

# 臨床心理学特講 8 「眠りを疎かにしている日本社会」

1	9月29日	オリエンテーション	
2	10月6日	眠りの現状1	はじめに & 1章(眠りの現状)
3	10月13日	眠りの現状2	2, 3章(眠りを眺める、眠りと脳)
4	10月20日	眠りを眺める	4, 5章(寝不足では、眠りと年齢)
5	10月27日	寝不足では？	6, 7章(いつ寝てもいい？、睡眠物質)
6	11月10日	いつ寝てもいい？	8, 9章(眠りと関係する物質、様々な眠り)
7	11月17日	眠りと物質	10, 11章
8	11月24日	様々な眠り	12, 13章、1月12日に向けての進捗報告
9	12月1日	睡眠関連疾患	14, 15章
10	12月8日	眠りの社会学 1	16章、附録、おわりに
11	12月15日	眠りの社会学 2	追加事項(高橋まつりさん&電通 で検索)
12	12月22日	眠りの社会学 3(時間があれば、ぜひ見てほしいビデオ)	追加事項
13	1月12日	研究発表	
14	1月19日	試験	

研究発表の進捗状況の報告、審査基準の策定状況の報告。11月24日

# Take Home Messages

- ヒトは地球で育まれた昼行性の動物。
- 睡眠物質はたくさんある。

# 頭の体操

- 3人グループに分かれます。Breakout room.
- 話す順番を決めてください。
- テーマを全員あてのメッセージでお伝えします。
- 30秒考えます。
- その後一人30秒で話をしてください。
- 30秒ごとに全員あてのメッセージをお伝えします。

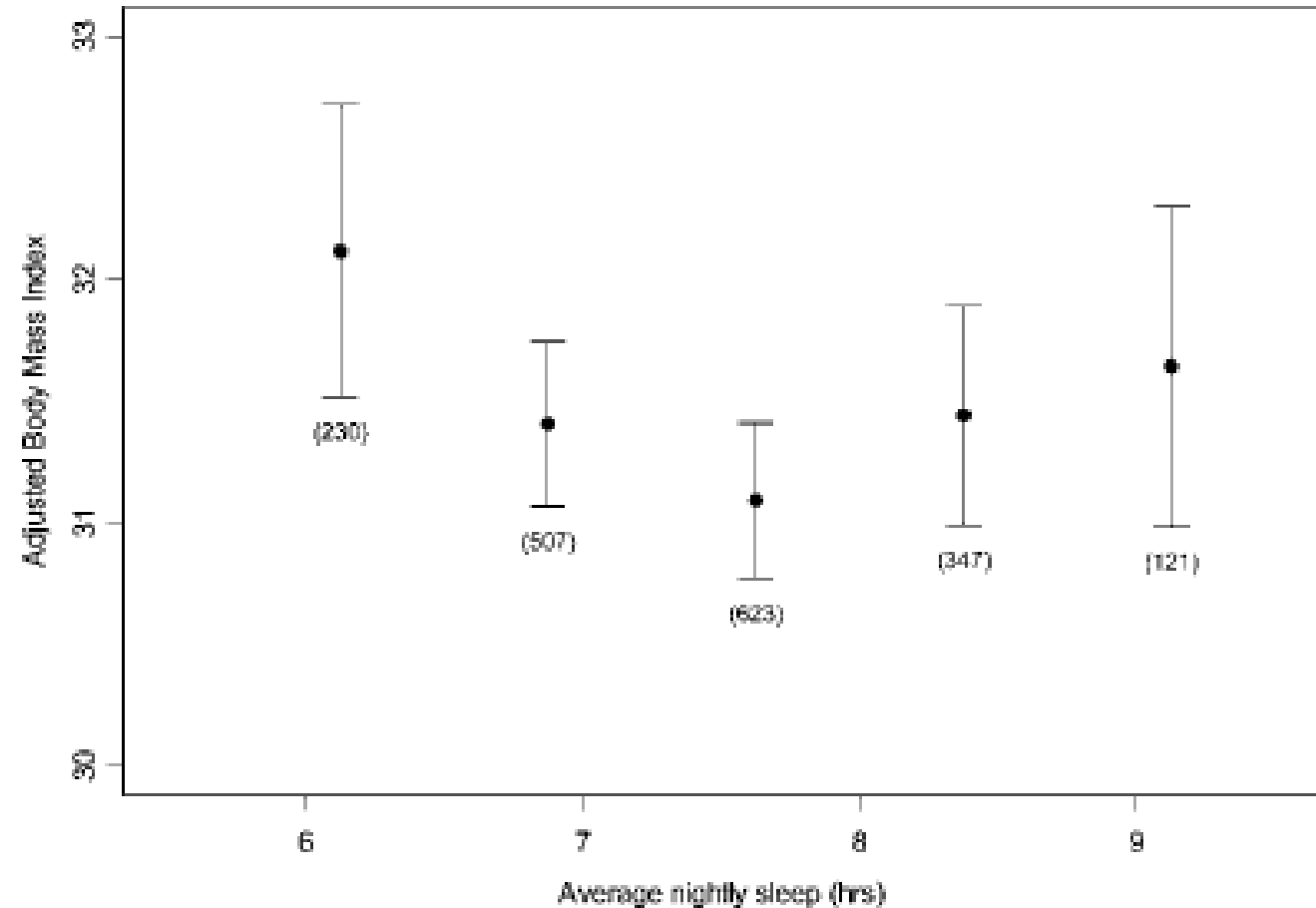
# 読後感

- 寝ると成長ホルモンが出ること。何時から何時。昼食後の眠気。
- 夜更かしでの成長ホルモン影響がない。肥満の連鎖。成長ホルモンは大人にも大切。
- ダイエット中の夜中の食欲。この時間い寝ないと成長しないと言われていた。
- ハエも寝ないと寿命に影響。
- 成長ホルモンは22-2時に出ると信じていた。
- 寝ても太るが寝なくても太る。
- シンデレラタイム。朝食。

# 寝ないと 太る

[Taheri S, Lin L, Austin D, Young T, Mignot E.](#)

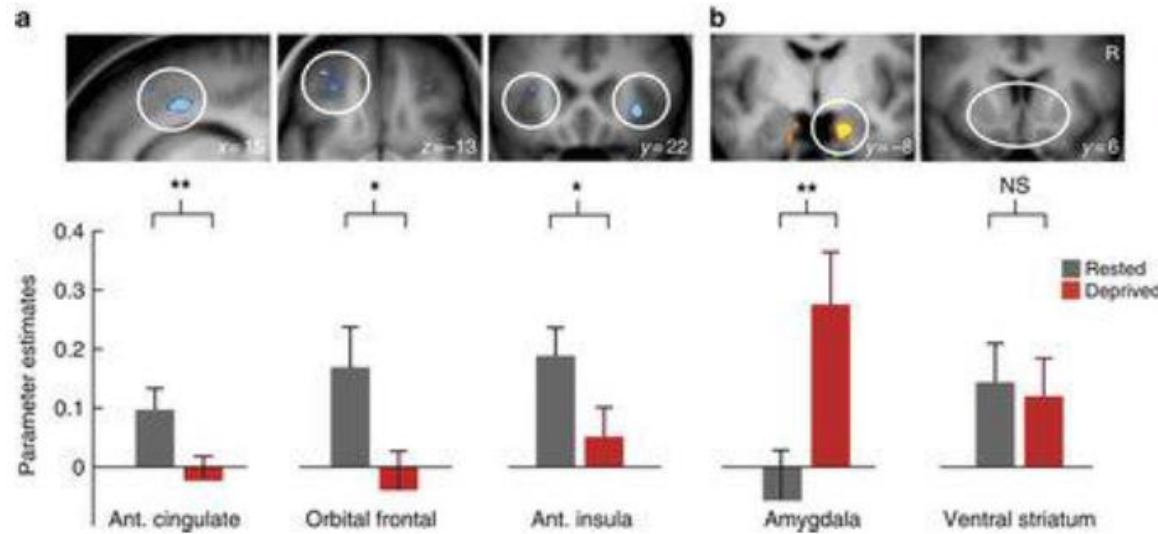
Short sleep duration is associated with reduced leptin, elevated ghrelin, and increased body mass index.  
PLoS Med. 2004 Dec;1(3):e62.



**Figure 2.** The Relationship between BMI and Average Nightly Sleep Mean BMI and standard errors for 45-min intervals of average nightly sleep after adjustment for age and sex. Average nightly sleep values predicting lowest mean BMI are represented by the central group. Average nightly sleep values outside the lowest and highest intervals are included in those categories. Number of visits is indicated below the standard error bars. Standard errors are adjusted for within-subject correlation.

# 寝不足だと食欲が理性に勝る！？

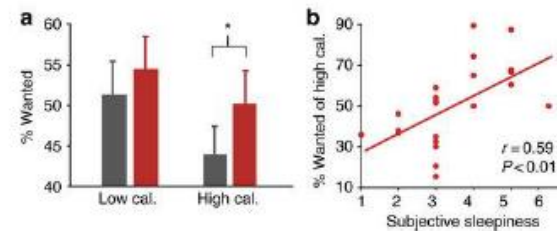
Greer SM, Goldstein AN, Walker MP. The impact of sleep deprivation on food desire in the human brain. Nat Commun. 2013 Aug 6;4:2259.



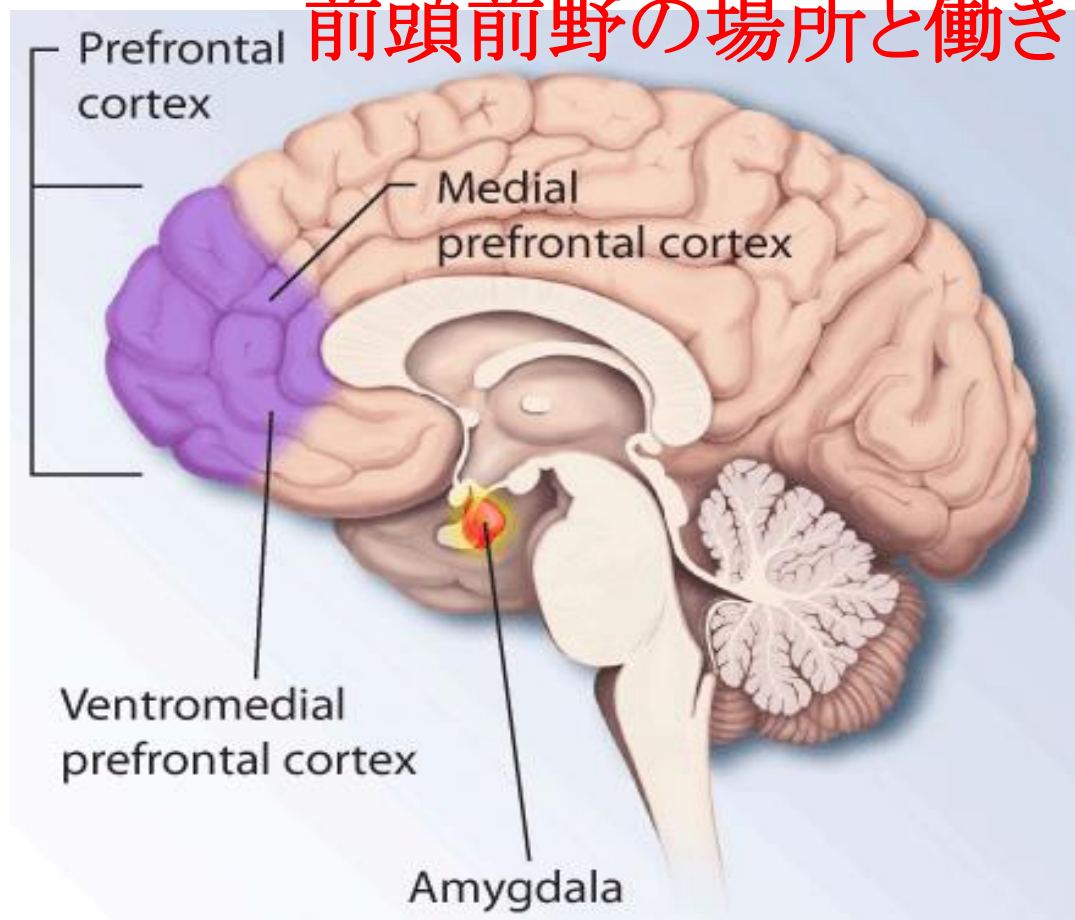
23人の健康な若者に睡眠を十分に取った翌日と徹夜した翌日MRIを撮影。

睡眠不足のときの脳では、判断力を司る前頭葉の活性が減少(a)。一方で、報酬や情動に関連する扁桃体の活性が増大。

さらに被験者に80種類の食事(果実や野菜などの健康的なものからジャンクフードまでの各種)をみせたところ、睡眠不足の時には高カロリー一食を求め、また自覚的な睡眠不足の程度に応じて高カロリー一食を好んだ。



