

最新科学情報ポッドキャスト番組  
ヴォイニッチの科学書

2013年10月12日  
Chapter-466  
時差ぼけしないマウスの発見  
配信資料



<http://www.febe.jp/>

<http://obio.c-studio.net/science/>

時差ぼけしないマウスの発見

私たちの体の中には24時間周期の時間を正確に刻む体内時計があるので、海外旅行時の長時間移動などをきっかけに夜間に眠れず、昼間に眠くなる時差ぼけが起きてしまいます。

時差ぼけは人間だけの現象ではなく実験用のマウスなどでも飼育室の照明の点灯時間を変えることで人為的に時差ぼけを起こすことができます。夜行性の哺乳類は体内時計が発達していると言われています。恐竜が歩き回っていたような時代に弱い生き物だった夜行性のほ乳類は、大型の動物が活動していない夜の間に活動するために捕食者が活動を開始する日の出時刻を正確に予測することが求められ、体内時計を発達させたと考えられています。人間は昼行性ですが、祖先はそのような小さくて弱い夜行性ほ乳類でしたので、強く安定した体内時計を受け継いでいます。



京都大学の研究チームが脳の視交叉上核という体内時計の中核部分の研究を行う過程で時差ぼけを起こさないマウスを発見しました。

視交叉上核の細胞はアルギニンバズプレッシンというホルモンを作って分泌すると同時に、このホルモンを感じ取ることができるセンサーの役目をするタンパク質も持っています。細胞同士がホルモンをやりとりすることによって情報交換し、視交叉上核内で局所的な神経情報ネットワークを形成しています。

マウスに遺伝子操作を行いホルモンを感じ取るセンサータンパク質の機能を停止したところ、時差ぼけしないマウスになりました。箱の中でマウスを飼育し、照明の点灯時間を変えることで時差を起こすと、普通のマウスでは新しい照明周期に順応するのに10日間程度を要するのですが、この遺伝子操作マウスは瞬時に順応できたのです。

時差ぼけしなくなった原因を探るために、視交叉上核の培養実験を行ったところ、先に紹介した局所的な情報ネットワークが体内時計を安定させることに寄与しているようでした。このことからアルギニンバズプレッシンの情報ネットワークは外界の明暗環境の変化に影響を受けずに体内時計を正確に刻み続けるメカニズムそのものだったと推測することができます。

種の保存の観点から言えば、このメカニズムの役目は満月や雷などによって体内時計が誤動作す

ることを防ぐことだったと思われませんが、現代社会においてはこの強力な体内時計がいろいろな問題を起こしています。たとえば、時差勤務を避けることができないシフトワーカーとしての生活が長く続くと、高血圧、メタボリック症候群、がんなどの発症率が上昇している可能性があります。

時差ぼけしないマウスは遺伝子操作でアルギニンバゾプレッシン・ホルモンに反応するセンサーを機能不全にしましたが、飲み薬で一時的に同様の作用を起こすとどうなるだろうか、ということで受容体拮抗薬という化学物質を時差ぼけを起こす普通の正常マウスの視交叉上核に直接投与したところ、時差ぼけを著明に軽減させることに成功しました。人間にも視交叉上核はあり、アルギニンバゾプレッシンの情報ネットワークが存在していることもわかっていますので、薬によって時差ぼけを解消したり、シフトワーカーが生活習慣病などを発症することを抑制したりする薬を開発できる可能性があるということになります。

体内時計については別の面白い研究があります。

オーストリア、ウィーン大学の研究によると、体内時計を 2 系統持っている生物がいるらしい、というのです。

地球の生物の体内時計は約 24 時間だと当然のように考えられています。ところが、実際に生物の行動を見ると 24 時間以外の周期に従って行動している生物も多いのです。特に、海の生き物はそれが顕著で、潮の満ち引きの周期によって摂食や行動パターンが 24 時間の中で何度も影響を受けているようなのです。

具体的には、ある種のムール貝やウニが月の満ち欠けの周期に従って大きさや重さが増減したり、サンゴの放卵放精の時期、海岸沿いに生息する甲殻類の捕食行動なども 24 時間周期とは異なるパターンに従っていることがわかっています。ただし、

このような行動が依然として 24 時間周期のマスタークロックによって制御されているサブクロックによる可能性も否定できませんでした。



今回の実験で海に住む環形動物、つまりゴカイやヒルの仲間の 24 時間周期の体内時計に関与している遺伝子を破壊しても月の満ち欠け周期に対応したリズムが動き続けたことが確認されました。この環形動物は、新月の暗い夜に繁殖行動を行う習性があるのですが、24 時間周期の体内時計を停止させても繁殖行動の周期は影響を受けなかったのです。甲殻類を使った同様の実験でも 24 時間周期の体内時計を停止させても失われない周期的活動があることが確認され、複数の動物種において体内時計は少なくとも 2 系統あるらしいことがわかりました。

ほ乳類においても、マウスを使った実験で正確にはまだ確認されていないものの、2 種類の体内時計が存在することを示唆するデータが得られており、ひょっとすると人間も含め、ほとんどの生物は別々の遺伝子で制御された複数系統の体内時計を持っているのかも知れません。

