

第2回 感覚と知覚—視覚認知—

今日の参考文献

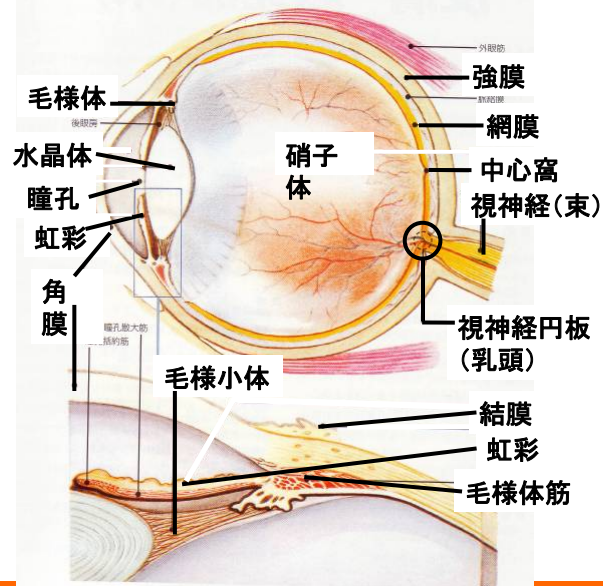
- 『視知覚』
– 松田隆夫著 培風館 1995年出版 ￥3,780
- 『ヒューマンスケープ視覚の世界を探る』
– 福田忠彦・渡辺利夫著 日科技連 1996年出版
￥2,500

見るということ
—視覚情報処理—

視覚器

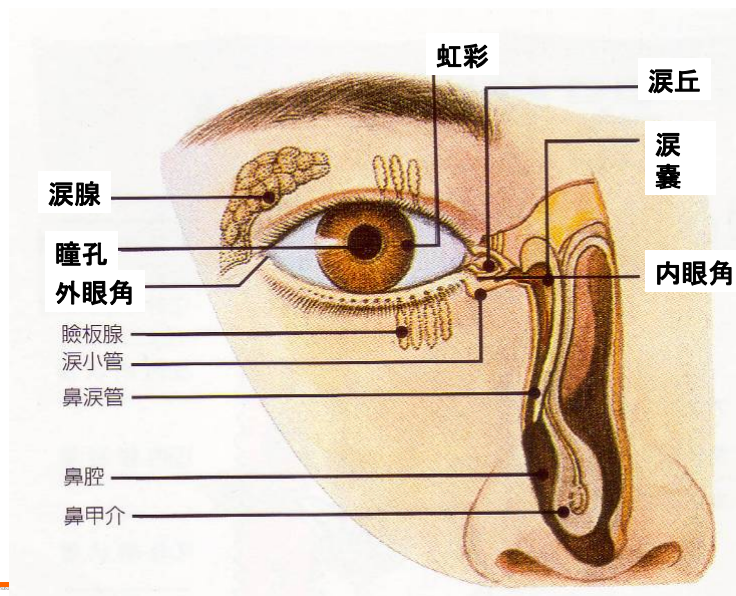
- 眼： 視覚を持つ部分
 - 眼球
 - 視神経
- 付属器： 眼を保護する部分
 - 眼瞼
 - 結膜
 - 涙器
 - 眼筋
 - 睫毛

眼球の構造



5

付属器の構造



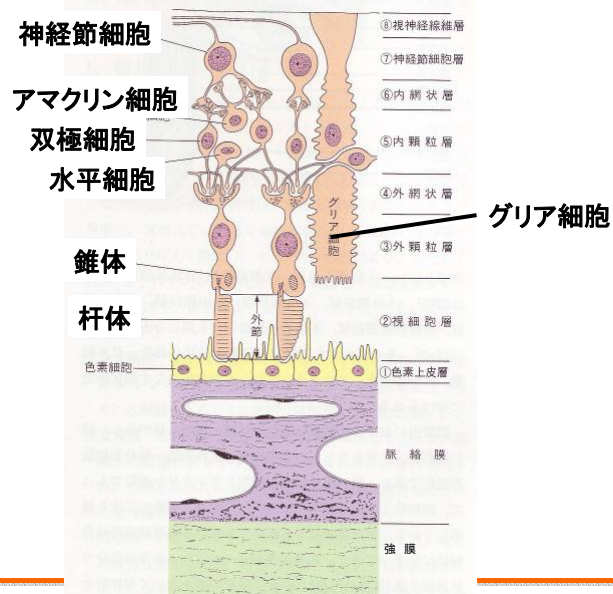
6

虹彩・瞳孔・水晶体

- 虹彩と瞳孔
 - 光が水晶体の中心を通る
 - 光の強度によって網膜に届く光の量を調節
 - 水晶体の焦点深度を調整
- 水晶体
 - 外界の視対象が網膜上に焦点を結ぶように働く

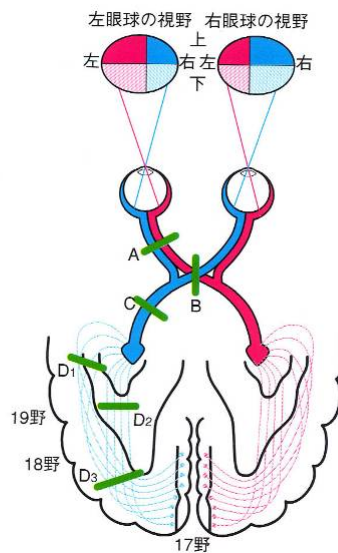
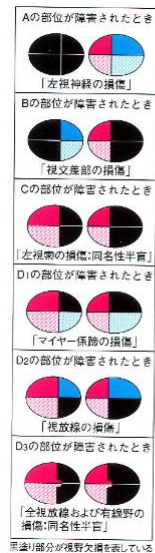
7

視細胞の構造

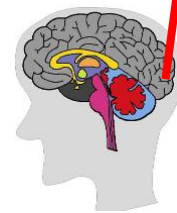


8

視覚情報の流れ

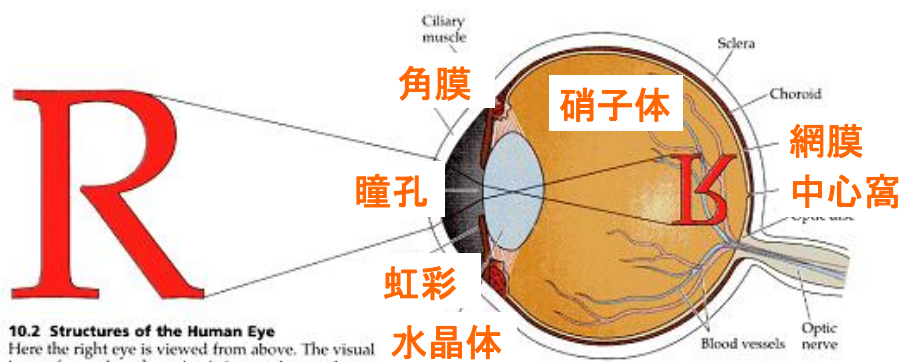


視覚野



9

「見る」仕組み



10.2 Structures of the Human Eye

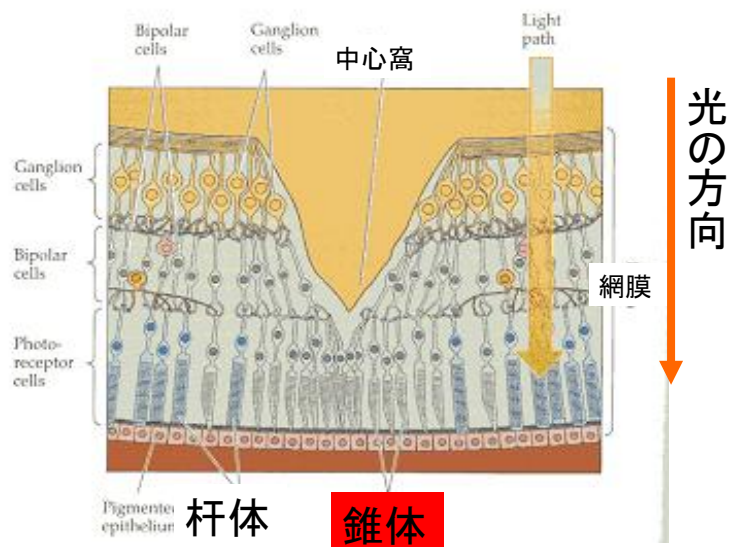
Here the right eye is viewed from above. The visual image focused on the retina is inverted top to bottom, and reversed right to left. The gap in the retina where the optic nerve leaves the eyeball is the optic disc.

