部品や鋼部品など異なる材料へのネジの差し込み長さが仕様に準拠していることを確認します。
- **ネジの緩み防止のマーキング**：ネジの緩みを検出しやすくするために、白色の油性ペンを使用して緩み防止マーキングを行います。これにより、ボルトの締結状態を簡単に確認し、後続の点検およびメンテナンスの効率を向上させます。
- **ボルトの組み立て原則**：ボルトを組み立てる際は、段階的かつ対称に、また段階的に締め付けることで、ボルトの締結が一致になり、接続部品の変形リスクを減らします。
- **ボルトの締結トルク要件**：標準のトルクレンチを使用し、ナットを締め付ける際に正確なトルクを施し、過度な予圧を 방지、接続の安定性を向上させます。
- **ロボットハンドの形状を定期的を確認するためのプログラムを設定**：ロボットハンドは、過度のプリロードや長時間の使用によって変形する可能性があるため、把持中にずれが発生する可能性があります。ロボットハンドの形状が変化していないかを定期的を確認するために、ハンドチェックプログラムを作成することができます。詳細方法は以下の通りです。
 - a. セル内で、環境要因の影響を受けにくい場所を固定点として決定します。
 - b. 「ハンドチェックプログラム」という名前のロボットプログラムを作成します。このプログラムは、ロボットハンドの先端を可能な限り固定点に近づけます。ロボットの移動経路が固定であることを確認してください。
 - c. 固定点に対するロボットハンドの先端の位置を撮影して記録します。画像によって記録された相対位置が参照基準となります。
 - d. 定期的に（毎週または毎月）、目視検査を実施します。相対位置と参照基準との間に明らかな差が検出された場合、下の右図に示すように、ロボットハンドが変形していることを示します。



TCP精度をチェック

チェック方法：

Mech-Visionのメニューバーで **ツールキット** > **精度誤差分析ツール** を選択し、**誤差分析** の画面で **ロボット** > **ロボットの繰返し精度をチェック** を選択します。

[先端を中心とした回転法によるチェック](#) を参照してTCP精度をチェックしてください。

チェック基準：

ロボットのフランジの先端が他の先端と重なる場合はTCP精度が良いことを示し、ずれが大きい場合はTCP精度が悪いことを示します。

ロボットのTCPの精度が悪い場合、ロボットメーカーに連絡してTCPをキャリブレーションしてください。オンラインコミュニティでは、一般的なロボットの [TCPキャリブレーションの操作方法](#) が提供されていますが、参考情報としてのみご利用ください。

TCPから点群モデルの中心までの距離をチェック

ティーチング方法で把持位置姿勢を追加する場合、TCPから点群モデルの中心までの距離をチェックする必要があります。

実際のプロジェクトでは、把持誤差を減らすために、ロボットのTCPを点群モデルの中心付近に設定することを推奨します。TCPが点群モデルの中心から遠い場合、ロボットの把持にずれが生じ、把持精度に影響します。

3.1.2.5. ロボットモデルパラメータを検証



ロボットモデルパラメータを検証するには、ソフトウェアに表示される位置姿勢とティーチペンダントに表示される位置姿勢を比較する必要があります。したがって、ロボットモ

デルパラメータを検証する前に、ロボットの精度チェックを完了し、ティーチペンダントに表示されるロボットの位置姿勢データの精度を確認してください。

ビジョンソリューションを実際に導入する前に、ロボットモデルパラメータを検証する必要があります。ソフトウェア内の仮想ロボットの位置姿勢やツール位置姿勢がロボット実機と大きく異なる場合（例えば1メートルから2メートル）、ロボットモデルパラメータが正確でない可能性があります。補正が必要です。

詳細については、[ロボットモデルパラメータの検証方法](#)をご参照ください。

3.1.2.6. カメラとそのブラケットがしっかりと取り付けられていることを確認

カメラを取り付ける前に、そのブラケットがしっかりしていることを確認する必要があります。確認手順は以下の通りです。

- 材質と構造のチェック：カメラブラケットは機械加工部品である必要があります。アルミ型材を使用しないでください。カメラブラケットの構造が適切であり、安定したサポートを提供できる必要があります。
- カメラブラケットがしっかりしているか確認します。

チェック方法：カメラブラケットを手動で揺らし、ブラケットが明らかな揺れがあるかどうかを観察します。明らかな揺れがない場合は使用できます。

- （ルール付きのカメラを使用する場合）ブラケット上のルールがしっかりしていて正確であることを確認します。

チェック方法：カメラのルールを往復して移動させ、その動きに揺れがあるかどうかをテストし、繰り返し位置決め精度を確認します。ルールが所定の位置に到達した後に揺れがなく、かつ繰り返し位置決め精度がカメラの要件を満たしている場合は、使用できます。

- カメラの取り付け穴をチェックします。

チェック方法：ブラケットにカメラの取り付け穴が予め設けられているかを確認し、取り付け穴の位置とサイズを確認します。取り付け穴の位置とサイズは、カメラの取り付け要件を満たしている必要があります。

カメラを取り付ける際には、[カメラの取り付け要件](#)と[カメラケーブルの配線規範](#)に従ってカメラとケーブルを取り付けてください。

3.1.2.7. 点群品質をチェック

以下では、カメラで取得したワークの点群品質をチェックし、最適化する方法について説明します。



ワークの点群品質は、点群マッチングモデルの品質や認識精度に影響します。キャリブレーションボードの点群品質は、ハンド・アイ・キャリブレーション結果の精度に影響するため、キャリブレーション前にキャリブレーションボードの点群品質をチェックする必要

があります。

チェック方法：

1. ワークをカメラ視野内の作業平面の中心に配置します。
2. Mech-Eye Viewerを起動し、プロジェクトで使用しているカメラに接続します。
3. カメラ接続後、**パラメータグループ**をプロジェクトで使用しているパラメータグループに切り替え、をクリックして一回キャプチャを行います。
4. ワークの点群品質は、データ表示エリアの**点群**タブに確認できます。



高精度で、カメラのワーキングディスタンスが大きい、または深い箱からピッキングの場合、最下層と最上層の平面中心と四隅を含む作業エリア内の複数の場所でワーク画像を撮影し、点群品質をチェックすることを推奨します。

点群品質の基準：

高品質の点群には、以下のような特徴があります。

- 点群が完全であり、把持に必要な特徴点が欠落していません。
- 点群の揺れ（ノイズ）が少なく、平らで、明らかな変動がありません。

点群品質の最適化方法：

1. 環境光が強すぎる場合、遮光処理を行います。
2. カメラの取り付け角度や撮影位置を調整し、カメラの縞方向がワークの長辺の方向と垂直になるようにします。
3. **3Dパラメータ、点群後処理、深度範囲、ROI**のパラメータ群を調整します。

オンラインコミュニティの[点群品質の最適化](#)を参照して、さらなる経験を得ることができます（ログインが必要です）。

3.1.2.8. カメラの内部パラメータをチェック

以下では、カメラの内部パラメータをチェックし、補正する方法について説明します。

準備作業の確認

内部パラメータをチェックする前に、以下の要件に従ってキャリブレーションを準備してください。

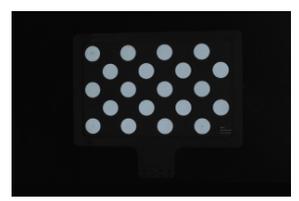
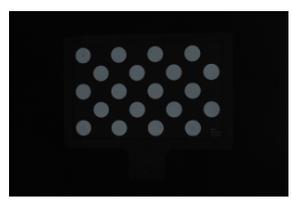
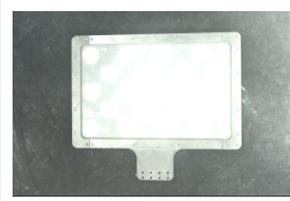
1. カメラの視野内にキャリブレーションボードを配置し、それがカメラの推奨ワーキングディスタンス内にあり、かつカメラの光軸対して垂直であることを確認してください。



2. キャリブレーションボードの2D画像と深度画像を取得します。取得した2D画像と深度画像が以下の要件を満たしていることを確認してください。

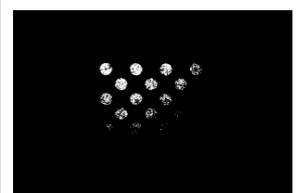
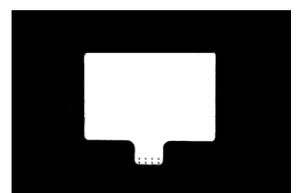
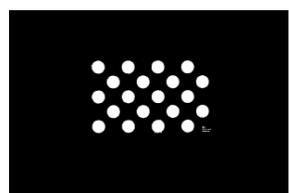
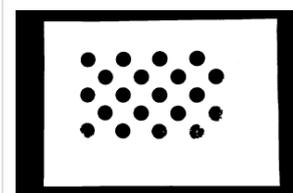
- キャリブレーションボード上のすべての円が完全に含まれている。
- 2D画像が明るさの差が適切で、キャリブレーションボード上の円がきれいで見られる。
- 深度画像でキャリブレーションボード上の円が完全に見られる。

キャリブレーションボードの2D画像の例は下図のようです。

画像が暗くて、キャリブレーションボードの円ははっきり見えない	キャリブレーションボードの円は完全でエッジもはっきり見える		画像が明るすぎてキャリブレーションボードの円ははっきり見えない
			

取得した2D画像が要件を満たさない場合、[2Dパラメータ](#) を調整してください。

キャリブレーションボードの深度画像の例は下図のようです。

露出時間が短くて円は完全に撮れない	円/キャリブレーションボードは完全に撮れる		露出時間が長くて円は完全に撮れない
			

取得した深度画像が要件を満たさない場合、[深度画像関連パラメータ](#)を調整してください。

また、内部パラメータをチェックする前に、カメラを事前に予熱してください。カメラが熱平衡に達するまで、点群再構築の精度を十分に保証することはできません。カメラの予熱は、以下のいずれかの方法で行います。

- Mech-Eye ViewerまたはMech-Eye APIを使用してカメラに接続し、30分以上の連続キャプチャを行います。
- カメラの電源を入れてから40分以上待機します。

チェック方法

1. Mech-Eye Viewerを起動し、メニューバーの **ツール** をクリックし、**内部パラメータツール** を選択して **内部パラメータツール** ウィンドウを開きます。
2. **キャリブレーションボードを配置して画像の品質をチェックする** の **[画像をキャプチャ]** をクリックしてキャリブレーションボードの2D画像と深度画像を取得します。画像が要件を満たすかを確認します。画像が要件を満たしているか確認します。
3. **キャリブレーションボードの型番を選択する** でキャリブレーションボードの型番を設定します。右側の小さな三角形をクリックして、キャリブレーションボードの型番を選択します。
4. **内部パラメータをチェック** の **[内部パラメータをチェック]** をクリックして、内部パラメータをチェックします。チェックが完了するとチェックの結果が表示されます。
5. **内部パラメータの検査結果** ダイアログボックスに **スカラー差** の値（パーセント）を確認します。



- スカラー差は、測定値と被測定物の実際の値との差を、実際の値に対する比率で表したものです。
- **内部パラメータの検査結果** ダイアログボックスにエラーメッセージが表示された場合は、[内部パラメータチェックのトラブルシューティング](#) を参照して問題を解決してください。

内部パラメータのチェック基準

3D ロボットビジョンソリューションの場合、V4シリーズのカメラの内部パラメータの合格基準は下表の通りです。

型番	焦点距離 (m)	キャリブレーションボードからカメラまでの距離 (m)	使用するキャリブレーションボードの型番	合格基準
UHP-140	300	300	OCB-5	スカラー差<0.4%
NANO	350	350	CGB-20	スカラー差<0.4%
	550	550	CGB-20	スカラー差<0.6%
PRO S	500	500	CGB-20	スカラー差<0.6%
	700	700	CGB-20	スカラー差<0.8%
	1000	1000	CGB-35	スカラー差<1.0%
PRO M	1200	1200	CGB-35	スカラー差<1.2%
	2000	2000	CGB-50	スカラー差<2.0%
LSR S	800	800	CGB-35	スカラー差<0.8%
	1400	1400	CGB-50	スカラー差<1.4%
LSR L	1500	1500	CGB-50	スカラー差<1.6%
	3000	2800	CGB-50	スカラー差<2.8%
DEEP	3000	2800	CGB-50	スカラー差<2.8%

3Dロボットビジョンソリューションの場合、V3カメラの内部パラメータの合格基準は下表の通りです。

型番	焦点距離 (m)	キャリブレーションボードからカメラまでの距離 (m)	使用するキャリブレーションボードの型番	合格基準
Nano	350	350	CGB-20	スカラー差<0.4%
	550	550	CGB-20	スカラー差<0.6%
Log S	700	700	CGB-20/BDB-5	スカラー差<0.8%
	1000	1000	CGB-35/BDB-6	スカラー差<1.0%

型番	焦点距離 (m)	キャリブレーションボードからカメラまでの距離 (m)	使用するキャリブレーションボードの型番	合格基準
Log M	1200	1200	CGB-35/BDB-6	スカラー差<1.2%
	2000	2000	CGB-50/BDB-7	スカラー差<2.0%
Pro S Enhanced	500	550	CGB-20	スカラー差<0.6%
	700	700	CGB-20	スカラー差<0.8%
	1000	1000	CGB-35	スカラー差<1.0%
Pro M Enhanced	1200	1200	CGB-35	スカラー差<1.2%
	2000	2000	CGB-50	スカラー差<2.0%
Pro XS	350	350	CGB-20	スカラー差<0.4%
	550	550	CGB-20	スカラー差<0.6%
Deep	3000	2800	CGB-50	スカラー差<2.8%
Pro L Enhanced	1500	1500	CGB-50	スカラー差<1.6%
	3000	2800	CGB-50	スカラー差<2.8%
Laser L Enhanced	1500	1500	CGB-50	スカラー差<1.6%
	3000	2800	CGB-50	スカラー差<2.8%
Laser L V3S	3000	2800	CGB-50	スカラー差<2.8%

内部パラメータの検査結果 ダイアログでの **スカラー差** が合格基準を満たしている場合、カメラの内部パラメータチェックに合格し、カメラは使用可能です。

スカラー差 が合格基準のしきい値を超える場合、内部パラメータのチェックは失敗し、内部パラメータを補正する必要があります。詳細な手順は以下の通りです。

内部パラメータを補正

内部パラメータ修正 機能を使用するとき、以下のようにキャリブレーションボードを配置してください。

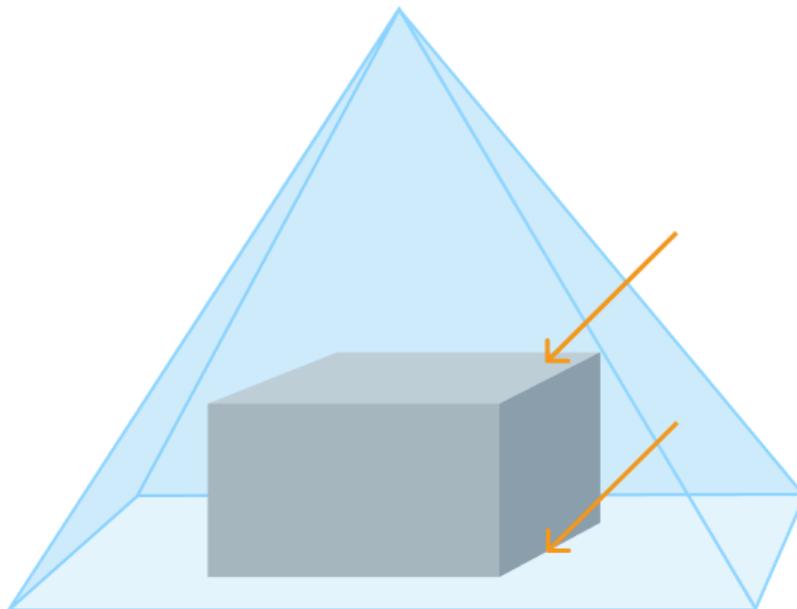
- キャリブレーションボードをカメラ光軸に垂直するようにします。



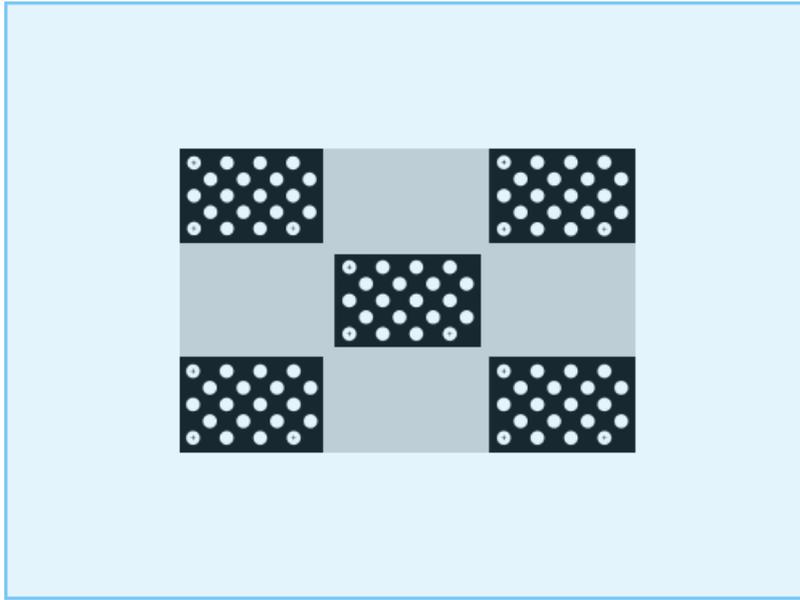
● 以下の高さに配置します。

- 対象物の上表面
- 対象物の底面

例えば：コンテナからのピッキング、またはデパレタイジング・パレタイジングの現場では、キャリブレーションボードをコンテナやパレットの上表面および底面に配置する必要があります。

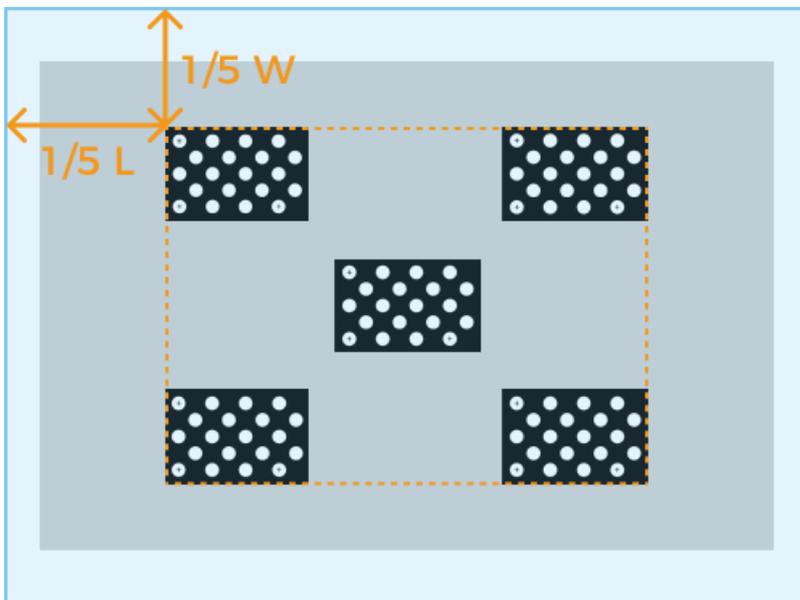


- 上記の2つの位置で、それぞれキャリブレーションボードが対象物の中心と4つのコーナーにある5セットのデータを取得します。



■ : 対象物

- 対象物の寸法がカメラの最大視野とほぼ同じ場合は、キャリブレーションボードを視野の端に配置しないでください。キャリブレーションボードの端とカメラ視野の端との間隔が視野の横/縦の5分の1以上にしてください。



■ : 対象物

内部パラメータを補正するには、以下の手順を実行してください。

1. Mech-Eye Viewerのメニューバーから **ツール** をクリックし、**内部パラメータツール** を選択します。**内部パラメータツール** ウィンドウが開いたら、**内部パラメータを修正** にチェックを入れます。

2. 上記の要件に従ってキャリブレーションボードを配置します。
3. キャリブレーションボードを1つの領域に配置した後、[**データを取得**] をクリックします。
4. キャリブレーションボードを移動してからもう一度 [**データを取得**] をクリックします。
5. 以上のようにデータを10セット取得した後、[**内部パラメータを修正**] をクリックします。しばらくするとチェックの結果のウィンドウが自動的に表示されます。

内部パラメータを正常に補正できない場合は、テクニカルサポートにお問い合わせください。



UHP シリーズは、**内部パラメータ修正** 機能を使用できません。内部パラメータの誤差が大きい場合、テクニカルサポートにお問い合わせください。

3.1.2.9. 外部パラメータの精度を向上・検証

以下では、外部パラメータの精度を向上し、検証する方法について説明します。

外部パラメータの精度を向上

ハンド・アイ・キャリブレーションを行う際には、外部パラメータ（キャリブレーション結果）の精度を向上させるために、以下のような対策を採用することができます。

キャリブレーション前：

- ロボット架台がしっかりと取り付けられていることを確認します。
- カメラの内部パラメータが高精度であることを確認します。異なる位置や異なる高さでキャリブレーションボードを使用して内部パラメータをチェックすることを推奨します。
- ロボットの絶対精度がチェックされ、プロジェクトの要件を満たしていることを確認します。
- キャリブレーションの前に、カメラを30分以上予熱してください。高精度が求められるアプリケーションでは、45分以上の予熱を推奨します。予熱のプロセスは、カメラに電源を入れるか、連続的に画像を撮影することで行うことができます。

キャリブレーション中：

- 「標準キャリブレーション法」でETHのキャリブレーションを実行する場合は、キャリブレーションボードがしっかりと取り付けられていることを確認します。
- ロボットが重いハンドを搭載し把持する場合、ロボットでプリロード補償を有効にし、ハンドを搭載した状態で外部パラメータをキャリブレーションすることを推奨します。
- カメラのワーキングディスタンスが1.5m以上である場合、キャリブレーションに使用する「calib」パラメータグループで **表面平滑化** 機能を有効にする必要があります。
- ロボットの速度を下げ、待機時間を長く設定し、キャリブレーションデータを取得する際にロボットが明らかに揺れないようにします。
- ハンド・アイ・キャリブレーションの手順に厳密に従って操作します。

外部パラメータのキャリブレーション結果を表示

外部パラメータのキャリブレーションレポートを表示

「標準キャリブレーション法」でキャリブレーションを実行する場合は、外部パラメータを計算した後、**外部パラメータのキャリブレーションレポートを表示** ボタンをクリックします。外部パラメータのキャリブレーションレポートが生成されると、自動的に表示されます。

キャリブレーションレポートには、オイラー角タイプのチェック結果、カメラ精度のチェック結果、およびロボットの絶対精度のチェック結果がすべて「合格」（または明らかな誤差がない）であれば、外部パラメータのキャリブレーションは成功し、外部パラメータが使用可能です。

いずれかのチェック結果が合格しない場合、レポートに記載されたアドバイスに従って処理し、再度キャリブレーションを行い、チェック結果が合格するまで繰り返します。

点群ビューで誤差点群を確認

「TCPタッチ法」でキャリブレーションを実行する場合、点群ビューで誤差点群を確認することでキャリブレーション結果を使用できるかを検証できます。

外部パラメータを計算した後、右側の **点群ビュー** パネルで誤差点群を表示します。誤差点群は、各キャリブレーション位置姿勢でキャリブレーションボードの白い円の実際の値と計算値との偏差を示すために使用されます。

