

全自動高精度三次元画像計測ソフトウェア開発

立命館大学/（株）三次元メディア 正会員 徐 剛
 （株）三次元メディア* 阮 翔
 （株）ニコンシステム** 正会員 小出 博

1. まえがき

我が国において法面、トンネル、ダム等の社会基盤構造物は限られたリソースで効果的な維持管理を必要としている。この中で構造物計測は維持補修や施工工程において不可欠な業務である。数年来デジタルカメラは多画素数の進歩及び低価格化によって一般的に利用できるものとなっており、画像計測はデジタルカメラの利便性と業務の省力化において注目されている。しかし計測精度を確定する上で幾つかの改善すべき問題も有している。本ソフトウェアの開発は画像計測が社会基盤構造物の計測業務において、確度が高く、効率的な手法として広く利用できるものとして目指したものである。

2. システムの全自動化と高精度化

トータルステーション、レーザスキャナなど良く使われている構造物の計測ツールは特定な装置が必要なため、システムの価格が高いという問題がある。また、作業時間がかかるのも現実である。一方、近年、画像計測システムが注目されている。しかし、画像計測には画像間対応づけが必要である。対応づけの操作を人手でやると、効率が悪いだけでなく、精度も保証できなくなる。そこで、本ソフトウェアはこれらの問題を解決するために、独自のマーカーを開発して、画像間対応づけから3次元計算まで全自動でかつ高精度に行うことを目的とした。

本ソフトウェアの処理の流れは図1に示している。まず、歪みを含むカメラパラメータを補正ソフトウェア（三次元メディア製）で求める。そして同じカメラで撮影した各画像に対して、マーカーの位置を高精度で抽出する。マーカーは、普通マーカーとコードマーカーの2種類がある（図2の中、コードが10000以上に設定されたマーカーはコードマーカーである）。抽出されたマーカーの中、

まずコードマーカーを識別して、それぞれのコードを解読する。そして、各画像の間に同じコードを持つコードマーカーを対応づける。その対応づけ情報を用いて、一回目のカメラ計算をする。次に、得られたエピポーラ幾何を利用して、普通マーカーの対応づけを行う（図2の中、コードが10000以下に設定されたマーカーは普通マーカーである）。最後は、対応づけされた全部のマーカーを使ってもう一回3次元計算をして、結果を出力する。これで、画像の読み込みから3次元座標算出までの処理は全自動で行うことが実現できた。

キーワード 社会基盤構造物、構造物計測、デジタルカメラ、三次元画像計測

連絡先 * 〒160-0004 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 BKC インキュベータ TEL 077-561-2799 FAX 077-561-2787

** 〒220-6116 横浜市西区みなとみらい 2-3-3 クイーンズタワー-B16F TEL 045-682-0140 FAX 045-682-0133

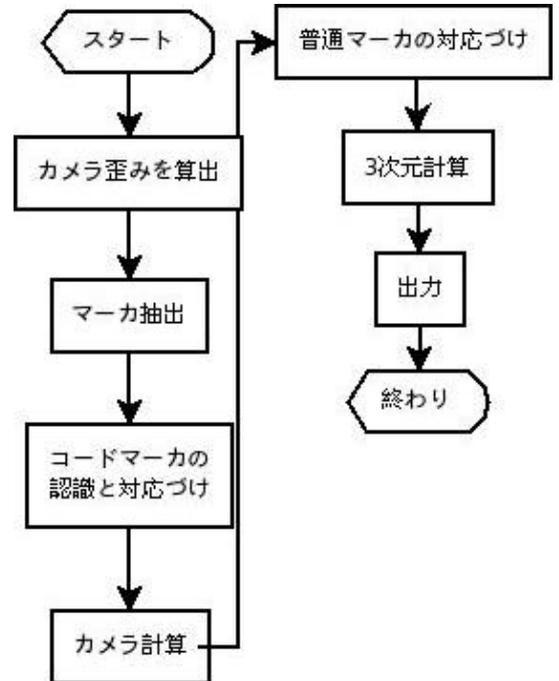


図1 フローチャット

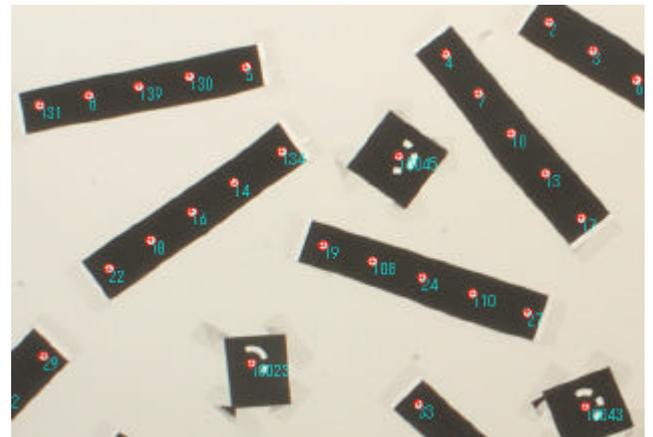


図2 普通マーカーとコードマーカー

3. 計算精度の検討

今回の実験対象は壁である。マーカーがカバーする範囲は最大 1.5M ほどで、これを対象物のサイズとして扱う。実験の PC 環境は、CPU : Pentium4 2.0GHz、Memory:512 × 2MB、OS : Windows 2000 である。使用したカメラは : Nikon D100、20mm レンズ、画像サイズは 3008 × 2000 画素である。今回の実験は、画像上残差と 3 次元内の精度で結果を評価する。