網膜 (retina)

- 錐体 (cone) と杆体 (rod) からなる視細胞が分布
- 錐体は明るいところで働き、杆体は暗いところで働く
- 錐体は色を感じるが、杆体は色を感じない
- 網膜から視神経が眼球外に出る部分には視細胞がない ⇒ 盲点
- 網膜の中心のくぼみ部分を中心窩という
- 中心窩がもっとも視力の良い部分

11

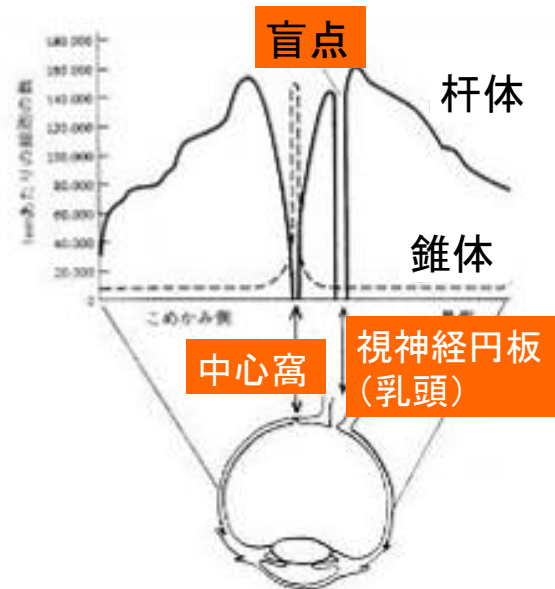
網膜中心部の細胞分布



Rosenzweig, Biological Psychology, Sinauer

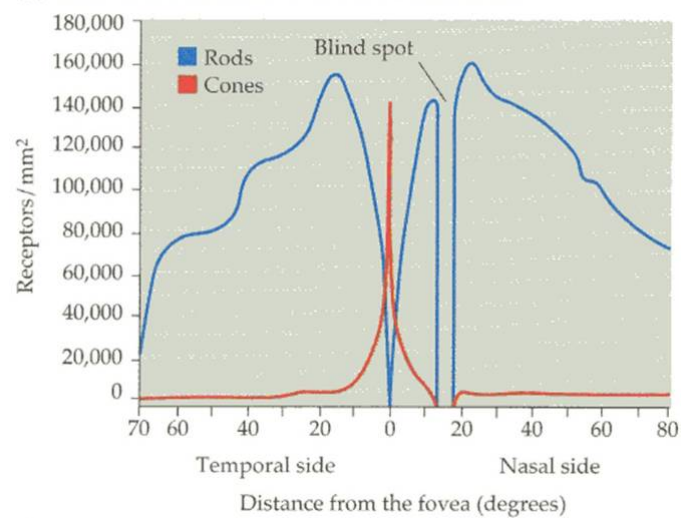
12

視細胞の分布



13

(a) Distributions of rods and cones across the retina



14

錐体と杆体の機能差

	錐体 (cone)	杆体 (rod)
感度	低 (明るさに反応)	高 (暗さに反応)
色覚	有	無
解像度	高	低
分布	中心	周辺

15

ちょっと実験…

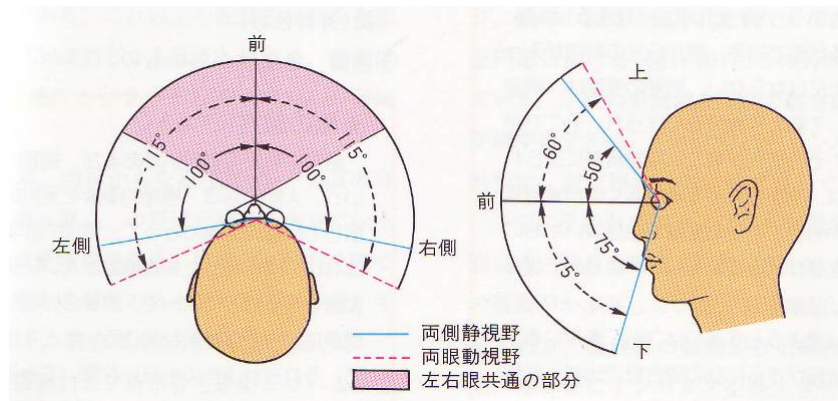
【錐体と杆体の働きを確認する】

まっすぐ前を見たまま、
色のついているものを顔の前からゆっくりと
左右に動かし、色を感じなくなる点を探してみよう。

16

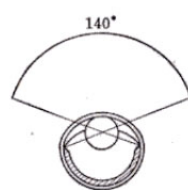
視野の広がり

- 視野とは
 - 眼を動かさないで見える範囲



17

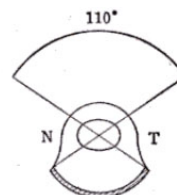
動物の視野



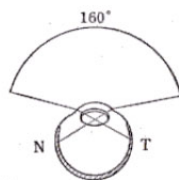
魚類



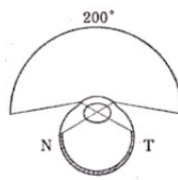
カメレオン



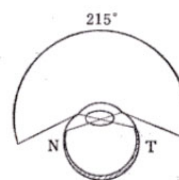
フクロウ



霊長類



