

3D映像, Vol. 33, No. 1, pp. 41 – 72 (2021年1月)

「最新の映像情報技術と 視覚系に関する話題」

大学で行った講義の配布資料を修正

桑山 哲郎

博士(芸術工学 : 神戸芸術工科大学)

千葉大学工学部 情報画像学科 非常勤講師

「画像技術史」の講義を担当

略歴と自己紹介

- 1975年 東京工業大学大学院 機械物理工学専攻 修士課程了(卒業論文はスペックル干渉計測, 修士論文はホログラフィー干渉計測)
- 1975年 キヤノン株式会社入社 中央研究所に所属し物理光学関連の研究を行う
 - ・白色干渉計による膜厚測定が最初の研究テーマ →現在のOCTと同じ原理
- 1987年より 千葉大学工学部画像工学科非常勤講師「画像技術史」の講義を担当 現在に至る
- 2003年 博士(芸術工学)の学位取得(神戸芸術工科大学)
- 2016年 キヤノン株式会社 退職

- 日本写真学会幹事 広報委員会副委員長, 三次元映像のフォーラム事務局業務などを担当
- 著書:「光の百科事典」(丸善出版), 「画像電子情報ハンドブック」(東京電機大学出版), 「3次元画像工学ハンドブック」(朝倉書店), 「ホログラフィック・ディスプレイ」(産業図書)ほか

全体の構成

1. はじめに: 導入
キーワードとねらい
(6. まとめ)
2. 注目の映像技術の話題
 - 2-1 LEDアレイを用いる空中像表示(品川駅)
 - 2-2 全天球映像技術の発展
 - 2-3 ハーフミラー合成「ペッパーズ・ゴースト」
3. 結像に関する注意とヒトの視覚系で注意すべき点
4. 工学技術としての「画像」はどのようにして成り立つか
5. その他興味深い映像技術の紹介
 - ・プロジェクションマッピング
 - ・半透明スクリーン
 - ・参考資料

1-1 キーワードとねらい

1. ヒトは網膜上に作り出された光の強度分布から「最も確かと思える世界」を推測する。→「この目で見たから確か」は誤りで「目はすぐにだまされる」という説明が適切。
2. 実物を見ているときと同様に、人は映像機器からの物理的な刺激からこれまでの視体験を呼び起こす。→映像機器が成り立つ原理。
3. 「太陽の下、新しい物は無い」(光学機械では、全く同じ機構が時代を経て何回も登場する。生物の視覚でも同じ技術が用いられる)

■ねらい

- 学生の皆さんがこれから勉強し、また社会に出て活動する際に役立つと思える「知恵」をお伝えしたい。(私自身の体験から)
- 「画像」という、工学技術の範囲からはみ出す特別なものについてその一端を伝えたい。
- 「ヒトの視覚系, 感覚・知覚・認知」と「ハードウェア」, 「ソフトウェア」, 「コンテンツ」のかかわりについて知る。
- 最新の話題とこれから学ぶ「情報技術」のかかわりを考える。
- Webからは大量の情報が入手できる状況なので、その一端を紹介したい。

先にまとめ

1. 注目すべき新しい映像技術が身近に存在することを紹介。
 2. 結像光学系と眼球について、間違いが修正されることなく流通していることを指摘。
 3. 「工学技術としての画像の成り立ち」から、「ヒトの視知覚における感覚・知覚の手がかり」と、用いられる光学/工学技術について概観。
 4. さらに加え、最先端と古くからの技術が組み合わせられ、新しい魅力的な映像のしかけが作り出されていることを紹介。
- 講演者が撮影した写真と描いた図の他は、学会や会社、個人の公開済みの著作物である。流用には著作権に注意いただきたい。

2 注目の映像技術

- ・回転LEDアレイによる空中ディスプレイがJR品川駅に出現(写真は2019年6月撮影)



- ・プロジェクターによる案内サイン(京急羽田空港国際線ターミナル駅)



- ・錯視図形(台形アナモルフォーズ)による案内サインが注目を集める(京急 羽田空港国際線ターミナル駅)
- ・桑山「画像からくり」【日本写真学会誌】 [リンク](#)



参考情報: 桑山, 日本写真学会連載「画像からくり」50回公開

Google「桑山哲郎 画像からくり」で検索 https://www.spij.jp/tag/publish_ja/

Google

画像からくり site:https://www.spij.jp/



すべて 画像 ショッピング 動画 ニュース もっと見る 設定 ツール

学会誌

遊び

ルーペ

立体

モアレ

ステレオ

錯視

ビューア

fig

万華鏡

理科

シノ

絵本

円



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp



画像からくり」口絵連...
spij.jp

2-1 公共の場所に登場した空中像表示(2019年6月)

「何も無い空中に浮かぶ3D映像」であるが、そこで用いられている技術は視覚の特性(残像と**仮現運動**:かげんうんどう)を利用して

[YouTube のアドレス](#)

渋谷の 3D Phantom
[YouTubeリンク先](#)



リンク先:

[3D Phantom](#)

Kino-mo [HYPERVSN](#)

回転する黒い4本の腕の上に、RGBのLEDを並べフルカラー動画を表示している。

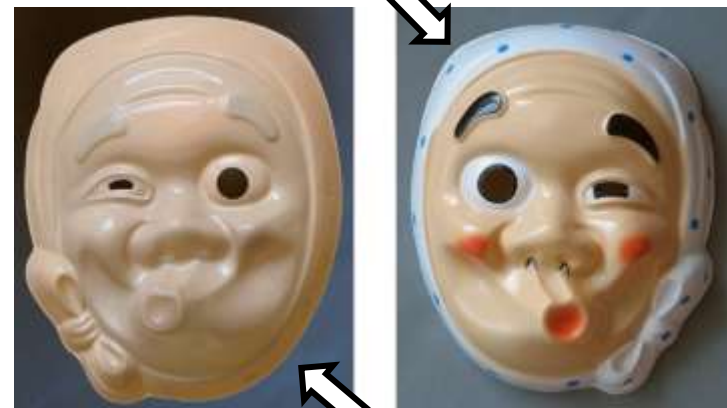
3D Phantom, Kino-mo などいろいろな商品名で販売されているが、感情移入し易い3D映像を用い、像を立体的に見せている。

ついでに:凹面顔錯視の話題 :トップダウン処理

凹凸判断において最優先の要素として「対象物に対する知識」がある。お面の内側に描かれた顔が凹面であることを知覚するのは、大変困難である。 [YouTube へのリンク](#)



照明方向



照明方向



文献:桑山哲郎, 連載「画像からくり」第25回 奥行き反転錯視物体を手作りする, 日本写真学会誌, 第77巻2号(2014年5月)
[文献へのリンク](#)

[YouTube へのリンク](#)



2-2 全天球映像技術の進展

INSTA 360® ONE X

Webサイト [へのリンク](#)

[YouTube のアドレス](#)

