

プロファイル変換でのレンダリングインテントによる色彩の差異について

Difference in Color among Rendering Intents for the Profile Conversion

Takao Fujiwara 藤原 隆男

1. はじめに

写真などの画像が、カメラ、ディスプレイ、印刷物などの異なるデバイス上で表現されたときにできるかぎり色彩が維持されるようにすること、すなわちカラーマネージメントは、色を扱う場では欠かせない技術である。これは、画像がもつ色空間情報をプロファイルとして画像のデータに埋め込むことで実現されている。たとえば写真画像は RGB 色空間をもつが、プロファイルの情報を元に色空間を CMYK に変換することで印刷用のデータにすることができる。このプロファイル変換にはオプションとして「知覚的」、「相対的」などが用意されているが、どれを選ぶかによって変換後の色が微妙に異なってくる。欧米では「相対的」が一般的であるが、日本ではなぜか「知覚的」が推奨されている。ところが、この使い分けについては、文章で抽象的に説明されたり、画像を比較して感覚的に説明されたりするだけで、数値やグラフによる解説がほとんど見あたらない。そこで、色彩がどのように変わるか、実際にプロファイル変換を行って変換前後の数値を読み取ることにより調べたので、本稿ではその結果を報告する。

2. プロファイル変換の概要

カラーマネージメントは、画像データに「ICC プロファイル¹⁾」を埋め込むことで実現される。ICC プロファイルは、ICC (International Color Consortium) が定めた色空間情報の規格で、原色の色座標、白点の色座標、応答曲線 (RGB のガンマ補正曲線や CMYK の色分解曲線) などの情報からなる。一般に、デバイスが異なると表現できる色空間の範囲すなわち色域も異なるので、たとえば写真の色がすべて印刷で正しく出せるとはかぎらない。しか

し、プロファイルを使って色のデータを適切に変換することにより、少なくとも色域内の色についてはかなり忠実に再現することが可能になる。プロファイルには、カメラ用、ディスプレイ用、印刷物用などさまざまなものが用意されている。カメラやディスプレイ上の色は RGB 色空間で表現され、ICC プロファイルとしては、標準の sRGB²⁾ (standard RGB) と広色域用の Adobe RGB³⁾ がよく使われる。白点には D65 (色温度が約 6500K のいわゆる昼光色) が採用されている。いっぽう印刷物の色は CMYK 成分で表される。日本では Japan Color が作成したプロファイルが一般的である。CMYK 色空間の白点には D50 (色温度が約 5000K のいわゆる昼白色) が使われる。

あるプロファイルを持つ画像を別のプロファイルをもつ画像に変換するのがプロファイル変換である。たとえば、Adobe RGB のプロファイルをもつ画像を sRGB の色域をもつディスプレイに表示することを考えよう。もし元画像の RGB 値をそのままディスプレイに渡したら、sRGB の色域は狭いので、くすんだ色で表示されてしまう。これを避けるためには、RGB 値を色域の違いに応じて適切に変換してからディスプレイに渡すべきである。これは、元画像の RGB 値を、まずデバイスに依存しない共通の色空間 (ICC はプロファイル接続空間とよんでいる) に変換し、この色を変換先である sRGB の色域にマッピングしてから RGB 値に変換するというかたちで、OS あるいはアプリケーションのレベルで実現される (図 3 参照)。プロファイル接続空間としては、XYZ⁴⁾ または Lab⁴⁾ の色空間が使われる。XYZ 値と Lab 値とのあいだの変換は容易なのでどちらで考えてもよいが、本稿では色彩学でなじみ深い Lab を主として使うことにする。XYZ を Lab に変換するとき白点の座標情報が必要になるが、ICC は Lab の白点として D50 を採用している。ちなみに、Lab 色空間は $L^*a^*b^*$ の 3 つの値からなる。このうち L^* (0 - 100)

は明度に相当する。 a^* が正で赤紫、負で青緑になり、 b^* が正で黄、負で青になる。

プロファイル変換を行うモジュールをカラーエンジンという。Apple は早い時期から ColorSync を採用して OS レベルでプロファイル変換をサポートしていたので、この機能を使った画像ビューアは、プロファイルが埋め込まれた画像の色を正しく表示することができた。また Adobe は、独自の ACE (Adobe Color Engine) を使ってアプリケーションレベルでプロファイル変換を実現していた。Microsoft は ICM (Image Color Management) というカラーエンジンを持っていたが、Windows Vista からは WCS (Windows Color System) として OS レベルでのサポートを拡大した。アプリケーション側の対応では、おもなウェブブラウザが画像に埋め込まれたプロファイルに対応するようになったのは 2010 年代に入ってからである。それまでは、ウェブサイトにある sRGB プロファイルをもつ写真を広色域ディスプレイで見ると、RGB 値がそのまま表示されてけばけばしく見えたりしていた。

プロファイル変換は、デバイスが異なっても色彩ができるだけ維持されるように行われる。しかし、彩度が高くて変換先の色域に収まらない色は近似色で置き換えられるなど、色彩のある程度の変化は避けられない。図 1 は Adobe RGB 色空間の最縁部にある原色が、色域が狭い sRGB へのプロファイル変換によってどのような色にマッピングされるかを実験し、Lab 色空間の平面図で表したものである。RGB の色域は XYZ 色空間では平行六面体で表されるが、Lab 色空間に移すと図のような 6 つの曲

