

平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「薄肉・中空形状及び一体化・複雑形状部品の
多軸複合加工機による加工法の開発に資する切削技術の高度化」

研究開発成果等報告書

平成25年3月

委託者 近畿経済産業局

委託先 株式会社大日製作所

目次

第1章 研究開発の概要

- 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標
- 1-2 研究体制(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)
- 1-3 成果概要
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

- 2-1 非接触3次元デジタイザによるワーク測定への対応
- 2-2 ワークの形状に適応した加工プログラム補正値の算出への対応
- 2-3 補正値を加工プログラムに反映させて加工する手法の開発への対応

第3章 応用開発の可能性

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

① 研究開発の背景

現在、航空機メーカーやエンジンメーカーは、エアラインからの強い要請を受け従来よりも低燃費での運行を可能にする機体やエンジンの開発に力を注いでいる。エアラインは、機体重量を軽減することで、航続距離の延長、有償重量の増加、搭載燃料の低減を実現し、運用コストを削減したいと要望している。

そこで、燃費向上につながる部品の開発・設計・製造を日本の川下製造業者が独自に低価格・短納期で実現することができれば国際競争力を得る大きな要因となる。

② 研究目的および目標

航空機の燃費を向上させるために「機体重量の軽減」を実現するための1つの方策として、本研究開発の主な対象である構造部品の「一体部品・複雑形状化」や「薄肉・中空形状化」によって軽量化を図る方法がある。

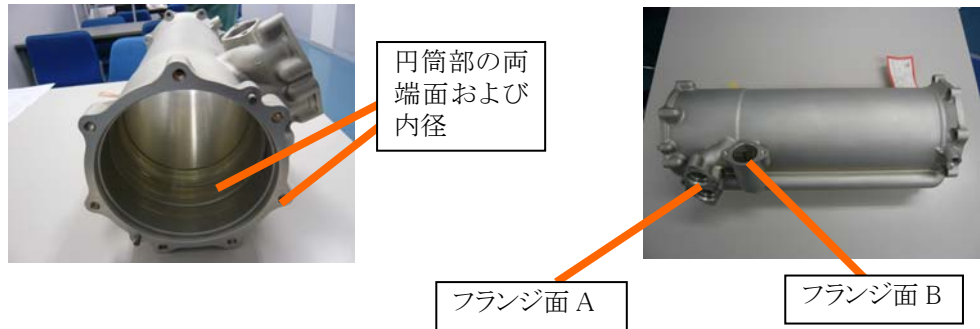
このとき薄肉・中空形状部品や一体化・複雑化形状部品を加工するにあたり、鋳物素材の場合は形状の個体差が存在しているため、従来の機械加工手法ではケガキなど作業者の手作業による形状把握が必要となっていた。そのため段取の回数が多く、段取時間に多大な時間を消費することになり、コスト面で大きな負担となっている。

また、ここ数年、手作業による段取回数を減少する手段として同時5軸制御機械加工機を代表例とする多軸複合加工機が普及しつつある。しかし手作業中心の段取ではその優位性を活用した機械加工ができないため、たとえ多軸複合加工機を使用して加工したとしても多大な工数を要している。

そこで、現在手間をかけて行っているケガキなどの手作業を、多軸複合加工機や非接触3次元デジタイザを使用して自動化し、段取時間及び加工時間を大幅に削減する技術を確立する。

具体的には下記の通り、マトリックスハウジングを題材に技術的目標を設定した。

マトリックスハウジング加工箇所



サブテーマ	技術的目標値(※については次表を参照)
① 非接触3次元デジタイザを利用した、短時間で効果的な鋳物形状の機上測定手法の開発	段取①-1(※)を 25 分で完了すること
② 鋳物形状の測定結果を3次元 CAD モデルと比較解析して加工プログラムの補正値を算出する方法の開発	段取①-2(※)を 15 分で完了すること
③ サブテーマ②で算出した補正値を加工プログラムに反映させて加工する手法の開発	段取②(※)を 10 分で、加工①(※)を 15 分で完了すること
すべてのサブテーマの研究開発を終えた上で右記目標を達成することが必要である	以下の事項を実現すること <ul style="list-style-type: none"> ・ 段取回数を 3 回に削減する ・ 総段取時間を、従来比 30%となる 1 時間に削減する ・ 総加工時間を、従来比 40%となる 40 分に削減する

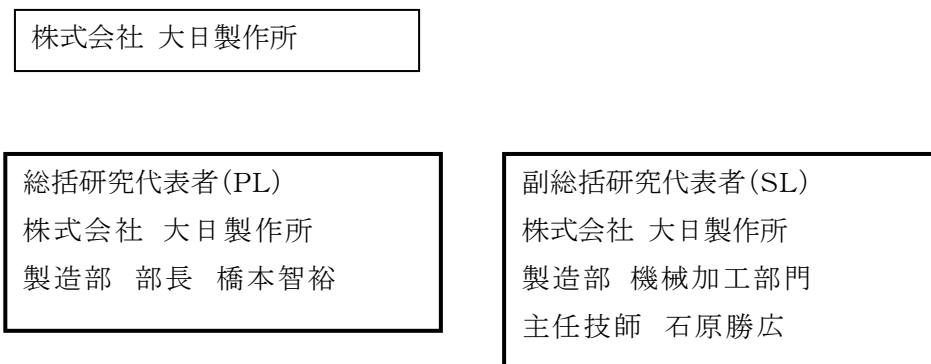
<技術的目標値を実現する工程>

工程	使用機械	作業内容
段取①-1	手作業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋳物素材を多軸複合加工機のテーブル上に設置し、非接触 3 次元デジタイザにて形状を測定する。 ・ 形状解析ソフトウェアにより、測定結果と加工完成品の 3 次元 CAD モデルとを比較し、円筒部両端面や内径、円筒部に対するフランジ面 A 及び B の位置を確認する。

段取①-2	手作業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋳物形状に適合した加工プログラム補正値を算出する。
段取②	手作業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3次元 CAD モデル通りの素材を想定した加工プログラムに対し、加工機の軸設定に応じた補正値を反映させる。
加工①	多軸複合加工機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 片側端面・フランジ面 A・フランジ面 B をフライス加工する。 ・ 内径部一部をボーリング加工する。
段取③	手作業	段取②にて加工した端面を基準にして、鋳物素材を旋盤にセット
加工②	旋盤	反対側端面及び残り内径部を加工する。

1-2 研究体制

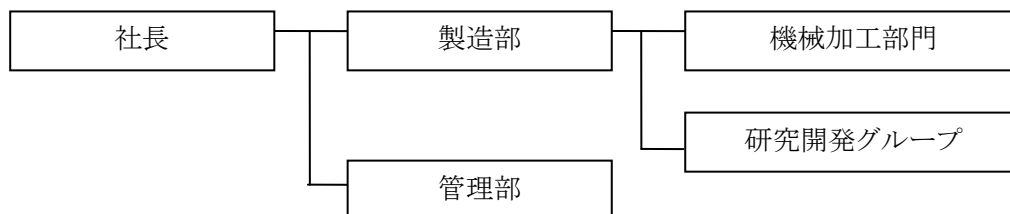
① 研究組織(全体)



② 管理体制

1. 事業管理機関

[株式会社大日製作所]



2. 管理員及び研究員

【事業管理機関】株式会社大日製作所

①管理員

氏名	所属・役職
橋本 智裕	製造部 部長

②研究員

氏名	所属・役職
橋本 智裕	製造部 部長
石原 勝広	製造部 機械加工部門 主任技師
深尾 巖	製造部 機械加工部門 技師
生田 浩二	製造部 研究開発グループ 研究員
森川 聡	製造部 研究開発グループ 研究員

