

レンチキラー方式3Dディスプレイ
ピッチずれと観察距離の変化

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

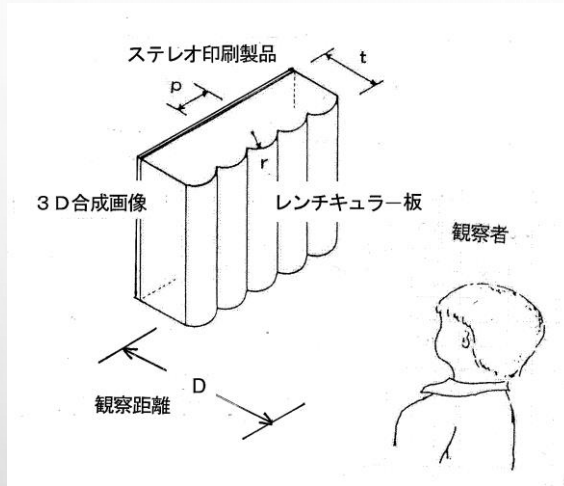


未来

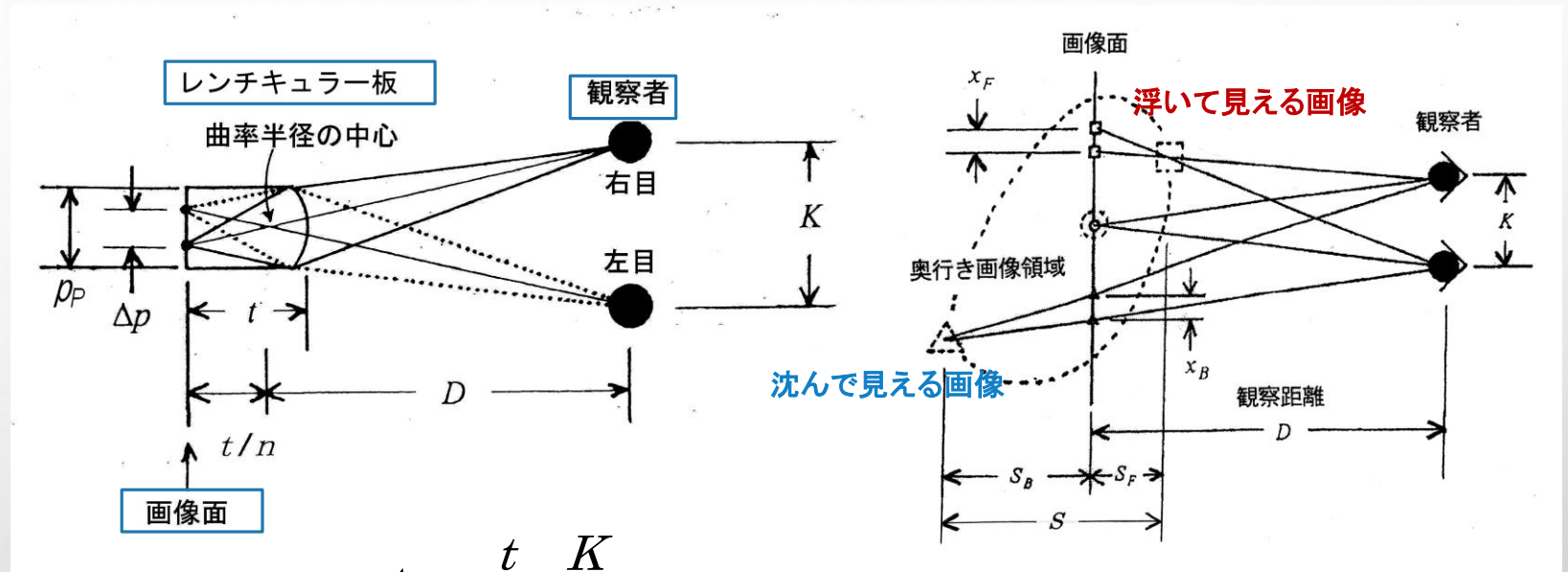
立体TV放送の開始

メガネなしで立体視出来る

レンチキュラー方式3Dディスプレイ 立体視原理



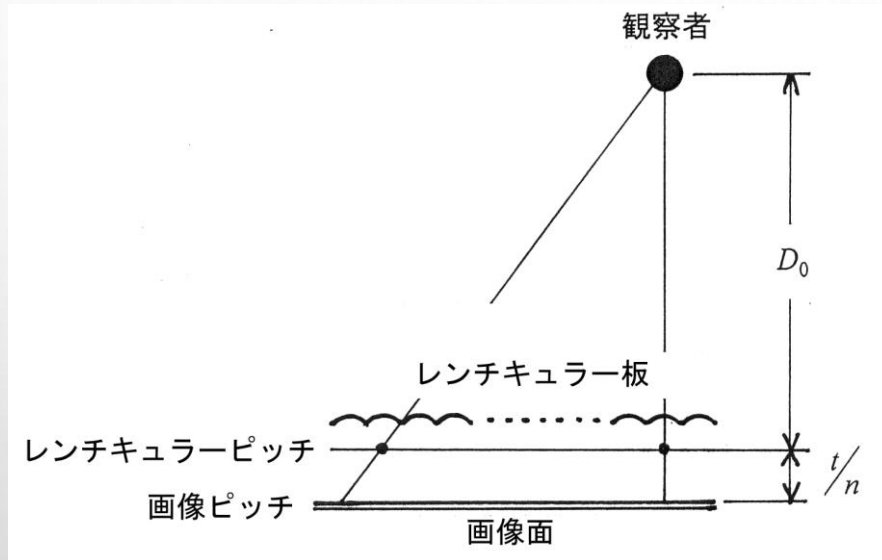
通称: **ステレオ印刷製品**



$$\Delta p = \frac{t}{n} \cdot \frac{K}{D}$$

観察者は、レンチキュラー板の曲率半径の中心を通して、レンチキュラー板裏面の画像面上の Δp の距離離れた2つの異なる画像を見ている。そして、これらの画像から奥行き感のある立体画像を得ている。

ピッチずれと観察距離



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

p はレンチキュラー板のピッチ
 p_P は画像のピッチ

ステレオ印刷製品はレンチキュラー板、および立体合成画像の二者からなっている。
