

國立台灣師範大學地球科學系

2012 暑期大專生研究計畫

台灣海岸山脈奇美斷層之磁性組構初探

蔡原閔

指導教授：葉恩肇 博士

中華民國：101 年 9 月

## 摘要：

本次的研究地點為奇美斷層，他是海岸山脈眾多的斷層中，唯一一條橫切過整個海岸山脈的逆斷層。上盤為火成岩體的都巒山層逆衝到沈積岩體的八里灣層。根據前人的研究顯示，奇美斷層幾乎是海岸山脈的南北分界的指標。南北兩端的構造特性皆有所不同。所以研究奇美斷層，並且了解他活動的演化史，可以讓我們更了解海岸山脈的形成演化。

根據前人的應力比的研究，我們可以得知奇美斷層為南北向受力，但和我們所知的弧陸碰撞的 110 度有所差別。而且我們無法得知奇美斷層的受力大小和應變方式。這兩項因素影響著推測斷層活動方式的推導。

所以我們利用磁感率的方法，進行古應力的分析。根據磁感率橢球，我們可以更加的確定奇美斷層確實為南北向受力。根據分區橢球的顯示。可以發現在三個分帶中（damaged zone, fold zone, fault zone）都可以發現雪茄狀和平板狀都同時出現在相同的分帶中。甚至連受力的最大的 fault zone 中，兩個受力形狀不同的橢圓也同時出現，甚至散佈的更為廣。這在台灣一般的斷層中，基本上斷層下盤只會出現平板狀的橢圓。所以奇美斷層的應變方式和一般斷層有所不同。

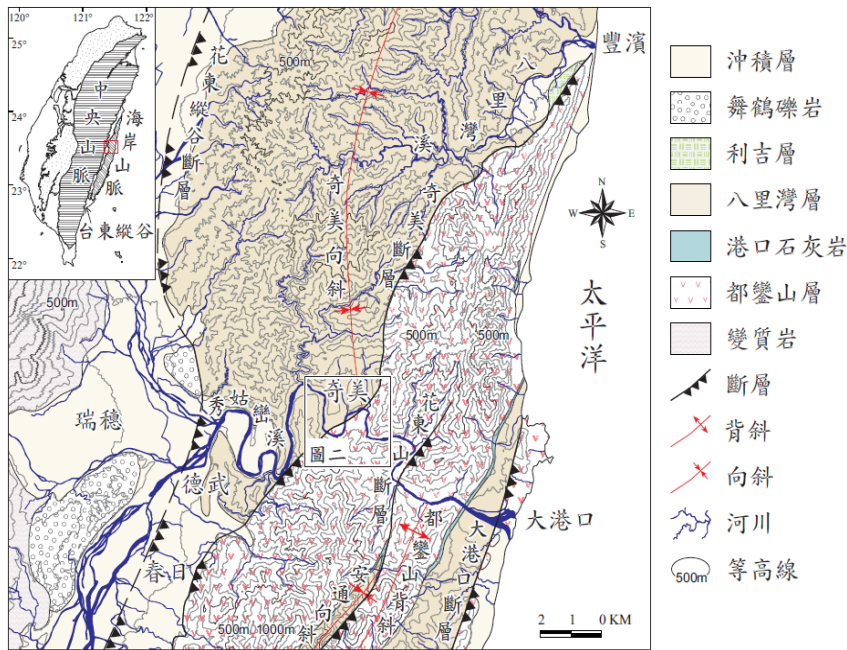
依據上面的現象，要確定這樣的變化是否和岩層所含磁性礦物的不同或者是磁性礦物的大小的不同所影響。所以利用高低溫去磁的方式來判別不同的磁性礦物。根據實驗結果，奇美斷層的磁性礦物幾乎為磁鐵礦。所以並不是磁性礦物種類不同去影響斷層受力。

根據上述的實驗，我們可以推測奇美斷層整體的受力不夠，所以斷層下盤的橢球才會出現雪茄狀。但還需要磁滯曲線還佐證，我們的論證才可以更完整。

結論，加上前人的應力比的研究，可能因為奇美斷層同時受到不同方向的力影響，才使得最後南北向受力不足，讓奇美斷層發育較不完全典型。奇美斷層的特例，讓海岸山脈的演化又丟出更多的不確定性。

