

高精度光応用計測技術の開発(第7報)

3次元デジタイザによる測定点群の合成

竹保義博^{*2}, 倉本丈久^{*1}, 古本浩章, 門藤至宏, 廣川勝久

Noninvasive optical measurement for external, surface and internal structures VII

The merging of point clouds by the 3-D digitizer

TAKEYASU Yoshihiro, KURAMOTO Takehisa, FURUMOTO Hiroaki
MONDO Munehiro and HIROKAWA Katsuhisa

The program merging of point clouds scanned from various directions by the 3-D digitizer is suggested. By use of the program we can precisely determine the coordinates of data that are separately obtained by shifting the table of a processing machine.

3次元デジタイザにより分割測定した点群データの合成を行うプログラムを作成した。本報告では、このプログラムを、使用方法と共に紹介する。また、合成の際の位置合わせを精度良く行える、加工機のテーブルを利用した分割測定手法を紹介する。

キーワード：リバーズエンジニアリング, 3次元デジタイザ

1. 緒 言

3次元CADの普及に伴って、実体の3次元形状データをコンピュータに取り込む3次元デジタイザの活用が広がっている。例えば、製造業における製品開発段階では、試作模型の形状測定によって得られた点群データを手本に、3次元CAD上に設計データを作成する際に使用する。また、製造段階では、製品の形状測定によって得られた点群データと、3次元CAD上の設計データを比較することにより、形状検査に使用する。

上述した3次元デジタイザは、測定方式の違いから接触式と非接触式に大別できる。近年は、意匠性の高い複雑な自由曲面を評価する必要性から、大量の座標データを短時間で取得できる非接触式の活用が盛んである。この方式は、接触式が不得意とするプラスチックやゴム製品などの、変形しやすい形状の測定にも適している。

非接触式の3次元デジタイザで一般的に採用されている計測原理は、被測定物に照射したレーザー光やスリット光をCCDカメラで観察し、三角測量法によって座標を取得する手法である。このとき、カメラ単独の測定分解能はCCDの画素数によって制約され、おおよそ視野域の一辺の長さの1/1000程度である。このため、広い測定

範囲を高い分解能で測定することは、複数方向からの分割測定によって得た点群データを合成することにより実現している。

しかし、一昨年の報告^{1), 2)}で指摘したとおり、複数方向から分割測定し、合成した点群データの形状精度は、合成の位置合わせの正確さに大きく影響される。簡易な3次元デジタイザの多くは、隣り合う測定範囲の一部が重複するように分割測定し、その重複部分の誤差が最小になるように合成を行う方式である。このため、分割数が多くなると、隣り合う測定範囲の誤差が累積され、全体としての形状精度が低下する傾向にある。一方、市販される高精度な3次元デジタイザは、高画素数のCCDカメラを用いるか、高精度な駆動装置と組み合わせることにより、合成による形状精度の低下を防いでいる。ただし、装置が非常に高価であるという欠点がある。

本研究では、当センターにおける高度な形状計測の要望に対応するために、既存の設備を活用して、広い測定範囲と高い分解能を実現する手法を検討した。その結果、複数方向から分割測定した点群データの位置合わせと合成を、任意に行えるプログラムを作成したので、使用方法と共に紹介する。さらに、既存の3次元デジタイザと汎用フライス盤を組み合わせ、被測定物に既知の移動量を与えて分割測定し、得られた点群データを精度良く合成する手法を検討したので紹介する。

2. 合成プログラムの作成

2.1 プログラム概要

3次元デジタルで重複部分を含むように分割測定し、STLフォーマットまたはASCIIフォーマットで保存した点群データの合成を行うプログラムを作成した。さらに、このプログラムは、STLフォーマットまたはASCIIフォーマットであれば、CADで作成したデータを読み込んで合成を行うことも可能である。

なお、プログラム言語はグラフィカルユーザーインターフェイス (GUI) 的なプログラムが容易に作成でき、プログラムルーチンの検証を簡易に行える Visual Basic を使用した。

2.2 プログラムルーチンの説明

図1にプログラムを起動させた際の最初の画面を示す。以下に合成を行う際の簡単な使用方法とフローを示す。

- 1) 合成を行う二つの測定データを読み込む。すると、それぞれの座標が計算用の数値に格納される。
- 2) 一つ目の測定データを画面に表示し、二つ目と重複する部分から、合成する際の基準となる3点を選択する。このとき、画面上で任意の点をクリックすると、この位置から最も近い点を選択される。
- 3) 次に二つ目の測定データを画面に表示し、1つ目で選択した3点に対応する点を、同様の方法で選択する。
- 4) 選択終了後、位置合わせボタンを押す。すると、それぞれの3点の重心位置と法線ベクトルが計算される。続いて、重心位置が原点になるように座標が変換され、再度計算用の数値に格納される。
- 5) 計算された法線ベクトル同士の角度から、2つの3次元データ同士の傾きが計算される。それぞれの法線ベクトルが重なるように傾き補正が行われる。
- 6) 原点移動と傾き補正を行った後の測定データが表示される。位置合わせが表示のとおりであれば、合

