

PM500029

## Fusion Injection Molding と Machining Extension の紹介

### セッション1

## Fusion Injection Molding

宮崎 寿

オートデスク株式会社 デジタルマニュファクチャリンググループ

#### 学習の目的

- 射出成形での典型的な成形不良について知る
- 射出成形シミュレーションについて知る
- Fusion360 のプラスチック射出成形シミュレーションの操作と問題解決の為のワークフローを知る(本編ビデオにて)

#### 説明

Fusion360 のプラスチック射出成形シミュレーション (Fusion Injection Molding) のプレビュー版をご紹介します。射出成形は複雑で高機能、あるいは美しい外観の部品を低コストで、大量生産できます。しかし、その生産の初期段階では、外観不良や寸法不良など様々な成形不良の改善に時間とコストを要する場合が多く、いかに成形不良を未然に防ぐのが課題となります。

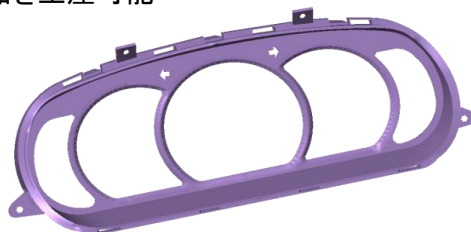
Fusion Injection Molding は設計とシミュレーションのシームレスなワークフローによって、射出成形部品の品質向上とコスト低減を実現します。

#### 射出成形

プラスチック製品の加工方法には射出成形、押出成形、圧縮成形、ブロー成形など様々な成形法があります。射出成形はそのなかでも最も多く利用されている加工方法です。

その特徴としては以下があります。

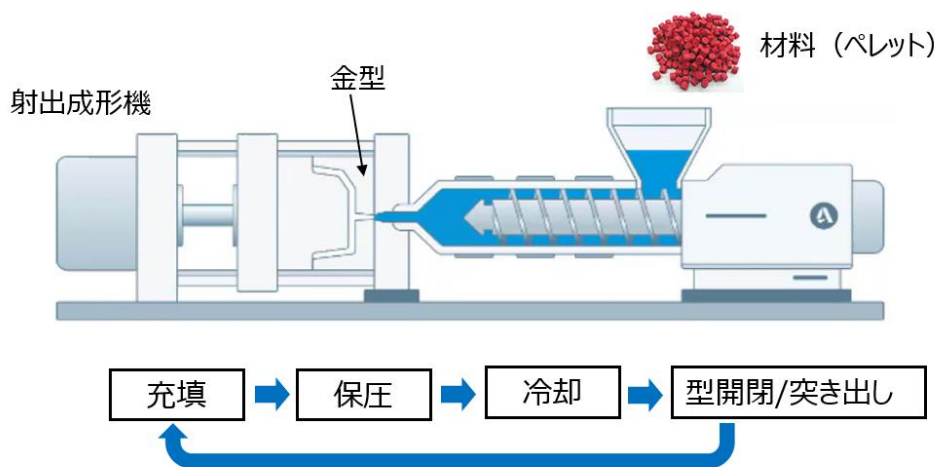
- 短時間で大量の部品を効率的に生産可能
- 再現性の高い製品品質を実現可能
- 複雑な製品／曲面や光沢感など意匠性の高い製品の生産が可能
- 低コストな製品の生産が可能
- 耐熱、耐薬品性、電気特性、高強度特性など、優れた材料特性を持つプラスチックを使った部品を生産可能



## 射出成形プロセス

以下の工程でプラスチック部品は作られています。

- 射出成形機に成形品の形の空洞が彫られた金型を取り付けます。
- ペレットと呼ばれる粒状のプラスチック材料を成形機に投入します。
- 投入された材料は、ヒーターで熱せられて熔融します。成形機の中のスクリーンが回転して溶けた材料を金型に注入する分を計量します。
- 金型へ樹脂を充填します。
- 金型内に圧力をかけ、金型内で起こる樹脂の収縮分を補填します。(保圧)
- 熱い樹脂を金型から取り出せる温度まで冷却します。
- 金型を開いて成形品を突き出します。



