



人本計算實驗

柯立偉 教授

陽明交通大學電機工程學系

課程資訊



◆ 連絡方式：

- 老師：柯立偉 lwko@nycu.edu.tw
分機：54341
- 助教：林柏翰 linbh.ee12@nycu.edu.tw
林昱維 gavin10056.ee12@nycu.edu.tw
- 楊翔壬 ryan82832517@gmail.com
- 羅世勇 k313512020.ee13@nycu.edu.tw
分機：54413

課程資訊



◆課程大綱

第一堂

- 腦機界面背景與應用

第二堂

- 腦波訊號分析

第三堂

- 腦波操控無人機系統調整



Introduction to BCIs

柯立偉 教授

陽明交通大學電機工程學系

神經系統簡介

- 神經系統可以分為中樞神經系統 (**Central Nervous System, CNS**) 和周邊神經系統(**Peripheral Nervous System, PNS**) 兩大類。
- 藉由複雜的神經纖維連結這兩個神經系統，我們才能夠因應外界的環境變化而產生適當的身體反應，並且有思考、記憶、情緒變化的能力。

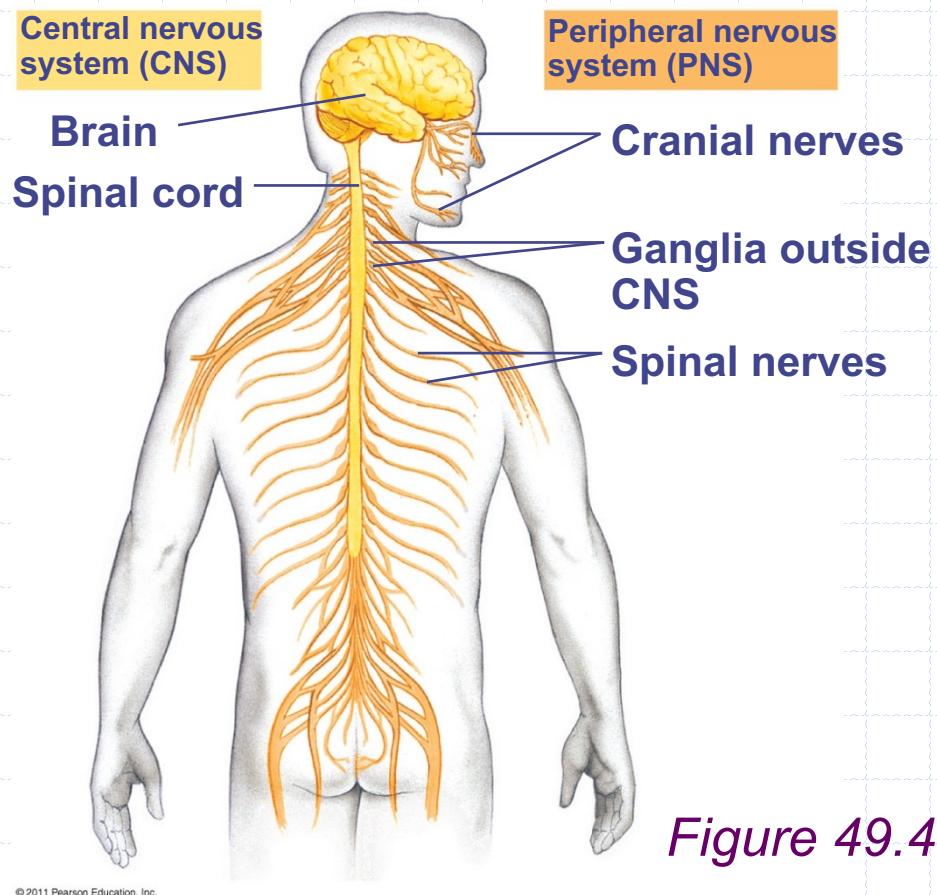


Figure 49.4

大腦的奧秘

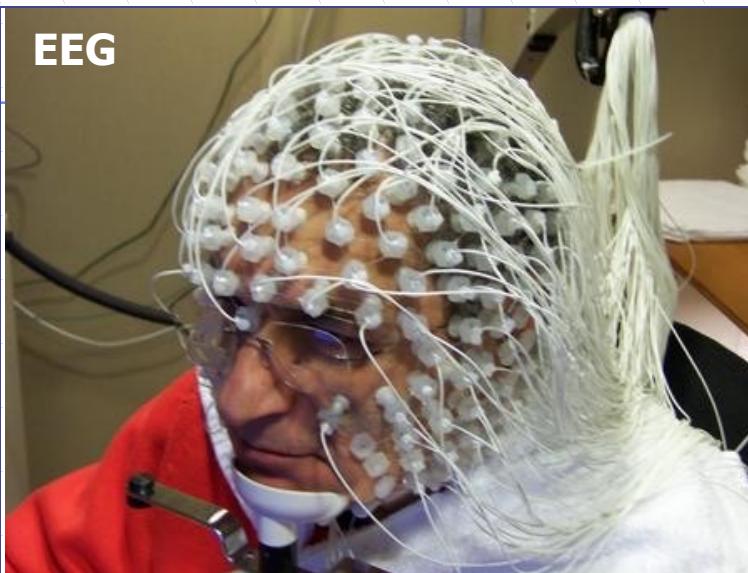
- 大腦是神經系統的聯結中樞!!
- It is made up of **100 billion nerve cells**(神經細胞)
 - 大概跟亞馬遜雨林的樹木數量一樣多
- Each cell is connected to around 10,000 others.
- So the total number of connections in your brain is the same as the number of leaves in the rainforest
 - **about 1000 trillion** (兆).



NON- INVASIVE STUDY OF THE HUMAN BRAIN



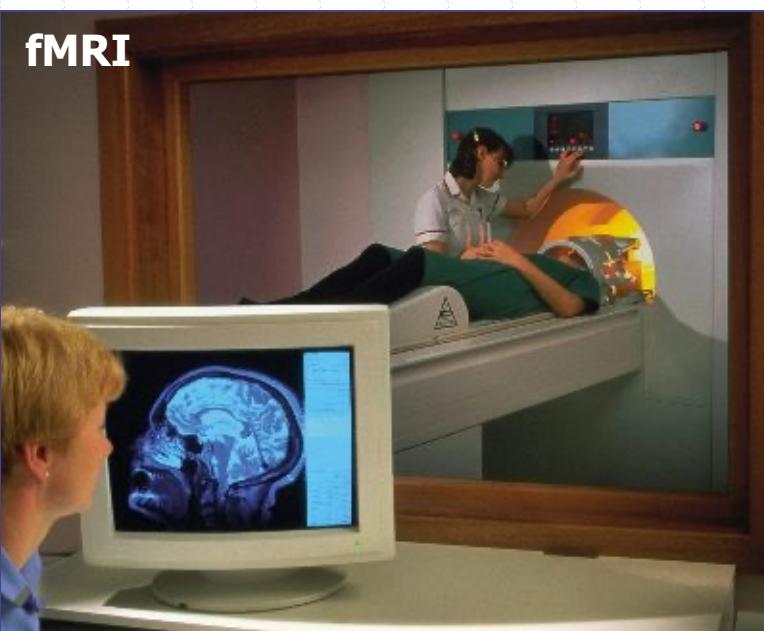
EEG



MEG



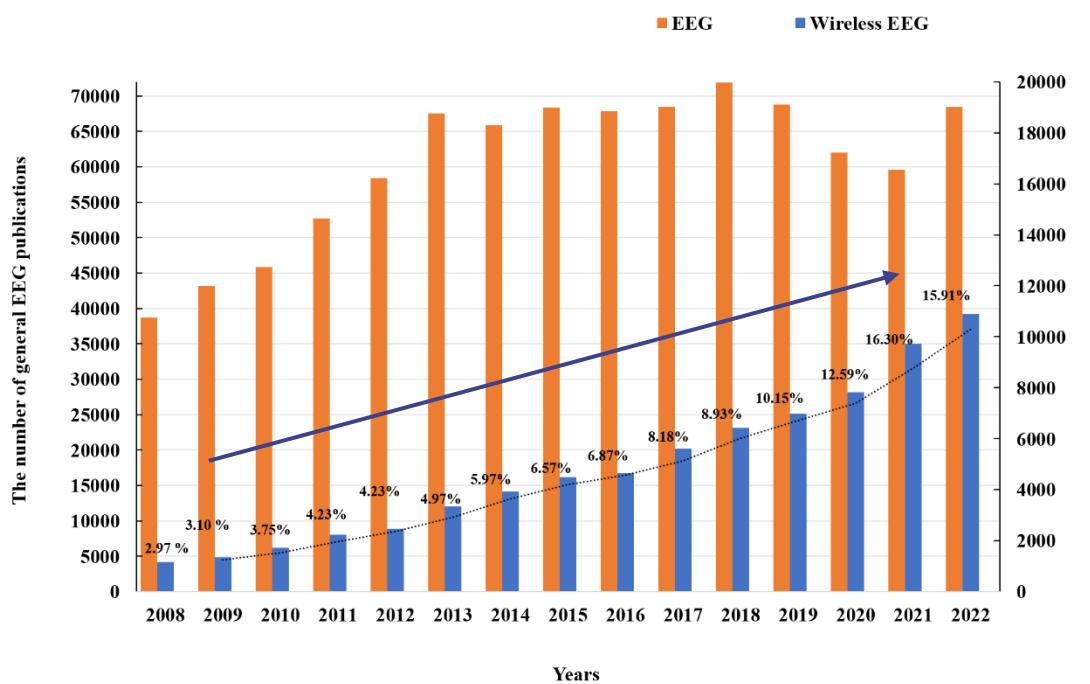
fMRI



PET



Trends of wireless EEG system



The total number of general and wireless EEG publications over the last 14 years searched by Google Scholar.

The publication of wireless EEG articles has escalated annually, from 1,060 publications in 2008 to 9,720 in 2021 and 10,900 in 2022.

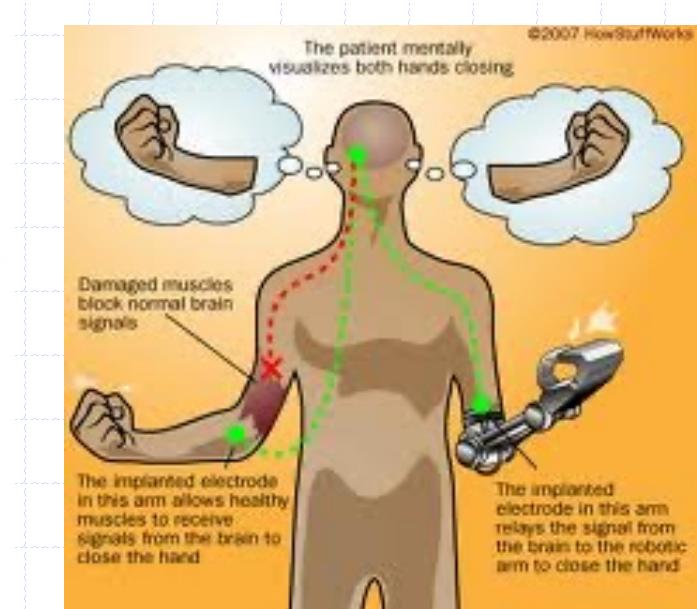
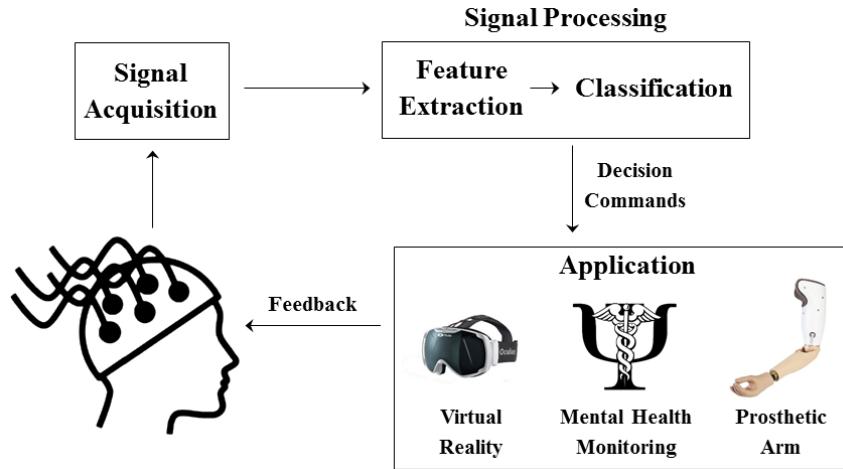
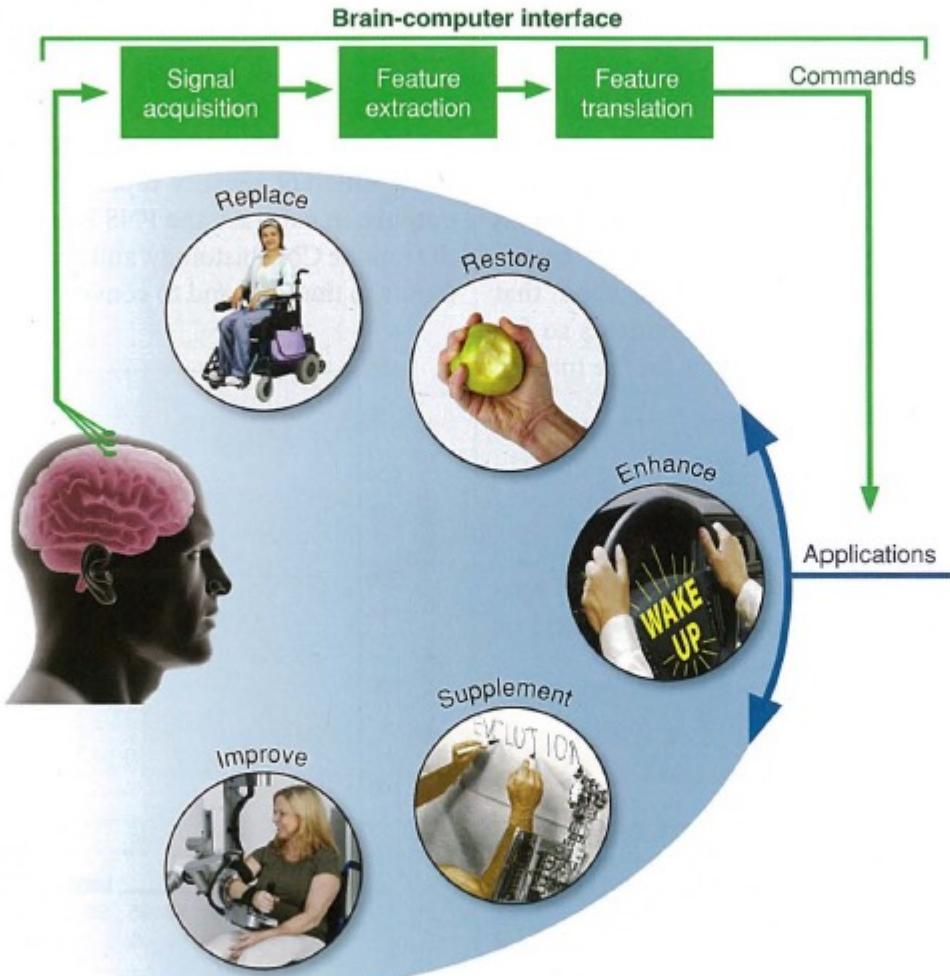
What is BCI?

◆ Brain Computer Interface (BCI)

- A brain-computer interface (BCI) provides the CNS with new output that is neither neuromuscular nor hormonal.
- A BCI is a system that measures CNS activity and converts it into artificial output that *replaces, restores, enhances, supplements, or improves* natural CNS output and thereby changes the ongoing interactions between the CNS and its external or internal environment.

腦機介面 Brain Computer Interface (BCI)

What is BCI?



腦機介面 Brain Computer Interface (BCI)



基于SSVEP-BCI的脑控无人机系统
Brain-controlled Drone System based on SSVEP-BCI

天津大学神经工程实验室
Tuner Lab of Tianjin University

穩態視覺誘發電位
SSVEP

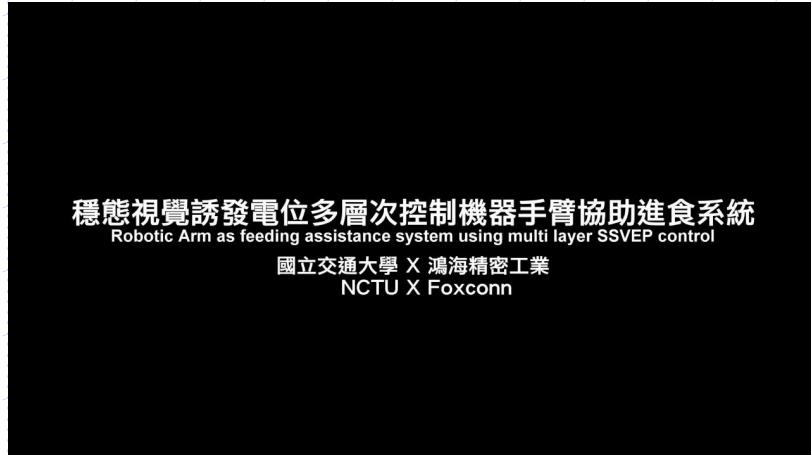
運動想像
MI

腦機介面 Brain Computer Interface (BCI)



臨床應用

機械手臂協助進食系統

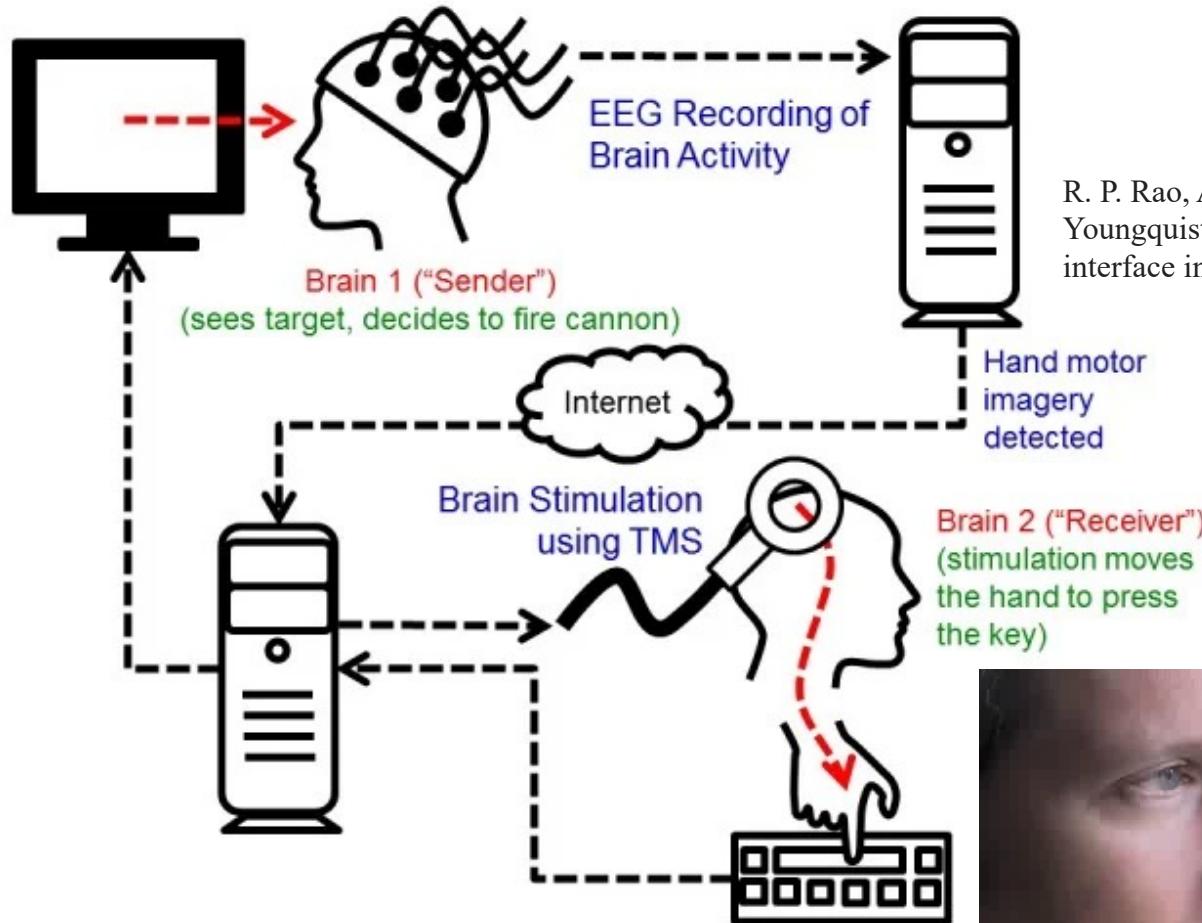


癱瘓復健



腦機介面 Brain Computer Interface (BCI)

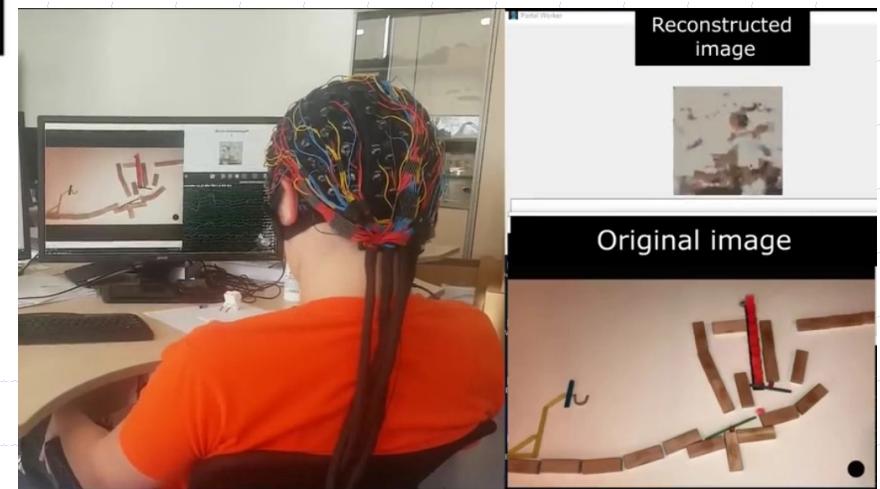
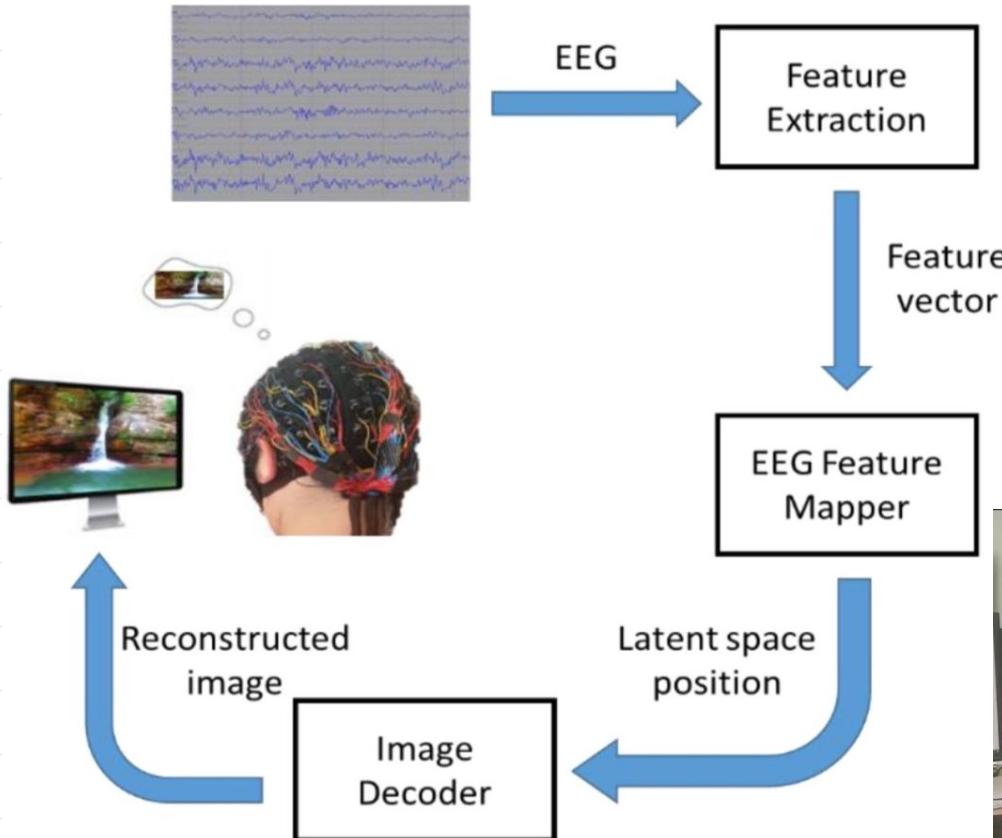
人腦控制人腦!! Brain to Brain!!!



<https://www.youtube.com/watch?v=xRsx5egJoYk&t=23s>

腦機介面 Brain Computer Interface (BCI)

讀取腦中影像!! (Source: NeuroRobotics & MIPT)

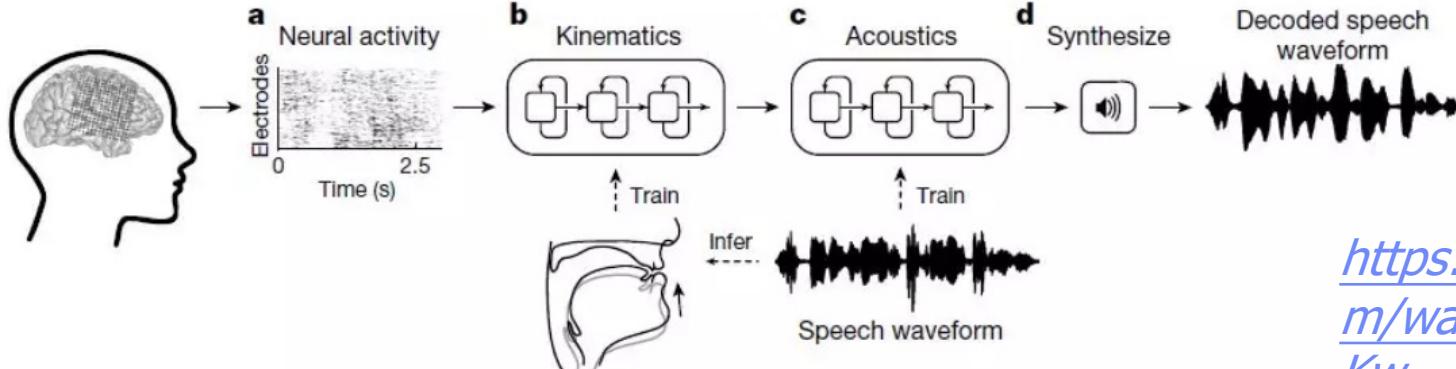


<https://www.youtube.com/watch?v=mJct6RUETH0>

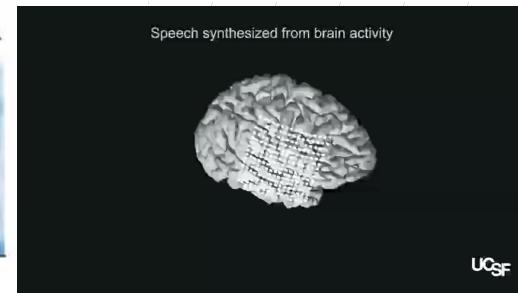
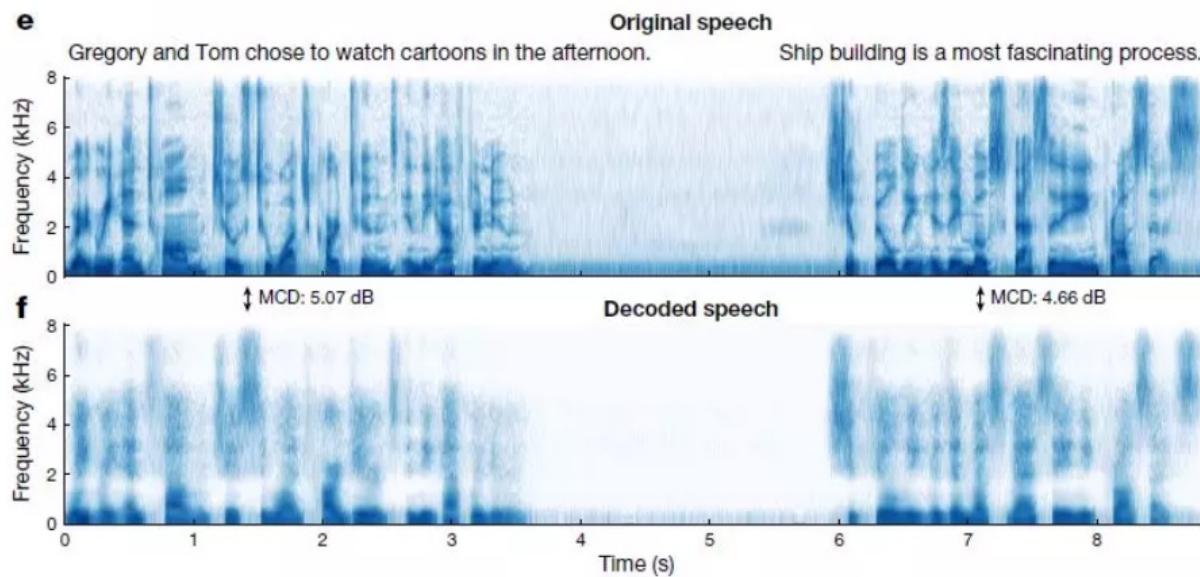
G. Rashkov, A. Bobe, D. Fastovets, and M. Komarova, "Natural image reconstruction from brain waves: a novel visual BCI system with native feedback," *bioRxiv*, October 2019. (<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/787101v3>)

腦機介面 Brain Computer Interface (BCI)

分析腦波合成語音!! (Source: UCSF)



<https://www.youtube.com/watch?v=kbX9FLJ6W>
Kw



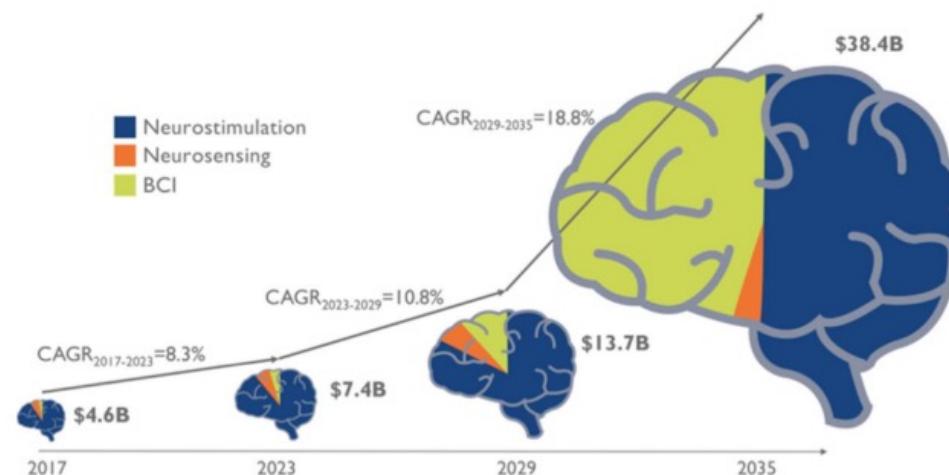
G. K. Anumanchipalli, J. Chartier, and E. F. Chang, "Speech synthesis from neural decoding of spoken sentences," *Nature*, vol. 568, pp. 493–498, 2019. (<https://www.nature.com/articles/s41586-019-1119-1>)

Trends of BCI technologies



Market data and forecasts in value 2017-2035

(Source: Neurotechnologies and Brain Computer Interface report, Yole Développement, February 2018)



The trends of neurotechnologies and brain-computer interfaces from the years 2017 to 2035, as researched by Yole Développement.

A neurotechnology market analysis shows increasing trend in the commercialization of BCI technologies from year 2017 to 2035.

Brain science funding in the world

政府投資



美國

- 1989年提出**腦科學計劃**。
- 2013年提出「**腦**」啟動計畫(BRAIN Initiative)，投入**45億美元**。
- 探索人類大腦工作機制、繪制腦活動全圖、推動神經科學研究、對目前無法治癒的腦疾病開發新療法。



歐盟

- 1991年歐洲推出「**歐洲腦十年**」計劃。
- 2013年1月，歐盟委員會宣佈人腦工程入選「未來新興旗艦技術項目」，並設立專項研發計劃**「人類大腦計劃(HBP)」**。
- 可在未來10年內(2013年至2023年)獲得**10億歐元經費**。



中國

- 「**腦科學與類腦研究**」作為重大科技項目列入「**十三五**」規劃。
- 中科院成立包含20個院所80個精英實驗室的**腦科學和智能技術卓越創新中心**。
- 未來預計投資**60億美元**。
- 「**中國腦計劃**」以研究**腦認知神經原理**研發**腦疾病新診治手段**。



日本

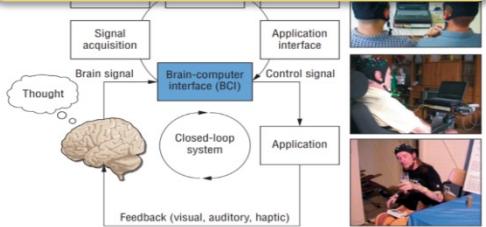
- 1996年，日本制定為期20年的「**腦科學時代**」計劃，總投資達到**2萬億日元**。
- 2014年9月，宣佈了日本「**腦計劃**」，旨在加快對人類大腦疾病如老年痴呆和精神分裂症狀的研究。
- 2015年預算達到**64億日元**。

科技大廠投資腦機介面市場

<https://ai.google/research/teams/brain/>
<https://developers.facebook.com>
<https://www.microsoft.com/zh-tw/>



Microsoft BCI



- ✓ 2008年投入研究，希望利用腦機介面結合醫療，幫助身障者復健或與人溝通。

Google Brain



- ✓ 2010年成立，結合了神經工程、腦科學、數學物理、計算機等專業技術人才，致力開發深度學習人工智能、腦科學相關領域。

Facebook BCI



- ✓ 2017年在10年發展目標中加入腦機介面，與加州大學、約翰霍普金斯學院合作。
- ✓ 建立Building 8 實驗室，拓展且深化相關研究等開發。

科技大廠投資腦機介面市場

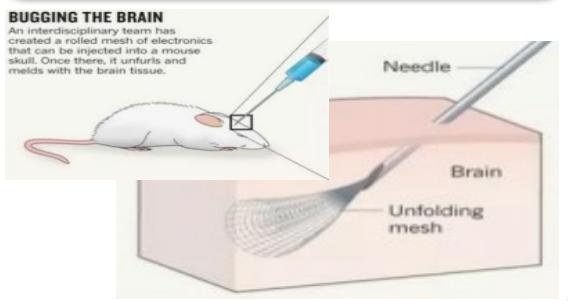


<https://www.wsj.com/articles/elon-musk-launches-neuralink-to-connect-brains-with-computers-1490642652>
<https://www.technologyreview.com/s/513861/samsung-demos-a-tablet-controlled-by-your-brain/>

Samsung 實驗操控裝置



Elon Musk成立 Neuralink



- ✓ 2013年與美國 Dallas大學合作
- ✓ 在Samsung的Emerging Technology Lab，利用Dry EEG cap操控Galaxy 裝置
- ✓ 傳送Email、打電話、挑選音樂、操作App、開關電源等動作
- ✓ 2017年3月成立Neuralink
- ✓ 研發「Neural lace(神經織網)」技術，主要植入微型化的AI層，加強人類的智慧水準
- ✓ AI層為透過針將 Polymer mesh植入手術，並嵌入大腦

馬斯克公司Neuralink 成功植人大腦晶片

馬斯克的神經技術公司Neuralink成功為人類患者植人大腦晶片，初步結果顯示潛力巨大。公司願景包括實現人腦和電腦的直接溝通，治療神經系統疾病，以及實現人類與人工智慧的共生。技術透過侵入性手術，將名為Link的植入物放入人腦。去年獲得FDA批准進行人體試驗，首名患者目前恢復良好。Neuralink的突破將影響神經科技在醫學和科技領域的應用。



展示植入晶片的小豬，神經元訊號可顯示為點狀圖



展示植入晶片的猴子，用大腦操作游標，打字、打電玩

註／據路透調查，Neuralink自2018年以來已造成約1500隻動物死亡

腦機介面人體試驗

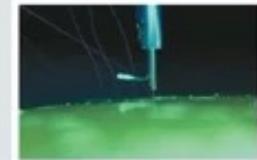
Neuralink徵求40歲以下、四肢癱瘓成年人，醫師切除顱骨後，由機器人植入電極和超細電線，最後將大腦晶片覆蓋在切除的頭蓋骨部位



① 「腦機介面」植入物放入人腦控制動作意志的區域

② 該植入物有64條線，可記錄並轉譯神經元訊號

③ 藉此操控體外的科技產品或肌肉運動等



Neuralink機器人將多條細線植入試驗用材質：這些線可協助傳輸大腦訊號。（路透）

神經技術3目標

短期 人類可用意念控制電腦

中程 治療癱瘓、阿茲海默症

長期 讓人類與人工智慧共生

馬斯克公司Neuralink 成功植入 大腦晶片!?



晶片植腦助癱瘓

TVBS 新聞台 HD

畫面來源 Neuralink

美國

TVBS NEWS

全球第一例!馬斯克:人類大腦成功植入晶片

掌握新聞脈動 ▶ 訂閱 TVBS NEWS 頻道

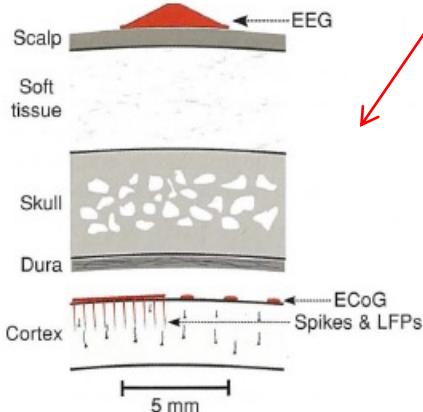
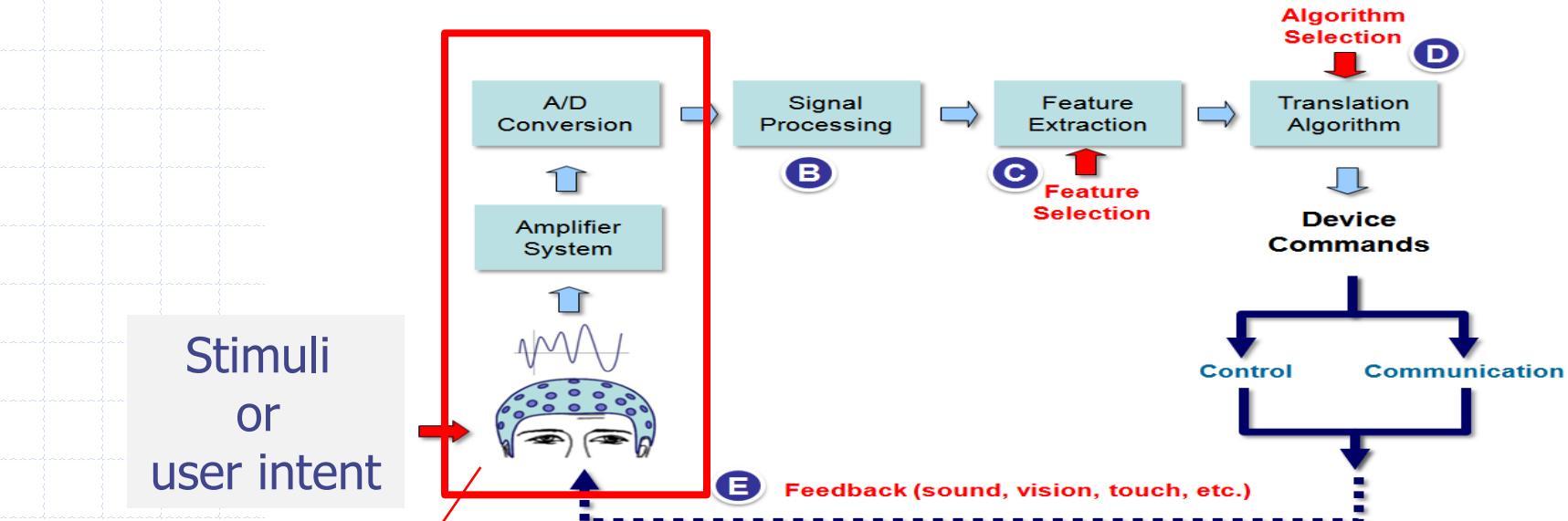
更多新聞在這裡

EEG DATA ACQUISITION

BCI Structure:

EEG Data Acquisition

◆ Brain Computer Interface (BCI)



Several primary requirements must be met:

1. The interface must be safe
2. The neural signals must have sufficient information to support BCI use
3. The interface must be reliable
4. The degree of invasiveness must not exceed that is absolutely necessary

Acquiring Brain Signals

from EEG

Electroencephalography(EEG)



TABLE 3.1 Approximate scales of cortical tissue

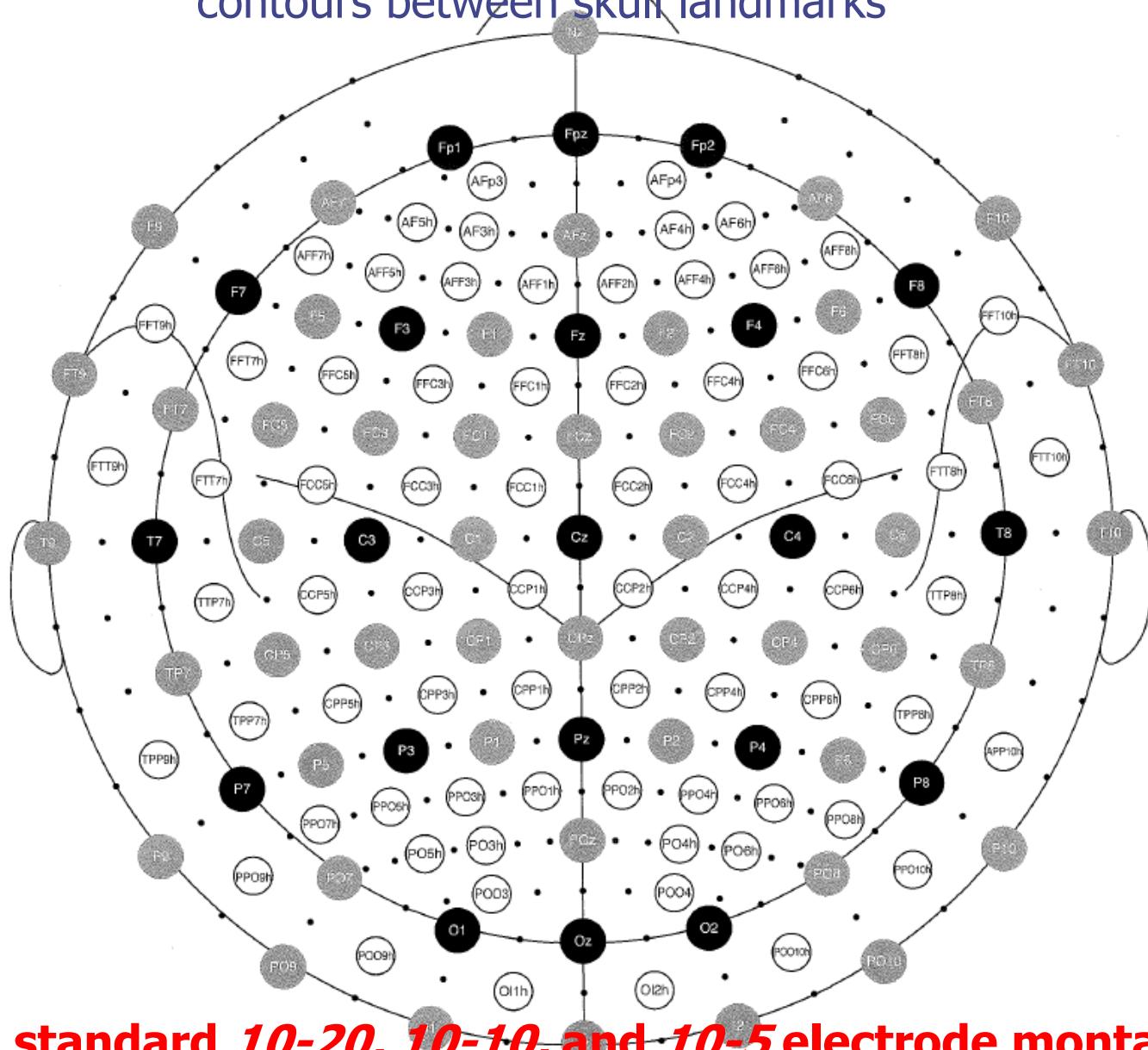
SPATIAL SCALE	SIGNAL TYPE	MEASUREMENT RANGE {mm}	EXAMPLES OF BRAIN STRUCTURES
Microscale	LFP	< 10 ⁻¹	Cell body, synaptic knob
Mesoscale	ECoG	10 ⁻¹ to 10	Module to macrocolumn
Macroscale	EEG	> 10	Brodmann area, lobe, brain

Each electrode reflects synaptic source activity occurring within large parts of the

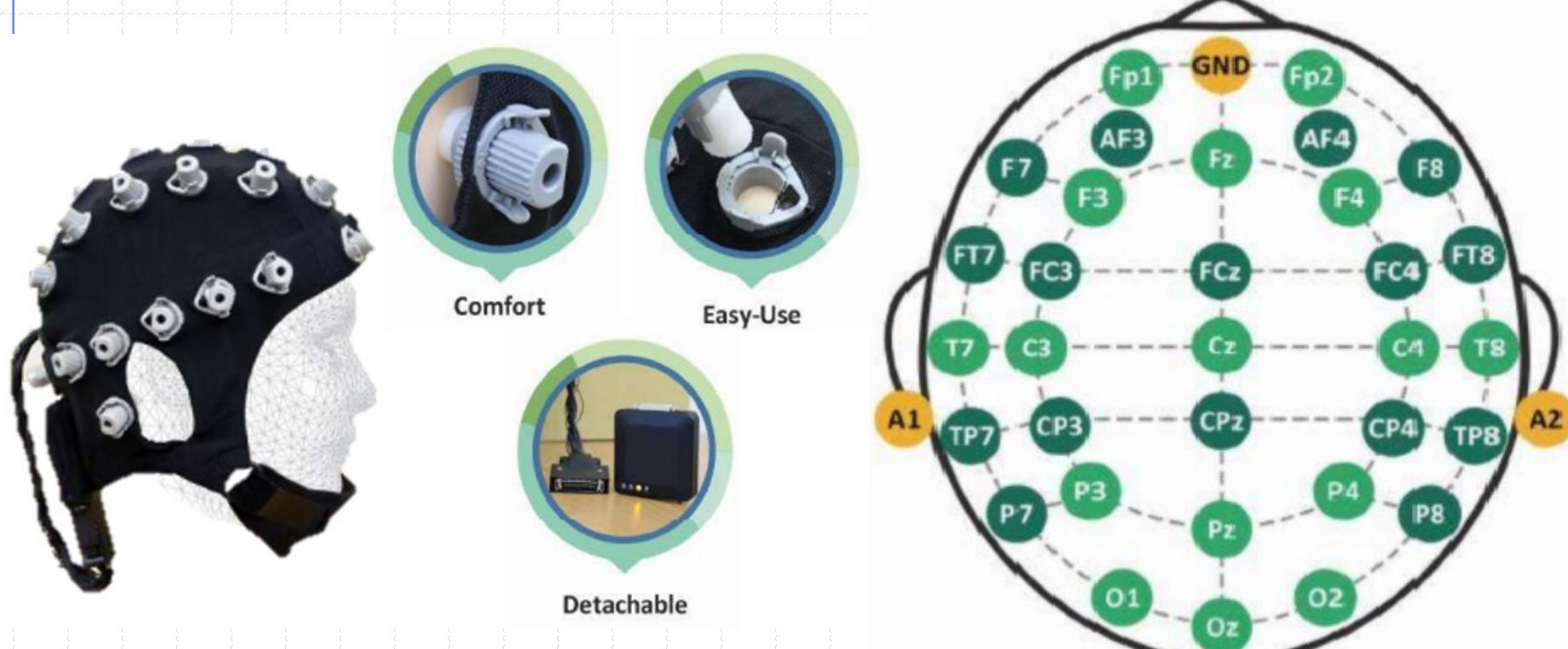
underlying brain, perhaps **10-40 cm²** of the cortical sheet, or cortical tissue volumes in the 10^3 to 10^4 mm³ range.

Thus, EEG represents the space-averaged source activity in tissue containing on the order of 100 million to a billion neurons.

The basis of these standard electrode placements is to define contours between skull landmarks



Artise Vega 32-ch Wireless EEG



EEG Data Collection & Preparation

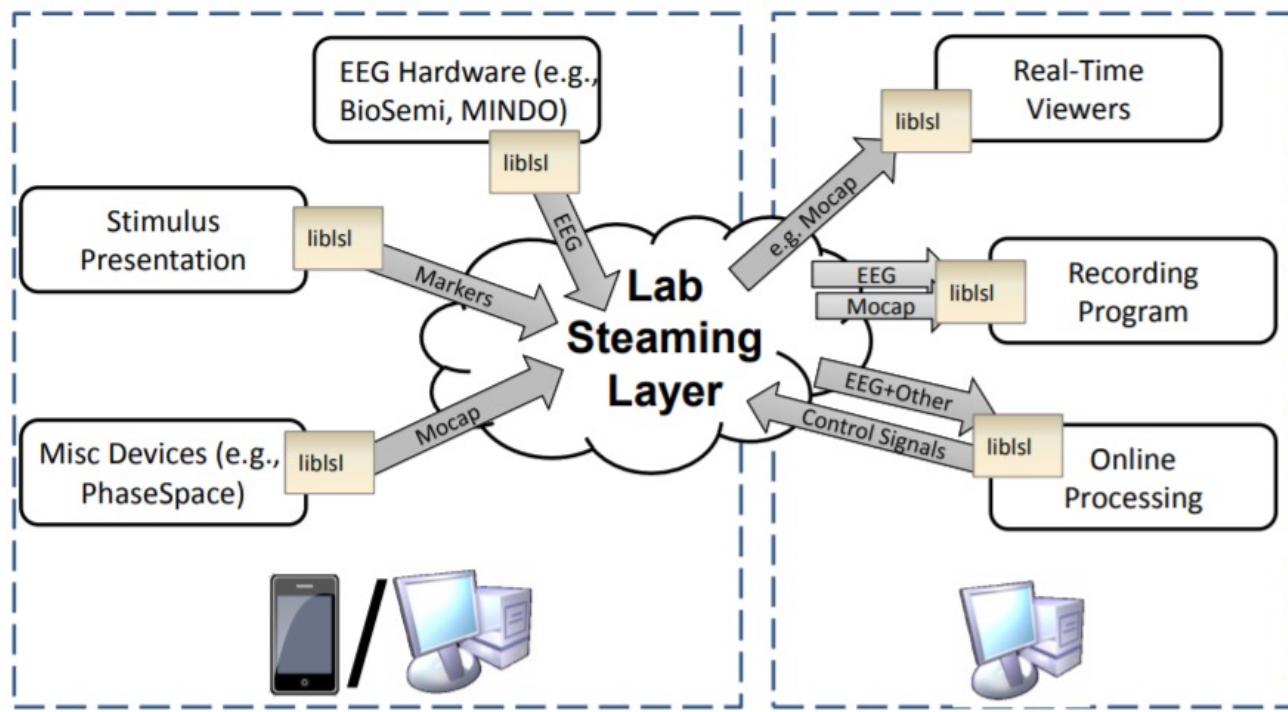


EEG Data Synchronization

Lab Streaming Layer (LSL)



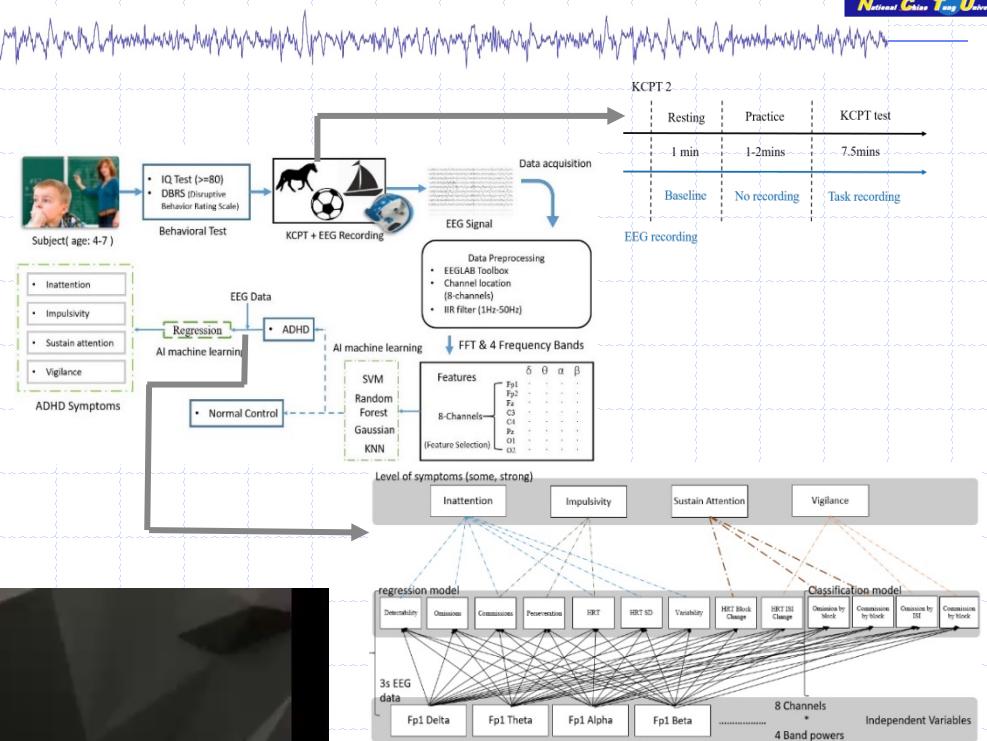
Network View



過動症早期預警平台



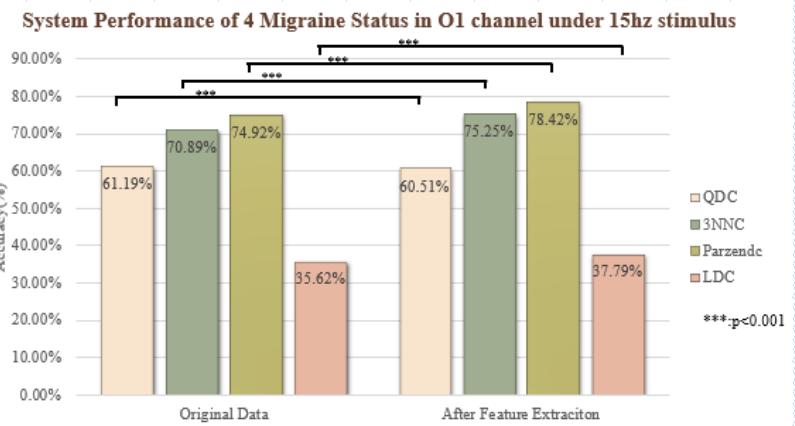
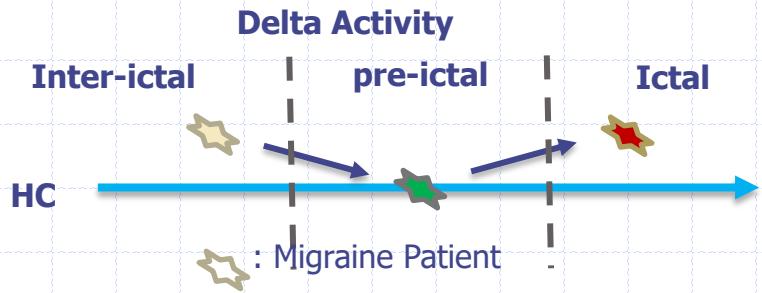
輔助診斷過動症



Kiddie Continuous Performance Test (KCPT) with EEG Recording

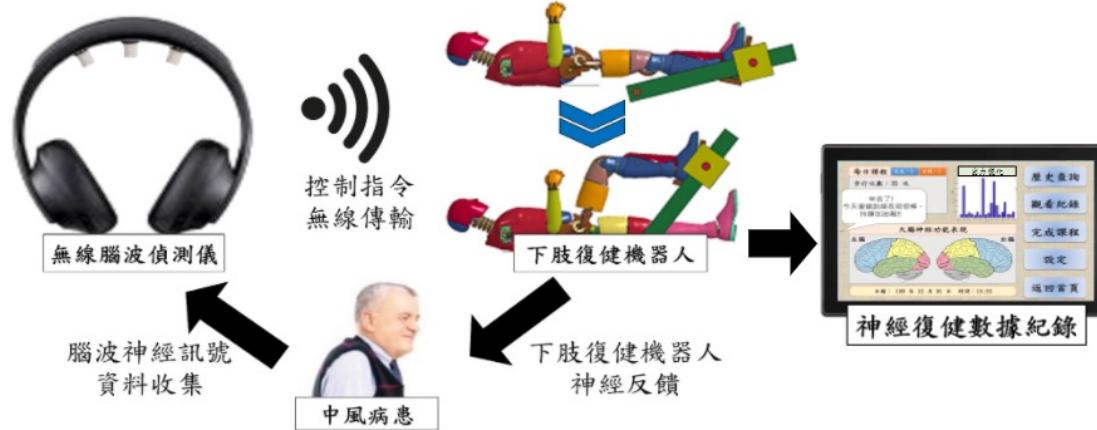
腦波偏頭痛

提前預測偏頭痛症狀



復健療效

評估復健療效



系統整合：

- 穿戴式無線腦波監測儀（方便穿戴、運動腦區腦波監測）
- 下肢復健機器人（方便監測肌力變化、穩定的復健動作）
- 自動化痙攣舒緩系統（增加復健安全性）
- 腦波控制機器人之神經反饋訓練系統（進行中樞神經復健訓練）
- 下肢出力及大腦神經復健數據紀錄與評估（復健成效數據化）

腦波控制之智慧型下肢復健機器人

高雄醫學大學 x 國立交通大學 x 達璞股份有限公司



器材確認

- A. 外盒(紙盒與固定塑膠殼)
- B. 腦波帽 x 1
- C. 電極 x 10
- D. Micro USB 線 x 1
- E. Dongle x 1
- F. 紙杯 x 1



(腦波帽、外盒、dongle號碼相同)

Cygnus (腦波錄製程式) 使用



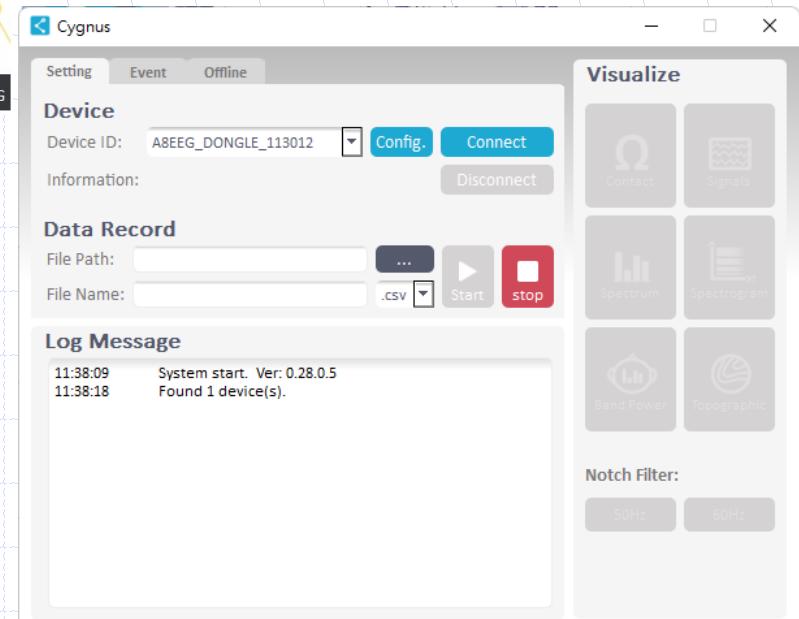
1. 開啟Cygnus程式



2. 稍等一會兒



3. 看到程
式視窗



Cygnus (腦波錄製程式) 使用



1. 將USB dongle插入電腦



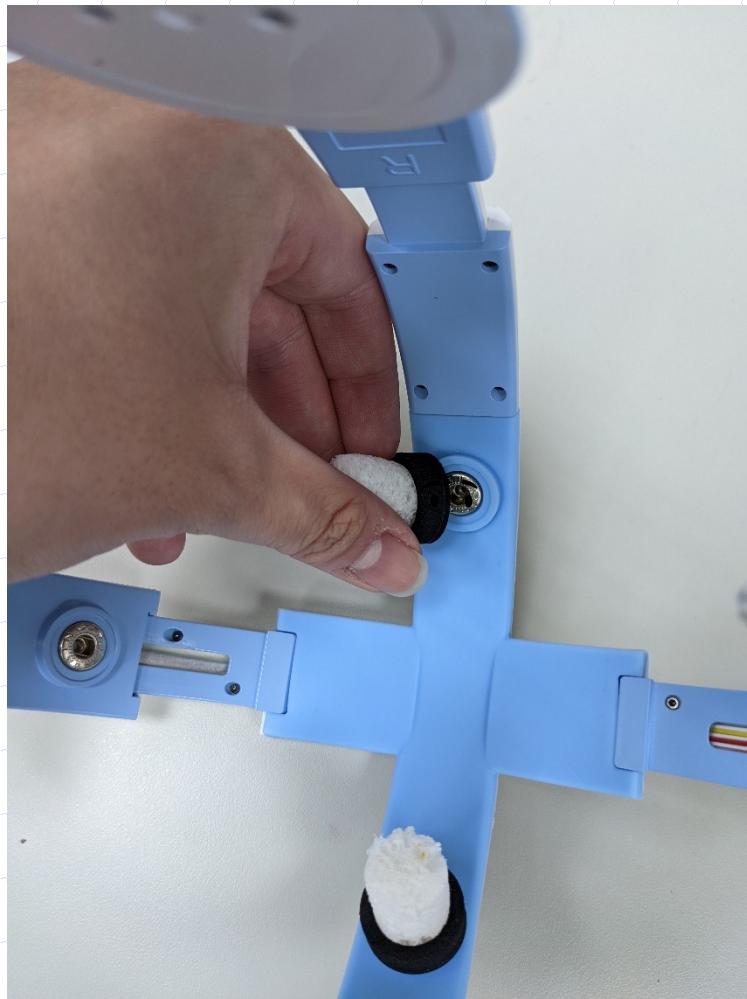
2. 打開腦波帽左側的開關



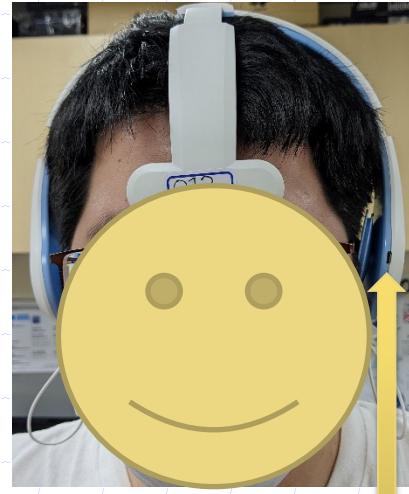
亮藍燈代表成功開機

Cygnus (腦波錄製程式) 使用

3. 電極泡水後擰乾，安裝至腦波帽



4. 將腦波帽戴上，兩側耳夾夾至耳垂

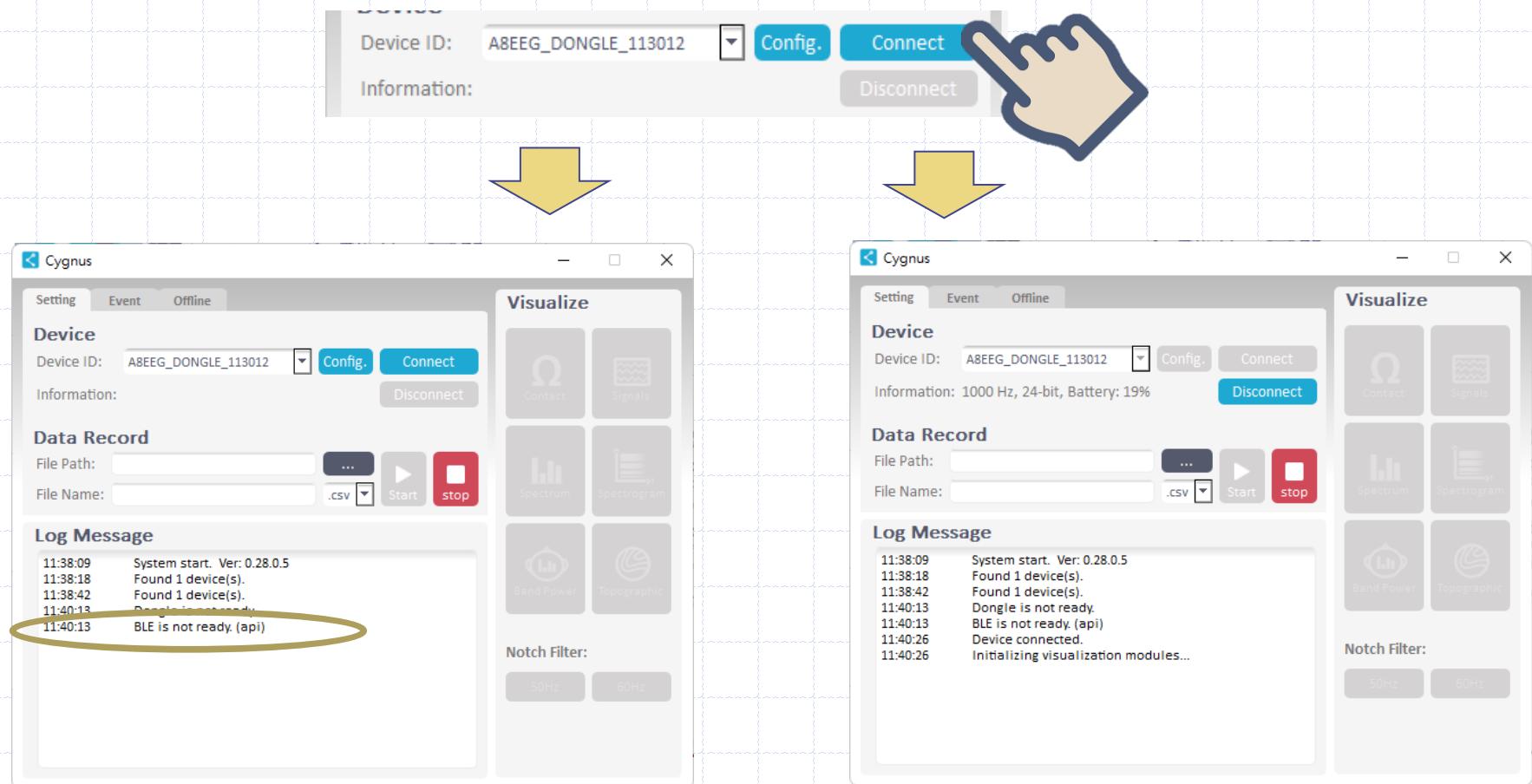


佩戴後，充電孔應在左側

Cygnus (腦波錄製程式) 使用



5. 在Cygnus點選connect



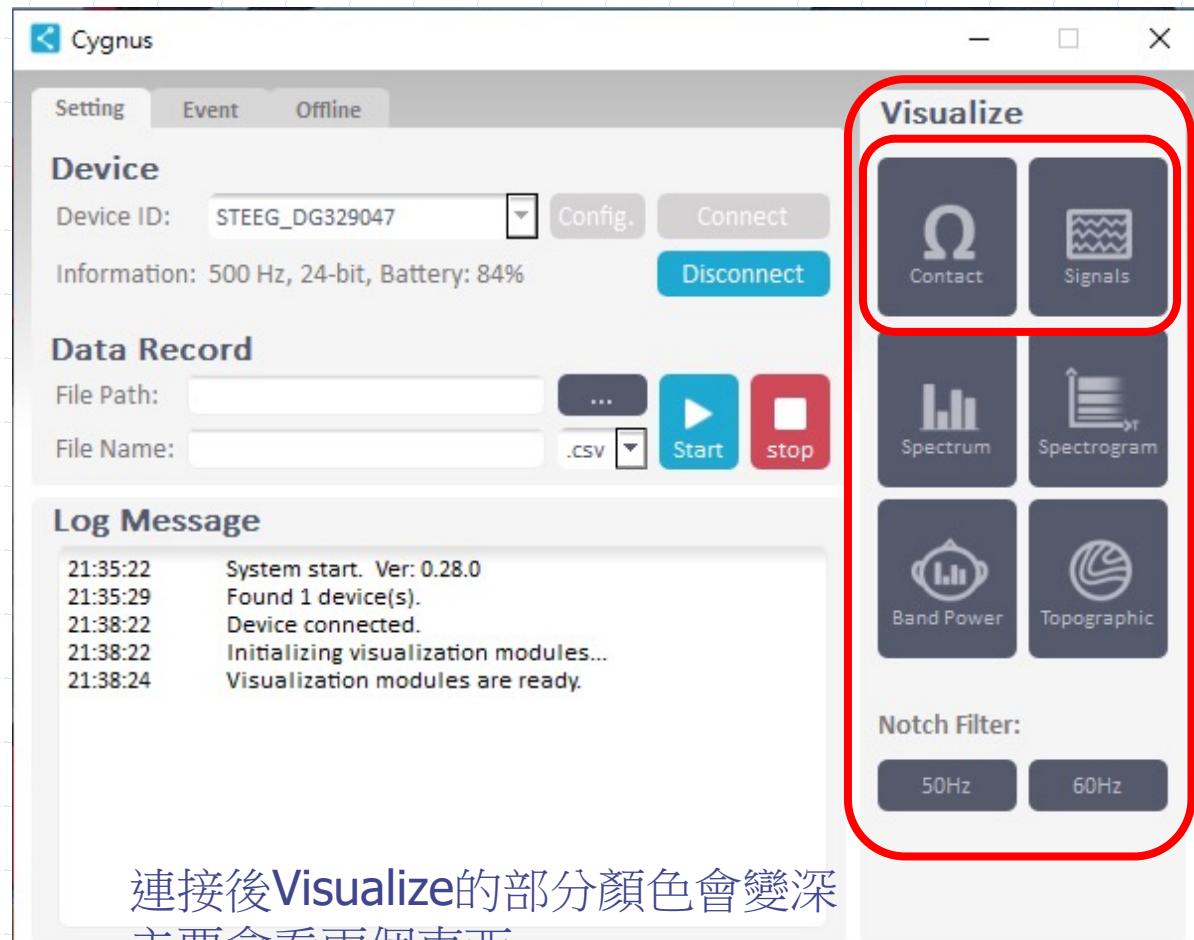
出現BLE is not ready代表腦波帽沒開



出現Initializing visualization modules
代表成功

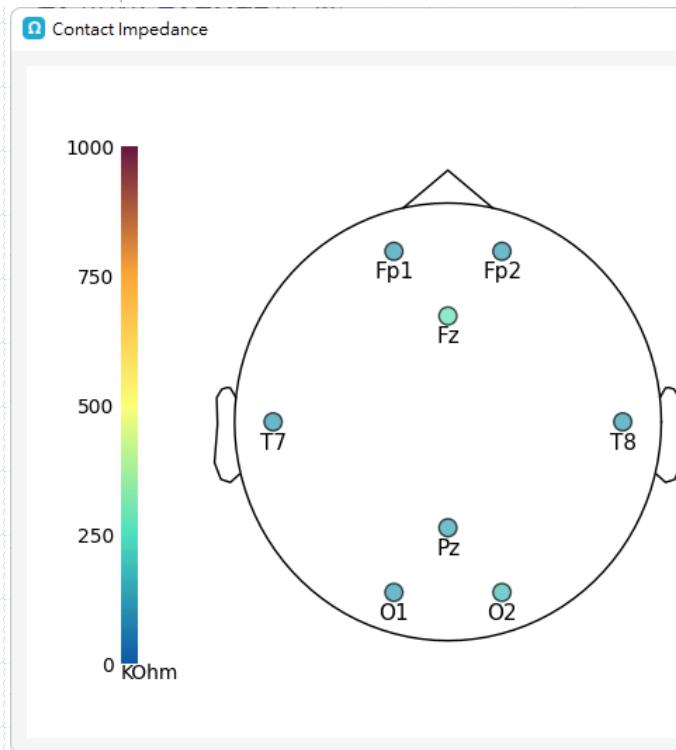
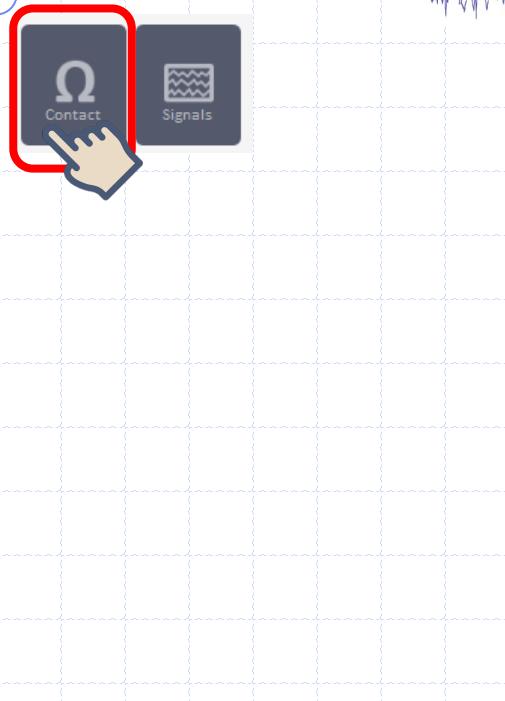


Cygnus (腦波錄製程式) 使用



連接後 Visualize 的部分顏色會變深
主要會看兩個東西
1. Contact (阻抗)
2. Signals (時序訊號)

Cygnus (腦波錄製程式) 使用

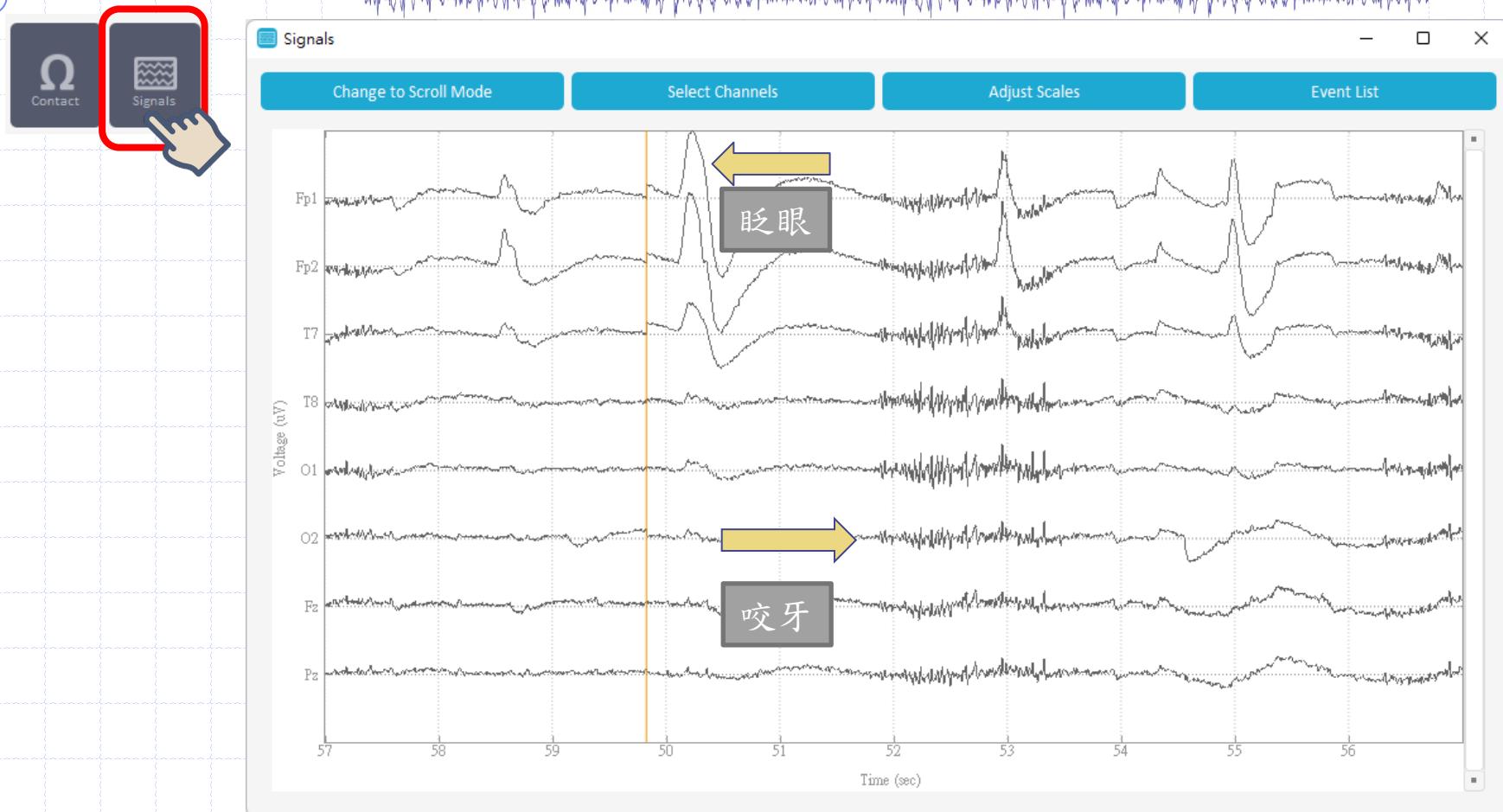


Channel	Impedance (kOhm)
1 Fp1	130
2 Fp2	130
3 T7	124
4 T8	131
5 O1	130
6 O2	185
7 Fz	276
8 Pz	145

電阻最好低於**100 kOhm** (呈現藍色)

- 可一邊放入電極、一邊觀察阻抗大小
- 若電阻太高(電極呈綠色~紅色)，可以喬一下海綿電極的角度，或是多加一些水

Cygnus (腦波錄製程式) 使用



- 觀察腦波帽是否可接收到訊號

課堂作業

1. 所有組員佩戴過腦波帽（全組加2分）
2. 調整腦波帽上的電極電極，至每個通道的阻抗降低至合理範圍且腦波訊號正常(咬牙、眨眼)，每一組組員：
 - ◆ 每一人降低至100kOhm以下，全組再加2分
 - ◆ 每一人降低至200-100kOhm，全組再加1分
 - ◆ 沒有人降低至200kOhm以下，不得分
 - ◆ (每組最高加5分)