

GMT Final Project - Italy Region

I-HSIN CHANG

June 2023

1 Introduction

2016年8月開始在義大利亞平寧山脈中部發生了複雜地震序列，在 2016 年 8/24 以及 10/26 先發生規模6.0和5.9的地震，第三次也是最大規模是在 10/30 的主震達規模 6.5，隔年 1/18 則在一天內發生四個規模 5 以上的地震，深度都是 15km 以內的淺震，在 8/24 後的五個月內大約紀錄了 55000 次餘震，其中 62 次規模在 4 至 5.5。近期台灣2022 年 9/17 與 9/18 相連兩天所發生的地震序列，令人聯想到這個義大利的複雜地震案例，也許可以藉由繪製此區的地圖、地震和 GPS 地表位移等等的區域資訊，提供探索義大利中部複雜的地體構造的初步資訊。

2 Regional tectonic setting

義大利中部的構造也跟台灣一樣複雜，有源自中新世亞平寧山脈的逆衝跟褶皺(主要成分是中生代的沉積層)和第四紀的擴張正斷層之間的相互作用，仔細來說亞平寧山脈中部在第四紀由阿德里亞大陸邊緣擠壓產生大規模的褶皺與逆衝構造，影響的是中生代的沉積層，其引發與台灣一樣有的薄皮厚皮理論之爭[註一]，也有混和模型的說法，這部分尚未獲得共識。部分研究還指出亞平寧山脈的壓縮和擴張構造會互相活化稱為構造反轉，由此厚皮模型描述在古生代晚期擴張系統在中新世部分被活化反轉成逆衝構造，岩石圈之上是目前主導的的正斷層系統，也可能再度部分活化被隱藏的逆衝構造，地中海的造山帶也有很多構造反轉案例，像這樣不同變形階段疊加就會增強構造的複雜性以及斷層分段進而形成多個主震的複雜地震序列。這在亞平寧山脈並不少見，長期的能量釋放也證明了相鄰斷層之間的觸發與相互作用。歷史和近期都有廣泛紀錄在亞平寧山脈有多個主震序列，長期的能量釋放也證明了相鄰斷層之間的觸發與相互作用，可能進一步造成斷層反轉。

註一：薄皮厚皮理論之爭：薄皮理論認為擠壓逐漸向東，形成相對較淺的低傾角逆衝斷層系統；厚皮理論認為是古地中海大陸邊緣的擴張系統部分反轉成逆衝系統

3 Plotting by GMT

Active faults and plate boundaries

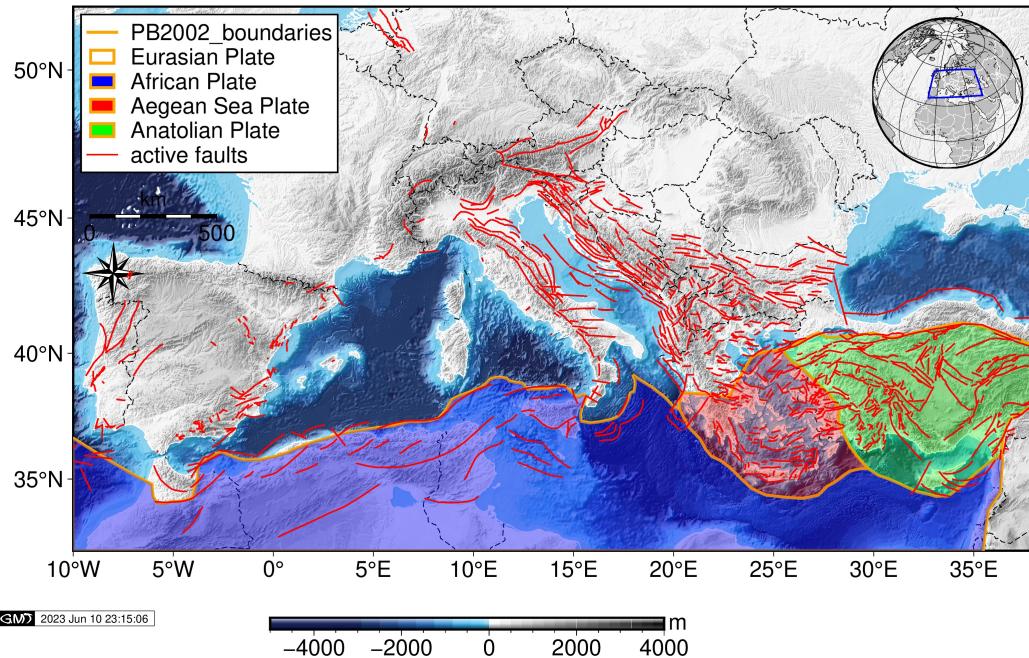


Figure 1: Active faults and plate boundaries in Europe. The orange line shows the plate boundaries.

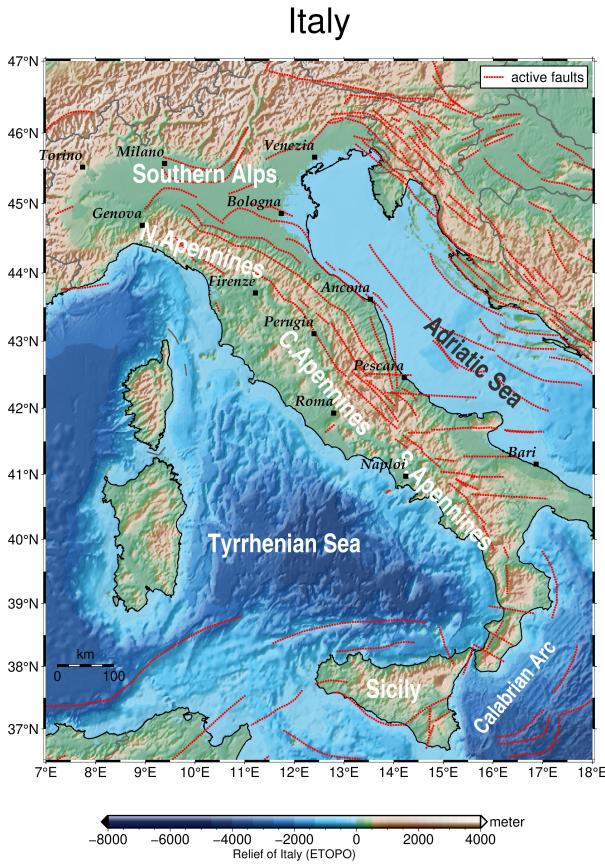


Figure 2: Active faults in Italy. The Apennine chain extends for 1500 km from the Po Plain to the Calabrian arc and forms the backbone of the Italian Peninsula

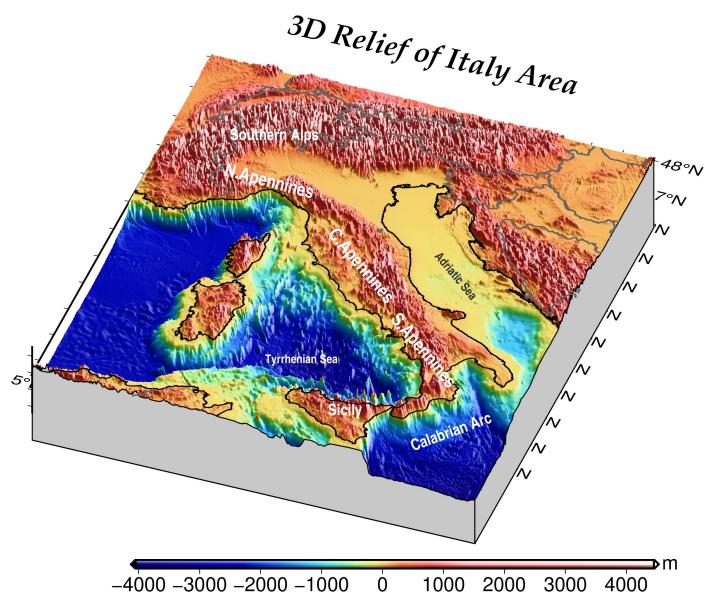


Figure 3: 3D Relief of Italy Area.

