

Bayer パターンの生データを使って効率良く画像処理を行う

— デジタル・カメラの“もったいない”処理を改善するテクニック

外村元伸

画像の拡大・縮小スケール表示などに使われる補間法の一つに、バイキュービック・スプライン法があります。補間精度の高い方法なのですが、例えばデジタル・カメラの画像を拡大・縮小スケール表示する場合、画像入力の段階でカラー・イメージ・センサ特有の問題があり、バイキュービック・スプライン補間法の能力を十分に発揮できません。本稿では、この問題がイメージ・センサのBayerパターンと呼ばれているカラー・フィルタ配列に起因していることを説明します。また、最近のデジタル・カメラでサポートされているカラー・フィルタ配列画像の生データを取り出す機能を利用して、その問題を解決する手段を紹介します。(筆者)

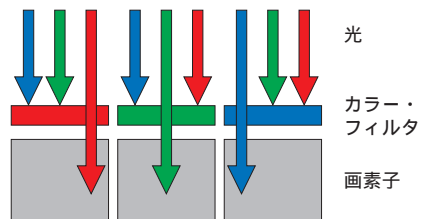
ついに画素数1,000万クラスのデジタル・カメラが登場し、今では比較的購入しやすい価格で発売されています。現在、R(赤)G(緑)B(青)の3原色カラー画像の取得と画像データの圧縮・保存は当たり前ですが、どのようにしてカラー画像を取得しているのか、皆さんご存じでしょうか。

1 画像の取得と Bayer パターン

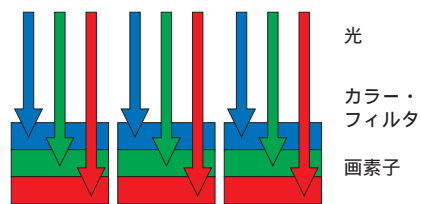
ところで、デジタル・カメラで標準的にサポートされている圧縮保存形式のJPEGは、せっかく取得した画像の細部の情報の一部を切り捨ててしまっています。どのように回復処理を行おうとも、切り捨てた情報は正確には戻りません。そのためJPEGのような画像圧縮方式は、非可逆圧縮と呼ばれています。

● 単板カラー・イメージ・センサの仕組み

さらに、通常のデジタル・カメラでは、圧縮保存する前に既に取得した画像とは異なる画像に変換しています。これはカラー画像の取得方法に問題があるからです。単板のイメージ・センサ(撮像素子)からは、グレイスケールの画素値しか得られません。カラー画像を取得するには、図1(a)に示すように画素の前面にRGB3色のカラー・フィルタを取り付ける必要があります。民生機器では、コストと処理の複雑さを軽減するため、単板イメージ・センサを採用しています。単板では一つの画素位置に1色分のカラ



(a) Bayerパターン・カラー・フィルタのイメージ・センサ



(b) Foveon社のイメージ・センサ

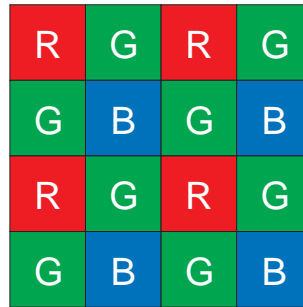
図1 イメージ・センサの構造

(a)にBayerパターン・カラー・フィルタの構造を、(b)に米国Foveon社のイメージ・センサの構造を示す。

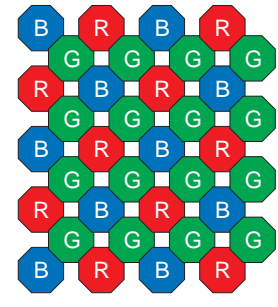
Keyword Bayerパターン, デジタル・カメラ, JPEG, 非可逆圧縮, イメージ・センサ, グレイスケール, ハニカム構造, デモザイキング, バイキュービック・スプライン, バイリニア, 2次元Wavelet変換



