

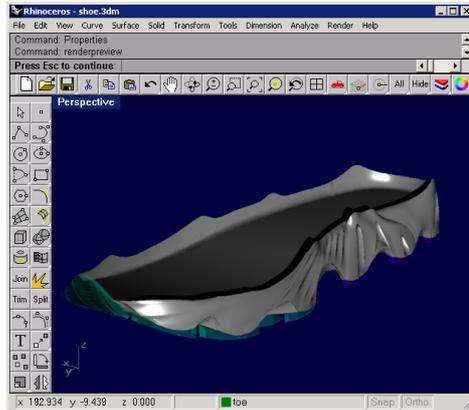
SolidWorks のための
高度なサーフェスモデリング

Rhinoceros[®]
NURBS modeling for Windows

高度なサーフェスモデリング

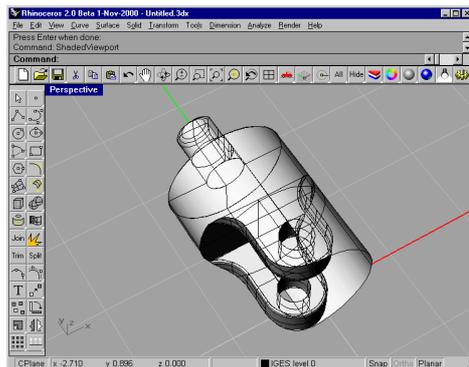
Rhino を使うと、SolidWorks のモデリング機能を、いろいろな形で高めることができます。Rhino を使って行えることは、次の通りです。

- 高度な自由形状のサーフェスの作成



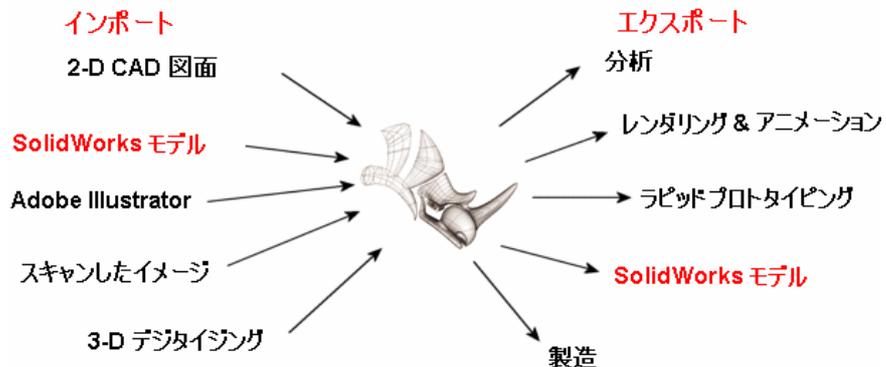
自由形状サーフェス

- IGES ファイルの修正



トリムに問題のある IGES ファイル

- アプリケーション間での 3-D データの変換
- いろいろな供給元からの 3-D データの編集



高度な自由形状サーフェスの作成

Rhino を使うと、非常に正確な自由形状サーフェスやソリッドモデルを作成し、それらを SolidWorks でインポート（読み込む）することができます。これらのモデルは、ボディフィーチャーとして、または参照ジオメトリとして、またはトリムそして置き換えサーフェスとして使うことができます。

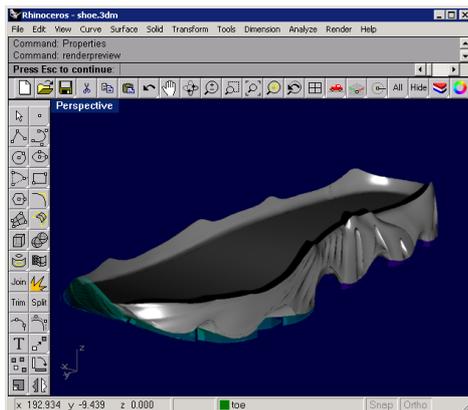
Rhino でのモデリングは、SolidWorks や他のパラメトリックフィーチャーベースのモデラーでのモデリングとは異なります。SolidWorks では、スケッチまたはボディフィーチャーからモデリングを始め、フィーチャーを加えていくことで、コマンド履歴のツリーを作ります。Rhino は、これとは異なり、コマンド履歴のツリーは持たず、また、パラメトリックフィーチャーも持ちません。このことによって、コマンド履歴や埋め込まれたスケッチに捕らわれず、ソリッドや曲線（カーブ）、そして高度なサーフェスを直接操作することができます。曲線は、サーフェスを作成するのに使用することができます。サーフェスは、作成、トリム、マッチ、評価、そして必要なら、結合して開いたまたは閉じたポリサーフェスにすることができます。Rhino は、開いたポリサーフェス、閉じたポリサーフェスの両方を操作できる、ブール演算を含む、多くの曲線そしてサーフェス編集ツールをサポートしています。

閉じたポリサーフェスは体積を定義し、IGES、STEP、ACIS (.sat)、Parasolid (.x_t) ファイルとしてエクスポートでき、ボディフィーチャーとして SolidWorks でインポートすることができます。

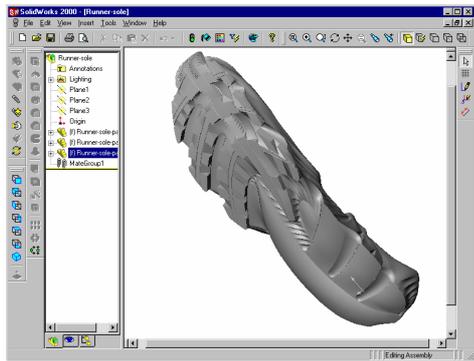
サーフェスと開いたポリサーフェスも SolidWorks でインポートすることができ、厚みを付けてボディフィーチャーにしたり、ソリッドをトリムするのに使用したりすることができます。

クロストレーニングシューズのミッドソール

このクロストレーニングシューズのミッドソールは、Rhino でモデリングしました。サーフェスを結合してできあがった、閉じたポリサーフェスを ACIS (.sat) ファイルとしてソリッドとしてエクスポートし、SolidWorks でボディフィーチャーとして開きました。



