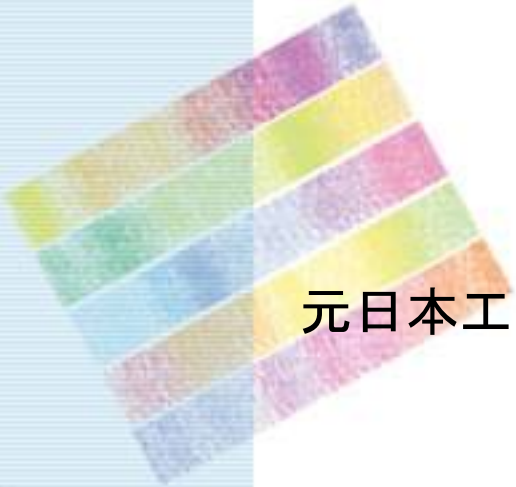
レンチキュラー方式3Dディスプレイにおける

レンチキュラー板と3D合成画像との位置合わせ



元日本工業大学　元凸版印刷株式会社

山田 千彦

はじめに

過去

1903 Parallax Stereogram　　メガネなしで立体視
1918 Parallax Panoramagram
1960 国内最初のレンチキュラー方式立体印刷製品

現代

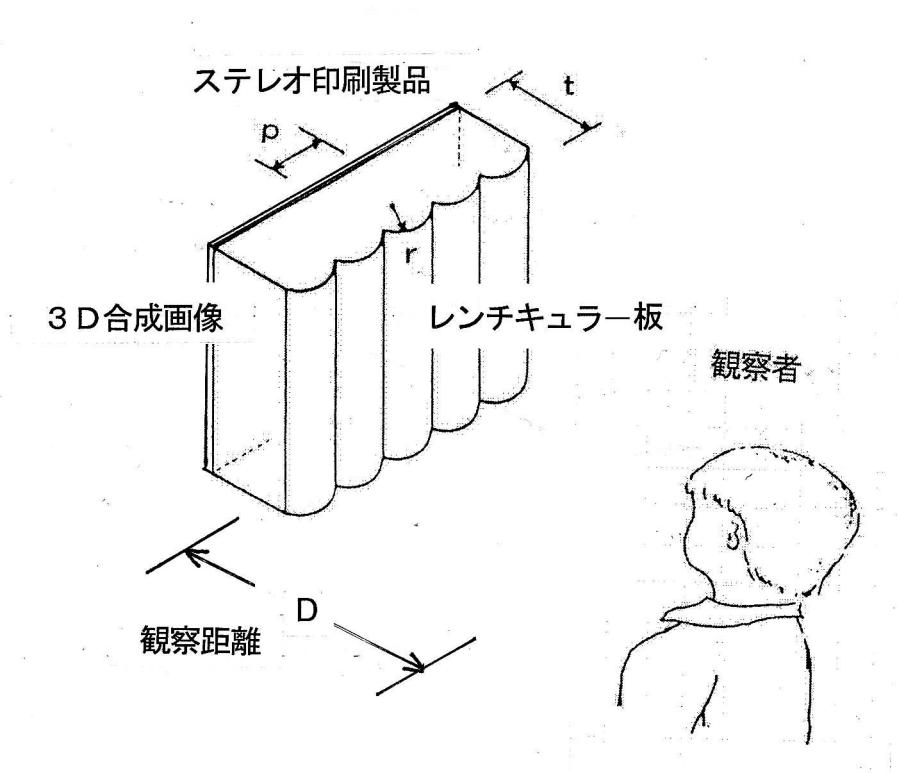
アナログ から デジタル 時代　技術進歩
商品化 → 個人向け → 市場拡大
メガネなしで立体視出来る製品 → 市場の認識、拡大に貢献

