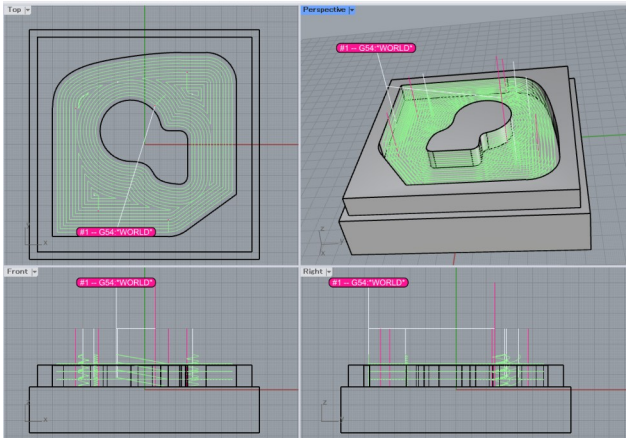
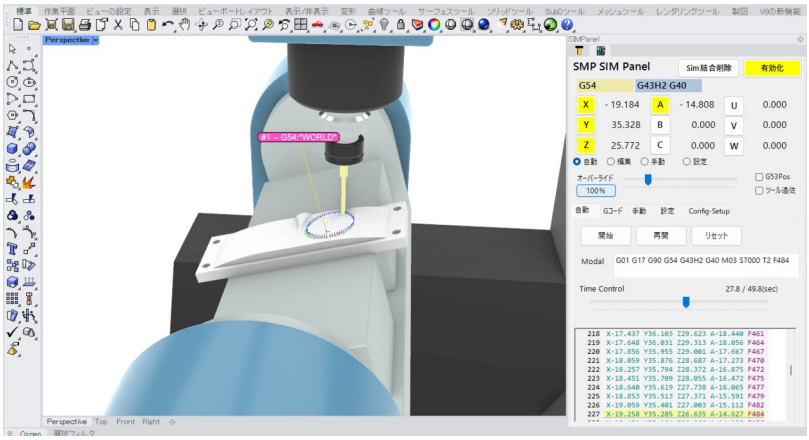
SakiMotionPath (CAM)
ユーザーズマニュアル

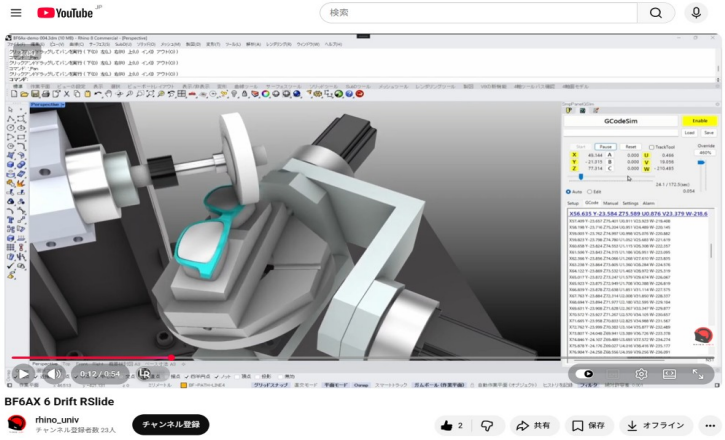


本書は、SakiMotionPath プラグイン（以下、SMP）の CAM 機能について、使い方と技術的な説明を提供しながら、利用・活用いただくためのマニュアルです。

改良・改善のため、今後の仕様が変更される可能性があります。

すべての機械に対して機能・安全等を確認しているものではありませんので、事前にご利用の皆様の慎重なご確認をお願い致します。





2026.0731

有）咲和惟

福井県鯖江市丸山町 1-5-5

メールアドレス　web@sakiwai.net

目次

1. 概要 7
1.1. SakiMotionPath (SMP)とは 7
1.1.1. 参考：Rhinoceros ８について 8
1.2. SMP のおおまかな機能 9
1.2.1. 曲線・曲面の加工制御・軌道制御(CAM) 9
1.2.2. CAD 作業平面 CNC ワーク座標間の変換機能(CAM) 9
1.2.3. CNC シミュレーターで時間アニメーション表示（SIM) 9
1.2.4. G コード統合機能(CAM+SIM) 9
1.3. CAM 機能と本書の役割 9
2. インストール 10
2.1.1. インストールについての注意点 10
2.1.2. インストール画面 10
3. プラグインの起動と SMP のパネルの準備 11
3.1.1. プラグイン用のパネルの起動 11
4. 体験操作 12
4.1. 体験操作のための準備 12
4.2. 2.5D のツールパス（ポケット加工） 13
4.2.1. ツールパスの作成 13
4.2.2. 工具の選択 14
4.2.3. パスの選択 15
4.2.4. 2.5D パス生成 16
4.2.5. G コード出力 16
4.2.6. 機械シミュレーション（オプション機能） 17
4.3. 多軸のツールパス（曲面上の曲線加工） 18
4.3.1. ツールパスの作成 18
4.3.2. 工具の選択 19
4.3.3. パスの選択 20
4.3.4. 多軸制御パス生成 (PVList) 21
4.3.5. コードの出力、シミュレーション 22
5. SMP CAM 全般の設定 (ConfigForm) 23
5.1. 設定の保存場所（管理者用情報） 23
5.2. ユーザー設定画面 (ConfigForm) 23
5.3. 設定項目 24
5.3.1. 言語 24
5.3.2. 最大機械登録数（指定管理者のみ変更可能） 24
5.3.3. PVList ベクトル表示間隔 25
5.3.4. PVList ベクトル長 25
5.3.5. 機械 SIM の Enable 時に全図形を自動選択 25

5.3.6. CAM 生成時に工具とパスのプロパティを画面確認....26
5.3.7. G コードを機械 SIM へ自動転送....26
5.3.8. CAM/G コードデバッグ情報....26
5.4. CAM 設定のファイルの書き出し・読み込み（設定外）....27
5.4.1. 個別の書き出し・読み込み....27
5.4.2. 一括の書き出し・読み込み....27
5.4.3. プロパティフォルダを開く....27
6. CAM プロパティ（準備・定義データ）の管理....28
6.1. CAM 用の各種設定ファイル=CAM Property....28
6.1.1. 保存フォルダ....28
6.1.2. ファイルの種類....29
6.1.3. 起動時の読み込み動作....29
6.1.4. 設定の保存....29
6.2. CAM プロパティのファイル管理....30
6.2.1. バックアップ....30
6.2.2. 設定のリセット....30
6.2.3. 別 PC への移行....30
6.2.4. Default.*.dat, demo.*.dat....30
7. CAM パネルの TreeView....31
7.1.1. TreeView の構造....32
7.1.2. CAM Panel - TreeView の操作....33
7.1.2.1. マウス操作....33
7.1.2.2. キーボード操作....33
7.1.3. GCode ファイルのコンテキストメニュー....33
8. CAM の各種設定 (CAM プロパティ画面)....34
8.1. 共通操作....34
8.1.1. 名前の重複について....35
8.1.2. CAM プロパティ画面モード....35
8.1.3. CAM プロパティのデータの保存タイミング....35
8.2. 機械設定 UI....36
8.2.1. リスト操作エリア....37
8.2.2. 基本設定・開始終了コード　タブ....38
8.2.3. 機械コード出力　タブ....39
8.2.3.1. 出力文字コードと対応 CNC....39
8.2.4. 回転軸タブ....40
8.2.5. シミュレーション　タブ....41
8.3. 工具設定 UI....42
8.3.1. リスト操作エリア....43
設定項目....43
8.3.2. 連続同一ツール時 開始/停止コード省略の詳細....44

8.3.2.1. 概要 44
8.3.2.2. 判定ロジック 44
8.3.2.3. 省略の具体例 44
8.3.2.4. 出力 G コードのイメージ 45
8.4. パス設定 UI 46
8.4.1. リスト操作エリア 46
8.4.2. CNC 座標系/CAD 平面エリア 46
8.4.3. 加工種類（Method）とその概要 47
8.4.3.1. 工具軸 固定(Z 方向)加工 47
8.4.3.2. 工具軸可変 回転軸を使う加工 48
8.4.4. R 方向タブ 49
8.4.5. Z 方向タブ 50
8.4.6. Z 設定パラメータの動作 51
8.4.6.1. Z 座標の基準 51
8.4.6.2. Z 座標の高さ関係 51
8.4.6.3. Z レイヤーの動作シーケンス 52
8.4.6.4. ツールパス全体の動作シーケンス 52
8.4.6.5. アプローチ Z（AprZ）の計算式 53
8.4.6.6. 各パラメータの設定指針 54
8.4.6.7. ZStartCode / ZEndCode との対応(オプション) 54
8.4.7. パス全体タブ 55
9. 主軸方向固定(3 軸機)加工のピックアップ解説 56
9.1. 曲線中心加工 56
9.1.1. 曲面上の加工と注意事項 57
9.2. 曲線工具径オフセット加工 58
9.2.1. サイド加工の特徴的設定 58
9.2.2. Z 方向、R 方向からの設定例 59
9.3. ポケット加工 60
9.3.1. 可能なら底面接続 60
9.3.2. アップカット（壁） 60
9.3.3. アプローチオプション（ランプ角度指定） 61
9.3.4. アプローチの下降方式の速度の設定 61
9.3.5. 直線フィード降下の場合 61
9.3.6. ランプ加工の場合 61
9.3.6.1. 閉曲線 ― 輪郭ヘリカルランプ 62
9.3.6.2. 開曲線 ― 逆ランプ 62
9.4. ポイントドリル加工(2.5D) 63
9.4.1. パス設定画面の項目 63
9.4.1.1. Z 方向の共通設定 63
9.4.1.2. ヘリカルドリル固有の設定 63

9.4.1.3. XY-R 方向（ヘリカルドリルの軌道半径）.....64
9.4.2. ヘリカル加工の動作.....64
9.4.2.1. ピッチの計算.....64
9.4.3. ヘリカル G コード出力仕様.....65
9.4.3.1. ヘリカル降下部（G02/G03）.....65
9.4.3.2. 底面フルサークル部（G02/G03）.....65
9.4.3.3. ペック降下（ヘリカル OFF）.....65
10. 主軸方向可変(4 軸以上)加工のピックアップ解説.....66
10.1. 主軸方向可変での Z 方向、Z 層の切削.....66
10.1.1. 複数曲線の場合 ― 曲線間コネクタ.....66
10.1.2. 開曲線の逆順戻り（単一曲線のみ）.....66
10.1.3. Rhino ビューポートへの表示.....67
10.1.4. 設定例.....67
10.1.5. パラメータの加工方法間差異.....68
10.2. 工具軸可変時の工具退避動作.....69
10.2.1. リトラクトの概要.....69
10.2.2. リトラクト高さ.....69
10.2.3. アプローチオフセット.....69
10.2.4. 自動リトラクト検出.....70
10.3. サーフェス法線加工（AxisSrfNormal）.....71
10.3.1. 主軸ベクトル矯正限界オプション.....72
10.3.2. PVList 逆順上戻りオプション.....72
10.3.3. G コード出力順序（AxisSrfNormal）.....73
10.3.4. BF6Ax バフ機専用機能.....74
10.3.4.1. 方向メソッドの選択.....74
10.3.4.2. BF6Ax バフ機専用 追加入力.....74
10.4. サーフェス UV 加工（AxisSrfUV）.....76
10.4.1. 概要.....76
10.4.2. 動作の流れ.....77
10.4.3. 対話操作（ビューポート）.....77
10.4.3.1. ① サーフェスの選択.....77
10.4.3.2. ② エッジの選択.....77
10.5. サーフェス投影参照法線加工（AxisRefProject）.....78
10.5.1. 動作の流れ.....78
10.5.2. 対話操作（ビューポート）.....79
10.5.2.1. ① 参照サーフェスの選択.....79
10.5.2.2. ② 参照エッジの選択.....79
10.5.2.3. ③ 加工曲線の選択.....79
10.6. XY 座標補間・法線加工（AxisXYNormal）.....80
10.6.1. 概要.....80

10.6.2. XY 指示による工具軸の補間の仕組み....81
10.6.3. 準備：法線ベクトル線分の作成....81
10.6.4. 対話操作（ビューポート）....81
10.6.4.1. 加工曲線の選択....81
10.6.4.2. 法線ベクトル線分の選択....81
10.7. 面法線ドリル加工（AxisPointDrill）....82
10.7.1. 概要....82
10.7.2. パス設定画面の項目....83
10.7.2.1. 主軸ベクトル矯正限界オプション....83
10.7.2.2. Z 方向の共通設定....84
11. 作業平面(CAD)とワーク座標(CNC)....85
11.1. CNC のワーク座標系とは....85
11.1.1. SMP でのワーク座標系の指定方法....85
11.1.2. SMP でのワーク座標系のシミュレーション....86
11.2. Rhino の作業平面を用いた設定....87
11.2.1. CAD オフセット平面(Pofs)....87
11.2.1.1. SMP でオフセット平面の対応付け....87
11.3. 割り出し加工平面(Pidx)....88
11.4. 加工パス種別・加工中に主軸方向が変化するかどうか....89
11.5. SMP の用語と CAM、CNC 設定....90
11.6. 座標変換の流れ....91
11.7. CAM-CNC 間の座標系の対応づけ....93
11.7.1. パス設定画面の３つの座標....93
11.7.2. CNC 加工座標系（入力）....93
11.7.3. CAD オフセット平面（平面名選択）....93
11.7.4. 割出加工平面（平面名選択）....93
11.7.5. ワーク座標系（CNCWorkSystem）の出力ポスト....94
11.7.5.1. CNC ワーク座標系の整合性の検証について....94
12. 作成ツールパスの管理・順序変更・統合出力....95
12.1. 作成したツールパスの全削除....95
12.2. 作成したツールパスの個別削除....96
12.3. 作成したツールパスの順序入れ替え....97
12.4. 作成したツールパスの有効化・無効化....98
13. ポストプロセス (ポストプロセッサ)....99
13.1. 出力順序....99
13.2. 各コードの説明....99
13.2.1. Machine（機械設定）....99
13.2.2. Tool（工具設定）....100
13.2.3. Path（パス設定）....100
13.2.4. 置換タグ....101

13.2.4.1. 工具（Tool）関連 101
13.2.4.2. パス（Path）関連 101
13.2.4.3. 機械（Machine）関連 101
13.2.4.4. 置換の例 102
13.2.5. セミコロン（;）の改行変換 102
14. SMP システムのバージョン確認 103
14.1. バージョン確認コマンド 103
14.2. バージョン文字列 103
14.3. インストーラーとの対応付け 103
15. ライセンス・購入について 104
16. 今後の予定 105
16.1. 細かな機能 105
16.2. 大きな機能 105
17. 専用化 106
17.1. 担当可能な領域 106
17.2. 実績 106
17.3. AI の組込、データ分析 106
17.4. CNC＋AI、ロボット技術 106
17.5. めがねバフ研磨 (6 軸 CNC・6DOF 加工) 106

1. 概要

1.1. SakiMotionPath (SMP)とは

Rhinoceros 8 （3D-NURBS 曲面モデルに適した CAD）用の、CNC(G コード）やロボット（スクリプト等）を 3D 形状から制御軌道を生成して活用するためのプラグインソフトウエアです。

NURBS 曲線・NURBS 曲面とは、自動車や家電、家具など、プロダクトデザインの意匠・スムーズな（微分やなめらかな接続が可能な）デザインを表現するための CAD 用の 3 次元の数学モデルです。

多軸のサーボ・コントローラ・CNC 等を用いた加工を制御する際、CAD のデザイン曲線・曲面から機械制御装置への 6 DOF（空間内の剛体モデルの移動・回転）＋α（加工に必要なコントロール、精度、加速度・速度などの最適化計算）の計算やシミュレーションを提供します。

つまり、曲面形状から機械コントロールへ、重要な数値計算の橋渡しをします。

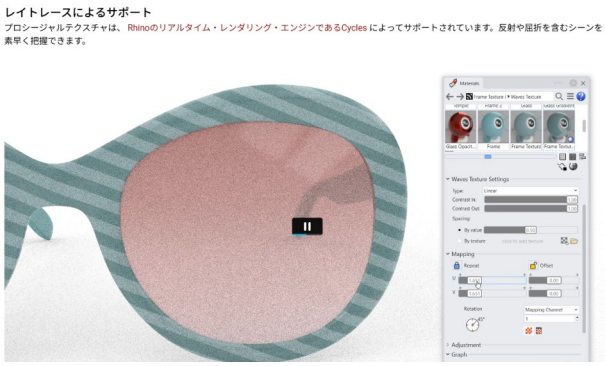
CAD/CAM/シミュレーターの連携、CAD 上の曲線・曲面データから、機械やロボットの機構への制御分解、コントロールコードや、G コードのポストを含めた機械動作シミュレーションが可能です。

1.1.1. 参考：Rhinoceros 8 について

https://www.rhino3d.com/

Rhinoceros 8 : Copyright © 1993-2026 Robert McNeel & Associates. All Rights Reserved.

Rhinoceros は、アメリカ McNeel 社の製品で、NURBS モデルを柔軟に扱える曲線・曲面に強い 3 次元 CAD です。また CAD の多数のファイルトランスレーター（ファイル入出力機能）を含んでいます。自動車業界、家電、船舶、航空機、から、眼鏡や家具など日用品でつかわれる世界標準のファイルを処理でき、大企業だけでなく、多くの中小企業でも利用されています。



1.2. SMP のおおまかな機能

SMP の各機能については、ライセンスによって個々に有効になります。

1.2.1. 曲線・曲面の加工制御・軌道制御(CAM)

1. 2.5D/同時３軸の輪郭、穴あけ、ヘリカルザグリ、ポケットなどの加工、（主軸方向固定）
2. 同時４軸/５軸・曲線・曲面加工（主軸方向可変）
3. 同時６軸　主軸可変＋加工方向可変加工（主軸方向＋工具接線方向制御）

1.2.2. CAD 作業平面 CNC ワーク座標間の変換機能(CAM)

第９章にて説明をしています。

1.2.3. CNC シミュレーターで時間アニメーション表示（SIM)

1.2.4. CAD＋CAM＋SIM の統合、スムーズなワークフロー

1.3. CAM 機能と本書の役割

SMP の機能の中で、本書では、SMP の中心・基礎となる CAM Panel（CAM 機能を操作する Rhino 上の GUI）の解説をしています。

SIM Panel の解説は別マニュアルがあります。

2. インストール

2.1.1.　インストールについての注意点

インストールは念のため Rhinoceros を終了させた状態でおこなってください。

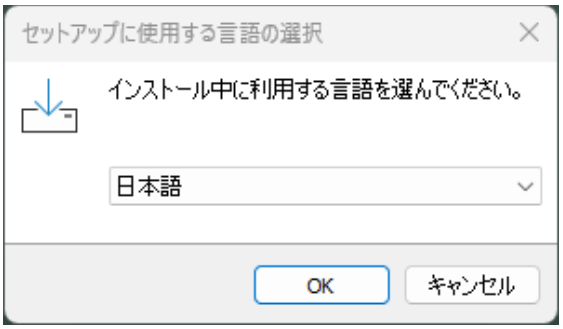
インストールファイルは、

SakiMotionPath_Install_64bit_<バージョン文字列>.exe です。

管理者アカウントでインストールする必要があります。

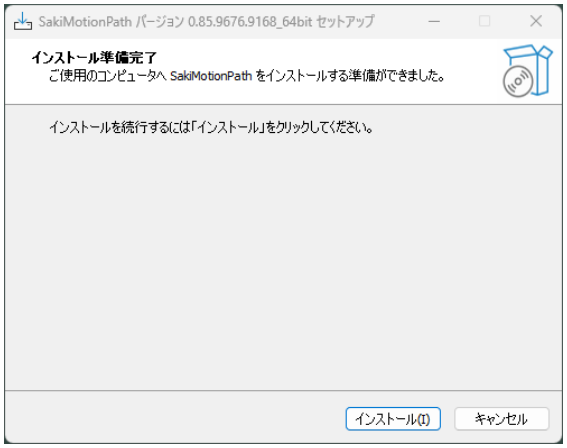
2.1.2.　インストール画面

言語選択：日本語　＞OK を押します。

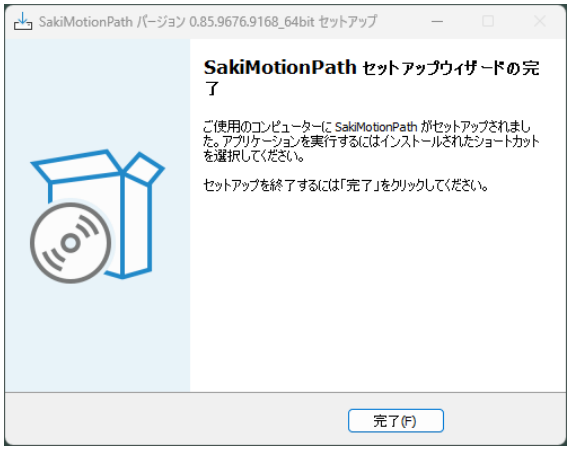


「インストール」ボタンをクリックすると、必要なファイルをコピーします。

（３分程度待ちます）



「完了」ボタンを押します。



SMP は、Rhinoceros8 のプラグインです。

Rhinoceros8 を実行して、CAD 内で SMP の機能を利用します。

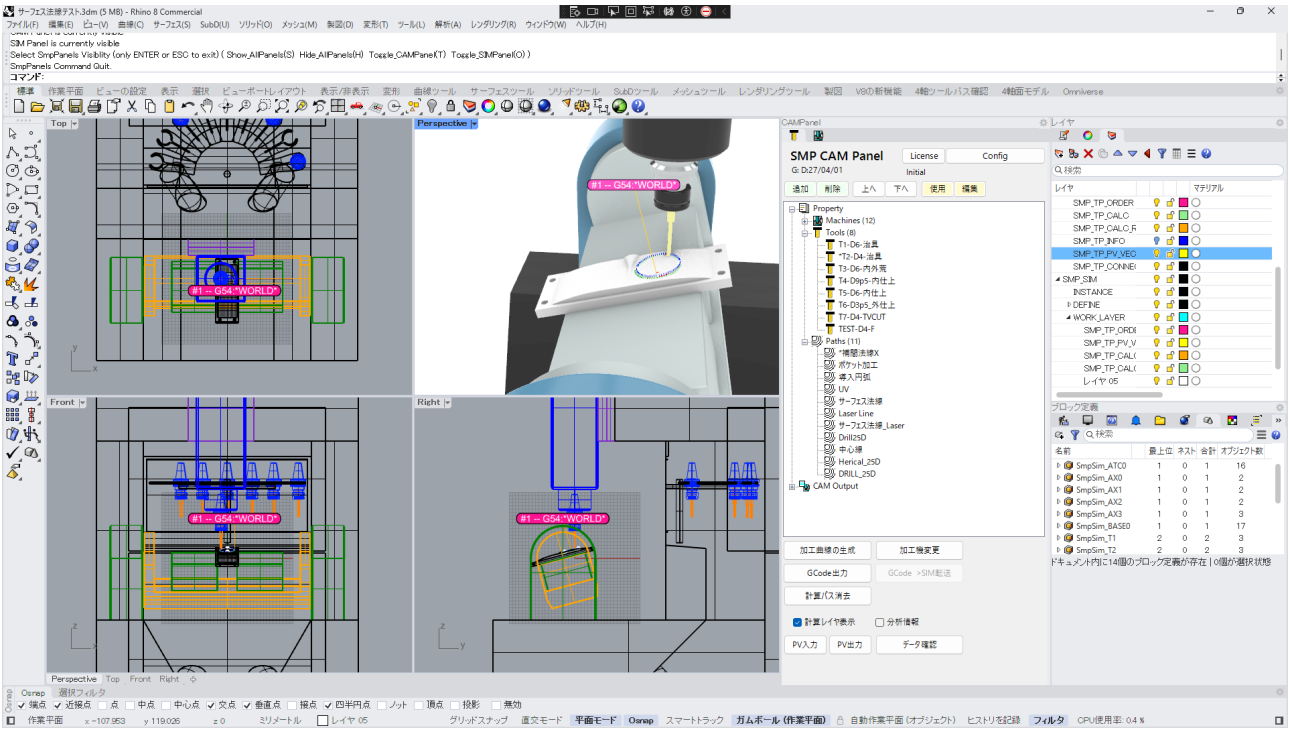
3. プラグインの起動と SMP のパネルの準備

3.1.1. プラグイン用のパネルの起動

SmpPanels とタイプすると SMP の表示パネルが選択できます。S を押す（Show All Panels）と、CAMPanel と SIMPanel が表示できます。このコマンドは Enter か ESC で抜けます。

表示後、パネルはライノセラスのメイン画面に統合することもできます。あるいは、フローティングさせて適当な大きさにリサイズも出来ます。

下記はメイン画面の一画に CAM パネルを統合させたところです。CAM パネルと SIM パネルをタブで切り替えられるようにしています。

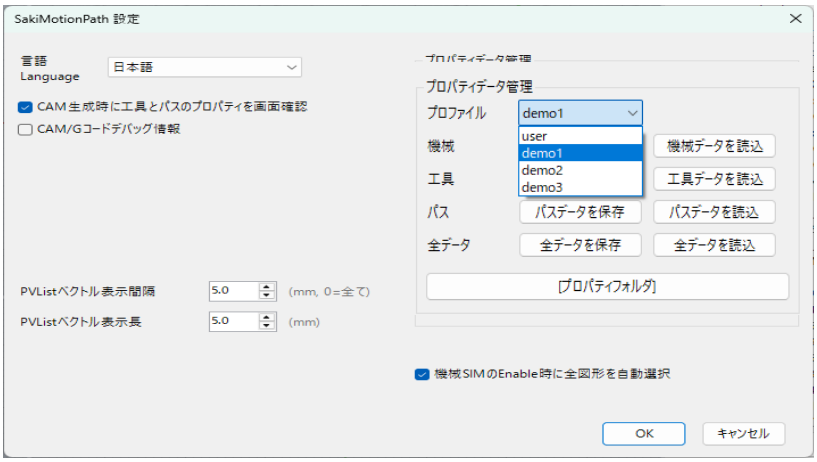


なお、インストールすると、デモ用・操作確認用の CAM プロパティ（機械、ツール、パスのデータ）がはいっています。

4. 体験操作

4.1.　体験操作のための準備

1）CAM パネル（SMP CAM Panel) から、Config ボタンを押します。（右画面）



2）プロパティデータ管理で、データを user から demo1 に変更します。

demo1 とすることで、CAM の設定が通常のユーザー操作とは別の設定として動作します。

（demo を設定して終了しても、起動時のプロファイルは常に user となります。）

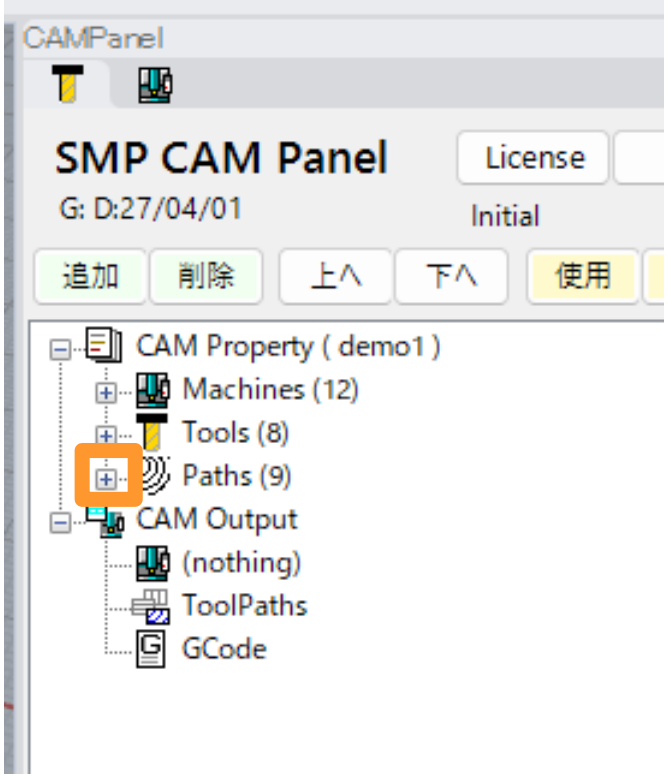
次の 3 項目にチェックがはいっていることを確認してください。

「CAM 生成時に工具とパスのプロパティを画面確認」

「G コードを機械 SIM へ自動転送」

「機械 SIM の Enable 時に全図形を自動選択」

Ok を押すと、CAM Property の( )内の表示が demo1 と表示されます。



[HINT]

