

## 美術品の色再現の試み — 環境光を考慮したディスプレイ表示など —

林 正樹<sup>†</sup> Kyudong Sim<sup>‡</sup> Jong-Il Park<sup>‡</sup> 桑原 明栄子<sup>‡‡</sup>

<sup>†</sup> ウプサラ大学、ゲームデザイン学科 ウィスビー、スウェーデン

<sup>‡</sup> 漢陽大学、コンピュータソフトウェア学科 ソウル、韓国

<sup>‡‡</sup> 明星大学、情報学部 東京、日本

E-mail: <sup>†</sup> hayasim77@gmail.com

**あらまし** ディスプレイによる絵画の完全な色再現を目指して研究開発を行っている。今回、Hyper-spectrumを使い、環境光とモニタ特性、人間の眼の視覚特性を考慮して表示するシステムを構築した。本稿は、美術品を技術ターゲットとして扱うときの考え方についての雑感も含む。

**キーワード** 色再現、スペクトラム、環境光、科学と芸術

## Attempts of Perfect Color Reproduction of Artworks — Including Miscellaneous Thoughts on Art and Technology —

Masaki HAYASHI<sup>†</sup> Kyudong SIM<sup>‡</sup> Jong-Il PARK<sup>‡</sup> and Meeko KUWAHARA<sup>‡‡</sup>

<sup>†</sup> Department of Game Design, Uppsala University, Visby, Sweden

<sup>‡</sup> Department of Computer and Software, Hanyang University, Seongdong-gu, Seoul, Republic of Korea

<sup>‡‡</sup> School of Information Science, Meisei University, Hodokubo, Tokyo, Japan

E-mail: <sup>†</sup> hayasim77@gmail.com

**Abstract** We are conducting research and development to achieve perfect color reproduction of paintings by display. This time, using Hyper-spectrum, we have constructed a display system that takes into account ambient light, monitor characteristics, and visual characteristics of the human eye. This paper also includes miscellaneous thoughts on how to think about art works when treating them as technical targets.

**Keyword** color reproduction, spectrum, ambient light, art and science

### 1. 美術を扱う技術につき雑感

美術品の色再現の問題は古くて新しい問題である。美術館のパンフレットにせよ、画集にせよ、あるいは動画番組での美術品表示や美術館のホームページにせよ、その色再現のレベルはたとえば20年前の状況に比べて格段に改善された。これは、カメラの撮像から伝送そして表示に至るまでの色再現を考慮したカラーマネジメントシステムの普及によるところが大きい。

そうこうしているうちに、主にインターネットを主体とする情報社会は恐ろしい勢いで増大して行き渡り、個々の美術品の色再現を詮索するよりも、作品画像の超高解像度化、各種充実したメタ情報の提示、インタラクティブ性、網羅性と検索性、物語性やエンタメ性、といったデジタルメディアならではの機能が盛りだくさんになる状況を呈している（例：Google Arts & Culture）

われわれ一般民はすでに過剰な印刷物やデジタルメ

ディアに常にさらされた状態で生きているので（昨今であればVRによるメタバースなど）、ホンモノの持つ凄さ、というのは次第に押しやられるようになってきている、と言えないだろうか。入って来る美術品情報があまりに大量で、処理するだけで精一杯でとても、たったひとつの美術品を選んで、その持つ絶妙さを味わい尽くす、などという悠長なことをしているヒマなどない、などと、たまに、忙し過ぎる現代にため息のひとつも付きたくなる。

そして、だからこそ、美術館や博物館はホンモノを展示し続けるのであって、ホンモノたちは、ヒマな人間（あるいはマニアな人間）にその真価を発見されるのを、ヒマな美術館の空間でひっそりと待っているんじゃないかと空想するぐらいである。

そういう意味では、印刷やデジタルメディアによる再現というのは、そもそも、そこそこの出来で結構であって、それを入口にして、ホンモノの真の世界に触れてくれればいいのか、という考え方も成立する。余

談だが、かつて、美術系の先生に、デジタルでのホンモノ完全再現の研究の話をしたら、やんわりと「止めた方がいいですよ」と諭されたことがある。先生曰く、協力を取り付けるのが難しいからです、とのことであった。

1985年の上野でヴィンセント・ヴァン・ゴッホのホンモノの画布を初めて見て、そのものすごい色彩に驚嘆した筆者は、それ以来、なんとかあの凄い色がデジタルで再現できないものだろうか、と思っは来た。35年前の世の中にはまだインターネットは無く、画集またはテレビしかなかったが、そのあまりの色の違いには常に落胆していた。仕方ないので高いお金を払って飛行機に乗ってホンモノを見に行くことに相成っていた。

