

# ソリッドモデリング入門

# タイトル

## コース概要

ソリッドモデリングとは、2次元のプロファイルを作成し、3次元へ押し出し、フィーチャーを追加して、部品を作成していくプロセスです。このコースを通して、ThinkDesign のソリッドモデリング用コマンドの多くに慣れてください。しかし、ソリッドでのモデリングとは、単に部品を寸法どおりに作成すればよいだけではありません。そのモデルを見るすべての人に、設計意図を伝えることも重要です。このコースでは、コマンドを1つ1つ紹介するのではなく、コマンドを「実際の」部品に適用していく過程をご紹介します。具体的には、3つの穴を持つU字型継ぎ手をモデリングしていきます。はじめにプロファイルを作成し、ソリッドを作成し、そのソリッドに追加形状、詳細形状を追加して、この機械部品を完成させます。

使用するファイル      なし

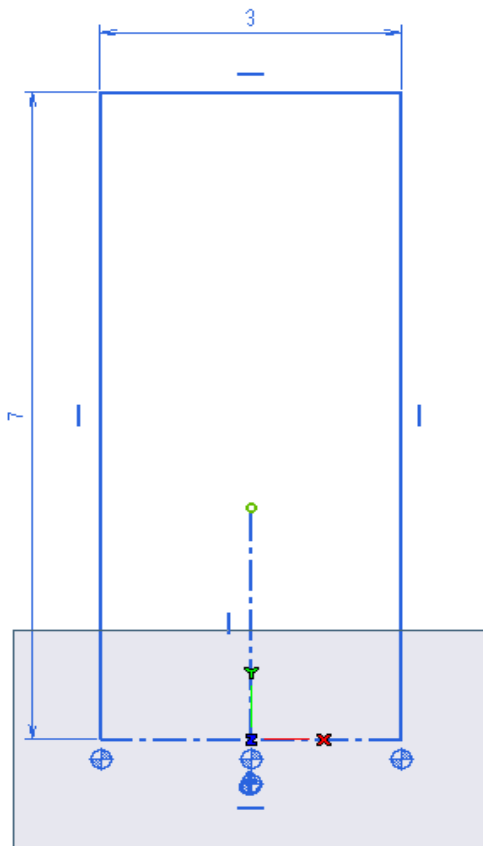
## 目次

Step 1: プロファイルの作成 .....	3
Step 2: U字型ソリッドの作成 .....	7
Step 3: ボスの作成 .....	9
Step 4: ボスのカット .....	14
Step 5: 主ボスの作成 .....	17
Step 6: 補強の追加 .....	20
Step 7: 抜き勾配の追加 .....	28
Step 8: フィレットの追加 .....	30
Step 9: ミラーコピー .....	36
Step 10: ボスへ穴の追加 .....	38

## Step 1: プロファイルの作成






部品をどのように作成するか、ということは、その部品を作成すること自体と同様に重要です。最初に部品を作成するときに決めておいたことが、そのモデルに後から行うあらゆる作業に影響を及ぼします。そのため、設計者は設計意図をよく伝達できるモデルを作成する必要があります。これらを考慮して、この部品は中立面に対して対称な形状であることから、部品を半分だけ作成したのち、反対側の形状をミラー反転して作成することとします。これによって効率よく作業を行うことができます。しかし設計者が部品のパーティング平面を定義する必要があるという、ちょっとした副作用があります。もう1つ、U字型の押し出しを作成して、基本形状を描くという方法もあります。

それでは、最初のプロファイルを作成するところから始めましょう。次のような形状を作成します。

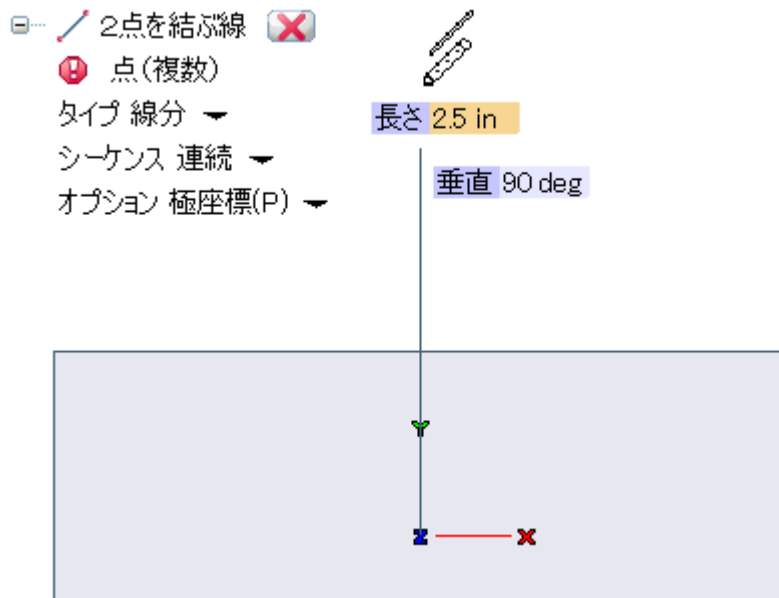


最初に、原点から垂直な中心線を描きます。これはプロファイルの拘束条件の参照点となります。


はじめは、要素の位置や正確な寸法について細かく考える必要はありません。  
続いて、プロファイルの寸法を設定し、位置を固定します。

- 新規  モデルを開き、単位を **インチ** に設定します。
- メニューより **挿入**  **プロファイル**  **2D** と選択します。
-  **2点を結ぶ線** を選び、 **ワークプレーンの原点** から垂直な線を作成します。



この線は参照線となりますので長さはあまり重要ではありませんが、長さ 2.5 in 程度に設定して下さい。



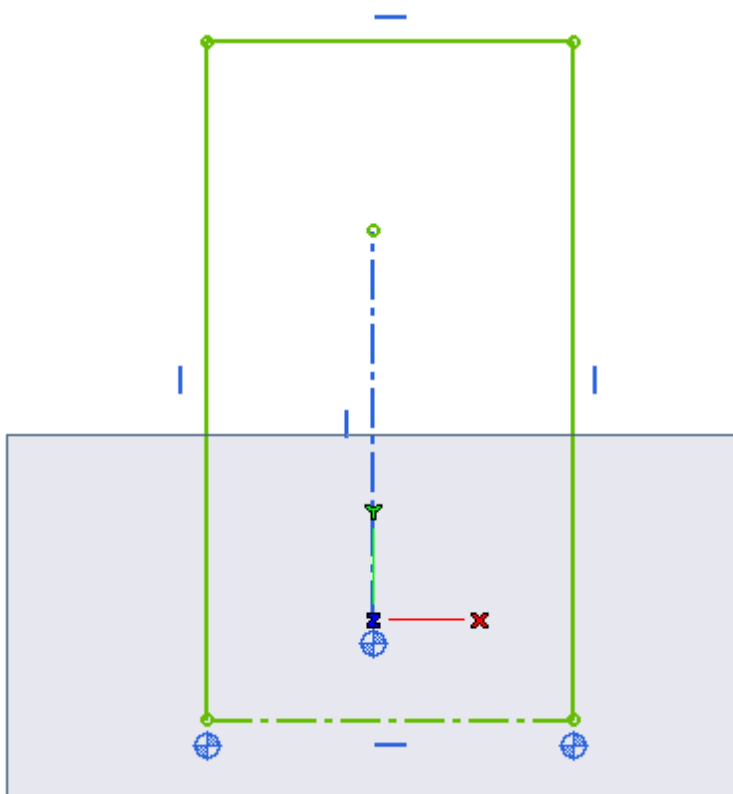
下側が閉じていないU字型を作成します。長方形を作成し、その後プロファイルを編集して最終形状のU字型を作成します。


-  **四角形** を使って長方形を作成します。



長方形は最終的には幅 3 高さ 7 にしますが、ここでは正確に作図する必要はありません。また、最初に作成した垂直線に関連する位置に配置させるように拘束を追加します。

- **修正**  **プロファイル**  **参照線追加／削除** コマンドを使って、中心線を参照線に変更します。
- 長方形の下側のエッジも同様に参照線化します。

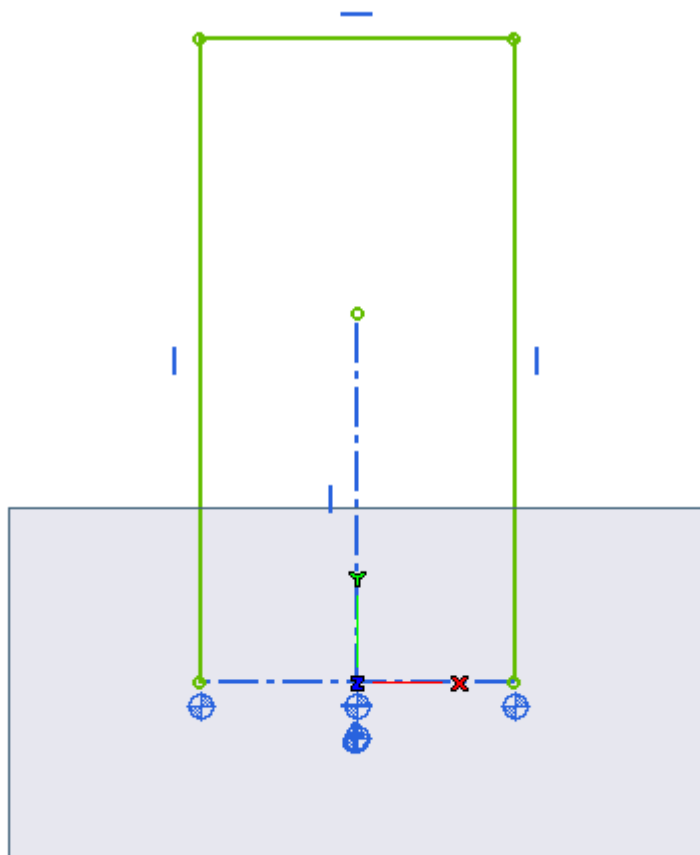
これは横穴の軸になります。



プロファイルに幾何拘束を追加します。はじめに  **固定点拘束** を追加します。

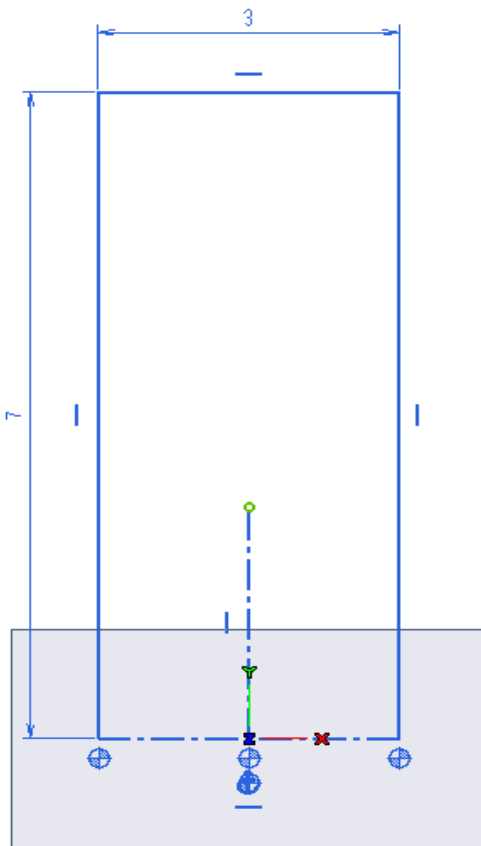
- 中心線の下端に  **固定点拘束** を追加します。
- 四角形の下参照線の中点と原点の間に  **一致拘束** を追加します。

水平の参照線を原点に対して拘束しているため、この手順は重要です。この参照線は、後で取り付ける穴の軸になります。



続いて寸法拘束を追加して、プロファイルの拘束は終了です。


- 寸法 コマンドを選択します。
- 高さを 7 寸法値 7 in に設定します。
- 幅を 3 寸法値 3 in に設定します。



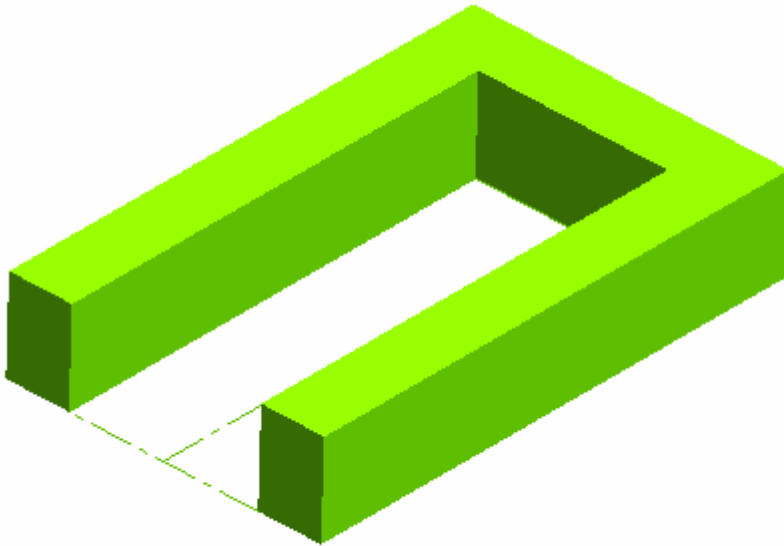
中心線の端点の1つは拘束していないため、このプロファイルは完全に拘束されているわけではありませんが、それはここではあまり重要ではありません。完全拘束ではないプロファイルからソリッドを作ることができるためです。

次の手順では、このプロファイルからソリッドを作成していきます。




## Step 2: U字型ソリッドの作成





先のプロファイルを使用して  **直線ソリッド** を作成していきます。このプロファイルは閉じていないのですが、ソリッドの作成において問題はありません。また、参照線からは要素が作成されないことも確認してください。


再び設計意図を考えてみましょう。このモデルの場合、作成したプロファイルはU字型ソリッドの内側の面を表わしています。そのためプロファイルの周りに一定の厚さの壁を作成すると必要なモデルを作成することができます。（閉じたプロファイルを作成して、壁の厚さを個々に制御することも可能です。）



 **直線ソリッド** を使用して、プロファイルから直線ソリッドを作成します。

-  **直線ソリッド** コマンドを選択します。
- 高さを 1.5 高さ 1.5 in に設定します。
-  詳細 を開きます。
- 厚み をチェックして 1 に設定します。プロファイルから外側へ厚みを追加します。
-  OK します。

