

令和元年5月8日現在

機関番号：37120

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12498

研究課題名(和文)異なる目的関数の同時最適化に基づく任意解像度画像生成アルゴリズムの確立

研究課題名(英文) Establishment of Arbitrary Resolution Image Generation Algorithm Based on Simultaneous Optimization for Different Types of Objective Functions

研究代表者

麻生 隆史 (Aso, Takashi)

九州情報大学・経営情報学部・教授

研究者番号：20259683

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、電子ペーパー上で、画質を保ちつつ画像の解像度を変更可能な限定色画像向けの新しい画像拡大アルゴリズムの開発を目的として、指定された色数による適応的な色量子化(減色)と、量子化された色情報のみを用いた拡大画像の生成を同時に実現するアルゴリズムを開発した。具体的には、任意解像度に拡大された画像に対して少数(出現頻度が少ないもの、画像の印象に大きく影響を与える)色の保存性を定量的に評価する指標と、これに基づいた色量子化アルゴリズムを開発した。提案したアルゴリズムをタブレット端末に実装し、その有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、画像の拡大や色量子化の実現に煩雑なアルゴリズムを必要とせず、入力データを変更することで、限定色画像拡大が実現できる点に学術的な意義がある。また、既存のタブレット端末等で実装可能であることから、その実応用性も高く、アプリケーションとして配布することで、様々な人々が色々な目的で使用することが可能であり、社会的な意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to establish an image enlargement algorithm with adaptive color quantization on mobile devices. In this research, a new image enlargement method with preserving infrequent salient colors has been proposed. The infrequent salient colors mean that they are not dominant globally, but are dominant locally and are important to keep the impression of the original image. The proposed method was implemented as an Android application, and its effectiveness and feasibility of the use was verified on mobile devices.

研究分野：情報学

キーワード：ソフトコンピューティング ファジィ理論 画像拡大

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

電子ペーパーに代表される新しい表示デバイスの開発では、消費電力や応答速度を最重要視しているため、デバイスの性質上、使用できる色数がフルカラーのディスプレイと比較して著しく制限される。したがって、このようなデバイスで表示される画像には、限定される色数しか使用できないという制約がある。限定色画像は、画像ごとに代表色が列挙されたパレットを持ち、パレットのインデックス値を各画素の値として持つ。限定色画像は、少ない情報量で高い画品質を保てることから、1990年代に広く研究されていたものの、液晶ディスプレイのフルカラー化と計算機の高性能化、並びに HP 社の GIF 特許問題に伴い、1990年代後半からはほとんど研究されていない。しかし、近年、GIF 特許の期限が切れたことや、電子ペーパーやタブレット型端末等の新しい表示デバイスの登場があいまって、表示可能色数の少ない表示デバイスでの使用に耐えうる限定色画像が再び注目を集めている。

限定色画像に関する従来研究は、多くの色を少数の代表色で表現するための色量子化法に焦点が当てられていた。これらの場合、出現頻度の少ない色は、その色誤差も相対的に小さいことから、パレット内に保存されにくいという問題があり、その結果として、画像の印象に大きく影響を与える小領域内の色が、全く異なる色に置き換えられてしまうという現象を引き起こしてしまい、量子化前後で、画像の印象が大きく異なってしまう。また、従来の色量子化法は、表示サイズ(解像度)の異なる種々の端末への対応も不十分であり、サイズの異なるディスプレイでの表示を考えると限定色画像を品質劣化なく拡大する技術が必須となる。しかし、従来の画像拡大に関する研究では、拡大時に原画像中に含まれない新規な色を生成する場合が多く、量子化すべき色数が爆発的に増えてしまうため、限定色画像への適用には不向きであるという問題もある。

