

人因工程心得筆記-B10801019黃湘宜

Information Input and Processing

Information Theory資訊理論

- 解決不確定性
- 如果事件是真實的，那資訊量大
- 與機率有關

Measure Information

- 資訊的量 — 0跟1
- 事件發生的可能性
- 機率相同： $H = \log_2(N)$
- 兩者發生機率不一樣： $h_i = \log_2(1/p_i)$
- 平均(期望值)： $H_{av} = \sum_{i=1}^N (p_i (\log_2(1/p_i)))$ - 機率 X 成本(資訊量)
- 最大可能訊息量在兩者機率相等之下獲得

Redundancy餘備

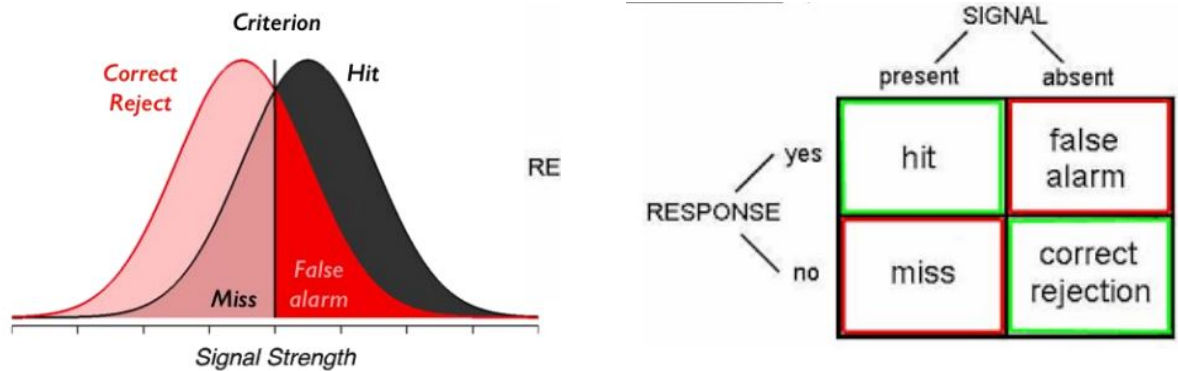
- 因為發生機率不同而產生的訊息的減少量
- $\%Redundancy = (1 - H_{av} / H_{max}) \times 100$
- 餘備低不確定性高
- 訊息交叉對比

Bandwidth頻寬

- 訊息傳輸的速率
- 聽覺處理的比視覺多 - 聽覺頻寬多
- 很多事情同時發生但沒有注意到 - 眼見不為憑

- 視覺可以較好處理訊息
- 大腦處理不來訊息 - 聽而不見 看而不聞

Signal & Response



- 針對不同事情採取不同策略

Hick - Hyman Law (席克定律)

- 選項越多，選擇時間越長(reaction time)
- 一定會有基本時間，起始定不為0 (Fitt's time)
- 與 $\log_2(1 / p_i)$ 呈線性正相關

Information Input

直接觀察 & 間接感受

- Quantitative information 反映定量變化 - 溫度 & 速度
- Qualitative information 反映定性變化 - 近似值、趨勢、變化率等
- Status information 狀態
- Warning and signal information 警告
- Representational information 表現
- Identification information 辨識
- Alphanumeric and symbolic information 視覺或數值表現
- Time-phased information 脈衝

Display Modality

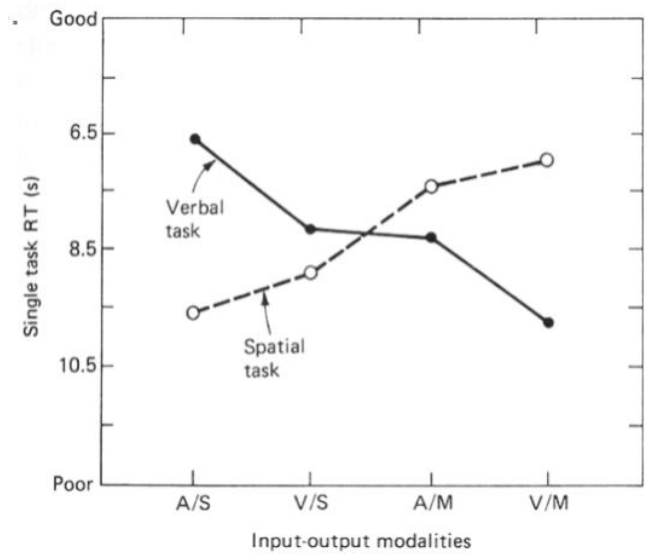
- 聲音比視覺具有警示性，引人注目

Coding of information

- Orthogonal 正交編碼 - 不同向度互相獨立
- Redundant 餘備編碼
- 需要7種以上編碼時，使用兩個正交編碼
- Detectability code
 - 預值 = 50%
 - Method of adjustment 可以自己調整灰階
 - Method of serial exploration 不能自己調
 - Method of constant stimuli - random order (最接近現實狀況)

