



# 基於源感知(EEG)的 體療環境和介質溫控



演講人：李家綦

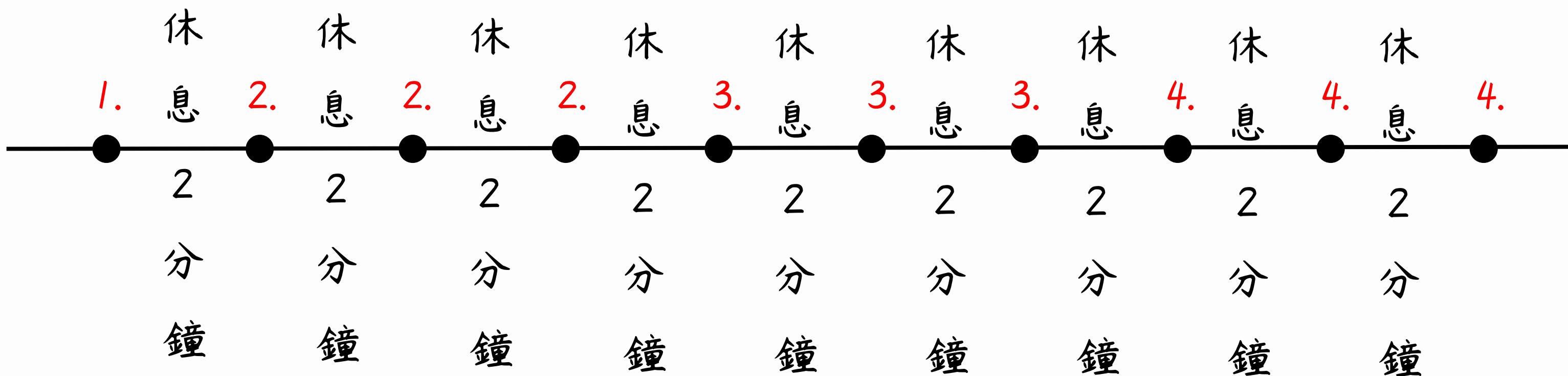
# 實驗步驟

- 前導實驗
  - 判定三種狀態之alpha&gamma  
能量倍率

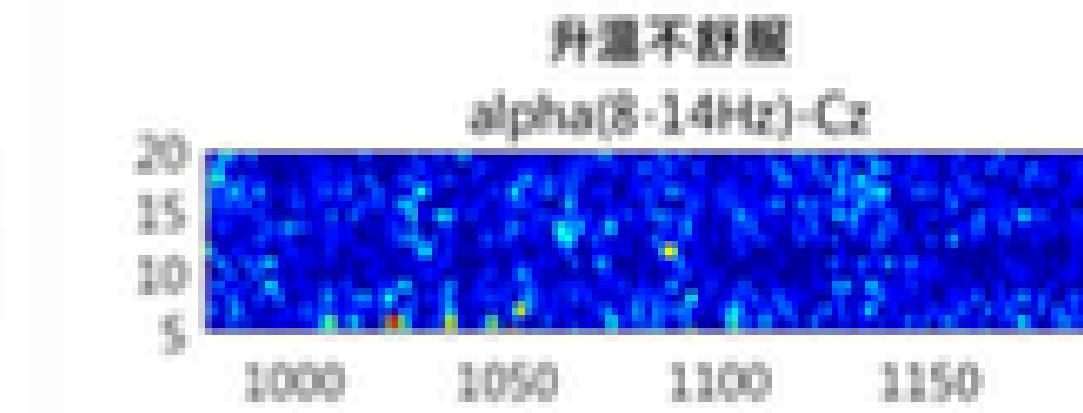
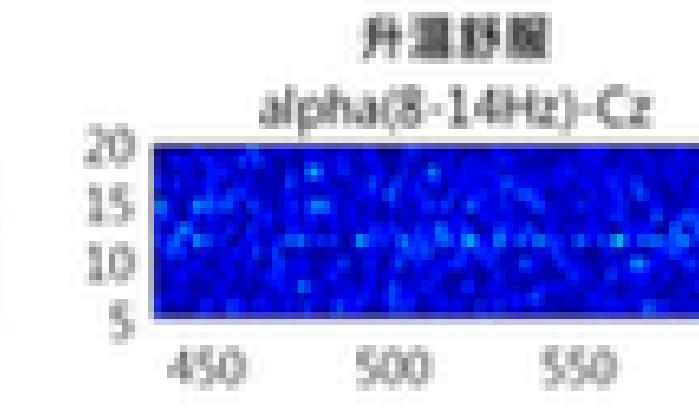
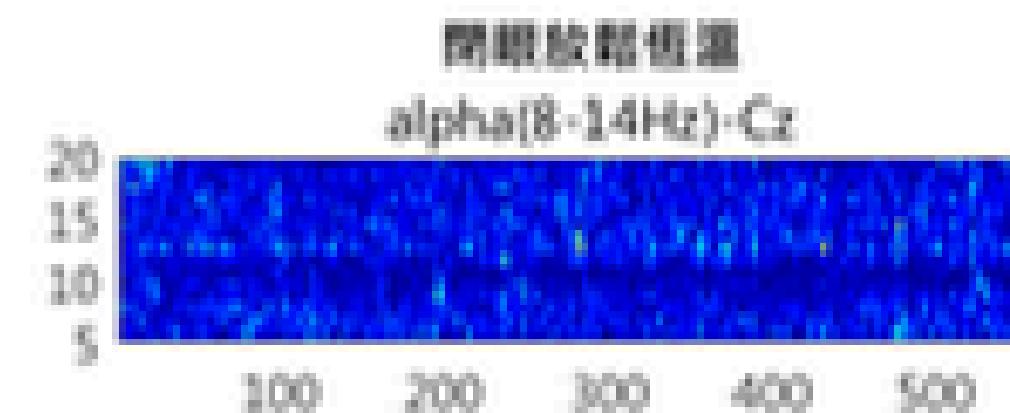
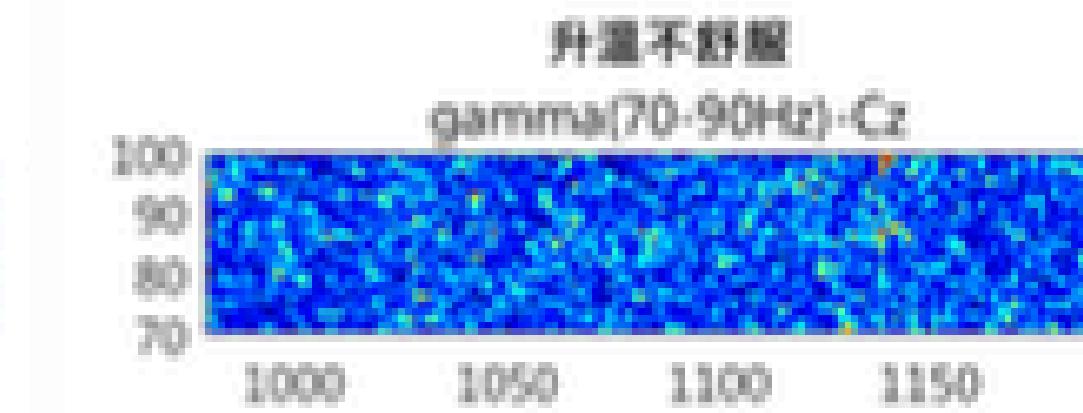
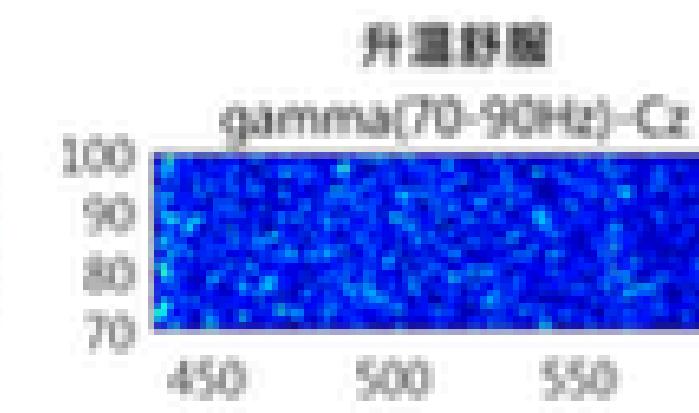
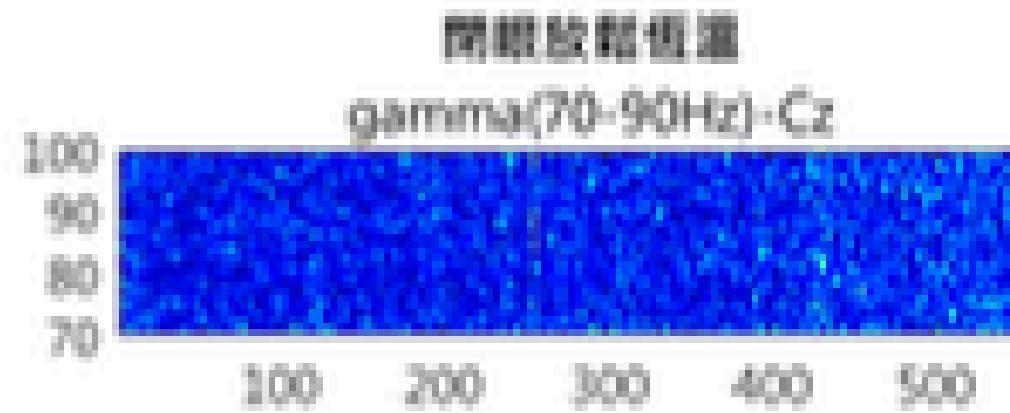


# 前導實驗

1. baseline: 閉上眼睛 & 腦袋放空
2. 恒溫：閉上眼睛感受石墨烯加熱墊的溫度
3. 升溫舒服：閉上眼睛感受加入冷水後的杯子溫度；再加入熱水
4. 升溫不舒服：閉上眼睛感受加入溫水後的杯子溫度；再加入熱水



# 判定三種狀態之alpha&gamma能量倍率



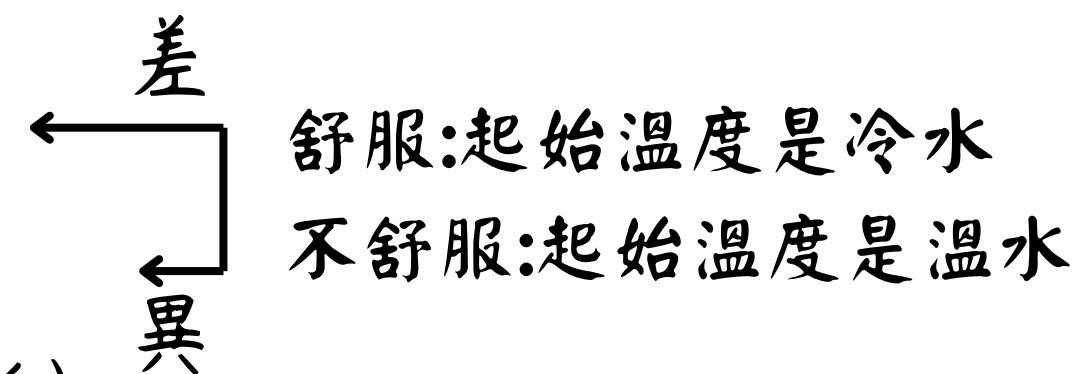


# 前言

- 介紹
- 假設
- 實驗記錄

# 介紹

- 主要探討受試者感受恆溫、升溫舒服、升溫不舒服的感受對於alpha & gamma能量變化(感受時長固定:5分鐘)。
- 感受後的反應可能會全程都舒服或者到一定程度不舒服或者習慣後轉成舒服，反映在alpha&gamma能量波段上。
- 根據文獻透露alpha頻段變化是指舒服狀態;gamma頻段變化是指疼痛狀態
- 感受方法為：
  - 恆溫：石墨烯加熱墊
  - 升溫舒服：感受溫度變化(會加熱水)
  - 升溫不舒服：感受溫度變化(會加熱水)
- 三種狀態處理：
  1. 恒溫狀態：baseline 除以恒溫
  2. 升溫舒服狀態：baseline 除以升溫舒服
  3. 升溫不舒服狀態：baseline 除以升溫不舒服



baseline:放鬆狀態下&不用觸碰  
任何溫度變化

# 假設

- 升溫不舒服時受試者大多數主觀認為不舒服或(很)燙，因此我假設升溫不舒服狀態下gamma能量倍率是三個狀態下最高的
- 升溫舒服狀態開始時至結束受試者大多數主觀認為無感至舒服，與升溫不舒服狀態則是一開始就是舒服到不舒服，因此我假設升溫不舒服狀態的alpha能量倍率會比升溫舒服時高。
- 恆溫 & 升溫舒服狀態時受試者都認為舒服，因此我假設這兩個狀態下gamma能量倍率不會有明顯差異。

# 實驗記錄

測試者姓名 -

測試日期：

✓

Time	Condition	溫度	pain state
12:41	閉眼 19.85 124717		
12:55	閉眼恆溫 17.51 125338	42~45	comfortable
13:00	閉眼恆溫 17.43 130044	42~45	comfortable
13:07	閉眼恆溫 16.41 130706	42~45	comfortable
13:14	冷水+熱水 19.4 131358	25.2 → 35.2	no feeling → comfortable
13:21	冷水+熱水 19.45 132106	24.1 → 40.4	no feeling → comfortable
13:28	冷水+熱水 18.79 132826	25.5 → 37.5	no feeling → comfortable
13:35	溫水+熱水 18.07 133542	43.1 → 48.3	comfortable → 溫暖 → 不舒服 uncomfortable
13:42	溫水+熱水 18.24 134243	41.1 → 47.9	comfortable → 溫暖 → 不舒服 uncomfortable
13:50	溫水+熱水 18.73 133210	43.5 → 49.2	uncomfortable → 溫暖 → 不舒服 uncomfortable

創建能抽插



# 系統架構

- 系統架構

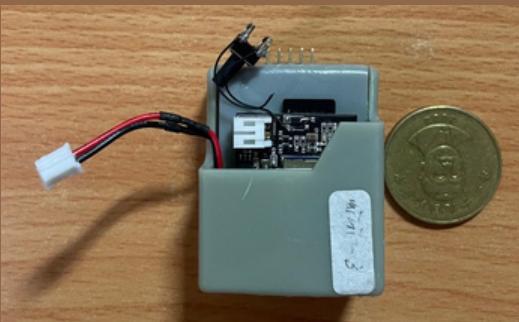
系統架構



EEG

nordic

大腦



收集腦波訊號回傳到pc後端

BLE

4.2

PC

回傳至pc後端

獲取訊號

將腦波訊號回傳  
至訓練完成的模型

(非)監督式學習

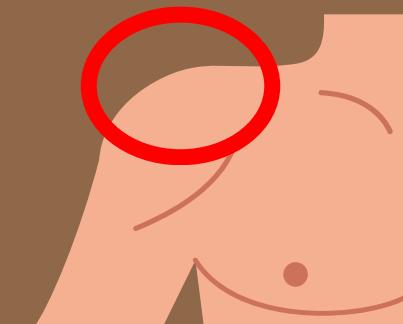
介質控制(溫控)



Arduino



照射肩膀



升溫時打開下方燈開關;  
降溫時打開上方燈開關

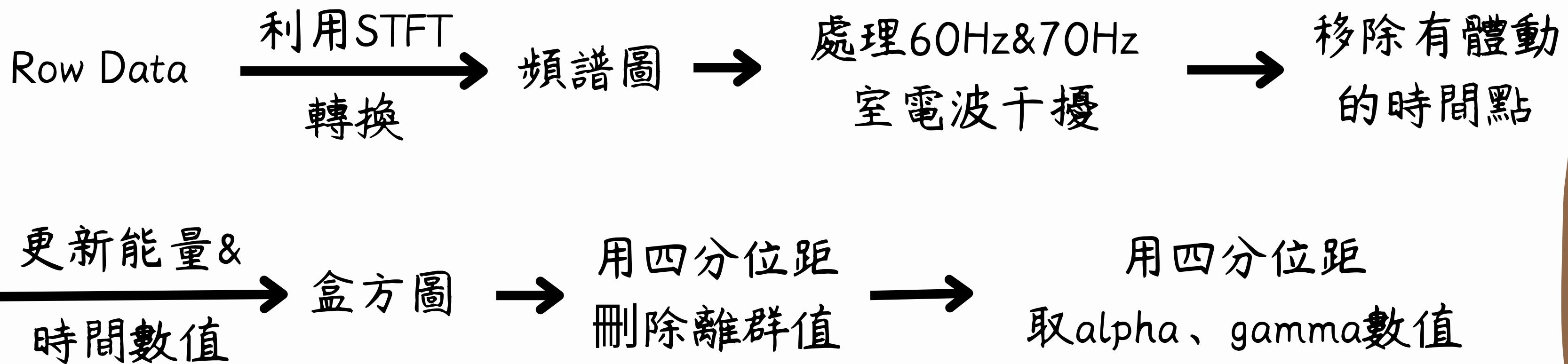


感受肩膀受到燈光照射

# 資料處理

- 將Row Data轉成可以分析的數據
- 三種狀態處理前後數據數量
- 移除有體動的時間點
- 四分位距刪除離群值

# 將Row Data轉成可以分析的數據

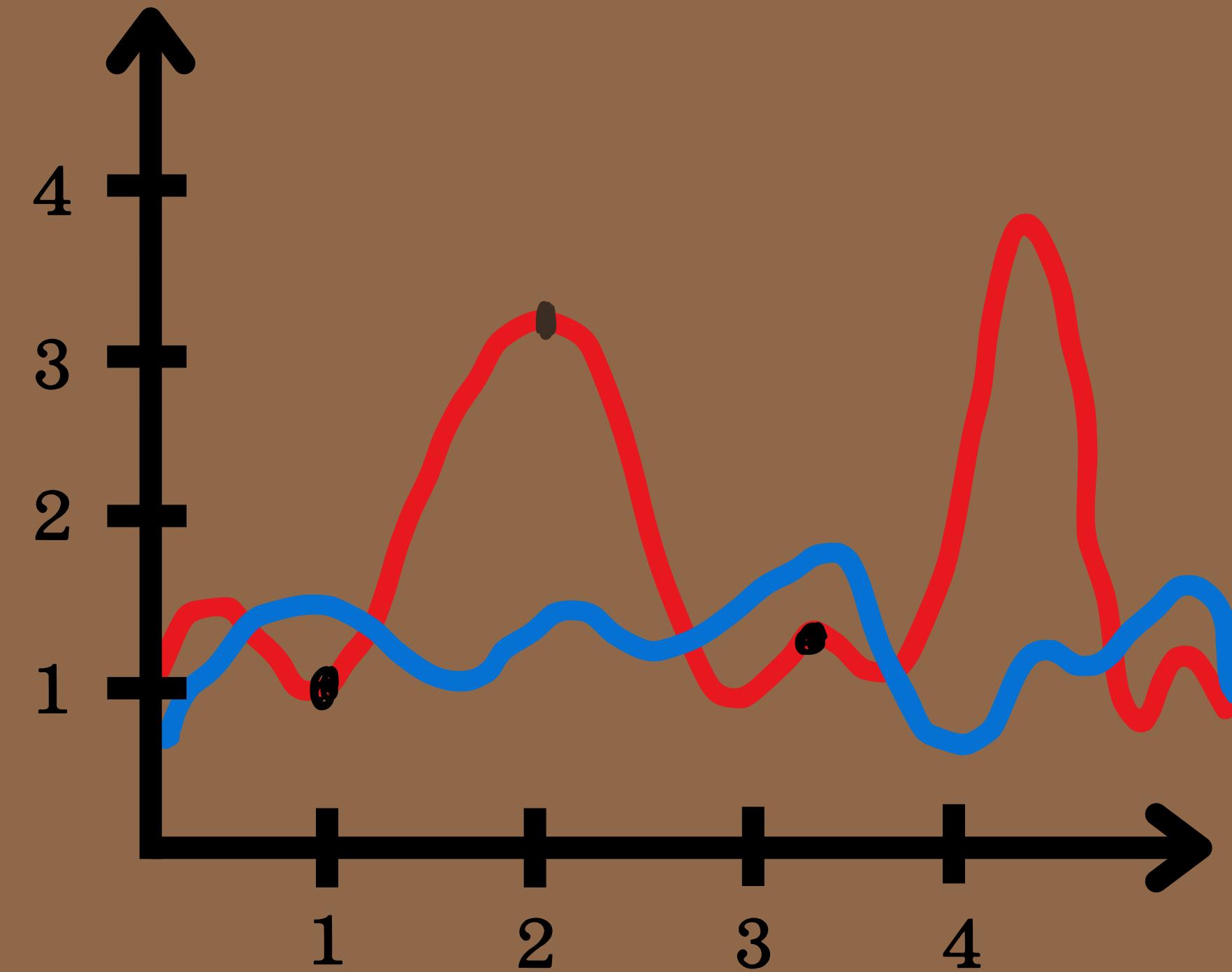
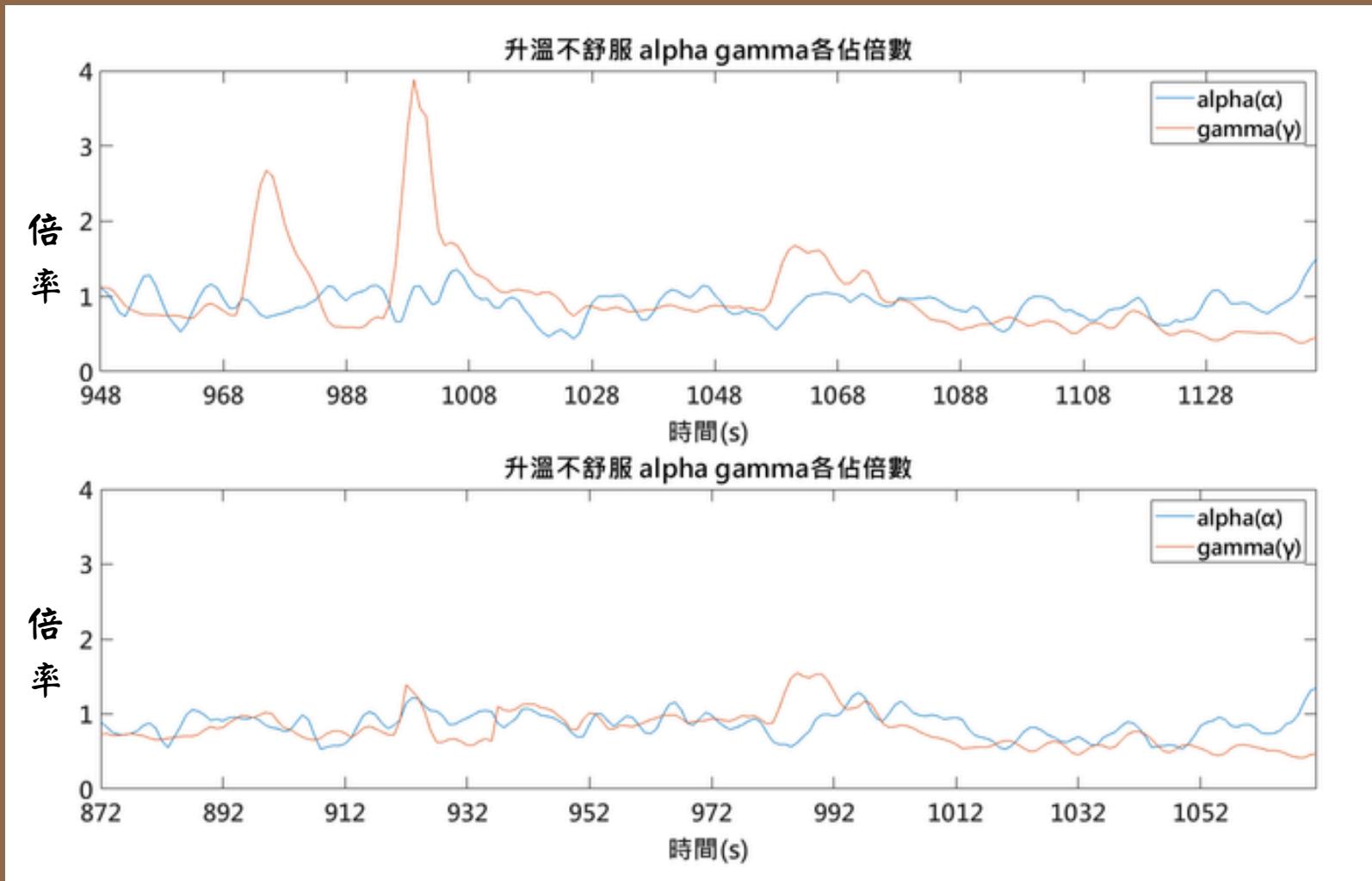