# 一、 區域地質介紹：

台灣位於坐落在版塊交界邊界，為呂宋島弧碰撞歐亞大陸版塊，為典型的弧陸碰撞造山帶 (Chai, 1972)。海岸山脈為此運動下的產物。奇美斷層大約位於海岸山脈的中段，從玉里的東北方一路向北延伸，經過秀姑巒溪的中下游奇美村後，延伸至豐濱入海。其岩層結構為中新統火成岩體都巒山層逆衝至上新統沈積岩體的八里灣層 (如圖一)。我們研究的地點位在奇美村，秀姑巒溪泛舟中心中繼點。此處為 S 型河道，可以看到明顯的斷層露頭和剖面。對於奇美斷層分層和研究活動方式是一個很好的地點。

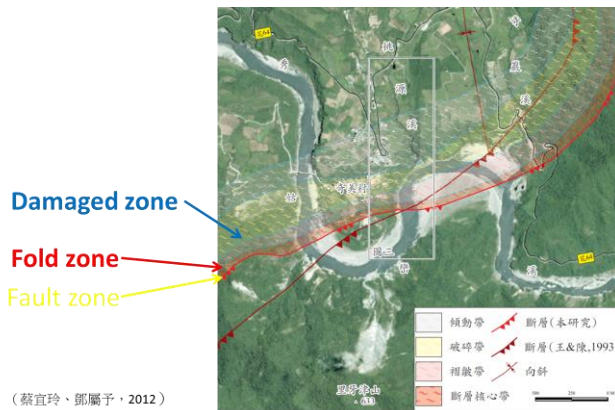


Geologic map of middle Coastal

修改自王源和陳文山(1993)

圖一

根據前人研究，我們可以將奇美斷層從斷層帶可區分成 斷層帶、褶皺帶和破碎帶。(如圖二)



(蔡宜玲、鄧屬予, 2012)

## 二、 研究目的和啟發動機

根據前人的研究，秀姑巒溪剖面，奇美斷層約成北偏東 78 度。而且越接近斷層的地方破碎程度越高。在應力比的部份，可看見三個帶的受力方向約為南北向（如圖三），和我們所知的弧陸碰撞的方向不同（如圖四）。並且我們無法從應力比的資訊中得知斷層的受力大小和應變量。這樣對於模擬古應力的運動方式略微困難。因此我們想利用古地磁的方式和應力比去做整理。讓我們更了解奇美斷層的形成方式。進而可以更了解整個海岸山脈的整體的活動歷史。畢竟奇美斷層可以唯一一個橫切過海岸山脈的逆斷層，並且把海岸山脈區分成兩北兩側不同的地質構造。