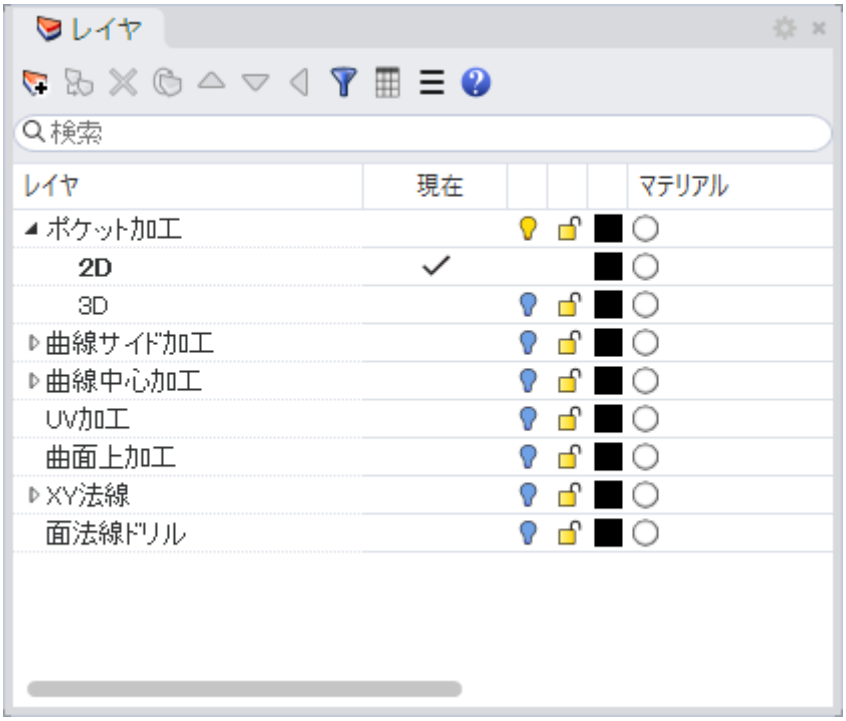
[+]のマークを押すとツリービューが展開されます。

[—]のマークを押すとツリービューが折りたたまれます。

4.2.　2.5D のツールパス（ポケット加工）

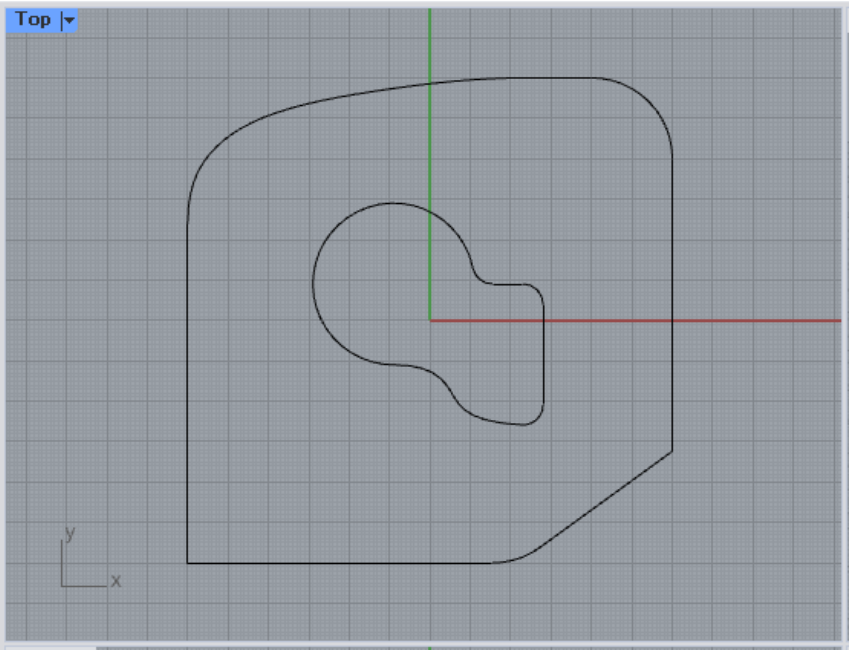
ドキュメント\SakiMotionPath\samples　に簡単な体験操作のファイルがいくつかあります。この中から、user_manual_demo1.3dm を開きます。

レイヤーで、ポケット加工-2D を表示状態にし、他のレイヤーを非表示状態にします。



単純な図形が表示されます。

外側（領域）と内側（島）が、直線、円弧、NURBS 曲線から出来ています。

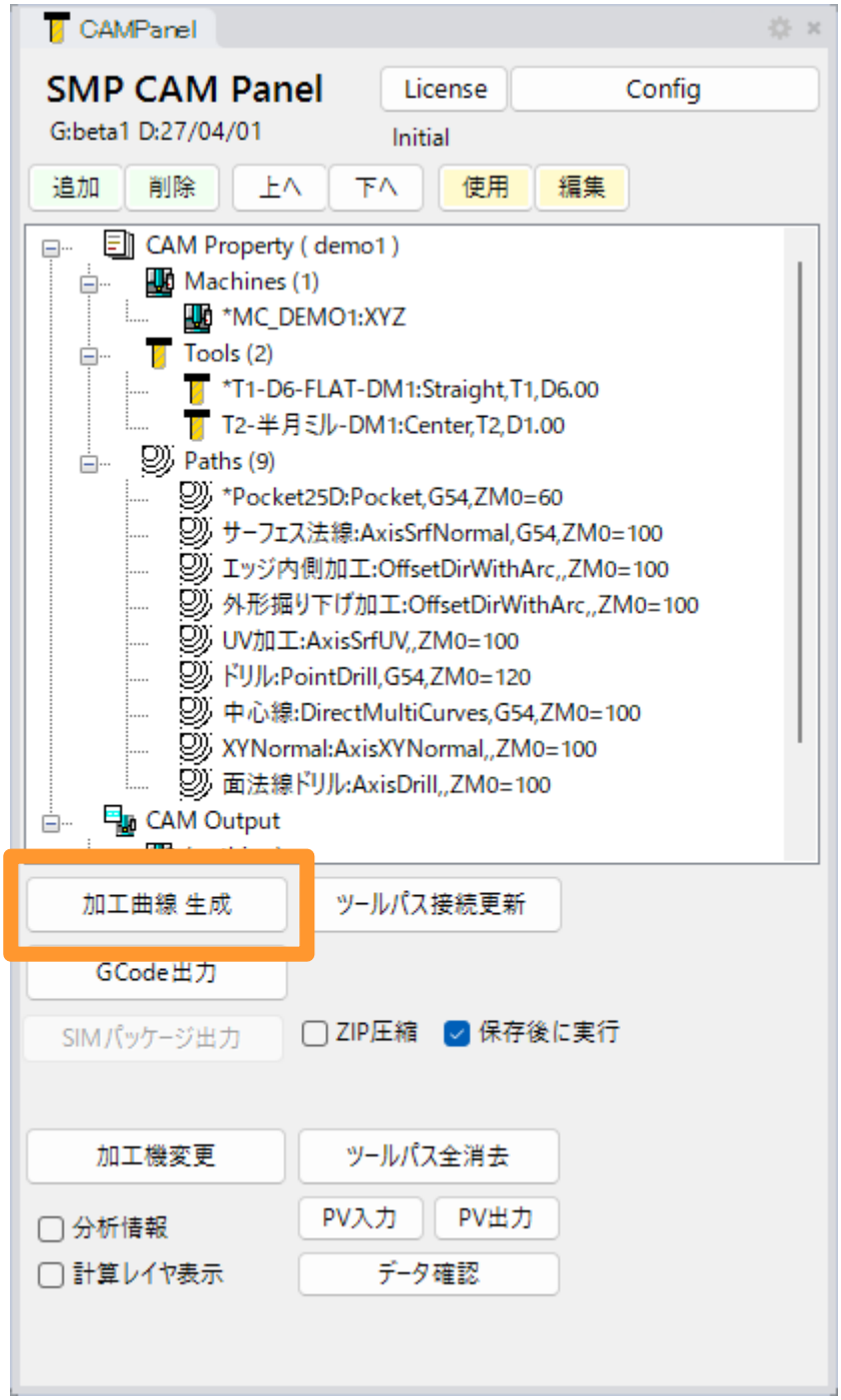


[HINT]　NURBS 曲線などはツールパス生成時に指定された精度で CNC コード等がサポートする経路・曲線等に分解されます。

4.2.1.　ツールパスの作成

CAMPanel で加工曲線 生成ボタンを押します。

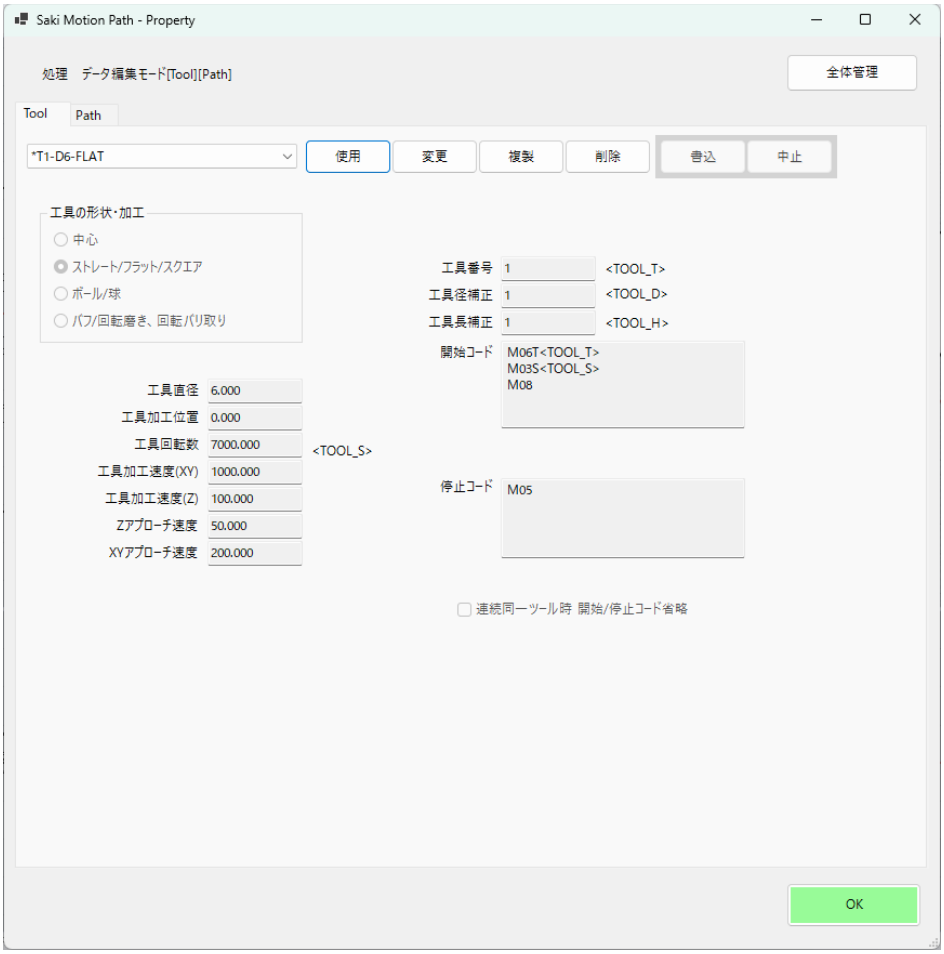
[HINT]CAMPanel の Config で「CAM 生成時に工具とパスのプロパティを画面確認」にチェックがはいっていると、毎回工具とパスのプロパティを確認・設定ができます。



4.2.2.　工具の選択

T1 ではじまるツール（D6 のフラットエンドミル）を選び、「使用」を押してください。

使用＝選択状態のものは、名前の前に＊がつきます。



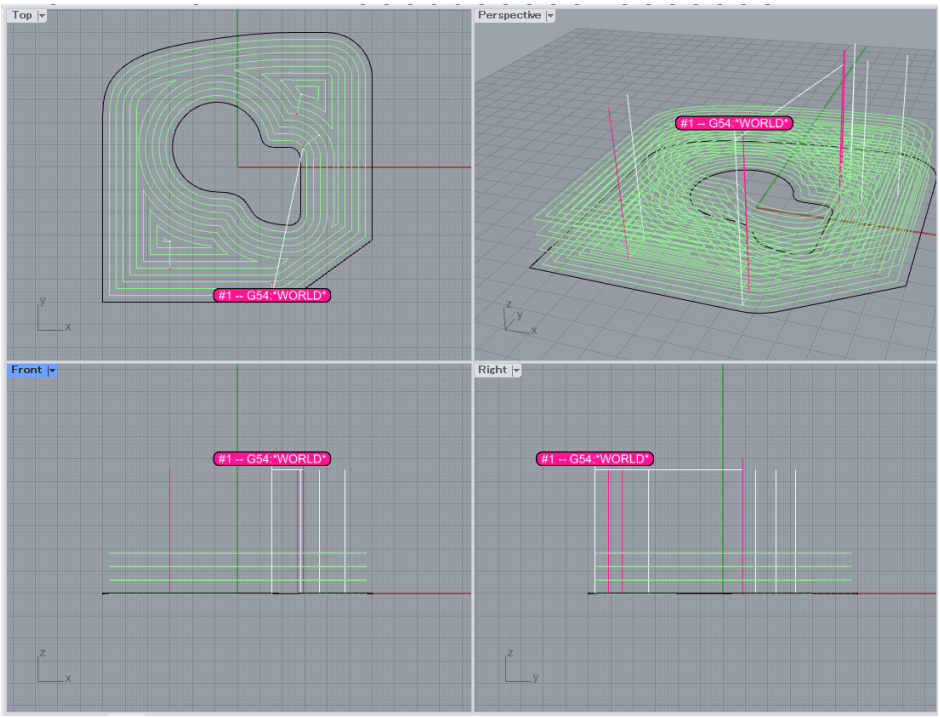
4.2.3. パスの選択

「Pocket25D」をドロップダウンリストから選択して、「使用」をおしてください。

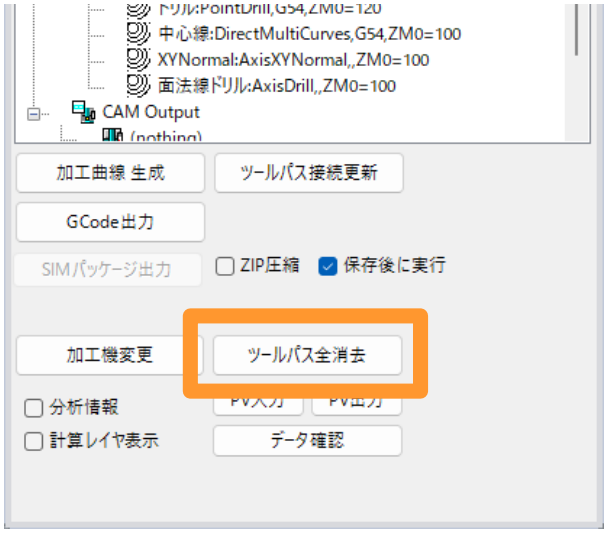
Ok ボタンを押すと指定された工具とパスで、ツールパスの計算が始まります。

4.2.4.　2.5D パス生成

簡単な図形から、2.5D のポケットのツールパスが作成されました。



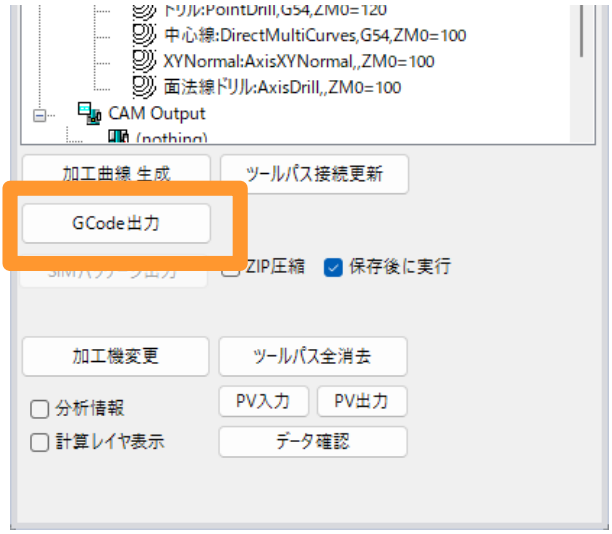
気に入らない場合は[ツールパス全削除]で、パスを削除し、設定を変更して作成しなおすことができます。なお、複数のパス（複合パス）がある場合はパスを選択して削除も可能です。



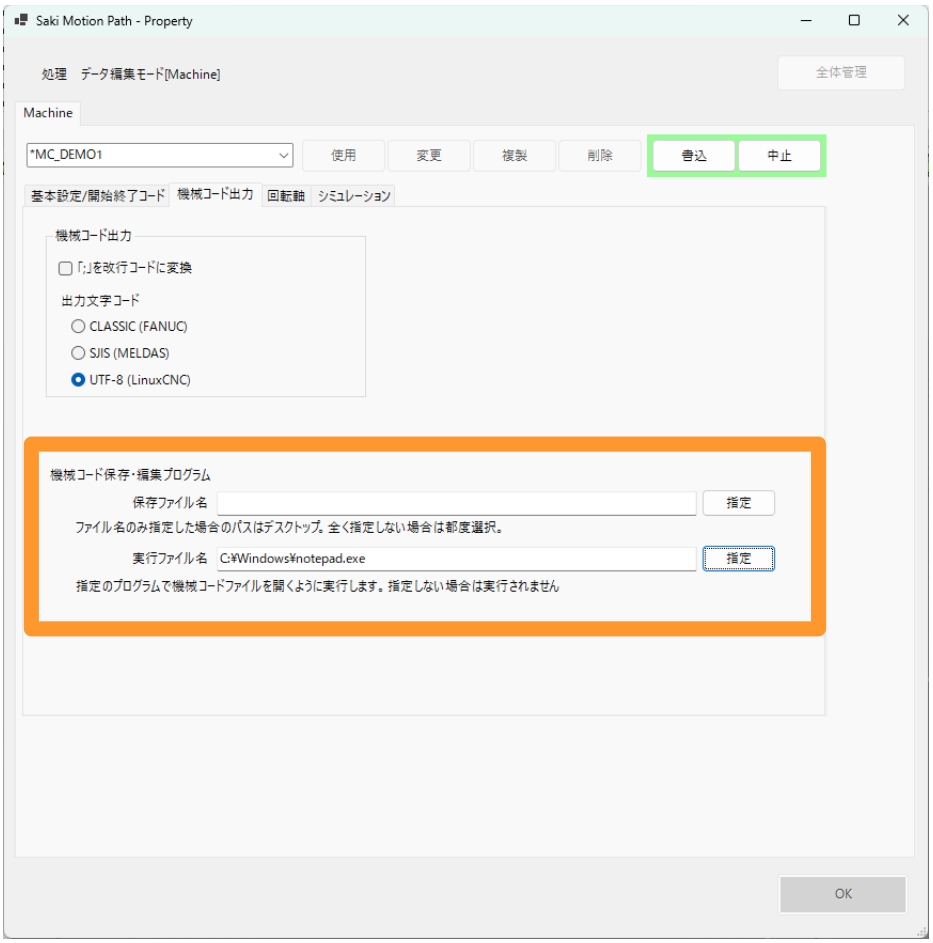
4.2.5. G コード出力

[GCode 出力]ボタンを押します。

保存先とファイル名を入力して、保存を押します。



[HINT]G コード編集用のアプリを プロパティの Machines の登録機械で登録していれば、G コードファイル保存後にそのアプリでファイルを自動的に開きます。



4.2.6.　機械シミュレーション（オプション機能）

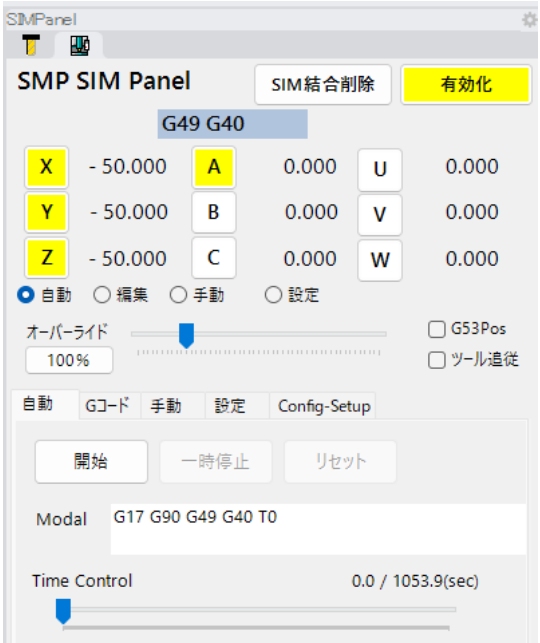
SIM パネルが表示されるので、[有効化]ボタンを押します。

[開始]ボタンを押すとシミュレーションが開始します。

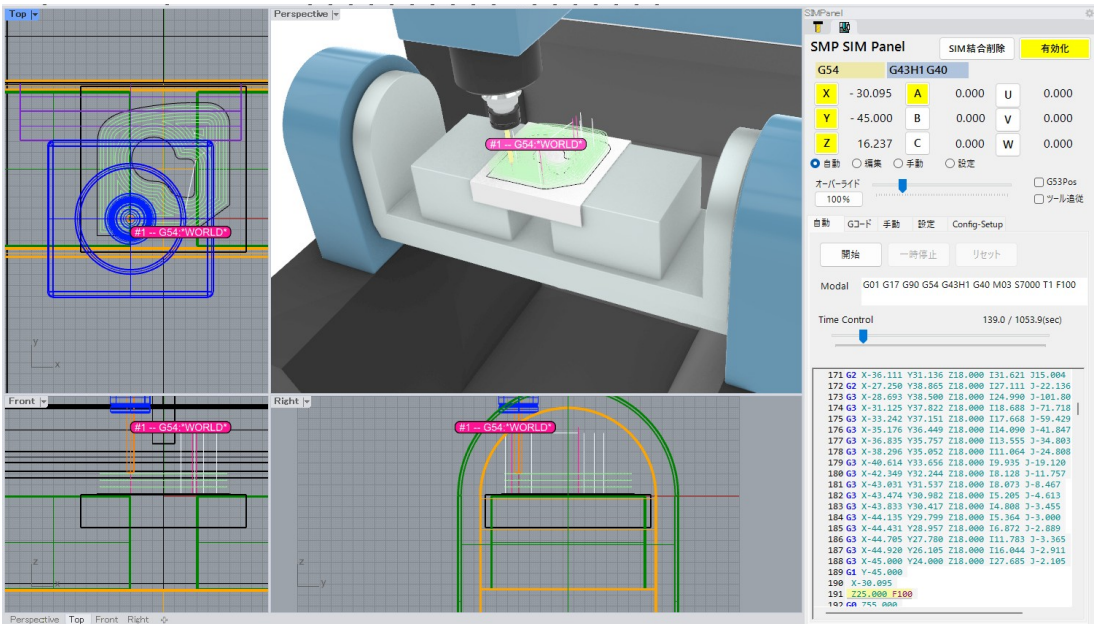
オーバーライドでシミュレーションの速度を速める（あるいは、遅くする）ことができます。

また、TimeControl のスライドバーで好きな位置へ早送りやプレイバックができます。

G コードによる全加工時間は、G コードを純粋に解析して、工具交換やポストによる移動も含んだ時間が TimeControl の右側に表示されます。



[HINT]機械のモデルや工具は、CAMPropery の Machine の定義で Rhinoceros のファイルとして定義されており、[有効化]を押すことで加工用のファイルにインポートされます。



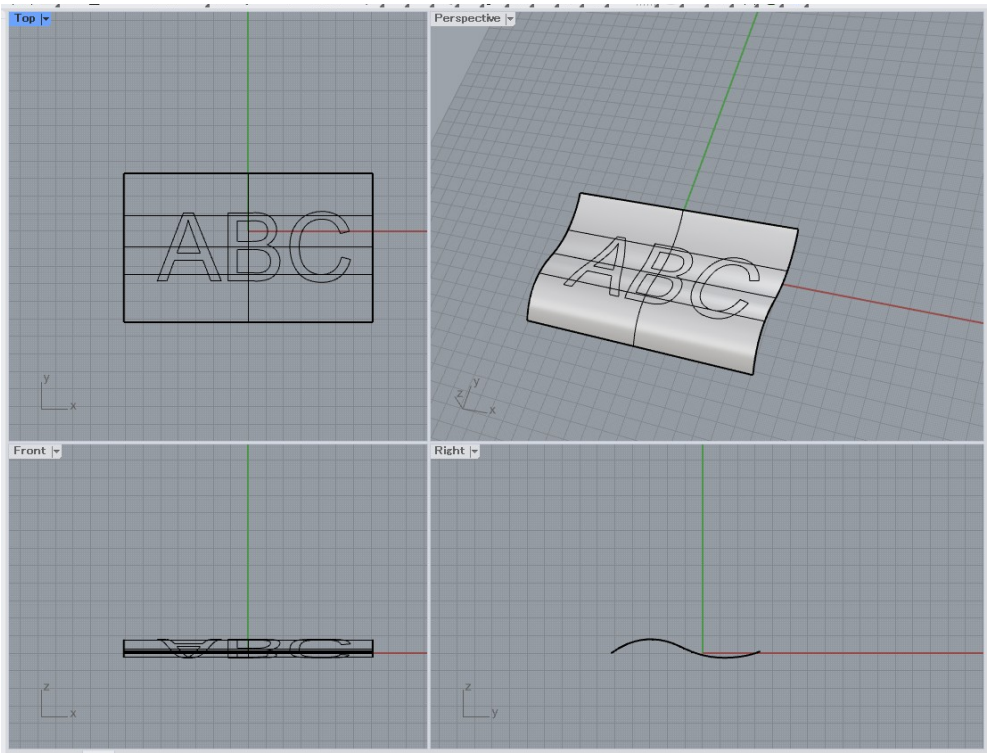
[SIM 結合解除]ボタンを押すと、シミュレーターが終了し、機械の表示等が無くなります。

4.3.　多軸のツールパス（曲面上の曲線加工）

流れはポケット加工と同様です。

レイヤーで、曲面上加工を表示状態にし、他のレイヤーを非表示状態にします。

ポケット加工を直前におこなっている場合、パスが残っているので、[計算パス消去]で、ポケット加工のパスを削除しておきます。



4.3.1.　ツールパスの作成

CAMPanel で加工曲線 生成ボタンを押します。

4.3.2.　工具の選択

T2-半月ミルを選び、「使用」を押してください。

4.3.3. パスの選択

サーフェス法線を選択して、「使用」を押してください。

Ok ボタンを押すと指定された工具とパスで、ツールパスの計算が始まります。

4.3.4.　多軸制御パス生成 (PVList)

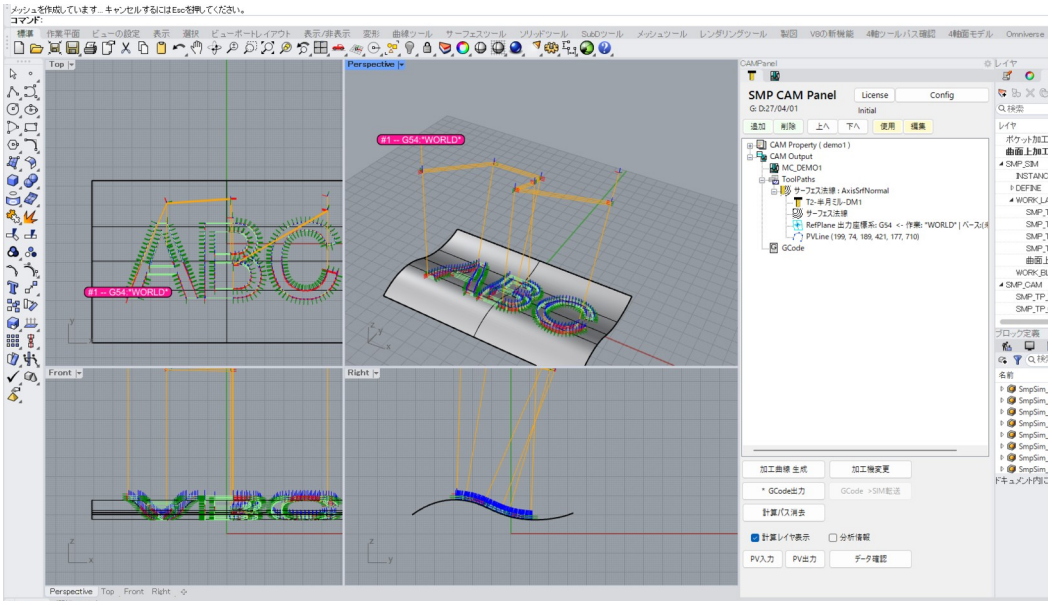
回転軸を用いた加工の場合、主軸方向が変化します。SMP では、これを制御・表示するための仕組みとして PVList (位置ベクトル群）表示としています。

ツールパスとして、３次元の位置（線や円弧など）だけでなく、各位置での主軸方向と進行方向のベクトル表す表示が付加されます。

この PVList 表示は、全点で発生させると非常に沢山の線が描画され、PC に対する負荷が高くなります。SMP では次のように間引いて表示することができますので、GPU のない PC、ノート PC 等で操作が重い場合は調整してください。

