

建築塗装テクスチャー 定量化技術

Quantitative Analysis Technologies for Textures of Architectural Coatings



塗装技術研究所
第2部
津志年宏
Toshihiro
Tsushi



塗装技術研究所
第3部
田中利明
Toshiaki
Tanaka

要 旨

建築分野における玉吹き模様板の官能評価を数値化できる解析ソフトと測定器とを用い、官能評価と相関性の高い定量評価技術を確立した。玉吹き模様の官能評価は、距離30cm離れた場所から平面的に見る「玉切れ」、「玉の大きさ」、「仕上がり感」と、塗面角度を変えて立体的に見る「山立ち」、「タレ」について行った。この官能評価を以下の測定方法で定量化(数値化)した。

〔平面〕

- ・イメージスキャナ画像取り込みによる、玉の形、大きさ、パランスの数値化

〔立体面〕

- ・レーザ変位計による非接触での3次元化と解析技術
- 上記手法で官能評価を数値化できる解析ソフトと測定器とを組み合わせ、定量化手法を工夫する事により、官能評価との間に良い相関が得られた。

1. はじめに

建築塗装分野における外装模様(写真1)は凹凸状のテクスチャー模様が10種類程度あり、その中でも玉吹き・さざ波模様が主流を占めている。建築業界での模様形成はローラー塗りとスプレー塗装の2方法があり、各種条件(塗り手、塗料、環境等)により、仕上がり外観も大きく左右される。玉吹き・さざ波模様の形成方法は、スプレー塗装で大きな粒子を塗着させることで、お椀形の凸部を形成する。この仕上りの目視評価項目は数種類あり、人それぞれに官能評価は異なるのが現状である。そこで、模様仕上がり外観を定量化する事で、市場で安定した模様を提供する必要がある。ここでは玉吹き模様に着目し、目視評価の異なるサンプル板を定量化し、評価基準を定めると共に、目視との相関性を確保する事を目的とした。



写真1 外装テクスチャー模様の建造物

2. 玉吹き模様を構成する因子と定量評価実験法

2.1 塗装サンプル条件

官能評価に差のある、異なった塗板6サンプルを用いた。その条件を表1に示す。玉吹き模様サンプルを作成するにあ

たり、模様形成を変動させるため、希釈率、吹き付け時間、吹き付け距離等の塗装条件を操作し、平面、立体面の官能評価に差異のあるサンプル各々3水準を作成した。

表1 塗装サンプル条件

<p>[塗装工程] 300×300mmスレート板 ～アレスゴムタイルシーラー～玉吹き</p> <p>[玉吹き塗料] アレスアーバンテリアデコ</p> <p>[塗装機] KGガン(明治機械) 塗料口径6.5φ</p> <p>[吹付け圧力] 0.12MPa</p>
--

2.2 平面に関する官能評価基準

平面の官能評価を行うに際し、その評価基準は、距離30cm離れた場所から平面的に観察し、玉吹きの粒子が最低径φ2.0mm以上であるものを採用することとした(表2)。平面評価項目は3種類あり、『玉切れ』は玉の形状に丸みがある程良く、逆に円からはずれるような形状(線状)は不良である。『玉の大きさ』は広範囲に模様を観察した際、φ10～20mm程度の大きさが標準径とされており、その範囲内の玉形状(数)が多い程良いとされる。『仕上がり感』については、広範囲に模様を観察し、玉形状の大小バラツキがありバランスのとれた外観が良好な仕上がりとされる。それぞれ官能評価に差異のある塗装サンプル画像を3種類選定した(表3)。各々のサンプル塗板の官能評価は、複数の建築塗装熟練者によるものである。

表2 平面に関する官能評価基準

測定評価基準	距離30cm離れた場所から平面的に見る φ2.0mm以下の粒子を除外	
評価項目と評価内容	「玉切れ」	丸みがあり、 線状でないこと
	「玉の大きさ」	φ10～20mm程度の粒子 →数が多い程良好
	「仕上がり感」	玉の大小バラツキが あること

