

神戸色見本のデジタル化によるインタラクティブ・インスタレーションの制作
～位相同期現象を応用した色彩配置の Kobe Interactive Color Swatch 制作～
[KOBE COLOR SWATCH] INTERACTIVE INSTALLATION DIGITIZED FROM
ANALOG KOBE COLOR SWATCH

入江 経一 大学院芸術工学研究科 教授
大内 克哉 基礎教育センター 准教授

Keiichi IRIE Graduate School of Arts and Design, Professor
Katsuya OUCHI Center for Liberal Arts, Associate Professor

要旨

・アナログ作品の神戸色見本は、日常的に経験する神戸を対象に、人によって「経験された」(※)環境から個人の感覚によって色と柄を選び出し、採集した色彩をグラデーションに配置したものである。

・これをデジタルデータとしてマンセル表色系で分析してみると、HSB(色相 Hue、彩度 Saturation、明度 Brightness)のHを中心にデータが順序付けられていると説明できる。横軸を各色柄の位置、縦軸をHとBとするグラフを見ると、Hがかなり見事な単調減少となり、更にBが周期的構造となっている事がわかる。つまり感覚的に配置された色見本は、Hを中心に配列した上で、Bの要素によって補正されていると説明することができる。

・アナログからデジタルに変換された神戸色見本は、プログラマブルな動的データ群である。それをを用いた作品「Kobe Interactive Color Swatch」は、観察者と作品の関係によって、色の構成が変化する動画である。本稿では壁面投影型のインスタレーションを紹介し、さらに発表させた実作品を展覧会で紹介する予定である。

(※) 環境や事物を人が経験するときに、記憶あるいは経験の痕跡が人に記録される。その記憶、痕跡をここでは「経験された〇〇」と呼ぶことにする。

Summary

・ The Kobe Color Swatch and the Kobe Pattern Swatch are the products of colors and patterns which are collected from the town scape of Kobe city, the experienced environment by the people and arranged as a color samples.

・ The analysis of the Color Swatch data with the Mansell color system (Hue, Saturation, Brightness) gives the results that the data is mostly ordered in accordance with the Hue factor. In visualizing the result as a graph with position of each swatch vs. H or B, it turns out that the value of H decreases regularly, while the value of B, furthermore, changes cyclically. So that the Kobe Color Swatch which is arranged in a sensitive way is ordered on the bases of H factor, and then is corrected by the B factor.

・ The Kobe Color Swatch data digitized from the static analog color arrangement is regarded as the programmable dynamic data group. A product called [Kobe Interactive Color Swatch] constructed by the data is a movie which changes arrangement of the colors in relation to the position of observers and the product. This paper introduces an installation for the type of projecting to wall, and then we will introduce a more developed work in the subsequent exhibition.

