

視覚特性から見た これからの映像技術



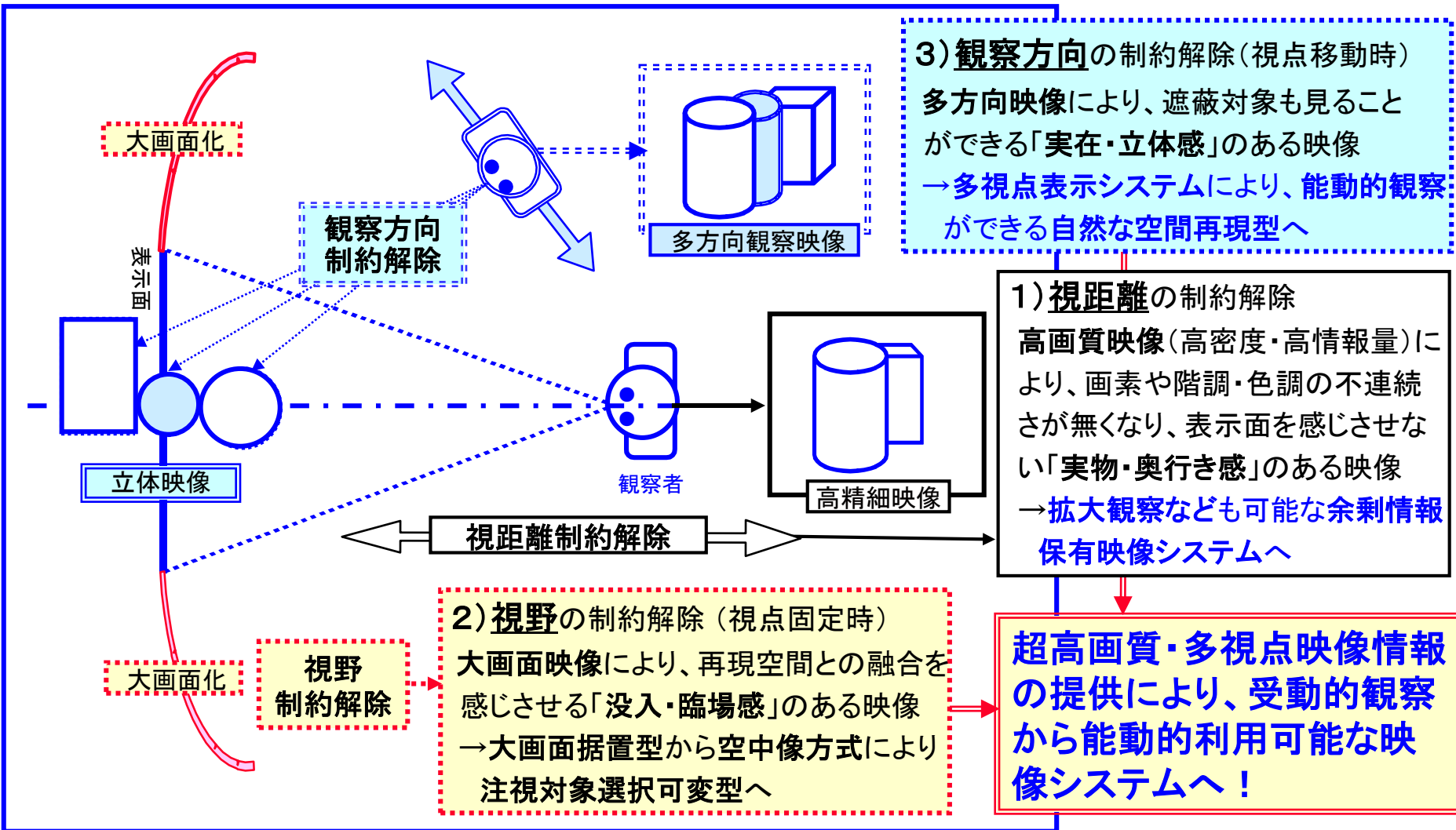
畑田 豊彦

東京工芸大学名誉教授
3Dフォーラム 顧問

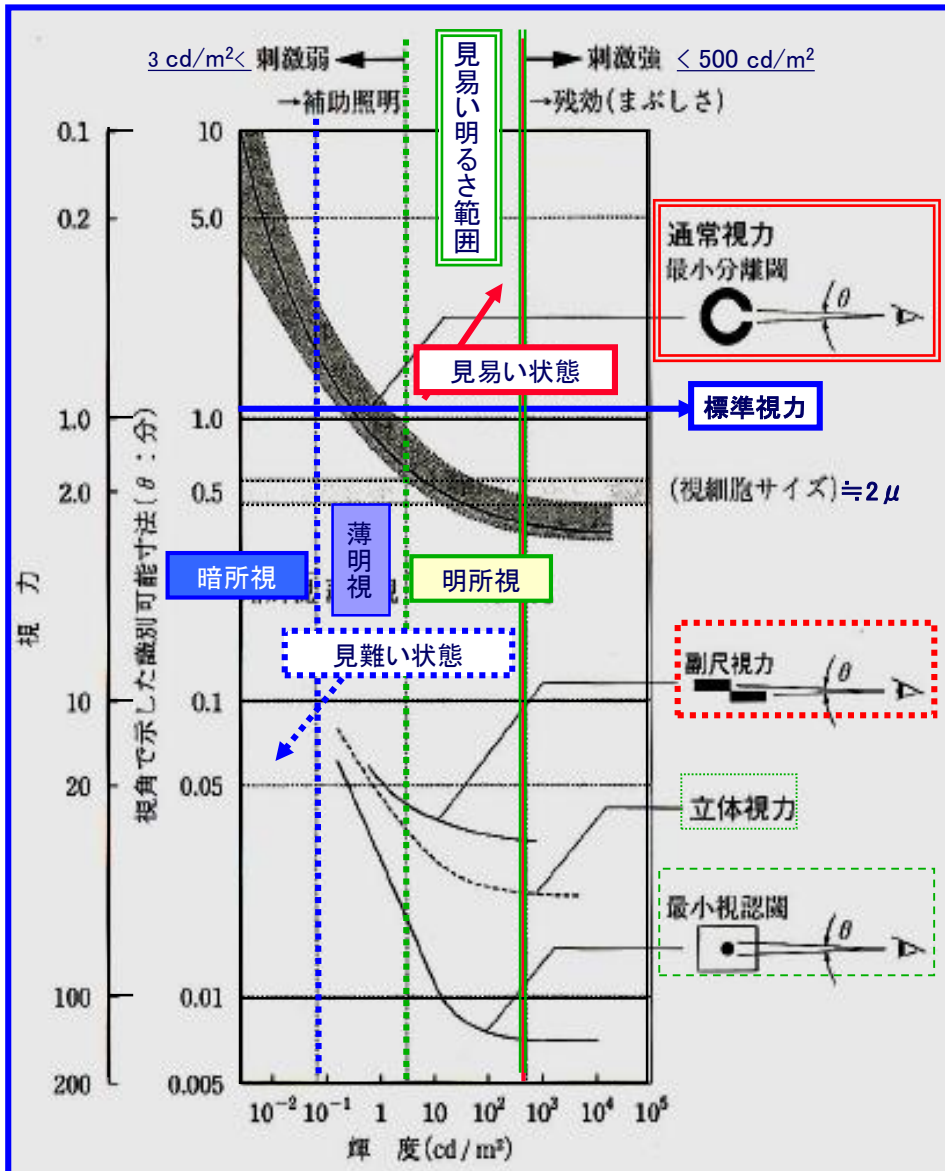
視覚特性から見た自然な空間再現映像

これまでの映像は、**受動的観察(制約)**環境下で、見る人(視機能)の許容閾を満足させながら、画質改良が行われてきた。