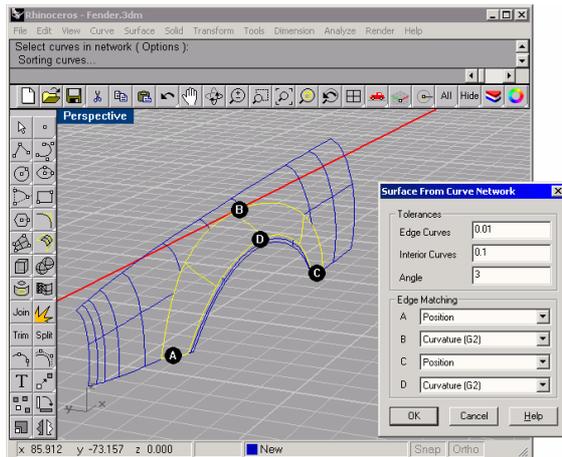
Rhino でのミッドソール



SolidWorks でのミッドソールアセンブリ

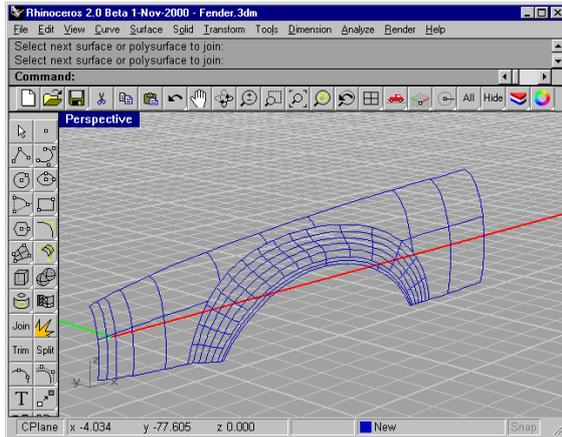
自動車のフェンダー

次の自動車のフェンダーは、Rhino でデザイン、構築しました。この例では、フェンダーの本体と、リップを 2 つの間にある特別なサーフェスで結合しています。このサーフェスは、繋ぎ目が反射に表示されないように、隣り合うサーフェスと曲率の (G2) 連続性を持っている必要があります。Rhino は、ハイエンドで機能豊富なサーフェスマデリングを特徴とし、次の例にあるように、位置、接線、そして曲率合わせを含む評価ツールを備えています。



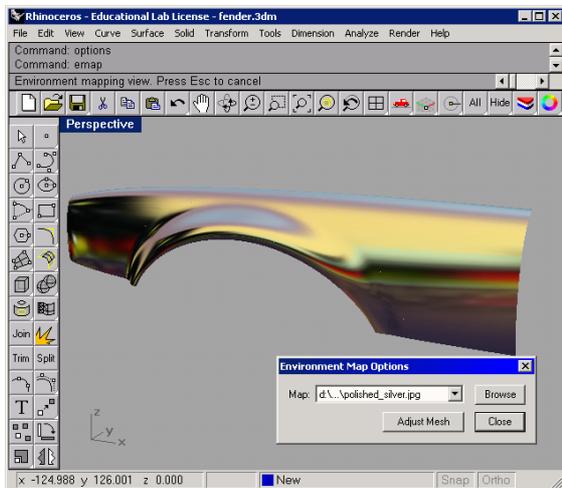
曲線の集まりから作成されたサーフェス

この例では、NetworkSrfコマンドを使用しました。隣り合うサーフェスのエッジと、前もって描いておいた輪郭曲線をコマンドのインプットとして選択しました。輪郭曲線は、コマンドに望ましいサーフェス形状を指示します。BとDの印のついたサーフェスは、曲率（G2）一致に設定されています。G2曲率は、サーフェス曲線の二次導関数がこれらのエッジで等しいことを示します。このことによって、フェンダーの反射に繋ぎ目が表れないことが確実にになります。

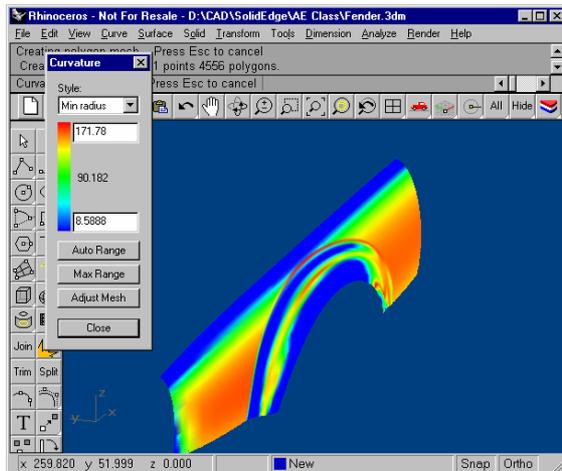


できあがったサーフェス

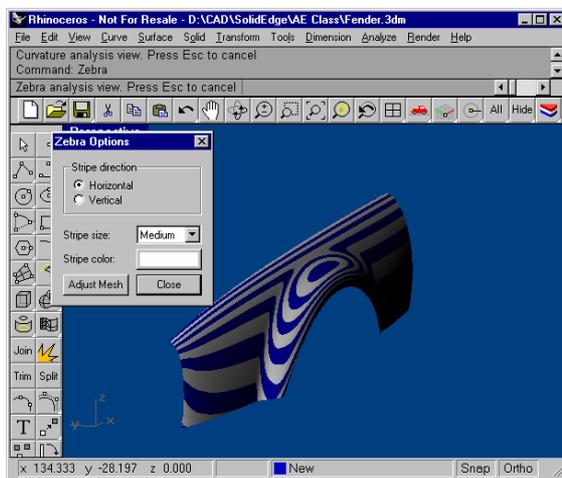
Rhinoには、サーフェスの質を分析するツールがいくつかありますが、そのうちの数個を次に挙げています。反射に中断部分がなく、1つのサーフェスから次のサーフェスへ滑らかに移り変わる様子に注目してください。これはG2曲率連続を示しています。