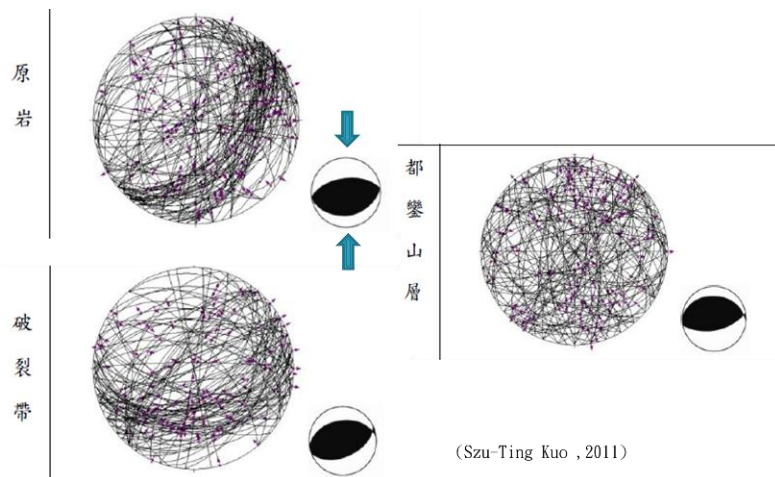


圖 3

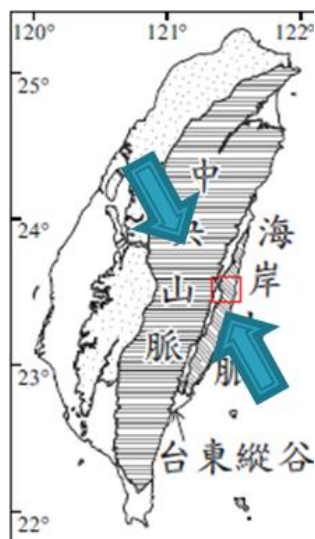


圖 4

### 三、 研究方法和介紹

想利用古地磁的方式來研究整個斷層的受力方向和大小。簡單來說利用磁感率異象性，可以了解斷層受力大小、方向和應力。根據實驗所到的數值，可以得到下列公式： $M=KH$

M 為磁化率，可以依照 H 為外加的磁場和磁化率而得到異向性 K。而 K 可以分為 K1、K2、K3 三軸。根據三軸不同大小長度可以得到不同的磁感率異向性橢圓（如圖 5）。根據橢圓的不同形狀可以推測受力的大小和原因。通常  $K1 \geq K2 \geq K3$ 。通常 K3 軸可以判斷受力方向。

根據 K1、K2、K3 三值，我們可以得到

- 1. Lineation (L) =  $K1/K2$
- 2. Foliation (F) =  $K2/K3$
- 3. Anisotropy (P) =  $K1/K3$

4. Shape parameter (ellipsoid)(T) —  $T = \frac{\ln(K_2/K_3) - \ln(K_1/K_2)}{\ln(K_2/K_3) + \ln(K_1/K_2)}$

5. Intensity(I) —  $i = \sqrt{(F - 1)^2 - (L - 1)^2}$

從圖 6，F-L 圖中我們可以得知，當不同的 K 值 3 軸值會有不同的橢球體對應在圖上。當 T 值介於  $0 \leq T \leq 1$ ，我們可以看到橢球坐落在圖形的右下角，呈現平板狀。又得知當橢球為平板狀，其  $K1=K2$ ；當 T 值介於  $-1 \leq T \leq 0$ ，我們可以看到橢球坐落在圖形的左上角，呈現雪茄狀。又得知當橢球為雪茄狀，其  $K2=K1$ 。而 I 值，和橢球在圖上的點和原點之間的距離。所以距離越長代表強度越強。

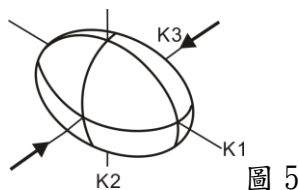


圖 5

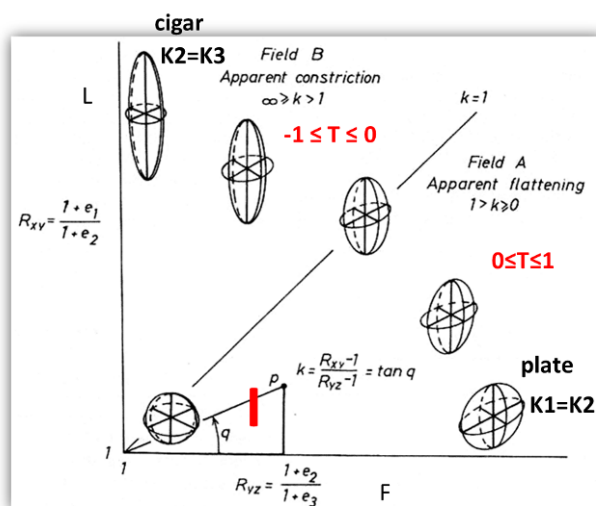


圖 6

## 四、 野外工作

在圖 7 中，我們在這個出露的剖面選取了 25 個點，約每 10 公尺採一個點。在斷層帶選取 6 個點、褶皺帶選取 13 個點、破裂帶選取 6 個點。利用鑽機和發電機和冷卻水桶的組合來鑽取岩心（如圖 8~10）。在鑽取成功後利用傾斜儀量取傾向和傾角，在做上標記後取出岩心，並且標記好裝入密封袋中（如圖 11~13）。



