

# モアレ効果の定量的評価に関する基礎的検討

環境図形科学研究室 隅内修

街路におけるファサードの新しい表現手法としてモアレ効果を用いたものが見られ、高い誘目性を有する優秀なファサードであると思われる。本研究では、ファサードにモアレを用いることによって得られる誘目性が視覚的運動感に起因する点に着目し、格子のパラメータとそれによって発生するモアレの視覚的運動感の差異を明らかにすることで設計に際しての指標作成と新たな表現手法の提案を目的とした。今回は、CGによってモアレ動画を作成し、画像解析による物理量と主観評価実験による心理量をそれぞれ算出した。その結果、主観評価実験においては評価に配置図形の影響が大きく、実際の変化の大きさと見た目の変化の大きさには相関関係がないことが明らかとなった。これらの実験から節点移動型モアレを提案し、主観評価実験によってその誘目性に対する有効性と、節点移動型モアレの評価には配置方法の影響が大きいことを確認した。さらに節点移動型モアレに視覚復号型暗号を用いた新たな表現手法を提案した。

## 1. はじめに

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。その中でも青木淳によって設計されたルイヴィトン名古屋店はダブルスキン工法に市松模様を配置し、モアレ効果を生じさせる事によって高い誘目性を獲得している。ここでモアレとは、市松模様のように規則的に並んだ格子を複数層重ね合わせたときに、距離差による空間周波数のわずかな違いによって特有の模様(モアレ模様)が発生する現象である(図1参照)。この現象は変位の測定<sup>[1]</sup>や衣服への応用<sup>[2]</sup>、電子情報の保護<sup>[3]</sup>など多岐に渡って利用されており、モアレ模様をデザインに応用した研究<sup>[4]</sup>も見られる。重ねる格子の間に隙間を設けて配置した場合、観察者の位置によってモアレ模様に変化するため、視点の動きに合わせた視覚的運動感が発生する。モアレの誘目性がこの視覚的運動感に起因すると考えた筆者らは前報<sup>[5]</sup>において、CGにて作成したモアレ動画に画像解析を行い、モアレ模様の変化を客観的数値によって評価することを試みている。

本研究ではモアレ動画の視覚的運動感に対する心理量を主観評価実験にて調査し、見た目の変化が大きいモアレの特徴を捉える。その結果から、設計にモアレを用いる際の指標を作成し、さらにその結果を踏まえてファサードに有用なモアレを提案することを目的とする。

## 2. 主観評価実験の概要

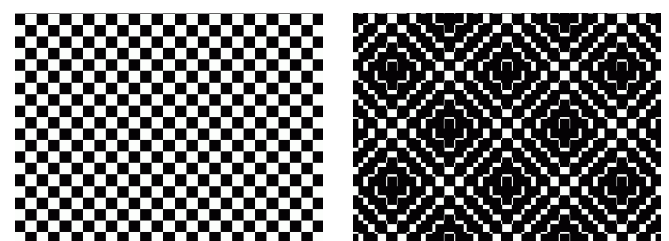
### 2.1. 実験の目的

実験では、CGで再現したモアレ動画の誘目性について主観評価を行う。評価基準として、誘目性の基本的要件の1つと考えられる「見た目の変化の大きさ」という心理尺度を用いた。本実験の目的は、被験者の評価とモアレ動画の関連性について明らかにすることである。

### 2.2. 評価モデル概要

モアレ動画における観察点位置と格子位置を図2に示す。観察点から見て前面と背面に格子を配置する。観察点は格子面に対して垂直方向に、視野角 $30^\circ$ として点Aから点Bの間を往復する。観察点の前面格子からの距離を観察点距離、格子間に設けられた距離を格子間距離とする。観察点距離を $x$ と置くとき、視角 $30^\circ$ で固定しているため画面に表示される前面格子の幅は $2x \tan 15^\circ$ となる。 $800 \times 600$  pixの解像度で動画を表示した場合、表示される前面格子の横幅 $2x \tan 15^\circ$ が800 pixにあたる。

本研究ではモアレを生じさせる格子について、その基本図形、配置方法、基本図形の配置間隔(ピッチ)、格子に対して基本図形が占める割合(格子密度値=D値)の4点を



(a) 市松模様 1面配置 (b) 市松模様 2面配置

図1 モアレ効果

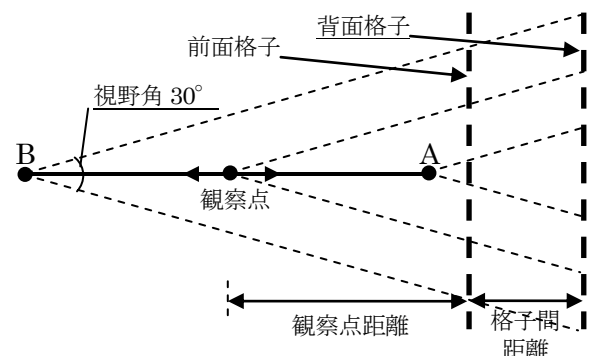


図2 動画における観察点と格子位置(平面図)

