

## インタラクティブ システム特論 I (2)

梶本裕之  
人間コミュニケーション学科  
kajimoto@hc.uec.ac.jp  
http://kaji-lab.jp

- 講義資料は下記のサイトに掲載します。
  - <http://www.kajimoto.hc.uec.ac.jp>
  - 左のメニューから、「インタラクティブ特論」をクリック
  - ID: interactive
  - Pass:alice
  - 注意:資料中には著作権者の許可を得ていない図が含まれます。取扱には注意すること。
- オフィスアワー
  - 随時(他学科履修等の手続きも随時)
  - 西3号館401号室

インタラクティブ技術特論

### 日程

- 4/8 講義
- 4/15 講義
- 4/22 講義
- 4/29 昭和の日
- 5/6 振り替え休日
- 5/13 講義
- 5/20 講義
- 5/27 休講
- 6/ 3 講義 + 発表論文振分
- 6/16 講義
- 6/10 発表
- 6/17 発表
- 6/24 発表
- 7/ 1 発表
- 7/ 8 発表
- 7/15 発表
- 7/22 予備日

インタラクティブ技術特論

### 講義目次

- 感覚総論
- 人間の視覚, 視覚センシング, ディスプレイ技術
- 人間の聴覚, 聴覚センシング, ディスプレイ技術
- 人間の触覚, 触覚センシング, ディスプレイ技術
- 人間の運動, 体性感覚ディスプレイ技術
- 拡張/複合現実感とウェアラブル技術

インタラクティブ技術特論

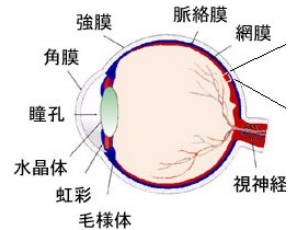
### 視覚トピックス

- 眼の構造
- 眼の受容器
- 奥行き知覚



インタラクティブ技術特論

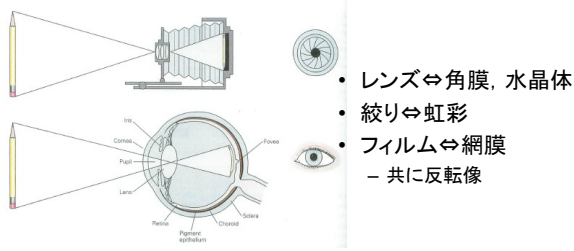
### 眼の構造



- 角膜: レンズその1.
- 水晶体: レンズその2. ただし屈折率可変
- 虹彩: 光量を調節
- 網膜: 光⇒電気信号変換

インタラクティブ技術特論

カメラとの比較

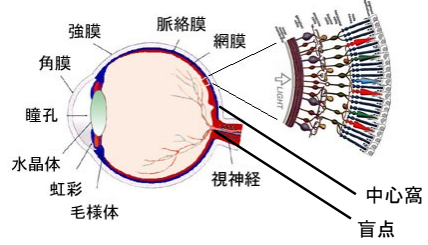


- レンズ⇔角膜, 水晶体
- 絞り⇔虹彩
- フィルム⇔網膜
- 共に反転像

- 違い:
  - 焦点調節の方法
  - カメラはレンズをシフトし, 眼球はレンズを変形させる.

インタラクティブ技術特論

網膜=光センサ



- 中心窩: 最も解像度が高い. 画像の中心
- 盲点: 神経束が出て行く場所のため視細胞が無い

インタラクティブ技術特論

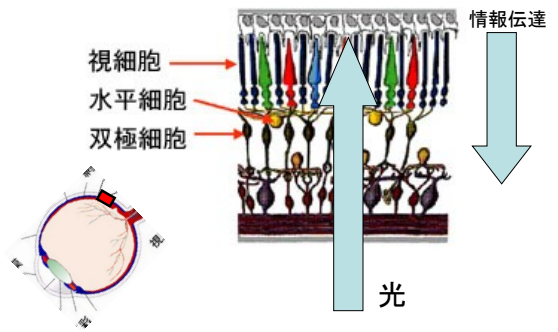
盲点(Blind Spot)



