



視覚機能と計算機支援診断

大阪大学 大学院 医学系研究科
(兼) 基礎工学研究科
情報科学研究科
田村進一

マルチメディア工学 1/4

- 視覚情報の流れと経路

- 低次処理

受容野特性

Laplacian Gaussian特性（2次微分特性）

多重解像度

- 高次処理

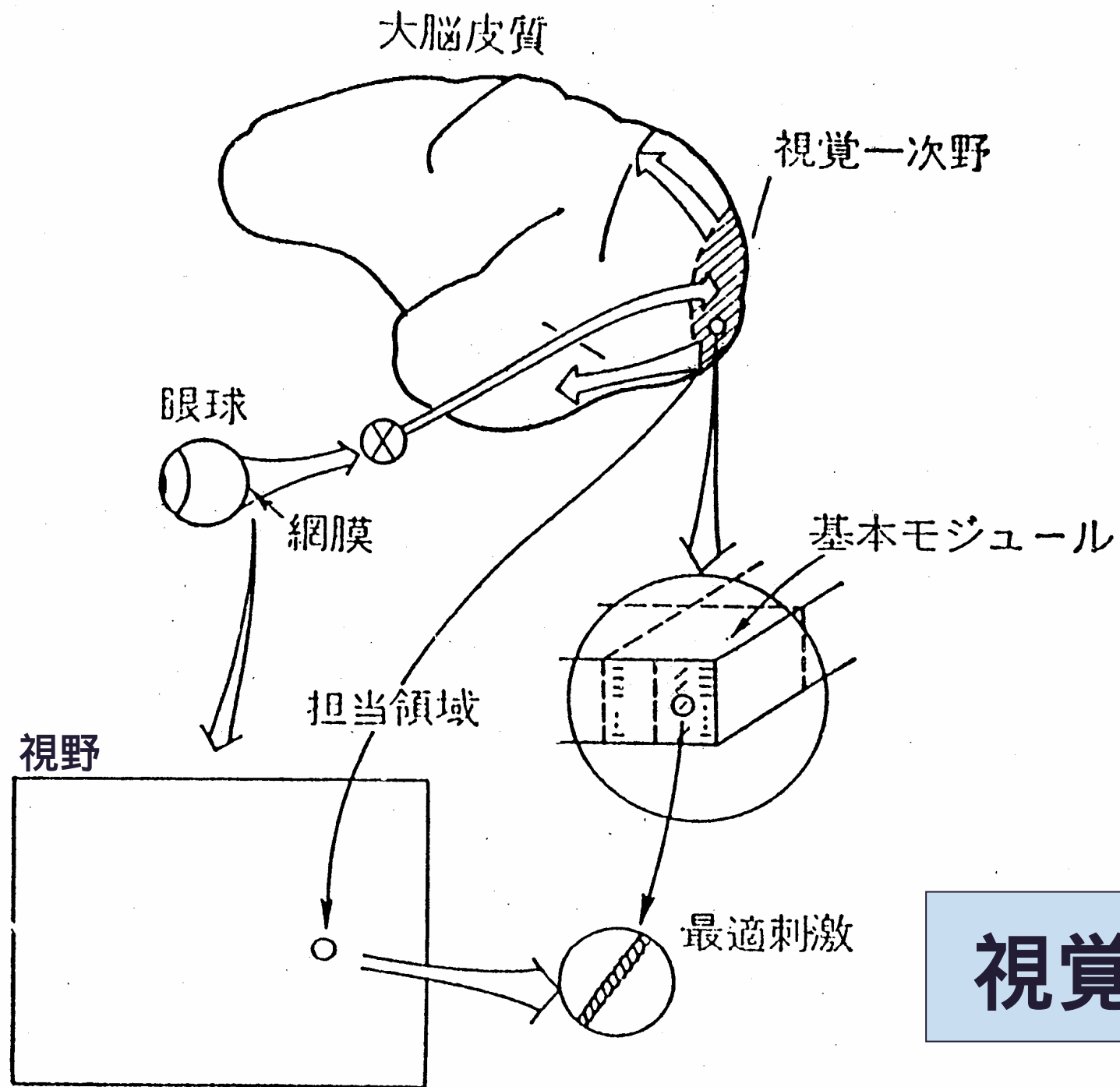
還元過程 テクスチャ識別

陰影による凹凸認識

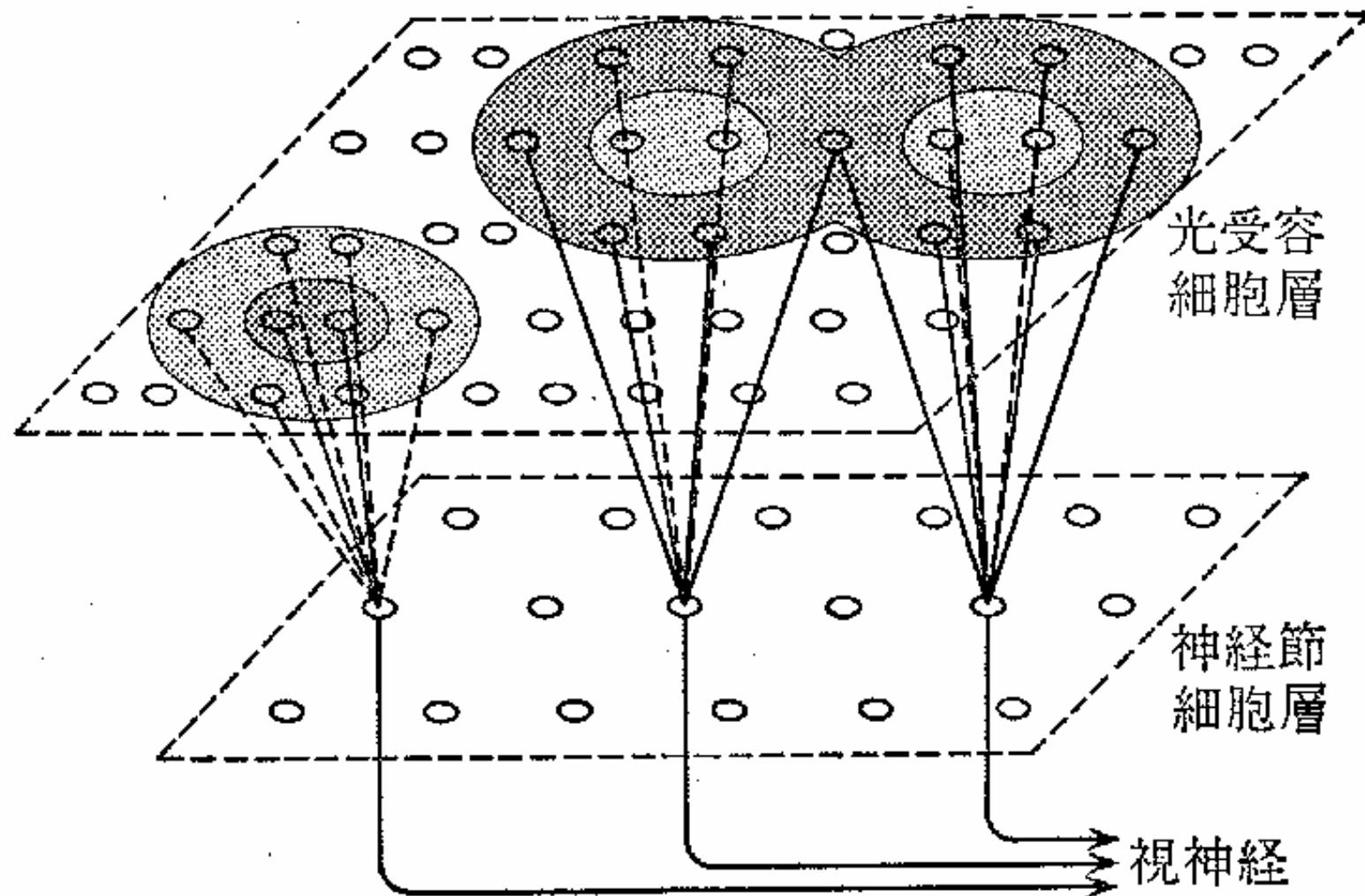
- 胸部X線画像のコンピュータ支援診断

- 軟骨厚計測

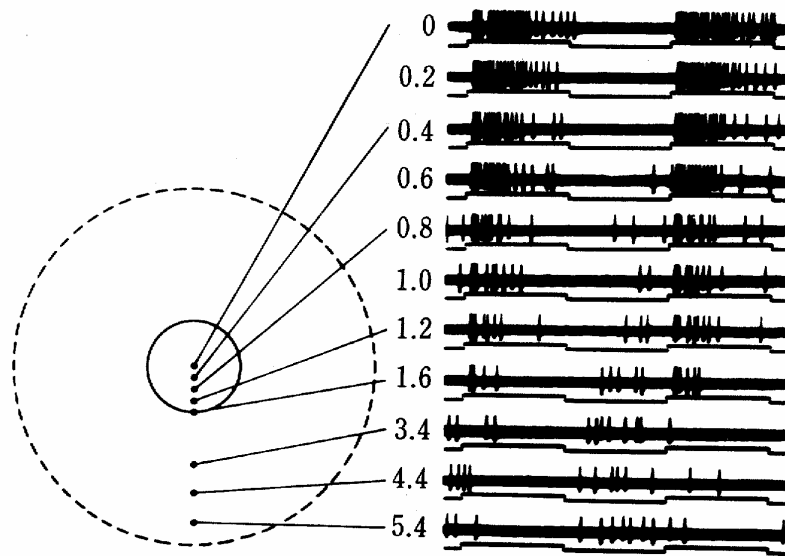
- 時空間処理



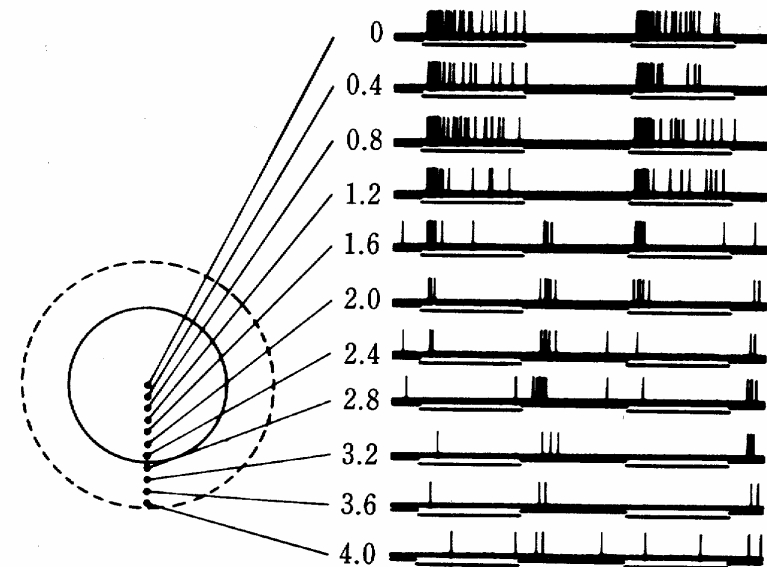
視覚経路



網膜の受容野と神経回路



(a) オン中心型受容野 (Y 細胞)



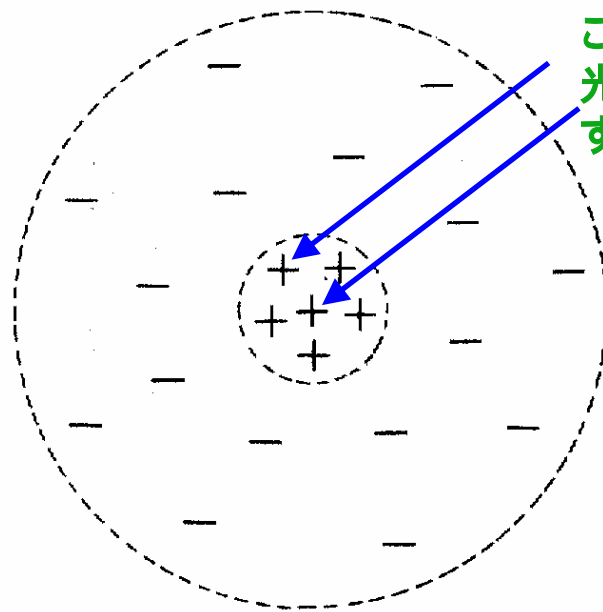
(b) オフ中心型受容野 (Y 細胞)

図 3.9 ネコの網膜神経節細胞の反応の一例 (Fukada⁸⁾)

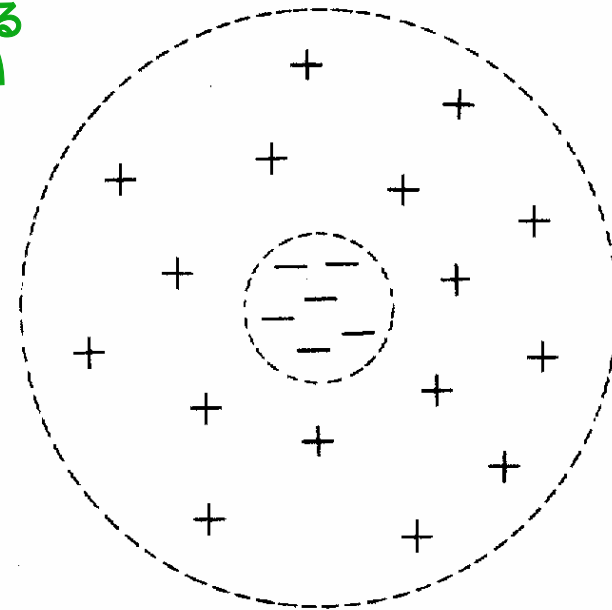
数字は受容野中心からの距離 (視角: 度), 刺激光の繰り返し: 1 Hz

光スポット刺激に対する受容野の反応

中心部に光が当たると, 興奮するオン受容野(a)と, 逆のオフ受容野(b)がある



これら2点に当たる
光は区別できない
すなわちボケる

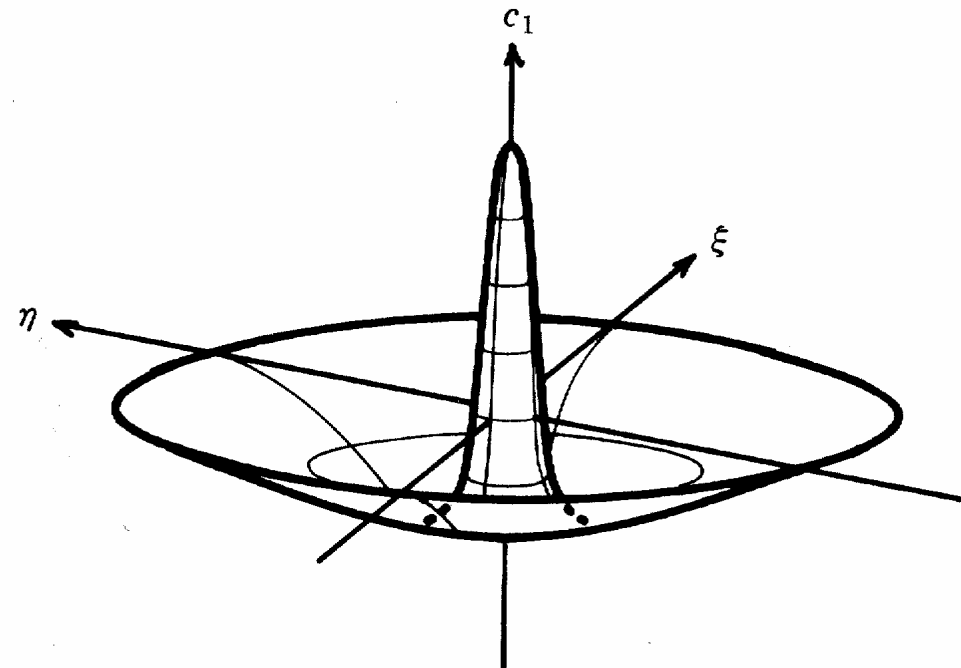
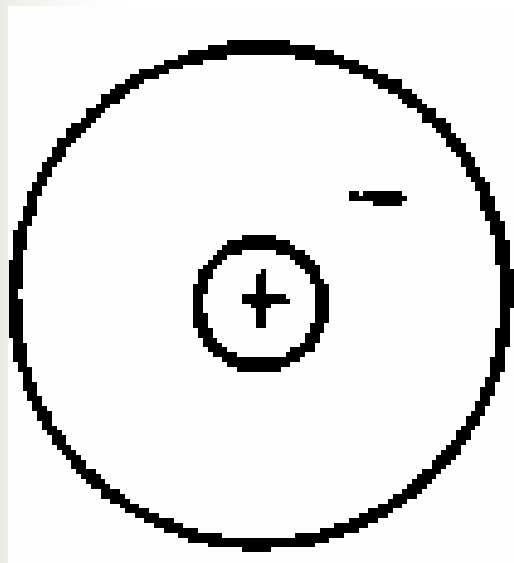


(a) オン中心型受容野

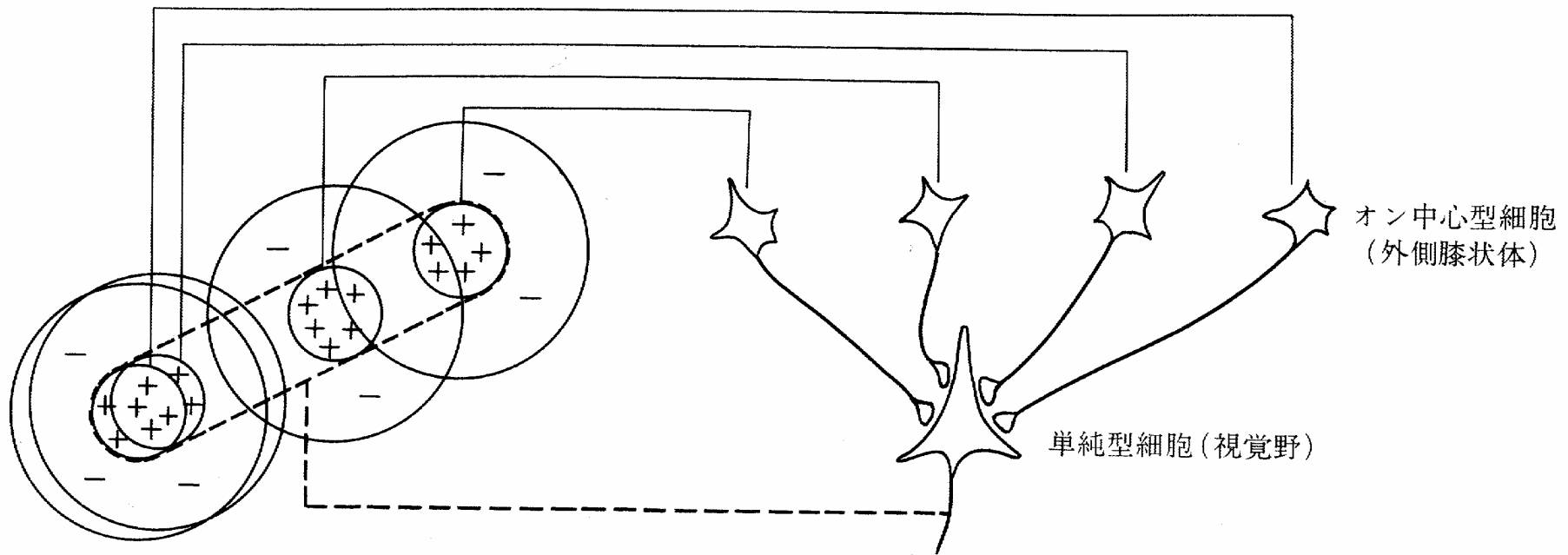
(b) オフ中心型受容野

網膜の受容野

変化の検出に適している



ON Center 型受容野

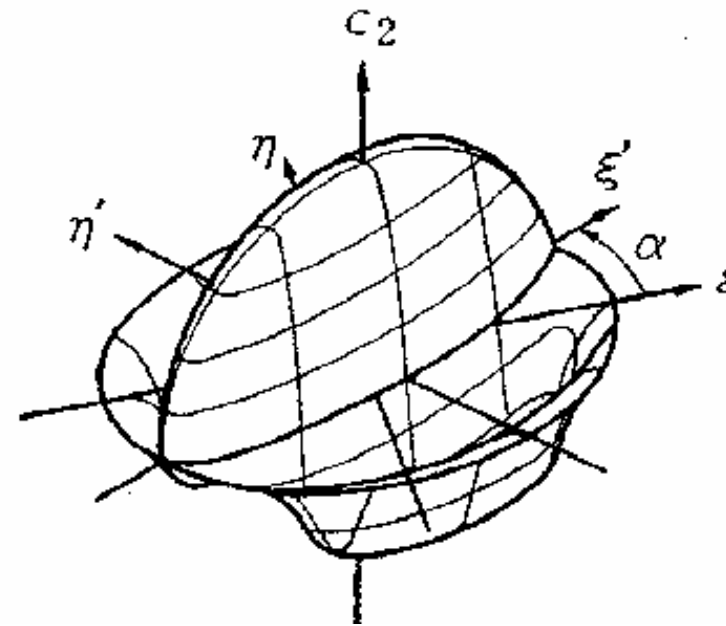
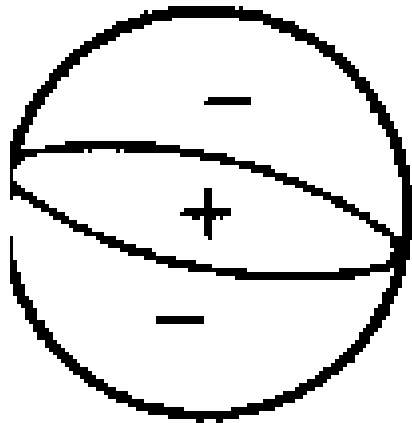