(圖 8~10)



(圖 11~13)

## 五、 樣本處理及分析

將樣本從密封袋中取出，之後將破碎的部份用強力膠補齊（如圖 14），並利用切割機將岩心切成一英吋大小的樣本（如圖 15）。接著我們就可以進行第一個時間，磁感率意向性的實驗。將一樣本放進儀器裡（如圖 16、17）並且分成 3 軸的方式量測。可以得到 3 軸的數據，這樣就可以得到其他數值的數據。本實驗有 135 個可信樣本。

再來做高低溫去磁的實驗，在低溫的實驗中，我們要地用液態氦來使試管降溫到零下 190 度並將樣本的粉末倒入觀察。本實驗有 10 個可信

樣本，斷層帶和褶皺帶個 4 個可信樣本，破碎帶 2 個可信樣本。

高溫的實驗也勢將樣品的粉末倒入，並且加溫到 700 度後再使其冷卻至 40 度看其在去磁的過程中，那段數據會遽降來判斷其磁性礦物的種類。本實驗有 6 個可信樣本，每個分帶挑選兩個。(如圖 18)



圖 14



圖 15



圖 16~17



圖 18



## 六、 實驗結果

根據圖 19 的磁感率異向性橢圓來看，我們可以看到 K3 軸的方向幾乎為南北向。所以可以和應力比橢球佐證（如圖 20）。所以奇美斷層的受力方向和弧陸碰撞（圖 4）的方向不同。且看到 K2、K1 軸的散佈幾乎佈滿了整個橢球，表示  $K1=K2$ ，所以  $-1 \leq T \leq 0$ ，極其形狀為雪茄狀。

