

Ⅱ-10 遺伝的アルゴリズムを用いた写真測量システムの実証実験

田中成典* 古田 均* 北川悦司** 野田 肇**
Shigenori Tanaka Hitoshi Furuta Etsuji Kitagawa Hajime Noda

【抄録】Webを始めとするインターネット情報網が日々発展を遂げる現在、物体の三次元情報の必要性は土木測量分野にとどまらず、あらゆる分野においてその有用性を呈している。このような現状に鑑み、著者らは、情報処理振興事業協会の平成12年度高度情報化支援ソフトウェアシーズ育成事業において、「2Dデジタル画像からの3Dモデル空間の創出に関する研究」と題して、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた写真測量システムの研究開発を行った。本システムは、市販のデジタルカメラで撮影した二枚一組の写真を用いて、被写体の計測およびCGによる立体化を可能とするものである。本研究では、土木分野における簡易な測量手段の実現のみならず、Web上で利用可能な三次元コンテンツ作成手段の実現を実証実験を通じて検証する。

【キーワード】写真測量、デジタルカメラ、遺伝的アルゴリズム、3Dモデル、VRML

1. まえがき

今日、物体の三次元情報は、CADやCG、土木測量といった特定の利用分野にとどまらず、マルチメディアの範疇で捉えなければならないまでにその有用性は広範囲に及んでいる。このような現状において、著者らは、三次元情報の取得手段として、従来から地図作成等に利用されてきた写真測量技術に着目し、本技術とデジタル機器との融合の中で新たなシステム作りに取り組んできた。本研究では、既報[1]に示したシステムをパッケージソフトウェアとして具現化し、その有用性についての検証を行う。

2. システムの概要

本システムは、1)ステレオ写真上での対応点取得支援機能、2)GAによる準最適点決定機能および三次元座標値計算機能、3)VRMLによる形状の

モデリング機能から構成される。

2. 1 対応点取得支援機能

写真測量では、左右の写真上に写し込まれた対応点(パスポイント)を取得する必要がある。また、実測値を有する点(基準点)の定義も不可欠である。これらの作業は一見容易に思えるが、取得点数が増加するにつれ、時間がかかり骨の折れる作業である。本機能は、これらの作業をできる限り自動化することにより、ユーザの負担を軽減するものである。

本機能では、左右一組のステレオ写真を画面上に表示し、マウス操作によりパスポイント及び基準点の登録・削除を行う。ユーザは左右画像上の対応点を指定するだけでパスポイントの登録、削除を行うことができる。ただし、基準点の登録に際してはダイアログボックスを表示し、実測値の入力を求める。本機能の画面を図1に示す。

*関西大学 総合情報学部

〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2-1-1 (TEL) 0726-90-2404 (FAX) 0726-90-2491

**関西大学大学院 総合情報学研究科

〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2-1-1 (TEL) 0726-90-2404 (FAX) 0726-90-2491