格子のパラメータとして捉え、これらを変化させたモアレ動画を被験者への呈示刺激とした。図 1(b)のモアレ模様において、黒部分は前面格子の隙間から背面格子の基本図形が見えている部分であり、本研究ではこれを節点と呼ぶ。図 2 に示す分析状況で、前面格子と背面格子のピッチが同じであれば節点位置は一定となる。

基本図形は円、正方形、正三角形の 3 種とし、配置方法は三角格子状、正方格子状、六角格子状の 3 種とした。(図 3、図 4 参照)

### 2.3. 実験方法及び条件

モアレ動画を呈示刺激として、サーストンの一対比較法を用いた主観評価実験を行う。実験は暗室内で行い、呈示刺激を二つ並べたスライドを暗室内のプロジェクターで投射し、より見た目の変化が大きいと感ずる方を選択させる。暗室内における被験者と投影面の距離は 2,100(mm) 程度、プロジェクターと投影面の距離は 1,600(mm) とし、スクリーンに投影したスライドの中心高さは被験者の視線高さと同程度とした。この時、スクリーン上での刺激のサイズは縦 300(mm)、横 400(mm) 程度となる。実験前にモアレに関する説明、実験手順、判断基準を被験者に教示し、その後実験を開始する。この時間を以て被験者の暗順応が完了したとみなしている。

## 3. 節点位置固定動画による分析

### 3.1. 分析モデル

分析に用いたモデルを図 5 に示す。前面格子と背面格子を一致させた場合、配置方法を正方格子状配置として基本図形を円、正方形、正三角形とした 3 種類と、配置図形を円として配置方法を三角格子状配置、正方格子状配置、六角格子状配置とした 3 種類、基本図形を三角形として配置方法を六角格子状配置とした 1 種類の計 7 種類を呈示刺激とした。円の正方格子状配置においては、元の格子とそれを 45°回転させたものの 2 パターンを用意した。それぞれの格子において、 $D=0.5$  となるように図形幅とピッチを設定する(正三角形の六角格子状配置時を除く)。前面格子と背面格子が異なる場合、配置方法を組み合わせた計 3 種を提示刺激とした。

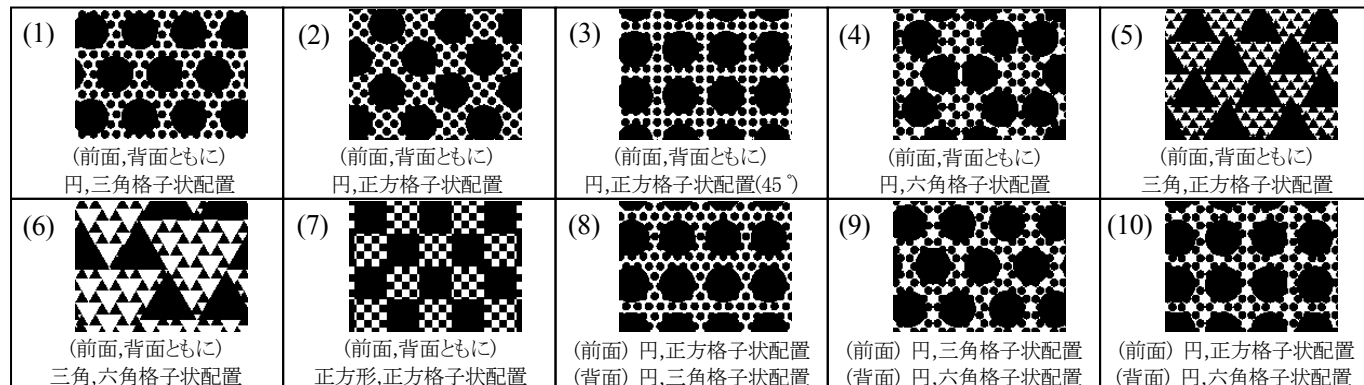


図 5 分析モデル 10 種

格子を重ねることによって現れる節点の位置について、前面格子と背面格子を一致させた場合は格子の配置方法と同様の配置となり、この分析状況において節点位置は一定となる。前面格子と背面格子が異なる場合、現れる節点に法則性が無く、位置も格子の配置方法に依らない。

基本図形幅 2、格子間距離 66、視野角 30°としたとき、観察点距離 10(点 A)から 210(点 B)までの距離 200 の間を観察点が 8 秒間で往復する(動画 1 コマ 0.02 秒、移動距離 1)場合の動画で検討する。これらの数値は全て CG ソフト内での数値であるが、同比率であれば現実空間においても同様のモアレが得られると考えられる。

### 3.2. 分析モデルの心理尺度値算出

図 5 の分析モデルを用いて一対比較法による主観評価実験を行った。被験者数は正常な視力を有する 20 名(男性 18 名、女性 2 名、19~25 歳学生)である。この実験からサーストンのケース V を適用して算出した、見た目変化の大きさに対する心理尺度値を図 6 に示す。算出した

