

強者の戦略

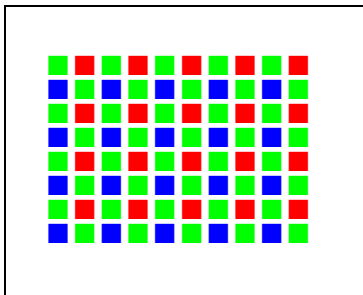
【生物:第20章:「生物の日常生活における合理性」】

2014年 京都大学 前期試験 より】

できるだけムダエネルギーを使わずに最高のパフォーマンスを演じる。生物体で言うならば、細胞数は少ない方がよい、ATP使用量も少ない方がよいのです。どのように合理化されているのでしょうか。

デジカメもどんどん高性能化が図られ、今や1961万画素(5424×3616)というハイクラスのデジカメも存在します。CCDなどの撮像素子には多数のフォトダイオード(イメージセンサ)と呼ばれる受光素子が存在し、その一つ一つのことを「画素」と呼び、画像を構成する最小単位となります。人間の視覚をこの画素数という側面で捕らえると、600万画素程度とされています。

フォトダイオード(イメージセンサ)に光が当たると電子が発生する光電変換がおこることで、光が電気に変換されます。このとき、フォトダイオードは色(カラー)の識別ができません。そのため、カラーフィルターによってR(赤色)、G(緑色)、B(青色)の3成分に分解して、色別に1つ1つの素子に受光させます。そのイメージはこのような感じ



です。人間の眼の感度が「緑色」に対して高いので、多くのデジカメでは緑色の素子が他の色の素子よりも多く配列しているメーカーが多いようです。

さて、網膜上に視細胞は1億2500万個(片眼)あると言われていています。1個の視細胞で受け取った情報を1本の神経細胞で脳まで伝達しようとする、両眼で2.5億本の神経細胞が必要となります。これは非常に不合理であり、物理的にも不可能(神経束の太さがどうなるのでしょうか?)ですね。そのため、複数の視細胞の情報を収斂しゅうれん統合させて1本の網膜神経節細胞で運び出します。ちなみにこの神経節細胞は150万個(片眼)あると言われていていますので、単純計算上、視細胞100個の情報を1本の神経節細胞で担当していることとなります。しかし、実際の収斂率は数個:1~数千:1とかなり異なっています。

視細胞には、特定の色を感知する錐体細胞と、明暗を感知する桿体細胞があります。網膜の中心部分である黄斑付近(中心窩付近10°以内)に錐体細胞が集中しており、桿体細胞は黄斑付近には存在しないものの、中心窩から20°付近がMaxでそれ以遠は逡減しています。黄斑付近では、数個の錐体細胞からの情報が1本の神経節細胞に収斂しています。ですから黄斑付近の視覚情報は詳細な生データとして脳へ伝達されます。それに対して黄斑から離れたと、多くの桿体細胞からの情報が1本の神経節細胞に収斂しています。収斂率が高いのです。ですから網膜周辺部の視覚情報はアバウトな集約データとして脳へ伝達されていると言えるでしょう。

まっすぐ正面の物体は、両眼の黄斑付近に像を結びます。黄斑付近には特定の色を感知する錐体細胞が高密度に配置されているため、微妙な色や明るさの違いが感知されデータ化されます。このデータは、できるだけ品質劣化しないように神経節細胞に集約されて脳へ運ばれています。

一方、それ以外のエリアの物体は網膜周辺部に像を結びますが、そこには錐体細胞がほとんど存在せず桿体細胞のみが存在しているので、形状や明暗が感知されデータ化されます。そして多くの桿体細胞

強者の戦略

からのデータが1本の神経節細胞に収斂するので、集約された≒品質低下したデータが脳へ運ばれています。

デジカメでは、CCDなどの撮影素子は基板上に均一の密度で設置されています。そして同じ収斂度で画像処理エンジンにデータ転送されています。そのため、デジカメで撮影した画像は、(レンズの影響を無視すれば)画面上全てが同じ解像度なのです。

それに対して、ヒトの眼は、視細胞の分布と密度が異なり、さらにデータ転送時の収斂度も場所によって異なっています。そのため、画面の中央付近は極めて細密品質(高解像度)であるのに対し、画面の周辺部は荒品質(低解像度)の画像なのです。これは非常に斬新なアイディアですね。

ヒトは、気になるターゲットがあれば、そのターゲットが黄斑に像を結ぶように視線を調節します。すなわち自動的に最も解像度が高いエリアに像を結ぶように調節されます。そのため、常にすばやく眼球を動かして視線を移動させることで、広いエリアを効率的に解像度が高いエリアに像を結ぶ。こうすれば網膜全体に視細胞を同じ密度で配置せずすみ、視細胞の数も、そして視細胞と脳を連絡する神経節細胞も節約できたのです。

解答例

問1

ア：黄斑 イ：錐体細胞 ウ：桿体細胞

問2

暗所では閾値が高い錐体細胞は興奮せず、閾値

が低い桿体細胞が興奮する。桿体細胞には単独の視物質しか存在しないため、明暗や形状の識別はできるが、色の識別はできない。

問3

黄斑付近には高密度に錐体細胞が存在し、そこで得られた興奮があまり集約されずに神経細胞に送られるので、解像度が高い。それに対して黄斑から離れた場所には錐体細胞はほとんど存在せず桿体細胞だけが存在し、多くの桿体細胞からの興奮が集約されて神経細胞に送られるので、解像度が低い。

ところで、明所では錐体細胞も桿体細胞も興奮するので、黄斑付近は高解像度の画像が得られている。一方、暗所では錐体細胞は興奮せず、桿体細胞だけが興奮するので、低解像度の画像だけしか得られない。

問4

エ：チラコイド オ：光エネルギー カ：キ：二酸化炭素、水(順不同) ク：ケ：酸素、糖(順不同) コ：化学エネルギー

問5

(え)

問6

葉緑体のチラコイドでは660nm付近の赤色光が吸収され、730nm付近の遠赤色光はあまり吸収されない。そのため、葉の陰まで透過した光には赤色光に比べて遠赤色光のエネルギーが相対的に多く含まれていることになる。

問7

連続暗期下で吸水後4日目の胞子に、赤色光と遠赤色光を5分間ずつ交互に照射する実験を行う。このとき、それぞれの光を照射する回数を適宜変えた場合、照射回数にかかわらず、最後に照射した光が赤色光なら発芽促進され、遠赤色光なら発芽抑制されれば、発芽誘導にフィトクロムが関与していると確認できる。