

画像類似度測定の初歩的な手法の検証

島根大学 総合理工学部 数理・情報システム学科

計算機科学講座 田中研究室

S053090 森瀧 昌志

目次

第 1 章 序論

第 2 章 画像間類似度測定の初歩的な手法について

- 2. 1 A.画素値の平均を用いる手法
- 2. 2 B.画素値のヒストグラムを用いる手法
- 2. 3 C.相関係数を用いる手法
- 2. 4 D.解像度を合わせる手法
- 2. 5 E.振れ幅のヒストグラムを用いる手法
- 2. 6 F.周波数ごとの振れ幅を比較する手法

第 3 章 測定結果

第 4 章 考察・今後の課題

第 5 章 謝辞

参考文献

第 1 章 序論

現在、web 上には非常に多くの画像が存在している。この中から、目当ての画像を検索するときに、現在ではキーワードに基づく検索がよく用いられるが、キーワードで表現できない情報での検索には有効でない。

このため、画像の類似度による検索が有効であると考えられる。本研究では、類似度とは、画像間の似ている度合いであり、類似度が小さいほど 2 つの画像は似ていると定義する。そこで、類似度による画像検索のための画像間類似度測定の初歩的な手法について比較し、検証する。

第2章 画像間類似度測定の初歩的な手法について

本研究では、次の6つの手法について検証を行った。

ただし、ここで説明する画像は、1つの画素につき、R,G,B,3つの変量があり、それぞれ0~255までの値をとるものとする。

それぞれの手法で類似度を計算した後、その類似度を、それぞれの手法で起こりうる最大の値で割り、100倍することで簡単な正規化を行う。これにより、類似度は0~100で表され、似ている画像同士ほど値が小さくなる。

2.1 A.画素値の平均を用いる手法

まず、画像全体での画素値の平均をRGBそれぞれ計算する。

次に、求めた2つの画素の平均値同士で、3次元ユークリッド距離を計算する。

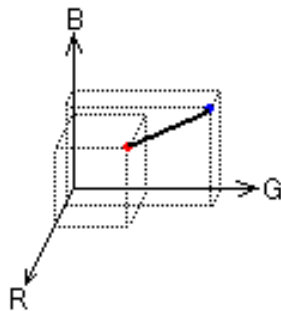
最後に起こりうる最大の値($\sqrt{3 \times (255-0)^2}$)で割り、100倍する。

これを式にすると、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{比較したい画像 : } A, B \\ \text{画像 } I \text{ の R 要素 : } I_R = \{I_{R_0}, I_{R_1}, \dots, I_{R_N}\} \quad (N : \text{画像 } I \text{ の画素数}) \\ \bar{I}_R = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N I_{R_i} \end{array} \right.$$

とすると、類似度は次式(1)で求める事ができる。

$$\frac{\sqrt{(\bar{A}_R - \bar{B}_R)^2 + (\bar{A}_G - \bar{B}_G)^2 + (\bar{A}_B - \bar{B}_B)^2}}{\sqrt{3 \times (255 - 0)^2}} \times 100 \quad (1)$$



2. 2 B.画素値のヒストグラムを用いる手法

まず、画像の画素値を階級値、度数を相対度数(各階級の度数をデータの総数で割ったもの)とするヒストグラムを、RGB それぞれについて作る。

次に、比較するヒストグラム同士の全ての階級での差の二乗和の平方根を RGB それぞれについて計算した後、3つを足し合わせる。

最後に起こりうる最大の値($3 \times \sqrt{2 \times (1-0)^2}$)で割り、100倍する。

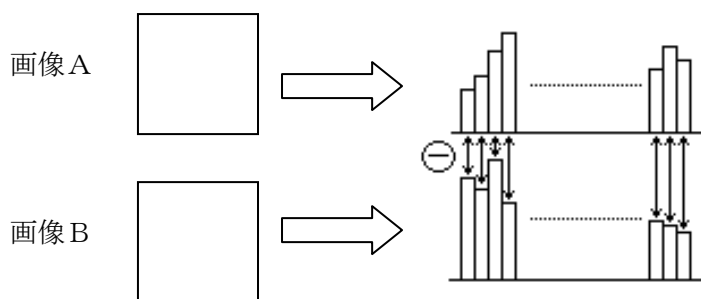
起こりうる最大の値について・・・このヒストグラムは度数を相対度数(各階級の度数をデータの総数で割ったもの=全階級の度数の合計が1になる)で表しているの、ある階級の度数が1、残りの階級の度数が0、もう一方のヒストグラムも、一方とは異なる階級の度数が1、残りの階級の度数が0というときにこの値になる。

これを式にすると、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{比較したい画像： } A, B \\ \text{画像 } I \text{ の R 要素のヒストグラム： } I_{RH} = \{I_{RH_0}, I_{RH_1}, \dots, I_{RH_N}\} \quad (N : \text{画素値の最大値} = 255) \\ (I_{RH_i} : \text{画像 } I \text{ の R 要素のヒストグラムの、画素値が } i \text{ のときの相対度数}) \end{array} \right.$$

とすると、類似度は次式(2)で求める事ができる。

$$\frac{\sqrt{\sum_{i=0}^N (A_{RH_i} - B_{RH_i})^2} + \sqrt{\sum_{i=0}^N (A_{GH_i} - B_{GH_i})^2} + \sqrt{\sum_{i=0}^N (A_{BH_i} - B_{BH_i})^2}}{3 \times \sqrt{2 \times (1-0)^2}} \times 100 \quad (2)$$



2. 3 C.相関係数を用いる手法

画像の解像度を一定の値に合わせ、2つの画像のRGBそれぞれの画素値での相関係数を求め3で割る。

最後に、このままだと、-1~1になるので絶対値をとって、1から引き、100倍する。

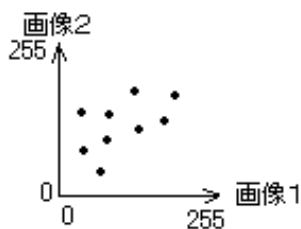
解像度を一定にする際、複数の画素の平均をとり、一つの画素値とすることで解像度を合わせている。

これを式にすると、

$$\left(\begin{array}{l} \text{解像度を合わせた後の比較したい画像： } A, B \\ \text{画像 } I \text{ のR要素： } I_R = \{I_{R_0}, I_{R_1}, \dots, I_{R_N}\} \text{ (} N \text{ : 解像度を合わせた画像の画素数)} \\ \overline{I_R} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N I_{R_i} \\ r_{AB_R} = \frac{\sum_{i=0}^N (A_{R_i} - \overline{A_R})(B_{R_i} - \overline{B_R})}{\sum_{i=0}^N (A_{R_i} - \overline{A_R})^2 \sum_{i=0}^N (B_{R_i} - \overline{B_R})^2} \end{array} \right.$$

とすると、類似度は次式(3)で求める事ができる。

$$\left(1 - \left| \frac{r_{AB_R} + r_{AB_G} + r_{AB_B}}{3} \right| \right) \times 100 \quad \text{--- (3)}$$



2. 4 D.解像度を合わせる手法

画像の解像度を一定の値に合わせ、同一の位置の画素値の差の二乗和の平方根を求める。最後に起こりうる最大の値($3 \times \sqrt{(全体画素数) \times (255-0)^2}$)で割り、100倍する。

解像度を一定にする際、複数の画素の平均をとり、一つの画素値とすることで解像度を合わせている。

これを式にすると、

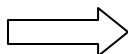
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{解像度を合わせた後の比較したい画像} : A, B \\ \text{画像} I \text{ の R 要素} : I_R = \{I_{R_0}, I_{R_1}, \dots, I_{R_N}\} \quad (N : \text{解像度を合わせた画像の画素数}) \end{array} \right.$$