そうこうしているうちに年月が経ち、最初に書いたように色再現技術が成熟し、いまでは、画集でもディスプレイでも、かなりホンモノに近い色を写し得るようにはなってきた。

しかし、本当にそれは完全であるかと言われれば、これは明らかにノーであると言わざるを得ない。デジタル再現は、まだホンモノには遠く及ばず、実物の美術品の持つ微妙な色合いなどについては写し得ておらず、さらに、環境光の影響の無視、表面テクスチャーの未実装、など、足りないものはいくらでもある。

ただ、さきほども書いたように、美術品を味わい尽くす、という意図が無い限り、以上のデジタルメディアの不完全さは、さしたる悪いインパクトを持たないのが普通である。そんな微妙な色合いなどを問題にして、仮に究極の表示システム技術が確立したとしても、それをお客さんに見せて、「ほら、凄いでしょ、この色。この色こそ本当の感動をみなさんに届けられるのです。これ以外にありません」とプレゼンしたとして、誰が感心するだろう。

これと同じことは、オーディオで音楽を聴くときに、かつての昔から綿々と起こり続けている。究極のオーディオにハマる人はすでに高齢化しており、その大半が男性である、という悲しい状況になっているのは知っての通りである。それを視覚についてもやろうというのか、と言われると、少なくとも筆者は二の足を踏む。

そのせいもあり、35年前のヴァン・ゴッホ体験から今に至るも、その色再現には自分は直接手を出さなかった。ところがここ最近、今まで人まかせだったこの美術品の色再現の技術を、仲間の助けも得て、少しづつやることになった。

以上、くたくだ書いたのには理由がある。

私の研究分野はデジタルテクノロジーなのは確かです、取り扱っているのは「技術」なのだが、自分が目

指すものは技術とはおよそ直接は関係ない芸術性なのだ。しかし、技術を直接やっている人間は、自分のターゲットの芸術性などというものに興味が無いのが普通だ。技術畑に長年身を置いている筆者は、それを身をもって見てきている。

通常の技術研究開発の場では、たとえば色再現技術などというものは「純技術」であって、論理科学によって達成しうるものであって、そこに芸術的価値などが入る余地は本来は少しも無いのである。色再現の研究者に直接聞いてみるとよい。彼らは、くたくだしいホンモノ再現の感情的な紆余曲折などということはどうでもよく、ただただ技術的な意味での本物色の再現を目指しているだけである。

しかし、それでいいのだろうか。技術の進歩は21世紀になってからそのスピード感を格段に増し、すでにAIが人間の感性を説得しうるほどの表現力を見せ始め、さらには(まゆつばとはいえ)あと何十年かののちにはコンピュータが人間の能力を超えるシンギュラリティが訪れ、人間社会に革命が起こるなどと、まことしやかに語られる今である。

そんなさなかにおいて、われわれ人間が技術についてなしうることは、技術にまつわる「物語」だけではないだろうか。この長いイントロは、単にそれをおぼろげにでも分かってもらいたいから書いたもので、実際の技術研究内容とは直接は無関係である。

さて、本稿では、この後、現在、われわれが手掛けている美術品の色再現の具体例をごく簡単に紹介することにする。その技術的な詳細については、すでに各所へ発表しているの、そちらを参照していただきたい。[1][2][3][4]

## 2. 絵画の色再現技術

ここでは、色再現の最近の試みを簡単に紹介する[1]。なお、我々のターゲットはディスプレイシステムによるもので、印刷分野は含まない。

### 2.1. Hyper-spectrum を使ったディスプレイでの色再現

研究開発のポイントは以下である。

- ① 美術品の色再現を高い次元で実現する
- ② 実物の美術品とディスプレイ表示を並べて見たときに差が分からない
- ③ 美術品の撮影にはRGBではなくHyper-spectrumを用いる

- ④ 美術品を照らす部屋の環境光を考慮してディスプレイに表示する
- ⑤ ディスプレイの特性、および人間の視覚特性も考慮して画像をレンダリングする

もっとも重要な目的は、「一般的な環境光のあるところに美術品を持ってきて、それと同じ場所に置いたディスプレイ表示の色が、まったく同じになるようにする」ということで、これは極めて当たり前でシンプルな達成目標である。

これを実現するために、われわれは、美術品を特殊なスペクトラム測定器でデータ化する。そして、環境光のスペクトラムの測定データと、ディスプレイの測定データと、人間の視覚特性をすべて考慮し、積分し、その結果を最終的に RGB ディスプレイに表示している。これによって技術的な意味で目的は達成されるはずである。また、RGB のみを考慮したカラーマネジメントシステムよりグレードの高い色再現システムが得られるはずである。

