

いまさら聞けない デジタル画像のはなし

2024年2月7日

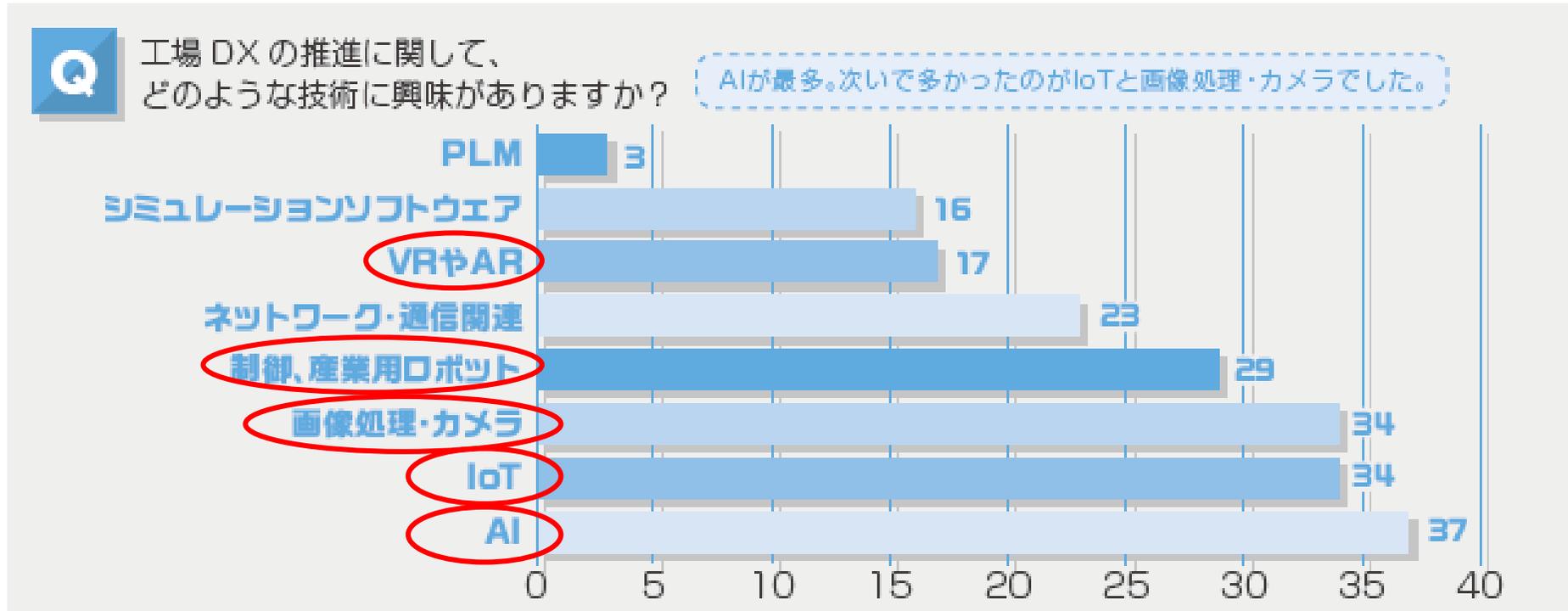
公益社団法人 日本技術士会 神奈川県支部

技術士（情報工学）

脇本 康裕



はじめに



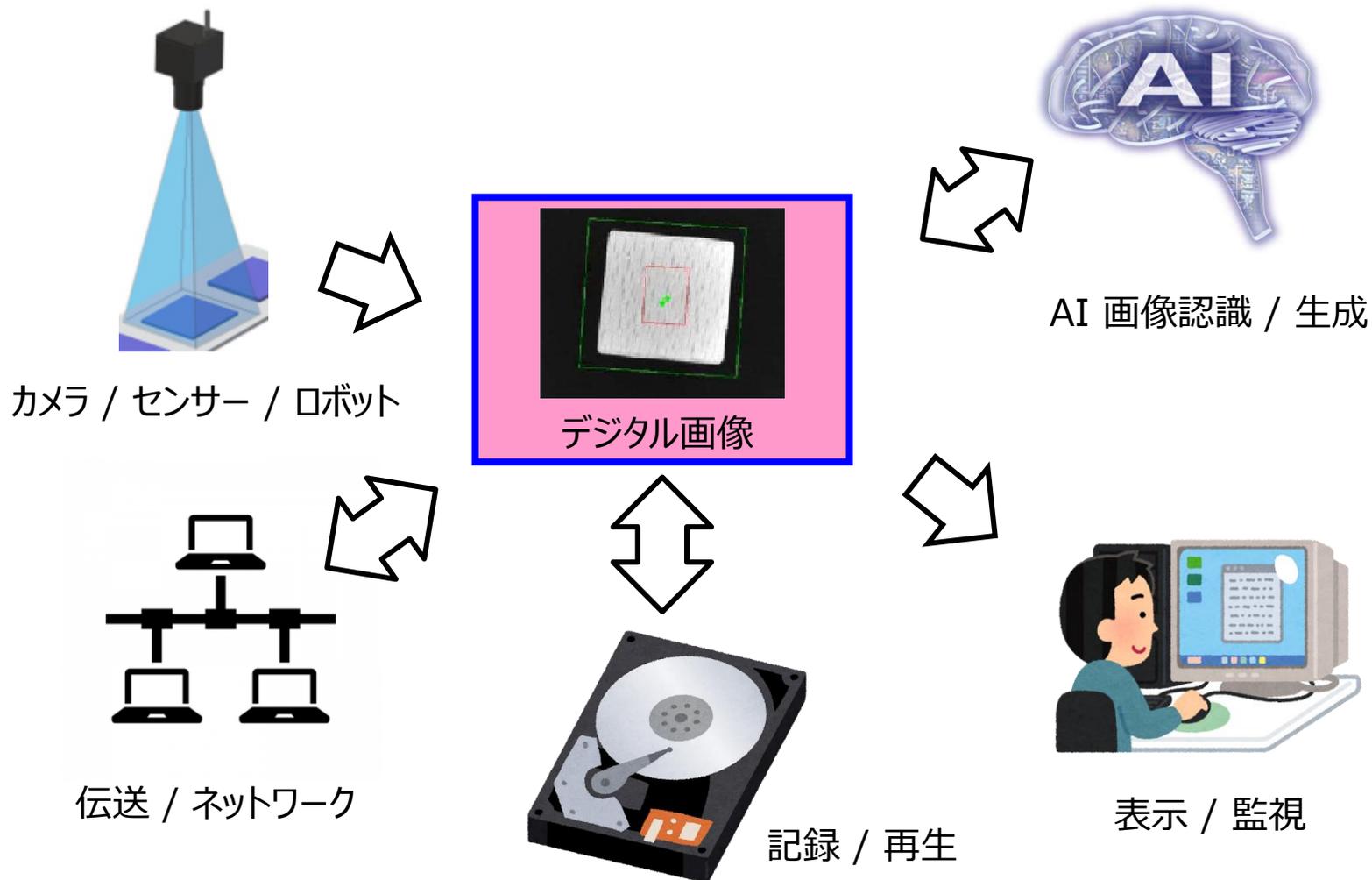
アペルザ「工場DXの実態 技術者120名に聞きました」より

工場DXとデジタル画像はとても密接な関係です

画像検査、遠隔監視、ロボット制御、デジタルツインなどを活用するには、デジタル画像の知識が重要となります

このミニセミナーのねらい

デジタル画像の基礎から応用までのポイントをご説明します
デジタル画像を理解すれば、さまざまな分野へつながります