点群誤差の基準は以下の通りです。

- 一般的なプロジェクトでは、すべてのデータポイントの誤差が3mm未満である必要があります。つまり、<3mmの誤差を持つポイントが100%である必要があります。
- 高精度が求められるシーンでは、すべてのデータポイントの誤差が2mm未満である必要があります。つまり、<2mmの誤差を持つポイントが100%である必要があります。
- パレタイジングのシーンでは、すべてのデータポイントの誤差が5mm未満である必要があります。つまり、<5mmの誤差を持つポイントが100%である必要があります。

上記の基準は参考のみであり、実際の生産におけるプロジェクト精度要件に従います。

外部パラメータの精度を検証

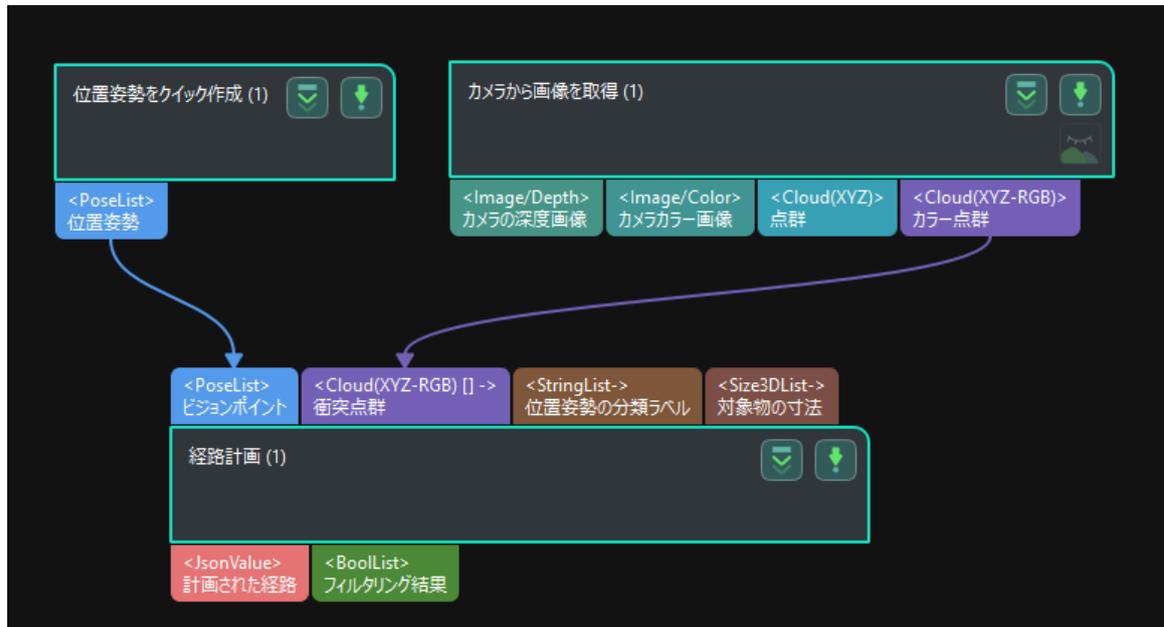
キャリブレーション結果を検証 (ETH)

外部パラメータを計算した後、「外部パラメータ誤差分析ツール」を使用して、キャリブレーション結果が使用可能かどうかを評価できます。

詳細な手順は以下の通りです。

1. **外部パラメータを計算** 手順の **補助ツール** で **外部パラメータの精度** をクリックし、表示される **誤差分析** 画面で [**外部パラメータ誤差を分析 (ETHの場合)**] を選択します。

2. キャリブレーションボードの位置姿勢を取得するためのプロジェクトを新規作成します。今回作成したプロジェクトは下図のような流れで処理を行います。



3. ロボット実機の位置姿勢を同期させ、キャリブレーションボードの点群を含むシーンの点群を取得します。
 - a. プロジェクト内の [経路計画](#) ステップを選択し、**ステップパラメータ** パネルで [**エディタを開く**] をクリックして仮想空間に入ります。
 - b. 「経路計画」ステップのツールにロボット実機の位置姿勢を同期させ、仮想ロボットとロボット実機の位置姿勢が同じであることを確認します。
 - c. [**シミュレート**] ボタンをクリックし、キャリブレーションボードを含むシーンの点群を可視化します ([**シミュレート**] をクリックした後のエラーメッセージは無視できます)。
4. キャリブレーションボードの仮想TCPを作成します。
 - a. 「経路計画設定ツール」のリソースにロボット手を追加します。
 - b. 仮想空間でロボット手の表示を確認し、TCPがキャリブレーションボードの白い円の中心と一致するようにパラメータを調整します (位置姿勢のX軸とY軸は円の中心の十字と一致し、XOY平面はキャリブレーションボードの平面と一致する必要があります)。
 - c. 名前を入力し、「OK」をクリックして仮想TCPの作成を完了します。
5. 稼働空間内の他の位置で外部パラメータを検証します。
 - a. ロボット実機を稼働空間の他の位置に移動させます。
 - b. 「経路計画」ステップのツールにロボット実機の位置姿勢を同期させ、仮想ロボットとロボット実機の位置姿勢が同じであることを確認します。
 - c. [**シミュレート**] ボタンをクリックして、新しいキャリブレーションボードとシーンの点群を取得します。

- d. 前の手順で追加した仮想TCPがキャリブレーションボード上の白い円の中心と一致しているか確認します。

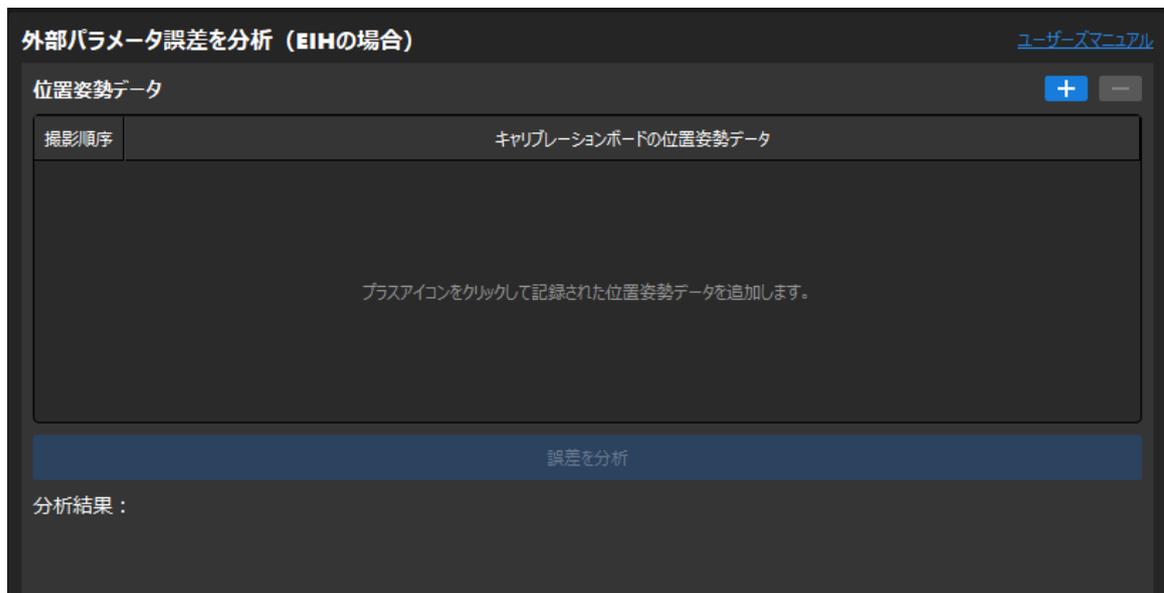
一致している場合、キャリブレーション結果は使用可能です。

キャリブレーション結果を検証 (EIH)

外部パラメータを計算した後、「外部パラメータ誤差分析ツール」を使用して、キャリブレーション結果が使用可能かどうかを評価できます。

詳細な手順は以下の通りです。

1. **外部パラメータを計算** 手順の **補助ツール** で **外部パラメータの精度** をクリックし、表示される **誤差分析** 画面で [**外部パラメータ誤差を分析 (EIHの場合)**] を選択します。
2. 関連する操作方法を確認したら、[**次へ**] をクリックします。
3. [**+**] をクリックし、複数のキャリブレーションボードの位置姿勢データを追加します。



4. [**誤差を分析**] をクリックし、分析結果を確認します。

誤差値がプロジェクトの精度要件を満たしている場合、キャリブレーション結果は使用可能です。

3.1.2.10. プロジェクトの認識精度を向上

ビジョン認識の誤差は、ビジョンプロジェクトの認識の正確性と繰り返し精度を反映していません。

ビジョンプロジェクトが「3Dマッチング」アルゴリズムを使用して認識する場合、プロジェクトの認識精度を向上させるために、[3Dマッチングの精度を向上](#) をご参照ください。

ビジョンプロジェクトが「ディープラーニング」アルゴリズムを使用して認識する場合、プロ

ジェットの認識精度を向上させるために、[ディープラーニングの推論効果を向上](#) をご参照ください。

3Dマッチングの精度を向上

以下の方法で3Dマッチングの精度を向上させることができます。

- カメラの点群品質を確保します。
- 点群モデルと把持位置姿勢設定の正確性を確保します。
- マッチングアルゴリズムの設定を確認します。

カメラの点群品質を確保

カメラの点群品質は既に「ビジョンシステムのハードウェア設置」段階で確認されている場合、この部分をスキップしても問題ありません。

カメラの点群品質をまだ確認していない場合は、[カメラの点群品質をチェック](#) をご参照ください。

点群モデルと把持位置姿勢設定の正確性を確保

点群モデルの品質を確保

カメラで画像を取得してモデル点群を生成する場合は、以下のことに注意してください。

- 適切なモデルタイプを選択：対象物が平らで、カメラ視野内に明確で固定されたエッジ特徴が表示される場合（パネル、クローラシュー、コネクティングロッド、ブレーキディスクなど）、エッジモデルを使用することをお勧めします。対象物の表面に明らかな認識可能な特徴がある場合（クランクシャフト、ローター、棒鋼など）、サーフェスモデルを使用することをお勧めします。
- ノイズ除去：作成したモデルの点群にノイズが含まれていると、誤認識の原因となります。したがって、対象物の点群のみを残し、他のノイズを除去する必要があります。

CADファイルをインポートしてモデル点群を生成する場合は、モデルの単位を正しく設定してください。そうしないと、モデルマッチングが失敗します。

把持位置姿勢の設定の正確性を確保

Mech-Visionでは、点群モデルに把持位置姿勢を追加するために、ドラッグ法とティーチング法の両方がサポートされています。

精度が高く、ワークの向きが一致しており、ロボットのTCP誤差が測定しにくい場合は、ティーチング法を使用することをお勧めします。

ティーチング法を使用して把持位置姿勢を追加する際には、以下のことに注意してください。

- 把持位置姿勢のフランジ位置姿勢を入力する際に、正しいオイラー角タイプを選択してくだ

さい。

- 把持位置姿勢のフランジ位置姿勢を入力する際に、データの長さに注意してください。ティーチペンダントから読み取ったフランジ位置姿勢の形式は、位置姿勢編集画面で表示される形式と一致している必要があります。フランジ位置姿勢がオイラー角形式である場合、6つのデータを入力する必要があります。四元数形式である場合、7つのデータを入力する必要があります。
- 7軸ロボットの場合、ティーチペンダントに7軸の数値が含まれているなら、ソフトウェア内のフランジ位置姿勢にも7軸の数値が含まれている必要があります。その逆も同様です。

ディープラーニングの推論効果を向上

以下の方法でディープラーニングの推論効果を向上させることができます。

- 2D画像の品質を向上させます。ディープラーニングモデルのトレーニングに使用する2D画像は、以下の要件を満たす必要があります。
 - 画像が明るすぎたり、暗すぎないこと。
 - 画像の色が実物に近く、色の歪みがないこと。
 - 十分な数の画像が取得され、画像の種類の多様性が確保されていること。

画像の要件の詳細については、[ディープラーニング画像データを取得](#)をご参照ください。

- モデルの追加学習を行います。モデルが一定期間使用されると、一部の現場のニーズを満たさない可能性があります。モデルを微調整して追加学習を行い、モデルの精度を向上させることができます。
- ディープラーニングのパラメータを調整します。ディープラーニングのパラメータを調整することで、最適なディープラーニング推論効果を得ることができます。詳細については、[ディープラーニングモデルパッケージを推論](#) ステップのパラメータ説明をご参照ください。

3.1.2.11. 位置姿勢の繰り返し精度を検証

ビジョンプロジェクトの構築が完了した後、位置姿勢の繰り返し精度を検証することでプロジェクトの安定性を確認することができます。

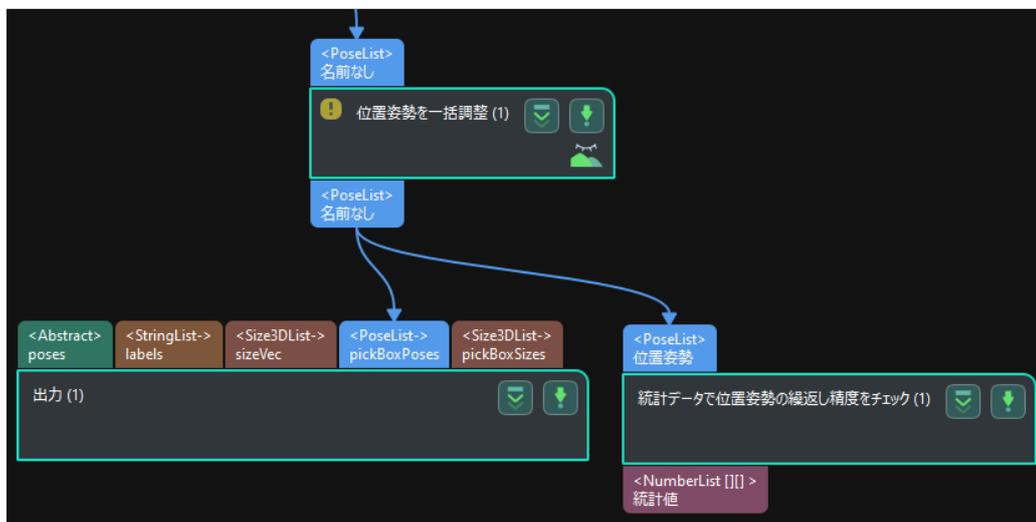
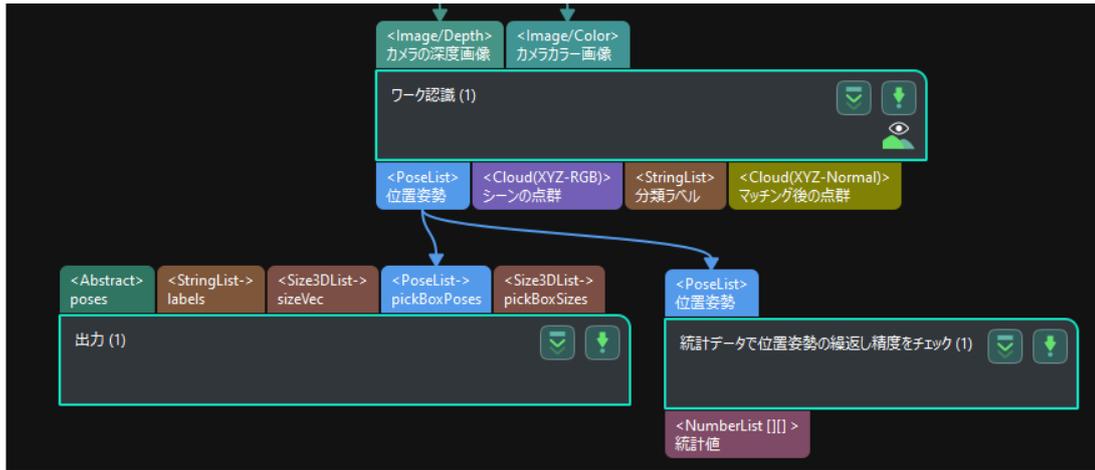
検証方法

プロジェクト認識の繰り返し精度を検証するには、Mech-Visionの [統計データで位置姿勢の繰り返し精度をチェック](#) ステップを使用する必要があります。

詳細な検証手順は以下の通りです。

1. 「統計データで位置姿勢の繰り返し精度をチェック」ステップをプロジェクトに追加します。

下図に示すように、このステップを対象物の位置姿勢を出力できるステップの後につなぎます。



- 単一のワークをカメラの視野内に配置し、プロジェクトを10回から20回実行して、そのワークの出力された位置姿勢を取得し、統計します。これにより、位置姿勢の繰り返し精度を判断します。
- 統計データに格納されているファイルを開いて、位置姿勢の繰り返し精度を確認します。

mm & degree	translationX	translationY	translationZ	eulerAnglesX	eulerAnglesY	eulerAnglesZ
**Range	0.2500	0.4000	0.1070	0.0001	0.0005	0.0006
Stdev	0.1220	0.1574	0.0392	0.0000	0.0002	0.0003
Min	148.3380	451.1500	-42.2895	10.0215	20.0176	30.0372
Max	148.5880	451.5500	-42.1825	10.0216	20.0181	30.0378
Mean	148.4909	451.4643	-42.2714	10.0216	20.0178	30.0375
2024-02-04 19:38:45	148.5880	451.5500	-42.1825	10.0216	20.0176	30.0372
2024-02-04 19:38:10	148.5880	451.5500	-42.2825	10.0216	20.0176	30.0372
2024-02-04 19:37:54	148.5880	451.5500	-42.2855	10.0215	20.0176	30.0372
2024-02-04 19:36:59	148.5880	451.5500	-42.2855	10.0216	20.0180	30.0377
2024-02-04 19:35:46	148.3880000	451.5500000	-42.2855000	10.0216346	20.0180278	30.0377415
2024-02-04 19:34:52	148.3580	451.3500	-42.2895	10.0216	20.0181	30.0378
Restart:2024-02-04 19:34:02	148.3380	451.1500	-42.2885	10.0216	20.0179	30.0375
2024-02-04 10:32:53	148.3380	451.1500	-42.2885	10.0216	20.0179	30.0375

上記の図に示すように、表の「range」（範囲誤差またはレンジ）行は、その位置でのワークの位置姿勢の繰り返し精度を示しています。

- x軸座標の誤差範囲はおおよそ±0.25mmです。
- y軸座標の誤差範囲はおおよそ±0.40mmです。
- z軸座標の誤差範囲はおおよそ±0.11mmです。

4. 把持領域が広い場合や、特定の領域で把持精度が安定しない場合は、同じワークの位置姿勢の繰り返し精度を異なる位置で統計する必要があります。



深い箱からピッキングの場合は、異なる高さの異なる位置で位置姿勢の繰り返し精度を統計する必要があります。例えば、箱の平面を9つの同じ大きさのエリアに分割し、異なる高さで位置姿勢の繰り返し精度を統計することができます。

1	2	3
4	5	6
7	8	9

検証基準

通常、x/y/z軸座標の誤差範囲が±0.5mm以内である場合、プロジェクトの精度要件を満たしています。

高精度が必要な場合、x/y/z軸座標の誤差範囲はより小さくする必要があります。たとえば、±0.1mmなどです。誤差範囲が大きい場合は、[プロジェクトの認識精度を向上](#)させる必要があります。

3.1.2.12. 試運転で把持精度を検証

ビジョンシステムを生産ラインに導入する前に、把持精度を検証するために試運転が必要です。正式な生産プロセスに従ってビジョンシステムの試運転を行います。テストには、すべての部品の供給状況が含まれる必要があります。

操作方法：

- ソリューションのオペレーターインターフェイスで、ワークの認識効果、ディープラーニング効果、および把持効果の安定性を確認します。
- 位置姿勢調整戦略が各種の部品の供給状況で正常に機能することを確認します。



ワークの試作数量と試作期間は、プロジェクトの実際の状況に応じて決定されます。

3.1.3. 「ロボットの把持ずれ」のトラブルシューティング

ビジョンシステムを生産ラインに導入した後、精度が低下し、把持失敗の問題が発生する可能性があります。例えば：

- 正面からワークを正常に把持できますが、裏面から把持するとずれが生じています。
- 実際の把持位置がビジョンシステムによって計算された把持位置姿勢と大きくずれており、結果として把持に失敗します。

ロボットの把持ずれは、アプリケーションの把持誤差がプロジェクトの精度要件を満たさないことを示します。

本文では、安定した生産段階で発生する「ロボットの把持ずれ」のトラブルシューティングガイドを提供します。

▶ <https://www.youtube.com/watch?v=Z76KB00LmcY> (YouTube video)

「ロボットの把持ずれ」問題を解決するために、以下の内容をお読みください。

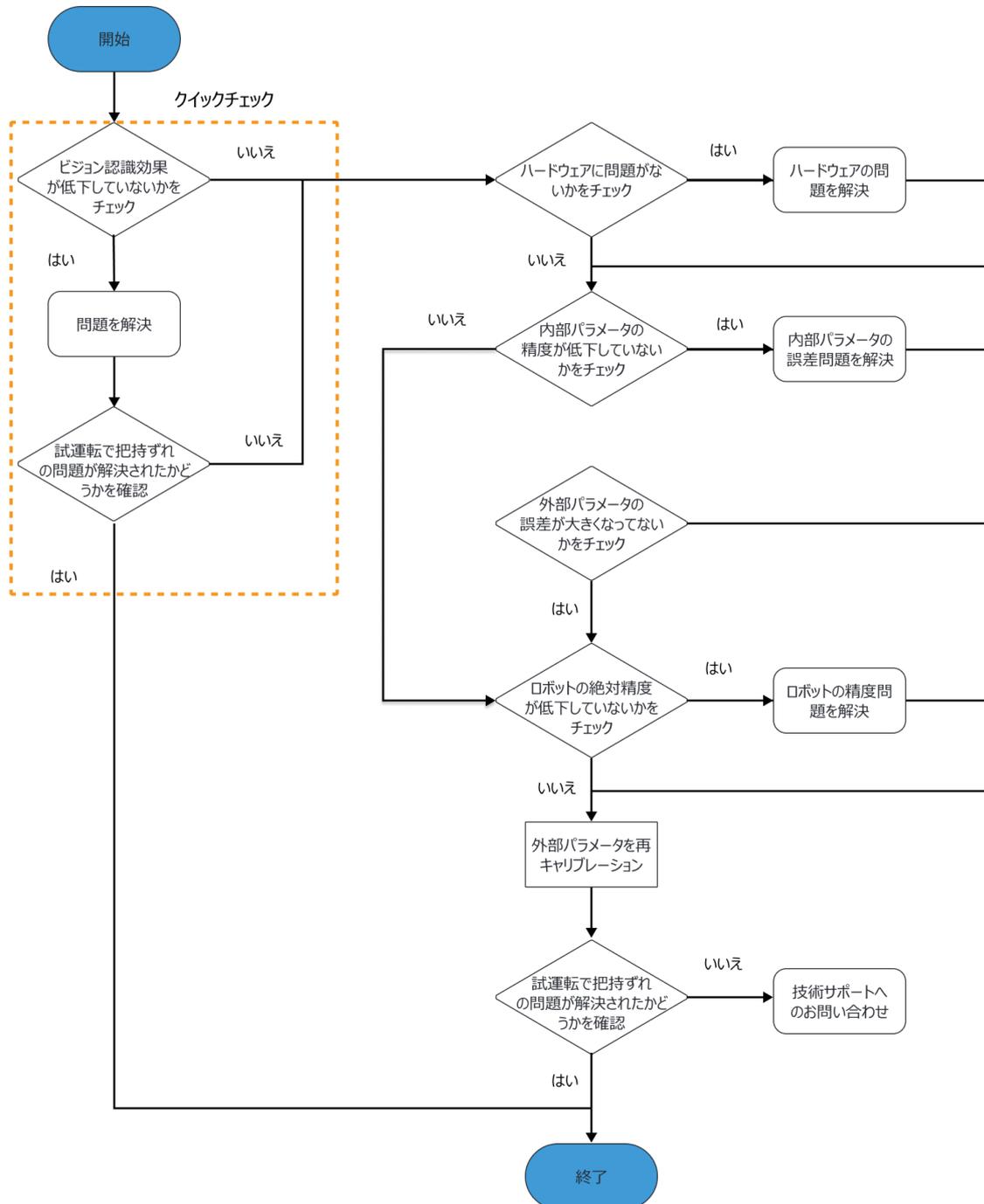
- 「ロボットの把持ずれ」のトラブルシューティング手順

トラブルシューティング手順を理解した後、誤差の原因を特定し、誤差を補正するために、以下の内容をお読みください。

- 認識精度が低下していないかをチェック
- ハードウェアに問題がないかをチェック
- 内部パラメータの誤差が大きくなっていないかをチェック
- 外部パラメータの誤差が大きくなっていないかを検証
- ロボットの絶対精度が低下していないかをチェック
- 外部パラメータの再キャリブレーション
- 試運転で問題が解決されたかどうかを確認