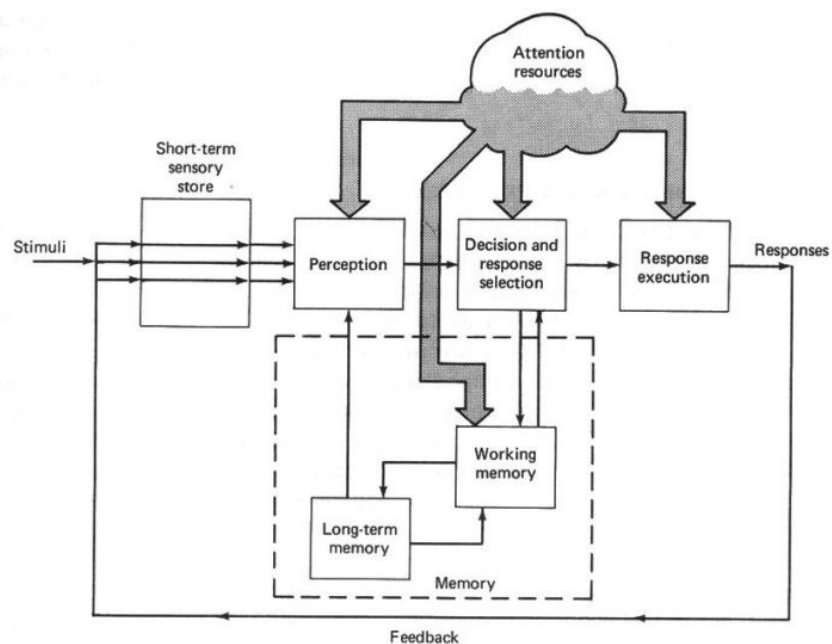
Types of Compatibility

- Conceptual Compatibility**概念相容性**
 - 看到圖案能有正確聯想
- Movement Compability**移動相容性**
 - ex. 微波爐指針順時針轉
- Spatial Compability**空間相容性**
 - 哪個開關對應哪個東西
- Modality Compability**反應形式相容性**
 - 刺激跟反應



Information Processing

Information Processing Model



- short-term sensory store 確定不是雜訊，暫存起來
 - 視覺 - iconic storage - 會存在少於1秒
 - 聽覺 - echoic storage - 會存在幾秒鐘
- perception 察覺 - 認知是什麼

- 如果要長期保存記憶，需要編碼進來working memory - 需要人的注意力 - rehearsal
- magical number 7 +- 2
- 3 types of codes
 - visual視覺
 - phonetic語音
 - semantic語意
- 經整理過的資訊較容易進入長期記憶
- Mnemonics幫助記憶 - ex. 美國五大湖
 - using the first letter
 - forming bizarre images

Decision Making

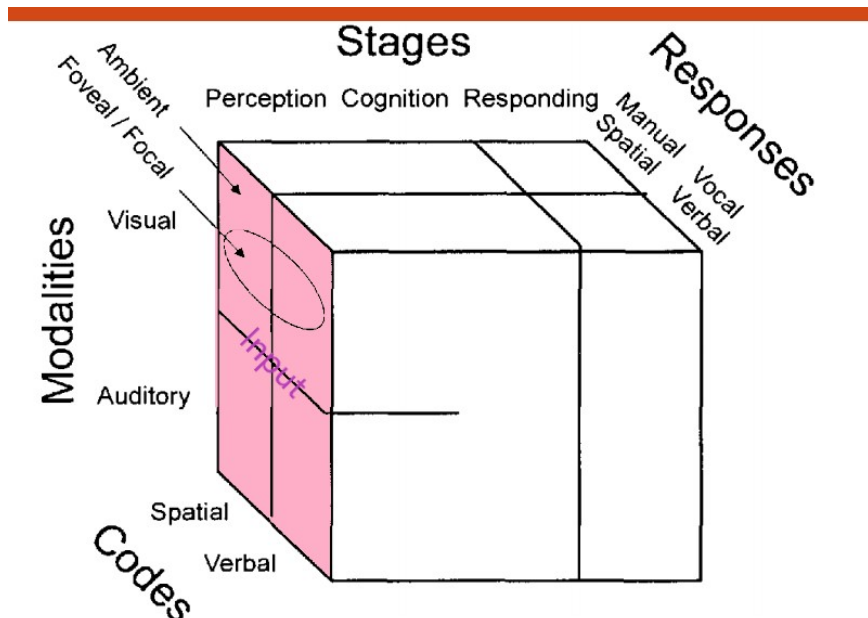
- 先入為主
- 墨守成規
- 貪心不足
- 得不償失

Attention

- selective attention 選擇性
 - Load stress多管道負荷
 - Speed stress速度負荷
 - channel 多 - 易漏
- Focused attention 專注性
 - ex 考試
- Divided attention - 同時處理多個工作
 - time sharing
 - 不同記憶編碼會比較不干擾
 - 不同部位做事比較不干擾

- Sustained attention, monitoring, or vigilance 監控持續性
 - ex 保安

Multiple-Resource Theory



input與output分越開越好(對角線)

Sustained Attention

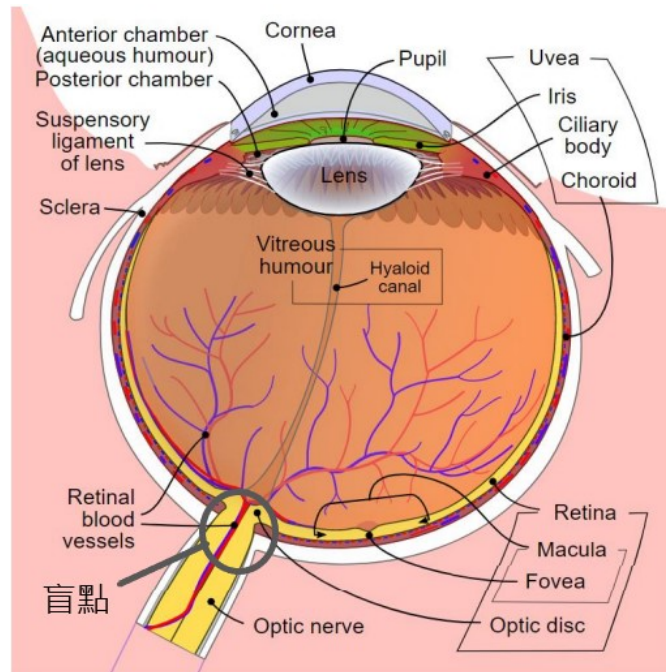
- 20-35分鐘注意力急遽下降，15分鐘注意力最好
- work recycle越短越好

