

DCT を用いた拡大画像に関する考察

坂本 真人^{a)}・須崎 陽^{b)}

Consideration for Enlarged Images by DCT

Makoto SAKAMOTO, Hikaru SUSAKI

Abstract

Image processing is any form of signal processing for which the input is an image, such as a photograph or video frame; the output of image processing may be either an image or a set of characteristics or parameters related to the image. On the other hand, the digital image has been treated by various scenes in not only the industry and the society but also people's daily life today, and there have been a lot of equipments that treat the digital images. Thus, converting the resolution of the image according to the size of image on the display of the equipment has been meaningful. In this paper, we investigate the technique for the enlargement of the images by using the DCT, and show some experimental results.

Keywords: DCT, Enlargement, Image processing, Resolution conversion, SIDBA

1. はじめに

今日、ニコニコ動画や youtube 等の動画投稿サイトは非常に有名である。動画を視聴する際、最大化しディスプレイの大きさに合わせるといふ方もいれば、画像が粗くなるのを嫌って、そのままの画面で視聴するといふ方もいるだろう。ちなみに、私は後者である。できるだけ大きな画面でみたいが、画質が悪くなるのは嫌だ、というような問題を解決するために、画像の解像度変換に関する研究は盛んに行われている¹⁾。

そこで、私は画像の解像度変換における、DCT（離散コサイン変換）を用いた方法について研究を行った。DCT は、離散信号を周波数領域へ変換する方法の一つであり、JPEG 等の画像圧縮に用いられている。

本研究は、DCT を用いて画像の拡大を行い、拡大後の画像にどのような変化が起こるか考察することを目的とする。その際、Adobe Photo shop 等の画像処理ソフトで用いられている、ニアレストネイバ法、バイリニア法、バイキュービック法の補間法を用いた 3 つの方法と性能を比較し評価した。

2. 原理

2.1 補間法^{2,3)}

補間とは 2 つの画素間の濃度値を推定することである。解像度変換を行うと、変換後の画素の座標が、元画像のどの位置にも対応しなかったり、複数の画素が同じ画素に対

応したりして歪が生じる。そこで、周囲の画素間の距離を利用して線形補間することでその値を推定する。近傍を利用する補間法としてニアレストネイバ法、バイリニア法、バイキュービック法がある。

2.1.1 ニアレストネイバ法

ニアレストネイバ法は 0 次多項式を用いる補間法である。補間される画素に最も近い画素の濃度値がそのまま採用される。上記で挙げた 3 つの方法の中で、計算速度は最も速い。しかし、拡大後はジャギー（ギザギザ）が目立ち、自然画像のような階調のある画像には適さない。

2.1.2 バイリニア法

バイリニア法は 1 次多項式を用いる補間法である。2×2 単位、つまり、補間される画素の周りの 4 点を用いて 1 次近似で濃度値を計算する。この方法も計算速度は速いが、画像の粗さが目立つ。

2.1.3 バイキュービック法

バイキュービック法は、3 次多項式を用いる補間法である。4×4 単位、つまり、補間される画素の周りの 16 点を用いて 3 次近似で濃度値を計算する。バイリニア法の約 2 倍の時間がかかるが、精度は良い。

2.2 DCT を用いた拡大法⁴⁾

DCT とは、DFT（離散フーリエ変換）の特別な場合であり、離散信号を周波数領域に変換する方法の一つである。DCT で周波数領域に変換すると、周波数成分が低周波領域に集中するという特徴がある。DCT を用いた解像度変換は、

a) 情報システム工学科准教授

b) 情報システム工学科学部生

画質的には良好なものができるが、計算量が多いため、拡大する画像のサイズによっては非常に多くの処理時間が必要となる。DCT(1)と逆変換(IDCT)(2)は以下の式であらわされる。

$$F(u) = \frac{2}{N} C(u) \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \quad (1)$$

$$f(x) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} C(u) F(u) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \quad (2)$$

$$\text{if } u = 0 \quad C(u) = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\text{if } u \neq 0 \quad C(u) = 1$$

画像は2次元のデータであるため、上記の式を縦横双方に適用することで、周波数領域への変換及び逆変換が可能となる。

3. 画像の比較・評価方法

3.1 比較手順

本実験では、画像を比較・評価するためにSIDBAの標準画像を用いている。画像の比較は図1の手順で行う。まず原画像をLPF(ローパスフィルタ)に通す。次にその画像を1/4に縮小し、それぞれの方法でもとの大きさに拡大する。拡大した画像と、LPFに通した画像を比較し、それぞれの拡大手法の性能を評価する。画像を比較する際、LPFを通す理由について説明する。解像度変換は基本的に座標変換処理を施しているに過ぎない。その場合、画像縮小時に、縮小後のサンプリング周波数では表現しきれない高周波成分がノイズとなって現れることがある。そのため、事前に高周波成分をカットすることで、縮小後に発生するノイズを防ぐことができる。

