

Introduction

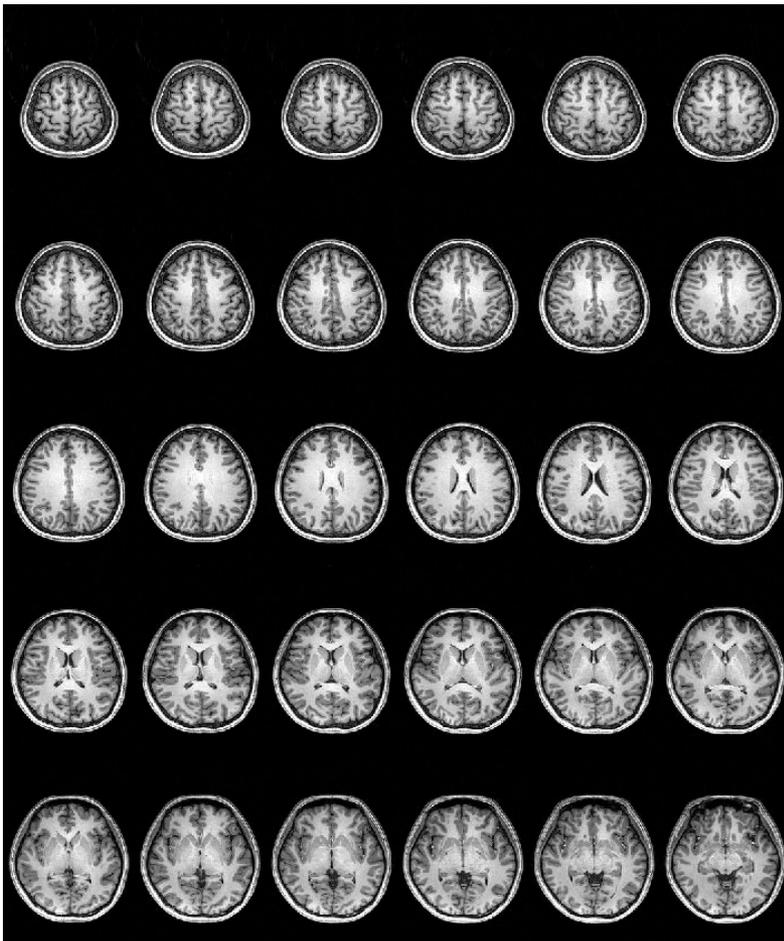
Functional MRI (fMRI)

磁共振影像

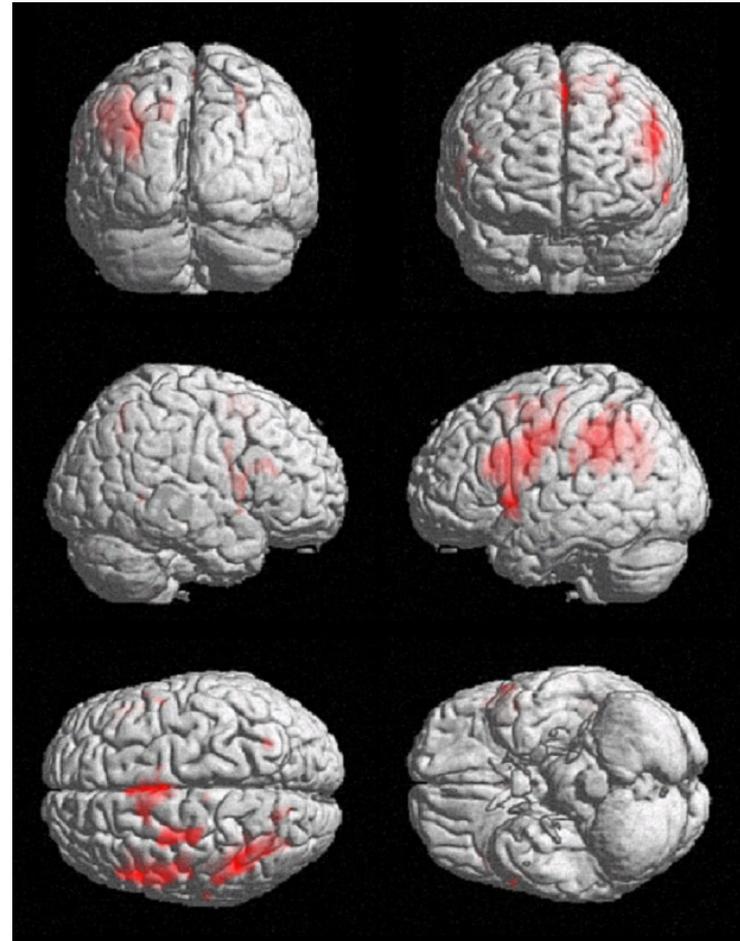
- **Magnetic Resonance Imaging (MRI)**
 - 透視人體的工具
 - 非侵入式、沒有游離輻射
 - 提供人體內部結構以及各種功能的資訊
- 應用
 - 生物醫學: 醫學診斷、病理研究
 - 神經科學: 大腦功能

大腦結構MRI影像

T1影像，強化大腦灰白質組織影像對比(1x1x1 mm³)

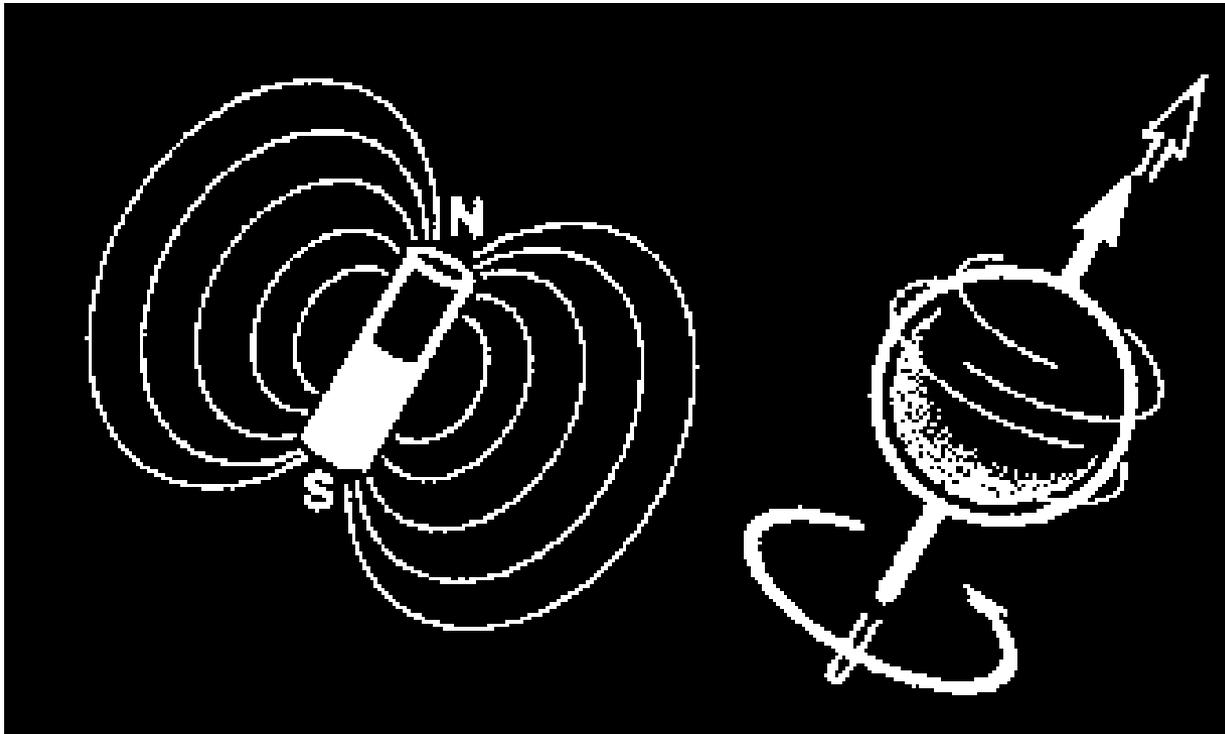


影像後處理，把大腦外層灰質表面以立體方式呈現



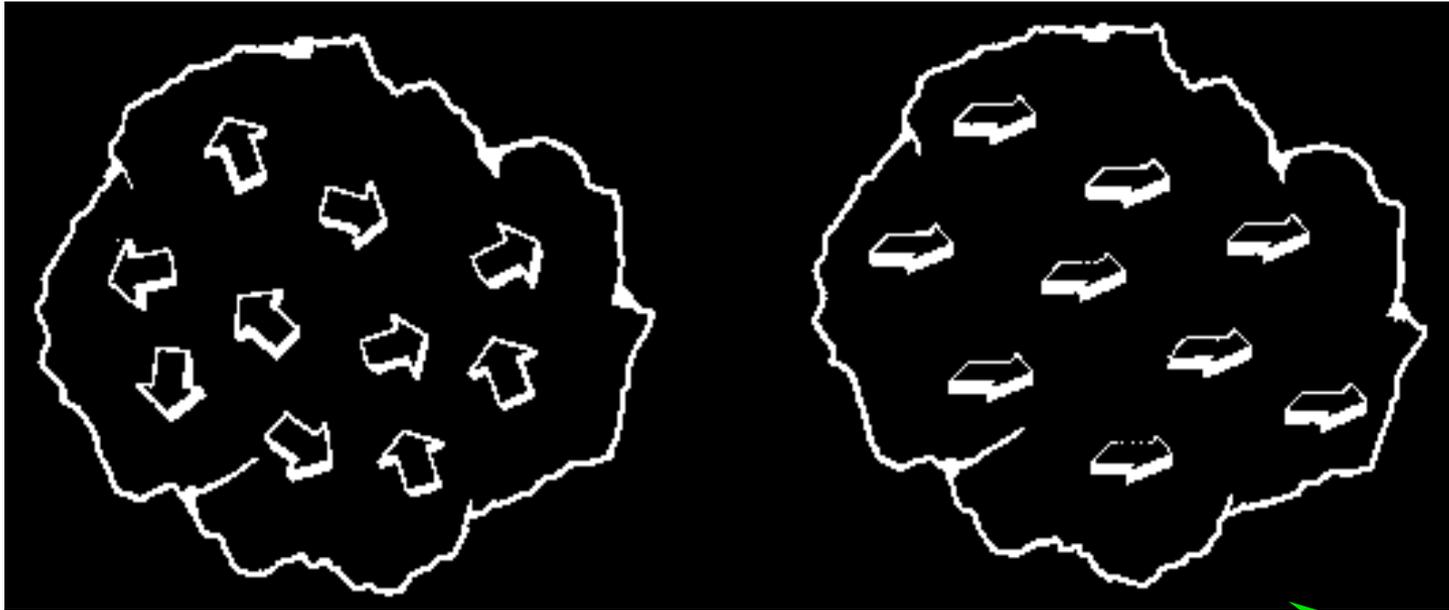
訊號起源: 核磁共振現象

氫原子核: 具有質量與電荷的旋轉粒子
電荷 + 旋轉 = 磁矩 (磁鐵)



人體的氫原子核 (水) 酷似小磁鐵

需要外加磁場



不規則排列

主磁場
規則的排列

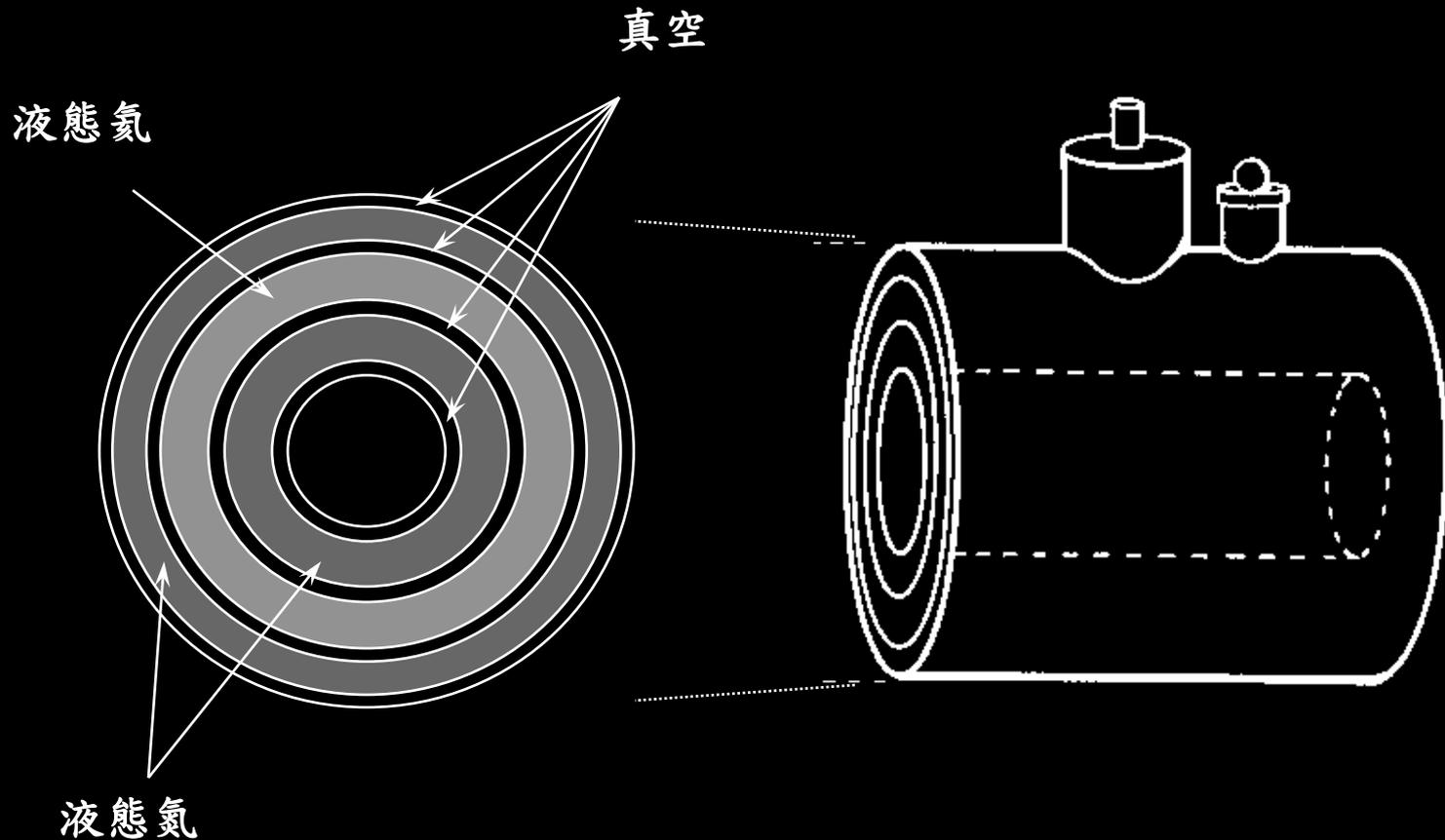
MRI中的核磁共振現象

- 訊號來源 ~ 氫原子核 ^1H
 - 水 (H_2O)、脂肪、含氫的分子...
 - 影像上的亮度來自人體內水分子
- 外加磁場 = 3 Tesla = 地磁六萬倍
 - 實際人體引發的磁鐵 ~ 0.1 Gauss ~ 地磁五分之一
 - 共振頻率 (3T ~ 128MHz)

強化人體磁性的設備

- 強磁鐵，而且是放得下人的
 - 磁場越強，訊號越強
- 目前最廣泛使用技術為超導體線圈電磁鐵
 - 金屬在極低溫產生無電阻現象
 - 導線浸在液態氮內 ($-269\text{ }^{\circ}\text{C}$)
 - 外層以真空以及液態氮隔熱，隔絕室溫

超導體電磁鐵構造



磁場強度可達 9.4 Tesla 以上

超導體磁共振影像儀實體圖



安裝前需要複雜的配線

MRI 室的銅質 RF Shielding



室外角度



室內角度

超導體磁共振影像儀實體圖

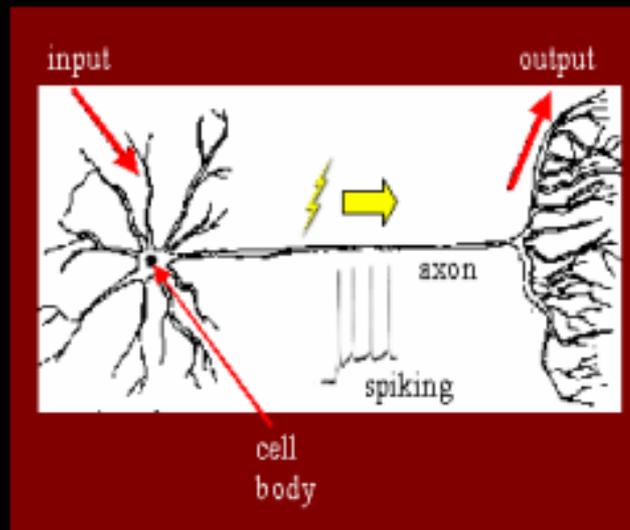


Siemens Skyra 3.0 T (心智科學腦造影中心)

功能性磁共振造影

- **Functional MRI (fMRI)**
 - 透過MRI，了解大腦在外在刺激下的活動
- 人的行為由大腦主宰
 - 在生理學上，這些都不過只是腦神經細胞活動的表現方式
 - 只要我看到哪部份腦神經在活動，我就知道你在想什麼
- **MRI 讀心術 (Mind reading)**

大腦活化時的生理訊號改變



metabolic response

- *ATP tightly regulated*
- \uparrow glucose consumption
- \uparrow oxygen consumption

electrical activity

- excitatory
- inhibitory
- soma action potential

electrophysiology
EEG, MEG

hemodynamic response

- \uparrow blood flow
- \uparrow blood volume
- \uparrow blood oxygenation

FDG PET

$H_2^{15}O$ PET

optical imaging

fMRI

fMRI的生理基礎

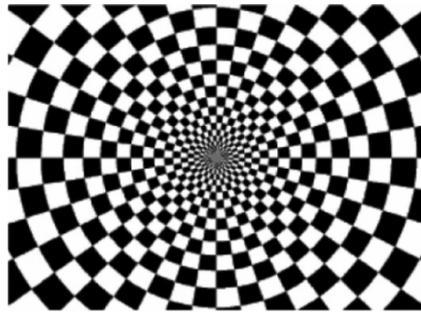
- 神經細胞受刺激時
 - 動作電位 (電訊號) ...
 - 能量需求增加 (生化反應) ...
 - 血液提供需求氧氣
- fMRI則是觀察大腦活動時，血液和氧氣的變化

fMRI的生理基礎

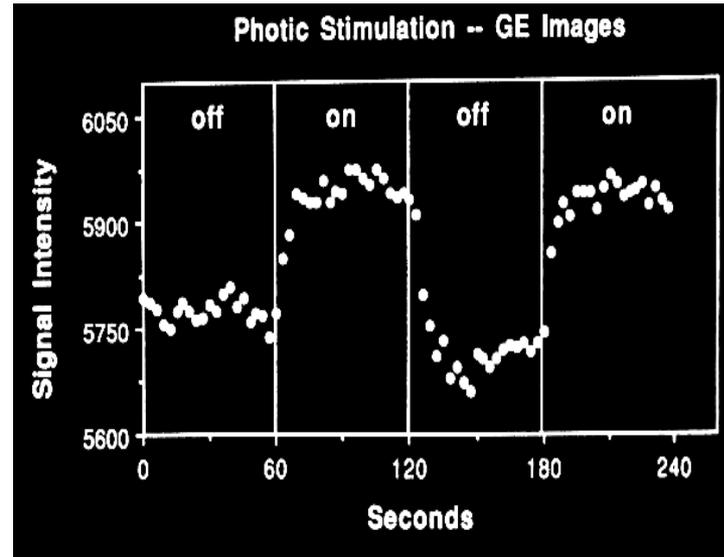
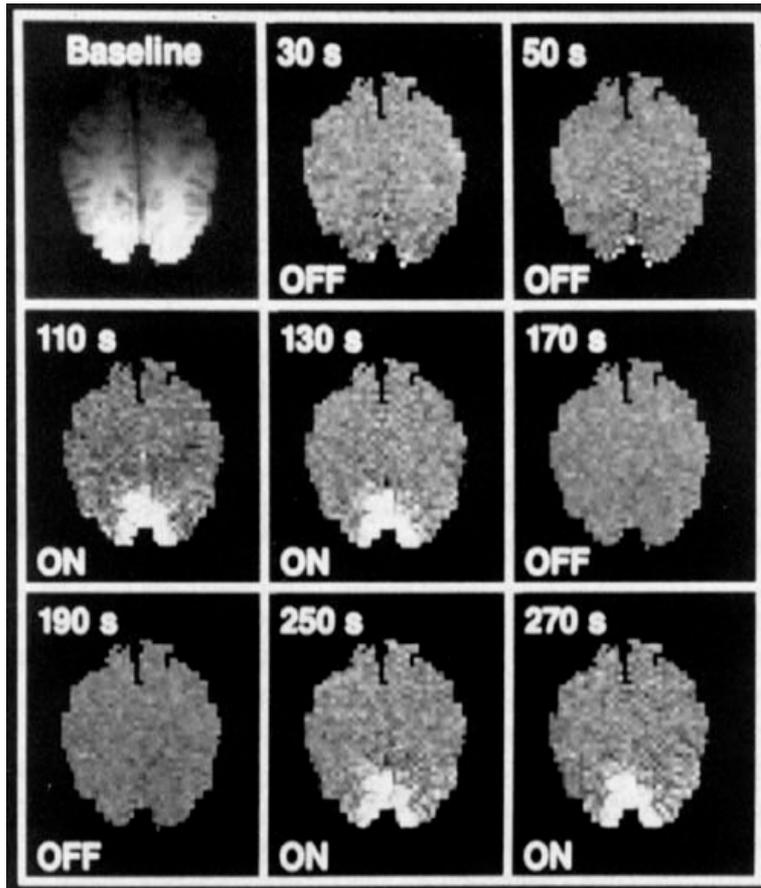
- 血紅素的磁性特徵
 - 帶氧：反磁性 ($\Delta\chi = -10^{-6} \sim 10^{-5}$)
 - 去氧：順磁性 ($\Delta\chi = +10^{-3} \sim 10^{-2}$)
- 人體組織：反磁性
- 去氧血紅素成為磁場干擾源
 - 去氧血紅素的存在 → 區域磁場擾動 → MRI影像信號下降
- 大腦活動 → 去氧血紅素改變 → 磁場擾動變化 → MRI訊號變化

fMRI實驗怎麼做?

- 要看大腦活動的話就要給刺激
- 同時觀察外在刺激造成MRI影像訊號改變
- 最簡單的例子
 - 眼睛感受光線刺激，大腦視覺區訊號變化



視覺刺激所得的影像



比較受光刺激前後信號差異

需要給予各種不同的外在刺激

- 實驗上需要的硬體需要配合MRI系統
 - 受測者必須躺著做
 - 裡面是強磁場，一般電子器材不能進去
 - 還要跟MRI訊號同步
- 視覺刺激：背投式銀幕
- 聽覺刺激：光纖耳機
- 動作反應：按鈕、搖桿、手寫板

fMRI實驗系統架設示意圖



fMRI實驗系統架設示意圖

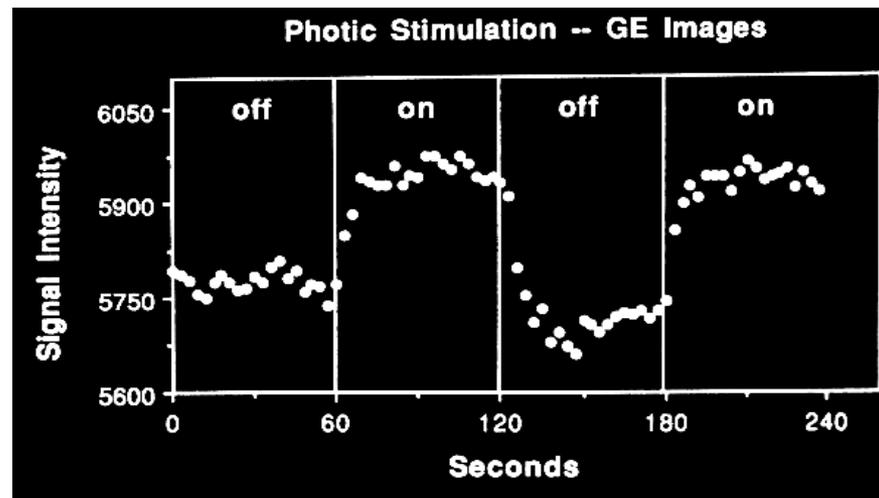


如果要看複雜大腦功能

- 需要準備適當的實驗刺激材料
 - 圖片、文字、電影、音樂、語音、動手指、按鈕
 - 設計適當情境的問題，透過按鈕回答問題
- 融合社會科學的行為實驗與fMRI實驗
- 也可搭配其他工具，腦電圖、眼動儀等...
 - 當然這些儀器也是要MRI compatible

再看一次fMRI實驗的影像

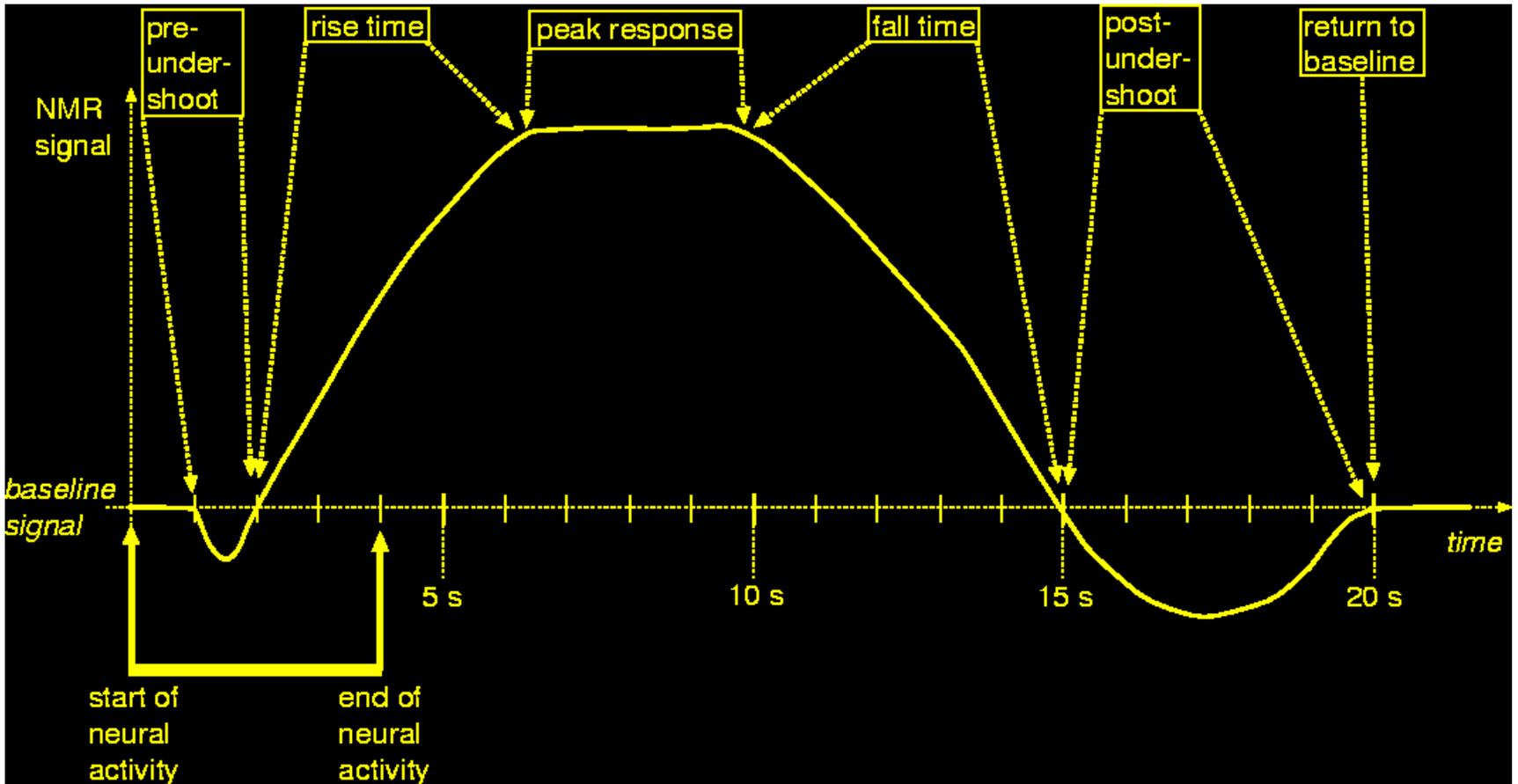
- 視覺區訊號隨著視覺刺激變化
- 訊號看起來好像沒有變化?
 - 因為訊號變化很小，至少不是人眼可分辨
 - 3T : 4 ~ 12%
 - 如果是要看認知功能訊號會小很多



如何找出大腦活化區域?

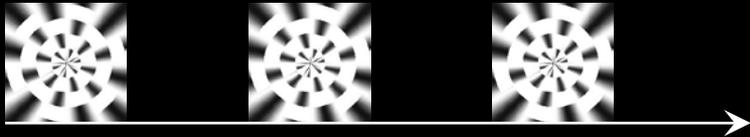
- 適當的實驗設計搭配後續訊號處理以及統計的模型
- **General Linear Model (GLM)**
 - 把包含血流、氧氣的整體反應模組化成一個函數，**hemodynamic response (HDR)**
 - 大腦活化區訊號改變，近似刺激paradigm跟HDR的convolution
 - 在fMRI影相資料中尋找跟預測訊號變化類似的區域

Hemodynamic response function (HRF)



fMRI 實驗設計與預期訊號變化

Blocked design paradigm



X



Event-related paradigm



X



fMRI之安全性

- 做 MRI/fMRI 會不會有害？沒事還是別亂照？
- MRI有強磁場，到底是多大？
 - 3 Tesla = 30000 Gauss
 - 小學生吸鐵石 ~ 50 to 200 Gauss
- 對人體生理會不會有影響??
 - 磁化效應在離開磁場後即消失
 - 目前所有研究結果均無

fMRI之安全性

- 有沒有電磁波?
 - 有
 - 頻率不高 127.7 MHz，類似收音機無線電波
- 主要造成熱效應
 - 大量掃描時局部體溫會略為提高
 - 人體內部自有體溫調節系統，溫度上升，立刻由血流帶走熱量

MRI 的強磁鐵磁場永不關閉

WARNING !

以極大吸力快速吸引各種金屬物品！

鐵釘、剪刀、打火機、鑷子
老虎鉗、鐵鎚、殺蟲劑、推車
電腦、椅子、示波器、吸塵機



MAGNETOM
高磁場管制
警告標示

高磁場區域
MR - Magnetic field

高頻訊號區域
High Frequency Field

Prohibited signs (Danger!)
危險禁止進入

高磁場會影響下列植入物功能
例如：心律調節器、電擊器、助聽器、
胰島素推進器以及醫療幫浦
Implants susceptible to electromagnetic effects,
e.g. cardiac pacemakers, defibrillators, hearing aids,
insulin pumps, medication pumps

裝有金屬人工關節或其他
金屬植入物(假牙、血管夾)
之病患禁止進入
Implants made of metal and other
metal objects in the body such as splinters

禁止攜帶各種的金屬零件以及
金屬醫療器械進入。
Metal parts and medical instruments of all types

禁止點火
Open fire
No smoking

機械手錶、電子儲存媒體、
計算機以及數位時鐘禁止
進入
Mechanical watches, electrical data carriers, such as
pocket calculators, digital clock, etc.

滅火器、空氣用以及金屬
附件禁止進入
Fire extinguishers with magnetizable
metal housing

信用卡、有磁條的識別證及
磁帶禁止進入
Data carrier, such as credit cards and
identity cards with magnetic strips, magnetic tapes



注意：不是發生在我們中心