

太赫茲生物影像辨識

Terahertz Biometric Imaging Recognition

1. 報告摘要：

我的專題探討的主題是太赫茲生物影像辨識，以雞翅當作原材料，切取一小塊包含肌肉與肌腱的組織作為量測物體，使用光柵掃描的方式去掃太赫茲波，採取穿透式成像技術。

本專題旨在研究太赫茲技術在肌肉和肌腱影像學中的應用，並評估其作為一種新興影像檢測技術的可行性和效能，從而為未來的醫學影像和臨床診斷提供新的方法和工具。

用太赫茲波掃描實驗物體後，Menlo 系統會得到一個3維的.npy 檔(z 軸是時間，每一張2維圖包含某時間下的 Amplitude 和 Phase 等資訊)。

得到這個3維檔案後，用 MATLAB 畫出 Phase-Frequency 圖，和 Amplitude-Frequency 圖，肌肉的各一張，肌腱也各一張，並分析在什麼頻率(區段)下最能夠分清肌肉和肌腱。

最後，我會比較太赫茲技術與傳統影像技術（如超音波）在肌肉和肌腱成像方面的性能差異，並分析太赫茲成像技術的應用潛力。

2. 報告內容：

(1) 背景或動機 Background/Motivation

肌肉和肌腱相關的疾病，如肌肉拉傷、肌腱炎、肌肉萎縮症、肌肉痙攣和痙攣性疾病、以及肌肉和肌腱的腫塊或退化性疾病，對個人的生活品質和日常功能造成了嚴重影響。然而，這些疾病通常在進展到晚期階段才會被診斷出來，這導致了治療的難度和成本的增加，並且可能使患者無法充分恢復其正常生活。

因此，提早發現這些肌肉和肌腱相關的疾病至關重要。一旦這些疾病在早期階段被檢測出來，就可以及早採取適當的治療和管理措施，以減緩疾病的進展，改善患者的生活質量，並且降低治療的負擔和成本。

因此，本研究的動機在於探索一種新的非侵入性影像檢測方法，即太赫茲生物影像辨識技術，以提供一種早期發現肌肉和肌腱相關疾病的新途徑。通過該技術，我們將能夠準確、迅速地檢測並區分出肌肉和肌腱組織的病變，從而提早發現肌肉和肌腱相關的疾病。這將有助於醫護人員更及早地制定個性化的治療計劃，幫助患者在疾病的早期階段獲得更好的治療效果，從而改善其生活質量並減少對醫療資源的依賴。

(2) 研究目的 Purpose

本研究的目的是在於利用太赫茲技術對由肌肉和肌腱組成的物體進行掃描，以探討該技術是否能夠準確地區分肌肉和肌腱組織。通過這項研究，我們將評估太赫茲技術在生物醫學影像中的潛在應用，特別是在肌肉和肌腱組織的成像和分析方面的應用。具體目標包括：

1. 確定太赫茲技術在不同頻率和波段下對肌肉和肌腱組織的分辨效果。
2. 比較太赫茲技術與傳統影像技術（如超音波）在肌肉和肌腱成像方面的性能差異，並分析太赫茲技術的優勢和局限性。
3. 探索太赫茲技術在臨床診斷、運動醫學和運動科學等領域的應用潛力，並討論其對肌肉和肌腱相關疾病早期檢測的影響。

總的來說，本專題旨在研究太赫茲技術在肌肉和肌腱影像學中的應用，並評估其作為一種新興影像檢測技術的可行性和效能，從而為未來的醫學影像和臨床診斷提供新的方法和工具。

(3) 研究方法 Method

前置作業：

1. 用 Up studio 3D 列印軟體印出 spacer

(可以參考下方的圖片。原本的想法是把兩片載玻片用一個中間挖洞的 spacer 隔開，中間製造的空間剛好可以把實驗體卡住，避免實驗體在掃描過程中有位移，結果發現掃描出來的圖糊糊的，效果非常差，原因是太赫茲波不容易穿透那麼厚的2層載玻片。所以後來決定把載玻片換成透明的塑膠夾鏈袋，spacer 的作用變為固定住夾鏈袋，讓馬達系統能夠較精準的移動實驗體的位置，還有 spacer 孔洞的4個邊也有邊界參考點的作用。)

2. 用醫用手術刀把雞翅切出肌肉加肌腱的實驗物體(偏白色的地方是肌腱，偏肉色的地方是肌肉)

掃描：

我用的是實驗室的4 lens THz systems，軟體的部分搭配的是 Menlo，用 python code(實驗室的)控制馬達進行 raster scan 掃描。

