

動画／静止画／加工／認識／圧縮／
伝送／表示／ライブラリ／評価／レンズ…



デジタル 画像技術 事典2000



CQ出版社

見本
インターネット編集部 編

4

認識処理では欠かせない！画像全体の明るさを数値的に表す方法 画像の輝度分布…ヒストグラム

ヒストグラム (Histogram) は、横軸に輝度値、縦軸に画像中に含まれる輝度値の頻度 (画素数) をグラフに表示したものです。図1に8ビット (0~255階調) 画像のヒストグラムを示します。

ヒストグラムの分布を見ることで画像が明るいのか、暗いのかの判断ができます。ヒストグラムが輝度値0~255まで偏りなく分布している画像では、明暗のはっきりとしたコントラストの高い画像となります。

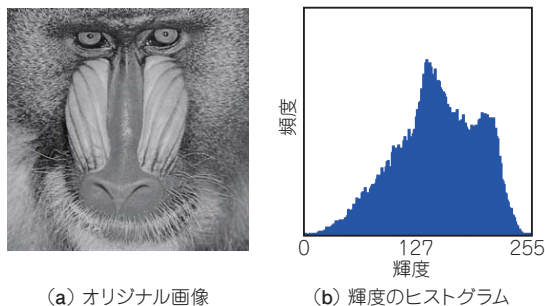


図1 横軸に輝度値、縦軸に画像に含まれる輝度の頻度をグラフ化したものがヒストグラム

図2のように画像が暗い=ヒストグラムで輝度値が低い方へ偏っているような場合は、カメラのゲインを大きくするか、露光時間 (受光素子が光を検出する時間) を長くすることで最適な画像を得ることができます。逆に図3のようにヒストグラムが輝度値が高い方へ偏っているような場合にはカメラのゲインを小さくするか、露光時間を短くします。

●ヒストグラム活用のテクニック

図4のようなコントラストが低くて何が写っているか分かりづらい画像では、まず、見たい部分のヒストグラムを (b) のように取得するとコントラストの調整がしやすくなります。

(a) の四角で囲まれた部分のヒストグラムでは輝度値が集中しています。この図の例では輝度値が60~80程度です。この集中している輝度値を図5のように0~255に割り振られるようにコントラストを調整すると、より見やすくなります。