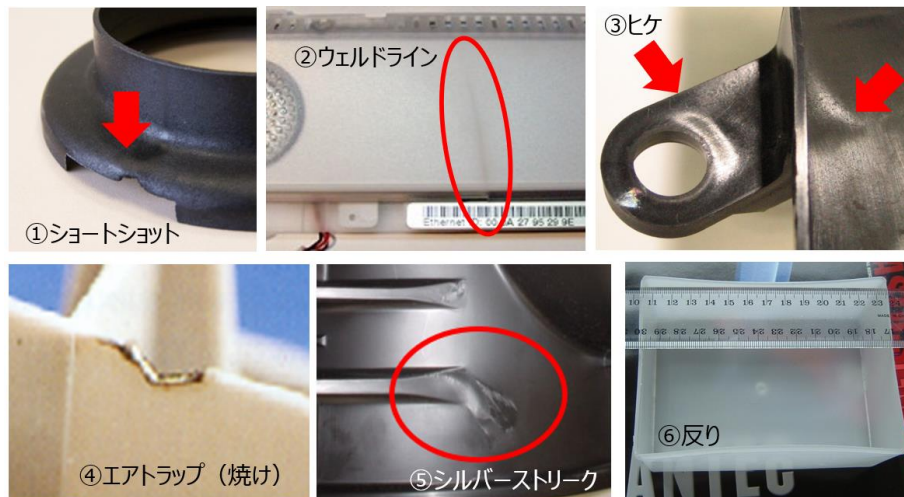
## 成形不良

射出成形は非常に優れた生産方法ですが、高品質な金型で、適切な成形条件で成形しないと成形不良が発生します。金型製作の際には成形試作(成形トライ)を行って成形不良を抽出して問題解決をしていきます。部品によっては成形トライを何度も繰り返し、なかなか問題が解決しない場合があります。

主な成形不良の具体的な例を以下に説明します。

- ショートショット(画像①):  
不完全な充填。樹脂の流れが途中で止まってしまい、意図した形状が作れていない状態。
- ウェルドライン(画像②):  
樹脂の流れがぶつかる場所にできるライン状の跡。
- ヒケ(画像③):  
樹脂の収縮によって発生する成形品表面の凹み。
- エアトラップ(焼け)(画像④):  
樹脂によって閉じ込められた金型内の空気が圧縮されて発火して成形品を焦がしてしまう現象。

- シルバーストリーク(画像⑤):  
乾燥不足の材料での成形や金型内の空気が流動中の樹脂により金型壁面に押し付けられることにより発生する。
- 反り(画像⑥):  
樹脂の収縮や変形、反りによって寸法不良が起こる。



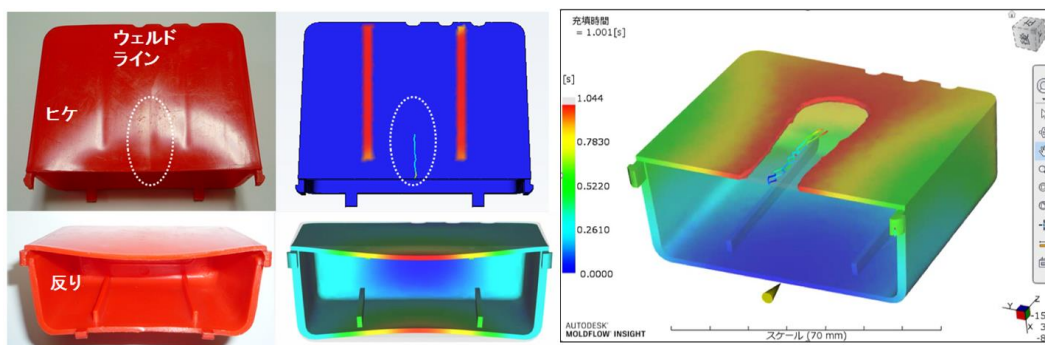
成形不良は生産計画に影響を及ぼし、さらにはコストや納期、製品の信頼性にも悪影響を与えます。