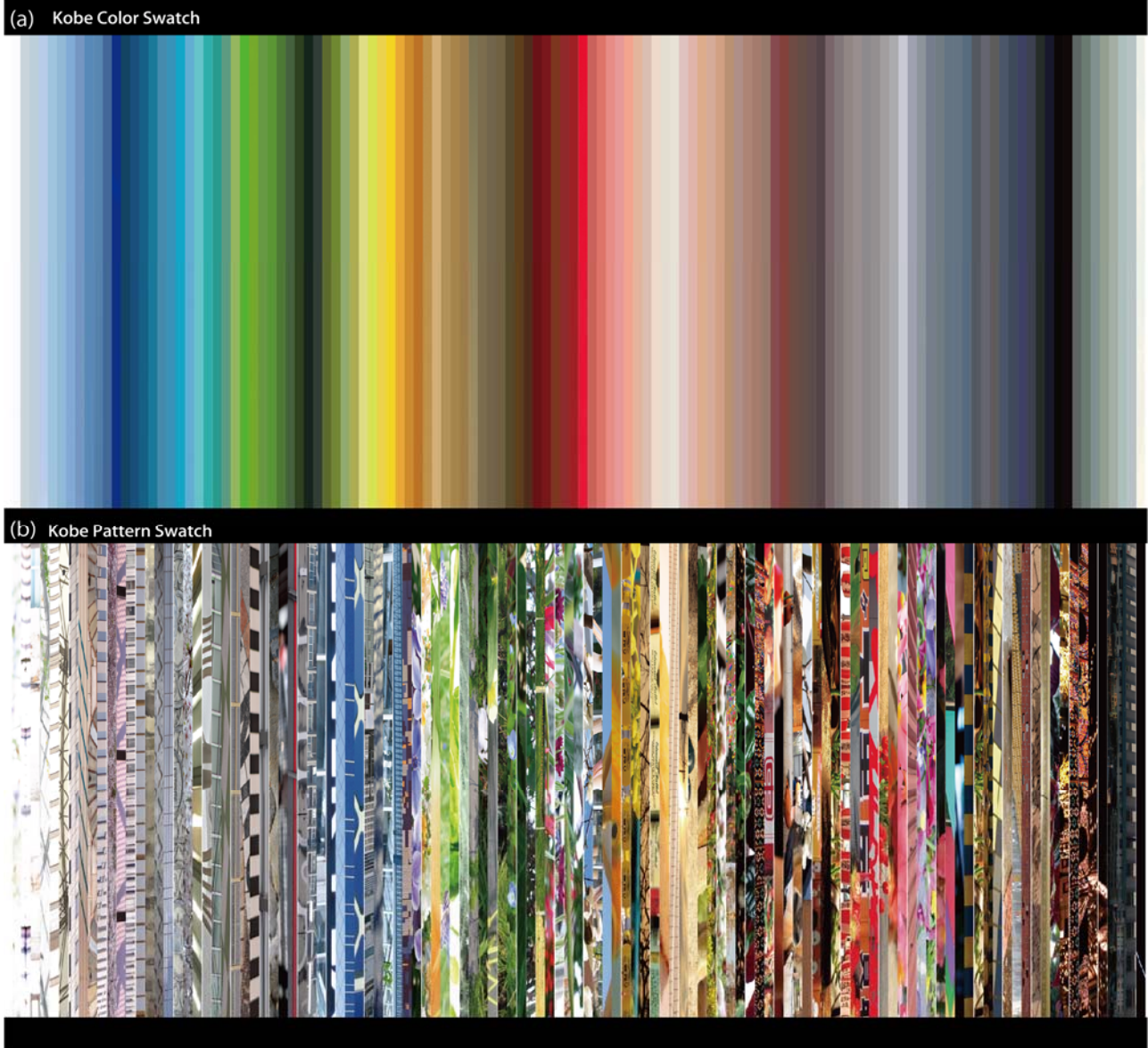


図1 (a) Kobe Color Swatch 及び (b) Kobe Pattern Swatch

【1 アナログ版・神戸色見本】（入江経一）

「神戸色柄見本」サンプル採集の視点

「神戸色柄見本」は、個人が神戸という都市環境の日常的な経験を通じて切り出した画像を元に制作した色見本帳である。元となる資料は、特徴的な色彩と感じた神戸のシーンを撮影した写真 400 枚である。ここでは、シーンの選択において「客観的に正しい」あるいは「統計的に正しい」といった点を基準にするのではなく、生活者によって経験された環境という視点で神戸の特徴を感覚的に採集した。一見恣意的に見える手法であるが、採集資料をまとめてみると、無意識のうちに神戸の特徴に感応した結果が出ている事がわかる。

制作プロセス

400 枚の写真から類似したサンプルを除き、各写真データの中から特徴的な色部分（デジタルデータ）を切り出して、200 枚の色のサンプルを作成した。以降、個々のサンプルを「短冊」と呼ぶ。これを感覚的にグラデーションに並べたのがリアル版の見本帳の元資料であり、更にデジタルデータに変換し、最終的に 124 色の見本帳とした（図 1(a)）。同様に柄についても柄見本帳を作成した（図 1(b)）。前者を「Kobe Color Swatch」、後者を「Kobe Pattern Swatch」と呼ぶことにする。

