



Aperture

デジタル写真の基礎



🍏 Apple Computer, Inc.
© 2005 Apple Computer, Inc. All rights reserved.

本書のいかなる部分も、本書のコピーの販売または有償のサポートサービスなどの商用目的で、複製または譲渡することは禁じられています。本書には正確な情報を記載するように努めました。ただし、誤植や制作上の誤記がないことを保証するものではありません。

Apple ロゴは米国その他の国で登録された Apple Computer, Inc. の商標です。キーボードから入力可能な Apple ロゴについても、これを Apple Computer, Inc. からの書面による事前の許諾なしに商業的な目的で使用すると、連邦および州の商標法および不正競争防止法違反となる場合があります。

Apple、Apple ロゴ、および Apple Cinema Display は、米国その他の国で登録された Apple Computer, Inc. の商標です。

Aperture は Apple Computer, Inc. の商標です。

目次

序章

5 デジタル写真の基礎の概要

第 1 章

7 デジタルカメラの原理

7 デジタルカメラの種類

8 デジタル一眼レフ (DSLR)

9 デジタルレンジファインダー

11 カメラの各部と概念

11 レンズ

12 35 mm 換算を理解する

14 デジタルズームを理解する

14 絞り

15 レンズの明るさを理解する

16 シャッター

17 相反則不規を利用して、画像を構成する

17 撮像素子

20 メモリカード

20 外部フラッシュ

21 RAW、JPEG、TIFF の違いを理解する

21 RAW ファイル

21 RAW ファイルで撮影する理由

22 JPEG ファイル

22 TIFF ファイル

22 撮影のヒント

22 カメラぶれを防ぐ

23 写真の赤目を軽減する

25 デジタルノイズを低減する

第 2 章

27 デジタル画像の見えかた

27 目の主観的な色の見えかた

29 目の光と色の見えかたを理解する

30 光源

30 光の色温度

31 ホワイトバランスで色温度を設定する方法

31 光の強度を測る

- 32 ブラケティング撮影を行う
- 33 デジタル画像の見えかたを理解する
- 33 加色法と減色法
- 34 カラー領域（ガモット）を理解する
- 34 画像を画面に表示する
- 35 ディスプレイのカラーキャリブレーションの重要性
- 35 Apple Cinema Display はブルーに完全対応
- 36 プリント出力する
- 36 プリンタの種類

第 3 章

- 37 **解像度について理解する**
- 37 解像度の分かりやすい説明
- 37 画素について理解する
- 38 ビット深度について理解する
- 40 機器ごとの解像度測定値の違い
- 41 カメラ、ディスプレイ、プリンタの解像度を理解する
- 41 カメラの解像度
- 42 ディスプレイの解像度
- 42 CRT ディスプレイとフラットパネルディスプレイの解像度の違いについて
- 42 プリンタの解像度
- 43 色を計算し、浮動小数点を理解する
- 43 ビット深度と量子化について理解する
- 44 浮動小数点とビット深度の関係を理解する
- 45 「Aperture」の浮動小数点演算を理解する

付録

- 47 **クレジット**

デジタル写真の基礎の概要

このマニュアルでは、コンピュータやデジタル撮影ははじめてというプロフォトグラファーの方を対象にデジタル撮影用語について説明します。

「Aperture」は、最高の写真制作を支援する強力なデジタル写真用アプリケーションです。ただし、写真の画質は、「Aperture」以外のさまざまな要因にも左右されと考えられます。したがって、こうしたすべての要因に注意すれば、望ましい撮影結果を得ることができます。

以下の各章では、デジタルカメラの原理、画面上とプリントでの画像の見えかた、カメラ、ディスプレイ、プリンタの解像度について説明します。

この章は、これまでにフィルム撮影の経験はあるが、デジタル撮影ははじめてという方を対象としています。ここでは、デジタルカメラの種類、カメラの各部と概念、および撮影のヒントについての基礎知識が記載されています。

写真を撮る理由は人によってさまざまです。研究目的で撮影する人、世界を記録し報道するために撮影する人、仕事として広告写真を撮影する人もいれば、楽しみや純粋に芸術目的で撮影する人もいます。カメラを手にとって写真を撮る理由が何であれ、カメラの機能を理解していれば、優れた写真を撮るのに役立つはずです。

この章の内容：

- デジタルカメラの種類 (7 ページ)
- カメラの各部と概念 (11 ページ)
- RAW、JPEG、TIFF の違いを理解する (21 ページ)
- 撮影のヒント (22 ページ)

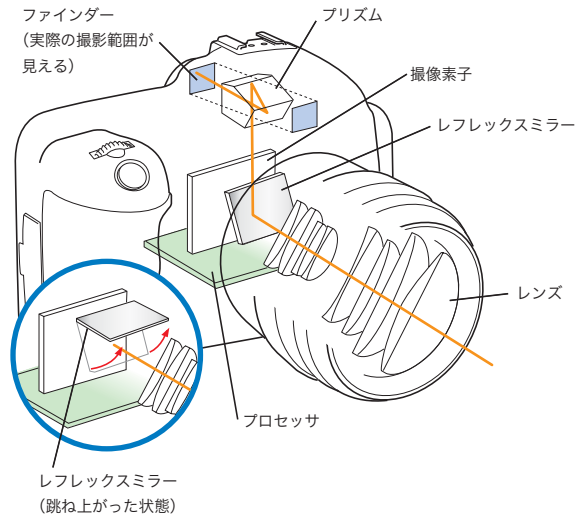
デジタルカメラの種類

基本的にデジタルカメラとは、遮光性の箱（暗箱）の一方にレンズ、もう一方に従来のフィルムの代わりに撮像素子（イメージセンサー）を取り付けた撮影装置のことを言います。デジタル撮影技術の進歩により、はじめてお使いになる方が簡単にマスターできるとは思えないほどの幅広い機能やオプションが次々と実現されています。

デジタルカメラには、基本的にデジタル一眼レフ（DSLR）とデジタルレンジファインダーの 2 種類があります。

デジタル一眼レフ (DSLR)

デジタル一眼レフの名は、レフレックスミラーにちなんだものです。レフレックスミラーのおかげで、撮影する前にレンズを通して写真の構図を決定することができます。デジタル一眼レフのレンズを通った光は、レフレックスミラーに反射して、プリズムからファインダーに送られます。したがって、ファインダーから見える画像は、実際の撮影範囲と一致しています。撮影するときは、レフレックスミラーが跳ね上がり、光を通します。それと同時に、シャッターが開いて、撮像素子に光が当たり、画像が記録されます。デジタル一眼レフでは、ほとんどの機能が調整可能なので、撮影画像を幅広くコントロールできます。また、ほとんどのカメラでは交換レンズも使用できるので、1台でさまざまな焦点距離のレンズを使った撮影が可能です。

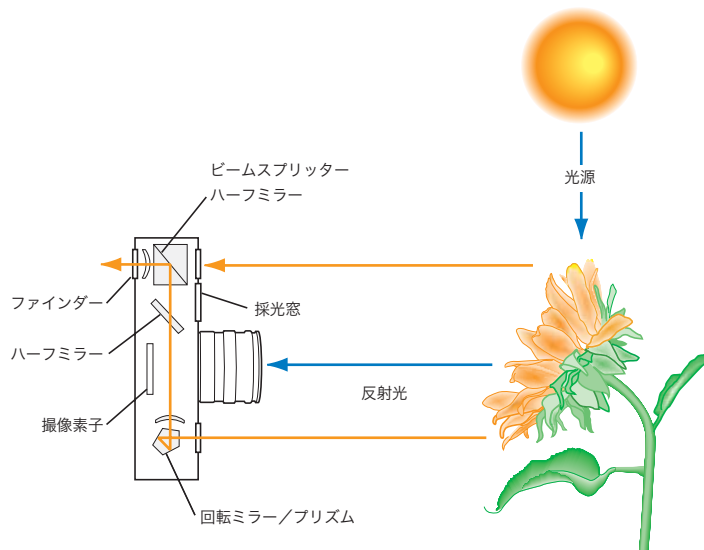


デジタルレンジファインダー

デジタルレンジファインダーには、二重像合致式レンジファインダーとデジタル AE/AF カメラの2種類があります。

二重像合致式レンジファインダー

二重像合致式レンジファインダーでは、デジタル一眼レフと違い、レンズを通して被写体を見ることができません。その代わりに、二重像合致式レンジファインダーには、三角測量の原理を利用したミラーまたはプリズムが搭載されており、ファインダーを通して見た画像と距離計窓を通して見た画像を一致させて、被写体にピントを合わせています。つまり、ファインダーの二重に見える画像を1つに重ね合わせるとピントが合ったことになります。デジタル一眼レフと同じように、二重像合致式レンジファインダーのほとんどの機能も調整可能なので、撮影画像を幅広くコントロールできます。また、デジタル一眼レフと比べて二重像合致式レンジファインダーを使用する利点は、レフレックスミラーがないため、カメラぶれがきわめて少ない点にあります。カメラぶれは、手ぶれまたはデジタル一眼レフに見られるレフレックスミラーの振動が原因で発生し、画像のピンぼけの原因となることがあります。



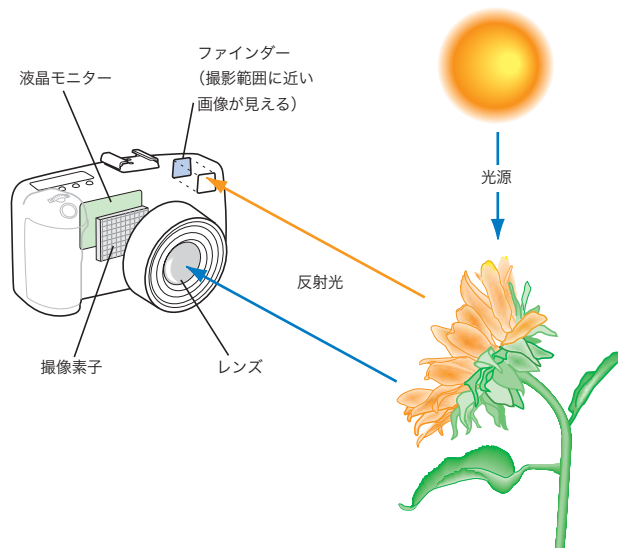
ピンぼけの状態
(画像が二重に見える)



ピントが合った状態
(画像が1つに見える)

