

# プロジェクト名：ロボット視覚のための複数センサ情報による物体材質認識

プロジェクト代表者：久野 義徳（理工学研究科・教授）

## 1 はじめに

ビデオカメラの映像から物体を確実に自動認識することは難しい。そこで頼んだものを取ってきてくれるような介護ロボット等への応用を想定し、自動認識が失敗した場合には、対話を通じてユーザから物体に関する情報を教えてもらい、物体を認識するという対話物体認識を検討している[1]。これまでに、物体の色や形、それに複数物体間の位置関係を利用して対話認識ができる方法を実現した。しかし、人間は「その紙の箱を取って」というように材質を指示する場合もある。そこで、本研究では物体の材質の認識法を検討した。カメラは RGB の信号強度、レーザレンジセンサは距離と反射強度、超音波センサは周波数を変えれば、その周波数に対する反射強度が得られる。これらの中には材質に関する情報が含まれている。しかし、それぞれのセンサから得られる信号の強度は材質だけでなく、物体の形状（面の向き）や色など多くの要素の関数である。そこで、複数のセンサ信号を利用することにより、材質以外の要素による影響を除去して材質を認識する方法を検討した。各種のセンサについて検討した結果、Time-of-Flight 方式のレンジセンサは本来のセンサ出力である距離データに加えて、物体からの近赤外光の反射強度も得ることができるが、この両者を利用することにより材質の推定が行えることがわかった。実験により、対話物体認識に用いる材質の推定法として有望な方法であることを確認した。

## 2 レンジセンサによる材質の推定法

物体表面の光の反射特性は、物体の材質を絶対的に表すものではないが、材質に強く関連した情報である。物体に光が当たると各種の反射が起こるが、おもな成分は鏡面反射と呼ばれる物体表面と空気層の境界で反射するものと、物体表面を通過した後に内部から散乱して放出される拡散反射と呼ばれるものである。光沢のある物体では前者の成分が多い。また、前者の視点方向への強度は、光源と視点が同一方向とすると、反射する点の面の向きが視点方向のときに最大で、面の向きがそれからずれると、急激に減少する。後者の成分は、光沢のない物体で大きく、また面の向きによる強度変化は小さい。したがって、物体の面の方向と反射光強度の関係が分かれば、物体表面の光沢の程度や物体表面の滑らかさというような、物体の材質に関連する情報が得られる。

Time-of-Flight 方式のレンジセンサは近赤外光を物体に照射し、反射光が返ってくるまでの時間で物体までの距離を計測する。主目的のセンサ出力はこの距離計測結果だが、それとともに反射光の強度も距離計測を行うために反射光を受光する素子の出力として得られる。したがって、物体までの距離計測結果から物体表面の向きを求めれば、その面の反射光強度と合わせて、物体の反射特性が求められることになる。実際には物体表面上の点についてのデータは得られないので、物体上で平面に近い小領域を検出し、その面の向きとそこからの平均反射強度を求めるようにした。図 1 に計測用に選択した小領域の例を示す。図 2 はこの物体の面の方向と反射光強度の関係の計測結果である。

このような計測結果に反射特性の数式モデルをあてはめ、モデル中のパラメータにより材質の判定をすることを検討した。しかし、数式が複雑なため、同様な計測結果でもパラメータの値が大きく変わる場合があった。そこで、計測結果が表す曲線のパターンを random forest 法により学習・認識することにした。

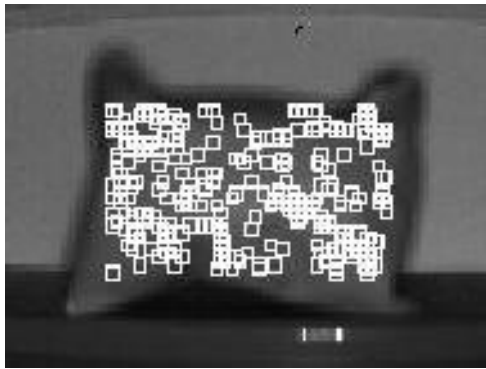


図1 物体上に選定された計測部位

### 3 実験結果

プラスチック 4 個、紙 3 個、木 4 個、繊維 3 個の物体を用意し、予備的な実験を行った。それぞれの材質の物体のうち、2つを学習用を選び、それぞれについて 10 回の計測を行い、反射特性パターンを学習させた。そして、学習に使用しなかった物体を用いて認識実験を行った。図3に4種類の材質の反射特性パターンの例を示す。材質ごとに異なるパターンを示していることが分かる。30回の認識実験の結果、認識率は87%であった。

