

カラー画像のヒストグラムパターンに応じた階調変換 Gradation conversion according to the histogram pattern of color image

小西 敦美†
Atsumi Konishi

船木 英岳†
Hidetake Funaki

1. まえがき

近年、デジタル画像は駐車場の管理や監視カメラなど様々な場面で利用されている。しかし、一般的なカメラはダイナミックレンジが狭いため、撮影時刻や天候条件により明るさが変化すると、画像に暗い部分や明るい部分が生じることがある。その場合、階調変換による画像補正を行う必要があるが、一般的なトーンカーブを用いて画像全体を変換すると、補正が不要な部分まで変換され、重要な情報が失われることがある^[1]。そのような場合、補正の必要な画像の一部のみを自動的に階調変換する半曲線トーンカーブが提案されている^[2]。しかし、入力画像のヒストグラムに補正の必要な部分が複数ある場合、半曲線トーンカーブでは対応できない場合もある。

そこで、本研究では複数半曲線トーンカーブを用いた階調変換を提案する。また、1度の階調変換による画像補正でわずかな変化しか得られなかった場合に、再度階調変換を行う2重複数半曲線トーンカーブを提案する。

2. 入力画像の濃淡変換

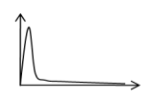
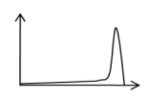
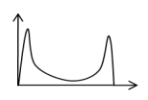
2.1 トーンカーブ

階調変換では、入力画像の各画素の輝度値に対し、階調変換関数による対応付けを指定することでデジタル画像の濃淡を変化させる。この関数をグラフ化したものをトーンカーブと呼ぶ。一般的なトーンカーブとしては、折れ線型トーンカーブやガンマ補正、S字トーンカーブなどが用いられる。しかし、トーンカーブを用いる場合は、入力画像に対して適切なトーンカーブやパラメータを人の手により選択する必要がある。

2.2 半曲線トーンカーブ

横軸は輝度値、縦軸は画素数にしたグラフをヒストグラムという。ヒストグラムでは、明るい部分や暗い部分など、輝度の集中した部分に鋭角な山ができるが、その数や位置によって適切なトーンカーブが異なる。半曲線トーンカーブでは、表1に示す入力画像のヒストグラムパターンがパターン1やパターン2のように暗い部分や明るい部分に輝度が集中している画像に対して、その部分のみ補正し、補正の不要な部分は変化させないことで鮮明化を行う。一方、パターン3のような場合、半曲線トーンカーブでは、左右の山のうち高い方の山のみ補正する。

表1 ヒストグラムパターン

パターン1	パターン2	パターン3
		

† 舞鶴工業高等専門学校, MNCT

なお、ヒストグラムのパターン認識は、まずヒストグラムの輝度値を3分割し、輝度0~85の範囲内に高い山がある場合はパターン1、輝度0~171の範囲内に高い山がある場合はパターン2、両方に高い山がある場合はパターン3とする。

2.3 複数半曲線トーンカーブ

左右の山の高さが同程度であるパターン3である場合、両方の山を補正したほうが良い場合があるが、2.2節で述べた半曲線トーンカーブはどちらか高い方の山しか補正しない。そこで、明暗両方の部分に一定以上の輝度が集中している場合、両方の輝度を補正して鮮明化を行うことにする。補正の必要な山の頂点と輝度128の中間点に閾値を設定し、閾値が0~127の場合は0~閾値の間のみ補正を行い、閾値が128~255の場合は閾値~255の間のみ補正を行う。また、補正の不要な部分は入力画素値をそのまま出力画素値とする。特定の領域のみ補正する場合、ガンマ補正を用いると閾値の前後でトーンカーブが不連続になるため、補正には式(1)の正接関数を用いて連続になるよう設定する。

$$y = \frac{(\tan(\frac{x * 2.64}{Th * 2}) - 1.32) + 4)(Th * 2)}{8} \quad (1)$$

ここで、 Th を閾値として、トーンカーブは閾値の前後で直線部分と曲線部分に分かれる。本研究で提案するトーンカーブを、複数半曲線トーンカーブと呼ぶことにする。一般的な補正の一つであるガンマ補正($\gamma=0.2$)のトーンカーブを図1、半曲線トーンカーブ($Th=64$)を図2、本研究で提案する複数半曲線トーンカーブ($LeftTh=64$, $RightTh=191$)を図3に示す。

