

# 「飯粒」汚れが付きにくい食器の開発

戦略・デザイン科 武内浩一  
窯研株式会社

## 要 約

本研究で開発する技術は、階層化された立体構造を、通常の陶磁器食器の表面に印刷技術で複合化し、水との親和性に優れた機能性の被覆膜を形成することにより、自動食器洗浄機で洗浄する時に、食器表面から飯粒が落ちやすくなり、洗浄効果が向上することを意図したものである。本研究によりスクリーン印刷装置を用いて、数百～数十ミクロンサイズのパターンを三次元的に構築することが可能となった。さまざまなパターンと特性が異なる数種類の材料を用いて、印刷用インクを調製して試験タイル上に印刷・焼成し、表面の濡れ性を評価した結果、全ての試験体で「親水性」ではなく「はっ水性」を示した。実際の飯碗にパターンを作製した試作品で、飯粒の付着性について一般の主婦を対象にアンケート調査を行い、印刷処理した部分は未処理の部分に比べて飯粒が付着しにくいとの評価が得られた。量産工場での製造試験を行った結果では、転写紙による上絵印刷では設計どおりの印刷パターンが構成されており、量産品への応用においても印刷品質は確保されており、商品化への技術的な課題はない。

キーワード：スクリーン印刷、ミクロンサイズの三次元パターン、濡れ性、アンケート調査

## 1. はじめに

自動食器洗浄乾燥機（食洗機）を使った時の洗いにくい汚れでは、「飯粒」は上位の問題にあげられている。ご飯は毎日食べるものであり、洗い残しに対するユーザーの不満は大きい。食洗機で飯粒を落とすやすくなるためには、食器表面と飯粒の間に強い付着力を発生させないことである。大手住宅メーカーのLIXILは、カタツムリの表面構造からヒントを得た技術を開発し、汚れが落ちやすい外壁タイルや衛生陶器を商品化している。カタツムリの殻は表面にそれぞれ500/100/10 $\mu$ m程度の、互いに交差する階層的な構造を有しており、この構造により「親水性」が発現され、常に「濡れた」表面となっている。このため油成分や粉塵が殻に付着しにくく、また雨で汚れが流し落とされる「自己洗浄性」が保たれている。

本研究では、「上絵付け」の印刷技術を用いて、数百～数十 $\mu$ mのサイズで構成される構造を食器の表面上に形成し、飯粒との間に強い付着力が発生しない食

器を開発することを目的とした。

## 2. 実験方法

カタツムリに似た表面構造を釉上に形成するため、以下の方法で試作品を作製した。

- (1) スクリーン印刷技術により数百～数十ミクロンサイズの三次元的構造を作製する。
- (2) 上絵転写技術により、釉薬表面上に上絵付け温度（約800℃）焼成で立体構造を構築する。
- (3) 試験体表面の濡れ性を評価する。
- (4) 上絵転写技術を応用して、飯碗内側に立体構造を持った製品を試作する。
- (5) アンケート調査で飯粒の付着性を評価する。
- (6) 一般商品（量産品）における印刷品質を確認する。

### 2.1 印刷方法および焼成試験

本研究には表1の製版システムを使用した。

(基本パターンの試作試験)

基本パターンは、転写紙で試験を行った。印刷再現

表1 製版システムの仕様

項目	仕様
システム	インクジェットプリンター
製造メーカー	姉ミナグループ*
型式	ホシジェットシステム CTS-6090
印字方式	オンデマンドヒート方式
最大作画サイズ*	600 × 900 mm
出力解像度	1,440×2,880 dpi

性が良いスクリーン印刷による、転写紙焼付けで試験体を作製した。ぬれ性を測定するため、フラットな表面を持つ陶板タイル上に転写紙を焼き付けた。使用した製版システムで設定どおりの印刷精度が達成できるかどうかを確かめるため、本装置で版下フィルムを作成し、通常のスクリーン印刷技法で上絵転写用の製品（転写紙）を試作した。

