

画像認識

序論

佐藤 嘉伸

yoshi@image.med.osaka-u.ac.jp

<http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/>

日本語ページ 授業の資料 画像認識

<http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/lecture.html>

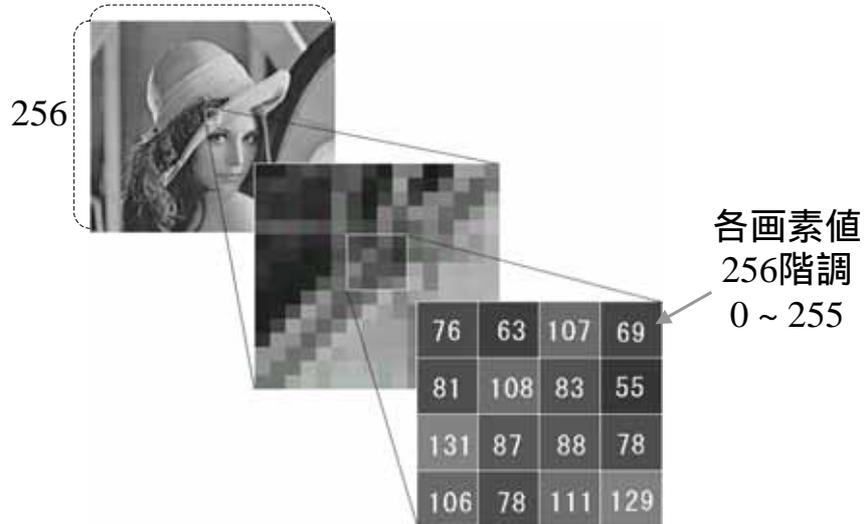
画像認識

画像認識: 授業の予定

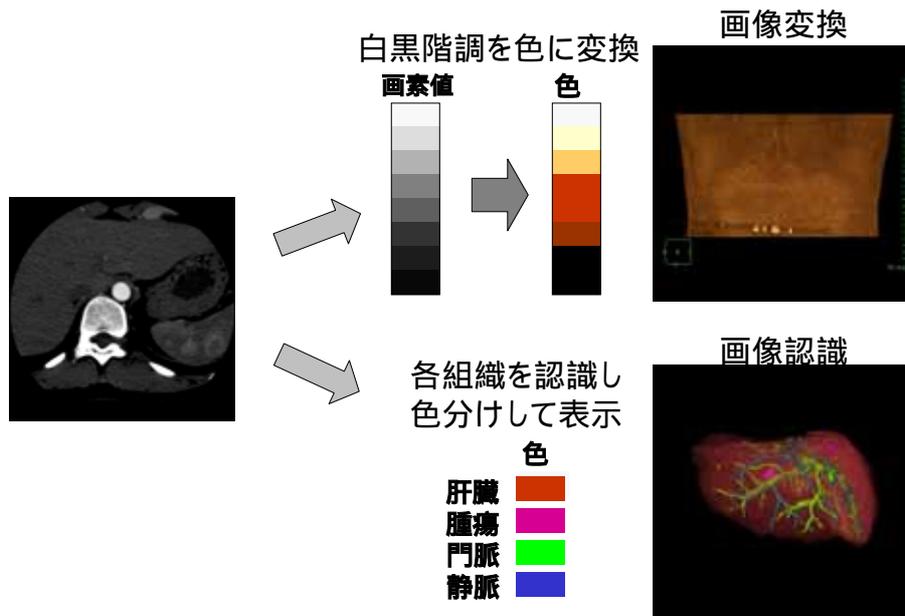
- 序論
 - 画像認識システムの実例
 - 人間の画像認識(視覚特性、錯視)
 - 画像処理の基礎
 - 2次元たたみ込み積分
 - 輪郭抽出・特徴抽出(平滑化+微分)
 - 人間の画像認識(錯視)シミュレーション
 - フーリエ解析
 - 2次元三角関数(様々な周波数、方向の波)と2次元周波数領域の概念
 - 周波数領域における様々な方向・幅の線画像
 - 多重解像度・多重方向解析
 - 多重解像度解析による線幅の認識
 - 多重方向解析(Gabor関数)による線方向の認識
 - テクスチャの認識
 - (運動・立体認識: 動画像解析)
- Mathematica* を
利用して授業
を行う。

画像データ

- 256 × 256画素
- 各画素値: 256階調: $256 = 2^8$ (8 bit = 1 byte)



画像変換と画像認識



画像認識システムの実例

画像認識の応用例

- 家の玄関のドアフォンに写った画像から家族の場合のみドアの鍵をあげる。
- 防犯カメラにより、泥棒の侵入を自動検知する。
- 自分のPCの中のデジカメ写真ファイルの中から、自分の顔が写っている写真ファイルのみを自動的に選び出す。
- 工場で、画像により製品の欠陥を自動的に検出する。
- 衛星写真から自動的に地図を作成する(更新する)。
- 集団検診の医療用画像から、病気の人のみを選び出す。また、病気の種類と程度を診断する。
- 画像から、牛肉の品質(霜降りの度合い)を自動判定する。
- 運転席前方のビデオカメラ撮影により、自動車を自動運転する。
- ビデオカメラ撮影により、道路のある地点を通過したすべての自動車のナンバープレート番号・車種を記録する。
- ビデオ映像からゴルフのスイングの良し悪しを評価する。

航空写真から地図の自動作成

航空写真



航空写真から地図の自動作成

地図



航空写真から地図の自動作成

- 認識すべきもの
 - 道路
 - 緑地
 - 池
 - 住宅
 - 学校
 - 施設(競技場など)

航空写真から地図の自動作成

道路は、画像では、線として見える。

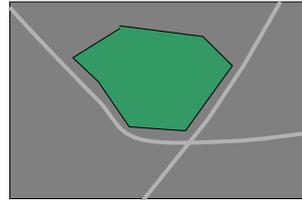
画像から線を検出する。



航空写真から地図の自動作成

緑地は、画像では、緑色の領域として見える。

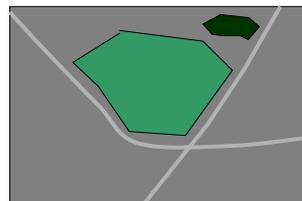
画像から緑色の領域を検出する。



航空写真から地図の自動作成

池は、画像では、深緑色の非常に均質な領域として見える。

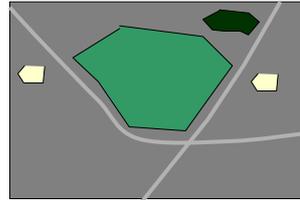
深緑色の均質な領域を抽出する。



航空写真から地図の自動作成

ベージュのある程度大きな領域は、
グラウンドである可能性が高い。

ベージュの領域を抽出する。



航空写真から地図の自動作成

さらに高度な画像認識技術を組み
合わせることで、航空写真
の各領域を認識する。



航空写真から地図の自動作成

その2

航空写真



地図



航空写真から地図の自動作成

- 認識すべきもの
 - 道路
 - 1つ1つの建物
 - 駐車場の車



医療用画像の自動診断

- 病変(腫瘍)の検出: 丸い明るいスポット



自動車の自動運転

- 運転席からの前方視野画像の認識



自動車の自動運転

- 画像から何を認識しなければならないか？



自動車の自動運転

- 画像から何を認識しなければならないか？
 - 前方の道路



自動車の自動運転

- 前方道路を認識するためには、何が必要か？



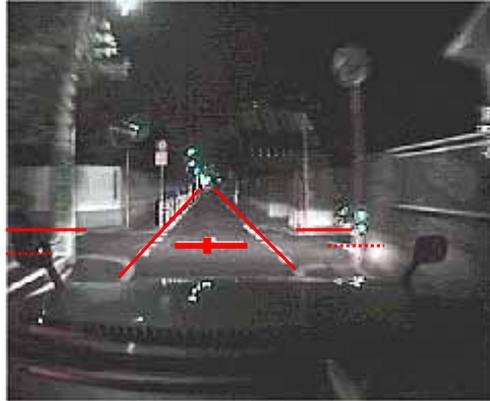
自動車の自動運転

- 前方道路を認識するためには、何が必要か？
 - 例えば、「白線」の認識



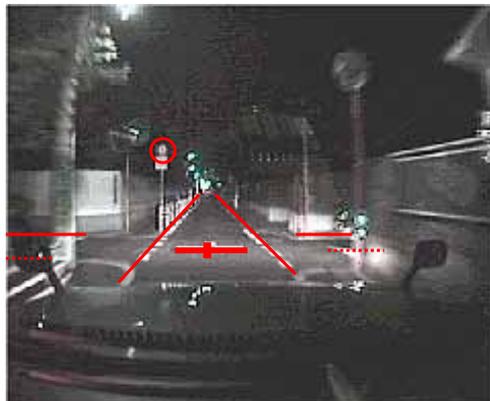
自動車の自動運転

- 画像から何を認識しなければならないか？
 - 前方の道路、交差点



自動車の自動運転

- 画像から何を認識しなければならないか？
 - 前方の道路、交差点、道路標識



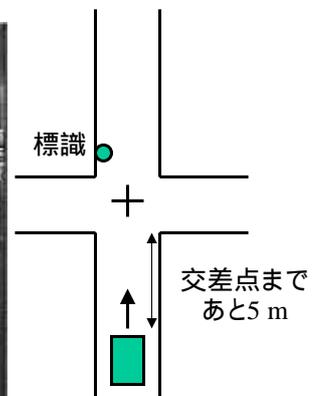
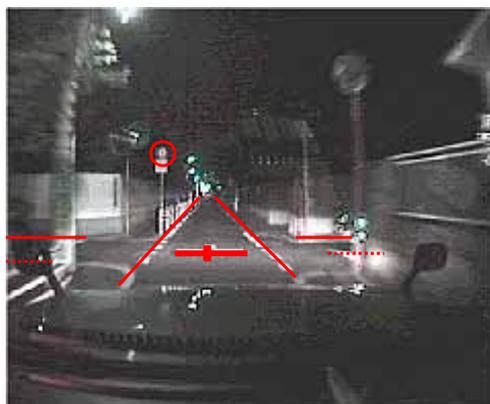
自動車の自動運転

- 画像から何を認識しなければならないか？
 - 前方の道路、交差点、道路標識、車、歩行者



自動車の自動運転

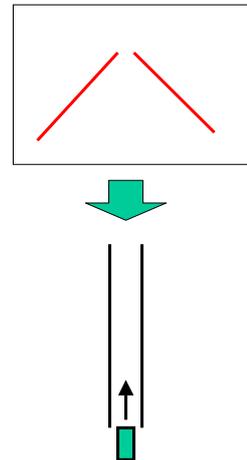
- 画像から何を認識しなければならないか？
 - 前方の道路、交差点、道路標識、車、歩行者の3次元的空間配置



自動車の自動運転

- 3次元空間配置を復元するためには、何が
必要か？

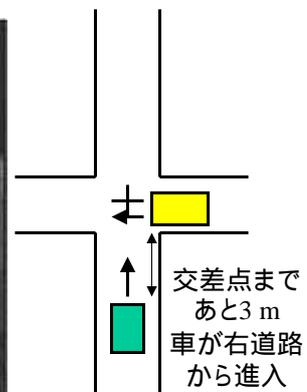
– 遠近法の逆変換による空間復元



自動車の自動運転

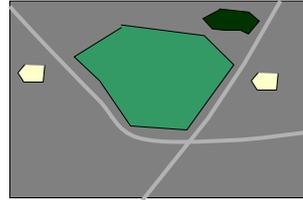
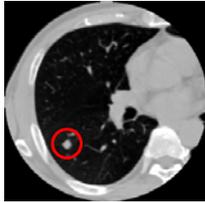
- 画像から何を認識しなければならないか？

– 前方の道路、交差点、道路標識、車、歩行者の3次元
的空間配置



画像認識の基本単位

- 領域
 - 線
 - 輪郭
 - スポット
- など



牛肉の霜降り:肉質評価

- 輪郭、線、領域などで判定できるか？



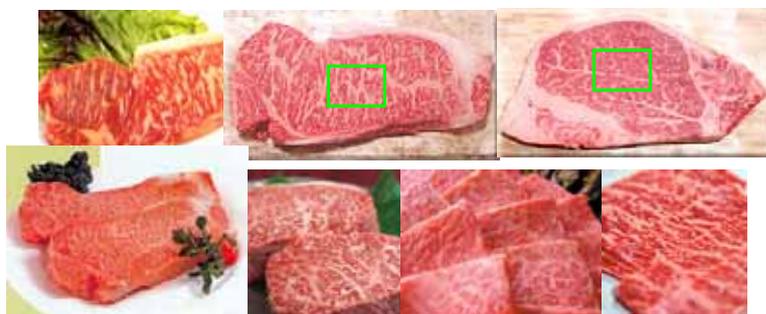
牛肉の霜降り:肉質評価

- 輪郭、線、領域などで判定できるか？
– テクスチャ



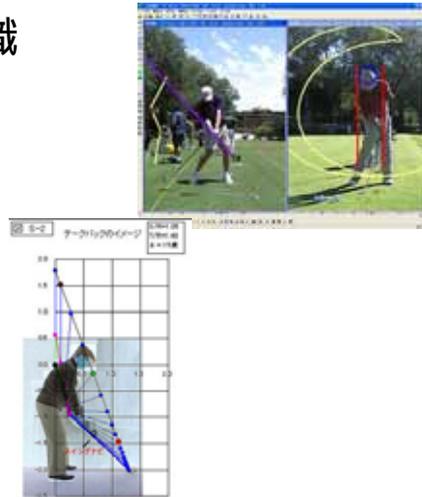
牛肉の霜降り:肉質評価

- テクスチャとは？
– 模様、きめ(の細かさ・粗さ)



ゴルフのスイング

- 画像からの動きの認識



自動車のナンバープレート

- ナンバープレート位置の認識
- ナンバープレートにおける「ナンバー(数字と文字)」の認識



画像認識の実例

- 認識対象：
 - 顔
 - 指紋
 - 文字
 - 製品の欠陥
 - 3次元空間
 - 異常事態(泥棒の侵入など)
 - 衛星写真・航空写真
 - 医療画像の病変
 - 牛肉(海産物・農産物)の品質
 - 身体運動

画像認識のまとめ

- 画像認識の基本単位
 - 領域
 - 輪郭
 - 線
 - スポットなど
画像認識は、画像からこれら基本単位を抽出し、「意味」を付与する処理とみなすことができる。
- より高度な画像認識
 - テクスチャ
 - 3次元空間
 - 動きなど

Mathematica のチェック

[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/
member/yoshi/ouec_lecture/image_recognition/](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/ouec_lecture/image_recognition/)

[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/
member/yoshi/lecture.html](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/lecture.html) 画像認識をクリック

- Image files の “Lena” image の “lena.pgm” “lena.jpg” をダウンロードする。

デスクトップにファイルを置いた場合、ファイルパスは、MACでは、
/Users/w学籍番号/Desktop/...../bar_data0.txt

MACでファイルパスを知る方法

- 1 ブルダウンメニュー 入力 - > ファイルパスの取得
- 2 Terminal にフォルダをおく

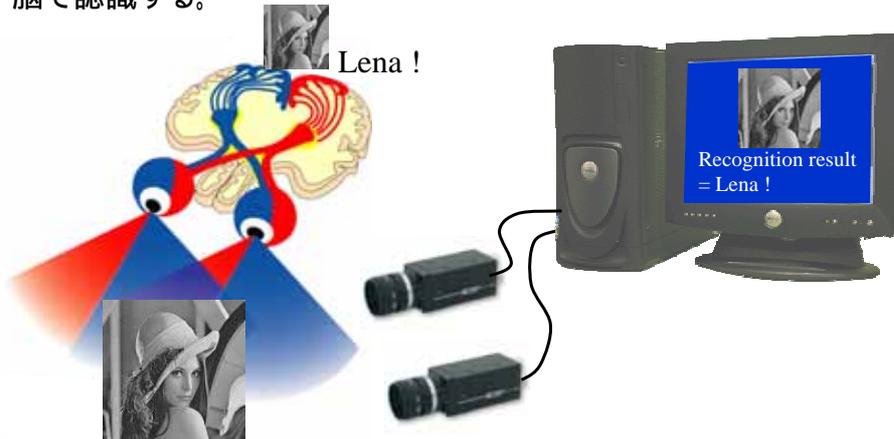
- Mathematica でダウンロードした画像を表示する。
- Mathematica で画像のヒストグラムをつくる。

