

非接触 3 次元形状計測装置 「TRiDY」

Non-contact 3D-Measurement System, “TRiDY”

1. はじめに

IT 技術の発展にともなって、CAD や CG が日常的に使用される時代になってきた。一方で、このようなシステムに形状を入力する手段である 3 次元形状計測装置については、ユーザの期待の大きい高速・高精度・高信頼性・コンパクトという条件をすべて同時に満足する性能と機能を有する装置は、いまだ実現されているとはいえない。

今回開発・実用化した新しい形状計測装置「TRiDY」は、測定対象に投影した縞のゆがみから形状を測定する方式として知られているイメージエンコード法¹⁾と 2 値コードパターン投影法²⁾という 2 つの異なった方式を、パソコンに接続したプロジェクタの投影パタンの切り替えにより一つのシステムとして実現した。これら 2 つの形状計測方式は、それぞれ優位性ある特徴を有しており、TRiDY では汎用プロジェクタを利用してこれらの利点同士を組み合わせることにより、ユーザニーズにこたえる性能を発揮する。

2. 測定方式

2.1 イメージエンコード法と 2 値パターン投影法

イメージエンコード法¹⁾は、Fig. 1(a) に示すように、測定対象表面をスリット光で走査している間の測定対象表面の画像の各画素ごとの明るさをリアルタイムでチェックし、その画素が最も明るくなったタイミングのスリット投光角度からなる画像を合成する。この画像は対象表面上の各場所ごとの投光角度 $\theta(x, y)$ を表しているのので、(1) 式の三角測量原理に基づいて形状に変換する。

$$z(x, y) = z_0 - (x_0 - x) / \tan\theta(x, y) \dots \dots \dots (1)$$

この方式は、各画素の明るさの「時間的な」ピークを頼りに測定しているのので、対象表面の反射率や背景光の影響を受けにくく、ロバストでかつ高精度の測定が実現できる。ただし、1 本のスリットの走査では撮影に 10 ~ 20 s かかるため、高速化のためにはマルチスリット走査が不可欠であるが、その代償としてスリットピッチ単位の形状不確定性を生じる。

これに対して 2 値コードパターン投影法²⁾は、Fig. 1(b) に示すように、対象表面に投光角度と対応づけてコード化された複数枚の 2 値ストライプパターンを投影し、これを撮影しデコードすることにより、対象表面の各点の投光角度を求めて形状を演算する。

2 値コードパターン投影法は、ストライプ幅が狭くなると、カメラ分解能の制約によりストライプの分離ができなくなるため、測定精度には限界がある。一方、測定対象表面上の各点の照明投光角度を絶対値としてコード化できることから、絶対値計測という利点を有する。

マルチスリットイメージエンコード法と 2 値コードパターン投影法とはいずれもロバスト性と高速性とを兼ね備えた方式であるが、「高精度計測」と「絶対値計測」という視点に立つと互いに補完する関係にある。

2.2 プロジェクタ複合パターン投影法

新たに提案するプロジェクタ複合パターン投影法は、Fig. 2 に示すように、パソコンに接続された汎用プロジェクタを利用して、マルチスリットパターン走査と 2 値コード

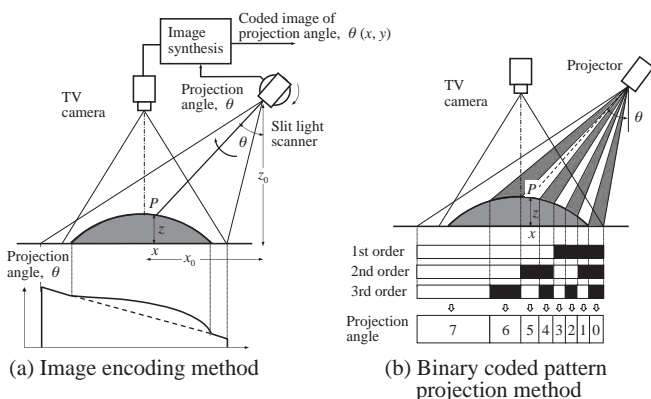


Fig. 1 Principles of shape measurement of TRiDY

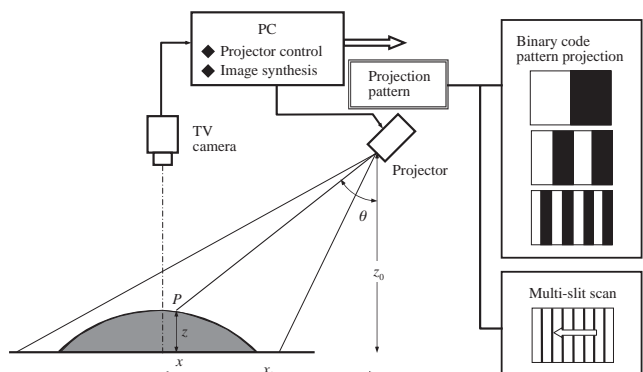


Fig. 2 Complex coded pattern projection method (TRiDY method)

Table 1 Type and specification

Type	TRiDY-W	TRiDY-S	TRiDY-F
View field	480 mm × 640 mm	240 mm × 320 mm	120 mm × 160 mm
Resolution	±1 mm	±0.5 mm	±0.25 mm

パタン投影とを同一の光学系で構成する。マルチスリット走査画像からの形状再生にはイメージエンコード法を用いて高精度計測を実現し、マルチスリットの形状不確定性は2値コードパタン投影法で補うことにより、2つの方式の利点同士を組み合わせ、高速・ロバストでかつ高精度・絶対値形状計測を実現した。