サーフェス分析に使われた環境マッピング

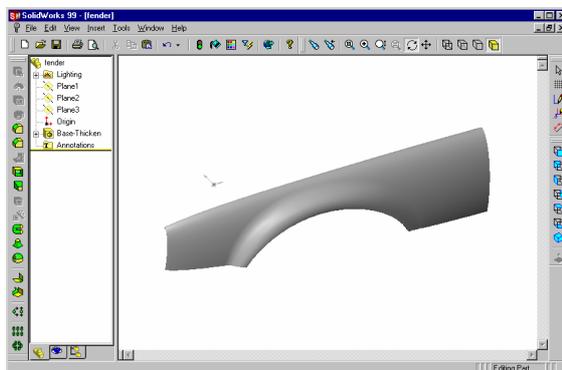


曲率分析がサーフェスの曲率値を色で表示しています。



ゼブラ分析がサーフェスの連続性を表示しています。

Rhinoで作成した特別な G2 サーフェス連続性は、IGES、STEP、Parasolid、ACIS、または Rhino のファイルをインポートする SolidWorks のアドインを使った直接のインポートを通して SolidWorks へ送ることができます。開いたポリサーフェスをインポートし、厚みを付けて SolidWorks のボディフィーチャーにした後の状態は、次の通りです。



SolidWorks のベースフィーチャー

SolidWorks のソリッドを Rhino のサーフェスでトリミングする

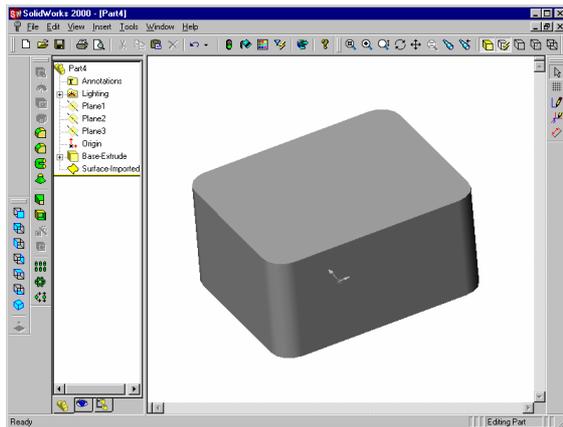
Rhino を SolidWorks と一緒に使うと、Rhino で複雑なサーフェスを作成し、それを SolidWorks でソリッドボディをトリミングするのに使うことができます。これは非常に便利です。この作業は、SolidWorks のコマンド履歴を変えることなく行うことができます。

操作手順は、次の通りです。

1. 参照部品を SolidWorks からエクスポートします。
2. 参照部品を使って、Rhino で自由形状サーフェスをモデリングします。
3. 部品を Rhino ファイルとして保存します。
4. SolidWorks でサーフェスをインポートし、フィーチャーをそれでトリミングするか、サーフェスをそれと置き換えます。
5. Rhino サーフェスを編集し、SolidWorks で再インポートします。

地形のモデル

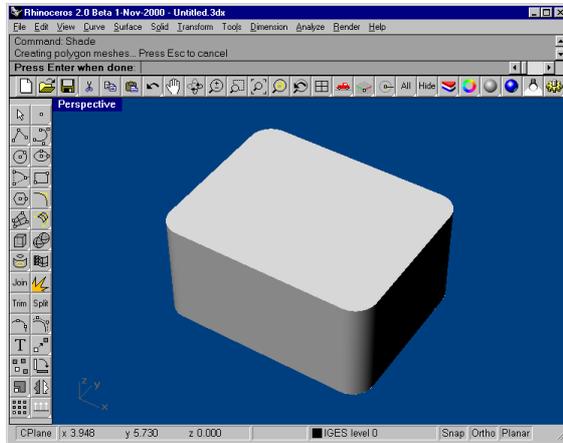
次の例では、Rhino でサーフェスを作り、それを SolidWorks のボディをトリミングするのに使います。Rhino からのエクスポートは、ACIS または IGES ファイルを使用します。



SolidWorks での単純な押し出し

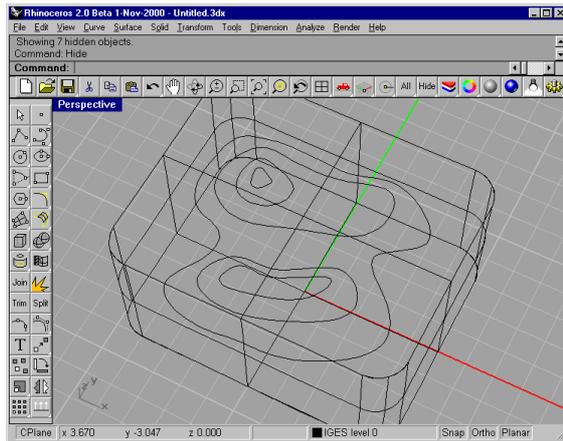
これを IGES または STEP ファイルとして保存し、Rhino で開いて、参照サーフェスとして使用します。

SolidWorks からの IGES または STEP データを使うと、新規 Rhino サーフェスを、SolidWorks で置き換えまたはトリムサーフェスとして使用できるように、正しく作成、サイズ調整、そして配置することができます。



