

# 高画質インクジェット超光沢受像紙 画彩「写真仕上げPro」の開発

永田 幸三\*, 山本 宏\*, 寺前 伸一\*, 佐々木 光一\*, 中村 知己\*\*, 渡辺 敏幸\*

## Development of High Image Quality Inkjet Printing Paper KASSAI “SHASHIN-SHIAGE Pro”

Kozo NAGATA\*, Hiroshi YAMAMOTO\*, Shinichi TERAMAE\*, Kouichi SASAKI\*,  
Tomoki NAKAMURA\*\*, and Toshiyuki WATANABE\*

### Abstract

Inkjet photo glossy paper with a resin-coated paper support is now a main medium for photographic inkjet printing because of its whiteness and smooth surface, which closely resembles those of the conventional AgX photo print. We have developed KASSAI “SHASHIN-SHIAGE Pro” which has unprecedentedly high glossiness, high Dmax (wide color gamut) and excellent stiffness.

In this report, we describe the techniques developed to achieve high glossiness and high Dmax (wide color gamut).

### 1. はじめに

パーソナルコンピューターやインターネットの普及に伴い、インクジェットプリンターはホームプリンターとして広く普及してきた。その主用途はドキュメント出力であるが、写真プリントの出力が年々増加している。それに伴い、写真画質プリント用受像紙（フォト光沢紙）の需要が拡大している。特に、レジコート紙（RCペーパー）を支持体として用いたフォト光沢紙は、白色度や風合いが銀塩写真に近く、写真画質出力用として主流になっている。また、ユーザーの品質に対する要求レベルも年々高くなってきた。今回われわれは、アドアマ～プロ層の要求に応える品質として、①従来にない高い光沢感、②高い黒濃度（シャドー部のしまり）、広い色再現領域、③高級感のある紙のコシを基本コンセプトとして開発した画彩「写真仕上げPro」を上市した。

本報告では、高い光沢感と高い黒濃度（広い色再現領域）を実現するために開発した技術について解説する。



Fig. 1 Newly developed KASSAI “SHASHIN-SHIAGE Pro”.

### 2. 開発概要

ユーザーに性能訴求できる高い光沢感を実現するために、われわれは、まず、ユーザーが光沢感をどのよ

本誌投稿論文（受理2005年11月30日）

\*富士写真フイルム（株）R&D統括本部 材料研究本部  
デジタル&フォトイメージング材料研究所  
〒418-8666 静岡県富士宮市大中里200

\*Digital & Photo Imaging Materials Research Laboratories  
Materials Research Division  
Reserch & Development Management Headquarters  
Fuji Photo Film Co., Ltd.  
Oonakazato, Fujinomiya, Shizuoka 418-8666, Japan

\*\*富士写真フイルム（株）  
富士宮工場プリント材料製造部  
〒418-8666 静岡県富士宮市大中里200

\*\*Print Materials Production Division  
Fujinomiya Factory  
Fuji Photo Film Co., Ltd.  
Oonakazato, Fujinomiya, Shizuoka 418-8666, Japan

うに評価しているのか調査を行なった (Table 1)。その結果、光沢感の指標として、従来から広く用いられている光沢度よりも、むしろ、プリント面上に写りこんだ像の鮮鋭度、いわゆる、写像性を重視していることがわかった。われわれは、この指標に基づき、平滑性を極限まで高めたレジコートペーパーを開発し、従来にない高い光沢感を実現した。

次に、画質を大きく左右する性能として高い黒濃度を実現するための技術開発を行なった。フォト光沢受像紙としてインク吸収性、染料定着性に優れたナノポーラス型受像紙は、その空隙構造でインクの吸収を行なっているため、受像層が完全な透明ではなく、この受像層の透明性が印画濃度に影響を及ぼす。われわれは、インクの吸収性を損なうことなく受像層の透明性を高めることにより、従来タイプよりも黒濃度を大幅に高め、さらに広い色再現領域を実現した。

Table 1 Result of the Survey on Preferable Glossiness.