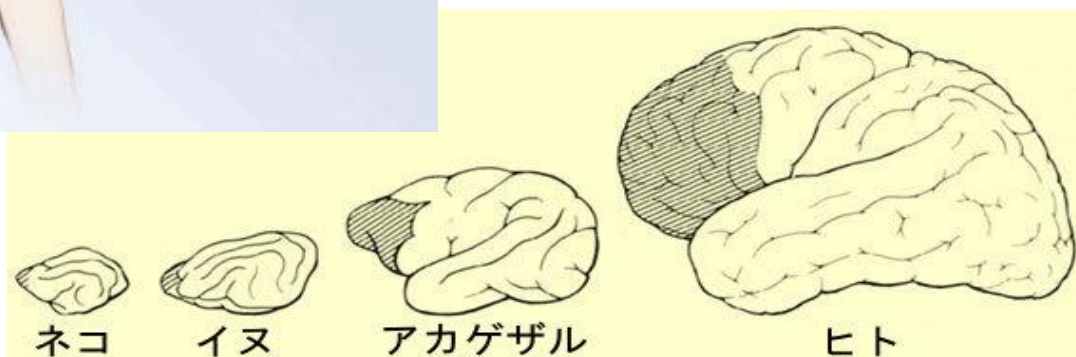
## 前頭前野の場所と働き



意思決定、コミュニケーション、  
思考、意欲、行動・感情抑制、  
注意の集中・分散、  
記憶コントロール。

1848年の事故もゲージは  
正常な記憶、言語、運動能  
力を保っていたが、彼の人  
格は大きく変化した。  
彼は以前には見られなかつ  
たような怒りっぽく、気分屋  
で、短気な性格になり、彼  
の友人はすっかり変わって  
しまった彼を"もはやゲージ  
ではない。"と述べた。

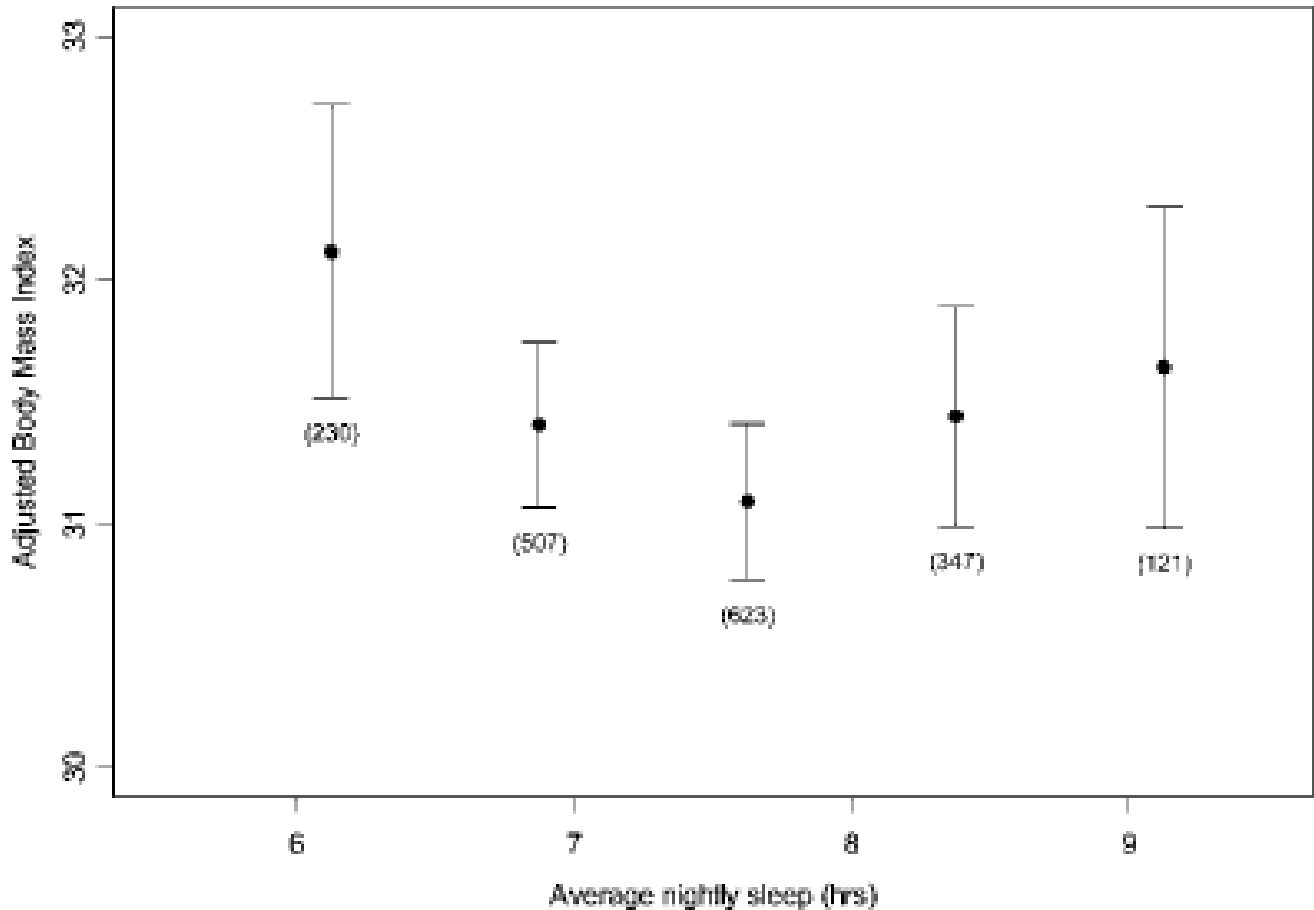
前頭前野：  
人間を人間たらしめている



# 寝ないと 太る

[TaHERI S, Lin L, Austin D, Young T, Mignot E.](#)

Short sleep duration is associated with **reduced leptin, elevated ghrelin,** and increased body mass index.  
**PLoS Med. 2004 Dec;1(3):e62.**



**Figure 2.** The Relationship between BMI and Average Nightly Sleep Mean BMI and standard errors for 45-min intervals of average nightly sleep after adjustment for age and sex. Average nightly sleep values predicting lowest mean BMI are represented by the central group. Average nightly sleep values outside the lowest and highest intervals are included in those categories. Number of visits is indicated below the standard error bars. Standard errors are adjusted for within-subject correlation.



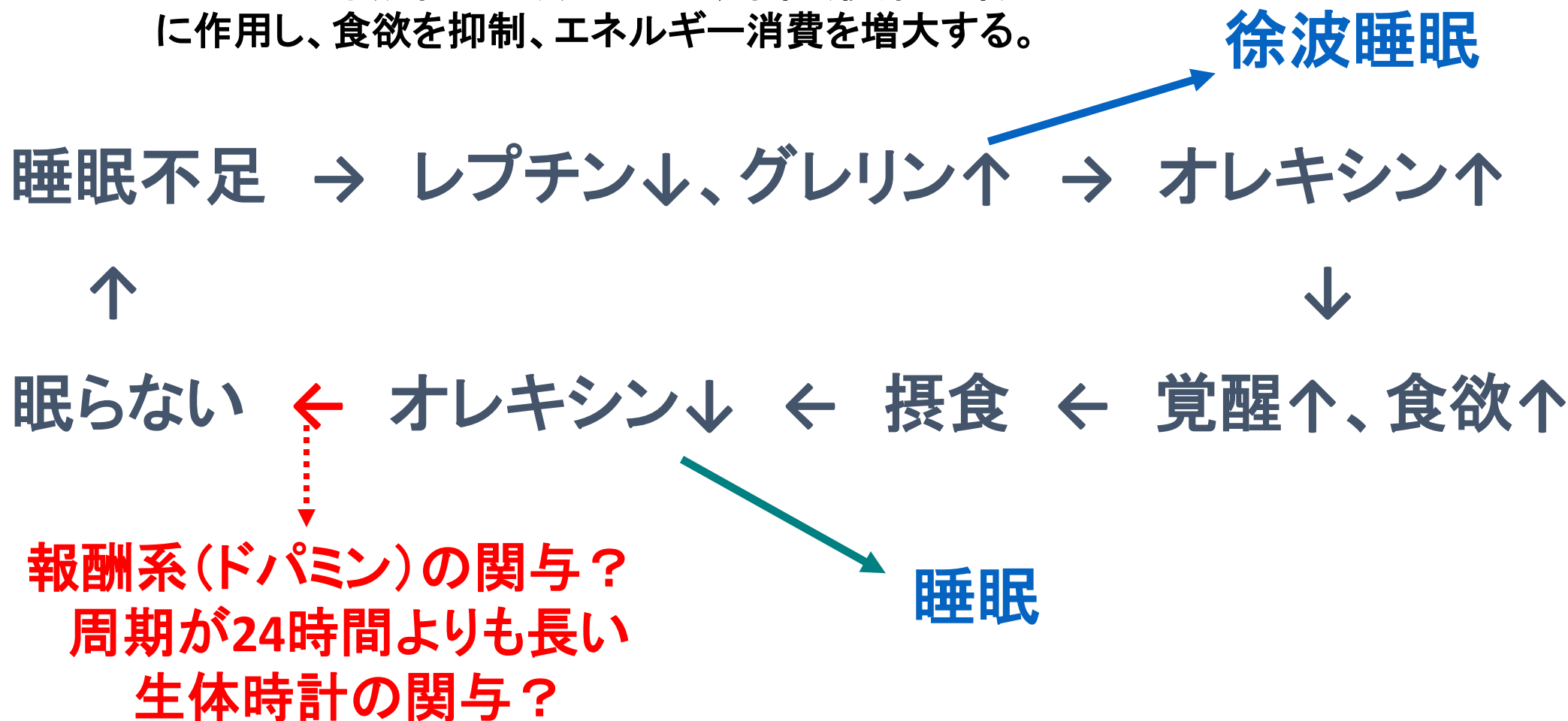
# グレリン、レプチン、オレキシン

- 睡眠時間を制限すると、レプチンが減ってグレリンが増え、体重が増す (Taheri et al, 2004)。
- レプチンは食欲を落とすが、グレリンは食欲を高める。レプチンが減りグレリンが増えると、今度はオレキシンという覚醒を促し、食欲を増す作用のあるホルモンを分泌させる神経細胞が興奮する。眠りを減らすと、レプチンが減り、グレリンが増え、オレキシンが増え、「起きては食べる」といういわば「肥満の連鎖」からヒトは抜けだすことが難しくなるのかもしれない。

# 肥満の連鎖

青は安全弁、赤は危険な連鎖への第一歩？

- ・グレリンは強力な摂食促進作用を持つペプチド。
- ・レプチンは脂肪細胞より分泌され、中枢(視床下部)に作用し、食欲を抑制、エネルギー消費を増大する。



# ナルコレプシー

- ナルコレプシーは①日中の耐え難い眠気、②強い情動（喜びや驚き）で誘発される脱力発作（カタプレキシー）、③入眠時幻覚、④入眠麻痺、を主徴とする。
- 覚醒作用、摂食促進作用を有するペプチドであるオレキシンの髄液中の濃度が特に情動脱力発作を伴う例で低下している場合が多い（武村ら2007）。

# 抗ヒスタミン剤による眠気

- なお眠気をもたらす物質として、一昔前の風邪薬があります。風邪薬の成分の中の抗ヒスタミン剤に眠気をもたらす働きがあります。
- 覚醒中枢を担っている乳頭結節核の神経細胞はヒスタミンを神経伝達物質として持っていますが、これはヒスタミンには覚醒作用がある、ということです。
- ですからヒスタミンの働きを抑える抗ヒスタミン剤には、覚醒を抑える作用、すなわち眠気をもたらす働きがあるというわけです。

