

脳と心を科学する ～体内時計と睡眠を題材として～



熊本大学
発生医学研究センター



桑 和彦

KKume 2007.6.28

今日の話のポイント

1. 総論：科学と技術、科学リテラシー
科学は、何を狙っているのだろうか？
2. 脳と心の関係 ～意識と無意識・睡眠～
脳科学は、心を解明するのだろうか？
3. 睡眠の制御
脳の中の時計と、眠りの制御
4. 睡眠の基礎研究
「眠らないハエ」の話

KKume 2007.6.28

今日の話のポイント

1. 総論：科学と技術、科学リテラシー
科学は、何を狙っているのだろうか？
2. 脳と心の関係 ～意識と無意識・睡眠～
脳科学は、心を解明するのだろうか？
3. 睡眠の制御
脳の中の時計と、眠りの制御
4. 睡眠の基礎研究
「眠らないハエ」の話

KKume 2007.6.28

科学とは、なぜ、何を考えること

- 人間は、「なぜ？」と考え続けてきた。
- => なぜかを深く考えるのは、人間だけ
 - => 科学は人間を人間とたらしめるもの
 - => 考える主体を「理性」と呼び、
納得できる考えを「合理的」と呼ぶ

KKume 2007.6.28

自己紹介

1. 本業1：分子生物学者 => 生物現象を、
遺伝子・分子のレベルで研究する学問
2. 本業2：医師 => 内科、特に睡眠障害
3. 本当の正体：普通の人 => 父、市民
ボランティア活動もいろいろ

KKume 2007.6.28

科学は何をめざすのか？

- 普遍的な真実（わかっていないことを知る）
- => 真実、あるいは、事実を知ることには
価値がありうる。
 - => 真実は、人間の外にあるもので、
そのものに価値があるかどうかは不明

KKume 2007.6.28

科学と技術

7

科学 Science 理学部

=> 真実(事実)を追究する

技術 Technology 工学部

=> 人間の幸せを追求する
特に科学を応用するものを科学技術

現代は、「科学技術の時代」

KKume 2007.6.28

覚えて欲しい言葉(2): 科学リテラシー

10

科学リテラシー、情報(IT)リテラシー:

(**リテラシー** = 文字を読む能力のこと)

科学の情報が氾濫する中で、その意味を
きちんととらえて適切に判断する能力

科学は、いろいろなことを明らかにしたけれど、
万能ではない、**全て**がわかるわけではない
科学では、**説明できないこと**が存在する

KKume 2007.6.28

人間が人生で目指すべきものは何だろうか？

8

覚えていて欲しい言葉 (1)

ギリシアの昔からの普遍的な価値

真 善 美

KKume 2007.6.28

脳科学では...

11

脳がどれだけわかっても...

実は、**心の仕組み**の、もっとも大切な部分が
解明できるという見通しは、今のところない。

専門家の言葉でも、**頭から信じないで**、
自分でも**考えたい調べたい**して下さい。
(例: **ゲーム脳**)

KKume 2007.6.28

目指すものとしての真・善・美

9

真: 科学が目指しているもの

人の外に存在する

善: 技術が目指しているもの、**価値観**

人と人の間に存在する

美: 芸術・美学が目指しているもの

人の中に存在する

自分自身が評価するもの

KKume 2007.6.28

今日の話のポイント

12

1. 総論: 科学と技術、科学リテラシー
科学は、何を**目指している**のだろうか？

2. **脳と心**の関係 ~意識と無意識・睡眠~
脳科学は、心を解明するのだろうか？

3. 睡眠の制御
脳の中の時計と、眠りの制御

4. 睡眠の基礎研究
「眠らないハエ」の話

KKume 2007.6.28

科学とは、なぜ、何を考えること

13

人間は、「なぜ？」と考え続けてきて、
自然現象を、「神」「宗教」で説明してきた。

しかし、「自然科学」が発展し、
「心以外」の問題は、科学が解明すると、
信じられるようになった。

KKume 2007.6.28

とはいえ、心・意識とは、なんだろうか？
前野隆司：慶応大学工学部

16



脳はなぜ「心」を作ったのか
—「私」の謎を解く受動意識仮説
前野 隆司 2004

KKume 2007.6.28

覚えて欲しい言葉(3)：心と脳の問題

14

心身二元論：心と体は別々のものである
=> 健全な肉体に、健全な魂が宿る

心脳問題：意識 = 心の科学
=> 少なくとも今のところ、
意識は科学では説明できない

でも、脳科学はアプローチを続けている。

KKume 2007.6.28

近代・心身二元論の始まり

17

デカルト (1596-1650)

我、思う、故に、我、在り
~Cogito ergo sum.

・心と身体は別である
=> 心は広がり(形)がない
=> 物には全て形がある
=> 形而上学

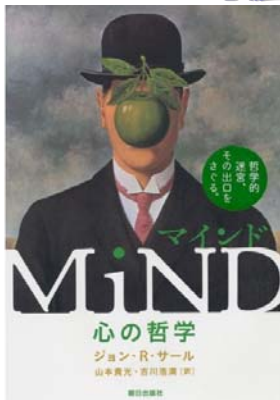
・感覚はだまされ易い



KKume 2007.6.28

心脳問題

15



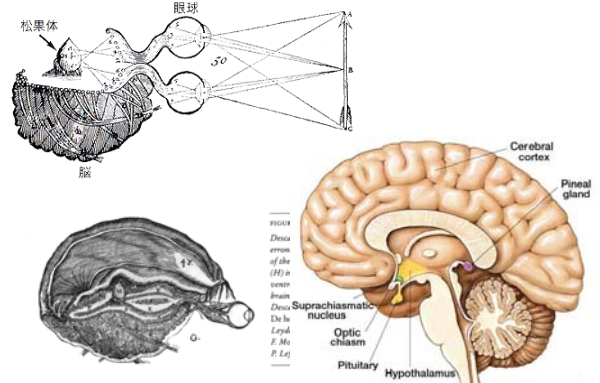
マインド
心の哲学

ジョン・R・サール
山本貴光 + 吉川浩満

KKume 2007.6.28

デカルトの劇場理論

18



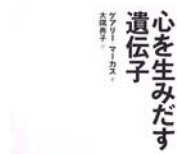
KKume 2007.6.28

心脳一元論

19

DNAに魂はあるかー驚異の仮説

フランシス クリック 1995



心を生みだす遺伝子

ゲアリー・マーカス 2004

大隅 典子(訳)

K.Kume 2007.6.28

覚えていて欲しい言葉 (4)