基礎技術に課題が残っている → 検証する

未来

立体TV放送の開始　　メガネなしで立体視出来る

位置合わせ



＜省略＞

レンチキュラー方式3Dディスプレイ　：　ステレオ印刷
３Ｄ合成画像　：　画像
レンチキュラー板　：　Ｌ板

レンチキュラー方式3Dディスプレイ

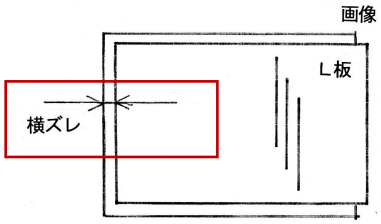
「3D合成画像」
＋
「レンチキュラー板」

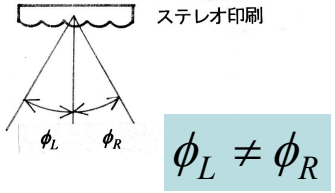
一体化されている

ディスプレイ全体で立体視できるためには

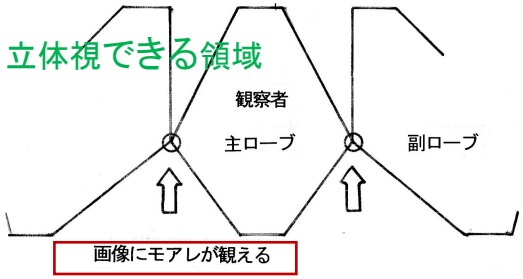
上記二者間に
① 横ズレがない
＋
② 傾きがない
ことである。

横ズレが在ったとき

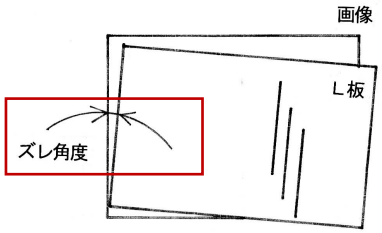


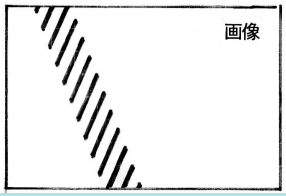


$\phi_L \neq \phi_R$



傾きが在ったとき

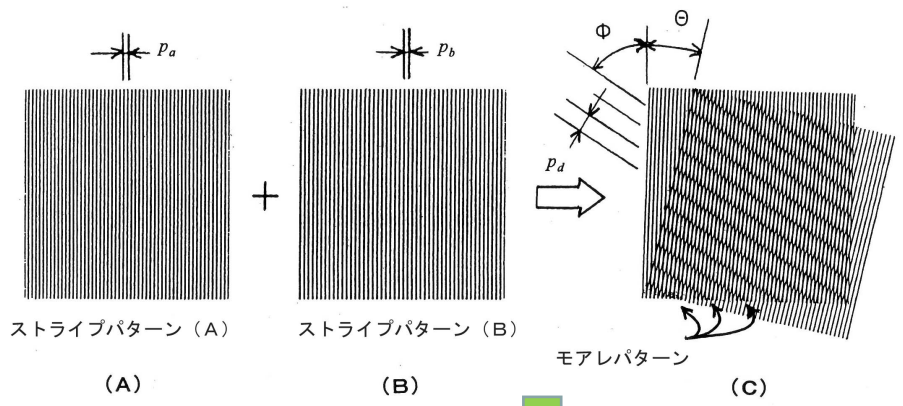




モアレが傾いて観える

ステレオ印刷製品では、「横ズレ」、「傾き」はあってはならない。

モアレ理論を展開

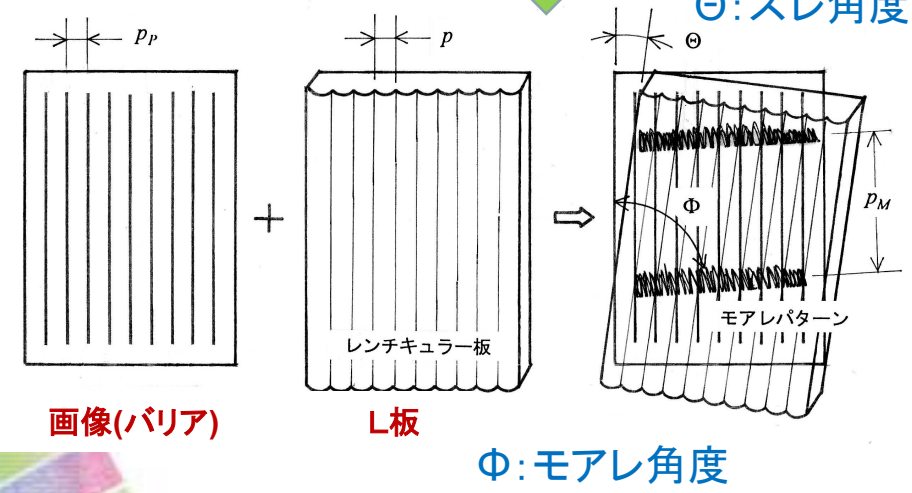


一定間隔で規則的に並ぶストライプパターンを2枚重ねると、モアレパターンが発生する。

置き換える

ストライプパターン(A) → 画像

ストライプパターン(B) → L板



重要なこと

L板が画像面より(t−r)mm離れて上部に位置している。

それ故

観察者はL板を通して、L板のピッチ(p)が画像面に投影されて(L_{Pp})となり、画像のピッチ(画$_{Pp}$)と同一となって立体視できる。

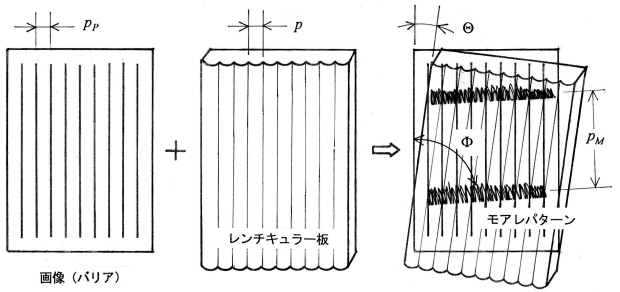
モアレ理論の活用

基本式

$$p_d = \frac{p_a p_b}{\sqrt{{p_a}^2 + {p_b}^2 - 2 p_a p_b \cos\Theta}} \qquad (1)$$

$$\tan\Phi = \frac{p_b \sin\Theta}{p_b \cos\Theta - p_a} \qquad (2)$$

画p_P　　Lp_P　　Θ:ズレ角度



PM

Φ:モアレ角度

L板使用に伴う置き換え

$p_d = p_M$

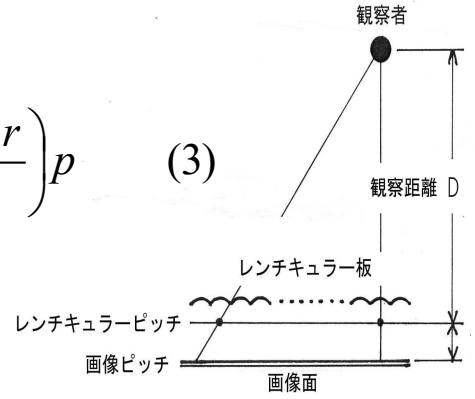
p_a = L板の画像面に投影されたピッチ
　　= Lp_P

p_b = 画像のピッチ
　　= 画p_P

Θ = ズレ角度

Φ = モアレ角度

$$p_P = \left(1 + \frac{t-r}{D}\right) p \qquad (3)$$



立体視の条件：Lp_P = 画p_P

試料と幾何学的関係

試料となる製品例：B全版大型ステレオ印刷

L板形状： $r = 1.0$

$p = 1.2673$(実測値)

$t = 2.7$

最適な立体視距離： $D = 3{,}000$

この距離における画像のピッチ： $画p_P = 1.2680$

検証時の実測距離：$D = 500$

この距離における画像上に投影されるL板のピッチ： $\mathrm{L}p_P = 1.2716$

実測時には「画像ピッチ」と「L板の画像上に投影されるピッチ」間の相違によるモアレを観ることができる。

計算

ステレオ印刷製品を製造する時、「L板」と「画像」との位置合わせを同時に行っている。位置合わせ作業は、

横ズレ
傾き

の2つの要素からなっている。
ここでは、傾きについて、傾き、すなわち

「ズレ角度」が存在した場合、「モアレ角度」がどの程度発生するか？

計算し、実測する。

言い方を変えると、

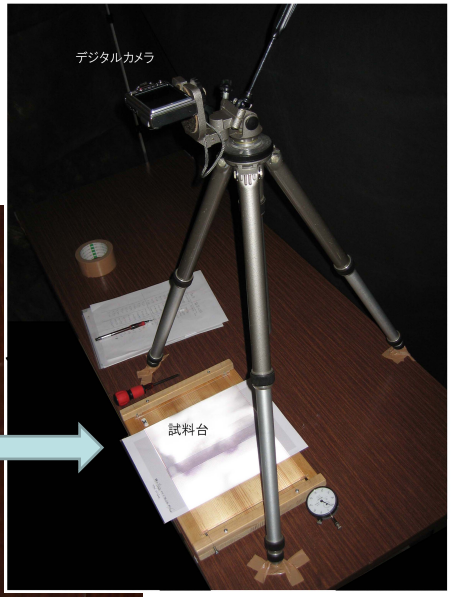
商品としてのモアレ角度の許容範囲を維持するためには、どの程度のズレ角が許容されるのか？

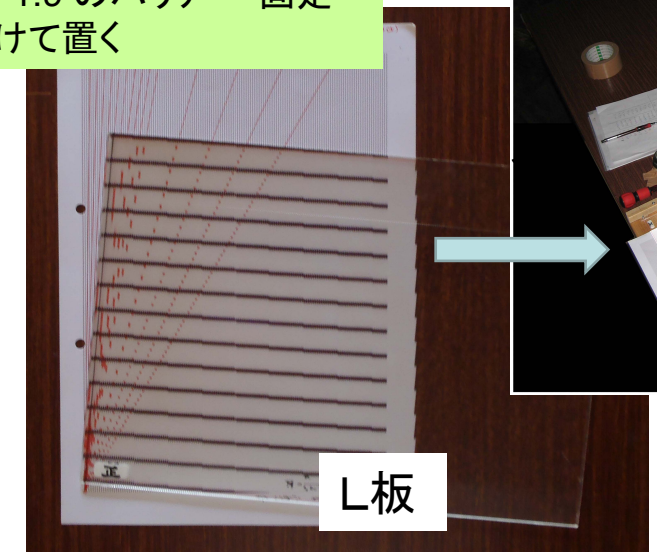
を計算する。

実測方法(Θ=1~30度)

