

三次元計測装置を用いた曲面板の表面形状計測と自由振動解析

日本電子計算(株) 正会員 ○和田 眞禎 長崎大学 工学部 正会員 松田 浩
日本構研情報(株) 非会員 仲村 政彦 長崎大学大学院 学生員 小嶋 悟

1 はじめに

ケーブルネットやサスペンション膜などのテンション構造物、複雑な曲面形状をもつシェル構造物を対象として三次元計測を行い、得られた三次元座標データを用いて有限要素メッシュを作成し、汎用 FEM コードによる応力・変形及び固有振動解析を行うことを目的として、三次元計測装置を開発した。

三次元計測器には、接触式と非接触式がある。接触式は比較的安価であるが長い計測時間を要し、非接触式は高価で大規模な装置を必要とする。また、両計測法とも、定位置に設置されており、計測対象物をその場所に搬入・据え付けて計測が行われている。本装置は、通常普及している CCD カメラ 1～2 台とスポットレーザ投光法を組み合わせ、簡易な計測理論を用いて、計測精度と計測速度を向上させ、さらに、可搬性及び簡易操作性を追求したものである。

本研究では、試作開発した可搬・非接触型である本計測装置の有効性・有用性の検証と、三次元計測によって得られる三次元座標情報の有効活用技術を検討することを目的として、築地ら¹⁾による曲面板の自由振動実験・解析結果と比較検討を行った。

2 三次元計測装置の概要

写真 1 に示すように、本計測装置は CCD カメラ 2 台とスポットレーザ投光器を同一定盤上に一体化させている。本計測装置では、スポットレーザ投光法、スリットレーザ投影法の 2 種類の計測法で三次元計測を行うことが可能である。また、本計測装置の有効性を検討するため、写真 2 に示すような触針式 3D 計測器を用いて比較した。



写真 1. 三次元計測装置



写真 2. 触針式 3D 計測器

3 築地らの曲面板の振動解析・実験の概要

築地らは軸流回転機翼の振動解析法の一つとして、翼を薄肉曲面板にモデル化し、薄肉シェル理論から導かれた厳密なひずみ-変位関係を用いた Rayleigh-Ritz 法による解析法を提案している。また、実験では、上記のねじれた薄肉円筒曲板の他に、写真 3、図 1 に示すアルミニウム合金製の円錐殻 (ヤング率 71 GPa, ポアソン比 0.33, 密度 2.7 g/cm³) より、中心角 60° の曲面板に対し円錐断面の中心をねじれの中心とする初期ねじれ角 $K=0, 30, 60^\circ$ を切り出し製作した 3 種類の試験片 (写真 4 参照) も製作している。実験方法は、防振台上の固定金具に試験片を固定し、試験片の裏面からスピーカーで加振した。なお、スピーカーの加振力が不足する場合には小型電動加振機 (加振力 1KgG) を用いる。試験片に貼付した圧電素子出力の極大点の加振周波数を測定し、試験片の共振周波数とする。共振時の試験片の振動モードはレーザホログラフィ (He-Ne レーザ, 出力 30mW) の時間平均法によって測定する。



写真 3. 円錐殻

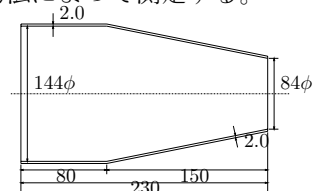


図 1. 円錐殻の寸法



$K=0^\circ$



$K=30^\circ$



$K=60^\circ$

写真 4. 3 種類の試験片

4 FEM メッシュ作成方法

触針式 3D 計測器より得られた三次元座標データはデータ間隔が均一で、メッシュ分割は比較的簡単に得られる。本計測装置により得られた三次元座標データはデータ数が多く、ノイズもあり、またデータ間隔が

キーワード：三次元計測，曲面板シェル，自由振動解析

〒532-0011 大阪市淀川区西中島 2-12-11 TEL:06-6307-5462 FAX:06-6305-1968

不均一なため、計測データをそのまま用いてメッシュ分割することは困難である。そのため、ここでは、以下に示すようにメッシュ分割プログラムを作成した。

① 目視によるノイズの削除

被計測物の形状が複雑になるにつれ、それに伴うノイズの削除も非常に難しい問題となる。図2は本計測装置により得られた三次元座標データの一部であるが、計測データ量が膨大で、ノイズも存在している。現段階で、ノイズ削除の自動化方法を構築しておらず、今回は目視によりノイズと判断されたデータを人為的に削除した。