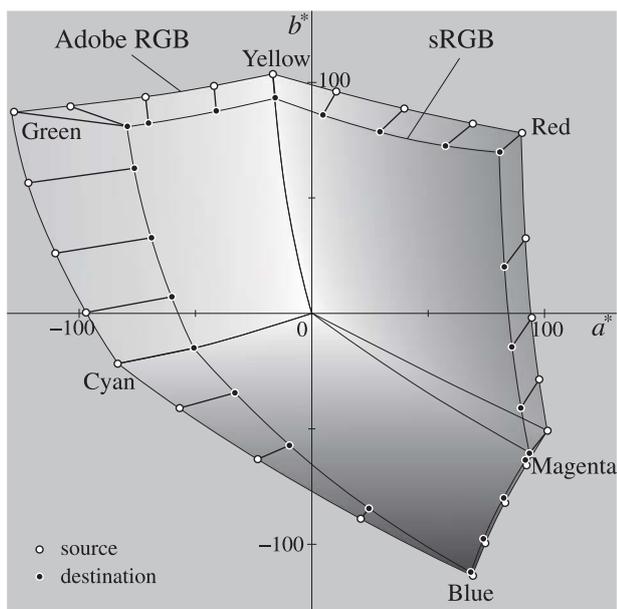


図 1 プロファイル変換の例

Adobe RGB の原色が sRGB 色空間への変換によってどうマッピングされるかを Lab 空間の平面図で示した。レンダリングインテントには「相対的」を使用した。

面で囲まれた図形になる。白丸が変換前の、黒丸が変換後の色を表す。図 2 は同様に Adobe RGB の原色が CMYK 色空間ではどのような色にマッピングされるかを表したものである。RGB と CMYK では色域が大きく異なるので、彩度が高い色の色彩がかなり変わることがわかる。

プロファイル変換を行うとき、何を優先するかについては選択の余地がある。ICC は 4 つの選択肢を用意しており、rendering intent とよんでいる。日本では、「マッチング方法」(Adobe)、「レンダリング目的」(Windows)、「描画意図」(Wikipedia) などと訳しているが、ここではレンダリングインテントまたは略してインテントとよぶことにしよう。プロファイル変換に伴う色の変化は、使用するインテントによって違ってくる。表 1 は 4 つのインテントを示す。このうち実際に使われるのは「知覚的」と「相対的」で、それ以外はほとんど使われないようである。たとえば、Adobe Photoshop では、デフォルトのレンダリングインテントを「カラー設定」で設定することができるが、印刷原稿を扱うための標準設定である「プリプレス用 - 日本 2」を選ぶと「知覚的」になる。いっぽう、ヨーロッパや北米のプリプレス用標準設定では「相

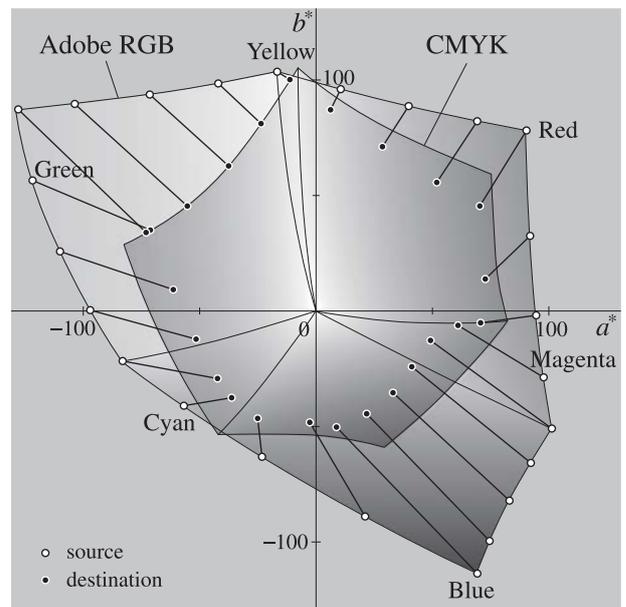


図 2 RGB から CMYK へのプロファイル変換の例
Adobe RGB の原色が CMYK 色空間へどうマッピングされるかを示した。レンダリングインテントには「相対的」を使用した。

表 1 4 つのレンダリングインテント

英語	日本語 (Adobe / Windows)
Relative Colorimetric	相対的な色域を維持 / 相対カラーメトリック
Absolute Colorimetric	絶対的な色域を維持 / 絶対カラーメトリック
Perceptual	知覚的 / 知覚的
Saturation	彩度 / ビジネスグラフィック

対的」に設定される。これらのインテントの違いについて、これから具体的にみていこう。

3. プロファイル変換の実験

●実験の概要

実験には Adobe Photoshop CS4 (2008) を用いた。Lab 値で指定した色を並べたテストチャートを作り、それを Adobe RGB にモード変換して元画像とした。「プロファイル変換」の画面で変換先のプロファイルを指定して変換を実行し、変換後の画像を Lab にモード変換してその Lab 値を読み取ることで変換前後の色彩の変化を調べた(図3参照)。モード変換は Photoshop の「カラー設定」に従って行われるが、実験ではカラーエンジンを「ACE」に、レンダリングインテントを「相対的な色域を維持、黒点の補正を使用」に設定した。これは、このように設定すると、モード変換で Lab 値が維持され、逆方向に変換しても色が変わらないからである。また、数値を小数点以下まで精度よく読み取るため、画像は 16 ビット/チャンネルとした。読み取りは、表2の Java スクリプトを Photoshop 上で走らせておこなった。スクリプトは、画像の最上段ピクセルの Lab 値を左から右へ順に読み取ってテキストファイ

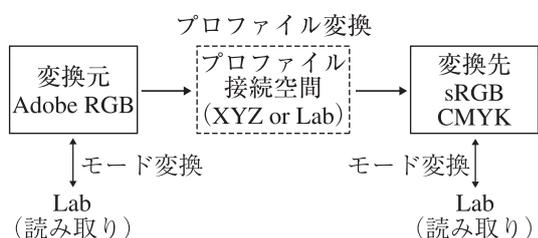


図3 プロファイル変換と色の読み取り

Adobe RGB から CMYK への変換の例。変換前後の色はそれぞれ Lab モードの画像から読み取った。

表2 画像の Lab 値を読むためのスクリプト

```
#target Photoshop
/* Lab_color.jsx (for CS3 and later) */
app.preferences.rulerUnits = Units.PIXELS;
var doc = app.activeDocument;
doc.colorSamplers.removeAll();
var sampler = doc.colorSamplers.add([0, 0]);
var data = '';

for (var i=0; i<doc.width; i++) {
  sampler.move([i, 0]);
  data += sampler.color.lab.l + '\t'
    + sampler.color.lab.a + '\t'
    + sampler.color.lab.b + '\n';
}

var fp = new File('~\desktop\lab_colors.txt');
if (fp.open("w")) {
  fp.write(data);
  fp.close();
}

alert('Completed');
```