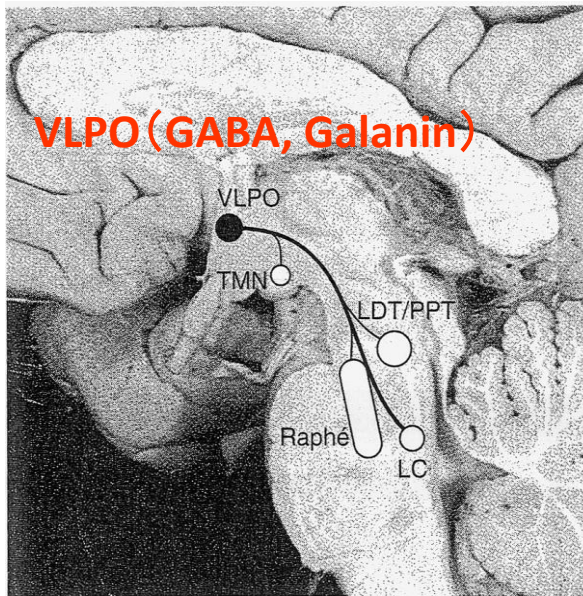


図 32 腹側外側視索前野 (ventrolateral preoptic area: VLPO) からの投射をヒト脳の正中矢状断面に示す

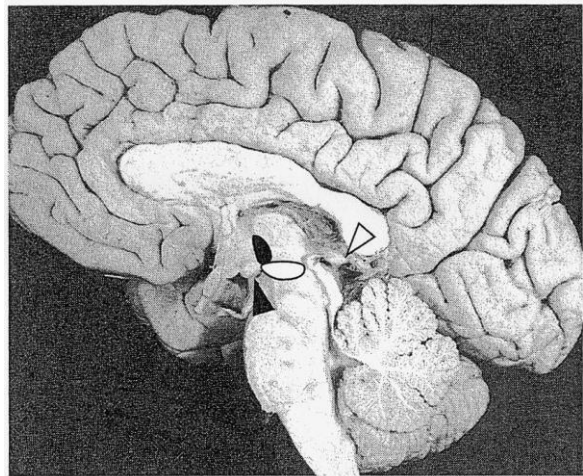
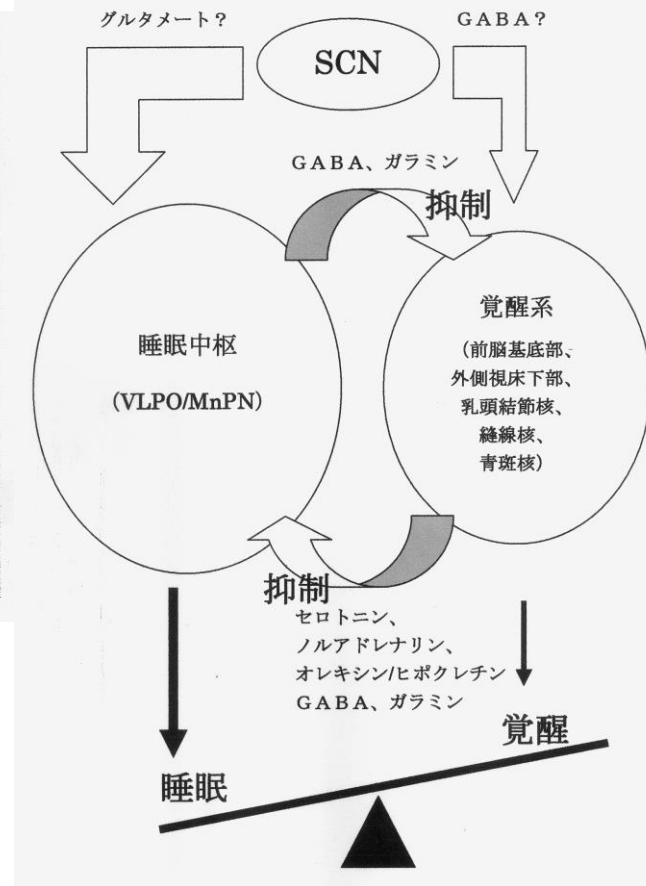
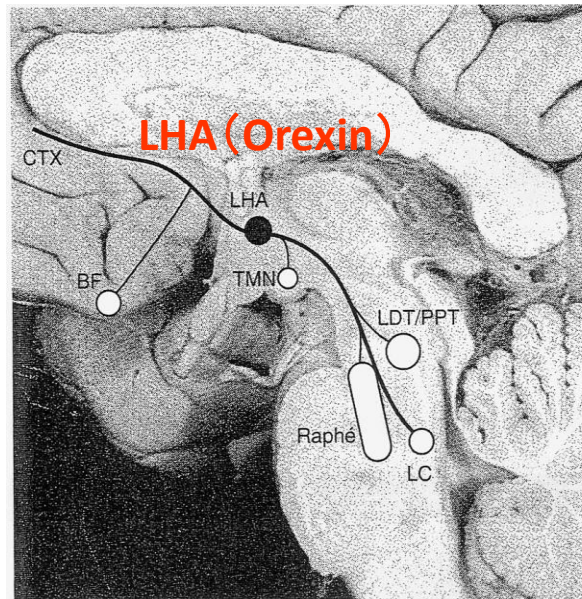


図 31 Economo の睡眠調節中枢を示すヒト脳の正中矢状断面  
白抜き部分の病変が傾眠をもたらす。黒塗りの部分の病変が不眠をもたらす。白抜きの矢頭は松果体を、黒塗りの矢頭は乳頭結核を示す。



黒塗り病変で不眠 →  
睡眠中枢 (視床下部前部)  
**VLPO (GABA, Galanin)**

白塗り病変で傾眠 →  
覚醒中枢 (視床下部後部)  
**TMN (Histamine)、LHA (Orexin)**

# 抗ヒスタミン剤による眠気

- ではなぜ抗ヒスタミン剤が風邪薬に用いられるのでしょうか。これはヒスタミンが刺激してその効果を表す受容体の中のH1受容体という受容体が刺激されると、血管が拡張し、アレルギーの際に認めるくしゃみや鼻水が現れるからで、このようなヒスタミンの働きを抑える抗ヒスタミン剤は、くしゃみや鼻水を抑えるのです。なお古くから用いられている抗ヒスタミン剤(第一世代の抗ヒスタミン剤)は容易に脳内に入り、乳頭結節核のH1受容体の働きを抑え、眠気をもたらしたのですが、最近開発されている第2世代の抗ヒスタミン剤は比較的脳に入りにくく、眠気という副作用も出現しにくいとされています。

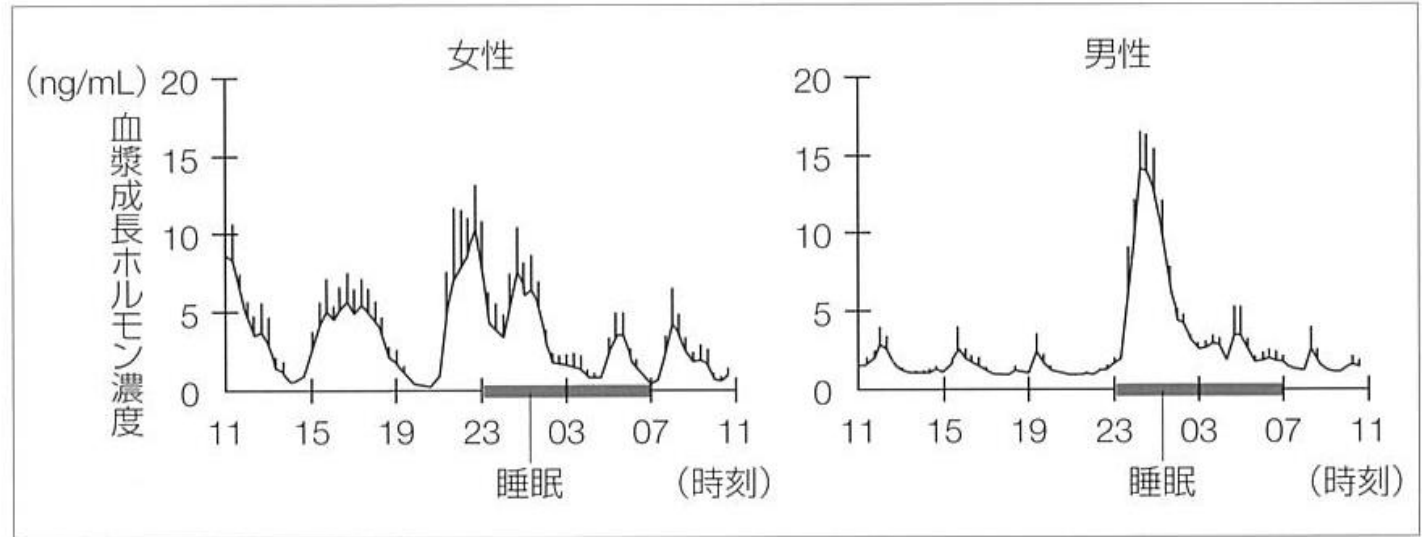
# 成長ホルモン

- 「成長」は子どもに大切。
- だから眠りは子どもに大切？
- だから大人は眠りをいい加減にしてもよい！？
- 確かに成長ホルモン分泌は思春期に最大。
- しかし成長ホルモンは新陳代謝を促す物質。
- また成長ホルモンには抗加齢作用もあります。
- だから眠りは大人にも大切です。

図 5-6

### 成長ホルモン分泌パターンの性差

(Buxton OM, et al. 2002. Modulation of endocrine function and metabolism by sleep and sleep loss. In : Lee-Chiong TL Jr, et al (eds) : Sleep Medicine. Hanley & Belfus, Philadelphia, 59-69)





## 体内時計にみる システム生物学

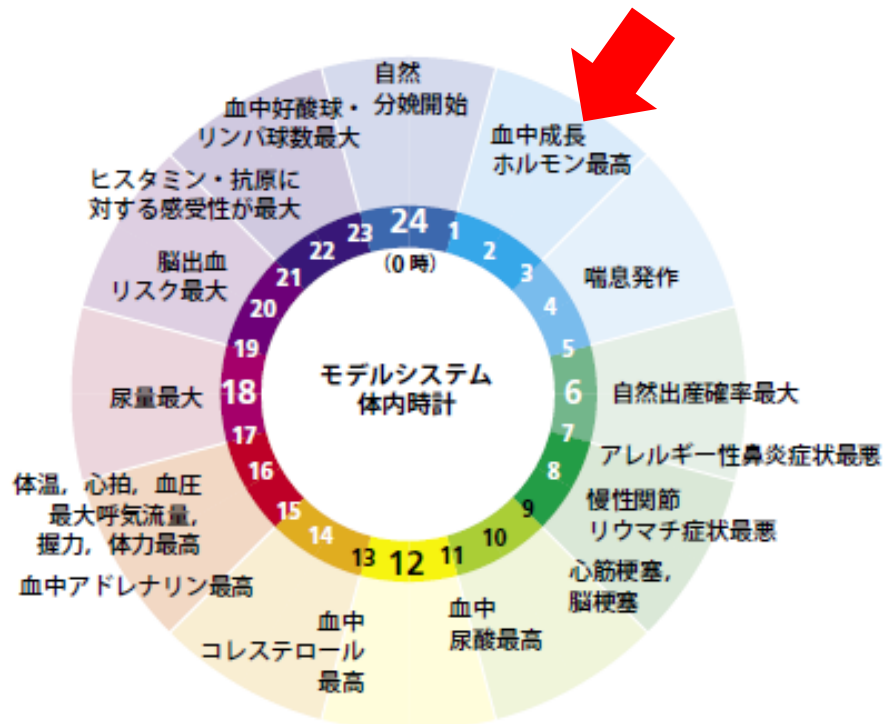
ゲスト

上田泰己 (理化学研究所)

日経サイエンス 2007年7月号

これは1983年の考え方で現時点での考え方とは異なります。

REINBERG A., ET AL., BIOLOGICAL RHYTHMS AND MEDICINE SPRINGER-VERLAG, 1983より改変



**体内時計がつかさどる人間の身体** 体内時計は睡眠覚醒・体温・血圧・ホルモンの分泌のリズムをつかさどる分子機構だ。さまざまな生理現象が24時間周期のリズムを持ち、1日の中で特定の生理現象や疾病が起こりやすい時間が決まっていることが知られている。

「成長ホルモンは寝入って最初の深い眠りに一致して多量に分泌」されます。もちろん時刻によって分泌が決められているわけではありません。2005年発行の睡眠の世界的な教科書にも「入眠時刻が早まっても、遅れても、また眠りが妨げられた後の再入眠に際しても、成長ホルモンの分泌は睡眠開始が引き金となって生じる」とあります。

当然「成長ホルモンは〇-〇時に最も多く分泌される」などということもありません。

Reinberg 氏と Smolensky 氏が1983年に「Biological rhythms and medicine (生体リズムと医療)」という本を発行なさいました。身体に生じる様々な事柄が、実は時刻に大いに影響されている、という重要な指摘をした本です。たとえば脳梗塞は明け方に多く、心筋梗塞は午前中に多い、といったことが、身体の中のホルモン等の時間による変化の影響で説明できることがその本では示されています。そのなかに、24時間を円グラフにして、何時頃に身体の中にどのようなことが起きるのか、を示した図があります。そしてその中には「午前1-3時血中成長ホルモン最高」とあるのです(左の図)。

