

立体映画における 視差角と奥行き再現

元 日本工業大学、凸版印刷(株)
山田 千彦

はじめに

筆者：レンヂキュラー方式3Dディスプレイ技術に関与
過去に発表
「多像式3Dディスプレイにおける最適な視差角の一検討」
3D映像、Vo.26, No.1, 41-48 (2012-03)

余計なお世話になりますが



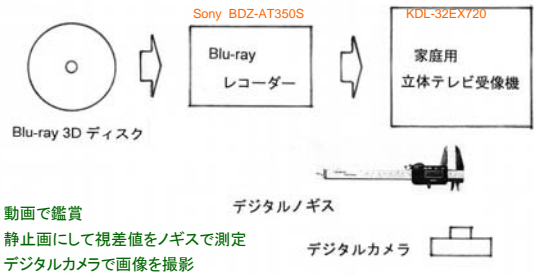
最近：立体映画を劇場で見ていて沈んで見える画像の視差が
眼間距離より極端に大きく、観ていて頭が痛くなる経験をしている
3Dコンソーシアム・安全ガイドライン部会
「人に優しい3D普及のための3DC安全ガイドライン」
(2010-04-20 改訂版)が発表されている

そこで、市販のソフトを評価してみた

人に優しい3D普及のための 3DC安全ガイドライン

- 両眼視差による立体では、ディスプレイ面とは異なるところに物体を知覚する。一方、ピントはディスプレイ面に合うが、この乖離が大きいと、視覚疲労、不快感を生じるとされる。そのため、立体を快適に楽しむための奥行き範囲、すなわち**快適視差範囲**が存在する。
- 過度の視差は立体視の成立を妨害、2重像を生じさせ、**視覚疲労、不快感の原因**となる。
- 従来の研究や経験則によると**視差角は1°以下が目安**である。
- **融合限界**は個人差が大きい、不特定多数を対象とする場合、**小さめの2°程度と考えた方が無難**である。
- 時間的、空間的に急な視差角変化(1°以上)は疲労原因となるので**避けるのが望ましい**。

視差の測定



視差の具体的測定例

最も沈んで見える視差 $x_b = 13.7\text{mm}$



最も浮いて見える視差 $x_f = 9.1\text{mm}$

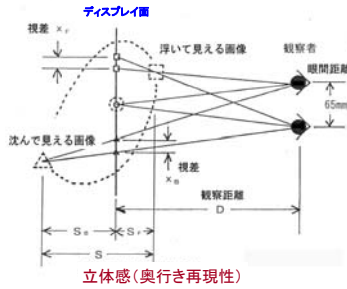


評価

- 家庭内で鑑賞
視差値を測定
立体感(奥行き再現)を計算
併せて視差角を計算
- 劇場での鑑賞を想定
視差値を計算
立体感を計算
併せて視差角を計算



立体感の計算 (奥行き再現性)



$$S = S_F + S_B$$

$$S_F = \frac{x_F D}{65 + x_F}$$

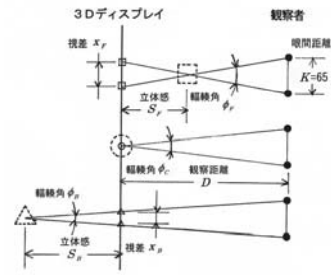
$$S_B = \frac{x_B D}{65 - x_B}$$

2013-09

山田 千彦

7

視差角の計算



輻輳角

$$\phi_F = 2 \tan^{-1} \frac{65}{D - S_F}$$

$$\phi_B = 2 \tan^{-1} \frac{65}{D + S_B}$$

$$\phi_B = 2 \tan^{-1} \frac{65}{D + S_B}$$

視差角

$$\phi_F = \phi_F - \phi_C$$

$$\phi_B = \phi_C - \phi_B$$

2013-09

山田 千彦

8

評価するサンプル

サンプル	タイトル
①	THE ULTIMATE WAVE TAHITI 3D IMAX劇場用 (45 min.) (2009)
②	DIAL M FOR MURDER 第1次最盛期、劇場用 (105 min.) (1955)
③	オープン シーズン in 3D 近年、劇場用 (86 min.) (2006)
④	AVATAR 近年、劇場用 (162 min.) (2009)
⑤	TOY STORY 3 3D 近年、劇場用 (103 min.) (2010)
⑥	江ノ電で巡る湘南・鎌倉 近年、放送、家庭用 (30 min.) (2012)

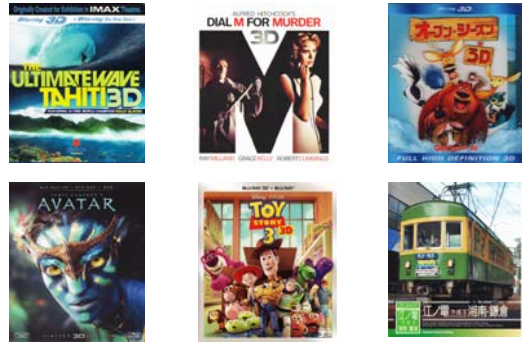
Blu-ray 3D

2013-09

山田 千彦

9

評価するサンプル/ジャケット



2013-09

山田 千彦

10

サンプル①を
家庭用テレビで
観た場合の

視差値
立体感
視差角



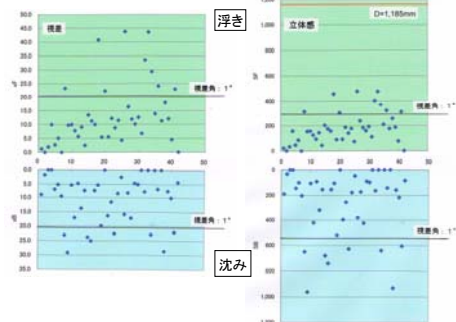
シーン	観差			奥行再現性			観差角		
	x_F	x_B	S_F	S_B	ϕ_F	ϕ_B	ϕ_F	ϕ_B	
オパル	11	1.23	8.00	22.4	190.4	0.1	0.1	0.1	
車 運転	2	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
サングラス	4	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
車 乗込	5	2.25	0.90	4.2	145.2	0.1	0.1	0.1	
バス	6	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	8	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	10	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	12	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	14	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	16	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	18	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	20	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	22	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	24	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	26	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	28	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	30	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	32	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	34	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	36	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	38	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	40	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	42	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	44	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	46	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	48	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	50	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	52	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	54	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	56	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	58	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	60	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	62	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	64	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	66	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	68	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	70	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	72	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	74	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	76	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	78	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	80	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	82	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	84	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	86	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	88	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	90	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	92	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	94	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	96	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	98	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	
バス	100	0.90	0.90	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	

2013-09

山田 千彦

11

サンプル①を家庭用テレビで観た場合の 視差、立体感のグラフ



2013-09

山田 千彦

12

サンプル①を劇場で観る場合を想定

家庭用テレビで観た場合のデータから劇場で観た場合を想定する

家庭用立体テレビ
32型
観察距離=1,185mm

→

劇場のスクリーン
400型
観察距離=15,000mm

拡大率:m=12.7倍

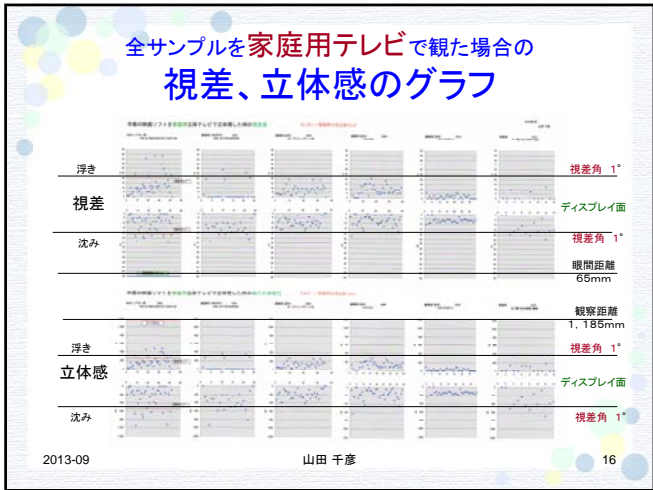
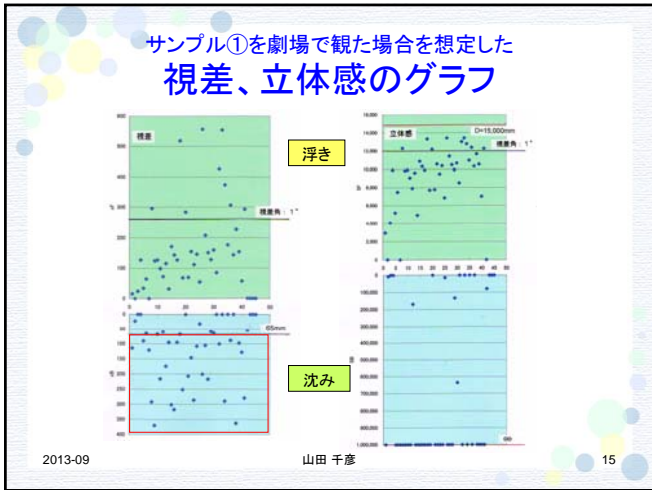
2013-09 山田 千彦 13