デジタル画像の3要素

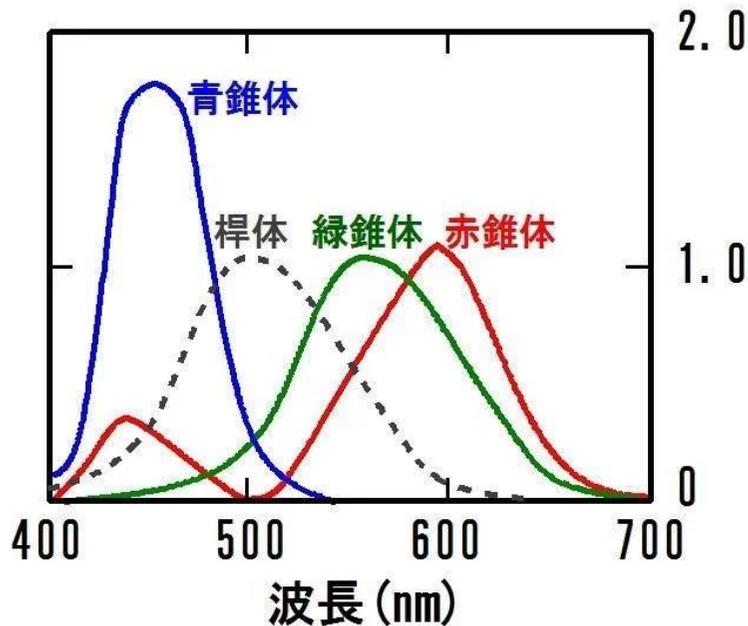
1. ピクセル (画素)

2. フレーム (画枠)

3. フレームレート (コマ数)

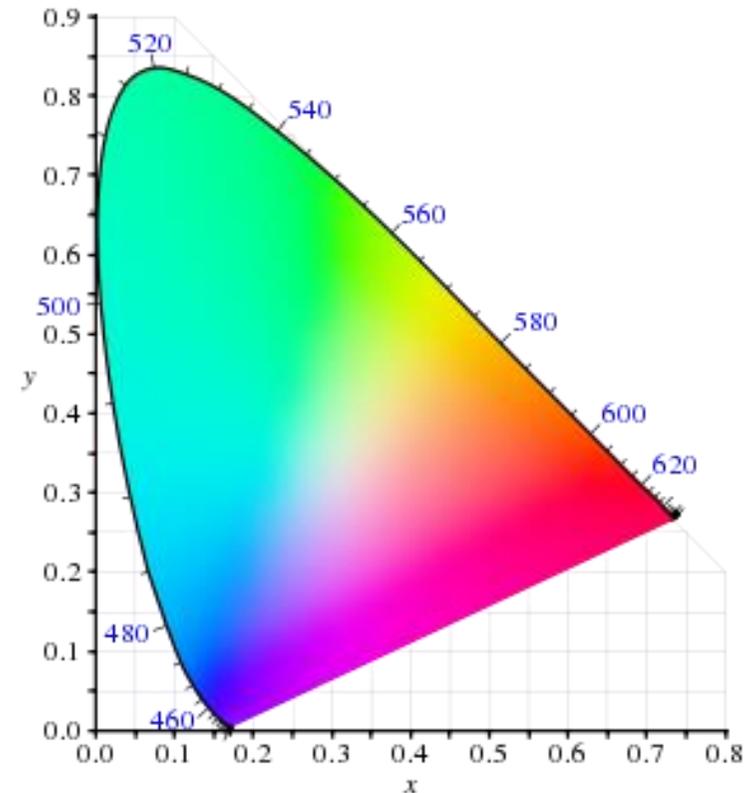
色とは

色は、物理的には光の波長の違いによって生じる現象です。可視光線と呼ばれる電磁波の一部である光は、波長が短い方は紫で、長い方は赤に見えます。そのあいだで、波長が長くなるにつれて虹のグラデーションのように見え方が変化していきます。全ての波長が混ざって目に届くと白く見えます。目に入った光は、網膜にある杆体細胞と錐体細胞という細胞によって解析され、脳に情報を届けます。脳の視覚野で再現された情報が、私たちが感じる色となります。



