

関連付け曲面を使ったモデリング (IPM)

# コース概要





このコースでは、玩具の芝刈り機のカバー(mower cover)を作成していく過程を通して、曲線の作成方法、様々な種類の曲面の作成方法、関連付けソリッドの効果、ソリッドでのフィレット付けなどを学習します。また、関連付け曲線と曲面を使用したハイブリッドモデリングや、IPM(In Place Modification)コンセプトによる形状変更なども学習します。ソリッドによるモデリングは、モデルを仕上げ、素早く変更を行うためにはたいへん重要です。

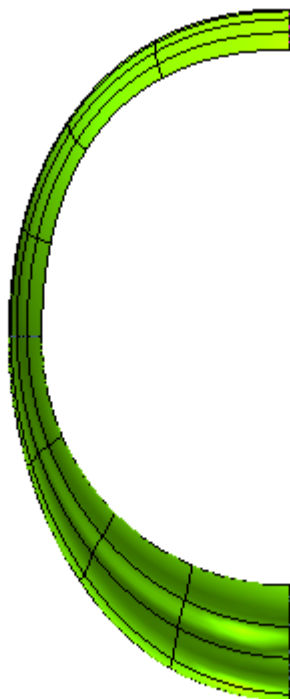
使用するファイル      AssociativeModeling.e3

## 目次

Step 1: ベース部の作成.....	3
Step 2: 上部の面の作成.....	15
Step 3: ソリッド化 .....	19
Step 4: ソリッドの修正と仕上げ .....	25

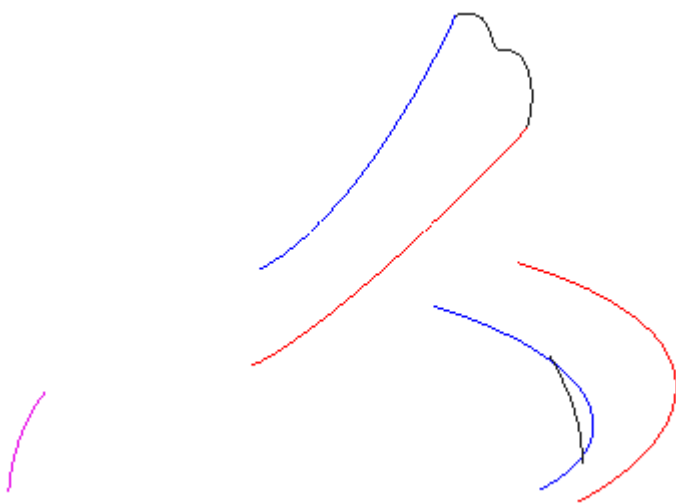
## Step 1: ベース部の作成

このステップでは、カバーの下部(ベース部)の半分を作成します。 **2D曲線から作成する3D曲線** コマンドを使用して曲線を作成し、 **直線スイープ面** コマンドと  **ロフト面** コマンドで曲面を作成します。また、 **結合面** コマンドも、面間をブレンドするために使用します。

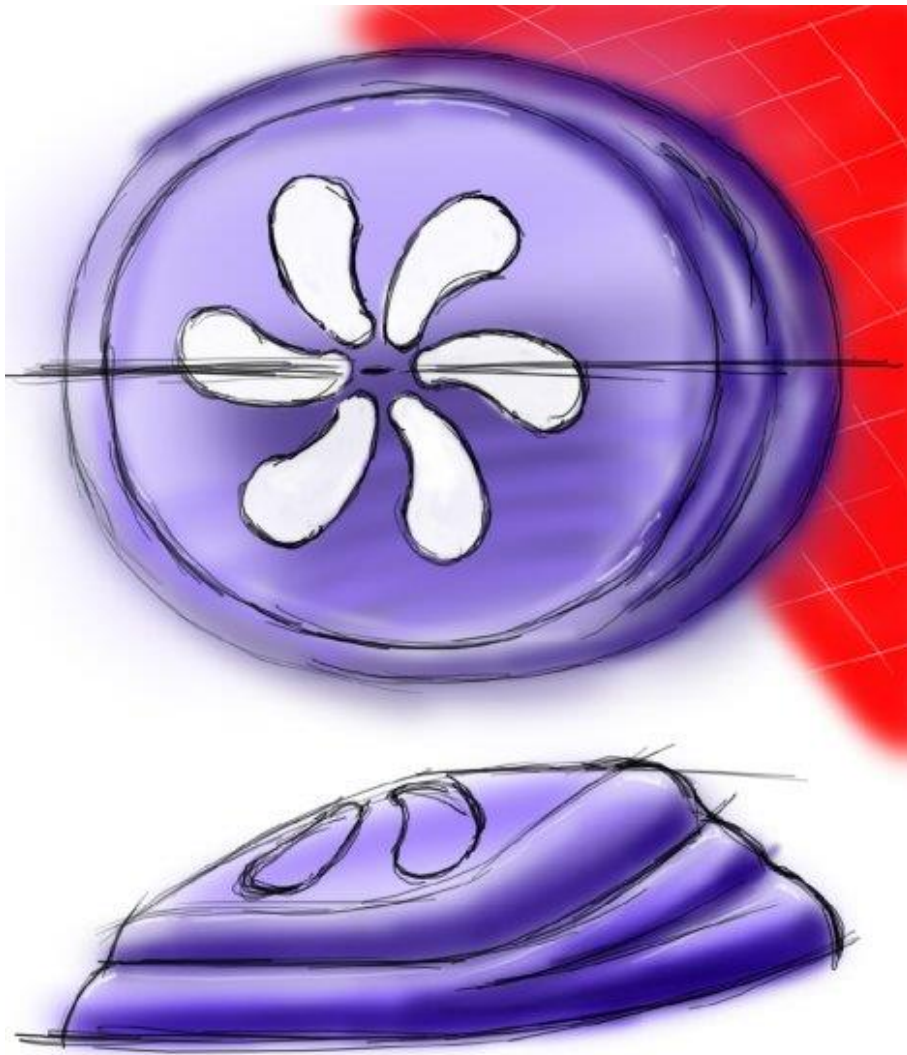



ダウンロードしたファイルから、AssociativeModeling.e3 を開きます。

はじめにデータを確認しましょう。画面上には、様々な曲線が表示されています。紫の曲線は補助の曲線です(後から使用します)。2つの黒い曲線は曲面を作成するのに必要な境界線です。

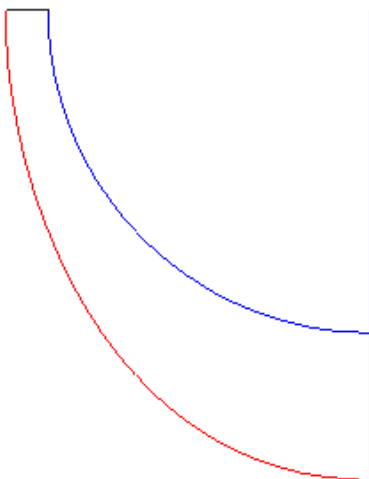



この曲線はどのようにして作成したのでしょうか？多くのデザイナーと同じで、最初に形状をスケッチして、次に2つの異なるビュー(次ページのスケッチのように上面図と側面図)から2次元の曲線を作成してあります。



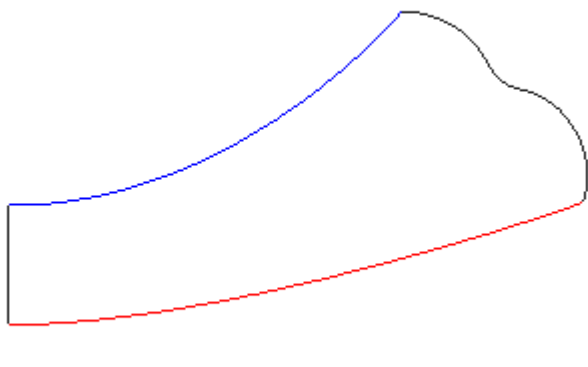
-  **上面ビュー** に切り替え、このビューでの2次元曲線を確認してください。


下図は、形状を確認しやすいように、方向を回転していますが、上図の上面ビュースケッチと同じ形状です。




- 次に、 **左側面ビュー** に切り替え、このビューでの2次元曲線の形状を確認して下さい。

もう1度、このビューでの曲線の形状と、前ページのスケッチの側面ビューの形状とを良く見比べておいてください。

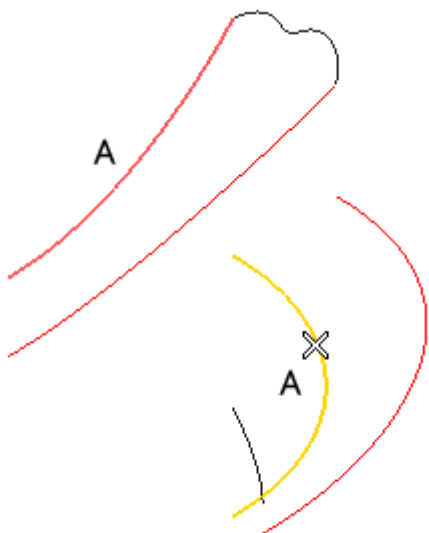



-  **アイソメビュー(左後)** に切り替えて、すべての曲線を確認します。

黒い曲線は、次からの手順で簡単に曲面を作成できるよう、あらかじめスタートファイル中に作成してあります。

最初に、2次元曲線を使用し  **2D曲線から作成する3D曲線** コマンドを使用して、3次元の曲線を作成します。

-  **2D曲線から作成する3D曲線** コマンドを選択します。

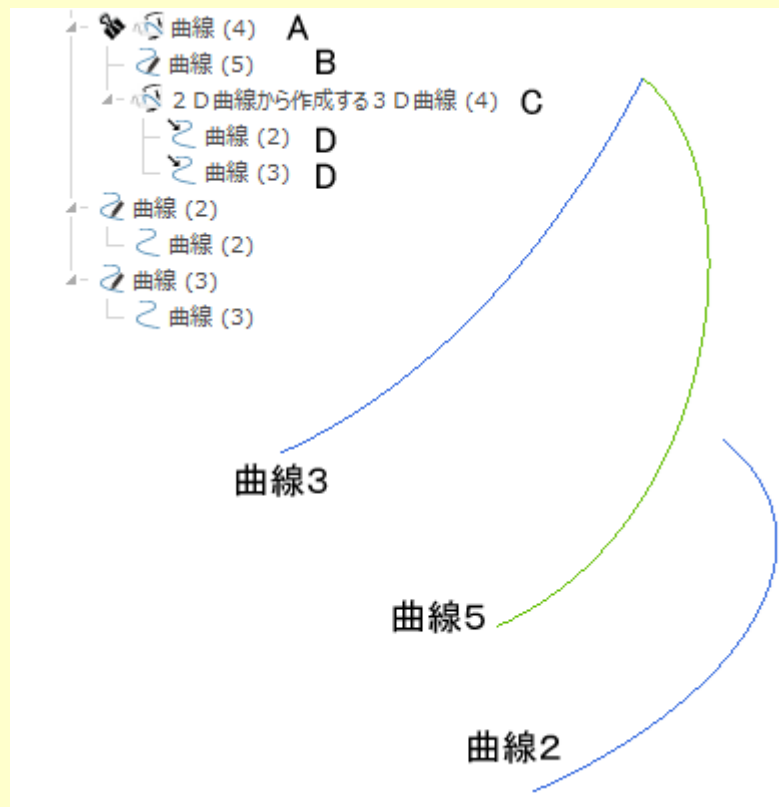


- 選択リストの ☒ **関連付けモード** にチェックします。
- 2つの青い2次元曲線(A)を選択します。
-  **OK** します。

## 注記: 関連付け曲線

関連付け要素を作成すると、モデル構造ツリーには下図のように表示されます。

また、関連付けオプションを使用すると、曲線を変更して、関連する曲面を更新することができます。



A は、コマンド C を使用し、曲線 D によって作成された結果 B を表すイベントを意味します。

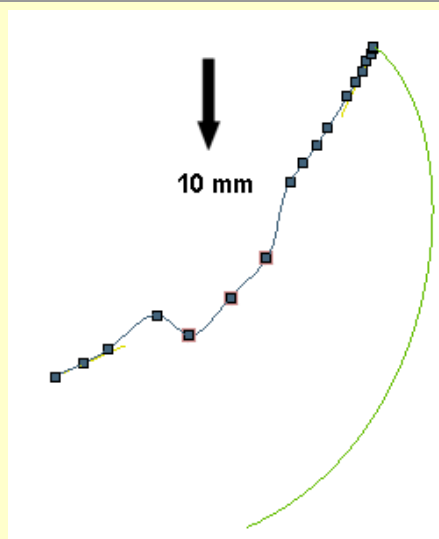
曲線 D (曲線2と3) は自動的に関連付け要素になります。

ここで、 補間点による曲線 コマンドで曲線 D の形状を変更してみます。Ctrl キーを押しながら補間点をいくつか選択してください。

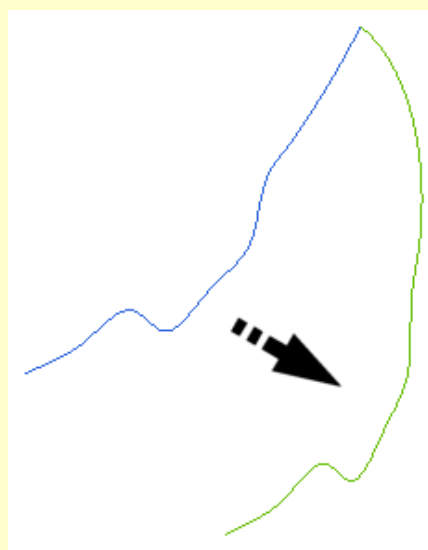
選択リストで ツール、 ステップ と選択し、表示されるダイアログで、Z 方向ボタンを押し、選択した補間点を 10 mm 移動させます。