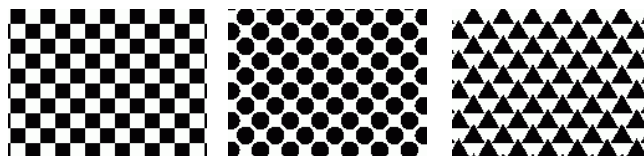


図 3 基本図形別 3 パターン

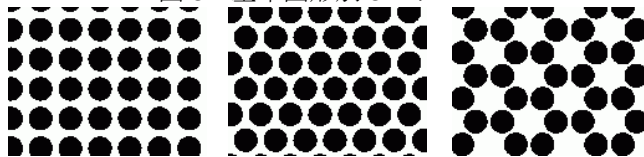


図 4 配置方法別 3 パターン

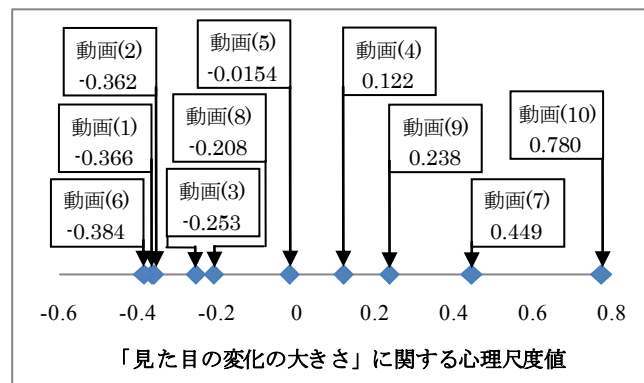


図 6 各動画の心理尺度値

尺度値が高いほど見た目の変化が大きいと評価されたとみなせる。円の正方格子状配置と六角格子状配置を組み合わせたものが最も見た目の変化が大きく、次いで正方形の正方格子状配置、円の三角格子状配置と六角格子状配置を組み合わせたパターンの順に見た目の変化が大きい。反対に円の正方格子状配置、円の三角格子状配置、三角形の六角格子状配置は見た目の変化が小さい。

配置方法が正方格子状配置である動画を基本図形別で見た場合、それぞれ距離が離れており、特に基本図形が正方形の時に高く評価されている。また、基本図形が円である動画を配置方法別で見た場合、六角格子状配置は他二点に比べ評価が高い。

#### 4. 画像解析による画素変化量の算出

##### 4.1. 画像解析の目的

筆者らが前報<sup>5)</sup>で求めた画像解析による手法を用い、モアレ動画の実際の変化の大きさを調べる。動画の隣接するコマ同士をそれぞれ対応する画素同士で比較し、白から黒、もしくは黒から白に変化する画素をカウントし、その割合をコマ間の変化の大きさとして評価する(図7参照)。モアレ動画の画素変化量(以下 CP(Changed Pixel) 値)の平均とその標準偏差を求める事で、動画の実際の変化の大きさを実数で表わす事が出来る。

この数値を図5の分析モデルについてそれぞれ算出し、先程求めた見た目の変化の大きさに関する心理尺度値との関係を明らかにすることがこの画像解析の目的である。

##### 4.2. 分析モデル画像解析結果

動画のコマ数を100分割(動画のコマ0.04秒分)、200分割(動画のコマ0.02秒分)とした場合についてそれぞれ CP 値の平均とその標準偏差を求めた。(図8参照)

##### 4.3. 心理尺度値と CP 値の比較考察

一対比較実験によって求めた見た目の変化の大きさに関する心理尺度値と、画像解析によって求めた実際の変化の大きさを比較考察する。動画のコマ数を100分割、200分割とした場合の CP 値平均と標準偏差値をそれぞれ横軸に、心理尺度値を縦軸においたグラフを図9、10に示す。結果として、どの条件においても相関係数は低い値を示した。CP 値平均はモアレ動画の変化の大きさを、標準偏差はそのゆらぎの度合いを示す値であると考えられるが、いずれも見た目の変化の大きさには結びつかなかった。これには以下2点の理由が考えられる。

- (1) CP 値の平均値、標準偏差値の動画毎の差異が小さい為、結果に及ぼす影響が小さい。
- (2) CP 値の平均値、標準偏差値に関わらず、格子のパラメータが結果に影響する。

