色の測定と色覚メカニズム*

内川 恵二**

Color Measurement and Color Vision Mechanism

Keiji UCHIKAWA

1. 色の“常識”は“非常識”

私たちは外界のほとんどの情報を視覚から得ている。私たちは自分の見ている周囲の景色を“物理的な”存在として認識し、その存在を自分は正しく捕らえていると感じている。たとえば、自分が部屋の中央にある四角い大きな茶色の机の前に座しているとしよう。机の四角い“形”とか大きい“サイズ”とかいう机の属性は辺の長さや角度といった物理的な客観量として表わせるが、私たちはその物理量を正しく見えていると思っている。このように外界の物理世界に対応した視覚世界を脳内に形成するのがそもそもの視覚の目的であり、視覚世界が“正しい”からこそ私たちは矛盾なく外界の物理世界に生存できているのである。

では、机の“茶色”はどうであろうか。普通は、誰でも形やサイズと同じように“色”もその物の属性と感じている。机の形やサイズが長さや角度で表わされるように、机の色も何らかの物理量で表わせると思っている。物理量は誰がどこで測っても変わらないからこそ物理量なのであるから、机をどこに持っていても色は変わらないと考えている。それが保証されているからこそ、商品のカatalogに示されている“色”が意味を持っているはずであると思っている。これが私たちの色の“常識”であろう。しかし、これは誤りであり、色の“非常識”なのである。

私たちの日常生活に必要な物の長さ、重さ、時間、面積、体積、速度といった物理量については私たちは小、中学校の時から良く教えられている。物の“色”も極めて日常的であり、他の物理量と同じように大切な情報である。しかし、なぜ、私たちは色についてほとんど教えられていないのであろうか。色の“物理的な”教育がない、あるいはできないことが、皮肉にも私たちが色を物の“物理的な”属性とってしまうという非常識を生んでいる。しかし、実は、この非常識の中に色の本質が潜んでいるのである。

2. 色の“非常識”が“常識”

‘色が物の物理属性である’という非常識に気づかず、色について議論していくとおそらく次のようになるであろう。‘物の表面に照明光が当たり、その反射光を私たちは見ているので、色は表面の光学的な反射特性であるに違いない。光の波長成分によって光の色が変わることは良く知られているので、表面の各波長に対する反射率、つまり分光反射率が“色”ということになる。分光反射率が一樣ならば白色、長波長領域に偏っているならば赤、中波長、短波長領域に偏っていれば、それぞれ緑、青色になる。色は分光反射率成分にほぼ対応して決まっている’ということである。あるいは、表面の色が照明光によっても変わること気づいている人は、‘色は表面の分光反射率そのものではなく、反射光の分光成分である’と、考えるだろう。

おそらくまだかなりの人々が、このような考えを持っているに違いないが、残念ながら、色は表面の分光反射率成分でもなければ、反射光の分光成分でもない。では何か。色は眼に入射する光を“きっかけ”にして、脳内に生起する感覚なのである。‘光線そのものには色はない’とはニュートンの有名な言葉である。‘色は感覚である’が正しい答えである。

しかし、では、なぜ、私たちは‘色は物の表面の特性である’と思ってしまっているのだろうか。また、なぜ、そう思っても別に困ることはないのだろうか。色をこのように思ってしまう原因は実は‘色が感覚である’からなのである。こう考えると、少しややこしく聞こえるが、要は、脳の働きを考えれば理解できる。

私たちは脳内に外界の視覚像を形成している。これは脳が行なっている基本的な働きであるが、このとき、脳は、たとえば、物の長さについては、物理距離と長さの感覚とを1対1に正しく対応付けしている。しかし、色については、物の表面と表面の感覚、つまり、色とを1対1に対応付けしていない。物の長さも大きさも私たちが見ているものは感覚である。しかし、対応がいいので、普段は特に私たちはそれを意識する必要がない。色はその対応が不完全になってしまっているの、意識せざるを得ない状況が時々生まれる。しかし、物の認識のため

* 原稿受付 1996 年 10 月 28 日

** 東京工業大学工学部情報工学研究施設

に、脳は私たちがあたかも色が物の表面にきちんと対応しているが如く感じるように仕向けている。また、たとえば、照明光が変化しても表面の色は変わって見えないようにするなど、様々な巧妙な色覚のトリックを実行している。その結果、‘色は物の属性である’という色の“非常識”が生まれているのである。私たちにとっては、やはり、物が同じであればどこでもその色は同じに見えてほしい。実は、この“非常識”が脳が意図した色の“常識”なのである。