これからの映像は、**能動的観察**条件下で、**視機能限界**を満足し、観察時の制約を少なくする**超高画質・多機能表示**へと向かう。



様々な視力 - 明るさによる変化 -



・通常視力(2点や2線を分離できる能力) = 1.0(視角1分)で、映像画素構造が見えなくなる適正な視距離を決定する。

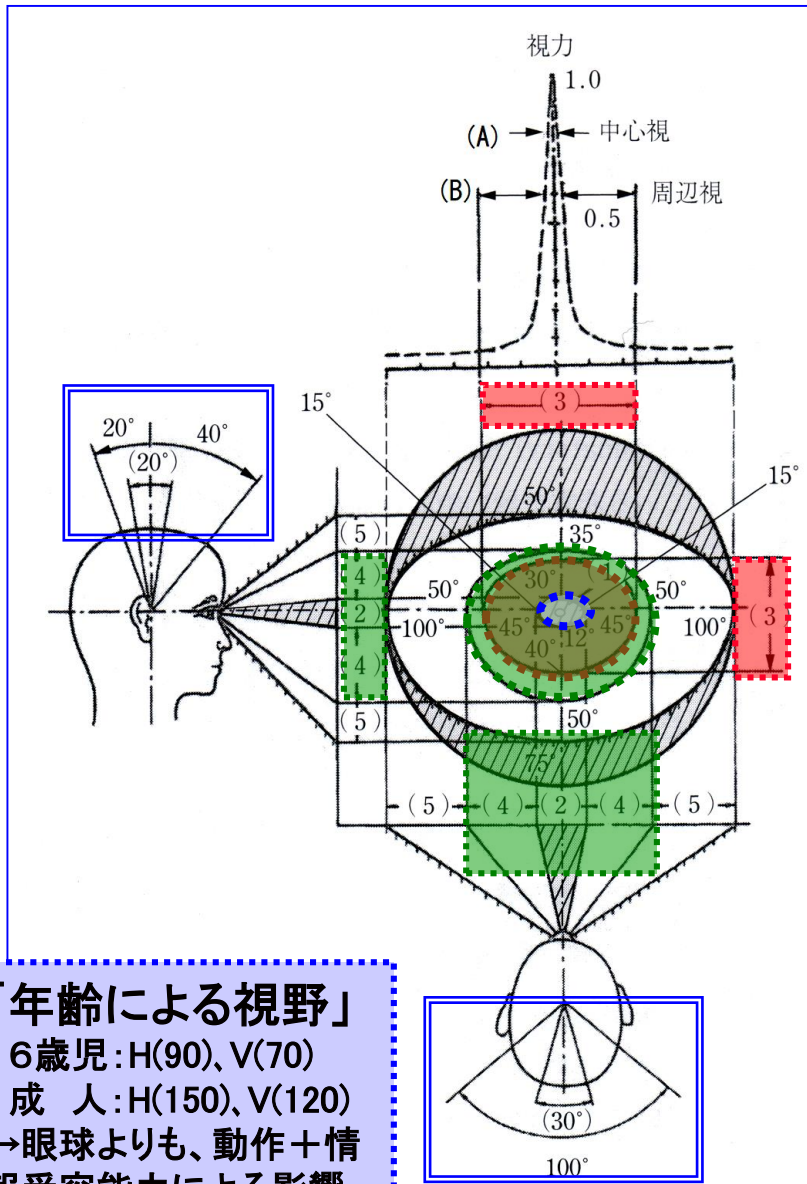
・副尺視力(線分のずれを識別する能力) = 約20.0(視角3秒)に相当し、映像の継ぎ目や斜線のギザギザが見える。