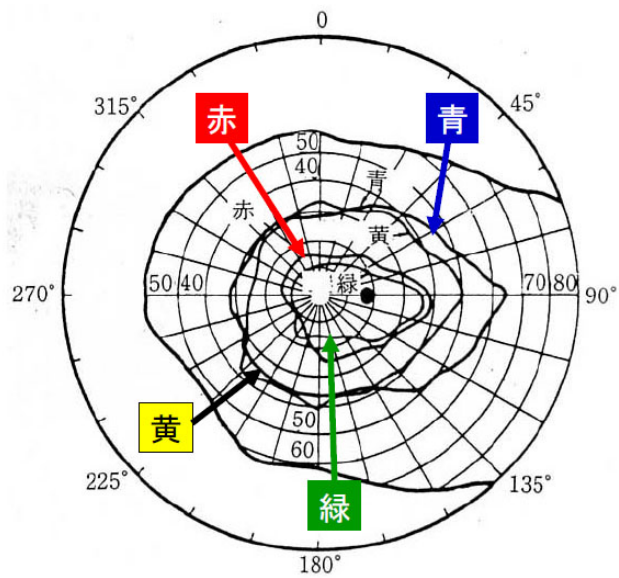
ネコ



ウマ

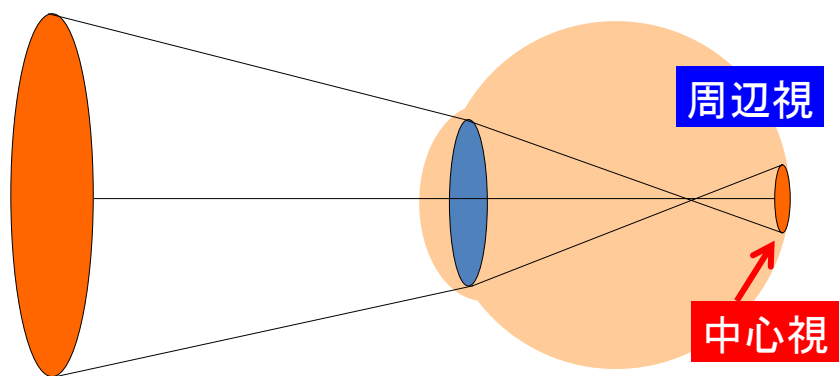
18

色視野



19

中心視と周辺視



20

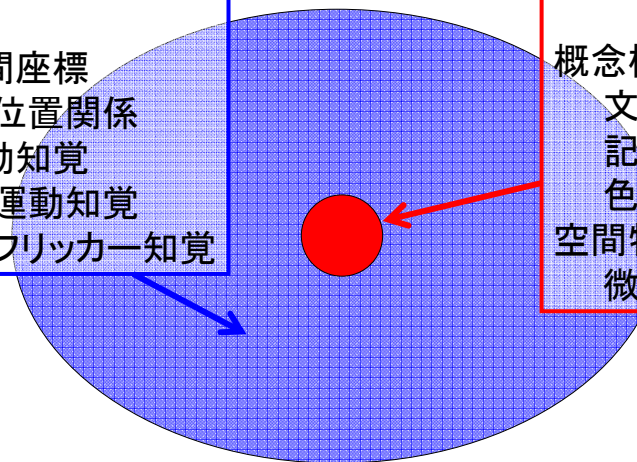
視野中心部と周辺部の機能差

周辺部

空間座標
位置関係
変動知覚
運動知覚
フリッカー知覚

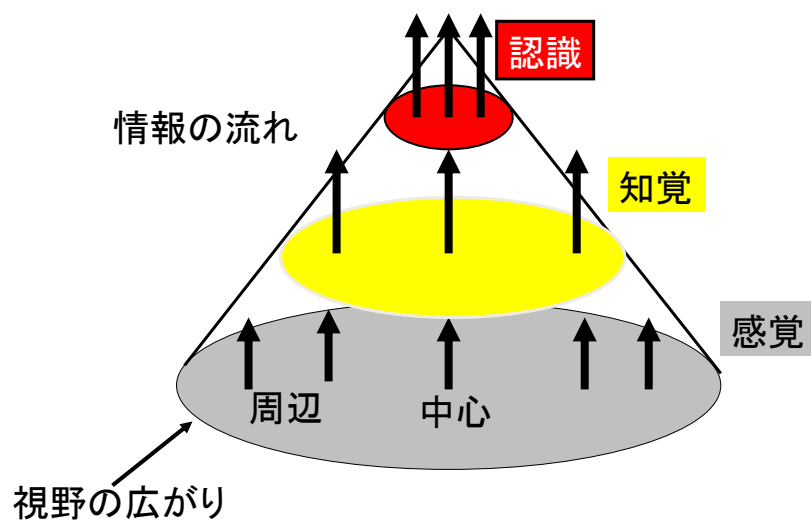
中心部

概念構成
文字
記号
色
空間特性
微細構造



21

視覚の機能と階層構造



福田忠彦

22

中心視と周辺視

- 中心視 = 部分視
 - 錐体による視知覚
 - 空間的な構造の詳細を把握
 - 概念との照合（文字・記号）が可能
- 周辺視 = 全体視
 - 杆体による視知覚
 - 空間的な位置関係を把握
 - 時間的に変化する情報に敏感



23

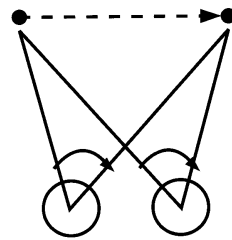
眼球運動の種類と性質

- 共同運動
 - 追従運動（連続性運動：smooth pursuit eye movement）
 - 跳躍運動（非連続性運動：saccade or saccadic eye movement）
- 輻輳運動（vergence eye movement）
- 固視微動（small involuntary eye movement）

24

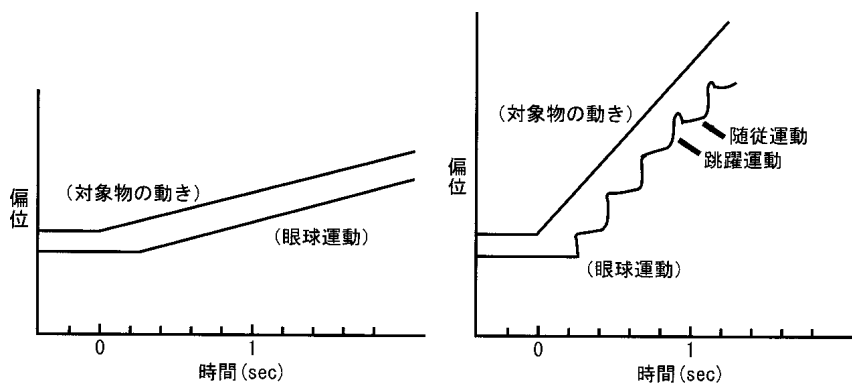
共同運動

- 随従運動 (smooth pursuit eye movement)
 - 両眼同じ方向の回転運動であり、運動対象を視線で追うときに発生する滑らかで連続的な運動
- 跳躍運動 (saccade or saccadic eye movement)
 - 両眼同じ方向の回転運動であり、静止物体を観察するときに生じる運動
 - 外界からの刺激を得て反応するまでには一定時間の遅れがある
⇒ 反応時間



