

ICA 基底を用いた符号化方式における性能改善のための最適基底選出

Improvement of Coding Performance by Optimal Basis Selection in Image Compression Method using ICA Basis

中田雄大[†]
Yudai NAKADA[†]

亀田昌志[†]
Masashi KAMEDA[†]

岩手県立大学大学院 ソフトウェア情報学研究科[†]
Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University[†]

Abstract: The compression method using ICA basis requires entropy to store the information of ICA basis which are indigenous to a given input image. In our proposed method, the optimal ICA basis in the obtained ICA_Block are determined by comparing the contribution of each ICA base to the input image in consideration to the information of ICA basis themselves. It is seen in our experimental result that the coding rate of the proposed method is reduced to the conventional method at the same PSNR.

1 はじめに

離散コサイン変換(DCT)は、人の視覚特性に基づいた量子化法により情報量の削減を実現しているが、符号化レートが低くなるとエッジ周辺に視覚的に妨害となる歪みが発生する。一方、独立成分分析(ICA)[1]では、入力画像に固有な基底群を用いることで、画像の非定常部分である局所的な特徴を少数の基底のみで保存可能である。DCT と ICA を併用した符号化方式[2]においては、ICA 基底自身の情報を記憶するための符号量(エントロピー)を別に必要とすることから、基底の符号量を抑えるために符号化で使用する ICA 基底数の絞り込みを行う必要がある。

文献[2]では、入力画像に対して DCT が優位な小領域 DCT_Block と、ICA が優位な小領域 ICA_Block に分割することで符号化を行っている。ICA_Block を決定するためには、入力画像を符号化するときの各 ICA 基底の寄与を評価し、最適な基底とそれらを使用する小領域を明らかにする必要がある。しかし、文献[2]では、小領域毎に最適となる ICA 基底のみを用いて評価しているため、それ以外の基底が他の領域で持つ有効性を正しく評価できていなかった。そこで、本稿では、ICA_Block の候補の符号化に対する各 ICA 基底の寄与に基づいて、基底の符号量との比較による最適な基底の組み合わせと ICA_Block を決定する手法を提案する。

2 ICA_Block の候補

符号化に最適な基底は各小領域で異なっているが、最適でなくとも符号化にとって有効な基底は存在する。そのため、各小領域の符号化に対する全 ICA 基底

の組み合わせに対して DCT 単独からの画質および符号量の改善量を画像全体に対して求めることで、各基底の寄与を評価する。本節では、各小領域の符号化に対して DCT 単独と比較したときの ICA 基底の画質と符号量の改善量を式(1)と式(2)から求める。

$$DCT_Q - ICA_Q\{a_i\} \quad (1)$$

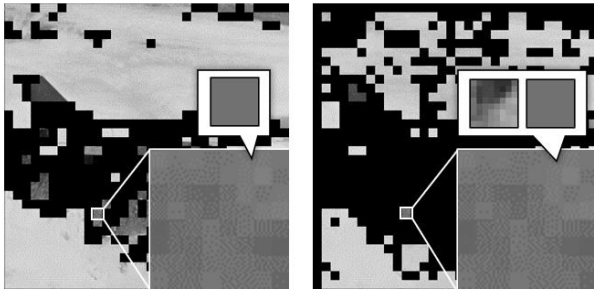
$$DCT_e - ICA_e\{a_i\} \quad (2)$$

ここで、 DCT_Q は DCT 単独で、 $ICA_Q\{a_i\}$ は ICA 基底を $i(i = 1, 2, 3)$ 個使用して小領域を再構成したときの原画像との平均二乗誤差(MSE)であり、 DCT_e は DCT 単独で、 $ICA_e\{a_i\}$ は ICA 基底を i 個使用して小領域を再構成したときの結合係数の平均情報量を示している。

8×8 画素の小領域を再構成した場合、式(1)と式(2)が正となる、すなわち DCT 単独よりも画質を高くかつ、符号量を削減できる小領域を、使用される基底の ICA_Block とし、与えられた符号化レートに対する ICA_Block の候補とする。また、文献[2]で低符号化レートにおいて ICA 基底を 2 つ程度使用できることが明らかになっているため、本手法では、基底を 3 つまで使用するものとして検討した。

3 最適基底と ICA_Block の決定

前節で求めたすべての候補を実施の ICA_Block として符号化すると、各小領域で使用する ICA 基底が異なるため、画像全体で使用する基底の種類が増加する。その場合、基底の情報を記憶するための符号量もまた増加するため、DCT 単独のものよりも符号化性能が劣化してしまう。そのため、本節では、画像全体の符号



(a) 0.21[bit/pel]

(b) 0.51[bit/pel]

