

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11360

研究課題名（和文）画像圧縮符号化への機械学習応用に関する研究

研究課題名（英文）Study on the application of machine learning technologies to image compression coding

研究代表者

八島 由幸（Yashima, Yoshiyuki）

千葉工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：60550689

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：機械学習と画像圧縮符号化を組み合わせた技術を様々な角度から多面的にアプローチした。DNN（Deep Neural Network）によるフレーム間予測値生成技術、および機械学習によって設計した辞書に基づく新たな画像表現変換技術を提案し、HEVC等の標準方式よりも優れた性能が得られる可能性を示した。また、DNNの中間層出力を用いた画質推定手法を提案し、テクスチャ合成のような新しい圧縮手法の評価に活用できることを示した。さらにDNNの全結合層に対する特異値分解と、畳み込み層に対する適応量子化によって、画像認識精度をほとんど低下させることなくDNNそのものの大幅な情報量削減を可能にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「画像圧縮符号化」が基本的には原画忠実性を評価基準とした技術であるのに対し、深層学習に代表される「機械学習による画像処理」は感性的な同一性や自然さに重点を置いた評価基準に基づく処理であることから、2つの技術は互いに相容れないのではないかと考えられ、機械学習を画像通信のキーテクノロジーである画像符号化へ応用するアプローチは研究開始当初は本格的に行われていなかった。本研究によって、予測・変換・画質推定・深層学習のモデル圧縮など、画像符号化と機械学習が補い合うことのできる様々な要素の存在が明らかになり、今後の該分野の発展を見据えた指針を示すことができた。

研究成果の概要（英文）：In this research, we approached new technologies that combine machine learning and image compression coding from various perspectives. First, we proposed a new interframe prediction technology using DNN (Deep Neural Network) and a new image expression technology based on mult-class dictionaries designed by machine learning. By many experiments, it was clarified that they have better coding performance than standard image coding methods such as HEVC. We also proposed an image quality estimation method using the intermediate layer outputs of DNN, and showed that it can be used for performance evaluation of not only coding noise but also new compression methods such as texture synthesis. Furthermore, it was clarified that the singular value decomposition of the fully connected layers and the adaptive quantization for the convolution layers in DNN enable a significant reduction in the amount of information of DNN itself with almost no decrease in image recognition accuracy.

研究分野：画像符号化

キーワード：画像符号化 機械学習 深層学習

1. 研究開始当初の背景

画像情報は極めて情報量が多く、効率的なネットワーク伝送や蓄積のためには高効率な情報圧縮符号化技術が欠かせない。画像圧縮符号化技術としては、国際標準方式である JPEG や H.265/HEVC が既に放送・通信・家電産業などに広く普及している。一方、SNS による画像情報の爆発的な増加は、近い将来のネットワークトラフィックに多大な影響を与えると予想され、国際標準を検討する MPEG/ITU-T 合同チーム JVET (Joint Video Exploration Team) では、従来の HEVC の枠組みを踏襲しつつ、より複雑な予測や周波数変換の手順を選択可能とすることで、符号化性能向上を目指して活動が行われている (本新方式は、2020 年に VVC (Versatile Video Coding) として標準化され[1]、HEVC に対して約 2 倍の符号化効率を達成できることが確認されている)。また、従来の画像圧縮国際標準に採用されている基本手法 (すなわち予測や離散コサイン変換) にとらわれない、テクスチャ合成やカラリゼーション等を応用した新たな手法の試みも行われている。

一方で、大規模画像データに対して機械学習の手法を応用することで、画像認識や画像検索の精度が大幅に向上し、特に深層ニューラルネットワーク (DNN) による深層学習技術の進展によって、画像認識以外にも、白黒画像の着色、画風変換、雑音除去、超解像など様々な画像処理への応用が適用され始めた。しかしながら、機械学習を画像符号化という分野に応用する試みは、HEVC の最適ブロック分割形態の推定やループ内フィルタの DNN モデル設計等に留まり、本格的な検討が行われていなかった。

