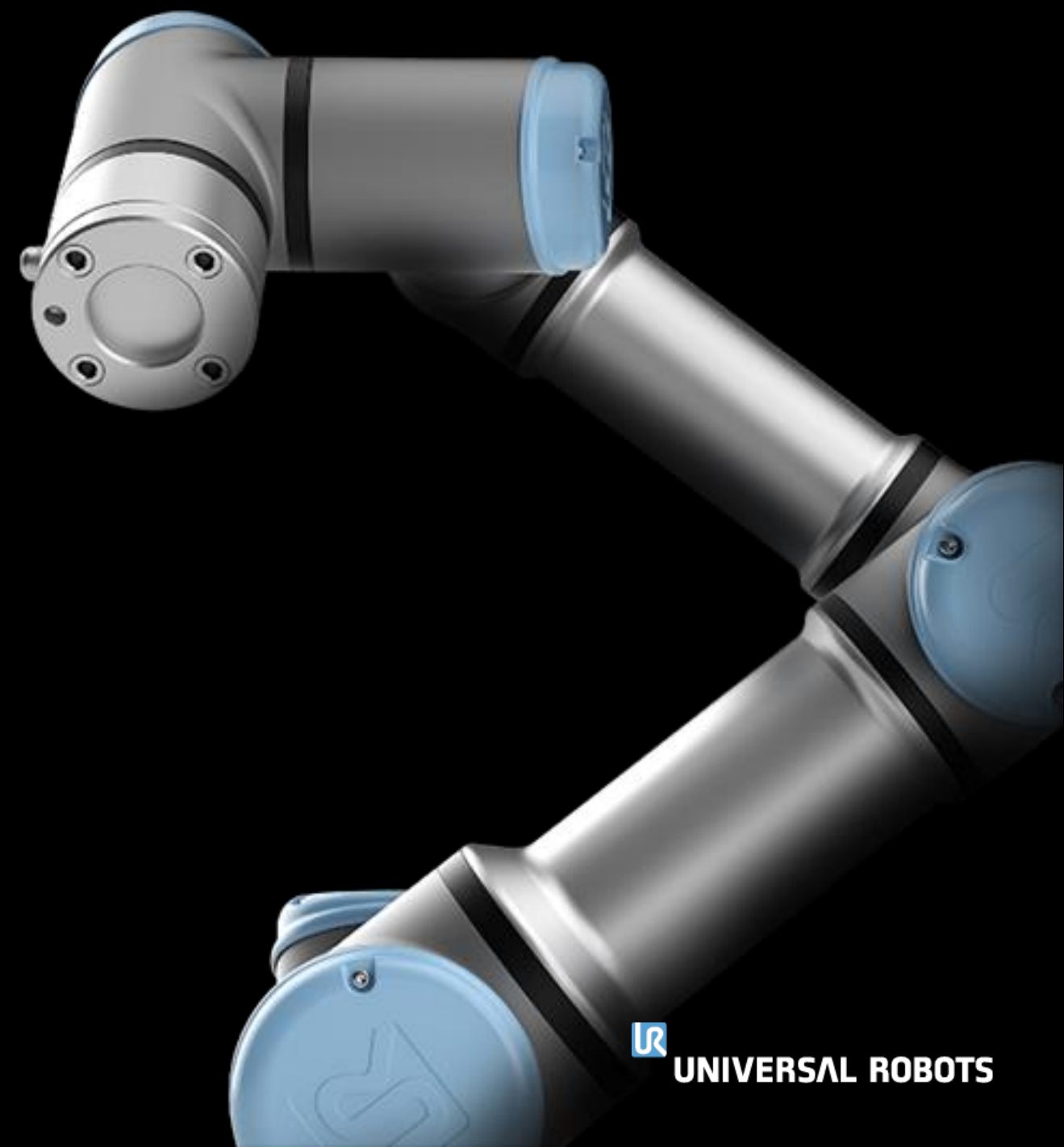


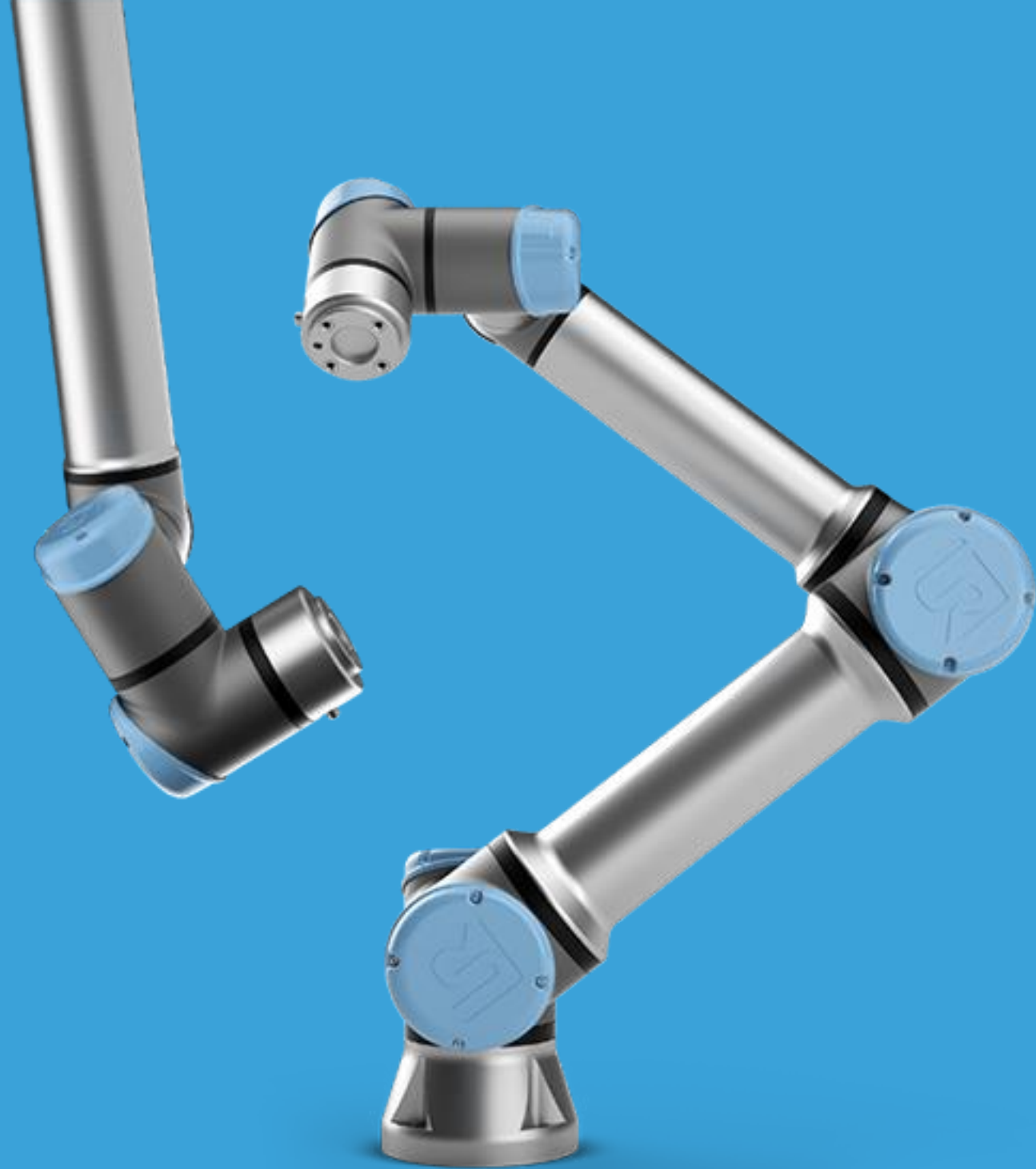
# UR導入ガイドライン

2021年5月



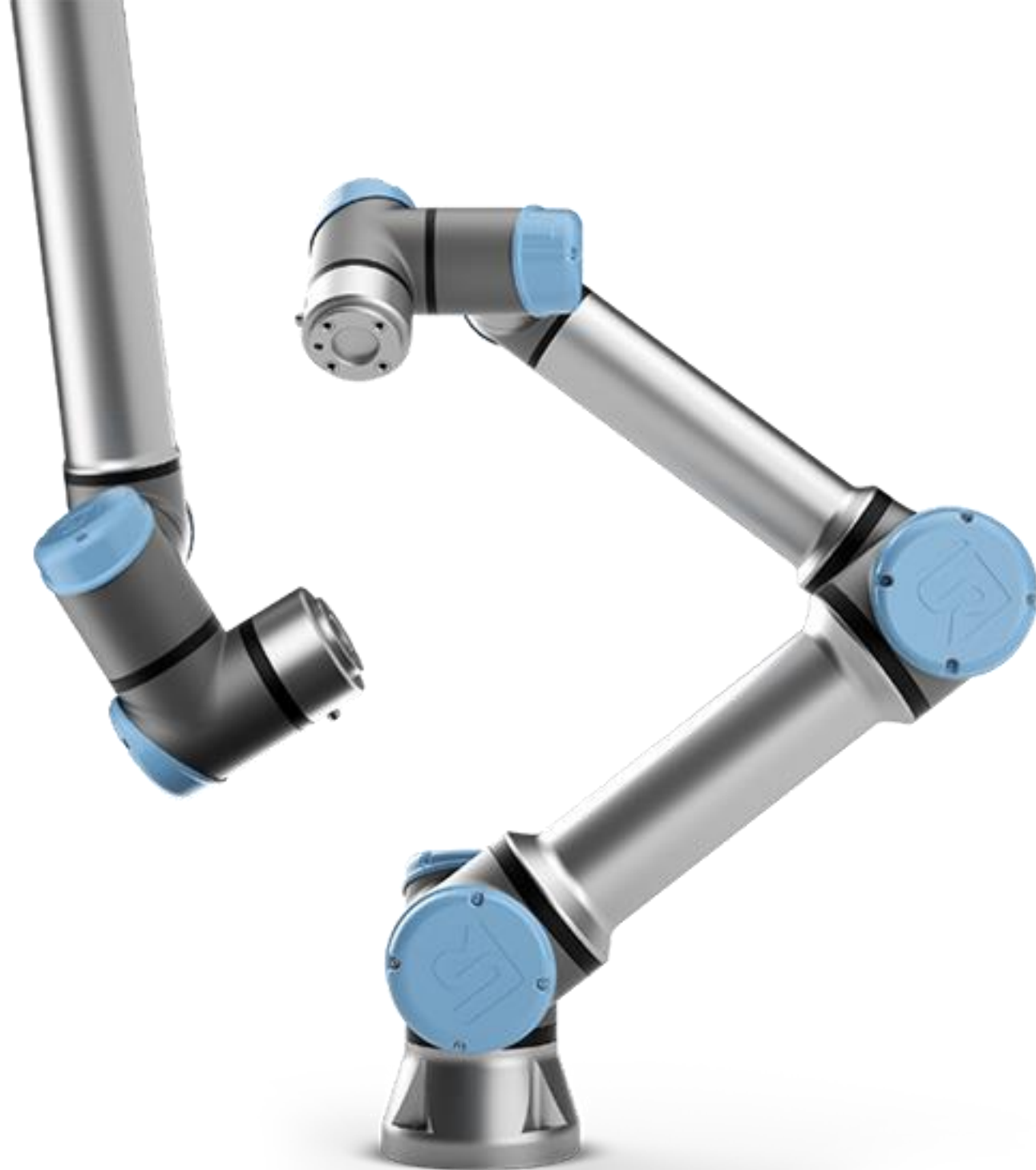
# 目的

- URを正しく現場に導入頂くために、特に守って頂きたい重要な点についてご紹介します。これらはロボットへのダメージを減らすだけでなく、製品寿命の延長にも繋がります。
- 特に明記されていない限り、すべての項目はCBシリーズとEシリーズの両方のロボットに適用されます
- 資料の各項目とともに、ユニバーサルロボットのプログラミングを行う全ての方に知って頂きたい内容となっています。



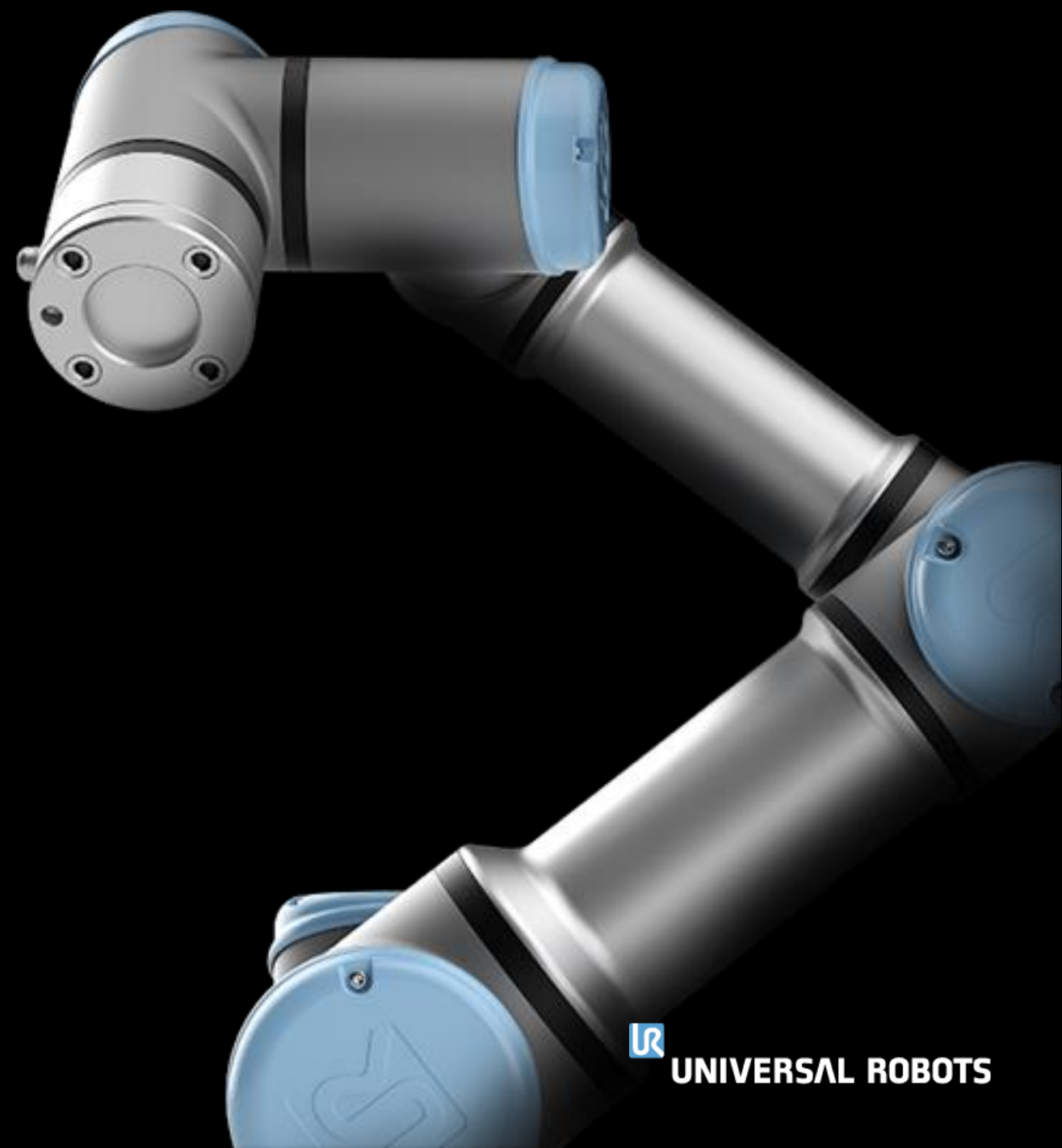
# コンテンツ

- **設置**
  - 取付構造
  - 環境からの保護
  - 有効荷重構成
- **モーションプログラミング**
  - ブレンド半径
  - 加速度値
  - 特異点
  - 保護停止
- **メンテナンス**
  - 推奨メンテナンス項目



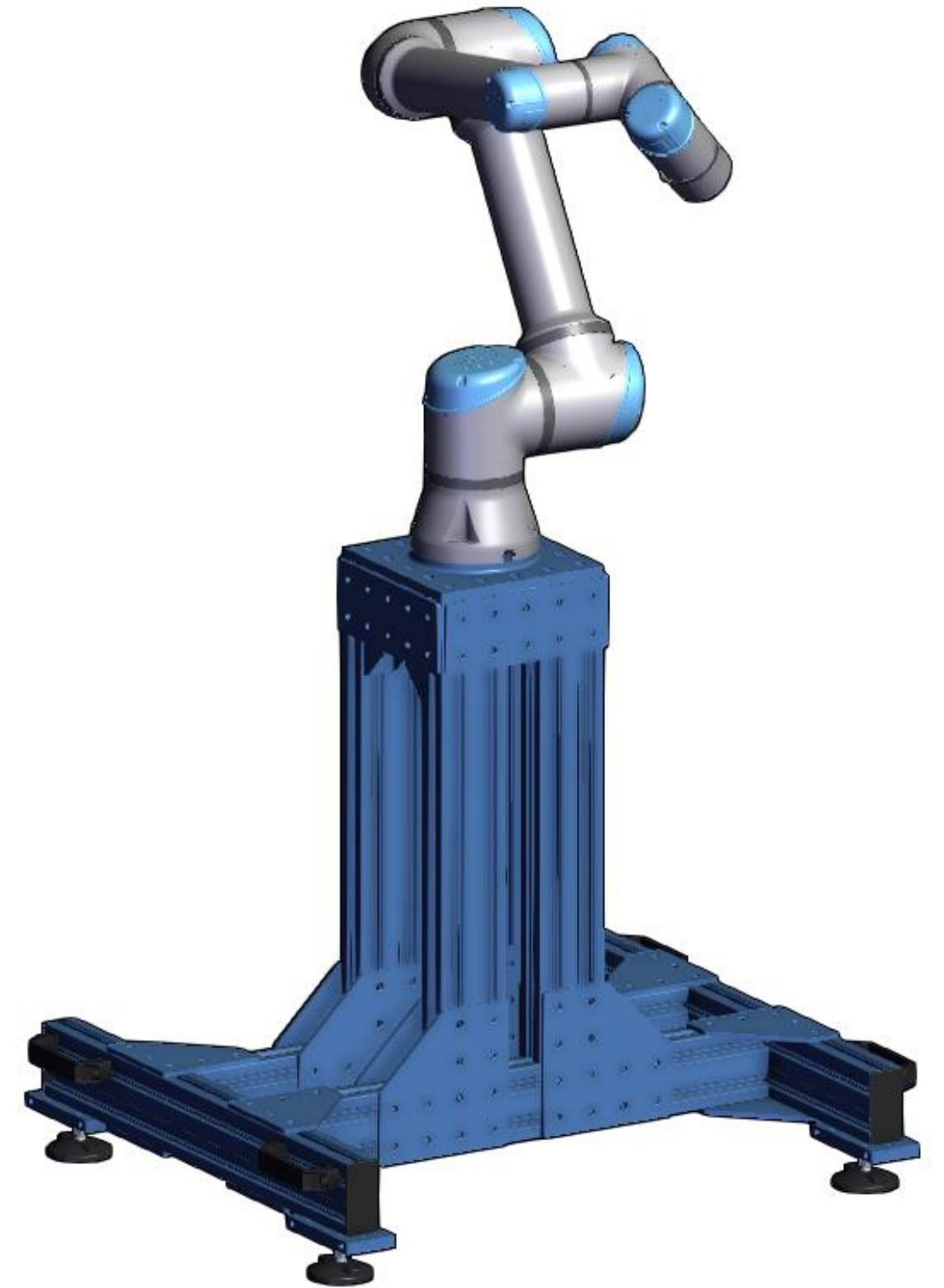
設置

取付構造



# 標準静的取付

- 取付面は、ロボットの正確な繰り返し動作を可能とする十分な剛性を有している必要があります
- 少なくともロボットアーム重量の5倍を保持できる必要があります
- 以下のロボットベースジョイントの最大トルクの10倍以上に耐えられる必要があります。
  - UR3: 56Nm
  - UR5: 150Nm
  - UR10: 330Nm
  - UR16: 330Nm



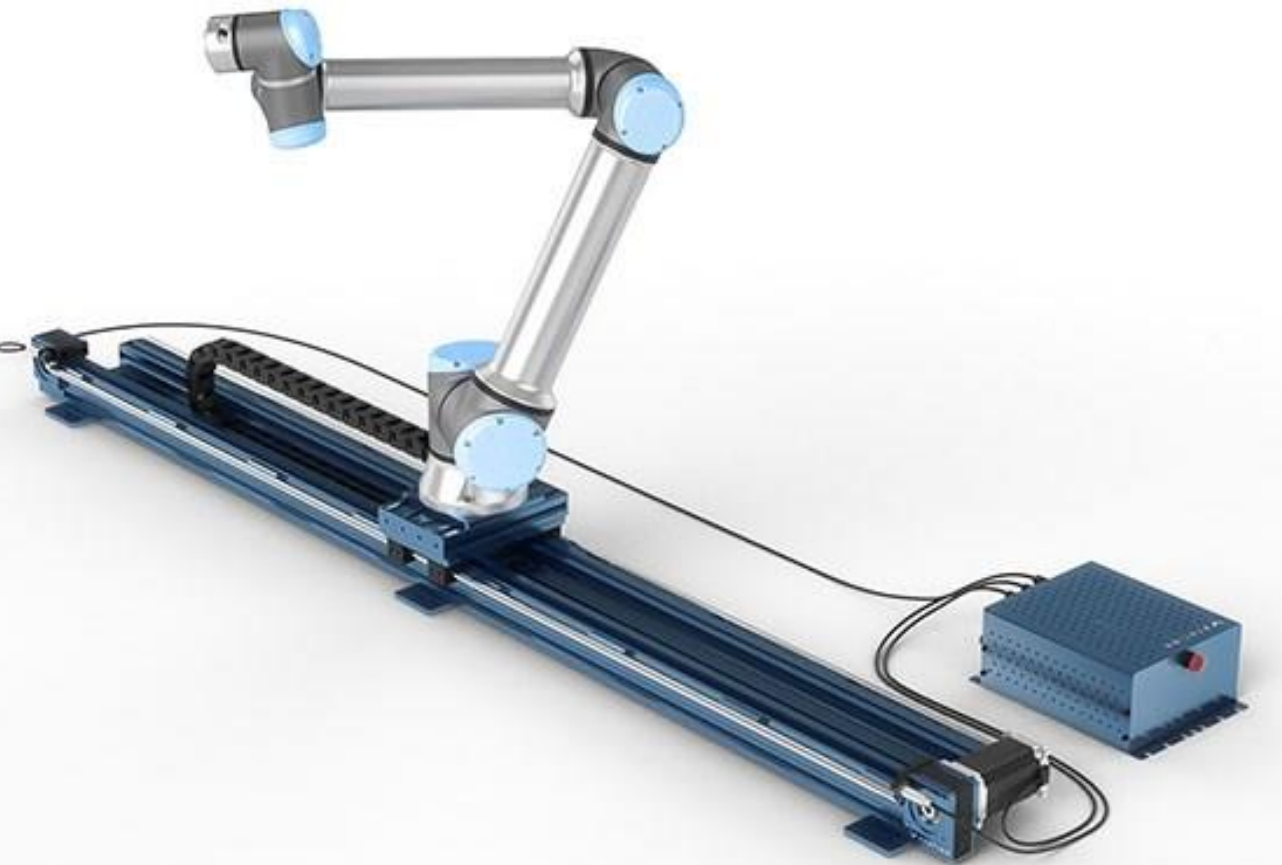
# 天吊り取付

- 標準静的取付と同じ要件が反転取付にも当てはまります。
- 取付フレームは、ロボットのフルスピード/有効荷重での動作を維持する十分な剛性を有している必要があります。
- 設置設定タブで取り付け方向を設定することを忘れないでください。



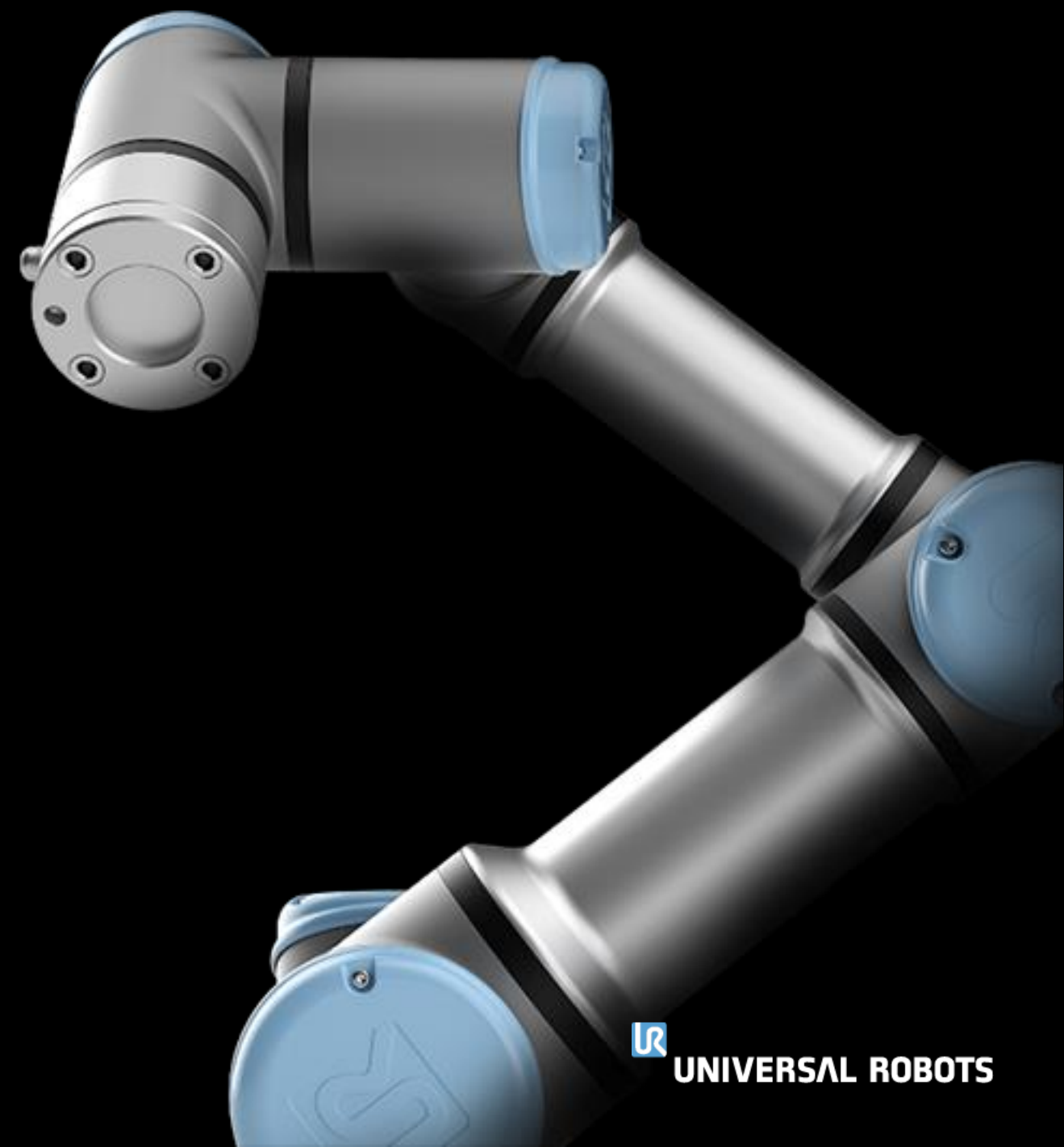
# 7軸台取付

- 標準の直立取り付けと同じ要件が倒立にも適用されます。
- リニアアクチュエータは、速度と加速度を完全に制御した上で、クローズドループ方式で制御するようにしてください。
- ロボットの動きに影響を与えないよう、加減速は極力抑えてください。



