

高画質デジタルプリント用カラーペーパーの開発

— デジタル露光にベストマッチした感材設計と技術 —

The Development of High Quality Color Paper for Digital Printing

— Design and Technologies to Improve Digital Print Quality —

宮澤 一 宏* 村 上 修 二* 佐 藤 浩 一*
Miyazawa, Kazuhiro Murakami, Shuji Sato, Hirokazu

Konica has developed two types of new digital color paper, “Konica Color QA Paper Type AD” for digital minilab use, and “Konica Color Paper PROFESSIONAL FOR DIGITAL Type CD” for digital large format photo use. New design concepts were introduced to improve digital print qualities. And new technologies, which include EXRED technology, AFB technology, OHC technology and SSS technology, were developed to materialize those new design concepts.

1 はじめに

近年、デジタルカメラ及びブロードバンドインターネット接続などの普及と相まって、写真を取り巻く環境のデジタル化が急速に進んでいる。画像情報のデジタル化は、デジタル画像処理による画質の向上や、ネットワークを利用した新しいサービス形態の提供など、従来のアナログ写真環境にはない様々な利点を有しており、今後ますます普及していくと予想されている。

90年代後半のデジタルプリント黎明期においてコニカは、アナログ露光用カラーペーパーにデジタル露光適性を付与したアナログ/デジタル兼用カラーペーパーとして、コニカカラーQAペーパータイプA7¹⁾、及びコニカカラーペーパープロフェッショナルHC²⁾を開発、市場展開してきた。

これに加え、今後急速に立ち上がっていくデジタルイメージングの世界において、銀塩の特徴である高いプリント品質とデジタル技術の融合により、さらに進んだハイクオリティプリントを提供するために、今回新たにデジタル露光専用カラーペーパー、「コニカカラーQAペーパータイプAD」(主にデジタルミニラボ用途：以下「タイプAD」と記す)、「コニカカラーペーパープロフェッショナル for デジタルタイプCD」(プロ・コマmercial用途：以下「タイプCD」と記す)を開発した。

以下に、タイプAD・タイプCD開発の狙いと設計思想、及び搭載技術について述べる。

2 開発の狙いと設計思想

2.1 露光方式を選ばないデジタル露光適性

アナログプリントとデジタルプリントの相違点の一つに、プリント作成に用いられるプリンターの違いが挙げられる。従来のアナログプリンターでは、ハロゲンランプ等が光源に用いられ、ネガスルーにより1コマ全面がカラーペーパー上に同時に露光される。一方、デジタルプリンターでは、レーザー・LED・VFPH・DMD+光源・MLVAなどの露光デバイスが光源に用いられ、1コマが小さな画素に分けられて順次露光される。この場合、カラーペーパー上の微小面積(画素)毎に、高照度かつ短時間露光が行われることになる。特にレーザー露光方式においては、1画素当たりの露光時間が1.0~0.1マイクロ秒という極短時間に非常に強い光で露光が行われる(超高照度短時間露光)。銀塩の特徴である豊かな階調再現と、デジタル画像処理を利用した、より鮮やかな色再現を実現するためには、デジタル露光制御範囲内において、最低濃度(白地)から最高濃度(黒地)までを、適切に出力することが基本となる。しかし、アナログ露光用カラーペーパーでは、先に述べた超高照度短時間露光に対する応答性が必ずしも十分でなかったために、最高濃度の低下や高濃度域での色濁りなどが生じやすく、高画質なデジタル入力画像情報を十分反映させた高品質デジタルプリントを得ることが容易ではなかった。タイプAD・タイプCDの開発に当たっては、デジタル露光に対する基本応答性の向上に加え、以下に述べるような観点から、さらにプリント安定性を考慮した設計を導入した。

現在市場には多種多様なデジタルプリンターが展開されており、これらは露光デバイスの種類に限らず、露光波長・露光強度・露光時間・セットアップ方法等、カラーペーパーの特性と密接に関わり合う部分の仕様が多岐に渡っている。露光機器・ソフトの進歩につれてこの多様化傾向は拡大していくと予想され、この多様化への