安川 章

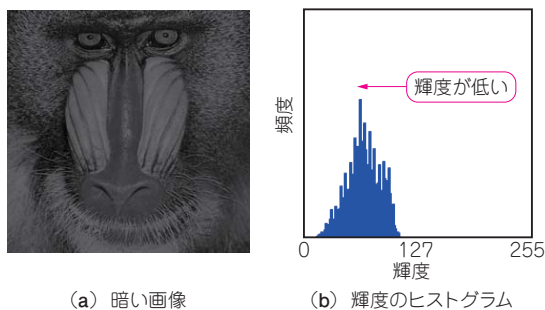


図2 暗い画像ではヒストグラムの輝度値は低い方へ偏る

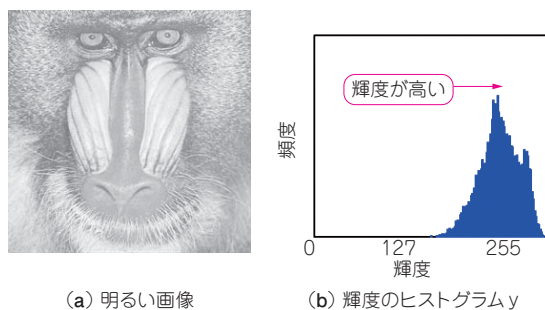


図3 明るい画像ではヒストグラムの輝度値は高い方へ偏っている

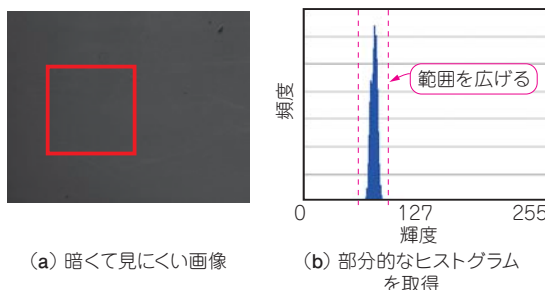


図4 見にくい画像を見やすくする①…ヒストグラムを取得する

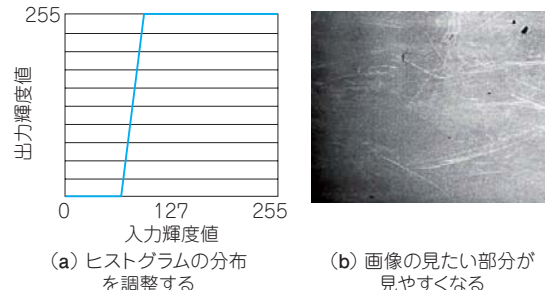


図5 見にくい画像を見やすくする②…輝度値を0~255に割り振るようにコントラストを調整する

14 クッキリ画像の方が誤認識しやすい？ 必須の前処理…ノイズ除去フィルタ

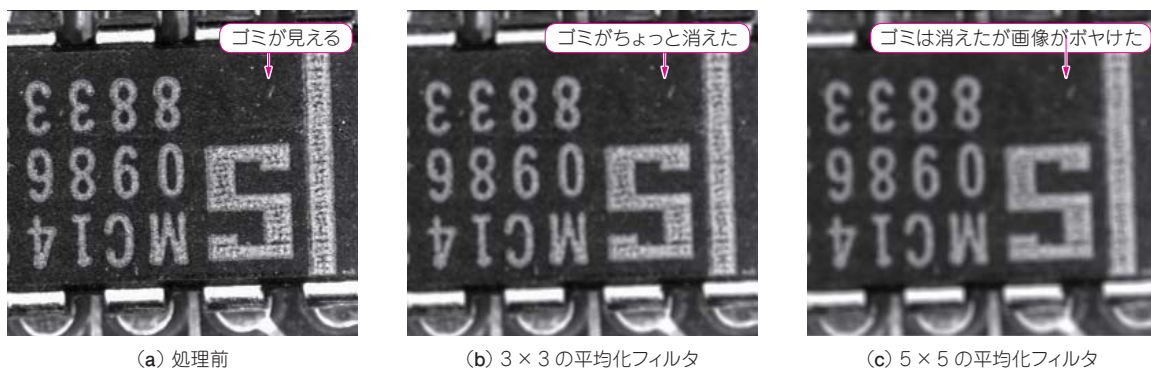


図1 平均化フィルタの処理例…画像はボヤけるが演算誤差などは抑えられる

● あらかじめノイズを除去する

二値化処理やエッジ抽出などでは画像にノイズが残っていると、ノイズごと処理してしまい、二値化のしきい値を正しく設定できなかつたり間違ったエッジを抽出してしまいます。そのため、図1のようにあらかじめノイズを除去しておいてから処理を行います。

一次元的なデータに含まれるノイズ除去では、ある

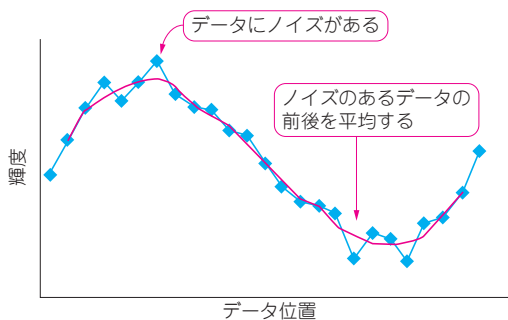


図2 ノイズ除去の基本は前後のデータの平均値をとる

データの前後のデータを用い、図2のように平均するなどしてノイズを除去します。

これを画像処理では図3のように画素の上下、左右、斜め方向の輝度値を用いて二次元的に処理します。この周辺の輝度値を用いてノイズ除去（フィルタ処理）を行うことを「空間フィルタリング」と呼びます。空間フィルタリングでは、ある領域（図では3×3の領域）の輝度値に対し、係数を掛けて足し合わせ、処理後画像の輝度値とします。

