

Mesh & Pin Weaver 3D マニュアル

～ 3Dプロップへのカメラ正対 2Dスマートワープ&ピンボーンリグ自動投影・ベイク ～

本書は、Moho Pro 12 以降（Moho 12 / 13 / 14 対応）を対象とするプロ仕様の3D幾何投影・カメラ正対2Dリギングエンジン「MeshWeaver 3D」および「PinWeaver 3D」の公式マニュアルです。

第1部：Mesh & Pin Weaver 3D とは何か？

Mesh & Pin Weaver 3D は、Moho Pro の 3D 空間でアニメーションする立体のプロップ（小道具・背景・FoldWeaver で組み立てた複合パーツなど）から 3D 座標を抽出し、カメラ正対（2D スクリーン平面）のスマートワープメッシュおよびピンボーンリグへと数学的に投影・ベイクする双発エンジンです。

画像認識によるモーショントラッキングを一切使わず、Moho の完全な変換マトリクス計算により 3D 頂点座標を 2D スクリーン座標へ直接変換・投影するため、誤差やジッター（ブレ）のない 100% 正確な幾何学的同期を実現します。

1.1 従来の画像モーショントラッキングとの違い

比較項目	従来の画像モーショントラッキング	Mesh & Pin Weaver 3D（幾何学的投影ベイク）
トラッキング精度	パースの歪み、照明変化、単色面で外れ・ジッター（ブレ）が頻発。	誤差ゼロ（100% 完全同期）。頂点の幾何計算により、外れやブレは原理的に一切発生しません。
作業工程と手順	レンダリング → トラッカー配置 → 解析 → ベイクという煩雑な多段階工程。	ワンクリック（約 1 秒）。ガイド点／レイヤーを選択してショートカット（ Shift+W / Shift+P ）を押すだけで完了。
作画・塗りのしやすさ	傾いた斜め視点で作画が必要となり、ブラシやベジェ操作軸が歪みやすい。	カメラ正対（2D 正面平面）。紙に描く感覚で直感的に作画、影塗り、ポイント変形が可能です。
修正・イテレーション	3D アニメーション修正のたびに再レンダリングとトラッキング解析のやり直しが必要。	非破壊スマート再ベイク。描いた絵を100%保持したまま、リグを選択してボタン1発、または未選択で全リグ一括更新が可能。

1.2 2大投影エンジン：メッシュワープ vs ピンボーン

Weaver パイプラインは、用途やリグ構造に応じて使い分ける 2 つの強力なエンジンを提供します：

エンジン	実行コマンド	ガイド 入力点 数	出力リグ構造	最適なユースケース
MeshWeaver （メッシュワー	<code>we_meshweaver_tool</code> (Shift+W)	3点 または 4	[ガイド名]_Rig （自動連番対	曲面テクスチャ・面ラッピング: 円柱、パイプ、看

エンジン	実行コマンド	ガイド 入力点 数	出力リグ構造	最適なユースケース
ブ)		点 (3点 時は第 4頂点 を自動 生成)	応) —— [ガイド 名]_Mesh (クアッ ドワープ / 半透 明・EditOnly) —— [ガイド 名]_Canvas (自動 バインド)	板、箱の表面など、4隅で 囲まれた平面全体のパース 変形や楕円の膨らみ調 整。3点からの平行四辺形 自動ワープにも対応。
PinWeaver (ピンボーン)	we_pinweaver_tool / we_pinweaver_menu (Shift+P)	1~50 点 (任意 数の頂 点群)	[ガイド 名]_PinRig (自 動連番対応) —— ● Root (親重心コントロ ーラー) —— ● Pin_1 .. Pin_N (ピンボ ーン群) —— [ガイド 名]_Canvas (フレ キシバインド)	自由形状・パーツピン留 め: 任意頂点 (最大50 点)、キャラクターのアク セサリー、なびくりボ ン・帯、関節に追従する バッジ、有機的な多点変 形。余剰ボーンの自動クリ ーンアップ対応。

1.3 なぜ「カメラ正対（2Dスクリーン空間）」なのか？

3D 空間上で回転・変形する立体のパーツに対して直接テクスチャを描こうとすると、面の傾きやパースによってブラシやベジェハンドルの操作軸が大きく歪んでしまいます。

Mesh & Pin Weaver 3D では：

- **MeshWeaver:** 3D の回転・パース追従の外枠スマートワープメッシュ ([ガイド名]_Mesh) が引き受け、フラットな作画平面 ([ガイド名]_Canvas) を提供します。
- **PinWeaver:** カメラ正対の親ルートボーン (Root) とピンボーン群 (Pin_1..Pin_N) が 3D 空間の頂点をスクリーン上で追従し、キャンバス自体を 3D 空間に傾けることなくスムーズに変形させます。