・立体視力(両眼による奥行き弁別能力) = 約30.0(視角2秒)に相当し、両眼網膜像のズレ(視差)から奥行き方向の前後差を見分ける。

・最小視認閾(均一背景で点の検出能力) = 約120.0に相当し、夜空の星や小さな欠損などが見つけ出せる。

見る対象や環境の明るさ、コントラスト、配色などにより、視機能は変化する。
→ 薄明視以下の見難い環境や残効が生じる眩しい状態などの見えを強調・修正できる環境機能型ディスプレイ条件を見出す!

視覚情報受容と視野の関係 —中心・周辺視の機能差—



視覚情報受容は、主に注視点(中心視)移動によるが、周辺視+頭部・体躯運動も加わり、広い空間認識を効果的に行っている

(A)中心視 (高性能な視認性)

・弁別視野(1)+有効視野(2) → 水平30度、垂直20度
→ テレビの標準観視画角

(B)周辺視 (空間感覚の形成)

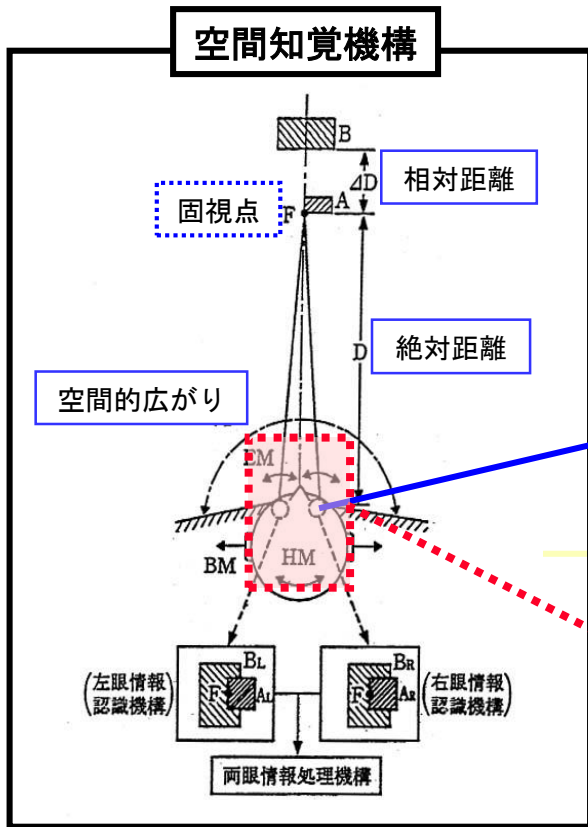
・安定注視野(3) → 水平90度、垂直70度
→ 情報(VDT)作業表示

・誘導視野((4)以上) → 水平100度、垂直85度以上
→ 臨場感[Super High Vision TV]

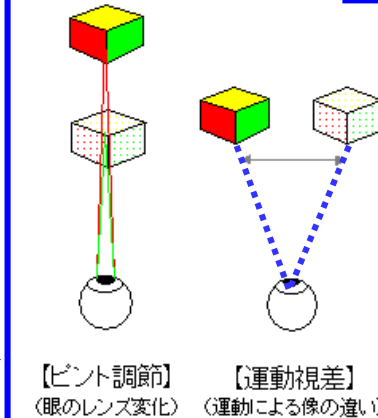
・補助視野(5)