- 右目を閉じて, 左目だけで右端の+を注視する
- 紙面を前後に動かし, 左の●が無くなる距離を探る

インタラクティブ技術特論

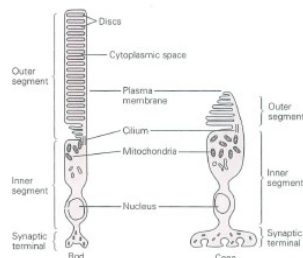
網膜の構造



インタラクティブ技術特論

2種類の視細胞: RodとCone

- Rods Cell: 桿体細胞, Cone Cell: 錐体細胞
- Rod: 釣棒, Cone: 円錐



インタラクティブ技術特論

桿体細胞・錐体細胞(1)

- 桿体細胞 (Rod)
  - 輝度情報をセンシング
  - 暗いところ(暗所視)における中心的役割
  - 感度は錐体細胞の約100倍
  - 光子1個を検出可能
  - 1眼あたり約1億3000万個
  - 反応速度は遅い

インタラクティブ技術特論

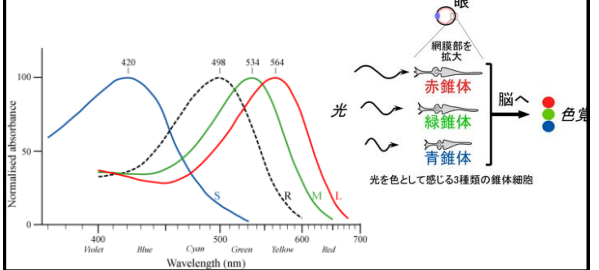
桿体細胞・錐体細胞 (2)

- 錐体細胞 (Cone)
  - 色情報をセンシング
  - 明るいところ (明所視) における中心的役割
  - 感度は錐体細胞の約 1/100
  - 1眼あたり約 700万個
  - 中心窩に集中
  - 3種類 (赤・緑・青) 存在
  - 赤:緑:青 = 6:3:1
  - 視物質と呼ばれるタンパク質の種類によって3種
  - 反応速度は速い

インタラクティブ技術特論

桿体細胞・錐体細胞 (3)

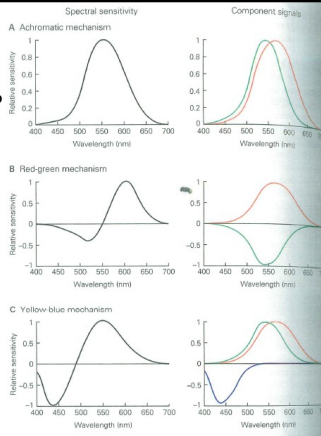
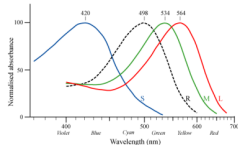
- 桿体細胞 (Rod): 明暗センサ. 498nm.
- 錐体細胞 (Cone)
  - S錐体細胞: 420nm, M錐体細胞: 534nm, L錐体細胞: 564nm



色知覚メカニズム (脳)

錐体細胞同士の差分から

- L+M (+S) (明るさ成分)
- M-L (赤・緑軸を構成)
- S-(L+M) (青・黄軸を構成)



(参考) 紫の正体

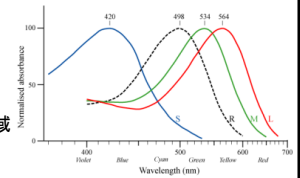
- 赤外線という言葉があるように、ぎりぎり見える長波長光は「赤」
- しかし、紫外線という言葉から、ぎりぎり見える短波長光は「紫」

なぜ「青」「青外線」ではないのか？

赤チャンネルの2峰性から

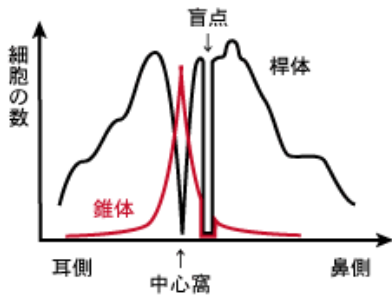
言い換えると、

- 単色の紫: 最も波長の短い領域
- 合成色の紫: 赤 + 青



インタラクティブ技術特論

桿体・錐体の分布



錐体 (色) は周辺視が極端に弱い

インタラクティブ技術特論

(参考) 周辺視野と画像更新速度

- NTSC信号 (テレビ): 30fps
  - インタレースキャンのため動きは実質60fps
- 映画: 24fps
- トランブルのショースキャン: 70fps
  - 特に周辺視野では60Hz以上の更新レートが必要
  - (参考) 蛍光灯のちらつき: 周辺視野で分る
  - (参考) 家庭用ゲームの掟: ボタンを押してから画面に反応が出るまでを1フレーム中に収める (60fps)