2-2 全天球映像の成立に必要な要素技術

2017年9月 INSTA 360° カメラ発売

<https://www.insta360.com/product/insta360-one/>

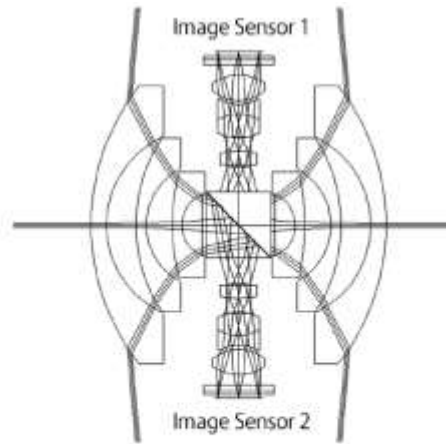


Fig. 1 二眼双目光学系

2013年発売の
リコー THETA



Fig. 2 繋ぎ画像処理

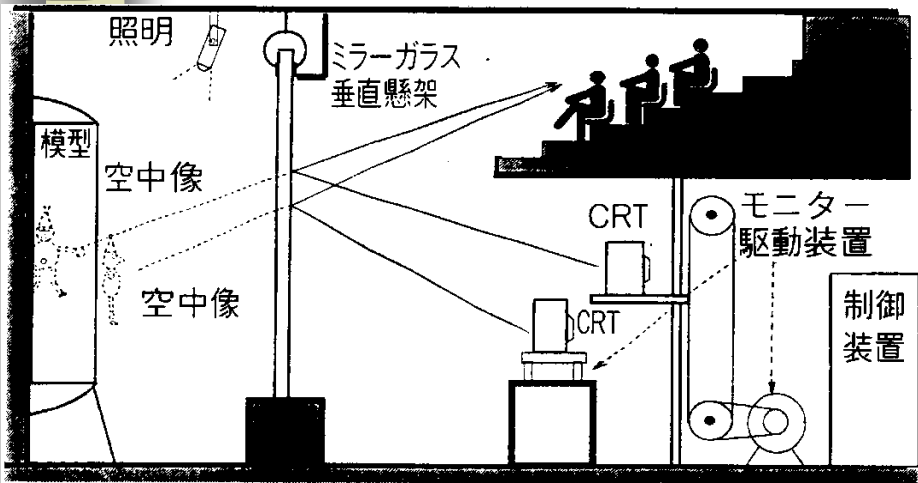


- 撮影画角220° を超える魚眼レンズ1組で撮影→**自撮り棒が消失!**
- つなぎ目で遠近物体の位置がずれのを目立つ物体優先でつなぎ合わせ
- 球面にマッピングされた画像データを重力検知結果に従い切り出し、水平線確立
- 加速度センサーのデータを用いてブレ補正
- ネット上での視聴と共有の仕組みによりコミュニティが成り立ち、利用範囲が拡大



日本写真学会誌「全天球撮像デバイス“RICOH THETA”の開発論文への [リンク](#)

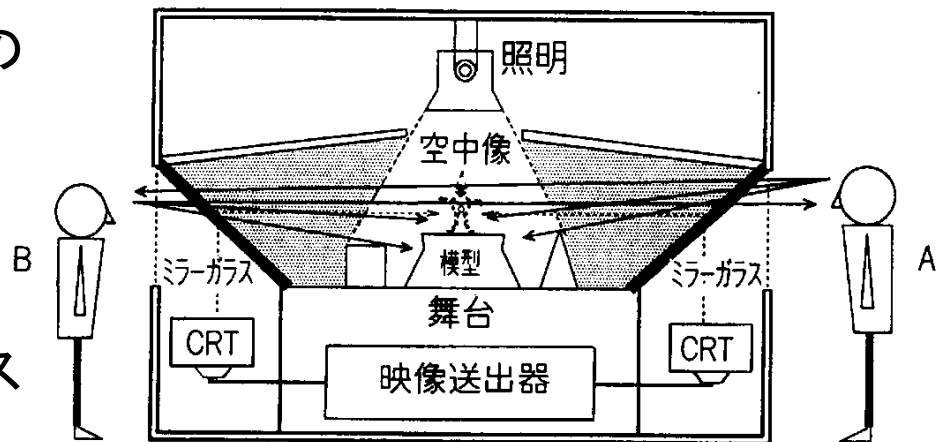
2-3 ハーフミラー合成(ペッパーズゴースト)の今昔



写真提供: 電通プロックス

名古屋 中部電力「でんきの科学館」に存在した世界最大級の展示(1985年)

商品名“マジックビジョン”
 情報提供元: 電通プロックス
 (旧 電通映画社)1985年
 研究発表への [リンク](#)



参考 CRT上の像を「体積」を持った像として見せた効果

1982年アメリカ・フロリダのEPCOTセンターから始まった現代型ペッパーズ・ゴースト

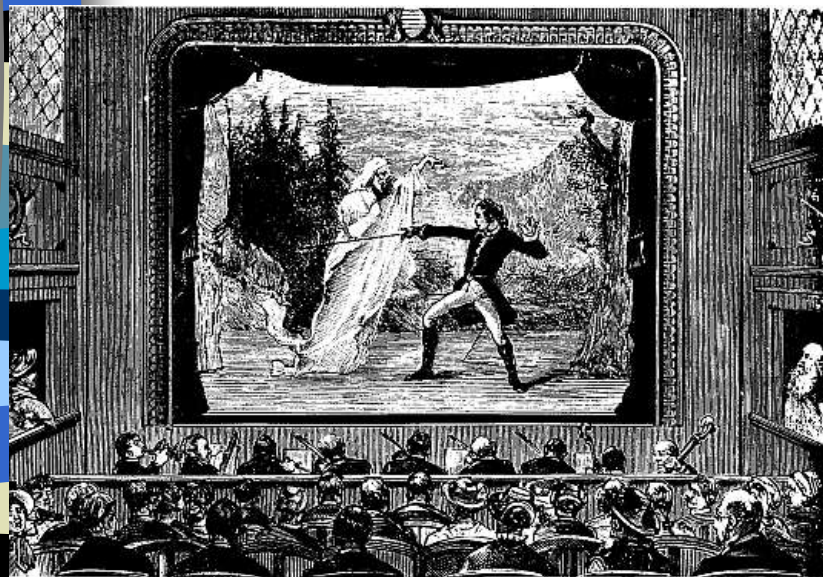
中でも圧巻は、スペリー社の提供するホログラフィーだ。このエプコット・センターを動かしているコンピューター・ルームの紹介で、その舞台裏を見せてくれるのだが、案内役にホログラフィーの立体像が登場する。

(中略)テレビ画面でコンピューターの説明をしてくれた若い女性が、40センチほどの小人の像となってコンピューター・ルームに浮かび出てくるのだ。そして、コンピューター・システムの操作パネルの上をその小人が手を振って説明しながら歩き回るのが、実に見事な立体像だ。その証拠に、ちょっと動いた時、背中が見えることもある。3次元映画のように偏光眼鏡をかけることもしないので、間違いなくホログラフィーなのだろう。その立体像が、手足を動かし、動き回るのである。

森谷正規:「遊ビジネスの時代先端技術と遊びの世界」, 朝日文庫, 朝日新聞社, p. 102

(1994)【原文は1984年発表】より

ペッカーズゴースト 19世紀の幽霊舞台から21世紀に



←19世紀1870年代末の舞台と
その仕掛け(ペッカーズゴースト)

EVAROO 社 [トップページ](#)

