

實驗三、醫學影像分析Ultrasound

107 學年度第一學期 台大電機生醫工程實驗

第三組

張景程 B04901138

解正平 B04901020

劉維凱 B04901153

指導助教：趙珮妤 實驗室：明達館304室

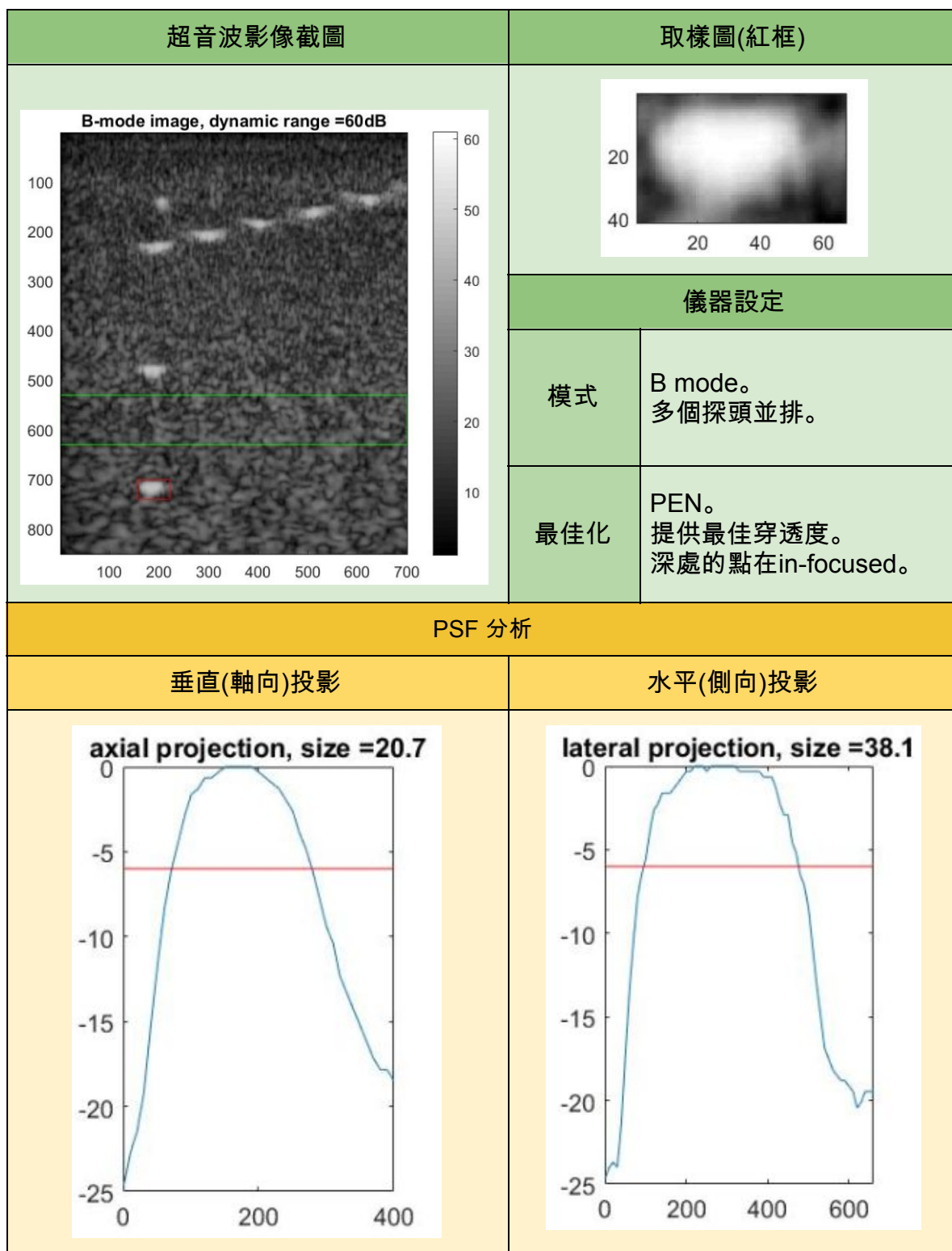
目次

一、Point Spread Function (PSF)	p.3
二、斑點雜訊 (Speckle Statistics)	p.11
三、訊雜比 (Contrast-to-Noise Ratio, CNR)	p.17
四、Carotid Color Doppler and PW Images	p.19
五、補充資料	p.21

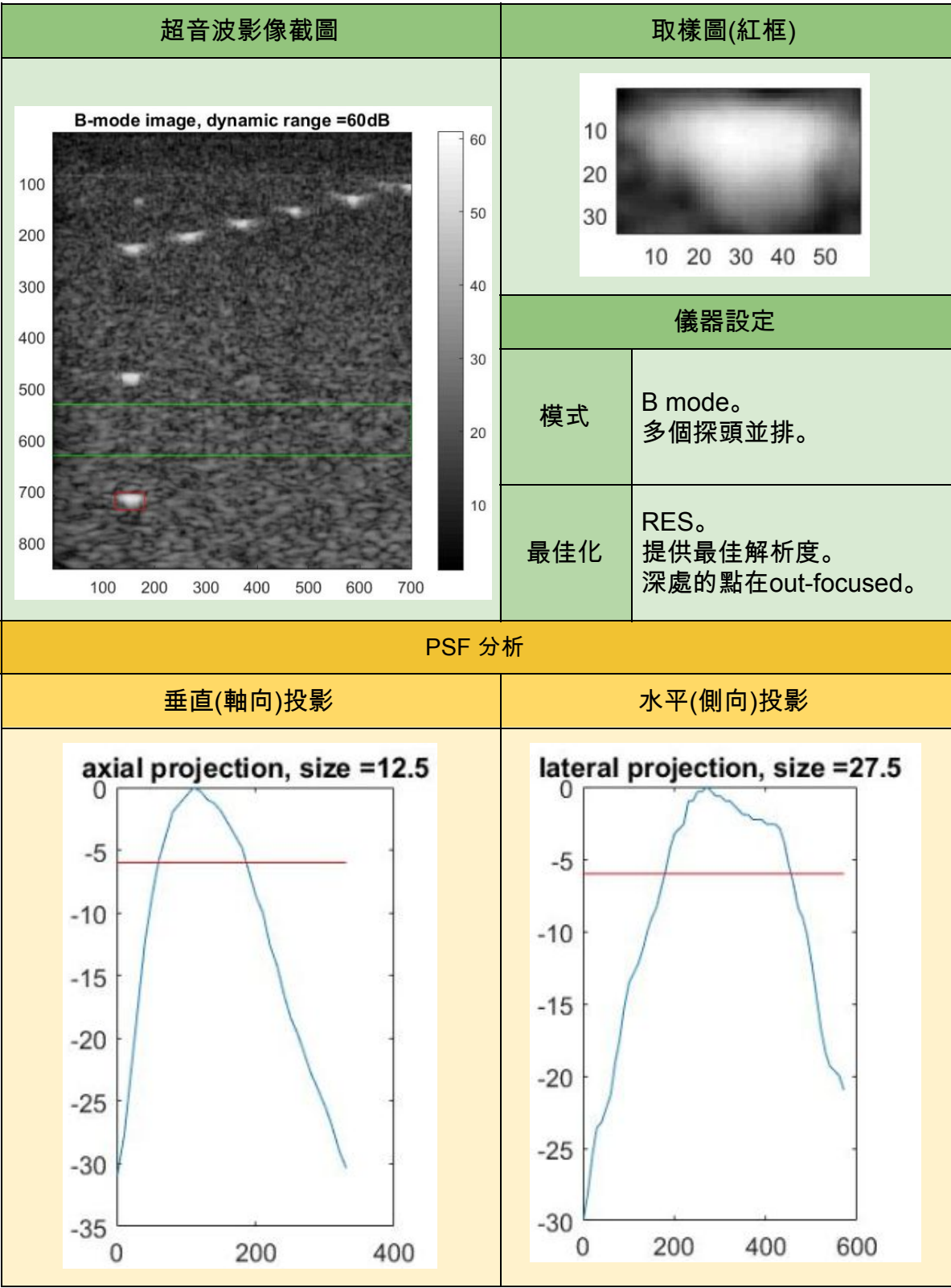
一、Point Spread Function (PSF)

