

デジタル一眼レフカメラにふさわしい高画質を追求した コニカミノルタ独自の絵づくり

自然で印象的な質感描写

Achieving the Highest Image Quality from a Digital SLR Camera

中山 春樹*
Nakayama, Haruki

鎌田 裕子*
Kamada, Yuko

要旨

コニカとミノルタ統合後の、カメラ事業における画質に対する方針は「記憶に残す高画質」の追求である。入力機器であるデジタル一眼レフカメラα-7 DIGITALは「自然で印象的な画質」「透明感があり、質感を描写できる画質」を画質コンセプトとした。本稿では画質構築の目標設定、評価手法の概要と、実際の色再現、階調特性開発について紹介する。

Abstract

Since Konica and Minolta became one, the idea of “unsurpassed imaging, unforgettable images” has been a central force in camera development. The α-7 DIGITAL (MAXXUM 7 D/DYNAX 7 D), Konica Minolta’s first digital SLR, was designed to achieve such high image quality, such natural and impressive color reproduction, and such clarity that you can almost reach in and touch the world within the image.

Reported here is we set and met these goals.

1 はじめに

α-7 DIGITALは、コニカミノルタ初のデジタル一眼レフカメラである。このカメラはコニカとミノルタが統合した後、2つ会社が持っていた技術を本格的に融合し新しい価値、「記憶に残す高画質」を追求した初のカメラでもある。この「記憶に残す高画質」とは何か、カメラとしてどこを目指すべきか、を考えることから開発はスタートした。

目指すものは、入力から出力までを扱う会社としての、トータルな画質開発である。世界に先駆けて本格的AF一眼レフカメラを世に出したミノルタの技術、写真の歴史を築いてきたコニカの銀塩フィルム画像技術、出力機器技術を新会社コニカミノルタは有している。

単に入力機器としてのデジタルカメラではなく、写真を楽しむ、写真を残す総合的な視点から画像を考え、幅広い蓄積技術を結集して画質を創りこんでいった。

ここではそれらの取り組みについて紹介する。

*コニカミノルタフォトイメージング(株) カメラ事業部 開発部

2 画質コンセプトの決定

α-7 DIGITALの画質目標を決定するにあたり、2004年の春の段階での市場に存在するデジタルカメラ（以降DSCと呼ぶ）の画質傾向を調査することでお客様の画質に関する嗜好を調べるとともに、かつて弊社が販売した、画質傾向の異なる2つのカメラについて、弊社写真教室に通っているアマチュアユーザー10名、およびプロの写真家12名にその画質の好感度を評価してもらうことで、好ましい画質の方向性を調査した。

その結果として、α-7 DIGITALの画質コンセプトは「自然で印象的な画質。質感描写に優れた画質」とした。

2.1 市場DSCの画質傾向の把握

市場にあるDSCの色再現傾向と画像の主階調（画像の中層輝度部分の階調・ガンマ）との関係を調べた。

Fig.1は、「派手」「鮮やか」「地味」といった画像から受ける印象を、おおまかに数値化したものである。

横軸は、グレッグマクベス社のカラーチャートを撮影

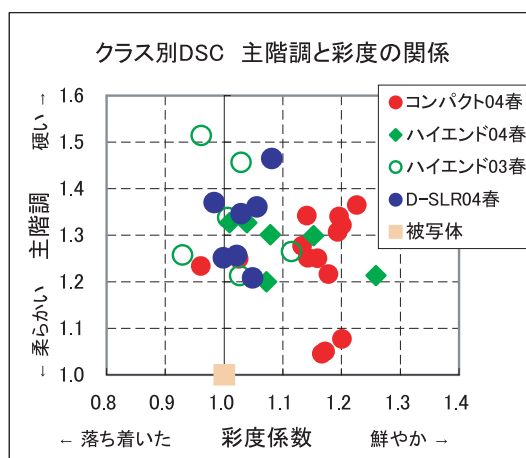


Fig.1 Trend in color reproduction (tone and saturation balance) among various DSCs