# 三種狀態處理前後數據數量

- 觀察三種狀態(恆溫、加溫舒服、加溫不舒服)之  
 $\text{alpha}(8\text{-}14\text{Hz}) \& \text{gamma}(71\text{-}90\text{Hz})$ 變化

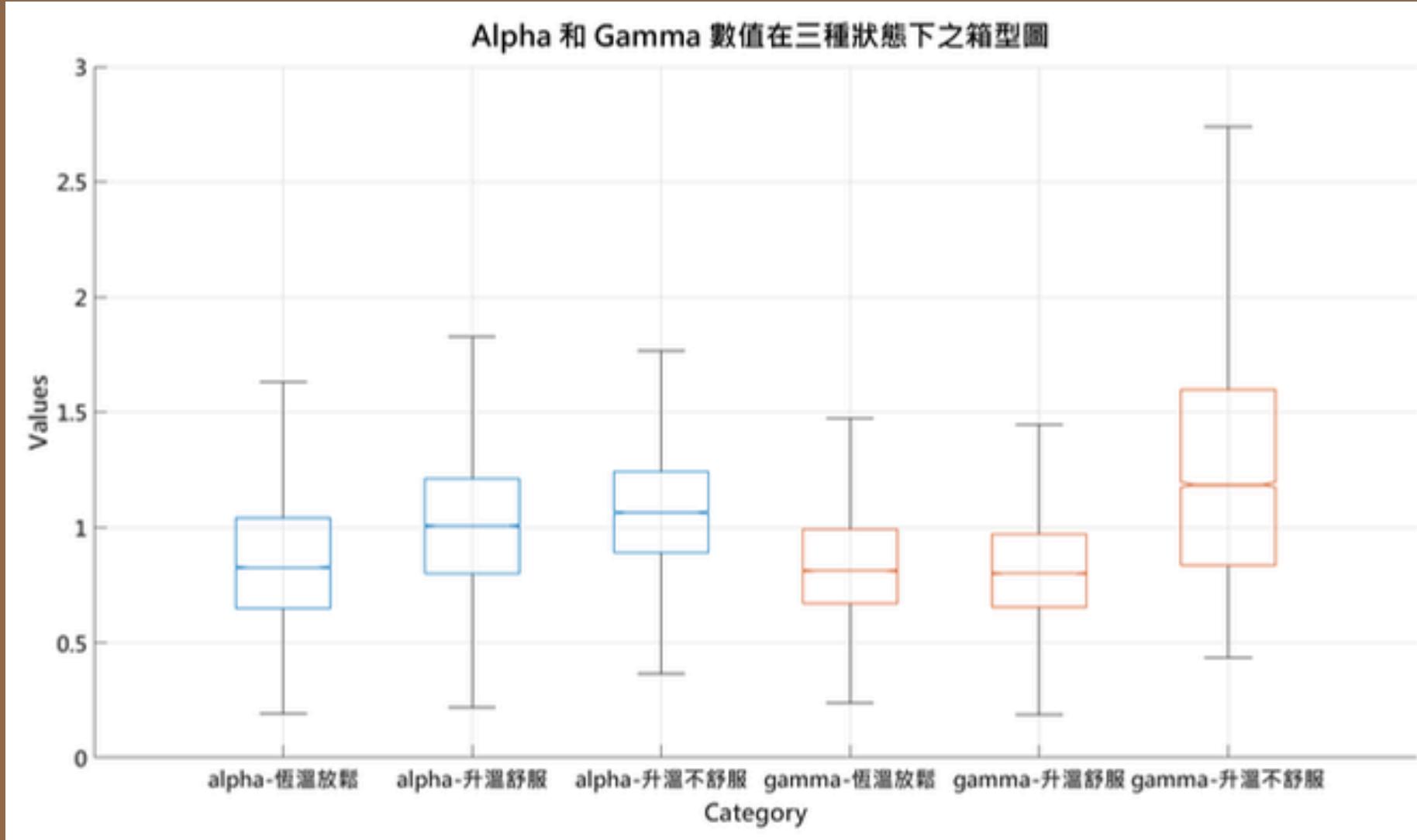
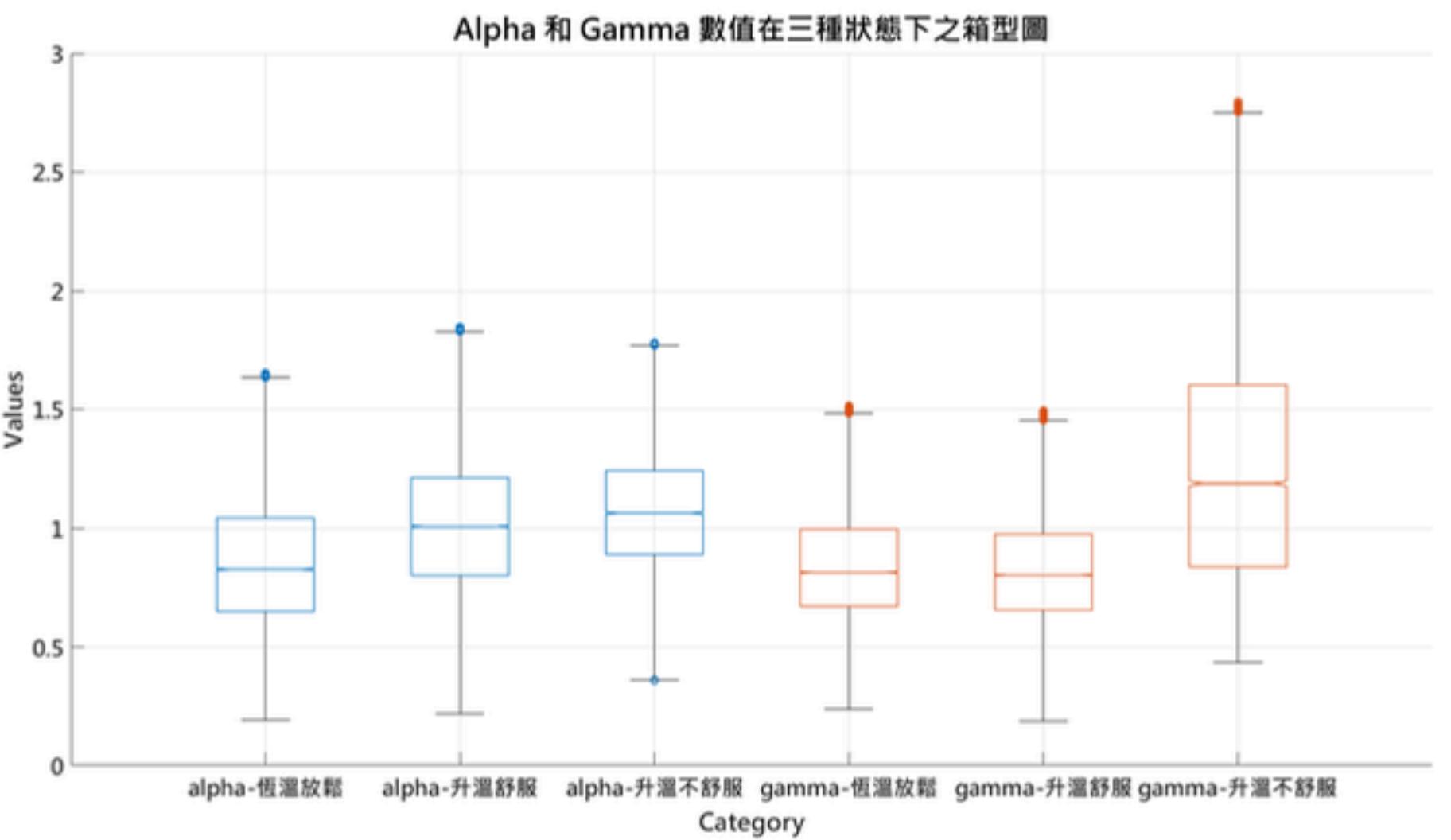
	原來數據	後來數據	alpha:取Q1到Q3 gamma: 恒溫&升溫舒服 取最小值到中位數 升溫不舒服 取中位數到最大值	
放鬆恆溫	163053	-20% 132427	-48%	68130 -58%
升溫舒服	195581	-10% 176489	-50%	87740 -55%
升溫不舒服	74503	-11% 66072	-55%	29808 -60%
三種狀態之和	433137	-13% 374988	-50%	185678 -57%

# 移除有體動的時間點



- 假設要判斷 2 這個時間點(alpha 或 gamma 波段)是否為體動，必須分別去觀察 2 與旁邊 1 & 3 時間點值的差(絕對值)是否大於1
- 是：刪除這個時間點的alpha & gamma 波段
- 否：留著繼續檢視下個時間點，直到倒數第二個時間點
- 最後刪除第1秒與最後一秒時間點，因為沒有檢視到

# 四分位距刪除離群值

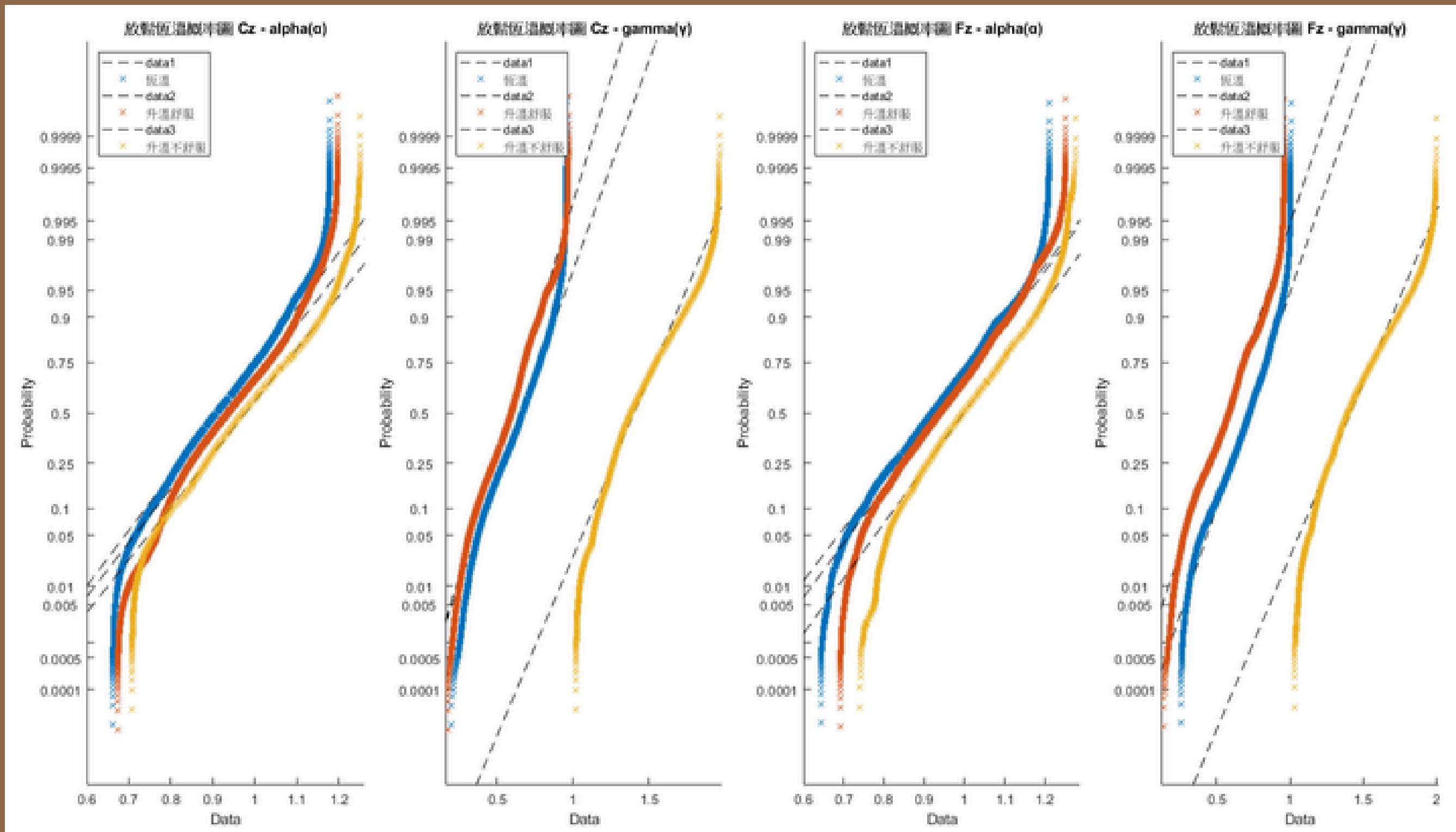


- 利用迴圈不斷更新資料直到沒有離群值
- 異常值: 小於最小值; 大於最大值

# 資料分析

- 概率圖
- 五位受試者各自散布圖
- 五位受試者之散布圖(Cz & Fz)
- 五位受試者數據之盒方圖
- 五位受試者數據之KMEANS

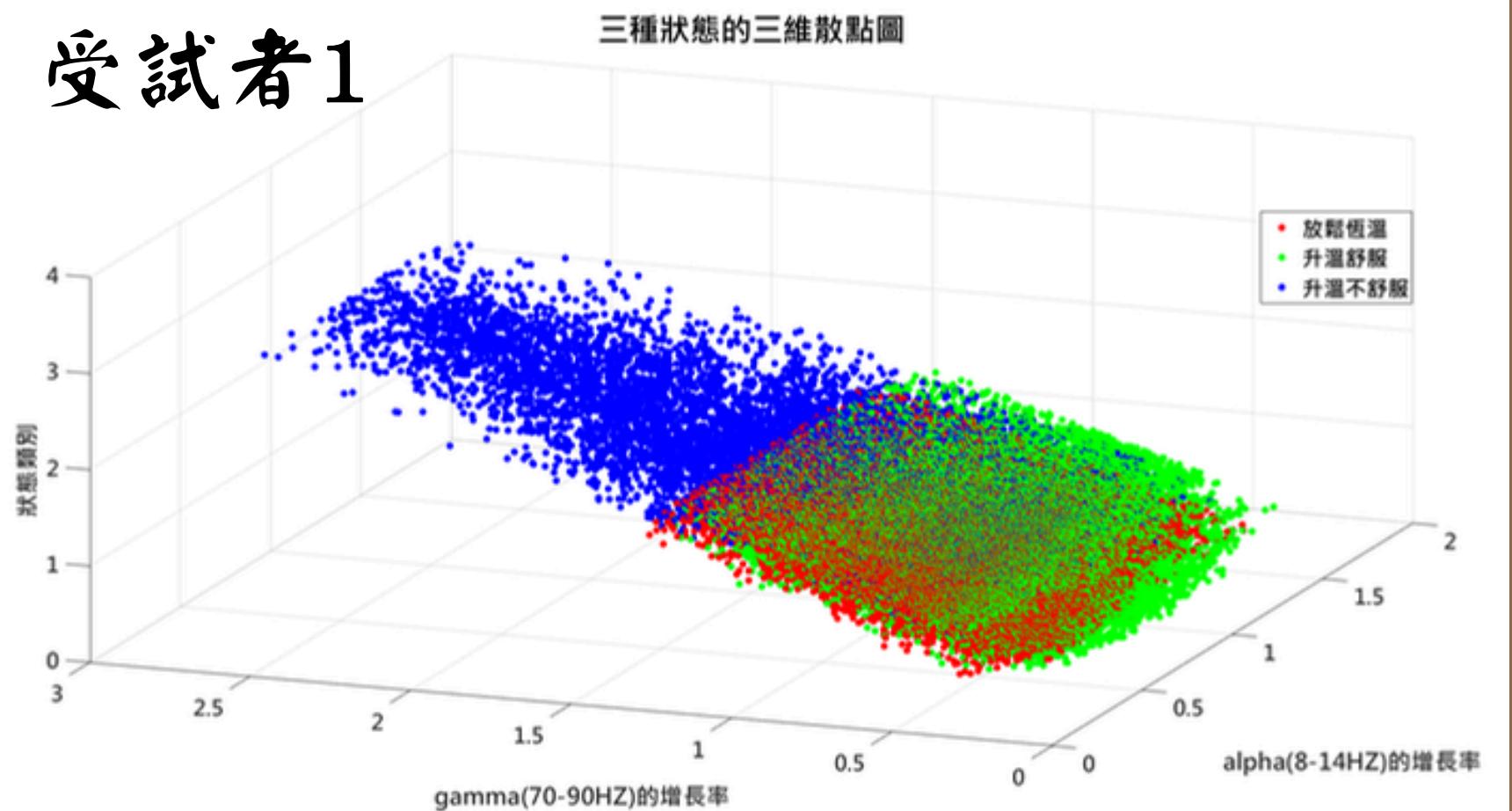
# 概率圖



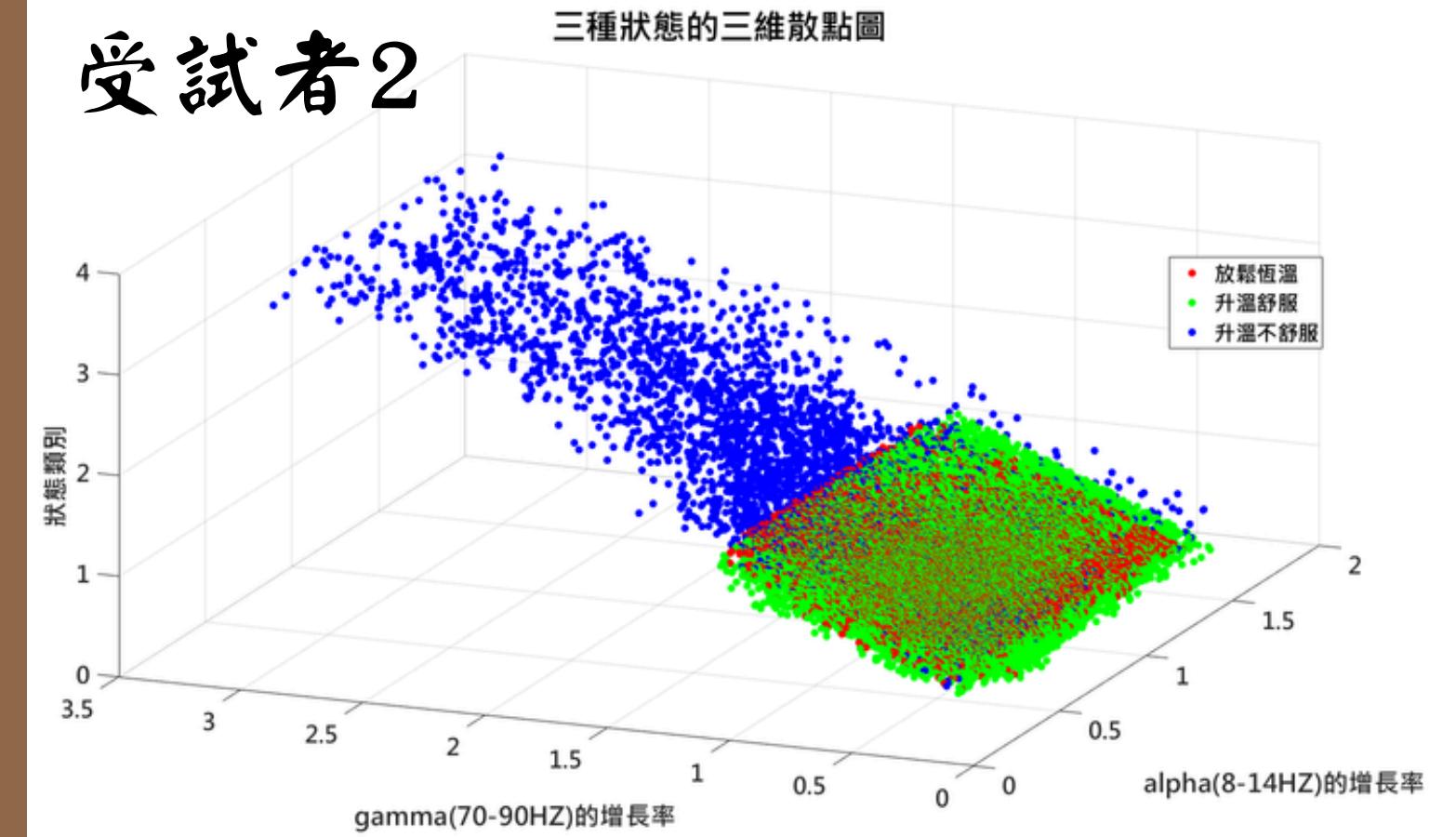
分別預估三個狀態的線，在Cz與Fz中alpha波段可以明顯看出三條線並沒有重合還是很接近；相較於gamma波段在升溫不舒服狀態下卻跟恆溫與升溫舒服明顯分很開。