これにより、アニメーターは 3D の難しい座標や UV 展開を一切意識することなく、「紙の上に絵を描く感覚」で美しいベクター線・セル画調の陰影・ハイライトを自在に作画・調整 することができます。

第2部：インストールとセットアップ（アイコン版 vs メニュー版）

FoldWeaver 3D と同様に、MeshWeaver 3D および PinWeaver 3D スクリプトはお好みの作業スタイルに応じて、「アイコン版（Tools パレット配置）」または「メニュー版（スクリプトメニュー配置）」、あるいはその両方を同時にインストールして運用できます。

2.1 ツール（Tool）とボタン（Button）の根本的な違い

Moho のスクリプトは大きく「tool（選択・調整ツール）」と「button（ワンショット即時実行ボタン）」に分類されます。

- **ツール (Tool) :**
 - クリックするとそのツールがアクティブ（選択状態）になり、ビューポート上でドラッグ操作やパラメータ調整を行います。
- **ボタン (Button) :**
 - クリックやショートカットを押した瞬間、**ツールを持ち替えることなくワンアクションで処理を即座に実行** します。
 - 現在選択しているツール（ポイント変形、ポイント追加、ブラシなど）の選択状態が維持されるため、作画や編集の手を止めることなく瞬時に投影・ベイクを実行できます。
 - **MeshWeaver 3D および PinWeaver 3D は、この超高速な「Button」形式として設計されています。**

2.2 インストール方式の選択

【方式A】アイコン版（Tools パレットへの配置）

Moho のツールパレット内に専用アイコンを常時表示させてクリックしたい場合に選択します。

- **配置先フォルダ:** [Moho カスタムコンテンツフォルダ]/scripts/tool/
- **配置するファイル:**
 - **MeshWeaver:** `we_meshweaver_tool.lua` および `we_meshweaver_tool.png`
 - **PinWeaver:** `we_pinweaver_tool.lua` および `we_pinweaver_tool.png`
- **_tool_list.txt の編集（必須）:** ツールパレットにアイコンを表示させるため、同じ `scripts/tool/` フォルダ内にある `_tool_list.txt` をテキストエディタで開き、`group Weaver`（またはお好みのグループ）配下に以下を追記します：

```
group Weaver
button we_meshweaver_tool ...
button we_pinweaver_tool ...
```

[!NOTE] Weaver シリーズ一括導入時の `_tool_list.txt` 記述例

```
group Weaver
button we_foldweaver_add_marker_tool ...
button we_foldweaver_align_tool ...
button we_foldweaver_clear_tool ...
button we_foldweaver_origin_tool ...
button we_meshweaver_tool ...
button we_pinweaver_tool ...
```

行頭には必ず `button` と記述し、タブ（または半角スペース）で区切って拡張子なしのファイル名を記述します。末尾の `...` はショートカットキーのプレースホルダーです。

【方式B】メニュー版（スクリプトメニューへの配置）

ツールパレットをスッキリ保ち、上部メニューバー（Scripts メニュー）から実行したい場合に選択します。

- 配置先フォルダ: [Moho カスタムコンテンツフォルダ]/scripts/menu/Weaver/（Weaver フォルダを新規作成）
- 配置するファイル:
 - we_meshweaver_menu.lua および we_pinweaver_menu.lua をコピー配置します。
- 特徴:
 - 上部メニュー階層に以下のようにスマートに表示されます：
 - Scripts > Weaver > MeshWeaver: Project & Bake
 - Scripts > Weaver > PinWeaver: Project & Bake
 - _tool_list.txt の編集は不要です。Moho 起動時に自動認識されます。
 - キーボードショートカットを割り当てれば、アイコン版と全く同じ爆速感覚で呼び出し可能です。

2.3 キーボードショートカットの割り当て（Shift+W および Shift+P）

Weaver パイプラインの真価を引き出すには、専用ショートカットの割り当てが不可欠です。Weaver シリーズ全体で美しく統一された Shift+W（Mesh/Warp）および Shift+P（Pin）を強く推奨します。