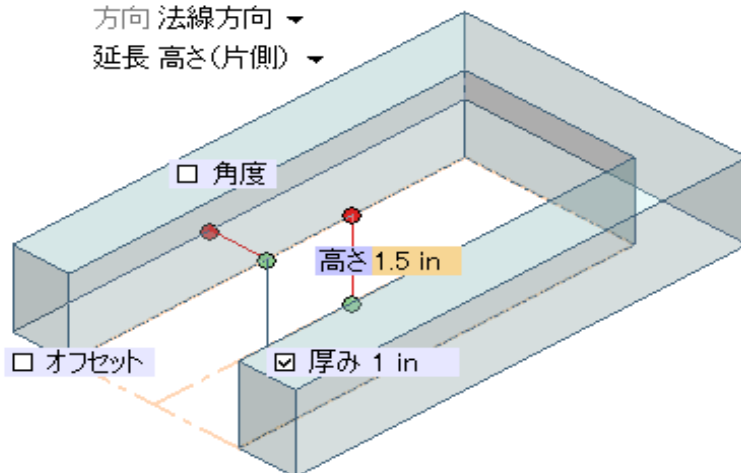
 **直線ソリッド**   

 プロファイル

 詳細

方向 法線方向 ▾

延長 高さ(片側) ▾



どのタイミングでどんな形状を追加するかという点がたいへん重要です。

例えば、今ここで部品に勾配を追加することもできます。フィレットを追加して丸まってしまったエッジを基準に勾配を追加することはできないので、モデリング過程の早いうちに勾配を追加するのは、一般的には良いことです。

しかし、今ここで勾配を追加することは、この後の主ボスの作成に影響を与える可能性があります。ボスの取り付け面が、直角ではなくなってしまうかもしれません。

そこで、次の手順では勾配を追加する前にボスを追加することになります（先にU字型先端部のボスを追加します）。

なお、以下の例ではモデルの色として緑色を使用していますが、任意の色をご使用いただいて構いません。



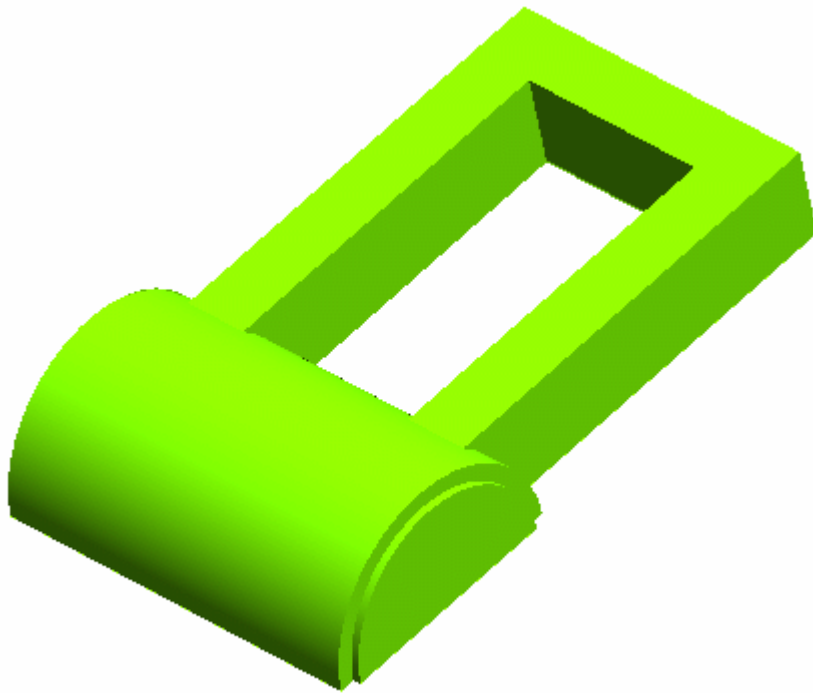
### Step 3: ボスの作成

部品を半分に分けて作成しているので、U字型先端部のボスも半分の形状を作成します。

その方法はいくつかありますが、半月状の断面をスイープさせる方法と、四角形を軸周りに回転させる方法の2つが一般的でしょう。どちらの方法で作成したとしても、その後、真ん中の部分を削除することになります。

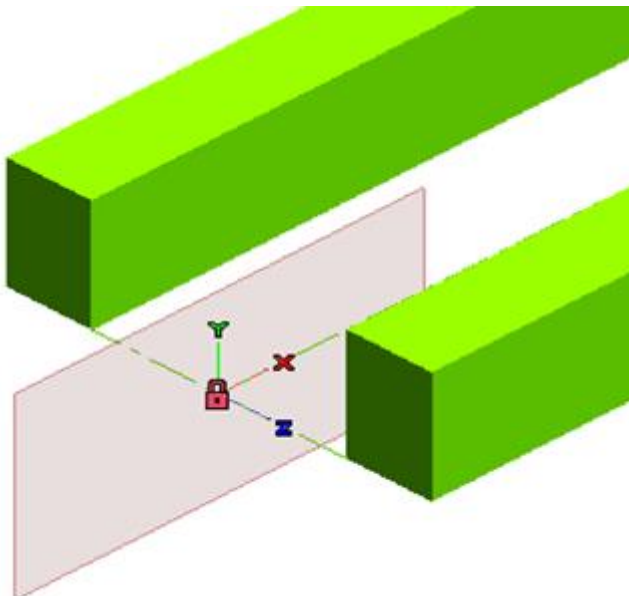
四角形を回転させる方法の方が簡単ですが、ここでは半月状の断面をスイープさせる方法を採用します。それは、図面を作成した際、側面図に半径寸法を表示させたいからです。

最初にスイープによりボスを作成し、次の手順で余分な部分を削除します。




スイープ方向が水平の参照線方向 になるようにプロファイルを作成したいので、ワークプレーンを回転させます。






- 編集 ワークプレーン X軸の向き を選択し、中心線をピックします。
- 編集 ワークプレーン Z軸の向き を選択し、水平の参照線をピックします。
- ワークプレーンの向きが下図と同じ方向でなかった場合、ワークプレーンのクイック編集で、回転させます。

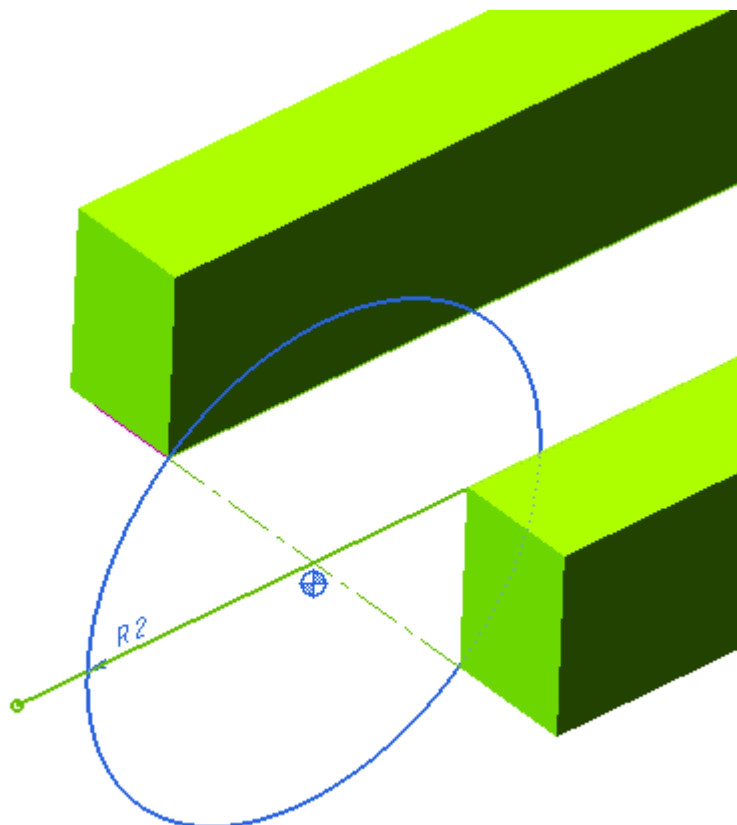


半月状のプロファイルを作成します。

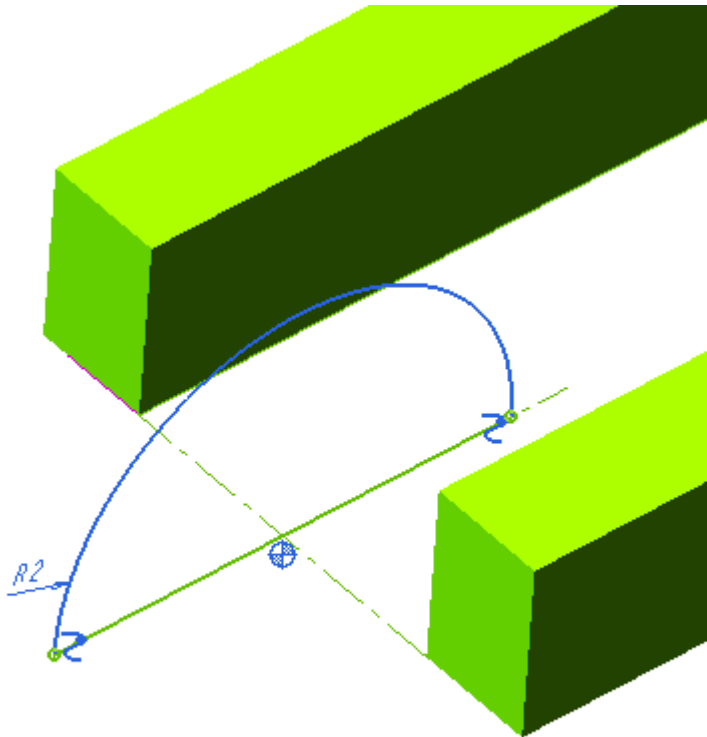
-  **2Dプロファイル** モードに切り替えます。

正確にスナップするため、アイソメビューに切り替えるとよいでしょう。



-  **中心指定の円** コマンドで、半径 2 **半径 2 in** の円を作成します。  
値はキーボードから直接入力してください。(拘束寸法が自動的に追加されます。)
- 円の中心は、中心線が水平の参照線と交差する端点に **ツール**  **スナップ**  **端点** を使用して正確にスナップします。
-  **角度線** コマンドで、角度 0 **角度 0 deg** の水平線を、 **円の中心スナップ** を使用して、円の中心にスナップしながら作成します。

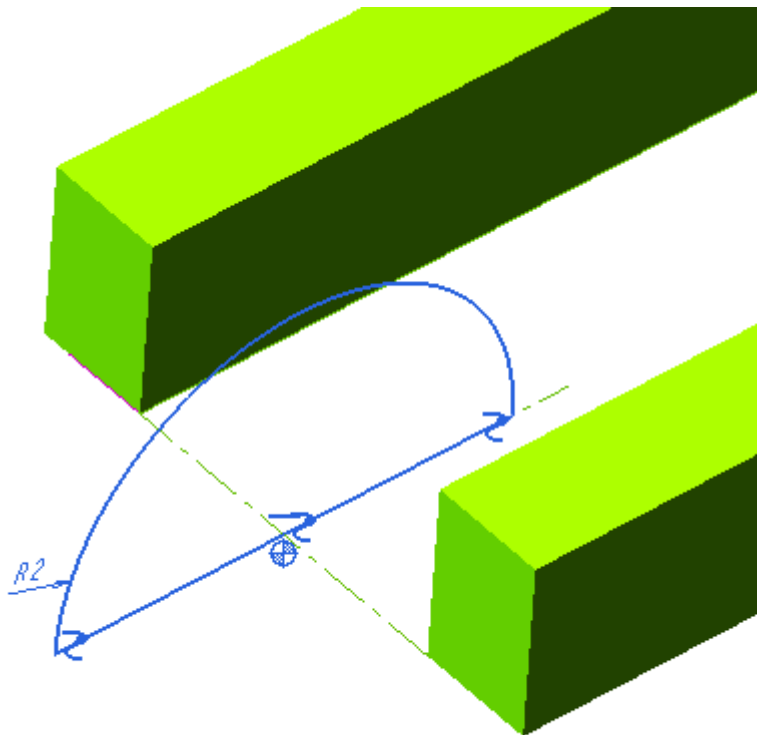


-  **スマートデリート** を使用して余分な線をすべて削除し、下図のように上側の半円のみを残します。



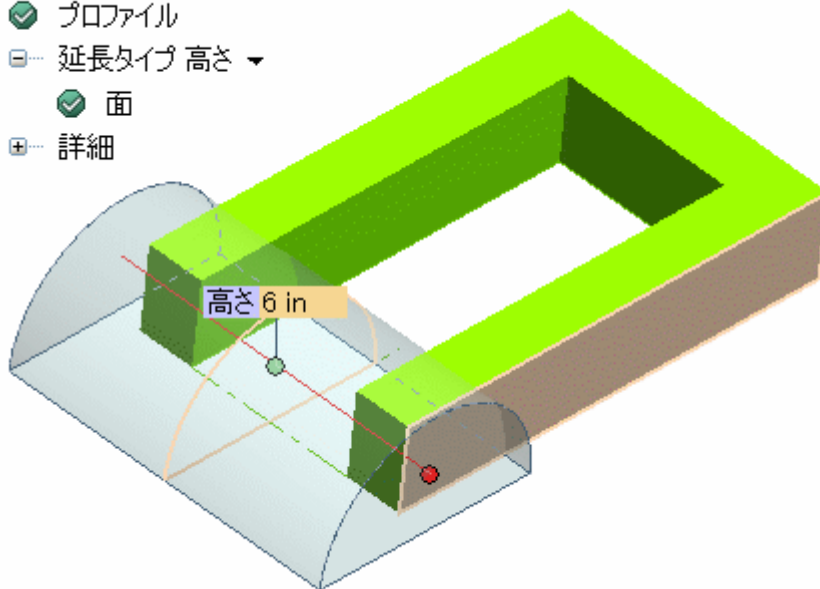
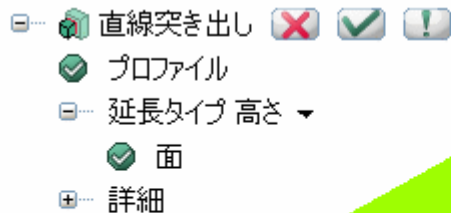
プロフィールを拘束します。