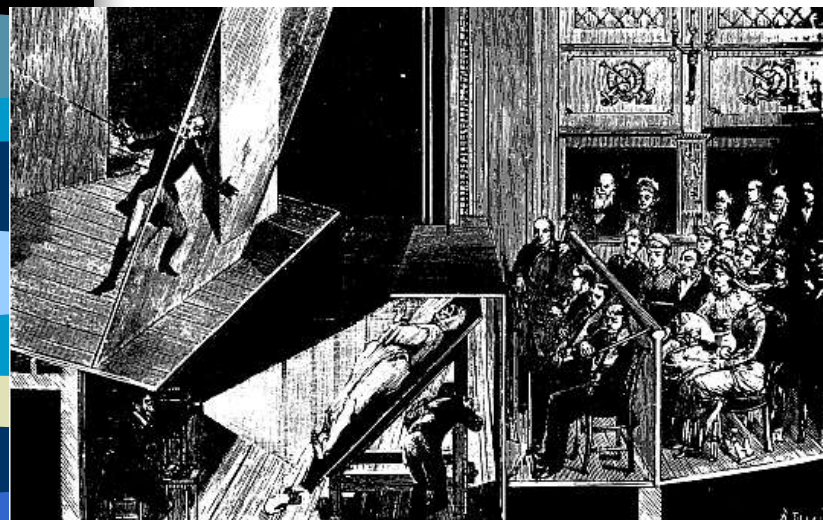


EVAROO ZT68

↑ 商品宣伝ショーケース

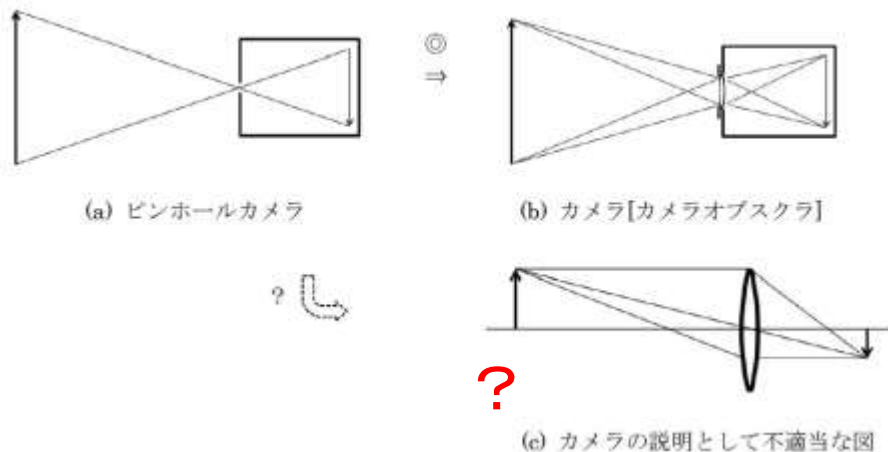
EVAROO社 YouTubeへの [リンク](#)

スマートフォンと透明プラ板を組み合わせた「手作りホログラム」がブームになっている。【YouTubeで検索してください】



3 結像と眼球光学系の話題

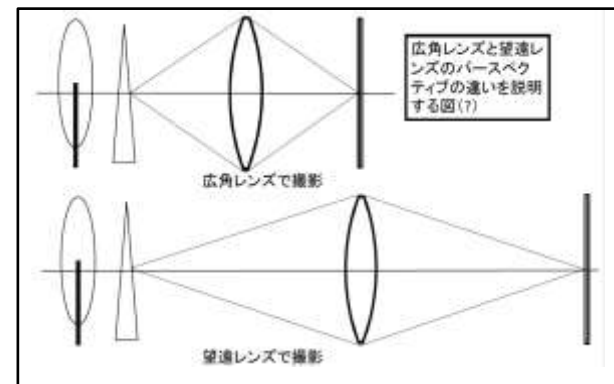
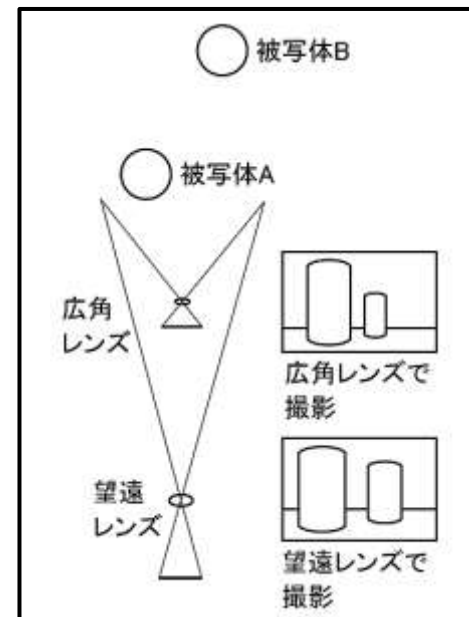
- 勉強にあたり困ること:「物造り」の観点からは, 間違っているあるいは不正確で害を生じる説明図が流通している。



ピンホールカメラの図は正しいのに, 凸レンズを組み合わせると物体の大きさがレンズと同じになってしまう!