## 2.2 技術的方法と結果

技術的な方法を以下に概観しておく。

### ① スペクトラム測定器

特殊な治具に、赤、緑、青、黄色、白の LED ランプが実装されており、これを時間差で美術品に当て、照明し、これを RGB カメラで撮影する。LED ランプと RGB カメラの分光特性は測定済で既知であり、これにより、撮影画像のピクセルごとのスペクトラム分布曲線データ（400nm～700nm の可視光において波長解像度が 31 サンプルの精度）が得られる。

### ② 環境光のスペクトラム測定

部屋の環境光は分光計を使ってその場で測定する。部屋の中の壁、複数光源（たとえば LED 灯など）が美術品を照らすときの光源の方向性については、まだ未考慮。

### ③ ディスプレイ特性

分光計によってディスプレイを直接に測定する。

### ④ 人間の視覚特性

これについては、既存の標準的な Color Matching Function を用いている。個人差については現在は考慮されていない。

図 1 に全体処理プロセスの概要を、図 2 に Hyper-spectrum の撮影の様子を、図 3 に今回の手法でディスプレイ表示したものと実物の絵（浮世絵と水彩画）を並べて写真に撮ったところを示しておく。

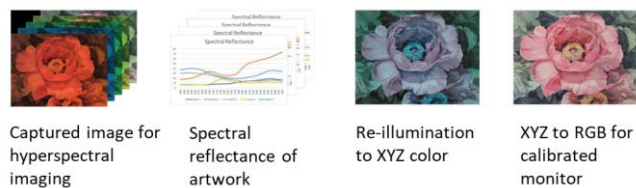


図 1 Hyper-spectrum を使った色再現システム

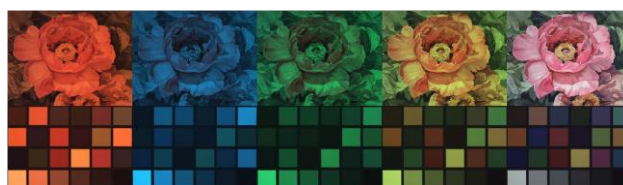
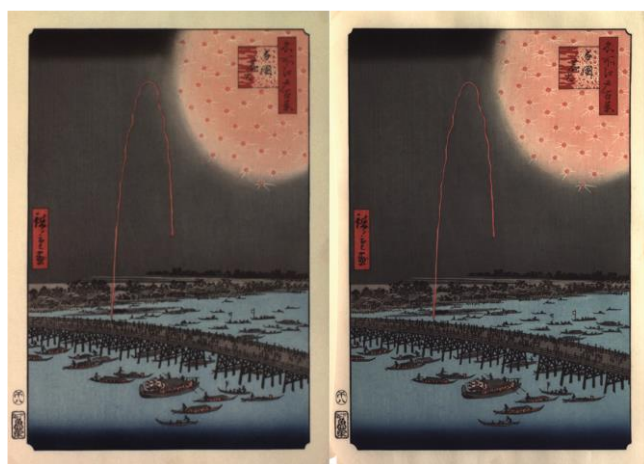
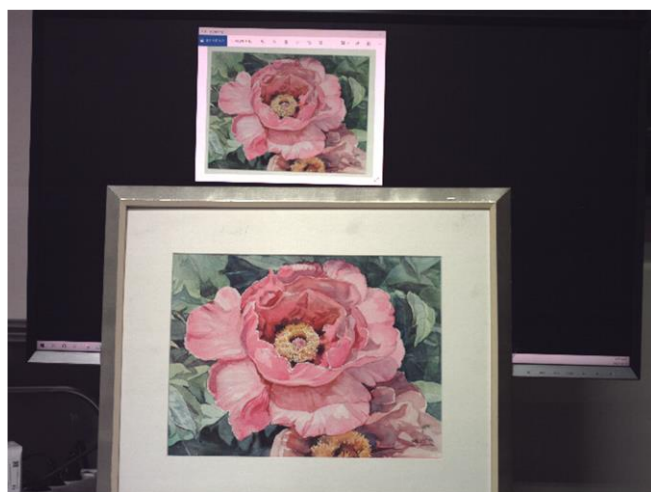


図 2 Hyper-spectrum データのスキャンニング



(左：ディスプレイ（本手法） 右：実際の作品)



(上：ディスプレイ（本手法） 下：実際の作品)

図 3 実物と本手法による表示の比較

図 3 を見る限り、正しく色再現されて見えるが、この図は実物とディスプレイを並べて、あくまでそれを RGB カメラで撮って見せているだけで、この写真で同じでも、肉眼には明らかに違って見えることがあり得