表3 試料塗板の外観と官能評価

試料塗板		
A	B	C
○ 丸み	△～○△ 線状(鈍角)	× 線状(鋭角)
○ 多い	△～○△ 中	△～○△ 中
○ あり	△～○△	× なし




2.3 立体面に関する官能評価基準

立体面の評価基準は、塗面角度を変えて立体的に観察し、その玉粒子の最低径φ2.0mm以上のものを採用することとした(表4)。立体面の評価項目のうち、特に官能評価に影響を与える因子として『山立ち』と『タレ』を採用した。『山立ち』は玉吹き凸部の高さが1mm以上のものが点在する事が良好な仕上がりとされる。また、『タレ』は塗装・塗料条件と垂直方向にかかる重力により発生するズレ現象であり、重要塗膜欠陥の一つである。それぞれ官能評価に差異のある塗装サンプル画像を3種類選定した(表5)。

表4 立体面に関する官能評価基準

測定評価基準	塗面角度を変えて立体的に見る φ2.0mm以下の粒子を除外	
評価項目と評価内容	「山立ち」	粒子の高さ →高いほど良好
	「タレ」	重力方向に粒子の 形が歪むこと →歪みがない事

表5 試料塗板の外観と官能評価

試料塗板		
D	E	F
		
○ 良好な山立ち	× 低い(へたり)	△~○△
○ なし	○ なし	× あり

3. 定量評価実験の画像抽出方法

3.1 撮像条件

平面、立体面の画像抽出方法として、平面はXYの2次元情報であり、塗面全体を取り込むことが重要である。それに対して、立体面は3次元情報(XYZ)が必要とされる。玉形状を抽出する方法として接触式、非接触式の2つが考えられるが、玉吹き模様材質は弾性を付与しており、接触式では針が被塗物面を走査する過程で玉の変形が懸念されるため後者を選定した。

3.2 実験内容

平面、立体面、それぞれ異なるサンプル板の画像抽出とその解析を行い、官能評価と定量解析の相関性を検証した。

4. 玉吹き模様の平面画像計測

4.1 画像計測装置

2次元の画像抽出方法として、イメージスキャナ画像取り込みによる、玉の形、大きさ、バランスの画像抽出を行った。平面画像計測装置の概要を図1に示す。

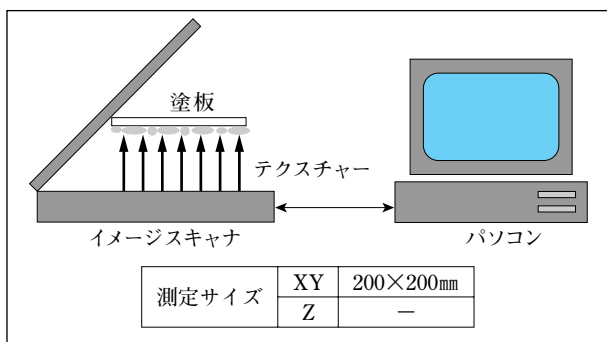


図1 平面画像計測装置

4.2 画像抽出方法

玉吹き模様をスキャナで取り込んだ画像の実例を図2に示す。玉吹き模様群のみの情報を認識させる必要があるため、まず画像処理ソフト「Photoshop」で素材と模様に対比コントラストを与え、次に画像処理解析ソフト「SALT」で2値化し、緑色で指定された箇所のみを認識させた。続いて、模様をハッキリ(区別化)させる方策として、その模様全体を収縮処理する事で玉と玉とのつながりをなくし評価する方法、及び、原画像を玉の集まりと仮定し、一つの玉ごとに分離する方法を用い、画像処理を行った。