適切な図→

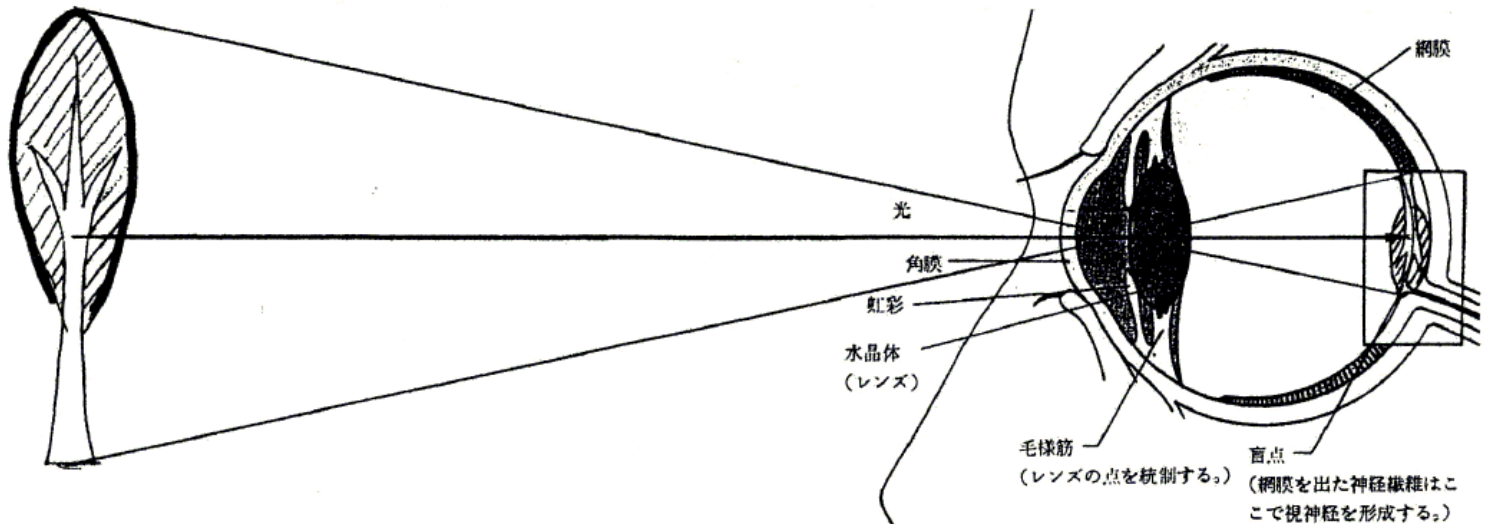
不適切な図↓



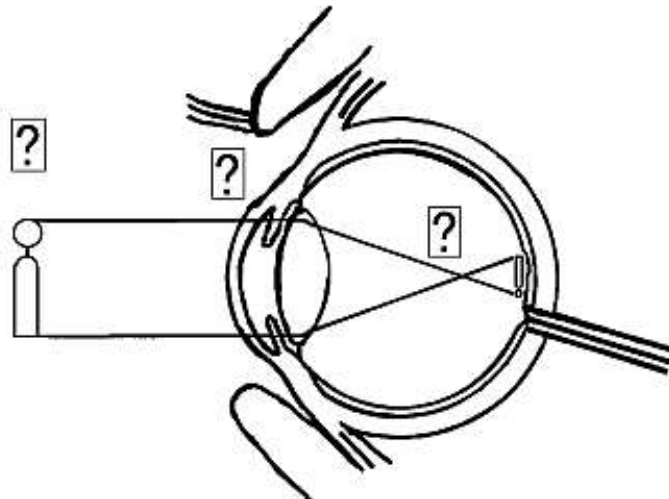
3 眼球光学系について:正しい説明と不正確な説明

判定	間違った/不正確な説明	正しい説明
×	眼球光学系の水平断面図を垂直とする間違いが多い	中心窩, 視神経, 盲点が現れるのは眼球の水平断面だけである
△	水晶体はカメラのレンズに対応	結像光学系(凸レンズ)の屈折力の70%は角膜第1面が分担し, 水晶体は残りを分担
×	眼球の光学系は色収差が補正されているので色滲みが見えない	眼球光学系は色収差が補正されておらず, 視覚系の情報処理により色収差が見えない
△	瞳の大きさが変わることで光量調節が行われ	視覚が有効な照度のレンジは 10^6 を超えるのに対し, 瞳による調節は10倍以下
△	広い範囲が一度に高い視力で見える	視力が高いのはごく狭い範囲で, 注視点を動かすことで広い範囲を見ている
△	全視野がフルカラーで見える	周辺の視野では色は分からず赤・緑が見える範囲は大変狭い
△	網膜は撮像素子に対応する	対応関係は正しいが, 光検出部が外側に向かう「反転網膜」で神経と血管は光検出部に影を落としている

3 良くある不正確な説明図

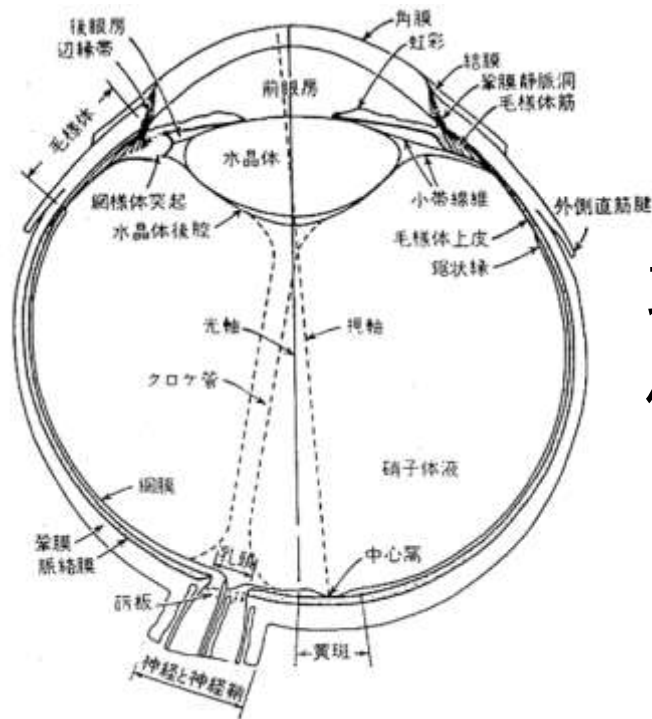


水平断面図を間違っ
て配置している



3 正しい眼球光学系

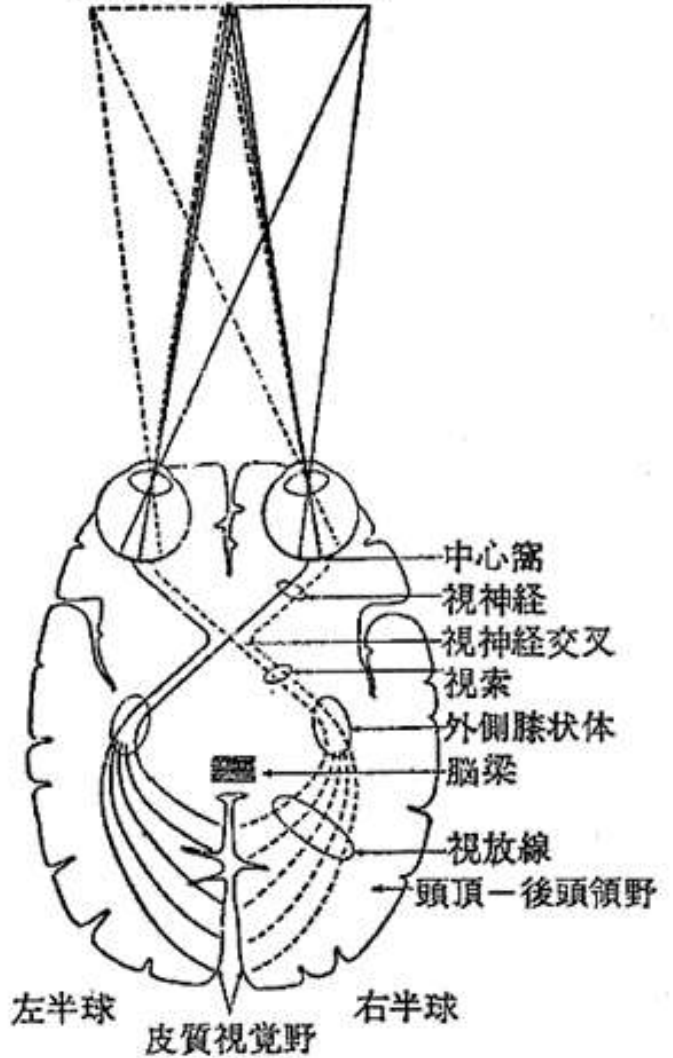
鼻側



耳側

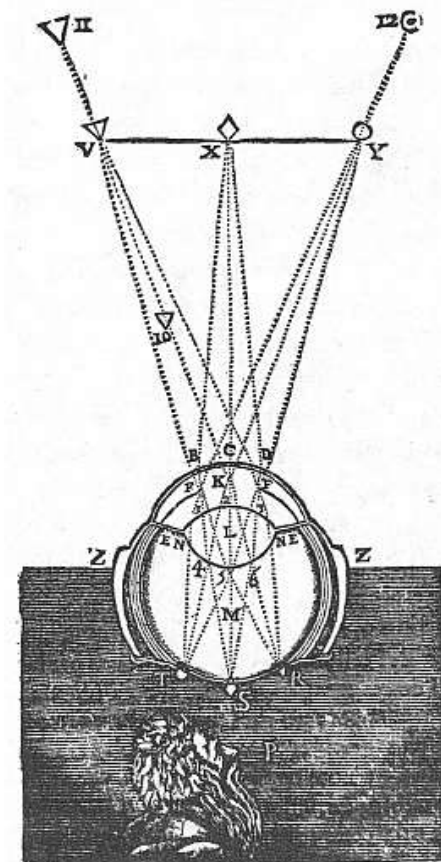
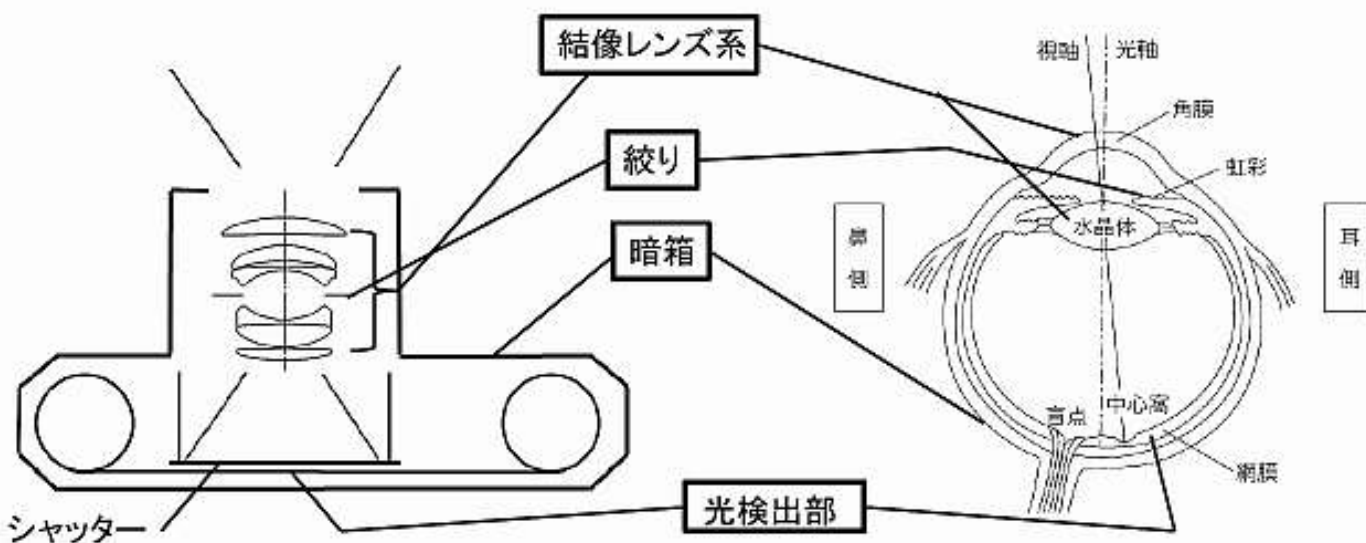
右目の水平断面図