# 設置

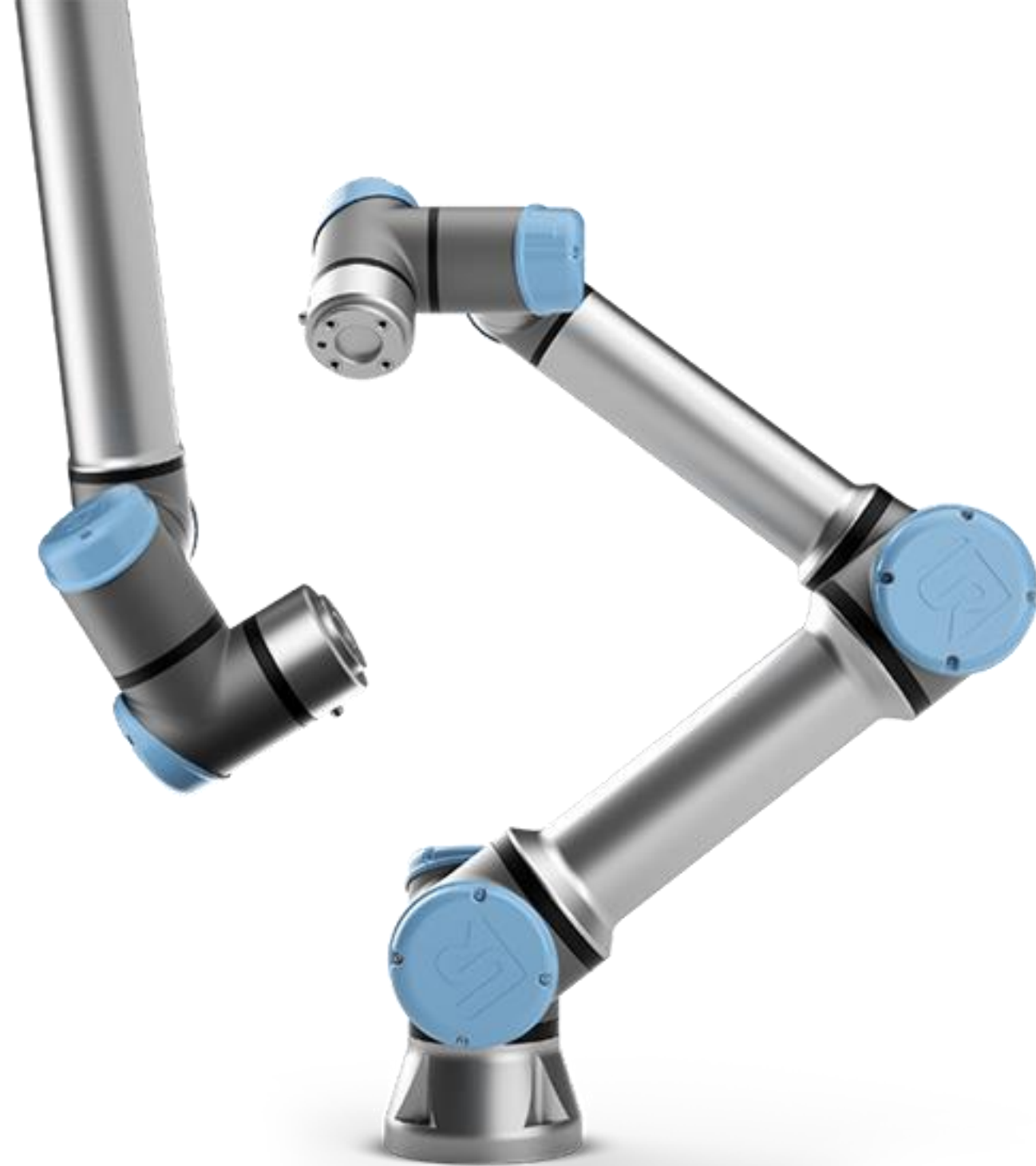
環境からの保護



# IP保護等級

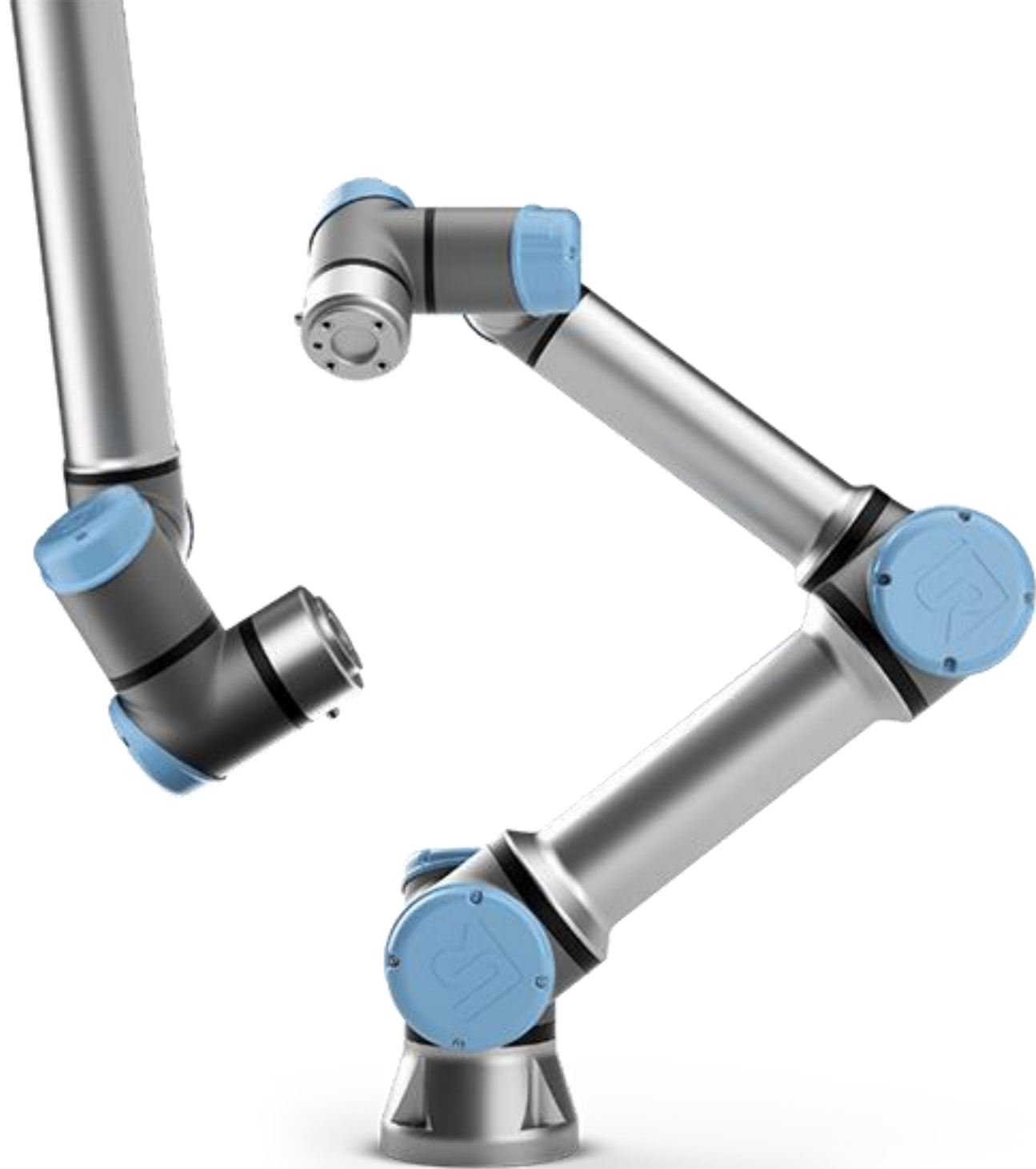
- URロボットアームは保護等級IP54を取得しています。
- この等級は、環境における固体/粉塵および液体からロボットがどの程度適切に保護されているかを指しています。

IP	5	4
「侵入保護」	最初の桁： 固体保護	2番目の桁： 液体保護



# IP保護等級-固体

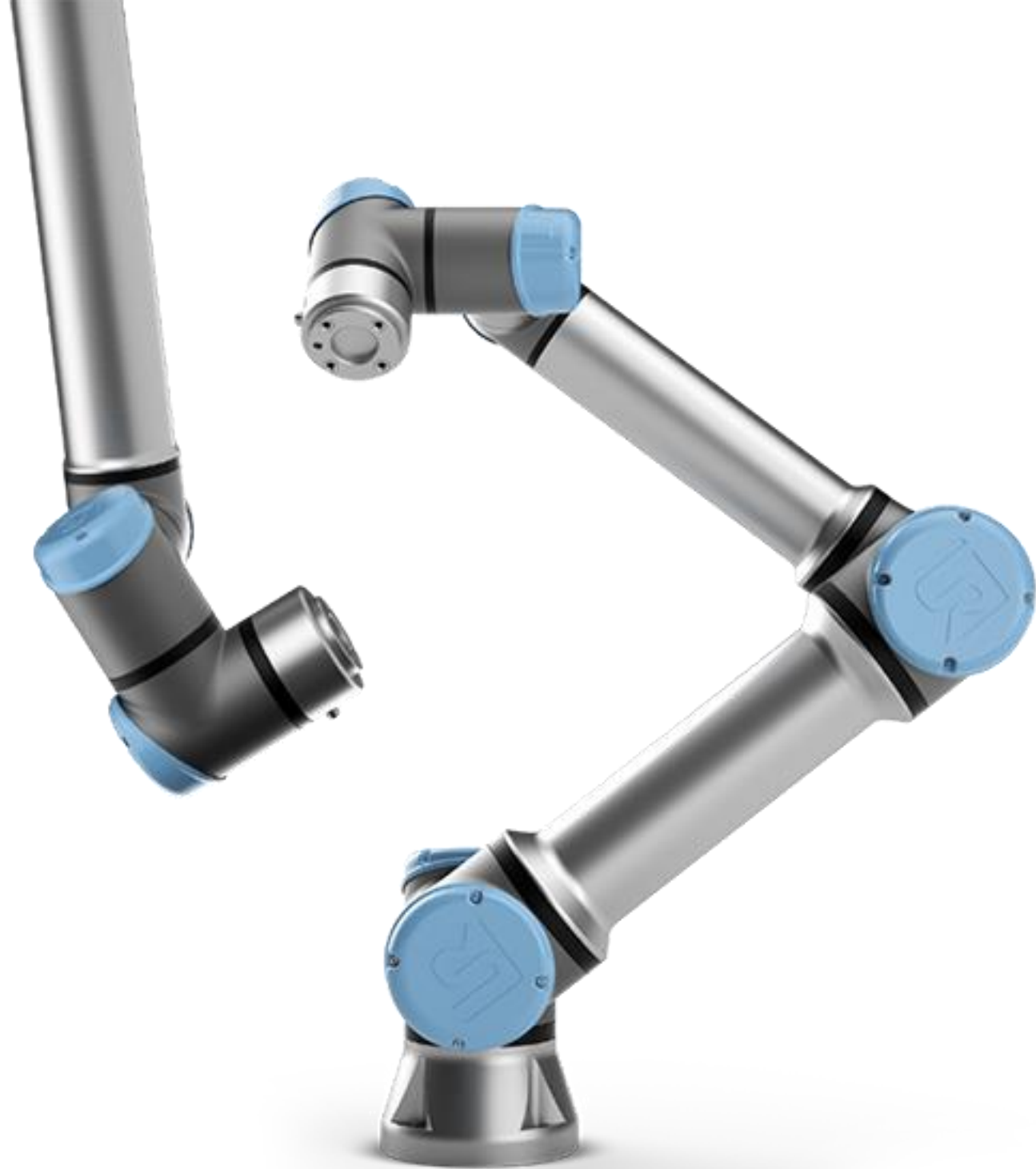
- IP 54は、微小な粉塵がロボットのシーリング（黒いリング、カバーなど）から侵入する可能性があることを表します。
- 定期的なメンテナンスの際には、ロボットの外側についてほこりを払い落して下さい。



レベル	物体に対する保護	内容
0	保護なし	物体の接触や侵入に対する保護はありません
1	>50mm の物体に有効	握りこぶし程度の物体に対する保護
2	>12.5mm	指程度の物体に対する保護
3	>2.5mm	工具、太いワイヤー等
4	>1mm	ほとんどのワイヤー、ネジなど
5	防塵形	粉塵が内部に侵入することを防止する構造 (ほこりの侵入が完全に防護されているわけではありません)
6	耐塵形	粉塵が内部に侵入しない構造

# IP保護等級-液体

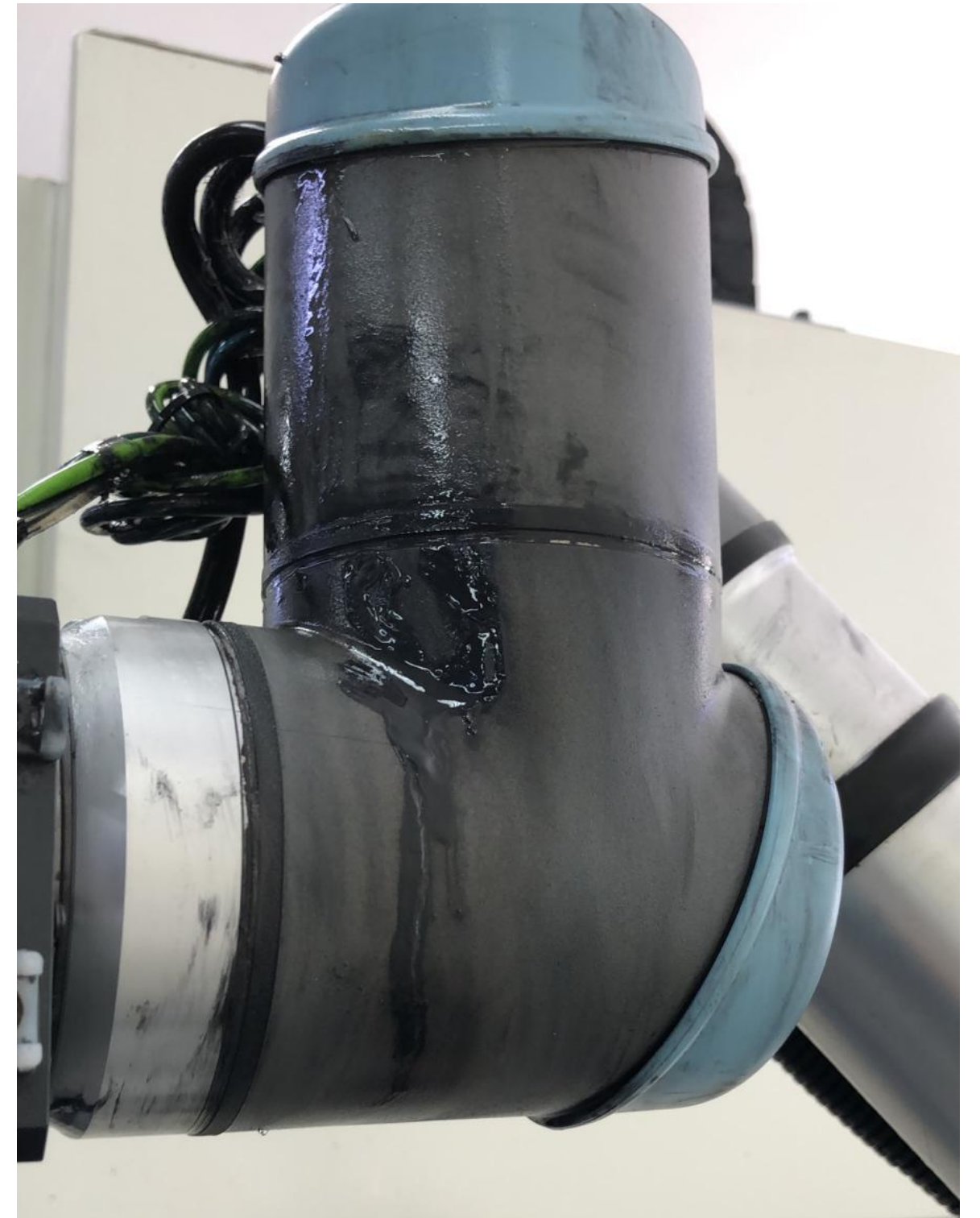
- IP 54は、ロボットに水が滴下したり水がはねたりした場合でも、運用に影響を及ぼさないことを意味します。
- 噴流や蛇口など、勢いのある水はロボット内部に侵入してしまう可能性があります。したがって、このような状況を避けてください。



レベル	液体に対する保護	内容
0	保護なし	—
1	垂直に落ちてくる水滴	200mmの高さより垂直に落ちてくる水滴から有害な影響を受けない
2	15度の範囲で落ちてくる水滴	200mmの高さより垂直より左右15°の範囲で落ちてくる水滴から有害な影響を受けない
3	60度の範囲で追ってくる水滴	200mmの高さより垂直より左右60°の範囲で落ちてくる水滴から有害な影響を受けない
4	あらゆる方向からの飛沫	300-500mmの高さより全方向から降る水滴から有害な影響を受けない
5	あらゆる方向からの噴流	3mの距離から全方向に直接当たる100kPaの噴流水から有害な影響を受けない

# 腐食性流体

- 前のスライドの液体のIP保護等級は水に対する試験結果であり、水や同様の非腐食性流体にのみ適用されます。
- CNC用途での一般的な切削油やクーラントがロボットと接触すると、ゴムシールが劣化し、ロボットのIP等級が低下する可能性があります。
- この種の液体がロボットに接触する可能性が高い場合は、保護スーツを考慮する必要があります



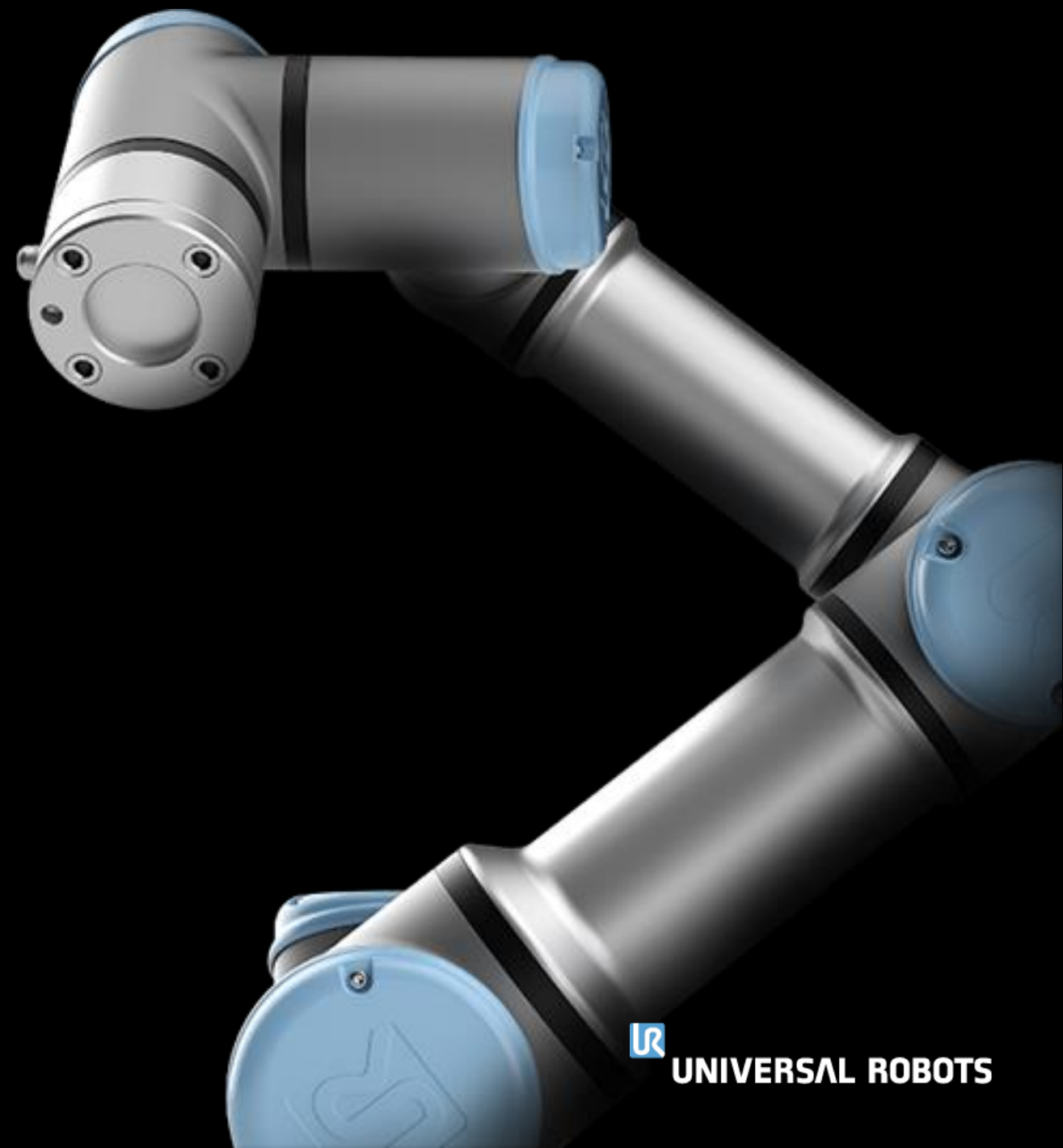
# 保護スーツ

- IP保護等級が不十分である可能性がある環境下でロボットを動作させる場合、保護スーツを考慮してください。
- UR + ショールームには、いくつかのUR + 認定防護スーツがあります。
- 米国/EU製 : Roboworld、Robo-Gear、EVOTEC
- アジア製 : Shanghai Chunyu, Shenzhen Tongxing