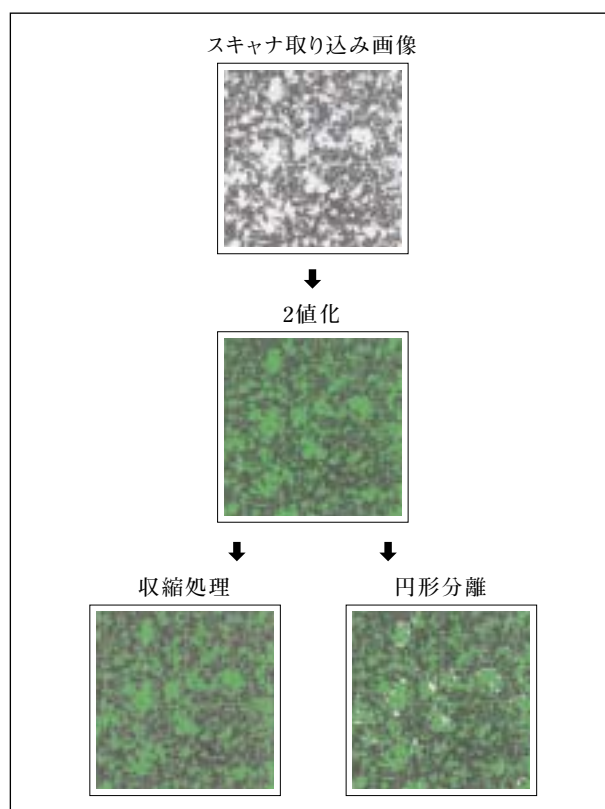


図2 画像抽出方法


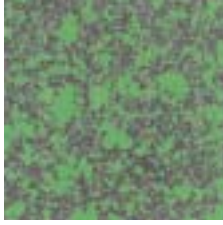
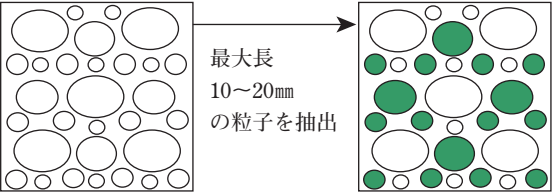
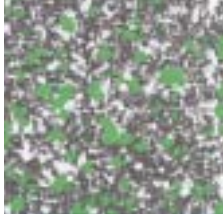
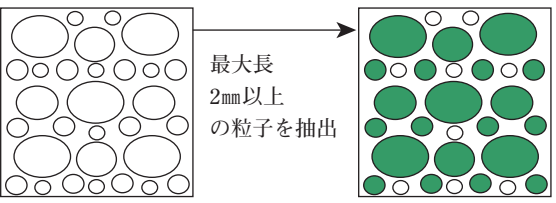
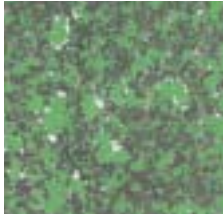
4.3 解析手法

図2の画像抽出から2値化処理計測後の解析評価について官能評価項目との対応関係を整理した(表6)。『玉切れ』は一つの粒子がいかに丸みがあるかが重要であり、その解析手法として円の形を数値化する必要がある。そこで、『玉切れ』は目視に影響を及ぼさない微粒子分をカットし表6内に示す円形度で算出した。

『玉の大きさ』は全体の模様に対して、φ10~20mmの粒子がどれ程多くあるのが重要である。そこで、全体の玉抽出画像のうち、最大長で10~20mmの玉形状のみを個数とし、最大長がその範囲外の粒子は取り除く処理を行い、最大長10~20mmの個数で解析処理を行った。

粒子群の大小バランスがポイントである『仕上がり感』は、

表6 形状解析手法（考え方）

官能評価	考 え 方	画像抽出最終画像	定量解析
「玉切れ」	玉粒子形状の定量化  $\text{円形度} = 4\pi S / (L)^2$ (0 < 円形度 ≤ 1)	収縮処理後 	円形度
「玉の大きさ」	模様イメージ図  最大長 10~20mm の粒子を抽出	円形分離後 	抽出した 粒子の 個数
「仕上がり感」	模様イメージ図  最大長 2mm以上 の粒子を抽出	円形分離後 	抽出した 粒子径の 標準偏差

目視に影響を及ぼさない最大長でφ2mm以下の粒子を削除し、残りの玉形状の円相当径を標準偏差で示し解析処理を行った。

4.4 官能評価と定量評価(数値)の相関性

官能評価と定量解析の結果を図3～図5に示す。『玉切れ』と円形度、『玉の大きさ』と大粒子数(10~20mm径)、『仕上がり感』と粒子径の標準偏差はいずれも良い相関が認められた。