１）変化がない部分は表示されません。

２）Config で表示する間隔を設定することができます。（間隔を大きくすると表示がまばらになります）　PC や描画するものにあわせて調整してください。



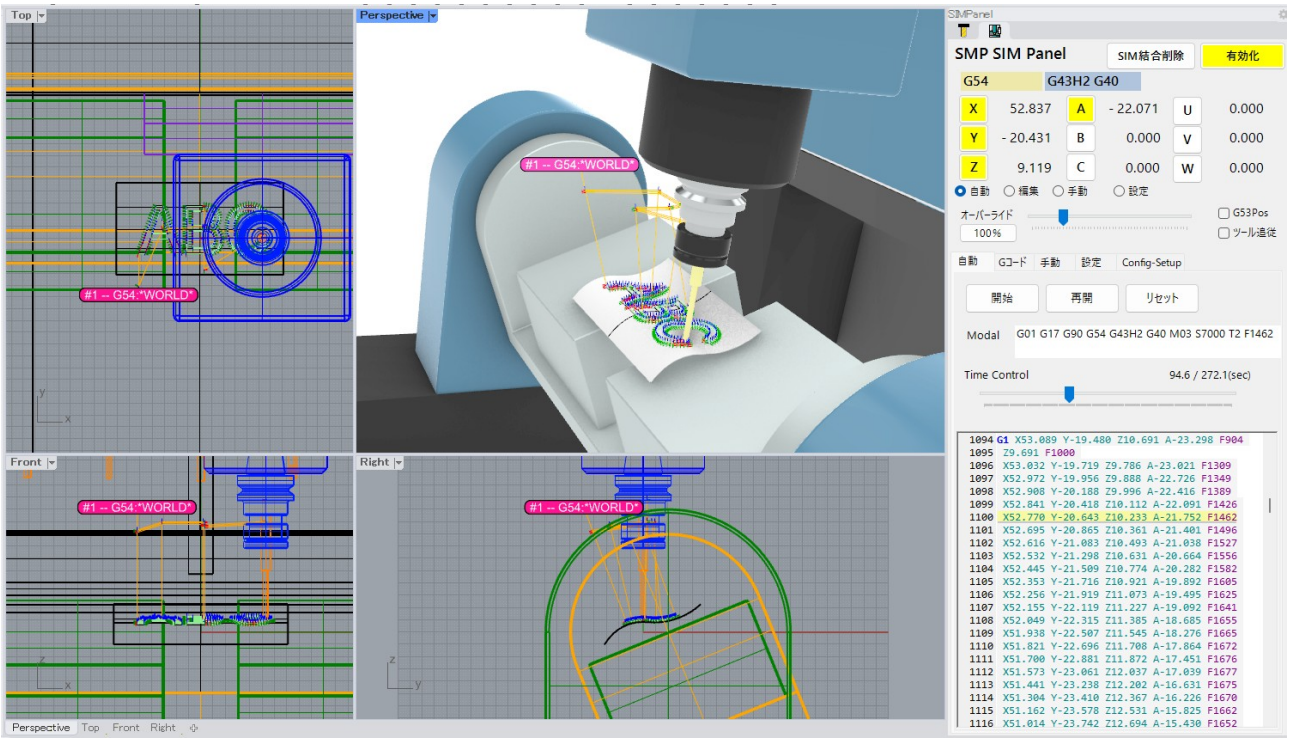
4.3.5. コードの出力、シミュレーション

多軸加工の PV ツールパスも、ツールパス生成後の流れは 2.5D のポケット加工と全く同じです。

・G コード出力

・機械シミュレーション（オプション）

となります。



5. SMP CAM 全般の設定 (ConfigForm)

本章では SMP の CAM 全般の設定を細かくみていきます。

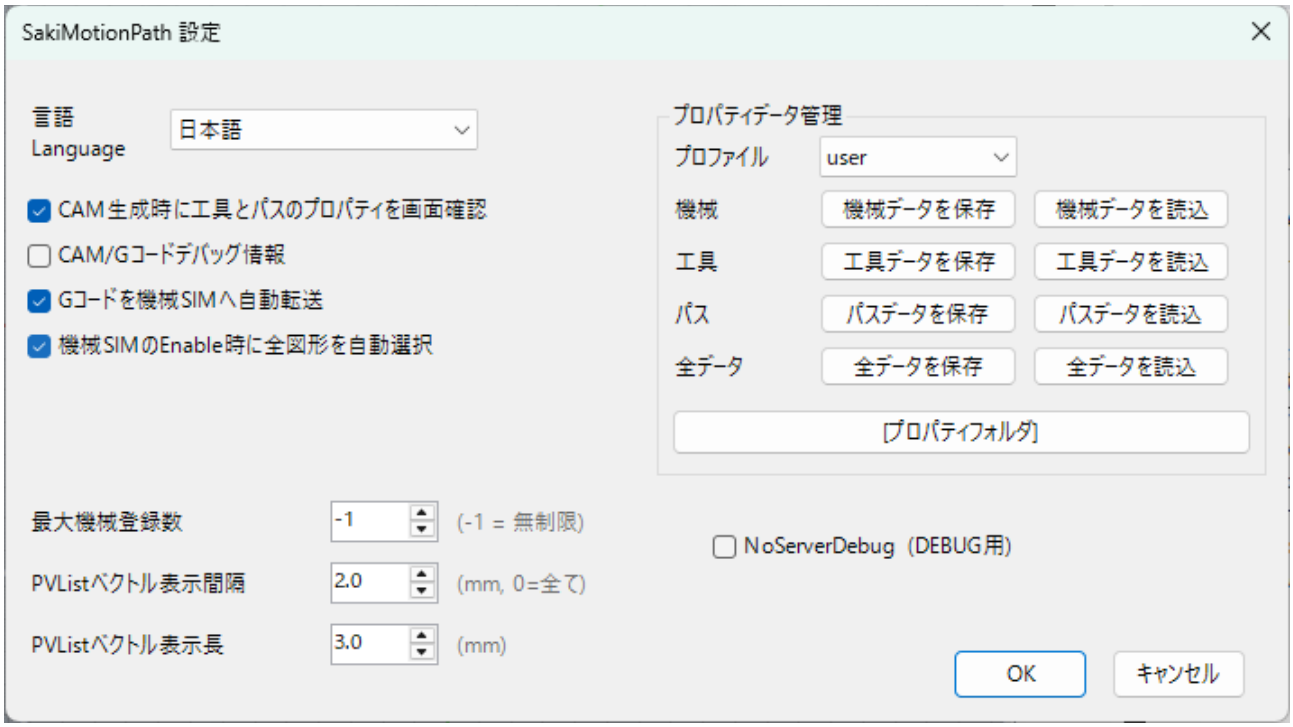
5.1. 設定の保存場所（管理者用情報）

全般の設定値は Windows レジストリ `HKCU\SOFTWARE\SAKIWAI\SakiMotionPath` に保存されます。なお、CAM 設定（CAM プロパティ）データ管理はファイルになっています。

5.2. ユーザー設定画面 (ConfigForm)

CAM パネル上の「Config」ボタンから全般の設定を開くことができます。

OK ボタンを押すと即時保存・適用されます。



5.3. 設定項目

5.3.1. 言語

プラグインの表示言語を選択します。

選択	説明
日本語	日本語表示
English	英語表示
Deutsch	ドイツ語表示
（初回起動時）	Rhino の UI 言語に自動追従

選択を変えると、このダイアログ内の言語表示がリアルタイムでプレビューされ、OK を押すと確定・終了し、他のコントロールの言語表示も変更されます。（英語、ドイツ語のアップデートは海外ユーザーのリリース用なので日本語ほど頻繁ではありません。）

インストーラーでもこれらのインストール言語を設定でき、インストール時の画面の表示に反映されますが、プラグインの画面でいつでも変更する事が出来ます。

5.3.2. 最大機械登録数（指定管理者のみ変更可能）

CAM プロパティの機械リストに登録できる機械データの上限数を設定します。

ツールパス生成は機械にも依存するため、機械を複数登録し、途中別のものに変更すると正しく動作しないコードが生成されることがあり、最大数が１になっています。

本項目はライセンスにより決定されますが、通常ユーザーは１から変更できません。

5.3.3. PVList ベクトル表示間隔

回転軸を使用する加工（AxisSrfNormal・AxisSrfUV 等）では、ツールパスの位置だけでなく、ツールパス上の主軸の向きも重要です。また、６軸以上の加工では、主軸の向きに加えて接線方向も制御します。

そのため、3 軸のツールパスとはことなる表示（点群におけるベクトル群の表示）をします。これが PVList(Point+Vector List)です。生成される PVList の、Rhino ビューポートへのベクトル描画間隔を設定します。

値	動作
0	変化のある全ポイントを描画する
正の値（mm）	直前に描画した点から指定距離以上離れたポイントのみ描画する

接線方向に不連続な点（キンク）は、この間隔によらず常に描画されます。モデルのスケールや確認しやすさに応じて調整してください。（通常は 5mm 程度でいいと思います。）

5.3.4. PVList ベクトル長

各ポイントに描画する Tangent（接線）／ToolAxis（工具軸）／OutVec（外積ベクトル） の 3 本のベクトル線の長さ（mm）を設定します。各ベクトルの意味と表示色は次のとおりです。

ベクトル	表示色	意味
Tangent（接線）	赤	工具の進行方向（曲線の接線）
ToolAxis（工具軸）	青	工具軸方向（サーフェス法線 = 工具が向く方向）。Z オフセットはこの方向に適用される
OutVec（外積）	緑	Tangent × ToolAxis の外積方向（工具軸に垂直な外向き）

既定値は 10.0 mm です。モデルのスケール等に合わせて見やすい長さに調整してください。設定はレジストリに保存され、次回起動時も引き継がれます。

5.3.5. 機械 SIM の Enable 時に全図形を自動選択

チェック ON にすると、機械シミュレーションを有効化したとき、ビューポート内の全オブジェクトを自動的に選択状態にします。機械シミュレーションはライセンス・オプションです。

5.3.6. CAM 生成時に工具とパスのプロパティを画面確認

チェック ON にすると、CAM コマンド（ポケット加工・等高線加工など）を実行するたびに CAM プロパティ画面（工具・パス設定）が開き、内容を確認してから生成できます。設定を毎回見直す場合は ON、作業を素早く進めたい場合は OFF（既定）が便利です。

5.3.7. G コードを機械 SIM へ自動転送

チェック ON にすると、G コード生成後、自動的に機械シミュレーターへ転送してシミュレーションを開始します。既定は ON です。OFF にした場合、手動でシミュレーターへ転送することができます。

5.3.8. CAM/G コードデバッグ情報

チェック ON にすると、CAM 計算・G コード生成の詳細な内部情報を Rhino のコマンドラインに出力します。問題調査・確認用の項目です。G コードに不要な情報、文字が埋め込まれますので OFF（既定）にして利用してください。

5.4. CAM 設定のファイルの書き出し・読み込み（設定外）

「Config」画面には、CAM の設定を任意の名前で書き出したり、別のファイルを読み込んだりするための機能があります。ファイルの詳細は４章を参考にしてください。

5.4.1. 個別の書き出し・読み込み

機械（Machines）・工具（Tools）・パス（Paths）をそれぞれ独立して操作できます。

ボタン	操作	保存ファイル
機械設定を保存	現在の機械設定を任意のファイル名で書き出す	`*.machines.dat`
機械設定を読込	指定した `*.machines.dat` を読み込み、現在の設定を置き換える	`*.machines.dat`
工具設定を保存	現在の工具設定を任意のファイル名で書き出す	`*.tools.dat`
工具設定を読込	指定した `*.tools.dat` を読み込み、現在の設定を置き換える	`*.tools.dat`
パス設定を保存	現在のパス設定を任意のファイル名で書き出す	`*.paths.dat`
パス設定を読込	指定した `*.paths.dat` を読み込み、現在の設定を置き換える	`*.paths.dat`

5.4.2. 一括の書き出し・読み込み

機械・工具・パスの３つをまとめて１ファイルで管理することもできます。

ボタン	操作	保存ファイル
全設定を保存	機械・工具・パスをまとめて１ファイルに書き出す	`*.all.dat`
全設定を読込	`*.all.dat` を読み込み、機械・工具・パスを一括置き換えする	`*.all.dat`

5.4.3. プロパティフォルダを開く

「プロパティフォルダを開く」ボタンを押すと、エクスプローラーでドキュメント `\SakiMotionPath\property\` フォルダを直接開きます。

注意: 読み込み操作はメモリ上の設定を即時置き換えますが、`user.*.dat` への書き込みは次回の保存操作（CAM プロパティ画面での確定）時に行われます。

CAM プロパティのファイルについては次章で詳しく説明します。

6. CAM プロパティ（準備・定義データ）の管理

SMP の CAM 機能は、ユーザーの機械、ツール、加工方法に応じて、ツールパスを生成しますが、毎回全てを設定するのは大変なので、予め「ユーザー用に登録してあるリスト」から、選択したものを呼び出して、必要部分を変更して、生成の際に使用するようにしています。

「ユーザー用に登録してあるリスト」というのが、ファイルとして、ユーザーのドキュメントフォルダの中にあります。これらのファイルは、ユーザー自身で保守する必要があります。PC の移動の時などにファイルを移動したり、バックアップを取る必要があります。

6.1. CAM 用の各種設定ファイル=CAM Property

機械（Machine）・工具（Tool）・パス（Path）の設定は、各々を CAM 設定ファイルとして保存、読み出しされます。これらをまとめて、CAM Property と表現しています。管理できる数はライセンス形態により上限があるケースがあります。

6.1.1. 保存フォルダ

CAM 設定ファイルは通常、次のフォルダに保存されます。

ドキュメント¥SakiMotionPath¥property¥

参考：ドキュメントのパス（ドライブ環境や MS アカウントで変わる場合があります）

C:¥Users¥<ユーザー名>¥Documents

このフォルダ内のファイルをユーザーが管理（バックアップ・コピー・移行）してください。

CAM プロパティ画面で設定を変更・保存すると、次のファイルへ保存されます。

ドキュメント¥SakiMotionPath¥property¥user.machines.dat
ドキュメント¥SakiMotionPath¥property¥user.tools.dat
ドキュメント¥SakiMotionPath¥property¥user.paths.dat

6.1.2. ファイルの種類

property フォルダには、user と Default のファイルがあります。（demo もありますが省略）

ファイル名	内容	役割
user.machines.dat	機械設定	ユーザーの設定ファイル 通常使用
user.tools.dat	工具設定	同上
user.paths.dat	パス設定	同上
Default.machines.dat	機械設定	出荷時の標準テンプレート 変更しない
Default.tools.dat	工具設定	同上
Default.paths.dat	パス設定	同上

- user.*.dat … 本プラグインが起動時に読み込み、設定変更時に保存するファイルです。ユーザーが日常的に使うのはこちらです。消去すると初期状態に戻ってしまいます。
- Default.*.dat … インストール時に配置される標準（出荷時）データです。user.*.dat を新規生成するための雛形です。

6.1.3. 起動時の読み込み動作

本プラグインの CAM パネルは起動時に、次のルールで CAM 設定を読み込みます。

1. user.*.dat が存在する場合 … その内容を読み込みます。
2. user.*.dat が存在しない場合 … 標準テンプレートである Default.*.dat から読み込み、次のメッセージを表示します。

   user.machines.dat が無いので標準のものを生成します。
   user.tools.dat が無いので標準のものを生成します。
   user.paths.dat が無いので標準のものを生成します。

   （存在しないファイルの分だけ表示されます。）

いずれの場合も、設定を保存すると内容は user.*.dat に書き込まれます。初回起動時は Default.*.dat の内容をもとに user.*.dat が作成されます。

6.1.4. 設定の保存

注意: user.*.dat はユーザー操作の必要に応じて自動で上書きされます。定期的にバックアップを取ることをお薦めします。

6.2. CAM プロパティのファイル管理

6.2.1. バックアップ

user.*.dat はユーザー操作のたびに自動上書きされます。設定を整えたら、user.*.dat をコピーして保管するか、Config 画面の「保存」ボタンで別名ファイルに書き出してください。

6.2.2. 設定のリセット

設定を出荷時状態に戻したい場合は、user.*.dat を削除して本プラグインを再起動してください。
Default.*.dat から再生成されます。

6.2.3. 別 PC への移行

user.*.dat を移行先の property フォルダにコピーしてください。

6.2.4. Default.*.dat, demo.*.dat

Default.*.dat は削除しないでください。設定の初期化・再生成の雛形として必要です。

Demo(1-3).*.dat はデモ用の設定ファイルです。

7. CAM パネルの TreeView

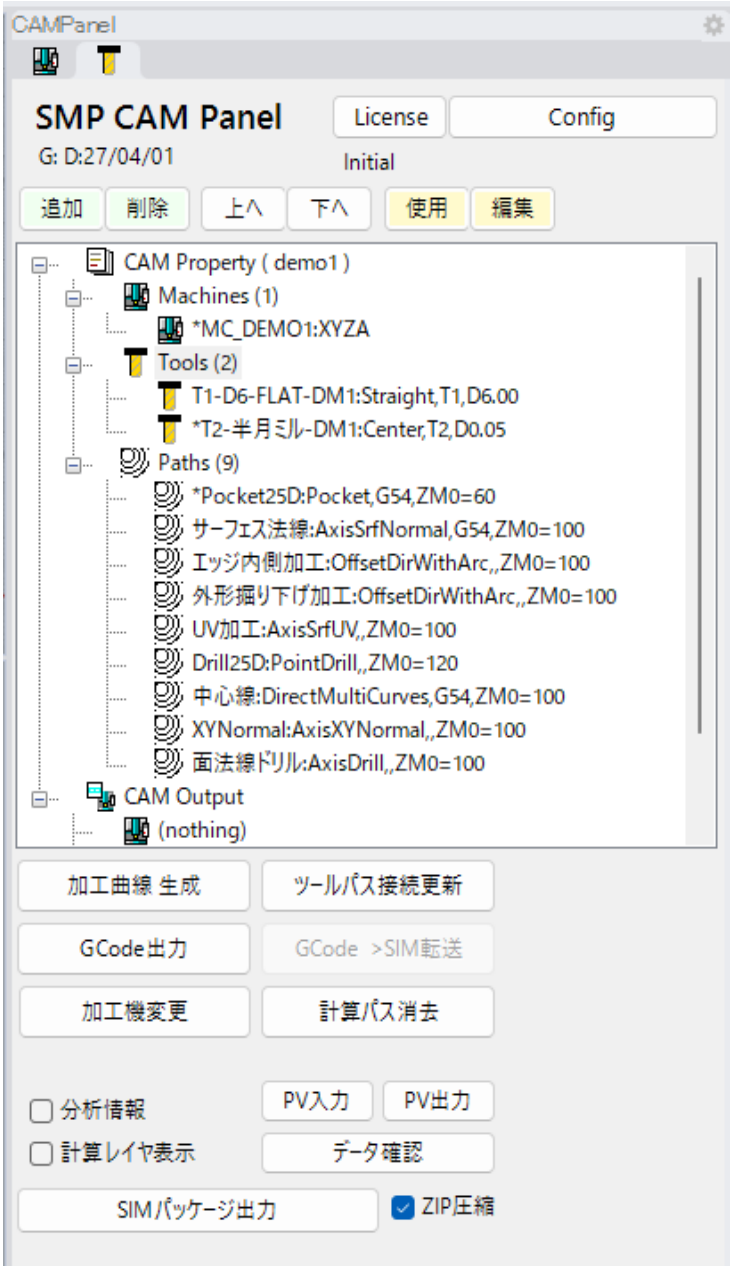
Rhino パネルの CAM パネル（SakiMotionPath）には、CAM に関する設定と、生成したツールパスの結果を一覧する TreeView が表示されます。

パネルにも TreeView のノードデータ（CAM の設定、出力）を操作するボタンがあります。

[追加][削除]

[上へ][下へ]

[使用][削除]



7.1.1. TreeView の構造

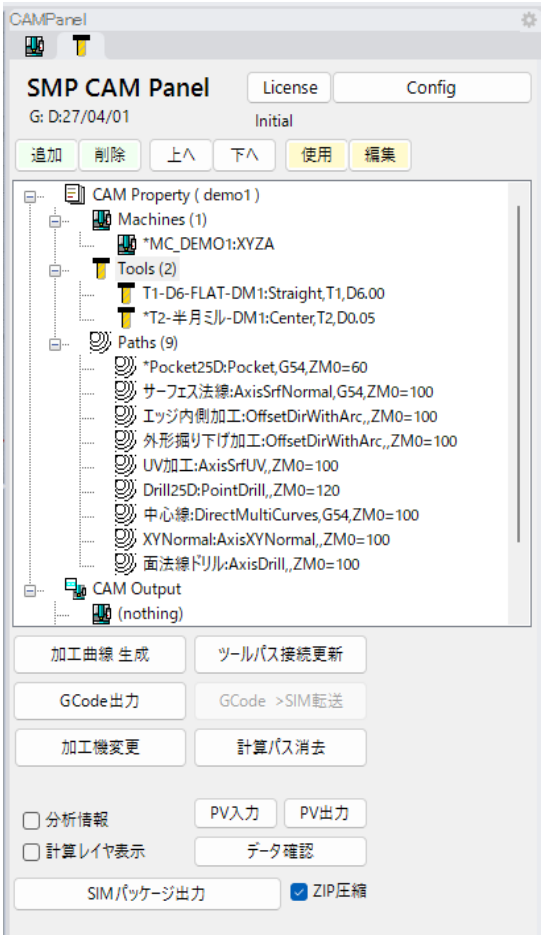
TreeView は 2 つのルートノードで構成されています。

```
Property
 ├──── Machines (n)          ← 登録済み機械設定の一覧
 │     ├──── *Machine1     ← 使用機械（先頭に * が付く）
 ├──── Tools (n)             ← 登録済み工具設定の一覧
 │     ├──── *EndMill_5mm      ← カレント工具
 │     └──── Drill_3mm
 └──── Paths (n)             ← 登録済みパス設定の一覧
       ├──── *Path_Pocket      ← カレントパス
       └──── Path_Profile

CAM Output
 ├──── DefaultMachine        ← G コード生成に使用した機械名
 ├──── ToolPaths             ← 生成済みツールパスの一覧
 │     ├──── ToolPath_1
 │     │     ├──── EndMill_5mm    ← 使用工具
 │     │     ├──── Path_Pocket    ← 使用パス設定
 │     │     ├──── RefPlane       ← 加工基準平面
 │     │     ├──── BasePlane      ← A 軸割り出し基準平面（設定時のみ）
 │     │     ├──── ZLayers (n)    ← 2.5 軸加工の場合
 │     │     └──── PVLine (n)     ← サーフェス法線系加工の場合
 │     └──── ToolPath_2
 └──── GCode                 ← 出力済み GCode ファイルの一覧
       └──── gcode.txt
```

Property ノード: `user.machines.dat` / `user.tools.dat` / `user.paths.dat` に保存されているデータを表示します。カレントに設定されたアイテムは名前の先頭に * が付きます。

CAM Output ノード: CAM コマンドで生成したツールパスと、出力済み GCode ファイルを表示します。生成したツールパスは ON/OFF や、加工順番の入れ替え（[上へ]、[下へ]ボタン）ができます。

ON のものが G コードとして出力されます。



7.1.2. CAM Panel - TreeView の操作

7.1.2.1. マウス操作

操作	対象ノード	動作
ダブルクリック	Machine/Tool/Path	CAM プロパティ画面を開く
ダブルクリック	GCode ファイル	機械設定の ExecFileName に登録されたアプリ（未設定時はシェルの既定アプリ）でファイルを開く
右クリック	GCode ファイル	コンテキストメニューを表示（→[GCode ファイルのコンテキストメニュー]）
クリック（選択）	ToolPath	Rhino ビューポート上でそのツールパスの形状をハイライト表示する
ドラッグ&ドロップ	ToolPath	ToolPaths 内で ToolPath の加工順序を並べ替える

7.1.2.2. キーボード操作

キー	動作
F2	選択中の Machine/Tool/Path ノードを編集（ダブルクリック）
Enter / Insert	選択位置に新規データを追加
Delete	選択中のデータを削除（確認ダイアログあり）
Shift + ↑	選択中の Property 項目または ToolPath を 1 つ上に移動
Shift + ↓	選択中の Property 項目または ToolPath を 1 つ下に移動

7.1.3. GCode ファイルのコンテキストメニュー

G コードを出力すると、GCode ノード下にファイルが表示されます。それらを右クリックすると以下のメニューが表示されます。

メニュー項目	動作
転送	機械シミュレーターへ GCode を転送してシミュレーションを開始する
編集	ダブルクリックと同じ。対応アプリで GCode ファイルを開く
フォルダを開く	エクスプローラーで GCode ファイルの保存フォルダを開き、ファイルを選択状態にする

8. CAM の各種設定 (CAM プロパティ画面)

CAM プロパティ画面は、ツールパスを生成するための機械（Machine）・工具（Tool）・パス（Path）の設定を編集する画面です。CAM パネルのツリー表示でダブルクリックや編集操作で独立したフォームとして表示されます。

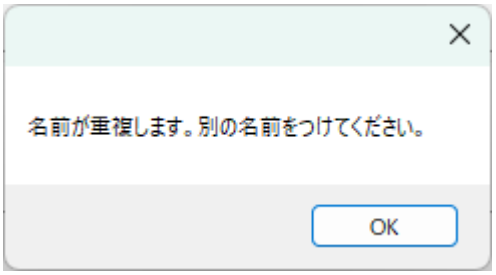
8.1. 共通操作

画面は機械・工具・パスと分かれていますが共通する部分があります。たとえば「Machine(機械)」のノードをダブルクリックすると、機械に関する設定データが表示されます。Tool(工具)も同様です。たとえば、工具は、タブの下の名前のドロップダウンで別の工具に移動ができます。右上の[全体管理]を押すと、３つのタブが表示され、全てのデータが編集できるモードになります。

8.1.1. 名前の重複について

機械（Machine）・工具（Tool）・パス（Path）の各設定は、同じ種類の中で名前を重複させることはできません。

CAM プロパティ画面で新規追加または編集を行い、[書込]のタイミングで名前のチェックがおこなわれ、同じ種類で同じ名前のデータが既に存在する場合は、次のメッセージが表示され、書き込みは行われません。



このときは別の名前に変更して再度書き込んでください。

8.1.2. CAM プロパティ画面モード

CAM プロパティ画面は、開き方によって表示されるタブと操作範囲が異なります。

モード	表示タブ	説明
全体管理	Machine / Tool / Path	全タブが管理モードで開く。各データの追加・編集・削除・順序変更が可能
ToolPath 作成	Tool / Path	CAM コマンド実行前の確認・選択用。Tool/Path を管理モードで開く
参照	対象のタブのみ	特定データを閲覧するだけのモード。リスト変更・管理ボタン不可

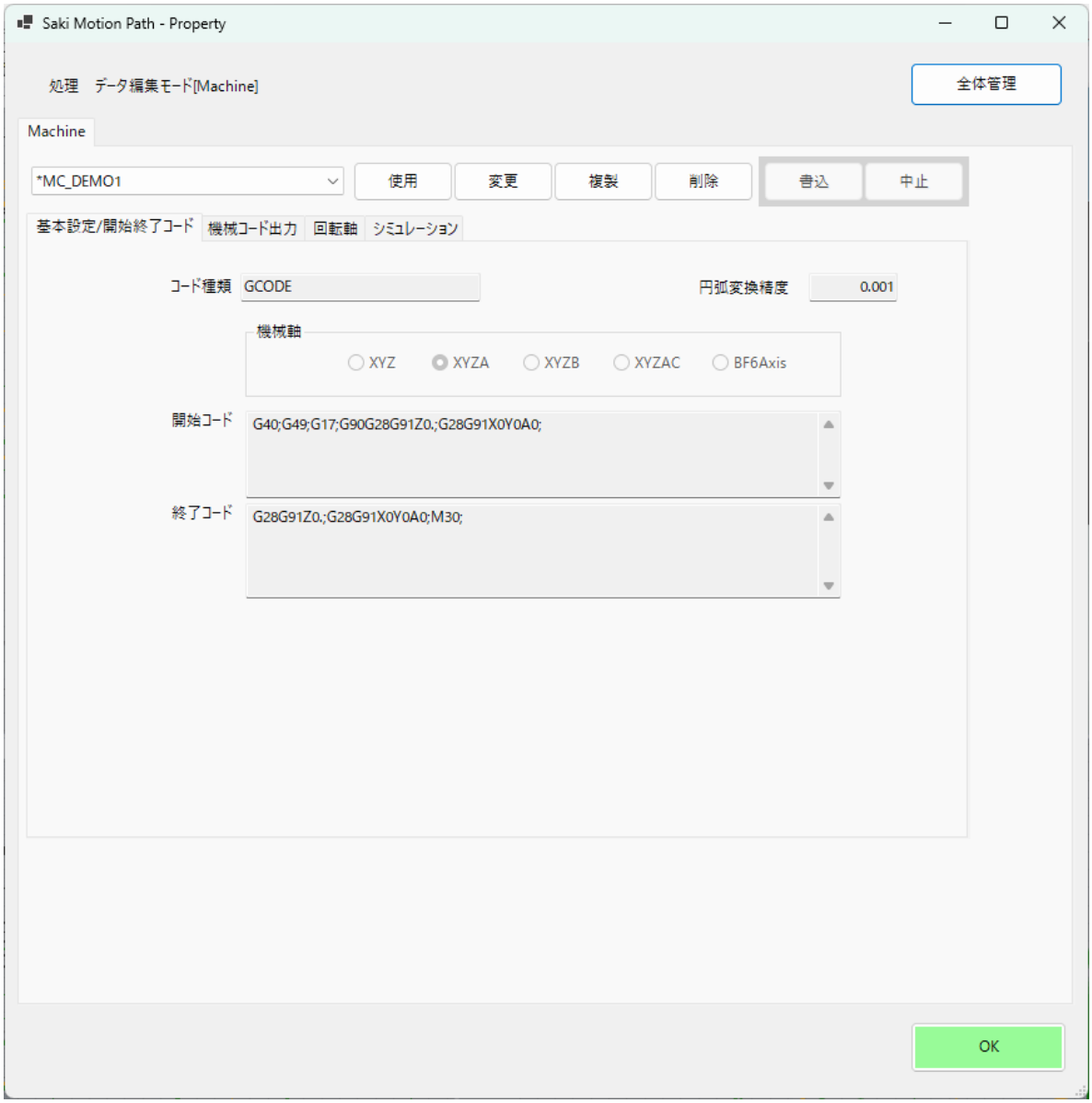
「全体管理」ボタンを押すと現在のモードから全体管理モードに切り替わりますが、タブが編集中（Edit/Add モード）のときは全体管理ボタンが無効化され、OK ボタンも押せなくなります。編集内容の破棄を防ぐためです。