- 水平線と円の中心の間に、 **線上点拘束** を追加します。
- また、 **方向拘束** から **水平拘束** を追加します。



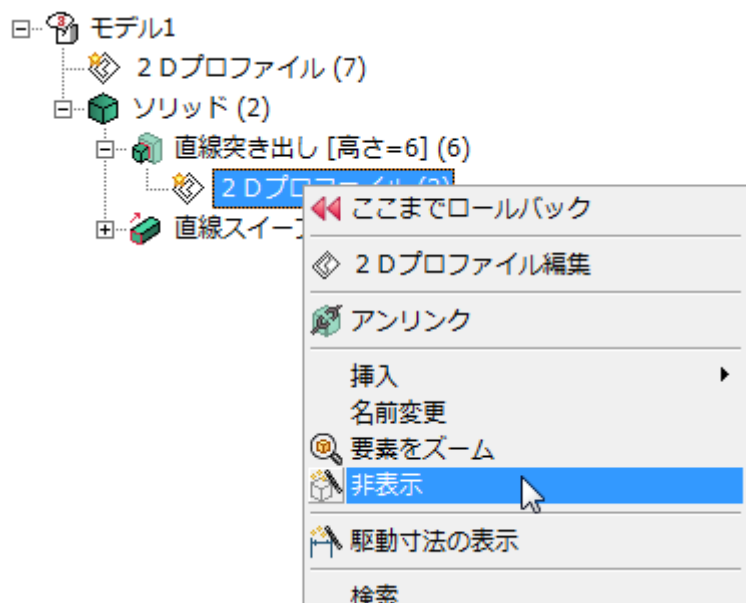
直線突き出し を作成します。

- 直線突き出し を選択します。
- U字型形状の側面をピックします。
- 厚み のチェックを外し、 詳細 が開いていたら閉じます。
- 高さ ミニダイアログを右クリックし 対称 を選択します。
- 高さを 6 高さ 6 in に設定し OK します。



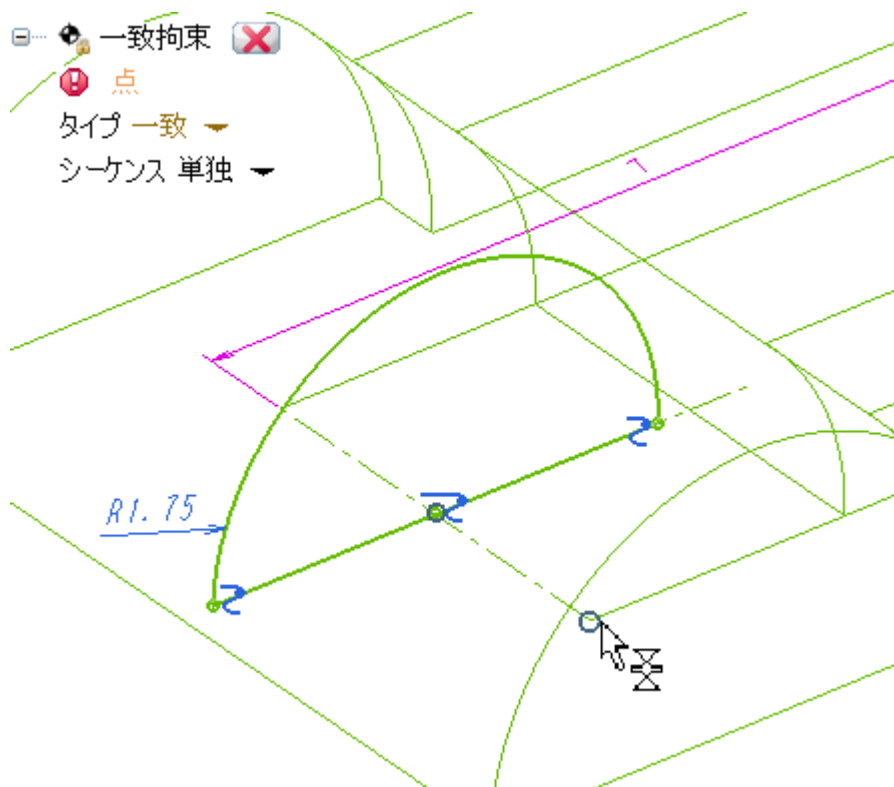
ボスのプロフィールを流用して、延長部分を作成します。

- ワイヤーフレームビュー モードに切り替えます。
- 修正 プロフィール プロファイルのカレントワークプレーンへ移動/コピー を選択します。
- 先ほど直線突き出しで作成した半月状のプロファイルを選択します。
- 選択リストで、☒ コピー オプションにチェックします。
- OK します。
- 2つのプロフィールが重なっているのを、モデル構造ツリーより、直線突き出しの下にある半月形状のプロファイルを右クリックして 非表示 を選択し、このプロフィールを一時的に非表示にします。

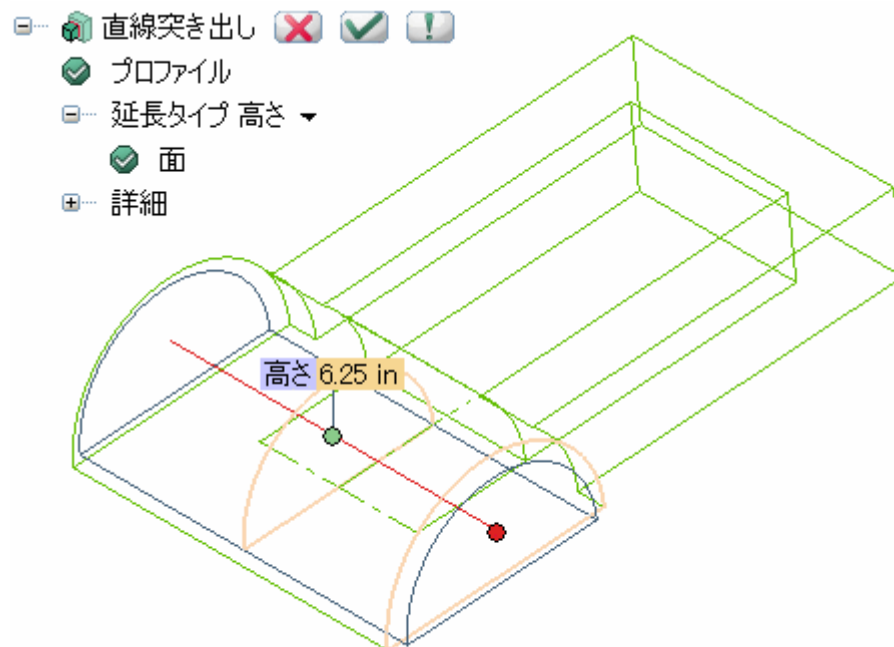


新しいプロファイルの寸法を調整して、ボスの出っ張り部分を作成します。

- 半月形状のプロファイルをダブルクリックし、**2Dプロファイルモード** に切り替えます。
- 半径寸法を 1.75 に変更します。
- **一致拘束** を円弧の中心と、初めに作成した矩形プロファイルの端点との間に追加します。




- 先に作成したのと同様に、このプロファイルから高さ 6.25 の **直線突き出し** を作成します。

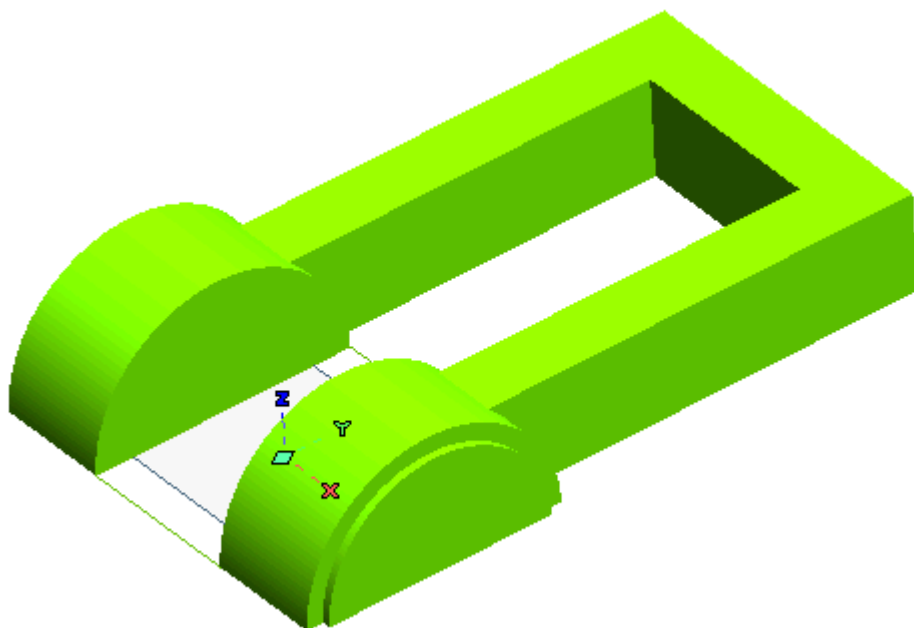


次のステップでは不要な部分の削除を行います。






## Step 4: ボスのカット

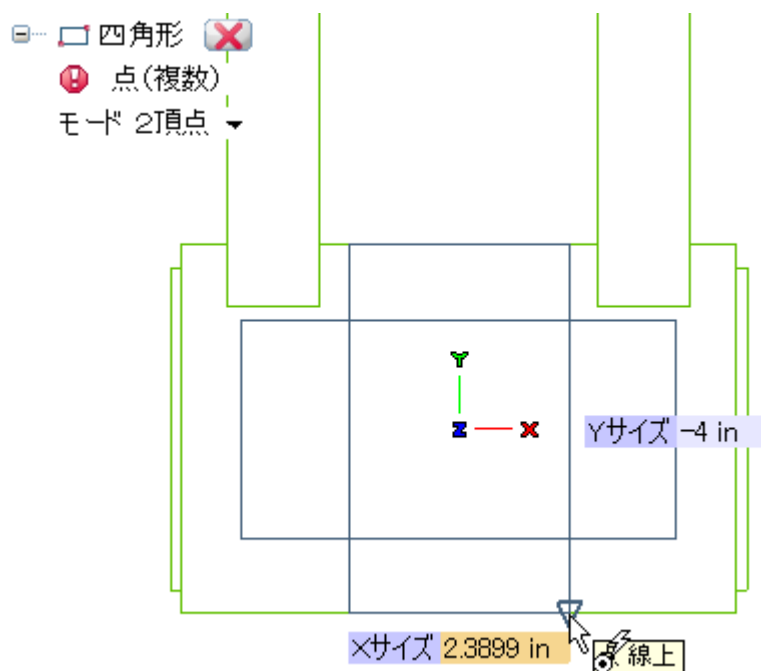
このステップでは、不要な部分を削除して、再びU字型の形状にします。

前の手順で、片方のボス(1/4形状)だけを作成し、それを反対側にミラーする操作は行いませんでした。これは、はじめに分割面の片側のみの形状を作成し、 **ソリッドのミラー** コマンドを1度だけ使用して完成させたいからです。



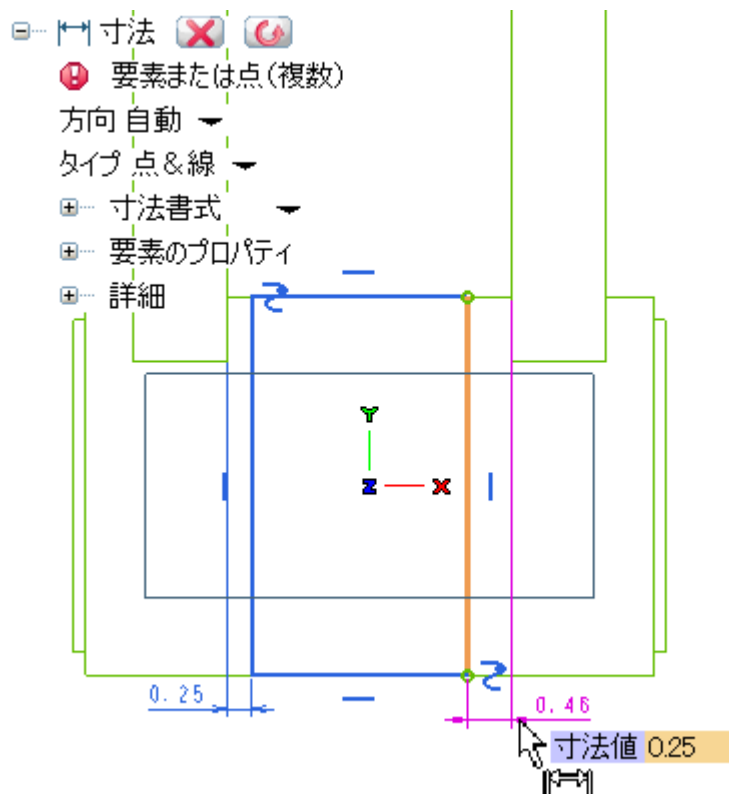
はじめに、カット用の長方形のプロファイルを作成します。

- ワークプレーンを右クリックして、**絶対座標系(ワールド座標系)に設定** を選択します。
-  **上面ビュー** を選んでビューを切り替え、 **非表示** を使ってすべてのプロファイルを非表示にします。
-  **2Dプロファイル** モードに切り替えます。
-  **四角形** コマンドを選択して、モードを **2頂点** に設定します。
-  **線上点スナップ** を使用して、四角形のそれぞれのコーナーをボスのエッジ上に配置します。



プロファイルに寸法を追加します。





- 寸法 コマンドを選択します。
- 四角形の左側の垂直線と、U字型ソリッドの下側水平線の内側端点に、寸法 0.25 を追加します。
- 四角形の右側の垂直線も同様に寸法を追加します。