サンプル①を劇場で観た場合の視差値 立体感 視差角 想定値

サンプル	No.	奥行再現	視差値	視差角
サンプル1	1	15.0	114.0	7.644
サンプル2	2	0.0	0.0	0.0
サンプル3	3	24.7	0.0	4.061
サンプル4	4	177.0	0.0	9.992
サンプル5	5	34.7	80.2	5.190
サンプル6	6	84.8	66.9	7.687
サンプル7	7	0.0	123.7	0
サンプル8	8	205.1	226.7	13.294
サンプル9	9	124.3	203.8	14.054
サンプル10	10	127.0	83.9	8.522
サンプル11	11	86.1	215.9	9.701
サンプル12	12	72.4	19.7	7.950
サンプル13	13	112.8	174.0	9.999
サンプル14	14	31.0	19.3	4.912
サンプル15	15	171.3	205.0	10.717
サンプル16	16	143.1	317.3	10.244
サンプル17	17	177.0	88.9	9.992
サンプル18	18	116.2	437.3	13.228
サンプル19	19	86.0	215.0	9.701
サンプル20	20	89.0	0.0	12.700
サンプル21	21	89.0	207.9	7.700
サンプル22	22	154.1	148.1	10.967
サンプル23	23	111.0	203.8	9.484
サンプル24	24	146.1	199.0	10.200
サンプル25	25	84.8	11.8	8.489
サンプル26	26	106.1	200.7	10.611
サンプル27	27	208.3	103.4	11.432
サンプル28	28	131.1	217.0	10.489
サンプル29	29	170.0	95.4	9.999
サンプル30	30	100.0	63.1	10.607
サンプル31	31	86.1	0.0	9.994
サンプル32	32	426.7	100.0	13.017
サンプル33	33	253.1	0.0	12.824
サンプル34	34	212.4	209.8	12.770
サンプル35	35	170.0	0.0	10.606
サンプル36	36	306.1	100.0	12.712
サンプル37	37	143.1	0.0	11.424
サンプル38	38	272.0	85.0	10.641
サンプル39	39	57.0	128.3	7.018
サンプル40	40	212.7	279.8	12.770
サンプル41	41	0.0	548.1	0
サンプル42	42	0.0	548.1	0

注:奥行き再現、S_Bにおける999,999は∞を意味している

2013-09 山田 千彦 14



考察／家庭で観た場合 (全体的に見て)

- 浮いている画像、および沈んでいる画像共に視差角はほぼ1°以内に入っている。
- 浮いて見える画像はディスプレイ面より少し浮いて見え、観察距離との間に多くの空間が存在する。
- 沈んで見える画像は眼間距離より小さく、ディスプレイ面より沈んで見える。
- 故に、立体画像はディスプレイ面の前後に集中しているが、画像間のわずかな奥行き感の再現ができる。
- しかし、家庭用立体画像として、これらの奥行き感是十分であらうか？

2013-09 山田 千彦 17



考察／劇場で観た場合 (全体的に見て)

- 家庭用テレビで観た場合と大きく異なる点が2つある。
- 浮いている画像の視差角はほぼ 1° 程度に入っている。
- ディスプレイ面より浮いて見える画像は、観察者との間に大きな隙間がない。
しかし、劇場で観た場合、このような画像の大きな浮きは感じていない様であるが。
- 沈んで見える画像の視差値のほとんどは眼間距離(65mm)以上となっており、沈んで見るだけで、奥行き感に中間層の再現がなくなってしまうと思われる。

2013-09

山田 千彦

19

検討／余計なお世話です

計算結果、浮いて見える画像は、観察者との間に大きな隙間が出来ないほどに浮いて見えるはずである。
しかし、劇場で観た場合、このような画像の大きな浮きは感じていない様である。

原因として予想できることは、スクリーンサイズが小さいこと、およびスクリーン枠の存在(箱庭効果)と思われる。

対策として考えられることは、昔のIMAXシアターのような大型スクリーンとして、観察者にスクリーン枠を認識させないこと、および、スクリーン枠に重なる画像を極力避けること、と思われる。

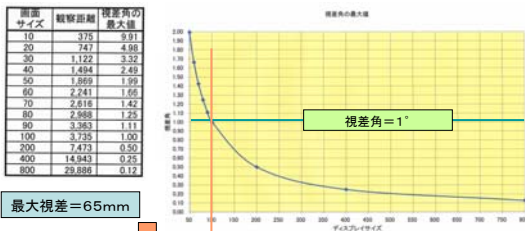
2013-09

山田 千彦

20

検討／沈んで見える画像の ディスプレイサイズと視差角の最大値

沈んで見える画像の視差の最大値＝観察者の眼間距離



最大視差=65mm

100型までは 視差角=1°
100型以上の視差角=サイズに合わせて小さくすると良いのではないかと

2013-09

山田 千彦

21

おわりに／余計なお世話でした

筆者は大昔からレンチキュラー方式3D製品の技術に関与してきた。
その中で視差値はどのような大きさまで許されるのか？
不勉強でした
3DC安全ガイドラインが公開され
従来のレンチキュラー方式3D製品の視差値を評価してみた
本稿では、余計なお世話になりますが
市販されている立体映画の持っている視差角について評価してみた

家庭用TVで立体視する場合、視差角はほぼ 1° 以内に入っている
しかし、劇場は家庭用と異なり、
スクリーンサイズを大きくして、浮いて見える画像を抑えから解放する
また、沈んで見える画像の視差角はスクリーンサイズに合わせて
サイズが大きくなるほどに視差角を小さくする方が
良いのではないかと

2013-09

山田 千彦

22

立体映画における視差角と奥行き再現

ご静聴有り難うございました

山田 千彦

2013-09

山田 千彦

23

立体映画における視差角と奥行き再現

A parallax angle and a depth perception in 3D movie

山田 千彦

元日本工業大学、〒120-0014 東京都足立区西綾瀬 4-13-17

E-mail : c-yamada@adachi.ne.jp

今第3次立体映画ブームの中にあると言われて早9年目に入った。その後、家庭用立体テレビ受像機が発売されてから4年目に入っている。そのような中、やっと最近になって Blu-ray 3D ディスクのソフト販売が増えてきている。そこで、本稿では市販のソフトの何点かを評価してみた。

1. はじめに

いろいろな博覧会、等では立体映画に皆が集まり、大盛況であったのを覚えている。しかし、お金を出して観る劇場用立体映画、例えば IMAX 劇場 は常に低迷していた。

1990年代に入り、立体映画、あるいは臨場感通信、等に多くの論文が出る様になり、メガネなしで立体視できる産業用3Dディスプレイが市場に出るようになってきた。当初はレンキュラー、あるいはバリアを用いた2像式であったが、その後ディスプレイの画素が増えるに伴って多像式が目につくようになってきた。

そのような流れの中で、2005年から劇場用立体映画がフルタイムで上映される様になり、第3次最盛期に突入している。この劇場用立体映画はメガネをかけて観る方式であるが、以前と変わったことは、皆がお金を出して観に来ていることである。

この中で3Dコンソーシアム・安全ガイドライン部会から、「人に優しい3D普及のための3DC安全ガイドライン」(2010-4-20 改訂)が公開されている。

2010年は家庭用立体テレビ元年と言われ、多くの家電メーカーから立体テレビ受像機が数多く販売されるようになってきた。これらの立体テレビはメガネをかけて立体視する2像

式である。そして、2011年10月には「メガネなしで立体視出来る多像式の家庭用立体テレビ受像機」が発売された様だ。

当初は、BS11チャンネルで多くの3D映像が放送されていた様であるが、今はわずかにBS11、BS-TBS、BSフジに番組が組まれているが、他のチャンネルで3D番組を見かけることはなく、3D番組を見付けるのが大変である。

また、市販の3D映像は当初はほとんどなかったが、最近は劇場用立体映画、および家庭用立体テレビ向けのBlu-ray 3D ディスクが市販される様になった。しかし、その数は少なく、普通のDVDやBlu-ray ディスクより高価であり、普及は難しい感がある。

このような状況で、日本では立体映画が低迷方向に向かってしまい残念な感がある。

しかし、このような中ではあるが、市販の3D映像のディスクを評価してみた。

どのような視差値でどの様な立体感(奥行き再現性)が得られるのか、さらに、そのデータを劇場で鑑賞する場合に変換して、筆者が劇場で鑑賞した場合と比較してみた。

今地上デジタル放送が実用に入り、次は立体テレビ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と言われている。このような流れの中、こ