# 成長ホルモンについての誤解

- 小学校に通う児童の親です。最近、クラス担任から時々生活リズムのお話をさせていただくようで、「夜更しすると成長ホルモンがちゃんと出ないんだって。9時半ころには寝ようって先生に言われたよ。」と先日も話していました。具体的にこれが問題だから、と話していただくことで、子どもたちも納得できるようです。
- 長年の教育の刷り込みは本当に恐ろしい。間違った知識の修正は大変。先日も産経新聞に睡眠学会認定医師の発言として、成長ホルモンは0-3時に最も多く分泌されるとありました。これは誤りです。いつも申し上げているつもりですが、成長ホルモンは寝入って最初の深い眠りに一致して多量に分泌されるのです。時刻によって分泌が決められているわけではありません。ですから当然、夜ふかしをしたからといって出なくなることもありません。徹夜をしても翌日昼間に出てきます。2005年発行の睡眠の国際的な教科書にも「**入眠時刻が早まっても、遅れても、また眠りが妨げられた後の再入眠に際しても、成長ホルモンの分泌は睡眠開始が引き金となって生じる**」とあります。もういい加減「眠るのは成長ホルモンを出すためだ」という説明は止めませんか？

# セロトニン

- **こころを穏やかにする神経伝達物質**

# 運動と関係する神経系 → セロトニン系

セロトニン系:

脳内の神経活動の  
微妙なバランスの維持

セロトニン系の活性化

(歩行、咀嚼、呼吸

= リズミカルな筋肉活動)

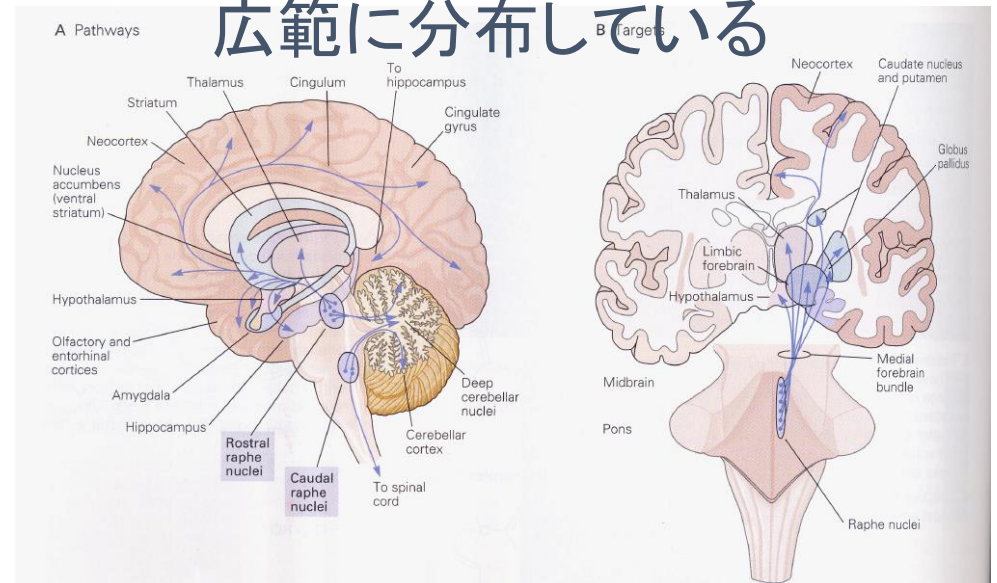
→ 行動中の脳活動の安定化に寄与

→ 運動すると「気分がいい」

→ 障害で精神的な不安定

(強迫神経症、不安障害、気分障害)

セロトニン系は脳内に  
広範に分布している



セロトニン神経系の活動は  
stateにより変化する



表 1 セロトニン神経系と攻撃性の関係

	セロトニン神経系の変化	攻撃性の変化
実験動物 (ラット・マウス)	セロトニン神経系の破壊 薬物による活動低下 遺伝子操作による不活化	攻撃性の増加 攻撃性の増加 攻撃性の増加
野生動物	脳内セロトニン量の増加	家畜化による攻撃性の低下
サル	セロトニン神経の薬物による活動低下	社会活動の低下 孤立化 攻撃性の増加
野生サル	脳内セロトニン量の低下	社会地位の変動 攻撃性の増加
ヒト	脳脊髄液内セロトニン代謝物の低下 脳内セロトニン量の低下 MAO-A 遺伝子欠損	攻撃性・衝動性 暴力犯罪者 自殺行為者 攻撃性の増加

# 低セロトニン症候群

## Aggression, Suicidality, and Serotonin

V. Markku I. Linnoila, M.D., Ph.D., and Matti Virkkunen, M.D.

Studies from several countries, representing diverse cultures, have reported an association between violent suicide attempts by patients with unipolar depression and personality disorders and low concentrations of the major serotonin metabolite 5-hydroxyindoleacetic acid (5-HIAA) in the cerebrospinal fluid (CSF). Related investigations have documented a similar inverse correlation between impulsive, externally directed aggressive behavior and CSF 5-HIAA in a subgroup of violent offenders. In these individuals, low CSF 5-HIAA concentrations are also associated with a predisposition to mild hypoglycemia, a history of early-onset alcohol and substance abuse, a family history of type II alcoholism, and disturbances in diurnal activity rhythm. These data are discussed in the context of a proposed model for the pathophysiology of a postulated "low serotonin syndrome."  
*(J Clin Psychiatry 1992;53[10, suppl]:46-51)*

衝動的・攻撃的行動、自殺企図

髄液中の5HIAA濃度の低下

日中の活動リズムの異常

と関連。

# セロトニンの活性を高めるのは？ リズムカルな筋肉運動



# セロトニンの活性を高めるのは？

## リズムカルな筋肉運動

## そして朝の光







# 経済を脳から解く

「ニューロエコノミクス（神経経済学）」という新しい研究分野がある。脳の働きから、人間の経済活動を読み解くことを目指す分野だ。

経済学はこれまで、主に人間は合理的な行動をするというモデルに基づいていた。だが、現実にはそれだけでは説明できない現象が多い。

「人間の行動を生み出す脳の働きを、脳科学の手法を用いて解明し、新しい経済のモデルづくりを目指します」。大阪大社会経済研究所の田中沙織・特任准教授は研究内容を、こう説明する。

田中さんらは、人間が短期的に報酬を予測するときと、長期的に報酬を予測するとき

では、脳の活動する場所が違うことをみつけた。目先の欲しいものにすぐに手を出すか、将来の利益を選ぶかの判断に関係しているという。

さらに、こうした選択をする際、脳内物質のセロトニンが足りないと、衝動的に目先の報酬を選びがちになることも突き止めた。

人間はどれくらい先の報酬まで考慮して行動するのか。脳の活動を調べると、その期間に応じて働く複数の神経回路があり、セロトニンがこれらの働きを調整している。

セロトニンが不足すると、こうした調整能力が失われ、将来を見越した最適な行動がとれなくなるらしい。

セロトニンがたりないと、20分後の20円より、  
5分後の5円を求める。

### 報酬予測回路

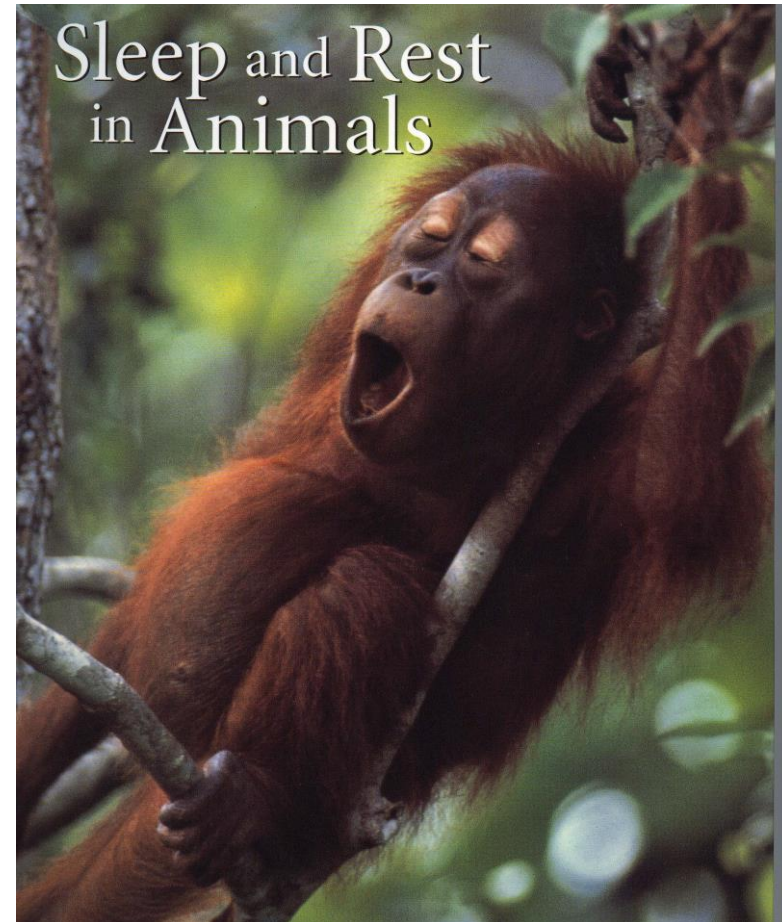
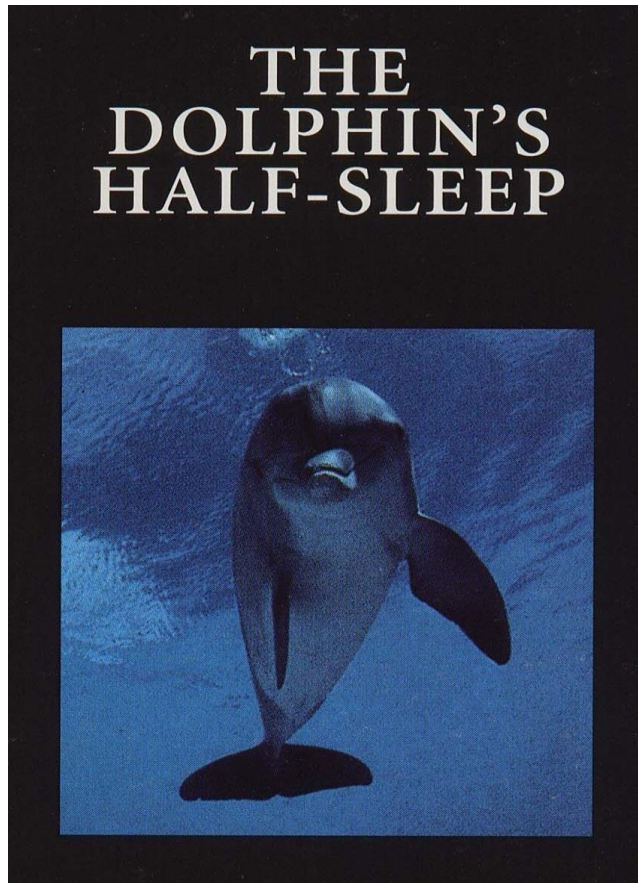
目先の報酬を予測しているときは、前頭葉眼窩(がんか)皮質や線条体の下部を通る回路(情動的な機能にかかわる)が活動し、**将来の報酬を予測しているときは**、背外側前頭葉前野や線条体の上部を通る回路(認知的な機能にかかわる)が活動する(Tanaka SC,らNat Neurosci. 2004 Aug;7(8):887-93.)。

被験者の脳内の**セロトニン濃度が低い**ときには、**短期の報酬予測回路**がより強く活動し、**セロトニン濃度が高い**ときには、**長期の報酬予測回路**がより強く活動(Tanaka SCらPLoS One. 2007 Dec 19;2(12):e1333.)。