22

「私」、自己、自我、自分、
= 心の主、意識そのもの？

=>「私」が、どこにいるのかは
脳科学の中でも、最も難しい問題

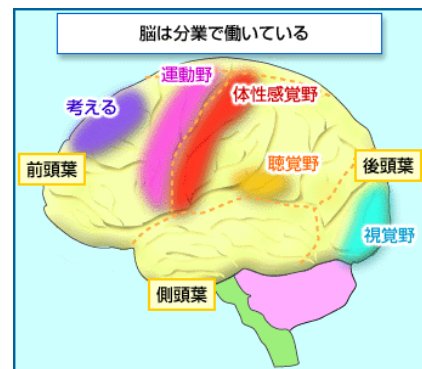
K.Kume 2007.6.28

心を「解剖」してみると・・・

20

少なくとも、心の機能の一部は、
脳の機能で説明できる

K.Kume 2007.6.28



23

日本学術会議「おもしろ情報館」学習と記憶より
<http://www.scj.go.jp/omoshiro/kioku1>

K.Kume 2007.6.28

「こころ」の要素

21

1. 知 : 判断する材料になる
2. 情 : 感情と情動
3. 意 : 意志

=> 全て、「私」がいる状態
つまり「意識」がある状態

K.Kume 2007.6.28

意識と無意識の問題

24

「私」は、何を、どのように
知るのだろうか？

「私」が、意識していることを、
「私」は知っているのだろうか？

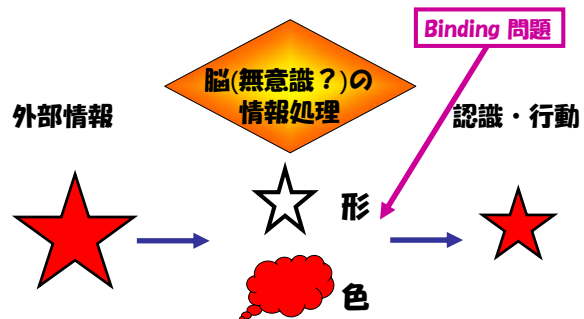
K.Kume 2007.6.28

視覚(特に錯覚)を題材にして 意識と無意識の関係を体験

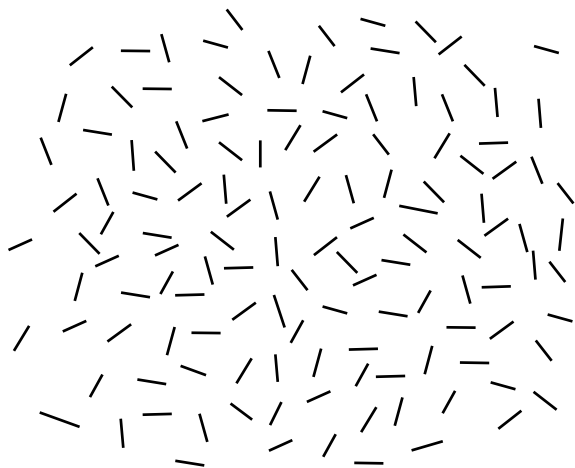
KKume 2007.6.28

心の、もっとも難しい問題の一つ

異なる二つ以上の情報を、一つにまとめる



KKume 2007.6.28



KKume 2007.6.28

二つの図形による錯覚

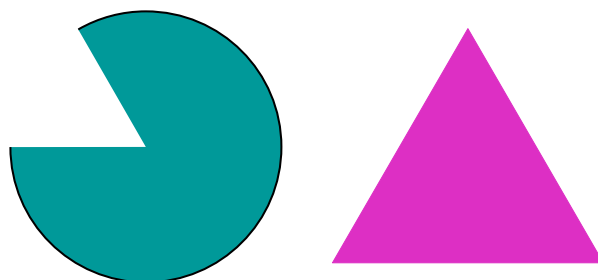
意識と、無意識の関係を理解するために

KKume 2007.6.28

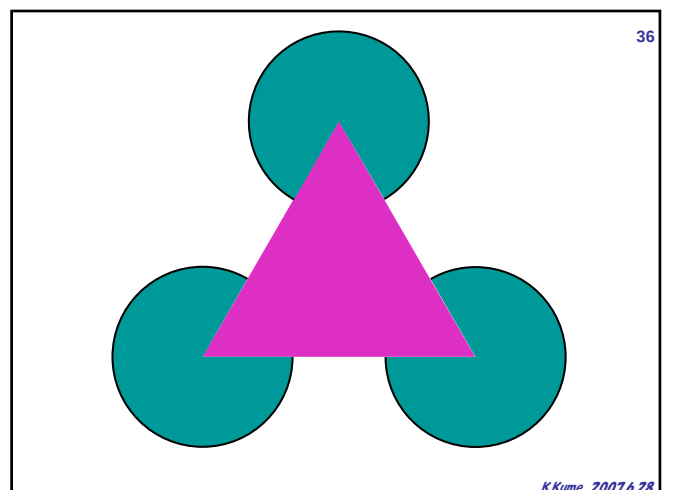
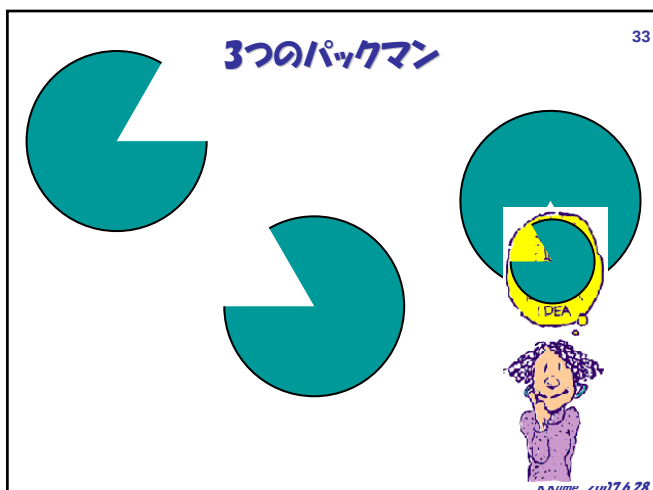
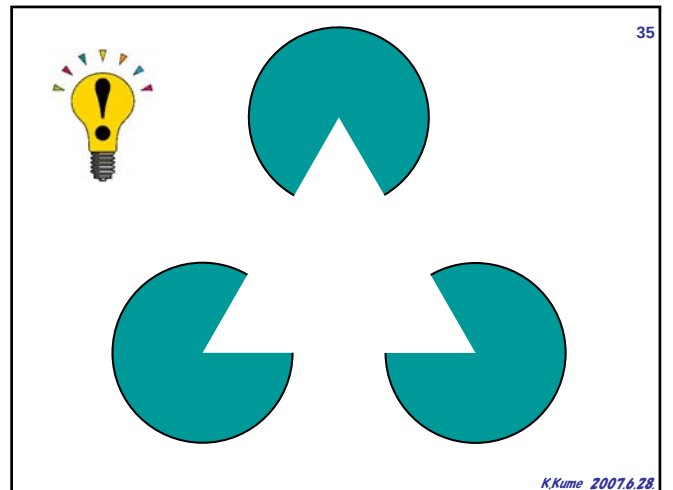
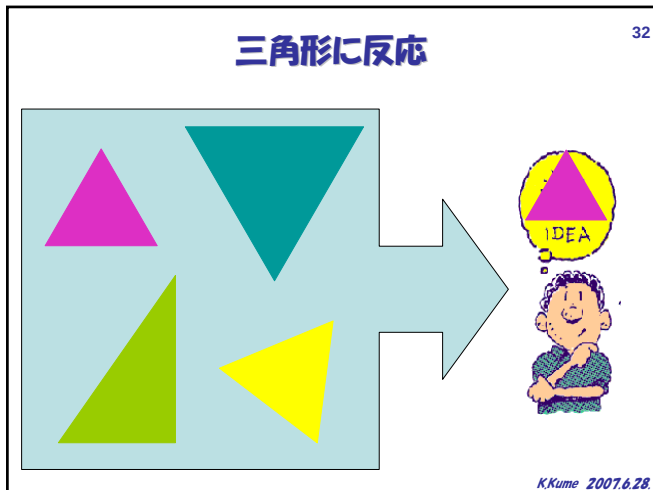
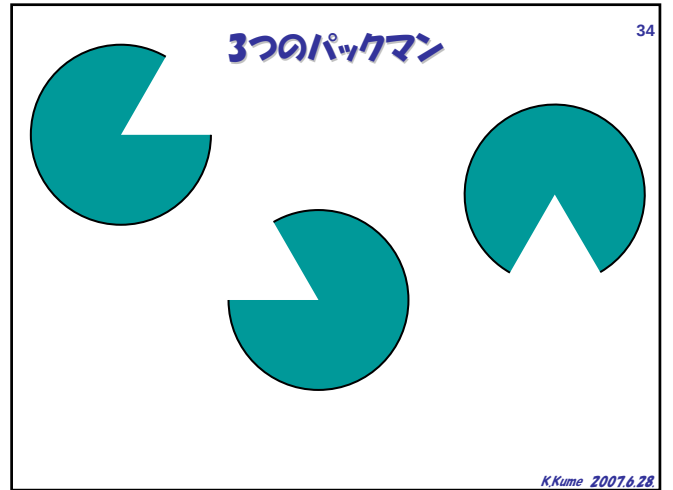
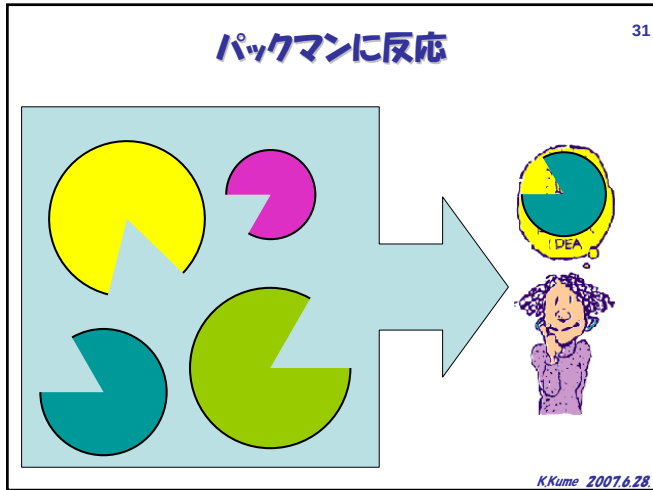