1. 實驗結果與 PSF 計算

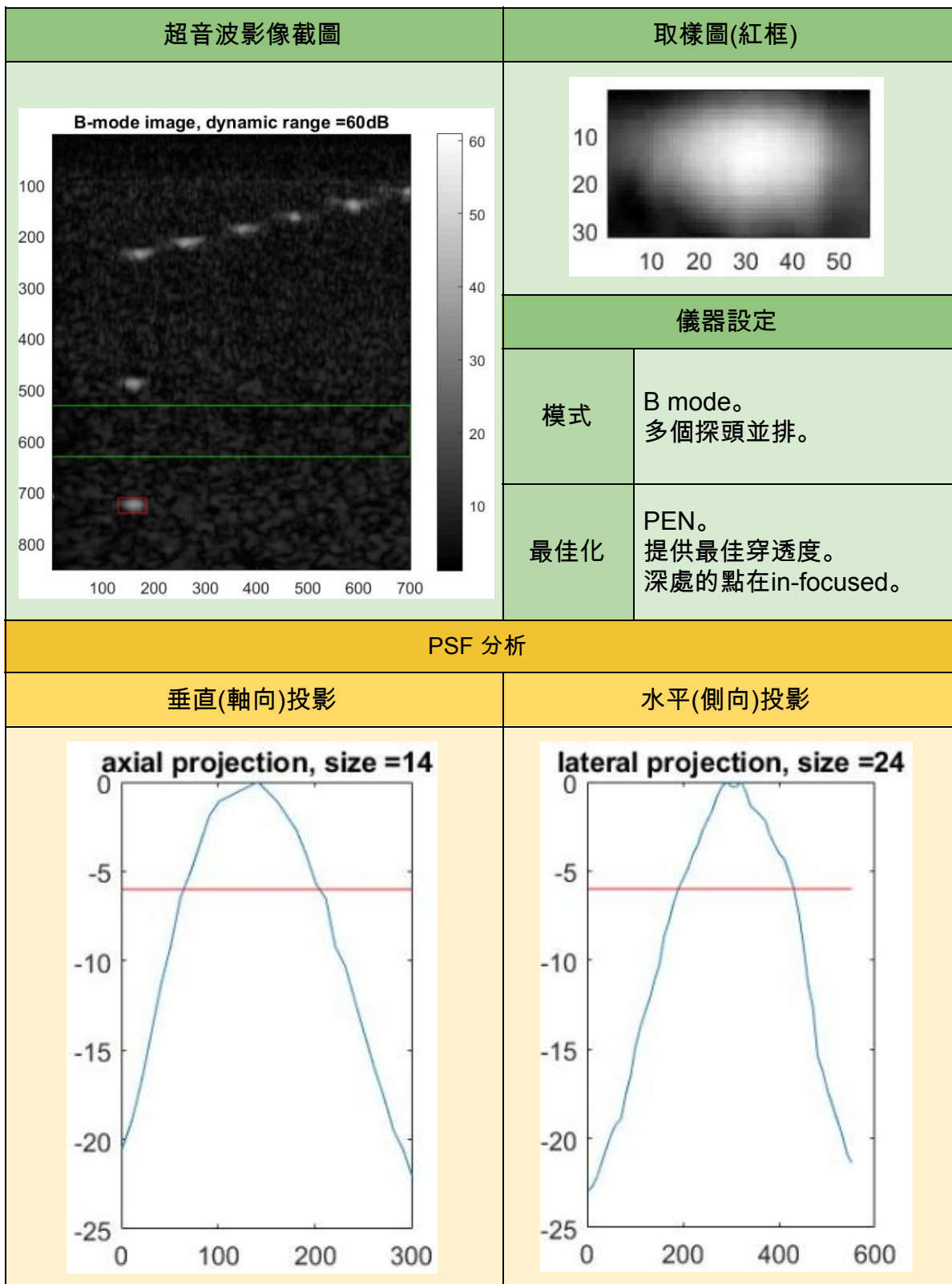
a. High gain, In-focused



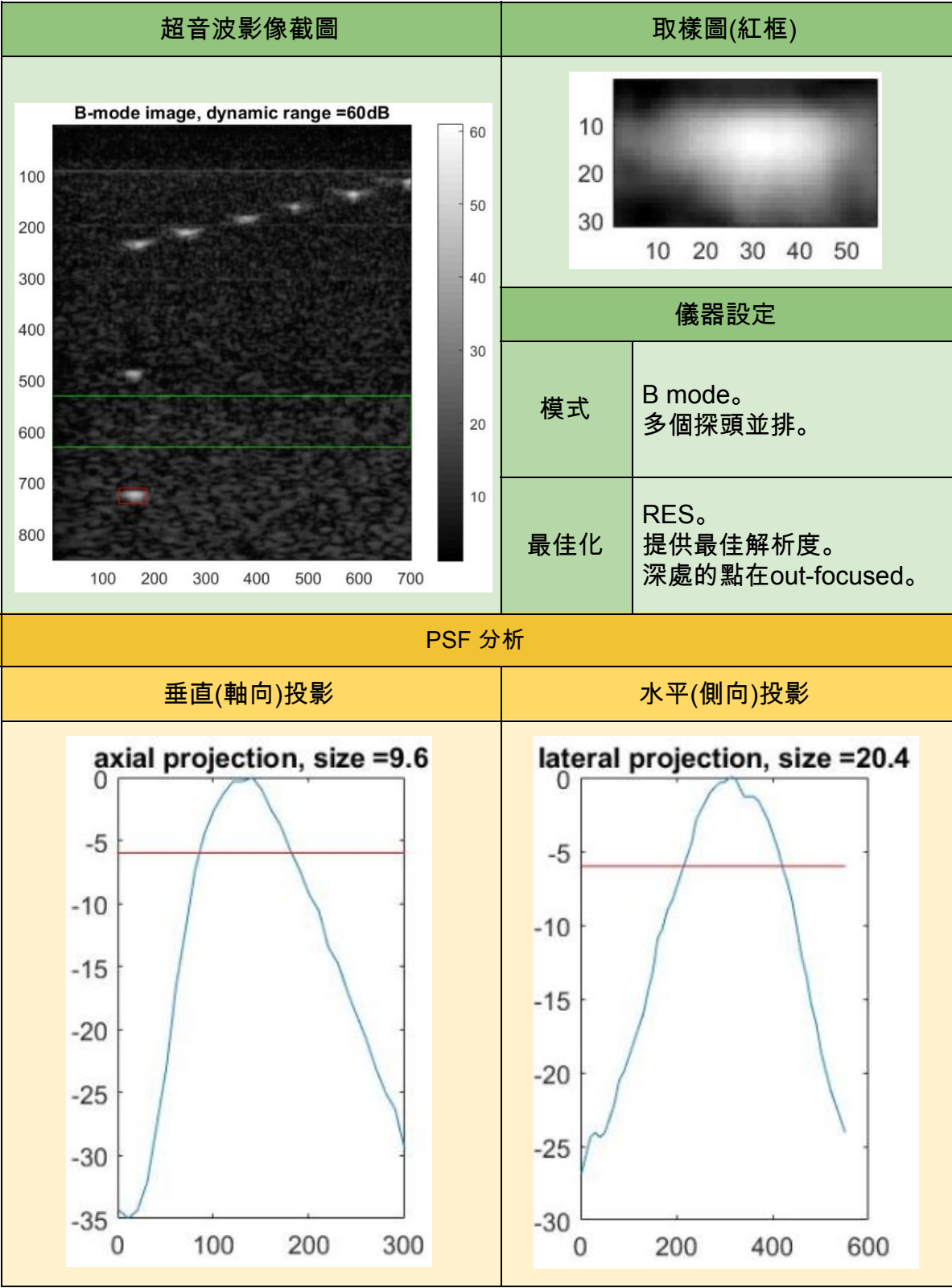
b. High gain, Out-focused



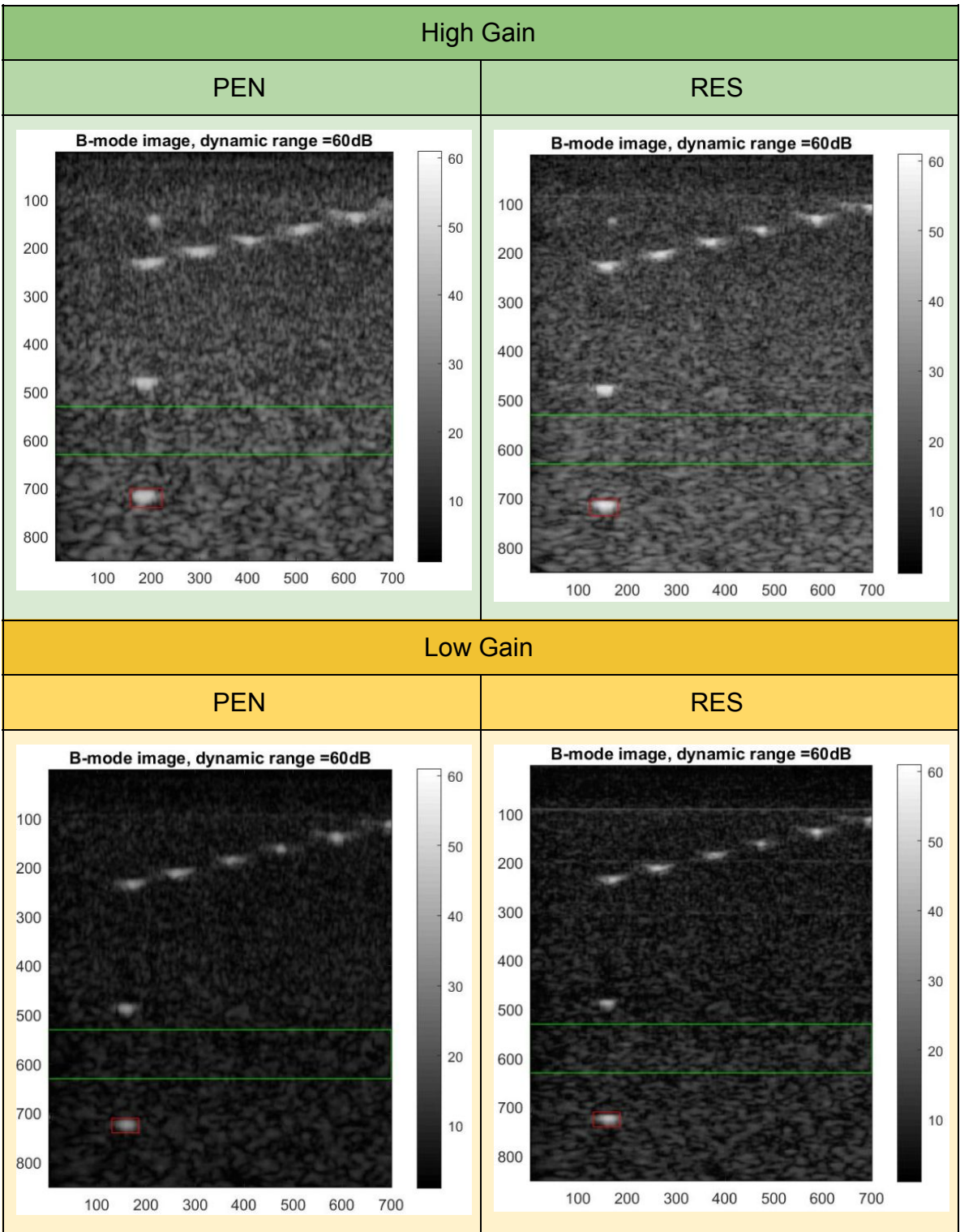
c. Low gain, In-focused



d. Low gain, Out-focused



2. 比較與討論



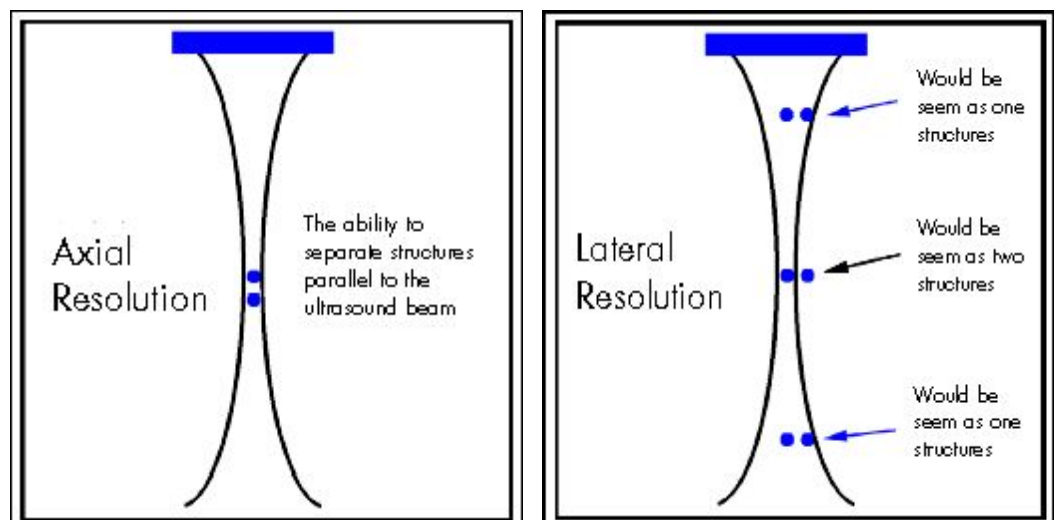
Mode	Gain	Focus Region	Lateral	Axial
res	low	In	13.2	7.9
		Out	20.4	9.6
	high	In	24.2	12.3
		Out	27.5	12.5
pen	low	In	24	14
		Out	22.1	12.2
	high	In	38.1	20.7
		Out	42.8	16.8

a. Lateral vs Axial

i. Lateral

在水平狀態觀察6db內的PSF的size，發現不同region會有很大的差距，in-focused的pixel都較out-focused的pixel小，是因為超音波聚焦的關係使得點圖不會散開，也就會有較小的PSF size，而這就要分析側向解析度(lateral resolution)。