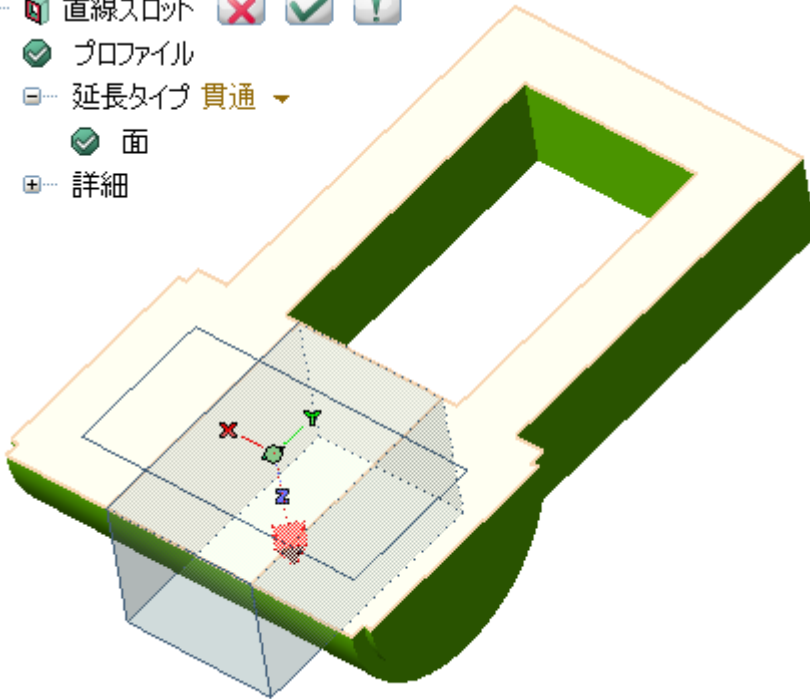
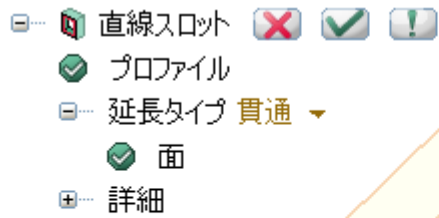


全幅を設定して、中心線から片側のみに寸法を追加して形状を定義することもできますが、ここでは、そのような寸法の付け方ではなく、U字型形状の幅がいくらであろうと、カット形状が内側の面から必ず 0.25 インチ内側になることを保障する設定を採用していることに注意してください。

また、このプロファイルは、ソリッドの他の形状を広く参照していることを確認してください。寸法はソリッドのエッジを参照しています。線上点拘束もまたソリッドのエッジを参照しています。すべてのプロファイル(1番最初に作成したプロファイル以外)は、同じようにソリッドを参照しています。1番最初に作成したプロファイルは、基準であり独立したプロファイルです。1番最初に作成したプロファイルのみを基準とし、その後のすべてのフィーチャーとプロファイルが、既存の形状を参照するように作成するのは良い方法です。

新しいプロファイルを使用してカットを作成します。

-  直線スロット を選択します。
- 下側の面をピックします。表示モードを  シェーディングビュー に変更すると選びやすくなります。
- 対称 オプションをオフにします。
-  延長タイプ を貫通 に設定します。
-  OK します。

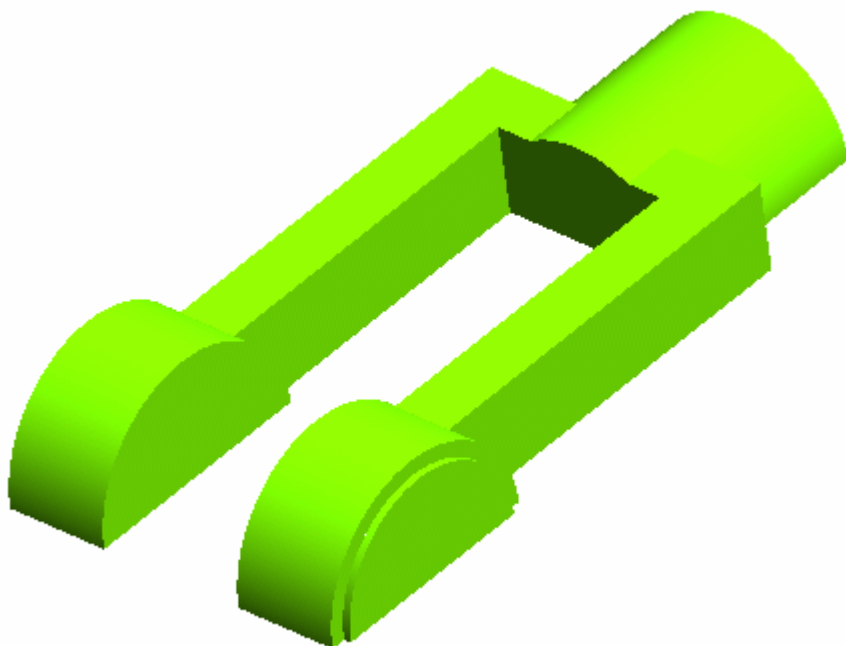


これでU字型先端部のボスは終了です。次に主ボスを作成します。







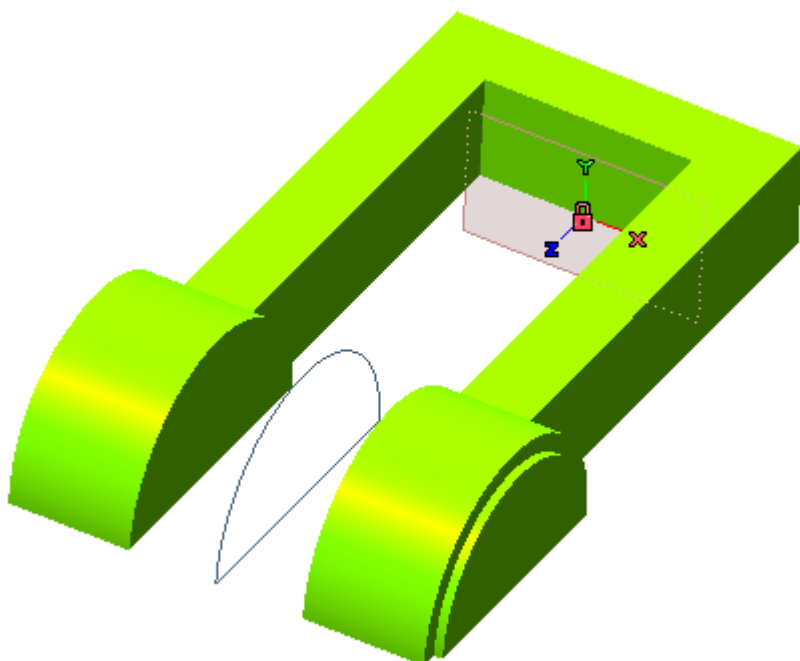
## Step 5: 主ボスの作成

主ボスの追加は、U字型先端部のボスの作成に似ています。既存の形状を使うことができれば効率的なので、ステップ3で使った半月形状のプロファイルをコピーして使用することになります。プロファイルをコピーする前に、ワークプレーンをU字型ソリッドの上部内側面に移動します。






必要なプロファイルを再度表示し、ワークプレーンを配置します。次いで、半月形状のプロファイルをコピーします。

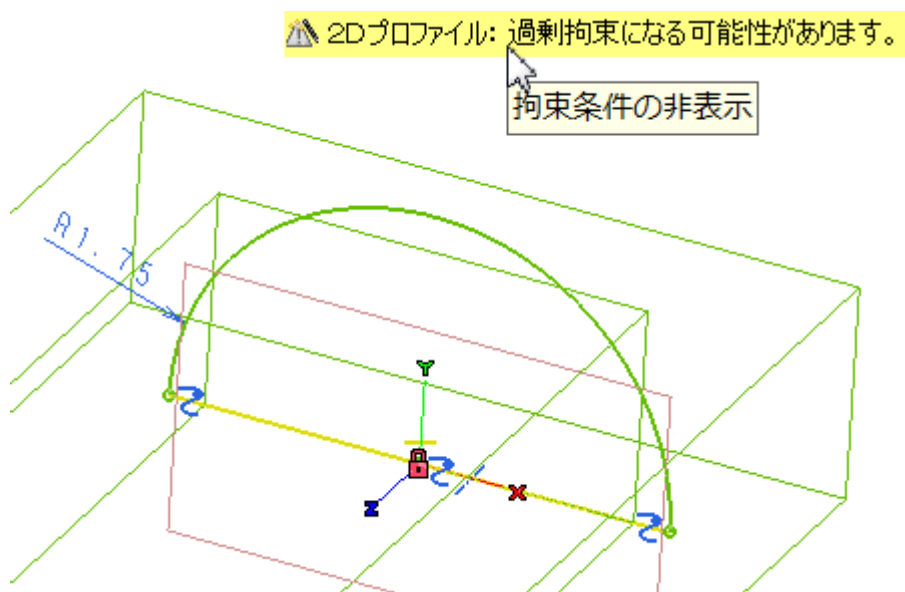
-  **非表示** コマンドを使って、スロットに使用したプロファイルを非表示にします。  
また  **表示** コマンドを使って、最初に作成した半月状のプロファイルを表示します。
- U字型の内側、1番上の面をダブルクリックすると、ワークプレーンが移動します。
- ワークプレーンを右クリックして **移動** を選択し、下側水平線の中点にスナップします。  
ツール  **スナップ**  **中点** を使用すると良いでしょう。
- 必要であればワークプレーンをクリックしてクイック編集モードに入り、Y軸が上に向くように回転します。
- **プロファイルのカレントワークプレーンへの移動／コピー** を使用して、ステップ3で行ったように半月状のプロファイルをコピーします。



新しいプロファイルを再度拘束します。

- 新しいプロファイルを右クリックし  **2Dプロファイル編集** を選択します。
- 半径を 1.75 に設定します。
- 直線とソリッドの下のエッジ間に  **線-線一致拘束** を追加します。

 **線-線一致拘束** を追加すると、グラフィック領域右上に **プロファイルは過剰拘束になる可能性があります。** とのメッセージが表示されます。クリックすると、水平線と水平拘束が黄色く表示されます。



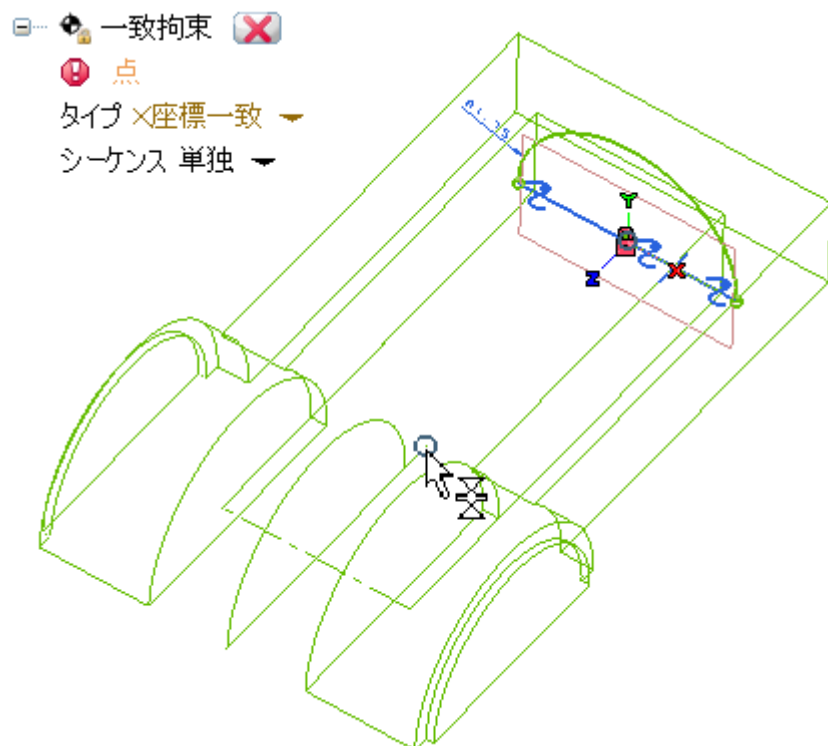
ここではすでに水平の条件が付いていたところへ、プロファイルの外部の要素を参照して拘束を追加しています。そのため1つの要素を同じように拘束する目的を持つ2つの条件が付いていることになり、条件が重複している、と認識されています。

この時点ではエラーではありませんが、形状を変更した際に矛盾が発生する可能性を内包しています。

黄色く表示された水平拘束(—)を削除します。

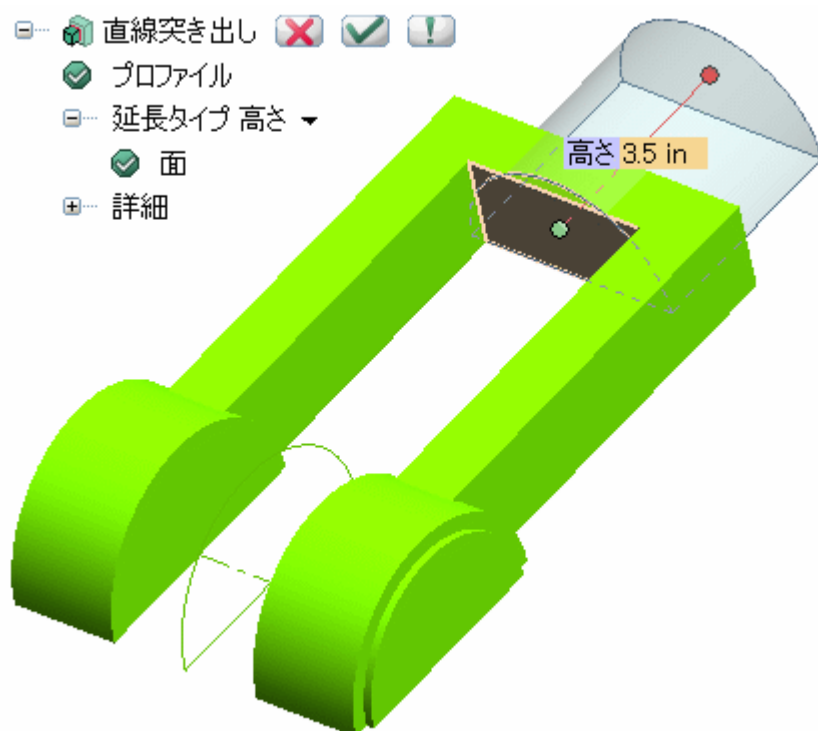
次に、さらにプロファイル要素の位置を拘束していきます。

- 初めに作成したU字形状のプロファイルを表示します。
- **一致拘束** を選択します。タイプで **X座標一致** を選択し、円の中心と中心線の端点の間に拘束条件を追加します。