3. “色”を測る

色は感覚である。物理的な“光”には感覚的な“色”はない。では、この感覚としての色をどのように測ったら良いであろうか。‘感覚が測れるのか’と、私たちはすぐ考えてしまう。なぜならば、これまで‘測るという行為は純粋に物理的なもので、そこには常に客観性が要求される’と教育され、‘感覚というような主観的なものは測るという行為にはなじまない’という考えを、私たちは暗黙のうちに受け入れてしまっているからである。小、中学校で“色”の物理教育がないのはこのためである。感覚がいつまでも、“物理”ではなく“心理”で扱われているのは、この測定に問題があると私たちが誤解しているからであろう。

感覚を測ることは学問としては心理物理学としてすでに長い歴史があり、きちんとした方法論が確立されている。色の測定、すなわち、測色学は感覚測定の中でも最も歴史が古く発達したものである。感覚を測定することは大変有用で、測色学から生まれた現在の表色システムがなければ、色彩工学の発展はなかったし、色の利用も極限られたものになっていたであろう。しかし、色に限らず感覚はすべて脳の機能であるから、色を完全に表記するには脳の機能を十分に把握しなければならない。脳がまだわかっていない現時点では、残念ながら現在の表色システムも完全とはいえず、色覚の1次近似といったところである。このことを理解した上で使用すれば、不完全な近似であっても色覚を測定し客観的に表現することは大いに役立つことである。本稿では、色の測定の基礎について、特に色覚のメカニズムからの説明に重点を置いて述べることにする。

4. 等色の原理

現在の測色学の基礎となっている原理は“等色”である。これは図1の2分視野を用いて、一方の視野にいかなるテスト光Cをもってきても、他方の視野のR, G, B混色光の強度を調節すれば、全く等しい色の見えを作ることができる、つまり等色できるということである。ここで、“全く等しい色の見え”というのは、左右の視野の明るさも色みも全く等しいことであり、もし中央の境界線がなければ、完全に一樣な視野になってしまうことである。カラーCRTやカラー液晶ディスプレイが赤、緑、

図1 等色2分視野。テスト視野（左）に任意の色光C、混色視野（右）に決められた3原色光R, G, Bの加法混色光が呈示される。

青の3種の発光体でどんな色でも作ってしまうのはこの等色の原理が成立するからである。

等色は、

$$C = R + G + B$$

という等色方程式で表わす。ここで、混色光のR, G, Bは原色と呼ばれている。この等色方程式では、“+”記号は‘色光を混色する’、“=”記号は‘両辺の視野が等色すること’を意味している。

この等色の原理が成立するためには二つの条件が必要である。一つはR, G, Bの3原色は互いに独立でなければならないことである。これは、3原色のどの一つをとっても他の二つで等色されてはならないという意味である。等色方程式では

$$R \neq G + B, \quad G \neq B + R, \quad B \neq R + G$$

となる。この独立性の条件は、逆に考えると、どんな3原色でもこの条件さえ満たしていれば良いということにもなる。3原色R, G, Bは赤、緑、青ではなく、オレンジ、紫、青緑といった任意の色光の組み合わせでもよい。

もう一つは負の混色を許すという条件である。光は足すことはできても、引くことはできないので、負の混色とは光を引くのではなく、等色方程式の上でマイナスを作るという意味である。もし任意の色光Cが3原色を物理的に重ねたのでは等色されなければ、R, G, Bのどれか一つを混色視野側から取り去り、逆にテスト視野側に入れることで等色を成立させることができる。たとえば、Rを混色視野からテスト視野へ移し、CとRの混色光がGとBの混色光と等色すると、これは

$$C + R = G + B$$

で表される。ここで、左辺のRを右辺に移項して

$$C = -R + G + B$$

として、 $-R$ を負の混色というのである。

任意の色光が3種の色光で等色できるという等色の原理が成立するのは、色を表現するのに大変都合がいい。任意の色光が3変数の組で表現でき、単純な表色システムが可能となるからである。現在のCIE（国際照明委員会）XYZ表色システムをはじめ多くの表色システムはこの原理に立脚している¹⁾。