スクリプト	推奨ショート カット	頭文字 / 役割	Weaver エコシステムの連携性
MeshWeaver	Shift+W	Warp（3点/4点ス ートワープ）	Shift+M (Marker), Shift+A (Align), Shift+C (Clear), Shift+O (Origin) と自然に連動
PinWeaver	Shift+P	Pin（多点ピンボ ーン投影）	キー競合を起こさず多点ピンボーンリグを直感的に呼び出し

ショートカット設定手順：

- Moho 上部メニューから 編集 > キーボードショートカット（Edit > Keyboard Shortcuts）を開きます。
- 左上の検索ボックスに Weaver またはスクリプト名を入力します：
 - MeshWeaver の場合：MeshWeaver を検索 → Shift+W を割り当て
 - PinWeaver の場合：PinWeaver を検索 → Shift+P を割り当て
- OK をクリックして設定を保存します。

第3部：システム構成とレイヤー階層構造

MeshWeaver 3D および PinWeaver 3D は、3D プロップ内に配置されたガイド情報を元に、カメラ正対の専用リグ構造を全自動で構築します。

[!IMPORTANT] 【3D二重変形（Double Transform）を防止する親グループ外側配置仕様】 回転や移動を行う3Dプロップ（円柱など）の「内部」にリグを作成してしまうと、プロップ自体の3D移動・回転と、バイクされたカメラ正対スクリーン移動が合算されて二重に変形（Double Transform）してしまいます。Weaver 3D はこの破綻を根本から防ぐため、リグ（_Rig / _PinRig）をガイドレイヤーの親

グループの外側（祖父グループ、またはドキュメント直下ルート）に自動生成・配置します。これにより、3Dプロップをどれだけ激しく動かしてもリグが干渉することはありません。

3.1 2大リグのレイヤー階層ツリー

【構造A】 MeshWeaver リグ階層（例: 4POINT_01_Rig）

[ドキュメントルート または マスキングコンテナグループ]

- ◆ [3Dグループレイヤー] 3Dプロップ（例: 円柱グループ。回転・移動する立体）
 - └ [3Dオブジェクト / ベクターパーツ] 3D立体パーツ（円柱、蓋など）
 - └ ● [ベクターレイヤー] 4POINT_01（3点または4点ガイド）
 - ※ プロップと一緒に3D回転・移動
- 👤 [グループレイヤー] 4POINT_01_Rig（★ プロップ親グループの外側に自動生成！）
 - ※ レイヤーコメントにシグネチャ（例: MeshWeaver_Sig:...）を保持。リネーム自由！
 - └ [ベクターレイヤー] 4POINT_01_Mesh（スマートワークメッシュ）
 - ※ 初回実行時からフレーム0投影座標に完全吸着！
 - ※ 半透明（50%） & EditOnly（レンダリング非表示）で下絵の視認性を確保
 - ※ 4点、または3点から自動合成された第4頂点を含む全フレーム投影座標をバイク
 - └ 🖌 [ベクターレイヤー] 4POINT_01_Canvas（作画・影塗り・マスク用キャンバス）
 - ※ スマートワークプレイヤー = 「4POINT_01_Mesh」が自動設定済み

【構造B】 PinWeaver リグ階層（例: PinGuide_01_PinRig）

[ドキュメントルート または マスキングコンテナグループ]

- ◆ [3Dグループレイヤー] 3Dプロップ / キャラクター（回転・移動する立体）
 - └ [3Dオブジェクト / ベクターパーツ] 3Dパーツ群
 - └ ● [ベクターレイヤー] PinGuide_01（ガイド頂点 1～50点）
- 👤 [ボーンレイヤー] PinGuide_01_PinRig（★ プロップ親グループの外側に自動生成！）
 - ※ レイヤーコメントにシグネチャ（例: PinWeaver_Sig:...）を保持。リネーム自由！
 - └ ● [親コントロールボーン] Root（★幾何重心 / 赤色タグ / 長さ0.1 / "Root"表示）
 - ※ 子ピンたちを統括。通常ボーンとして階層縮退を防ぎ、全体オフセット・回転・スケール調整が可能
 - └ ● [子ピンボーン] Pin_1, Pin_2 ... Pin_N（ゼロ長ピンボーン / 親: Root / 最大50点）
 - ※ 3Dガイド頂点のスクリーン投影座標が親基準ローカル座標として各ピンにバイクされる
 - ※ 再バイク時に点数が減った場合、余剰となった古いボーンは自動消去される
 - └ 🖌 [ベクターレイヤー] PinGuide_01_Canvas（アタッチメント・作画・マスクキャンバス）
 - ※ ボーン階層内に配置され、ピンボーンの影響力でスムーズに変形