これらのデータが3D映像を論ずる時に参考になれば幸いである。

2. 市販の Blu-ray 3D ソフト

Blu-ray 3D ディスクとして発売されている立体映画ソフトの中からいろいろな種類のディスクを購入してみた。そして、それらのディスクをサンプルとして評価する。(表1)

表1 評価するディスク

サンプル	タイトル
①	THE ULTIMATE WAVE TAHITI 3D IMAX 劇場用 (45 min.) (2009)
②	DIAL M FOR MURDER 第1次最盛期、劇場用 (105 min.) (1955)
③	オープン シーズン in 3D 近年、劇場用 (86 min.) (2006)
④	AVATAR 近年、劇場用 (162 min.) (2009)
⑤	TOY STORY 3 3D 近年、劇場用 (103 min.) (2010)
⑥	江ノ電で巡る湘南・鎌倉 近年、放送、家庭用 (30 min.) (2012)

3. 評価方法

まず始めに、上記ディスクを再生し、家庭用立体テレビのディスプレイ上で、視差値を測定する。

被測定ディスクとして Blu-ray 3D ディスクとした理由は、視差値を測定するために動画を止めた場合、左右の画像が重なって静止画となり、視差値を測定できたからである。

従来のDVDの3Dディスク (NTSC 時分割、アナグリフ、等) では、静止画とした時に左右像が重なっていなかった。

次に、測定された視差値から視差角、および奥行き再現性 (立体感) を計算する。

さらに、測定された視差値を劇場で上映された場合を想定し、その時の視差角、および奥行き再現性 (立体感) を計算する。

そして、まとめとして私見となるが、視差角を考慮しながら奥行き再現性 (立体感) について考察してみた。

3.1 家庭用立体テレビ

(1) 視差値の測定

視差値の測定方法を図1に示す。Blu-ray レコーダー (プレーヤー)、および立体テレビ受像機は、ソニー社製 BDZ-AT350S、および KDL-32EX720 を使用する。

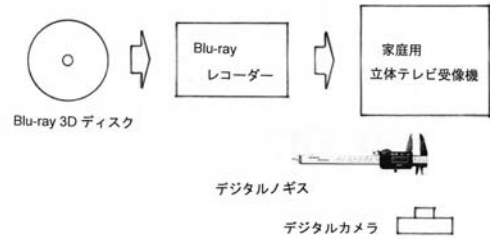


図1 視差値の測定方法

Blu-ray 3D ディスクをプレーヤーに装填し、動画再生して立体視する。その後、視差値を測定するために、ランダムに静止画とする。このとき、静止画像の中で最も浮き出ている画像の視差値: x_F 、および最も沈んで見える画像の視差値: x_B をデジタルノグリスで測定する。同時に参考のため、その画像をデジタルカメラで撮影しておく。

(2) 奥行き再現性 (立体感) の計算

前項で測定した視差値から奥行き再現性 (立体感) を計算する。このときの視差値と立体感との幾何学的関係を図2に示す。

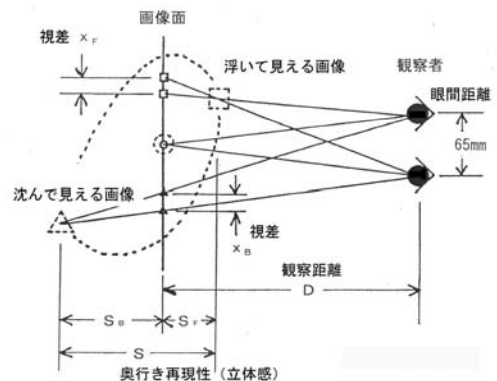


図2 視差と立体感との幾何学的関係

この図から、立体感を次式から計算する。

$$S = S_F + S_B$$

$$S_F = \frac{x_F D}{65 + x_F} \quad (1)$$

$$S_B = \frac{x_B D}{65 - x_B}$$

このとき、 S は全体の立体感、 S_F は手前に浮いて見える画像の立体感、 S_B は奥に沈んで見える画像の立体感、 D は観察距離、そして65 は眼間距離である。

さらに、視差角を計算するための視差(値)と視差角との幾何学的関係を図3に示す。

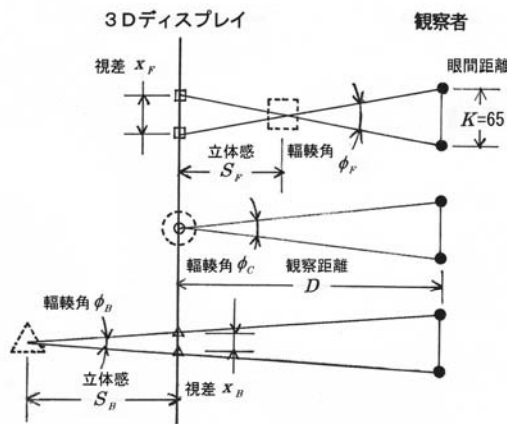


図3 視差と視差角との関係図

手前に浮いて見える画像の輻輳角を ϕ_F 、ディスプレイ面上に見える画像の輻輳角を ϕ_C 、沈んで見える画像の輻輳角を ϕ_B とすると、輻輳角は次式となり、

$$\phi_F = 2 \tan^{-1} \frac{65}{D - S_F}$$

$$\phi_C = 2 \tan^{-1} \frac{65}{D} \quad (2)$$

$$\phi_B = 2 \tan^{-1} \frac{65}{D + S_B}$$

そして、視差角を求めると次式

$$\varphi_F = \phi_F - \phi_C \quad (3)$$

$$\varphi_B = \phi_C - \phi_B$$

となる。ここで、 φ_F は浮いて見える画像の視差角、 φ_B は沈んで見える画像の視差角である。

これらの計算を進める上で、家庭用立体テレビの大きさが32型であることから、観察距離： D はディスプレイの縦サイズの3倍として、

$$D = 1,185 \text{ mm}$$

とする。

4. 映画ソフトの評価

始めに、IMAX劇場用映画であるサンプル

①を視差値の測定から始める。

4.1 家庭用で観た場合

視差の測定データ、および立体感、視差角の計算結果を表2に示す。

表2 サンプル①を家庭用テレビで見た場合の視差値と立体感、および視差角

シーン	視差		奥行き再現		視差角		
	x_F	x_B	S_F	S_B	ψ_F	ψ_B	
タイトル	1	1.25	9.00	22.4	190.4	0.1	0.4
鳥	2	0.00	1.80	0.0	33.8	0.0	0.1
車、移動	3	1.90	0.00	33.7	0.0	0.1	0.0
車、フロント	4	10.00	0.00	158.0	0.0	0.5	0.0
座、車、人々	5	2.70	7.10	47.3	145.3	0.1	0.3
同	6	5.10	5.10	86.2	100.9	0.2	0.2
天空	7	0.00	9.50	0.0	202.8	0.0	0.5
同	8	23.30	23.00	312.7	648.9	1.1	1.1
地球	9	9.80	29.10	155.3	960.5	0.5	1.4
犬	10	10.00	5.30	158.0	105.2	0.5	0.3
車	11	7.80	17.00	127.0	419.7	0.4	0.8
海岸	12	5.70	4.70	95.5	92.4	0.3	0.2
サーファー、2人	13	9.10	13.70	145.5	316.5	0.4	0.7
カヌー	14	2.50	7.50	43.9	154.6	0.1	0.4
カヌー、家族	15	13.50	23.70	203.8	680.0	0.7	1.1
カヌー、男	16	11.30	25.00	175.5	740.6	0.5	1.2
海底	17	10.00	7.50	158.0	154.6	0.5	0.4
波、子供	18	40.80	5.30	457.0	105.2	2.0	0.3
子供、逆立ち	19	5.40	19.80	90.9	519.1	0.3	1.0
水、海岸	20	22.30	0.00	302.7	0.0	1.1	0.0
踊り	21	5.50	16.30	92.4	396.6	0.3	0.8
地球	22	12.20	11.50	187.3	254.7	0.6	0.6
花	23	8.80	22.50	141.3	627.4	0.4	1.1
魚	24	11.50	8.50	178.1	178.3	0.6	0.4
魚	25	4.30	2.50	73.5	47.4	0.2	0.1
サーファー	26	43.80	15.80	477.0	380.5	2.1	0.8
サーファー	27	18.40	8.30	238.7	173.5	0.8	0.4
山	28	11.90	17.10	183.4	423.0	0.6	0.8
岩、顔	29	10.10	4.60	159.4	90.2	0.5	0.2
顔の線	30	12.60	5.00	192.4	98.8	0.6	0.2
家	31	6.70	0.00	110.7	0.0	0.3	0.0
魚	32	33.60	7.90	403.8	163.9	1.6	0.4
線パターン	33	43.60	0.00	475.7	0.0	2.1	0.0
男、2人	34	29.40	22.80	369.1	640.2	1.4	1.1
家	35	13.90	0.00	208.8	0.0	0.7	0.0
墓	36	24.10	7.00	320.5	143.0	1.2	0.3
祭り	37	11.30	0.00	175.5	0.0	0.5	0.0
イラスト	38	17.90	28.60	255.9	931.1	0.9	1.4
男、サーファー	39	12.10	7.70	186.0	159.2	0.6	0.4
男、2人	40	4.50	10.10	76.7	218.0	0.2	0.5
祭り、歌	41	23.00	22.00	309.7	606.3	1.1	1.1
タイトル	42	0.00	4.30	0.0	83.9	0.0	0.2