8.1.3. CAM プロパティのデータの保存タイミング

- 各タブで「書き込み」ボタンを押した瞬間にそれぞれのファイルへ即時保存されます。
- OK ボタンでも同様に保存されます。
- キャンセルは編集内容をフォーム上で破棄します。

8.2. 機械設定 UI

機械設定 UI は、機械リストの管理、各機械パラメータの編集を行えます。動作パラメータ・G コード出力設定・シミュレーションなどの機械に関する設定ができます。



8.2.1. リスト操作エリア

データを選択したり、編集モードにするなどの操作ボタンです。

ボタン	動作
機械の名前 （コンボボックス）	ドロップダウンで別のデータを選択することもできます。 CAM で使用する機械は名前の先頭に *がつきます。 機械に関してはライセンスによる台数の上限があります。
使用	選択中の機械を CAM 処理の機械に設定して保存する
変更	現在選択中の機械を Edit モードにして各項目を変更可能にする
複製	現在選択中の機械を複製して末尾に追加し、Edit モードにする。キャンセル時は追加した複製を削除して元の選択に戻る
削除	選択中の機械をリストから削除する（最後の 1 件は削除不可）。確認ダイアログあり
書込	編集内容を検証して保存し、Browse モードに戻る。名前重複や機械台数上限超過の場合はエラーメッセージを表示して保存しない
中止	編集内容を破棄して Browse モードに戻る

8.2.2.　基本設定・開始終了コード　タブ

項目	説明
コードタイプ	G コードの種別文字列（例: GCODE）。現在は表示・保存のみで動作には影響しない
円弧補間精度（mm）	曲線を円弧に変換するときの許容誤差
機械軸	XYZ / XYZA / XYZB / XYZAC / BF6Ax から選択
開始コード	G コード先頭
終了コード	G コード末尾

8.2.3.　機械コード出力　タブ

機械コード出力に関する設定をおこないます。

項目	説明
「;」を改行コードに変換	G コード出力時に、コードにはいっている「;」を改行にします。
出力文字コード	下記参照
G コード保存ファイル名	G コードを保存するファイル名。「指定」ボタンでダイアログから選択可。空白の場合は毎回保存ダイアログを表示します。
実行ファイル名	G コード生成後に起動するアプリのパス（メモ帳など）[指定]ボタンで選択可。空の場合は拡張子に応じた既定アプリ

8.2.3.1.　出力文字コードと対応 CNC

選択	保存時エンコーディング	文字フィルタ	参考：主な CNC
CLASSIC	ASCII	小文字を大文字化し、大文字英数字と - . ( ) % # のみ出力	FANUC
SJIS	Shift-JIS	なし（そのまま保存）	MELDAS
UTF-8	UTF-8 BOM 無	なし（そのまま保存）	LinuxCNC

8.2.4. 回転軸タブ

項目	説明
リトラクト・検出(Deg)	回転軸がこの角度以上変化するとき、工具を退避してから回転し、次点で再アプローチ
リトラクト・復帰 Z 加算	退避後の復帰アプローチ時に加算する Z 量
先端点速度制御 （ToolTipControl）	先端点の速度を制御 指定 F 値を移動点の 3 次元の空間移動速度に換算し N 軸の合成速度を G コードでオーバーライド （移動軸から回転軸を除く分を増速します）
先端点速度制御・ 最大出力速度	先端点の速度を制御するとき、増速の最大値をクランプ ただし、ツールの速度のほうが速い場合はクランプしません。先端点速度制御を設定しても速度が変わらない場合は、最大出力速度が低すぎないか確認。
最初の C 軸の任意位置を逆修正 （FixFirstAnyC、XYZAC 専用）	最初の C 軸位置が任意（Any）のとき、先読みして逆側から修正
再帰分割 — 最大回転角 SubDivideParams.MaxRotDeg	軸ベクトルの変化がこの角度を超える区間を再帰分割（中間点をリニア補間）
再帰分割 — 最大分割深さ SubDivideParams.MaxDepth	再帰分割の最大深さ

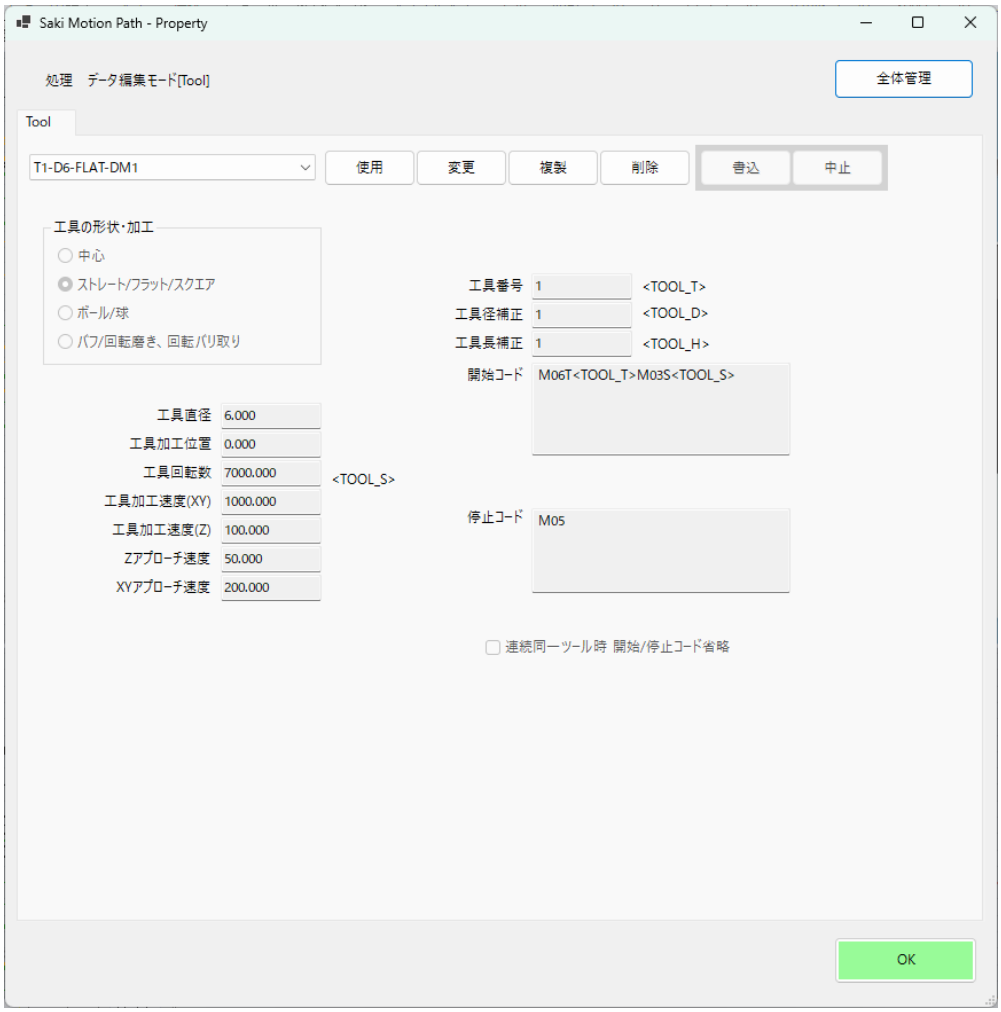
8.2.5. シミュレーション　タブ

別途、シミュレーションのマニュアルがあります。(参考）

項目	説明
G00 速度	機械シミュレーション時の G00（高速移動）速度（mm/min）
初期軸位置	シミュレーション開始時の各軸位置（カンマ区切り。例: 200,150,200）
ATC 位置	工具交換動作時の移動先位置（カンマ区切り）
ATC コード	工具交換 G コードパターン 空の場合は標準の M6/M06 T 形式 例: `M6 T<TOOL_NO>` / `M98 P9<TOOL_NO_3>`）。 `M98 P9001` のような形にも対応。(3 桁)
APC コード	パレット交換 G コードパターン。空の場合は APC なし
可動範囲 +/-	機械の各軸ソフトリミット（カンマ区切り）。シミュレーションのみ使用
不明コード許容	未知の G コードをエラーにせず Duration=0 として処理する
機械モデルファイル	シミュレーション用 3D モデル（.3dm）。machines フォルダ相対パスで保存
工具モデルファイル	工具形状が機械モデルと別ファイルの場合に指定する
シミュレーション 初期モーダル	シミュレーション開始前の初期モーダル状態コード（例: G90; G17;）
工具長補正テーブル	H 番号（H1～H99）に対応する工具長補正値を設定します。テーブル上のセルをクリックして直接編集できます。Excel などからコピーしたデータを Ctrl+V でペーストすることもできます
ワーク座標系テーブル	各ワーク座標系（G54～G59 等）のオフセットコードと X/Y/Z/A/B/C/U/V/W 軸の原点オフセット値を設定します。Offset Code に G54、G55 などの CNC コマンド文字列を入力します。パス設定の「ワーク座標系（G54System）」との対応付けに使用されます。Ctrl+V でスプレッドシートからのペーストが可能です。
シミュレーション パラメータテーブル	機械のシミュレーションパラメータを名前と値のペアで最大 100 件登録できます。例えば ATC/APC の動作量などを設定します。Ctrl+V ペースト可能です。 機械動作にあわせてシミュレーションソフトウエアを拡張する事が出来ます。（オプション・デジタルツイン機能）

8.3. 工具設定 UI

工具設定 UI は、工具リストの管理、各工具パラメータの編集を行えます。



8.3.1. リスト操作エリア

7.2.1　機械のリスト操作エリアと同様です（Machine → Tool に読み替えてください）。

- 少なくとも 1 件の工具が常に登録されている必要があります。1 件の場合は削除できません。

設定項目

項目	説明
工具名	一意な名前
工具の形状	中心（半月ドリルなど）　/ストレート、フラット（底面、側面）/ ボール　/　バフ、砥石(6Ax)
工具直径	工具外径。径補正計算に使用する
工具加工位置	工具先端の Z 方向のオフセット
回転数（通常 rpm）	スピンドル回転数。<TOOL_S> タグ
工具加工速度(XY)（mm/min）	XY 方向の切削送り速度。通常の切削移動（G01）に使用
工具加工速度(Z)（mm/min）	Z 方向の切削送り速度。直線フィード降下（APZ）に使用
Z アプローチ速度（mm/min）	Z 方向アプローチ時の送り速度
XY アプローチ速度（ mm/min）	XY 方向アプローチ時の送り速度
工具番号（ToolNo）	T コード番号。<TOOL_T> タグ
径補正番号（FixD）	D コード番号。<TOOL_D> タグ
長補正番号（FixH）	H コード番号。<TOOL_H> タグ
開始コード（StartCode）	工具使用開始時の G コード 例:M06T<TOOL_T>; M03 S<TOOL_S>
停止コード（StopCode）	工具停止時の G コード例: M05
連続同一ツール時 開始/停止コード省略（OmitCodeOnSameTool）	ON のとき、同じ名前のツールが連続する場合に前の停止コードと次の開始コードをスキップ

8.3.2. 連続同一ツール時 開始/停止コード省略の詳細

8.3.2.1. 概要

複数のツールパスをまとめて G コード出力するとき、同じ工具を連続して使用する場合に工具交換コード（Tool.StartCode / Tool.StopCode）の出力を省略できます。スピンドルを停止・再起動する必要のない場面（同一工具による連続パス）で、無駄な工具交換コードを除去するために使用します。

8.3.2.2. 判定ロジック

G コード出力時、各ツールパスについて以下の 2 つを独立して判定します。

対象コード	省略条件
開始コード（StartCode）省略	直前のツールパスの工具名 == 自分の工具名 かつ 自分の OmitCodeOnSameTool が ON
停止コード（StopCode）省略	直後のツールパスの工具名 == 自分の工具名 かつ 自分の OmitCodeOnSameTool が ON

- 工具名の比較は文字列の完全一致で行われます。
- 省略するかどうかは自身の OmitCodeOnSameTool フラグが基準です（隣接するツールパスのフラグは参照しません）。

8.3.2.3. 省略の具体例

以下の 4 ツールパスを順番に出力する場合

ToolPath 1: 工具 EndMill_5mm
ToolPath 2: 工具 EndMill_5mm ← TP1 と同じ工具名
ToolPath 3: 工具 Drill_3mm ← 別の工具
ToolPath 4: 工具 EndMill_5mm ← TP3 とは違う工具名

TP	工具名	前の工具	次の工具	StartCode	StopCode
1	EndMill_5mm	（なし）	EndMill_5mm	出力	省略 ← 次が同名
2	EndMill_5mm	EndMill_5mm	Drill_3mm	省略 ← 前が同名	出力
3	Drill_3mm	EndMill_5mm	EndMill_5mm	出力	出力
4	EndMill_5mm	Drill_3mm	（なし）	出力	出力

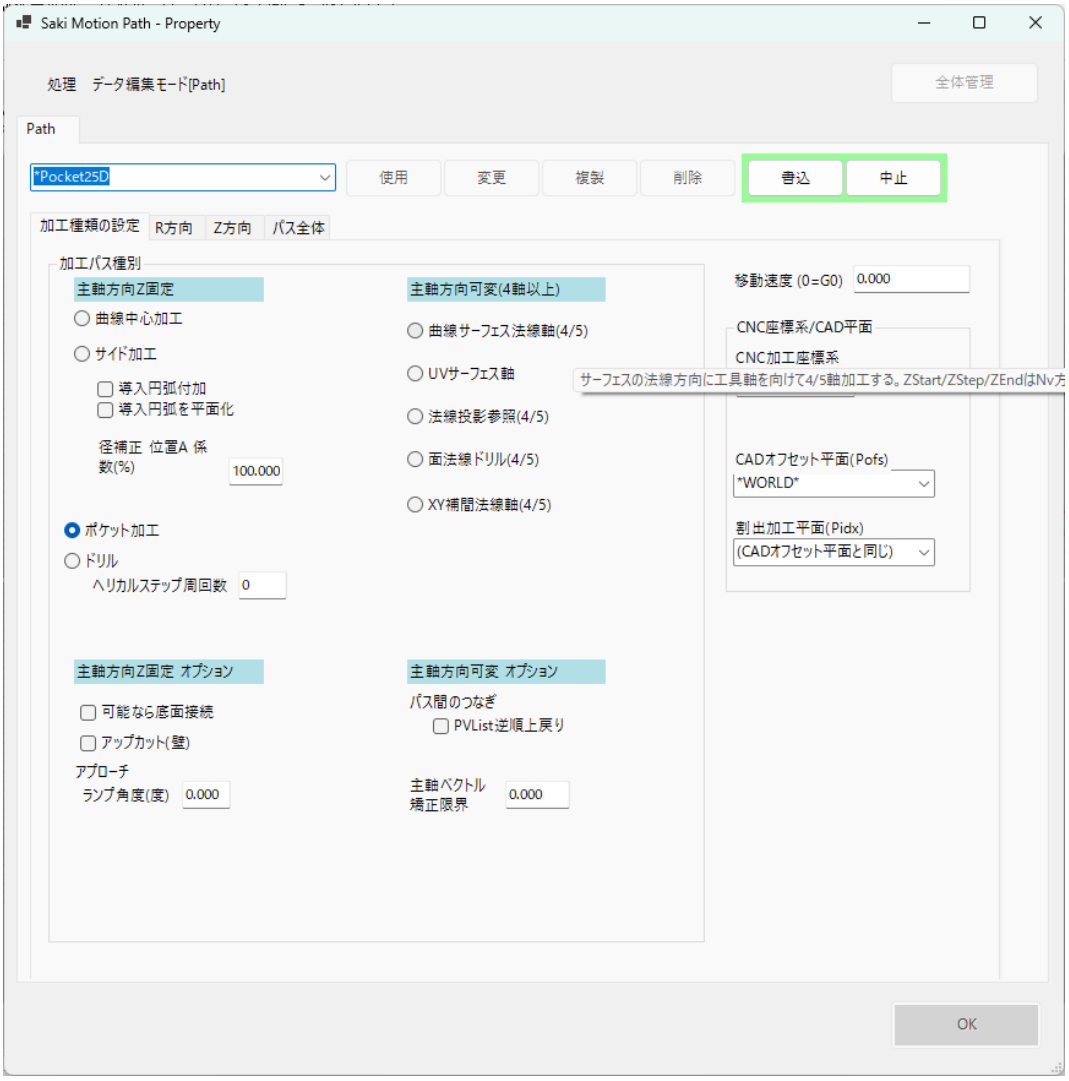
TP1 の停止コードと TP2 の開始コードが省略され、同一工具の連続パスがシームレスに接続されます。TP3（別工具）をはさむ場合、TP2 の停止コードと TP4 の開始コードは省略されません。

8.3.2.4. 出力Ｇコードのイメージ

```
(Machine.StartCode)

; --- TP1: EndMill_5mm ---
T1 M06            ← TP1 StartCode（出力）
M03 S3000
(加工本体 TP1)
                  ← TP1 StopCode は省略（TP2 が同名工具のため）

; --- TP2: EndMill_5mm ---
                  ← TP2 StartCode は省略（TP1 が同名工具のため）
(加工本体 TP2)
M05               ← TP2 StopCode（出力）（TP3 は別工具のため）

; --- TP3: Drill_3mm ---
T2 M06            ← TP3 StartCode（出力）
M03 S1500
(加工本体 TP3)
M05               ← TP3 StopCode（出力）

; --- TP4: EndMill_5mm ---
T1 M06            ← TP4 StartCode（出力）（TP3 は別工具のため）
M03 S3000
(加工本体 TP4)
M05               ← TP4 StopCode（出力）

(Machine.EndCode)
```

8.4. パス設定 UI

パス設定 UI は、パス設定のリストの管理、パスの種別やパラメータの編集を行えます。



8.4.1. リスト操作エリア

7.2.1　リスト操作エリアと同様です（Machine → Path に読み替えてください）。

- 少なくとも 1 件のパスが常に登録されている必要があります。最後の 1 件は削除できません。

8.4.2. CNC 座標系/CAD 平面エリア

§9 を参照してください。

8.4.3.　加工種類（Method）とその概要

加工方法は大まかに、回転する事ができない(工具軸固定）、できる（工具軸可変）、で２種類に分けられます。また、加工方法により、使わないパラメータがあったり、パラメータの使用方法が異なる場合もありますので、最初に加工方法を決定して、パラメータを入力していきます。

8.4.3.1.　工具軸 固定(Z 方向)加工

設定値	名称	概要	詳細
DirectMultiCurves	曲線中心加工	選択した曲線の中心線をそのままツールパスとする。オフセットなし	
OffsetDir	サイド加工	曲線を工具半径分オフセットしてサイド切削する。アップカット/ダウンカット選択可	
OffsetDirWithArc	サイド加工 ＋導入円弧	サイド加工に加え、コーナー部に導入/退出円弧を付加する	
Pocket	ポケット加工	閉曲線の内側をポケット加工する。降下方式（直線フィード/ランプ）選択可	
PointDrill	点ドリル	点オブジェクトを中心にドリル加工。ペック/ヘリカル降下選択可	

オプション

項目	説明
ヘリカルステップ周回数	ドリル時：1Z レイヤのステップをらせんで降下する回数
アップカット	工具の切削方向。OFF=ダウンカット、ON=アップカット
アプローチランプ角度	ランプ加工時の Z 降下角度（度）。元曲線の XY 軌跡に沿ってこの角度で降下する。0 以下/90 以上は直線フィード降下と同じ

8.4.3.2. 工具軸可変 回転軸を使う加工

設定値	名称	概要	詳細
AxisSrfNormal	曲面法線加工	指定曲線の各点でサーフェス法線を工具軸とする。曲面研磨・傾斜面加工向き	
AxisSrfUV	サーフェス UV 加工	サーフェスの UV エッジに沿って加工し、そのエッジ垂直の UV 方向を工具軸とする	
AxisRefProject	投影参照法線加工	参照サーフェスの UV 方向を工具軸として、別途指定した任意の曲線を加工する	
AxisXYNormal	XY 補間法線加工	ユーザーが配置したサーフェス曲線に対して、法線ベクトル線分を XY 座標で補間し、工具軸とする	

オプション

項目	説明
PVList 逆順戻り	主軸方向可変加工（AxisSrfNormal 等）で開曲線を多段切削する場合、Z レイヤー間の戻り経路を逆順 PVLine で生成する。複数曲線の場合は自動コネクタで接続するため無効
主軸ベクトル 矯正限界	主軸方向可変加工（AxisSrfNormal 等）で機械が動作可能な方向に主軸方向を強制的に矯正する際の限界角度。超過するとエラーになる。

8.4.4.　R 方向タブ

工具半径 R に追加する XY の拡大を設定します。開始→終了まで段階的に拡大しながら複数軌道を生成します。点ドリル加工の場合は、点を中心とした円を描きながら下降するヘリカル加工で使用します。（ザグリ穴などで利用します）

なお、閉曲線の内側の場合はオフセットできなくなった時点で終了します。

オフセット加工、ポケット加工、2.5D のドリル加工で使用します。

項目	説明
開始 ROffsetStart	最初の外側への軌道オフセット量 点ドリルは中心点からの距離ですが、点ドリル以外では、エッジから工具半径が考慮されます。
ステップ ROffsetStep	（正の値）軌道拡大時の増分 （負の値）工具直径に対する割合(%)を設定 -30 を設定すると　工具直径の 30%をオフセットしていきます。 （ゼロ）工具半径の 40%が設定
終了 ROffsetEnd	最後の軌道オフセット量

8.4.5. Z 方向タブ

Z 方向の設定は工具軸 固定の場合は Z 座標そのものですが、工具軸可変の場合は加工点での工具軸方向となります。

工具軸可変の場合は特に、干渉やリミット等を充分確認する必要があります。

項目	説明
パス外側高速移動 Z ZOuterRapid	ツールパス間の移動時の退避 Z 座標
パス内側高速移動 Z ZInnerRapid	ツールパス内のステップ間退避 Z 座標
Z アプローチ ZApr	各 Z ステップ開始位置より上方からアプローチする距離
Z 開始 ZStart	加工開始 Z オフセット（通常 ≥ 0、ワーク面より上）
Z ステップ ZStep	1 ステップの Z 降下量（0 のとき ZEnd まで 1 回で降下）
Z 終了 ZEnd	加工終了 Z オフセット（通常 ≤ 0、目標深さ）

制約 1: `ZOuterRapid > ZInnerRapid > ZStart + ZStep + ZApr`

制約 2: `ZOuterRapid > ZInnerRapid > ZEnd`

入力のチェック
上記の制約に合わない設定は、次の 2 か所でチェックされます。
1. パス設定（Cam_UI_Path）でデータを書き込む際、制約に合わないと
「Z 座標の高さ設定エラー:(理由)」を表示して書き込みを中止します。
2. G コード出力時、出力対象のいずれかのツールパスが制約に合わないと
「Z 座標の高さ設定エラー:(理由)」をダイアログ表示し、出力をエラーとしてキャンセルします。

8.4.6.　Z 設定パラメータの動作

8.4.6.1.　Z 座標の基準

Z 関連パラメータは何も指定しない場合（ WorldXY ）はワールド Z 座標と一致します。（CAD オフセット平面・割出加工平面）を指定する場合は、加工平面に対するローカル **Z** 座標 として扱われます。

ZStart / ZStep / ZEnd は 「加工形状の元の **Z** 位置」に加算されるオフセット値 です。

パス内の Z 座標{ZInnerRapid} / パス間の Z 座標 ZOuterRapid は ローカル座標系での絶対 **Z** 位置 です。

8.4.6.2.　Z 座標の高さ関係

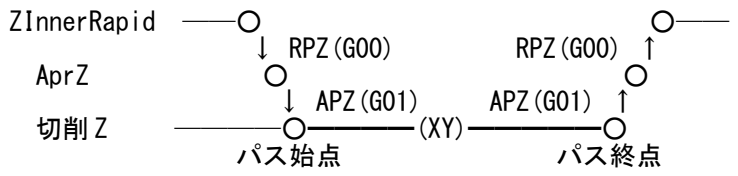
設定について、以下の高さ関係を満たす必要があります。

```
(Z+)
 |  ZOuterRapid ──────────────────────────      ツールパス間の移動高さ
 |  | ZInnerRapid ────────────────────────      Z ステップ間の退避高さ
 |
 |  AprZ(最初のステップ)  ──────────────      ZStart + ZStep + ZApr
 |  AprZ(2 段目以降)  ─────────────────      前の切削 Z + ZApr   ＊段ごとに下がる
 |
 |  ZStart ──────────────────────────────      1 段目切削 Z（加工形状の元 Z + ZStart）
 |  ZStart - ZStep ──────────────────────      2 段目切削 Z
 |    ⋮
 |  ZEnd ────────────────────────────────      最終切削 Z
 |
(Z-)
```

制約: `ZOuterRapid > ZInnerRapid > AprZ(1 段目) = ZStart + ZStep + ZApr`

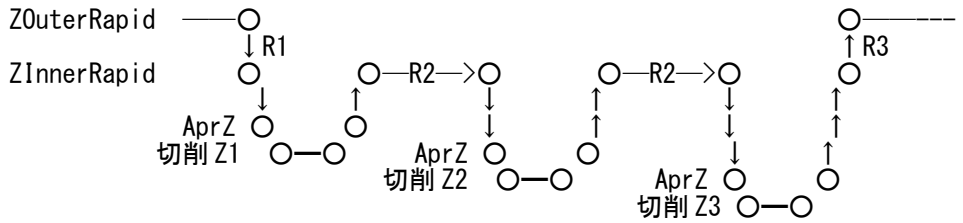
8.4.6.3. Z レイヤーの動作シーケンス

1 つの Z レイヤー（1 切削深さ）における工具の動きを以下に示します。



8.4.6.4. ツールパス全体の動作シーケンス

複数の Z ステップを含む 1 ツールパス全体の流れを示します（ZStepCount=3 の例）。



ステップ	動作	説明
R1	G00 ZOuterRapid→ZInnerRapid	最初の加工点 XY で上方から降下
各 Z	RPZ→APZ→CUT→APZ→RPZ	Z レイヤを繰り返し
R2	G00 水平移動（ZInnerRapid 高さ）	前レイヤー終点→次レイヤー始点が離れている場合のみ挿入
R3	G00 ZInnerRapid→ZOuterRapid	最後の加工点 XY で上方へ退避する

8.4.6.5. アプローチ Z（AprZ）の計算式

AprZ（APZ の上端・RPZ の下端）は切削 Z とパス設定から以下のように決まります。

ZStart > ZEnd（通常の下向き切削）のとき：

AprZ = （切削 Z レイヤー位置） + Z ステップ + Z アプローチ加算

ステップ	切削 Z	AprZ	意味
1 段目	ZStart	ZStart + ZStep + ZApr	ワーク面の 1 ステップ分上＋ZApr
2 段目	ZStart − ZStep	ZStart + ZApr	ワーク面直上＋ZApr
3 段目	ZStart − 2×ZStep	ZStart − ZStep + ZApr	1 段目切削 Z 直上＋ZApr
n 段目	ZStart − (n−1)×ZStep	ZStart − (n−2)×ZStep + ZApr	…

