

リバースエンジニアリング事例紹介

■はじめに

当センターでは、各種形状測定機器を用いた依頼試験を実施しております。

今回は、昨年度導入されました「ハイブリッドデジタル化システム」を用いた形状のデジタル化及びそのデジタル化データからのリバースエンジニアリングの事例について紹介させていただきます。

■使用機器

三次元測定機 : Crysta-Apex C121910 + レーザプローブ LC-60D

CAD : Rapidform (ポリゴン編集、モデリング)



図 ハイブリッドデジタル化システム

<主な仕様>

- ・測定範囲 X×Y×Z : 1200 mm×1900 mm×1000 mm
- ・最大許容指示誤差 (MPPE) : $2.3 + 3L / 1000 \mu\text{m}$ (L : 測定長 mm)
- ・レーザプローブ精度 : $\sigma = 15 \mu\text{m}$

■リバースエンジニアリング対象

- ・リバースエンジニアリング対象はファン形状のサンプルです



図 ファン形状サンプル

この製品の特徴としては、翼面部が自由曲面形状であることと、回転対称形状であることが挙げられます

リバースエンジニアリングでの主な事例は次の通りです

- ・過去の二次元図面から金型を作成したものの同様の形状の製品が再現できない
- ・そもそも製品図面が存在しないため、現物からの CAD データ化を行いたい
- ・現状の製品は金型を修正したものであり、この製品及び金型データを CAD データ化しておきたい

■リバースエンジニアリング手順

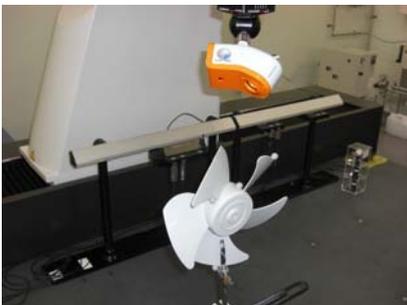
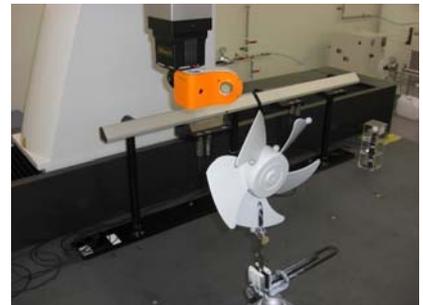
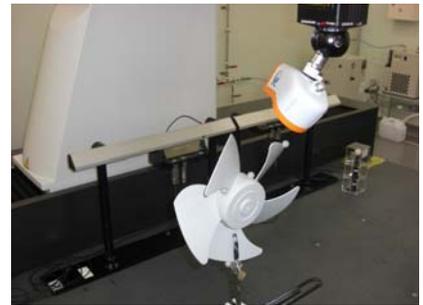
(1) ワークの処理



図 測定ワーク

- ・レーザープローブは、測定対象からの乱反射光を検出するため、測定対象（以下、ワークという）表面が黒色及び光沢面を苦手とします
- ・その場合、白色のパウダーを塗布します
- ・今回のワークは若干光沢がありますので、白色パウダー（製品名：スポットチェック等）を塗布します

(2) ワーク測定



- ・三次元測定機の首振り機能を使用し、ワークの配置を変更することなく、多方向から測定を行います
- ・その際、測定対象面に面直にレーザを照射されるよう測定を行います
- ・本測定機では検出器となるカメラの補正を行いますので保証精度のレベルでは問題ありませんが、カメラの検出による誤差を低減するために、カメラ視野の中央付近にて測定を行うことでさらに品質の良い点群が得られることもあります

