

色情報を用いたエッジ付近の物体配置の推定*

1G-10

- 多面的観測と確率モデルによる統合 -

住田 直亮 中村 裕一 大田 友一†

筑波大学 電子・情報工学系‡

1 はじめに

画像中の物体配置、前後関係の推定はコンピュータビジョンにおける重要な課題である。そのためには、レンジファインダやステレオ視によって3次元計測を行う方法が考えられるが、特別な装置を必要とすることや、物体間の距離が小さい場合があること等、種々の問題がある。本研究ではこれらの方法と相補的に用いることのできる方法として、エッジ付近の色情報を解析することを行ってきた。即ち、画像中のエッジを生じる様々な物理的要因をエッジ付近の色情報 (RGB) を用いて推定し、それら物理現象の可能性を確率モデルを用いて統合する。これにより、簡単な物体配置や前後関係推定の有効な手がかりを得ることが可能となる。

2 エッジと物理現象の関係

カラー画像におけるエッジは各色 (RGB) の不連続として現れる [1]。本稿では、不連続性の要因となる物理現象を色空間でモデル化する。具体的には、エッジに垂直な方向 (法線方向) の線分上で観測して得られる RGB 値系列の RGB 色空間における軌跡を以下のようにモデル化した。但し、モデル化に当たって環境光は照明光の減衰 (同色相で、強度が弱い) と仮定した。 $\vec{p} = [R \ G \ B]^T$ は画素値の色ベクトル、 $\vec{C}_1 = [R_1 \ G_1 \ B_1]^T$ 、 $\vec{C}_2 = [R_2 \ G_2 \ B_2]^T$ はそれぞれエッジの両側の物体色を表す。

1. 反射率の変化・隠蔽: (i) 物体の同一面上で色 (表面反射率) が変化している。(ii) 物体の後ろに別の物体が隠れているが、前の物体の影が後ろの物体に掛かっていない。

$$\vec{p} = k[\vec{C}_2 - \vec{C}_1] + \vec{C}_1 \quad 0 \leq k \leq 1$$

2. 影・稜線: (i) 入射光が減衰し、環境光による反射がある。(ii) 物体の稜線などであり、稜線上にはハイライトが生じる場合が多い (ハイライトの有無は同じモデルで表現される)。

$$\vec{p} = k\vec{C}_1 \quad k' \leq k \leq 1$$

$$k' = R_2/R_1 = G_2/G_1 = B_2/B_1$$

3. 複合型隠蔽: 物体の後ろに別の物体が重なり、影を投げかけている。即ち、隠蔽と影が近傍に複合して現れる現象である。

$$\vec{p} = \begin{cases} \vec{C}_1 & (\text{物体色 } \vec{C}_1) \\ k\vec{C}_2 - \vec{C}_1 & (\vec{C}_1 \text{ から } k\vec{C}_2 \text{ へ移動する点}) \\ k'\vec{C}_2 & (\text{物体色 } \vec{C}_2 \text{ と入射光の減衰部分}) \end{cases}$$

$$0 \leq k < k' \leq 1$$

4. 接触・近接: (i) 2つの物体が触れ合っている。(ii) 2つの物体がすき間を開けて並んでいる。複合型隠蔽と同様の式でモデル化される。

3 色空間における軌跡からの特徴抽出

2節でモデル化した物理現象とエッジ付近の濃淡の変化との照合をとるためにいくつかの観測特徴を抽出する。但し、RGB 色空間における各点の軌跡を、クラスタ C_i とその間を移動する経路からなると仮定し、クラスタ C_i の RGB 値の平均値ベクトルを \vec{A}_i とする。

1 クラスタの原点通過直線上分布

\vec{A}_{i+1} と \vec{A}_i のなす角が閾値以下の時、この特徴が観測されたとする。

2 クラスタ間移動の直線性

C_i から C_{i+1} に向かう直線とクラスタ間を移動する経路上の点との距離を特徴量とする。この値が閾値以下の時、この特徴が観測されたとする。

3 軌跡の形

RGB 色空間の原点とクラスタ C_i を通る直線を l_i 、クラスタ C_i とクラスタ C_{i+1} を通る直線を l_d とし、各移動点の一点当りの移動距離を s 、その総和を Σs とする。その時、クラスタ間を移動する途中の連続する2点ごとにその中点から各直線 (l_i, l_{i+1}, l_d) への距離を求め、その距離が最小になる直線を選択する。これを全ての点に行い、選択された直線ごとに s の和 (s_i, s_{i+1}, s_d) を求め、 $s_i/\Sigma s, s_{i+1}/\Sigma s, s_d/\Sigma s$ を各直線への依存度とする。 l_i または l_{i+1} への依存度が最も高く、しかもある閾値以上の時、この特徴が観測されたとする。また、 l_d への依存度が高くなる時、特徴2と同等の特徴とする。