次のステップがデジタル技術による色柄パターンの解

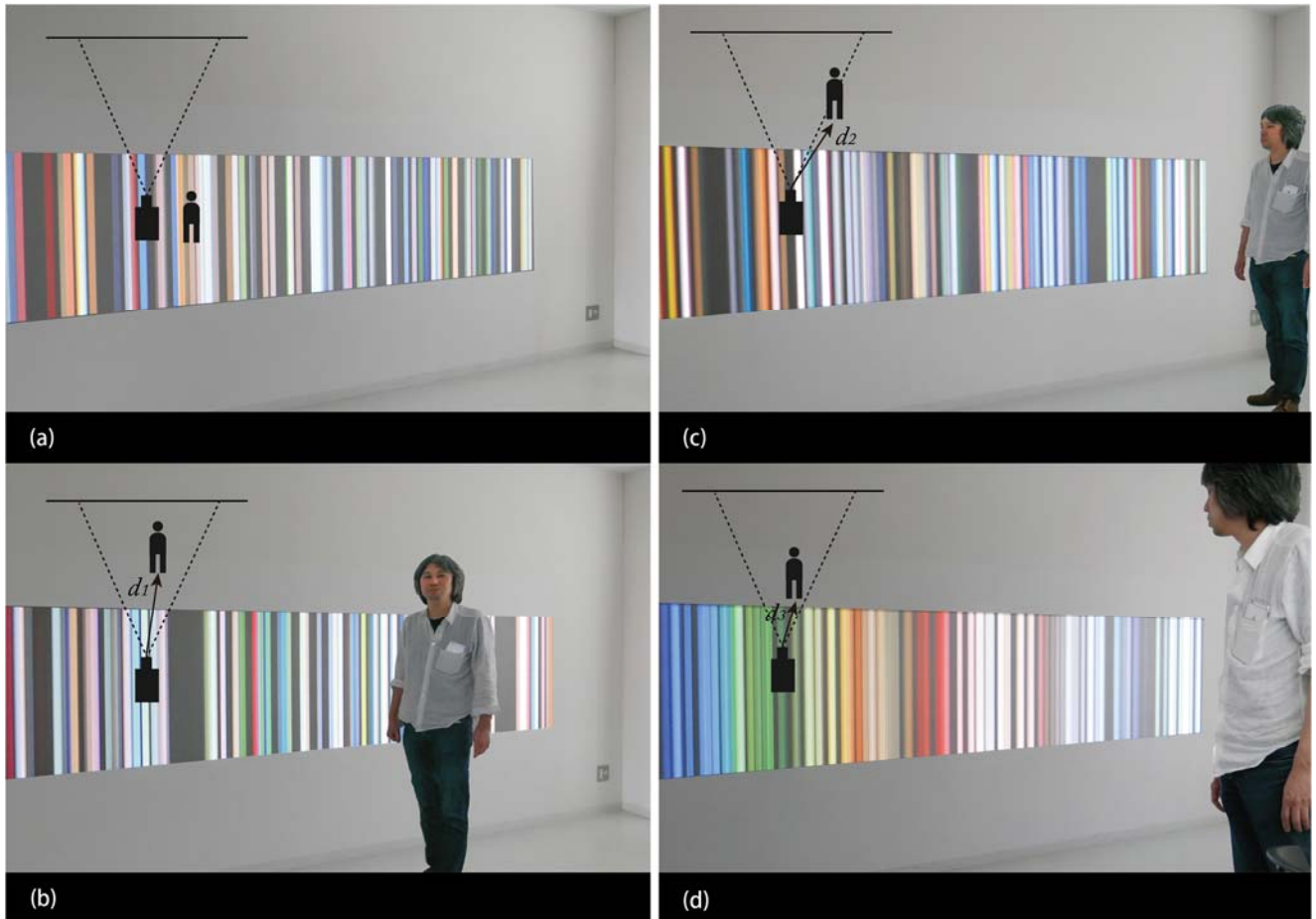


図2 Kobe Interactive Color Swatch

カメラと人物との距離によって短冊が整列(同期)したりランダムに移動(非同期)したりする。(a)カメラに人物が映っていない状態。この状態でリファレンス画像(本文参照)を取得する。(b) d_1 が大きいため非同期となる。(c) d_2 は十分小さいがカメラの外側に人物がいるため、非同期である。(d) d_3 が十分小さいため同期状態となっている。

析とそのデータを動的に用いた新たな表現であり、その作品化が本稿の目的である。作成された動画を「Kobe Interactive Color Swatch」と呼ぶことにする。

【インスタレーション作品・色柄見本】

この作品は壁面上に色柄見本を投影し、鑑賞者が壁面に近づくにつれてその近接度合いから色彩の配置がダイナミックに変化する。

システムの構成は、鑑賞者を捉えるカメラとプログラムをインストールしたPC、およびプロジェクターである。

カメラの映像によって近接度合いをセンシングし、それによりデジタルな色彩データに対する短冊の配置をリア

ルタイムに書き直している。鑑賞者から見ると、初めはランダムに変化する色彩配置(色見本)が、カメラに近づくにつれて整列し始め、さらに近づくとき安定した色彩配置(色見本)が形成される(図2: Kobe Interactive Color Swatch)。