＋：オン反応，－：オフ反応

図 4.5 単純型細胞のシナプス結合モデル (Hubel & Wiesel⁵⁾ を変更)

単純型細胞の受容野構成モデル

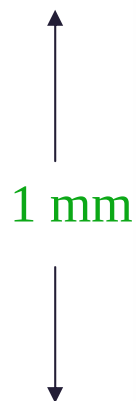
特定方向の明るい線分に反応する



方向性受容野

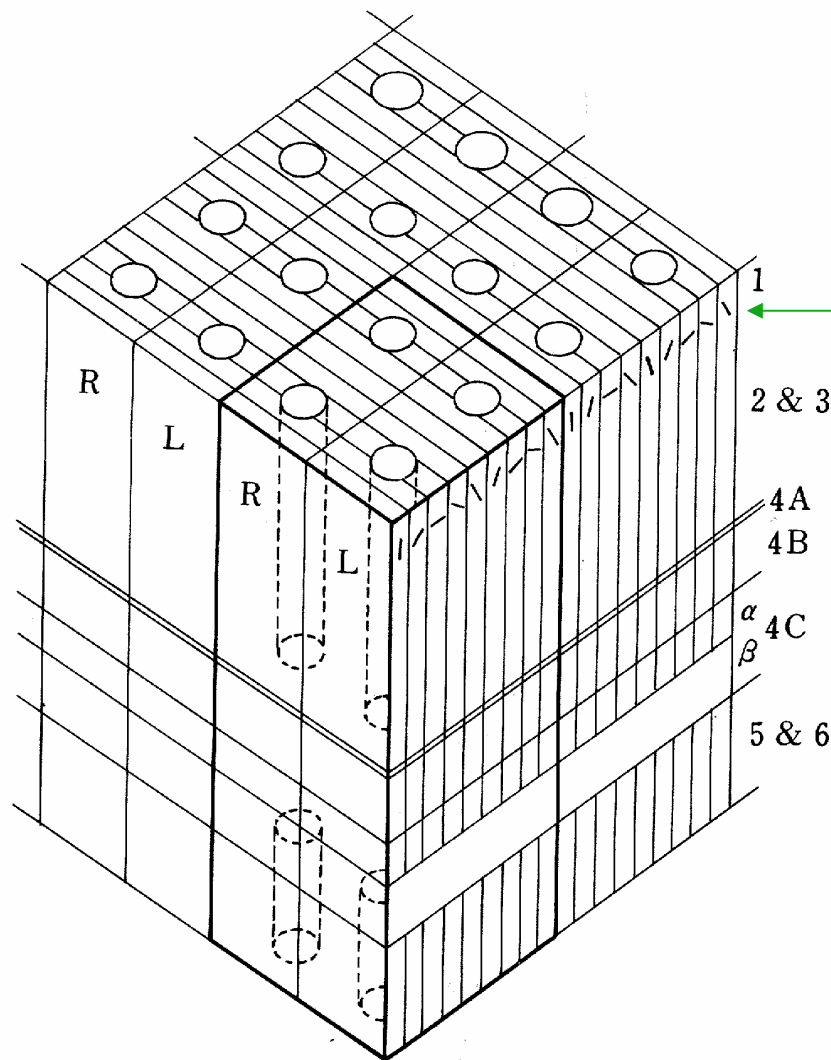
特定方向の明るい線分に反応する

脳表面



1 mm

脳中心方向

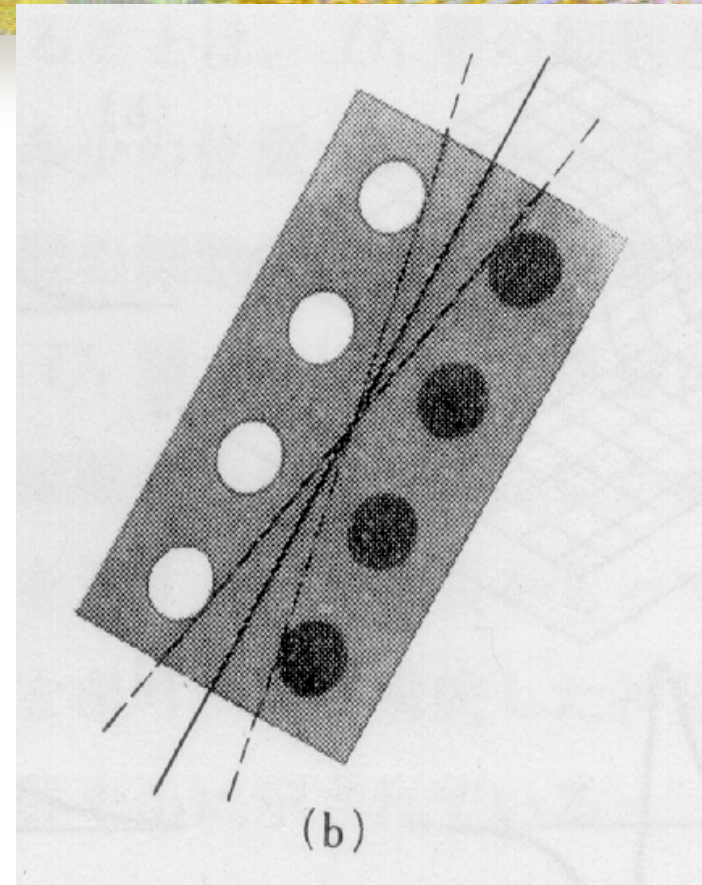
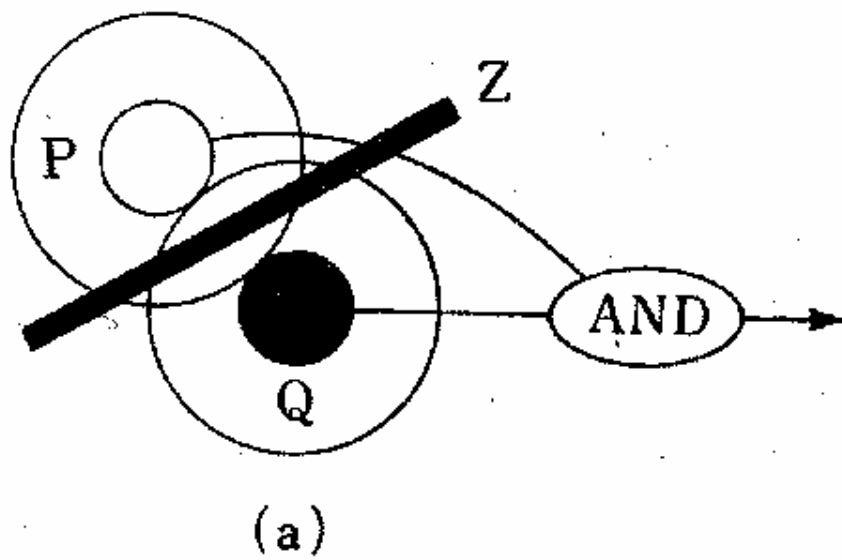


色々な向きの線分を
検出する器官が
コラム状に整然と
並んでいる

Livingstone &
Hubel (1984)

大脳視覚領の断面図

左右優位眼コラムと方位コラム



複雑型細胞

特定方向のステップエッジを検出

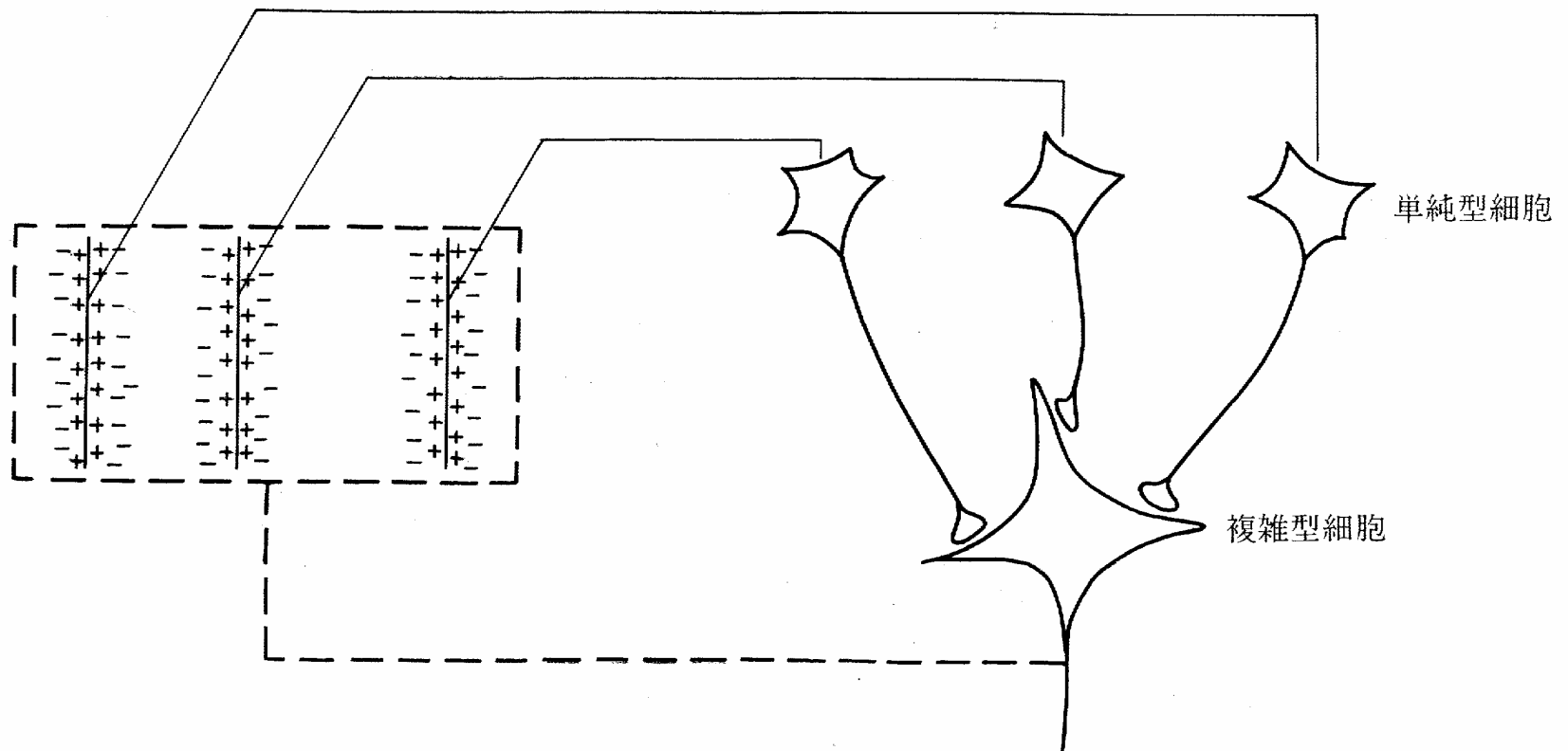
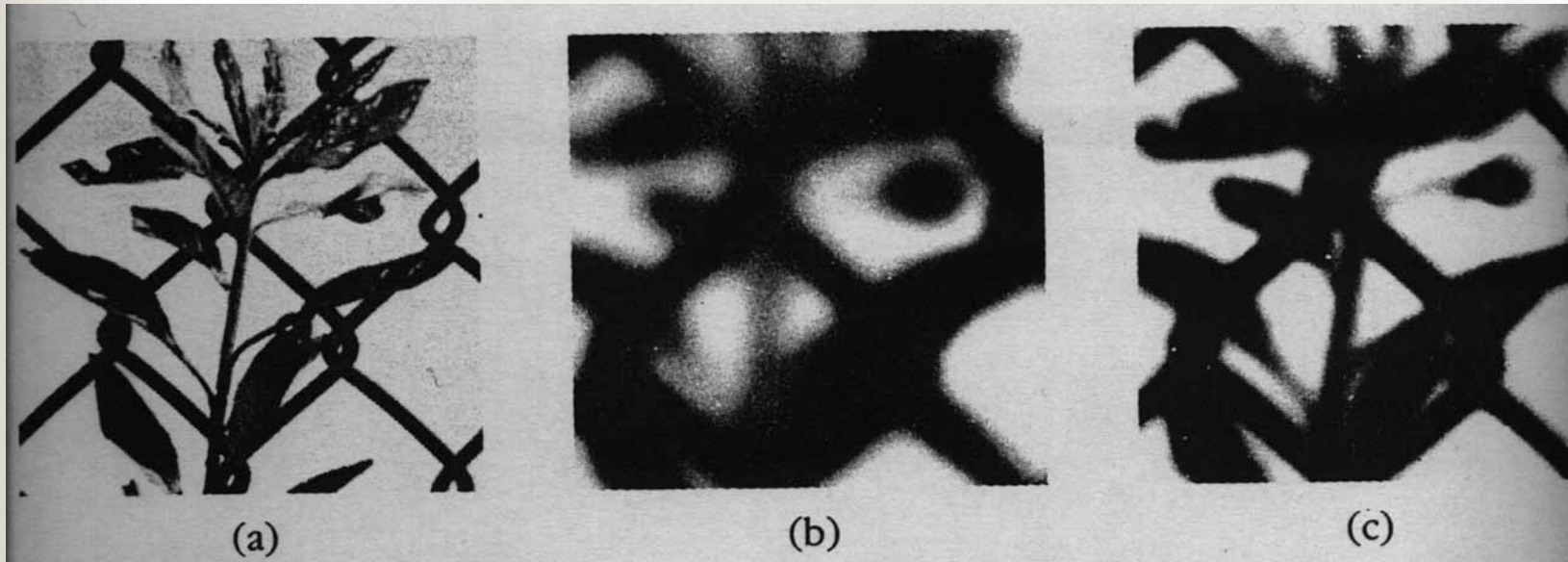


図 4.8 複雑型細胞のシナプス結合モデル (Hubel & Wiesel⁵⁾ を変更)

複雑型細胞の受容野構成モデル

特定の縦線群に反応する細胞の例



多重解像度モデル

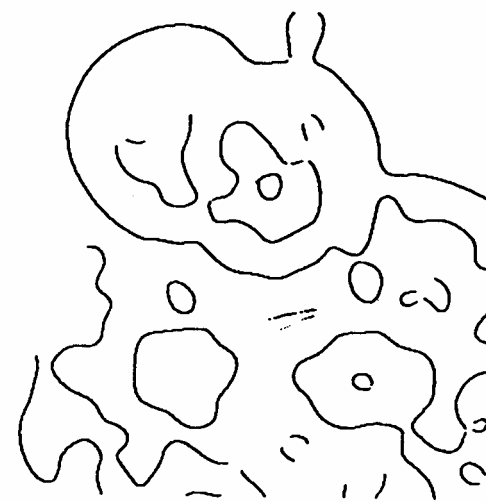
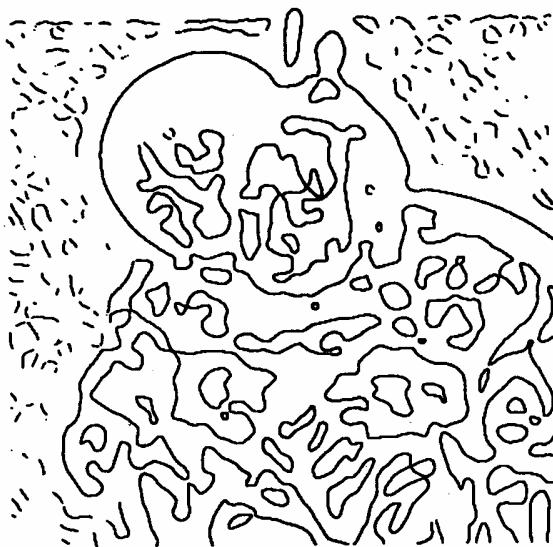
ぼけた画像(b)の方が、金網の全体像を抽出しやすい
(実際、大きな受容野で受けた像はぼけている)



