

画像の色情報に付随した統計モデルとその推定

山中 杏奈 (指導教員: 吉田 裕亮)

1 はじめに

現代, 白黒のまま残っている映像や写真は多数存在する. そのコンテンツの色情報を取得することで, 白黒写真では見えてこなかった新たな発見を得る可能性がある. そのために写真のカラー化は多くの場で研究されており, 大変必要とされている.

しかし1変数(グレースケール値)から3変数(R, G, B)を推定することは大変難しい. そこで本研究では2値画像に対しイジングモデルを用いて劣化画像から原画像を推定するメトロポリス法を基にして, 雑音強度やHSV6角錐カラーモデルによる変換などを用いてグレースケール画像をカラー化することは可能であるかを検証する.

2 メトロポリス法

メトロポリス法とはモンテカルロ法において, 乱数を発生させて作った新しい状態を棄却するか採択するか期待値を算出して判断する方法である. メトロポリス法のアルゴリズムは以下の通りである.

ステップ1: 任意の初期値 X_0 を選ぶ.

ステップ2: 現在の状態からランダムに変化させた新しい状態の候補点 X' を生成する.

ステップ3: 確率分布 $P(x)$ から $\frac{P(X')}{P(X)}$ を計算し, 遷移確率 $W(X \rightarrow X') = \min\{1, \frac{P(X')}{P(X)}\}$ とする.

ステップ4: 一様乱数 $r \in [0, 1]$ を生成し, $r \leq \frac{P(X')}{P(X)}$ ならば次の状態を X' に更新する.

ステップ1からステップ4までの試行をくりかえす. 本研究では, このメトロポリス法に類似した手法を考える.

3 提案手法

人間の目は $R : G : B$ を $2 : 4 : 1$ の割合で明度を判断すると言われている. カラー画像をグレースケール画像にする場合, 各々のピクセルのグレースケール値 L は

$$L = \frac{2R + 4G + B}{7}$$

で算出される. しかし逆に L のみから R, G, B を推定する場合, 1変数から3変数を推定するため一般には非常に困難である.

本研究では, まずメトロポリス法を基として大まかに R, G, B を推定し, HSV6角錐カラーモデルによる変換を行い色相のみを抽出する. 雑音強度推定を用いて色相の雑音強度を計算し, それと同等の雑音量が除去できるとされるフィルタをフィルタリングすることで, より精度の高い色情報の推定を行う.

3.1 反復法のアルゴリズム

ステップ1: 256値のグレースケール画像の全てのピクセルに任意の初期値 R_0^i, G_0^i, B_0^i を定める.

ステップ2: ランダムに1ピクセルを選び, そのピクセルに隣接している8ピクセルと比較を行う. 隣接している8ピクセルの階調値の傾向を考慮するため, 8ピクセルを階調値で2クラスに分ける. クラスタリングには K -平均法を利用する. 各クラスの平均値に差がある程度出た場合は, 属しているピクセル数の多い方のクラスの平均値のみを用いる. 各クラスの平均値にある程度の差が出なかった場合は, 2クラスではなく1クラスと判断し, 8ピクセル全ての平均値を用いる.

ステップ3: グレースケール値が変わらないように $R : G : B = 2 : 4 : 1$ を固定しながら, 平均値に1ステップ近づける. 本研究では以下のように漸化式を設けた. (G, B も同様である)

$$R_{x,y} \rightarrow \frac{1}{8} \sum R_{(x',y')} \quad (|x-x'|=1, |y-y'|=1)$$

漸化式が収束すればするほど, 1ステップの歩幅を小さくなるように設定する.

ステップ4: 終了の判断基準を満たす場合は終了, 満たさない場合はステップ1へ戻る. 漸化式の終了の判断基準は以下のように設けた. (G, B も同様である)

$$|R_{(x,y)} - R_{(x',y')}| < 30 \quad \text{ただし } (|x-x'|=1, |y-y'|=1)$$

3.2 メトロポリス法との対比

3.2.1 類似点

- ステップ1において, 全てのピクセルにランダムの初期値を設定する点.
- ステップ4において, 判断基準を満たすまで反復させる点.

