

論文・解説

31

検査具絶対原価への取組み～データ嵌合評価手法の開発 Activity for Realizing the Checking fixture the Pursuit of the Absolute - Development of the Data Plugging / Fitting Evaluation Method

村上 功一*1 藤岡 邦彦*2 鈴江 章弘*3
Koichi Murakami Kunihiko Fujioka Akihiro Suzue

要 約

車体プレス・車体アッセンブリ（以下ASSY）部品の寸法精度検保証に必要な検査具の投資削減に向けた取組みとして、CMM（Coordinate Measuring Machines：三次元測定機）対象部品の拡大，検査具統合による対策アイテム削減，流転用の拡大による新規製作削減，最安構造による新規製作分のコストダウンなどを実施し大きな成果を得てきた。しかし，これらの取組みが一段落した現在ではコストダウンのオポチュニティが枯渇してきたのも事実である。生産技術部門では，絶対原価の考え方を取り入れ部品寸法精度保証に必要な機能の再定義と手段の再構築を行い，大幅な投資削減を実現すべく取組みを開始した。

本稿では，検査具の絶対原価実現に向けた検査具レスの取組み概要を説明し，その取組みのひとつ「データ嵌合評価手法の開発」を中心に適用事例を紹介する。

Summary

To date, we've been driving a diversity of approaches to curtail cost of checking fixtures by which we control dimensions of stamping parts and body assembly parts. We've expanded the use of CMM (Coordinate measuring machines), integrated checking fixtures, re-used components of checking fixtures, and reduced the cost of new components of checking fixtures. Now that our cost reduction ideas were depleted, Mazda's Production Engineering re-defined its thought for the dimension control and introduced the concept of "absolute cost." Based on this direction, we set our activities in motion aimed at a large reduction of investments.

This paper introduces our approaches towards the realization of absolute cost and show you some examples centering the "development of data-Kango evaluation."

1. はじめに

お客様に高品質な商品を提供するためには，工程内で確実にボデー品質を作り込み，安定した寸法精度を確保することが重要である。

車体プレス部品・車体ASSY部品の寸法精度保証は，検査具による手測定およびCMMによる自動測定を行っている。車体検査具にはプレス部品用のオンリー総合検査具，車体ASSY用のASSY総合検査具，車両部品との折合いを検

査する嵌合検査具，部品育成用のPCF（Parts Coordinate Fixture）があり，ボデー形状に合わせて専用要具として設計・製作している。また，CMM測定部品についても部品拘束をする受台は，車種専用であり，一部，連続形状測定用要部による手測定部位が存在する。これまで検査具投資削減に向けた取組みとして，CMM対象部品の拡大，検査具統合による対策アイテム削減，流転用の拡大による新規製作削減，最安構造による新規製作分のコストダウンなどを実施し大きな成果を得てきた。しかし，これらの取組

*1～3 車体技術部
Body Production Engineering Dept.

みが一段落した現在では、コストダウンのオポチュニティが枯渇してきたのも事実である。生産技術部門では、より高い品質確保を目指すとともに、革新的な原価低減活動に取り組んでいる。これは、必要最低限のコスト発生素素“絶対原価”を追求し、それ以外の要素はロスと定義し、その排除を革新的に行うことである。検査具においてもこの絶対原価の考え方を取り入れ、部品寸法精度保証に必要な機能の再定義と手段の再構築を行い、大幅な投資削減を実現すべく取組みを開始した。本稿では、革新的絶対原価低減活動の一環として、検査具の絶対原価実現に向けた絶対原価の考え方を説明し、その取組みのひとつ「データ嵌合評価手法の開発」を中心に適用事例を紹介する。

2. 検査具絶対原価の考え方

2.1 検査具機能と原価構成要素

絶対原価定義に向けて、まず検査具の機能をコア・支援・付随に分類して再定義を行った。コア機能は人手または測定機による寸法測定および測定結果に基づく精度良否判定・解析・修正指示とし、支援機能は部品セット（位置決め、拘束）および測定動作（人、測定プログラム）とし、それ以外のワイヤーなど補助機能は付随と定義した。手測定における原価構成要素は、コア機能は測定要部やケガキピンで、支援機能については受台のロケータやクランプとなる。また、CMM測定における原価構成要素としては、コア機能はプローブや測定プログラム、また支援機能としてロケータ・クランプ・汎用測定機 [CMM] ・キャリアレーションプログラムなどとなる。