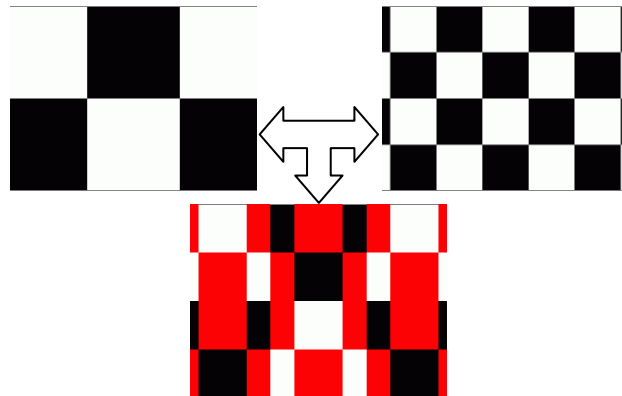


図7 画像解析による CP 値測定概要図

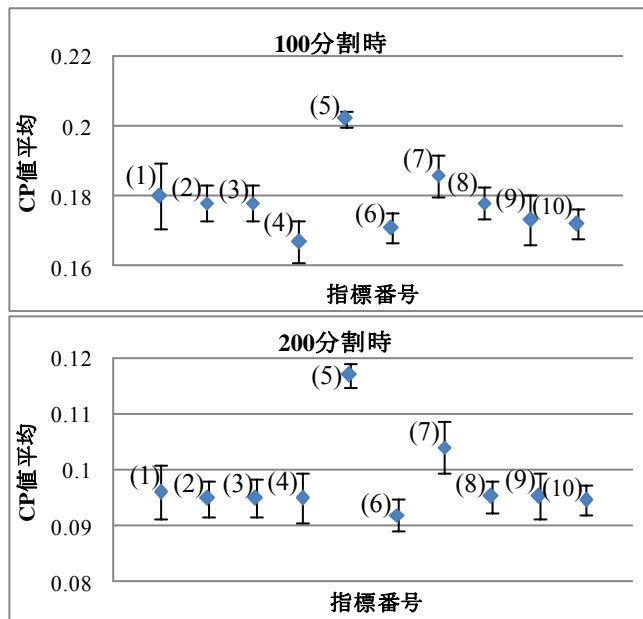
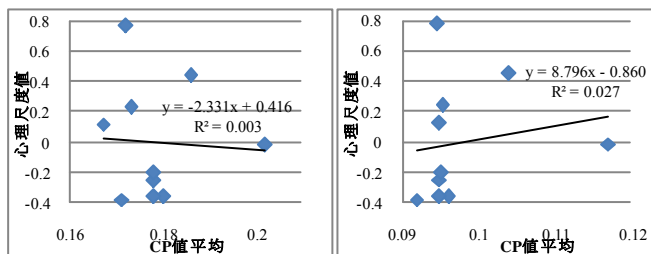
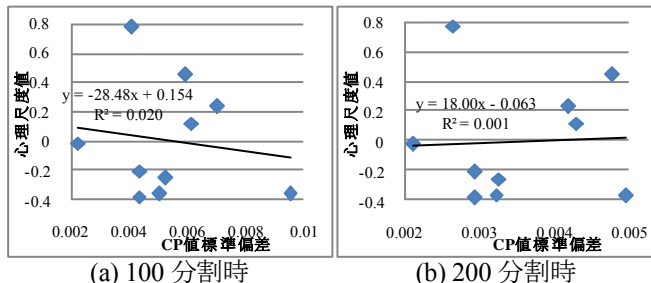


図8 動画毎の CP 値平均及び標準偏差



(a) 100 分割時 (b) 200 分割時  
図9 心理尺度値と CP 値平均の関係



(a) 100 分割時 (b) 200 分割時  
図10 心理尺度値と CP 値標準偏差の関係

#### 5. CP 値調節動画による分析

前節による仮定を鑑み、動画毎の CP 値差異をより大とした上で再び主観評価実験を行った。CP 値の調節方法として、格子に対して基本図形が占める割合である D 値を変化させる。

### 5. 1. 分析モデル

分析に用いたモデルを表 1 に示す。前面格子と背面格子には同じ格子を用いる。D 値による評価の差異を顕著にするため、呈示刺激の配置方法は正方格子状配置で固定し、配置図形を円、正方形、正三角形とした場合について考察を行う。D 値については、検討時に D=0.3 でモアレ動画の CP 値が最大となった事から、D=0.3、0.5、0.6 を代表値として挙げる。基本図形を正方形、正三角形とした場合については、基本図形が重ならないように配置する D 値の限界値がそれぞれ 0.5、0.55 であるという関係から、D=0.3、0.5 の 2 種を用いる。

基本図形の幅 2、格子間距離 66、視野角 30°とし、観察点距離 20 から 220 までの距離 200 を観察点が 8 秒間で往復する場合の動画で検討する。

### 5. 2. 分析モデルの CP 値算出

100 分割時と 200 分割時について分析モデル 7 種の CP 値平均、CP 値標準偏差を算出した。結果を図 11 に示す。結果として CP 値平均は D 値が 0.3 の時に明らかに高くなり、CP 値平均の最大値と最小値を比較すると、最大値を基準として 4 割程度の差異が現れている。標準偏差値の傾向は D 値や基本図形に依らない傾向にある。

### 5. 3. 分析モデルの心理尺度値算出

表 1 の分析モデルを用いて、一対比較法による主観評価実験を行った。被験者数は正常な視力を有する 32 名(男性 23 名、女性 9 名、19~25 歳学生)である。この結果からサーストンのケース V を適用して算出した、見た目変化の大きさに対する心理尺度値を図 12 に示す。

基本図形別で見た場合、特に基本図形が正方形の時に高く評価されている。基本図形を正三角形とした場合は D 値によって評価が大きく分かれ、基本図形を円とした場合は比較的评价が低い。D 値で結果を見た場合、D 値が低い程評価が低くなる傾向が現れた。