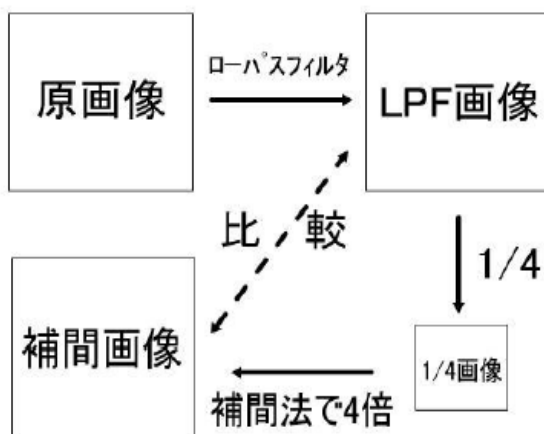


図1. 比較手順.

3.2 評価方法⁵⁾

画像の評価方法には、原画像と処理画像とを目視によって比較する主観的評価と、数値で比較する客観的評価がある。客観的評価は、RGBそれぞれの画素値の平均(3)、標準偏

差(4)、平均二乗誤差(MSE)(5)、SNR(6)、PSNR(7)より評価する。MSEは原画像と処理画像との差を2乗して足し合わせたものである。SNRは信号レベルに対する雑音レベルの比であり、感覚的な評価量として扱う場合はデシベル[dB]で算出したほうがよいと言われている。PSNRはSNRの信号レベルを理論ピーク値(255)として求めた値である。MSEは値が小さいほど原画像に近く、SNRとPSNRは値が大きいほど拡大画像が原画像に近いといえる。それぞれの計算式を以下に示す。

$M, N, y(i, j), s(i, j)$ はそれぞれ、画像の横の画素数、縦の画素数、原画像の画素値、拡大画像の画素値を表している。SNR、PSNRの単位はデシベル[dB]である。

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \{y(i, j) - s(i, j)\}^2 \quad (5)$$

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} y(i, j)^2}{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \{(y(i, j) - s(i, j))\}^2} \quad (6)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (7)$$

4. 実験

実験にはSIDBAの標準画像[Lenna]と[milkdrop]を用いる。

4.1 標準画像[Lenna]

以下に原画像、LPF画像、それぞれの手法で拡大した画像を示す(図2~図7)。



図2. 原画像⁶⁾.



図3. LPF画像.



図 4.
ニアレストネイバ法.

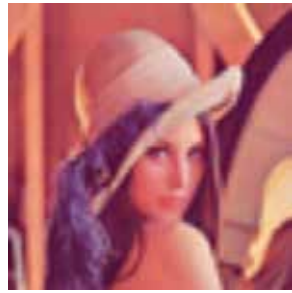


図 5.
バイリニア法.

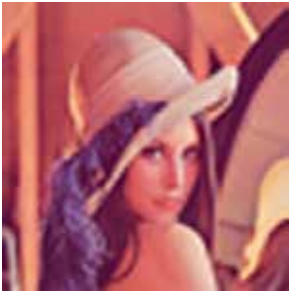


図 6.
バイキュービック法.

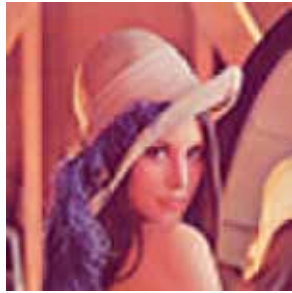


図 7. DCT.

表 1~5 に RGB 成分それぞれの平均、標準偏差、MSE、SNR、PSNR の値を示す。ニアレストネイバ法、バイリニア法、バイキュービック法はそれぞれ NN、BL、BC としている。

表 1. 平均.

平均	LPF	NN	BL	BC	DCT
R	179.23	179.23	179.33	179.23	178.72
G	98.04	98.03	98.14	98.04	97.53
B	104.39	104.39	104.5	104.4	103.89

表 2. 標準偏差.

標準偏差	LPF	NN	BL	BC	DCT
R	48.49	47.44	45.45	47.39	47.43
G	51.83	50.48	48.04	50.45	50.47
B	32.74	31.66	29.96	31.59	31.66

表 3. MSE.

MSE	NN	BL	BC	DCT
R	189.1	129.87	100.84	101.28
G	254.88	175.99	138.47	139.41
B	118.11	85.12	67.23	67.43

表 4. SNR.

SNR	NN	BL	BC	DCT
R	22.61	24.24	25.34	25.32
G	16.84	18.44	19.49	19.46
B	20.06	21.48	22.51	22.49

表 5. PSNR.