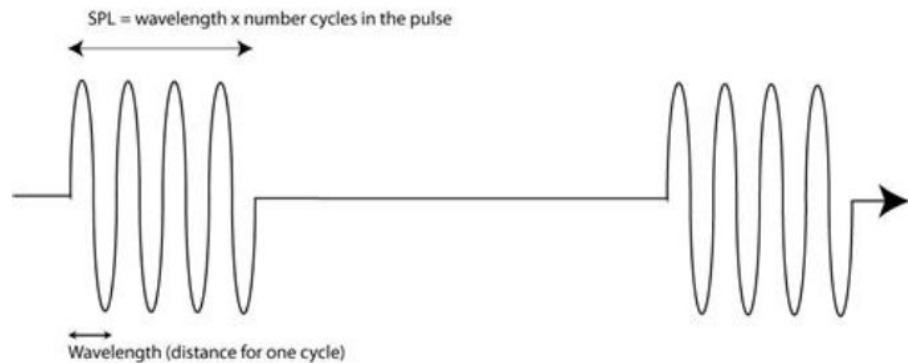
當調整探頭，幾何焦距於特定深度，該深度的側向解析度會較其他深度好。由於聚焦處能量較高，不會因為散射與衰減而造成超音波回傳時產生雜訊，因此會受模式(RES or PEN)及focus region影響。



ii. Axial

在垂直狀態觀察6db內的PSF的size，雖然out-focused的pixel還是都比較大，但是與in-focused相差不大，幾乎可以算是沒有差別，推測原因是因為軸向解析度(axial resolution)與spatial pulse length(SPL)有關。SPL就是一個脈衝超音波在空間中的總長度，當SPL越高，則軸向解析度越高，關係式為Axial Resolution = SPL/2，而SPL公式為：

$$\text{SPL} = \text{Number of Cycles} \times \text{Wavelength}$$



因此，若超音波的頻率以及每周期產生的波數固定，則不會軸向解析度就不會再更動，無論是解析模式或是深度都不會有影響。

iii. Conclusion

Lateral resolution很容易受其他因素影響，Axial resolution幾乎一致。

b. High Gain vs Low Gain

i. High Gain

從圖中可以發現大部分Gain如果較大則具有較大的pixel size，推測是因為high gain會使得能量更集中於點附近，造成要找降低6db的寬度會較寬，而且在Lateral比Axial更為明顯，推測是因為超音波傳遞方向振幅變大，影響lateral方向，而axial方向影響就較小。

ii. Low Gain

從圖中發現Gain較小也會有較小pixel size，這是因為波的diffraction及scattering，gain較小能量不集中，觀察能量在pixel之間變化也較大。