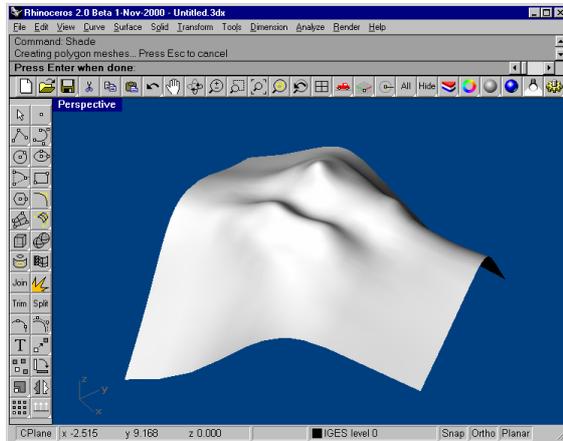
Rhino での押し出しサーフェス

Rhino で、曲線を使い、SolidWorks からの押し出しサーフェスに合う、自由形状サーフェスを作成します。



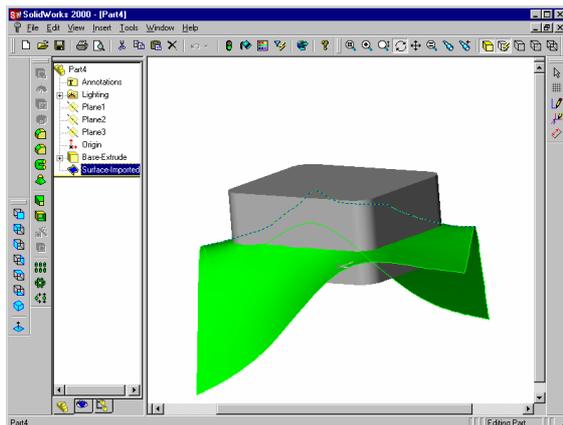
有機自由形状サーフェスを作成するための曲線

Patch コマンドを使って、サーフェスを外形線にかぶせます。

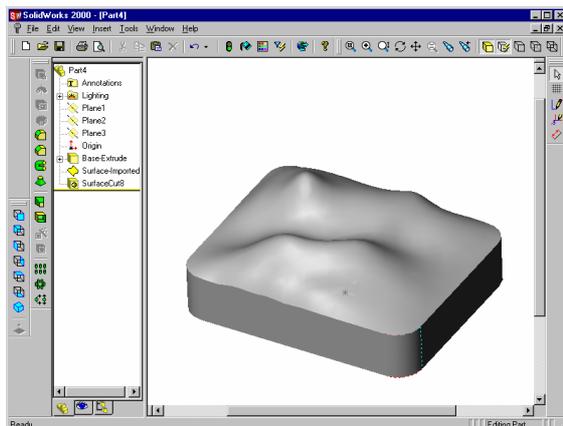


シェーディングされたサーフェス

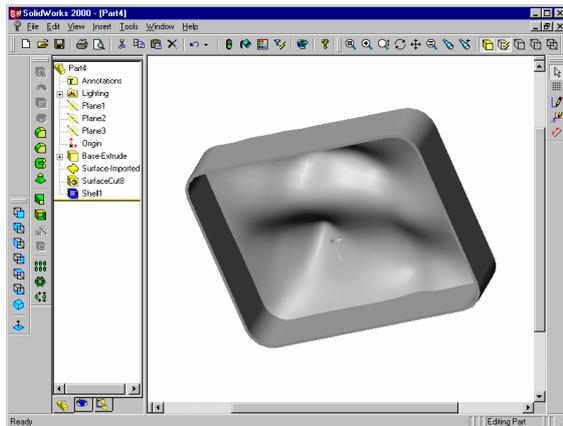
サーフェスをそれ自体のファイルに保存し、SolidWorks で開きます。代わりに、新規サーフェスを ACIS ファイルとしてエクスポートし、SolidWorks でインポートサーフェスとしてインポートすることもできます。



切断面として使用できるようになったインポートされたサーフェス



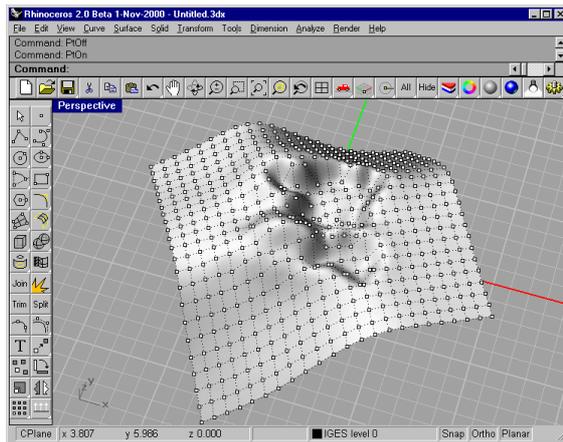
トリムされたベースフィーチャー



ボディをシェル化したものを下から見た図

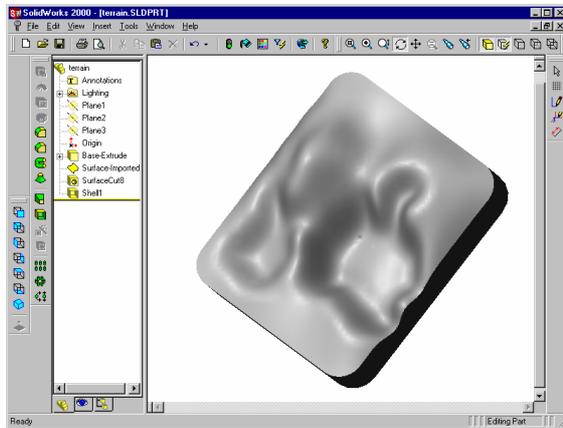
切断面が Rhino で修正され、ACIS (.sat) ファイルが置き換えられ、シェル化ソリッドを作成したコマンド履歴を変更することなく SolidWorks モデルへのリンクが更新されました。