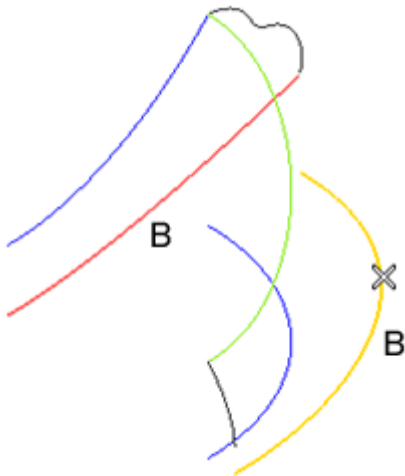
補間点が移動します。



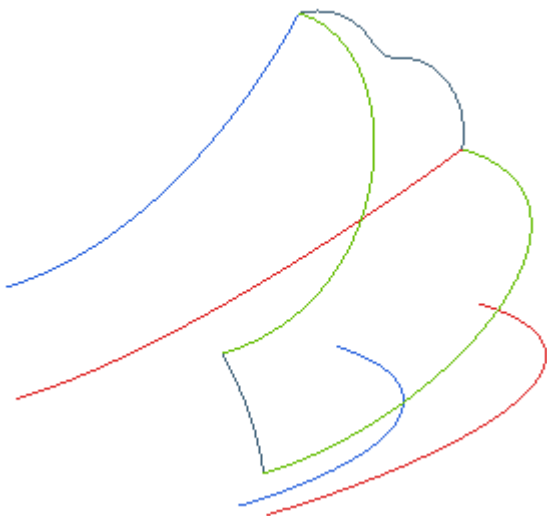
☒ OK してコマンドを終了し、 **再構築** すると変更が反映されます。



- 次に、下図の2つの赤い2次元曲線(B)を選択します。
-  2D曲線から作成する3D曲線 コマンドを選択します。
- 選択リストの ☒ 関連付けモード にチェックします。
- 2つの赤い2次元曲線(B)を選択します。
- ☒ OK します。






このような結果が得られます。



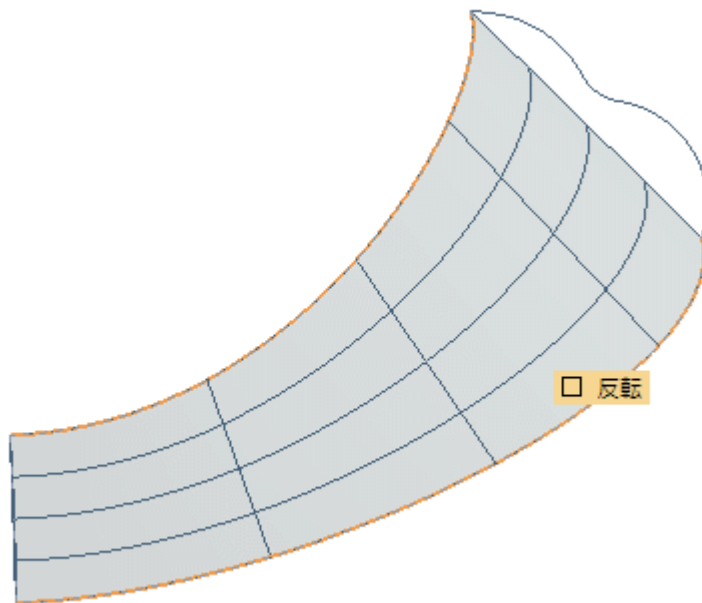
-  非表示 コマンドを使用して、使用した4つの2次元曲線を非表示にします。



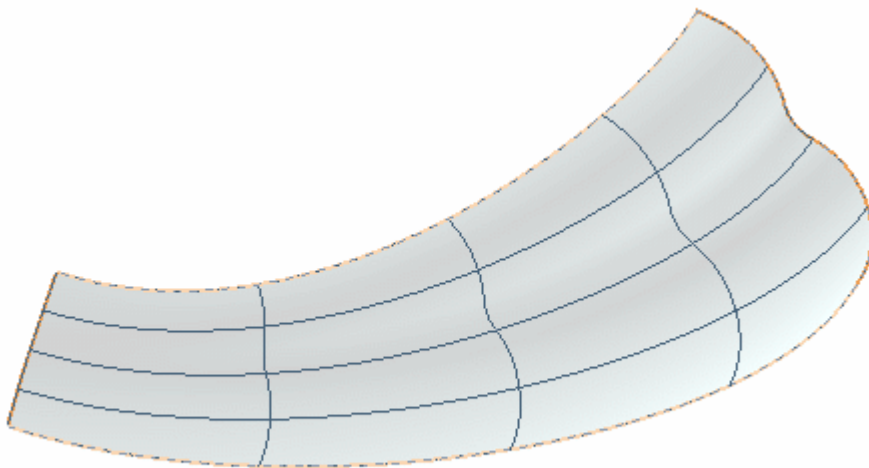
次に、3次元曲線から曲面をします。 **ロフト面** コマンドを使用します。


-  **ロフト面** コマンドを選択します。
- 選択リストの ☒ **関連付けモード** にチェックします。
- 選択リストで  **境界線 セットA** として、2本の緑の曲線を選択します。

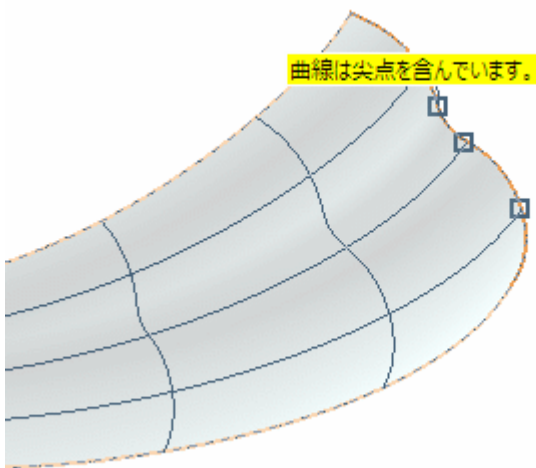
曲面がねじれてしまった場合は、☒ **反転** をチェックします。



- 選択リストで  **境界線 セットB** として、2本の黒い曲線を選択します。



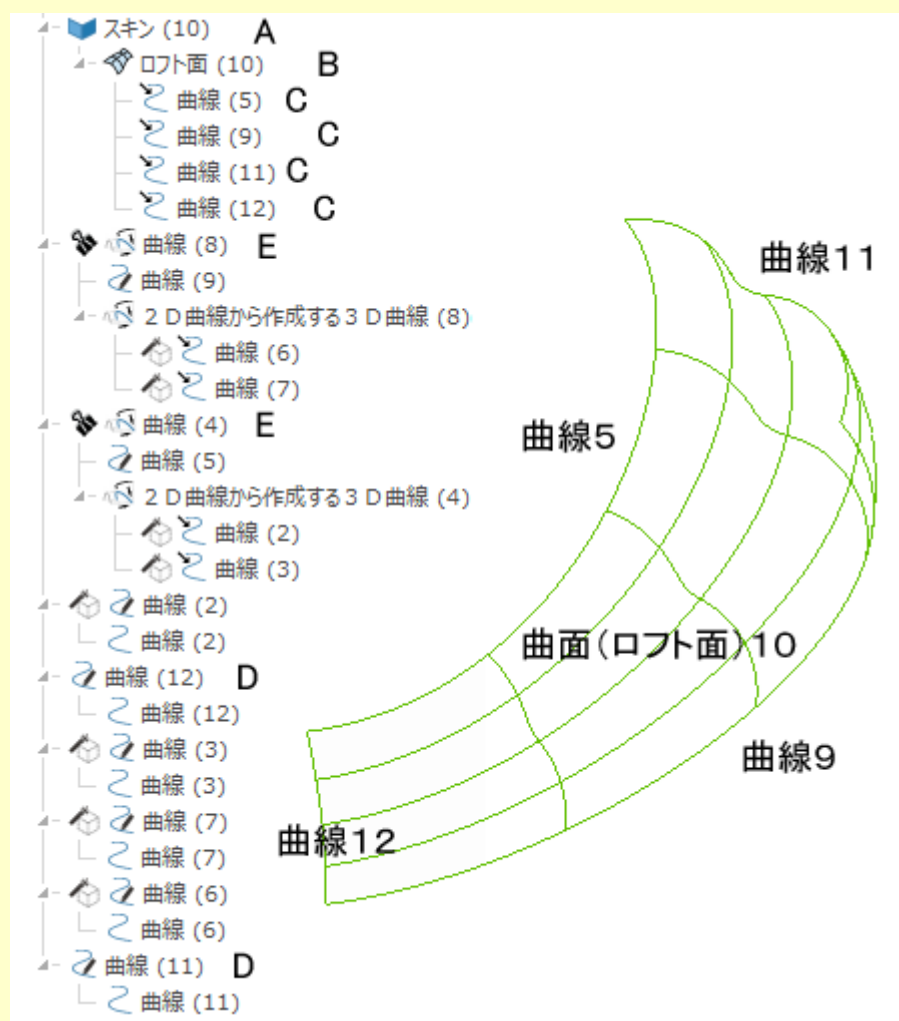
▶ 詳細、▶ 曲面タイプオプション の下のパラメーター化を **比例** または **元の曲線のまま** を選択すると選択リストに  **注意** アイコンが表示されます。**クリーンな曲線を使用** を選択するとこのアイコンは表示されなくなります。



-  OK します。

## 注記: 関連付け曲面


関連付け曲面を作成した場合、モデル構造ツリーは次のように表示されます。






A は、曲線 C を使用し、コマンド B によって作成された結果を表します。


曲線 C のうちの2つ(曲線 5 と 9 )は、以前に実行したコマンド(イベント E )によって関連付け要素となっています。


その他の曲線はイベント D が作成され、自動的に関連付け要素になります。

次は  **直線スイープ面** コマンドを使用します。この面は後で曲面間のブレンドを行う際に使用する一時的な作業用の曲面です。最終モデルの形状になる曲面ではありません。



-  **直線スイープ面** コマンドを選択します。
- 選択リストの ☒ **関連付けモード** にチェックします。
- 選択リストで 勾配 なし、方向 X、範囲 長さ に設定します。
- 選択リストで  **曲線** として、紫の曲線を選択します。
- 長さは 長さ 60 mm にセットします。
-  **OK** します。



-  **非表示** コマンドを使用して、すべての曲線を非表示にします。

次に  **ロフト面** コマンドを使用して、新しく作成した曲面と、はじめに作成した直線スイープ面をブレンドする曲面を作成します。


▶ 詳細 オプションを展開し、タイプで **結合** を選択します。このオプションは、2つの曲面間を滑らかに（接線連続に）つなぐ曲面を作成します。一時作業用の曲面を基準面として使用することによって、ミラーした時に、面と面の境目を接線連続に保つことができます。

