

水性多彩模様作成ソフト「ZolaShop」の開発

Development of CG Software “ZolaShop™” for Aqueous Multicolor Paint “ZolaCoat IN”



CD 研究所
増田 豊
Yutaka
Masuda



CD 研究所
第1研究部
石原麻子
Asako
Ishihara

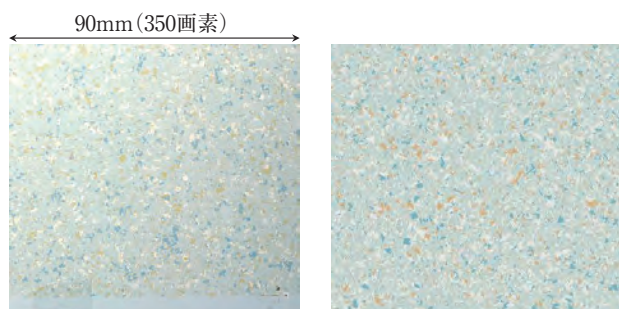
1. はじめに

付加価値の高い意匠塗料の1つに多彩模様塗料がある。前報¹⁾では弊社の多彩模様塗料の製造方法と多彩模様をシミュレーションするソフト「ZolaShop™」を開発しカタログ色の設計に適用した事例を報告した。ここでは、前報では触れなかった「ZolaShop™」の機能を中心に、その手法について色彩科学的に解説する。

2. 水性多彩模様塗料「ZolaCoat IN」

2.1 多彩模様塗料意匠の特徴

図1に水性多彩模様塗料「ZolaCoat IN」の実物のスキャン画像と「ZolaShop™」で作成したCG（コンピュータグラフィックス）を示した。多彩模様を良く見ると、直径が約0.3 mm以下の非常に小さい点（ノイズの様なテクスチャ）と大きさが2～5.0 mmの幾何学的な粒子（グラフィック）から成りたっている。遠くから見ると均一な色（パールブルー）に見えるが、近くから見ると下地のテクスチャと着色粒子（オレンジ、青、白）が見て取れる。このように見る距離に応じてデザイン性が変わるところが、通常の均一な塗料とは異なる楽しさである。両者は比べると色柄の雰囲気は似ているが、CGの方を少しばかり鮮明に表現している。ここがデザイナーに好まれるデザインツールの要件である。



(1)「ZolaCoat IN」の実物のスキャン画像 (2)「ZolaShop」で作成したCG

図1 多彩模様「ZolaCoat IN」の実物とCG

2.2 斑（ふ）の作成方法

着色粒子（斑）の作成方法を簡単に説明する。斑の色に調色した水性エマルジョン塗料とアルギン酸ナトリウムを含む水溶液をカルシウムイオン（Ca²⁺）を含む水溶液中に滴下すると、ナトリウムイオンがカルシウムイオンに置き換わり、不溶性となり沈殿する（図2）。この際、滴下速度や攪拌速度を調整することによって斑の大きさを変えることができる。この懸濁した溶液をろ過、脱水して各色の斑を作成する。いくつかの斑を混合して水性クリアーエマルジョンに懸濁した状態が、図3の斑クリアーである。

多彩模様塗料の塗装工程を図4に示した。1. 素地のコンクリートの上に2. シーラーを塗り、その上に3. バインダーを塗装し、その上に4. 斑クリアーを塗装する。この際、バインダーの色（下地色）を斑の配合比率で平均化した色にすると、斑クリアーの塗装膜厚の変動によって生じる膜厚変動色差を低減することができる。この技術は後述する。