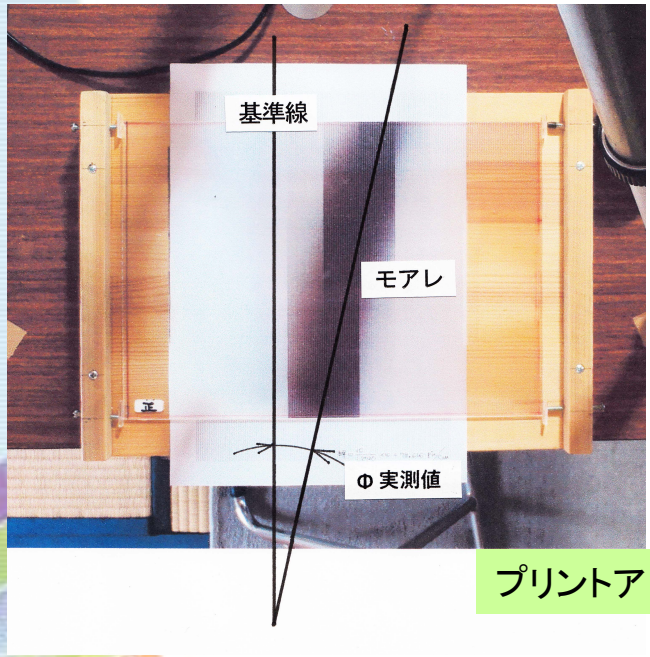
計算値が正しいか？ 実測で検証する

画像：画p_p=1.2680mm、黒白比=1:9 のバリア　固定
L板：画像上の斜線に従って、傾けて置く





モアレ角度の測定



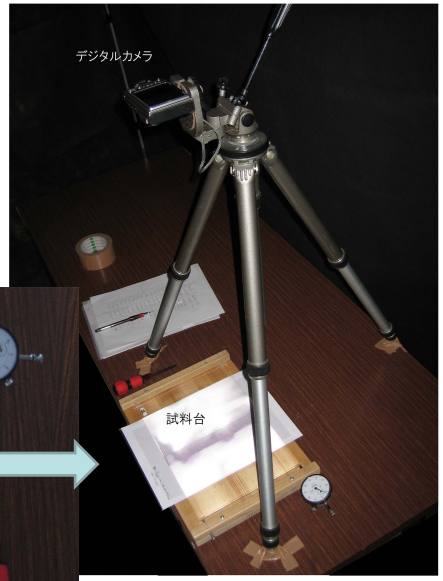
試料のモアレを撮影
デジタルカメラまでの距離=500mm

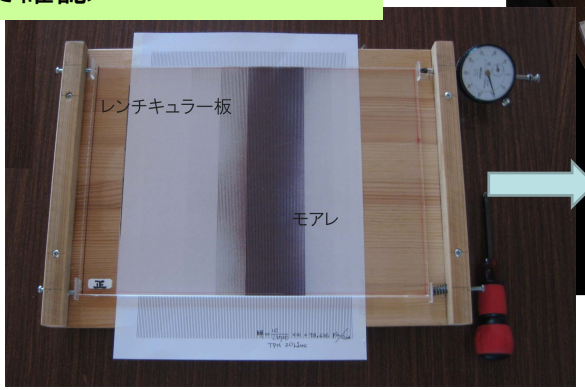
プリントアレ角度を測定するウトし、モア

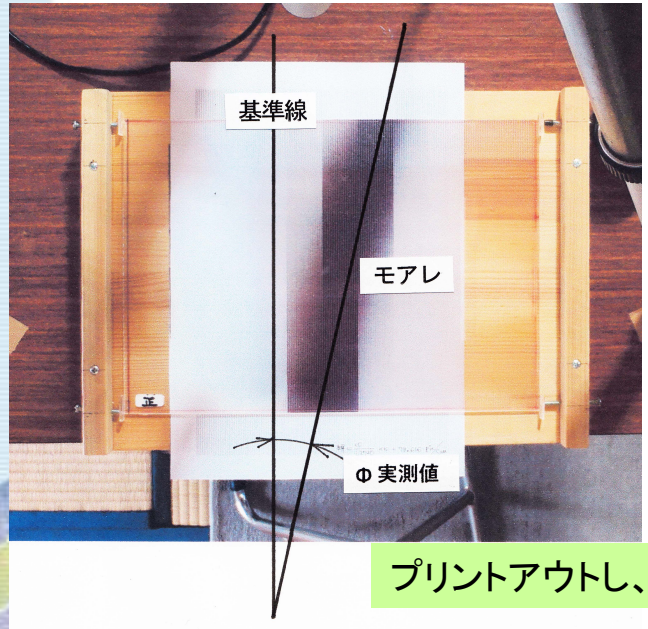
実測方法(Θ=0~0.5度)

計算値が正しいか？ 実測で検証する

画像：画p_p=1.2680mm、黒白比=1:9 のバリア　固定
L板：左上のネジを回して、傾けて行く
　　送り量をマイクロメーターで確認





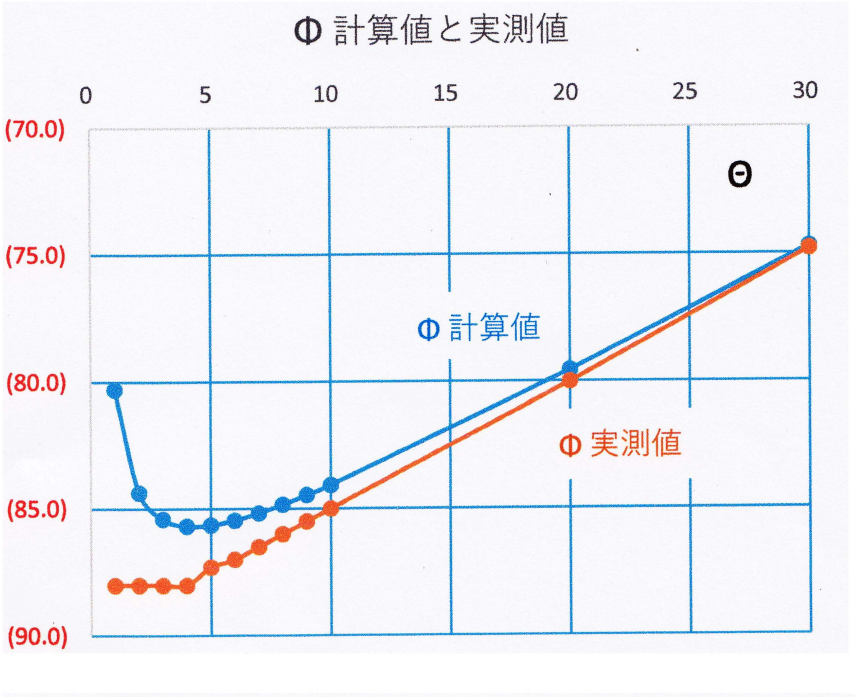


試料のモアレを撮影
デジタルカメラまでの距離=500mm

プリントアウトし、モアレ角度を測定する

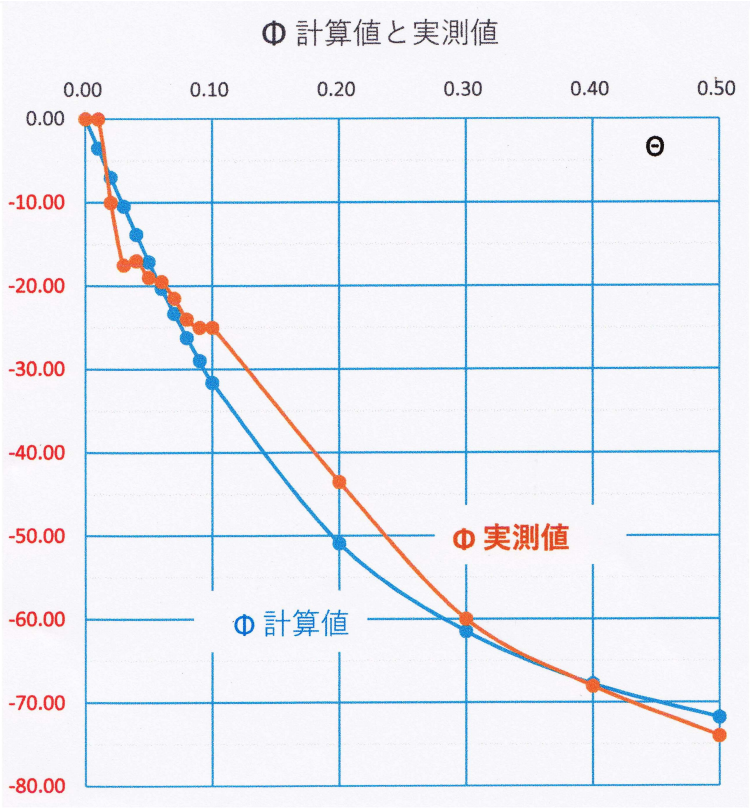
計算値と実測値(Θ=1=30)

Θ	Φ 計算値	Φ 実測値
1.0	(80.3)	(88.0)
2.0	(84.4)	(88.0)
3.0	(85.4)	(88.0)
4.0	(85.7)	(88.0)
5.0	(85.6)	(87.3)
6.0	(85.5)	(87.0)
7.0	(85.2)	(86.5)
8.0	(84.8)	(86.0)
9.0	(84.5)	(85.5)
10.0	(84.1)	(85.0)
20.0	(79.5)	(80.0)
30.0	(74.7)	(74.8)