2. 研究の目的

「画像圧縮符号化」と「機械学習による画像処理」が、それぞれの分野で大きな進展を見せている反面、機械学習と画像通信のキーテクノロジーである画像符号化との接点は弱く、これらを積極的に相互利用するような研究アプローチは本格的に行われていなかった。その理由の一つとしては、画像符号化が基本的には原画忠実性を評価基準とした技術であるのに対し、ディープラーニングに代表される機械学習は、感性的な同一性や自然さに重点を置いた評価基準に基づく処理という一面があることから、これらの技術は互いに相容れないのではないかと考えられてきた。本研究の目的は、このような考え方を打破し、「機械学習を画像符号化に本格的に応用して圧縮性能を向上することが可能であるか」および、「画像符号化を応用することで機械学習のしくみをより効率的に実現できるか」、を追究することである。前者は、従来の予測や変換などの枠組みに機械学習技術を導入してレート歪特性を向上させることを狙うものであり、後者は画像符号化を用いて DNN そのものの効率的表現を実現したり、画像符号化データを利用することで認識率を向上したりすることを狙うものである。

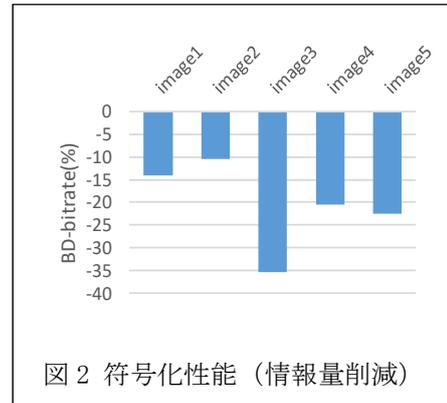
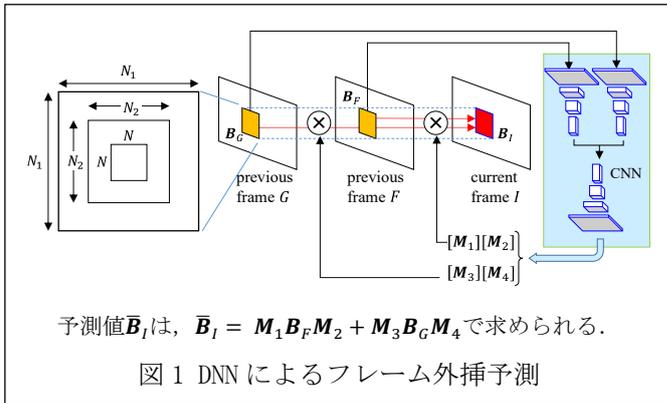
3. 研究の方法

研究の手順としては、各項目に対するアルゴリズム考案、アルゴリズムを実現するためのソフトウェアの開発、実際の画像データを用いたシミュレーション実験による性能評価を基本として進めた。具体的な検討項目は、(a) フレーム間予測 (従来のブロックマッチングによる動き補償予測の枠組みではなく、DNN によって直接的に予測値を得る手法の検討)、(b) 辞書による画像表現 (従来の画像符号化で用いられている離散コサイン変換 (DCT) 基底による周波数パターンのかわりに、機械学習によって得られた基底から成る辞書を応用する手法の検討)、(c) 画質推定 (復号画像に対して、主観評価値と相関の高い画質定量値を推定する DNN の提案と、符号化雑音の性質が異なる場合でも、それらの違いを吸収して高い画質推定性能を有する汎用的な手法の検討)、(d) DNN そのものの圧縮符号化 (DNN モデル自体の統計的性質を詳細に解析し、実用可能なレベルまでモデル自体を圧縮して、携帯端末等の型デバイス上に搭載可能な DNN を検討)、の 4 つの側面から検討を行った。

4. 研究成果

(1) 深層学習を用いたフレーム間予測[2]

予測対象ブロックと空間的に同一位置にあるブロックを予測対象フレームとは異なる 2 つの参照フレーム中に設定し、これら 2 つの参照ブロックに変換行列を施すことで予測対象ブロックを生成する手法を提案した。変換行列は深層学習によって学習された DNN を用いて算出される。この変換行列を用いれば、任意精度の平行移動、任意精度の拡大縮小、任意精度の鮮鋭度変化、およびこれらの組み合わせに柔軟に対応できるため、良好なフレーム補間が可能であり、この仕組みを、HEVC の動き補償予測のかわりに使えば予測誤差を減少できる。参照フレームの取り方は、2 フレームとも過去フレームに設定すれば外挿予測になり、片方を過去フレーム、片方を未来フレームとすれば内挿予測として実現可能である。また、大きな動きを持つ動画像や類似テクスチャ領域では変換行列による予測では予測誤差が大きくなることがわかったため、プロ