デジタル AE/AF カメラ

デジタル AE/AF カメラとは、文字どおり撮影に必要な 2 つのステップにちなんだ軽量なデジタルカメラです。基本的にデジタル AE/AF カメラで必要となるのは、カメラを被写体に向け、撮影することだけです。プロフォトグラファーが通常は高性能なカメラに設定するような、絞り、シャッタースピード、ピントなどの設定をマニュアルで調整する必要はありません。もちろん、デジタル AE/AF カメラの中にも、絞りとシャッタースピードを調整できるカメラはあります。一般にデジタル AE/AF カメラは小型軽量で、オートフラッシュを搭載しているほか、ピント合わせの必要がありません。また、ほとんどのカメラには液晶モニターが搭載されているので、レンズを通した画像を撮像素子を介してリアルタイムに確認することができます。大半のメーカーのデジタル AE/AF カメラでは、構造を簡単にし、コンパクトなサイズを実現するために、ファインダーとレンズの光学系が独立しています。レンズと絞りとシャッターが 1 つの光学系になっているので、カメラ本体から取り外すことはできません。



レンジファインダーカメラでは、ファインダーの光学系を通る光とレンズの光学系を通る光の経路がそれぞれ異なるので、その画像のズレ（パララックス）を補正するために、パララックス補正機構とブライトフレームが使用されています。このパララックスが原因で、通常はファインダーで見える画像と写真に写る画像との間に多少の違いが見られます。その違いは特に、撮影距離が短くなると大きくなります。

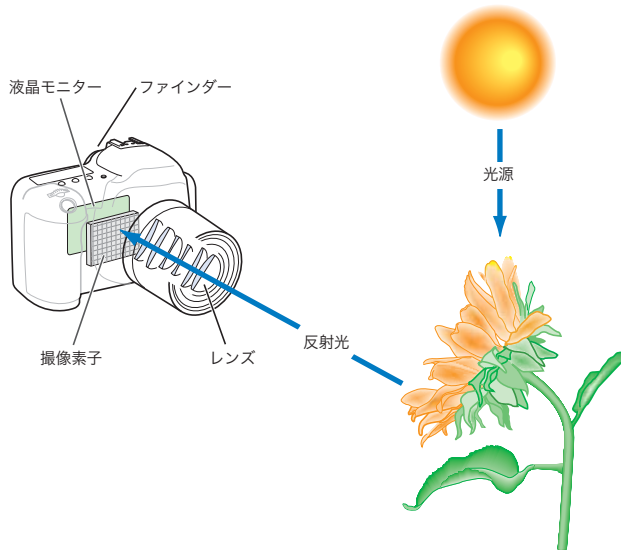
カメラの各部と概念

次に、デジタル一眼レフの基本的なパーツを説明します。(レンジファインダーカメラのパーツもほとんど共通です。)

- レンズ
- 絞り
- シャッター
- 撮像素子
- メモリカード
- 外部フラッシュ

レンズ

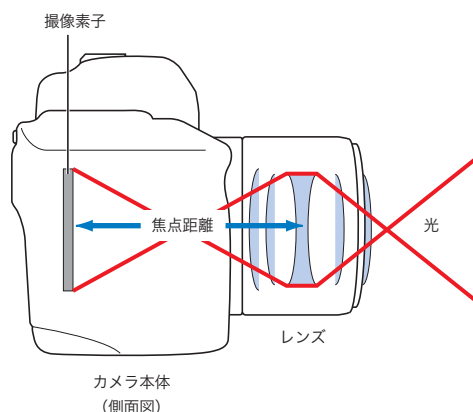
レンズは、一般に光学ガラス製の高性能なレンズエレメントから構成されています。レンズの役目は、被写体からの反射光を集めて焦点（撮像素子）に結像させることです。



撮像素子に像を形成するほか、レンズを通った被写体からの反射光はファインダーで見える画像ともなります。

焦点距離

レンズの重要な特性には、その性能に加えて、焦点距離があります。焦点距離とは、技術的には、レンズの中心からレンズを通った光が集まる像面（撮像素子）上の一点（焦点）までの距離を言います。一般に焦点距離はミリメートルで表します。また、実用的な面から言えば、焦点距離とはレンズの画角だとも考えられます。たとえば、焦点距離が長くなればなるほど、被写体は大きく写ります。また、画角のほか、被写体の遠近感と圧縮効果も焦点距離によって変化します。



35 mm 換算を理解する

ほとんどの交換レンズはもともと、従来の一眼レフカメラで使用する 35 mm フィルムに合わせて作られたものです。35 mm フィルムと撮像素子のサイズを比べ、ほとんどの撮像素子がフィルムよりもわずかに小さいことが分かります。そのため、レンズを 35 mm フィルムよりも小さな撮像素子を持つデジタル一眼レフに装着すると、レンズの焦点距離は変化してしまいます。実際に、フィルムよりも小さな撮像素子では、レンズを通った光がシャープな像を結ぶ範囲（イメージサークル）が小さくなるために、レンズの焦点距離は長くなります。たとえば、24 mm の撮像素子を搭載したデジタル一眼レフに 100 mm レンズを装着すると、約 1.3 倍の係数を乗じた距離がレンズの焦点距離となります。したがって、100 mm レンズに 1.3 倍の係数をかけると、事実上、100 mm レンズは 130 mm レンズ（ $100 \text{ mm} \times 1.3$ ）となります。

35 mm 換算を計算に入れなければならないもう 1 つの理由は、撮像素子が小さなカメラを使用すると、広角レンズを使った撮影が難しくなるということです。たとえば、お使いのカメラの撮像素子が 24 mm であれば、広角撮影を行うには、24 mm よりも短い焦点距離のレンズが必要となります。お使いのカメラのマニュアルで、撮像素子のサイズを確認してください。

レンズの種類

レンズにはさまざまな種類がありますが、一般的な種類としては、望遠レンズと広角レンズ、ズームレンズと単焦点レンズが挙げられます。これらのレンズはすべて、基本的に同じ役割を果たしています。その役割とは、被写体からの反射光を捉え、撮像素子に像を結ぶことです。ただし、それぞれのレンズが光を伝える形は異なります。

参考：これ以外にもさまざまなレンズがありますが、上記のレンズが最も基本的な種類となります。

望遠レンズ

望遠レンズとは、被写体を大きく写せる、焦点距離の長いレンズのことです。一般的には、被写体を遠くから撮影するスポーツ写真や自然写真などで使用されます。また、被写界深度を浅くしたい（背景をぼかしたい）ときにも望遠レンズが使用されます。焦点距離の長い望遠レンズを使用し、絞りを大きく開くと、被写界深度を狭い範囲（被写体の前景、中心、背景など）に限定することができます。一方、望遠レンズで絞りを絞り込むと、被写体の遠近感が圧縮されたかのような効果を発揮します。

広角レンズ

広角レンズとは、広い範囲を写し込める、焦点距離の短いレンズのことです。一般的には、被写体の遠近感を強調するときや、前景から背景までまんべんなくピントを合わせたいときに使用します。本来、広角レンズの焦点距離はフィルム面よりも小さなものです。しかし、このデジタル写真時代にあっては、撮像素子のサイズがフィルムとは異なります。そのため、大半のデジタル一眼レフでは、35 mm 換算によって焦点距離が長くなってしまいます。お使いのカメラのマニュアルで、撮像素子のサイズを確認してください。たとえば、撮像素子のサイズが28 mm であれば、広角撮影を行うには、28 mm よりも短い焦点距離のレンズが必要となります。

ズームレンズ

ズームレンズは、光学ズームレンズとも呼ばれ、焦点距離を機械的に変更できるレンズです。多くのズームレンズが焦点距離を広角から標準、また標準から望遠へと変更できるので大変便利です。ズームレンズがあれば、撮影のときに何本ものレンズを持ち歩き交換する必要はありません。ただし、焦点距離が変化するので、F 値は必ずしも全焦点距離域で同じというわけにはいきません。絞りの精度を高めるために、多くのメーカーでは、広角側から望遠側まで複数の開放F 値を設定しています。このため、ズームレンズでは、望遠側の明るさが広角側に比べて暗くなってしまう。（レンズの明るさについては、15 ページの「レンズの明るさを理解する」を参照。）そのほか、ズームレンズでは、異なる焦点距離で正確にピントを合わせるために、単焦点レンズ以上のレンズエレメントが必要です。最高の画質を実現するには、光が通過するレンズの枚数をできるだけ少なくすることが望まれます。

デジタルズームを理解する

一部のカメラに搭載されているデジタルズーム機能は、実際に被写体を拡大する機能ではありません。デジタルズームでは、撮影した画像の中央部を切り抜き、画素を効果として拡大しています。その結果、写真の画質は全体的に劣化してしまいます。被写体をクローズアップしたいが望遠レンズも光学ズームレンズもない場合は、できれば実際に被写体に近付いて撮影してください。

単焦点レンズ

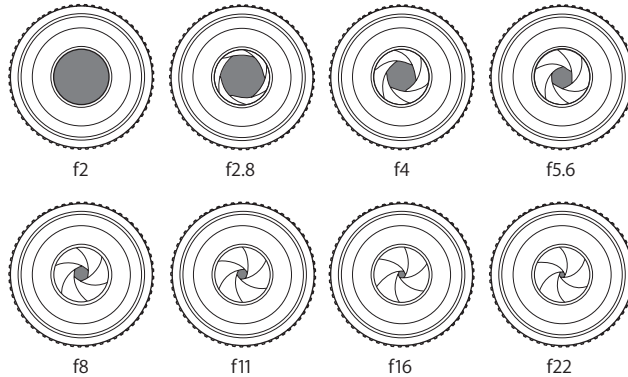
単焦点レンズは、固定焦点レンズとも呼ばれ、焦点距離が固定され変更することはできません。しかし、単焦点レンズには、開放絞りが大きく、明るいレンズが数多くあります。レンズの明るさの詳細については、15 ページの「レンズの明るさを理解する」を参照してください。開放絞りが明るくなればなるほど、暗い場所でも明るい画像が得られる上、被写界深度をより自由にコントロールすることができます。単焦点レンズは主に、ポートレート撮影に使用されます。被写界深度の詳細については、15 ページの「被写界深度」を参照してください。

絞り

絞りとは、レンズの光を通す（絞りの直径を変化させる虹彩、つまり絞り羽根からできた）孔のことを言います。画像の露出は、シャッタースピードと絞りの組み合わせによって決まります。たとえば、絞りを大きくすればするほど、レンズを通る光の量は多くなります。絞りは F 値で表され、絞り 1 段はレンズを通る光の量の 2 倍に相当します。また、画像の被写界深度は、レンズの焦点距離とともに絞りの設定（F 値）によって決まります。被写界深度の詳細については、15 ページの「被写界深度」を参照してください。