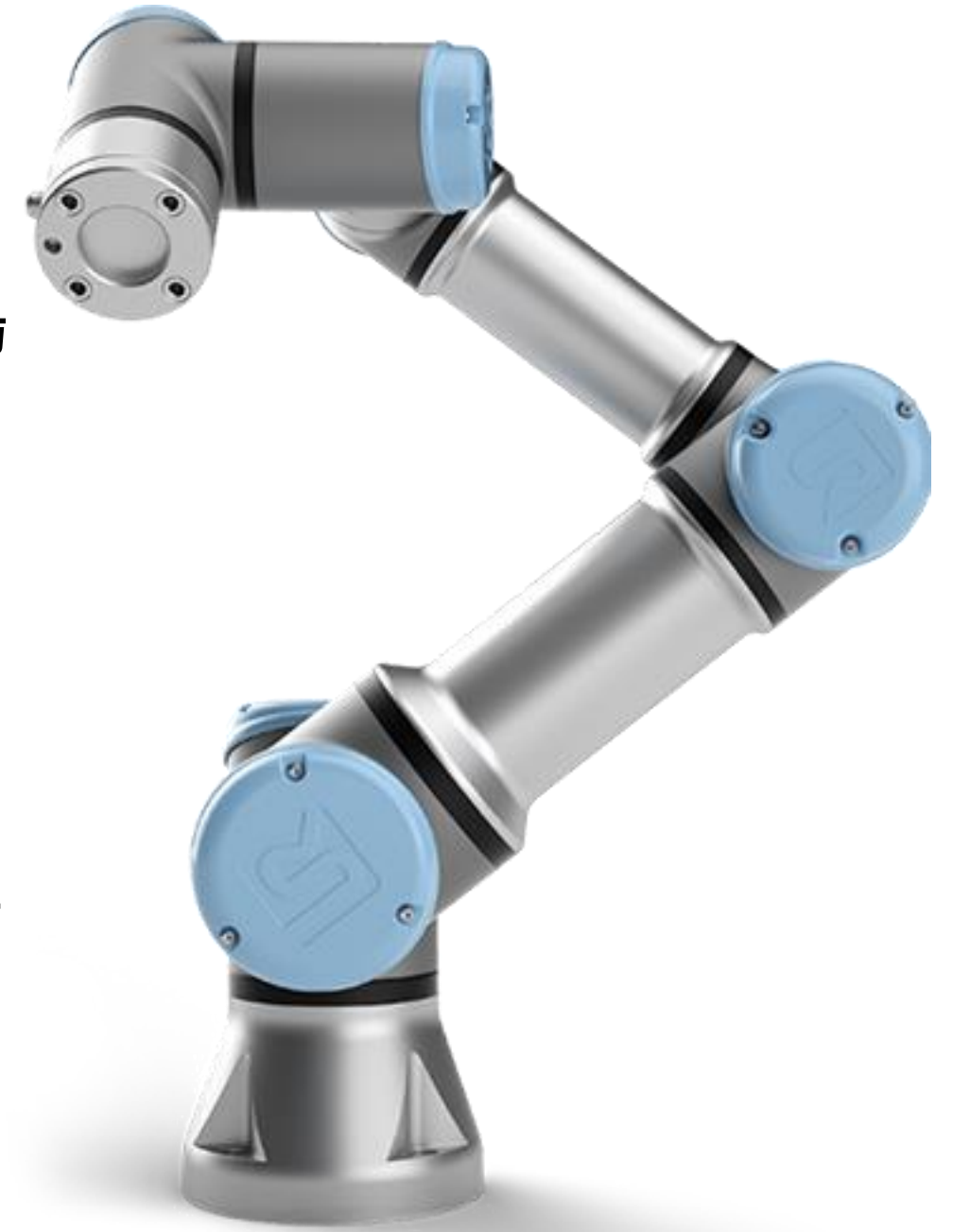
設置

有効荷重構成



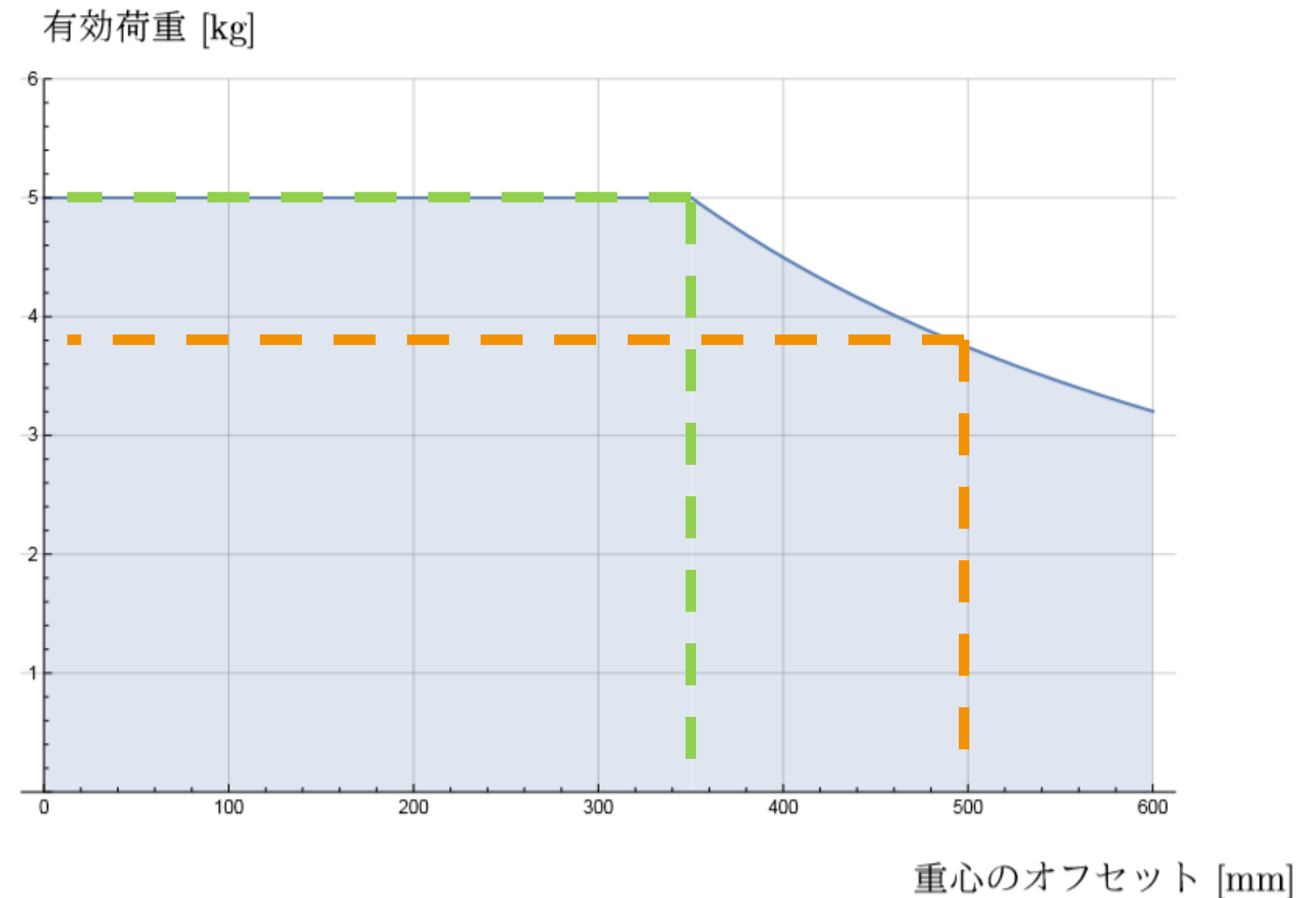
# 有効荷重構成

- ポリスコープの有効荷重質量および重心設定は、常に実際の有効荷重を反映するようにしてください。
- 初期設定は、Polyscope 5.10以降を実行しているユーザーの場合、設置設定のT荷重設定タブで設定を行います。有効荷重が一定に保たれるディスペンシングやネジ締め、研磨といったアプリケーションには、この設定のみで事が足りるでしょう。
- 製品の移動を伴うアプリケーションでは、ロボットにかかる有効荷重が変わった際に、スクリプトコマンドを使用して有効荷重構成を更新してください。Polyscope 5.10以降を実行しているユーザーには荷重の設定コマンドがあります。
- 誤った有効荷重設定は、不正確/不安定なロボットの動きをもたらし、頻繁な保護停止によりロボット運用の妨げとなり、さらにはロボットの寿命を短くする原因となります。



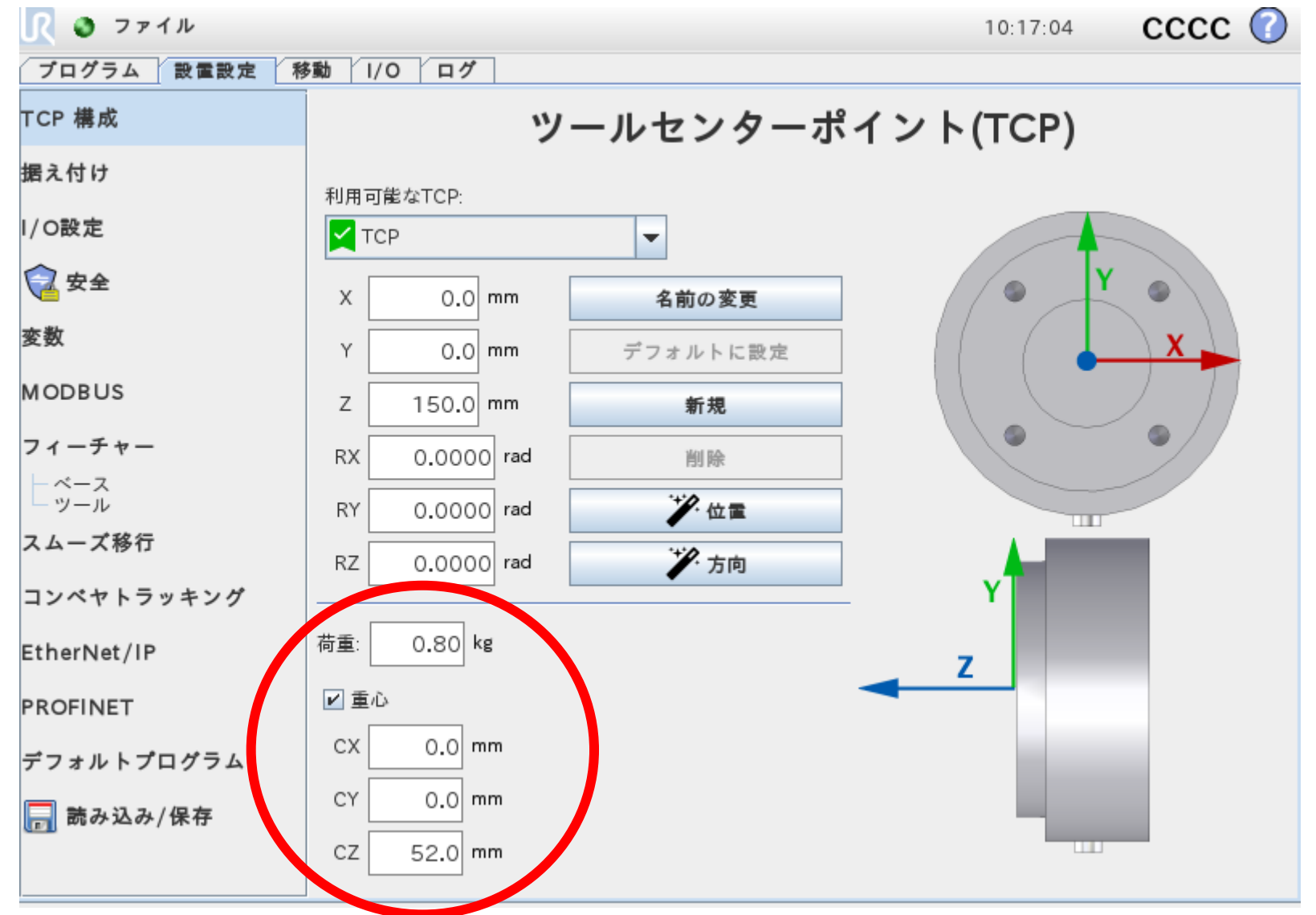
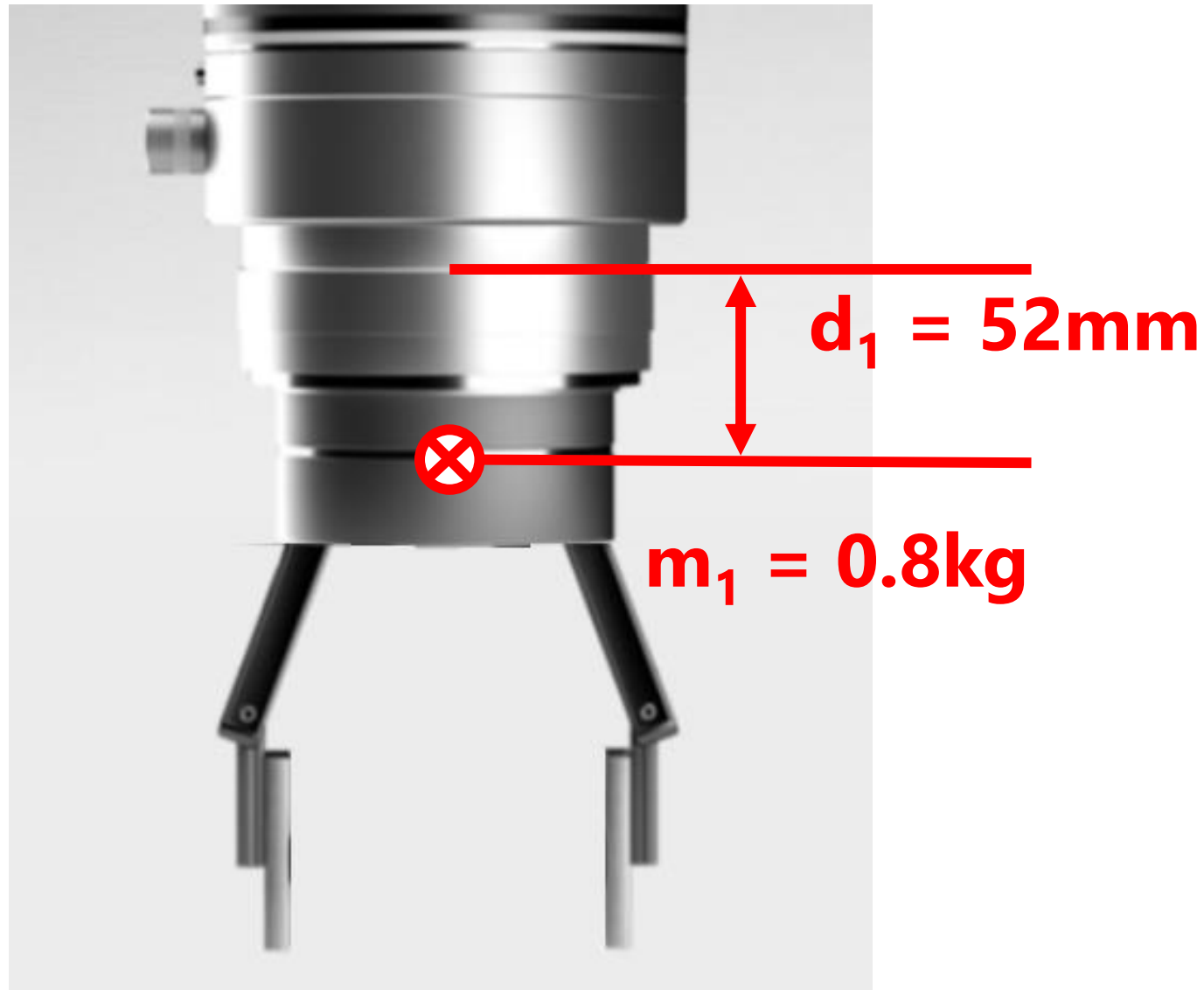
# 有効荷重構成

- 重心がロボットツールフランジの中心から離れるにつれて、許容有効荷重は減少します。
- 各ロボットの重心オフセット-荷重の関係式をユーザーマニュアルに記載しています。右はCB3 UR5のグラフです。
- UR5は、完全な5kgの有効荷重を最大350mmのオフセットまで支持できます。たとえば500mm重心オフセットでの有効荷重は3.75kgを超えてはなりません。
- 許容有効荷重を超えると、ロボットの寿命に影響を及ぼす可能性があります。



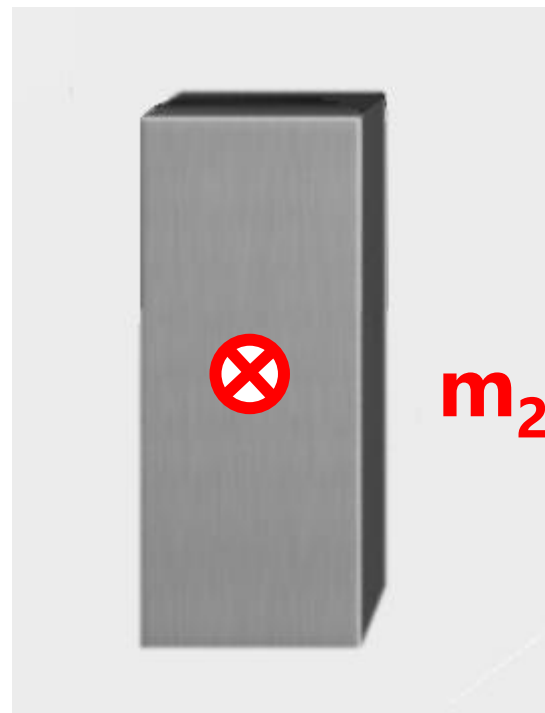
# 有効荷重構成(CBシリーズ)

- ピックアッププレイスの例：空のグリッパーの有効荷重質量と重心とを確認し、設置設定-TCP構成タブでこれを設定します。

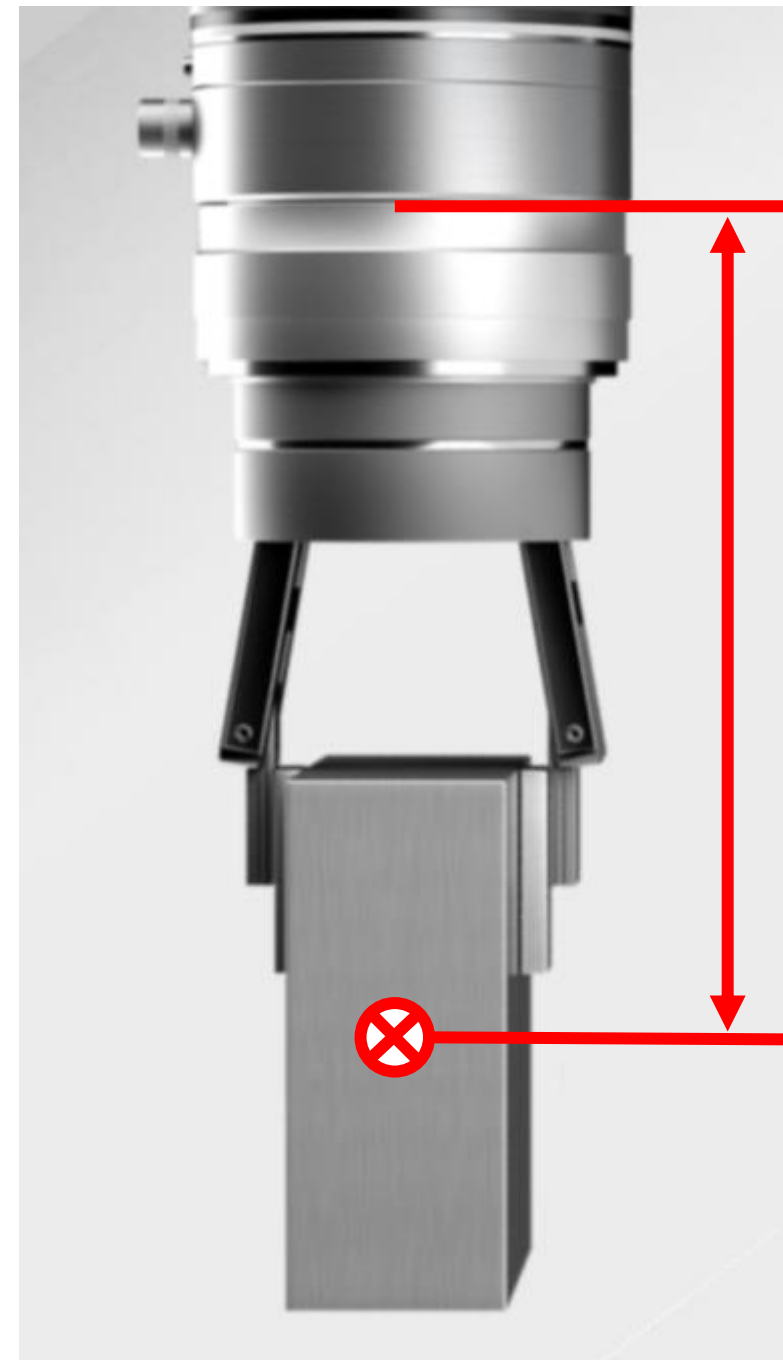


# 有効荷重構成(CBシリーズ)

- グリッパーで保持している場合は、製品の重量と重心までの距離を確認します。



$m_2 = 1.35\text{kg}$



$d_2 = 180\text{mm}$

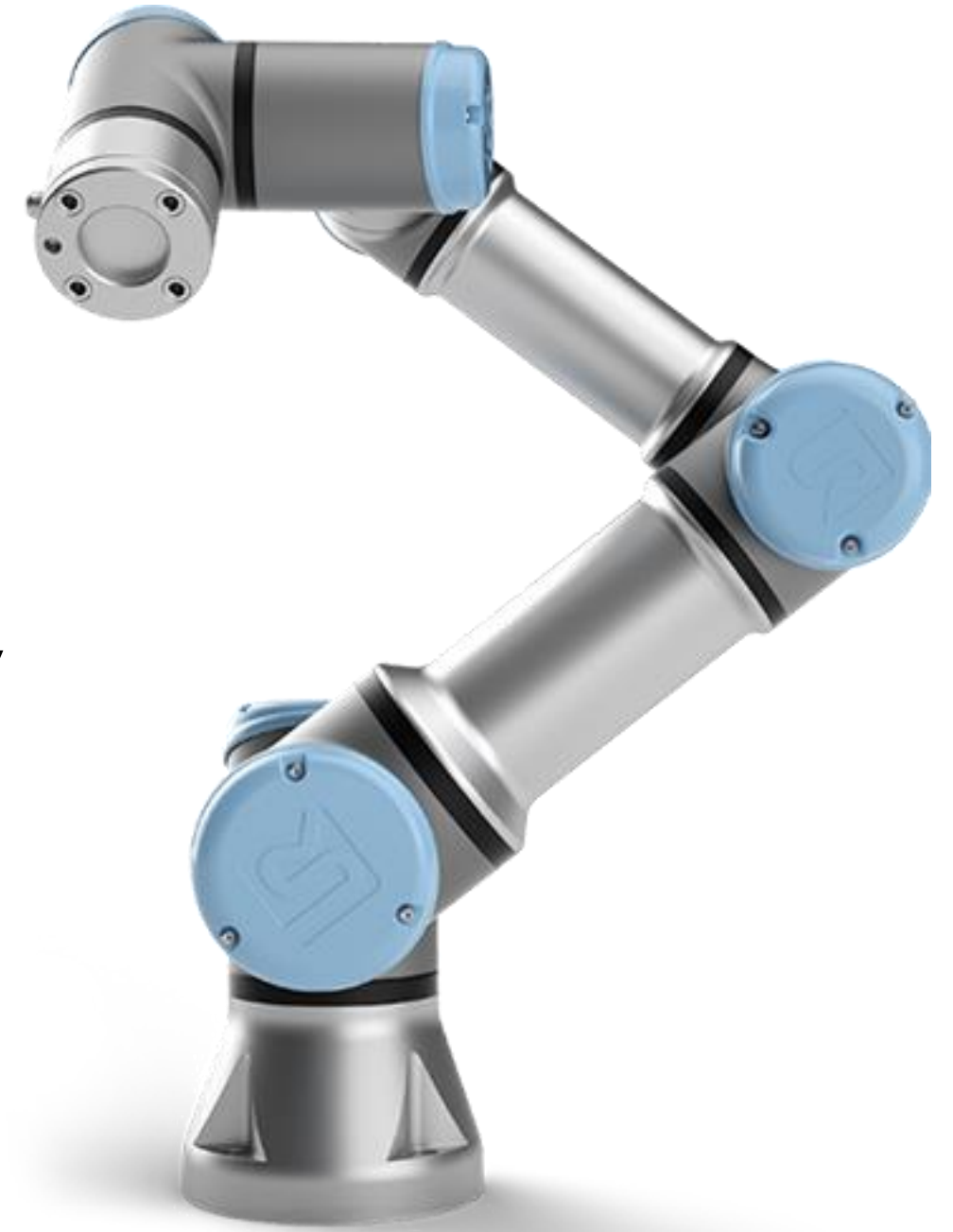
# 有効荷重構成(CBシリーズ)

- グリッパーと保持した製品とを一つとして考えた場合の、結合CoGオフセットを計算します

$$\frac{m_1 d_1 + m_2 d_2}{m_1 + m_2} = \frac{0.80kg \times 0.052m + 1.35kg \times 0.180m}{0.80kg + 1.35kg} = 0.132m$$

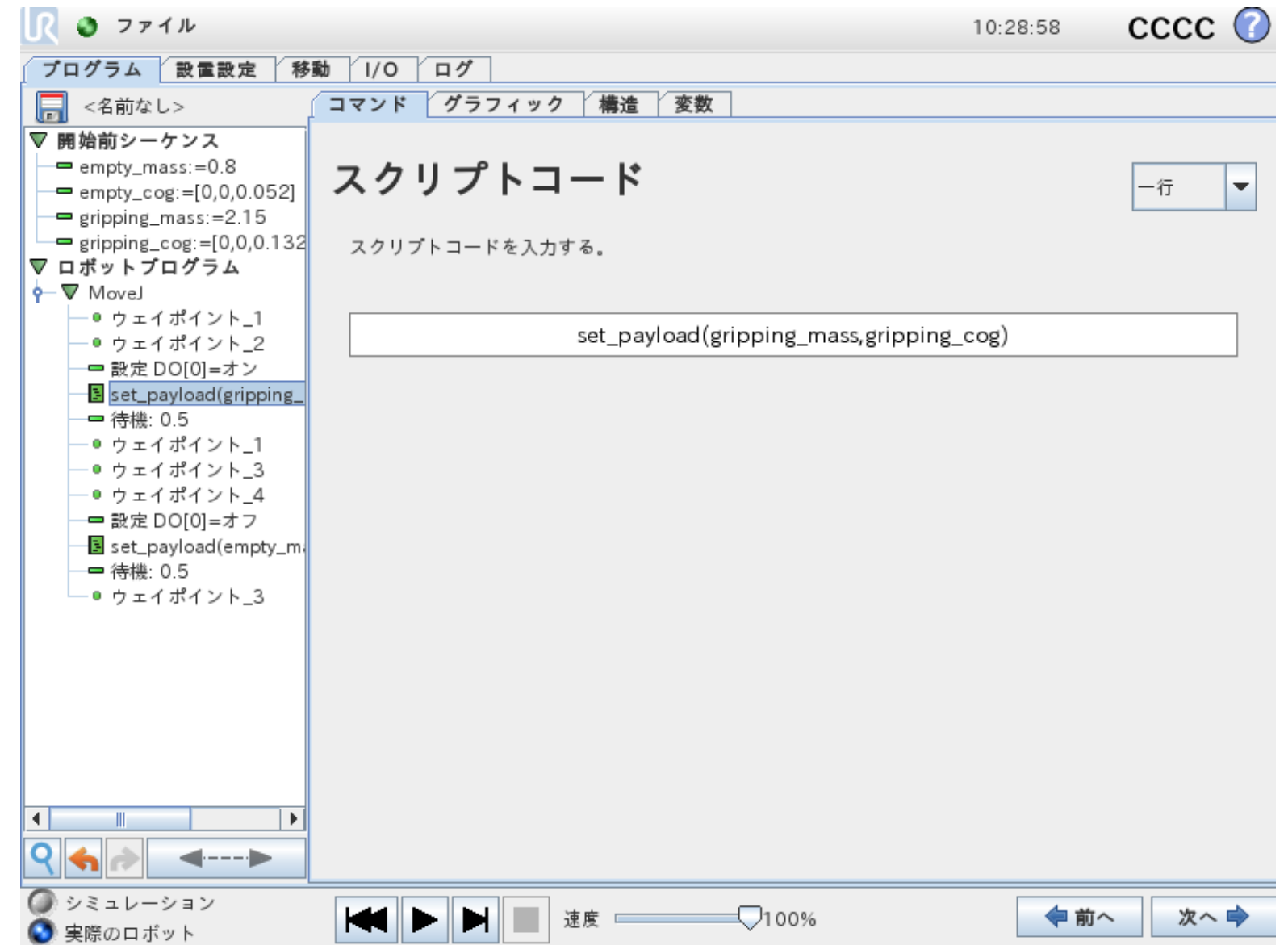
- プログラム内でスクリプトコマンドを使用してピックアップ/リリース部分をアップデートする場合：
    - `set_payload(mass, CoG)`
      - `mass` = 有効荷重質量(kg)
      - `CoG` = メートル単位での3つの位置[Cx、Cy、Cz]の一覧 (m)
- ※単位に注意してください。

