

人間の画像認識によるテクスチャ分類アルゴリズムの構成

Construction of image texture classified algorithm applying human image

○金子卓磨*, 平井諒**, 濱翔平***, 金天海****

○Takuma Kaneko*, Ryo Hirai**, Shohei Hama***, Chyon Hae Kim****

岩手大学

Iwate University

キーワード： 物体認識 (Object recognition), 画像処理 (Image processing), 人工知能 (Artificial intelligence), 人間の心理 (Human psychology), コンピュータビジョン (Computer vision)

連絡先： 〒 020-8511 岩手県盛岡市上田四丁目 3-5
岩手大学大学院 工学研究科 電気電子・情報システム工学専攻 金研究室
金子卓磨, Tel.: 080-5561-9078, E-mail: kaneko@kim.cis.iwate-u.ac.jp

1. はじめに

人・機械間のコミュニケーションの円滑化には機械が人と類似した物体・環境認識を行えることが重要である。本研究では人と機能的に類似した物体・環境認識を機械なりの認識機構を構築することによって達成することを目指す。従来、人間の認識行動機構の解明を目的として人間と類似した認識行動機構を機械に実装・比較することで知見を積み重ねるといった構成論的アプローチ¹⁾がある。コミュニケーションを目的とした機械の認識機構には必ずしも人や脳と同じ手法が必要とは限らないため、本研究のアプローチは構成論的アプローチとは異なり、人間の認識行動機構の解明を目的としない。一方で、コミュニケーションの円滑化には、構成した認識機構を人の認識機構と比較しながら改良することは必要であり、この点においては本研究も構成論的アプローチと同様の手法をとる。

機械による人知能の模倣に関する研究は、画像認識・音声認識の分野において盛んであり、特に物体画像のテクスチャ分類処理に注目が集まっている。例えば、Kangらはテクスチャフィルタバンクによる車上カメラ画像上の物体同定²⁾を行っている。また、Dingらは部分的に切り出したテクスチャ画像をニューラルネットワークにより分類している³⁾。しかしながら、Kangらの手法は車上カメラに限定されており、Dingらの手法は切り出された局所的なテクスチャに限定されている。実世界画像に対する人と類似した一般物体認識⁴⁾を実現するためには、一般の風景画像から個々の物体を分類できる手法が必要である。

本研究では、テクスチャの差異に基づいて一般の風景画像から個々の物体を分類するアルゴリズムを構成する。一般の風景画像からの個々の物体の分類を考えた場合、各風景画像からいかなる閾値を持って物体を切り出すべきかにつ

いては任意性があり，科学的な理論によってこれを定めることは難しい．そこで，人の心理実験を通じてその閾値を求めてアルゴリズムに実装する．

2. 提案手法

色頻度分布によるテクスチャ分類の閾値を心理実験により定める手法を提案する．統計学的には，テクスチャ間の類似度はテクスチャ内色頻度分布間の距離により定めることができる．これにより一般の風景画像中にあるテクスチャの各組に対し類似度を計算することができる．ただし，この類似度に従って物体分類を行う際には，分類境界となる閾値を定める必要がある．一般に，この閾値には統計学的な裏付けを与えることは難しい．そこで，その閾値を心理実験により定める手法を提案する．

2.1 ガウス分布によるテクスチャ類似度計算

風景画像より切り出した複数の分割画像内のテクスチャが同一物体表面に含まれるか否かを判断するために，各々の分割画像の色頻度分布の類似度を求める．

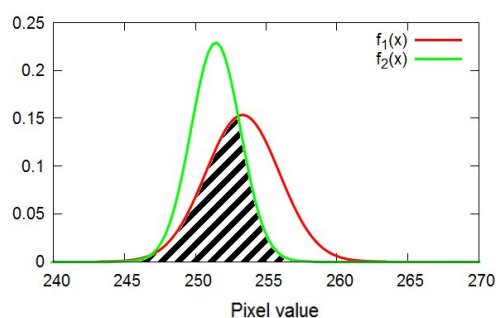


Fig. 1 ガウス分布を用いた類似度計算

分割画像内の色頻度分布について RGB 成分毎に求めた平均 μ と分散 σ をパラメータとする，

$$f_n(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} \exp\left(-\frac{(x - \mu_n)^2}{2\sigma_n^2}\right) \quad (1)$$

