

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 21 日現在

機関番号：13904

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2012～2013

課題番号：24800032

研究課題名(和文)高ダイナミックレンジ画像の効率的な伝送基盤となる汎用圧縮符号化

研究課題名(英文)Versatile high dynamic range coding for high efficient transmission

研究代表者

神納 貴生 (Jinno, Takao)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：10636070

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 690,000円

研究成果の概要(和文)：従来画像に比べ多くの詳細情報を保持する高ダイナミックレンジ(HDR)画像は、物体検出や物体追跡、傷検出など多くの分野での活躍が期待されている。しかし、それらの精度向上と高効率伝送を両立する多層HDR符号化技術は確立されていない。

本研究では、逆処理可能な処理を基にSIFTによる特徴点の追跡精度を向上させるトーンマッピング技術を実現した。この技術の逆処理可能な特性を用いて複数の効果を切り替え、物体検出や物体追跡に対して有効なトーンマッピング画像を選択的に復号可能かつ高効率伝送可能な多層HDR符号化技術を実現した。

研究成果の概要(英文)：High dynamic range (HDR) images have more details than conventional images therefore it is expected to apply to object detection, object tracking or flaw detection. Most of multi-layer HDR coding techniques, however, cannot achieve both improving accuracy of them and high coding efficiency. This research proposed invertible tone-mapping technique which can improve the accuracy of SIFT object tracking. We achieved a high efficient multi-layer HDR coding by using invertibility of tone-mapping, and it can selectively decode two types of tone-mapping effects: edge-preserving smoothing effect for object detection and detail enhancement effect for object tracking.

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：知覚情報処理

キーワード：HDR符号化 トーンマッピング 多層符号化 物体追跡 傷検出

1. 研究開始当初の背景

高ダイナミックレンジ画像は、現行のディスプレイデバイスでの表示にトーンマッピングと呼ばれるダイナミックレンジ圧縮が必要となる。これまで数多くのトーンマッピング手法が提案されており、例えば、“人間の見た目に近づける”、“HDR 画像の詳細を強調し視認性を高める”など、用途ごとに多様なトーンマッピング効果を切り替えることができる。現行システムにおける効率的な伝送には直接表示可能なトーンマッピング画像を用いた多層符号化技術が有効となり、これまでに二層符号化手法が幾つか提案されている。それらは第一層にトーンマッピング画像を、第二層に第一層から高ダイナミックレンジ画像を復号するためのサイド情報を符号化することで、復号側がトーンマッピング画像のみか、高ダイナミックレンジ画像まで復号するかを選択可能となる。しかし、これまでの二層符号化手法では第二層の符号化効率がトーンマッピングの種類に大きく影響されるため、複数のトーンマッピング効果を持つ多層符号化への応用は難しい。複数のトーンマッピング効果を持ち、汎用的かつ伝送効率の良い HDR 多層符号化技術が望まれる。

2. 研究の目的

高ダイナミックレンジ画像は撮影シーンを全輝度帯域で保持し再現できるため、車載カメラやひび検知、医用画像、および写真の芸術的利用など幅広い分野での利活用が期待されている。しかしながら、比較的多くの情報量を有する高ダイナミックレンジ画像データを効率的に伝送する圧縮符号化が確立されておらず、多様な情報端末や通信環境における利用の妨げとなっている。本研究課題では、これまで独立に開発されてきたトーンマッピングと呼ばれる表示技術と多層符号化技術の統合が効率的な伝送には有効である点に着目し、これらの技術を含む汎用的な圧縮符号化技術を提案する。本研究の成果は、特定の表示技術や機器環境に依存しない高ダイナミックレンジ画像の広汎な利用環境の普及拡大に寄与し、また新たな適用分野の開拓にも資する。

3. 研究の方法

本研究課題の申請時の目的である汎用的かつ伝送効率の良い HDR 多層符号化については(1)に示す。(2)では HDR 監視システムにおける物体の特徴追跡精度を向上させるトーンマッピング技術を実現した。(3)では広いダイナミックレンジと詳細情報が必要となる円筒形金属部品の傷検知技術を実現した。

(1)従来の二層 HDR 符号化手法は、第二層が第一層との差分からなるため、複数のトーンマッピング効果を持つ多層 HDR 符号化へ応

用した場合、各層の符号化効率が伝搬し、伝送効率が低下する。特に詳細強調するトーンマッピング効果で符号化効率は著しく低下し、符号化効率の観点からはそのような詳細強調型トーンマッピングを多層 HDR 符号化に加えられない。

そこで、各層で符号化効率の伝搬が起こらないシステムとして、逆処理可能な変換により複数のトーンマッピング効果を切り替え可能な多層 HDR 符号化を検討した。

トーンマッピング効果の変換には逆処理可能な多重スケールコントラスト強調を用いる。これは多重スケールを用いたコントラストの細かな制御により、様々な効果を持つ画像の作成を可能とする。