25

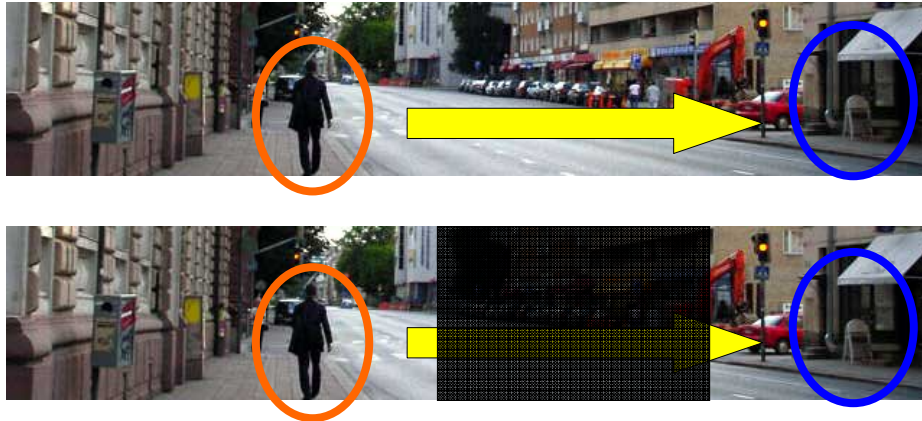
追従運動と跳躍運動



26

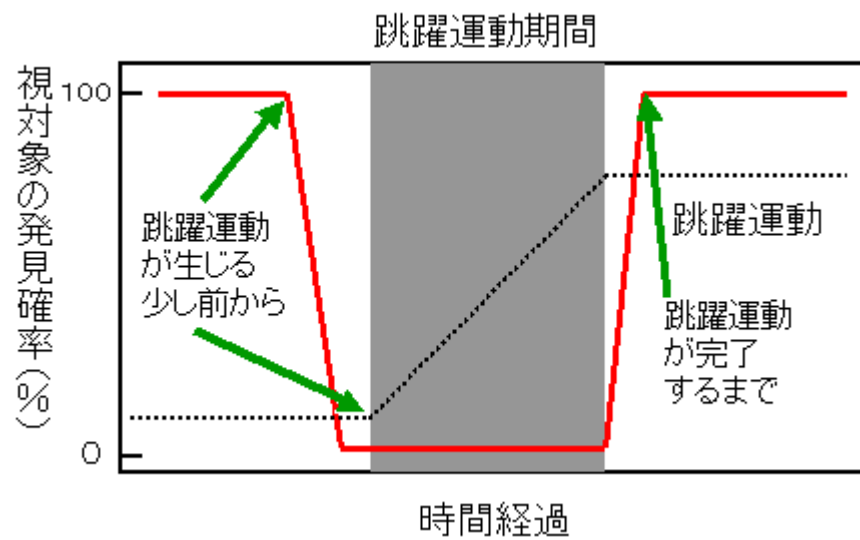
サッケード（跳躍運動）抑制

- A地点からB地点に視線を移す際、A・B地点間の情報は遮断される



27

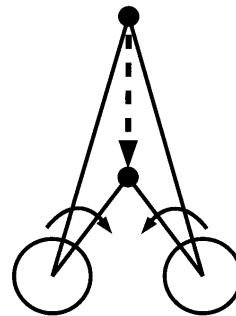
サッケード抑制



28

輻輳運動(vergence eye movement)

- 左右両眼の回転運動が反対方向の眼球運動
- 遠近方向の視対象を観察するときの運動
- 交差する左右両眼の視線が成す角度を**輻輳角**という
 - 遠くから近くへ ⇒ 増大
 - 近くから遠方へ ⇒ 減少



29

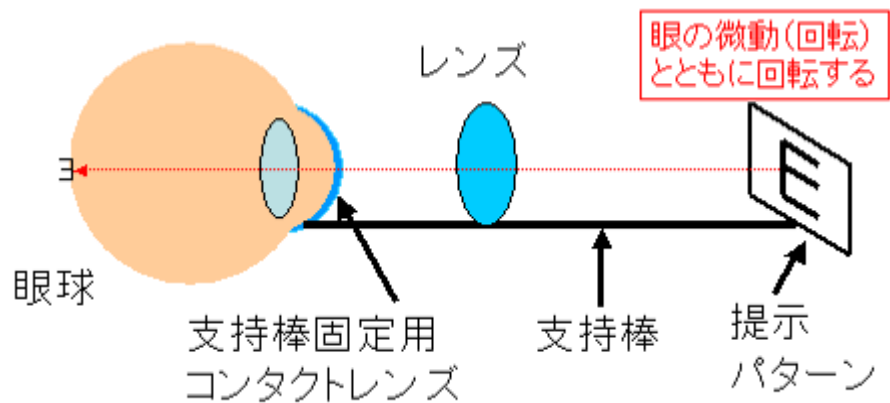
固視微動(small involuntary eye movement)

- 無意識下での眼球の不規則な微少運動
- **静止網膜像(stabilized retinal image)**
 - 固視微動を静止させると外界の像は徐々に崩壊、消失し、一様な視野になる
- **特徴抽出**
 - 外界の像が崩壊する過程は図形を構成する要素に対応する
- **交流伝送**
 - 網膜上に投影される外界の像は振動しており、視細胞は情報を明暗の時間的変化として視神経に送り出している

30

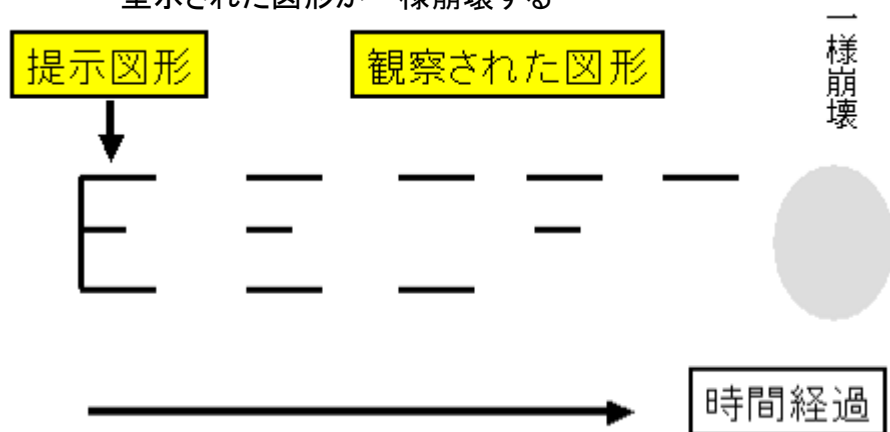
静止網膜像の実験

眼球の固視微動と一緒にパターンが振動するので、
相対的に網膜像は静止した状態になる



31

網膜像を等価的に固定すると、時間の経過と共に
呈示された図形が一樣崩壊する

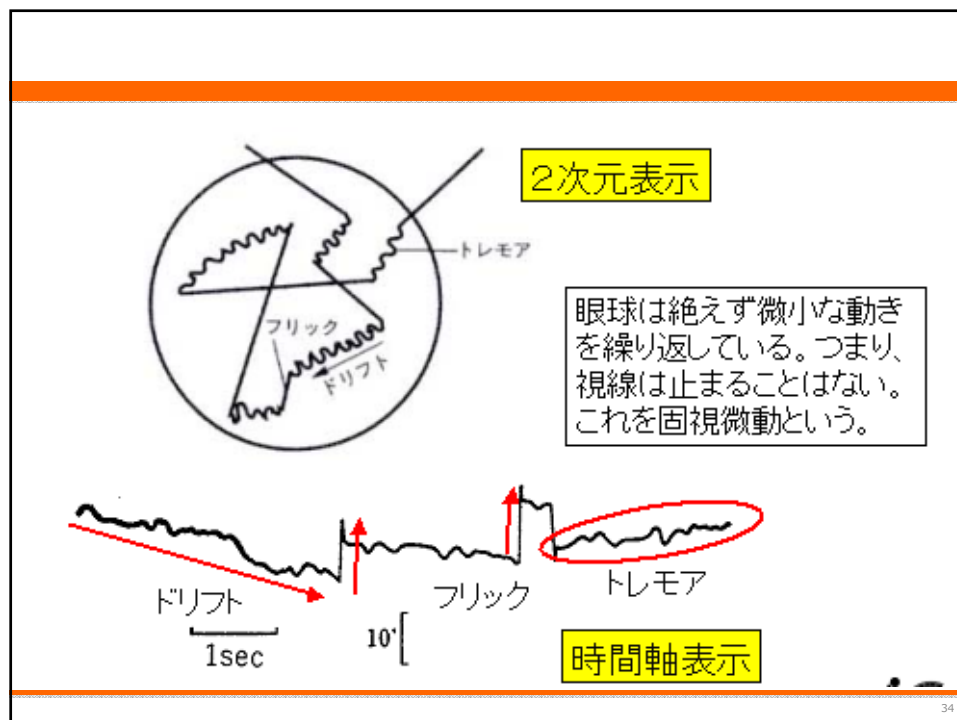


32

固視微動の成分

- **トレモア(tremor)**
 - 振幅1分程度、20～100Hz
- **フリック(flick)**
 - マイクロサッケード(micro saccade) ともよばれる
 - 0.03～5.0秒の時間感覚で生じる1～20分程度のステップ状の変移
- **スロードリフト(slowdrift)**
 - ドリフトとも呼ばれる
 - フリックとフリック間に発生する5分程度の変位角を持つゆっくりとした変動運動