ボス形状を作成します。

- **直線突き出し** を選択します。
- スweep長さを **-3.5** **高さ3.5 in** に設定して、 **OK** します。

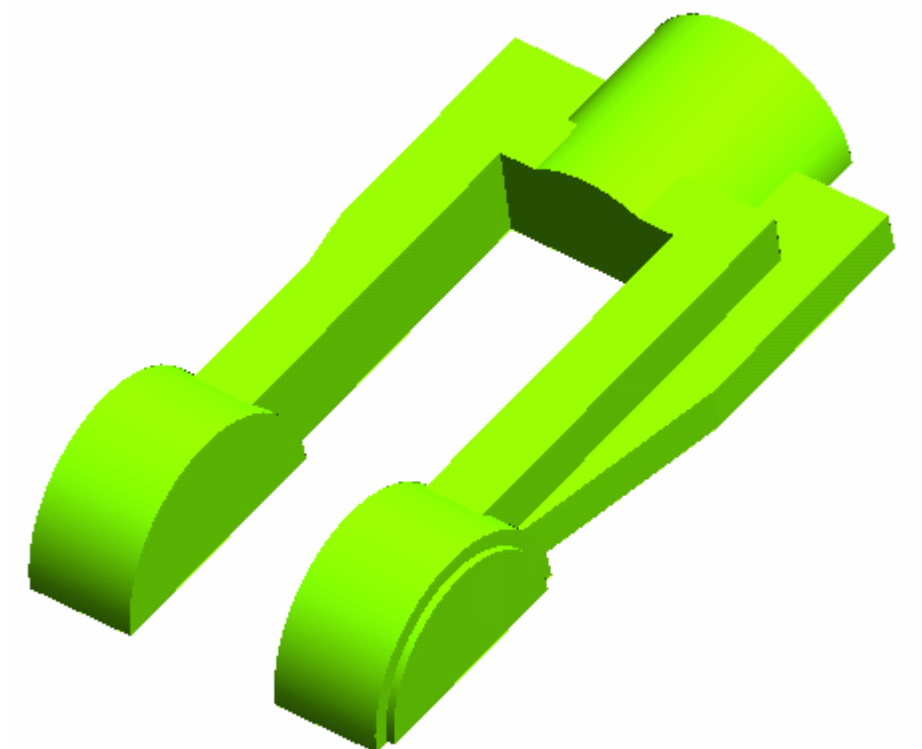


続いて、最後の主形状、外側のウェブを追加します。




## Step 6: 補強の追加


ウェブはU字型を補強する形状です。 **直線突き出し** で作成します。

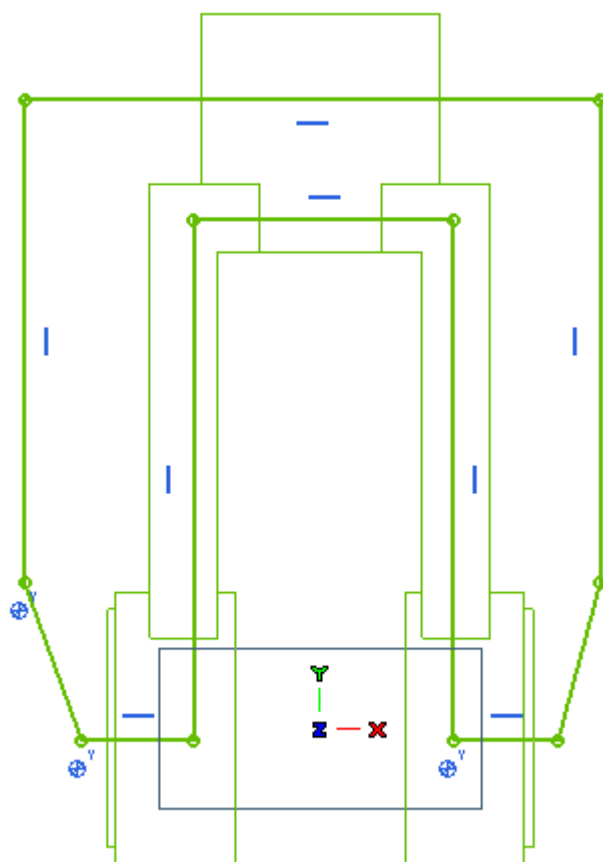
今回は作成時に勾配も同時に追加します。プロファイルを拘束するところが少し難しいかもしれません。





プロファイルを作成します。

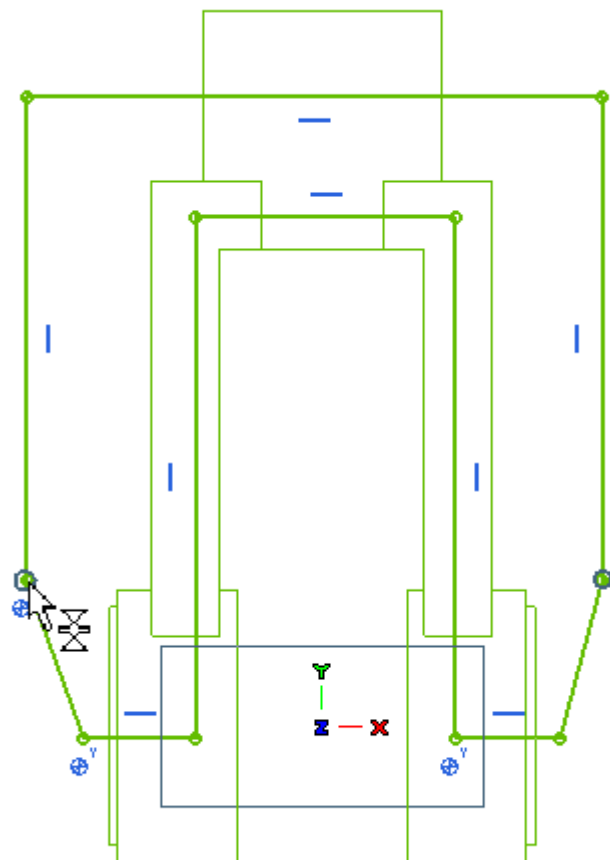
-  **ワイヤーフレームビュー** モードに変更し、ワークプレーンを右クリックし、**絶対座標系 (ワールド座標系)** に設定 を選択します。
-  **上面ビュー** に切り替えて、1番最初に作成したプロファイル以外の全てのプロファイルと寸法を非表示にします。
-  **2Dプロファイル** モードに切り替えます。


-  ポリライン コマンドで下図のような形状を作成します。どこにもスナップしないように注意してください。

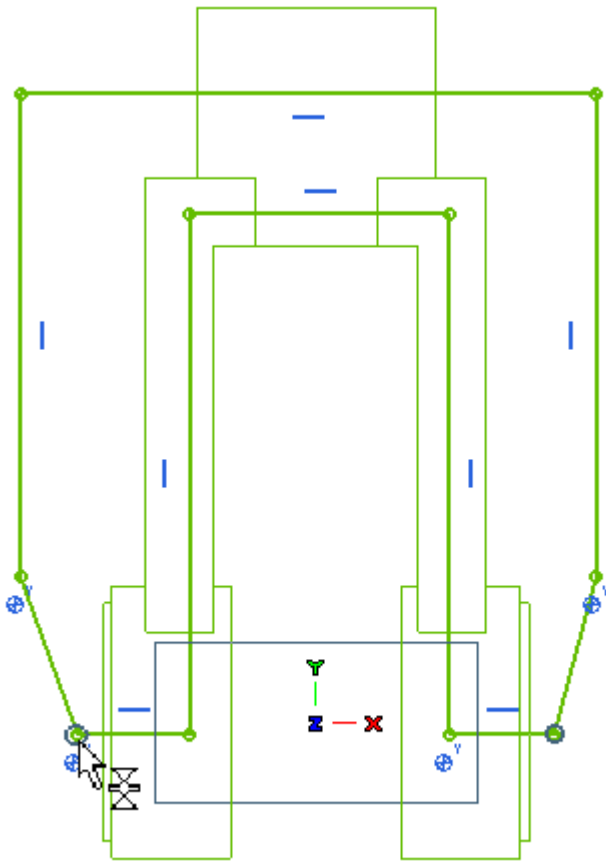



一致拘束を追加して、プロファイルをソリッドに固定します。

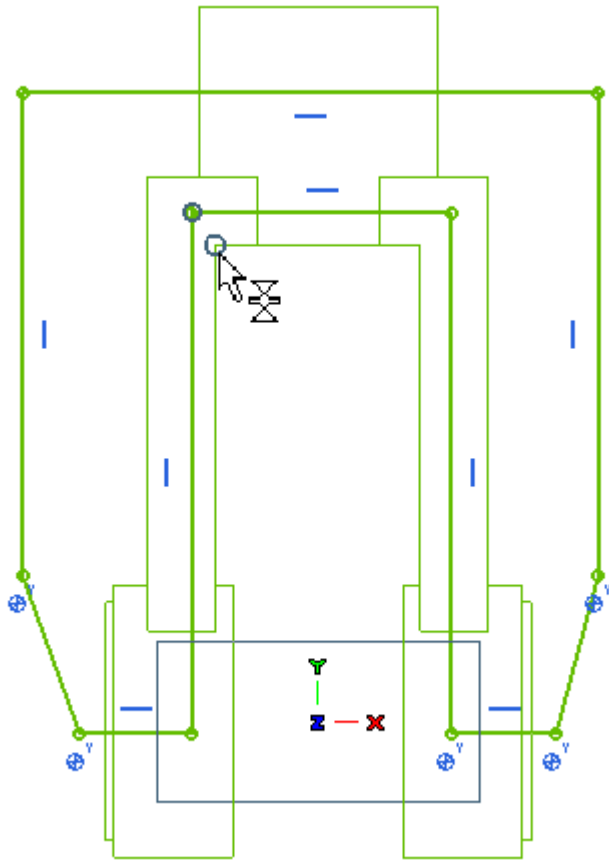
- 中間の頂点の間に、 **一致拘束** で、Y座標を一致させる拘束を追加します。
- これらの条件は、 **ポリライン** コマンドで作図する際に自動的に付加されている場合もあります。



- 左右の下の頂点間にも、一致拘束 で、Y座標を一致させる拘束を追加します。





- 次に、プロファイルの内側上の角とソリッドの内側上の角へ、一致拘束 を追加します。必要ならばビューを回転させて、ソリッドの面の角を正確にピックして下さい。

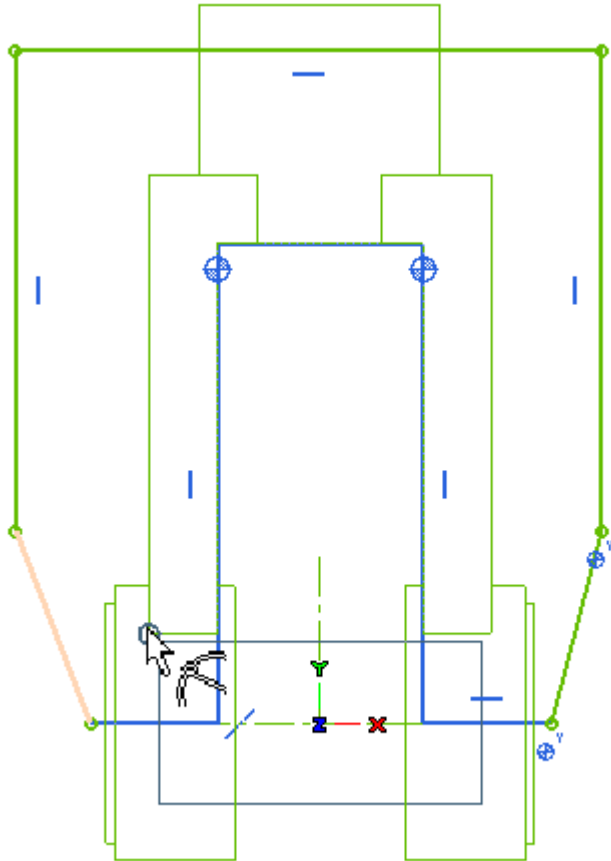


- 反対側へも同じ条件を追加します。条件が重複するので、水平拘束を削除します。




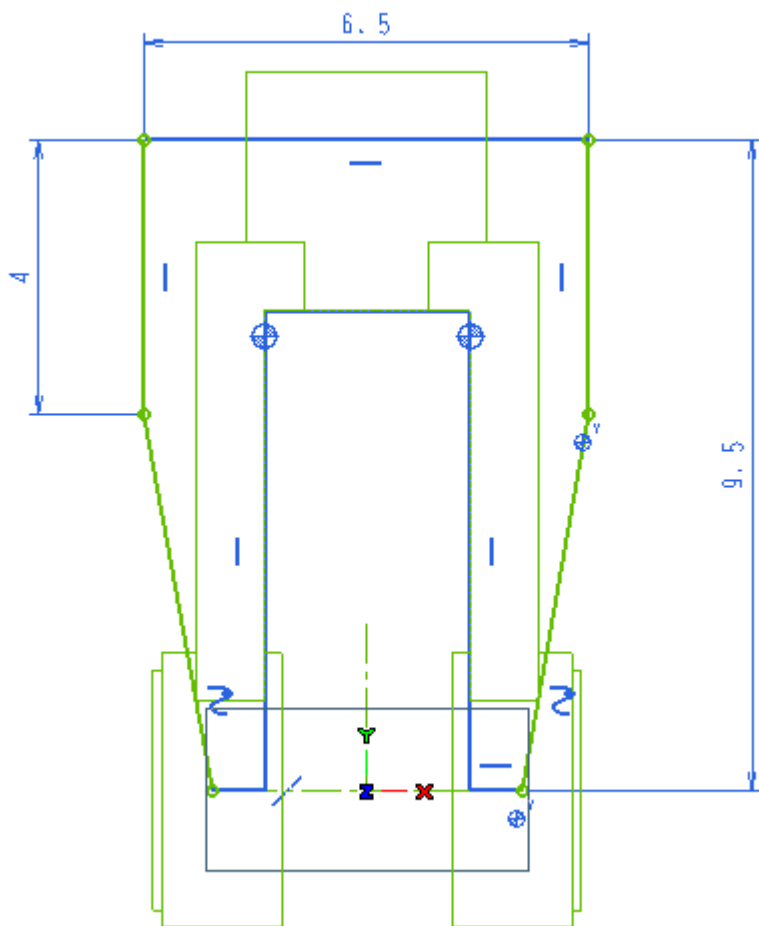
残りの幾何拘束を追加します。


- プロファイルの下側の線と水平の参照線の間に、 **線-線一致拘束** を追加します。重複する水平拘束を削除します。
- 最後に、U字型先端部のボスとU字型形状の交わっている場所の角と、斜めの線との間に、 **線上点拘束** を追加します。（左右とも）注：プロファイルの形状が予想外に変化してしまったときは、線をドラッグして修正します。