iii. Conclusion

PSF size會隨Gain成正向關係，而且Lateral比Axial變化明顯。

c. In Focused vs Out Focused

i. In Focused

超音波聚焦的位置，能量集中與周圍差異較大，因此具有較小的PSF size，通常比Out Focused清楚，而且在Lateral會比Axial有明顯差異。

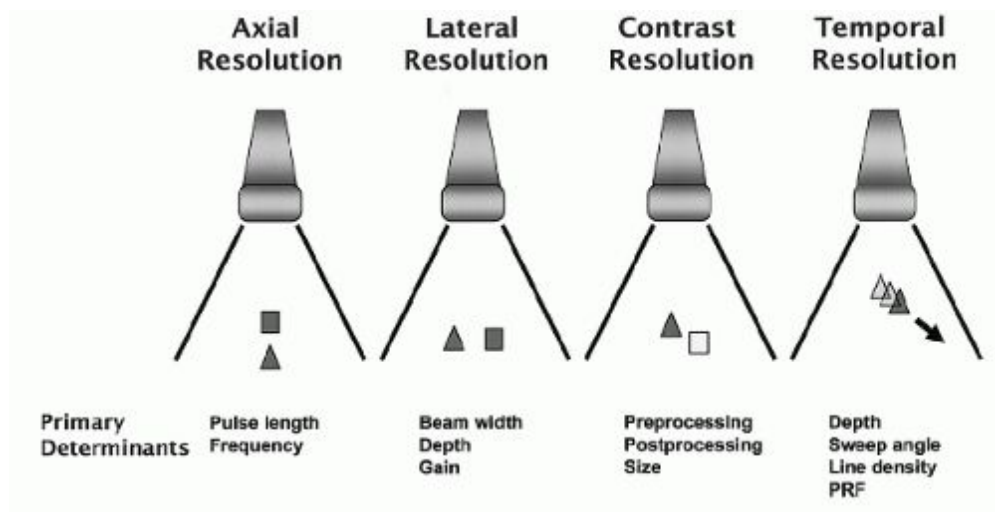
ii. Out Focused

超音波非聚焦的位置，能量分散與周圍差異不大，因此具有較大的PSF size，通常比In Focused模糊。

iii. Conclusion

超音波In Focused的PSF size比Out Focused清楚，而且Lateral比Axial變化明顯。

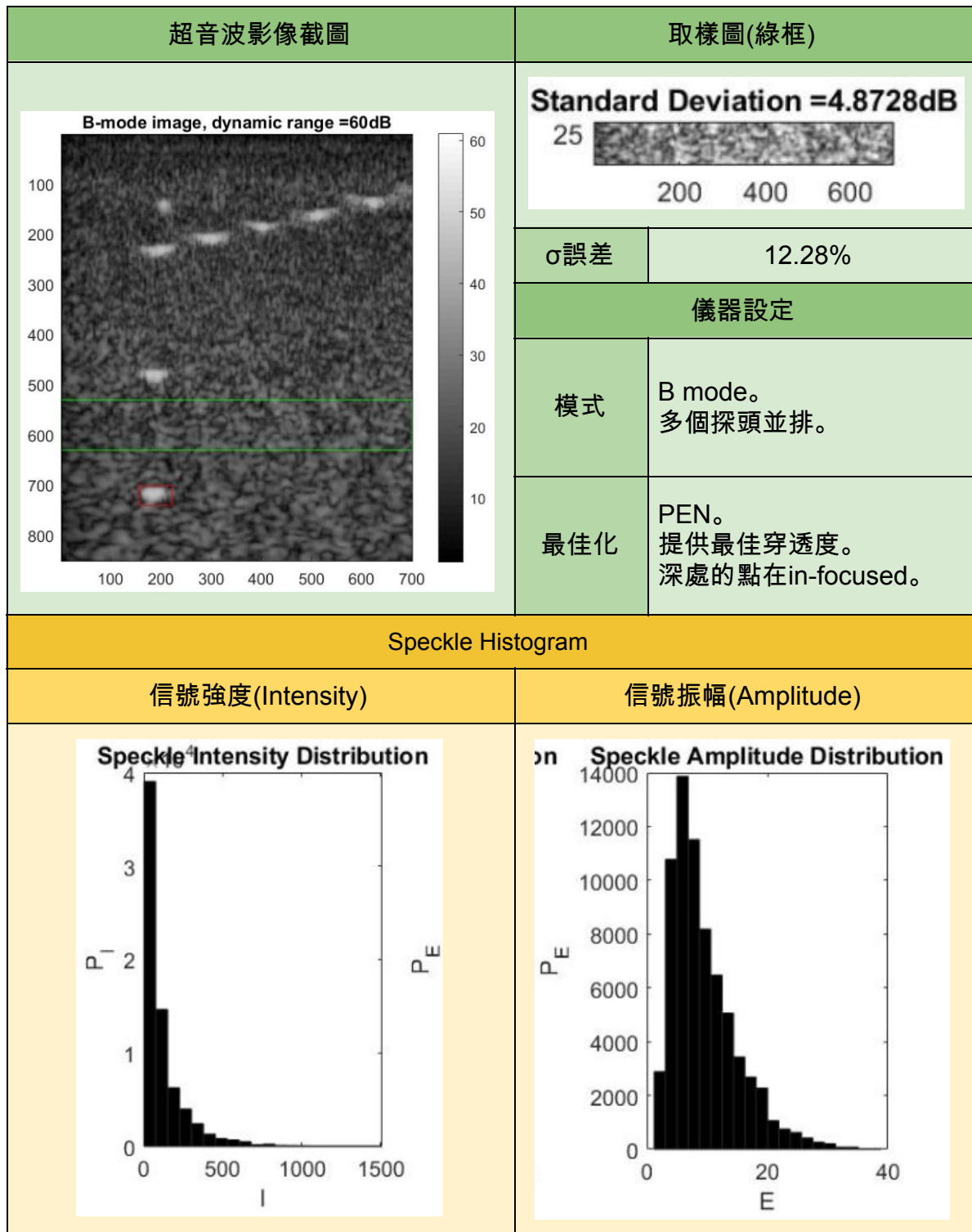
d. total affecting factor



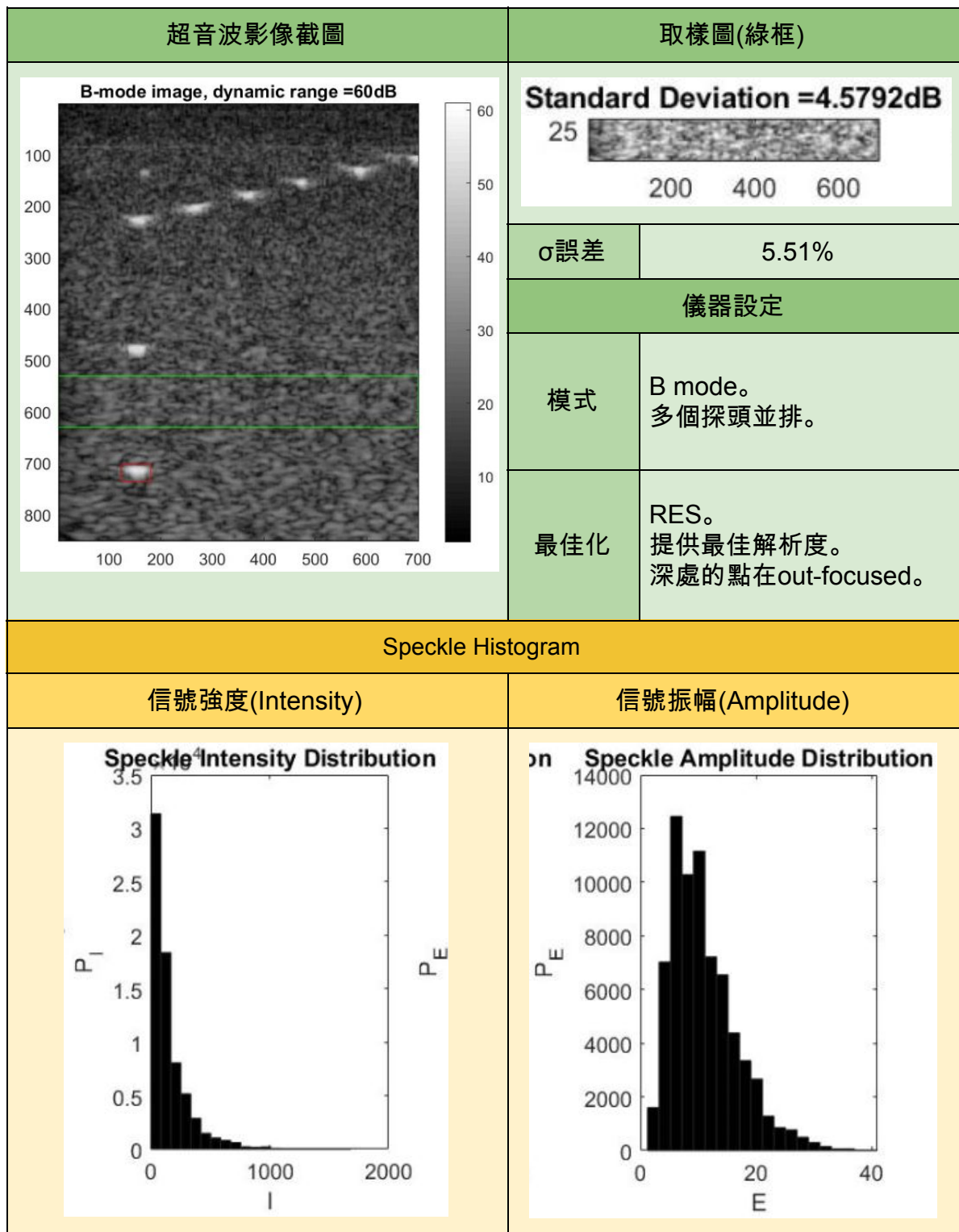
二、斑點雜訊 (Speckle Statistics)