3.1.3.1. 「ロボットの把持ずれ」のトラブルシューティング手順

「ロボットの把持ずれ」のトラブルシューティングは通常、下図のような手順に従って行います。



以下では、一般的なトラブルシューティング手順を説明します。各項目のチェック方法、基準、および誤差補正方法については、他の節をご参照ください。

クイックチェック

把持精度に最も影響を与える可能性が高い要因を特定し、**認識精度が低下していないか**を確認します。確認項目には、点群品質、ディープラーニングの推論効果（プロジェクトでディープラーニングを使用している場合）、および3Dマッチング精度が含まれます。

- 認識効果が低下している場合、すぐに問題の原因を特定し、テクニカルサポートに連絡して解決します。その後、試運転で把持ずれの問題が解決されたかどうかを確認します。
 - 問題が解決された場合、トラブルシューティングは終了です。
 - 問題が解決されていない場合、完全な手順に従ってトラブルシューティングします。
- 認識精度が低下していない場合、完全な手順に従ってトラブルシューティングします。

完全な手順

上記のクイックチェックでビジョンプロジェクトの認識精度が低下していないことが確認された場合は、以下の手順に従って問題を引き続きトラブルシューティングしてください。

1. **ハードウェアに問題がないか確認します。**
 - 問題がある場合、それを解決してから次の手順に進みます。
 - 問題がない場合、次の手順に進みます。
2. **内部パラメータの誤差が大きくなっていないかを確認します。**
 - 誤差が大きくなっている場合、内部パラメータを補正してから次の手順に進みます。補正できない場合は、テクニカルサポートにお問い合わせください。
 - 誤差が大きくなっていない場合、次の手順に進みます。
3. **外部パラメータの誤差が大きくなっていないかを検証します。** 検証後は、次の手順に進みます。
4. **ロボットの絶対精度に誤差が大きくなっていないかを確認します。**
 - 誤差が大きくなっている場合、ロボットの精度問題を解決してから次の手順に進みます。
 - 誤差が大きくなっていない場合、次の手順に進みます。
5. **外部パラメータを再度キャリブレーションします。**
6. **試運転で把持ずれの問題が解決されたかどうかを確認します。**
 - 問題が解決された場合、トラブルシューティングは終了です。
 - 問題が解決されていない場合、テクニカルサポートにお問い合わせください。

3.1.3.2. 認識精度が低下していないかをチェック

以下では、認識精度が低下していないかをチェックするための方法について説明します。

以下のことをチェックする必要があります。

- 点群品質が低下していないか

- ディープラーニングの推論効果が低下していないか
- 3Dマッチング精度が低下していないか

点群品質が低下していないかをチェック

プロジェクトで3Dマッチングを使用して認識する場合、以下の手順で点群品質をチェックします。

チェック方法：

1. 把持ずれが発生した位置にワークを配置します。
2. EIHの場合、カメラを把持ずれが発生した撮影位置に移動します。
3. Mech-Eye Viewerを起動し、プロジェクトで使用しているカメラに接続します。
4. カメラ接続後、**パラメータグループ**をプロジェクトで使用しているパラメータグループに切り替え、をクリックして一回キャプチャを行います。
5. データ表示エリアの **点群** タブにワークの点群品質を確認します。

チェック基準：

ワークの点群に以下の問題が発生した場合、点群品質が低下している可能性があります。

- 点群が完全でなく、把持に必要な特徴点が欠落しています。
- ノイズが多く、点群に大きな変動があります。

補正方法：

点群品質低下の一般的な原因と対処策は以下の通りです。

考えられる原因	対処策
環境光の変化	3Dパラメータ、点群後処理、深度範囲、ROI のパラメータ群を調整します。環境光が強すぎる場合、遮光処理を行います。
供給方式の変化（カメラの縞方向がワークの長辺方向と垂直でない）	元の供給方式に戻し、カメラの縞方向をワークの長辺の方向と垂直にします。

ディープラーニングの推論効果が低下していないかをチェック

プロジェクトでディープラーニングを使用して認識する場合、以下の手順で推論効果をチェックします。

チェック方法：

- Mech-Visionのツールバーから **[オペレーターインターフェイス]** をクリックし、現在使用しているソリューションのオペレーターインターフェイスを開きます。

- 設定済みの「ディープラーニング結果」ビューでディープラーニングの推論効果を確認します。

チェック基準：

以下の状況が発生した場合、ディープラーニングの推論効果が低下している可能性があります。

- 正常なワークの見逃し認識。
- ワークや背景の誤認識。誤認識には、背景がワークと誤認識されること、異なるワークのタイプの誤認識、ワークの上下層の誤認識、ワーク同士の誤認識などが含まれます。
- マスク品質および認識の信頼度が低い。マスクの品質が低く、インスタンスセグメンテーションの信頼度が低い場合、誤認識や見逃し認識を引き起こし、把持に影響を与えます。

補正方法：

以下のような場合は、モデルの追加学習が必要になります。

- 低い信頼度設定でも正常に認識されない場合、見逃し認識を解決するためにモデルの追加学習が必要です。
- 誤認識が入力画像の品質やワーク自体とは関係ない場合、誤認識を解決するためにモデルの追加学習が必要です。
- マスクの品質が低く、インスタンスセグメンテーションの信頼度が低く、信頼度のしきい値を調整しても解決できない場合、モデルの追加学習が必要です。

上記以外の場合、ディープラーニングの推論効果が低下する原因と対処策は下表の通りです。

考えられる原因	対処策
環境光の変化により、画像が明るすぎたり暗すぎる	2D露出パラメータを調整します。環境光が強すぎる場合、遮光処理を行います。
供給方式の変化（異常な供給）	元の供給方式に戻し、2D ROIを調整して2D画像にすべてのワークが含まれるようにします。
異常なワーク	異常なワークを削除します。

3Dマッチング精度が低下していないかをチェック

プロジェクトで3Dマッチングを使用して認識する場合、以下の手順で3Dマッチング精度をチェックします。

チェック方法：

- Mech-Visionのツールバーから[オペレーターインターフェイス]をクリックし、現在使用しているソリューションのオペレーターインターフェイスを開きます。

- 設定済みの「認識結果」ビューで3Dマッチング精度を確認します。

チェック基準：

マッチングが正確でない場合、3Dマッチング精度が低下している可能性があります。

補正方法：

3Dマッチング精度低下の原因と対処策は下表の通りです。

考えられる原因	対処策
環境光の変化	3Dパラメータ、点群後処理、深度範囲、ROI のパラメータ群を調整します。環境光が強すぎる場合、遮光処理を行います。
不適切な3Dマッチングのパラメータ設定	テクニカルサポートに連絡してパラメータの設定を最適化します。
ワークの変化	新しいワークの点群モデルを作成します。

3.1.3.3. ハードウェアに問題がないかをチェック

安定した生産段階で、衝突（ロボットとそのブラケット、ロボットハンドと箱、カメラと箱など）が発生すると、ハードウェアの変形や破損などの問題が発生する可能性があります。また、ロボットとカメラの長期的な動作も、ハードウェアの不安定化を引き起こす可能性があります。ハードウェアの問題は、他の誤差を増大させ、さらにはビジョンシステムの使用が不可能になる可能性があります。

以下では、ハードウェアに問題がないかをチェックするための方法について説明します。

ハードウェアの問題をトラブルシューティングする場合、以下のチェックを行います。

チェック項目	可能な問題	対処策
カメラ外観。 チェック方法： カメラハウジングの変形やレンズの破損があるかどうかをチェックします。	他の物体との衝突により、カメラハウジングの変形やレンズの破損が発生する可能性があります。	カメラハウジングが変形しているか、レンズが破損している場合は、カメラを修理するためにメーカーに送り返す必要があります。

チェック項目	可能な問題	対処策
<p>カメラとそのブラケットが安定しているかどうか。 チェック方法：ブラケットを手で揺らし、ブラケットに明らかな揺れがあるかどうかを観察します。明らかな揺れがある場合、カメラまたはそのブラケットが安定していない可能性があります。</p>	<p>カメラやブラケットの固定ボルトが、長期間の動作や周囲の振動により緩んでいる可能性があります。</p>	<p>ボルトを再度締め直し、カメラとブラケットの取り付け安定性を確認します。</p>
<p>ロボットの取り付けが安定しているかどうか。 チェック方法：ロボットを100%の速度で大幅に移動または回転させて、ロボット架台と本体に明らかな揺れがあるかどうかを確認します。</p>	<p>ロボットの長期間の動作により、本体や架台の固定ボルトが緩んでいる可能性があります。</p>	<p>ボルトを再度締め直し、ロボットの取り付け安定性を確認します。</p>
<p>ロボットハンドが変形しているかどうか。 チェック方法：目視検査を行い、ロボットハンドの各部分が異常な形状やずれがあるかどうかを観察します。示していないかを確認します。特に接続点や支持構造などの重要な部分に注意してください。明らかな形状の変化やずれがある場合、ロボットハンドが変形している可能性があります。この目視検査は明らかな変形を確認するためにのみ使用されます。ロボットハンドに明らかな変形がない場合でも、「ハンドチェックプログラム」を使用してロボットハンドのTCPがずれていないかをチェックする必要があります。</p>	<p>衝突によりロボットハンドが変形し、精度が大きく影響を受ける可能性があります。</p>	<p>ロボットハンドを交換し、そのモデルを再インポートし、TCPの精度を再度チェックします。</p>

チェック項目	可能な問題	対処策
ロボットハンドのTCPがずれていないか（「ハンドチェックプログラム」による）。 チェック方法： 詳細については、 ロボットハンドの取り付けをチェック をご参照ください。	ロボットハンドは過重や長時間使用により摩耗し、ずれが生じる可能性があります。	ティーチペンダントを使用してTCPを調整し、実際の値と一致するようにMech-VisionまたはMech-VizソフトウェアでTCP値を更新します。サポートが必要な場合、テクニカルサポートにお問い合わせください。

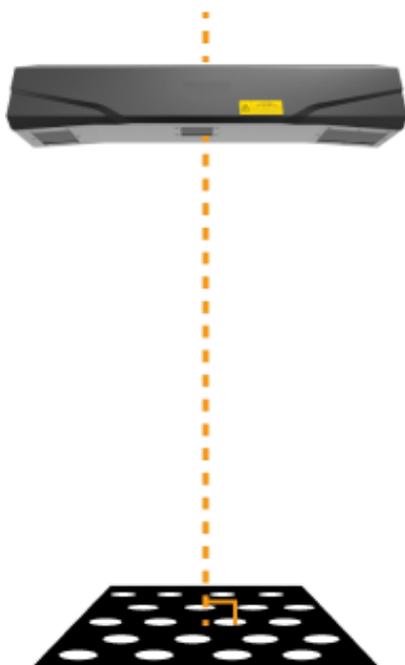
3.1.3.4. 内部パラメータの誤差が大きくなっていないかを確認

以下では、内部パラメータの誤差が大きくなっていないかを確認するための方法について説明します。

準備作業のチェック

内部パラメータを確認する前に、以下の要件に従ってキャリブレーションを準備してください。

1. カメラの視野内にキャリブレーションボードを配置し、それがカメラの推奨ワーキングディスタンス内にあり、かつカメラの光軸に対して垂直であることを確認してください。

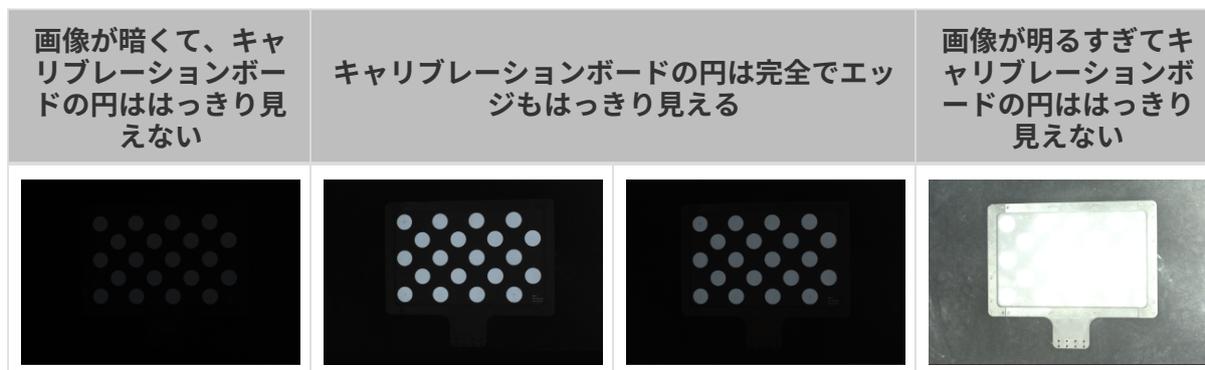


2. キャリブレーションボードの2D画像と深度画像を取得します。取得した2D画像と深度画像が以下の要件を満たしていることを確認してください。
 - キャリブレーションボード上のすべての円が完全に含まれている。
 - 2D画像が明るさの差が適切で、キャリブレーションボード上の円がきれいで見られ

る。

- 深度画像でキャリブレーションボード上の円が完全に見られる。

キャリブレーションボードの2D画像の例は下図のようです。



取得した2D画像が要件を満たさない場合、[2Dパラメータ](#) を調整してください。

キャリブレーションボードの深度画像の例は下図のようです。



取得した深度画像が要件を満たさない場合、[深度画像関連パラメータ](#) を調整してください。

また、内部パラメータをチェックする前に、カメラを事前に予熱してください。カメラが熱平衡に達するまで、点群再構築の精度を十分に保証することはできません。カメラの予熱は、以下のいずれかの方法で行います。

- Mech-Eye ViewerまたはMech-Eye APIを使用してカメラに接続し、30分以上の連続キャプチャを行います。
- カメラの電源を入れてから40分以上待機します。

チェック方法

1. Mech-Eye Viewerを起動し、メニューバーの **ツール** をクリックし、**内部パラメータツール** を選択して **内部パラメータツール** ウィンドウを開きます。
2. **キャリブレーションボードを配置して画像の品質をチェックする** の **[画像をキャプチャ]** をクリックしてキャリブレーションボードの2D画像と深度画像を取得します。画像が要件を満たすかを確認します。画像が要件を満たしているか確認します。
3. **キャリブレーションボードの型番を選択する** でキャリブレーションボードの型番を設定しま

す。右側の小さな三角形をクリックして、キャリブレーションボードの型番を選択します。

4. **内部パラメータをチェック** の [**内部パラメータをチェック**] をクリックして、内部パラメータをチェックします。チェックが完了するとチェックの結果が表示されます。
5. **内部パラメータの検査結果** ダイアログボックスに **スカラー差** の値（パーセント）を確認します。



- スカラー差は、測定値と被測定物の実際の値との差を、実際の値に対する比率で表したものです。
- **内部パラメータの検査結果** ダイアログボックスにエラーメッセージが表示された場合は、[内部パラメータチェックのトラブルシューティング](#) を参照して問題を解決してください。

内部パラメータのチェック基準

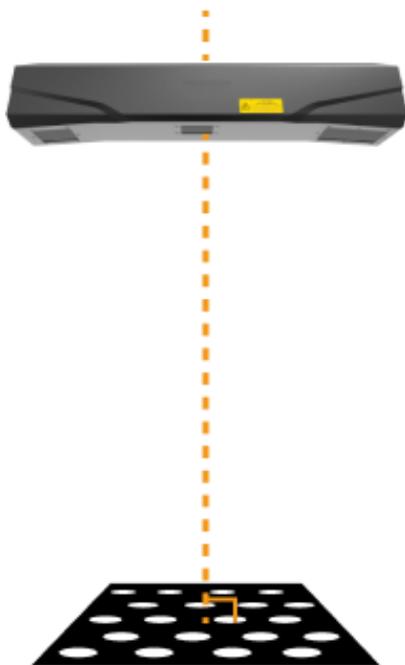
現在の **スカラー差** がアプリケーション導入時の値または [内部パラメータ合格基準](#) より高い場合、内部パラメータの誤差が大きくなっています。これは把持ずれが発生する主な原因の1つです。内部パラメータを補正するには、以下の内容をご参照ください。

現在の **スカラー差** の値がアプリケーション導入段階の値とほぼ同じ場合、内部パラメータは使用可能です。その場合は、「[ロボットの把持ずれ](#)」の [トラブルシューティング手順](#) に従ってトラブルシューティングしてください。

内部パラメータを補正

内部パラメータ修正 機能を使用するとき、以下のようにキャリブレーションボードを配置してください。

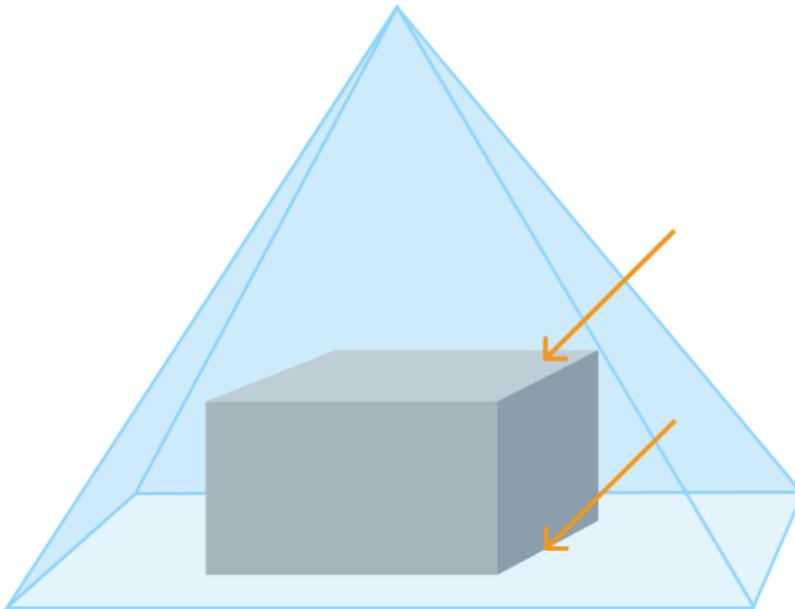
- キャリブレーションボードをカメラ光軸に垂直するようにします。



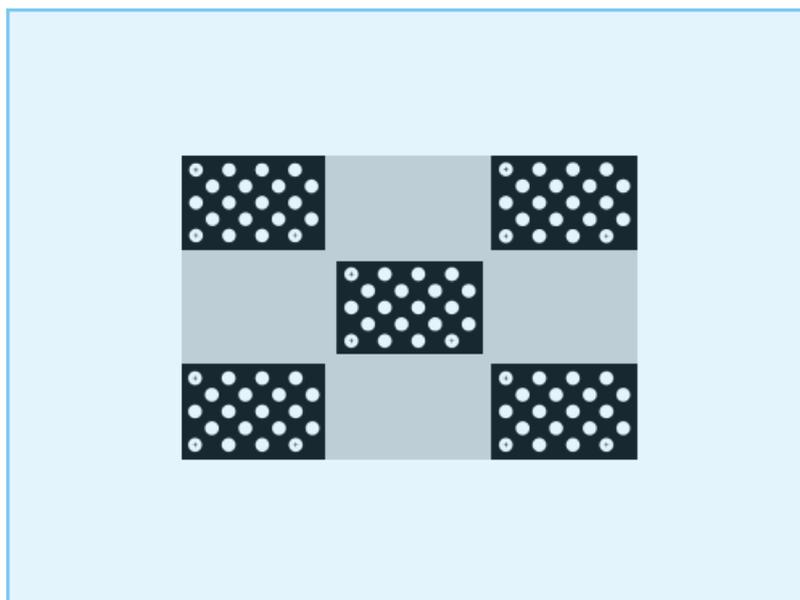
- 以下の高さに配置します。

- 対象物の上表面
- 対象物の底面

例えば：コンテナからのピッキング、またはデパレタイジング・パレタイジングの現場では、キャリブレーションボードをコンテナやパレットの上表面および底面に配置する必要があります。

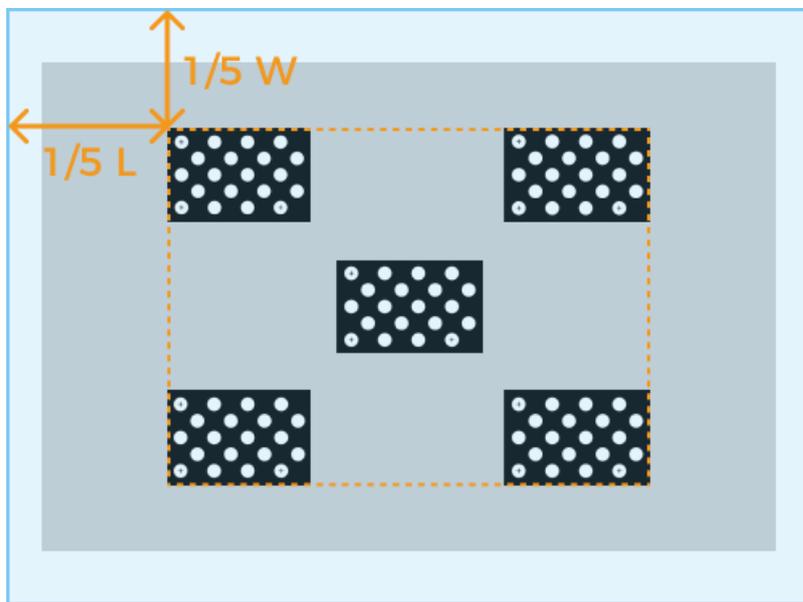


- 上記の2つの位置で、それぞれキャリブレーションボードが対象物の中心と4つのコーナーにある5セットのデータを取得します。



 : 対象物

- 対象物の寸法がカメラの最大視野とほぼ同じ場合は、キャリブレーションボードを視野の端に配置しないでください。キャリブレーションボードの端とカメラ視野の端との間隔が視野の横/縦の5分の1以上にしてください。