ステップが深くなるにつれ AprZ の位置 も低くなりますが、アプローチ送り距離は常に `ZStep + ZApr` で一定です。

8.4.6.6. 各パラメータの設定指針

パラメータ	典型的な設定指針
ZOuterRapid	クランプや治具など加工物周辺の最大突出物よりも十分高く設定する。ツールパス間の XY 移動はこの高さで行われる
ZInnerRapid	`ZStart + ZStep + ZApr` よりも高く設定する必要がある。加工内での Z ステップ間退避に使われるため、ZOuterRapid より低く
ZApr	APZ（アプローチ送り）の上端余裕。工具が切削面に当たらない程度の余裕を持たせる（目安：3～15mm）
ZStart	加工を開始する Z オフセット。形状面の少し上（正値）から切り込みを始めたい場合はその量を設定する。0 の場合は形状面がそのまま最初の切削 Z
ZStep	1 段あたりの切り込み量。0 を設定すると ZEnd まで 1 回で降下する（荒加工非対応の場合など）
ZEnd	最終切削 Z オフセット。目標深さを指定する（通常は 0 以下の負値）

設定の例：

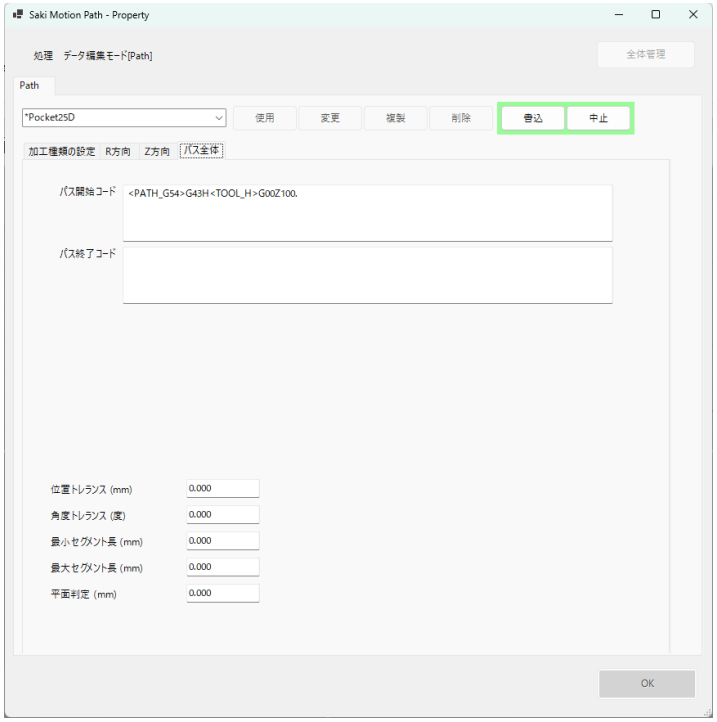
```
ワーク面（Z=0）から 5mm 深さを 1mm ずつ切り込む場合：
  Z オフセット開始     =  1.0   <ワーク面より 1mm 上から最初の切削
  Z ステップ           =  1.0   <1mm ずつ掘り下げ
  Z オフセット終了     = -5.0   <5mm 深さで終了
  Z アプローチ加算     =  2.0   <アプローチは切削 Z より ZStep+ZApr = 3mm 上から
  パス内の Z 座標      = 30.0   <ZStart + ZStep + ZApr = 4mm より高く設定
  パス間の Z 座標      = 100.0  <次のパス種別に移動する事を考慮し、素材や治具を考えた安全高さ
```

8.4.6.7. ZStartCode / ZEndCode との対応(オプション)

`Path.ZStartCode` と `Path.ZEndCode` はそれぞれ各 Z レイヤー（RPZ 進入の直前・RPZ 退避の直後）に挿入されます。§12.1「出力順序」も参照してください。

ZStartCode ← ここに出力（RPZ 進入の直前）
RPZ(G00) → APZ(G01) → CUT(G01) → APZ(G01) → RPZ(G00)
ZEndCode ← ここに出力（RPZ 退避の直後）

8.4.7. パス全体タブ



各コードフィールドの詳細は §12「ポストプロセス」を参照してください。

画面項目	対応するコード	出力タイミング
開始コード	Path.StartCode	ツールパス毎・Z レイヤー全体の前
終了コード	Path.EndCode	ツールパス毎・Z レイヤー全体の後
Z 開始コード	Path.ZStartCode	(オプション)Z レイヤー毎の前
Z 終了コード	Path.ZEndCode	(オプション)Z レイヤー毎の後
図形開始コード	Path.PathStartCode	(オプション)最終図形開始時
図形終了コード	Path.PathEndCode	(オプション)最終図形終了

画面項目	説明
ツールパス精度（mm）	曲線をポリラインに変換するときの許容誤差
高速移動速度（mm/min）	G00 代わりに G01 で高速移動する場合の速度。0 の場合は G00 を使用。PVList 逆順戻り時の速度にも使用される

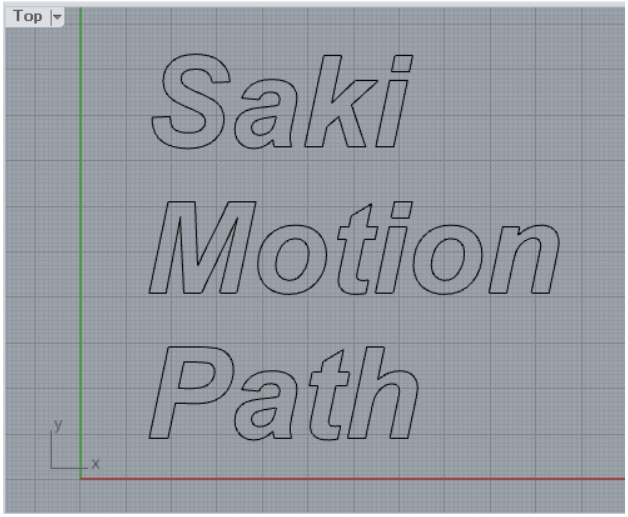
9. 主軸方向固定(3 軸機)加工のピックアップ解説

主軸固定の３軸加工で役に立つ設定を解説します。

9.1.　曲線中心加工

曲線に工具の中心が来るように加工します。

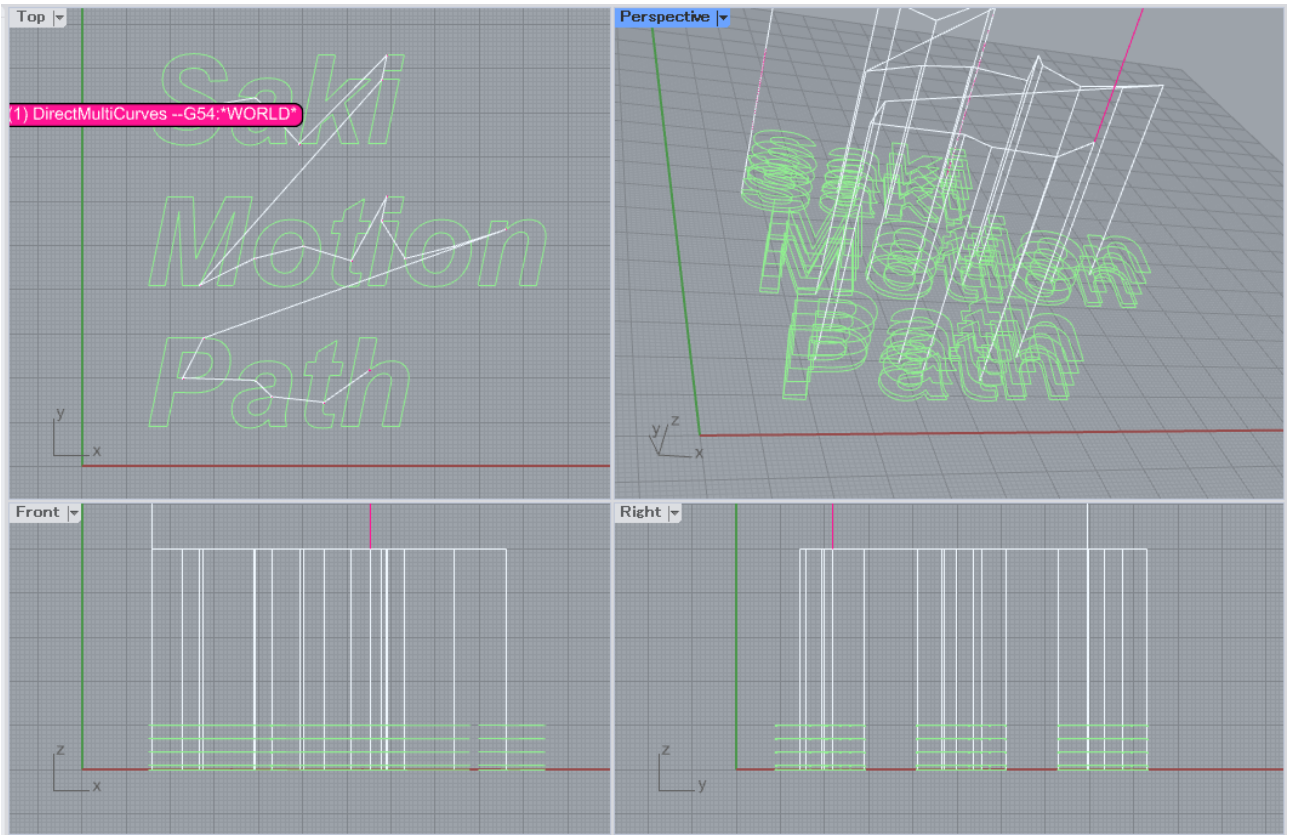
半月ドリルなどで、文字を入れるのに便利です。



このコマンドは他のコマンドと異なり、方向を変更しないので、１度に複数の曲線が指定できます。

そのため、方向を指定したい場合、あらかじめ進行方向は Rhinoceros の Dir コマンドで調整しておきます。

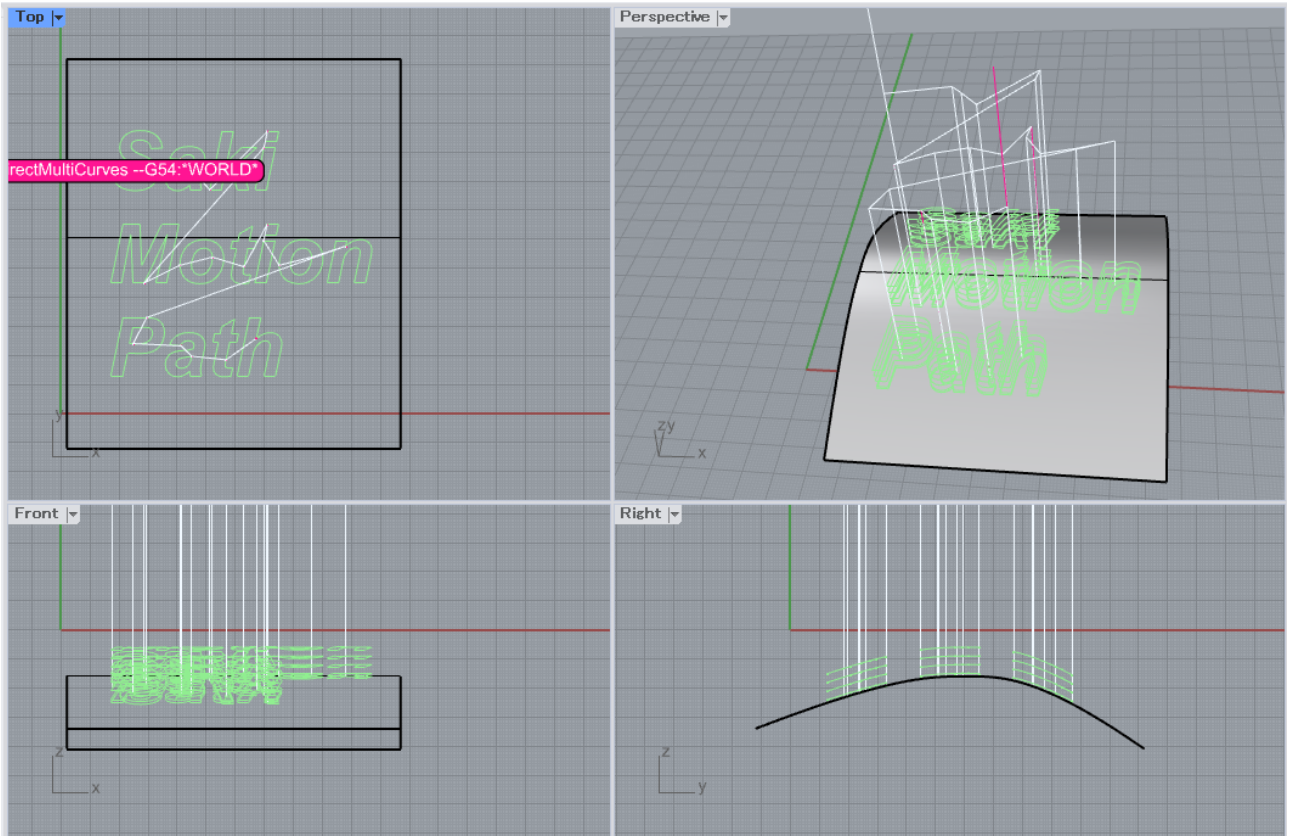
１つの直線に対し、Z 方向に徐々に降りていく指定（Z ステップ）は可能ですが、R 方向の指定は出来ません。



9.1.1.　曲面上の加工と注意事項

曲線は 3D 曲線（NURBS）でもかまいませんが、平面でない部分は直線に分解されます。

曲線が作業平面 Z に並行な平面曲線（NURBS）の場合、（適切なところに）円弧分解を使います。



曲面上の立体曲線は平面の曲線を Project コマンドで作ることができます

(user_manual_demo1.3dm にデータ有）

9.2.　曲線工具径オフセット加工

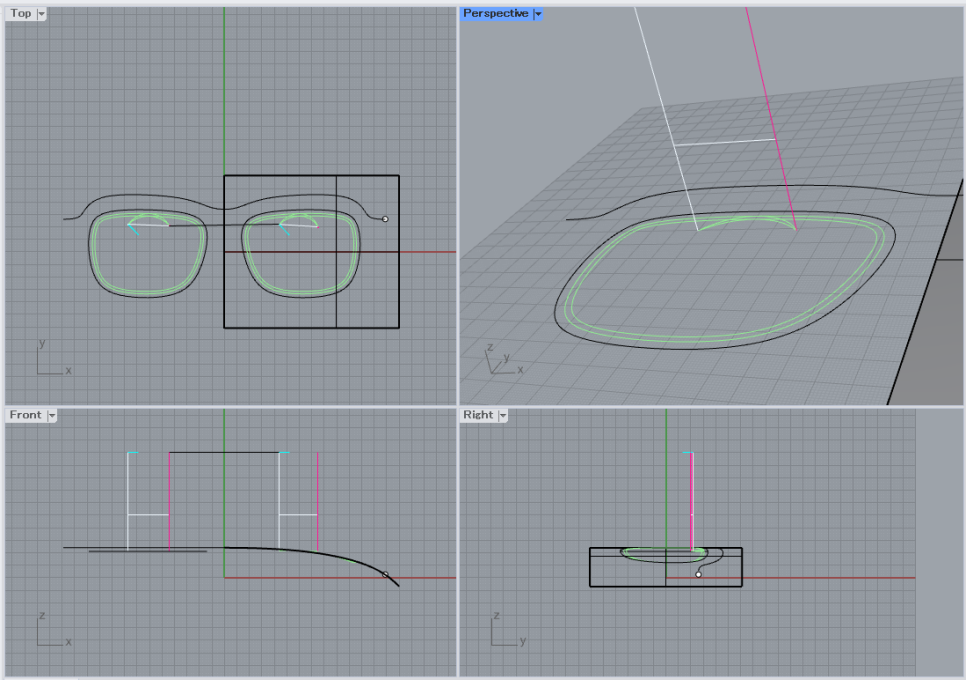
３軸での溝入れなどに便利な加工です。主軸方向が固定されて溝加工をおこないます。

加工点・加工方向ベクトルに対し工具半径を勘案したオフセットを行います。

・平面曲線だけでなく、3D 曲線に対しても工具の側面の指定した位置で曲線に追従します。

なお、主軸を可変にしたい場合は、サーフェス法線加工、法線指定加工などを指定します。

左部は平面 NURBS 曲線、右は曲面上の立体曲線(user_manual_demo1.3dm にデータ有）



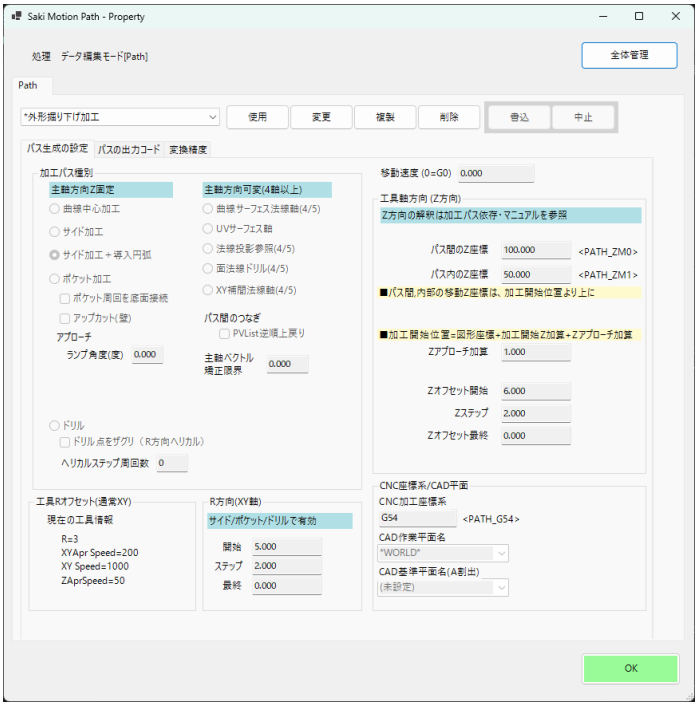
9.2.1.　サイド加工の特徴的設定

設定項目	説明
R オフセット開始（**ROffsetStart**）	最初の軌道の工具半径への追加オフセット量。0=工具半径のみ
R オフセットステップ（**ROffsetStep**）	オフセット増分（正値）。複数軌道を段階的に生成する場合に使用。0=拡大なし
R オフセット終了（**ROffsetEnd**）	最終軌道のオフセット量
アップカット**/G41** ダウンカット**/G42** は 画面で指定	画面で加工線のどちら側にオフセットするかを指定します。

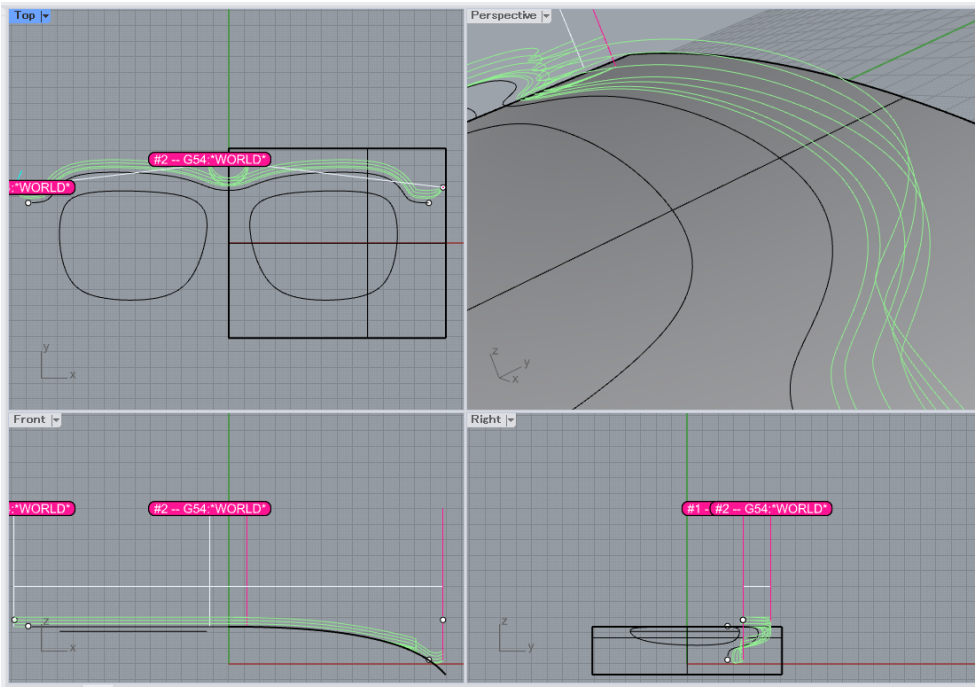
9.2.2.　Z 方向、R 方向からの設定例

厚板などの切り出しの外形加工は、Z 方向からの追い込み、R 方向からの追い込みが可能です。

両方指定した場合は R オフセットを最大で Z 方向掘り下げ加工➡Z の最終点で R 方向の縮小加工の順になります。



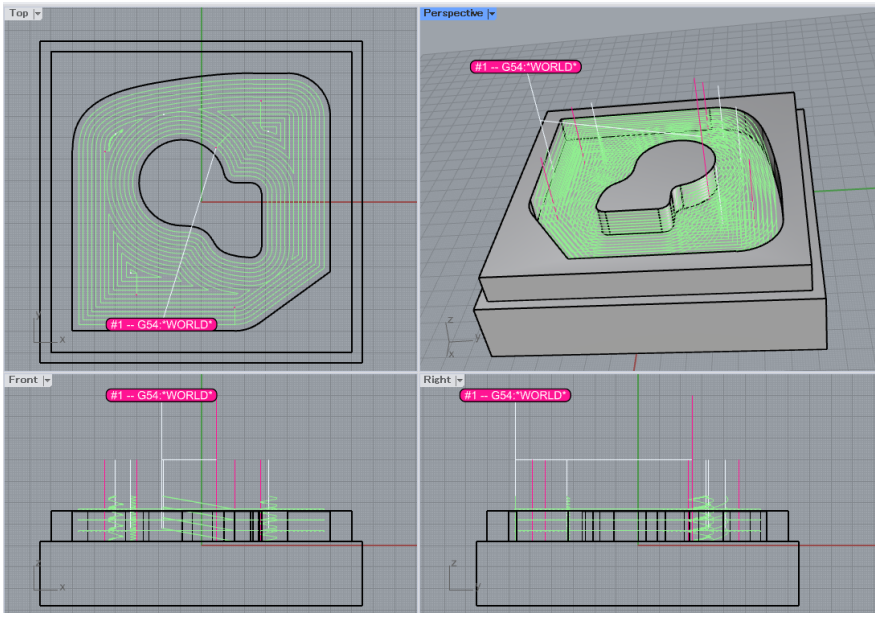
下図は Z 方向➡R 方向で仕上げています。左部は平面 NURBS 曲線、右は曲面上の立体曲線



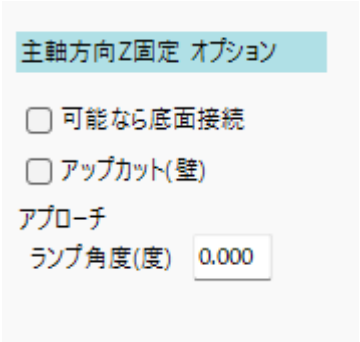
9.3.　ポケット加工

ポケット加工は領域内を加工します。Z 方向下に複数回掘り下げていく事が出来ます。

(user_manual_demo1.3dm にデータ有)



ポケット加工に特徴的なオプションがあります。



9.3.1.　可能なら底面接続

ポケット加工では、ポケットの領域に沿って、何重にも周回曲線が形成されます。チェックすると上昇せずに可能な場合に曲線を底面で移動接続するものです。チェックを外すと Z 方向に一旦上昇して再度アプローチします。

9.3.2.　アップカット（壁）

チェックをすると壁に向けてアップカットで加工します。（チェックを外すとダウンカットです）

9.3.3.　アプローチオプション（ランプ角度指定）

工具の降下方式を選択できます。一部のエンドミルでは垂直降下ができない、あるいは、垂直降下だと工具の負荷が高い、折れやすいなどのケースがあります。この場合、ランプ降下が有効です。

0 を指定するとランプ加工をおこなわず直線的に降下します。

9.3.4.　アプローチの下降方式の速度の設定

設定	種別	役割
工具加工速度(Z)（FeedZ）	工具	直線フィード降下（APZ）の速度。0 のとき Feed にフォールバック
工具加工速度(XY)（Feed）	工具	切削速度 兼 ランプ降下速度

9.3.5.　直線フィード降下の場合

既定の動作です。各 Z レイヤーの加工開始点（切削 Z）の真上から、工具加工速度**(Z)**（ToolData.FeedZ）で G01 降下します。

```
加工開始点 + ZApr
    ↓ G01（工具加工速度(Z)）
加工開始点（切削 Z）
```

FeedZ が 0 の場合は 工具加工速度(XY)（Feed）にフォールバックします。

9.3.6.　ランプ加工の場合

ランプ加工を選択すると、CmdPocket が各 Z レイヤーの加工曲線の前に降下経路（ランプカーブ）を自動生成します。必要な水平長（ランプ長）は角度と降下量を基準に計算しています。

降下量 ZDrop = ZStep + ZApr

ランプ長 L　= ZDrop / tan(ApprRampDeg)

ランプの形状は加工曲線が閉曲線か開曲線かで異なります。
元曲線の円弧区間は円弧ヘリカル補間（G02/G03 ＋ Z 降下）、直線区間は 3D 直線（G01 ＋ Z 降下）として出力されます。ランプ中は、XY は輪郭形状を追従し、工具・素材への衝撃を少なくし、工具加工速度(XY)（Feed）を使用します。

（ノート）ApprRampDeg が 0 以下 または 90 以上 のときは、ランプを付けず「直線フィード降下」と同じ動作になります。
ランプの向きは加工曲線が閉曲線か開曲線かで異なります。

9.3.6.1. 閉曲線 ― 輪郭へリカルランプ

閉じたポケット輪郭の **シーム手前の長さ L を、加工と同じ進行方向にたどりながら降下**し、シーム（＝加工開始点）で切削 Z に着地します。ランプ角度と曲線長さによっては、複数回周回しながら下がる動きとなることがあります。

シームの手前 L の位置（アプローチ高さ = 切削 Z + ZStep + ZApr）

↓ 輪郭をたどりながら ApprRampDeg の角度で Z を降下

シーム（切削 Z）

→ 通常の切削（輪郭 at 切削 Z）

9.3.6.2. 開曲線 ― 逆ランプ

開いたパスの場合、先頭部分を 逆向きにトレースしながら降下します。

ランプ角度と曲線長さによっては、複数回往復しながら下がる動きとなることがあります。

曲線先頭から L の位置（アプローチ高さ）

↓ 逆方向に走りながら ApprRampDeg の角度で Z を降下

曲線先頭（切削 Z）

→ 通常の切削（順方向）

長さ不足時: L が曲線長を超える場合は、前後にジグザグ往復 しながら降下長を稼ぎ、最終的に曲線先頭（切削 Z）に着地します。

9.4. ポイントドリル加工(2.5D)

加工方法（Method）に 「点ドリル（**PointDrill**）」 を選んだパスで使用する機能です。Rhino ビューポート上で **Point**（点）オブジェクト を選択して CAM コマンドを実行すると、その点を中心としてドリル加工のツールパスを生成します。

ドリルの工具径は、図形的には考慮しません。現時点では、ヘリカル降下をおこなうための R 方向設定はヘリカルの半径です。将来的には計算する予定です。CNC によってはヘリカル加工オプションが必要となります。

9.4.1. パス設定画面の項目

パス設定（「Path」タブ）に表示される以下の項目がドリル加工に関係します。

9.4.1.1. Z 方向の共通設定

画面項目	設定名	説明
Z オフセット開始	ZStart	加工開始の Z オフセット（通常 ≥ 0、ワーク面より上）
Z ステップ	ZStep	1 ステップあたりの Z 降下量（0 のとき ZEnd まで 1 回で降下）
Z オフセット最終	ZEnd	加工終了の Z オフセット（通常 ≤ 0、目標深さ）
Z アプローチ加算	ZApr	各ステップ開始位置より上方からアプローチする距離
パス間の Z 座標	ZOuterRapid	パスとパスの間の高速移動 Z（退避高さ）
パス内の Z 座標	ZInnerRapid	ドリル加工中のステップ間退避 Z

ZStart・ZEnd の方向：ZStart > ZEnd となるようにしてください。座標値はワーク座標系の Z、加工形状の座標値に加算されます。

9.4.1.2. ヘリカルドリル固有の設定

画面項目	設定名	説明
ヘリカルステップ周回数	HelicalRetract Turns	1 ステップ（ZStep 深さ）を何周のらせんで降下するか。ピッチ = ZStep ÷ 本値
アップカット(壁)	EdgeUpcut	円軌道の回転方向。OFF=ダウンカット（G02/時計回り）、ON=アップカット（G03/反時計回り）

9.4.1.3. XY-R 方向（ヘリカルドリルの軌道半径）

ヘリカル加工では、工具が点の周囲を円軌道で螺旋降下します。軌道半径は「開始 → 最終」まで「ステップ」ずつ拡大しながら複数周を回ることができます。

画面項目	設定名	説明
開始（Start）	ROffsetStart	最初の軌道半径（工具半径への加算値）。0 = 工具中心から開始
ステップ（Step）	ROffsetStep	軌道を拡大するときの半径増分（正の値）
最終（End）	ROffsetEnd	最後の軌道半径（工具半径への加算値）。目標穴径 − 工具径 の半分が目安

