

色情報を用いたエッジ付近の物体配置の推定*

5D-9

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、レンジファインダー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。そこで、本稿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試みる。一般に、エッジは画像中の物体間や背景との空間的な不連続から生じることが多く、エッジ付近の情報は前後関係などの3次元的情報を推定する上で有効な情報源と考えられる。

本稿では、まず、画像中のエッジを生じる様々な物理的要因を考察し、エッジ付近の色情報(RGB)を用いてこれらの物理現象を推定する手法を提案する。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

2.1 エッジの現れる物理的要因

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。不連続を起こす主な要因は、物体色の变化、入射光の減衰(影)、反射光の影響(相互反射)などが挙げられる。これらの不連続性の要因を具体的に分類、モデル化し、推定することにより、エッジのタイプ分けを行う。

2.2 色空間における物理現象のモデル化

まず、前節に挙げた不連続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)の線分上で観測した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: 物体の同一面上で色(表面反射率)が変化している。もしくは、物体の後ろに別の物体が隠れている。(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: 入射光の減衰、または環境光による反射。

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

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

3. 重なり: 物体の後ろに別の物体が重なり、影ができてい。即ち、エッジの片側に入射光の減衰があると考えられる。また、重なる場合、相互反射を厳密には抽出することが困難であるので、現在の段階では扱わない。
4. 稜線: 物体の尾根など。

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

影と同様の式であるが、稜線上にハイライトが生じる場合が多い。

3 パラメータを用いたエッジのタイプ分け

3.1 色空間における軌跡のパラメータ化

2.1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パラメータを設定する。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(移動点 p_m)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}_{C_i} とする。

1 原点通過直線上分布

\vec{A}_{m_i} を \vec{A}_{C_i} と $\vec{A}_{C_{i+1}}$ の平均値ベクトル、 \vec{d}_i をクラスタ間の方向ベクトル($\vec{A}_{C_{i+1}} - \vec{A}_{C_i}$)とした時、 \vec{A}_{m_i} から各点 \vec{p} の90%を含む角度 $angle_o$ 、 \vec{d}_i と \vec{A}_{m_i} のなす角 $angle_{to}$ を各々パラメータとする。 $angle_o$ 、 $angle_{to}$ が共に 15° 以下の時、原点を通過する直線上の分布が成り立つとする。

2 クラスタ間移動の直線性

\vec{d}_p を \vec{p} と \vec{A}_{C_i} との方向ベクトル($\vec{p} - \vec{A}_{C_i}$)とした時、 \vec{d}_i から90%の移動点 p_m を含む \vec{d}_i と \vec{d}_p のなす角 $angle_s(90)$ をパラメータとする。 $angle_s(90)$ が 15° 以下の時、クラスタ間を移動している点の直線性が成り立つとする。

3 各クラスタでの原点方向への減衰点数

$|\vec{A}_{C_i}| > |p_m|$ かつ、 \vec{A}_{C_i} と p_m のなす角が小さいものをそのクラスタの原点方向への移動点(減衰点)としてカウントし、その点数をパラメータとする。

4 クラスタ間移動における折れ点前後の移動距離差

連続する3つの移動点を p_{i-1}, p_i, p_{i+1} とし、 dp_i, dp_{i+1} をその方向ベクトル($p_i - p_{i-1}, p_{i+1} - p_i$)とした時、 dp_i, dp_{i+1} のなす角の最も大きくなる点(t)の前後で一点当たりの移動距離($|dp_i|$)を計算し、 t の前後での $|dp_i|$ の平均値の差をパラメータとする。

* 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

5 減衰箇所の座標抽出

エッジに近接する減衰部分(影等)の範囲を得るために、エッジの法線方向の濃淡値を一次元波形として抽出し、エッジ上の点を含むスロープ(エッジスロープ)と逆向きの近傍スロープ[1]を求め、減衰箇所の有無をパラメータとする。

6 オーバーシュート

エッジスロープと逆向きの小さなスロープ(オーバーシュート)が現れることがある。このオーバーシュートの有無をパラメータとする。

7 Saturation

飽和している(RGBのいずれかの値が最大値となっている)点の数

3.2 物理現象モデルとパラメータの関係

各物理現象において、前節で定義したパラメータと2章で述べた物理現象との関係を表1に示す。但し、+は成立するパラメータ、-は成立してはならないパラメータ、○は存在するパラメータ、上は上向き、下は下向きのオーバーシュートが存在する場合である。また、aはクラスタ数が2の時、bはクラスタ数が3以上で全てのクラスタ間で成立する時、cはクラスタ数が3以上で少なくとも1以上のクラスタ間で成立する時である。しかし、表からわかるように、エッジの隣接領域が同色相と仮定する場合の反射率の変化、隠蔽、異色相と仮定した場合の稜線はこれらのパラメータだけでは厳密には判別できないので、ここでは扱わない。

表1: パラメータと物理現象の関係

物理現象	1			2			3	4	5	6	7
	a	b	c	a	b	c					
エッジの隣接領域が異色相と仮定した場合											
反射率・隠蔽	-	-	-	+	+	+	少	小			
重なり	-	-	+	-	+	-	多	大	○	下	-
稜線	-	-	-	+	+	+	少	小			上
エッジの隣接領域が同色相と仮定した場合											
反射率・隠蔽	+	+	+	+	+	+	多	小			
影	+	+	+	+	+	+	多	小			-
重なり	-	+	-	-	+	-	多	大	○	下	-
稜線	+	+	+	+	+	+	多	小			上

4 実行例

前節で述べた表1の関係を用いてエッジのタイプ分けの実験を行った。具体的には次のような処理を行って

る。まず、Cannyのオペレータを用いてエッジを抽出する。次に、得られたエッジ画像に対して、エッジ点を逐次的に追跡して点列を得る。その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。本研究の実験では、点列の30点ごとに法線方向に沿って両側30pixelの長さでRGB値を再サンプリングした。次に、各切口ごとにパラメータの計算を行い、表2の関係から求めた重み付きのスコアを計算し、タイプ分けを行った。以上のような処理を図1の画像に適用し、正解画像と比較した際の正答率を表2に示す。但し、スコアの高いものから順に第一位正答率、第二位正答率(第二位までに正答が含まれる率)とした。

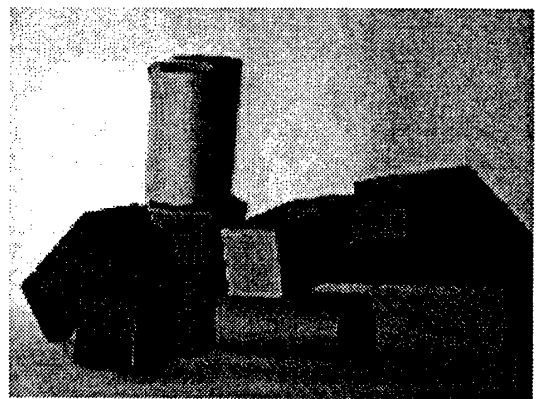


図1: 原画像

表2: 図1の画像に適用した時の正答率

物理現象	第一位正答率	第二位正答率
反射率・隠蔽	41.3%	72.8%
影	39.4%	61.8%
重なり	51.8%	62.0%
稜線	36.7%	68.4%

5 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、タイプ分けのためのパラメータを設定した。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] 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).