 : 対象物

内部パラメータを補正するには、以下の手順を実行してください。

1. Mech-Eye Viewerのメニューバーから **ツール** をクリックし、**内部パラメータツール** を選択します。**内部パラメータツール** ウィンドウが開いたら、**内部パラメータを修正** にチェックを入れます。
2. 上記の要件に従ってキャリブレーションボードを配置します。
3. キャリブレーションボードを1つの領域に配置した後、**[データを取得]** をクリックします。
4. キャリブレーションボードを移動してからもう一度 **[データを取得]** をクリックします。
5. 以上のようにデータを10セット取得した後、**[内部パラメータを修正]** をクリックします。しばらくするとチェックの結果のウィンドウが自動的に表示されます。

内部パラメータを正常に補正できない場合は、テクニカルサポートにお問い合わせください。



UHP シリーズは、**内部パラメータ修正** 機能を使用できません。内部パラメータの誤差が大きい場合、テクニカルサポートにお問い合わせください。

3.1.3.5. 外部パラメータの誤差が大きくなっていないかを検証

以下では、外部パラメータの誤差を検証するための方法について説明します。

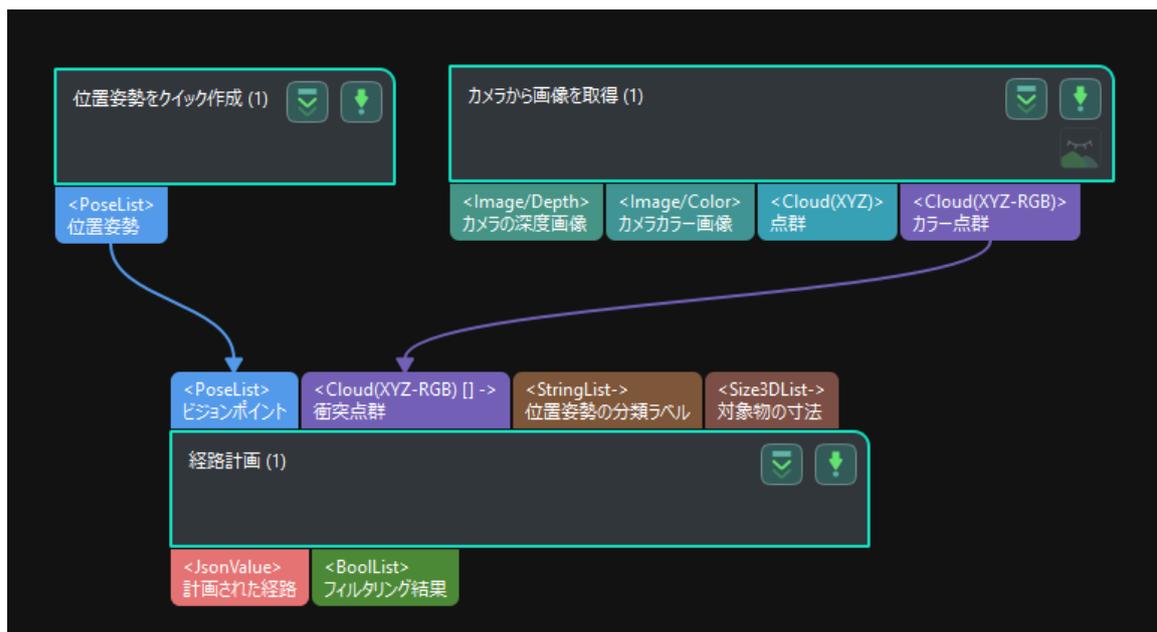
外部パラメータ誤差を検証 (ETHの場合)

外部パラメータを検証する前に、キャリブレーションボードがロボット先端にしっかりと取り

付けられていることを確認してください。キャリブレーションボードを取り付けた後、メニューバーから **ツールキット** > **精度誤差分析ツール** を選択し、**誤差分析** 画面で **外部パラメータ** > **外部パラメータ誤差を分析 (ETH)** を選択します。

「外部パラメータ誤差を分析 (ETHの場合)」ツールを使用して外部パラメータを検証するための手順は以下の通りです。

1. キャリブレーションボードの位置姿勢を取得するためのプロジェクトを新規作成します。今回作成したプロジェクトは下図のような流れで処理を行います。



2. ロボット実機の位置姿勢を同期させ、キャリブレーションボードの点群を含むシーンの点群を取得します。
 - a. プロジェクト内の **経路計画** ステップを選択し、**ステップパラメータ** パネルで [**エディタを開く**] をクリックして仮想空間に入ります。
 - b. 「経路計画」ステップのツールにロボット実機の位置姿勢を同期させ、仮想ロボットとロボット実機の位置姿勢が同じであることを確認します。
 - c. [**シミュレート**] ボタンをクリックし、キャリブレーションボードを含むシーンの点群を可視化します ([**シミュレート**] をクリックした後のエラーメッセージは無視できます)。
3. キャリブレーションボードの仮想TCPを作成します。
 - a. 「経路計画設定ツール」のリソースにロボット手を追加します。
 - b. 仮想空間でロボット手の表示を確認し、TCPがキャリブレーションボードの白い円の中心と一致するようにパラメータを調整します (位置姿勢のX軸とY軸は円の中心の十字と一致し、XOY平面はキャリブレーションボードの平面と一致する必要があります)。
 - c. 名前を入力し、「OK」をクリックして仮想TCPの作成を完了します。
4. 稼働空間内の他の位置で外部パラメータを検証します。

- a. ロボット実機を稼働空間の他の位置に移動させます。
- b. 「経路計画」ステップのツールにロボット実機の位置姿勢を同期させ、仮想ロボットとロボット実機の位置姿勢が同じであることを確認します。
- c. [シミュレート] ボタンをクリックして、新しいキャリブレーションボードとシーンの点群を取得します。
- d. 前の手順で追加した仮想TCPがキャリブレーションボード上の白い円の中心と一致しているか確認します。

仮想TCPとキャリブレーションボード上の白い円が大きくずれている場合、外部パラメータの誤差が大きく、外部パラメータを再度キャリブレーションする必要があります。

外部パラメータ誤差を評価 (EIHの場合)

外部パラメータを検証する前に、キャリブレーションボードがカメラの視野中心に配置されているを確認してください。キャリブレーションボードを配置した後、**カメラキャリブレーション**画面の「外部パラメータ誤差を分析 (EIHの場合)」ツールを使用して外部パラメータを検証することができます。

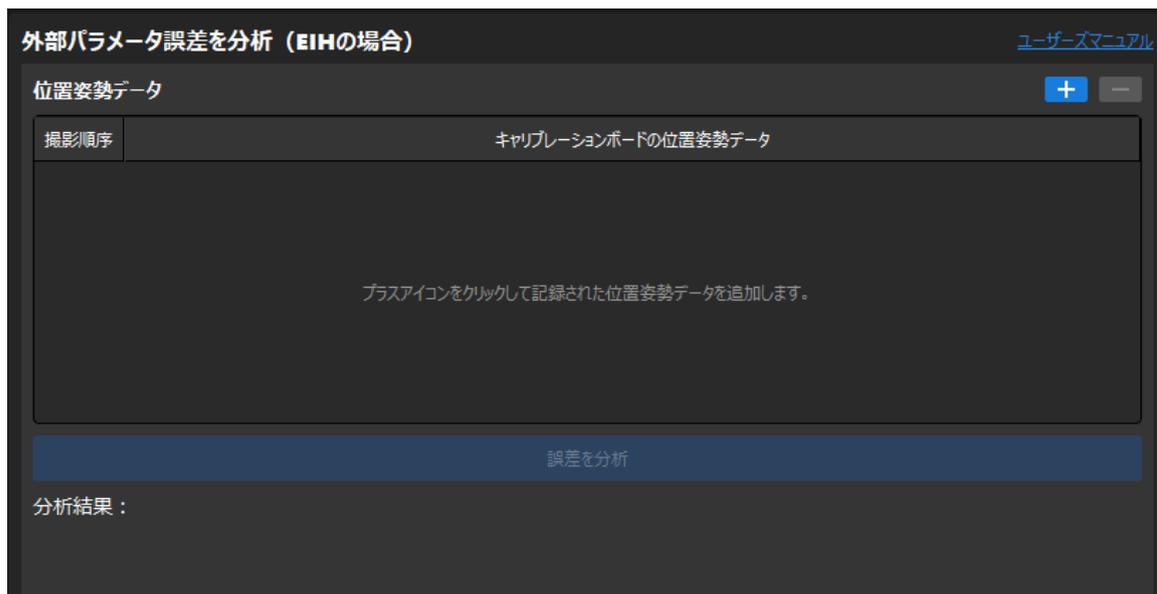
「外部パラメータ誤差を分析 (EIHの場合)」ツールを使用して外部パラメータを検証するための手順は以下の通りです。

1. プロジェクトリストでプロジェクトを選択し、ツールバーの[**カメラキャリブレーション (標準モード)**]をクリックします。
2. **キャリブレーション前の設定**で**既存のキャリブレーションパラメータを使用**を選択し、このプロジェクトに格納されているキャリブレーションパラメータを選択し、[**次へ**]をクリックします。
3. **パラメータの使用法を選択**画面で、**現在読み込んでいるカメラをキャリブレーション**を選択してから[**次へ**]をクリックします。



カメラステータスが「接続済み」と表示されます。

4. **キャリブレーションのタスクを選択**画面で、**外部パラメータを再計算**を選択し、**キャリブレーションデータを読み込む**にチェックを入れてから[**実行**]をクリックします。すると、**キャリブレーション**画面が表示されます。
5. **外部パラメータを計算**手順の**補助ツール**で**外部パラメータの精度**をクリックし、表示される**誤差分析**画面で[**外部パラメータ誤差を分析 (EIHの場合)**]を選択します。
6. 関連する操作方法を確認したら、[**次へ**]をクリックします。
7. [**+**]をクリックし、複数のキャリブレーションボードの位置姿勢データを追加します。



8. [誤差を分析] をクリックし、分析結果を確認します。

誤差値が（アプリケーションの導入段階での誤差値と比較して）大きくなった場合は、外部パラメータを再キャリブレーションする必要があります。

3.1.3.6. ロボットの絶対精度が低下していないかをチェック

以下では、ロボットの絶対精度が低下していないかをチェックするための方法を説明します。

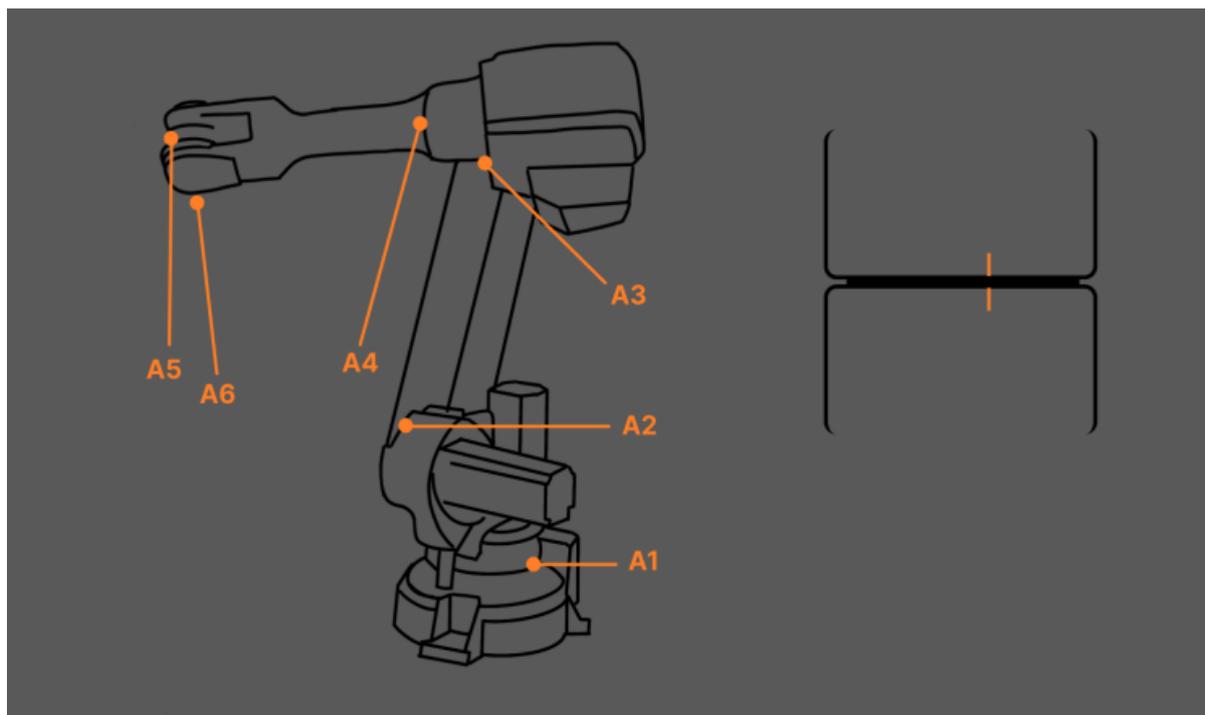
Mech-Visionには、ロボット絶対精度チェックツールが組み込まれています。これにより、ロボットの絶対精度の問題を素早く特定し、解決することができます。

メニューバーから **ツールキット** > **精度誤差分析ツール** を選択し、**誤差分析** 画面で **ロボット** > **ロボットの絶対精度をチェック** を選択します。

ロボットの原点をチェック

チェック方法：

ロボットを標準の原点姿勢にリセットする際には、各軸の目盛線がずれていないかを確認します。



チェック基準：

- 目盛線に大きなずれがない場合、ティーチペンダントに表示される値が工場出荷値と一致しているかどうかを確認できます。
- 目盛線が明らかにずれている場合、ロボットの原点ずれが発生し、キャリブレーションを再実行する必要があります。

原点キャリブレーション：

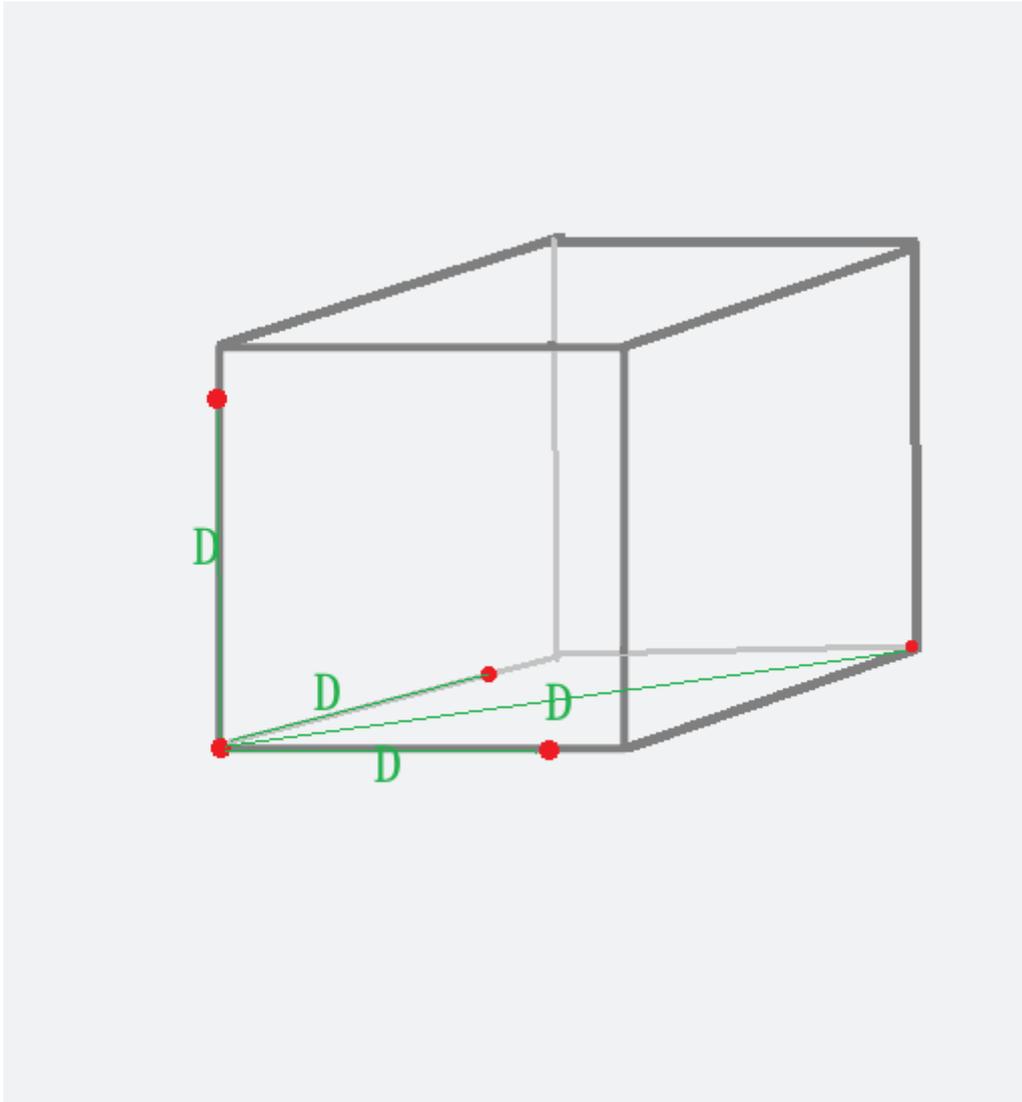
ロボットの取扱説明書を参照して操作するか、サポートを受けるためにロボットメーカーにお問い合わせください。

移動距離の誤差が大きくなっていないかを確認

ティーチペンダントを使用して、ロボットを稼働空間内の固定方向（例えばX方向やY方向）に沿って一定距離を移動させ、移動後に実際の移動距離と比較して差を測定します。

チェック方法：

- XYZ軸と対角線上にそれぞれ2点を選択し、ティーチペンダントからロボットの移動距離Dを読み取り、物差しで測定した移動距離D'と比較して差を測定します。
- 上記の方法でXYZの各方向と異なる位置で測定することを推奨します。



チェック基準：

全体の差が小さいほど、移動距離の誤差が小さく、ロボットの絶対精度が高くなります。

移動距離の誤差値をアプリケーション導入段階で記録された移動距離の誤差値と比較します。

- 誤差値が明らかに大きくなっていない場合、ロボットの絶対精度が使用可能です。その後、「[ロボットの把持ずれ](#)」問題の[トラブルシューティング手順](#)に従ってトラブルシューティングしてください。
- 誤差値が明らかに大きくなっている場合、ロボットの絶対精度が低下していることを示します。この場合、ロボットの絶対精度の再キャリブレーションが必要なので、ロボットメーカーにお問い合わせください。

ロボットのTCP精度をチェック

チェック方法：

[精度誤差分析ツール](#) を使用してTCP精度を検証します。

チェック基準：

- ロボットのフランジの先端が他の先端と重なる場合はTCP精度が良いことを示します。
- 大きなずれがある場合、TCP精度が低いであることを示します。この場合、TCPキャリブレーションが必要なので、ロボットメーカーにお問い合わせください。

3.1.3.7. 外部パラメータの再キャリブレーション

把持ずれが発生した場合、以下の問題が解決された後、外部パラメータを再キャリブレーションする必要があります。

- カメラやロボットハンドの交換など、ハードウェアに問題があります。
- カメラの内部パラメータの精度が低下しています。
- 外部パラメータ誤差分析ツールを使用して外部パラメータの精度が低下していることが検証しました。
- ロボットの絶対精度が低下しています。

[ハンド・アイ・キャリブレーションの使用ガイド](#)を参照して外部パラメータのキャリブレーションを再実行してください。



プロジェクトで3Dマッチングを使用し、ティーチング法で点群モデルを作成する場合、外部パラメータを再度キャリブレーションした後に点群モデルを再作成する必要があります。

3.1.3.8. 試運転で問題が解決されたかどうかを確認

誤差が補正された後、把持ずれの問題が解決されたかを確認するために試運転を行います。

操作方法：

- 把持ずれが発生した生産環境（レイアウト、部品供給方式、温度、照明条件など）を再現します。アプリケーションの導入時にバックアップしたプロジェクトとデータを使用できます。
- ビジョンシステムの試運転を実施します。
- 大量生産を行い、可能性のある異常を統計します。

正常に把持できた場合、把持ずれが解決されています。

「[ロボットの把持ずれ](#)」のトラブルシューティング手順に従っても把持ずれが解決しない場合は、テクニカルサポートにお問い合わせください。

3.2. 特集：アプリケーションサイクルタイムの改善

3D ロボットビジョンアプリケーションにおいて、**アプリケーションサイクルタイム**とは、画像取得、ビジョン処理、ロボット経路計画、ロボットによる把持および配置動作の実行までの全

体的な時間を指します。

アプリケーションサイクルタイムは、3D ロボットビジョンアプリケーションの各処理段階のサイクルの合計であり、ビジョンシステムのリアルタイム性と全体的なパフォーマンスを反映しています。アプリケーションサイクルタイムを改善することで、生産ラインの効率と生産量を高めるだけでなく、検出や処理の遅れによるダウンタイムを削減し、設備の稼働率を向上させます。

本ガイドでは、3D ロボットビジョンアプリケーションのサイクルタイムを改善する方法について説明します。

3D ロボットビジョンアプリケーションのサイクルタイムを改善する流れについては、以下の内容をお読みください。

サイクルタイムを改善する流れ

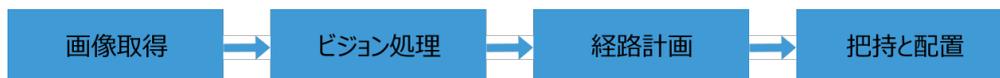
アプリケーションサイクルタイムの改善方法については、以下の内容をお読みください。