とすると、類似度は次式(4)で求める事ができる。

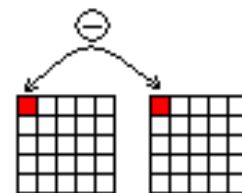
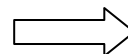
$$\frac{\sqrt{\sum_{i=0}^N (A_{R_i} - B_{R_i})^2} + \sqrt{\sum_{i=0}^N (A_{G_i} - B_{G_i})^2} + \sqrt{\sum_{i=0}^N (A_{B_i} - B_{B_i})^2}}{3 \times \sqrt{N \times (255 - 0)^2}} \times 100 \quad (4)$$



(300×225)



(10×10)



2. 5 E.振れ幅のヒストグラムを用いる手法

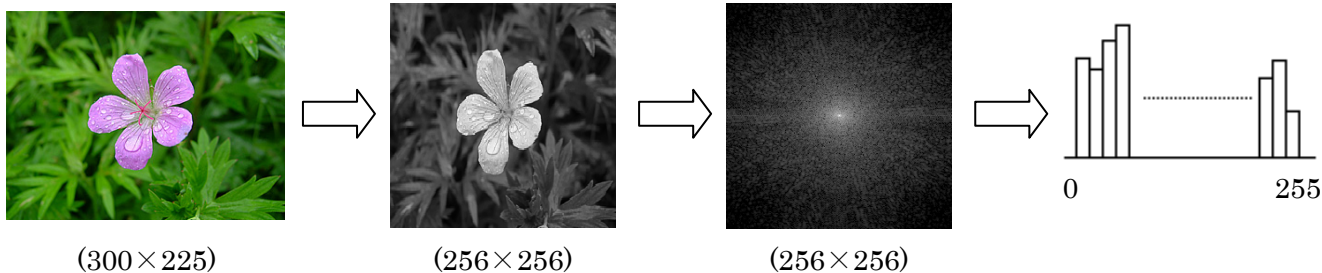
まず、線形補間法を用い、画像の幅、高さを元の大きさに最も近い2のべき乗にする。次に、離散フーリエ変換を用いて、周波数を座標、振れ幅を輝度とする画像を作る。その画像から、階級を振れ幅(0~255)、度数を相対度数(各階級の度数をデータの総数で割ったもの)とするヒストグラムを作り、すべての階級での差の二乗和の平方根をとる。最後に起こりうる最大の値($\sqrt{2 \times (1-0)^2}$)で割り、100倍する。

起こりうる最大の値について・・・このヒストグラムは度数を相対度数(各階級の度数をデータの総数で割ったもの=全階級の度数の合計が1になる)で表しているの
で、ある階級の度数が1、残りの階級の度数が0、もう一方のヒストグラムも、
一方とは異なる階級の度数が1、残りの階級の度数が0というときにこの値になる。
これを式にすると、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{比較したい画像の、周波数を座標、振れ幅を輝度とする画像：} A, B \\ \text{画像} I \text{ のヒストグラム：} I_{RH} = \{I_{H_0}, I_{H_1}, \dots, I_{H_N}\} \quad (N : \text{輝度の最大値} = 255) \\ (I_{RH_i} : \text{画像} I \text{ のヒストグラムの、画素値が} i \text{ のときの相対度数}) \end{array} \right.$$

とすると、類似度は次式(5)で求める事ができる。

$$\frac{\sqrt{\sum_{i=0}^N (A_{H_i} - B_{H_i})^2}}{\sqrt{2 \times (1-0)^2}} \times 100 \quad (5)$$



・離散フーリエ変換について

任意の波形は、単純な正弦波の和で表現できるという考えに基づき、任意の波形を、周波数と、振れ幅、位相で表すことができる。

具体的には、ある信号 $x(0), x(1), \dots, x(N)$ をフーリエ変換した結果を

$$X(0), X(1), \dots, X(N) \text{ とすると、} X(k) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W^{kn}$$

$$\text{ただし、} k = 0, 1, 2, \dots, N-1, W = e^{-j \frac{2\pi}{N} kn} = \cos\left(\frac{2\pi}{N} kn\right) - j \sin\left(\frac{2\pi}{N} kn\right)$$

これにより出た複素数の、 k が周波数、絶対値が振れ幅、偏角が位相となる。

画像も、一行ずつ、または一列ずつ見れば波形の集まりと考える事ができる。

そこで、画像を水平方向、垂直方向にフーリエ変換することで、

周波数、振れ幅、位相の関係を求めることができる。

2. 6 F.周波数ごとの振れ幅を比較する手法

まず、線形補間法を用い、画像の縦横を、それぞれ一定の大きさに、かつ 2 のべき乗にする。

次に、離散フーリエ変換を用いて、周波数を座標、振れ幅を輝度とする画像を作る。

その画像の同一の位置の輝度の差の二乗和の平方根をとる。

最後に、起こりうる最大の値($\sqrt{(全体\の\画素数) \times (255-0)^2}$)で割り、100 倍する。

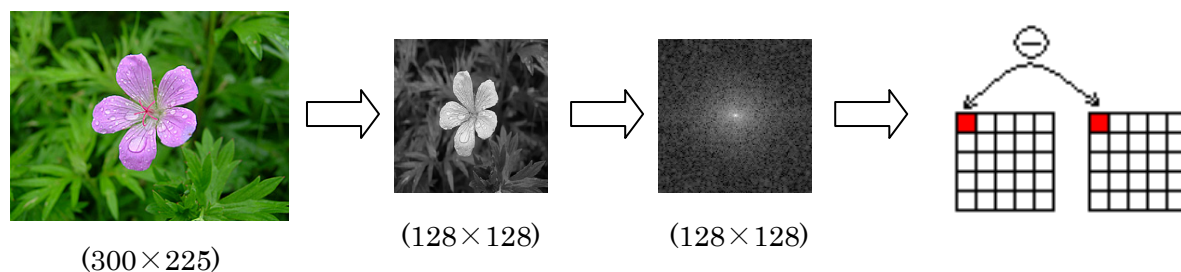
これを式にすると、

$$\left[\begin{array}{l} \text{解像度を合わせた後の比較したい画像} : A, B \\ \text{画像 } I \text{ の輝度値} : \{I_0, I_1, \dots, I_N\} \quad (N : \text{解像度を合わせた画像の画素数}) \end{array} \right.$$

とすると、類似度は次式(6)で求める事ができる。

$$\frac{\sqrt{\sum_{i=0}^N (A_i - B_i)^2}}{\sqrt{N \times (255 - 0)^2}} \times 100 \quad \text{————— (6)}$$