ちょきりこきりヴォイニッチ  
今日使える科学の小ネタ

▼慶應義塾大学が世界初「温もり」や「冷たさ」を遠隔地間で共有するシステムの開発に成功しました。

遠隔地間で相互に熱接触を再現する仕組みは熱エネルギーを双方向のやり取りです。ですので、冷たい鉄に触っている感覚をインターネットで伝える場合、鉄の温度を測定して一方的に送信しただけでは感覚の再現にはならないのです。鉄に触れていると人間の体温で鉄が温められて感じる温度が次第に変化します。人間はこの温度変化と触れている物体と自分の体の熱の流れを総合して温熱感覚として感じているからです。そのため、温熱感覚の呈示においては温度および熱流の同時かつ双方向の制御が必要になってきます。

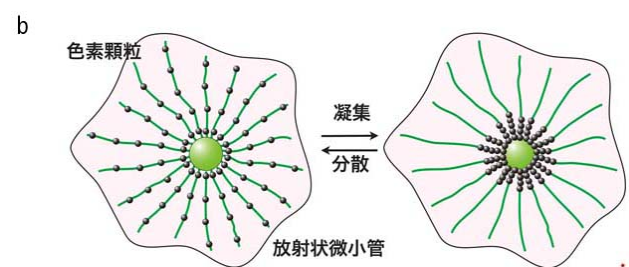
今回開発に成功したシステムでは、電流によって熱移動を発生させることのできるペルチェ素子を熱デバイスとして採用し、それを手元側および遠隔地側の両方に用意した上で新たに開発した温度・熱流同時・双方向制御アルゴリズムの適用を行っています。応用としては、遠隔医療で医師が患者の体温を感じ取る場合や、バーチャルリアリティで寄りリアルに温度を感じる仕組みなどに応用が可能です。



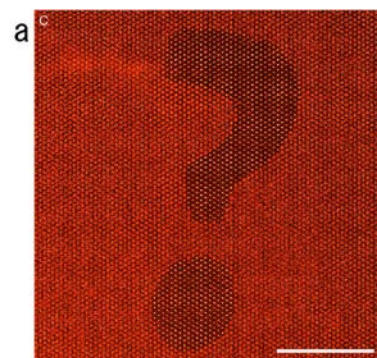
### ▼生体ディスプレイ

北陸先端科学技術大学院大学は魚の保護色を実現している生体メカニズムにヒントを得た人工細胞を生体分子で駆動するディスプレイの開発に成功しました。

イカや魚類の体の色の変化は表面に存在するメラノフォア細胞の色素の粒子が細胞内で分散したり凝縮したりすることによって色の変化を生み出します。



メラノフォアの中では、微小管とよばれる鉄道のレールのようなタンパク質が細胞中心から放射状に伸びていて、この上を走るモータータンパク質によってメラニン色素などが運搬されることにより、色変化が生じています。このメラノフォアの分子システムをガラス基板上に構築し、人工的に制御することができるディスプレイを作り出しました。残念ながら表示できる色は魚の保護色と同じ色しか表示できないのですが、数mmの画面サイズで思い通りの絵を描画させることが出来たということで、これはモータータンパク質で駆動する世界初のディスプレイです。





The Scientists An Epic of Discovery 006  
 (テームズ・アンド・ハドソン社刊)

## James Clerk Maxwell

ジェームズ・クラーク・マクスウェル



1831. 6. 13 - 1879. 11. 5.

イギリス (スコットランド) の理論物理学者。

005 で紹介したマイケル・ファラデーによる電磁場理論をもとに、1864 年にマクスウェルの方程式を導いて光が電磁波であることを唱え、古典電磁気学を確立しました。

マクスウェルは弁護士の父を持ち、幼い頃から英才教育を受けて育ち、16 歳にしてエディンバラ大学に入学しました。

有名なマクスウェルの方程式は電磁場の運動法則を規定する方程式です。電場の強さと磁場の強さに対する 4 個の偏微分方程式として表現され、電荷密度と電流密度および境界条件を与えれば、この方程式から電磁場が決定されます。この基礎方程式から電磁波の存在を理論的に予言したのですが、これは後にヘルツにより実験的に証明されることになります。

一方でなかなか証明されなかった思考実験にマクス

ウェルの悪魔があります。分子の動きを観察できる架空の悪魔を想定することによって、熱力学第二法則で禁じられたエントロピーの減少が可能である、つまり何の仕事もすることなく気体の温度を上げ下げできるとしたこの思考実験ですが、もしこれを認めてしまうと熱力学の根底が崩壊し、永久機関さえできてしまうことになるので、多くの科学者がマクスウェルのこの問いかけに挑戦しました。ですが、とりあえず解決されたのは 20 世紀も後半になってのことでした。

その他、人類初のカラー写真の撮影を行ったのもマクスウェルです。1861 年、30 歳の時光の 3 原色それぞれのフィルターを付けて撮影した 3 枚の写真を重ねることによってカラーを表現していました。(下図)



マクスウェルは生まれが良かったために順風満帆で多忙な科学者生活を送っていましたが、わずか 48 歳の時にがんで死亡しました。