ックごとにDNN予測/HEVCイントラ予測/HEVCインター予測を適応的に切り替える手法を検証し、有効性を示した。

図1にDNNによる外挿予測の流れを示す。図中の B_I は予測対象ブロックである。 $N \times N$ は予測対象ブロックの大きさ、 $N_1 \times N_1$ はDNNによる変換行列推定に用いるブロックの大きさ、 $N_2 \times N_2$ は学習時の損失関数を計算する際のブロックの大きさ、 M_1, M_2, M_3, M_4 はブロックごとに推定される幾何変換マトリクスである。実験では、映像情報メディア学会の「ハイビジョン・システム評価用標準動画第2版」から2500万サンプルをランダムに選択してフレーム外挿CNNの訓練を行った。ネットワークはResidual Network構造を持つ25層のDNN[6]を使用した。 $N_2 \times N_2$ ブロック領域の差分絶対値和を損失関数として、Adam方式によってDNNの重み係数の最適化を行った。次に、訓練されたDNNをエンコーダとデコーダで共有して、提案手法の符号化シミュレーションを行い、従来のHEVCと符号化性能を比較した。性能評価用画像は訓練に含まれない5つの動画像を使用した。実験結果を図2に示す。図2中の画像はいずれも評価用動画像の一部であり、image1:Cosmos flowers, image2:Sunlight through leaves, image3:Drama set(day), image4:Basketball, image5:Horse racing(dirt)を示している。どの動画像についても符号化効率が大きく向上し、BD-bitrateで10~35%の削減を達成した。なお、BD-bitrateは、HEVCによる予測を行った場合を基準とした際に、同画質の下で、提案方式がどれだけ発生情報量を削減できるかの割合を示すものであり、負数が大きいほど性能が優れていることを示している。

(2) 機械学習によって設計した辞書による画像表現

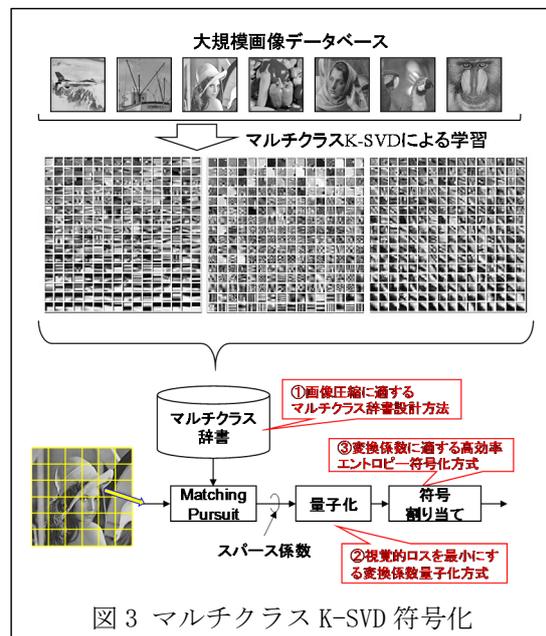
スパースコーディング (Sparse Coding, SC) を用いて様々な画像に対して基底の集合である辞書の学習を行い、得られた辞書を用いて符号化を行うことで、従来のDCTよりも優れた符号化効率の達成を狙った。SCとは、原信号を、基底の重み付き線形和で表現する際に、非ゼロ係数の個数をある一定の数以下にした時に、原信号と復元信号の二乗誤差が最小になるように、基底及び重み係数を求めるものであり、非ゼロ係数を極めて少数に設定することで大幅な情報圧縮を図ることが期待できる。本研究では、SCを画像圧縮に適用する手法として、図3に示すマルチクラスK-SVD符号化を提案し、これを実現する場合に課題となる、画像の局所領域特徴への適応化、主観画質向上のための量子化、スパース係数への符号割り当て、の3つの側面からの検討を行い、従来方式を上回る符号化効率を達成可能であるという知見を得ることができた。