5. 3種の光受容器

では、なぜ任意の色光を等色するには3種の色光が必要で、しかも3種あれば十分なのだろうか。この問題を考えるには、まず、眼の網膜には3種類の分光吸収（感度）特性を持った錐体細胞があり、ここで光を吸収することが色覚の出発点であること、さらに、1種類の錐体細胞では、光の強度を調節してしまえば二つの波長を区別できないことを前提知識とする²⁾。

図2は左半分が等色視野のテスト光側、右半分が混色光側を表している。両側には3種の錐体L, M, Sの分光感度曲線 $L(\lambda)$, $M(\lambda)$, $S(\lambda)$ が描かれている。各分光感度は最大値で1に正規化されているものとする。ここではわかりやすくするためにテスト光Cを単色光 λ_t とし、その強度を It とする。左側の視野にある錐体L, M, Sは λ_t 光によってそれぞれ

$$\begin{aligned} l &= L(\lambda_t) \cdot It, \\ m &= M(\lambda_t) \cdot It, \\ s &= S(\lambda_t) \cdot It, \end{aligned}$$

の応答を出すことになる。もし、テスト光が単色光でなくあるスペクトル強度 $I(\lambda)$ を持った複合光であったならば、それぞれの応答が

$$\begin{aligned} l &= \int L(\lambda) \cdot I(\lambda) d\lambda, \\ m &= \int M(\lambda) \cdot I(\lambda) d\lambda, \\ s &= \int S(\lambda) \cdot I(\lambda) d\lambda, \end{aligned}$$

となるだけで、本質的な違いはない。

図2 錐体応答からの等色条件の説明図。左がテスト視野、右が混色視野に対応する。

右側の視野の混色光R, G, Bもここでは簡単のために単色光 λ_R , λ_G , λ_B 光として、強度をそれぞれ IR , IG , IB とする。R, G, Bが複合光であっても原理は同じである。錐体L, M, Sは λ_R , λ_G , λ_B 光によってそれぞれ

$$\begin{aligned} l &= L(\lambda_R) \cdot IR + L(\lambda_G) \cdot IG + L(\lambda_B) \cdot IB, \\ m &= M(\lambda_R) \cdot IR + M(\lambda_G) \cdot IG + M(\lambda_B) \cdot IB, \\ s &= S(\lambda_R) \cdot IR + S(\lambda_G) \cdot IG + S(\lambda_B) \cdot IB, \end{aligned}$$

の応答を生む。テスト光 λ_t に対して混色光 λ_R , λ_G , λ_B の強度を調整して、錐体L, M, Sの応答 l , m , s を左右の視野で等しくしまえば、それ以降の視覚系は両者を全く区別できない。これが“等色”である。したがって、

$$L(\lambda_t) \cdot It = L(\lambda_R) \cdot IR + L(\lambda_G) \cdot IG + L(\lambda_B) \cdot IB \cdots (1),$$

$$M(\lambda_t) \cdot It = M(\lambda_R) \cdot IR + M(\lambda_G) \cdot IG + M(\lambda_B) \cdot IB \cdots (2),$$

$$S(\lambda_t) \cdot It = S(\lambda_R) \cdot IR + S(\lambda_G) \cdot IG + S(\lambda_B) \cdot IB \cdots (3),$$

となる。

ここで、もし、錐体が1種類だけであったとしよう。これをL錐体とすると上式のうち(1)式だけが成立すればよいので、変数 IR , IG , IB のどれか一つあれば(1)式を成立させることができる。次に、2種類の錐体だけがあるとし、これをL錐体とM錐体とする。この場合は(1), (2)両式を成立させなければならないので、変数 IR , IG , IB のどれか一つだけでは不可能であるが、変数が二つあればよい。最後に、3錐体あるとすると、(1), (2), (3)式のすべてが成立しなければならないので、 IR , IG , IB の3変数すべてが必要十分条件となる。これは、また、錐体は3種類しかないことを示している。

6. 等色と錐体空間

L, M, S錐体の応答を3軸L, M, Sとした錐体空間を考える(図3)。任意のテスト光Cに対して3種の錐体L, M, Sがそれぞれ応答 RL , RM , RS を出すとして、

図3 錐体空間。色CはL, M, S軸で張られる錐体空間の中でベクトルとして表される。

図4 錐体空間中の色ベクトル C と3原色ベクトル R , G , B . 色ベクトル C は3原色ベクトル R , G , B 方向の成分 R , G , B を持つ.