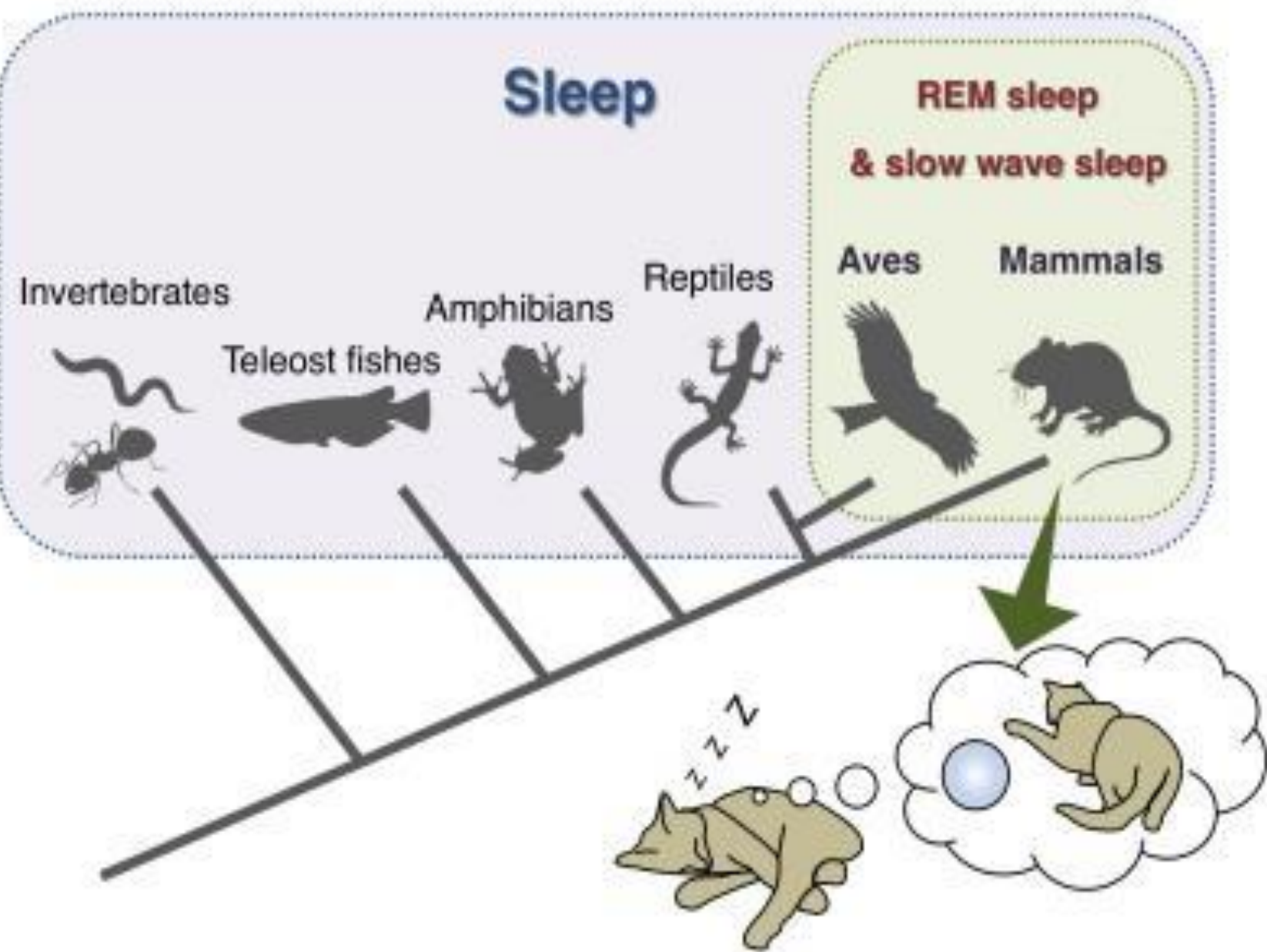
脳内のセロトニン濃度が低いときには、衝動的に目先の報酬を選びがち(Schweighofer NらJ Neurosci. 2008 Apr 23;28(17):4528-32.)。

# 今日のテーマは様々な眠り

- ではいったいどんな変わった？あるいは他のヒトとは違った眠りがあるのか？



# Sleep

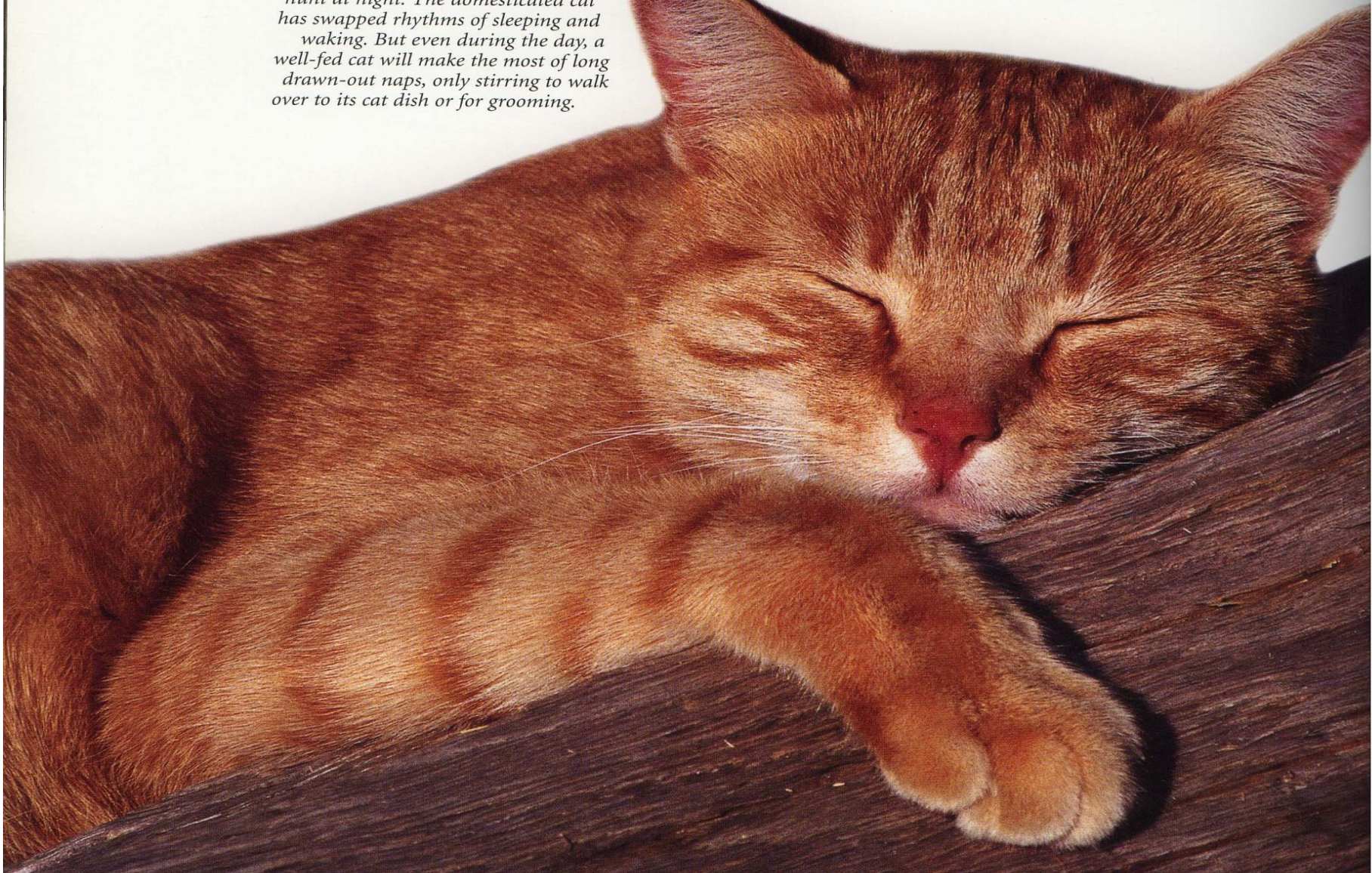


# 哺乳類

- 陸生哺乳類を概観する。Jerome Siegel は「哺乳類の眠りの機能解明のてがかり」という論文の要旨を「哺乳類の眠りの機能はまだわかっていない。多くの説が、ノンレム睡眠の役割はエネルギー保持と神経系の回復にあるとしている。
- レム睡眠に関しては、睡眠中の周期的な脳の活性化、局所の回復過程、感情面の調整を役割とする仮説がある。
- 哺乳類全体を見回すと、眠りの量と性質は、年齢、身体の大きさ、陸生か水生かといった生態環境、食餌、睡眠場所の安全性に関連している。
- 眠りは多くの機能を完遂するために有効な時間で、睡眠の違いはこれらの多くの機能が種によって異なるであろうことを示唆している。」とまとめ、
- さらに本文では、
- 「日中の睡眠量は肉食獣で多く、雑食獣が続き、草食獣では少ない。」
- 「草食獣では眠りの量は身体大きさと反比例する。」
- 「単孔目や水生哺乳類を除くと、哺乳類は徐波睡眠とレム睡眠を呈するが、眠りの周期の単位時間は身体が小さく、脳が小さいほど短く、1周期の時間は例えばアジアゾウは1.8時間だが、ブラリナトガリネズミでは8分 (Zepelin et al 2005)」と指摘している。
- なお系統発生的に比較的原始的と考えられているフェレットではレム睡眠量が多いと報告されている (Jha, et al, 2006)。

**Domesticated sleep**  
*A pet cat will stay awake during the day because it is imitating its human masters. Cats in the wild hunt at night. The domesticated cat has swapped rhythms of sleeping and waking. But even during the day, a well-fed cat will make the most of long drawn-out naps, only stirring to walk over to its cat dish or for grooming.*

prove in the dolphin, the primitive long-nosed echidna and the duck-billed platypus, all mammals share the same alternating pattern of slow-wave fast-wave sleep.



# 主な陸生哺乳類の1日の睡眠時間(レム睡眠)

ウマ	3.0	(0.5)
ゾウ	4.0	(?)
キリン	4.5	(0.5)
ヒト	8.0	(2.0)
マントヒヒ	9.5	(1.0)
ネコ	12.5	(3.0)
ラット	13.0	(2.5)
コウモリ	19.0	(3.0)

- コウモリは洞窟の天井からぶら下がって眠り,
- キリン・ゾウ・ウマは身体を地面に横たえたり,あるいは立ったまま首をたらしして眠る.
- 徐波睡眠はどちらの姿勢で眠っても生じ,レム睡眠は地上に横たわった時にのみ認められる.
- 有蹄類は目を部分的にあけて眠るが,これは敵の襲来をすばやく察して逃げるためだと想像されている.

# 水生哺乳類

- 水生哺乳類のうちクジラ目(イルカ, クジラ)では片側の脳半球が徐波睡眠パターンを呈し, もう一方の半球は覚醒パターンの脳波を示すことができる(Rattenborg & Amlaner, 2002).
- これらの状態の時, 彼らは呼吸するために水面近くで静止しているかゆっくり泳ぐかしており, 片眼は開眼している. そして, 開眼している目の反対側の脳半球は通常覚醒している(Lyaminら, 2002)(図6).
- なおクジラ目ではレム睡眠はほとんど観察されていない(Lyaminら, 2000).
- マナティーも片側半球の徐波睡眠を呈する(Mukhametovraら, 1992)。
- アザラシやアシカでは水中生活時と陸上生活時とで眠りが異なる。水中生活時にはクジラ目同様片側半球の徐波睡眠を呈し、レム睡眠はほとんど認めないが、陸上生活時には両側の脳半球が徐波睡眠を呈し、レム睡眠も認めると報告されている(Lymin et al 1996)。
- いずれにしても鳥類, 水生哺乳類で認められる片側半球の徐波睡眠は, 睡眠が局所的に生じる現象であることを示したわけで、極論すれば, 常に脳のある部分を覚醒に保っているわけだ。生物にとっては新たな生存戦略となる可能性がある。





