

従来、工業計測分野における3D計測はプローブ等を用いた接触式方式が大半であり、作業効率の点から計測点数の制限があった。ここ近年においては、非接触による計測が多く行われ、また計測方法も多数に及ぶ。その背景にはコンピュータスペックの向上に伴うものが大きく、これにより数十万～百万点の膨大な点数の計測が可能になった。さらにデジタルカメラの発展もめざましく、本稿ではデジタルカメラで撮影した画像から3D計測を実現する方法の原理と応用例について、(株)トプコンテクノハウス社のQM-3000を例として紹介する¹⁾。

1. デジタル画像による3D計測とは

画像による3D計測は、2枚の左右画像を用いたステレオ法に基づいている。フィルムカメラを用いたところより行われ、航空写真からの地図の作成に多く使用されてきた。この技術は写真測量といい、地上から撮影した地形計測や文化財計測に発展し、さらには工業用途の計測にまで応用されている^{2,3)}。工業計測分野における利点として、計測用画像取得の際の瞬時性、可搬性が挙げられる。瞬時にシャッターを切って画像取得できるため、人体等の動的対象物の一瞬を計測するのに適している。さらに、計測した3Dデータ上に計測用画像をテクスチャーとして貼り付けることができるため、3Dデータのみならずテクスチャーを重視するユーザーにとってもメリットが大きい。

2. 計測フロー

デジタル写真測量による3D計測処理の流れを図1に示す。①計測に先立ち(撮影してからでもよい)、カメラキャリブレーションを行う⁴⁾。これは、精密に配置されている基準点を1台のカメラで複数方向から撮影することにより、解析的にカメラの主点位置、画面(焦点)距離、レンズ歪みを求める作業で、使用する各カメラに対して行う。1000万画素一眼レフ、焦点距離18mmレンズでは樽型の歪曲収差の画像となるが、キャリブレーションにより

画像周辺部で45～75画素相当のずれを正確に補正する。次に、②計測対象物にプロジェクターを使用してランダムなドットパターンを照射し、ステレオカメラで撮影する。仮に計測対象物表面に特徴模様がある場合、パターン照射は不必要である。また、スケールを決定するための基準尺を計測対象物と一緒に撮影する。そして撮影した画像をコンピューターに取り込み、③撮影した際のカメラ位置と傾きを求める(標定と呼ぶ)。これは左右画像の対応点を6点以上求めることで計算処理される。これらのパラメータにより、撮影画像を縦視差のない立体視可能な画像に修正する(偏位修正画像)。この立体画像から、④3D計測、図化が可能となる。面の自動計測は、対象エリア内を短時間で一括して数十万点の3Dデータを得る。⑤ここで得られた3Dデータから、ポリゴンや実写画像を貼り付けたテクスチャーマッピング画像を作成し、再構築した画像をさまざまな視点から見る事が可能となる。⑥成果品は、各種3Dデータとして出力され、⑦図