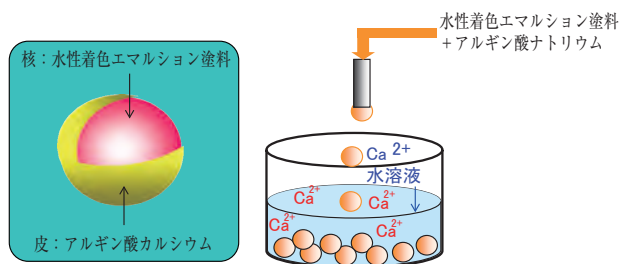


図2 多彩模様の斑の作成



図3 多彩模様の斑クリアー

色
彩

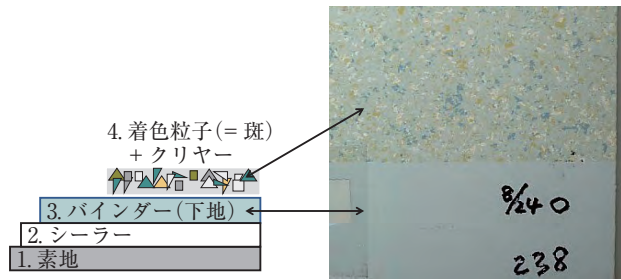


図4 「ZolaCoat IN」工程断面図

3. 多彩模様シミュレーション画像の作成

コンピュータで多彩模様をシミュレーションする技術的なポイントを紹介する。

3.1 斑の大きさ分布

斑の大きさの分布を図5の棒グラフに示した。一般に、モノを砕きながら小さくすると、分布は対数正規分布になる。つまり、粒径が小さい個数は多く、粒径が大きくなると指数関数的に急激に数が減少する。斑の製造はディスペーの羽によって破碎する方法のため図のような対数正規分布になる。実際の塗板を画像処理ソフトを用いて1061個の大きさを計測した平均値は直径が0.55mmであった。この分布をシミュレーションしてCGを描く方法を検討した。Aの部分の点々(ノイズのようなテクスチャ)を画像処理のランダムノイズ発生アルゴリズムで描き、次にBの目視で形状(多角形)が分かる範囲(直径がおよそ0.3mm以上)を幾何学的なCGで描く。コンピュータの処理速度を考えると画像処理はCGに比べて高速に処理できるので目視で形状が分からない大きさの斑は画像処理のノイズの点として描写して処理の高速化を達成した。AとBの方法を合わせてCのように実際の多彩模様塗

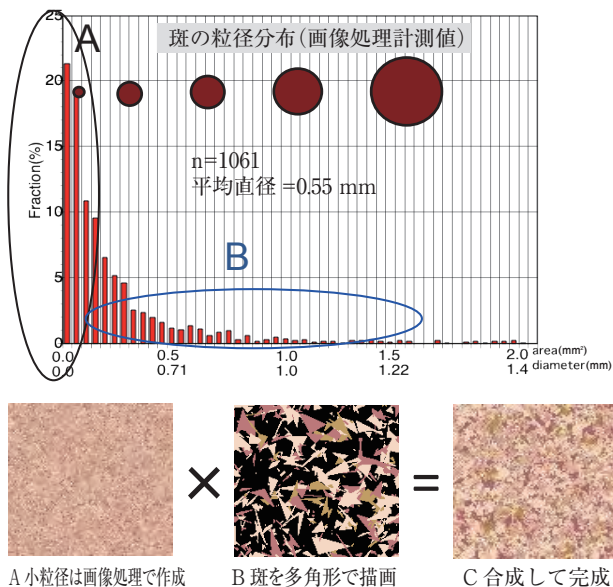


図5 多彩模様作成方法1(斑の大きさ分布)

料と同質な画像が得られる²⁾。プログラムはJAVA言語で作成しWindows、Mac OS X、Linux上で動作する。

3.2 斑の形状のCG

斑の色の配合比率に応じたランダムノイズの点を全体に描いたのち、斑を描く。斑を描く位置と形状を決める方法を図6に示した。一辺350画素(100dpi、実寸90mmに相当)に8820個の斑を描く。この数字は具体的には斑クリヤーのなかで直径が0.3mm以上の大きい斑が90mm四方の塗面に塗着した数のことである。描く位置は面(x,y座標)に対して一様にランダムとする。つまり中心部も周辺部も一様な確率とする。その位置に半径rの粒子を描く、半径rは図5の対数正規分布に従う。次にm多角形で描画するため、m=3から6の多角形を一様ランダムに発生し、JAVAのポリゴン関数で描画する。このとき、中心からm多角形の頂点までの距離は元のrに対して、ある割合で増減 $r+rand$ (乱数関数)して長さが不均等な多角形とする。多角形の頂点を結んだときに、結ぶ順番によって蝶のようにねじれる場合がある。この形態が実際の斑と良く似ている。描くときに下地との透過率を設定できる。濁度0.3なら70%透明の斑となり下地が透ける。濁度1.0なら100%不透明になる。観察から「ZolaCoat IN」は下地を隠蔽するので1.0にした。また、ある色の斑の発生頻度は配合比率に応じた乱数を発生することで対応した。