3. 協力者

住友精密工業株式会社 航空宇宙熱制御システム部 生産企画課 マネージャー 前川
展禎

1-3 成果概要

平成22年度から24年度までの3年間における研究開発成果概要は以下のとおりである。

- ① サブテーマ①「非接触3次元デジタイザを利用した、短時間で効果的な鋳物形状の機上測定手法の開発」について
 1. 3次元デジタイザのスキャン方法について、様々な視点・論点から試行錯誤を行った結果、測定データの解析クオリティを一定に保ちながらも段取時間短縮に寄与する短時間でのスキャン測定に関する成果を得た。
 2. 技術的目標値として設定していた「段取①-1を25分で完了すること」を達成することができた。

- ② サブテーマ②「鋳物形状の測定結果を3次元 CAD モデルと比較解析して加工プログラムの補正値を算出する方法の開発」について
 1. ワーク測定用専用治具を使用してスキャンした測定データと CAD モデルとを比較し、加工時の補正値算出することができた。
 2. 技術的目標値として設定していた「段取①-2を15分で完了すること」を、当初目標を上回る10分にて達成することができた。

- ③ サブテーマ③「サブテーマ②で算出した補正値を加工プログラムに反映させて加工する手法の開発」について
1. 当初の予定通り、補正値を加工プログラムに反映させる補正値入力用プログラムを開発し、多軸複合加工機による実加工および完成品形状検証を完了することができた。
 2. 技術的目標値として設定していた「段取②を10分で、加工①を15分で完了すること」を達成することができた。
- ④ 上記サブテーマ①から③の達成により、結果として全体目標として設定していた「段取回数を3回に削減する」「総段取時間を、従来比30%となる1時間に削減する」「総加工時間を、従来比40%となる40分に削減する」をすべて達成することができた。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

株式会社大日製作所

製造部 部長 橋本智裕

t-hashimoto@dainichiss.co.jp

住所 〒676-0815 兵庫県高砂市阿弥陀 1-13-12

電話 079(447)4561

FAX 079(448)8001

第2章 本論

2-1 非接触 3次元デジタイザによるワーク測定

非接触 3次元デジタイザによって鋳物形状について偏肉状況など個体差を測定する方法を研究した。測定方法や測定プログラムは製品形状によって個別に検討する必要があり、マトリックスハウジングにてサンプルワーク測定して測定方法・測定プログラムを研究した。ただし、できるだけ様々な形状に活用できるような応用適用性の高い手法を開発できるよう心がけた。

<中空形状部品>

中空形状の鋳物の場合、中子(鋳物中空部を形成するために鋳型の中にはめ込む型)の芯ズレによる偏肉が生じるため、一定の肉厚を保持しつつ内径加工が必要となり、内径部の偏肉状況の測定が必須となる。

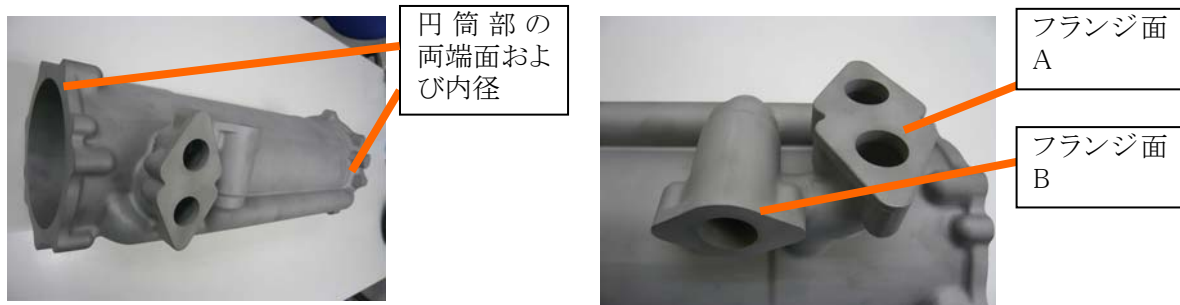
そこで測定方案としては中空部を両端から非接触測定する必要がある。このときレーザーを使用する非接触測定では、レーザーの反射によって距離を計測するため、端面から計測できる深さに制約がある。さらに幾何公差指定がある円筒部端面・内径とフランジ面 A・B も測定しておく必要があり、測定時の鋳物素材セット位置についても決めておく必要がある。

<一体化・複雑形状部品>

マトリックスハウジングのような中空形状で、かつ配管やフランジが一体化した形状の製品の場合、各フランジ位置の幾何公差(直角度など)の確認や削り代の確認を行うことができるような測定方案を開発する必要がある。

マトリックスハウジング鋳物素材の加工箇所

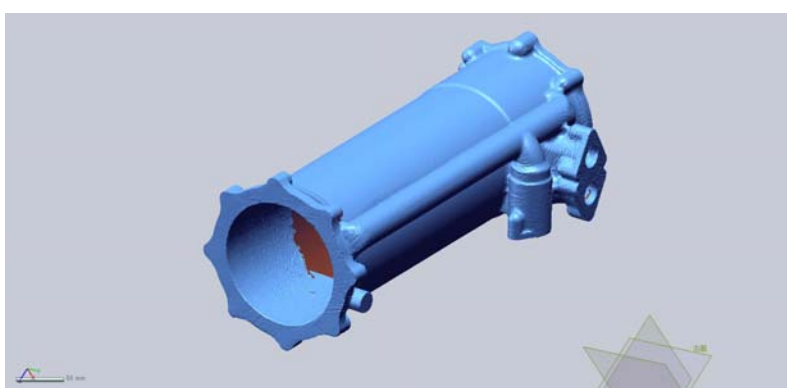
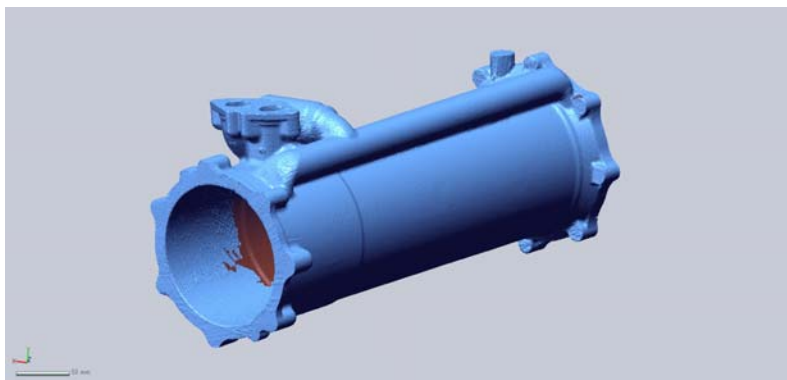
<各加工箇所には直角度や同軸度など幾何公差が指定されている>



