様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科研費
KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　元 年　５ 月 ２７ 日現在

機関番号：１１３０１

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：１６Ｈ０２８４１

研究課題名（和文）視認性を保証する映像の超高圧縮技術の開発

研究課題名（英文）Development of Technology for Realizing High-Compression of Video while Ensuring Visibility

研究代表者

大町　真一郎（OMACHI, Shinichiro）

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：３０２５０８５６

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　12,200,000円

研究成果の概要（和文）：映像の品質を重要な情報の視認性と捉え、映像に応じて映像としての価値や必要な情報を損なわずに超高圧縮を実現する技術を開発した。成果は大きく分けて２つある。１つは重要な領域の検出法であり、視覚的顕著性を利用した手法と、映像の意味を解析してその結果を用いる手法を提案した。もう１つは効率の良い圧縮法であり、スパースコーディングを用いた手法、画像生成技術を応用した手法、超解像を利用した手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
本研究課題は映像符号化の分野において新しい考え方を導入し、重要度の数値化や視認性の保証を実現する技術を構築し、符号化の効果を実験的に示した点に学術的意義があると考えている。また、必要な情報を保持したまま極力圧縮率を上げることで、限られたストレージに記録する場合や、遅い回線を介してテレビ電話やテレビ会議をする場合などに映像品質を向上させることを可能とする点で社会的意義も大きいと考えている。

研究成果の概要（英文）：We regard the quality of a video as the visibility of important information, and developed a technology to realize high compression rate without losing the value as video and necessary information. There are two major contributions. One is the detection method of the important region. We proposed a method using visual saliency and a method using the analysis of the meaning. The other is an efficient compression method. We proposed a method using sparse coding, a method applying image generation technology, and a method using super resolution.

研究分野：パターン認識

キーワード：映像符号化

１．研究開始当初の背景

監視カメラは自然災害や犯罪など我々の生命を脅かすさまざまな場面になくてはならない存在であるが、長時間の映像を限られたストレージに記録したり狭帯域のネットワークを介して伝送したりするには高い圧縮率で符号化する必要があり、それ故の画質の劣化によって時には映像としての価値が大きく損なわれてしまうことがある。防災、減災、防犯、犯罪者の検挙など監視カメラに対する社会的要請が急速に高まっている現在、高圧縮時の映像品質をいかに高めるかは映像符号化の分野における喫緊の課題である。また、監視カメラ映像に限らず、インターネットのトラフィックの 50%を超える映像トラフィックのサイズを抑えることは、テレビ会議等における映像通信はもちろん、IoT やセンサネットワークなど、さまざまな場面において映像データを有効活用するために必要である。

２．研究の目的

本研究課題では､映像品質を映像全体の PSNR ではなくその映像にとって重要な情報の視認性と捉え、映像中の重要な領域の視認性を保証しつつ超高圧縮を実現する技術を開発することを目的とする。その映像にとって重要な領域を検出する手法と、検出した重要な領域の視認性を保証しつつ背景領域の情報をできるだけ削減する映像符号化法を開発し、実際の映像に適用して評価することを目的とする。

３．研究の方法

まず、映像から重要な領域を抽出する手法を開発する。また、視認性の定量化とそれに基づく符号化技術を検討し、視認性を保証する映像圧縮手法を開発する。そして、背景領域の情報をできるだけ削減する画像表現法を開発し、これらを統合することで視認性を保証する映像の超高圧縮技術を開発する。

４．研究成果

映像符号化は本来、元の映像の情報をできるだけ保持しながら圧縮することを目的としているのに対し、本研究課題では映像中の各領域の重要度を判定し、重要な領域の視認性を保証しつつ圧縮を行う技術を開発した。これは映像符号化の分野における新しい考え方であり、映像情報がインターネットを中心に爆発的に増加している中で極めて有用な技術になると考えている。重要度の数値化や視認性の保証を実現する要素技術を構築し、符号化の効果を実験的に示した点にも意義があると考えている。

現在は基礎研究の段階であるが、将来的には具体的なアプリケーションを想定し、より実用的な技術に発展させていくことを目指す｡必要な情報を保持したまま極力圧縮率を上げることで､限られたストレージに記録する場合や、遅い回線を介してテレビ電話やテレビ会議をする場合などに映像品質を向上させることが可能となると考えている。

本研究課題の主要技術である、重要な領域の検出法および視認性を保証する高効率符号化法に関する研究成果を以下に述べる。

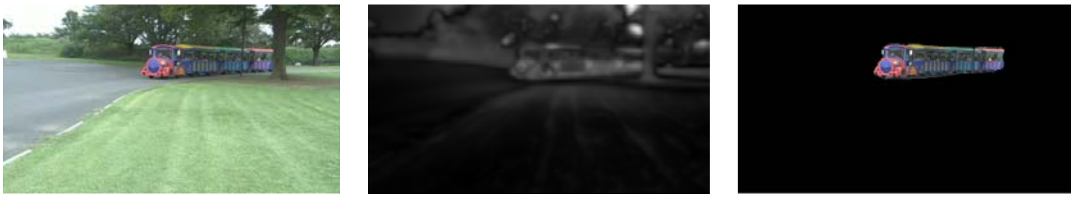
(1) 重要な領域の検出法の開発

重要な領域の検出法については、視覚的顕著性を利用した手法、映像の意味解析を利用する手法、テキストに特化して映像中から重要なテキスト領域を検出する手法などを提案した。詳細は下記の通りである。