し、色票の彩度の平均値が、実際のチャートの色（被写体色）を1とした場合の比を表している。係数が大きいほど彩度が高いと言える。

縦軸は、階調特性を測定し、主階調（被写体の中庸輝

度部分)の傾き(ガンマ)を現す。sRGBモニタに表示した場合に被写体と同じ階調再現であれば1で、縦軸の数字が大きいくほど調子の硬い画像となる。一般に硬調で彩度が高いほど鮮やかさが増すので、グラフの右上にいく程「派手な印象」、左下にいく程「地味な印象」を受けの絵づくりと言える。

グラフより、各社一眼レフタイプのDSCはコンパクトタイプより彩度が低めであること、逆に主階調は硬めであることが判る。

また、ハイエンドコンパクトタイプのDSC(500~800万画素)を2003年春のモデルと2004年春のモデルで比較して見ると、2004年春のモデルの方が、機種間のばらつき幅が縮小している。DSCの普及率が高まり、DSCユーザーの画質に関する嗜好が定まって来たためとも考えられるので、 $\alpha-7$ DIGITALの画質目標をたてる上で一つの指標になり得るものと考えた。

ほとんどのDSCで、被写体色の彩度に比べて再現色の彩度が高い点は、よく知られている「再現輝度(濃度)域が狭い場合は同一彩度であっても彩度を低く感じる」と言う生理的な感覚に対応するためにやや高めの彩度再現に設定しているのと、現状のネガプリントが高いガンマに設定されているために、ユーザーが「派手気味」な画像に慣れていることへの対応と考えられる。

一方で、一眼レフタイプのDSCがコンパクトタイプのDSCに比べると彩度が低め(被写体彩度よりは高い)になっているのは、まだまだ一眼レフタイプのDSCが高価でもあり、そのユーザーの大半がプロカメラマンや先進的ユーザーであると想定できるため、ソフトウェアによる後処理によって彩度アップが可能だけでなく、最初から高い彩度再現とすることによって生じる高彩度被写体の色飽和(色を作るRGBの内、1色ないし2色が8ビット数値の最大値、255を超えてしまい色バランスを崩すこと)を防ぐことをメーカーが優先しているためと考えられる。しかしながら、後に示すユーザー評価から、上級ユーザーやプロカメラマンも、より彩度の高い画像を好んでいることが分かった。

2.2 画質に関するユーザー評価の実施

主階調や彩度の傾向は上記のように安定化の方向に向かっていると考えられるが、それ以外の特性も含めた「DSCの画質」は、まだまだ機種毎に異なる。これはおのおのの製品がターゲットとするユーザーが異なるという理由もあるが、「画質」と言う比較的主観的であまいなものに対して各メーカーの方針が未だ定まっていなことも挙げられる。

弊社のDSCにも細かく見ると機種毎の画質に特徴がある。

明らかに異なった画質特徴を持つ弊社の2種(A,B)のDSC(画素数は同じ)を用い、それぞれで同じ被写体

を撮影した画像(Fig. 3 A, B)を、弊社の写真教室の生徒であり、弊社フォトクラブの会員でもあるアマチュアユーザー10名と、プロの写真家12名に評価をして頂き、どちらの画質が好まれるか、その理由などを調査した。

Aのカメラはやや硬調な階調再現で暗部の再現に重点を置いた設計となっており、彩度はやや低い。またBのカメラは明暗の全域において比較的なだらかな階調再現であり、彩度が高く、所謂、色づきがよい設計となっている。