評価 サンプル	支持体	官能評価点数
フォト光沢IJ受像紙1 (アルミナ系)	白色PET	58
フォト光沢IJ受像紙2 (シリカ系)	白色PET+PEラミ	49
銀塩プリント (一般カラーペーパー)	一般RCペーパー	42
フォト光沢IJ受像紙3 (アルミナ系)	コート紙 (+キャスト処理)	33
フォト光沢IJ受像紙4 (シリカ系)	平滑RCペーパー	32
フォト光沢IJ受像紙5 (シリカ系)	一般RCペーパー	28
フォト光沢IJ受像紙6 (シリカ系)	原紙 (+キャスト処理)	6

### 3. 光沢感向上

光沢感を評価する方法として、従来の方法は次の2種類に大別できる。①正反射光強度 (光沢度など) : 正反射方向での反射光の強さを測る方法、②写像性: 試料面に投影した像の鮮明度を測る方法。この中で、①の正反射光強度を測る方法が最も多く使用されており、JIS (日本工業規格) によって定められている<sup>1), 2)</sup>。①と類似した方法として正反射光と拡散反射光の強さの比を測る方法もある。この方法は、偏向角において全反射光束と表面反射光束の比を求めるもの、正反射方向の輝度とある特定方向の輝度の比で表わすもの、正反射方向での受光角の開き角を変えた場合の反射光束の比で表わすものが報告されている<sup>3)</sup>。

これらの測定方法のなかで、光沢感を評価する方法としては、鏡面光沢度を測る方法が広く一般に用いられてきたが、必ずしも目視の光沢感とは一致していなかったため、光沢感の定量評価方法の確立が必要とされていた。Fig. 2は、市販あるいはテスト的に作成したプリント材料の60°光沢度と、複数の被験者によって官能評価を行なった光沢感の相関を表した図である。60°光沢度と目視光沢感の相関は低いことがわかる。

そこで、光沢感の異なるプリントサンプルに蛍光灯を映し、その映りこみ像を観察したところ、Fig. 3に示すように、①正反射光強度 (光沢度) と②写像性がいずれも高い場合に官能評価として高い評点を得ている

ことがわかった。そこで、われわれは光沢感を正反射光強度と写像性の線形結合で表わすことができると考え、重回帰分析を実施することで、官能評価での光沢感と非常に良好な対応を示す光沢感の評価式を得た。

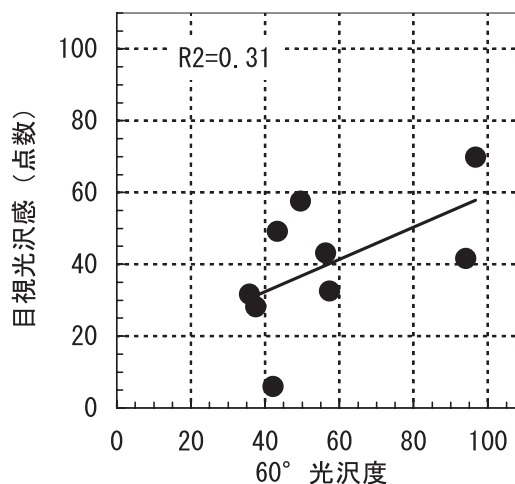


Fig. 2 Correlation between 60° glossiness and visual gloss evaluation.

#### 【光沢感の評価式 (重回帰式)】

光沢感  $C^* = 0.3 \times (\text{正反射光量}) + 0.4 \times (\text{写像性 } C \text{ 値})$   
 相関係数 = 0.96 寄与率 = 0.92

正反射光量: ゴニオフォトメーターで測定した最大反射光強度

写像性  $C \text{ 値}$ : くし幅 2mm, 1mm, 0.5mm, 0.25mm, 0.125mm における測定値の総和

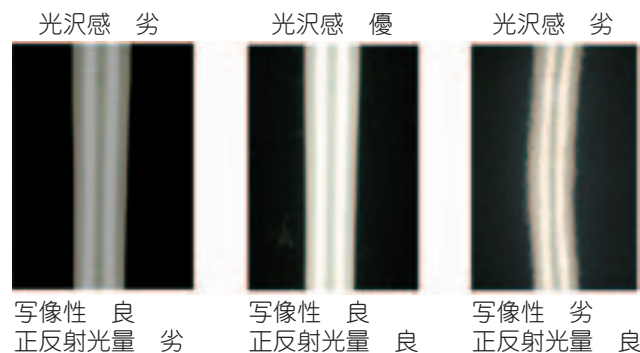


Fig. 3 Fluorescent lamp image on printed paper.