ルに出力するもので、Photoshop CS3 以降で動作する。

● Adobe RGB → sRGB

まず、RGB 画像の色空間である Adobe RGB を sRGB に変換することを考えよう。印刷用の写真は、一眼カメラで撮影し広色域の Adobe RGB で保存することが多い。また、写真の編集も Adobe RGB に準拠した広色域ディスプレイ上で行うのがふつうである。いっぽう、ウェブで使われる画像は、sRGB ディスプレイで見える人が多いことを考慮して sRGB プロファイルで保存するのが一般的である。ここでは、Adobe RGB の画像をウェブ用の sRGB にプロファイル変換するという状況を考える。

図4は、プロファイル変換前後の色彩の変化を Lab 色空間の L^*a^* 面で見たとのものである。右が赤紫、左が青緑、上が白、下が黒にあたる。白丸が変換前の、黒丸が変換後の色を表す。sRGB の色域に収まらない色は近似色で置き換えられて色域境界の表面に押しつけられていることがわかる。色域境界面に完全に乘っていないように見えるのは、 b^* 値も変化した結果、この断面図の面から少し外れているためである。いっぽう、変換先の色域に収まる色は Lab 値が変わらないように維持されている。このような色は、sRGB 環境でも同じ色で表示されるはずである。

表3は、レンダリングインテントを替えて実験した結果をまとめたものである。どれも「相対的、黒点の補正を使用」と全く同じ結果になり、レンダリングインテントによらないことがわかる。RGB 色空間どうしのプロファイル変換では、レンダリングインテントの設定にか

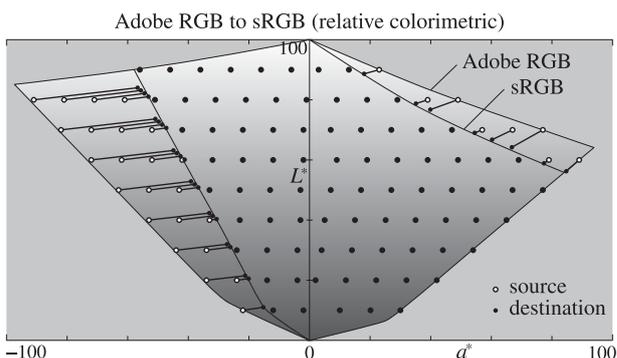


図4 Adobe RGB → sRGB プロファイル変換
Lab 空間の断面図における色彩の変化を示す。レンダリングインテントには「相対的」を使用した。色域外の色は近似色で置き換えられるが、色域内の色は不変に保たれている。

表3 Adobe RGB → sRGB 変換

	黒点の補正を使用	黒点の補正なし
相対的	図4	(図4と同じ)
絶対的	(図4と同じ)	(図4と同じ)
知覚的	(図4と同じ)	(図4と同じ)
彩度	(図4と同じ)	(図4と同じ)

かわらず、つねに「相対的」を使うことになっているようである。

● Adobe RGB → CMYK

つぎに Adobe RGB から CMYK へのプロファイル変換を考える。CMYK のプロファイルとしては、日本の印刷業界で一般的な Japan Color 2001 coated を用いた。図5 - 図9 は、プロファイル変換前後の色変化をさまざまなレンダリングインテントに対して Lab 空間の断面図で示し

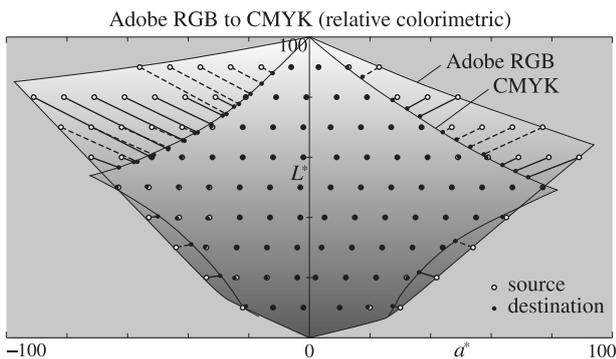


図5 RGB → CMYK プロファイル変換 (相対的) Lab 空間の断面図における色彩の変化を示す。レンダリングインテントに「相対的」を使用したとき。色域外の色は近似色で置き換えられるが、色域内の色はほぼ維持されている。

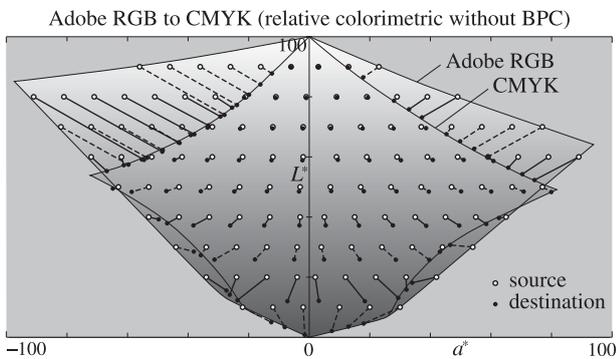


図6 RGB → CMYK プロファイル変換 (黒点の補正なし) レンダリングインテントに「相対的、黒点の補正なし」を使用したとき。暗部がさらに暗くなり、黒くつぶれる傾向がある。