いくつかの制御点を選択し、それらを移動してサーフェスの形状を変更します。



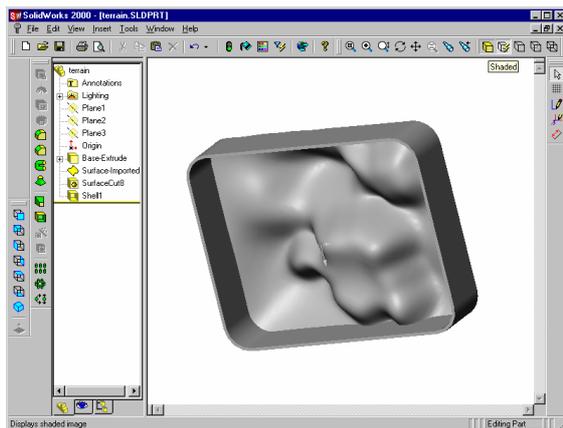
サーフェス形状の編集

サーフェスを IGES、Parasolid、または ACIS ファイルとして保存またはエクスポートします。次にインポートしたサーフェスの定義を SolidWorks で編集します。ここでは、編集された IGES ファイルを選択します。編集されたインポートサーフェスが、読み込まれ、シェルフィーチャーが自動的に再計算されます。



SolidWorks での新規サーフェス

シェル (Shell) コマンドの履歴は、変更されていません。



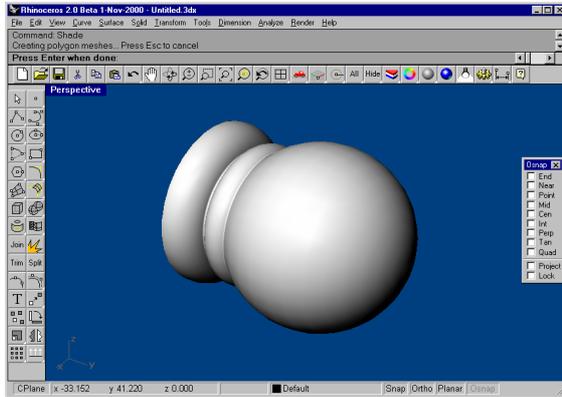
再計算されたシェルフィーチャーを表示した、下から見た新規サーフェス

既存の SolidWorks の部品を編集する

部品を Rhino で変更したものと完全に置き換えることもできます。手順は次の通りです。

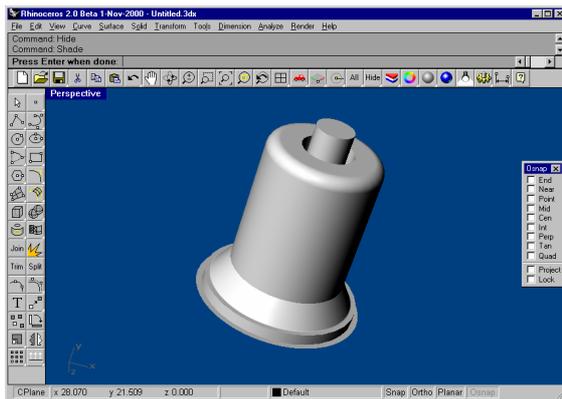
1. SolidWorks から部品を IGES または STEP としてエクスポートします。メモ: IGES エクスポートオプションが、モデリング単位と精密度設定と合うことを確認してください。
2. サイズと位置の情報を維持して、Rhino でそれを開きます。
3. 元の部品から曲線またはサーフェスを取り出します。
4. 新規置き換え部品をデザイン、モデリングします。
5. 置き換え部品を、SolidWorks に再インポートします。

この部品は、SolidWorks のハンドルチュートリアル (Solidworks インストールフォルダ下の samples\tutorial\handle) のドアノブです。下の例では、このノブを IGES ファイル形式で Rhino でインポートしました。この例では、より有機的な形状にするために、ノブを Rhino で編集します。その後、SolidWorks にベースフィーチャーとしてノブを再インポートします。



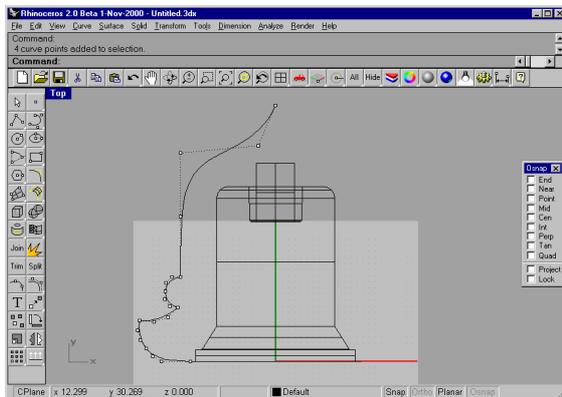
Rhino でインポートされた IGES ファイル

元のノブから、外側のサーフェスを分離して取り除きます。

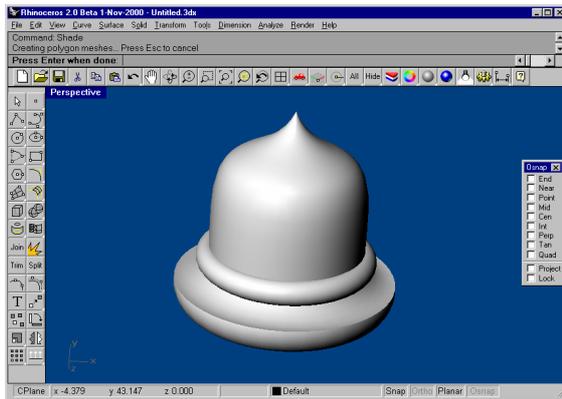


外側のサーフェスが取り除かれたノブ

次の作業は、形状を回転するのに使用する輪郭曲線を構築することです。



制御点がオンの状態で表示された輪郭曲線

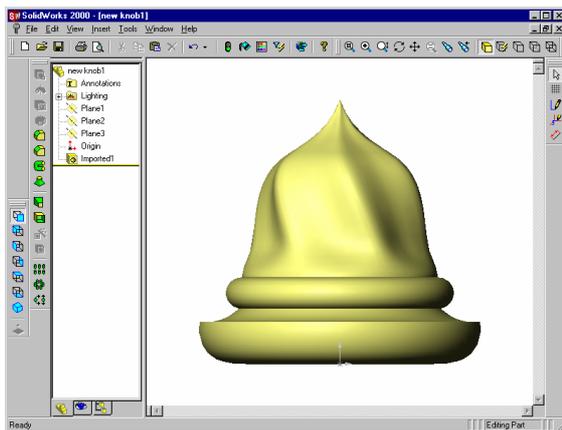


基本的な回転サーフェス

次のステップは、サーフェスを再構築して、後の編集で使用するために制御点を追加することです。この後は、簡単な方法で有機形状を作り出すために、制御点を選択して2-Dサイズ変更し、ツイストして望ましい形状に整えました。