KKume 2007.6.28

パックマンと、三角形



KKume 2007.6.28



37

パックマンと三角が両方見えます

カニツァの三角形

KKume 2007.6.28

40

壺ですか?! 花瓶?

KKume 2007.6.28

38

脳に入る情報と注意(意識)の作用で、見えるかが決まる。

情報

無意識による
情報処理

意識が
見るもの

KKume 2007.6.28

41

壺というより、鏡餅の台か...

KKume 2007.6.28

39

ルビンの壺

KKume 2007.6.28

42

目をつけましょう...

KKume 2007.6.28

両方、同時には見えません！

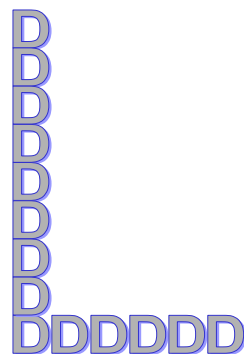
43



KKume 2007.6.28

アルファベットの何と言う文字ですか？

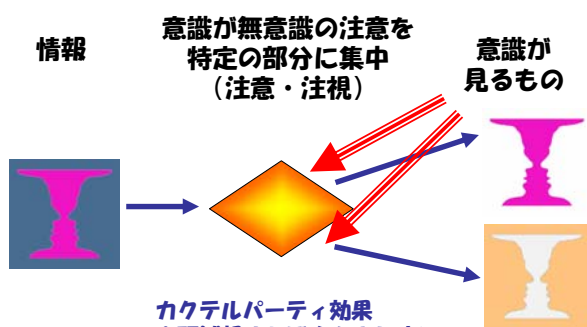
46



KKume 2007.6.28

脳に入る情報と注意(意識)の作用で、見えるかが決まる。

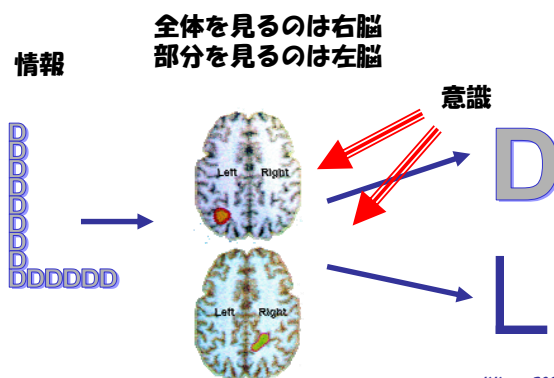
44



KKume 2007.6.28

左右の脳での分担

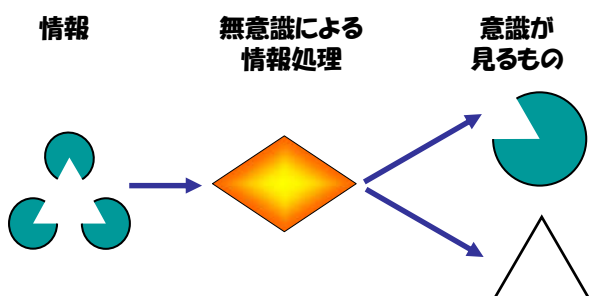
47



KKume 2007.6.28

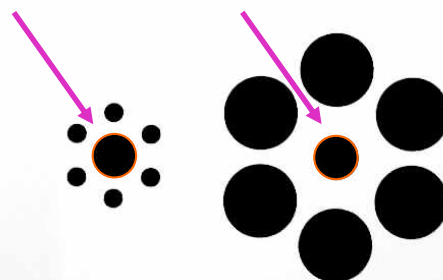
脳に入る情報と注意(意識)の作用で、見えるかが決まる。

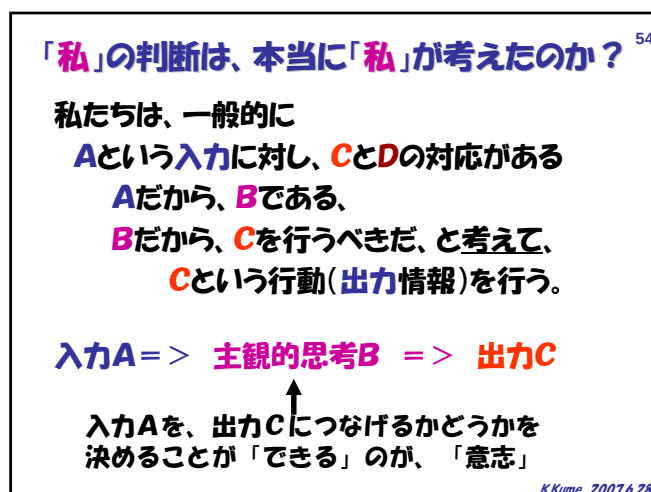
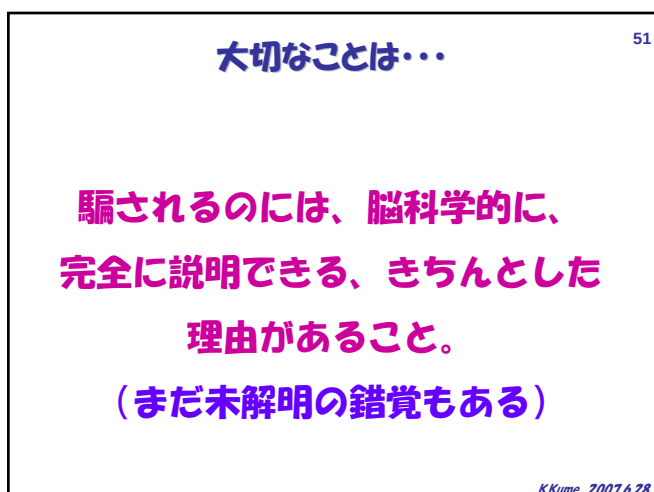
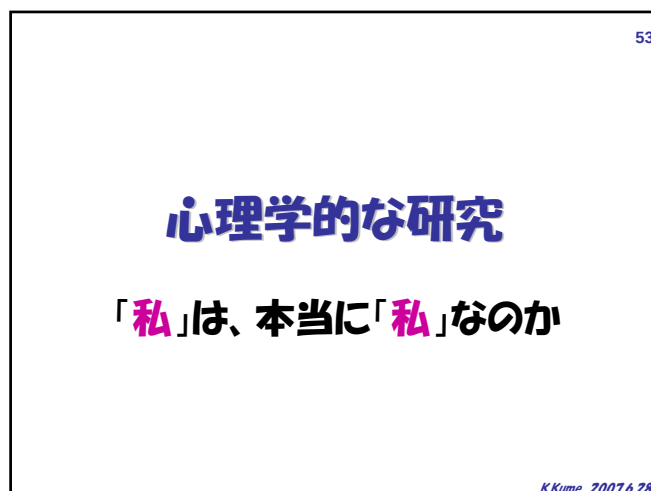
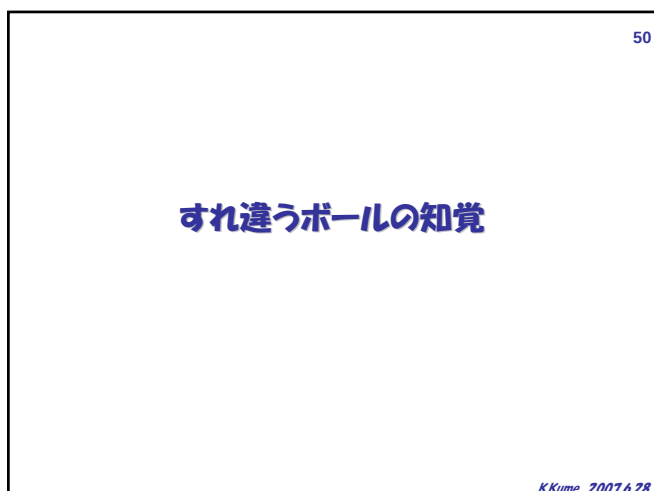
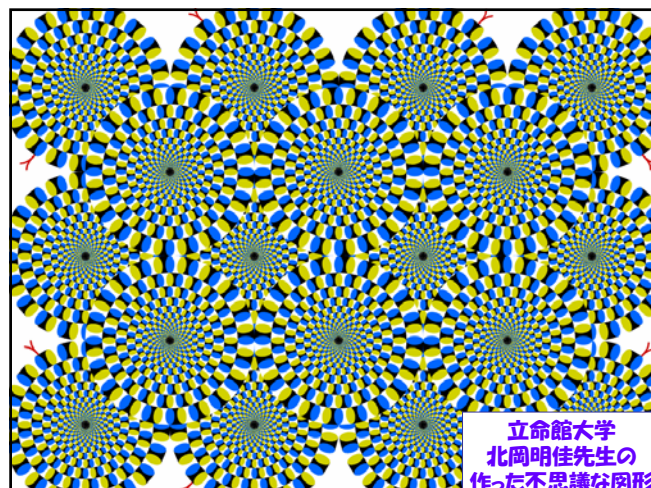
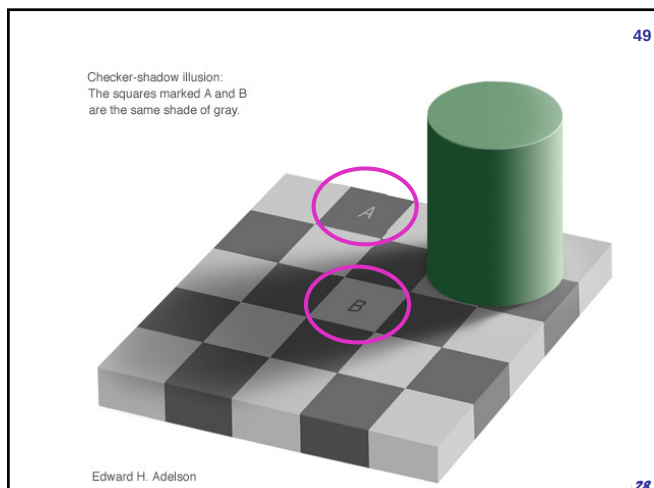
45



KKume 2007.6.28

真ん中の点の大きさ





例えば

55

二つの選択肢X, Yから、一つを選ぶ時に、
「Xは○○だと考えたので、Xを選んだ」と答える。

ところが、分離脳の研究からは、主観は、「後から」「○○を補間している」ことが知られている。

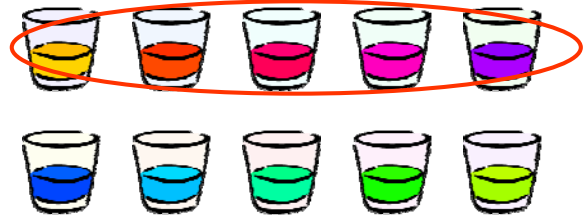
心理学課題(ストッキング選択課題など)でも、
行動の合理化はよく認められる

K.Kume 2007.6.28

私(主観)は何を知っているのか？

58

暖色系が好き？ =>本当は上の段は少し美味しい



K.Kume 2007.6.28

私(主観)は何を知っているのか？

56

好きな方を選んでもらい、理由を書いてもらう。



K.Kume 2007.6.28

無意識の判断を、主観が理由付ける？

59

~~入力A=>主観的思考B=>出力C~~