テスト光 C を成分 (l, m, s) を持つ3次元空間のベクトル C として錐体空間内に表す. どんな光でも L , M , S 錐体の応答で決まるのであるから, すべての光は3軸の値が正の範囲内に成分をもつベクトルで表現できることになる.

等色とは2色の色ベクトルが数学的に等しくなることである. ここで図4に示すように3個の色ベクトル R , G , B をとる. この R , G , B の和の色ベクトル $R + G + B$ を取り, $R + G + B = C$ となるように R , G , B のそれぞれの長さを調節することが, 3原色 R , G , B を用いて色 C と等色することである. ベクトル C を作れるならば R , G , B の組み合わせはどのようなものでも良いことが図4よりよく理解できるであろう. また, 負の等色とは C が R , G , B で張る空間内の外にある場合に起こることもよくわかる. 3原色ベクトル R , G , B をできるだけ広く張るように取れば負の等色が少なくなる.

7. CIE 表色システム

色を図4に示すような色空間中の1点で表現できれば, 表色システムができたことになる. CIE 1931 RGB 表色システムでは, L , M , S 軸を使うことはせずに, 図5に示すように, 混色光の R , G , B 光を直光3軸にとっていく. $R = 700 \text{ nm}$, $G = 546.1 \text{ nm}$, $B = 435.8 \text{ nm}$ である. 色の3次元表示は表色の基本であり, 二つ以上の色を混色した時には必ず使わなければならないものである.

色は3次元表示をすれば, 完全に記述できるが, 一般的に用いられる“色”はほとんどの場合, その色の“色み”を意味し, 色光の強度次元に対応する“明るさ”まで含めないのが普通である. そこで, 色光の“色み”に対応する R , G , B 成分の比にだけ注目し, その強度の次元を落とした2次元の表示法が考えられた. これが色度図である.

図5 色 C の色度 (r, g) . 色ベクトル C はRGB色空間の単位平面と点 P で交わる. 点 P の座標を色 C の色度座標 (r, g, b) とする.

色 C の強度次元を除くためには, 図5に示してあるように, R , G , B で張る色空間中に $(1, 0, 0)$, $(0, 1, 0)$, $(0, 0, 1)$ を通る単位面を取り, この面と色 C の交点 P をとる. 点 P の座標 (r, g, b) が色度座標である. 色ベクトル C の長さはその色の強度に対応し, ベクトルの方向がその色の色みに対応しているので, このように平面と交点を取れば色みだけが取り出せるわけである. 色度座標 (r, g, b) は色 C の R , G , B 成分から,

$$r = R / (R + G + B)$$

$$g = G / (R + G + B)$$

$$b = B / (R + G + B)$$

で計算される. このときの, R , G , B 値は色の単位となる三刺激値である. また, r , g , b には

$$r + g + b = 1$$

の関係があり, 独立な変数は2個である. したがって, 色度座標としては r , g , b の内の2個を用いればよい. 現在の測色学では, $P(r, g, b)$ を RG 平面に投影した点 $P'(r, g)$ を色 C の色度座標としている.

CIE ではこのRGB表色システムをさらに使いやすくするために, X , Y , Z 軸という新しい3軸をRGB空間中に取り, CIE 1931 XYZ 表色システムを作り, 同様に, (x, y) 座標を定義している. これが, 現在最も良く使われている xy 色度図である.

8. 色覚メカニズムのモデル

錐体以後の色覚メカニズムは図6に示すように, 3錐体レベルから反対色・輝度レベルへ, さらに高次レベルへとつながっている. 反対色・輝度レベルでは3錐体 L , M , S 応答の和と差で反対色 $r-g$, $y-b$ 応答と輝度 Lu

応答が作られる。これらの変換の具体的な計算式はモデルによって異なるが、いずれの場合でも和と差を取っている。

反対色・輝度レベルは錐体から脳への色応答の伝達経路と考えられている。なぜ、このような和と差の信号で色応答が伝達されるのかは、視覚の他の情報の伝達とも関係があり、視覚系の基本構造の問題である。反対色応答は高次レベルで処理されて、色の見えとなり、物体認識とも関ってくる²⁾。