この係数の組み合わせを「オペレータ」や「カーネル」と言い、オペレータの値によりフィルタ処理の名称が付けられています。

● 計算がシンプル…平均化フィルタ

平均化フィルタは周辺の輝度値を平均し、処理後の輝度値とするフィルタで、図4のようなオペレータが用いられます。この処理を行った画像を図1に示します。

平均化フィルタではオペレータのサイズが大きければ、全体のノイズ除去量も大きくなりますが、全体的にはぼや

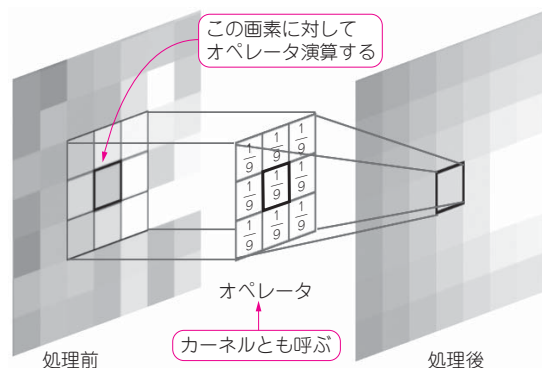


図3 一つの画素に対して上下、左右、斜めの周辺画素の輝度値を使ってノイズ除去を行う

フィルタ内の係数を合計するとそれぞれ1になる

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{25}$

(a) 3×3画素を用いる場合 (b) 5×5画素を用いる場合

図4 平均化フィルタで使われるオペレータ

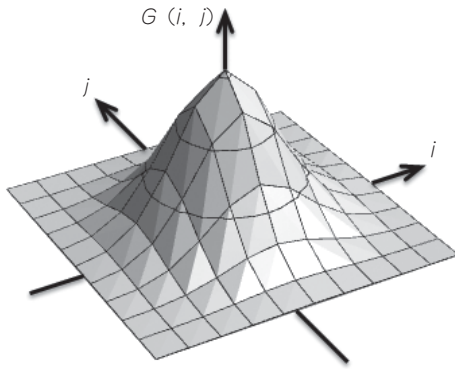


図5 ガウス分布のイメージ

けた画像となってしまいます。

● 定番ガウシアン・フィルタ

▶ ガウス分布の加重平均を行うフィルタ

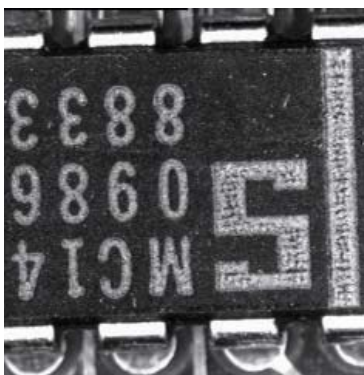
平均化フィルタでは単純に処理したい画素周辺の輝度値を平均していましたが、一般的な画像では、画素の位置が近いほど輝度差が少なく、逆に位置が遠いと輝度差が大きくなる可能性が高くなります。このことから、画素の位置が近いほど、より強く平均されるようにすると、単純な平均化フィルタよりもより強くぼかしてノイズを除去できます。平均化フィルタに二次元のガウス分布を用いた重みを付加した加重平均を行うガウシアン・フィルタを使います。

二次元のガウス分布 $G(i, j)$ は次式で表されます。

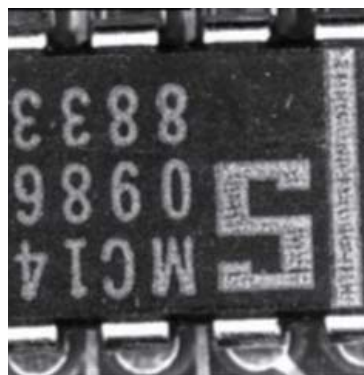
$$G(i, j) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{i^2 + j^2}{2\sigma^2}\right)$$

この式を図示化したものを図5に示します。

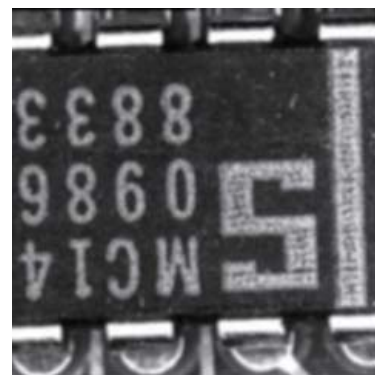
実際のガウシアン・フィルタではオペレータの係数の合計が1となるように正規化して利用します。図6に示すオペレータがよく用いられます。図7にガウシアン・フィルタの処理例を示します。



(a) 処理前



(b) 3×3の平均化フィルタ



(c) 5×5の平均化フィルタ

図7 ガウシアン・フィルタの処理例…平均化フィルタよりも強めにノイズをぼかせる

$\frac{1}{16}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{2}{16}$	$\frac{4}{16}$	$\frac{2}{16}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{1}{16}$