### 5. 4. CP 値と心理尺度値の比較

5.2 項で求めた各動画の CP 値(実際の変化の大きさ)と、5.3 項で求めた心理尺度値(見た目の変化の大きさ)を比較考察する。動画のコマ数を 100 分割、200 分割とした場合の CP 値平均とその標準偏差値をそれぞれ横軸に、心理尺度値を縦軸においたグラフを図 13、14 に示す。

4.3 項よりも CP 値の差異を大として行った実験であったが、CP 値と心理尺度値の相関係数はやはり低い値を示した。以上の結果及び前節の結果から、心理尺度値、つまり見る人にとって変化が大きいと感じるかどうかは、CP 値に関わらず、格子のパラメータが結果に大きく影響する事が唆される。見た目の変化の大きさが物理量の影響を全く受けないということは通常では考えにくく、

表 1 呈示刺激

|     | D=0.3 | D=0.5 | D=0.6 |
|-----|-------|-------|-------|
| 円   | (1)   | (2)   | (3)   |
| 正方形 | (4)   | (5)   | /     |
| 三角形 | (6)   | (7)   |       |

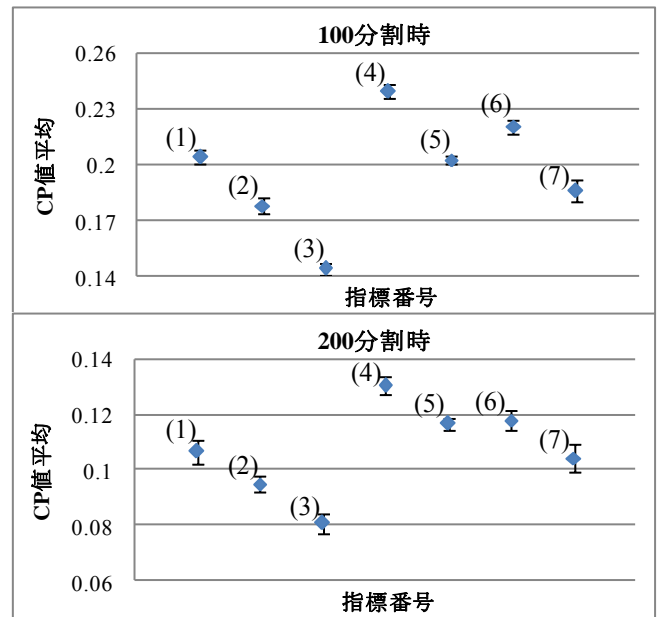


図 11 各動画における CP 値平均と標準偏差

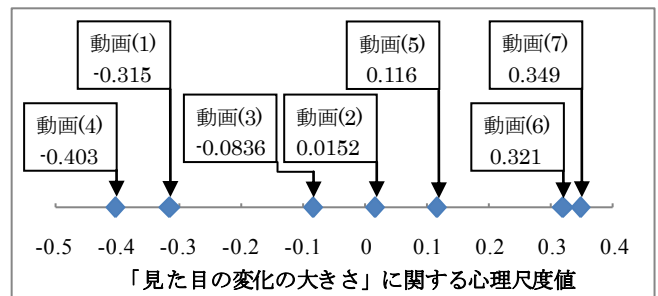


図 12 各動画の心理尺度値

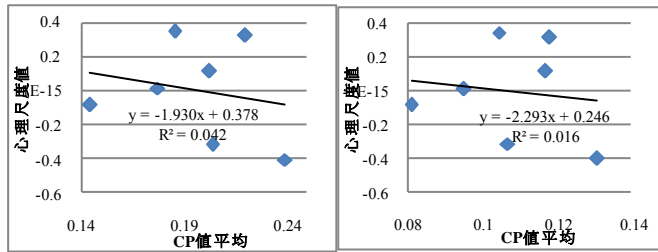
これはモアレ特有の傾向であると考えられる。モアレを設定する場面においては、格子パラメータを操作すれば誘目性の高さをコントロールすることが出来る。

## 6. 節点移動型モアレの提案と評価

### 6. 1. 節点移動型モアレについて

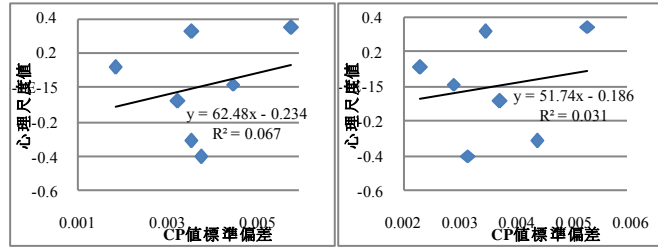
3.2 項の主観評価実験において、基本図形を円として、前面格子の配置方法を正方格子状、背面格子の配置方法を六角格子状とした動画が特に高い心理尺度値を示した。

その原因として、正方格子と六角格子それぞれの空間周波数のズレから図 15 のように前面と背面の空間周波数が一致する観察点が存在し、その前後で節点位置の移動が発生するためだと考えられる。この性質を利用する