※この例ではCzオフセットしかないなので、CxとCyは0のままです。



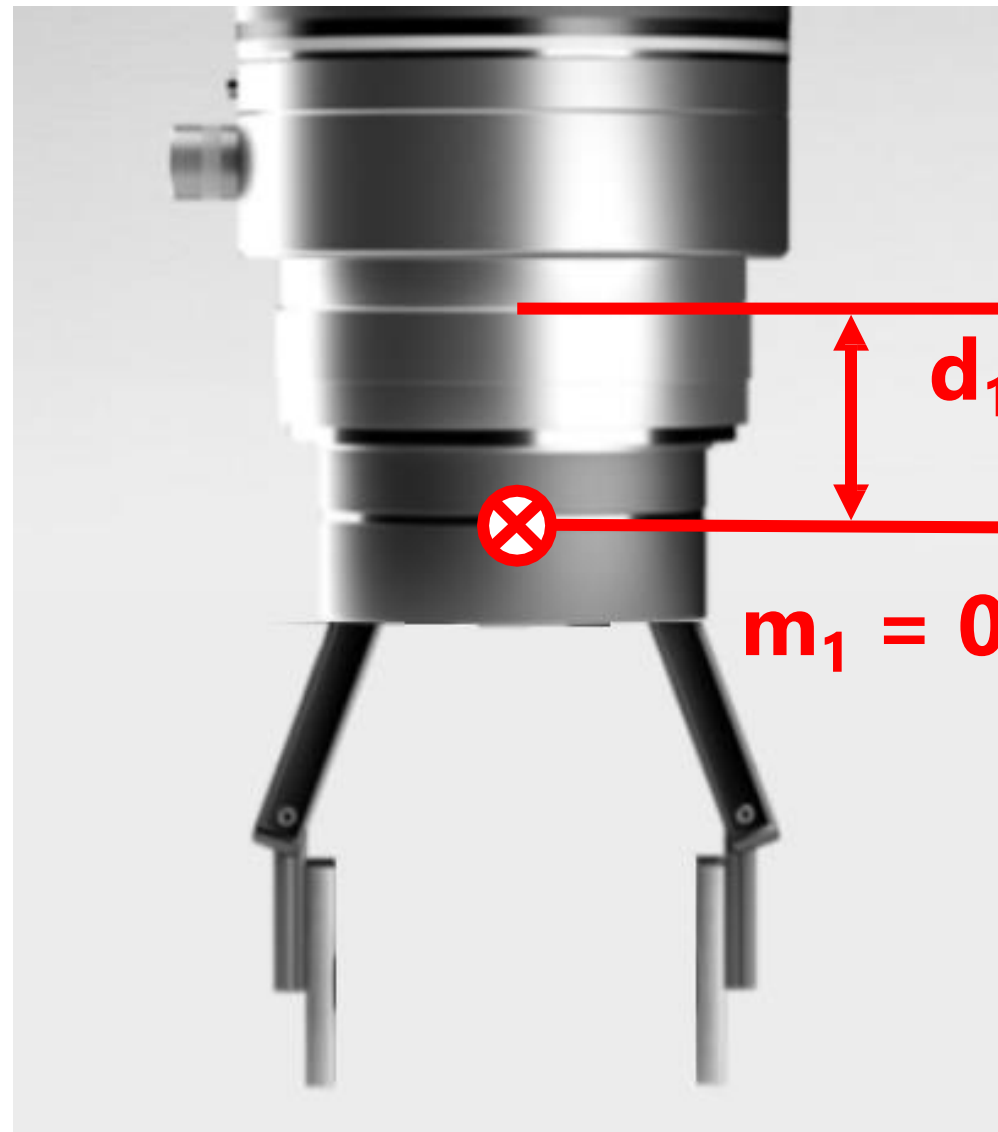
# 有効荷重構成(CBシリーズ)

- **変数の定義 :**
  - empty\_mass = 0.8
  - empty\_cog = [0,0,0.052]
  - gripping\_mass = 2.15 (0.8kg + 1.35kg)
  - gripping\_cog = [0,0,0.132]
- **製品のピックアップ時 :**
  - set\_payload(gripping\_mass,gripping\_cog)
- **製品のリリース時 :**
  - set\_payload(empty\_mass, empty\_cog)



# 有効荷重構成(Eシリーズ)

- CBシリーズと同じ例：質量と重心を追加し、ペイロードに名前を付けます  
(オプションで、ユーザーは「今すぐ設定」をクリックしてアクティブなペイロードとして設定できます)



荷重設定

質量 0.800 kg

重心

CX	0.00 mm
CY	0.00 mm
CZ	52.00 mm

慣性 (kg m<sup>2</sup>)

カスタム慣性マトリクスを使用

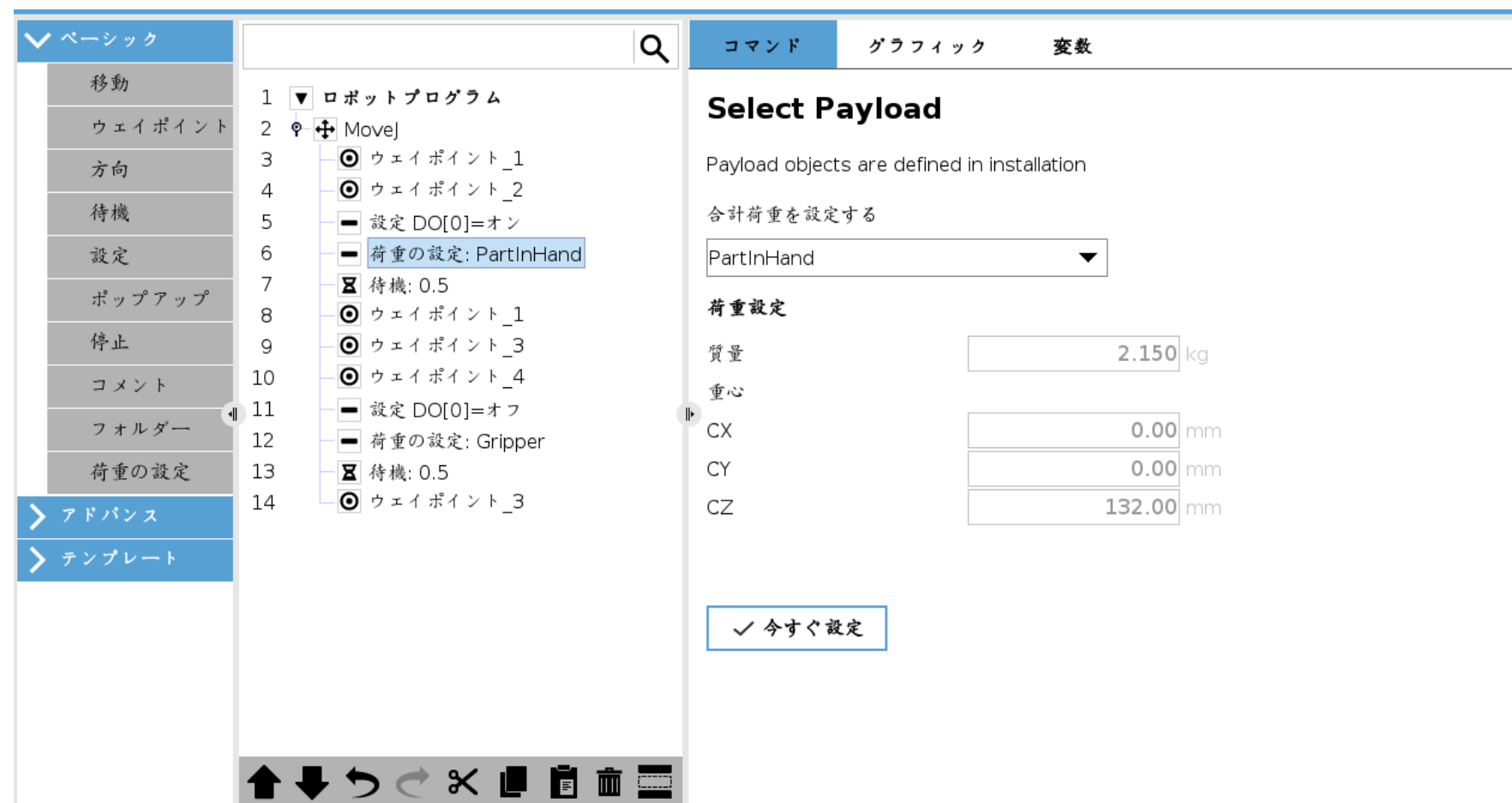
	X	Y	Z
X	0.001061	0.000000	0.000000
Y	0.000000	0.001061	0.000000
Z	0.000000	0.000000	0.001061

NOTE: Polyscope 5.10以降が必要

ツールフランジ

# 有効荷重構成(Eシリーズ)

- ユーザーは、CBシリーズの例で行われたのと同じ計算に基づいて、追加のペイロード（この場合は“PartInHand”という名前）を作成する必要があります
- Polyscope 5.10以降では、すべての荷重と重心情報が、[設置設定]タブで構成された後、[ベーシック]タブの下部にある[荷重の設定]コマンドで処理されるため、追加のスクリプトコマンドは必要ありません。



# 荷重の推定(Eシリーズ)

- Eシリーズロボットでは、ウィザードを利用して、ロボットが内蔵のFTセンサーを利用してエンドエフェクタの荷重と重心を推定できます。
- 「設置設定」タブで、「全般」->「荷重設定」にナビゲートし、「計測」アイコンをクリックします。
- ウィザードの手順に従い、ロボットに3つまたは4つの固有の位置を記録します。
- 完了すると、ロボットは推定荷重と重心を提供します。必要に応じて重心値を調整します。

荷重設定

質量 0.800 kg

重心

CX 0.00 mm

CY 0.00 mm

CZ 52.00 mm

計測

慣性 (kg m<sup>2</sup>)

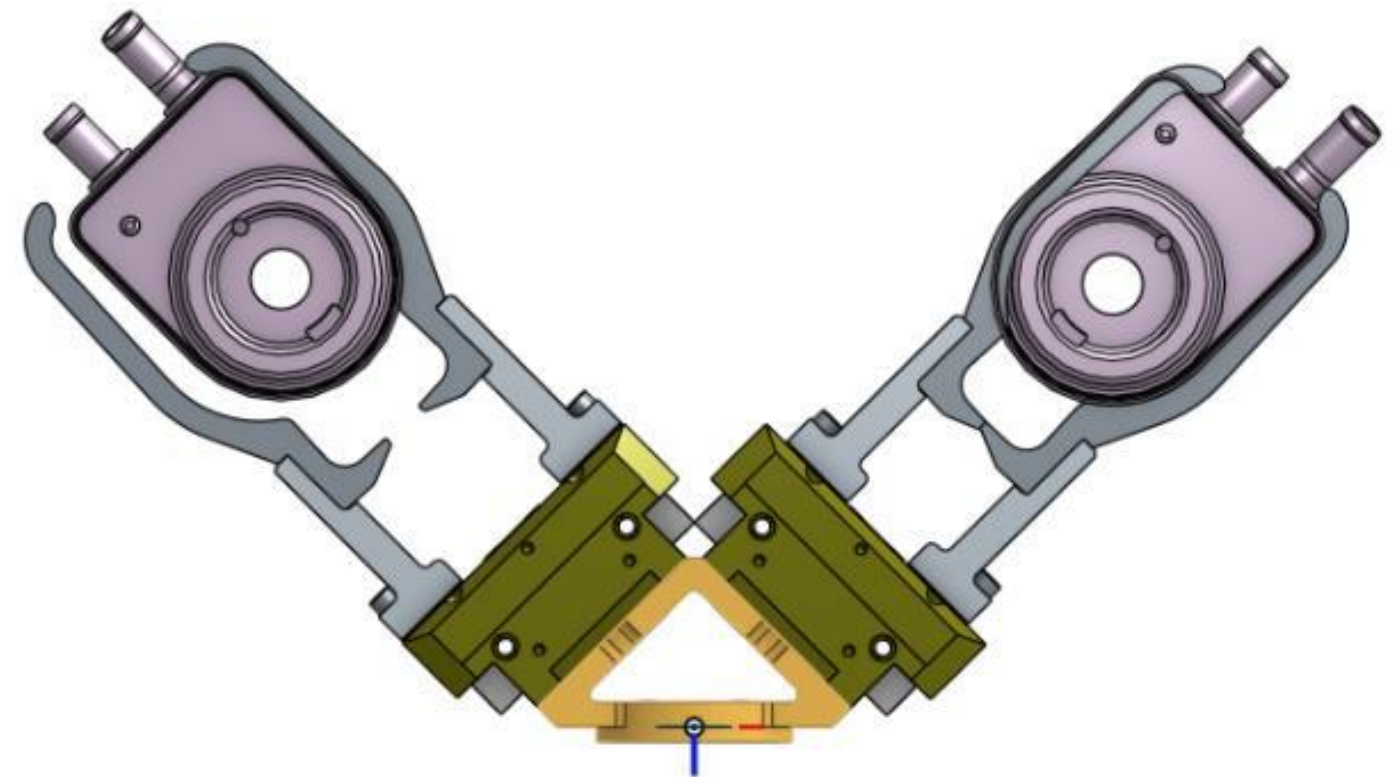
カスタム慣性マトリクスを使用

	X	Y	Z
X	0.001061	0.000000	0.000000
Y	0.000000	0.001061	0.000000
Z	0.000000	0.000000	0.001061

**i** CoGを原点とし、ツールフランジ軸に一致する軸によって与えられる慣性。

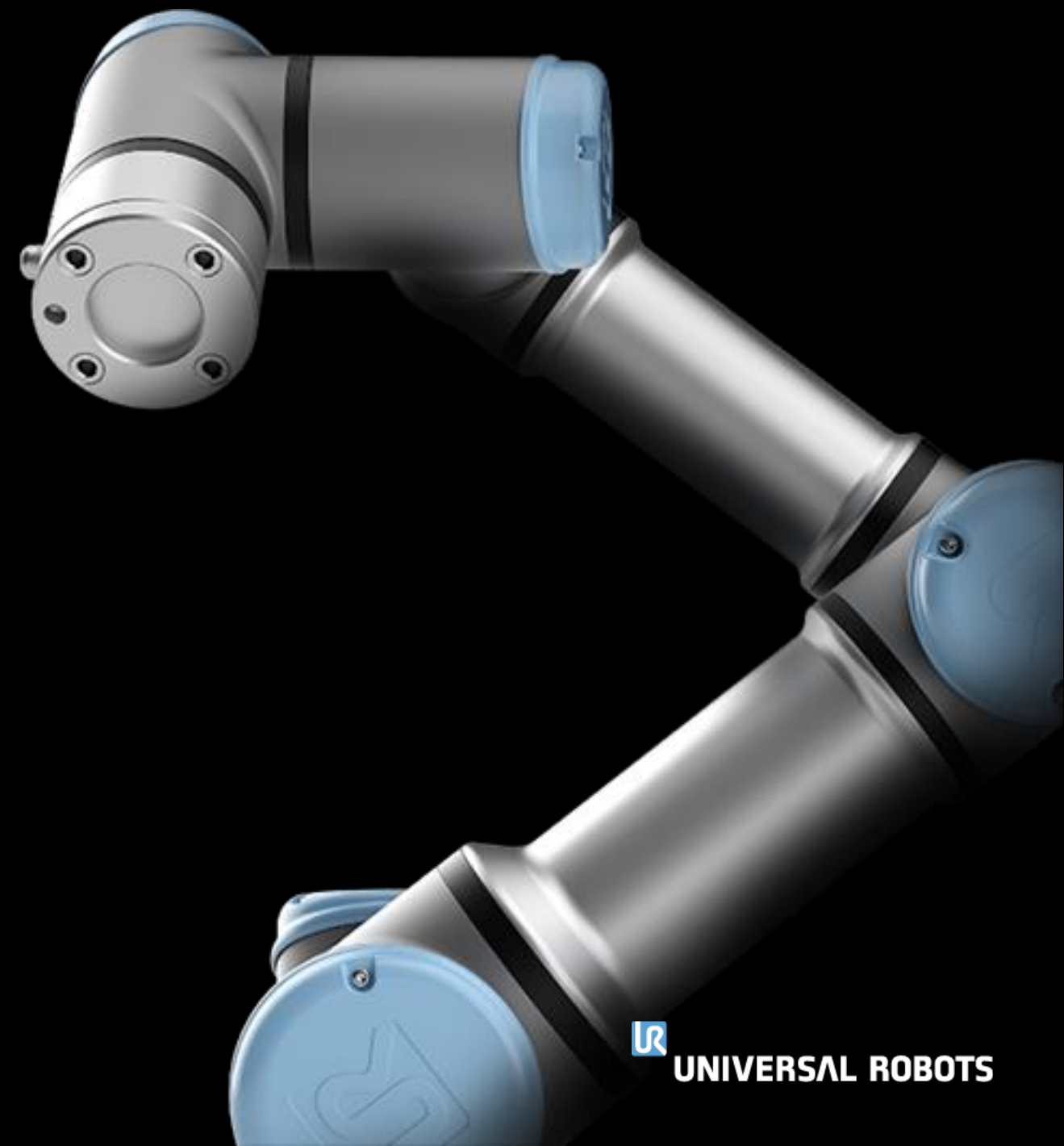
# 有効荷重構成

- ロボット上で複数のグリッパーを同時に使用する場合、有効荷重と重心を正確に設定することがより重要になります。
- より複雑な有効荷重オフセットの場合も、先のスライドで紹介した方法を使用して、各軸のオフセットを計算可能です。
- SolidworksなどのCADパッケージを使用して、異なる有効荷重を有するエンドエフェクタ全体の質量中心を決めることができます。この方法は、すべてのモデルデータが利用可能な場合に便利なアプローチです。



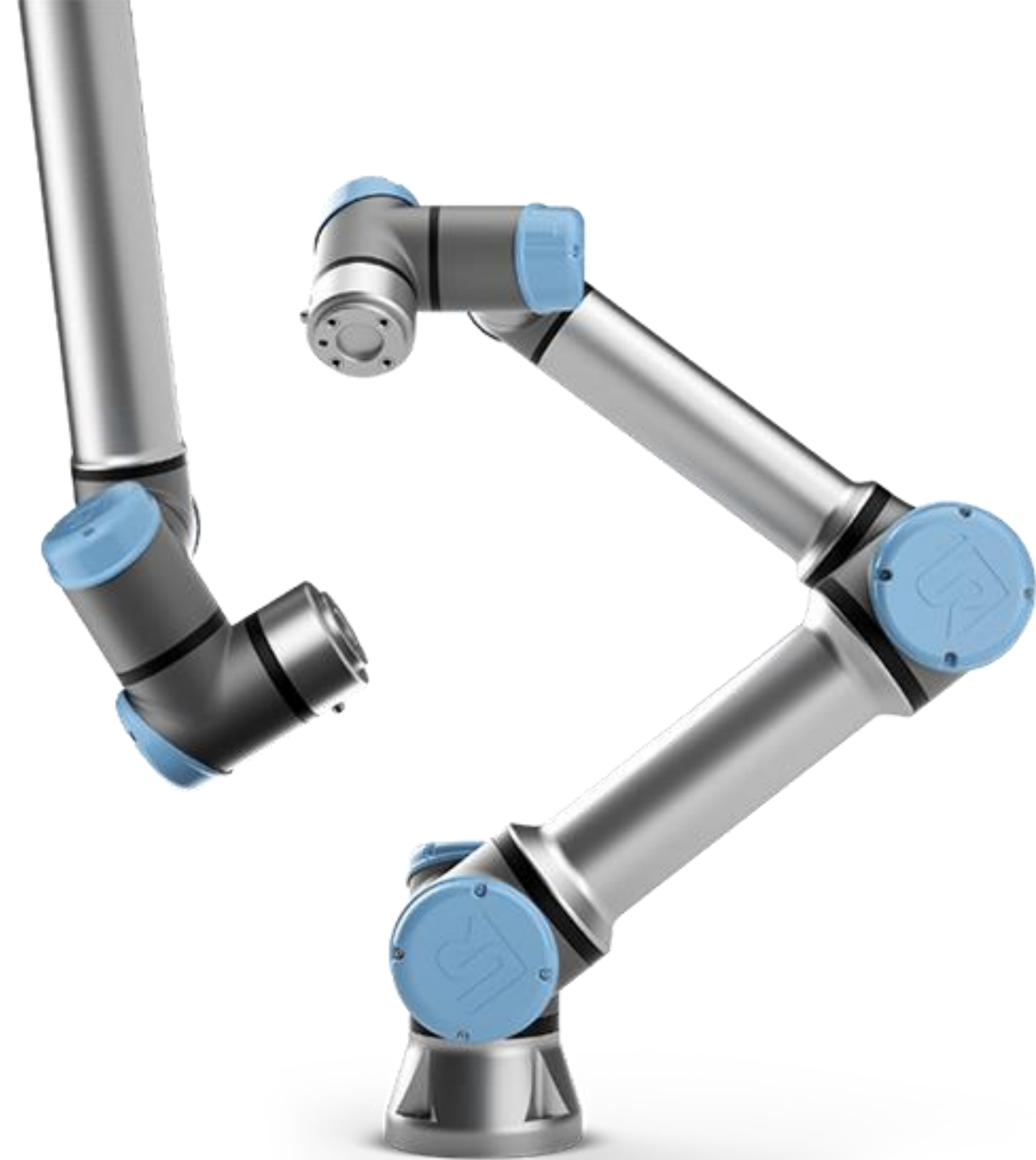
# モーションプログラミング

## ブレンド半径



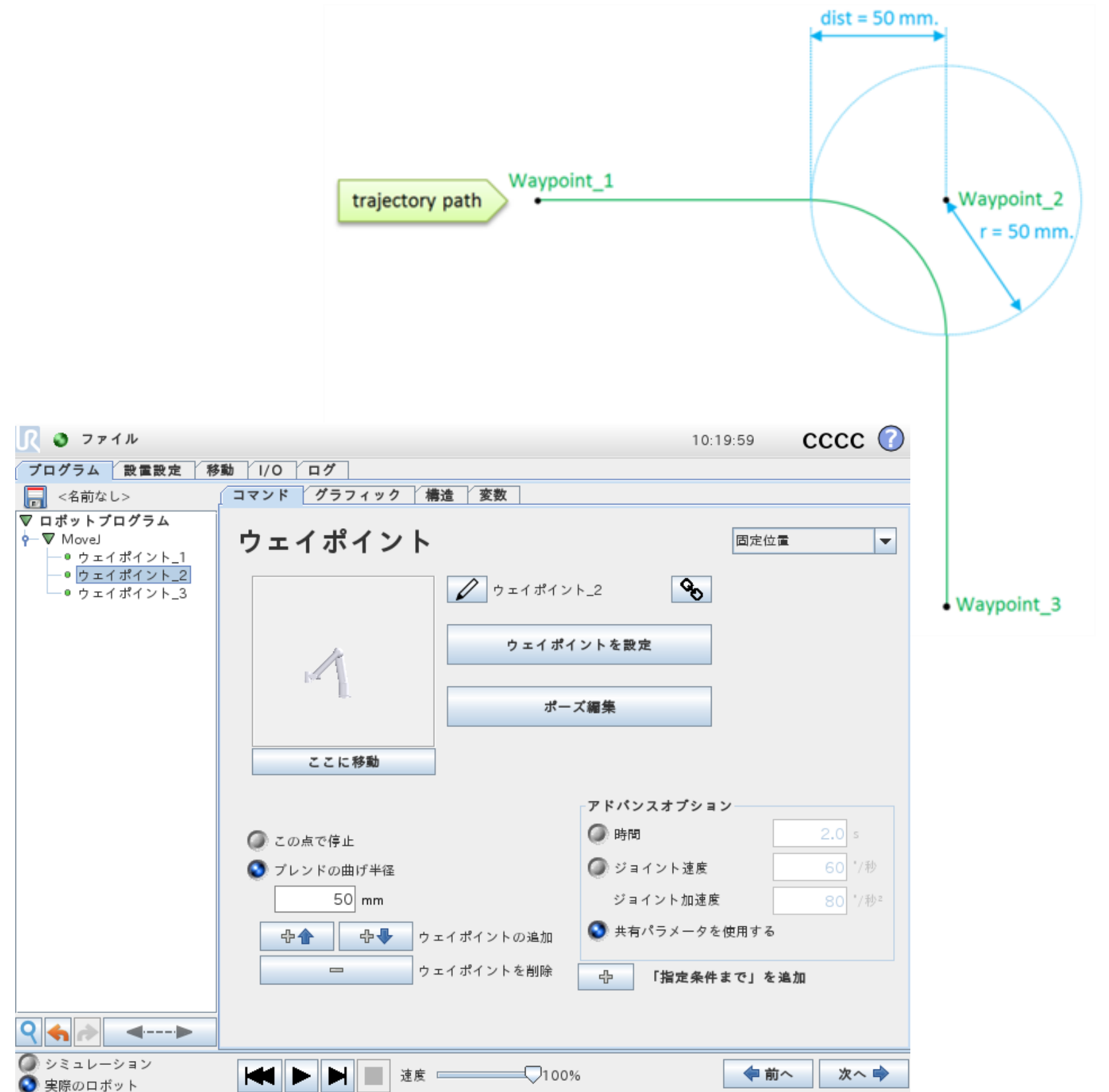
# ブレンド半径

- ブレンド半径は、一時停止する必要のないウェイポイントを迂回し、ロボットがより効率的に移動することを可能にします。
- 通常、ロボットはウェイポイントで完全停止するまで減速し、その後再び加速します。ブレンド半径を適用するとロボットが停止せずにウェイポイントを通過するため、時間の節約になります。
- これにより、速度や加速度の値を増やすことなくサイクルタイムを減らすことが可能となります。
- 速度または加速度を増加させる前に、すべての経路をブレンド半径で最適化することを推奨します。