これらのカメラで同じように比較撮影した5シーンの写真を被験者に一対比較で鑑賞してもらい、結果としてカメラ自体の好ましさを系列範疇法で評価してもらった。

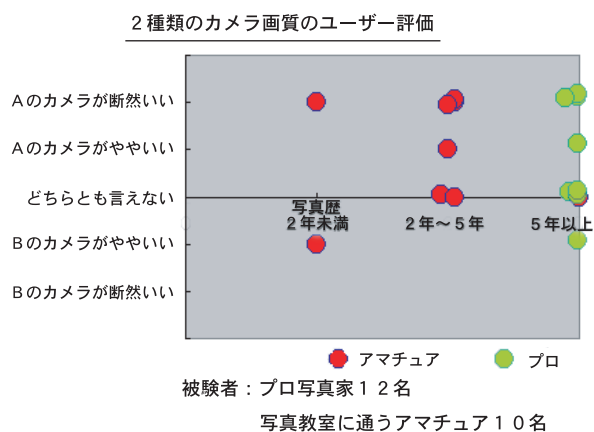


Fig.2 User preferences in two DSCs

結果をFig. 2に示す。被験者が写真愛好家であるフォトクラブ会員や、プロカメラマンと言う前提もあり、やや硬調な階調再現でメリハリのある画像再現をするカメラAの方がより好まれる結果となっている。色の鮮やかさよりも階調再現を重視したと判断できる。

これら、カメラAを選んだ人のコメントを見るとほとんどの被験者が同様の答えをしている。それは、「質感や立体感がある」と言うものであり、一方、数は少ないが、カメラBを選択した被験者のコメントも共通しており、「色が鮮やか」「自然で印象的な色」と言うものであった。どちらとも言えないと答えたアマチュア3名、プロカメラマン4名の内、「後処理でどうにでもなるからどちらでもよい」と答えた3名を除く全員が「質感・実在感Aだが色に鮮やかさが足りず、印象が薄い」と答えている。

これらの実験結果を踏まえ、またこれまでに培ってきた写真評価の結果から、写真愛好家に向けた製品である $\alpha-7$ DIGITALの画質として、「十分な彩度再現と階調再現による、自然でより印象的な画像」「透明感があり質感描写や立体感が再現できる画質」さらには「画像を通して写真を楽しむことのできる画質」を画質設計目標として設定した。



Fig.3 Camera A and Camera B

3 画質コンセプトの実現

3. 1 色再現

自然な色再現のためには、色相（色味）、明度（明るさ）の変化を抑え、コントラスト再現域が狭くなる分、彩度をやや高めに設定した色再現とすることが一般的であろう。さらに記憶色と言われる肌色や空の青、緑などは実際の色相や明度、彩度と異なった「好ましい色」に設定する必要がある。

しかしながら、単に「自然に見える」と言うだけでは、写真を撮ろうと思い立った時の感動や印象までもが再現されることは望めない。「色」と言った視点で「印象に残りやすさ」を考える時、重要な色は記憶色としての肌色、青に加えて鮮やかな赤の再現と言われる。

一般に、人が色の違いを見分ける場合、肌色に対する感度は高い。顔色が健康のバロメーターとされるように、「青ざめている」「赤くて熱っぽい」など比較的少ない色の違いであっても肌色の変化には敏感である。

また、赤に対しても、人はよく反応する。世界の様々な地域で用いられる多種の言語においても、色を表す単語のうちで赤色のカテゴリに属する語が最多である。顔色、肉の鮮度、熟した果実の色、血の色等、古代から人の生死に関わる重要な色であったからであろう。

$\alpha-7$ DIGITALでは「自然で印象的な」色を再現するためのターゲット色として透明感と色の乗りを備えた肌色と赤を設定している。

DSCでは現在のところ特定の被写体色のみを抽出して色を作り出すことができず、肌色や赤のみに注目して色補正を行ってしまうと、結果として他の色が好ましくない方向に偏傾してしまうことになりかねない。また、同じ肌色であっても実際に人物を撮影した場合の肌色と、単に「肌色」と呼ばれる色の被写体を撮影した場合では好ましい再現色は異なる。こう言った問題を解決するために、「どの色はどの程度まで異なって再現されると許容限界を超えるか」と言った「許容色差実験」を行った。

被験者に対して、sRGB環境のモニタ上に、種々の色と、その色に対して色相、彩度、明度を変えた色を同時に表示し、一対比較法によって「同じ色に見える」「違う色に見えるが許容できる」「違う」の3段階で評価してもらう。実際のサンプル色は40色で、それぞれの色に対して18通りの変更を加えた、計650組の評価を行った。被験者数は20名である。その結果次のことが分かった。