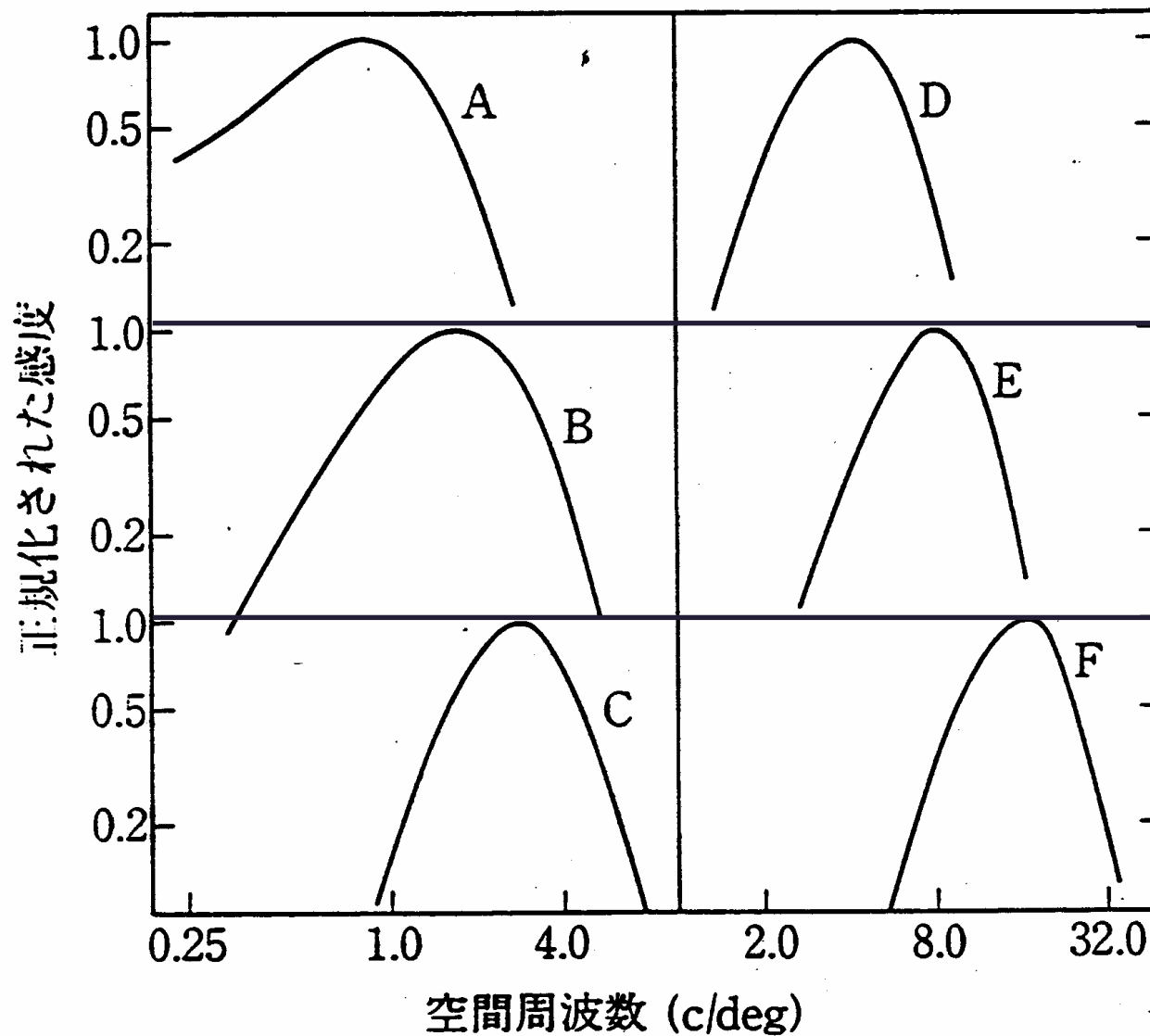
多重解像度による エッジ抽出



原画像から



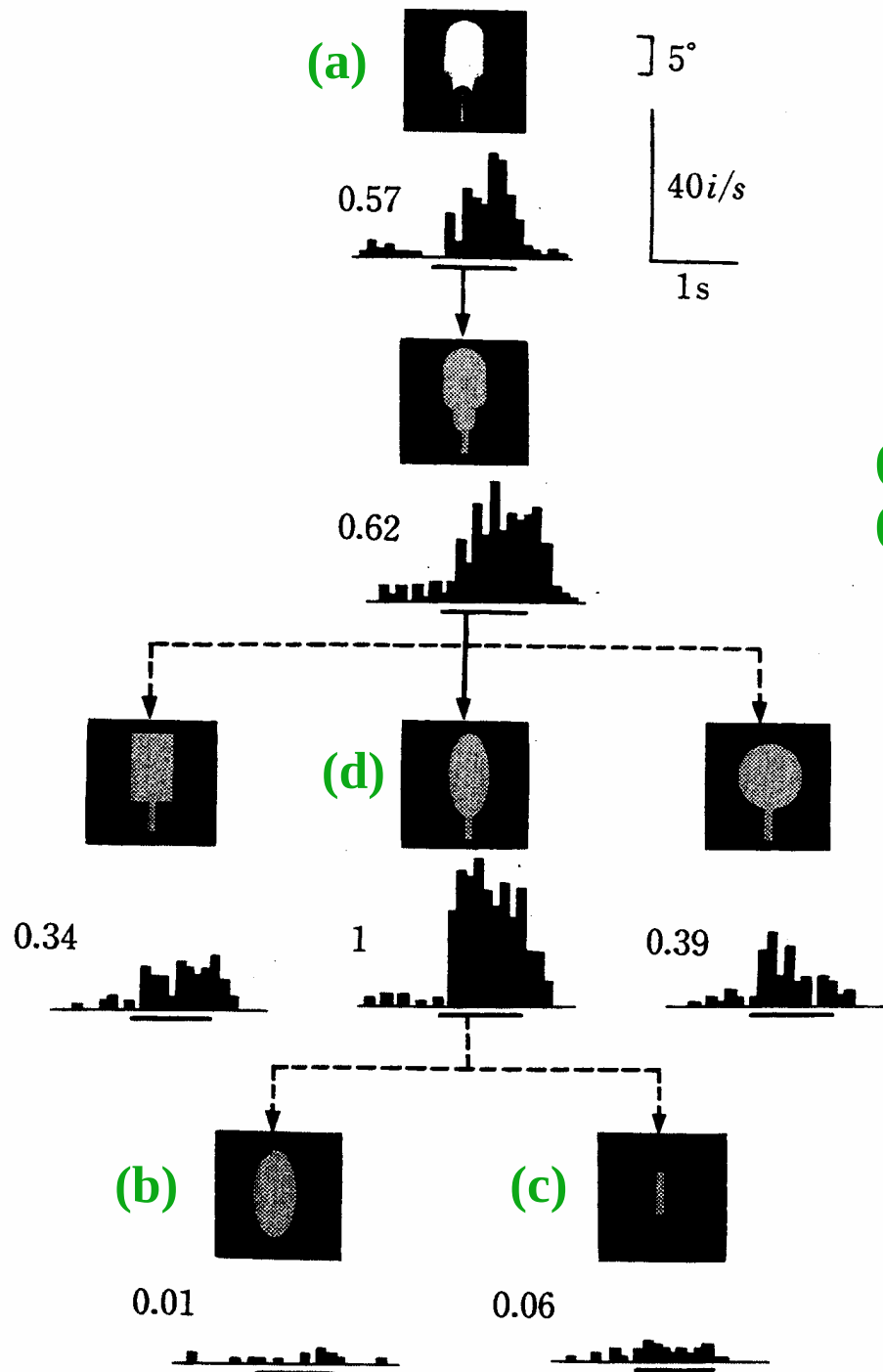
ぼけた像から



空間周波数チャンネル

Wilsonら(1983)

1オクターブずつ中心周波数がずれている

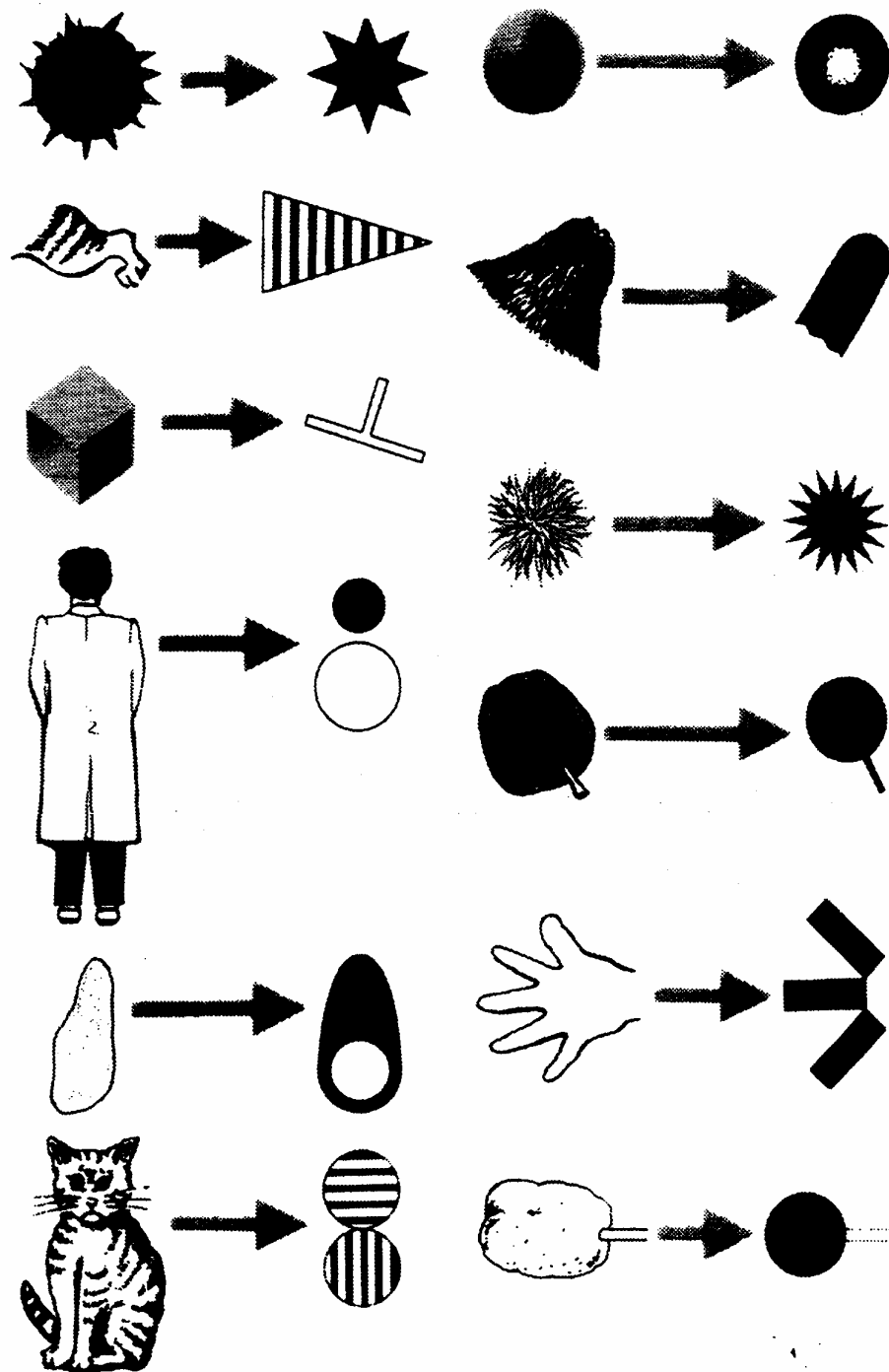


(a)のドライバに反応する細胞は、
(b)と(c)を組み合わせた(d)にも反応

腹側視覚路の細胞
に興奮を引き起こす
刺激の還元的過程

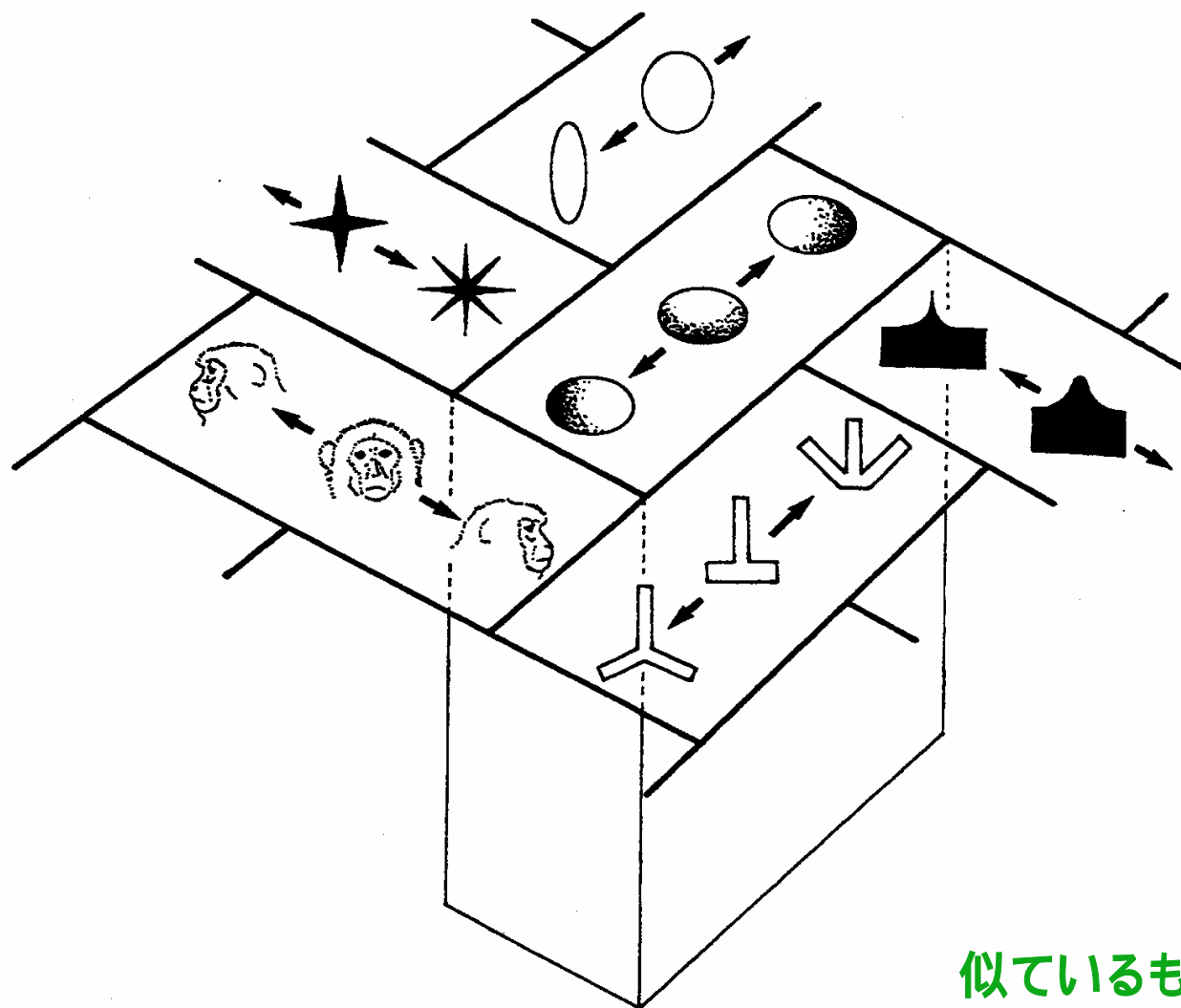


図2 人の顔と赤ピーマンに
 反応したTE野ニューロ
 ンは、実は、くちびると
 ピーマンの一部に含まれ
 る「上が暗く、下が明る
 く、真ん中が一番暗い横
 長の図形」に反応してい
 るのに過ぎなかった。
 個々のTE野ニューロン
 の活動は物体を特定する
 ことができない。



還元的過程

細部は見ていない



似ているものは近くで知覚

TE野微小空間構造の模式図

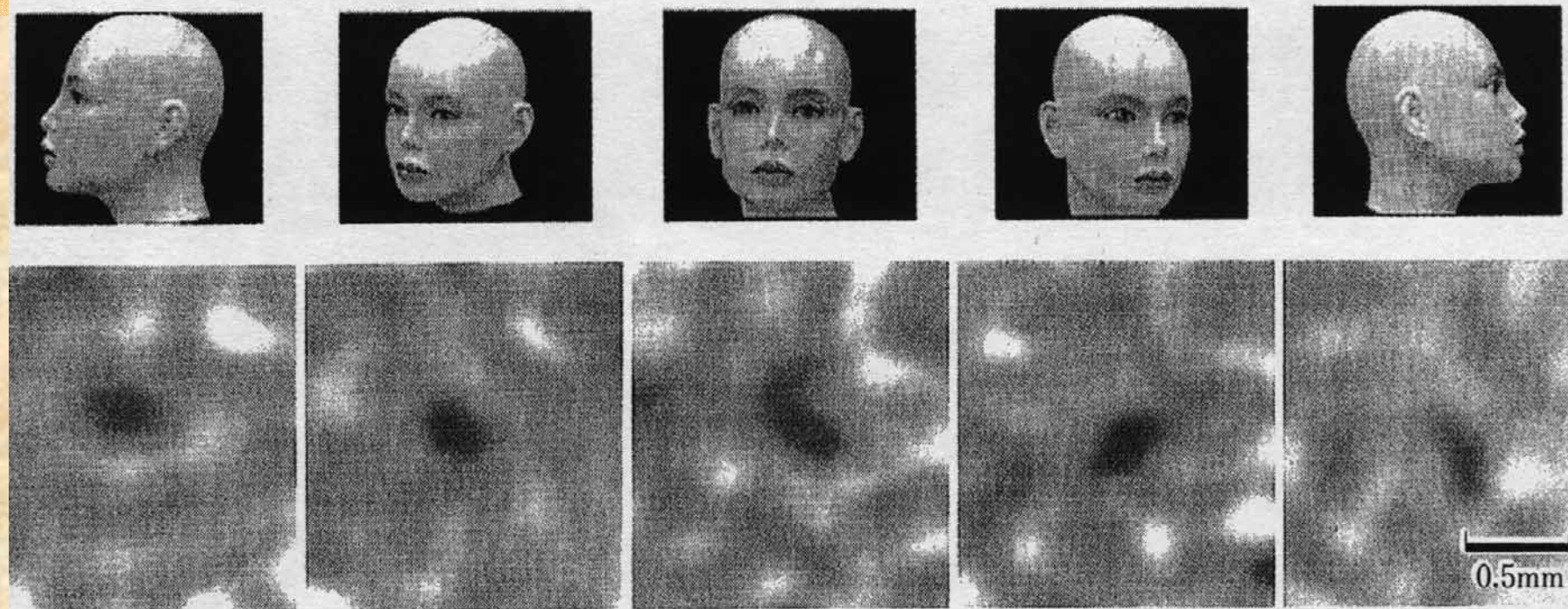
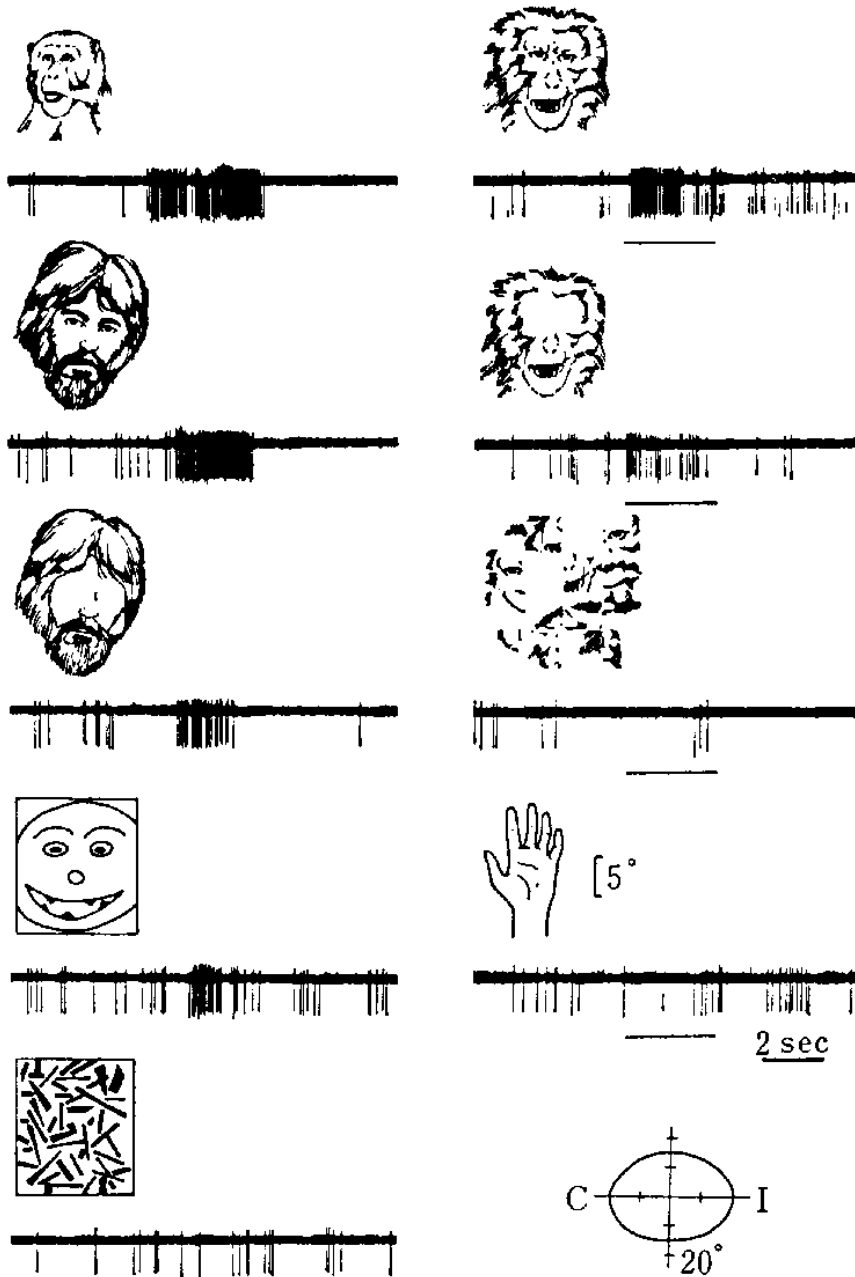


図6 顔の回転に伴う活動スポットの系統的な移動（文献（6）から引用）.