赤・緑・青の各錐体と桿体の比視感度

<https://star-party.jp/owner/?p=48>



CIE 1931色空間のxy色度図

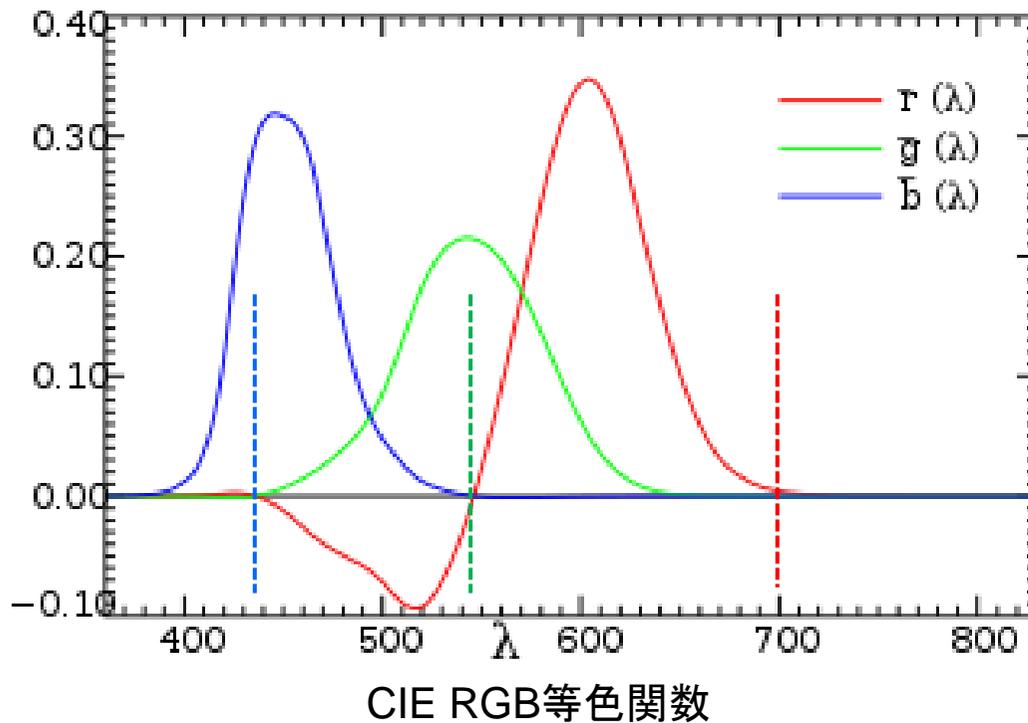
https://ja.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_%E8%89%B2%E7%A9%BA%E9%96%93

網膜の中の錐体細胞の割合は、赤錐体、緑錐体、青錐体がそれぞれ 60%:30%:10% で分布(個体差が大きい)

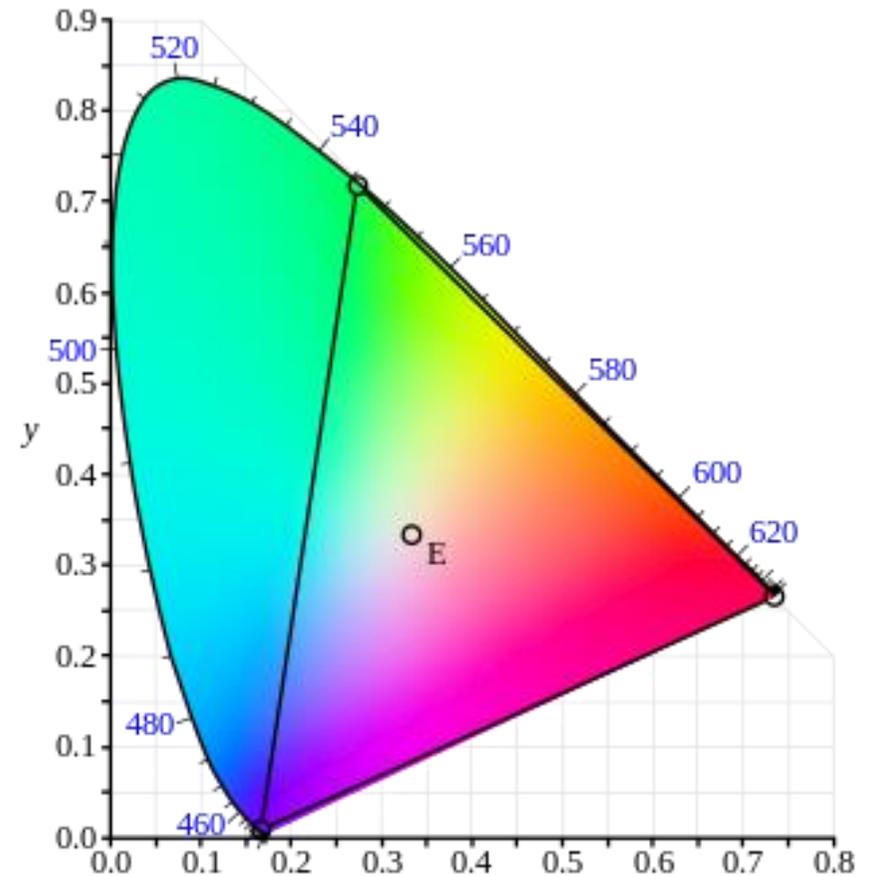
色空間とは

色空間とは、色を数値化するための座標系のことです。色空間は、色の明るさ、彩度、色相などの要素を考慮して算出されます。色空間は、色の範囲を表す色域と呼ばれる領域によって定義されます。色空間は、RGB、CMYK、HSV、HSL、Lab、LCHなど、多数の種類があります。