反対色応答の一例を図7に示す。L, M, S 錐体からの変換は次式のように定義されている。

$$\begin{aligned} r-g &= L-2M, \text{ または,} \\ &L-2M+0.05S, \\ y-b &= (L+M)-S, \\ Lu &= L+M, \end{aligned}$$

ここで、L, M, S の感度は Smith-Pokorny の錐体感度を用い、L と M 感度の相対的な高さは $r-g=L-2M$ がユニーク黄である約 570 nm で 0 になるように決め、また、S 感度の高さは $y-b=(L+M)-S=0$ の点がユニーク緑である約 500 nm の波長に来るように決めてある。 $r-g$ 応答の短波長側には条件によっては $0.05S$ が加算され、短波長側での赤みの説明に使われる。

9. 色の見えの変化

色は物の表面から反射してきた色光、あるいは光源から直接来る色光を“きっかけ”にして生まれる視覚系の応答であるが、色光の分光組成が変化すれば、その色は当然変化してもよい。しかし、色の変化には必ずしも色

光の分光組成の違いは必要ではない。視覚系の応答を変化させるような他の要因があれば、色は異なってくる。

色の見えに影響をおよぼす要因は表1に示すように大きく三つに分けられる。刺激の呈示条件、刺激の観察条件、刺激の認識条件である。刺激の呈示条件は刺激そのものの輝度、サイズ、呈示持続時間、呈示視野位置といった条件であり、刺激の分光組成が同じでも、それ以外の刺激条件が変わると色の見えは変化する。色の見えを決める色覚のメカニズムが刺激の輝度に対して線形に働くかどうか、色覚の時空間特性が色の見えにどのように影響しているかといったことが問題となる。刺激の観察条

図7 反対色応答 $r-g$, $y-b$ の一例。錐体の感度は L, M, S で示されている。

図6 色覚メカニズムのモデル。色覚応答は段階的に、3錐体レベル、反対色・輝度レベル、高次レベルと処理され、最終的に色の見えとなる。

表1 色の見えに影響をおよぼす要因

[1] 刺激の呈示条件
(1) 輝度レベル
(2) 刺激サイズ
(3) 呈示持続時間
(4) 刺激視野位置
[2] 刺激の観察条件
(1) 空間対比
(2) 時間対比
(3) 色順応
[3] 刺激の認識条件
(1) 色の見えのモード
(2) 色の恒常性
(3) 色のカテゴリー
(4) 色の記憶
(5) 物体認識

件は刺激を見るとき周囲の環境条件である。刺激そのものの物理的な呈示条件は全く同じでも、色の見えはその周囲に何があるか、直前に何を見たか、また、環境の照明光は何かといった条件に依存する。刺激の認識条件は色を物の認識の一つとして捕らえる時の条件である。刺激の色を表面の色としてみるか光の色としてみるかで色の見えは変わり、さらに表面色では照明光が変わっても表面の色はそれ程変わって見えないという恒常性がある。また、色をカテゴリーとして捕らえるメカニズムや色の記憶も色の見えに影響し、物体の奥行き視も色の見えを左右している。

このように、色光の分光組成は同じ、すなわち、表色システムでは同じ“色”を示す二つの刺激でも実際の色の見えは異なることが多い。要因 [1], [2] は色覚メカニズムの上では錐体レベルと反対色・輝度レベルでおおよそ説明がつく。たとえば、刺激光のサイズを小さくしていくと、460 nm 付近の波長弁別が劣化し、青みと黄みの色みが弱くなってくるような色の変化が起こる。これは、網膜の中心部ではS錐体がなくなることから起こる現象で、ちょうどS錐体が欠損している色覚異常の特性に類似するので、小視野トリタノープ（第三色覚異常）と呼ばれている²⁾。

要因 [3] は高次レベルの色覚メカニズムを考えないと説明がつかないものである。ここで、例として、色の記憶とカテゴリーカル知覚を次に取り上げてみる。

10. 色の基本カテゴリー

私たちが二つの色を比較するときは、二つの色を隣接させて同時に見られような場合を除き、必ず一つの色を記憶してもう一つの色と比較するというように、色の記憶が関与するのが普通である。たとえば、私たちが撮ったカラー写真を後日見るときの状況を考えると、このカラー写真の色がいいとか、正しいとか判断する場合は、記憶にある元の風景の色とその写真の色とを比較している。記憶の中で色の見えがどう変化するかは色の評価や色再現分野などで極めて重要な問題となっている。