1. 實驗結果

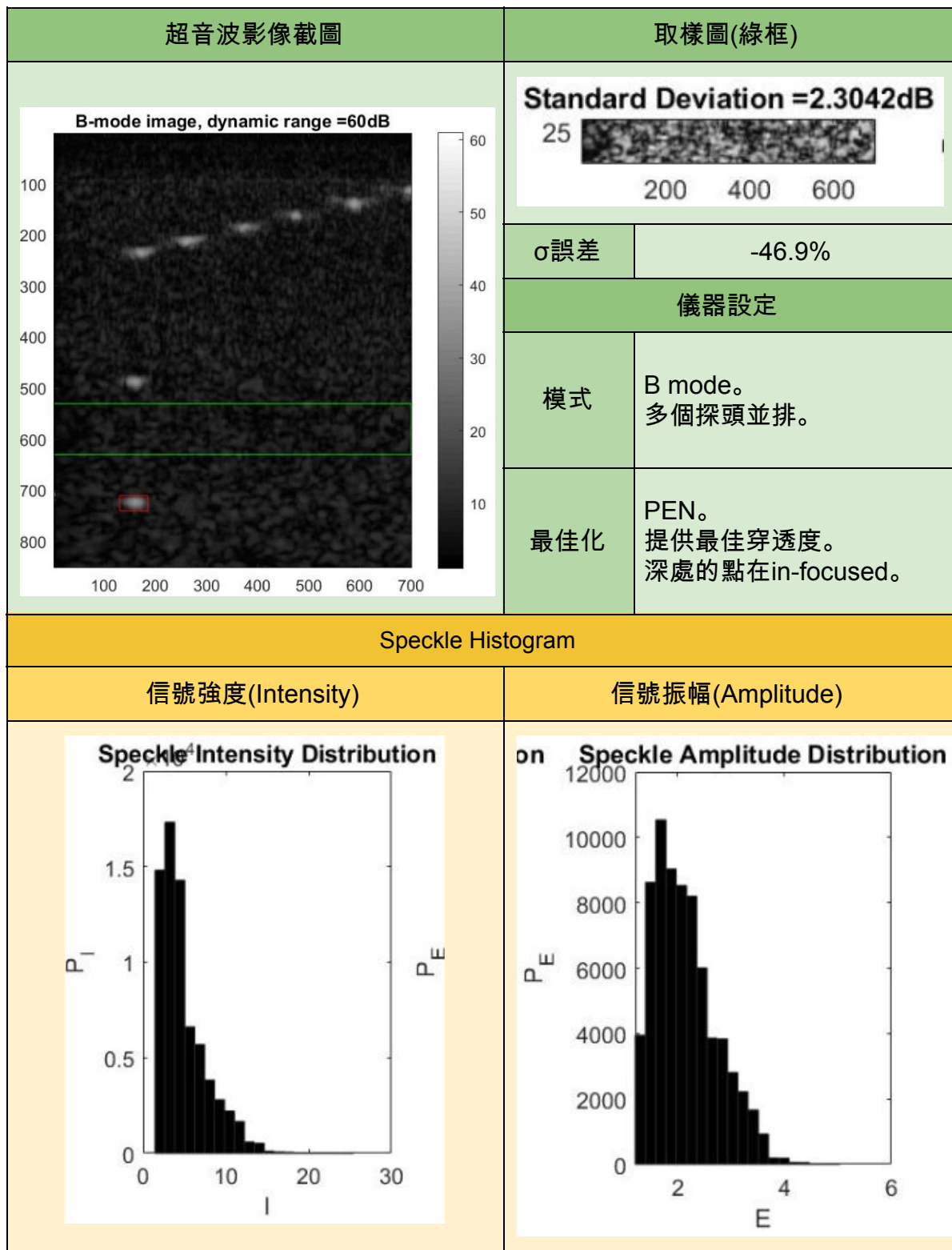
a. High gain, In-focused



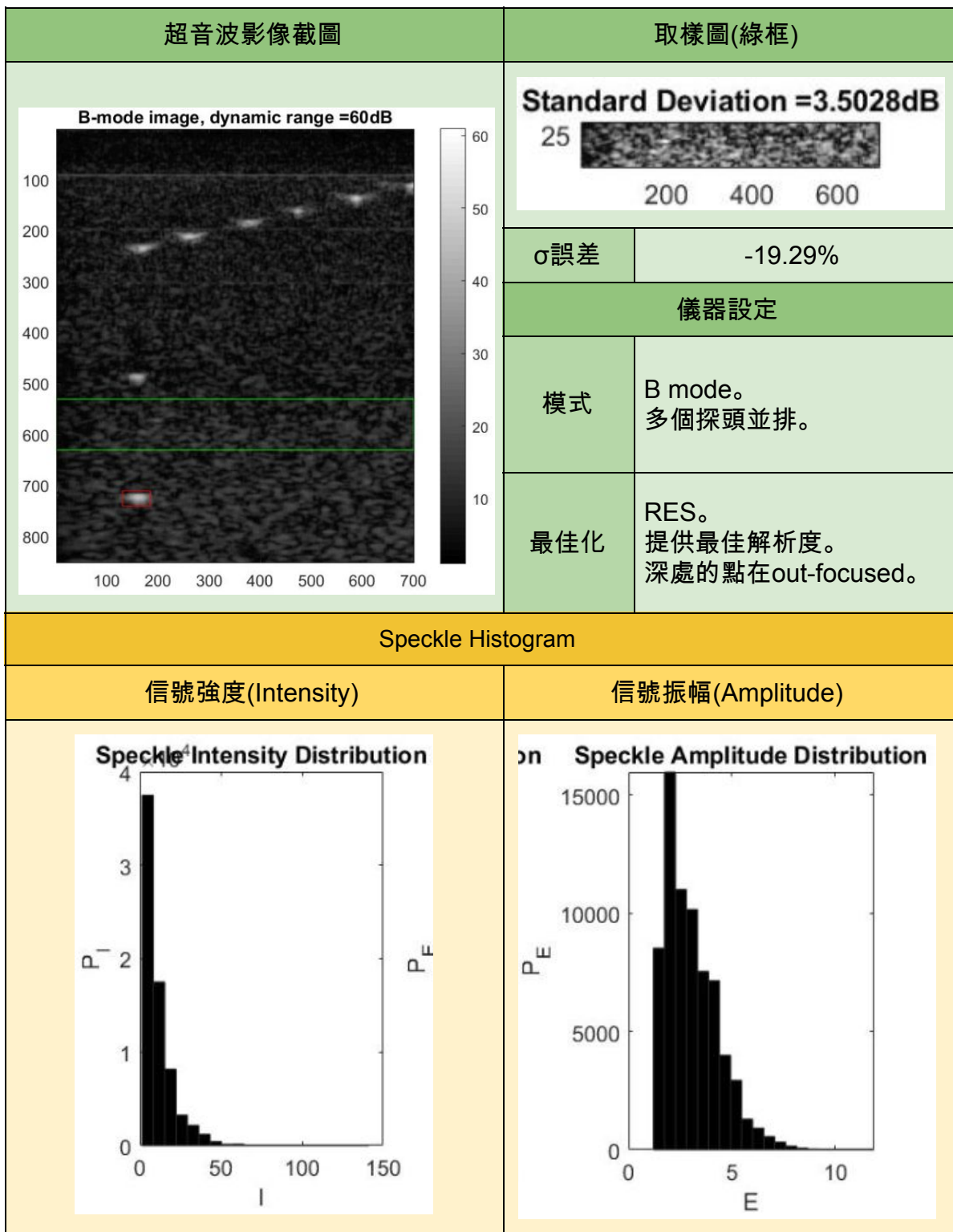
b. High gain, Out-focused



c. Low gain, In-focused

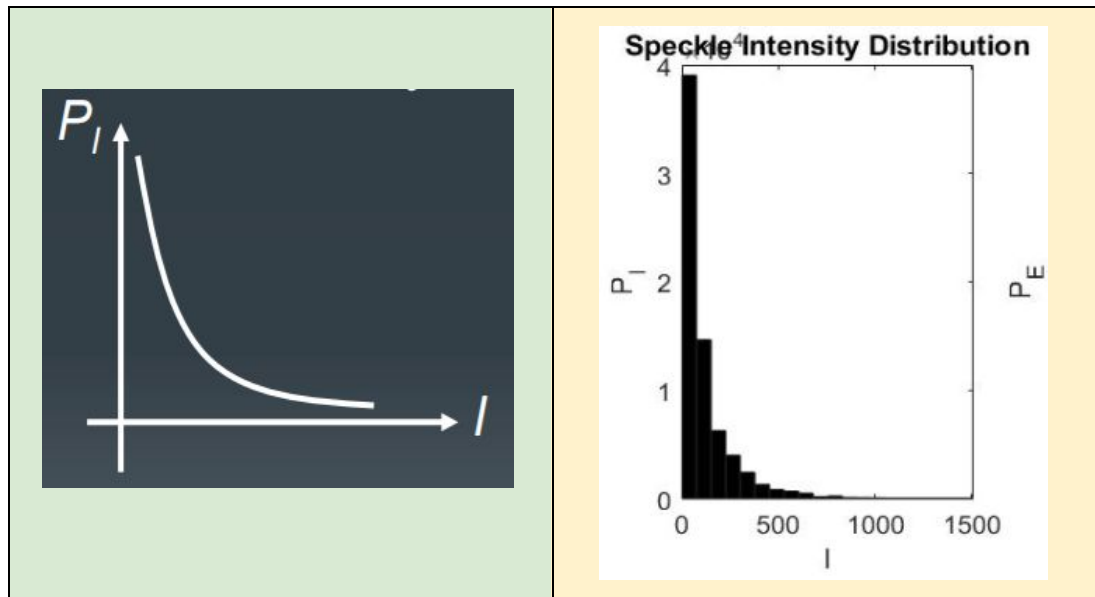


d. Low gain, Out-focused

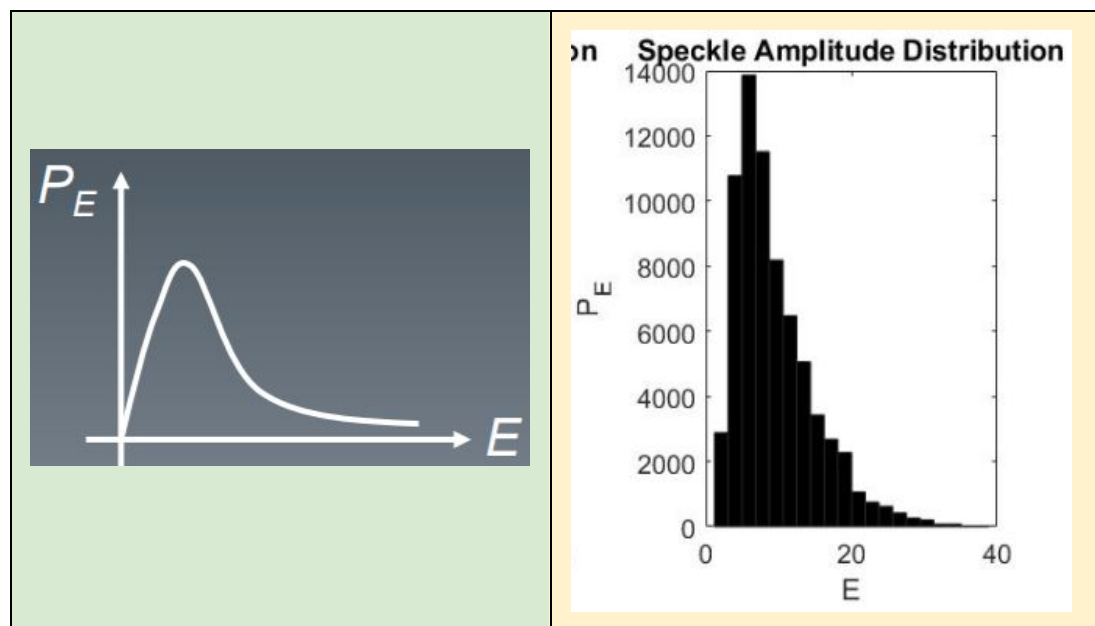


2. 比較與討論

- intensity and amplitude
 - Intensity, exponential distribution



- Amplitude, Rayleigh distribution



Mode	Gain	Focus Region	Standard Deviation (dB)	error(%)
res	low	In	2.8276	-34.86%
		Out	3.5028	-19.29%
	high	In	4.0423	6.86%
		Out	4.5792	5.51%
pen	low	In	2,3042	-46.91%
		Out	2.0706	-52.29%
	high	In	4,8728	12.28%
		Out	3.9228	-9.61%

a. High Gain vs Low Gain

我們在計算 speckle 的強度時，是先找出 speckle 的 histogram 之後計算其標準差，然而標準差值會因為整個樣本都乘以某個倍數 k ，則標準差也會變 k 倍。因此 high gain 理論上標準差會比 low gain 來的大，而從我們的實驗也可以發現這個現象。

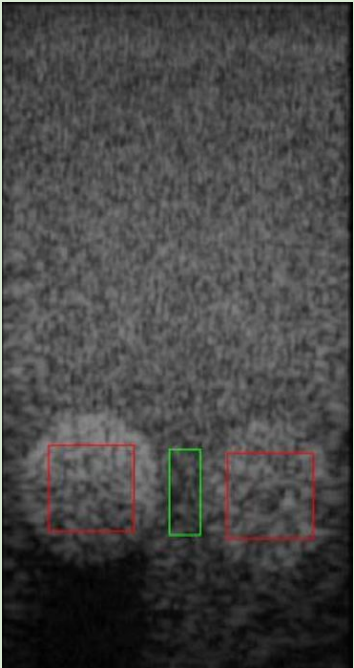