顔の回転に伴う活動スポットの系統的な移動

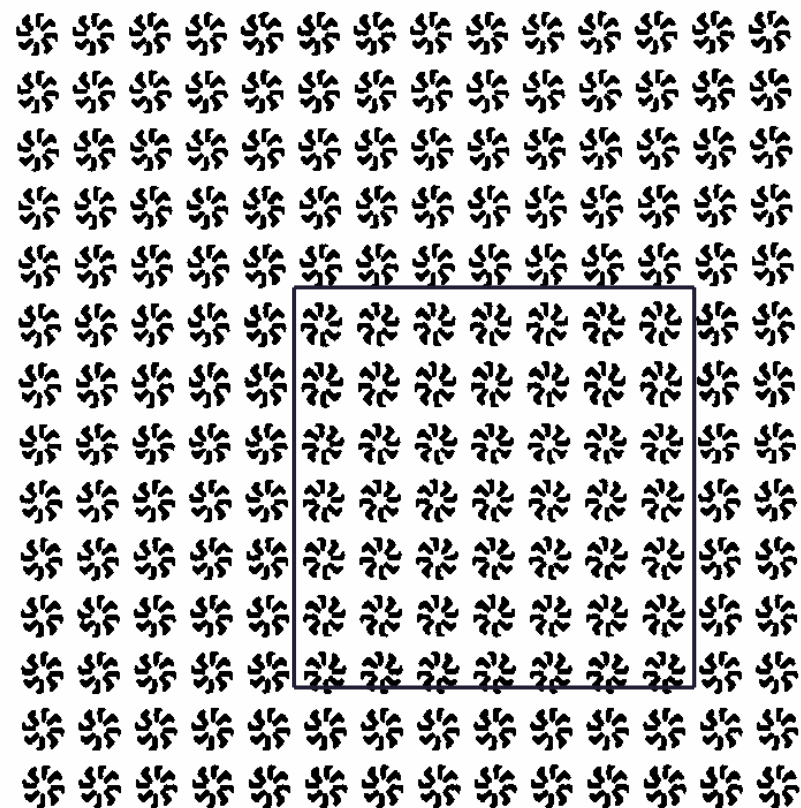
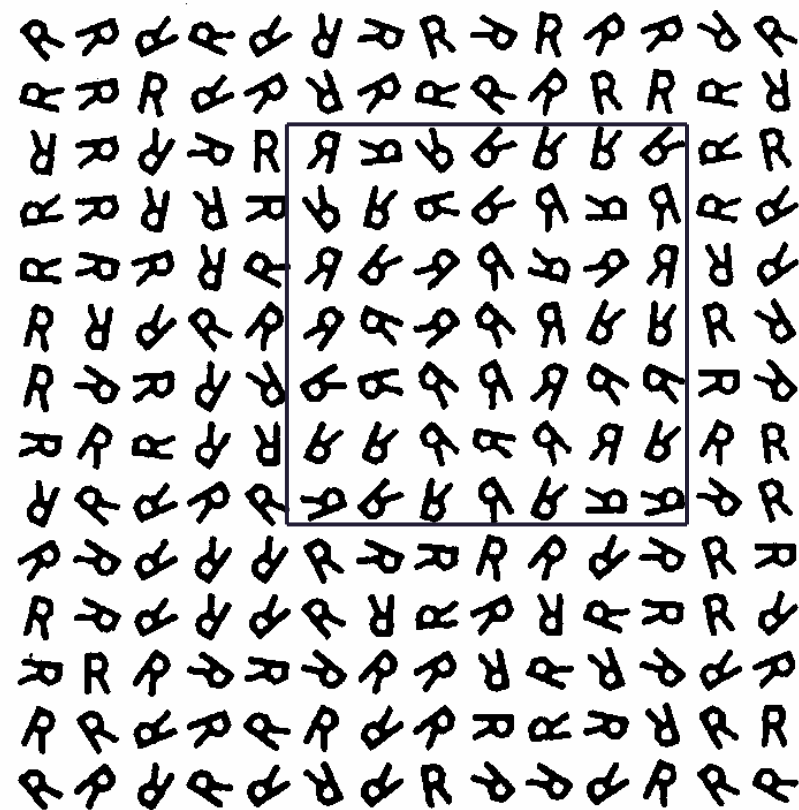
似ているものは近傍で知覚



顔を認識する細胞は、
目のない顔にはあまり反応
しない

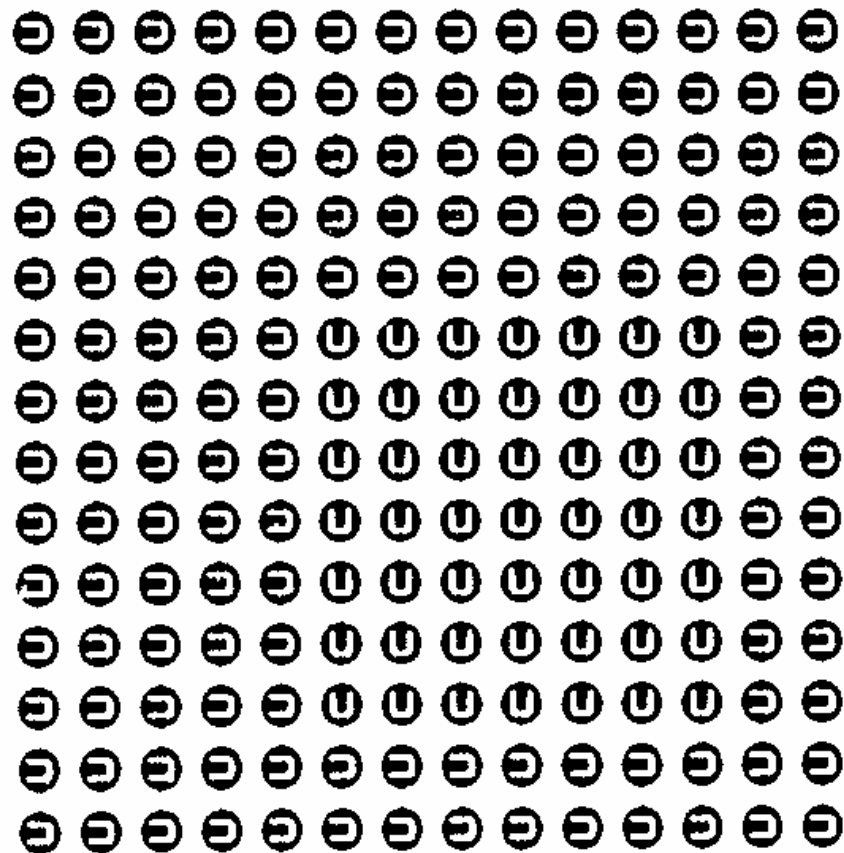
顔によく反応する サルの上側頭溝 ニューロン

Bruceら(1981)

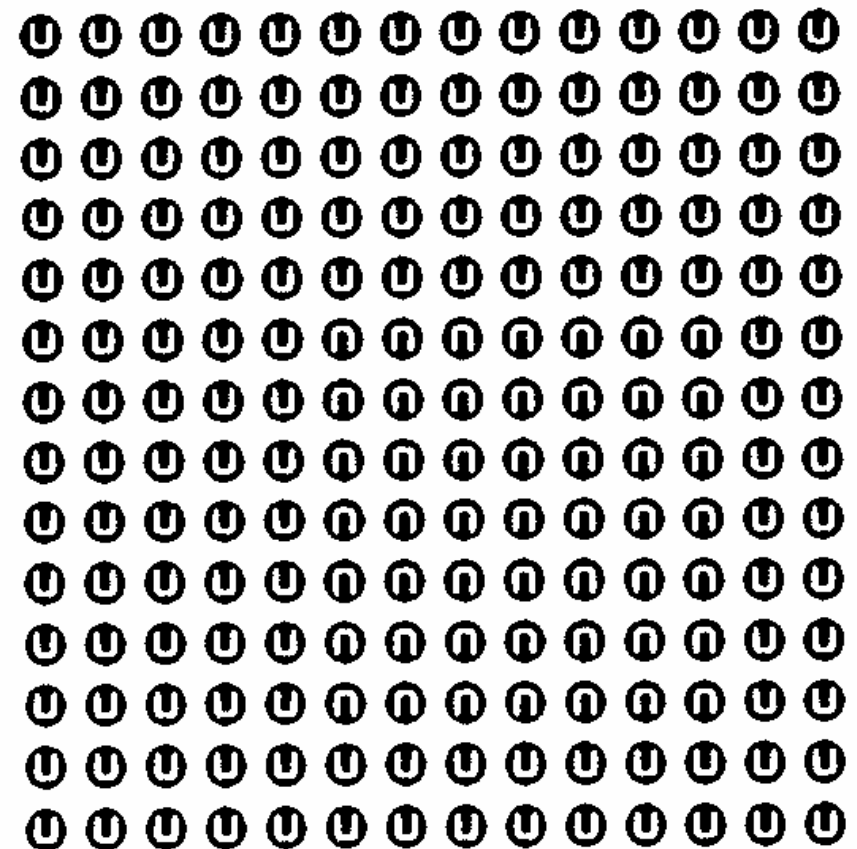


第2次統計量まで等しいテクスチャ

区別できない

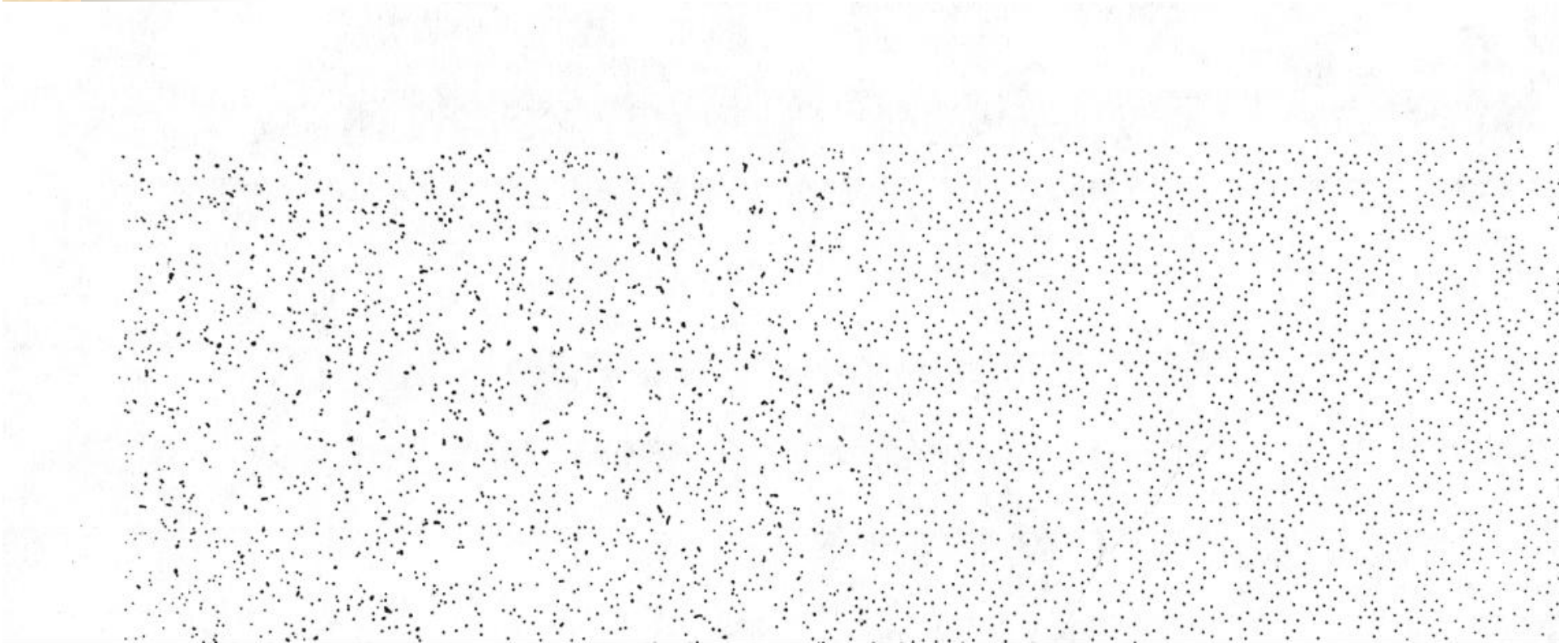
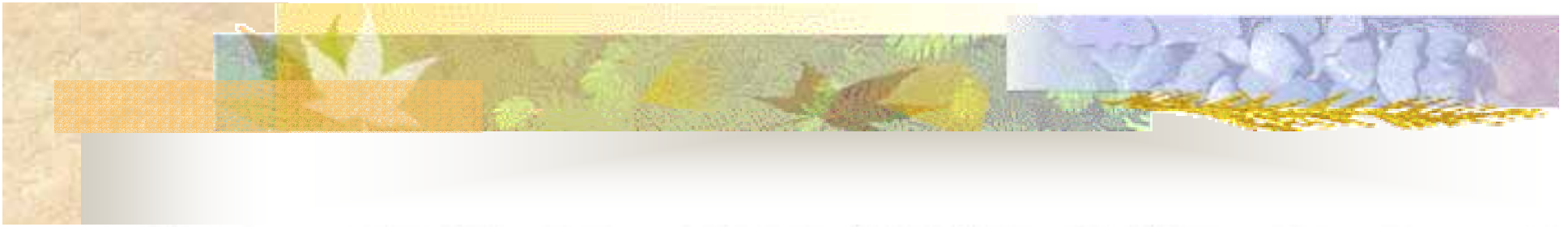