(a) 100 分割時 (b) 200 分割時

図 13 心理尺度値と CP 値平均の関係



(a) 100 分割時 (b) 200 分割時

図 14 心理尺度値と CP 値標準偏差の関係

事で誘目性の高いモアレ動画を作成できると考える。

図 15 において空間周波数が一致する点と前面格子間の距離を  $x$ 、格子間距離を  $l$ 、前面格子のピッチを  $a$ 、背面格子のピッチを  $ka$  ( $k$  は前面格子のピッチに対する比率)とすると、比例関係より、

$$x : a = x + l : ka$$

すなわち

$$x = \frac{l}{k-1} \quad (k > 1)$$

となる。この式より、空間周波数が一致する点は格子間距離と前面格子に対する背面格子のピッチの比率の 2 点により求められることが分かる。節点移動はこの空間周波数が一致する観察点の前後で対称であり、また空間周波数が一致する点付近でモアレ模様の変化が大きいので、この点を求める事で節点移動を把握できると考える。

本研究では前面格子と背面格子の空間周波数が一致する観察点を一致点、一致点での観察点距離を一致点距離とし、節点の移動が見られるモアレを節点移動型モアレとする。従来のモアレと節点移動型モアレの観察点位置 120 から距離 150 毎のモアレ模様を図 16 に示す。

## 6. 2. 分析モデル

分析に用いたモデルを表 2 に示す。前面格子と背面格子の基本図形、配置方法は同様とし、基本図形を円として配置方法を三角格子状、六角格子状、正方格子状とした 3 種と、配置方法を正方格子状として基本図形を正方形、正三角形とした 2 種の計 5 種を格子に用いる。この 5 種において節点移動がある場合とない場合の 2 パターンの動画を作成するため、呈示刺激数は計 10 種となる。

基本図形の幅 3、格子間距離 80、視野角  $30^\circ$  とし、観察点距離 30 から 630 までの距離 600 の間を観察点が 8 秒間で往復する場合の動画で検討する。

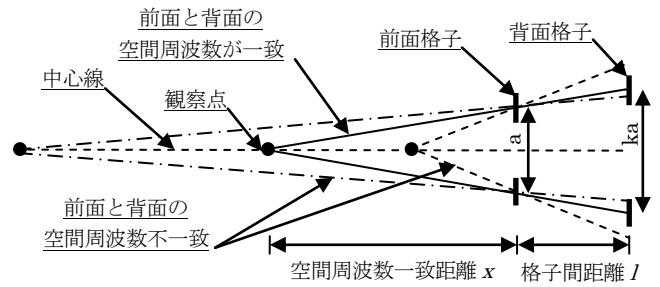


図 15 観察点と前面背面格子の空間周波数の関係

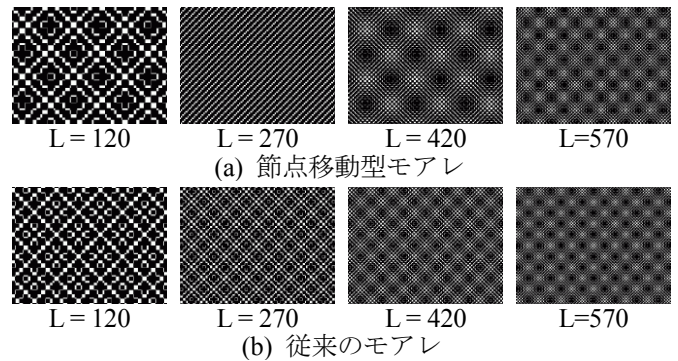


図 16 各観察点でのモアレ模様比較

表 2 分析モデル一覧

| 動画番号 | 基本図形 | 配置方法  | D値   | 節点移動 |
|------|------|-------|------|------|
| (1)  | 円    | 三角格子状 | 0.6  | 有り   |
| (2)  | 円    | 六角格子状 | 0.6  | 有り   |
| (3)  | 円    | 正方格子状 | 0.6  | 有り   |
| (4)  | 正方形  | 正方格子状 | 0.5  | 有り   |
| (5)  | 正三角形 | 正方格子状 | 0.55 | 有り   |
| (6)  | 円    | 三角格子状 | 0.6  | 無し   |
| (7)  | 円    | 六角格子状 | 0.6  | 無し   |
| (8)  | 円    | 正方格子状 | 0.6  | 無し   |
| (9)  | 正方形  | 正方格子状 | 0.5  | 無し   |
| (10) | 正三角形 | 正方格子状 | 0.55 | 無し   |

各動画において節点を鮮明にするために  $D = 0.6$  とし、基本図形を正方形、正三角形とした場合にした場合については基本図形が重ならないように配置する  $D$  値の限界値を採用した。節点移動有りの動画は背面格子のピッチを前面の 1.3 倍として節点移動を発生させる。この場合の一致点距離は 267 となり、分析状況の移動経路において一致点が中心付近で現れる。