2.2 検査具の絶対原価

絶対原価の視点をゼロ化・統合化・汎用化と考え、更に検査具機能面から絶対原価のキーワードを“寸法精度測定に最低限必要な機能を専用投資ゼロで実現する”と設定し、検査具の絶対原価を以下に定義した。

“汎用受台に位置決め・拘束した部品を汎用測定機で効率良く測定し、品質判定・修正指示を即時に出力するため最低限必要な投資および準備工数”

検査具絶対原価についての考え方をFig.1に示す。

2.3 上位機能との相関

検査具絶対原価は検査具機能を決定付ける上位機能との相関に着目すると、ボデーの寸法精度保証および育成のプロセス・検査体系・管理ポイントなどによりコアの要求機能が決定され、加工基準の数・位置・クランプ有無などにより支援の要求機能が決定されている。これら上位機能の絶対原価に対しても並行して取組み要求機能の最適化を進めることで、検査具だけでなく寸法精度保証全体の絶対原価に繋げるべく、最適化に向けた活動を進めている。

本稿では、検査具絶対原価のコア機能の中核をなす汎用測定技術に着目し、汎用測定により検査具を廃止した絶対原価活動の適用事例を紹介する。

3. 汎用測定技術

3.1 汎用測定機

(1) 三次元測定機 [据付型, 多関節型]

プレス・車体領域で使用する汎用測定機（測定物の品質特性を三次元数値として得る装置）は、ティーチングプレイバック方式の自動測定機能を持つ据付型の三次元測定機と、手動操作であるが工程内など測定場所に装置を移動しての測定が可能な多関節型測定機などがある（Fig.2）。



Fig.2 CMM and Articulated-CMM

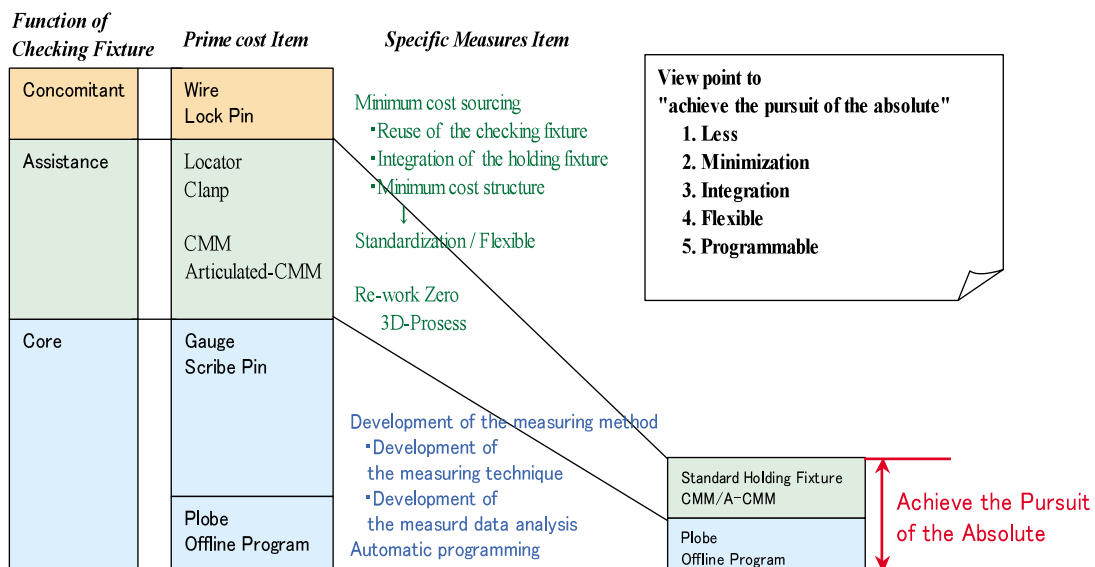


Fig.1 Concept the Pursuit of the Absolute

当社では従来、据付型CMMを主体に使用していたが、容易な操作と可搬性が特徴である多関節型CMMを導入した。

(2) 測定方法 [点測定, 面形状測定]

