

画像処理による3次元寸法検査装置の開発

原 田 耕 太

1 はじめに

KYBの自動車用ショックアブソーバ（以下 SA）は、複数の部品を溶接することで構成されている。また、SAは車両にボルトなどにより締結され使われる（図1）。そのため、出荷前検査として車両との取り付け穴の位置や外観形状の寸法検査を、作業による手動計測にて対応している。しかし、この検査方法では人による作業ミスや、小ロット化に向かう中で計測負担の増加が問題となる。そこで、今回は画像処理による3次元寸法検査装置を開発したので紹介する。

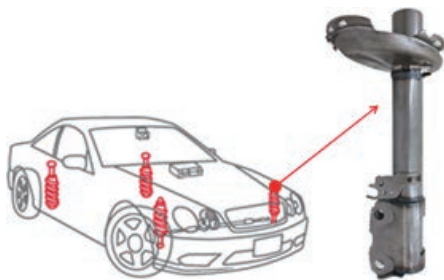


図1 ショックアブソーバ

2 目的

3次元寸法計測が可能な自動検査装置（以下、検査装置）を開発、導入し、品質保証度の向上を図る。

3 検査装置に求められる機能

検査装置に求められる機能として以下の3つがある。今回、同機能を有した検査装置を開発した。

- ①対象部位の位置、角度を3次元寸法（X, Y, Z）で計測できること。
- ②計測位置は車両ごとに異なる。多機種の計測に対応できるように、計測位置は自由に変更できること。
- ③自動で計測、合否判定できること。

4 計測対象項目

検査装置での計測対象と部品名称を図2に示す。表1には各部品の計測項目を示す。各部品は、アウタに溶接されるが、取り付け位置、角度は機種により様々である。そのため、計測位置は機種ごとに異なる。したがって、多方向からの計測が必要である。また、計測項目は穴以外に、平面上の点の計測も必要である。

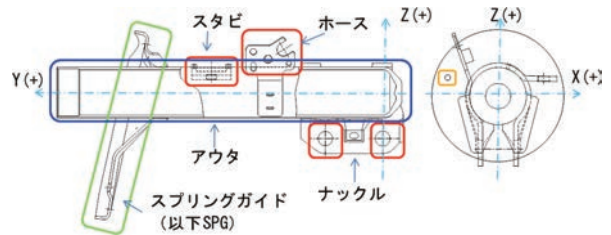


図2 計測対象と部品名称

表1 計測項目

計測対象	計測項目
ナックル, ホース スタビ (各ブラケット)	穴の位置, 角度
SPG回転方向	穴の位置
SPG傾き	平面上の3点の位置
アウタ	円筒軸の位置

5 検査装置の設備概要

5.1 採用した計測手法

検査装置では計測の自由度を高めるために非接触式を採用した。また、計測対象ごとに最適な手法を使い分けることとし、表2に示す3つの手法を採用した。

表2 計測手法

計測対象	計測手法
ナックル, ホース, スタビ (各ブラケット)	光切断法 (画像処理)
SPG回転方向	ステレオ計測法 (画像処理)
SPG傾き	レーザ変位センサ活用による計測
アウタ	レーザ変位センサ活用による計測

5.2 システム構成

システム構成を図3に、製作した設備を写真1に示す。本検査装置の特徴を以下に示す。各機能の詳細は、別項で説明する。

- ①製品を回転させながら計測するシステムを採用した。これによりカメラ台数の削減が可能となり、設備コストアップの抑制と、維持管理の容易化を図った。
- ②プレス成型された穴の位置を高精度に計測可能なアルゴリズム（光切断法の応用）を考案し、実装した。
- ③環境温度変化による計測精度への影響を低減させる対策を実施。これにより工場内での使用を可能にした。
- ④検査結果の見える化と、データ分析機能を実装した。これにより異常の早期発見や分析に活用可能とした。