* CIカンパニー CI研究開発センター 材料開発グループ

対応をカラーペーパーの設計に組み込んでおく必要がある。中でもデバイスの露光時間及び多重露光効果はプリント安定性への影響が特に大きい重要な因子である。

先に述べたように、市販されているデジタルプリンターには、レーザー露光方式をはじめとして、様々な露光デバイスが搭載されており、1画素当たりの露光時間もまた様々である (Fig. 1)。

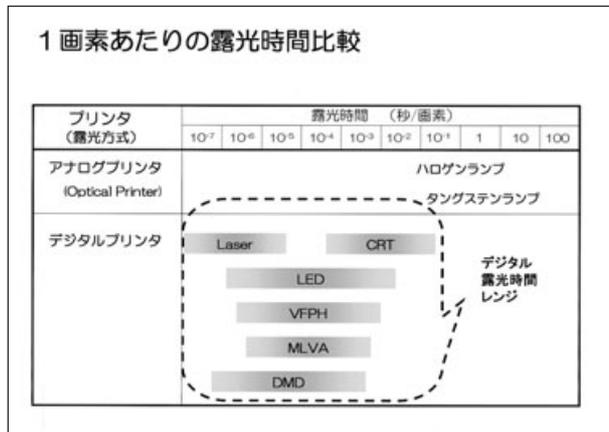


Fig.1 Exposure time of various digital devices.

後述するようにペーパー階調及び階調バランスがデジタルプリント品質に与える影響は大きい。それゆえ、様々なデジタルプリンターにおいて、常に安定したプリント品質を提供できるように、幅広い露光時間レンジの中で、常に安定した階調及び階調バランスを再現できる設計とした (Fig. 2)。

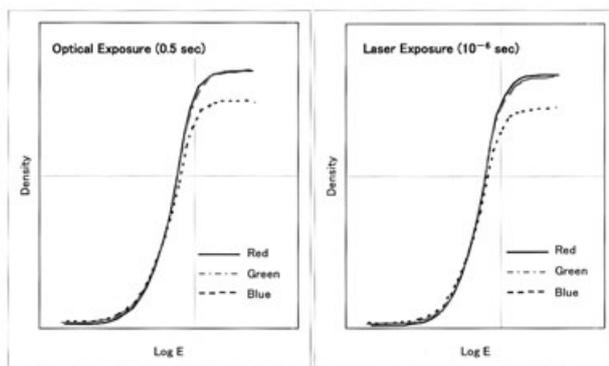


Fig.2 Characteristic curves at 10⁻⁶ second laser exposure (right) and 0.5 second exposure (left).

次に多重露光影響について述べる。デジタルプリンターの中で近年主流となりつつある走査露光方式では、カラーペーパー上の露光強度を均一にするために、露光ビームの一部が重なるように走査していく方法が一般的である。この時、露光ビームが重なる場合(多重露光)と重ならない場合で、カラーペーパーの露光応答性が異なると、ビームの重なり方の違いが濃度ムラとなって現れ

やすい。そこで、露光ビームの重なりの有無に依らず、安定した階調を再現できる設計とした (Fig. 3)。

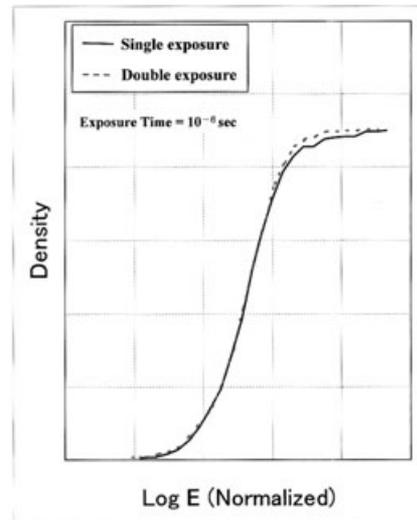


Fig.3 Characteristic curves to multiple exposure. (10⁻⁶ second Xe-flash exposure. Total exposure (Log E) are normalized.)