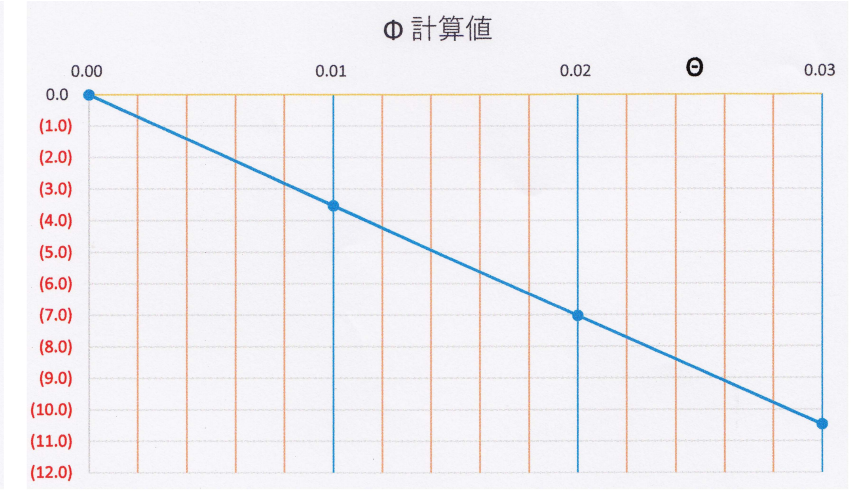
計算値と実測値(Θ=0~0.5)

θ	Φ 計算値	Φ 実測値
0.00	0.00	0.0
0.01	-3.53	0.0
0.02	-7.03	(10.0)
0.03	-10.48	(17.5)
0.04	-13.85	(17.0)
0.05	-17.13	(19.0)
0.06	-20.29	(19.5)
0.07	-23.33	(21.5)
0.08	-26.24	(24.0)
0.09	-29.01	(25.0)
0.10	-31.63	(25.0)
0.20	-50.89	(43.5)
0.30	-61.48	(60.0)
0.40	-67.75	(68.0)
0.50	-71.80	(74.0)



実用化

- 計算値と実測値に大きなズレはなく、計算値を用いて実用化を進める
- 実用化に適した計算値を表示する
  製品上のモアレの傾きで許容される範囲は、５度程度と判断
  この時の画像とL板とのズレ角は、0.01～0.02度と非常に小さい
  このズレ角をズレ量に換算すると 0.数mmと非常に小さい



ズレ角＝Θ　の時、
画像上のズレ量＝tanΘ×画像の高さ
で計算できる

まとめ／おわりに

ステレオ印刷製品の製造上、「画像とL板との位置合わせ」に関して、経験が大きく役立っているが、理論的背景は不明であった
ここに、モアレの理論を活用して、位置合わせに役立ちそうな資料を作成することができた

ステレオ印刷製品にはいろいろなサイズ、いろいろなL板が使われている
そこで、任意に活用できるように　EXCELデータ　を添付している。

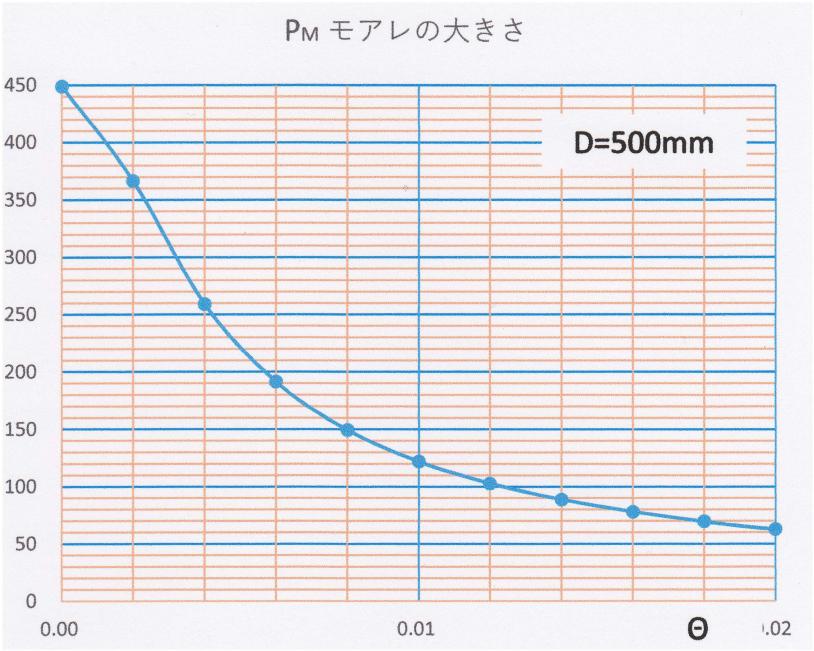
ステレオ印刷製品は長い年月に渡って商品化されているが、まだまだ不明な点が存在する様である
続けて、検証していきたい、と考えている

付録

参考のため

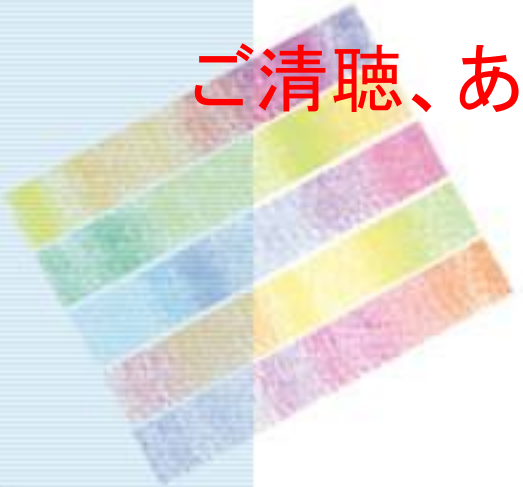
画像とL板との傾き：Θに対するモアレの大きさ：P_Mについて追記

θ	P_M
0.000	449.06
0.002	366.62
0.004	259.22
0.006	191.44
0.008	149.65
0.010	122.19
0.012	103.00
0.014	88.91
0.016	78.15
0.018	69.69
0.020	62.87
0.030	42.14
0.040	31.67
0.050	25.36



すでに述べている試料における計算値

レンチキュラー方式3Dディスプレイにおける
レンチキュラー板と3D合成画像との位置合わせ



ご清聴、ありがとうございます

元日本工業大学　元凸版印刷株式会社
山田 千彦

© 2016 山田 千彦

レンチキュラー方式３Ｄディスプレイにおける

レンチキュラー板と３Ｄ合成画像との位置合わせ

A Position Adjustment of Lenticular Plate and 3D Composite Image

山田　千彦
Chihiko Yamada
元日本工業大学、元凸版印刷（株）
〒120-0014　東京都足立区西綾瀬 4-13-17
E-mail：c-yamada@jcom.zaq.ne.jp

今メガネなしで立体視できるディスプレイにレンチキュラー方式がある。この方式の３Ｄディスプレイの最も普及している構成は、印刷された３Ｄ合成画像とレンチキュラー板が一体化されている。一体化作業における位置合わせ作業は、大変精密な作業であり、生産技術における基礎技術の一つとして詳述する。

１．はじめに

日本国内においては、1960 年頃から印刷企業を中心にメガネなしで立体視できる「レンチキュラー方式印刷タイプ３Ｄディスプレイ（通称：ステレオ印刷）」が市場に流れる様になり、珍しさが伴って多くの商品化が進められた。しかしその多くは宣伝用であり、個人向けの商品は非常に少なかった。当時ステレオ印刷製品を手にすると、誰でもが驚き、興味を示していたが、お金を出して購入する人はほとんどいなかった。

しばらくして、2005 年頃から立体映画がフルタイムで上映される様になった。今、最盛期は通り過ぎてしまったが、映画の内容に伴ったステレオ印刷製品がロビーで売られており、お金を出して購入する人々が増えている。

2010 年は家庭用立体ＴＶ元年と言われ、多くの家電メーカーから立体ＴＶが数多く販売される様になってきた。本来は専用のメガネを通して立体視しているが、2011 年 10 月には「メガネなしで立体視出来る多像式家庭用立体ＴＶ」が発売されている。

2011 年、地上デジタル放送が実用に入り、次は「立体ＴＶ放送」の実用化と言われている。当然メガネなしで立体視できる方式になるであろう。

この様な流れの中、ステレオ印刷製品が頑張っている。この製造時においては、印刷された３Ｄ合成画像とレンチキュラー板を一体化させねばならない。一体化作業における位置合わせ作業は、大変精密な作業であり、生産技術における基礎技術の一つである。本稿では、位置合わせ作業について詳述する。