成ボタンを押す。

- 7) 合成は、位置合わせ後の点同士で距離の計算を行い、設定した距離以内にある点で、最も距離の近い点同士を同じ測定点とみなし、片方の点を消去することで行う。

- 8) 以上の作業を行った後、Exit ボタンを押す。結果がファイルに保存される。

3. 既存設備による分割測定手法

3.1 既存設備による分割測定手法の概要

当センターが所有する3次元デジタル (ミノルタ製、VIVID700) は、ズームレンズにより一辺が70~1100mmの視野域を1度に測定できるカメラ固定型で、分解能は測定視野域の約1/256である。広い範囲を高い分解能で計測するためには、分割測定の際に、隣り合う測定範囲の一部が重複するように測定し、合成はその重複部分の誤差が最小になるように座標変換を行う方式である。

本報告では、分割測定した点群データを合成する際の位置合わせを、高精度かつ簡易に行うために、3次元デジタルの測定精度に対し十分高い駆動精度を持つ加工機のテーブルを利用する。つまり、加工機の前に3次元デジタルを設置し、テーブルに固定した被測定物に一定の変位量を与えながら分割測定を行った。このとき、被測定物の移動方向と移動量が既知であることを利用し、測定した点群データを正確にオフセット処理することにより、高精度な合成を実現した。

3.2 テーブルの移動方向ベクトルの取得

加工機は日立工機製の汎用フライス盤を使用した。テーブルの位置座標は、付属のデジタルスケールによって5/1000mmの分解能で表示される。3次元デジタルは、加工機の前に三脚を用いて設置し、デジタルと被測定物の距離およびデジタルのズームは、必要な分解能になるように決定する。測定風景を図2に示す。このとき、加工機の座標系とデジタルの座標系は必ずしも

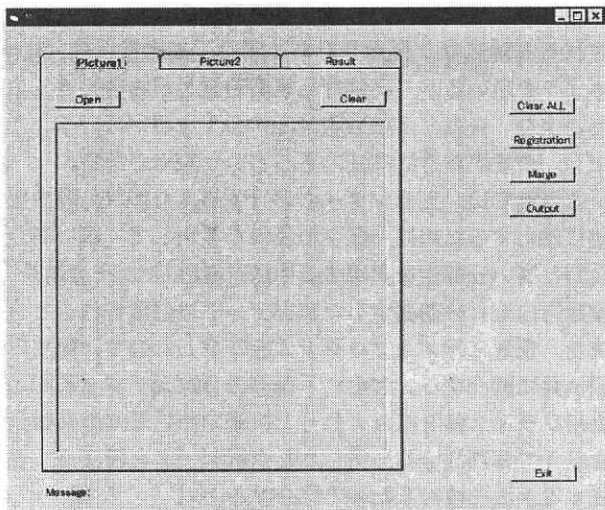


図1 プログラム概観

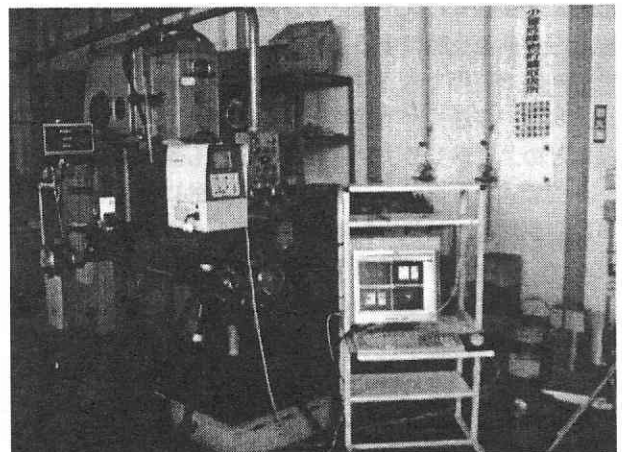


図2 測定風景



図3 基準ゲージの測定

一致させる必要はなく、以下の方法によりテーブルの移動の方向ベクトルを取得する。

- 1) 加工機のテーブル上に、前報¹⁾で使用した測定条件検討用基準ゲージ（1.25 インチの精密球を基盤に接着して製作）を固定する（図3）。このとき球が測定視野域の端に写るようにする。
- 2) 基準ゲージを測定し、球の中心座標を求める。計算方法は前報¹⁾で示したとおり、中心と各測定点の距離のばらつきが最小になるように決定した。
- 3) 加工機の1軸を駆動し、任意の移動量を与える。このとき、球が視野の初期位置と反対の端に写るようにする。
- 4) 移動後の基準ゲージの球中心座標を求める。
- 5) 移動前後の球の中心座標ベクトルの差を取り、加工機のテーブルの移動量で除する。