3.3 併置加法混色理論

2から3種類の斑の色を混色した平均値をバインダー色(下地色)にすると斑クリヤーの塗装膜厚の変動による斑の疎密が目立たない。この処理は斑のXYZ表色系の併置加法混色理論で混色後の色を推定する。この方式が妥当か否かをコニカミノルタ社の分光放射輝度計CS1000(非接触

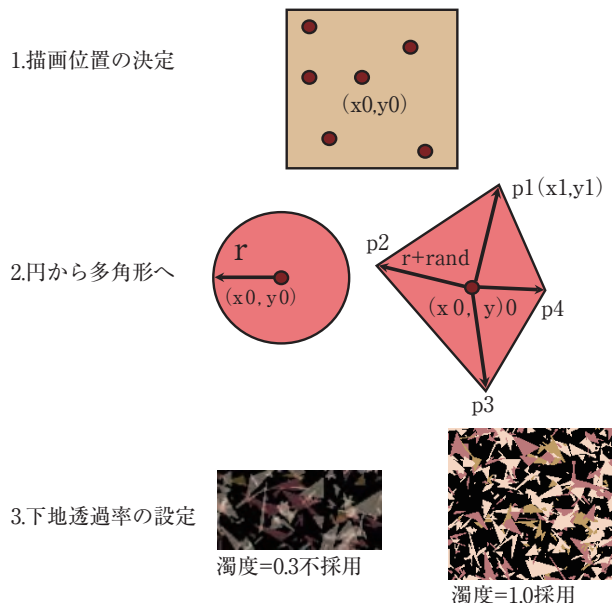


図6 多彩模様作成方法2(斑の形状とスケ)

で物体の色を測定する)で実験した。図7の上半分に黄色の色紙を、下半分に青色の色紙を配置する。つまり黄色と青の斑の配合比率が50:50を仮定した。黄色の部位と青の部位を測定し、そのXYZが表1になった。真ん中の●の黄色面積1/2、青の面積1/2の箇所の平均XYZを推定する。黄色のXYZと青のXYZを足して、2で割った値が併置加法混色の色である。実測値はCS1000の測定範囲●の平均値である。表1に実測値を3)黄-青色の実測、計算値を4)黄-青色の計算として示した。例えば混色後のXYZのXは $X=0.5 \times 58.9+0.5 \times 33.0=46.0$ となる。計算と実測の色差 dE^* は3.6であった。一方、日本塗料工業会(以後、日塗工)の標準色票(以後、見本帳)の隣り合う最小色差は3.2であった³⁾。隣り合うとは、物理的な色票の配置が隣にあるという意味ではなく、ある色を基準として、全色票の中から一番近い色が隣り合う色の意味である。建築塗料ビジネスでは色の指定は必ず日塗工の色票番号で指定される。つまり離散的な色である。日塗工色票の隣り合う色差が3.2であり、併置加法混色理論の推定色差が3.6であった。色差が同程度であるから、日塗工の色票から斑の面積比率に応じた色を正しく見つけることができることを確認した。

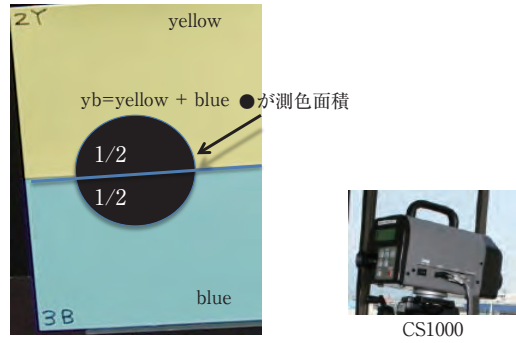


図7 併置加法混色の実験
(コニカミノルタ社CS1000で●の中を測色)