２．位置合わせ作業

ステレオ印刷製品の構成を図 01 に示す。

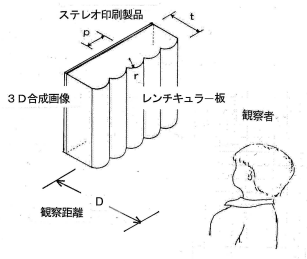


図 01. ステレオ印刷製品の構成

ステレオ印刷製品は「３Ｄ合成画像」と「レンチキュラー板」との二者が一体化されている。

３Ｄ合成画像（略：画像）は、一定の幅（ピッチ：p_P）の縦のストライプ状パターンが横に数多く並んで面となっている。

同様に、レンチキュラー板（略：Ｌ板）は、一定の幅（ピッチ：p）の縦のかまぼこ状凸

レンズが横に数多く並んで面となっている。

この時、観察者が所定の位置（距離：D）からステレオ印刷製品を観る。画像全体で立体視できるためには、下記の２点、

① 二者に横のズレがないこと

② 二者に傾きがないこと

を満足せねばならない。

観察者がステレオ印刷製品の前で、左右に移動しているとき、観ている画像が主ローブから副ローブに移るときに画像にモヤモヤが観える。このモヤモヤは二者間に発生する「モアレ」である。

上記２点において、横のズレがある場合、観察者が左右に移動しているとき、モアレが見えるまでの距離が、右に移動したときと、左に移動したときで異なることになる。

また、二者に傾きがある場合、観察者が左右に移動したとき、モアレが斜めの帯状に観えることになり、不自然に観える。

これら２点のズレがない様に正しく製造するには、非常に精密な作業が要求される。本稿では後者すなわち、二者に傾きのない一体化を実現するためには、より高い精度が要求されることを本稿で詳述べする。

３．モアレ理論をステレオ印刷に展開

一定間隔で規則的に並ぶストライプパターンを２枚重ねると、図 02 に示すモアレパターンが発生する。

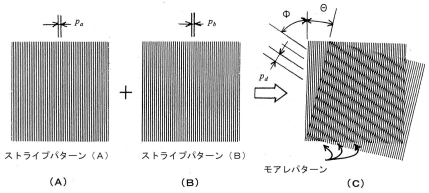


図02 モアレ発生の原理

図 02(A)はピッチ p_a のストライプパターン(A)であり、図 02(B)はピッチ p_b のストライプパターン(B)である。そして、この２枚のストライプパターン間に角度：Θ を設けて重ねると、図 02(C)に示すモアレパターンが発生する。このモアレパターンの大きさ（ピッチ）を p_d、モアレパターンの角度をΦ とすると、次式で表すことができる。

$$p_d = \frac{p_a p_b}{\sqrt{{p_a}^2 + {p_b}^2 - 2 p_a p_b \cos\Theta}}$$

$$\tan\Phi = \frac{p_b \sin\Theta}{p_b \cos\Theta - p_a} \qquad (1),\ (2)$$

ここで、$p_a = p_b$ の時、式(1)からモアレの大きさ（ピッチ：p_d）が無限大となり、モアレは観えなくなる。

モアレ理論をステレオ印刷に展開した場合、図 02 において、

・ストライプパターン(A)を画像（バリアを含む）に

・ストライプパターン(B)をＬ板に

置き換えることになる。置き換えた場合の図を図 03 に示す。

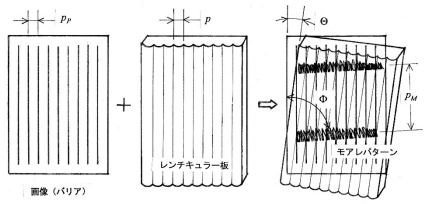


図03 ステレオ印刷製品によるモアレ

しかし、単純に置き換えることは出来ない。Ｌ板が画像面より（$t-r$）mm 離れて上部に位置しているからである。図 02 で示すと、ストライプパターン(A)の上面に（$t-r$）mm の空気層を設けてストラプパターン(B)が位置していることとなる。

幾何学的には、観察者がＬ板を通して立体視してる時は、Ｌ板のピッチ：p が画像面に投影されて p_P となる。この時の幾何学的関係を図 04 に示す。

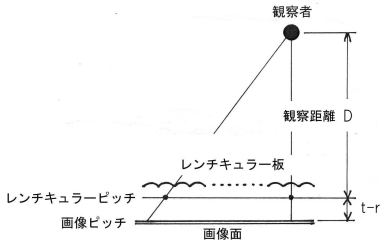


図04 Ｌ板のピッチと画像のピッチとの幾何学的関係

Ｌ板の投影されたピッチ：p_P が画像のピッチと同じ値になった時、立体視できると共に両者によるモアレは無限大となり、モアレは観えなくなる。

図04における幾何学的関係は、観察者からステレオ印刷製品までの距離をDとすると、次式で表すことができる。

$$p_P = \left(1 + \frac{t-r}{D}\right)p \qquad (3)$$

ここで、図01 にある様に、tはレンチキュラー板の厚さ、rは曲率半径である。

一体化作業における二者の傾き（ズレ角度：Θ）に起因するステレオ印刷製品上に現れるモアレの角度（モアレ角度：Φ）を式(2)を用いて第４章で計算し、第５章で実測する。

４．計算結果

二者の傾き：Θに対するモアレの角度：Φを計算する。

式(2)において、

p_b＝製品の画像ピッチ
＝画像p_P
p_a＝Ｌ板の画像上に
投影されたピッチ
＝Ｌp_P

とする。

製品例：Ｂ全版の大型ステレオ印刷製品
Ｌ板形状：$r = 1.0$ mm
$p = 1.2673$(実測値)
$t = 2.7$
観察距離：$D = 3{,}000$ mm

この時、画像のピッチは、式(3)より、

$$\text{画像}p_P = \left(1 + \frac{t-r}{D}\right)p$$
$$= \left(1 + \frac{1.7}{3000}\right) \times 1.2673$$
$$= 1.2680$$

となる。また、

実測距離：$D = 500$ mm

とした場合、Ｌ板の$D = 500$ mmにおける画像上に投影されたピッチ（略：Ｌp_P）は、同様に式(3)より、

Ｌ$p_P = 1.2716$ mm

となる。

計算結果を表01 に示す。

５．実測データの取得

二者の傾き：Θに対するモアレの角度：Φを実測する。

モアレを観るための画像を次の様に作成する。

表01 計算値

θ	Φ 計算値	θ	Φ 計算値	θ	Φ 計算値
0.00	0.0	0.40	(67.7)	8.00	(84.8)
0.01	(3.5)	0.50	(71.8)	9.00	(84.5)
0.02	(7.0)	0.60	(74.6)	10.00	(84.1)
0.03	(10.5)	0.70	(76.6)	20.00	(79.5)
0.04	(13.8)	0.80	(78.2)	30.00	(74.7)
0.05	(17.1)	0.90	(79.3)	40.00	(69.8)
0.06	(20.3)	1.00	(80.3)	50.00	(64.8)
0.07	(23.3)	2.00	(84.4)	60.00	(59.9)
0.08	(26.2)	3.00	(85.4)	70.00	(54.9)
0.09	(29.0)	4.00	(85.7)	80.00	(49.9)
0.10	(31.6)	5.00	(85.6)	90.00	(44.9)
0.20	(50.9)	6.00	(85.5)		
0.30	(61.5)	7.00	(85.2)		

画像：バリア
画像$p_P = 1.2680$ mm
黒白比＝1：9
サイズ：Ａ４判
幅＝180 mm
高＝260 mm
Photoshop にて作成。その時の解像力は

$$\text{解像力} = \frac{10}{1.2680} \times 10 \quad \text{pixel/cm}$$
$$= 78.863$$

である。

この画像(バリア)の上にＬ板を載せて、ズレ角度：Θを少しずつ変えながら、その時のモアレ角度：Φを実測する。

実測時の状況を図 05 に示す。実測に使う試料台の上、約 500mm の位置で、デジタルカメラによりモアレを撮影する。その画像からモアレ角度を実測する。

図05 実測時の状況

(1) Θ＝１～３０° における実測

事前の準備

図 06 に示す様に、Ａ４判の画像(バリア)には、左下を原点として、0～30 度の斜線を表示する。Θの左上における右方向への移動量：x は次式、

$$x = \tan\Theta \times 260 \qquad (4)$$

から計算し、斜線を引いておく。そして、Ｌ板をその上に載せる。Ｌ板の左辺を斜線と一致させることにより、その角度によるモアレを観ることができる。

表 02 に x 値一覧を示す。

表 02　x 値一覧

Θ	tan θ	x Θ > 1
1.00	0.01745	4.5382
2.00	0.03492	9.0792
3.00	0.05241	13.6258
4.00	0.06993	18.1807
5.00	0.08749	22.7467
6.00	0.10510	27.3266
7.00	0.12278	31.9234
8.00	0.14054	36.5400
9.00	0.15838	41.1793
10.00	0.17632	45.8442
20.00	0.36396	94.6305
30.00	0.57734	150.1080