汎用測定機の測定方法は、点測定と点群(面形状)測定に大分できる (Fig.3)。

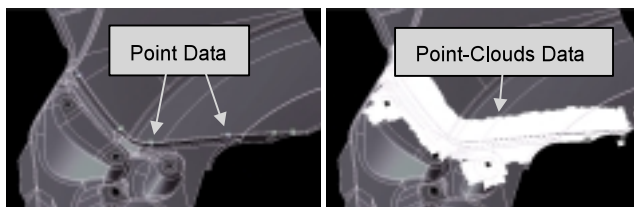


Fig.3 Point and Point-Clouds Measuring Data

点測定とはタッチ式プローブやシングルポイント式の光学三次元測定機により、1点ずつ測定し、面上点、穴やエッジ部等の品質特性を測定する方法である。これに対して面形状測定は、光学式の測定方法により、測定物の形状を数万点以上の点群データを瞬時に採取する手法である。限定された管理ポイントの検査であれば、点測定で十分であるが、複雑な形状特性を把握するためには、点測定では膨大な測定点が必要となり、測定に多くの工数を費やす。

当社でも点測定が主流であったが、昨今の測定センサの精度向上、測定機器の低価格化、インフラおよびデータ処理の高速化、商品要求品質レベルの向上により、面形状測定が拡大しつつある。

3.2 結果処理

汎用測定機で得られた測定結果データは、三次元数値(X, Y, Z)などで表される。一般的には点測定や面形状測定した結果データとCADの設計データとの誤差を算出し、品質特性に対して、その傾向や工程能力等を把握する。

誤差量に従った階調をカラーマップ表示することで、形状変化をビジュアルに概略把握するとともに、任意位置の定量誤差量もラベルにて把握が可能である (Fig.4)。

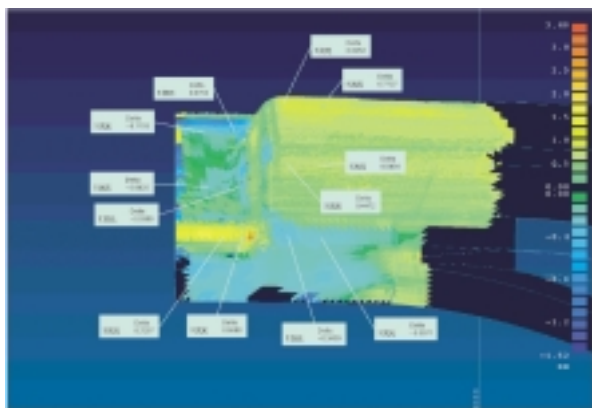


Fig.4 Difference between Point-Clouds and CAD Data

4. 取組み

以下に汎用測定装置を利用し、データ位置合わせを始めとした適用技術開発を行い、嵌合ゲージなど一部の検査具を廃止した絶対原価活動の取組みを紹介する。

4.1 データ嵌合による検査具レス

当社では、完成車の姿を車体領域で精度保証をするために、実際の車両部品と同等の基準を設定した嵌合ゲージという検査具を使用している。Fig.5は、車体ボデーと車両部品のウインドガラスとの外観折合いを車体領域で精度保証するための嵌合ゲージである。嵌合ゲージは、車種専用投資が必要であり検査具投資全体でも大きなウエートを占めている。また、測定部位はゲージ部のみに限られることにより、ゲージ部以外の状況が把握できない。更に、嵌合ゲージの種類によっては、嵌合ゲージをボデーへセットする時のセットのバラツキにより測定精度が低下し、測定結果の不明値発生の要因となる。