立体的な三次元方向への印刷能力を調べるため、複数回の多層印刷を行って、技術的に作製可能な最大厚みを確認した。

転写紙用台紙に印刷した34種類の条件から、釉薬上に構成する立体形状がドットとラインの2種類を選択し、連続繰り返しのパターンとして、線幅設定100  $\mu\text{m}$  (固定)、印刷間隔100、200、300、400  $\mu\text{m}$  の4種類を選択した。

## 2.2 濡れ性の評価

濡れ性の評価では、学術的に意味がある方法は、器物表面に滴下された個々の液滴と器物表面とが成す角度（濡れ角）を測定することである。しかし、この方法は専用の測定装置を使い、また測定する試験体の形状が指定されているため、印刷した全ての試験体を測定するためには試料を加工するだけでも長時間を必要とする。

そのため今回は、計測の精度は悪くなるが、簡易的に濡れの程度を評価する方法を考案した。一定量の水を試料上に滴下して、円形に広がった水滴の広がり具合が濡れ性を示していると考え、水滴の直径をノギスで測定し、水滴の寸法を濡れ性の評価指標とした。この場合、厳密に定量された一定量の水を、タイル表面上に静かに滴下する必要がある。この作業には、精密化学分析用の定量ピペットを用いて行った。事前のテストで150  $\mu\text{l}$  (マイクロリットル) の水量が、陶板タイル上で測定に適したサイズに広がることを確かめ、以後はこの条件に固定して、実験を行った。実験の様

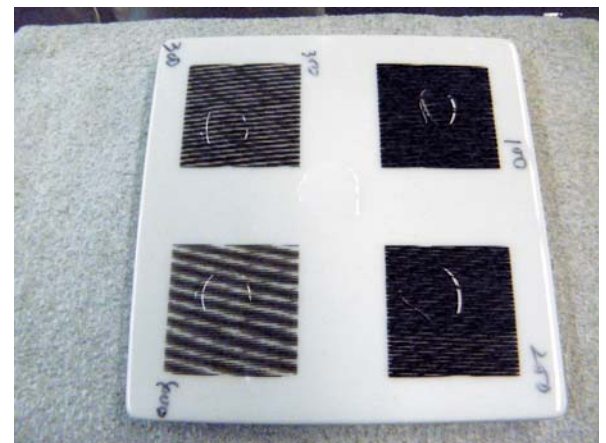
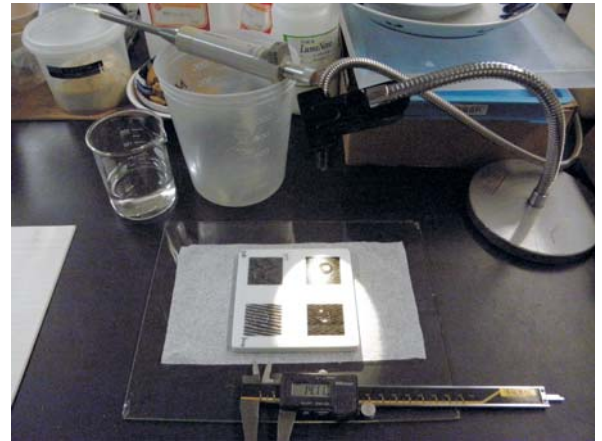


図1 濡れ性の簡易測定実験

子を図1に示す。

## 2.3 飯碗への転写と試作品の評価

(応用パターンの試作試験)

応用パターンでは試験体を実際の器物である飯碗とし、その表面に印刷を行った。飯碗内面は凹面状に湾曲しているため、印刷精度を維持して平面状の転写紙を張ることは難しい。最初に「たるみ」や「しわ」などが発生しない場所の、縁から2cmほど下がった部分にテープ状の転写紙を貼って試験体を作製した。試験体は基本パターンの試験結果から表3に示した4種類（茶碗A～D）を選択した。応用パターンを焼き付けた試験体をtype-1とした(表4中の写真左)。

type-1の洗浄効果を調べるため、外部の協力者に使用アンケートを依頼した。アンケート結果は処理部分の位置設定が適切でなく、正確な使用効果が判断できないという意見が多数あり、評価を確定することができなかった。使用効果が確認できないと、研究を進めることができないので、貼付位置を改善したtype-2の試験体を作製した(表4中の写真右)。飯碗の底の比較的湾曲が強くない部分に、円形の転写紙をしわが