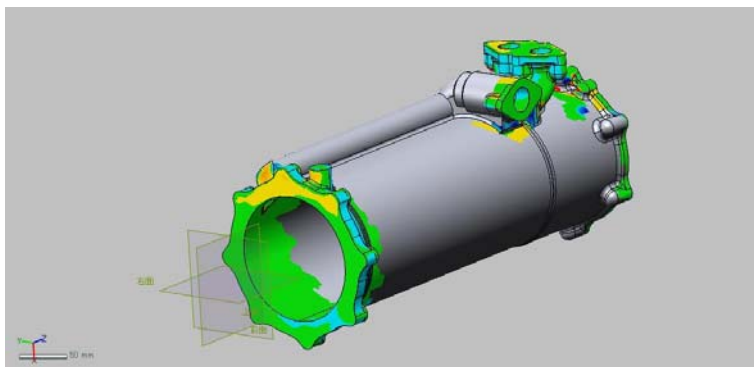
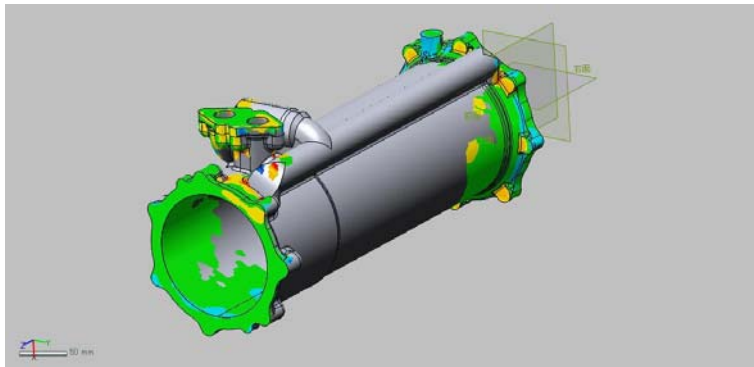
[レーザースキャンによるワーク測定方法の開発]

当初はスキャン可能箇所のすべてをスキャンして解析する手法を開発しようとしたが、技術的目標値を達成できなかった。下図はその場合のレーザースキャン

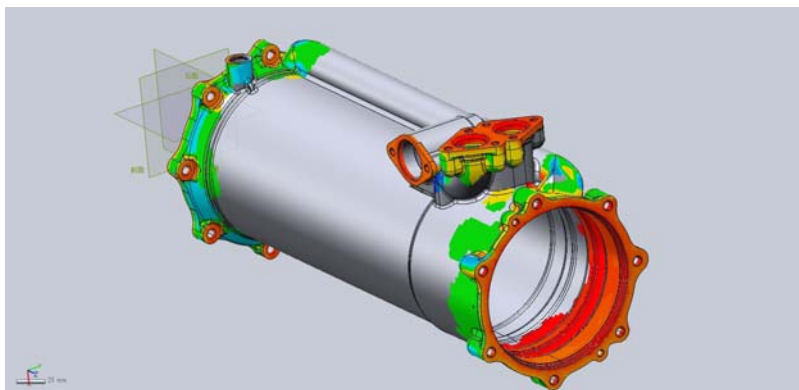
結果である。



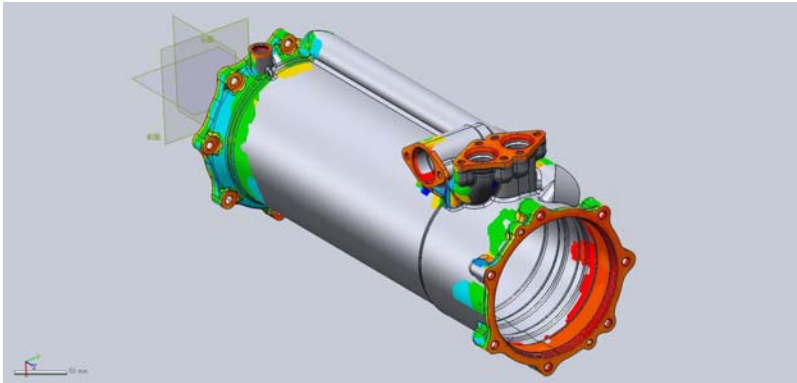
そこで、時間短縮を図る必要性が生じたため、レーザースキャン範囲を絞り込んだり、点群データ量を減少させたりすることでデータ処理速度を上げることにした。下図でグレー以外の色の箇所がレーザースキャン範囲となる。



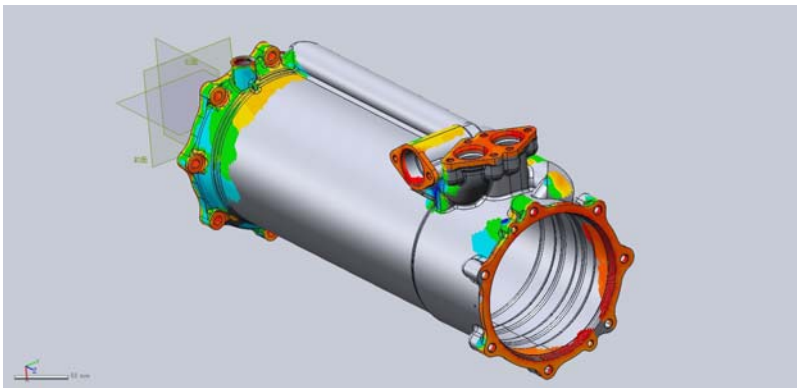
下図はレーザースキャン時間 3 パターンでのスキャン結果を解析したものである。結果に差はなく、ポイントさえおさえれば問題ないと判断できる。



<20 分間でスキャンしたデータの解析>



<10 分間でスキャンしたデータの解析>

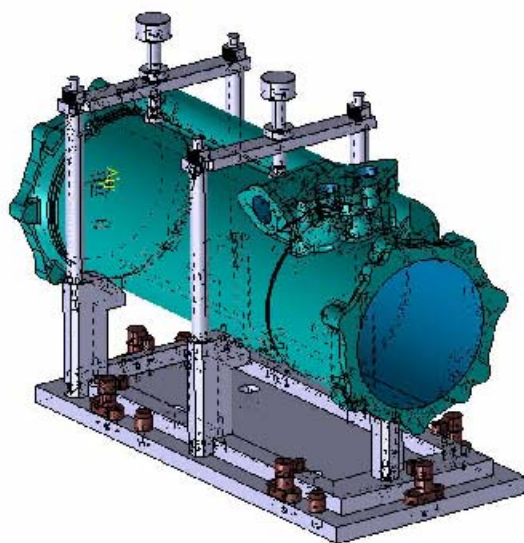
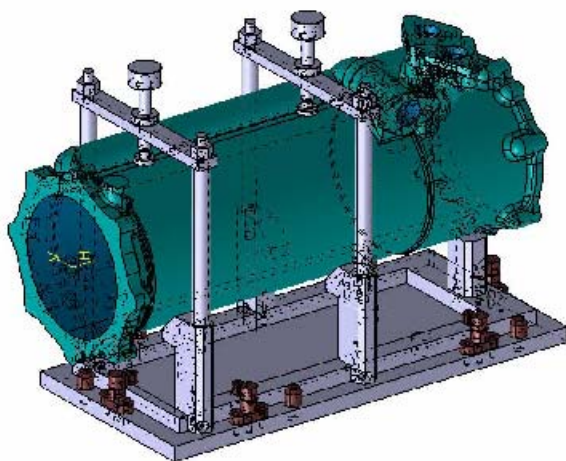


<5 分間でスキャンしたデータの解析>

[ワーク測定治具の開発]

この研究開発過程で、ワーク測定治具の設計がスキャン時間に大きく影響すると考え、マトリックスハウジング専用の治具設計を行った。この治具はそのまま加工治具としても利用できるような設計したため、段取工数を削減させることができた。

下図はマトリックスハウジング用ワーク測定治具3次元 CAD モデル組立図である。



[レーザースキャン方法に関する検討ポイント]

結果として、有効なレーザースキャンによる測定方法は下記のようなポイントを検討する必要があった。

1. レーザースキャン時のワーク姿勢の変更

測定時間を短縮するためにはレーザースキャンのプロセスの中でワーク姿勢を変更せずに一連の作業を完了することが望ましい。ただし、ワーク形状及び加工箇所によ

ってはワーク姿勢を変更して何度かに分けてレーザースキャンすることが必要となる場合があると考えられる。その場合でも各姿勢での点群データをメッシュ化するなどの処理を行うなど、測定内容の有効性を担保する工夫が必要となる。