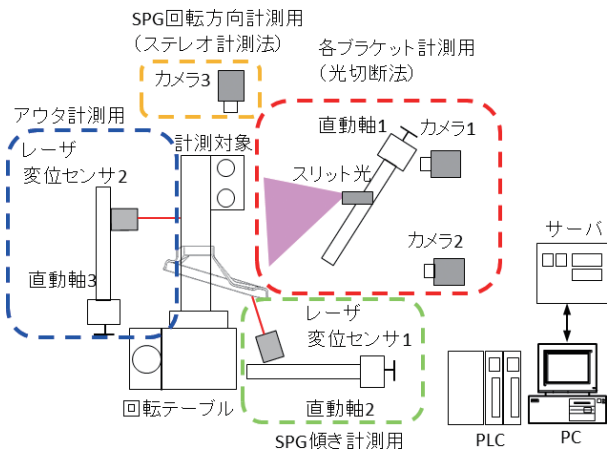


図3 システム構成



写真1 検査装置外観

5.3 動作フロー

検査装置の動作フローを図4に示す。

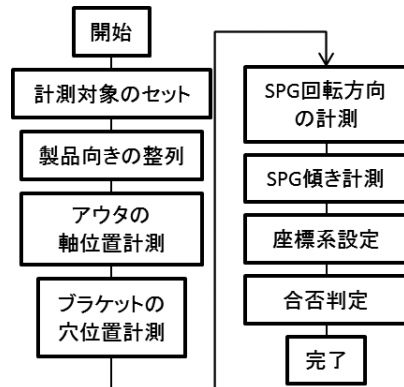


図4 動作フロー

6 光切断法の計測原理

検査装置の主力である光切断法の計測原理について解説する¹⁾。

光切断法で最低限必要な装置構成は、カメラ、スリット光、計測対象の3点になる（図5）。計測原理は、①ライン状のスリット光を計測対象に照射する。②検査ワークに写ったスリット光を別方向からカメラにより撮影する。③撮影された画像と、スリット光の照射位置とカメラ位置の関係から、三角測量の原理で対象の3次元位置情報を取得する。

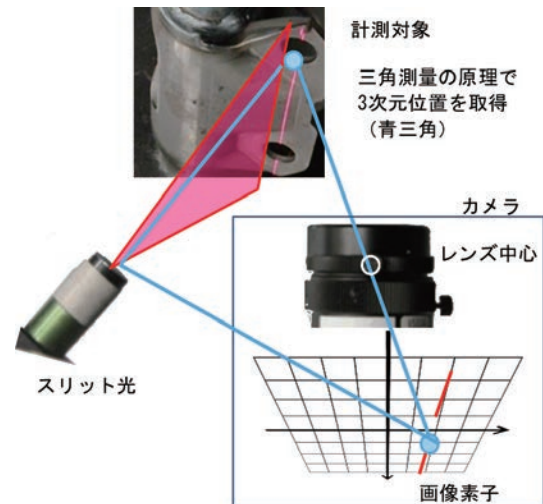


図5 光切断法の計測原理

7 検査装置の特徴紹介

7.1 製品を回転させながら計測する

6項で解説した必要最低限の装置構成による光切断計測では、計測範囲はスリット光が照射される一平面に限られる。しかし、本検査では3次元空間で

の計測，すなわち計測範囲の拡張が必要である。そこで，検査装置ではスリット光を1軸方向に駆動させる構造と，計測対象の回転機構を組み合わせることで必要な計測範囲を確保している。

また，このような装置構成としたことで，カメラ，スリット光などの必要な機器の台数を少なくすることが可能となり，設備コストアップの抑制と維持管理の容易化を図った。

7.2 光切断法によるプレス成型穴の高精度計測アルゴリズム

6項で解説したように，光切断法では1本のスリット光から3次元位置を取得できる範囲は，スリット光線上のみである。そのため，一般的に光切断法で穴の位置計算を行う場合は，図6に示すように，複数のスリット光を用い，スリット光が穴で消失する端点を画像処理で検出し，穴位置を算出する。

しかし，この方法ではスリット光の中心を算出する時に，穴のエッジによる光の乱反射や，スリット光に幅があることに起因する誤差が問題となり，正確にスリット光の端点を検出することが難しい(図6)。結果，穴位置計測の誤差要因となっていた。