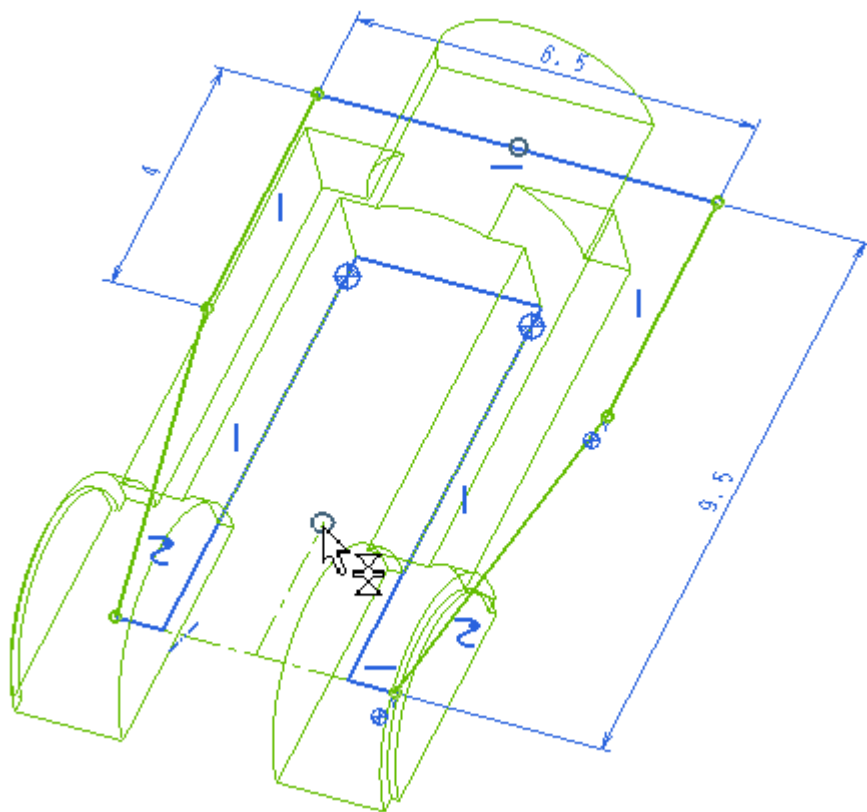


寸法拘束を追加します。




-  寸法 コマンドを使用して、形状の全幅を 6.5 に設定します。
- 全高を 9.5 に設定します。
- 上の線から一つ下の角までの距離を 4 に設定し、左側に配置します。







-  一致拘束 で、X座標一致 条件を、一番上の水平線の中点と中心線の端点との間に追加します。




ウェブ形状を作成します。

-  直線突き出し を選択します。
- 下側の面をピックします。
- 高さを 0.675 高さ 0.625 in に設定します。
-  詳細 を開いて、角度を 2 角度 2 deg に設定します。必要なら値の正負を逆(-2)にして  OK します。

 直線突き出し   


 プロファイル


 延長タイプ 高さ ▼

 面

 詳細

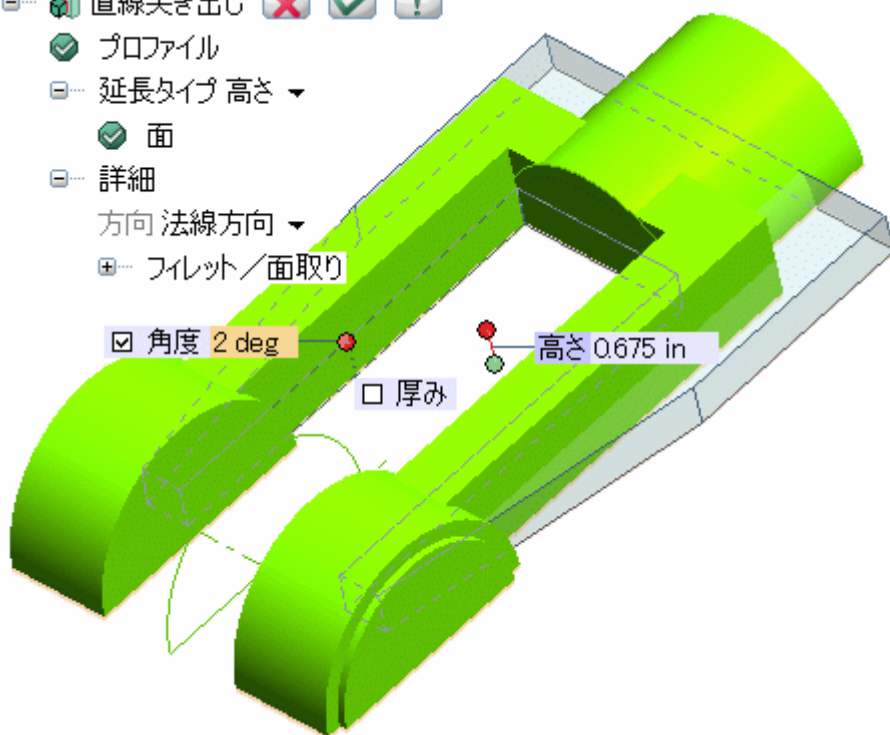
方向 法線方向 ▼

 フィレット/面取り

 角度 2 deg

□ 厚み

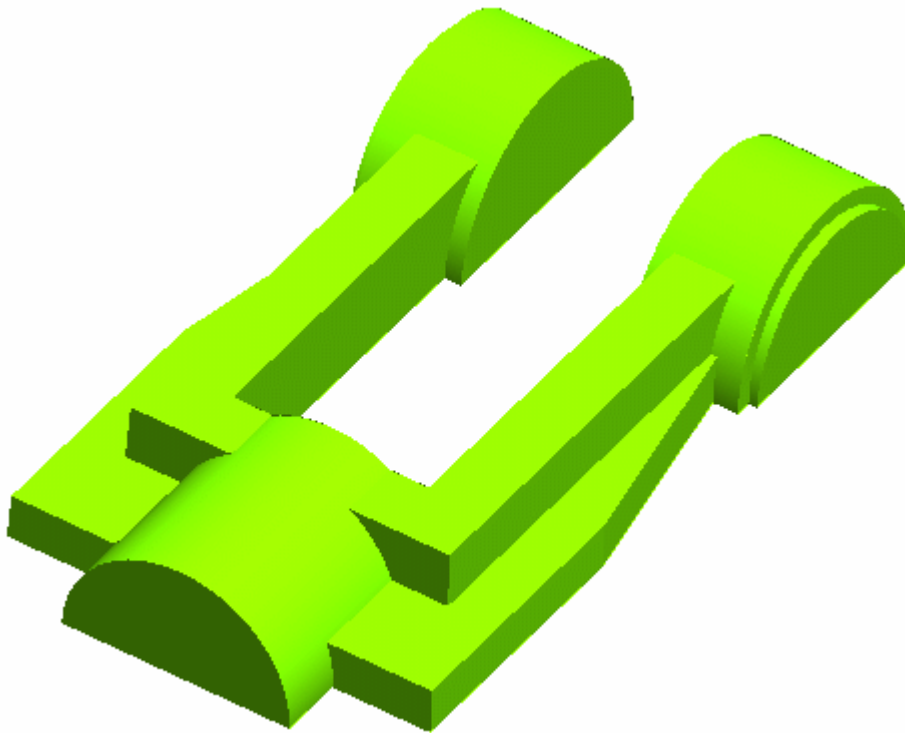
高さ 0.675 in




これで残りの部分に勾配を追加する準備ができました。





## Step 7: 抜き勾配の追加



形状に勾配を追加すると、金型から製品を簡単に取り出すことができます。しかしここでは、形状の側面すべてに勾配を追加するわけではありません。ボスの端面は直角のまま保持しておきます。これらの面は、他の部品と合わせる必要があるため、後工程で機械加工して仕上げます。



分割面に垂直な面のうち、他部品との合わせに使用しない面に勾配を追加します。

-  **抜き勾配** コマンドを選択します。

-  参照平面 として、下側の面を選択します。
- この部品の周囲の面のうち、 参照平面 と直交している横の面をすべて  面 として選択します。U字型形状先端のボス端面と、主ボスの上面は選択しません。
- 角度を  $-2$  角度  $-2\text{ deg}$  に設定します。マイナス記号は内側への角度を意味します。
-  OK します。

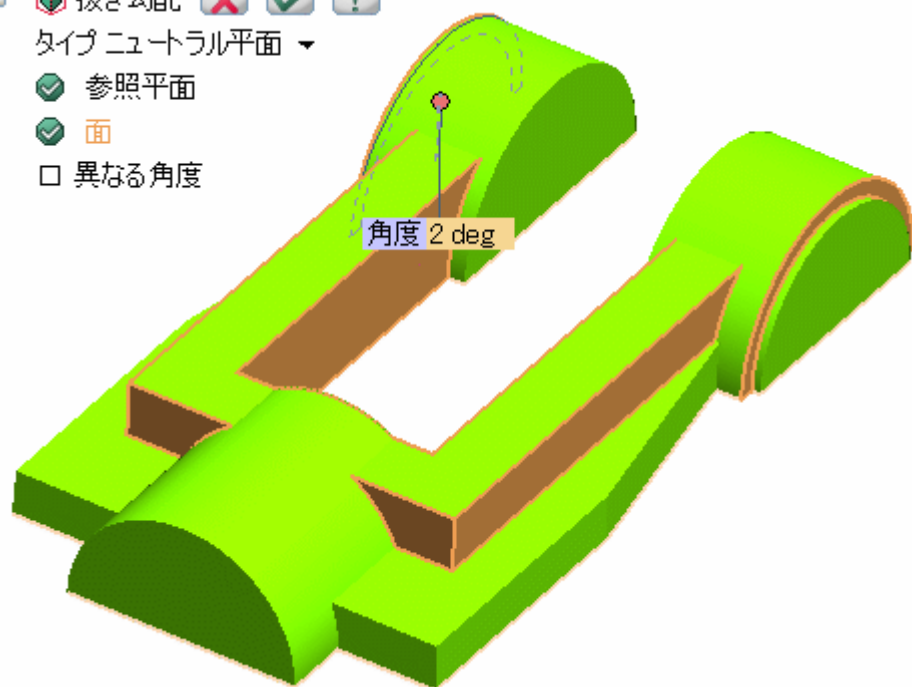
  抜き勾配   

タイプ ニュートラル平面 ▾

 参照平面

 面

☐ 異なる角度



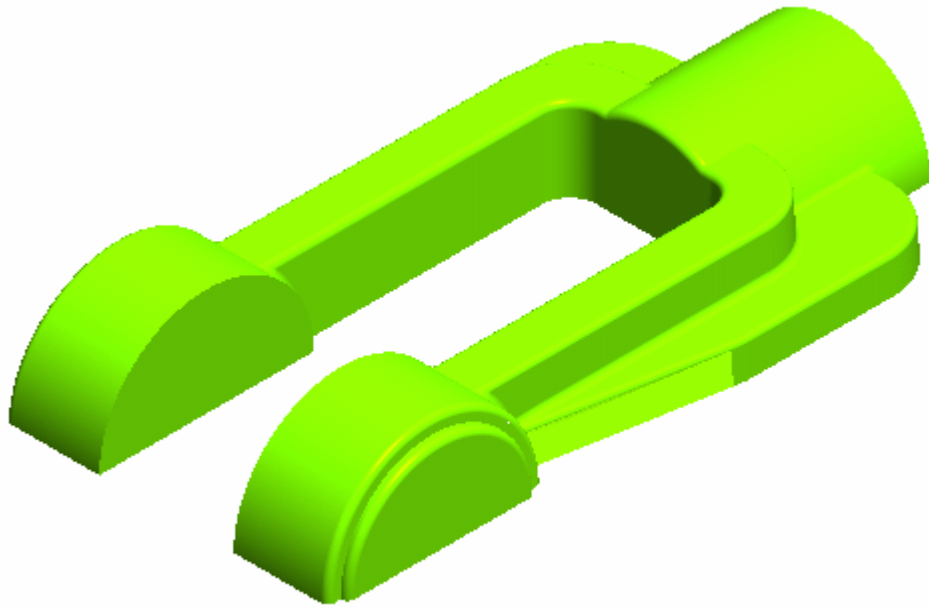
小さな角度ですが、拡大すると違いが分かります。

もし主ボスを作成する前に勾配を追加していたら、ボスは水平より下に2度角度がついて作成されてしまいます。これは望む形状ではありませんでした。


次にフィレットを追加します。

## Step 8: フィレットの追加

必要なすべての面に勾配を追加したので、次にフィレットを追加します。フィレットを追加するエッジ群の多くは、鋭角につながっている(折れている)ため、フィレットを付ける順番はたいへん重要です。接線連続なエッジ群を作成するように、フィレットを追加していきます。