R (赤、700nm)、G (緑、546.1nm)、B (青、435.8nm) とする表色系を、CIEのRGB表色系といいます。



https://ja.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_%E8%89%B2%E7%A9%BA%E9%96%93

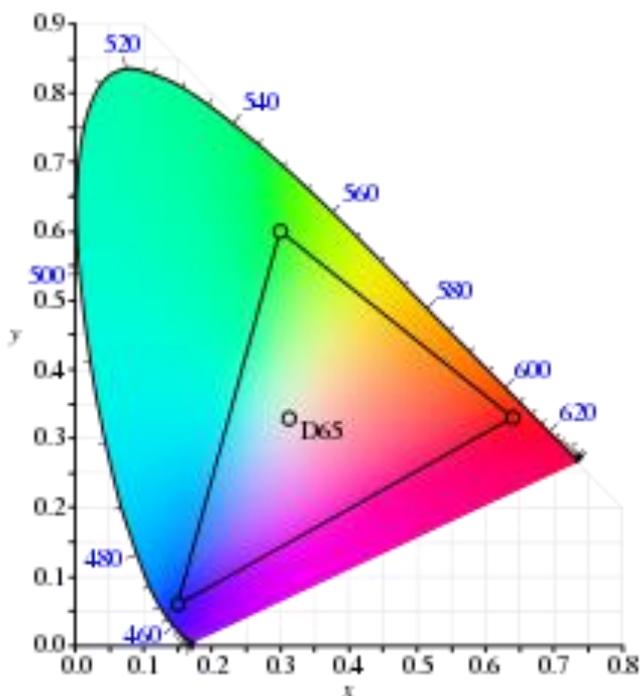


CIE 1931 xy色度図上のCIE RGB色空間の色域

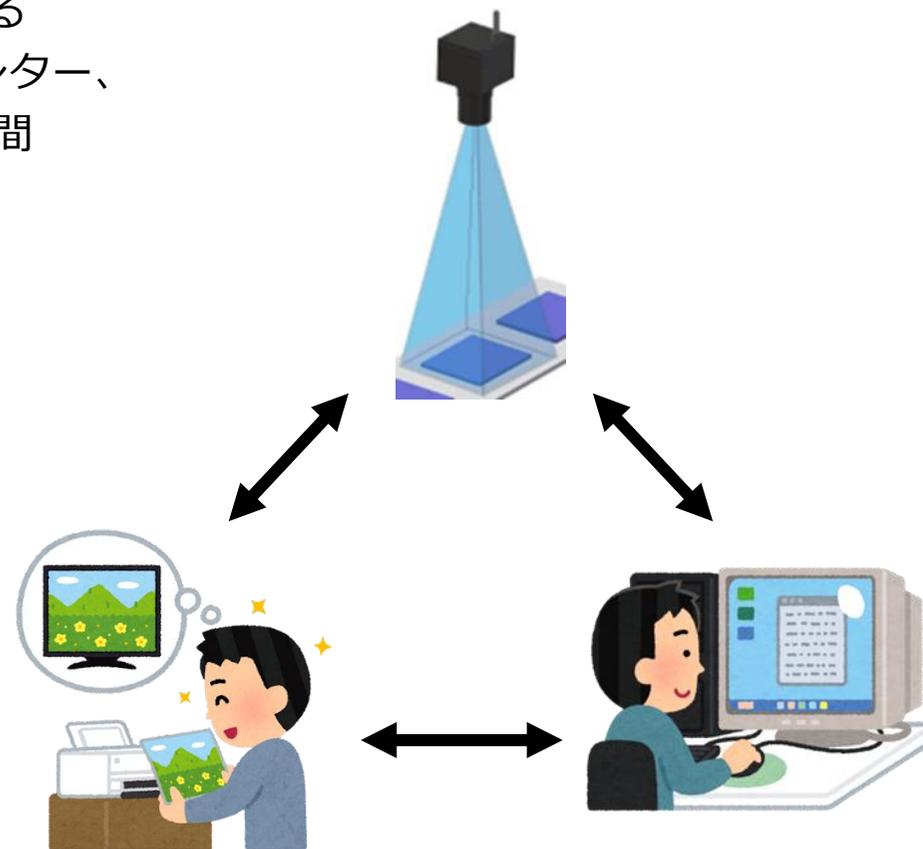
sRGB とは

sRGB

sRGBとは、国際電気標準会議（IEC）が定めた国際標準規格の色空間（カラースペース）で、Windowsの基準になっている色空間です。デジタルカメラ、パソコンのモニター、プリンター、画像編集ソフトなど画像ファイルを扱う機器をsRGBの色空間で統一することで、色が正しく再現されます。



CIExy色度図におけるsRGBの範囲



sRGB対応機器間なら同じ色が再現される

<https://ja.m.wikipedia.org/wiki/%E8%89%B2%E7%A9%BA%E9%96%93#RGB>

ピクセル (画素) とは

ピクセルはデジタル画像を構成する最小単位で、色のついた点のことを指します。

ピクセルが表示可能な色数を表す数値を色深度 (color depth) と呼び、bppで表します。



RGBピクセル (トゥルー/フルカラー)