F 値

絞りの大きさは F 値を設定することで調整します。F 値とは、焦点距離と絞りの口径の比率を表します。たとえば、絞りの最大径が 12.5 mm の 50 mm レンズであれば、F 値は F4 となります ($50 \div 12.5 = 4$)。したがって、F 値の数値が大きくなればなるほど、絞りは小さくなります。また、レンズの明るさは、開放 F 値（数値が最小の F 値）によって決まります。つまり、絞りが大きくなればなるほど、明るいレンズとなります。



レンズの明るさを理解する

レンズの明るさは、レンズが通すことができる光の最大量（開放 F 値）によって決まります。焦点距離が同じであってもほかのレンズよりも多くの光を通すことができれば、そのレンズは明るいレンズと呼ばれます。明るいレンズを使用すると、暗い場所でも速いシャッタースピードで撮影することができます。たとえば、開放 F 値 1.0 から 2.8 のレンズであれば、明るいレンズだと考えられます。

被写界深度

被写界深度とは、前景から背景までピントが合っているように見える画像の範囲のことを言い、絞りとレンズの焦点距離の組み合わせによって決まります。絞りを絞り込むと、被写界深度は大きくなります。被写界深度のコントロールは、画像を構成する最も簡単な方法の 1 つです。たとえば、被写界深度を狭い範囲に限定すると、ピントを合わせた被写体を強調することができます。このように被写界深度を浅くすることで、多くの場合、背景をぼかすことができます。それに対して、風景を撮影するときは、画像の被写界深度を深く設定します。被写界深度を前景に限定してしまうと、奥行きが得られません。

望遠レンズ（焦点距離の長いレンズ）では、絞りを開放にすると、画像の被写界深度が浅くなり、ピントが合う範囲が狭くなる傾向があります。一方、広角レンズ（焦点距離の短いレンズ）では、絞りの設定にかかわらず、被写界深度の深い画像が作成される傾向があります。



浅い被写界深度
前景にしかピントが合わない。



深い被写界深度
画像の前景から背景までピントが合っている。

シャッター

シャッターとは、光がレンズを通過して撮像素子に当たる時間を正確にコントロールする精巧な装置です。カメラのシャッターは、シャッターボタンを押すと作動します。

フィルムカメラでは、フィルムの感光を防ぐために、撮影の瞬間以外はシャッターは閉じられていました。デジタルカメラでは、撮像素子の種類にもよりますが、メカニカルシャッターは必要ない場合もあります。シャッターの開閉によって光がフィルムに感光して化学反応を起こすのではなく、単に撮像素子のオン/オフを切り替えれば済むからです。

シャッタースピード

シャッタースピードとは、シャッターが開いている時間、または撮像素子がオンになっている時間のことを言います。画像の露出は、シャッタースピードと絞りの組み合わせによって決まります。シャッタースピードは、1/8 や 1/250 といった 1 秒以下の秒数で示されます。シャッタースピードの 1 段も絞りの設定と同様、1 段ごとにシャッタースピードが 2 倍または半分に変化します。たとえば、1/60 秒は 1/30 秒の半分、1/125 秒の約 2 倍のシャッタースピードに相当します。

一般にシャッタースピードは、被写体の動きを強調したり、または動きを止めたりするのに使用します。たとえば、自動車などの動きの早い被写体は、1/8 秒などの低速なシャッタースピードで撮影するとぶれる可能性が高くなります。一方、1/1000 秒などの高速なシャッタースピードでは、飛行中のヘリコプターのプロペラすら止まって見えます。

相反則不規を利用して、画像を構成する

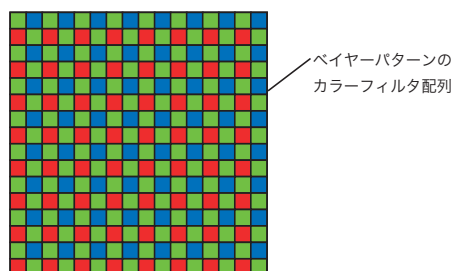
絞りとシャッタースピードを調整することにより、適正露出でさまざまな画像を撮影することができます。絞りとシャッタースピードの関係は、相反則不規として知られています。相反則不規を利用すると、被写界深度をコントロールし、画像のピントが合う範囲を調整することができます。これは、画像の強調したい部分をコントロールする最も簡単な方法です。

たとえば、レンズの絞りを 1 段開いて、シャッタースピードを 1 段速くしても、結果的には同じ露出になります。同様に、レンズの絞りを 1 段絞って、シャッタースピードを 1 段遅くしても、結果的には同じ露出になります。したがって、f4、1/90 秒は、f5.6、1/45 秒と同じです。これは、カメラの絞りとシャッタースピードの組み合わせによって画像の適正露出が決定しているからです。

撮像素子

被写体からの反射光がレンズと絞りを通ると、撮像素子に画像が記録されます。撮像素子とは、カメラの内部に搭載された集積回路で、光を記録できる何百万もの素子から構成されています。光はこの受光素子によって、その強さに応じた電気信号に変換されます。その後、この電気信号はアナログデジタル変換回路 (ADC) によってデジタルデータに変換されます。このプロセスをアナログデジタル変換と言います。そして、各素子の電気信号に相当するデジタルデータの集合から、画像のカラー値が生成されます。

撮像素子の各受光素子には、記録画像の画素のカラーチャンネルに対応する、赤、緑、青のフィルタが取り付けられています。目が色を認識する仕組みに合わせて、緑のフィルタの数は青と赤のフィルタの数の約 2 倍あります。この色の配列は、ベイヤーパターン of カラーフィルタ配列とも呼ばれています。（目が色を認識する仕組みの詳細については、29 ページの「目の光と色の見えかたを理解する」を参照。）なお、各素子にカラー値を補足するには、色補間と呼ばれるプロセスが使用されています。

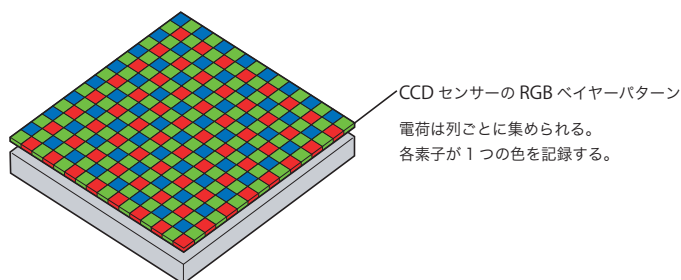


一般的な撮像素子の種類

撮像素子としては、一般に電荷結合素子（CCD）と相補型金属酸化膜半導体（CMOS）の 2 種類が使用されています。

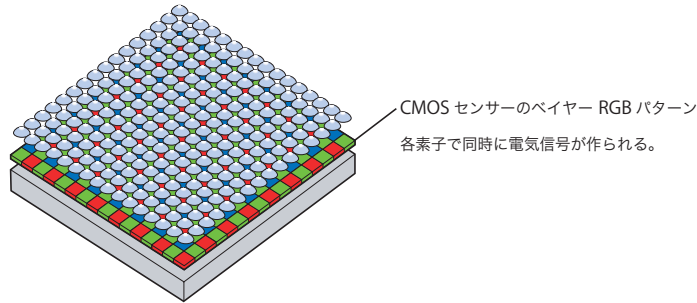
CCD

CCD センサーはもともと、ビデオカメラのために開発されたものです。CCD センサーでは、画素ごと、列ごとに画像が記録されます。その後、各列の各素子の電荷情報が順番に下の列へと転送されていきます。これは一度に 1 列ずつ行われます。CCD そのものは、電荷情報をデジタルデータに変換しません。別途、カメラに搭載されたアナログデジタル変換回路が電荷情報をデジタルデータに変換し、そのデータを記録デバイスに転送します。



CMOS

CMOS センサーでは、受光素子が捉えた画像全体を並行して（基本的に同時に）記録することができるので、記録デバイスへのデータ転送速度が CCD センサーよりも速くなります。各素子には、アナログデジタル変換回路が備わっており、電荷情報をデジタルデータに変換することができますほか、マイクロレンズも取り付けられているので、受光感度も向上しています。近年の転送速度と感度の向上により、CMOS センサーはプロ用デジタル一眼レフで使用される最も一般的な撮像素子となっています。



メガピクセル

カメラの解像度の尺度となるのが画素（ピクセル）数です。この尺度は、撮像素子の受光素子が何百万の画素数で画像情報を記録できるかに基づく数字です。したがって、1,500 万画素のカメラであれば、1,500 万画素の情報を記録することができます。

ISO 感度

ISO 感度とは、もともとは、国際標準化機構（ISO）が定めたフィルムの相対感度に関する指標のことを言います。ISO 感度が高くなればなるほど、フィルムの光に対する感度は高くなります。ISO 感度の高いフィルムを使用すれば、暗い場所でも撮影が行えます。これに対してデジタルカメラにおける ISO 感度とは、撮像素子の光に対する感度を表します。大部分のデジタル一眼レフでは、ISO 感度を ISO100 から 3200 まで設定することができます。

残念ながら、高感度（ISO400 以上）に設定すると、カメラによっては、画像を構成する 1 つ 1 つの画素の露出を均一に維持することが難しくなります。このような条件で撮像素子の感度を上げるために、カメラでは、各画素から受け取った電荷を増幅させてから、その電気信号をデジタル信号に変換しています。各画素の電気信号を増幅させると、暗色に異常が目立ちはじめ、その結果、画像のあちこちには偽色が見られるようになります。これはデジタルノイズとも呼ばれます。デジタルノイズの詳細については、25 ページの「デジタルノイズを低減する」を参照してください。