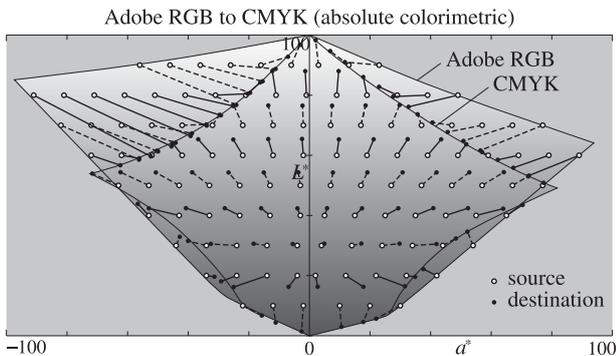


図7 RGB → CMYK プロファイル変換 (絶対的) レンダリングインテントに「絶対的」を使用したとき。明るい色は白く飛び、暗部は黒くつぶれる傾向がある。

たものである。4つのインテントのうち「相対的」、「知覚的」、「彩度」にはそれぞれ黒点の補正を使うかどうかのオプションがあるが、表4にまとめたように、実質的に黒点の補正の切り替えができるのは「相対的」のときだけである。

図5 - 図9をもとに、それぞれのレンダリングインテントの特徴を見ていこう。まず「相対的、黒点の補正を使用」(図5)では、Lab 値を見るかぎり色域内の色はほとんど変化しないことがわかる。色彩を維持するという基本にもっとも忠実な変換であるといえる。いっぽう、色域外の色は色域境界の近似色に置き換えられている。その結果、色域外の色空間が色域境界に圧縮されることになる。

「相対的、黒点の補正なし」(図6)では、暗い色の明度がさらに下がっている。とくに黒に近い色の明度がほと

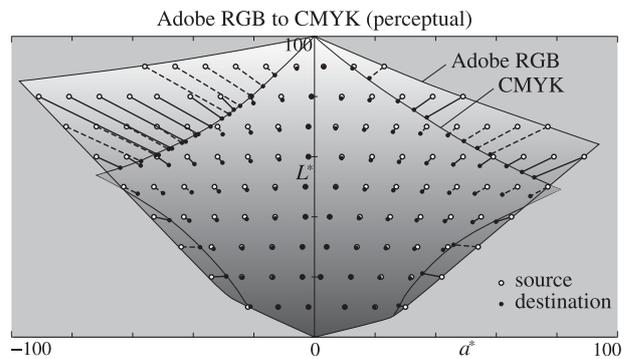


図8 RGB → CMYK プロファイル変換 (知覚的) レンダリングインテントに「知覚的」を使用したとき。色域内でも彩度が低くなる傾向がある。また彩度の高い色では明度が低くなる傾向がある。

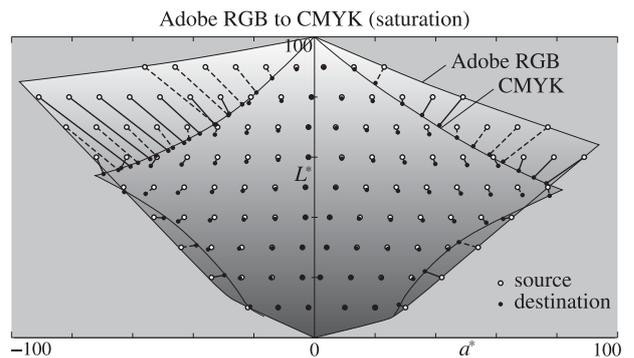


図9 RGB → CMYK プロファイル変換 (彩度) レンダリングインテントに「彩度」を使用したとき。知覚的とよく似ているが、全体的に彩度が高くなる。

表4 RGB → CMYK 変換

	黒点の補正を使用	黒点の補正なし
相対的	図5	図6
絶対的	選択不可	図7
知覚的	図8	(図8と同じ)
彩度	図9	(図9と同じ)

んど0になって黒くつぶれていることがわかる。したがって、暗部を黒くつぶしたいという特殊な場合を除いて、黒点の補正はオンにするべきである。黒点の補正の意味については、あとで詳しく述べる。

「絶対的」(図7)では、明度の低い色は黒くつぶれ、いっぽう明度の高い色は白く飛ぶ傾向があることがわかる。したがって、「絶対的」インテントはRGBからCMYKへのプロファイル変換には使うべきではない。絶対的の意味についても後述する。

「知覚的」(図8)では、色域外の色は色域内の近似色に変えられるが、色域内の色も引きずられるように変化している。たとえば、色域内の色の彩度は全体に下がる傾向がある。また、色域内の色の明度も色域境界に近い色ほど下がる傾向がある。このように色域内の色の維持をあるていど犠牲にしたおかげで、色域外の色の変化と色域内の色の変化が滑らかにつながっている。これは、図8で黒丸の横の並びが色域外から色域内にかけて緩やかに曲がっていることから分かる。これは「相対的」(図5)で黒丸の横の並びが色域境界で急に折れているのと対照的である。このように、「知覚的」は、色域外の色と色域内の色の扱いを急に変えない変換となっている。色域の圧縮という観点からいえば、色域外の色を色域内に収納するときに、色域内の色空間も彩度が低い方向へ全体に圧縮することで、色域外の色空間が色域境界に押しつぶされることを避けた変換といえる。

最後に、「彩度」(図9)の結果を見てみよう。色の変化のしかたは「知覚的」とよく似ていて、色域内の色の明度が下がる傾向がある。いっぽう、彩度はむしろ上がっている。できるだけ色彩を維持するというプロファイル変換本来の趣旨よりも、彩度が高く保たれることを優先する変換といえるだろう。

●相対的と絶対的

「相対的」、「絶対的」の意味を明らかにするため、黒から白までのグレイスケールのテストチャートを作り、「相対的」および「絶対的」レンダリングインテントでRGBからCMYKへプロファイル変換をおこなって前後の明度を比較したのが図10のグラフである。「相対的、黒点の補正を使う」では、グラフが傾き45度の直線に乗っていて、色がそのまま維持されて変化していないことがわかる。「相対的」でも「黒点の補正」をオフにすると、明度が低くなるにつれてグラフが下へずれ、ある明度以下では黒くつぶれている。また、「絶対的」では明度が低い色が黒くつぶれるだけでなく、明度の高い色も白く飛ぶことがわかる。