Visual Displays of Dynamic Information

Fundamentals of Vision

Process of seeing

- 眼睛像攝影機 - 比相機聚焦更快 - 3個向度 - 視網膜在後面



- 凝視&跳視
- 不同顏色 - 錐狀細胞 - 集中在中央凹窩 - 動態不敏感 - 較多
- 明暗 - 桿狀細胞 - 可以在暗處看到東西

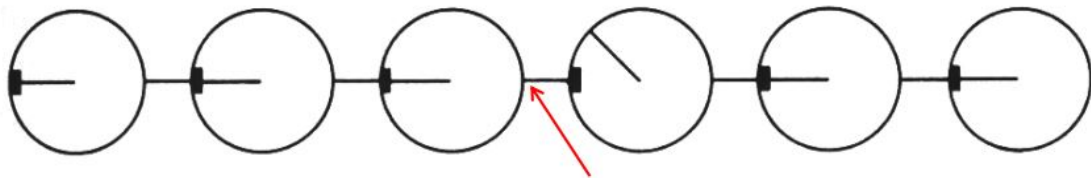
Perception認知

- 我們看到的東西受大腦影響
- 東西的設計需要讓我們能快速清楚地了解事物

Types of Dynamic Information Display

- **Quantitative readings - 數值**
 - scale刻度 - 要遵照標準 - 0,5,10等等 - 10,20,30 - 100,200,300 - .1, .2, .3(0省略)
 - 刻度間距離遵照標準
 - 指針不能擋住數字
- 數值
- 不太常移動刻度，除非範圍太大
- 觀察數值的移動
- **整合性設計**

- bar type displays
 - 應只顯示一部分
 - 容易單獨使用
- object displays
 - the compatibility of proximity principle 接近相容性 - 需整合而不是聚焦時使用
 - 不易單獨使用
- **Qualitative readings - 趨勢**
 - 顯示趨勢
- **Check readings - 正不正常**
 - 只要有一個偏差，很明顯



- **Situation awareness - 警示之後可能發生的事**

顯示需清楚明瞭

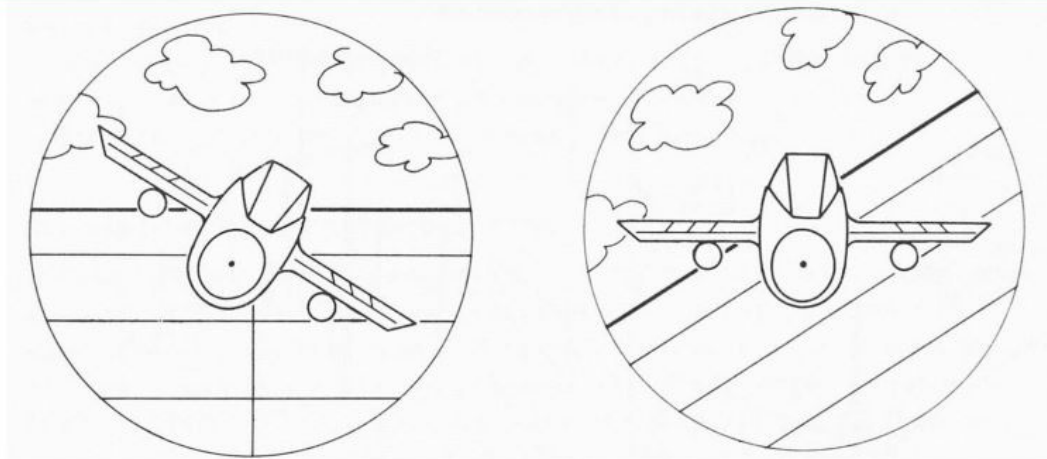
Status Indicator 顯示狀態

- 紅綠燈、電池
- 使用閃光 - 需比現場兩倍量
- 藍光靠近紅光遠離(紅色危險)

Representational Display

Aircraft Bank Angle Displays

- moving aircraft displays - 動飛機 - 動作相容
- moving horizon - 動地面 - 空間相容



- combined display - 先動飛機再動地面

3D Perspective Displays

- 除了head-on traffic(對向), 3D比2D快
- head-on traffic因為心理因素會慢5s
- 2D中有60%會轉向 → 較安全
- 3D有33%轉向、34%改變高度(空間迷向 - 較危險)

Principles of Aircraft-Position Displays

- Principle of pictorial realism**圖像現實主義** - 顯示空間、參考物
- Principle of integration**整合原則**
- Principle of compatible motion**移動相容原則**
- Principle of pursuit presentation**追蹤顯示原則** - 同時顯示目標與飛機自己的軌跡
- 補償性顯示：節省空間，目標物位置固
- 追求顯示：較佳，可以知道飛機與目標物的移動路徑

Head-up Display(HUD)

- 抬頭顯示器
- 將資訊顯示在擋風玻璃或頭盔，透過擋風玻璃或頭盔看外在世界
- Helmet-mounted display(HMD)頭盔顯示器
- 理想情況下眼睛不需要適應，可以交互看眼前的東西與HUD
- 改變消失點 - 變近 - 圖像變小變遠

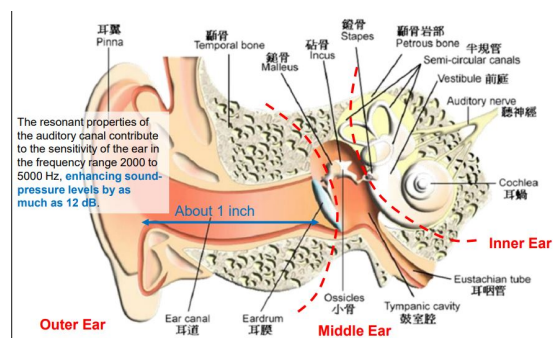
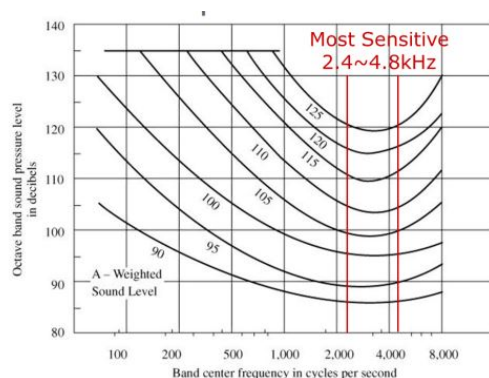
- ex汽車、飛機顯示器

Auditory Displays

Hearing and Sound

Hearing

- 直接訊息 - 火災中只有75%機率意識到熱或菸
- 間接訊息 - 比較有效 - ex火警
- 人耳能聽到的範圍20-20000Hz
- Equivalent Sound Level Contour等效音壓