レンチキュラー板のピッチと画像のピッチは観察距離により幾何学的に決まっている。
そして、二者のどちらかにピッチずれが発生した場合、観察距離の変化を求める事が出来る。

ピッチずれの要因

レンチキュラー板のピッチ

レンチキュラー板は、通常、金型から成型されるが、成型方法により金型と異なるピッチとなることが多く、またその再現性は低い。

画像のピッチ

立体合成作業は、PC上で行われるが、製版、印刷工程でピッチが変わることが考えられる。また、ステレオ印刷製品の製造時における環境(温度、および湿度)によりピッチが大きく変わってしまう。

ピッチずれの実際

- ① レンチキュラー板のピッチに対し、画像のピッチがずれてしまった場合
- ② 画像のピッチに対し、レンチキュラー板のピッチがずれてしまった場合

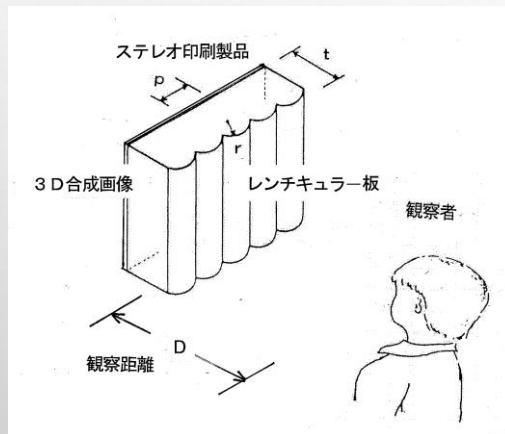
どちらにも共通していることは、

- Ⓐ 画像のピッチが相対的に大きくなった(レンチキュラー板のピッチが相対的に小さくなった)場合、
観察距離が近くなる
- Ⓑ 画像のピッチが相対的に小さくなった(レンチキュラー板のピッチが相対的に大きくなった)場合、
観察距離が遠くなる