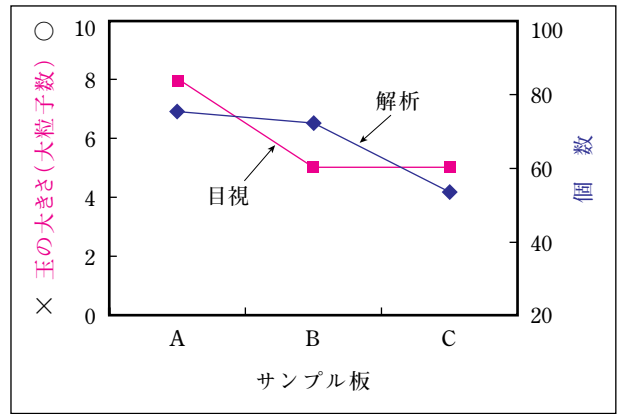


図4 玉の大きさと個数の相関グラフ

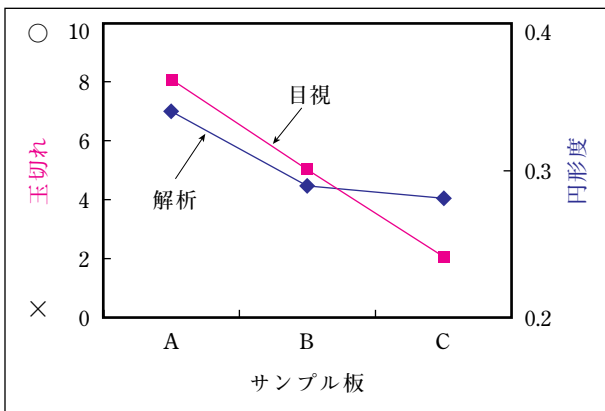


図3 玉切れと円形度の相関グラフ

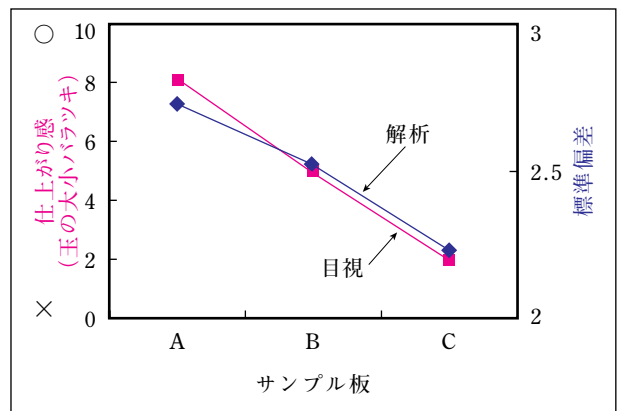


図5 仕上がり感と標準偏差の相関グラフ

新技術開発

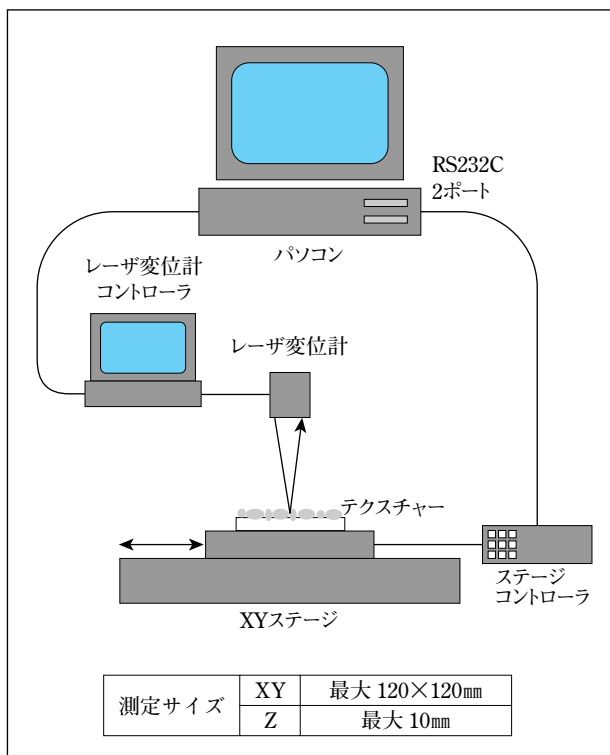


図6 立体面画像計測装置

5. 玉吹き模様の立体面画像計測

5.1 画像計測装置

立体面(3次元)の画像抽出方法として、非接触式レーザー変位計で玉の高さ、断面形状の画像抽出を行った。図6に示す立体画像計測装置のシステムは、移動ステージ(XY)の上にテクスチャー塗板を置き、その上部にCCDレーザー変位センサで高さ情報(Z)を取り込む。次に、ステージの移動により変位センサがテクスチャー面を走査し、パソコンを介して専用解析ソフトで3次元形状を抽出する自動システムである。

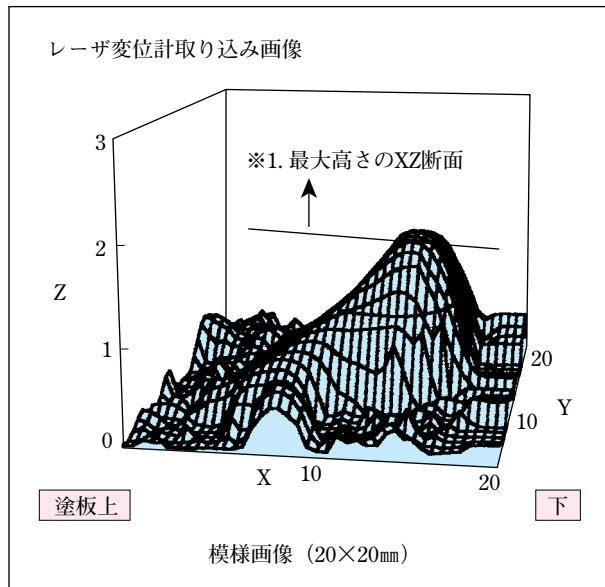


図7 画像抽出方法

5.2 画像抽出方法

レーザー変位形による3次元情報を取り込んだ形状を図7に示す。レーザー変位形で取り込んだ画像は、垂直塗板を横方向に走査し、測定間隔をXY方向0.5mm間隔(データ数:1600)で取り込んだ時の3Dグラフである。実際に解析するにあたり、玉形状と素材を分離する必要があり、その処理方法は高さ300 μm 以下をマスクした形状で処理を行った。次にマスク処理後の形状(等高線)のうち、XZ断面での最大高さを抽出した形状について解析した。

5.3 解析手法

図7の断面形状(※1.X-Z)をどのように形状解析するかについて表7にその考え方を示した。『山立ち』はその断面形状の最大高さを定量解析値とし、高さH(mm)で示す。

表7 形状解析手法(考え方)

官能評価	考え方	画像抽出最終画像	定量解析
「山立ち」	<p>※1. 最大高さのXZ断面</p>		高さH (mm)
「タレ」	<p>山立ち⇒最大高さ</p> <p>タレ⇒最大高さの点から玉中心までの距離</p>		<p>最高点のズレ割合 (%)</p> <p>$(0 \leq L' / L \leq 0.5)$</p>