(3) データ処理

① STL データの作成

- ・得られる形状データは、XYZのASCIIデータ(txtデータ)となります

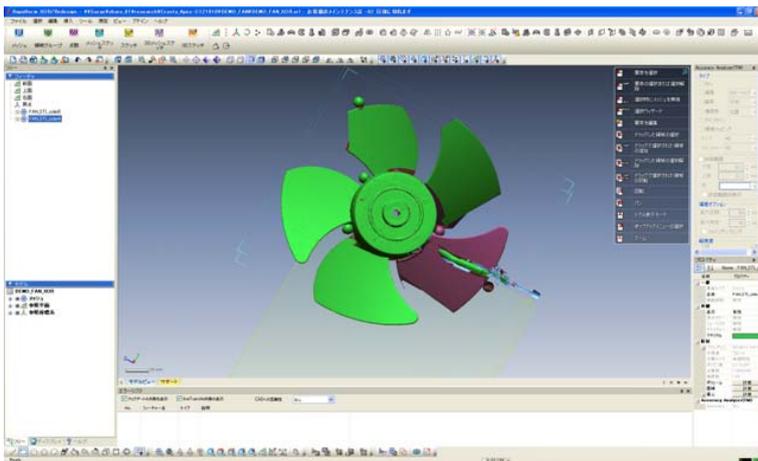


図 取得データ (STL 処理後)

- ・適当なフィルタリング処理 (間引き、ノイズ除去) を実施します
- ・STLデータ化します
- ・データは点群ですが、STLデータ化 (ポリゴンデータ化) することで、面形状のように見えます

② データの抽出

- ・本ワークは回転対称体でありますので、1つの翼面を回転コピーすることで最終形状へと仕上げます
- ・そのため、1つの翼面のみのデータを抽出します

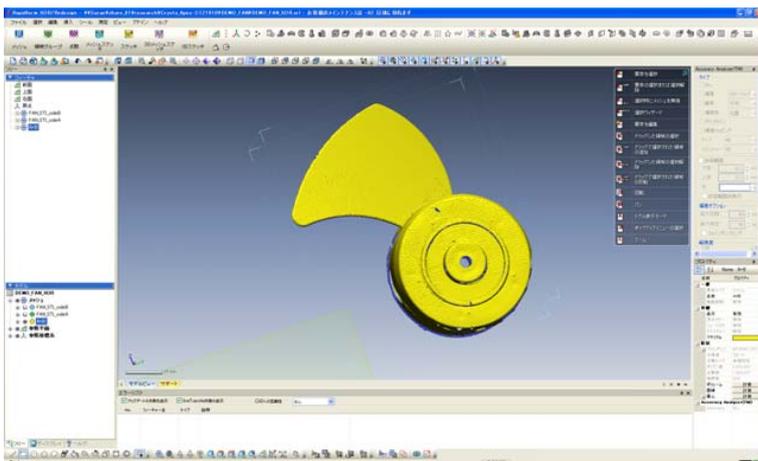


図 抽出されたデータ

③ 特徴形状の抽出

- ・Rapidformの機能を使用し、特徴形状にてSTLデータの領域分けを行います
- ・これにより、平面や円筒等の幾何形状や、翼面の自由曲面形状のデータの抽出を可能とします

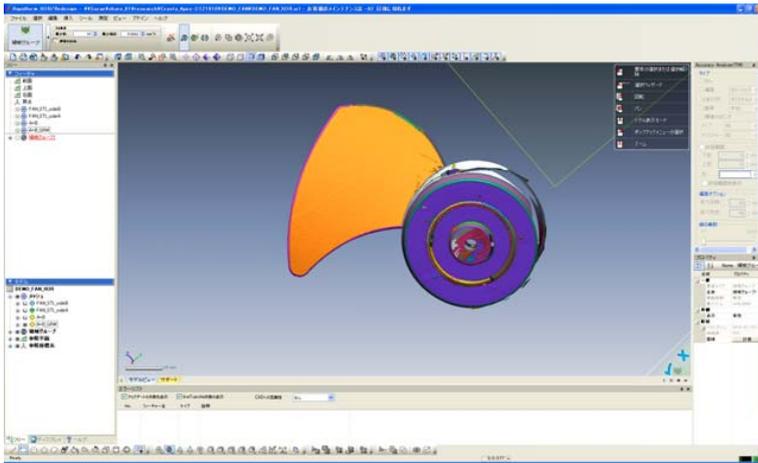


図 特徴形状を領域分けされたデータ

④ 位置合わせ

- ・本ワークは回転対称体です
- ・そのため、回転軸となる幾何要素を用いてデータの位置合わせを実施します
- ・本来は、取り付け部分となる円筒軸部分での位置合わせを行うべきですが、円筒範囲が小さいため位置合わせ誤差による回転軸の傾きが懸念されます
- ・今回は外周円筒を用いて回転軸を作成します
- ・但しこの場合は、取り付け部分とこの外周円筒軸とがほぼ一致していることが必要になります
- ・例えば三次元測定機を併用し、別途評価を行うことで位置合わせの妥当性を確認します