2次統計量が異なり、識別可能



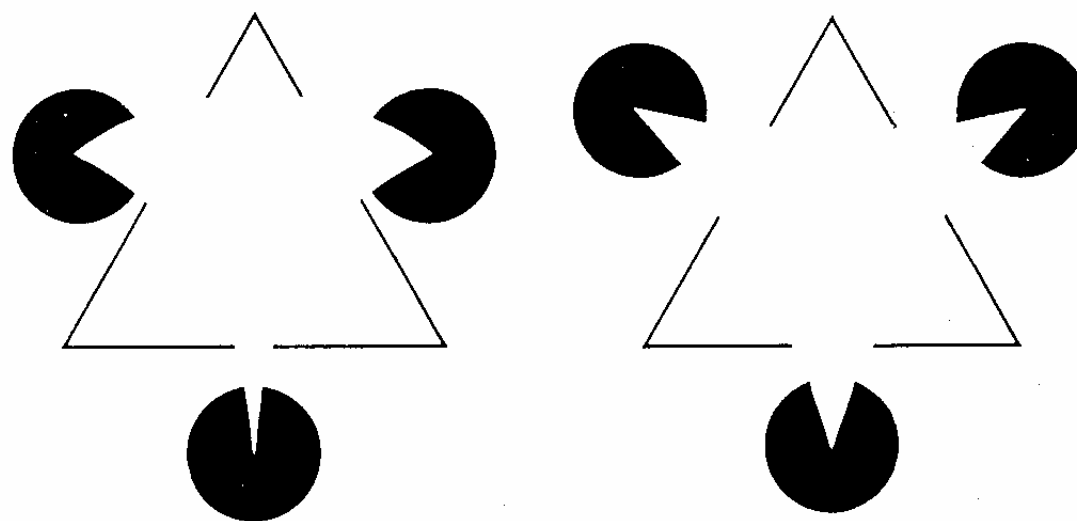
2次統計量がほぼ同じで、識別困難

2次統計量の差異



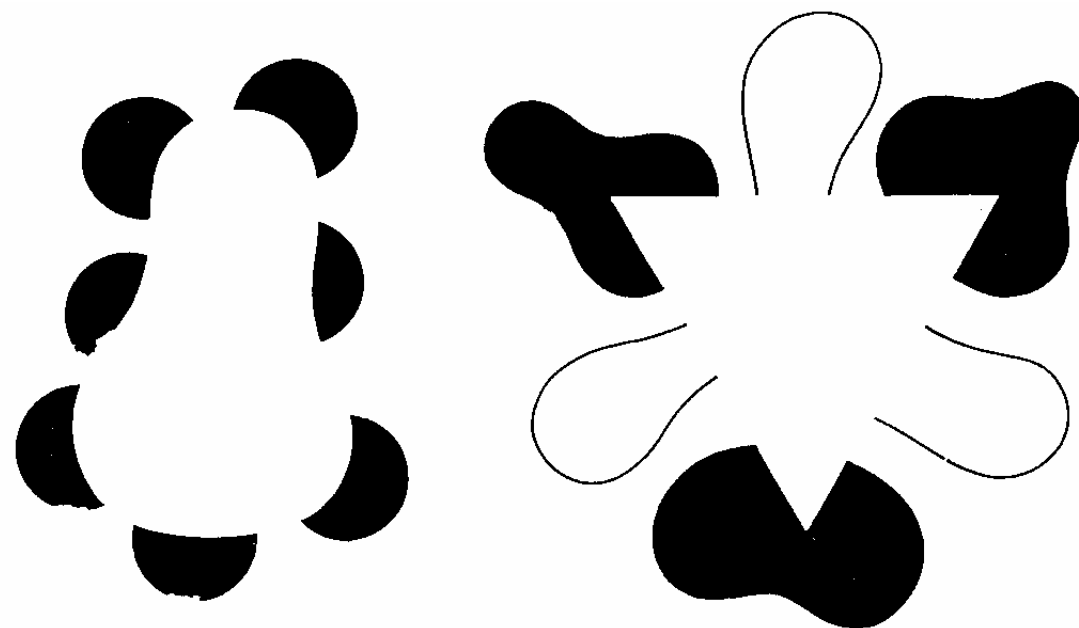
2次統計量の異なるテクスチャ

2次統計量とは、画像の上に針を落としたとき、両端が黒黒、黒白などになる確率



主観的輪郭 1

実際にはないイチョウの葉などが知覚される。
イチョウが背景の黒石などを隠していると解釈



主觀的輪郭 2

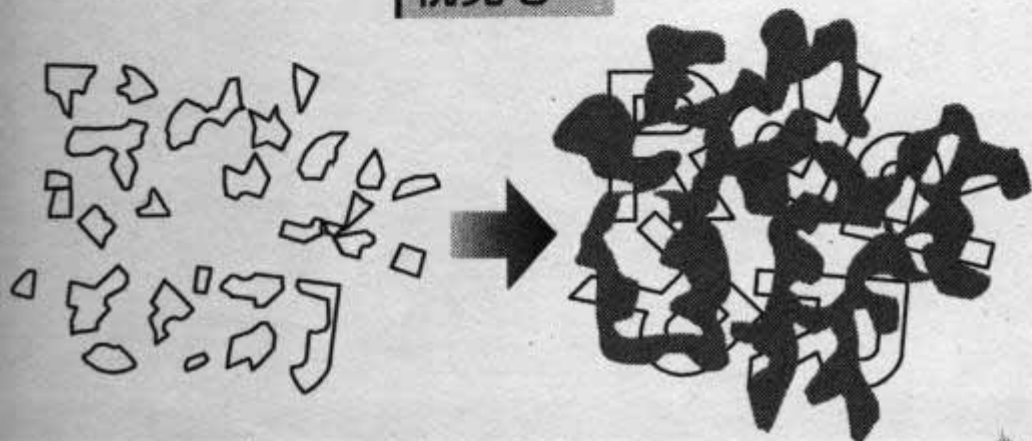
途切れていてもどうして分かる？

雑音が入らないと途切れて曲として聞こえにくい



雑音が入ると途切れていてもつながって聞こえる

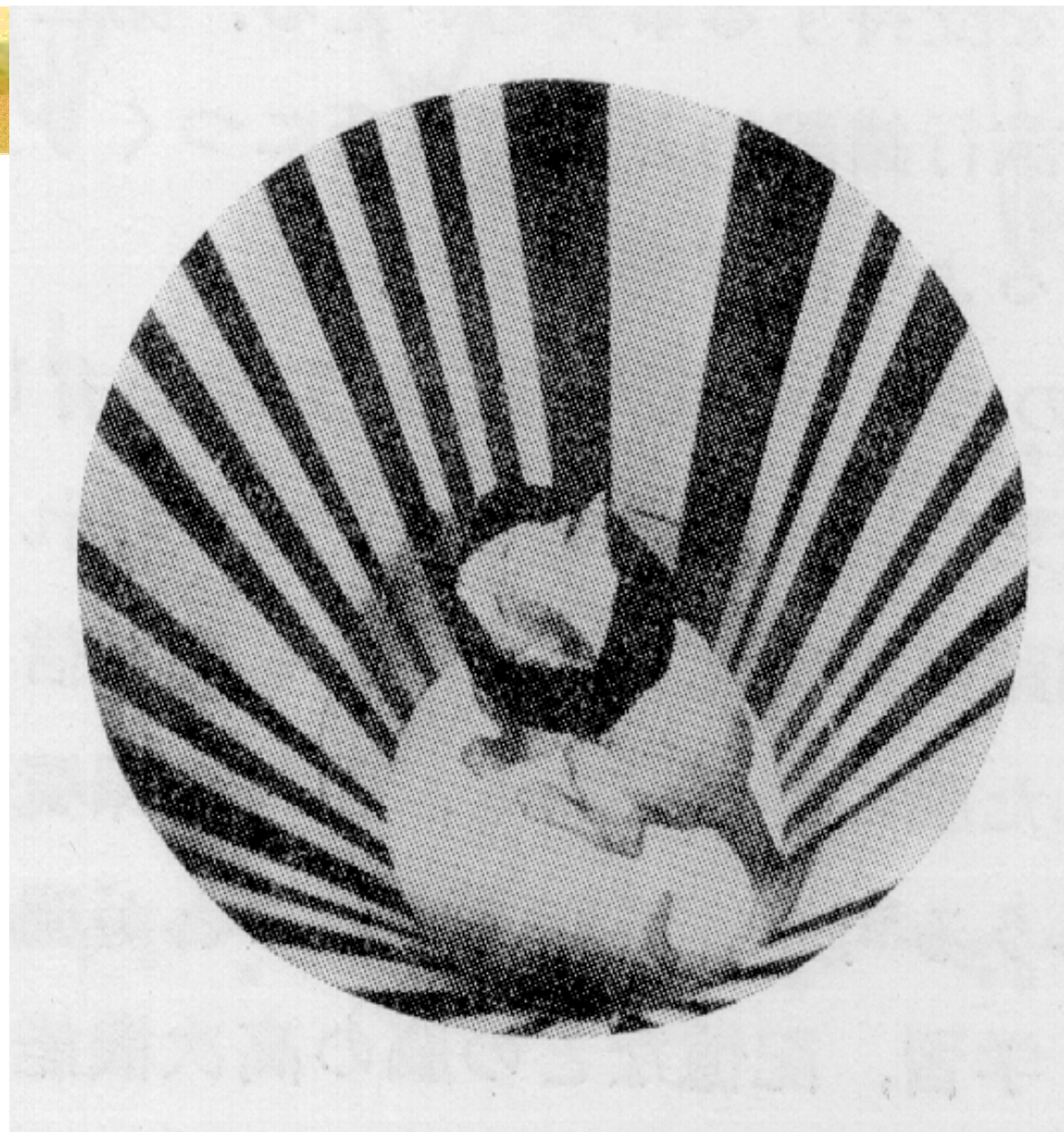
視覚も…



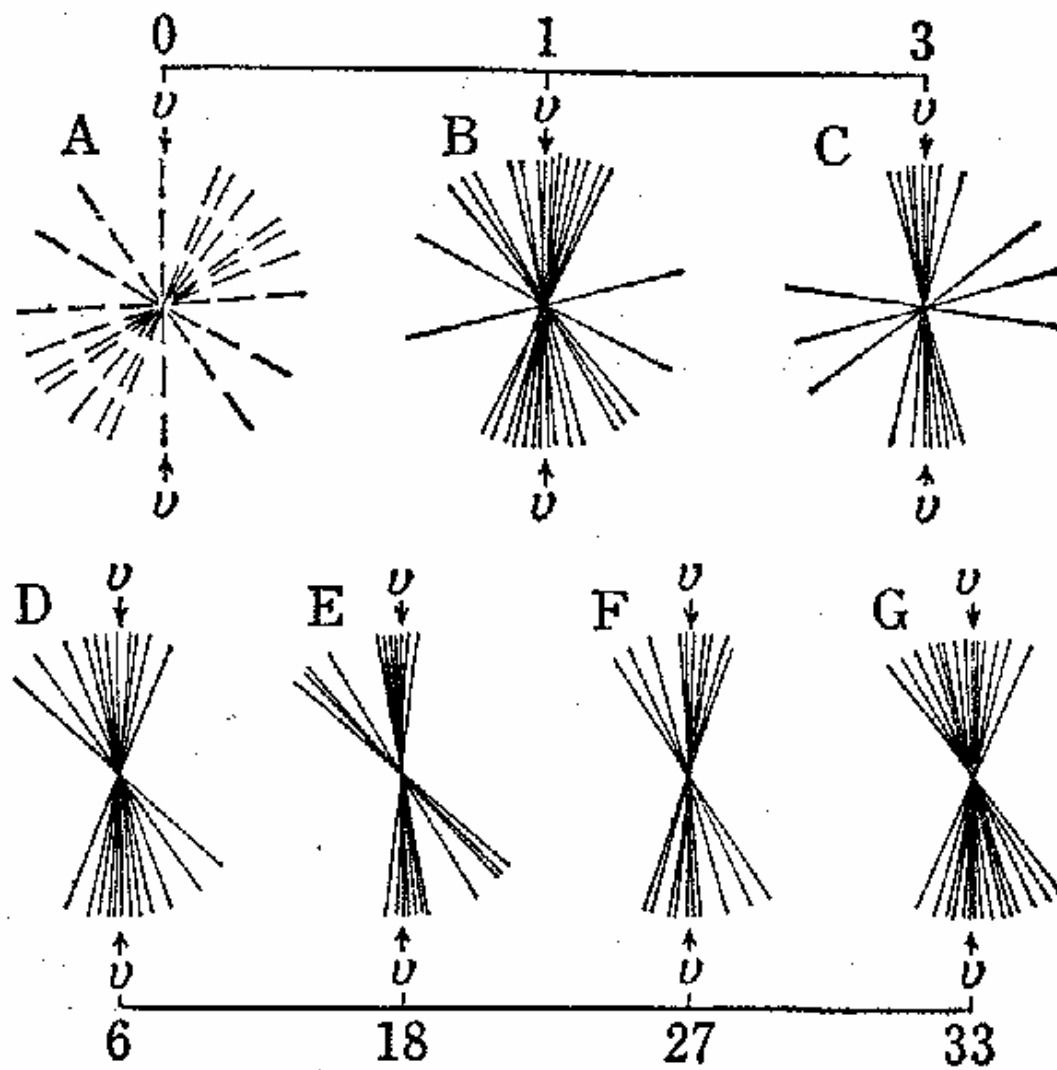
じゃまものがあると文字がよく見えてくる



ざわつくパーティー会場でも特定の人の声が聞き取れる



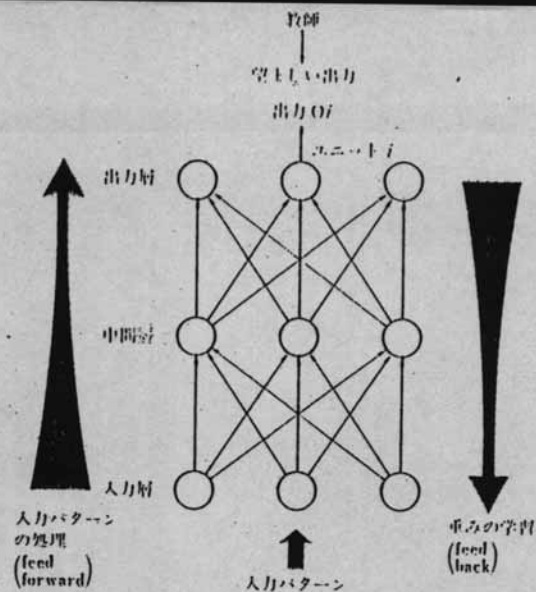
縦縞のみの環境でネコを育てる



縦縞の経過時間(時間)

子ネコの方位反応性

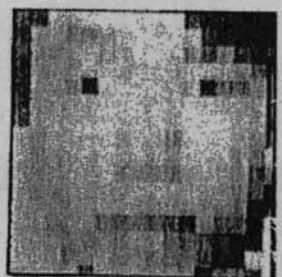
横縞が見え
なくなる



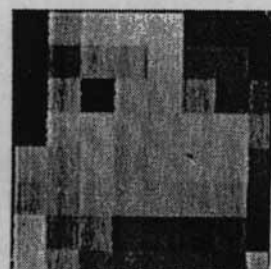
原画



32×32



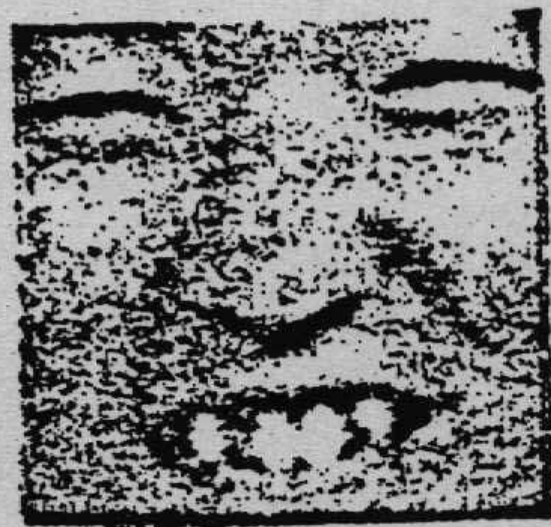
16×16



8×8

ニューラルネットワーク による粗解像度画像か らの男女識別

右下の荒い画像からでも
男女識別可能(80%)



w 1



m 1



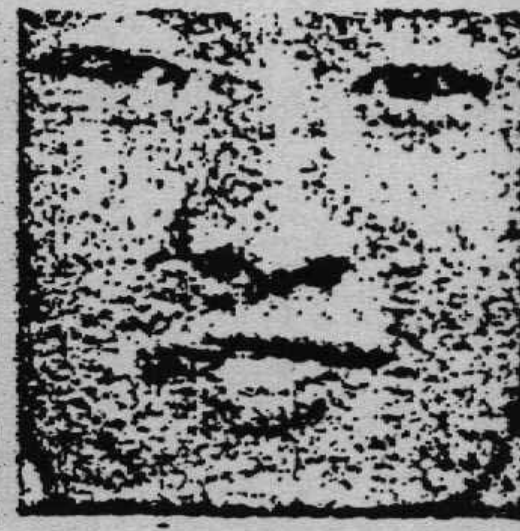
w 2



m 2



w 3



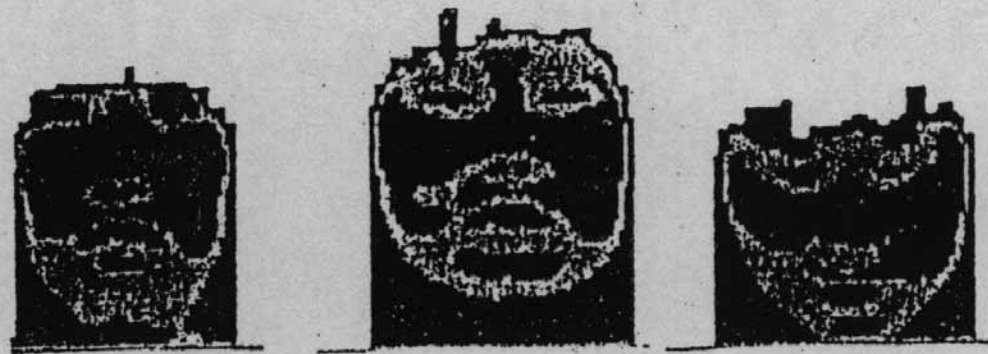
m 3

男、女 ?

これらをぼかした画像
からでも80%識別可能



A. male 凹凸大



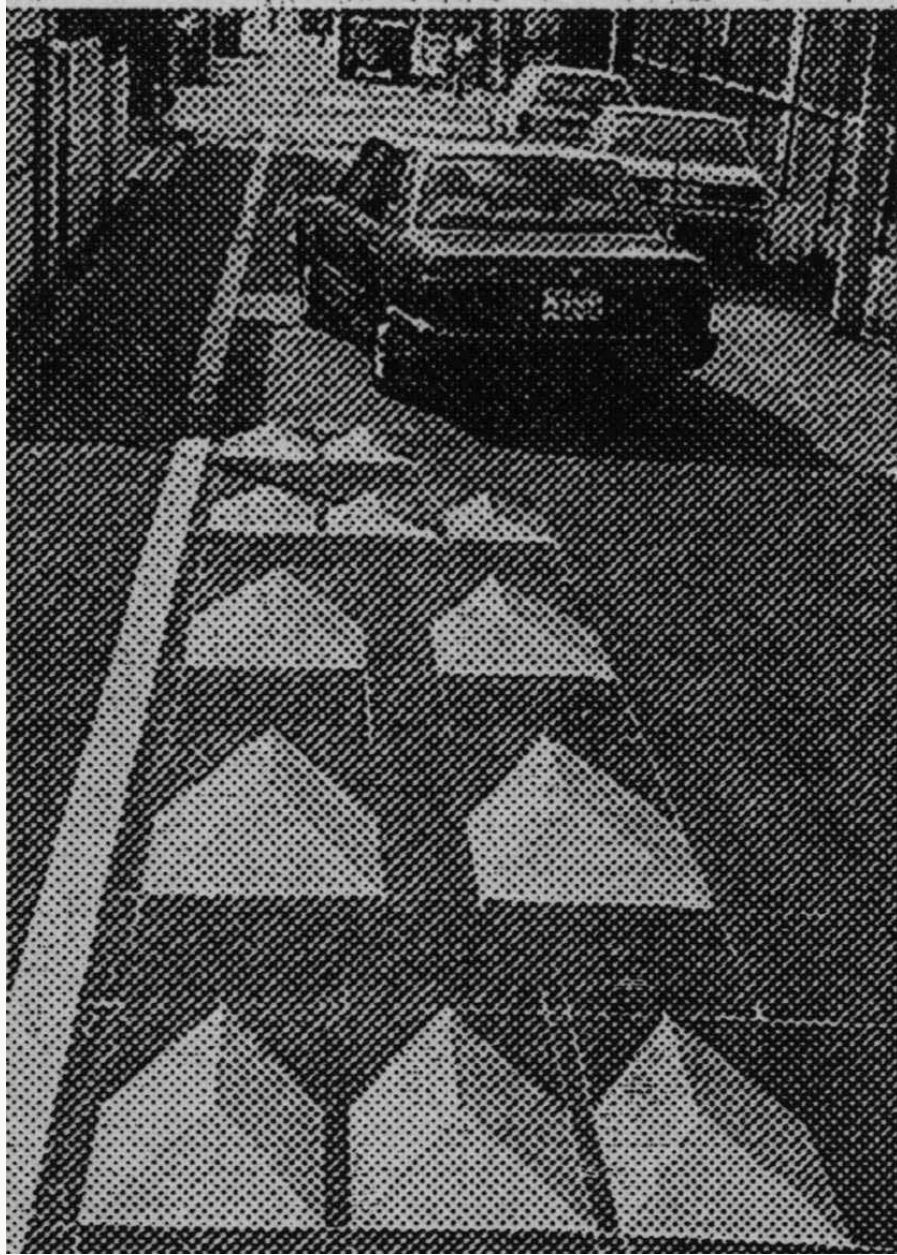
B. female 凹凸小

顔の凹凸

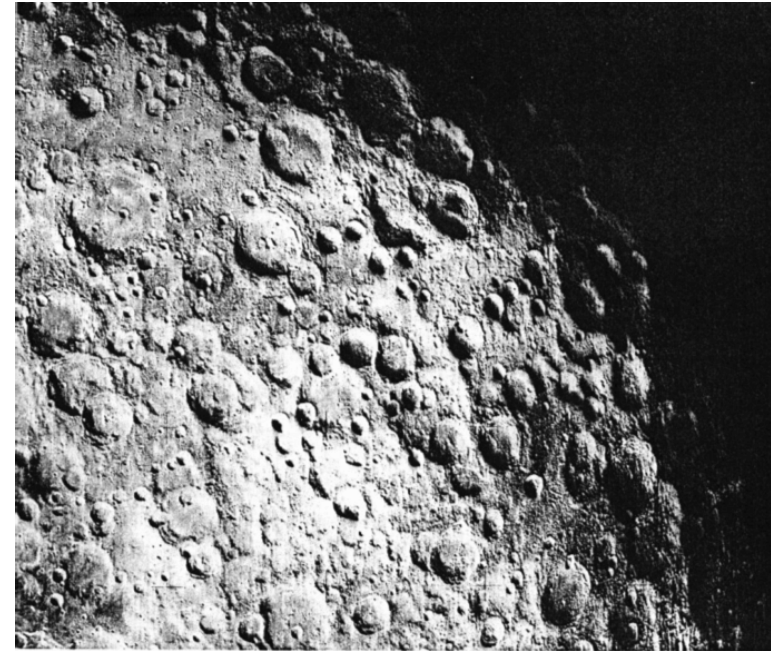
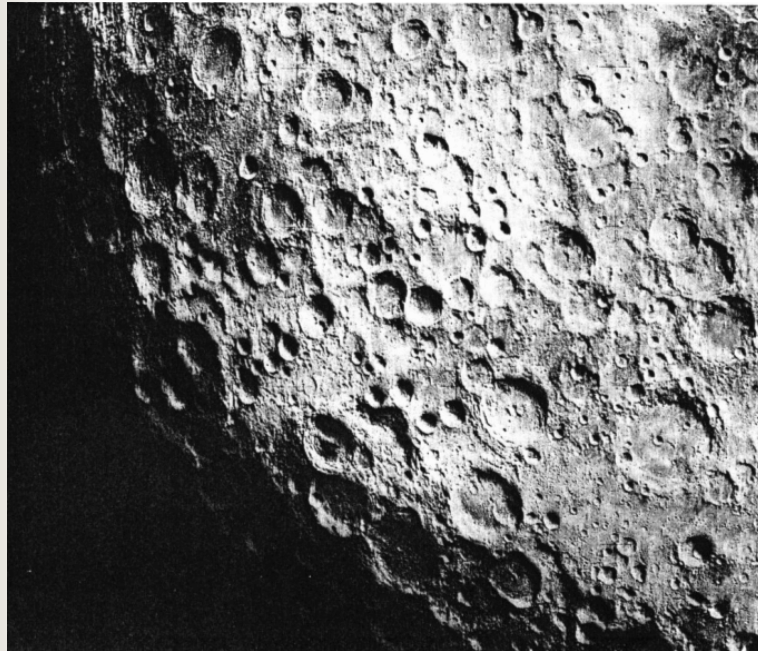
遠近: 黒

中: 灰

一つ覚えのニューラル
ネットワークは
顔の凹凸で男女識別



障害物？

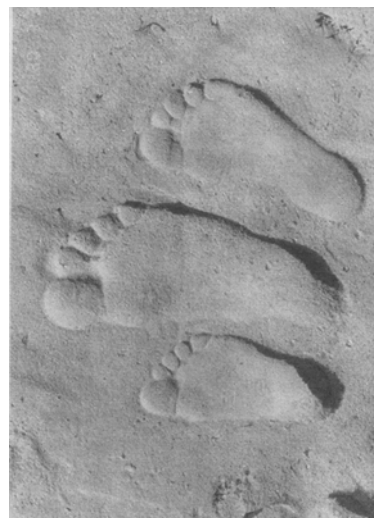
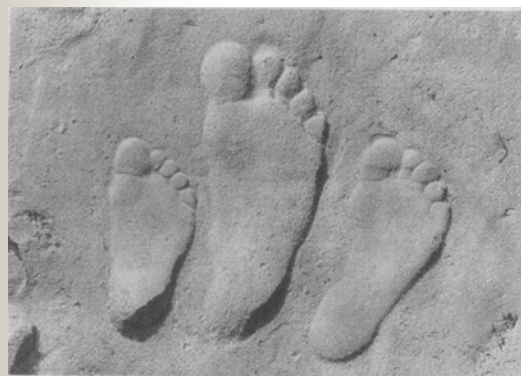


凸イボ？

陰影による凹凸認識



図6 砂浜につけた足跡。夏休みの記念に親子の足跡の写真を撮ったある家族は、出来上がってきた写真を見てびっくり。足跡が盛り上がり上がって見えるではないか。某TV番組で大発見として紹介されたこの現象は、「月のクレーター錯視」として有名な錯視現象である。この知覚現象の背景には、19世紀の大物理学者・心理学者であるヘルムホルツ以来2世紀にわたる科学的問題が横たわっており、その内容を、4、5分のTV放送や本誌紙面で紹介することは難しい。