・色深度ごとの表示色数

- 8bit 256色
- 16bit 65,536色
- 24bit 16,777,216色

応用にあたってよくある誤解～ピクセル編

誤解 1 : カラー画像なので正しく色が表示される

→そもそもRGBでは**人の目に感じる全ての色は表現できません。**

さらに色深度によってはデジタル化誤差(量子化誤差)によりRGB範囲内でも正しく表現できない場合があります。

さらにCMOSイメージセンサのカメラは特殊なピクセル配置のため、誤った色が表示(偽色)されることがあります

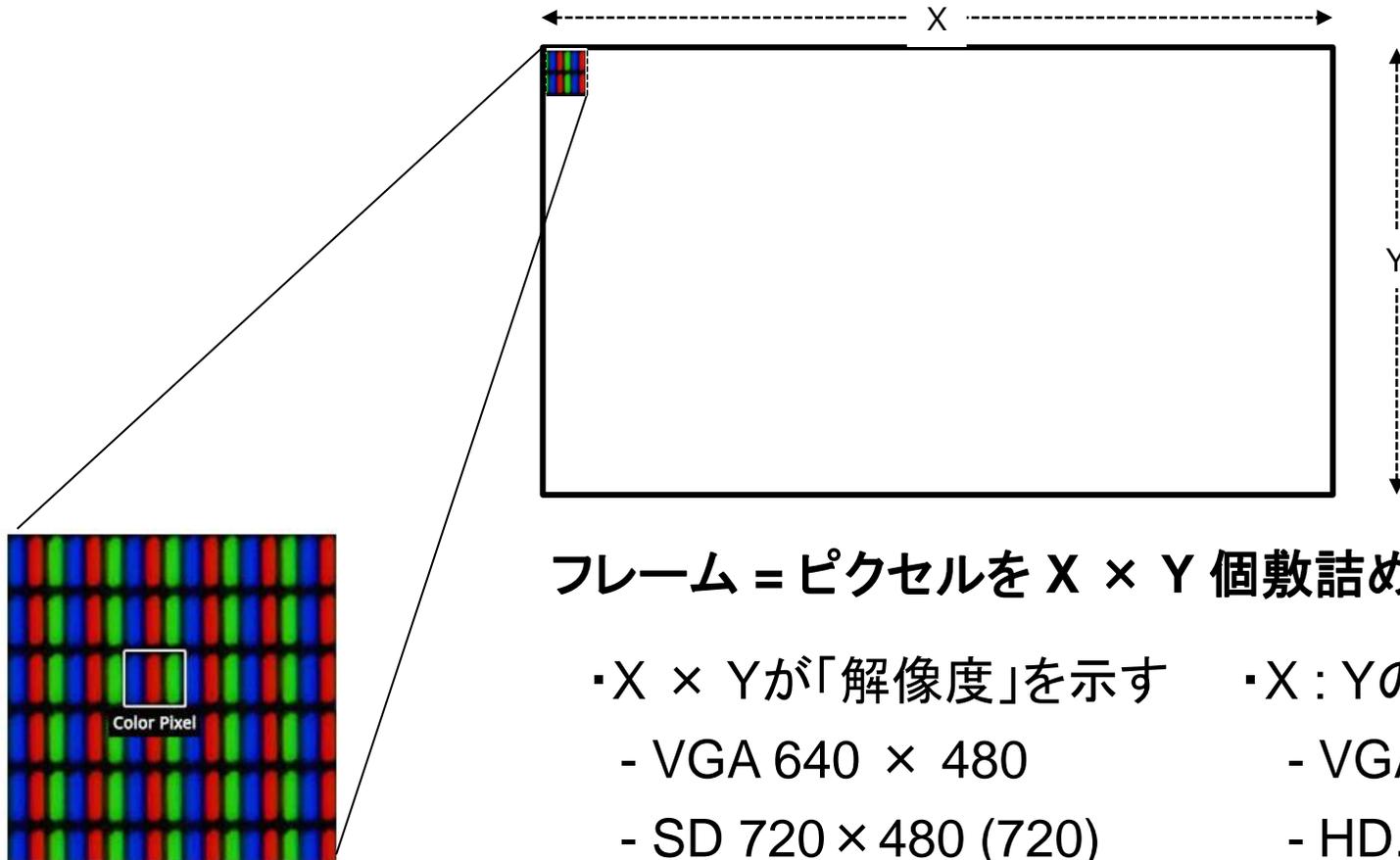
また色空間を変換する場合には、計算誤差により品質が劣化します。

誤解 2 : 可視光の範囲外(赤外、紫外)には色がない

→**可視光にも色はありません。**人間の網膜にある3種類の細胞それぞれが感じる波長の強さに応じて脳が作り出すのが色という感覚です。

可視光の範囲外で感度がある複数センサーを用いれば、その組み合わせで疑似的にRGBを割り当てて色に見せることは可能です。

フレーム (画枠) とは



フレーム = ピクセルを $X \times Y$ 個敷詰めたもの

- ・ $X \times Y$ が「解像度」を示す
 - ・ $X : Y$ の比が「アスペクト」
- VGA 640 × 480
 - SD 720 × 480 (720)
 - HD 1280 × 720 (1280)
 - FHD 1920 × 1080 (1920)
 - 4K 4096 × 2160
- VGA, SDは4:3
 - HD, FHD, 4Kは16:9

RGBピクセルの事例

<https://www.orientdisplay.com/ja/knowledge-base/lcd-basics/lcd-resolution-chart/>

応用にあたってよくある誤解～フレーム編

誤解 1：解像度は高いほどよい

→一般的にCMOSイメージセンサは解像度が上がるほどセンサー面積が小さくなり、感度が落ちます。ゆえに**必要以上に解像度を高めてもデメリットが生じる**場合があります。