プラスチック部品の生産においてはいかにこれらの不良を解決するのが課題となります。

## 射出成形シミュレーション

射出成形シミュレーションはプラスチック部品の加工プロセスで発生する様々な問題を可視化し、改善するためのソリューションです

ウェルドラインやヒケ、反りなどを予測し効率的に改善し、品質向上、コスト低減を図ります。



## Autodesk 射出成形シミュレーションラインアップ

下図は Autodesk の射出成形シミュレーションラインアップです。

Autodesk には射出成形シミュレーションの代名詞でもある Moldflow があります。

Moldflow Insight は設計-生産技術-成形技術者から 研究者まで、幅広く使えるハイエンドツール。

Moldflow Adviser は解析の専門家ではない、製品設計者、金型設計者が使う汎用ツールです。

そして今回ご紹介する Fusion Injection Molding がラインアップに加わりました。



## 射出成形シミュレーション対応範囲

それぞれのソフトウェアの射出成形シミュレーション機能対応範囲が以下の表となります。

◎が高いレベルでの対応を表し、○が対応、△がかろうじて対応しているイメージです。

当然 Moldflow Insight の対応度が高くなります。ここに挙げている項目以外の機能もありますのでそれぞれの射出成形シミュレーションとしての機能差はかなりあります。

機能的には Fusion Injection Molding は Moldflow Adviser の Premium と Ultimate の間くらいのイメージです。

Fusion Injection Molding の射出成形シミュレーションとしての機能は

まず、樹脂流動解析の重要なファクターである材料データは Moldflow と共通のもので 10000 グレードを超える豊富なものです。













スプルランナーゲートのモデリングとか多数個取り、セット取などの金型レイアウトを考慮した解析はできません。(全てを3D モデル化し、製品部を解析すれば可能)

現状で対応しているのが充填解析、これは実成形条件を緻密にインプットするものではなく、自動か、充填時間をインプットします。保圧は、自動設定のみになります。繊維配向は反りなどの結果に反映されますが、現時点では繊維配向テンソルなどの結果表示はできません。

反り解析はできますが、冷却解析はできません。従って理想的な金型冷却が行われている仮定で解析が実行されます。

Fusion Injection Molding のアドバンテージは Fusion360 というプラットフォームに統合されていることです。プラスチック部品の設計をしながらその加工性を確認できます。

注意事項としては、この情報はプレビュー公開時点のもので正式リリース時には変更される可能性があります。

	統合	材料 データ	ランナー モデリング	多数個/ セット取	充填	保圧	繊維配向	冷却	反り	最適化	特殊成形	熱硬化
<b>F</b> AUTODESK® FUSION 360	◎	◎			○	△ 自動のみ	△ 結果表示なし		○			
<b>M</b> Moldflow Adviser Premium		◎			○					△ ゲート位置		
<b>M</b> Moldflow Adviser Ultimate		◎	◎	◎	○	○	○	○	○	○		
<b>M</b> MOLDFLOW INSIGHT	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
												

## Fusion Injection Molding 操作／ワークフロー

本編ビデオをご参照ください。

### まとめ

Fusion Injection Molding は Fusion360 に新たに加わった射出成形シミュレーションです。

その特徴としては

- Moldflow テクノロジーを Fusion360 に搭載
- Moldflow と共通の業界 No.1 の材料データベース(現在 11570 グレード)
- 非常に簡単な操作で充填／保圧／反り解析を実行
- わかりやすい解析結果表示と結果比較により、問題確認と対策案の評価が可能
- 設計とシミュレーションのシームレスなワークフローで設計部品の成形加工性を非常に簡単に評価可能

が挙げられます。

現在プレビュー版が公開されており、2022 年初旬に正式リリース予定です。

正式版での課金等はまだ具体的には確定していませんが、現在のプレビュー版は無償でご利用できますので、この機会にぜひお試しください。

## セッション2

### Fusion Machining Extension

緒方 輝聡

オートデスク株式会社 デジタルマニュファクチャリンググループ

#### 学習の目的

- Fusion 360 での高度な 3 次元加工について
- ツールパス作成効率を高める編集機能
- 高度な 5 軸ツールパス&自動干渉回避機能について
- 工作機械を利用した機上計測(OMV)の使用方法

#### 説明

製造業では生産時間、生産コスト、製品品質が企業の収益に大きな影響を及ぼします。市場投入の時間を改善し、非付加価値プロセスを削減することが余儀なくされています。企業はまだ熟練した機械工やプログラマー、エンジニアを必要としています。高齡化というリスクが続いています。

このクラスでは Fusion 360 の拡張機能の一つであるマシニングエクステンションが持つ様々な機能を紹介します。Fusion 360 の標準 CAM 機能では困難だった複雑形状の同時 5 軸加工や同時 5 軸加工での自動干渉回避機能、加工時間の短縮、加工品質向上につながるツールパス編集機能について学びます。またこのクラスでは工作機械上でプローブツールを使用した製品検査、機上計測(OMV)の操作方法についても学びます。機上計測を活用することで加工工程と検査工程の集約、加工品の取り外しや運搬作業の削減で生産効率向上が実現できます。