このシステムではモニター投影を用いるためにある程度空間を暗くする必要があり(図3(a))、明るい部屋でも鑑賞できるシステムとして、次のオブジェクトタイプの作品を構想している。オブジェクトタイプの作品ではシリンダー状になったスクリーンの内部に、ミラー・コーンで反射した映像を投影する。モニターはオブジェクトの下部にしこみ、ミラー・コーンとスクリーンだけが「作品」とし

インスタレーションシステム構成

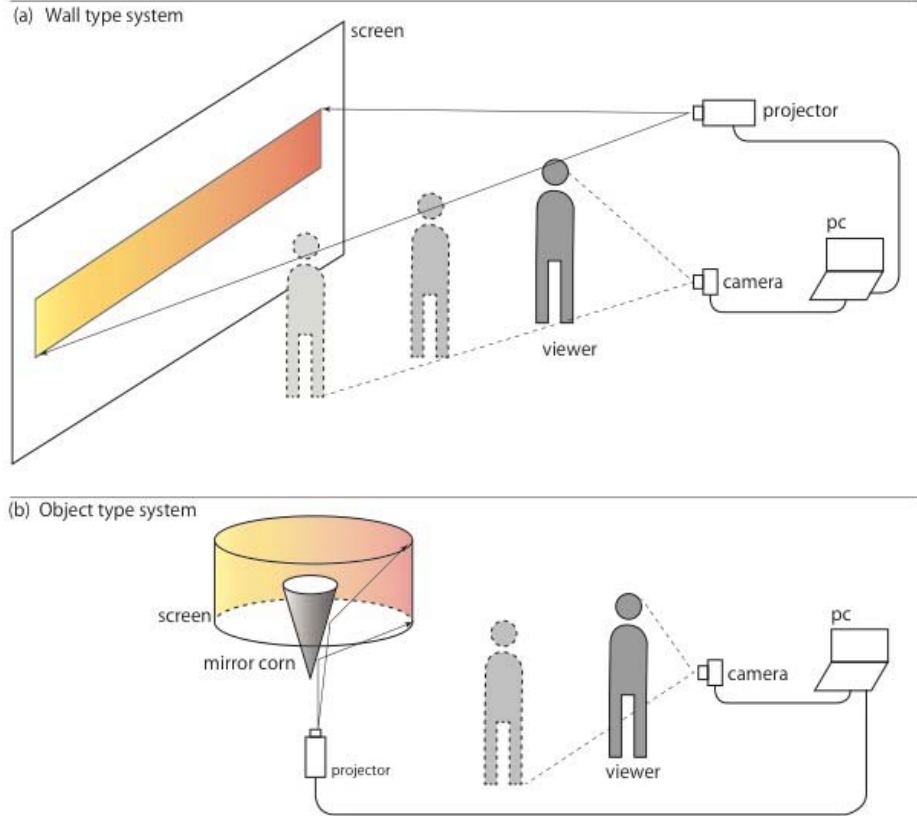


図 3) システム構成図

(a) 作品 1 : Wall type system (今回制作)。最終映像をモニターやスクリーンに投影する。構成上、部屋を暗くする必要がある。(b) 作品 2 : Object type system (現在製作中)。ミラー・コーンを用いてシリンダー状のスクリーン内部に投影する。スクリーンやミラー・コーンを分離しやすく、明るい部屋でも展示できる。また、ムービーが周期境界条件となっていることから、より適切な構成となっている。

で見えている構成である (図 3(b))。この作品は展覧会で展示する予定である。

【2 色見本の数値解析】(大内克哉)

ここでは、前節で得られた Kobe Color Swatch 及び Kobe Pattern Swatch の数値解析を行う。今、得られたデジタル画像のサイズを $L_x \times L_y$ とし、短冊の数を N とする。図 5(d) にそれぞれのパラメータを模式的に示している。