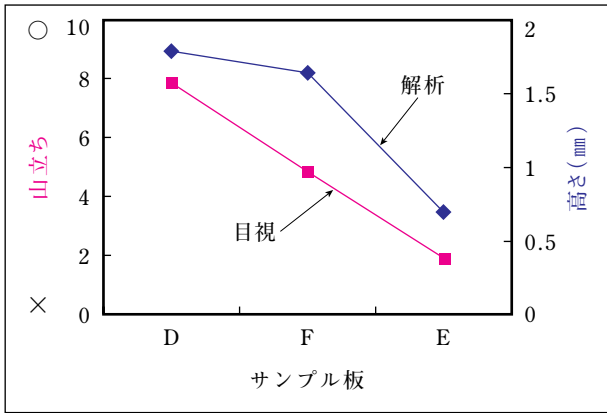


図8 山立ちと高さの相関グラフ

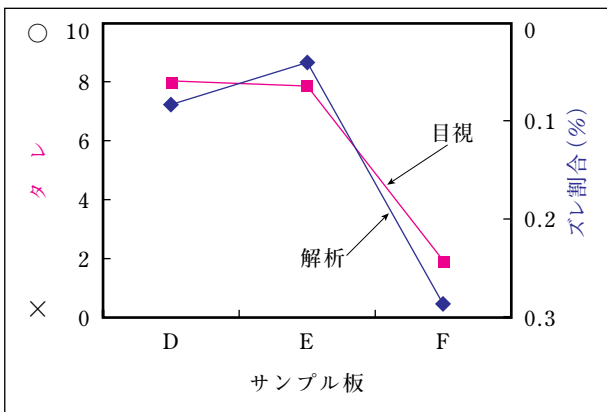


図9 タレとズレ割合の相関グラフ

『タレ』については、全体寸法をLとした時に、その最大高さの点から玉中心までの垂直方向距離L'のズレ割合とし、パーセントで示す。実際に玉の中心に対して、最大高さが一致すればL'/Lは0であり、また最大高さの地点がズレれば限りなく0.5に近くなり、その値により垂直面に対するタレ程度が評価できる。その手法で計測した最終画像を、前述の高さ300 μ mでマスクをかけ素材と玉形状を区分し解析を実施した。

5.4 官能評価と定量評価(数値)の相関性

官能評価と定量解析結果を図8に示す。『山立ち』と最大高さのグラフから、良い相関のある事が確認された。図9に示す『タレ』の官能評価で良好な玉形状は、定量解析ではズレ割合が0.1以下であり、タレ不良のFサンプルはズレ割合は高く、タレとズレ割合との対応が認められた。

6. 定量解析法の実用展開

6.1 試料サンプルの要因と水準(塗料種と希釈率)

平面、立体面解析手法の実用展開として、表8に示す塗装サンプル条件下での更なる相関性を検証した。解析は平面のみについて行い、官能評価並びに定量評価を実施した。主に玉吹き模様用の塗料材質と希釈率を変動させ、その時の塗装条件については表1で示した塗装ガンを使用しサンプル作成を行った。

6.2 官能評価と定量評価(数値)の相関性

まず、『玉切れ』と円形度の関係を図10に示す。全体的に塗料種ごとに評価レベル値が異なるが、定量解析も同じ傾向を示している。また、希釈率の増加により官能評価と定量評価結果共に良化傾向を示した。これは、希釈率の増加で塗装粘度は低下し、その影響で塗装ガン先からの粒子がちぎれ易くなり、球形に近い状態で粒子化するためであると推測される。

図11に示す、『玉の大きさ』についても、塗料種、希釈率が増すほど、官能評価と定量評価の相関関係が高くなると考えられる。その理由は『玉切れ』と同様に、より玉の形状に近い形で粒子化された塗料が塗着するためと推察される。

図12に示す『仕上がり感』に関しても前述の玉切れ、玉の大きさと同様の傾向を示し相関性が認められ、希釈率の増加で、玉の大小バランスが良好となる。これは、低粘度化により塗装時の液分裂が進み、広い粒度分布をとることによると考えられる。

尚、今回は平面を対象にした検証結果のみ述べたが、特に希釈率の増加(低粘度)で『玉切れ』、『玉の大きさ』、『仕上がり感』を良化させる効果は大きい。しかし、立体面においては、粘度低下は、山の高さと垂直部でのタレに悪影響を及ぼす仕上がり低下原因の一つと言える。現実には塗装、塗料特性又は塗装方法によって大きく左右されるものと考えられるので、玉吹き模様では平面、立体面のトータルバランスが必要である。

以上の各種塗料に関する結果より、平面における官能評価と定量解析の実用展開は可能なものと判断する。

表8 塗装サンプル条件

[要因と水準]	1. 塗料種……	A. アレスアーバンテリアデコ (弾性艶有り上塗り)	B. アレステリア (微弾性艶消し上塗り)
		C. アレススタイルラフビッグ (中塗り)	D. アレスゴムマイルラフ (弾性中塗り)
	2. 希釈率……	0、1、3、5 (%)	