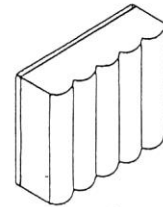
立体視領域の基本

立体視できる場所、立体視できない場所が存在している
立体視できる領域は六角柱の中にある

立体視の基本



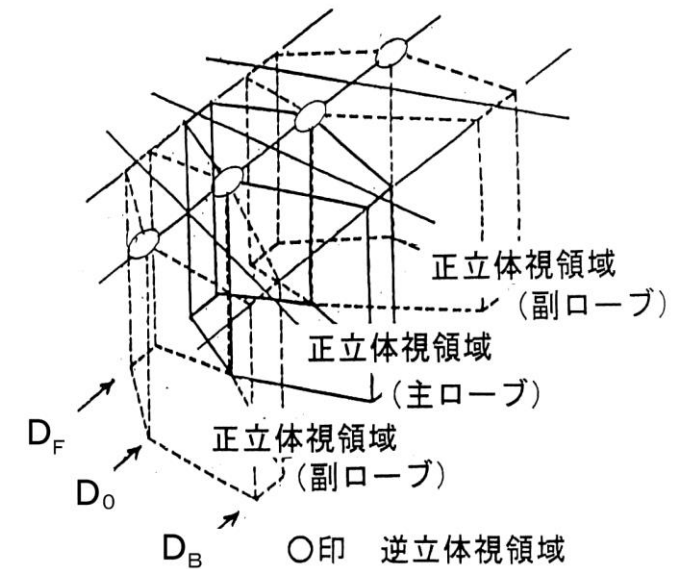
何処から観ても立体視できると、
思われているが



3Dディスプレイ



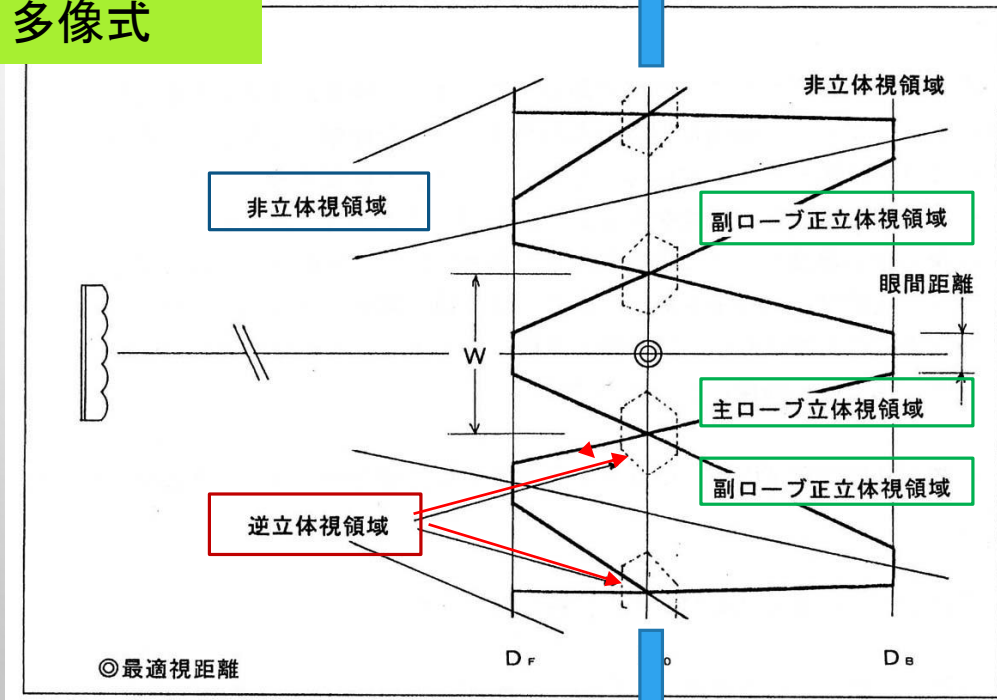
立体視領域が存在する



立体視領域の三態

左右の立体視領域を広げている 副ローブ

多像式

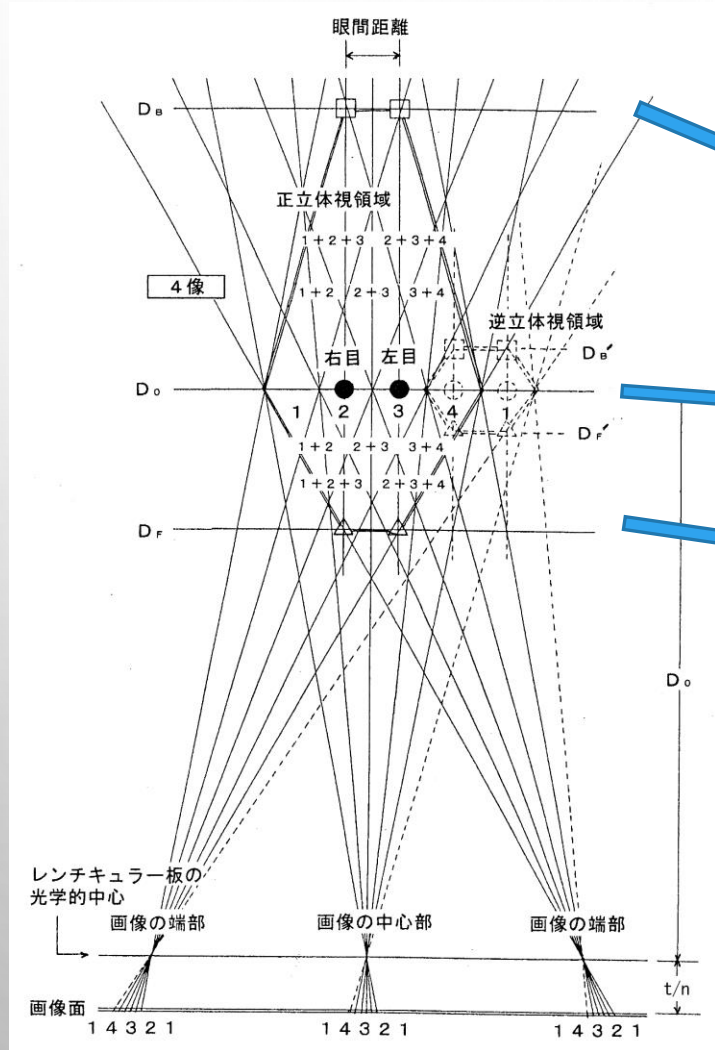


◎最適視距離

副ローブ 左右の立体視領域を広げている

正立体視	画面全体において正しい浮きや沈みが得られる立体再現状態を言う
逆立体視	画面全体において浮き沈みが逆転した不自然な立体再現状態を言う
非立体視	画面の一部のみが正立体であったり、逆立体と混在したり、あるいは立体感のない不自然な立体再現状態を言う

立体視領域を幾何学的に表示する



4像式の場合

観察位置		左目で見ている画像	右目で見ている画像
4像	D_b	4 3 2	3 2 1
	D_o	2 又は 3 又は 4	1 又は 2 又は 3
	D_f	2 3 4	1 2 3

左図において、観察者は正立体視領域の中央に居る場合、
 画像面のどこを観ても、
 右目では画像2を
 左目では画像3を
 観て正立体視している、事が分かる。

立体視領域を 求める計算式

- p : レンチキュラーのピッチ[mm]
- t : レンチキュラー板の厚さ[mm]
- n : 樹脂の屈折率
- N : 合成画像数[枚]
- A : 画像の横幅寸法[mm]
- K : 眼間距離 = 65[mm]
- D_F : 立体視できる最近距離[mm]