インタラクティブ技術特論

色知覚は空間解像度が無い



元画像



濃淡情報



色情報

インタラクティブ技術特論

RGBとYCbCr(YUV)

RGB: 3種類の錐体に対応

3次元空間中では、3つの独立なベクトルがあれば任意の点を表現できる。

RGB以外の方法は無限にある。

YCbCr方式では、Y(輝度)とCb(またはU:色差1)Cr(またはV:色差2)に分離する。  
脳内色処理に近い

$$Y = 0.257R + 0.504G + 0.098B + 16$$

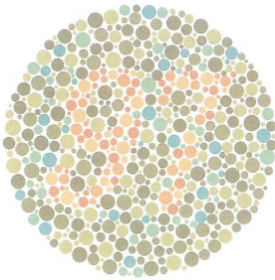
$$Cb = -0.148R - 0.291G + 0.439B + 128$$

$$Cr = 0.439R - 0.368G - 0.071B + 128$$

(参考) JPEG画像圧縮: 特に色情報を圧縮

インタラクティブ技術特論

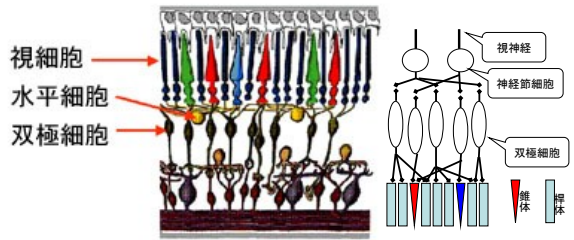
色盲



- 3種類の錐体細胞のうち1~3種類が足りない場合に生じる。

インタラクティブ技術特論

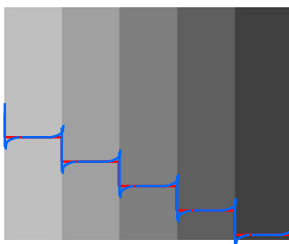
網膜断面模式図



視細胞: 約2億個  
視神経: 約100万本  
網膜上で、2億⇒100万の変換

インタラクティブ技術特論

マッハの帯 (mach belt)

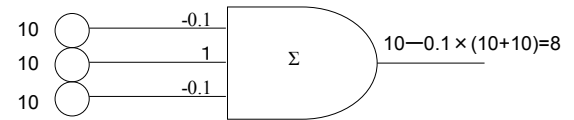


視覚上の輝度

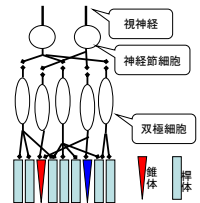
物理量としての輝度

インタラクティブ技術特論

側抑制(1/3)

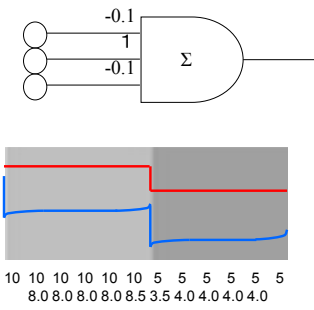


- シナプスによる演算
- ある神経が興奮すると近接する神経の興奮を抑制
- 網膜上の神経回路で実現  
- (大脳皮質でも行われる)



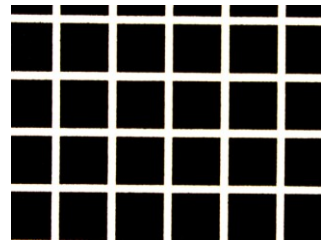
インタラクティブ技術特論

側抑制 (2/3)