以上述べてきたデジタル露光に対する応答特性の向上、並びに露光条件の変化に対するロバストの向上は、主に後述する EXRED 技術により達成された。

2. 2 デジタル画像の特徴に合わせた品質設計

デジタルプリントとアナログプリントを比較した場合、プリントに用いられる入力画像情報の違いもまた大きな相違点として挙げられる。従来、アナログプリントにおける入力画像情報は、その殆どがネガフィルムに記録された撮影情報であった。しかし、デジタルプリントにおける入力画像情報は、デジタルカメラからのデジタル撮影情報、CD-R書き込みサービスなどによって提供されるフィルムからのスキニング情報、及びこれらをパソコンで編集・加工したデジタル画像情報など多岐に渡っている。

また最近では、画像編集ソフトウェアが高機能化すると共に、その普及が急速に進んでおり、これらのソフトウェアを用いることで、誰もが比較的簡単な操作で、従来の写真に文字やイラストなどを合成でき、それを新しい写真として楽しんだり、日付やコメントなどの付加情報を判りやすい形で残しておいたりすることが可能となった。その結果、文字画像として使われる黒い細線、イラスト画像によく見られる均一濃度で彩度の高い画像、文字画像の背景として使われる白地部分など、アナログプリントでは殆ど見られなかったような絵柄がプリントされる機会が増加している (Fig. 4)。

従って、デジタル露光用カラーペーパーには、アナロ

グ銀塩ペーパーが持つ豊かな階調再現に加え、デジタル補正によって得られる高品質な入力画像情報やデジタルプリントに特有な絵柄を美しく再現するための、より高いポテンシャルが求められる。ここでは特にデジタルプリント品質と階調設計の考え方について取り上げる。

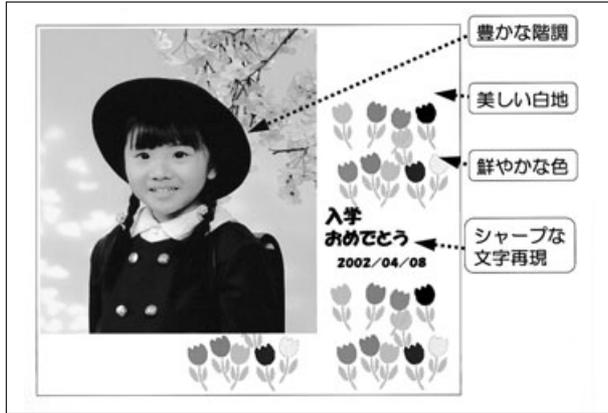


Fig.4 Typical example of a digital print, and required qualities for digital printing.

デジタル露光では、露光量をデジタル補正することで全体の階調コントロールが可能のため、カラーペーパー自体が持つ階調や階調バランスは、あまり重要でないと思われるが、デジタルプリントに特有な文字画像や細線の品質はカラーペーパーの階調設計と密接に関係する。細線エッジ部のシャープネス（いわゆる“文字のキレ”）に着目すると、一般的にはペーパー階調を硬調に設計するほどシャープな再現が得られる。しかし、極端な硬調化は、イラスト画像のような均一濃度部分において走査露光スジムラを生じやすくなる。またペーパー階調は、白地に描かれた黒色細線と、黒地に描かれた白抜き細線の再現性バランスにも影響を与える。これらを全て考慮し、市販のデジタルプリンターでプリントしたときの露光スジムラが発生することなく、シャープな細線再現を実現できる階調設計を採用した（Fig. 5）。