在 T-D 圖中（圖 21），橢球體的形狀從破碎帶到斷層帶的分佈中，平板狀和雪茄狀都有存在，且在越接近斷層時，其分布的情形更為廣。

在 I-D 圖中（圖 22），從破碎帶到褶皺帶，其強度沒有增強太多，但在接近斷層帶約 25 公尺時，其強度急遽的增加。

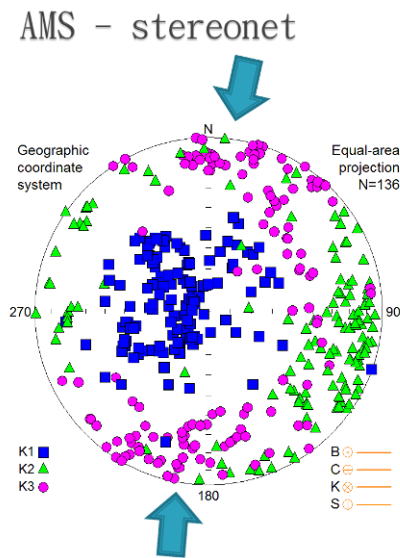


圖 19

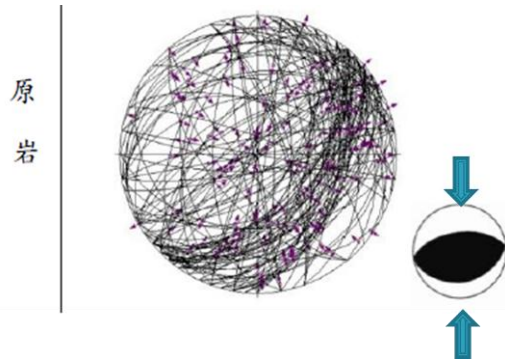


圖 20

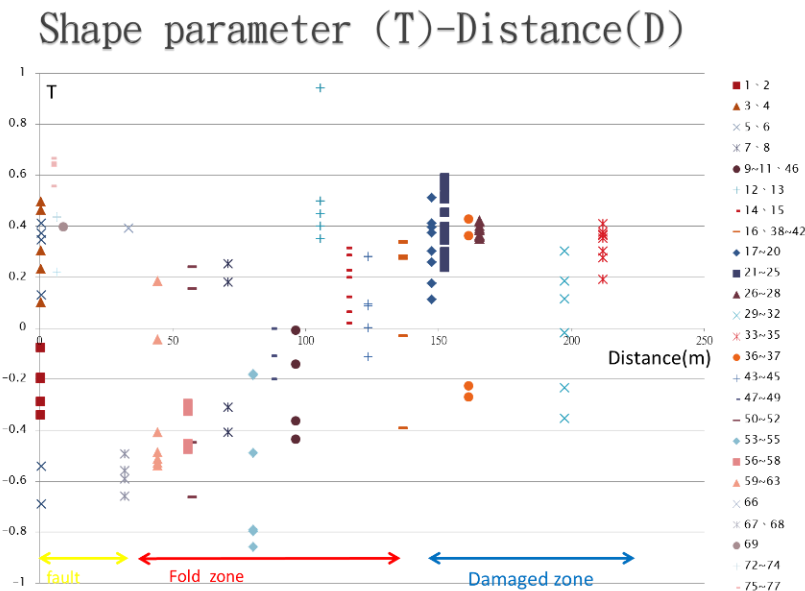


圖 21

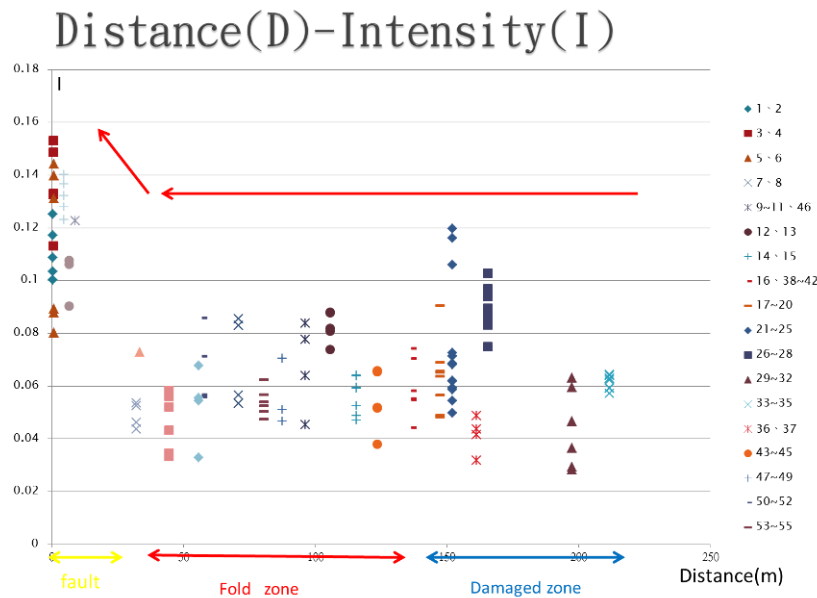
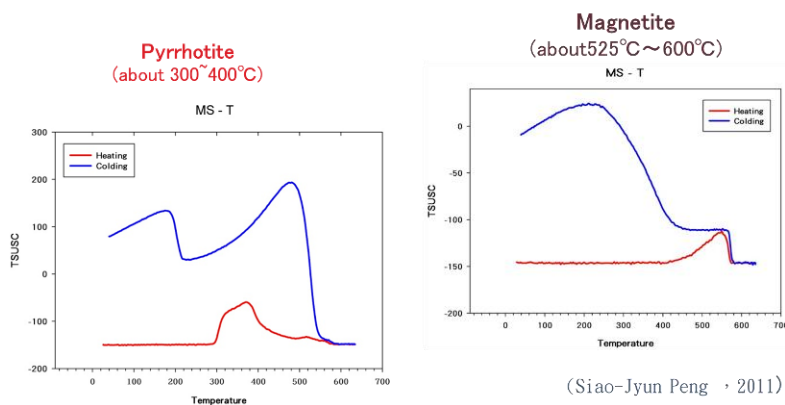


