

氏名	うえだ ちあき
授与学位	上田 千晶
学位記番号	博士（理学）
学位授与年月日	理工博甲第705号
学位授与の要件	平成29年3月16日
研究科，専攻の名称	学位規則第4条1項
学位論文題目	理工学研究科(博士後期課程) 自然科学基盤系専攻
	RGB色空間における色相を保存したカラー画像の強調に関する研究
	(A Study on Color Image Enhancement While Preserving Hue in RGB Color Space)
論文審査委員	主査 山口大学 教授 末竹 規 哲
	山口大学 教授 内野 英 治
	山口大学 教授 野崎 浩 二
	山口大学 教授 脇田 浩 二
	山口大学 教授 葛 崎 偉

【学位論文内容の要旨】

近年、カメラ付き端末の普及が進み、カラー画像を容易に取り扱うことが可能になっている。これに伴い、品質の良いカラー画像を生成する手法の必要性が高まっている。例えば、コントラスト強調、彩度強調、雑音除去など、カラー画像の質向上に関する様々な研究が行われている。

色は、「色相」「明度」「彩度」の三つの属性から構成されている。色相は赤み、青みなどの色みの性質を表し、彩度は色の鮮やかさを表す。明度は色の明るさを表しており、これらの組み合わせで色を表現する。これらの色の三属性は多くの人にとって理解しやすい色の物差しである。

一方、工学的な面では、加法混色の三原色である赤（Red）、緑（Green）、青（Blue）を三属性としたRGB色空間や、減法混色の三原色であるシアン、マゼンタ、イエローを三属性としたCMY色空間が用いられることが多い。デジタル画像はRGB色空間で表現されることが多いため、デジタル画像処理分野ではRGB色空間が広く使用されている。しかし、RGB色空間の様相は、人にとって理解しにくいものになっている。例えば、RGB色空間で表現されたオレンジ色をもっと鮮やかにしたいと思っても、RGB色空間の3成分のうち、どの成分をどれだけ変化させたらよいかは感覚的に分からない人が多い。そこで、色相、明度、彩度の3成分から構成される色空間に画素値を変換して、そのいずれかを変更し、再びRGB色空間に変換することがよく行われる。しかし、変換後の色がRGB色空間の表現可能領域（色域）を逸脱している場合があるという問題があった。

RGB色空間のみで処理を完結することができれば、色空間変換によって生じる不都合を解消することができる。

Naikらは、RGB色空間における色相保存の条件式を提唱し、これを用いた画像強調手法を提案した。また、Naikらの画像強調手法では彩度が低下するため、村平ら、井上らによって彩度低下を起こさない手法が提案されている。しかし、従来手法は等色相平面と等明度平面の交線と、各手法が定める直線との交点により色座標を定めるため、強調後の画素値が一意に定まり、彩度の調整はできなかった。

本論文では、彩度調整パラメータを変化させることで、等明度かつ等色相の直線上の任意の点を出力する手法について述べる。提案手法では、ガンマ補正を利用した彩度調整式を用いることで、RGB色空間の色域から逸脱することなく彩度を調整することが可能となる。提案手法は三つの従来手法を包含した彩度調整を可能にしている。また、本論文では、彩度調整だけでなくRGB色空間内で明度も調整する手法を提案する。彩度低下が発生しない明度領域を利用することで、彩度と明度を独立させて調整することが可能となる。実用例として、RGB色空間での色相を保存した処理を食べ物画像の強調処理に応用し、RGB色空間のみの処理でも人の感覚に合った処理が可能であることを示す。カメラ付き端末の普及やSNSの利用者の増加に伴い、個人のSNS上で食べ物画像を共有するために食べ物を撮影する機会が増えている。しかし、食べ物を撮影する環境の照明等の影響により、食べ物画像の明度や彩度が低下し、食べ物が美味しそうに見えない場合がある。本論文では食べ物の特徴を考慮し、RGB色空間のみで画像の明度及び彩度を強調する手法について述べる。

第1章は序論である。第2章ではカラー画像の変換手法について述べる。まず、色空間変換を伴う従来の変換手法と、RGB色空間を用いた従来の変換手法について概説する。次に、RGB色空間のみで色相を保存したまま明度を変更する場合の変換手法について詳述する。第3章ではRGB色空間で色相を保存しながら適応的な彩度強調を行う提案手法について述べる。井上らの手法、Naikらの手法の出力結果を基準とし、彩度調整パラメータを用いて出力する色を求める。彩度調整にはガンマ補正を応用した式を定義し、提案手法の出力結果が色域内に収まることを保証する。実験により従来手法の結果を包含していることを示し、提案手法の有効性を検証する。第4章では、第3章の手法を食べ物画像の彩度強調に応用し、さらに明度の強調も行う手法について述べる。具体的には、まず、色相と彩度を保持したまま明度を強調する。次に、食べ物領域を色相で判断し、食べ物領域のみを彩度強調する。彩度強調には第3章の手法を応用し、変換前の画素の彩度情報を元にパラメータを変化させることで、食べ物画像に適した彩度強調を行う。種々の実験により提案手法の有効性を検証する。第5章は結論である。本研究の成果を総括する。