① 画像の局所領域特徴への対応[3]

入力データのスパース表現を可能にする辞書を学習するための手法としてK-SVD (K-Singular Value Decomposition) を用いる。入力データを小ブロックごとに複数のクラスに分類し、クラスごとに辞書を学習する手法を採用する。本検討では、K-SVDによる全学習ベクトルのクラス更新段階と各クラスの辞書更新段階を、繰り返し処理によって最適化する新しいマルチクラス辞書設計法を提案した。実験の結果、提案手法は、従来の固定的なクラス分けに比較して、BD-bitrateで最大48%、BD-PSNRで最大1.6 dBの符号化効率向上を達成できることが明らかとなった。

② スパース係数の量子化

スパース表現符号化では、スパース係数を量子化して伝送する。スパース表現を可能とする辞書は、それに含まれる各々の基底が複雑な周波数成分を持ち、DCT基底やDFT (Discrete Fourier



Transform) 基底のように規則的な配列を構成していない。そのため、本検討では、K-SVD によって設計された辞書の各基底の複雑度をトータルバリエーション規範によって定義し、この複雑度に基づいてスパース係数の量子化幅を決定する量子化マトリクスを設計した。主観評価実験により、従来の一様量子化と比較して、同じ圧縮率における 5 段階 MOS (Mean Opinion Score) が約 0.3 ポイント向上し、視覚的画質が改善されることが示された。

③スパース係数のエントロピー符号化[4]

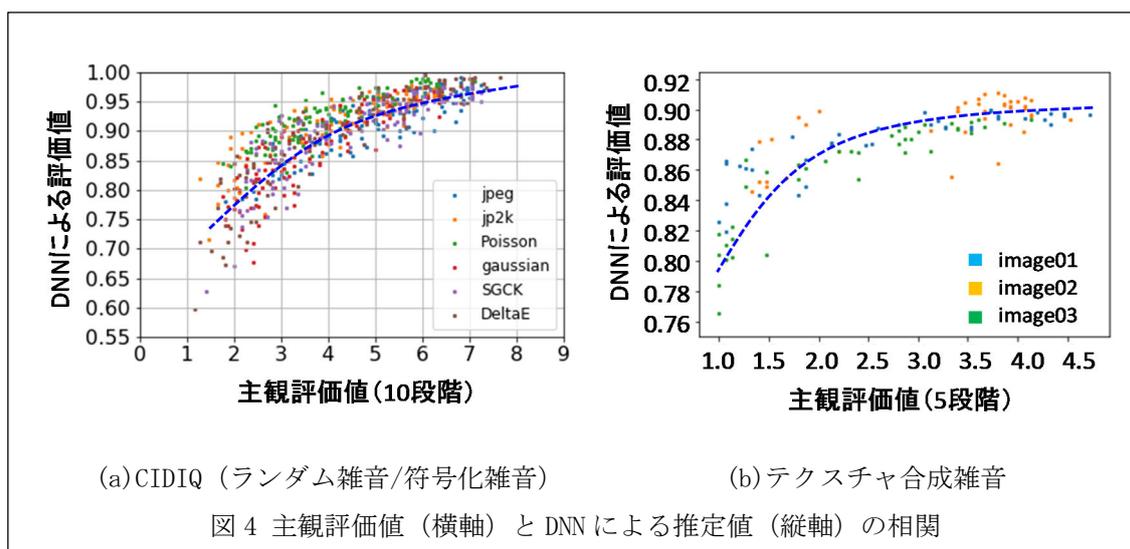
本検討では、非ゼロ係数のレベル値と、非ゼロ係数間のゼロラン長に着目した。詳細な解析により、非ゼロ係数レベル値の分布特性が、ブロック内の非ゼロ係数の個数およびその非ゼロ係数に対応する基底の特徴によって異なることを示し、非ゼロ係数レベル値に対しては、これらに基づくコンテキスト適応符号化が有効であることを明らかにした。さらに、ゼロラン長は、基底の全変動特徴に基づいて基底を並び替えることによって発生確率に偏りを持たせることができ、効率的な符号化が可能であることを示す。実験の結果、提案手法は従来手法と比較して、約 6% の発生ビット量削減を達成できることを明らかにした。