左視野 凝視点 右視野



「正しい図」を見分けることが重要

間違った図を拡散させる人に「どうして社会的に有害な情報を広めるの？」と問いただすと「私は非難される筋合いは無い。皆と同じことをしているだけ」と反論されることが多いのですが、間違いは指摘することが重要と思います。【私見】



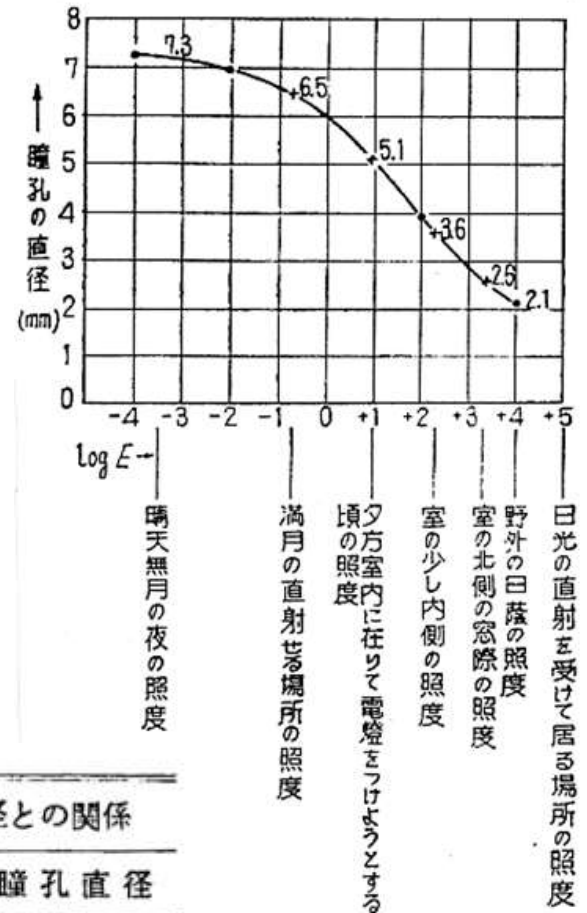
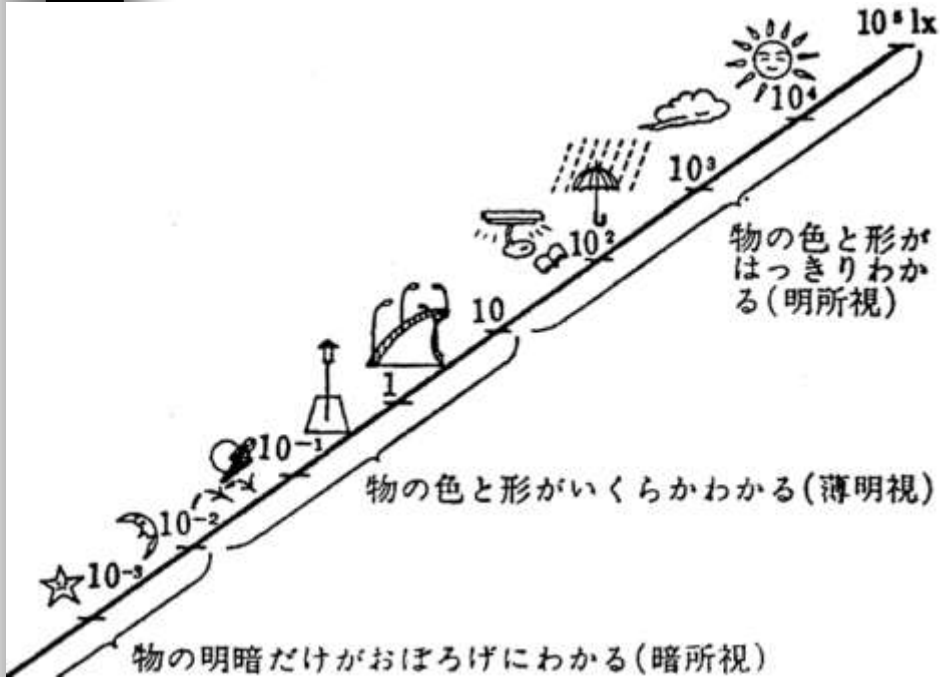
カメラと眼球光学系の対比

桑山, 「画像からくり」第48回 日本写真学会誌, 第83巻p.1(2020年)

[リンク](#)

正しい!! 1630年にデカルトが描いた眼球光学系

3 瞳による光量調節はごく一部



網膜の視細胞には、明るいとき働く錐体と暗いとき働く桿体があり、それぞれの感度調節で100万倍を超える明るさ変化に対応している。

外界の明るさと瞳の直径との関係

外界の明るさ (ルクス)	瞳の直径
0.0001	7.3 mm
0.01	7.0
1.0	6.0
100.0	3.9
10000.0	2.1

4工学技術としての映像・画像が成り立つモデル： 4-1 5つの要素とその検出・再現手段

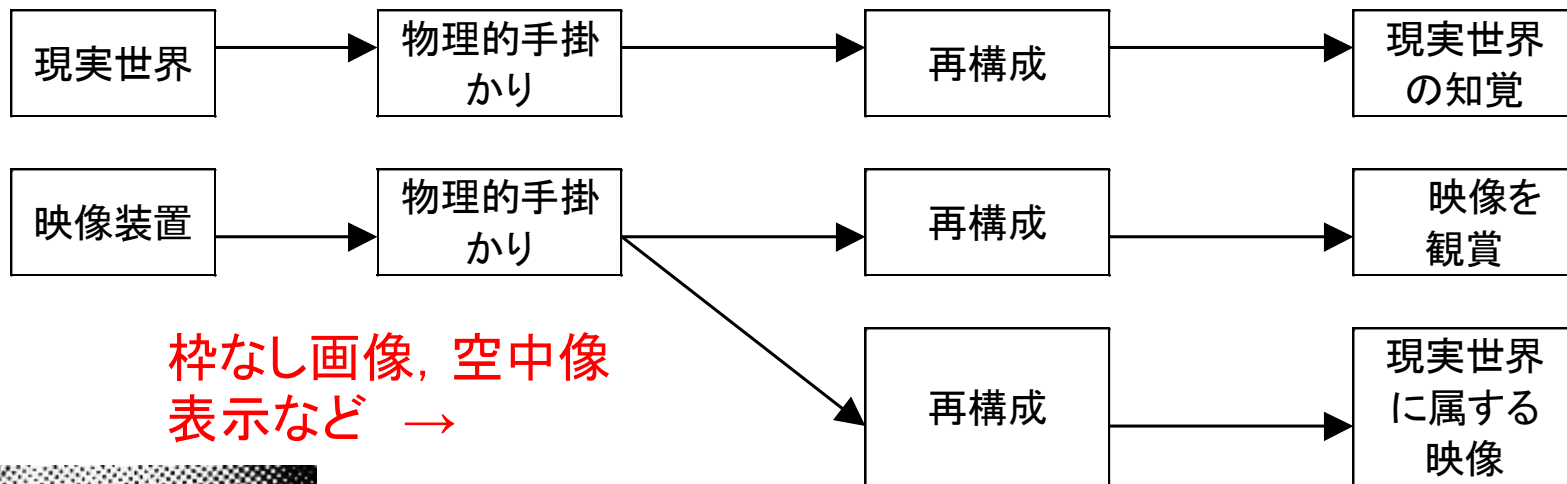
要素	工学技術	物理的な正確さ
形と大きさ	線透視図法(レンズを通し平面上に撮影・表示)	実物通りの大きさと形を再現
明暗	輝度域の圧縮	絶対輝度を検出・再現
色彩	三色分解撮影と合成	分光エネルギー分布の検出・再現
動き	時分割撮影と表示	実際の動きを時間軸の連続関数として再現
<u>奥行き</u>	<u>多様な検出・再現手段</u>	<u>実物通りの奥行きに表示</u>

