

3D-FAX 用三次元計測装置の改良に関する検討

佐藤辰雄
情報産業部

A Review to Improve the 3D-Sensor System for 3D-FAX

Tatsuo SATO
Information Technology Division

要旨

センターではこれまで、物体の形状を三次元データとして計測してインターネット経由で遠隔地へ転送し、光造形技術を用いて同形状の三次元構造物を複製するシステムを 3D-FAX として開発してきた。しかしこれまで開発した三次元形状計測装置には、(1)細かいノイズがたくさん発生する、(2)計測結果に緩やかな歪みがある、(3)背景などの本質的に計測できない部分が大きなノイズとして現れる、等の問題があった。そこで今年度はこれらの問題点の改良について検討し、可能なものから改良を行った。具体的には、(4)デジタルカメラを取り入れることによるノイズの改善、(5)キャリブレーション方法の変更による歪みの改善、(6)ソフト上での例外値除去処理の追加による異常な背景等の除去、などを検討した。

1. はじめに

センターでは物体の形状を三次元計測し、インターネット経由でデータ転送して、遠隔地で同形状の三次元構造物を複製する 3D-FAX システムを提案し開発してきた。その実現には、三次元形状を読みとるための三次元計測技術、計測したデータから三次元モデルを作成するモデリング技術、データを転送する通信技術、転送されたデータから樹脂モデルを作成する光造形技術などが必要であり、これらの機構を備えた 3D-FAX 用三次元形状計測装置を試作開発した。

本研究は、この三次元形状計測装置の最も大きな問題点であるノイズの発生と形状歪みを技術的に解析し、その解決を図るものである。

この三次元形状の計測装置は、当センターで従来より研究してきたカラーグラデーションパターン投影法を基に、いくつかの項目について変更や最適設計を加え、性能向上を図ったものであり、以下のような特徴を持っている。

(1) DLP(Digital Light Processing)方式のプロジェクタを用いたカラーパターン投影方式である。これによりプロジェクタの小型化が図られている。

(2) 投影パターンは、RGB 色空間内で無彩色の軸に垂直な平面上で円になるように設計している。これにより投影パターン上で RGB 値の変化分布に不連続が生じないため、観測画像における各画素の色レベルからプロジ

ェクタ座標への変換が単純になり計測精度が向上する。

(3) 3 自由度の計測架台を持っているため、被計測物体と計測装置との位置関係を自由に回転移動させることができる。これにより計測装置から対象物への視線方向を自由に設定する事ができ、底面を除いて対象物の全周囲の形状計測が可能である。

(4) 物体表面の色合いに影響されない。

(5) 計測時間が約 1 秒程度と短く高速。

計測装置外観写真を Fig.1 に示す。

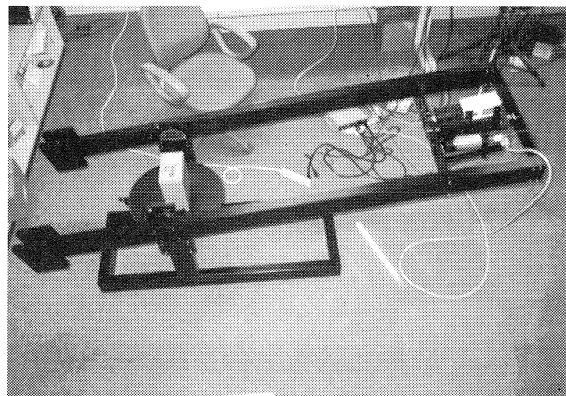
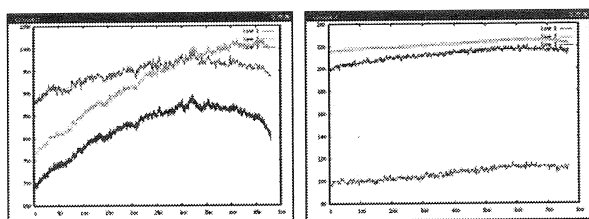


Fig. 1 計測装置外観

2. 三次元形状計測装置の問題点と対策

これまでに開発試作した三次元形状計測装置には下記のような問題点がある。

- (1) 細かいノイズがたくさん発生する。これは主にビデオ信号の A/D 変換時に発生するアナログ系のノイズと考えられ、解決法としてはカメラを最近いろいろと市販されるようになってきた IEEE1394 インターフェイスや USB インターフェイスのものにすることが考えられる。現在使用中のアナログ RGB カメラと、1394 カメラとの RGB 信号強度の分布（画面上で縦一直線上の強度分布）を Fig.2 に示す。1394 カメラの方が明らかにノイズが少ないため、三次元形状計測時ノイズが減らせると思われる。



(a) アナログ RGB カメラ (b) 1394 カメラ

Fig. 2 信号強度の分布

- (2) 計測結果に緩やかな歪みがある。これは、主に色の復元と復元した色からのプロジェクタ座標復元の精度、および幾何学キャリブレーションの精度などが原因と考えられる。ここではこれまで比較的計測範囲の小さいブロックを使って行っていた幾何学キャリブレーションの方法を、スライドレール上にキャリブレーション板を垂直に立て計測範囲を最大とするように移動させてキャリブレーションすることとした。またキャリブレーションにより得られたカメラパラメータから計算上のカメラ中心を求め、装置を再度それに合わせるよう微調整する作業を行いキャリブレーションの精度向上も検討した。
- (3) 計測した三次元データには背景などのような本質的に避けられないノイズ（計測範囲の越えた距離にあるシーンが写り込む）も存在する。その状況を Fig.3 に示す。これは計測後ソフトウェアで除去しなければならない。その除去できる基準は難しいがここでは RGB のレベルが低い、計算された座標値が異常などの基準である程度除去可能であることがわかった。



Fig. 3 背景など計測範囲外物体により発生するノイズ

- (4) 投影パターンについては詳細な説明は省略するが、Fig.4 のように行っている。

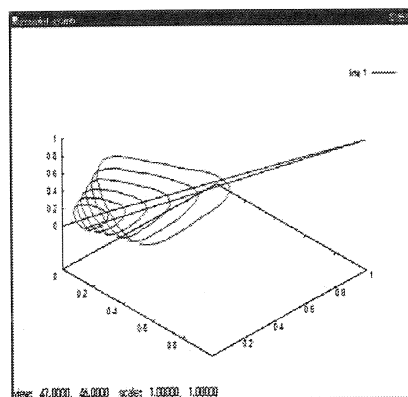


Fig. 4 RGB 色空間上で表した投影パターン

これらの問題点改良はキャリブレーション以外はソフトウェアの変更が必要で、現在作業を進めているところであるが、まだ完成していない。

3. まとめ

しかしこれまで開発した三次元形状計測装置には、(1)細かいノイズがたくさん発生する、(2)計測結果に緩やかな歪みがある、(3)背景などの本質的に計測できない部分が大きなノイズとして現れる、等の問題があった。

そこで今年度はこれらの問題点の改良について検討し、可能なものから改良を行った。具体的には、(4)デジタルカメラを取り入れることによるノイズの改善、(5)キャリブレーション方法の変更による歪みの改善、(6)ソフト上での例外値除去処理の追加による異常な背景等の除去、などを検討した

なお、客員研究員として産総研増田氏に多大な協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。