主な角にフィレットをつけます。

-  **エッジフィレット** コマンドを選択します。
- グループ1では、ウェブ形状の上側の角に、半径1.25 のフィレットを作成します。



- グループ2では、U字型形状の上側の角に、半径 0.5 のフィレットを作成します。




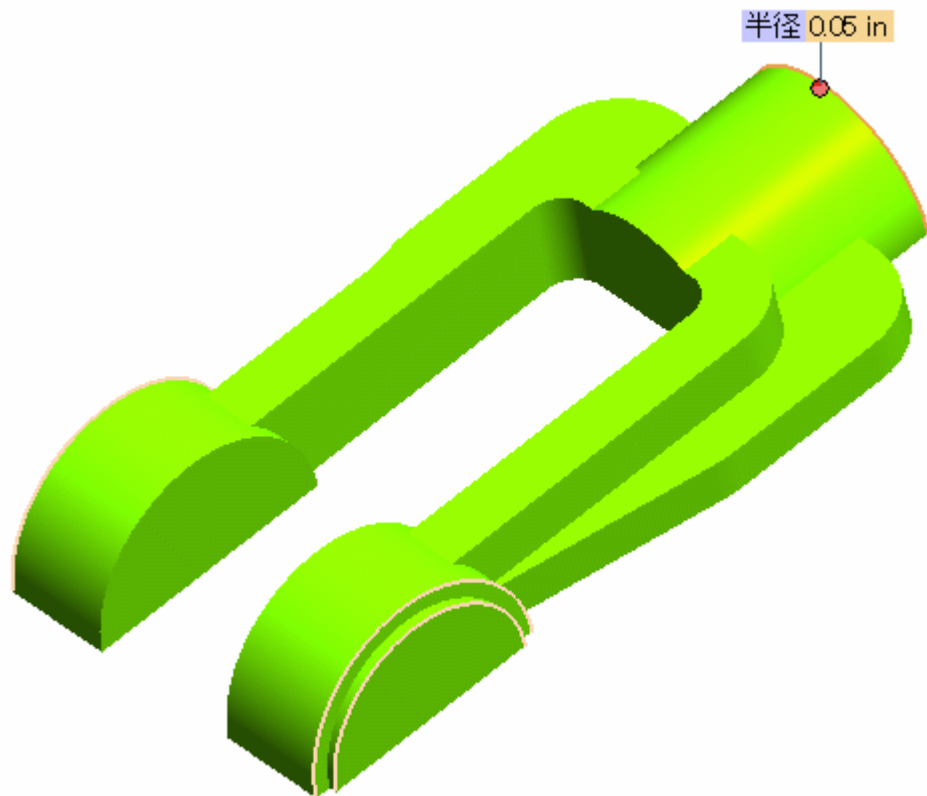
- グループ3では、U字型形状の外側の角に、半径 2 のフィレットを作成します。





- [!] 適用します。

次はボスにフィレットを追加します。


- 最初に、U字型形状先端のボスの上側のエッジを選択します。
- 次に、U字型形状先端のボスの出っ張り部分の先端のエッジを選択します。
- 半径を 0.12 半径 0.12 in に設定します。
- グループ2として、主ボスの端面のエッジに半径 0.05 半径 0.05 in のフィレットを追加します。
-  適用 します。

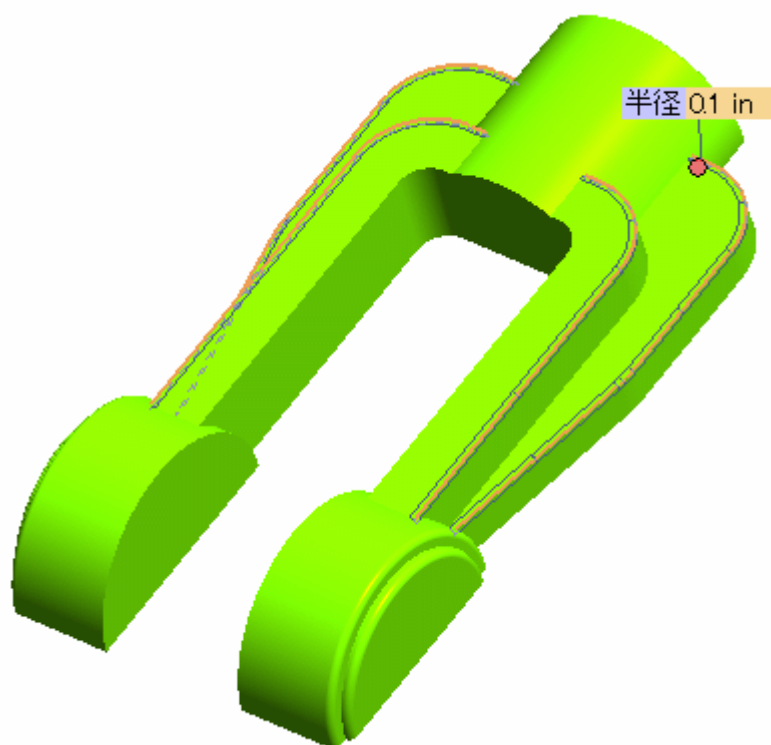


次のフィレットに進みます。


フィレットを作成するときに、常に  適用 を使用しなければならない、というわけではありません。  
次の手順に移るときは、 OK を選択して、フィレットコマンドを抜けてもかまいません。

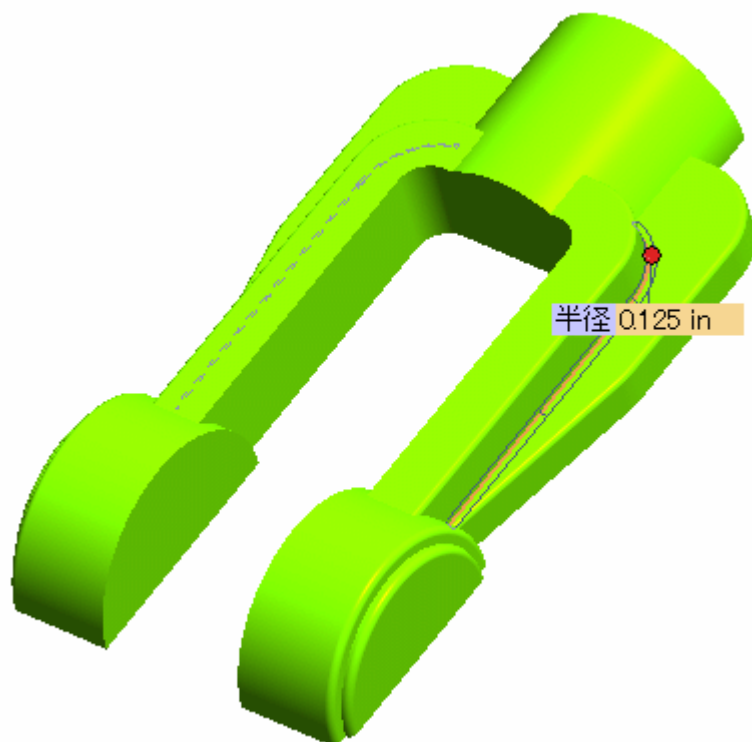


- 下図に示されている、U 字形の両側のエッジにフィレットを追加します。エッジ群がどのようにつながっているかに注意して下さい。先に縦方向のエッジにフィレットをかけているので、このエッジ群は一度に選択することができます。
- 半径を 0.1 半径 0.1 in に設定して、 適用 します。




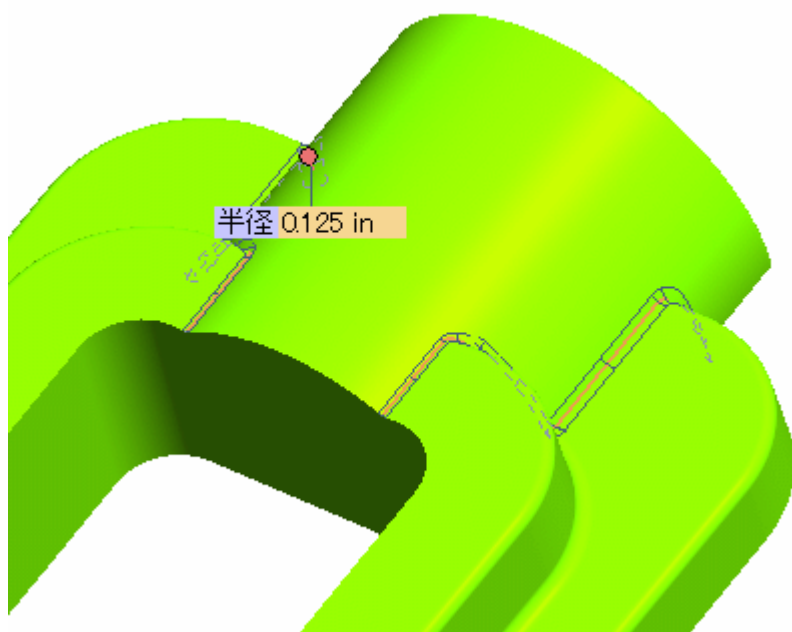
先程フィレットを追加したエッジの間のエッジにフィレットを追加します。先に行ったフィレットと同時にこのエッジにフィレットをつけることはできません。ウェブ形状の根元の、ボスと交わる部分のブレンドがうまくいかないためです。

- 下図に示されている位置の両側のエッジにフィレットを追加します。
- 半径は 0.125 で、 適用 します。




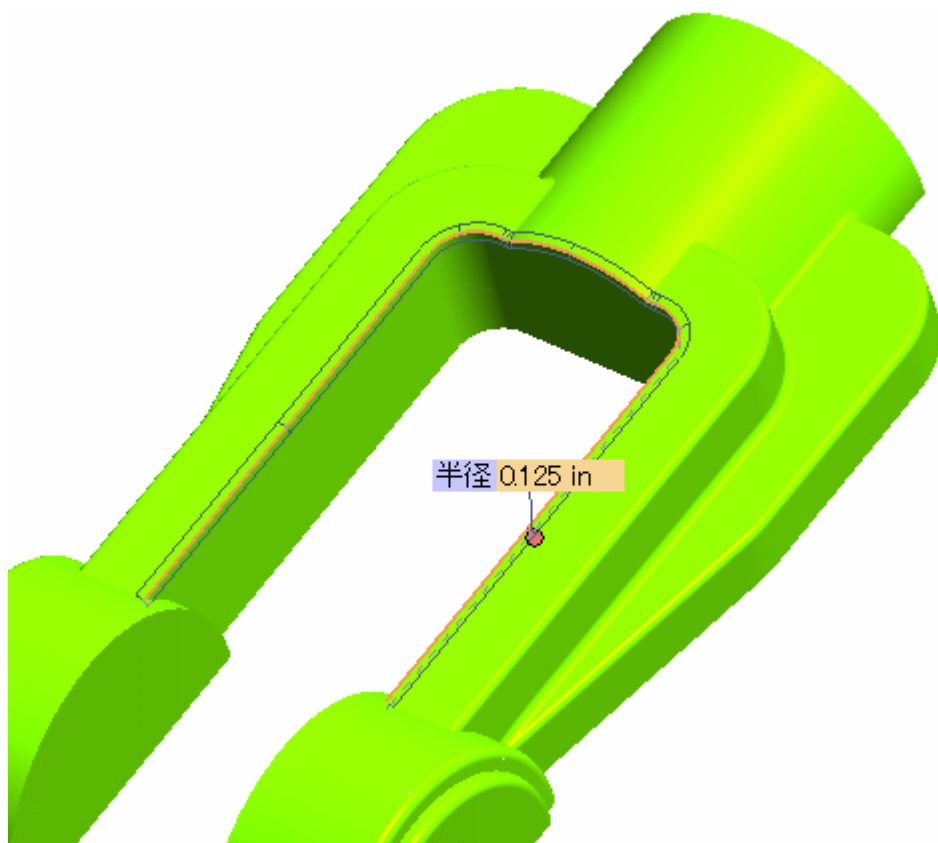
主ボスがU字型形状と交わるエッジにフィレットをつけます。

- 下図に示されている位置の両側のエッジにフィレットを追加します。もう1度、先に追加したフィレットによって、エッジが接線連続になっている様子を確認してください。
-  適用します。




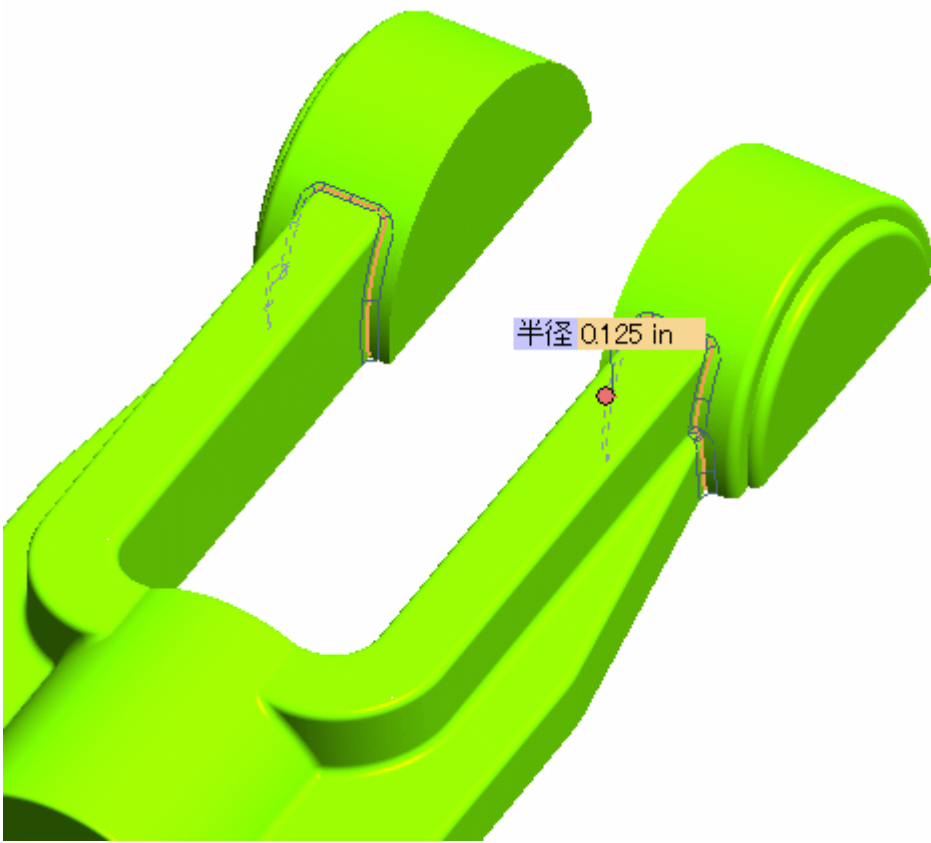
内側の上のエッジにフィレットを追加します。

- 下図に表示されているエッジにフィレットを追加します。先に追加したフィレットによって、主ボス上のエッジが接線連続になっている様子を確認してください。
-  適用します。