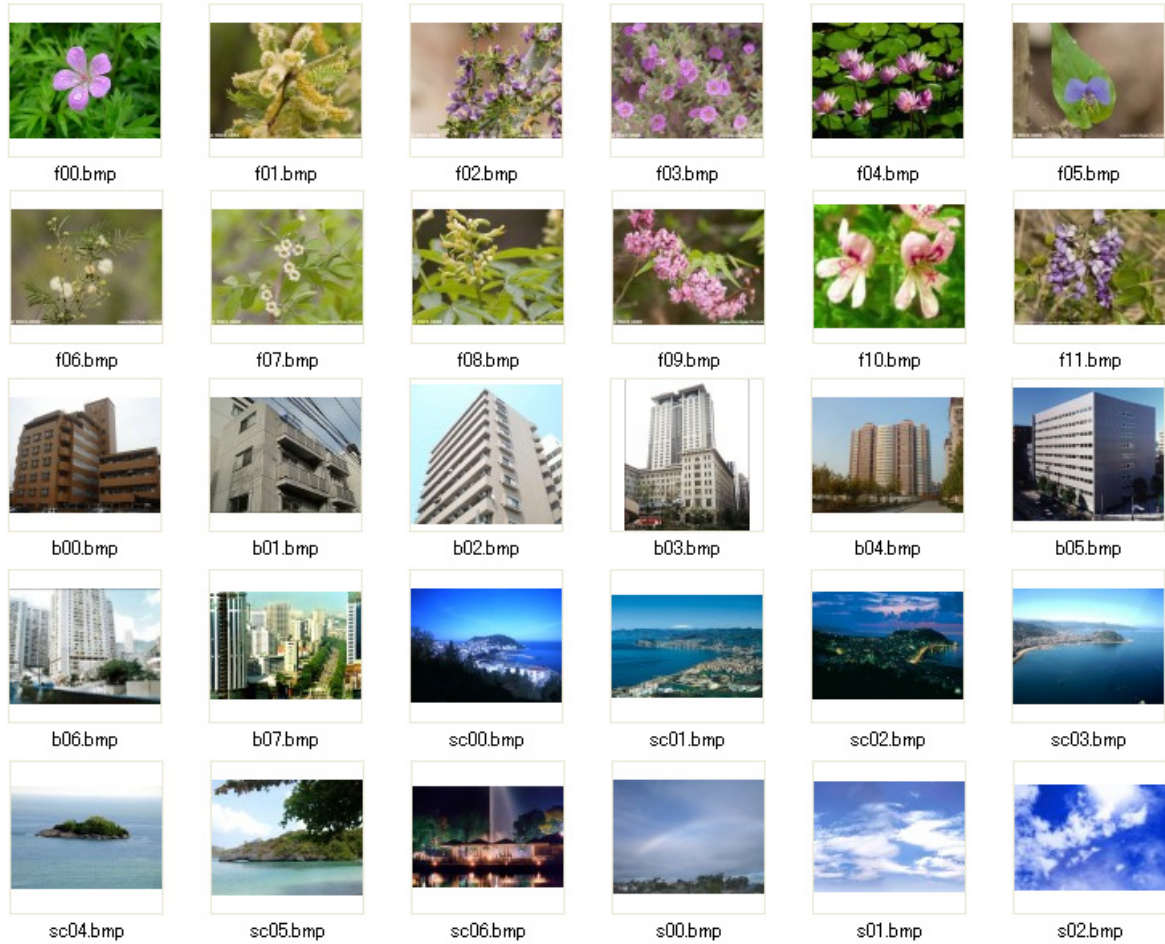
という式で求めることができる。



第 3 章 測定結果

以下の 30 の画像で、6 つの手法の実験を行った結果を付録に載せた。

これから、f00.bmp と他の 29 の画像で比較した結果を示す。



A.画素値の平均を用いる手法

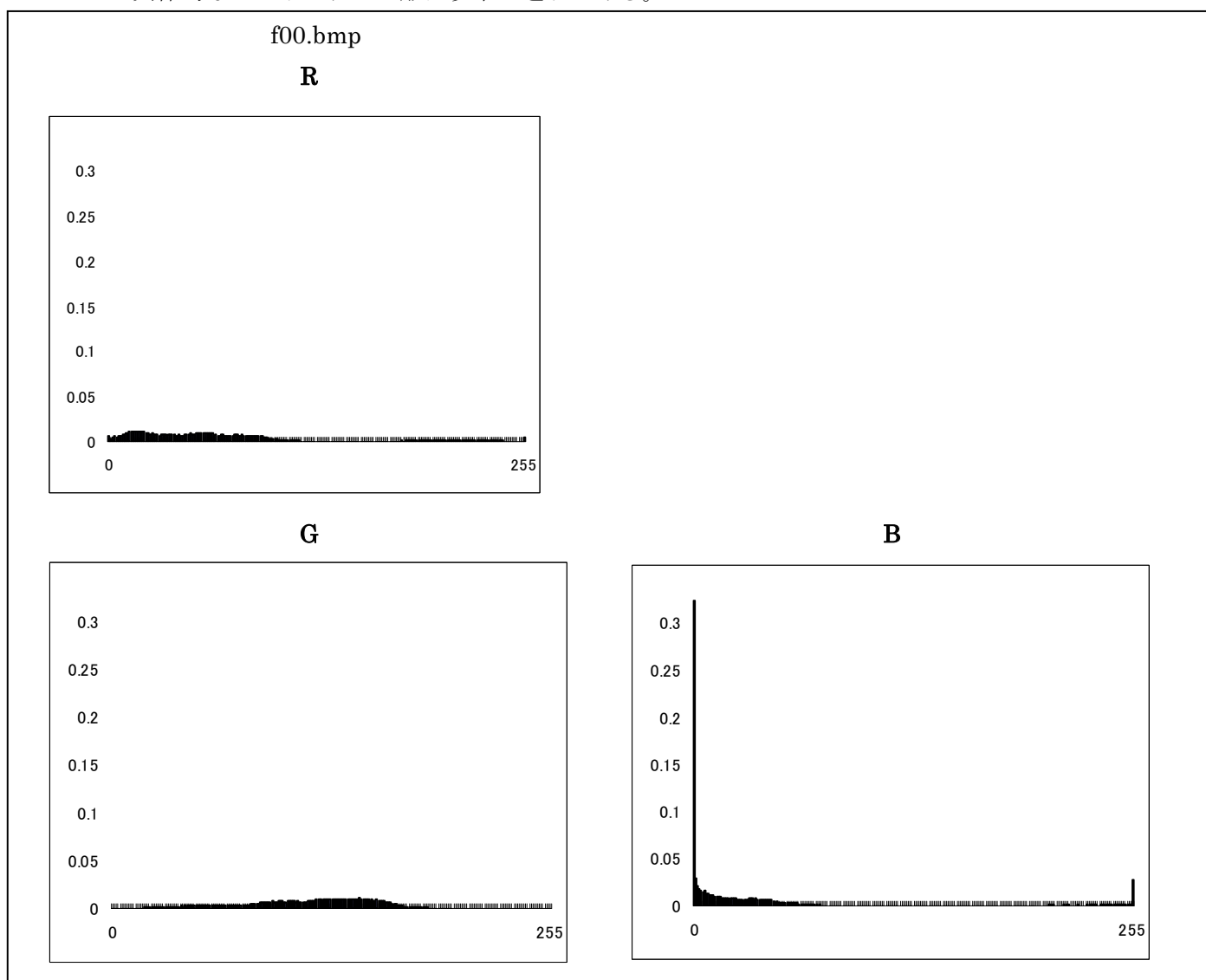
付録より、もっとも似ている画像は f04.bmp、もっとも似ていない画像は s01.bmp である。具体的な平均値は以下の通りである。これらの値を用いて、類似度を計算したい一方の画像の R,G,B の平均値を(1)式の $\overline{A_R}, \overline{A_G}, \overline{A_B}$ に、もう一方の画像の R,G,B の平均値を同式の $\overline{B_R}, \overline{B_G}, \overline{B_B}$ に代入することで類似度を求める。計算された類似度も以下に示す。