(a) 配置パターン1



(b) 配置パターン2



(c) ハニカム構造

図2
Bayerパターン・カラー・フィルタの配置パターンの例

(a)や(b)の配置パターンがよく使われている。(c)は富士フィルムが採用している配置パターンで、「ハニカム(honeycomb)構造」と呼ばれる。

ー・フィルタしか取り付けることができません。ただし、例外として米国 Foveon 社のイメージ・センサが挙げられます(図1(b))。同社のイメージ・センサは、Si(シリコン)が深さ方向で異なる色の光を吸収することを利用し、同位置の深さ方向に3層を設けることでRGBを同時に取り込むことができます^{注1}。

さて、一般の(Foveon社以外の)単板イメージ・センサでは、平面層に均等な面積で画素を並べるとすると、4(=2×2)画素に対して3色のカラー・フィルタを配置することになります。そのため、どうしてもある1色に対して2画素を割り当てることとなります。人間の目にとって一番感度が良く、知覚される最も重要な情報を含んでいる色が中間波長のG(緑)であることから、Gを2画素割り当てるのが普通です。このようなカラー・フィルタの配列は、米国 Eastman Kodak 社の Bryce E. Bayer 氏が基本特許として出願し、米国特許 3,971,065 (July 20, 1976)として登録されているため、今日では「Bayerパターン・カラー・フィルタ配列(Bayer Pattern Color Filter Array)」と呼ばれています。

● メーカーごとに異なる Bayer パターンの配置と構造

Bayerパターン・カラー・フィルタ配列の配置として、図2(a),(b)のようなものが多く使われていますが、細かい配列パターンはデジタル・カメラ・メーカーごとに異なります。また同じメーカーでも機種間で異なるケースがあります。なお、図2(c)は富士フィルムが独自に採用している配置です。画素の形状を八角形(六角形ではないことに注意)にしてハチの巣状に並べていることから、「ハニカム

(honeycomb)構造」と呼ばれています。

本稿では、Bayerパターン・カラー・フィルタ配列の典型的な例としてキヤノンの「EOS Kiss デジタルX」を、ハニカム構造の例として富士フィルムの「FinePix S5200^{注2}」を取り上げます。メーカーが公開していない情報に関しては、筆者が独自に解析したものであり、保証するものではありません。読者の皆さんの責任において参考にご覧ください。また、ここで取り上げる以外の機種については、同じ機種系列であれば画素数の違い程度と考えられるので、これも本稿を参考にして、詳しくは皆さんで調べてみてください。

● 画像データ保存量はフルカラーRGBの1/3

図2から明らかなように、Bayerパターン・カラー・フィルタ配列を用いると、一つの画素位置にはRGB3色のうちの1色分の画素データ(グレースケール)しか存在しません。そのため、画像データの保存量はフルカラーRGBの1/3で済むことになります。

通常デジタル・カメラでは、フルカラーRGB画像データを、例えばJPEGで何分の1かに圧縮しています。しかし、Bayerパターン・カラー・フィルタ配列のグレースケール画像データであれば、圧縮なしでもそれなりにファイル容量の削減効果があります。Bayerパターン・カラー・フィルタ配列のグレースケール画像データは、「RAW(生)データ」^{注3}と呼ばれています。RAWデータそのものを画像圧縮すると、さらに効率的です。これについては、既に原理的な提案がされているので後で詳しく解説します。

注1：詳細はFoveonのWebサイト(<http://www.foveon.com/>)やシグマのWebサイト(<http://www.sigma-photo.co.jp/>)を参照。

注2：FinePix S5200は、2006年9月に出荷を終了している。

注3：本稿では、RAWデータのほかに、「RAW画素データ」、「RAW画像データ」、「RAWモード・データ」という言葉を用いている。RAW画素データという場合は、センサの画素に重点を置いている。RAW画像データの場合は、センサから読み出されて画像データとして存在している状態を指す。RAWモード・データは、メーカーが作成した固有の機能であることを強調した表現。