図11は、グレイスケールの色の変化を、明度 L^* の代わりに光の強さに比例する輝度 Y で表したものである。

図10と違って色の変化がきれいな直線に乗っている。この図を見ると、「黒点の補正なし」では、明度の低い側で直線が負の値に向かっていることがわかる。また、「絶対的」では、明度の低い側で直線が同様に負の値に向かっていること、明度の高い側で輝度が1よりも大きい値に向かうが途中で頭打ちになっていることがわかる。このように、「絶対的」では、ディスプレイの白は印刷の白よりも明るい色に、ディスプレイの黒は印刷の黒よりもさらに暗い色に設定されていることがわかる。

「絶対的」の意味は、Photoshopの「カラー設定」でデフォルトのレンダリングインテント(マッチングの方法)を絶対的に設定して、Lab値を読み取るためのLabへのモード変換(図3)を絶対的でおこなうようにするとはっきりとする。図12は、そのようにしてプロファイル変換前後の絶対的な輝度を比較したものである。このグラフを見ると、変換先であるCMYK色空間の白点(印刷物の白)が明るいグレイに、印刷物の黒がやや濁った黒に設定されていることがわかる。「絶対的」インテントでは、絶対的な色が維持される結果、変換先の色域(CMYKの白点と黒点のあいだ)に収まる色は全く変化せず傾き45度の線に乗っているが、色域よりも明るい色は飽和して変換先の白点に、色域よりも暗い色は飽和して変換先の黒点になっている。いっぽう、「相対的」では、変換元の白点(印刷物の白)が変換先の白点(印刷物の白)に、変換元の黒点(印刷物の黒)が変換先の黒点(印刷物の黒)に一致するように変換されていることがわかる。すなわち、「相対的」は、変換元の白点を変換先の白点に、変換元の黒点を変換先の黒点にマッピングするプロファイル変換であることが分かる。補正という言葉を使うと、「絶対的」は黒点の補正も白点の補正もしない変換、「相対的」は白点の補正も黒点の補正もする変換であるといえる。また、「相対的」では黒点の補正をオフにするというオプションもある。このように、色空間を絶対的な色で見ると「絶対的」「相対的」「黒点の補正」の意味が分かりやすくなる。たとえばICC白書40号⁶では、この絶対的な色を用いて黒点の補正の意味を解説している。図13は、図12と同様に、Lab値を読み取る際に絶対的を使ってモード変換をおこない調べたLab空間での色の変化である。「絶対的」インテントでプロファイル変換をおこなうと、白点の補正、黒点の補正がおこなわれないためCMYKの色域がずいぶん狭いこと、色域内では絶対的な色が維持されていることがよくわかる。

ところで「絶対的」インテントの使い道であるが、CMYK画像を「絶対的」でLabまたはRGB画像にプロファイル変換すると、印刷物の白すなわち紙色が明るいグレイに、印刷物の黒が濁った黒に変換されることからわかるように、印刷イメージをディスプレイ上でシミュ

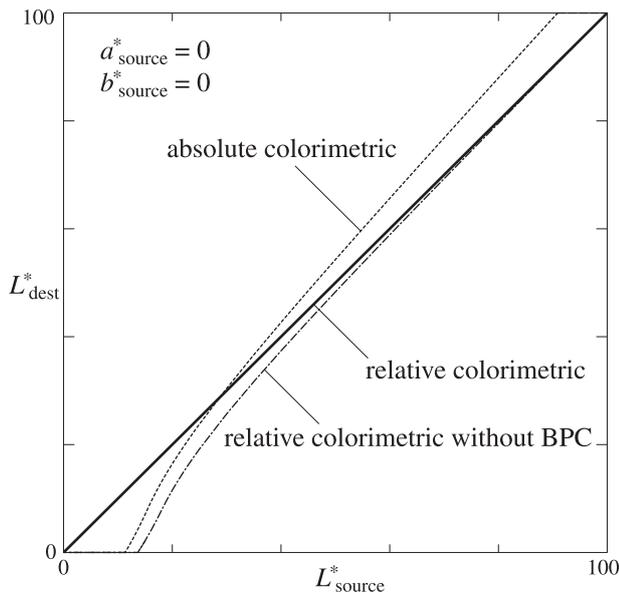


図10 グレイスケールの明度の変化
 グレイスケールの明度 L^* 値をプロファイル変換の前後で比較した。「相対的、黒点の補正なし」では暗い色が黒くつぶれている。「絶対的」では暗い色が黒くつぶれ、明るい色も白く飛んでいる。