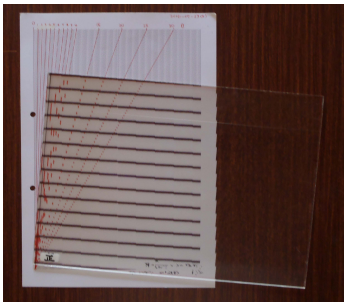


図 06 実測時の画像とＬ板

実測方法

① Ｌ板の左返と画像上に表示された０度の線を合わせ、モアレが垂直（Φ＝0）であることを確認する。

② デジタルカメラで画像上のモアレを撮影する。

③ ズレ角度が１度（Θ＝1）となる斜線にＬ板の左返を合わせる。

④ デジタルカメラで画像上のモアレを撮影する。

⑤ 同様に、ズレ角度が 30 度になるまで繰り返す。

⑥ 撮影された画像をプリントアウトし、モアレ角度（Φ）を実測する。

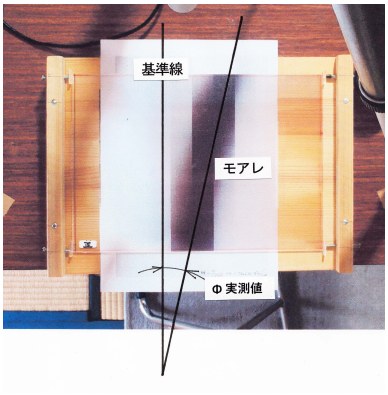


図 07 モアレ角度：Φの測定

図 07 に実測時の図を示す。。基準線、およびモアレの中心線を引き、その角度を分度器で読み取る。　そして、

⑦ EXCEL でグラフ化する。

(2) Θ＝０～１° における実測

測定に適した試料台を製作している。試料台を図 08 に示す。左上にはＬ板を右方向に送るためのネジ①を、左下にはＬ板の左下位置を固定するためのネジ②を、右上にはＬ板の移動量を測定するためのマイクロメーターを、そして、右下にはＬ板の下端を固定するためのスプリングがつけてある。左上下にあるネジの間隔は 200 mm である。

まず、試料台の中央に、画像をテープで固定する(図 09)。画像ははモアレとして観易いバリアを使用する。バリアは、

画像 $p_P = 1.2680$ mm

黒白比＝1：9

次に、図 08 に示す様に、Ｌ板を画像(バリア)の上に密着させて載せる。モアレが垂直に観える様に試料台のネジで調整する。

左上のネジ①を回すと、モアレの傾きが変

わり、マイクロメーターの表示が変わることを確認する。

図 08 試料台

図 09 画像（バリア）

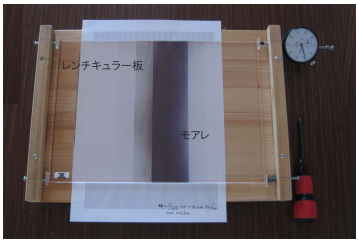


図 10 モアレ

事前の準備

ネジ①の送り量を事前に計算する。送り量を x とすると、

$$x = \tan\Theta \times 200 \qquad (4)$$

となることから、Θ=0 ～1 度までの一覧表を表 03 に示す。

始めに、画像(バリア)を試料台にテープで固定する。次に、ネジ①、ネジ②、マイクロメーター、およびスプリングでＬ板を固定する。そして、ネジ①を回すと、Ｌ板の左下端を固定したままマイクロメーターが動くことを確認する。

実測方法

① モアレが垂直、すなわちΦ＝０度となっていることを確認する。

② デジタルカメラで画像上のモアレを撮影する。

③ Θ＝0.01 度となる様にネジ①をゆっくり回していき、移動量を表 03 の送り量に合わせる。そして、モアレの角度が少し変化していることを確認する。

④ デジタルカメラでモアレを撮影する。

⑤ 以下、同様に、Θ＝１度になるまで繰り返す。

表 03 送り量の一覧

Θ	tan θ	x Θ < 1
0.00	0.00000	0.0000
0.01	0.00017	0.0349
0.02	0.00035	0.0698
0.03	0.00052	0.1047
0.04	0.00070	0.1396
0.05	0.00087	0.1745
0.06	0.00105	0.2094
0.07	0.00122	0.2443
0.08	0.00140	0.2792
0.09	0.00157	0.3142
0.10	0.00175	0.3491
0.20	0.00349	0.6981
0.30	0.00524	1.0472
0.40	0.00698	1.3963
0.50	0.00873	1.7453
0.60	0.01047	2.0944
0.70	0.01222	2.4435
0.80	0.01396	2.7927
0.90	0.01571	3.1418
1.00	0.01745	3.4910

⑥ 撮影された画像をプリントアウトし、図 07 同様に、モアレ角度(Φ)を分度器にて実測する。

⑦ 実測データをEXCELでグラフ化する。

６．計算値と実測値を比較

(1) Θ＝１～３０度

計算値、および実測値を表 04 に示し、グラフを図 11 にグラフを示す。

計算値と実測値を比較できる。

(2) Θ＝０～0.5 度

同様に、　計算値、および実測値を表 05 に示し。グラフを図 12 にグラフを示す。

計算値と実測値を比較できる

表 04 計算値、及び実測値

Θ	Φ 計算値	Φ 実測値
1.0	(80.3)	(88.0)
2.0	(84.4)	(88.0)
3.0	(85.4)	(88.0)
4.0	(85.7)	(88.0)
5.0	(85.6)	(87.3)
6.0	(85.5)	(87.0)
7.0	(85.2)	(86.5)
8.0	(84.8)	(86.0)
9.0	(84.5)	(85.5)
10.0	(84.1)	(85.0)
20.0	(79.5)	(80.0)
30.0	(74.7)	(74.8)

図 11 比較グラフ

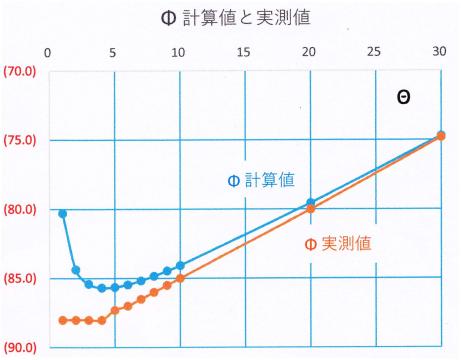
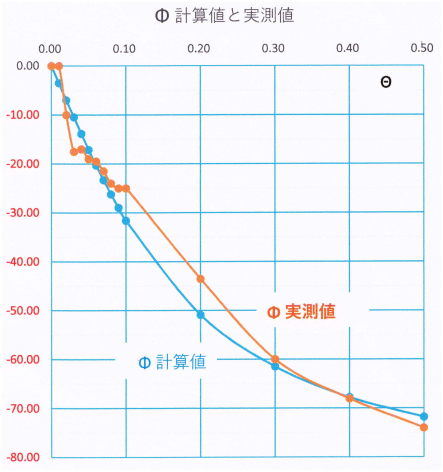


表 05 計算値

θ	Φ 計算値	Φ 実測値
0.00	0.00	0.0
0.01	-3.53	0.0
0.02	-7.03	(10.0)
0.03	-10.48	(17.5)
0.04	-13.85	(17.0)
0.05	-17.13	(19.0)
0.06	-20.29	(19.5)
0.07	-23.33	(21.5)
0.08	-26.24	(24.0)
0.09	-29.01	(25.0)
0.10	-31.63	(25.0)
0.20	-50.89	(43.5)
0.30	-61.48	(60.0)
0.40	-67.75	(68.0)
0.50	-71.80	(74.0)