サイクルタイムの改善ガイド

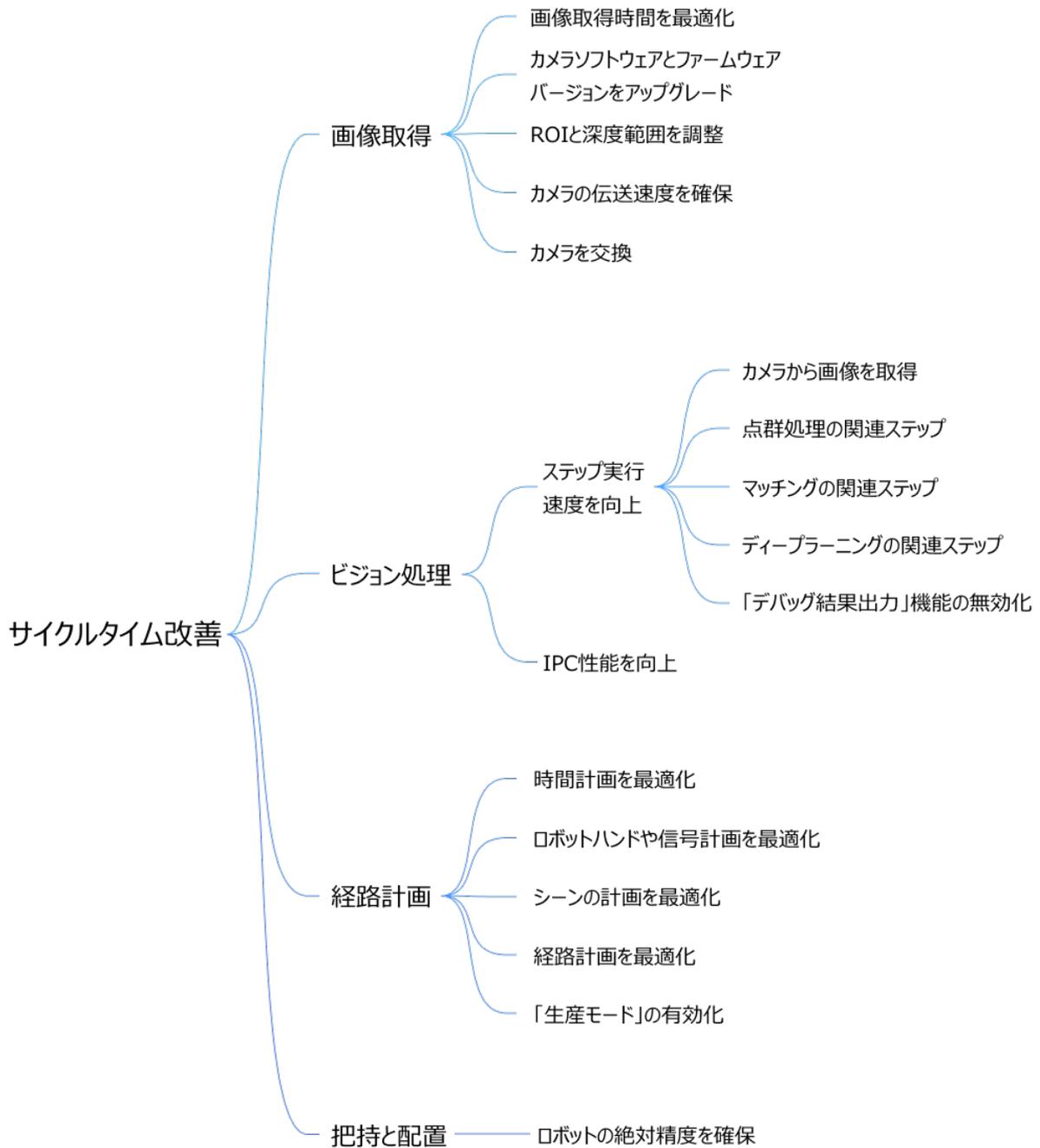
3.2.1. サイクルタイムを改善する流れ

アプリケーションサイクルタイム改善の目的は、プロジェクトのサイクルタイム要件を満たすことです。そのため、3D ロボットビジョンアプリケーションを導入した後に、現在のアプリケーションのサイクルタイムを評価する必要があります。現在のアプリケーションサイクルタイムがプロジェクトのサイクルタイム要件を満たしていない場合、改善が必要です。

一般的な3D ロボットビジョンアプリケーションのワークフローを下図に示します。



アプリケーションサイクルタイムは、3D ロボットビジョンアプリケーションの各処理段階のサイクルの合計です。そのため、各段階の処理時間を最適化することで、アプリケーションの全体的なサイクルタイムを改善できます。アプリケーションサイクルタイム改善の全体的な流れを下図に示します。



次に、[サイクルタイムの改善ガイド](#) を参照してサイクルタイムを改善してください。

3.2.2. サイクルタイムの改善ガイド

以下では、3D ロボットビジョンソリューションの各段階において、アプリケーションサイクルタイムを改善する方法を説明します。

画像取得

露出時間の短縮

Mech-Eye Viewerソフトウェアを使用して、安定した画像品質確保しながら、露出回数を最小限

に抑え、露出時間を短縮します。

- 3D画像の場合、露出回数が少なく、露出時間が短いほど、サイクルタイムが短くなります。
- 2D画像の場合、露出モードの時間はFlash < Timed（固定露出） < Auto（自動露光）の順に時間がかかります。2D画像が不要または2D画像で十分な場合、Flashを選択してもいいです。



露出時間を短縮する際は、画像品質も確保する必要があります。構造が複雑な金属部品やディテール特徴を持つ対象物の認識には、2D露出モードに切り替え、異なる3D露出時間を設定して2~3回撮影することを推奨します。

2D/3D露出パラメータの調整については、[撮影速度の向上](#) および [カメラパラメータ](#) をご参照ください。

さらに、露出時間が長すぎる場合、照明を追加し、露出時間を短縮することで取得速度を高めることもできます。

Mech-Eye Viewerソフトウェアとカメラのファームウェアを最新バージョンにアップデート

Mech-Mindは、深度画像および点群の生成速度を向上させ、カメラの画像取得速度を向上させるために、Mech-Eye Viewerソフトウェアとカメラファームウェアの最適化を続けています。

したがって、Mech-Eye Viewerソフトウェアとカメラファームウェアを最新バージョンにアップグレードします。

ROIと深度範囲を調整

プロジェクトに必要な最大視野に応じて、Mech-Eye Viewerソフトウェアで **関心領域 (ROI)** および **深度範囲** を設定し、不要な領域や深度を除去することで、画像生成時間を短縮します。

ROIおよび深度範囲の調整については、[カメラパラメータ](#) をご参照ください。

カメラの伝送速度を確保

カメラは動作中に伝送速度を表示し、通常の範囲は700~800Mbpsです。

Mech-Eye Viewerソフトウェアでカメラを接続した後、データ取得エリアで接続されたカメラの伝送速度を確認できます。

伝送速度が低すぎる場合は、スイッチやIPCなどのデバイスが、産業用ギガビットネットワーク伝送規格に準拠しているか確認してください。



伝送速度はデータ伝送がある場合にのみ表示されます。また、伝送データ量が少ない場合は、伝送速度が低く表示されることがあります。

カメラの交換

ビジョンソリューション設計段階では、カメラの動作範囲に加えて、異なるカメラ製品シリーズの撮影時間の違いにも注意を払う必要があります。撮影時間の詳細は、[カメラの技術仕様](#) に

記載されています。

現在のアプリケーションのサイクルタイムがプロジェクトの要件を満たしておらず、他の最適化手段によって効果的に改善できない場合は、カメラを交換することで改善することもできます。

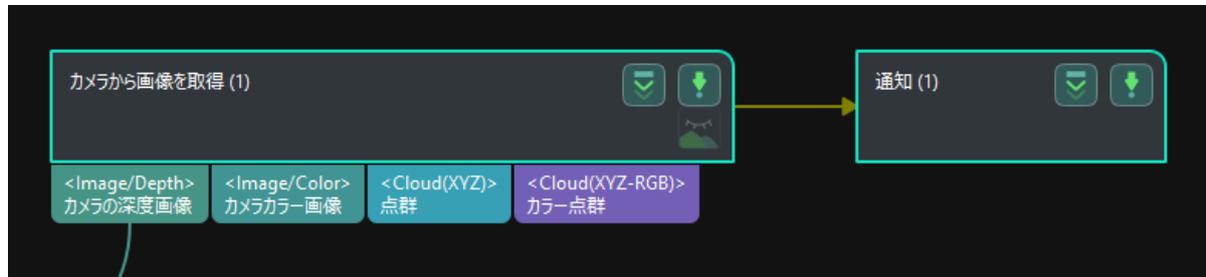
ビジョン処理

ステップ実行の高速化

カメラから画像を取得

「カメラから画像を取得」ステップはMech-Visionプロジェクトで最も重要なステップの一つであり、通常は全体実行時間の約40%を占めます。このステップを最適化することで、その後の処理速度を大幅に向上させることができます。このステップの実行時間を短縮するための方法は以下の通りです。

- プロジェクトで2D処理が不要な場合は、「カメラカラー画像」ポートを接続しないでください。これにより、後続の処理時間を直接短縮することができます。
- Mech-Vizソフトウェアを使用しない場合は、画像取得が完了した直後にロボットを固定位置に移動させます。これにより、ロボットが動作する前にビジョン結果を取得するために待機する必要がなくなり、全体の速度と効率が改善されます。この方法を実現するには、ビジョンシステムとロボットプログラムの連携が必要です。



点群処理の関連ステップ

Mech-Visionプロジェクトでは、点群処理が重要なステップの一つです。点群処理を最適化することで、全体の処理速度と効率を大幅に向上させることができます。以下に、最適化するための方法を示します。

- 不要な点群を除去

「3D ROI内の点群を抽出」ステップに組み込まれている「3D ROI設定ツール」を使用します。3D ROIを設定し、ROI内の点群のみを抽出し、不要な背景点群を除去します。これにより、低精度・高精度マッチングなど、後続の点群処理時間を短縮できます。

「カメラから画像を取得」ステップの「静的背景除去設定」パラメータを使用して不要な背景点群をさらに除去します。これにより、点群処理の効率が最適化されます。

● 点群ダウンサンプリング

高密度な点群が不要なプロジェクトでは、「点群をダウンサンプリング」ステップを使用できます。点群内の点数を減らすことで、特にエッジマッチングや最高層マスクの取得時に処理速度が大幅に向上します。

マッチングの関連ステップ

Mech-Visionプロジェクトでは、3Dマッチングを使用した認識は一般的な処理の一つです。マッチングプロセスを最適化することで、認識の速度と精度を大幅に向上させることができます。以下に、最適化するための方法を示します。

● 低精度・高精度マッチング

低精度マッチング：初めに低精度マッチングを行い、空間点群内でモデル点群のおおよその位置を計算します。これにより、マッチング可能な領域を迅速に位置決めし、後続の高精度マッチングのための準備が整います。

高精度マッチング：低精度マッチングの結果に基づいて、モデルと空間点群との正確なマッチングを行います。高精度マッチングでは通常、より高度なアルゴリズムとより詳細な点群情報を使用して、対象物の位置決めと認識の精度を確保します。

● マッチングモードの選択

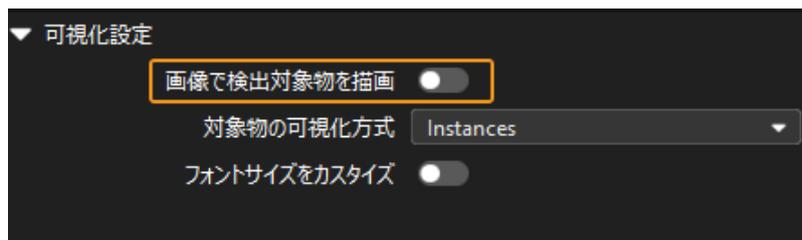
エッジマッチングとサーフェスマッチング：対象物の特徴に応じて適切なマッチングモードを選択します。明らかなエッジや輪郭を持つ対象物の場合、エッジマッチングが通常より高速かつ高精度な結果を提供します。一方、より複雑な構造を持つ対象物の場合、サーフェスマッチングを使用することで、より正確なマッチング結果を得ることができます。

● 複数ワークのマッチングの最適化

ワークのマッチングを行う際には、結果を確保した上で、低精度マッチングと高精度マッチングの「単一点群の出力結果の数」パラメータを適切に小さくすることを推奨します。これにより、マッチング速度とシステムの応答速度が向上し、システムの過負荷や処理効率の低下を回避することができます。

ディープラーニングの関連ステップ

Mech-Visionプロジェクトで「ディープラーニングモデルパッケージを推論」ステップを使用し認識する場合、このステップの **可視化設定** で **画像で検出対象物を絵画** パラメータを無効にすると、ステップの実行速度が向上します。



「デバッグ結果出力」機能の無効化

デバッグ結果出力 は、各ステップの可視化出力結果やデバッグ情報を確認・分析するために使用されます。アプリケーションの導入段階でデバッグする際に便利ですが、通常の運用時には必須ではありません。

「デバッグ結果出力」を無効にすることで、追加の計算時間とメモリ使用を軽減し、ビジョン処理の速度を向上させることができます。

IPC性能の向上

ビジョン処理タスクは高い計算性能を必要とします。性能の優れたIPCを選択することで、処理速度や並列処理能力を大幅に向上させることができます。さらに、IPCの性能を最適化することで、画像の取得と伝送速度も改善されます。これらの要素を組み合わせ、ビジョンアプリケーションの効率と応答速度を効果的に向上させることができます。

経路計画



Mech-Vizでは、パラメータ設定が不適切だと衝突を引き起こす可能性があります。パラメータを変更する際は、十分にテストを行うことが重要です。

時間計画の最適化

EIHの場合、**ロボットがワークを把持した後にすぐに画像を取得することを推奨します**。この方法では、ロボットは画像取得時にのみ停止し、取得が完了した後に配置作業を開始します。ロボットがワークを配置している間にバックグラウンドでデータ処理を行い、ロボットが配置作業を完了した後にすぐに次のワークの把持を開始できるようにします。



ロボットがワークを配置する実行時間が、ビジョンが把持位置姿勢を処理して出力する時間より短い場合、ロボットは停止して待機する必要があります。

ETHの場合、**ロボットがワークを把持し、カメラの視野外に移動して画像を取得することを推奨します**。この方法では、画像取得のためにロボットが停止する必要はないかもしれません。ロボットが移動している間にバックグラウンドでデータ処理を行い、ロボットが配置作業を完了した後に次のワークの把持を開始できるようにします。



ロボットが待機する必要があるかどうかは、次の2つの操作のどちらに時間がかかるかによって決まります：

- ロボットがカメラの視野の範囲外に移動し、配置位置に到達し、再びカメラの視野に戻るまでの時間。

- 画像取得時間とビジョンが把持位置姿勢を処理して出力する時間の合計。

ロボットの移動時間が長い場合は、ロボットは停止して待機する必要はありません。後者の時間が長い場合は、ロボットは停止して待機する必要があります。

段ボール箱のデパレタイジングのシーンでは、各把持後に他の箱の位置が変わらない場合、「一回撮影で複数把持」の戦略を使用することが可能です。つまり、Mech-Visionが一度に複数の対象物を認識し、それらのすべての位置姿勢を提供します。ロボットは認識されたすべての段ボール箱をバッチ処理で把持することができます。これにより、画像取得の時間を大幅に短縮できます。さらに、ロボットハンドが十分に大きい場合は、複数の箱を一度に把持することが可能で、把持効率をさらに向上させます。

繰り返し把持の場合、ビジョン結果を取得するための待機時間を短縮することを推奨します。通常、システムが迅速に応答し、高効率で動作を確保できるように、待機時間を50ミリ秒以下に設定することを推奨します。



ロボットハンドや信号計画の最適化

最適化方法は以下の通りです。

- ロボットハンド開閉後の待機時間を短縮



待機時間が短すぎると、対象物の把持や配置作業が不安定になる可能性があります。そのため、待機時間を適切に設定することが重要です。変更前に十分なテストを行い、把持と配置作業の安定性を確認してください。

- 吸盤の吸着解除を繰り返す

吸盤の吸着解除を繰り返すことで、把持プロセスのサイクルタイムを向上させ、他のワークとの接触による影響を避けることができます。

- 動作中にロボットハンドの開閉信号を変更

ロボットが移動している間にロボットハンドの開閉信号を動的に切り替えることで、よりスムーズな動作と遅れを少なくすることができます。これにより、プロジェクト全体のサイクルタイムを最適化できます。

- ロボットハンドモデルの簡略化

衝突検出に必要な部分削除することによってロボットハンドモデルを最適化する

と、Mech-Vizが衝突計算にかかる時間を大幅に短縮できます。モデルの簡略化により、計算速度とシステム全体の応答効率を向上させることができます。

シーンの計画の最適化

最適化方法は以下の通りです。

- シーンのモデルの簡略化

衝突検出の精度に影響を与えない前提で、複雑なシーンモデルを簡略化します。シーン内の複雑な幾何立体や重要でないディテールを削減することで、Mech-Vizが衝突計算にかかる時間を大幅に短縮できます。

- 固定コンテナの使用

動的なコンテナの代わりに固定コンテナを使用することで、コンテナ位置の更新が頻繁に行われる必要がなくなります。この方法は、供給位置が固定であるシーンに適しています。固定コンテナを使用することで、ロボットが経路を計画している間のシーンの変化に対する応答時間を短縮することができ、その結果、計画時間が短縮され、より効率的な実行が可能になります。



この方法を使用する際は、供給位置が一致していることを確認してください。

経路計画の最適化

最適化方法は以下の通りです。

- 経路点を適切に設定

経路点をできるだけ把持点や配置点に近い位置に設定し、必要のない経路点を減らします。経路点の位置を最適化することで、ロボットの把持と配置作業中の不必要な移動を減らし、経路計画の効率と全体的なサイクルタイムを向上させることができます。

- ロボットの6軸の回転を削減

一部のロボットでは、6軸の回転速度が遅いため、経路計画時にこの動作をできるだけ減少させるようにします。ロボットハンドの対称性やワークの配置位置を合理的に設計することで、6軸への依存を減らし、ロボットの動作速度とサイクルタイムを向上させることが可能です。

- 経路点のブレンド半径を大きくする

経路点の設定時にブレンド半径を大きくすることで、ロボットの移動経路をよりスムーズで連続的にすることができます。スムーズな経路により、ロボットの加減速時間を短縮し、全体的な移動速度と経路計画の効率を向上させます。

- Z軸の持ち上げ高さを低減

経路計画や安全性に影響を与えない前提で、ロボットの把持後のZ軸の持ち上げ高さをできるだけ低く設定します。持ち上げ高さを小さくすることで、ロボットの相対的な移動距離が短くなり、移動時間が短縮し、サイクルタイムが向上します。

生産モードを有効化

Mech-Vizのツールバーで**生産モード**をクリックすると有効になります。

生産モードが有効になると、ソフトウェアは「衝突の強度がしきい値を超えると、現在のソリューションの計算を停止」や「計画履歴に保存しない」など、衝突検出機能の一部を使用できません。また、点群表示の密度を下げることで、ソフトウェアの実行効率を向上させます。

ロボットの把持と配置

ロボットの把持と配置作業の段階では、ロボットの絶対精度を確保することが必須です。メンテナンス担当者は、定期的にロボットの点検を行う必要があります。

- ロボット台座が揺れていないか確認します。台座に揺れがある場合は、ロボットの使用を直ちに停止し、それを再度固定する必要があります。
- ロボットの原点がずれていないか確認します。原点ずれはロボットの精度に影響を与える可能性があります。ロボットの絶対精度をチェックするには、[ロボットの絶対精度をチェック](#)をご参照ください。

3.3. 特集：点群モデルと把持位置姿勢を作成

ビジョンプロジェクトの設定プロセスでは、把持するワークを認識し、ワークの把持位置姿勢を出力するために、点群モデルマッチング法がよく使用されます。点群モデルと把持位置姿勢の精度は、マッチングの正確性に直接影響を与えます。

この特集では、マッチングプロセスでワークを正確に認識し、把持位置姿勢を出力できるように、点群モデルと把持位置姿勢を正しく作成する方法を説明します。

点群モデルと把持位置姿勢の紹介

点群モデルとは

点群モデルの概念と、マッチングプロセスにおける点群モデルの役割を紹介します。

[点群モデルとは](#)

把持位置姿勢とは

把持位置姿勢とは何か、そして把持位置姿勢とワークの関係を紹介します。

[把持位置姿勢とは](#)

点群モデルと把持位置姿勢の作成戦略

実際のシーンに基づいて適切な点群モデルと把持位置姿勢の作成方法を選択する方法を紹介します。

点群モデルの作成戦略

実際のシーンに基づいて点群モデルの作成方法を選択する方法と、特徴点群の選択方法を紹介합니다。

[点群モデルの作成方法を選択](#)

[特徴点群を選択](#)

把持位置姿勢の作成戦略

異なるワークに基づいて把持位置姿勢を設定する方法を紹介します。

[複数の把持位置姿勢を設定](#)

[把持位置姿勢の配列を設定](#)

[把持範囲を設定](#)

もっと読みたい

実際のプロジェクトにおける点群モデル作成の経験、およびロボットハンドの分類とオフセットについて紹介します。

点群モデル作成の参考資料

ワークの点群モデルと把持位置姿勢を作成するための参考資料を提供しています。

[点群モデル作成の参考資料](#)

STLモデルを修正

法線ベクトルの異常があるSTLモデルを修正する方法を紹介します。

[STLモデルを修正](#)

ロボットハンドの分類とオフセットの紹介

ワークの形状と配置状態に基づいてロボットハンドを設計する方法を紹介します。

[ロボットハンドの分類とオフセットの紹介](#)

3.3.1. 点群モデルと把持位置姿勢の紹介

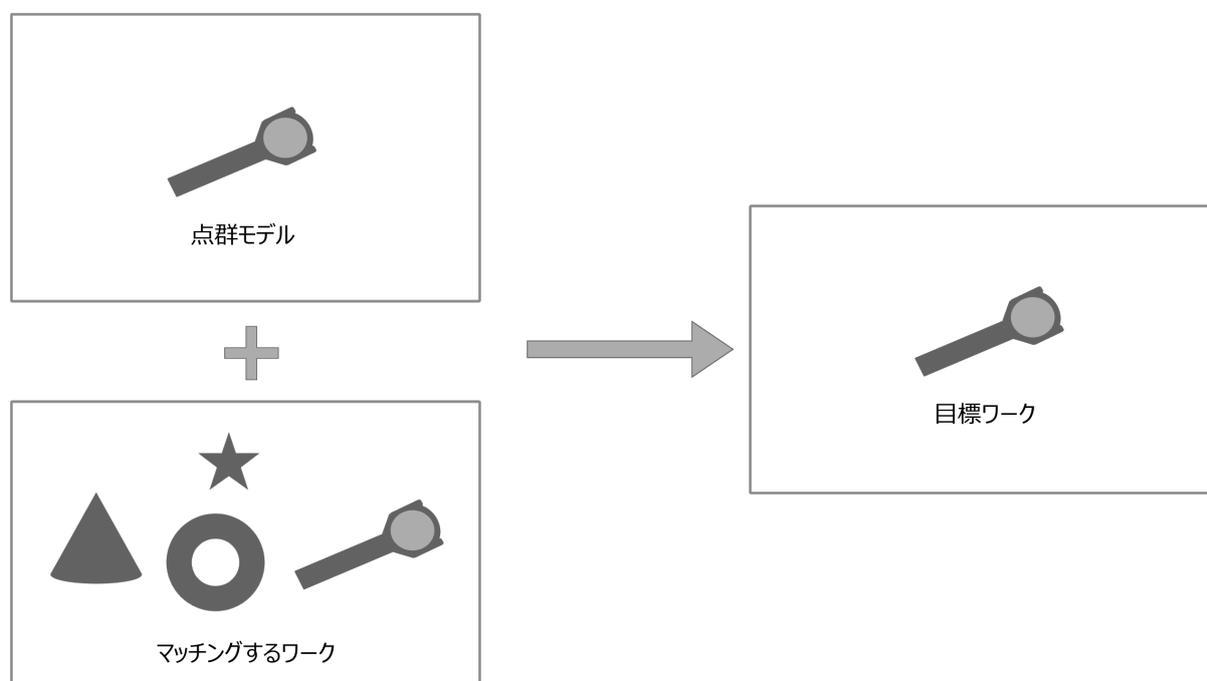
3.3.1.1. 点群モデルと把持位置姿勢の紹介

点群モデルと把持位置姿勢を作成する前に、点群モデルと把持位置姿勢とは何か、そしてこれらが点群モデルのマッチングプロセスでそれらが果たす役割を理解する必要があります。