3.2 レイヤーの役割と自動設定仕様

エンジン	構成要素名	種別	生成元	役割と動作仕様
MeshWeaver	[ガイド名] (例: 4POINT_01)	ベクター / 頂点	ユーザー作成	【3D幾何ガイド】 3Dグループ内に配置する3点または4点の頂点群（単一レイヤー、または複数レイヤーにまたがる合計3～4つの選択頂点）。全フレームのスクリーン投影座標を算出します。 ※名前が衝突する場合、_01, _02 と自動連番化されます。
MeshWeaver	[ガイド名]_Rig	グループ	自動生成	【カメラ正対リグコンテナ】 プロップ親グループの外側に生成。MeshWeaver_Sig メタデータを保持するため、ユーザーが自由にリネームしても再ベイク可能です。
MeshWeaver	[ガイド名]_Mesh	ベクター	自動生成	【スマートワープメッシュ（初回面吸着・半透明・EditOnly）】 角が尖った四角形（MOHO.PEAKED）メッシュ。3点入力時は第4頂点を自動算出し、4点平行四辺形メッシュとして全フレーム投影座標を受け取ります。 ★ 初回吸着保証: 生成直後にフレーム0投影位置へ直接書き込み、下絵の面に1発で吸着します。
MeshWeaver	[ガイド名]_Canvas	ベクター	自動生成	【作画・テクスチャ・マスクキャンバス】 塗りつぶし、セル画調の落ち影、ハイライト、カットマスクを描き込むキャンバス。 ★ 自動バインド: 「ワープレイヤーを選択」に [ガイド名]_Mesh が全自動で割り当てられます。
PinWeaver	[ガイド名] (例: PinGuide_01)	ベクター 頂点	ユーザー作成	【3Dガイド頂点】 動く3D構造体上に配置された 1～50点 の選択頂点（またはガイドレイヤー内の全頂点）。
PinWeaver	[ガイド名]_PinRig	ボーン	自動生成	【カメラ正対ピンボーンコンテナ】 PinWeaver_Sig メタデータを保持し、自由なりネームが可能。ピン数が減少した際の余剰ボーン自動クリーンアップを内蔵。
PinWeaver	Root	コントロール	自動生成	【親ルートボーン（赤色タグ / Strength=0 / Length=0.1 / Label表示）】 全ピンの幾何重心（中央）に自動生成される親コントローラー。Moho の階層マトリクス仕様に準拠した通常

エンジン	構成要素名	種別	生成元	役割と動作仕様
		ボーン		ボーン（上向き・微小長 0.1）として構築されるため、行列の縮退を起こさず子ピンの角吸着を100%保ったまま、 全体の一括移動・回転や、縦方向への倍率調整 が可能。
PinWeaver	Pin_1 .. Pin_N	ピンボーン	自動生成	【投影ピンボーン（親: Root / 最大50点）】 長さゼロのピンボーン（fLength = 0, fStrength = 0.7, fIsPin = true）。Root からの相対投影座標がベイクされ、アートワークを変形させます。
PinWeaver	[ガイド名]_Canvas	ベクター	自動生成	【アタッチメント・作画キャンバス】 [ガイド名]_PinRig 内に配置。ここに描かれたベクター画は、動くピンボーン群によって滑らかに変形・追従します。

第4部：基本操作手順とスマート自動判定ワークフロー

MeshWeaver 3D および PinWeaver 3D は、作業状態に応じて動作を自動的に切り替える**「3大スマート自動判定システム」**を搭載しています。

4.0 スマート自動判定システム（3つの実行モード）

スクリプト実行時、現在の選択状態に応じて以下のモードが自動選択されます：

【スクリプト実行時のスマート自動判定フロー】

- └ 頂点を選択しているか？
 - └ YES → 【モード1：新規リグ作成 / 個別再ベイク】（別頂点なら別リグを安全に新規作成）
 - └ NO
- └ 作成済みリグ（または内部の Canvas / Mesh）を選択しているか？
 - └ YES → 【モード2：選択中リグのスマート単独再ベイク】（★ガイド頂点を選び直す必要ゼロ！）
 - └ NO
- └ ドキュメント内にリグが存在するか？
 - └ YES → 【モード3：全リグ一括自動再ベイク（Bake All Rigs）】（全リグを1発で最新同期）
 - └ NO → アクティブレイヤーの全頂点からフォールバック作成（または選択警告）