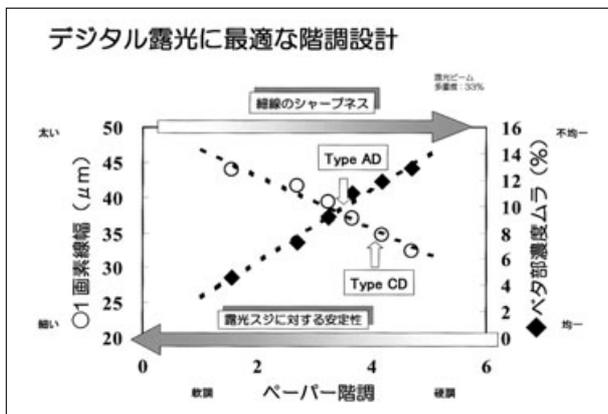


Fig.5 Relationship between paper contrast and half-width of 1-pixel fine line.

また、階調バランスも文字品質に重要な影響を与える因子である。YMC各層の階調差はプリント上に再現されるYMC各細線の太さの差を生じるため、YMC画像の足しあわせで作られる黒色細線のエッジ部に色滲みが生じる場合がある。この細線色滲みを防ぐために、幅広いデジタル露光条件において、常にYMC 3層の階調をバランス良く揃える設計とした（Fig. 6）。

この階調設計の考え方が、ネガフィルム階調とのマッチングで設計されるアナログ露光用カラーペーパーと大きく異なる点であり、デジタルプリントにおける文字再現性を大きく向上させるためのキーポイントである。

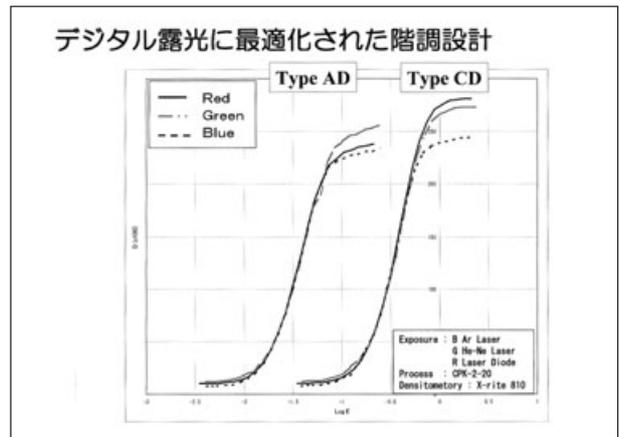


Fig.6 Characteristic curves of Type AD/Type CD.

2. 3 輝く白を美しく描くための白地設計

デジタルプリントにおける白地には、単なる白地としての色相設計だけでなく、文字やイラストなどを美しく見せるための色相設計が求められる。デジタルプリントに適した白地とするために、イエロー成分を低減して青色方向にシフトさせると共に明度を高め、白地と文字画像やイラストの組み合わせ、あるいは白抜き文字を一層きわだたせる白地色相設計を行った。

2. 4 プリント画像保存性向上を実現する色材設計

プリントをいつまでもきれいに残しておきたいというユーザーニーズは、画像情報をデジタルデータとして保管することが可能となった現在においても変わらない。「百年プリント」で定評のあるアルバム保存性（暗所保存性）に加え、プリントを飾った場合の保存性（明所保存性）向上を達成するための色材設計を行った。

3 タイプAD・タイプCDに搭載した技術

次に、前述したタイプAD・タイプCDの設計思想を具現化するために新たに開発・搭載した技術について述べる。

3. 1 EXRED 技術

レーザー露光に代表される超高照度短時間露光に対しても十分な応答特性を得るために、新たにEXRED (Excellent Response to Digital Exposure) 技術を開発した。この技術の特徴は、デジタル露光用に新設計したハロゲン化銀粒子にある。