① 視覚的顕著性を用いる手法

人間は目から入力される信号から重要な情報を瞬時に判断し、効率よく情報を処理することができる。この視覚メカニズムを定量化し、オブジェクトが目立つ程度を表したものが視覚的顕著性である｡映像から求まる視覚的顕著性を利用して重要な領域を検出する手法を開発した。

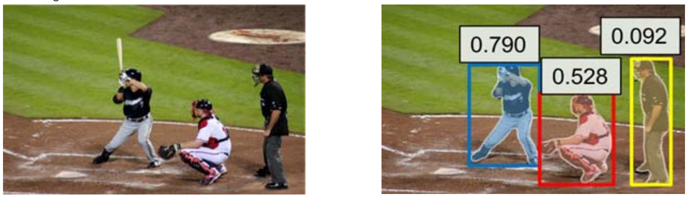
まず映像から視覚的顕著性を計算して得られる顕著性マップを得る。一般的には映像中のオブジェクトが重要で、背景はそれほど重要でないことが多いため、この顕著性マップを用いて重要なオブジェクトの領域を重要領域として検出する。オブジェクトと背景の領域の色分布をそれぞれ混合ガウス分布モデルで表し、オブジェクトの可能性が高い領域、背景の可能性が高い領域、境界領域に分類する。そして、領域分割の手法である GrabCut を用いて、オブジェクトの正確な領域を抽出する。図１に提案手法による重要領域の検出例を示す。



(a) 原画像　(b) 顕著性マップ　(c) 検出結果

図１　視覚的顕著性を用いた重要領域検出

② 映像の意味解析を利用する手法
映像の中からより積極的に重要な領域を推定する手法として、映像の意味解析の結果を利用する手法を提案した。これは、入力された画像を説明する適切な説明文を出力するイメージキャプショニングの技術を活用するものである。
まず、映像中の各領域に重みをつけ、キャプションを生成する。そして、句構造解析と係り受け解析により生成されたキャプションから主語となる単語を検出すると同時に、主語のオブジェクトが存在する領域を検出する。そして、その結果を用いて画像の各領域における重要度を計算し、重要領域を検出する。提案手法により重要領域を検出した例を図 2 に示す。重要度も合わせて示してある。



（a）原画像　　　　　　（b）検出結果

図 2　意味解析を利用した重要領域検出

③ 重要なテキスト領域の検出
環境中のテキストは人間にとって極めて重要な情報である場合が多いため、テキストに特化して重要なテキストを検出する手法を開発した。まず、テキストを含む多数の画像を用いた主観評価実験を行い、その結果をもとに重要なテキストを表す特徴を調査した。その結果を活用し、文字の大きさ、奥行き、色、位置、顕著性から計算される文字の視覚的特徴を定義し、それを用いてテキストの重要性を求める手法を提案した。提案手法により重要なテキストと思われる領域を検出した例を図 3 に示す。

図 3 重要なテキストの検出

④ 機械学習を利用した重要領域検出
重要な領域を機械学習により求める手法も提案した。この場合は重要領域を人間が与え、全体の画像と重要領域の画像を学習させる。ニューラルネットワークを用いてオブジェクトを検出する手法を用い、重要領域を検出する。

(2) 視認性を保証する高効率符号化法の開発
視認性を保証する高効率符号化法については、スパースコーディングを利用した手法、画像生成を利用した手法、画像の超解像を利用した手法などを提案した。

① スパースコーディングを利用した手法
スパースコーディングにより入力画像を少数の基底画像の線形結合で表現することができ、効率的な情報伝達やノイズに強い情報表現を実現することが可能になる。汎用の基底ではなく重要領域とそうでない領域に特化した基底をスパースコーディングにより求めておき、それぞれで符号化を行うことで重要領域の視認性を保ったまま効率よく圧縮する手法を提案した。提案手法により符号化を行った画像を図 4 に示す。JPEG 2000 による符号化結果も合わせて示している。

（a）原画像　　　　（b）提案手法　　　　（c）JPEG 2000

図 4　スパースコーディングを利用した符号化

また、基底を標準的な画像から求めておく方法のほか、動画像の最初の数フレームの情報を用いて基底を構築し、他のフレームはこの基底を用いて符号化を行う手法も提案している。この手法はよりその映像に適した基底が得られることから、符号化効率をさらに改善することが可能である。

② 画像生成を利用した手法
重要領域の情報は正確に伝送し、それ以外の領域の情報は必要最小限に留める手法として、画像生成を利用した手法を提案した。重要領域周辺を除いた背景領域については情報を極力減らし、残された情報と重要領域周辺の情報を用いて背景領域の画像を予測して生成することで復号画像を得る。提案手法により符号化を行った画像を図５に示す。前景とみなした領域も合わせて示してある。