b. In Focused vs On Focused

分析之前先討論 In-focused 與 Out-focused 的差別，理論上 In-focused 時，解析度高，能辨別出不同點的 PSF size 較小，點跟點的能量差異較大，因此可以清楚的分辨點與點之間的明暗程度，反之 Out-focused 則因為在相同的 size 下能辨別的點較少，所以點與點之間的明暗差別就不明顯。因此我們認為，In-focused 的狀態下，由於明暗分明，因此標準差就會比 Out-focused 大。從實驗數據上觀察，可以發現在 PEN mode 的時候 In-focused 的標準差都較大，但是在 res 的 mode 就沒有那麼明顯，推測是因為 PEN 為了最佳穿透度，聚焦會使得 FOCUS 點的明暗差異大且較能辨識清楚，會有大的標準差，而在 RES 會為了最佳解析度使得大部分 speckle 的差異較小，使得會有 Out-focused 比 In-focused 標準差大的現象。

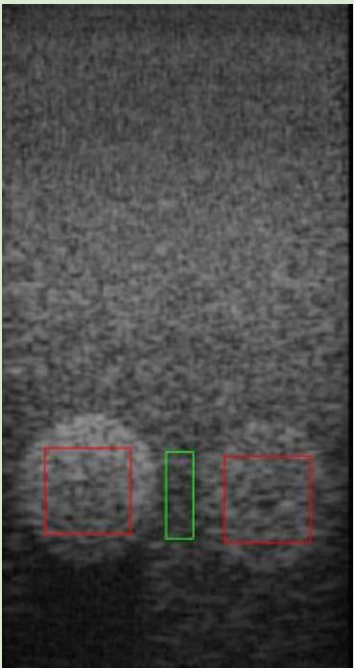
三、訊雜比 (Contrast-to-Noise Ratio, CNR)

1. 實驗結果

a. High gain, In-focused

超音波影像	儀器設定	
	模式	B mode。 多個探頭並排。
	最佳化	PEN。 提供最佳穿透度。 深處的點在in-focused。
	CNR_left	0.6358
	CNR_right	0.6093

b. High gain, Out-focused

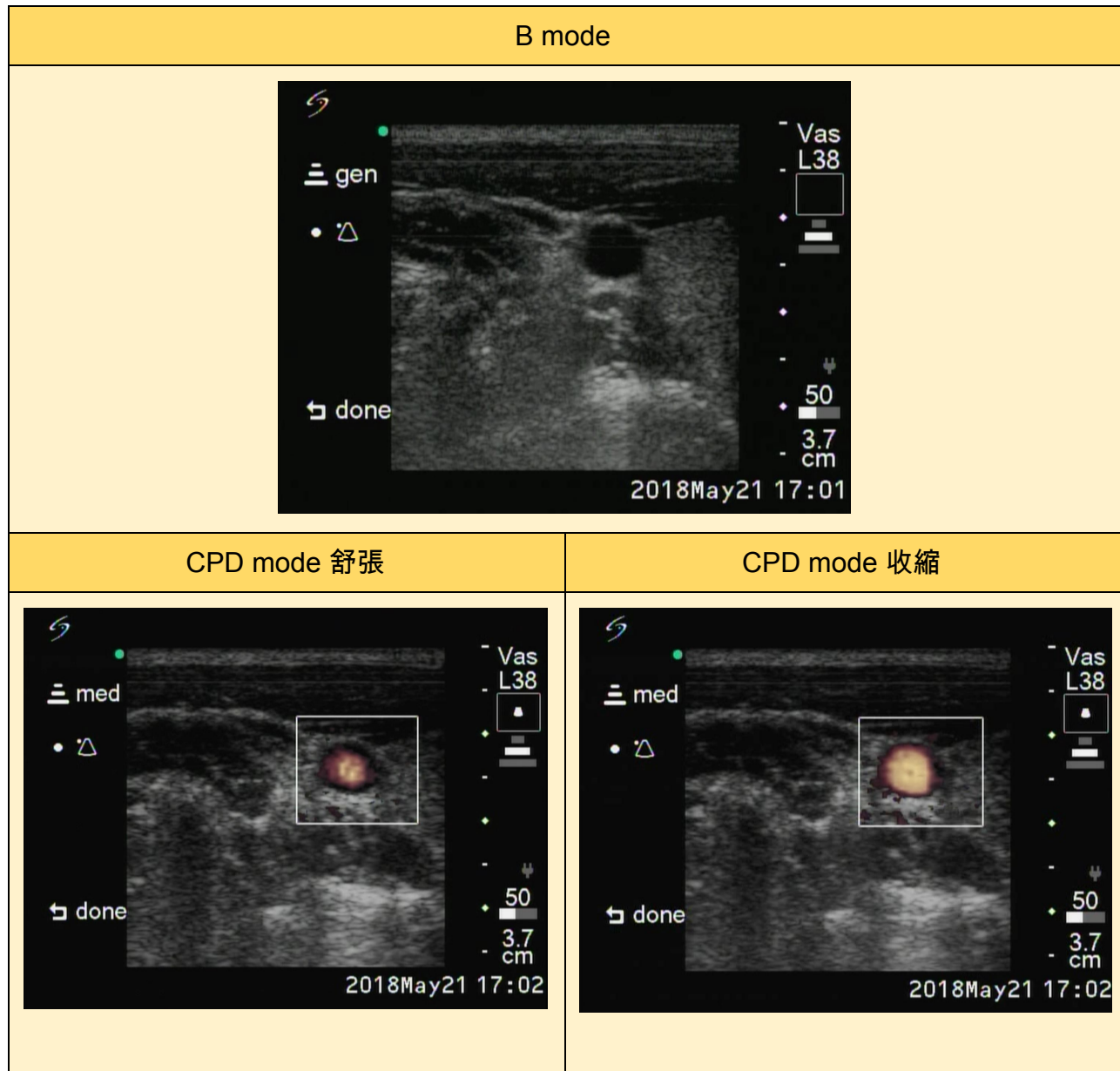
超音波影像	儀器設定	
	模式	B mode。 多個探頭並排。
	最佳化	RES。 提供最佳解析度。 深處的點在out-focused。
	CNR_left	0.6117
	CNR_right	0.5325

