

画像解析によるモアレ効果の研究

環境図形科学 A05TD013 隅内 修

1. 研究の目的と背景

近年、ファサードがデザインの核となる建築がファッションブランドの店舗などに見られる。中でも象徴的なのは青木淳によって設計されたルイヴィトン名古屋店に見られる、市松模様をプリントした外側のガラス面と奥の壁面の市松模様とが重なってモアレ効果を生み出しているファサードである。ここでモアレ効果とは、規則正しい繰り返し模様を複数層重ね合わせたときに、周期のずれにより特有の縞模様が発生することである。この模様は視点によって変化するため、観測者の動きに合わせて壁面が変化して見えるように感じられる。この他にもヘルツォーク&ド・ムーロンが、1999年に設計した州立病院ロッセティ医薬研究所でモアレ効果を利用してなど、モアレ効果の視覚的変化を利用した建築空間が近年増えてきていると考えられる。既往の研究では三好ら¹⁾がデジタル情報保護にモアレを用いた研究などが存在するが、本研究ではアニメーションを用いてモアレの映像的変化を客観的数値によって評価し、デザインへ利用するための指標を提案することを試みている。

2. 分析の概要

2.1 分析方法

本研究ではモアレの映像的変化を客観的数値によって



図1 ルイヴィトン名古屋店のファサード

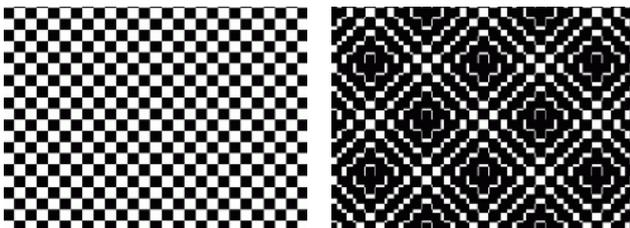


図2 モアレ効果

左図は市松模様を1面置いたもので、右図はその少し背後に市松模様をもう1面置いたもの。周期の差によるモアレ縞が確認できる。

評価するため、CG ソフトを用いてレンダリングしたモアレ画像を評価対象とする。この際の指標として、画像のピクセル毎の変化を検証する方法を取る。画像のレンダリングを黒と白で行い、アニメーションの隣接するコマ同士をそれぞれ対応するピクセル同士で比較し、白から黒、もしくは黒から白に変化するピクセルをカウントし、その割合をコマ間の画像の変化量として評価する。

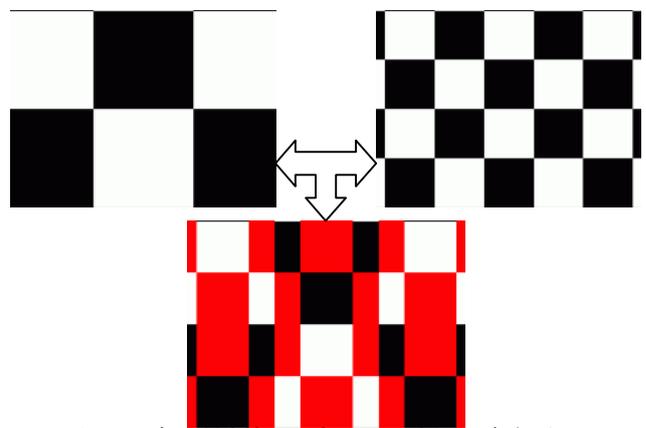


図3 変化量評価のプロセス(上図灰色部分が変化量として検出された箇所)

2.2 分析モデル

本研究では、組み合わせる繰り返し模様を変化させることによって発生する変化について検証を行った。分析に用いたのは配置図形を正方形、正三角形、円とした3パターンと、配置方法を正方格子、三角格子、六角格子とした3パターンの計6パターンである。配置方法については図6の観察面1,2をとともに同じ配置方法にして観測した場合と、違う種類の配置方法で観測した場合の計6パターンの検証を行った。

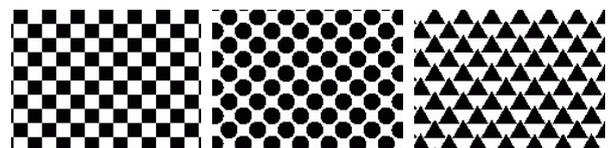


図4 配置図形別3パターン

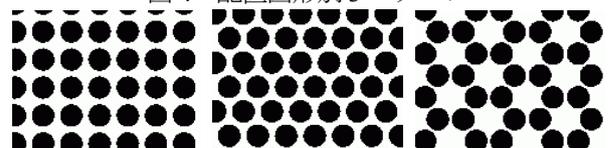


図5 配置方法別3パターン

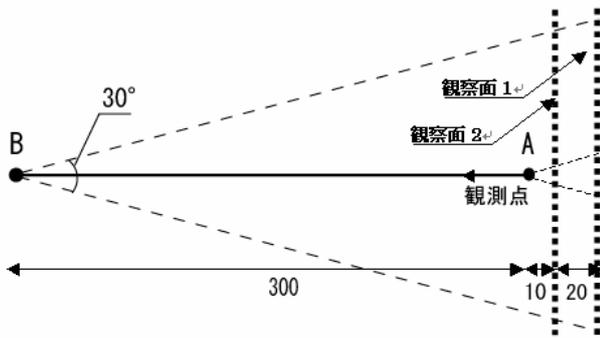


図6 分析状況俯瞰図

2.3 分析状況

繰り返し図形の幅を2としたとき、観察面1から10離れた点Aから310離れた点Bまでの300の間を観測点が移動する場合のアニメーションで検討を行った。観測点の観察面1からの距離をxと置くと、視角は 30° で固定しているため画面に表示される観察面1の幅は $2x \tan 15^\circ$ となる。例えば 800×600 ピクセルの画面で画像を表示した場合、表示された観察面1の横幅 $2x \tan 15^\circ$ は800ピクセルに相当する。