図 12 比較グラフ



7．考察、結果

図 11、及び図 12 共、実測値が計算値に近いことが分かる。

ステレオ印刷製品を生産時の位置合わせにおいて、当然、製造上の許容値が設定されているはずである。しかし、現実には、目で製品を観ながら位置合わせを行い、合否の判定をしている。

本稿では、二者の傾きについて、計算結果が活用できると判断し、

実用的範囲のグラフ

を図 13 に示す。

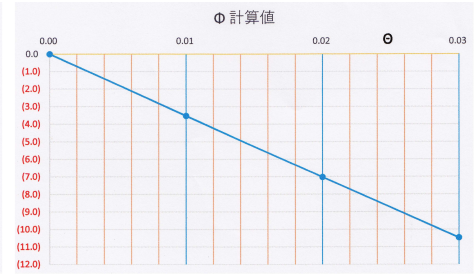


図 13 ΘとΦのグラフ （実用範囲）

このグラフの使い方を述べる。例えば、お得意先から

モアレの上限＝± 5 度

と提示された場合、生産工場での二者のズレ角度の許容値は、図 13 から、

±0.014 度

となることが分かる。
Θ=0.014 度時の二者のズレ角から、Ｂ全版横のステレオ印刷商品での上端のズレ量は、

$$\tan 0.014 \times 800 = \text{約} 0.20 \text{ mm}$$

となっていることを意味している。
　ここで注意したいことは、同じＬ板でも、測定距離を変えると、製造時の二者のズレ角の許容値が変わってしまうことである。また、Ｌ板が変わってしまっても同様である。

８．おわりに

　本稿で詳述してきた技術は、レンチキュラー方式３Ｄディスプレイ（略：ステレオ印刷）の製造時における基礎技術の一つである。従来の製造現場では、幾何学的背景が不明なまま、経験から位置合わせを行ってきた。
　製造現場において、本稿で詳述した技術結果がお役に立てば幸いである。
　今後も、不明な点が発見されたときは、続けて検証していきたい、と考えている。

＜付録＞

参考のために、
二者の傾き：Θに対する
モアレの大きさ：PM
について追記する。

　製造現場において、ズレ角度をゼロに持って行く時、「モアレの大きさ（ピッチ）」がどう変化していくか、参考のため計算してみた。
　式(1)を使用する。ここで、

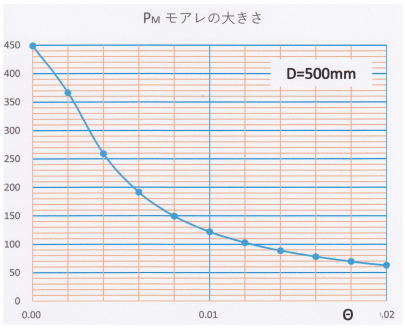
p_a ＝Ｌ板の画像へ投射されたp_P
p_b ＝画像のp_P
p_d ＝モアレの大きさp_M

と置き換えて計算を進める。
　計算値を表 06 に、そのグラフを図 14 に示す。
　本稿第７章において、
　　ズレ角の許容値＝±0. 014 度
であるが、Θ=0.014 度の時の画像上に観られるモアレの大きさは表 06 から、
　　モアレの大きさ=88.91 mm
であることが分かる。
　そして、Θ=ゼロに調整が終わったときのモアレの大きさは、
　　モアレの大きさ=449.06 mm
となっていることが分かる。

表 06 計算値

θ	PM
0.000	449.06
0.002	366.62
0.004	259.22
0.006	191.44
0.008	149.65
0.010	122.19
0.012	103.00
0.014	88.91
0.016	78.15
0.018	69.69
0.020	62.87
0.030	42.14
0.040	31.67
0.050	25.36

図 14 グラフ



＜参考資料＞

　本稿の内容を活かして頂くために、ご利用ください。

EXCEL「Θに対するΦ計算」
EXCEL「Θに対するPM 計算」

L3DD

山田 千彦

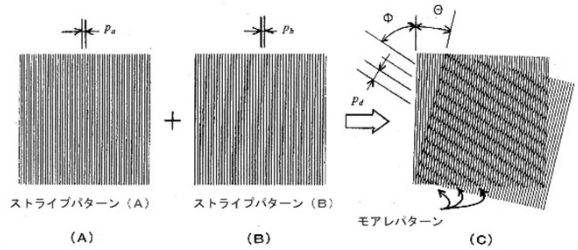
貼り合わせにおける

2016年8月13日

「ズレ角度」に対する「モアレ角度」を計算

数値入力：

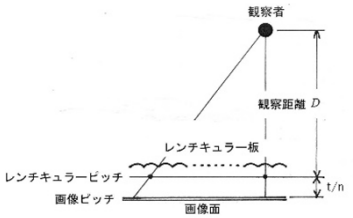
計算結果：



基本式

$$p_d = \frac{p_a p_b}{\sqrt{p_a^{\,2} + p_b^{\,2} - 2 p_a p_b \cos\Theta}}$$

$$\tan\Phi = \frac{p_b \sin\Theta}{p_b \cos\Theta - p_a}$$



L 板：　TPN　20　Lpi

測定距離＝　500　mm

L 投影pp＝　1.2716　mm

製品の画像pp＝　1.2680　mm

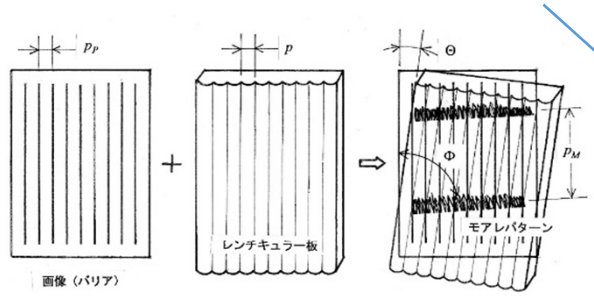
r ＝　1.00

p ＝　1.2673　実測値

t ＝　2.70

製品 D ＝　3000

t − r ＝　1.70



$$p_P = \left(1 + \frac{t-r}{D}\right) p$$

画像の解像力＝　78.863　pixel/cm

バリア／黒：白＝1：9

θ	Φ 計算値
0.00	0.0
0.01	(3.5)
0.02	(7.0)
0.03	(10.5)
0.04	(13.8)
0.05	(17.1)
0.06	(20.3)
0.07	(23.3)
0.08	(26.2)
0.09	(29.0)
0.10	(31.6)

画 sinΘ	画 cosΘ	画 cosΘ − L
0.0000	1.2680	(0.0036)
0.0002	1.2680	(0.0036)
0.0004	1.2680	(0.0036)
0.0007	1.2680	(0.0036)
0.0009	1.2680	(0.0036)
0.0011	1.2680	(0.0036)
0.0013	1.2680	(0.0036)
0.0015	1.2680	(0.0036)
0.0018	1.2680	(0.0036)
0.0020	1.2680	(0.0036)
0.0022	1.2680	(0.0036)