2. 比較與討論

我們使用 +15dB 和 +6dB 的兩個 Gray Scale Target Group 來進行本次實驗，並將 dB 值轉換為 Linear Value，而實驗所測量的 constant-to-noise ratio CNR 值定義為 $CNR = \left| \frac{I_{in} - I_{out}}{\sigma_{in} - \sigma_{out}} \right|$ ，其中， I 表示強度，也就是本身的 signal； σ 表示 target region 的標準差，也就是雜訊。若 CNR 越高，代表雜訊越低 ($\sigma_{in} - \sigma_{out}$ 越小)，或是訊號本身強度較背景要來得大 ($|I_{in} - I_{out}|$ 越大)，目標物愈能被清楚辨認。

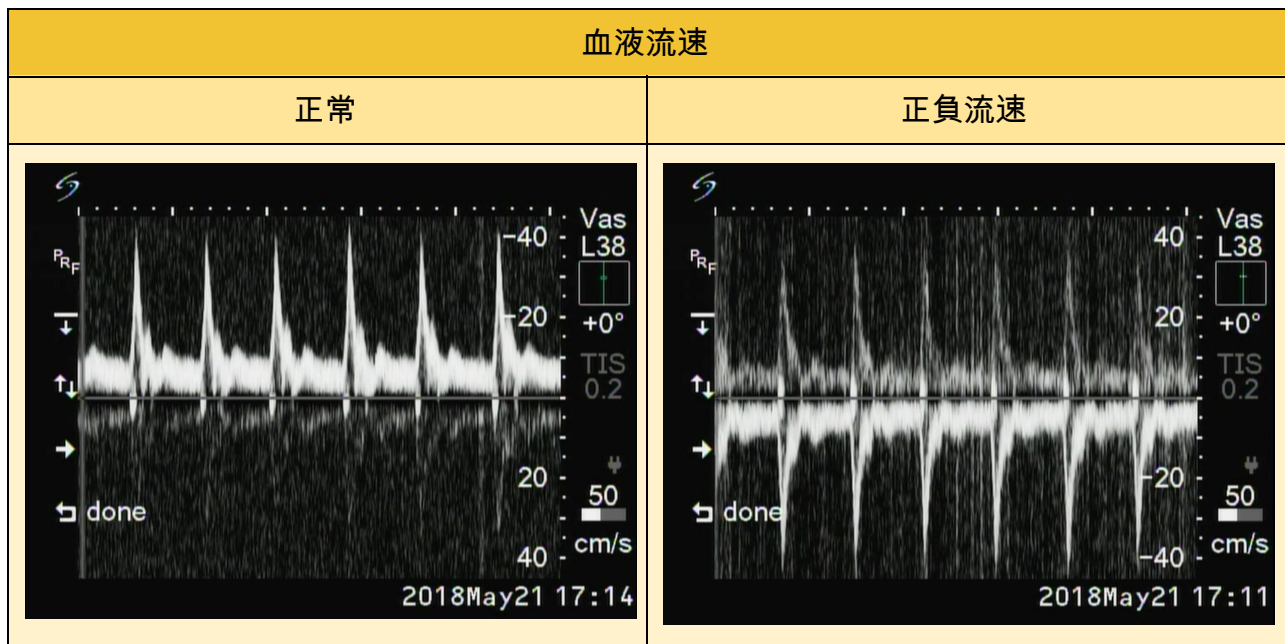
實驗結果的部分，我們可以觀察到，In-focused 的 CNR 值要比 Out-focused 的值還高，推測是因為 In-focused 的側向解析度比較好，因此更能從背景中分辨出物體的明亮程度、形狀與位置，但兩者的差異並不巨大。此外，在這兩種模式下，+15dB target (left) 的 CNR 值都比 +6dB target (right) 的 CNR 值還大，和我們預測的結果相符，也就是 CNR 愈高就愈能從背景中辨別出 target。

四、Carotid Color Doppler and PW Images



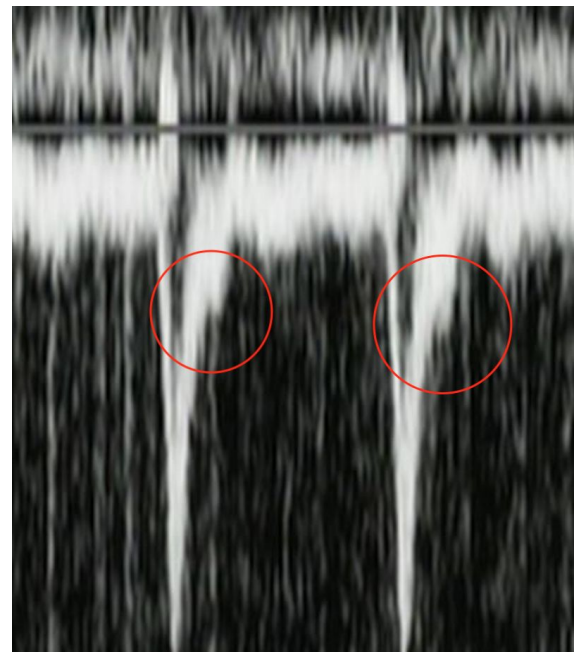
在測量頸動脈血管流速狀況時，由於彩色都卜勒效應的關係，靠近探頭這側的血液因流向探頭因此呈現紅色，而根據流速的不同，顏色會有深淺的差異。

由上圖我們可以看到流速是有波鋒的，也就是我們血管收縮的時候，流速會呈現最大值，彩色都卜勒會是鮮紅色，反之舒張的時候流速較慢，而呈現暗紅色。



我們在多次測量時，發現有時候是只有正值的流速，有時候卻是有正負，且並非是可以靠儀器所調整，因此我們猜測應該是和探頭有關。而根據都卜勒效應，靠近為正，遠離為負的原理來思考，發現應該是我們探頭擺放的位置和血管的分布不是平行的關係，因此造成探頭有時候接收到都只有靠近的血液流速，有時卻是有靠近也有遠離的血液流速，這樣才會造成一個大小相等方向相反的波形。

再者，圖中可以看出頸動脈血液流速一個有趣的點，在打出最高速的流速之後，本應隨著收縮減弱，舒張增加，而逐漸降低的流速卻有一個小小的反彈。而這是在舒張早期時，由於心室血壓較動脈低，因此造成動脈血液回流，而此回流造成主動脈瓣很快地關閉。而這些回流的血液受到關閉的主動脈瓣阻擋的影響，形成一個回波，稱為重搏波，若是主動脈瓣關閉不全，此波則會變得較不明顯。反彈前的波谷稱為重搏切跡。



五、補充資料：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/多普勒效应>

<https://zh.wikipedia.org/wiki/医学超声检查>

http://big5.wiki8.com/jingdongmaibodongtu_124379/

<https://sites.google.com/site/usphysicsefolio/axial-lateral-resolution>