第2回

人間の画像認識

機械の視覚と人間の視覚

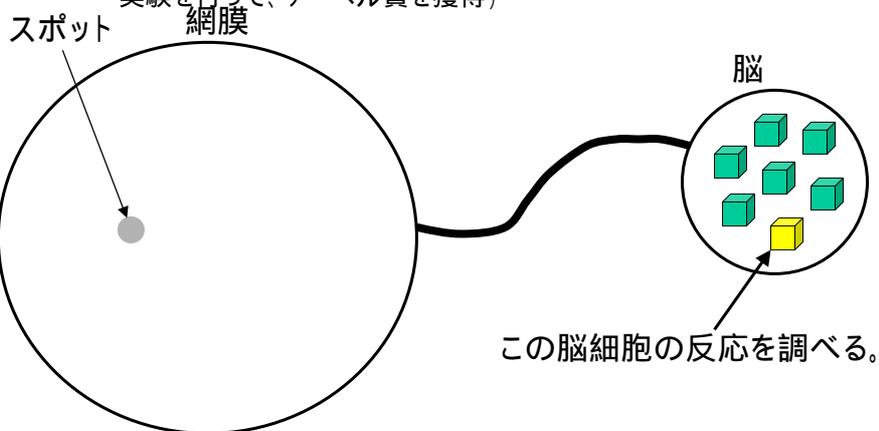
- 人間の視覚: 目(網膜)で画像をとらえ、(網膜から脳に至る間に、一部、画像変換を行い)、脳で認識する。
- 機械の視覚: CCDビデオカメラで画像をとらえ、コンピュータプログラムで認識する。



<http://www.lib.kumamoto-u.ac.jp/suishin/mercury/08/08right.html>

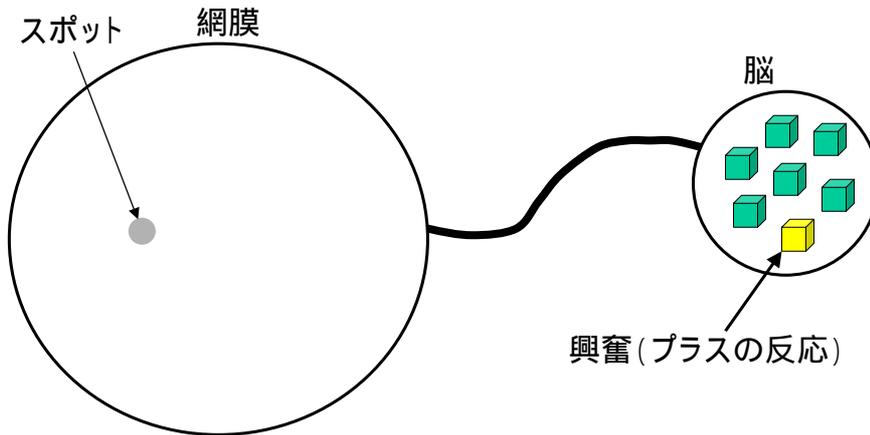
人間の視覚: 基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。(Hubel, Wiesel がサルで実験を行って、ノーベル賞を獲得)



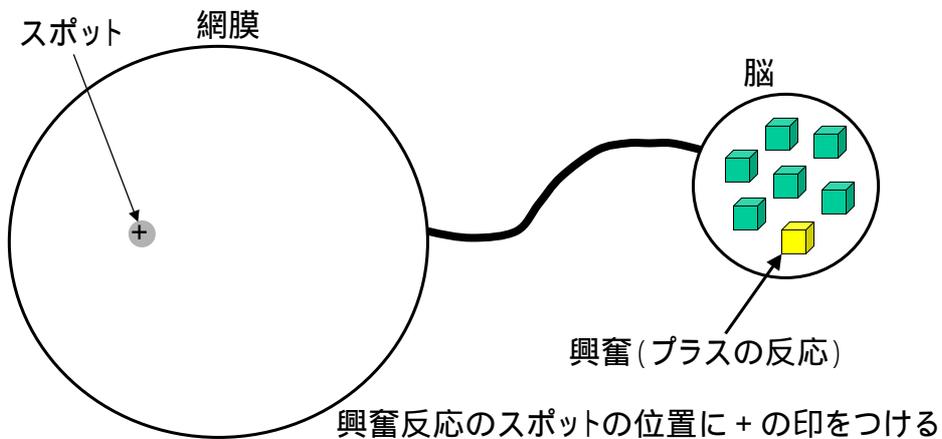
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



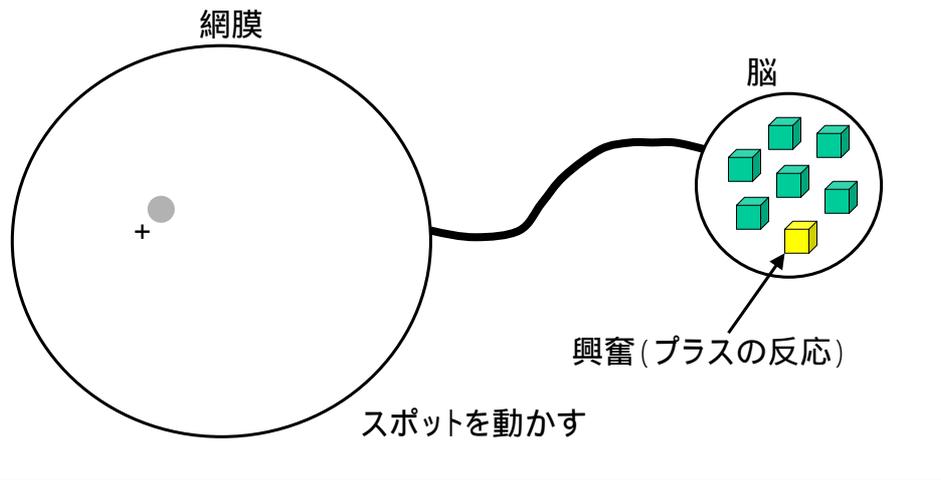
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



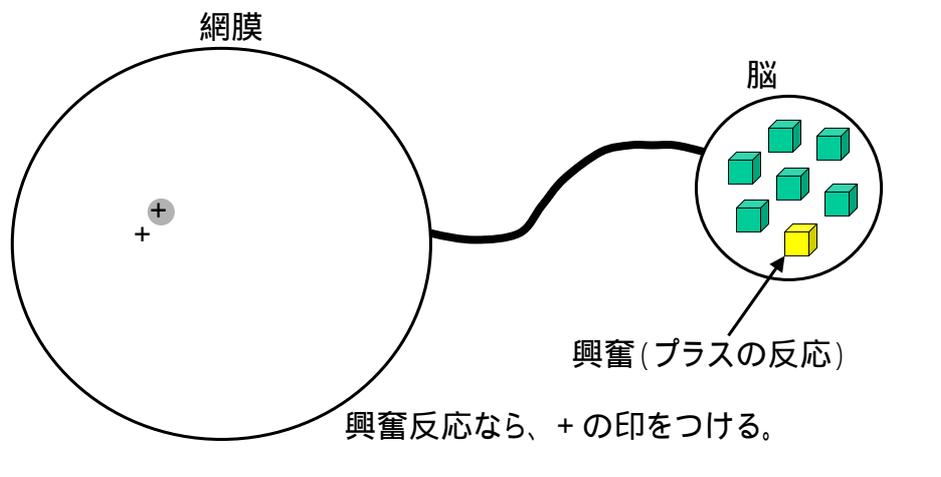
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



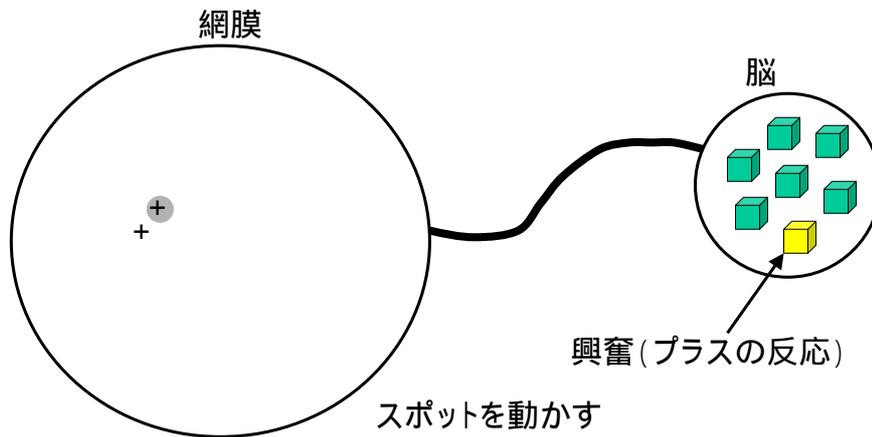
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



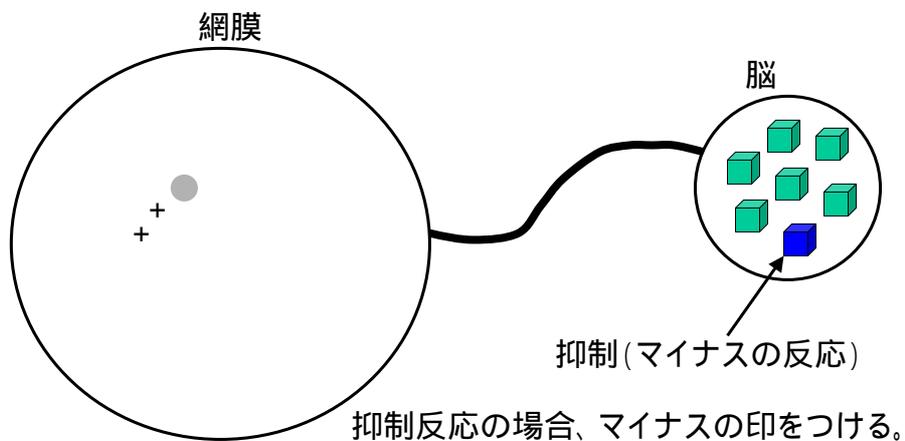
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



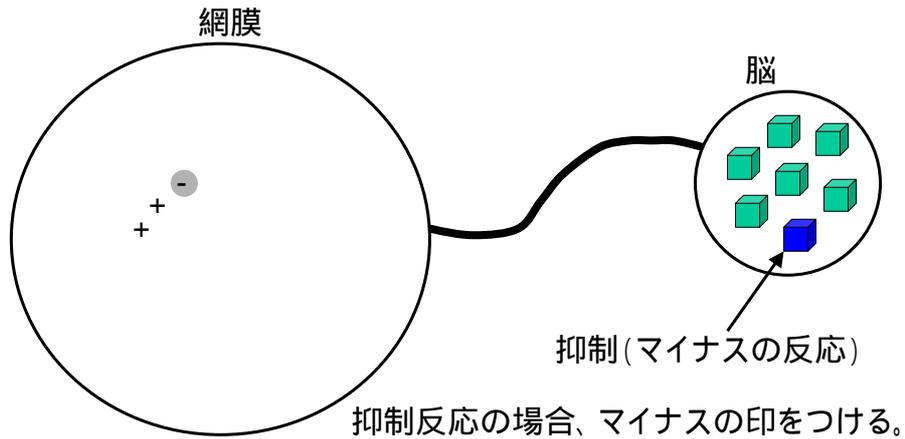
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



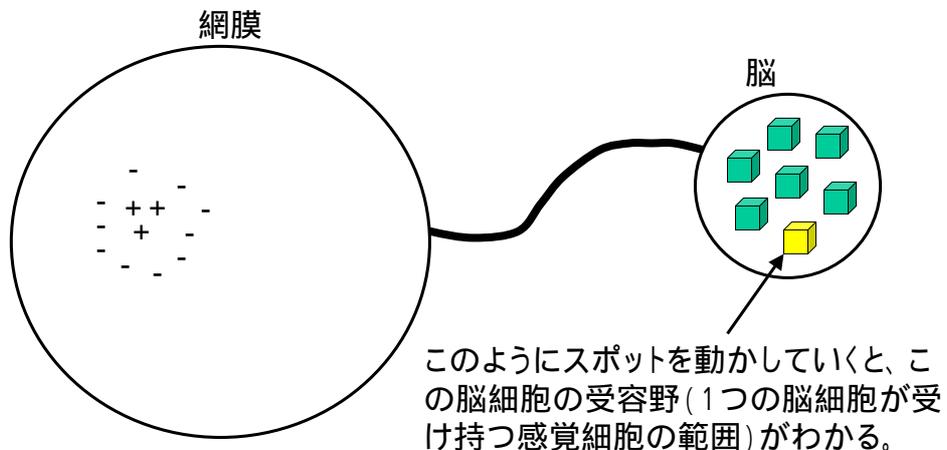
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



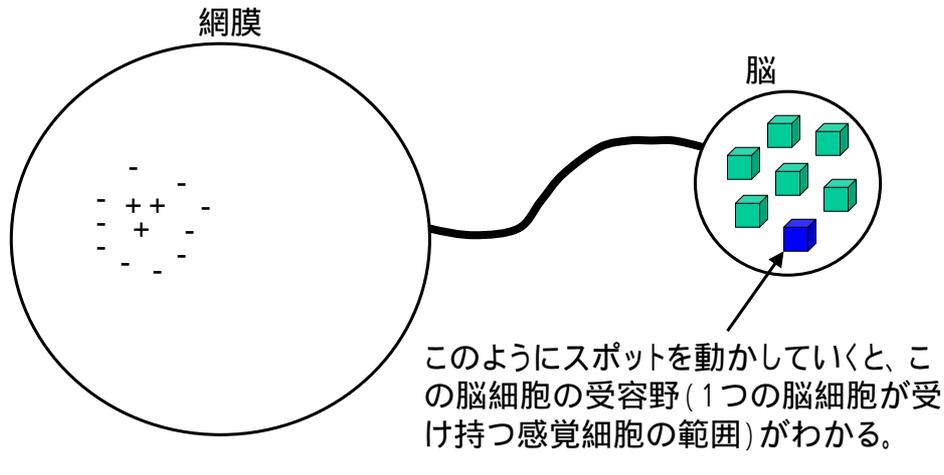
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



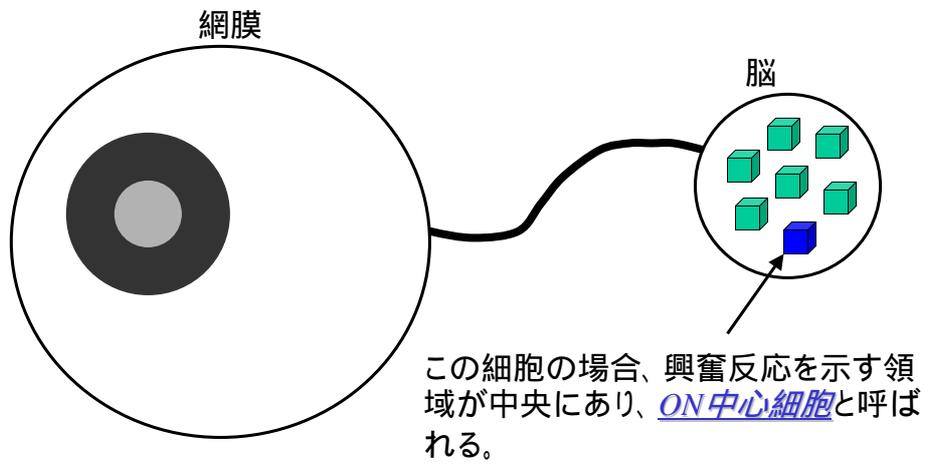
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



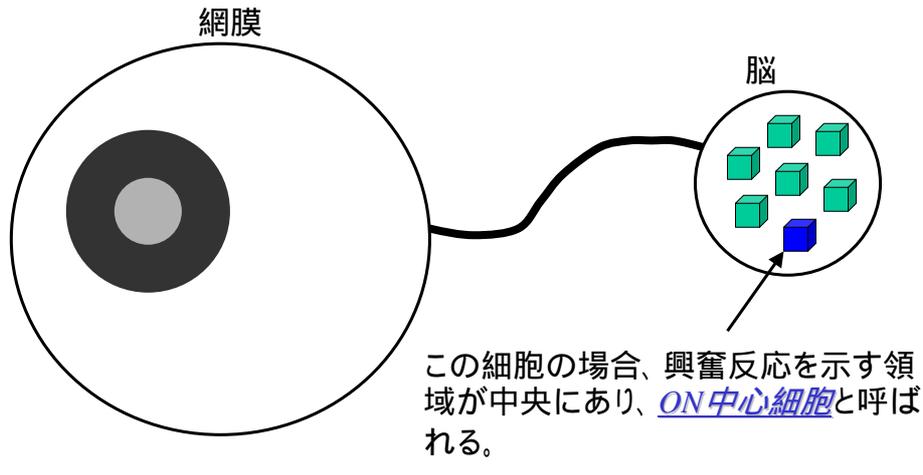
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



