

# 単位ディスク上の有限混合分布モデルの推定とその画像認識への応用

2017SS041 牧駿介

指導教員：塩濱敬之

## 1 はじめに

得られた画像がどのカテゴリに属するかを示す画像分類技術は製品の仕分けやカテゴリ分類等、様々な場合に活用が可能で、機械学習を用いてコンピュータに分類を行わせるための研究が盛んにおこなわれている。以前に比べて、GPU の計算能力が向上し大量のデータを簡単に入手しやすくなったこと等により、画像分類手法に関する研究が活発化し多様な分類モデルが提案されてきた。しかしながらモデルの評価指標は分類精度のみならず計算量やモデル構築のしやすさなど多岐にわたるため万能なモデルは存在せず、画像分類を行う際は利用する事の出来る計算リソースの量や達成してほしい精度等を元に手動でモデルを選択する必要がある。

本研究では、使用者のニーズにより柔軟に対応出来るようになるため、新たな画像分類モデルを提案し、既存の手法との性能を比較する。

## 2 提案手法

分類を行いたい画像における画素値の分布は各ラベルごとに異なる特徴を有している可能性が高い。そのような仮定の下、各ラベルごとに画素値の分布を良く表現するような分布やそのパラメータを求め、得られた分布を元に画像分類を行う。また、RGB 形式で与えられる画像データを HSV 形式へ変換し色相= $H$  と彩度= $S$  のみを  $r = S, \theta = H$  と考える事で、単位円上のみを台とする分布を仮定する。提案モデルの具体的な手順は下記の通りである。

1. RGB 形式で与えられる画像を HSV 形式に変換する。
2. HSV3 要素の内、 $H$  と  $S$  のみを取り出す
3. 単位ディスク上をサポートし画素値分布を上手く表現できるような分布を仮定する。
4. 訓練データを元に仮定した分布の尤度が最大となるよう、パラメータ推定を行う。
5. 得られた分布を用いた分類器を構成する

本研究では画素値が従うと仮定する分布は多峰性の分布であることが望ましいと考え、混合メビウス分布と周辺分布指定法によって得られる分布の混合モデルを画素値が従う分布として仮定する [2, 3, 4]。仮定した分布におけるパラメータの推定法は EM アルゴリズムを用いる事で行う [5]。また、分類器として得られたパラメータを入力とした SVM, Randomforest, K-NN の 3 つと、確率密度間距離を用いた K-NN を使用した。ここで確率密度間距離とは、2

つの確率分布  $p(\mathbf{x}), p'(\mathbf{x})$  に対して

$$L(p, p') := \int (p(\mathbf{x}) - p'(\mathbf{x}))^2 d\mathbf{x} \quad (2.1)$$

で定義される距離である。

## 3 使用するデータ

本研究では、今回提案するモデルと既存モデルとの精度を評価、比較するために、Alex らによって用意された cifar10 データセット [1] を使用する。

cifar10 データセットは、飛行機、自動車、鳥等 10 種類のラベルを持った RGB 画像からなるデータセットで、5 万枚 ( $5000 \times 10$ ) の訓練データと 1 万枚 ( $1000 \times 10$ ) のテストデータ、計 6 万枚で構成される。各画像は幅  $32 \times$  高さ  $32$  のピクセルを持ち、画素値は RGB それぞれ 8bit ( $0 \sim 255$ ) で保存されている。画像 1 枚あたりの画素数が比較的少なく学習が容易であるため広く一般に使われているデータセットの 1 つである。本研究では cifar10 データセットの内、frog と airplane のデータ各 1000 枚を用いた 2 クラス分類によって精度を比較する。

## 4 データ解析

単位ディスク上に値を持つ分布のパラメータ推定によって得られる特徴量を用いた分類手法は様々考える事が出来る。まず初めに 2 コンポーネントの混合メビウス分布と周辺分布指定型の混合モデルのパラメータを用いた精度比較を行った結果が表 1 の様になった。コンポーネント数を 2 にした理由は、AIC を用いて混合メビウス分布におけるモデルの良さを評価した際、約 10% の画像は 1 コンポーネント、約 70% の画像が 2 コンポーネント、約 20% の画像が 3 コンポーネントの分布でのモデルが最も良いと評価されたためである。また、既存手法との比較のため PCA によって 8 次元 (2 コンポーネントの混合メビウス分布のパラメータ数と同じ) に削減されたデータを入力とした場合の分類精度も同時に示した。

表 1 精度比較 (2 コンポーネントモデル)