# 五位受試者各自散布圖

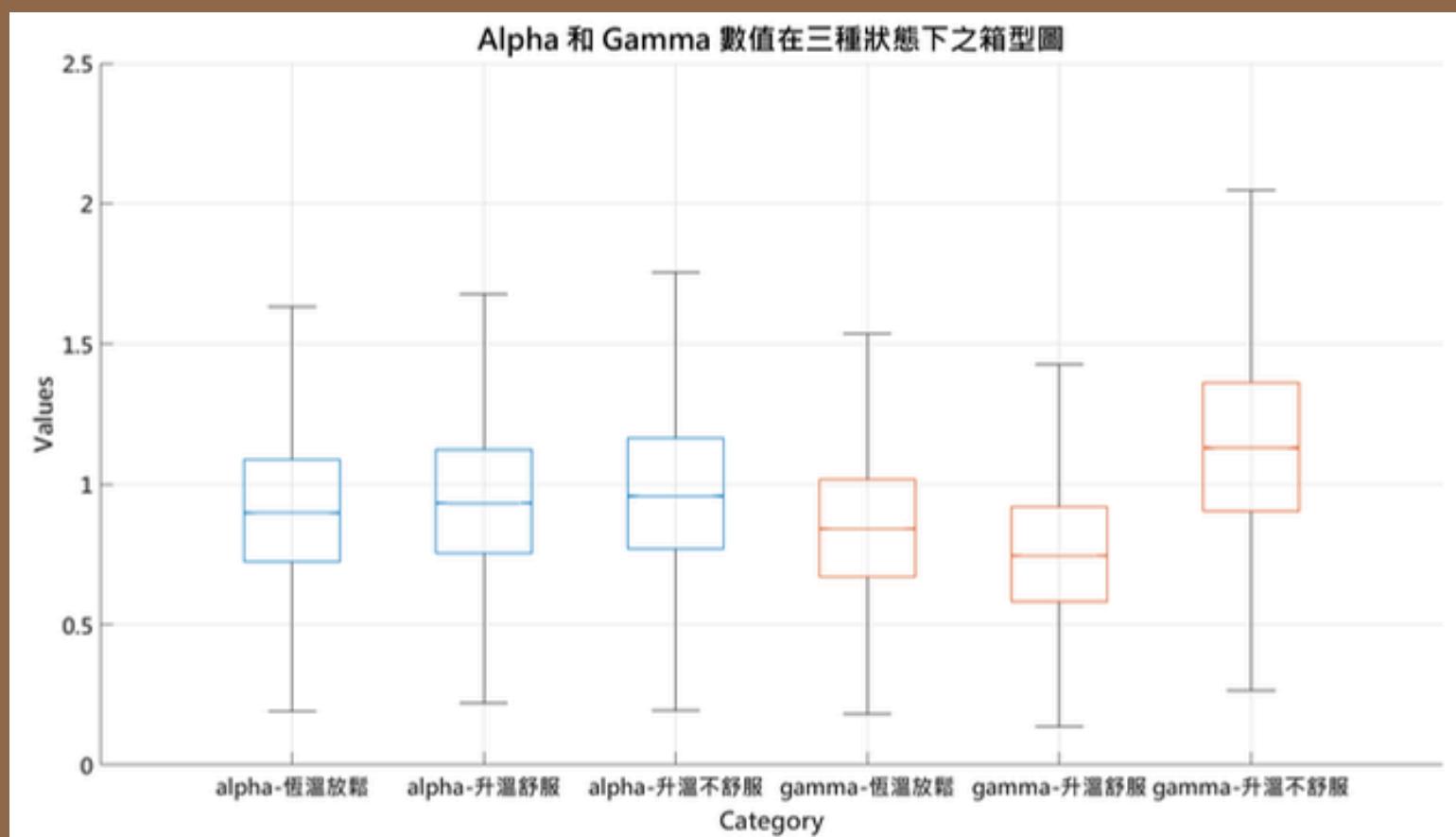
受試者1



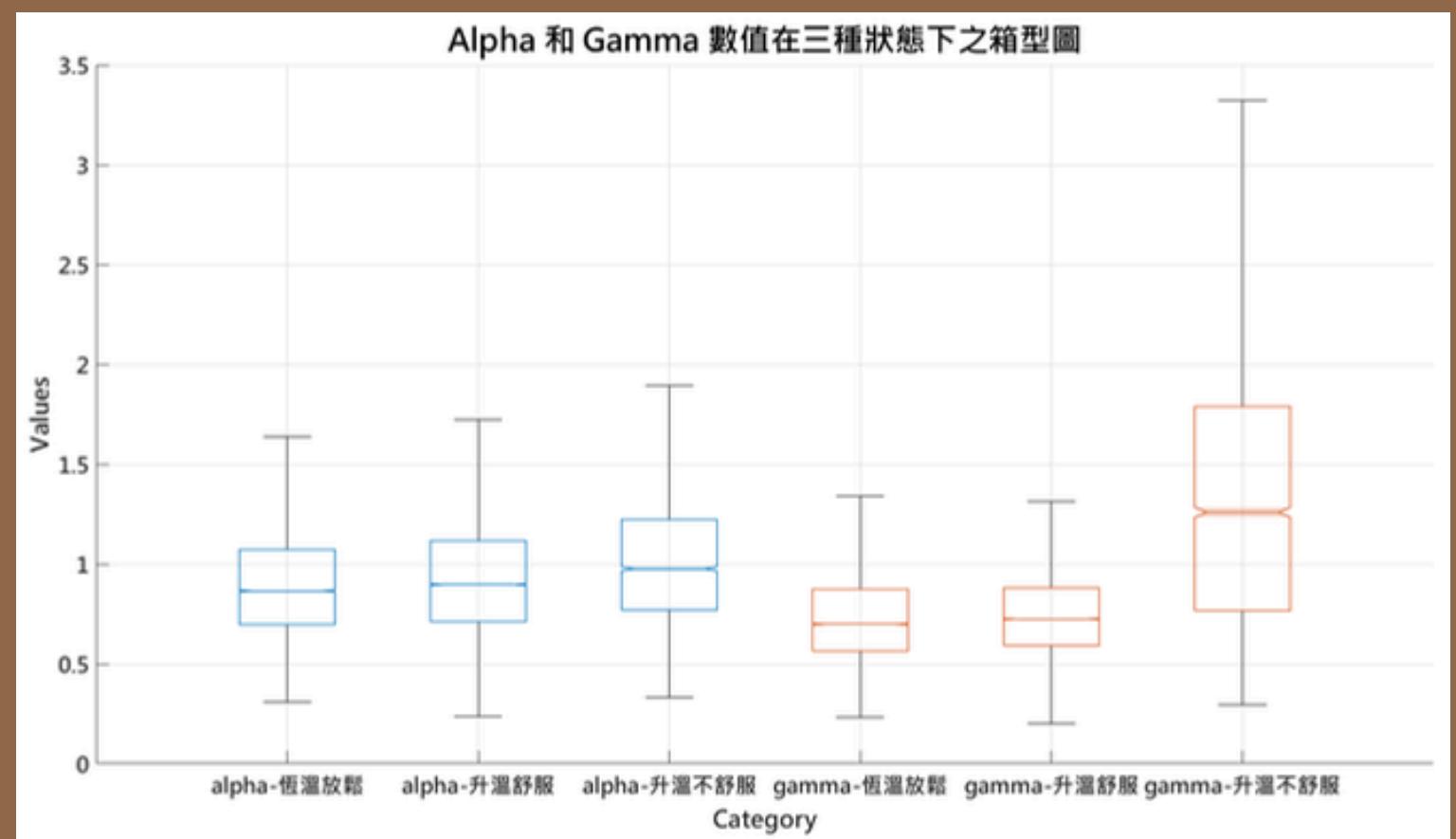
受試者2

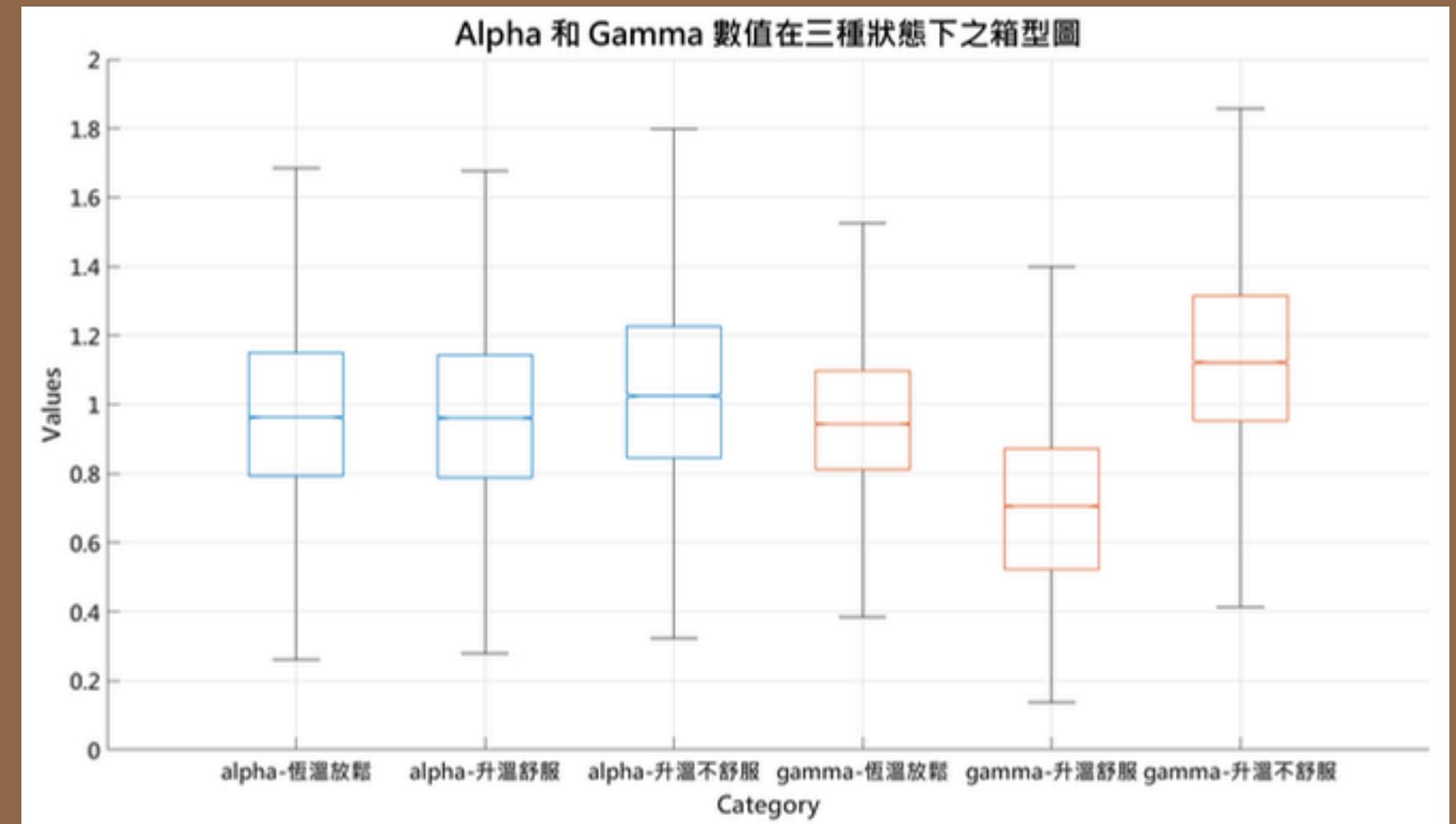
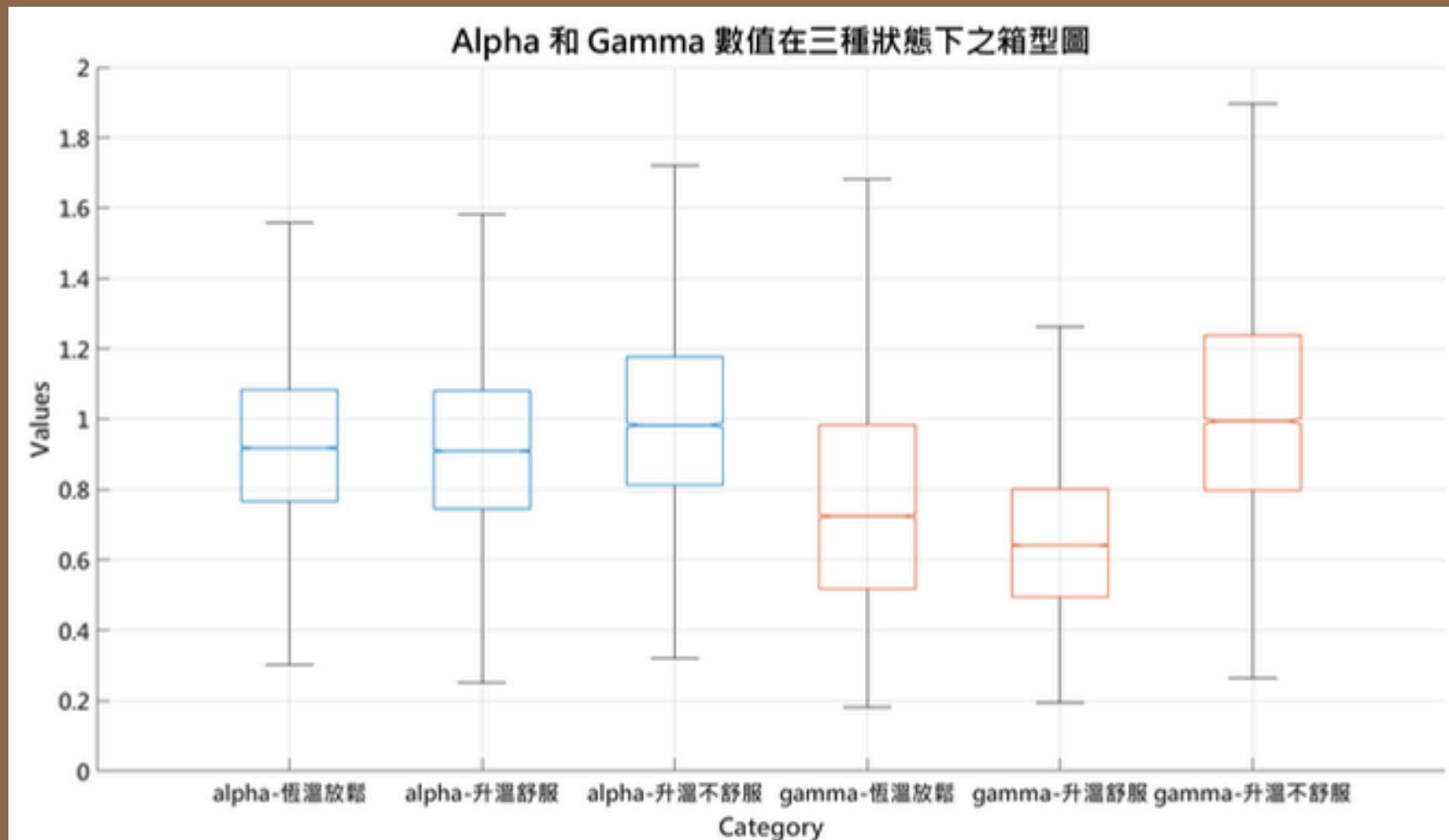
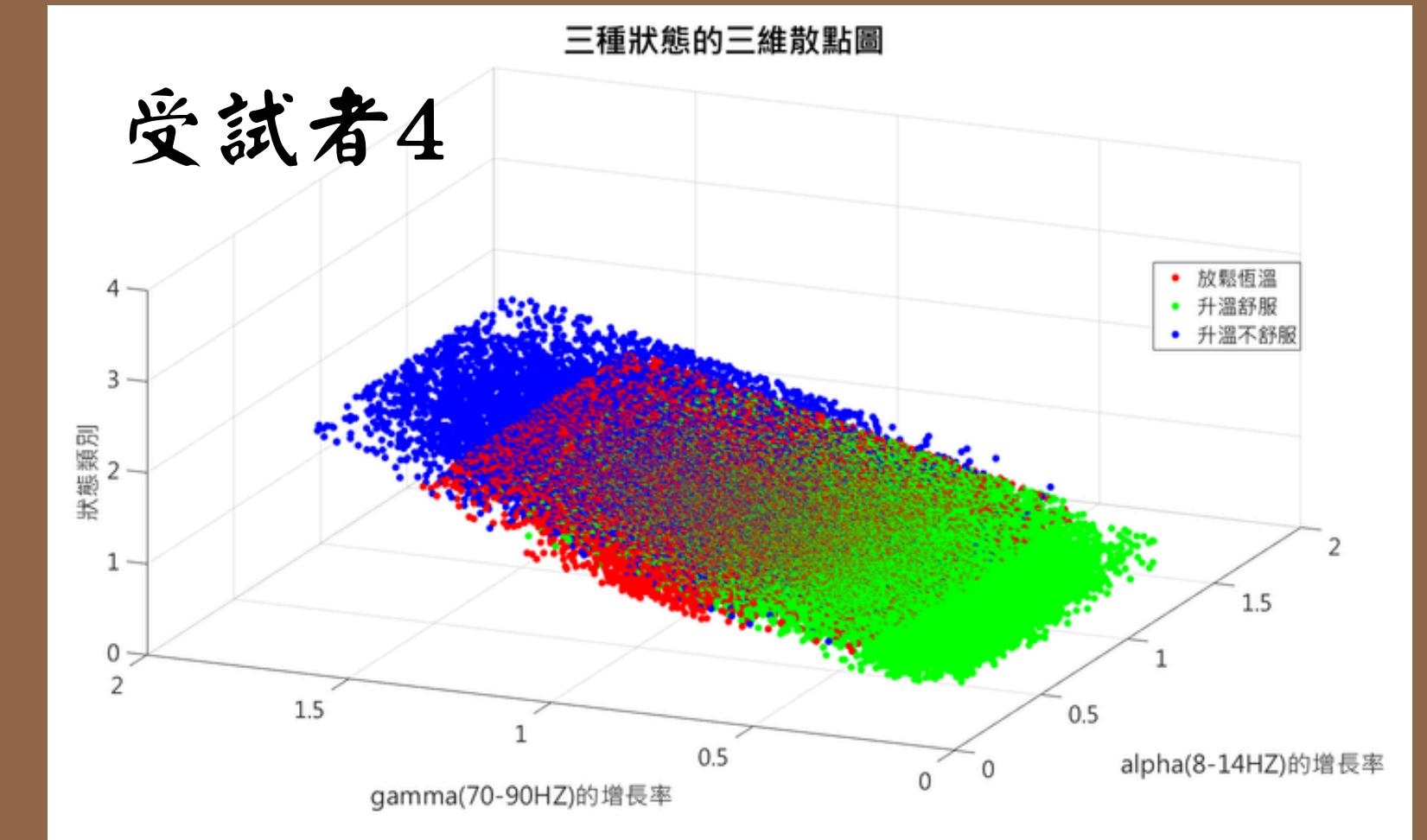
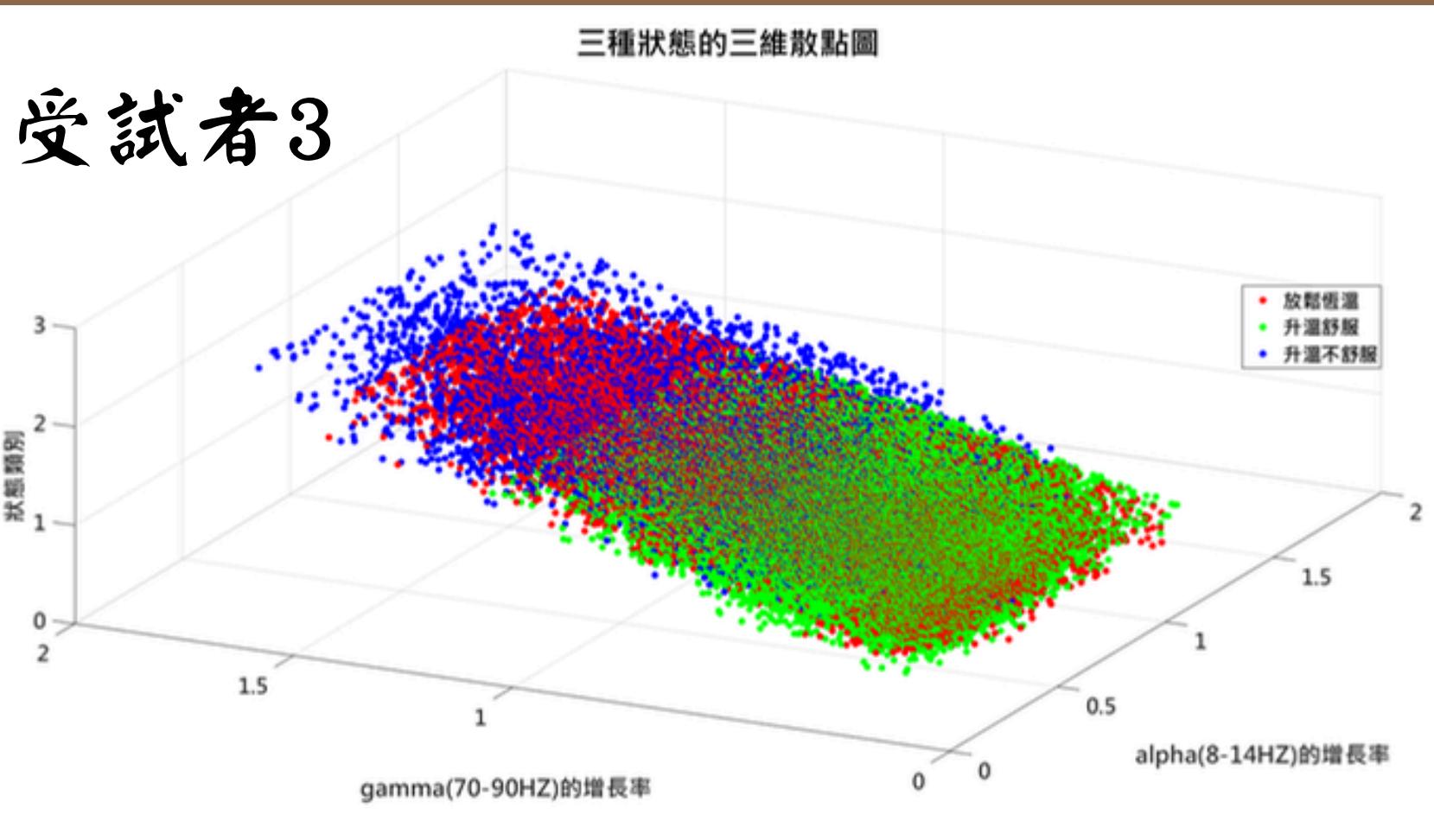


Alpha 和 Gamma 數值在三種狀態下之箱型圖

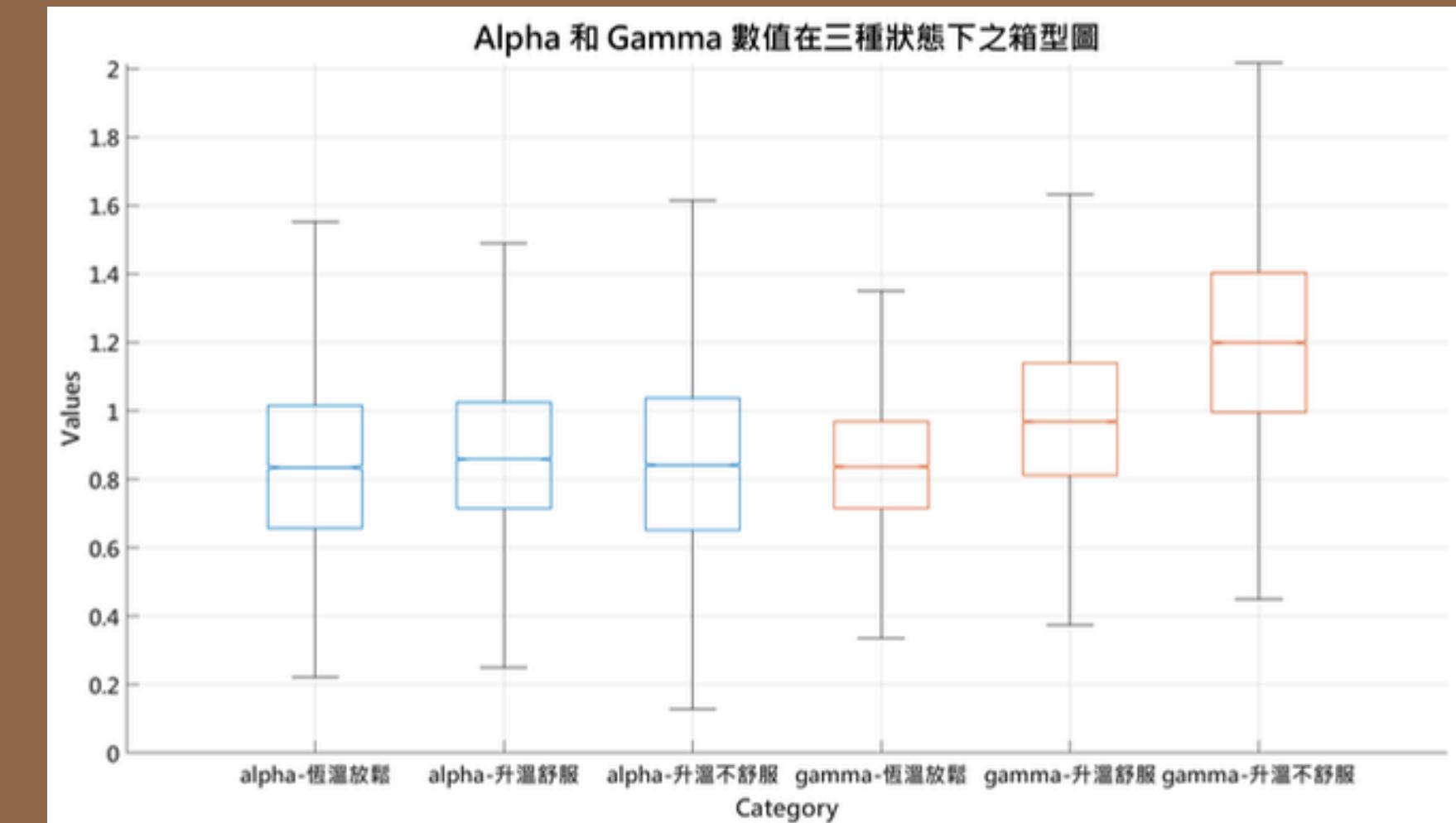
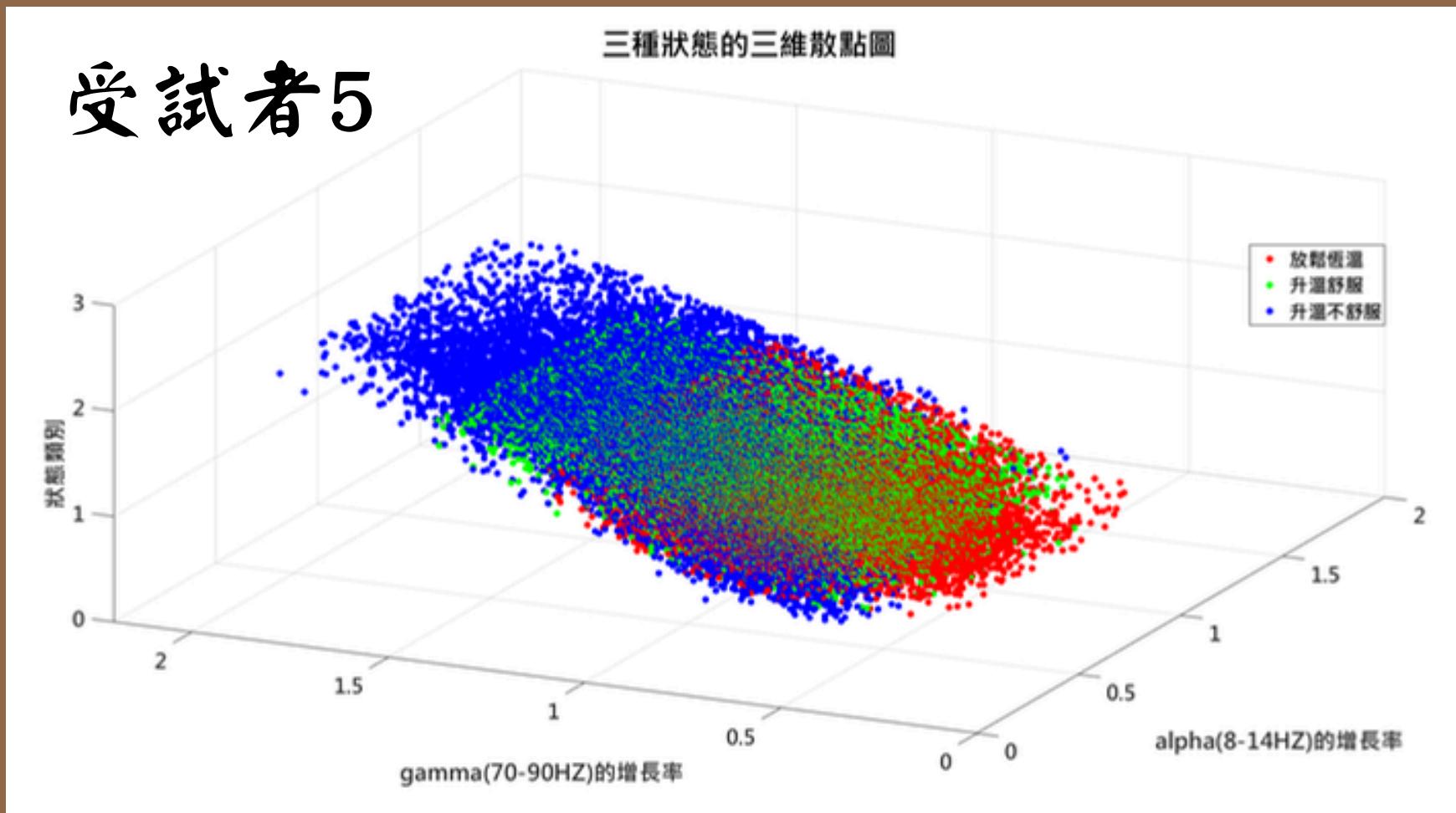