点群モデルとは

マッチングプロセスにおいて、点群モデルはワークの形状、構造、特徴などを反映することができる事前に定義された点群を指します。これにより、入力された点群とマッチングを行い、最適な対応関係を見つけ出し、最終的に目標ワークを得ます。

下図に示すように、点群モデルを用いて認識するワークとマッチングを行い、目標ワークを得ます。



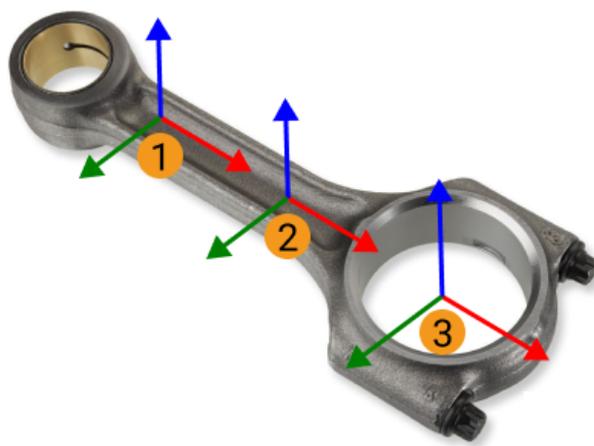
点群モデルはワーク全体を記述することも、ワークの一部のみを記述することもできます。マッチングプロセスで点群モデルをより効果的に活用するためには、次のような要件を満たす必要があります。

- 点群モデルに含まれる点群は、マッチング速度に影響を与えないように、点群が均等に分布し、数量が適切である必要があります。
- 点群モデルは、マッチングプロセスでワークを正確に認識できるように、ワークの代表的な特徴を含んでいる必要があります。
- 点群モデルは、マッチングの安定性と精度を確保するために、不要な点群などの干渉要因を除去する必要があります。

把持位置姿勢とは

把持位置姿勢は、ロボットが把持できるワーク上の位置を表します。把持位置姿勢はワークの座標系に位置し、その位置と姿勢はワークに対する相対的なものです。

1つのワークには複数の異なる把持位置姿勢が存在する可能性があります。下図に示すように、把持位置姿勢はワークの点群内部、点群表面、またはワークの点群付近に設定することができます。



3.3.2. 点群モデルと把持位置姿勢の作成戦略

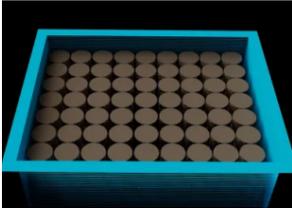
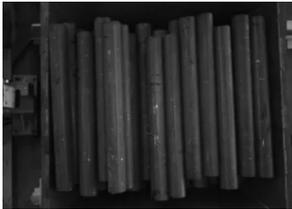
3.3.2.1. 点群モデルの作成戦略

以下では、実際の状況に応じて点群モデルの作成方法を選択する方法と、特徴点群の選択方法について説明します。

点群モデルの作成方法を選択

下表は、一般的な点群モデルの作成方法、各方法の適用シーンと例を示します。

点群モデルの作成方法	適用シーン	例
STLファイルをインポートして点群モデルを生成	バラ積みピッキングや、ワークの位置姿勢の変化によって特徴点群が明らかに変化するシーン（例：バラ積みされた板金部品、バラ積みされた棒材）	 

点群モデルの作成方法	適用シーン	例	
カメラで点群を取得して点群モデルを生成	比較的を整列して並べられているワークの把持や、ワーク表面の特徴点群に明らかな変化がないシーン（例：通い箱、整列して並べられているハウジング）		
基本幾何立体を作成して点群モデルを生成	整列して並べられている円棒・リング・長方形部品、バラ積みされた棒材にのみ適用		
ステップからサイズ情報を入力して点群モデルを生成	動的にステップパラメータを調整して点群モデルを切り替えるシーン（例：整列して並べられているブレーキディスク・棒材）		



「ステップからサイズ情報を入力して点群モデルを生成」を選択した場合、**3Dマッチング**ステップの**入力出力設定（詳細/上級のパラメータ調整レベル）**で**外部モデル**を有効にし、ステップで「サーフェスモデル点群」、「エッジモデル点群」、「対象物中心点」の入力ポートを追加してプロジェクト情報を入力する必要があります。

特徴点群を選択

点群モデルを作成する際には、元の点群からマッチングに干渉する可能性のある不要な点群を除去し、最も代表的な点群を選択して点群モデルを作成することで、マッチングプロセスを最適化し、マッチング効率と精度を向上させます。以下では、実際の状況に基づいて特徴点群を選択する方法について説明します。

ワークの点群が比較的完全である場合

STLファイルをインポートして点群モデルを生成

エッジ点群モデル

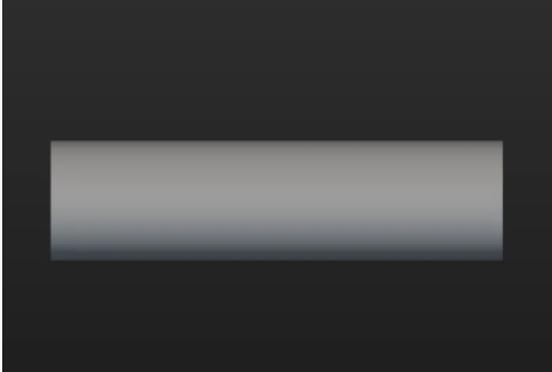
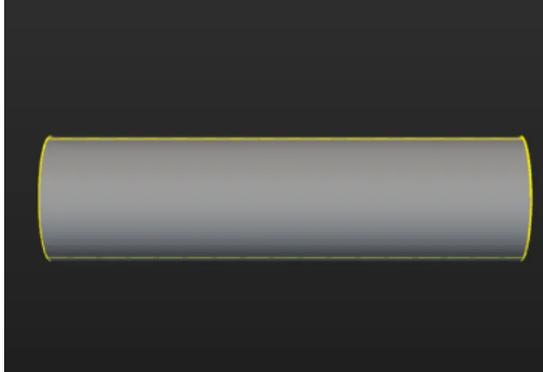
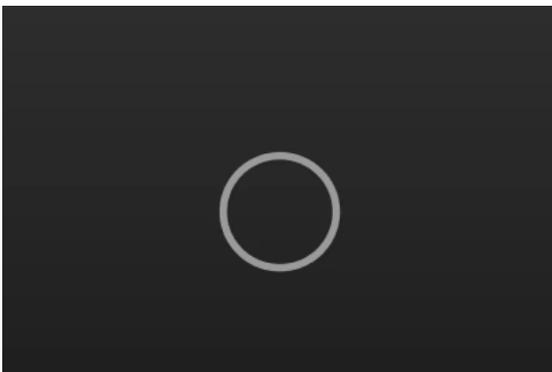
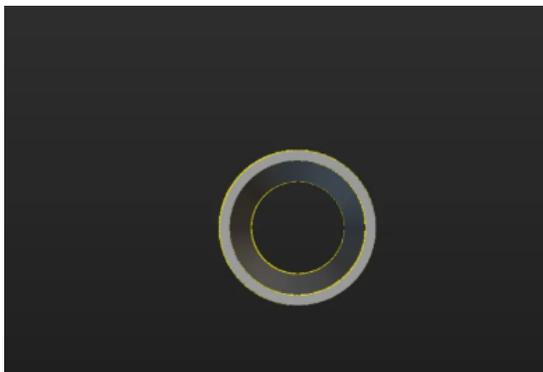
● 対称性を持つワーク

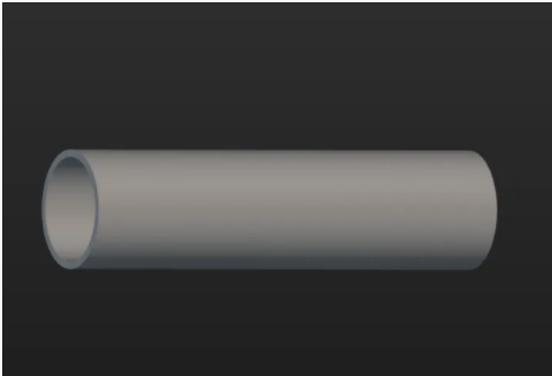
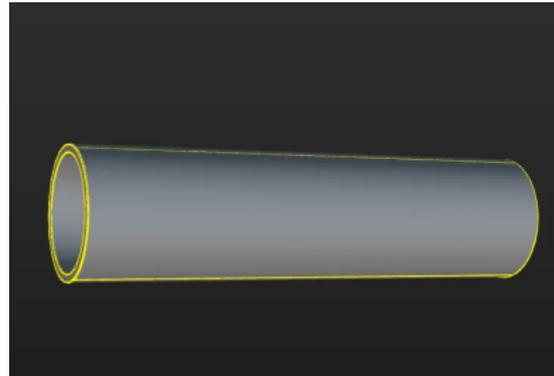
実際のアプリケーションでは、ワークは通常複数の配置姿勢を持つため、ワークのエッジ特徴を反映する点群のみを抽出し、点群モデルとして保存します。

下図は円管のエッジ点群モデルを示します。円管は円柱に似ており対称性があるため、円柱の側面のエッジ点群のみを保持します。また、円管の両端を正確に位置決めできるようにするために、円管の両端のエッジ点群も保持する必要があります。



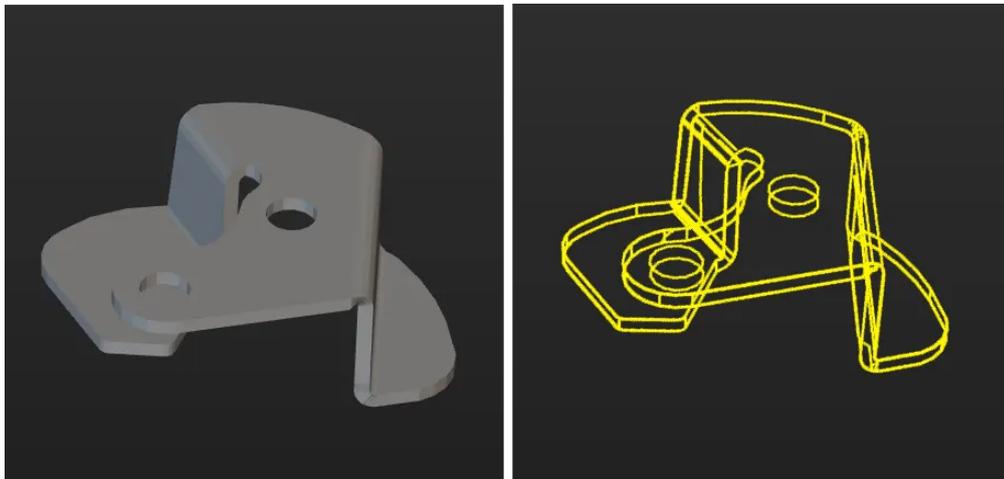
下表は、円管が異なる配置姿勢にある場合の対応するエッジ点群です。

円管の配置姿勢	対応するエッジ点群（黄色で表示）
	
	

円管の配置姿勢	対応するエッジ点群（黄色で表示）
	

● 対称性がないワーク

下図は、板金部品のエッジ点群モデルを示します。板金部品は対称性がないため、すべての視点からのエッジ点群を保持する必要があります。



サーフェス点群モデル

サーフェス点群モデルは、位置姿勢の正確性を検証し、位置姿勢の信頼度を計算する際に重要な役割を果たします。そのため、サーフェス点群モデルを作成する際には、完全なワークのサーフェス点群を使用することを推奨します。これにより、サーフェス点群モデルの有効性が向上します。下図は円管のサーフェス点群モデルを示します。



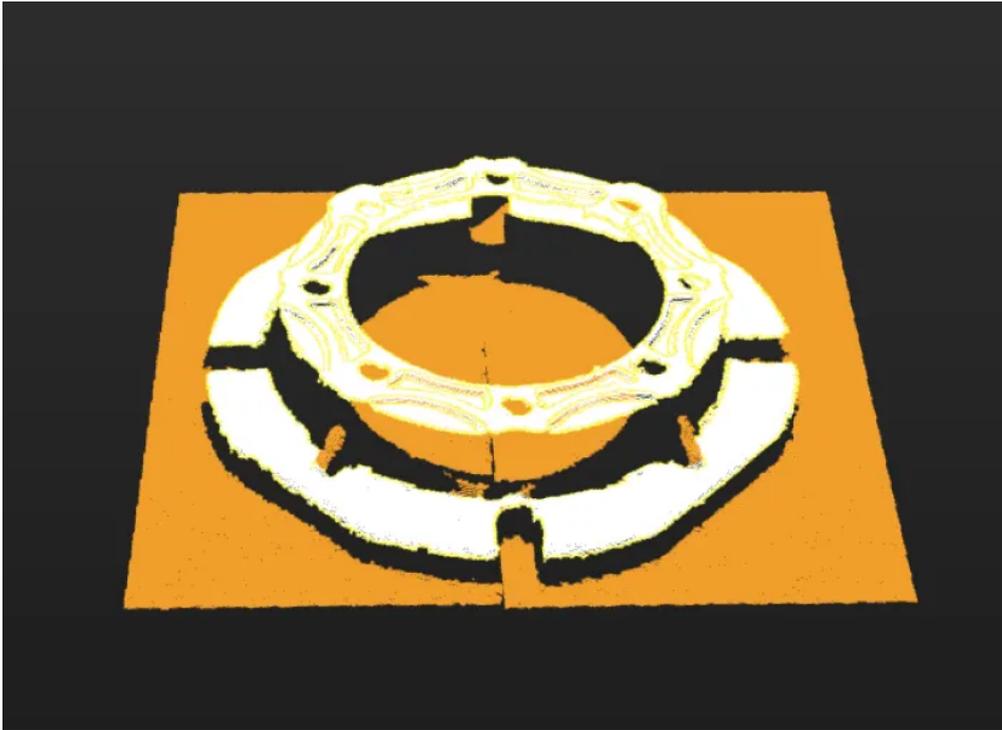
STLモデルから点群を生成する場合、STLモデルの法線ベクトルが正しいかを確認する必要があります。STLモデルの法線ベクトルに異常がある場合、生成された点群の法線ベクトルも異常となり、マッチング精度に直接影響します。

STLモデルの法線ベクトルの確認方法や修正方法については、[STLモデルを修正](#)をご参照ください。

カメラで点群を取得して点群モデルを生成

カメラを使用して点群を取得し、点群モデルを作成する場合、カメラによって取得された点群がワークの特徴を正確に再現し、干渉する点群を除去する必要があります。

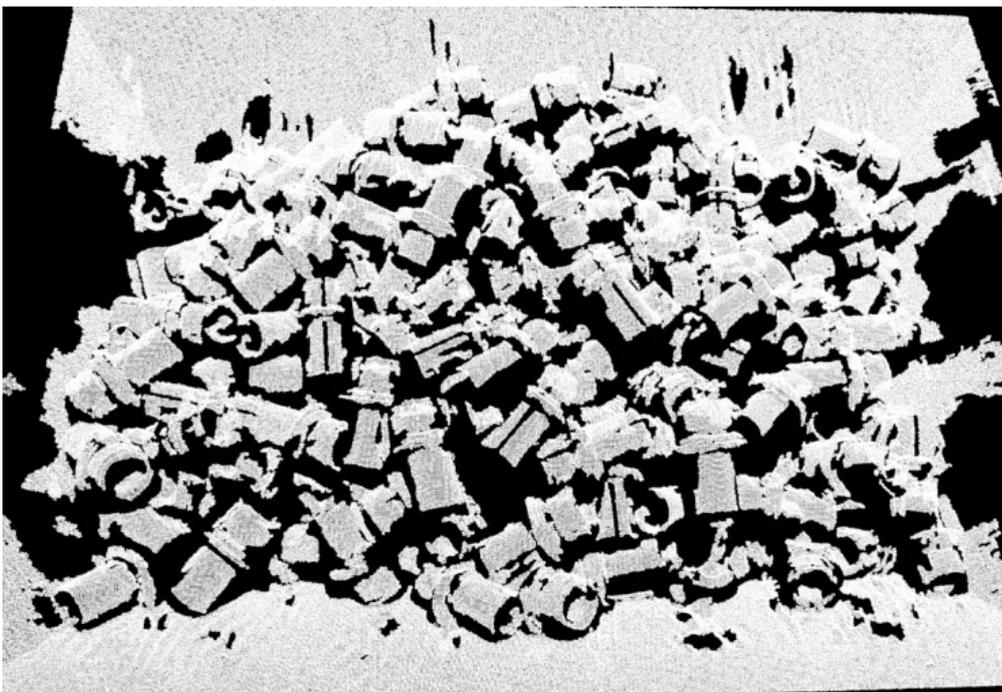
下図はハウジングの点群モデルを示します。ハウジングの下部にある背景点群と側面の付着点群（オレンジ色）を除去しています。



反射によって点群が抜けている場合

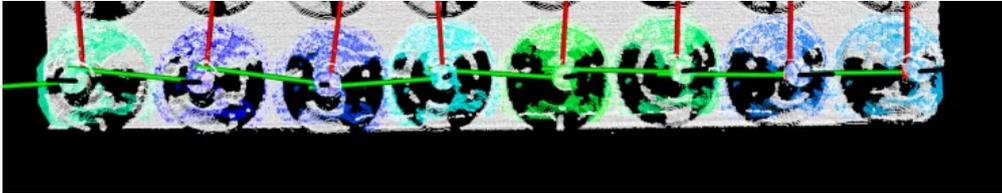
点群抜け部分はワークによって大きく異なる場合

ワーク表面の反射によって点群が不完全になり、さらに異なるワークで点群の抜け部分が異なる場合、カメラでワークの完全な点群を取得できないことがあります。マッチング処理中に異なる点群抜け状況に効果的に対処するために、**STLファイルをインポートして点群モデルを生成**することをお勧めします。



異なるワークの点群抜け部分が類似している場合

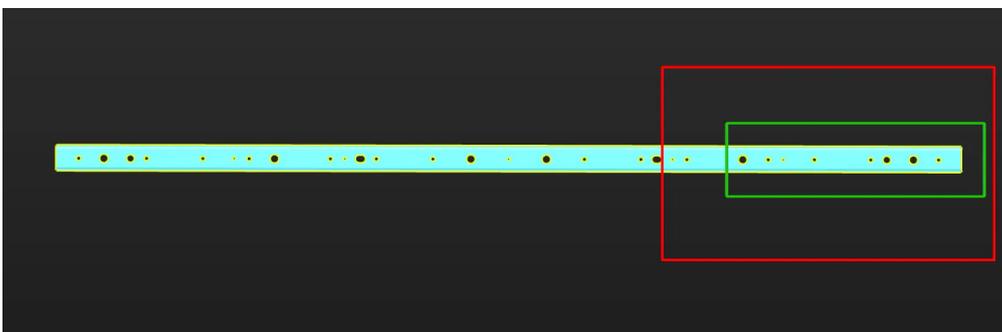
ワークの点群抜け部分が同じである場合、カメラで点群を取得して点群モデルを生成することを推奨します。モデルの点群は実際のシーンの点群とより近いいため、マッチングの効果が向上し、信頼度のしきい値設定もより直感的で容易になります。



ワーク全体がカメラの視野に収まっていない場合

ワーク全体がカメラの視野に収まっていない場合、マッチングに使用する重要な特徴点群がカメラの視野内に収まるように優先して確認する必要があります。また、視野の制限により完全に取得できていない可能性がある視野の端にある点群は、適宜除去することができます。

下図は、長方形の板金部品の点群モデルを示します。右側の赤枠で示された範囲がカメラの視野であると仮定します。マッチングの安定性を確保するためには、緑枠で示された範囲内の点群を点群モデルとして選択することを推奨します。また、カメラで撮影する際には、必ず緑枠で示された範囲がカメラの視野内に収まっていることを確認し、特に右側のエッジ部分が視野内に収まるようにしてください。



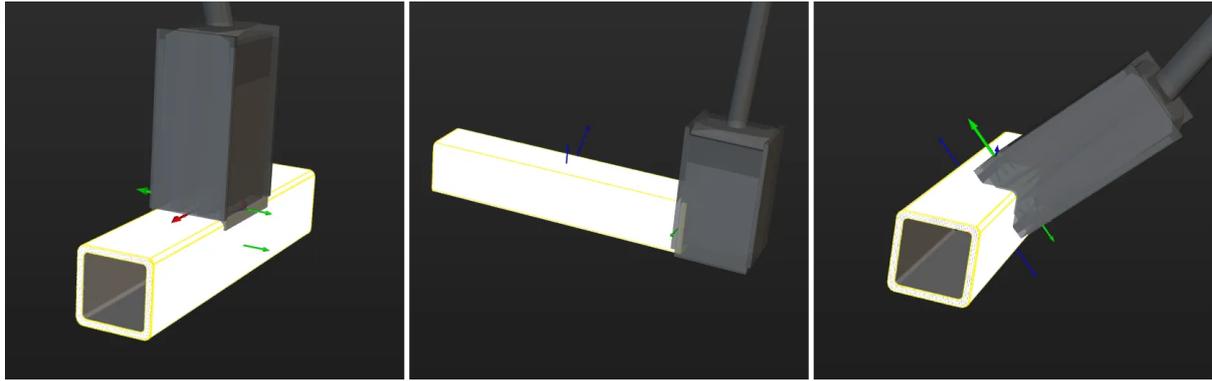
3.3.2.2. 把持位置姿勢の作成戦略

把持位置姿勢は、ロボットが把持できるワーク上の位置を表します。ワークが複数の方法で把持可能な場合、特にバラ積みピッキングのシーンでは、ワークライブラリで異なる把持戦略を設定することをお勧めします。これにより、異なる配置状態のワークがロボットの到達可能な範囲内で把持できるようになり、把持成功率が向上します。