メモ리카ード

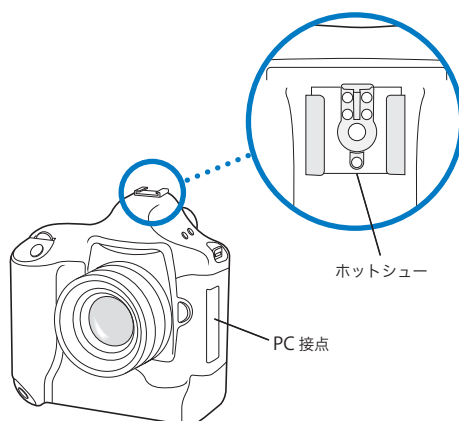
撮像素子で画像が記録されると、カメラでは一連のプロセスによって画像を最適化します。こうしたプロセスの多くは、ISO 感度設定など、撮影前に行ったカメラ設定に基づいて行われます。画像処理が終わると、次にカメラはデジタル情報をファイルとして保存します。作成されるデジタルファイルの種類は、カメラメーカーによって異なります。カメラの RAW ファイルには、JPEG や TIFF など、標準的なファイルタイプに変換する前のデジタル画像データが含まれています。RAW ファイルがすべて同じというわけではありませんが、RAW ファイルには、撮像素子とプロセッサで作成された画像データが完全な状態で保存されています。これらのファイルタイプの詳細については、21 ページの「RAW、JPEG、TIFF の違いを理解する」を参照してください。

ファイルを保存する準備ができると、カメラはファイルをプロセッサからメモ리카ードに転送します。メモ리카ードにはいくつかの種類がありますが、情報がメモ리카ードに保存されるプロセスは同じです。

外部フラッシュ

一定の撮影状況では、外部フラッシュによる補助光が必要となります。プロ用モデルのデジタル一眼レフの多くには、内蔵フラッシュやクリップオンタイプのフラッシュが用意されていますが、レンズに近すぎたり、露出制御範囲が狭かったりと、プロフェッショナルな状況で使用することはできません。

外部フラッシュを使用すれば、フラッシュ露出をプロでも満足できるレベルでコントロールすることができます。たとえば、フィルインフラッシュ（明るい背景を背にした被写体が影にならないように照射する弱いフラッシュ光）を使用したり、被写体に近い撮影状況で露出オーバーを防いだりすることができます。



外部フラッシュやクリップオンタイプのフラッシュは、ホットシューや PC 接点を介してシャッターボタンと同調します。

RAW、JPEG、TIFF の違いを理解する

画像ファイルのタイプごとの違いを理解することは大切です。以下に RAW、JPEG、TIFF ファイルについて説明します。

RAW ファイル

RAW ファイルとは、処理前の、撮影時にカメラで記録したままの状態のデジタル画像のことを言います。RAW ファイルには、画像データとともに、撮影日時、露出設定、カメラとレンズの種類といった撮影データも含まれています。このような情報はメタデータとも呼ばれます。つまり、RAW ファイルとは、画像ファイルが JPEG や TIFF などの一般的な形式に変換される前の状態のことを言います。これまでは、ほとんどの画像処理ソフトウェアで RAW ファイルの処理ができなかったために、ほかのファイルタイプに変換してから使用する必要がありました。

RAW ファイルで撮影する理由

JPEG ファイルではなく、RAW ファイルで撮影する理由はさまざまです。RAW ファイルで注意しなければならないのは、希望のカラーバランスを得るにはさらに処理が必要である点です。一方、JPEG ファイルでは、カラーバランスは撮影者に代わってカメラ側で調整されます。また、JPEG ファイルは RAW ファイルよりもそのサイズが小さく、ファイルの保存スペースも少なく済みます。

RAW ファイルで撮影する利点：

- ビット深度が深ければ、色補正範囲は飛躍的に広がります。JPEG 形式では、カラーチャンネルごと 8 ビットに限られますが、RAW ファイルでは、チャンネルごとに 16 ビット（チャンネルごとに 12 から 14 ビットの色情報）を記録できます。難しく聞こえるかもしれませんが、つまりは、画質が低下したり、カラーノイズが発生したりすることなく、より高度な色補正が可能になるわけです。（ビット深度の詳細については、38 ページの「ビット深度について理解する」を参照。）
- RAW ファイルをデコードすると、画像の最も正確で基本的なデータを処理できます。
- 撮影時ではなく撮影後に、ホワイトバランス、色補間、ガンマ補正などの画像調整を行います。
- JPEG ファイルのように、画像ファイルが圧縮されず、画像データが失われることはありません。
- 大部分のカメラでは、JPEG ファイルで撮影すると省略されてしまう、JPEG のカラー領域にない色も撮影することができます（Adobe RGB 1998 と sRGB）。RAW ファイルでは、カメラで撮影したままの状態画像のカラー領域が保たれており、「Aperture」を使って、記録されたすべてのカラー領域を利用して画像を調整することが可能です。
- RAW ファイルでは、撮影後に、ノイズ除去（輝度と色とを別々に）とシャープネスを調整することができます。JPEG の場合は、ノイズ除去とシャープネスの調整がカメラの設定に応じて適用され、調整は不可能です。

JPEG ファイル

JPEG (Joint Photographic Experts Group) は、圧縮率の高い画像が作成できる一般的な画像ファイル形式です。使用する圧縮率は変更することができ、圧縮率が低ければ、画質は高くなります。JPEG 画像を撮影すると、RAW 画像ファイルが 8 ビットの JPEG ファイル (カラーチャンネルごとに 8 ビット) に変換され、メモリカードに保存されます。変換には、画像を圧縮する必要がありますので、圧縮中に画像データが欠落します。JPEG 画像は一般にオンラインでの表示に使用されます。

TIFF ファイル

TIFF (Tag Image File Format) は、ビットマップ画像ファイル形式として幅広く使用されており、カラーチャンネルごとに 8 ビットまたは 16 ビットの情報を記録できます。JPEG ファイル同様、TIFF ファイルは RAW ファイルから変換されます。カメラで TIFF ファイルを撮影できない場合は、RAW ファイルを撮影してから、ソフトウェアを使って TIFF ファイルに変換することができます。TIFF ファイルは JPEG ファイルに比べて、ビット深度が高いのでより多くの色情報を記録できます。さらに、TIFF ファイルでは、可逆圧縮も利用できるので、ファイルが少しばかり小さくなくても、情報が欠落することはありません。したがって、最終的には、TIFF ファイルの方が JPEG ファイルよりも高い画質が得られます。以上のような理由から、一般にプリントは TIFF ファイルから行われています。

撮影のヒント

ここでは、撮影時の一般的な問題に対応するのに役立つ、いくつかのヒントについて説明します。

カメラぶれを防ぐ

カメラぶれは、手ぶれ (撮影時にカメラが動いてしまった場合)、シャッタースピードが遅いこと、焦点距離が長いことなどが原因で起こります。カメラぶれが起これば、画像はピンぼけしてしまいます。また、レンズの焦点距離とスローシャッターの組み合わせによっては、シャッタースピードが遅すぎて、画像を固定できないままカメラが動作してしまうこともあります。

カメラぶれを防ぐには、三脚を使用したり、シャッタースピードをレンズの焦点距離よりも速い速度に設定したりしてください。たとえば、100mm 相当の焦点距離で撮影する場合は、シャッタースピードを 1/100 秒以上の速度に設定してください。撮像素子に画像が記録される前に、カメラがぶれ、余計な光情報が記録されるようなことはないはずです。



参考：レンズの焦点距離よりも遅いシャッタースピードでも撮影できる、手ぶれ補正機能を備えたレンズもあります。

写真の赤目を軽減する

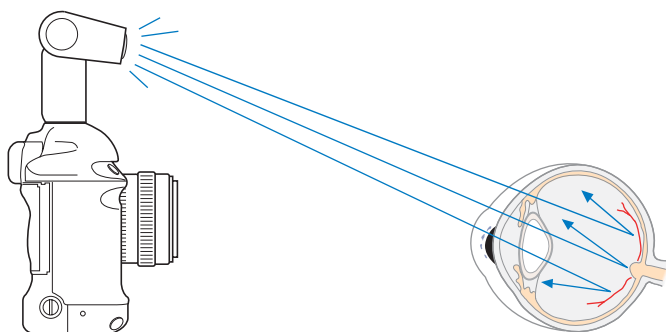
赤目とは、人の目が赤く光って写る現象を言います。赤目現象は、フラッシュ（特に内蔵フラッシュ）とカメラのレンズが近すぎると、被写体に当たったフラッシュ光が直接カメラに反射されるために起こります。フラッシュが発光すると、その光が被写体の網膜の毛細血管に反射してカメラのレンズに戻ってしまうからです。青い目の人は、光を吸収する色素が少ないために、赤目現象が特に起こりやすいと言われています。



赤目現象を軽減、または防ぐにはいくつかの方法があります。一部のカメラには、撮影前にフラッシュを発光し、被写体の瞳孔を閉じる赤目軽減機能が搭載されています。この方法の主な問題は、撮影前に被写体が反射的に目を閉じてしまうことがあり、また必ずしも赤目現象を完全に防ぐことができない点にあります。

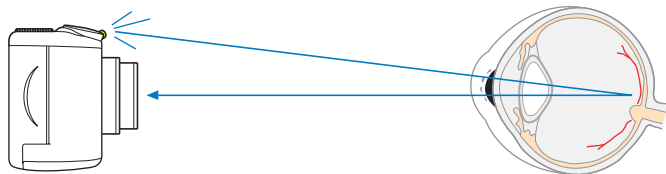
より効果的な方法は、カメラのホットシューを介して、またできれば延長ブラケットを介して外部フラッシュを使用することです。外部フラッシュを使用するとフラッシュの角度が大きく変わるので、網膜の毛細血管の反射光がレンズに入ることはありません。

そのほか、「Aperture」を用いて赤目現象を修正することもできますが、被写体の目の本来の色を正確に再現することはできなくなります。したがって、赤目現象が起きる前に原因を取り除いてしまうのが一番よい方法だと言えます。



外部フラッシュユニット

光がレンズと異なる角度で
眼球に入ると、目から
反射する際に拡散する。

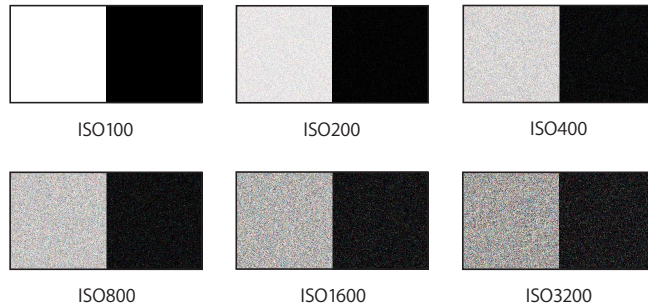


内蔵フラッシュ

光が眼球に入ってカメラに
まっすぐ反射すると、
赤目現象が起きる。

デジタルノイズを低減する

デジタルノイズとは、暗い場所で長時間露出や高い ISO 感度で撮影した画像に見られる水玉模様のようなノイズのことを言います。これは、暗い状況で撮影した画像で最も目に付きやすい現象です。デジタルノイズがフィルムの粒子に例えられることも珍しくありません。しかし原因は同じですが、その効果はまったく違います。フィルムフォトグラファーの中には、芸術的な効果を狙ってわざと粒子を強調して撮影する人もいます。しかし、デジタルノイズの場合は、無地の部分のあちこちに明るい画素が見られたり、フィルム粒子を拡大したときの美しさがなかったりと、画像の画質は損なわれてしまいます。