PSNR	NN	BL	BC	DCT
R	25.36	26.99	28.09	28.08
G	24.06	25.68	26.72	26.69
B	27.41	28.83	29.86	29.84

4.2 標準画像[milkdrop]

以下に原画像、LPF 画像、それぞれの手法で拡大した画像を示す (図 8~図 13)。

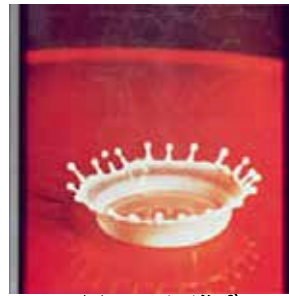


図 8. 原画像⁶⁾.



図 9. LPF 画像.



図 10.
ニアレストネイバ法.



図 11.
バイリニア法.



図 12.
バイキュービック法.



図 13. DCT.

次に表 6~10 に平均、標準偏差、MSE、SNR、PSNR それぞれの値を示す。

表 6. 平均.

平均	LPF	NN	BL	BC	DCT
R	175.8	175.8	175.9	175.8	175.3
G	70.19	70.29	70.4	70.32	69.86
B	79.41	79.37	79.45	79.34	78.86

表 7. 標準偏差.

標準偏差	LPF	NN	BL	BC	DCT
R	59.53	59.34	58.19	59.45	59.34
G	59.23	58.08	56.14	57.88	57.96
B	45.98	44.94	42.88	44.78	44.92

表 8. MSE.

MSE	NN	BL	BC	DCT
R	95.57	52.68	41.77	37.48
G	220.73	151.78	109.93	99.01
B	181.02	122.42	88.01	80.93

表 9. SNR.

SNR	NN	BL	BC	DCT
R	25.57	28.16	29.16	29.64
G	15.82	17.45	18.85	19.3
B	16.68	18.37	19.8	20.17

表 10. PSNR.

PSNR	NN	BL	BC	DCT
R	28.33	30.91	31.92	32.39
G	24.69	26.32	27.72	28.17
B	25.55	27.25	28.69	29.05

5. 考察

5.1 主観的評価

図 4 は帽子や顎から頬にかけての輪郭部にジャギーが見られ、図 10 もミルクとテーブルの境目にジャギーが見られる。図 5 と図 11 のバイリニア法は、ニアレストネイバ法に比べジャギーはあまり見てとれないが、全体的にぼやけた画像となっている。バイキュービック法と DCT は、前者よりきれいに拡大出来ているように見える。

5.2 客観的評価

どちらの画像に関しても、RGB それぞれの画素値の平均にはあまり変化が見られない。標準偏差はバイリニア法の値のみ若干低くなっている。これは画像全体がぼやけて見えることからわかるように、全体的な明るさの変化が小さいことを表している。また、MSE、SNR、PSNR それぞれの値より、ニアレストネイバ法が最も画像の劣化が激し

く、次にバイリニア法の性能が低いことが分かる。バイキュービック法と DCT はあまり数値に差がないが、[Lenna] では若干バイキュービック法で拡大した画像の劣化が少なく、[milkdrop] では DCT で拡大した画像の劣化が少ないという結果になった。

今回実験に使用した画像はどちらも R 成分の値が大きく、G 成分の値が小さい画像である。MSE の値は G 成分がもっとも大きくなっているため、値の小さい色成分の誤差が大きくなっていることがわかる。

6. おわりに

今回、画質に顕著な劣化が生じないような画像の拡大について研究を行った。特に、DCT での周波数変換による拡大法と、補間法を用いた 3 つの方法とを比較した。その結果、DCT を用いる方法は、拡大対象の画像によっては、従来のバイキュービック法よりも高い性能で画像を拡大できることを確認した。しかし、原理でも述べているように、補間法を用いた拡大に比べ処理時間が長くなるという問題があった。そのため、アルゴリズムを改良し、処理時間を短くすることが今後の課題として挙げられる。

参考文献

- 1) 福田 正嗣, 坂本 真人, 古谷 博史: ラグランジュ補間法を用いた解像度変換に関する考察, 電気学会情報システム研究会, IS-07-10, pp.1-4, 2007.
- 2) 昌達 慶仁: 画像処理プログラミング, ソフトバンククリエイティブ, 2008.
- 3) CG-ARTS 協会: デジタル画像処理, CG-ARTS 協会, 2008.
- 4) 木村誠聡の研究室, 画像の拡大法. [Online]
http://www.f-kmr.com/PDF/dsp_evaluation.pdf
- 5) 木村誠聡の研究室, 画像の評価法. [Online]
http://www.f-kmr.com/PDF/dsp_interpolate.pdf
- 6) 標準画像/サンプルデータ. [Online]
http://www.ess.ic.kanagawa-it.ac.jp/app_images_j.html