入力A=>無意識的判断D=>出力C
=>主観的思考Bの形成(後から理屈を考える)

私たちは、Aという入力に対して、無意識的にDという理由から、Cという行動(出力情報)を行い、その結果から、意識的にBという理由を考え出す。

通常は、D=Bだから主観的にも客観的にも、矛盾は生じない。

K.Kume 2007.6.28

私(主観)は何を知っているのか？

57

次の組み合わせで、好きな方を選んでもらう。



実は色は同じで、片方だけ少し甘みがつけてあった。
脳の味覚野は感じているが、主観的には感じない

K.Kume 2007.6.28

脳の特徴...

60

・だまされやすい

・見たいものしか見ることができない

=>バカの壁

・こじつけをしやすい

・思い込みやすい

=>少し背伸びして...

K.Kume 2007.6.28

今日の話のポイント

61

1. 総論：科学と技術、科学リテラシー
科学は、何をを目指しているのだろうか？
2. 脳と心の関係 ～意識と無意識・睡眠～
脳科学は、心を解明するのだろうか？
3. 睡眠の制御
脳の中の時計と、眠りの制御
4. 睡眠の基礎研究
「眠らないハエ」の話

KKume 2007.6.28

睡眠の定義

64



KKume 2007.6.28

詳しく知りたい人は…

62

時間の分子生物学
時計と睡眠の遺伝子
桑 和彦



講談社出版文化賞科学出版賞受賞
あなたは
なぜ眠るのか？
不眠症のハエかい？！
講談社現代新書

講談社現代新書

時間の分子生物学

第35回
講談社出版文化賞
科学出版賞受賞

KKume 2007.6.28

睡眠の特徴 (1)

65

眠っている時には…

1. 動かない(横になっている)
2. 反応しない => 意識がない

=> では、眠りに目的はあるのでしょうか？

KKume 2007.6.28

眠りの不思議

63

1. 眠っている時に、「私」は、
どこに行ってしまうのでしょうか？
 2. 朝になると、「私」は、どこから
戻ってくるのでしょうか？
 3. 夢の中の「私」は、本物ですか？
- => 「無意識」と「意識」の問題

KKume 2007.6.28

実は、脳が眠りを必要とする！

66

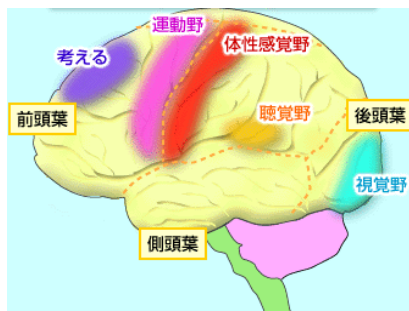
眠りは、
脳の「一部」が活動を休んでいる状態

でも…運動をしたいして、
身体を使った時の方がよく眠れるのでは？

KKume 2007.6.28

脳にはいろいろな働きがあります

67



日本学術会議「おもしろ情報館」学習と記憶より
<http://www.scj.go.jp/omoshiro/kioku1>

KKume 2007.6.28

眠りには2種類ある

70

覚えて欲しい言葉(5)

レム睡眠 (急速眼球運動睡眠)

= REM = Rapid Eye Movement

目だけが動いている睡眠

ノンレム睡眠 それ以外の睡眠

KKume 2007.6.28

睡眠の特徴 (2)

68

眠りは、脳の「一部」が活動を休んでいる状態

眠る量は...