Alpha 和 Gamma 數值在三種狀態下之箱型圖



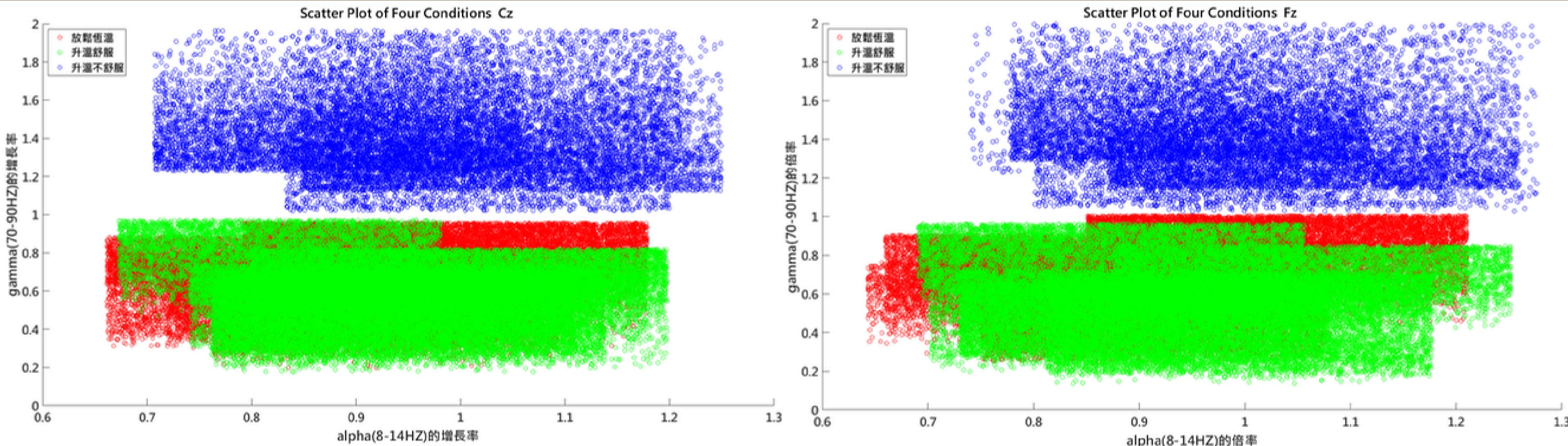


受試者5

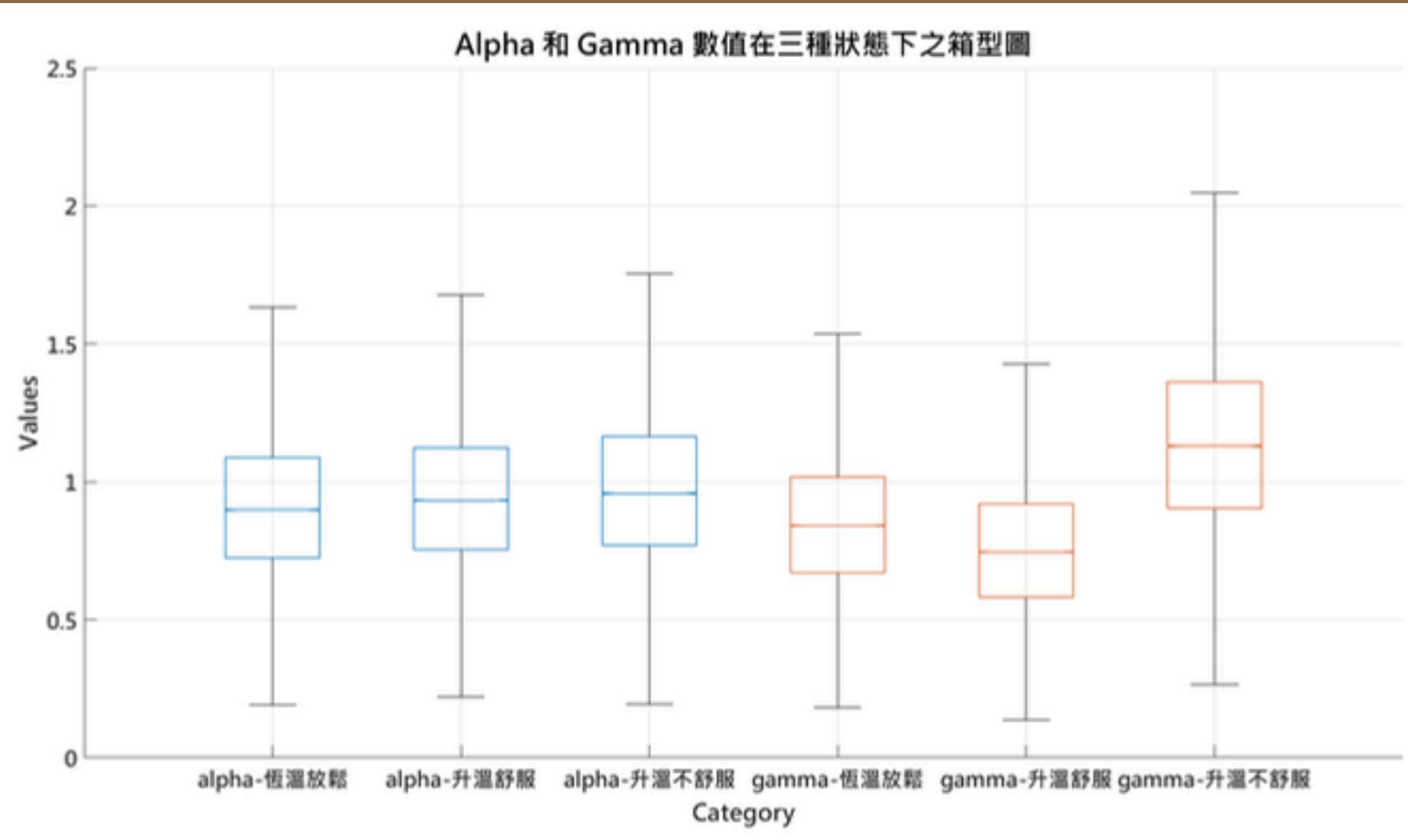


- 此實驗階段有5個受試者，依照他們的直觀感受可以分成三類人
- 都有一個共同點：三種狀態下alpha倍率並沒有很大差異

# 五位受試者之散布圖



# 五位受試者數據之盒方圖



- alpha對於三種狀態並沒有很大差別  
->alpha:取Q1到Q3
- gamma在恆溫舒服以及升溫舒服兩個狀態下沒有很大差異  
->gamma:  
    恆溫&升溫舒服取最小值到中位數  
    升溫不舒服 取中位數到最大值

# 模型訓練

- 五位受試者在三個狀態下用邏輯迴歸訓練
- 五位受試者在兩個狀態下用邏輯迴歸訓練
- 五位受試者在三/兩個狀態下用邏輯迴歸訓練
- 增加theta特徵
- theta & alpha & gamma特徵之散布圖
- 四方位距取資料
- theta & alpha & gamma特徵之數據
- theta alpha gamma特徵之邏輯迴歸
- theta alpha gamma特徵之隨機森林
- theta alpha gamma特徵之SVM
- theta alpha gamma特徵之決策樹
- theta alpha gamma特徵在兩個狀態下準確率
- 隨機20次用邏輯回歸訓練

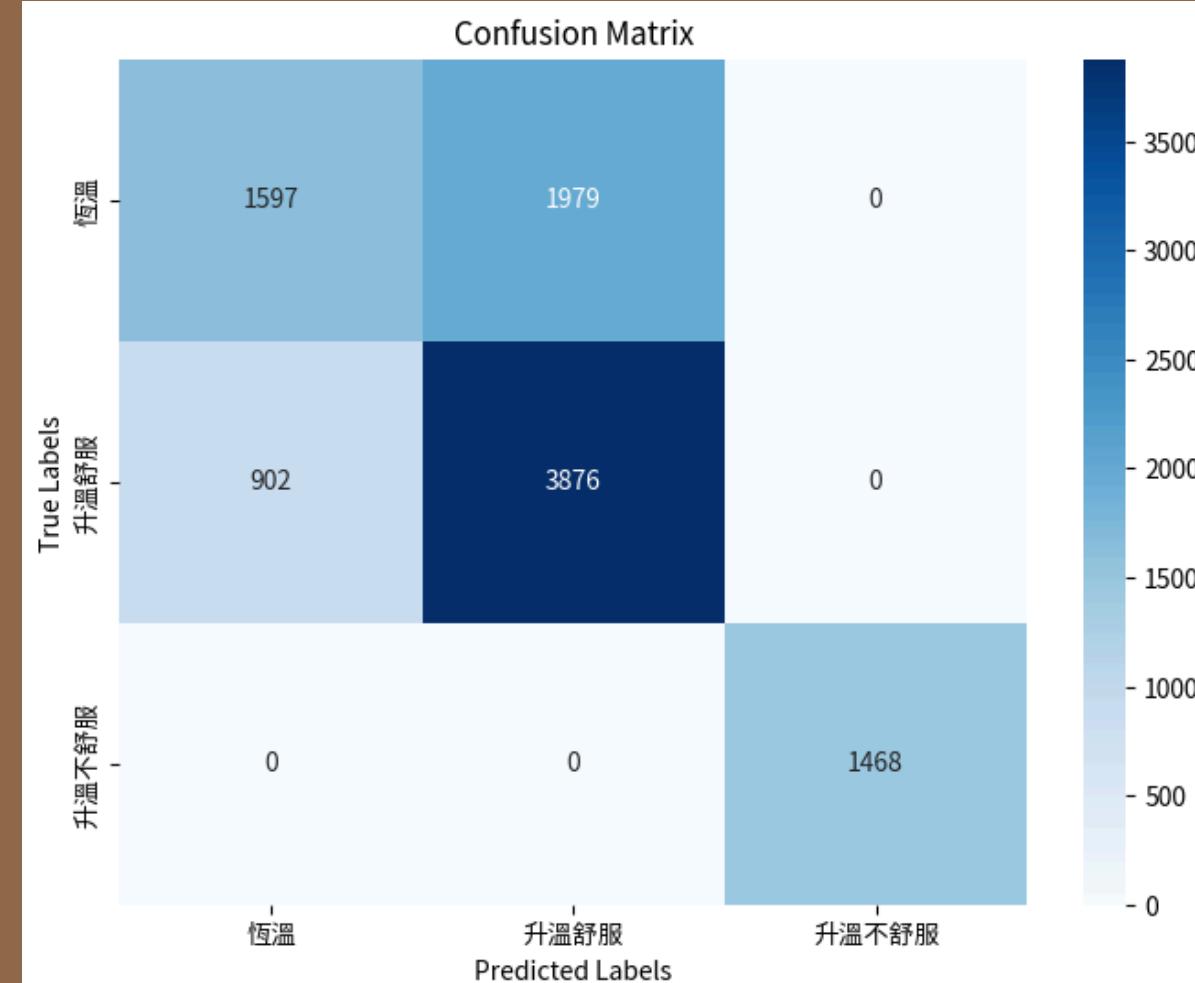
# 五位受試者在三個狀態下用邏輯迴歸訓練

Cz:  
閉眼放鬆恆溫的數據數量: 35559  
升溫舒服的數據數量: 47556  
升溫不舒服的數據數量: 15099  
Fz:  
閉眼放鬆恆溫的數據數量: 32539  
升溫舒服的數據數量: 40184  
升溫不舒服的數據數量: 13184

特徵:alpha & gamma

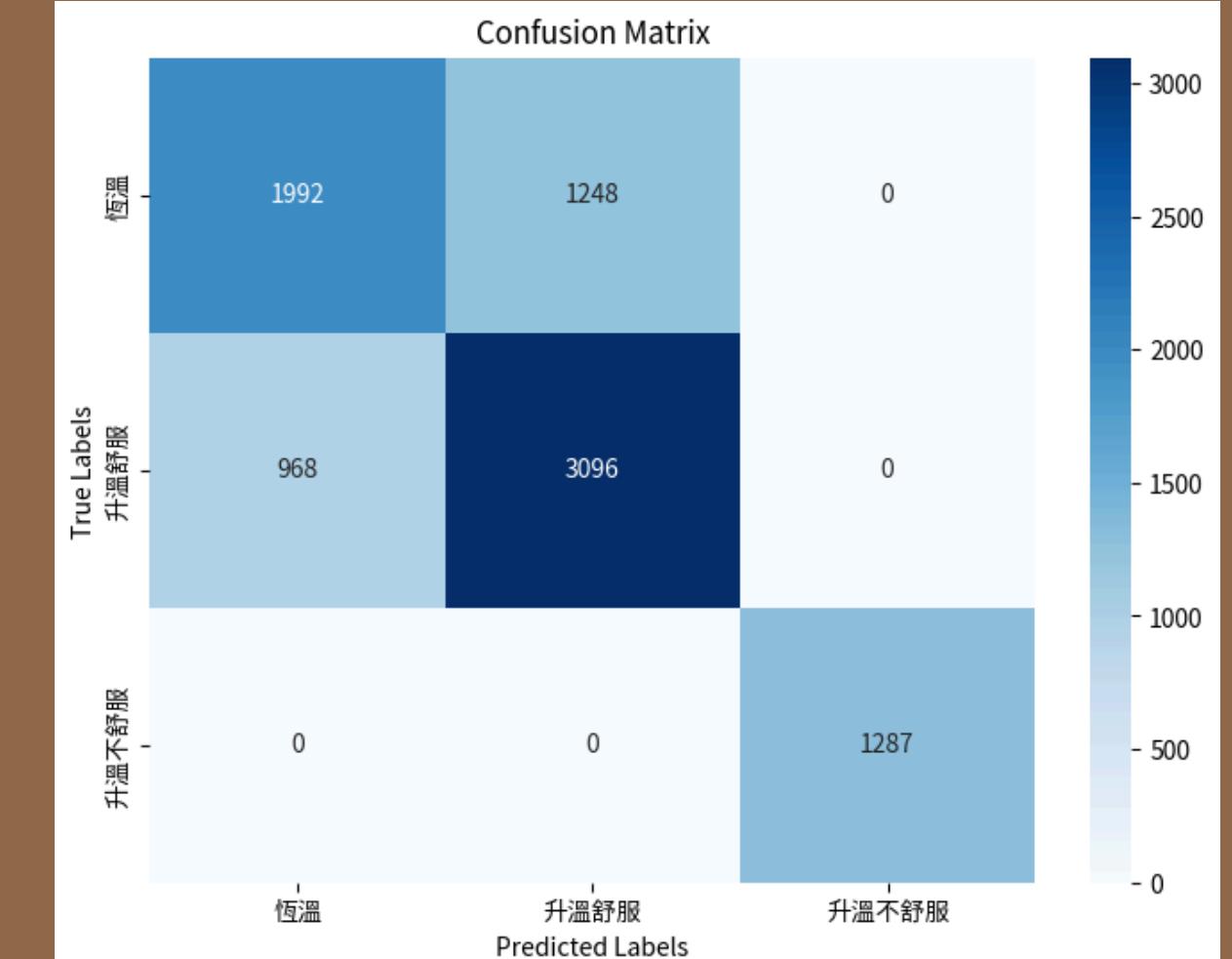
Cz

準確率: 0.7066788841376501					
分類報告:					
	precision	recall	f1-score	support	
恆溫	0.64	0.45	0.53	3576	
升溫舒服	0.66	0.81	0.73	4778	
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	1468	
accuracy			0.71	9822	
macro avg	0.77	0.75	0.75	9822	
weighted avg	0.70	0.71	0.70	9822	



Fz

準確率: 0.7420556396228611					
分類報告:					
	precision	recall	f1-score	support	
恆溫	0.67	0.61	0.64	3240	
升溫舒服	0.71	0.76	0.74	4064	
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	1287	
accuracy				8591	
macro avg	0.80	0.79	0.79	8591	
weighted avg	0.74	0.74	0.74	8591	



# 五位受試者在兩個狀態下用邏輯迴歸訓練

Cz:  
閉眼放鬆恆溫的數據數量: 35559  
升溫舒服的數據數量: 47556  
升溫不舒服的數據數量: 15099

Fz:  
閉眼放鬆恆溫的數據數量: 32539  
升溫舒服的數據數量: 40184  
升溫不舒服的數據數量: 13184

特徵:alpha & gamma

準確率: 0.9997963754836082  
分類報告:

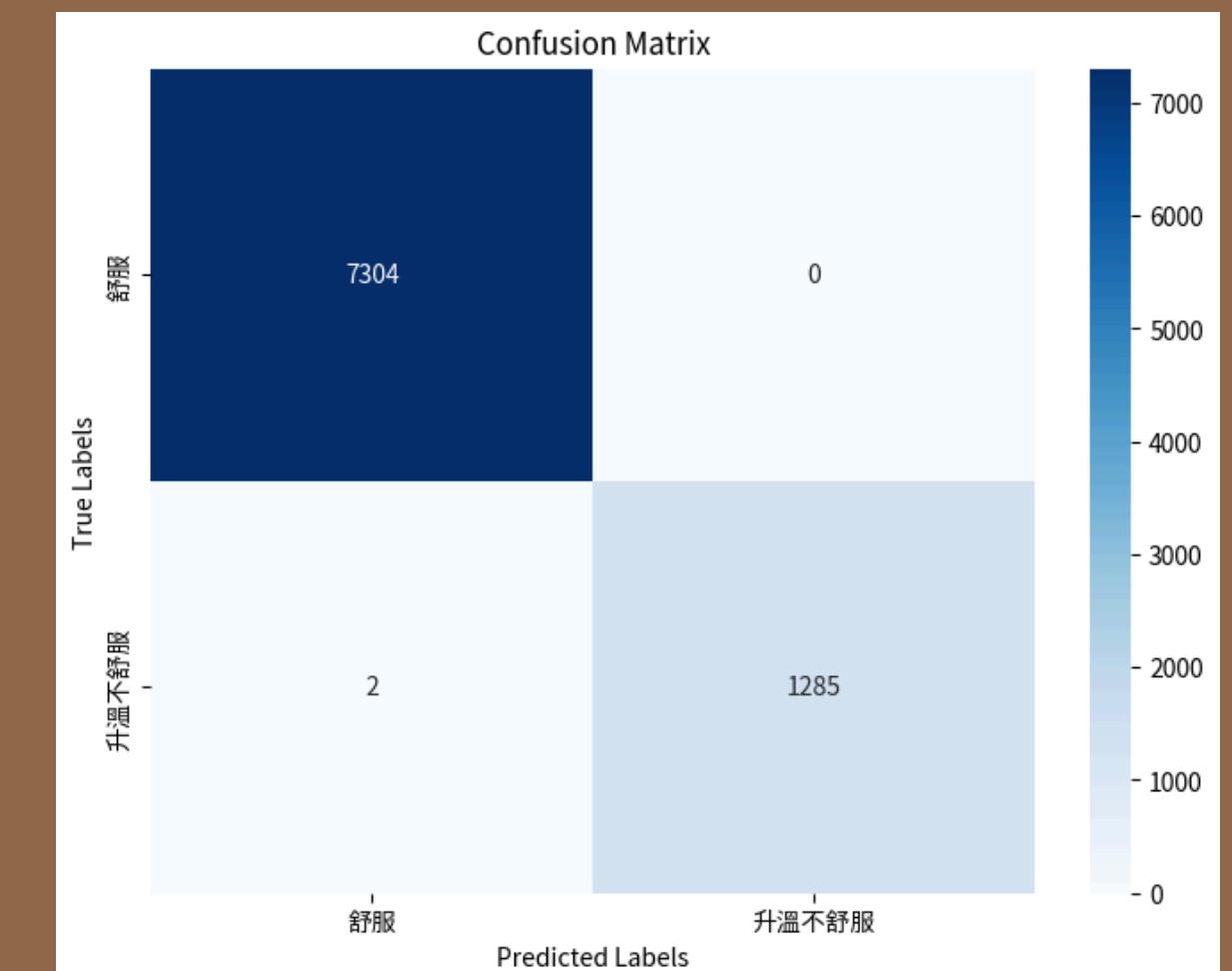
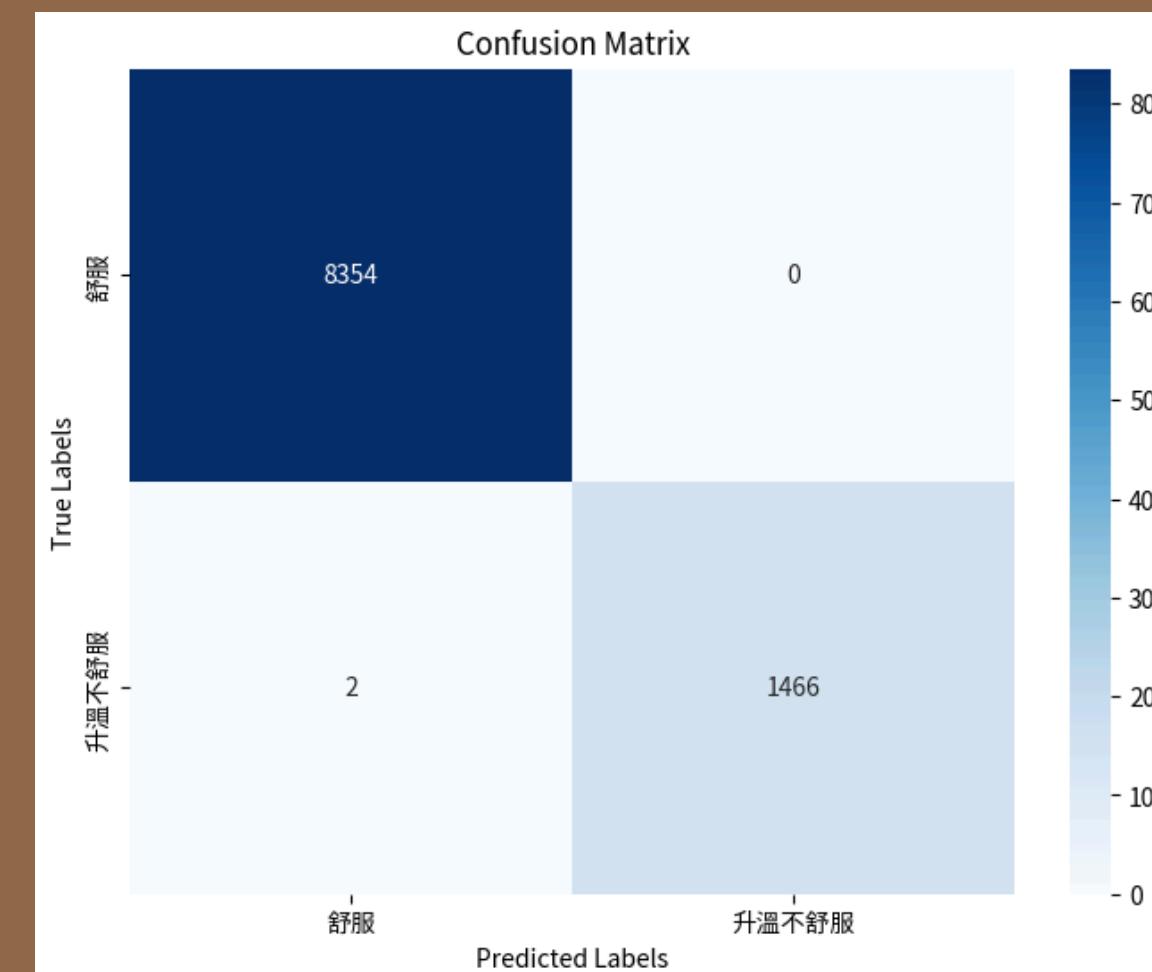
	precision	recall	f1-score	support
舒服	1.00	1.00	1.00	8354
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	1468
accuracy			1.00	9822
macro avg	1.00	1.00	1.00	9822
weighted avg	1.00	1.00	1.00	9822

Cz

準確率: 0.9997671982307066  
分類報告:

	precision	recall	f1-score	support
舒服	1.00	1.00	1.00	7304
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	1287
accuracy			1.00	8591
macro avg	1.00	1.00	1.00	8591
weighted avg	1.00	1.00	1.00	8591

Fz



# 五位受試者在三/兩個狀態下用邏輯迴歸訓練

Cz:

閉眼放鬆恆溫的數據數量: 35559

升溫舒服的數據數量: 47556

升溫不舒服的數據數量: 15099

Fz:

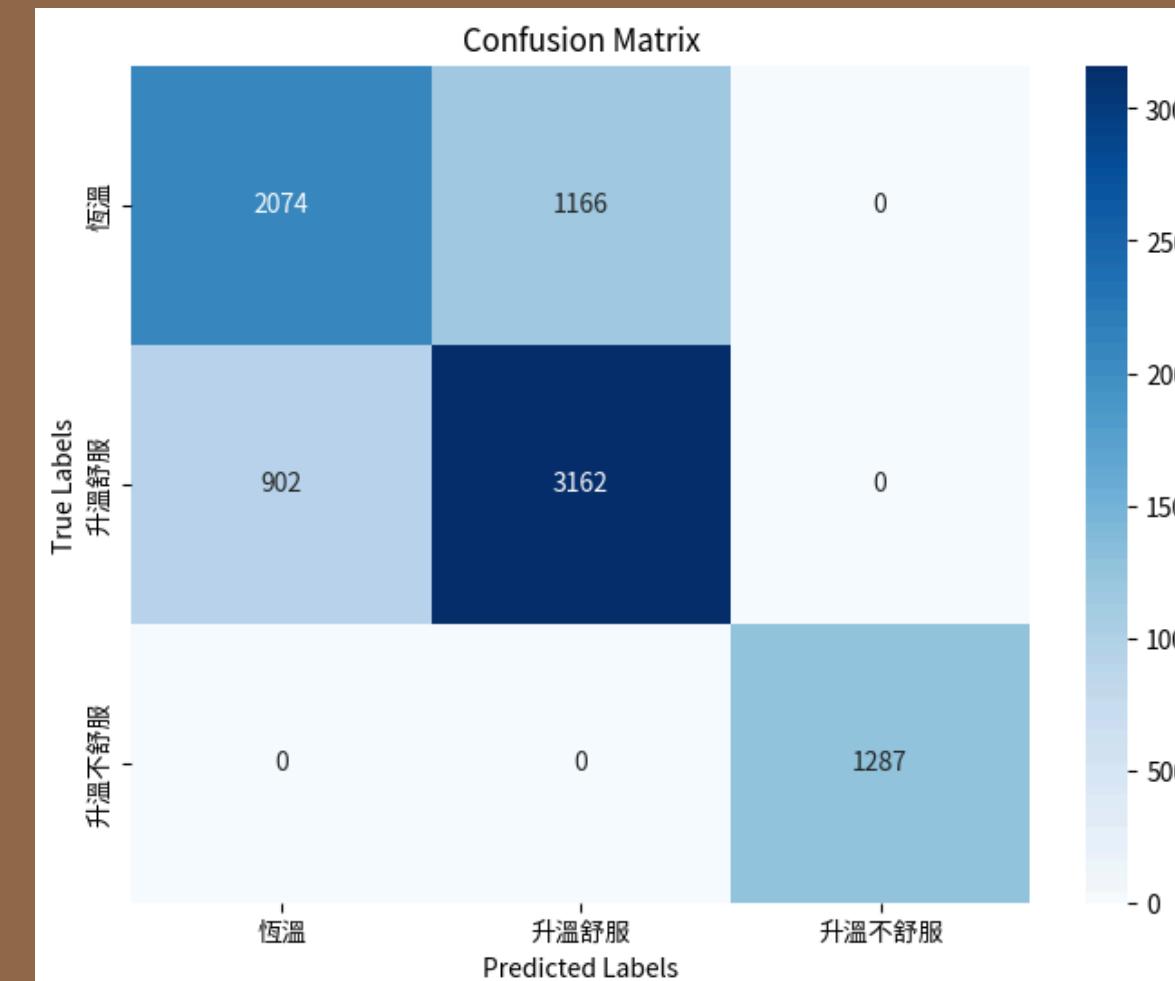
閉眼放鬆恆溫的數據數量: 32539

升溫舒服的數據數量: 40184

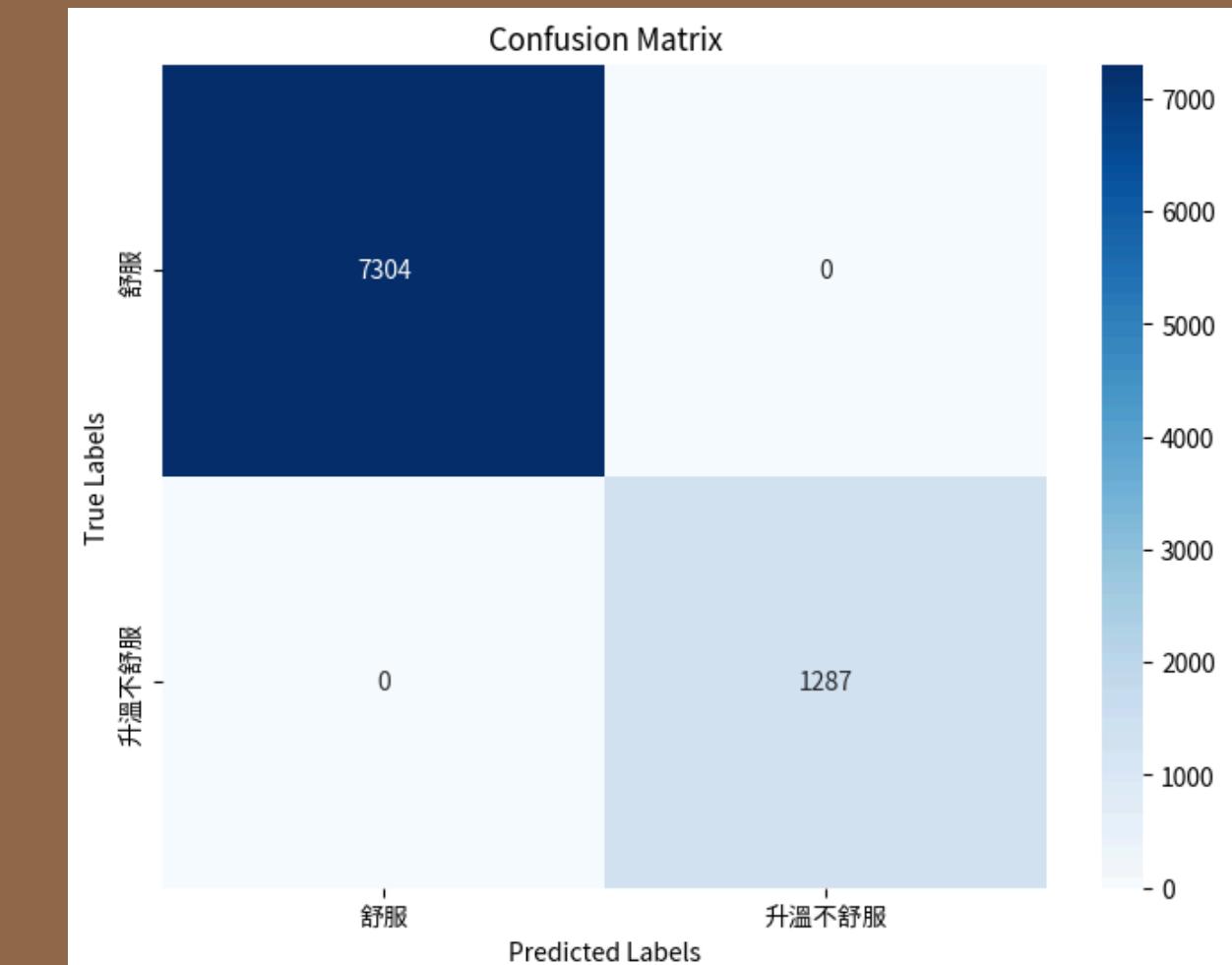
升溫不舒服的數據數量: 13184

特徵: gamma (Cz &Fz)

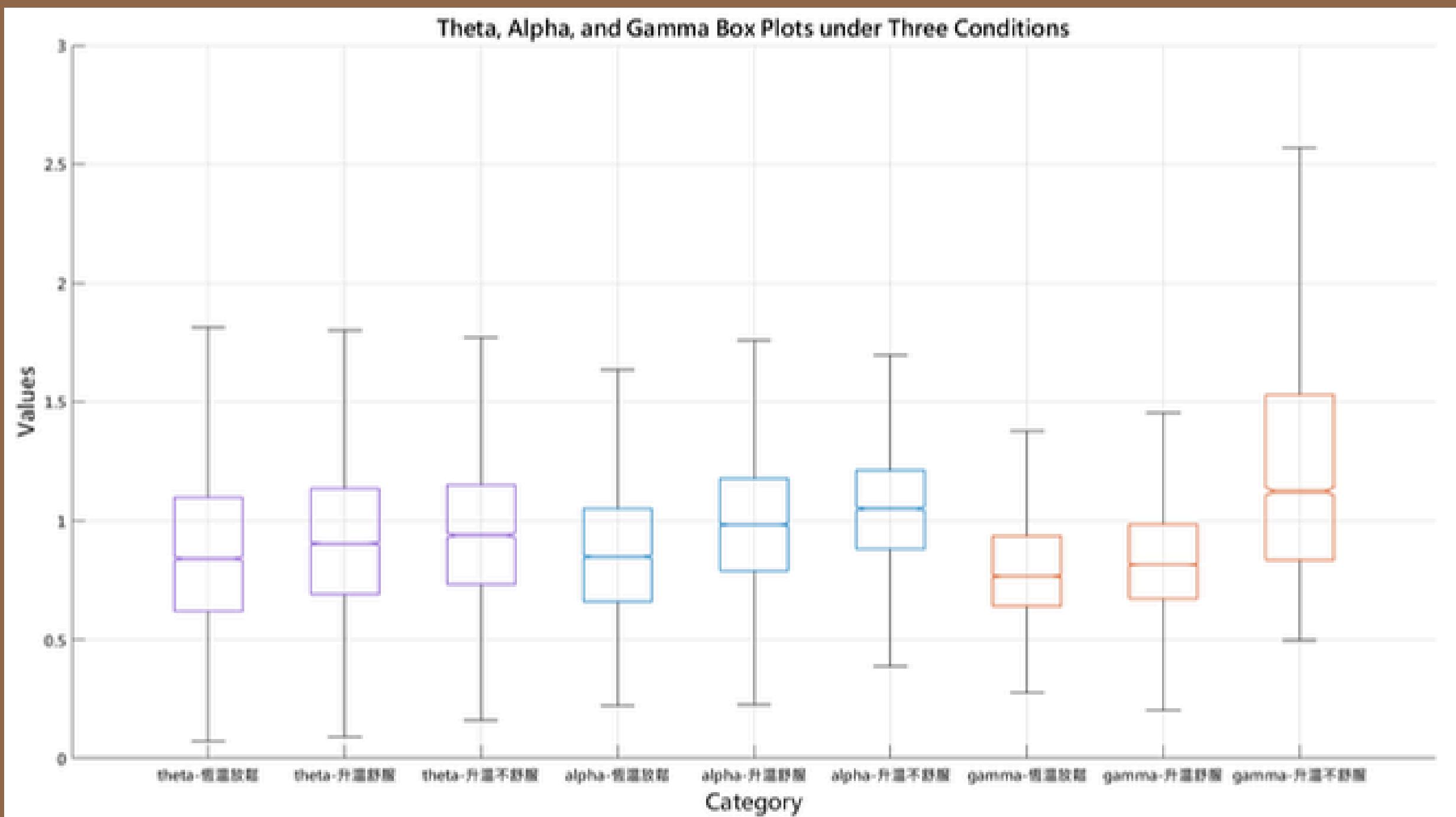
準確率: 0.7592829705505761					
分類報告:					
	precision	recall	f1-score	support	
恆溫	0.70	0.64	0.67	3240	
升溫舒服	0.73	0.78	0.75	4064	
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	1287	
accuracy			0.76	8591	
macro avg	0.81	0.81	0.81	8591	
weighted avg	0.76	0.76	0.76	8591	



準確率: 1.0					
分類報告:					
	precision	recall	f1-score	support	
舒服	1.00	1.00	1.00	7304	
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	1287	
accuracy					1.00
macro avg					8591
weighted avg					8591

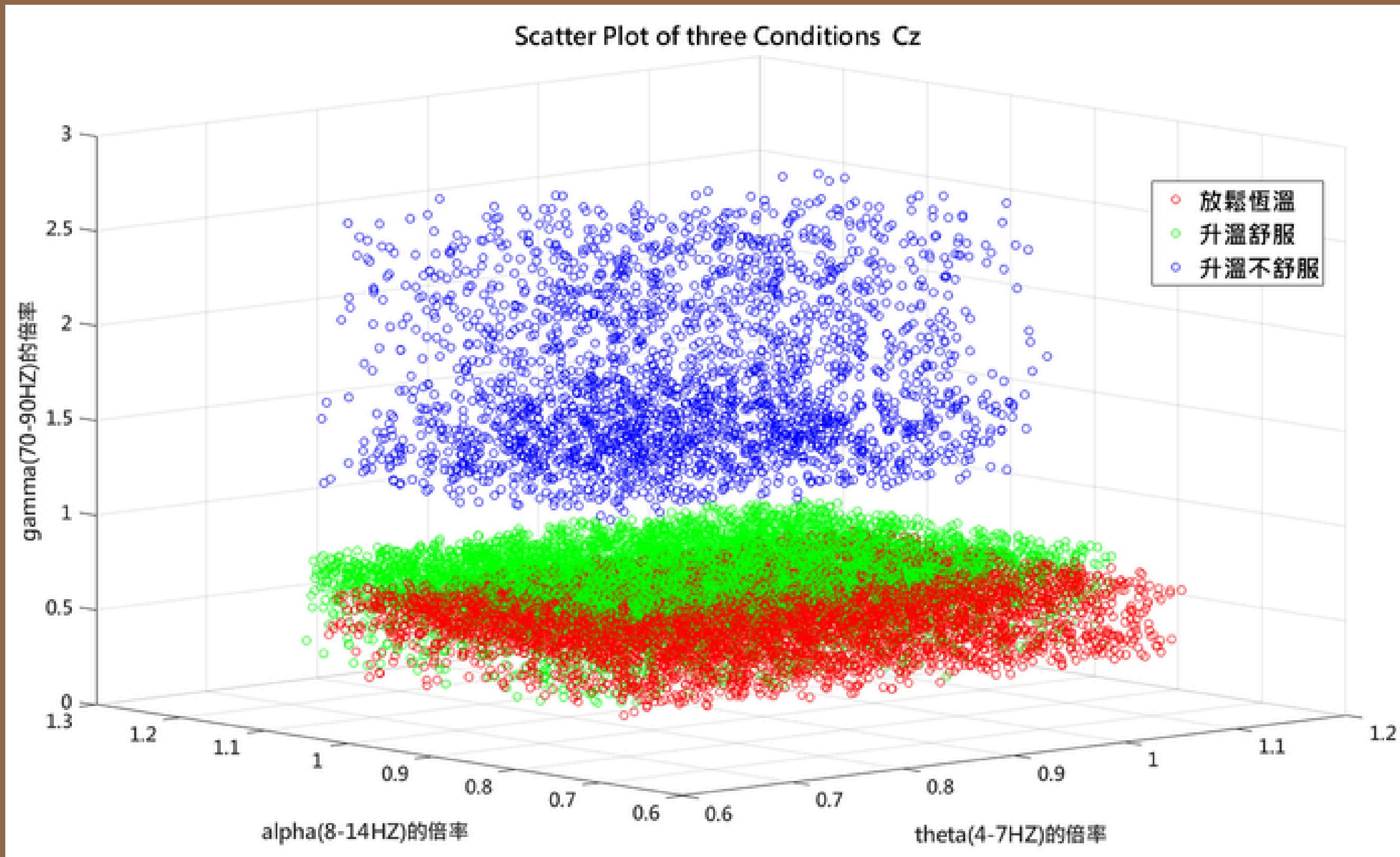


# 增加theta特徵

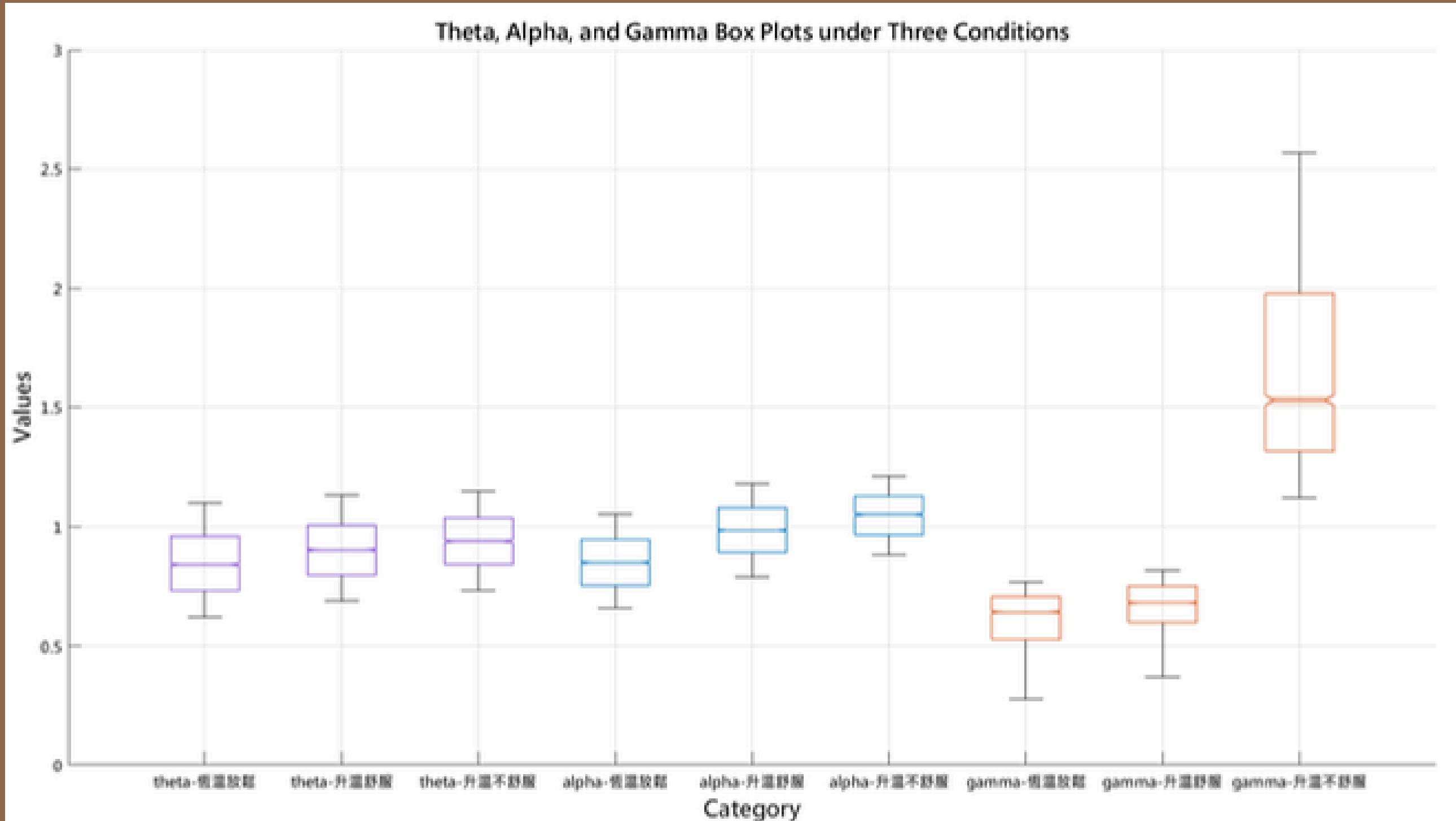


- 根據文獻指出theta & beta & gamma都有疼痛的特徵
- beta從肉眼判斷看到恆溫 & 升溫舒服 & 升溫不舒服並沒有明顯特徵誘發
- 但是theta卻稍微有特徵誘發

# theta & alpha & gamma特徵之散布圖



# 四方位距取資料



# theta & alpha & gamma特徵之數據

Cz

	原來數據	處理體動&離群值數據	theta:取Q1到Q3 alpha:取Q1到Q3 gamma: 恒溫&升溫舒服 取最小值到中位數 升溫不舒服 取中位數到最大值
放鬆恒溫	14848	-24% 11352	-50% 5676 -62%
升溫舒服	20063	-16% 16816	-50% 8408 -58%
升溫不舒服	6042	-18% 4947	-50% 2473 -59%

# theta & alpha & gamma特徵之邏輯迴歸

準確率: 0.6169484702093397

分類報告:

	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.66	0.61	0.63	1714
升溫舒服	0.59	0.79	0.68	2529
升溫不舒服	1.00	0.02	0.05	725
accuracy			0.62	4968
macro avg	0.75	0.48	0.45	4968
weighted avg	0.68	0.62	0.57	4968

準確率: 0.6950483091787439

分類報告:

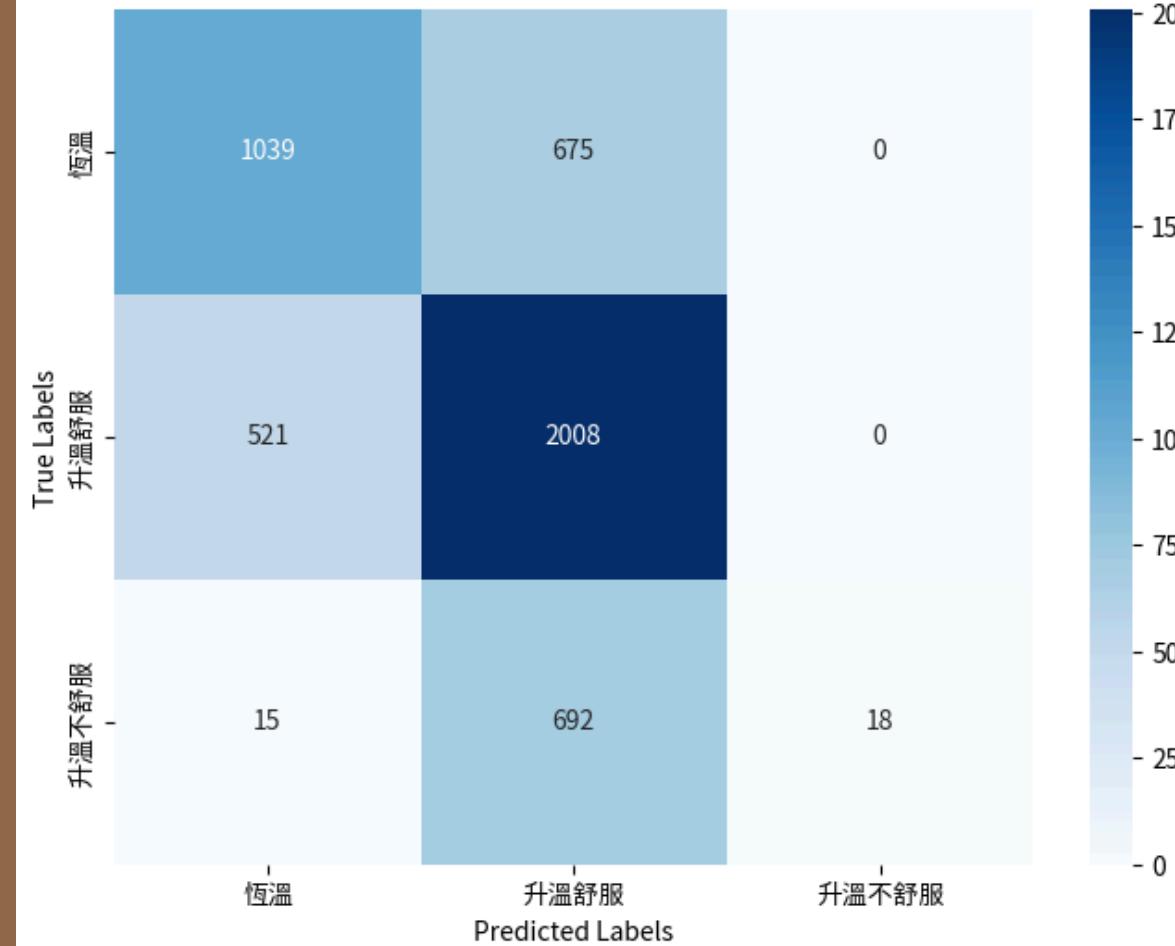
	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.60	0.35	0.44	1714
升溫舒服	0.66	0.84	0.74	2529
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	725
accuracy			0.70	4968
macro avg	0.75	0.73	0.73	4968
weighted avg	0.69	0.70	0.67	4968

準確率: 0.7415458937198067

分類報告:

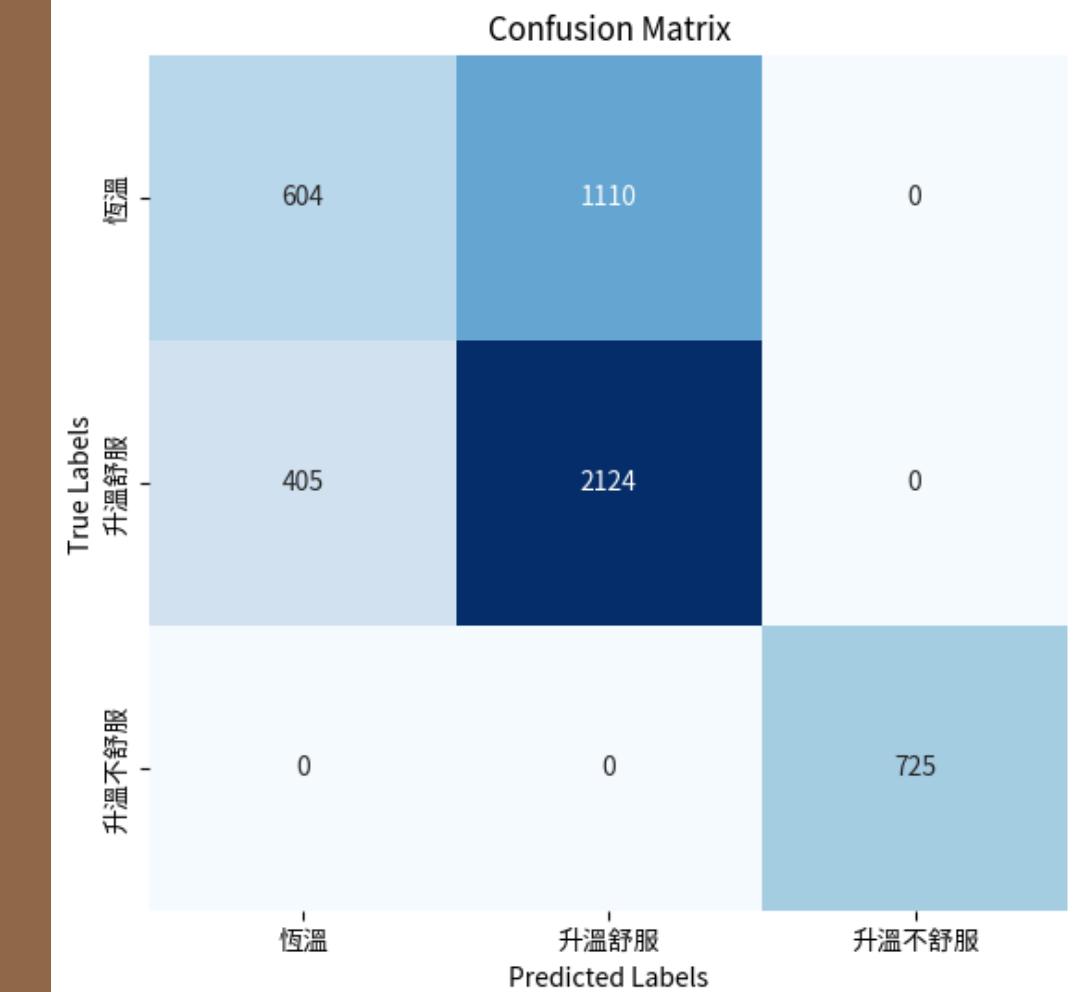
	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.64	0.57	0.60	1714
升溫舒服	0.73	0.79	0.76	2529
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	725
accuracy			0.74	4968
macro avg	0.79	0.78	0.79	4968
weighted avg	0.74	0.74	0.74	4968

Confusion Matrix



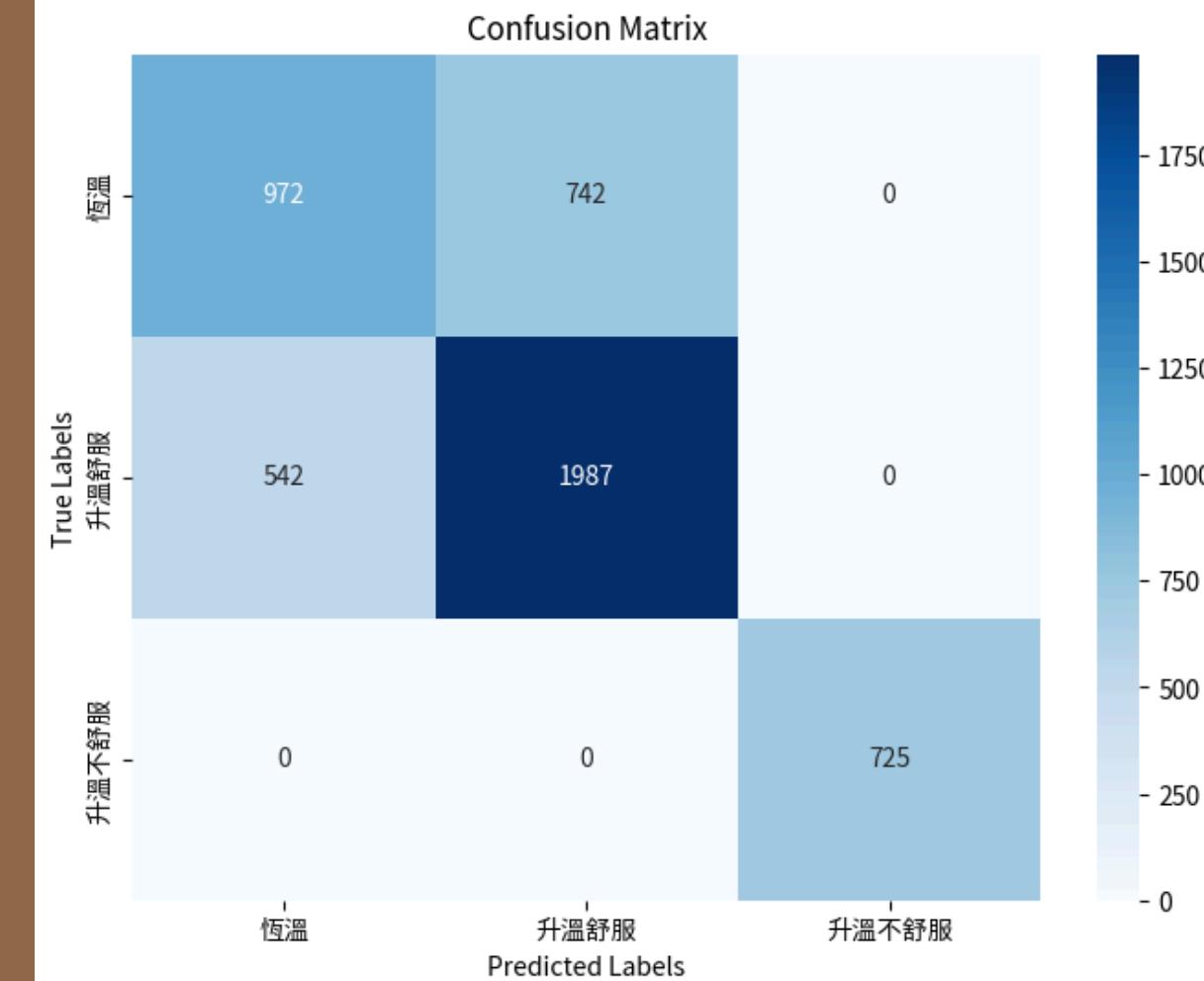
theta alpha

Confusion Matrix



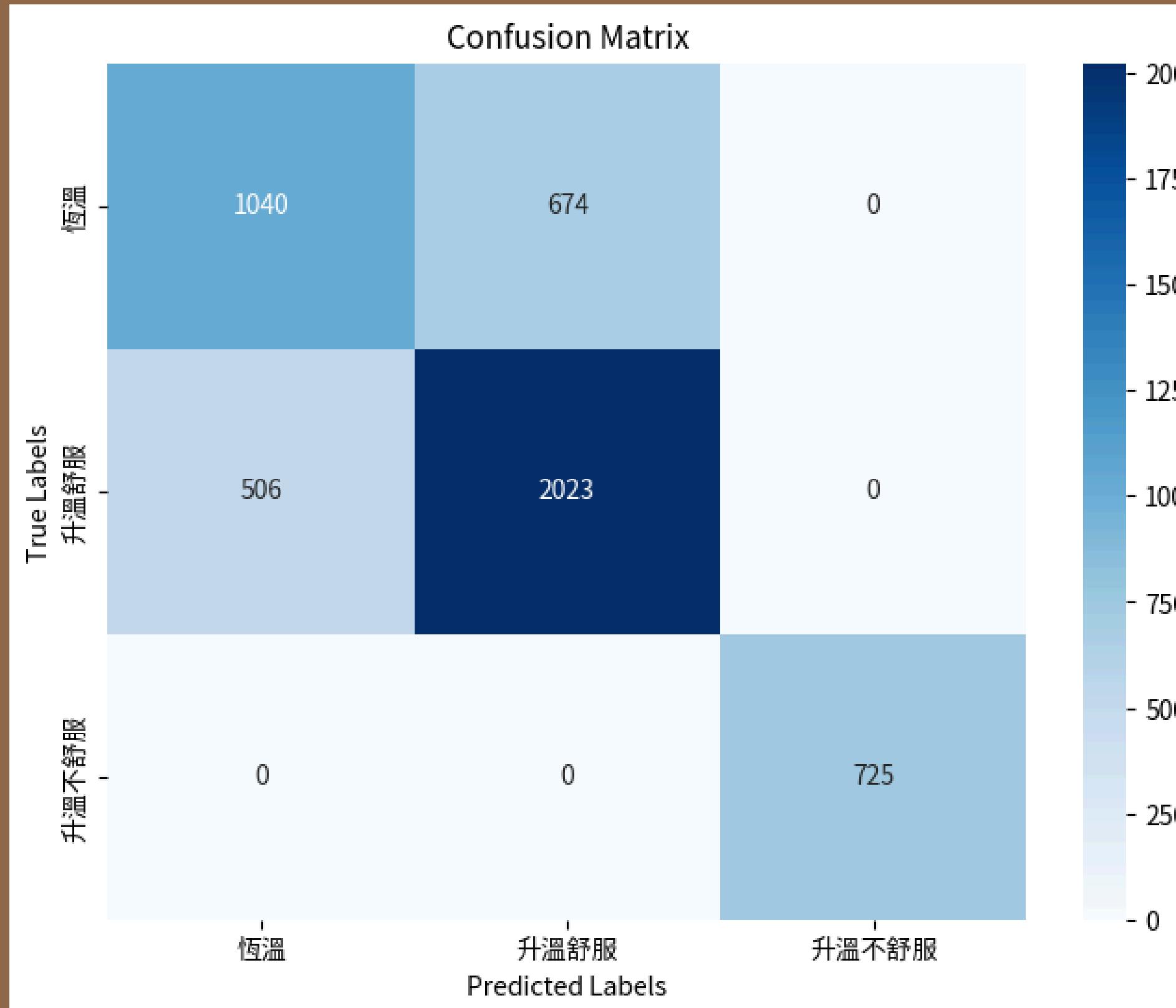
theta gamma

Confusion Matrix



alpha gamma

# theta alpha gamma特徵之邏輯迴歸

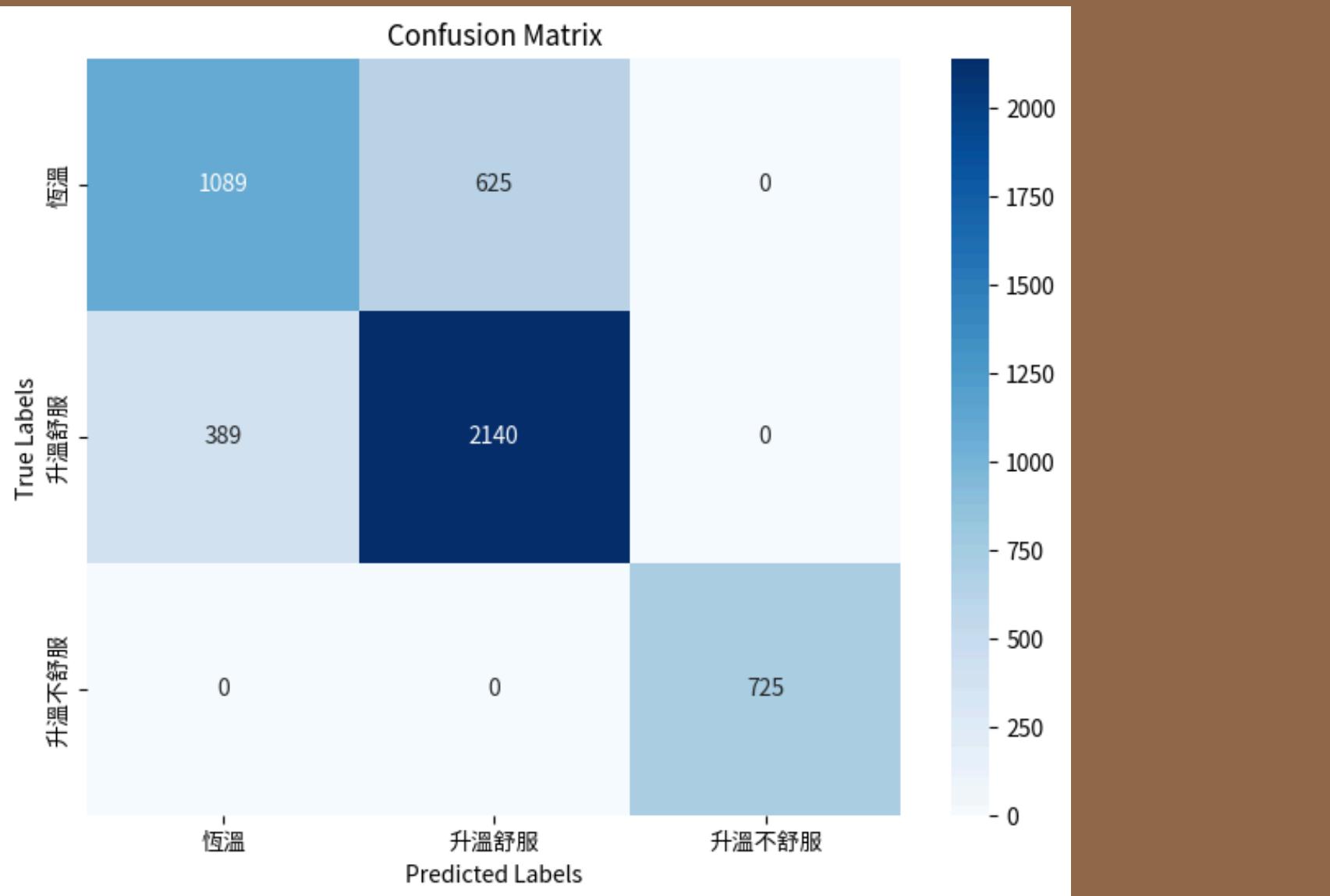


準確率: 0.7624798711755234

分類報告:

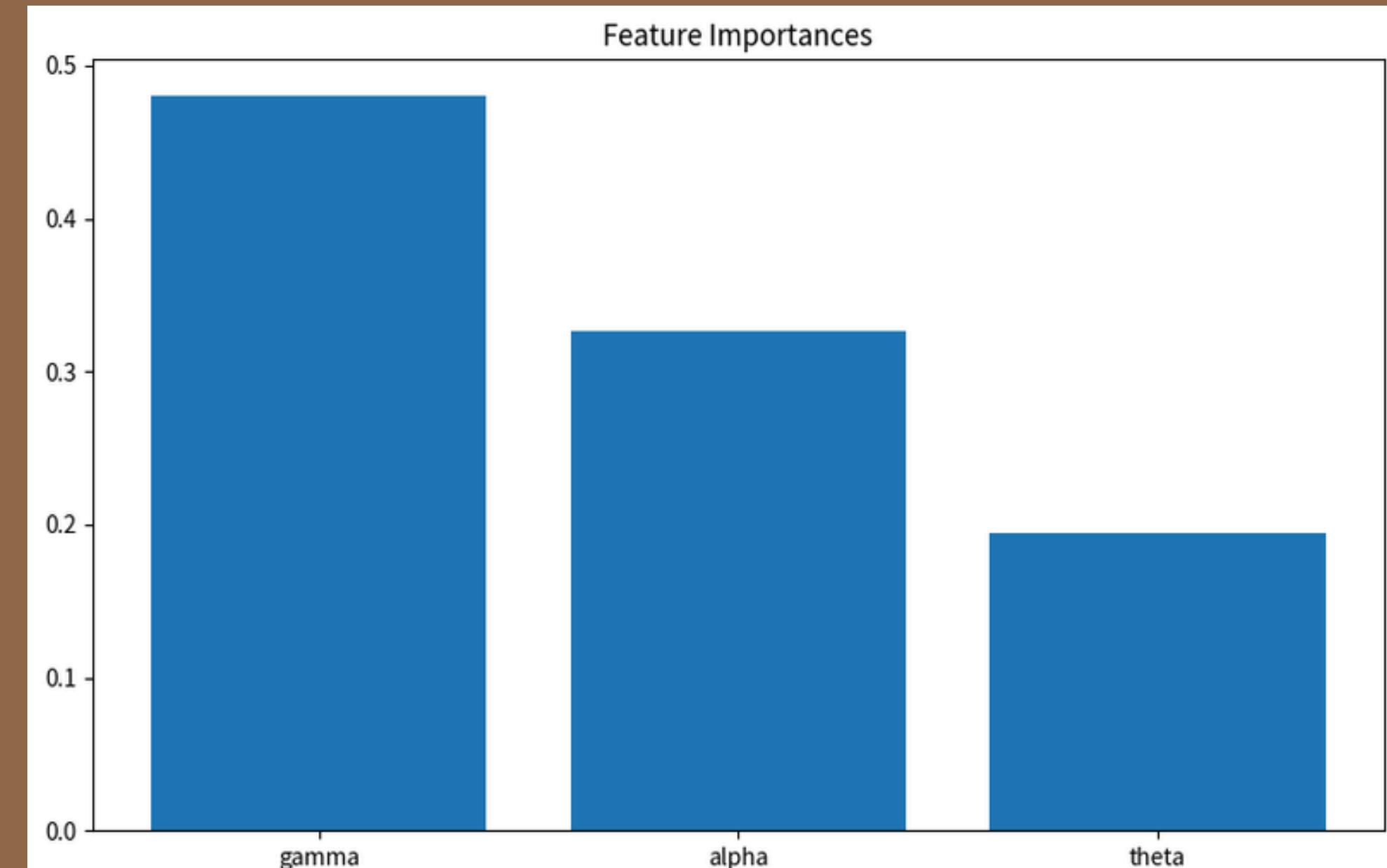
	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.67	0.61	0.64	1714
升溫舒服	0.75	0.80	0.77	2529
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	725
accuracy			0.76	4968
macro avg	0.81	0.80	0.80	4968
weighted avg	0.76	0.76	0.76	4968

# theta alpha gamma特徵之隨機森林

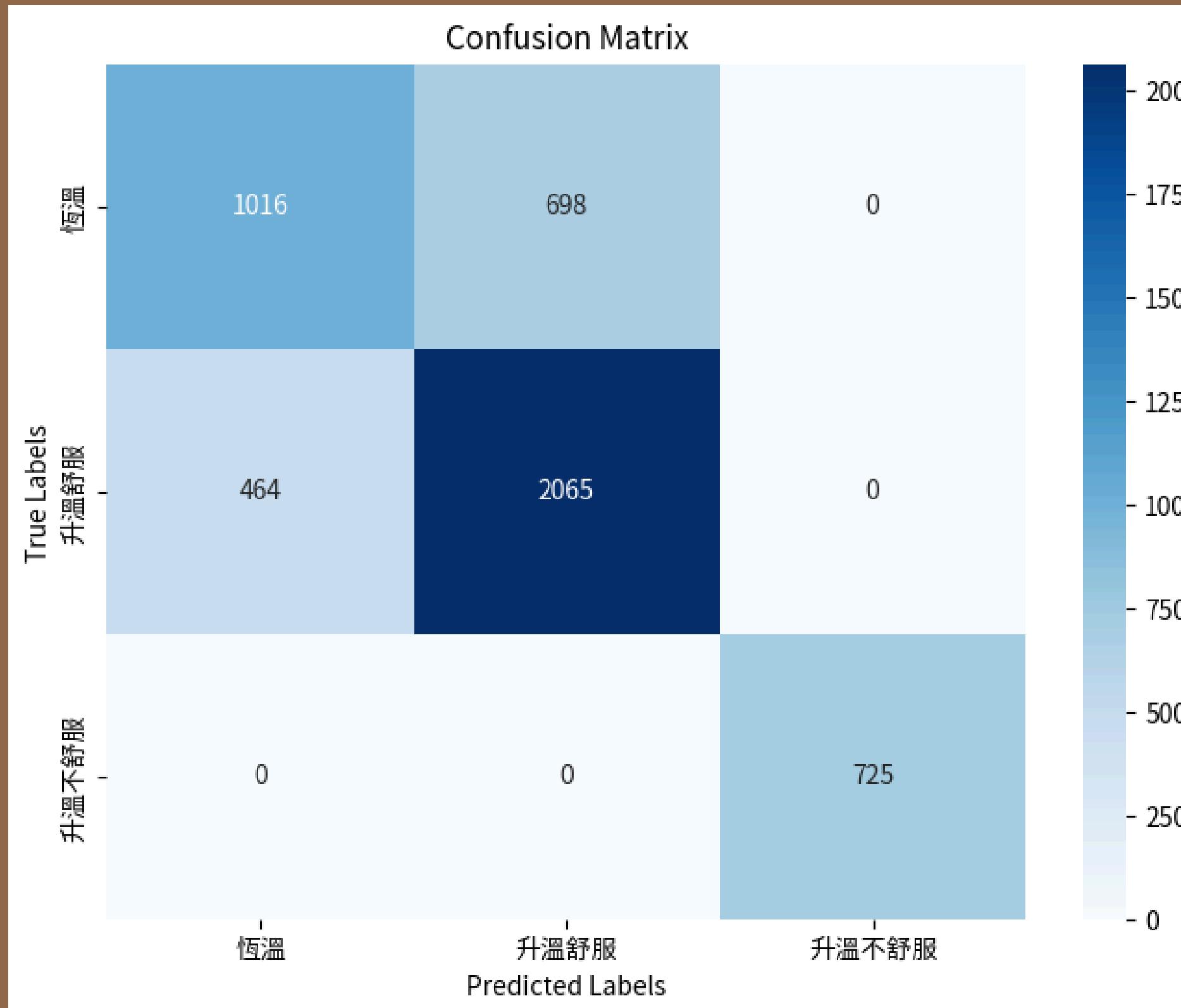


分類報告:

	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.74	0.64	0.68	1714
升溫舒服	0.77	0.85	0.81	2529
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	725
accuracy			0.80	4968
macro avg	0.84	0.83	0.83	4968
weighted avg	0.79	0.80	0.79	4968



# theta alpha gamma特徵之SVM

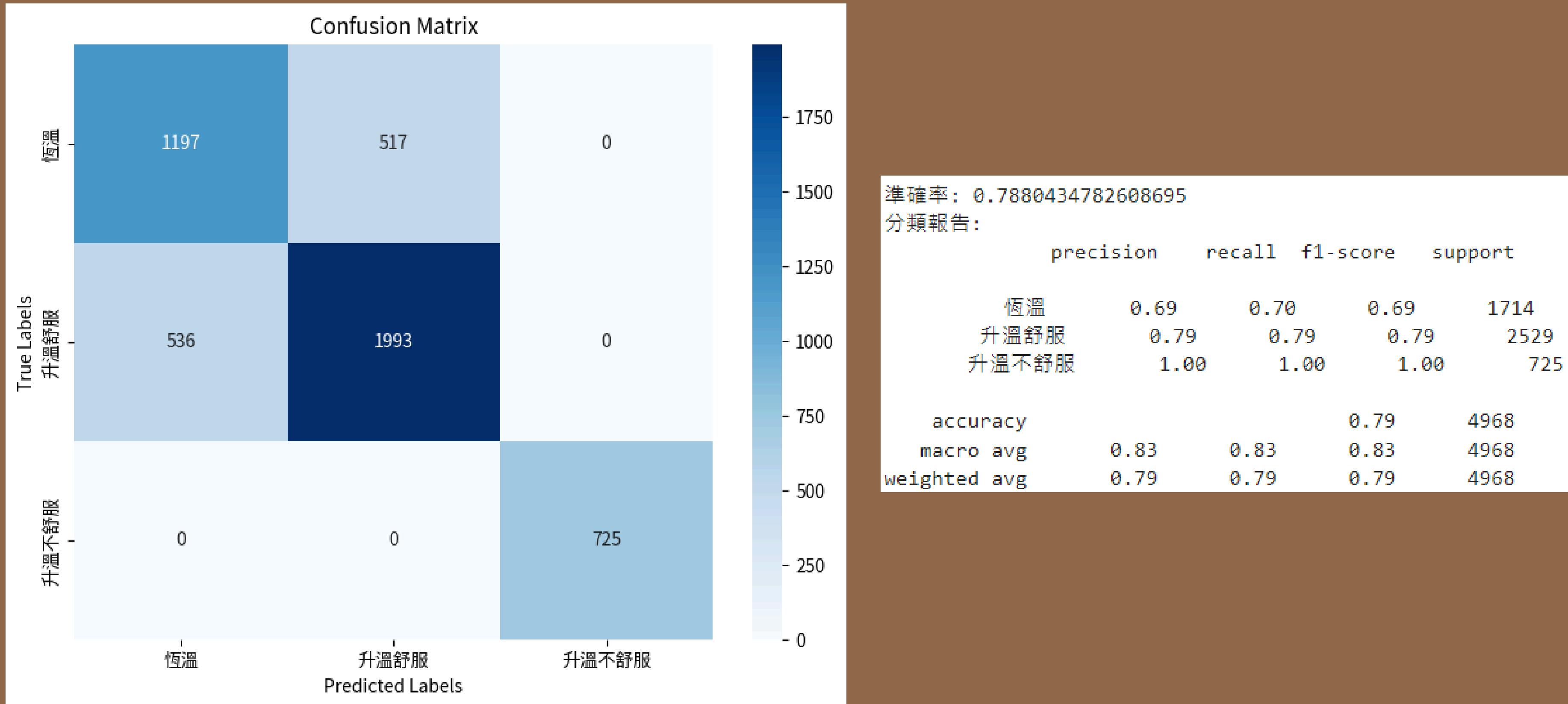


準確率: 0.7661030595813204

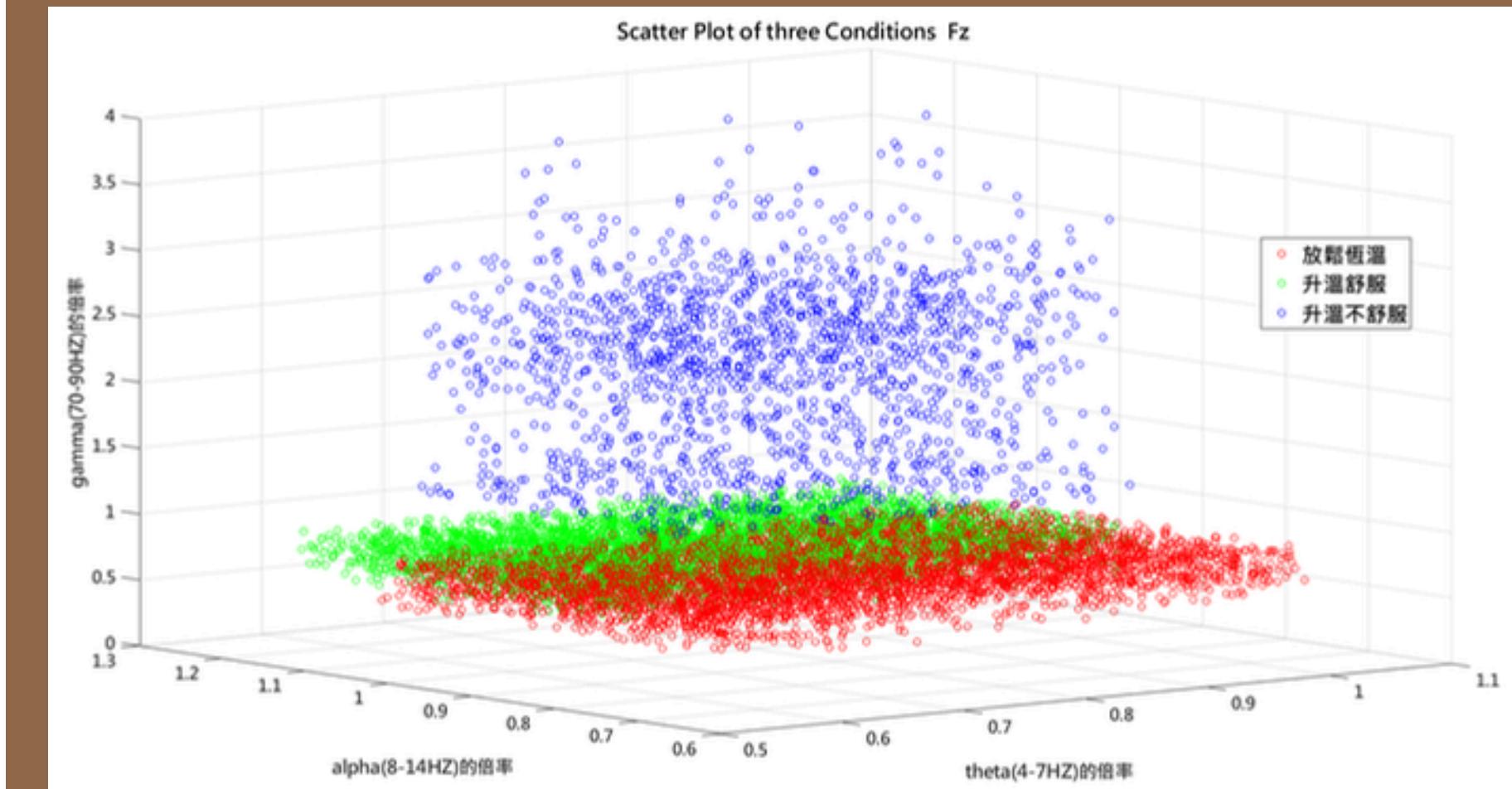
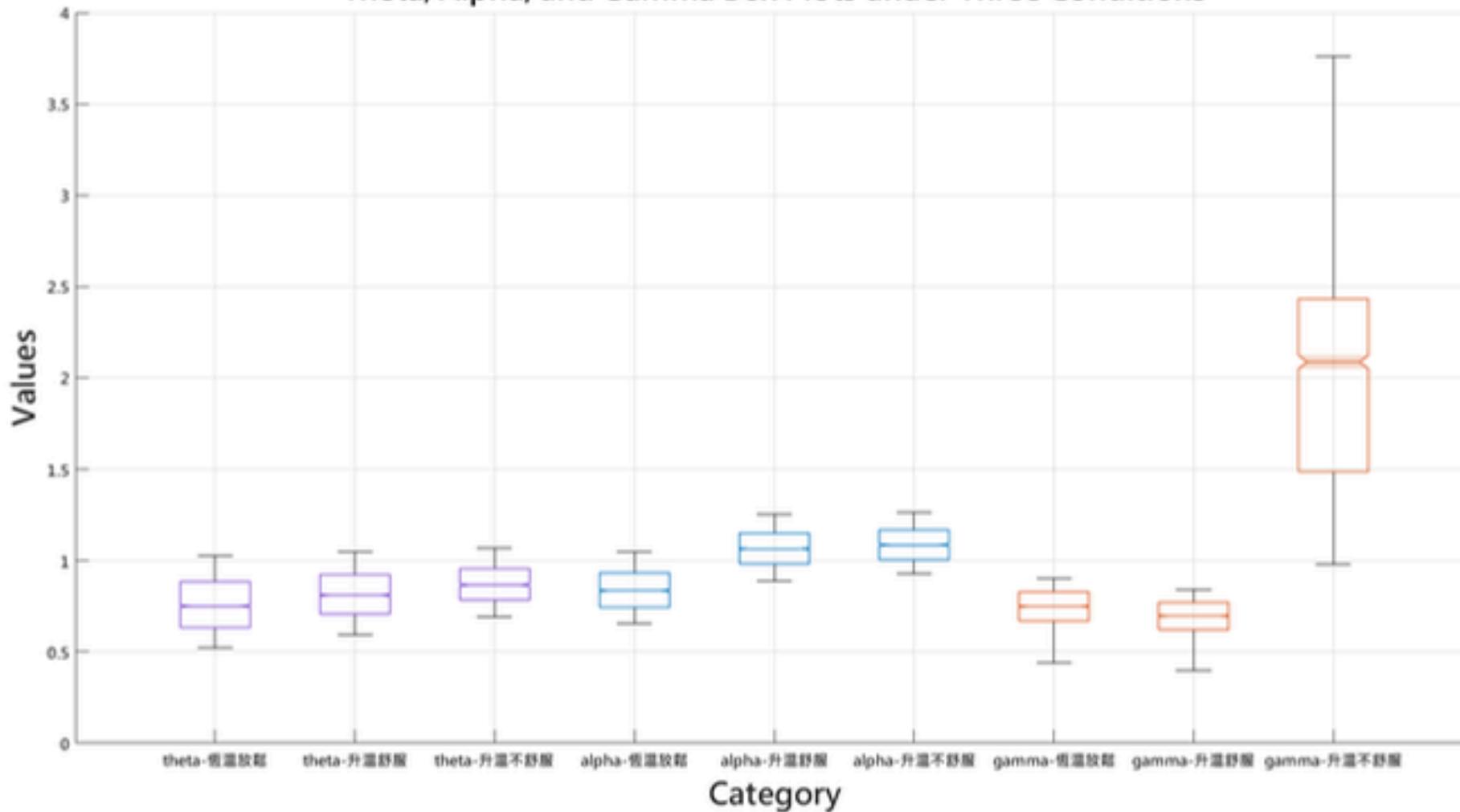
分類報告:

	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.69	0.59	0.64	1714
升溫舒服	0.75	0.82	0.78	2529
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	725
accuracy			0.77	4968
macro avg	0.81	0.80	0.81	4968
weighted avg	0.76	0.77	0.76	4968

# theta alpha gamma特徵之決策樹



Theta, Alpha, and Gamma Box Plots under Three Conditions



Fz

	原來數據	處理體動&離群值數據	theta:取Q1到Q3 alpha:取Q1到Q3 gamma: 恆溫&升溫舒服 取最小值到中位數 升溫不舒服 取中位數到最大值			
放鬆恆溫	10016	-18%	8170	-50%	4085	-59%
升溫舒服	11914	-18%	9795	-49%	4897	-59%
升溫不舒服	3843	-17%	3178	-50%	1589	-59%

準確率: 0.7001891551071879

分類報告:

	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.80	0.80	0.80	1234
升溫舒服	0.64	0.84	0.73	1464
升溫不舒服	0.00	0.00	0.00	474
accuracy			0.70	3172
macro avg	0.48	0.55	0.51	3172
weighted avg	0.61	0.70	0.65	3172

準確率: 0.6989281210592686

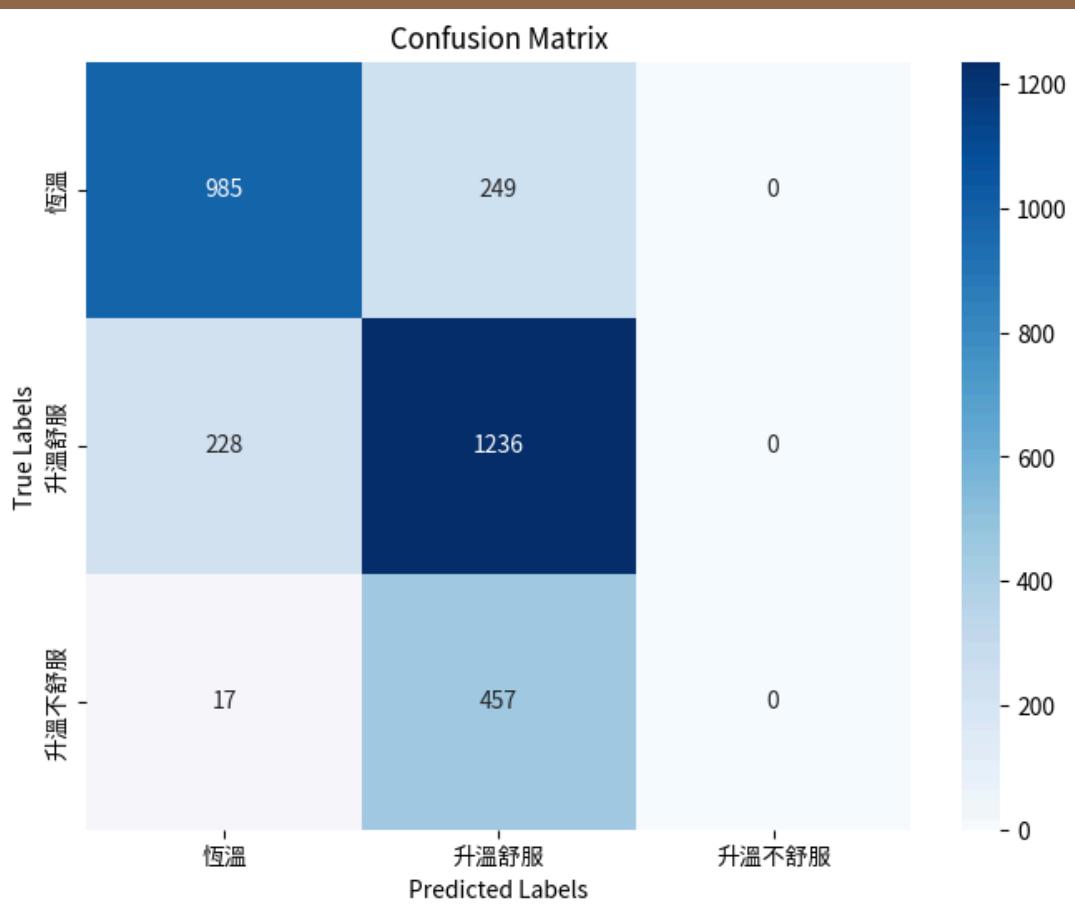
分類報告:

	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.63	0.54	0.58	1234
升溫舒服	0.66	0.74	0.70	1464
升溫不舒服	1.00	0.98	0.99	474
accuracy			0.70	3172
macro avg	0.76	0.75	0.76	3172
weighted avg	0.70	0.70	0.70	3172

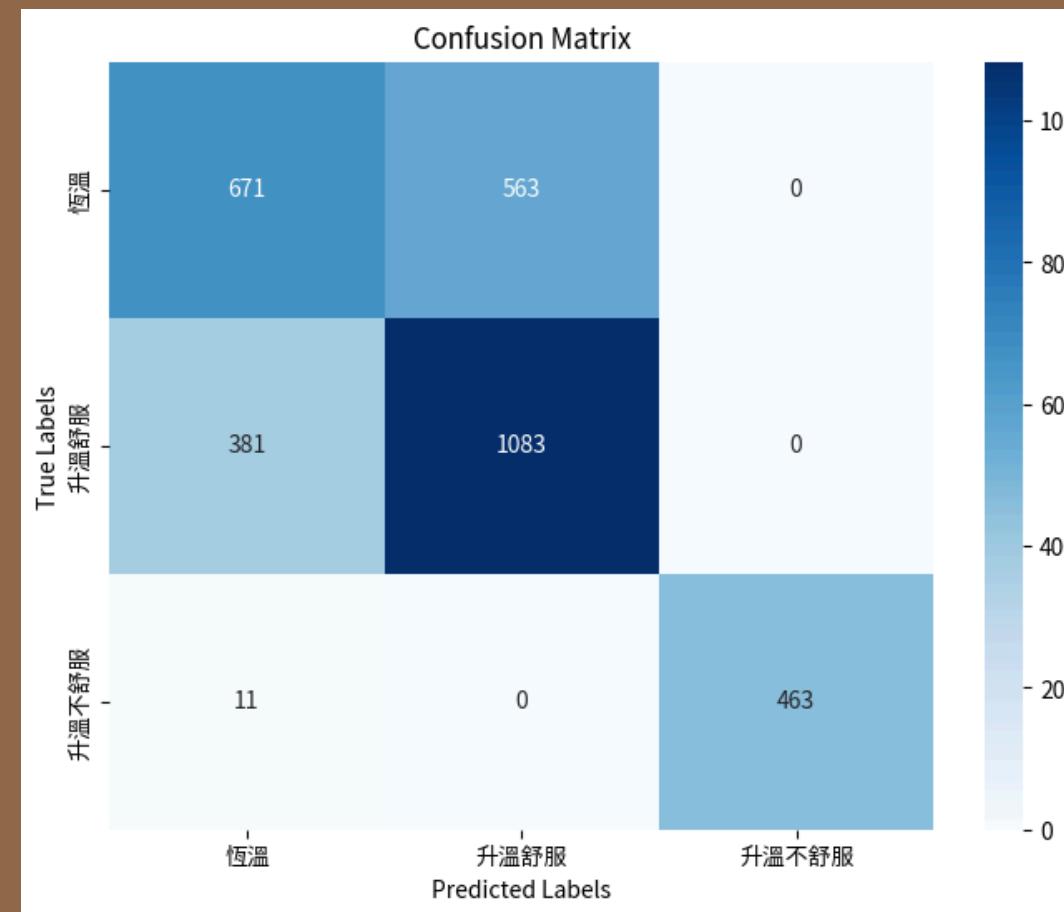
準確率: 0.8590794451450189

分類報告:

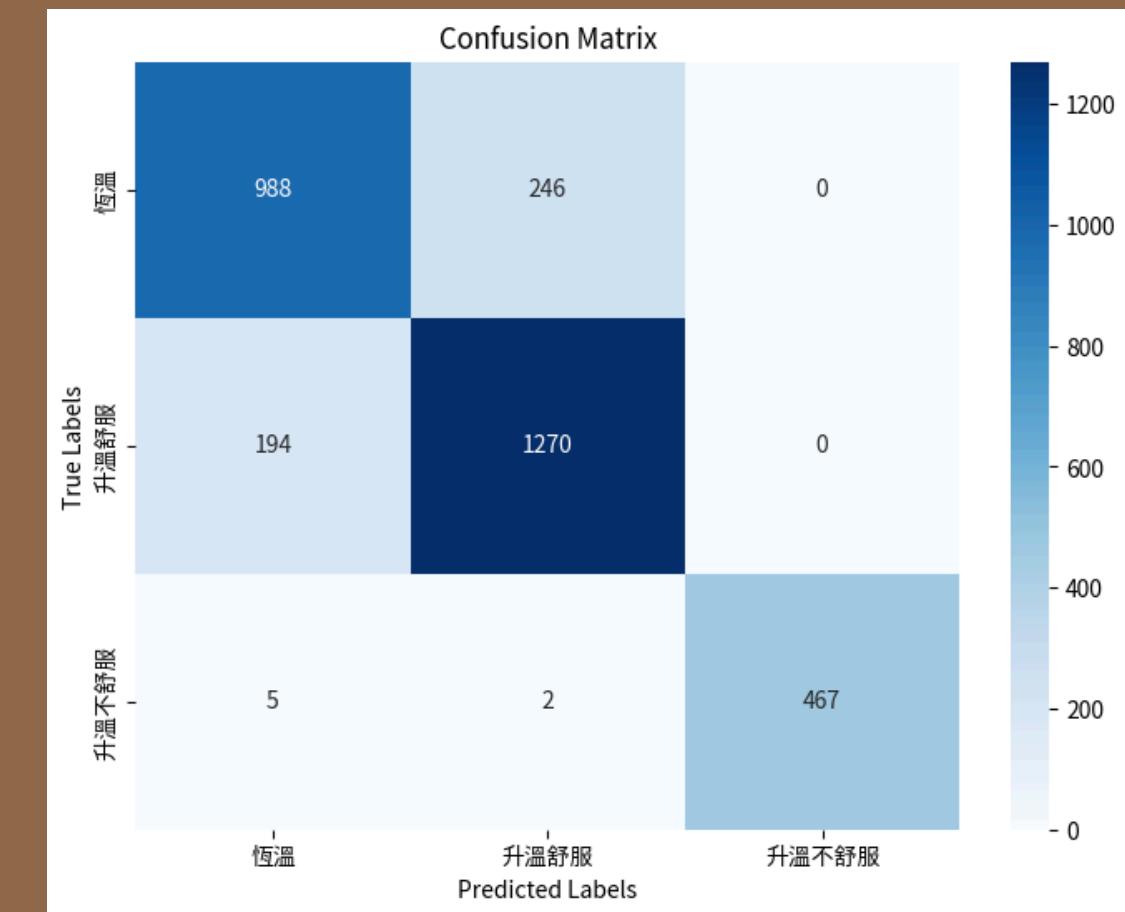
	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.83	0.80	0.82	1234
升溫舒服	0.84	0.87	0.85	1464
升溫不舒服	1.00	0.99	0.99	474
accuracy			0.86	3172
macro avg	0.89	0.88	0.89	3172
weighted avg	0.86	0.86	0.86	3172