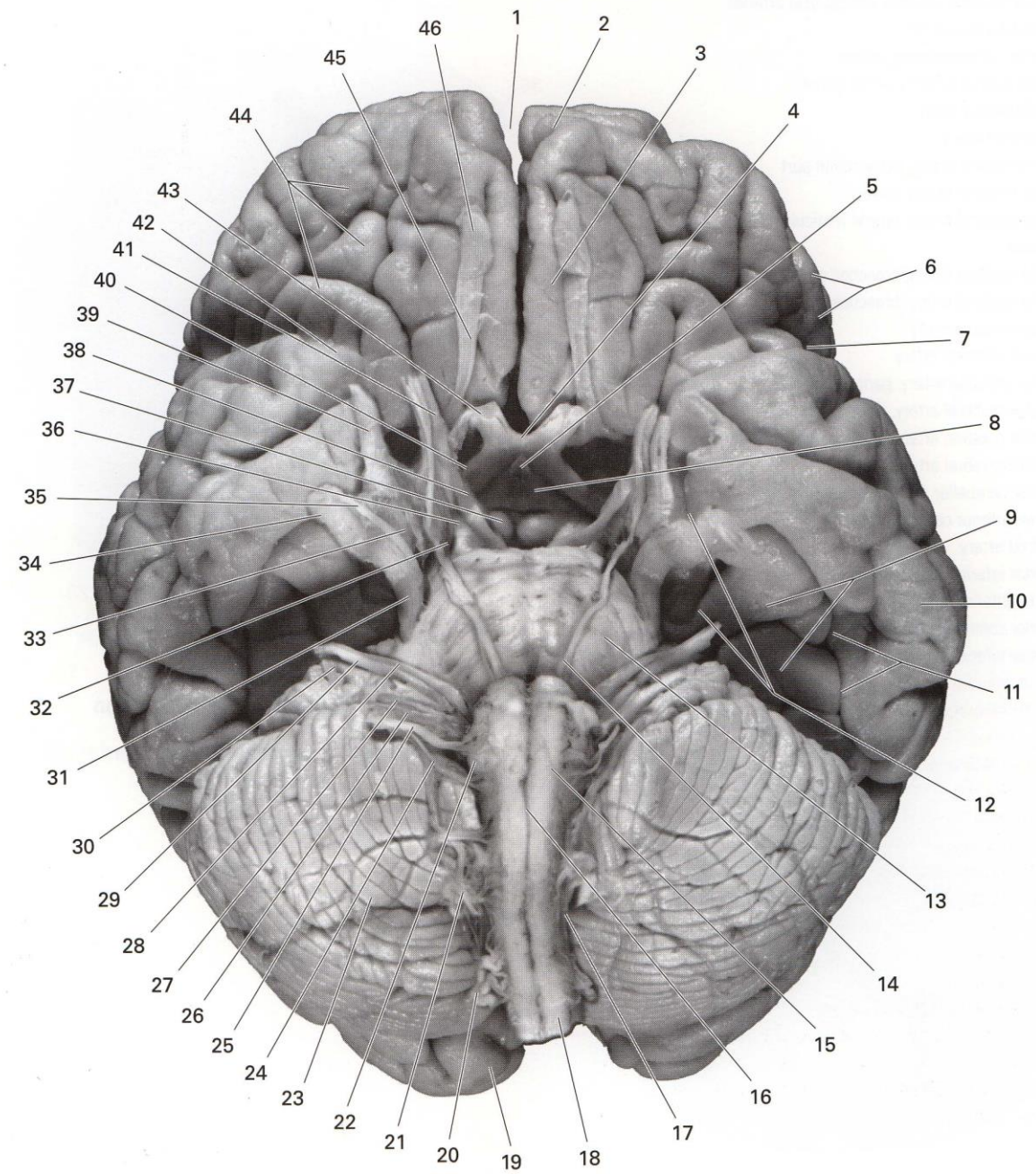
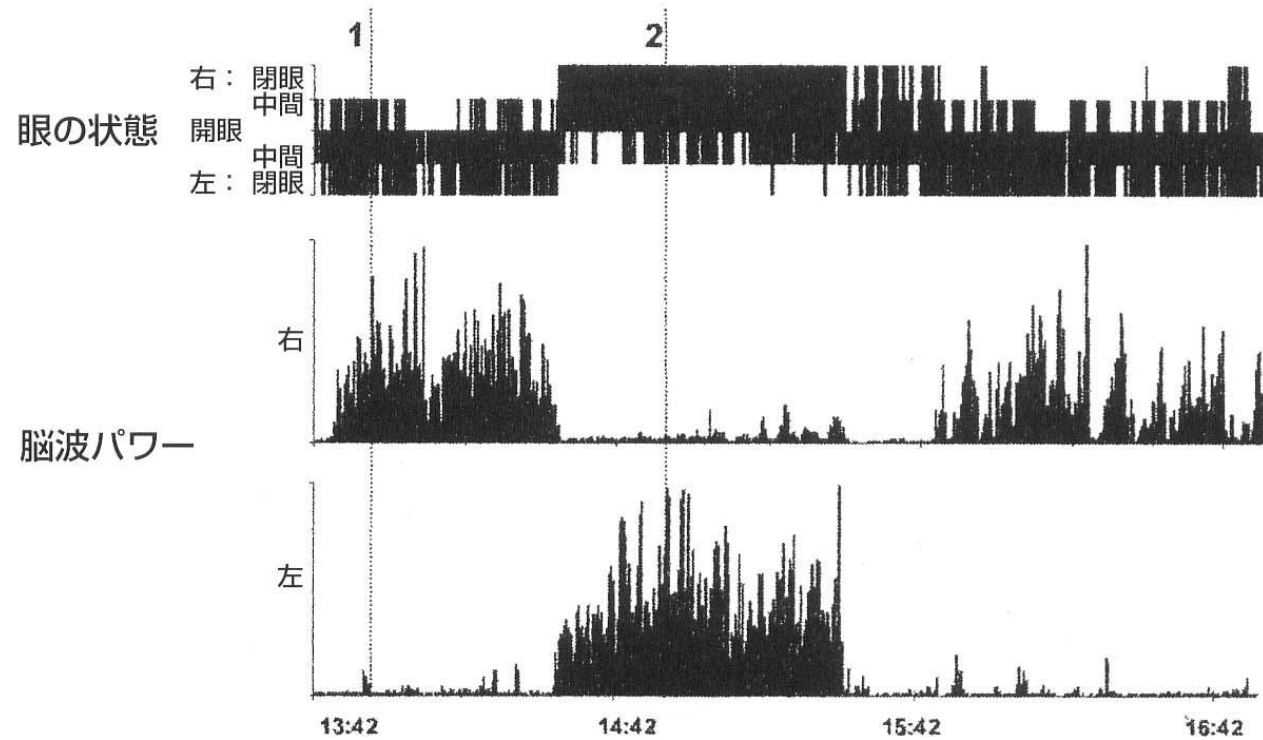


図6 白クジラの目と脳波の関係  
 右側の脳波パワーが高い際（1）には左目が閉じ、左側の脳波パワーが高い際（2）には右目が閉じている。1では左脳が覚醒しており、2では右脳が覚醒していると考えられる。

Lyamin OI, et al: Unihemispheric slow wave sleep and the state of the eyes in a white whale. Behav Brain Res 129:125-129, 2002 を改変



# 原始的哺乳類

- ハリモグラとカモノハシは恒温性の哺乳類だが卵生で、分類上は原哺乳類の単孔目に属する最も原始的な哺乳類だ。

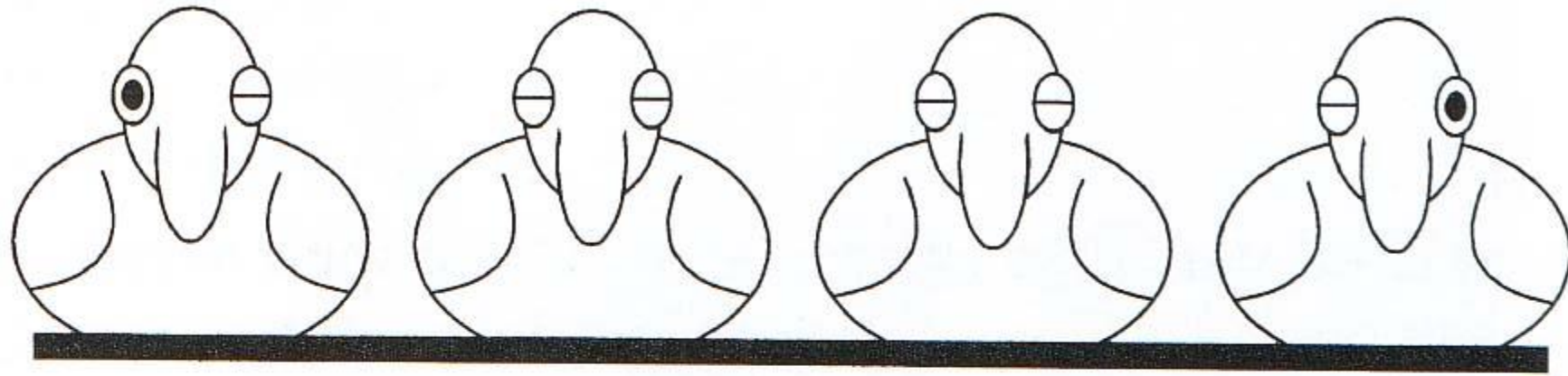


ハリモグラに関しては、Allisonら(1972)の報告以来、レム睡眠はないと考えられてきた。ところがSiegelは、単孔類には、徐波睡眠とレム睡眠両者の特徴を併せもった未分化なstate[脳幹部に局限したレム睡眠(2005)]が存在すると結論した。



# 鳥 類

- ・鳥類では眠る時の特有の姿勢が知られ、徐波睡眠期とレム睡眠期とが確認されている。
- ・アホウドリやカモメなど飛び続けている鳥類は半球睡眠をすることができ、飛びながら眠ることが出来ると想像されているが、技術的な制約から未だ確認がなされていない。
- ・ある種の鳥類では片側の脳半球が徐波睡眠を呈する(片側半球の徐波睡眠: Rottenborg 2000)。



**FIGURE 5.** Schematic depicting the effect of position in the group on unihemispheric sleep in ducks sleeping in a row. Ducks at the ends of the row perceive greater risk and therefore spend more time sleeping unihemispherically with one eye open and show a preference for directing the open eye away from the other ducks, as if watching for approaching predators. Adapted from Rattenborg et al: Half-awake to the risk of predation. *Nature* 397:397–398, 1999; and Rattenborg et al: Facultative control of avian unihemispheric sleep under the risk of predation. *Behav Brain Res* 105:163–172, 1999.

# 鳥類

- ・鳥類では眠る時の特有の姿勢が知られ、徐波睡眠期とレム睡眠期とが確認されている。
- ・アホウドリやカモメなど飛び続けている鳥類は半球睡眠をすることができ、飛びながら眠ることが出来ると想像されているが、技術的な制約から未だ確認がなされていない。
- ・ある種の鳥類では片側の脳半球が徐波睡眠を呈する(片側半球の徐波睡眠: Rattenborg 2000)。
- ・水生哺乳類同様の睡眠で、片目を閉じ、閉じた側と反対側の脳が徐波睡眠を呈する。ただし閉眼側の脳波の低周波数成分のパワー(覚醒の度合い?)は、両眼を開けていた時よりは高いと報告されている。
- ・この閉眼側の脳が従来の定義で言う「覚醒」にあるのか、それとも未知のstateを呈しているのかは今後の課題だ。
- ・なお鳥類のレム睡眠の量と回数は哺乳類よりも少なく、ある鳥類では1エピソードの長さがノンレム睡眠の2.5分に対し、レム睡眠は9秒という報告もある(Amlaner, 1994)。
- ・Rattenborgらは毎年春と秋に約4,000キロメートルを移動する習性をもつミヤマシトド(*Zonotrichia leucophrys gambelii*)で学習・記憶能力を調べ、非移動期間には一晩睡眠を制限しただけでも正確さと反応性が損なわれるものの、移動期間中には睡眠時間が2/3に減少しても同じ作業の正確さと反応性が保たれると報告した(PLoS Biol. 2004 Jul;2(7):E212. Epub 2004)。



## 渡り鳥の世界記録更新 1万キロ太平洋縦断

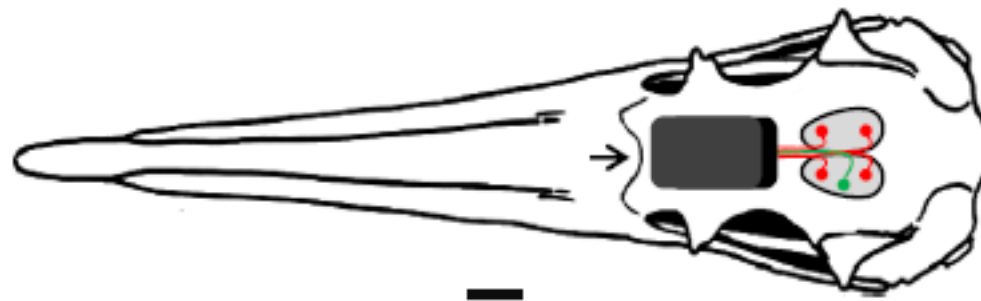
渡り鳥のオオソリハシシギが、アラスカからニュージーランドまで太平洋を縦断する1万1000キロ余りを無着陸で飛行したことを、米地質調査所の研究チームが人工衛星による追跡で確認し、22日付の英王立協会の学会誌に発表した。



チームによると、これまでに論文発表された鳥の無着陸飛行の最長記録は、オーストラリアから中国までの約6500キロを渡ったハウロクシギで、この記録を上回る。チームは米アラスカ州西部で繁殖するオオソリハシシギに小型の電波発信器を装着。昨年8月末に飛び立った1羽のメスが9日後にニュージーランドに到達するまで約1万1680キロを飛び続けたほか、別のメス4羽がニューカレドニアなどまで1万キロ以上、無着陸飛行した。メスに比べ体が小さいオスは最長約7390キロだった。この間、飲んだり食べたりした形跡は全くないという。太平洋縦断は、途中で休める東アジア沿いのルートに比べ、餌場での病気感染や外敵の危険が少ないのが利点とされるが、チームは「9日も休まずに飛び続けられるとは」と驚いている。

# Evidence that birds sleep in mid-flight

Niels C. Rattenborg<sup>1,\*</sup>, Bryson Voirin<sup>1,2,\*</sup>, Sebastian M. Cruz<sup>3</sup>, Ryan Tisdale<sup>1</sup>, Giacomo Dell'Omo<sup>4</sup>, Hans-Peter Lipp<sup>5,6,7</sup>, Martin Wikelski<sup>3,8</sup> & Alexei L. Vyssotski<sup>9</sup>



Many birds fly non-stop for days or longer, but do they sleep in flight and if so, how? It is commonly assumed that flying birds maintain environmental awareness and aerodynamic control by sleeping with only one eye closed and one cerebral hemisphere at a time. However, sleep has never been demonstrated in flying birds. Here, using electroencephalogram recordings of great frigatebirds (*Fregata minor*) flying over the ocean for up to 10 days, we show that they can sleep with either one hemisphere at a time or both hemispheres simultaneously. Also unexpectedly, frigatebirds sleep for only  $0.69 \text{ h d}^{-1}$  (7.4% of the time spent sleeping on land), indicating that ecological demands for attention usually exceed the attention afforded by sleeping unihemispherically. In addition to establishing that birds can sleep in flight, our results challenge the view that they sustain prolonged flights by obtaining normal amounts of sleep on the wing.