表1 併置加法混色実験

| no | name | L* | a* | b* | X | Y | Z |
|----|-------------|------|-------|-------|------|------|------|
| 1 | 黄色 | 80.4 | 11.5 | 38.6 | 58.9 | 57.3 | 27.9 |
| 2 | 青色 | 69.2 | -15.3 | -18.7 | 33.0 | 39.6 | 60.8 |
| 3 | 黄-青色の実測 | 74.5 | -1.3 | 4.9 | 44.6 | 47.5 | 46.4 |
| 4 | 黄-青色の計算 | 75.1 | 0.2 | 8.1 | 46.0 | 48.4 | 44.3 |
| 5 | 差 | 0.6 | 1.5 | 3.2 | | | |
| 6 | 推定色差 dE^* | 3.6 | | | | | |

3.4 多彩模様の色合わせ

多彩模様の色合わせを想定する。部屋の塗替を想像する。ドアの色が決まっています、それに色が合うように多彩模様を塗装する。例えば見本帳からドアの色である目標色 D15-80F (Dは見本帳のD版の意味)を与え、これと等色の多彩模様の配合を算出する問題を考える。同じ色でも斑のバリエーション(斑の色と量が異なる)が異なると違った印象を持つ。図8は目標色 D15-80Fと同色になる斑の組み合わせを計算した画面である。3つの斑の組み合わせから目標

色の D15-80F を再現する計算方法を述べる⁴⁾。

手順 1. 斑の組み合わせを自動発生する

例えば今、図9-2の5に示す斑パレットがあったとする。ここでは24色の斑パレットがあると仮定する。3つの斑で1つの多彩模様を作成する。24色から3色を取り出す組み合わせは $nCr = 24C3=2024$ 組である。この全組み合わせをコンピュータのアルゴリズムで次々に発生する。

図8 目標色を実現する多彩模様配合の解法

色
彩

手順 2. 解を求める

コンピュータで発生した3つの斑の色のXYZ行列(3×3行列)をAとし、目標色(ここではD15-80F)のXYZをbベクトルとし、求める配合をxベクトルとして以下の3元連立1次方程式を作成し、答えのxベクトルを算出する。

$$Ax=b$$

手順 3. 解を吟味する

斑の量が1～98%の間の正の実数解で、かつ目標色との色差が5以下を答えの配合として出力する。図8の予測色差は目標のD15-80Fと、この斑の組み合わせから求めた併置加法混色の色との差である。斑の量は最小が1%で、2つ以上の斑の配合が妥当である組み合わせを画面上に表示する。このなかから斑のコントラストを考えて、最終的に1つの多彩模様配色案を人間が決める。

3.5 多彩模様作成ソフト「ZolaShop™」の紹介

現在、稼働している「ZolaShop™」のうち、代表的な機能をピックアップし、色彩科学的に解説をする。

3.5.1 カタログ色の選択と修正方法

オープニング画面は図9-1である。あらかじめ「ZolaCoat IN」の常備色(カタログ色)を表示する。例題として、うす緑色(色名D313-0051)を選択し、色柄を変更する方法を示す。色を選択すると図9-2の画面に切り替わる。1にカタログで示したオリジナル多彩模様画像を表示する。2に変更した多彩模様画像を表示する。これは5の斑の色パレットから好きな斑の色に変更できる。また8の配合スライドバーを動かして量を増減して好みの色柄に修正する。斑の配合量を変える度に斑の色と配合量から併置加法混色で下地色を計算し、随時CGに反映する。そして、変更した色が画像2に表示される。



図9-1 「ZolaShop」カタログ色選択画面

3.5.2 施工シミュレーションと膜厚変動色差

イメージどおりの多彩模様画像2ができれば施工例のシミュレーションを行う⁵⁾。図9-3は、あるレストランの壁に塗装したイメージ図である。このレストラン写真は左から遠景、中景、近景の3つのシーンを表示している。近景になると斑の粒々がハッキリ分かる。あらかじめ3つのシーンがデフォルトであるが、ユーザー作成のマスク画像も追加することができる。図9-4は斑クリヤーの塗装が標準量(std70%)から少ない(less30%)と多い(more100%)にしたときの膜厚変動予測色差(dE*)である。現場で斑クリヤーをスプレー塗装するときに膜厚のムラがあると色差が発生し、色ムラのクレームになる。勿論、併置加法混色理論を用いて、斑の混色がバインダー色になるように調整(バインダー色がF35-80D)しているので大幅な色差が発生することはない。色差が1以下なら全く問題なく、3以下なら実用許容範囲以内である。それ以上の予測色差の場合は膜厚管理を厳密に行うか、再度、斑の配合を変更して多彩模様をデザインし直す。