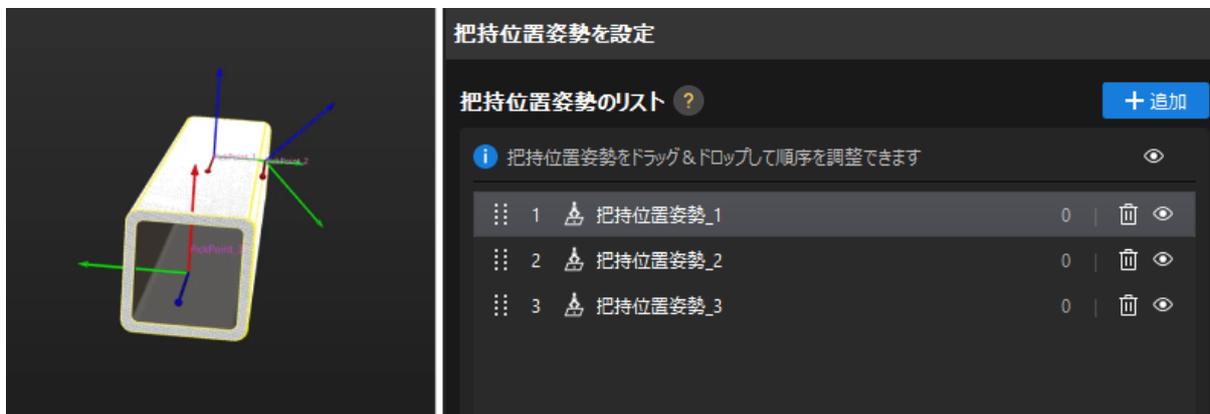
以下では、ワークライブラリでサポートされている把持戦略について説明します。

複数の把持位置姿勢を設定

下図に示すように、角管の側面、端面、およびエッジはすべて磁気吸着式ハンドで吸着可能です。そのため、角管のこれらの3つの位置に把持位置姿勢を設定できます。

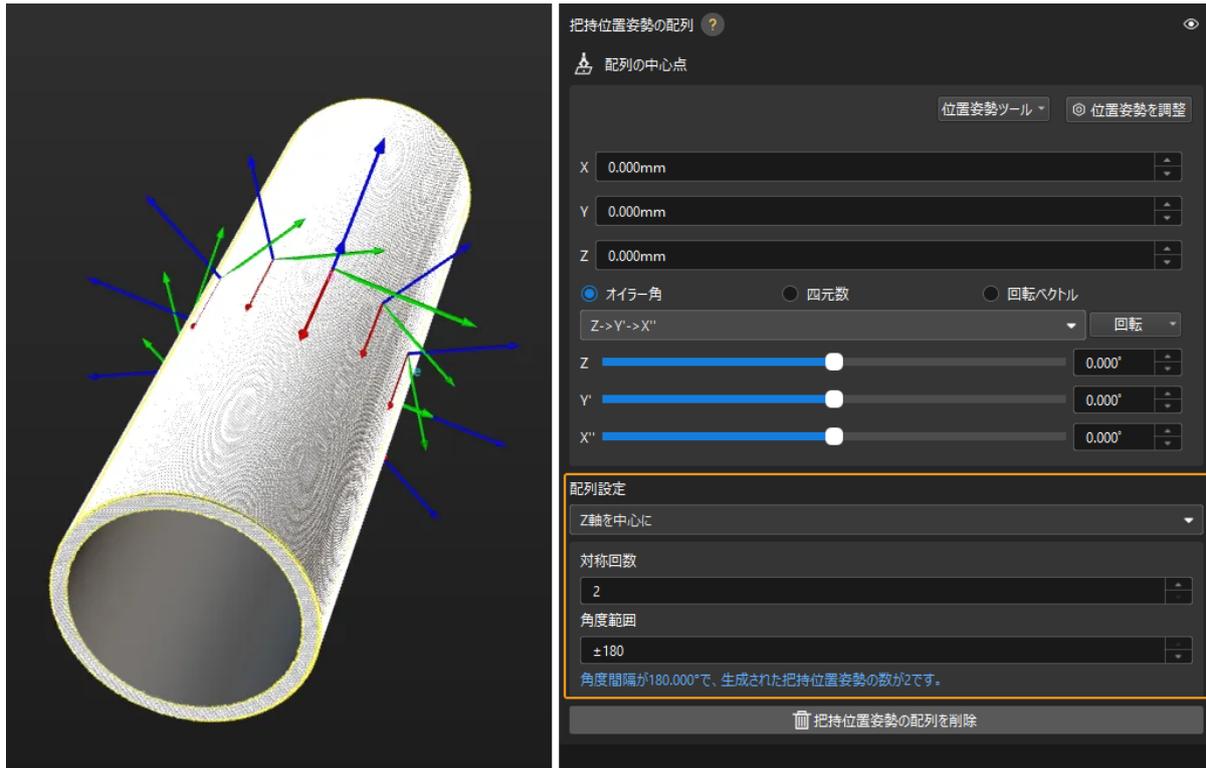


複数の把持位置姿勢を設定する場合、把持位置姿勢リスト内の把持位置姿勢の位置も変更できます。つまり、把持位置姿勢の順序を上または下に調整することで、その優先順位を設定できます。実際に把持する際には、リストの一番上にある把持位置姿勢が優先されます。

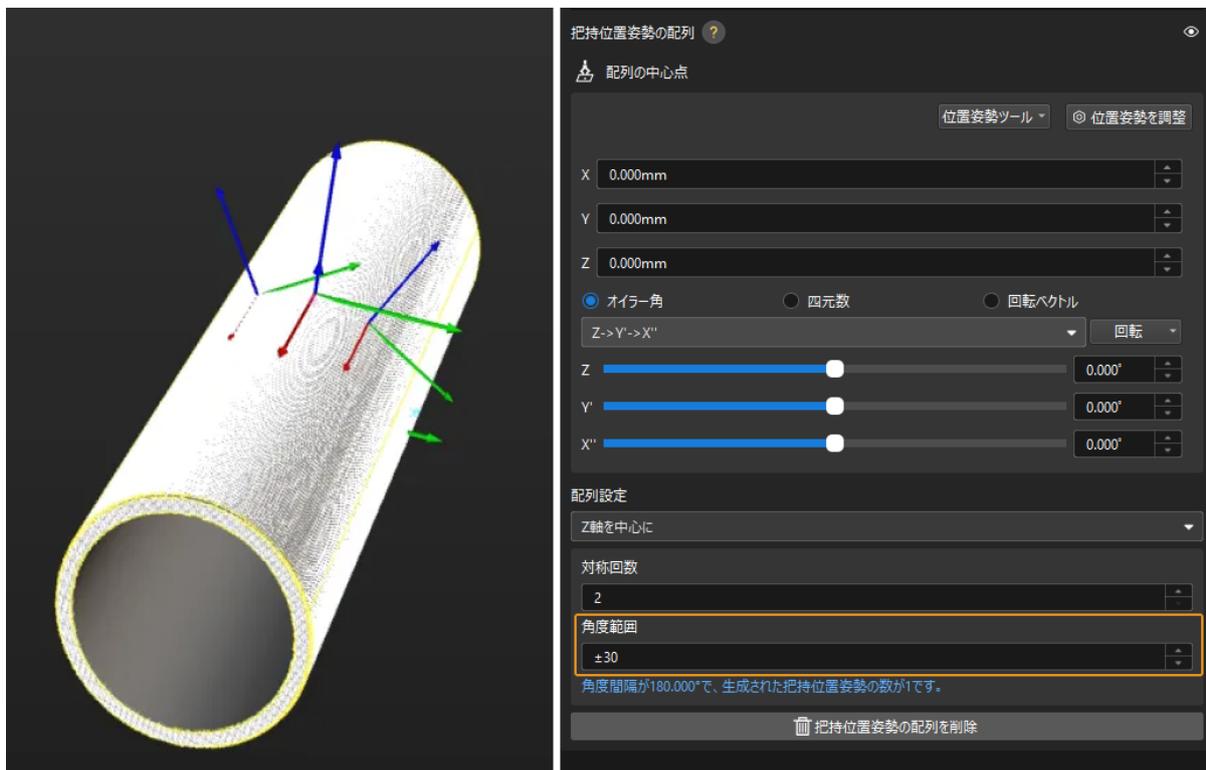


把持位置姿勢の配列を設定

軸対称のワークには、把持位置姿勢の配列を設定できます。円管の点群モデルを作成する際、把持位置姿勢の配列の設定は下図のようになります。

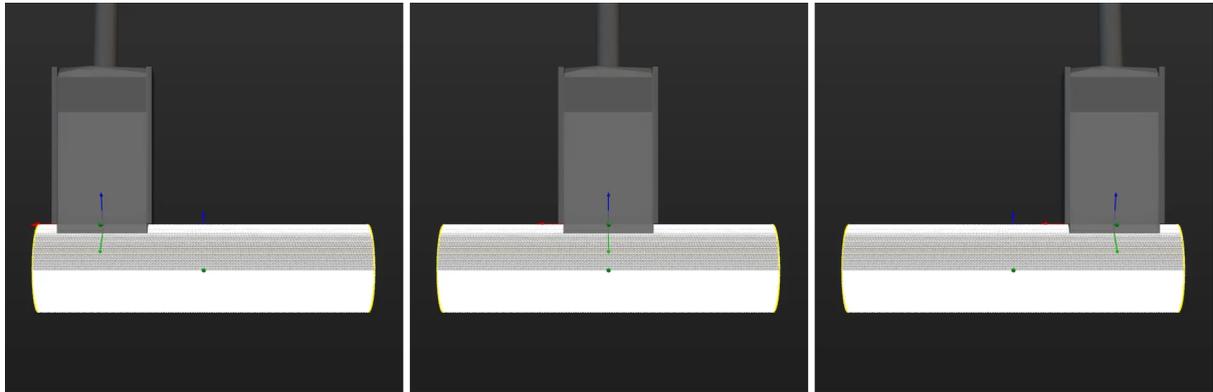


実際のアプリケーションでは、Z軸下向きの把持位置姿勢は無効である可能性が高く、経路計画に影響を与えるため、設定時には把持位置姿勢の配列の **角度範囲** を小さく設定する必要があります。通常、範囲は±90°以内に設定することをお勧めします。下図に示すように、バラ積みされた円管に把持位置姿勢の配列を設定する際、配列の角度範囲は±30°であり、使用要件を満たしています。

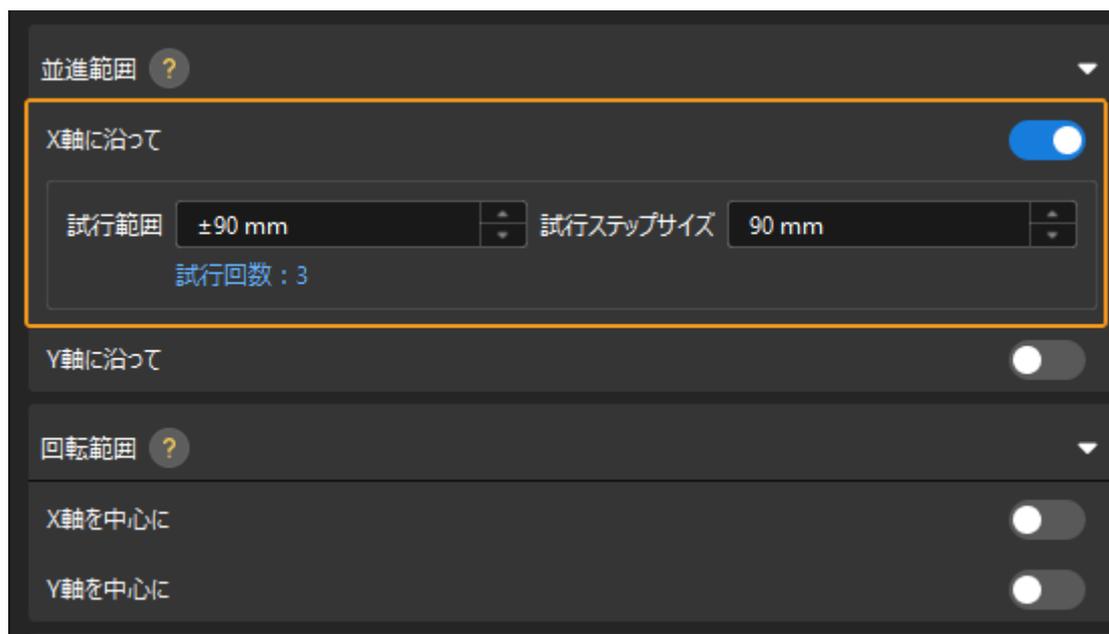


把持範囲を設定

実際の把持時に、把持位置姿勢が特定の方向に位置または角度の変化があっても、ロボットハンドが引き続きワークを把持できるようにするためには、ワークライブラリで **並進範囲/回転範囲** を設定できます。これにより、把持成功率をさらに向上させることが可能です。下図のように、ロボットハンドが円管を吸着する際、X軸方向に把持位置姿勢を平行移動させることができます。



対応するワークライブラリの設定は下図のようになります。



4. もっと読みたい

4.1. 特集：「ワーク認識」に関するよくある問題と対処法

「ワーク認識」の設定ツールはビジョン処理の一般的な機能を統合しています。ビジョン認識プロセスにおいて、シーンの点群の前処理を行い、設定された認識パラメータに基づいてワーク認識を行います。

本文では、「ワーク認識」設定ツールの使用中によく発生する問題に対処するためのガイドを提供します。問題の原因と対処法に基づいてパラメータを調整し、ワーク認識をスムーズに完了させます。

「点群前処理・ワーク認識」の関連問題

「ワーク認識」設定ツールを使用して点群前処理およびワーク認識を行う際によくある問題、考えられる原因、および対処法を紹介します。

「点群前処理」に関するよくある問題

「点群前処理」でよく発生する問題、その原因、および対処法を紹介します。

「点群前処理」に関するよくある問題

「ワークの選択と認識」に関するよくある問題

「ワークの選択と認識」でよく発生する問題、その原因、および対処法を紹介します。

「ワークの選択と認識」に関するよくある問題

その他のよくある問題と対処法

その他のよくある問題

ワーク認識中に発生するその他の問題とその対処法を紹介します。

その他の問題

4.1.1. 「点群前処理」に関するよくある問題

以下では、「点群前処理」でよく発生する問題、その原因、および対処法を紹介します。

点群品質が低い

● 問題

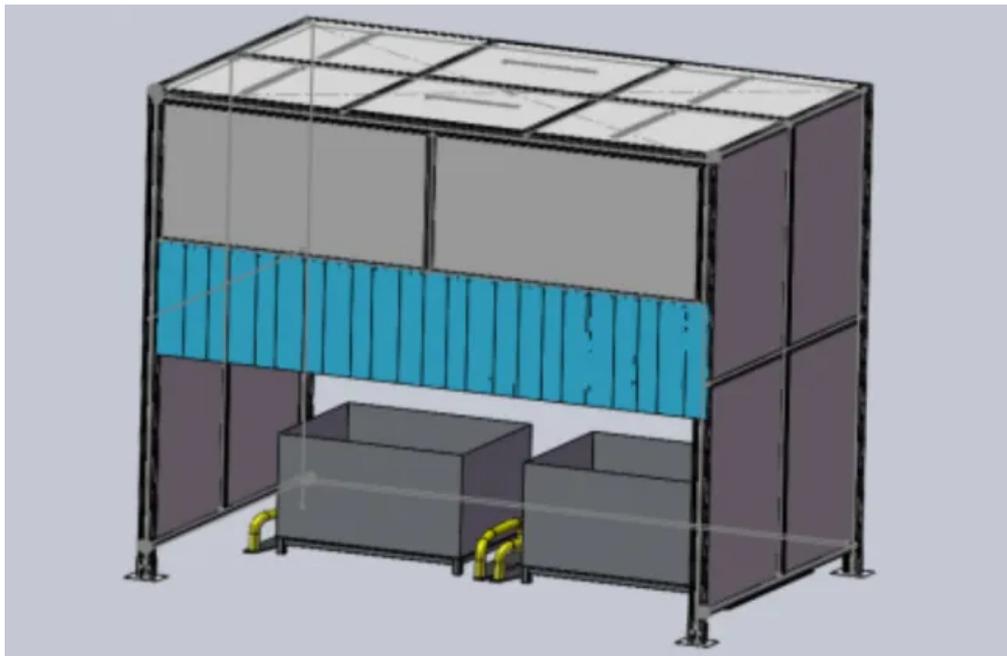
点群前処理後、点群の品質は低いです。

● 考えられる原因

- カメラの露出パラメータが適切に設定されていません。
- 作業現場の照明が強すぎてカメラの画像取得に干渉しています。
- コンテナの側壁が反射して点群の品質が低下しています。

● 対処法

- 実際のワークに応じてカメラ露出パラメータを適切に設定します。特に高反射ワークの場合、Mech-Eye Viewerで **レーザーのコーディングモード** を **反射** に設定することを推奨します。このパラメータは、可視性が **専門** または **グル** の場合にのみ利用可能です。
- 作業エリアに直射日光が当たらないように遮光してください。

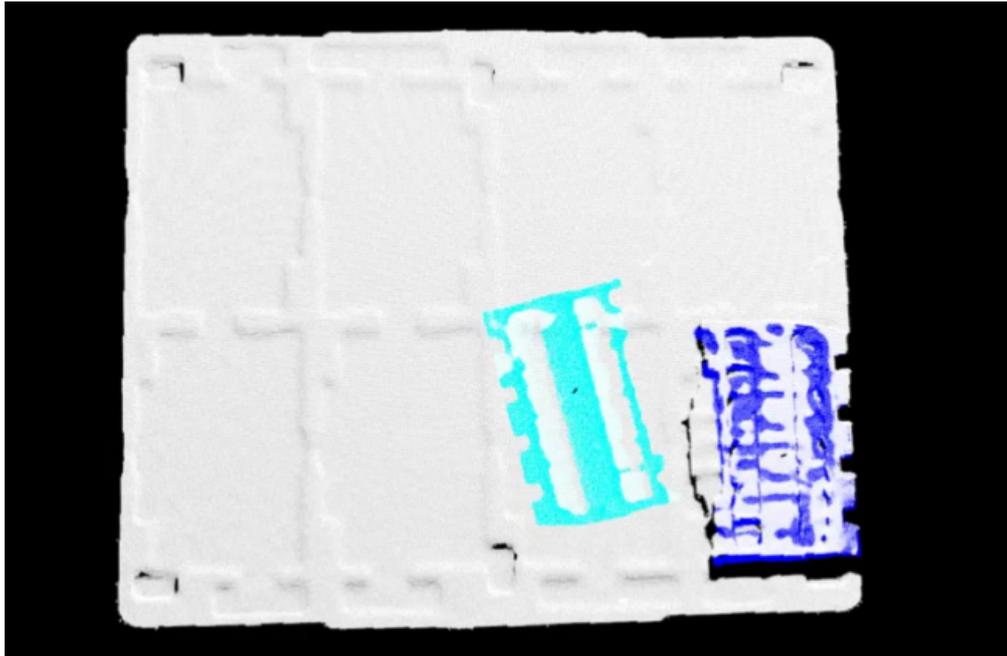


- 反射のないコンテナを使用することを推奨します。

背景点群が除去されていない

● 問題

点群前処理後、背景点群が除去されず、後続のワーク認識結果に影響を与えます。下図のように、背景点群が誤ってワークとして認識されています。

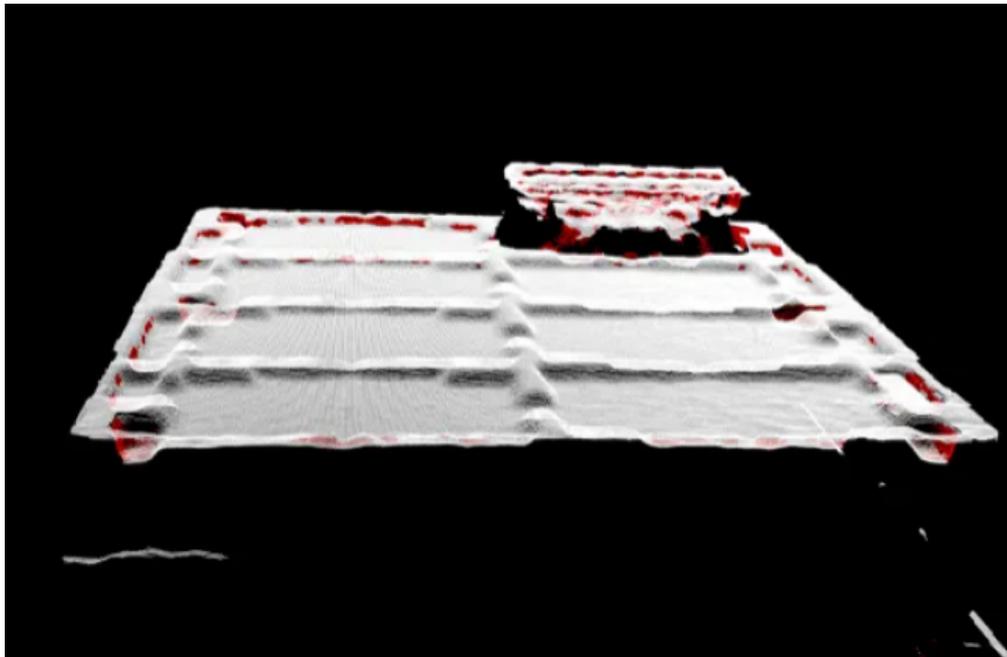


- **考えられる原因**

点群前処理のパラメータが正しく設定されていないため、背景点群が除去されていません。

- **対処法**

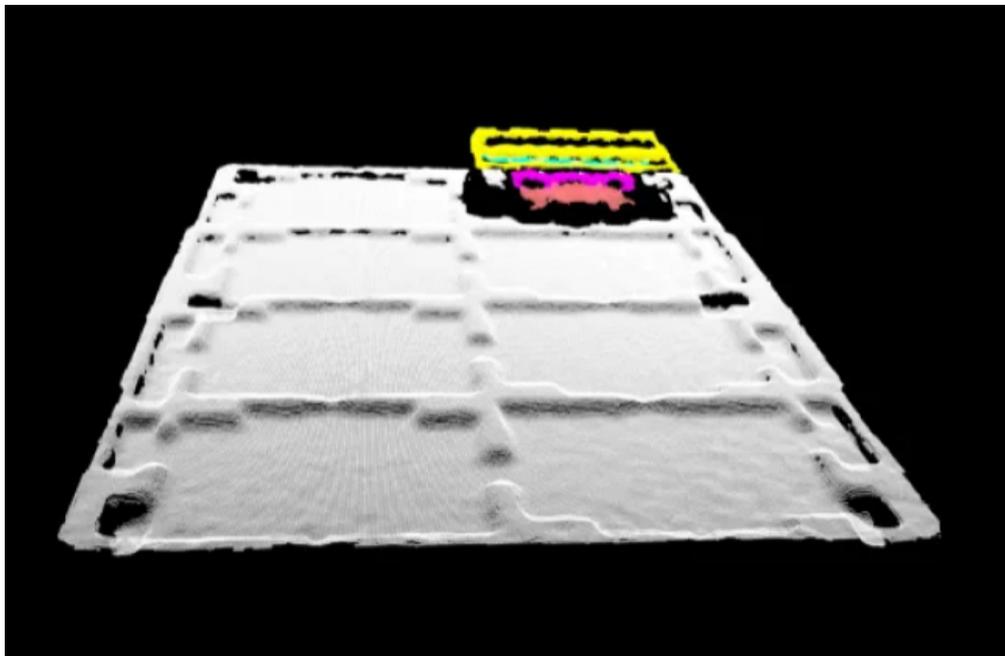
1. 「点フィルタリング」の下の **法線ベクトルと垂直方向の最大角度** を小さく設定して、ワークと背景点群がくっついている点群を除去します。また、ワーク自体の点群ができるだけ完全に保持されるようにします。