圖 22

## 七、 討論

討論一：在上面的結果中，我們可以得知奇美斷層的受力方向和大小，但是在斷層帶的部份，在 I-D 圖中（圖 22）我們可以很明顯的知道，強度突然快速的上升。到底是什麼原因造成的？因為是利用古地磁來判別，所以可能影響的原因可能有磁性礦物種類不同或是大小不同所造成。所以我們必須做高低溫去磁的實驗來判斷磁性礦物的種類。不同的磁性礦物會有不同的居禮溫度，根據居禮溫度來判斷。

根據前人的研究我們可以得知 Pyrrhotite 的居禮溫度約在 300~400 度(圖 23)，Magnetite 的居禮溫度為 525~600 度之間(圖 24)。在高低溫實驗所得數據做成的圖表中，我們可以看到在高溫實驗數據圖中，6 個可信樣本都約在 525 度的時候數據遽降(圖 25、26)，可以表示整個採樣帶都只含有磁鐵礦。所以不是磁性礦物種類不同所造成強度遽增。



(Siao-Jyun Peng, 2011)

圖 23、24

Temperature-function magnetic susceptibility  
(0°C~190°C)

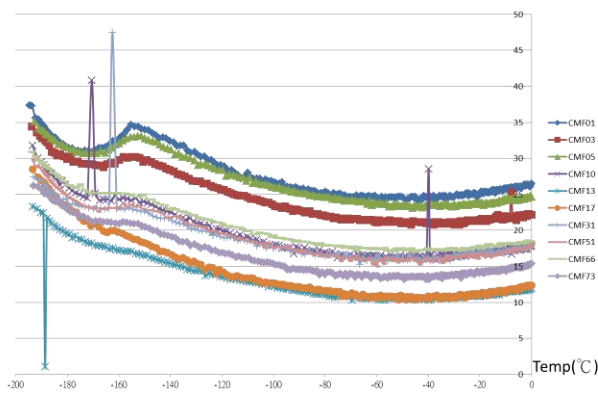


圖 25

Temperature-function magnetic susceptibility (25~700)

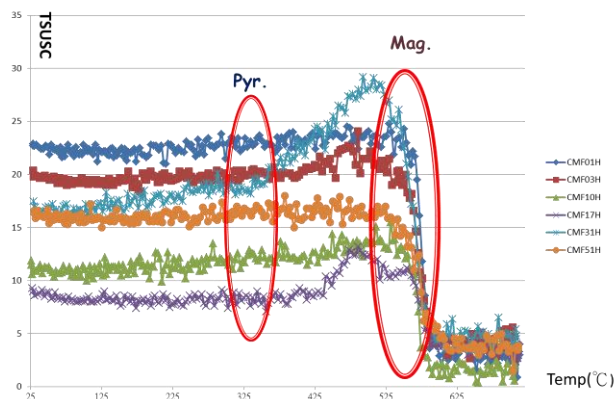
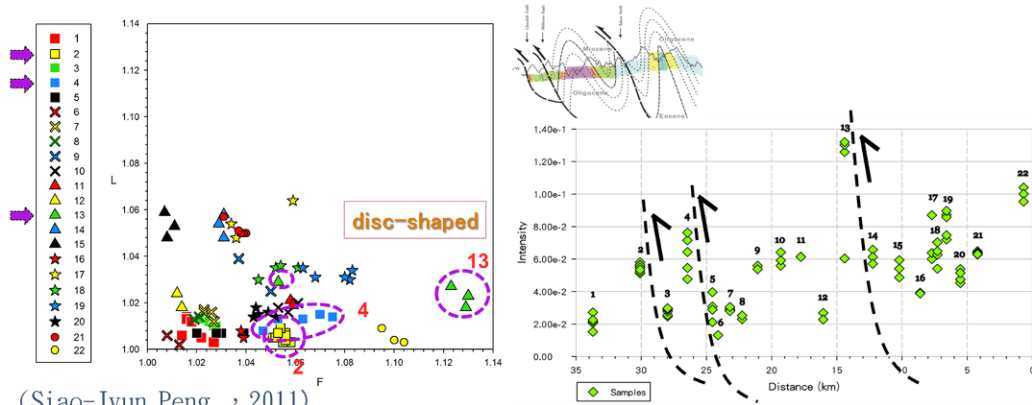