実行時の選択状態	自動判定	実行される動作
① ガイド頂点を選択中 (Mesh: 3〜4点 / Pin: 1〜50点)	CASE A	選択頂点のシグネチャを解析。新しい頂点群なら独立した新規リグを作成し、既存の同じ頂点群ならそのリグを再ベイク。

実行時の選択状態	自動判定	実行される動作
② 作成済みリグ（または内部レイヤー）を選択中	CASE B	【スマート単独再ベイク】 リグに刻印されたシグネチャからガイド頂点を自動逆引きし、 該当リグだけをピンポイントで再ベイク 。元のガイドレイヤーへ戻る必要は一切ありません！
③ 頂点未選択 + リグ以外を選択中 (ドキュメント内にリグが存在)	CASE C	【全リグ一括再ベイク (Bake All)】 ドキュメント内の全リグを自動走査し、すべてのリグを最新の3Dアニメーションへ一括再ベイク。
④ 頂点未選択 + ドキュメント内にリグなし + ガイドレイヤー選択中	CASE D	フォールバック：アクティブなベクターレイヤー内の全頂点からリグを新規作成。
⑤ いずれにも該当しない	CASE E	ガイド頂点の選択を促す安全な警告ダイアログを表示。

4.1 ワークフローA：曲面・平面投影（MeshWeaver / Shift+W）

円柱、パイプ、看板、箱の表面、湾曲したプロップのテクスチャ貼り付けに使用します。

【MeshWeaver ワークフロー（約1秒）】

- ①「ガイド配置」：3Dグループ内に 3点または4点の頂点を配置（上面・下面など複数レイヤーから選択も可）
- ②「選択」：3点または4点の頂点を選択（またはガイドレイヤーを選択）
- ③「ベイク」：ショートカット Shift+W を押す（初回から指定面に100%吸着！）
- ④「作画」：自動選択された Paint_Canvas にそのまま直接お絵描き！

ステップ1：3D空間内にガイド頂点を配置する（4点 または 3点）

1. 3Dレイヤーや FoldWeaver を使用して、3Dプロップのアニメーションを作成します。
2. ガイド頂点を準備します：
 - **4点モード（長方形・台形・歪んだ平面）**：四角形の4頂点を指定します。
 - **3点モード（平行四辺形ワープ）【新機能】**：平行四辺形の3つの角を指定します。MeshWeaver が自動的に対角線を幾何解析し、**第4頂点をリアルタイムに自動合成**して完全な平行四辺形メッシュを構築します！

【!TIP】 **【3点モードの絶大なメリット：作画面積の最大化と作業半減】** 3点入力モードを使えば、わざわざ4点目を描く必要がなく、三角形の感覚で3隅をポチポチ選ぶだけで綺麗な四角形ワープ面が立ち上がります。さらにアニメーション中でも剛体的に平行四辺形の形状を保ち続けるため、看板や板状パーツの作成速度が倍増します。

【!TIP】 **【レイヤーまたぎ選択（上面蓋+下面蓋から側面を爆速作成）】** 直方体（ビル等）の上面レイヤーから手前の2点、下面レイヤーから手前の2点（合計4点）を選択して **Shift+W** を実行するだけで、MeshWeaver が自動的に時計回りに整列（ねじれ防止）し、側面のスマートワープ面を瞬時に作り出します！

ステップ2：ワンクリック投影ベイク (Shift+W)

1. 3点または4点の頂点を選択して **Shift+W** を押します。
2. 【内部の全自動処理 (約1秒)】：
 - 初回実行の瞬間から、計算済みのフレーム0座標でメッシュが直接生成され、指定した面に1発で完璧に吸着します。
 - プロップ親グループの外側に [ガイド名]_Rig (または _01_Rig) を独立生成。
 - 内部に [ガイド名]_Mesh (半透明・EditOnly) と [ガイド名]_Canvas を生成し、スマートワークを自動バインド。
 - 全フレームのスクリーン投影座標をベイクし、自動的に [ガイド名]_Canvas を選択して待機します。