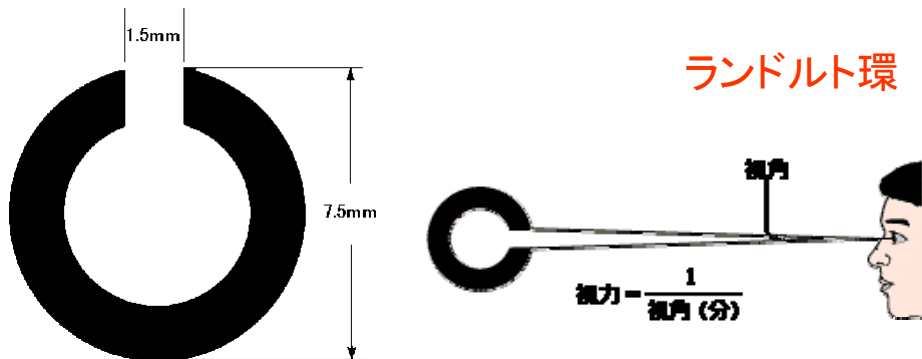
33



34

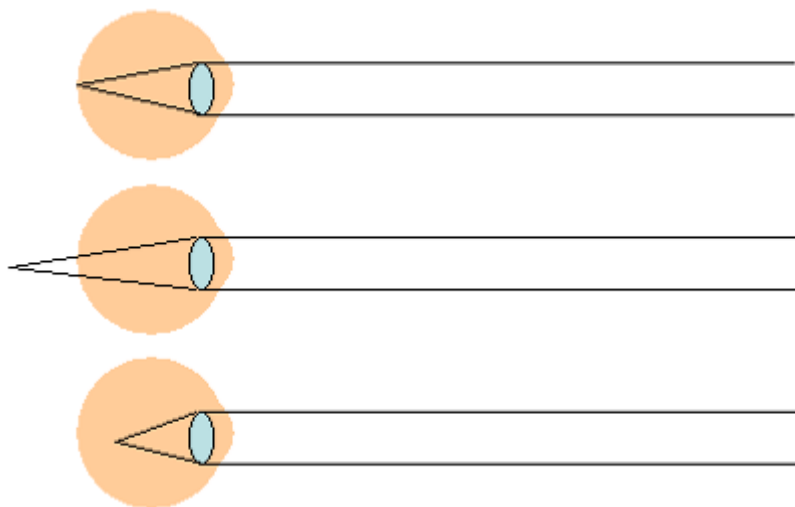
視力

- 視力とは
 - 物を見分ける力
 - 接近した2点を識別する力で決まる



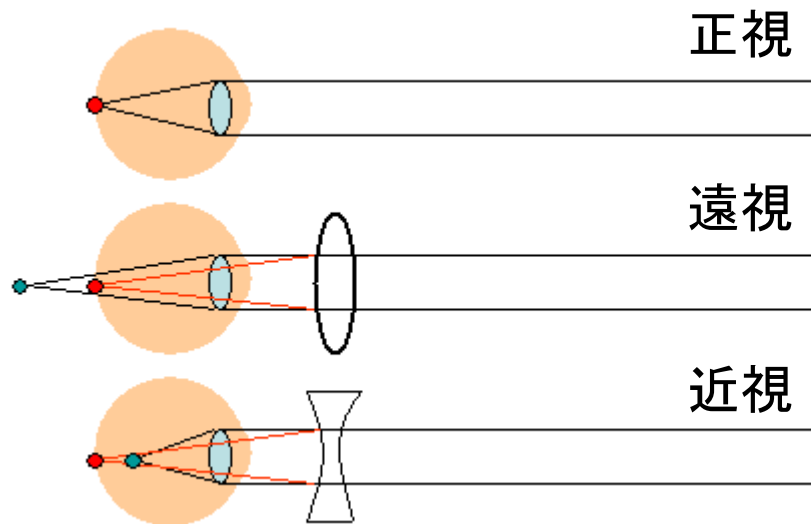
35

水晶体による焦点調節機能



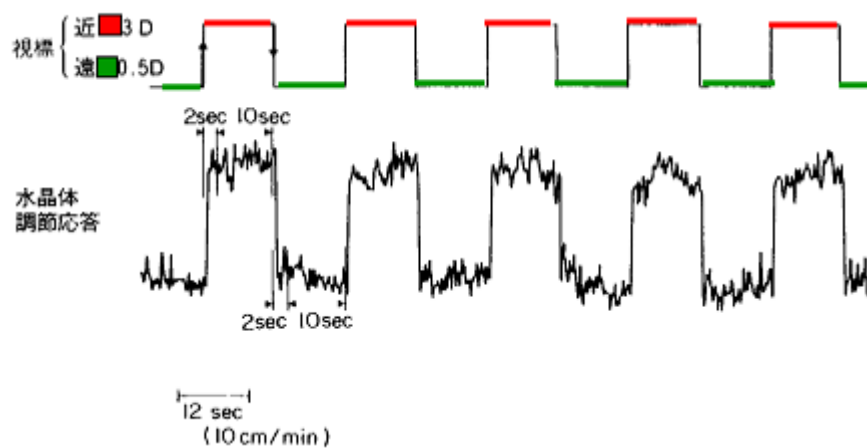
36

水晶体による焦点調節機能



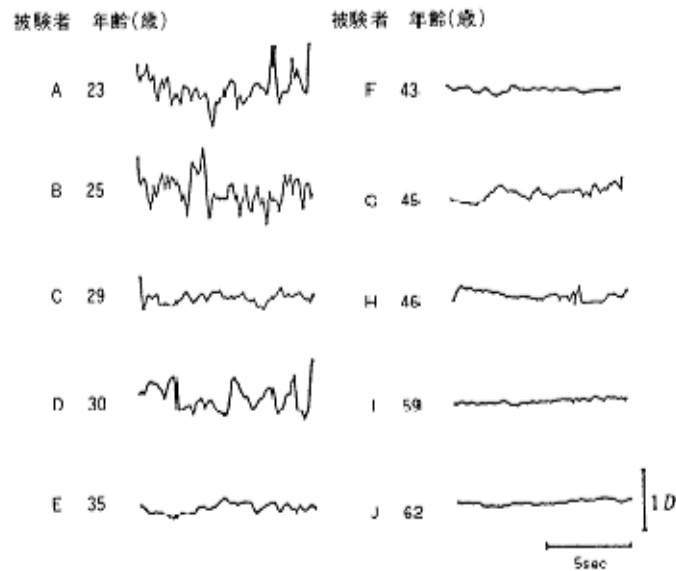
37

遠近を見たときの水晶体焦点調節



38

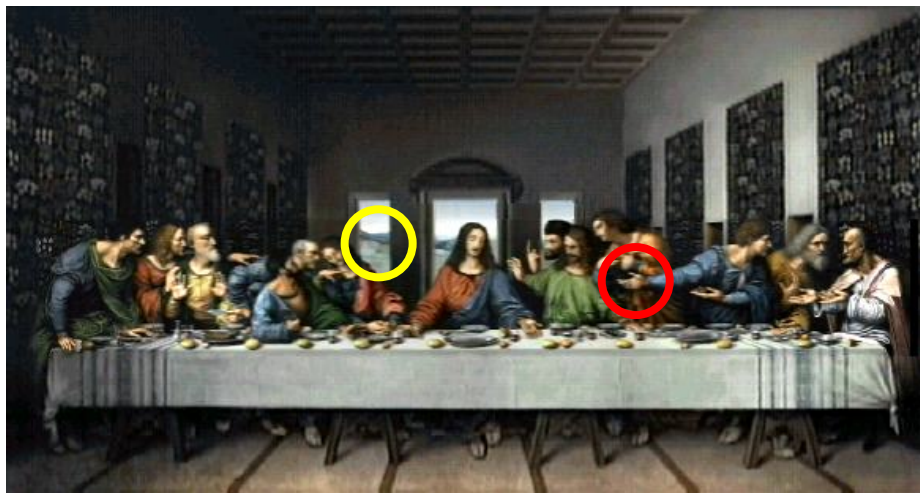
1点を見たときの水晶体焦点調節



Fukuda, T., and Saitoh, S., ERGONOMICS, Vol.33(6), 1990

39

遠近感のある絵画

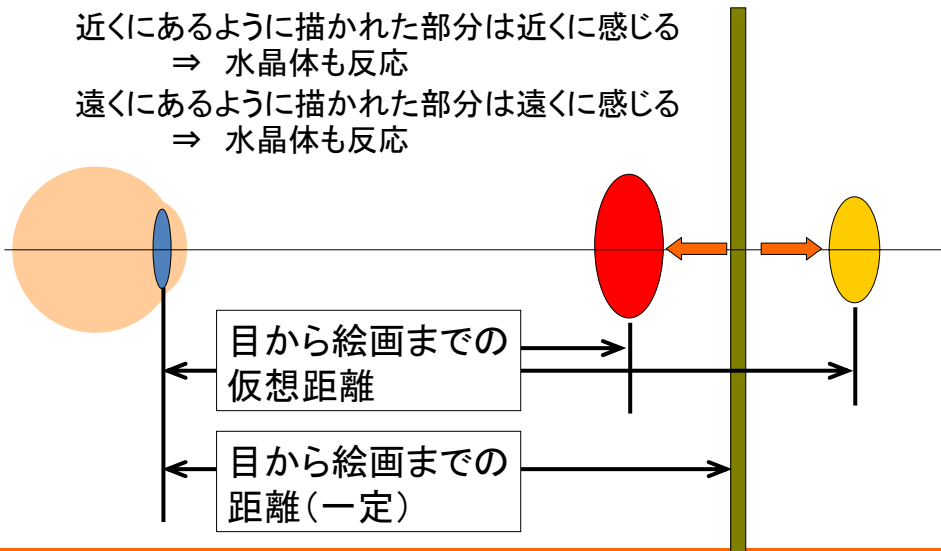


レオナルド・ダ・ビンチ 最後の晩餐 CG復元版(NHK)

40

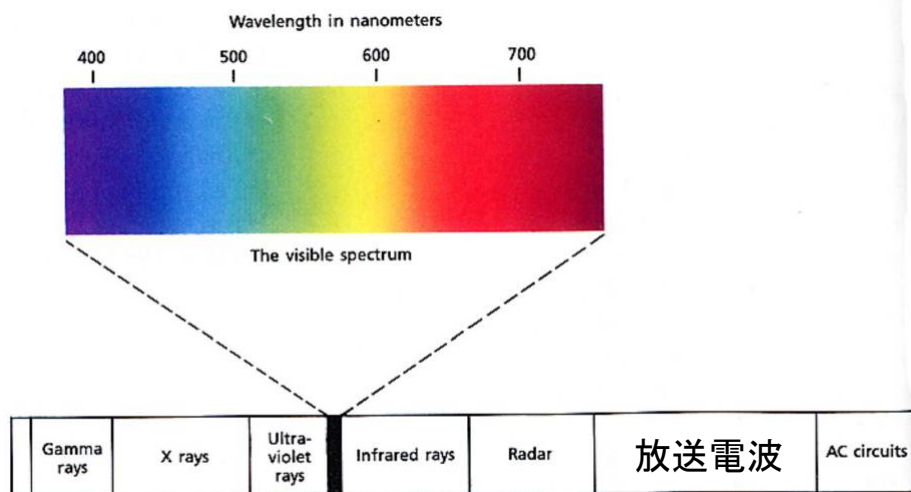
遠近感のある絵画

近くにあるように描かれた部分は近くに感じる
⇒ 水晶体も反応
遠くにあるように描かれた部分は遠くに感じる
⇒ 水晶体も反応



41

電磁波と可視光



42

可視光は電磁波の一部

- 電磁波のうち、**380～780nm**の極く狭い範囲が視感覚を刺激する。