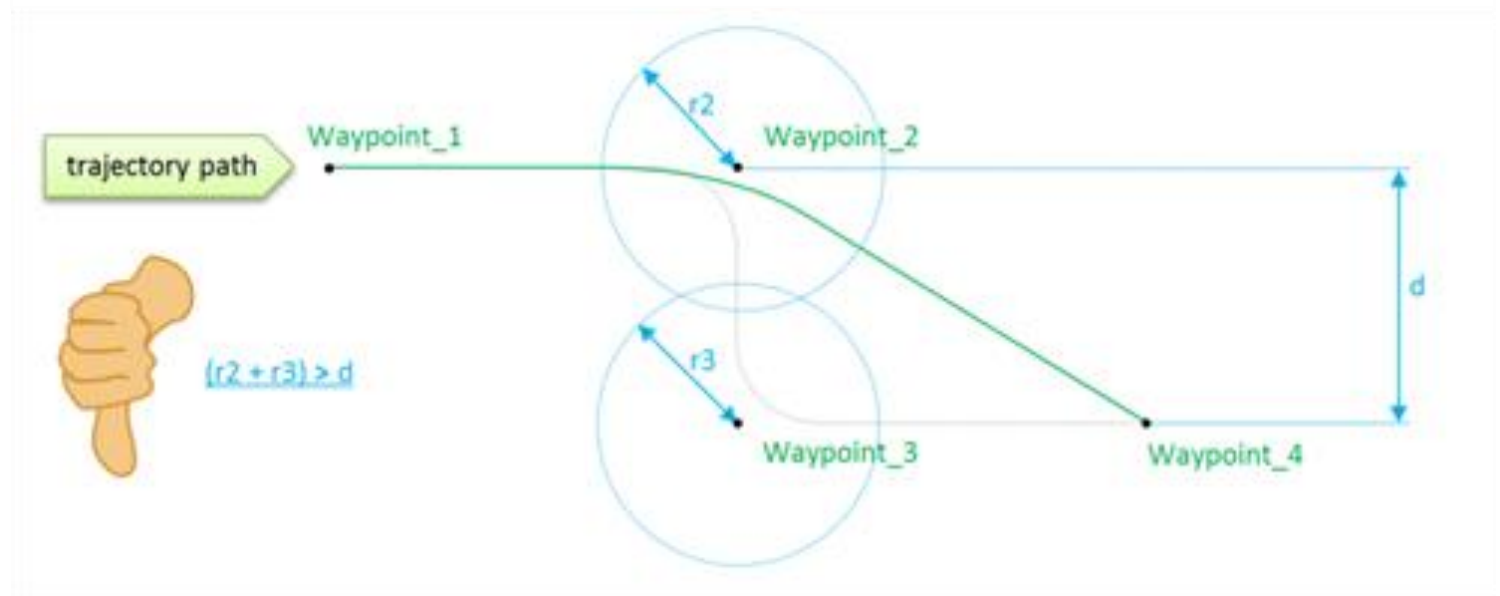
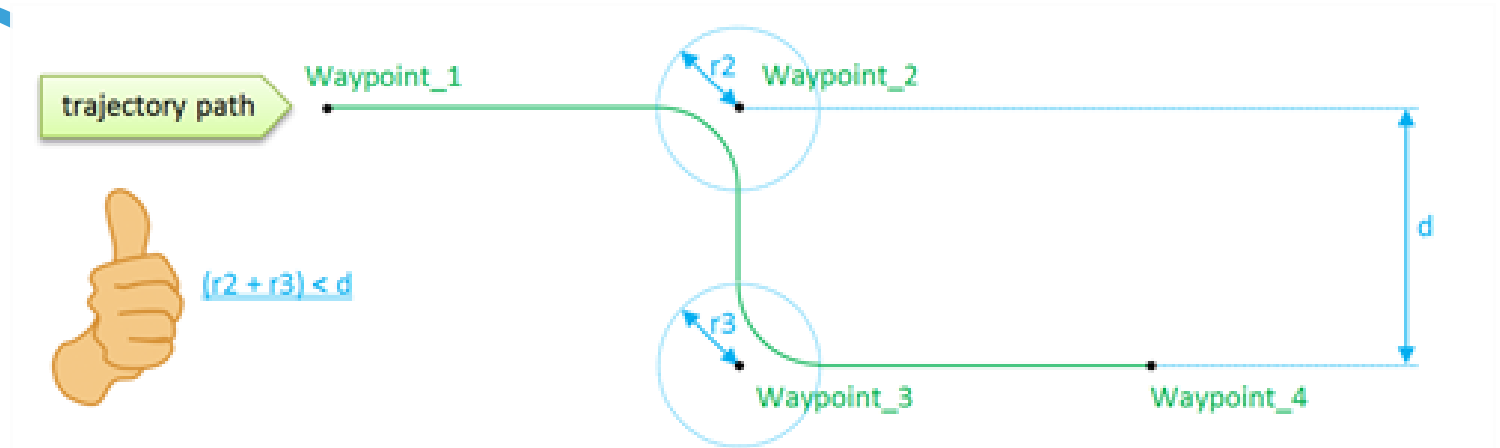
# ブレンド半径

- 経路を最適化するために、ブレンド半径をMoveLまたはMoveJに追加することができます。
- より小さい値を使うと、ロボットがウェイポイントに近づくようになり、より大きな値と使うと、経路がより円滑になります（最小ブレンドサイズは通常15mm以上を推奨）。
- MovePは、ブレンドを使用して一定の速度を維持します。これはディスプレイニングなどのプロセスアプリケーションで有用です。一定の速度が必要でない場合は、MovePは使用しないでください。



# オーバーラップブレンド

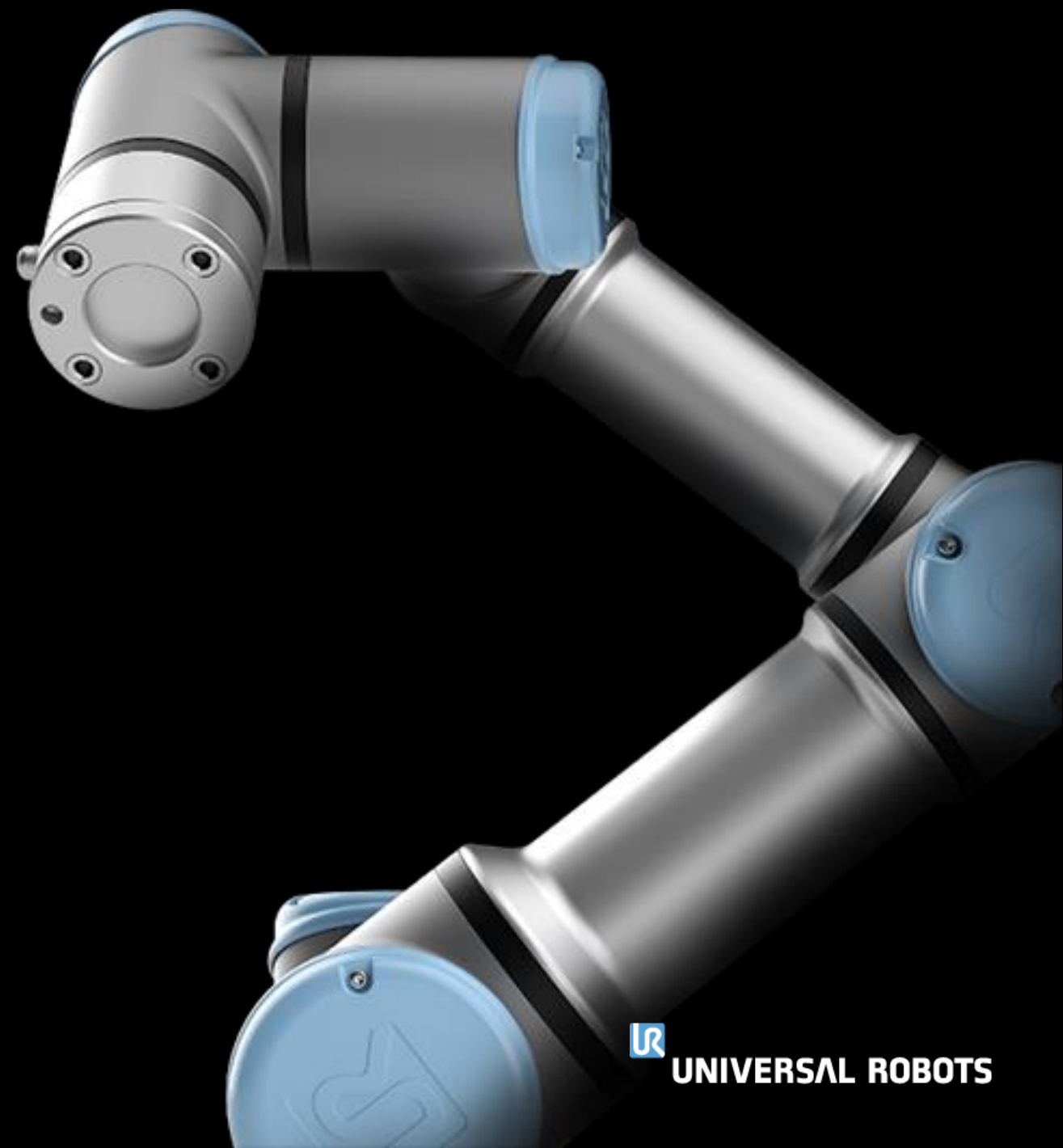
- ブレンドは、重複しないように十分に離れていなければなりません。
- オーバーラップブレンドは、ウェイポイントをスキップして、意図しないロボットの動作経路をもたらします。
- ポリスコープは、オーバーラップにつながるブレンド値を入力することを一般的には許可しませんが、特定の状況では入力が可能です。
- ログファイルにオーバーラップブレンド警告がある場合は、ブレンド半径を減らす必要があります。



2019-07-29	20:07:45.728	RTMachine	C171A4:6	-	⚠	Overlapping Blends in a Move!, a wayp
2019-07-29	20:07:56.584	RTMachine	C171A4:6	-	⚠	Overlapping Blends in a Move!, a wayp
2019-07-29	20:09:22.248	RTMachine	C171A4:6	-	⚠	Overlapping Blends in a Move!, a wayp
2019-07-29	20:10:35.552	RTMachine	C171A4:6	-	⚠	Overlapping Blends in a Move!, a wayp
2019-07-29	20:11:12.688	RTMachine	C171A4:6	-	⚠	Overlapping Blends in a Move!, a wayp
2019-07-29	20:11:23.544	RTMachine	C171A4:6	-	⚠	Overlapping Blends in a Move!, a wayp
2019-07-29	20:12:49.272	RTMachine	C171A4:6	-	⚠	Overlapping Blends in a Move!, a wayp
2019-07-29	20:14:02.176	RTMachine	C171A4:6	-	⚠	Overlapping Blends in a Move!, a wayp

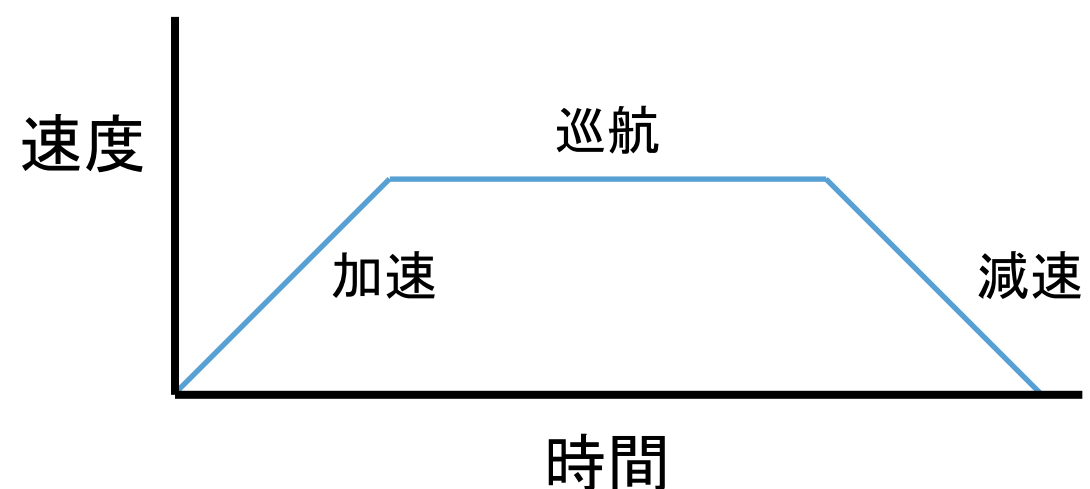
# モーションプログラミング

加速度値

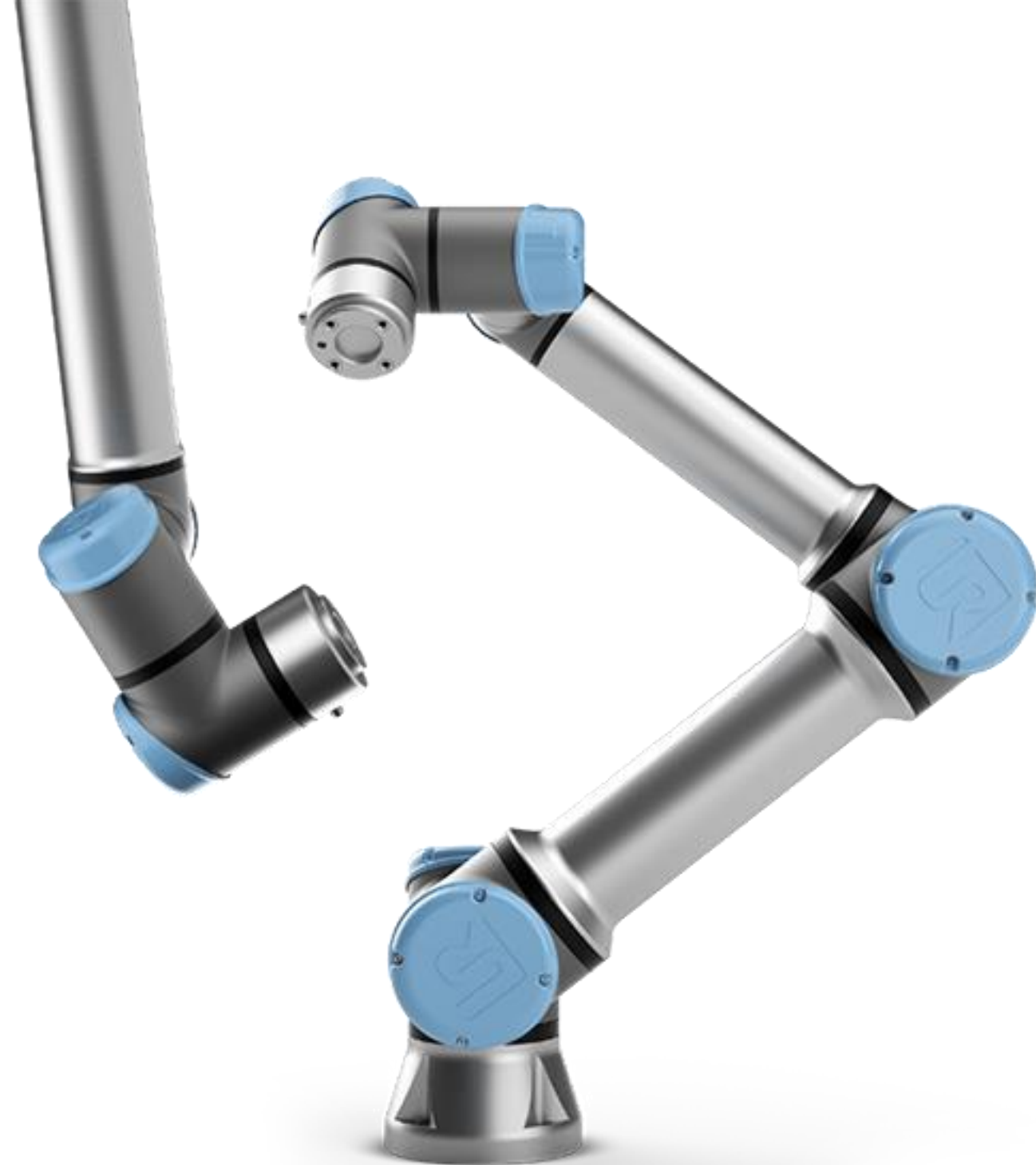


# 加速度の値

- ロボットがその移動の目標速度に到達する速度を、移動コマンドの加速度パラメータが決定します。

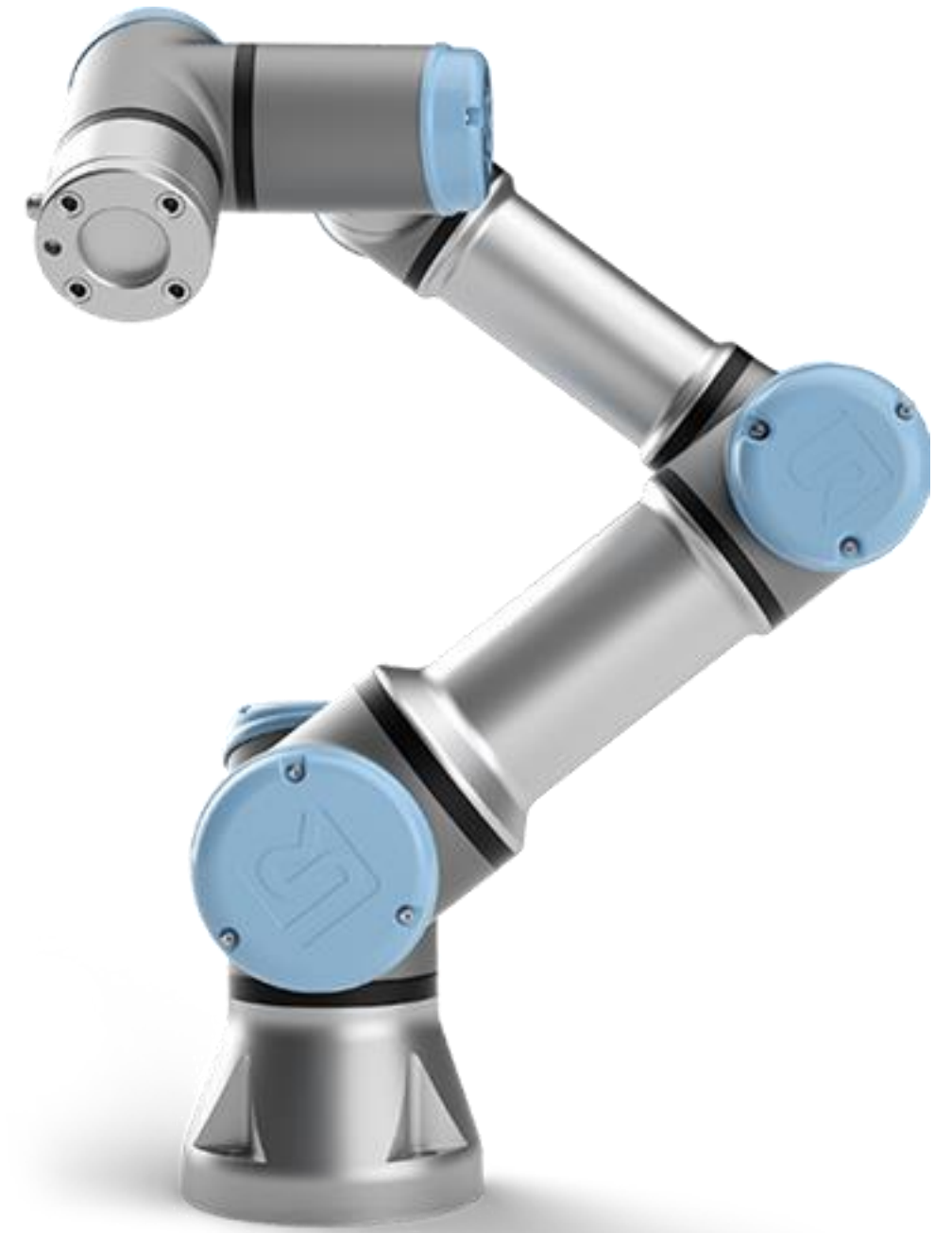


- 加速度値は、サイクルタイムの要求を達成しながらできるだけ低く設定する必要があります。



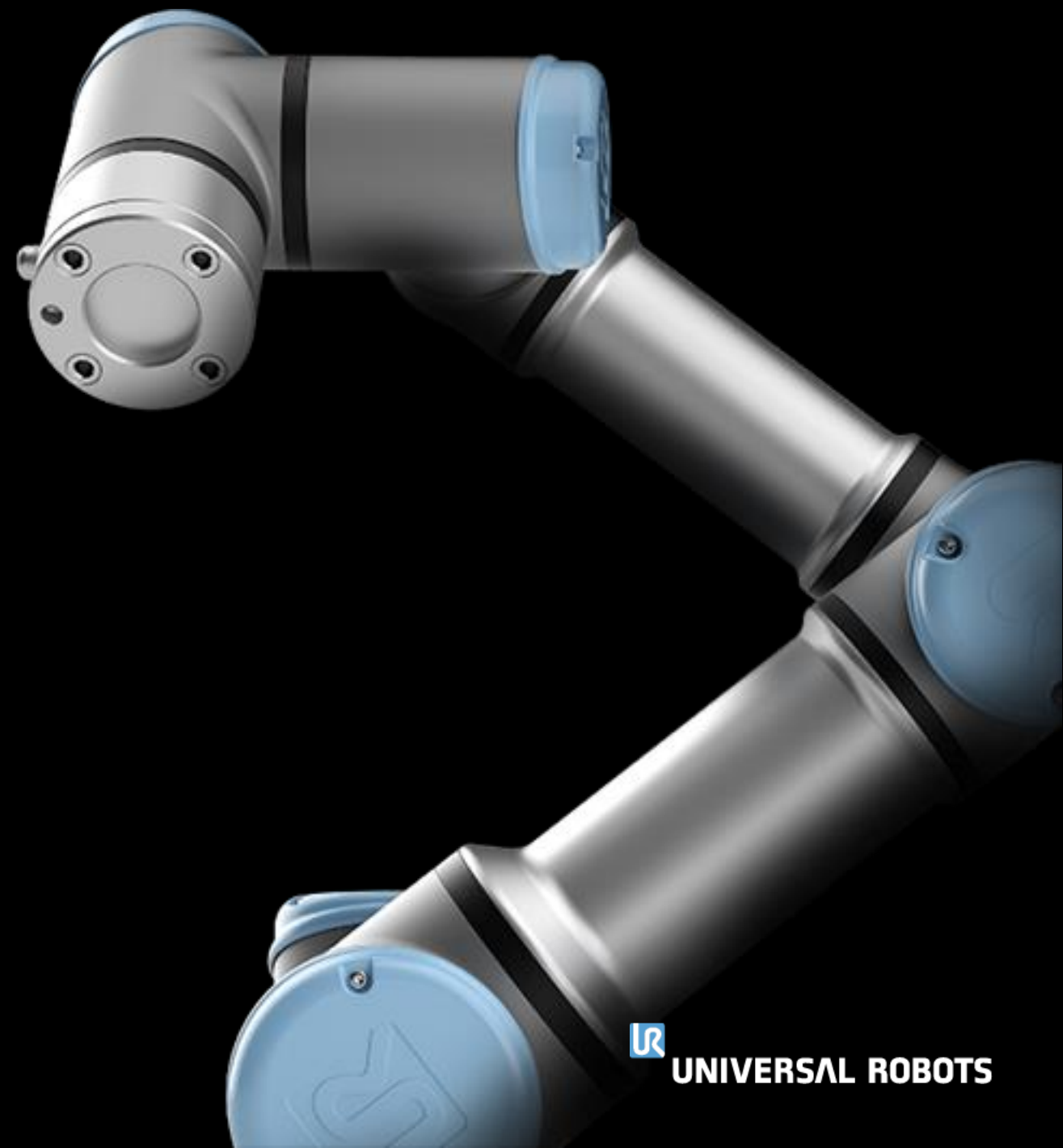
# 加速度の値

- サイクルタイムの要求を満たすためには、加速度を上げる前に、まずは経路やブレンド、および待機位置をすべて最適化することが有効です。
- より高い加速度は、より高いトルクを必要とし、したがって、ロボットジョイントのギアボックスにより大きな応力を与えます。
- 最大の推奨値は以下の通りです。
  - MoveJ:  $800^{\circ}/s^2$
  - MoveL:  $2500\text{mm}/s^2$
- これらの値を超えると、ロボット関節の寿命が短くなり、保証に影響を及ぼす可能性があります。