	R	G	B
f00.bmp	54.6	100.9	27.5
f04.bmp	51.6	67.4	15.2
s01.bmp	175	174.7	176.1

	f04.bmp	s01.bmp
f00.bmp	8.1	46.4

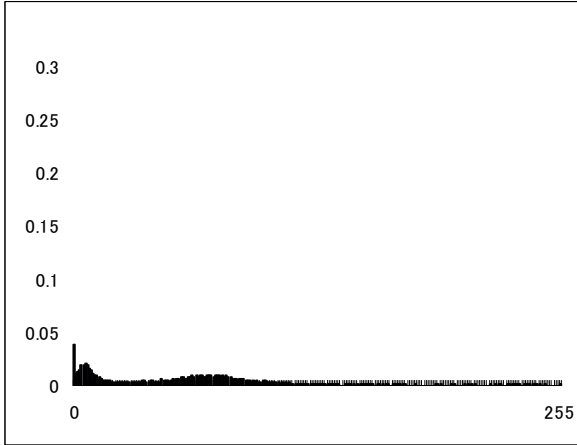
B.画素値のヒストグラムを用いる手法

付録より、もっとも似ている画像は f04.bmp、もっとも似ていない画像は b03.bmp である。具体的なヒストグラムの形は以下の通りである。

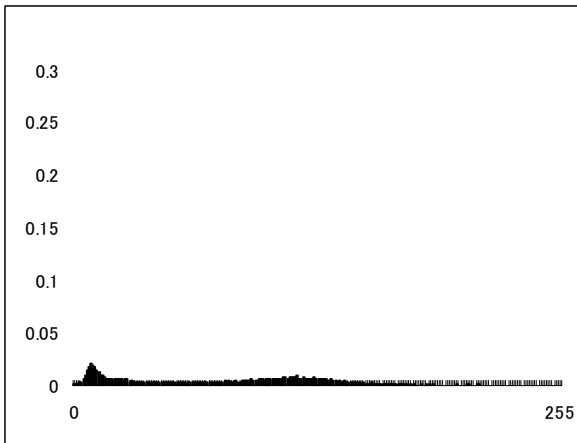


f04.bmp

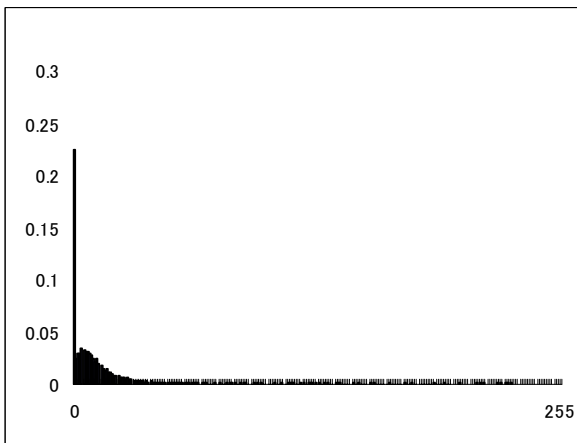
R



G

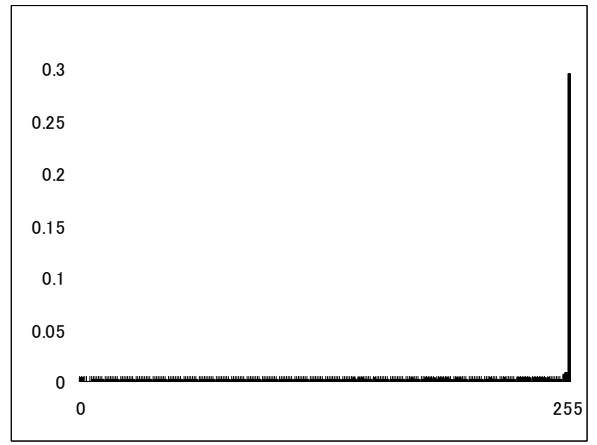


B

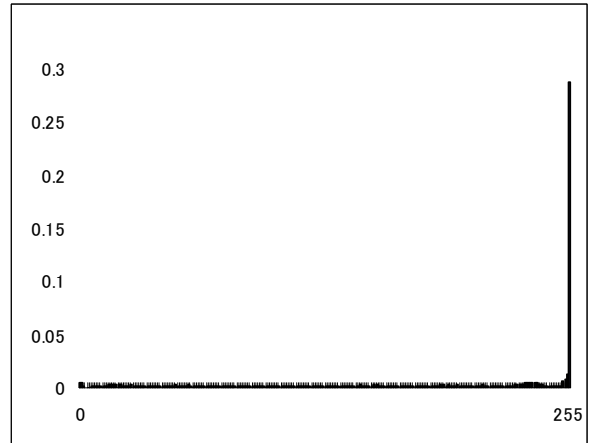


b03.bmp

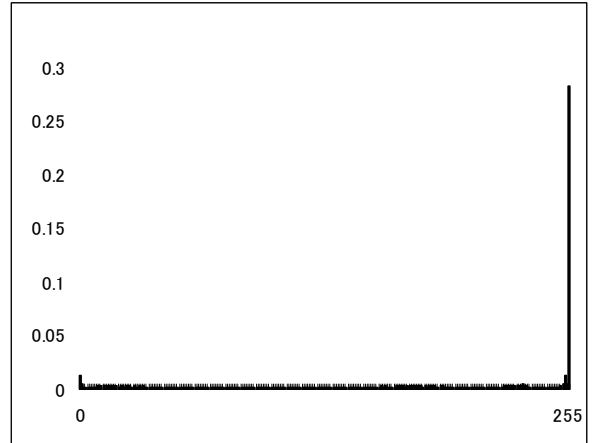
R



G



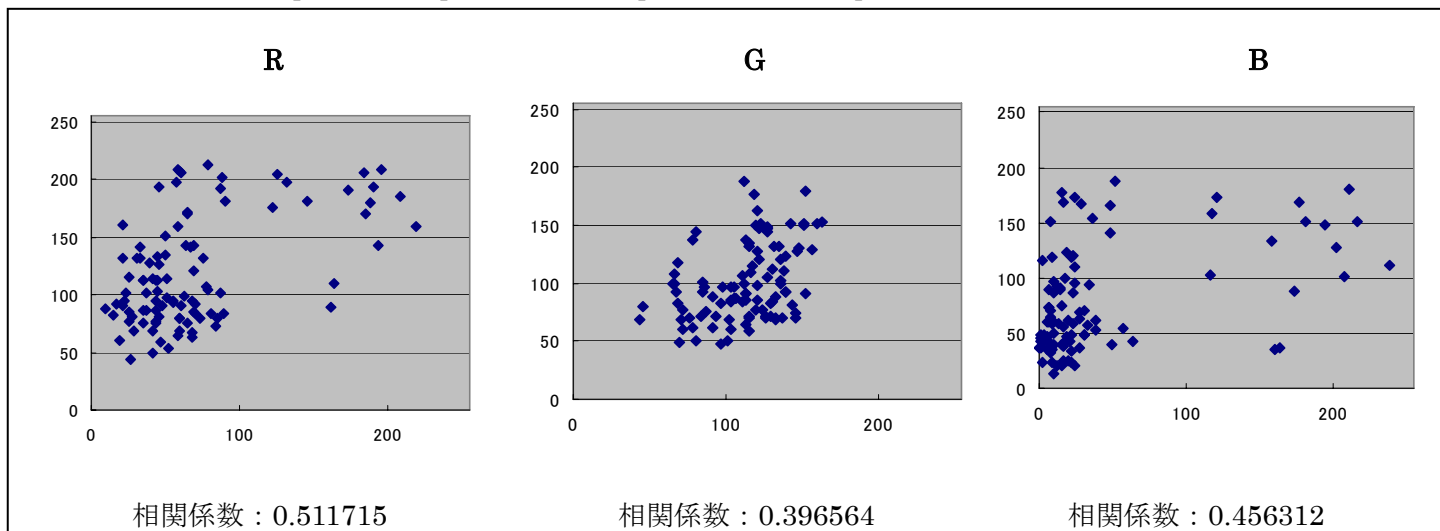
B



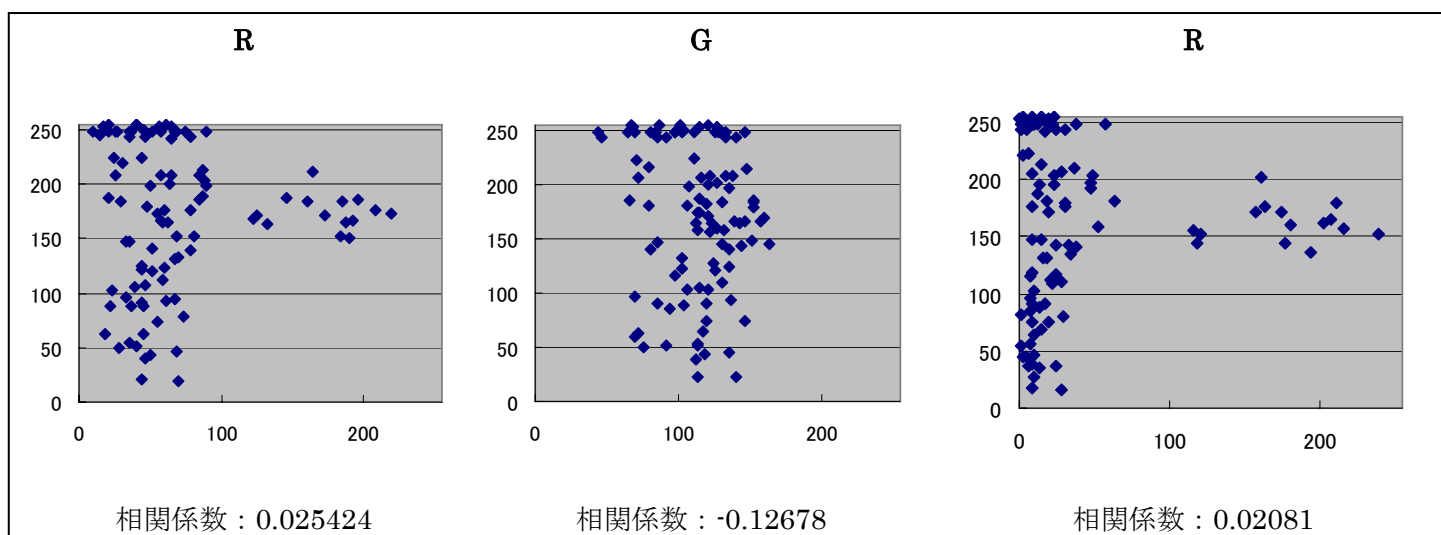
C.相関係数を用いる手法

付録より、もっとも似ている画像は f09.bmp、もっとも似ていない画像は b03.bmp である。具体的な f00.bmp と f09.bmp、f00.bmp と b03.bmp の散布図と相関係数は以下の通りである。これらの値を用いて、類似度を計算したい画像同士の R,G,B の相関係数を式(3)の $r_{AB_R}, r_{AB_G}, r_{AB_B}$ に代入することで類似度を求めた。

・ f00.bmp と f09.bmp(横軸 : f00.bmp、縦軸 : f09.bmp)



・ f00.bmp と b03.bmp(横軸 : f00.bmp、縦軸 : b03.bmp)