この評価式より、ユーザーはフォトプリントの光沢感を正反射光強度と写像性より評価しており、その重みづけは 正反射光強度 : 写像性  $\approx 3 : 4$  となっていることが明らかとなった。すなわち、ユーザーは光沢感として、正反射光強度 (光沢度) よりもむしろ、写像性を重視していることがわかる。この考え方にに基づき、われわれは主に写像性を向上させる検討を行なった。

ここで、再度、プリントサンプルに映しこんだ蛍光灯像を観察すると、同じ程度の像の明るさでも、ぼや

けて像が映る場合とゆがんで映る場合とがある。このように像が「ぼけて」映る、「ゆがんで」映るといのは、受像層表面の凹凸の大きさ（表面凹凸の波長）が異なるためではないかと考え、写像性と表面凹凸波長の関連を調べた。

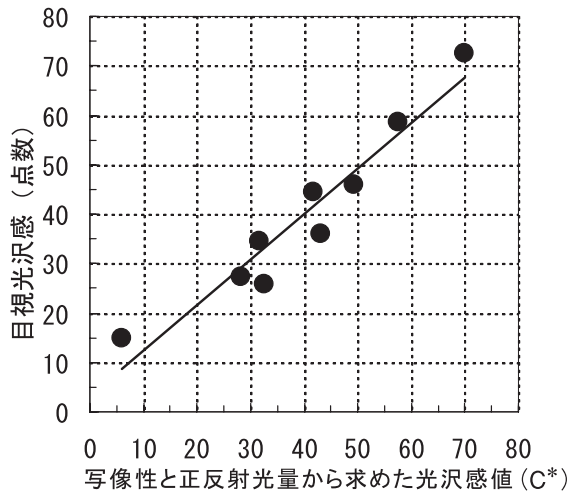


Fig. 4 Correlation between new gloss value (C\*) and visual gloss value.

まず、3次元粗さ計を用いて、さまざまなカットオフ波長にて受像紙の表面凹凸を測定し、光沢感（官能評価）との対応を調べた。その結果、光沢感と相関の高い凹凸波長が存在することがわかった（Fig. 5）。光沢感と相関が高い凹凸波長領域は、Fig. 5に示すように0.1～0.2mmの短波長領域と3～4mmの長波長領域があることがわかる。

そこで、次に、光沢感の官能評価値を前述したように「ぼけ」と「ゆがみ」に分離して、再度受像紙表面凹凸との相関を調べた。その結果、「ぼけ」は短波長領域の凹凸との相関が高く、「ゆがみ」は長波長領域の凹

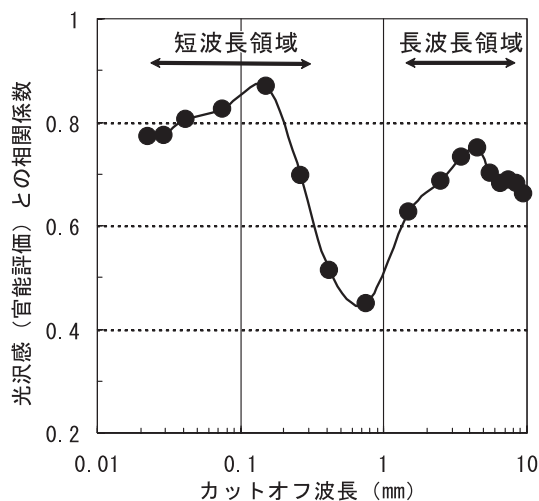


Fig. 5 Correlation between surface roughness wavelength and visual gloss value-1.

