

2025年度 奨励研究報告会
重点領域研究

神経情報の解析と3次元脳オルガノイドの確立を
行動神経科学、発生生物学、非線形物理学の
3アプローチにより実現する
挑戦的研究

—神経情報を医療機器に直結できるBMI技術に
向けた基盤研究—

麦島 剛 (人間社会学部) : 行動神経科学、神経生理学
芋川 浩 (基盤教育センター) : 発生生物学、再生医学
石崎龍二 (人間社会学部) : 非線形物理学

究極の目標
再生医療研究と神経系研究の融合
によるサイボーグ実現

脳さえも
再生できる

再生医療研究の現状 ①

実験医学・増刊号
2023年2月1日発刊

臨床応用をめざした
研究が進んでいる

真の実臨床応用をめざした
再生医療
2023

リボーストランスレクションリサーチの
いまと産業化のための技術開発

編集-梅澤明弘 羊土社

再生医療研究の現状 ①

実験医学・増刊号
2023年2月1日発刊

臨床応用
研究が

真の実臨床応用をめざした
再生医療
2023

リボーストランスレクションリサーチの
化のための技術開発

編集-梅澤明弘 羊土社

プラナリアの再生と電位勾配

位置情報は電位勾配

(A) 中間の胴体断片の再生
内生的な電位勾配
脱分極 ← 過分極

(B) チャンネル操作による
生体電位の変更
対照
脱分極
過分極

(C) 再生
1つの頭
2つの頭
頭なし

ギルバート発生生物学 第2版

再生医療研究の現状 ②

日経サイエンス
2025年8月号

日経サイエンス
SCIENTIFIC AMERICAN 日本版
2023.08
ブラックホールが語る出す弾丸

認知の原点を探る
プラナリアの体が宿した“記憶”
考えているのは脳だけなのか

アルツハイマー病の
血液診断
発症予防への転換なるが

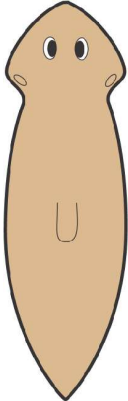
プラナリアの脳は
ヒトの脳を知る上
での原点である!!

量子論に虚数は選べられないのか
コロナが新興感染症をもたらすわけ

from nature ダイジェスト
https://www.nikkei-science.com/ 貸出可

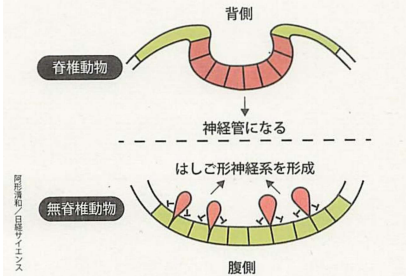
プラナリア

再生の王様



進化の過程で初めて中枢神経系を持った動物

中枢神経系のでき方

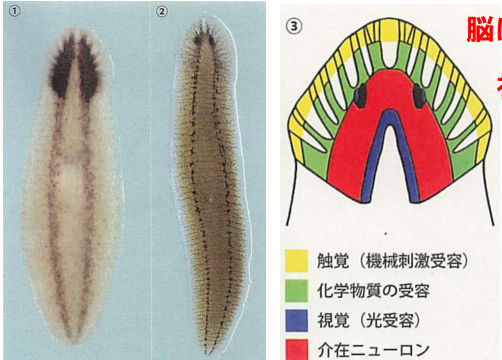


外胚葉が内側への落ち込むのは同じ!

集中神経系のでき方 発生途中の胚の断面図を示した。脊椎動物では、胚の背側にある外胚葉の細胞が内側にシート状に折り畳まれて神経管になり、これが脊髄となる(上)。無脊椎動物では逆に、腹側の外胚葉から将来神経になる細胞が個別に内側へ落ち込み、集中神経系を形成する(下)。

日経サイエンス 2025年8月号

プラナリアの神経系



脳は4層構造
視交叉あり

- 触覚 (機械刺激受容)
- 化学物質の受容
- 視覚 (光受容)
- 介在ニューロン

日経サイエンス 2025年8月号

クローンプラナリアの脳波測定へ

a. 遺伝子も同じ
b. 細胞も同じ
c. 行動も同じ



**ここから
成果の報告です。**

【田川発、世界初。その数々。】

2025年度の進展 (続行中)

- ① プラナリア特化型電極の開発と脳波導出に成功。
→ 1/fゆらぎ則に従うスペクトル。ヒトと同じ。
- ② ADHDマウスの感覚記憶が消える時間を脳電位で特定。
→ 注意が生じる前から「不注意」が生じる仕組みを特定。
- ③ ADHDマウスθ波の大脳皮質間の同期上昇を発見。
→ ADHD児と同じ。非線形物理学による成果。
- ④ * * *

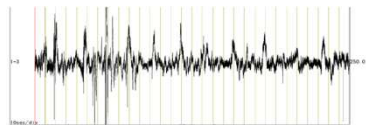
① 地球最古の脳は私たちと驚くほど似ている。



新開発の電極 (自作)

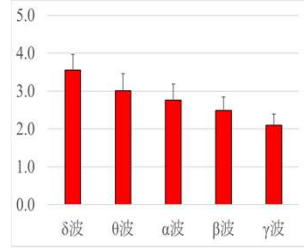


アガロースゲルのみの電位 (5 min)

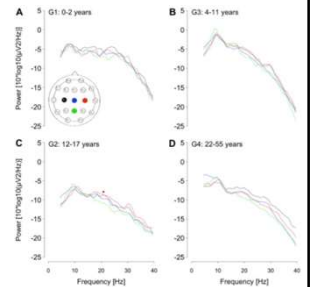


プランナリア脳の電位 (5 min)

高速フーリエ変換による周波数パワー分析

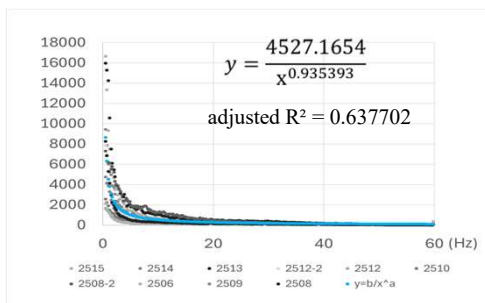


プランナリア脳の周波数帯別パワースペクトル
縦軸はパワー密度を対数変換した値。
δ(0.5-4 Hz), θ(4-8 Hz), α(8-13 Hz), β(13-30 Hz), γ(30-50 Hz)



ヒト大脳皮質のスペクトル
縦軸はパワー密度を対数変換した値。
Berthouze et al. (2010)
Human EEG shows long-range temporal correlations of oscillation amplitude in Theta, Alpha and Beta bands across a wide age range

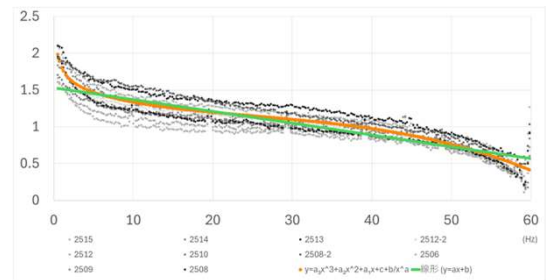
f分の1 ゆらぎ
 $1/f^x$ ($x \approx 1$) に近似する。



プランナリア脳におけるパワー値とその近似式

Log変換により1次式に近似する。
いや、3次式に近似することを発見。

黄緑色の回帰線: $y = -0.016044x + 1.531219$, adjusted $R^2 = 0.769833$
 橙色の回帰線: $y = 0.000008x^3 + 0.000569x^2 - 0.018969x + 1.212859 + \frac{0.606911}{x^{0.362286}}$, adjusted $R^2 = 0.821425$



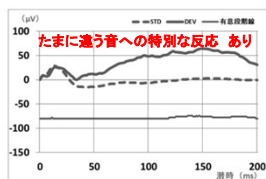
② ADHDマウスの感覚記憶は意識にのぼる前に消えやすい。

不注意の原因

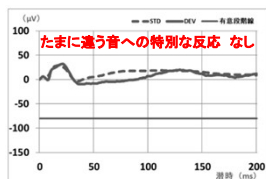


健康マウスは1500msでも感覚記憶が続くことが分かっている。(当研究室)

大脳皮質の頭頂連合野
2種の音の列への反応 (たまに1オクターブ違う音に変化する)



500ms間隔のとき

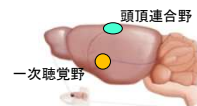


1500ms間隔のとき

③ 複雑・膨大な脳データを物理学が読み解く。

今回の研究の進捗

エントロピー解析によってラット脳波の意識レベルの判別が成功。(Ishizaki, Mugishima et al. 2008)

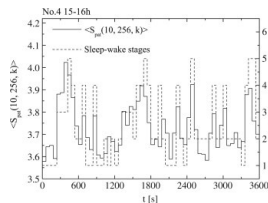


θ波の同期の程度

健康マウス < ADHDマウス

⇒ ADHD児と同様。

⇒ 複雑系としての脳を総体的に数理処理する時代の嚆矢。

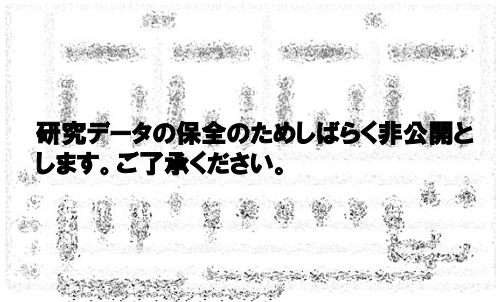


④ * * *

研究データの保全のためしばらく非公開と
します。ご了承ください。



科研費



⑤ ニューロフィードバック

学習心理学に基づく
心理療法のひとつ

Chaudhary et al.
Nature Communications (2022)

筋萎縮性側索硬化症 (ALS) ロックトイン
(閉じ込め) 患者が、
ニューロフィードバック学習で、
A~Zの文字を画面上に表示できるように。

「意識と表出の乖離」から脱出できた！
尊厳死肯定論すら存在する状態からの解放。

BMI(脳と機器の直結)の
最先端。

さらに、2024~2025に
かけて目覚ましく発展

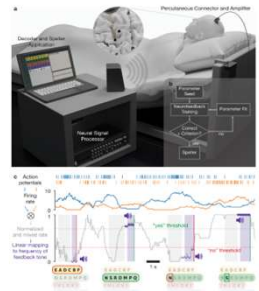


Fig. 1 Setup and neurofeedback paradigm. a. Craniocortical setup. Two microelectrode arrays were placed in the contralateral and ipsilateral frontal cortex (frontal 1, left frontal sulcus; A-P: middle from anterior to posterior). An amplifying and digitizing hardware recorded signals through a pre-amplified, parallel interface. Neural signals were pre-amplified in a Neural Signal Processor and further processed and displayed on a tablet computer. b. Data collection. The patient was trained with neurofeedback learning. The performance criterion was reaching the patient previously to death. c. The patients use the machine learning models to relearn on their own. d. Further training was performed. e. Behavioral communication of arbitrary neurofeedback and motor. Action selection was detected and used to relearn on their own. f. Data on several subjects was presented. g. Data from one subject and most other subjects were used for the study. h. Data on several subjects was presented. i. Data from one subject and most other subjects were used for the study. j. Data on several subjects was presented. k. Data from one subject and most other subjects were used for the study. l. Data on several subjects was presented. m. Data from one subject and most other subjects were used for the study. n. Data on several subjects was presented. o. Data from one subject and most other subjects were used for the study. p. Data on several subjects was presented. q. Data from one subject and most other subjects were used for the study. r. Data on several subjects was presented. s. Data from one subject and most other subjects were used for the study. t. Data on several subjects was presented. u. Data from one subject and most other subjects were used for the study. v. Data on several subjects was presented. w. Data from one subject and most other subjects were used for the study. x. Data on several subjects was presented. y. Data from one subject and most other subjects were used for the study. z. Data on several subjects was presented.

2026年度の展望。その先へ繋ぐ。

- ◆ 脳オルガノイドにおける情報生成と精神。
- ◆ プラナリア脳のシナプス活性・電気生理・精神の3者関係。
- ◆ AIプロトコルによるADHD脳波特性分析。
- ◆ AI分析を導入した人畜共通ニューロフィードバック開発。
- ◆ * * *
- ◆ * * *

【田川発、世界初。】

🌱 みなさんのご協力・ご厚意に感謝します。
共同研究者・大学院生、募集中。