$\frac{1}{256}$	$\frac{4}{256}$	$\frac{6}{256}$	$\frac{4}{256}$	$\frac{1}{256}$
$\frac{4}{256}$	$\frac{16}{256}$	$\frac{24}{256}$	$\frac{16}{256}$	$\frac{4}{256}$
$\frac{6}{256}$	$\frac{24}{256}$	$\frac{36}{256}$	$\frac{24}{256}$	$\frac{6}{256}$
$\frac{4}{256}$	$\frac{16}{256}$	$\frac{24}{256}$	$\frac{16}{256}$	$\frac{4}{256}$
$\frac{1}{256}$	$\frac{4}{256}$	$\frac{6}{256}$	$\frac{4}{256}$	$\frac{1}{256}$

(a) 3×3画素を用いる場合

(b) 5×5画素を用いる場合

図6 ガウシアン・フィルタで使われるオペレータ

● 輪郭を残したままノイズを除去できる …メディアン・フィルタ

▶ 周辺画素の輝度値を並べかえて真ん中の値を使う
平均化フィルタやガウシアン・フィルタでは、ノイズをより除去しようとする、どうしても画像の輪郭がぼやけた感じになってしまいます。そこで輪郭の状態を残したまま、ノイズを除去する手法の一つとして、メディアン・フィルタを利用します。

メディアン・フィルタは周辺の輝度値を大きさに順番に並べて、並べた値の中央の値(メディアン)で並べかえ前の中央の輝度値を置き換える処理を行います。

図8のように中央の輝度値が165の部分の周辺の輝度値3×3画素の範囲で取得します。

61, 96, 41, 57, 165, 34, 24, 30, 31

この輝度値を大きさに順番に並べます。

24, 30, 31, 34, 41, 57, 61, 96, 165

並べた輝度値9個中の中央値となる5番目の輝度値41で輝度値165の画素を置き換えます。

この処理を全画素について行い、図9のようにノイズの除去を行います。図10にメディアン・フィルタで処理した画像を示します。

16 濃淡の変化が大きい画像を探す 対象の輪郭を知りたいなら…エッジ抽出フィルタ

画像認識で寸法を計測する場合などには、図1のように画像の輪郭部分の抽出を行います。

● エッジ抽出のしくみ…

輝度値の差分から抽出するエッジを見つける

エッジ抽出は基本的に画像の横方向および縦方向の輝度値の微分を行います。微分は図2のように画像の隣り合う画素の輝度差を計算して求めます。この微分したデータの頂点(上に凸, 下に凸の部分)の部分抽出し、エッジとします。

ただし、エッジ抽出(微分処理)は図3に示すようにノイズが含まれるデータを微分してしまうため、ノイズに弱いという欠点もあります。そのため、微分する方向に直行する向きに、ノイズ除去フィルタ処理を行

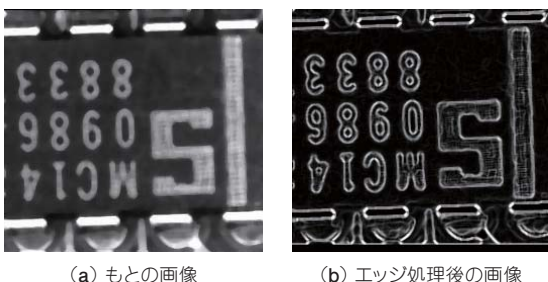


図1 寸法を測るときなどには画像の輪郭抽出を行うことがある

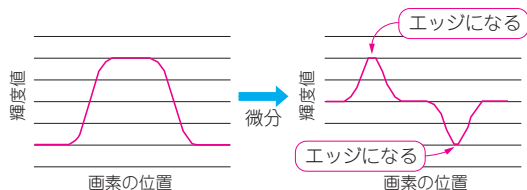


図2 隣合う輝度値の差分からエッジを求める

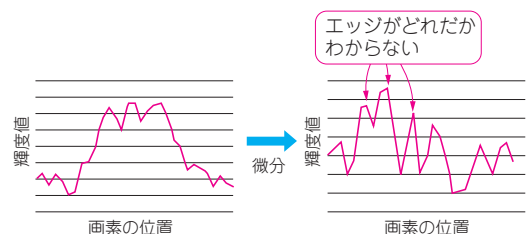


図3 ノイズのある画像をエッジ抽出するとノイズが出やすい

ってから微分処理を行います。

■ よく使われるエッジ抽出フィルタ

● 平均してから微分するプリューウィット・フィルタ

縦方向または横方向に平均処理を行ってから微分処理を行うエッジ抽出処理をプリューウィット・フィルタ(Prewitt Filter)と呼びます。縦方向、横方向それぞれに図4のオペレータが用いられます。