この表の視差値のグラフを図4に、立体感(奥行き再現)のグラフを図5に示す。このとき、視差角を両グラフに記入する。

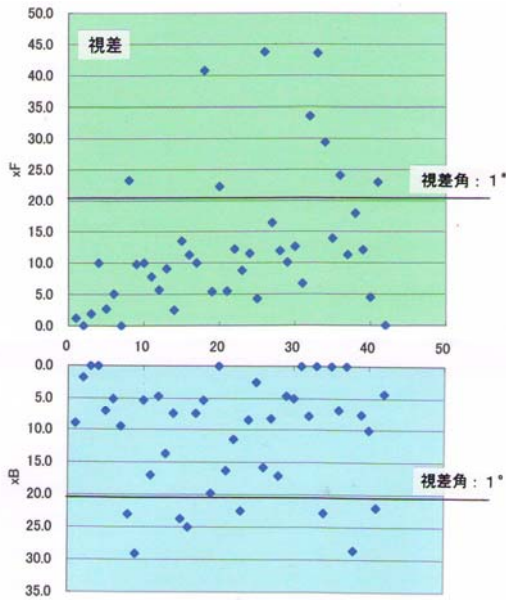


図4 視差値のグラフ (家庭)

いずれも、横軸にシーン番号を、縦軸の上は浮いて見える画像のデータ、下は沈んで見える画像のデータである。このとき、グラフの中に視差角 = 1° となる位置を表示する。

この手順で他のソフトについても同様に行うこととする。

4.2 劇場で上映を想定

家庭用 32 型立体テレビ受像機で測定した視差値を使って劇場で上映される場合を想定 (計算) してみる。

劇場のスクリーンサイズ、および観察距離は、筆者が良く観に行く劇場の資料から

スクリーンサイズ: 400 インチ

観察距離: 15,000 mm

と設定する。

(1) 視差値の計算

家庭サイズ (32 型) から劇場サイズ (400 型) に拡大するときの倍率: m は、比例計算から、

$$m = \frac{400\text{型}}{32\text{型}} = 12.7 \quad [\text{倍}]$$

となる。

前節で測定している表 2 に示した視差値

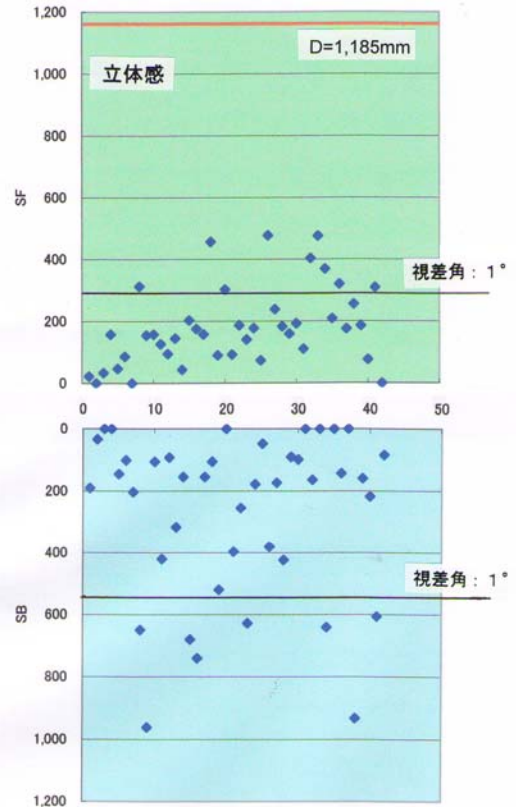


図5 立体感のグラフ (家庭)

を 12.7 倍する。

(2) 立体感の計算

同様に立体感 (奥行き再現性) を計算すると、表 3 となる。

この表 3 を見る時に注意することは、スクリーン面より沈んで見える画像についてである。

観察者の眼間距離を 65mm と設定したとき、スクリーン上で沈んで見える画像の視差の最大値は 65mm を超えてはならないことである。もし、65mm を超えていると、観察者の輻輳が発散になってしまうからである。

そこで、表 3 の中で $x_B \geq 65 \text{ mm}$ においては立体感: S_B が ∞ となるが、EXCEL でグラフを表示出来る様に $S_B = 999,999 \text{ mm}$ と表示している。当然、このときの視差値は、

$$\phi_B = \phi_C - \phi_B = \phi_C = 0.24^\circ$$

となる。

表3 サンプル①を劇場で観た場合の
視差、立体感、および視差角

シーン	視差		奥行き再現		視差角		
	X_F	X_B	S_F	S_B	ψ_F	ψ_B	
タイトル	1	15.9	114.3	2,944	999,999	0.1	0.2
鳥	2	0.0	22.9	0	8,137	0.0	0.1
車、移動	3	24.1	0.0	4,061	0	0.1	0.0
車、フロント	4	127.0	0.0	9,922	0	0.5	0.0
車、車、人々	5	34.3	90.2	5,180	999,999	0.1	0.2
同	6	64.8	64.8	7,487	999,999	0.2	0.2
天空	7	0.0	120.7	0	999,999	0.0	0.2
同	8	295.9	292.1	12,298	999,999	1.1	0.2
地球	9	124.5	369.6	9,854	999,999	0.5	0.2
犬	10	127.0	67.3	9,922	999,999	0.5	0.2
車	11	99.1	215.9	9,057	999,999	0.4	0.2
海岸	12	72.4	59.7	7,903	168,616	0.3	0.2
サーファー、2人	13	115.6	174.0	9,600	999,999	0.4	0.2
カヌー	14	31.8	95.3	4,922	999,999	0.1	0.2
カヌー、家族	15	171.5	301.0	10,877	999,999	0.7	0.2
カヌー、男	16	143.5	317.5	10,324	999,999	0.5	0.2
海底	17	127.0	95.3	9,922	999,999	0.5	0.2
波、子供	18	518.2	67.3	13,328	999,999	2.0	0.2
子供、浮立ち	19	68.6	251.5	7,701	999,999	0.3	0.2
木、海岸	20	283.2	0.0	12,200	0	1.1	0.0
語り	21	69.9	207.0	7,770	999,999	0.3	0.2
地球	22	154.9	146.1	10,567	999,999	0.6	0.2
花	23	111.8	285.8	9,484	999,999	0.4	0.2
魚	24	146.1	108.0	10,380	999,999	0.6	0.2
魚	25	54.6	31.8	6,849	14,323	0.2	0.1
サーファー	26	556.3	200.7	13,431	999,999	2.1	0.2
サーファー	27	208.3	105.4	11,432	999,999	0.8	0.2
山	28	151.1	217.2	10,489	999,999	0.6	0.2
岩、顔	29	128.3	58.4	9,955	133,176	0.5	0.2
顔の線	30	160.0	63.5	10,667	635,000	0.6	0.2
家	31	85.1	0.0	8,504	0	0.3	0.0
魚	32	426.7	100.3	13,017	999,999	1.6	0.2
鐘パターン	33	553.7	0.0	13,424	0	2.1	0.0
男、2人	34	373.4	289.6	12,776	999,999	1.4	0.2
家	35	176.5	0.0	10,963	0	0.7	0.0
鳥	36	306.1	88.9	12,372	999,999	1.2	0.2
祭り	37	143.5	0.0	10,324	0	0.5	0.0
イラスト	38	227.3	363.2	11,665	999,999	0.9	0.2
男、サーファー	39	153.7	97.8	10,541	999,999	0.6	0.2
男、2人	40	57.2	128.3	7,018	999,999	0.2	0.2
祭り、歌	41	292.1	279.4	12,270	999,999	1.1	0.2
タイトル	42	0.0	54.6	0	78,840	0.0	0.2

