桑山哲郎，「画像からくり」口絵連載第38回「いろいろなモアレのパターン」，日本写真学会誌，第80巻第3号
pp. 181-182 (2017年8月)
©一般社団法人日本写真学会

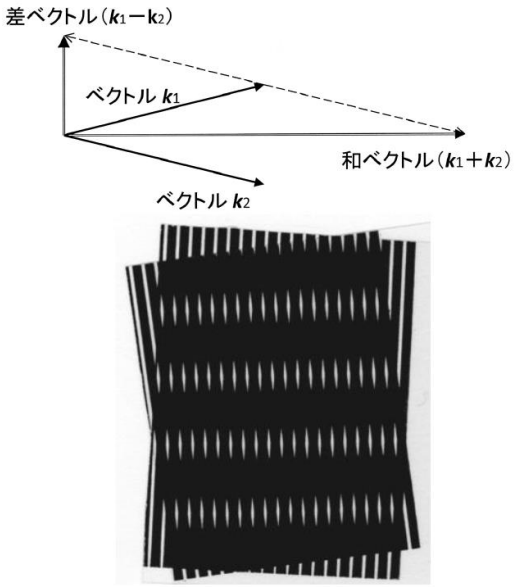


Fig. 1　モアレ縞の原理説明図

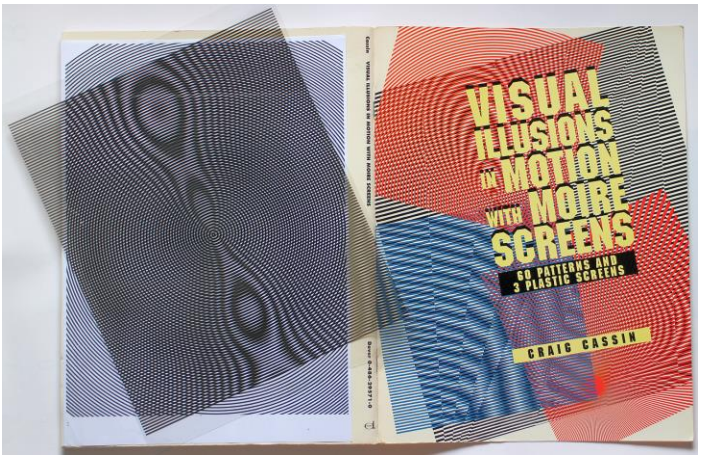


Fig. 4　モアレの本4) とモアレシート

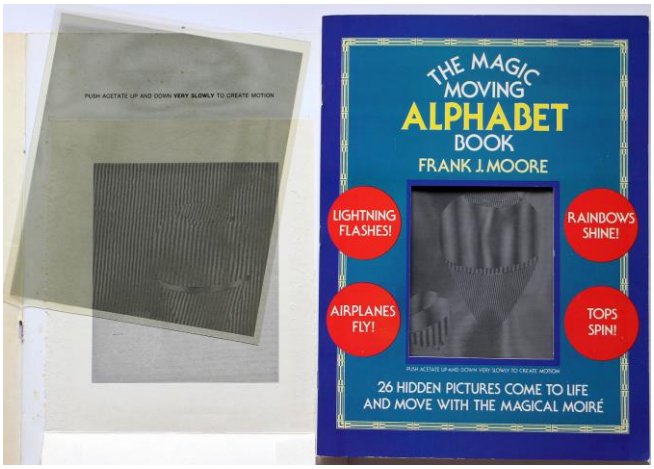
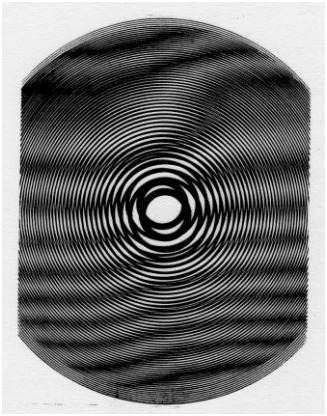


Fig. 2　アルファベットのモアレの本2) の表紙と仕掛け



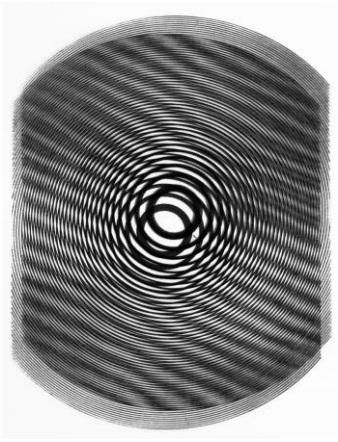


Fig. 5　2枚のフレネルゾーンプレートによるモアレ縞

Fig. 6　モアレ縞

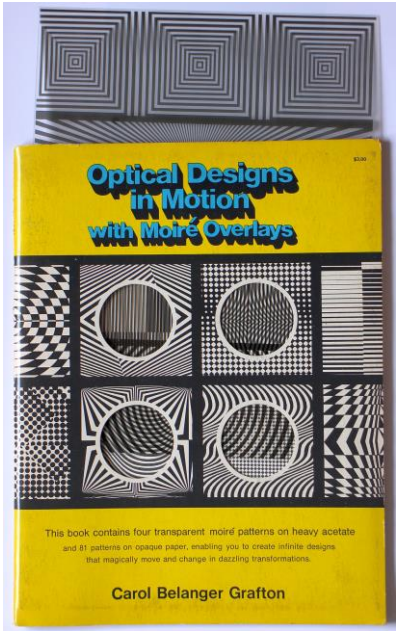
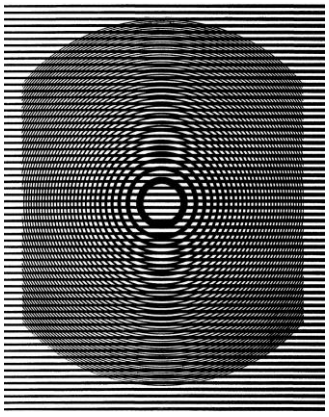