-  **ロフト面** コマンドを選択します。
-  **境界線 セットA** に、一時作業用の曲面の境界線と、ロフト面コマンドで作成した曲面の境界線を選択します。

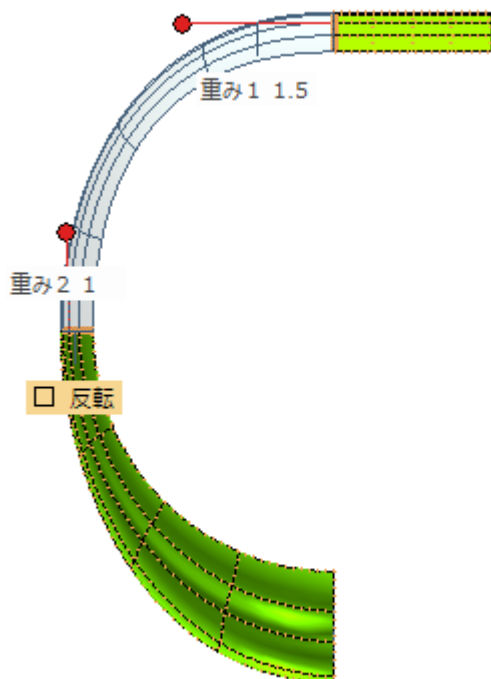
カーソルを近づけると、曲面の境界線がハイライトされます。





このように、曲線ではなく曲面の境界線を確実に選択するために、前もって曲線を非表示にしておきました。

-  上面ビュー に切り替えます。
- 重み1を 重み1 1.5 に設定します。

この「重み」を変更すると、結合面の形状が変わります。




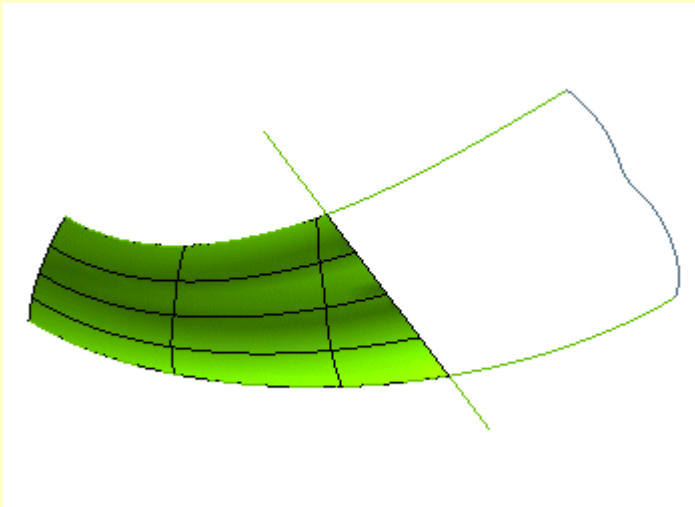
気に入った形状になるまで、重みに様々な値を入力したり、赤い丸印(ハンドル)をドラッグしたりしてみてください。(0 は入力しないで下さい。接線連続ではなくなってしまいます。)


- 重みを上記の設定に戻して、 OK します。
- 一時作業用の曲面を  非表示 にします。

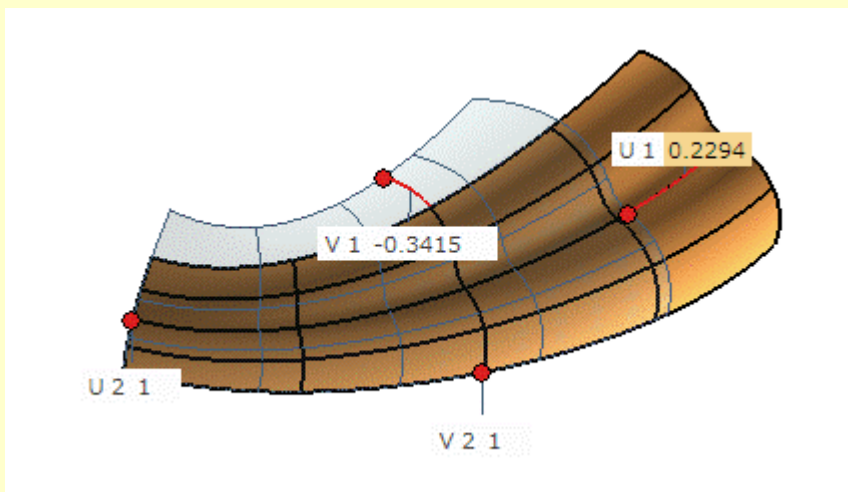
まとめ：2面を結合する曲面を作成する時、一時作業用の曲面として、直線スイープ面を使用しました。結合面コマンドでは、この基準面に対して接線連続な曲面を作成します。


## 注記: 関連付け曲面の変更

いくつかのコマンドで、関連付け曲面を直接変更することができます。例えば  **境界要素によるトリム** コマンドでは下図のように直接関連付け曲面をトリムすることができます。





また、 **曲面のトリム／延長** コマンドでも、下図のように変更することができます。

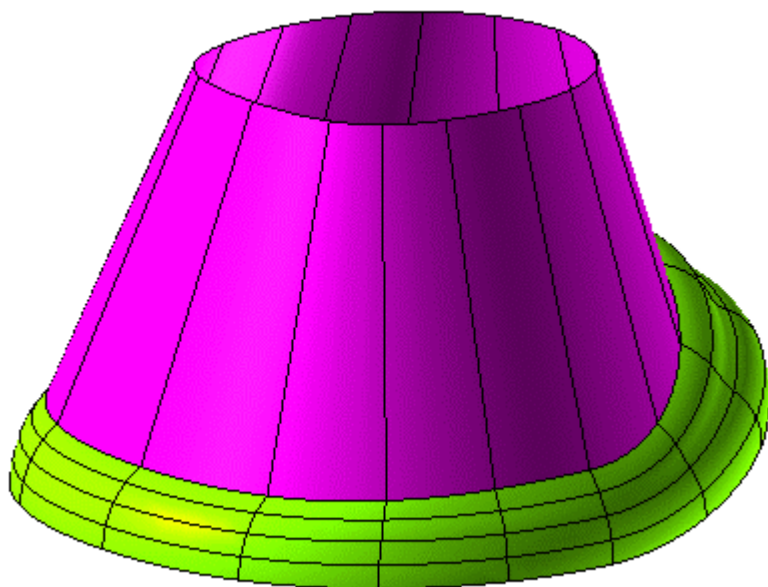


 **曲面の制御点の修正** コマンドで面を変更しようとした場合は、変更結果が複製された要素として得られます。



次のステップでは、ベース部の上面を追加します。

## Step 2: 上部の面の作成

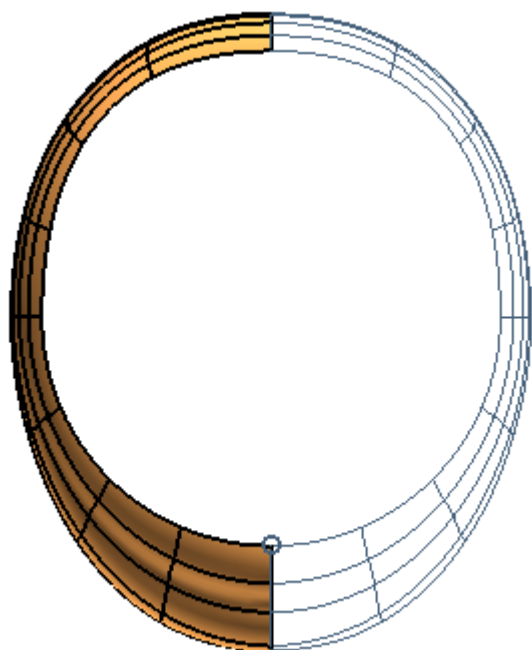
このステップでは、 ミラー コマンドを使用して、ベース部の下側半分を反対側へミラーコピーし、 直線スイープ面 で上部の面を作成します。



先ほど作成した曲面を  ミラー 反転します。

-  ミラー コマンドを選択します。
- 2つの曲面を選択します。
- 対称面を 直交する軸と通過点 に設定し 軸 を X に変更します。  点 に、面の端点のひとつを選択します。
- ☒ コピー をチェックします。
- また、☒ リンクしてコピー にチェックします。
- ☒ OK します。

X軸方向にミラーコピーしました。



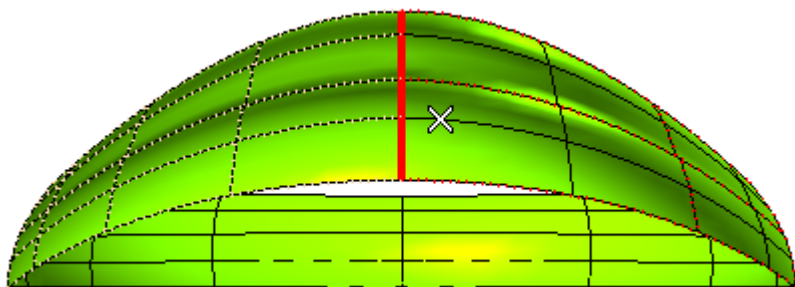
あとから作成した2つの結合面は接線連続につながっていますが、はじめにロフト面コマンドで作成した2つの曲面については注意が必要です。

正面図 では、曲面間の接線が一致していないようです。🔵 **曲面の位置／連続性の修正** コマンドを使用して修正します。

- 📐 **正面ビュー** に切り替えます。
- 🔵 **曲面の位置／連続性の修正** コマンドを選択します。
- 選択リストで **度合い 接線**、**方法 両側**を修正 に設定します。
- 選択リストの ☒ **関連付けモード** にチェックします。

両側を修正 を使用すると、両曲面の接線の方法が同時に修正されますが、境界線の位置は保たれます。

- 選択リストの ➡ **変更する曲面** として、前面の2つの曲面の真ん中あたりを選択します。
- 選択リストで、☐ **依存の更新** にはチェックしません。
- ☒ **OK** します。

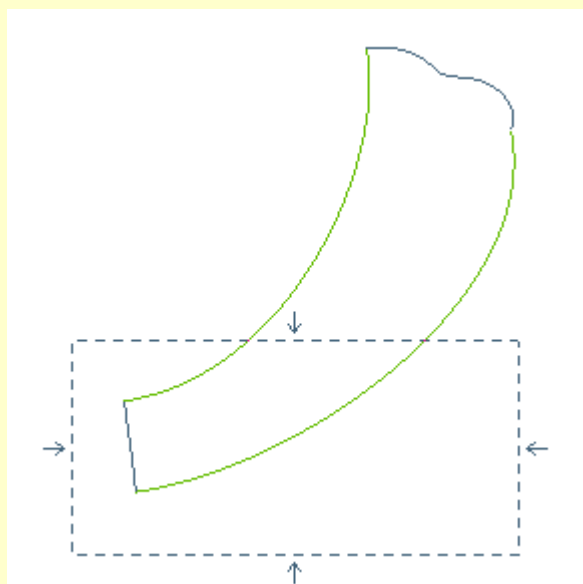


#### 注記: 別の方法

一般的にこのような形状の場合、半分の形状を作成しミラーコピーすることが多いと思われます。

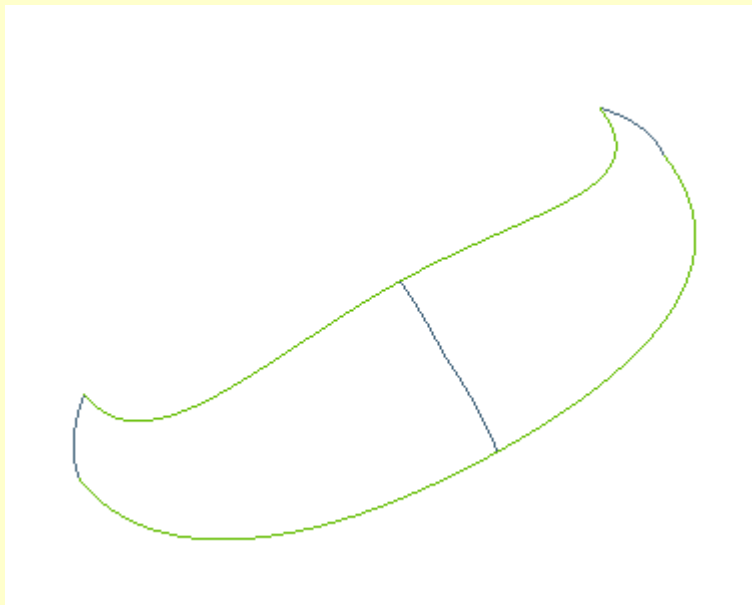
この場合ミラー平面の位置で、左右の形状が滑らかに(例えば接線連続に)繋がるよう注意する必要があります。