ステップ3：テクスチャと影の作画

1. タイムラインの再生ヘッドを「フレーム 0」に移動します。
2. [ガイド名]_Canvas 上でイラストや影を描き込みます。再生すると、3Dプロップの動きに合わせて100%完全同期して滑らかに変形・追従します！

4.2 ワークフローB：多点／ピンボーン投影 (PinWeaver / Shift+P)

キャラクターのアクセサリー、なびくりボン・帯、メカパーツのジョイント、有機的な多点表面ピン留めに使用します。

【PinWeaver ワークフロー (約1秒)】

- ①「頂点選択」：3Dベクターレイヤー上の 1～50 点の頂点を選択
- ②「ベイク」：ショートカット Shift+P を押す
- ③「作画・貼付」：自動生成された Canvas にイラストを描画またはペースト！

ステップ1：3D空間内でガイド頂点を選択する (1～50点)

1. 動く 3D 構造内のベクターレイヤーから、ピン留めしたい **1～50点** の頂点をポイント選択ツール (G) で選択します。（※頂点未選択の場合は、選択レイヤー内の全頂点が自動収集されます）。

ステップ2：ワンクリック投影ベイク (Shift+P)

1. **Shift+P** を押します。
2. 【内部の全自動処理 (約1秒)】：
 - プロップ親グループの外側に [ガイド名]_PinRig (または _01_PinRig) を独立生成。
 - 全ピンの幾何中心に親コントロールボーン **Root** (赤色タグ / 微小長 0.1) を生成。
 - 各ガイド頂点に対応するピンボーン (Pin_1 .. Pin_N) を生成し、Root にペアレンティング。
 - リグ内に [ガイド名]_Canvas を生成し、全フレームのスクリーン投影座標を高速ベイク。
 - 自動的に [ガイド名]_Canvas へ切り替えて待機します。

ステップ3：ピン変形アートワークの作成

1. 「フレーム 0」に移動します。

2. **[ガイド名]_Canvas** 上にバッジ、リボン、メカ目盛り、アクセサリなどを描画します。
3. 再生すると、親となる3Dオブジェクトの動きに合わせてピンボーンが滑らかに駆動し、描いたイラストが自然に変形・追従します。

4.3 タイムラインの役割と推奨ワークフロー

タイムライン状況	挙動 / 役割	推奨される作業内容
スクリプト実行時	どのフレームで実行してもOK	フレーム0、フレーム1、タイムラインの途中など、どのフレームでスクリプトを実行しても、メモリ上でプロジェクト全域（フレーム0および開始～終了フレーム）を走査して一括ベイクします。
フレーム 0（セットアップ）	【作画・イラスト調整】	基本ポーズとボーンの初期位置がベイクされます。Moho の標準作法通り、ベクターアートの作画やカーブ調整は必ずフレーム0で行ってください。
フレーム 1 ～ 終了フレーム	【アニメーション再生確認】	全フレームに 3D 追従キーフレームがベイクされています。タイムラインを再生して、滑らかに同期変形する様子を確認してください。

第5部：実践スタイリング&作画テクニック（円柱・曲面・セル画影の表現）

【役割分担の黄金ルール】

・ Mesh_Warp / Pin Bones（ベイク担当）

： 3Dの回転・移動・パース（拡大縮小）を全自動で引き受ける土台（変更不要）

・ Paint_Canvas（作画・表現担当）

： ハンドル操作・頂点変形・バッジ貼付・影塗りを 2D 空間上で直感的に作り込む

5.1 円柱・パイプの曲面（楕円フチ）を表現するテクニック（MeshWeaver）

1. ベースの四角形を描く（Frame 0）：
- Paint_Canvas 上で、ガイドの 4 隅に合わせた長方形を描きます。
2. ポイント変形ツール（T）でカーブを作る：
- 上下の水平な辺の中央付近をドラッグして、円柱のフチの傾きに合わせた**楕円カーブ（膨らみ）**を作ります。

○ 曲率（Curvature）ツール（C）を使って、円柱のパースにピッタリ合うようにカーブを微調整します。
3. 再生して追従を確認：
- タイムラインを再生すると、外枠メッシュが 3D 回転に合わせて伸縮・傾斜するため、Frame 0 で作った美しい楕円カーブの形状を完全に保ったまま 3D 空間を滑らかに回り込みます！