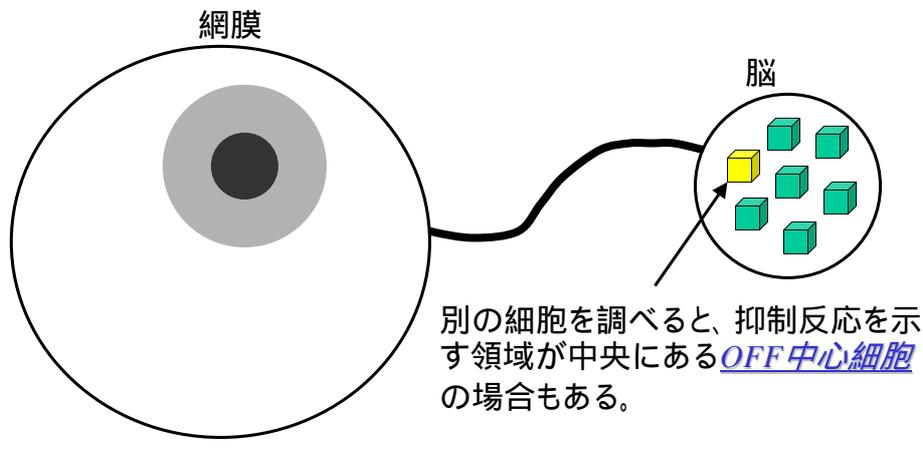
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



人間の視覚：基本処理

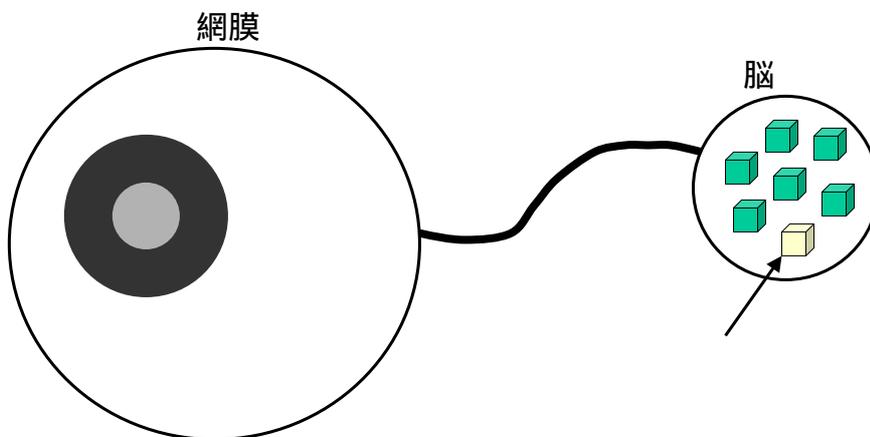
- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 明るい小さな光のスポットを見せたときに、脳の中の細胞がどのような反応を示すか調べる。



ON中心細胞の反応

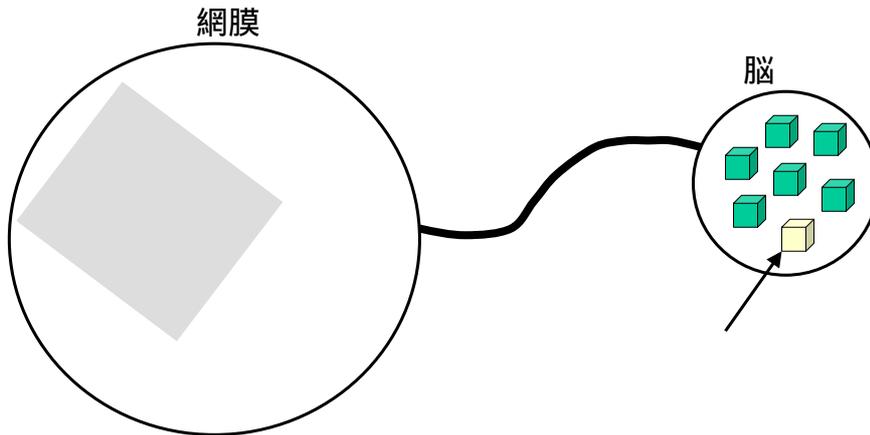
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



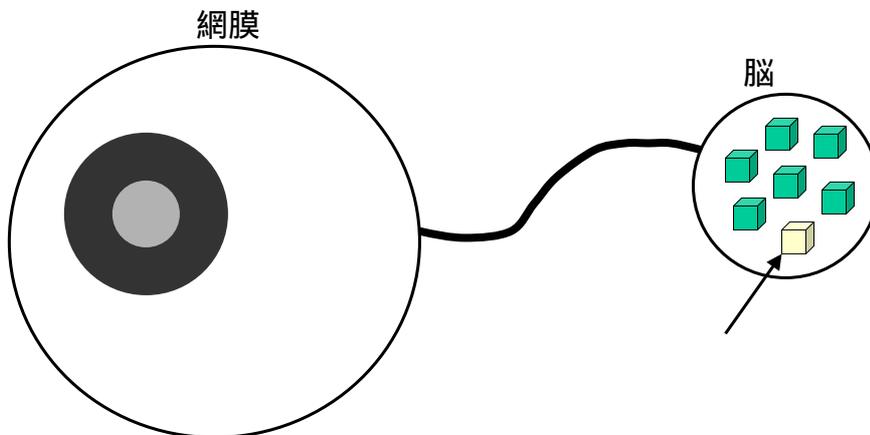
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



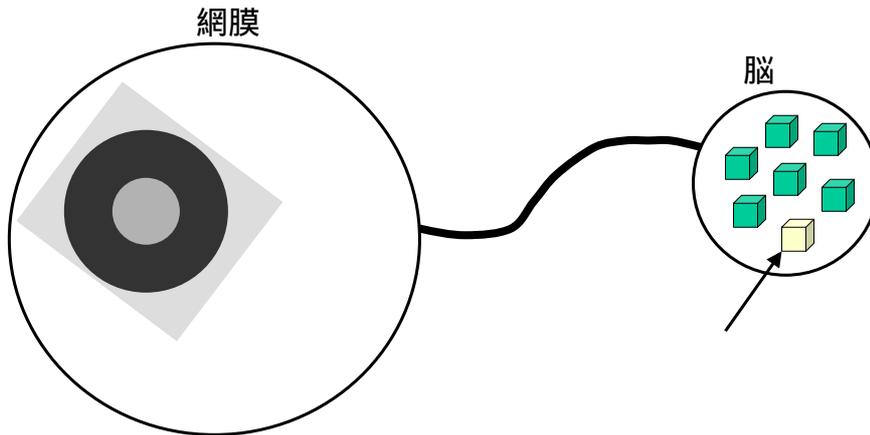
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



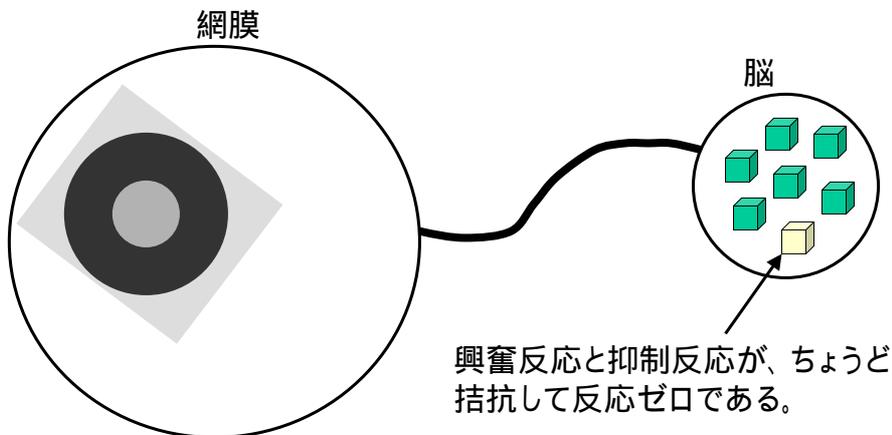
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



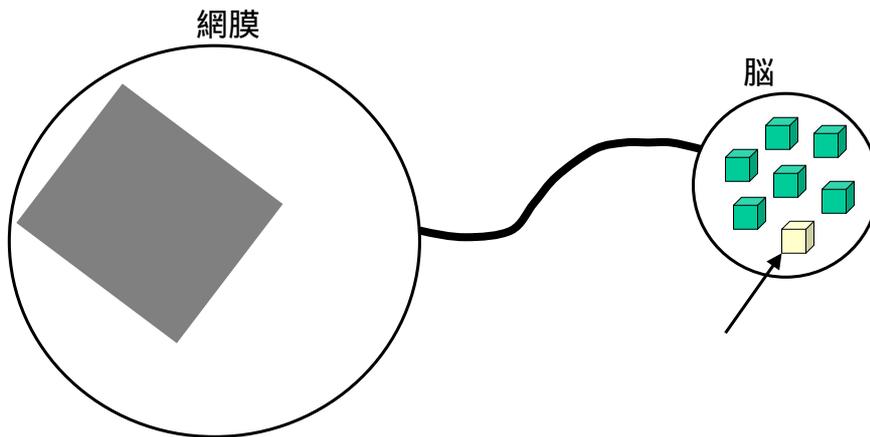
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



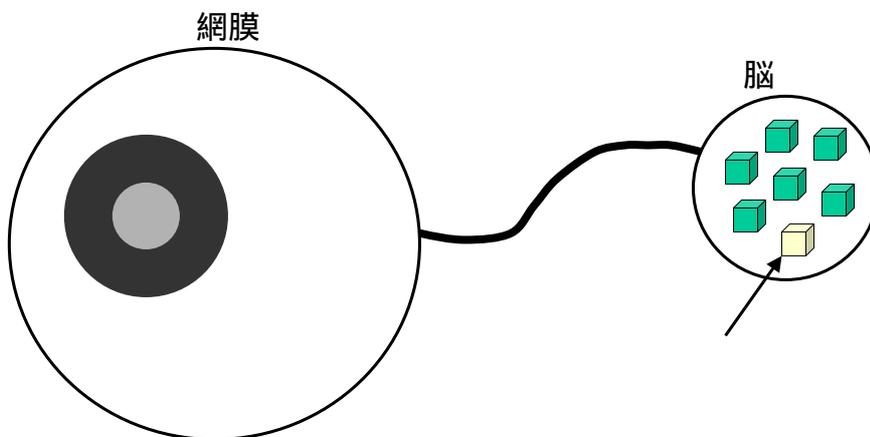
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



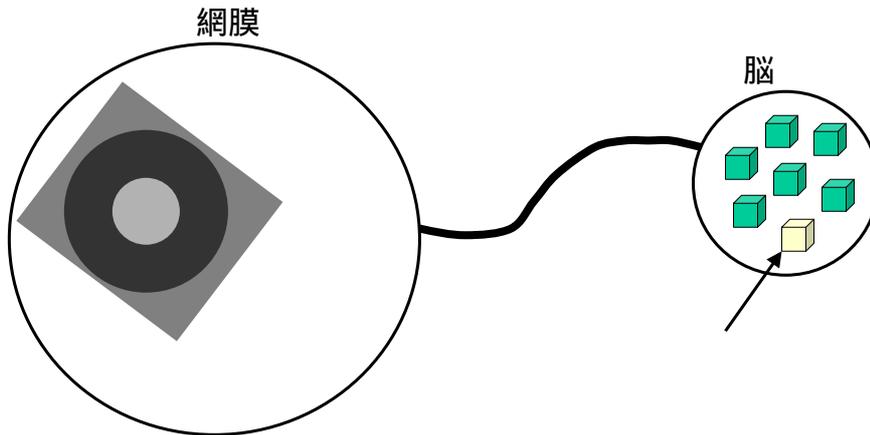
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



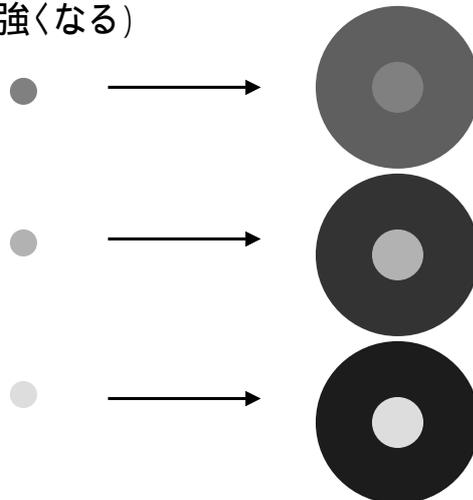
人間の視覚: 基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか?



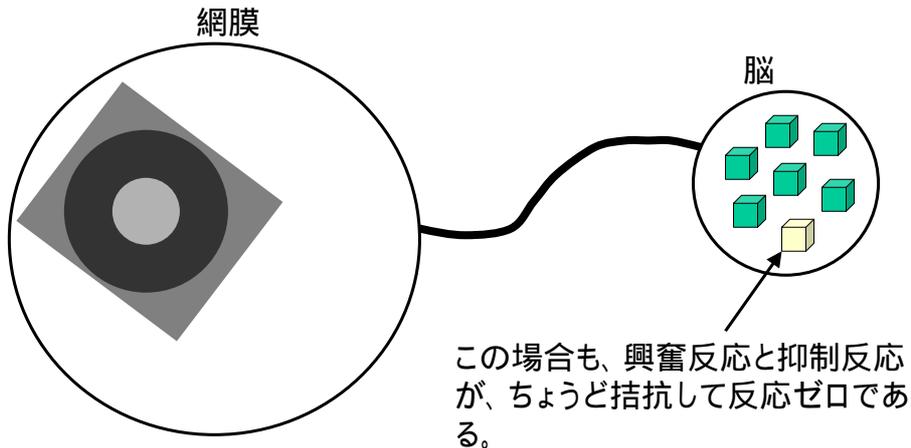
人間の視覚: 基本処理

- ON中心細胞: 反応の強さは、入力スポットの明るさに比例する。(入力スポットが明るくなれば、興奮も抑制も強くなる)



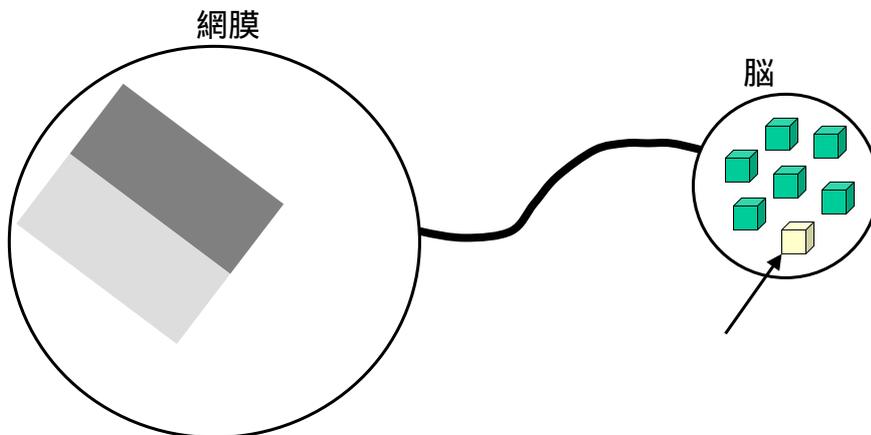
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



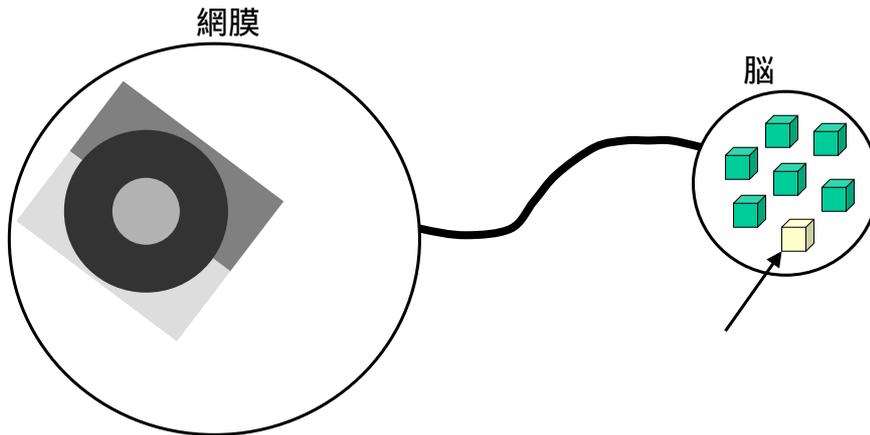
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