- ROffsetEnd > 0 かつ「ドリルを R 方向ヘリカル」が ON のとき、ヘリカルモードが有効になります。
- ROffsetStart = 0、ROffsetStep = 0、ROffsetEnd = 目標値 の場合、半径拡大なしで 1 軌道のみのヘリカル降下になります。
- ROffsetStart ≥ 工具半径 の場合はエラーになります（穴の中心に削り残しが生じるため）。

9.4.2. ヘリカル加工の動作

1 軌道半径につき、以下のシーケンスを繰り返します。

```
[1] G00 → ZInnerRapid まで高速移動（進入）
[2] G00 → ヘリカル開始点（ZStart）まで降下
[3] G02/G03 × nQuarters  ← ヘリカル降下（四半円ごとにＺ降下）
[4] G00 → ZInnerRapid まで高速退避
    → ZStep ごとに [1]〜[4] を繰り返す（ペック同様に切りくず排出）
[5] 底面フルサークル: G02/G03 × 4 回（90°ずつ、Ｚ一定）で底面仕上げ
[6] G00 → ZInnerRapid まで退避
```

軌道半径を ROffsetStart → ROffsetEnd まで ROffsetStep ずつ拡大しながら、上記シーケンスを全軌道分繰り返します。

9.4.2.1. ピッチの計算

用語	計算式
1 ステップあたりの Z 降下	ZStep（または最終ステップ分の端数）
1 周あたりの Z 降下（ピッチ）	ZStep ÷ HelicalRetractTurns
1 ステップで生成される四半円数	`ceil(ZStep / pitch × 4)` 個

9.4.3. ヘリカル G コード出力仕様

9.4.3.1. ヘリカル降下部（G02/G03）

各四半円（90°）ごとに 1 行出力されます。Z 値は前の四半円の終端から線形に降下します。

```
G17 G02 X... Y... Z-2.500 I... J... F1000   ; 四半円 1/4（Z 降下）
G02 X... Y... Z-5.000 I... J...              ; 四半円 2/4（Z 降下）
G02 X... Y... Z-7.500 I... J...              ; 四半円 3/4（Z 降下）
G02 X... Y... Z-10.000 I... J...             ; 四半円 4/4（ZEnd 到達）
```

- 平面: G17（XY 平面）固定
- 回転方向: EdgeUpcut=OFF → G02（時計回り）、EdgeUpcut=ON → G03（反時計回り）
- 中心オフセット: I, J（点の中心からの相対距離）
- **Z** 変化: 各行で異なる Z 値を出力（ヘリカル補間）

9.4.3.2. 底面フルサークル部（G02/G03）

最終深さ到達後、Z 一定で 4 行の四半円（360°）を出力します。

```
G02 X... Y... Z-10.000 I... J... F1000   ; 底面 1/4
G02 X... Y... Z-10.000 I... J...          ; 底面 2/4
G02 X... Y... Z-10.000 I... J...          ; 底面 3/4
G02 X... Y... Z-10.000 I... J...          ; 底面 4/4
```

9.4.3.3. ペック降下（ヘリカル OFF）

「ドリルを R 方向ヘリカル」が OFF の場合、Z 方向の直線移動（G00/G01）のみを出力します。円弧コードは出力されません。

10.　主軸方向可変(4 軸以上)加工のピックアップ解説

パス設定 UI の全体の解説がありますが、主軸方向可変の加工で役に立つ設定を解説します。

作成されたツールパスは、主軸方向が分かるよう、PVList として画面に表示されます。

10.1.　主軸方向可変での Z 方向、Z 層の切削

Z 層の設定と考え方は、主軸固定での加工と似ていますが、主軸方向が可変になることで、主軸方向＝法線方向＝Z の方向、が加工方法・場所によって変化します。Z レイヤー（Z 方向の繰り返し切削）は、回転系加工（AxisSrfNormal / AxisSrfUV / AxisRefProject / AxisXYNormal）に対して、パス設定の ZStart / ZStep / ZEnd / ZApr を使い、法線方向に複数深さで繰り返す多段切削をおこないます。

Z 開始（**ZStart**）	主軸方向オフセットの開始値
Z ステップ（**ZStep**）	主軸方向の 1 ステップ降下量
Z 終了（**ZEnd**）	主軸方向オフセットの終了値
Z アプローチ（**ZApr**）	切削開始位置への主軸アプローチ/退避距離

つまり、PVList 系では Z の変化は CAD の Z 軸方向ではなく、各点の工具軸方向（**ToolAxis**）へのオフセット加工の繰り返しとして適用されます。

```
各 PV3 の加工点 = 元の点 + ZAtStep(iZ) × ToolAxis
```

これにより、曲面表面から加工の Z 主軸方向に指定距離を上下した位置で繰り返し加工をします。

10.1.1.　複数曲線の場合 ― 曲線間コネクタ

複数の曲線を 1 回のコマンド実行で選択した場合、全曲線が 1 つのツールパスにまとめられます。
同一 Z レイヤー内の曲線間には、自動的にコネクタ経路が挿入されます。

```
前の曲線の終点から ZInnerRapid × Nv_last 離れた退避点
    → RapidFeed (G01) または G00 で移動
次の曲線の先点から ZInnerRapid × Nv_first 離れたアプローチ点
    → 次の曲線の切削へ
```

パラメータ	役割
ZInnerRapid	退避・アプローチ点の法線方向リフト量
高速移動速度（RapidFeed）	コネクタ移動速度（0=G00）

10.1.2.　開曲線の逆順戻り（単一曲線のみ）

「**PVList** 逆順戻り（IsPVLineReverseReturn）」を ON にすると、開曲線の単一曲線パスで

Z レイヤー間に逆順経路を自動生成します。

逆順戻り経路は、**Z レイヤーの深さに関わらず**常に元の曲線を **ToolAxis** 方向に **ZInnerRapid** だけシフトした固定位置を通ります。（注：将来、独立した変数を設定を検討しています）
どの Z レイヤーでも逆戻りパスは同じ経路を通るため、Z レイヤーが深くなっても戻り経路の空間位置は変わりません。

注意: この機能は単一曲線のみ有効です。

パラメータ	役割
ZInnerRapid	逆順戻り時の ToolAxis 方向追加リフト量
高速移動速度（RapidFeed）	逆順戻りの速度（0=G00）

10.1.3. Rhino ビューポートへの表示

Z レイヤー展開された PVLine は Rhino ビューポート上に描画されます。

経路の種別	描画レイヤー
前方切削 PVLine（各 Z レイヤー）	SMP_TP_CALC（通常色）
逆順戻り / 曲線間コネクタ	SMP_TP_CALC_RET（別色）

10.1.4. 設定例

曲面を **2mm** 上から **0mm** まで **1mm** ずつ **3** 段で加工する場合：

```
ZStart    = 2.0     （最初のレイヤー: 表面から 2mm 上）
ZStep     = 1.0     （1mm ずつ降下）
ZEnd      = 0.0     （最終レイヤー: 表面）
ZApr      = 0.5     （各レイヤーのアプローチ距離: 0.5mm）
ZInnerRapid = 1.0   （曲線間/逆順戻りのリフト量: 1mm）
IsPVLineReverseReturn = ON   （単一曲線で逆順戻りを使用）
RapidFeed = 3000    （逆順戻り/コネクタの速度）
```

生成される Z レイヤー（単一開曲線の場合）：

```
ZStartCode
  Layer0（ToolAxis×2.0 の切削）
ZEndCode
  逆順戻り（ToolAxis×1.0 の固定位置を逆走）
ZStartCode
  Layer1（ToolAxis×1.0 の切削）
ZEndCode
  逆順戻り（ToolAxis×1.0 の固定位置を逆走）
ZStartCode
  Layer2（ToolAxis×0.0 の切削、表面）
ZEndCode
```

10.1.5. パラメータの加工方法間差異

加工方法によって意味が異なるものをまとめます。

パラメータ	工具軸固定	工具軸可変(PVList 方式)
ZStart / ZStep / ZEnd	加工形状の元 Z 位置に加算するオフセット値（加工座標系 Z 軸方向）	各 PV3 点の法線方向（ToolAxis）への平行移動量
ZApr	APZ（垂直送り）の移動距離。AprZ = 切削 Z + ZStep + ZApr	各 Z レイヤー始点/終点から ToolAxis 方向にアプローチ/退避する距離
ZInnerRapid	Z ステップ間退避の絶対 Z 位置（局所座標系）	曲線間コネクタ経由時の ToolAxis 方向追加リフト量（相対量）
RapidFeed	G00 の代わりに G01 で高速移動する場合の速度（0=G00 使用）	逆順戻り経路・曲線間コネクタの移動速度（0=G00）
ZStartCode / ZEndCode (Option)	各 Z レイヤー（各切削深さ）の前後	各 Z レイヤーグループの先頭/末尾曲線の前後（曲線間には挿入されない）

10.2. 工具軸可変時の工具退避動作

工具軸可変の加工で G コードを出力するとき、パスの先頭と末尾に自動でリトラクト（工具退避）動作を挿入する仕組みがあります。

10.2.1. リトラクトの概要

タイミング	動作
パス先頭（アプローチ）	Z=ZOuterRapid の安全高さから切削点の直上まで高速移動→切削点へ送り
パス末尾（退避）	最後の切削点から Z=ZOuterRapid へ高速移動
パス途中	回転不連続（特異点）検出時に Z=ZOuterRapid へ一時退避し再アプローチ

複数の PVLine が連続する場合（逆順戻り経路・曲線間コネクタ含む）、同一 Z レイヤー内の PVLine 間では退避を挿入せず直接移動します。Z レイヤーの境界（コネクタなしの層切り替え）では退避が挿入されます。

10.2.2. リトラクト高さ

退避先の Z 座標はパス設定の 「パス外側高速移動 **Z**」（**ZOuterRapid**） で指定します。

設定場所	項目名	説明
Path 設定	ZOuterRapid	リトラクト先の絶対 Z 座標（安全高さ）。ポストコードキーワード `<PATH_ZM0>` でも参照可能

ZOuterRapid はリトラクト高さとして使用されます。ZStartCode/ZEndCode で独自の退避コードを記述する場合は、`<PATH_ZM0>` キーワードで同じ値を参照できます。

10.2.3. アプローチオフセット

切削点の直上で一時停止してから送りに切り替えるための、Z 方向の追加距離を機械設定で指定します。

設定場所	項目名	説明
Machine 設定 > リトラクト	アプローチ追加量 (ApproachZAddToRecover)	切削点の Z 座標に加算して「直上停止点」を決める距離 (mm)。既定 20 mm

アプローチ時の動作は次のとおりです。

```
[1] Z=ZOuterRapid へ G00（安全高さへ移動）
[2] Z = 切削点Z + ApproachZAddToRecover へ G00（切削点直上へ高速移動）
```

[3] 切削点 Z へ G01（送り速度で切り込み）

10.2.4. 自動リトラクト検出

回転軸の大きな不連続を検出したとき、パス途中に自動でリトラクトを挿入します。

設定場所	項目名	説明
Machine 設定 > リトラクト	検出角度 (DetectDeg)	この角度（度）を超える C 軸不連続があった場合にリトラクトを挿入。既定 10°

10.3. 主軸可変時の円弧導入・円弧退避

主軸可変時は、既定では先頭 PV 点から切削姿勢に入り、末尾 PV 点でそのまま抜けます。なので、導入や退避を考慮した PV 点にすることができます。ただ、計算可能な円弧として、工具を切削パスへ滑らかに導入・退避を付加することもできます。

10.3.1. 設定

円弧導入/退避 半径（mm）と 角度（度）に入力します。
半径=0 または 角度=0 のとき円弧を付けません。既定は両方 0＝リードなし。

10.3.2. 円弧の基準となる工具側ベクトル

円弧リードは PVList の各点（PV 点）の、Tangent と ToolSide が張る平面（＝加工面に接する平面）の中に生成します。

円弧の向き（バルジ方向）
円弧は端点で切削パスに G1 接線連続接続します。導入円弧は先頭 PV 点で Tangent 方向にちょうど滑り込み、退避円弧は末尾 PV 点から Tangent 方向へ滑り出します。

10.3.3. 円弧のサンプリング精度

円弧は指定した変換精度の位置トレランス・角度トレランス・最大セグメント長のうち最も細かい指標に従って円弧サンプリングされし、PV 列に展開されます。各トレランスが 0 のときは Rhino ドキュメントの既定許容差（位置=絶対許容差、角度=角度許容差）にフォールバックします。詳細はコード隣接の「ツールパスの精度仕様書.md」を参照。

10.4.　サーフェス法線加工（AxisSrfNormal）

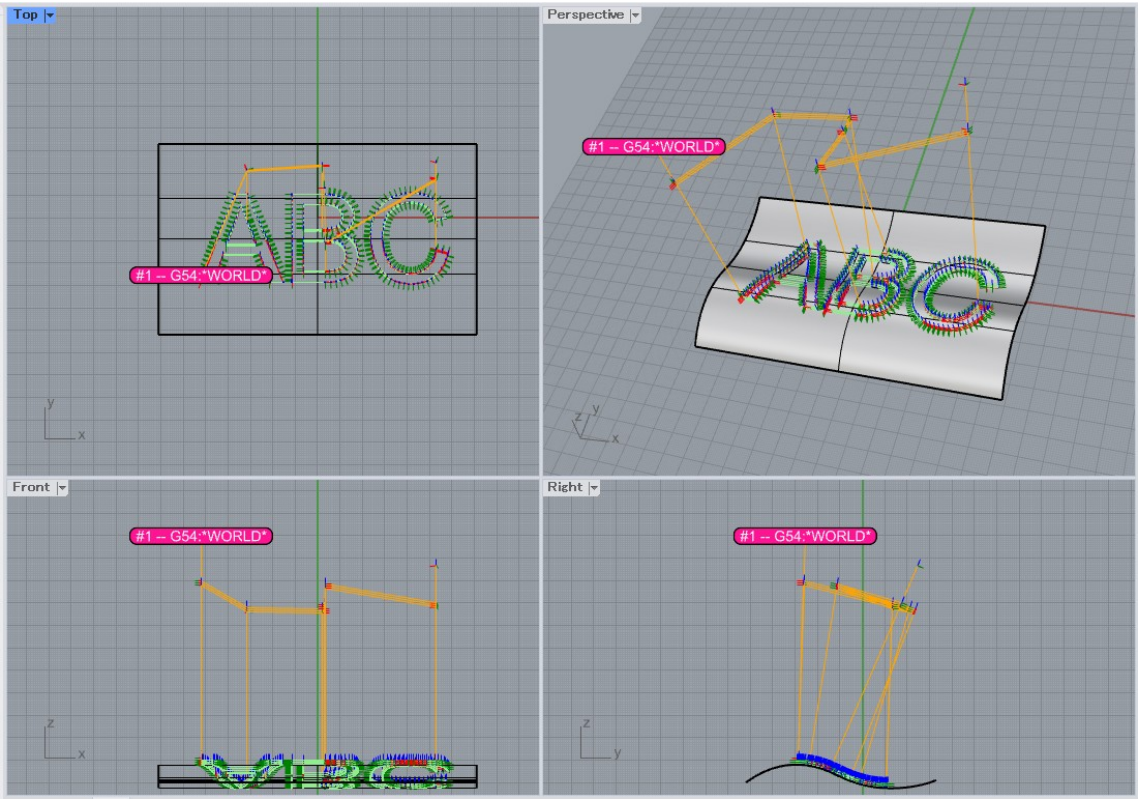
曲面に対して、垂直に工具をコントロールする **3D** 曲線加工をおこなうときに利用します。

AxisSrfNormal（曲線サーフェス法線軸）は、選択したサーフェス（またはポリサーフェス）の法線方向に工具軸を向けながら、指定した曲線をなぞる 4 軸以上ツールパスを生成します。

工具先端は曲線に沿って移動し、各点での工具軸方向はサーフェス上の最近接点の法線から決まります。

Rhinoceros の Project もしくは、Pull コマンドで、2D の曲線を 3D 曲面上に投影ができます。

コマンドでは、その曲線と曲面を指定することになります。



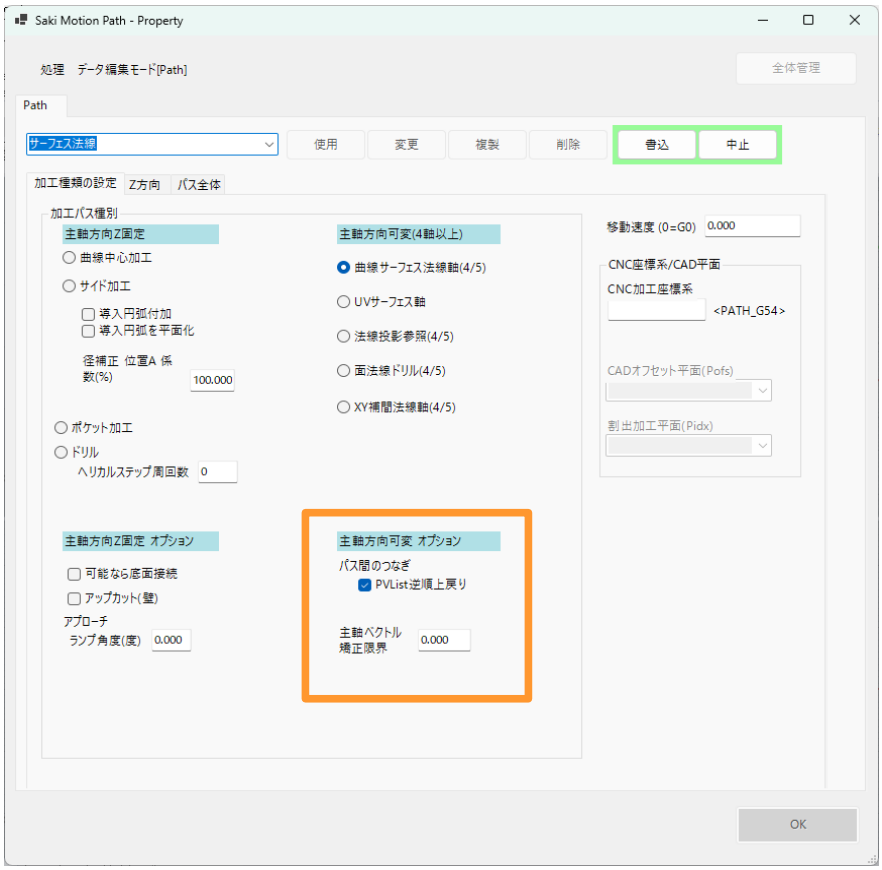
10.4.1. 主軸ベクトル矯正限界オプション

４軸機などでは、機械が工具軸を向ける動作ができない場合があります。

この時、生成時にエラーとする方法と、工具軸をある範囲であれば法線での計算を可能な方向に修正して、動作・加工できるツールパスを生成することが可能です。「主軸ベクトル矯正限界」パラメータを使用します。

10.4.2. PVList 逆順上戻りオプション

戻る時に、PVList 逆順上戻りを指定すると、加工のために通った線の上を逆に通って戻ってから、次の加工曲線に移動します。Z 方向を上昇してもリトラクトの回転で干渉するなど、特別な場合にのみ使用します。



10.4.3. G コード出力順序（AxisSrfNormal）

AxisSrfNormal の G コード出力は以下の順序で行われます（§12 参照）。

```
[機械開始コード]
  [工具開始コード]
    [ワーク座標系コード（G54System）]
    [パス開始コード（StartCode）]

      [Z 開始コード（ZStartCode）]     ← Z レイヤー 0 の先頭（第 1 曲線の前）
        ← 第 1 曲線 Layer0 の 4/5 軸 G コード
        ← [曲線間コネクタ（G00/RapidFeed）]  ← 複数曲線の場合のみ
        ← 第 2 曲線 Layer0 の 4/5 軸 G コード
        ← …
      [Z 終了コード（ZEndCode）]      ← Z レイヤー 0 の末尾（最終曲線の後）

      [Z 開始コード（ZStartCode）]     ← Z レイヤー 1 の先頭
        ← 第 1 曲線 Layer1 …
      [Z 終了コード（ZEndCode）]

      ← ZStart → ZEnd まで ZStep 刻みで繰り返す

    [パス終了コード（EndCode）]
  [工具停止コード]
[機械終了コード]
```

複数曲線選択時の動作: 選択した全曲線が **1** つのツールパス（**NamedToolPathData**） にまとめられます。Z レイヤーは曲線優先ではなくレイヤー優先（全曲線の Layer0 → 全曲線の Layer1 → …）の順で出力されます。
曲線間には自動コネクタが挿入され、前の曲線終端から次の曲線先端への高速移動（G00/RapidFeed）が生成されます。

10.4.4. BF6Ax バフ機専用機能

10.4.4.1. 方向メソッドの選択

機械設定の MachineAxis が **BF6Ax** のときのみ、バフ工具の接触方向を次の 4 種類から選択します。それ以外の機械構成（XYZ、XYZA、XYZB、XYZAC など）ではこの選択は表示されず、`CurveTangent` が自動適用されます。

選択肢	説明
CurveTangent（既定）	各点での曲線接線方向にバフを向ける。 付加する回転角を追加入力。
KeepFirstTangent	最初の点の接線方向を維持。方向ベクトルを追加入力
KeepDirection	指定した固定方向を維持。方向ベクトルを追加入力
DriftRotation	始点から終点にかけて方向を徐々に回転。 方向ベクトルとドリフト回転角を追加入力

10.4.4.2. BF6Ax バフ機専用 追加入力

方向メソッドに応じて、以下の追加入力が求められます。

CurveTangent

プロンプト	説明	既定値
付加する回転角を度で指定	曲線接線方向からさらに回転させる角度（度）。0 で接線方向そのまま	0°

KeepFirstTangent / KeepDirection / DriftRotation

プロンプト	説明
Specify vector by picking two points or entering x,y,z	バフが向く基準方向ベクトル。ビューポート上で 2 点クリックするか、`0,0,1` のように x,y,z 形式で入力

DriftRotation の場合さらに追加されます。

プロンプト	説明	既定値
バフ・ドリフト回転角度を度で指定	始点から終点にかけてバフ方向を回転させる総角度	90°

BF6Ax バフ機専用 すべてのメソッドで共通

プロンプト	説明	既定値
バフ・開始 R 接触角を度で指定	経路の始点でのバフの R 方向接触角（度）	0°
バフ・終了 R 接触角を度で指定	経路の終点でのバフの R 方向接触角（度）。開始と異なる値にすると、始点→終点で線形補間して変化させる	0°

10.5.　サーフェス UV 加工（AxisSrfUV）

10.5.1.　概要

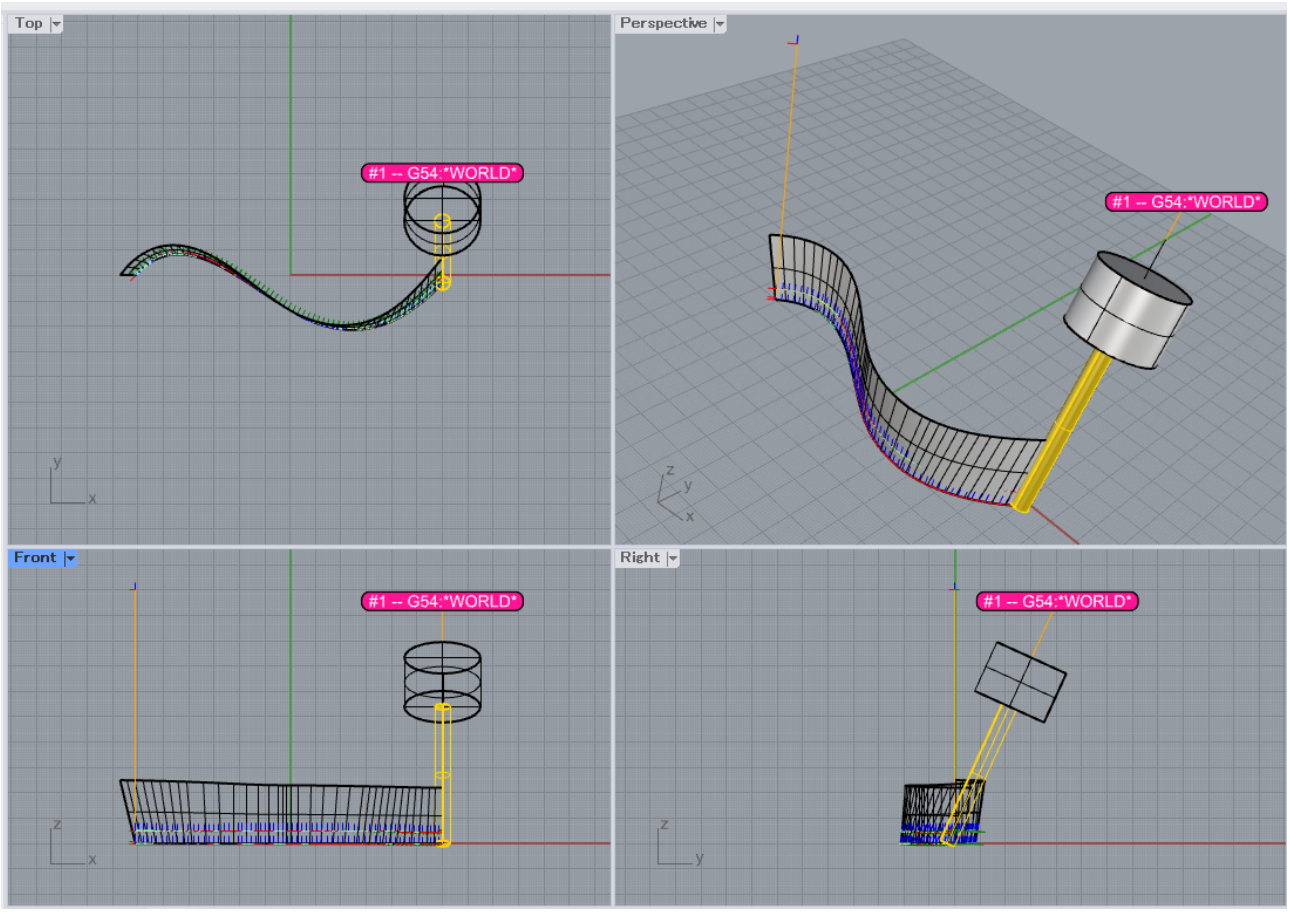
AxisSrfUV（サーフェス UV 加工）は、非トリムサーフェス（矩形 **4** 辺サーフェス） の UV エッジに沿って工具を移動させ、そのエッジに垂直な UV 方向を工具軸とするツールパスを生成します。

工具の加工経路はサーフェスの境界エッジ（**4** 辺のいずれか） です。工具軸はそのエッジと直交する UV 方向（U 方向または V 方向）に設定されます。

NURBS 面によって自由な位置と自由な方向を定義できます。

AxisSrfUV も、AxisSrfNormal 同様、4 軸機に関しては方向を（一定範囲であれば）機構にあわせて矯正する機能があります。（主軸ベクトル矯正限界オプション）

もし工具軸が UV に沿っていない、と思われる場合は、設定している機械の機構をご確認下さい。



10.5.2. 動作の流れ

1. パス設定で加工方法に「サーフェス UV 加工（`AxisSrfUV`）」を使用します。
2. Rhino コマンド `SmpCreatePath` を実行します。プラグインが自動的に `SmpAxisSrfUV` を呼び出します。
3. ビューポートで図形の指定操作を行います。
4. 生成された PVList が CAM データに追加されます。

10.5.3. 対話操作（ビューポート）

10.5.3.1. ① サーフェスの選択

法線となるサーフェス、ポリサーフェスを選択

工具軸方向と加工経路の基準となるサーフェスを選択します。非トリムサーフェス（**4** 辺の矩形サーフェス） である必要があります。トリムされたサーフェスや複雑なポリサーフェスでは正しく動作しません。

10.5.3.2. ② エッジの選択

加工するエッジを選択してください

サーフェスの 4 つの境界エッジのいずれかを選択します。選択したエッジが工具の加工経路になります。エッジの種類によって工具軸方向が以下のように決まります。

選択したエッジ	**工具軸方向**
V0 エッジ（V 方向最小端の U 方向辺）	V 方向（V0→V1）
V1 エッジ（V 方向最大端の U 方向辺）	V 方向（V1→V0、反転）
U0 エッジ（U 方向最小端の V 方向辺）	U 方向（U0→U1）
U1 エッジ（U 方向最大端の V 方向辺）	U 方向（U1→U0、反転）

10.6.　サーフェス投影参照法線加工（AxisRefProject）

AxisRefProject（サーフェス投影参照法線加工）は、参照サーフェスの **UV** 方向を工具軸として、サーフェスとは別に指定した任意の加工曲線を軸加工するコマンドです。

AxisSrfUV との違いは、加工経路がサーフェスのエッジに縛られない点です。

	AxisSrfUV	**AxisRefProject**
加工経路	参照サーフェスの境界エッジ	別途指定した任意の 2D/3D 曲線
工具軸	エッジに垂直な UV 方向	加工点から参照エッジへの最近傍点の UV 方向