- ・明度L30～L50の色に対しては許容幅が狭い。
- ・彩度が低い色ほど許容幅が狭い。
- ・彩度と色相では、色相ズレのほうが許容幅が狭い。
- ・彩度の高い赤系では、黄色方向へは許容幅広い。

結果の一例をFig. 4（ $L^*a^*b^*$ 座標）に示す。

この結果を考慮して実際の色補正範囲を検討した上で設定したターゲット色が最良となるよう色補正のための演算係数を決めている。

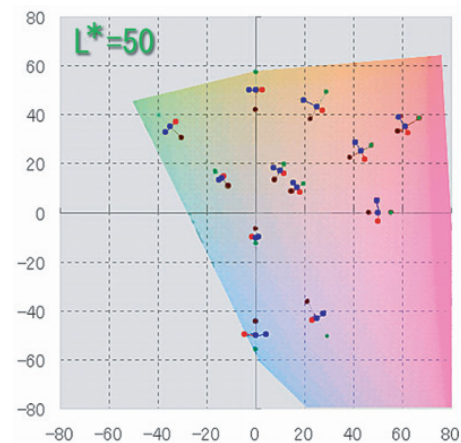


Fig.4 User tolerance to imperfect color reproduction

3. 2 階調再現

自然で印象的な階調再現と言った場合に「DSCのダイナミックレンジ」が多々議論される。しかしながら、画像の階調再現性を考える場合には常に最終的な画像表示デバイスの特徴を念頭に置いて、必要な情報は何かを考える必要がある。

DSCの場合も、従来の銀塩カメラと同様にプリントとして観賞されることが多いが、プリントメディアとしての銀塩印画紙、インクジェットペーパー、印刷用紙など、どのハードコピーメディアを取ってみても、それが再現できる最大光学濃度は2.2～2.5とされる（フィルムを用いた透過原稿はさらに高い濃度を持つ）。写真再現に関する過去の多くの研究から、この再現領域で好ましいコントラスト再現となるダイナミックレンジが5～6段分であることは一義的に決まり、それ以上のダイナミックレンジも持った場合の画像がコントラスト不足になってしまうことは明白である。これはちょうどカラーリバーサルフィルムの画像再現と同等である。

自然で印象的な再現のための階調特性に必要な要素は、すっきりとした抜けを再現するハイライト部分の特性と、先に述べたユーザー評価で指摘の多かった質感描写や立体感を再現する大きな要素であるシャドウ部分の再現であろう。 α -7 DIGITALではこの点に注目して好ましい階調再現のためのトーンカーブ設計を試みた。具体的には被写体の反射率80~90%に相当するハイライト部分から被写体反射率に換算すると100%以上に相当し、画像に煌きを演出するハイレーストライトに相当する光量部分のトーンカーブ、および被写体反射率2~3%に相当するシャドウ部分のトーンカーブに注目したトーンカーブ設計を行った。

質感描写や立体感描写は、時として被写体の持つ優しさを損なう場合もあることが、最初に述べた「画質に関するユーザー評価」試験の中で指摘された。たとえば人物のアップや朝もやの写真などである。この点については画像モードを2種設けることで対応することを決めた。一般的な種々のシーンで問題なく使えるNatural（ナチュラル）モードと質感や立体感をさらに追求したNatural+（ナチュラル・プラス）モードである。この2つの撮影モードでもっとも異なるのは中庸部からシャドウ部にかけてのトーンカーブであり、この部分のコントラスト再現を変えることで質感再現をコントロールしている。

さらに、一眼レフカメラの交換レンズ個々が持つ特徴ある描写性能を活かすこと。ユーザーが感じているレンズの描写性能は実はレンズの性能だけでなく、レンズ性能を銀塩フィルムの再現特性の上に再現したものであることを忘れてはならない。

デジタルカメラの内部で銀塩フィルムの特性を再現すること、これがもっともレンズの描写性能、味を再現するための技術である。ダイナミックレンジの狭いカラーリバーサルフィルムを使用するカメラ上で最適な露出を作り出す旧ミノルタの測光と露出制御技術と、フィルムの特性を知り尽くした旧コニカの蓄積技術を統合しての絵づくりがここにある。実際に設計段階においては、銀塩写真システムにおける被写体と画像間を結びつける調子再現と常に比較しながら α -7 DIGITALによるデジタルシステムの調子再現のためのトーンカーブ設計を行っている。