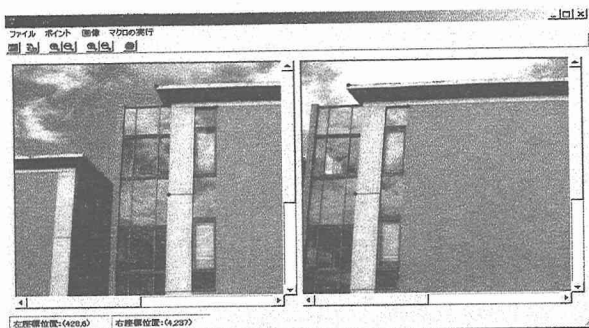


図1 対応点取得画面

2. 2 準最適点決定および三次元座標値計算機能

本機能は、対応点取得支援機能により取得したパスポイントおよび基準点から撮影時のカメラの位置と傾きを求め、パスポイントの三次元座標値を算出するものである。この手法に関しては、既報[1]及び文献[2][3]で体系化されている写真測量技術を用いた。ただし、個々のパスポイントはわずかな観測誤差を有している恐れがある。また、カメラレンズの歪み等による誤差が内在しているため、全てのパスポイントを用いて算出されたカメラの位置と傾きが最適であるとは限らない。そのため、最適なカメラの位置と傾きを求めるには、パスポイントの全組合せを試行（全解探索）し、それにより算出された基準点の三次元座標値と、実測値として与えられた基準点座標値との残差を評価する必要がある。しかし、この手法は取得パスポイント数の増加に伴い組合せ爆発が生じるため、処理時間の観点から困難を極める。そこで、本システムでは、組合せ問題に適した遺伝的アルゴリズム[4]を適用することで、短時間に準最適なパスポイントの組合せを決定する方法[1]を考案し、開発実装した。

2. 3 VRML による形状のモデリング機能

本機能は、算出された三次元座標値を利用し、ユーザが任意の形状をモデリングすることを実現するものである。モデリング言語としては、ISO 標準であり Web での汎用性が高い VRML[5]を採用した。

本システムでは、ユーザが 2D 画像上に表示されたパスポイントを任意に結び付けることにより、線（ポリライン）、面（ポリゴン）を構成するための機能を実装した。本機能の画面構成を図2に示し、各部の役割について概略を次に示す。

① 画像表示欄

2D ステレオ画像が表示され、パスポイント

並びに基準点の位置が表示される。ユーザは、これらの点を任意に結び付けることで被写体の線・面情報を構成することができる。また、構成された形状は直ちに画面上に表示される。

② 三次元座標値表示欄

算出された三次元座標値が一覧表示される。ユーザは、これらの座標値を選択することでも形状を作成することが可能である。

③ 取得構成点表示欄

形状の構成点がポリラインまたはポリゴン単位で表示される。また、形状の削除、及び構成点の追加・削除が可能である。

対応点取得支援機能と同様に、本機能においてもユーザビリティの観点から全ての操作をマウスで行うことができる。ユーザにより取得された線・面情報は、VRML のポリライン生成ノード及びポリゴン生成ノードに対応付けられ、最終的に VRML ファイルに出力される。

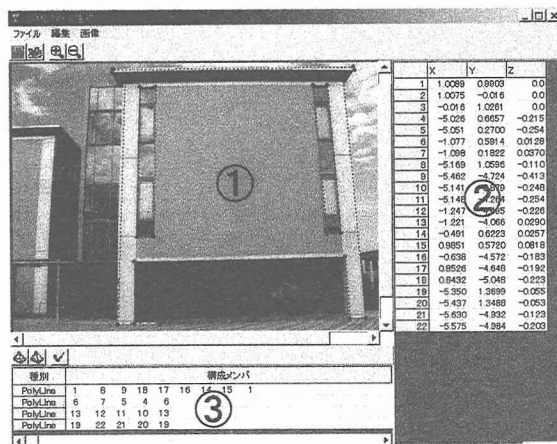


図2 VRML モデル作成画面

3. 実証実験

本システムを用いて以下の三項目についての実証実験を行った。

- GA 探索の有効性の検証
- 撮影条件の違いによる計測精度の検証
- 被写体の 3D モデル化

3. 1 GA 探索の有効性の検証

本実験では、図3に示す被写体を対象に、全解探索および GA 探索を実行し、両探索法の処理能力の差を検証した。処理速度の検証では、取得パスポイント数を変化させた上で、処理時間を計測した。また、精度の検証については、平行撮影により得た各

点間の距離を実測値と比較することで評価した。なお、基準点は地上に2m長の標尺を直交配置し、直交点を原点とすることで定義した。また、撮影距離は原点より7.5mとした。パスポイント数の変化による処理速度の差を表1に、計測精度の差を表2に示す。