また、Kobe Color Swatch や Kobe Pattern Swatch の短冊に対する左から n 番目の位置 X_n をその左下の点で定義すると、

$$X_n = \frac{L_x}{N}n, \quad n \in \{0, 1, 2, \dots, N-1\}$$

で表される。デジタル画像の i 行 j 列のピクセルに対する色を c_{ij} と表記するものとし、 X_n にある短冊の HSB 空間を用いた代表色を、それぞれの平均で定義する。例えば色相 h_n は

$$h_n \equiv \frac{N}{L_x L_y} \sum_{i=0}^{L_y-1} \sum_{j=X_n}^{X_{n+1}-1} H(c_{ij})$$

となる。ここで $0 < H(c) < 360$ はカラー c の色相成分を取り出す関数である。同様にして彩度、明度成分を取り出す関数 $0 < S(c) < 100$ や $0 < B(c) < 100$ を用いて s_n 、 b_n を定義する。

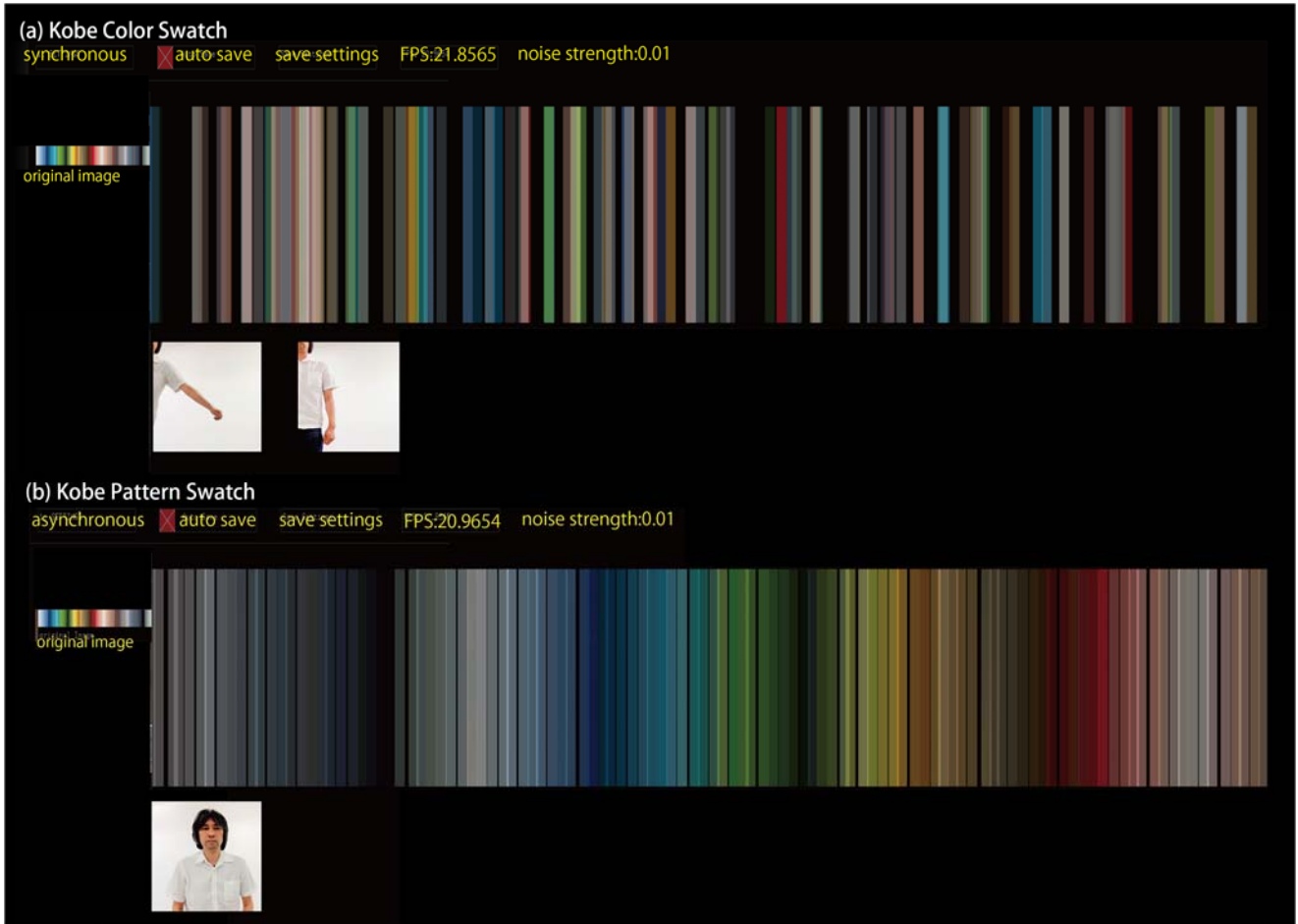


図 4(a) 非同期状態でのパターン例。各短冊は独立に運動している。(b)同期状態でのパターン例。各短冊は、本来の順番で並んだまま並進運動を行う。

図 5(a)に Kobe Color Swatch に対する h_n 、 s_n 、 b_n の X_n 依存性を数値的に求めた結果を示している。得られた結果から、いくつかの特徴を読み取ることができる。まず h_n はほぼ単調減少していることが分かる。また、 b_n には特徴的な周期構造が現れている。ここでは、それらの各一周期の領域を「ドメイン」と名付けることにする。一方で s_n には、あまりはっきりした構造を見て取ることができない。これらの結果から、短冊は色相を基本として配列されており、また幾つかのドメイン構造から構成されているようである。各ドメインは例えば最初の「青」系、次の「緑」系、更に「茶」系といった具合である。それらのドメイン内では色相はほぼ単調減少ながらも平坦に近い。一方でそれら

のドメインの切り替わり領域で明度が大きくなっている様子が分かる。

次に、配列が色相を基本として構成されている点に着目し、各短冊を h_n の値に基づいて完全に単調減少になるように機械的に再配置を行った。図 5(b)にその結果を示している。

この結果から、元のパターンと類似した傾向が再現される一方で、明らかに不自然な並び順となっている箇所が存在していることが分かる。これは明度情報を考慮に入れないことが原因であるが、単調減少の色相と周期構造を持った明度といった二つのファクターを同時に考慮したアルゴリズムを考えるのは非常に困難である。今回行われ

