

標定点の自動マッチングのための楕円パラメータを用いた特徴表現

京都大学大学院 学生員 ○大谷 憲雄
京都大学大学院 正会員 小野 徹

1. 研究の背景と目的 近年になって、土木分野においても画像計測が活用されるようになってきた。しかし、その大半は反射ターゲットを用いたものであるが、航空写真測量の技術をそのまま利用したものである。そのため、計測対象の規模やエリアによってはこれらの技術を利用できない場合が考えられる。また、リアルタイム処理が求められる（例えば、トンネルや斜面の掘削など施工後できるだけ速い時期に変位計測を行なう）ような場合においても、ターゲットを貼ったり、標定から三次元計測までの処理過程を手動で行なっているのは、短時間で結果を得ることは難しくなる。こういった点からも、画像計測をより実用化するためには、ターゲットを使わず、かつリアルタイム処理ができる手法の開発が必要となってくる。デジタル画像計測ではその性質上、一連の作業過程を完全自動化することが期待されている。しかし、デジタル画像計測の完全自動化へはまだまだ解決しなければならない問題が数多く存在し、とりわけ大きな課題となっているのが対象の識別（抽出・対応付け）である。コンピュータは人間が持つ視覚系に関する機能を有していないため、自動で対象物を抽出・対応付けするためには対象物に関する情報をコンピュータに与える必要がある。そこで、本研究では標定を行なう上で、自動で画像上より目立つ物であれば何であれ標定点の候補として抽出してしまい、それらに対応付けする手法を考案するとともに、妥当性について検証を行った。

2. 標定点候補の自動抽出 画像中で目立っている物であるなら何であれ抽出すると言っても、何をもってして目立つと考えるのか、その指標を与えなければ抽出することはできない。そこで、本研究では画像を多数のブロックに分割し、個々の小ブロック内における背景色（基準色）に対して目立った色を持つ領域を標定点として抽出することにした。抽出結果は図1に示す。



図1: 抽出結果

3. 楕円パラメータを用いた特徴表現 従来の画像計測のマッチングでは、対応付けに用いることができる幾何学的条件が少なく、何らかの仮定を置いて、それを条件式に置き換えて解いている。そのため、想定外の状況が現れるとマッチングに失敗するためチェックが欠かせない。また、これらの手法の多くは画素単位での比較や、くり返し演算を行なうため高速であるとは言い難い。さらに、これらの手法は標定済であることが前提である場合が多く、標定のためにターゲットを用意する必要が生ずるのではあまり意味がない。そこで、標定点像を一画素単位でマッチングさせていくのではなく、標定点像を一つの物体と捉えて対応付けを考えることにした。標定点像を一つの物体として捉えることができれば、マッチングさせる時間を大幅に短縮させることができる。そもそも、標定点自体は一つの物体であるため、物体として考えることは自然な考え方であるとも言える。本研究では、その表現方法の一つとして楕円パラメータ^{1),2)}を用いて対象物の幾何学的関係を表す方法を考案した。楕円パラメータは標定点像（黄色の部分）の大まかな大きさ（長径、短径）、位置（中心座標）、回転（傾き）を示していると考えられる（図2）。そこで、算出された楕円パラメータを標定点像の特徴量として、中心座標はエピポーラ幾何による対象物の絞りこみ、楕円の傾き α は二枚の仮想画像面^{1),2)}の間の幾何学的関係を使って、 α_1 と α_2 の対応付けを考えることにした（図3）。なお、この手法を用いる仮定として標定点となる対象物はほぼ平面的（二次元状）な物としている。実際の対象物は三次元状の物であるが、本研究では標定点として抽出される対象物を十分小さな物だけにしぼっており、中心投影歪みが発生しにくいよう望遠レンズを用いたり、基線長を大きくならないようにするなど撮影時の工夫を行なっているため、多くの場合は問題とならない。影響が大きいものがあっても、幾何

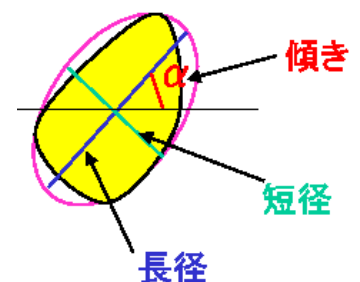


図2: 楕円パラメータ

学的条件等により不適当な物は排除されるので、マッチング結果に誤差を生じる仮定にはならないと考えられる。

4. 標定点像の非対称性を用いた特徴表現

標定点の候補は無数に存在し、楕円パラメータだけを標定点像の特徴量にするには不十分であると考えられる。なぜなら、標定点像から算出される楕円パラメータは中心・大きさ・傾きをたった5つの要素によって表し、場合によっては異なる対象でありながら偶然対応関係を示す幾何学的関係が成り立ってしまう可能性もあるためである。また、楕円パラメータで表した特徴はあくまで標定点像の輝度値をもとに求められた物体（楕円）の特徴である。そのため、楕円パラメータ以外にも標定点像が示す特徴を示さなければならないと考えられる。標定点像自体は様々な幾何学的特徴を有しているが、標定点の形状が正確に把握できていない以上、撮影環境に影響を受けるような特徴を使うわけにはいかない。そこで、標定点像自体とそこから求められた物体（楕円）との間に見られる形状部分の差に注目することにした。楕円パラメータは標定点像の輝度値をもとに統計的に求めていることを考えると、楕円との差も統計的に数値で示した方がよいと思われる。そこで、形状部分の差を示す要素として標定点像の非対称性について考えることにした。楕円は長、短軸方向に対称であるので、大まかな標定点像（楕円）に対して実際の標定点像自体がこれらの方向にどのくらい対称であるのかを特徴量として表せば、標定点像自体の特徴と考えることができ、対応付けの特徴量になると考えられる。図4に短軸方向の標定点像の重心の軌跡を示した。この軌跡が長軸から離れるほど非対称性は大きいと考えられる。そこで本研究では、標定点像の非対称性を分散（0～1）で示し、大きくなればなるほど非対称であるとした。長軸、短軸方向で考えれば二つの特徴量とすることができる。