加工点ごとの工具軸方向は「加工曲線上の点から最近傍の参照エッジ上の点を求め、その点でのサーフェス UV 方向」から計算されます。サーフェス形状の UV 方向を工具軸として利用しつつ、加工経路はフリーに設計したい場合に有効です。

10.6.1.　動作の流れ

1. パス設定で加工方法に「投影参照法線加工（AxisRefProject）」を選択し、保存します。
2. Rhino コマンド SmpCreatePath を実行します。プラグインが自動的に SmpAxisRefProject を呼び出します。
3. ビューポートで図形の指定を行います。
4. 生成された PVList が CAM データに追加されます。

10.6.2. 対話操作（ビューポート）

10.6.2.1. ① 参照サーフェスの選択

法線となるサーフェス、ポリサーフェスを選択

工具軸方向の基準となるサーフェスを選択します。AxisSrfUV と同様に非トリムサーフェスが推奨されます。

10.6.2.2. ② 参照エッジの選択

法線を指定する側のエッジを選択してください

参照サーフェスの 4 つの境界エッジのいずれかを選択します。このエッジが「工具軸の参照源」になります（選択したエッジに垂直な UV 方向が工具軸となる）。

10.6.2.3. ③ 加工曲線の選択

加工曲線(2D/3D)を選択

実際の工具経路となる曲線を選択します。参照サーフェス上にある必要はなく、空間内の任意の 2D/3D 曲線を指定できます。

10.7.　XY 座標補間・法線加工（AxisXYNormal）

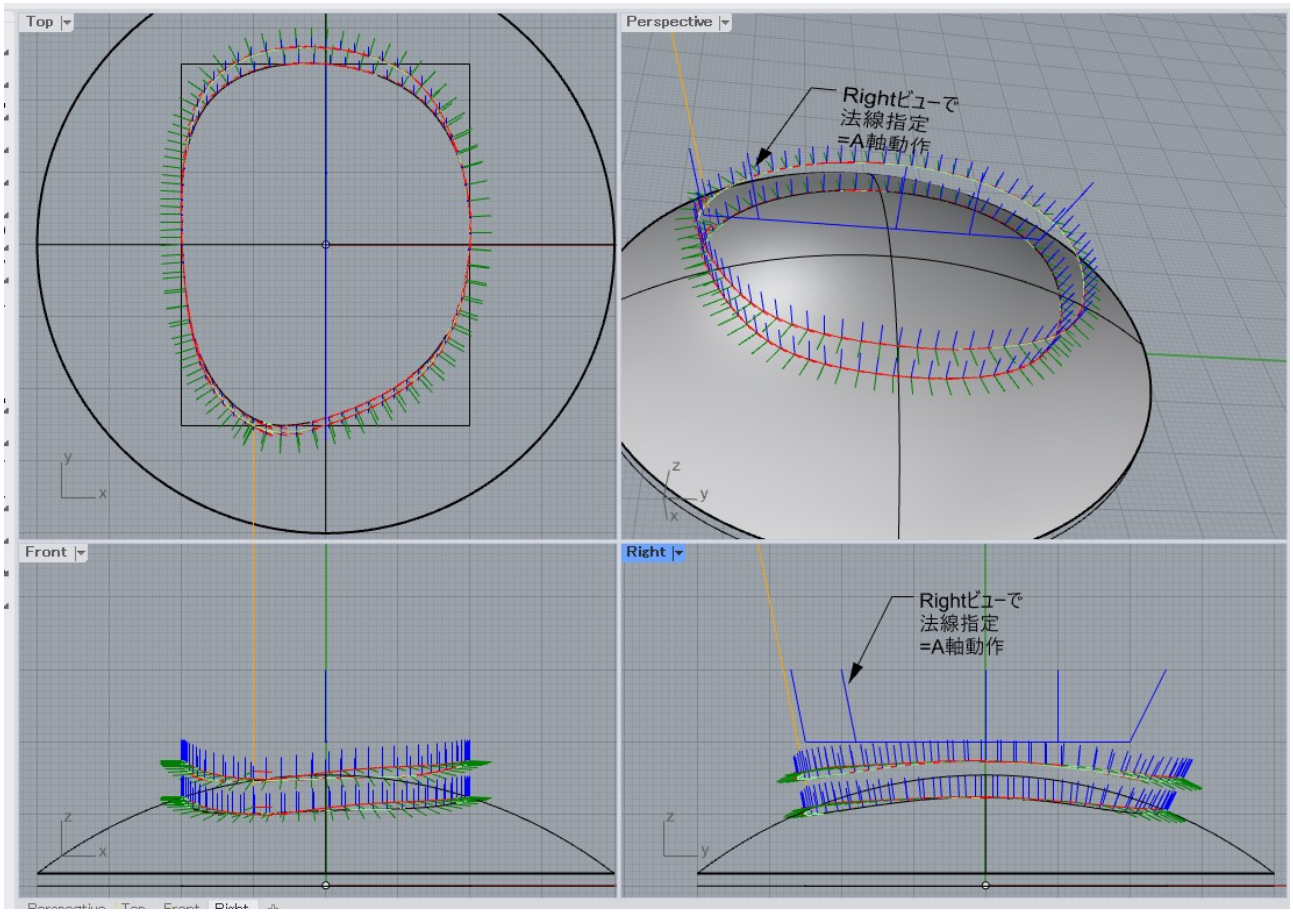
10.7.1.　概要

AxisXYNormal（XY 座標補間法線加工）は、Rhino 上に配置した法線ベクトル線分の方向を X または Y 座標に基づいて補間し、工具軸とする加工です。

サーフェス法線や UV では表現に手間がかかる 4 軸加工機の工具軸の変化を、Front ビューもしくは Right ビューから簡単に指定ができます。

例えば「左のこの辺では工具を A 軸で 5°傾け、ここから 15°傾けたい」という場合、Right ビューでその 2 方向を表す直線を配置するだけで、中間位置の工具軸を自動補間します。

4 軸加工機の A 軸であれば Right ビュー、B 軸であれば、Front ビューで指定が出来るように配置します。



10.7.2. XY 指示による工具軸の補間の仕組み

項目	動作
補間基準軸	法線ベクトル起点の X/Y 方向の広がりが大きい方を自動選択
補間方法	基準軸値でソート後、各加工点でリニア補間
範囲外の点	最端ベクトルの方向を維持（外挿なし）
法線ベクトルの向き	Z 成分が負の場合は自動反転（常に Z 上方を向くよう調整）

10.7.3. 準備：法線ベクトル線分の作成

法線ベクトルは **Rhino** の直線（**Line**）オブジェクトで表現します。

1. Rhino の `Line` コマンドなどで直線を作成します。
2. 直線の始点が「この法線が有効な XY 位置」、方向が「工具軸方向」になります。
3. 2 本以上の直線を用意します（多いほど補間精度が上がります）。
4. 関連する直線をグループ化しておくと、選択時にまとめて選択できます（`GroupSelect` 対応）。

10.7.4. 対話操作（ビューポート）

10.7.4.1. 加工曲線の選択

加工曲線を選択（複数可）

加工経路となる曲線を 1 本以上選択します。複数選択した場合、曲線ごとに 1 つの PVLine が生成されます。

10.7.4.2. 法線ベクトル線分の選択

法線ベクトル（直線）を選択（2 本以上またはグループ）

工具軸方向を表す直線を 2 本以上選択します。グループ化されている場合はグループ全体をまとめて選択できます。直線でない曲線が混在している場合は無視されます（コマンドラインにスキップ数が表示されます）。

> 注意: 有効な直線が 2 本未満の場合はエラーになります。

10.8.　面法線ドリル加工（AxisPointDrill）

10.8.1.　概要

AxisPointDrill（XY 面法線ドリル加工）は、Rhinoceros で描画された「複数の点」に対して、面（曲面、傾斜面など）に垂直に工具軸をあわせてドリル加工するものです。

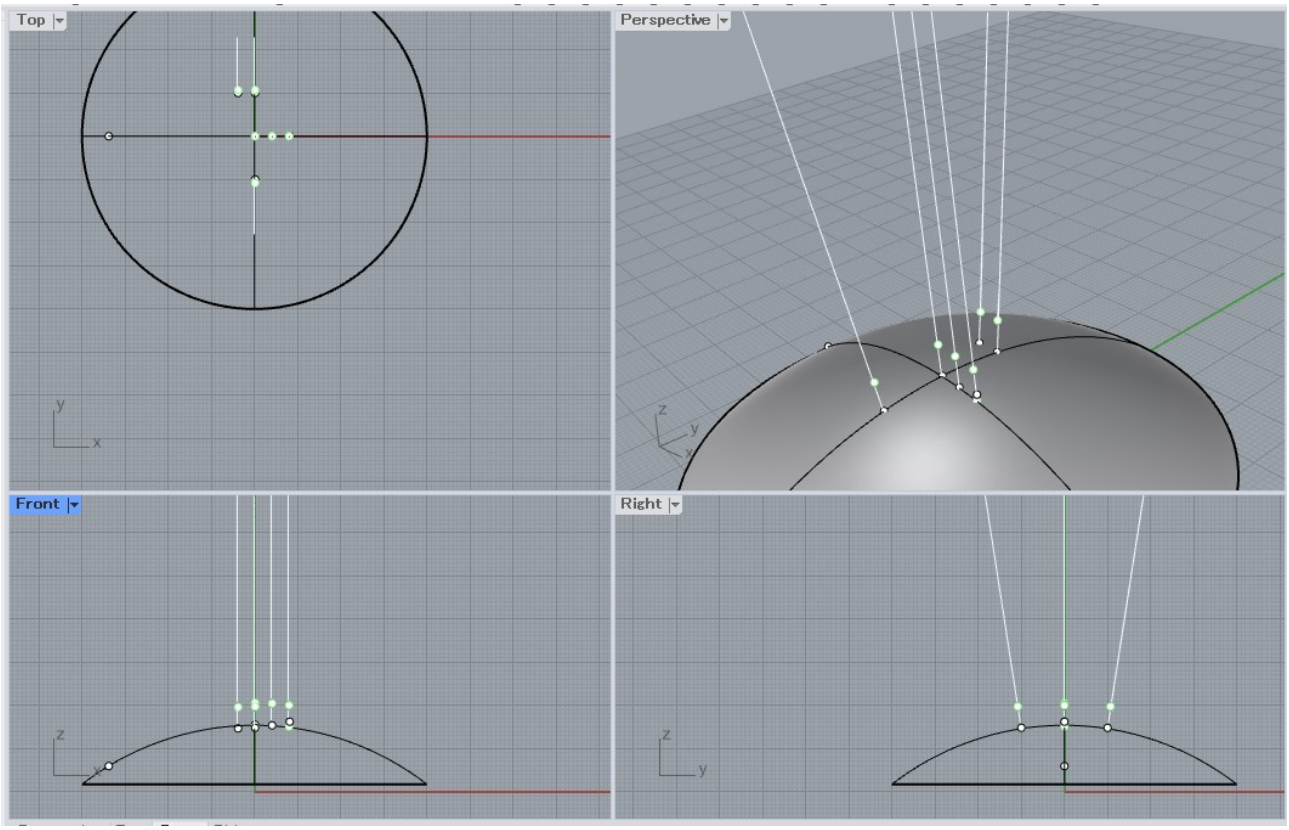
複数の点は指定した工具で１つのツールパスとして、一括加工されます。

別の工具番号を指定したい場合は別のツールパスとして別の工具を指定して生成します。

なお、点は面上に配置してください(Project コマンドなどで簡単に配置できます）。

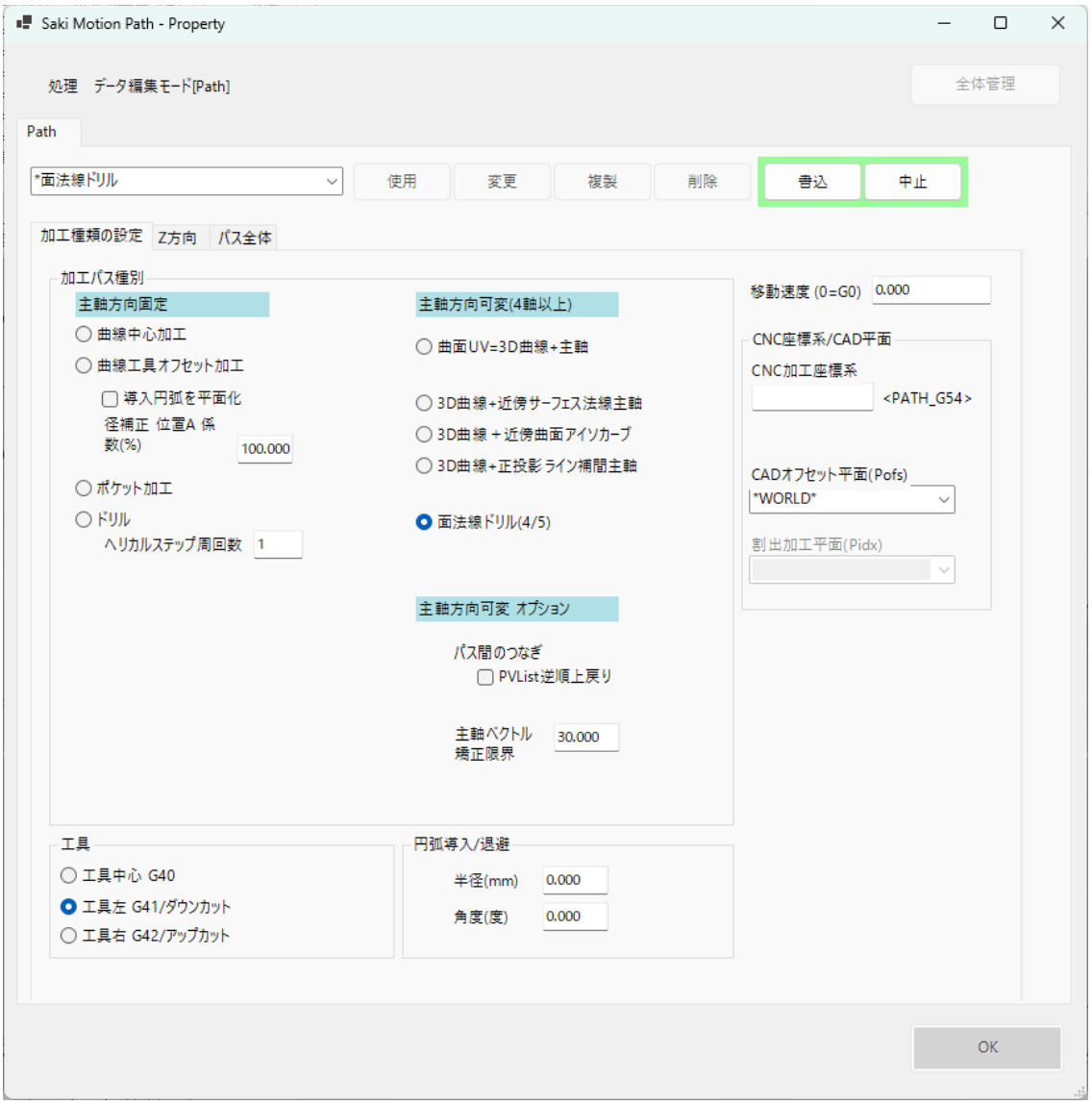
もし面上に無い場合は、点は、もっとも近い「面上の点」に修正されて計算されます。

曲面上の多数の穴（例えばスワロフスキーの埋め込み用の穴）に利用できます。



10.8.2. パス設定画面の項目

パス設定（「Path」タブ）に表示される以下の項目が面法線ドリル加工に関係します。

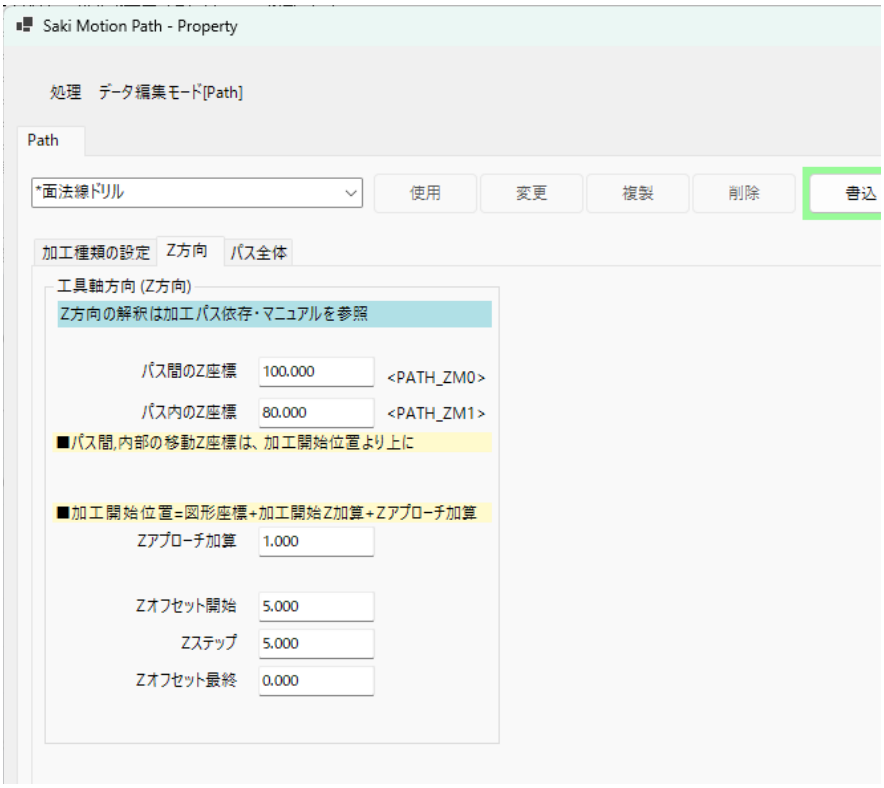


10.8.2.1. 主軸ベクトル矯正限界オプション

４軸機などでは、機械が工具軸を向ける動作ができない場合があります。

この時、生成時にエラーとする方法と、工具軸をある範囲であれば法線での計算を可能な方向に修正して、動作・加工できるツールパスを生成することが可能です。「主軸ベクトル矯正限界」パラメータを使用します。

10.8.2.2. Z 方向の共通設定



画面項目	設定名	説明
Z オフセット開始	ZStart	加工開始の Z オフセット（通常 ≥ 0、ワーク面より上）
Z ステップ	ZStep	1 ステップあたりの Z 降下量（0 のとき ZEnd まで 1 回で降下）
Z オフセット最終	ZEnd	加工終了の Z オフセット（通常 ≤ 0、目標深さ）
Z アプローチ加算	ZApr	各ステップ開始位置より上方からアプローチする距離
パス間の Z 座標	ZOuterRapid	パスとパスの間の高速移動 Z（退避高さ）
パス内の Z 座標	ZInnerRapid	ドリル加工中のステップ間退避 Z

11.　作業平面(CAD)とワーク座標(CNC)

11.1.　CNC のワーク座標系とは

CNC の機能で機械上のワークを基準とする座標で指示をおこなえるようにするものです。一般的な NC フライスや NC マシニングセンタでは加工原点を現場で好きな場所・セットした位置にするために利用されます。CNC は G54 等のワーク座標系の指令をおこなうと、対応する軸（XYZABC）の値（オフセット値）を命令後の指令に加えます。

11.1.1.　SMP でのワーク座標系の指定方法

加工パス毎に CNC ワーク座標を指定できます。

加工パスの設定画面の中の、[加工種類]タブの中の CNC 座標/CAD 平面で設定します。

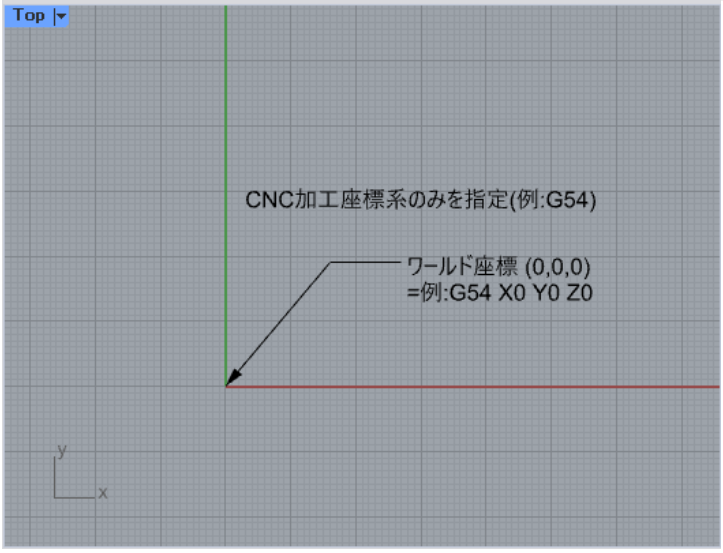
ワーク座標のみ指定した場合、
ポストで<PATH_G54>で指定した位置に加工のワーク座標系が入ります。

CAD 側で作業者が自由にワーク座標系を設定する使い方です。

後で説明する「CAD オフセット平面」や「割り出し加工平面」を指定しなければ、CAD のワールド座標がそのまま CNC での座標指令値としてデータを作成します。

G54 を設定した場合、G54 は CNC 側で自由に設定・調整できます。

加工の原点がどこにでも設定ができるということは、現場での設定のちょっとしたミス（符号、桁など）によっては加工範囲を超えたり、工具が機械と干渉する可能性があります。いきなり動作させずに原点や位置を確認する必要があります。



11.1.2. SMP でのワーク座標系のシミュレーション

SMP のシミュレーションにおいては、ワールド座標は機械を 3D モデルで定義する「標準姿勢」であり、そこからのワールド座標を元にアニメーションされます。また、たとえば、G コードでワーク座標 G59 を指定し、シミュレーションでワーク座標を標準姿勢からのずれとして OFS(x,y,z,a,b,c,u,v,w)を定義すると、指令座標に OFS(x,y,z, ...w)を加えた位置で加工をおこなう動作をします。

また、「標準姿勢」は、原点から STF(x,y,z...w)移動した位置と仮定して今後の説明をおこないます。

シミュレーションをおこなう機械と、実機械のパラメータを一致させておくと、ＸＹの動作範囲や、Ｚの高さ等を検証することができます。詳しくはＳＭＰ　ＳＩＭマニュアルを参照してください。

11.2. Rhino の作業平面を用いた設定

作業平面を使うと、CAD 上の通常の座標（ワールド座標系）と異なる XYZ を作図に都合がいいように自由に設定ができます。原点を移動したり、軸を回転することができます。

この作業平面をオフセット平面とすることで、ワーク座標系に設定すべき数値を出力することができます(Pofs 機能)。また、この作業平面を割り出し加工の法線として指定することで、割り出し加工がおこなえます(Pidx 機能)。

11.2.1. CAD オフセット平面(Pofs)

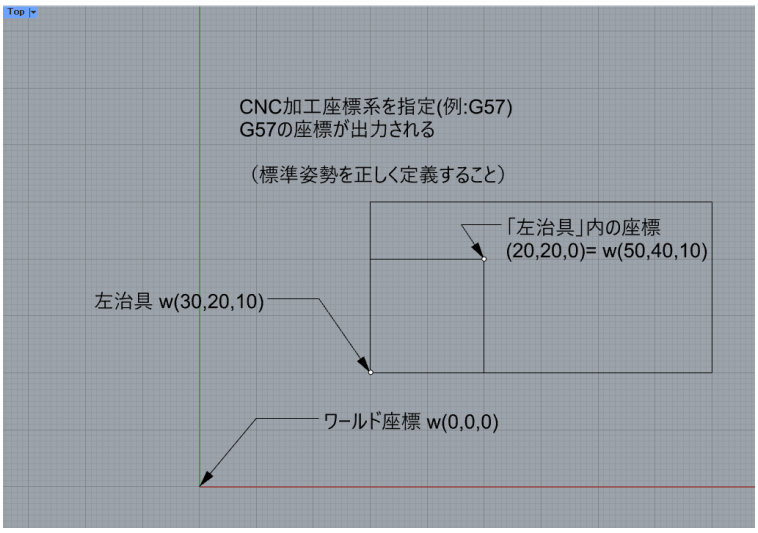
作業平面を CNC の「ワーク座標系」に一致するように SMP で指定することができます。
Rhinoceros の「名前付き作業平面」機能を利用します。

11.2.1.1. SMP でオフセット平面の対応付け

SMP では、機械の構成にあわせて Rhinoceros の名前付き「作業平面」上の座標が CNC のワーク座標系と一致するように、利用可能な全サーボ軸を使いオフセットマッピングの計算を試みます。

なお、作業平面に回転がともなわないものは常に計算可能（リミットを超えない限りは）ですが、回転が含まれると機構によっては一致させることができません。

たとえば、３軸の加工機を例にとると、G57 を、ワールドに平行な T（30,20,10)を原点とする名前付き作業平面にすることができます。G コード出力は名前付き作業平面上の XYZ として出力されます。



CAD オフセット平面 (Pofs)
指定の名前付き作業平面が G57 になるように計算され、ワーク座標系オフセットが出力されます。

このとき、SMP では、G コードの冒頭に、コメントとして、CNC 側で、G57 に T（標準姿勢から P への CNC 軸オフセットベクトル）+STF（原点から標準姿勢への CNC 軸オフセットベクトル）を設定する、という対応付けが出力されます。これはオフセット G57 として CNC に設定が可能です。

加工中に回転しなければ CNC 側でワーク座標は CAM の指定から移動・調整させてかまいません。加工中に回転するものは移動しないでください。

ただし、XYZA 軸における X 軸など、機構的な条件があえば移動できる軸はあります。

なお、CAD オフセット平面が指定されない場合（空欄）は、ワールド座標系（全オフセット 0、標準姿勢）を意味します。

11.3.　割り出し加工平面(Pidx)

「主軸方向が固定されている」場合、名前付き作業平面を使い、割り出し加工平面を設定することができます。

CAD オフセット平面と似ている部分があります。

CAD オフセット平面は、ワーク座標系を構成する際、原点、方向をふくめて完全に一致をする必要があります。主軸が変化する加工にも利用できます。

一方で、割り出し加工平面は法線をツールに向ければ、座標は変わっても構わない場合に利用します。そのため、加工中は XYZ のみで加工するケースでしか使えません。

（主軸が変化する加工を選択すると入力できなくなります。）

Pofs を指定した場合、そのオフセット平面（＝シフトした座標系）で Pidx が指定する平面の法線を主軸に向ける姿勢を割り出します。

Pofs を指定しなければ同様な姿勢をワールド座標系（標準姿勢）から割り出します。

11.4.　加工パス種別・加工中に主軸方向が変化するかどうか

SMP のパスの指定では、加工パス種類が選べますが、下記のように、回転するかどうか（＝主軸方向が固定か可変か）で、画面上の並びが左右に分かれています。

主軸方向 Z 固定（左側）は、回転軸を持たない機械や、回転軸を固定して（割り出しをして）加工を行います。

生成したツールパスは Rhinoceros のラインやカーブになります。

主軸方向可変（右側）は、通常、同時４軸（あるいはそれ以上）の高速補間が可能で、長い G コードが実行できる CNC が必要です。

生成したツールパスの表示は主軸の変化がわかるよう PVList 表示になります。

基本姿勢（G54）での加工となります。ただ、機械上での調整のために G55 等を指定して出力も可能です。

また、これらは混在させて１つの G コードにすることもできます。

混在時の座標系はユーザーの入力に従いますので、機械の設定などを勘案して検証をおこなってください。

11.5.　SMP の用語と CAM、CNC 設定

SMP での CAD-CNC 間の「座標システム」は次の 3 つの種類をもち、変換が可能です。

#	座標系	座標が表現するもの	利用範囲
1	CAD 上のワールド座標 WorldXY	Rhino 図面上の標準的な座標。3dm に保存される図形は常にこの座標 SMP では、機械の基準となるワーク座標系 G54 になることを想定している。	G54 での加工 座標系を指定しない加工 多軸加工機では軸位置中心を基本回転の原点にあわせた基本姿勢（G54）
2	CAD の名前付き作業平面 ローカル座標 ワーク計算座標	Rhino の図形（ワールド）を剛体行列演算（原点移動・平行移動・回転）をした別の座標（ローカル座標）。 「名前」をつけて設定 パスを設定する画面で名前で選択が可能 ツールパス生成の計算に用いられる。	
3	CNC ワーク座標 G54-G59, G54Pxx など	機械側のワーク座標系の指定 ポストで指定をする。<PATH_G54>	CNC 側で G54 のワーク座標オフセットテーブルに、ワーク座標を登録する。G54-G59 は大抵の CNC に共通。拡張はメーカや機種によってコードと座標数が違なる。

<PATH_G54>をポストで設定しておくことで・G コードの任意の位置で出力が可能です。

回転軸を持つ加工機の場合、G54 はあらかじめ CNC で標準姿勢に設定しておく必要があります。

また、汎用の 3 軸機の場合、加工範囲の中心や基準が G54 の原点とするなどすると CAD の作図作業と一致し、また、加工限界（リミット）も分かりやすくなります。