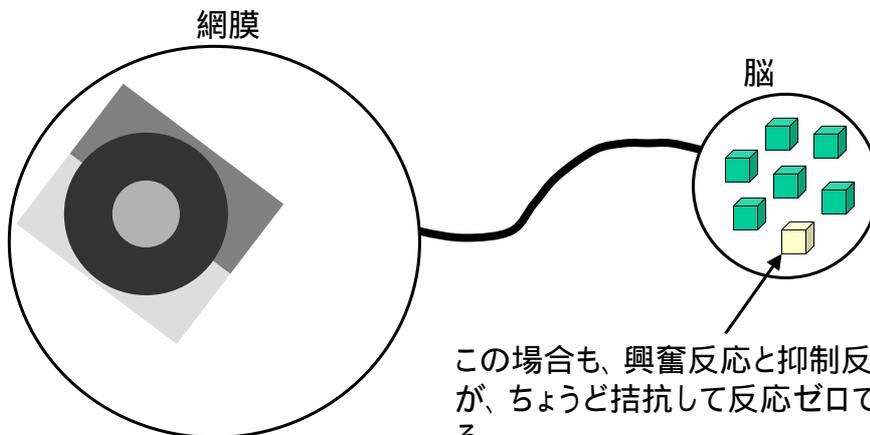
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



人間の視覚：基本処理

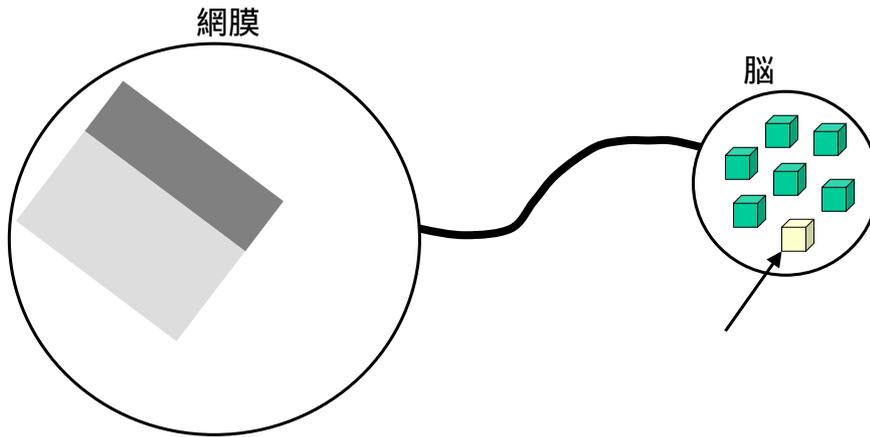
- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



この場合も、興奮反応と抑制反応が、ちょうど拮抗して反応ゼロである。

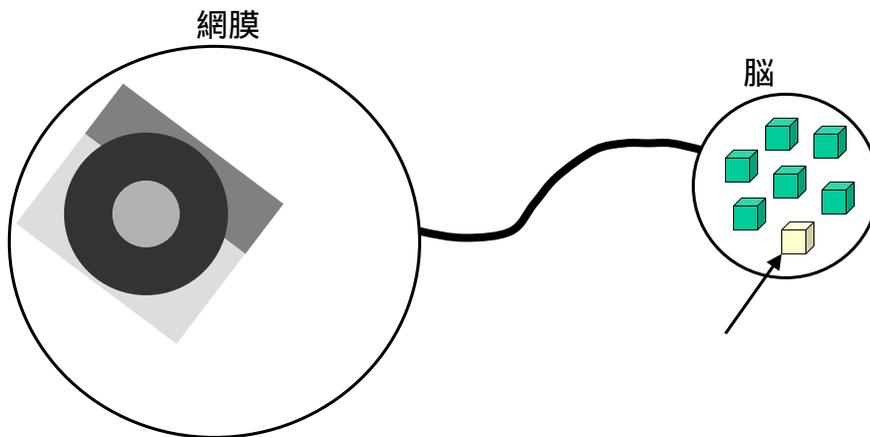
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



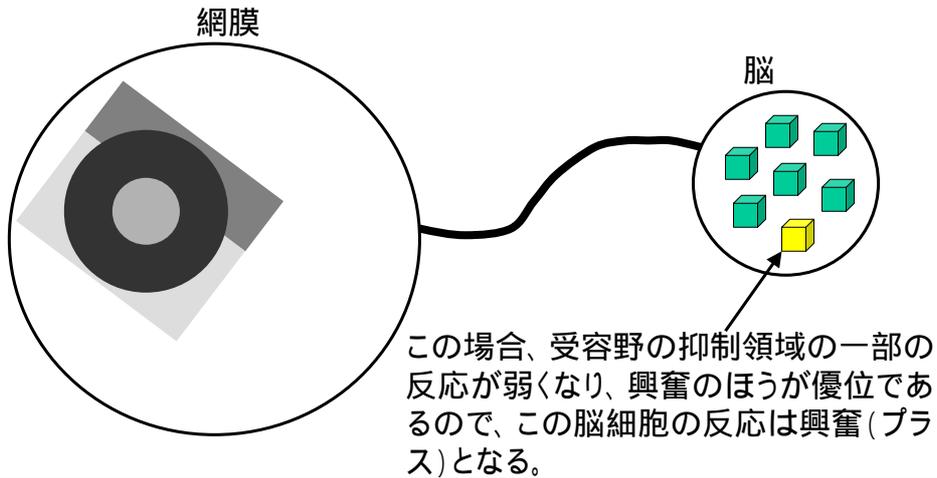
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



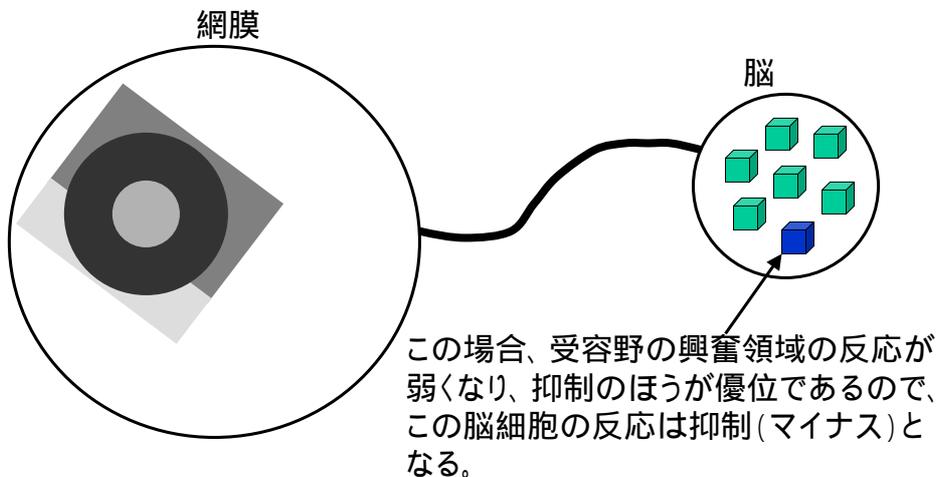
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



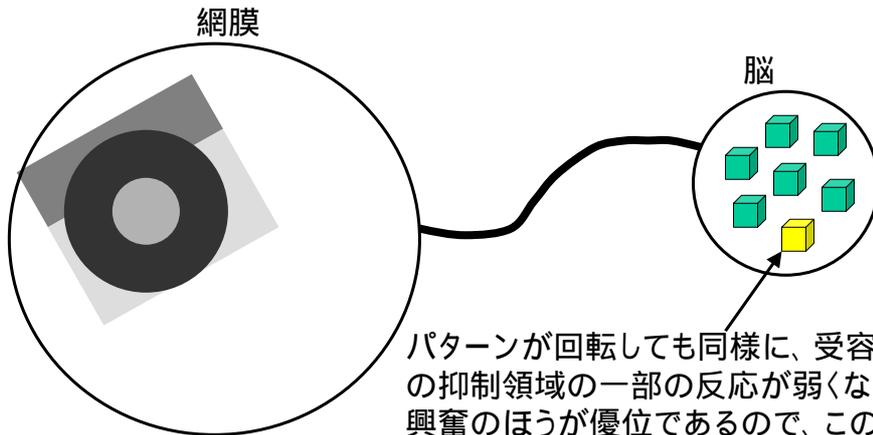
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



人間の視覚：基本処理

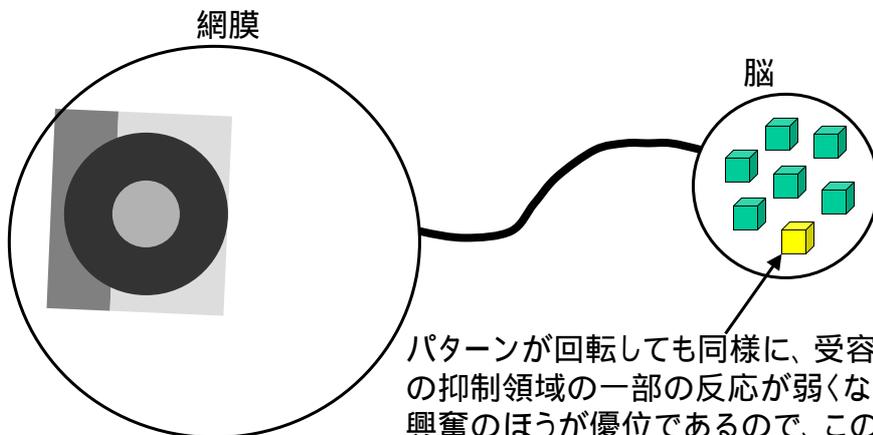
- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



パターンが回転しても同様に、受容野の抑制領域の一部の反応が弱くなり、興奮のほうが優位であるので、この脳細胞の反応は興奮(プラス)となる。

人間の視覚：基本処理

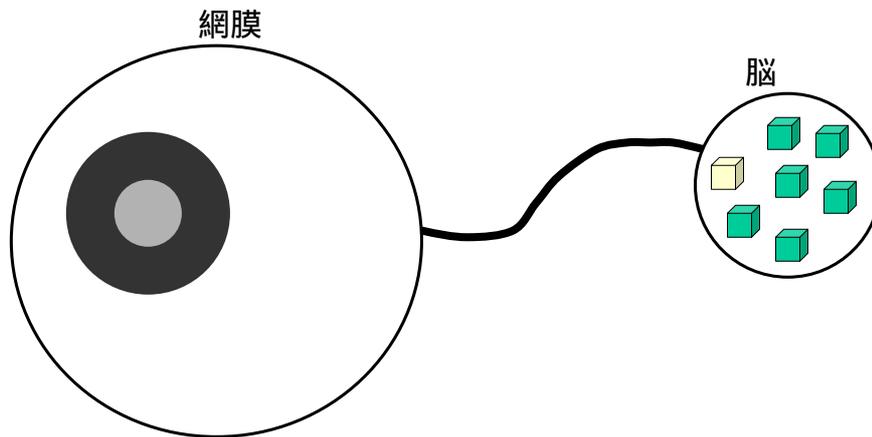
- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - このような光パターン(刺激)が網膜に与えられたときに、この脳細胞はどのように反応するか？



パターンが回転しても同様に、受容野の抑制領域の一部の反応が弱くなり、興奮のほうが優位であるので、この脳細胞の反応は興奮(プラス)となる。

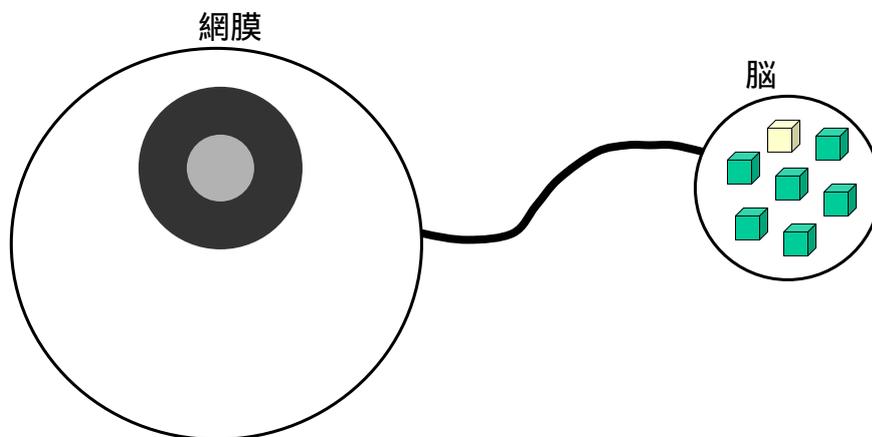
人間の視覚: 基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 網膜のあらゆる部分を受け持つON中心細胞がある。



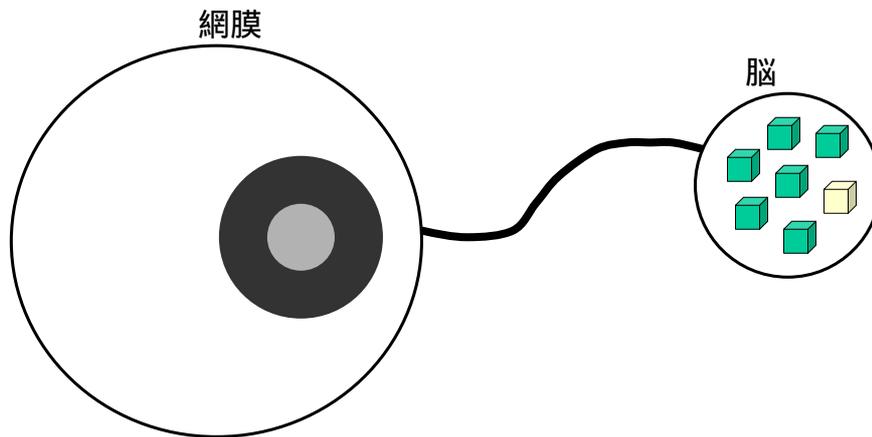
人間の視覚: 基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 網膜のあらゆる部分を受け持つON中心細胞がある。



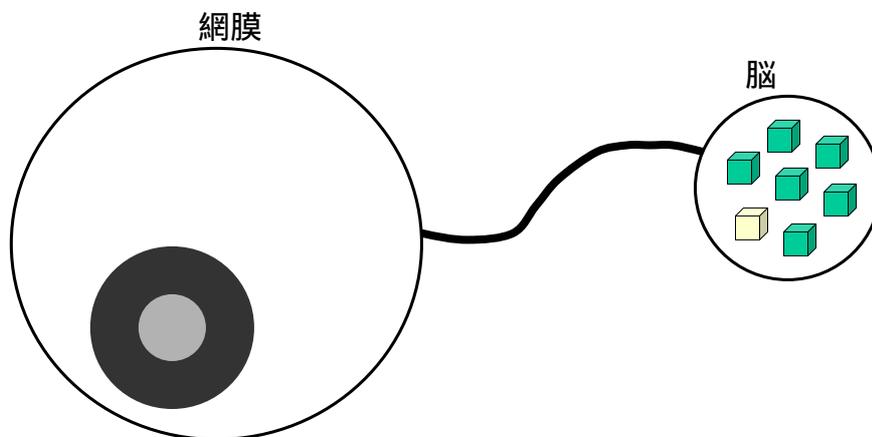
人間の視覚: 基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 網膜のあらゆる部分を受け持つON中心細胞がある。



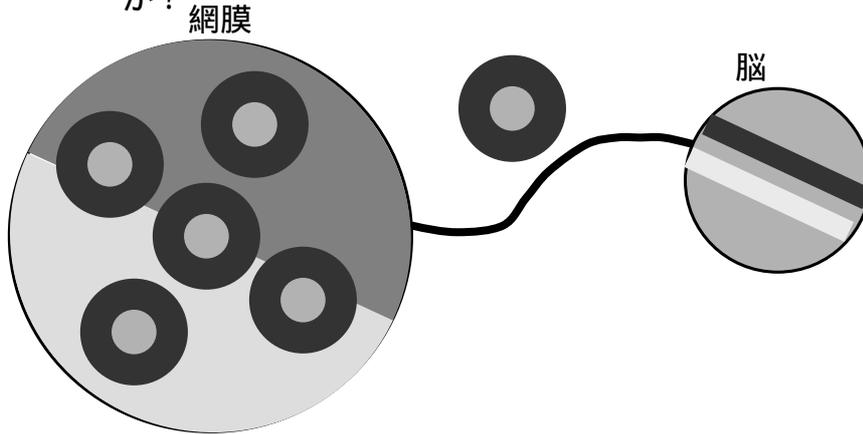
人間の視覚: 基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - 網膜のあらゆる部分を受け持つON中心細胞がある。