圖 26

## 討論二：

從 T-D 圖中 (圖 21)，我們可以看到越接近斷層的地方，橢球的圖形散佈的更加明顯，但根據前人的研究 (2011 彭)，可以從 (圖 27、28) 看到，斷層下盤的橢球形狀應該為平板狀，但奇美斷層根據 (圖 21) 顯示，在斷層部分還是有雪茄狀的構造。

原先實驗前，預期的路徑應該有兩種，一是水平沈積後，直接受力變成平板狀；二是先變成雪茄狀，繼續受力後變成雪茄狀 (圖 29)。這些都是正常的斷層下盤中會出現的情況，但奇美斷層卻沒有。從 F-L 圖、I-T 圖中 (圖 30、31)，我們都可以發現，從破碎帶到斷層帶中，都有因為持續受力使其形狀從雪茄狀變成平板狀 (從 T 的數值分布來看)。在 3 個帶都可明顯看出，尤其在 I-T 圖中更為明顯。這樣我們可以推斷，奇美斷層是一個過度帶的斷層。受力不足，所以導致其磁感率異向性橢圓有雪茄狀的分佈。可能因為多力影響，造成其主要應力方向 (南北向) 偏弱。這樣特殊的情形讓我們需要更多方法來確認奇美斷層的運動，進而可以模擬出海岸山脈的運動變化。



(Siao-Jyun Peng, 2011)