1. 毎日、だいたい一定
2. みんな、夜に眠る
(昼行性、夜行性)

KKume 2007.6.28

夢を見る、不思議なレム睡眠

71

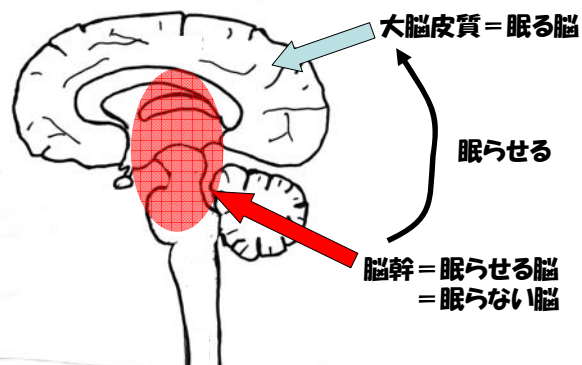
目玉が、ぎょろぎょろ動いている
(まぶたは、閉じています)

体の力が、ぐったい抜けている
 脳は、起きている時のように、活発に活動をしている
 鮮やかな夢を、よく見ている

KKume 2007.6.28

眠る脳と、眠らせる脳

69



KKume 2007.6.28

レム睡眠の不思議 2

72

脳波は、覚醒時と同じようなパターン
 筋肉が弛緩する = 緩むこと
 => 脳の出口に遮断機がある
 => 目が覚める => 「金縛り」
 => 遮断機が壊れると、異常な寝ボケ
 (レム睡眠行動異常)

KKume 2007.6.28

脳を休めるノンレム睡眠

73

レムではない睡眠(変な言葉です)
脳波は、ゆっくりとしたデルタ波に



起きている時の脳波



眠っている時の脳波

KKume 2007.6.28

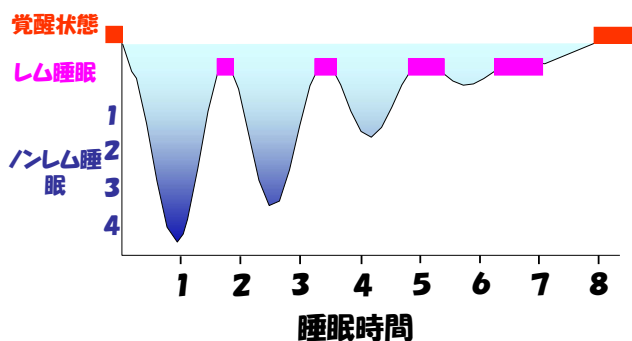
体内時計と睡眠の話

76

KKume 2007.6.28

眠りには、波がある

74



20

KKume 2007.6.28

体内時計とは

77

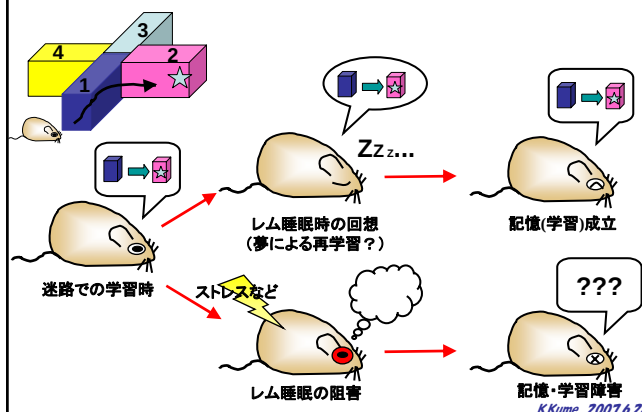
私たちの身体のリズムを刻む「24時間周



KKume 2007.6.28

ネズミの学習と夢の中での復習?

75



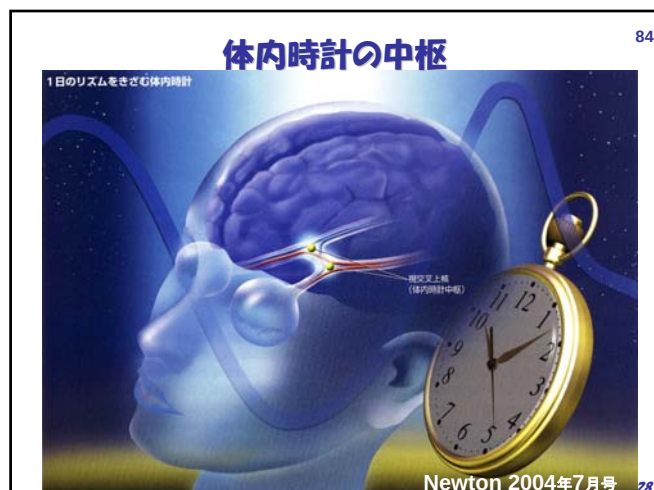
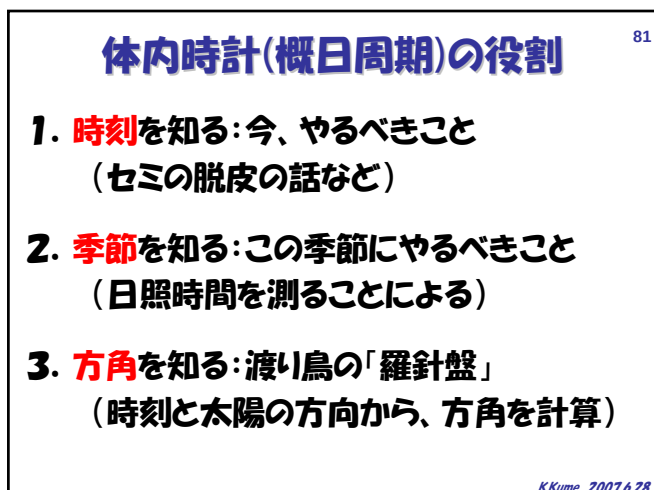
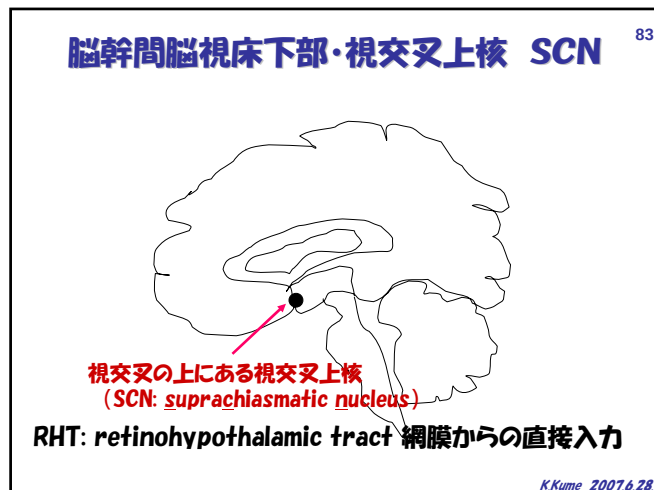
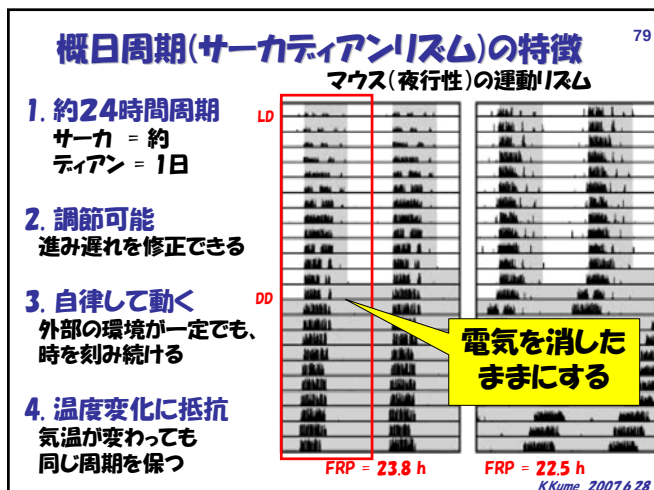
KKume 2007.6.28