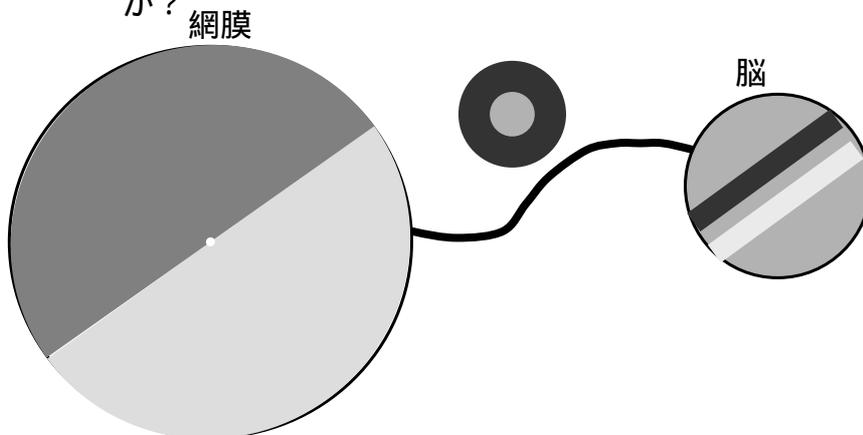
人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - ON中心細胞が、網膜の位置に対応するように、脳内に並んでいると仮定すると、脳内の反応は、どのようになるか？



人間の視覚：基本処理

- ON中心細胞、OFF中心細胞
 - ON中心細胞が、網膜の位置に対応するように、脳内に並んでいると仮定すると、脳内の反応は、どのようになるか？



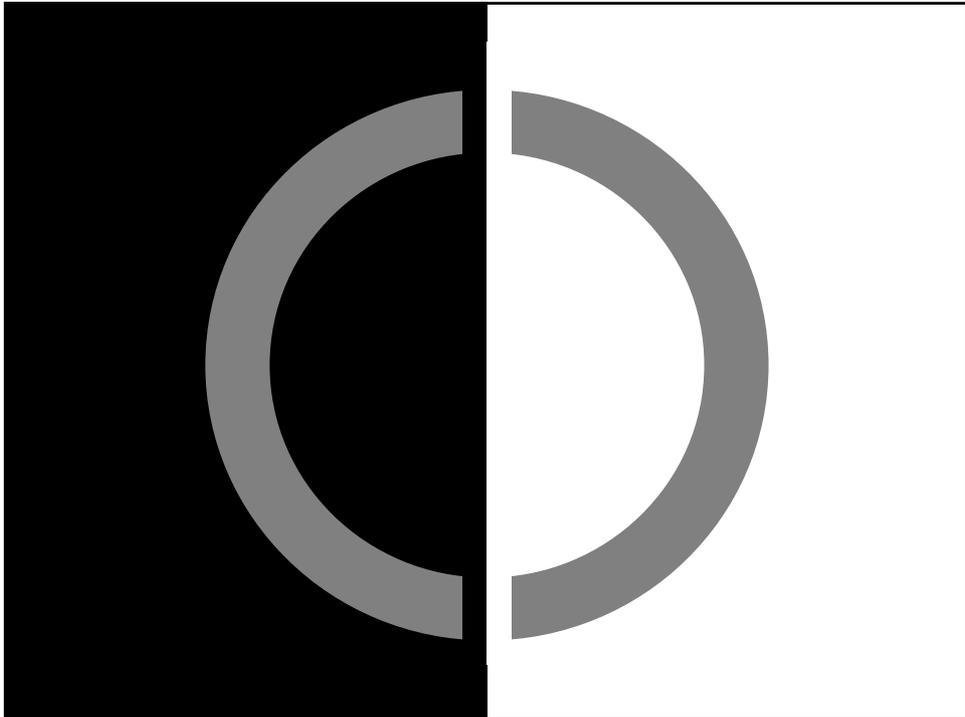
錯視

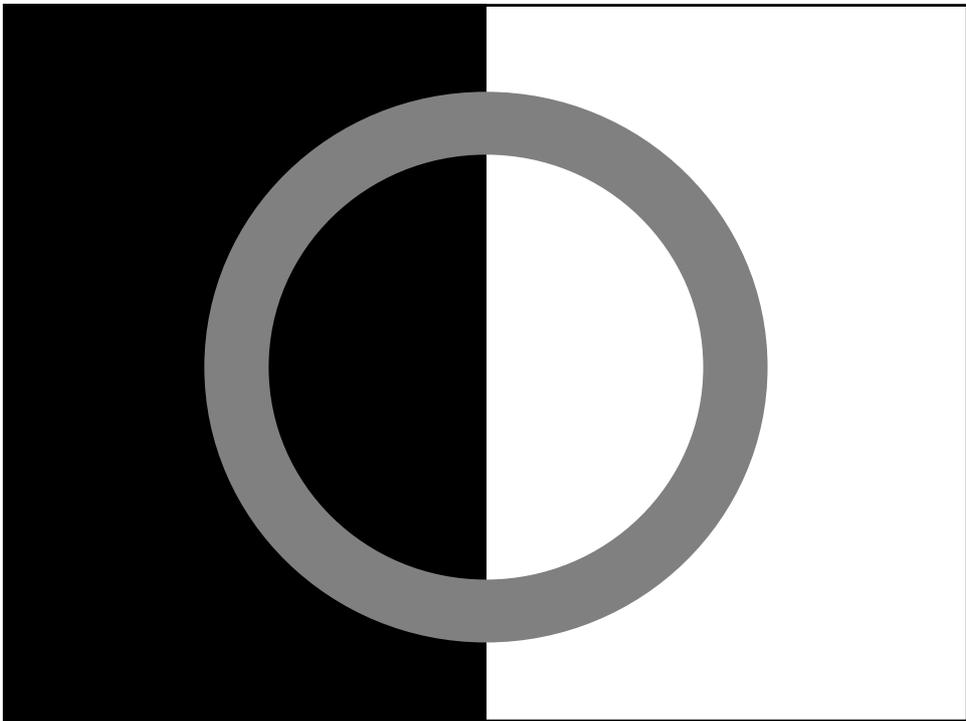
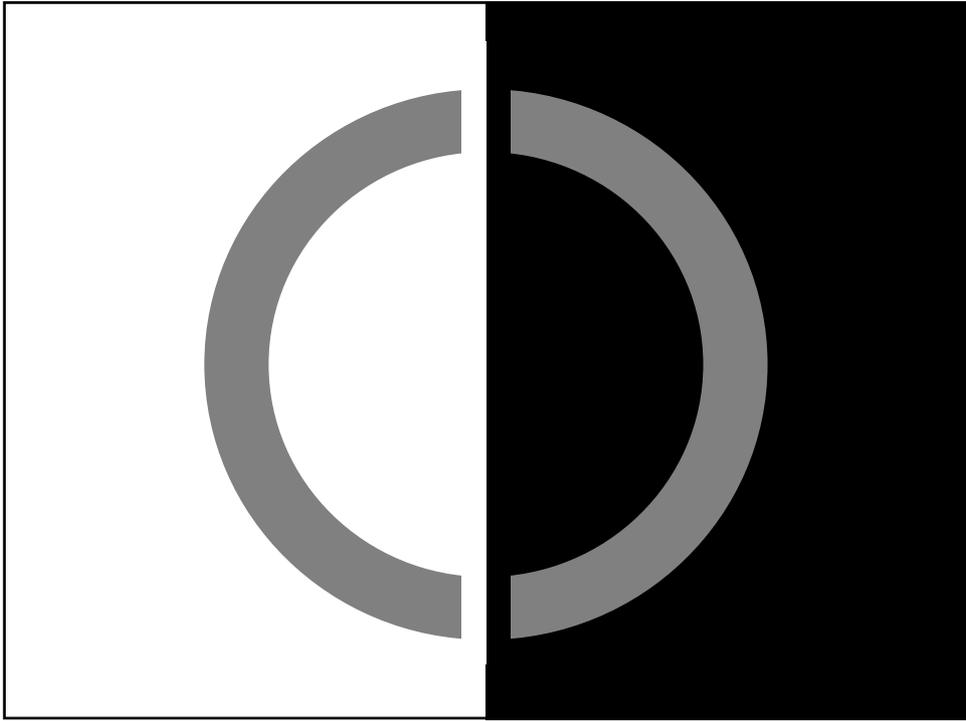
錯視(錯覚)

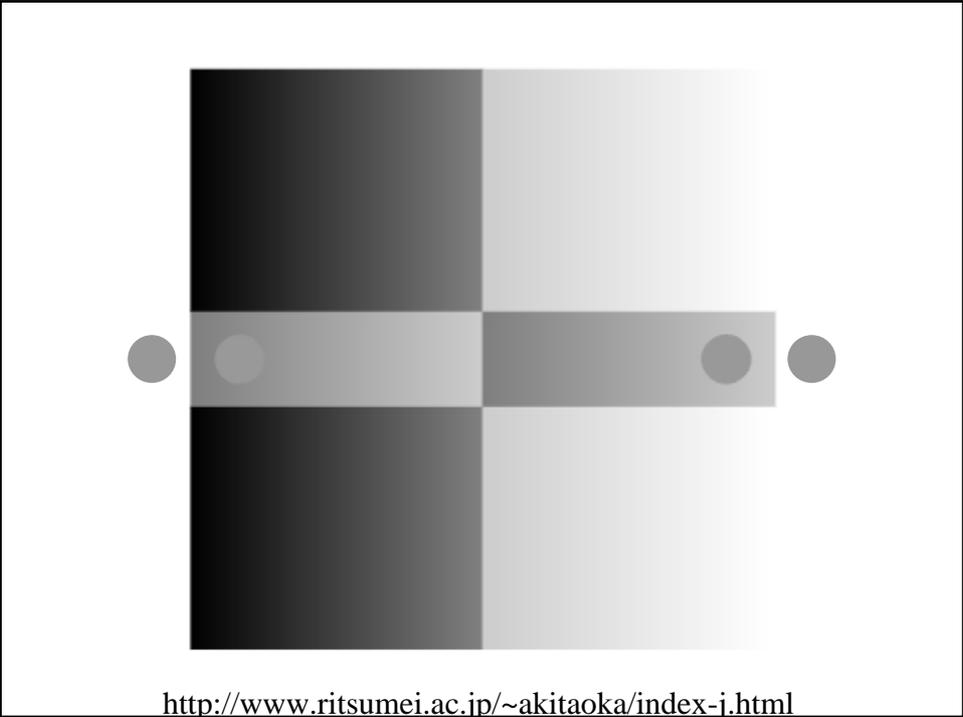
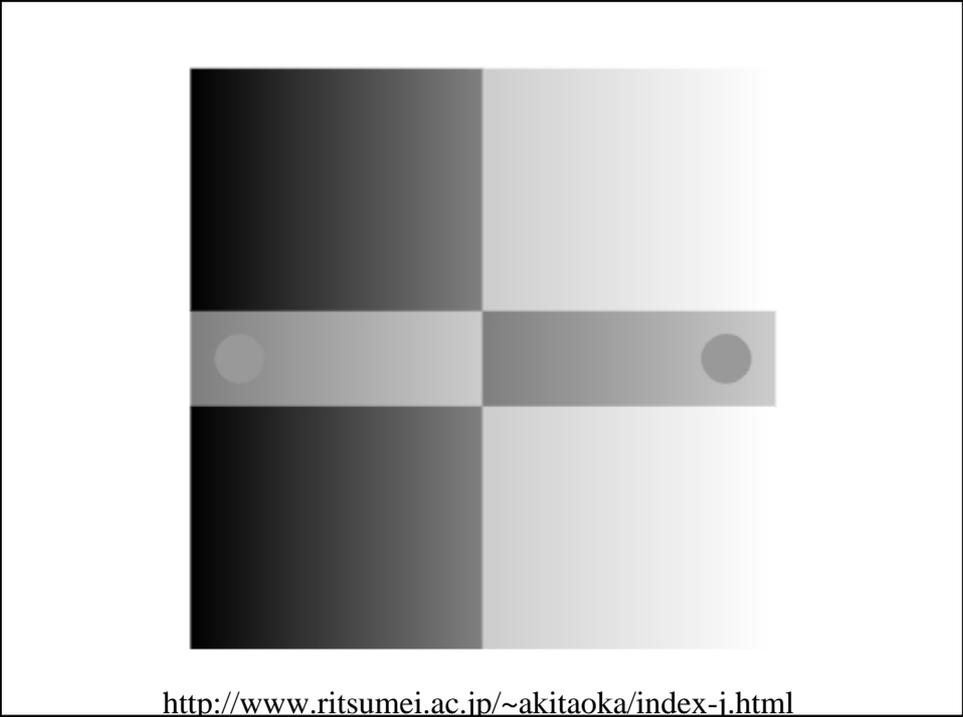
- 知覚心理学の分野で、錯視(人間の視覚系の見間違い)現象が研究されている。
- 錯視を分析することで、人間の視覚系の特性についての手掛かりを得ることができる。
- 錯視のホームページ
 - <http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>
 - <http://www.ritsumeai.ac.jp/~akitaoka/index-j.html>

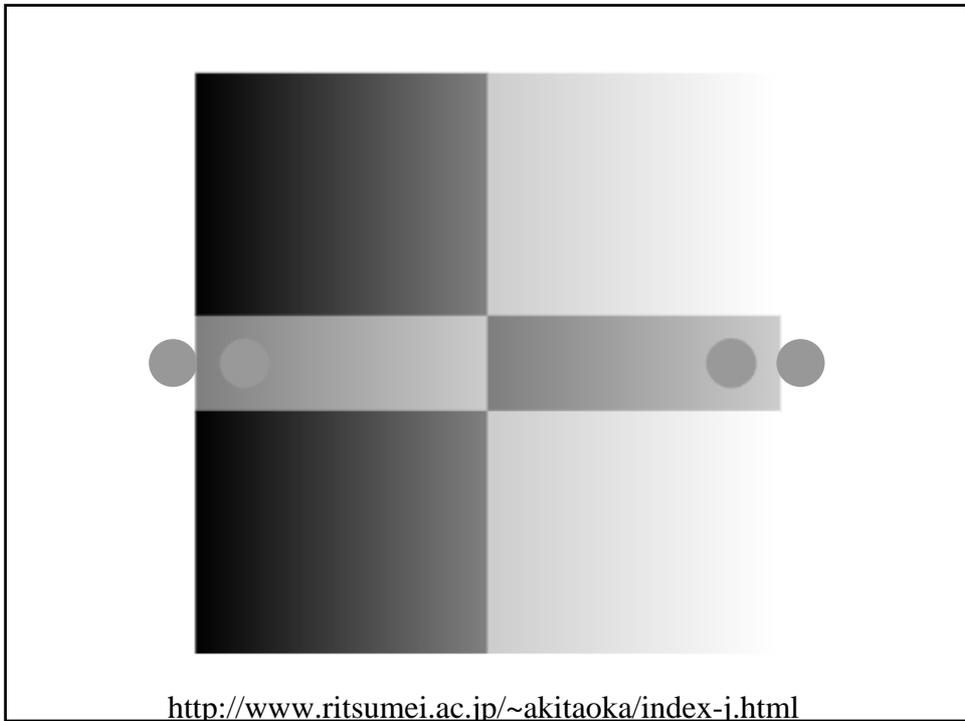
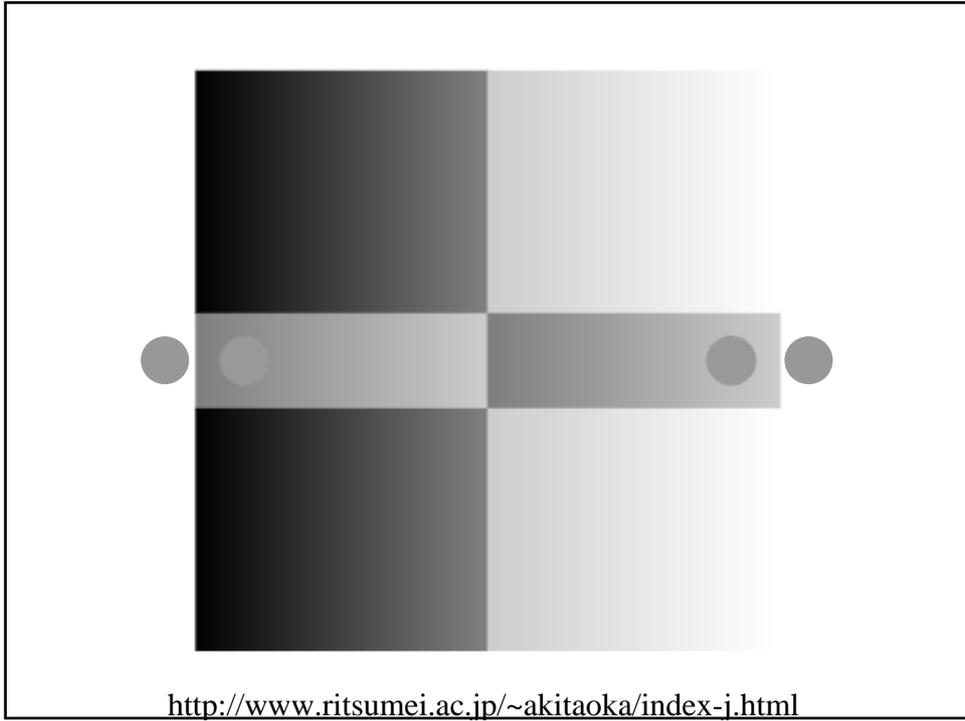
明るさの知覚