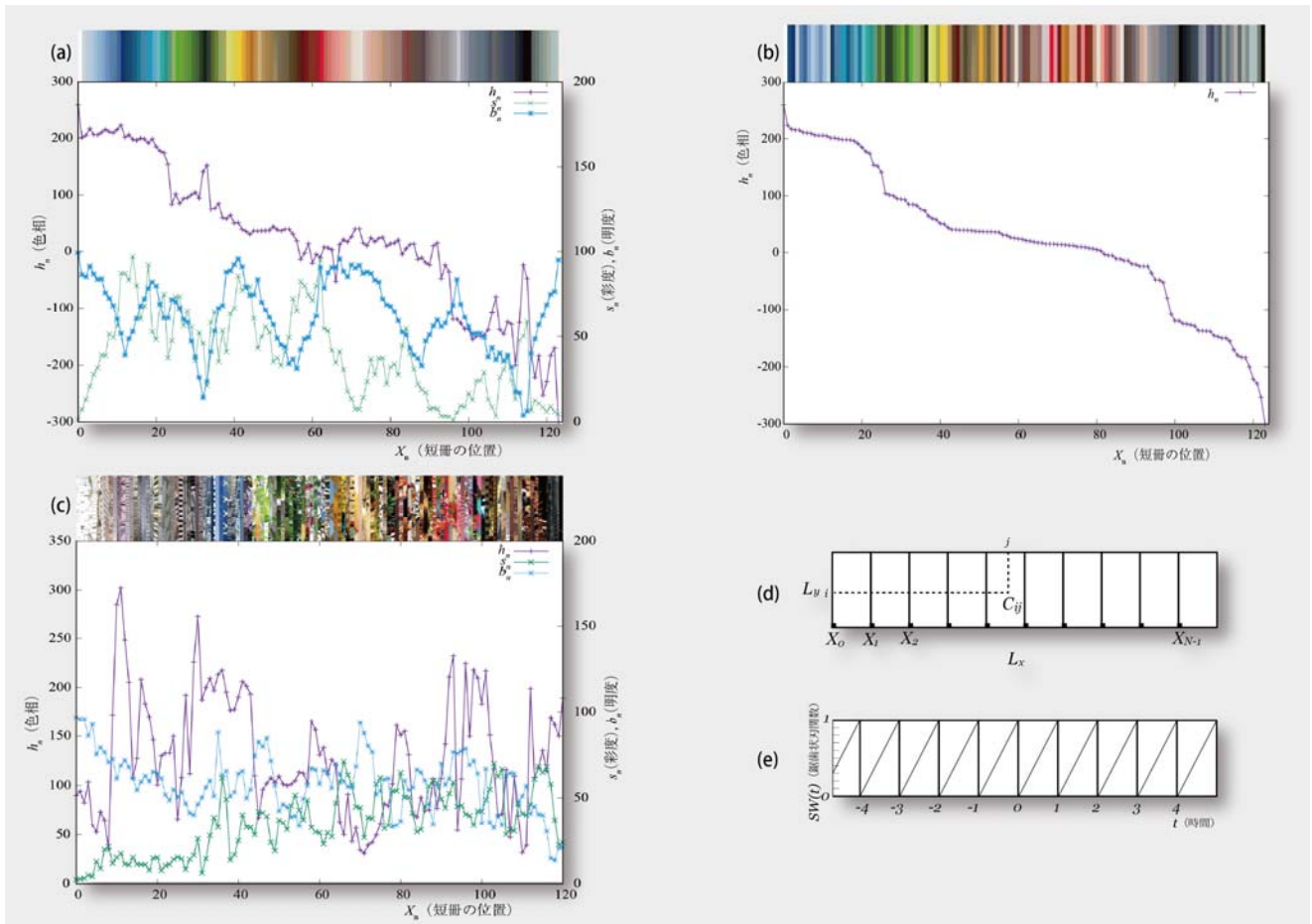


図5 (a) Kobe Color Swatch に対する各 $h_n(+)$ 、 $s_n(\times)$ 、 $b_n(*)$ の X_n 依存性。 h_n は左側の目盛り、 s_n 及び b_n は右側の目盛りに対応している。 h_n を見易くするため、右側の目盛りは 0 から 200 までとしている。(b) Kobe Color Swatch に対して、 $h_n(+)$ を値が大きい順に再配列して得られたパターン。(c) Kobe Pattern Swatch に対する各 $h_n(+)$ 、 $s_n(\times)$ 、 $b_n(*)$ の X_n 依存性。 h_n は左側の目盛り、 s_n 及び b_n は右側の目盛りに対応している。 h_n を見易くするため、右側の目盛りは 0 から 200 までとしている。(d) Kobe Color(Pattern) Swatch に対する L_x 、 L_y や X_n 、 c_{ij} の模式的な定義。具体的な値はそれぞれ $L_x = 4340(4165)$ 、 $L_y = 512(631)$ 、 $N = 124(121)$ である。(e) 鋸歯状波関数 $SW(t)$ の t 依存性。定義域は $-\infty < t < \infty$ である。

た配列では、最終的には人間の感覚といった、容易には論理的に捉えられない事象が重要な役割を果たしていることが分かる

次に、Kobe Pattern Swatch に対して同様の解析を行う。図5(c)に Kobe Pattern Swatch に対する h_n 、 s_n 、 b_n の X_n 依存性を数値的に求めた結果を示している。Kobe Color Swatch と異なり、 s_n 、 b_n には共に明確な傾向を読み取ることはできない。