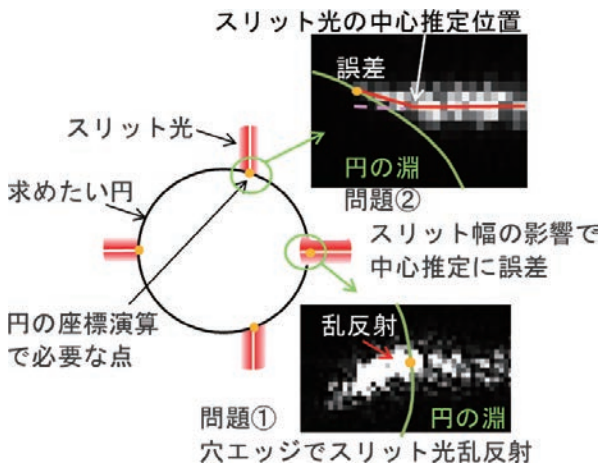


図6 光切断法による穴位置計測時の誤差要因

そこで，本開発では穴は平面上に開いていることを利用した位置計算アルゴリズム(図7)を考案し，問題を解決した。本アルゴリズムは，対象物体の面の3次元情報を知ることができれば，単眼カメラで撮影した対象物体の画像特徴から全ての3次元位置が取得可能になる。本アルゴリズムの適用は，光切断法に限らず，面の3次元計測が可能な，ステレオ法，光レーダ法など，広く世の中で普及し始めている機器にも適用可能である。

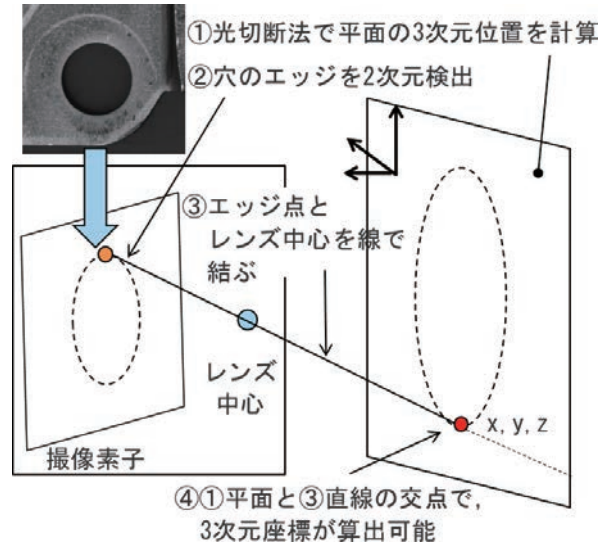


図7 考案した光切断法による穴位置計算アルゴリズム

7.3 環境温度変化による計測精度への影響対策

市販されている門型の接触式3次元測定機は，計測精度を維持するために，環境温度をコントロールできる空間での使用が推奨されている。しかし，本設備は工場内で使われるため，温度は一年を通して数十℃変化し，計測精度に影響を与える。例として，表3に簡単な精度影響への試算結果を示す。

表3 温度変化による精度影響レベルの簡易評価

試算条件	カメラー計測対象間の距離	450mm
	固定フレームの素材	鋼
	鋼の線膨張係数	$12 \times 10^{-6}/K$
	温度変化量	10℃
温度上昇によるカメラー計測対象間の位置ずれ量		0.054mm

10℃の温度変化により，計測機器の位置関係が0.054mmもずれることが分かる。本設備で採用している光切断法では，カメラとスリット光と対象物間の三角測量の原理で計測することから，この位置ずれ量による計測精度への影響は問題になる。更には，検査装置は製品を回転させて計測することから，温度変化による影響は増々拡大するので対策が必要である。実施した温度影響対策を2つ紹介する。

①フレーム素材に低膨張材を使用

温度変化によるフレームの伸び量は，素材の線膨張係数に比例する。そこで検査装置のフレーム素材には，線膨張係数が $3 \times 10^{-6}/K$ (鋼に比べて1/4)の低膨張材を使用している。

②フレームの温度変化を少なくする対策

フレーム素材に，膨張しにくい素材を使用したが，

伸び量は0ではない。そこで、検査装置ではフレームの温度変化を少なくするために、フレーム周辺を囲み、小型の空調設備を設置している。これにより、フレームの温度変化が起りにくい環境を作っている（図8）。