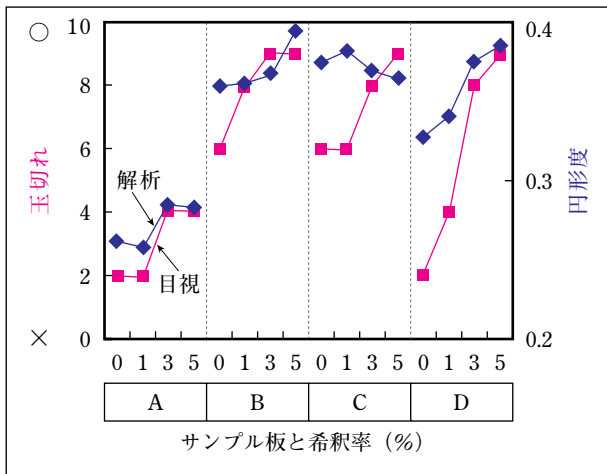


図10 玉切れと円形度の相関グラフ

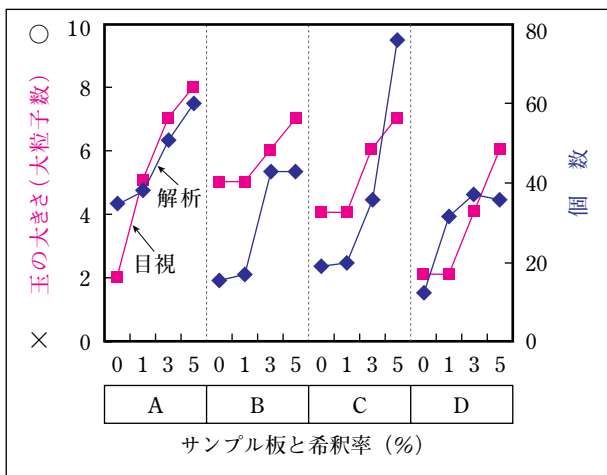


図11 玉の大きさと個数の相関グラフ

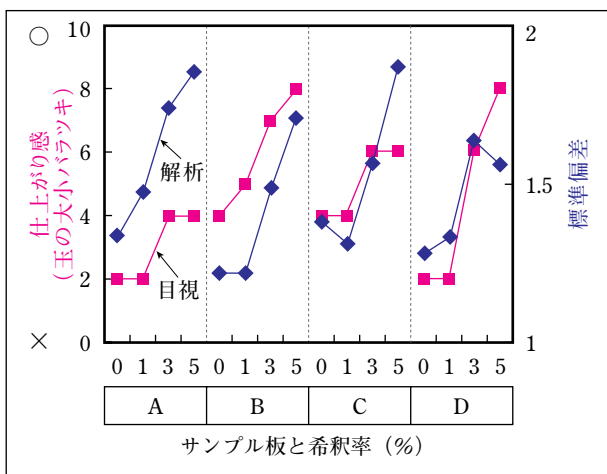


図12 仕上がり感と標準偏差の相関グラフ

7. まとめ

今回、テクスチャー模様の定量化法として、平面の画像抽出、立体面の3D形状抽出の考えから数値化する事を可能とした。平面、立体面共に抽出画像をいかに素材と玉形状を区分するかが重要であった。平面については、素材と玉形状にコントラストを与え、2値化処理による解析と、玉と玉とのつながりを分離し、一つの玉粒子を捕らえる事で定量解析を試みた。また、立体面については、官能評価に該当する玉形状を抽出し、素材と玉形状を区分するためある高さまでマスクをかけ、その最大高さの断面を解析する手法を試みた。これらの結果から、従来の官能評価と、今回の定量評価はいずれの要因についても良い相関が得られるという事がわかった。

8. おわりに

外壁外装材テクスチャー模様を定量解析手法を用いて、今後、建築塗料分野への紹介を行い、塗料・塗装設計業務での活用を図る。また、更なる簡素化、高精度計測とハンディタイプ計測機の検討が重要課題としてあげられる。

参考文献

- 1) 野村栄治、平山徹:塗料の研究、No.132, p.22 (1999)