の式によってガウス分布を構成する．Fig. 1 に示した 2 つのガウス分布は図中の縞状の部分において分布の面積同士が重なっている．2 枚の分割画像から構成した 2 つのガウス分布について，ガウス分布の重なる面積割合の積によって類似度を算出する．

統計学的には，複数の情報源（複数のテクスチャ）から発せられた情報（光）は中心極限定理に従ってガウス分布型のノイズを受ける．この際に，受信した情報の色頻度分布はガウス分布として近似できる．また，これらのガウス分布同士の一一致率についてはガウス分布の重なる面積割合によって求めることができる．この面積割合を一致確率として，RGB 成分の全ての要素についての一致確率を計算する際には面積割合同士の積を取る．

2.2 類似度を用いたテクスチャ分類

ガウス分布を用いることで 2 枚組の分割画像について色頻度分布の類似度を求めた後に，類似度の値から分割画像のテクスチャが同一の物体表面に含まれるかどうかの判断をする必要がある．本研究における色頻度分布の類似度によるテクスチャ分類の判断法として，以下の条件を満たすように閾値を設ける．

- 類似度 > 閾値
テクスチャは同一の物体表面に含まれる
- 類似度 < 閾値
テクスチャは異なる物体表面に含まれる

閾値の初期設定は類似度の範囲と同様に値 0 とする．人間によって分類された全ての分割画像の組について，ガウス分布により算出した類似度と設定した閾値との比較を行う．この時に全てのデータの比較が終わるたびに閾値の値を+

0.0001 する。この閾値は人間とアルゴリズムによるテクスチャ一致/不一致の判断が最も近くなる場合の値を最適値として求める。

人間のテクスチャ分類判断を基に算出した閾値を利用することで、コンピュータが単独でテクスチャ判断を行う際に2つの分割画像の色頻度分布の類似度と閾値の比較によって分割画像内のテクスチャが同一の物体表面に含まれるか、異なる物体表面のテクスチャであるかの判断が可能になると考えられる。

3. 実験

今回の実験では複数人の被験者を対象として心理実験の形式に則り、以下に示す形で実験を行った。Fig. 2 の画像に映る複数の物体表面のテクスチャに対して人間及びアルゴリズムの画像判断によってテクスチャの分類を行った。心理実験の対象となる被験者については、予めアンケートを取り、年齢・視力・眼鏡及びコンタクトレンズの使用・視覚に関する障害の有無について確認した。仮に被験者に視覚障害が見受けられた場合は、実験の採取データから除外する。また、実験に関しては岩手大学人体及びヒト試料研究倫理審査委員会の許可を得た。

3.1 実験設定



Fig. 2 実験に使用した画像

(実験1): Fig. 2 の画像からランダムな位置・大ききで切り出したテクスチャ画像に対して、同一の物体表面が映るテクスチャか、異なる物体表面が映るテクスチャであるかの画像判断を人間及びテクスチャ分類アルゴリズムによって行った。

(実験2): 実験1と同様にランダムに切り出した2枚のテクスチャ画像の内から、被験者に提示する画像を単一の物体表面のみが映るテクスチャ画像に限定した。元画像と比較して複数の物体が映る画像を除外することで6000組の画像を選別した。また、被験者によるテクスチャ分類の正確性を向上するために、被験者自身で画像判断の回答を修正できるようにした。

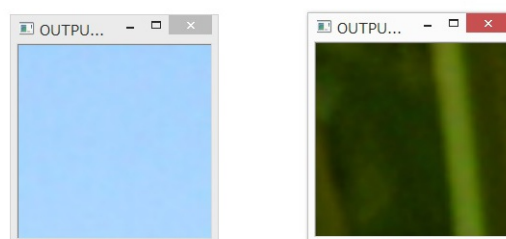


Fig. 3 被験者による画像判断時の画面情報

被験者には Fig. 3 のようにコンピュータディスプレイ上に複数の画像を提示して判断及び回答を行ってもらった。判断基準は「画像内のテクスチャが同一物体表面に含まれるか、異なる物体表面に含まれるか」である。最大10分間または最大300組を終了条件としてこの実験を行った。