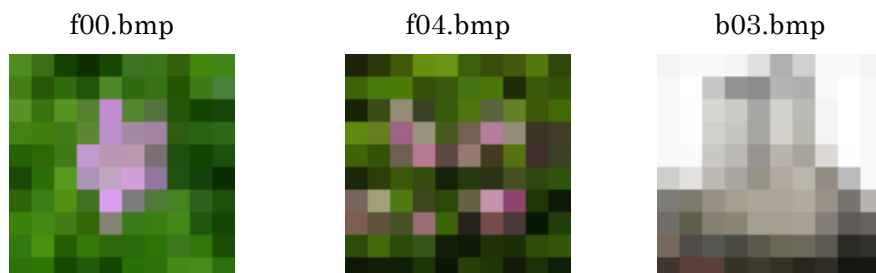


D. 解像度を合わせる手法

付録より、もっとも似ている画像は f04.bmp、もっとも似ていない画像は b03.bmp である。

実際に比較した画像を拡大したものを以下に示す。

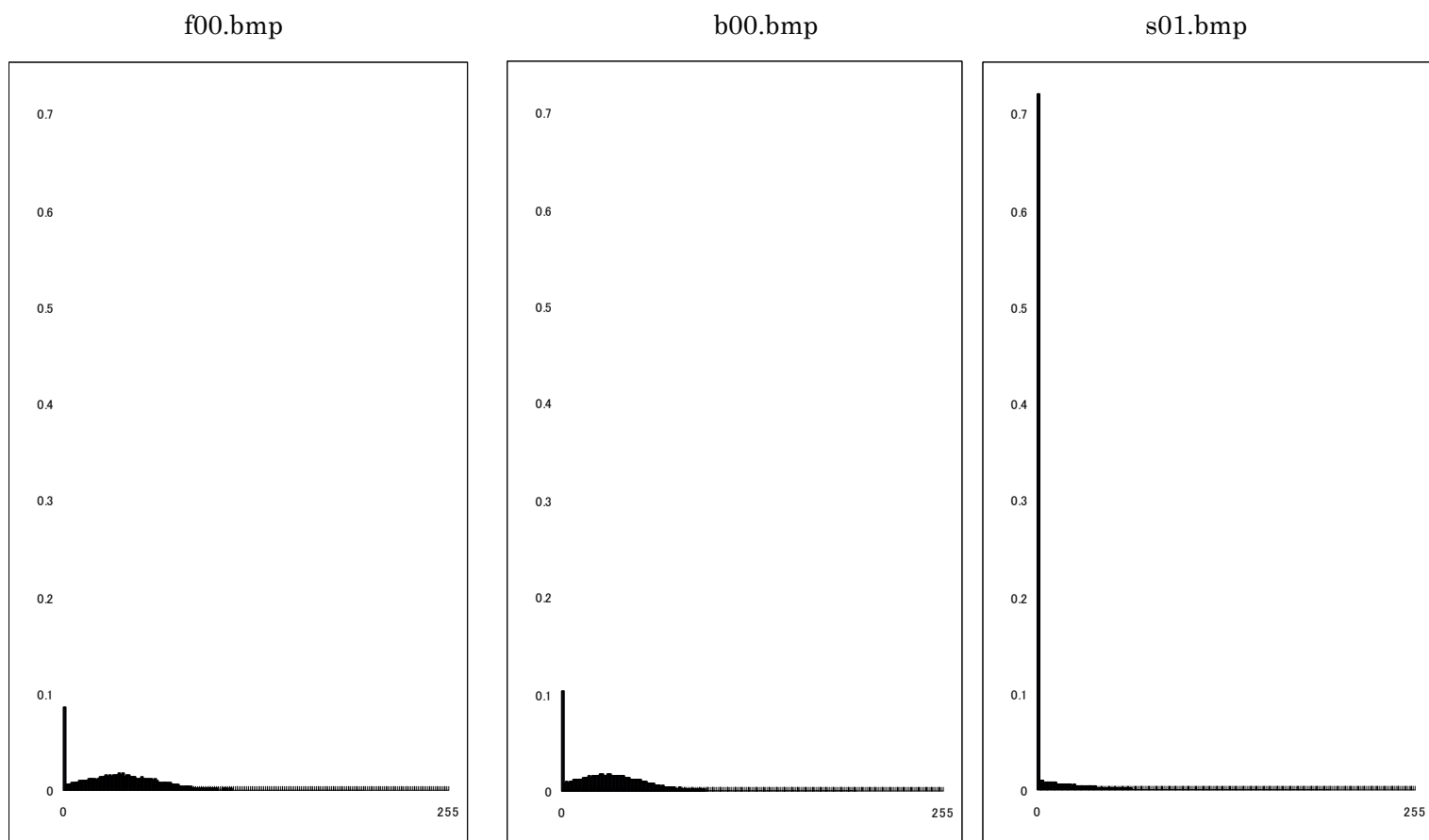
解像度は、幅、高さを 10 ピクセルに合わせた。



E. 振れ幅のヒストグラムを用いる手法

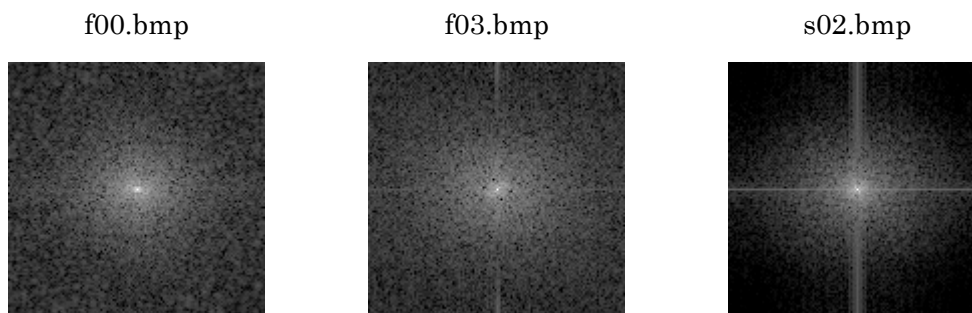
付録より、もっとも似ている画像は b00.bmp、もっとも似ていない画像は s01.bmp である。

具体的な振れ幅のヒストグラムの形は以下の通りである。



F.周波数ごとの振れ幅を比較する手法

付録より、もっとも似ている画像は f03.bmp、もっとも似ていない画像は s02.bmp である。実際に比較した、周波数を座標、振れ幅を輝度とする画像を以下に示す。



第4章 考察・今後の課題

A、**B**、**C**は、画素値のみで判断しているため、画像の形状などは考慮していない。

Aと**B**では、似た結果になったが、**A**は画素値の平均のみで、分散などを考慮していないので、**B**に比べると色合いが異なるものでも類似しているという結果になっていることがある。しかし、逆に計算量を考えると**B**より**A**の方が優れているといえる。

Dは、画素の位置と画素値を考慮しているため、見た目にも同じような画像同士が類似しているという結果になっている。ところが、画素の位置を考慮していることで、逆に、平行移動したような画像同士では、類似していないという結果が出ると考えられる。

E、**F**は、周波数空間のみで判断しているため、画素値の違いを考慮していない。

Eでは、周波数を考慮せず、振れ幅のみで判断しているため、今回の結果からもわかるように、全く異なる画像でも類似していると判断することがある。

以上より、これらの手法を組み合わせることで類似度を測定することを考える。

A、**B**、**C**は、画素値のみで判断しているため、周波数空間を考慮するために**E**と組み合わせると有効であると考えられる。

Dは、平行移動した画像同士などでは良い結果が出ないが、これを他の5つの手法で補うことはできないので、これを補う方法を考えなければならない。

Eは、あまり有用でない。

最後に、今回は計算量のことを考慮していなかったため、今後は考える必要がある。

第5章 謝辞

最後に、本研究を進めるにあたりゼミを中心に最後まで熱心なご指導、ご助言を頂きました田中章司郎教授に深く感謝の意を表すとともに心より御礼申し上げます。また、同じ研究室の熊谷恵理さん、坂口隼さん、中山裕太さん、清水洋志さんにも色々ご協力、ご助言頂いたことに御礼申し上げます。なお、本研究で作成したプログラム、発表資料などの全ての著作権を田中章司郎教授に譲渡いたします。

参考文献

[1]田村秀行：コンピュータ画像処理(2002)

・付録 計測結果

A.画素値の平均を用いる手法

	f00	f01	f02	f03	f04	f05	f06	f07	f08	f09	f10	f11	b00	b01	b02	b03	b04	b05	b06	b07	sc00	sc01	sc02	sc03	sc04	sc05	sc06	s00	s01	s02	
f00	0	16.4	27.2	21.6	8.1	18.5	14.5	22.3	15.1	13.5	18.1	17.3	19.8	22.3	45.2	36.5	23.8	15.1	35.8	21.7	27.4	23.7	18.3	27.7	35.6	23.8	14.8	34.2	46.4	45.5	
f01		0	13.1	10.6	20.7	6.3	5.3	8.3	2.6	8.1	12.5	12.6	10.3	13.5	33	24.1	14	13.4	23.9	11.9	29.7	26.7	29.6	24.4	23.6	16	23.8	25.6	33.8	39.2	
f02			0	7.6	31.8	8.9	13.2	8.5	12.9	16.2	13.2	14.2	9.5	9	20.5	11.4	7.4	17.2	11.4	7.7	28	26.1	35.7	19.1	11	10.1	31.9	15.2	21.2	29	
f03				0	25.5	4.5	7.8	10.8	9.7	9.8	5.9	6.9	2.2	4.1	26.3	16.9	5	9.7	16.3	5.6	22.4	20.7	28.4	16.1	16	7.7	24.6	16.4	27.1	29.3	