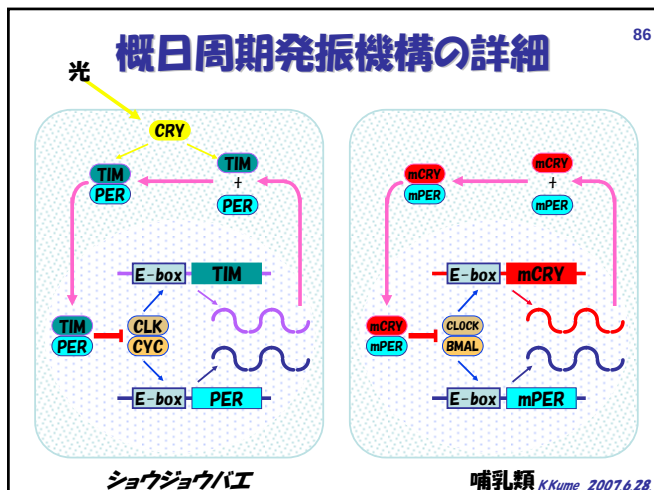
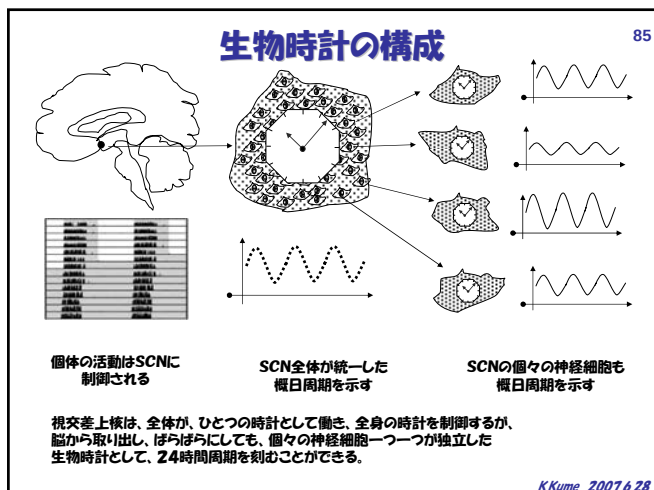
覚えて欲しい言葉(6)

78

サーカディアン・リズム
概日周期

KKume 2007.6.28





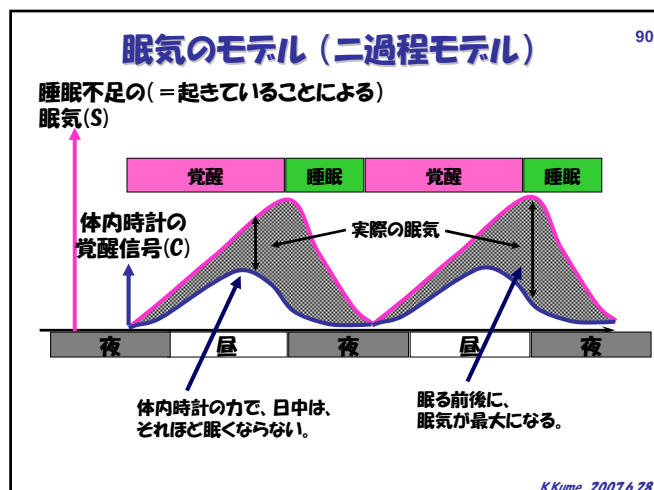
- ### 体内時計の調節
- 89
1. 脳の時計が、「光」で、調節される
 2. 「体の時計」が、「脳の時計」に合わせる
=> 朝を知らせるコルチゾール
夜を知らせるメラトニン
 3. 「光」以外の調節(睡眠、食事)もある
- K.Kume 2007.6.28

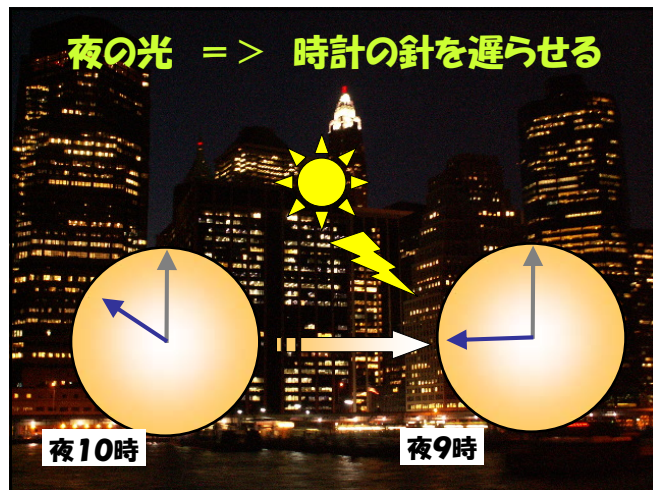
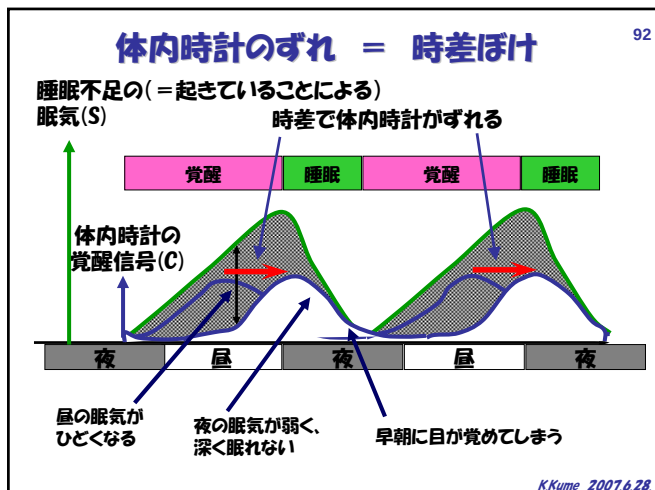
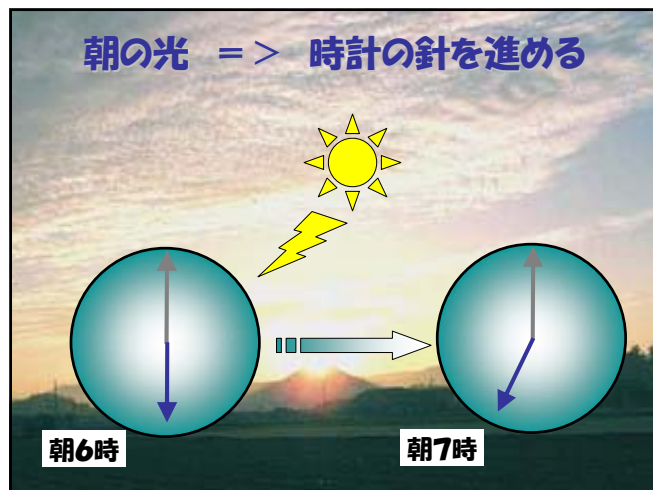
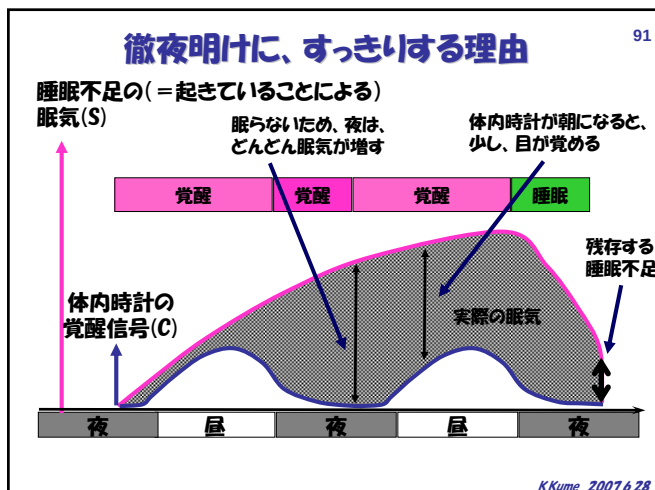
全身の時計と、その制御