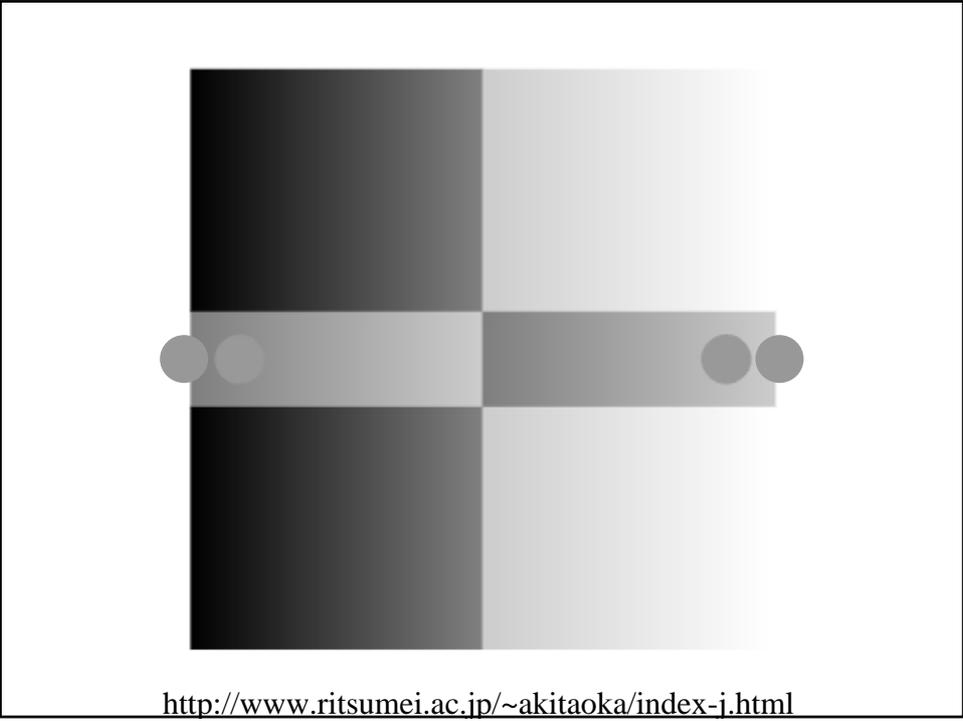
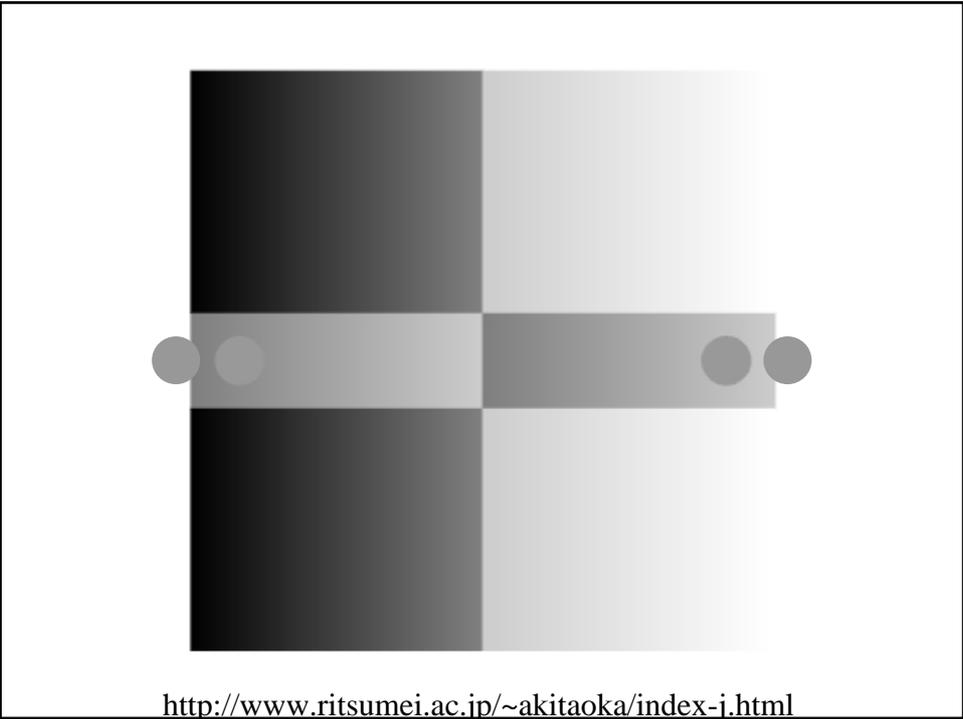
人間の視覚は、実際の明るさをそのまま知覚しているわけではない。

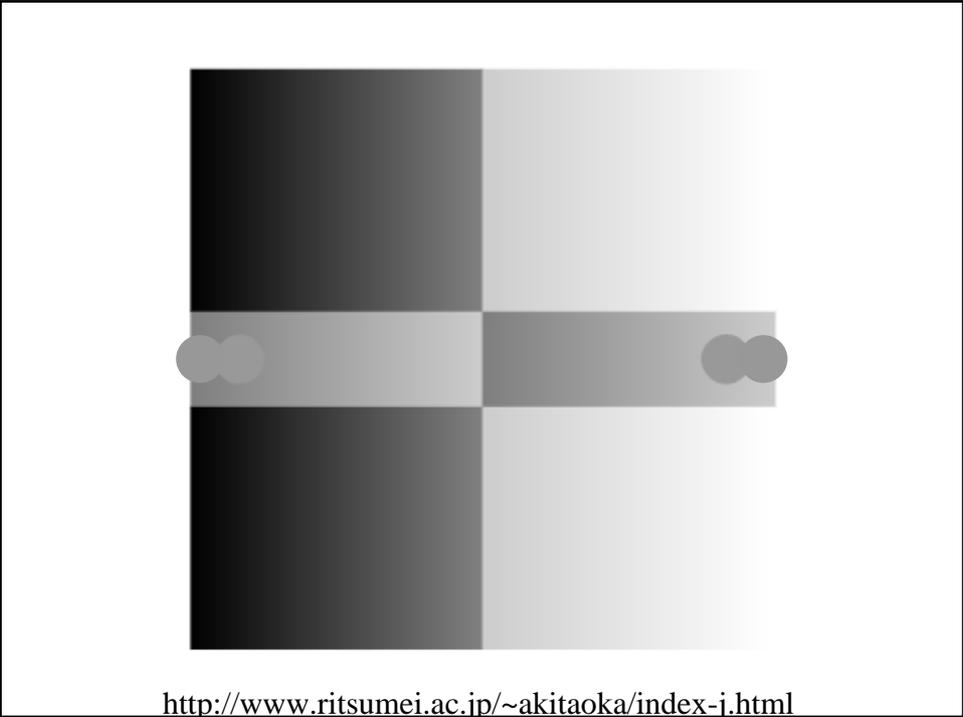
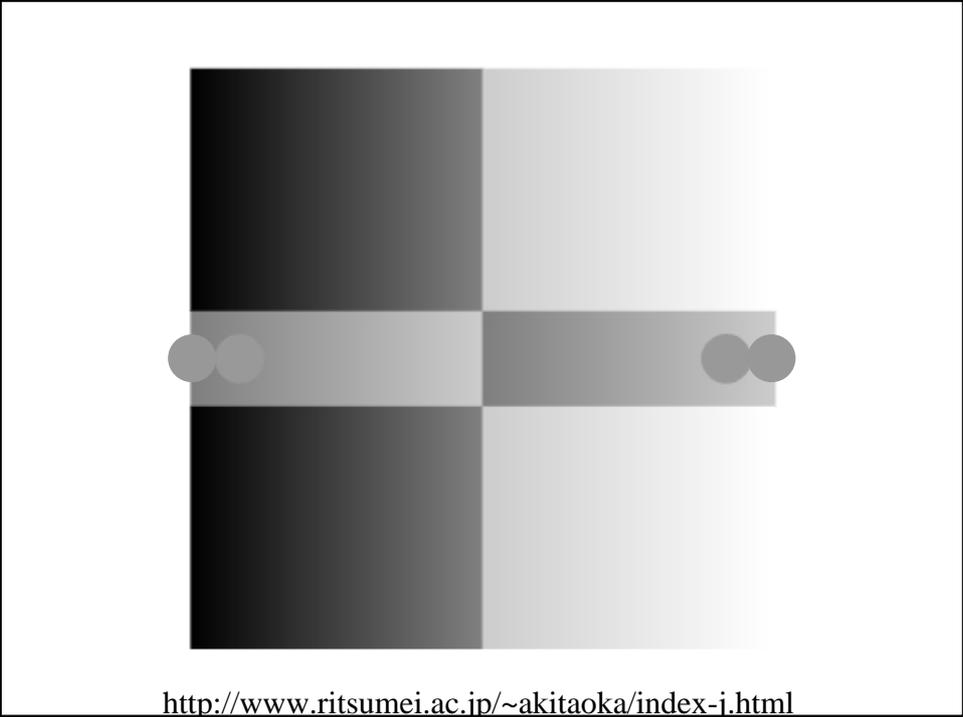


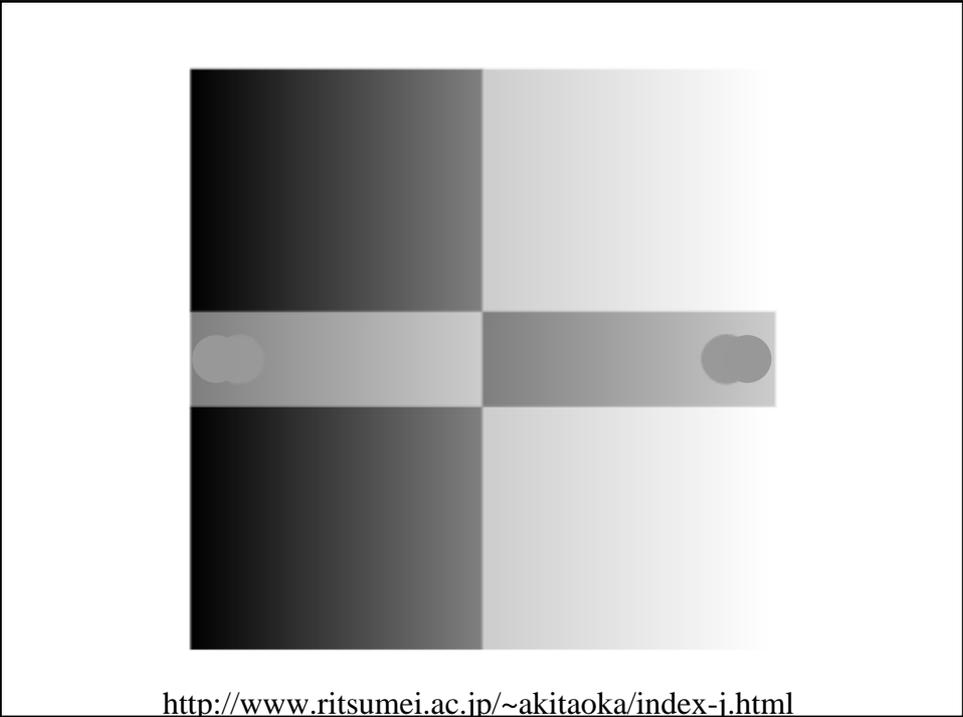
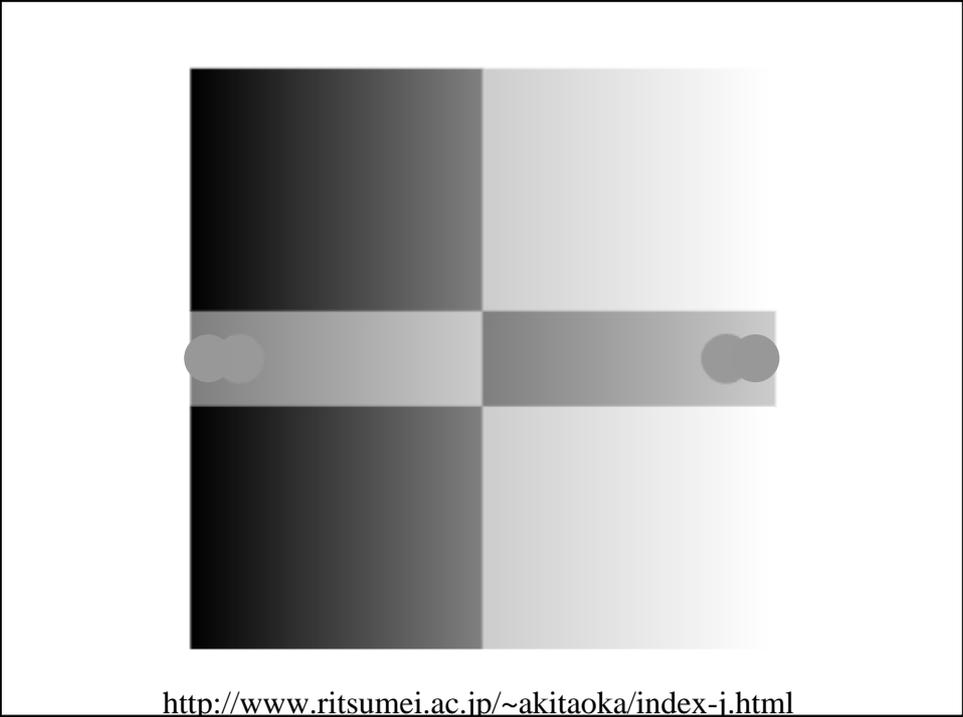


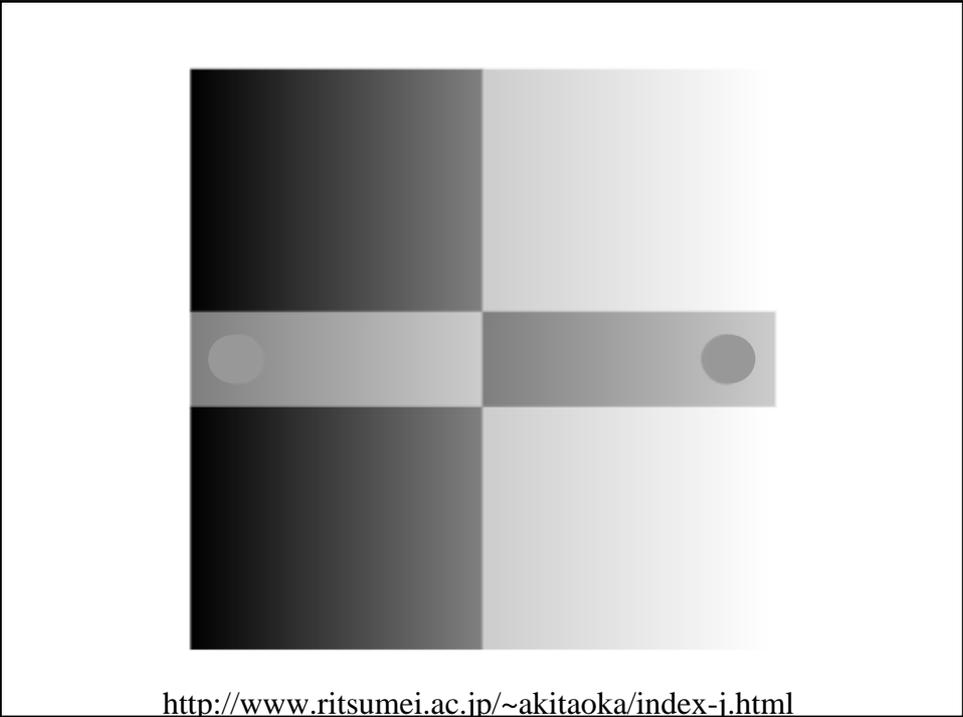
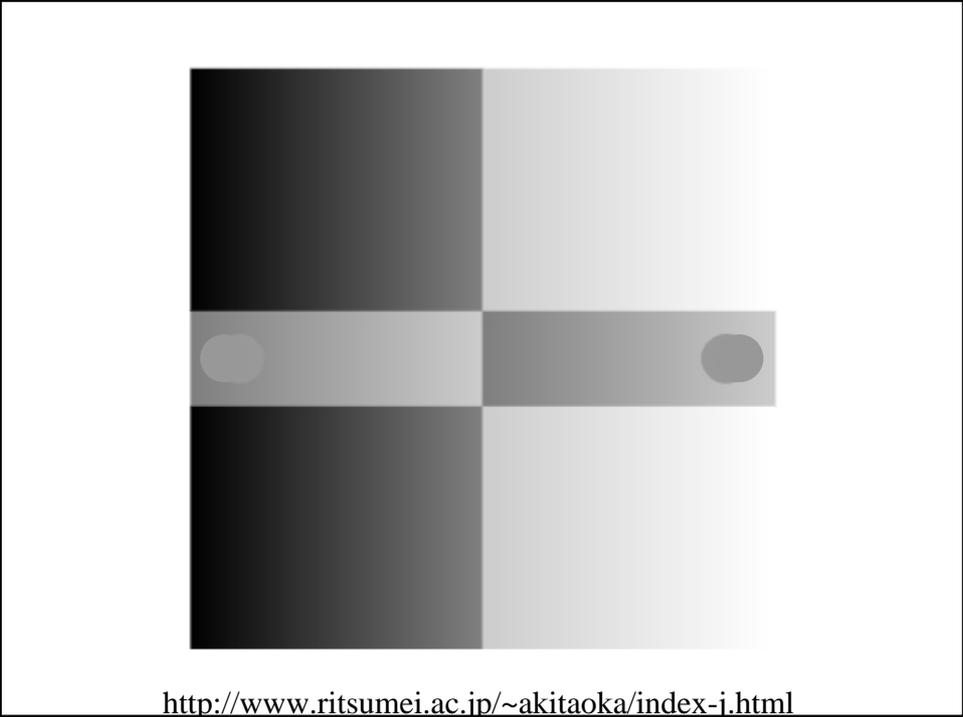