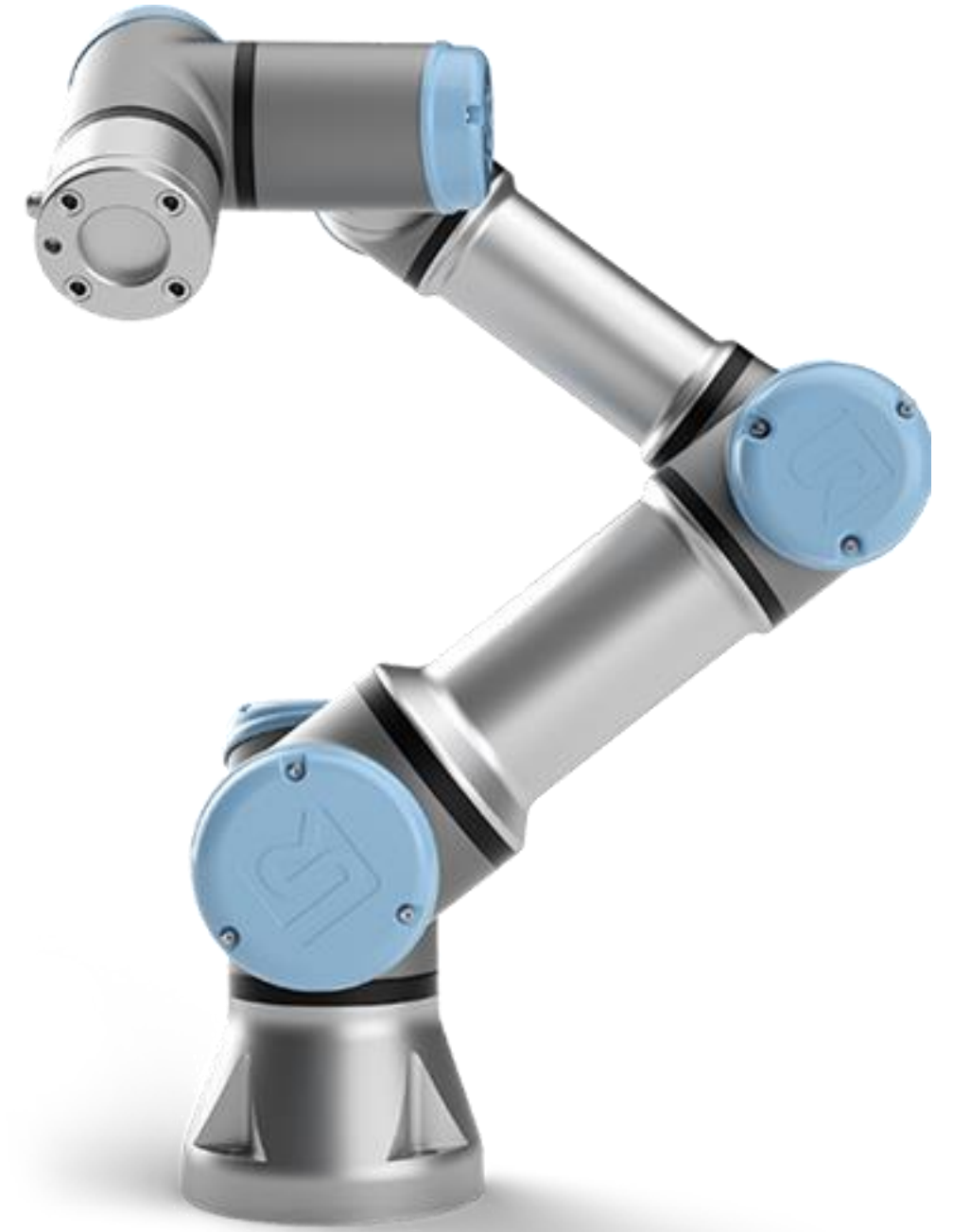
# モーションプログラミング

特異点

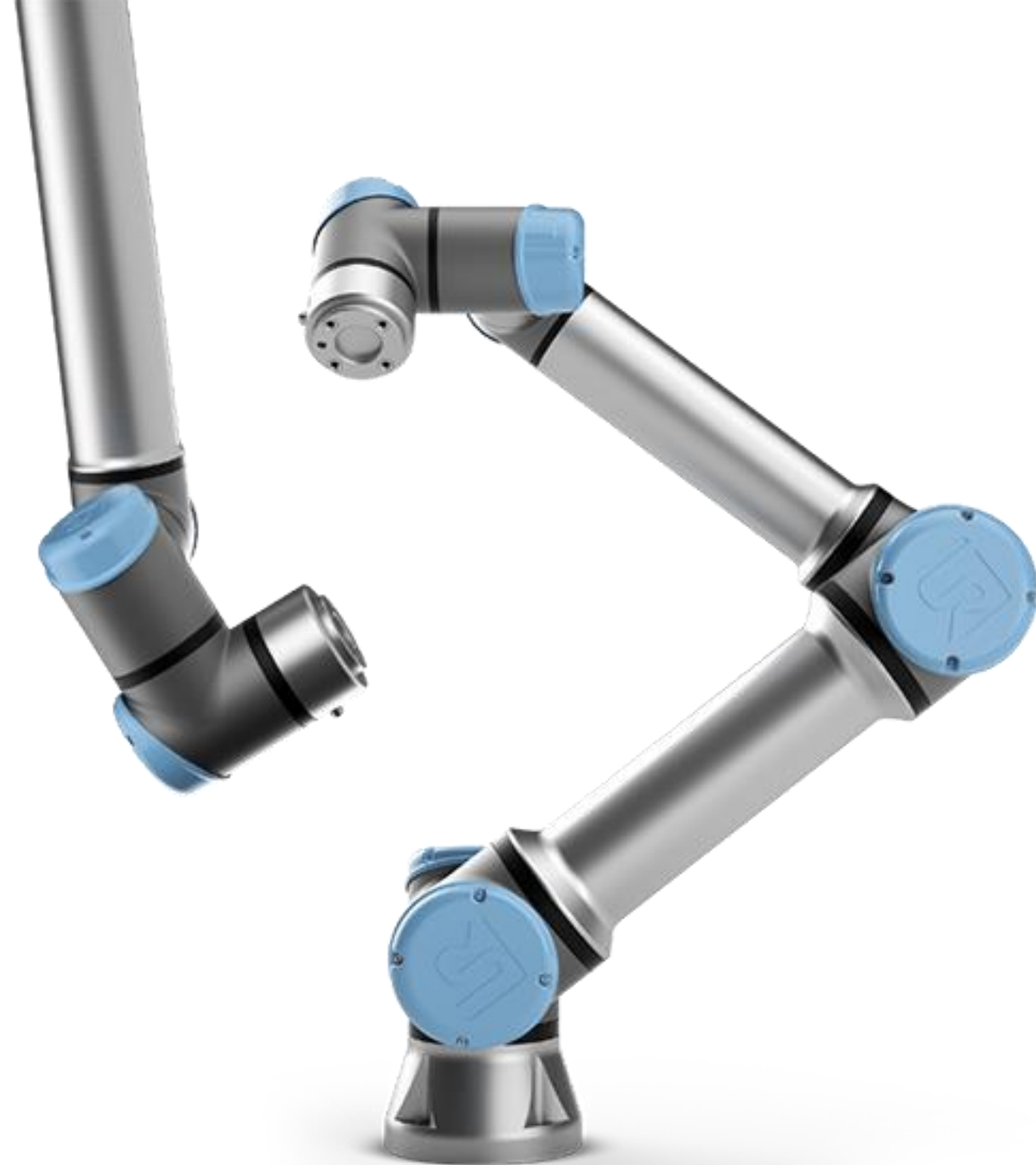
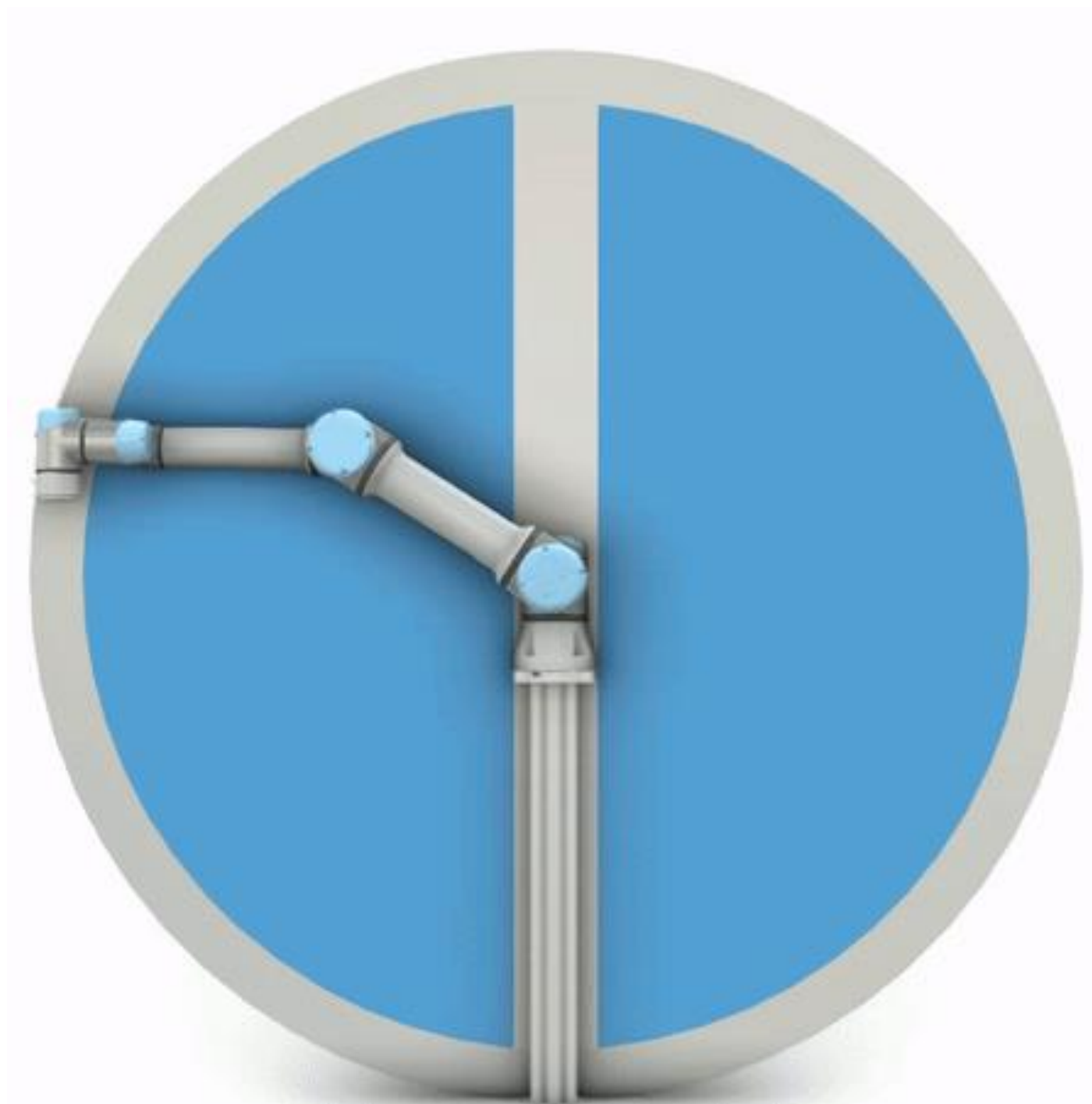


# 特異点

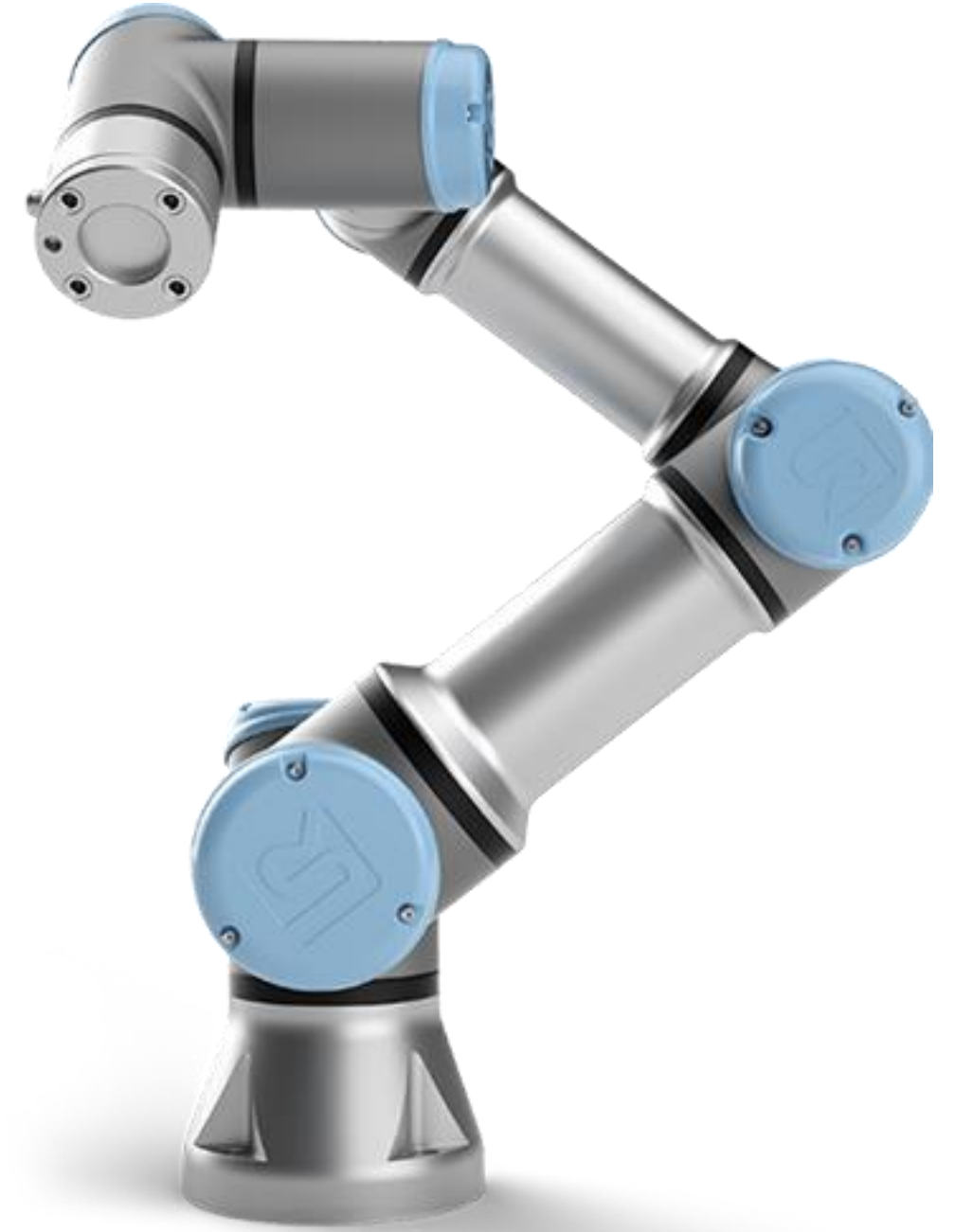
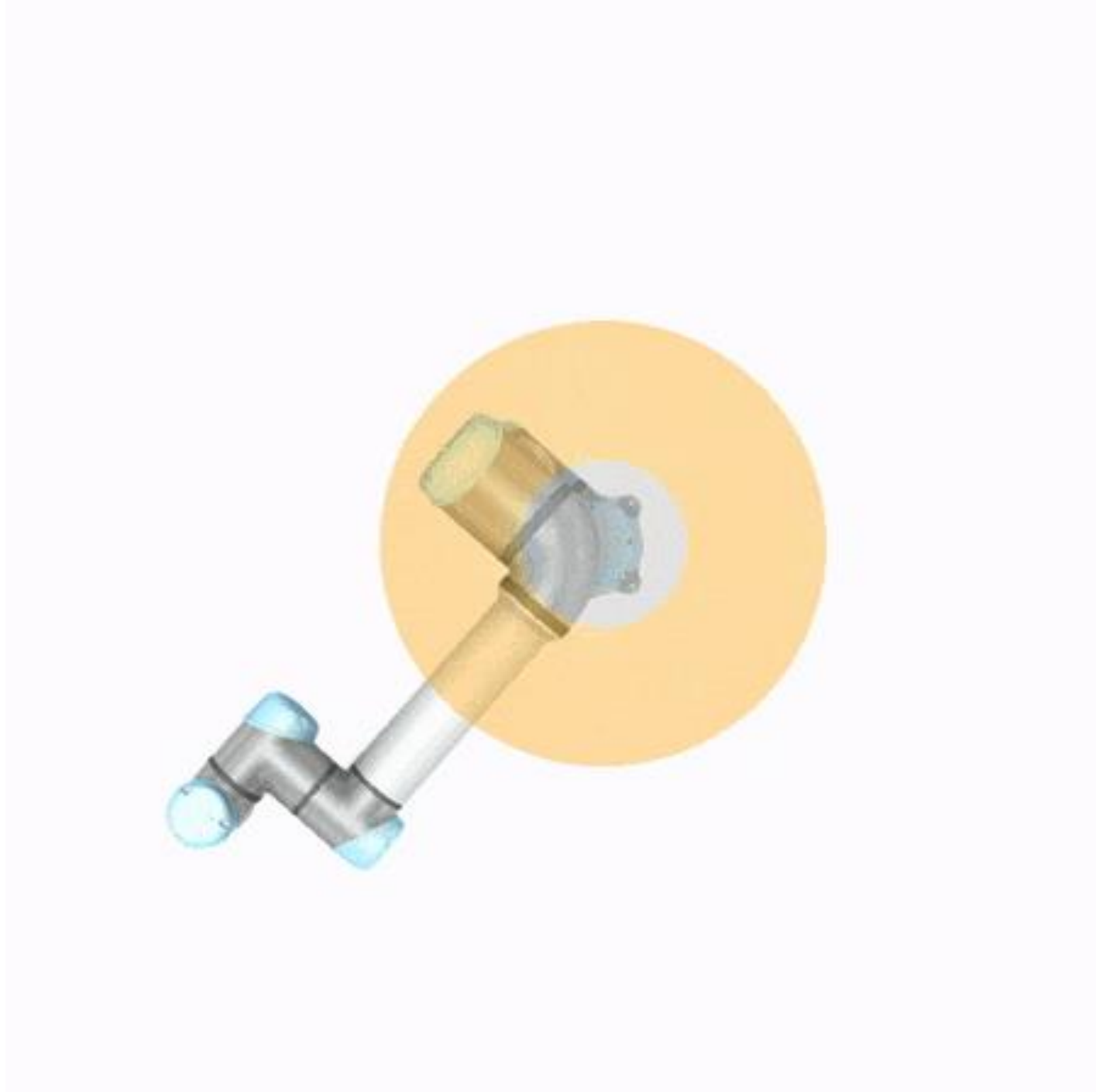
- 特異点とは、ロボットTCPを移動させる際に適切なジョイント位置または速度の組み合わせが見つからない場合のシナリオです。
- 次のスライドで説明するように、URロボットには3つの主な特異点条件があります。
- 特異点に近づきすぎると、きわめて高いジョイント速度と保護停止が予期せず発生する可能性があります。
- 急激な動きは周囲の人間に対するリスクやとジョイントのダメージにつながるため、特異点の近くを避けてロボットのプログラミングを行って下さい。



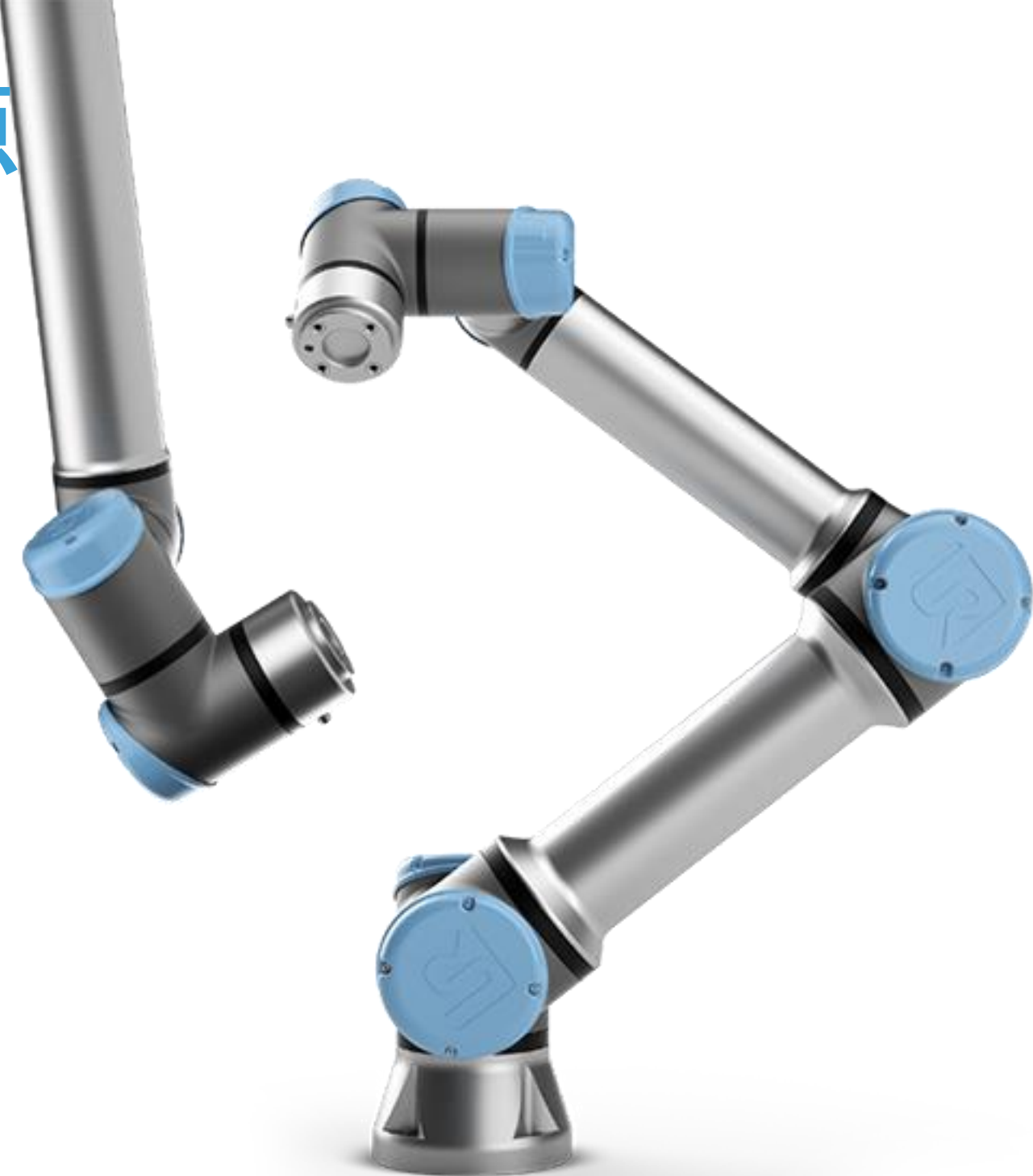
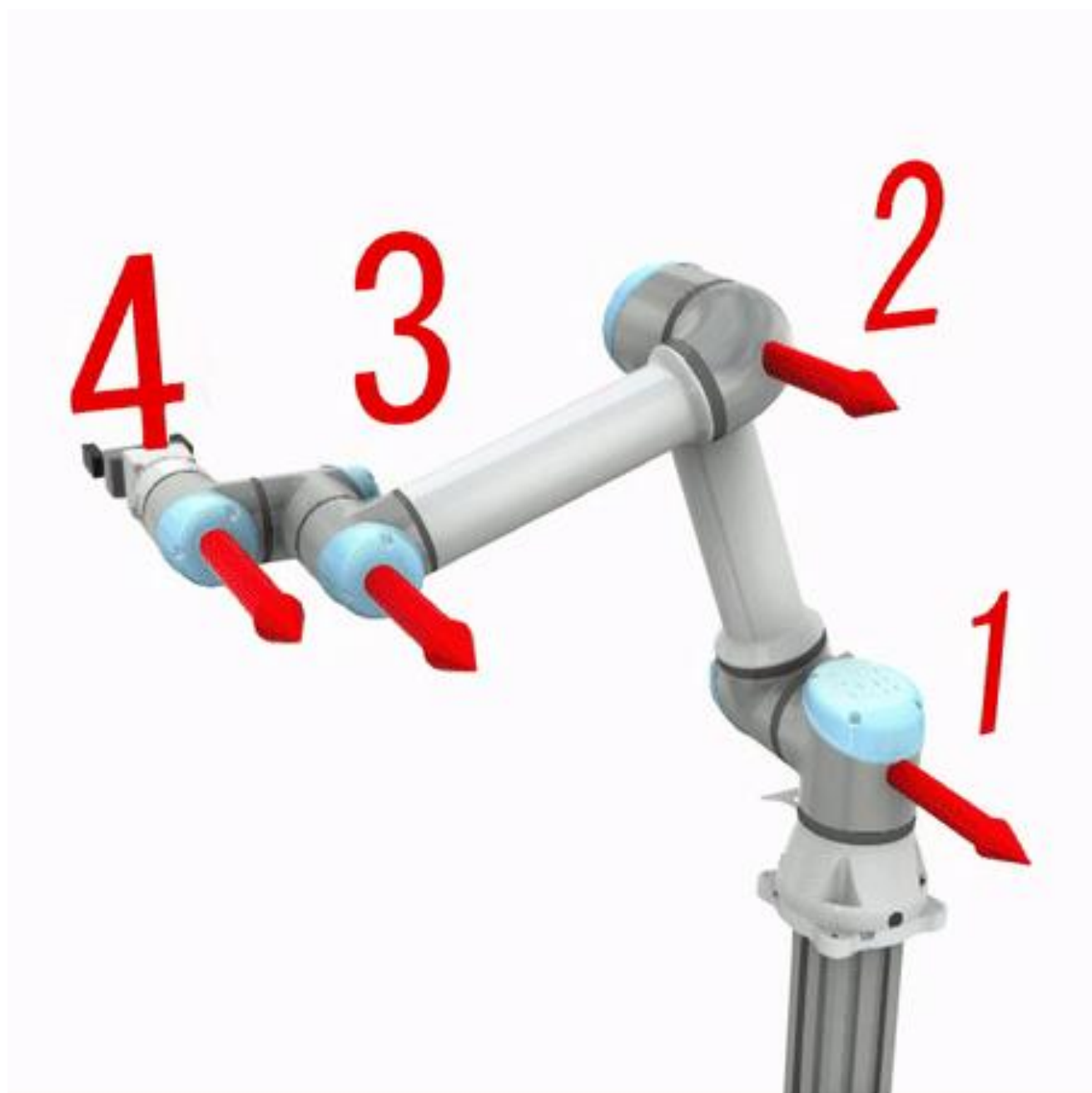
# 外部ワークスペース制限