### 4 まとめ

レンジセンサから得られる距離データと反射光強度データから物体の材質を推定する方法を提案した。レンジセンサはロボットのセンサとして広まりつつある。そのセンサだけで材質が推定できるので、対話物体認識を行うロボットの材質推定法としては有望な方法であると考えられる。この方法で検討しているのは物体の反射光特性であり、材質そのものではない。同じ材質の物体でも表面状態の違いにより、反射光特性はかなり変わってくる。したがって、絶対的な材質の認識はこれだけでは難しい。しかし、対話物体認識の場合は、他の属性と組み合わせることにより、対象が絞られていることが多い。その中で指定された材質の物体と推定される物体を選択すればよいので、提案の方法でも有用であると考えられる。ただし、まだ少数例での検討であり、さらに研究を進める必要がある。また、他の属性と組み合わせ、総合的な対話物体認識システムの開発を進めていく。

本研究成果をもとに、平成 23 年度科学研究費基盤研究(B)に「サービスロボットのためのオントロジーに基づく対話を援用した統合物体認識」という課題を提案し、採択された。

### 文献

- [1] Y. Kuno, K. Sakata, and Y. Kobayashi, Object recognition in service robots: Conducting verbal interaction on color and spatial relationship, Proc. IEEE 12th ICCV Workshops (Human-Computer Interaction), pp.2025-2031, 2009.

### 主な成果発表

- M.A. Mannan, D. Das, Y. Kobayashi, and Y. Kuno, Object material classification by surface reflection analysis with a time-of-flight range sensor, Proc. International Symposium on Visual Computing (ISVC2010), LNCS6454, pp.439-448, Springer, 2010.

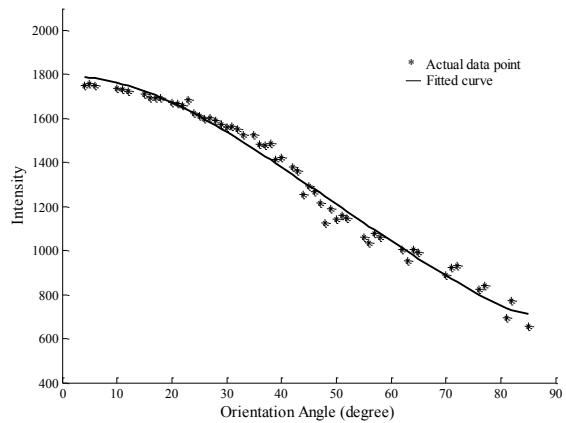


図2 面の方向と反射強度の計測結果

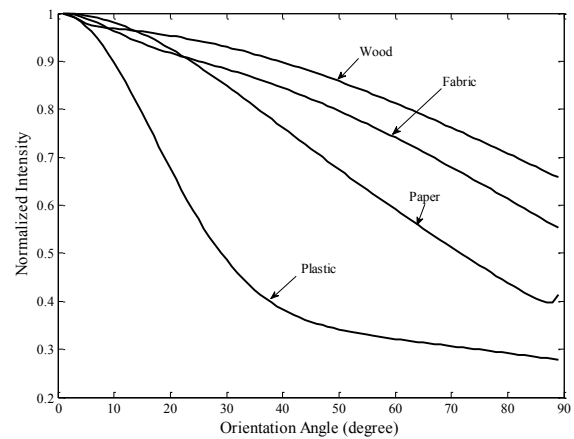


図3 4種類の物体の反射特性パターン