

## 鏡面・透明物体の領域特定技術

### 光の反射や屈折で計測困難な物体の3次元形状計測を目指して

カメラを用いた3次元形状の計測技術は、工業部品の形状計測や寸法検査などへの利用が広がっています。工業部品には光沢がある金属などの鏡面物体や、ガラスなどの透明物体も多く、これまでカメラでこれら物体の形状を計測するのは困難でした。鏡面・透明物体の形状計測では、まずこれら物体の領域を画像内で特定し、次にその領域に適切な計測手法を適用する必要があります。

そこで東芝は、モニタ上に特定のパターンを一定の方向に動かしながら表示し、それを対象物体とともにカメラ撮影した映像に対して、パターンの動きを解析することで鏡面・透明物体の領域を特定する技術を開発しました。

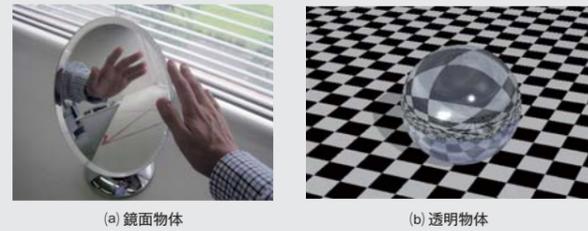


図1. 鏡面・透明物体の光学的特性 — 鏡に映った物体像は反転し、透明球を通して見える背景像はひずみます。

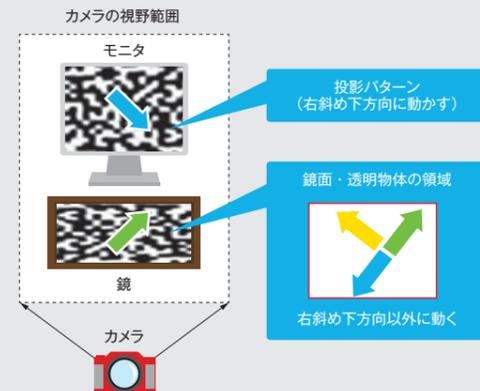


図2. 鏡面・透明物体の領域特定技術の仕組み — パターンを動かした方向とは異なる方向へ動く領域を抽出することで、鏡面・透明物体の領域を特定します。

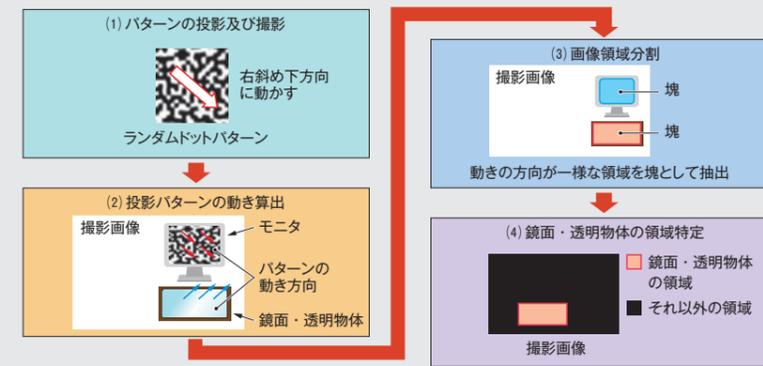


図3. 鏡面・透明物体の領域特定処理の流れ — まずパターンを一定方向に動かしながらカメラで撮影し、次に投影パターンの動きを算出します。更にパターンの動き解析により領域を分割し、最後に鏡面・透明物体の領域を特定します。

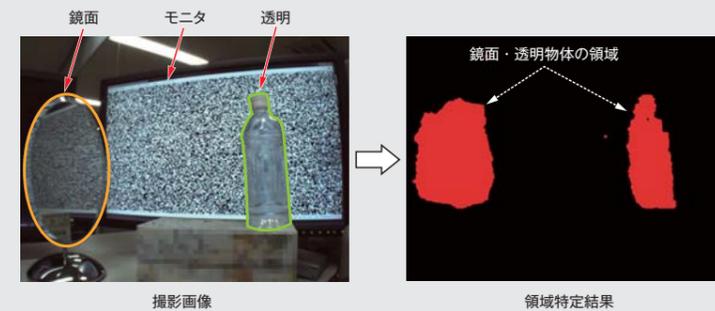


図4. 鏡面・透明物体の領域特定結果 — 撮影画像から、鏡面・透明物体の領域が特定できています。

が算出されます。つまり、投影パターンの移動方向と異なる方向へ動いた部分が、鏡面・透明物体の領域となります。ただし、パターンが映っていない領域は、鏡面・透明物体の領域かどうかを判定することはできません。また、光沢の度合いが小さい鏡面物体や曲率を持たない透明な平面物体も領域を特定することはできません。