取得した移動の方向ベクトルは正規化されているため、後の本測定では、テーブルの移動量を乗することで測定データのオフセットベクトルを決定することができる。また、加工機の2軸以上を利用する場合は、各軸について同様の測定を繰り返すことで、同様のオフセットベク

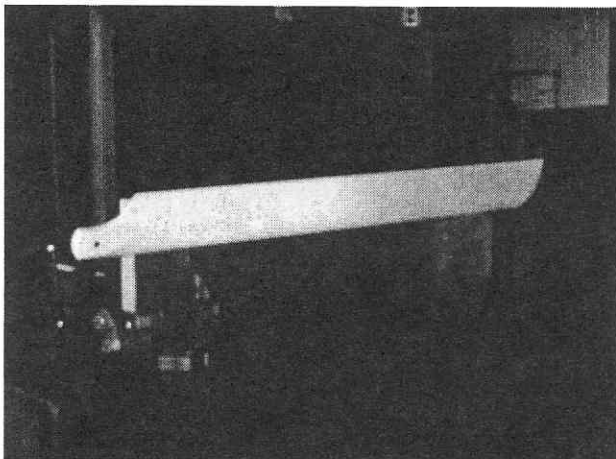


図4 ブレードの形状測定

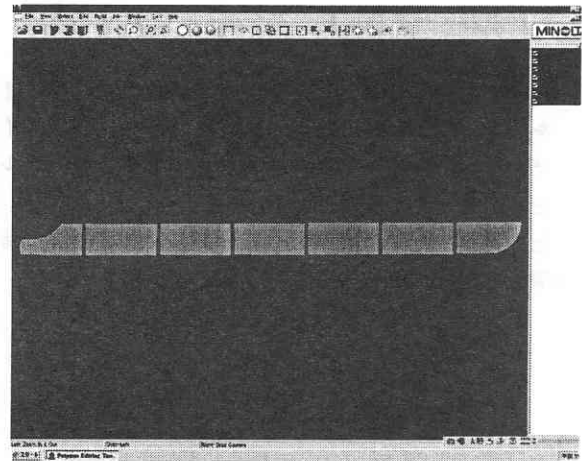


図5 分割測定した点群データ

トルを決定することができる。

3.3 加工機のテーブルを利用した分割測定

前項の方法で、加工機のテーブルの移動方向ベクトルを取得した後は、テーブルに被測定物を固定し、測定と移動を繰り返して必要な範囲の分割測定を行う。分割して得た各点群データは、毎回のテーブルの移動量と移動の方向ベクトルから決まるオフセット処理を行う。最後にすべての点群データを合成することにより、必要な分解能を有する形状データを得る。

3.4 測定事例の紹介

本手法を、ラジコンヘリコプター用メインブレード（以下ブレード）の形状測定に適用した事例を示す（図4）。ブレードは幅 60mm 長さ 700mm の細長い板状であり、全体が一つの視野域に入るように測定した場合、分解能は約 5mm と低くなる。このため、ブレードの微細な曲面形状を3次元 CAD 上に再現することは難しい。一方で、微細な曲面形状を測定するために、狭い視野域で分割測定を行って合成した場合、最終的に得られる全体の形状精度を保つことは難しかった。

そこで、本手法を用いて、分解能が約 0.6mm となるように3次元デジタイザの視野域を設定し、加工機のテーブルを 100mm ずつ移動しながら分割測定を行った。各点群データを並べて表示した画面を図5に示す。最後に、各点群データを加工機のテーブルの移動方向に既定量オフセット処理し、合成した。

以上の手法により、ブレードの微細な曲面形状と全体の形状精度を両立した点群データを、3次元 CAD 上に取り込むことができた。

4. 結 言

本研究では、当センターにおける高度な形状計測の要望に対応するために、以下のことを検討した。

- 1) 3次元デジタイザを用いて、複数方向からスキャン

した点群データの位置合わせを行い、合成するプログラムを作成した。

- 2) 分割して測定したデータを合成する際の位置合わせを、高精度かつ簡易に行うために、3次元デジタイザに対し十分高い駆動精度を持つ加工機のテーブルを利用することを検討した。

以上の結果、既存の設備を活用し、広い測定範囲と高い分解能を実現する形状測定が可能となった。

謝 辞

本研究にあたり、ヒロボー㈱より測定サンプルとしてラジコンヘリコプター用メインブレードを提供いただきました。この場を借りて感謝いたします。

文 献

- 1) 倉本ほか4名：広島県立東部工業技術センター研究報告, 15, 1-4, (2002)
- 2) 竹保ほか4名：広島県立東部工業技術センター研究報告, 15, 5-8, (2002)