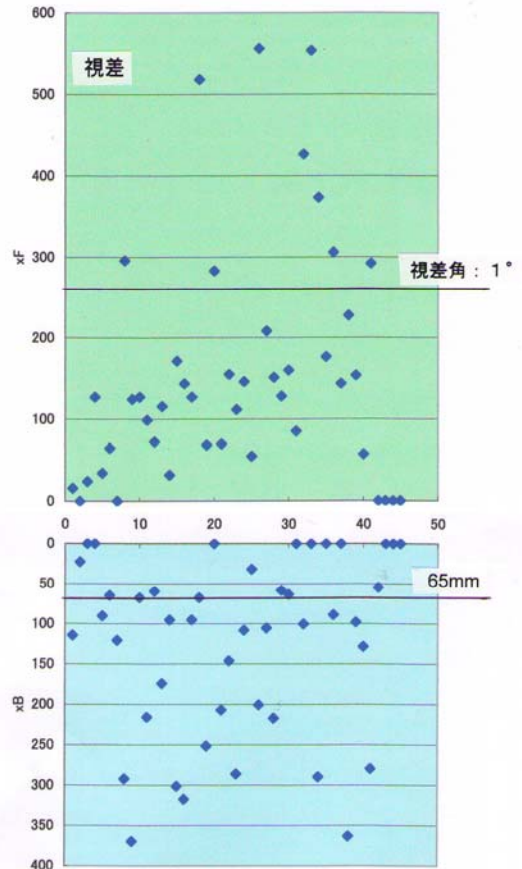


図6 視差値のグラフ (劇場)

そして、前節同様にグラフで表示すると、劇場で観た場合の視差のグラフを図6に、そして劇場で観た場合の立体感のグラフを図7に示す。

以上述べてきたことは市販のサンプル①について、家庭用テレビで視差値を測定し、家庭で観た場合の奥行き性 (立体感)、および劇場で観た場合の視差値と奥行き性 (立体感) を想定し、計算した結果を提示している。

続けてサンプル②からサンプル⑥まで5点のソフトについても、サンプル①と同様の手順で測定、および計算を進めている。

そして、サンプル6点を一表にまとめると、図8に家庭用テレビで観た場合の視差値と立体感を、図9に劇場で観た場合を想定した視差値と立体感を示している。

5. 考察

考察の手順を2つに分けてみる。始めにサンプル①について図4から図7を観ながら考察する。

次にサンプル①からサンプル⑥までの全ソフトについて図8、および図9を観ながら考察する。

5.1 サンプル①について

IMAX シアターで上映された映画である。観察者の目の疲労を考慮して上映時間を40分程度にまとめられていると聞いている。1990年代に筆者がよく観に行った時の感想を思い出しながら考察する。

大きなスクリーンの中で、手前に浮いて見える画像は手を伸ばすと2~3mの先に浮

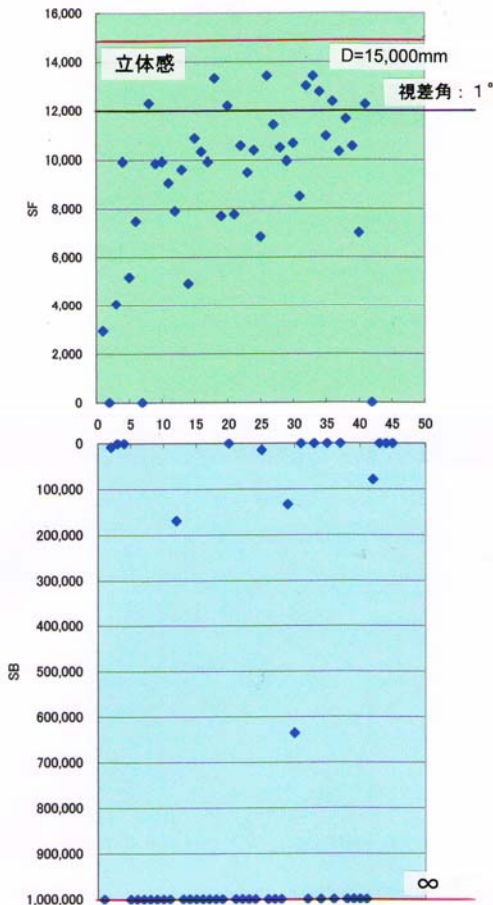


図7 立体感のグラフ (劇場)

いて見えた覚えがある。「オオースゲエ」と思いつながら観ていた。

この感じが家庭で観ても、劇場を想定してみても、当時の感想を思い出すことができる。

視差角の観点からみると、やはり 1° を超える画像が存在している。

観察者は家庭用テレビで観る限りでは、立体感の良いソフトであると、感じるであろう。

しかし、劇場で観る場合はどうであろうか。図7でわかる様に観察者の前2~3mの位置に手前の画像が浮いて見えることがわかる。

また、沈んで見える画像は視差値の65mm以上が多く、単に沈んで見えるだけで、奥行き感に違いを感じることはないであろうと思われる。そして、目は発散することになるの

で、観察者は大変疲れてしまうことがわかる。

5.2 全サンプルについて

(1) 家庭で観た場合

図8は家庭用テレビで観た場合のグラフを示す。

全体を一覧して見るとそれぞれのソフトの特徴がわかる。サンプル②は1950年代の作品である。シーンのほとんどが室内でその立体感はいまほ一定に設定されているが、特質すべきシーンは極端に立体感が強調されている。

続けて3点(③、④、⑤)の映画ソフトが並んでいる。スバラシイと評価されたAVATARの立体感はなるほどと理解できる。TOY STORY 3は立体感が押しえられていることがわかる。最後の⑥は家庭用に販売されており、劇場向けのソフトでないと思われる。浮き、および沈みとも視差角がほぼ 1° 以内に収まっている。

立体感について言えることは、浮いて見える画像は、観察距離に対しディスプレイ面より少し浮いて見え、観察距離との間に多くの空間が存在する。

沈んで見える画像は、視差角が 1° 以上になっても、ディスプレイ面上の視差値は65mm以下となる。このとき、視差値に変化があり、奥行き感にわずかな違いを再現できることになる。

故に、浮いて見える画像、および沈んで見える画像はディスプレイ面の前後に集中して立体視している、ことが分かる。

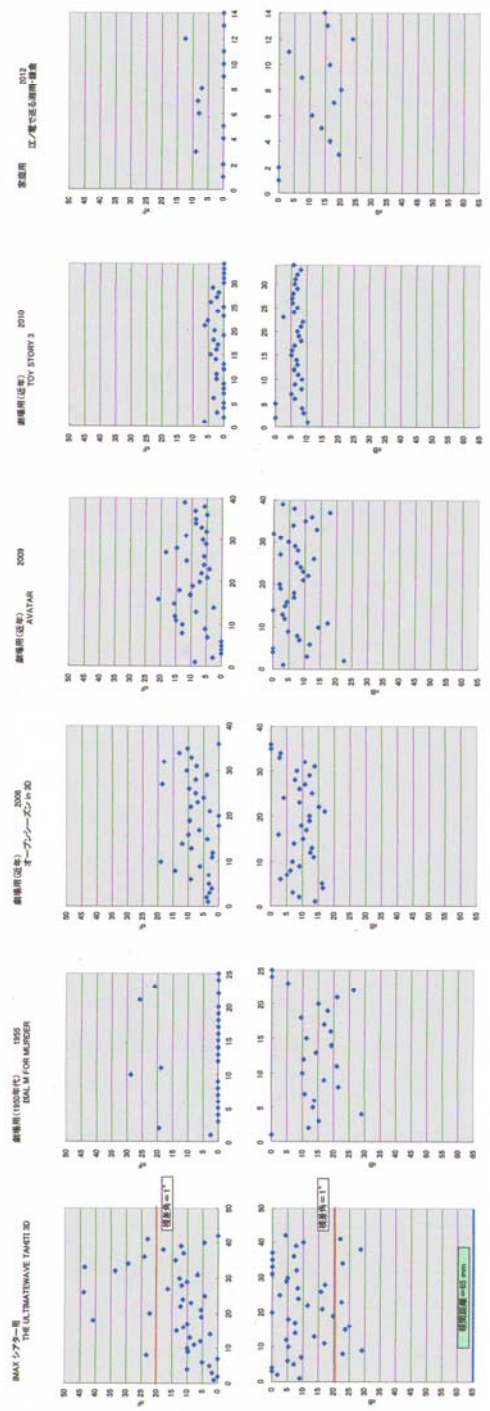
(2) 劇場で観た場合

図9は劇場で観た場合を想定したグラフを示す。

全サンプルに共通して言えることは、手前に浮いて見える画像の視差角はほぼ 1° 程度に収まっているが、後ろに沈んで見える画像の視差がいずれも65mmを超える画像がほとんどであることがわかる。