生じないように貼って焼成した。パターンはtype-1と同じ4種類（茶碗A～D）である。type-2について、も外部の協力者に使用アンケートを依頼した。

### 2.4 一般商品への応用

(実用パターンの試作試験)

実用パターンは、応用パターンの使用者アンケート結果から、最も効果を感じられると評価されたパターンを選択し、協力企業（窯元）において印刷と焼成を行った。試作品TypeⅢは上絵転写紙を飯碗の底部に貼って焼成した製品である（図4）。商品化を考慮して、TypeⅢの試験体の色は黒ではなく、白色～半透明とした。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 印刷方法および焼成試験

上絵転写用の台紙に印刷された顔料の線幅や形状を顕微鏡で観察した例を図2に示す。設定した印刷条件（紗のメッシュ、設定印刷幅）と実際に印刷された線幅の測定結果を表2に示す。

複数回の多層印刷を行って、技術的に作製可能な最大厚みを確認した結果を図3に示す。印刷回数と顔料の厚みが良好な比例関係にあることがわかる。

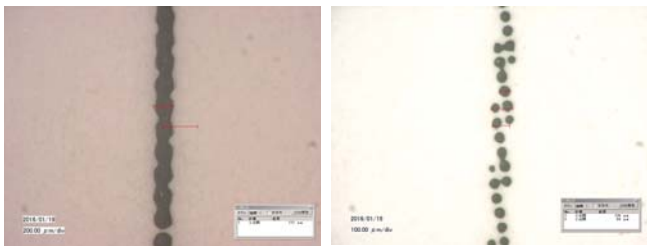


図2 印刷された顔料の線幅や形状

### 3.2 濡れ性の評価

基本パターンでの濡れ性測定結果を表3に示す。今回行った評価方法では測定精度が高くないため、「洗浄-乾燥-測定」のセットを3回繰り返した。また表面特性の評価は、印刷した試験板上において、印刷していない部分の釉薬表面を標準（対照/blank）として測定し、この値と印刷処理した表面の数値を比較する方法で評価した。印刷面の数値が標準（釉薬）よりも大きいと「親水」的な処理となり、小さいと「はっ水」的な処理が行われたことになる。表3の実験では、全ての試験体で標準よりも小さな値となっており、「はっ水」性の表面になっていることがわかる。

基本パターンでの実験結果は、今回選択した全ての材料と印刷パターンで構築した表面構造が、当初目標としていた「親水性」ではなく「はっ水性」の特徴を持つ表面であることを示している。試作品が当初目標としていた機能とは逆の傾向を持つことが明らかとなったが、はっ水性表面を利用した防汚技術の報告や特許も多く出されていることから、当初の計画にしたがって、応用パターンの作製と試作品の評価、実用パターンの作製と試作品の評価を行った。

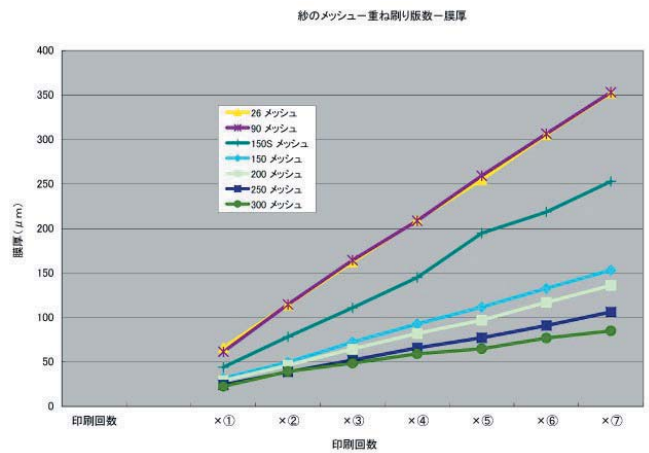


図3 印刷回数と厚みの関係

表2 印刷条件と印刷された線幅

紗のメッシュ、設定線幅、印刷線幅

(単位: μm)