(3) DNN 中間層を用いた画質評価

本検討では、DNN 中間層出力である特徴マップと、人間の注視領域に基づく顕著性マップを組み合わせて、人間が行った主観評価と相関のある画質評価値を推定する手法を提案した[5]。まず、原画像と、劣化を有する評価対象画像を DNN に入力し、各畳み込み層における特徴マップを出力する。次に、各特徴マップを再帰的に 4 分割して特徴マップピラミッドを作成し、マップごとの合計値を要素とするヒストグラムを作成する。最後に、原画像と評価対象画像それぞれのヒストグラムを比較し、最終的な画質評価値とする。本検討においては、特徴マップを、DNN 入力画像の顕著性マップによって重みづけることで、視覚特性上注目される領域に強調補正をかける手法を新しく導入している。

ランダムノイズや圧縮符号化ノイズを劣化要因とした画質主観評価データベース CIDIQ に対して、VGG16 を用いて実験を行った結果を図 4(a)に示す。これより、主観評価値と推定評価値のスパイマン相関係数が 0.73~0.88 という高い値を示し、様々な劣化種別の画像に対して良好な画質推定ができることが示された。また、画質評価に利用する DNN 中間層として、入力先頭側の 2 層と出力最後尾の 1 層を組み合わせることによって良好な推定が可能であることを明らかにした。

一方で、テクスチャ合成符号化のように、原画忠実性を画質評価指標としない場合の画質劣化推定結果を図 4(b)に示す[6]。これより、相関係数は 0.56~0.93 と CIDIQ よりは若干ばらつきはあるものの、このような感性的な類似度に基づく画質推定にも利用できる可能性があることがわかった。さらに、テクスチャ類似度を推定する場合には、CIDIQ のような符号化ノイズ等とは異なり、画質評価に利用する DNN 中間層として、入力先頭側および後尾側を除いた中央の層を用いると良好な結果が得られるという興味深い結果も明らかとなった。



(4) 特異値分解と適応量子化による DNN 情報圧縮[7]

学習によって得られた DNN モデルは、フィルタ係数が DNN のリンクの数だけ存在し、たとえば著名な DNN である VGG16 では、1500 万個以上の係数で構成され、その容量は 60MB を越える。本検討では、学習済みのモデルに対して、再学習することなくモデル情報量を削減する手法を検討した。DNN には畳み込み層と全結合層があるが、後者に対しては重み係数マトリクスを特異値分解によって低ランク近似したうえで行列要素をスカラー量子化する手法を提案し、画像認識用に設計されたモデル VGG16 による実験の結果、認識精度をほとんど低下させることなく、重み係

数情報量を1/300に削減できることを明らかにした。

一方で、畳み込み層に関しては、層ごとに係数の統計的性質が異なることから、本研究では、設計済みのDNNに対して、計算負荷の少ないスカラー量子化を基本とした手法を検討した。検討には、VGG16, ResNet18, ResNet34, MobileNetV1, MobileNetV2の代表的な5つのDNNを用いた。まず、DNNの各層の重み係数に対して統計的性質の詳細な解析を行った。その結果、層によって係数分布の分散や歪度が大きく異なることが明らかになった。これを踏まえて、本検討では、量子化幅が一律な線形量子化(LQ)と、確率密度関数が正規分布に近い場合に有効なLloyd-Max量子化(LMQ)の2つのスカラー量子化を、層ごとに適応的に適用することで効率的に情報量を削減する方式を提案した。さらに、エントロピー一定という拘束条件の下で最良近似を与える量子化ECQ(Entropy Constrained Quantization)を導入した。画像認識用データベースCIFAR-10, CIFAR-100で設計した各種DNNに対して、提案手法で圧縮した場合の係数あたりの情報量(エントロピー)の測定結果を図5に示す。ここで、非圧縮の場合の情報量は32bit/係数である。これより、ECQとLMQを組み合わせることで、認識精度を1%以内に抑えたまま、1係数あたりのエントロピーをCIFAR-10では1/80~1/20, CIFAR-100では1/43~1/9まで圧縮することが可能になることがわかった。また、詳細な分析の結果、入力層に近い層では精度劣化が起こる場合が多いため量子化幅を細かくして情報量を保持しておく必要があること、どの層でも大きな係数の値は精度よく再現したほうが良いことも明らかになっている。