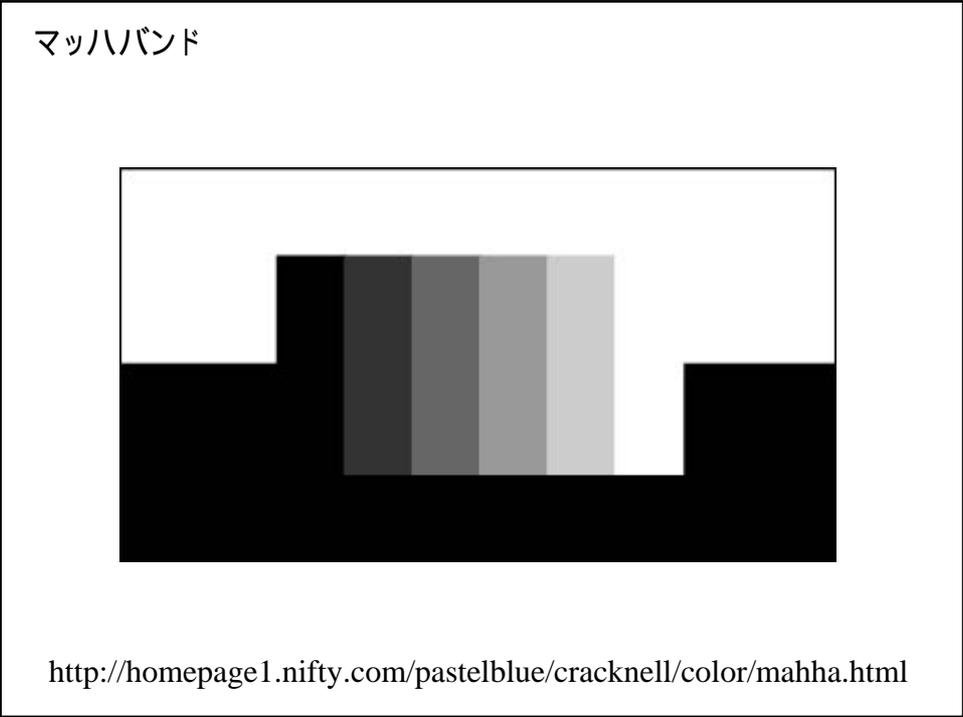
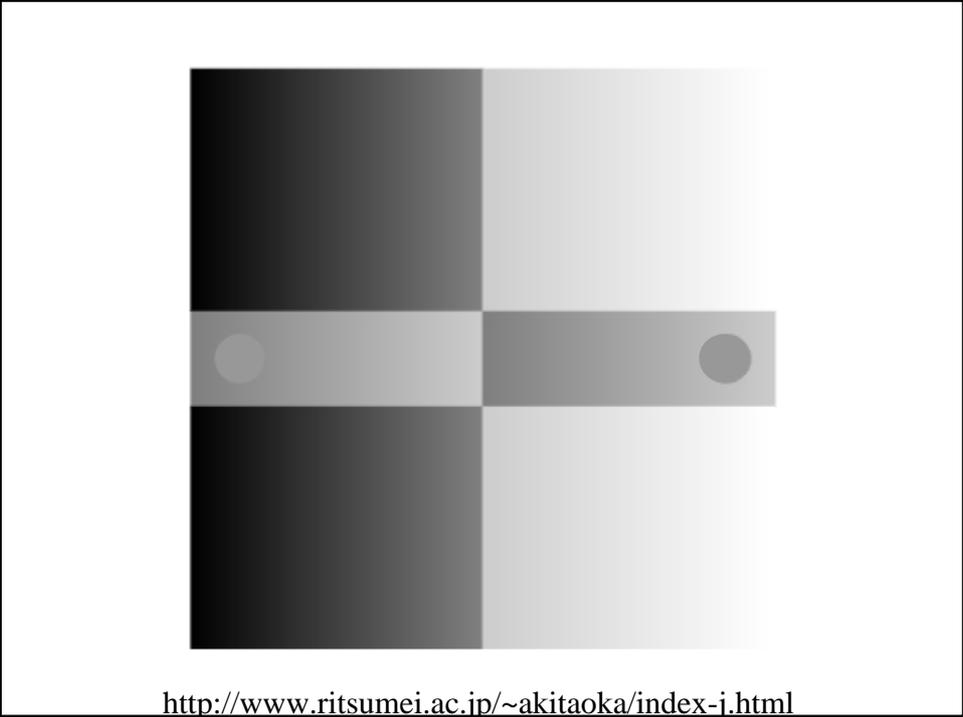




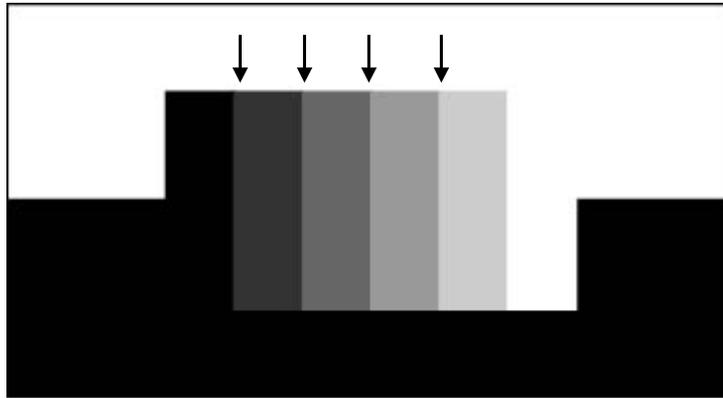






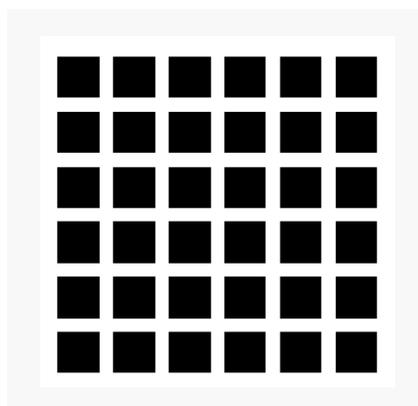


マッハバンド



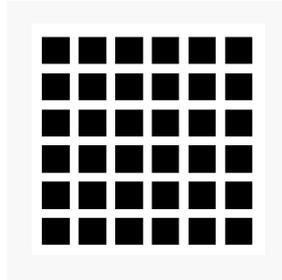
<http://homepage1.nifty.com/pastelblue/cracknell/color/mahha.html>

ハーマン格子



<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

ハーマン格子



<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

マッハバンド



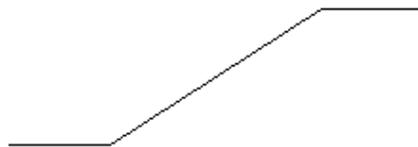
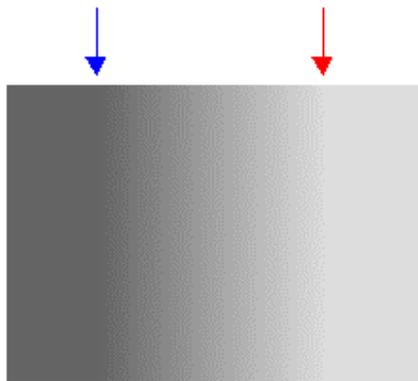
<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

マッハバンド

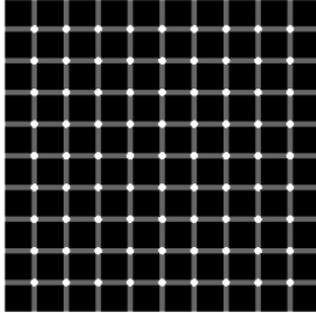


<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

マッハバンド

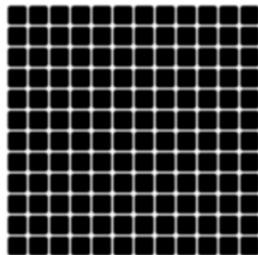


<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>



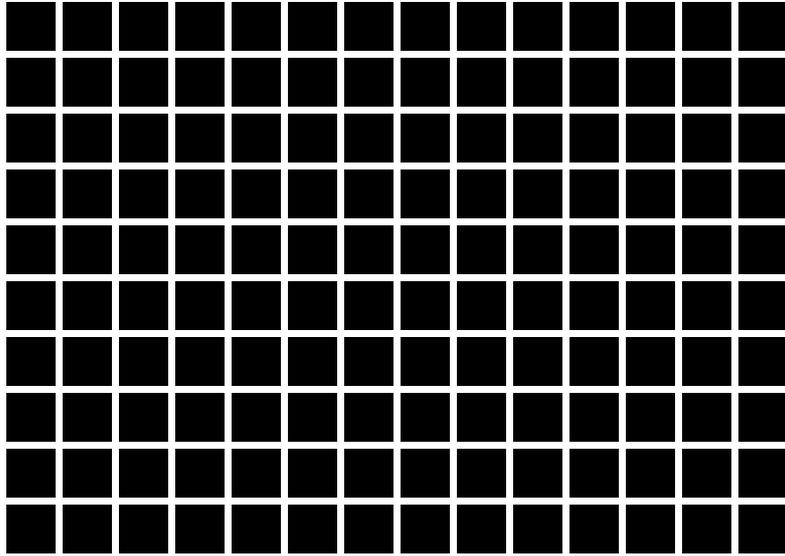
Schrauf, M., Lingelbach, B., Wist, E.R. (1997)
The scintillating grid illusion. *Vision Research*,
37, 1033-1038

<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>



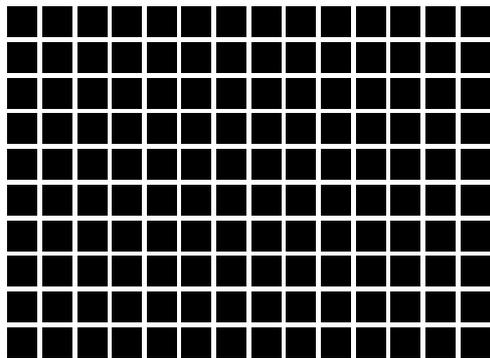
<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

ハーマン格子

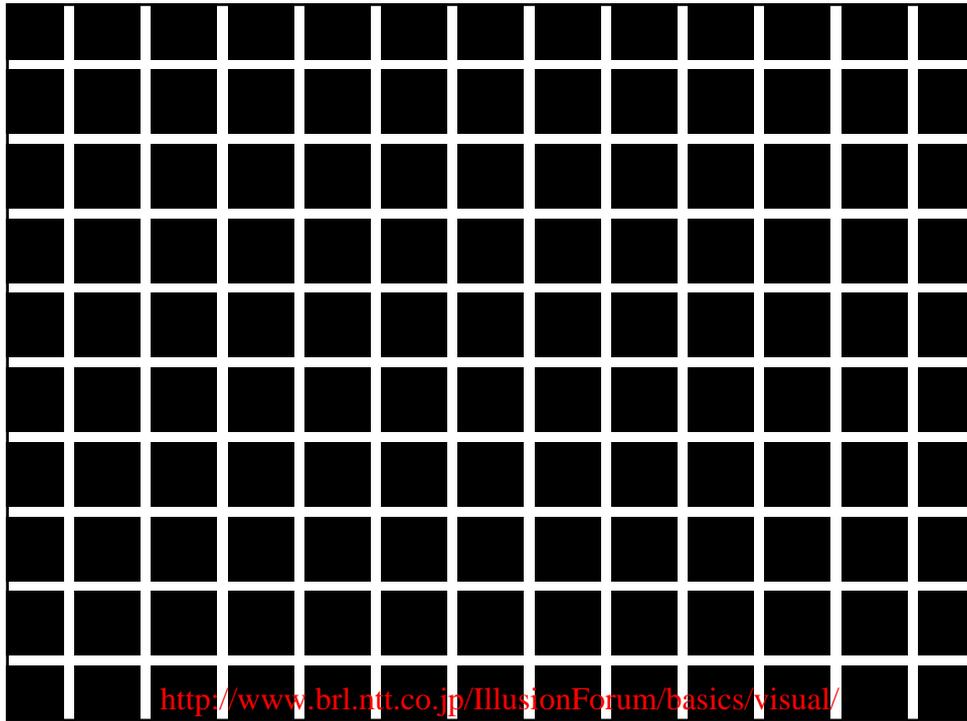


<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

ハーマン格子



<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>



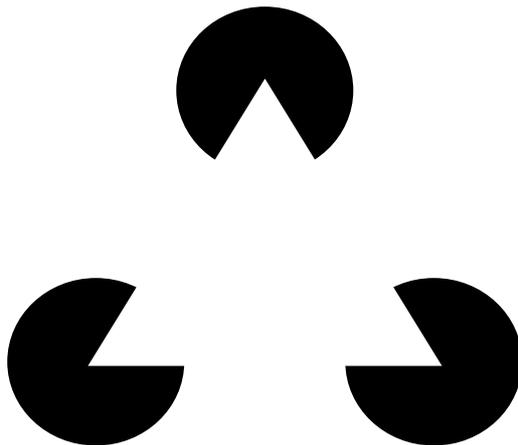
明るさの知覚

- 人間の視覚系は、絶対的な明るさの値を知覚しているわけではない、相対的な値を知覚している。
- 人間の視覚系は、明るさの空間的变化に反応している。

輪郭の知覚

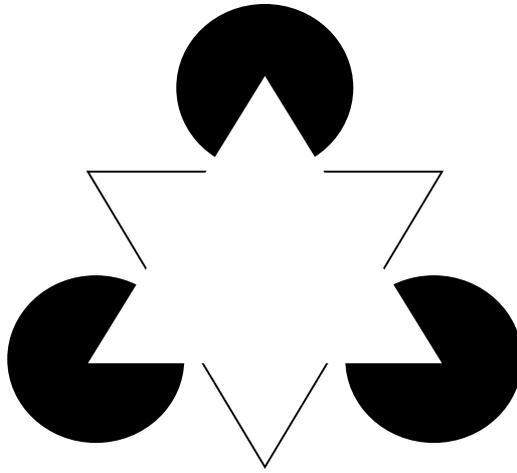
人間の視覚系は、存在しないはずの輪郭を知覚する。

主観的輪郭



<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

主観的輪郭

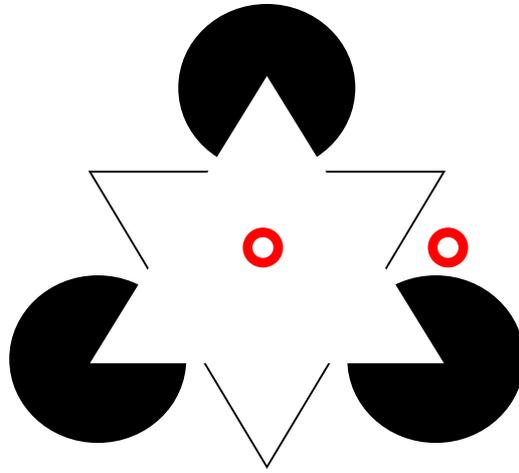


<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

輪郭の知覚

- 本来、無いはずの輪郭を明確に知覚する。
- このことは、人間は、明るさの変化のみから輪郭を知覚しているのではなく、認識に基づいて、輪郭を知覚(補完)していることを示している。
- さきほどの錯視の場合は、以下のような認識過程によるものと推測できる。
 - (明るさの変化として存在する)輪郭の認識 3つ
の黒い円とその上に重なる1つの白い三角形の認識
(存在しないはずの)輪郭の認識