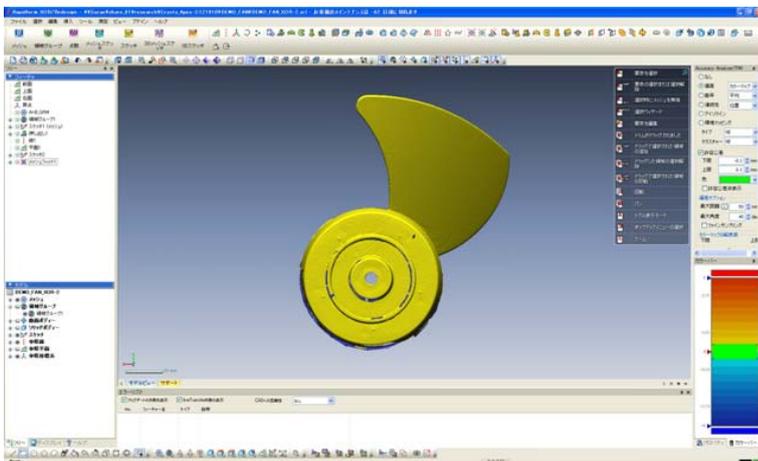


図 位置合わせ後のデータ

⑤ 翼面の作成

⑤-1 翼面部の基本形状の作成

- ・翼面の輪郭形状を回転軸方向に押し出して翼面の基本となる形状を作成します

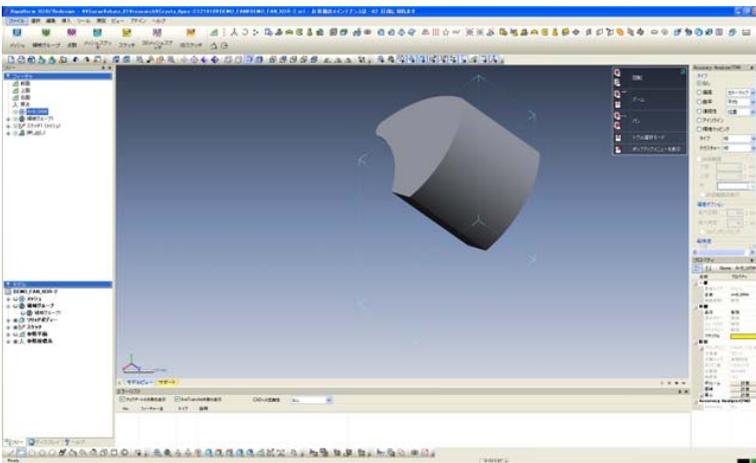
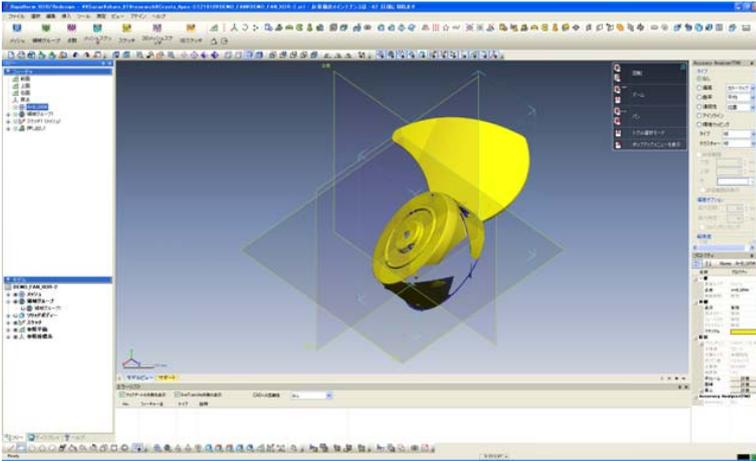