## 6. 3. 分析モデルの心理尺度値算出

表 2 の分析モデルを用いて、一対比較法による主観評価実験を行った。被験者数は正常な視力を有する 32 名(男性 23 名、女性 9 名、19~25 歳学生)である。この結果からサーストンのケース V を適用して算出した、見た目変化の大きさに対する心理尺度値を図 17 に示す。なお、動画番号(6)は他の動画と比較して著しく見た目の変化の大きさが小さいと評価されたため、結果から除いている。

見た目の変化の大きさに対する格子の各パラメータの影響を明確にするため、得られた心理尺度値を目的変数、格子の各パラメータを説明変数として重回帰分析を行った。D 値は基本図形との多重共線性の可能性が考えられ

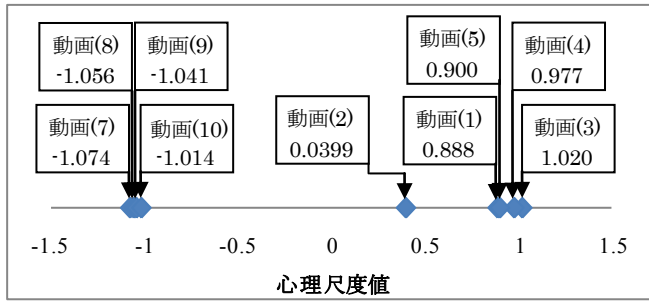


図 17 各動画の心理尺度値

表 3 重回帰分析結果

| パラメータ | 変数名   | 偏回帰係数          | 影響度   | 補正 R <sup>2</sup> |
|-------|-------|----------------|-------|-------------------|
| 節点移動  | 有り    | X <sub>1</sub> | 1.871 | 13.706            |
| 配置方法  | 正方格子状 | X <sub>2</sub> | 0.320 | 1.660             |
|       | 三角格子状 | X <sub>3</sub> | 0.291 | 1.181             |
| 基本図形  | 円     | X <sub>4</sub> | 0.039 | 0.204             |
|       | 正方形   | X <sub>5</sub> | 0.025 | 0.132             |

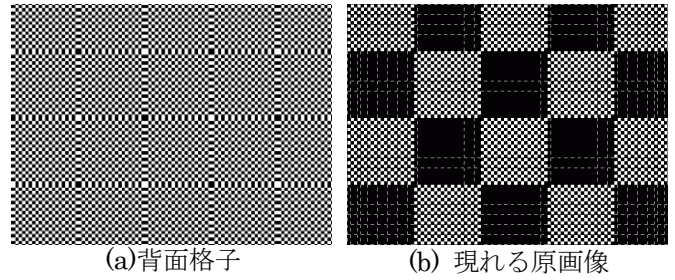
ることからパラメータとしては有効ではないため、説明変数として編入されなかった。結果を表 3 に示す。

表 3 における影響度は偏回帰係数を標準誤差で除した値であり、説明変数の目的変数に対する影響の程度をあらわしたものである。この値に着目すると、節点移動の有無の値が著しく高く、見た目変化の大きさ評価に対して大きく影響する事が分かる。続いて、配置方法、基本図形の順に見た目変化の大きさ評価に影響を及ぼしているが、配置方法は節点移動の向きに影響する要因であり、見た目変化の大きさ評価に対して最も影響するパラメータは節点移動の有無であることは明らかである。また補正 R<sup>2</sup>(自由度修正済決定係数)に着目すると、その値は極めて高いものであり、これらパラメータによって見た目変化の大きさ評価を説明することが可能であるということが言える。

#### 6. 4. 節点移動型モアレを用いた新たな表現手法

節点移動型モアレの一致点において前面格子と背面格子の空間周波数が一致する事を利用して、基本図形の配置を操作することで一致点に視覚復号型暗号を発生させる表現手法を提案する。視覚復号型暗号とは、原画像を複数の画像に分散し、分散画像単体では原画像を想起させないようにする手法である。モアレによる前面格子と背面格子をそれぞれ視覚復号型暗号の分散画像とみなして、基本図形の配置方法を操作する事で一致点距離において原画像を発生させる。操作を加えた背面格子及び一致点にて現れる原画像を図 18 に、観察点位置 120 から距離 150 毎のモアレ模様を図 19 に示す。

この表現においては図 19 のように一致点でのみ原画像が鮮明となり、同時に節点の移動も観察される。これによりファサードにおけるモアレの誘目性をさらに高めることが出来るとともに、今までにないファサード表現が可能になると考えられる。



(a)背面格子 (b) 現れる原画像

図 18 市松模様を原画像とした場合

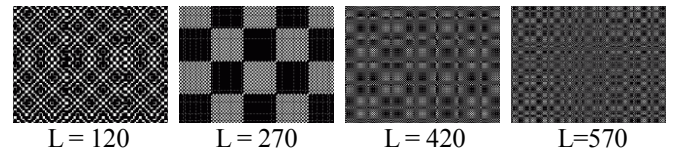


図 19 観察点毎のモアレ模様

#### 7. まとめ

本研究では、ファサードにおけるモアレの誘目性向上を目的として、CG で作成したモアレ動画を呈示刺激とし、一対比較による主観評価実験と画像解析による画素変化量算出を行った。