- 耳道提高聲壓，放大12倍
- 錘骨 malleus->砧骨 incus->鐙骨 stapes：聲音放大作用
- 鐙骨聲音放大22倍
 - **Acoustic / aural reflex保護措施**
 - 寬頻訊號較純音有反應
 - 低頻聲音較高頻有反應
 - 20DB的減低，長達15分鐘
 - 暴露在強烈衝擊中，有35-150豪秒的延遲
 - 對最初的衝擊沒什麼保護作用
 - 啟動時間0.5s，緩衝時間2-3s，防止過度刺激

- 衝擊時間間隔需少於1s
- the stapedius muscle 鐮骨肌肉收縮，減少聲音的傳輸，起到保護的作用
- 耳蝸(Cochlea)
 - 科蒂氏器(Organ of Corti) - 毛細胞 - 聽覺感受器

Sound

- 每個C前後頻率相差2倍
 - 中央C = 256Hz
- Pitch音調
 - 強度增加時，低頻音調變低，高頻變高，中頻不變
 - 複合音穩定不受強度影響
- 聲音強度(W/m²)
- 1dB = 0.1B
- sound-pressure level(SPL)
 - 以分貝為單位

$$\text{SPL (dB)} = 10 \log \frac{P_1^2}{P_0^2}$$

↑ Sound Pressure Level

OR $\text{SPL (dB)} = 20 \log \frac{P_1}{P_0}$

Sound pressure to measure → P_1
Reference sound pressure → P_0
≅ 20μN/m², the lowest intensity hearable @1000Hz

- sound-power level(SWL)

$$\text{SWL (dB)} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)$$

Sound power to measure → P_1
Reference sound pressure → P_0

- 增加10dB - 增加10倍聲音強度，10^(1/2) 倍聲壓
- Signal-to-noise ratio(SNR)訊噪比
 - 速解法 : sound - background

$$SNR = 20 \times \log \left(\frac{P_{sound}}{P_{noise}} \right).$$

Complex Sound複合音

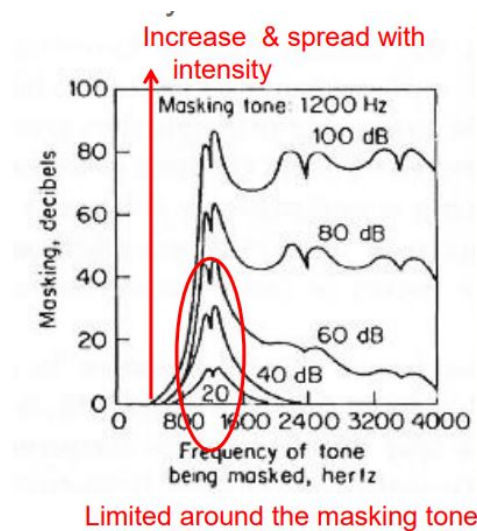
- 波形 & 聲譜
- 帶寬越窄，越豐富

Sound Conversion

- Place(or resonance共鳴) theories 位置理論
 - 看毛細胞POS&高音
- Temporal theories 頻率理論
 - 不看POS，高音無關

Masking聲音遮罩

- 環境降低耳朵靈敏度
- 對同頻率的被遮蔽音效果最強
- threshold臨界點
- 隨著遮蔽音的強度增加
 - 遮蔽效果增加
 - 遮蔽頻率範圍往高頻增加



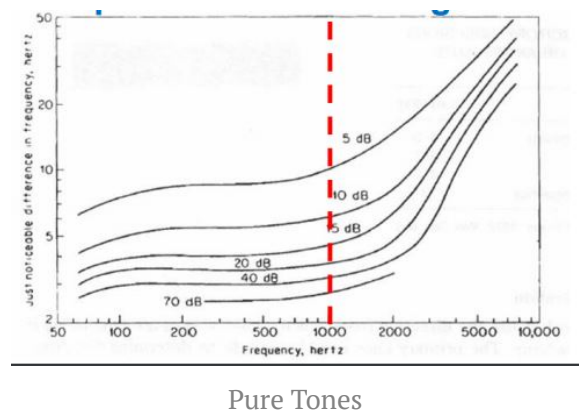
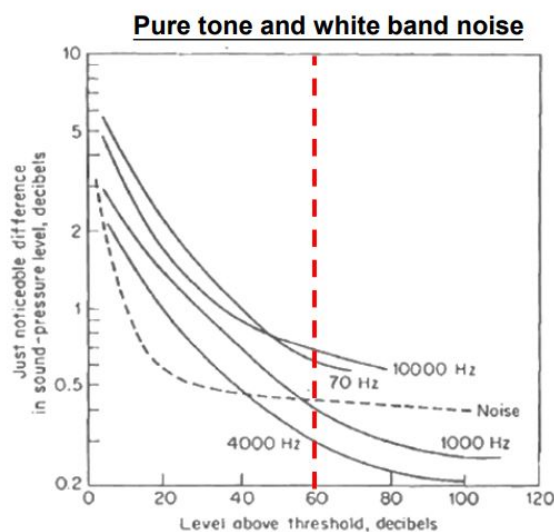
Types of Human Auditory Functions

- Detection

- 安靜環境下，單一頻調40-50dB足以被偵測到
- 在噪音中向一隻耳朵呈現信號可提高檢測性
- 純音需200-300s建構，140s衰弱
- 高分貝0.5s內會感覺沒那麼大聲
- Patterson建議在遮蔽臨界點上最小15dB最大25dB
- Deatherage建議在噪音跟110dB狀況下在訊號遮蔽臨界點的中點

- Relative discrimination

- JND - just noticeable difference 恰辨差
- 60dB以上，中頻敏感
- JND對低頻來說較敏感 - 使用較低頻率訊號
- 當刺激持續超過1s，區分效果越好



- Absolute identification 絕對區辨

- 涉及記憶力
- more dimension with fewer steps or level
- 強度與頻率不為直角

TABLE 6-1
LEVELS OF AUDITORY DIMENSIONS
IDENTIFIABLE ON AN ABSOLUTE
BASIS

Dimension	Level(s)
Intensity (pure tones)	4-5
Frequency	4-7
Duration	2-3
Intensity and frequency	9

Source: Deatherage, 1972; Van Cott and Warrick, 1972.