3.2 実験結果

実験1による人間とコンピュータのテクスチャ分類結果の中で最も一致した被験者の結果について、被験者に提示した全画像組数から、人間及びコンピュータのテクスチャ分類判断の一致/不一致毎に解析を行った。

画像中の四角形及び線は提示画像の切り取り位置と提示画像の組み合わせを示している。また、実験結果の左図から被験者に提示した画像組の位置情報のみを出力した結果を Fig.4-7 に示す。

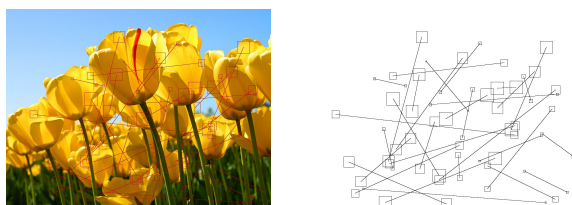


Fig. 4 人とアルゴリズムが一致して同一物体表面と判断したテクスチャ組 (36.4[%])

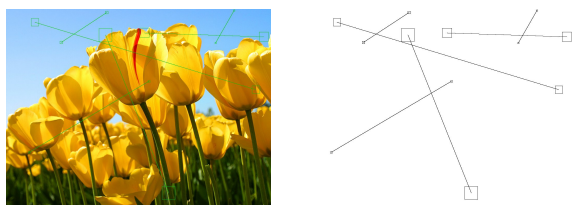


Fig. 5 人間は同一，アルゴリズムは異なると判断したテクスチャ組 (7.1[%])



Fig. 6 人とアルゴリズムが一致して異なる物体表面と判断したテクスチャ組 (49.4[%])

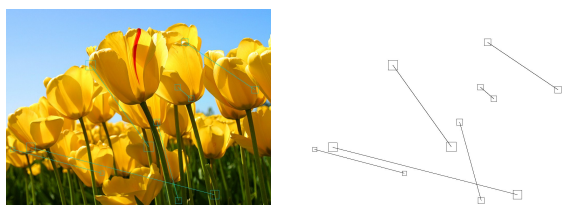


Fig. 7 人間は異なる，アルゴリズムは同一と判断したテクスチャ組 (7.1[%])

実験 1 の結果より，分割画像の総組数は 85 組，テクスチャ分類結果の一致した画像組は 73 組であり，85.8[%] の一致が得られた。類似度に

対する RGB 閾値の範囲は (0.0001~0.0003) となった。

実験 2 による被験者及びコンピュータのテクスチャ分類結果が最も一致した結果を Fig.8-11 に示す。実験 1 と同様に，画像中の四角形及び線は提示画像の切り取り位置と提示画像の組み合わせを示している。

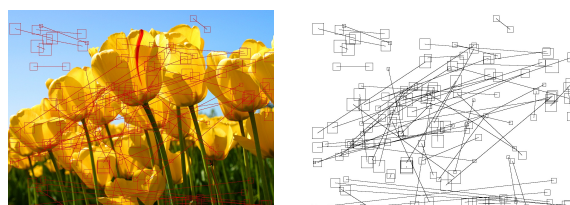


Fig. 8 人とアルゴリズムが一致して同一物体表面と判断したテクスチャ組 (25[%])

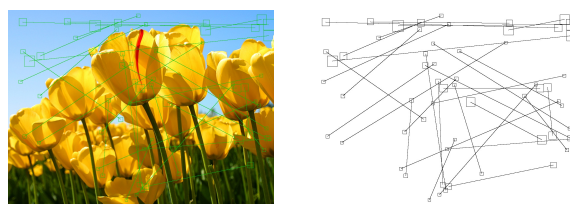


Fig. 9 人間は同一，アルゴリズムは異なると判断したテクスチャ組 (10[%])

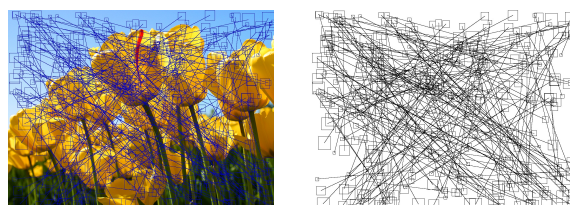


Fig. 10 人とアルゴリズムが一致して異なる物体表面と判断したテクスチャ組 (63[%])