用 Menlo 系統得到的太赫茲掃描結果是一個3維的.npy 檔(z 軸是時間，每一張2維圖都包含某時間下的 Amplitude 和 Phase 等資訊)。

分析：

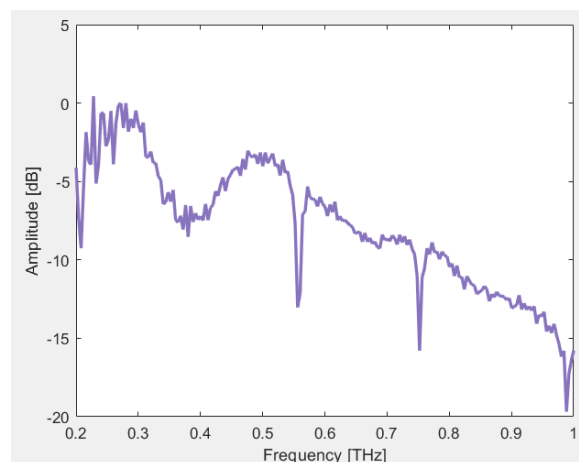
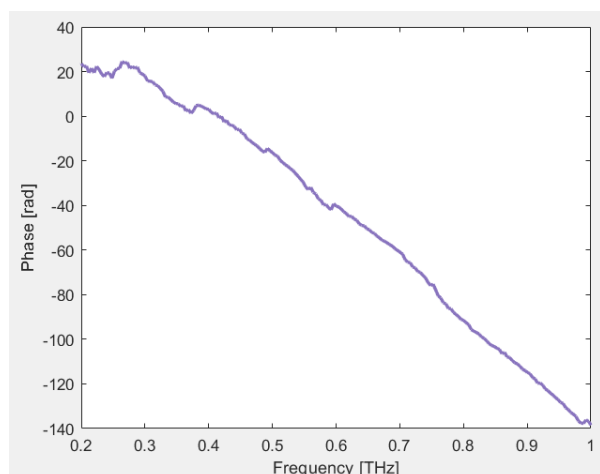
用 MATLAB 畫出 Phase- Frequency 圖，和 Amplitude-Frequency，肌肉的各一張，肌腱也各一張，分析在什麼頻率(區段)下最能夠分清肌肉和肌腱。

因為原始檔案的 z 軸是時間，所以要寫一個 code 把 Time 轉換成 Frequency，並分別擷取肌肉與肌腱的範圍(可以參考下圖)來畫圖分析。最後，擷取最能夠分清肌肉和肌腱的頻段。

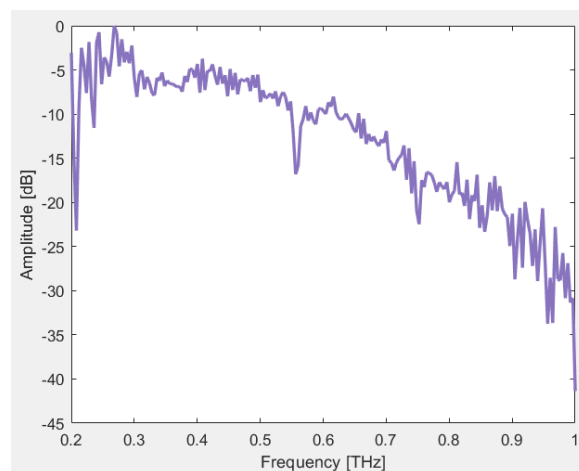
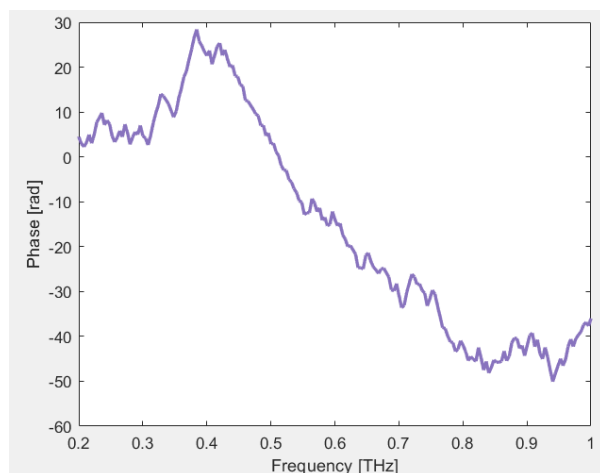
(4) 研究結果 Results