しかし、下図に示すように🔵 **グローバルスイープ** を使用するような方法もあります。



この場合は、はじめに曲線(3本)を反対側にコピーし、




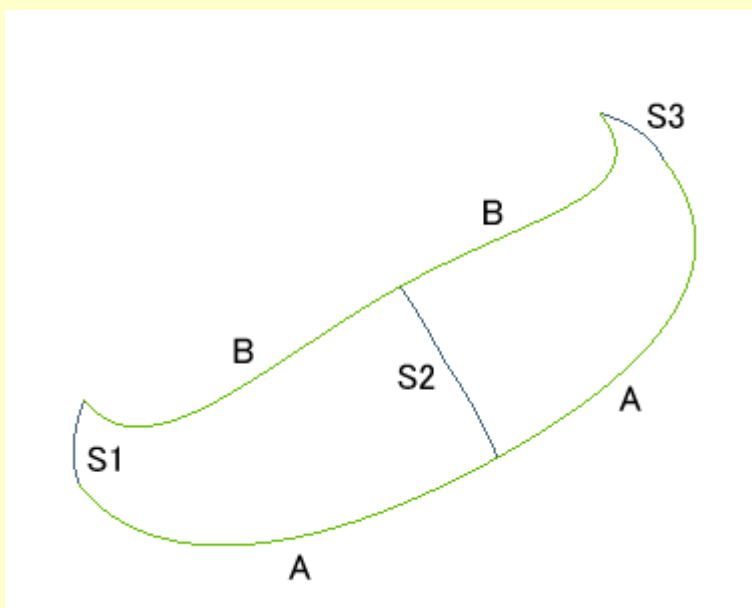


 グローバルスイープコマンドを適用します。

 ドライブ曲線 に曲線 A (2本)を選択します。

▲ モーションモード で 2ドライブ を選択します。



 ドライブ曲線2 に曲線 B (2本)を選択します。

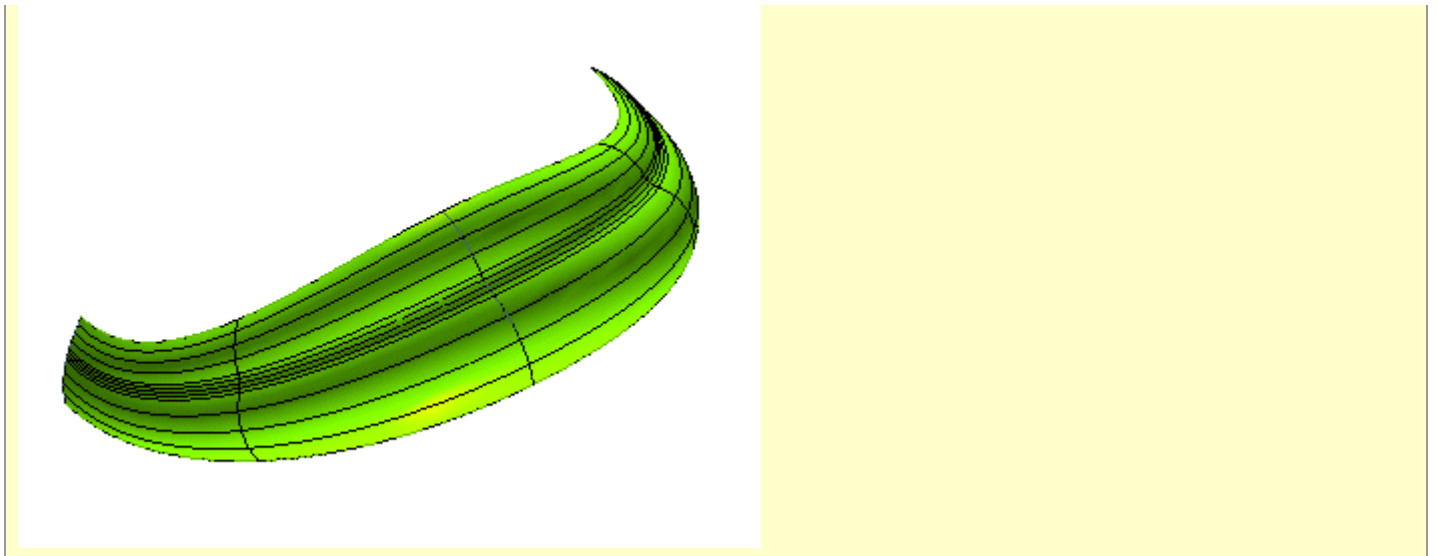



▲ 断面グループ1 の  曲線1 に曲線 S1 を選択します。

▲ 断面グループ2 の  曲線2 に曲線 S2 を選択します。

▲ 断面グループ3 の  曲線3 に曲線 S3 を選択します。




 プレビュー し、 OK します。



ベース部分の曲面ができました。次に、カバー部の曲面を作成します。1つ目の曲面は、 **直線スイープ面** コマンドを使用して作成します。

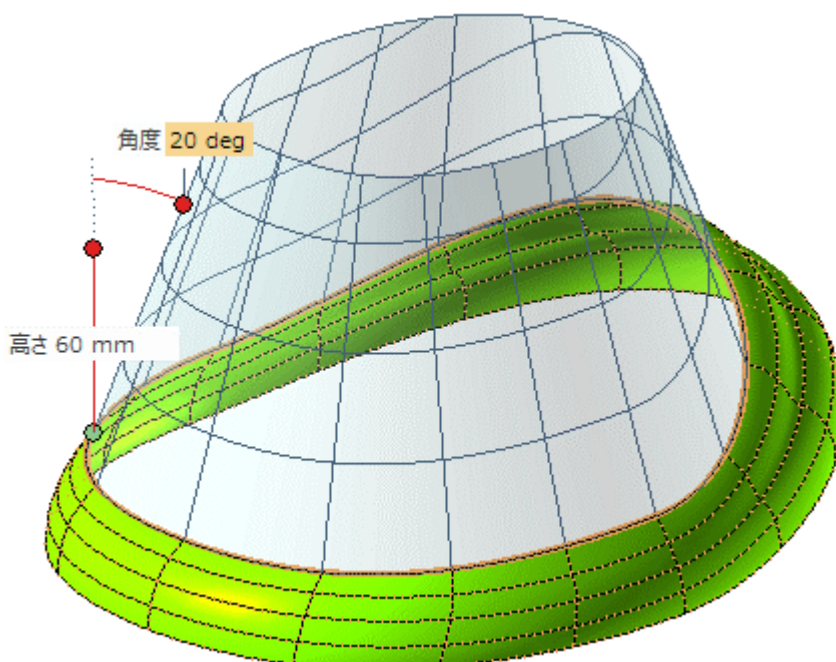
- 色を変更します。

これで、新しい曲面を識別しやすくなります。

-  **アイソメビュー(左後)** に切り替えます。
-  **直線スイープ面** コマンドを選択します。選択リストで、勾配 を **角度**、方向 を **Z**、範囲 を **高さ** に設定します。
- ☒ **関連付けモード** にチェックします。
- 選択リストの  **曲線** に、ベース部分の面の、4つの境界線を選択します。
- **角度 20 deg**、**高さ 60 mm** に変更します。



勾配が内向きになっていることを確認して下さい。勾配が外側についている場合は角度のミニダイアログ **角度** を右クリックし反転を選択します。

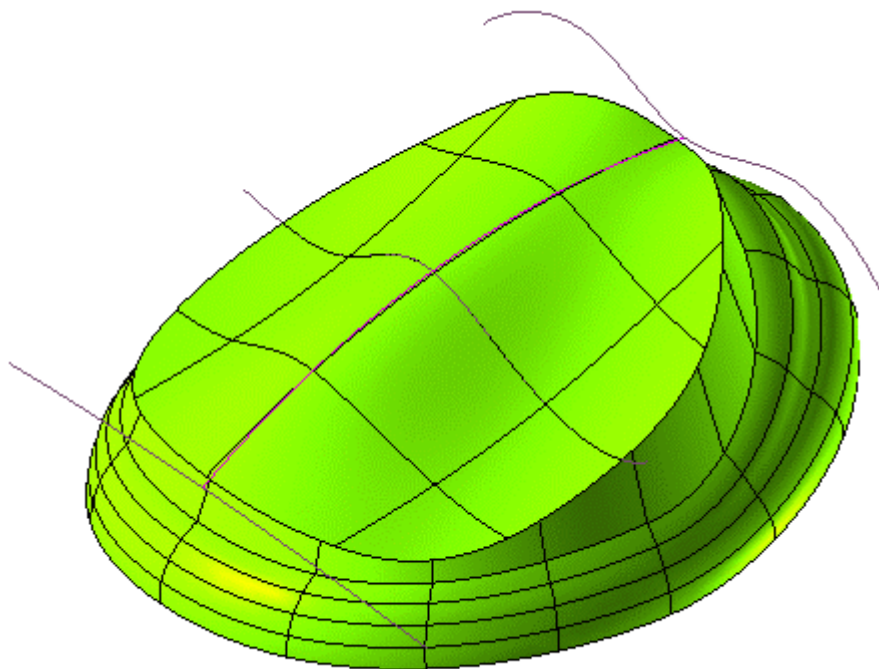
-  **OK** します。





次に天井の形状を作成した後、モデルをソリッドに変換します。

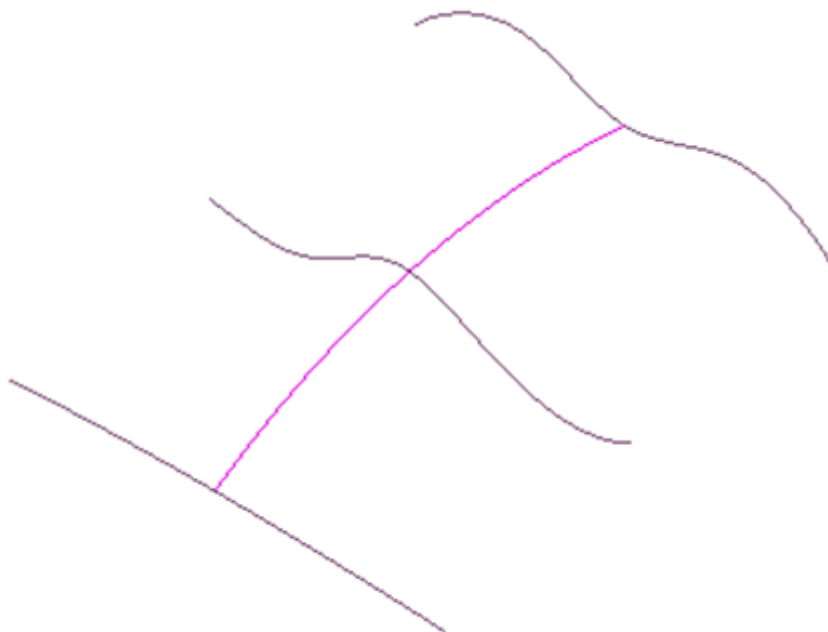
### Step 3: ソリッド化





このステップでは、カバー天井部の曲面に関連付けを行ったオープンソリッド(スキン)として作成します。また、 境界要素によるトリム コマンドでスキンを直接編集し、 ソリッド化 コマンドで1つのソリッド(スキン)に変換します。