設定線幅	紗のメッシュ	26 メッシュ	90 メッシュ	150S メッシュ	150 メッシュ	200 メッシュ	250 メッシュ	300 メッシュ
0.700mm		802	732	682	844	679	678	751
0.500mm		725	497	492	548	526	569	559
0.300mm		406	312	264	364	279	289	352※
0.100mm		×	×	×	148	112△	66	126※
0.050mm		×	×	×	×	×	43△	64※
0.010mm		×	×	×	×	×	×	×
0.001mm		×	×	×	×	×	×	×



表3 基本パターンでの濡れ性測定結果

水滴のぬれ性試験

水滴量: 150 $\mu$ l

メッシュ	間隔	計測値(1日目)			計測値(2日目)			計測値(3日目)			試作品
		1	2	平均値	1	2	平均値	1	2	平均値	
AL-30	100	10.5	12.0	11.3	11.1	-	11.1	11.5	-	11.5	茶碗 B
	200	11.2	12.5	11.9	11.0	-	11.0	11.2	-	11.2	
	300	12.0	-	12.0	11.6	-	11.6	12.1	-	12.1	
	400	11.8	-	11.8	12.6	-	12.6	12.4	-	12.4	
	blank	13.0	-	13.0	11.9	-	11.9	12.5	-	12.5	
BL-25	100	13.6	-	13.6	13.3	-	13.3	12.6	13.1	12.9	
	200	12.3	-	12.3	12.3	-	12.3	12.2	-	12.2	
	300	13.1	-	13.1	14.0	-	14.0	14.2	-	14.2	
	400	12.6	-	12.6	13.3	-	13.3	13.1	-	13.1	
	blank	16.5	-	16.5	15.6	18.4	17.0	15.0	-	15.0	
CL-200	100	13.2	-	13.2	13.1	-	13.1	12.8	-	12.8	
	200	13.1	-	13.1	13.6	-	13.6	14.3	-	14.3	
	300	13.2	-	13.2	14.0	12.0	13.0	14.0	-	14.0	
	400	13.1	-	13.1	13.7	-	13.7	14.2	-	14.2	
	blank	14.0	-	14.0	13.6	15.0	14.3	15.6	12.4	14.0	
DL-15	100	13.8	-	13.8	13.1	-	13.1	13.3	-	13.3	茶碗 D
	200	14.2	-	14.2	12.8	-	12.8	13.4	-	13.4	
	300	14.1	-	14.1	13.7	-	13.7	14.4	-	14.4	
	400	14.6	-	14.6	13.4	-	13.4	12.8	-	12.8	
	blank	16.3	15.4	15.9	14.5	-	14.5	14.9	-	14.9	

3.3 飯碗への転写と試作品の評価

外部の協力者による使用アンケート結果を表4に示す。type-1の結果と比べて、type-2では明らかに「良くなった」との評価が増えている。

3.4 一般商品への応用

最も評価が高かった印刷パターンを選択して、実用パターンとして、量産工場での製造試験を行った結果、転写紙による上絵印刷で、設計どおりの印刷パターンが構成されていた(図4)。量産品への応用においても印刷品質は確保されており、商品化への技術的な課題はない。

4. まとめ

本試作で開発する技術は、階層化された立体構造を、通常の陶磁器食器の表面に印刷技術で複合化し、水との親和性に優れた機能性の被覆膜を形成することにより、自動食器洗浄機で洗浄する時に、食器表面の親水性機能によって飯粒が器物から落ちやすくなり、洗浄効果が向上することを意図したものである。

試作開発は、①機器の印刷精度とパターン構成の確認、②親水性を評価するための基本パターンの作成、

③基本パターンの転写紙化と試験陶板への上絵印刷焼成、④試験陶板を用いてのぬれ性試験、⑤ぬれ性試験結果を反映した応用パターンの作成と試験体での評価(アンケート調査)、⑥量産工場での実用パターンを印刷した飯碗の生産試験と印刷結果の評価の順に行った。