図3 被写体および計測点

表1 処理速度の差

パスポイント数	全探索(分)	GA探索(分)
5	0.03	0.25
10	1.1	0.25
15	35	0.25

表2 計測精度の差

計測点間	実測値(m)	全探索(m)	GA探索(m)
1-2点間	1.80	1.78	1.78
2-3点間	5.97	5.77	5.76
3-4点間	1.89	1.88	1.88
4-1点間	6.55	6.33	6.33

表1からも明らかなように、GA探索を用いることで、処理速度の飛躍的な向上を成し得た。また、計測精度(表2)についても、全探索とほとんど変わらない高精度な計測結果を得ることができた。このことから、処理速度ならびに計測精度の面でGA探索が非常に有効な手法であることを確認した。

3.2 撮影条件による計測精度の検証

本実験では、システムの頑強性を検証するために、撮影方法、撮影距離を変化させた上で計測精度の検証を行った。撮影方法は以下に示す三通りを試みた。

- ・ 平行撮影
- ・ 収斂撮影(収斂角 60度)
- ・ 収斂撮影(収斂角 100度)

また、撮影距離は、それぞれの撮影方法において、7.5m, 12.5m, 17.5mの三通りとした。なお、被写

体および基準点配置は、第3.1節と同様である。

計測精度の評価には、実測値との誤差率を用いた。それぞれの計測結果を表3から表11に示す。

表3 平行撮影(7.5m)による計測結果

計測点間	実測値(m)	計測値(m)	誤差率(%)
1-2点間	1.80	1.78	-1.11
2-3点間	5.97	5.76	-3.52
3-4点間	1.89	1.88	-0.53
4-1点間	6.55	6.33	-3.36

表4 平行撮影(12.5m)による計測結果

計測点間	実測値(m)	計測値(m)	誤差率(%)
1-2点間	1.80	1.76	-2.22
2-3点間	5.97	5.92	-0.84
3-4点間	1.89	1.88	-0.53
4-1点間	6.55	6.48	-1.07

表5 平行撮影(17.5m)による計測結果

計測点間	実測値(m)	計測値(m)	誤差率(%)
1-2点間	1.80	1.76	-2.22
2-3点間	5.97	6.15	3.02
3-4点間	1.89	1.88	-0.53
4-1点間	6.55	6.61	0.92

表6 収斂撮影(60度・7.5m)の計測結果

計測点間	実測値(m)	計測値(m)	誤差率(%)
1-2点間	1.80	1.89	5.00
2-3点間	5.97	6.03	1.01
3-4点間	1.89	1.93	2.12
4-1点間	6.55	6.53	-0.31

表7 収斂撮影(60度・12.5m)の計測結果

計測点間	実測値(m)	計測値(m)	誤差率(%)
1-2点間	1.80	1.73	-3.89
2-3点間	5.97	6.11	2.35
3-4点間	1.89	1.88	-0.53
4-1点間	6.55	6.68	1.98

表8 収斂撮影(60度・17.5m)の計測結果

計測点間	実測値(m)	計測値(m)	誤差率(%)
1-2点間	1.80	1.82	1.11
2-3点間	5.97	5.75	-3.69
3-4点間	1.89	1.84	-2.65
4-1点間	6.55	6.26	-4.43

表9 収斂撮影(100度・7.5m)の計測結果

計測点間	実測値(m)	計測値(m)	誤差率(%)
1-2点間	1.80	1.70	-5.56
2-3点間	5.97	5.86	-1.84
3-4点間	1.89	1.81	-4.23
4-1点間	6.55	6.36	-2.90

表10 収斂撮影(100度・12.5m)の計測結果

計測点間	実測値(m)	計測値(m)	誤差率(%)
1-2点間	1.80	1.72	-4.44
2-3点間	5.97	6.05	1.34
3-4点間	1.89	1.86	-1.59
4-1点間	6.55	6.58	0.46