劇場のスクリーンとして400型を想定しているが、家庭用テレビで観た場合の立体感

市販の映画ソフトを家庭用立体テレビで立体視した時の増差値
 モニター/家庭用3D立体テレビ
 2013年2月 山崎 千恵



市販の映画ソフトを家庭用立体テレビで立体視した時の実行き再現性
 モニター/家庭用3D立体テレビ

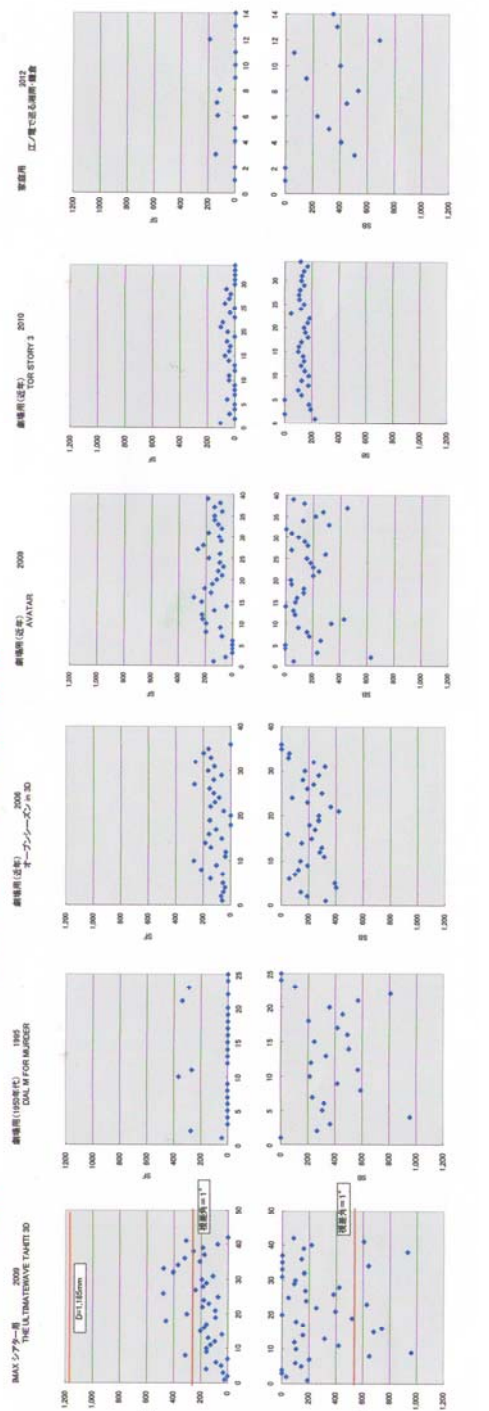


図8 全サンプルを家庭で観た場合の一覧グラフ

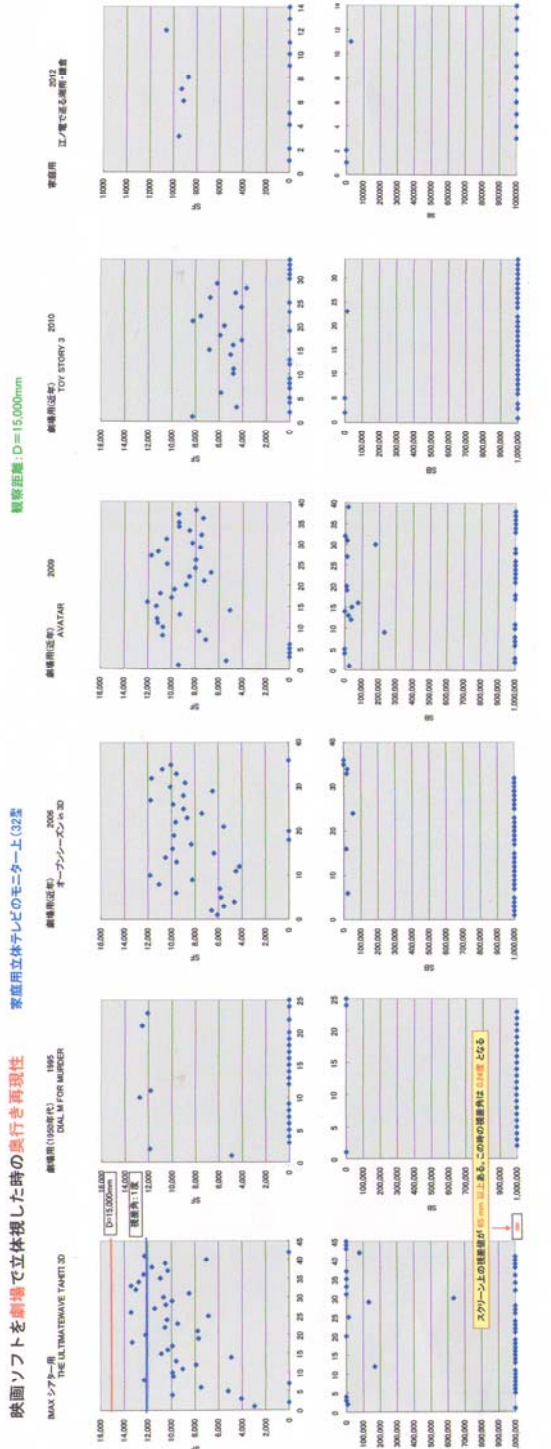
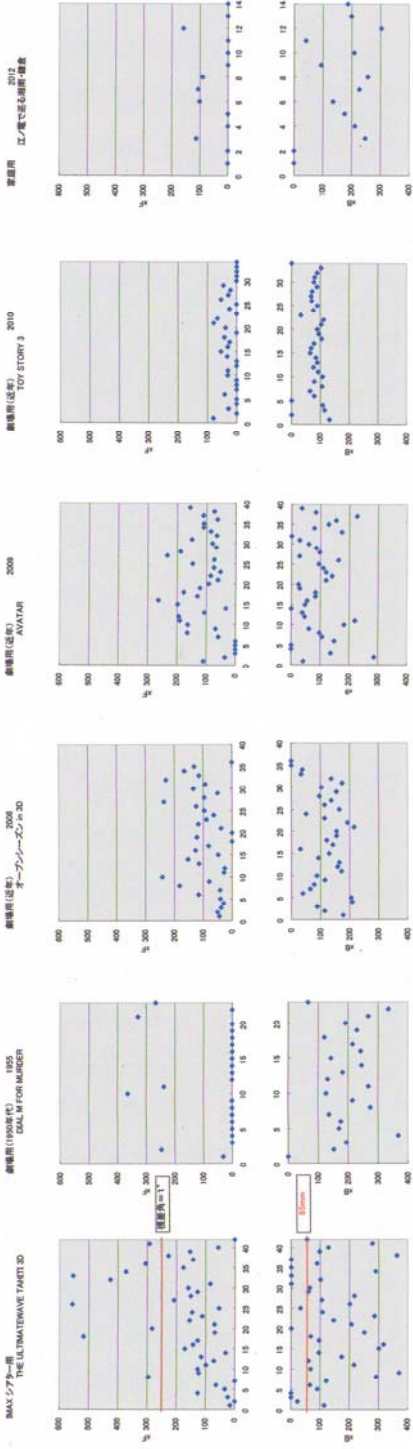


図9 全サンプルを劇場で観た場合の一覧グラフ

を比較して2つの大きな点が見られる。

1つは、(計算上は) 浮いて見える画像がディスプレイ面より観察者側に大きく浮いており、観察者と浮いて見える画像との間に大きな隙間がない。しかし、劇場で見た時を思い浮かべると、そのように浮いて見えたとは思っていない。

他は、沈んで見える画像の視差値のほとんどが65mm以上となっており、沈んで見えるだけで奥行き感のわずかな中間の再現がなくなってしまう様だ。

6点のサンプルの中ではAVATARの奥行き感の違いが良く出ていることが分かる。

5.3 沈んで見える画像

沈んで見える画像において、沈んで見える画像の視差値が65mmとなる視差角をいろいろなディスプレイサイズにおいて計算し、その結果を表4に示し、そのグラフを図10に示す。

表4 沈んで見える画像のディスプレイサイズと視差角の最大値

画面サイズ	観察距離	視差角の最大値
10	375	9.91
20	747	4.98
30	1,122	3.32
40	1,494	2.49
50	1,869	1.99
60	2,241	1.66
70	2,616	1.42
80	2,988	1.25
90	3,363	1.11
100	3,735	1.00
200	7,473	0.50
400	14,943	0.25
800	29,886	0.12

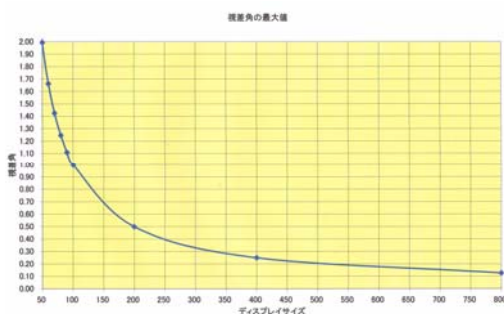


図10 沈んで見える画像のディスプレイサイズと視差角の最大値

この計算結果からわかることは、ディスプレイサイズが100型までは視差角を ≤ 1 に、劇場の様に、それ以上の大きなディスプレイにおいては、サイズに応じて視差角を小さくすることが良い、と思われる。

6. おわりに

筆者は大昔からレンチキュラー方式3D製品の技術に関与している中で、視差はどの大きさまで許されるのか、不勉強のままにいた。

近年になって、3Dコンソーシアム・安全ガイドライン部会から、「人に優しい3D普及のための3DC安全ガイドライン」

(2010-4-20 改訂) が公開されている。

早速、レンチキュラー方式3D製品の持っている立体感を視差角の観点から評価してみた。本稿では、その延長として(余計なお世話と思うが)第3次ブームの立体映画の持っている視差角について評価してみた。