図 翼面輪郭形状の押し出し

⑤-2 翼面（自由曲面形状）の作成

- ・領域分けされた自由曲面形状部分にフィットする曲面を作成します

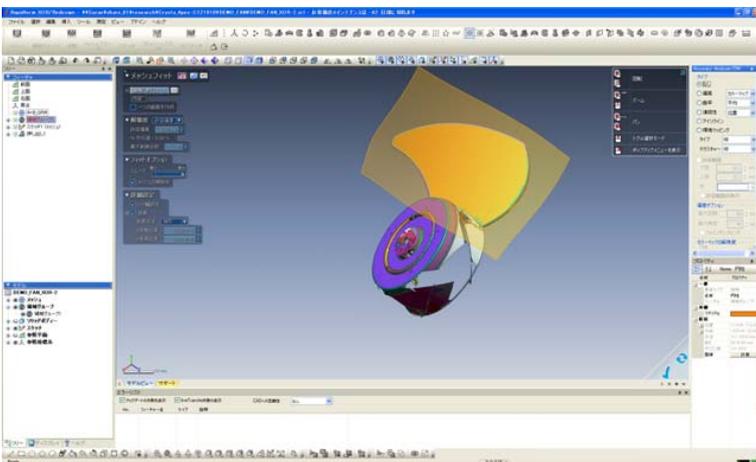


図 フィット曲面の作成

- ・曲面の制御点数を調整し、目的とする形状に合わせた曲面を作成します
- ・この際、曲面のなめらかさを重視するか、実物形状の再現性を重視するかで制御点等の曲面生成パラメータを設定します
- ・作成された曲面と測定データとを照合し、誤差量を確認しながら調整を行います
- ・一概に決定できるものではありませんので、顧客と十分な協議を行った上で決定致します

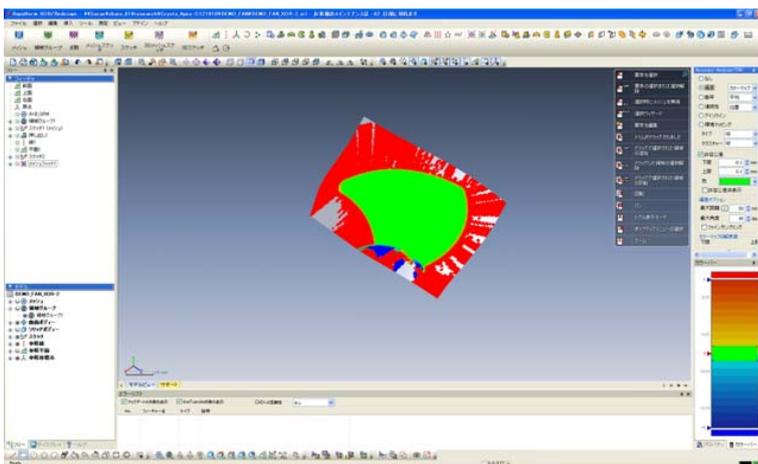
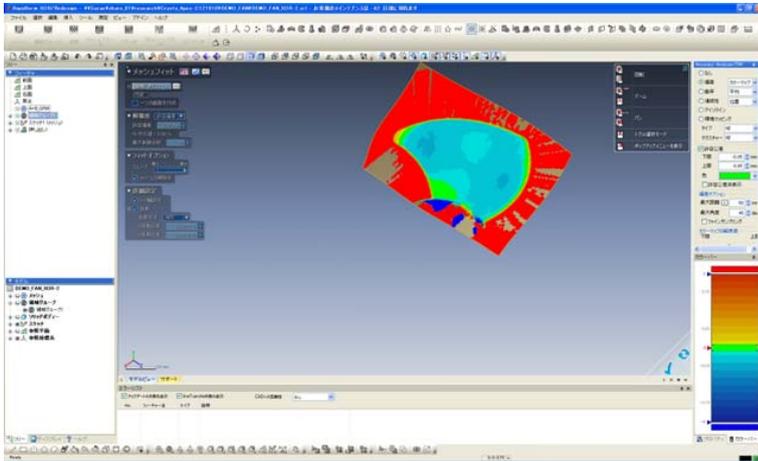