また高い解像度はデータ量も多いため、処理装置に高い性能が必要となったりファイルサイズや消費電力が大きくなる傾向があります。

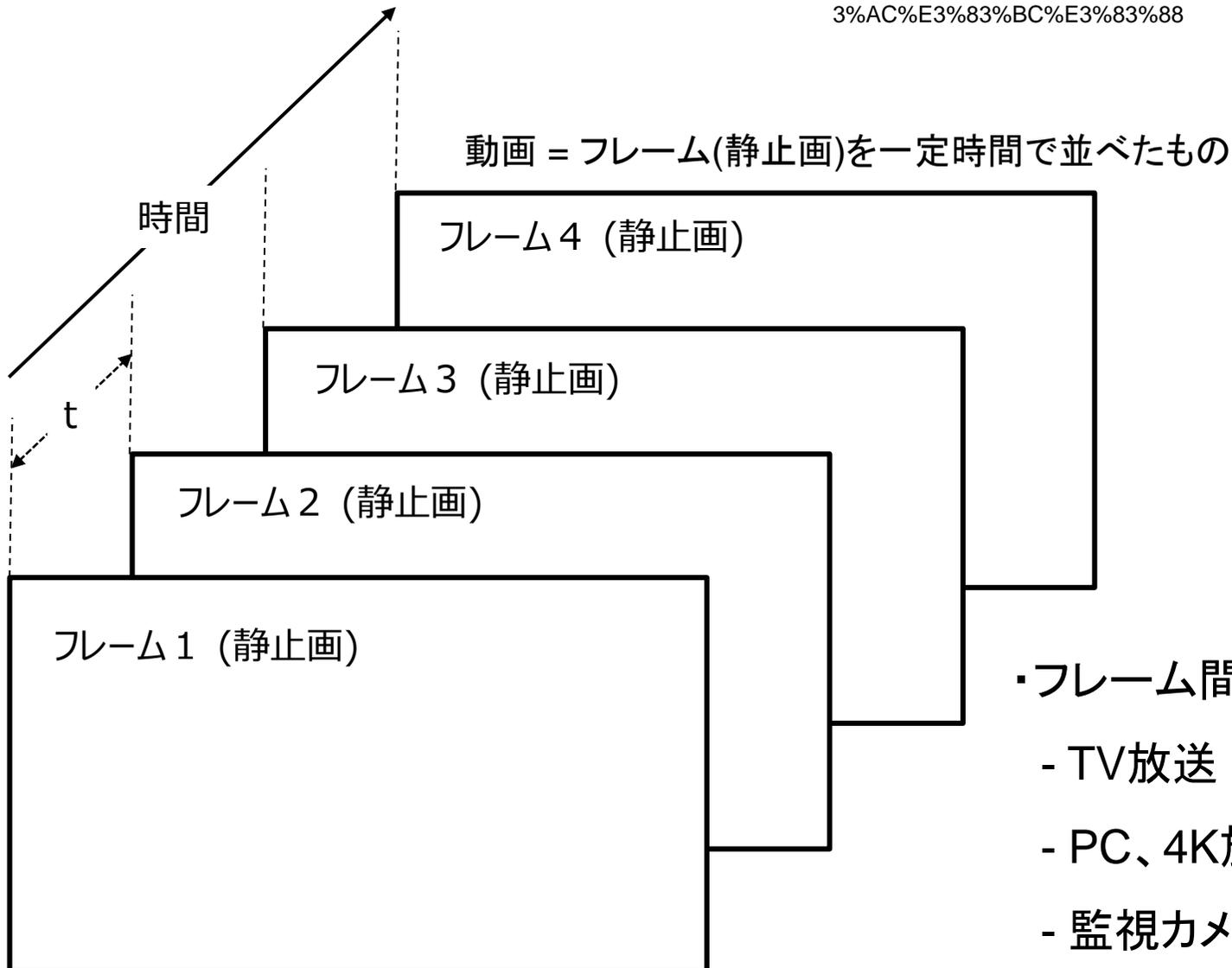
誤解 2：画像処理によって解像度は自由に変換できる

→解像度変換の手法は多く存在しますが、元の画質を**まったく劣化させないで変換する方法はありません**。小さい解像度を大きくする場合(拡大)も、大きい解像度を小さくする(縮小)についても同様です。また、いずれも元々存在しない情報を追加したり、存在している情報を削除することに注意が必要です。スマートフォンのカメラやTVなど、AI(ディープラーニング)を利用する方法も普及していますが、人の目で美しく見えることを優先しています。

フレームレート (コマ数) とは

連続しているものを対象とした標本化であることから、ヒトの視覚における残像効果・ストロボ効果に由来する、映像の質感や見た目に大きく関係する。値が大きくなるほど動きが滑らかに見える。

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%83%A0%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%83%88>



- ・フレーム間隔 t の逆数がフレームレート
 - TV放送 30fps (frame per second)
 - PC、4K放送など 60fps
 - 監視カメラなど 10~15fps

応用にあたってよくある誤解～フレームレート編

誤解 1 : 標準的な30fpsを満たせば問題ない

→30fpsはフレームの間隔が33.3msありますので、この間に**大きく移動する被写体**の場合は細かい動きが見えません。ギクシャクした動きになったり、瞬間的に視界から消えてしまうこととなります。

逆にほとんど**動きの無いシーン**を30fpsで撮影しても、同じ映像ばかりで意味がありません。

撮影した映像を処理する部分(例えばAI)が33.3msに間に合わない場合は、30fpsのデータは無駄になります。

誤解 2 : フレームレートは一定に保たれる

→カメラや画像の処理システムは一定のフレームレートを維持する前提で作られています。どうしてもフレームレートを維持できない場合があります。例えば伝送系の問題でフレームレートを維持するデータが得られない場合、得られなかった**フレームを放棄**する処置が行われます。このとき、画面上は表示が消えたり同じ画像が表示される「固まった」状態となります。