研究の結果、スクリーン印刷装置を用いて、数百~数十ミクロンサイズのパターンを三次元的に構築することが可能となった。さまざまなパターンと特性が異なる数種類の材料を用いて印刷用インクを調製して試験タイル上に印刷・焼成し、表面の濡れ性を評価した結果、全ての試験体で「親水性」ではなく「はっ水性」を示した。試作試験では、作製した試作品が当初目標としていた機能とは逆の特性を持つことが明らかとなったが、はっ水性表面を利用した防汚技術の報告や特許も多く出されていることから、当初の計画どおり、応用パターンの作製と試作品の評価、実用パターンの作製と試作品の評価を行った。

飯碗への応用パターンの実験では、飯粒の付着性について一般の主婦を対象にアンケート調査を行い、印刷処理した部分は未処理の部分に比べて飯粒が付着しにくいとの評価が得られた。最も評価が高かった印刷パターンを使って量産工場での製造試験を行った結果、

設計どおりの印刷パターンが構成されていた。量産品への応用においても印刷品質は確保されており、商品化への技術的な課題はない。

表 4 使用アンケート結果

設問	A		B		C		D		混合
	type-1	type-2	type-1	type-2	type-1	type-2	type-1	type-2	
<b>【食事中】</b>									
①違いがない	1	3	2	0	1	0	3	1	6
②悪くなった	0	0	0	0	1	0	0	0	0
③良くなった	2	2	0	5	1	4	2	3	1
④わからない	1	0	0	0	1	0	1	1	0
<b>【洗浄前】</b>									
①違いがない	2	0	2	0	2	0	1	0	4
②悪くなった	0	0	0	0	0	0	0	0	0
③良くなった	1	5	0	4	1	4	2	3	2
④わからない	1	0	1	0	1	0	1	1	1
<b>【洗浄中】</b>									
①違いがない	0	3	1	2	1	1	1	1	5
②悪くなった	0	0	1	0	0	0	0	0	0
③良くなった	2	2	0	1	2	3	3	2	2
④わからない	2	0	1	1	0	0	0	1	0

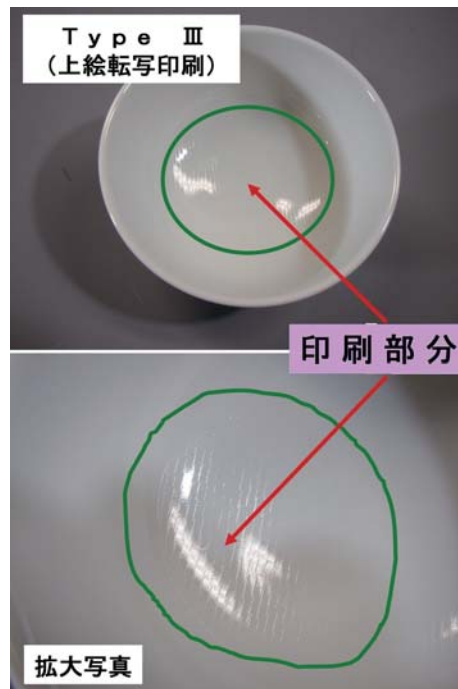
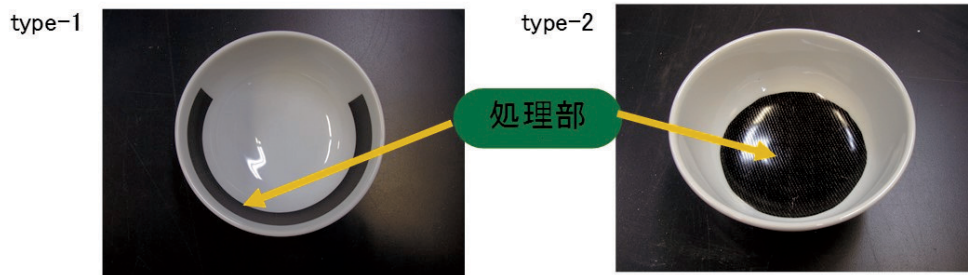


図 4 量産品への応用