- Localization
 - Stereophony立體聲 - 定位方向
 - 1500Hz下，兩耳時間差0.8ms
 - 中頻(1500-3000Hz)聲音定位較難，需搭配轉頭
 - Head-coupled Auditory Display
 - VR
 - 左右定位比上下好
 - MAMA - Minimum audible movement angle
 - 越小定位越好
 - 正前方MAMA較小
 - 模擬聲的偵測比真實的差，寬帶噪音檢測容易

Auditory Display

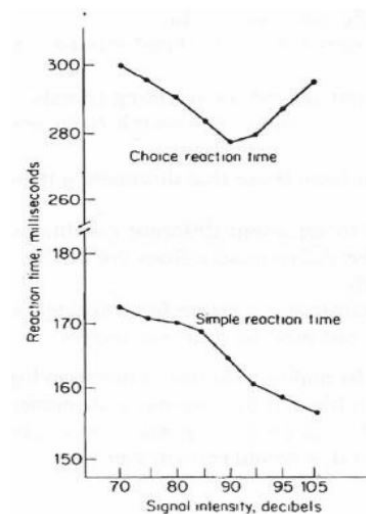
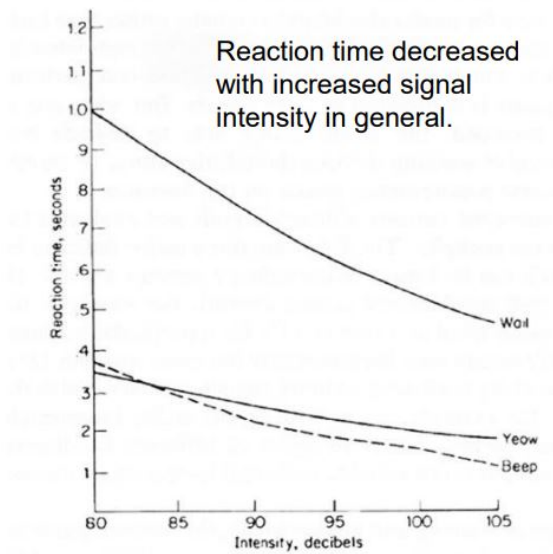
General Principle

- Compatibility兼容性
- Approximation近似性

- **兩階段訊號** - 提示音(前) - 真正訊息(後)
- Disasociability可分離性
- Parsimony簡約
- Invariance不變性
 - 相同的信號表示相同的資訊

Presentation and Installation

- 避免極端聽覺維度
- 比周圍強度高
- 中斷或可變式訊號
- 訊號之間避免衝突
- 需採漸進式更換訊號音
- 高強度信號會引起驚嚇反射(startle reflex)



Design Recommendations

- 使用中低頻
- 長距離 - 低頻
- 有障礙物 - 500Hz以下
- 使用調制訊號 - 1-8 beeps per second, 1-3次不等顫音

- 與背景音、其他訊號音、系統有所區別
-

Tactual Olfactory Displays

Tactual Displays 觸覺顯示

- 利用皮膚，以手或手指接收訊息
- 越接近手指越敏感
- 低溫觸覺敏感度降低
- 機器震動 < 電脈衝(較佳)
 - 體積小/電力小、敏感度不受溫度影響、疼痛
- incised-grid > raised-background grid
- 適合複雜度低、單一的工作

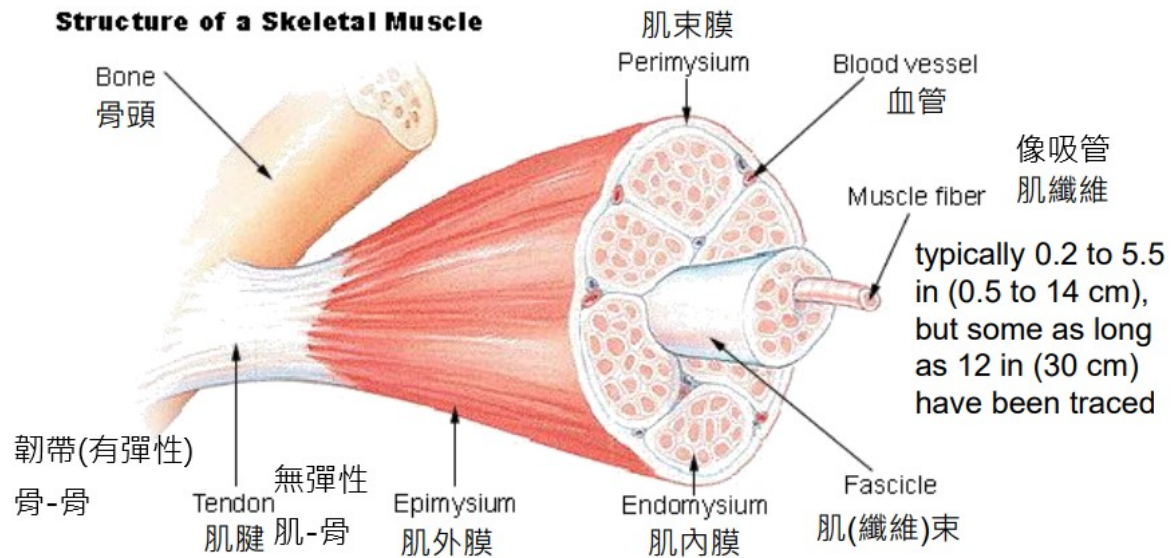
Olfactory Displays 聽覺顯示

- 嗅覺細胞直接與大腦皮質相連，通路最短者
 - 高誤警率
 - 人類嗅覺不靈敏，但是很容易察覺氣味是否存在
 - 警告裝置：大範圍
 - 個體差異性高
 - 嗅覺疲乏時間短
 - 對於分散的氣味很難掌握到
 - 有些氣味會讓人生病/不舒服、流鼻水
-