2. 研究の目的

本研究では、限定色画像の画質に直結する色量子化(パレットの作成)と、拡大画像の画質に直結するコードブックの自動生成問題を、互いに影響を及ぼし合う相補型同時最適化問題として統合し、その同時求解アルゴリズムの確立を目指す。さらに、相補型同時最適化の枠組みを一般化し、様々な課題への波及効果を狙う。最終的に、ハード化による実時間処理を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、近年、タブレット型端末の性能が向上してきたこと、OpenCV 等で提供されている画像処理系アプリケーションが充実化・高性能化してきたことを考慮し、既存の画像処理パッケージを最大限に活用することで、実時間処理を実現することを試みた。提案手法の概要を図1に示す。図1において、クラスタ中心(パレットに保存する色)の算出と、画像の拡大には、それぞれ、パッケージ化された K-means++

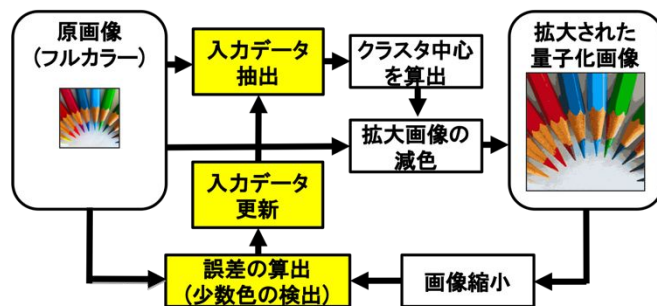


図1 提案手法の概要

法とバイキュービック補間法を用いる。また、K-means++法を用いて、出現頻度の低い色の保存性を高めるため、少数色の検出を行い、その結果に基づいて出現頻度の高い画素値を出現頻度の低い画素値で置き換えることで、相対的に出現頻度を高める。

提案手法では、まず、入力される原画像を構成する画素値の集合を K-means++法によって量子化し、初期のクラスタ中心を算出する。次に、原画像をバイキュービック補間法を用いて任意の実数倍に拡大する。その後、拡大されたフルカラー画像を構成する画素値の集合に対して、初期のクラスタ中心を用いて量子化を施し、量子化された拡大画像とフルカラーの拡大画像における各画素の色誤差をユークリッド距離に基づいて算出する。また、平均値補間法を用いて原画像と同じ大きさに縮小する。その後、縮小された色誤差に基づいて、画素値の置き換え処理を行う。具体的には、画像をいくつかの小領域に分割し、縮小された色誤差に対して、誤差が最大と最小の小領域をそれぞれ検出し、原画像について、誤差が最小の小領域に対応する画素値を、誤差が最大の小領域に対応する画素値に置き換える。置き換えられた画素値の集合に対して、K-means++法によって再び量子化し、クラスタ中心を更新する。これらの置き換え処理を終了条件を満たすまで繰り返しながら、拡大画像を減色していく。

終了条件については、色誤差の重み付き平均に基づく画質の評価指標を新たに導入する。導入した評価指標においては、各画素値の誤差を算出する際に、その色誤差を重みとして採用しており、色誤差の大きい画素ほど、各画素値の誤差が大きく考慮されるように設定した。画質に関する従来の評価指標としては、平均二乗誤差(MSE)やピーク信号対雑音比(PSNR)、Structural Similarity(SSIM)などが提案されているが、この評価指標を用いることで、少数色で生じた誤差を、画像全体の誤差として効果的に反映させることができる。

4. 研究成果

提案手法における少数色の保存性を検証するために、部分的に少数色が存在する 18 枚のデジタル画像に提案手法を適用した。実験で用いた画像の大きさは、 256×256 画素であり、画像の拡大率を 2.0 として、各拡大画像に対して 16 色および 32 色への量子化をそれぞれ行った。提案手法においては、局所領域のサイズを 4×4 画素とし、評価において重みを決定するためのパラメータの値を 50 とした。色量子化の性能を評価するにあたり、比較手法として、従来の K-means++法を採用した。提案手法においては、入力データ集合の更新回数の上限を 300 回とした。また、各手法の評価には、原画像と色量子化画像における従来の評価指標に加えて、提案する定量評価指標を用いることで、その妥当性についても検証を行った。