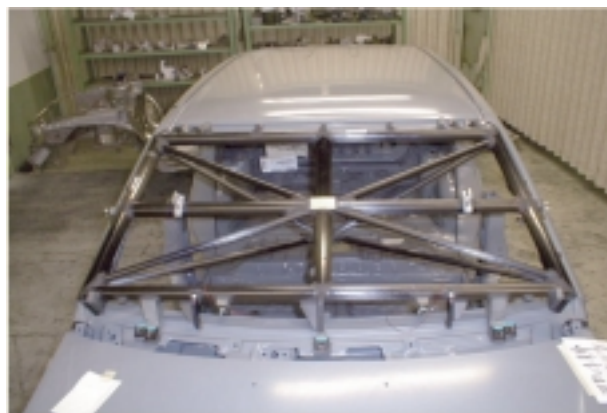


Fig.5 Plugging Gauge

この嵌合ゲージによる検査・評価を汎用測定機で行うデータ嵌合を適用することで嵌合ゲージ廃止に向け、以下の課題に取り組んできた。

なお、嵌合ゲージの可搬性を置換するために、多関節型測定機の(株)小坂研究所製ベクトロンを利用した。

(1) 汎用測定機を用いたデータ嵌合評価方法の確立

データ嵌合を適用する上で重要になる測定基準の設定は、一般的な6自由度の拘束 [six degrees of freedom: three translational (movements along x, y and z axes) and three rotational (rotations around x, y and z axes)] と車体組付けの基準の考えを踏まえ、以下の基本4パターンに分類し、汎用測定機を用いてそれぞれのパターン別に、データ嵌合の基準が設定できることを適用検証にて確認した (Fig.6)。

Type1: 3つの基準穴で座標設定

Type2: 平面+線(2つの穴)+点による座標設定

Type3: RHとLH分けて3つの基準穴で座標設定

Type4: RHとLH分けて座標設定+振分け

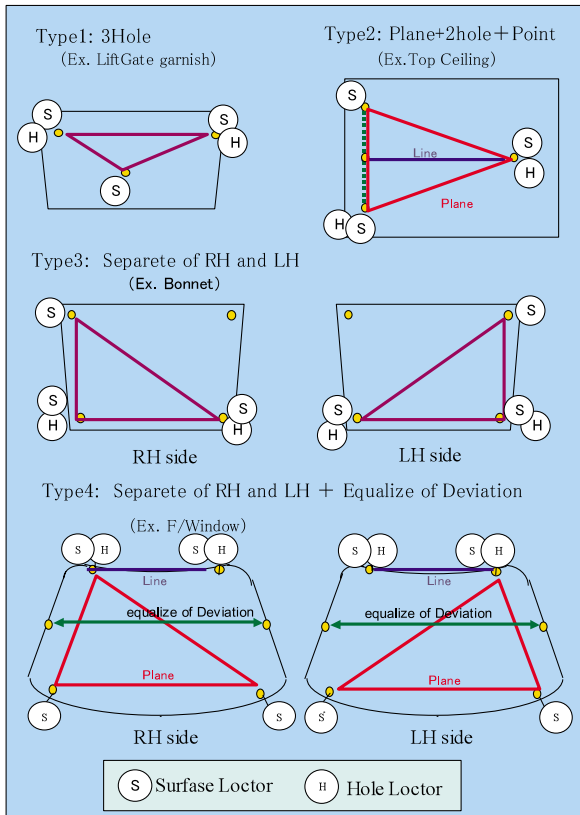


Fig.6 Alignment Pattern of Measuring Data Plugging

更に、必要に応じて面形状測定を実施することで、従来の嵌合ゲージでは評価できなかった面形状全体の誤差階調表示や断面評価を行う (Fig.9)