Physical Work

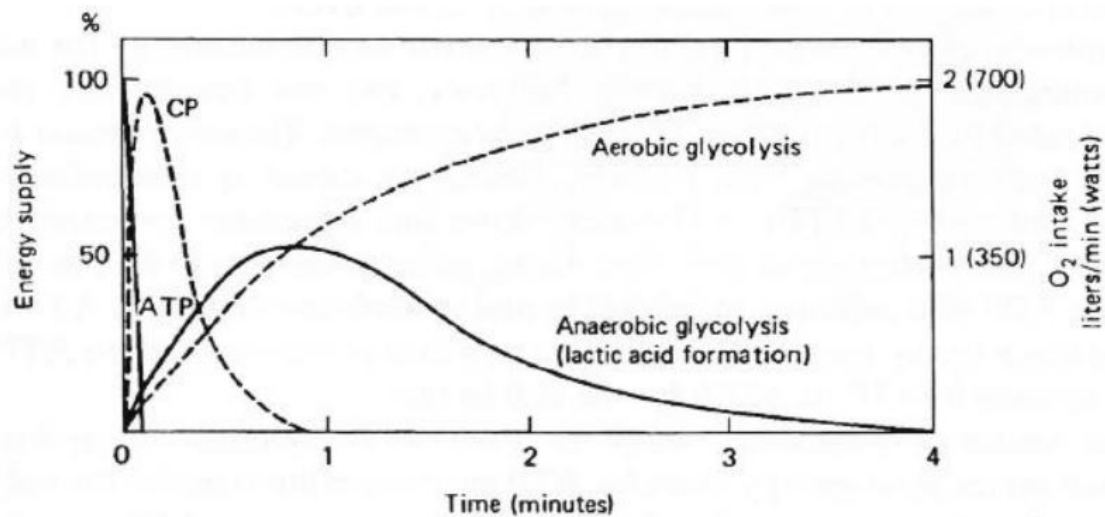
Muscle Physiology

Anatomy of Muscles



Source : Wikipedia

- 肌肉收縮的滑動機制(sliding mechanism)主要的能量來源是[Adenosine triphosphate](ATP)，
- 滑動是因為[Sarcoplasmic reticulum]釋放鈣離子(Ca^{++})結合了[Actin](肌動蛋白)上的肌鈣蛋白(troponin)，露出結合點(binding site)
- 因此[Myosin](肌凝蛋白)連接產生跨橋(cross bridges)並且拉動肌節(sarcomere)收縮
- 肌節(sarcomere)的長度：Z線之間的長度
- 碳水化合物轉換成葡萄糖(glucose)或肝醣(glycogen)
- 能量儲存為ATP三磷酸苷，分解為ADP二磷酸腺苷與一個磷酸根並釋放能量
- 另一個直接能量來源為CP磷酸肌酸， $\text{ADP} \rightarrow \text{ATP}$ 的能量儲存器，只有幾秒到一分鐘時間
- Anaerobic Glycolysis (厭氧糖酵解)
 - 氧氣不足，無法分解丙酮酸，轉化為乳酸，乳酸堆積導致肌肉痠痛
- Aerobic Glycolysis (有氧糖酵解)
 - 氧氣足夠，葡萄糖分解為丙酮酸，氧化成二氧化碳與水
 - 用於建立ATP與CP儲備已備未來肌肉活動
- ATP存儲幾秒好盡，CP可持續45秒
- 無氧活動耗更的能量越來越少

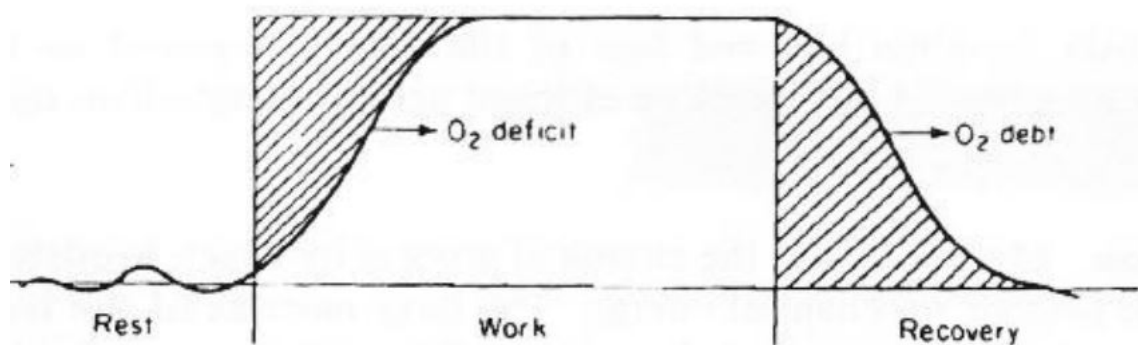


Basal Metabolism基礎代謝

- 肌肉30%能量作為工作需求，70%釋放為熱
- basal metabolic rate (BMR)
 - 基礎代謝率
 - 每秒維持生命需要的能量
 - Grandjean表示male, 1.2 kcal/min , female, 1.0 kcal/min

Work Physiology

- Oxygen debt氧債
 - 吸進去的空氣>需要的



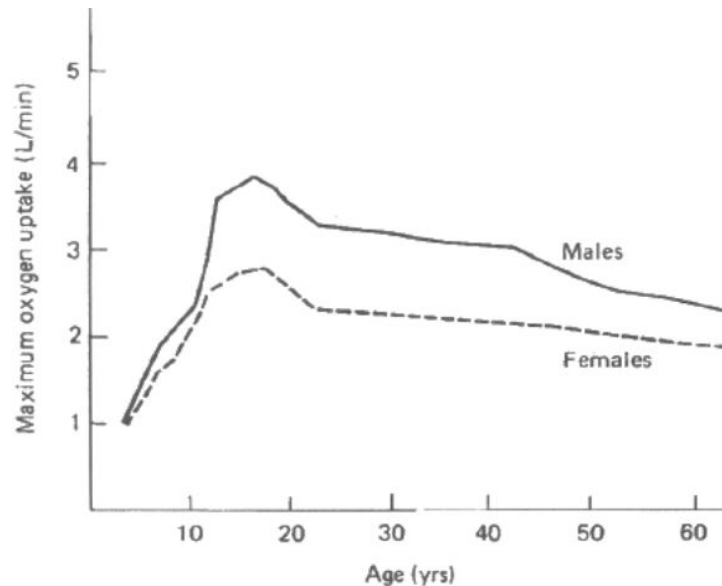
- 大約在一個人最大體力工作量的40%，心博穩定而心率增加
- 兒茶酚胺 catecholamine