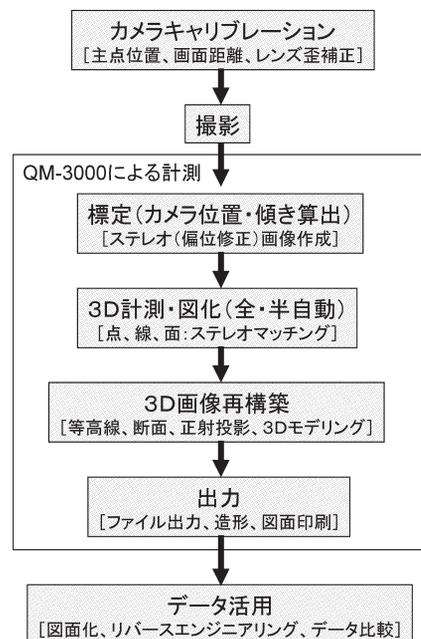


図1 計測処理の流れ。

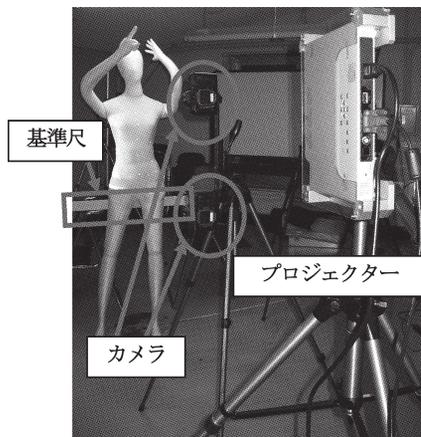


図2 撮影風景。

面化，造形作成に応用される。

3. 応用例

デジタルカメラの特徴である瞬時性を生かした事例として，人体の形状計測を行った。人間工学の観点から人体形状をCAD図面に反映させ設計に生かしている例もある。また服飾分野やVR（バーチャルリアリティ）にも応用が期待される⁵⁾。

計測対象を男性上半身とし，4ステレオカメラを90°おきに人体の全周に配置し，すべてのカメラを同期撮影する。各ステレオカメラの背後にプロジェクターを設置し，ランダムパターンを照射する。各々のカメラは600万画素一眼レフ，焦点距離28mmレンズを使用し，撮影条件は，撮影距離1.2m，基線長（カメラ間隔）0.4mで，計測分解能は平面方向に0.33mm，奥行き方向に1.00mmである。図2は撮影風景，図3は実際の人間の人体を計測した結果である。

デジタルカメラを用いた3D画像計測は，コンピュータとデジタルカメラの進歩により手軽に計測できる技術となった。

われわれのシステムでは市販品の機材を使用することで可搬性がよく，デジタルカメラを使うことにより瞬時的な形状取得，ならびに，撮影画像自体

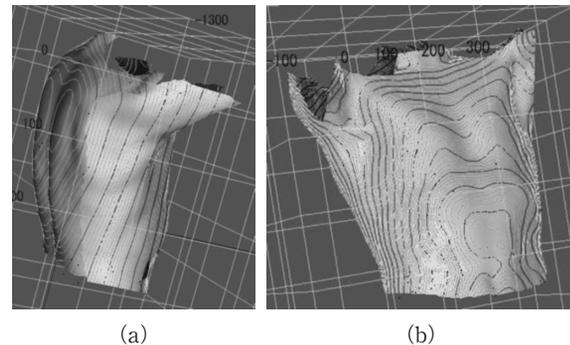


図3 成人男性上半身結果。(a) 上半身計測結果（横側），(b) 上半身計測結果（正面）。

をテクスチャー画像として3D形状に貼り付けることが可能である。そのため，形状が変位した2つのデータの比較を行う際にも比較位置を容易に特定できる。また左右画像の対応点をカラー情報から自動検出するターゲットも開発し，作業効率を向上させた⁶⁾。このように画像を使用することによるメリットが多く，工業計測分野における画像計測の今後の期待は大きいと考えられる。

((株)トプコン 渡邊広登)

文 献

- 1) N. Kochi, M. Yamada, H. Watanabe and H. Aoki: "3D-Measuring-system based on digital camera and PC to be applied to the wide area of Industrial Measurement", SPIE Conf. Opt. Diagn. (Aug. 2005, San Diego).
- 2) 高地伸夫，伊藤忠之，渡邊広登，大谷仁志，門林理恵子，太記祐一，伊藤重剛：“デジタルカメラを用いたPCベースの3次元画像計測，モデリングシステムとその実応用例について”，第10回画像センシングシンポジウム講演論文集（2004）pp. 323-328.
- 3) 吉澤 徹（編）：最新光三次元計測（朝倉書店，2006）pp. 98-105.
- 4) 野間孝幸，伊藤忠之，大谷仁志，山田光晴，高地伸夫：“カメラキャリブレーションソフトの開発とズームレンズ対応について”，第9回画像センシングシンポジウム講演論文集（2003）pp. 35-40.
- 5) 高地伸夫：“デジタルカメラによる3D計測とモデリング”，光技術コンタクト，44（2006）576-583.
- 6) 森山拓哉，高地伸夫，山田光晴，深谷暢之：“カラーコードターゲット開発と画像計測の自動化”，ビジョン技術の実利用ワークショップ（ViEW）論文集（2007）pp. 253-258.