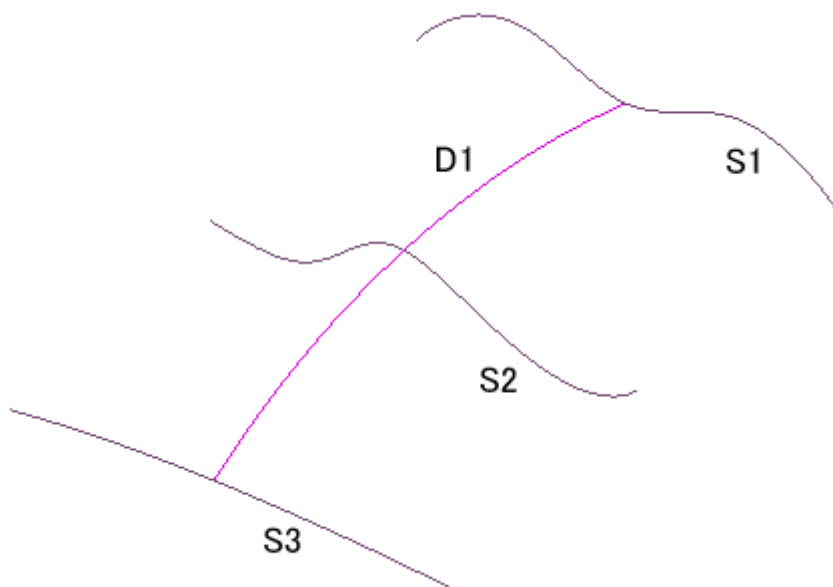
前ステップまでの手順で、ベース部分の曲面は完成しました。次にカバーの天井面を作成します。

- 要素を作成する  色 を変更します。
-  非表示 コマンドを使用して、ソリッドをすべて非表示にします。
- レイヤータブ を選択して、レイヤー 1 を表示します。

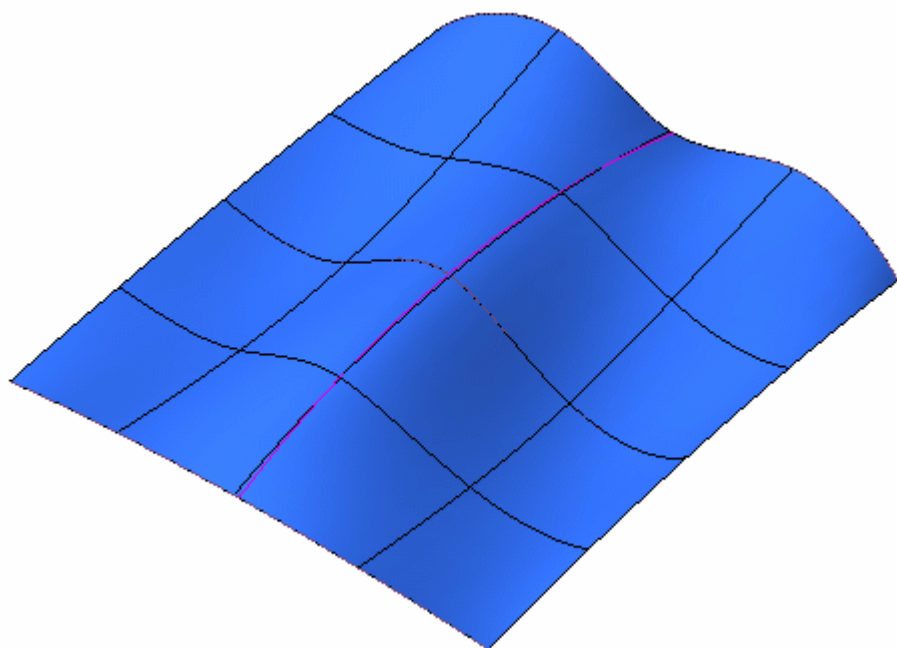


天井の面を作成します。 ロフト面、 スパイン面、 グローバルスイープ等のコマンドを使用することができますが、今回は  グローバルスイープ コマンドを使用します。

-  グローバルスイープ コマンドを選択します。
- ☒ 関連付けモード にチェックします。
-  ドライブ曲線 に曲線 D1 を選択します。
-  モーションモード で 平面基準 を選択します。☒ 自動平面 にチェックされていることを確認してください。
-  断面グループ1 の  曲線1 に曲線 S1 を選択します。
-  断面グループ2 の  曲線2 に曲線 S2 を選択します。
-  断面グループ3 の  曲線3 に曲線 S3 を選択します。




-  プレビューし、 OK します。




## 注記: 別の方法

上記手順では、**グローバルスイープ**コマンドを使用しましたが、他のコマンドを使用したらどうなるでしょうか？少しやってみましょう。


 **ロフト面** コマンドを選択します。

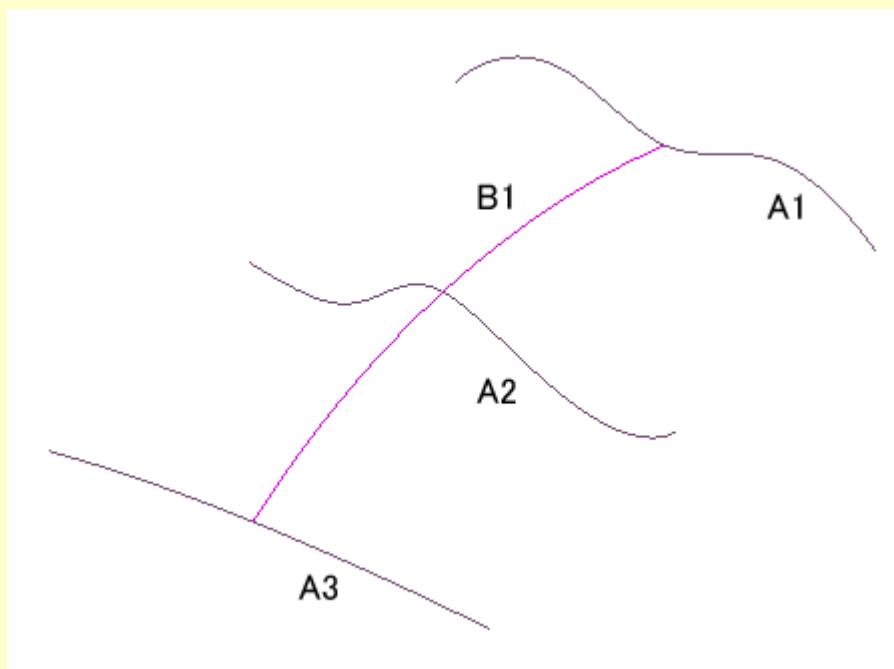
☒ **関連付けモード** にチェックします。

 **境界線 セットA** に、曲線 **A1 - A2 - A3** を入力します。


 **境界線 セットB** に、曲線 **B1** を入力します。

曲面の作成タイプは **グリッド** が自動的に選択されます。


 **OK** します。




別の方法も試してみます。


 **スパイン面** コマンドを選択します。

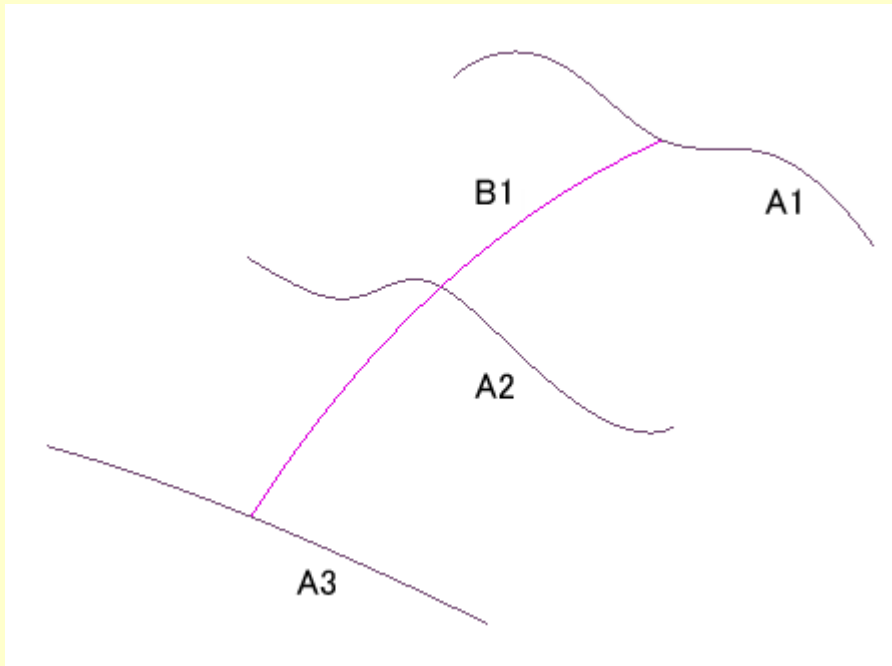
☒ **関連付けモード** にチェックします。

 **スパイン** に、曲線 **B1** を入力します。

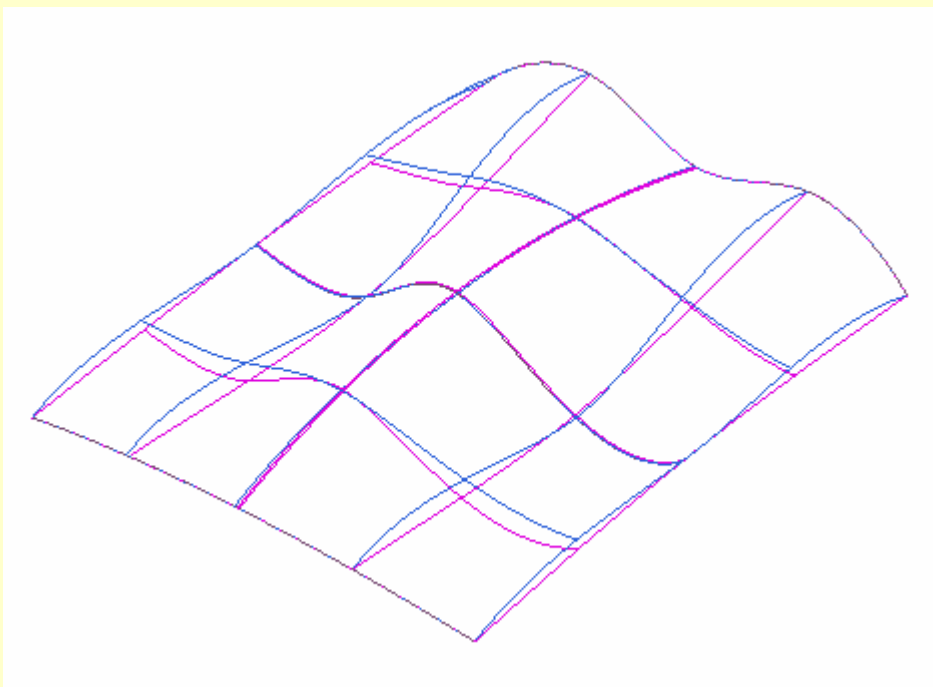
 **境界線** に、曲線 **A1 - A2 - A3** を順番に入力します。

▶ **詳細** オプションを展開し、**ブレンド方法** に、**エルミット** を選択します。

 **OK** します。



似てはいますが、少し違う結果が得られます。






スパイン面コマンドでは、境界線はすべてスパインに直交した平面曲線でなければなりません。したがって、制御点編集などで曲線の形状を変更する場合、他の要素にスナップするなどして曲線が平面曲線でなくなったり、スパインに直交しなくなったりすると問題が発生しますのでご注意ください。

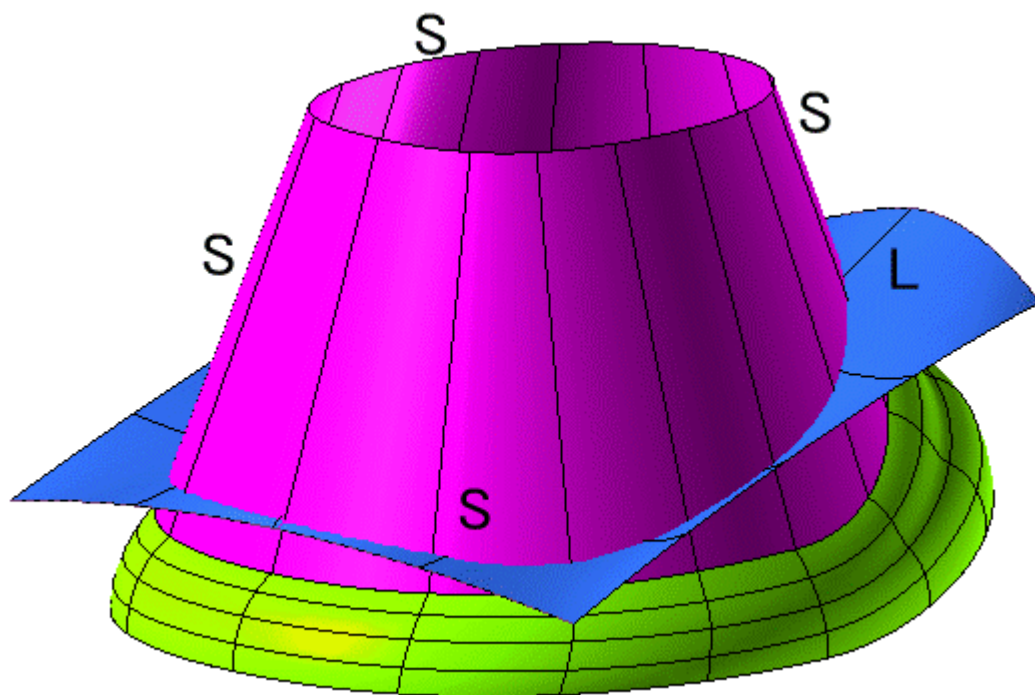
また、ロフト面やスパイン面コマンドでは、選択した断面を他のものに入れ替えたい場合、一度すべての選択をリセットして、初めから選択し直す必要があります。