- 增加血流量與心跳，達到增加氧氣量

Physiological Measurement

Maximum Aerobic Power(MAP)

- 最大攝氧量 - 在跑步機坡度 $\geq 30^\circ$ 時測得
- 一天持續八小時的工作其負荷上限應接近最大攝氧力 MAP 的 35%
- 心跳數預測耗氧應在活動到達最大攝氧量(Maximum Aerobic Power, MAP)的 40%後比較準確
 - 受到個人因素(情緒、壓力)影響



Other Measures of Strain

- Electromyograph(EMG)肌電圖
 - 每個人範圍不同
 - 需要校正
 - 肌肉疲勞時，EMG 低頻段增加，高頻段減少

Physical Workload

Work Efficiency

- 工作越費力，能量轉換效率也低，全身性工作最費力

- 對照表格
- 姿勢費力 - 為了維持平衡

Energy Expenditure

- 工作負荷不應超過一天8小時MAP的35%
- Work Rest Cycles

$$R = \frac{T(W - S)}{K - 1.5}$$

W

Where R = rest required in minutes

T = total work time in minutes

W = average energy consumption of work in kcal/min

S = recommended average energy expenditure in kcal/min (usually taken as 4 or 5 kcal/min)

- 短工作時間短休息時間，快速循環
- 人類能量轉換效率 30%(低)

Strength and Endurance

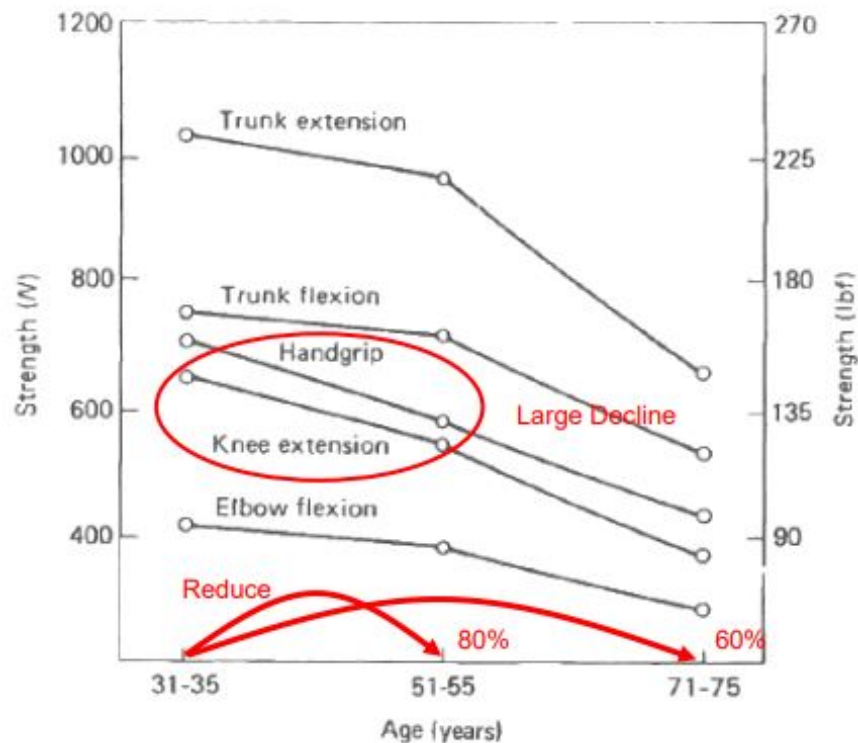
definition of Strength

- Isokinetic等速 - 動態條件 - 正在移動
- Isometric等距 - 靜態條件 - 對固定物體施力
- Isotonic等滲 - 恆定的肌肉張力

Static and Dynamic Strength

- 測量靜態強度應少於10秒
- 肌肉力量以等長收縮測量
 - 測量方式：取某段時間最大出力的平均出力(3s 平均出力)
- 越慢的移動需要越大力量
- 握力與膝伸展在中年到壯年時，退化最多
- 女生下肢：跟男生相當或大於

- 施力大小在最大施力的 25%以下時，可以維持較長施力時間(10 min)