凸との相関が高いことがわかった（Fig. 6）。

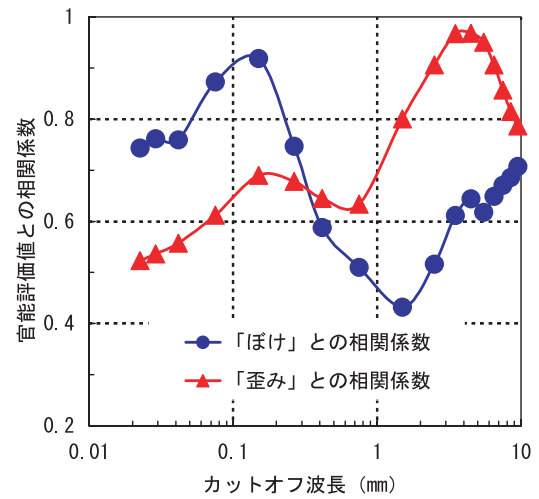


Fig. 6 Correlation between surface roughness wavelength and visual gloss value-2.

このように、受像紙の光沢感（官能評価）を向上させるには、0.02～0.5mmの短波長領域の凹凸と3～4mmの長波長領域の凹凸を平滑にしなければならない。そこで、われわれは、受像紙に用いるRCペーパーの凹凸を短波長領域、長波長領域ともに低減させる検討を行なった。Fig. 7にRCペーパーの原紙層およびラミネート層が短波長、長波長、両領域における表面凹凸（Sra）に対して、どのように影響するかを示す。ラミネート層の厚みアップは原紙の凹凸を平坦化し、全波長領域の凹凸を低下させる効果が高いが、長波長領域の凹凸低減に対しては限界がある。われわれは、銀塩写真系において培ってきた原紙の高平滑化技術を用いて、長波長領域においても凹凸を極限まで低減することで、

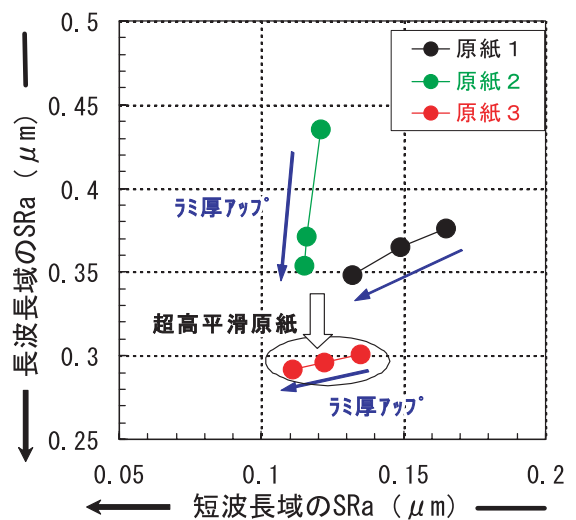


Fig. 7 Contribution of the base paper and the laminate layer on SRa.

RCペーパーの風合いを損なうことなく、かつ、従来タイプを大きく上回る光沢感を実現した (Fig. 8)。

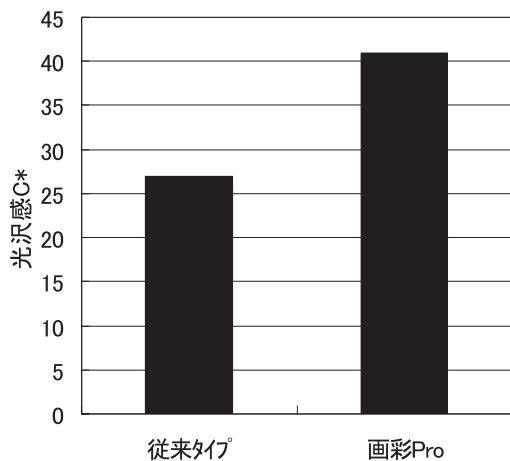


Fig. 8 New gloss value (C\*) comparison.