デジタルノイズを低減するには、ISO 感度を 100 から 400 の間に設定してください。ISO400 に設定すると、露出ラチチュードは広がりますが、この感度でさえデジタルノイズが多少目に付きはじめます。フラッシュが使用できない場合でも、被写体が静止していれば、三脚を使用すると低い ISO 感度での撮影に失敗することはありません。

多くのデジタル一眼レフには、ノイズ除去機能が搭載されています。オンにしておけば、スローシャッターで撮影する際にノイズ除去機能が自動的に作動します。カメラ側では、画素レベルの色補正が行われ、撮影と同時に画像が処理されます。ただし、デジタルノイズ除去機能のデメリットは、画像を処理するために撮影間に大きなタイムラグが生じる点にあります。撮影間のタイムラグを避けるには、ノイズ除去機能をオフにしておき、画像をコンピュータに転送後、「Aperture」の「ノイズ除去」調整機能を使用するのも 1 つの方法です。

光がどのように捉えられて、記録され、画面やプリントに表示されるのかを基本的に理解しておく、思い描いたとおりの画像を制作するのに役立ちます。

画像の色が実際の色と同じように見えることを理解するために、光と色を物理学的に理解する必要がありますわけではありません。どうして夕焼けがオレンジであり、空が青であり、芝生が緑であると分かるのでしょうか。また、正確には夕焼けはどの程度オレンジなのでしょう。それはどのようなオレンジなのでしょう。色を見て感じたことを言葉で説明するのは簡単なことです。では、オレンジを最も正確に伝えるには、ホワイトバランスをどのように設定すればよいのでしょうか。この章では、カメラが捉える色を画面やプリントで忠実に再現する方法について説明します。

この章の内容：

- 目の主観的な色の見えかた（27 ページ）
- 目の光と色の見えかたを理解する（29 ページ）
- 光源（30 ページ）
- デジタル画像の見えかたを理解する（33 ページ）

目の主観的な色の見えかた

優れた写真の要素には、構図、色、明るさなどが含まれます。また、撮影時の仕事の1つは、目で見た色をできるだけ意識して捉えることです。見たままの色を正確に伝える場合も、色温度を調整して色を強調する場合も、選択肢を理解し、意図的に写真を構成するのは、撮影者の仕事です。

残念なことに、目と脳を信頼しては色を客観的に見ることはできません。画面上の画像と写真プリント、そして実際の被写体を並べて比較しない限り、媒体に応じて色がどう変わるかを説明するのは決して簡単なことではありません。しかも、並べて比較したとしても、目だけで比較した場合は、違いを客観的に判断するのは不可能に近いでしょう。

ただし、視覚の主観的な性質を必ずしもデメリットと考えることはありません。それどころか、どちらかと言えばメリットともなります。撮影時の多くの問題は、テクノロジーのあまりに徹底的な客観性に端を発しています。この一般的な例がホワイトバランスの問題です。フィルムも撮像素子も特定の状況で白い色を判断するように設計されています。屋外の光（デーライト）には、屋内の（白熱）電球やローソクの光よりも多くの青い光が含まれています。光の状況が異なれば、客観的に白いものが青っぽく見えたり（デーライト）、赤っぽく見えたり（白熱電球）、緑っぽく見えたり（蛍光灯）しますが、脳はさまざまな心理的判断から、客観的な違いがあったとしても白いものは白いと判断しているのです。

夕日の中の白い車は客観的には、すっかりオレンジ色に見えますが、その車は何色かと尋ねられると、白だと自信を持って答えるはずです。その理由は、今、目の前にある車がたとえ白く見えなくても、その車が白であることを知っているからです。したがって、朝であれば、車は青みをおびた色に見えますが、やはり簡単に白だと答えるはずです。一方、撮像素子とフィルムの場合は、客観的に得た情報だけを記録し、その情報を判断したりはしません。多くのデジタルカメラに搭載されたオート・ホワイト・バランス機能は、ファインダー内の被写体を評価し、最も明るい部分を白と判断するようにカメラに伝えます。さまざまな光の状況で撮影するときは、この点を忘れないでください。

光と色を客観的に判断し、その特徴を示すことは可能です。それどころか、フィルム、撮像素子、ディスプレイ、プリンタなど一貫した信頼できる撮影機材を構築するには、光と色を科学的に分析する必要があります。その目的は必ずしも、こうしたすべての機器が同じように色を記録し、表示するようにすることではなく（その方がはるかに物事は簡単になりますが）、結果と視覚が一致するように、機器の相違点を客観的に判断し、その違いに応じて出力を調整するための用語とプロセスを作り上げることにあります。

目の光と色の見えかたを理解する

撮像素子と人の目は同様に色を認識します。人の視覚が持つ驚くべき特長の 1 つは、その信じられないラチチュードにあります。健康な目の場合、眩しい陽の光の中でも、あるいはほとんど真っ暗な中でもものを見ることができます。長年の撮影経験をお持ちであれば、この範囲がいかに広いものかがお分かりいただけるでしょう。屋外での撮影に有効なフィルムは屋内ではほとんど使用できませんし、逆の場合も同様です。目のラチチュードの広さは、以下の 3 つ器官によって実現されています。

- 瞳孔または虹彩：瞳孔（虹彩）は目に入る光の量に応じて小さくなったり大きくなったりします。
- 網膜の桿体細胞：2 種類の視細胞のうちの 1 つです。桿体細胞は（色ではなく）明るさのレベルを知覚し、暗い場所でも十分に機能します。
- 網膜の錐体細胞：2 種類の視細胞のうちの 1 つです。錐体細胞は明るい場所で色を知覚します。

撮像素子に、赤、緑、青の光を読み取る受光素子があるように、目にも 3 種類の錐体細胞があり、それぞれの細胞が可視電磁スペクトルの異なる部分を知覚しています。

- 赤錐体：波長がおおよそ 600 ～ 700 nm（ナノメートル）の可視スペクトルの赤の色を知覚します。
- 緑錐体：波長がおおよそ 500 ～ 600 nm の可視スペクトルの緑の色を知覚します。
- 青錐体：波長がおおよそ 400 ～ 500 nm の可視スペクトルの青の色を知覚します。

人の目には、赤錐体と青錐体に比べておおよそ 2 倍の数の緑錐体があります。この色の配列は撮像素子のカラーフィルタの配列と同じです。（撮像素子が画像を記録する方法の詳細については、17 ページの「撮像素子」を参照。）

ある場面で目に見える色は、刺激される細胞に応じて異なります。たとえば、青い光に青錐体が刺激されると、脳はその刺激を青と判断します。脳は複数の錐体の反応を一度に同時に判断しますが、その結果見えるのが等和色です。たとえば、赤い光と青い光によって赤錐体と青錐体がそれぞれ刺激されると、脳はその組み合わせをマゼンタ（赤＋青）と判断します。3 種類の錐体細胞が同じ量の光から刺激を受けた場合は、目には白、あるいは中間色のグレーが見えます。

錐体は桿体よりも目に多く広がっています。また、錐体の感度は低く、一定のしきい値よりも明るい場面やものでなければ感じるできません。その結果、暗い場所は（白や黒などの）単色に見える傾向がありますが、明るい場所は錐体を知覚するためにフルカラーで見えます。

光源

電灯が発明される以前は、電磁エネルギーが発生する光源は数少ないものでした。今日でさえ、太陽が主光源であることに変わりはありません。また、火とローソクの光は現在の電灯よりもはるかに暗いですが、何千年もの間、夜の灯りの役割を果たしていました。最新の光源には、白熱電球、蛍光灯、ブラウン管（CRT）、液晶ディスプレイ（LCD）、発光ダイオード（LED）、一部の発光素材などがあります。これらの光源は、撮影する画像に直接的な影響を及ぼします。

光の色温度

色温度とは、光の色を説明するために用いられる用語です。あらゆる光源には色温度があります。ただし、色温度といっても、色の発熱量ではなく光のカラー値のことを言います。光の色温度はケルビン（K）と呼ばれる単位で表します。色温度目盛によって、赤から青の光の相対的な強度を判断できます。光が温かみを増すほど（画像全体にオレンジがかった赤色を放つ光が目立つ）、色温度は低くなります。無彩色で均等な光が目盛の中央を占めますが、その白い性質のために画像のカラー値に影響はありません。また、光が涼しさを増すほど（青い光が見られる）、色温度は高くなります。

光源	およその色温度
ローソク	1930 K
夜明けの陽の光	2000 K
タングステン電球 （屋内の白熱電球）	2400 K
一般的な屋内の蛍光灯	3000 K
写真電球	3200 K
投光電球	3400 K
明るい閃光電球	3800 K
真昼の陽の光	5400 ～ 5500 K
青い閃光電球	6000 K
ストロボ電球	6000 K
均一なデアライト	6500 K
青空の光	12000 ～ 18000 K

カラー・フィルム・カメラの発明により、まったく新しい問題が生まれました。画像を適正露出で撮影する以外に、フィルムの感光乳剤に投射されるさまざまな光源のさまざまな色合いを考えなければならなくなったのです。フィルムメーカーでは状況を改善するために、デーライトとタングステン電球の色温度範囲に合わせた感光乳剤を開発しました。またカメラメーカーも加わり、カメラのレンズに装着すると、フィルムの色温度の範囲外でも撮影できるカラーフィルタを開発しました。しかし、こうした解決策を利用しても、問題が完全に解決されたわけではありませんでした。なぜなら、予期しない状況や逆光状態で撮影した画像は、依然としてプリント段階での修正が不可能だったからです。

ホワイトバランスで色温度を設定する方法

デジタルカメラで撮影する場合、被写体の色温度が問題となるのは、カメラのプロセッサが画像を処理するときです。カメラはホワイトバランスの設定に基づいて画像を処理します。ホワイトバランスをオートに設定すると、カメラは最も明るい値を白と想定し、それに応じて画像の残りのすべての色を調整します。最も明るい値が白であれば、画像の色は正確に描写されます。ただし、最も明るい色が黄色であっても、カメラはその値を白と想定するので、すべての色のバランスが変わってしまいます。