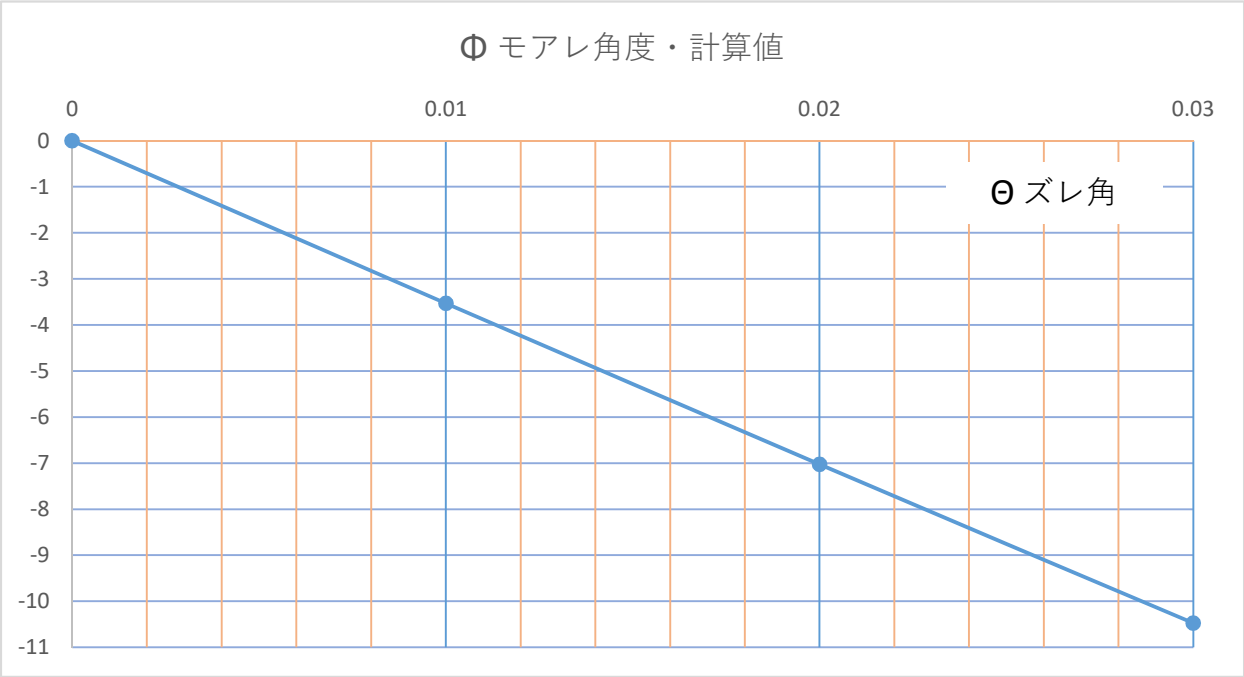
基本式の置き換え

p_a ＝ L p_P

＝ L

p_b ＝ 画像 p_P

＝ 画


Φ モアレ角度・計算値
0
0.01
0.02
0.03
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
-11
Θ ズレ角

L3DD

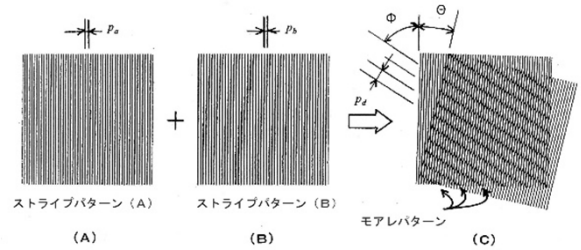
山田 千彦

貼り合わせにおける

2016年8月15日

「ズレ角度」に対する「モアレピッチ」を計算

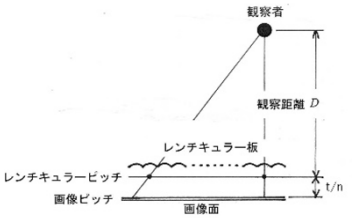
計算結果：



基本式

$$p_d = \frac{p_a p_b}{\sqrt{p_a{}^2 + p_b{}^2 - 2 p_a p_b \cos\Theta}}$$

$$\tan\Phi = \frac{p_b \sin\Theta}{p_b \cos\Theta - p_a}$$



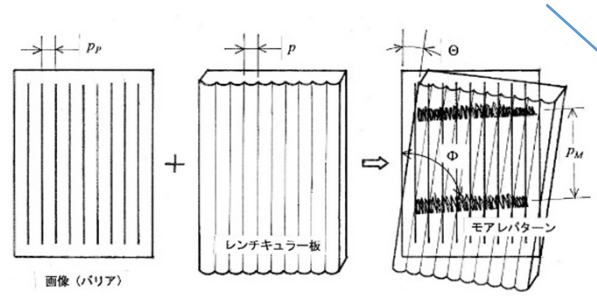
L 板：　TPN 20 Lpi

測定距離＝ 500 mm

L 投影pp＝ 1.2716 mm

製品の画像pp＝ 1.2680 mm

r ＝	1.00
p ＝	1.2673
t ＝	2.70
製品 D ＝	3000
t − r ＝	1.70



$$p_P = \left(1 + \frac{t-r}{D}\right) p$$

画像の解像力＝ 78.863 pixel/cm

バリア／黒：白＝1：9

θ	PM	L画	L2+画2	2L画cosθ	√
0.000	449.06	1.6124	3.2249	3.2248	0.0036
0.002	366.62	1.6124	3.2249	3.2248	0.0044
0.004	259.22	1.6124	3.2249	3.2248	0.0062
0.006	191.44	1.6124	3.2249	3.2248	0.0084
0.008	149.65	1.6124	3.2249	3.2247	0.0108
0.010	122.19	1.6124	3.2249	3.2247	0.0132
0.012	103.00	1.6124	3.2249	3.2246	0.0157
0.014	88.91	1.6124	3.2249	3.2245	0.0181
0.016	78.15	1.6124	3.2249	3.2244	0.0206
0.018	69.69	1.6124	3.2249	3.2243	0.0231
0.020	62.87	1.6124	3.2249	3.2242	0.0256

基本式の置き換え

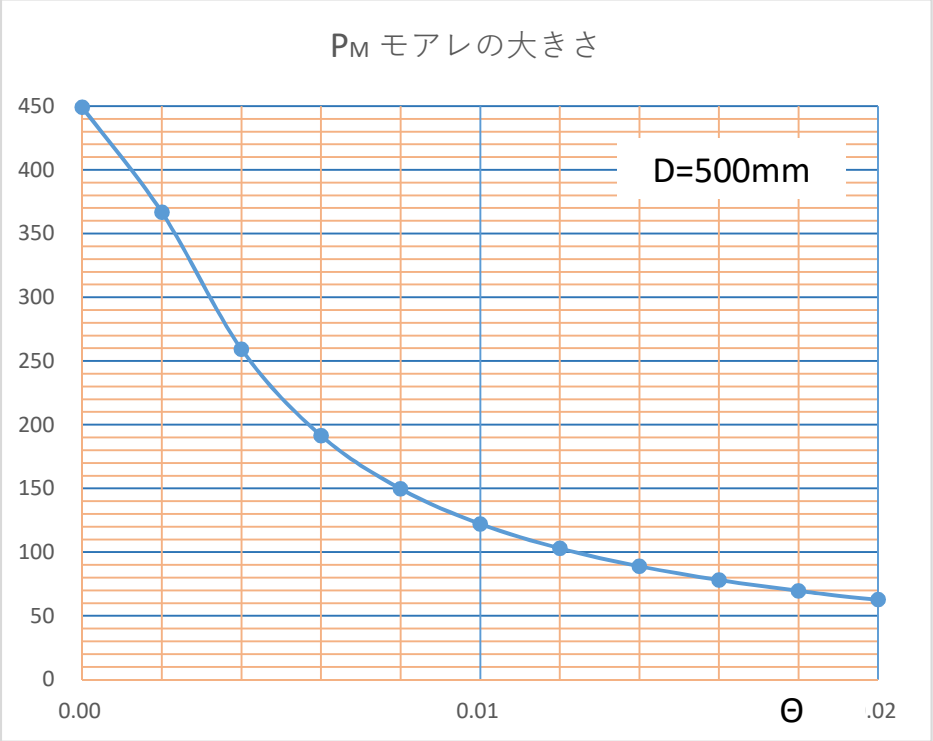
p_a ＝ L p_P

＝ L

p_b ＝ 画像 p_P

＝ 画

p_D ＝ p_M

0.030	42.14	1.6124	3.2249	3.2234	0.0383
0.040	31.67	1.6124	3.2249	3.2223	0.0509
0.050	25.36	1.6124	3.2249	3.2208	0.0636
0.060	21.14	1.6124	3.2249	3.2190	0.0763
0.070	18.13	1.6124	3.2249	3.2169	0.0889
0.080	15.87	1.6124	3.2249	3.2145	0.1016
0.090	14.11	1.6124	3.2249	3.2118	0.1143
0.100	12.70	1.6124	3.2249	3.2087	0.1270

θ	PM
0.000	449.06
0.002	366.62
0.004	259.22
0.006	191.44
0.008	149.65
0.010	122.19
0.012	103.00
0.014	88.91
0.016	78.15
0.018	69.69
0.020	62.87
0.030	42.14
0.040	31.67
0.050	25.36