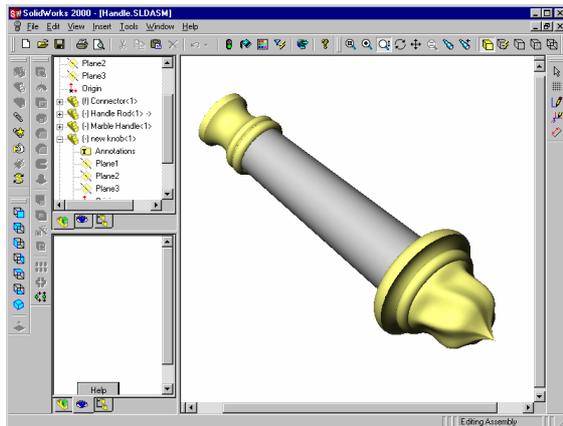


Rhino で仕上げられたノブ



SolidWorks での新規ノブ部品ファイル

部品がアセンブリの中で使用され、ある位置に拘束されている場合は、再デザインされたノブが、古い部品を置き換えます。



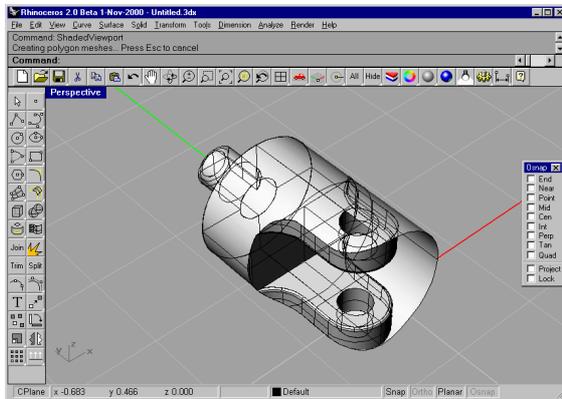
編集されたノブと一緒に表示されたアセンブリ

IGES ファイルの修正

Rhino のファイル変換機能を生かした強力な使い方のひとつに、不完全に書かれた IGES ファイルをきれいに仕上げる機能があります。クライアント（得意先）やサプライヤー（下請け業者、仕入先、納入業者）から、SolidWorks でうまく読み込めない IGES ファイルを受け取れとられた経験がある方も多いでしょう。これは多くの場合、不適切にフォーマットされた IGES ファイル、足りないまたは二重になっているサーフェス、隙間または重複、または悪いサーフェストリミング情報があるのが原因です。Rhino は、これらの問題すべてに打ち勝つ基本的なツールを備えています。問題の数や IGES ファイルのサイズによっては、これは大変時間のかかる作業になる場合もあります。

Rhino では、IGES データがひとつのソリッドである必要はありません。そのため、Rhino は壊れたオブジェクトを飛ばして、しかしすべての点、曲線、そしてサーフェスデータを読みながら、モデルからの有効な情報をできるだけ読み込みます。Rhino は、多くの場合ファイルを読み、問題を自動的に修復します。その後の作業としては、それを IGES または ACIS として保存し、SolidWorks で読み込むことだけです。修復が自動に行われない場合は、足りないサーフェスを補い、問題のあるトリムを修復し、サーフェスの不連続性を修正して、SolidWorks にソリッドモデルをエクスポートすることができます。一般的に、IGES ファイルの中にあるほとんどのデータは、きれいに修復することができます。時によっては、問題が非常に大きく、再モデリングが一番良い方法である場合もあります。このような場合でも、Rhino は元のデザインの目的を維持しながら、再モデリングする際に使用できるアイソパラム、セクション、そしてエッジ曲線を得るツールを備えています。

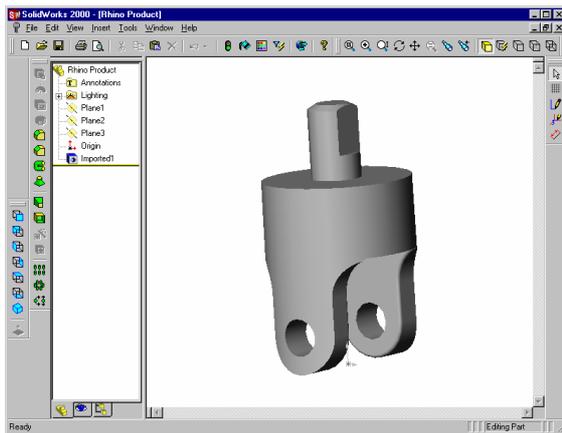
次の例のモデルは、IGES ファイルへのエクスポート時に大きな円柱が適切にトリムされなかったため、SolidWorks にインポートできません。



適切にトリムされなかった IGES ファイル

Rhino で、データを失うことなくファイルを読み込むことができましたが、トリムが自動的に修正されませんでした。

Rhino で、円柱をトリムし、他の部品に結合しました。ACIS ファイルとして部品をエクスポートした後、SolidWorks で読み込みます。



修正され、SolidWorks で問題なくソリッドとして読み込まれた部品

一般的な方法

IGES ファイルを修復する一般的な方法は、それぞれのファイルによって大きく異なります。何回も操作をするうちに、それぞれのアプリケーションからの問題のパターンが分かってくるでしょう。

きれいなファイルで開始する

古い格言で、“An ounce of prevention is worth a pound of cure. (1オンスの予防は、1ポンドの治療に値する。)”とされていますが、IGES ファイルの転送にも同じことが言えます。可能なら、エクスポートをする前にアプリケーションで少しの時間を費やしてファイルを「きれいに」すれば、後のクリーンアップ作業にかかる時間を大幅に節約することができます。ただし、これがいつも役に立つと言うとそうではありません。IGES データを作り出す2つの一般的なアプリケーションは、CATIA と Pro/Engineer です。次の手順と設定は、これらのアプリケーションから IGES データをインポートする際に起こる問題を最小に抑えます。