(a) 原画像　(b) 前景とした領域　(c) 復号結果
図５　画像生成を利用した符号化

③ 超解像を利用した手法
重要領域を除いた背景領域については解像度を極力落とし、超解像を利用して元の画像を予測することで復号画像を得る手法を提案した。また、超解像自体を高精度にする手法として、映像の最初の数フレームの情報を利用した機械学習の手法を提案した。

④ 後処理フィルタを用いる手法
より一般的な高効率符号化法として、後処理フィルタを用いる手法を提案した。ニューラルネットワークを用いた機械学習により、復号画像の PSNR を改善することができることを確認している。

５．主な発表論文等
〔雑誌論文〕（計１０件）

① Antoine Chauvet, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, and Shinichiro Omachi, Fast Image Quality Enhancement for HEVC by Postfiltering via Shallow Neural Networks, IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing, 査読有, vol.7, 2019, in press
https://www.iieej.org/journal-of-the-society/
② Yoshito Nagaoka, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, and Shinichiro Omachi, Automatic Mackerel Sorting Machine using Global and Local Features, IEEE Access, 査読有, vol.7, 2019, pp.63767-63777.
DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2917554
③ Shun Chiba, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, and Shinichiro Omachi, Activity Recognition Using Gazed Text and Viewpoint Information for User Support Systems, Journal of Sensor and Actuator Networks, 査読有, vol.7, 2018, 11 pages
DOI: 10.3390/jsan7030031
④ Kazuya Ogasawara, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, and Shinichiro Omachi, Object-Based Video Coding by Visual Saliency and Temporal Correlation, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, 査読有, in press
DOI: 10.1109/TETC.2017.2695640
他６件

〔学会発表〕（計２６件）

① Xi Huang, Super Resolution for Multi Frames with 3D Feature Extraction and RNN Prediction, International Symposium on Signal Processing Systems, 2019
② 長崎 大, 双方向 LSTM を用いた画像生成によるフレーム補間, 電子情報通信学会総合大会 情報・システムソサイエティ学生ポスターセッション, 2019
③ Yoshito Nagaoka, Mackerel Classification using Global and Local Features, IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, 2018
④ Xi Huang, Multi-Frame Super Resolution Using 3D Convolution and RNN Prediction, 平成 30 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2018
⑤ 桑野拓朗, 超解像を用いた動画像符号化に関する検討, 平成 30 年度電気関係学会東北支

部連合大会, 2018
⑥ Chisato Sugawara, Text Retrieval for Japanese Historical Documents by Image Generation, Workshop on Historical Document Imaging and Processing, 2017
⑦ Yoshito Nagaoka, Text Detection by Faster R-CNN with Multiple Region Proposal Networks, International Workshop on Camera-Based Document Analysis and Recognition, 2017
⑧ Kenichiro Ofusa, Glyph-Based Data Augmentation for Accurate Kanji Character Recognition, The 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition, 2017
⑨ Daisuke Sato, Determining Important Objects in Scene Image Using Neural Networks, 平成29年度電気関係学会東北支部連合大会, 2017
⑩ 八重樫日菜子, スパースコーディングを用いた動画像符号化に関する検討, 電子情報通信学会総合大会 情報・システムソサイエティ学生ポスターセッション, 2017
⑪ Kiyoshiro Sakai, Development of Wearable System for Translation of Japanese Texts in the Environment, The 23rd International Workshop on Frontiers of Computer Vision, 2017
⑫ Masako Omachi, Element-Level Clustering of Feature Vectors Considering Correlations for Analyzing Image Data, The 12th International Conference on Semantics, Knowledge and Grids, 2016
⑬ Masako Omachi, Generation of Image Data Considering Covariance of Pixels, IEEE International Conference on Signal and Image Processing, 2016
⑭ Antoine Chauvet, Adaptive post filter for reducing block artifacts in High Efficiency Video Coding, International Conference on Multimedia Systems and Signal Processing, 2016
⑮ 井上慶祐, スパースコーディングを用いたテキストを含む画像符号化に関する検討, 電子情報通信学会画像工学研究会, 2016
⑯ 大平康太, 顕著性を利用した情景画像からの重要な文字列の検出, 画像の認識・理解シンポジウム, 2016

他１０件

６．研究組織

(1)研究分担者
研究分担者氏名：菅谷　至寛
ローマ字氏名：(SUGAYA, Yoshihiro)
所属研究機関名：東北大学
部局名：工学研究科
職名：准教授
研究者番号（8桁）：80323062

研究分担者氏名：宮崎　智
ローマ字氏名：(MIYAZAKI, Tomo)
所属研究機関名：東北大学
部局名：工学研究科
職名：助教
研究者番号（8桁）：10755101

研究分担者氏名：大町　方子
ローマ字氏名：(OMACHI, Masako)
所属研究機関名：仙台高等専門学校
部局名：総合工学科
職名：教授
研究者番号（8桁）：90316448

※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。