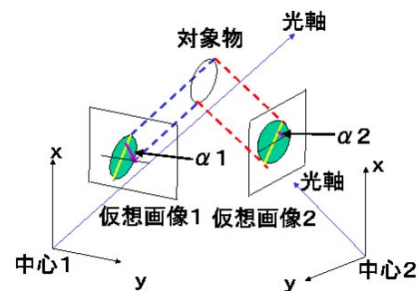


図3: 仮想画像間の幾何学関係

標定点像自体は様々な幾何学的特徴を有しているが、標定点の形状が正確に把握できていない以上、撮影環境に影響を受けるような特徴を使うわけにはいかない。そこで、標定点像自体とそこから求められた物体（楕円）との間に見られる形状部分の差に注目することにした。楕円パラメータは標定点像の輝度値をもとに統計的に求めていることを考えると、楕円との差も統計的に数値で示した方がよいと思われる。そこで、形状部分の差を示す要素として標定点像の非対称性について考えることにした。楕円は長、短軸方向に対称であるので、大まかな標定点像（楕円）に対して実際の標定点像自体がこれらの方向にどのくらい対称であるのかを特徴量として表せば、標定点像自体の特徴と考えることができ、対応付けの特徴量になると考えられる。図4に短軸方向の標定点像の重心の軌跡を示した。この軌跡が長軸から離れるほど非対称性は大きいと考えられる。そこで本研究では、標定点像の非対称性を分散（0～1）で示し、大きくなればなるほど非対称であるとした。長軸、短軸方向で考えれば二つの特徴量とすることができる。

5. 実画像を用いた検証と今後の課題

実画像を用いて、抽出された標定点像が的確な楕円で示されているかどうか確認を行った。ここで用いた画像は、デジタルセオドライトとデジタルカメラ（EOS 20D）+135mm レンズを組み合わせたビデオセオドライトによって撮影されたものである。撮影対象としたのは真砂土と碎石砂、田んぼの泥などから成る堆積である。標定点としては、堆積全体の色を支配している真砂土の中で浮き立っている碎石砂を利用することにした。一部の結果を示すと図5と図6のようになった。抽出された標定点像の領域に対してきちんと楕円が推定されていると言える。また、これらは異なる撮影地点から撮影された同じ標定点であるが、撮影条件（光軸まわりの回転と鉛直角はほぼ等しく、水平角の違いも15°～20°程度）から、ほぼ水平方向に傾いたつぶれた対象の傾きは両者ともほぼ同程度であると考えられる。図5では $\alpha = -0.249[\text{rad}]$ 、図6では $\alpha = -0.227[\text{rad}]$ であり、ほぼ同じ傾きを示しているのがわかる。また、図7では非対称性を示している。長軸方向には0.24、短軸方向には0.32という値を示した。各方向に対してほぼ正確な特徴を示していると言える。ただ、本研究のこれらの特徴は抽出領域（抽出された標定点像）に大きく関係してくるため、抽出精度をさらに向上させることは何よりも重要となってくる。また、最終的に達成させなければならないことは本研究で考案された手法の確立である。そのためにも、多種多様な画像に対してこの手法を行い、どのくらいの精度で標定点の認識、対応付けができるのかその妥当性を検証していかなければならない。

参考文献

- 1) 福田 大輔, 円形ターゲットの高精度自動計測, 京都大学工学部卒業論文 (2002)
- 1) 須山 賢造, 円形ターゲット投影像に関する実験的研究, 京都大学工学部卒業論文 (2004)

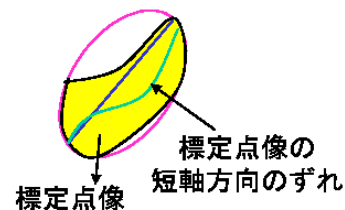


図4: 推定楕円との差

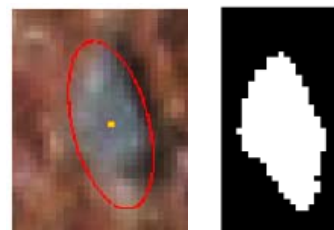


図5:

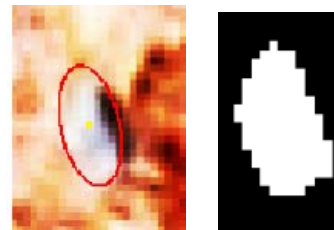


図6:

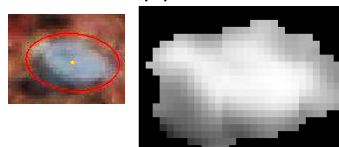


図7: 非対称性に関する値