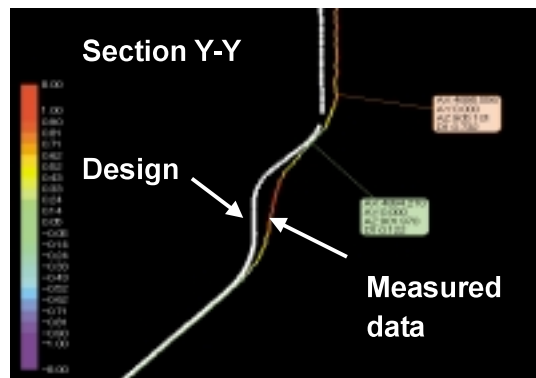
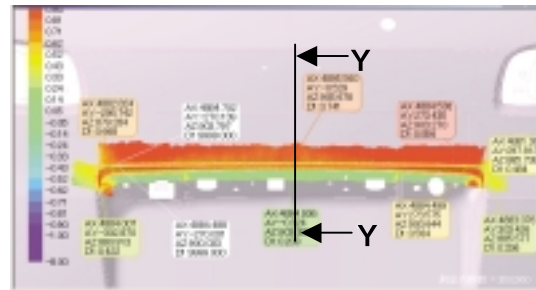


Fig.9 Color Map of Difference(Point-Clouds)

(2) データ嵌合のアウトプット形態の明確化

データ嵌合では従来の嵌合測定のアウトプットである検査データシート (Fig.7) 以外に、測定位置と結果が視覚的に把握できるように、誤差のマップを併用出力することにした (Fig.8)

INSPECTION DATASHEET										LH		RH			
CHARACTERISTICS NAME	C	MEASUREMENT POSITION	TYP	TYP	TYP	TOL		PERF		TYP	TYP	TOL		PERF	
						MAX	MIN	MAX	MIN			MAX	MIN	MAX	MIN
1 Flender SF plBalancePartingGap	M	11.20 W	A	3	0.7	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	M	11.20 W	A	3	0.7	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	
	M	11.20 W	A	3	0.7	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	
2 Flender SF plBalancePartingFlush	M	11.20 W	A	3	0.7	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	
	M	11.20 W	A	3	0.7	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	
	M	11.20 W	A	3	0.7	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	
3 FlWindow SF areaPartingGap	M	1.65 W	A	3	0.7	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	
	M	2.70 W	A	3	0.7	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	
	M	4.80 W	A	3	0.7	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	
	M	7.20 W	A	3	0.7	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	
	M	5.20 B	A	3	0.7	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	

Fig.7 Inspection Data Sheet

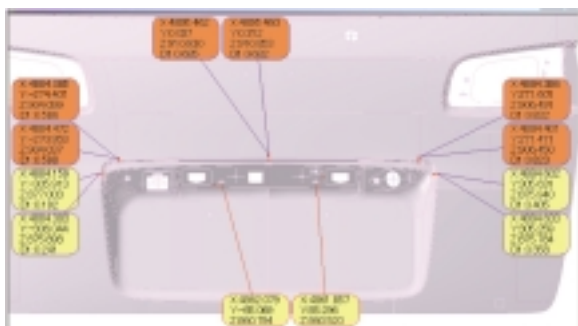


Fig.8 Deviation(Lift Gate Garnish)

(3) 嵌合ゲージとデータ嵌合の一致度検証

データ嵌合の適用性を確認するために、従来の嵌合ゲージとデータ嵌合の測定結果の一致度について検証した。

嵌合ゲージによる手測定とデータ嵌合による差異の許容値は、手測定自体の繰り返し誤差 (約0.1~0.2mm程度)、ゲージの製作精度 (0.1mm以下)、および汎用測定機の測定精度 (0.1mm以内) を踏まえて、0.3mm以下と設定した。

以下にボンネット嵌合への適用検証事例について説明する。当初は嵌合ゲージによる手測定とデータ嵌合の測定結果に0.3mm以上の差異が発生した。調査結果、この差異の要因は以下の2点であった。

- ① ボンネット嵌合をセットした場合に、嵌合ゲージの自重でシュラウド側の拘束曲面 (S面) が約0.3mm~0.5mm下がった。一方、データ嵌合では実際のモノ (この場合ボンネットもしくは嵌合ゲージ) がないため、自重による部品変形による差異として発生した。データ嵌合では部品の自重によるボデー変化量をあらかじめ把握し、変化量を基準設定時に加味することで対応することとした。
- ② ボンネット嵌合はS面4点受けのため、実際の部品同様にボデー剛性にかけて、嵌合ゲージ自体に0.8mmのねじれが発生した。ボンネットのようにRH側とLH側の相互関係が少ない対象についてのデータ嵌合は、基本パターンのType3の通り、RH側とLH側で別々の基準にて測定評価することとした (Fig.10)