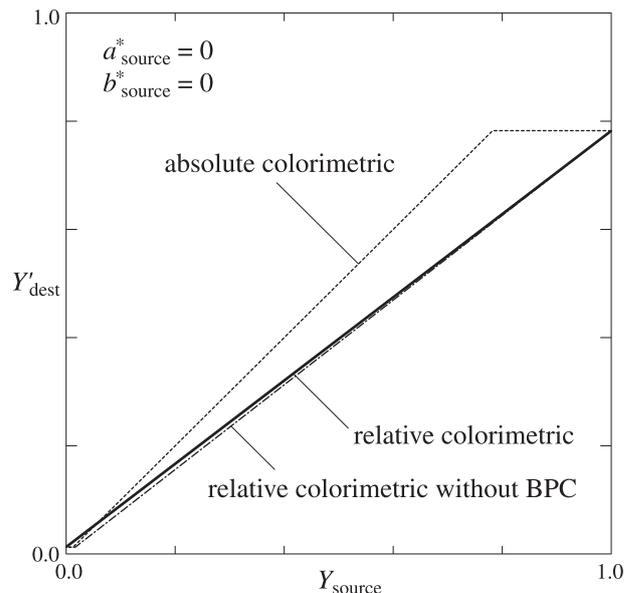


図12 グレイスケールの輝度の変化
 モード変換のデフォルトを絶対的に設定して読み取った L^* を Y に変換して表示したもの。

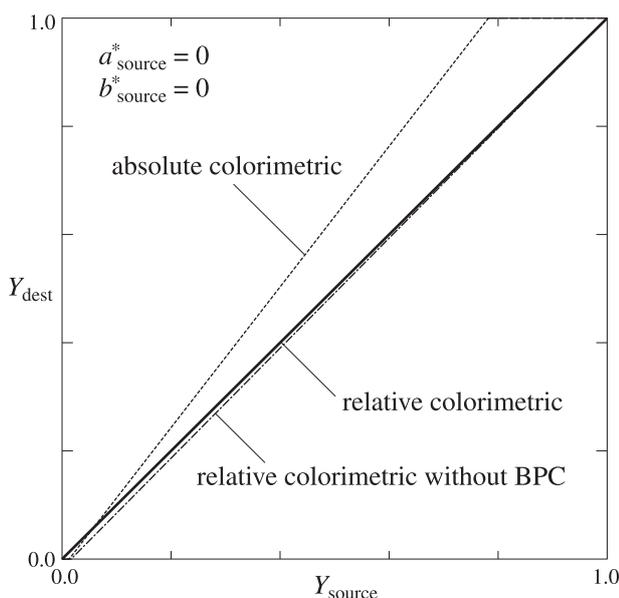


図11 グレイスケールの輝度の変化
 グレイスケールの色の变化を、輝度 Y で表したものを。

レートすることができる。このように、「絶対的」は印刷物のブルーに使うためのintentであろう。じっさい、2002年ごろのAdobe製品のACEでは、CMYK画像を「絶対的」intentを使ってRGBにプロファイル変換すると、CMYKの白点(色温度約5000K)とAdobe RGBまたはsRGBの白点(色温度約6500K)の違いを補正しなかったため、画像全体が黄色味を帯びていた。すなわち、標準白点の色温度の違いまでシミュレートしていたわけである。最近のACEでは、色温度の差を補正するようになって画像が黄色くなることはなくなった。しかし、

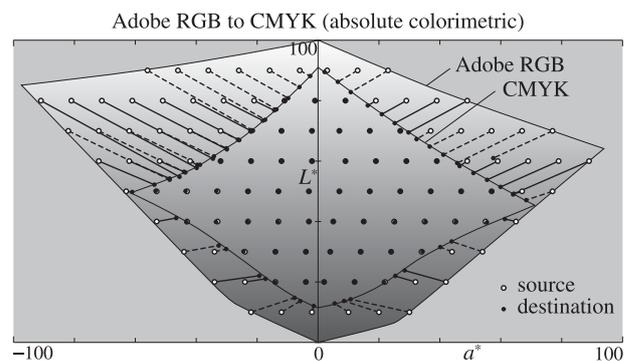


図13 RGB → CMYK プロファイル変換(絶対的)
 モード変換に絶対的のintentを使ってLab値を読み取ったときのLab空間の断面図。CMYKの色域が狭く設定されていること、「絶対的」intentでは、色域内でLabの絶対的な値が維持されることがわかる。

Apple ColorSync や Microsoft ICM はかつてのACEと同様に色温度の補正をしないようで、これらをカラーエンジンに設定して「絶対的」intentでプロファイル変換をおこなうと画像全体が黄色くなる。

つぎに、グレイスケールではなく、彩度のある色の变化を見てみよう。図14は彩度が一定($a^* = -30$)で明度が異なる青緑系の色のプロファイル変換による明度の変化を Y 値で見たものである。変換先の色域に収まる色については図11と同じ直線に乗っているが、色域外の色については近似色で置き換えられるため色域境界で線が折れ曲がっていることがわかる。この傾向は、図5 - 図7で $a^* = -30$ の縦線に沿って明度の変化を見てもわかる。

以上で見てきたように、「相対的」かつ「黒点の補正を使う」レンダリングintentは、色域内の色を維持するという基本に忠実なプロファイル変換である。いっぽう、「相対的」で「黒点の補正を使う」を外すと暗い色が