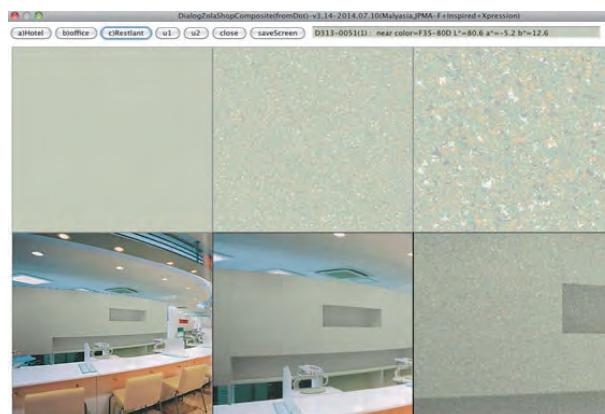
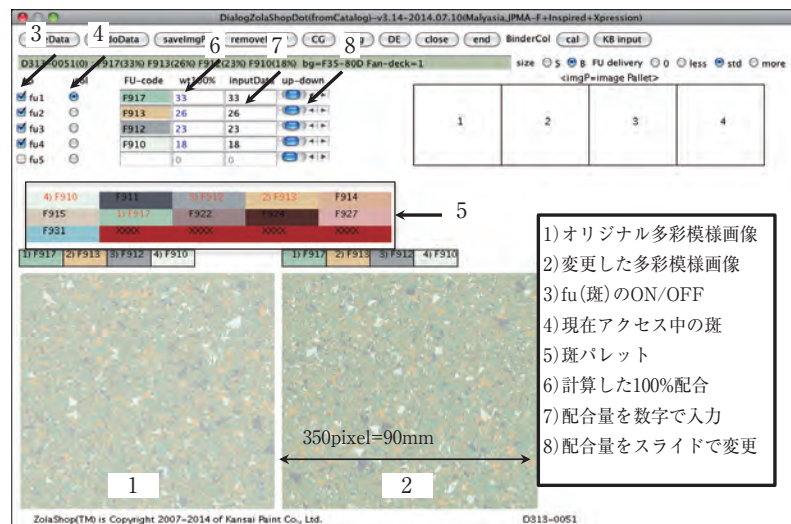


図9-3 「ZolaShop」施工シーン合成写真



- 1) オリジナル多彩模様画像
- 2) 変更した多彩模様画像
- 3) fu(斑)のON/OFF
- 4) 現在アクセス中の斑
- 5) 斑パレット
- 6) 計算した100%配合
- 7) 配合量を数字で入力
- 8) 配合量をスライドで変更

図9-2 「ZolaShop」色変更画面

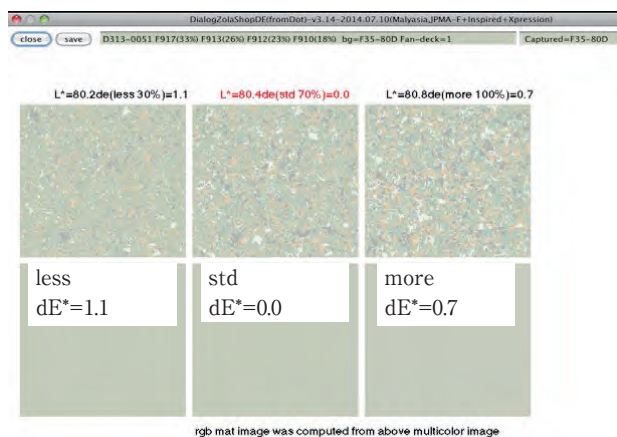


図9-4 「ZolaShop」膜厚変動予測色差

図9-5、6は下地の色を強制的に別の色（N3）に置き換えた。下地が暗い色になるので斑とのコントラストが発生し、ハッキリするが、逆に斑クリヤーの膜厚変動色差は大きくなる。斑塗布量の標準量（70%）を基準としてless（30%）になると $dE^*=8.6$ 、more（100%）になると $dE^*=9.1$ となる。この色（下地色と斑）は色ムラが発生しやすい危険な色である。