- D_0 : 立体視できる最適距離[mm]
- D_B : 立体視できる最遠距離[mm]
- W : 立体視できる左右の幅／ローブ[mm]
- D_F', D_B', W' : 逆立体視領域

			N像式	連続多像式
正立体視	前後方向	D_F	$D_F = \frac{A+K}{A+NK} D_0$	$D_F = \frac{(A+K)}{2(x+\Delta x_F)} \left(\frac{t}{n}\right)$ $x = \frac{A}{2D_0} \left(\frac{t}{n}\right)$ $\Delta x_F = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\left(\frac{t}{n}\right)}{D_0}\right) p$
		D_0	D_0	
		D_B	$D_B = \frac{A+K}{A-(N-2)K} D_0$	$D_B = \frac{(A-K)}{2(x-\Delta x_B)} \left(\frac{t}{n}\right)$ $x = \frac{A}{2D_0} \left(\frac{t}{n}\right)$ $\Delta x_B = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\left(\frac{t}{n}\right)}{D_0}\right) p$
	左右方向	W	$W = NK$	$W = \frac{p}{\left(\frac{t}{n}\right)} D_0$
逆立体視	前後方向	D_F'	$D_F' = \frac{A+(N+1)K}{A+(N+2)K} D_0$	
		D_0	D_0	
		D_B'	$D_B' = \frac{A+(N+1)K}{A+NK} D_0$	
	左右方向	W'	$W' = 2K$	