ニューラルネットによる判定

男性率 66%



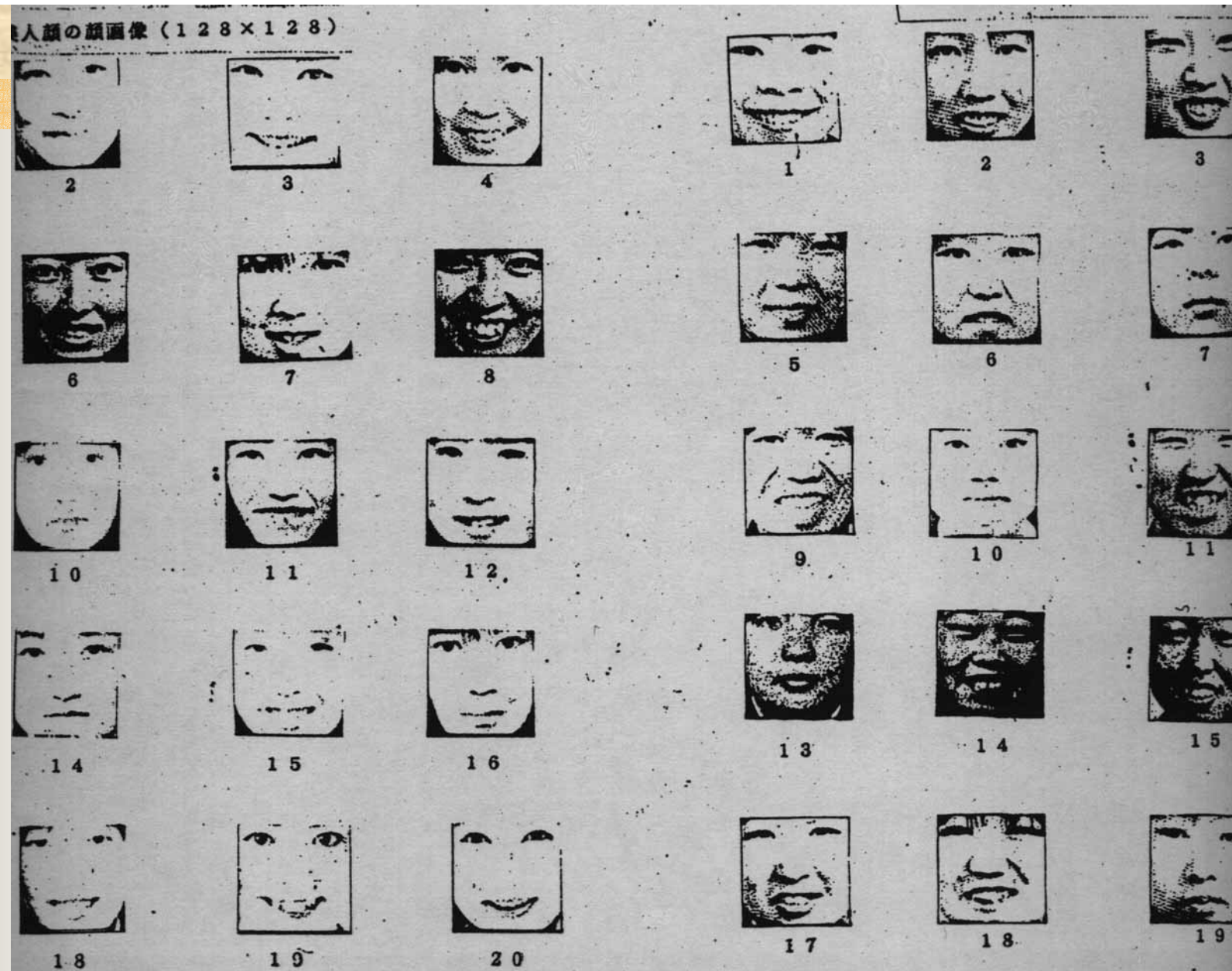
男性率 71%



男性率 88%

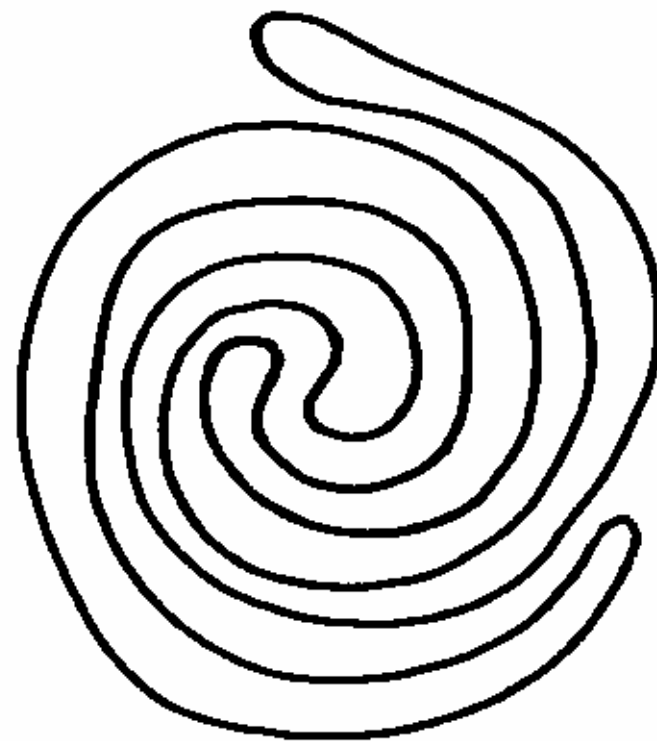
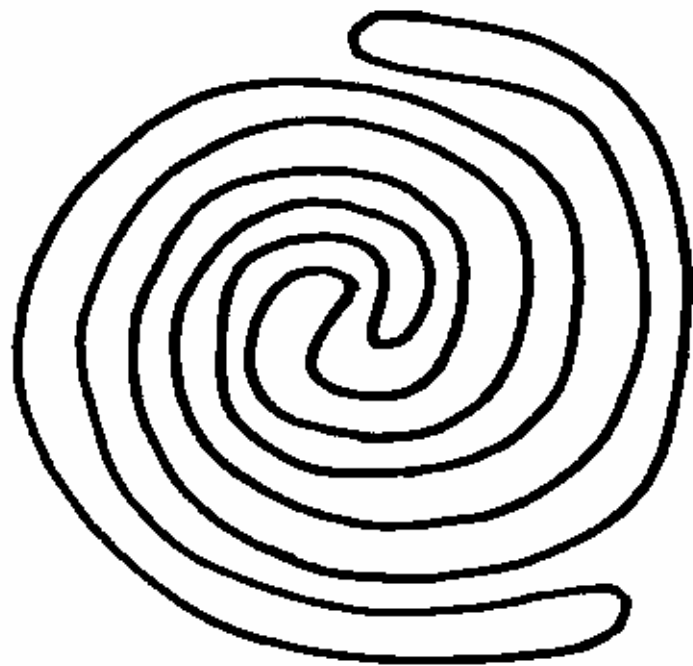


実は皆男



好み顔 (識別率6割弱)

凹凸ではなく、もっと高次の
判断をヒトはしている



1本, 2本 ?

このようなトポロジは一目では分らない

パーセプトロン(線形識別)では識別不可能

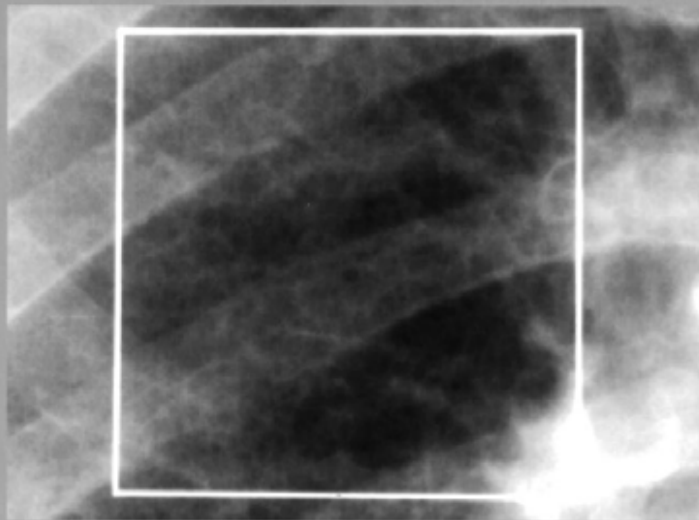
必要のない機能はヒトには備わっていない

正常



異常

線状影あり

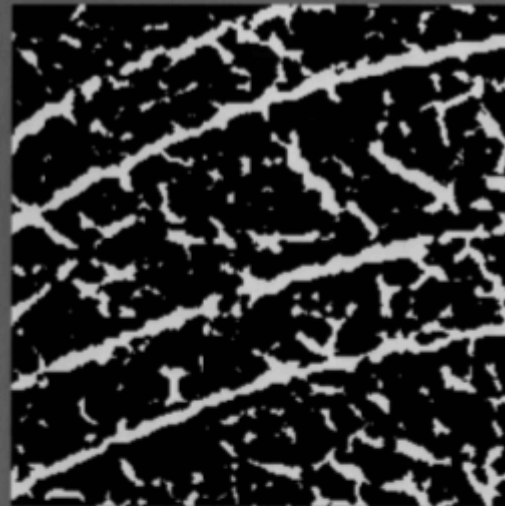


間質性肺炎

線状影検出

特定の太さの線分を抽出

正常



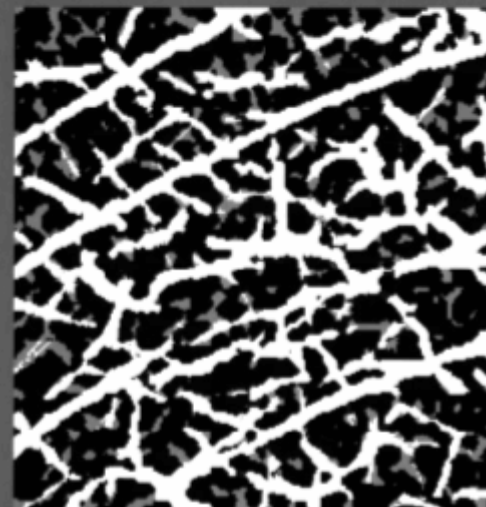
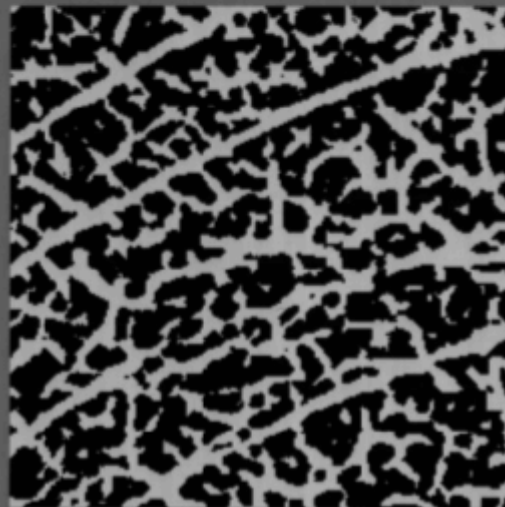
4方向2次微分



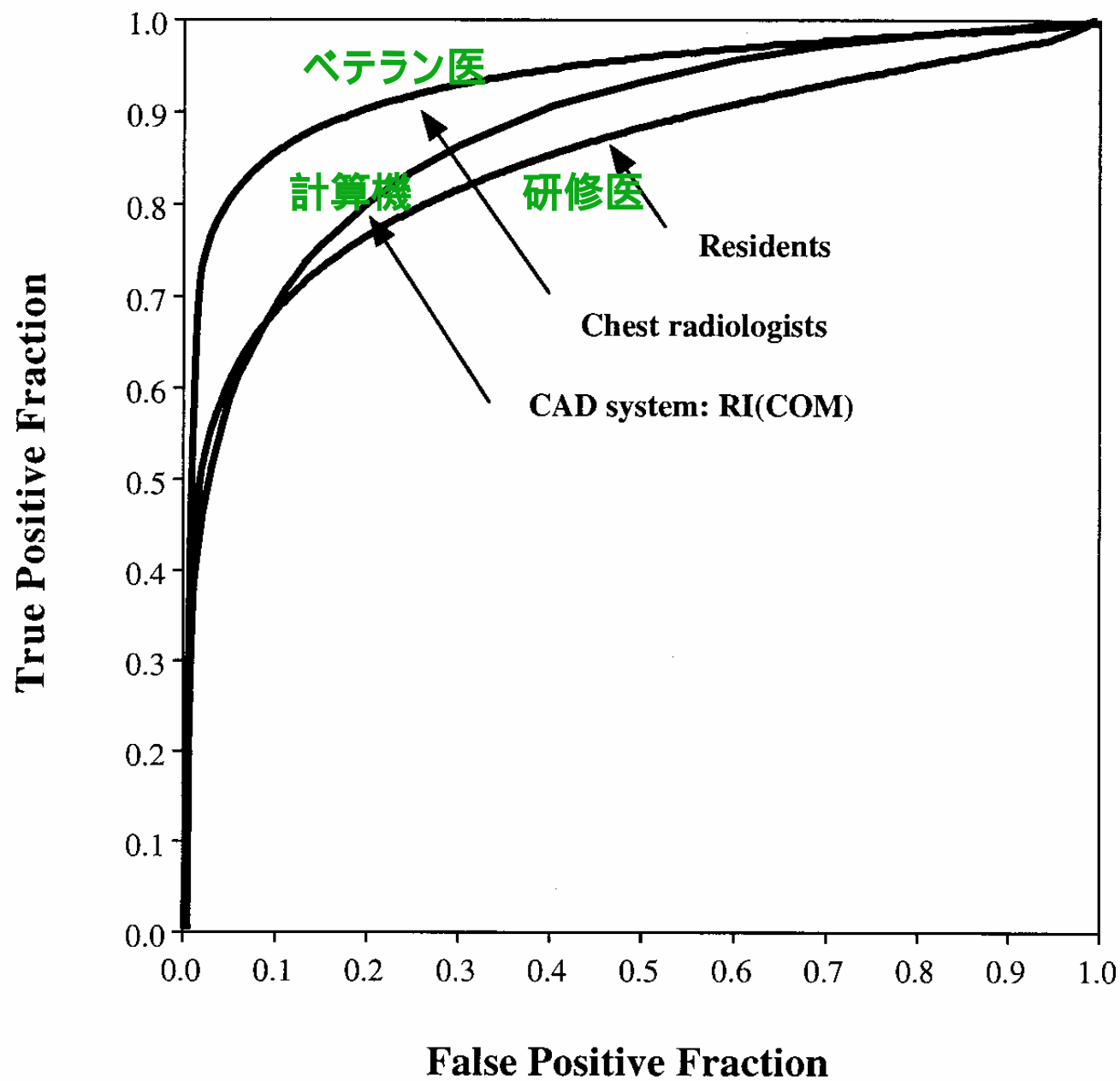
結果

異常

線状成分多い



長い線分のみ抽出



ヒトの視覚を模した
計算機は研修医
より上手に診断

ROC 曲線

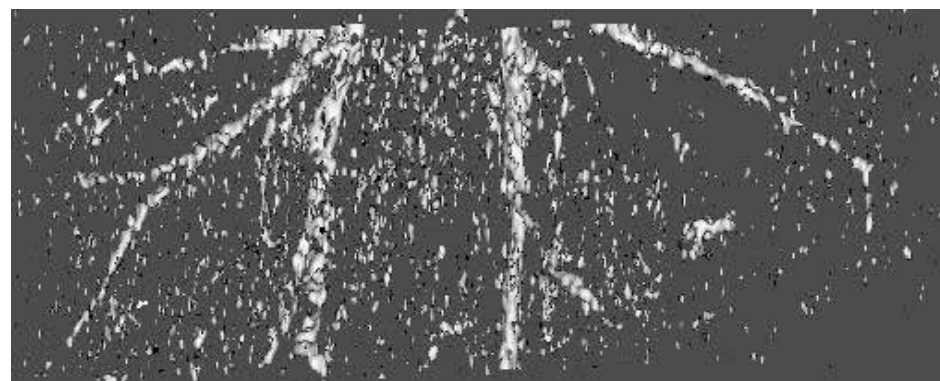
線(面)状構造検出

- 3次元線強調・検出:

[Sato et al. CVRMed-MRCAS97, MedIA 1998]

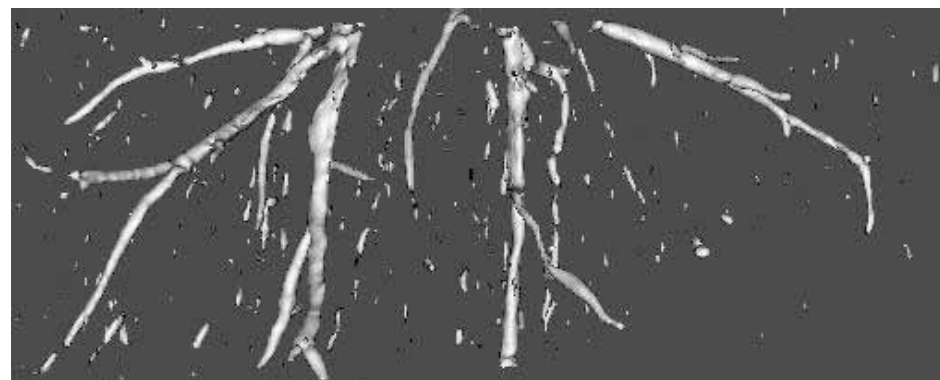
- 幅の3次元定量化:

原画像



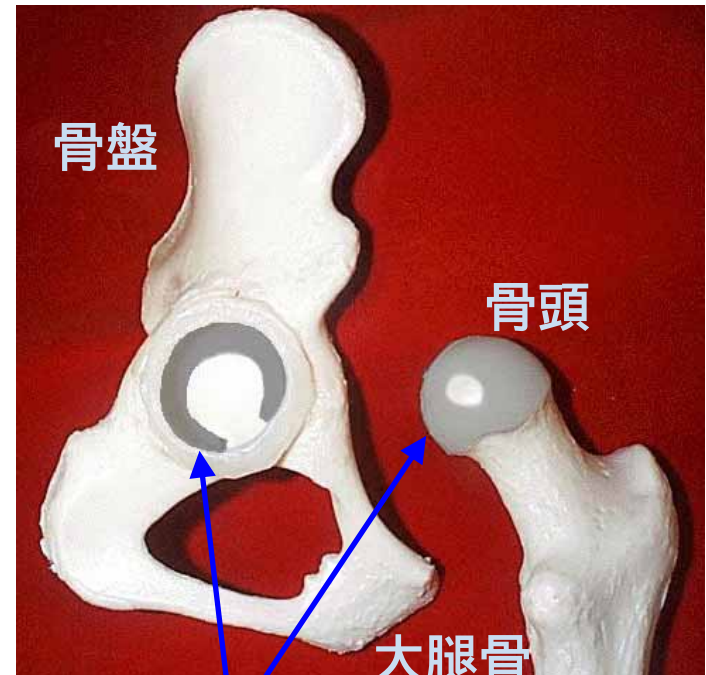
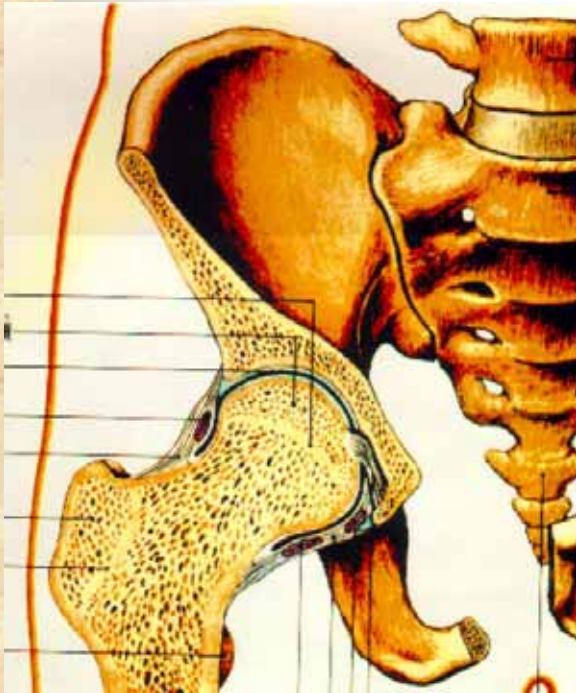
対象(血管)に適合した
フィルタによる強調

強調画像



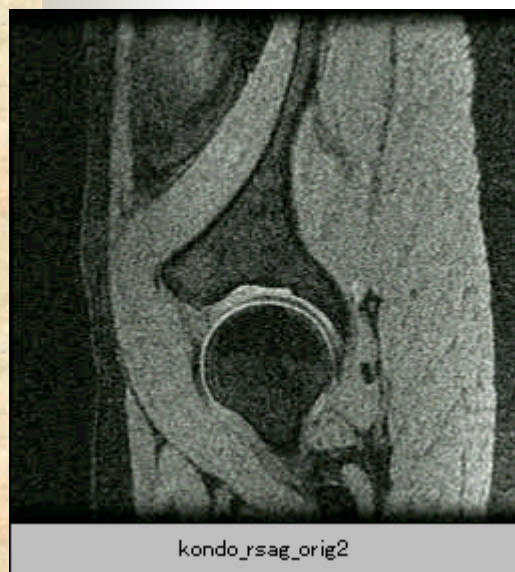
股関節の構造と軟骨

股関節の構造

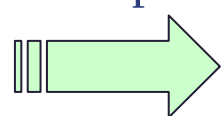


軟骨：灰色領域
クッションの役目

Sinc interpolation and cartilage enhancing 3D filter



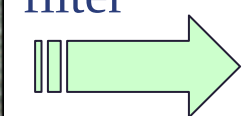
Sinc
interpol



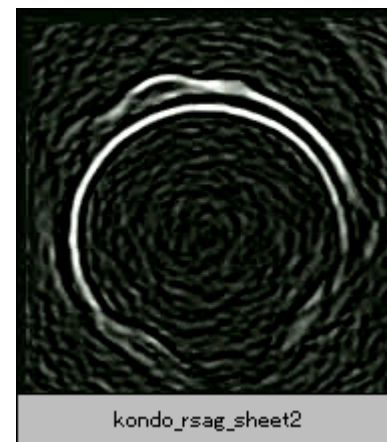
A green arrow pointing from the original image to the sinc-interpolated image.



enhancing
filter



A green arrow pointing from the sinc-interpolated image to the enhanced image.