グローバルスイープコマンドでは、入れ替えたい断面のみを他のものに再定義することができます。

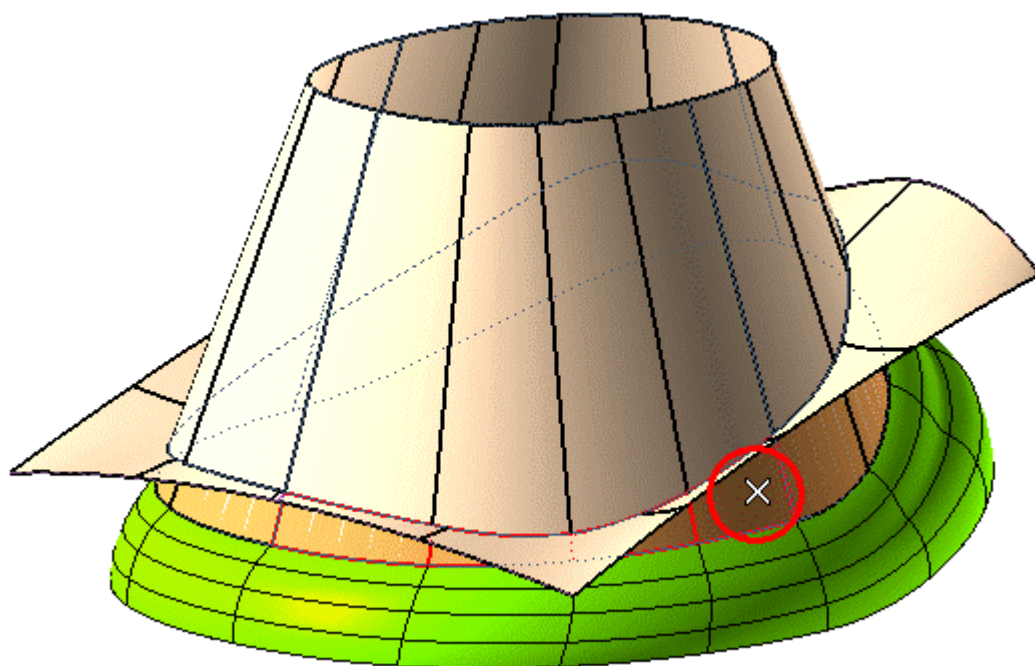
スキン(ソリッド)を構成する面を直接トリムすることができます。ここでは、天井の面と上部の面の双方をトリムし合います。

先ほど、非表示にしたソリッドをすべて表示させます。


-  境界要素によるトリム コマンドを選択します。
- ☒ 関連付けモード にチェックします。
-  境界要素 に、曲面 L を入力します。
-  曲面 に、曲面 S (4面)を入力します。

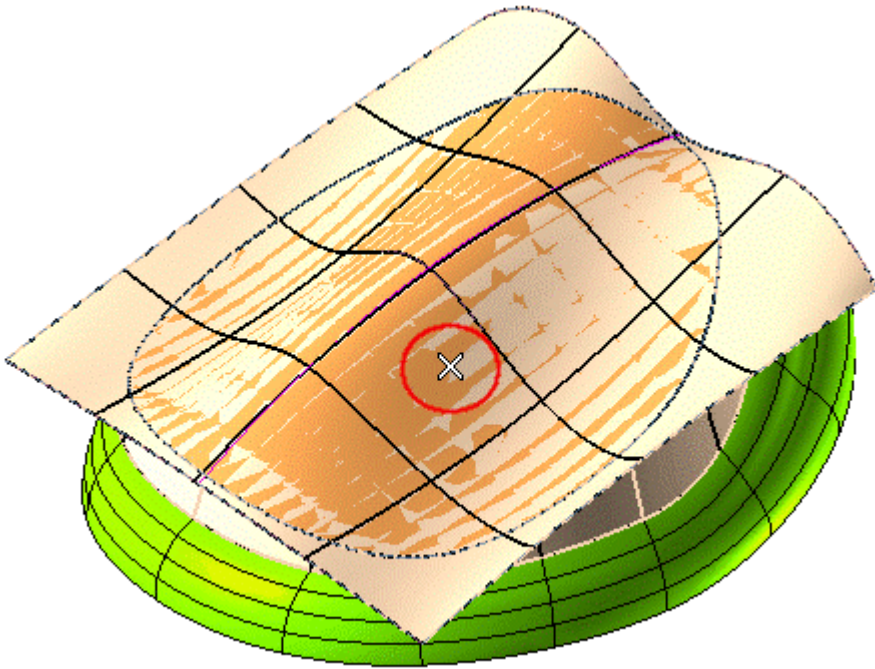


-  保持する範囲 で、曲面 S の下部を選択します。(4箇所)
-  適用 します。





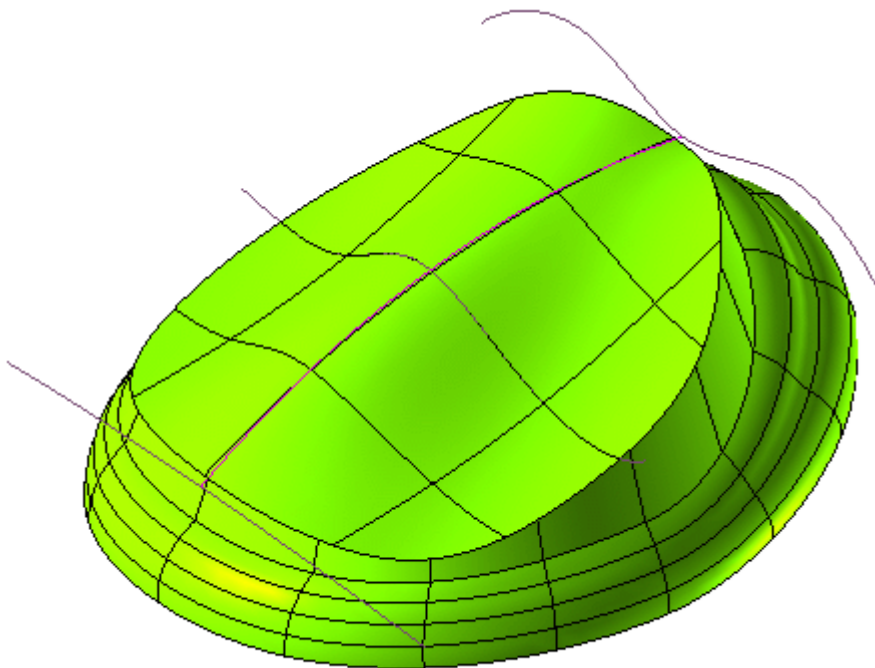


続けて  **境界要素によるトリム** コマンドで、天井の面をトリムします。境界要素と曲面は先ほどと逆に入力し、保持する領域として面の内側を選択します。



これで外形形状がおおよそ完成しました。しかしまだ表面の形状のみで、厚みがありません。ソリッド化した上で、残りの形状を作成します。



-  **ソリッド化** コマンドを選択します。
- 必要な要素をすべて選択します。
-  **OK** します。
- 結果がオープンソリッドである旨を告げるメッセージが表示されますが、**続行** を選択してそのまま続行します。

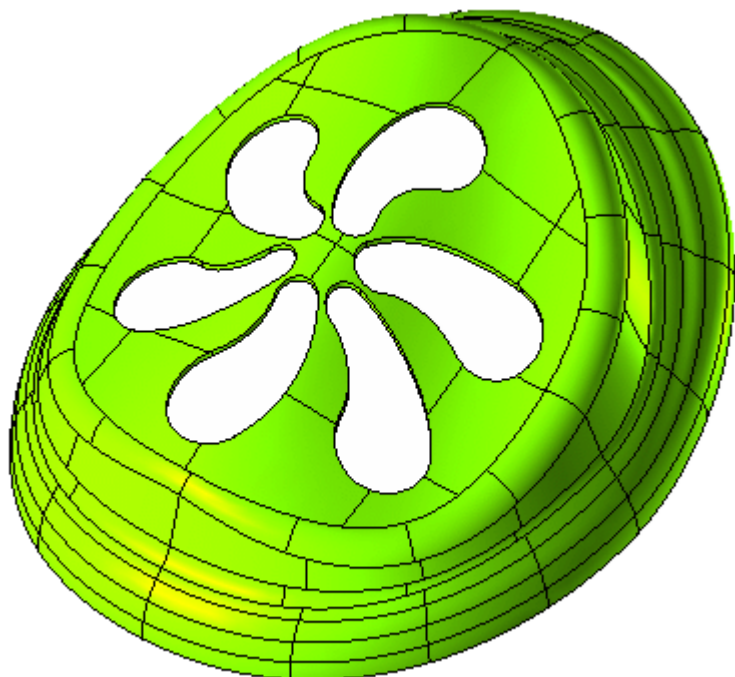


次に関連付けの効果を確認します。また、ソリッドにいくつか形状を追加して形状を仕上げていきます。





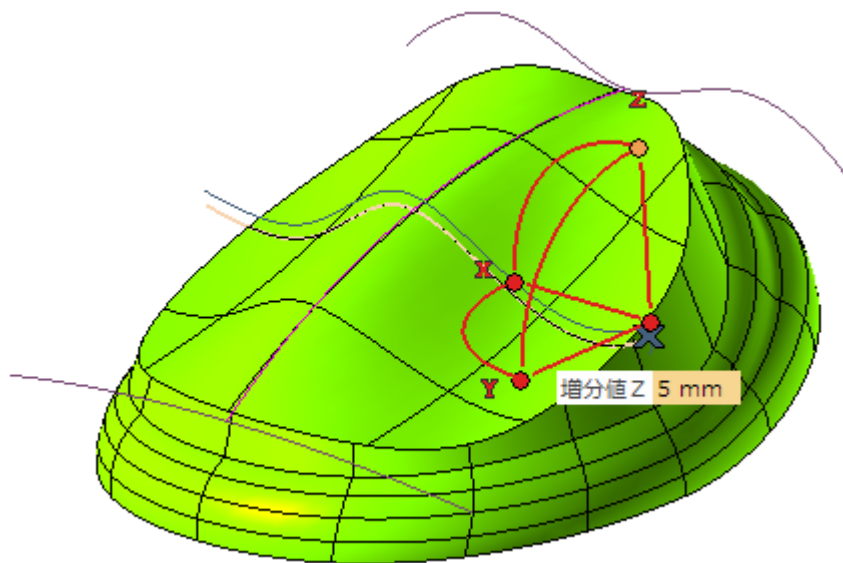
## Step 4: ソリッドの修正と仕上げ

このステップでは、はじめに関連付けの効果を確認します。その後、形状に厚みを追加し、 直線スロット コマンドや  パターン コマンドを使用して形状を仕上げます。



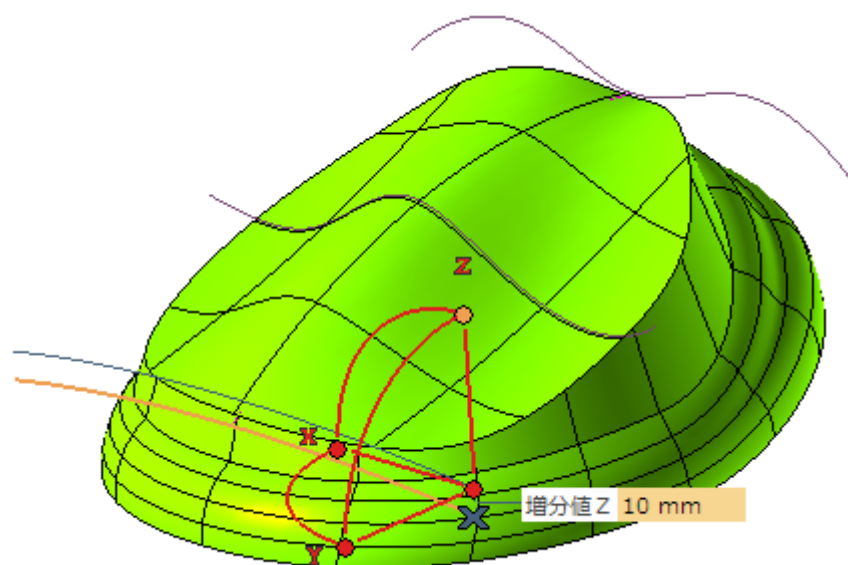
天井の面を作成するのに使用した曲線を修正し、形状を変更してみます。曲線を少し移動します。