2. レーザースキャン対象範囲

測定時間を短縮するためにはできるだけレーザースキャン範囲を絞ることが望ましい。加工を要する箇所のみ、さらには加工基準に関連する箇所のみにてできるだけ限定することが望ましい。

3. 点群データの密度

ワークを工作機械にて旋削あるいはフライス加工することを考えると、それぞれ円筒形状あるいは平面形状の状態を大体解析することができれば、ワーク表面の凹凸がかなり大きい場合を除き、解析などの後工程で問題は生じないと考えられる。したがって、レーザースキャン箇所については必ずしも点群データの密度を濃くして取りこぼしのないようにする必要はなく、ワークごとに密度低減による測定時間短縮を検討すべきである。

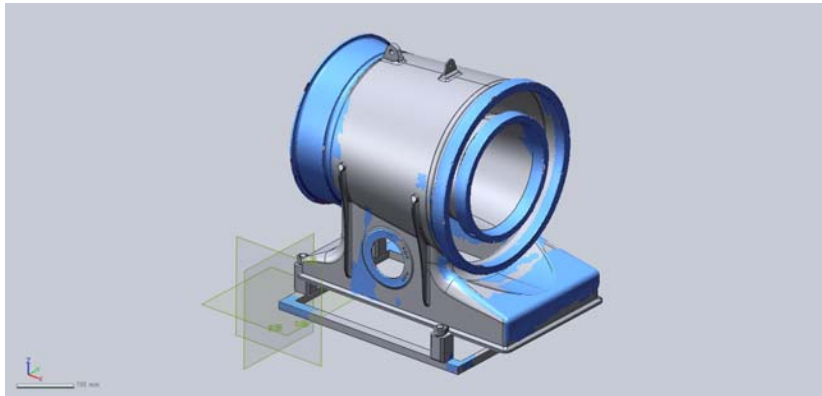
2-2 ワークの形状に適応した加工プログラム補正値の算出への対応

レーザースキャンによるワーク測定データを解析ソフトウェア Rapidform に取り込み、どの軸方向で位置・角度を変更すれば、加工完成品の理論値である3次元CADモデルと完全に重なるかを検証した。

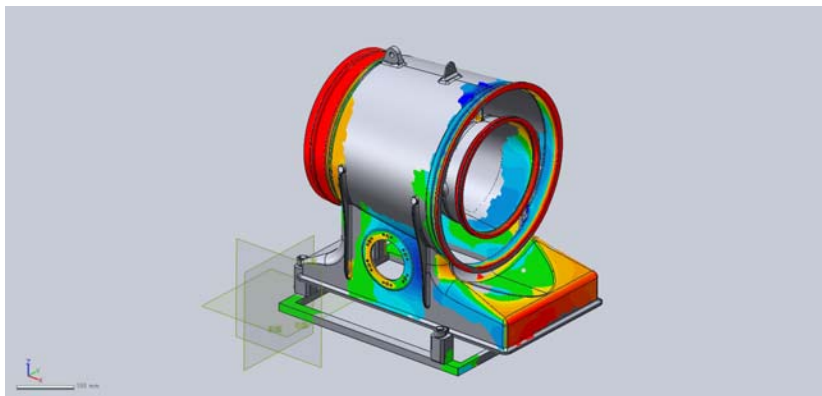
このとき、補正を行う基準軸を、加工時に使用する多軸複合加工機の軸設定や測定／加工治具、テーブル上の設置場所などの加工条件と勘案して決めておき、これら固有の状況に応じた条件設定によって加工プログラムの補正値を算出することが必要となる。

[測定データと3次元CADモデルとの比較手法の開発]

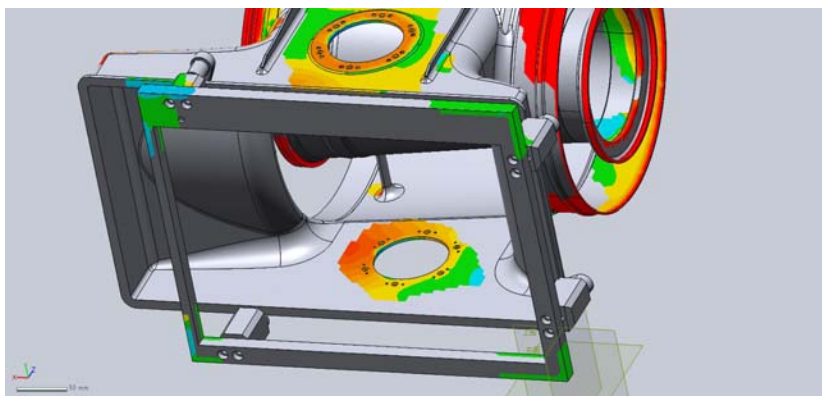
- ① ワーク測定治具に取り付けた状態のマトリックスハウジングについて、スキャンデータと3次元CADモデルとを比較した。今回採用したワークを機外測定する際に使用する測定治具のフレームを基準に比較解析する手法は、今回対象としているマトリックスハウジング以外のワークについても同様の考え方を適用できる。
- ② 一例としてマトリックスハウジングと同じ薄肉・中空形状かつ一体化・複雑形状のファンハウジングの事例を掲示する。ファンハウジングでは主に円筒形状箇所の両端部と側面のフランジ形状部が加工対象となる。加工時の基準面として測定治具フレームの角部を用い、この比較時においても同じ箇所を解析基準として指定する。



<スキャンした点群データの表示>



<スキャンデータと3次元CADモデルとの比較結果>



<スキャンデータと3次元CADモデルとの比較結果(リブ部フランジ内側)>

[加工プログラム補正值の算出]

加工時に使用する多軸複合加工機の軸設定や加工治具、テーブル上の鋳物設置場所などの加工条件とあわせて条件設定を行った上で、測定データと3次元CADモデ

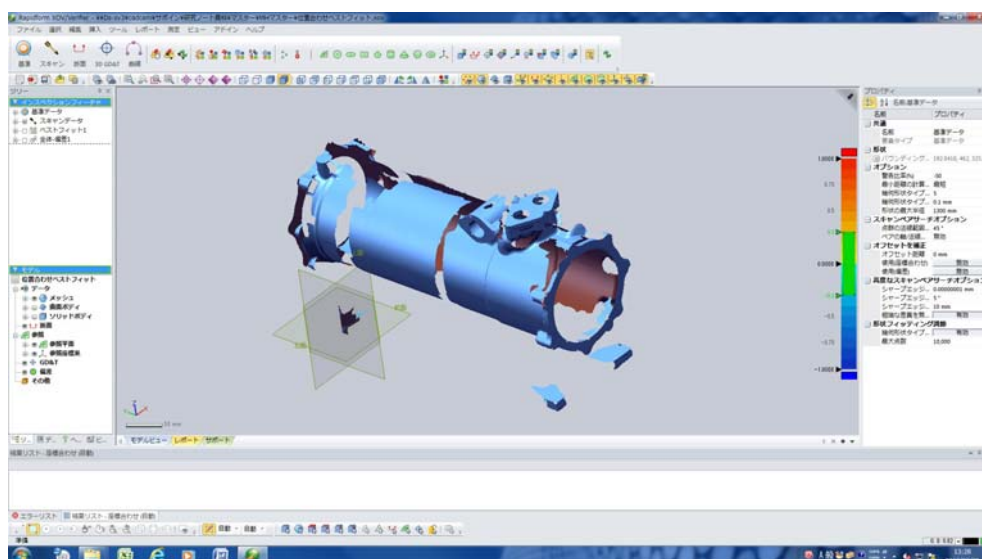
ルとの比較結果から、加工プログラムの補正値を算出する。

このとき、まずRAPIDFORM上での解析を行い、X軸/Y軸/Z軸それぞれの方向によって表現される、基準点移動量を算出する。続けてその移動数値から座標変換によって補正値を出力する。