その他のよく目にする用語

ピクセル関連

- YCbCr形式 : 輝度(Y)と色差(Cb, Cr)を持つ形式。YUVともいわれる。動画圧縮に用いられる
- CMYK形式 : RGBの補色情報を持つピクセル形式。印刷に用いられる
- RAW形式 : CMOSイメージセンサー出力のピクセル形式。カメラ出力に用いられる
- HDR : 広範囲の輝度変化に対応する技術 (High Dynamic Range)

フレーム関連

- プログレシブ : すべてのフレームを順次転送する方式
- インタレース : フレームを2つの部分(フィールド)に分けて転送する方式。TV放送に用いられた
- 静止画 : 単独のフレーム。一般に動画よりも解像度や色深度が大きい
- JPEG : 静止画の圧縮方式(ジェイペグ)。単独フレームで圧縮を完結する
- 画質 : 静止画の品質は色の正確さや形状のシャープさ、滑らかさ、ノイズ等で評価される
- 画質評価 : 人間の視覚で判断する主観評価と、測定値に基づく演算で行う客観評価がある

フレームレート関連

- 連写 : 連続して複数フレームを転送すること。本質的には動画と同じ
- 倍速再生 : フレームレートの2倍で表示すること。早送り映像となる
- 間引き : フレーム間のフレームを削除してフレームレートを下げる
- 倍速機能 : フレーム間のフレームを生成・挿入してフレームレートを2倍にする
- MPEG : 動画の圧縮方式(エムペグ)で複数フレーム情報を利用する。同様の規格にH.2xxあり
- 画質 : 動画品質は静止画に加えて動きの滑らかさや動きのある映像の鮮明さで評価される

デジタル画像でよく使われるファイル拡張子

静止画

- JPG (.jpg) : 静止画像データをJPEG形式で圧縮したもの
- PNG (.png) : WEB用のファイル形式。透過機能を持ちフルカラーに対応
- GIF (.gif) : 容量が小さくWeb表示スピードが早いファイル形式。アニメーションにも対応
- TIFF (.tiff) : 様々な形式のビットマップ画像へ対応できる形式
- BMP (.bmp) : Microsoftが開発したWindows標準のピクセル形式
- RAW (.raw) : デジタルカメラが撮影した画像データをそのまま保存するファイル形式

動画

- MP4 (.mp4) : MPEG4形式で圧縮した動画ファイル形式。広く用いられている
- AVI (.avi) : Microsoft社が開発したWindows標準動画ファイル形式
- MOV (.mov) : Apple社が開発した、Mac標準動画ファイル形式
- WMV (.wmv) : Microsoftが開発した圧縮技術を用いた動画ファイル形式。ストリーミングに対応

ご清聴、ありがとうございました

資料のご請求、ご質問などは次ページの問合せ先まで
ご連絡下さい

問合せ先

公益社団法人 日本技術士会神奈川県支部

TEL : 045-210-0337 FAX : 045-210-0338

E-mail : kanagawa@engineer.or.jp

予備資料

色空間 ~ YCbCr

YCbCr (YUV)

ITU-R BT.601(かつてのCCIR 601-1)という規格でも定義される。厳密には異なるがYUVとも呼ばれ、呼称が混在する傾向にある。

一般的には光の三原色である赤/緑/青の強さで表わすRGB方式が使われるが、YCbCr方式はRGBで表現された値を元に換算式で計算される数値で色を表わす。Yは輝度で、CrCbは、Cbが青系統、Crが赤系統のそれぞれの色の色相と彩度を表わす。

YCbCrで帯域を減らす際に、色差成分を間引く方法も併せて使用される。人間の目は色の变化よりも明るさの変化に敏感なので、色差成分を減らしても不自然だと感じにくいいためである。ビデオフォーマットとして採用されているものには、以下の種類がある。

4 : 2 : 2 一般的な業務用ビデオに採用されている方式

4 : 2 : 0 DVDを始めとする一般的なMPEG圧縮フォーマット

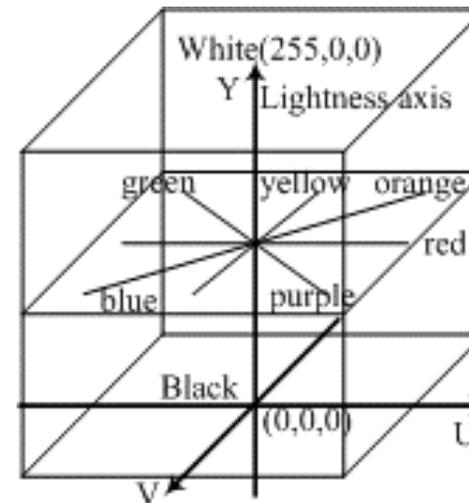
<https://ja.wikipedia.org/wiki/YUV>

RGBとの関係

(R,G,B)[0,255][0,255][0,[255]の座標系から
(Y,U,V)[0,255][0,255][0,255]への線形変換ですが
YUVの取りうる値(値域)に制限があります。