具体的に計算を進めるために
製造設計の例

レンチキュラー形状、および樹脂を、

$$r = 0.52 \quad p = 0.4358 \quad t = 1.30\text{mm}$$

PVC樹脂、屈折率： $n = 1.53$

製品例を、

$$A(\text{横})270 \times B(\text{縦})340\text{mm}$$

観察距離を

$$D_0 = 1,000\text{mm}$$

立体合成画像のピッチを式から計算すると、

$$p_P = 0.4361\text{mm}$$

この時の立体視領域は、

$$D_B = \infty$$

$$D_0 = 1,000$$

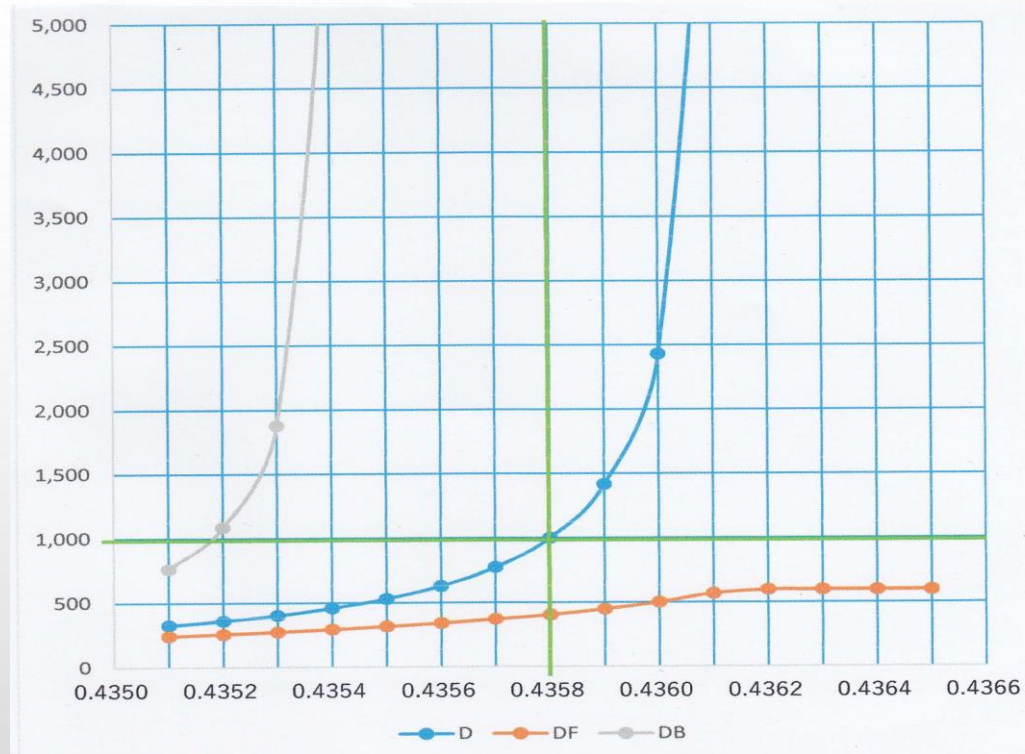
$$D_F = 404$$

このステレオ製品は、
店頭広告、および
室内壁面の装飾用
に造られている。

計算例(1)

立体合成画像のピッチを固定し、 レンチキュラーピッチが変化した場合

p	D	DF	DB
0.4351	326	241	762
0.4352	361	256	1,086
0.4353	404	273	1,878
0.4354	459	292	7,049
0.4355	531	314	無限大
0.4356	629	339	無限大
0.4357	773	369	無限大
0.4358	1,000	404	無限大
0.4359	1,417	447	無限大
0.4360	2,430	500	無限大
0.4361	8,520	567	無限大
0.4362	無限大	596	無限大
0.4363	無限大	596	無限大
0.4364	無限大	596	無限大
0.4365	無限大	596	無限大