3. 3 シャープネス（鮮鋭性）

銀塩フィルムはフィルム現像時に生じるエッジ効果によって自然な再現の鮮鋭性を作り出している。画像の高周波（非常に細かく繊細な部分）よりも低周波（比較的粗い部分）コントラストに重きを置いた鮮鋭性である。 α -7 DIGITALの鮮鋭性設計も同様の視点で行い、DSCにありがちな解像度を誇張した高周波設計とは一線を隔している。Fig. 5に α -7 DIGITALの空間周波数応答（SFR）を示す。

これは、レンズの持つ描写性能、味をそのまま再現するためにも必要であり、効果的である。「レンズの味を活かしてこそレンズ交換式DSCの価値が生じる」の思想の元判断であった。

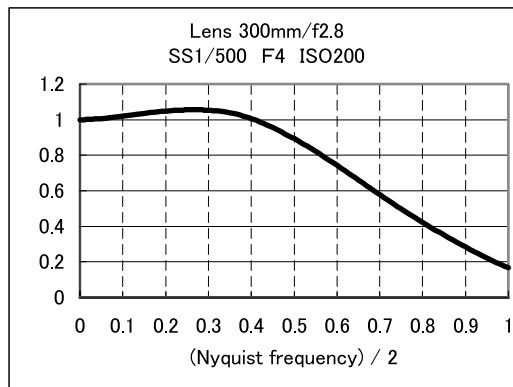


Fig.5 Spatial frequency response of the α -7 DIGITAL

3. 4 ノイズ（S/N）

「DSCは画像処理によってノイズを少なくできる」とよく言われている。しかしながら、ノイズ低減処理の基本は画像信号の小さな凹凸をノイズと見なして平滑化することである。しかし、カメラ側では「画像の微細な情報」と「ノイズ」の区別がつかないため、被写体本来の質感を損なってしまう場合も多々ある。そのためにノイズの少ないDSCイコールのつぺりとした質感の乏しい画像となることも多い。（ノイズ低減処理を行った場合をFig. 6-1、行わない場合をFig. 6-2に示す。）

そこで、 α -7 DIGITALでは過度に画像処理によるノイズ低減を行わず、CCD駆動などの電気回路でノイズの発生を押さえることに注力して画像のノイズレベルを低下させることにした。

ただし、高感度設定の場合はハードウェアのみでのノイズ低減では対応に限界があるため、画像処理によっても対応している。



Fig.6-1 With noise reduction applied



Fig.6-2 Without noise reduction applied

4 画質の評価

画質を評価する尺度としては「色再現」「階調再現」「鮮鋭性」「ノイズ」の4要素が一般的だが、 α -7 DIGITALではこれらに加え「レンズ毎のボケ味再現性」「立体感」「透明感」という感覚的な尺度も加えて評価した。そのためには、レンズ特性、露出性能、ホワイトバランス性能などを合わせた総合的な評価が必要となる。

画質開発においてはカメラの基本性能（ハードウェアノイズ、AE、AF、AWB）の向上検討を同時に実施した。

実際の評価に際しては、従来フィルムの開発・評価を行っている組織メンバーを加え、評価対象もモニターだけではなく、インクジェットプリントをはじめ銀塩プリントでも実施、感覚的な評価尺度も加えているために物理特性以上に主観評価を多くした形で行った。

撮影シーンも多岐に渡る。画像の主観評価において最も重要な事項は、評価用画像の作成にある。設計そのものは、CCDの出力情報に対して数々の設計パラメータを試みて最適解を得るのであるが、その元となる画像が一眼レフカメラユーザーの望む絵（主題、光線条件、フレーミング）のレベルと一致している必要がある。実験室のテーブル上に並べた各色の小物やチャートを撮影するという方法があるが、そのような画像を評価するだけでは、とても一眼レフカメラユーザーの目にかなう「印象的な」色を再現することはできない。また、フィールドでの撮影においても、その絵が作品として成立しなければ適切に評価できないため、評価用画像の製作は「作品を撮る」というスタンスで行った。もちろん、常に銀塩フィルムの画像を意識しており、多くのシーンでは同時に多種の銀塩フィルムでも併せて撮影を行っている。