# 鳥類

- ・鳥類では眠る時の特有の姿勢が知られ、徐波睡眠期とレム睡眠期とが確認されている。
- ・アホウドリやカモメなど飛び続けている鳥類は半球睡眠をすることができ、飛びながら眠ることが出来ると想像されているが、技術的な制約から未だ確認がなされていない。
- ・ある種の鳥類では片側の脳半球が徐波睡眠を呈する(片側半球の徐波睡眠: Rattenborg 2000)。
- ・水生哺乳類同様の睡眠で、片目を閉じ、閉じた側と反対側の脳が徐波睡眠を呈する。ただし閉眼側の脳波の低周波数成分のパワー(覚醒の度合い?)は、両眼を開けていた時よりは高いと報告されている。
- ・この閉眼側の脳が従来の定義で言う「覚醒」にあるのか、それとも未知のstateを呈しているのかは今後の課題だ。
- ・なお鳥類のレム睡眠の量と回数は哺乳類よりも少なく、ある鳥類では1エピソードの長さがノンレム睡眠の2.5分に対し、レム睡眠は9秒という報告もある(Amlaner, 1994)。
- ・Rattenborgらは毎年春と秋に約4,000キロメートルを移動する習性をもつミヤマシトド(*Zonotrichia leucophrys gambelii*)で学習・記憶能力を調べ、非移動期間には一晩睡眠を制限しただけでも正確さと反応性が損なわれるものの、移動期間中には睡眠時間が2/3に減少しても同じ作業の正確さと反応性が保たれると報告した(PLoS Biol. 2004 Jul;2(7):E212. Epub 2004)。
- ・脳内機構の詳細は不明だが、おかれた状況によって眠りの重要度が変わる可能性を示唆している。この脳内機構の解明は、ヒトにとっても新たな生存戦略の開発に繋がる可能性がある。

# ダチョウの眠り

- 原始的な鳥類の一つと考えられているダチョウ (*Struthio camelus*) の眠りを紹介する (Leskuら、2011)。
- まず深いノンレム睡眠だが、この時ダチョウは開眼しているものの眼球運動はなく、長い首を立てた状態にある。なお開眼したままの眠りはowlや鳩、ウサギでも知られている。脳波は徐波が主体である。
- これがレム睡眠になると閉眼し、急速眼球運動が出現、おそらくは頸部の筋肉の緊張が低下するせいで長い首が揺れ、時には頭部が地面に当たることもある。興味深いのは脳波で、レム睡眠に特有な速波主体の脳波のみならず、徐波が主体の脳波も出現、両者が交互に出現する。さらにレム睡眠の平均持続は他の鳥類よりは明らかに長く平均27秒で、5分持続する場合もある。
- なおなおレム睡眠期の脳波に徐波成分があることに関しては、同様の波形が前項で紹介した原始的な哺乳類 (ハリモグラ、カモノハシ) でも認められてる。

# Sleep in Ostriches

2/12/2009 04:20:42

SWS

SWS

SWS



# ダチョウの眠り

- 原始的な鳥類の一つと考えられているダチョウ (*Struthio camelus*) の眠りを紹介する (Leskuら、2011)。
- まず深いノンレム睡眠だが、この時ダチョウは開眼しているものの眼球運動はなく、長い首を立てた状態にある。なお開眼したままの眠りはowlや鳩、ウサギでも知られている。脳波は徐波が主体である。
- これがレム睡眠になると閉眼し、急速眼球運動が出現、おそらくは頸部の筋肉の緊張が低下するせいで長い首が揺れ、時には頭部が地面に当たることもある。興味深いのは脳波で、レム睡眠に特有な速波主体の脳波のみならず、徐波が主体の脳波も出現、両者が交互に出現する。さらにレム睡眠の平均持続は他の鳥類よりは明らかに長く平均27秒で、5分持続する場合もある。
- なおなおレム睡眠期の脳波に徐波成分があることに関しては、同様の波形が前項で紹介した原始的な哺乳類 (ハリモグラ、カモノハシ) でも認められてる。



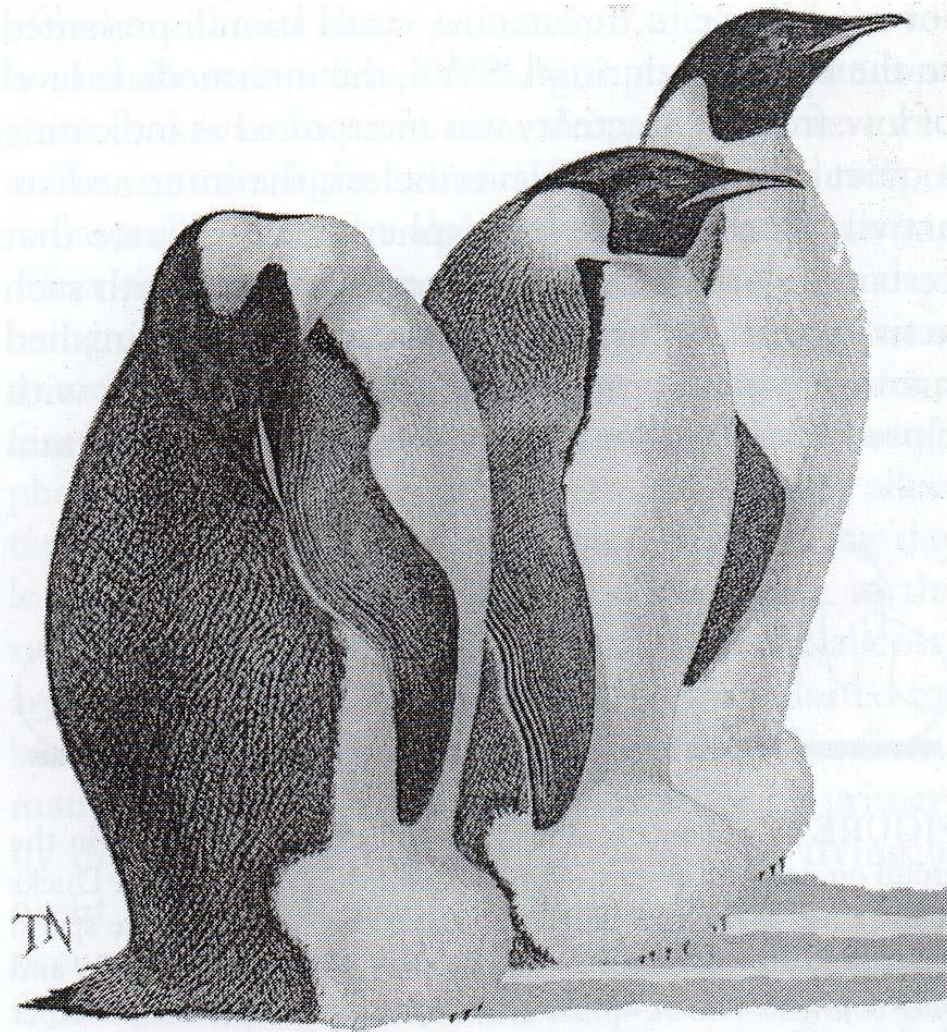


FIGURE 3. Emperor penguins (*Aptenodytes forsteri*) displaying the typical avian head postures associated with wakefulness (*right*) and sleep (*left and middle*). Reprinted with permission of Grass-Telefactor, An Astro-Med, Inc. Product Group.

ダチョウ同様の大型鳥類である皇帝ペンギンのレム睡眠の持続は他の小型鳥類同様10秒未満という。



# 爬虫類, 両生類, 魚類

- ・爬虫類, 両生類, 魚類である時点を“睡眠”と考える手がかりは覚醒域値の高まりだ。
- ・ある種のサメやマグロのように泳ぎ続けていないと生きていけない種は眠らないと考えられている。
- ・カメの脳幹網様体の神経細胞活動が検討され、その多く(22/23)はカメが静かなときにはその発火頻度が、活動しているときに比べて減弱するという(Eiland et al., 2001)。
- ・ただし活動不活発時に周期的な神経細胞活動の周期性はなく、レム睡眠期の存在を推測させるような周期的な睡眠状態の変化は確認できていない。
- ・水族館などで飼育されているカツオは水面近くに仰向けになっ浮かんで眠るという報告があり、一日中休むことなく泳ぎ続けているブリは、夜間泳ぐ速度が昼間の15%下がるという報告がされている。

# ワニの眠り



Here, we explored the use of UEC in juvenile saltwater crocodiles (1) under baseline conditions, and in the presence of (2) other young crocodiles and (3) a human. Crocodiles increased the amount of UEC in response to the human, and preferentially oriented their open eye towards both stimuli.

[Kelly ML](#)<sup>1</sup>, [Peters RA](#)<sup>1</sup>, [Tisdale RK](#)<sup>2</sup>, [Lesku JA](#)<sup>3</sup>.  
**Unihemispheric sleep in crocodilians?**  
[J Exp Biol.](#) 2015 Oct;218(Pt 20):3175-8.

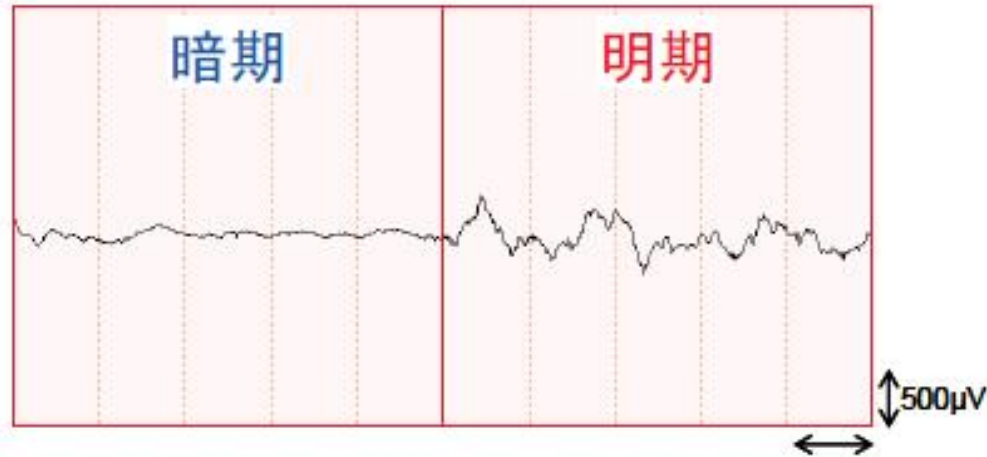
unilateral eye closure (UEC) has been observed.