4 複合型隠蔽特徴

クラスタ数が3以上になる場合、エッジの両側のクラスタ間で特徴2が観測され、その近傍のクラスタ間で特徴1、特徴2が共に観測された時にこの特徴が観測されたとする。

*Estimation of Object Alignment using Color Edge Profile

†Naoaki SUMIDA, Yuichi NAKAMURA, Yuichi OHTA

‡University of Tsukuba 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

4 確率モデルによる物理現象の可能性の統合

観測特徴に基づいてエッジを各物理現象に分類することを Dempster & Shafer の確率モデルを用いて試みる。

4.1 各特徴と基本確率の関係

表1に示すように各物理現象グループに基本確率を与えた。このため、各物理現象でそれぞれの特徴が実際に観測される割合を統計的に評価し、割り当てる基本確率を決定した。

与えられた基本確率を実際の観測特徴の有無と Dempster の結合規則を用いて統合し、各物理現象の確率を求める。

表1: 各特徴に与えられる基本確率

グループ	f1		f2		f3		f4	
	○	×	○	×	○	×	○	×
P1						0.6		
P2	0.8							
	<u>0.8</u>							
P3				0.5				
				<u>0.6</u>				
P4							0.9	
P1,P2			0.7					
P1,P3		0.8						
		<u>0.8</u>						
P1,P4						0.8	0.1	
P1,P2,P4			0.8					
Uncertain	0.2	0.2	0.3	0.5	1.0	0.4		1.0
	<u>0.2</u>	<u>0.2</u>	<u>0.2</u>	<u>0.4</u>	<u>1.0</u>	<u>0.2</u>		

下線の数値はクラスタ数が3以上になる複雑な面の場合

○: その特徴が観測された時

×: その特徴が観測されなかった時

P1: 反射率の変化・隠蔽 P2: 影・稜線

P3: 接触・近接 P4: 複合型隠蔽

4.2 上界確率と下界確率を用いた判別

前節の方法により各物理現象に割り当てられた基本確率を用いて、上界確率と下界確率に基づき、エッジを分類する。まず、表1のP1～P4の現象のうち上界確率が最大でかつ下界確率が閾値以上になる物理現象を選択する。なければP1～P4の任意の組合せのグループのうち上界確率と下界確率の差が小さくて下界確率が閾値以上の物理現象のグループを選択する。

5 実験例

前節で述べた手法を用いて実験を行った。まず、Canny のオペレータを用いてエッジを抽出する。得られたエッ

ジ点列から法線方向を求め、法線方向に沿ってRGB値を再サンプリングする。各切口ごとに特徴量の計算を行い、表1とDempsterの結合規則を用いて確率を統合し、判別を行った。

以上の処理を図1の画像に適用し、正解と比較した正答率を表2に示す。但し、4.2の方法でP1～P4のみから物理現象を選択した時に正解が含まれる割合を正答率1、P1～P4の任意の組合せのグループから物理現象を選択した時にその中に正解が含まれる割合を正答率2とした。

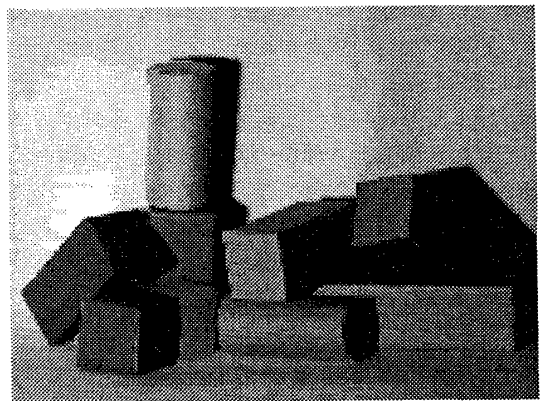


図1: 原画像

表2: 図1の画像における正答率

物理現象	正答率1	正答率2
反射率の変化・隠蔽	84%	95%
影・稜線	79%	87%
接触・近接	72%	72%
複合型隠蔽	88%	88%

6 おわりに

簡単な物体配置や前後関係を推定するために、エッジ付近の色情報に着目したエッジのタイプ分けの手法を提案した。エッジ付近で起こり得る物理現象をRGB色空間でモデル化し、そのタイプ分けのために軌跡から特徴抽出を行った。その特徴に基づく物理現象の可能性を Dempster & Shafer の確率モデルを用いて統合した。今後の課題は、精度の向上、ステレオ視などの3次元的なアプローチとの相補的な組合せ等である。

参考文献

- [1] 住田, 中村, 大田, “色情報を用いたエッジ付近の物体配置の推定”, 情報処理学会第50回全国大会, (1995).
- [2] 中村, 長尾, “近傍の濃淡の変化に基づくエッジのタイプ分けと認識への利用”, 情報処理学会論文誌, Vol.34, No10, pp2075-2084, (1993).