11.6.　座標変換の流れ

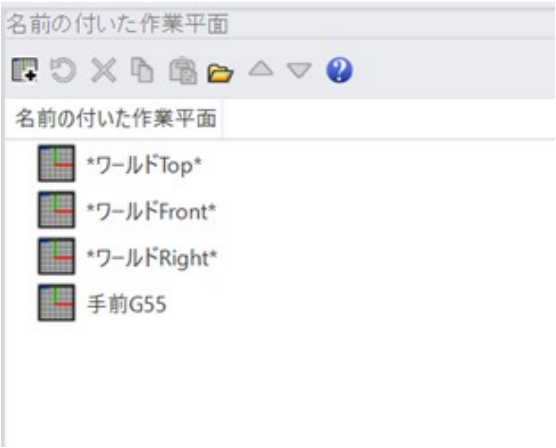
ワールド座標	作業平面（ローカル座標）	③ 機械・CNC の座標系
人：CAD で図形作成 ワールド座標,または、名前付き作業平面を作成・指定して作図		注意点：ワーク基準面（CAD の名前付き作業平面）は、機械で加工できるものを選択する必要があります。
SMP：パスの指定 Pofs 基準面指定がない場合 =ワールド座標で処理、 回転加工は G54 を仮定	SMP：パスの指定 Pofs 基準面指定がある場合 ＝作図図形を基準面座標に変換 {WorldToLocal(Pofs)} 工具径のオフセットや領域に関する加工は基準面からみて平面となる必要がある。	例） CNC 座標に”G55”を指定し、Pofs が設定されている場合 G54 から G55 へのオフセット量を WorldXY と Pofs を元に計算 →座標系情報を出力(CNC の設定と一致する必要あり）
計算後のツールパスの図形生成・描画、CAD 内への保存	必要時にワールド座標に変換 {LocalToWorld(POfs)}	G55-G54 間の変換オフセット量を計算して表示・出力。

作図中のヒント

側面、斜め面などは、「作業平面を使って作図」することがあります、Rhino 上は全てワールドとして記録されます。）作図に利用した作業平面には、名前を付けておくと良いでしょう。

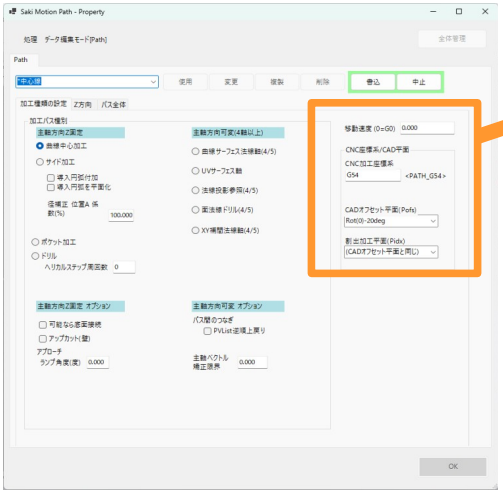
名前を付け忘れたら、Rhino の機能で、加工したい平面に作業平面を設定する、こともできます。

ワールド Top は G54 を仮定するので、G54 は設定しなくて良いです。



11.7.　CAM-CNC 間の座標系の対応づけ

11.7.1.　パス設定画面の３つの座標



パス設定には、
・CNC 加工座標系
・CAD オフセット平面
・割出加工平面
の３種類があります。

11.7.2.　CNC 加工座標系（入力）

座標出力を、CNC の「どのワーク座標」として対応するか、を **CNC 加工座標系（＝ワーク座標系）**で指定します。これはタグ<PATH_G54>としてポストプロセッサが G コード出力時に置換します。未入力の場合は G54 が自動的に指定されます。

11.7.3.　CAD オフセット平面（平面名選択）

CAD オフセット平面は G コード出力の際、この作業平面で座標を出力します。ワールド座標（G54 を仮定）とは異なる、別の座標系への座標変換をおこないます。
この CAD オフセット平面を指定しない場合は、ワールド座標系(*WORLD*)となります。
この CAD オフセット平面は、機械が動作できる方向に設定する必要があります。また、加工座標は機械の動作範囲にある必要があります。（オプションのシミュレーション機能で各パラメータを入力することでシミュレーション時にチェックすることは可能です。）

11.7.4.　割出加工平面（平面名選択）

加工前に｛A 軸～C 軸などの｝回転軸だけ設定するようにすることで、加工面を事前に割り出した加工を行うケースでは、割出加工面を名前付き平面から指定します。
割出加工面を指定すると、SMP は図形を割出加工面のＸＹＺで処理をおこない、ワールドに戻します。ので加工中は主軸方向が固定の XYZ 加工となります。

割出加工平面を用いることで CNC 加工座標系１つを複数の割り出し加工で共用できます。

割出加工平面を指定しない場合は CAD オフセット平面を使い平面図形処理がおこなわれます。
（回転軸の事前割り出しは全て 0 になります）

なお、主軸方向が可変となる加工では、割出加工面は設定できません。

11.7.5. ワーク座標系（CNCWorkSystem）の出力ポスト

機械のどこに加工基準を置くかは、CNC のワーク座標系（G54 座標系)を使い指示します。これは、Path で設定します。
標準的な出力位置：パス開始コード `Path.StartCode` の直後、最初の Z レイヤー処理に入る前に 1 回指定しますが、<PATH_G54>を指定することで、この座標系を出力します。

11.7.5.1. CNC ワーク座標系の整合性の検証について

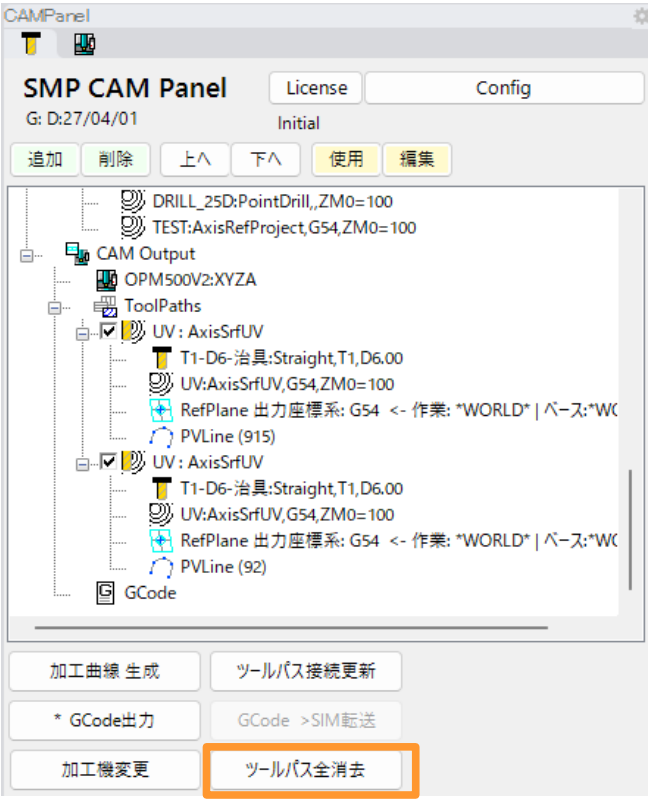
現時点では未実装となっているため、ユーザーでワーク座標と名前付き作業平面の組を同じ G コードの中では維持してください。

（将来機能）出力前に [CamOutput.cs](../../SMP.Libs/CamOutput.cs) `CheckRefPlaneConsistency` が全ツールパスを走査し、平面の 1 対 1 対応を検証します。

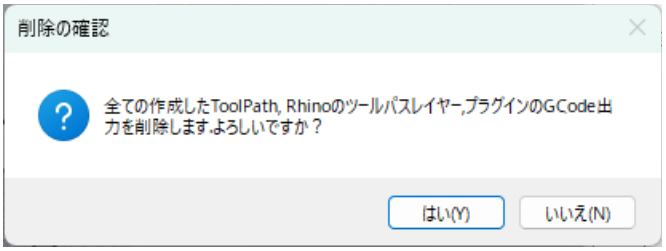
12.　作成ツールパスの管理・順序変更・統合出力

12.1.　作成したツールパスの全削除

[ツールパス全消去]ボタンを押します。



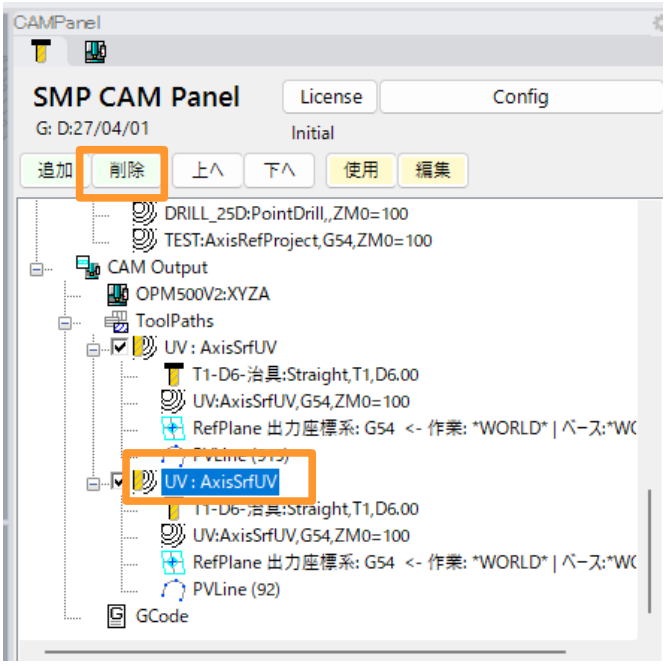
確認メッセージで[はい]を選択すると削除されます。



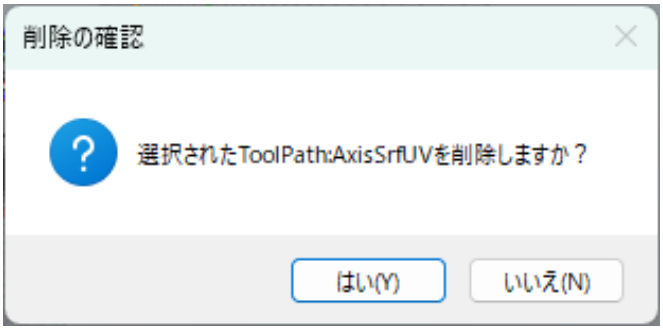
12.2.　作成したツールパスの個別削除

削除したいツールパスを選択し、

[削除]を押します。



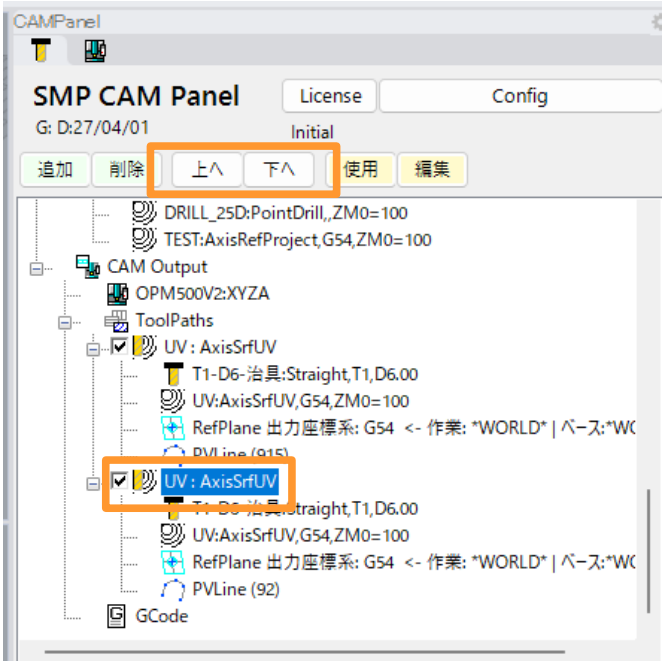
確認メッセージで[はい]を選択すると削除されます。



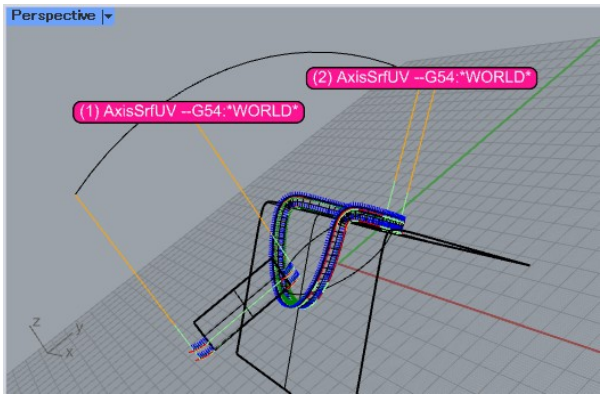
12.3.　作成したツールパスの順序入れ替え

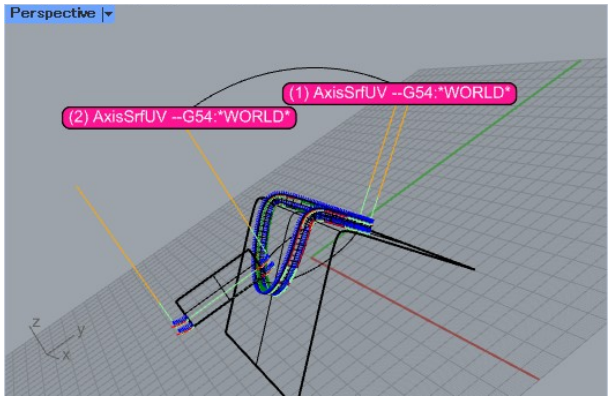
順序を入れ替えたいツールパスを選択して、

[上へ][下へ]ボタンで順序を変更できます。



順序を変えると、ツールパス間の接続線と、マーカーの順序も追従して入れ替わります。

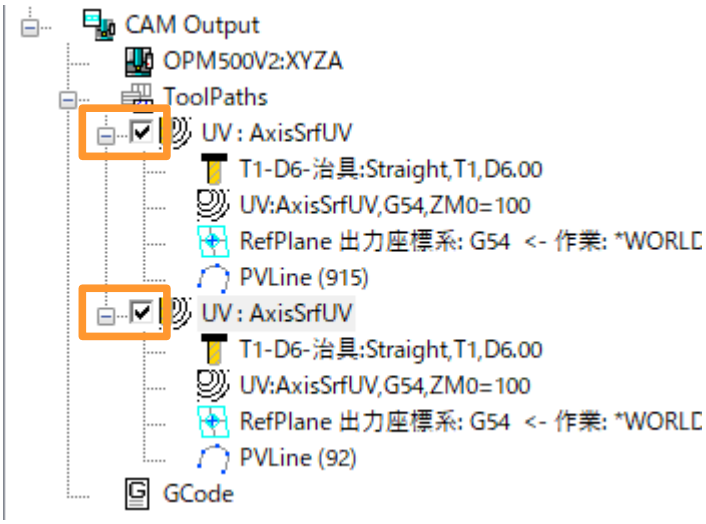




12.4.　作成したツールパスの有効化・無効化

作成したツールパスはツリービューのチェックボックスで個別に有効化・無効化が可能です。

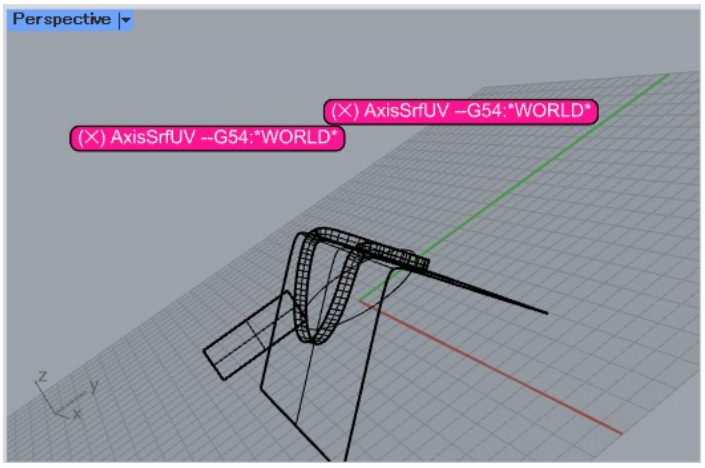
作成時はどれも有効化されています。



チェックを OFF にして無効化すると、Rhinoceros 内のビューでは、マーカー以外（ツールパス）は非表示になり、マーカーには X がつきます。

無効化したツールパスは G コード出力には含まれません。

有効化・無効化は一時的なものなので、再度チェックすると再表示されます。



13.　ポストプロセス (ポストプロセッサ)

機械の構成にあわせて、特徴的な場所に機械動作のコードを埋め込むことができます。

G コードでは G コードを生成する処理で、各種処理時の前後に任意の G コード文字列を挿入します。

機械（Machine）・工具（Tool）・パス（Path）の各設定画面で、それらの設定が G コードに適用される場所に設定できます。

なお、ポストプロセスはツールパス統合の最後に反映されます。
ツールパス間の接続部の Rhinoceros 中の描画は、直接的に G00 でツールパス最後から次のツールパス先頭へ動いた場合であり、ポストプロセッサで軸動作や工具交換がある場合は描画に反映されません。ただし、この場合でも、DX オプションのシミュレーションではポストプロセッサでの移動、ツール交換動作が適切に機械の設定をすることで反映されます。

13.1.　出力順序

1 ツールパスの出力は以下の順序で行われます。複数のツールパスがある場合、2～7 を繰り返します。

```
[1] Machine.StartCode          ← G コード先頭に 1 回のみ
[2] Tool.StartCode             ← ツールパス毎（※1）
[3] Path.StartCode             ← ツールパス毎

    Z レイヤー繰り返し（ZStart → ZEnd を ZStep 刻み）：
    [4]  Path.ZStartCode       ← Z レイヤー毎
    [4a] 加工 G コード本体
    [5]  Path.ZEndCode         ← Z レイヤー毎

[6] Path.EndCode               ← ツールパス毎
[7] Tool.StopCode              ← ツールパス毎（※1）
[8] Machine.EndCode            ← G コード末尾に 1 回のみ
```

※1 連続同一工具省略: ツール設定の「連続同一ツール時 開始/停止コード省略」が ON で、かつ、同じ名前のツールが連続するとき前の `Tool.StopCode` と次の `Tool.StartCode` をスキップします。

13.2.　各コードの説明

13.2.1.　Machine（機械設定）

設定項目	説明	出力タイミング
開始コード StartCode	G コード全体の先頭ブロック。モーダルの初期化（G21/G90 など）や機械原点復帰など。	G コード先頭に 1 回
終了コード EndCode	G コード全体の末尾ブロック。主軸停止・プログラム終了（M30 など）。	G コード末尾に 1 回

13.2.2. Tool（工具設定）

設定項目	説明	出力タイミング
開始コード StartCode	工具の使用開始時に出力。主軸回転開始（M03）・工具交換（T コード/M06）など。	ツールパス毎 連続同一工具省略あり
停止コード StopCode	工具の使用終了時に出力。主軸停止（M05）など。	ツールパス毎 連続同一工具省略あり

13.2.3. Path（パス設定）

設定項目	説明	出力タイミング
パス開始コード（StartCode）	1 ツールパス全体の開始時に出力。ワーク座標系選択（G54 など）の再確認や安全退避移動など。	ツールパス毎
パス終了コード（EndCode）	1 ツールパス全体の終了時に出力。	ツールパス毎
Z 開始コード（ZStartCode）	各 Z レイヤー切り込みの開始直前に出力。冷却剤 ON（M08）など。	Z レイヤー毎
Z 終了コード（ZEndCode）	各 Z レイヤー切り込みの終了直後に出力。冷却剤 OFF（M09）など。	Z レイヤー毎
パス開始コード（PathStartCode）	設定項目はありますが、現バージョンの G コード出力では未使用です。	—
パス終了コード（PathEndCode）	設定項目はありますが、現バージョンの G コード出力では未使用です。	—

13.2.4. 置換タグ

各コードのテキスト内に以下のタグを記述すると、G コード出力時に対応する値に置換されます。工具のコードにパスのタグを記入したり、パスのコードに工具のタグを記入することも出来ます。

コード出力は順番がありますが、タグは適切に記憶や先読みして処理されます。

13.2.4.1. 工具（Tool）関連

タグ	置換内容	使用可能なコード
<TOOL_T>	工具番号（ToolNo, T コード）	Tool.StartCode / StopCode / Path.StartCode / EndCode / ZStartCode / ZEndCode
<TOOL_D>	工具径補正番号（FixD, D コード）	同上
<TOOL_H>	工具長補正番号（FixH, H コード）	同上
<TOOL_S>	スピンドル回転数（rpm, 整数）	同上
<TOOL_NAME>	工具名	同上

13.2.4.2. パス（Path）関連

キーワード	置換内容	使用可能なコード
<PATH_G54>	ワーク座標系コード（例: G54）	Tool.StartCode / StopCode / Path.StartCode / EndCode / ZStartCode / ZEndCode
<PATH_ZM0>	パス外側高速移動 Z 座標（ZOuterRapid, mm 小数 3 桁）	同上
<PATH_ZM1>	パス内側高速移動 Z 座標（ZInnerRapid, mm 小数 3 桁）	同上
<PATH_NAME>	パス名	同上

13.2.4.3. 機械（Machine）関連

キーワード	置換内容	使用可能なコード
<MACHINE_NAME>	機械名	全コード

注意: Machine.StartCode と Machine.EndCode は工具・パス情報が存在しないタイミングで出力されるため、工具・パス関連キーワード（<TOOL_*> / <PATH_*>）を記述しても空文字に置換されます。これらには <MACHINE_NAME> のみ使用してください。

13.2.4.4. 置換の例

```
; Tool.StartCode の記述例
T<TOOL_T> M06
G43 H<TOOL_H>
M03 S<TOOL_S>

→ 出力例（ToolNo=1, FixH=1, Spin=3000 の場合）:
T1 M06
G43 H1
M03 S3000
```

13.2.5. セミコロン（;）の改行変換

機械設定の「; を改行コードに変換」を ON にすると、G コード出力後に全コード内の ; を改行（\n）に変換してからファイルに保存します。

これにより、1 行に複数コマンドをセミコロン区切りで記述し、出力時に自動的に行分割することができます。

この変換は G コード全体に一括適用されます。

セミコロンの後に日本語など G コードとして無効な文字を含む場合は、コメントとして ( ) で自動的に括られます。出力して 1 つになった G コードを読んで、どこで設定されたものが出力されているのか分かりますので、設定の検証に便利です。

設定: "G21; ミリ単位"

変換後:
G21
(ミリ単位)

14.　SMP システムのバージョン確認

14.1.　バージョン確認コマンド

コマンドラインから、SmpVersion　とタイプしてください。

Version として　A.B.C.D の 4 つの形式でバージョン表示されます。

また、Components の SMP.Libs, SMP.Forms のバージョンも SMP システムのライブラリで、同じように A.B.C.D 形式になっています。

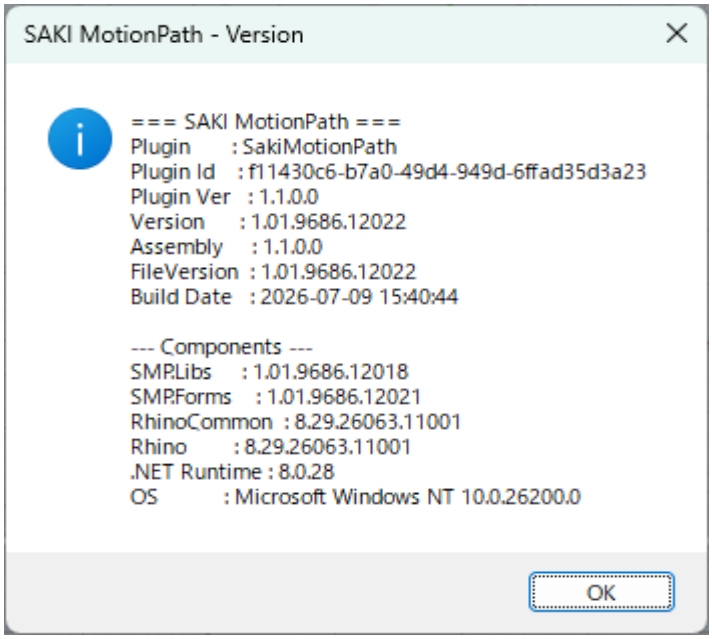
14.2.　バージョン文字列

プラグイン、ライブラリが、A.B.C.D の 4 つの形式でバージョン表示されています。

A.B =（バージョン）仕様管理

C= (ビルド番号）ビルド自動採番

D= (リビジョン)　時間経過



A,B については、当社が VisualStudio プロジェクトの VersionPrefix で設定しています。

C,D については、VisualStudio がビルド時に自動更新します。

14.3.　インストーラーとの対応付け

インストール用のプログラム（インストーラ）のファイル名は、

SakiMotionPath_Install_64bit_A.B.C.D.exe

A,B,C,D は SakiMotionPath プラグインのバージョンです。

15.　ライセンス・購入について

15.1.　お試しライセンス

お試しライセンスは無料です。何も登録しない場合は 4 週間、XYZ 機と XYZA 機が利用できます。

特別に当面のバージョンでは、サービスコード LD5514 を入れると延長することができます。

15.2.　購入

購入については、現在 WEB サイトを準備中です。

〇ライセンスの種類により各機能が提供されます。

〇サブスクリプションが基本となりますが、買い切り、オフラインは個別契約で可能です。

詳しくはライセンス購入ガイドをご覧ください

16.　今後の予定

下記の機能の実装に取り組む予定です。一部の機能はOSSやAIを利用して実装しています。利用にあたり、ライセンスに従って提供しています。実装予定している項目は必ずしもお約束するものではありませんが、フィードバックやご要望が多いもの、リソース等を考慮し、段階的に対応をしていきます。

16.1.　細かな機能

下記の細かな機能については期間契約のライセンス範囲内で、無償のアップデートとして提供します。

〇機械シミュレーターの改善〇機械定義（多様なATC、APC、他）〇各種管理・分析・レポート機能

特別な要望・専用加工などのコマンド開発〇サーフェス・ザグリ・ドリル加工（4/5軸）

〇 レンズ曲面上へのスワロフスキー等の埋め込み穴、垂直多数穴、エッジ加工

16.2.　大きな機能

下記の大きな機能についてはご提供方法、時期、いずれも未定となっています。

ポケット用のHSM（High Speed Milling)

Rhinoに依存しないシミュレーション・機械コード最適化機能

17.　専用化

機械の専用化にあたり、SMP の活用にご興味・ご相談などございましたらご連絡下さい。
CNC のエンジニアリング、ソフトウエア（機械の操作、3D-CAD のカスタマイズ、CAM の専用化）を担当可能です。

17.1.　実績

汎用機械設備では、FANUC 様、安川シーメンス様、シーメンス様、スギノマシン様の機械との協業実績。（海外の会社様とも英語でしたら協力・共同研究等可能です）

17.2.　AI の組込、データ分析

AI の機械用途（画像認識、機械プログラミング、機械知能）
・日本ディープラーニング協会（JDLA）G 検定資格取得
・Google AI Essentials Certificate 取得
・日本データサイエンティスト協会個人会員

17.3.　CNC＋AI、ロボット技術

CNC: AI やロボットの組み込みが可能(EtherCAT 仕様・最大９軸）

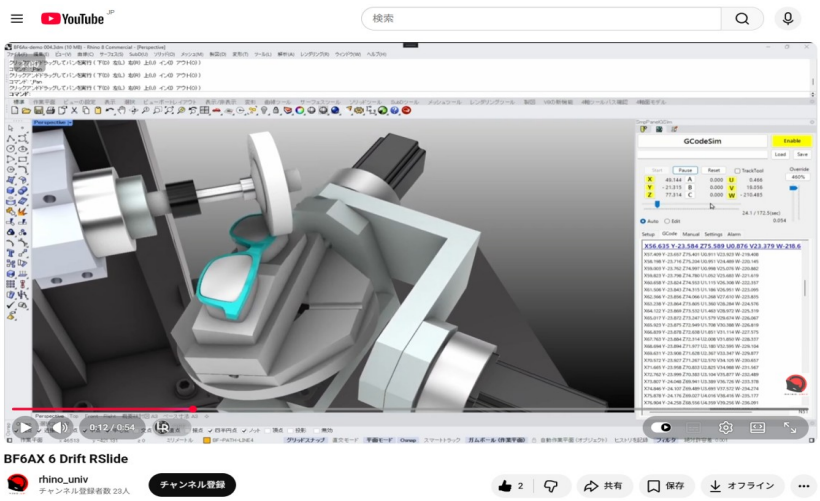
SMP：6DOF（空間完全 6 自由度＝同時 6 軸・XYZ 移動 3 軸＋回転 3 軸）

５軸加工機、複数主軸、レーザ測長機、自動工具交換機、自動ワークパレット交換機、カメラ画像 AI を搭載した機械へのリアルタイム制御プログラムを簡単に組み込み

17.4.　めがねバフ研磨 (6 軸 CNC・6DOF 加工)

回転 3 軸を 45 度に配置、
機械干渉を極小に独自設計

https://youtu.be/v-s6RzP6skc



ロボットと比べ

・省電力・コンパクト、

・高剛性、粉塵飛散防止