f04					0	22.9	18.7	28	20	16	21.7	20.8	23.7	26.8	50.8	41.8	28.6	17.8	41	27.1	30	27.4	16.5	32.5	40.8	29	9.9	39.2	51.9	49.8	
f05						0	4.3	8	5.2	7.6	7.3	7.8	4.3	7.3	28.6	19.4	7.9	9.9	18.9	6.4	24.7	22.1	28.1	18.7	18.6	10.1	23.7	19.7	29.5	33	
f06							0	10.7	3.7	4.1	7.6	7.6	6.6	10.1	32.7	23.5	11.3	8.1	23	9.6	24.6	21.8	25.1	20.4	22.7	12.9	20.1	23.1	33.7	36	
f07								0	8.1	14.6	14.6	15.2	11.5	12.5	25.9	17.8	11.5	17.5	17.8	9.2	30.6	27.4	34.8	22.4	17.5	13.3	30.7	21.2	26.8	35.3	
f08									0	7.3	10.7	10.8	9	12	32.4	23.5	12.5	11.6	23.1	10.3	27.5	24.3	27.9	22.3	22.9	14.2	22.9	24.2	33.3	37.7	
f09										0	8	7.6	8.3	12.1	35.8	26.5	13.8	6.6	25.9	12.8	24	21.7	22.5	21.7	25.6	15.3	16.5	25.2	36.7	37.4	
f10											0	1.1	3.9	5.4	30.1	21	7.6	4.4	20.1	7.8	17.7	15.7	22.7	13.9	19.9	8.3	19.9	17.8	31.2	29.4	
f11												0	4.8	6.5	31.2	22.1	8.7	3.4	21.1	8.7	17.4	15.4	21.6	14.3	20.9	9.2	18.9	18.7	32.2	30.1	
b00													0	4.1	27.8	18.5	5.7	7.7	17.8	5.8	21.1	19.1	26.3	15.5	17.5	7.7	22.7	17.1	28.8	29.8	
b01														0	24.7	15.6	2.3	9.8	14.7	4.1	19.3	17.4	27.6	12	14.5	3.9	25.3	13.2	25.8	25.9	
b02															0	9.4	22.6	34.5	10.1	23.8	36.5	35.6	51	25.3	10.4	22.6	50	15.5	1.9	21.8	
b03																0	13.5	25.5	1.6	14.9	29.9	28.7	42.7	19	1.5	14	40.9	9.8	10.3	21.5	
b04																	0	12.1	12.6	3.2	20.7	18.8	29.7	12.3	12.4	3.2	27.5	11.9	23.7	25.3	
b05																		0	24.5	11.8	17.4	15.4	18.7	16.5	24.3	12.4	15.5	21.9	35.6	32.6	
b06																			0	14.1	28.4	27.3	41.5	17.5	0.4	12.9	39.9	8.3	11.1	20.3	
b07																				0	21.8	19.2	29.3	13.5	13.9	4.3	27.1	14	24.9	27.6	
sc00																					0	5.2	19.3	11.7	28.4	18.6	24.3	21.2	37.9	24.2	
sc01																						0	18.4	10.3	27.3	16.3	23.3	20.6	37.1	25.9	
sc02																							0	27.3	41.3	28.8	10.4	36.5	52.3	43.1	
sc03																								0	17.5	9.4	29.5	10.4	26.8	18	
sc04																									0	12.8	39.7	8.4	11.3	20.6	
sc05																										0	27.8	10.6	23.8	23.6	
sc06																											0	36.7	51	45.4	
s00																												0	16.8	14.1	
s01																													0	22.7	
s02																														0	22.7