色の記憶のいくつかの研究³⁻⁵⁾では、色は記憶の中、つまり高次色覚レベルでカテゴリーカルに変化するということが報告されている。小さい色の差が高次レベルではなくなり、大きな色カテゴリーにまとめられてしまう。並べて見れば差がわかる二つの色も同じ色として処理されるということである。このようなカテゴリーとして11個の基本色：白、黒、赤、緑、黄、青、茶、紫、オレンジ、ピンク、灰が示されている⁶⁾。

図8(口絵6)は横方向に色相、縦方向に明度の順に色票を配置した図であるが、一つ一つの色票を見ればその差はわかる。しかし、私たちはこれすべてを正確に記憶することはできないし、日常的には11個の基本色かその組み合わせでほとんどすべての色票を表現している。

ここで、この色票の配列をいくつかに分けてください

と言われたら、私たちは何処に線を引くだろうか。おそらく、ほとんどの人が共通して、左右の端をまとめて“赤”，中央を“緑”，左側上部に“黄”，右寄り緑の隣に“青”というように、簡単にこの色票の配列を分割できるだろう。また、このような人間のカテゴリーカル色知覚はチンパンジーにも共通であることが報告され、さらに、サルにもカテゴリーカルな色知覚があることが生理学的に示されている⁷⁾。

図9(口絵7)(上)はある風景写真の原画で、(下)は原画のすべての色度点を有彩色8色の基本色の色度点にカテゴリーカルにまとめてしまった変換画像である。ただし、各画素の明度値はそのままにしてある。図9(上)(下)の画像を比較すると、原画には様々な色相があり、変換画像には赤、緑、黄、青、茶、紫、オレンジ、ピンクの8個の色相しかないにもかかわらず、絵の印象はほとんど変わらない。むしろ、絵は強くはっきりしているように見える。脳内の色覚高次レベルでは外界画像の色の見えをカテゴリーカルに処理し、その視覚像を原画像として記憶しているのではないだろうか。

11. これからの測色

このように、色の見えは様々な要因で変化するが、現在の測色学では残念ながら色の見えまでを扱うことができない。この理由は、測色学が等色という感覚測定の手法に基礎を置いてはいるが、必ずしも色覚のメカニズムを十分反映していないからである。これからの“色の見え”を扱う測色学は色覚のメカニズムを積極的に取り込んでいかなければ成り立たないことは明らかであろう。

色の測定法という実用科学と色覚のメカニズムの解明という基礎科学はこれまでは、互いに影響しあいながらも、独立に発展してきた。色覚メカニズムの研究もこれからは脳の領域に踏み込んでいかななくてはならない。真の意味で実用になる測色も脳のメカニズムと独立には考えられない。

参考文献

- 1) G. Wyszecki and W. S. Stiles: Color Science, John Wiley and Sons (1982).
- 2) P. K. Kaiser and R. M. Boynton: Human Color Vision, Optical Society of America (1996).
- 3) K. Uchikawa and H. Shinoda: Influence of basic color categories on color memory discrimination, Color Res. Appl., 21 (1996) 430-439.
- 4) 杉山徹, 内川恵二: 色の記憶とカテゴリーカル色知覚の比較, Vision, 5 (1993) 85-88.
- 5) R. M. Boynton, L. Fargo, C. X. Olson and H. S. Smallman: Category effects in color memory, Color. Res. Appl., 14 (1989) 229-234.
- 6) B. Berlin and P. Kay: Basic Color Terms: Their Universality and Evolution, Univ. of Calif. Press (1969).
- 7) 内川恵二: 科学, 65 (1995) 429-437.

口絵 6 色票の配列

すべての色票の差も知覚できるが、同時にすべての色票を 11 個の基本色カテゴリー；白，黒，赤，緑，黄，青，茶，紫，オレンジ，ピンク，灰にまとめることもできる。

(a) 原画像

(b) 変換画像

口絵 7

すべての画素の色相を赤，緑，黄，青，茶，紫，オレンジ，ピンクの 8 色相に一致させるように変換してある。輝度値（明度値）は原画像のものを保持している。