5.2 有機的な装飾・パーツピン留めテクニック（PinWeaver）

- ・ 浮遊バッジ・胸のエンブレム・肩当て：

- 胸や肩のガイド頂点（1～2点）をベイクし、**Paint_Canvas** 上にバッジを描画。複雑な 3D バインドなしに正確な 3D 位置・傾きに追従します。
- **なびくりボン・帯・マフラー（多点ピン変形）**：
 - 動く 3D カーブに沿って 3～10 点のガイド頂点を選択・ベイクし、リボンを描画。ピンボーンの滑らかな補間によって、有機的なしなりを表現できます。
- **親ボーン Root による全体調整**：
 - 全体の位置が少しズレている場合、赤色タグの **Root** ボーンを移動・回転・スケール操作するだけで、子ピンの形状関係を保ったまま全体のオフセットを一括調整できます。

5.3 アニメ調の「落ち影」「ハイライト」「可変線幅」の表現

- **セル画調の縦シャドウ（円柱の陰影）**：
 - **Paint_Canvas** に側面に沿った影色ポリゴン（乗算 Fill）を描き込みます。3D 回転に伴い、影の幅がパースに合わせて自動で伸縮します。
- **手描き感のある輪郭線（可変線幅）**：
 - Moho 標準の線幅ツール (**W**) を使って、角を太く、中央を細くするなど、手描き特有のメリハリを自由自在に付与できます。

5.4 Moho 3Dレイヤー（押し出し・膨張）のゴミ線消し込みと完全セルルック化

- 3D 押し出しメッシュの中心に残る不要な交差線（ゴミ線）に対して、Weaver でカメラ正対キャンバスを生成し、上からクリーンな面塗りや輪郭線を描くことで、**3Dのゴミ線を100%遮蔽（消し込み）**できます。

5.5 実践ケーススタディ：円柱の斜めカット断面と追従マスク消し込み

- 円柱プロップ内に斜めに傾けた「蓋」を作成し、その蓋を覆うガイドから MeshWeaver を実行。
- **Paint_Canvas** に断面カーブに沿ったマスクシェイプを描き、親グループのマスキング（**- Subtract from mask**）を設定することで、円柱の上部を斜めにスパッと切り落としたセル画調断面が完成します。

第6部：3Dアニメーション修正時の非破壊イテレーション（スマート再ベイク）

6.1 スマート単独再ベイク（グループ選択による更新）

アニメーション修正やカメラワークの変更が発生した際、**もっとも素早く快適に更新できるのが「スマート単独再ベイク」**です。

【スマート単独再ベイクの手順（超高速！）】

- ① 3Dアニメーションやカメラの動きを修正
- ② 更新したいリググループ（または内部の Canvas / Mesh）を選択
- ③ Shift+W または Shift+P を押す（該当リグだけが即座に最新同期！）

- **元のガイドレイヤーに戻る必要が完全になくなりました**：リグに記録されたシグネチャ（**MeshWeaver_Sig / PinWeaver_Sig**）から元のガイド頂点を自動逆引きするため、どの頂点を選んでいたかを思い出す必要も、選び直す必要もありません。

- キャンバスに描いた絵は **100% 完全保護**: 色塗り、線画、バッジ、マスクなどは一切消去されず、座標キーフレームのみが最新データへ高速上書きされます。

6.2 全リグ一括自動再ベイク (Bake All Rigs)

ドキュメント内に多数の Mesh / Pin リグが存在する場合、**何も選択せずに実行 (またはリグ以外のレイヤーを選択して実行)** すると、ドキュメント内の全リグを自動検出して一括で再ベイクします。

- 実行後、「Successfully updated all N rigs!」と更新件数がダイアログ表示されます。
- カット全体のカメラワーク修正時などに、1クリックですべてのテクスチャ面・ピン留めを最新状態に一括同期できます。

6.3 複数リグの安全な独立作成と名前競合防止

同じガイドレイヤーから別の面 (別の3~4点) や別のピン (別の頂点群) を作成した場合:

- 過去の古いリグ判定が厳格化 (`findExistingLegacyRig`) されたため、**既存リグを誤って上書きしてしまうことは絶対にありません。**
- `[ガイド名]_01_Rig`, `[ガイド名]_02_Rig` のように、重複しない安全な名前で作成された新規リグが確実に作成されます。
- また、PinWeaver で選択ピン数を減らして再ベイクした場合、前回の不要な古い余剰ピンボーンは自動的に安全消去 (クリーンアップ) されます。

6.4 リグのリネーム自由化 (メタデータ保護)