B.画素値のヒストグラムを用いる手法

	f00	f01	f02	f03	f04	f05	f06	f07	f08	f09	f10	f11	b00	b01	b02	b03	b04	b05	b06	b07	sc00	sc01	sc02	sc03	sc04	sc05	sc06	s00	s01	s02
f00	0	10.3	11.3	10.8	5.6	11.3	13	12.9	11.2	11	10	10.2	11.8	10.9	15.1	23.6	12.2	10.7	11.8	10.5	13.8	12	19.9	13.6	12.3	11.2	12.2	12.6	13.9	11.3
f01		0	3.9	3.8	9.4	4.6	6.7	5.4	3.2	3.2	4.7	3.6	5.6	5.2	10.9	20.7	5.4	4.5	5.2	5.6	11.3	6.7	15.1	8.4	5.5	7.2	5.9	6.3	8.3	6.7
f02			0	3.9	10.1	5	7.3	5.3	4.6	5.6	4.7	3.7	7.1	4	10.1	20.7	5.7	5	4.4	5.6	11.5	6.2	15.2	8.2	3.8	7.2	7.9	5.9	7.6	7.2
f03				0	10.1	2.2	5	4.3	4.7	5.1	4.9	2.3	6.4	5.1	11.1	20.8	5.7	5.2	5.6	6	11.5	5.8	15.4	8.3	5.4	7.8	7.8	5.7	8.2	7
f04					0	10.6	11.6	11.8	9.9	9.6	7.6	8.9	10.1	9.2	14.1	22.8	10.6	8.9	10.3	8.4	11.8	10	16.2	11.2	10.9	9.5	9.7	11.7	12.5	10.5
f05						0	4.4	4.3	5.2	5.9	5.7	3.4	6.9	5.8	11.9	21	6.7	6	6.6	6.8	12	6.9	15.8	8.8	6.2	8.5	8.2	5.8	8.9	7.8
f06							0	6.8	7.4	7.5	7.5	5.5	7.8	8.2	12.8	21.6	8.5	7.6	8.5	8.4	12.9	8.7	16.6	10.1	8.5	9.9	9.4	8	10.2	9.5
f07								0	4.7	7.3	6.6	5.2	8.2	5.7	12.6	21.3	6.8	7	7	7.5	12.8	8.1	16.3	9.5	5.9	9	8.7	5.2	9.4	9
f08									0	4	5.1	4.5	6.4	5.1	11.7	20.8	5.6	5.5	5.9	5.9	11.7	7.4	15.2	8.7	5.5	7.6	7.3	5.7	8.8	7.6
f09										0	5.2	4.3	5.3	6.6	11.4	20.7	6.3	4.5	6.1	6	11.5	7	15.1	8.6	7	7.8	6.5	7.6	8.7	7.6
f10											0	3.9	5.3	3.8	10.2	19.4	6.1	4.3	4.1	2.7	9.8	5.7	13.7	6.7	5.5	5.6	6.3	7	6.9	6.6
f11												0	5.7	4.6	11.1	20.7	5.6	4.3	5.3	5.4	10.8	5.4	14.7	7.8	5.4	7.2	7	6.1	8.1	6.6
b00													0	7.4	10.6	19.4	7.5	5.5	5.8	5.5	11	8.3	15.2	7.9	7.4	7	7	8.5	7.4	7.6
b01														0	11.3	20.2	6.2	6	5.1	4.9	11.2	6.2	14.3	7.6	4.1	7.1	7.9	5.9	8	7.7
b02															0	16.6	11.5	10.6	8.7	10.2	9.1	12.5	19.1	11	10.3	7.1	12.8	12.1	8.8	7.8
b03																0	21.1	20.7	18.5	18.4	18	21.4	25.6	20	20.6	16	21.4	21.3	14.8	17.6
b04																	0	5.7	5.9	6.5	11.9	7.8	15.8	9.1	6	7.9	8.4	7.1	8.7	7.6
b05																		0	4.8	5.1	10.6	6.6	14.1	8	6.2	6.7	5.6	7.3	8.1	7.3
b06																			0	3.7	10.6	6.8	15.2	7	4.1	5.2	7.7	6.4	4.6	6.2
b07																				0	10.5	6.5	14.1	6.8	5.7	5.6	7	7.8	6	7.3
sc00																					0	10.5	16.6	9.9	11.6	7.7	11.1	12.5	11.3	8.3
sc01																						0	11.9	6	7	9	8.5	7.7	9.5	8.6
sc02																							0	12.6	15.5	15.9	15	16.4	16.9	17.1
sc03																								0	7.8	7.9	9.9	9.7	8.7	8.7
sc04																									0	7.3	8.7	5.4	7.2	7.3
sc05																										0	8.5	8.7	5.9	5.5
sc06																											0	9.7	10.3	9.6
s00																												0	9	8.2
s01																														