CATIA

CATIA からは、主にトリム曲線を改善してモデルを準備し、エクスポートしてください。これから紹介する手順は、Rhino をお使い頂いているある会社が、ダウンストリームでのクリーンアップ作業を最小限に抑えるために CATIA で行っていることです。

- 1 変換するモデルを用意するには、volume を使います:
SOLID + EXTRACT + VOLUME
- 2 ソリッドのモデルとすべての関係のないジオメトリをクリーンアップします:
KEEP + SELECT + GEOMETRY + ELEMENT の後、"VOLUME"を選択します。
- 3 境界曲線を再計算します:
古い境界を NO-SHOW から、SHOW に移動させます。
ERASE + NOSHOW // YES:SWAP。 *SPC - *SUR をキーインし、YES:SWAP をして戻ります。
- 4 ERASE し、*SPC - *VOL をキーインします。
- 5 CURVE1 + BOUNDARY し、*FAC をキーインします。
- 6 Run /CLN をして、エラーをチェックします。
モデルを転送する準備が整いました。

Pro/Engineer

Pro/E ファイルの Rhino へのエクスポートを最適化するには:

- 1 Pro/E の“config.pro”ファイルのこれらの設定を使用するか、これらを“rhino.pro”ファイルとして保存し、エクスポートする前に読み込んでください。

```
IGES_OUT_ALL_SRFS_AS 128
IGES_OUT_SPL_CRVS_AS_126 YES
IGES_OUT_SPL_SRFS_AS_128 YES
IGES_OUT_TRIM_XYZ YES
IGES_OUT_MIL_D_28000 NO
IGES_OUT_TRM_SRFS_AS_143 NO
IGES_OUT_TRIM_CURVE_DEVIATION DEFAULT
INTF_OUT_BLANKED_ENTITIES NO
INTF3D_OUT_EXTEND_SURFACE YES
INTF3D_OUT_FORCE_SURF_NORMALS YES
IGES_IN_106_F2_AS_SPLINE NO
IGES_IN_DWG_LINE_FONT YES
IGES_IN_DWG_PNT_ENT YES
IGES_IN_DWG_COLOR YES
FIX_BOUNDARIES_ON_IMPORT YES
```

- 2 余分なデータを非表示 (**Hide**) にするか、削除します。
SelDup コマンドを使って、二重になっている図形を見つけ、余分なものを「二重 (duplicate) レイヤ」に移すか、削除します。余分な図形が後で必要になる場合があります。
- 3 曲線や点を非表示 (**Hide**) にします。
SelSrf を使ってすべてのサーフェスを選択し、選択を反転 (**Invert**) して、それらを他のレイヤに移動します。画面にサーフェスだけが残ります。
- 4 問題があるサーフェスがあるかどうかを確認します。
Check と **SelBadObjects** コマンドを使うと、モデルの中のサーフェスのデータ構造に問題があるかどうかを知ることができます。問題のあるサーフェスは、後で修復できるように「問題のあるサーフェス (bad surface)」レイヤに移動します。
- 5 シェーディング (**Shade**) し、モデルを見て次のことを確認します。
期待した通りに見えますか？明かに足りないサーフェスはありませんか？サーフェスが、本来あるべきのところを超えてその先に延びていませんか？これらを修正するのに必要なトリム曲線は、「二重 (duplicate) レイヤ」に保存されている可能性があります。
- 6 ファイルのプロパティの絶対モデリング許容差を確認します。
許容差は適切ですか？自由形状のサーフェスモデリングでは、モデリングの許容差に、考えて適切な値を設定することが要求されます。NURBS 曲線は、セグメント間の連続性情報を持つノットでつながれた、多項式表現セグメントの鎖のようなものです。これらのセグメントは、指定されたモデリング許容差内で隣り合う曲線にフィットされます。許容差の設定が非常に小さくなると、これらの曲線は複雑になり、システムのパフォーマンスに影響するようになります。お使いのダウンストリームの製造過程によってサポートされていない許容差値に収まるような高い密度の曲線を計算をしても意味がありません。
- 7 サーフェスを結合 (**Join**) します。

結合の際、エッジが指定されたモデリング許容差に収まる場合は、それらに結合されたことを意味する印が付けられます。許容差外にある場合は、それらは結合されません。結合作業によってジオメトリが変更されることはありません。この作業は、エッジを一致するものとして充分扱えるという印をそれらに付けるだけです。コマンドラインの結果を見てください。思った通りの数のポリサーフェスを得ることができましたか？時として、IGES ファイルをインポートすると、同じサーフェスが二重になっていることがあります。通常、そのうちの1つには問題がなく、もう1つは内側のトリムがない状態になります。**Join** を行う際は、2つのサーフェスのうちコマンドがどちらを選択するのかをコントロールすることはできません。これをテストするには、2つのオープン (naked) エッジを結合してみてください。近くのあるべき場所にオープンエッジがない場合、結合を元に戻し (**Undo**)、二重になっているサーフェスのうち、より不完全な方のサーフェスを削除し、**Join** をもう一度行ってみてください。

8 オープンエッジをチェックします。

オープンエッジとは、何とも接続されていないサーフェスエッジです。結合の処理中、それらは指定されたモデリング許容差よりもより離れていたのです。これは最初のモデリングが雑に行われたため、インポートされた IGES ファイルの許容差の設定が誤ってされたため、または二重になっているサーフェスが原因の場合があります。**ShowNakedEdges** コマンドを実行した時に、多くのオープンエッジが表示された場合は、結合を元に戻し、絶対許容差を緩めることを考えてください。元のモデリングはより緩い許容差で行われたのに、エクスポートの際の設定がよりきつかった可能性があります。