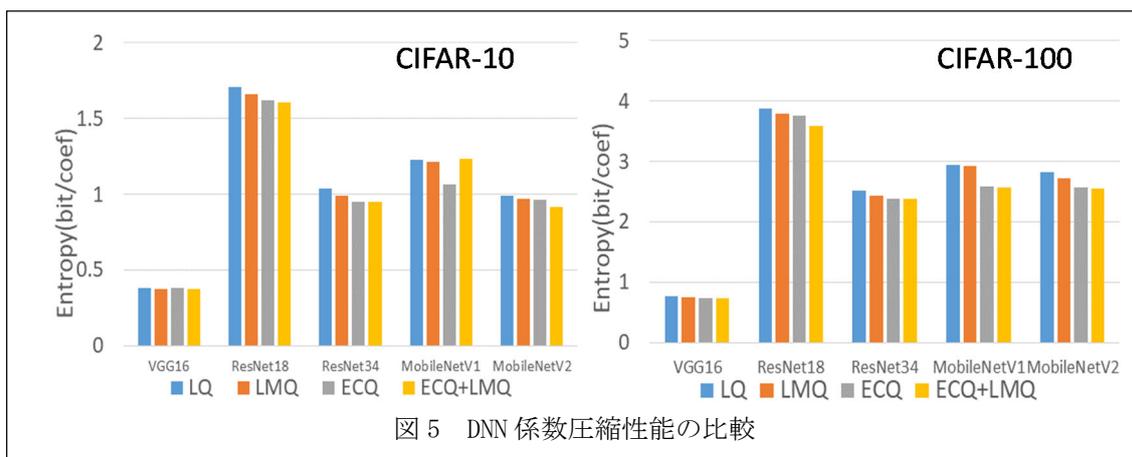


図5 DNN 係数圧縮性能の比較

<引用文献>

- [1] ITU-T Recommendation H.266: Versatile video coding, July, 2020.
- [2] 神保悟, 王冀, 八島由幸, “深層学習を用いたフレーム間外挿予測と H.265/HEVC への適用,” 電子情報通信学会論文誌 D, vol. J102-D, No. 10, pp. 651-654, Oct., 2019.
- [3] Ji Wang, Yukihiro Bandoh, Atsushi Shimizu, Yoshiyuki Yashima, “Multi-class dictionary design algorithm based on iterative class update K-SVD for image compression,” Journal of IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing, vol. 8 no. 1, pp. 44-57, June, 2020.
- [4] Ji Wang, Yoshiyuki Yashima, “An efficient entropy coding of sparse coefficients based on sparsity adaptation and atom reordering for image compression,” Journal of IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing, vol. 7 no. 2, pp. 128-141, Dec., 2019.
- [5] Yu Iwashima, Ji Wang, Yoshiyuki Yashima, “Full reference image quality assessment by CNN feature maps and visual saliency,” Proc. of 2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) 2019, pp. 203-207, Oct., 2019.
- [6] 荒井雅司, 八島由幸, “DNN 中間層特徴マップを用いた合成テキストチャ画像の画質推定,” 電子情報通信学会/情報処理学会, 第 19 回情報科学技術フォーラム (FIT2020), I-020, Sep., 2020.
- [7] Ryota Aogaki, Yoshiyuki Yashima, “Data compression for DNN weighting coefficients using layer adaptive quantization,” Proc. of SPIE, vol. 11766, International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) 2021, pp. 117660Q-1-6, Jan., 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Ji Wang, Yukihiro Bandoh, Atsushi Shimizu, Yoshiyuki Yashima | 4. 巻 Vol.8 |
| 2. 論文標題 Multi-Class Dictionary Design Algorithm Based on Iterative Class Update K-SVD for Image Compression | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing | 6. 最初と最後の頁 44-57 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11371/tievciieej.8.1_44 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Ryota Aogaki, Yoshiyuki Yashima | 4. 巻 vol.11766 |
| 2. 論文標題 Data Compression for DNN Weighting Coefficients using Layer Adaptive Quantization | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of SPIE | 6. 最初と最後の頁 117660Q-1-6 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2590667 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Ji Wang, Yoshiyuki Yashima | 4. 巻 Vol.7 |
| 2. 論文標題 An efficient entropy coding of sparse coefficients based on sparsity adaptation and atom reordering for image compression | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing | 6. 最初と最後の頁 128-141 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11371/tievciieej.7.2_128 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 神保悟, 王冀, 八島由幸 | 4. 巻 Vol. J102-D |
| 2. 論文標題 深層学習を用いたフレーム間外挿予測とH.265/HEVCへの適用 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D | 6. 最初と最後の頁 651-654 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14923/transinfj.2019IEL0003 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 八島由幸, 高村誠之 | 4. 巻 Vol.13 |
| 2. 論文標題 IoT時代に向けた映像符号化研究の動向と新たな展望 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会, 通信ソサイエティマガジン | 6. 最初と最後の頁 43-52 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/bplus.13.43 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 青柿亮太, 八島由幸 |