周辺視は探索動作や空間認識には欠かせない情報を提供する。⇒生活空間での能動的で効果的な情報受容ができるためには、固視での特性だけでなく、動的な視野特性を調べる必要がある！

空間知覚機構と空間立体視要因

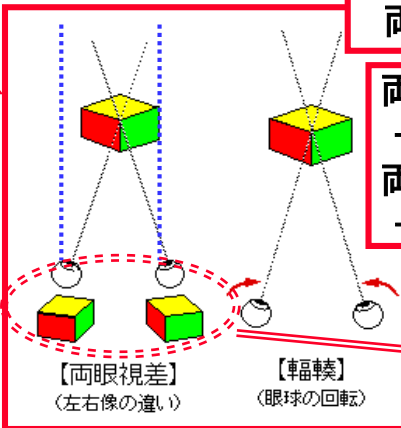


単眼視要因→2D画像



- ピント調節**→鮮鋭度(ボケ状態)
 ・明暗、コントラスト、色差の影響 → 空気透視像の大きさ→距離感
 ・見掛けの大きさ変動←恒常性による補正
 ・規則配置、物体間密度→線透視
運動視差(受動・能動)→前後感
 ・遮蔽、重なり合いの変化 ・陰影の変化
視野(画面構成)→拡がり感
 ・画枠効果 ・空間配置(高:遠、低:近)

両眼視要因→3D画像



- 両眼輻輳**(D:F↔EM) →絶対距離 [固視点(F)]
両眼視差($\Delta D:(A_R-A_L)/(B_R-B_L)$) →相対距離

<視線移動による安定した空間視>

注視(基準位置)

注視点移動で視差量調整!

2眼式3D表示は両眼視差のみで奥行き表現

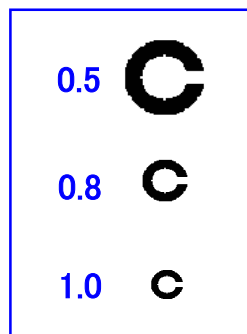
[眼球(EM)、頭部(HM)、姿勢変動(BM)]

瞳孔間距離 [最小50mm(小児) ~ 55mm(女性) ~ 最大78mm(外人)] → 平均 63.5mm (65mm)

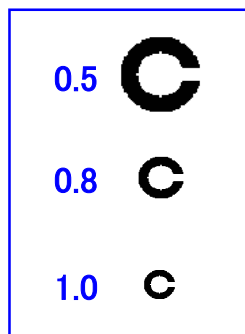
[距離に応じた各要因の寄与度]

- ・近距離 (100cm以内) : 全要因が作動し、そのバランスが問題 ←[両眼視差+輻輳+ピント調節+運動視差]
- ・中距離 (100~500cm) : 両眼視/単眼視要因の優位性の変化 ←[両眼視差+輻輳+ピント調節+運動視差]
- ・遠距離 (500cm以上) : 単眼視要因(心理・経験的要因)が中心 ←[線透視、運動視差などの単眼視要因]

両眼視機能検査—視力、単一・同時・等同視—



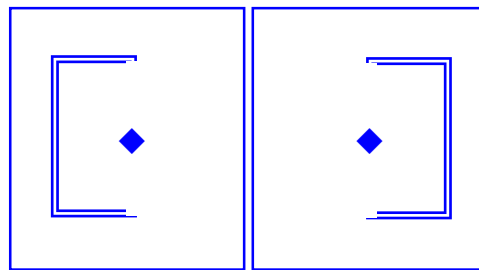
左眼



右眼

[両眼視力用]

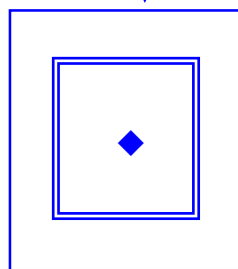
両眼の視力差が少なく、左右眼共 0.8 (1.25分視角) 以上が望ましい。各眼が 0.5 (2分視角) 以下では、補正が必要。