Figure 1 : ICA_Block and Optimal ICA basis Selection

化に対する各 ICA 基底の寄与を評価することで、使用する基底の種類を絞り込み、基底の符号量との比較により最適な基底と ICA_Block を決定する。

ICA 基底の組み合わせを用いて小領域を再構成する場合に、式(1)と式(2)から求められる改善量の合計である、入力画像に対する各 $\{a_i\}$ の画質改善量 $Q\{a_i\}$ と削減符号量 $e\{a_i\}$ を

$$Q\{a_i\} = \sum_{ICA_Block} DCT_Q - ICA_Q\{a_i\} \quad (3)$$

$$e\{a_i\} = \sum_{ICA_Block} DCT_e - ICA_e\{a_i\} \quad (4)$$

で求める。

次に、式(5)を満たし、 $Q\{a_i\}$ が最大となる $\{a_i\}$ を最適基底として選出し、 $\{a_i\}$ を使用する ICA_Block を入力画像に対する ICA_Block として決定する。

$$e\{a_i\} > ICA_Basis_e\{a_i\} \quad (5)$$

ここで $ICA_Basis_e\{a_i\}$ は、使用する $\{a_i\}$ の基底情報を記憶するための符号量である。ICA 基底を用いる符号化においては、ICA_Block の結合係数から求められる符号量に、使用する基底を表すための符号量が加わるため、 $e\{a_i\}$ が少ない基底群を使用した場合、DCT 単独のものよりも符号化性能が劣化する。そこで式(5)により、 $\{a_i\}$ を使用して入力画像を符号化する場合に求められる $e\{a_i\}$ と $ICA_Basis_e\{a_i\}$ を評価することで、基底を表す符号量を加えた場合でも DCT 単独の符号量よりも改善する基底の組み合わせにおいて、画像全体で評価したときに、画質が最大となるものを求める。

4 実験結果

256×256 画素の画像 Airplane に対して提案手法を適用させたときの 0.21[bit/pel]と 0.51[bit/pel]における ICA_Block と DCT_Block を Fig.1 に示す。ここで Fig.1 では、DCT_Block を黒で、ICA_Block を原画像で表示している。また、比較のために抜き出した ICA_Block とその ICA_Block で使用される ICA 基底の組み合わせの例を併せて表示している。Fig.1 より符号化レート

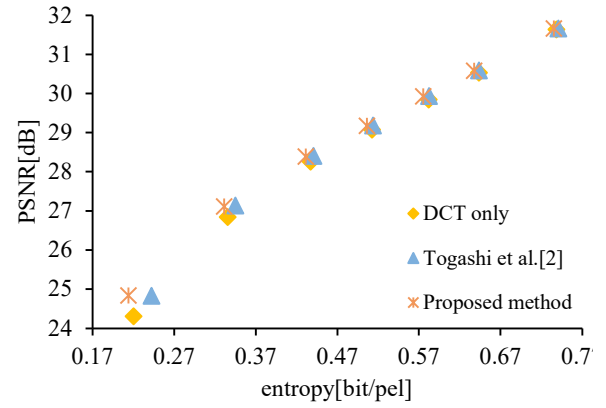


Figure 2 : Comparison of coding performance

によって ICA_Block となる領域と各 ICA_Block で使用される最適な ICA 基底の組み合わせは異なることが分かる。次に、画像 Airplane に対する符号化特性を Fig.2 に示す。Fig.2 では、DCT 単独、文献[2]、提案手法の結果を比較している。なお、文献[2]と提案手法は基底情報を表す符号量が加えられている。Fig.2 より、提案手法は文献[2]と同等以上の画質を保ちながら、符号量が削減されており、すべての符号化レートにおいて符号化性能が改善されていることが分かる。

5 まとめ

本稿では、DCT と ICA の基底を併用した符号化方式において、基底自身の符号量も考慮した上で性能改善に寄与する最適な ICA 基底の組み合わせを選出する方法を提案した。ICA_Block の候補を用いて、画像全体の符号化に対する ICA 基底の組み合わせの寄与を評価することで、それらが持つ有効性を正しく評価でき、符号化性能を向上させることができた。提案手法では、符号化レートによって ICA_Block とそこで使用される ICA 基底の組み合わせが異なるため、符号化レートごとの処理が必要である。この処理コストを削減することが今後の課題となる。

参考文献

- [1] 陳延偉, 独立成分分析(ICA)のパターン認識・画像処理への応用と MATLAB シミュレーション, トリケップス, 東京, (2007).
- [2] 富樫篤士, 亀田昌志, “独立成分分析の基底を用いた静止画像符号化における画質改善量の比較に基づく重要な ICA 基底の選出,” 信学技報, vol.118, no.501, pp.153–158, (2019).