多重スケールコントラスト強調を行う際に作成する HDR1 のダウンサンプリング画像と、トーンマッピング画像の二枚を用いることで、画像効果の切り替えが可能で、符号化効率が良い多層 HDR 符号化手法を実現した。

(2)HDR 監視システムは従来の監視システムでは困難な明暗の激しいシーンなどの過酷な状況下においても監視シーンを詳細にわたって監視可能なシステムとなる。HDR 画像は画素値ではなくシーンの光情報を広いダイナミックレンジで保持しているため、HDR 監視システムにおいて監視シーン内の移動物体を検知し、追跡を行う場合、これまで以上に明暗差が激しい状況下での物体追跡が求められる。そのため、従来の LDR 監視システム用に設計された既存の物体追跡技術をそのまま用いた場合、有効な結果が得られない。本研究では物体追跡技術の改善ではなく、物体追跡を考慮したトーンマッピングを設計することにより、既存手法を用いた物体追跡の精度向上を目指した。

物体の特徴追跡には SIFT を採用し、SIFT において誤りとなり得る特徴は抑制したまま、微細な特徴を強調することで SIFT による特徴追跡精度の向上を実現した。具体的には、多重スケール解析により求めた構造的特徴の強調、照明光成分の抑制、ノイズの抑制などを行った。

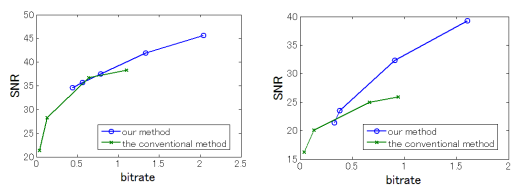
(3)円筒形金属部品は照明光に対する反射面の角度が急激に変化し、部品表面全ての詳細情報を保持するために高ダイナミックレンジ技術が必要となる。ただし、傷検知分野では傷の深さによる判定など、より厳密な精度が求められる。そこで、判定面の角度変化によって生じる判定面の微細な変化から三次元的な傷の深さを推定し、定量的な評価により傷を検知するシステムを実現した。具体的にはまず、円筒形金属部品を 30 度程度ずつ一周回転させ、エリアカメラを用いて外周の HDR 画像を撮影し、判定面の角度を変えたサンプルを得る。得られた角度ごとのサンプルから、正面、右方向、左方向から見た場合の傷の情報が得られる。この三つの傷情報が

ら得られる三次元的な傷の深さを SVM であらかじめ学習し、実際の円筒形金属部品が不良品か否かを判定する。

4. 研究成果

3.(1)ではトーンマッピング効果に対するスケーラビリティを持つ多層符号化を目的とし、二種類のトーンマッピング効果を切り替え可能な二層符号化技術を実現した。

従来手法との符号化効率の差を図1に示す。ここに示される二つのHDR画像(Alhambra3, HancockKitchenInside)の符号化効率について、提案手法は高ビットレート域において高い性能を示している。



Alhambra3 HancockKitchenInside
図1 従来手法との比較:(縦軸)SNR,(横軸) bitrate,(青線)提案手法,(緑線)従来手法。

実現したトーンマッピング効果は、物体のテクスチャなどのみを平滑化するエッジ保存型平滑化効果を持つトーンマッピングと物体のテクスチャなどを強調し視認性を向上させる詳細強調効果を持つトーンマッピングの二種類である。前述のエッジ保存型平滑化効果を持つトーンマッピング結果は、オブジェクトの輪郭のみが残るため、HOG 特徴量などを用いた物体認識などに対して有効となる。また一方で、後述の詳細強調効果を持つトーンマッピング結果は微細な特徴を可視化出来るため、SIFT などを用いた物体追跡の精度向上に役立つ。3.(2)では、本手法の詳細強調効果により SIFT による弱特徴物体の追跡精度が向上することを示した。特徴点の追跡精度向上を図2に示す。図2では(a)-(c)の三つの従来法と比較しており、提案手法は 2.6%~9.1%の追跡成功率向上が見られた。

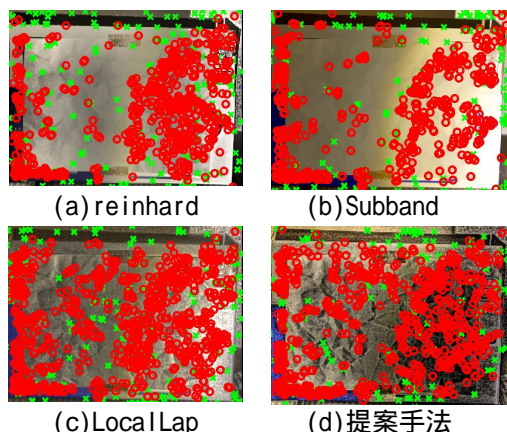


図2 従来手法との比較:(赤丸)追跡成功点,(緑バツ)追跡失敗点。

3.(1)では多重スケールを用いてコントラスト制御を行うことで、二種類のトーンマッピング効果を高ダイナミックレンジ画像の復号過程で切替できる。つまり、本手法はHOG 特徴量などによる物体認識で物体を認識し、認識した物体内の詳細を基に SIFT などによる物体追跡を行うシステムにおいて最適な符号化手法となる。