軟骨の強調結果

256 x 256 matrix
FOV 160mm
(pixel size 0.7x0.7 mm)
Slice thickness 1.5mm

Enhancing cartilage of femoral head

- Cartilage enhancing filter

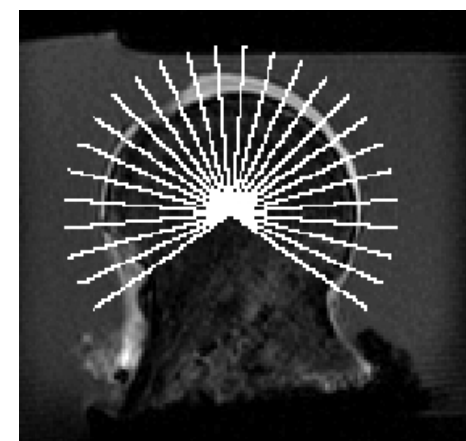
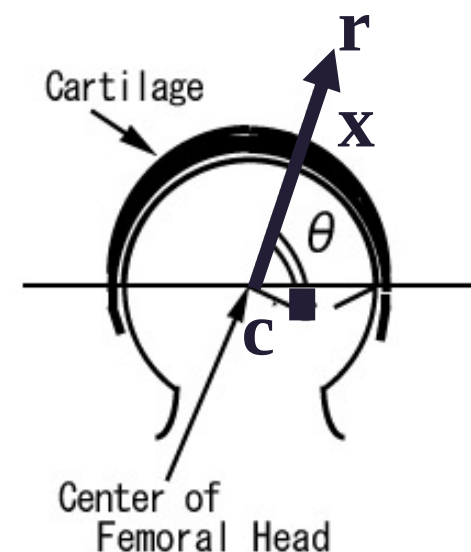
thick

- 3D radial directional second-order differential Gaussian filter

$$D(\mathbf{x}; \sigma_i, \mathbf{c}) = \mathbf{r}^\top \nabla^2 I(\mathbf{x}; \sigma_i) \mathbf{r},$$

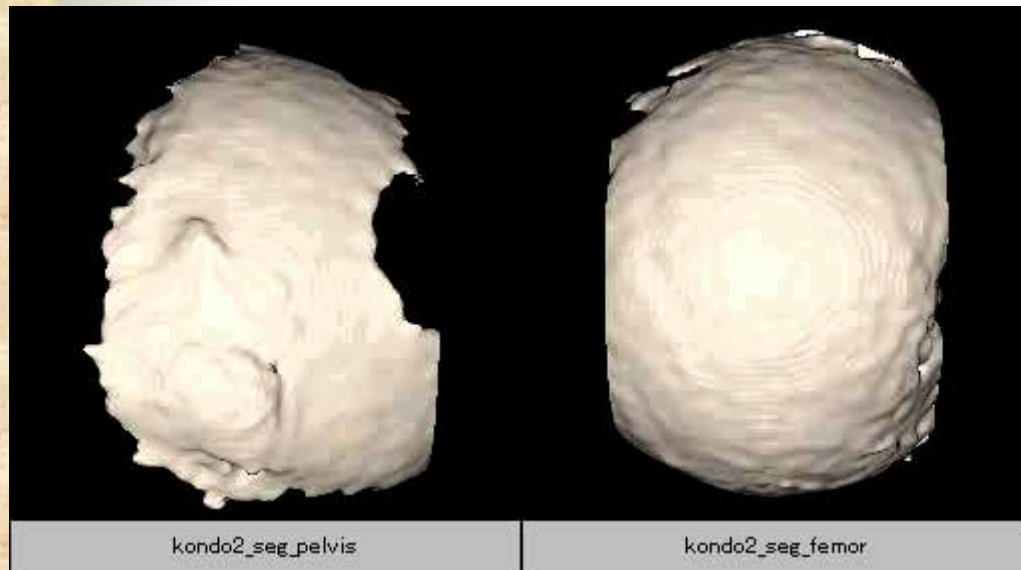
$$\nabla^2 I(\mathbf{x}; \sigma) = \begin{bmatrix} I_{xx}(\mathbf{x}; \sigma) & I_{xy}(\mathbf{x}; \sigma) & I_{xz}(\mathbf{x}; \sigma) \\ I_{yx}(\mathbf{x}; \sigma) & I_{yy}(\mathbf{x}; \sigma) & I_{yz}(\mathbf{x}; \sigma) \\ I_{zx}(\mathbf{x}; \sigma) & I_{zy}(\mathbf{x}; \sigma) & I_{zz}(\mathbf{x}; \sigma) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{r} = \frac{\mathbf{x} - \mathbf{c}}{|\mathbf{x} - \mathbf{c}|}.$$



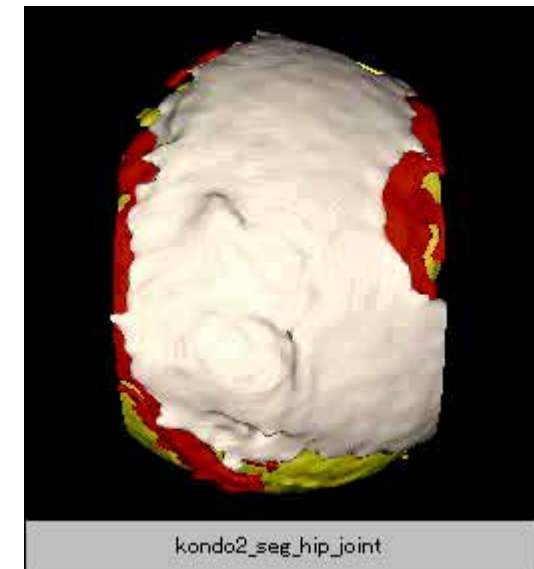
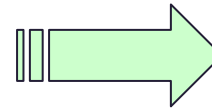
分散 σ のガウス関数でほかしてから2階微分

Segmentation of cartilage region



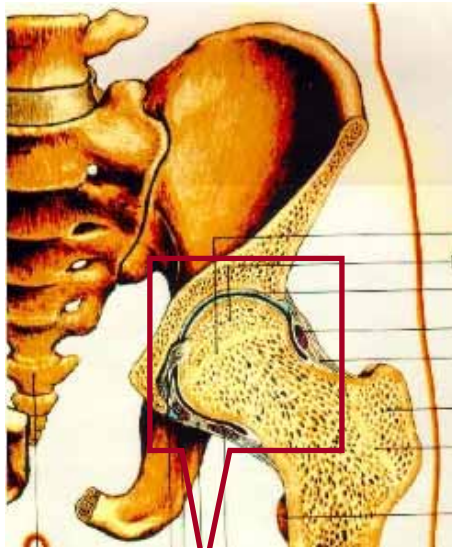
Pelvis cartilage
骨盤軟骨

Femoral head cartilage
大腿骨軟骨

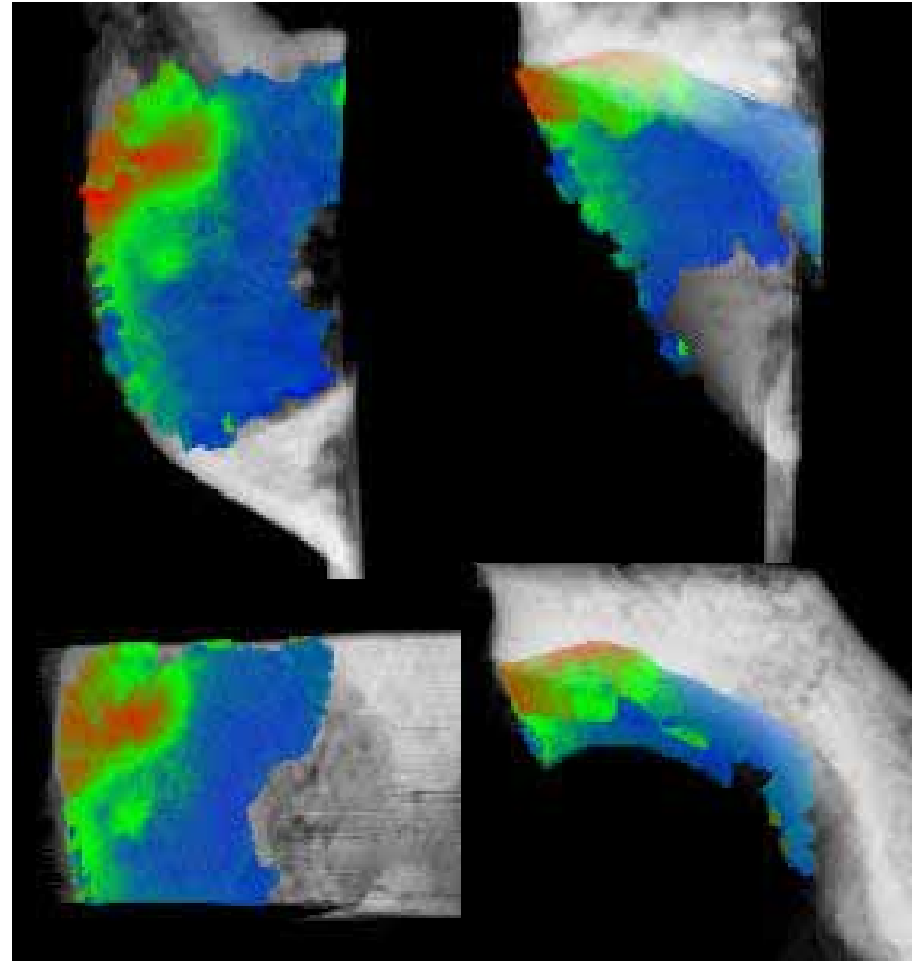


重ね表示

Thickness of cartilage of hip joint



MR image

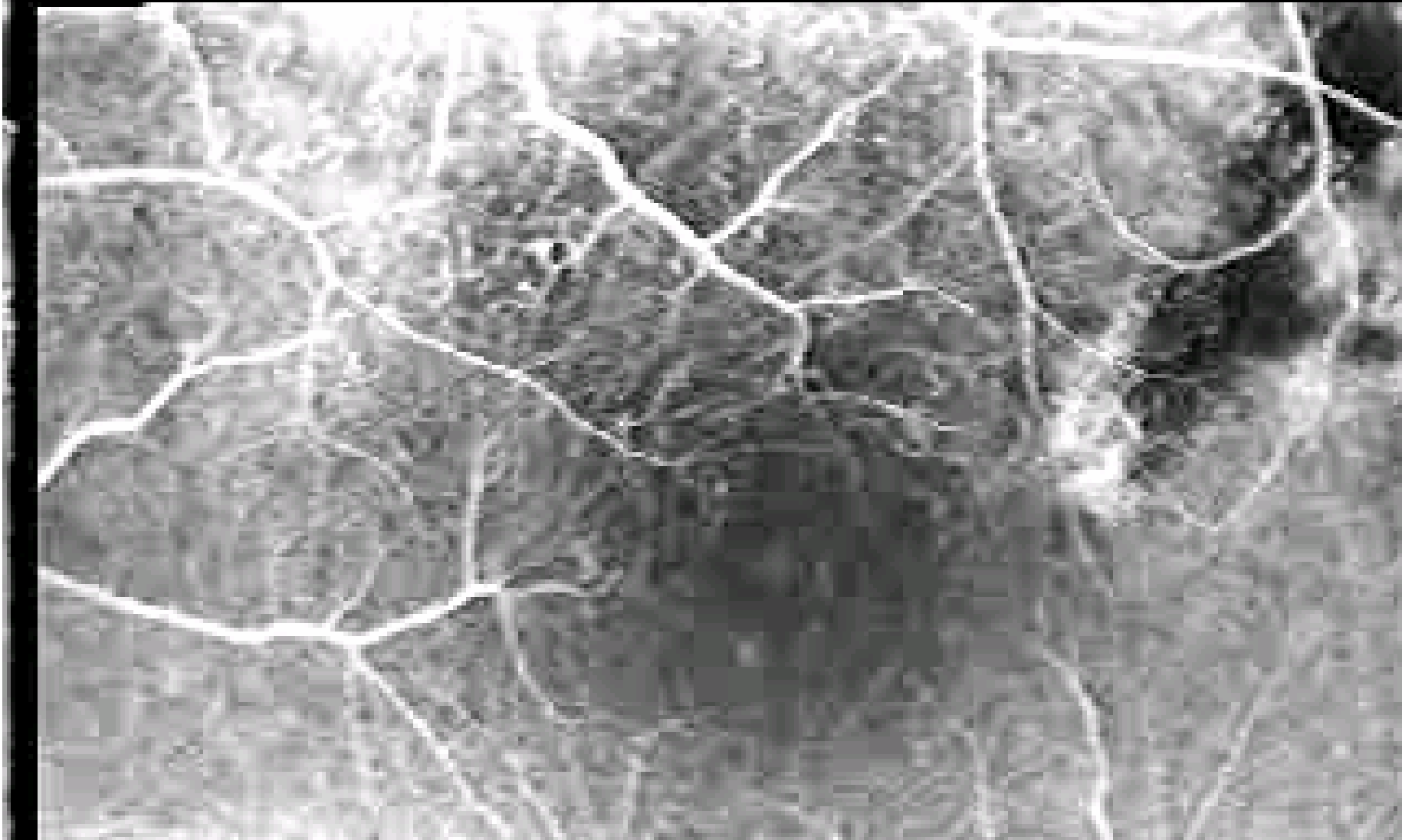


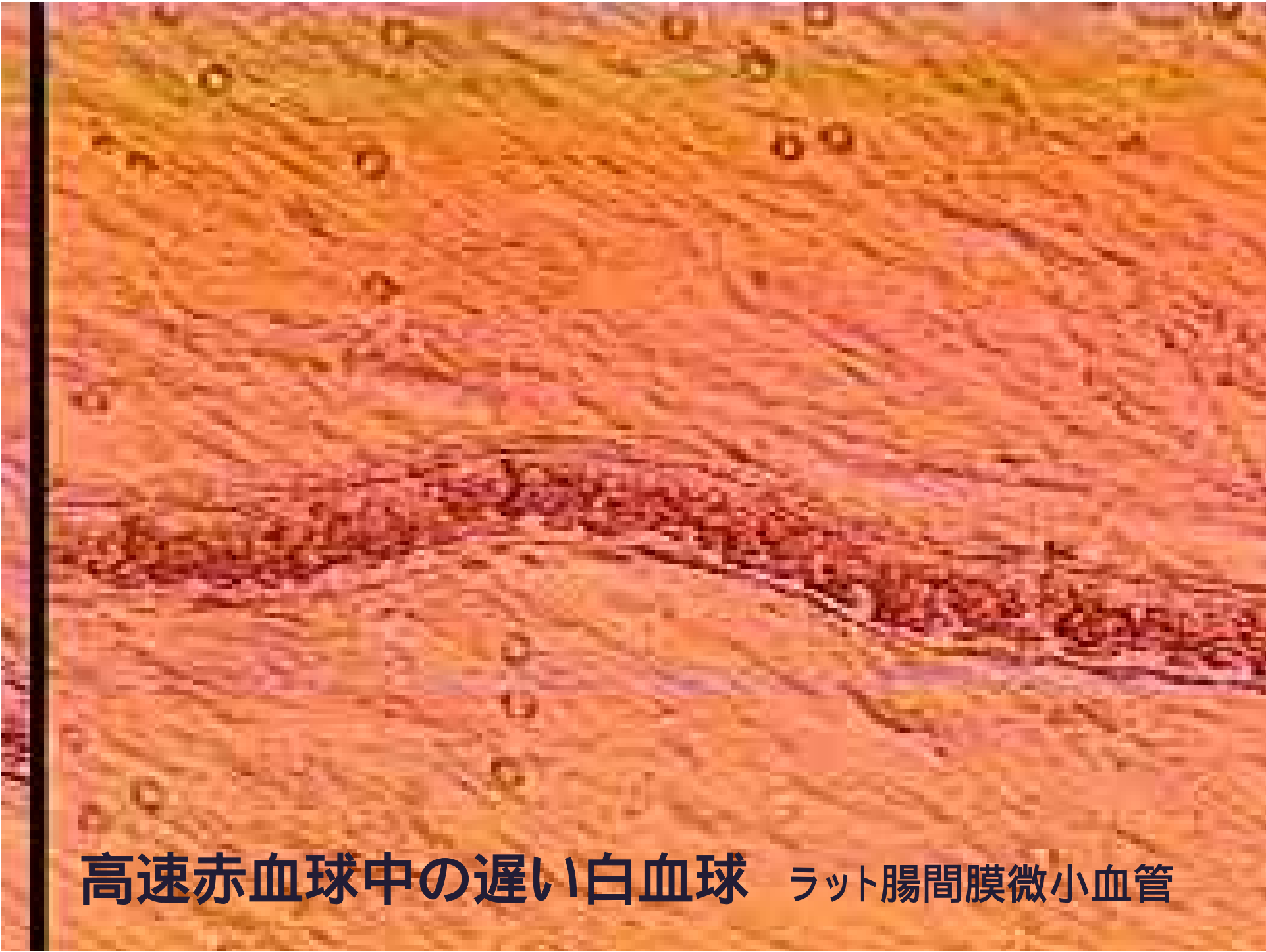
Pelvis side

軟骨厚 赤 厚い
青 薄い

流れる過蛍光点(血小板など) 走査型レーザー検眼鏡画像

暗部に見える正方形ブロックにも注目
ブロック単位でデータ圧縮





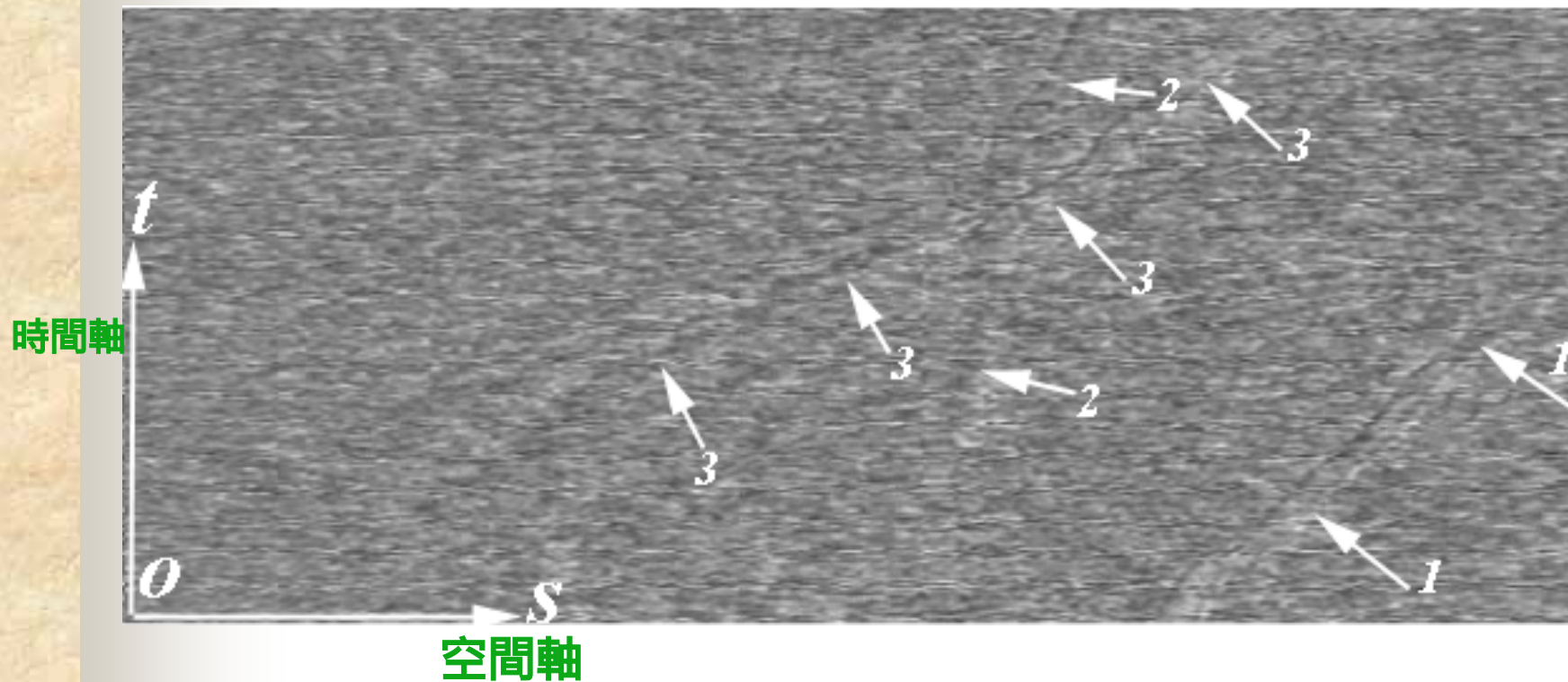
高速赤血球中の遅い白血球 ラット腸間膜微小血管

This is a high-magnification micrograph of a rat mesenteric microvessel. The vessel lumen is filled with numerous red blood cells (erythrocytes) that appear as bright, circular structures, indicating rapid movement. A single white blood cell (leukocyte) is visible, appearing as a larger, more irregularly shaped cell with a distinct nucleus, moving much more slowly than the surrounding red blood cells. The vessel wall is visible on the right side, showing a thin, pinkish structure. The overall background is a light, pinkish-orange color, likely due to the staining used in the preparation.