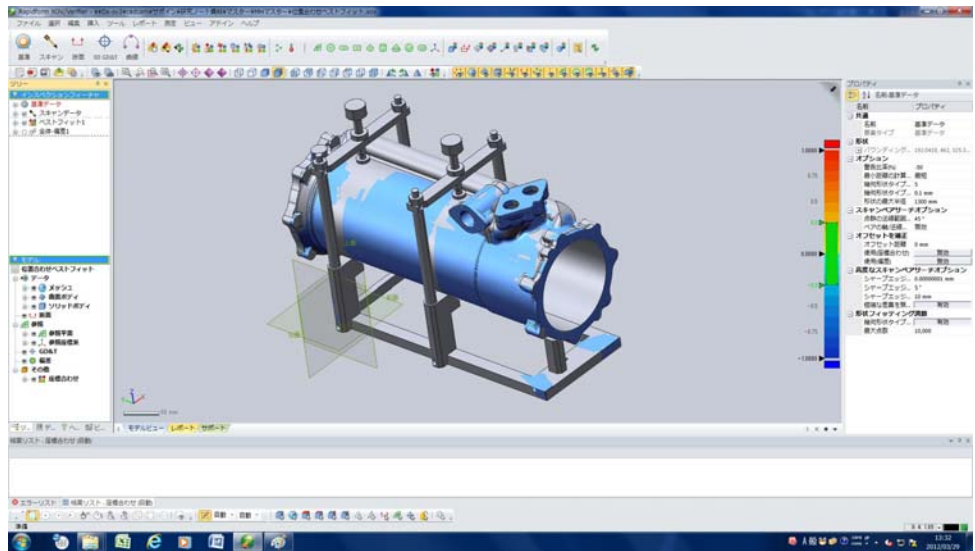
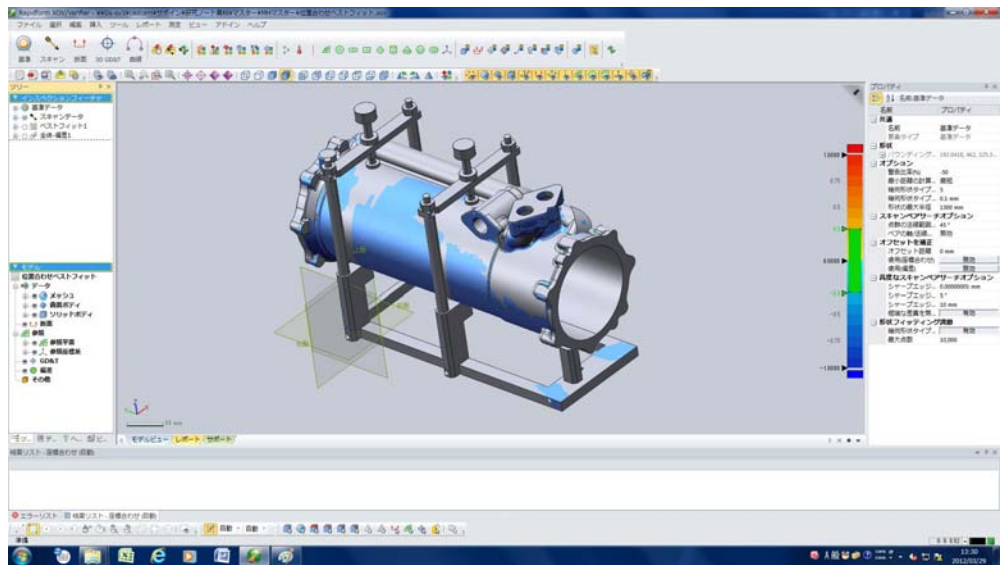
RAPIDFORMの「自動繰り返し検査の検証」を使用すると、偏差検査のデータを「スキャンデータの置き換え」でのスキャンデータとして差し替えると「インスペクションフィーチャ」の作業手順に従って自動的に偏差検査が行われる。

自動繰り返し検査の流れは以下の通りである。

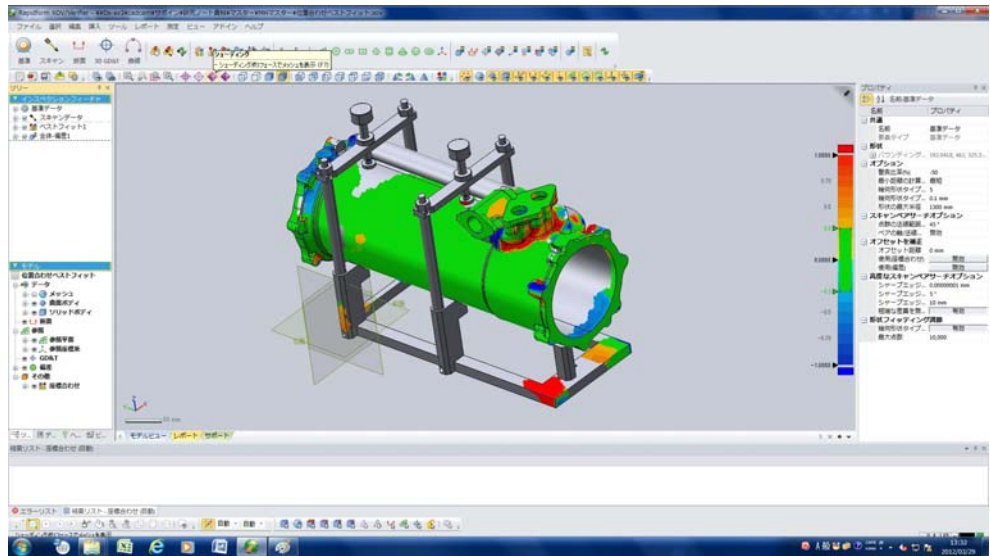
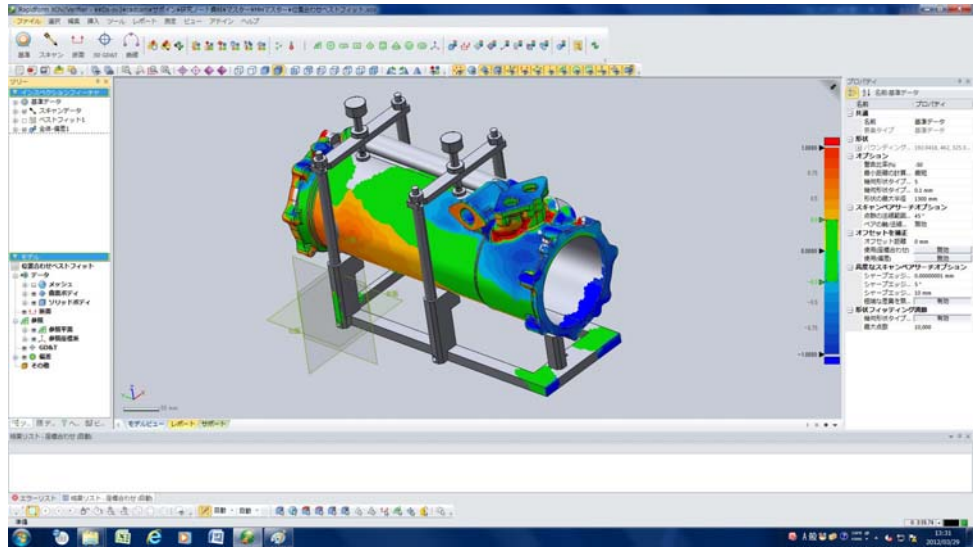
- 1) 基準モデルとして3次元CADデータの読み込み
- 2) スキャンモデルの読み込み