● 加重平均処理してから処理を行うソーベル・フィルタ

縦方向または横方向にガウシアン・フィルタのように加重平均処理を行ってから微分処理を行うソーベル・フィルタ(Sobel Filter)も利用されます。図5のオペレータが用いられます。

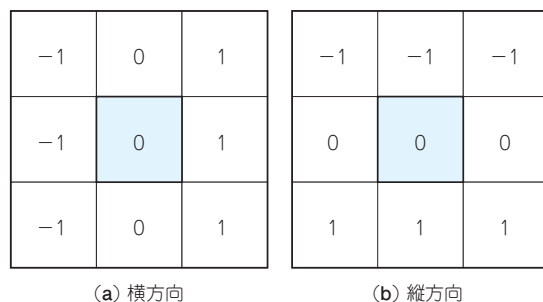


図4 平均処理を行ってから微分処理を行うプリューウィット・フィルタ

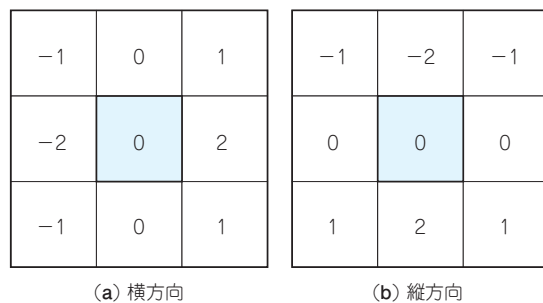


図5 加重平均後に微分処理を行う、ソーベル・フィルタ

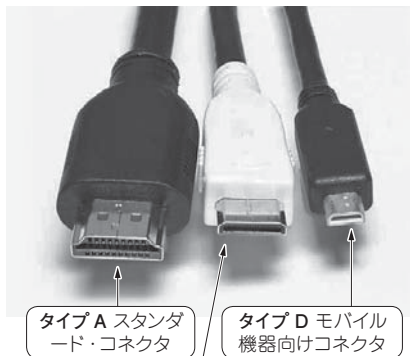
画像伝送のための ケーブルやコネクタ

HDMIやDVI/SDIから光まで

67 フル・ハイビジョンも映像の著作権保護もバッチリ！ テレビ向け定番ビデオ規格… HDMI

● 基本情報

- データ伝送レート：最大18Gbps
- 標準規格が策定された時期：2002年
- 現在の最新バージョン：2.0
- 使用される製品：テレビなどの映像機器など



タイプ A スタンダード・コネクタ

タイプ D モバイル機器向けコネクタ

タイプ C 小型機器向けコネクタ

写真1
HDMIコネクタにはさまざまな大きさが用意されている

● 特徴

HDMIはデジタル・テレビと周辺機器をつなぐインターフェースです。コネクタを写真1に示します。テレビやDVDプレーヤなどに標準実装されています。規格の改定によりBlu-ray/DVDプレーヤやゲーム機、パソコン、デジタル・カメラなどにも搭載されるようになってきています。HDMIの主な特徴を次に示します。

- 最大18Gbpsまで伝送でき、テレビとパソコンの両方の映像フォーマットに対応できる
- テレビ分野、パソコン分野、デジタル・カメラ分野、印刷分野などで標準とされている色空間に対応している
- 16ビット（RGB3色で48ビット）の色深度（ディープ・カラー）に対応し、65536階調までの色を表現できる
- L-PCM, Compressed Audio, DVD Audio, Super Audio CD, Direct Stream Transport, High Bit Rate Audio等の音声フォーマットに対応するとともに、最大32の音声チャンネル、最大1536kHzの音