メモ: かなり再モデリングしないと、サーフェス間の許容差適合は改善できません。

9 オープンエッジを結合するか、再モデリングします。

オープンエッジの結合は、後に良い結果を生み出すこともあり、そうでない場合もあります。それゆえに、ダウンストリームで問題を引き起こす場合もあります。エッジを結合する理由が、ソリッドとして SolidWorks に後でインポートするためか、STL ファイルを作るなどのメッシュ操作のためなら、**JoinEdge** コマンドを使用することは一般的に問題は引き起こしません。後でセクションを切る場合なら、許容差外で結合されたエッジを交差するので、セクションには隙間ができます。埋められる隙間は、結合の前に表示されます。隙間が許容差設定の 2 倍以下なら、心配しないで作業を続けてください。隙間が大き過ぎる場合は、サーフェスを編集するか再構築して隙間を狭くすることを考えてください。**Join** および **JoinEdge** は、サーフェスジオメトリに変更は加えません。これらのコマンドは、指定されたまたは優先される許容差内でエッジを一致することができる場合に、それらに印を付けるだけです。

10 問題のあるサーフェスを修復します。

問題のあるサーフェスを一度に 1 つ修正し、それらをポリサーフェスに次々に結合してまとめる (**Join**) のが一番良い方法です。**Check** をパスしない原因になっている問題を修正できる方法を、一番無難な方法から、最も思いきった方法まで、次に順番に挙げていきましょう。

- エッジを再構築する
- トリム曲線を分離し、再トリムする
- サーフェスを再構築する

- サーフエスを構築する – 周辺のサーフェスからエッジを取り出し、問題のあるサーフェスを通してセクションを切り、集めた曲線から置き換えるサーフェスを構築する

サーフェスから、*tedge* (トリムエッジ) が G1 でないというメッセージが表示され、**Check** をパスしない場合、この (あまり重要でない) エラーは無視して構いません。気になる場合は、複数のスパンサーフェスをノット上で分けるとよいでしょう。

11 問題のあるオブジェクトをチェックします。

Check をパスしたサーフェスの結合が、結果として **Check** をパスしないポリサーフェスになることが時々あります。これは一般的に、モデリング許容差より短いトリム曲線またはエッジの非常に小さいセグメントによって引き起こされます。隣接するサーフェスを取り、それらをチェックし、境界の曲線を編集して、これらの小さいセグメントを取り除き、それらを再度結合してまとめます。**Check** をパスするオープンエッジのない閉じたポリサーフェスができれば終わりです。サーフェスを結合、修正中は、**Check** を時々実行するとよいでしょう。

12 エクスポート

IGES ファイルが修復され、きれいになったので、それを IGES、Parasolid、または STEP としてエクスポートし、SolidWorks でインポートすることができます。Parasolid は、ファイルをリンクするには望ましい形式ですが、他のファイル形式が便利な場合もあります。Parasolid の「世界」は、 $10 \times e6$ の精度で、0,0,0 を中心とし、3つの軸方向に 1000 メートルに伸びる領域として定義されます。すべての Parasolid の計算は、メートルに変換され、この「世界」の中に収まらなければなりません。モデルが空間に置かれ、この境界枠を超える大きさに設定されている場合は、変換の際に生じる問題を避けるために、それを原点に近づける必要があります。

アプリケーション間で 3-D データを変換する

Rhino は、強力なファイル変換ツールとして使用することもできます。Rhino を使うと、レンダリング、アニメーション、製図、エンジニアリング、分析、そして製造用アプリケーションと、正確に 3-D モデルを共有することができます。

サポートされているファイル形式は次の通りです。

DWG/DXF (AutoCAD 2000、14、13、および 12) 、SAT (ACIS) 、X_T (Parasolid) 、3DS、LWO、STL、STEP、OBJ、AI、RIB、POV、UDO、VRML、BMP、TGA、JPG、CSV (エクスポートプロパティおよび流体静力学計算データ)

IGES (Alias、Ashlar Vellum、AutoFORM、AutoShip、Breault、CADCEUS、CAMSoft、CATIA、Cosmos、Delcam、FastSurf、FastSHIP、Integrity Ware、IronCAD、LUSAS、Maya、MAX 3.0、Mastercam、ME30、Mechanical Desktop、Microstation、NuGraf、OptiCAD、Pro/E、SDRC I-DEAS、Softimage、Solid Edge、SolidWorks、SUM 4、SURFCAM、TeKSoft、Unigraphics)

一般的に使われるファイル形式のほとんどがここに挙げられていますが、新しいファイル形式も必要に応じて Rhino に追加していきます。

これらのファイル形式を使用して、ほとんどどのような供給元からのスケッチ、図面、または 3-D モデルでも、SolidWorks で既にモデリングした部品を含むモデルのベースとして使うことができます。

3-D デジタイザを使用してデータを収集する

Rhino は、MicroScribe、そして Faro Space Arm デジタイザと直接接続してデータを収集したり、製品を逆行分析（リバースエンジニアリング）するのに使用することができます。



MicroScribe および Faro Space Arm の 3-D デジタイザの直接サポート

SolidWorks のコンパニオンとしての Rhino

Rhino を IGES ファイルの修正のためのコンパニオンアプリケーションとして、ファイル変換ツールとして、非常に正確な複雑なサーフェスを作成するツールとして使い、また様々な供給元からのデータを使用することによって、SolidWorks の力を大幅に伸ばすことができます。この文書を読んで頂いて、自由形状の工業デザインを可能にすることで Rhino が SolidWorks の限界をどのようにより伸ばすのか、また Rhino を使うことで、難しいモデリングに直面した時にどのようにそれを解決していくのかを基本的に理解して頂いたことと思います。Rhino 特有の 3DM ファイルを直接開くための新しい SolidWorks のアドインを使えば、これをよりいっそう簡単にすることができます。詳しい情報、および、フル機能評価版をダウンロードするには、www.rhino3d.co.jpを参照してください。