3. 3次元曲面形状計測装置「TRiDY」

装置の設計にあたっては昨今の目覚ましいIT技術の進歩を取り入れて、携帯性・白色光投影・カラービジュアル画像入力など、形状計測ユーザからの要求の大きい機能・性能・仕様を盛り込んだ装置の構成とした。

Table 1 にラインアップを示す。

本装置の特長と測定仕様を以下にまとめる。

- (1) 高速：撮影 1.2 s, 演算 2 s
- (2) 高精度：±0.5 mm (TRiDY-S の場合)
- (3) 高信頼性：反射率ムラ可・照明光可
- (4) 安全性：白色光
- (5) 携帯性：本体重量約 10 kg
- (6) カラービジュアル画像入力可能

4. 適用例

Fig. 3 に、TRiDYS の外観・測定状況および測定例を示す。本装置は、顔の表情の微妙な変化まで捉える性能を有する。また、TRiDY の測定形状は厳密な歪補正（遠近効果補正、基準面補正）が施されているので、測定範囲全域にわたって測定精度が保証されており、顔のさまざまな施術の before-after 形状比較に利用することも可能である。さらに、各画素ごとに形状情報と輝度情報が同時に測定されるので、ビジュアル像上で確認したマーク間の距離を形状画像上で測定する、いわゆる「ランドマーク測長」が可能である。

Fig. 4 に、TRiDY-W の外観および測定例を示す。人体半身のボディ形状あるいは着衣の微妙な風合いを捉えることができる。

5. おわりに

形状計測の世界で最も難しい対象とされる人体形状をも難なくこなす「ロバスト性」と「測定精度」とを兼ね備え

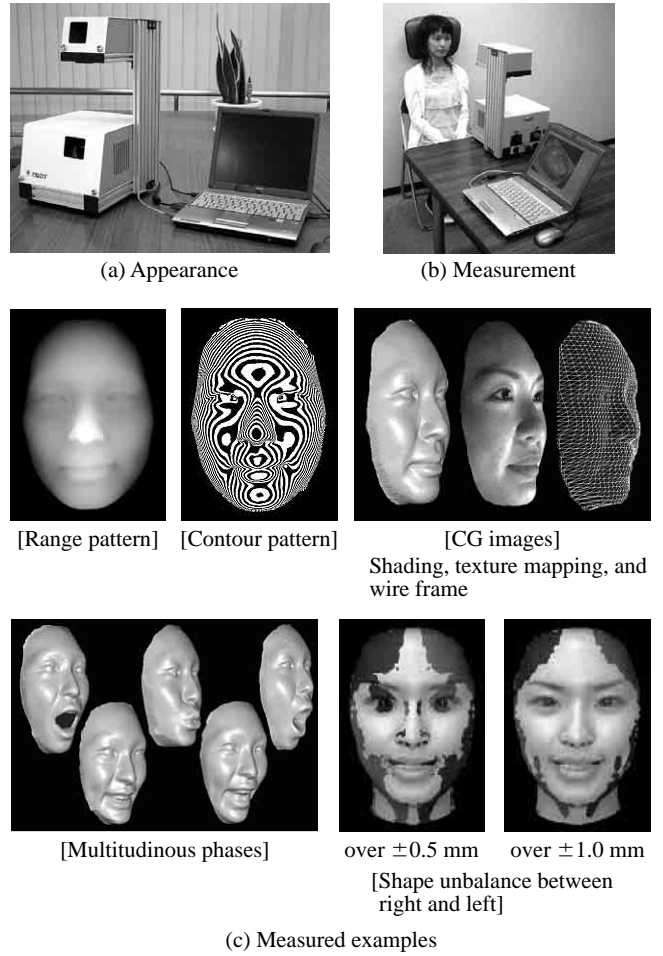


Fig. 3 TRiDYS

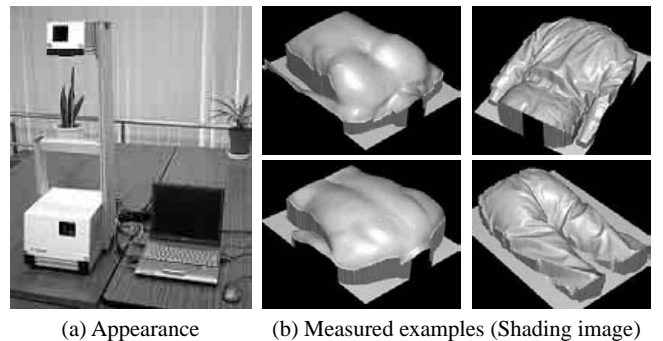


Fig. 4 TRiDY-W

た新しい形状計測装置 TRiDY を開発・実用化した。今後、お客様のニーズにこたえるべく、種々の形状計測のアプリケーション分野への展開を図っていきたい。

参考文献

- 1) 上杉満昭, 猪股雅一. 電気学会産業計測制御研究会資料. IIC-90-34, 1990, p. 1-10.
- 2) 佐藤宏介, 井口征士. 信学論 (D). J68-D, no. 3, 1985, p. 369-395.

〈問い合わせ先〉

JFE テクノリサーチ 計測システム事業部 製品開発部
 TEL : 044-322-6273 FAX : 044-322-6529
 E-mail : tridy@jfe-tec.co.jp