図 作成された曲面と測定データとの誤差カラーマップ

- ・同様に、反対面の翼面についても曲面を作成します

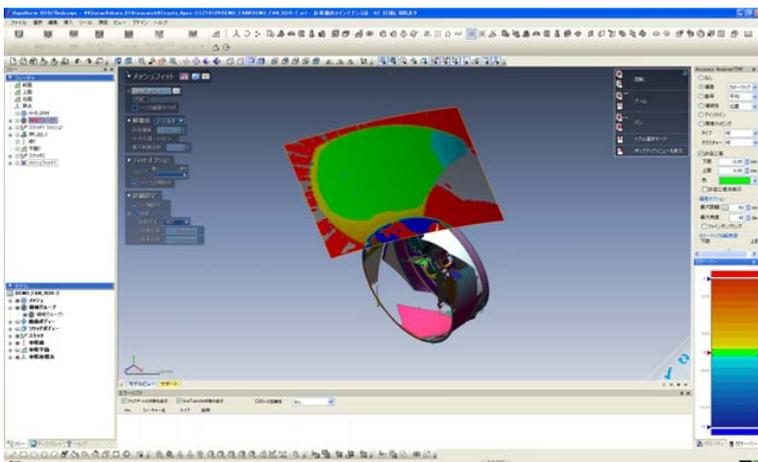


図 曲面の作成（反対面）

⑤-3 翼面部の作成

- ・⑤-1 で作成された基本形状を⑤-2 で作成された翼面の曲面にてカットすることで翼面部を作成します

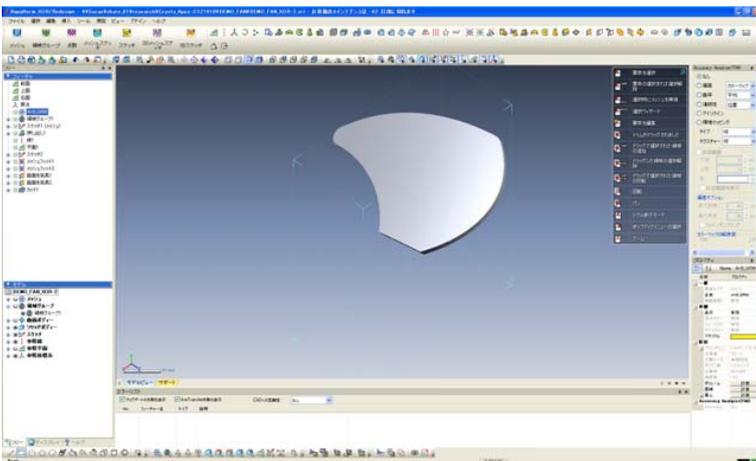
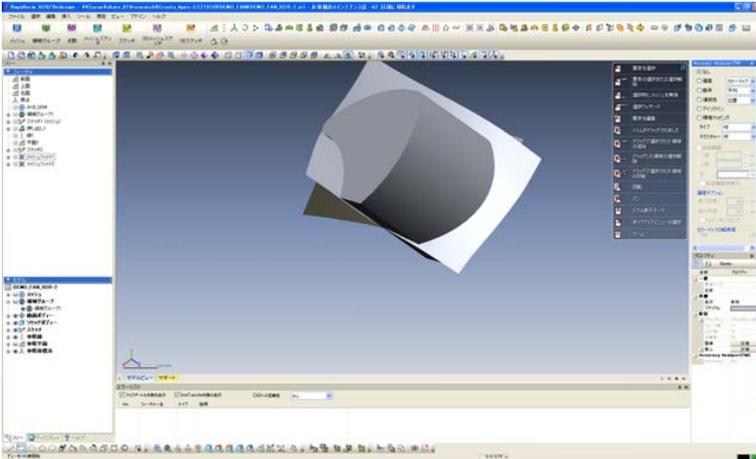