#### スピーカーについて

2005 年に CAM/CAM メーカーおよび販売代理店に入社し CAM/CAM アプリケーションエンジニアとして 15 年以上の経験を持つ CAM スペシャリスト。自動車、航空機、装置製造など部品加工から金型加工まで幅広いお客様を教育、サポートし CAM の活用方法から加工の知識まで幅広い分野に対応。近年では Additive Manufacturing、特に DED 方式(Direct Energy Deposition)に取り組み積層造形と切削加工を融合した Hybrid Manufacturing の提案から導入支援も行っています。



## マシニングエクステンションで利用可能になる CAM 機能

Fusion 360 マシニングエクステンションでは CAM を強化する様々な機能があります。高度な 3 軸および 5 軸ストラテジー、ツールパスの最適化、プロセスの自動化機能を利用して Fusion 360 の CAM 機能を強化します。

### 穴認識

穴形状の認識、工具の選択、および効率的な操作順序指定を自動的に行うことによりドリル加工プログラミングを単純かつ高速にします。(図 1)

#### 穴形状認識

ソリッドモデルから穴形状を自動で素早く認識します。認識された穴は大きさごと、形状ごとにドリル穴、ザグリ穴、ネジ穴などに分類されます。認識された穴はすべて加工するか、自動作成から除外する穴は個別に無視を選択して、後に手動でツールパスを生成することもできます。

#### 加工工程の自動割り当て

認識された穴にはそれぞれ適切な工程が自動で追加されます。手動で加工工程を再選択することも可能です。カスタムテンプレートを利用することで独自の穴あけ工程をカスタマイズすることが出来ます。

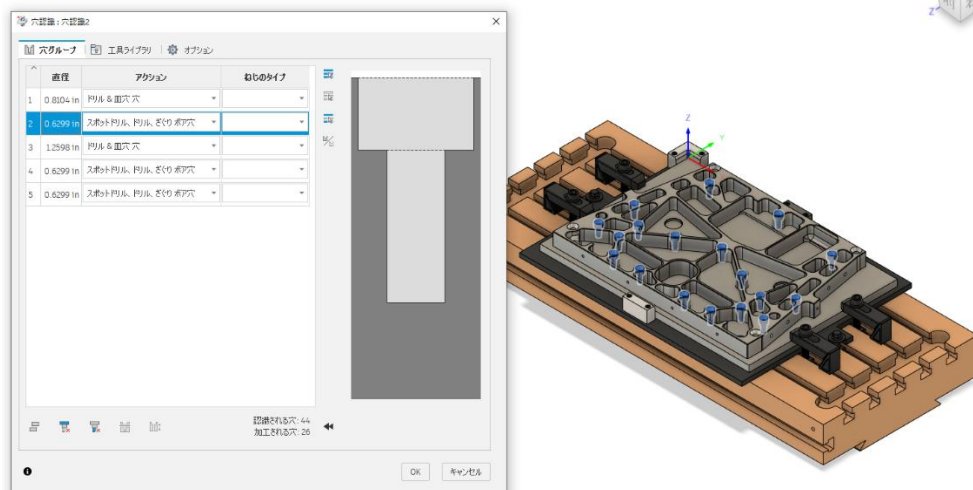


図 1: 穴認識

## 急斜面と緩斜面の加工法

単一の操作で急斜面領域には輪郭パス(等高線)を使用し、緩斜面領域には走査線パスまたはスキヤロップパスを使用して加工する仕上げツールパスを作成します。

### 急傾面パス

しきい値角度で指定された角度以上の急斜面領域へ等高線ツールパスを計算します。等ステップまたはスパイラルツールパスの選択が可能です。

### 緩斜面パス

しきい値角度で指定された角度以下の緩斜面領域へ走査線、またはスキヤロップパスを選択してツールパスを計算します。オーバーラップ距離で指定された値によってツールパスが拡張して計算され、急斜面パスと緩斜面パスをオーバーラップさせます。これによりしきい値角度で指定されたツールパスが切り替わる箇所において削り残しの発生を抑制します。