2. 「クラスタリングによるノイズ除去」のパラメータを調整します。

パラメータ	調整説明
クラスター半径	通常は初期値を使用します。半径を大きくすると、遠く離れた点群をひとつのクラスターとして認識しますが、処理時間が長くなる場合があります。
クラスターの最小点数	このパラメータ値は、ノイズ点群の点数より大きく、ワーク点群の点数より小さくする必要があります。
クラスターの最大点数	このパラメータ値は、ワーク点群の点数よりも大きくする必要があります。除去する背景点群が多い場合、このパラメータの値を背景点群の数よりも小さくすることができます。

上記のパラメータを調整した後、背景点群が除去され、下図のように白色の点群のみが残ります。



クラスタリング方式で背景点群を除去できない場合は、「ワーク選択と認識」手順でディープラーニングによる認識機能を有効にしてみてください。

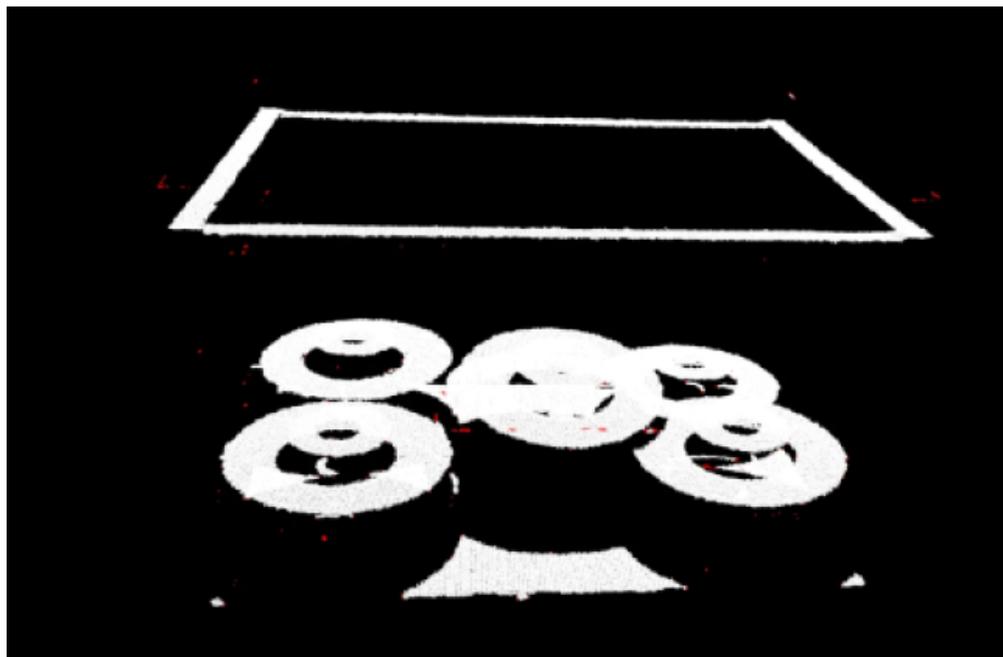
点群にノイズが含まれている

● 問題

元の点群にノイズが含まれています。

● 対処法

「クラスタリングによるノイズ除去」の下の **クラスターの最小点数** を調整して、ノイズ点群を除去します。



4.1.2. 「ワークの選択と認識」に関するよくある問題

以下では、「ワークの選択と認識」でよく発生する問題、その原因、および対処法を紹介します。

認識結果なし

● 問題

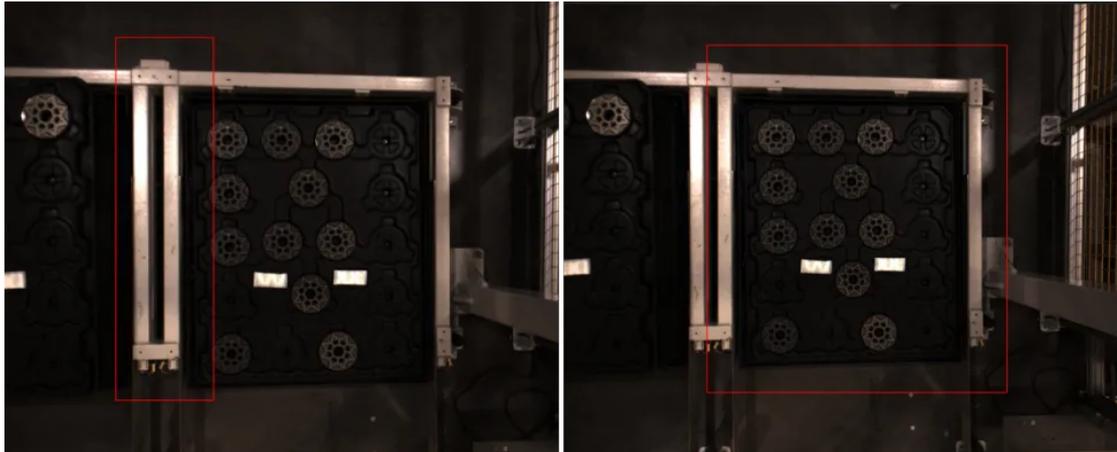
「ワークの選択と認識」手順で認識結果が得られません。

● 考えられる原因

- **ディープラーニングによる認識**機能が有効になっている場合、ディープラーニングによる認識結果が得られない可能性があります。
- **信頼度しきい値**が高すぎるため、正しい認識結果が除去されています。
- 点群モデルが認識するワークと一致していません。

● 対処法

- **ディープラーニングによる認識**機能が有効になっている場合、選択したディープラーニングモデルパッケージが正しいか、ROI設定が適切かを確認します。下図で、左が誤ったROI、右が正しいROIの例です。



- 実際の状況に応じて、**信頼度しきい値** を適切に設定します。
- 点群モデルと認識するワークが一致していることを確認します。

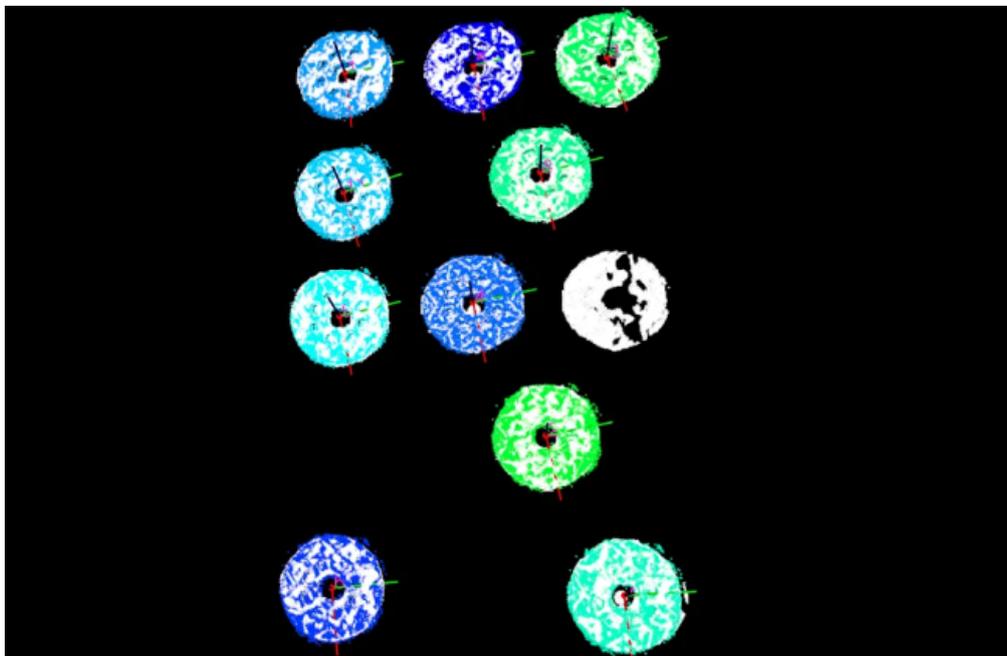
見逃し認識

● 問題

ワークの認識結果に見逃し認識が発生します。

● 考えられる原因

- **信頼度しきい値** が高すぎるため、正しい認識結果が除去されています。
- 一部のワークの点群が大きく抜けています。



- **重なり率** が低すぎて、わずかに重ねられている認識結果が除去されています。

● 対処法

- 実際の状況に応じて、**信頼度しきい値** を適切に設定します。
- 点群抜けの原因を確認し、点群品質を向上させます。それでも見逃し認識が発生する場合は、**ディープラーニングによる認識** 機能を使用してみてください。
- **重ねられている結果を除去** を無効にするか、**重なり率** を大きく設定します。

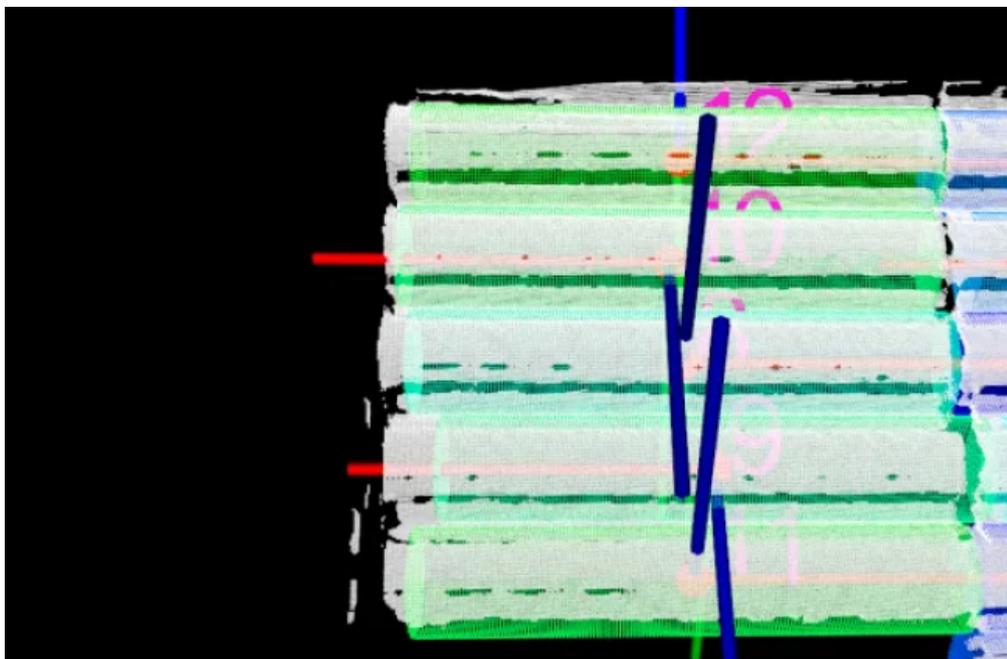
誤認識

● 問題

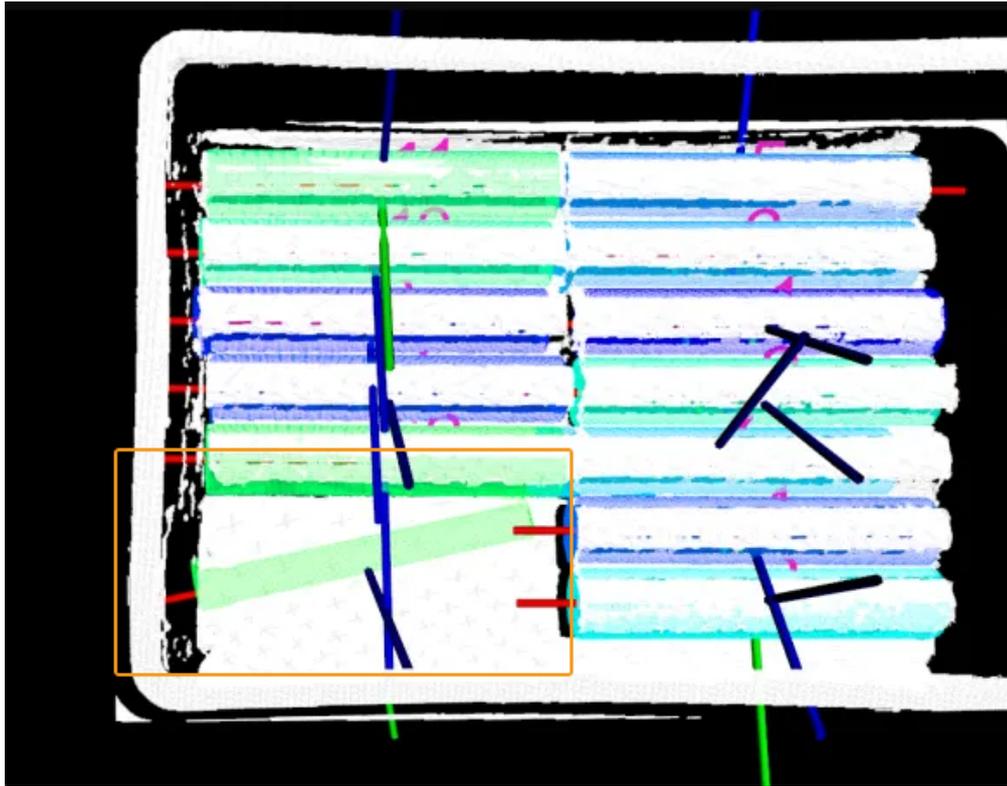
ワーク認識中、点群モデルのマッチング結果がずれている、または背景点群が誤ってワークとして認識されます。

● 考えられる原因

- 細長いワークの場合、マッピング結果が大きくずれることがあります。



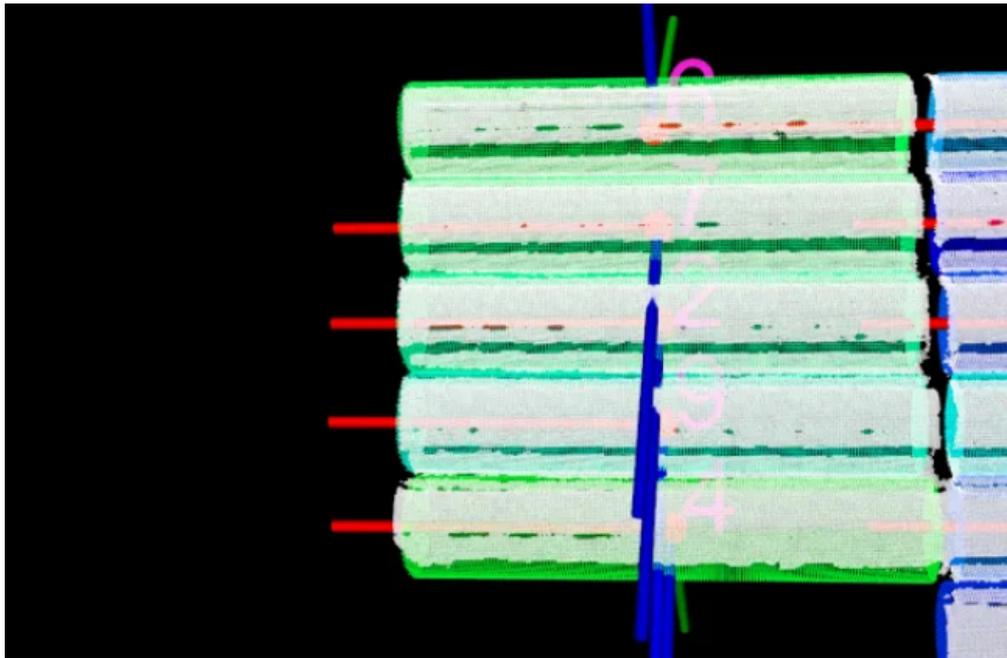
- ワークの表裏や両端が完全には一致していないが、似ているために誤って表裏や大端小端が認識されます。
- 背景点群が除去されず、誤ってワークとして認識されます。



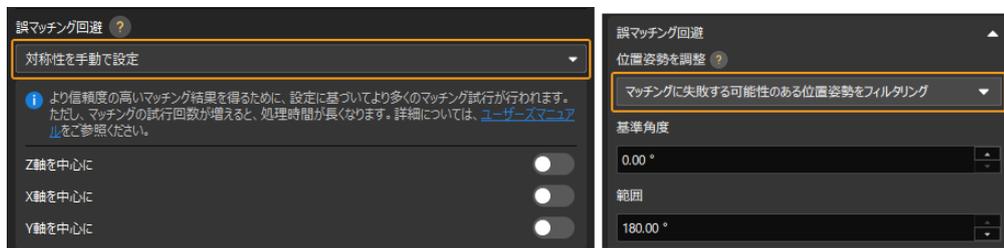
● 対処法

- 細長いワークに対しては、以下の方法でマッチング精度を向上させることができます。
 - 認識パラメータを最適化し、低精度マッチングと高精度マッチングの**実行モード**を**高精度**に設定し、高精度マッチングの**偏差補正能力**を**中程度**に設定します。これらのパラメータは、**上級モード**で設定可能です。
 - **細長い対象物のマッチング精度向上**機能を有効にします。このパラメータは、**上級モード**で利用可能です。
 - **ディープラーニングによる認識**機能を有効にします。

最適化された認識結果を下図に示します。



- **ワークライブラリ** で **点群モデル設定** 機能を有効にし、**対称性を手動で設定** することで誤マッチングを回避することができます。その後、**ワーク認識の設定ツール** の「ワークの選択と認識」手順で **上級モード** を有効にし、「誤マッチングを回避」の下の **マッチングに失敗する可能性のある位置姿勢をフィルタリング** パラメータを調整することで誤マッチングを回避することができます。



- **ディープラーニングによる認識** 機能を有効にします。ディープラーニングを使用してワークを認識し、背景点群が認識結果に干渉するのを避けることができます。

認識時間が長すぎる

● 問題

ワーク認識にかかる時間が長いです。

● 考えられる原因

- 「点群前処理」手順で設定された3D ROIが適切でないため、背景点群が除去されていません。
- 認識パラメータが適切に設定されていません。
- **追加の高精度マッチング** 機能が有効になっています。

● 対処法

- 「点群前処理」手順で3D ROIを適切に設定し、背景点群を除去し、ワーク点群のみを残します。
- 認識パラメータの設定を最適化します。認識精度が精度要件を満たしている場合、低精度マッチングと高精度マッチングの**実行モード**を**高速**または**標準**に設定し、サイクルタイムを向上させます。これらのパラメータは、**上級モード**で設定可能です。
- **追加の高精度マッチング**機能を無効にします。

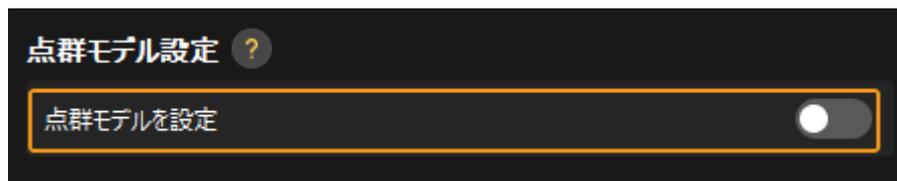
4.1.3. その他の問題

以下では、ワーク認識中に発生するその他の問題とその対処法を紹介します。

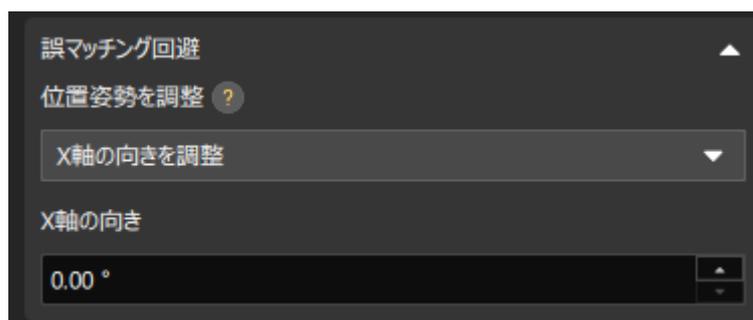
対称性のあるワークの位置姿勢と点群モデルの位置姿勢のX軸方向を一致させる方法

- **円対称のワーク（リングなど）**の場合、以下の設定を行う必要があります。

1. ワークライブラリの「点群モデル設定」で対称性の設定は不要です。つまり、**点群モデルの設定**機能を無効にします。

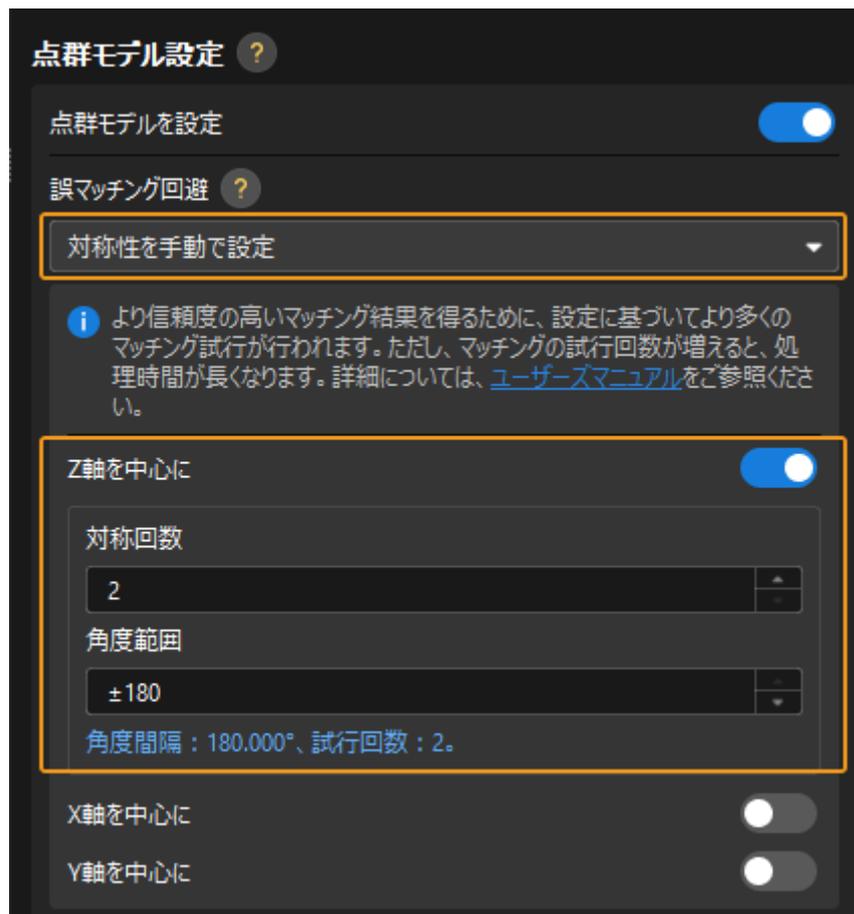


2. 「ワーク認識」設定ツールの「ワーク選択と認識」手順で**上級モード**を有効にし、「誤マッチング回避」グループで次の設定を行います。**X軸の向き**を0に設定すると、目標方向が点群モデルの位置姿勢のX軸方向になります。



- **非円対称ワーク（180°対称長方形ワークなど）**の場合、以下の設定を行います。

1. ワークライブラリの「点群モデル設定」で「誤マッチング回避」を**対称性を手動で設定**に切り替え、**対称軸**を選択し、**対称回数**と**角度範囲**を設定します。



- 「ワーク認識」設定ツールの「ワーク選択と認識」手順で **上級モード** を有効にし、「誤マッチング回避」グループで次の設定を行います。**基準角度** を0°に設定すると、目標方向が点群モデルの位置姿勢のX軸方向になります。**範囲** はワークの対称角度の半分で、例えば対称角度が180°の場合は「範囲」を90°に設定します。