| 2. 発表標題 DNNの層別重み係数量子化と画像認識精度との関係 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 / 情報処理学会, 第19回情報科学技術フォーラム (FIT2020) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 荒井雅司, 八島由幸 |
| 2. 発表標題 DNN中間層特徴マップを用いた合成テクスチャ画像の画質推定 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 / 情報処理学会, 第19回情報科学技術フォーラム (FIT2020) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 富田直生, 八島由幸 |
| 2. 発表標題 LSTMによるJPEG/HEVCビットストリームの画像認識精度に関する考察 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 / 情報処理学会, 第19回情報科学技術フォーラム (FIT2020) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 姜思德, 八島由幸 |
| 2. 発表標題 複数参照フレームからのDNNベース幾何変換行列推定を用いたフレーム間予測 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 / 情報処理学会, 第19回情報科学技術フォーラム (FIT2020) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ji Wang, Yoshiyuki Yashima |
| 2. 発表標題 A Quantization Matrix Design using Total Variation for Sparse Representation-based Image Coding |
| 3. 学会等名 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE2020) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 坂本貴史, 八島由幸 |
| 2. 発表標題 CNNに基づく幾何変換行列を用いたアニメーション中割りフレームの自動生成 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2020年画像符号化 / 映像処理シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ryota Aogaki, Yoshiyuki Yashima |
| 2. 発表標題 Data Compression for DNN Weighting Coefficients using Layer Adaptive Quantization |
| 3. 学会等名 International Workshop on Advanced Imaging Technology (IWAIT) 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yu Iwashima, Ji Wang, Yoshiyuki Yashima |
| 2. 発表標題 Full reference image quality assessment by CNN feature maps and visual saliency |
| 3. 学会等名 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 青柿亮太, 八島由幸 |
| 2. 発表標題 特異値分解と量子化によるDNN全結合層係数の情報圧縮 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2019年画像符号化 / 映像処理シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 富田直生, 八島由幸 |
| 2. 発表標題 RNN/LSTMを用いたビットストリームからの画像認識精度に関する考察 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2019年画像符号化 / 映像処理シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 姜思徳, 八島由幸 |
| 2. 発表標題 深層学習を用いたフレーム間予測における効率的なDNN設計法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2019年画像符号化 / 映像処理シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 神保悟, 王冀, 八島由幸 |
| 2. 発表標題 DNNに基づく変換行列を用いたフレーム補間性能の符号化雑音依存特性 |
| 3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Satoru Jimbo, Ji Wang, Yoshiyuki Yashima |
| 2. 発表標題 Deep learning-based transformation matrix estimation for bidirectional interframe prediction |
| 3. 学会等名 IEEE Global Conference on Consumer Electronics 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Satoru Jimbo, Ji Wang, Yoshiyuki Yashima |
| 2. 発表標題 Block adaptive CNN/HEVC interframe prediction for video coding |
| 3. 学会等名 Proc. of SPIE, vol. 11049, International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) 2019. (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩島悠, 神保悟, 王冀, 八島由幸 |
| 2. 発表標題 CNN 中間層出力と顕著性マップを用いたフルリファレンス型画質評価 |
| 3. 学会等名 2019年電子情報通信学会総合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<http://www.vpc.net.it-chiba.ac.jp/>

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|