本技術は、従来の画像に比べダイナミックレンジおよび分解能において高品質な高ダイナミックレンジ画像を既存の物体認識や物体追跡の技術およびデバイスに対して最適化することで、新たな技術やデバイスの開発なしに物体認識や物体追跡精度の向上をソフトウェア側で実現できる。以上のように本研究成果はこれまでの物体認識や物体追跡の精度を大幅に向上させるものとなった。このアプローチは SIFT や HOG 自体の精度向上を取り込めるため、局所特徴量を用いた物体追跡精度の向上に伴い精度が向上する。

3.(3)では判定面の角度変化によって生じる微細変化から傷の深さを推定する技術を開拓した。これまで、傷の検知に正面からの情報しか用いていなかったのに対して、HDR 画像を用いることで反射光の強度が激しく変化する円筒形金属部品表面の情報を正面からだけでなく取得できるようになった。そのため、図3(b),(c)のように正面部のみでは判定の難しい傷の検知が可能となった。角度を変えた判定面のサンプルは、円筒形金属部品を回転させて全周を撮影する際に得られる。これまで円筒形金属部品の傷検知はレーザー光を用いて検査されてきたが、通常光源での傷検知の可能性を示した。また、疑わしい判定面の追跡技術と組み合わせることで、エリアカメラを用いた大量の部品的高速判定システムを実現する可能性も示している。

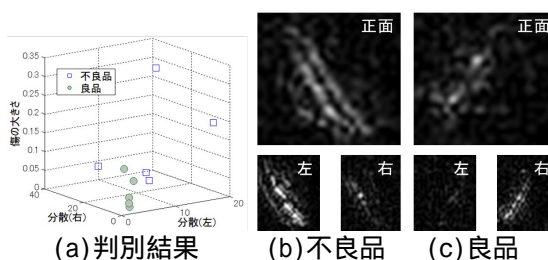


図3 判別結果と不良品と良品の傷比較

また、その他にも人間の知覚する明るさに基づく全体整合性を保持したグレースケール化により、人間の視覚特性に基づいた色の次元削減を実現した。これにより SIFT や HOG に対してより容易に色特徴を追加できる可能性が示された。これが実現すれば HOG 等に対して CS-HOG のように RGB の特徴量を追加するのではなく、HOG が扱う輝度勾配自体に色特徴を含めることができる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 0件)

[学会発表](計 11件)

神納貴生, 渡辺大也, 栗山繁, 奥田正浩, “HDR 監視システムにおける物体追跡を考慮したトーンマッピングの検討”, SIP シンポジウム, 2012年11月, 沖縄.

Takao Jinno, Hiroya Watanabe, Masahiro Okuda, “High Contrast Tone-mapping and its Application for Two-layer High Dynamic Range Coding,” APSIPA ASC, Dec. 2012, Hollywood, USA.

三好智也, 神納貴生, 栗山繁, “複数の画像効果を切り替え可能な多層HDR符号化”, WiNF2012, 2012年12月, 愛知.

三好智也, 神納貴生, 栗山繁, “複数の画像効果を切り替え可能な多層HDR符号化”, 電子情報通信学会総合大会, 2013年3月, 岐阜.

小室重行, 神納貴生, 栗山繁, “色成分の時間変調に基づく不可視QRコード”, DICOM2013, 2013年7月, 北海道.

Takao Jinno, Shigeru Kuriyama, Masahiro Okuda, “Tone-mapping for an HDR surveillance system using SIFT features,” EUSIPCO 2013, Sep. 2013, Marrakech, Morocco.

渡辺大也, 神納貴生, 奥田正浩, “人間の知覚する明るさに基づく全域整合性を保持したグレースケール化”, SIP シンポジウム, 2013年11月, 山口.

神納貴生, 久保雄登, 栗山繁, “カラー照明下における色印象を選択可能な画像統合の検討”, SIP シンポジウム, 2013年11月, 山口.

宮地勇助, 神納貴生, 栗山繁, “HDR画像を用いた円筒形金属部品の傷検出”, 電子情報通信学会, 2014年3月, 新潟.

久保雄登, 神納貴生, 栗山繁, “局所順応に基づくカラー照明下シーンの色見え再現”, 電子情報通信学会, 2014年3月, 新潟.

岩本桂, 栗山繁, 神納貴生, “画像を用いた明るさ間に基づく対話的調光制御”, 電子情報通信学会, 2014年3月, 新潟.

[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:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

神納 貴生 (JINNO, Takao)
豊橋技術科学大学大学院・工学研究科・助教
研究者番号: 10636070

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: