



# 青山研へようこそ

～脳科学超入門編～

慶應義塾大学環境情報学部2年 後藤 優仁

# 自己紹介



後藤 優仁 (Goto Yujin)

研究テーマ: 脳科学と人工現実, 人工現実と脳科学

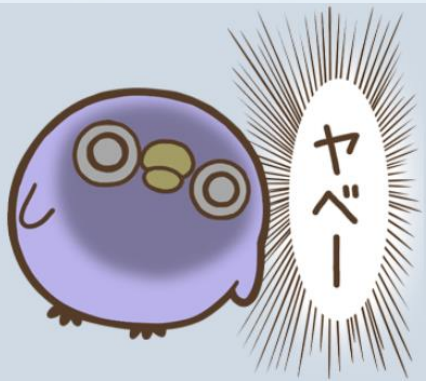
(VRain Science) ← 個人的に気に入ってる

担当は脳科学に携わるのにあたって必要な生物学的前  
提知識の説明です。~~暗記しろとは言わないので, 流れだけ~~  
~~覚えてってください.~~ 半期もいたらこれくらい分かるよね?()



# 目次

- そもそも脳とは何か
- 神経細胞とその情報伝達の仕組み
- 脳波と脳磁
- 脳情報計測の手法
- 主な解析手法



ちゃんと書いたら, これだけで本が何冊も書けると思いますが,  
ここでは基礎だけサラッと解説します. 気になるところは各自調べてね

- ・そもそも脳とは何か
- ・神経細胞とその情報伝達の仕組み
- ・脳情報
- ・脳情報計測の手法
- ・主な解析手法





# そもそも脳とは何か

## 脳の特徴

- 脳の神経細胞数: 約1000億個
- 大脳の神経細胞数: 約140億個
- 大脳皮質の厚さ: 数mm
- 表面は無数のしわがあり, 折りたたまれてる

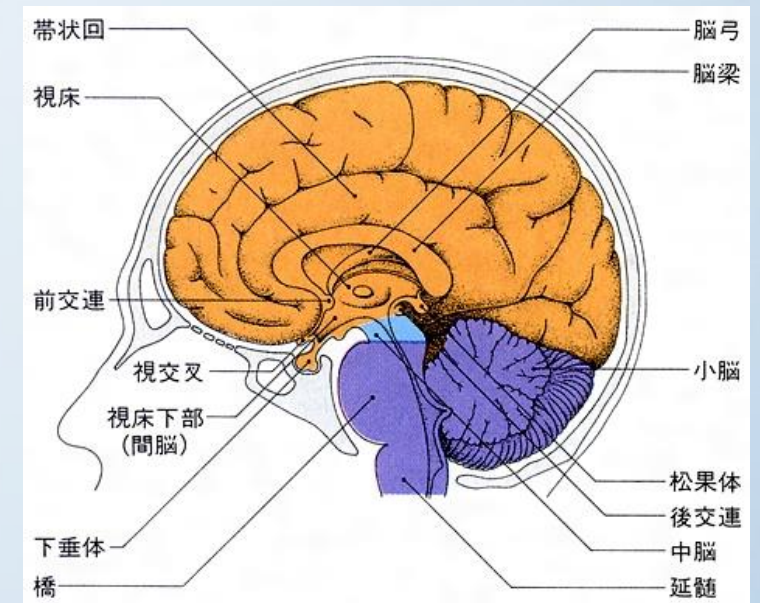


Fig.1 脳の構造

## 役割

各種センサーから集まった情報の処理や体への  
運動指令, 思考などなど. ていうかもう**貴方そのもの**ですね.



Fig.2 ニューロンのかっこいい画像

# そもそも脳とは何か

## 神経系の分類

- 中枢神経系

- 大脳

- 新皮質

- 古皮質

- 中脳

- 橋

- 小脳

- 延髄

- 脊髄

- 末梢神経系

このうち、青山研で見ているのは主に大脳（の表層）部分なので、その他についての解説は割愛します。

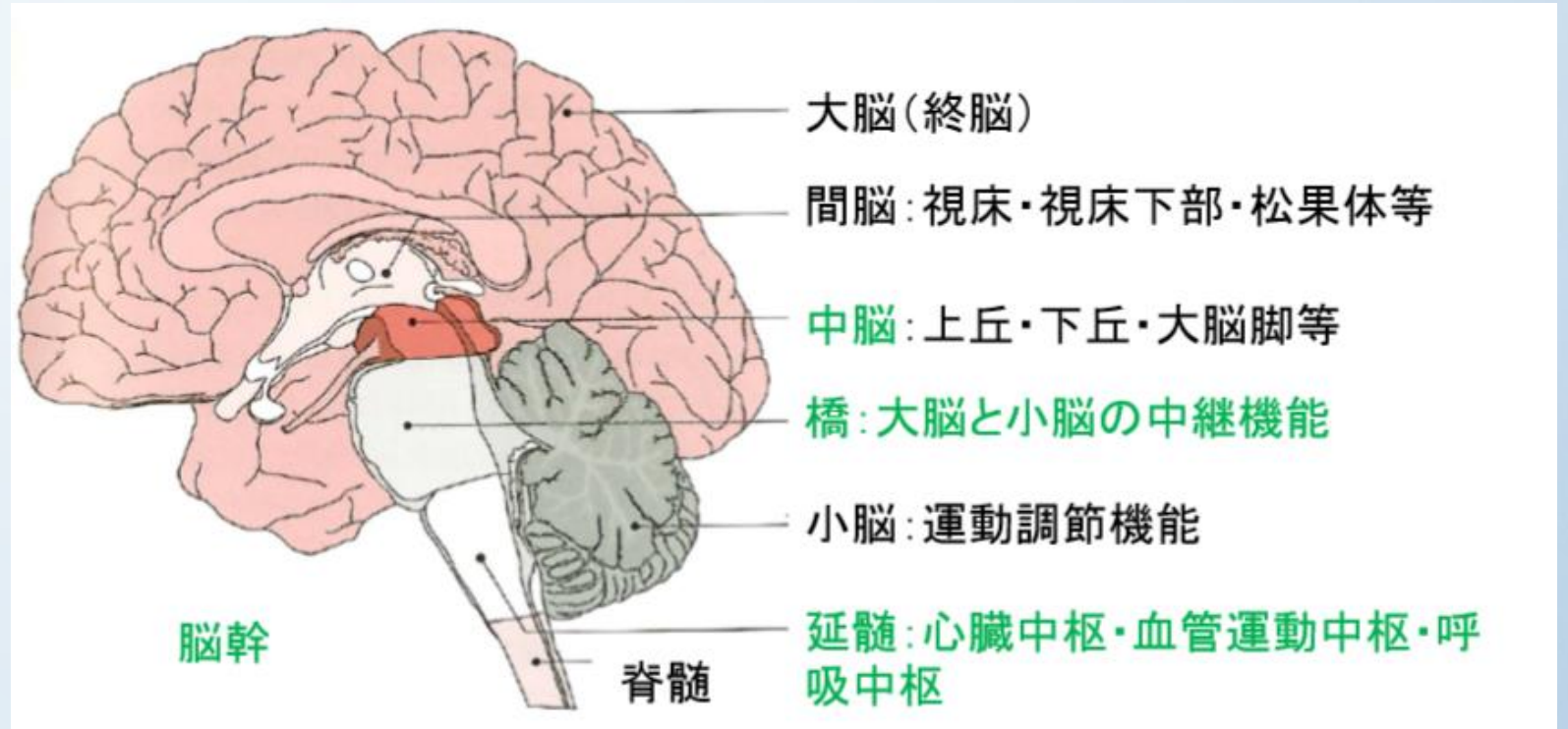


Fig.3 中枢神経の分類

# そもそも脳とは何か

## 大脳の構造(新皮質)

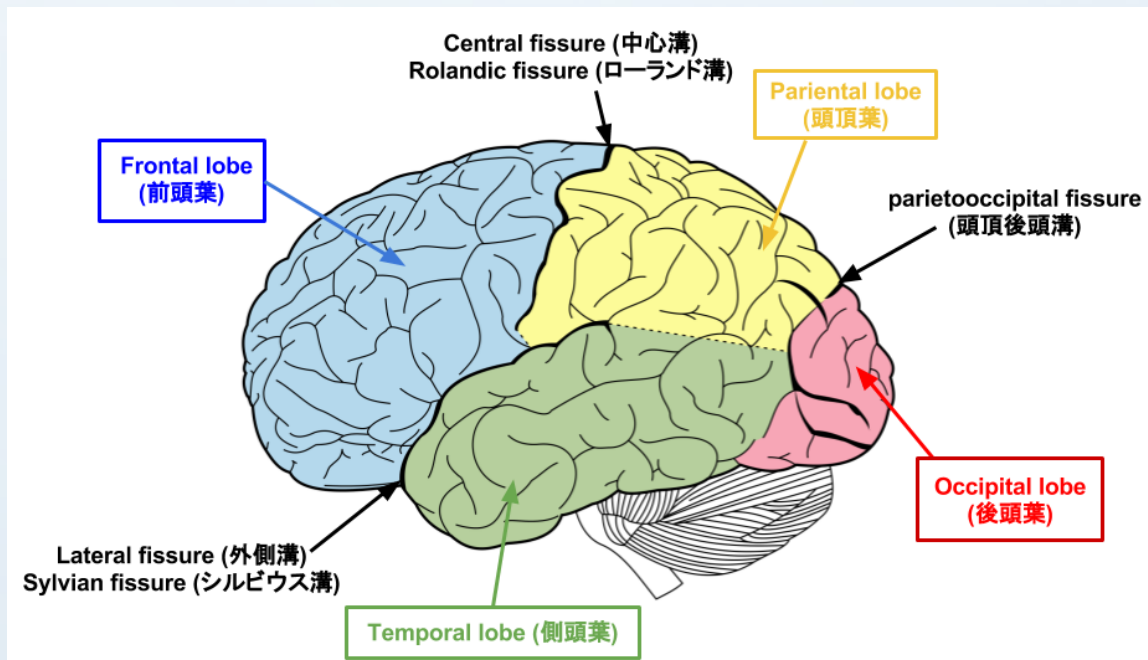


Fig.4 大脳の構造

大脳皮質のしわは, 皮質が折りたたまれる事で表面積を稼いでいる.

山の部分 = 脳回(Gyrus)

谷の部分 = 脳溝(Sulcus)

大脳には溝があり, いくつかの部位に分ける事が出来ます. 大脳の表層の事を大脳皮質と言います.



# そもそも脳とは何か

## 大脳の構造(古皮質)

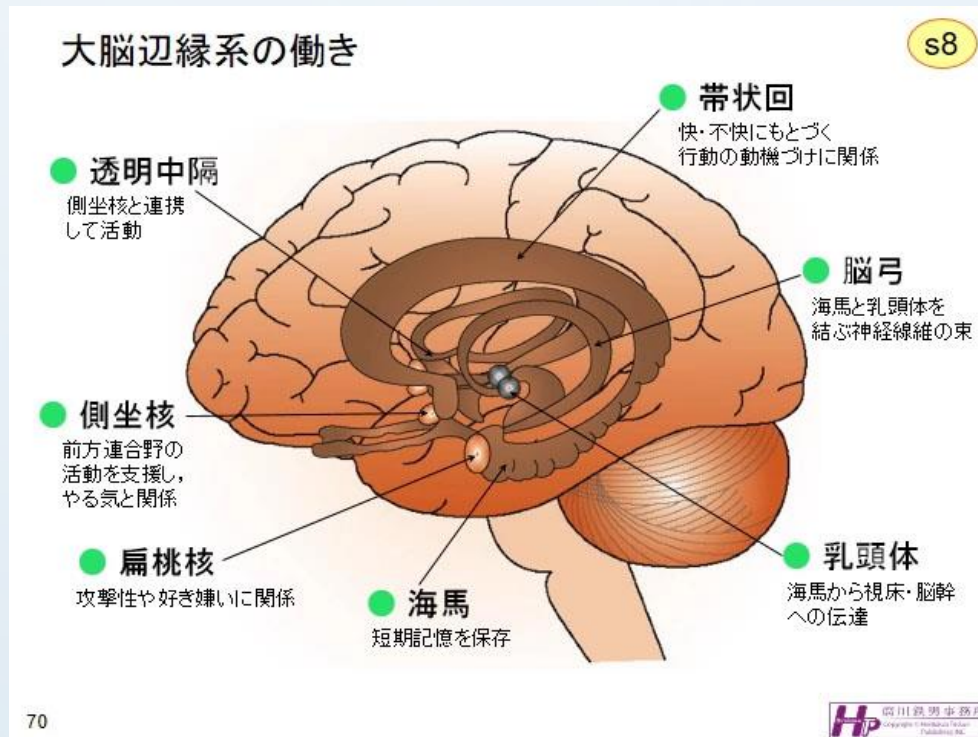


Fig.5 大脳辺縁系

大脳の内側は、大脳辺縁系や大脳基底核と言われる領域がある  
大雑把に言うと、記憶や感情などといった動物的な機能の中枢

→ 新皮質は理性, 古皮質は感情



# そもそも脳とは何か

## 他の動物の脳

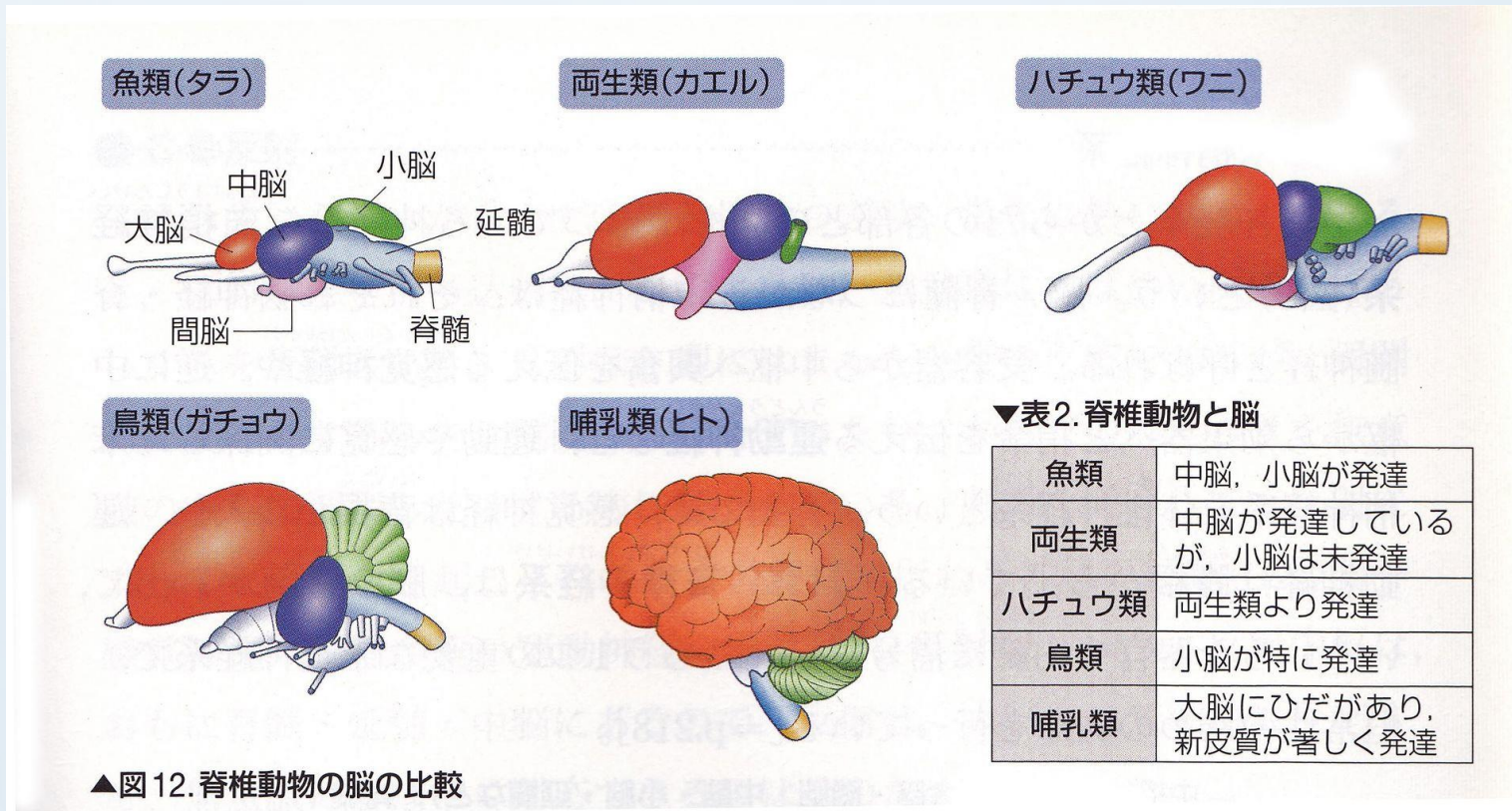


Fig.6a 動物の脳比較

ヒトは大脳の発達が鳥類などと比べても著しいが, 他の部位もちゃんとある

誠に遺憾です



# そもそも脳とは

## 脳機能局在性

大脳の中にも大きく分けて3つの領域がある。

1. 知覚(視・聴・味・体性)を司る**感覚野**
2. それらの統合処理を行う**連合野**
3. 運動の出力を出す**運動野**

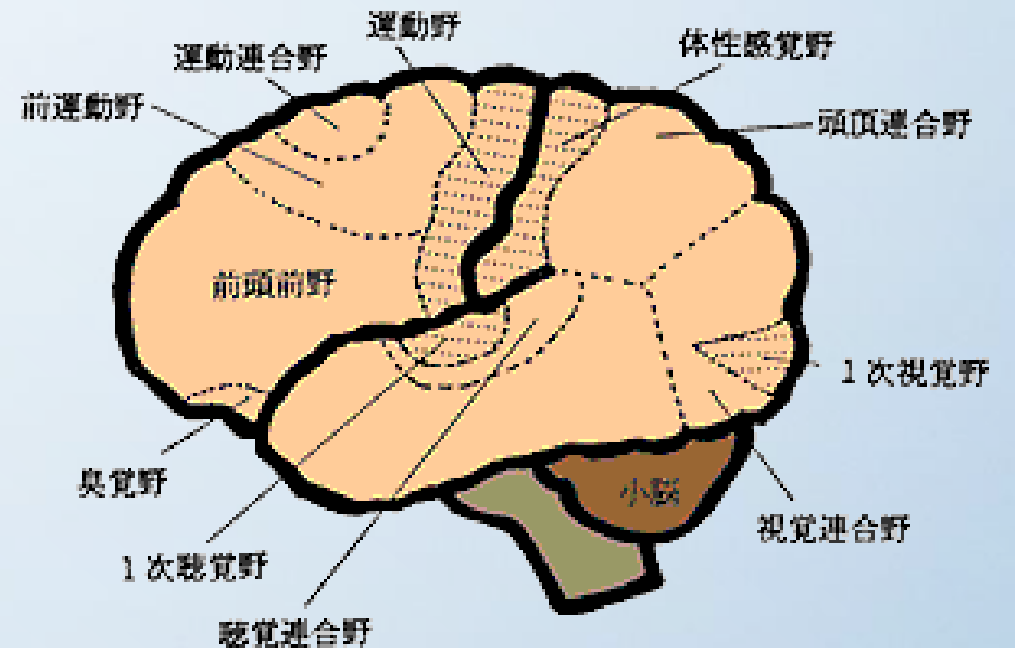


Fig6b 領野の分布

ヒトの場合は特に連合野が発達していて, 認知・意思決定・言語機能・精神機能などの高次脳機能を司っている。

# そもそも脳とは

## 脳機能局在性

脳には機能の局在性があり, 部位毎に役割が決まっている. ただし, 例えば視覚の処理は“視覚野”だけでなく, 複数の脳領域が情報のやりとりをする事で高度な処理が行われている.

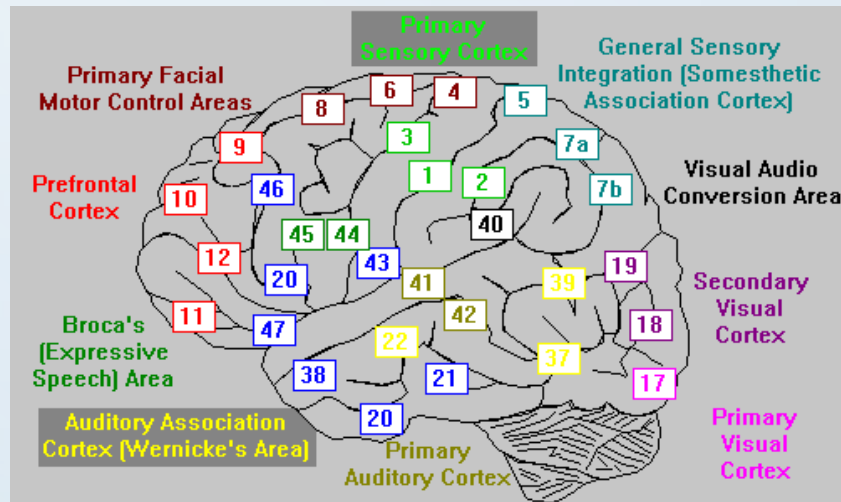


Fig.7 ブロードマンの脳地図

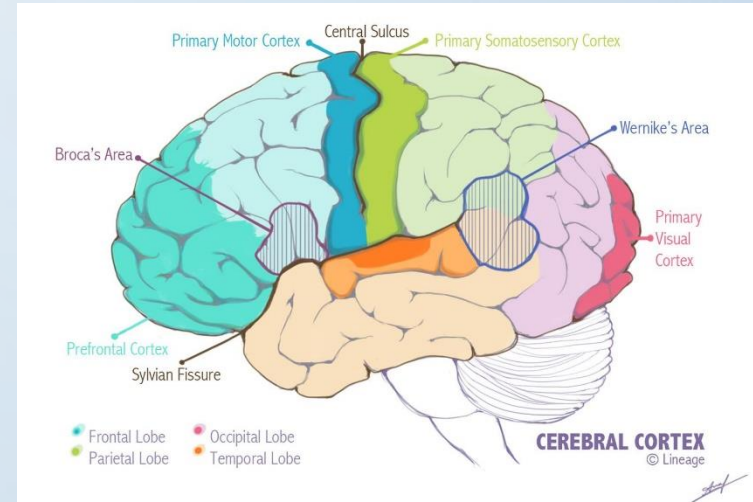


Fig.8 皮質局在性



# そもそも脳とは

## Penfield のホムンクルス

触覚とかを司る体性感覚野, 運動を司る運動野の中でも, 体部位によってその重みが違う

左がその内訳で, 右が体部位毎の比率をそのままヒト型にした化け物

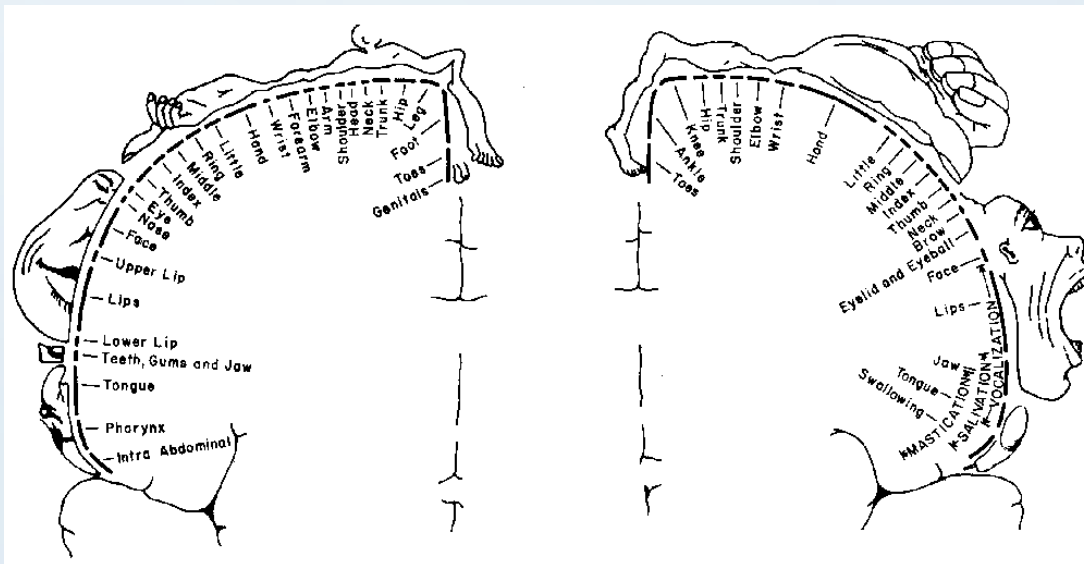


Fig.9.1 皮質局在性2



Fig.9.2 ホムンクルス



# そもそも脳とは

## 皮質可塑性

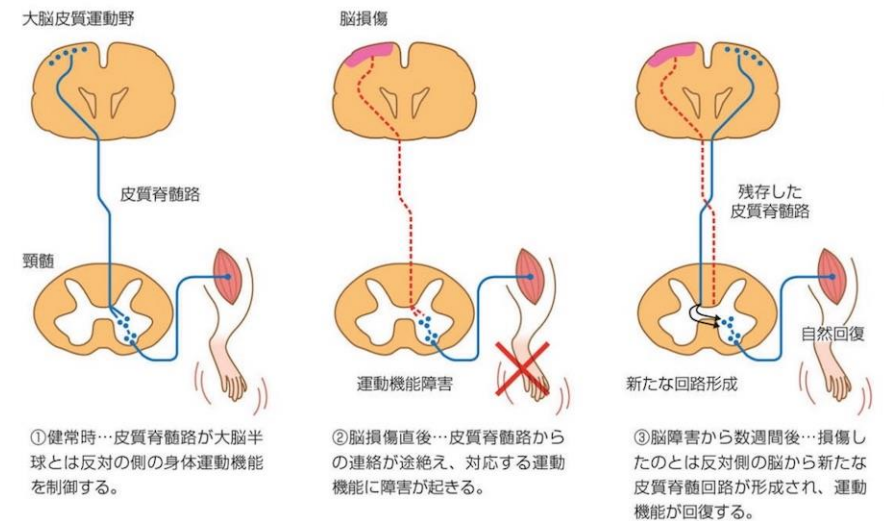
脳の機能は部位毎にある程度定まっているが、必ずしもその働きしかないわけではなく、日々調整されている

脳の一部が死んだ場合は、他の部位がその部位の仕事を分担して担うようになり、センサー側が死んだ場合は、暇になった脳細胞が別の仕事を担うようになりたりする。

Cf)神経障害者のリハビリ, 幻肢, --経験者は\*\*が発達

### 運動機能の補完を示唆する実験

大阪大学大学院山下教授らの研究によると、マウス的大脑皮質運動野のうち片側の皮質脊髄路を損傷させると、反対側の足に重度の運動障害が起こった。数週間後、損傷部とは反対側の皮質脊髄路が新たな神経回路を形成して、運動機能を回復させた。



大脳と間脳

損傷した機能を補完する機能

Fig.10 皮質可塑性



# この章の Key Words

このコーナーでは, 各章に出てきた(省いたかも)重要な語句, 単語を列挙します. このスライドを理解すれば粗方分かるかと思いますが, 更なる学習時, ググる単語が分からない時にご活用ください.

- |        |       |               |          |       |
|--------|-------|---------------|----------|-------|
| - 脳    | - 延髄  | - 中心溝(ローランド溝) | - 脳機能局在性 | - 感覚野 |
| - 神経細胞 | - 脊髄  | - 外側溝(シルビウス溝) | - 視覚野    | - 連合野 |
| - 中枢神経 | - 皮質  | - 頭頂後頭溝       | - 運動野    | - 運動野 |
| - 末梢神経 | - 脳回  | - 大脳辺縁系       | - 体性感覚野  |       |
| - 大脳   | - 脳溝  | - 基底核         | - 聴覚野    |       |
| - 中脳   | - 前頭葉 | - 帯状回         | - 前頭前野   |       |
| - 小脳   | - 側頭葉 | - 側坐核         | - 脳地図    |       |
| - 間脳   | - 頭頂葉 | - 海馬          | - ホムンクルス |       |
| - 橋    | - 後頭葉 | - 扁桃体         | - 皮質可塑性  |       |



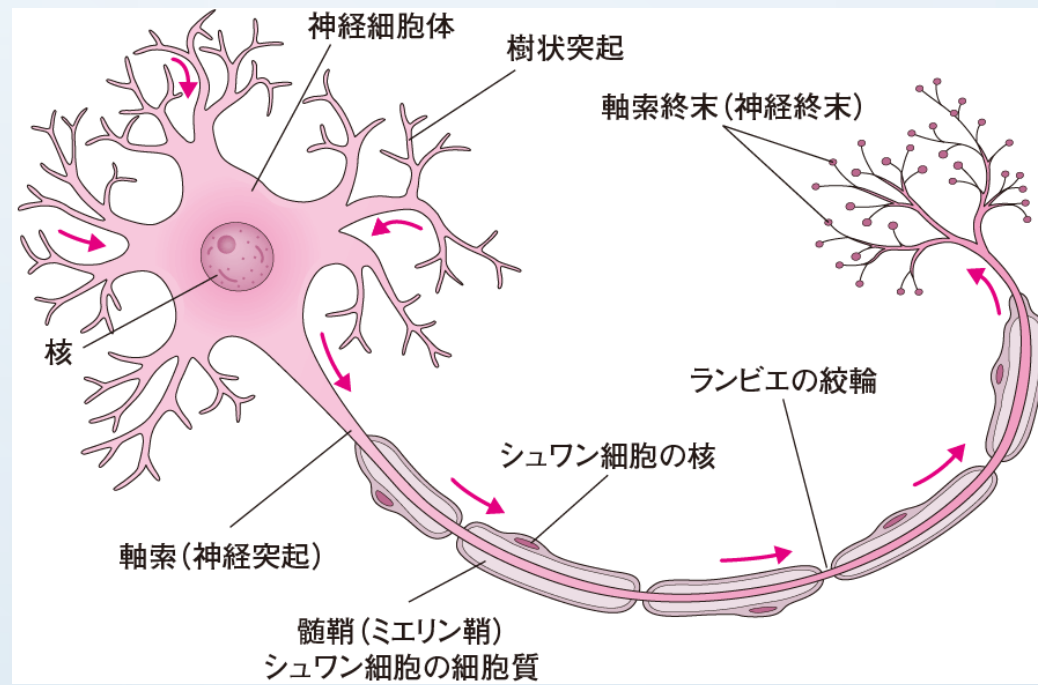
- ・そもそも脳とは何か
- ・神経細胞とその情報伝達の仕組み
- ・脳情報
- ・脳情報計測の手法
- ・主な解析手法

(ここはちょっと情報量が多めですが許してください, 何でもしますから!)



# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

## 神経細胞の構造



細胞体 … 細胞の核がある部分  
軸索 … 他の細胞に出力する部分  
樹状突起 … 他の細胞からの情報が  
入力される部分

脳含む、神経は全てこの細胞の集まり。  
軸索の長さは、長いもので1mを超える。

Fig.11 ニューロンの構造



# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

## 白質と灰白質

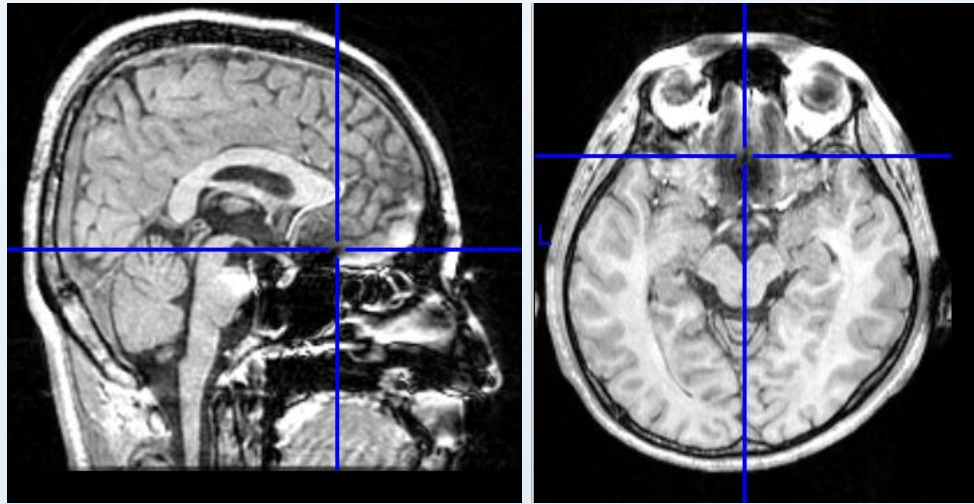


Fig.12 筆者の清く美しい脳

脳には、白っぽい部分と灰色っぽい部分がある。前者が**白質**で、後者が**灰白質**と呼ばれる。

この色は神経細胞の色が関係している  
→ 細胞体の色は灰色  
→ 繊維の色は白

**細胞体**は**脳の表層**にまとまっていて、**内側**に向かって**軸索**が伸びている  
脳の**内側**にも**灰白質の塊**(**神経核**)が存在している。

# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

## シナプスの構造

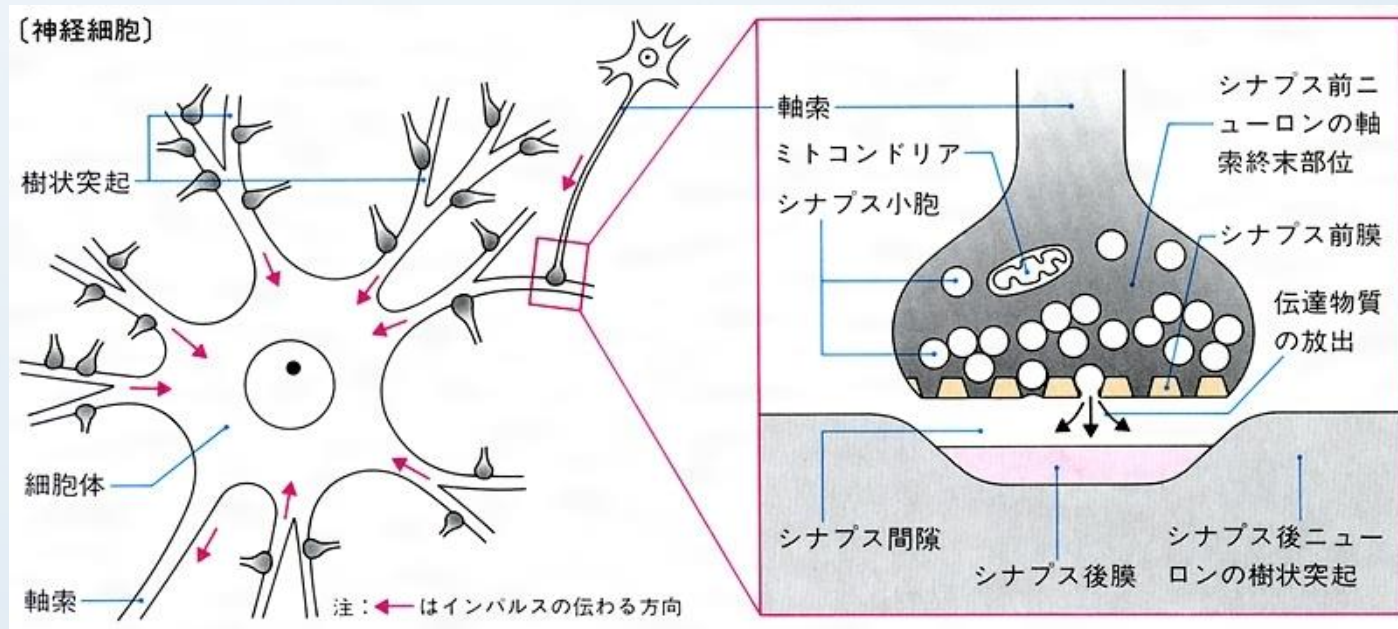


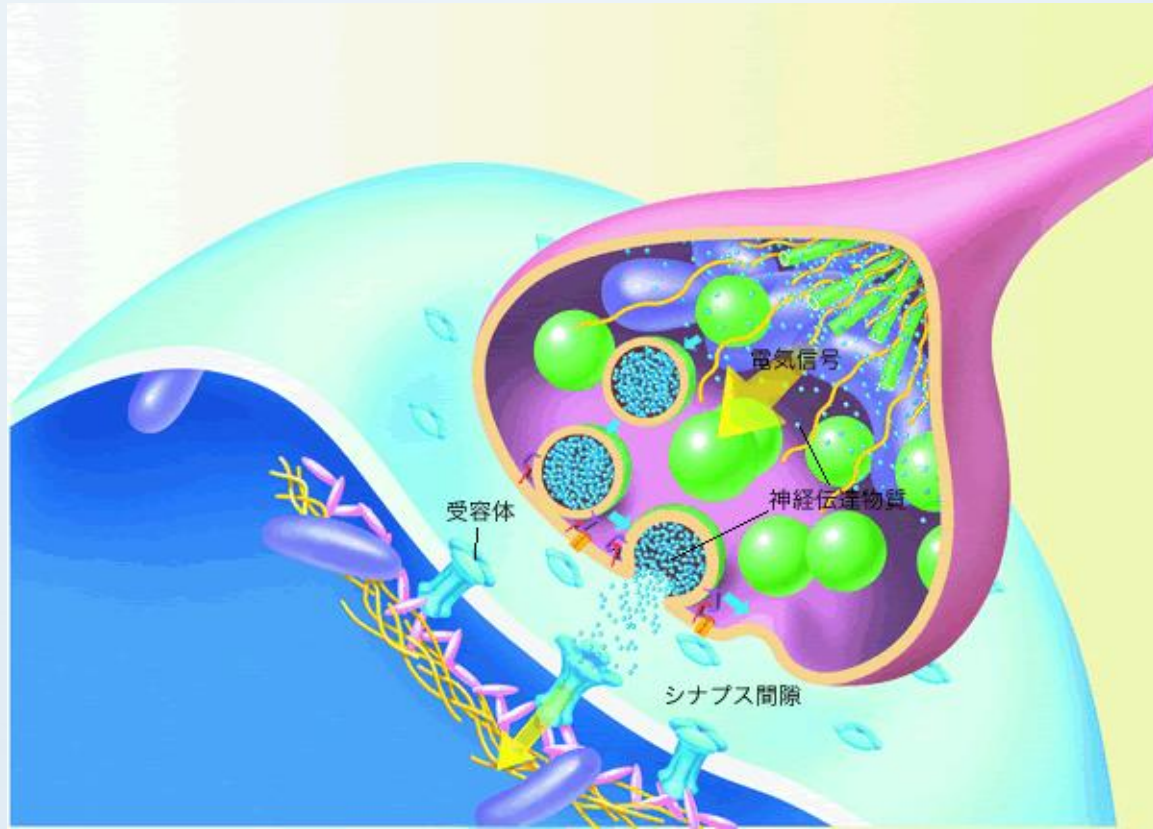
Fig.13 シナプス

軸索の先端は細分化していて、**シナプス**と呼ばれる  
神経細胞同士はシナプスによって接続されるが、正確には細胞間には隙間が空いている。

神経細胞は、シナプスを通してたくさんの神経細胞と情報のやり取りをしている

# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

## シナプスの働き



1. シナプスが電氣的に刺激される
2. 神経伝達物質がシナプス間隙に放出される
3. 後細胞が興奮する or 抑制される

神経伝達物質には興奮性と抑制性が存在し、前者は刺激した神経を興奮させ、後者は抑制する(アドレナリンとか有名ですね)

Fig.14 シナプスの情報伝達





# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

## シナプス可塑性とHebbの法則

短期/長期の増強/抑圧で合計4パターンの可塑性がある. あるシナプス前後細胞の発火の連続性により働くのが短期で, 同時発火の頻度により働くのが長期. 増強/抑圧の原因は諸説あり.

→ 記憶や学習などの動的メカニズム

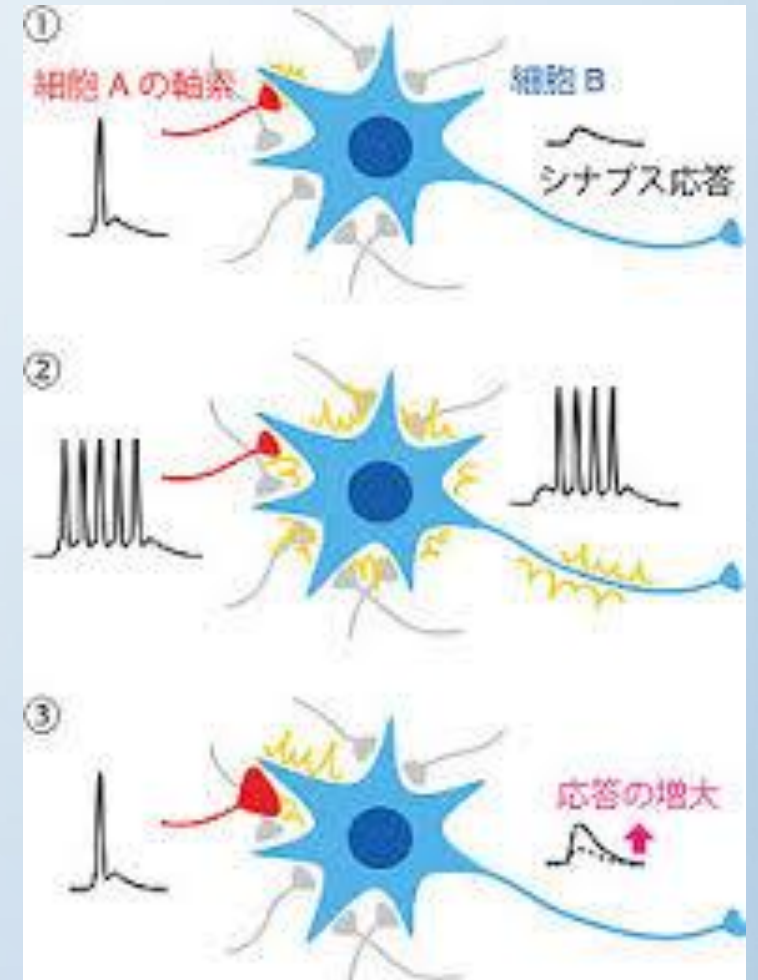


Fig.15 Hebbの法則





# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

## 静止膜電位と活動電位

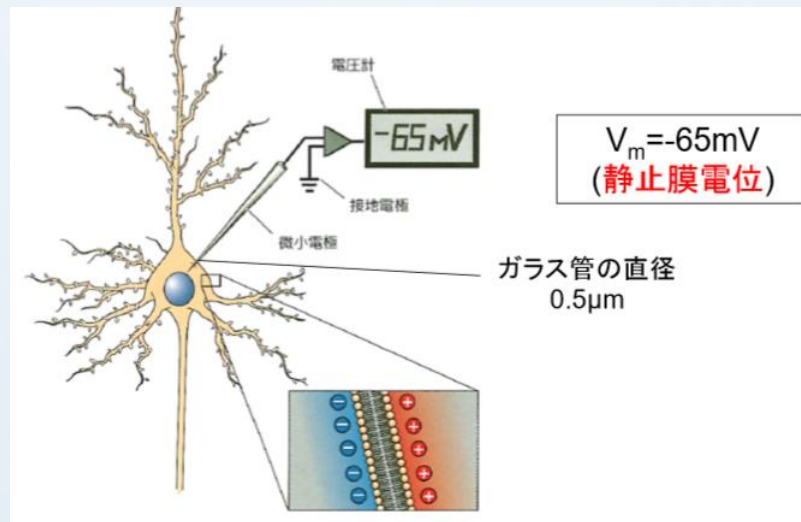


Fig.16 静止膜電位

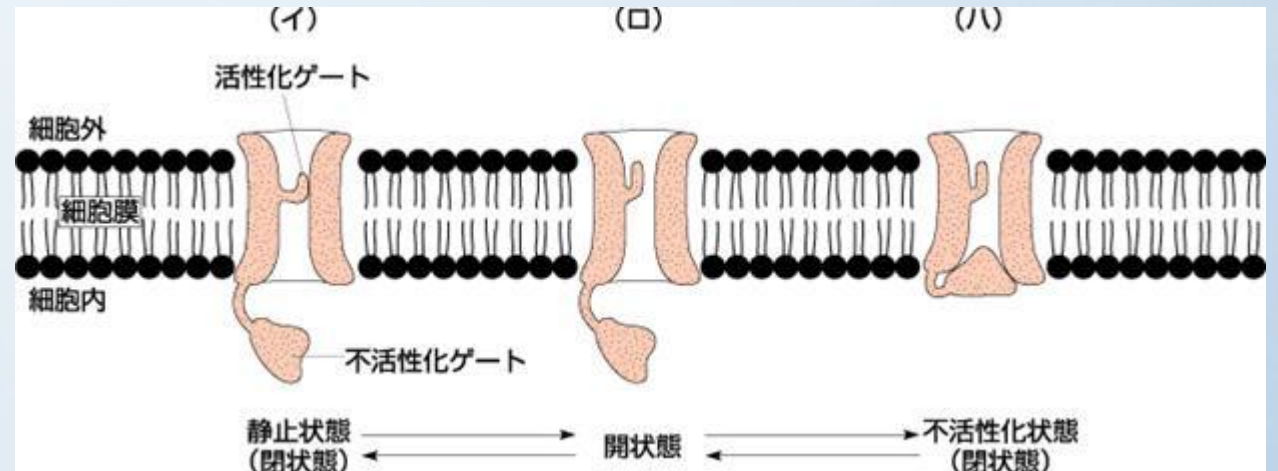


Fig.17 チャンネル開閉

神経細胞の電位は静止時は負に帯電しているが、  
電気刺激を受けると扉が開き、正に帯電する = **活動電位**



# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

## 活動電位発生メカニズム

網膜の視細胞などは刺激を受けると、電気を発生させる。電気刺激を受けると、神経細胞はチャンネルを開く。また、シナプスから神経伝達物質を受け取ると、樹状突起はチャンネルを開き、同じく電位が変化する。

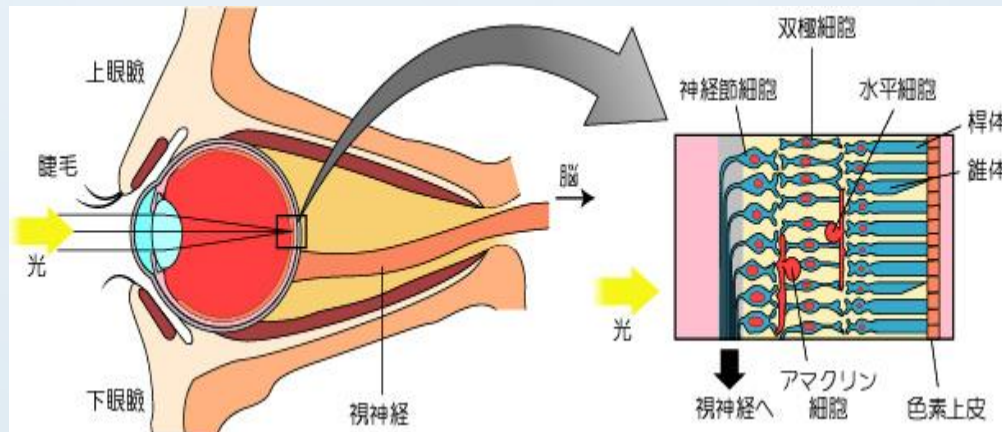


Fig.18 神経活動の始まり1

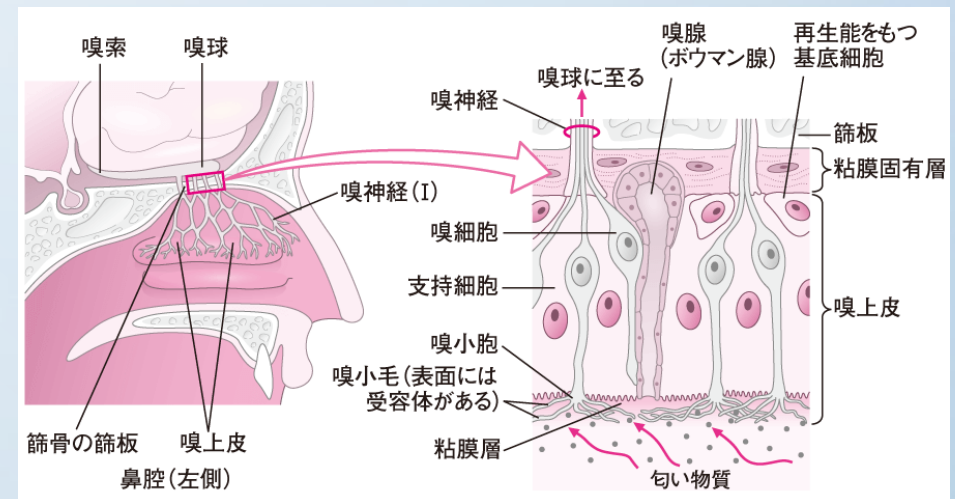


Fig.19 神経活動の始まり2

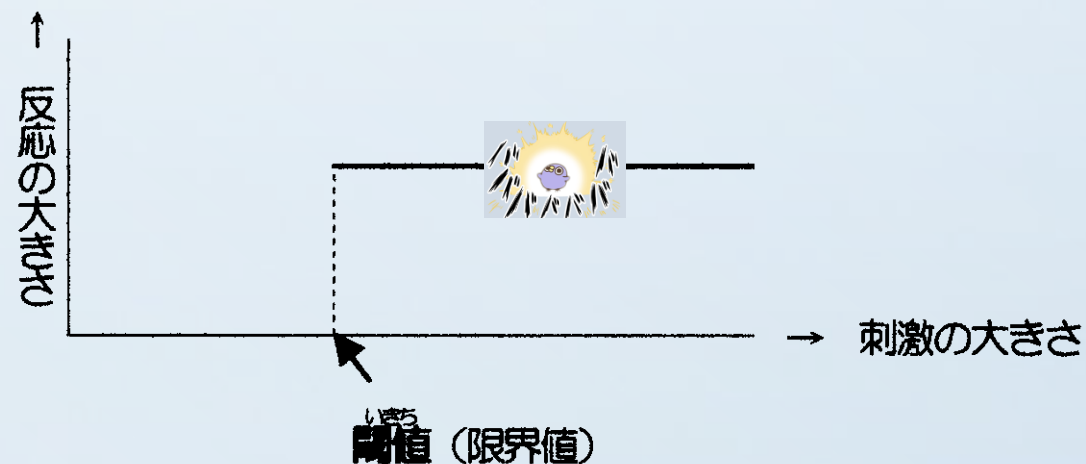
# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

- 閾値

正確には、電気刺激を受けると必ず開くわけではなく、興奮性(+)と抑制性(-)の総和がある一定量の刺激(閾値)を超えると開くようになっている。

ただし、閾値を超えた刺激は全て同じ大きさとして処理される。

→ 全か無かの法則。(機械の1 or 0と一緒にですね)



# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

## 活動電位発生メカニズム

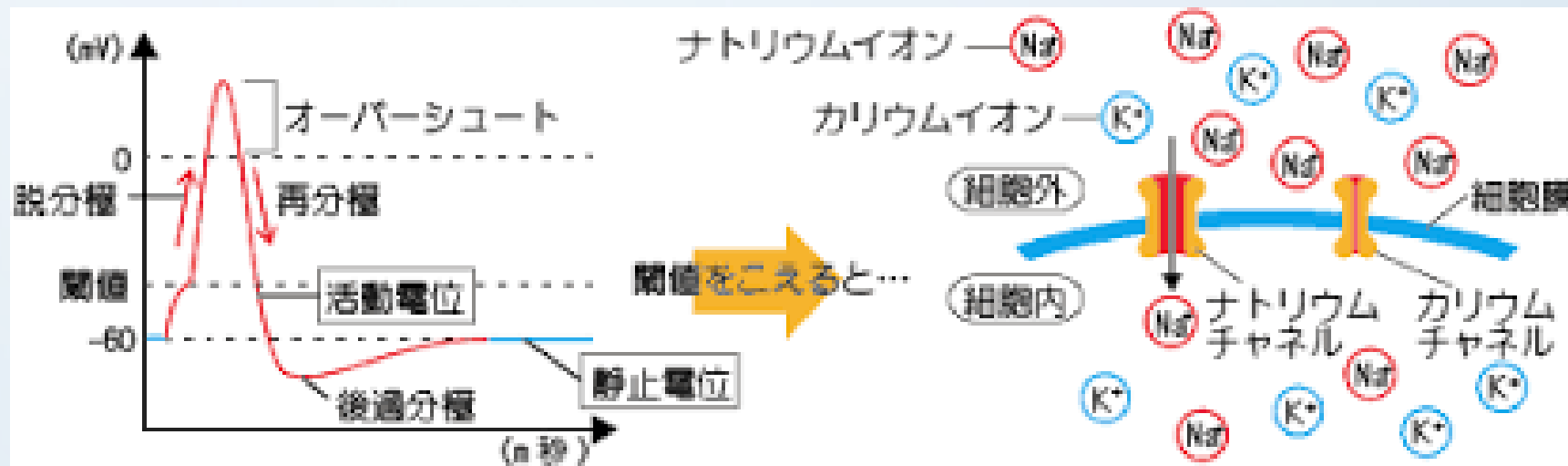


Fig.20 活動電位の発生

扉（チャンネル）は電位依存であるため、電位（総和）が一定以上になると扉が開き、そこから陽イオンが流入し、正に帯電する。すると近くのチャンネルが活性化し(r)

→このサイクルによって電位が移動していき、シナプスが刺激されると次の神経へ



# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

## 不応期

神経細胞に電位が発生すると、シナプスを介して次の細胞へと電位が伝播するが、逆方向には電波しない。これは、活性化した神経細胞は一定時間活性化しないという特性による。この時間のことを**不応期**と言う。

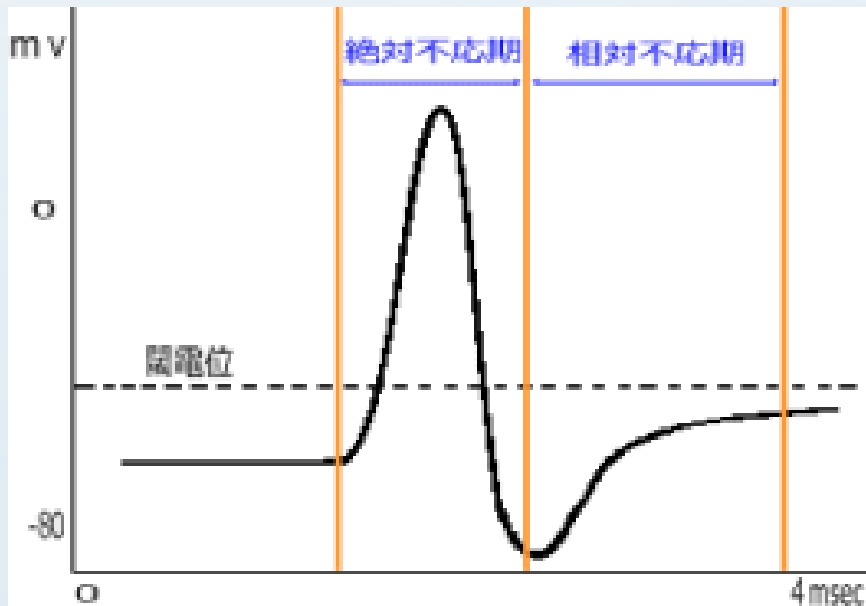


Fig.21 不応期

絶対不応期: 2ms程で、絶対反応しない



相対不応期: 刺激の大きさ次第だが、反応しにくい



# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

## 電位の加重(神経)

Q. 神経の活動が1か0しかないのなら, 強度や持続はどうやって実装されているの?

A. 複数のシナプスからの刺激で電位の大小が, 刺激の連続性で, 電位の持続性が変化する

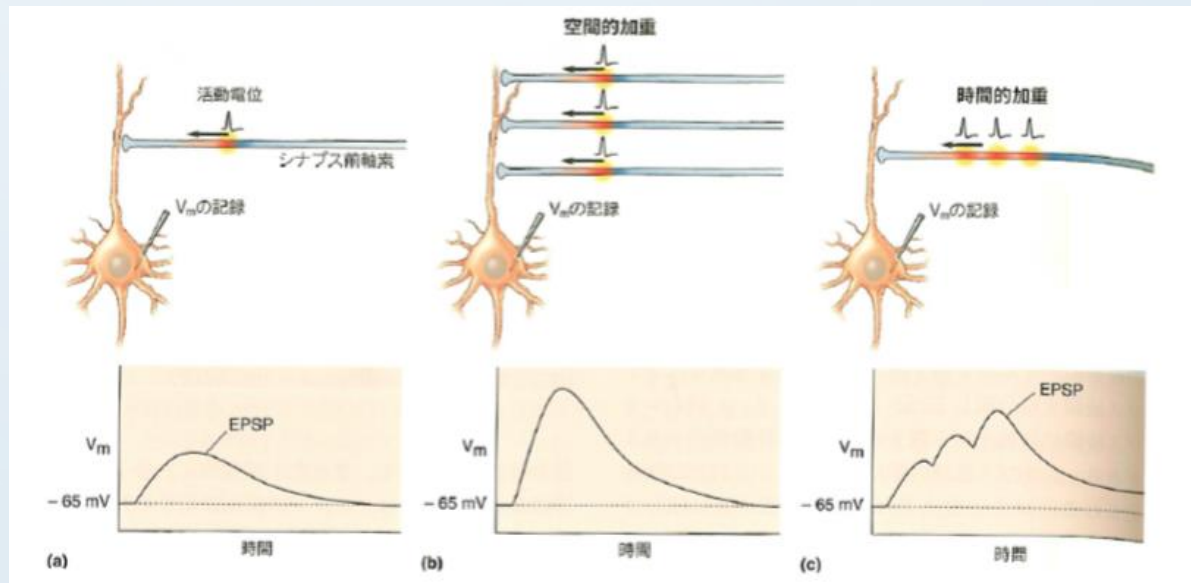


Fig.22 電位の加重



# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

## 電位の加重(筋肉)

Q. 神経の活動が1か0しかないのなら, 運動の強度や持続はどうやって実装されているの?

A. 電位1の影響(収縮)が収まる前に電位2の影響がきてそれが(r)

これを強収縮といい, 単一の収縮は単収縮という.

牛山研の領分かな?

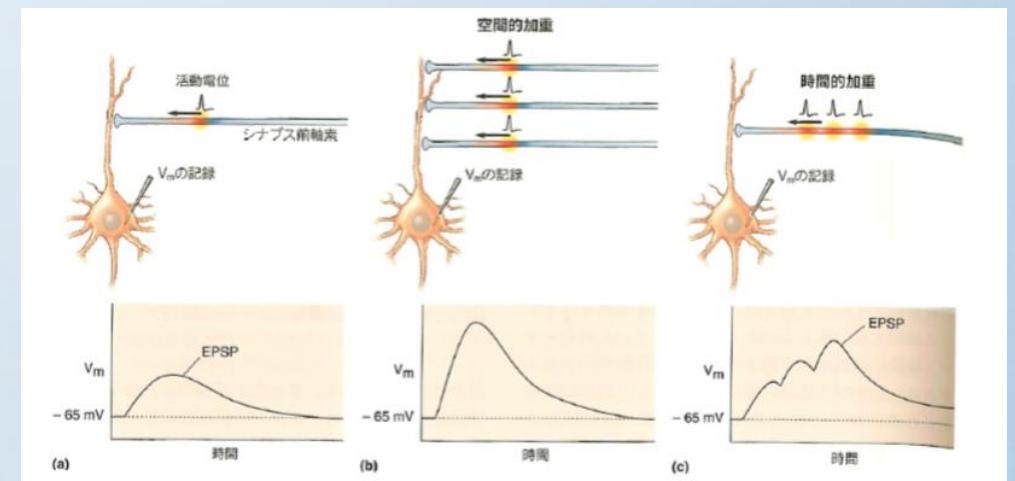
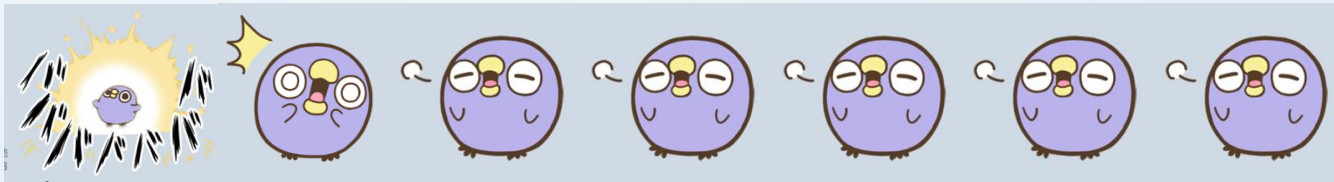


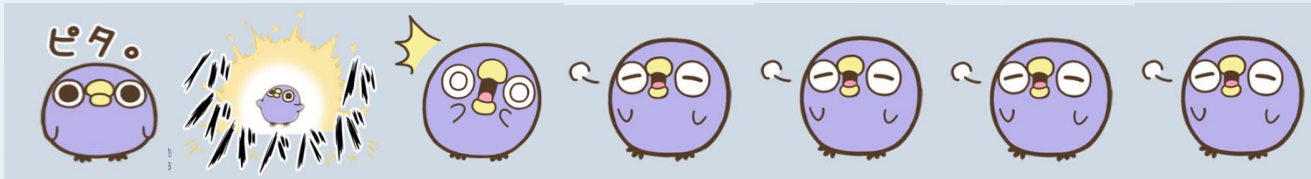
Fig.22 電位の加重

# 神経細胞とその情報伝達の仕組み

まとめると神経伝達はこんな感じ



神経細胞Aの発火がBに伝播し



Bの発火がCに伝播(Aは不応期)



Cの発火がDに伝播(Bは不応期)



# この章の Key Words

このコーナーでは, 各章に出てきた(省いたかも)重要な語句, 単語を列挙します. このスライドを理解すれば粗方分かるかと思いますが, 更なる学習時, ググる単語が分からない時にご活用ください.

- |          |           |           |            |
|----------|-----------|-----------|------------|
| - 神経細胞   | - 灰白質     | - 活動膜電位   | - 相対不応期    |
| - 軸索     | - 神経核     | - イオンチャネル | - 電位の空間的加重 |
| - 樹状突起   | - 神経伝達物質  | - 受容器     | - 電位の時間的加重 |
| - 細胞体    | - シナプス間隙  | - 閾値      | - 長期可塑性    |
| - シナプス   | - 興奮性伝達物質 | - 全か無かの法則 | - 短期可塑性    |
| - 神経終末   | - 抑制性伝達物質 | - 脱分極     | - 強収縮      |
| - ランビエ絞輪 | - シナプス可塑性 | - 再分極     | - 単収縮      |
| - シュワン細胞 | - Hebbの法則 | - 過分極     |            |
| - 白質     | - 静止膜電位   | - 絶対不応期   |            |



- ・そもそも脳とは何か
- ・神経細胞とその情報伝達の仕組み
- ・脳情報
- ・脳情報計測の手法
- ・主な解析手法



# 脳情報

我々の知覚や行動, 情動といったものは脳によって管理されていて, 脳が活動していないとそれらは失われる.

Q. 脳の活動ってなんの事だよ？

A. 明確に, どんな活動にどんな情報が載っているのかよく分かっていない.

1. ニューロンのOn/Off
2. ニューロンの発火頻度
3. ニューロンの活動の波形(Amplitude / Phase / Frequency)
4. 近傍ニューロン群での同期的活動(上記1～3)
5. 遠いニューロン群での同期的活動(上記1～3)

実際のところ何が有用で何が勘違いかは証明できていない事も多いが, いずれにせよ電気的活動を見るのが良さそう！

# 脳情報

## 脳波とは

1. 神経細胞の活動は電気信号である。
2. 情報処理の際には, 関連する細胞群が同時に発火する  
→ある脳部位が活発に動いてる時は, その周辺で大きな電位(総和)が観測できる  
→これを計測したのが脳波(EEG)

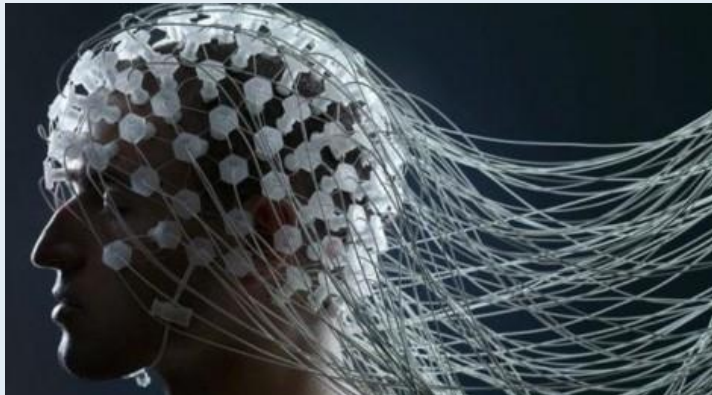


Fig.23 EEGのかっこいい画像

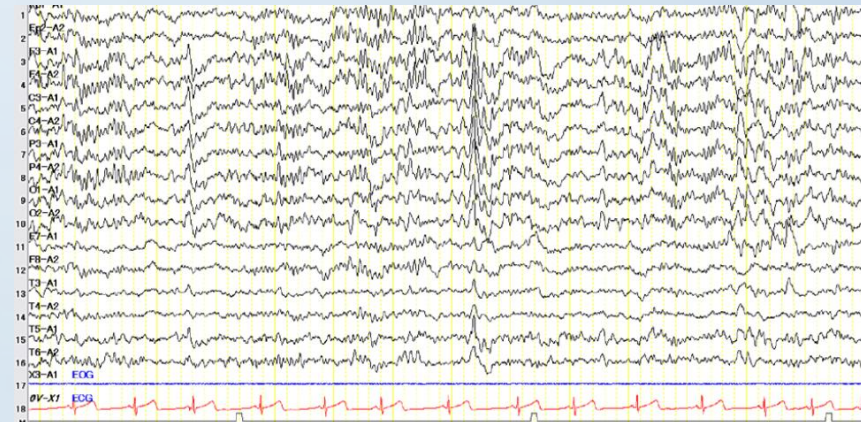


Fig.24 EEG Raw-data



# 脳情報

## 脳波の特徴

- 時間分解能はmsオーダーだが, 空間分解能はcmオーダー
- 脳回を測定しやすいが, 脳溝の測定がしにくい
  - Cf)神経細胞の並ぶ向き
- 大がかりな設備は不必要で, コストも低いが準備が面倒
- 深部の計測が困難だが非侵襲
- 場所や周波数によって, 活動の内容が異なる



# 脳情報

## 自発電位

外部からの刺激にかかわらず、常時発生している電位変化

$\delta$	0.5—3.5 Hz	深い睡眠機能(徐波睡眠)(・学習・動機付け・報酬系)
$\theta$	4—7 Hz	記憶機能(・瞑想・情動的覚醒)
$\alpha$	8—12 Hz	リラックス機能(・課題に関係ない領野の解放・ワーキングメモリ)
$\beta$	13—30 Hz	感覚運動機能
$\gamma$	> 30 Hz	認知機能(注意・感覚統合・感覚運動統合・意識的なアウェアネス)

Fig.25 脳波の種類

$\alpha$  波を聴いてリラックスしよう！みたいな番組ありますよね



# 脳情報

## 誘発電位

- ・外部刺激によって誘発される電位変化
- ・特に高次の機能にかかわるものは**事象関連電位(ERP)**という  
(事象関連脱同期(ERD)なんてのもいる)

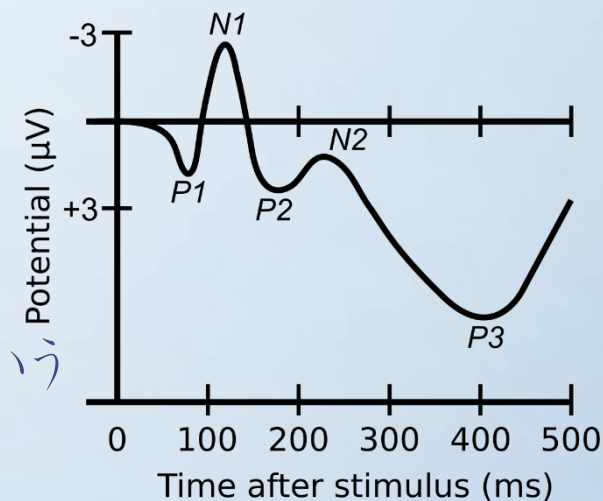


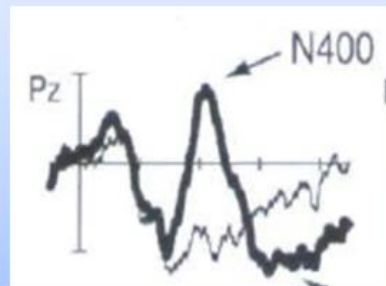
Fig.26 ERPの例

P... + N... -

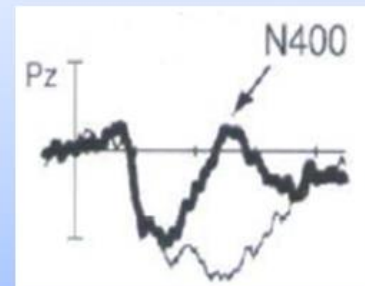
P(N)1...1個目のP(N)

P(N)400... 400ms後に来る  
P(N)の波

英語ネイティブ



英語上級



英語中級

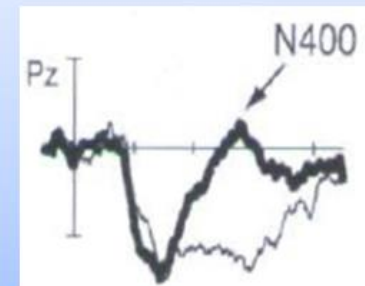


Fig.27 ERP研究の例

# 脳情報

ちなみに脳波(細胞外記録)にもレイヤーが存在する.

脳波(EEG, Electro Encephalo Gram)

頭皮上に電極を配置する非侵襲法.  
他に比べて安全だが精度は察し.

皮質脳波(EECoG, Electro Cortico Gram)

皮質上に電極を配置する侵襲法.  
EEGより遥かに精度が良い上位互換.

深部脳波(LFP, Local Field Potential)

皮質内に電極を挿入し, 付近の電位総和を  
計測する侵襲法. 最も精度は良い.

(単一(複数)のニューロンに電極を刺して計測するもの=細胞内記録もある)

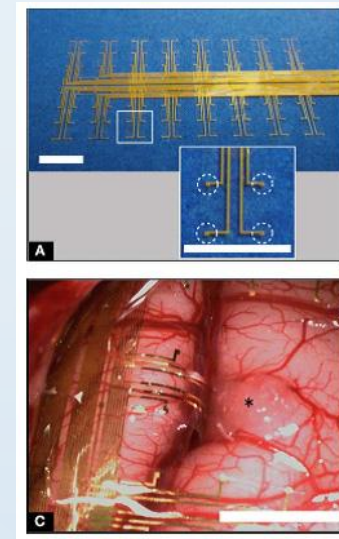


Fig.54 ECoG

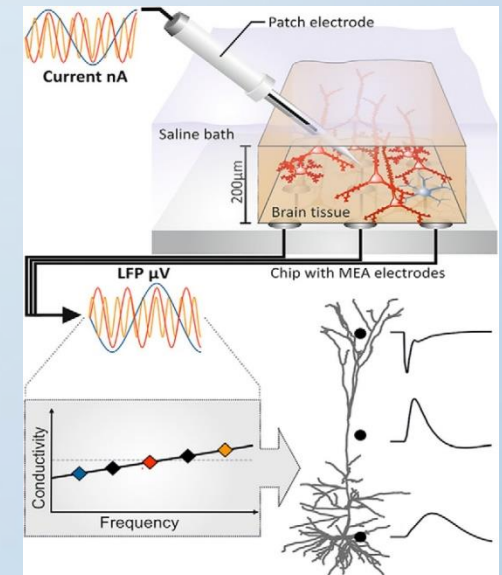
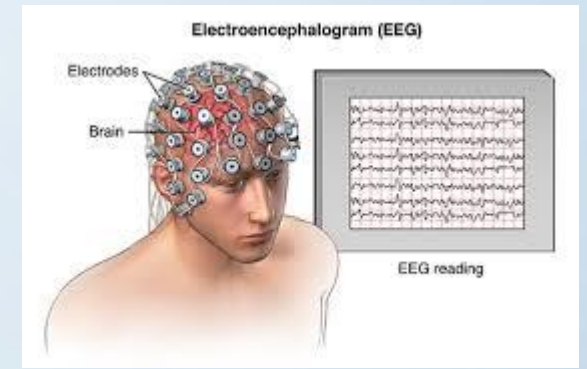


Fig.55 LFP



# 脳情報

脳磁とは

1. 電流が発生した時, 同時に磁界が発生する
2. 磁界は電流に直行している

→この脳波版が脳磁で, これを計測するのがMEG

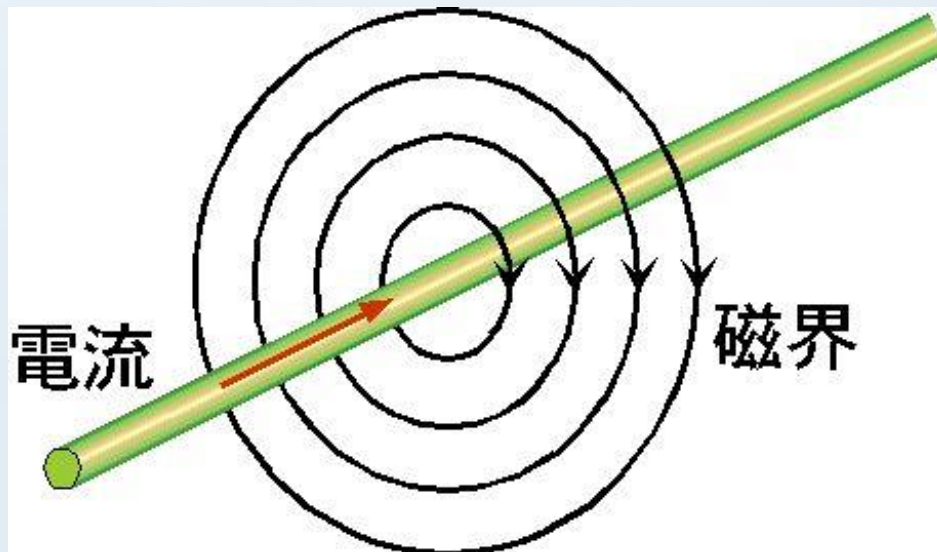


Fig.28 電流と磁界

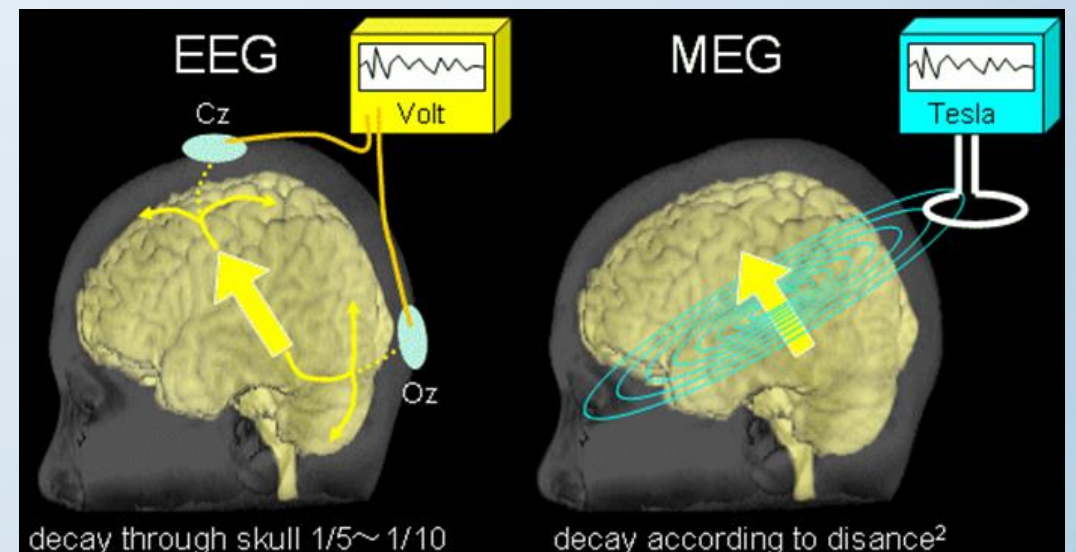


Fig.29 EEG & MEG

# 脳情報

## 脳磁の特性

- 時間分解能は ms オーダーで, 空間分解能も mm オーダー
- 生体組織の透磁率は導電率に比べ低いため, 歪みが小さい
- 脳溝を測定しやすいが, 脳回は測定しにくい
- コストがべらぼうに高い
- 深部の計測が困難だが非侵襲
- 場所や周波数によって, 活動の内容が異なる
- なにより, 先生の専門！！！！



# 脳情報

## 様々なノイズ

- 被験者が動いたら, 運動系の脳波が乗る
- ついでに筋電も乗る
- まばたきでさえ乗る
- 被験者が何か見たり聞いたりしても乗る
- くしゃみとか咳もだめ
- 何もしてなくても機械の不調で乗る

→ノイズはどうしようもないので, 事後に影響を減らす必要がある



# この章の Key Words

このコーナーでは, 各章に出てきた(省いたかも)重要な語句, 単語を列挙します. このスライドを理解すれば粗方分かるかと思いますが, 更なる学習時, ググる単語が分からない時にご活用ください.

- |         |                |             |             |        |
|---------|----------------|-------------|-------------|--------|
| - 脳波    | - 事象関連電位 (ERP) | - 導電率       | - Phase     | - 深部脳波 |
| - 脳波計   | - ERD          | - 透磁率       | - Amplitude |        |
| - EEG   | - P300         | - ノイズ       | - ECoG      |        |
| - 時間分解能 | - 電流と磁力        | - 筋電        | - LFP       |        |
| - 空間分解能 | - 脳磁           | - 侵襲        | - 細胞外記録     |        |
| - 自発電位  | - MEG          | - 非侵襲       | - 細胞内記録     |        |
| - 誘発電位  |                | - Frequency | - 皮質脳波      |        |





- ・そもそも脳とは何か
- ・神経細胞とその情報伝達の仕組み
- ・脳情報
- ・脳情報計測の手法
- ・主な解析手法



# 脳情報計測の手法

## EEG (脳波計測)

前述した, 脳の電気信号を計測し, 脳の活動を推測する手法.

コストが低く, 時間分解能に優れているため, 脳科学では最もポピュラー(簡単)であるが, 精度などに関しては問題も多い. 青山研がメインで使用している計測手法.

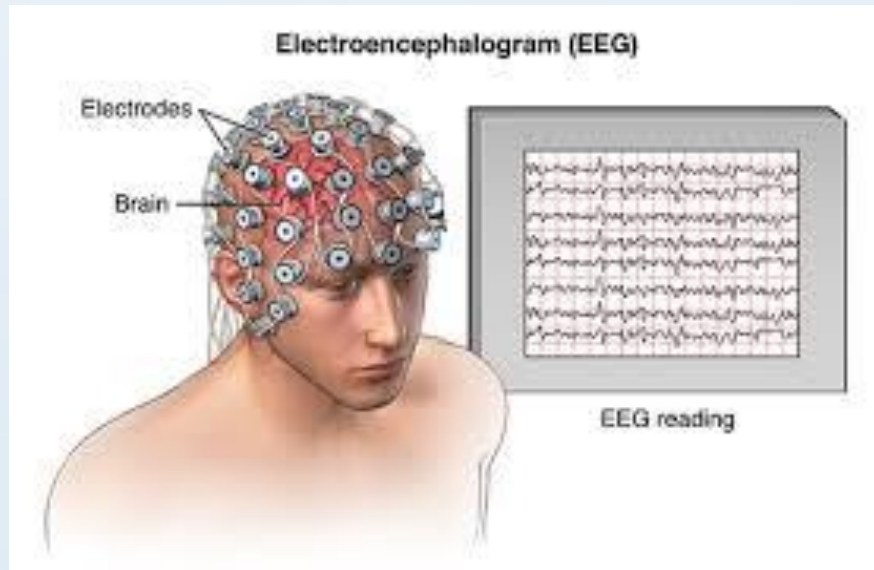


Fig.30 EEG

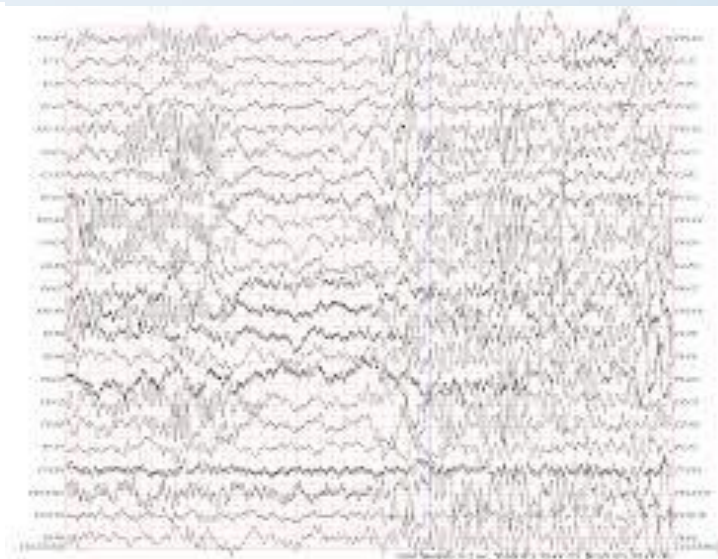


Fig.31 EEG raw-data2

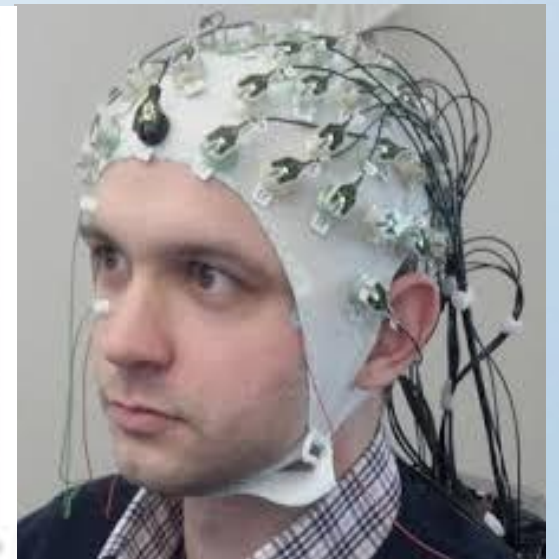


Fig.32 EEG装着した被験者

# 脳情報計測の手法

## MEG (脳磁計測)

脳波の発生に伴い発生する脳磁を計測する手法。脳波と違い、空間分解能にも優れているため、脳磁計測は精度の面で考えても優秀だが、コストや必要設備の面で劣る。現在ラボでは使用されていない。

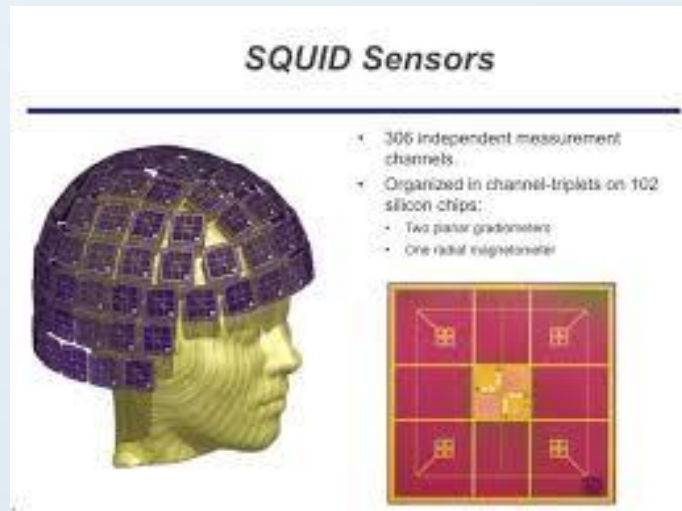


Fig.33 MEGのセンサー



Fig.34 MEG



# 脳情報計測の手法

## fMRI (血流\*厳密には違う)

細胞に酸素を運搬するヘモグロ빈は, 運搬中と後(oxy / deoxy)で性質が異なり, 前者は磁性を持たないが後者は持つ. これを利用し, 磁性に変化があったところで活動がおきていると推定する手法

(細胞が活動すると酸素を消費するため, 次の瞬間には酸素の供給がなされる  
→ deoxyが増える)

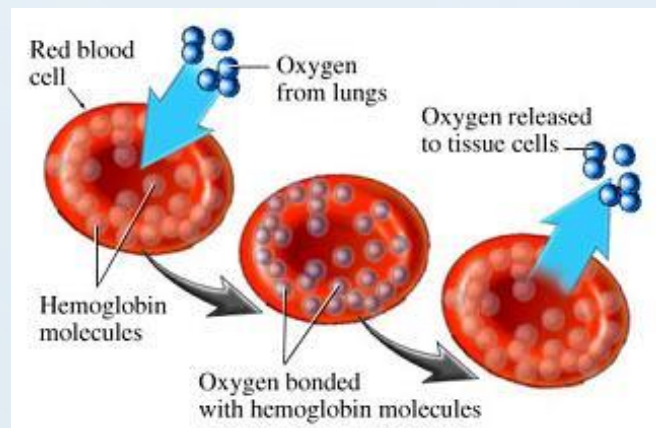


Fig.35 ヘモグロビン

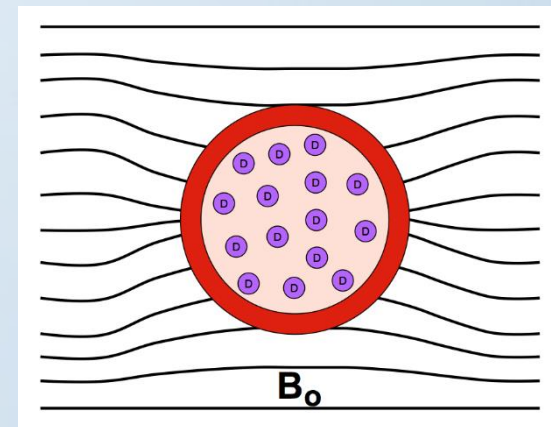


Fig.36 磁界をゆがめるdeoxy



# 脳情報計測の手法

fMRI (血流\*厳密には違う)

ヘモグロビンの磁性に変化があったところで活動がおきていると推定する手法(**BOLD法**).

弊研究室では、東京電機大学と契約をし、fMRIを使わせていただいている。



Fig.37 fMRI



Fig.38 fMRI画像

# 脳情報計測の手法

計測ではなく、脳に外部から直接刺激を与え、こういった反応を引き起こすか調査したり、治療に役立てたりする手法もある。この2つは主に学術・研究に使われる機器

弊研究室ではtESが、牛山研ではTMSが使用許可されている。

**TMS**...コイルを頭の上に配置し、パルス電流を流す事で誘導電流を一瞬発生させる。この時に電流が脳に流れる。

**tES**...頭皮上に配置した電極から、最大2mAの微弱な電流を数分間流し、脳の活動を一時的に変調する事が出来る。

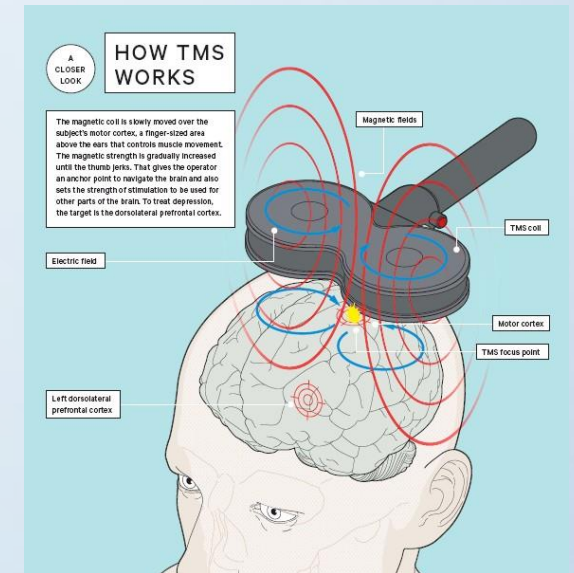


Fig.39 TMS

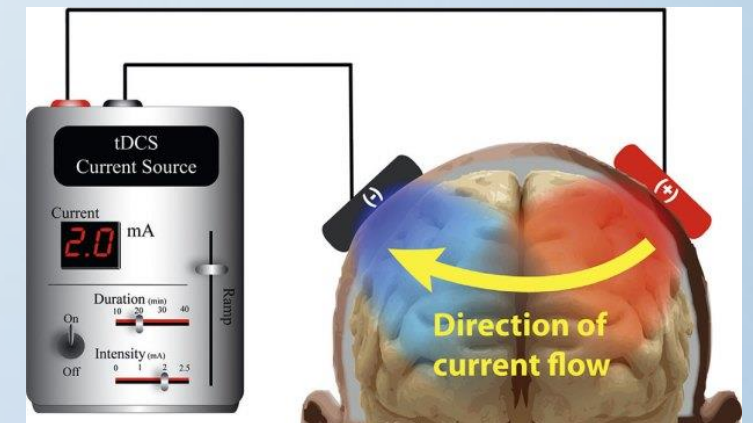


Fig.40 tES

# 脳情報計測の手法

これらは, 主に医療の場で現在でも重宝されている技術. その動作原理については分からない事も多いが, 効果は絶大.

**DBS**…主にてんかんなど, 突発的痙攣が生じる患者に対する処置. 脳内に電極を埋め込み, 脳の誤作動が起きたときはAEDのようなノリで活動を正す. 痙攣は治まる.

**ECT**…脳に最大400V以上の電圧を, 最大30回以上流し, 脳を痙攣させる事で障害を受けた脳部位を回復させる手法. 危険ではあるが効果は確実で, いまだに重度の精神障害者の治療法として使われる.

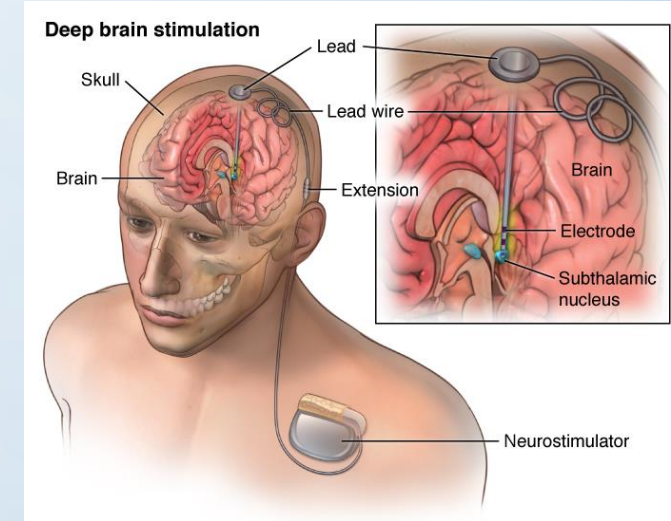


Fig.41 DBS



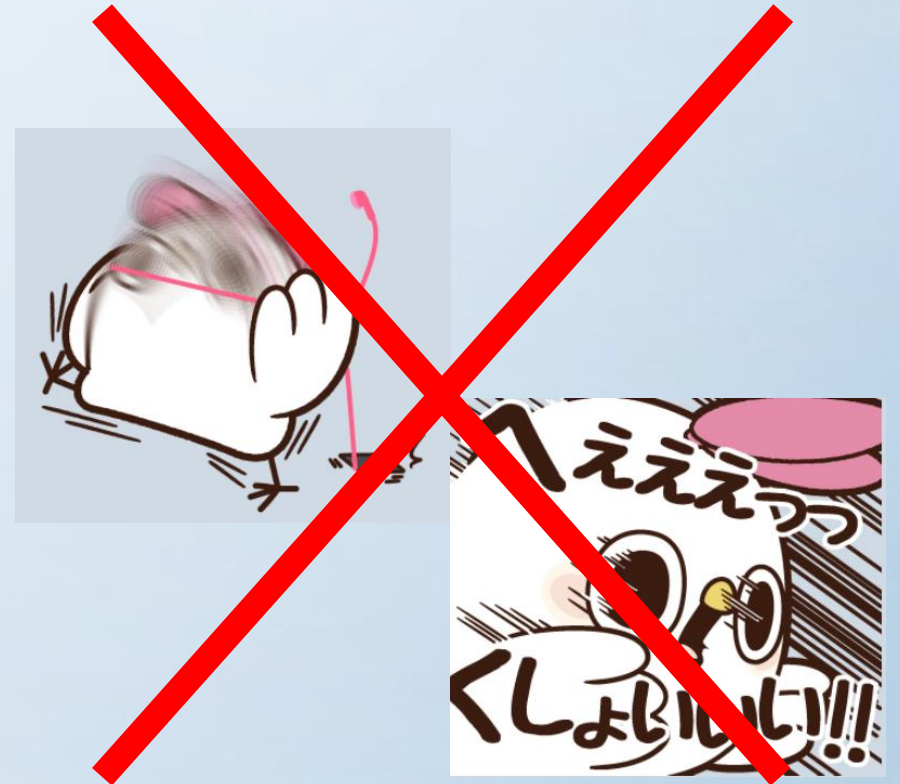
Fig.42 ECT



# 脳情報計測の手法

## 脳波計での実験 (EEG)での主な注意事項

- 実験中は静かに(暗室内推奨)
- 機器(特に電極とコード)は丁寧に扱う
- 実験刺激以外の刺激は極力削る
- 電極の抵抗値は極力下げる





# 脳情報計測の手法

## 弊ラボの代表的実験設備と環境まとめ

- actiCHamp ... 脳波計測アンプ. 64ch/32chがある.
- Emotiv ... 簡易脳波計.
- MATLAB ... 数理解析用ソフト. 下記EEGLABなどを動かす土台.
- EEGLAB ... MATLAB上で動く脳波解析用ソフトウェア.
- MNE-Python ... 脳波も扱えるPython. 機械学習などを使いやすい.
- Psycho tool box ... MATLAB拡張機能で刺激の作成及び呈示に使う.
- PyCorder ... actiCHampと連動する脳波の記録ソフトウェア.
- DC stimulator ... 経頭蓋電気刺激装置.

# この章の Key Words

このコーナーでは, 各章に出てきた(省いたかも)重要な語句, 単語を列挙します. このスライドを理解すれば粗方分かるかと思いますが, 更なる学習時, ググる単語が分からない時にご活用ください.

- 脳波
- 脳波計
- EEG
- 脳磁
- 脳磁計
- MEG
- SQUIDセンサー
- MRI
- fMRI
- BOLD信号
- BOLD効果
- oxyへモグロビン
- Deoxyへモグロビン
- TMS
- tES
- DBS
- ECT
- 侵襲
- 非侵襲
- actiCHamp
- Emotiv
- Nekomimi
- DC stimulator
- MATLAB
- EEGLAB
- PyCorder
- Psychtoolbox
- MNE-Python



- ・そもそも脳とは何か
- ・神経細胞とその情報伝達の仕組み
- ・脳情報
- ・脳情報計測の手法
- ・主な解析手法

(数学分からない自分はテキトーなので, 詳しくは坂本のスライドへ)



# 主な解析手法

## 活動源推定

脳波を計測しても、それはあくまで頭皮に流れてきた電流を計測しているのであって、直接的な脳活動とは言えない。そのため、計測したデータをもとに活動源を推定する必要がある。

数学わからん…

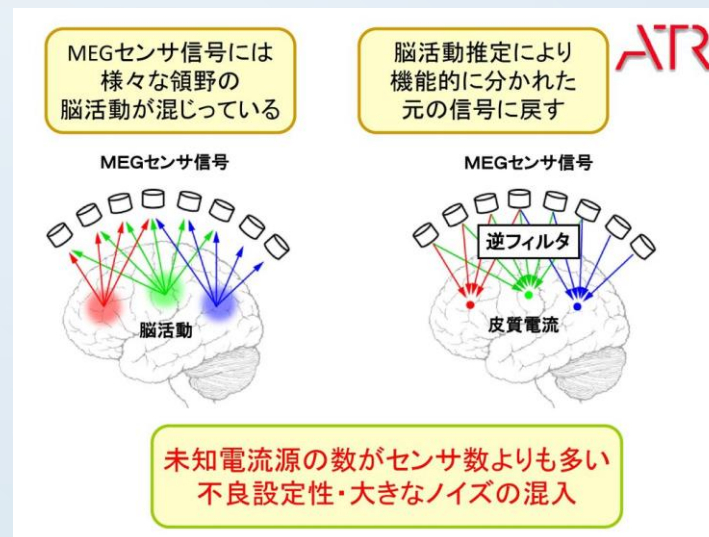


Fig.43 センサーとソース

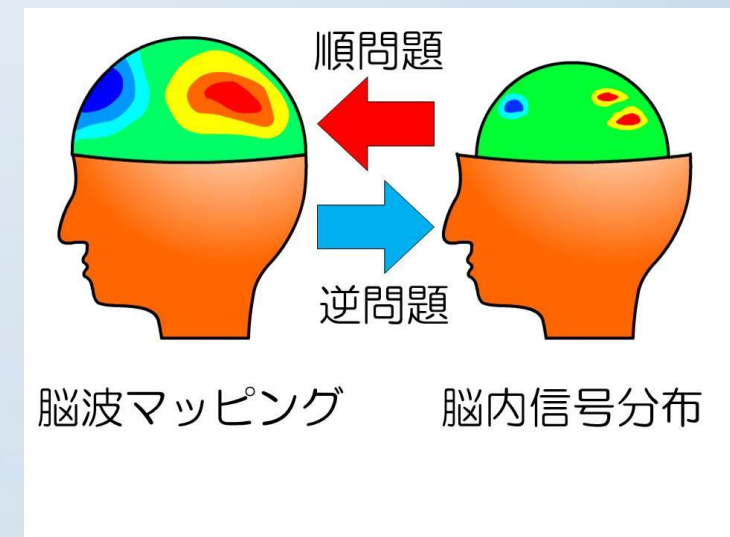


Fig.44 順問題と逆問題





# 主な解析手法

## 独立成分分析

センサーに届く脳波は、無数の脳細胞からの、疎らな周期的活動の合成波として計測される。このままでは読み解けないので、この合成波を分解し、どうしても良いノイズを省く。

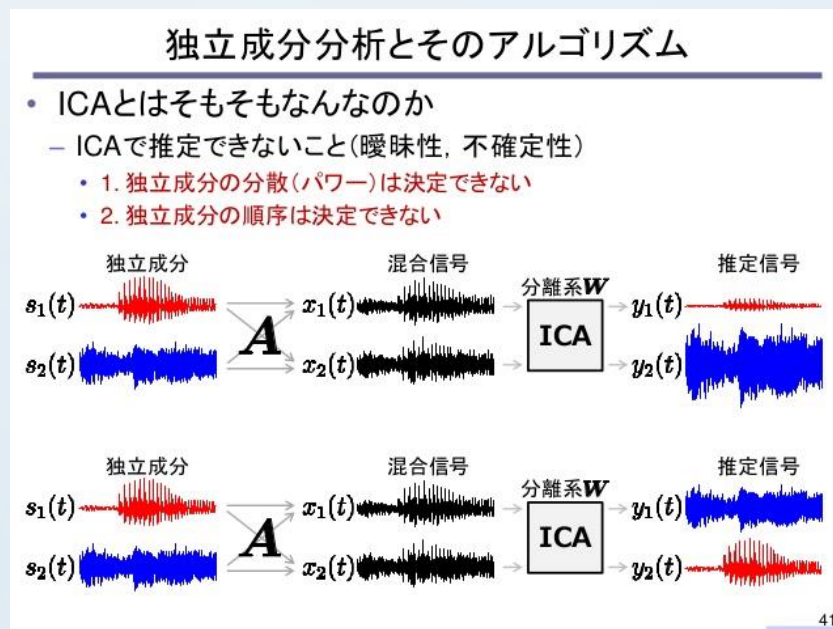


Fig.45 独立成分

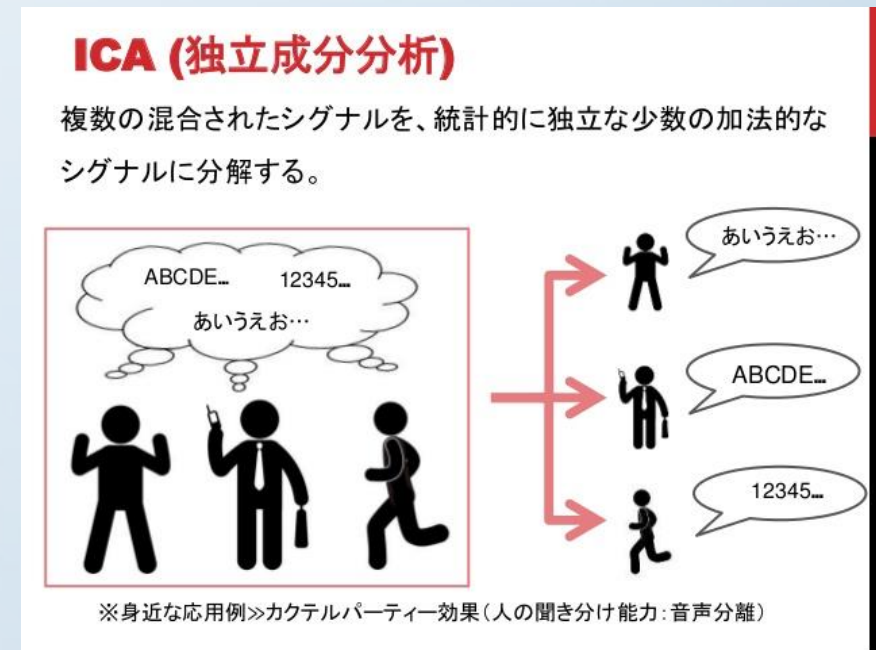


Fig.46 カクテルパーティー効果

# 主な解析手法

## 周波数解析

計測した脳活動をチャンネル毎/周波数帯毎に分解し, 各周波数帯で実験刺激前後に特徴的な活動パターンが見られないか検討する解析手法.

ex) 被験者が対象物を想起している際, 00番の電極付近で $\theta$ 波の活動が有意に増加している

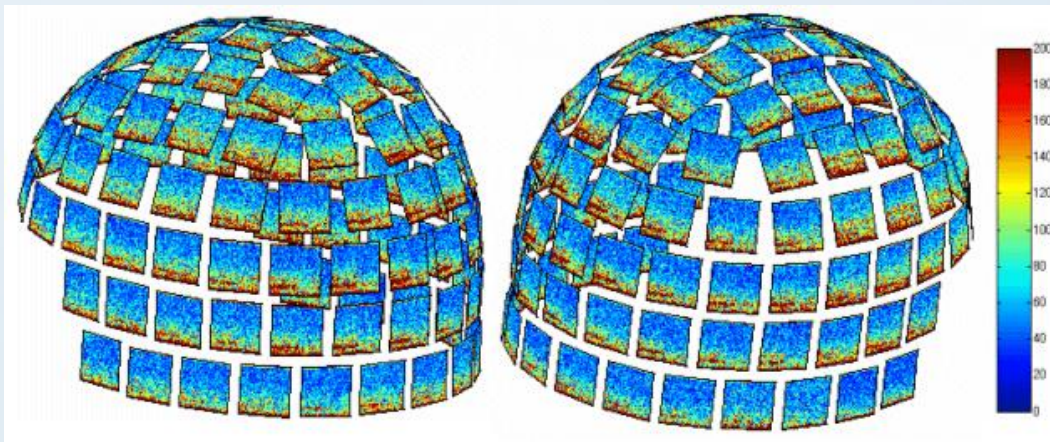


Fig.47 周波数分解したMEGシグナル

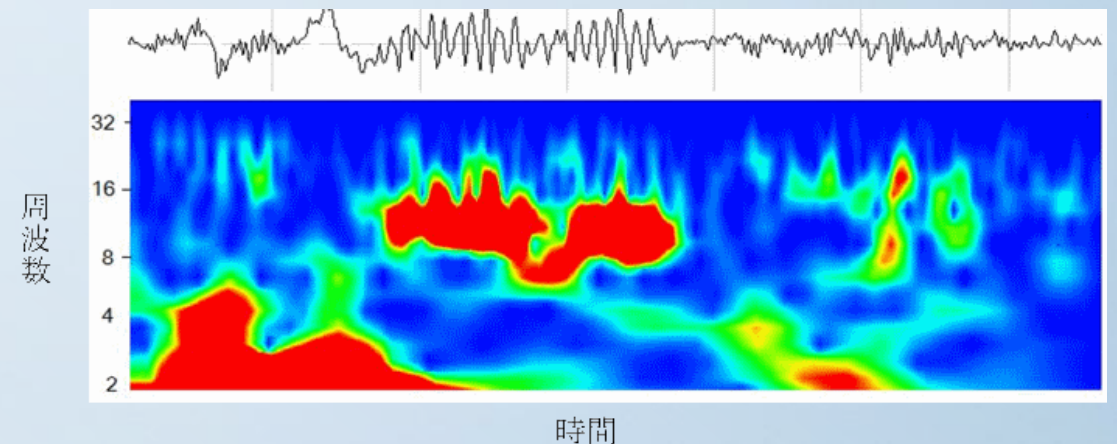


Fig.48 時間周波数解析

# 主な解析手法

## 事象関連電位

前述. 何かしらの事象に関連して, 脳波がポジティブ or ネガティブに変化する共通のパターンを検出し, 実験刺激と脳波パターンの関連性を見出す手法.

1回1回の試行ではその傾向が小さくて分からない為複数トライアルの脳波をonsetに合わせて加算し, 波を増幅させて判断する.

ex) 刺激から300ms後に, 00番の電極付近で有意に電位が+へ振れてる

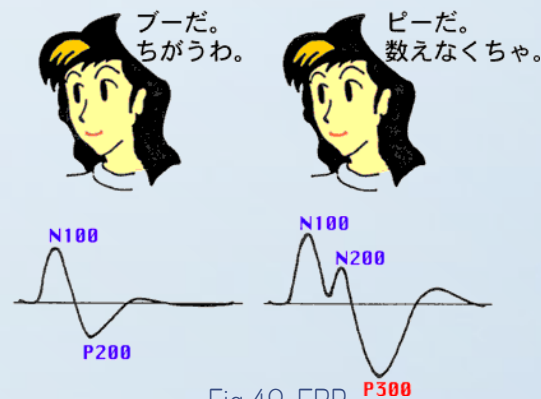


Fig.49 ERP

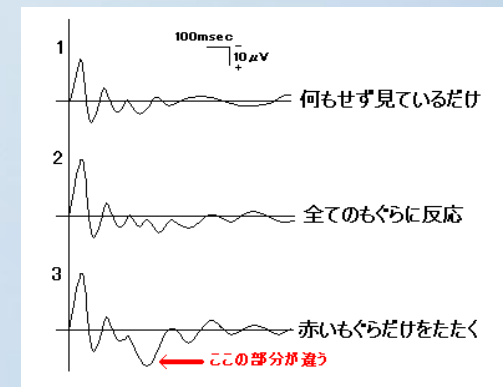


Fig.50 ERP研究の例

# 主な解析手法

## コネクティビティ解析

脳波の位相に注目した手法. 離れた脳部位でも, 同時期に同じ位相で活動している箇所があれば, その間でなんらかの情報交換や同期的活動が行われているという仮説の元に, 脳部位間でのコネクティビティを検出する手法.

最近, 弊ラボでも流行ってるのはこれ.