# 内部ワークスペース制限

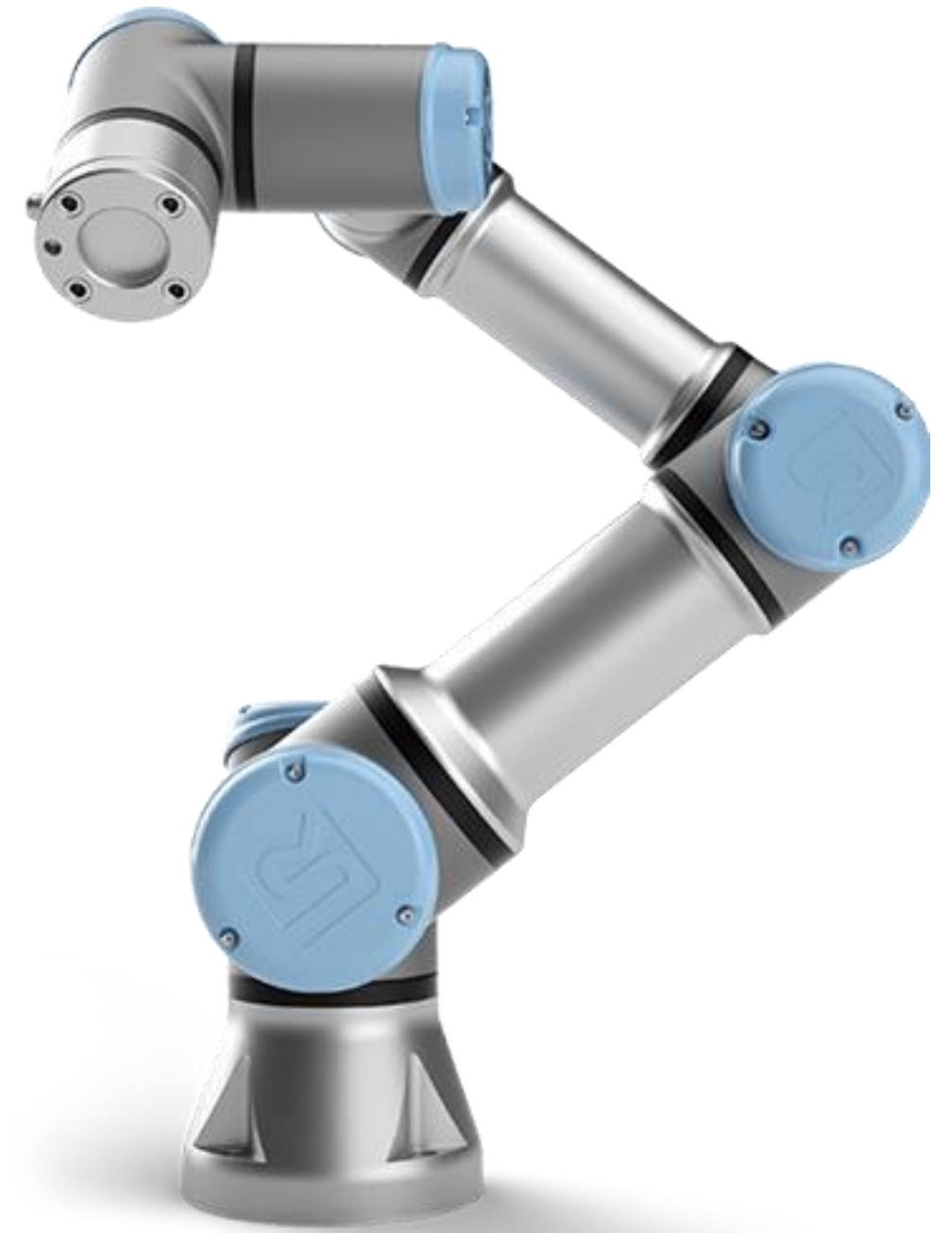


# 手首軸方向一致による特異点



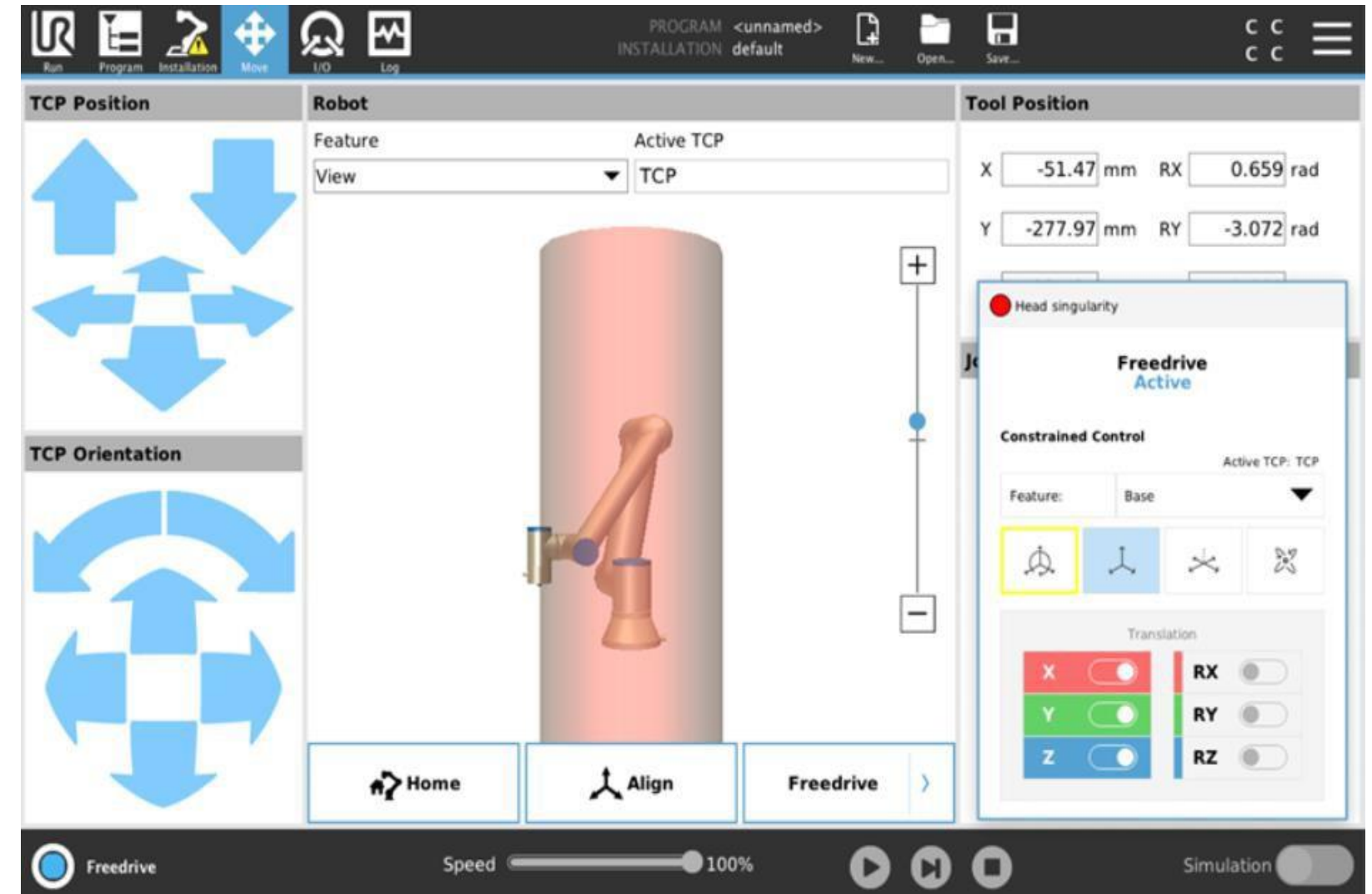
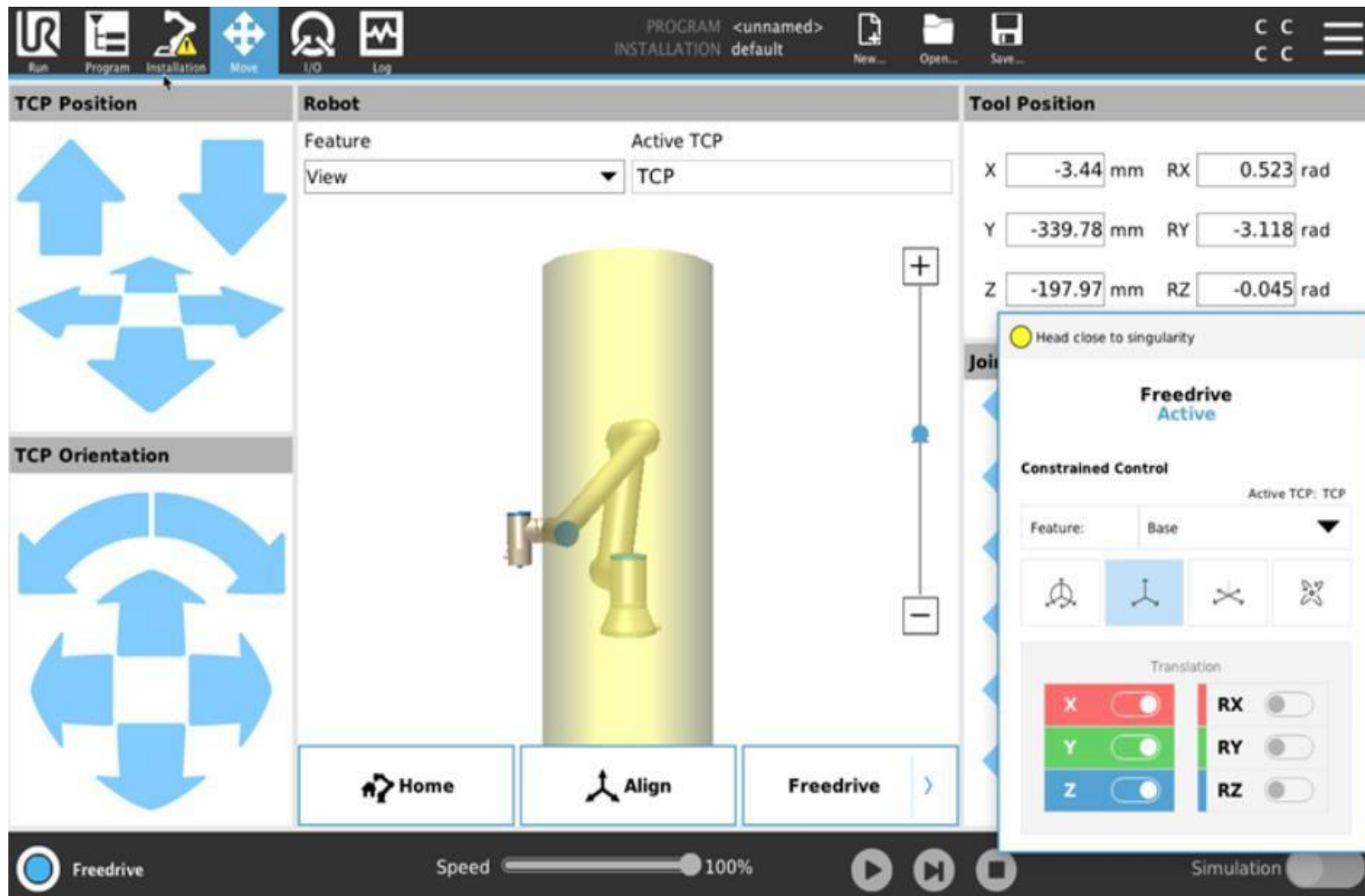
# 特異点

- 特異点がロボットの動きに影響を及ぼす場合、以下のいずれかで問題を解決することができます。
- 移動タイプをMoveLからMoveJに変更する
- ロボット台座や周囲の機器を移動し、特異点の発生するエリアでロボットが動作しないようにする
- ツールの方向または長さを変更して、所望のTCP位置に到達する際の関節の向きを変える



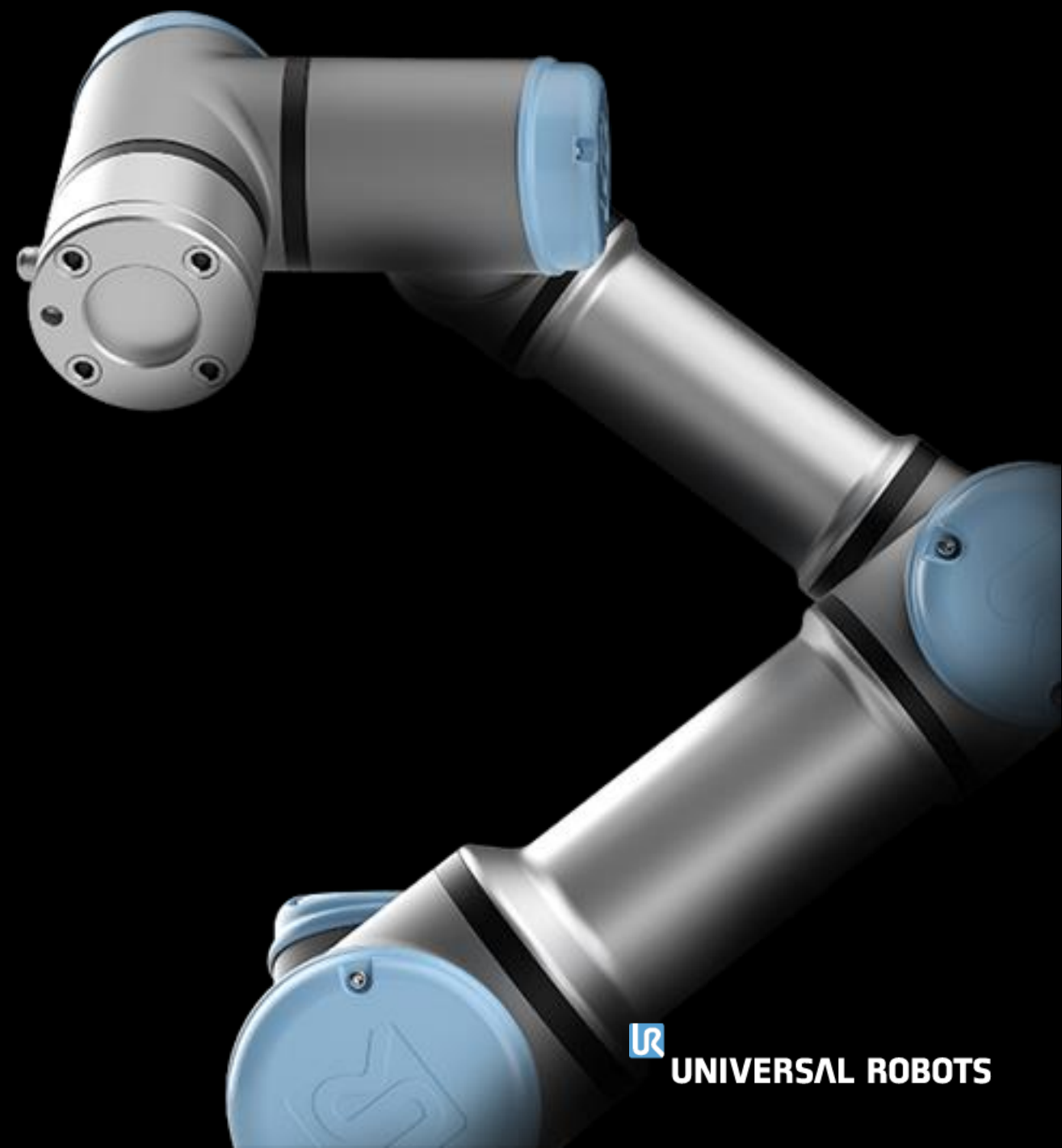
# 特異点(Eシリーズ)

- Polyscope 5.10以降では、[移動]タブでは、ロボットが特異点に接近しているとき、または特異点にあるときを示し、影響を受ける関節を強調表示します。



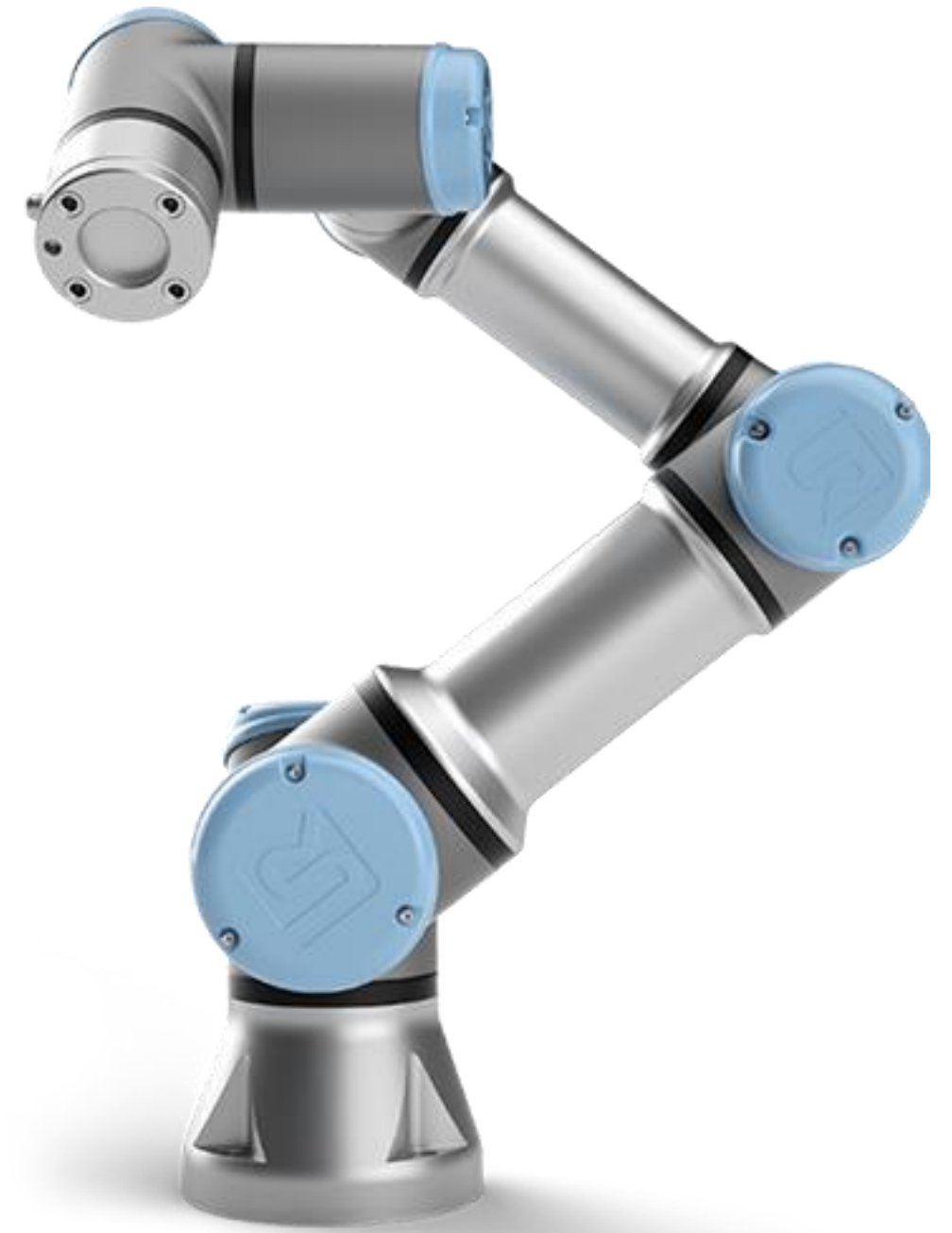
# モーションプログラミング

保護停止



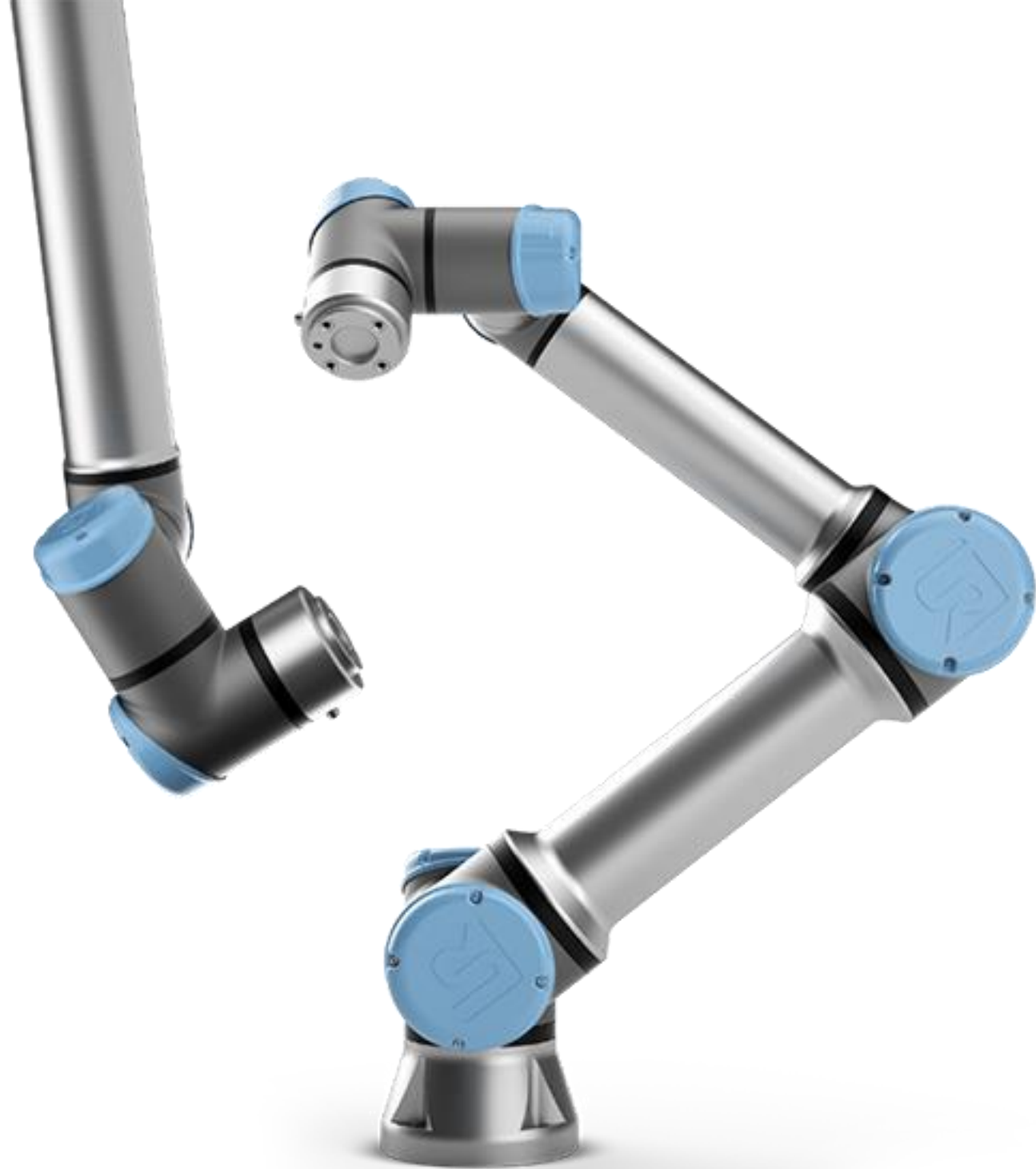
# 保護停止

- 保護停止警告メッセージは、ロボットが本来の経路に従って移動できないためプログラムが停止したことを示します。
- この機能はロボットが外部との衝突を検出した際に環境に与える力を制限するためのものであり、作業場所を共有する人間を保護します。
- ロボットを周囲環境との定期的な衝突から保護するためのものではありません。
- 正しく構成したアプリケーションでは、日々の操作においていかなる保護停止も生じません。