擷取的頻段是0.2 THz ~ 1 THz，超過1 THz 後就開始收不到訊號了。

a. muscle



b. tendon



實驗成功，結果顯示太赫茲成像是可以分辨出肌肉和肌腱的。

實驗結論在下方總結的部分進行討論。

(5) 總結 Conclusion

a. 確定太赫茲技術在不同頻率下對肌肉和肌腱組織的分辨效果。

- 從實驗發現，肌肉的 Phase-Frequency 圖斜率絕對值比較大，說明肌肉對太赫茲波的折射率比較高。原因是肌肉是由肌肉纖維組成，而肌腱屬於緻密結締組織，由膠原蛋白組成，兩者的分子組成不同導致介電係數不同，所以折射率不同。
- 肌肉與肌腱的 Amplitude-Frequency 圖差異不大，若要區分肌肉與肌腱，應以 Phase-Frequency 圖為主

b. 比較太赫茲技術與傳統影像技術（如超音波）在肌肉和肌腱成像方面的性能差異，並分析太赫茲技術的優勢和局限性。

性能差異：

- 分辨率：太赫茲技術通常具有較高的空間分辨率，可以提供更詳細的圖像。相比之下，傳統的超聲波成像在分辨率方面可能有所限制。
- 深度穿透能力：超聲波在穿透生物組織方面表現良好，能夠深入體內成像。太赫茲技術在深度穿透方面可能受到一定限制，因為太赫茲波通常被生物組織吸收，無法深入到較深的結構。
- 對生物組織的敏感性：太赫茲技術對於某些生物組織的敏感性可能更高，因為太赫茲波能夠探測到生物組織的特定結構和分子振動。

太赫茲技術的優點：

- 非破壞性：太赫茲波是一種非破壞性的成像技術，不會對生物組織造成損傷，適合於生物醫學應用。
- 分子特異性：太赫茲波具有一定的分子特異性，可以用於檢測和識別特定的分子結構，對於診斷具有潛在的應用前景。
- 無輻射：與 X 射線成像等輻射成像技術相比，太赫茲技術是一種無輻射的成像方法，對人體和環境更加安全。

太赫茲技術的局限性：

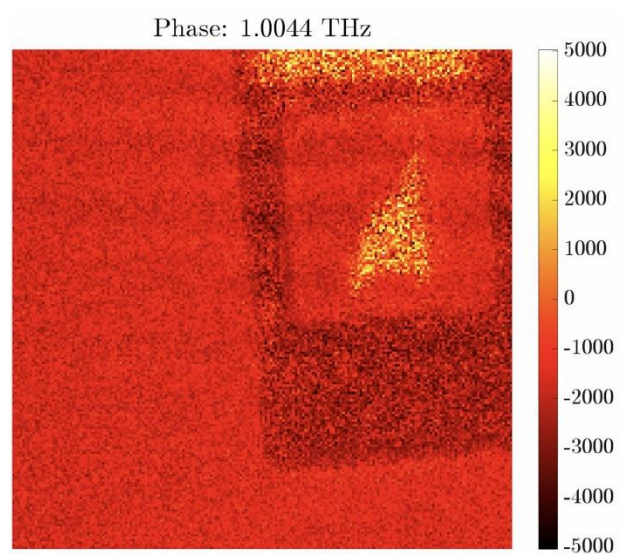
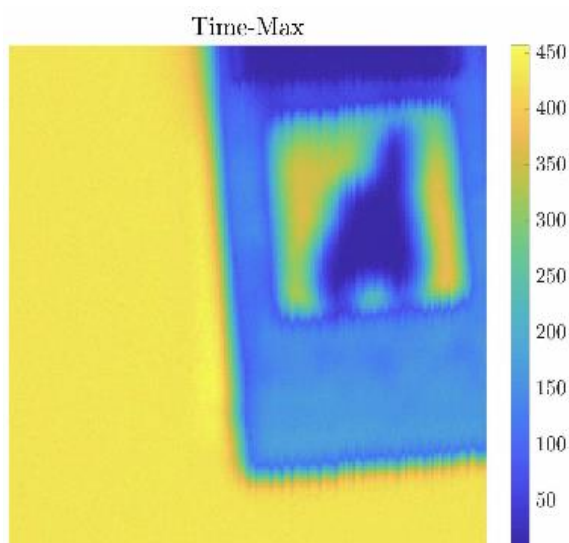
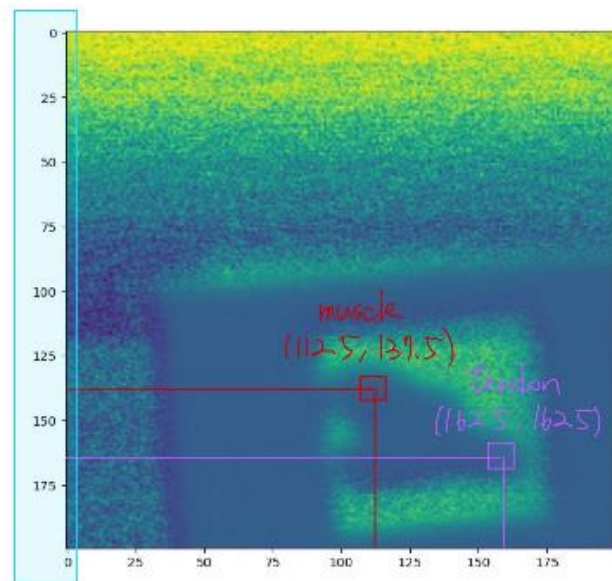
- 穿透深度限制：太赫茲波在穿透深度方面受到限制，無法深入到較深的組織結構，因此對於一些需要深度成像的應用可能不太適用。
- 成像速度較慢：與傳統的超聲波成像相比，太赫茲成像通常需要更長的時間來獲取圖像，這可能限制了其在臨床診斷中的應用。
- 成像設備複雜性：目前的太赫茲成像設備通常比傳統的超聲波設備更加複雜和昂貴，需要更多的技術支援和設備維護。