インタラクティブ技術特論

側抑制(3/3):ハーマン格子



(1) 周辺視領域では格子が暗くなる⇒側抑制による  
 (2) ある格子点に「注目」すると暗くない  
 ⇒中心視領域は側抑制による情報圧縮が周辺視領域より少ない

インタラクティブ技術特論

視覚トピックス

- 眼の構造
- 眼の受容器
- 奥行き知覚



インタラクティブ技術特論

奥行き知覚

- 奥行き知覚の主要因
  - 単眼性のもの
    - 経験
    - 焦点調節
    - 運動視差
  - 両眼性のもの
    - 輻輳角
    - 両眼視差

インタラクティブ技術特論

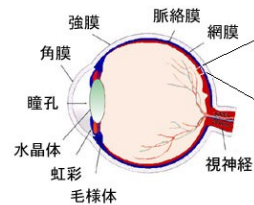
奥行き知覚: 経験



- 重なり
  - 遮蔽しているものはされているものよりも前にある
- 遠近法と記憶
  - 大きいものほど近い
  - 上にあるものは遠い
  - 遠いものほどぼやける

インタラクティブ技術特論

奥行き知覚: 焦点調節

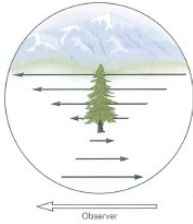


- 水晶体の変形によって自動的に焦点調節
- 焦点調節量自体が奥行き手がかりとなる
  - ただし近距離のみ

インタラクティブ技術特論



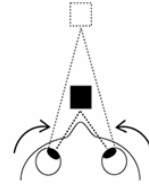
奥行き知覚: 運動視差



- 頭を動かしたとき、近くのは大きく動き、遠くのは動かない(逆に動く: 月)

インタラクティブ技術特論

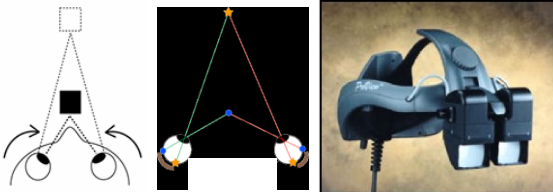
奥行き知覚: 輻輳



- 注視対象によって両眼の開き角が変化

インタラクティブ技術特論

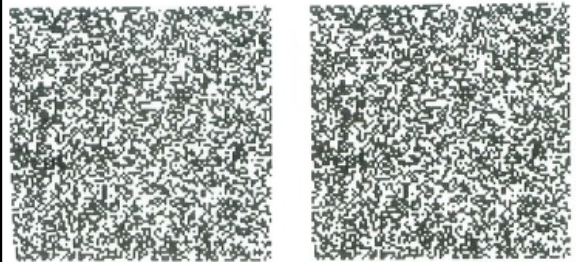
奥行き知覚: 両眼視差



- 左右眼の網膜像のズレから奥行きを計算。
  - 輻輳と異なり、注視対象以外にも奥行き知覚可能
- ディスプレイにとって最も重要

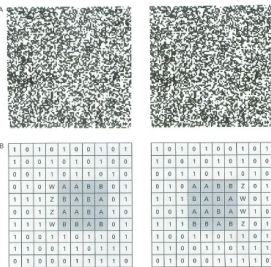
インタラクティブ技術特論

(参考)ランダムドット・ステレオグラム



インタラクティブ技術特論

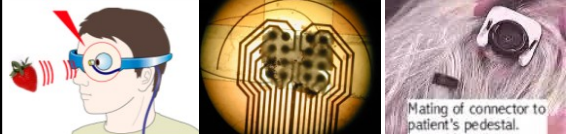
(参考)ランダムドット・ステレオグラム



- 純粋な「両眼視差」のみで奥行きが知覚されることをはじめて示した。
- 両眼視差を提示したときの脳内情報処理の経路の特定に役立った。
- その後の視覚心理実験に多大な影響を与えた。

技術特

(参考)人工網膜



- 視覚障害者のための抜本的な視覚回復手法として近年研究が盛ん。
- 手法は主に3つ。
  - 網膜上に光センサ+電気刺激素子を埋め込む
    - (近年)バイオハイブリッド型
  - 神経束の刺激
  - 一次視覚野の刺激

インタラクティブ技術特論