家庭のテレビで立体視する場合は、ほぼ視差角が 1° 以内に入っており、安心して立体画像を観ることができると判断される。

しかし、劇場における立体視条件は家庭とは異なり、画像サイズ、観察距離とも大変に大きい。この中で浮いて見える画像の視差角はほぼ 1° 程度に収まっているが、沈んで見える画像の視差角は観察者の眼間距離により大きく制約される、と思われる。

これらのデータが3D映像を論ずる時に参考になれば幸いである。

<参考文献>

- (1) 3Dコンソーシアム・安全ガイドライン部会「人に優しい3D普及のための3DC安全ガイドライン」(2010-4-20 改訂)
- (2) 泉 武博監修「3次元映像の基礎」オーム社刊、pp.64-65 (1995-06)
- (3) 山田千彦「多像式3Dディスプレイにおける最適な視差角の一検討」3D映像、Vol.26,No.1 pp.41-48 (2012-03)

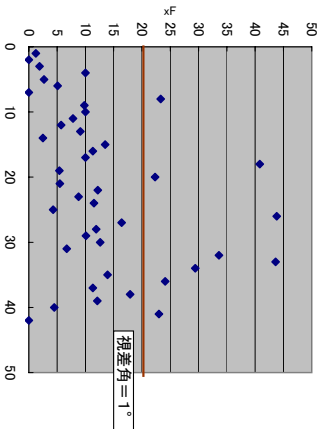
<付録>

図8、および図9のEXCELデータ

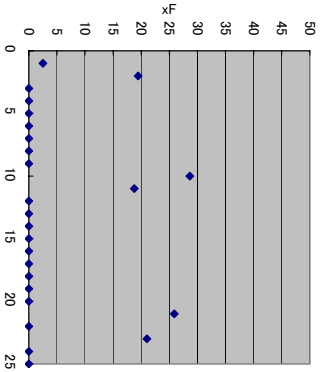
市販の映画ソフトを家庭用立体テレビで立体視した時の視差値

モニター／家庭用32型立体テレビ

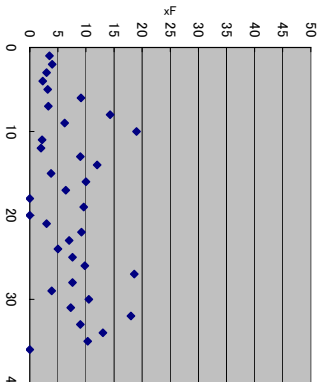
IMAX シアター用
THE ULTIMATE WAVE TAHTTI 3D



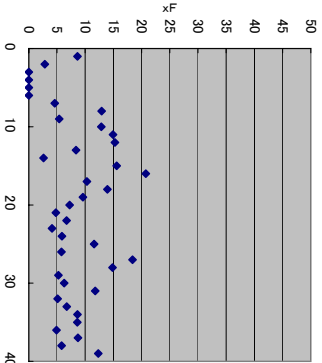
劇場用(1950年代)
DIAL M FOR MURDER



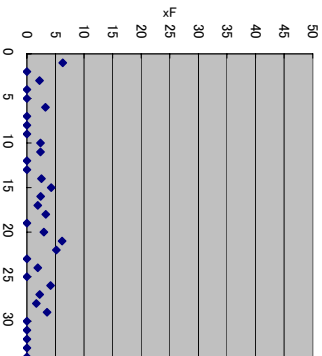
劇場用(近年)
オーシャンズ11 in 3D



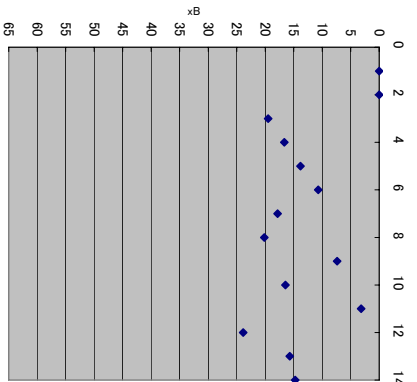
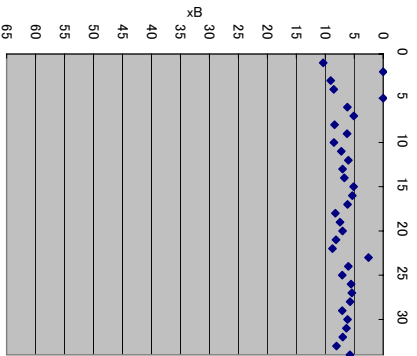
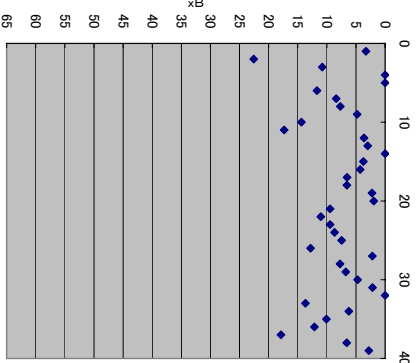
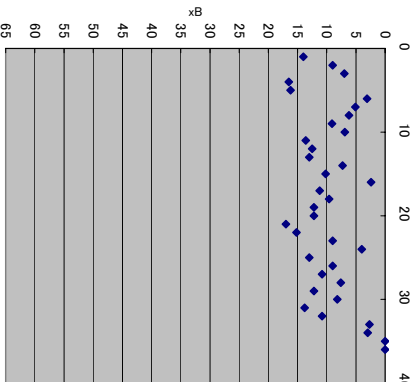
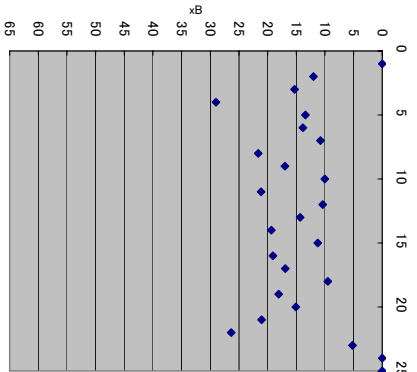
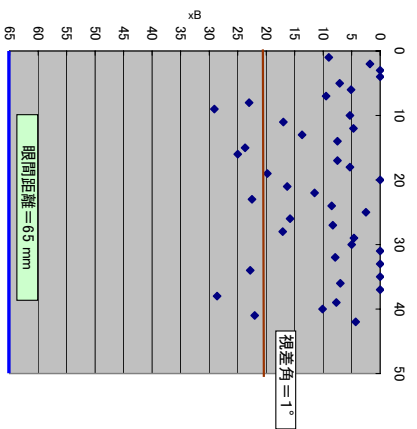
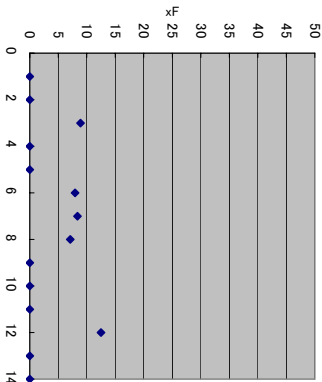
劇場用(近年)
AVATAR