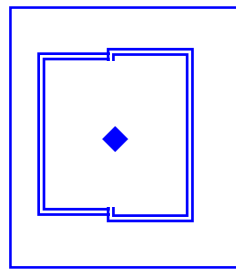
左眼

右眼

[不等像視用] (眼位測定可)
左右眼での像の大きさや位置ズレが生じると、融像が不安定になる
→回転/上下ズレが影響する

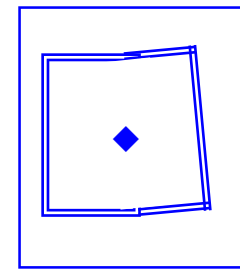


両眼正常



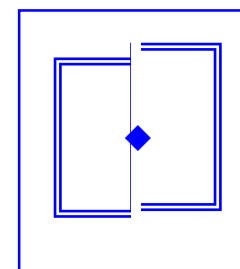
右眼拡大

大きさ < 103%



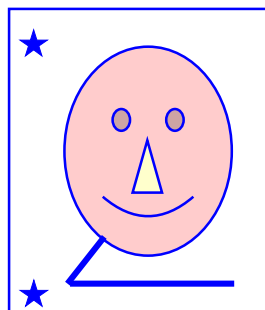
右眼回転

回転 < 1.5°

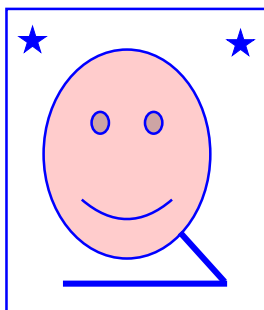


右眼上方ズレ

垂直ズレ < 10分



右眼



左眼

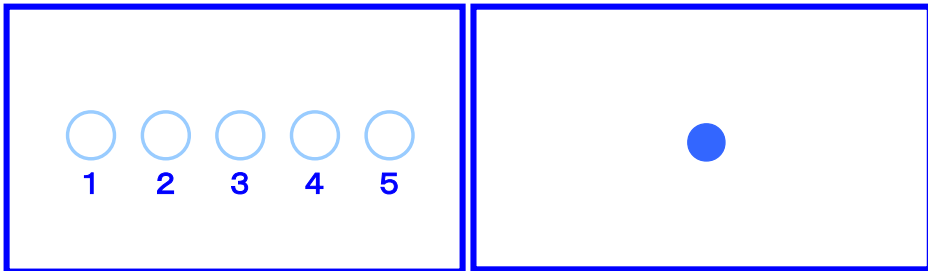
・サイズ不同視(2D以上)は屈折補正、固視ずれや上下ずれはプリズム補正で行うが、回旋などは光学的補正では無理

[単一・同時視用]

両眼に共通する部分の融像が成立し、片眼での欠落部(右上の星、鼻、襟)に視野闘争が生じるが、総体的には安定して見える。

両眼視差検出能、視差調整動特性の検査用パターンも準備されている

両眼融像状態の計測 —眼位と輻輳・開散—



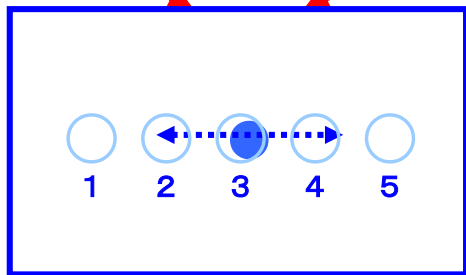
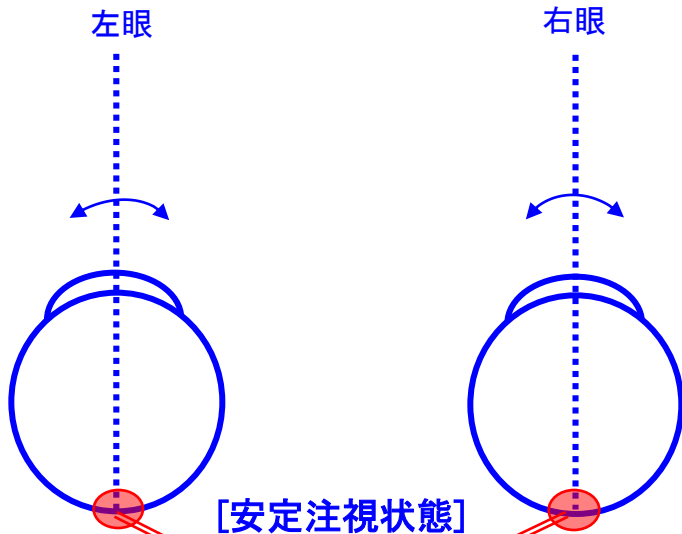
[両眼眼位用]

青丸印がどの番号の円に重なるか？
 →内斜位 < 3(正常) < 外斜位、
 ズレ角5度以内では立体視は可能

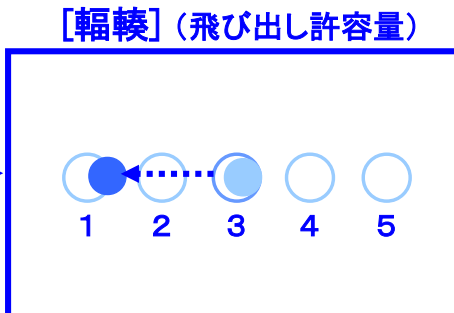
[輻輳・開散域用]

意識的に注視対象(青丸)を移動させ、無理のない状態での輻輳—開散の範囲を求め、固視時の狭い融像域を補い、安定した奥行き方向の見えを確保する

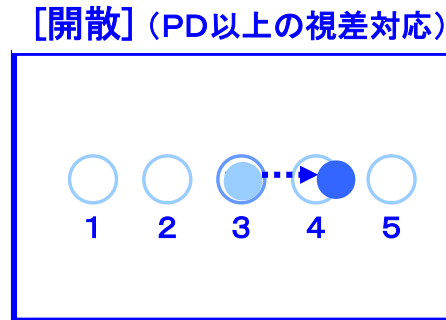
自然視と比べ、枠などによって両眼運動への制約が生じ、眼位や融像域が少なく測定されるが、観察者の両眼視特性に応じた安定した立体観察範囲が導き出される