一方で、Kobe Color Swatch ほど明確ではないものの、 h_n に平坦な構造を見てとることが可能で、これが Kobe Color Swatch におけるドメインの役割を果たしているようである。また、Kobe Pattern Swatch で短冊を配列する際には、色相を単調減少に並べるという意

識が働かなかったことが予想される。

結論として、これらの Kobe Color Swatch 及び Kobe Pattern Swatch の解析から、色相は本来連続スペクトルであるが、各短冊を並べる際に、人は感覚的には幾つかの不連続な色相として捉えているのではないかと示唆される。

【3 Kobe Interactive Color Swatch の制作】

ここでは、Kobe Interactive Color Swatch のアルゴリズムを解説する。今回作成するインタラクティブムービーでは、初期状態として個々の短冊が、時刻の経過とともに独立に運動する状態を考え、人物等がカメラに映ることでオリジナルの画像に再配列するような動画を構築した。そのような条件を満たすため、以下のような定式化を行う。まず n 番目の Kobe Color Swatch の短冊に対する時刻 t での位置を $x_n(t)$ で表し、その初期条件を

$$x_n(0) = X_n$$

で与える。ここで $x_n(t)$ は $0 \leq x_n(t) < L_x$ で定義され、周期境界条件 ($x_n(t) + L_x = x_n(t)$) を満たすものとする。今、上記の条件を満たす $x_n(t)$ のダイナミクスを考える上で、ある位相変数 $\{\theta_n(t) | -\infty < \theta_n(t) < \infty\}$ を導入し、

$$x_n(t) = L_x \times SW \left[\frac{X_n}{L_x} + \frac{1}{2\pi} \theta_n(t) \right]$$