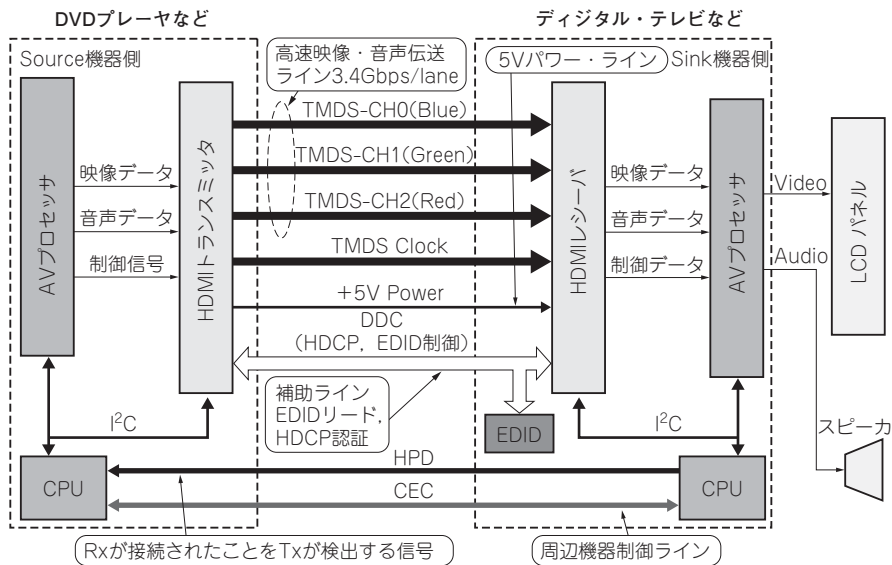


図1
HDMIでデジタル・テレビに映像を送るしくみ

140 どこまで細やかに見えるのか 解像度の評価

本来、解像度の検査を行うときの基準となるのは、空間周波数とコントラスト応答の二つです。前者は単位長さ当たりの見えるしま模様の本数、後者は理想的な階調255と現在出力されている階調の割合を確認します。

● コントラスト応答

コントラスト応答は、しま模様の画像を入力したとき、その最小値は0、最大値は255となるはずですが、実際出力されて表示するときは、レンズを通したものが出力されることになるので、理想的なレンズが無い限り、例えば最小値10、最大値240になったりします。入力時のコントラスト $InputC$ 、出力時のコントラストを $OutputC$ としたとき、コントラスト応答 $CAns$ は、

$$InputC = 255 - 0 = 255$$

$$OutputC = 240 - 10 = 230$$

$$CAns = 230/255 \approx 0.9$$

のように表せます。焦点が合っていない場合は、このコントラスト応答が悪くなります。

● 空間周波数

空間周波数とは、縦じま模様が単位サイズ間に何本見えるかで表され、単位は「本」です。例えば図1のよ

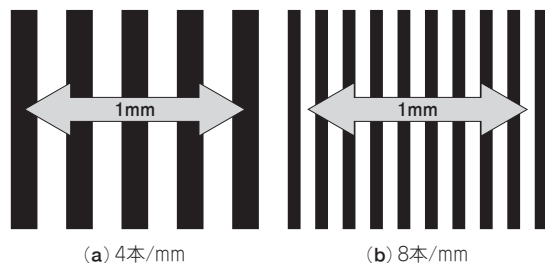


図1 1mmの間隔にどれだけ縦線を表現できるかで空間周波数を確認できる

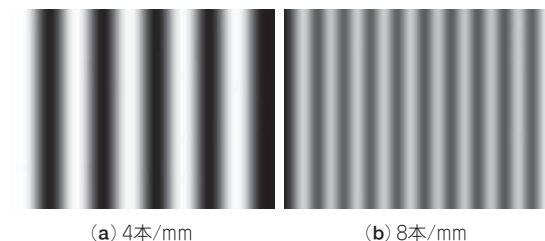


図2 空間周波数の確認例

うに、1mm間に4本の黒線が等間隔に並んでいる場合は4本/mm、8本並んでいる場合は8本/mmで表されます。

図1(a)、(b)はそれぞれ、カメラから入力された画像と考えます。このときレンズから出力される画像は、フォーカスが合っていないときは、図2のようにぼやけてくるはずですが、このときの空間周波数とコントラスト応答の関係をグラフにしたのが、レンズ性能評価によく用いられるMTF特性です。そのグラフを図3に示します。一般的に空間周波数が高いほどコントラスト応答が悪くなります。

● オート・フォーカス機能

現在のカメラには大抵、オート・フォーカス機能が付いています。その仕組みは大きく分けてアクティブ方式とパッシブ方式に分類されます。アクティブ方式はカメラ側から赤外線などを出し、その反射を利用して被写体からの距離を算出します。そして、算出した値に応じてレンズを動かします。

パッシブ方式はデジカメなどに多く使われており、コントラスト検出方式や位相差方式などがあります。コントラスト検出方式は、本検査のようにコントラストが最大になるようにレンズを動かします。