- 3) 自動座標合わせ
- 4) ベストフィット合わせ



5) カラーマップによる全体偏差の確認



6) X 軸/Y 軸/Z 軸に沿った基準点移動量を出力

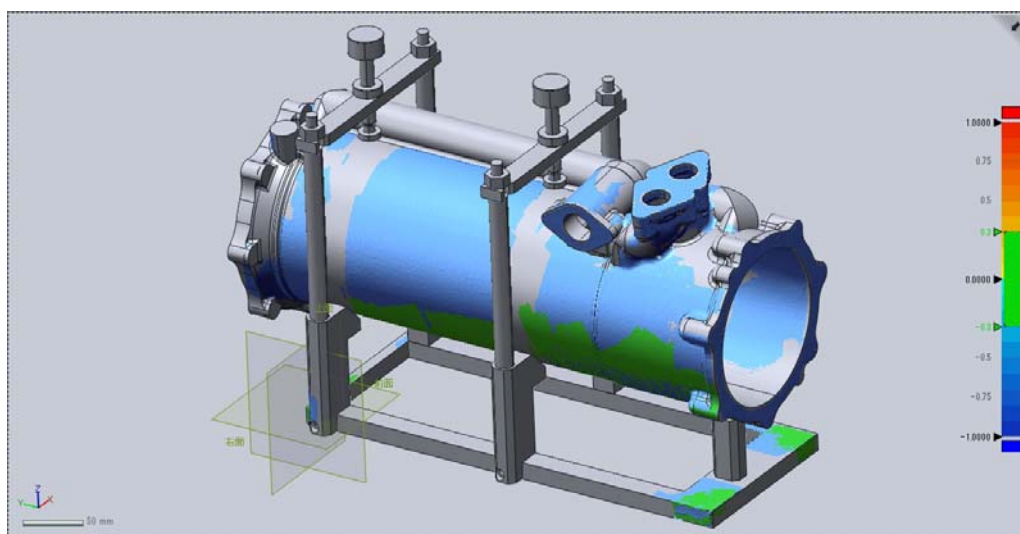
続いて、上記にて出力した数値をもとに 5 軸加工機の軸構成に適応させた補正值として算出方法を開発した。すなわち、RAPIDFORM にて出力をした数値は 5 軸加工機の軸構成を考慮した数値となっていないため、そのまま補正值として機械のプログラムとして入力して使用することはできず、X軸/Y軸/Z軸の回転量を表す数値を軸構成(今回の研究開発で使用する MAZAK 製 VARIAXIS 730-5X の場合はA軸とC軸)に適応させて変換する必要がある。

なお、MAZAK 製 VARIAXIS 730-5X を使用する場合には下記のような制約がある。こ

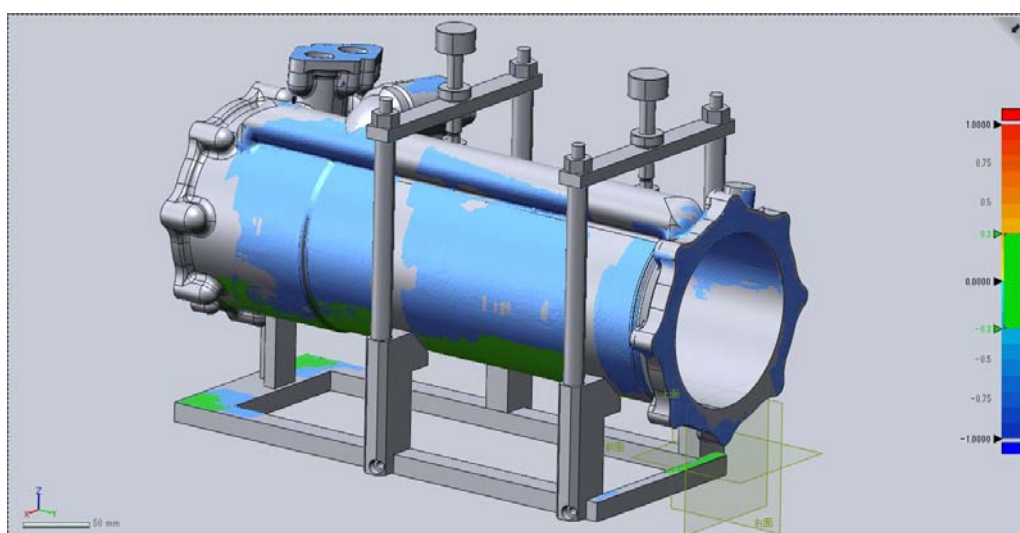
こういった条件を汲み取って補正值出力を行う必要がある。

- C 軸の動作が時計回りの動作で反時計回りには動かないため、 -90° の位置に回転をするには 270° とすること。
- A 軸で 90° 傾けるには機械上マイナス方向の 90° しか傾けることしかできないためプラス 90° に傾けるには C 軸を 180° 回転させる必要がある。