-  移動/コピー コマンドを選択します。
- グローバルスイープコマンドで断面として選択した曲線のうち、2番目の曲線を選択します。
- Z方向へ 5 mm 移動します。赤いハンドルのZをクリックし、増分値 5 mm と入力します。
-  OK します。

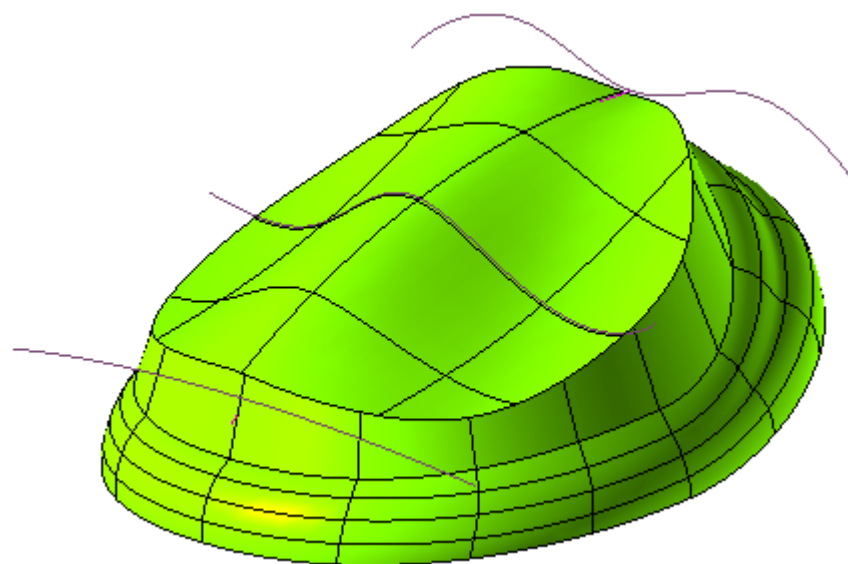


すぐに形状が更新されます。



同様に手前の断面もZ方向へ 10 mm 移動させます。

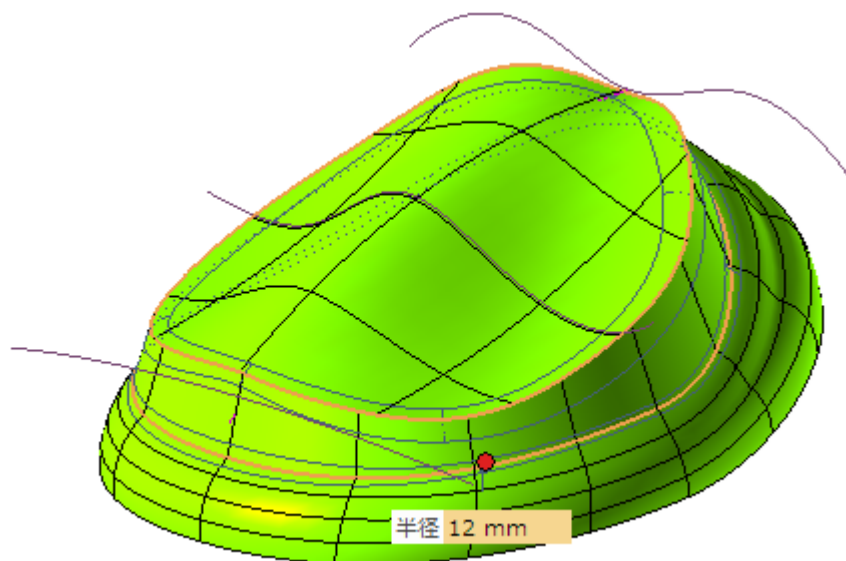


すべての形状を関連付けモードで作成しているため、面のトリムやソリッド化などの操作が適切に更新されます。






次に形状にフィレットを追加します。

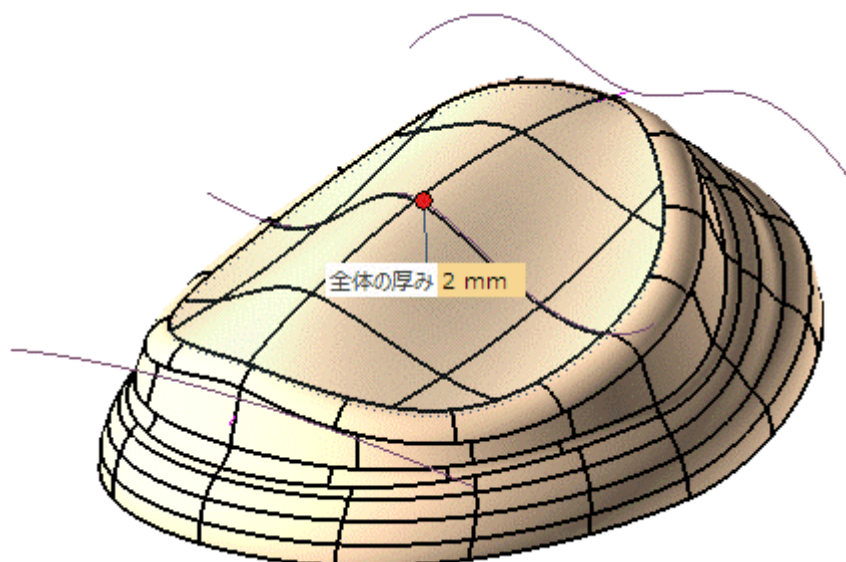
-  エッジフィレット コマンドを選択し、下図の2つのエッジを選択します。
- 半径を **半径 12 mm** に設定します。
-  OK します。




ここで形状に厚みを追加します。 シェル コマンドを使用します。

-  シェル コマンドを選択します。
-  モード を **厚みを追加** に変更し、 ソリッド にソリッドを選択します。
- 厚みを設定します。**全体の厚み 2 mm** に設定します。


厚みは形状の内側に向かって追加したいので、厚みが追加される方向を確認してください。外側へ向いているようなら、赤いハンドルをダブルクリックして、方向を反転します。

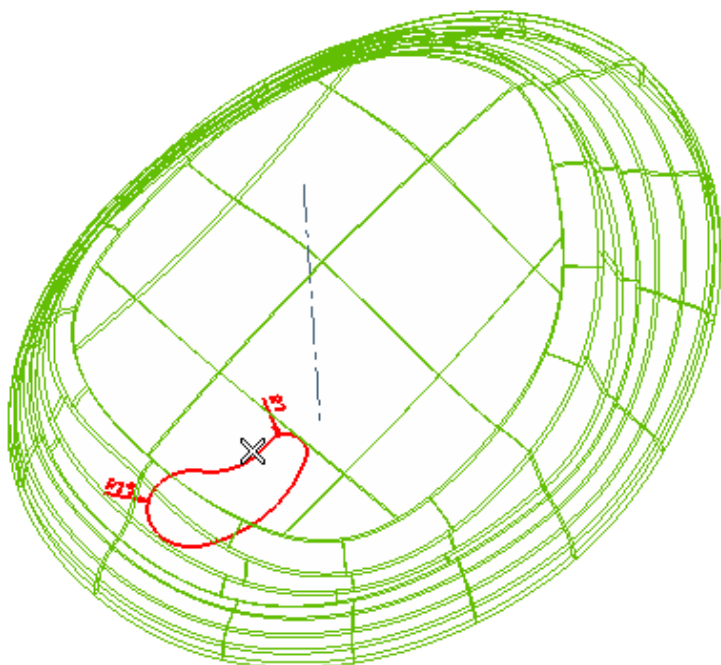




-  OK します。

続いて、カバーに通気孔を追加します。他のレイヤーにあるプロファイルを使用し、 **直線スロット** コマンドを使用して通気孔を作成します。

-  **非表示** コマンドで曲線を非表示にします。
- **レイヤータブ** を選択し、レイヤー 1 を非表示にし、レイヤー 2 を表示します。プロファイルと直線が表示されます。
-  **直線スロット** コマンドを選択し、選択リストの  **プロファイル** に、表示されたプロファイルを選択します。

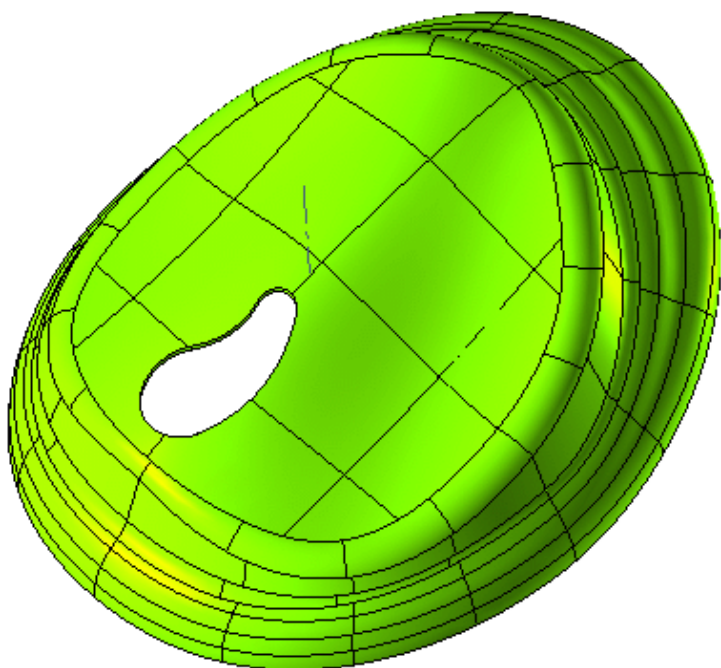
プロファイルを選択する際、 **ワイヤーフレームビュー** に切り替えると、選択しやすいでしょう。






- 選択リストで、 **延長タイプ** が **貫通** になっているのを確認し、 **面** として、上部の面を選択します。
- グラフィック領域で右クリックし、コンテキストメニューから **両側** を選択します。

この操作で、スロットはソリッドを完全に貫通する穴になります。

-  **OK** します。





穴は複数必要なので、 **パターン** コマンドを使用して数を増やします。

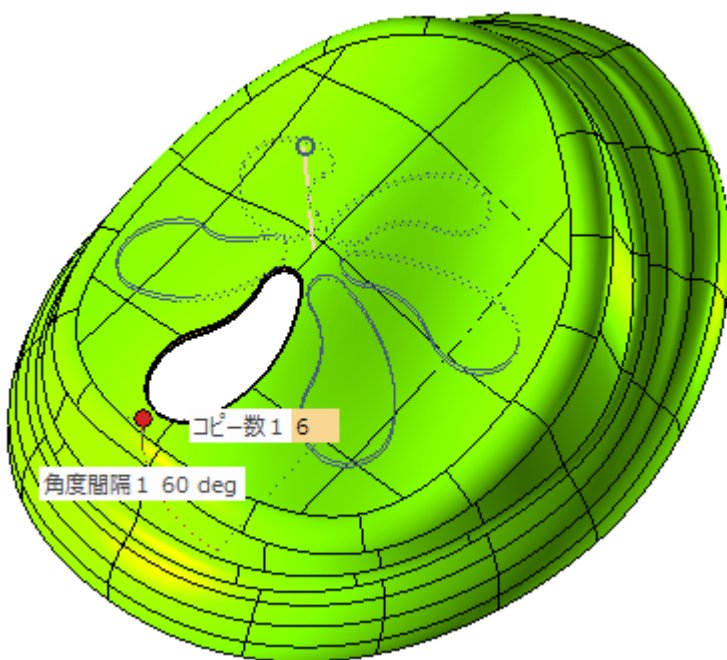
-  **パターン** コマンドを選択します。
- 選択リストで、 **タイプ** を **角度**、**配置** を **間隔と数** に設定します。