位相差方式は1眼レフ・カメラなどに使用されることが多く、そのようなカメラの中にはAFセンサー・モジュールが搭載されており、そのモジュールで現在のピントのずれ量、ずれ方向を測ります。またハイブリッドAFのように、アクティブ方式とパッシブ方式をあわせたようなオート・フォーカス機能もあります。

金田 篤幸/山田 靖之

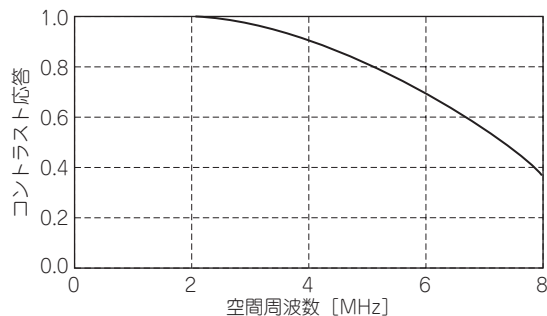


図3 空間周波数とコントラスト応答の関係を示すMTF (Modulation Transfer Function) グラフ

動画像の評価方法

● 生じるノイズのパターンを知っておくと楽

149 ブロック・ノイズやモスキート・ノイズ デジタル動画像特有のノイズと発生理由

デジタル放送やIPTVなどのように、帯域の限られた伝送路に動画像を送出する場合、MPEGやH.264などの不可逆な圧縮技術を利用して映像データの伝送量を削減しているため、削減されるデータ量に応じて画質が低下します。

● 速い動きの画像のとき量子化スケール値が大きくなる

ストリームのデータ量が増える要因として、動き予測可能な範囲を超えるような動きの速い映像は、時間的冗長性を除去することが期待できないことが挙げられます。この場合、動き予測できない映像データは離散コサイン変換によりマクロブロック単位に画像データ生成するため、ストリームのデータ量が増えてしまうことになります。ところが、ストリームのデータ量は伝送路のビット・レートで制限されるため、エンコーダは量子化スケールの値を大きくしてデータ量を削減する操作を行います。この際に空間周波数が制限されるため、ブロック・ノイズやブラー、モスキート・ノイズなどの圧縮映像に特有な画像劣化を引き起こすことになります。



写真1 ブロック・ノイズが多発した画像
8×8または16×16画素のブロックが見える

● ブロック・ノイズ

写真1にブロック・ノイズが多発した画像を示します。ブロック・ノイズはブロックまたはマクロ・ブロックと呼ばれる8×8または16×16画素単位で空間周波数が抑制されるため、アナログ映像の周波数特性が低下して画面全体がぼやけるのではなく、これらの画素単位と同じブロック状のノイズとして現れます。しかし、これらは、エンコーダで生成・制御されたストリームであるため、ブロック・ノイズにより画質は劣化していますが、ストリームに障害があるわけではありません。

● モスキート・ノイズ

モスキート・ノイズはデジタル圧縮画像における映像劣化現象の特徴として知られています。これは輪郭部分などに蚊の大群がまとわりついているように見える現象で、動きの激しいシーンなどの映像において、十分なビット・レートが割り当てられない状態で発生することがあります(写真2)。

加藤 芳明



写真2 モスキート・ノイズが発生している画像例
輪郭部に蚊の大群がまとわり付いているように見える

208 倍率や画角を求められるようになる パラメータ1：焦点距離

● 焦点とは

焦点は、光軸に平行な光線が光学系に入射し、系の最終面から光線が射出後、その光線が光軸と交わる点を指します。レンズは被写体側、イメージ・センサ側いずれから光線を入射させられるので、焦点は二つ存在します。通常、イメージ・センサ側の像位置を後側焦点といいます〔図1(a)〕。像側から無限遠光線を入れた際の結像点を前側焦点と呼びます〔図1(b)〕。

有限距離から光線を発したときに結像する点は、像点あるいは結像点〔図1(c)〕と呼び、焦点とは区別します。そのため、レンズの焦点距離を求めるためには、無限遠の光線を入射させなければなりません。