U字型形状とその先端のボスが交わるエッジにフィレットを追加します。


- 下図に表示されているエッジにフィレットを追加します。ここでもエッジは接線連続に繋がっています。
-  OK します。

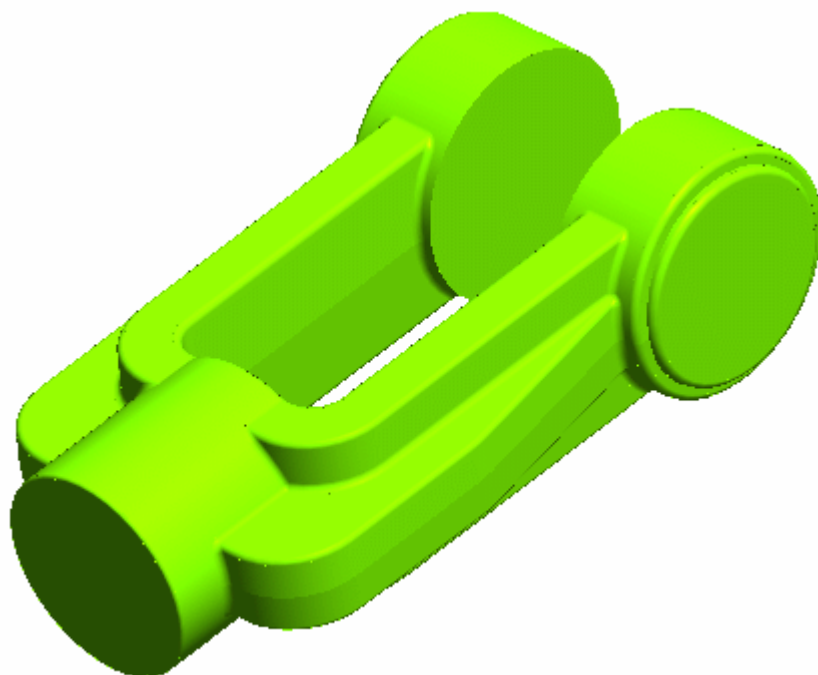


部品の半分ができました。形状を追加する順番によって、結果が違ってくると覚えておいて下さい。




次は、この形状をミラーコピーしたものと結合して、1つのソリッドを作成します。

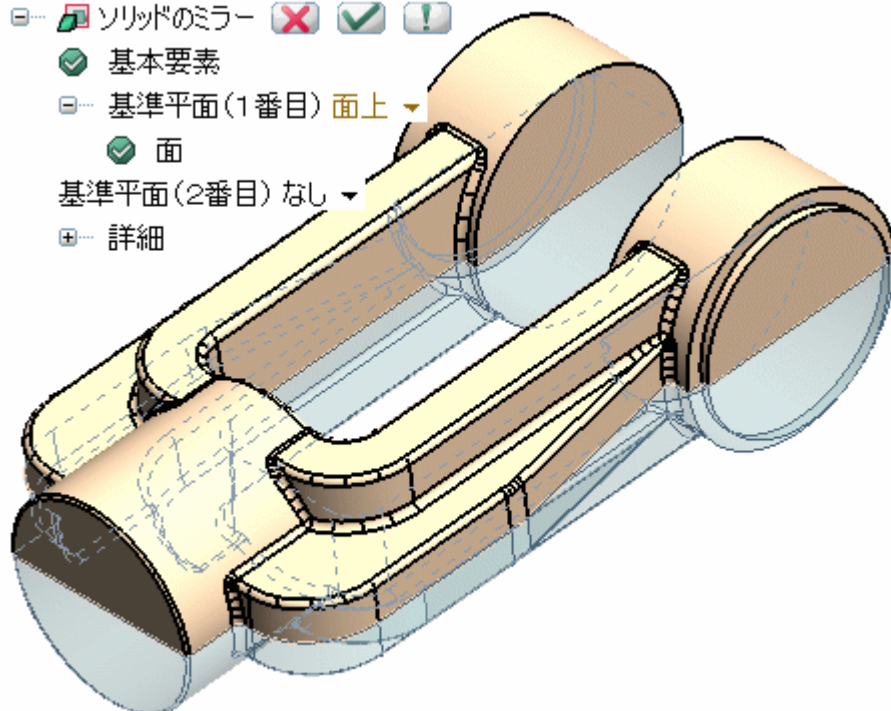
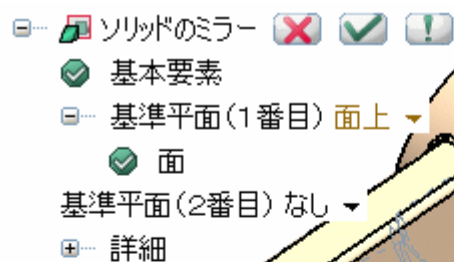
## Step 9: ミラーコピー

このステップでは、 **ソリッドのミラー** コマンドを使用し、完成した半分のU字型形状をミラーコピーします。分割面は明らかですね。しかし、コマンドは、別の新しいソリッドを作成するので、最後に集合演算コマンドを使用して、1つのソリッドにする必要があります。





最初にソリッドをミラーコピーします。

- ソリッド全体をあらかじめ選択します。ウィンドウ選択するか、モデル構造ツリーから選択します。
-  **ソリッドのミラー** コマンドを選択します。
-  **面** では、部品の下側の面をクリックします。
-  **OK** します。



次に、2つのソリッドを結合します。

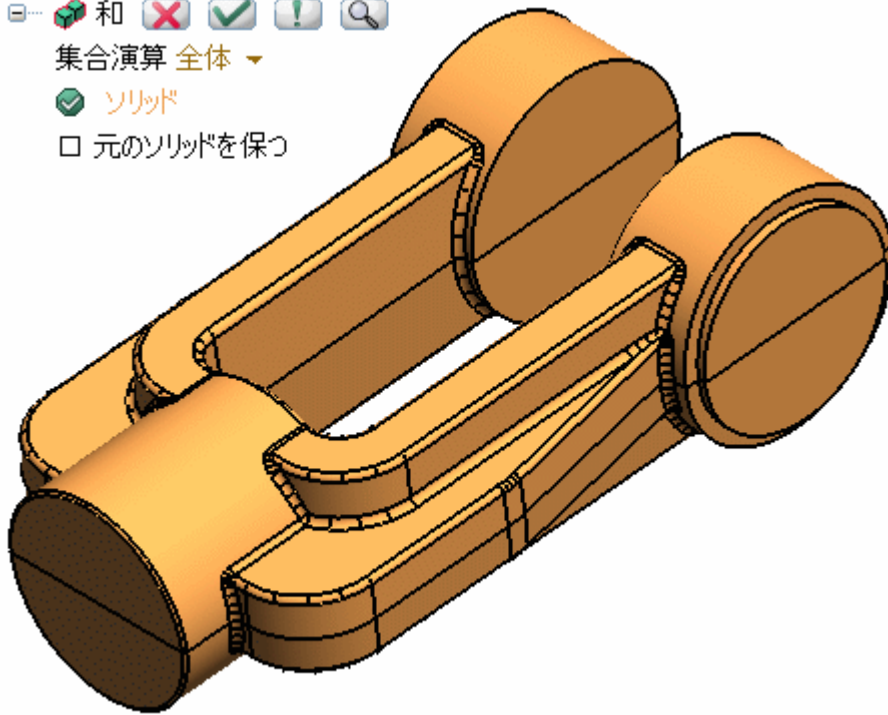
-  和 コマンドを選択します。
- 両方のソリッドを選択します。
-  OK します。



集合演算 全体 ▼


 ソリッド

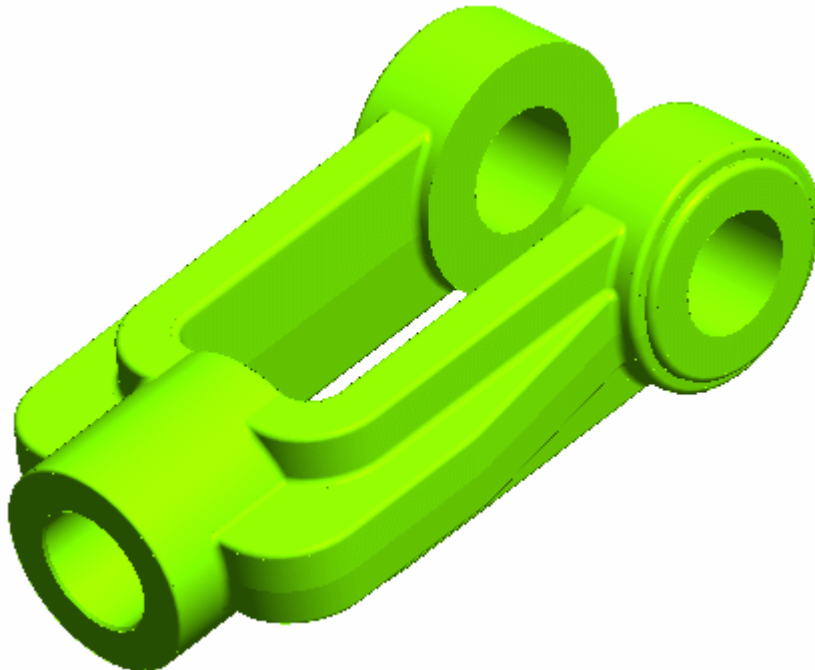
☐ 元のソリッドを保つ





あと必要なのは穴の追加だけです。

## Step 10: ボスへ穴の追加

この最終ステップでは、ボスに穴を追加し、主ボスの穴に面取りを1つ追加します。 **ソリッドのミラー** コマンドを使用するまで穴の追加をしなかった理由は、作成した分割面の位置からみて、穴がアンダーカットになるからです。これらの穴は後工程で加工されます。穴を最後に作成することによってすべての加工メーカーは(ThinkDesign を使用していると仮定して)、その形状を削除あるいは無効にするだけで、必要なアンダーカットの無い形状が得られます。部品をどのように作成するかを注意深く計画すればこのような利点があります。



U字型形状先端部のボスに穴を追加します。

-  **穴** コマンドを選択します。
- U字型形状先端のボスの外側の面をクリックします。
- 中心点を面の外周付近にドラッグし、円の中心にスナップします。
- 直径を 2 直径 2 in に設定します。
-  **適用** します。



面

タイプ 点

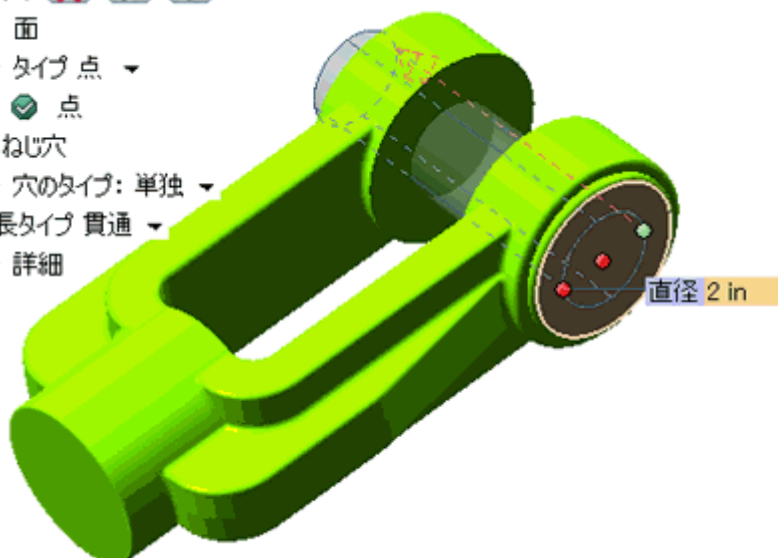
点

ねじ穴


穴のタイプ: 単独

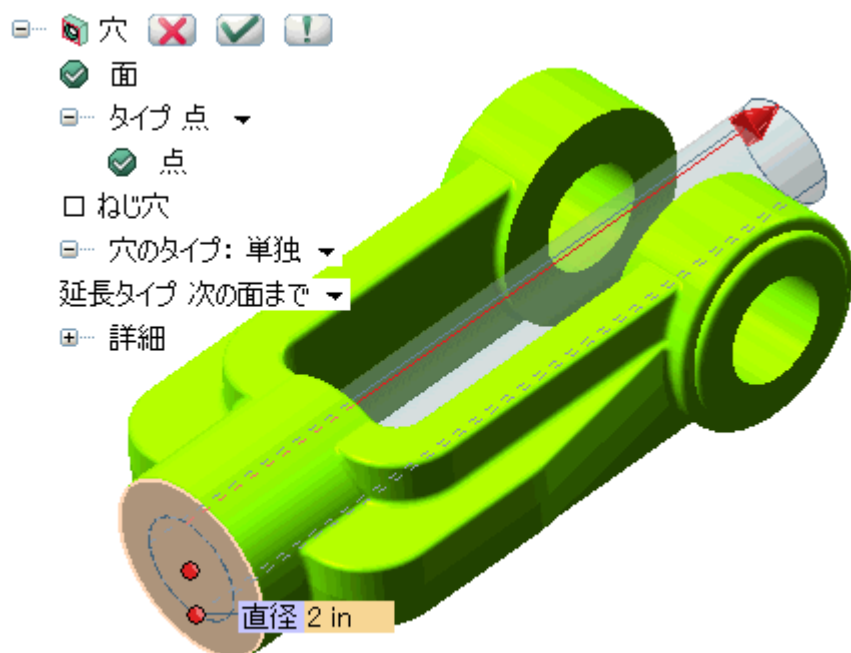
延長タイプ 貫通

詳細





主ボスに穴を追加します。

- 主ボスの上側の面をクリックします。
- 中心点を面の外周付近にドラッグし、円の中心にスナップします。
- この穴は、次の面まで作成するので、延長タイプを 次の面まで に設定します。
-  OK します。



最後に、主ボスの穴の上側に面取りを追加します。

-  エッジの面取り を選択します。
- 上側の穴のエッジをピックします。
- 距離を 0.05 距離 0.05 in に設定します。
-  OK します。



これでこのコースは終了です。

はじめに決定した事は、後の決定に影響を与えること、また、なぜ決定した設計意図を後工程に伝える努力をしなければいけないのかなど、モデリング戦略を計画することの重要性を理解されたと思います。

ソリッドモデリングとは単に部品の形状を作成するだけではありません。  
このことを理解すれば、より良い設計者になれることでしょう。