**配置** で **間隔と数** を選択したのは、通気孔の数が決まっているためです。




- 選択リストの  **基本要素** として、作成した穴を選択します。

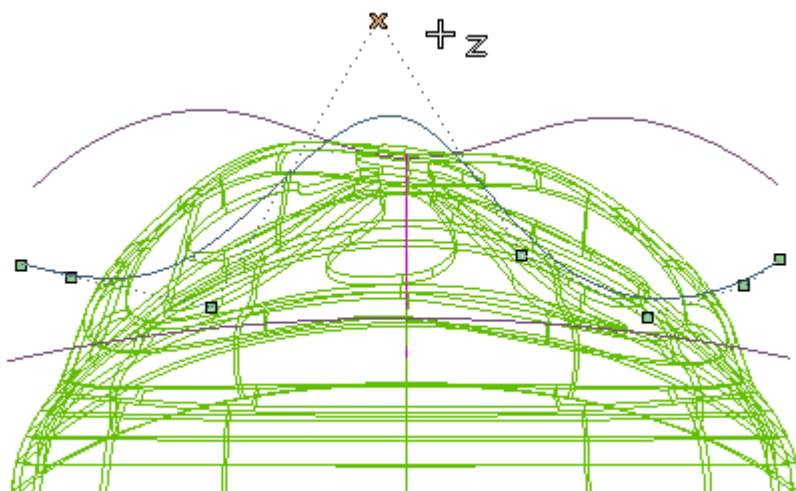
正確に選択するには、穴の立ち壁面あるいは穴のエッジを選択するとよいでしょう。

- 選択リストの  **軸1** としてレイヤー 2 の参照線を選択します。
- ミニダイアログは、**角度間隔1 60 deg**、**コピー数16** として  **OK** します。






ほぼ完成しました。しかし、もしこの時点でデザイン変更が発生してしまったら、どうなるでしょう。そのような問題も想定して、さらに形状を変えてみましょう。

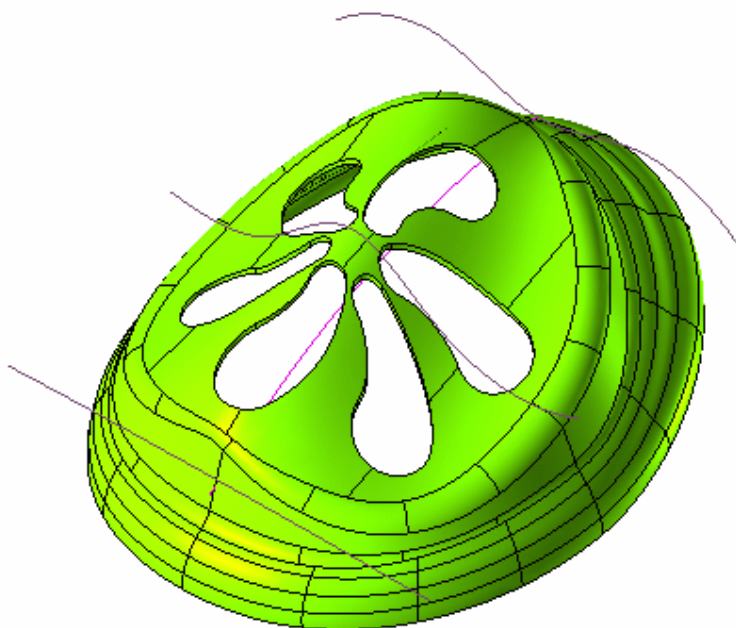
- レイヤータブを選択し、レイヤー 1 を表示し、レイヤー 2 を非表示にします。
-  ワイヤフレームビュー に変更します。また、 背面ビュー に変更します。
- 天井面を作成するのに使用した曲線のうち2番目の曲線を右クリックし、 曲線の制御点の修正 を選択します。
- 真ん中の制御点を上へドラッグして移動させながらキーボードの **W** のキーを押します。



### 制御点の移動方法

制御点をドラッグしながら **X**、**Y** のキーを押すと、現在のワークプレーン基準でX方向、Y方向にのみ制御点が移動します。Z方向へのみ移動させる場合は **W** キーを押します。（**Z** キーを押した場合はズーム機能が動作します。）また、制御点をドラッグしながら **H**、**V** のキーを押すと、現在のビュー基準で水平方向、垂直方向へのみ制御点が移動します。

- 選択リストで、☒ 依存の更新 にチェックします。
-  OK します。
-  シェーディングとエッジビュー に変更します。
-  再構築 を行うと変更が反映されます。





## 注記: スパイン面を使用したときは？

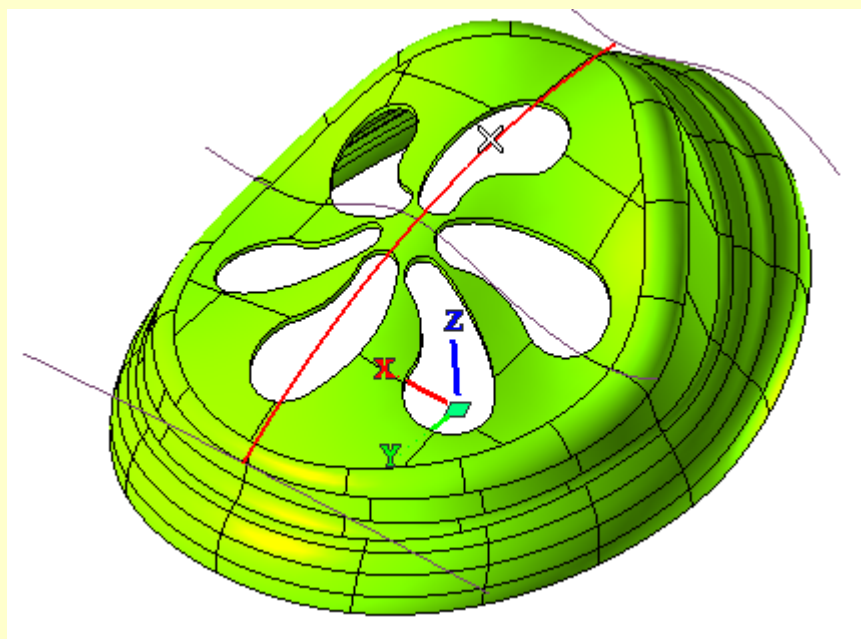
スパイン面を作成する境界線は、スパインと必ず直交している必要があります。したがって上記手順で行ったような変更は、簡単には行うことができません。

ワークプレーンを断面の存在する平面上に移動し、曲線がそのワークプレーンのXY平面上から離れないように変更する必要があります。

ここでは、2番目の曲線の編集を行ってみます。

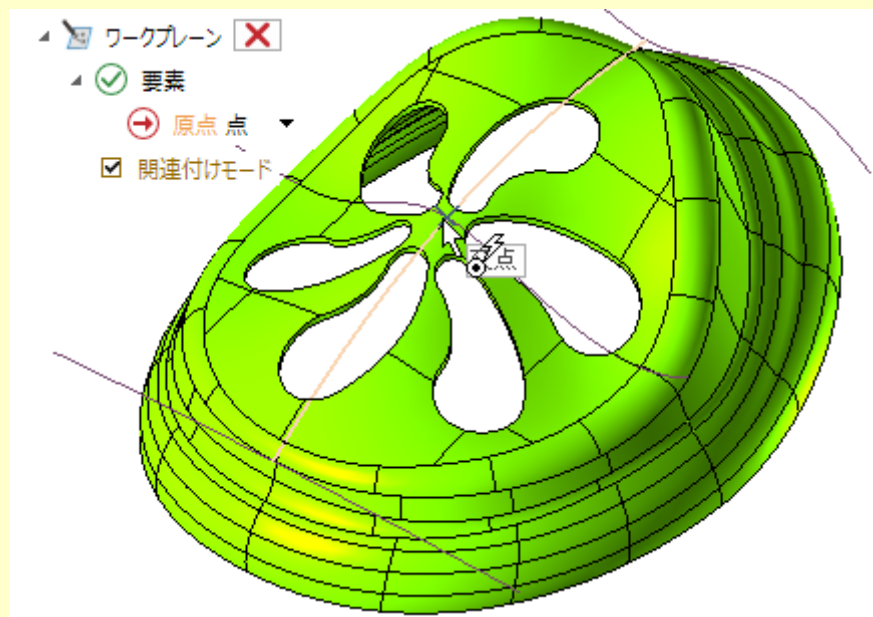
**編集** ワークプレーン 要素上 コマンドを選択します。

**要素** で 紫 の曲線を選択します。






**原点** を点 に変更し、 **交点スナップ** を使用して、2番目の曲線と紫の曲線の交点を選択します。

☒ **関連付けモード** にチェックを付けます。



☒ **OK** します。


 **ワイヤーフレームビュー** に変更します。また、 **背面ビュー** に変更します。


天井面を作成するのに使用した曲線のうち2番目の曲線を右クリックし、 **曲線の制御点の修正** を選択します。


真ん中の制御点を上へドラッグして移動させます。キーボードのキーは併用しません。


選択リストで、☒ **依存の更新** にチェックします。

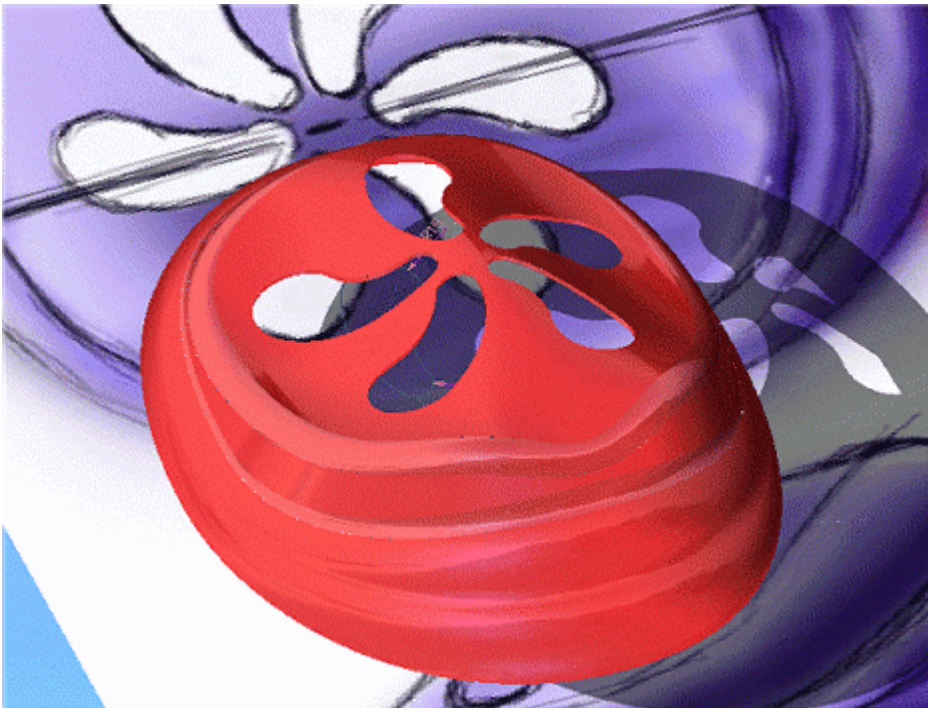
☒ **OK** します。

 **シェーディングとエッジビュー** に変更します。

 **再構築** を行うと変更が反映されます。

 **非表示** コマンドを使用して、ソリッド以外の全要素を非表示にします。

ここで、モデルを  **上書き保存** もしくは **名前を付けて保存** で保存しましょう。



以上で終了です！ このコースでは、はじめに作成した天井面の形状を、あとから曲線の関連付けを利用して変更し、最終的なソリッドの形状へも同様に反映させました。