● 焦点距離から撮影できる範囲がわかる

焦点距離と被写体までの距離が分かれば、倍率、画角（水平、垂直、対角）などを求められます。倍率や画角が分かることで、

- そのレンズを使って任意の大きさの被写体を画面いっぱいに写すには撮影距離をどのくらいとるか
- 任意の被写体距離では、どのくらい広い範囲の風景を取り込めるか

が分かります。

● 焦点距離を推定する

焦点距離の推定方法はいろいろありますが、二つの方法を紹介します。

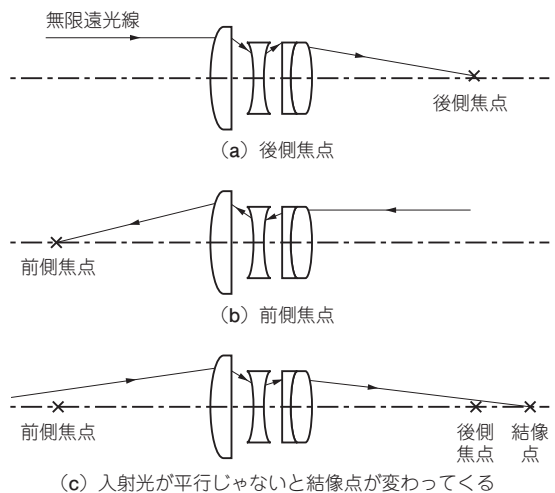


図1 平行光線の結像点を焦点という

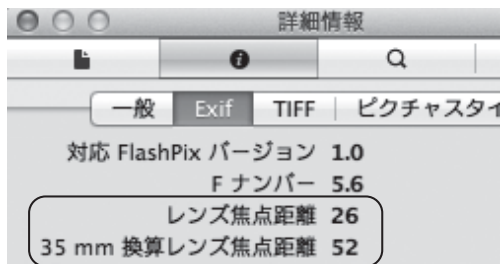


図2 デジカメ撮影画像のExif情報（写真用のメタデータ）を見ると焦点距離がわかる

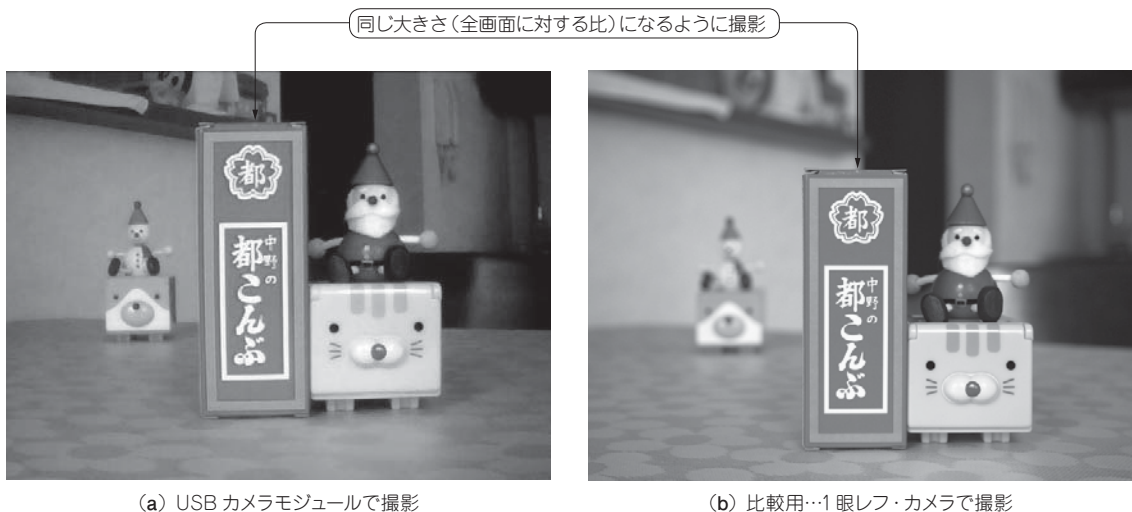


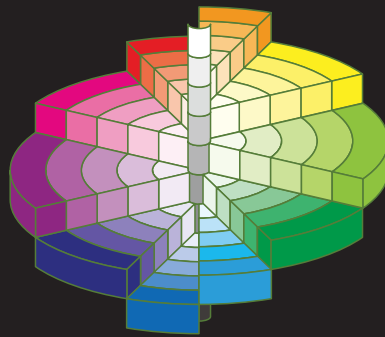
写真1 焦点距離を求める方法1…焦点距離が既知のレンズ画像と比較

このPDFは、CQ出版社発売の
「デジタル画像技術事典200」の一部見本です。

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/46/46611.htm>

購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>



デジタル画像技術事典 200

見本