# 生体信号測定装置を取付けたナンヨウブダイから暗期明期を通じて脳波を連続記録し、振幅に差のあることが報告された

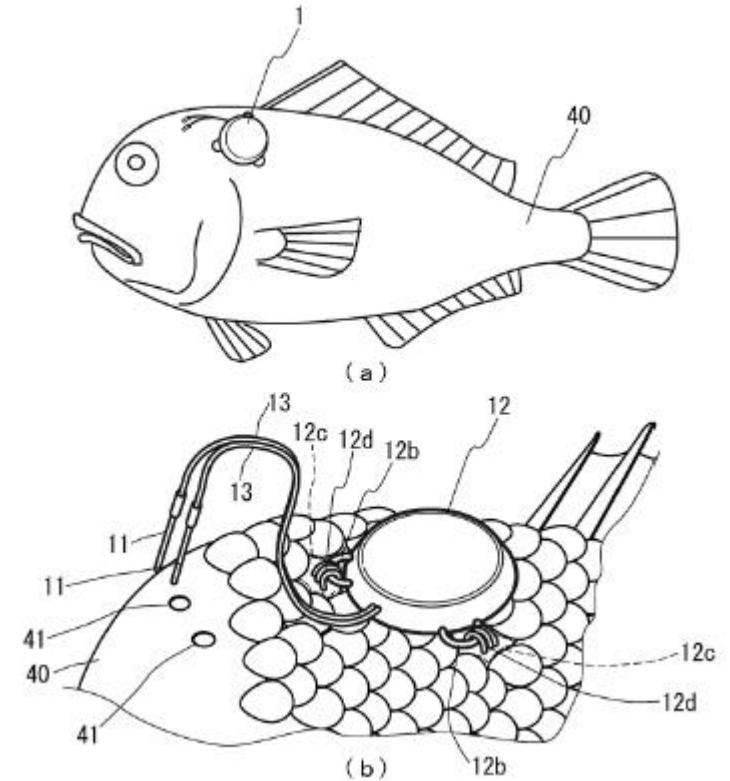
## 無線生体信号測定装置

### －ナンヨウブダイの脳波測定の試み－

林 正裕<sup>\*1§</sup>・高田陽子<sup>\*2,3</sup>・三上 隆<sup>\*4</sup>・裏出良博<sup>\*2,3</sup>

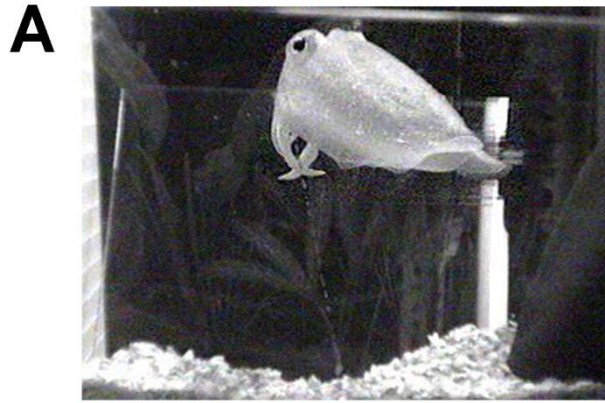


第3図 連続記録されたナンヨウブダイの脳波の一例を示す波形図。ナンヨウブダイを、水槽内で自由遊泳させた状態で脳波の測定を行った。左側が暗期 (19時～7時)、右側が明期 (7時～19時)を示す。縦の点線の間隔は1秒間を示す。



# イカの眠り？

- ある種のイカ(cuttlefish *Sepia officinalis*)では眠りと考えられる静かな状態が観察され、しかも急速眼球運動とレム睡眠の特長とされる筋の単収縮(twitch あるいは jerkと称される)が腕に認められる事が確認された。さらにこのレム睡眠と考えられるstateでは制御されていない無秩序な変化とは考えられないパターンで体色が斑に強くなるという変化も生じるが、これは色素細胞のphasic (一過性、相動的)な活動と捉えられる(Frank ら、2012)。



**Figure 1. States of arousal and quiescence in the cuttlefish *Sepia officinalis*.**

Cuttlefish exhibit clear periods of activity where the animals actively swim (A) or hover (B) and periods of quiescence (C) where they lie on the surface or are partly buried in gravel bedding with closed eyes.

**Sleep-like states in the cuttlefish *Sepia officinalis*.** PLoS ONE. 7(6):e38125. PubMed. Seibt J, Dumoulin M, Aton SJ, Coleman T, Watson A, Naidoo N, Frank MG. (2012).

**Chronology of sleep-like behavior in representative cuttlefish 'Tiny'.** Animal is oriented with head facing upper right corner of the frame. 0:00–1:06 | Quiescence (sleep-like state), 0:07–2:09 | Sleep-like state+CA (activation of chromatophores, movement of eyes beneath lids, small movements of arms, 2:10–2:45 | Transitions in and out of arousal, 3:34- | Quiescence resumes.



**Chronology of sleep-like behavior in representative cuttlefish 'KY'. 0:00–0:29 | Quiescence (sleep-like state), 0:30–1:03 | Sleep-like state+CA (activation of chromatophores, movement of eyes beneath lids, small movements of arms), 1:04 | arousal.**



Quiet with open pupil





Quiet with half and half body pattern



Quiet sleep during night



# Active sleep



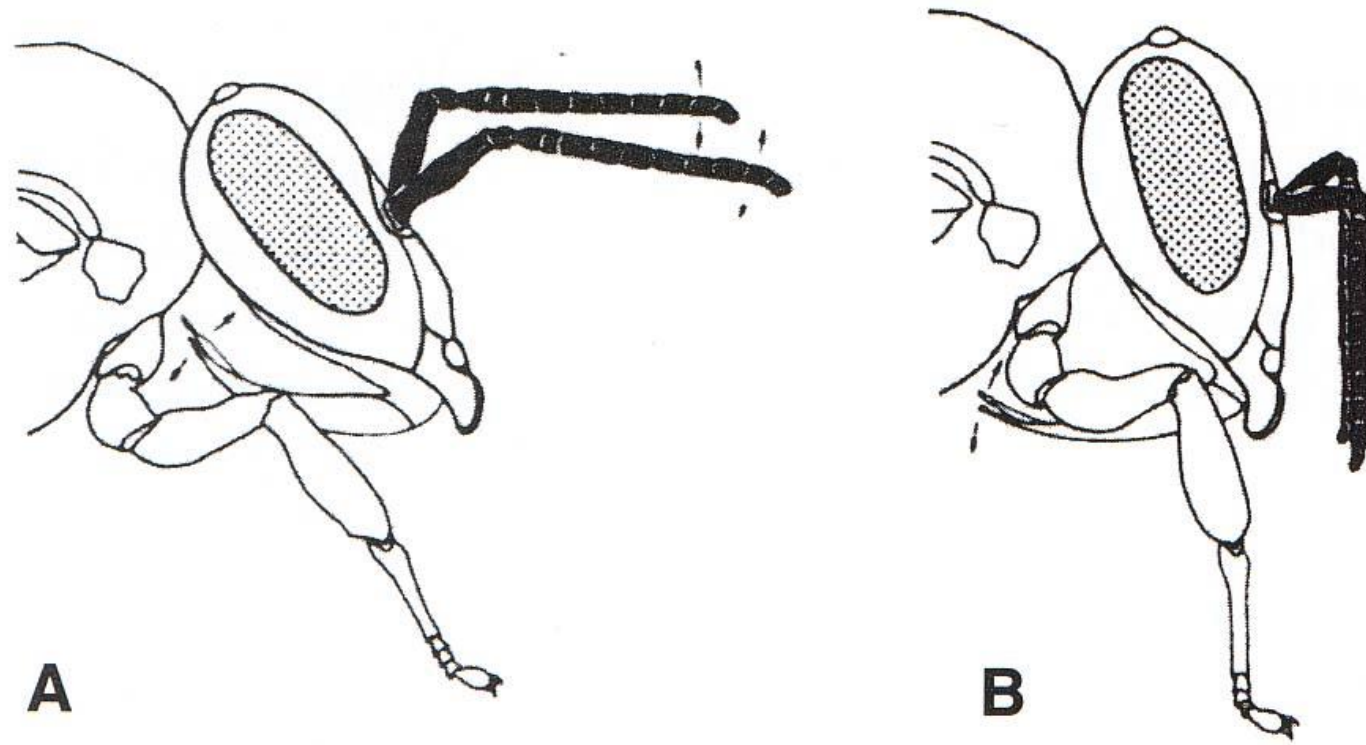
# Active sleep during night



# 節足動物



- ガ (Anderson, 1968), ハチ (Kaiser, 1988), ゴキブリ (Tobler, 1983), ハエ (Hendricksら, 2000; Shawら, 2000) そして サソリ (Tobler & Stalder, 1988) で, それぞれ特有な姿勢で周期的に静かになり, 刺激への反応性が減弱し, また速やかに覚醒に戻ることができるstateが知られている.



**FIGURE 6.** Wakefulness (*A*) and sleep behavior (*B*) in the bee, observed during the day and night, respectively. Note the lowered head position and immobile, drooping antennae in the sleeping bee. In comparison to wakefulness, bees in the sleep posture have higher arousal thresholds. Reprinted from Kaiser W: Busy bees need rest, too: behavioural and electromyographical sleep signs in honeybees. *J Comp Physiol A* 163:565–584, 1988; with permission.

# ショウジョウバエの眠り

- ・ショウジョウバエには活動が減り、活動を促す刺激の域値が高まる状態があり、かつこの不活発な状態が急に変化し活発になる。
- ・不活発な状態を阻害すると、ハエはより長い時間不活発となる。
- ・またショウジョウバエもカフェインやメタアンフェタミンにより活発となり、高齢になると不活発な状態が細切れとなる。
- ・つまりショウジョウバエの不活発な状態はヒトの眠りとかなり類似している (Colwell 2007)。
- ・ショウジョウバエではfuminという遺伝子が発見された (Kume et al, 2005)。
- ・この遺伝子に変異があるショウジョウバエは刺激への感度が高く、ひとたび活動を始めると活動が長く持続する。
- ・さらに通常のショウジョウバエに認める、眠りを奪うことで生ずるその後の眠りの増加を認めない。
- ・ところがこのfumin遺伝子に欠陥のあるショウジョウバエは眠りにくいにもかかわらず、その寿命は健常なショウジョウバエと変わりがない。
- ・つまりfumin欠損ショウジョウバエは、眠らなくとも早死にしないのである。
- ・ただし学習？能力には難点がある。
- ・ところが睡眠時間が少なく短命なショウジョウバエも発見された。
- ・睡眠時間が通常の野生株の3分の一しかないが、覚醒時の行動には野生株と差異がなく、睡眠を制限してもその影響をほとんど受けない短時間睡眠株 (minisleep; mns)。
- ・そしてこのmnsは野生株よりも寿命が短かった (Cirelli et al 2005)。

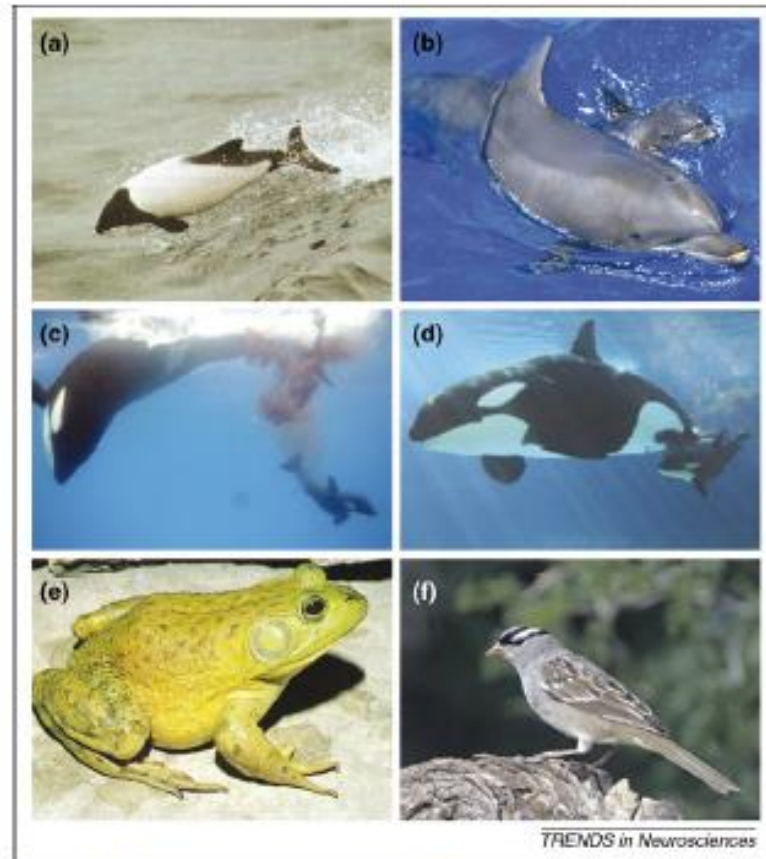


# 動物はみな眠るのか？

## Do all animals sleep?

Jerome M. Siegel

Department of Psychiatry, School of Medicine, University of California, Los Angeles and Neurobiology Research (151-A3), VA-GLAHS, North Hills, CA 91343, USA



**Figure 1.** Light sleepers: animals that show little or no sleep during migrations, in the postpartum period or throughout their lives. (a) Commerson's dolphin; (b) bottlenose dolphin *Tursiops truncatus*; (c) and (d) killer whale *Orcinus orca* being born; (e) bullfrog *Rana catesbeiana*; (f) white-crowned sparrow *Zonotrichia leucophrys*. *Rana catesbeiana* photo courtesy of James Harding; killer whale photos courtesy of SeaWorld, San Diego.

# Take Home Messages

- シンデレラタイムはない。
- 動物の眠りにはいろいろある。