主観的輪郭

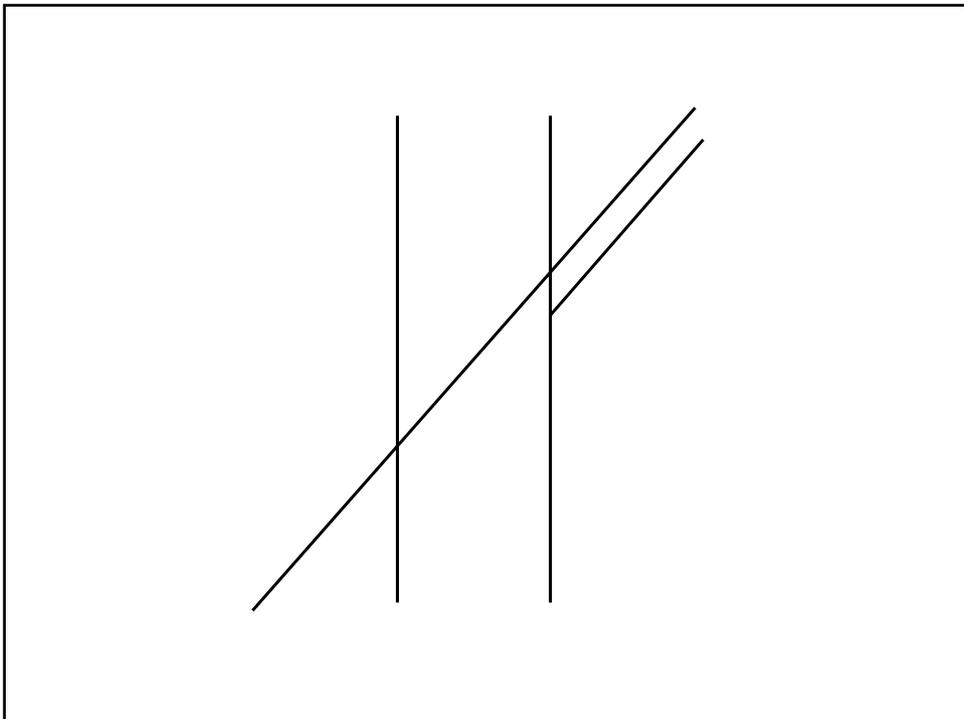
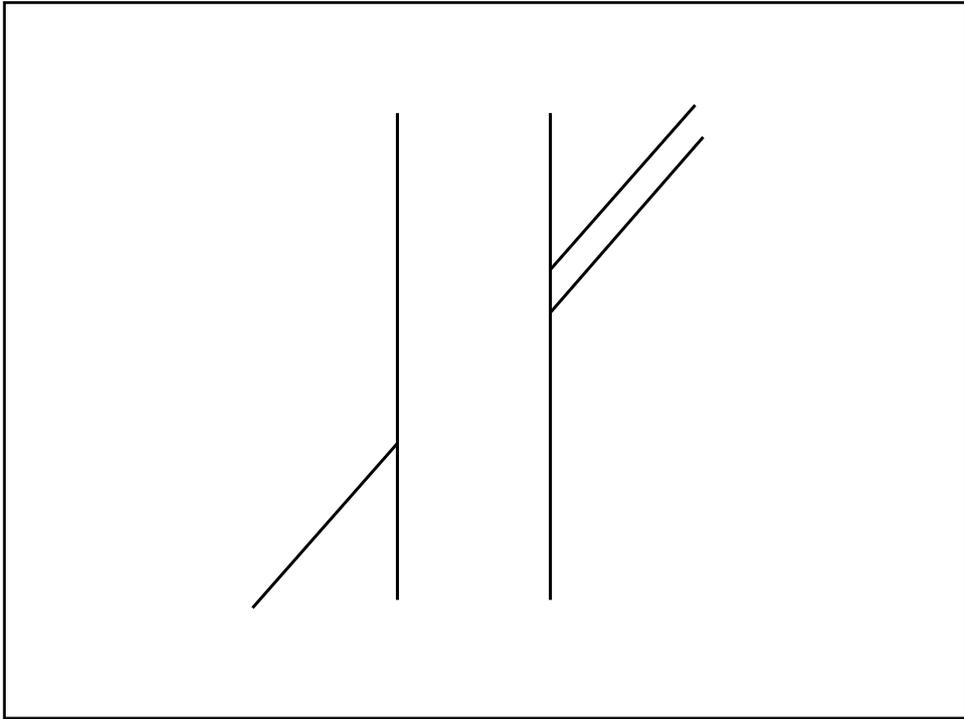


赤丸は、同じ大きさであるが、真ん中の赤丸は、手前にあると解釈されるので、小さく見える。なぜか？

<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

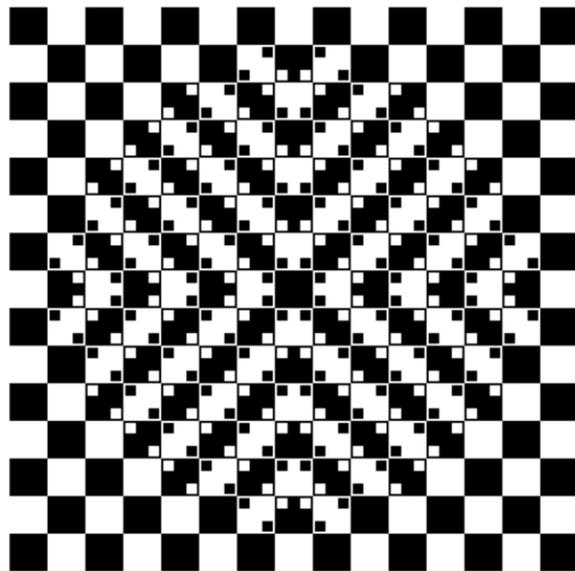
形の知覚

人間の視覚系は、実際の形をそのまま知覚しているわけではない。

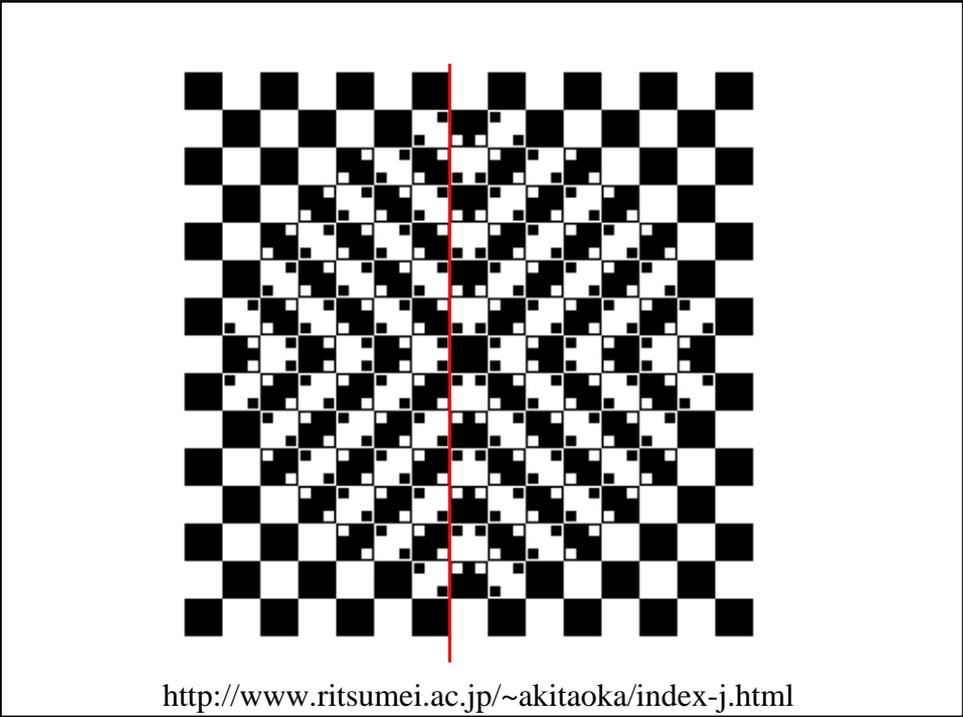
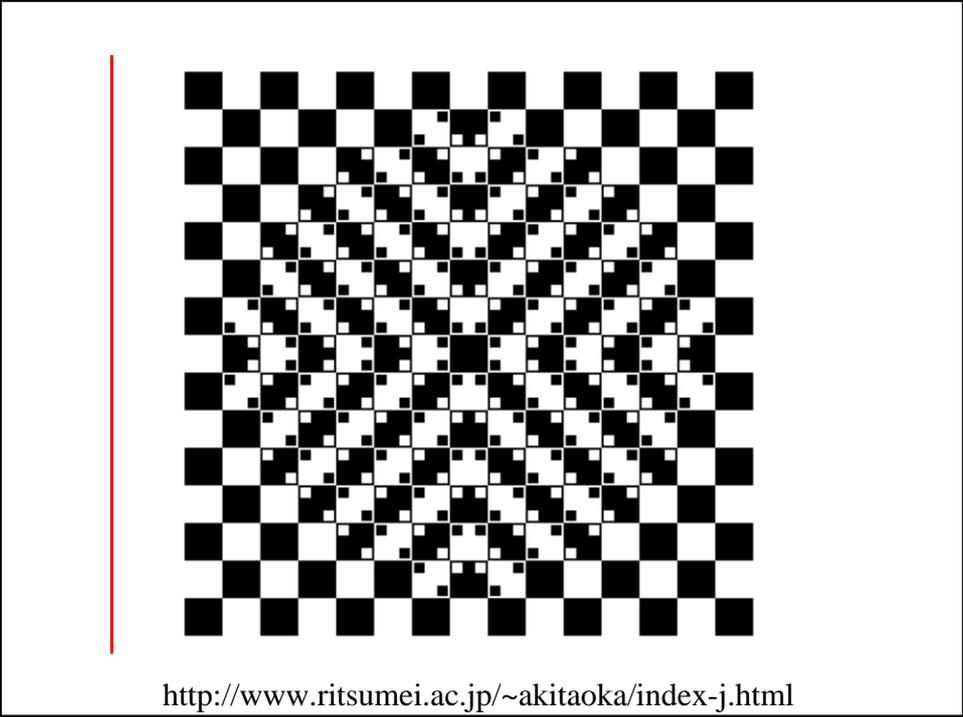


形の知覚

- 3次元空間としての解釈を無意識下で行っている。



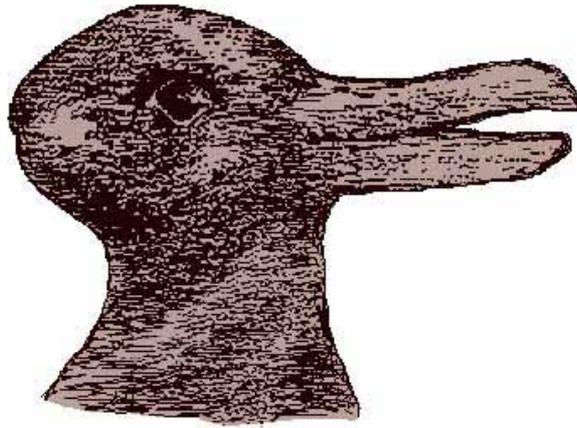
<http://www.ritsumeai.ac.jp/~akitaoka/index-j.html>



多義図形



<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>



<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

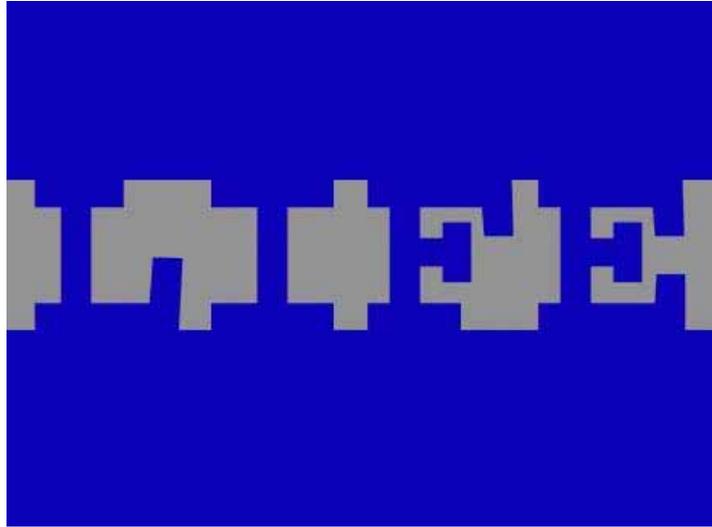


<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

多義図形

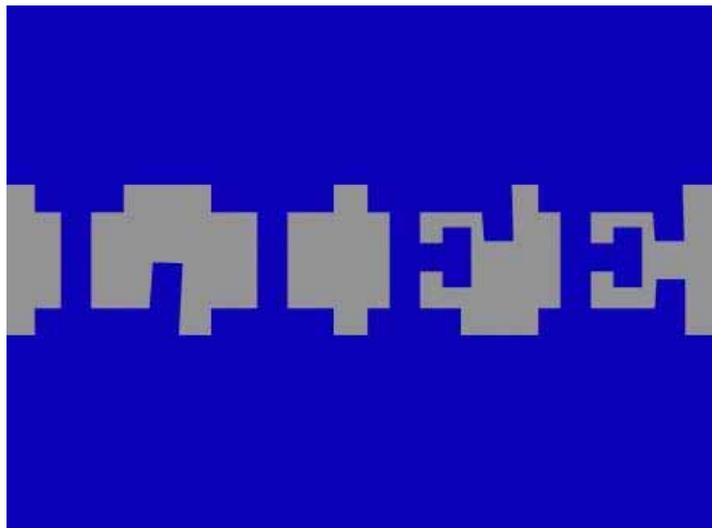
- どちらか一方の認識が行われている(に収集している)ときは、他方の認識は行われていない(ように感じる)。

図と地



<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

L I F E



<http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/basics/visual/>

図と地

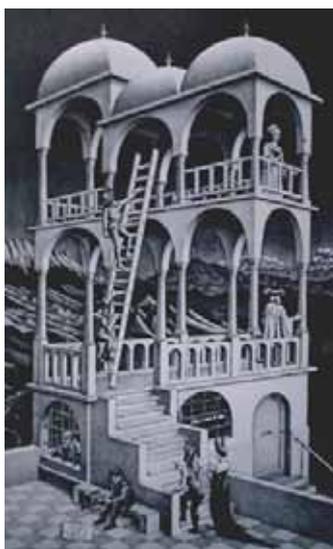
- 一方を図、一方を地として認識しようとする。
- 図として認識した方の形状を解釈しようとする。

エッシャーの世界

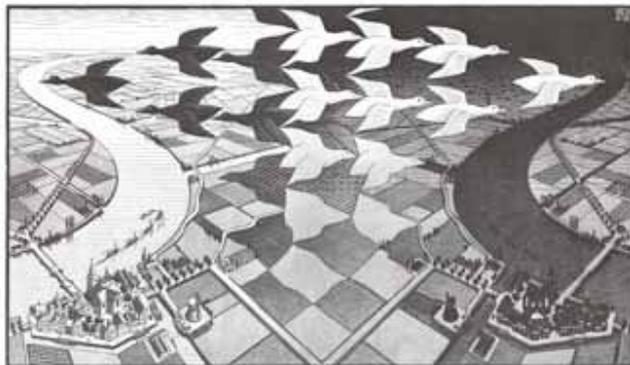
錯視の芸術
(3次元認識の錯覚)



人間の知覚は、3次元的な矛盾に気づきにくい。



人間の知覚は、3次元的な矛盾に気づきにくい。



図と地の知覚特性を巧みに利用

Mathematica による錯視のシミュレーション

[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/
member/yoshi/ouec_lecture/image_recognition/](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/ouec_lecture/image_recognition/)

[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/
member/yoshi/lecture.html](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/lecture.html) 画像認識をクリック

- Image files の “illusion1.pgm” “illusion4.pgm” をダウンロードする。

デスクトップにファイルを置いた場合、ファイルパスは、MACでは、
/Users/w学籍番号/Desktop/...../bar_data0.txt

MACでファイルパスを知る方法

- 1 プルダウンメニュー 入力 - > ファイルパスの取得
- 2 Terminal にフォルダをおく

- Mathematica でダウンロードした画像を表示する。
- Mathematica で画像の錯視シミュレーションを行う。