両眼



両眼

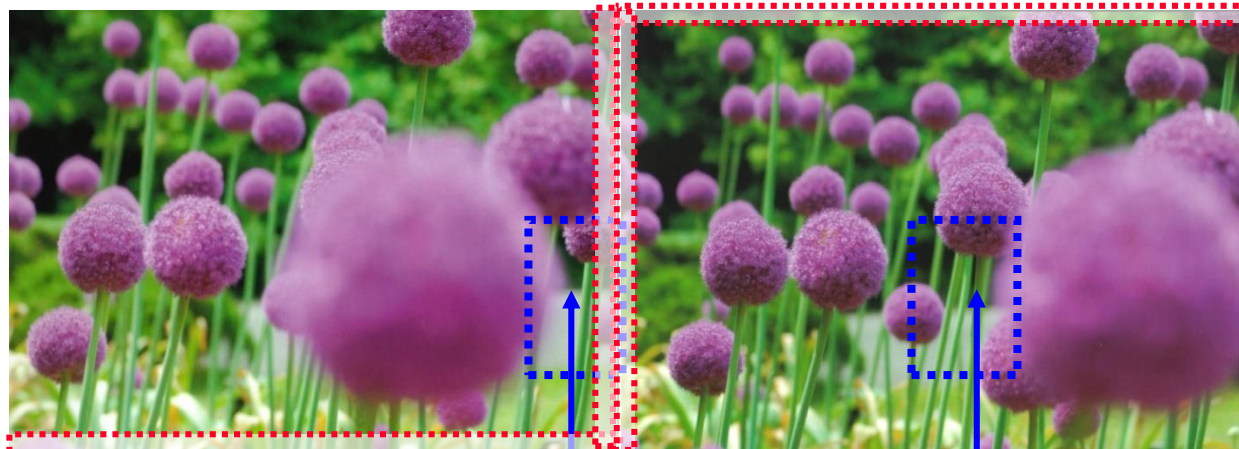
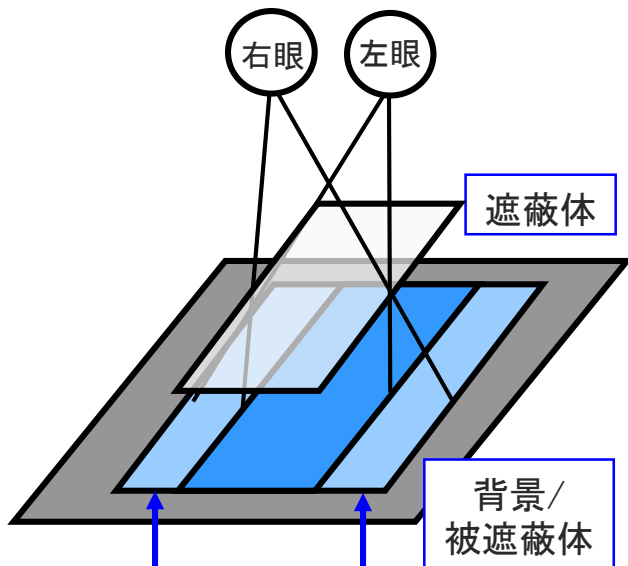


両眼

cf. チトマスステレオテスト(PD(65mm) VD(40cm))では、前後弁別の限界は0.5mm、0.8mm以上で安定検出可能

両眼情報差による不安定な見え方ー半遮蔽・非対応ー

[・・・越しの撮影例] (アリウム畑)



(右眼のみ) (左眼のみ)
半遮蔽部分

実空間では、注視点・観察位置移動、ボケ(視差大の手前の花)、図形の連続性、抑制などで不安定な見えを回避している。

[枠による非対応部分]
枠による飛び出し抑制と共に、不安定な見え(額縁効果)
→フレームインでは目立難い

(右眼のみ) (左眼のみ)
[半遮蔽部分]
他の単眼情報により空間位置補正し、安定状態を保持するが、極端に異なる映像の場合は不安定な見えになる。

[局所視野闘争]
2眼式の違和感

* 普段、窓枠による左右眼の差が気にならないのは、見たい対象は枠より外(奥)にあり、3D映像のように、注視対象が画枠に掛かりながら飛び出す場合はない。ただ、画枠より奥でのフレームアウトや観察者の後方からのフレームインでは、画枠による制限が少なくなる。