図2. 本計測装置におけるノイズ

② データ間隔の均一化

本計測装置により得られた三次元座標データを xy 平面に投影し、 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ について z 座標を平均化することにより新三次元座標データ (図3参照) を作成して、データの均一化を図る。

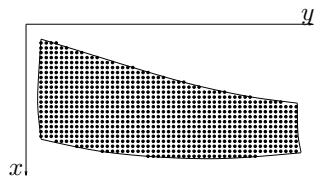


図3. 均一化されたデータ

③ FEM メッシュ分割

均一化された三次元座標データを図4に示す方法で三角形要素を作り、より実物に近い形状となるようにメッシュ分割を作成する。

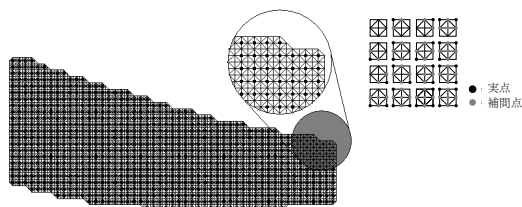


図4.FEM メッシュ分割法

5 曲面の振動解析・実験結果の比較

触針式3D計測器及び本計測装置により計測されたデータを用いて有限要素解析による固有振動解析結果及び振動モード(1次・8次)を、築地らの結果とともに図5に示す。

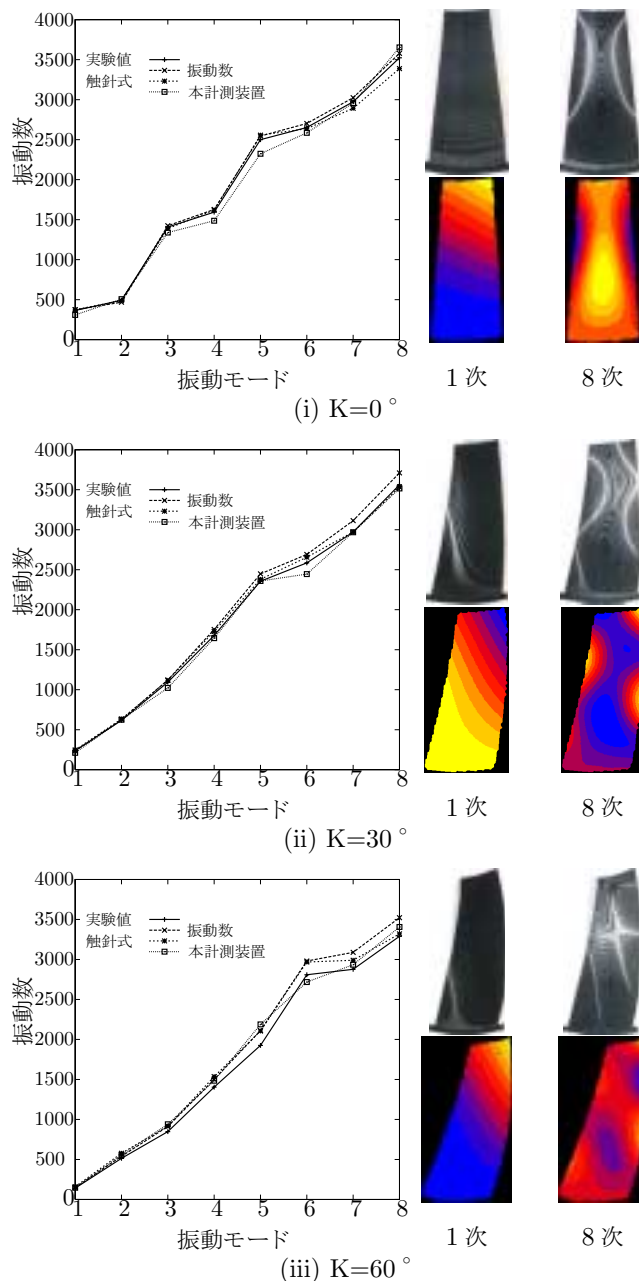


図5. 自由振動解析及び振動モード

6 まとめ

本研究では、可搬・非接触型三次元計測装置を製作し、曲面の自由振動解析問題へ応用した。以下に得られた結果をまとめた。

- 1 本装置は、通常普及されている CCD カメラ 2 台と安価なレーザを用いて低価格、可搬性、簡易操作性を有している。
- 2 有限要素メッシュ分割プログラムを作成し、有限要素解析の結果、ほぼ良好な自由振動解析結果が得られた。

《参考文献》築地ほか: ねじれた薄肉円筒曲板の振動実験結果, 第38回構造強度に関する講演会, 日本航空宇宙学会, pp101-104, 1996.