- 言い換えれば、この範囲の電磁波を光として視覚系が感じることができる。
- 光に明るさがあるのではない。光に色がついているのではない。
- ナノメートル = 10^{-10} メートル

43

光覚閾

- 目に一定値以上の光が入ると視感覚（visual sensation）が生じる。
- 目は長時間（30分以上）暗い所におかれると、暗順応して光に対する感度が非常に上がり、 10^{-6} ミリランバートの光に感じる。これを人間の目の**光覚閾**という。
- この場合視細胞は**杆体**のみが働く。

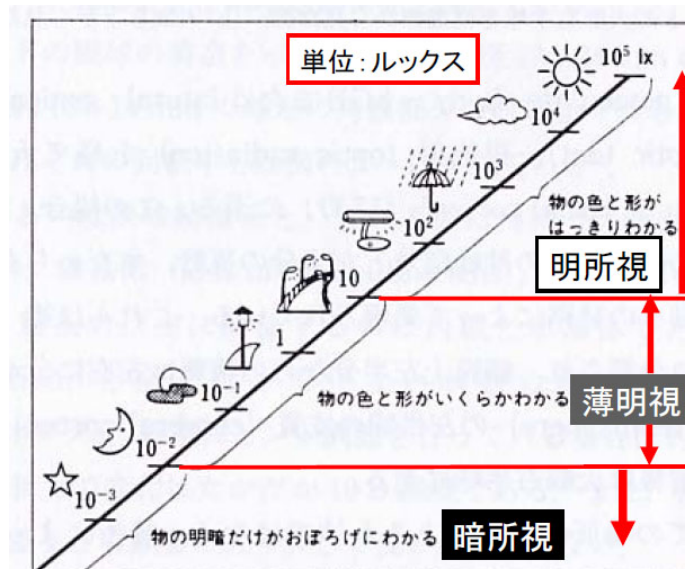
44

暗所視・薄明視（中間視）・明所視

- 暗所視 (scotopic vision)
 - ごく暗い光で杆体のみが働く状態
- 薄明視 (mesopic vision)
 - 次第に光の強さを増し、錐体が働き始める状態
 - 夜明けや日の出前のような明るさ
- 明所視 (photopic vision)
 - さらに光の強さを増し、錐体のみが働く状態

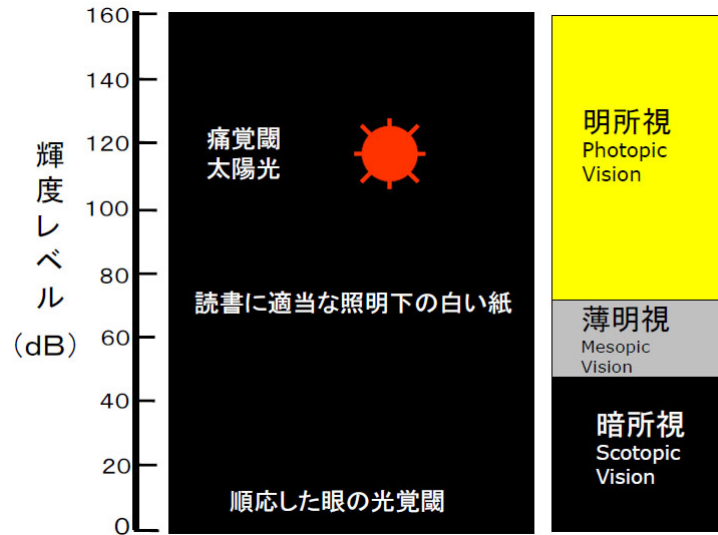
45

明るさと視覚機能



46

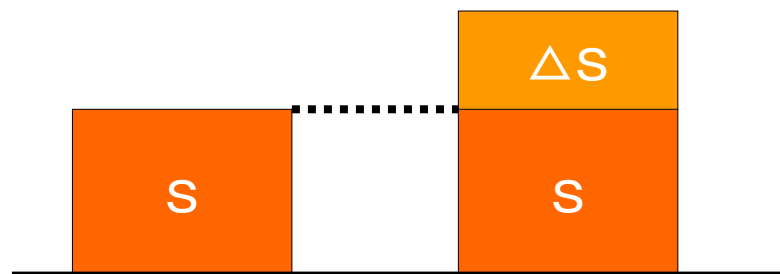
光の強度と目の感受性



47

明るさに対する弁別閾

- 弁別閾：明るさの違いを感じ取る（弁別）ことができる最小の値
- 刺激 S に ΔS を加えたとき、 S と $S + \Delta S$ の違いを感じることができる ΔS の最小値