Fig. 3　表紙に丸窓が開いたモアレの本 3)



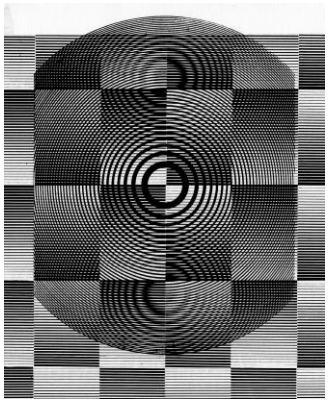


Fig. 7　フレネルゾーンプレートと直線格子によるモアレ縞

Fig. 8　複雑なパターンのモアレ縞

Fig. 6　登場人物の顔のページ

学会誌に掲載した口絵の 画像をカラー化し web掲載用に調整しています

口絵解説

「画像からくり」第 38 回　いろいろなモアレのパターン

38 Various moiré patterns

桑　山　哲　郎

全体に縞が見えるだけの画像に，モアレシートを重ねると予想もしなかったパターンが現れるモアレの仕掛けは，大変面白い．この「画像からくり」の連載第 13 回[1] では，モアレの本を 2 冊紹介したが，魅力的なモアレパターンのごく一部しか取り上げることができなかった．今回は続編としてご紹介を行う．

まず技術的な側面として，全く新しいパターンが生じるメカニズムについて Fig. 1 を用いて説明する．モアレの原理説明には「空間周波数ベクトル」という数学的な道具を用いる．画像工学の分野では，2 次元画像を，いろいろな方向に対する周期構造（正弦波の縞）の和として扱うことができる．ある周期構造に対し，周期構造に直交した方向で，ピッチと反比例する長さのベクトルを「空間周波数ベクトル」と定義する．すると，モアレシートを重ねてできる強度分布すなわちモアレ縞は，2 つのベクトルの和および差の空間周波数ベクトルとして特性付けられる．2 次元のモアレでは，格子をプリントした 1 枚の紙から固形の形に切り出し，方向を変えて貼り込むことで，画像の部分ごとに異なった空間周波数ベクトルを持たせることができる．同じ面内ピッチの格子を小さな角度で重ねると，差ベクトルの長さは大変短くなり，生じるモアレ格子の面内ピッチは大変大きくなる，これが，元のパターンと見かけが違うモアレ縞を生じる原理となっている．他方多くのモアレ（厳密にはスリットサンプリング）絵本では，画像は元の絵から，細かいスリット状に切り出して配列されている．この点でモアレの画像とは作り方が違っている．

Fig. 2 は，アルファベット順にイラストが出現する仕掛けの本[2] である．右は長方形の窓が開けられている表紙の外観，左は表紙を開き，画像の一部に細かい直線格子のモアレシートを被せた様子である．元の画像は一見，全面灰色に見えるが，モアレシートを重ねると，方位角の違いで図形が現れる．またモアレシートをわずかに上下に動かすと，モアレ縞は大きく移動し，コマが回転する．

書店のデザイン関連のコーナーでは，モアレシートがポケットに収められている本を何冊も見つけることができる．Fig. 3 は，4 つの丸窓が表紙に並んでいる本[3] である．モアレシートは複数の領域に分割され，場所ごとに違う格子が印刷されているので，数多くのモアレパターンを作り出すことができる．

ページ全体をカバーする寸法のモアレシートが 3 枚付録している，デザイン関係の本もある．Fig. 4 は，大判のカラー印刷の本[4] で，ダイナミックなモアレパターンを楽しめる．中のモアレシートを取り出し，裏表紙の上に配置して撮影した．デザインの素材あるいは参考に用いることができる．

興味深いモアレパターンはいろいろあるが，モアレ実験セットに含まれている，フレネルゾーンプレートから作り出されるモアレパターンは，変化が多様である．Fig. 5 は，2 枚のフレネルゾーンプレートを重ねてできるモアレ縞である．本来は直線等間隔のモアレ縞が生じるのだが，モアレシートの歪の影響で曲がっている．

Fig. 6 は，同じゾーンプレートの組み合わせで，中心位置を少し離して置いた様子である．モアレ縞の間隔は細かくなっている．実際に指で動かすと，モアレ縞の動きがダイナミックで楽しめる．

Fig. 7 は，ゾーンプレートに直線格子を重ねた様子である．信号情報論の基礎で登場する「サンプリング定理によるエリアシング」を，ゾーンプレートに相似した形のモアレ縞が生じることで実感でき，教育に利用すると有用である．

Fig. 8 は，複雑な図形にゾーンプレートを重ねた様子である．頭の中だけでは思いつくことが困難な，目新しいパターンが作り出されている．斬新なモアレ縞のパターンは数限りなく存在するが，スペースの関係で紹介はここまでとする．

参　考　文　献

1）桑山哲郎，連載　画像からくり 第 13 回　動くモアレの絵本，日本写真学会誌，第 75 巻第 2 号，pp.105～106（2012）．

2）Frank J. Moore, “The magic moving alphabet book”, Dover Publications, New York（1978）.

3）Carol Belanger Grafton, “Optical designs in motion with moiré overlays”, Dover Publications, New York（1976）.

4）Craig Cassin, “Visual illusions in motion with moire screens”, Dover Publications, New York（1997）.