

画像の局所処理に基づくダイナミックレンジ圧縮手法と その高品質・高速化に関する研究

学位論文内容の要旨

近年, 社会の情報化にともなって広帯域通信の分野が急速に発展している. 比較的大きなデータ量を簡単に扱うことが可能となり, 画像情報が頻繁にやり取りされるようになった. そのような社会情勢の中で, デジタルカメラがフィルムカメラに代わって広く普及するようになり, 現在ほとんどの携帯電話にその機能が搭載されている. デジタルカメラから入力される画像は, 画像の濃淡や色の情報を数値化したデジタル画像で表現される. デジタル画像では, 画素と呼ばれる最小単位の領域によって画像を構成している. このデジタル画像を入力するための撮像素子は, CCD (Charge Coupled Device) または CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサであり, 携帯・監視モニタ・車載用機器など各種の用途に向けた開発が進んでいる. 特に CMOS イメージセンサは, CCD に比べて安価で消費電力が少なく, 周辺 CMOS 回路を同時に集積することが容易であり, 同一チップ上に様々な画像処理機能を盛り込むことができるため様々な応用が期待されている. ただし, イメージセンサは, 人の目や銀塩フィルムに比べて一度に捉えることのできるダイナミックレンジ (DR: Dynamic Range) が狭い. ダイナミックレンジとは一定の露光時間で捉えられる光量の範囲を表す. 広いダイナミックレンジ (HDR: High Dynamic Range) を持つ環境を撮影した場合, 露光時間によって画像に問題が起こる. 露光時間が短いと, 明るい部分の階調が良好に識別される. しかし暗い部分の光量が不十分なため黒つぶれが起こる. また, 露光時間が長い場合は, 暗い部分において十分な光量が得られる. しかし明るい部分の光量が飽和して白トビが起こる. そのため, 次の技術課題として, 広ダイナミックレンジ撮像に関して, 大学間および各社, 様々な撮像手法が開発されている.

広ダイナミックレンジ化への対応として, CCD では露光時間を調節した二つの画像を合成する, 感度の違う撮像素子を集積するなどに対応している. CMOS イメージセンサでは, 複数の露光時間を合成する, 対数変換回路を各画素に設置する, 条件付きリセットで画素の露光時間調節を行う, 画素の回路構成を切り替える, FD 容量を変調し飽和特性を変更するなどがある. しかし, 通常のディスプレイはダイナミックレンジが狭く, 広ダイナミックレンジ画像を表示するにはダイナミックレンジ圧縮 (DRC: Dynamic Range Compression) 技術が必要となる.

多くのダイナミックレンジ圧縮手法はガンマ補正関数, ヒストグラム平均化 (HE: Histogram Equalization) といった単一輝度を変換する理論関数である. しかし単一輝度変換は局所的な特徴を強調できず, ダイナミックレンジ圧縮には不十分である. 従って局所的に適応した輝度変換が有効であり, 空間的なコントラストの偏りを抑制することができる. 局所的手法としては Retinex, 局所ヒストグラム平均化 (LHE: Local Histogram Equalization) 法が挙げられる. しかし局所的手法はコン

トラストの不自然な強調, アーティファクトの発生, 演算量が膨大であるといった問題がある. 本論文は LHE 法に着目し, 局所的統計量に基づく自然なコントラストの改善, 及び処理の高速化を行った. 本論分は以下の章から構成される.

第一章 序論

本章では, 本研究の背景・目的を論じる.

第二章 ダイナミックレンジ圧縮手法

本章ではダイナミックレンジ圧縮に用いられる大域的・局所的手法について説明し, 各手法における特徴を述べる. また, 各手法に基づいて提案された画質改善, 演算の高速化について説明し, その効果を評価する.

第三章 局所ヒストグラム演算の高速化

本章では局所ヒストグラムを格納するラインバッファを提案し, これを用いた局所ヒストグラム演算の高速化について述べる. また本手法による演算量を局所ブロックサイズ, ビン (ヒストグラムの分割単位) 数への依存性から評価する.

第四章 局所ヒストグラム平均化関数の改善

本章では局所ヒストグラムに基づいた複数のガンマ補正関数による変換関数について述べる. また本手法に搭載されたパラメータ設定から得られる変換画像のコントラスト・オフセットの効果について説明する.

第五章 結論

本章では, 本研究の結論を述べる.