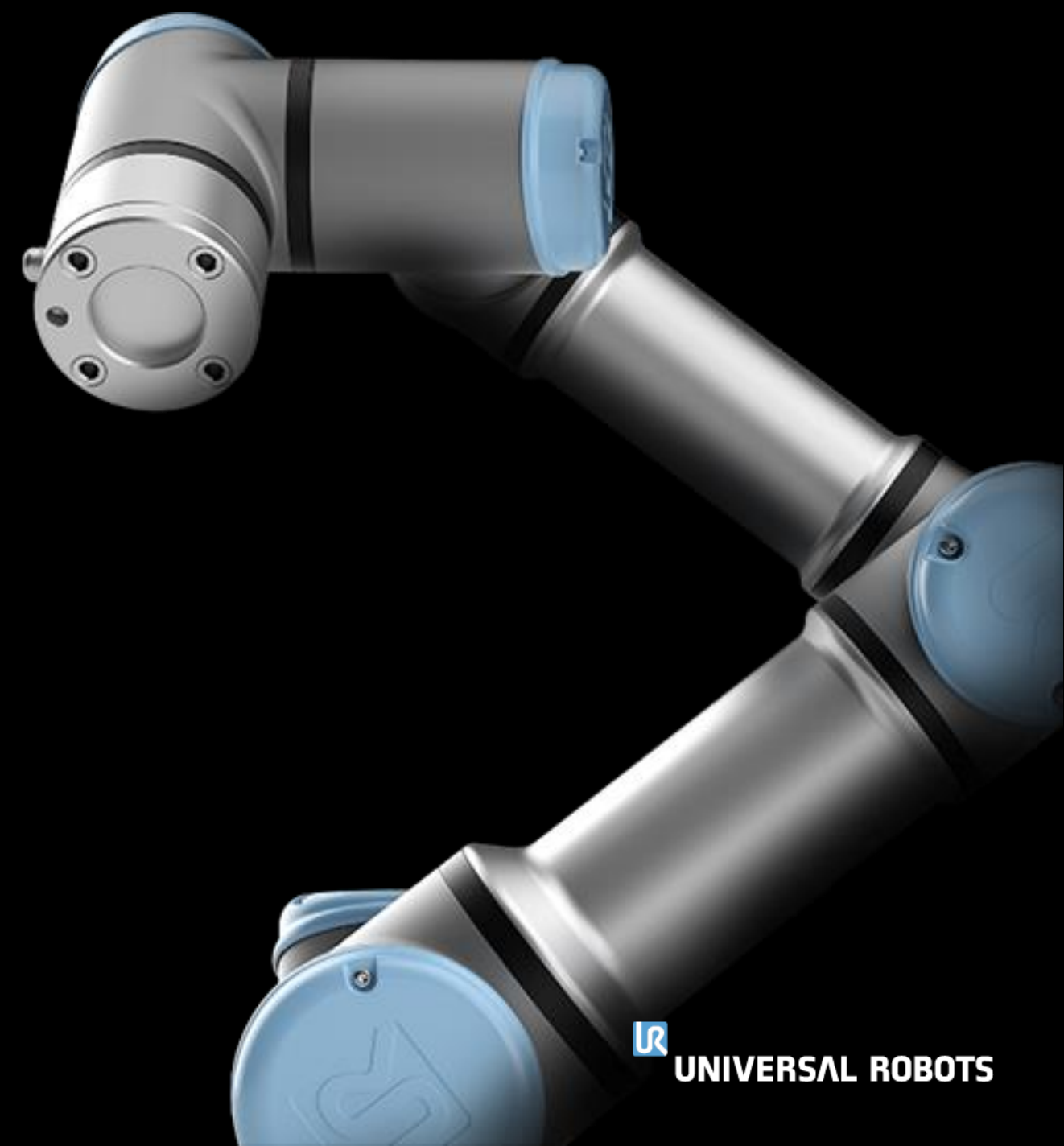
# 保護停止

- 保護停止は、以下のいずれかによって引き起こされる可能性があります。
- ロボットの有効荷重質量または重心の構成が正しくない場合
- ロボット関節のトルク発生能力を超える過度の加速度の場合
- ウェイポイントの設定ミスでロボットがワーク/治具と衝突する場合
- 保護停止が頻発するような場合は、ジョイントの故障を防ぐため、可及的速やかにプログラムの修正を行って下さい。



# 保守 & トラブルシューティング

推奨される検査



# 予防メンテナンス計画

- URサービスマニュアルには、システムの信頼性を確保するために定期的な実施を推奨する検査項目が記載されています。
- コントローラー：

以下のセクションをガイドとして使用してください：

3.2.2 機能および安全点検

3.2.3 目視点検

4.0.1 事前評価

4.2 コントロールボックス

			月 1 回	半年に 1 回	年 1 回
1	ティーチペンダントの非常停止を確認する	F	×		
2	バックドライブモードを確認する	F	×		
3	フリードライブモードを確認する	F		×	
4	安全入力および出力を確認する (接続されている場合)	F	×		
5	ティーチペンダントケーブルとコネクタを確認する	V		×	
6	コントロールボックスのエアフィルターを確認および洗浄する	V	×		
7	コントロールボックス内の端子を確認する	F		×	
8	コントロールボックスの電気接地 $1 < \Omega$ を確認する	F			×
9	コントロールボックスの主電源を確認する	F			×

V = 目視点検

F = 機能点検



# 予防メンテナンス計画

- ロボットアーム：

以下のセクションをガイドとして使用してください：

3.1.1 目視点検

4.0.1 事前評価

4.1 ロボットアーム

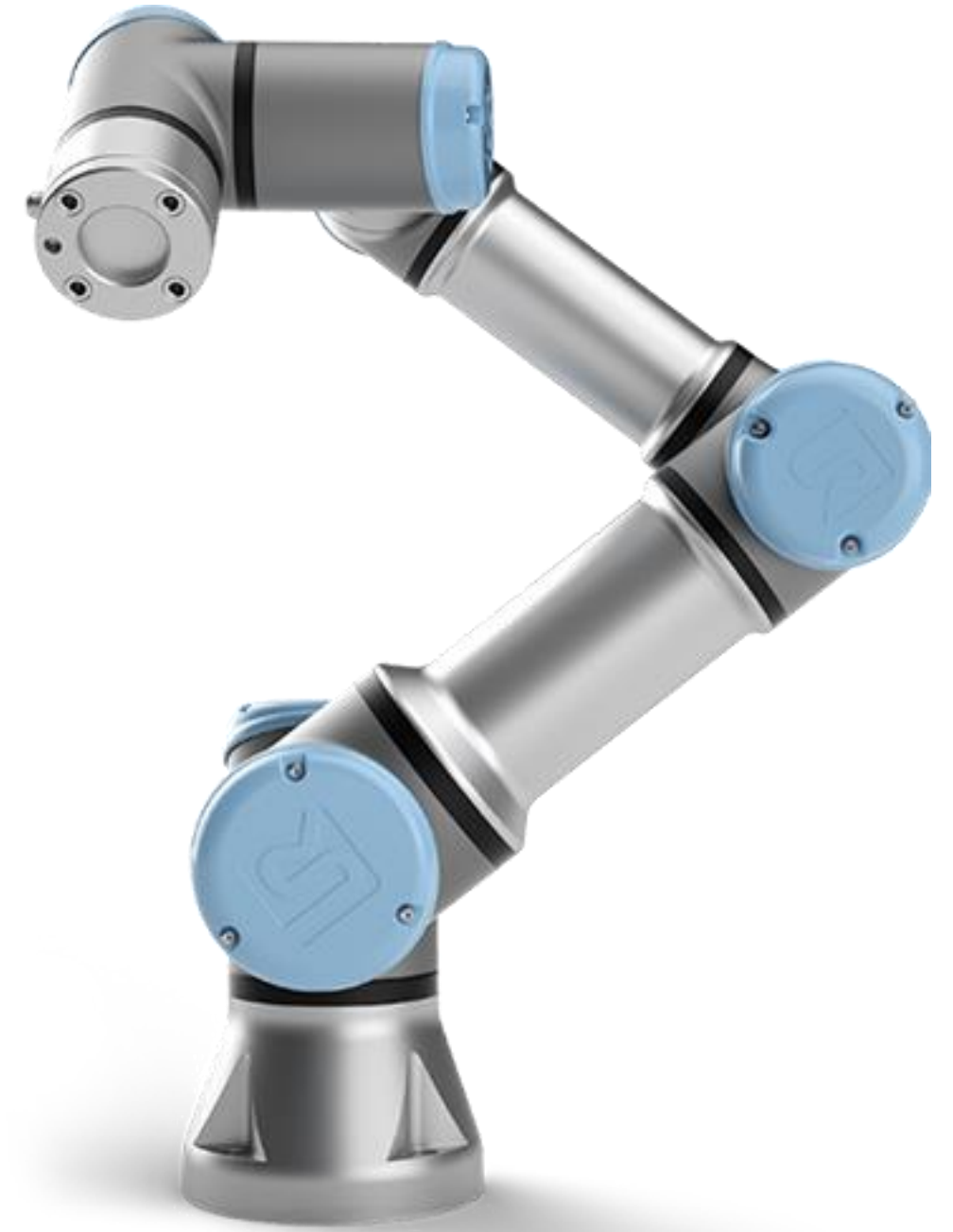
			月1回	半年に1回	年1回
1	青色カバーを確認する*	V		X	
2	青色カバーのねじを確認する	F		X	
3	フラットリングを確認する	V		X	
4	ロボットケーブルを確認する	V		X	
5	ロボットケーブルの接続を確認する	V		X	
6	ロボットアームの取り付けボルトを確認する*	F	X		
7	ツールの取り付けボルトを確認する*	F	X		
8	ジョイントのねじ/ボルトを確認する*	F		X	

V = 目視点検

F = 機能点検

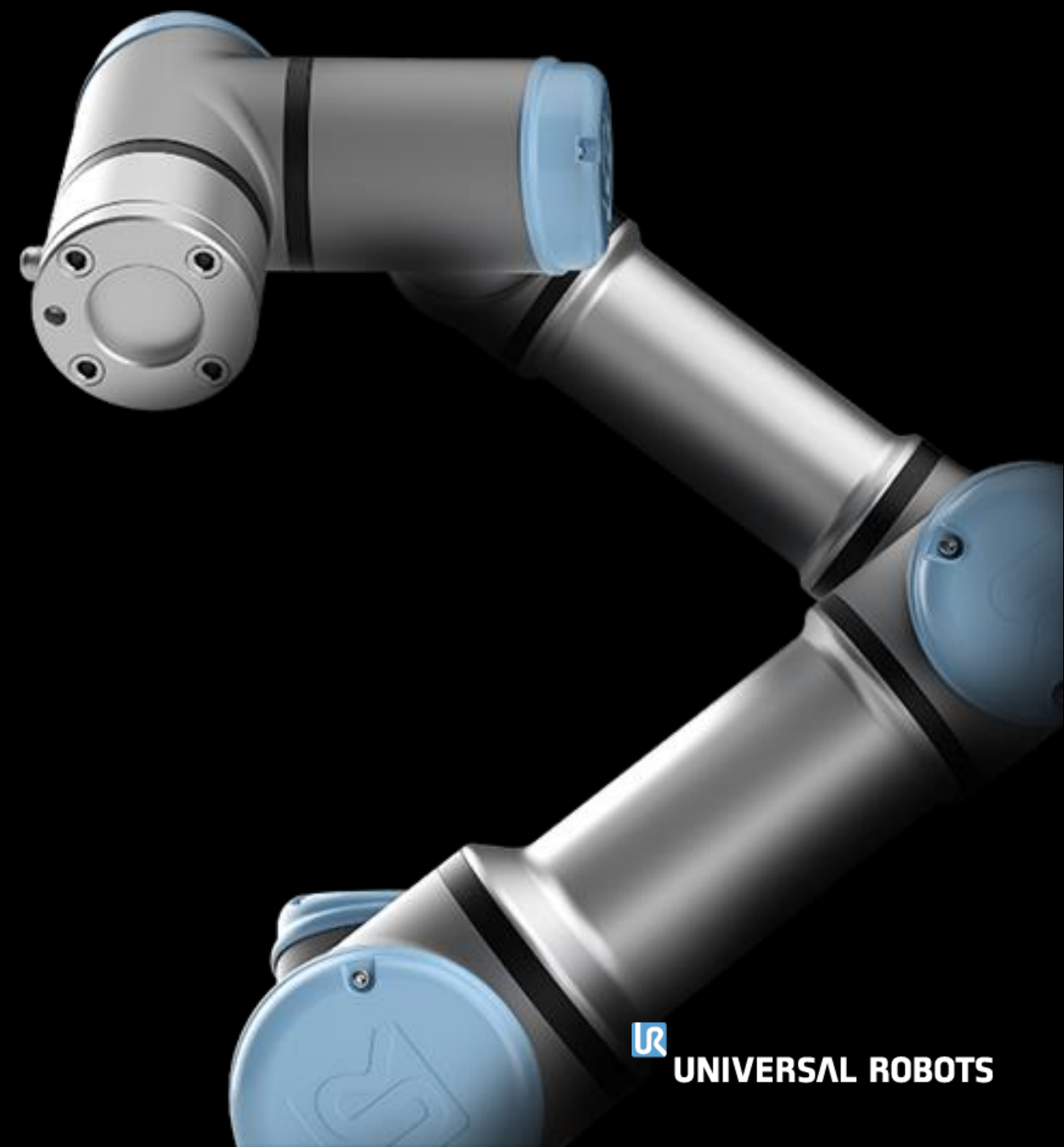
\* = 激しい衝突後も点検する必要があります

- 異常を発見した場合は、直ちに修理するか、または購入元のユニバーサルロボット代理店までご連絡ください。



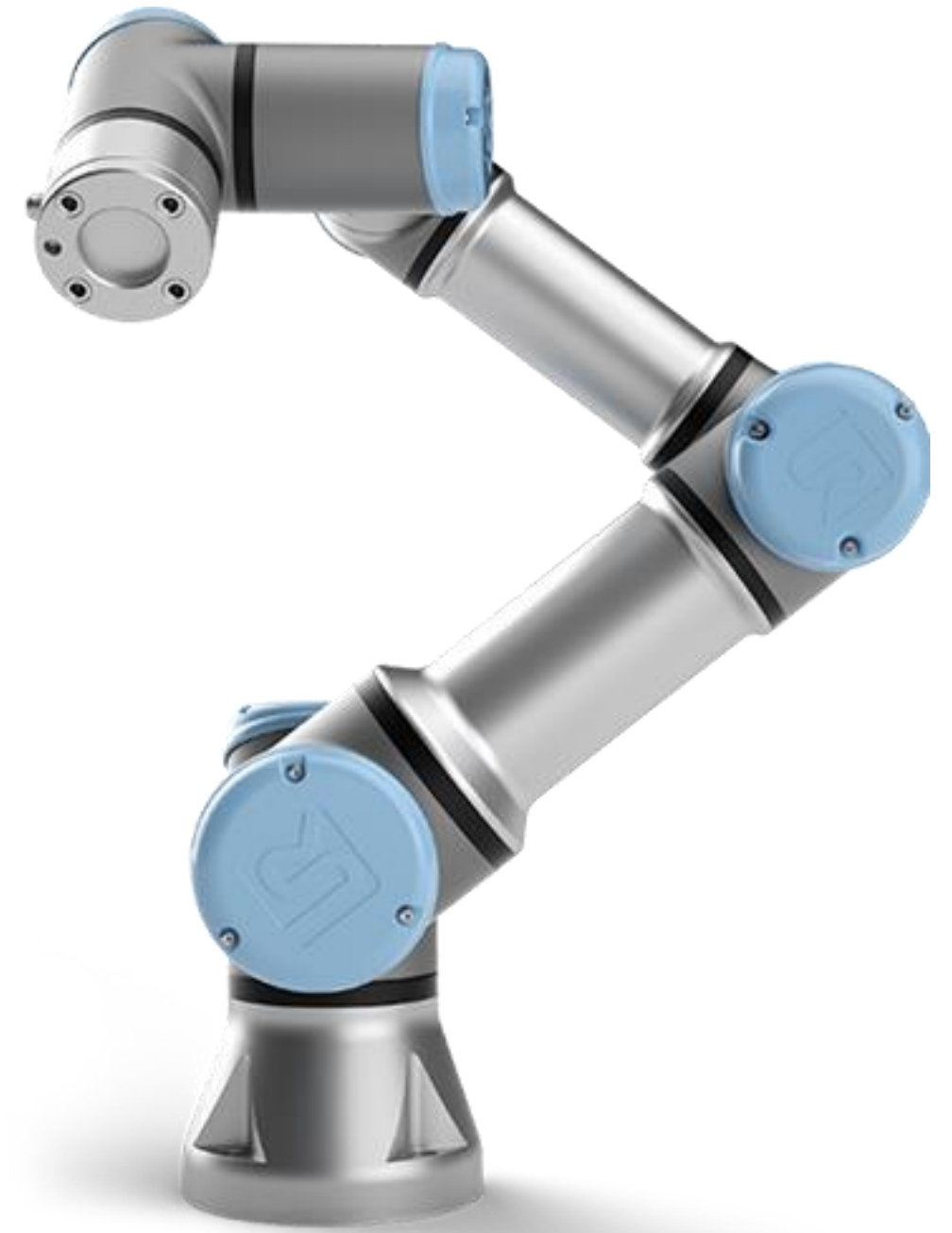
# 保守 & トラブルシューティング

トラブルシューティング



# 位置逸脱

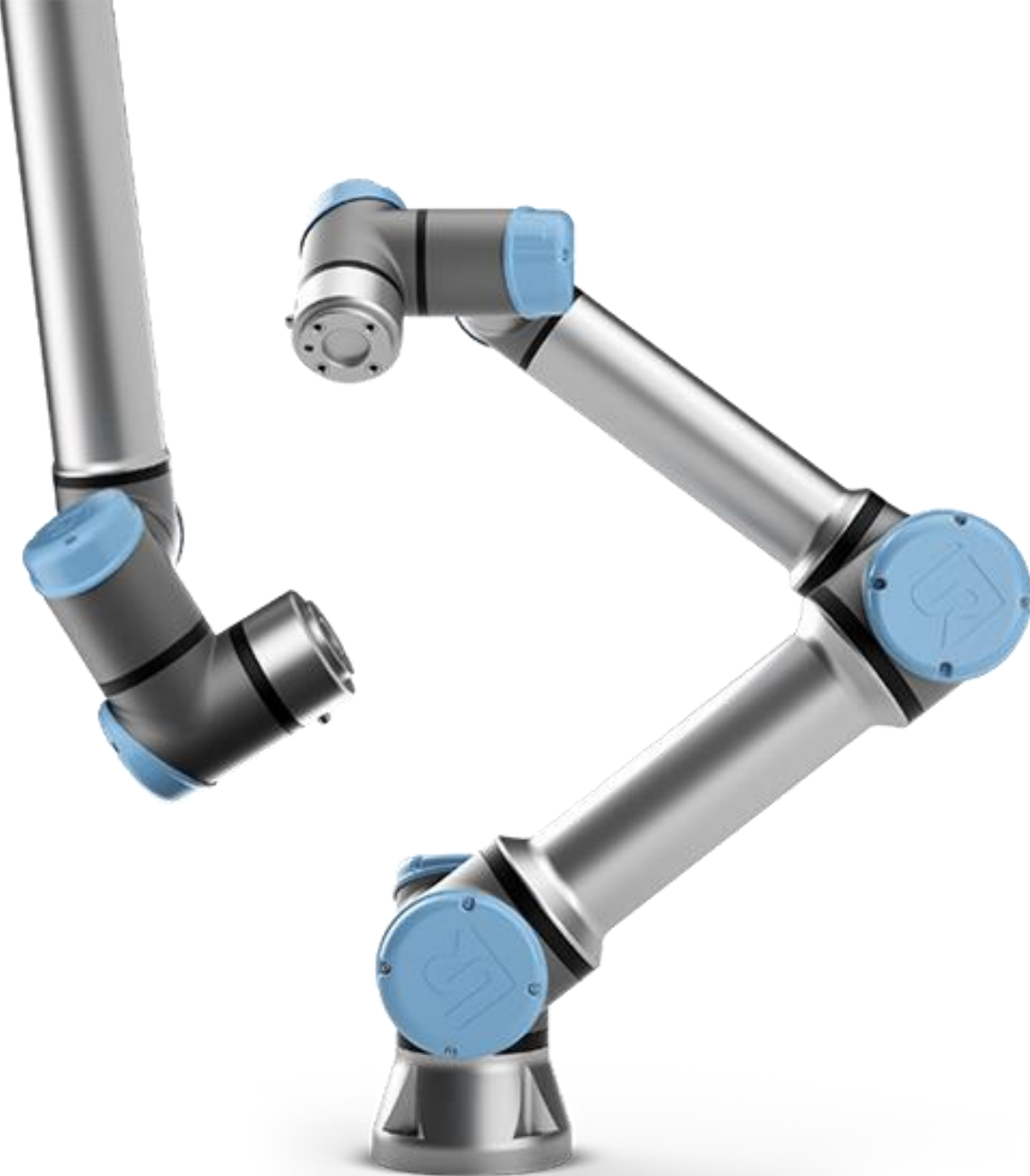
- Position\_deviation\_warning () スクリプトコマンドを使うと、ロボットが保護停止にどれだけ近づいていることを見ることができます。



- 閾値 = 0 は経路逸脱なしを表します。
- 閾値 = 1 は、保護停止がトリガーされるのに十分な経路のずれを表します。

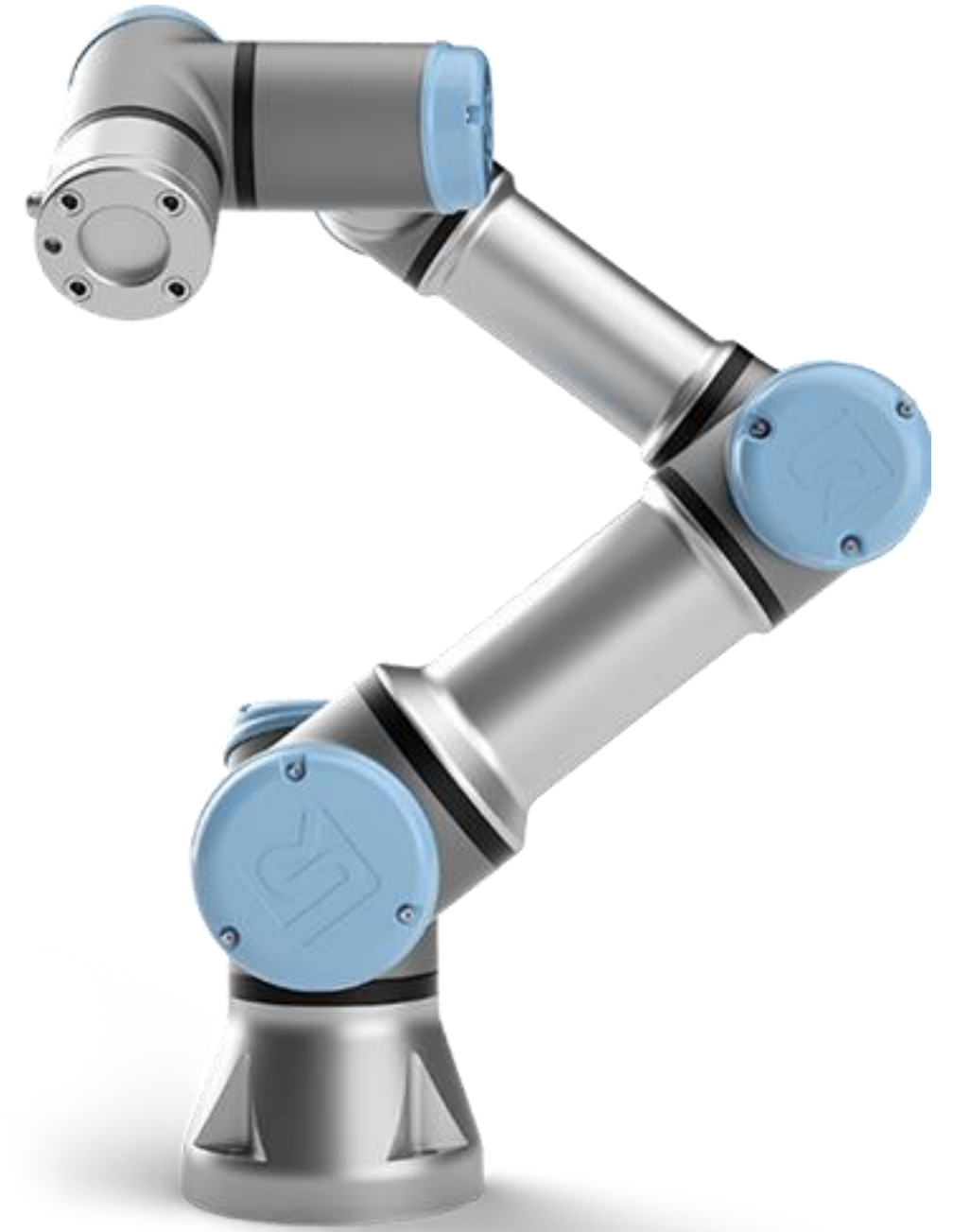
# 位置逸脱

- 次のスクリプトをプログラムに追加します。
  - `position_deviation_warning(True,0.4)`
- 最初のパラメータ (True) は、ログ内の位置逸脱警告メッセージを有効にします。
- 2番目のパラメータ (0.4) は、ログに書き込まれる警告メッセージに必要な閾値を定義します。



# 位置逸脱

- 0.4のしきい値から始めて、ロボットが意図された経路に従うように構成されているかどうかを確認してください。
- ロボットが保護停止をトリガーするのに必要な量の40%以上逸脱した場合、どの関節が逸脱しているか、どの程度逸脱しているかを特定したメッセージがロボットのログファイルに書き込まれます。
- どの動きがこの偏差を引き起こしているかを特定し、有効荷重と重心の設定を確認した上で、位置逸脱警告が消えるまで加速度の調整を行います。
- 適切に調整されたアプリケーションでは、しきい値0.2でも位置逸脱警告は発生しません。



# POSE ON ERROR CODE(Eシリーズのみ)

- "pause\_on\_error\_code(x,y)" 指定されたエラーが発生するとすぐにプログラムを一時停止します。エラーはCxAyとしてログに表示されます。ここで、「x」はエラーコード、「y」は引数です。「y」は完全にオプションの引数です。
- この機能は、プログラムの実行中にのみ一時停止し、プログラムが停止するとリセットされます。
- このコマンドを「開始前」シーケンスに挿入して、「再生」ボタンが押されたときに必ずアクティブになるようにすることをお勧めします。プログラムがデバッグされると、コマンドを抑制または削除できます。
- 使用される一般的なエラーコードは、「高トルク」の問題に関連するC173 / 174や、ブレード半径のオーバーラップに関連するC171などです。



よろしくお願いいたします。

ご質問がございましたら、購入元の  
ユニバーサルロボット代理店までご  
連絡ください。