3.分析と考察

図6のA-B間の分割数を3,10,20,30,40,50,60,70,80,100,120,150,200とした時のコマ毎の変化の割合を求めた。まず観察面1のみを配置して観測し、モアレが発生しない状態でどのような変化量を示すかを求め基本状態とした。続いて観察面1と観察面2を配置して変化量を求め、非モアレ発生時と比べてどのような違いが発生するかを分析した。分析結果を図7-9に示す。分割数が増えるにつれて画像間の変化量は小さくなるため、全体的に50分割以上では変化量が減少傾向にあるが、40分割以下ではパターン毎に固有の変化を示した。全てのパターンにおいて変化量は観察面が1面のみで観測した方がモアレの発生する2面の場合よりも大きな値を取る。これは1面観察時に比べ2面観察時では前面の隙間の白部分に後面の配置図形の黒部分が表示され、画面全体で黒を表すピクセル数が白を表すピクセル数より多い状態となるため、黒から白に変化するピクセル数が単体時に比べ減少し、変化量としては比較的少なくなる事が原因であると考えられる。このため、観察面が1面時と2面時の変化量の差がモアレ効果の映像性を示す指標として考えられる。配置図形を変化させた結果としては、図7から分かるように、1面単体時の変化量は図形によって変わらず、2面時は正三角形配置時に最も変化量が大きく、円配置時に最も変化量が小さくなった。配置方法を変化させた場合では、それぞれ分割数と変化量の関係が異なるが、総合的には三角格子状配置時に1面時と2面時の変化量の差が大きく、六角格子状配置時に最も小さくなった。前後面の配置方法を変えた場合には差は生まれなかった。

以上の分析の結果をまとめたものを表1に示す。

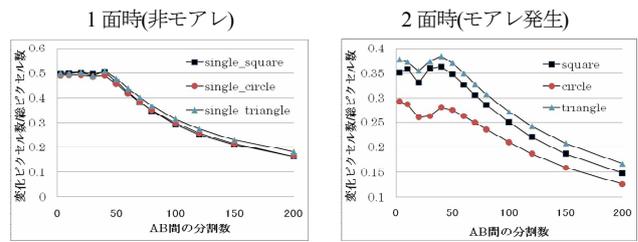


図7 配置図形別分割数と変化の割合の関係

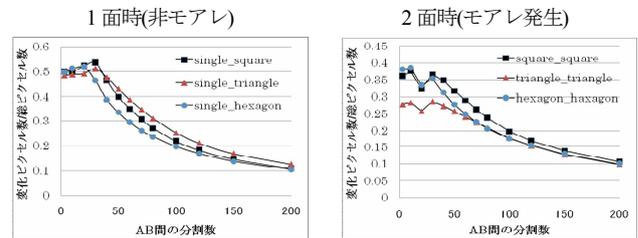


図8 配置方法別分割数と変化の割合の関係

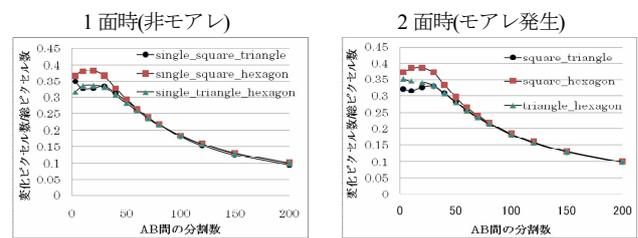


図9 前後別配置方法組み合わせモデルでの分割数と変化の割合の関係

表1 各パターン分析比較表

配置図形		1面時変化量	2面時変化量
		ほぼ変化なし	正三角形>正方形>円
配置方法	前後面同一配置	AB間40分割以上 三角格子>正方格子>六角格子 30分割 正方格子>三角格子>六角格子 20分割以下	AB間40分割以上 ほぼ変化なし 30分割 正方格子>三角格子>六角格子 20分割以下
	前後面別配置	AB間40分割以上 ほぼ変化なし 30分割以下 正方格子+六角格子>他パターン	AB間50分割以上 ほぼ変化なし 40分割以下 正方格子+六角格子>他パターン 20分割以下 三角格子+六角格子>他パターン
配置図形		1面と2面の変化量の差	コマ毎の変化量の分布
配置方法		円>正方形>正三角形 三角格子>正方格子>六角格子	図形による変化なし 六角格子時変化量が周期的に増減
配置方法		ほぼ差なし	変化量が周期的に増減

4.まとめ

本研究により以下の知見を得た。

- 配置図形別に見ると、モアレ発生時と1面単体時の差は円配置時に最も大きくなり、正方形と正三角形の場合においてはあまり変化が見られない。これは正多角形の頂点数が関係している可能性が示唆される。
- 配置方法別に見ると、モアレ発生時と1面単体時の差は三角格子状配置時に最も大きくなり、次いで正方格子状配置時、六角格子状配置時の順に差が小さくなる。これは配置格子の頂点数が少ないほど差が大きいという結果になった。
- 前後面の配置方法を違う種類にするとどの組み合わせもモアレ発生時と1面単体時の差は発生しなかった。

参考文献

1)三好邦彦, 姜 錫, 坂本 雄児, モアレパターンを用いた電子透かし法に関する検討, 2007年度電気学会研究会資料 pp.51-56