しかし、デジタル画像の色温度は調整が可能です。ホワイトバランスとは、RAW イメージを記録後、画像の色温度を計算し、その結果をカラー値に適用する演算処理です。こうした色温度データは、画像にメタデータとして記録されますが、元の RAW ファイルを構成するデジタルデータに変わりはありません。このため、撮影の際にどのようなホワイトバランス、つまり色温度設定が適用されようと、撮影後も画像の色温度をいつでも補正することができます。デジタルカメラの RAW ファイルが、フィルムの化学的性質では解決できなかった色温度の柔軟性の問題を解決してくれたのです。

光の強度を測る

適正露出で画像を撮影するには、光の強度の適正值を知る必要があります。一般に被写体の反射光の強度を測るには、露出計が使用されます。デジタルカメラには、高性能で精度の高い露出計が内蔵されています。ただし、その精度は主観的なものです。推奨絞りとシャッタースピードは、被写体に当たる光の量と露出計の設定方法によって決まります。カメラの露出計は、おそらく適正露出を実現する絞りとシャッタースピードの組み合わせを指示してくれるでしょう。しかし、露出計が被写体を識別しているわけではありませんので、完璧な露出設定ができない場合もあります。露出計は色やコントラストを判断することはできません。被写体の反射光の明るさである輝度だけしか判断できないのです。

高性能な露出計を搭載したカメラであれば、被写体の特定の部分を測光することもできます。また、大半のデジタル一眼レフでは、ファインダーのどの部分を測光するかが選択できます。主な露出計の設定には、以下のものがあります。

- **評価測光**：評価測光とは、画面をいくつかの部分に分割し、それぞれを部分的に測光して、全体の平均値を求め、画面全体の適正露出を指示するシステムです。
- **スポット測光**：スポット測光とは、一般的に画面中央の限られた小さな領域を測光するシステムです。特に、比較的明るい背景または暗い背景を背にした被写体の撮影に便利です。スポット測光を使用すると、被写体は確実に適正露出となります。ただし、デメリットは、背景が極端に露出オーバーまたは露出アンダーになる可能性があることです。したがって、スポットメーターを使用しなければならないような撮影状況では、ブラケティング撮影（同じ画像を露出を変えて撮影すること）を行うべきです。ブラケティング撮影の詳細については、以下の「ブラケティング撮影を行う」を参照してください。
- **中央重点測光**：カメラの露出計を中央重点に設定すると、画面全体が測光されますが、ファインダーの中央に特に重点が置かれます。中央重点測光は一般にポートレート撮影に使用されますが、それは被写体が中央にあり、背景を無視することが多いためです。画面の中央から外れた被写体の場合は、露出計が背景に適正露出を合わせるため、被写体の露出は適正にはなりません。

ここで、露出計が指示する値が推奨値に過ぎないという点が重要です。たとえば、被写体のハイライト部のディテールに露出を合わせたい場合は、露出計の推奨値よりも短めの露出を選択してください。同じように、被写体のシャドウ部のディテールに露出を合わせたい場合は、露出計の推奨値よりも長めの露出を選択してください。露出計を用いて被写体をイメージどおりに撮影することは、フォトグラファーに与えられた特権だとも言えます。

ブラケティング撮影を行う

慎重に測光した場合でも、露出アンダーや露出オーバーの画像が撮影されることがあります。こうした理由から、プロフォトグラファーは、適正露出の画像を確実に撮影するために、できる限りブラケティング撮影を行っています。ブラケティング撮影では、露出計が指示する絞りとシャッタースピードを基準に、同じ画像を3コマ撮影します。たとえば、1コマ目は1段露出アンダーで、2コマ目は露出計の推奨露出で、3コマ目は1段露出オーバーで撮影します。適正露出の画像を確実に撮影するには、このように3段階の露出で撮影するのが一番良い方法です。

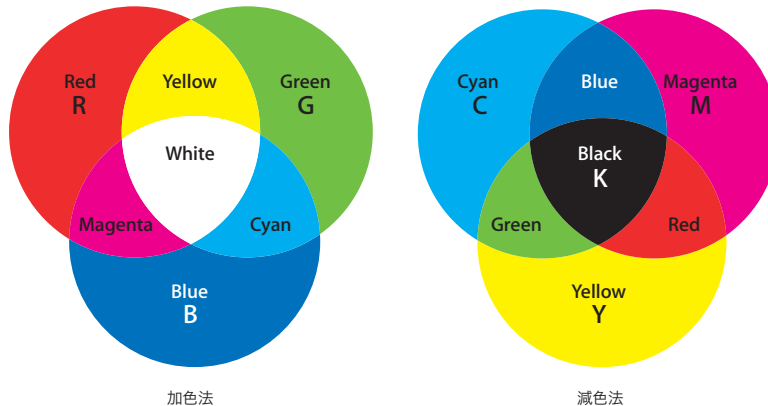
参考：ほとんどのデジタル一眼レフには、オートブラケティング機能が搭載されています。使いかたについては、お使いのカメラのマニュアルをご覧ください。

デジタル画像の見えかたを理解する

一般にデジタル画像は、画面に表示するか、またはプリントして鑑賞します。画像を画面で表示する方法とプリントして壁に飾る方法は、まったく異なります。コンピュータ、テレビ、ビデオ、デジタル・スチル・カメラなどは、光源から出る、赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の3原色を組み合わせさせてカラー画像を作成します。この方法は加色法の原理に基づいています。一方、プリント画像の場合は、外部の光源からの光を反射する必要があります。プリント技術には、一般にシアン、マゼンタ、イエロー、黒の4つの原色を持つ減色法の原理が利用されています。

加色法と減色法

光源そのものから出た色の要素を持つ画像は、加色法の原色を持つと考えられます。一方、一定の波長の光を除去または吸収し、見る者に特定の色を反射する画像は、減色法の原色を持つと考えられます。こうした違いがあるために、加色法の原色で表示された画像（液晶ディスプレイなど）と減色法の原色で表示された同じ画像（雑誌の表紙など）は、必ず違って見えます。つまり、液晶ディスプレイなどのデジタル機器では、赤、緑、青の光をさまざまな形で組み合わせて適切な色を作成しています。すべての色をすべて合わせると白になり、どの色もなければ黒になります。一方、雑誌の表紙などの印刷物では、シアン (C)、マゼンタ (M)、イエロー (Y) のインクをさまざまな形で合わせて、特定の光の色を反射する色を作成しています。なお、黒 (K) のインクは、ページ上に純粋な黒色を作成するために、最終的に画像に加えられます。インクを重ねていくと暗い色となり、重ねるインクが少なければ明るい色になります。このカラープロセスは CMYK とも呼ばれています。



カラー領域（ガモット）を理解する

1931 年、色の基準を定義することを目標としていた科学者および識者団体である国際照明委員会（CIE）は、この主観性の高いテーマにできる限り客観的に取り組み、色の世界を表現する座標系を作成しました。この表色系によると、目で見ることのできるあらゆる色は、x 座標と y 座標で表すことができます。もう一步踏み込んで言えば、色を再現するあらゆる機器では、CIE の x 値と y 値で表される RGB 原色を表現することができるということです。CIE 表色系は「ColorSync」などのカラーマネジメントシステムの基本となっています。CIE 表色系の x 座標と y 座標の二次元図で表される色の総数は、一般に機器のカラー領域と呼ばれています。つまり、あるシステムのカラー領域とは、システムが表示できる色の総数を意味しています。また、この二次元の表色系のほか、カラー領域には三次元の要素である「明るさ」が存在します。残念ながら、ディスプレイのカラー領域は、プリントの減色法とは正確には一致しません。たとえば、画面では表示される一定の色が、プリントでは正確に再現できない場合があります。逆についても同様です。

画像を画面に表示する

前述したとおり、コンピュータの画面上で画像を扱うときは、加色法に基づいて作業することになります。ディスプレイは電気信号を画面上の光と画素に変換し、RGB の色空間モデルを用いて画像を表示します。（色空間とは、特定の可視スペクトルの範囲（またはパラメータ）を意味します。一般的な色空間には sRGB と Apple RGB があります。）このプロセスは、画像ファイルがコンピュータのハードディスク上で処理された後、グラフィックカードへ転送され、次の処理を行うために、メモリに一時保存された時点で開始されます。グラフィックカードでは、画像を一定の解像度およびコンピュータに接続されたディスプレイのカラープロファイルで表示できるように処理を行います。（カラープロファイルとは、カラー領域、色空間、操作モードなど、特定の機器の色情報に関するデータを集めたものです。）画像の処理には、画像ファイルのサイズやビット深度、システムの表示サイズや表示枚数、ディスプレイの解像度に応じて、ある程度時間がかかる場合もあります。また、スキャンしたものであっても、カメラから直接ダウンロードしたものであっても、画像は RGB 色空間によってデジタルで記録されています。

RGB の基本は、光源から出る赤、緑、青の色を組み合わせ、ほかのさまざまな色を作成することにあります。カラーディスプレイ上では、3 つの色の要素（赤、緑、青）が合わさって画素を形成しています。赤、緑、青のすべてが組み合わせられると、白になります。また、どの色の要素もなければ黒になります。

ディスプレイのカラーキャリブレーションの重要性

画面上の色とプリント上または Web 上に出力する色を一致させるには、ディスプレイの色の調整（カラーキャリブレーション）がとても重要です。撮影から表示、プリントまで、デジタルワークフローはカラーキャリブレーションの成功に左右されます。ディスプレイが調整されていないと、デジタル画像に行った調整は、プリント上では忠実に再現されません。また、同じ画像を別のディスプレイで見ても色は違って見えます。ディスプレイを調整すると「ColorSync」によって画像が調整され、一貫した表示結果が得られます。カラーキャリブレーションを行うには、画面の輝度や色温度を測定する光学機器を画面に取り付けます。いくつかのメーカーがカラーキャリブレーションツールの製造を行っています。ツールは高価で品質の面で大きなばらつきが見られる場合もあるので、購入前に必ず十分な調査を行ってください。カラーキャリブレーションツールと機器の一覧については、「Macintosh 製品ガイド」(<http://guide.apple.com/jp>)を参照してください。