Effect of Exercise

- 增加心肺功能、增加肌肉力量、延長出力時間、降血壓、紓壓

Manual Material Handling

Manual Material Handling Assessment

Health Effects of MMH

- 50%工作相關的背部傷害與抬舉有關
 - 發生在背部較低的地方 L5/S1
 - 其對於正向壓力有較好的抵抗能力
- 椎間盤比椎骨更能承受壓力

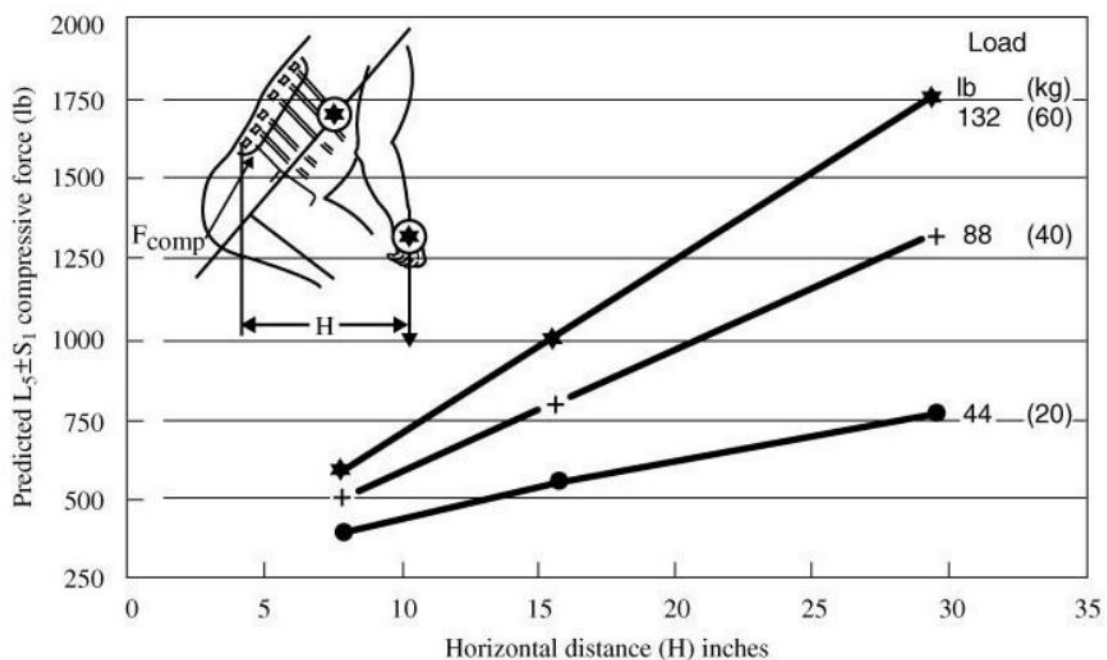
Assessing Approaches

- Biomechanical

- Force at joints
- infrequent task、strenuous task
- Physiological
 - 涉及能量消耗和作用與心血管系統的壓力
 - continuous task、long-term task
- Psychophysical
 - 人們對感知壓力的主管評估
 - 結合生物力學和生物壓力
 - MAWL 最大負重
- 需要以上三種衡量方式而非單一種：有較客觀的結論

Lifting Task

Horizontal Position of the Load



- 加乘效應
 - 水平距離增加+搬運重量加的交互作用，導致三條線無法平行
- 從地底到膝蓋高度的能量消耗>從膝蓋到手臂：約 50%

- 最有效率/能量消耗最小的部分：手臂到頭頂，但是最費力
- 能量消耗：free style(半蹲姿勢，舉重時可將重物放在大腿上) < stoop(彎腰法) < squat(直背屈膝法)
- 出力：free style < stoop < squat
 - 生物力學觀點
- 能量消耗(氧氣消耗)的影響因子
 - 頻率(影響最大)
 - 重量
 - 搬運距離
- 女生對於抬舉頻率的適應性比較好
 - 較適合重複性高的工作
- 隨著頻率增加，耐力時間內總舉重減少
 - 速度/頻率不是越快越好

Object Characteristic

- 改變容器：高 → 寬 → 深
- 使用袋式容器比盒子MAWL高 → 靠近身體

Carrying and Pushing

Weight, Frequency and Distance

- 這些變量任一增加都會導致能量消耗水平增加(耗氧增加)
 - 最大影響與頻率有關
- Pushing 較 carrying 沒有性別差異
 - 因為女生下肢、體重跟男生差距不大

綜合心得

人因工程與我們的生活息息相關，是為了讓我們的生活更貼近我們本身，包括工作的姿勢、工具的使用、產品的直覺性等等，使環境與工具更貼合我們的需求。這學期的課程，我們從很多不同的面相接觸人因工程這個龐大的領域，像是

聲音、視覺、動作等等，幾乎所有東西都與人因工程有著密切的關連性。令我最感興趣的主題是視覺這個主題，因為這是我們生活中最常接觸到的一塊，像電錶的設計。原來不只是一個圈照著繞而已，還有刻度、指針等等的嚴格標準。像現在我也在學習開車，就會有像是倒車顯示器、附近車輛偵測器、測速警告器等等，幫助駕駛人更好地掌握狀況，警告音也非常明確地告訴我到底是什麼情況。還有我們的人體，應該用什麼姿勢、工作多久等等都很有講究，學完人因後不只對生活有幫助，更直接影響到我們的身體。

記憶這個課題也非常有趣，我們大腦接受了很多的資訊，透過過濾、注意力等通過一層一層的關卡，最終進入我們的記憶區。所以像電視廣告上那些速記法應該都是透過科學方式做出的，而不是像我一開始所想的那般膚淺。也因為經過整理的資訊較容易進入長期記憶，記憶類的知識參考書還有重點整理資料比起課本要更不費工夫就能背起來。還有為什麼讀書15分鐘就會開始注意力不集中也都是有科學依據的，屬於正常現象，如果課程也能按照這樣排的話，工作循環短，說不定學生吸收的可以更多。

人因課最好玩的還是實習課的那些小活動，既可以學習還可以做出作品來，可惜之後的課程因為疫情的關係沒辦法上了。疫情前我最喜歡的活動就是設計手表了，他可以讓你自由地移動組合物件，也有很多有趣的物件可以選擇，你可以思考什麼樣的裝置對生活有幫助、什麼樣的樣式不會對手部造成負擔，透過創意思考與需求的結合創造出更多的產品。而疫情後的線上捏人也很有趣，可以改變動作，更精確的了解人體的姿勢與構造，這樣就能更直觀的知道問題出在了哪裡，我們應該改善什麼地方。

我覺得最有意思的就是最後的小組報告了，讓我們可以聚在一起發想一個產品。當然，我最喜歡的還是我們組的想法—easy bus。在每天等公車，人多到看不見公車的車站、按不到下車鈴的尷尬，如果真的能有一個app能讓大家預約上下車，就會讓通勤更便利一些，也能為疫情盡一份心，減少人與人之間的接觸。其他組的設計也啟發了我、激發出我的想像力，像可拆裝的床、結合式的剪刀，這種原有物的不同變化，透過小小的更動就能有更便利的效果。

最後，謝謝老師為我們準備了這麼多有趣的練習，不是只是枯燥乏味的死記硬背，而是與生活融會貫通。