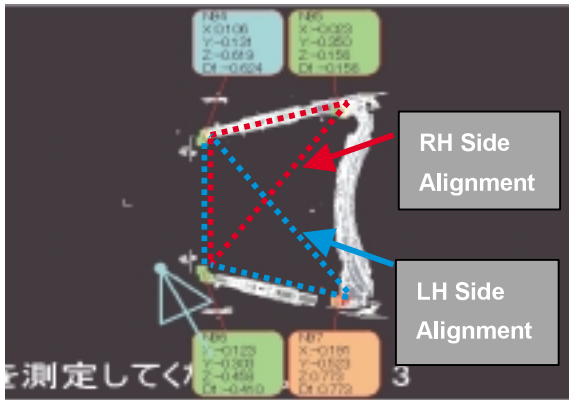


Fig.10 Measuring Data Plugging (Bonnet)

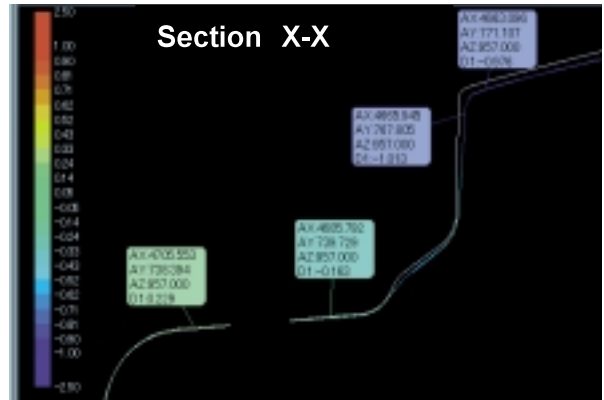


Fig.12 Difference between Measured Data and CAD Data

このように、従来の嵌合ゲージではあらかじめ決まった条件と部位のみの測定しかできないために測定結果の不明値として判断されていた要因が、汎用測定機によるデータ嵌合を適用することで、その場で比較的容易に追求できる。

その他のアイテムについても検証結果、嵌合ゲージによる手測定結果と汎用測定装置によるデータ嵌合測定結果の差異はほとんどのアイテムで0.3mm以内であることを確認した。

このような課題解決を行い、データ嵌合は従来の嵌合ゲージ同等の評価ができること以外に、ゲージで設定した測定位置以外も柔軟に測定ができるなど、データ嵌合の適用効果を確認し、データ嵌合を適用するアイテムに対しては、従来の嵌合ゲージを廃止した。

4.2 形状測定による測定要部レス

CMMの点測定による保証のみの測定結果だけでは、外観折合い見切りの流れや精度不良の範囲などの把握ができないため、測定要部(測定ゲージ)を設けている。これらを汎用測定機の面形状測定で測定ゲージを廃止した事例を紹介する。車体ボデーとバンパなど装備部品の見切り隙の外観見栄えが意匠上、特に重要視されているサイドフレームアウトとフロントフェンダのバンパ取り付け部の外郭折合いを形状測定し、断面実長など詳細に評価した。これにより従来、設けていたこの部位の測定ゲージを廃止した (Fig.11, 12)。