theta alpha

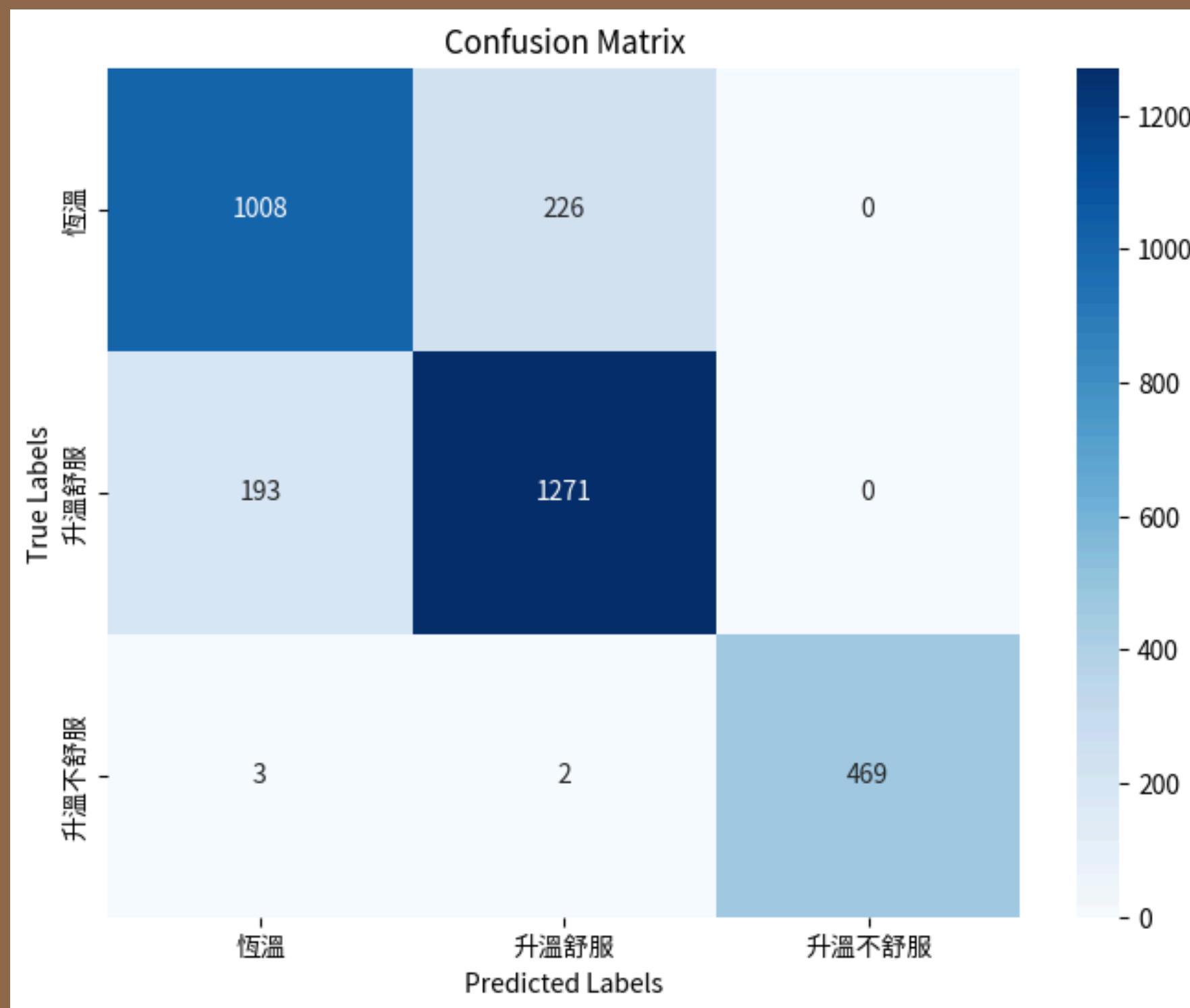


theta gamma



alpha gamma

# theta alpha gamma特徵之邏輯迴歸

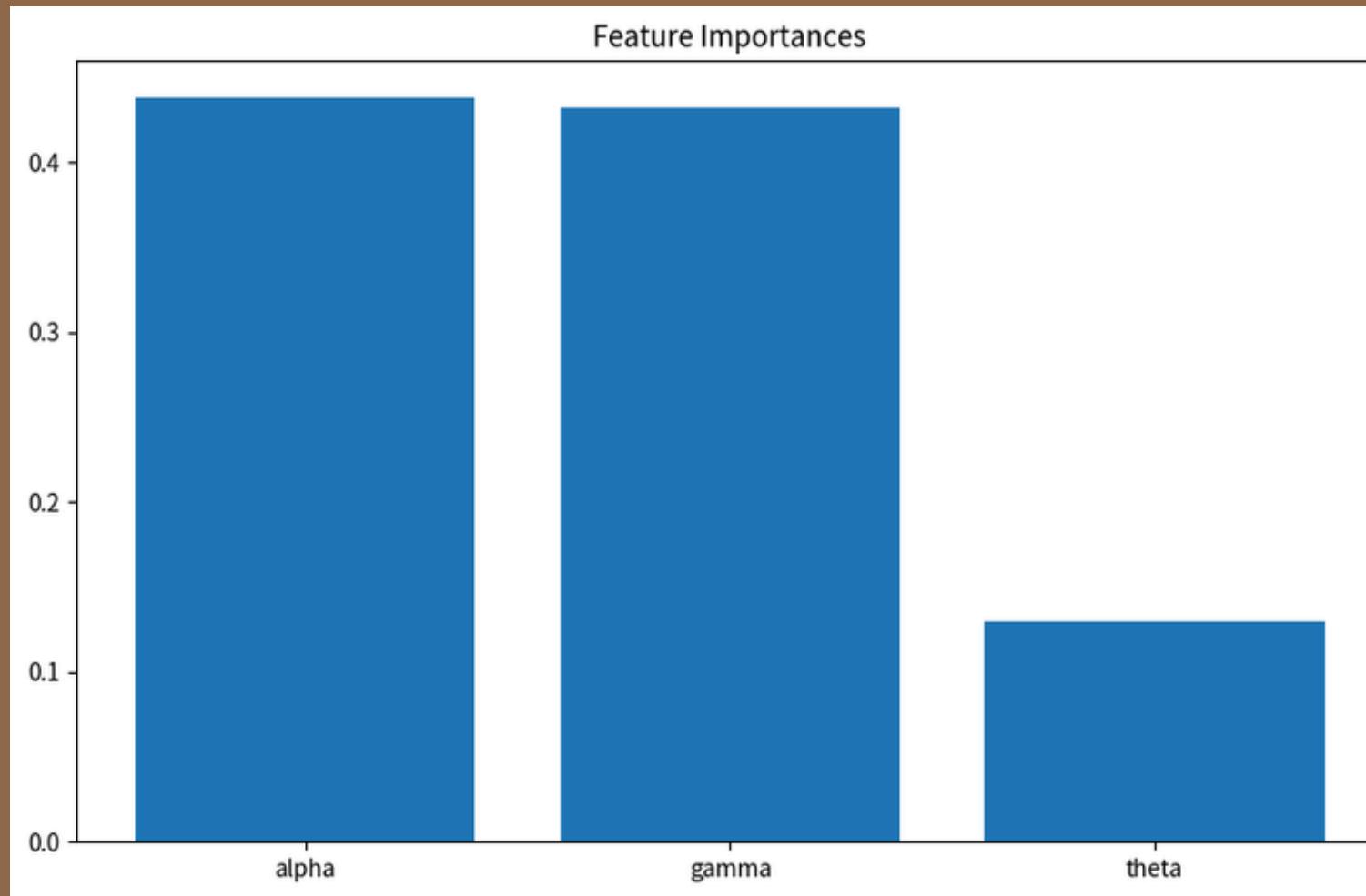


準確率: 0.8663303909205549

分類報告:

	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.84	0.82	0.83	1234
升溫舒服	0.85	0.87	0.86	1464
升溫不舒服	1.00	0.99	0.99	474
accuracy			0.87	3172
macro avg	0.90	0.89	0.89	3172
weighted avg	0.87	0.87	0.87	3172

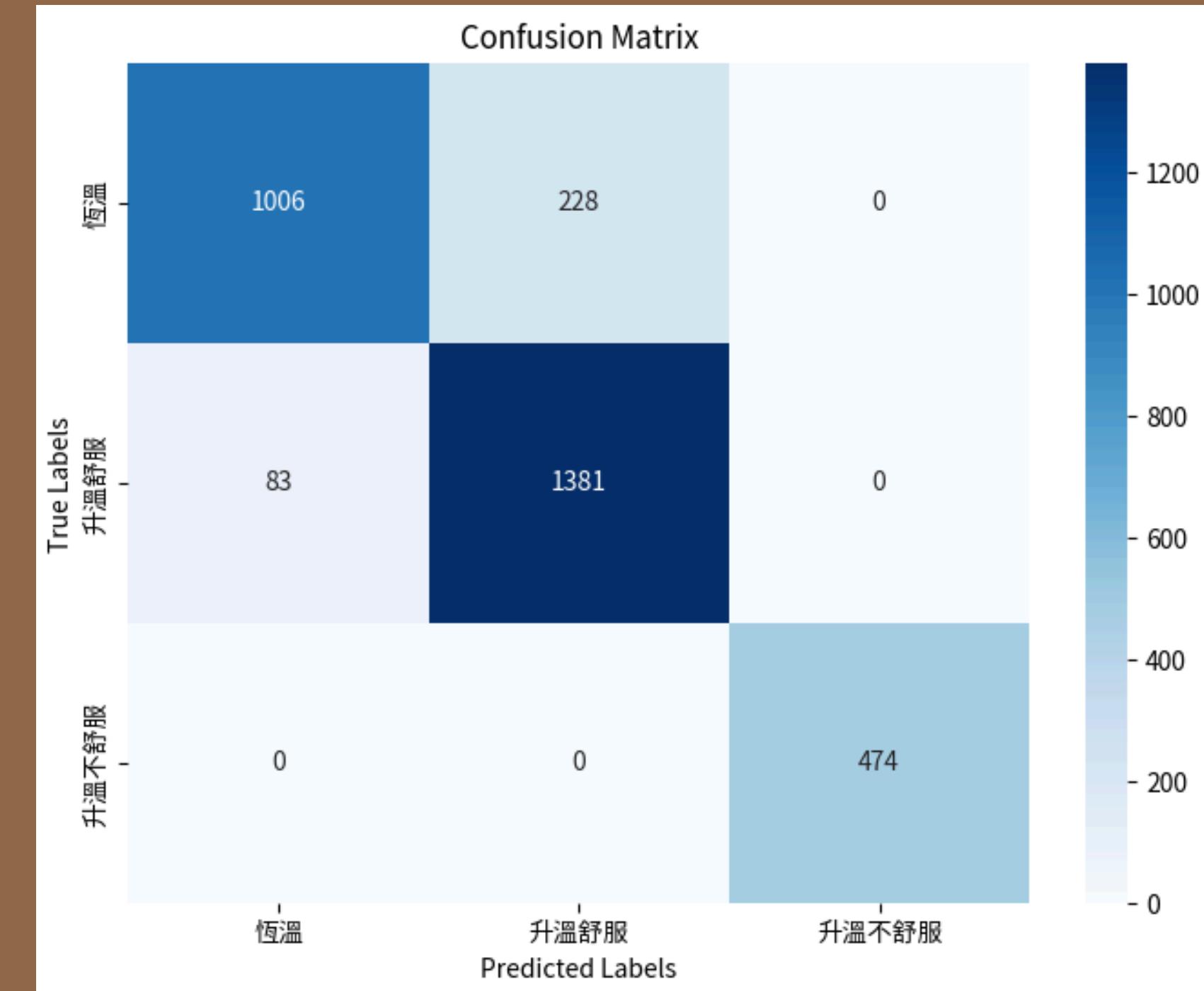
# theta alpha gamma特徵之隨機森林



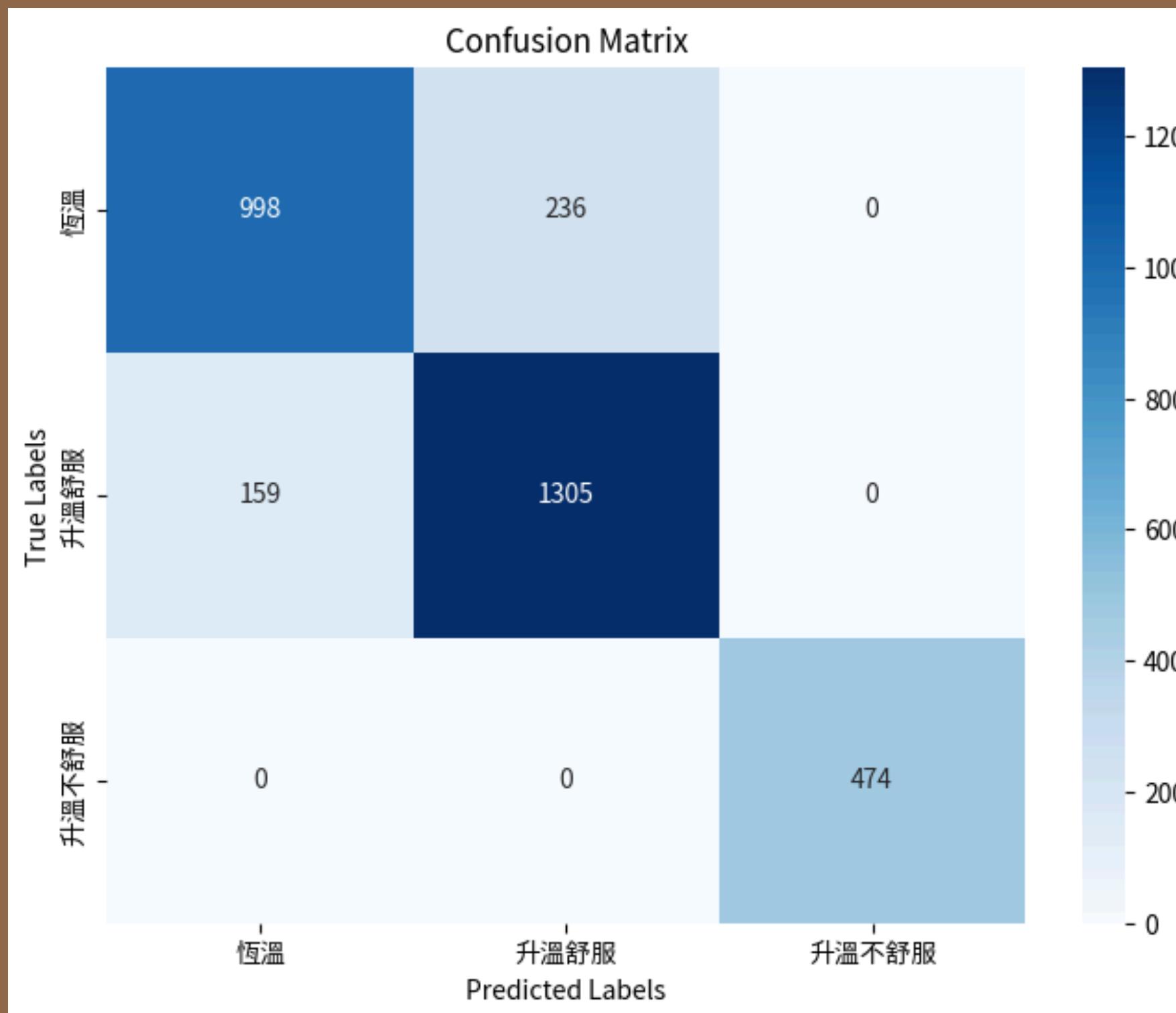
準確率: 0.9019546027742749

分類報告:

	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.92	0.82	0.87	1234
升溫舒服	0.86	0.94	0.90	1464
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	474
accuracy			0.90	3172
macro avg	0.93	0.92	0.92	3172
weighted avg	0.90	0.90	0.90	3172



# theta alpha gamma特徵之SVM

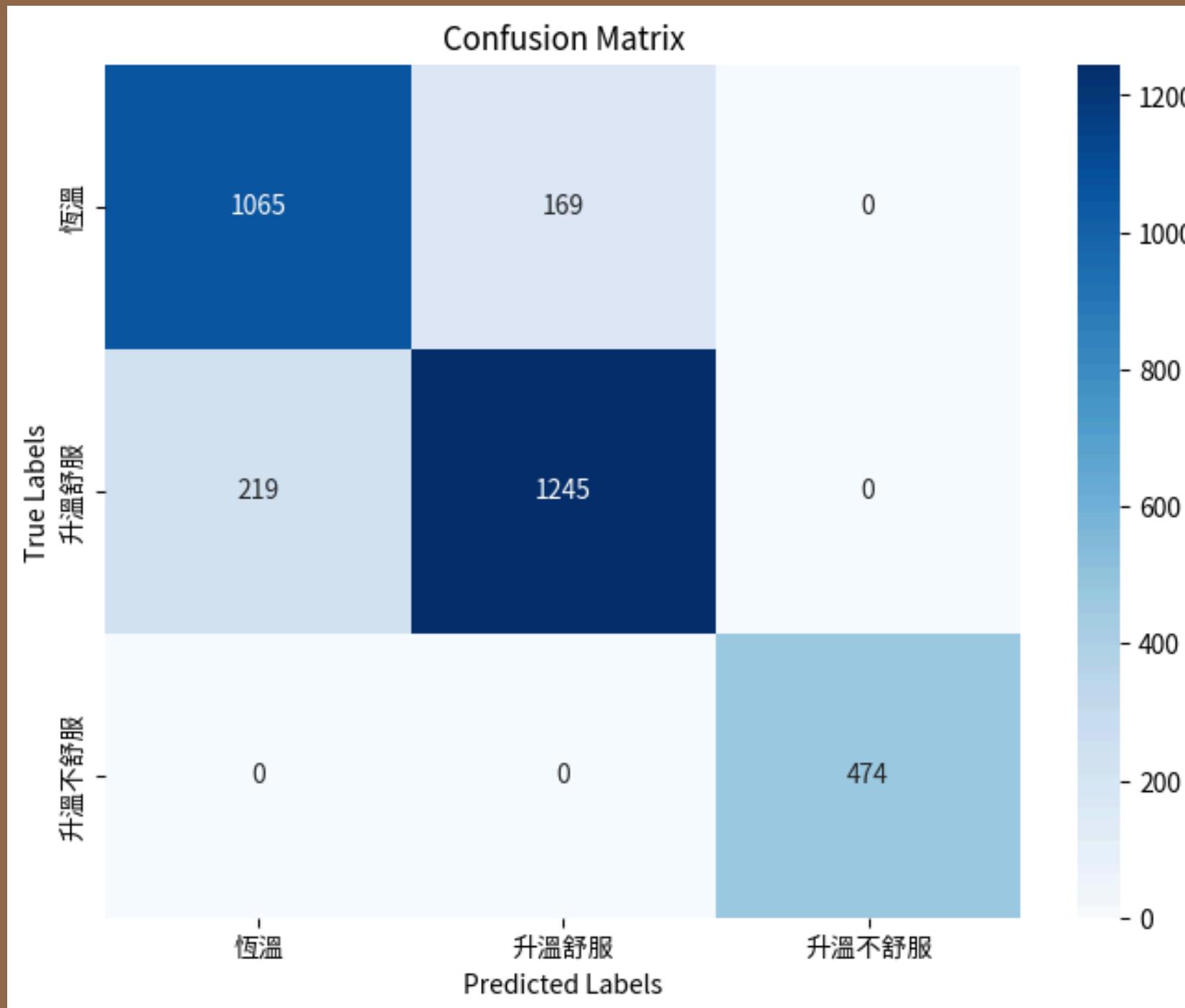


準確率: 0.8754728877679697

分類報告:

	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.86	0.81	0.83	1234
升溫舒服	0.85	0.89	0.87	1464
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	474
accuracy			0.88	3172
macro avg	0.90	0.90	0.90	3172
weighted avg	0.88	0.88	0.88	3172

# theta alpha gamma特徵之決策樹



準確率: 0.8776796973518285

分類報告:

	precision	recall	f1-score	support
恒溫	0.83	0.86	0.85	1234
升溫舒服	0.88	0.85	0.87	1464
升溫不舒服	1.00	1.00	1.00	474
accuracy			0.88	3172
macro avg	0.90	0.90	0.90	3172
weighted avg	0.88	0.88	0.88	3172

# theta alpha gamma特徵在三個狀態下準確率

	邏輯迴歸 CZ	邏輯迴歸 FZ
THETA ALPHA	0.62	0.70
THETA GAMMA	0.70	0.70
ALPHA GAMMA	0.74	0.86
THETA ALPHA GAMMA	 0.76	 0.87

	邏輯迴歸	隨機森林	SVM	決策樹
CZ	0.76	 0.80	0.77	0.79
Fz	0.87	 0.90	0.88	0.88

# theta alpha gamma特徵在兩個狀態下準確率

	邏輯迴歸 CZ	邏輯迴歸 FZ
THETA ALPHA	0.86	0.85
THETA GAMMA	1.0	0.99
ALPHA GAMMA	1.0	0.99
THETA ALPHA GAMMA	1.0	0.99

	邏輯迴歸	隨機森林	SVM	決策樹
CZ	1.0	1.0	1.0	1.0
Fz	0.99	1.0	1.0	1.0

# 隨機20次用邏輯回歸訓練

	Train: ['xubo', 'rong'] Test: ['yxy', 'kingcloser'] Validation: ['OJH']	Train: ['OJH', 'yxy'] Test: ['xubo', 'rong'] Validation: ['kingcloser']	Train: ['OJH', 'kingcloser'] Test: ['xubo', 'yxy'] Validation: ['rong']	Train: ['rong', 'OJH'] Test: ['yxy', 'kingcloser'] Validation: ['xubo']	Train: ['kingcloser', 'xubo'] Test: ['OJH', 'yxy'] Validation: ['rong']	Train: ['kingcloser', 'rong'] Test: ['OJH', 'xubo'] Validation: ['yxy']	Train: ['rong', 'yxy'] Test: ['OJH', 'xubo'] Validation: ['kingcloser']	Train: ['kingcloser', 'yxy'] Test: ['xubo', 'rong'] Validation: ['OJH']
三個狀態 訓練後 準確率CZ	0.49	0.63	0.60	0.63	0.63	0.44	0.50	0.55
三個狀態 驗證後 準確率CZ	0.68	0.72	0.62	0.60	0.61	0.63	0.75 	0.58
三個狀態 訓練後 準確率FZ	0.51	0.62	0.70	0.61	0.70	0.41	0.59	0.65
三個狀態 驗證後 準確率 FZ	0.67	0.87 	0.56	0.61	0.56	0.58	0.73	0.64
alpha gamma 占權重 CZ/FZ	Cz: alpha < gamma Fz: alpha < gamma	Cz: alpha < gamma Fz: alpha < gamma	Cz: alpha gamma相等 Fz: alpha gamma相等	Cz: alpha < gamma Fz: alpha < gamma	Cz: alpha gamma相等 Fz: alpha gamma相等	Cz: alpha < gamma Fz: alpha < gamma	Cz: alpha < gamma Fz: alpha < gamma	Cz: alpha gamma相等 Fz: alpha > gamma



	Train: ['yxy', 'OJH'] Test: ['xubo', 'kingcloser'] Validation: ['rong']	Train: ['yxy', 'kingcloser'] Test: ['xubo', 'rong'] Validation: ['OJH']	Train: ['xubo', 'yxy'] Test: ['kingcloser', 'rong'] Validation: ['OJH']	Train: ['xubo', 'kingcloser'] Test: ['yxy', 'rong'] Validation: ['OJH']
三個狀態 訓練後 準確率CZ	0.64	0.55	0.58	0.59
三個狀態 驗證後 準確率CZ	0.69	0.59	0.69	0.67
三個狀態 訓練後 準確率FZ	0.73 	0.65	0.65	0.61
三個狀態 驗證後 準確率 FZ	0.54	0.64	0.64	0.69
alpha gamma 占權重 CZ/FZ	Cz: alpha < gamma Fz: alpha < gamma	Cz: alpha gamma相等 Fz: alpha > gamma	Cz: alpha < gamma Fz: alpha > gamma	Cz: alpha gamma相等 Fz: alpha gamma相等

- 驗證集為受試者:Kingcloser時，準確率是最高
- alpha & gamma所占權重在CZ & FZ  
 $\text{alpha} < \text{gamma}$