Apple Cinema Display はブルーフに完全対応

Apple Cinema Displays は色表示に優れているため、SWOP 認定ソフトブルーフのワークフローに利用することができます。ディスプレイを使った色校正システムである Integrated Color Solutions (ICS) 社の Remote Director 2.0 と、Kodak Polychrome Graphics (KPG) 社の Matchprint Virtual Proofing System-LCD はどちらも、SWOP（オフセット印刷標準規格）の認定を受けています。Remote Director 2.0 が権威ある SWOP の認証を受けたことは、ハードコピーによる確認作業を経ることなく、画面上で印刷物が確認できることを意味します。これは印刷業界関係者にとって、時間とコストの大幅な削減につながります。

認定されたシステムは、ANSI CGATS TR 001 や Graphic Technology で定義された、SWOP 認定プレスブルーフと視覚的にまったく同じ色校正を作ることができます。ICS、KPG の両社は出力紙と同じ明るさと感触を持つオンスクリーンブルーフを作成するのに、アップルのフラットパネルディスプレイを選びました。その理由は、このディスプレイが両社が必要とする輝度やカラー領域を持つ唯一のディスプレイだったからです。

参考：画像をソフトブルーフするときは、正確な結果を得るために、お使いの Apple Cinema Displays のカラーキャリブレーションを行ってください。

プリント出力する

画像をプリント出力するには、RGB 色空間から CMYK 色空間に色を変換する必要があります。その理由は、プリントされた画像を見るには、外部の光源からの反射光が必要となるからです。一般に画像は白い用紙にプリントされるので、白いインクは必要ありません。インクを混ぜると暗い色が作られ、混ぜる色を少なくすれば明るい色が作られます。

プリントの画質の詳細については、37 ページの第 3 章「解像度について理解する」を参照してください。

プリンタの種類

プリンタの種類は主に、パーソナルプリンタとプロフェッショナルプリンタの 2 種類に分類されます。

パーソナルプリンタ

手ごろな価格のプリンタとして、次の 2 つの基本的な種類があります。

- **インクジェット**：インクジェットプリンタは、用紙に微細なインクドロップを噴射して画像を作成します。顕微鏡でしか見えないほど小さなインクドロップをきわめて正確に用紙へ噴射するので、高解像度の写真を作成することができます。インクを用紙に噴射するには、2 つの方法があります。1 つは、インクを十分な温度まで温めて、ドロップさせる方法です。そしてもう 1 つは、インクの詰まった小さなバルブを振動させて、用紙にインクドロップを噴射する方法です。
- **昇華型プリンタ**：昇華型プリンタは、カラーリボンを昇華させ、インクを用紙に付着させて画像を作成します。リボンには固形インクが塗布されており、耐水性に近い破れにくいプリントを作成することができます。昇華型プリントの優れた耐久性は、ほかの媒体に劣らない保存性を実現しています。

インクジェットプリンタの性能は、この数年間で大きく向上し、その解像度とカラー領域は昇華型プリンタを上回るほどです。

プロフェッショナルプリンタ

プロフェッショナルな使用に適したプリンタには、次の 2 つの基本的な種類があります。パーソナルプリンタとは違い比較的高価です。

- **オフセット印刷機**：オフセット印刷機は、雑誌やパンフレットなどの大量印刷に使用されています。インクを網点に並べて付着し、ページ上に画像を作成します。画像を用紙に印刷するために、固定ドラムが使用されます。
- **RA-4**：RA-4 プリンタを使用すると、従来の印画紙にデジタル画像を印刷できます。印画紙の露光には連続した着色光を使用し、色を混ぜ合わせて階調豊かなプリントを作成します。その高価な価格とサイズが原因で、大部分のデジタル銀塩プリンタは、プロラボ以外では使用されていません。

解像度の概念は分かりにくいものです。カメラ、ディスプレイ、プリンタはそれぞれ異なる方法で解像度を測定しています。

解像度は、画像がどの程度ディテールを再現できるかを示しています。この章では、画像の解像度について説明し、解像度を理解することが優れたデジタル画像の作成にいかに関与するかを検証します。

この章の内容：

- 解像度の分かりやすい説明 (37 ページ)
- 機器ごとの解像度測定値の違い (40 ページ)
- カメラ、ディスプレイ、プリンタの解像度を理解する (41 ページ)
- 色を計算し、浮動小数点を理解する (43 ページ)

解像度の分かりやすい説明

画像の解像度は、画像の画素数と各画素のビット深度によって決まります。

画素について理解する

画素とは、画像を構成する最小単位のことを言います。各画素が1つの色を表しています。画素の色と明るさの範囲は、ビット深度によって決まります。詳細については、38 ページの「ビット深度について理解する」を参照してください。

画素が集まり、1枚の画像のように見えるものを形成しています。カラーディスプレイの場合は、3つの要素（赤、緑、青）が集まり、1つの画素を形成します。画素の数が増えれば増えるほど、画像のディテールはシャープになり、元の被写体がかっきりと再現されます。つまり、画素数が高くなればなるほど、表示画像がリアルに見える可能性が高くなります。

小さな画像ですら実に多くの画素から構成されているために、画素数は一般にメガピクセル（百万画素）単位で表されます。たとえば、150 万画素は 1.5 メガピクセルとなります。

ビット深度について理解する

ビット深度とは、1つの画素がカラーチャンネルごとに表示できるカラー値の数、つまり色合いを表しています。1画素のカラーチャンネルのビット深度が高くなればなるほど、各画素が表示できる色の数は飛躍的に多くなります。

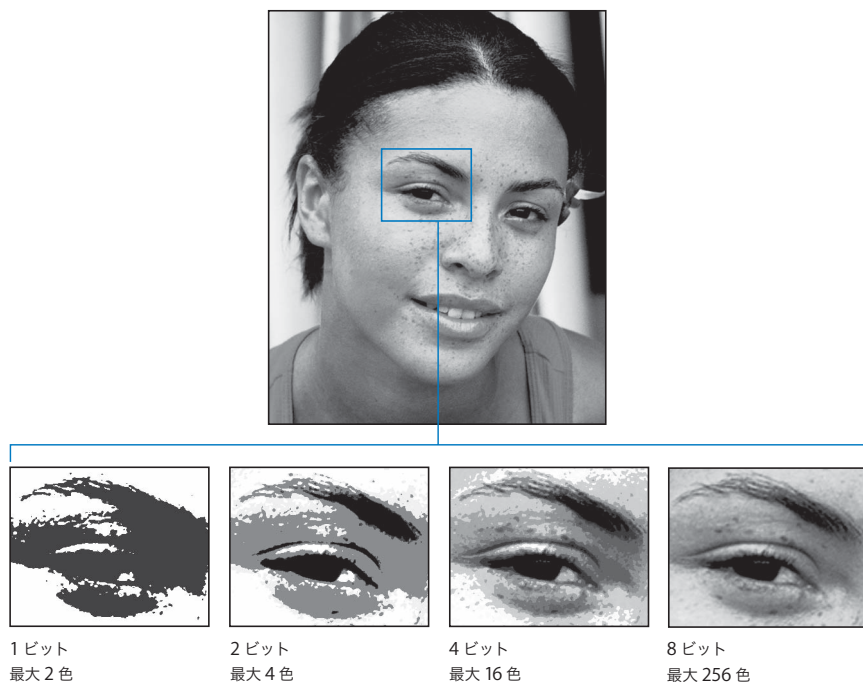
1 画像の初期のビット深度はカメラでコントロールされます。多くのカメラでは、いくつかのファイル設定を選択できます。たとえば、一般のデジタル一眼レフには2種類の設定が用意されていて、8ビットのJPEGファイル（カラーチャンネルごとに8ビット）、または16ビットのRAWファイル（カラーチャンネルごとに12～14ビット）で撮影することができます。

画像ファイルのタイプごとに静的なビット深度が使用されています。つまり、JPEG、RAW、TIFFはどれも異なるビット深度を持ちます。下の表に示すように、撮影するファイルタイプによって、画像の諧調は大きく変化します。

各カラーチャンネルのビット深度	各カラーチャンネルの最大カラー値	最も近いファイルタイプ
2	4	
4	16	
8	256	JPEG、一部の TIFF
12	4096	ほとんどの RAW
14	16,384	一部の RAW
16	65,536	一部の TIFF

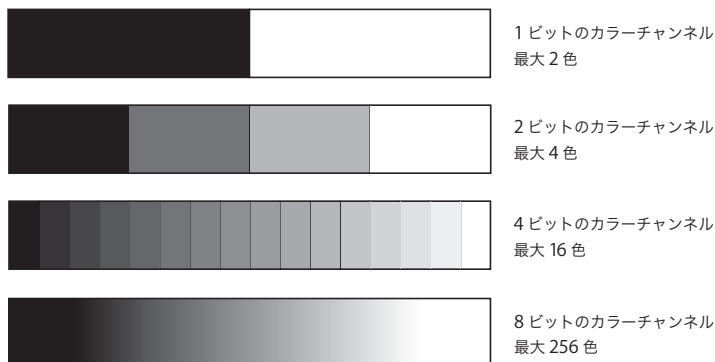
参考：画像ファイルのビット深度は一定（各画素が同じビット数）であり、撮影方法に応じて最初に決まります。

以下に、ビット深度についての実例を示します。画像上のビット深度の影響を理解するために、下の写真の被写体をご覧ください。写真は 8 ビットグレースケール画像です。被写体の目を例に、低ビット深度が画像の解像度に与える影響について説明します。



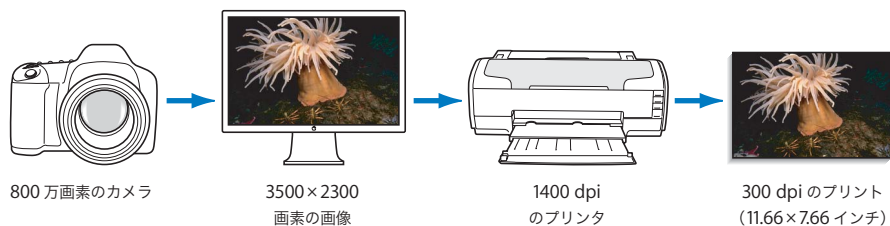
JPEG などの形式では、赤チャンネル 8 ビット、緑チャンネル 8 ビット、青チャンネル 8 ビットと 1 画素あたり 24 ビットの色情報を使用します。8 ビットカラーチャンネルでは最大 256 色（2 の 8 乗）表示できるので、8 ビットのカラーチャンネルが 3 つであれば、16,777,216 色（2 の 24 乗）表示できます。RAW ファイルでも 3 つのカラーチャンネルを使用しています。ほとんどの RAW ファイルではカラーチャンネルごとに 12 ～ 14 ビットの色情報を記録できるので、その色範囲は飛躍的に大きくなります。