劇場用(近年)
TOY STORY 3



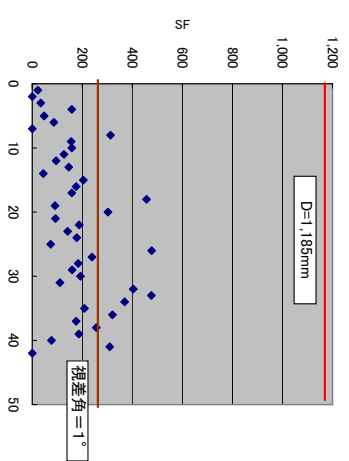
家庭用
江戸電で巡る湘南・鎌倉



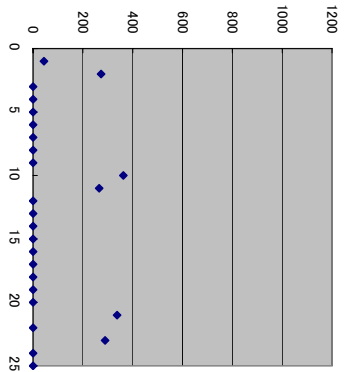
市販の映画ソフトを家庭用立体テレビで立体視した時の興行き再現性

モニター／家庭用32型立体テレビ

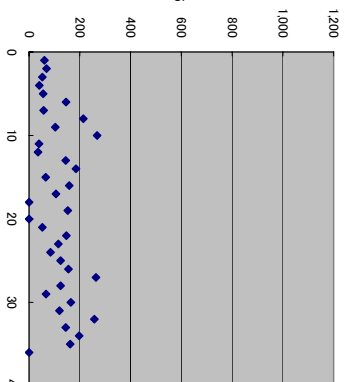
IMAX シアター用
THE ULTIMATE WAVE TAHTTI 3D



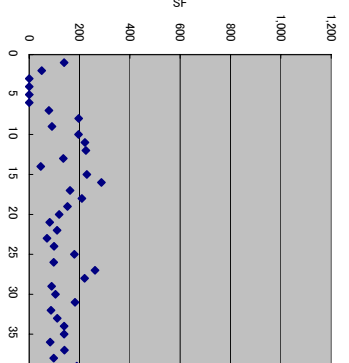
劇場用(1950年代)
DIAL M FOR MURDER



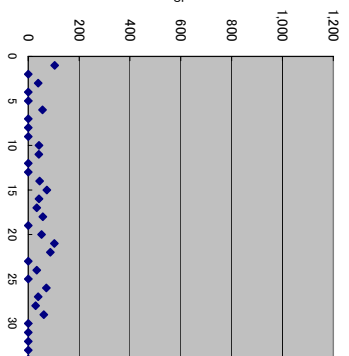
劇場用(近年)
オーシャンズ11 in 3D



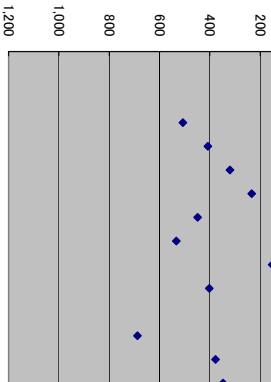
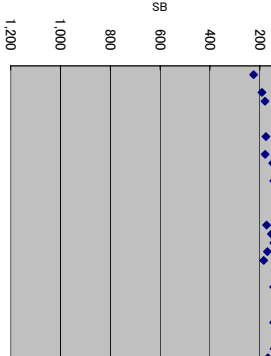
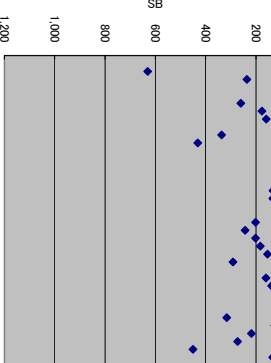
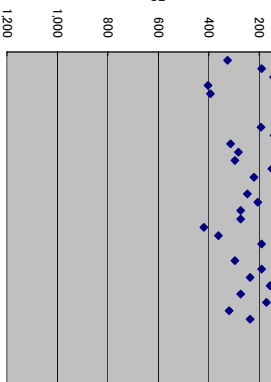
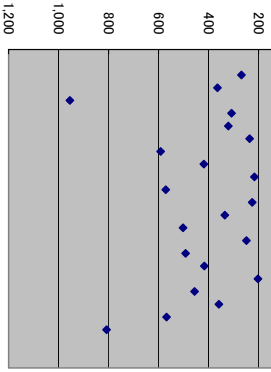
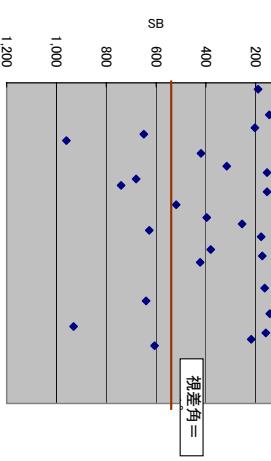
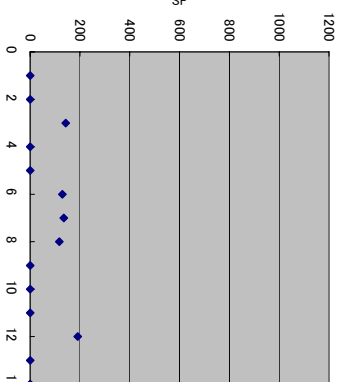
劇場用(近年)
AVATAR



劇場用(近年)
TOY STORY 3



家庭用
江戸電で巡る湘南・鎌倉



映画ソフトを劇場で立体視した時の視差値

家庭用立体テレビのモニター上(32型)で測定した視差値を劇場サイズ(400型)に比例計算 観察距離: D=15,000mm

IMAX シアター用
THE ULTIMATE WAVE TAHTTI 3D

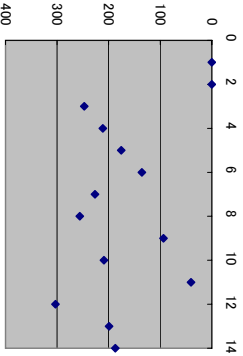
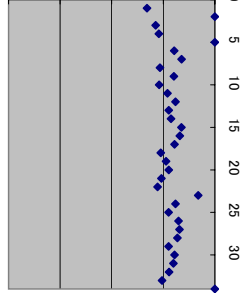
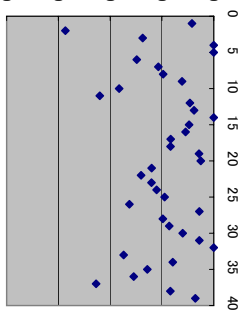
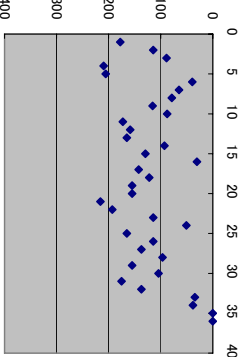
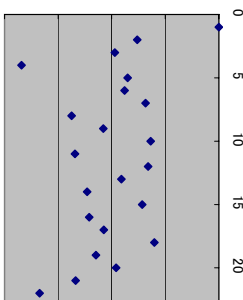
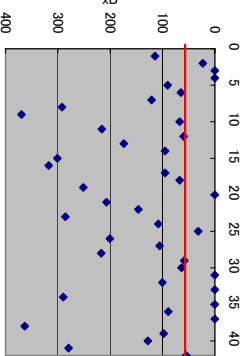
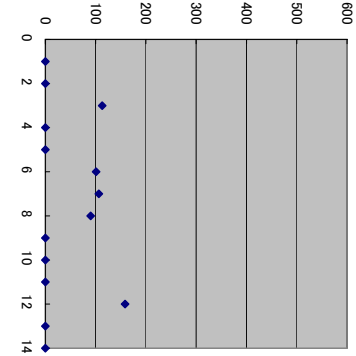
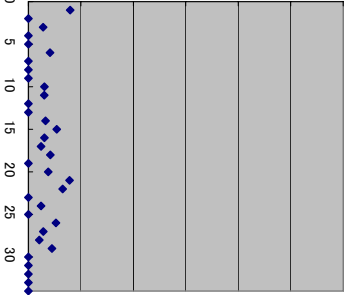
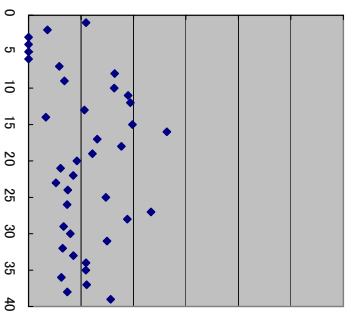
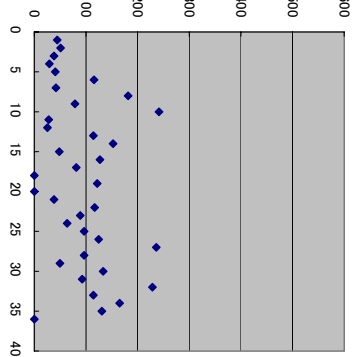
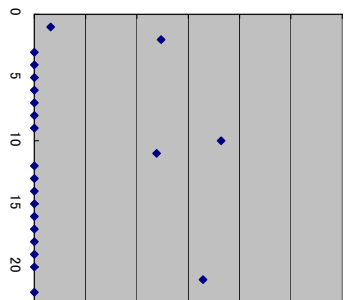
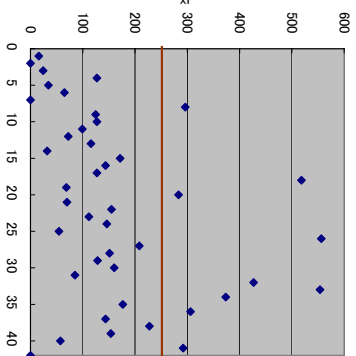
劇場用(1950年代)
DIAL M FOR MURDER 1995

劇場用(近年)
オーブンスペース in 3D 2006

劇場用(近年)
AVATAR 2009

劇場用(近年)
TOY STORY 3 2010

家庭用
江ノ電で巡る湘南・鎌倉 2012



映画ソフトを劇場で立体視した時の奥行き再現性

家庭用立体テレビのモニター上(32型)

観察距離: D=15,000mm

IMAX シアター用
THE ULTIMATE WAVE TAHTTI 3D

劇場用(1950年代)
DIAL M FOR MURDER 1995

劇場用(近年)
オーブンスペース in 3D 2006

劇場用(近年)
AVATAR 2009

劇場用(近年)
TOY STORY 3 2010

家庭用
江ノ電で巡る湘南・鎌倉 2012