画像上残差は算出された各マーカーの 3 次元座標を各画像に射影した座標と抽出された 2 次元座標の距離の RMS である。3 次元内の精度は、まず同じ対象物に対して、違う画像の組み合わせでそれぞれの三次元座標を算出する。その中の 1 セットのデータを基準に設定して、他のデータとの回転、並進、スケールパラメータを計算して、全部のデータを基準データに合わせる。そして、同じマーカーのばらつき (RMS で評価) を 3 次元内の精度として定義し、計算する。図 3 に示しているのは画像枚数によって画像上残差が 0.028 画素から 0.036 画素まで変化する様子である。画像上に写っている範囲は約 2000 画素なので、残差から推定される精度は約 5 万の 1~7 万の 1 となった。また、画像枚数が増えると、画像上残差が多少増える傾向にあるが、10 枚以上の画像を使うと、残差の変化は緩やかになる。図 4 と図 5 はそれぞれ画像枚数とマーカーの数による 3 次元内の精度の変化である。図 4 からは、画像の枚数が多ければ多いほど、計測精度が高くなるのが分かった。9 枚以上の画像を使うと、3 次元内の精度は対象物のサイズに対して 3 万分の 1 以上となった。図 5 からは、マーカー数が多ければ多いほど計測精度は高くなる傾向が分かるが、マーカー数が 50 を超えると、改善は緩やかになる。

4. まとめ

我々が開発した全自動高精度 3 次元画像計測ソフトウェアを説明した。本ソフトウェアは画像の読み込みから 3 次元座標の算出まで全自動で行うことが可能であり、画像上残差は 0.028-0.036 画素まで収束し、3 次元内の精度は対象物サイズの 3 万分の 1 以上を達成した。社会基盤構造物の計測業務において、精度と省力化で大いに利用できるものとして提案できる。

参考文献

- ・徐剛：写真から作る 3 次元 CG (近代科学社 2001)

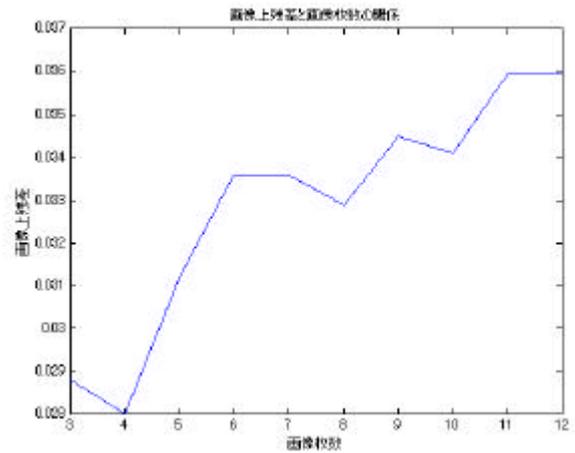


図 3 画像枚数による画像上残差の変化

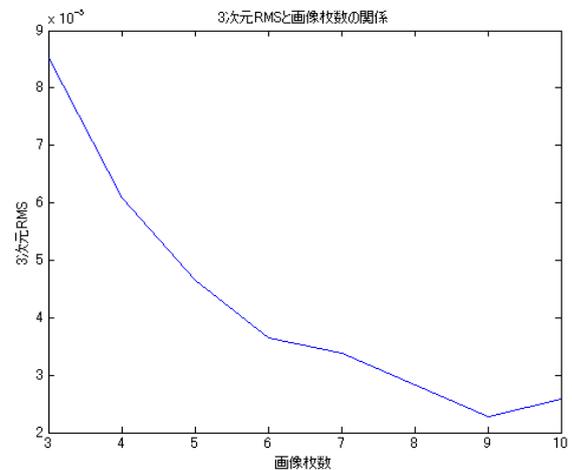


図 4 画像枚数による 3 次元内の精度の変化

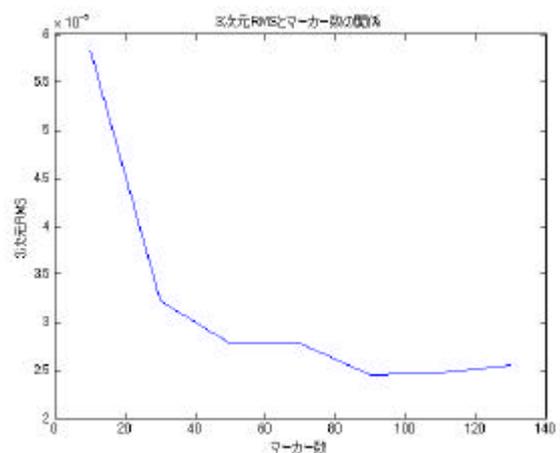


図 5 マーカー数による 3 次元内の精度の変化