	メビウス分布	周辺分布指定型	PCA
入力次元数	8 次元	14 次元	8 次元
SVM	85. 4%	82. 2%	88. 6%
Randomforest	87. 8%	86. 8%	88. 8%
K-NN	86%	81. 3%	87. 2%
確率密度関数間距離	83. 2%	82. 7%	-

メビウス分布も周辺分布指定型も PCA によって削減されたデータほど良い精度を得る事は出来なかったが、特徴は捉えることが出来ていることが分かった。また、周辺分

布指定型の方がメビウス分布よりもパラメータ数が多いにもかかわらず精度が劣っている理由として、白色の画素の特徴の取りやすさが原因であると推測する。図1からも分かる通り、白っぽい画像の画素値は単位ディスク上において原点周りに集中する。メビウス分布は原点付近にモードを持ち、図2の様な原点をまたいで値を取るような分布を表現することが可能で、白っぽい画素値の特徴を上手く捉えることが出来る一方、周辺分布指定型の場合は原点に中心角を持つ扇形の様な分布しか表現することが出来ない。この差が分類精度の差になっていることが考えられ、本研究での提案手法を用いて画像分類を行う際はメビウス分布の様な原点をまたいで値を取る事の出来るような分布を画素値が従う分布として仮定したほうが良い精度が期待できると分かった。

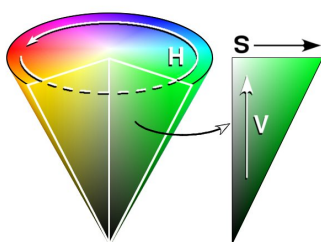


図1 HSV 色空間

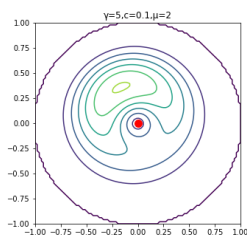


図2 原点をまたいで値を取るメビウス分布

次に、2 コンポーネントの混合メビウス分布のパラメータ (8次元) と PCA で8次元に次元を落としたデータの合計16次元を用いた場合と、PCA で次元を16次元に落としたデータのみを用いた場合での精度比較を行い、その結果を表2に示した。

表2 精度比較 (PCA+ 混合メビウス分布)

	メビウス分布 +PCA	PCA
入力次元数	8次元 +8次元	16次元
SVM	92.2%	80.6%
Randomforest	83.4%	89.8%
K-NN	90.4%	89.2%

この結果より、PCA+ メビウス分布の方がPCAのみを用いた場合に比べて入力次元が同じにもかかわらず精度が

良くなることが分かった。これはPCAの各成分における寄与率を示した図3から分かるように、第1主成分から第8主成分の寄与率の合計が70.8%に対して第9次元から第16次元までの合計が5.9%になってしまうことに起因する。これよりメビウス分布のパラメータを推定する時間が初めの1回のみかかってしまうが、PCAとメビウス分布の特徴量を混ぜて分類器を構成したほうが、PCAのみを用いて分類器を構成するよりも学習時間の変化なしに精度の向上を見込める事が分かった。

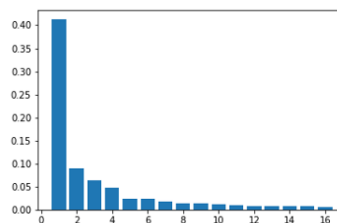


図3 pca の寄与率

## 5 おわりに

本研究では、画像分類モデルの選択をより柔軟に行えるようにすることを目的に、H(色相)とS(彩度)を用いた特徴量抽出法と特徴量を用いた画像分類手法を提案した。併せてcifar10データセットを用いて既存手法との精度比較を行った。比較結果より、単位ディスク上の分布を用いることで十分特徴量が抽出できており、他の特徴量抽出法と組み合わせて分類器に入力することにより、1つの特徴量抽出法のみを使うよりもより良い分類精度が期待できることがわかった。今後は、H(色相)とS(彩度)だけを用いた特徴量抽出ではなく、HSV三要素全ての要素を用いた場合での特徴量抽出法を考えたい。

## 参考文献

- [1] A. Krizhevsky. "Learning Multiple Layers of Features from Tiny Images", Technical Report, University of Toronto, 2009.
- [2] 清水 邦夫. "方向統計学における確率分布の最近の話題", 日本統計学会誌, 47(2), pp.103-140, 2018.
- [3] M. C. Jones. "The Möbius distribution on the disc", Annals of the Institute of Statistical Mathematics, 56(4), pp.733-742, 2004.
- [4] G. J. McLachlan and D. Peel. "Finite Mixture Models", John Wiley & Sons, 2004.
- [5] C. M. Bishop. パターン認識と機械学習: ベイズ理論による統計的予測 (上) (赤穂昭太郎ほか訳) シュプリンガー・ジャパン, 2006.