次は、1 画素あたりのビット深度が高くなれば、表示色がどの程度増加するかを示した例です。ビット深度が1ビット高くなるごとに、表示色は2倍になります。



機器ごとの解像度測定値の違い

これまで説明したように、解像度そのものは複雑なものではありません。単に、画像がどの程度ディテールを再現できるかを表したものです。しかし、カメラ、ディスプレイ、プリンタなど、さまざまなデジタル機器の解像度についての説明では、機器ごとの測定値の違いが分かりにくい可能性があります。まず、カメラの解像度は、撮像素子が記録できる画素数を基準に測定されています。次に、ディスプレイの解像度は、1 インチあたりの画素数 (ppi)、あるいは 1920×1280 画素といった表示解像度で表されます。最後に、プリンタの最大解像度については、プリンタが1 平方インチあたりに打つことができるドット数 (dpi) で表されます。このように、機器ごとに単位が異なる点が、デジタル画像の解像度を分かりにくくしている原因だと言えます。もちろん、変化するのは測定単位だけではなく、その数値も機器ごとに変化します。



カメラ、ディスプレイ、プリンタの解像度を理解する

カメラ、ディスプレイ、プリンタの測定単位の違いを理解するのは簡単なことではありません。しかし、機器間の解像度の違いを理解していないと、気付かいうちに画質が低下している場合も考えられます。

カメラの解像度

カメラの潜在解像度は、メガピクセル（画像を記録できる百万単位の画素数）単位で測定されます。メガピクセルの数が大きくなればなるほど、画像には多くの情報が記録されます。カメラが潜在解像度を持つ理由は、レンズの画質、ISO 感度設定、圧縮設定なども画質に影響する可能性があるからです。カメラの仕組みの詳細については、7 ページの第 1 章「デジタルカメラの原理」を参照してください。

カメラが記録できるメガピクセル数を利用すれば、最終的に作成できるプリントの最高画質を大まかに判断することができます。

メガピクセル	プリントサイズ (200 dpi)	圧縮前のファイルサイズ (概数)
1	4" x 3"	1 MB
1	4" x 3.5"	2 MB
2	6" x 4"	3 MB
2.5	10" x 6"	7 MB
4	12" x 8"	12 MB
5	14" x 9"	15 MB
7	16" x 11"	21 MB

ディスプレイの解像度

最大解像度は、画面に表示できる最大画素数によって決まります。ほとんどのディスプレイでは、さまざまな解像度設定が選択できます。たとえば、23 インチの Apple Cinema HD Display の場合、最小 640 × 480 画素から最大 1920 × 1200 画素の解像度設定が用意されています。写真を表示する場合は、ディスプレイを最大解像度に設定してください。画面には可能な限り詳細な画像が表示されます。

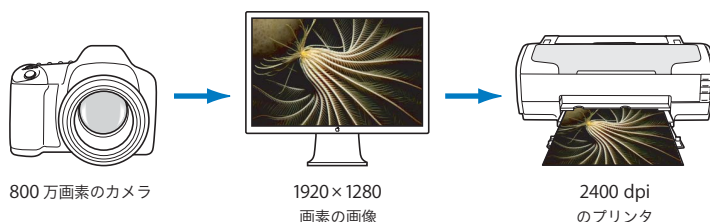
CRT ディスプレイとフラットパネルディスプレイの解像度の違いについて

CRT ディスプレイとフラットパネルディスプレイの解像度特性は異なります。CRT ディスプレイでは、解像度を切り替えることができるので、設定解像度が実際の解像度で表示され、サポートされている解像度ならどれでも画像は正確かつシャープに描写されます。一方、フラットパネルディスプレイの場合は、最大解像度でしか画像は正確かつシャープに表示されません。解像度を切り替えると、画像全体が画面のサイズに合わせて補間されるので、ぼやけた画像や多少ぶれた画像が表示されてしまいます。

プリンタの解像度

プリンタの解像度はプリントの画質だと考えられます。プリントの画質は、次の 2 つの要因によって決まります。

- **画像ファイルの解像度**：画像ファイルの解像度は、画像の画素数と画素自体のビット深度によって決まります。当然、画像の画素数が多ければ多いほど、表示できる情報が多くなります。ただし、画素数のほか、ビット深度によっても解像度は大きく左右されます。ビット深度が高ければ高いほど、画素はより多くの色を表示することができます。
ビット深度の詳細については、38 ページの「ビット深度について理解する」を参照してください。
- **プリンタの解像度**：プリンタの解像度は、用紙 1 平方インチあたりにプリンタがどれだけ高い密度でドットを打つことができるかによって決まります（単位：dpi）。また、プリンタの最大解像度によって、プリントの最高画質が決まります。



色を計算し、浮動小数点を理解する

すでに説明したように、デジタル機器は色を数値化しています。「Aperture」では、浮動小数点を利用して色を計算していますが、浮動小数点演算であれば、超高解像度でも最小のエラーで計算することができます。

ビット深度と量子化について理解する

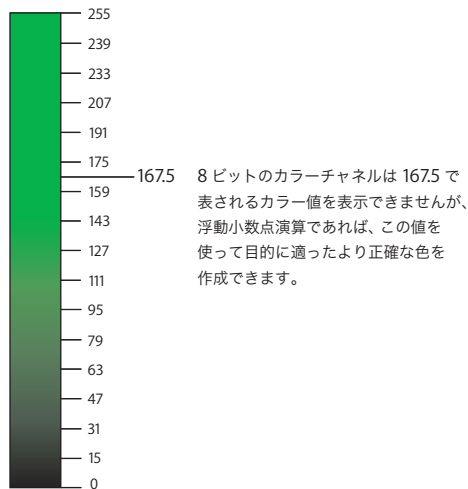
撮像素子で画像を記録する場合、アナログ信号を加工と保存が可能なデジタル信号に変換しなければなりません。詳細については、17 ページの「撮像素子」を参照してください。アナログ信号をデジタル信号に変換するプロセスはデジタル化と呼ばれています。アナログ信号をデジタル化するプロセスでは、信号を離散的な数値に変換する量子化を行う必要があります。各画素のカラー値の精度は、バイナリ言語の長さ、つまりビット深度によって決まります。たとえば、1 ビットのバイナリ言語は 0 か 1 の状態しか表すことができません。1 ビットシステムでは、その値に関係なく、システムは 0 か 1（オンかオフ）でカラー値を表現してしまうために、画像を詳細に記録することはできません。しかし、2 ビットのバイナリ言語であれば、00、01、10、11 の 4 つの状態を表すことができます。そのほかのビット数も同様です。RAW 画像ファイルのほとんどは、カラーチャンネルごとに最低でも 12 ビットの情報を記録し（4096 段階可能）、カラー値をはるかに詳細に表すことができます。したがって、各画素が使用できるビット数が多ければ多いほど、各カラーチャンネルのカラー値は、元のアナログ信号をより正確に表すことができます。

たとえば、128 の数を用いて、画像の 1 画素あたりのカラーチャンネルのカラー値を 1 ボルトの範囲内で表すことを考えてみましょう。この場合、カメラのアナログデジタル変換回路の精度は 1/128 ボルトとなります。1/128 ボルトよりも詳細なカラー値の変化は表されず、1/128 ボルトに概算されてしまいます。こうした丸め誤差は量子化誤差と呼ばれています。つまり、信号が概算されればされるほど、画像の画質は低下することになります。

浮動小数点とビット深度の関係を理解する

デジタル画像に複数の調整を加えると、これらの調整が数値として計算され、画像が作成されます。アナログデジタル変換回路と同様、調整の計算時にも量子化誤差が生じる可能性があります。たとえば、 $3 \div 2 = 1.5$ という計算について考えてみましょう。注意しなければならないのは、正確な答えを求めるには、つまり高い精度を求めるには小数点以下まで計算する必要があったことです。一方、画素のビット深度の場合、小数点以下の精度が実現できなければ、答えは2か1の概数で表さざるを得ません。いずれにしても、これでは量子化誤差が生じてしまいます。特に、量子化誤差が目につくのは、元の値に戻ろうとするときです。浮動小数点精度がなければ、 $1 \times 2 = 2$ または $2 \times 2 = 4$ という答えしか得られません。どちらの計算も元の値の3には戻ることができません。このように、調整のために連続的な計算が必要な場合や、その後の値がそれぞれ不正確な場合には、問題が生じる可能性があります。画像に対して複雑な調整を行うには、大量の計算が必要です。そのため、最終的により正確な概数を求めるためには、調整について、入力解像度や出力解像度よりもはるかに高い解像度で計算しなければなりません。

下の例では、24 ビットの画素の緑チャンネル（カラーチャンネルあたり 8 ビット）が 256 段階の緑の明暗を表すことができます。ただし、167 段と 168 段の間のカラー値を計算しなければならないような調整を行う場合は、浮動小数点処理ができないと、アプリケーションはいずれか一方の値で表すことしかできません。最終的な計算結果は、近いながらも正確な色とはならず、残念ながら、情報は失われてしまいます。



「Aperture」の浮動小数点演算を理解する

内部的な処理として、「Aperture」では、画像調整の処理に浮動小数点演算を利用して、量子化誤差を最小限に抑えています。浮動小数点演算であれば、広い範囲の数値をきわめて高い精度で表すことができるので、画像に調整を加える際は、結果的に限りなく正確な画素値を得ることができます。画像に複数回の調整を加えて、作業中の色空間のカラー領域にない色を作成する機会は数多くあります。実際、調整に際しては、さまざまな色空間で計算が行われる場合があります。浮動小数点を利用すれば、普通なら省略される色も、色計算の結果として中間の色空間に保存することができます。

画像を印刷する場合は、出力ファイルがプリンタのカラー領域内になければなりません。画素のカラー値は、画面で表示するにせよプリンタで出力するにせよ、必要に応じて、高い精度で処理されて出力ビット深度に概算されます。こうした精度が最も効果を発揮するのは、暗い色合いや画像のシャドー部をレンダリングするときです。ここで重要なのは、浮動小数点演算を用いて画像を処理すれば、きわめて高い画質が実現できることです。

カラー領域の詳細については、34 ページの「カラー領域（ガモット）を理解する」を参照してください。

クレジット



撮影：Norbert Wu（41 ページ、43 ページ）

Copyright 2005 Norbert Wu

<http://www.norbertwu.com>



撮影：Matthew Birdsell（9 ページ、16 ページ）

Copyright 2005 Matthew Birdsell

<http://www.matthewbirdsell.com>