#### 4. 印画濃度向上, 色再現性向上

次に、われわれは、高い黒濃度、広い色再現領域を実現するための技術開発を行なった。

Fig. 9に印画後のインクジェット受像紙断面の模式図を示す。印画後、染料は受像層内のある程度の深さまで浸透する。プリント物を観察する時、観察光は一部が受像層の表面で散乱され、さらに受像層内部に侵入した光は空隙を形成している微粒子によっても散乱される。したがって、ナノポーラス型受像紙においては、染料の染み込み深さと受像層表面および内部での光の散乱が印画濃度、色再現性に大きな影響を及ぼす。

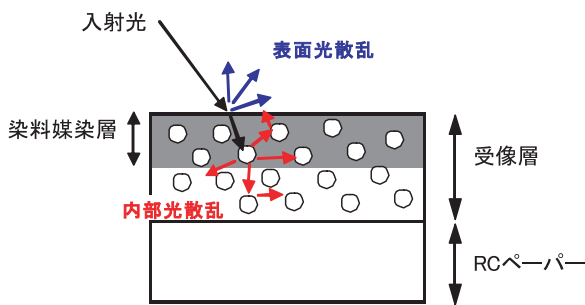


Fig. 9 Light Scattering in & on the ink absorbing layer.

Fig. 10は、受像層内部での染料の染み込み深さが変化した時の受像層 Haze 値 (印画後) と印画濃度の関係をシミュレートした結果である<sup>4)</sup>。この結果からわかるように、染料の染み込み深さが深いほど、受像層の Haze 値の影響が大きくなる。

受像層の Haze 値を低下させるためには、空隙自体あるいは空隙を形成する微粒のサイズを小さくすることが有効であるが、空隙を小さくすることはインクの吸収性を悪化させる (Fig. 11)。

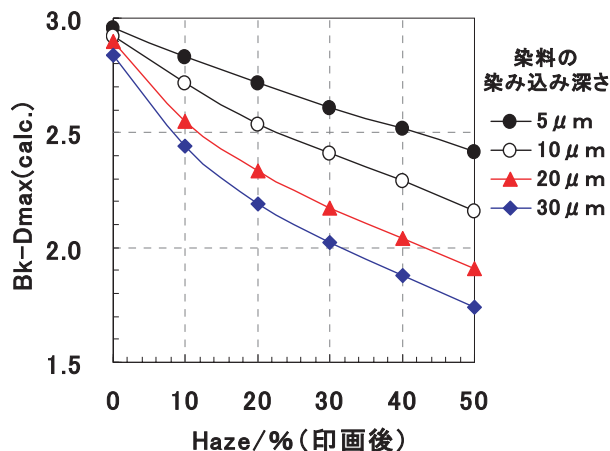


Fig. 10 Simulation of Dmax dependence on the haze of the image-receiving layer.

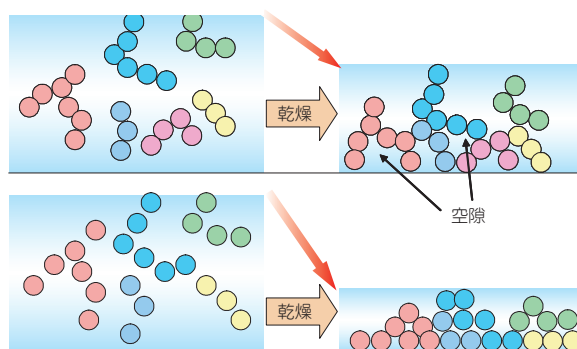


Fig. 11 Influence of pigment diameter on nano-porous structure.

われわれは、このトレードオフの関係をクリアするために、インクジェット記録用途として顔料の分散度を最適化する技術開発を行なった。すなわち、インク吸収性を低下させず、光の内部散乱を極限まで低減するために、インク吸収性に有効な粒子サイズを残しながら、光の散乱に影響の大きな大粒子径の顔料分散のみを促進し、分散粒子の単分散化を行なった (Fig. 12)。

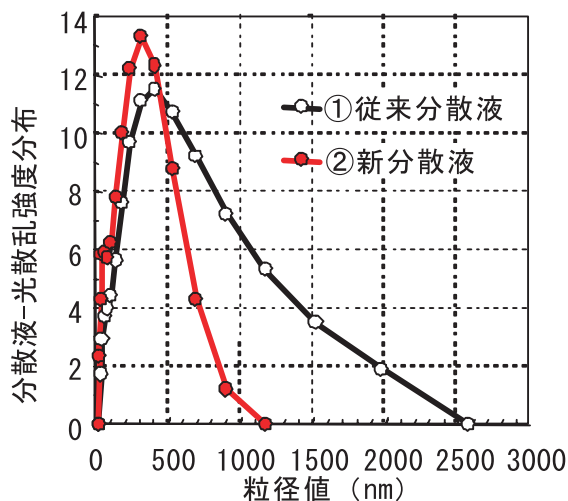


Fig. 12 Particle size distribution narrowing by our new dispersion method.