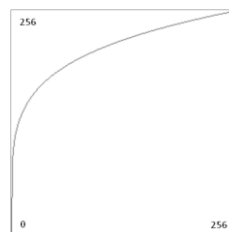


図1 ガンマ補正のトーンカーブ

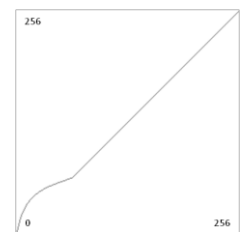


図2 半曲線トーンカーブ

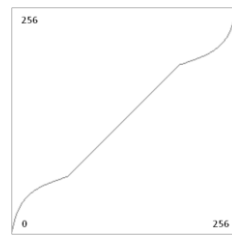


図3 複数半曲線トーンカーブ

2.4 2重複数半曲線トーンカーブ

2.3節で提案した複数半曲線トーンカーブは、入力画像のヒストグラムの両端もしくは片側が極端に密集している場合、画像補正を施してもわずかな変化しか得られない場合がある。そこで、一度補正された出力画像のヒストグラムをパターン分けし、再度適切なトーンカーブを用いて補正を施し、鮮明化を行う。複数半曲線トーンカーブと同様の範囲で出力画像のヒストグラムから山のピーク値を求め、輝度0~42の範囲内にピーク値がある場合はパターン1、輝度0~213の範囲内にピーク値がある場合はパターン2、両方にピーク値がある場合はパターン3と認識し、再度新しくトーンカーブを作成して2重に階調変換を施す。範囲内にピーク値が存在しない場合はそのまま出力される。以後、この手法を2重複数半曲線トーンカーブと呼ぶ。なお、出力画像のヒストグラムがパターン1もしくはパターン2であれば半曲線トーンカーブが適用され、パターン3であれば複数半曲線トーンカーブが適用される。

3. シミュレーション結果

ガンマ補正、半曲線トーンカーブ、複数半曲線トーンカーブ、2重複数半曲線トーンカーブを用いて補正を施し、出力画像とヒストグラムをそれぞれ比較する。入力画像の図4は逆光が生じているため背景が明るく、右側が暗くなっている。右側の暗い部分には看板が存在しているが、入力画像では何が書かれているか判別し難くなっている。図5に示すように、入力画像のヒストグラムパターンは3であり、左右の高い山を補正することで鮮明な画像が得られると考えられる。



図4 入力画像

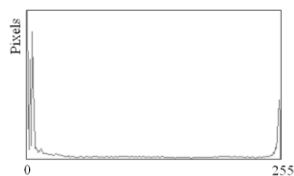


図5 ヒストグラム(図4)



図6 ガンマ補正による階調変換

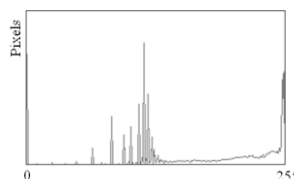


図7 ヒストグラム(図6)



図8 半曲線トーンカーブによる階調変換

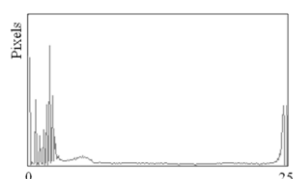


図9 ヒストグラム(図8)



図10 複数半曲線トーンカーブによる階調変換

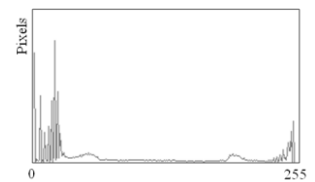


図11 ヒストグラム(図10)



図12 2重複数半曲線トーンカーブによる階調変換

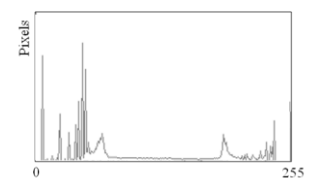


図13 ヒストグラム(図12)

ガンマ補正では、図6に示すように右側の暗い部分は鮮明になったが、画像全体を補正したため背景が白く潰れた。半曲線トーンカーブでは、図8に示すように背景はそのまま、右側の暗い部分のみ鮮明化された。一方、複数半曲線トーンカーブでは、図10に示すように右側の暗い部分は明るく、川の反射光による明るい部分は少し暗く補正されたため、図8より鮮明な画像になった。また、2重複数半曲線トーンカーブでは、図10と比較すると右側の暗い部分がわずかに明るくなったことが確認できる。また、図4と図13を比較すると、両端に集中していたヒストグラムの山が大きく移動していることがわかる。図11と図13を比較すると、図13の方が変化は大きい。

以上より、複数半曲線トーンカーブでは、明暗両方に同程度の輝度が集中している画像において、従来の半曲線トーンカーブによる補正方法での問題点を改善し、画像全体がより鮮明な出力画像を得られた。また、2重複数半曲線トーンカーブでは、複数半曲線トーンカーブで鮮明化した画像に再度補正を行う処理を一連の動作とすることで、わずかに鮮明な出力画像が得られた。

4. おわりに

従来の半曲線トーンカーブでは対応できなかった明暗両方の部分の階調変換を行える複数半曲線トーンカーブを提案した。しかし、本手法は、画像補正を施した際にわずかな変化しか得られない場合がある。そこで、2重複数半曲線トーンカーブの手法を取り入れることでより鮮明な画像が得られた。このことから、提案した一連の手法に有効性を確認した。今後の課題として、より多くの画像に適用できるようにするため、画像データ数を増やし、補正が必要か判断するための閾値の決定方法を見直すことを検討している。

参考文献

- [1] デジタル画像処理編集委員会, "デジタル画像処理", 財団法人画像処理情報教育振興会, (2004)
- [2] 山本龍大, "カラー画像のヒストグラムパターンに応じた階調変換", 平成20年度電気学会関西支部連合大会, G11-20, (2008.11)