主観評価実験ではモアレ動画に対して見た目の変化の大きさという心理尺度について評価実験を行った結果、節点位置が一定の動画については格子パラメータのうち基本図形による影響が大きく、格子密度が小ほど評価が低くなる傾向にあった。画素変化量と主観評価結果を比較した結果、それらに相関性がないことも示された。また、背面格子のピッチを前面格子のピッチより大とした節点移動型モアレを提案し、同様に主観評価実験を行った。その結果、誘目性に関して従来のモアレに比べ極めて有効である事が示され、その評価には格子パラメータのうち配置方法の影響が大きい事が明らかとなった。さらに節点移動型モアレにおける前面格子と背面格子の空間周波数一致点を利用して、視覚復号型暗号により一致点でのみ鮮明な原画像が確認できる表現方法を提案した。

これらの結果を以て設計に際しての指標作成と新たな表現手法の提案とした。今後はさらに呈示刺激を増やして評価を行う事で、格子パラメータの評価に対するより正確な影響度を明らかにする必要がある。

#### 参考文献

- [1] 森本 吉春, 林 卓夫, 山口典之, “走査モアレ法によるひずみ測定”, 日本機械学会論文集, A 編 50 号 (1984), pp.489-494.
- [2] 西川 重和, 竹内 綾, 三宅 肇, “モアレ縞の衣服への応用: ストライプ縞の作成方法と評価について”, 繊維学会誌, 65 号 (2009), pp.1-7.
- [3] 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”, 映像情報メディア学会技術報告, 31 号 (2007), pp.51-55
- [4] 森本 吉春, 藤垣 元治, 野村 孝徳, 床井 浩平, “任意形状のモアレ縞の発生方法の開発とデザインへの応用”, 第 21 回 NCP 研究会・機械の強度と形態研究懇話会シンポジウム論文集 (1997), pp. 63-66.
- [5] 隅内 修, 鈴木 広隆, “画像解析によるモアレ効果の定量化の研究”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1 分冊 (2010), pp.455-456.

## 討 議 等

### ◆討議 [ 宮本佳明 教授 ]

ファサードにモアレ効果を用いた作品の例として青木淳設計のルイヴィトン名古屋店を挙げているが、青木がモアレ効果に期待したのは視覚的運動感よりもむしろそれによって生じる奥行き感であると考えられる。この研究では視覚的運動感に着目しているが、これでは青木の作品を分析出来たことにはならないのではないかと懸念される。

◆回答：青木はルイヴィトン名古屋の設計に際して、モアレ効果をファサードに用いる事で次のような効果が期待できると述べている。すなわち、観察者の動きに合わせてパターンが動き出すという視覚的運動感と、奥行き感の喪失である。青木がどちらに重きを置いたという記述はなく、また、本研究はこの作品においてのみ述べたものではない。本研究ではモアレによってもたらされる視覚的運動感について着目し、それらが高められるパターンを導き出し、商業施設として期待されるであろう誘目性を高めることで、モアレをファサードに用いる際の指標を形成することが本研究の目的である。

### ◆討議 [ 宮本佳明 教授 ]

誘目性とはよく使われる言葉なのか。見た目の変化が大きくなれば誘目性が高まるとしているが、それは正しいのか。

◆回答：誘目性とは目をひきやすいかどうかを表す言葉であり、一般的に使われていると考える。本研究では、モアレの誘目性が視覚的運動感に起因するという考えを前提としており、このような結果となった。実際には現れるモアレの好ましさやインパクトなどの観察者の印象も誘目性に影響するなどが考えられるため、SD法で影響因子を明らかにする等が今後の検討課題となる。

### ◆討議 [ 梅宮典子 教授 ]

図 17 及び表 3 において、節点移動の有無に関して結果に大きな偏りが見られるが、これは何故か。

◆回答：被験者数 32 名で実験を行ったが、ほとんどの被験者が一対比較時に節点移動型モアレを高く評価したため、結果に偏りが生じた。結果が示すとおり、見た目の変化の大きさには節点移動の有無が顕著に影響する。

### ◆討議 [ 梅宮典子 教授 ]

図 17 において心理尺度値を数直線上に示すことで、節点移動の有無が見た目の変化の大きさに大きく影響することが十分に証明できているように見えるが、その後重回帰分析を行うことにどのような意図があるのか。

◆回答：一対比較法で求めた心理尺度値を数直線上に示すことで各動画の評価を視覚的に捉える事が可能となるが、格子パラメータの影響度を明らかにするために重回

帰分析は有効であると考えた。図 17 において節点移動型が他に比べ明らかに評価されている事は一目瞭然であるが、格子パラメータのうち配置方法と基本図形がどのように影響しているかが定かではない。

また、重回帰分析により心理尺度値の予測式が算出され、これをモアレの定量的評価とすることが期待された。しかし本研究では評価方法に一対比較法を選択したために呈示刺激数が 10 パターンと少なく、定量的評価と呼ぶには分析状況が限定され過ぎている。今後は ME 法の導入などにより呈示刺激数を増やすことでこの点を解消する事が望まれる。