る。評価実験はまだだが、われわれの目では、今回の手法でディスプレイした色は実物と極めて近かった。

### 2.3 本手法の応用

まず、この方法での最大のメリットは、いったんハイパースペクトラムで美術品をデータ化しておけば、いかなる環境にその美術品を置くことを想定しても、その光のもとでどんな風に見えるかを即ディスプレイ上で見られることである。通常の RGB カメラで撮影したデータの場合、環境光をいくら考慮しても、しよせんは近似であり正しい色にはならないが（たとえば色温度変換など、一般的な意味でのカラーコレクション）、本手法では技術的に正確にそれが再現される。

それから、この環境光を正確に反映する技術がリアルタイムで動けば、この機能をタブレット PC に実装し、持ち歩ける美術品を実現できる。たとえば江戸時代の浮世絵はさまざまな環境の下で手で持って鑑賞していた。筆者らは、そこに注目し、環境光にリアルタイムで反応するタブレットに浮世絵を表示する試みも行っている[4]。浮世絵は現代の美術館でのように額装して鑑賞するものではなく、さまざまな光のもと、手で感触を得ながら鑑賞するトータルな美術体験であったことは、理解しておくべきであろう。美術品の再現はなにも色だけではなく、多種多様な総合体験なのである。

### 2.4 結果の評価について

現在、この方法によって表示された画像について、評価実験を計画している。ただし、評価実験にはけっこうな困難が伴うのも確かである。微妙な色の差に敏感な人と、そうでない人がいるのは当然だが、当の「美術作品」に対する本人の思い入れの程度により、その感度は大幅に変わることも予想される。

序章で書いたように、最終的な価値判断というのは、その人が、その対象（この場合は美術品）について、どういう風に相対しているかによって容易に変わってしまう。すなわち、「誰でもが」認知できるような色再現の悪さ、などというものは、現行のカラーマネージメントシステムで既に解決されていると言わねばならないだろう。

そういうことだと、今回のような厳密な色再現の良し悪しを判断するためには、美術品について十分な経験を積んだ人を選ぶべきと思われる。ただし、その選定は思ったより難しい。というのは、オフィシャルな美術品の専門家であっても、実は目を付けているところがぜんぜん違っていたりして、必ずしも色再現の目

利きとは言えないケースもあるからである。

さらに、そういった目利きにとってみれば、色再現だけを取り出して性能評価をする、というのは美術品の鑑定において意味が薄いという本音のものぞくであろう。実物の美術品とディスプレイ表示でのサイズの違い、額装の無いただの平面画像のディスプレイ提示、表面テクスチャーの不在、などなど、さまざまな要因が価値判断に影響する。

このように、考えれば考えるほど厄介なのであるが、この技術の研究に限って言えば、これは純粹に技術的探求であって、技術的に正しい効果が得られているか否かについて、できるだけ客観的に評価実験をデザインして行う予定ではある。

ただ、われわれは、そろそろ、客観評価というものが 20 世紀のかつてほど大きな意味を持っていない、新しい時代に生きている、ということは理解しておいた方がいいかもしれない。

### 3.おわりに

美術品のデジタルメディアにおける色再現について、いくらかの雑感と、具体的な研究開発について述べた。本稿は、技術研究をアピールするものというよりは、われわれの行っている研究開発を通して、「美術品を再現する」ということに、いったいどのような意味があるのかを問うためのものである。

現時点で結論は無いが、研究をしながら痛切に感じるのが、美術品の再現技術の研究開発をする場合、技術と芸術の両方に等しく精通した人が、どうしても必要だ、ということである。これは、おそらく 21 世紀の今後、研究における人材として、ますます重要な性質になると思われる。

### 文 献

- [1] Sim, Kyudong, et al. "Artwork Reproduction Through Display Based on Hyperspectral Imaging." International Conference on Human-Computer Interaction. Springer, Cham, 2022.
- [2] Sim, Kyudong, Changseob Kim, and Jong-Il Park. "A Method for Digitizing and Restoring Artwork." Proceedings of the Korean Society of Broadcast Engineers Conference. The Korean Institute of Broadcast and Media Engineers, 2018.
- [3] Sim, Kyudong, and Jong-Il Park. "Color Correction for Uniformity Illumination using Multispectral Relighting." Journal of Broadcast Engineering 22.2 (2017): 207-213.
- [4] Hayashi, Masaki, et al. "Ambient Light Sensible Handheld Display: Towards an Ukiyo-e Display that a Person Can Touch, Move, and Feel." 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE). IEEE, 2021.