図2の走査線タイプのツールパスでは走査線角度を自動調整するオプションがあります。このオプションにより走査線の加工角度を各加工領域の長手方向に自動で調整します。

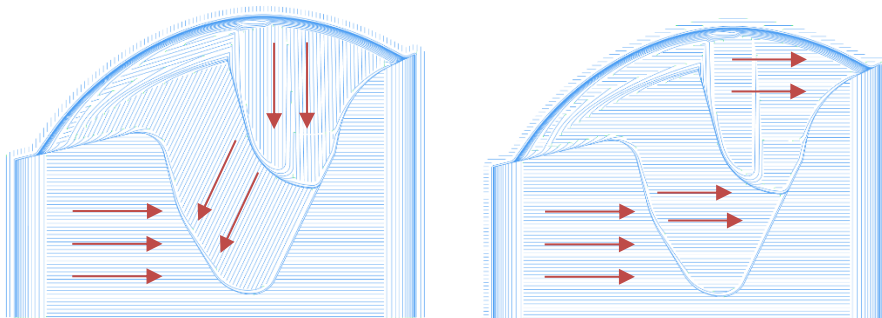


図2:走査線 固定方向 OFF(左) 固定方向 ON(右)※急斜面と緩斜面の加工法内オプション

図3のスキヤロップタイプのツールパスではオフセットを円滑化、接合部にある尖端を除去のオプションによりオフセットコーナー部での鋭角なツールパスを抑制、スキヤロップツールパス特有のツールパスの隙間を埋めるパスが自動生成されます。

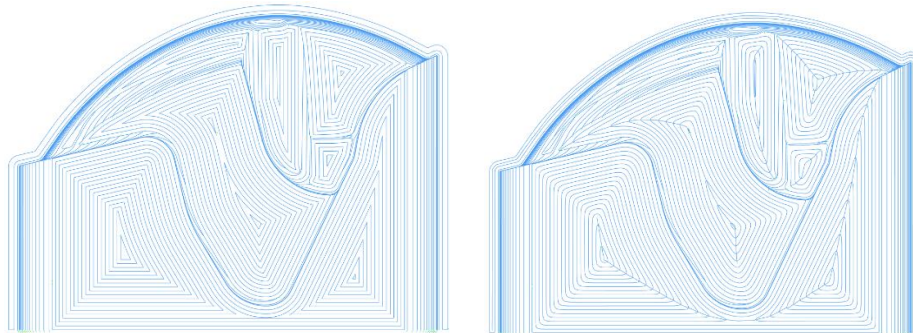


図3:スキヤロップ 円滑化 / 接合部にある尖端を除去  
OFF / OFF(左) ON / ON(右)※急斜面と緩斜面の加工法内オプション



## 工具方向の追加制御

工具方向の指定(3+2 軸)に制御方法が追加されます。より直感的な工具方向の設定が可能になります。

### 回転と傾斜

画面上に表示されたグラフィックハンドルを直接動かして角度が決められるほか、直接数値を入力して角度を指定することが可能。

### サーフェス法線と X 軸 / Y 軸

サーフェス上で選択したポイントの法線に Z 軸を自動でアラインします。数値で角度が定義できない、わからないというときに便利な機能。

### ビューに位置合わせ

モデルを任意の向きに合わせて、その時見ている方向に Z 軸をアラインする機能。

## ツールパス編集

ツールパス編集では計算済みの不要なツールパスを選択し削除、または領域を選択してトリムすることができます。これによりツールパスの無駄な動作を抑制し加工時間の短縮、加工品質の向上に役立ちます。またツールパスを再計算せずに工具を変更では工具形状が同じでホルダー下の長さのみ変更した工具を選択したい場合などにツールパスの再計算を必要としないため、プログラミング時間の大幅な短縮に繋がります。

### ツールパスをトリム

指定された閉じた境界の内側または外側にあるツールパスの領域を削除します。ツールパス全体の再計算をせずに新しい衝突のない進入およびリンクが自動追加されます。(図 4)

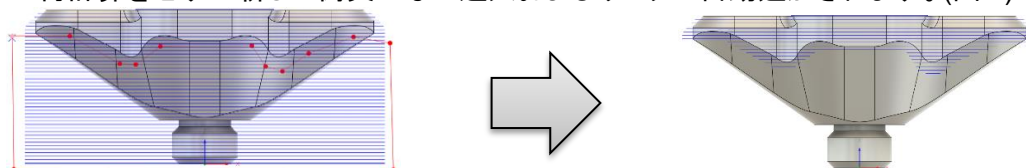


図 4: ツールパスをトリム

### パスを削除

選択タイプで指定されたツールパスを削除します。パスを削除では個別のパスまたはセグメントを選択してツールパスが削除できます。(図 5)