距離による奥行き・立体知覚要因

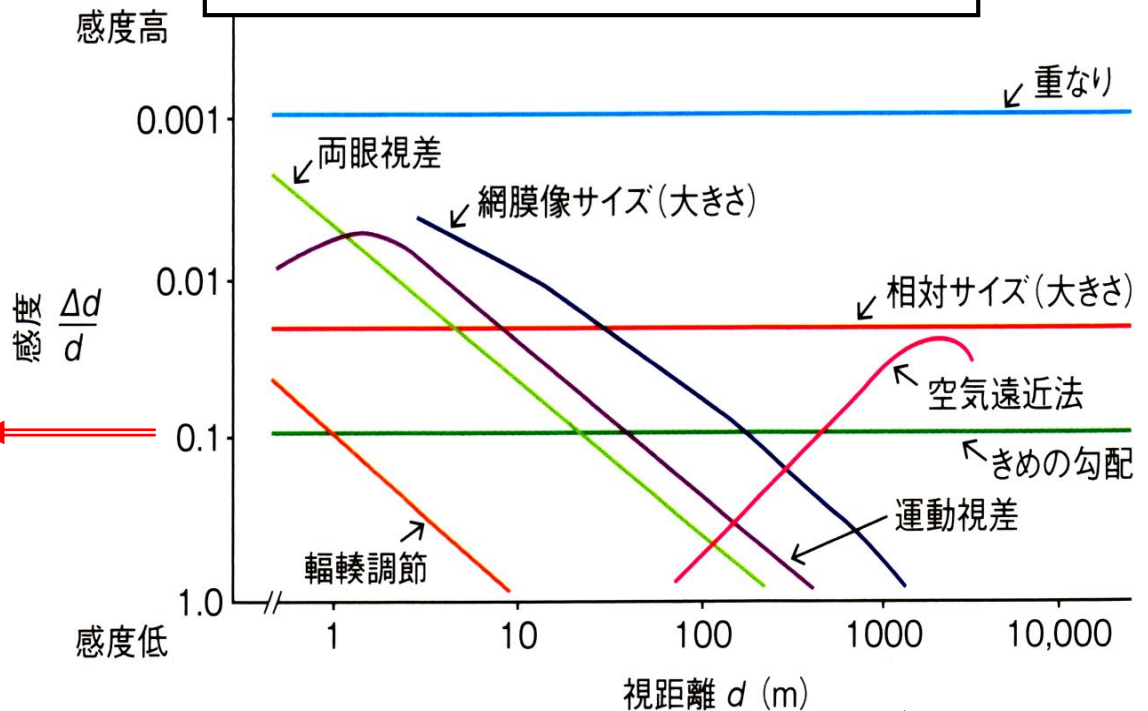
<2D映像での奥行き要因>

- 1) **ピント調節** → **鮮鋭度**
 - ・シャープ像(注視対象) - ボケ像(注視前後)
- 2) **像の大きさ** → **距離感**
 - ・規則的配置 → 線透視図法、模様密度勾配
 - ・明暗、コントラスト、色(進出・後退)
 - 空気透視(コントラスト低・青色)
- 3) **運動視差** → **前後感**
 - ・遮蔽、重なり合い
 - 光源位置と陰影変化 → **凹凸感**
- 4) **視野** → **拡がり感** (EM: 眼球運動)
 - ・空間配置(高: 遠、低: 近)

<3D映像での立体要因>

- 1) **輻輳** → **注視対象の絶対距離再現**
 - ・注視対象への両眼寄せ角
- 2) **両眼視差** → **対象相互の相対距離再現**
 - ・両眼網膜像差の差分検出 → 局所視野闘争