E.振れ幅のヒストグラムを用いる手法

	f00	f01	f02	f03	f04	f05	f06	f07	f08	f09	f10	f11	b00	b01	b02	b03	b04	b05	b06	b07	sc00	sc01	sc02	sc03	sc04	sc05	sc06	s00	s01	s02	
f00	0	5.9	3.9	13.4	5.8	13.3	6.4	15	8.3	6.4	9.6	5.4	2	7	2.8	2.1	3.6	5.7	4.9	4	20.6	7	9.1	13.3	3.2	5.3	12.2	5.9	45.1	10.3	
f01		0	2.1	7.7	10.6	7.6	0.8	9.3	2.5	0.9	4	10.5	4.9	11.8	8.5	7.7	2.6	10.9	10	8.9	14.9	12	3.4	7.7	3.8	0.9	6.4	3.1	39.4	4.6	
f02			0	9.7	8.7	9.6	2.7	11.4	4.6	2.7	6	8.5	3.1	9.9	6.5	5.7	1.2	8.9	8.1	7	16.9	10.1	5.4	9.7	2.4	1.6	8.5	3.3	41.5	6.6	
f03				0	18.1	0.8	7.1	1.7	5.2	7.1	4.1	18	12.2	19.3	16	15.3	10	18.4	17.6	16.5	7.3	19.5	4.4	1	10.9	8.3	1.5	8.6	31.8	3.3	
f04					0	18	11.2	19.7	13	11.1	14.1	1.8	7.5	1.9	4.6	4.1	8.9	1.9	2.2	2.2	25.1	3.2	13.8	18.1	8.7	10	16.7	11.2	49.4	14.9	
f05						0	7	1.8	5.1	7	4	17.9	12	19.2	15.9	15.2	9.9	18.3	17.5	16.4	7.4	19.4	4.3	0.8	10.7	8.2	1.6	8.5	31.9	3.3	
f06							0	8.7	2	0.7	3.5	11.1	5.3	12.4	9	8.2	3	11.5	10.6	9.5	14.3	12.5	2.8	7.1	4.1	1.3	5.9	3.1	38.9	4.1	
f07								0	6.8	8.7	5.7	19.6	13.8	20.9	17.6	16.9	11.6	20.1	19.2	18.2	5.7	21.1	6	1.9	12.5	9.9	3	10.2	30.2	4.9	
f08									0	2	1.8	12.9	7.1	14.2	10.9	10.1	4.9	13.3	12.4	11.4	12.4	14.4	1	5.2	5.9	3.2	4	4.2	37	2.3	
f09										0	3.4	11.1	5.3	12.4	9	8.2	3	11.5	10.6	9.5	14.3	12.6	2.8	7.1	4.1	1.4	5.9	3	38.9	4.1	
f10											0	14.1	8.5	15.4	12.2	11.5	6.3	14.5	13.7	12.6	11.2	15.6	1.3	4.2	7.4	4.6	2.9	5.5	35.7	1.7	
f11												0	7.3	2.1	4.1	3.6	8.7	1.3	1.8	2	25.1	2.4	13.8	18	8.5	9.9	16.7	11.1	49.5	14.9	
b00													0	8.8	4.1	3.9	2.3	7.5	6.7	5.7	19.4	8.9	7.9	12	1.5	4.3	11.1	4.1	43.9	9.2	
b01														0	5.7	5.1	10.1	1.8	2.7	3.2	26.3	2.2	15.1	19.4	10	11.3	18	12.6	50.6	16.2	
b02															0	1.7	6.1	4.2	3.6	3	23.2	5.6	11.7	15.9	5.5	7.9	14.8	8.2	47.7	12.9	
b03																0	5.5	3.7	3.1	2.2	22.5	5.1	11	15.2	5.2	7.1	14.1	7.8	47	12.2	
b04																	0	9	8.1	7.1	17.2	10.2	5.7	9.9	1.4	2.1	8.8	2.8	41.8	7	
b05																		0	1.7	2.3	25.5	1.9	14.2	18.4	8.8	10.3	17.1	11.4	49.9	15.3	
b06																			0	1.8	24.7	2.9	13.3	17.6	7.9	9.4	16.3	10.5	49.1	14.4	
b07																				0	23.6	3.7	12.2	16.5	6.9	8.4	15.2	9.4	48.1	13.4	
sc00																					0	26.4	11.6	7.5	18.1	15.5	8.5	15.8	24.6	10.4	
sc01																						0	15.2	19.5	10.1	11.4	18.1	12.7	50.7	16.4	
sc02																							0	4.4	6.7	4	3.1	4.8	36.1	1.6	
sc03																								0	10.7	8.3	1.9	8.4	32	3.4	
sc04																									0	3.3	9.8	2.8	42.6	7.9	
sc05																										0	7.1	3	40.1	5.3	
sc06																											0	7.7	33	2.2	
s00																													0	40.2	5.9
s01																														0	35
s02																															0

F.周波数ごとの振れ幅を比較する手法

	f00	f01	f02	f03	f04	f05	f06	f07	f08	f09	f10	f11	b00	b01	b02	b03	b04	b05	b06	b07	sc00	sc01	sc02	sc03	sc04	sc05	sc06	s00	s01	s02	
f00	0	9.8	10.4	9.6	10.7	10.5	9.8	9.7	9.7	10.2	14	10	10.1	12.8	9.9	12.2	10.1	11.3	10.6	13.5	10.2	11.5	10.7	10.8	11	11.6	11.2	11.7	13.3	14.9	
f01		0	9.4	9.7	10.9	11.2	9.8	10.5	9.4	9.6	16	11	9.8	11.4	9.9	10.7	10.2	10.3	11.3	11.8	9.6	10.2	9.8	11.6	11.8	10.3	10.3	12.9	14.7	17	
f02			0	10.1	11.3	12.3	10.2	11.3	9.5	9.5	17.4	11.7	10.4	10.8	10.1	10	10.8	9.9	12.3	10.8	9.6	9.6	9.8	12.7	12.9	9.5	10	14.2	16.2	18.5	
f03				0	10.2	10.3	9.7	9.6	9.6	9.7	14.1	9.9	10	12.7	9.8	11.9	10	11.1	10.4	13.3	10.1	11.3	10.6	10.9	11.2	11.4	11	11.8	13.5	15.1	
f04					0	11.9	11.4	11.1	10.8	10.6	13.7	9.7	11	14.4	11.4	12.7	11.1	11.7	10.4	14.1	11.6	12.7	11.9	12.3	12.9	12.6	11.7	13.3	14.8	15.1	
f05						0	10	9.1	11.3	11.5	12.5	10.6	10.8	14.8	11.2	14.2	10.2	13.1	10.4	15.8	11.4	13.5	12	9.6	9.6	13.7	12.8	9.8	11	12.5	
f06							0	9.6	9.7	10.1	15.1	10.9	9.9	12.3	9.9	11.7	9.9	11.1	11	13.1	9.7	10.9	10.1	10.4	10.4	11.1	11	11.3	13.1	15.7	
f07								0	10.3	10.7	12.6	9.8	10.2	14	10.1	13.3	9.9	12.2	10	14.9	10.6	12.5	11.2	9.5	9.6	12.7	12.1	9.9	11.2	13.2	
f08									0	9.5	15.8	10.6	9.8	11.4	9.6	10.8	10.3	10.3	11.3	11.9	9.6	10.3	9.9	11.5	11.7	10.3	10.4	12.9	14.6	16.9	
f09										0	16.2	11	10.2	11.5	10.1	10.7	10.6	10.3	11.6	11.8	10.1	10.5	10.1	12.3	12.6	10.3	10.2	13.7	15.6	17.3	
f10											0	11.7	14.8	20.9	15.5	19.7	14.2	17.5	11.3	21.3	16.6	19.2	17.1	12.5	12.9	19.3	17.5	11.6	11.4	8	
f11												0	10.6	14.9	10.9	13.6	10.5	12.1	9.4	14.9	11.5	13.1	11.8	10.7	11.3	13.2	12.1	11.5	12.6	12.9	
b00														0	12.4	10.3	11.1	9.5	10.5	10.4	12.4	9.7	10.9	10.1	10.5	10.9	11	10.6	11.9	13.6	15.7
b01															0	12	10.6	13.1	11.9	15.6	11.1	11.2	10.8	11.4	15.4	15.4	10.4	11.6	16.9	19	21.8
b02																0	11.7	10.6	11.3	11.6	13	10	11	10.4	11.2	11.5	11	11.2	12.3	13.9	16.4
b03																	0	11.7	10.1	13.8	9.6	10.4	9.8	10.4	14.1	14.6	9.4	10.2	16.1	18.3	20.8
b04																		0	10.9	9.9	13.2	10	11.5	10.5	10	10.5	11.7	11	11.2	12.9	14.8
b05																			0	12.1	10.8	10.1	10.3	10.3	12.8	13.3	10.2	10.3	14.6	16.5	18.8
b06																				0	15.2	11.6	13.5	12	10	10.7	13.7	12.5	10.7	11.7	12.1
b07																					0	11.6	10.6	11.6	15.8	16.4	10.1	11	17.9	20.1	22.5
sc00																						0	9.9	9.6	11.2	11.4	10	10.3	12.7	14.4	17.3
sc01																							0	10.1	13.2	13.5	9.5	10.5	15.1	17.1	20.2
sc02																								0	11.7	12	10.1	10.4	13.3	15.2	18
sc03																									0	9	13.8	13.1	9.1	10	12.7
sc04																										0	14.1	13.5	9.1	9.7	12.9
sc05																										0	10.2	15.6	17.7	20.4	
sc06																											0	14.8	16.8	18.6	
s00																												0	8.9	11.3	
s01																															