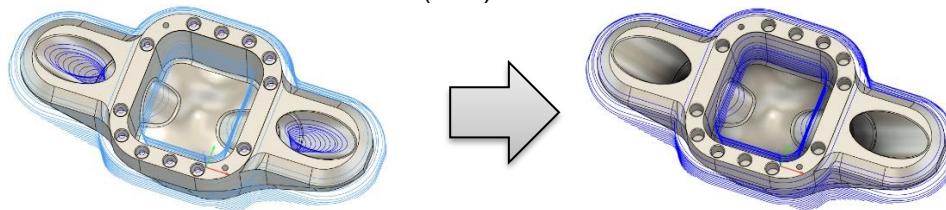


図 5: パスの削除

## 5 軸および衝突回避

複合軸設定を使用して、単一セットアップでパーツの多くの領域を加工できる複合軸(5 軸)ツールパスを生成します。安全な加工を行うため、この複合軸ツールパスでは軸またはホルダーとパーツ間との干渉を検出して自動回避できます。現在は急斜面と緩斜面の加工法のみで有効です。(図 6)

### 工具軸(プライマリモード)

- **垂直:** 工具をセットアップの Z 軸方向に位置合わせします。
- **進入と傾斜:** 進入/傾斜角度を指定することにより工具軸を傾けます。工具軸が接触する表面に対して常に垂直になるよう位置合わせします。進入角度は切削方向に工具を傾けます。傾斜角度は切削方向から見て工具を横に傾けます。
- **カーブから:** 工具の先端はスケッチされた曲線の反対方向を向きます。ポケットのような凹形状の加工に適しています。
- **カーブへ:** 工具の先端はスケッチされた曲線のほうを向きます。ボスのような凸形状の加工に適しています。
- **開始点:** 工具の先端はスケッチされた点の反対方向を向きます。ポケットのような凹形状の加工に適しています。
- **終了点:** 工具の先端はスケッチされた点のほうを向きます。ボスのような凸形状の加工に適しています。

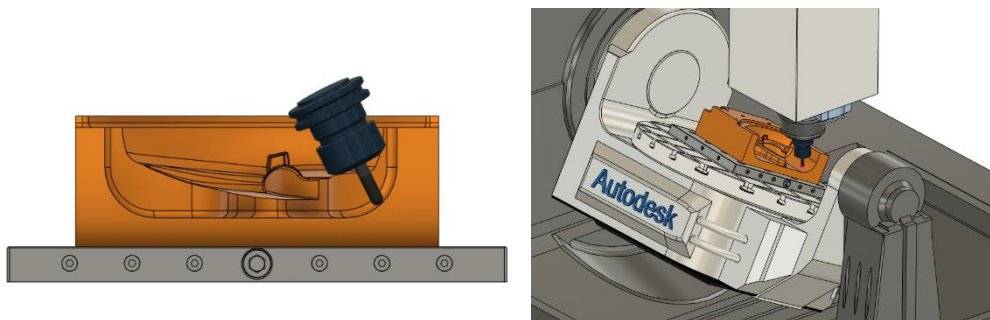


図 6.5 軸および自動衝突回避

## 回転加工法

回転軸に沿って、および回転軸周りで加工できる複合軸加工法です。マシンの第 4 軸を使用して効率的に加工されるパーツには回転加工法が適しています。(図 7)

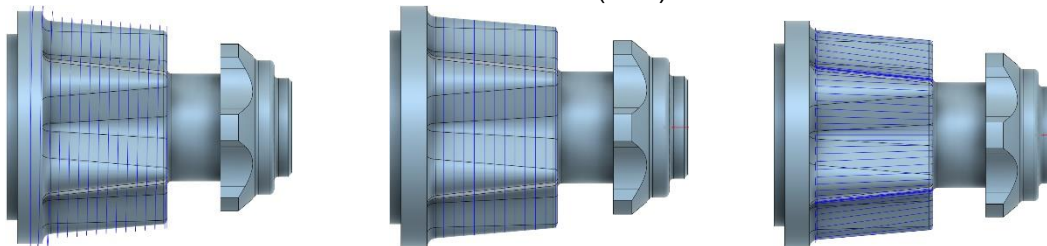


図 7: 回転加工法スタイル 渦巻(左) 円形(中) 行(右)