http://wwwb.pikara.ne.jp/ogawa-giken/image_process/image_048.html

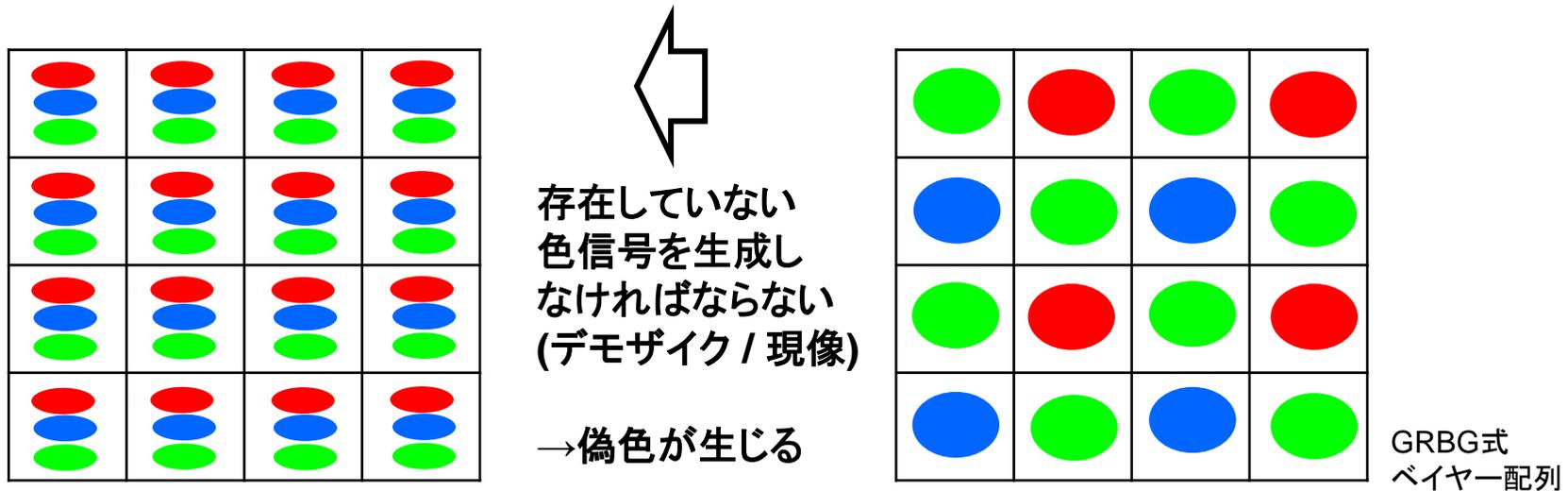
RGB変換



YUV表色系の概念図

特殊なピクセル ~ バイヤー配列

バイヤー配列とは、カラーカメラの撮像素子の配列の一つで、縦横2×2の画素にR(赤),B(青)を1つ、G(緑)を2つ配置した並びになっている。この配列において、G(緑)が2倍多い理由は、人間の目が緑色の光に対して敏感であるため。人間の目は555nmの波長を最も感じやすく、これは緑色となる。そのためR(赤),B(青)よりもG(緑)を2倍に増やすことで、見かけの解像度を上げている。バイヤー配列には、比較的低コストで、実際の解像度よりも高解像度の画像を生成できる、画像処理が高速などのメリットがある。



RGBピクセルの並び
→全ての画素にRGB情報がある

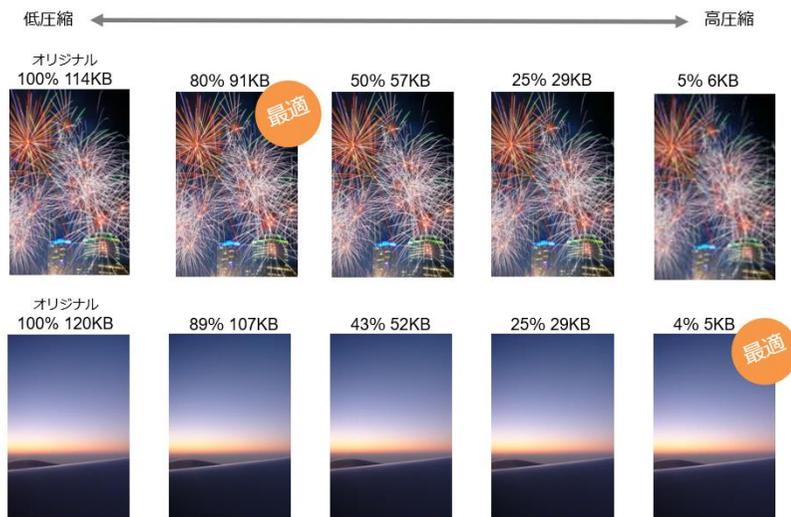
CMOSイメージセンサの出力映像
→1つの画素には1つの色信号のみ

圧縮

画像圧縮（がそうあっしゅく）は、デジタル画像に使用されるデータ圧縮技術の一種で、記憶装置の容量の圧迫防止やデータ転送の高速化のために用いられる。

可逆及び非可逆画像圧縮

画像圧縮には、可逆圧縮と非可逆圧縮とがある。可逆圧縮は、圧縮前と圧縮・展開後のデータが完全に等しくなるもので、アーカイブ目的に適しており、医療用画像、図面、クリップアート、漫画など、圧縮によるデータの情報量の減少を避けたいものに対してよく使われる。非可逆圧縮方式は、圧縮前と圧縮・展開後のデータが完全には一致しないもので、人間が認知できない、もしくは認知するのが難しい部分の情報量を大幅に減らすことでデータのサイズを小さくすることが可能になる。ただし、特に低ビットレートで使用される場合、画像の歪みである圧縮アーティファクトが発生してしまう場合があるため、写真のような細部の情報が欠落してもさほど問題にならない画像に適している。非可逆圧縮のうち、違いが人間の視覚では認知できないほどごく僅かなものは、視覚的ロスレスと呼ばれる。



静止画(フレーム単位)の圧縮事例



動画(複数フレーム)の圧縮事例

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%94%BB%E5%83%8F%E5%9C%A7%E7%B8%AE>