で $x_n(t)$ を決定すると便利である。ここで $SW(t)$ は、

$$SW(t) \equiv t - \text{floor}(t)$$

で定義されるノコギリ波(鋸歯状波)関数である(図5(e))。

$\theta_n(t)$ のダイナミクスを、以下のように決定する。他から影響を受けていない時には一定の速さ ω_n で横方向に独立に運動している n 番目の短冊に対して、それらが他のすべての短冊と同じ結合強度 K で相互作用する大域結合系

$$\frac{d\theta_n(t)}{dt} = \omega_n + \frac{K}{N} \sum_{m=0}^{N-1} \sin(\theta_m - \theta_n)$$

を考える。今回のムービーでは $\omega_n \in U(\omega_{min}, \omega_{max})$ のランダム値で与えた。この系は、蔵本モデルと呼ばれ、大域結合振動子系の標準的なモデルとなっており、 $N \rightarrow \infty$ の極限で理論的な解析がなされている¹⁾。

ここではそれらの解析結果を踏まえて、どのように Kobe Interactive Color Swatch を構築したかを述べよう。今、 R と Θ という秩序パラメータを次のように定義すると

$$Re^{i\Theta} \equiv \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N e^{i\theta_n}$$

系が非同期状態である時は、 θ_n が一様に分布するため、右辺は平均化され $R = 0$ となる。一方で、系が同期状態となると、 θ_n に偏りが生じるため $R > 0$ となる。理論解析の結

果、この系にはある臨界結合強度 K_c が存在し、 $K < K_c$ では $R = 0$ (非同期状態)、 $K > K_c$ では

$$R \propto \sqrt{\frac{K - K_c}{K_c}} > 0$$

(同期状態) のように振る舞うことが分かっている。

今回作成しようとしているインタラクティブ作品を構築するには、カメラの映像を結合強度 K と対応づければ良い。今、サイズ $W \times H$ のカメラ映像の入力を考え、時刻 t における画像の i 行 j 列における色を $c_{ij}(t)$ とし、リファレンス画像を時刻 $t = 0$ での画像で設定するものとする(図2(a))。時刻 t におけるリファレンス画像との差

$$K_0(t) \equiv \frac{1}{3WH} \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} \left| R(c_{ij}(t)) - R(c_{ij}(0)) \right| \\ + \left| G(c_{ij}(t)) - G(c_{ij}(0)) \right| \\ + \left| B(c_{ij}(t)) - B(c_{ij}(0)) \right|$$

を考える。ここで、 $0 \leq R(c) \leq 1$, $0 \leq G(c) \leq 1$, $0 \leq B(c) \leq 1$ はそれぞれカラー c の赤、緑、青成分を取り出す関数、 $|x|$ は x の絶対値である。今回は、映像の変化とムービーの運動において、少しの試行錯誤の後に、

$$K(t) = 0.3K_0(t)^3$$

とした。

上述した定式化に従って、実際にプログラムを行った結果を示す。今回は開発環境として openFrameworks²⁾ を採用したが、processing³⁾ でも同様の開発が可能である。

プログラムを実行すると、コンピュータに接続されているカメラを自動的に認識したのちに、結合強度 $K = 0$ の状態でムービーが始まる。人物が映っていない状態で Enter キーを押すと、リファレンス画像を取得する(図2(a))。体の一部のみが映っている場合は非同期状態となり、そのスナップショットを図4(a)に示す。一方、画面の多くの部分が体に占められる場合は同期状態に移行する。そのスナップショットを図4(b)に示す。

【謝辞】

本作品の制作にあたり、尹智博先生に、写真の撮影を始め色々とサポートしていただきました。ここに感謝の意を表します。

引用文献

1) 蔵本由紀、『リズム現象の世界』、東京大学出版会、2005年、pp.170-183

参考文献

2) 田所淳・比嘉了・久保田晃弘、『Beyond Interaction—メディアアートのための openFrameworks プログラミング入門』、株式会社ビー・エヌ・エヌ新社、2010年

3) ベンフライ・ケイシーリース、『Processing:ビジュアルデザイナーとアーティストのためのプログラミング入門』、ビー・エヌ・エヌ新社、2015年