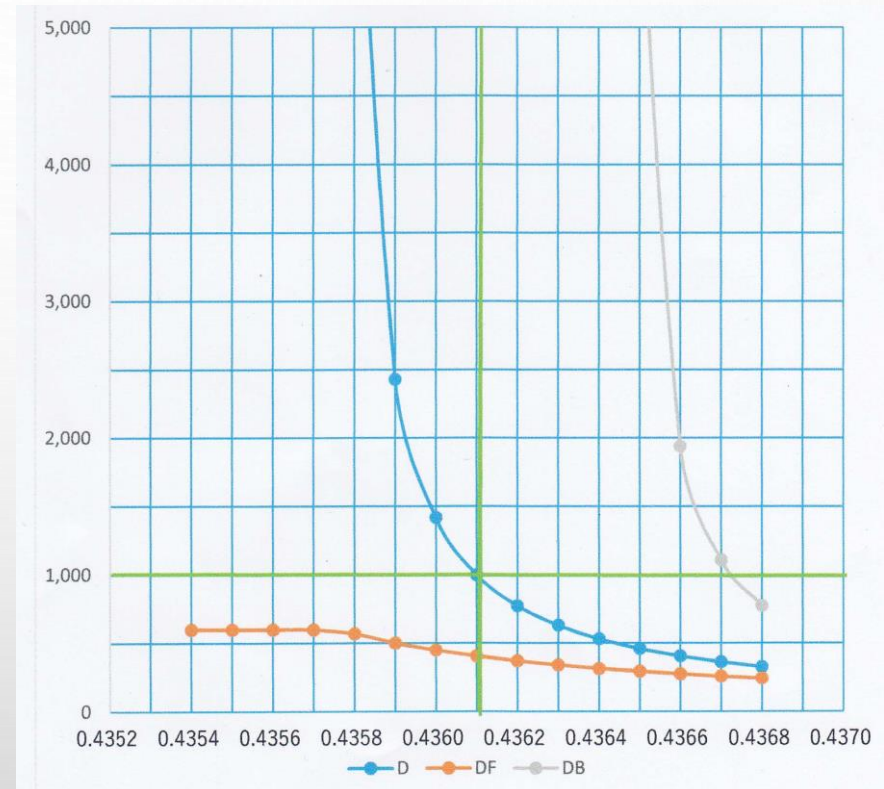


立体合成画像のピッチを固定し、レンチキュラー板のピッチずれを 0.0001mm 単位で増減させて、先ず観察距離の変化を計算し、続けて立体視領域を求める。

計算例(2)

レンチキュラーピッチを固定し、 画像のピッチが変化した場合

pp	D	DF	DB
0.4354	無限大	597	無限大
0.4355	無限大	597	無限大
0.4356	無限大	597	無限大
0.4357	無限大	597	無限大
0.4358	8,514	567	無限大
0.4359	2,429	500	無限大
0.4360	1,417	447	無限大
0.4361	1,000	404	無限大
0.4362	773	369	無限大
0.4363	630	339	無限大
0.4364	531	313	無限大
0.4365	459	292	7,409
0.4366	405	273	1,937
0.4367	362	256	1,109
0.4368	327	242	775



レンチキュラー板のピッチを固定し、立体合成画像のピッチずれを 0.0001mm 単位で増減させて、先ず観察距離の変化を計算し、続けて立体視領域を求める。

立体視領域の許容

設計時、設定された
立体視領域

許容範囲	設計値	ピッチずれ	
		観察距離が遠くなる	観察距離が近くなる
D_B D_0 D_F			

立体視領域が遠くなり、立体視できない
領域が出来てしまった

立体視領域が近くなってしまったが、立
体視できる領域はカバーされている。

ピッチズれの ある画像、ない画像

ピッチズレのある画像



ピッチズレのない画像



ピッチズレに伴う画像の歪

まとめ

ステレオ印刷製品は、何処から観ても立体視できる、と思われている。
しかし、実際には「**立体視**できる可能**領域**」が存在する。

立体視領域は、小さい製品では非常に広く、大きな製品では狭くなる。

立体視領域は、製造工程上、環境や製造条件により、当初の設定値より変化してしまう。

製造現場では、立体視領域の変化を把握し、製造工程上の品質管理に勤めねばならない。

レンチキュラー方式3Dディスプレイ
ピッチずれと観察距離の変化

ご清聴ありがとうございました

元日本工業大学 元凸版印刷株式会社
山田 千彦

<付記>

立体合成画像の横寸法と立体視領域

立体視領域（前後）