87

2:00

K.Kume 2007.6.28



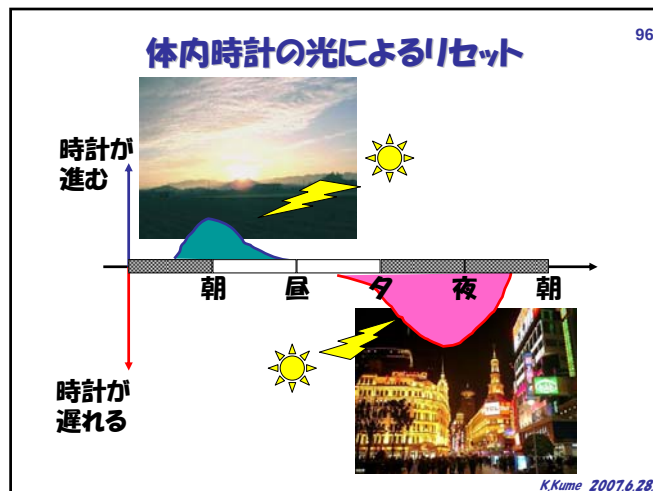


93

体内時計を調節するには...

光の効果

KKume 2007.6.28



97

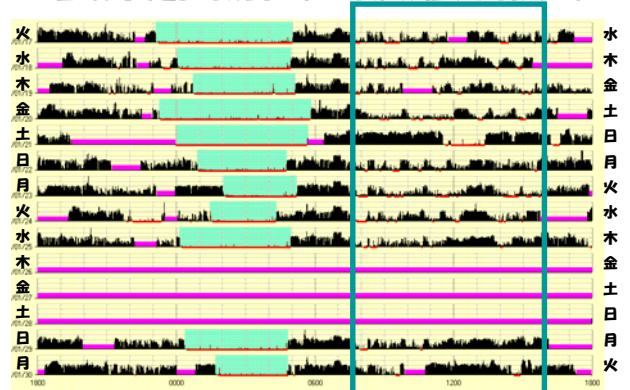
心と身体が関係する 直接の証拠の一つ

1:20

K.Kume 2007.6.28

睡眠不足症候群（17歳女性、高校生）

100

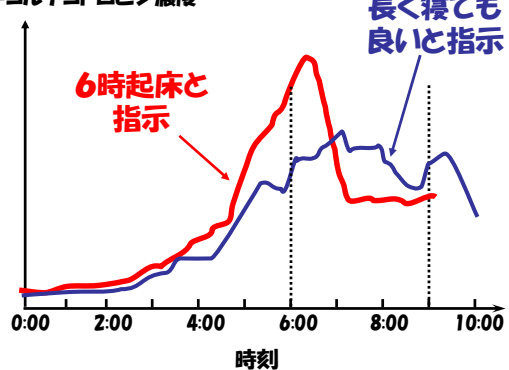


K.Kume 2007.6.28

意識は睡眠をコントロールする

98

血液中コルチコトロピン濃度

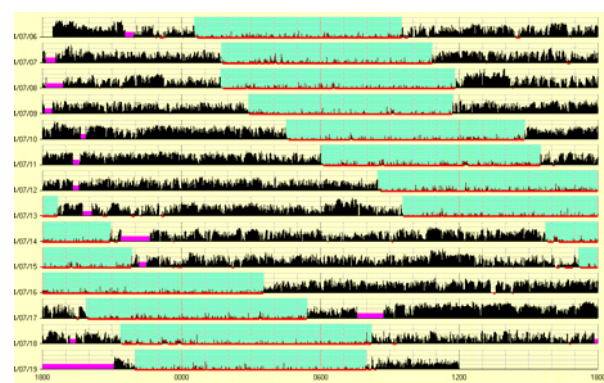


30

K.Kume 2007.6.28

非24時間型（18歳男性、高校生）

101



K.Kume 2007.6.28

アクチグラフによる睡眠検査

99

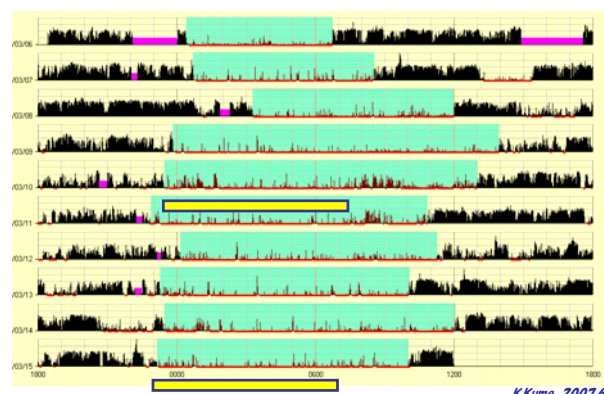


4:00

K.Kume 2007.6.28

長時間睡眠型（17歳男性、高校生）

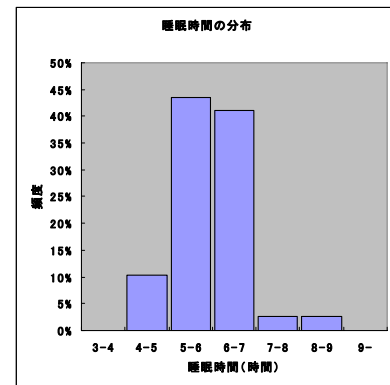
102



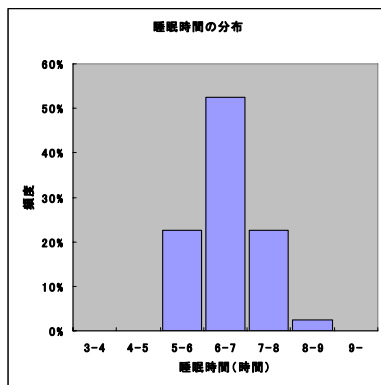
K.Kume 2007.6.28

次に、みなさんの睡眠を
見てみましょう

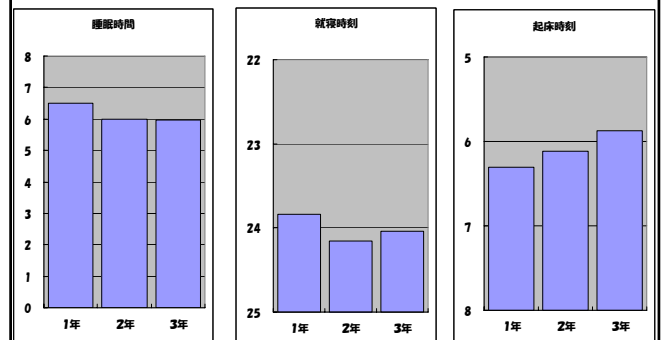
3年生



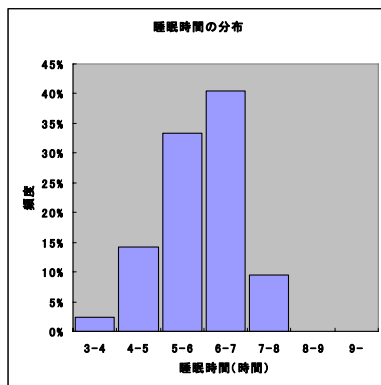
1年生



睡眠時間と、就寝・起床時間のまとめ



2年生



やはり...