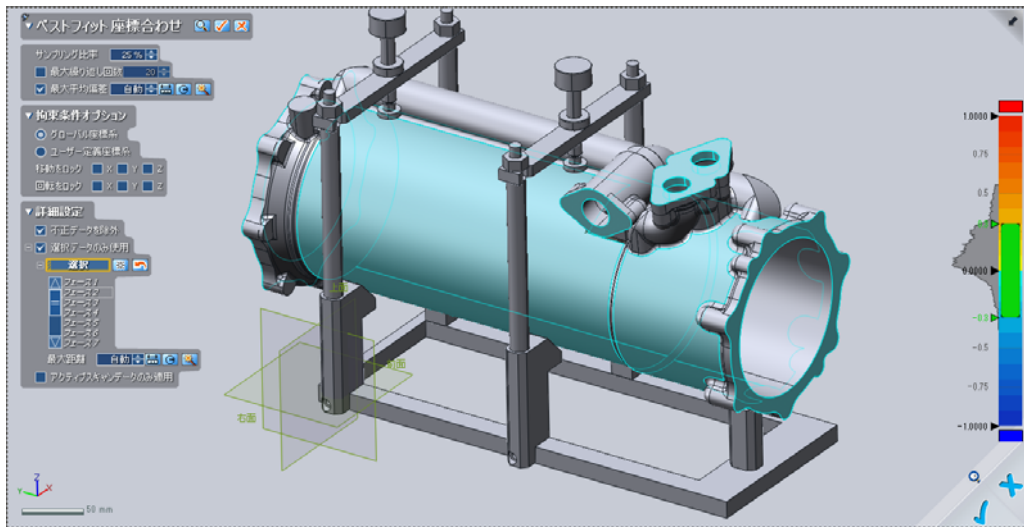
下には実際に算出した補正值の 1 つを実際の加工基準に即した形で記載する。



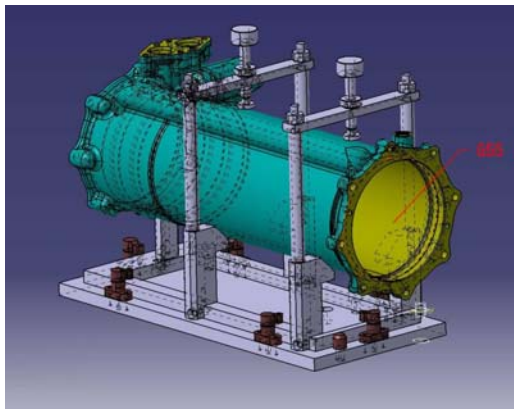
<スキャン対象範囲①>



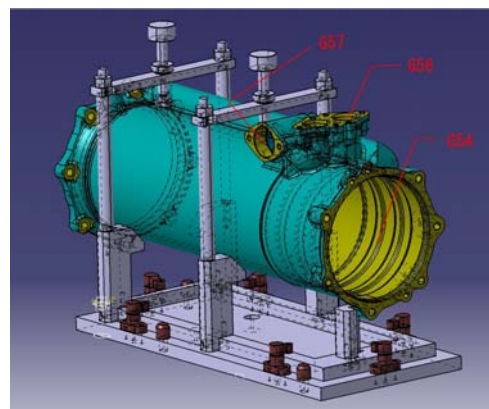
<スキャン対象範囲②>



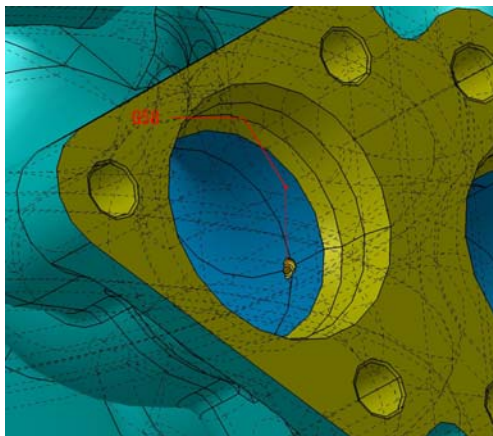
<位置合わせ箇所>



<加工基準位置①>



<加工基準位置②>



<加工基準位置③>

φ 138.7 加工基準のワーク座標系での補正值

(ア) 加工基準点

X 座標	80.0000
Y 座標	57.0000
Z 座標	135.0000

(イ) 補正值

X 軸座標	79.3426
Y 軸座標	57.6876
Z 軸座標	134.9641
C 軸回転角度座標	0.1276
A 軸回転角度座標	-89.9072

φ 141 加工基準のワーク座標系での補正值

(ア) 加工基準点

X 座標	80.0000
Y 座標	-400.0000
Z 座標	135.0000

(イ) 補正值

X 軸座標	80.3605
Y 軸座標	-399.3107
Z 軸座標	134.2241
C 軸回転角度座標	180.1276
A 軸回転角度座標	-90.0928

2 穴加工基準のワーク座標系での補正值

(ア) 加工基準点

X 座標	92.0000
Y 座標	-330.0000
Z 座標	260.0000

(イ) 補正值

X 軸座標	91.3019
Y 軸座標	-329.4887
Z 軸座標	259.4207
C 軸回転角度座標	102.7634
A 軸回転角度座標	-0.4241

J 矢視(図面参照)加工基準のワーク座標系での補正值

(ア) 加工基準点

X 座標	28.0000
Y 座標	-264.0000
Z 座標	230.0000

(イ) 補正值

X 軸座標	27.3733
Y 軸座標	-263.5817
Z 軸座標	229.0662
C 軸回転角度座標	90.1269
A 軸回転角度座標	-90.4138

φ1 貫通穴加工基準のワーク座標系での補正值

(ア) 加工基準点

X 座標	46.0000
Y 座標	-330.0000
Z 座標	260.0000

(イ) 補正值

X 軸座標	45.3032
Y 軸座標	-329.5906
Z 軸座標	259.0885
C 軸回転角度座標	90.2191
A 軸回転角度座標	-45.4139

2-3 補正值を加工プログラムに反映させて加工する手法の開発への対応

サブテーマ2で算出した角度や位置に関する補正值を、簡易に間違いなく加工プログラムに反映させるために PC 搭載の多軸複合加工機上で動作する補正值入力用プログラムの開発を行った。その後、実際の加工を実施し、一連の開発成果の効率性・妥当性の検証を行った。

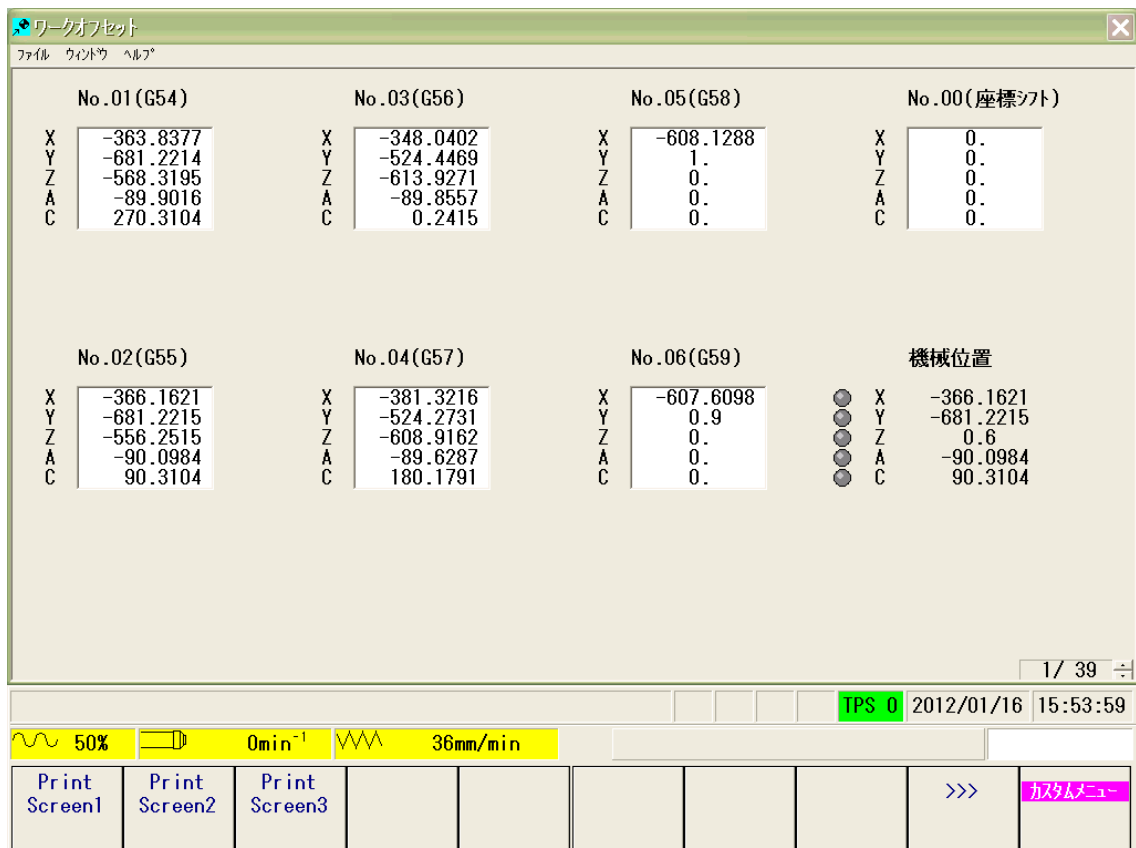
[補正值を加工プログラムに反映させる補正值入力手法の開発]

補正值を加工プログラムに反映させるための入力手法を検討した。これは、6~7 桁ある補正值を 1 つずつ手入力していると段取時間が長くなるため、あるいは入力ミスによる不具合発生の可能性の排除を行うためである。

多軸複合加工機に対して補正値を渡す手法としては、一定のフォーマットで補正値をファイルに格納し、そのファイルを加工機のプログラムから読み込んでワーク座標系に設定する形式をとった。この手法は汎用性が非常に高く、多軸加工機の制御方式に依存する可能性が低い。

