



図 1

みなさんは、図 1 の絵を見た時、何が描かれていると思うでしょうか？おそらく多くの方が平面的な“円”ではなく、立体的な“球”と思われるでしょう。では、図 1 は 2 次元の平面上に描かれているのに、なぜ球という 3 次元の立体形状が分かるのでしょうか？それは、表面の明るさの変化から、その表面が湾曲していることを知覚できるからだと考えられます。つまり、物体表面の明るさと表面の傾きには、何らかの関係があると言えます。

この研究では、物体表面上の明るさと傾きの関係を用いて、イメージスキャナによって撮影された画像から、そこに写っている物体の立体形状を計測する方法について検討しています。通常、イメージスキャナは、絵や写真、文書など平面上の印刷物をコンピュータに画像として取り込むために使用されます。しかし、図 2 のように、赤、緑、青の 3 つの照明を使用するタイプでは、スキャナに乗っている物体の表面が傾いていると、表面の色が実際より赤くなったり青くなったりします。そこで、このような色の変化を利用して、物体表面までの高さや傾きを求めることができます。なお、図 2 のスキャナは特殊なものではなく、一般に市販されているものです。

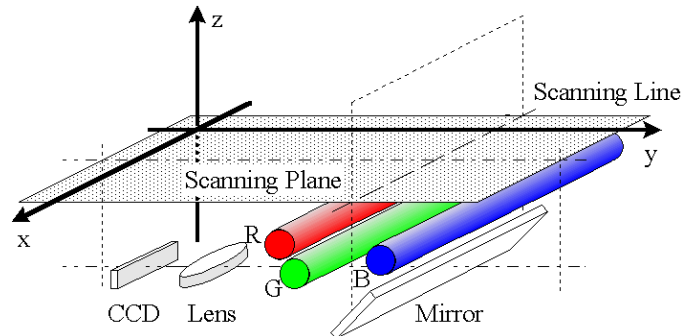


図 2

さて、物体表面の明るさ ( $I_{or}$ ) と形状 (表面の法線ベクトル  $(n_x, n_y, n_z)$  と高さ ( $z$ )) の関係は、次式のようにになります。

$$I_{or} = a_r \cdot \rho_r \cdot \left( \frac{\alpha_r}{\sqrt{d_{yr}^2 + (z - d_{zr})^2}} + I_{er} \right) \cdot \frac{n_y \cdot d_{yr} - n_z \cdot (z - d_{zr})}{\sqrt{d_{yr}^2 + (z - d_{zr})^2}} + \Delta_r \quad (1)$$

なお、これは赤い照明の場合ですが、緑、青の照明の場合も同様の式になります。この式で、 $I_{or}$  は撮影した画像から得られる明るさです。また、 $z, (n_x, n_y, n_z)$  以外のパラメータはあらかじめ分かっているとします。そうすると、未知数である  $z, (n_x, n_y, n_z)$  は、赤、緑、青の 3 つの数式と  $n_x^2 + n_y^2 + n_z^2 = 1$  の関係式から求めることができます。ただし、式 (1) は複雑な非線形方程式なので、ここでは「非線形最小二乗法」と呼ばれる方法を用い、 $z$  と  $(n_x, n_y, n_z)$  を求めるようにしています。

次に、実際に形状を計測した結果について示します。図 3 は表面が白いマウスをスキャナで撮影した画像です。表面の傾きに依じて実際より赤くあるいは青くなっていることが分かります。図 4 は、計測した形状を立体的に表示したものです。また、表面の色も元の白い色になるよう補正しています。図 5 はオレンジ色の人形をスキャナで撮影した画像で、図 6 はその計測形状です。この場合、人形の表面が“オレンジ色”と分かっているものとして計測しています。



図 3

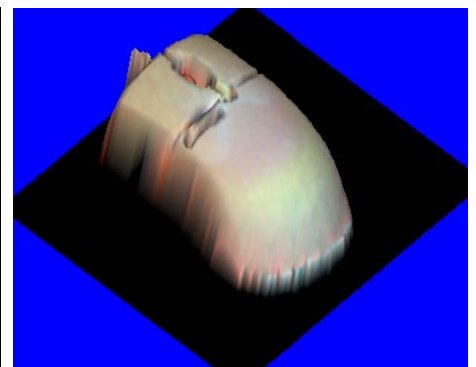


図 4

この研究によって、立体形状が手軽に計測できるようになると、そのデータを例えば 3 次元 CAD やバーチャルリアリティに使用することができます。また、NC (数値制御) 工作機械を使用することで立体形状のコピーを作る、ということも考えられます。今後は、表面に様々な色がある場合や、部分的な 3 次元形状を一つにまとめるということについて検討する予定です。

(この文章は、主に高校生を対象にして作成したものです。質問やより詳細な内容につきましては、[ukida@me.tokushima-u.ac.jp](mailto:ukida@me.tokushima-u.ac.jp) まで、お気軽にお尋ね下さい。)

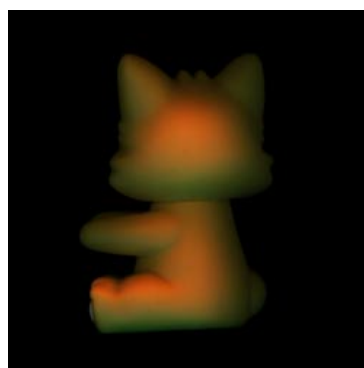


図 5

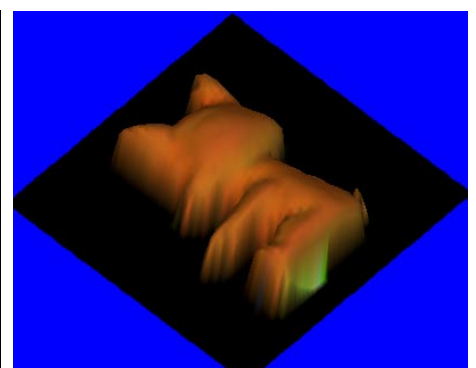


図 6