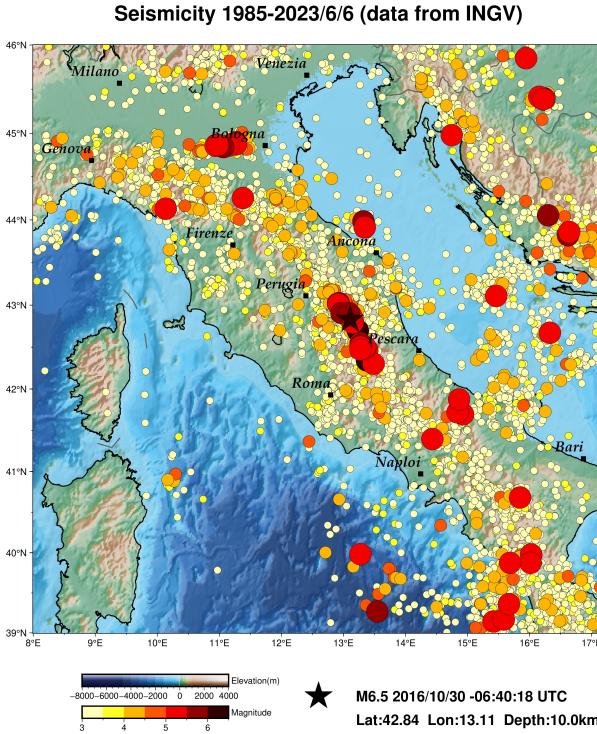
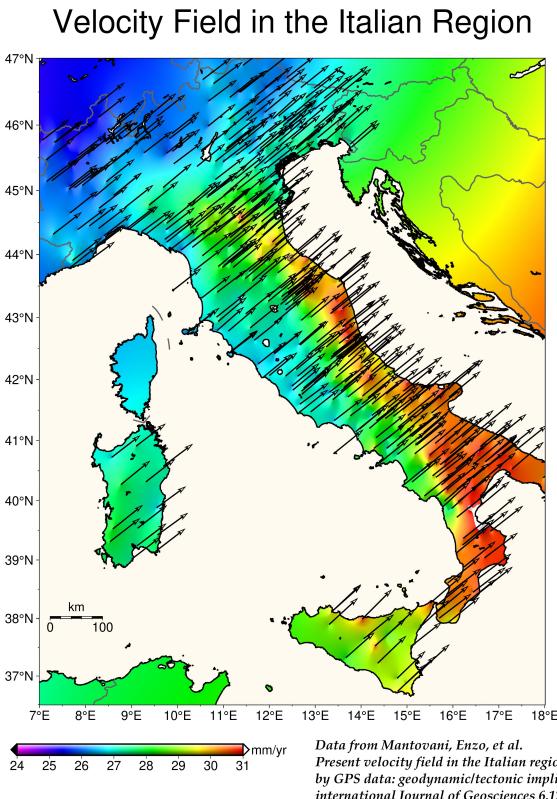


Figure 4: Seismicity of past three decades in Italy. Large-magnitude events are shown.



4

Figure 5: Present Velocity Field in the Italian Region by GPS Data

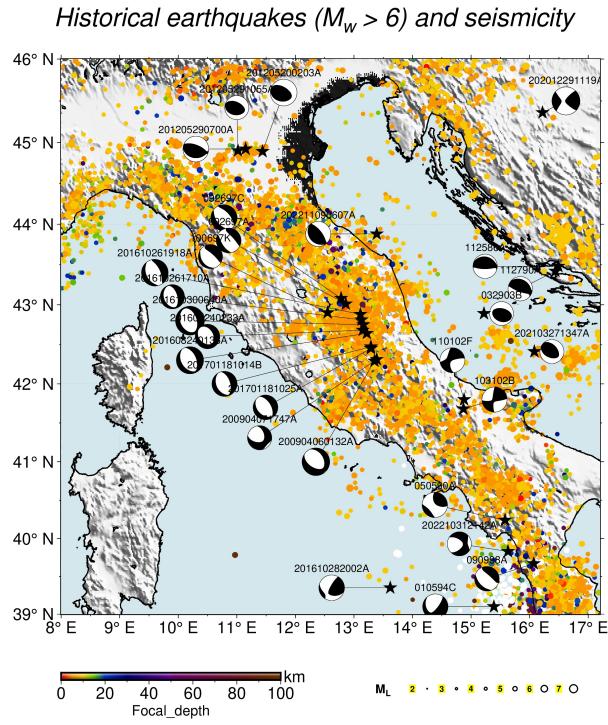


Figure 6: Focal mechanism of historical earthquakes ($M_w > 6$) and seismicity in Italy.