48

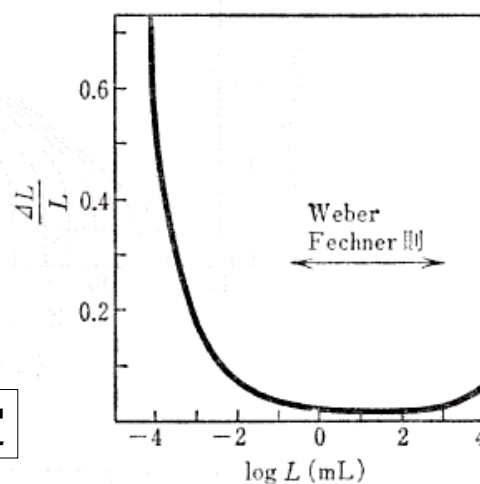
ウェーバー・フェヒナー則

- $\Delta S / S$ が一定の単位感覚量 ΔE を与えるとすれば、
$$\Delta S / S = \Delta E$$
となる。
- これを微分方程式の形に変形して解くと、
$$dE = k \, dS / S$$
$$E = k \log S$$
となる。
- 「感覚の大きさは刺激の強さの対数に比例する」
⇒ ウェーバー・フェヒナー則

49

光覚閾

$$\Delta S / S = \text{一定}$$



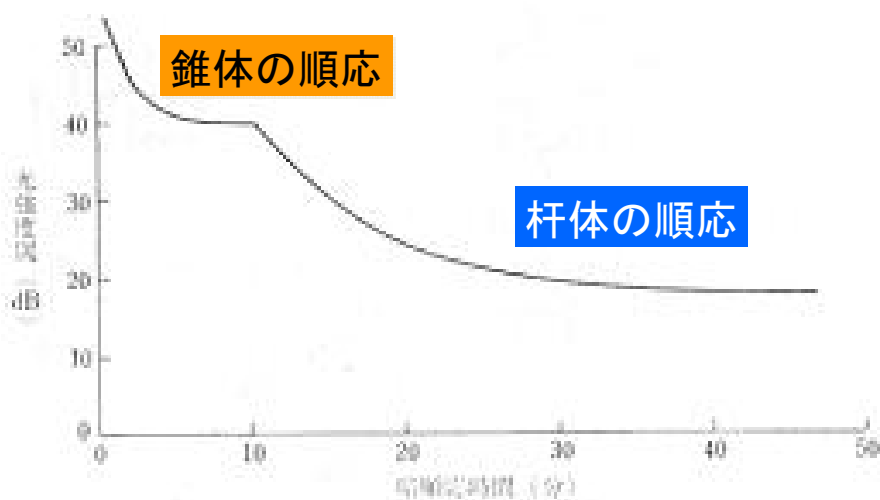
50

順応

- 順応 (adaptation) とは
 - 生体内の機能や行動を一定の環境状態に適応させる過程。刺激が持続して与えられるとそれに対する感受性が変化すること。
- 明順応 (light adaptation)
 - 視覚系が数 cd/m^2 以上の輝度レベルに順応している状態あるいは順応する過程
- 暗順応 (dark adaptation)
 - 視覚系が100分の数 cd/m^2 以下の輝度レベルに順応している状態あるいは順応する過程

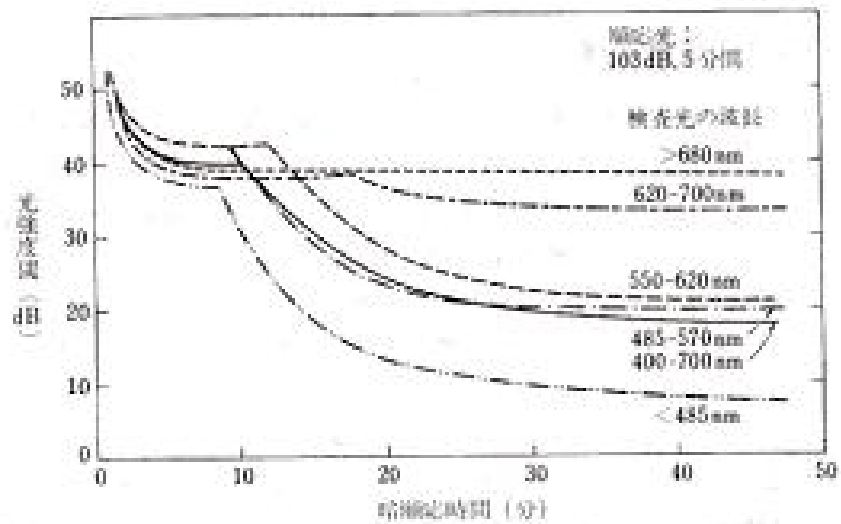
51

典型的な暗順応曲線



52

暗順応曲線



53

図と地の法則 「内なる法則」

- 狭い領域は図になりやすい
- 取り囲み
- 内側（凸形）
- 同じ幅
- 空間方向水平・垂直が斜めより図になりやすい
- 周囲との明度差が大きい領域
- 絶対的明度が高い
- 寒色より暖色
- 経験・態度

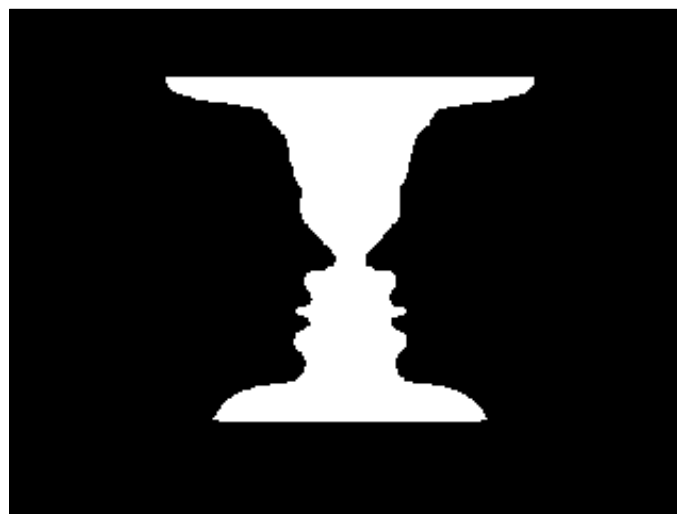
54

図と地の分化

- 分化 (figure-ground segregation)
 - 地（背景）から図（パターン）を切り離すこと
⇒ 視覚パターン認知の原点
- 持続型チャンネル
 - 図の処理
 - 空間解像度は高いが処理スピードは遅い
- 一過型チャンネル
 - 地の処理
 - 空間解像度は低いが処理スピードが速い