桑山哲郎:「映像技術の成り立ち」, 神戸芸術工科大学博士論文(2003年3月)

4 「映像」はどのようにして工学技術として成り立つか？

4-2 一般化したモデル

実物視と映像観賞



枠なし画像, 空中像
表示など →



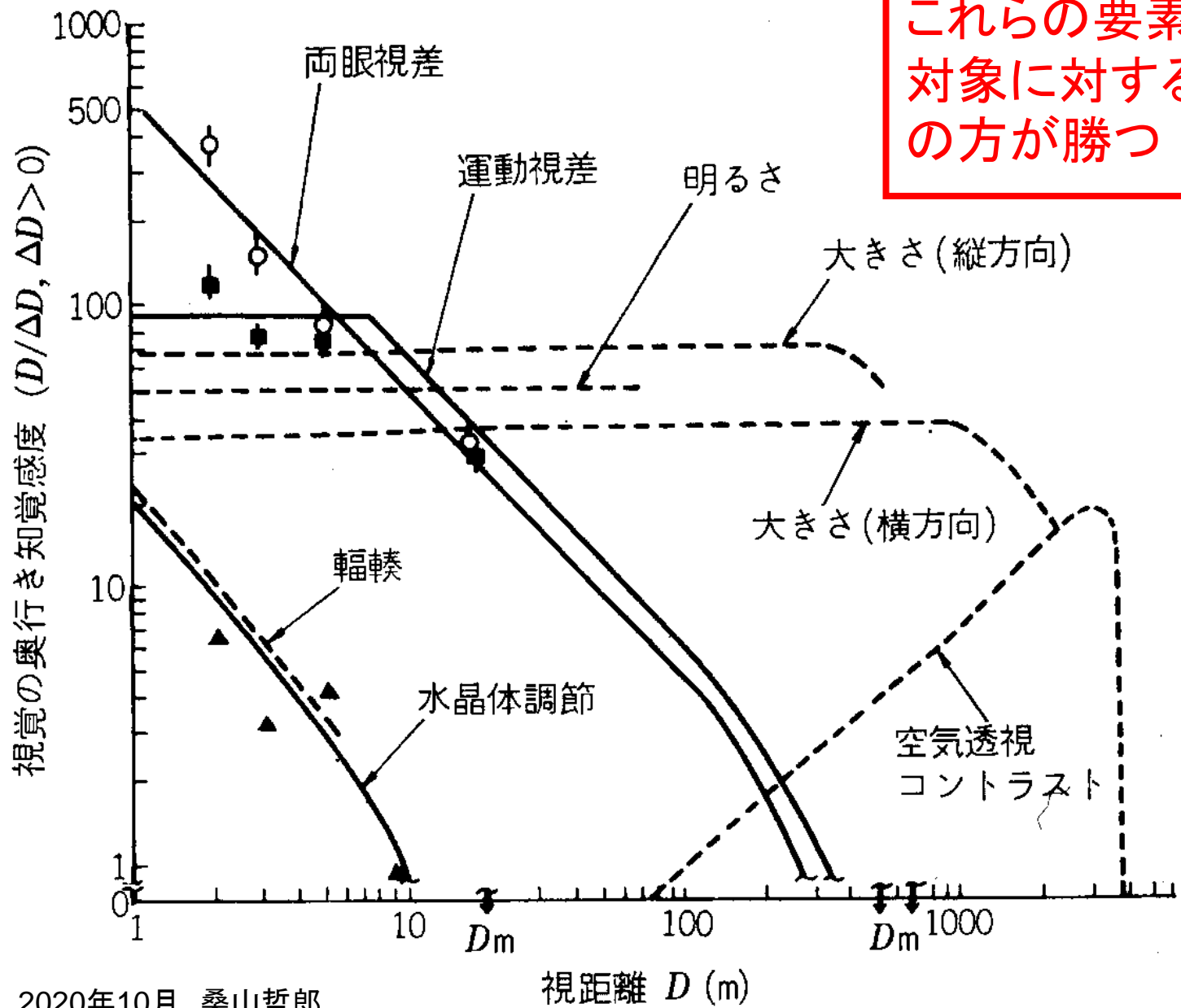
網点画像を「ニセの
中間調画像」と非難
する人はあまりない



立体パノラマとその仕掛け(1900年パリ万国博)
平面像を「立体」に見せると「騙し」と非難される

4-3「視覚の奥行き感度」

これらの要素より、
対象に対する知識
の方が勝つ



4-4 奥行きを感じる手がかり

表1:3次元空間の認識に必要な視覚要因

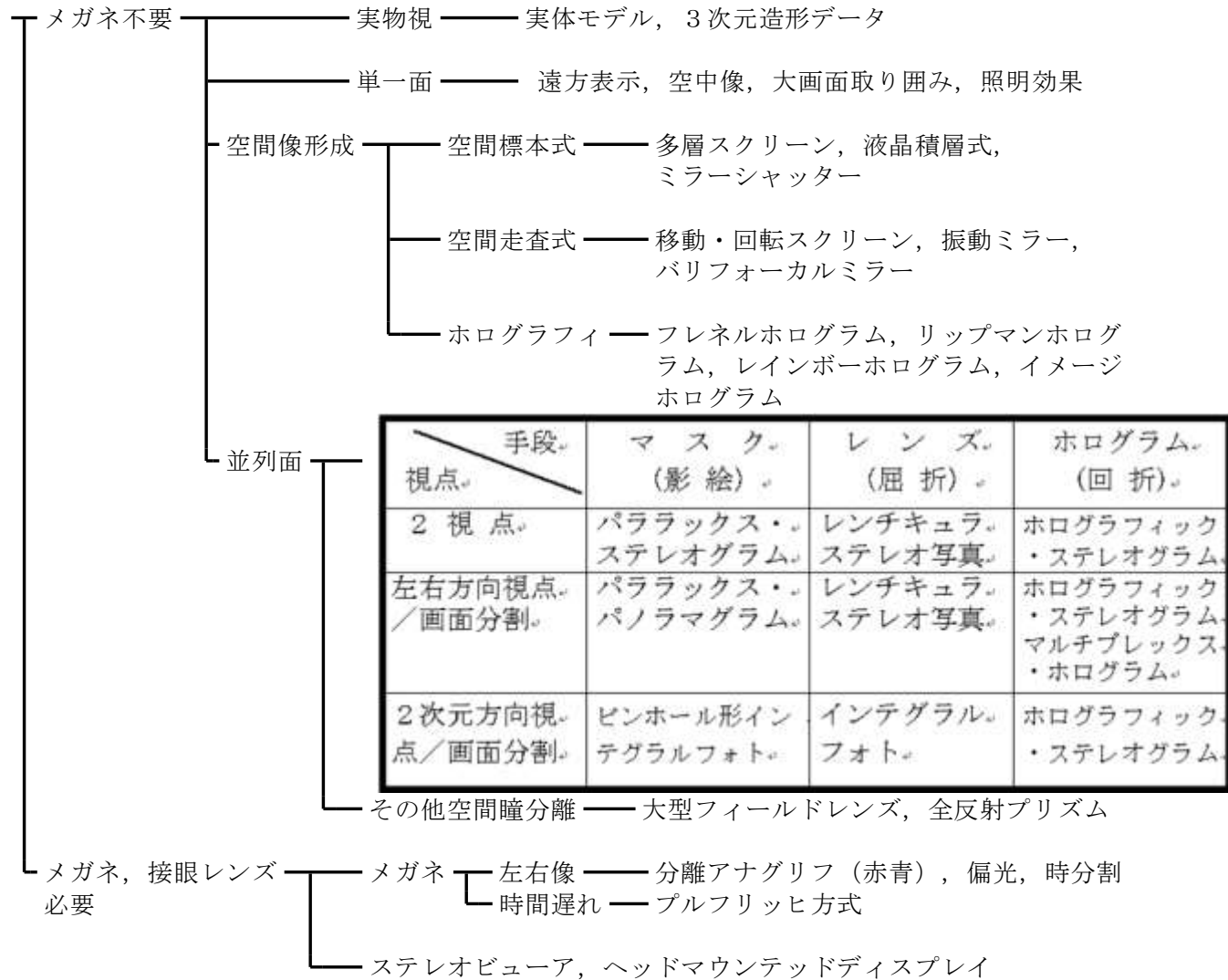
1.単眼視	A調節*{水晶体調節,焦点深度}	<5m
	B空気透視{コントラスト低下,青着色}	
	C色{進出色-後退色}	
	D網膜像の大きさ*{既知の物体}	<500m
	E線透視(図法){消点←平行線}	
	F均一模様 of 密度勾配	
	G不均整構図{対称性欠除}→立体反転図形	
	H重なり合い	
	I光と影の分布{照明条件の判断}	
	J単眼運動視差{多方向観察}	<300m
↓	K視野{画枠効果除去}→大画面表示	>50m
2.両眼視	L両眼視差{前後弁別}→2眼式立体表示	<250m
3.同時視	プルフリッヒ効果【特殊な奥行効果】	
4.単一視	M輻輳(ふくそう)* {眼球筋肉緊張}	<20m

項目“A”から
“K”まで10要因
が単眼視に属し
左右の目を用い
るのは2項目だ
けである

▪ 畑田豊彦 ほか:「視覚の科学」,写真工業出版社(1975) p.151 掲載の表より抜粋

* は対象物までの絶対距離の手がかりを与える要因

4-5 奥行きを感じる手がかかり 3D映像表示の分類例