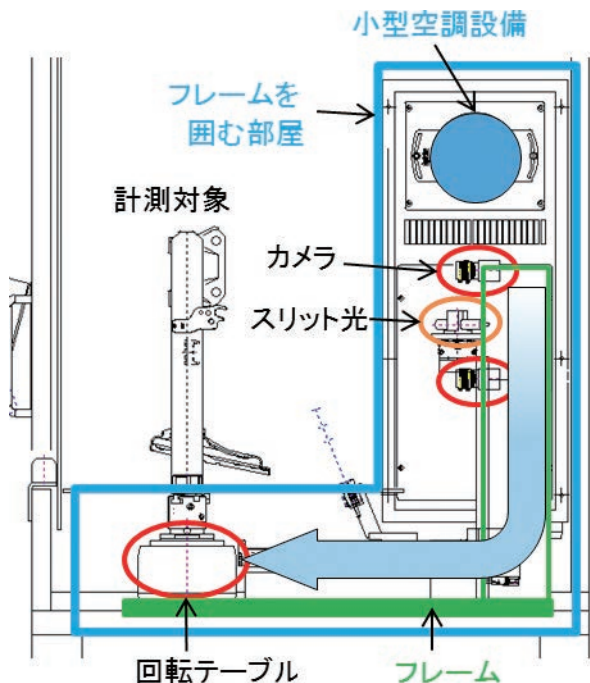


図8 環境温度変化によるフレームの膨張低減対策

7.4 検査結果の見える化とデータ分析機能

計測結果として、各項目の実測値と規格値、合否判定結果が設備モニタに表示される。NG判定、アクション判定^{注1)}の場合は背景色が変わり、一目で問題箇所の確認ができる。また、別画面では履歴も確認できる（図9）。また、計測結果を一元管理可能な管理端末ソフト²⁾では、収集したデータの表示として、データの傾向グラフ、ヒストグラム、標準偏差、Cp、Cpkが表示される。データのばらつきの確認や、改善資料として活用できる。

注1) 不良発生前の傾向をつかむための判定で、良品ではあるが設計値から一定量外れている場合に出力される判定結果のこと。

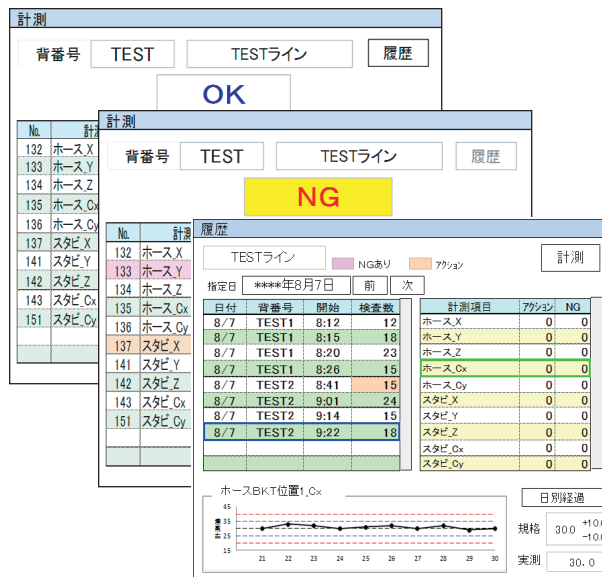


図9 計測結果の表示画面

8 おわりに

多種類のSAが自動計測可能な3次元寸法検査装置を開発・導入したことで、品質保証度の向上に貢献できた。

また、検査結果の見える化、データ収集機能、データ分析機能を実装した。今後は、これらデータを活用することで不具合の早期発見や、品質、生産性向上の改善活動につなげていきたい。

最後に、本開発にあたり多大なるご支援、ご協力をいただいた共同研究先³⁾の岐阜大学 加藤邦人准教授並びに同研究室の方々、及び関係部署の方々に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 井口征士, 佐藤宏介: 三次元画像計測, 昭晃堂, (1990年).
- 2) 西尾明彦, 田辺憲一: 検査支援システムの開発, KYB技報第42号, (2011年4月).
- 3) 佐藤諒一: レーザー3次元計測による自動車部品の穴位置計測システムの構築, 岐阜大学大学院工学研究科修士論文, (2013年).

著者



原田 耕太

2004年入社。技術本部生産技術研究所第二研究室。画像処理、寸法検査技術の開発に従事。