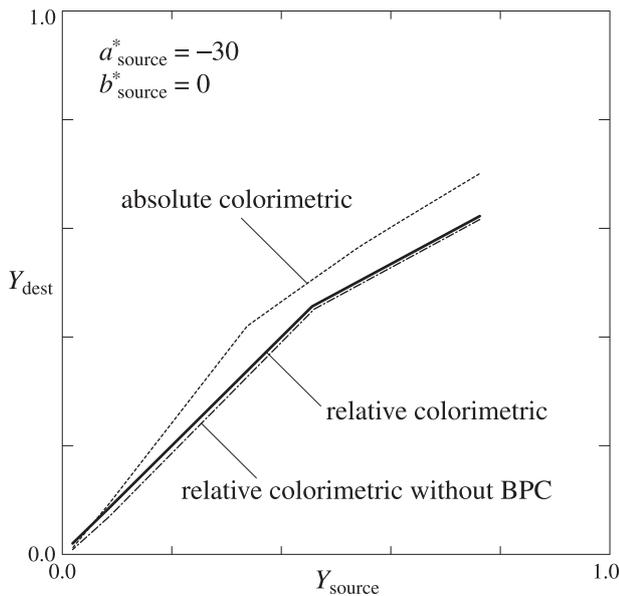


図14 青緑系の色の明度の変化
 $a^* = -30$ の色 (青緑系) の明度変化を Y で表したものの。

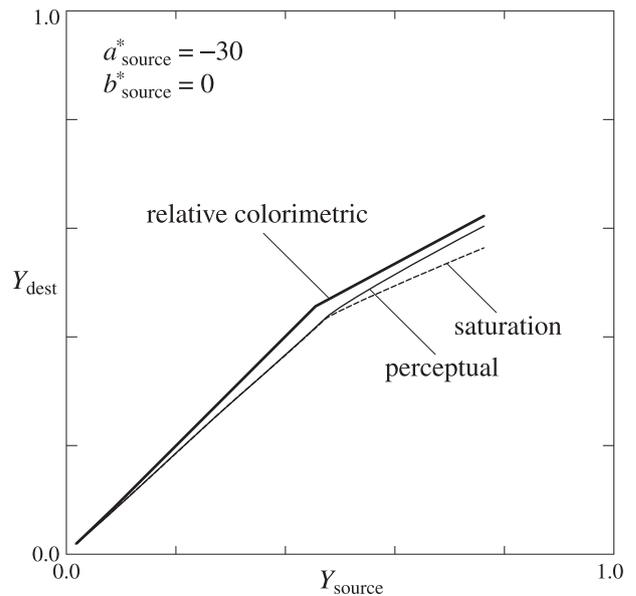


図15 青緑系の色の明度の変化
 $a^* = -30$ の色 (青緑系) の明度変化を Y で表したものの。

黒くつぶれることが、「絶対的」では黒点の補正も白点の補正もしないので暗い色はつぶれ明るい色は白く飛ぶことがわかる。

●知覚的と彩度

では、日本の印刷用設定でよく使われるという「知覚的」レンダリングintentでは色はどう変わるのだろうか。まず、グレイスケールのテストチャートを作って実験を行ったところ、グレイスケールでは「相対的、黒点の補正を使う」と同様で、変換前後での Lab 値の変化は誤差の範囲にとどまった。すなわち、図10または図11の「相対的」と同じく傾き45度の線に乗った。「彩度」も同様で、グレイスケールに関しては「相対的、黒点の補正を使う」と差はなかった。

図15は、彩度が一定 ($a^* = -30$) で明度が異なる青緑系の、プロファイル変換による明度変化を輝度 Y で表したものである。「相対的」では色域内の色は変化しないが、「知覚的」と「彩度」ではグラフが下へ傾いて全体に明度が下がっていることがわかる。また、「相対的」では直線が色域境界で折れ曲がるが、「知覚的」と「彩度」では曲線が色域境界で滑らかにつながっていることがわかる。「相対的」で直線が折れ曲がるということは、グラデーションの変化率が色域境界で急に変わることを意味する。色のジャンプはないが、グラデーションが不自然に見えることになるだろう。これに対して「知覚的」「彩度」は、明度の維持よりも色域境界付近におけるグラデーションの滑らかさを優先したレンダリングintentであることがわかる。

図16は、明度が一定 ($L^* = 60$) で彩度が異なるグラ

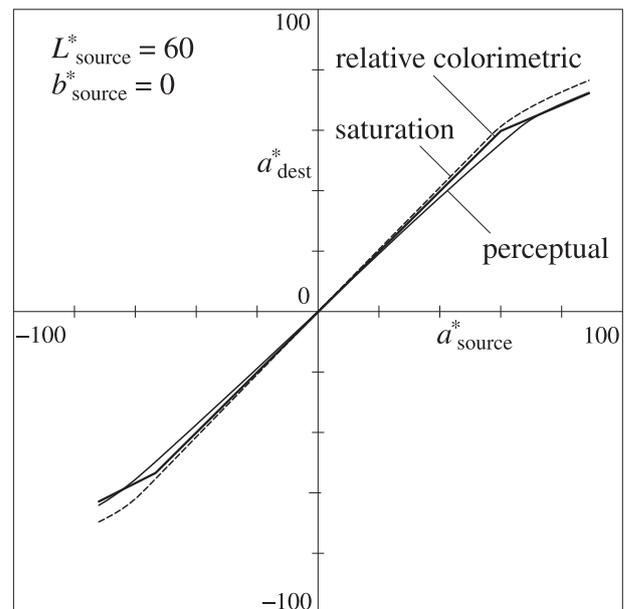


図16 彩度の変化
 明度が $L^* = 60$ の色 (青緑系から赤紫系へのグラデーション) の彩度変化を a^* で表したものの。「知覚的」では変化が滑らかになる (折れ曲がらない) が、彩度が下がる (a^* の絶対値が小さくなる) ことがわかる。

デーシジョンの、プロファイル変換による彩度の変化を表したものである。 a^* が負になるほど青緑が、 a^* が正になるほど赤紫が強くなる。図をみると、「相対的」では色域内では彩度が維持されているが、色域外では直線が折れ曲がって近似色に置き換えられていることがわかる。「知覚的」では、色域内で全体に彩度が下がっているが、色域境界での曲線の変化は滑らかになっている。いっぽう「彩度」も「知覚的」と同様に変化の曲線は滑らかであるが、全体に「相対的」よりも彩度が高くなっている。このように、彩度の変化で見ても、「知覚的」「彩度」は個々

の色の維持よりもグラデーションの滑らかさを重視した変換であることがわかる。

4. まとめと展望

以上では、RGB から印刷用の CMYK へプロファイルを変換するときにレンダリングインテントによって結果がどのように異なるかを、数値やグラフで示してきた。それぞれのレンダリングインテントの特徴をまとめると、つぎのようになるだろう。

・「相対的色域を維持」…ディスプレイの白点が印刷物の白点に、ディスプレイの黒点が印刷物の黒点にマッピングされるように変換する。白点を白点に、黒点を黒点に移す変換といえる。プロファイル変換の結果、変換先の色域に収まる色は維持され、色域に収まらない色は近似色で置き換えられる。色域外の色が色域境界面に圧縮されるので、グラデーションが見えにくくなることもある。また、色域境界で色の変化率が急に変わるので、グラデーションが不自然になることがある。