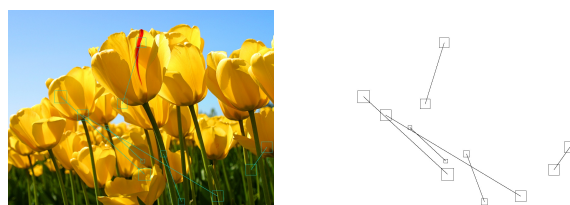


Fig. 11 人間は異なる，アルゴリズムは同一と判断したテクスチャ組 (2[%])

実験結果は被験者に提示した画像を単一の物

体表面が映るテクスチャに限定した場合の人間とコンピュータのテクスチャ分類結果を示している。Fig. 8 及び Fig. 10 の分割画像の組は分割画像内のテクスチャについて人間とコンピュータの分類結果が一致したものである。被験者に提示した画像の組数 300 組に対してテクスチャ分類結果の一致した画像組数は 264 組であり、88[%] の一致が得られた。類似度に対する RGB 閾値の範囲は (0.0018~0.0033) となった。

4. 考察

実験 1 の Fig. 5,7 及び実験 2 の Fig. 9,11 は現在のアルゴリズムでは人間と同様の精度でテクスチャを分類できなかった画像組を示している。例えば、空色のグラデーションが異なるテクスチャは人間は同じ物体表面のテクスチャだと判断したがコンピュータは異なる物体表面のテクスチャであると判断した。ガウス分布を用いた類似度計算では、分布の構成段階で均等な画素値を持つテクスチャは分散値が少なく、グラデーションにより画素値の平均値が異なる場合は分布の面積が重なりにくいため類似度が低くなったと考えられる。

実験 1 では被験者に提示したテクスチャ画像内に複数の物体表面が含まれていた。被験者が提示画像からテクスチャ分類を行う際に、どのテクスチャを基準にして画像判断を行うのかについては個人差があるため、被験者毎に算出した閾値では一般的な画像判断に用いるには信頼性に欠ける。従って、実験 2 では単一の物体表面が映るテクスチャ画像のみを提示することで被験者の画像判断基準の統一を試みた。

2 つの実験結果より、単一の物体表面のみを含むテクスチャ画像を被験者に提示した実験では、複数の物体表面を含むテクスチャ画像を提示した場合と比較して、人間の画像判断が 1 種類のテクスチャ同士のみと比較によって行われるため、テクスチャ分類における明確な画像判

断が可能になった。実験 2 においてテクスチャ画像の選別を行い、被験者の画像判断基準を統一することで人間のテクスチャ分類結果から推定される閾値の信頼性が向上した。

5. 今後の展望

本稿では、色頻度分布によるテクスチャ分類の閾値を心理実験により定める手法を提案し、一般画像上でのテクスチャー一致/不一致の判断を被験者とアルゴリズムの間で比較した。Fig.2 の実験使用画像からランダムな位置・大きさでテクスチャ画像を切り取ることで、複数の物体表面が映るテクスチャ画像と単一の物体表面のみが映るテクスチャ画像を被験者に提示する実験を行った。

被験者に単一の物体表面のテクスチャ画像のみを提示する場合は、テクスチャの分類基準が安定しており、被験者のテクスチャ分類結果から推定される最適な閾値の信頼性の向上に繋がった。今後はアルゴリズムの精度を上げつつ、複数個の物体表面が映る場合のテクスチャ分類を試みる。

参考文献

- 1) M. Asada, K. M. Dorman, H. Ishiguro, and Y. Kuniyoshi: "Cognitive developmental robotics as a new paradigm for the design of humanoid robots," *Robotics and Autonomous Systems*, 33 185-193, (2001)
- 2) Y. Kang, K. Kidono, T. Naito and Y. Ninomiya: "Multiband Image Segmentation and Object Recognition Using Texture Filter Banks," *IEEE Inter. Conf. on Pattern Recognition*, pp. 1-4, (2008).
- 3) Z. Ding and Y. Yu: "Texture Image Recognition Based on Bispectrum Slice and BP Neural Network Ensemble," *IEEE Inter. Conf. on Intelligent Computing and Intelligent Systems*, (2010).
- 4) 柳井啓司, "一般物体認識の現状と今後," *情報処理学会論文誌*, (2007).