【論文審査結果の要旨】

近年、カメラ付き端末の普及が進み、カラー画像を容易に取り扱うことが可能になった。これにともない、品質の良いカラー画像を得るための画像処理手法の開発が重要となっている。

一般に、色は、「色相」と「明度」、「彩度」の三つの属性から構成される。色相は赤み、青みなど、色みの性質を、明度は色の明るさを、彩度は色の鮮やかさを表し、これらの組み合わせで色が表現される。これらの色の三属性は多くの人にとって理解しやすい色の物差しである。一方、工学的な面では、加法混色の三原色である赤 (R)、緑 (G)、青 (B) を三属性とした RGB 色空間や、減法混色の三原色であるシアン、マゼンタ、イエローを三属性とした CMY 色空間が用いられることが多い。デジタル画像は RGB 色空間で表現されることが多く、デジタル画像処理分野では RGB 色空間が広く使用されている。

本論文は、デジタル撮像・表示機器と親和性の高い RGB 色空間上で、色相を保存しながら明度と彩度の調整を行うことのできるカラーデジタル画像強調法に関する新たな方法論について述べたものである。本論文は5章から構成されている。

第1章は本論文の背景と目的について述べ、論文の構成について記している。

第2章では、RGB色空間から明度・色相・彩度を陽に取り扱うことのできる他の色空間への変換をとまなうカラー画像処理法について述べ、画像処理技術の観点からその問題点を明らかにしている。また、RGB色空間上における色相を保存したカラー画像強調に関する3つの従来手法について述べ、その問題点を明らかにしている。

第3章では、RGB色空間において色相を保存しつつ、明度と彩度の強調度合いを調整可能なカラー画像強調手法を提案している。この提案手法は、処理結果が色域内に収まることを保証した上で、従来手法を包含し、かつカラー画像の明度、及び彩度強調効果をユーザーの好みに応じてパラメータによって調整できるという特長を持つ。提案手法を種々のカラー画像に適用し、主観評価によってその有効性を検証している。

第4章では、第3章で提案したカラー画像強調法をもとに、食べ物画像の強調処理向けに特化した手法を提案している。カメラ付き端末の普及やソーシャルネットワークサービス (Social Networking Service: SNS) の利用者の増加に伴い、個人の SNS 上で食べ物画像を共有するために食べ物を撮影する機会が増えているが、照明条件によっては、明度や彩度が低下し、必ずしも食べ物が美味しく見えるとは限らない場合がある。提案手法はこの問題に対応したものである。具体的には、色相と彩度を保持したまま画像全体の明度を強調し、さらに、食べ物領域を色相で判断した後、食べ物領域のみの彩度強調を行う。提案手法をデジタルカメラ等で撮影した種々の食べ物画像に適用し、目視による主観評価によってその有効性を検証している。

第5章は結論である。

公聴会においては、実験結果において色相と彩度の散布図を示しているが、そこでの色相の定義は何か、

また、他の色空間での色相と比べて「色相のずれ」が生じると思われるが、どれほどの「ずれ」が生じるか検証しているか、食べ物に含まれる色相が背景部分や食器部分にもみられる場合にはどのような対応をとっているのか、食器部分においては低彩度領域に対する彩度強調抑制効果は有効であると思われるが、食べ物が低彩度の場合はどうなるのか、食べ物画像以外の風景やポートレート写真など、他の種類の画像の強調処理に応用可能であるのか、などの説明が求められたが、いずれも発表者からの確かな回答がなされた。

以上より本論文は独創性、信頼性、有効性、実用性ともに優れ、博士（理学）の論文に十分に値するものと判断された。

論文内容及び審査会、公聴会での質問に対する応答などから、最終試験は合格とした。

なお、主要な関連論文の発表状況は下記の通りである。（関連論文 計2編、参考論文 計2編）

- 1) 畔津忠博, 上田千晶, 末竹規哲, 内野英治, ``RGB 色空間における色相を保持した彩度調整によるカラー画像強調,`` 映像情報メディア学会誌, Vol.68, No. 11, pp. J482-J487, 2014.
- 2) Chiaki Ueda, Minami Ibata, Tadahiro Azetsu, Noriaki Suetake, and Eiji Uchino, ``Food Image Enhancement by Adjusting Intensity and Saturation in RGB Color Space,`` IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol.E98-A, No. 11, pp. 2220-2228, 2015.