超高照度短時間露光への応答性を高めるためには、露光によって生じた光電子と正孔をコントロールし、効率よく、かつ安定に潜像を形成させることが重要になる。一般に、超高照度短時間露光が行われた場合、多量の光電子が瞬時に生成してしまうために、現像されるには不十分なサイズの銀核が多量に形成される、いわゆる潜像分散と呼ばれる現象が生じる。この現象は、一般に高照度相反則不軌として知られており³⁾、デジタル露光における最高濃度の低下を引き起こす。この問題を解決するために、イリジウムに代表される遷移金属錯体をハロゲン化銀粒子内部にドーブし、粒子内部の電子トラップ、及び正孔トラップをコントロールすることで、高照度相反則不軌を改良する技術がこれまでに数多く検討されてきた。しかし、高照度相反則不軌の改良は、潜像安定性とトレードオフになりやすいことが知られている⁴⁾。このジレンマを解決するために、異なる機能を持つ複数種のドーブ金属錯体の機能的制御と、潜像を効率的に形成する化学増感技術のコンビネーション技術を新たに開発した。この技術により、露光直後の潜像安定性劣化を生じることなく、超高照度短時間露光に対する応答性向上を達成した。

また、この新ハロゲン化銀粒子は、先に述べた多重露光に対する安定性や、1画素当たりの露光時間変動に対する安定性も大幅に向上し、デジタル機器を選ばないベストな露光適応性を達成すると同時に、カブリ耐性改良による、白地性向上にも貢献している。

3. 2 AFB 技術

AFB (Advanced Fluorescent Brightening) 技術は、アルカリ拡散性蛍光増白剤とその固定化機能を有する親水性ポリマーの組み合わせからなるEFB技術⁵⁾をさらに進化させた白地向上技術である。様々な処理液条件においても安定した白地を再現できるように、蛍光増白剤と親水性ポリマーそれぞれの添加層及び添加比率をコントロールし、デジタルプリントにマッチした明るい白地と抜きの良いハイライト再現を実現した。

3. 3 OHC 技術

OHC (Optimum Hue Control) 技術は、デジタルプリントにマッチした好ましい白地色調を実現するための技術である。先に述べた AFB 技術との組み合わせにより、乳剤層中の不要な黄色成分の低減を促進し、青色方向へ色相調整することにより、デジタルプリントに最適な色

相を有する白地を実現した。

3. 4 SSS 技術

SSS (Synergetic Stereo Stabilizing Coupler) 技術は、3つの異なる立体障害効果を組み込んだ新規マゼンタカップラー技術である。3つの立体障害効果は、画像色素の保存性に悪影響を与える活性酸素の攻撃を有効に遮断し、明所での画像保存性を大きく向上させた。また、不要吸収が低減された優れた分光吸収特性を有する画像色素を形成する事により、色再現域の拡大にも貢献している。

4 まとめ

以上述べたような設計思想及び技術を取り入れて、下記のような特徴を持つデジタル専用カラーペーパー、タイプAD・タイプCDを開発した。

- 1) 豊かな階調再現と高い最高濃度
- 2) デジタル機を選ばないベストな露光適応性
- 3) より繊細に。きわだつシャープネス
- 4) 輝く白を描く、美しい白地
- 5) リアルで鮮やかな色再現性
- 6) 安定した画像保存性
- 7) 優れた処理安定性

タイプAD・タイプCDは、デジタル技術の良さを取り込んだ新世代の銀塩プリント用デジタルカラーペーパーとしての展開が期待される。

●参考文献

- 1) 三好正信：Konica Tech. Rep., **11**, 37(1998)
- 2) 三好正信、村上修二：Konica Tech. Rep., **12**, 151(1998)
- 3) Tadaaki Tani：Photographic Sensitivity. Oxford University Press, New York, 1995, Chapter4
- 4) Masanobu Miyoshi and Hiroshi Nakatsugawa, Development of photosensitive materials for color prints, which possess dual compatibility with digital and analogue outputs, IS&T's 11th International Photofinishing Symposium (2000)
- 5) Masanobu Miyoshi, Konica Color QA Paper Type A7: Higher photographic quality and reduced environmental impact, IS&T's 10th International Photofinishing Symposium, pg. 21. (1998)