オプションで黒点の補正を外すことができるが、外すと暗部が黒くつぶれることになるので、黒点の補正はつねに使用するべきであろう。

・「絶対的色域を維持」…「相対的」が白点補正と黒点補正をおこなうのに対して「絶対的」では白点補正も黒点補正もおこなわないので、ハイライトは白く飛びシャドウは黒くつぶれる。「絶対的」は、RGB 画像の CMYK へのプロファイル変換には不向きなインテントである。逆に、他のインテントで CMYK に変換済みの画像を「絶対的」で Lab または RGB に変換すると、印刷物の紙色まで画面上でシミュレートすることができる。「絶対的」は、印刷原稿を確認する目的で使うべきインテントであろう。

・「知覚的」…色域外の色が色域内の近似色にマッピングされるのに伴って色域内の色も変化させることによって、色域境界付近での色空間の圧縮率が緩和される。その結果、色域内の色も彩度が少し下がる。また、色域外の色が明度の低い近似色で置き換えられるのに引きずられて色域内の色もやや暗くなる傾向がある。このように色域内の色の彩度や明度が若干変化するっぽうで、色域境界での色の変化が滑らかになるので、色域境界付近でグラデーションが不自然になるのを防ぐことができる。

・「彩度」…「知覚的」と同様に色域内の色も暗くなる傾

向があるが、彩度はかえって高くなる。このように彩度を優先するレンダリングインテントなので、写真に対して使用すると彩度が不自然になる。RGB モードで作成したイラストなどを、彩度を高くして CMYK に変換したいときに使うべきインテントであろう。ただし、イラストはもともと CMYK で作るのがふつうなので、「彩度」を使う機会はあまりないと思われる。

以上のように、写真のような画像を RGB から印刷用の CMYK にプロファイル変換するときには「相対的（黒点の補正を使用）」または「知覚的」を使うべきであることがわかる。このうち、もともと彩度があまり高くなく地味な画像では「相対的」のほうが彩度も明度も維持されて美しい画像になるはずである。このような画像を「知覚的」で CMYK に変換すると彩度も明度も下がってしまうことになる。いっぽう、彩度が高く CMYK の色域に収まらないような鮮やかな色を含む画像では、「相対的」を使うと色域境界付近のグラデーションが不自然になったり見えにくくなったりすることが起こりえる。このような彩度の高い画像に対しては、「知覚的」を用いるとグラデーションの問題を緩和することができる。このように、プロファイル変換を行うときは、レンダリングインテントの特徴を理解した上で、画像に応じて「相対的」「知覚的」を使い分けるべきであろう。たとえば Photoshop の「プロファイル変換」でレンダリングインテント（マッチングの方法）を選択するとき変換の結果を画面上でプレビューできるので、目で確かめながら画像にふさわしいインテントを選ぶのがよいだろう。

ところで、Adobe 系アプリケーションの「カラー設定」の印刷用デフォルトが、欧米では「相対的」になっているのに、なぜ日本では「知覚的」になっているのだろうか。本稿で見てきたように、「知覚的」は彩度の高い写真向きのレンダリングインテントであって、通常の写真に対しては「相対的」のほうが自然である。どのような画像にも「知覚的」を使うと、彩度も明度も下がってしまう。日本人は地味な色調を好むので、それを反映した設定になっているのだろうか。それとも、とりあえず「知覚的」にしておくとうまくグラデーションが不自然になるという問題が緩和されるので、トラブルを避けたい日本の印刷業界の意向を反映した設定になっているのだろうか。

欧米と日本でのレンダリングインテントの好みの差はこのような文化の違いによるのではないかと筆者は考えていた。ところが、数年前に公開された新しい CMYK プロファイルである Japan Color 2011 を本稿で使った方法で調べているうちに、日本で「知覚的」が好まれるのは、日本の印刷業界が以前から「知覚的」レンダリングインテントに自信をもっていたためかもしれないと思うよう

になった。じっさい、Japan Color 2001 の色域は欧米の CMYK プロファイルに比べてやや広いが、Japan Color 2011 の色域を調べてみるとさらに色域が広がっている。これは、色分解曲線を工夫することによって実現したと思われる。また、「知覚的」インテントでのプロファイル変換に伴う色変化を調べると、色域内での彩度や明度の下がり方がより軽減している。このように、Japan Color 2011 では「知覚的」の使い勝手が向上しているようである。日本が「知覚的」に自信をもっていたのではないかと考えた所以である。この新プロファイルが今後、日本で普及すれば、「知覚的」が使われる機会が増すかもしれない。ただし、そのときでも「相対的」「知覚的」のどちらを選ぶかは、画像ごとに判断し目で確認して決めることを筆者は勧めたい。

註

- 1 *International Color Consortium Specification ICC.1:2004-10 (Profile version 4.2.0.0)*, 2004: <http://www.color.org/icc1v42.pdf>
- 2 *A Standard Default Color Space for the Internet: sRGB*, M. Stokes, M. Anderson, S. Chandrasekar, and R. Motta, 1996: <http://www.color.org/srgb.xalter>
- 3 *Adobe RGB (1998) Color Image Encoding. Version 2005-05*, 2005: <https://www.adobe.com/digitalimag/pdfs/AdobeRGB1998.pdf>
- 4 XYZ、Lab など、色彩学の用語や色空間の情報については、つぎのサイトがたいへん参考になる：Bruce Lindbloom's Web Site, 2001-2017: <http://www.brucelindbloom.com/>
- 5 Lab 色空間の L^* 値（明度）から XYZ 色空間の Y 値（輝度）への変換は、つぎの 3 次関数（ L^* が小さいところでは 1 次関数）で行うことができる。
$$Y = [(L^* + 16)/116]^3 \quad (L^* \geq 8 \text{ のとき})$$
$$Y = (3/29)^3 L^* \quad (L^* < 8 \text{ のとき})$$
- 6 *Black-point compensation: theory and application (ICC White Paper 40)*, 2010: http://www.color.org/WP40-Black_Point_Compensation_2010-07-27.pdf