こうして出来上がった α -7 DIGITALの画質に関しては、数々の雑誌で評価されているごとくである。

（画質例を、Fig. 7-1、7-2に示す）



Fig.7-1 α -7 DIGITAL natural mode



Fig.7-2 α -7 DIGITAL natural+ (plus) mode

5 ゾーン切り替え機能の搭載

被写体によっては特にハイライト部分やシャドウ部分のディテール再現を要求されるようなシーンも存在する。たとえば真っ白なウェディングドレスなどが被写体となる場合である。

先に述べたように、煌きを演出するハイエストライトの部分などにおいては、まだDSCは、ダイナミックレンジの広いカラーネガフィルムで撮影され、この部分に注意を払ってプリントされた写真には及ばない。暗部に関しても同様である。

このような場合のために新たに搭載した機能がゾーン切り替え機能である。

5. 1 ゾーン切り替え機能のしくみ

ゾーン切り替え機能には、ハイライト部の再現に重きを置いた「High」と、逆にシャドウ部に重きを置いた「Low」の2つのモードがある。

ゾーン切り替え機能は、たとえば「High」モードでは露光を1Ev(段)程度アンダーに行くことでハイエストライトの部分ダイナミックレンジに入るような露光を与え、後にトーンカーブ処理によって画像全体の再現レベルを整えるものである。アンダー露光を与えるためにハイエストライトの部分はダイナミックレンジに入ってくるが、逆にシャドウ部分はダイナミックレンジを外れて再現できない部分が増す結果となる。(Fig. 8-1)

「Low」モードはこの逆であり、オーバー露光によって普通ならダイナミックレンジを外れて黒くつぶれてしまう部分のシャドウ部がダイナミックレンジに入るような制御を行う。

ゾーン切り替えLow、High、Naturalのグレイチャートの階調再現をFig. 8-2に、作例をFig. 9-1、Fig. 9-2に示す。

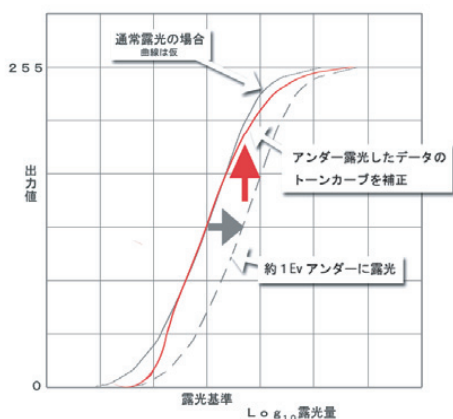


Fig.8-1 Zone matching control (high)



Fig.8-2 Tonal reproduction



Fig.9-1 Normal (left), high (right)



Fig.9-2 Normal (left), low (right)

6 まとめ

α -7 DIGITALは、コニカとミノルタが経営統合を果たして生まれた写真入力から出力までの「写真の総合企業」の製品として、お客様が満足できる画質を上げる必要があった。また、レンズ交換式のカメラであり、多くのレンズを所持するお客様の期待する画像、つまりレンズの持ち味を損ねない画像を提供することも必須である。

「写真画質」「レンズの持ち味」はともにフィルム上で再現された画像の画質である。フィルムを作り、現像機器を作り、印画紙を作り、プリントサービスを長年行ってきた旧コニカの写真技術を、写真用メーターで培った測光技術をベースに一眼レフカメラ α シリーズを作りこんだ旧ミノルタのカメラ技術・デジタル技術と融合させることで、当社はこれらの画質目標を達成してきた。その評価も写真の原点に戻り、主観評価を中心とした。

カメラの品質の最大のポイントは「画質」であると認識し、企業サイドの独りよがりではない、真にお客様の満足を考えた画質設計を今後も追求して行きたい。