55

図と地：ルビンの壺



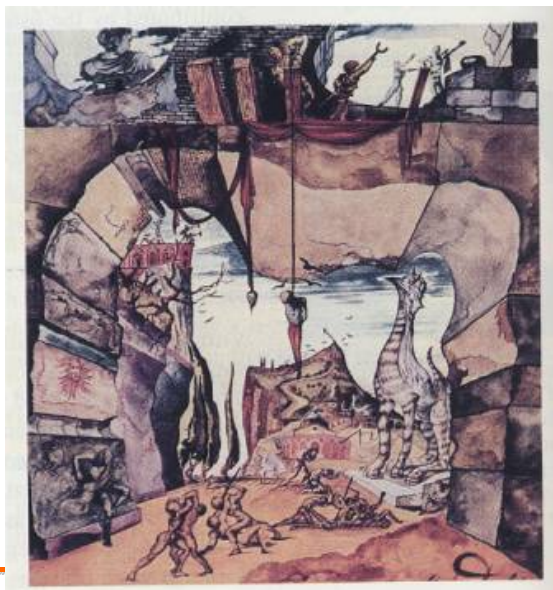
56

図と地



57

図と地：



58

遮蔽と補完

- 遮蔽 (occlusion)

- 認知すべき対象の一部が他の対象によって隠され、全体像が見えなくなっていること

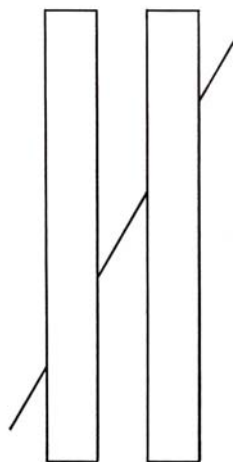
- 補完 (completion)

- 認知すべき対象の一部が遮蔽されている場合、見えていない場所を補って対象を認知すること

59

遮蔽と補完

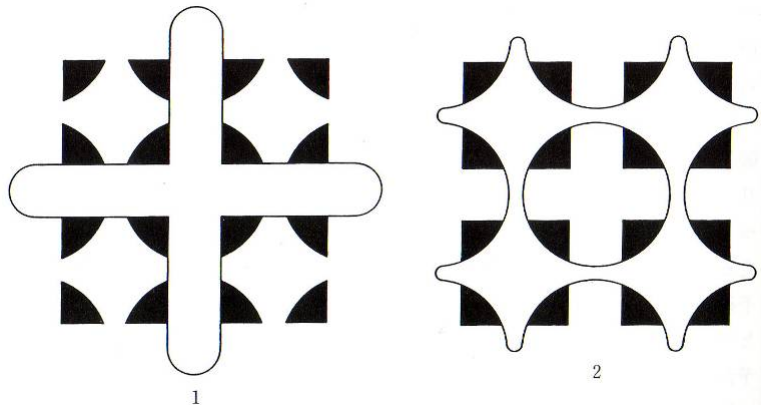
Poggendorff錯視図形



60

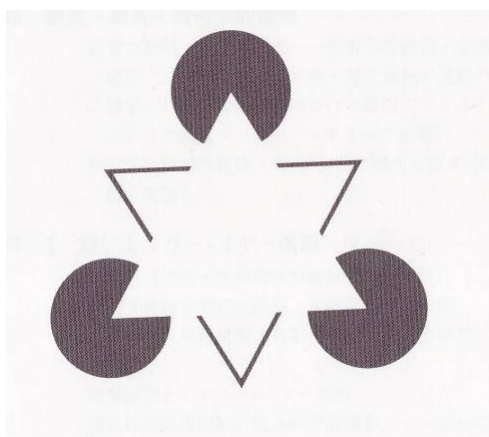
遮蔽と補完

Kanizsaの遮蔽図形



61

遮蔽と補完



主観的輪郭線

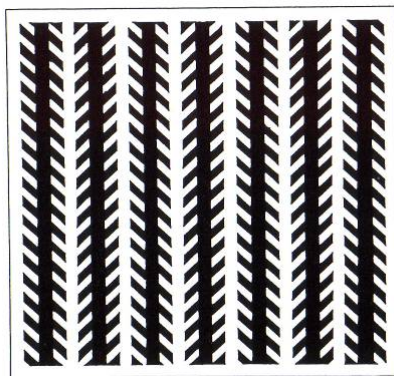
62

幾何学的錯視図形

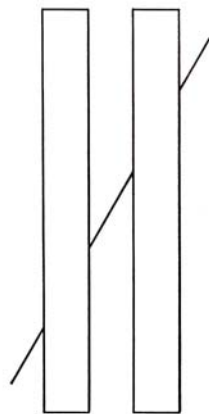
- 角度・方向錯視
(illusions of angle and direction)
- 彎曲錯視
(illusions of straightness and curvature)
- 大きさ（長さ、距離、面積）の錯視
(illusions of length, distance and area)

63

角度・方向錯視



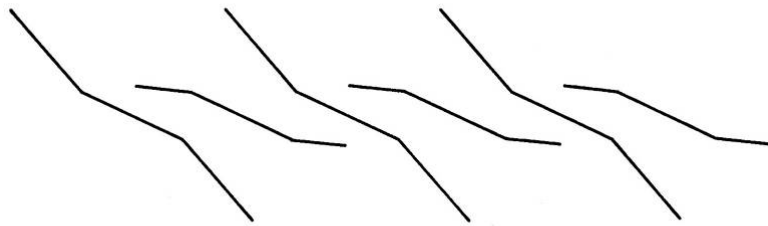
ツェルナー図形



ポッケンドルフ図形

64

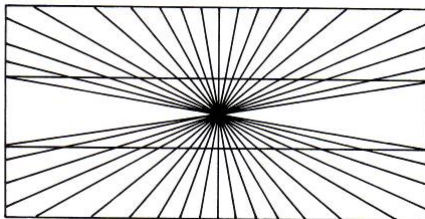
角度・方向錯視



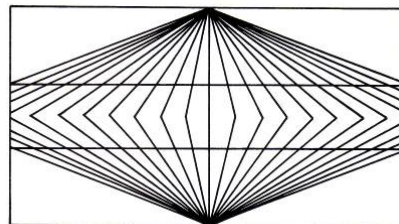
リップス図形

65

彎曲錯視



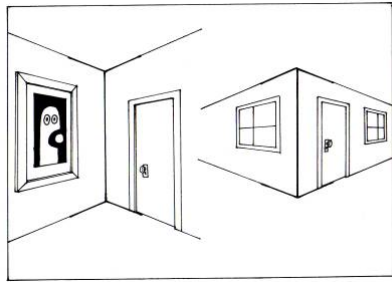
ヘリング図形



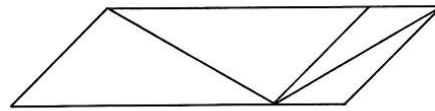
ブント図形

66

大きさ（長さ、距離、面積）の錯視



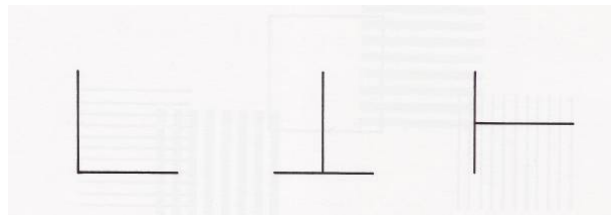
ミュラー＝リヤー図形



ザンダー図形

67

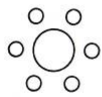
大きさ（長さ、距離、面積）の錯視



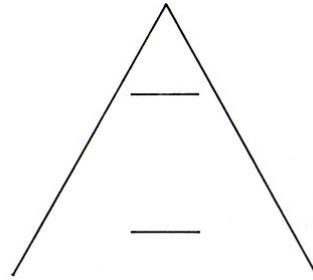
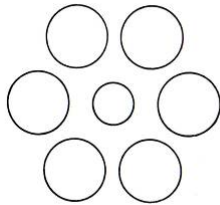
ブント・フィック図形

68

大きさ（長さ、距離、面積）の錯視



円環対比



ポンゾ図形