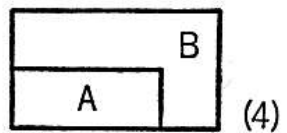
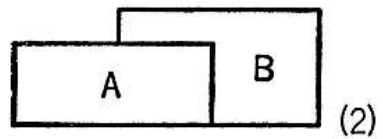
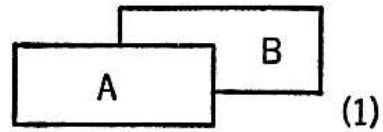
4 奥行きを感じさせる手がかりー5 追加

放射線の構図は強い奥行き感を作り出す。



4 奥行きを感じる手がかりー6

手前に置かれた物は奥の物を
覆い隠す



(1)(2) は前後関係が
明らか (3)(4)はどちら
が前かはっきりしな
い【畑田1975より】

建物を見下ろして撮影した写真は、コントラストを強調するとミニチュアに見える



5. 注目の映像技術(追記)

5-1 プロジェクションマッピング (Projection Mapping)とは、コンピュータで作成したCG映像データと(複数の)プロジェクター等映写機器を用いて、建物や物体、空間などに対して映像を映しだし、ときには音と同期させる技術の総称をいう。【Wikipediaに加筆】動画共有サイト YouTube は、プロジェクションマッピングの情報収集に最適で、長時間(100時間は超える?)の動画を視聴することができる。

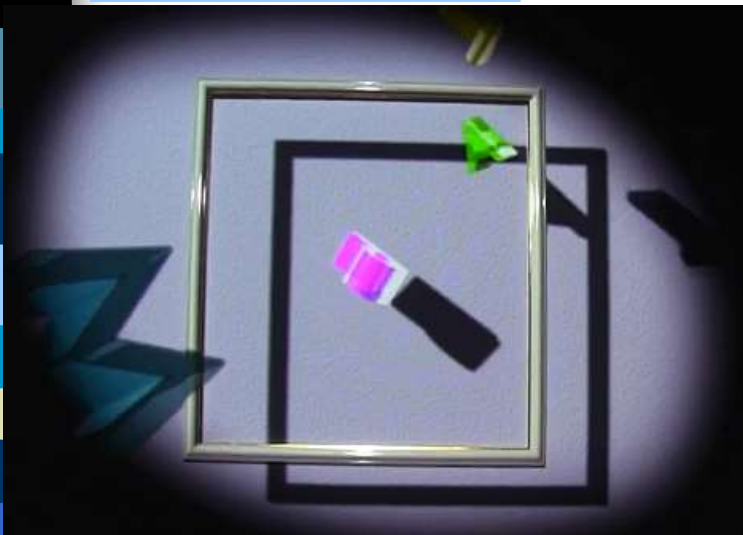
2012年12月開催の作品コンペ
受賞作“GAKUBUCHI”

[YouTubeへのリンク](#)



シドニーのオペラハウス Wikipediaより

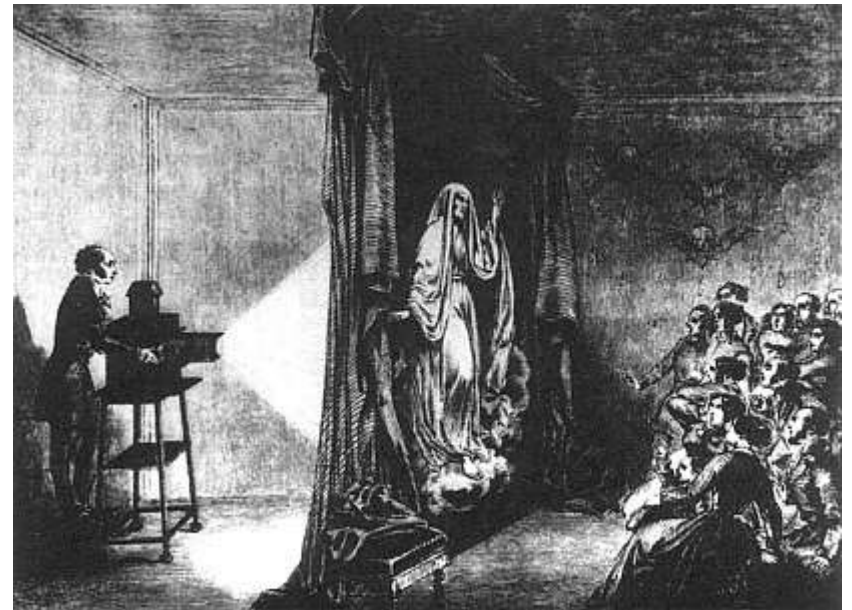
3D Projection Mapping promoting The
Tourist in Dallas [YouTubeへのリンク](#)
Music Video “瞳を閉じて”アナログ手
法だが、鑑賞者の心に訴える表現
[YouTubeへのリンク](#)