今回の研究開発で使用する MAZAK 製 VARIAXIS730-5X では制御方式として MELDAS を使用しており、そこではワーク座標系の設定を G コードの G54~G59 にて行う。ワーク座標系は、加工しようとするワークの基準点を原点とする、ワーク加工プログラミングをやすくするための座標系である。これらの指令により、ワーク座標系での位置に移動させることができる。

下図は今回の研究開発で実際に使用したワーク座標系の表示画面である。



これらワーク座標系の各座標への数値入力の変数への代入によって行うことができる。以下は数値と変数の関係を表している。これらの変数に補正値を代入する形式で数式をファイルに記載し、加工機で読み込んで加工プログラムに値を代入する。

数値	変数(G54)	変数(G55)	変数(G56)
X 軸座標	#630	#640	#650
Y 軸座標	#631	#641	#651
Z 軸座標	#632	#642	#652
C 軸回転角度座標	#634	#644	#654
A 軸回転角度座標	#635	#645	#655

[多軸複合加工機による実加工および完成品形状検証]

前掲手法によって補正値を反映することができる加工プログラムを作成して実際に加工し、完成品形状の検証を行った。その結果、特に円筒内径部に黒皮が残ることも、フランジ形状に不具合がでることなく加工を完了することができた。これによって品質面では加工プロセス自体に問題はないことが確認された。

2-4 研究開発成果のまとめ

下記のように今回の研究開発の主たる題材として選定したマトリックスハウジングについては、技術的目標値をすべて達成することができた。

<本研究開発前の一般的な加工方法>

工程	使用機械	作業内容	段取時間	加工時間
段取①	手作業	鋳物素材をケガキにて芯出し作業を行う <ul style="list-style-type: none"> ・ 円筒部両端面(端面 A と端面 B と表す)の心出し ・ 円筒部肉厚の測定 ・ 円筒部に対するフランジ 2 面の位置確認(削り代の厚みや穴部の位置などを確認) 	90 分	
段取②	手作業	ケガキ結果に基づいて鋳物素材を旋盤にセット	30 分	
加工①	旋盤	端面 A 及び内径部(端面 A 側からバイトが届く範囲)を加工する。		40 分
段取③	手作業	鋳物素材を反転させて旋盤にセット	10 分	
加工②	旋盤	段取②にて加工した端面 A を基準にして、端面 B 及び残り内径部を加工する。		25 分
段取④	手作業	鋳物素材を立てて設置、端面 A が上側になるようにセットする。	30 分	
加工③	MC	端面 A の穴を加工する。		10 分

段取⑤	手作業	端面 B が上側になるようにセットする。	10 分	
加工④	MC	端面 B の穴を加工する		10 分
段取⑥	手作業	インデックス装置を準備し、端面 A の穴で位置決めを行って鋳物素材をセット	30 分	
加工⑤	MC	端面 A の穴の位置から割り出してフランジ 2 面の角度や削り代を計算して加工する		15 分
		合計時間	200 分	100 分
		段取回数	6 回	

<本研究開発による加工プロセス>

工程	使用機械	作業内容	段取時間		加工時間	
			目標値	実際値	目標値	実際値
段取 ①-1	手作業	鋳物素材を専用治具にセットし非接触 3 次元デジタイザにて形状をスキャンする。	25 分	20 分		
段取 ①-2	手作業	Rapdifform を使用してスキャンデータと完成品 3 次元 CAD モデルとを比較し、円筒部内径、円筒部に対するフランジ面の位置を確認、鋳物形状に適合した加工プログラム補正値を算出する。	15 分	10 分		
段取 ②	手作業	予め作成しておいた加工プログラムに対し、多軸複合加工機の軸設定に応じた補正値を反映させる。今回は MAZAK 製 VARIAXIS730 を使用、A 軸・C 軸に対応した補正値を入力。	10 分	10 分		
加工 ①	多軸複合加工機 (VARIAXIS)	第 1 工程を加工 (工程内容は前掲)			15 分	12 分
段取 ③	手作業	段取②にて加工した端面を基準にして、鋳物素材を旋盤にセット。	10 分	10 分		
加工 ②	旋盤 (QTN450)	第 2 工程を加工 (工程内容は前掲)			25 分	25 分
		合計時間	60 分	50 分	40 分	37 分
		従来比 → 目標達成	30%	25%	40%	37%

			(70%削減)	(75%削減)	(60%削減)	(63%削減)
		段取回数 →目標達成	3回	3回		

第3章 応用開発の可能性

[研究開発の成果]

今回の研究開発は主に航空機産業で使用範囲が広がっている薄肉・中空形状及び一体化・複雑形状部品を対象としたもので、その特徴的な形状要素をシンプルながらも色濃く有しているマトリックスハウジングに見いだして題材として設定し、結果として技術的目標値をすべてクリアすることができ、非常によい成果を得ることができた。加えて、そこに至るまでの開発プロセスでの様々な検討が、今回の成果を様々な分野の様々な部品加工に対して適用するために非常に重要かつ有効だと考えている。

[異なる形状の鋳物への技術適用]

今回開発したワーク測定治具や補正值算出プログラムなどは、直接的にはマトリックスハウジングにしか適用できないが、他の製品に対しても技術開発までに蓄積した技術知見を元にすれば、短期間で一連のプロセスを立ち上げることができると考えている。

たとえばマトリックスハウジングと一見同じような筒形状の製品であっても、フランジがついている向きや数量によっては大幅に治具形状が変わることがある。こういった場面で、適切なアプローチで立ち上げを行うことができるであろう。もちろん中空形状になっていない一体化・複雑形状部品に対しても同様のことが言える。

[鋳物以外の薄肉・中空形状及び一体化・複雑形状部品への適用]

また、部品鋳物素材の加工代を確認することが重要な理由として、鋳物の中子の倒れなどが原因とする芯ずれによって肉厚が変わることを想定していたが、溶接構造品でも今回の研究開発技術を適用することができる。溶接構造品の場合は、肉厚は変わらないものの溶接による歪で変形するため、加工代の確認を行うことが非常に重要となる。

本研究開発期間中に発生した東日本大震災を契機として、グローバルなサプライチェーンの中で型がないと製造できない鋳物よりも、型を必要としない溶接構造品の方が調達の継続性・可用性が高いと判断し、鋳物による部品製造を避けようとする動きも見られるようになった。このような趨勢の中では溶接構造品への本技術適用は大きく期待できる応用開発分野である。

[プロペラやインペラなどへの適用]

プロペラやインペラの製作方法として、丸棒素材から削り出す他に、鋳物で羽根形状を作成し軸部のみ機械加工する方法がある。この鋳物を加工する場合、取り扱う流体の制御に重要な影響をおよぼすと見られる羽根形状は黒皮でそのまま使用するため、設計上期待した効率を達成できていない可能性が非常に高い。しかし丸棒素材から削り出すと材料費・加工費ともに多くのコストがかかってしまう。

そこで、本研究開発を応用すれば、鋳物ながらも羽根部に加工代をつけた状態から加工するこ

とが可能となる。多くの加工代をつければ本技術を利用する必要はないが、重量増により材料コストはアップし、加工時間が長くなることにより加工コストもアップする。品質向上を目指しながらもコストを抑制する効果が本技術には包含されている。

[今後の展開]

上記のように、本技術にはまだまだ応用開発の可能性が含まれている。今後は数多くの部品加工の場面で本技術を実際に利用して部品加工を完成まで遂行し、改善を重ねながら本技術の適用性を向上させていきたいと考えている。

以上