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 本 久 順 一

副 査 教 授 雨 宮 好 仁

副 査 教 授 福 井 孝 志

副 査 准教授 池 辺 将 之

学 位 論 文 題 名

画像の局所処理に基づくダイナミックレンジ圧縮手法と その高品質・高速化に関する研究

近年, 社会の情報化にともなって広帯域通信の分野が急速に発展し, 大量のデータを扱うことが簡単となり, 画像情報が頻繁にやり取りされるようになった. その一例がフィルムカメラにかわるデジタルカメラの普及であり, 現在ほとんどの携帯電話にその機能が搭載されている. デジタルカメラから入力される画像は, 画像の濃淡や色の情報を数値化したデジタル画像で表現され, デジタル画像では, 画素と呼ばれる最小単位の領域によって画像を構成している. またデジタル画像を入力するための撮像素子は, CCD(Charge Coupled Device) あるいは CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor) によるイメージセンサであり, 携帯・監視モニタ・車載用機器など各種の用途に向けた開発が進んでいる. ただし, イメージセンサは, 人の目や銀塩フィルムに比べて一度に捉えることのできるダイナミックレンジ (DR: Dynamic Range), すなわち一定の露光時間で捉えられる光量の範囲が狭い. このため広いダイナミックレンジ (HDR: High Dynamic Range) を持つ環境を撮影した場合, 露光時間が短いと暗い部分は露光不足となって黒つぶれが起こり, 逆に露光時間が長い場合は明るい部分の光量が飽和して白トビが起こる. このため広ダイナミックレンジ撮像に関する研究・開発が多数の大学・企業で行なわれている. 同時に, 通常のディスプレイはダイナミックレンジが狭いため, 広ダイナミックレンジ画像を表示するためにはダイナミックレンジ圧縮 (DRC: Dynamic Range Compression) 技術が必要とされる.

本論文はこのダイナミックレンジ圧縮手法のうち, 局所的手法の一つである局所ヒストグラム平均化 (LHE: Local Histogram Equalization) 法における問題点を解決し, 高品質で高速なダイナミックレンジ圧縮手法を提案・実現したものである. すなわち局所的手法の問題点である演算量の膨大さ, コントラストの不自然な強調, アーティファクトの発生といった問題に対して, 局所ヒストグラム演算を高速化する手法を提案するとともに, 局所ヒストグラム演算により得られた画像の局所的統計量に基づいて画像変換関数を構築することにより, より自然なコントラストの画像を得ることが可能となった. 本論文は以下の章から構成される.

第一章 序論

本章では本研究の背景・目的が論じられている.

第二章 画像処理

本章では画像処理における基礎的な知識が述べられている。まず、画像を構成する色空間について述べられ、次に、第三章で述べる局所的ダイナミックレンジ圧縮手法の実装に必要な空間フィルタ、フーリエ変換について述べられている。

第三章 ダイナミックレンジ圧縮手法

本章ではダイナミックレンジ圧縮に用いられる大域的・局所的手法について説明されており、本論文で着目した局所ヒストグラム平均化の特徴および他の手法との比較が述べられている。

第四章 局所ヒストグラム演算の高速化

本章ではラインバッファを用いた局所ヒストグラム演算の手法が提案されている。そして従来手法、提案手法における演算処理速度が、局所ブロックサイズ、ヒストグラムの階級数への依存性から比較・検討されており、提案手法により演算量が大幅に低減され、著しい高速化が実現され、ソフトウェア動画処理の実現可能性が示されている。

第五章 局所ヒストグラム平均化関数の改善

本章では局所ヒストグラム平均化に基づき、複数のガンマ補正関数により画像変換関数を構築する手法の提案とその改善について述べられている。特に、本手法で特徴的な、画像変換における制限パラメータの設定とその輝度領域ごとのコントラスト・オフセットの効果について説明されている。特に、局所的手法において困難とされてきたアーティファクトの抑制のため、画像の局所的統計量と制限パラメータから変換関数を求める手法と、そのソフトウェア実装の結果について述べられている。

第六章 結論

本章では本研究の結論が述べられている。

以上を要するに、本論文はラインバッファを用いた高速な局所ヒストグラム演算とともに、新しいダイナミックレンジ圧縮手法を提案し、感性的な画質調整とアーティファクトの抑制を実現している。よって本論文は画像工学の分野に大きく貢献するところであり、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。