距離による奥行き要因の感度特性



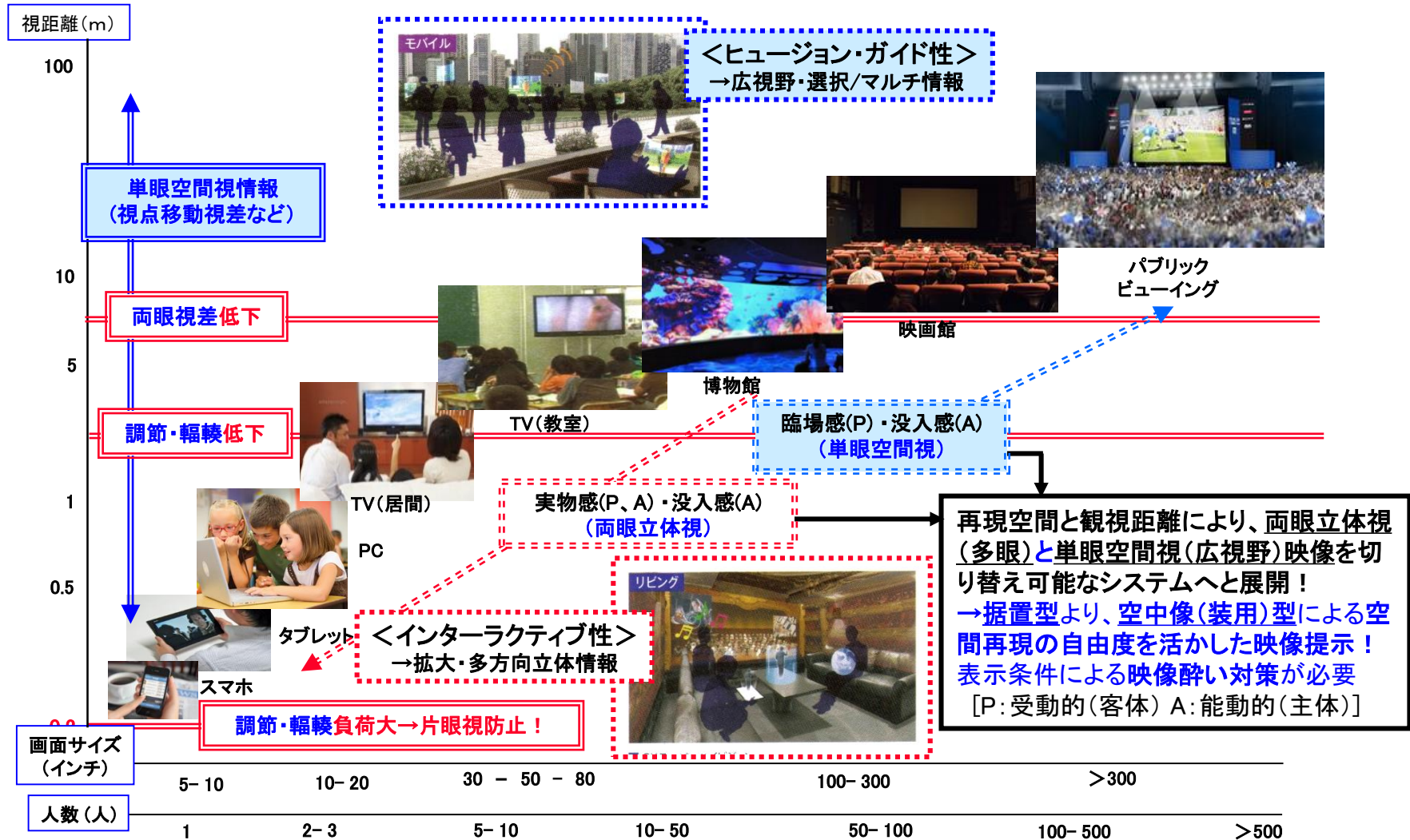
- ・輻輳(二重像) ≥ 調節(ボケ像) ⇒ 近見時の緊張系
- ・運動視差 → 視点 > 対象移動量 ⇒ 能動的観察に欠かせない要因
- ・サイズ効果 → 明るさ、色、ボケ ⇒ 既知物体を基準とした尺度形成

[距離に応じた各要因の寄与度]

[Cutting & Vishton: PSM(1995), 長田: テレビ論文誌(1977)より改変]

- ・近距離 (100cm以内) : 全要因が作動し、そのバランスが問題 ← [両眼視差 + 輻輳 + ピント調節 + 運動視差]
- ・中距離 (100~500cm) : 両眼視/単眼視要因の優位性の変化 ← [両眼視差 + 輻輳 + ピント調節 + 運動視差]
- ・遠距離 (500cm以上) : 単眼視要因(心理・経験的要因)が中心 ← [線透視、運動視差などの単眼視要因]

映像利用空間でのディスプレイ条件 —画面サイズ・人数・視距離—



生活空間での情報利用形態と情報表示方式

(視機能から見た生活空間(距離・画角)に於ける情報利用形態と整合した表示方式の分類)
cf. E.T.Hall: 対人間の距離[密接(15~45cm)・個体(45~120cm)・社会(120~360cm)・公衆(360~750cm以上)]

[観察位置固定]

- (1) ささやき空間 (50 cm以内) 個人(作業)領域→極近景
(身支度、読書、携帯端末 + 位置固定)
→近距離視認性(近距離視力、調節-輻輳、有効視野)

狭視野 < 30°
→高画質超多眼式
中心視実体空間

- (2) 語り掛け空間 (50-200 cm) 対話(手作業)領域→近景
(食事、PCデスク作業、数人対談 + 位置半固定)
→近・中距離視認性(近・中距離視力、調節-輻輳、視線移動)

標準視野 ≒ 50°
→多眼式
注視野実体空間

[観察位置移動]

- (3) 話し合い空間 (200-500 cm) 複数会話(集団作業)領域→中景
(テレビ観視、卓上会議 + 観察位置移動)
→中・遠距離視認性(中・遠距離視力 + 調節、安定注視野)

広視野 > 60°
→大画面多眼式
広視野立体空間

- (4) 呼び掛け空間 (500 cm以上) 不特定・多数 + 移動状態→遠景
(観戦・観劇、多数集会 + 歩行~走行移動)
→移動対象視認性(遠・動体視力、観察位置移動 + 注視動作)

超広視野 > 100°
→大画面多視点式
広視野奥行き空間