表 11 収斂撮影 (100 度・17.5m) の計測結果

計測点間	実測値(m)	計測値(m)	誤差率(%)
1-2点間	1.80	1.79	-0.56
2-3点間	5.97	5.91	-1.01
3-4点間	1.89	1.86	-1.59
4-1点間	6.55	6.44	-1.68

精度検証の結果、表 6 及び表 9 に示す撮影条件において、部分的に誤差率の大きな計測点間があるものの、その他の条件においては、何れも誤差率 5% 未満の高精度な計測値を得ることができた。特に、精度に問題があると考えられている収斂撮影においても、平行撮影と大差のない結果が得られたことで、本システムの頑強性を確認した。

3. 3 被写体のモデリング

本システムを用いて VRML による 3D モデル化を試みた。本実験では、出力される 3D モデルの有用性を示し、同時に、算出された三次元座標値が相対的に妥当な位置関係にあることを検証する。被写体を図 4 に示し、出力された 3D モデルを図 5 に示す。

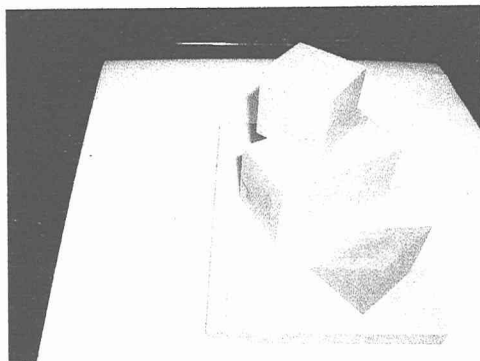


図 4 モデリング対象となる被写体

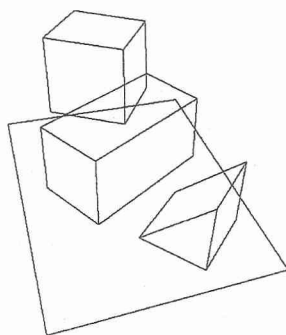


図 5 3D モデル (ワイヤーフレーム)

4. 結論

実証実験を通じて、本システムの特長を以下にまとめる。

- ・ 処理速度、計測精度面での GA 探索の有効性
- ・ 撮影条件に依存しない頑強性
- ・ 3D モデルの有用性および、三次元座標値の妥当性

以上の点から、本システムは、当初の目標とした簡易な測量手段ならびに有効な三次元コンテンツ作成手段として十分に威力を発揮するものであり、実用に供することができることを確認した。

5. あとがき

著者らは、三次元情報の取得手段として、写真測量技術に着目し、本技術とデジタル機器との融合の中で新たなシステム作りに取り組んできた。本研究により、ユーザ負担の軽減ならびに処理速度の向上を確認した。また、計測精度についても、撮影条件に依存しない頑強性を実現し、実用に耐える結果が得られることを確認した。ただし、対応点の取得など、未だユーザの手動処理に委ねる部分が残されており、これらが計測精度の誤差要因となることも否めない。この点については、今後の課題とし、逐次自動化に努めたい。

最後に、本システムの開発に当たり、ご支援いただいたソフトウェア工学財団ならびに高度情報化支援ソフトウェアシーズ育成事業の関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 村木広和, 田中成典, 古田均, 北川悦司, 野田肇: 写真測量技術を用いた 2D デジタル画像からの 3D モデル空間の創出に関する基礎研究, 土木情報システム論文集, 土木学会, Vol.9, pp.67-74, 2000.10.
- [2] 解析写真測量委員会編: 解析写真測量 (改定版), 日本測量学会, 1997.4.
- [3] 村木広和, 田中成典, 古田均, 北川悦司, 野田肇: デジカメ活用によるデジタル測量入門, 森北出版, 2000.12.
- [4] 古田均: 遺伝的アルゴリズムを用いた構造工学への応用, 森北出版, 1997.9.
- [5] 田中成典, 小林孝史, 南佳孝, 内野幸生, 松岡園実, 吉田博哉, 渡辺由美: VRML の達人, 森北出版, 1999.12.