

ワンショット画像に基づく材質識別のための照明の最適化

宮崎 祥一[†] 岡部 孝弘[†]
[†]九州工業大学情報工学部知能情報工学科

1. はじめに

金属, プラスチック, 布等の材質のカテゴリや鉄, 銅, アルミニウム等の材質そのものを識別することは, 質感の認識だけでなく, リモートセンシング, 食品検査, および, リサイクル等の実応用においても重要である. 本研究では, 非破壊・非接触で識別を行うことができる画像に基づく手法に取り組む.

一般に, 物体の見えは視線方向と光源方向の両方に依存するため, 任意の画像を対象とした材質識別は非常に困難である. ところが, 物体の見えが視線方向や光源方向に依存することを逆手にとって, 材質識別がうまく働くように視線方向や光源方向を工夫することが考えられる.

そこで本研究では, 材質識別のための照明の最適化に取り組む. 具体的には, 物体を様々な方向・様々な色の光源で同時に照明して撮影したワンショット画像に基づいて材質識別を行うときに, 個々の光源の強度を最適化する手法を提案する.

Guらの従来手法[2]が2枚の画像を必要としていたのに対して, 提案手法では1枚の画像のみから識別を行う. そのため, 提案手法により, 複数の画像を撮影するのが困難な動物体(例えばベルトコンベア上を流れる物体)の材質識別が可能になる.

2. 提案手法

提案手法では, 物体(シーン)が2種類の材質で構成されていると仮定して, 物体の画像の画素ごとに2クラス識別を行う. 具体的には, 光源の数を L として, 物体表面上のある点において, L 個の光源を順番に点灯したときに観察される画素値を並べたベクトル \mathbf{x} を特徴量とする.

従来手法では, SVM(Support Vector Machine)で求めた線形識別面, つまり, 重みを \mathbf{w} , バイアスを b としたときに $\mathbf{w}^T \mathbf{x} + b$ の符号に基づいて識別を行っている. ここで $\mathbf{w}^T \mathbf{x}$ は, 光源の強度を \mathbf{w} として一斉に点灯したときの画素値である. ところが実際には, \mathbf{w} の要素が負の値を取り得るのに対して, 光源の強度は非負値であるため, 2枚の画像の差分に基づいて識別を行っている.

本研究では, SVMによる最適化の際に, 重みが非負値になるように拘束を課すことで, ワンショット画像に基づく材質識別を実現する. 具体的には,

$$\min_{\mathbf{w}, b, \{\xi_n\}} \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 + C \sum_{n=1}^N \xi_n$$

$$\text{subject to } \mathbf{y}_n(\mathbf{w}^T \mathbf{x}_n + b) \geq 1 - \xi_n, \xi_n \geq 0, \mathbf{w}_l \geq 0, \\ (n = 1, 2, 3, \dots, N; l = 1, 2, 3, \dots, L)$$

を解いて識別面を求める. ここで, N は学習サンプルの数,

$\mathbf{x}_n, \mathbf{y}_n$, および, ξ_n はそれぞれ, n 番目の学習サンプルの特徴量, ラベル, および, スラック変数である. SVMの学習(最適化)では, 主問題を双対問題に変換して解くことが多いが, ここではChapelle[1]と同様にして, 二次計画法を用いて主問題をそのまま解く.

3. 実験

実験では, 平面状の物体を81方向の光源下で撮影したUBO2003データセット[3]を用いた. カラー画像のRGBの画素値を, RGBの3色の光源下で撮影された濃淡画像の画素値とみなしてシミュレーション実験を行った. 図1に示す4種類の材質について, 2500画素を学習に, それとは異なる2500画素をテストに用いた. なお, 最適化にはMATLABの関数quadprogを用いた.

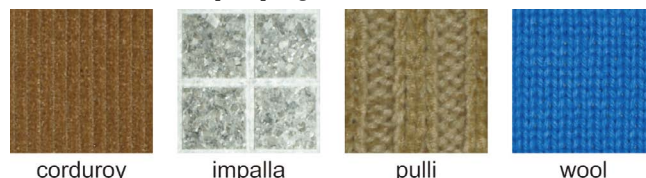


図1: 実験で用いた4種類の材質

表1: 識別精度(%)

材質1	材質2	従来手法	提案手法
corduroy	impala	99.9	99.4
corduroy	pulli	99.6	95.1
corduroy	wool	100	100
impala	pulli	100	96.9
impala	wool	100	90.6
pulli	wool	100	98.9

表1に実験結果を示す. 2枚の画像を用いる従来手法と比べて, 1枚の画像のみを用いる提案手法の精度が低いことが分かる. しかしながら, 提案手法の識別精度は, いずれの組み合わせでも90%以上である.

4. むすび

本稿では, SVMに非負値拘束を導入して, ワンショット画像に基づく材質識別のための照明の最適化を行った. 材質・光源方向・光源色を増やした大規模なデータを用いた実験, 任意の物体形状への拡張, および, 多クラス識別への拡張は今後の課題である.

参考文献

- [1] O. Chapelle, Training a support vector machine in the primal, Neural Computation, 19(5), pp.1155-1178, 2007.
- [2] C. Liu and J. Gu, Discriminative illumination: per-pixel classification of raw materials based on optimal projections of spectral BRDF, CVPR2012, pp.797-804, 2012.
- [3] M. Sattler, R. Sarlette, and R. Klein, Efficient and realistic visualization of cloth, EGSR2003, 2003.