圖 27、28

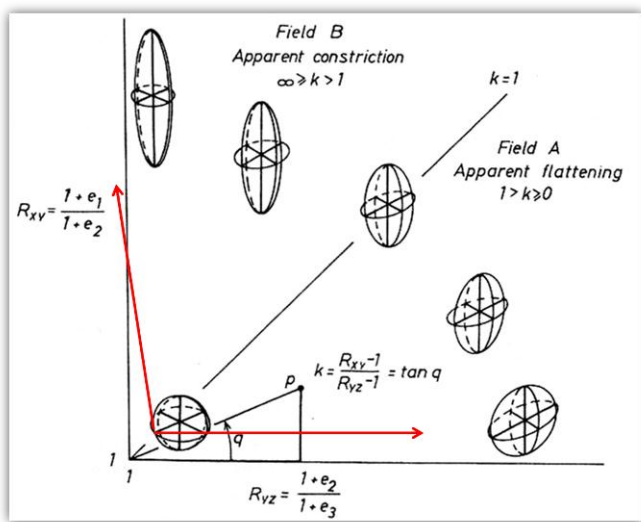


圖 29

## Foliation-Lineation

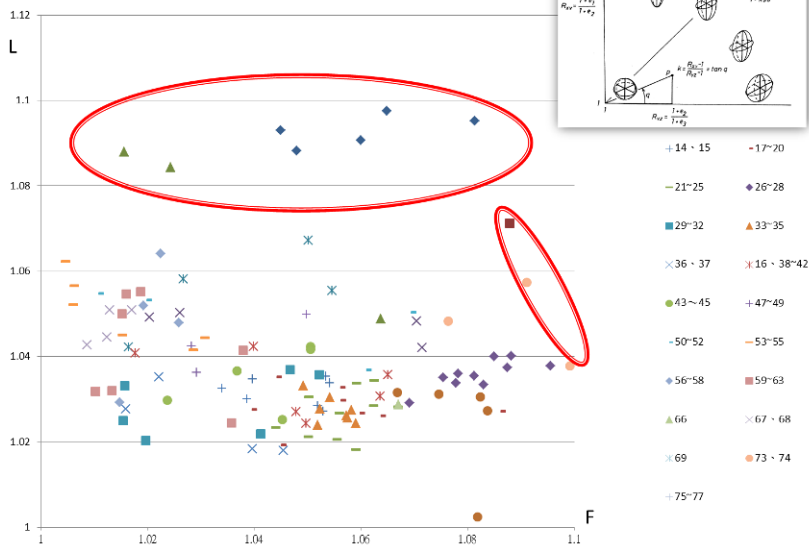


圖 30

# Intensity-Shape parameter (T)

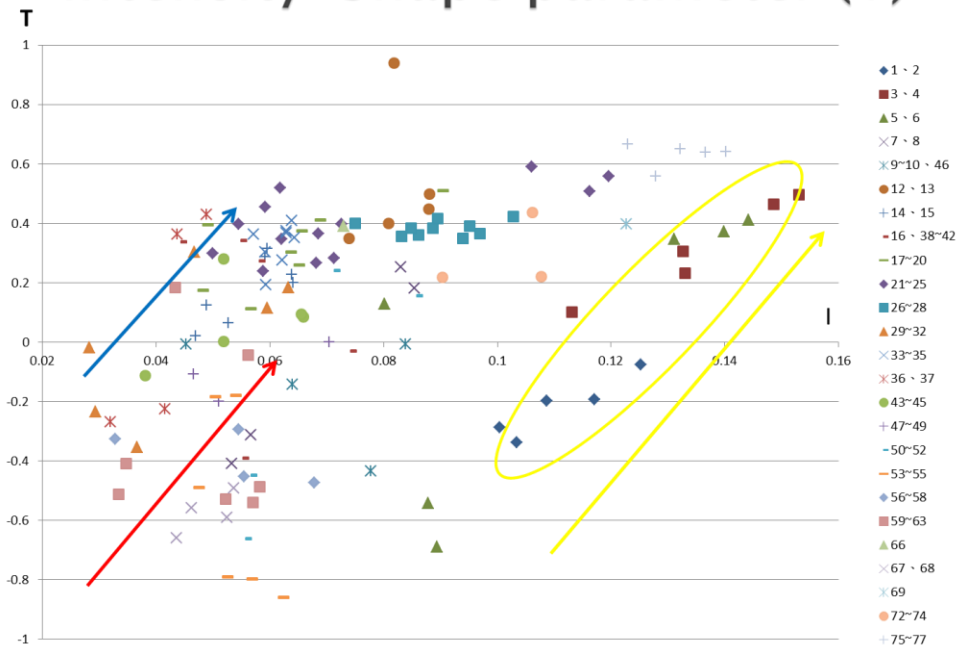


圖 31

## 八、 結論

(1)、從圖 32 中，可以知道磁感率橢球的 K3 值，得知斷層受力方向為南北向，和應力比橢球相同，但和弧陸碰撞的方向不同。

甚至我們還可以得到受力大小和應變量。又因為  $K1=K2$ ，可以得知整個研究剖面都有雪茄狀的分佈。

(2)、從 I-D 圖（圖 22）中，可以得知強度從破碎帶到褶皺帶並沒有明顯的增加，但接近斷層帶約 25 公尺時，強度有明顯的增加。

(3)、從 I-T 圖中（圖 31），可以知道，從破碎帶到斷層帶，其強度都有慢慢的增加的趨勢，所以同一個帶中的橢球形狀都有兩種（雪茄狀和平板狀）。甚至連斷層帶中兩種橢圓都有。所以可以推斷奇美斷層是一個受力不足的斷層，不是很典型的。因為基本上斷層下盤只會有平板狀橢圓。可能是受到不同力的影響，導致主要受力方向（南北向）受力較不足。

## 九、 參考資料

Study of Magnetic Susceptibility Anisotropy along the Northern Cross-Island Highway, Taiwan (2011, Siao-Jyun Peng)

海岸山脈奇美斷層之構造特性初探 (2011, 郭思廷)

台灣海岸山脈秀姑巒溪奇美斷層帶之構造分析 (2005, 陳蘭欣)

海岸山脈奇美斷層帶的側向剖面特徵 (2012, 鄧屬予、蔡宜伶)

Lee, T-Q., Kissel, C., Barrier, E., Laj, C., Chi, W.-R., 1991. Paleomagnetic evidence for a diachronic clockwise rotation of the Coastal Range, eastern Taiwan. *Earth and Planetary Science Letters*, 104, 245-257.