5-2 半透明スクリーンの利用

空中に浮かぶバーチャルアイドル「初音ミク」のコンサートが人気を集めている。これは、半透明の(黒い)スクリーンをステージ上に設置、観客席とは反対側からスクリーンに3D CGによるアイドルの映像を映写するものである。【YouTubeで“Hatsune Miku”を検索すると多数見つかる】

この原理は、1798年に始まった「ファンタスマゴリア公演」と同一である。当時ヨーロッパで大変人気を集めた報道の記録が多数残されているが、現在でも注目される3D映像技術である。



公演(1798年) 初音ミク へのYouTube[リンク](#)

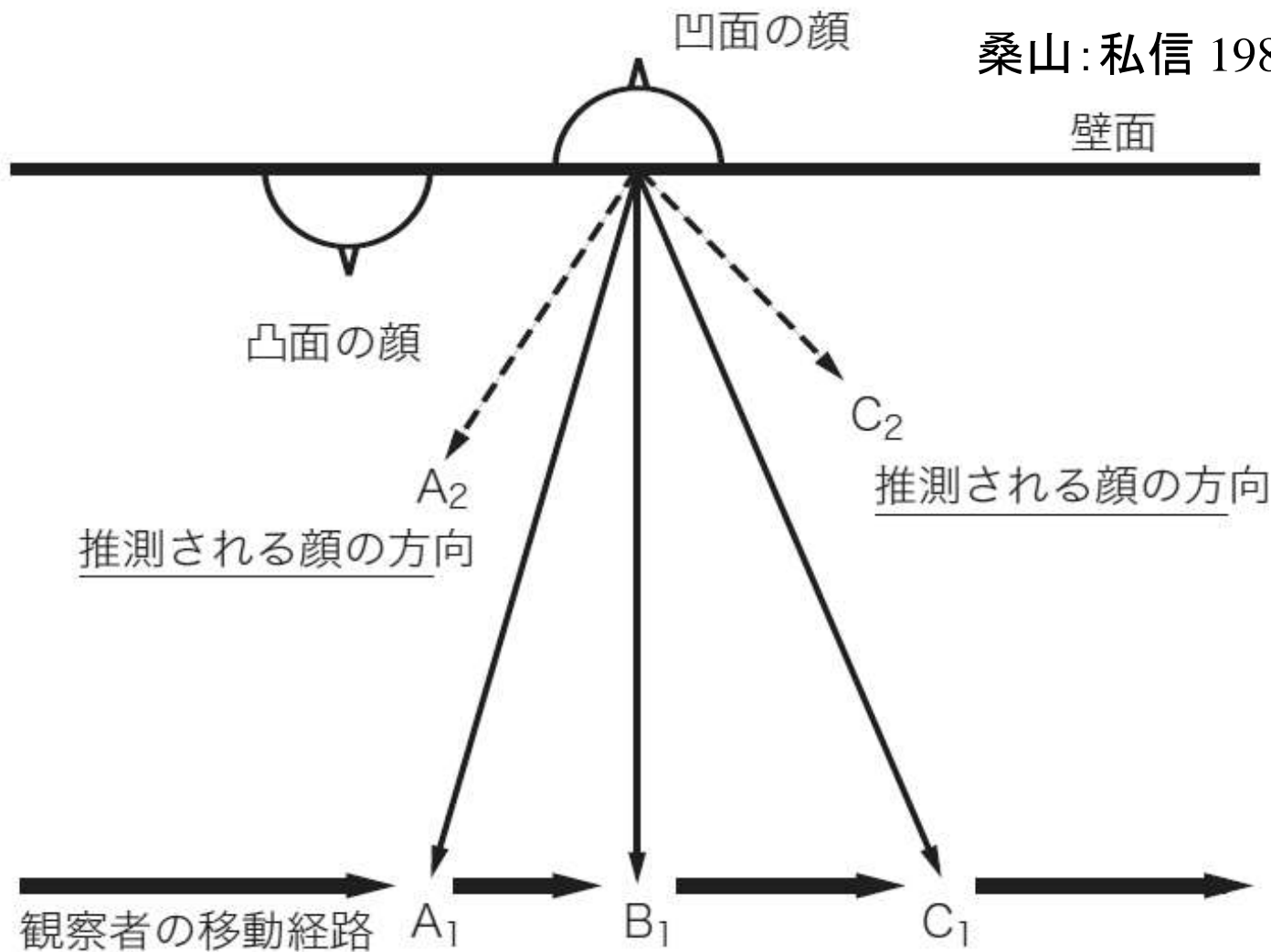
仕掛けの解説図 29

奥行反転図形に関連した事柄の年表

- 15世紀 台形アナモルフォーズ描かれる(線透視図法の知識が普及する)
- 1832年 スイスの鉱物学者, L.A. ネッカーが結晶をスケッチしている際,
「ネッカー・キューブの錯視」を発見する
- 1887年 オーストリアの物理学者・科学哲学者 エルンスト・マッハ,
「マッハの本」の錯視を著書で発表する
- 1984年 『不思議なボルト・ナット』(ジェリー・アンドラス:作)巡回展
『遊びの博物館パートII』で展示され, 注目を集める
- 1994年 『ウインク・マジック』(ジェリー・アンドラス:作)出版される
- 1998年 ジェリー・アンドラス氏, 「首振りドラゴン」の展開図を描く
マーチン・ガードナー氏への感謝の言葉が書き込まれている
- 2009年 パトリック・ヒューズ氏の前後反転作品『水の都』注目を集める

「追い越していく顔」の解析

観察角度変化の倍の角度首を振る様に見える
「いつもこちらを向いている」という間違った説明が多い



桑山:私信 1989年

参考情報



北岡明佳 先生の錯視のページ

<http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/>



北岡明佳の錯視のページ



北岡明佳・立命館大学・総合心理学部／文学部人文学科心理学専攻教授、知覚心理学（錯視・目の錯覚） 

[認知科学研究センター](#) [システム視覚科学研究センター](#) [衣笠map](#) [Visiome](#) [トリックアート美術館](#) [風景](#) [外部へのリンク](#) [日本基礎心理学会第36回大会](#)

2002年5月10日開設・2018年9月18日更新 [英語版\(English\)](#) [セルビア語版](#) [ポルトガル語版](#) [中国語版](#)

ご注意 このページには「動く錯視」（静止画なのに動いて見える錯視）が含まれています。現在まで錯視が人体に有害な影響を与えるという証拠はありませんが、車酔いなどを起こしやすい方はご注意ください。万一気分が悪くなりましたら、速やかにこのページから退去して下さい。

[最新作 \(2018/9/18\)](#) [最新ページ \(2018/7/17\)](#) [更新ページ \(2018/8/14\)](#) [最新講演 \(2018/6/5\)](#) [講演\(2018/7/8\)](#)
[講演予定\(2018/8/7\)](#) [錯視カタログ\(2014/6/3\)](#) [北岡本\(2016/8/21\)](#) [「錯視入門」本](#) [ひとりごと \(2016/8/29\)](#)
[本HPの全ページ](#) [講義用](#) [シラバス](#) [学術論文\(2018/5/26\)](#) [総説・解説\(2016/7/4\)](#) [錯覚ニュース \(2018/8/7\)](#)

錯視コンテストのページ

第10回コンテストの作品募集を始めました！ 2018年9月30日（日）締め切りです。