実際にこの顔料分散液を用いて作成した受像紙の細孔径分布を測定したところ、主なインク吸収領域である50nm以下の細孔径分布にはほとんど影響を及ぼさずに、光散乱に影響の大きな50nm以上の細孔を低下させ（Fig. 13）、黒濃度を大きく向上させることに成功した（Fig. 14）。

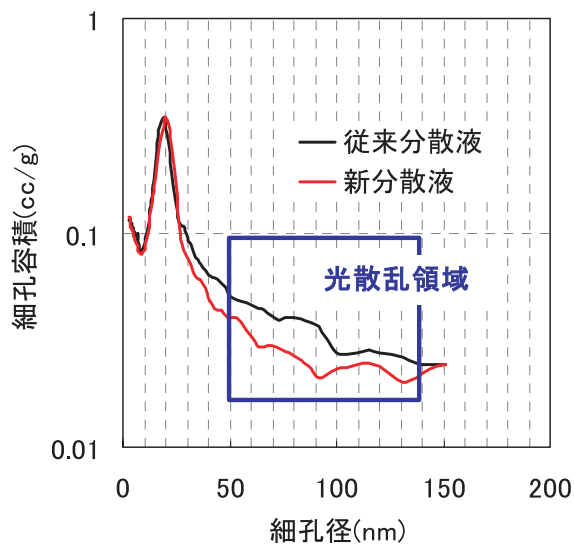


Fig. 13 Pore size distribution of the image-receiving layer.

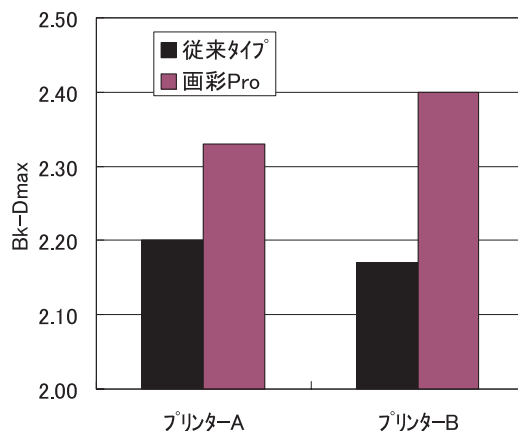


Fig. 14 Dmax of KASSAI "SHASHIN-SHIAGE Pro".

受像層のHaze値低減は、前述したように染料の染み込み深さが深いほど、その発色性に及ぼす影響が大きく、特に、インク液滴量の多いシャドウ部のしまりに影響が大きい。また、黒以外の各単色においても同様にDmaxアップ効果があり、広範な領域においての色再現性拡大を実現している（Fig. 15）。