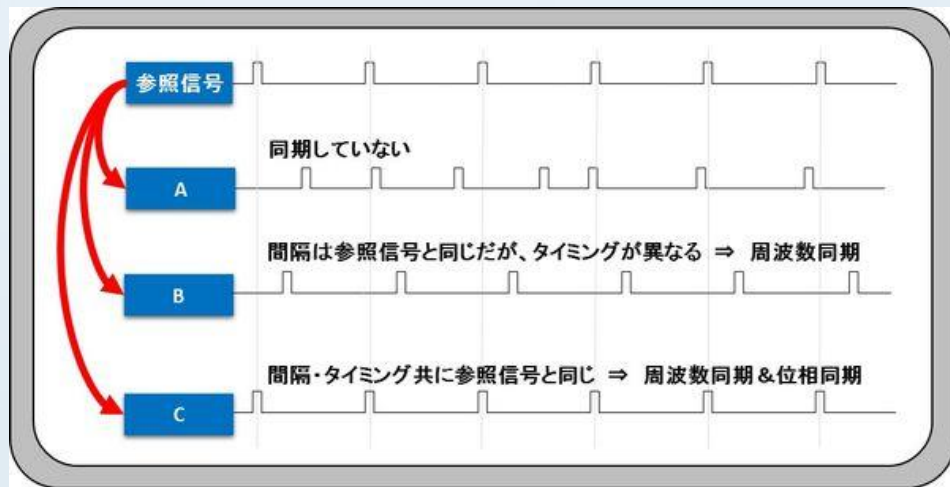


Fig.51 位相同期

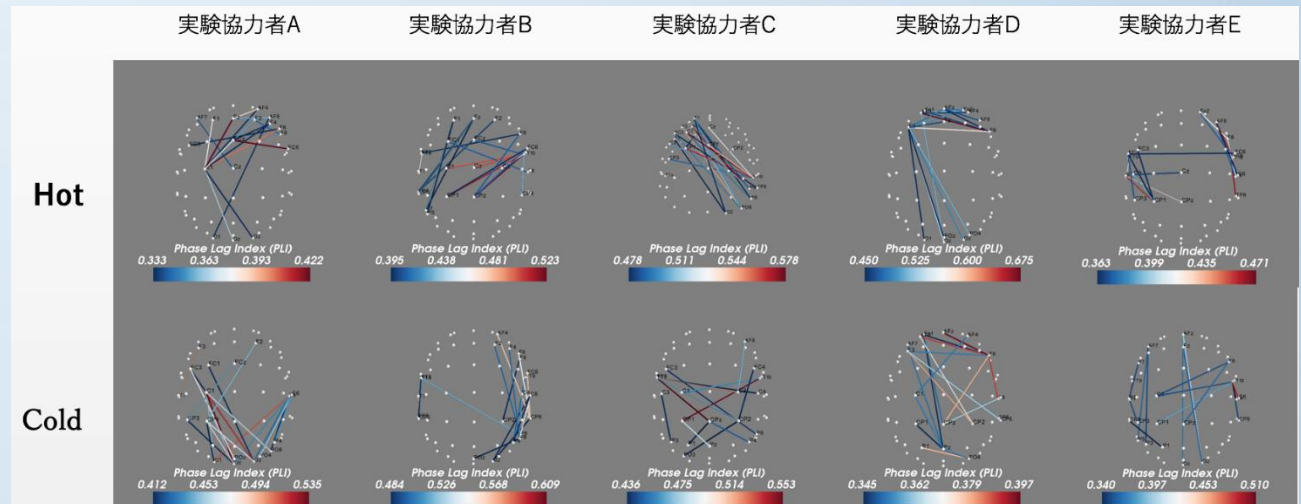


Fig.52 位相同期研究例

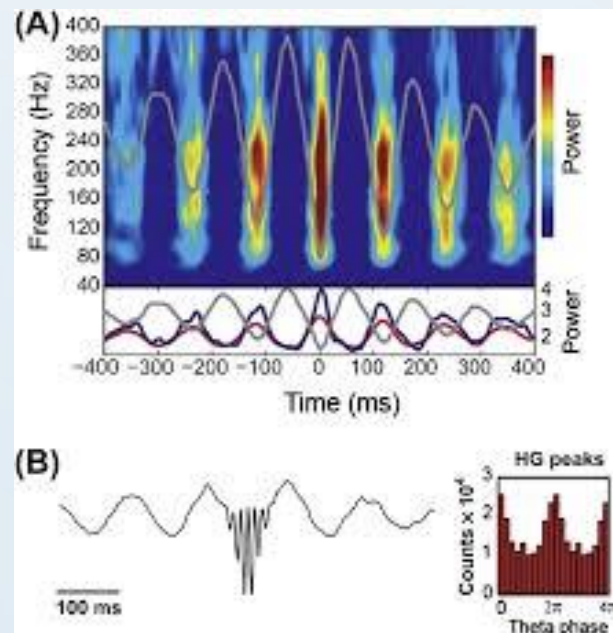


# 主な解析手法

## Cross Frequency Coupling

脳のうちの近傍細胞間あるいは遠い細胞群間での, 異なる周波数での同期的活動. これが見られる部位では情報のやり取りがあると推測する.

Ex) 領域Aの  $\theta$  波(4~7Hz)の活動が領域Bの  $\gamma$  (40Hz)の活動を変調している



- 領域Aの処理が領域Bの処理に影響を及ぼしている.
- 情報のやりとりが為されている.

Fig.53 Cross Frequency Coupling

# この章の Key Words

このコーナーでは, 各章に出てきた(省いたかも)重要な語句, 単語を列挙します. このスライドを理解すれば粗方分かるかと思いますが, 更なる学習時, ググる単語が分からない時にご活用ください.

- 活動源推定
- センサー
- ソース
- 順問題
- 逆問題
- 独立成分分析
- カクテルパーティ効果
- 合成波
- 主成分分析
- 周波数解析
- スペクトル解析
- フーリエ変換
- FFT
- ウェーブレット変換
- 時間周波数解析
- 事象関連電位
- 事象関連脱同
- 期
- 位相同期
- 位相
- Cross Frequency coupling
- 周波数
- 電位
- コネクティビティ解析



# 参考文献および画像の出典について

- 参考文献について

この資料の内容は, 基本的に筆者の有する知識をもとに作成しているため, 参考文献はありません. 青山先生の秋学期講義「脳情報科学」で習う内容の一部抜粋のような形になるよう調整しております. 誤謬等発見しましたら筆者へのご連絡をお願い致します.

- 画像の出典について

画像の引用元については, 以降のページにまとめております. 数が多くなってしまった為, 正規の引用方法に従ってはおりましたが, 学習目的という事でご容赦ください.



# おわりに

この資料は, 誰でも前提知識少な目で理解できるよう, かなり簡略化しています. 厳密に言うと誤った言い回しなどもあるかもしれませんが, 大雑把に理解するには十分な内容を作成したつもりです.

また, この資料は筆者の知識, 独断と偏見をもとに構成しています. 知識の正誤は確認しつつ作成しましたが, 誤情報などを発見されましたらご連絡ください.

拙い資料ですが, 皆様の学習の一助となれば幸いです.  
ありがとうございました！！

2018.4.19 慶應義塾大学環境情報学部2年 後藤 優仁





# 画像の出典

Fig.1 コトバンク-脳(<https://kotobank.jp/word/%E8%84%B3-111803>)

Fig.2 Storyblocks(<https://ja.videoblocks.com/video/neuron-network-activity-background-animation-for-a-biological-structure-and-its-network-communication-activity-bvispx2uiqi7wpj>)

Fig.3 脳単より抜粋([http://www.nts-book.co.jp/item/detail/summary/bio/20050415\\_34.html](http://www.nts-book.co.jp/item/detail/summary/bio/20050415_34.html))

Fig.4 マインドフルネスを理解するための脳科学の基礎[1]ニューロン・脳の構造

(<http://mindful-music.jp/brainscience-for-mindfulness/>)

Fig.5 大脳辺縁系の働き([http://hirokawa-tp.co.jp/movie\\_01/movie.php?id=53](http://hirokawa-tp.co.jp/movie_01/movie.php?id=53))

Fig.6a 鶏の脳の解剖(<http://blog.livedoor.jp/web247/archives/52742106.html>)

Fig.6b ERP総論(<http://www2.oninet.ne.jp/ts0905/erp/erp03.htm>)

Fig.7 Specialized Instruments Brain Areas

(<http://understandingcontext.com/2012/08/specialized-instruments-brain-areas/>)

Fig.8 Cerebral Cortex(<https://step1.medbullets.com/neurology/113013/cerebral-cortex>)

Fig.9 ペンフィールドのホムンクルス(<http://saepyon.blog75.fc2.com/blog-entry-1427.html>)

Fig.10 皮質可塑性(<http://blog.malzack.com/entry/2018/02/21/000157>)

Fig.11 中枢神経と末梢神経(<http://blog.malzack.com/entry/2018/02/21/000157>)

Fig.12 清く美しい脳(<https://twitter.com/jinkun1013>)

Fig.13 コトバンク-シナプス(<https://kotobank.jp/word/%E3%82%B7%E3%83%8A%E3%83%97%E3%82%B9-74566>)

Fig.14 RIKEN BRAIN SCIENCE INSTITUTE(<http://www.brain.riken.jp/jp/aware/synapses.html>)

Fig.15 脳科学辞典(<https://bsd.neuroinf.jp/wiki/%E3%83%98%E3%83%96%E5%89%87>)

Fig.16 神経科学-「脳の探求」より抜粋

Fig.17 興奮の発生と伝導

([http://www.keirinkan.com/kori/kori\\_biology/kori\\_biology\\_n1\\_kaitei/contents/bi-n1/4-bu/4-1-B.htm](http://www.keirinkan.com/kori/kori_biology/kori_biology_n1_kaitei/contents/bi-n1/4-bu/4-1-B.htm))

Fig.18 鈴木眼科-目の基礎知識(<http://www.snma.or.jp/~suzukiganka/E12.htm>)

Fig.19 Clontech ヒト鼻腔上皮細胞([http://catalog.takara-bio.co.jp/product/basic\\_info.php?unitid=U100007850](http://catalog.takara-bio.co.jp/product/basic_info.php?unitid=U100007850))

Fig.20 HatenaBlog タマコロ「生命科学講義・神経生理学④」

(<http://tamakoro.hatenablog.jp/entry/2017/08/26/003158>)

Fig.21 神経と細胞と電気と地球(<http://www.ne.jp/asahi/wa/mata.noboru/neruve24.html>)

Fig.22 神経科学-「脳の探求」より抜粋

Fig.23 EEG(<https://nadunindunil.github.io/tech/2017/EEG/>)

Fig.24 FixXL Quantitative EEG and normative databases

(<https://www.biofeedback-tech.com/articles/2017/9/19/quantitative-eeg-and-databases-meg5l>)

Fig.25 青山敦「脳情報科学スライド」より抜粋

# 画像の出典

Fig.26 注意の集中度の評価(<http://www2.oninet.ne.jp/ts0905/human/p300.htm>)

Fig.27 ニューロンのカッコいい画像(<https://ja.videoblocks.com/video/neuron-network-activity-background-animation-for-a-biological-structure-and-its-network-communication-activity-bvispx2uiqci7wpj>)

Fig.28 縄手雅彦「マイクロエレクトロニクス-微小構造磁性体の作成と応用」

(<https://kotobank.jp/word/%E8%84%B3-111803>)

Fig.29 脳波との違い(<http://meg.aalip.jp/vsEEG/vsEEG.html>)

Fig.30 Bright Brain Centre London- EEG AND

BRAINWAVES(<https://www.brightbraincentre.co.uk/electroencephalogram-eeg-brainwaves/>)

Fig.31 EEG(<https://nadunindunil.github.io/tech/2017/EEG/>)

Fig.32 The Laboratory of Neural Computation and Cognition

(<https://sites.google.com/a/brown.edu/lbcc/home/Lab-Wiki/eeg>)

Fig.33 Institute for Learning Brain sciences (<http://ilabs.washington.edu/what-magnetoencephalography-meg>)

Fig.34 alamy

(<http://www.alamy.com/stock-photo-nightingale-associates-meg-brain-scanner-unit-university-of-oxford-27596577.html>)

Fig.35 Effort Sisyphus-fMRI doesn't do what you think it does

(<http://techskeptic.blogspot.jp/2008/12/fmri-doesnt-do-what-you-think-it-does.html>)

Fig.36 BOLD Contrast Mechanism(<http://mriquestions.com/bold-contrast.html>)

Fig.37 NUFFIELD DEPARTMENT OF clinical neurosciences

(<https://www.ndcn.ox.ac.uk/divisions/fmrib/what-is-fmri/introduction-to-fmri>)

Fig.38 The Harvard Gazette- Finding signs of life when it matters most

(<https://news.harvard.edu/gazette/story/2017/07/using-fmri-eeg-to-search-for-consciousness-in-icu-patients/>)

Fig.39 beliefnet- TMS(Magnets) can help depression

(<http://www.beliefnet.com/columnists/depressionhelp/2017/05/magnets-can-help-depression.html>)

Fig.40 tDCS.com(<http://www.tdcs.com/what-is-tdcs/>)

# 画像の出典

Fig.40 tDCS.com(<http://www.tdcs.com/what-is-tdcs/>)

Fig.41 Medical Tourism India- More on Deep Brain Stimulation Surgery and Why DBS in India?

(<https://www.indicure.com/medical-tourism-india/deep-brain-stimulation/>)

Fig.42 市民の人権擁護の会(<http://www.cchr.jp/newsletter/issue12/ect-device-producer-flouts-fda-regulations.html>)

Fig.43 ATR脳情報解析研究所- 脳活動計測で「指先の動きを再現する」技術

(<http://slidesplayer.net/slide/11353109/>)

Fig.44 新潟大学 自然科学系 堀 潤一- 脳波逆問題の応用

(<https://www.ura.niigata-u.ac.jp/u-go-web/%E8%84%B3%E6%B3%A2%E9%80%86%E5%95%8F%E9%A1%8C%E3%81%AE%E5%BF%9C%E7%94%A8/>)

Fig.45 国立大学法人- 総合研究大学院大学

(<https://www.slideshare.net/DaichiKitamura/history-of-independent-component-analysis-for-sound-media-signal-processing-and-its-applications>)

Fig.46 サイレントシーズンBCI-HMMの性能評価(<https://www.slideshare.net/takashiito771/bci-45165090>)

Fig.47 非公式広島大学病院- 脳磁図周波数解析(<http://meg.aalip.jp/topo/eoectopo.html>)

Fig.48 Miyuki Giken- 研究のための脳波の基礎知識

(<http://www.miyuki-net.co.jp/jp/seminar/solveBrainfunc/solveBrainfunc.shtml>)

Fig.49 注意の集中度の評価(<http://www2.oninet.ne.jp/ts0905/human/p300.htm>)

Fig.50 脳波と事象関連電位(<http://www2f.biglobe.ne.jp/~yasuq/eeg.htm>)

Fig.51 位相同期

(<https://forums.juniper.net/t5/%E3%83%96%E3%83%AD%E3%82%B0/LTE-Advanced%E3%82%72%E6%94%AF%E3%81%88%E3%82%B5%E3%83%8D%E3%83%83%E3%83%88%E3%83%AF%E3%83%BC%E3%82%AF-%E7%AC%AC%E5%93%B9%E/ba-p/210487>)

Fig.52 弊ラボで実際に行われたコネクティビティ解析のplot図

Fig.53 Cross-Frequency Coupling ([https://www.researchgate.net/figure/Phase-amplitude-cross-frequency-coupling-PAC\\_fig1\\_270630246](https://www.researchgate.net/figure/Phase-amplitude-cross-frequency-coupling-PAC_fig1_270630246))

Fig.54 ECoG (<http://www.med.niigata-u.ac.jp/contents/research/kiso/seiri01.html>)

Fig.55 LFP (<http://www.eneuro.org/content/4/1/ENEURO.0291-16.2016>)



# 画像の出典

*Special Thanks*

株式会社インクルーズ様

LINEスタンプ「面倒だがとりあえず返信」シリーズ