## プロービング

工作機械上に取り付けられたプローブツールを使いパーツの位置合わせ、形状をプローブ、サーフェス検査が利用できます。これらの機能を使用することで 3D プリントなどで製造された積層造形パーツや既存部品などの原点設定、機械加工されたパーツの幾何学形状や曲面の検査ができます。

### パーツの位置合わせ

積層造形で製造されたパーツや 3D 形状の既存部品などワークセットアップが困難なパーツの原点を補正します。パーツの位置合わせはサーフェスを検査のプローブ結果に基づいて後続の加工ツールパスのポジションを最適化します。(図 8)

### 形状をプローブ

マシン上でプローブサイクルを使用して処理中のフィーチャーを計測します。重要なフィーチャーの寸法と位置を確認し、工具摩耗パラメータを更新し修正作業を早めに行います。

### サーフェス検査法

プローブパスを生成し加工結果を評価します。3 次元自由曲面の検査が行え、結果を Fusion 360 へ取り込むことでカラーマップ表示での検査結果の確認、また結果を PDF ファイルとして保存することが出来ます。(図 9)

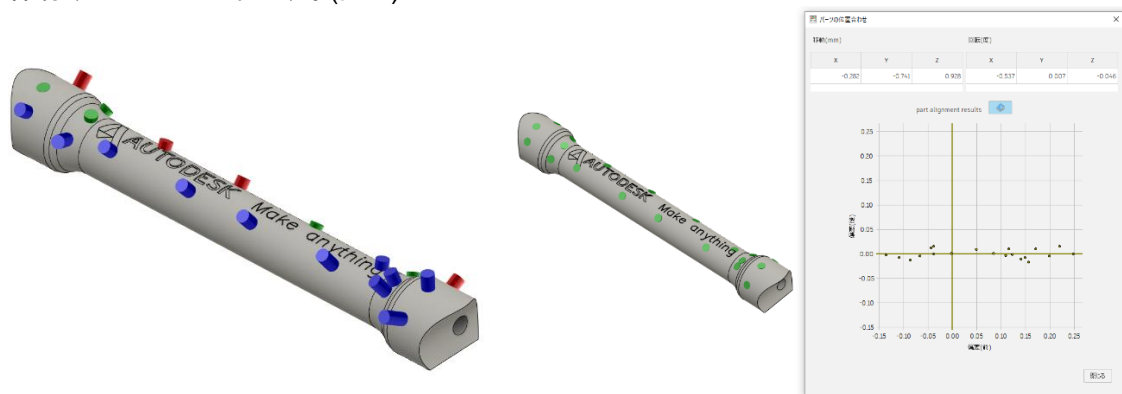


図 8: パーツの位置合わせ

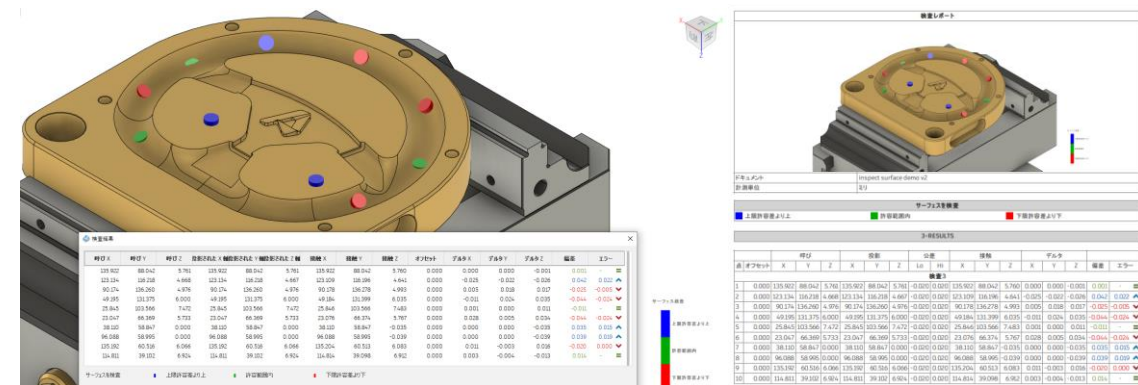


図 9: サーフェスの検査とレポート