3.5.3 メタリック斑

中東ではラメが入ったキラキラ感が好まれる。砂漠気候で外気温が高いので、窓が小さな石造りの家に住み、屋内での生活時間が長い。白熱電灯の室内灯でもゴージャスに光る壁への関心が高い。そこで、光輝材を斑にしたメタリック斑を作成した⁶⁾。図9-7の例題はバインダーに淡彩の茶色を塗り、その上から着色ゴールドマイカ斑を塗装した。光は左上から右下に照らすように計算にした。CGの斑は左上が明るく、右下が暗くなるようにして、1つの斑のなかで陰影感を演出し光輝材の斑の質感を表現した。実物とCGはよく雰囲気似ていることがわかる。

3.5.4 写真の色分解による多彩模様の作成

自分が持ち込んだ写真を元にして多彩模様を作成する「印象を多彩模様にする！」機能を説明する。図9-8はブーケの写真(a)から花びら2種類を2つの色の斑（オレンジと赤）に置き換え、葉を緑の斑にし、白布を白の斑に置き換えた様子である。選択した色と同じ色の画素を斑の色に置き換えることを「減色（reduce color）」という。減色を行うと右図(b)のような抽象的な絵柄が得られる。ここで「1の dE^* の大きさを動かすスライドバー」を「大」の右側に動かすと、同じ色の範囲が広がり、1で選択したやや濃いオレンジの色の範囲が広がる。つまり斑の色差範囲を広くするとその斑の面積割合も広がる。人間が見てOKと判断したら、[多彩模様作成]ボタンを押すと、(c)の多彩模様画像が得られる。中間生成物の(b)の色分解画像を壁等に(e)のようにペインティングすることもオシャレである。(d)は実際に(b)を見ながらタ

イルに模写した。完成後、(b)の色分解画像と(c)の多彩模様を並べておき、3 m 離れて、目を細めて網膜の分解能を低減して見ると、同じ色に見える。なぜなら、(b)も(c)も使っている斑の配合比率（＝面積比率）が同じだからである。