3.2.2 相違点

- ステップ2において, 各ピクセルを現在の状態から更新する際, ランダムに候補点を生成するのではなく, 隣接するピクセルの階調値から計算を行う点.
⇒ 安定した値を得ることができる.
- ステップ3において, 新しい状態の候補点について遷移確率を計算しない点.
⇒ 計算量を格段に減らすことができる.

3.3 雑音除去フィルタリング

反復法を用いて大まかに推定した後に、更に精度をあげるため以下のステップを行う。

- HSV6角錐カラーモデルによる変換で色相Hのみを抽出する。
RGBは独立ではないため、各々にフィルターをかけても復元は不可能である。そこでRGBをHSVに変換する。HSVモデルは色相、彩度、明度の三つの成分からなる色空間である。HSV変換は様々な方法があるが今回は6角錐変換を用いることとする。RGB立方体の主体角軸を明度軸Vとし $V = \max\{RGB\}$ と定義する。ここでV軸に直行する平面にRGB立方体を平行投影すると正六角形が形成される。ある点Pが与えられた時、このようにWPの直線上で正六角形とぶつかった点をEとすると、 WP/WE は彩度Sとなり、またこの時のWGを0としたときの角度が色相Hとなる。明度軸Vは六角錐の頂点からの高さとなる。
- 色相Hの雑音強度を推定する。
Marcenko-Pastur分布の性質を利用し、雑音部と画像の本質部分とに分け、雑音部の雑音強度を推定する。
- 雑音除去フィルタリングを行う。
雑音除去フィルターには平滑化フィルターやメジアンフィルター、ウィナーフィルターなどがある。どのフィルターをフィルタリングするかは、推定した色相Hの雑音強度と同等の雑音強度が除去できているフィルターを各画像の最適なフィルターとして用いる。それぞれのフィルターには 3×3 と 5×5 の2種類の大きさを設け、計6種類のフィルターから選ぶこととする。

3.4 推定の評価

推定の評価には評価用MSE(平均二乗誤差)値を用いる。RGBそれぞれのMSEを計算し、加重平均をとる。

評価用MSE値 =
$$\left(\frac{(2 * \sqrt{MSE_R} + 4 * \sqrt{MSE_G} + 1 * \sqrt{MSE_B})^2}{7} \right)$$

4 検証実験例

本手法を適用した例を挙げる。

4.1 実験概要

図1のように、 \blacksquare の3種類のグレースケール画像を用意し、色情報推定を行う。



図1: 実験画像

4.2 実験結果

実験結果は図2. のようになった。HSV6角錐カラーモデルによる変換を行った色相Hに6種類のフィルターをかけた時の除去できた雑音強度の比較表が図3. である。

図3. によりそれぞれ推定した雑音強度に最も近い量の雑音が除去ができていたフィルターをフィルタリングした結果が図4. である。



図2: 推定結果

	①	②	③
雑音強度	53.46	39.82	43.81
平滑化フィルター(3×3)	47.46	38.21	40.21
平滑化フィルター(5×5)	50.93	39.60	41.02
メジアンフィルター(3×3)	48.54	39.27	41.01
メジアンフィルター(5×5)	51.09	39.21	42.69
ウィナーフィルター(3×3)	53.53	41.18	44.06
ウィナーフィルター(5×5)	52.72	42.95	43.99

図3: フィルターの雑音強度比較



図4: 推定結果2

5 まとめ

グレースケール画像に対し反復法やK-平均法などを利用することで、色情報RGBを推定した。さらにHSV6角錐カラーモデルによる変換を行い色相Hのみの雑音強度を算出することで最適なフィルタリングができ、色情報推定の精度を上げることができたと思われる。結果として挙げている3つの画像以外でも色情報の推定は可能であり、いずれの画像の場合でも推定は可能であったといえる。