図 翼面部の作成

⑥ 円筒部分の作成

- ・円筒部分については、任意の断面形状を作成し、それを回転させることで作成します

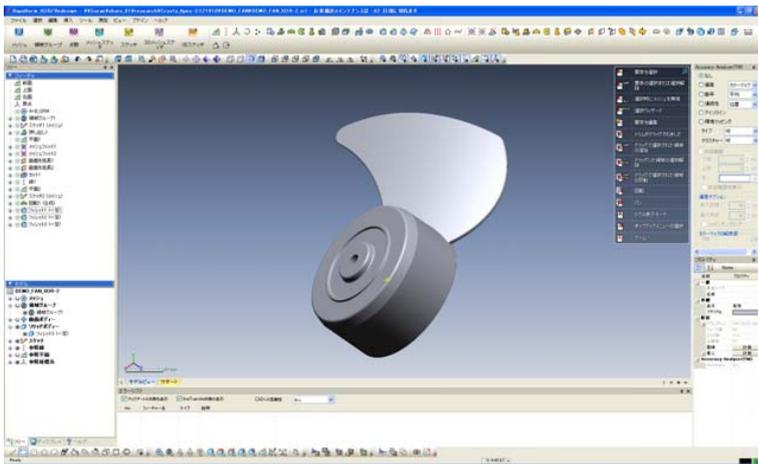


図 円筒部分の作成

⑦ フィレット処理

- ・⑤で作成された翼面部の角形状及び⑥で作成された円筒部分にフィレット処理を行います
- ・R の値は、R ゲージにより測定したり、より詳細な形状の再現を行いたい場合は輪郭形状測定機等を用いた測定を行うことで決定されます
- ・あるいは、狙いとする設計がある場合はその R の値を採用します

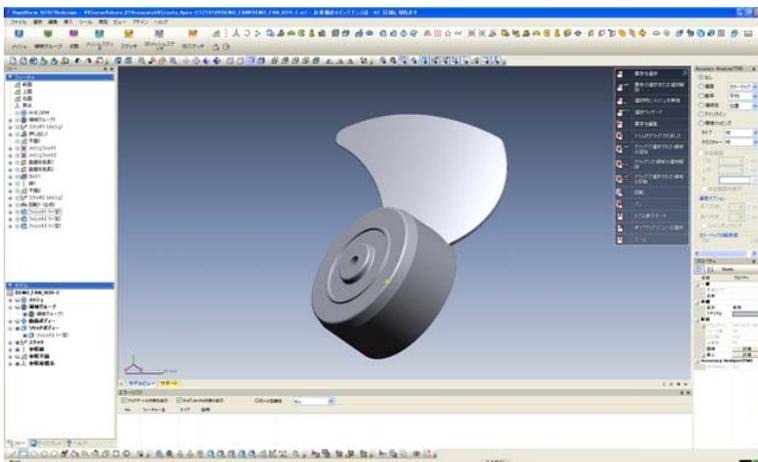


図 フィレット処理

⑧ データの確認

- ・作成されたデータと測定データとを比較し妥当性を確認します
- ・今回の例では、誤差カラーマップにおいて、測定データと作成されたデータとの差異について±0.1 mm の範囲を緑色で表示しています
- ・作成されたデータの部分が±0.1 mm に入っており、作成されたデータが妥当であると判断します
- ・今回は測定データと作成されたデータとの差異を妥当性確認のための判断基準としましたが、例えばなめらかさを重視した場合や、目的とする設計値に変更してのデータ作成の場合はこの限りではありません