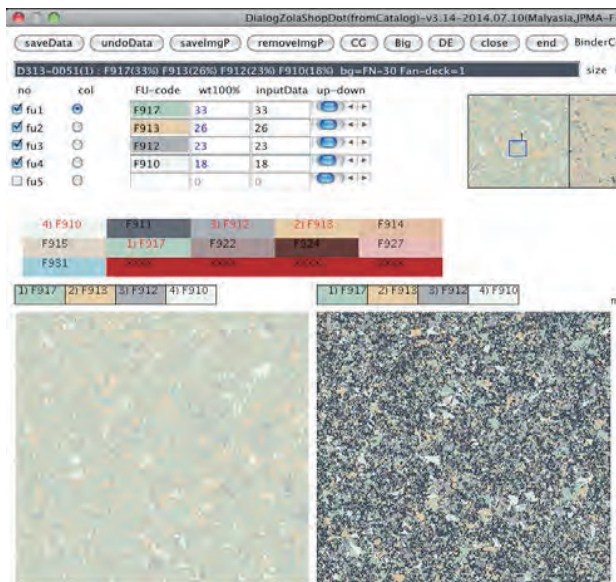


図9-5 「ZolaShop」下地色(N3)を入力

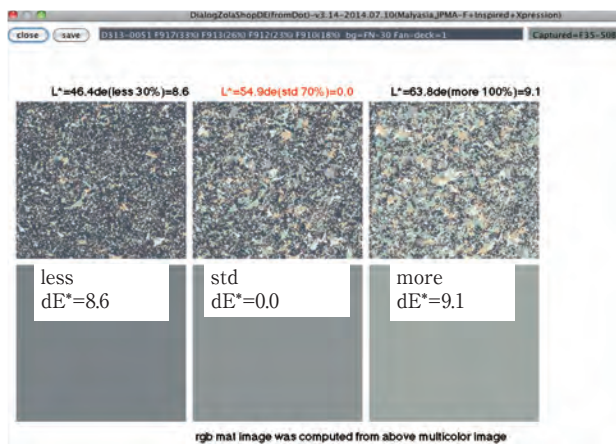


図9-6 「ZolaShop」膜厚変動色差が大きい例

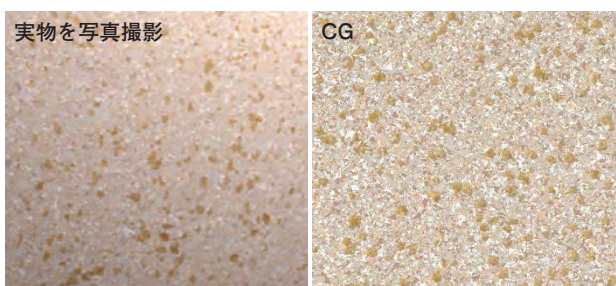


図9-7 「ZolaShop」着色ゴールドマイカ斑とその多彩模様



図9-8 「ZolaShop」 写真の色分解による多彩模様の作成

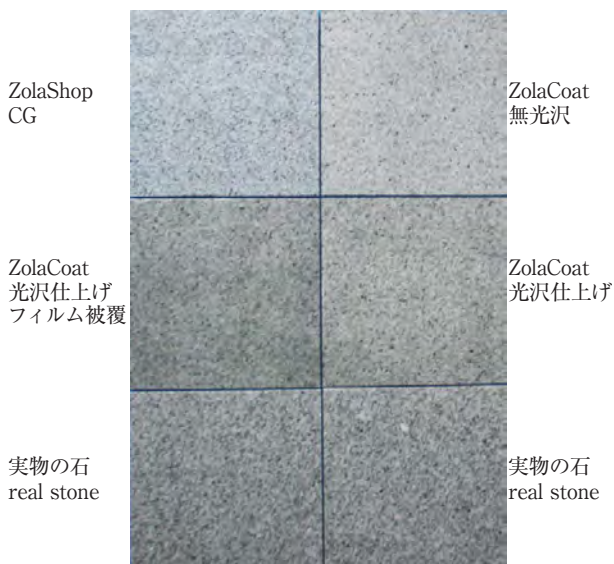


図9-9 「ZolaShop」 本物感を追求した石目模様

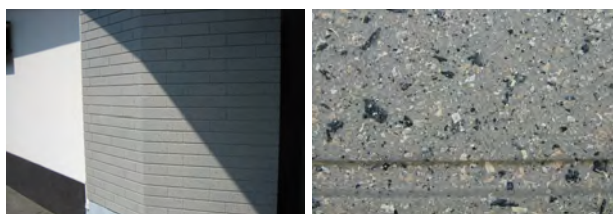


図9-10 「Exterior ZolaShop」 外装用の大きな斑

3.5.5 実物そっくりの石目調意匠

地震により壁に貼付けた花崗岩の板が落下する事故がおきて以来、外壁へのタイル貼りはより安全な施工へと発展した。多彩模様で疑似花崗岩を作ることができれば実際の石との混在施工が可能になる。人が手で触る範囲は実物の石で施工し、それ以外のところは疑石塗料で補うことも考えられる。図9-9は白黒の花崗岩に似せた「ZolaCoat IN」

である。下2枚が実物、上3枚が「ZolaCoat IN」、左上が「ZolaShop™」で配合を確定したときのCGである。「ZolaShop™」で配合をシミュレーションすることによって短時間で本物感ある多彩模様が得られた。

3.5.6 外装用の大きな斑

最後に、外装用に作成した大きな斑の「ZolaCoat IN」を紹介する。外装は見る距離が内装よりも遠い。そのため、より明確な多彩模様であることを示すために大きな斑を使うと意匠効果が高い。外装用「Exterior ZolaShop™」では斑の半径 r を大きくして対応した。

4. まとめ

水性多彩模様塗料「ZolaCoat IN」をシミュレーションするPCソフト「ZolaShop™」を開発した。これにより机上で配合シミュレーションが可能となりデザインの開発効率は飛躍的に上がった。また、斑塗装における膜厚変動色差を予測することが可能になり、作業性の評価が可能になった。さらに自分の写真のイメージの多彩模様を作るユニークな機能を使って“印象をデザイン”することが可能になった。関西ペイントグループの多くの拠点で使えるように環境整備をしていく予定である。

参考文献

- 1) 鍵政也: 塗料の研究、150、30-38(2008)
- 2) 特開 2008-30018
- 3) 増田豊: 塗料の研究、154、42-53(2012)
- 4) 特開 2009-79171
- 5) 特開 2013-22540
- 6) 特開 2013-134201