生活リズムを整えることが、
一番、大切です。

今日の話のポイント

109

1. 総論：科学と技術、科学リテラシー
科学は、何をを目指しているのだろうか？
2. 脳と心の関係 ～意識と無意識・睡眠～
脳科学は、心を解明するのだろうか？
3. 睡眠の制御
脳の中の時計と、眠りの制御
4. 睡眠の基礎研究
「眠らないハエ」の話

K.Kume 2007.6.28

睡眠の特徴

112

眠っている時には・・・

1. 動かない(横になっている)
2. 反応しない => 意識がない

眠る量が決まっている

1. 毎日、だいたい一定
2. みんな、夜に眠る (昼行性、夜行性)

K.Kume 2007.6.28

「眠らないハエ」と言っても・・・

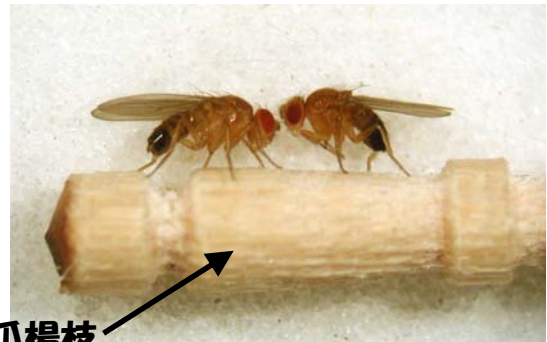
110

そもそも、ハエも眠るのでしょうか？

K.Kume 2007.6.28

小さなショウジョウバエ

113



爪楊枝

K.Kume 2007.6.28

脊椎動物の種類によるレム睡眠の有無

111

ノンレム睡眠とレム睡眠

レム睡眠がない

哺乳類



鳥類



爬虫類の一部



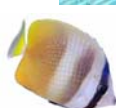
爬虫類の多く



両生類



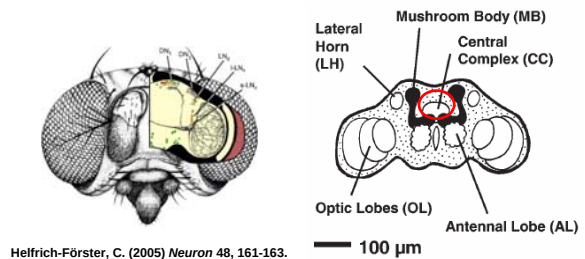
魚類



K.Kume 2007.6.28

ショウジョウバエの脳

114



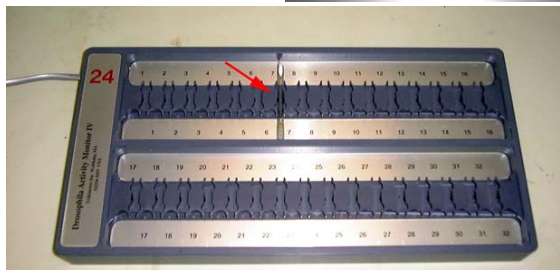
Heffrich-Förster, C. (2005) Neuron 48, 161-163.

van Swinderen, B. (2005) BioEssays 27, 321-330.

K.Kume 2007.6.28

活動度計測器(実物)

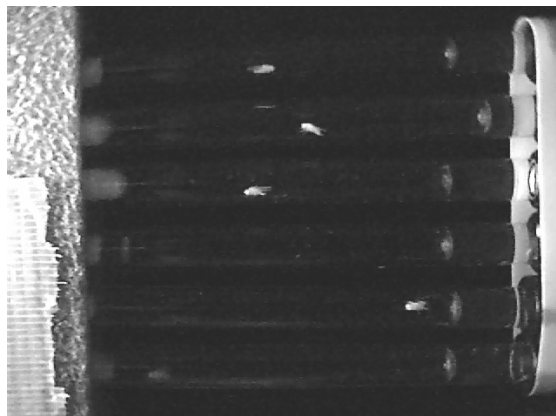
115



6.28

不眠のハエのビデオ

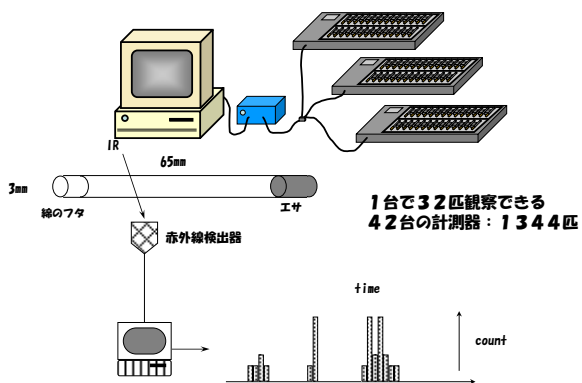
118



6.28

ショウジョウバエの活動度計測器

116



K.Kume 2007.6.28

サイエンスミステリー
science mystery

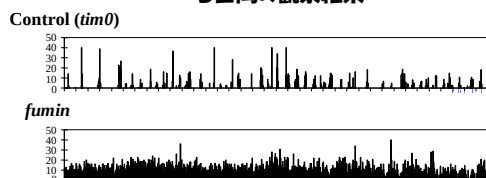
それは運命か
奇跡か III

~DNAが解き明かす人間の真実と愛~

眠らない異常の発見

117

3日間の観察結果



	Control	fumin	units
Total activity counts	769.8	1904.4	counts/day
Amount of time active	8.2	18.0	hours/day
% of time active	34.2	75.0	%
Amount of time resting	15.8	4.0	hours/day
% of time resting	65.8	16.7	%

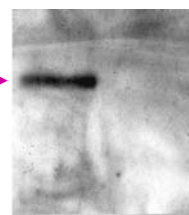
K.Kume 2007.6.28

ドーパミン輸送体の遺伝子が壊れていた

120

普通のハエ 不眠のハエ

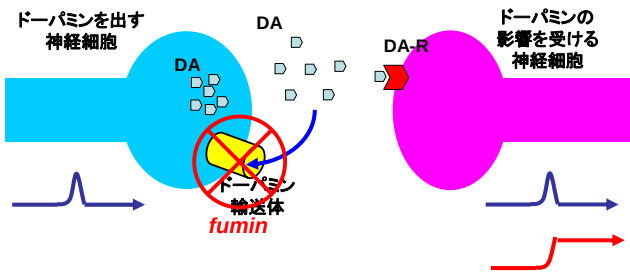
正常なドーパミン
輸送体遺伝子



K.Kume 2007.6.28

ドーパミン輸送体の働き

121



K.Kume 2007.6.28

最後のまとめ

124

脳の仕組みは、**遺伝子レベル**で、ハエとさえ、同じような部分がある。

多くの心の機能が、脳の機能で説明はされる。

しかし肝心な部分は、まだまだわからない。

みなさんにも、脳の研究に加わって下さい。
また、脳の情報に、まどわされないで欲しい。

K.Kume 2007.6.28

不眠の遺伝子は、人間にもある

122

「ハエの不眠症」

ドーパミン輸送体がなくなってしまったので、眠れなくなった

「人間の覚醒剤:コカイン、アンフェタミン」

ドーパミン輸送体にくっついて、働きを邪魔する
そして、眠れなくする

ショウジョウバエの睡眠と覚醒を調べることで、
人間の睡眠と覚醒についても知識が得られる

K.Kume 2007.6.28

最後の言葉

125

●朝聞道、夕死可矣（論語：里仁編第四）

「子曰く、朝に道を聞かば
夕べに死すとも可なり」

●学んだことの証しは、ただ一つで、 何かが変わることである

（林竹二『学ぶということ』国土社、95頁）

K.Kume 2007.6.28



123

K.Kume 2007.6.28

ご静聴、感謝いたします

<http://k-net.org>

126



まさひこ

Hey, I'm only sleeping. Leave me alone!

K.Kume 2007.6.28