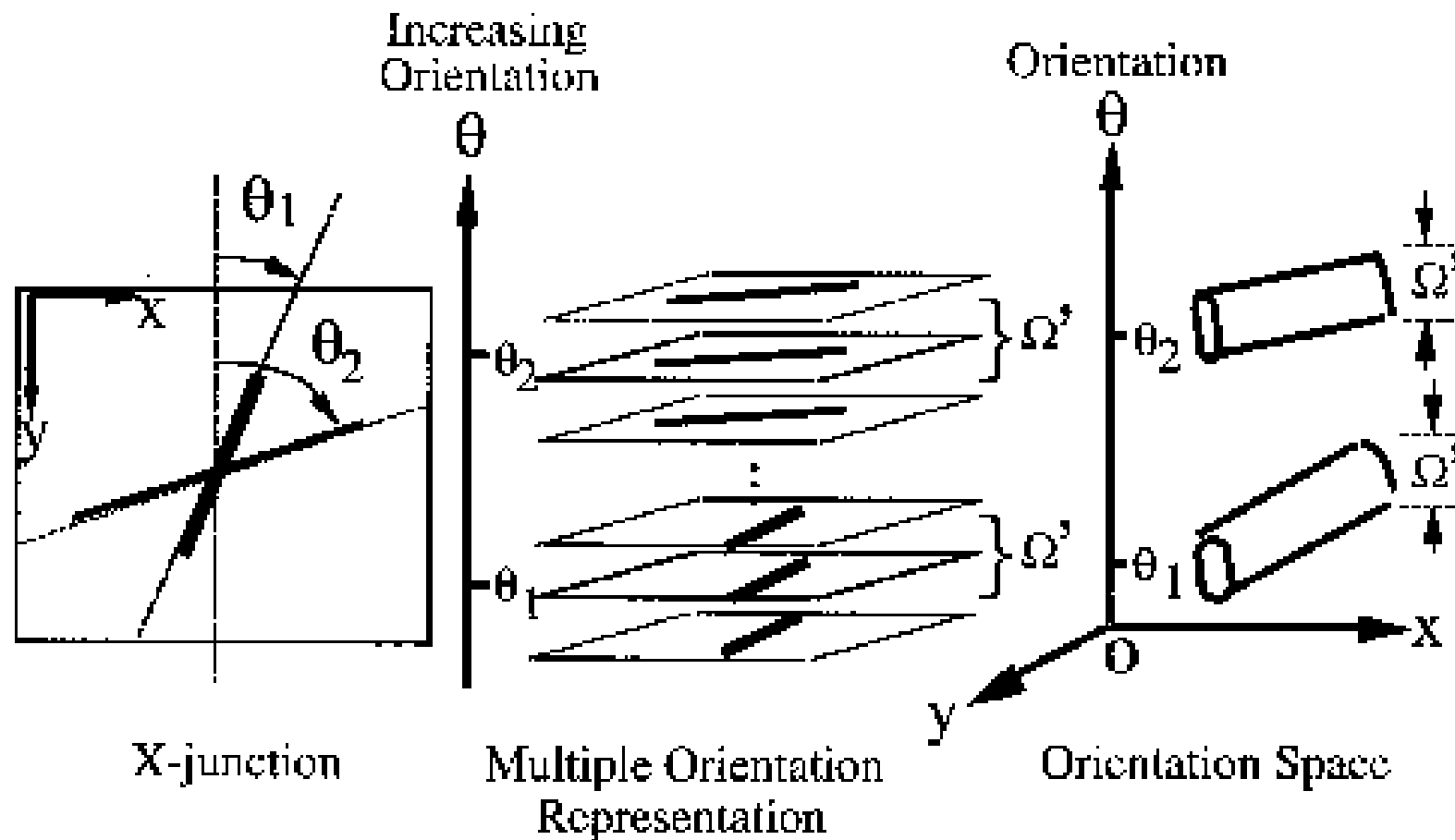
Rat mesentery microvessel

Spatio-temporal image on spacial axis (s)

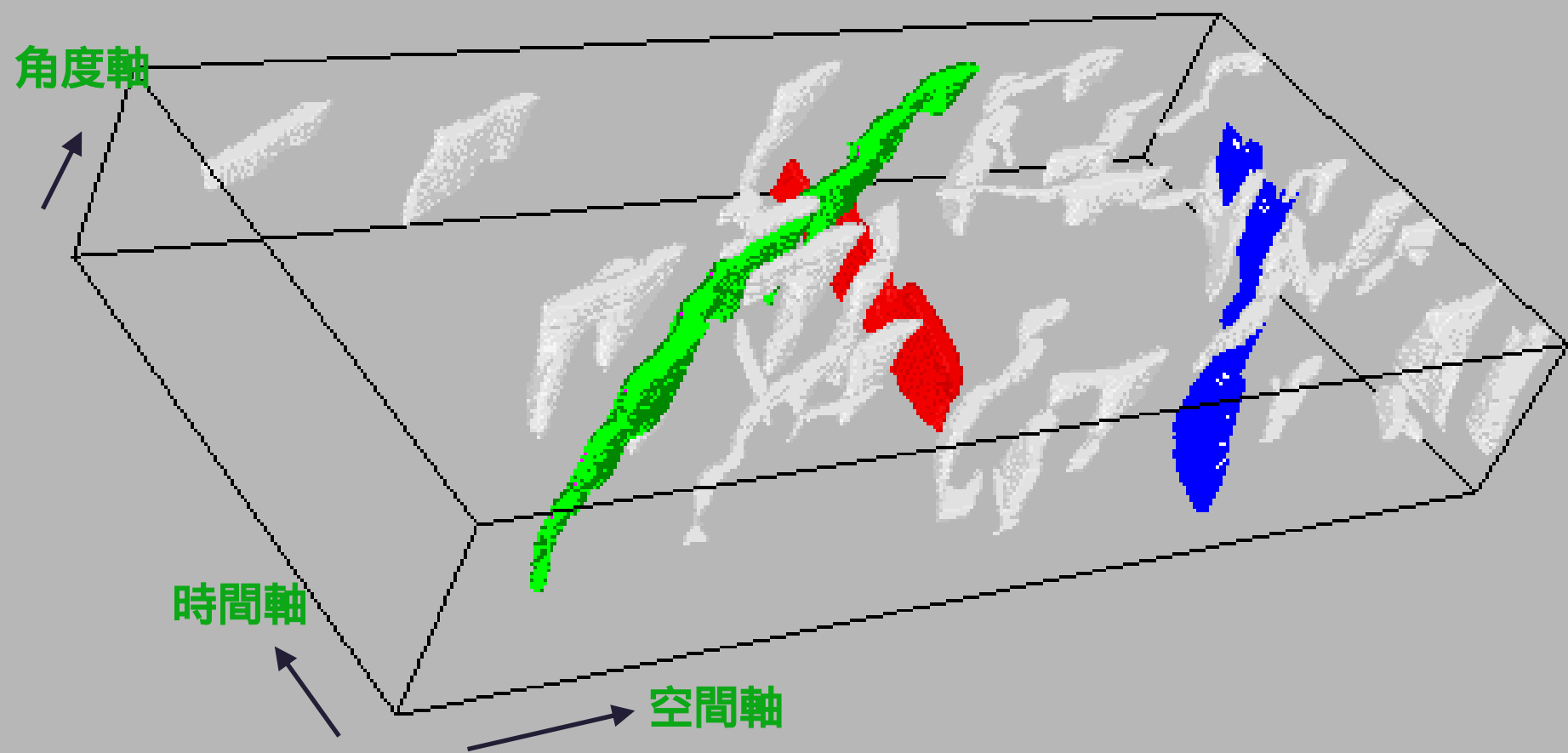


白血球軌跡 背景雑音は早い赤血球

Orientation space filtering

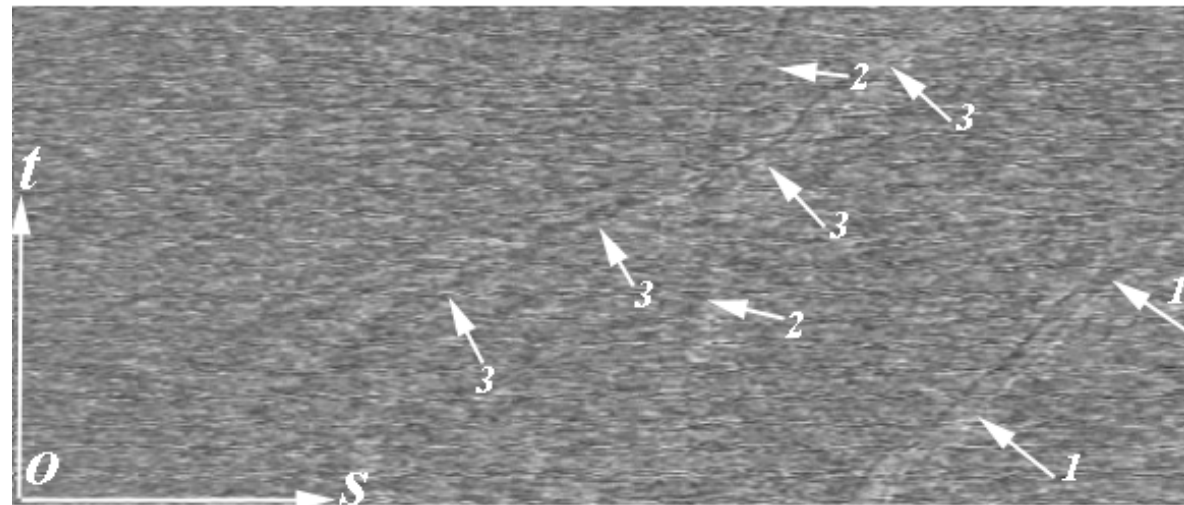


Extracted three leukocyte traces separately
in orientation space

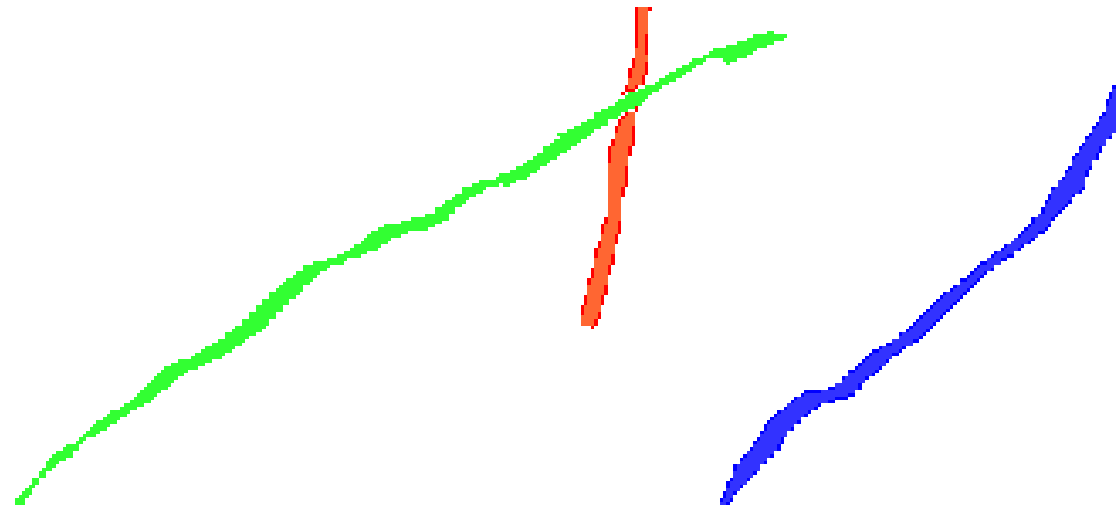


Extraction of traces by Gabor-filter based orientation space

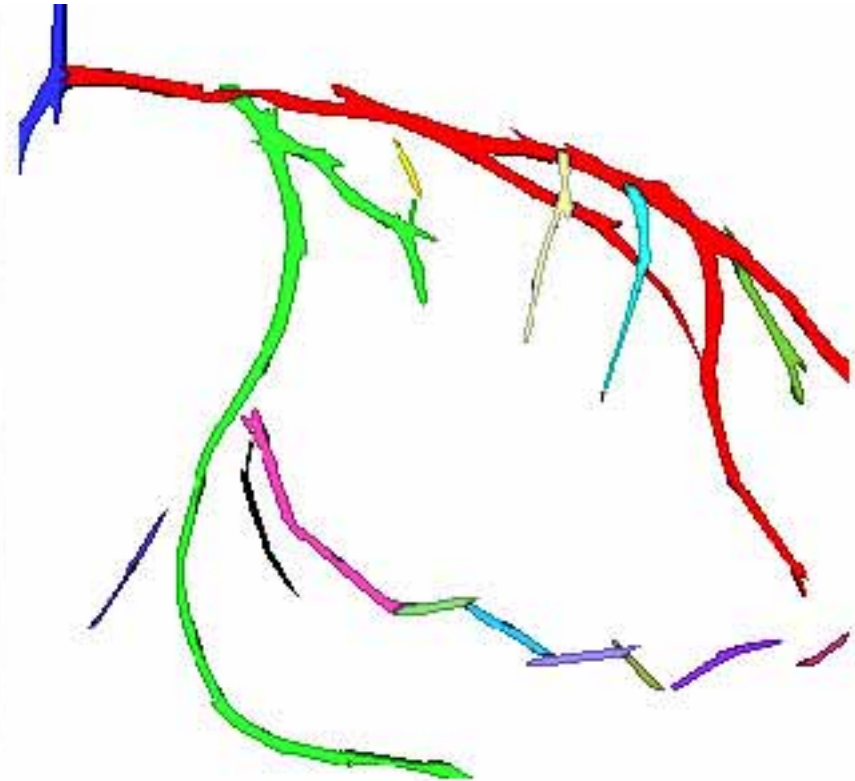
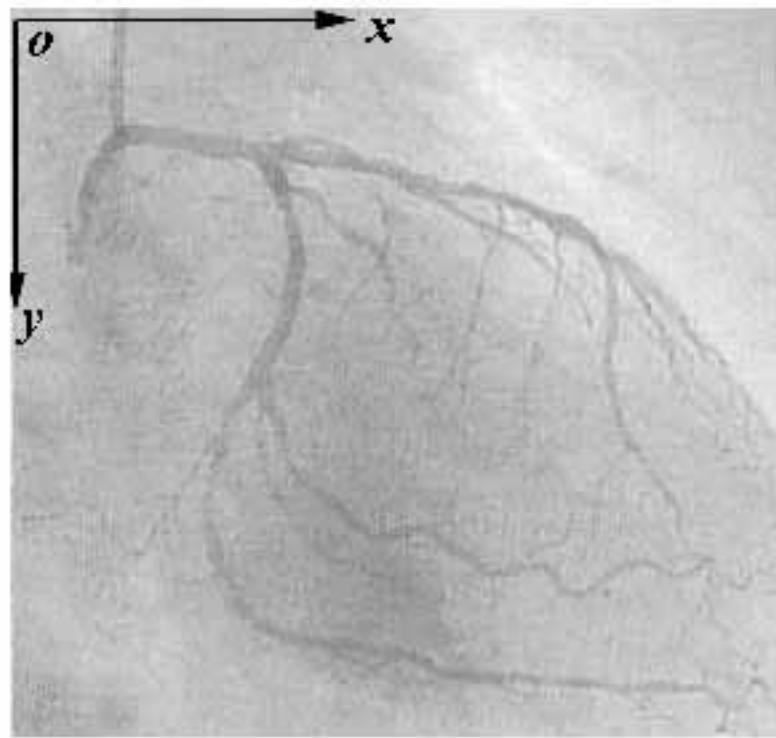
Original spatio-temporal image



Extracted traces



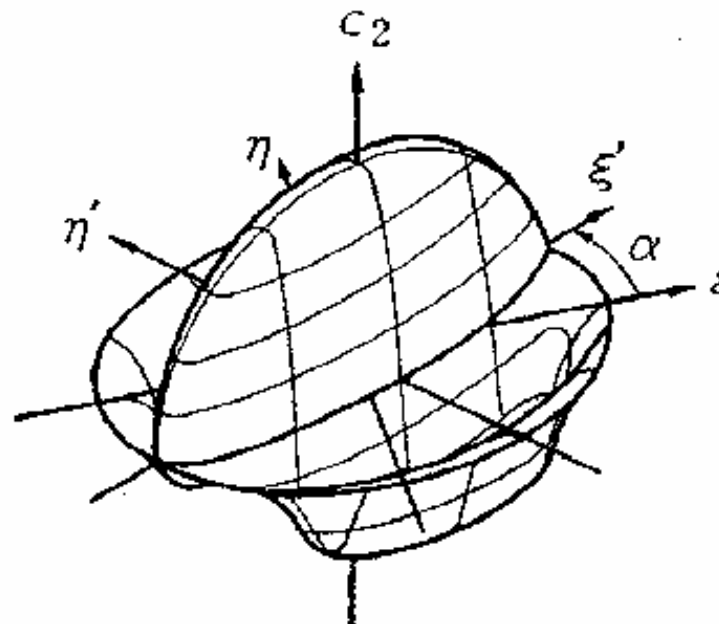
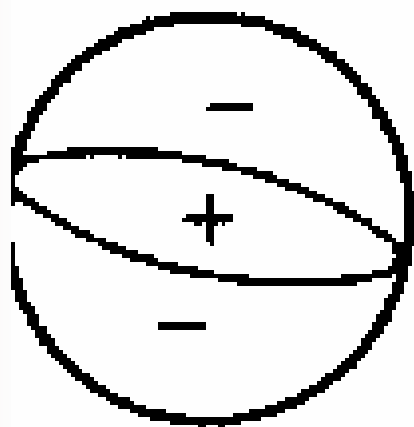
Segmentation of coronary artery from angiography



心臓の冠動脈を抽出 方向によって血管を区分

まとめ

視覚系の受容野特性を利用すると、性能のいい検出器ができる。



方向性受容野 2次元ガウス関数の2階微分

特定方向の明るい線分に反応する