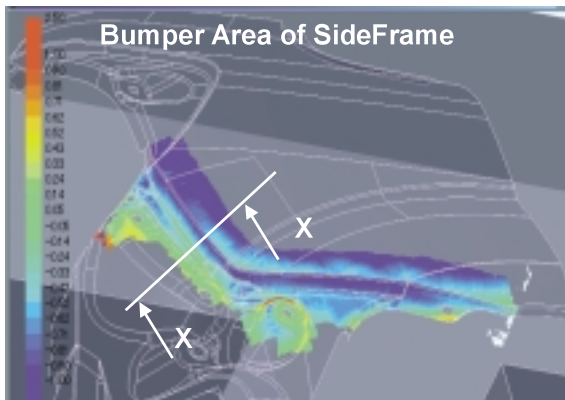


Fig.11 Difference between Measured Data and CAD Data

4.3 データ突合せ評価による修正指示

面形状測定の適用方法の一つとして、複数の部品の面形状測定データ同士を突合せすることで、実際の部品同士を付け合わせることなく、部品同士の隙や干渉について、定量かつ明確な範囲を把握する。指定範囲を持つS面と基準穴(H)を任意に組合せ、部品同士の突合せが容易にできる機能を新たに追加することで、より効率的で確実な位置合わせを実現した。Bピラーレイフォースメントとサイドフレームレイフォースメントの形状測定結果データ同士を突合せ解析した結果、部品同士は干渉領域が発生し、速やか、かつ確実に部品修正を行った (Fig.13)。

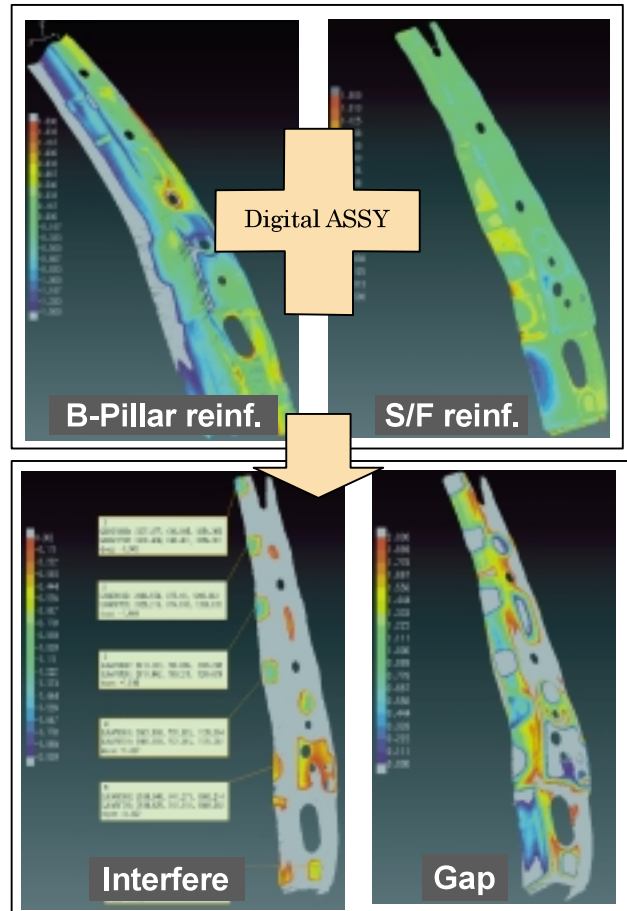


Fig.13 Interfere and Gap of Tow Measured Data

これら手法は、従来の実物同士の突合せでは評価困難であった、干渉量と範囲の定量化により、確実な部品修正指示を支援し、社内外の部品育成の早期化に繋がるとともに、突発的に発生する不具合対策に適用効果がある。

5. まとめ

本取組みにより、嵌合検査具の一部を廃止するとともに、測定ゲージについても一部廃止し、絶対原価への達成に向け、第一歩を踏み出すことができた。

今後、絶対原価に達成するためには、適用アイテムの拡大が必要である。その技術的課題としては、測定・結果処理効率化や穴・エッジ部形状測定精度向上などが必要であり、段取りの簡素化・処理自動化や測定機ハードソフト両面の機能向上などに取り組む必要がある。

一方、品質育成についても、従来の物合わせからデジタル測定データを主体とした手法へ革新することで、確実な修正指示を支援し、部品寸法精度の早期確保に寄与できた。

これらのデジタル測定データを利用することで、従来の検査具による測定結果では困難であった社内外遠隔地の部品同士の突合せ評価や、リバースエンジニアリングによる品質育成などが可能となる。こうしたデジタル測定データの特徴を活かした品質育成プロセスの実現に向けて、関連部門と共同で取り組み、今後とも効率的な検査システムを提供していく所存である。

著者



村上功一



藤岡邦彦



鈴江章弘