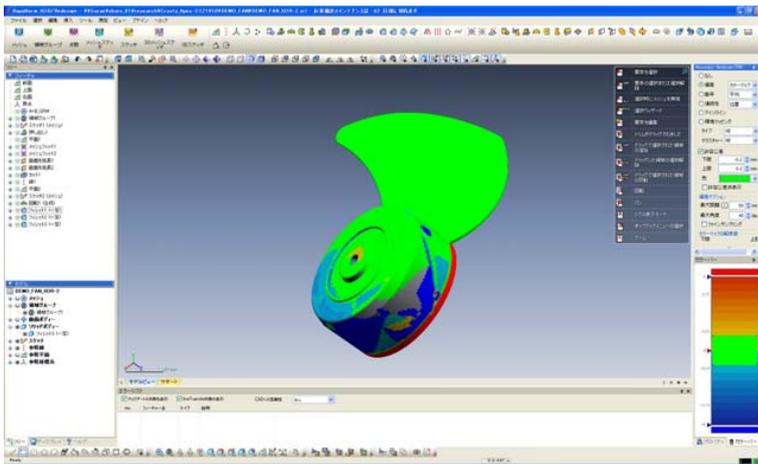


図 データの確認（測定データと作成されたデータとの差異の誤差カラーマップ）

⑨ 翼面のコピー

- ・翼面部は回転対称体でありますので、回転コピーすることで製品形状へと仕上げます

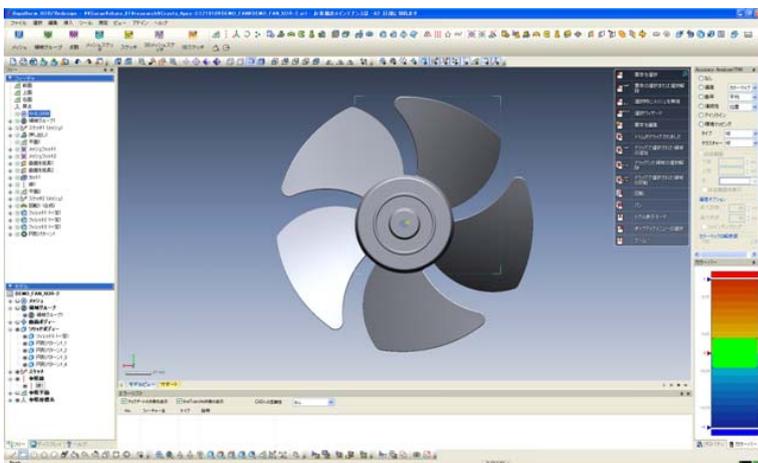
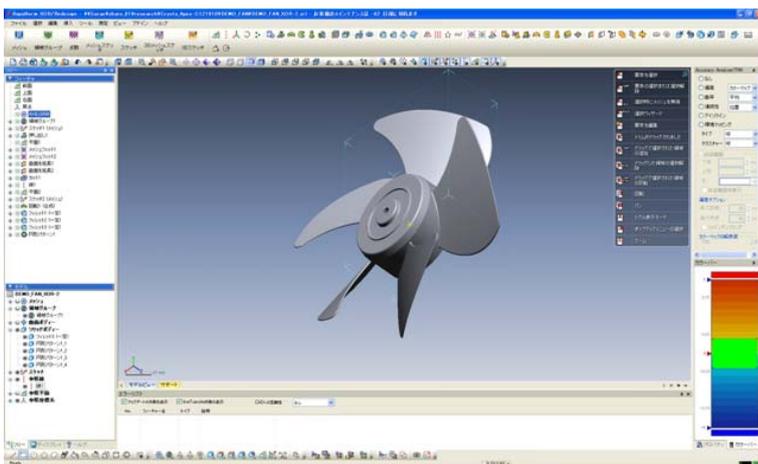


図 翼面部の回転コピー

- ・以上でファン形状のリバースエンジニアリングは完了です

- ・今回はソリッドデータとして作成しましたので、STEP、Parasolid 形式や、Igs 等の形式でのデータの提供が可能です

⑩ データの提供

- ・今回の事例ではソリッドデータまでの作成を行いました
- ・作業の紹介の通り、ほぼ全て手作業でのデータ作成となります
- ・そのためデータ作成についてはスキルと時間を要します
- ・皆様において今回のようなリバースエンジニアリングを行いたい場合は、例えば、STL データのみ、曲面形状のみ、あるいは、座標系に直交した断面カーブのみといった部分的あるいは段階的なデータを提供することも可能です

■その他の利用

- ・ハイブリッドデジタルシステムでは、比較的高品質な点群の取得が可能です
- ・そのため、従来接触式の三次元測定機にて離散的な点により形状評価を行っていたものや、自由曲面形状等の評価への適用も可能です
- ・設計値 CAD データが存在する場合は、その CAD データと測定データとを照合することで誤差カラーマップとして全体形状を評価することも可能です
- ・形状データを CAD に取り込むことで、評価の自由度が向上します
- ・従来あきらめていた評価へも対応できる可能性があります

※リバースエンジニアリングや形状評価等でご相談がございましたらお気軽にご相談下さい