リグのグループレイヤー名を `MyCharacter_Ribbon_Rig` や `Prop_FaceA_Rig` のように分かりやすい名前に自由に変更しても問題ありません。リグの内部メタデータ (`UserComments`) にシグネチャが恒久保存されているため、リネーム後もスマート単独再ベイクや一括再ベイクが完全に機能します。

第7部：技術仕様とエラーハンドリング (Fail-Fast設計)

7.1 Fail-Fast (即時中断) 検証と安全なエラー通知

【MeshWeaver の検証項目】

- 頂点数チェック (3点 または 4点) :
 - 選択頂点数が 1~2 点、または 5 点以上の場合、即座に中断して通知します: `"MeshWeaver Error: Please select 3 or 4 points across vector layers."`
- 縮退 (面積ゼロ) チェック:
 - フレーム0において頂点同士が重なり、バウンディングボックスの幅・高さがゼロに近い極小値 (`1e-4` 未満) の場合は処理を中断し、不正なメッシュ生成を防止します。

【PinWeaver の検証項目】

- ガイド頂点の存在確認:
 - ドキュメント内で頂点が検出されない場合、処理を中断して通知します: `"PinWeaver Error: No guide points found in selection or document."`
- 最大 50 点の安全リミット (`MAX_POINTS = 50`) :

- 検出された頂点数が 50 点を超える場合、パフォーマンス保護のため中断します: "PinWeaver Error: Too many points selected (%d). Please limit guide points to 50 or fewer."

7.2 完全変換マトリクス幾何投影エンジン

- **多階層 3D トランスフォーム&カメラパースの完全解釈:** 親グループが何重に階層化されていても、Moho の `layer:GetFullTransform(frame, layerMat, doc)` を通じて、親レイヤーの 3D 移動、X/Y/Z 回転、スケール、反転、およびドキュメントカメラのパースペクティブを統合した**完全な合成変換マトリクス**を全フレームで正確に取得します。
- **3点平行四辺形ベクトル演算エンジン:** 3点ガイド入力時、フレーム0の対角線ベクトルと角頂点を判定し、全フレームにおいて $sp_{virtual}(f) = sp_1(f) + sp_2(f) - sp_{corner}(f)$ により第4頂点をリアルタイム合成。剛体的な平行四辺形追従を保証します。
- **初回面吸着保証:** 固定の単位正方形による初期化を撤廃し、フレーム0の計算済みスクリーン座標でメッシュを直接生成・アクティブ化 (`SetSelLayer`) するため、初回実行時から指定面に100%確実に吸着します。

7.3 バージョン互換性とアンドゥ保護

- **Moho Pro 12 / 13 / 14 完全対応:** 各バージョンで仕様の異なるスマートワープレイヤー設定 (`fMeshLayer` / `fWarpLayer`) やピンボーンフラグ (`fIsPin`) を安全に判別・適用します。
- **完全なアンドゥ保護 (`PrepUndo`):** スクリプト開始時に `doc:PrepUndo(nil, "...")` を実行しているため、ワンアクション (`Ctrl+Z` / macOS は `Cmd+Z`) で実行前の状態へ完全にロールバックできます。

■ 補足・重要：MeshWeaverとPinWeaverの変形精度と使い分け

1. MeshWeaver 3D (スマートメッシュ)

- **4点内部の完全幾何変形:** 4頂点 (枠内) で囲まれた領域の描画・テクスチャは、Mohoのスマートワープレイヤーにより**100%正確な幾何学精度で歪みなく完璧に変形・投影**されます。四角い看板、箱、円柱 (ドラム缶・パイプ等) の4点・3点内変形に最も適しています。

2. PinWeaver 3D (ピンボーン)

- **最大50点の多点ピン留め&柔軟変形:** 1点から最大50点までの任意頂点をピンボーン化。リボン、アクセサリー、関節パーツ、有機的なしなりなど、ボーンウェイト補間による滑らかな追従変形に威力を発揮します。

■ パイプラインの拡張：3D多面体・折り紙立体展開をお求めの方へ

本ツール (Mesh & Pin Weaver 3D) は「手描きテクスチャ・作画の3D吸着・投影」に特化した高速・軽量ツールです。

さらに高度な **3D多面体の自動構築、折り紙立体リグ展開、自動面貼りマスキング** を行いたい方は、上位システムである **FoldWeaver 3D** (万能重心スナップ `Shift+O` や接続ツール `Shift+C` を収録) をぜひお試しください！