c. 探索太赫茲技術在臨床診斷、運動醫學和運動科學等領域的應用潛力，並討論其對肌肉和肌腱相關疾病早期檢測的影響。

- 早期檢測與預防：太赫茲技術能夠提供對肌肉和肌腱組織的高分辨率成像，可以幫助醫生早期檢測到肌肉和肌腱相關的微小組織變化和病變。透過及時發現這些變化，醫生可以提前進行預防性治療或干預措施，減少疾病的進展和患者的痛苦。
- 治療跟蹤與效果評估：太赫茲技術還可以用於跟蹤治療過程中肌肉和肌腱組織的變化情況，醫生可以通過太赫茲成像技術觀察治療後組織的恢復情況，並根據成像結果調整治療方案，以確保最佳的治療效果。
- 運動傷害評估：對於運動員和運動愛好者而言，肌肉和肌腱損傷是常見的問題。太赫茲技術可以幫助醫生評估運動傷害的嚴重程度和損傷範圍，並指導運動員進行適當的康復訓練和治療，從而加速康復過程並降低再次損傷的風險。

- 生物組織學研究：除了臨床應用外，太赫茲技術還可以用於肌肉和肌腱組織的基礎研究和生物組織學研究中。通過太赫茲成像技術，科學家可以獲得關於肌肉和肌腱組織微觀結構和生物化學特性的寶貴信息，這有助於深入理解這些組織的生理功能和病理機制。

3. 參考圖片：



4. 心得感想：

做完這個專題後我覺得我學習到的能力有：

(1)在 paper 海中尋找我研究需要的資料

網路上有非常多 paper，但並不是每一份都對自己的研究有幫助，而且在 paper 海中找到所需的資料常常需要耗費大量時間和精力，因此學會搜尋技巧和篩選方法至關重要。透過這個專題，我得以掌握各種資料庫和搜尋工具的使用方法，並學會了如何從眾多文獻中挑選出自己研究需要的資料。

(2)在面對未知時嘗試分析並解決它

在做專題時常常遇到自己意想不到的問題，這些問題不像平常上課的內容可能有標準答案，比如我下方寫的小故事二和小故事三，並不是一眼就能看出問題在哪裡，而是一直不斷的試錯才能發現自己的盲點，除了自己試錯，也可以找實驗室的學長姐討論，畢竟他們的經驗遠遠比我豐富。

(3)遇到問題時找到相應的工具

在做這個專題的過程我學會了很多工具，比如用 Python 控制馬達，用 MATLAB 繪製 Phase-Frequency 圖和 Amplitude-Frequency 圖，用 Autodesk Fusion 360 繪製，再用 Up studio 3D 列印出我需要但實驗室沒有的器具，當然還有數據分析軟體 Origin，這些工具未來也都可能會用到，所以我很感謝有做專題的機會讓我學到這麼多實用的工具。

小故事一：原本想要做蛀牙相關的專題，因為剛好有去拔智齒而且在讀 paper 時有看到相關的研究，但考慮過後覺得樣本取得不易，所以後來改成用雞翅來研究肌肉和肌腱。

小故事二：因為我是掃描完先整理蒐集到的 data，過了一段時間後才開始做分析，我忘記我當初掃描的時候是把實驗體擺直的還是橫的，看到 Time-Max 那張圖時認為我是擺直的，結果其實我當時是擺橫的，導致.npy 檔的方向跟我預期不一樣(比我預期的順時針轉90度)，所以取的肌腱和肌肉範圍當然也不對，一直鬼打牆後來才發現並修正。

小故事三：我詢問實驗室學長.npy 檔的 z 軸是時間還是頻率，它跟我說是頻率，所以我就直接去畫 Phase-Frequency 圖，結果得到的圖一直都跟我想的不一樣，摸索了整整一個禮拜後學長跟我說他記錯.npy 檔的格式，z 軸應該是時間，才趕快把用 MATLAB 把 Time 轉成 Frequency。