### 鏡面・透明物体領域の特定結果

鏡面物体（鏡）と透明物体（ペットボトル）を、モニタに表示しているパターンとともに映り込むように設置し、パターンを一定の方向に動かしながら、カメラの位置を固定して動画撮影を行いました。図4に示すように、鏡面・透明物体の領域が特定できていることがわかります。今回はパターンの表示にモニタを用いましたが、プロジェクトでパターンを対象物に投影することも可能です。

### 研究背景

カメラを用いた3次元形状の計測技術<sup>(注1)</sup>は、工業部品の形状計測や文化財のデジタルアーカイブなどの分野で利用が広がっており、商用システムも開発されています。この技術は、実物からCADモデルを取得するリバースエンジニアリングや、CADと実際の形状とを比較する寸法検査などの用途に利用できます。またロボットに、オフィス内で人と同じようにお茶くみや掃除など簡単な作業をしてもらうには、コップなどの物体を認識する技術が必要になります。

しかし、現在実用化されているシステムでは、対象表面として光沢のない光が乱反射する拡散反射面を前提として

(注1) デジタル画像から対象物体の立体形状を3次元データ化する技術。

います。そのため、光沢がある金属などの鏡面物体や、ガラスなどの透明物体を計測することは困難でした。

カメラを用いてこれら物体の3次元形状を計測し認識するには、まず撮影画像から鏡面・透明物体の領域を抽出する必要があります。

### 従来手法の問題点

鏡面・透明物体は、周囲の環境が映り込むため、周囲の背景が変化すると物体の見え方が変わります。この性質を利用し、周囲の背景の形や色情報を事前に収集後、対象物体に映り込んだ形や色の変化を解析することで鏡面・透明物体の領域を抽出する手法があります。しかし、学習した環境下でしか物体の領域を特定できないため、様々な環境を想定した場合には、膨大な環境下で対象物体を撮影しておかなければ

なりません。

### 鏡面・透明物体の光学的特性

鏡に映った物体像は反転します(図1(a))。鏡面物体の表面で光が反射するため、映り込んだ物体像は鏡面に対して対称の位置にあるような虚像として観測されます。

また、透明球を通して見える背景像はひずみます(図1(b))。透明物体の内部で光が屈折するため、映り込んだ背景像は本来あった場所とは違う位置にあるような虚像として観測されます。

### 鏡面・透明物体の領域特定技術

東芝が今回開発した手法では、鏡面・透明物体に映り込んだ背景の動きに着目します。形や色などの物体の見え方ではなく、映り込んだ背景の動きを利用するため、従来のように膨大な背景

下で対象物体を撮影する必要はありません。映り込んだ背景の動きが、元の動きに対して鏡面物体では反転し、透明物体ではひずむ性質を利用して、鏡面・透明物体の領域を特定します。

モニタ上に特定のパターンを一定の方向に動かしながら表示し、そのモニタ画面をカメラで撮影すると、画像上では一定の方向に均一に動くパターンが観測されます。ここで、鏡面物体が存在する場合、この鏡面に対してモニタに映るパターンを反射させて観測すると、モニタ上では動かした方向と反対方向の動きが観測されます。また、透明物体を通してモニタを観測すると、パターンの動きが画像上で均一ではなくなります。このように、モニタ上のパターンの動きと異なる動きをする領域を抽出することで、鏡面・透明物体の領域を特定します(図2)。

鏡面・透明物体の領域特定処理の流

れを図3に示します。

- (1) モニタで幾何学模様のパターン(例えばランダムドット模様)を一定の方向に動かし、それを対象物体とともにカメラで撮影します。
- (2) 撮影されたパターンの動き方向を算出します。パターンを動かす前の画像と動かした後の画像間で似ている場所を探して、動き方向を算出します。
- (3) (2)で算出したパターンの動きを用いて、動きの方向が一様な領域を塊として抽出します。
- (4) 鏡面・透明物体の領域を特定します。

例えば、投影パターンを右斜め下方に動かした場合、鏡面・透明物体以外の領域では、右斜め下方の動きが算出されます。逆に、鏡面・透明物体の領域では、右斜め下方以外の動き

### 今後の展望

開発した技術の応用分野として、金属やガラスなど工業部品の3次元形状計測や、鏡やコップなどの物体認識などが挙げられます。

当社は、今回の技術を更に発展させ、鏡面や透明物体など、従来計測が困難であった物体の3次元形状を計測できる技術を開発していきます。

### 文献

- (1) 山崎雅起 他, “投影パターンの動き解析による鏡面・透明物体領域特定”, 第19回画像センシングシンポジウム (SSII2013), 横浜, 2013-06, 画像センシング技術研究会, 2013, 論文番号 IS3-02.

山崎 雅起

研究開発センター  
インタラクティブメディアラボラトリー