実験結果の一例として、図 2(a)を 16 色に減色した結果を図 2(c)および(d)に示す。図 2(b)は、図 2(a)に示すフルカラーの原画像をバイキュービック補間法で拡大したフルカラー画像の一部であり、これを理想画像とした。図 2(c)に示すように、従来の色量子化手法を用いた場合、色鉛筆の黄系色や紫系色は画像全体に占める色の割合が少ないため、その色が削減されてしまった結果、理想画像と比較して、画像の印象が大きく異なってしまっており、画質が劣化していることがわかる。一方、提案手法では、図 2(d)に示すように、従来手法と比較して黄系色や紫系色を効果的に保存できていることがわかる。また、提案手法では、従来手法と比較して、背景色に使用される色数が少ないことから、画像全体に占める割合は大きいものの、相対的な色誤差が小さくなる箇所に相当する色を削減し、色誤差が相対的に大きな色を保存していることもわかる。さらに、黄系色や青系色に注目すると、提案手法では、グラデーションについても従来手法と比較して良く保存されていることがわかる。



(a)原画像 (b)拡大画像(理想画像) (c)実験結果(従来法) (d)実験結果(提案法)

図 2 テスト画像 1 を限定色のみを用いて拡大した結果

(b)はフルカラー画像、(c)および(d)は 16 色に減色)

また、図 3(a)を 32 色に減色した結果を図 3(c)および(d)に示す。図 3(b)は、図 3(a)に示すフルカラーの原画像をバイキュービック補間法で拡大したフルカラー画像の一部である。図 3(c)に示すように、従来の量子化手法を用いた場合、出現頻度の少ない赤系色が少数色として扱われたことで、カラーパレットに保存されなかった結果、画像に含まれる食材の色が変わってしまっており、本来の料理の印象を損なってしまっていることがわかる。一方、提案手法では、図 3(d)に示すように、従来手法と比較して食材の色も良く保存できており、全体的なグラデーションもある程度表現できていることが見てとれる。



(a)原画像 (b)拡大画像(理想画像) (c)実験結果(従来法) (d)実験結果(提案法)

図 3 テスト画像 2 を限定色のみを用いて拡大した結果

(b)はフルカラー画像、(c)および(d)は 32 色に減色)

また、K-means++法に入力する画素値の集合を更新する回数と、色量子化画像と原画像の定量評価値の関係について、平均二乗誤差 (MSE) および Structural Similarity (SSIM) と、提案手法についてその推移を観測した結果、ほぼ全てのテスト画像に対して、更新回数の増加に応じて、提案手法において導入した誤差の値が減少していくことを確認することができた。さらに、タブレットで実装した結果、リアルタイムでの実現までには至らなかったが、平均して数分程度で限定色拡大画像を得ることが可能なアプリケーションを構築することができた。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計2件)

福田有輝也, 三澤 秀明, 田向 権, 久保田 良輔, 車 炳圭, 麻生 隆史, 画像の拡大における少数色の保存性を考慮した色量子化アルゴリズム, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.118, No.473, pp.75-80, 3月6-7日, 2019, 査読無.

Yukiya Fukuda, Hideaki Misawa, Hakaru Tamukoh, Ryosuke Kubota, Byungki Cha, Takashi Aso, A Color Quantization Method Preserving Infrequent Salient Colors and Its Implementation on Mobile Devices, Proceedings of SPIE 11049(DOI: 10.1117/12.2521607), the 2019 Joint International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) and International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA), 刷り上がり4頁, Singapore, Jan. 6-9, 2019, 査読有.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 車 炳圭己

ローマ字氏名: CHA, Byungki

所属研究機関名: 九州情報大学

部局名: 経営情報学部

職名: 教授

研究者番号(8桁): 10310004

研究分担者氏名: 田向 権

ローマ字氏名: YAMUKOH, Hakaru

所属研究機関名: 九州工業大学

部局名: 大学院生命体工学研究科

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 90432955

研究分担者氏名：久保田 良輔

ローマ字氏名：KUBOTA, Ryosuke

所属研究機関名：宇部工業高等専門学校

部局名：制御情報工学科

職名：教授

研究者番号(8桁): 50432745

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。