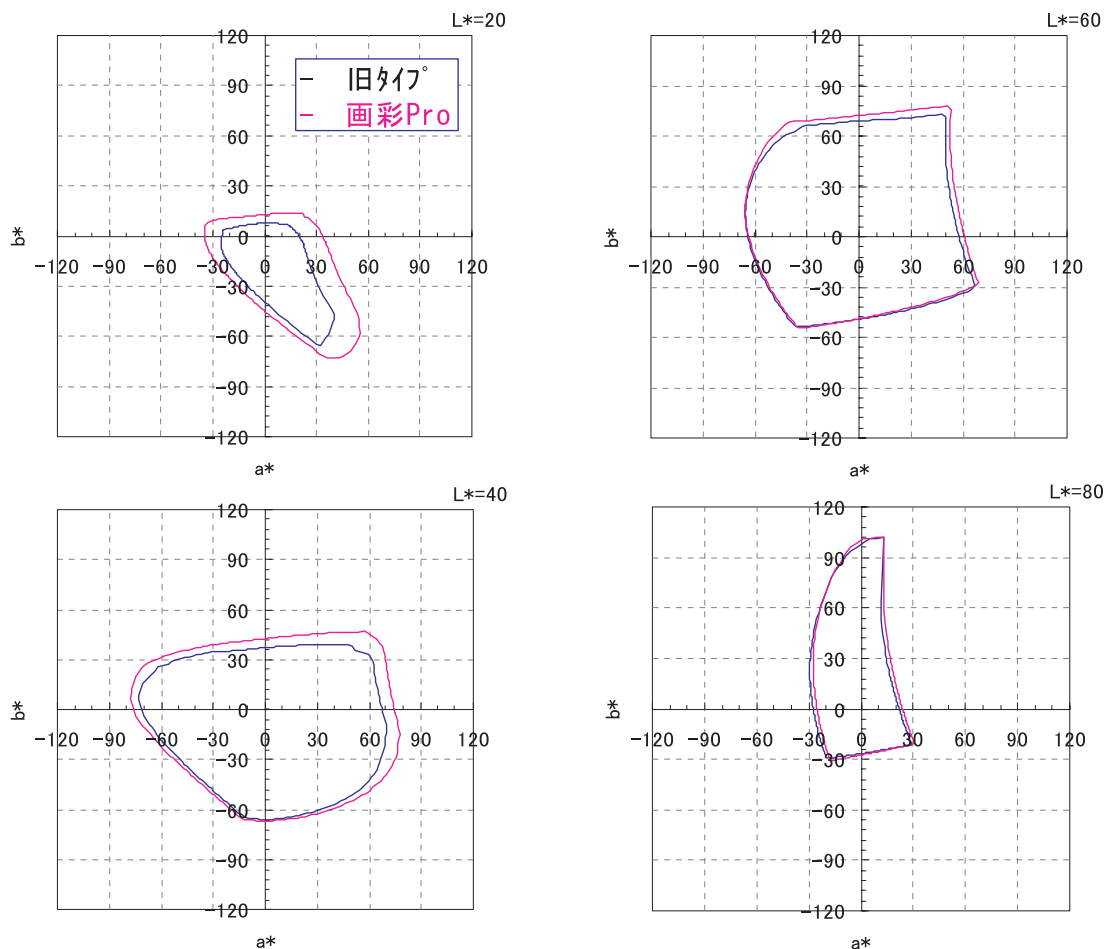


Fig. 15 Color gamut of KASSAI "SHASHIN-SHIAGE Pro".

## 5. まとめ

好ましい光沢感のユーザー官能評価を行なった。これにより、ユーザーは光沢感として、いわゆる写像性を重視していることを明らかとした。この指標に基づいた、平滑性を極限まで高めたRCペーパーを開発し、RCペーパーの風合いを損なうことなく、インクジェット用途として従来にない高い光沢感を実現した。

さらに、インクの吸収性を損なうことなく、受像層の透明性を高め、従来タイプよりも大きく色濃度を高めた。また、白色度の高い支持体との相乗効果により、幅広い色再現領域を達成した。

今後も、われわれは品質向上に取り組み続け、写真画質プリントの楽しみ方の中を広げること貢献していきたい。

## 謝 辞

高画質インクジェット超光沢受像紙、画彩「写真仕上げPro」の開発にあたり、多くの方々のご協力と励ましをいただいた。特に、インクジェット記録における

受像層ヘイズ値とDmaxのシミュレーションにおいては、当社R&D統括本部材料研究本部の実藤竜二氏、梅林励氏に多大な協力をいただいた。ここに深く謝意を表します。

## 参考資料

- 1) 鏡面光沢度測定方法. JIS Z 8741.
- 2) 紙および板紙の75度鏡面光沢度試験方法. JIS P 8142.
- 3) 日本色彩学会編. 色彩科学ハンドブック. 東京大学出版会, 1998, p.625-644.
- 4) 富士写真フイルム(株) R&D統括本部 材料研究本部 実藤竜二, 梅林励. インクジェット記録における受像層ヘイズ値とDmaxのシミュレーション.

(本報告中にある“画彩”は、富士写真フイルム(株)の商標です。)