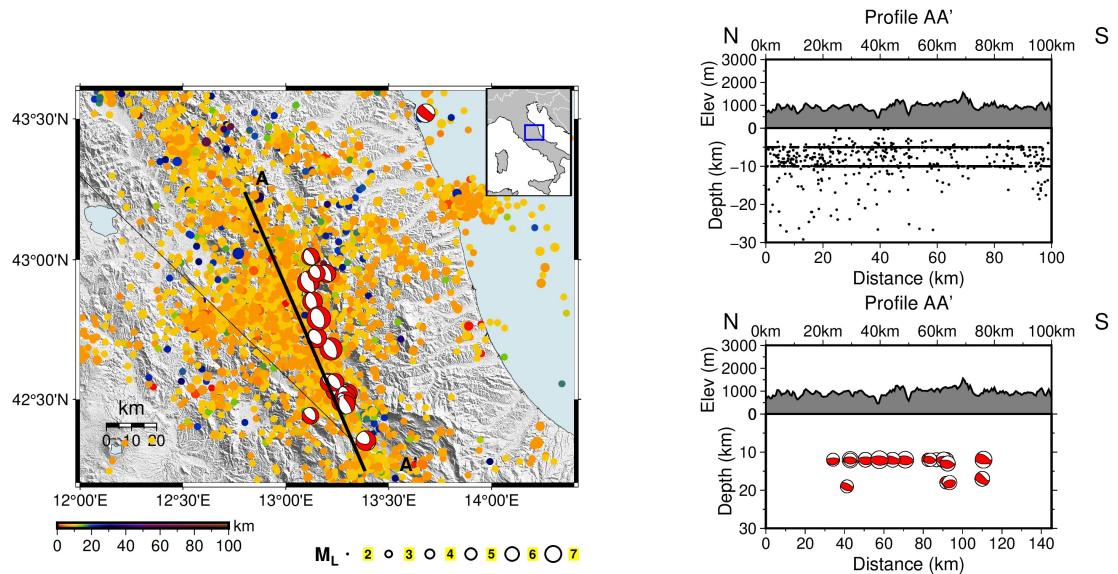


Figure 7: Cross section parallel to the fault strike

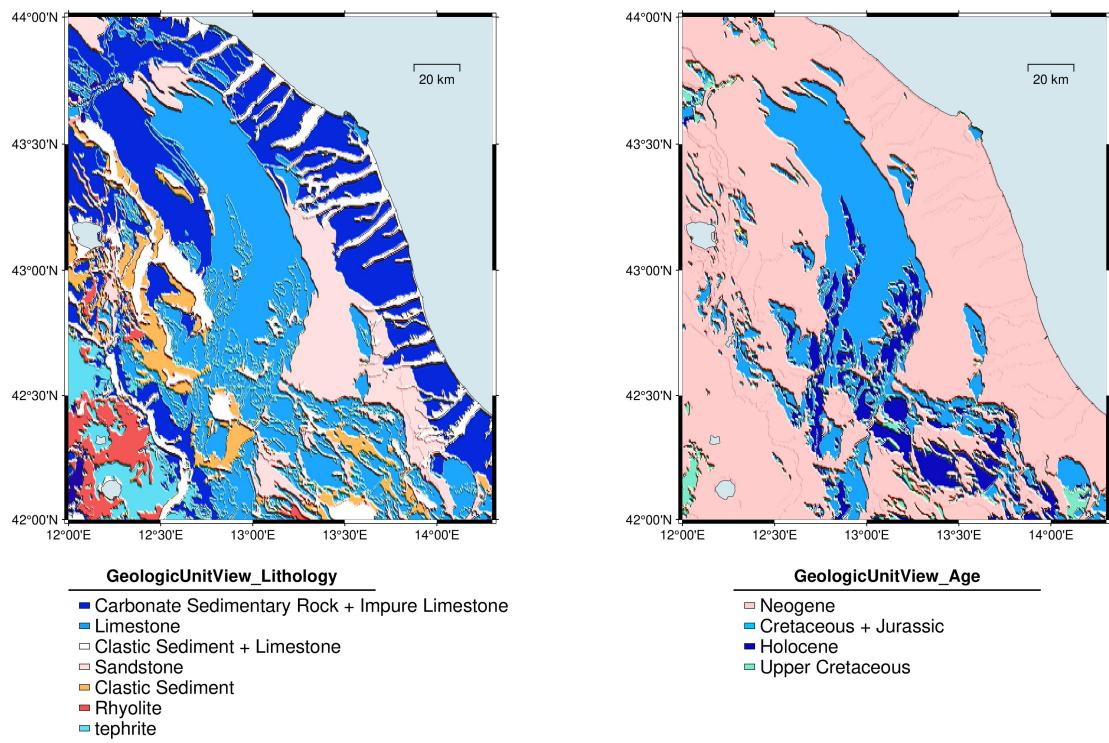


Figure 8: Geologic unit view of lithology and age.

4 Data Source

斷層: EPOS (<https://www.ics-c.epos-eu.org/>)

地質岩性和年代 : EPOS (<https://www.ics-c.epos-eu.org/>)

板塊: GMT <https://www.earthbyte.org/plate-boundaries/>

地震目錄: INGV 義大利地震中心 (<http://terremoti.ingv.it/en>)

震源機制解: CMT (<https://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>)

GPS位移資料: 論文 ”Present Velocity Field in the Italian Region by GPS Data: Geodynamic/Tectonic Implications” written by Enzo Mantovani, Marcello Viti, Nicola Cenni, Daniele Babbucci, Caterina Tamburelli, published by International Journal of Geosciences, Vol.6 No.12, 2015 (doi: 10.4236/ijg.2015.612103)

DEM : 30-Meter SRTM (<https://dwtkns.com/srtm30m/>)

DEM : from GMT class ETOPO1 Bedg gmt4.grd

5 Feedback for improvement of the course

這堂課讓我對 GMT 更系統性的學習，除了更熟悉初階指令，還更掌握了像是gmt convert, gmt select 等等高階用法，課堂藉由相當多的案例練習更有助於學生吸收。雖然我因為必須身兼另一堂課的助教而缺席很多課堂內容實為可惜，但老師講義製作詳細，讓我可以課後自己學習。在整堂課最令我印象深刻的就是期中報告，聽到同學們介紹很多新的技巧與應用，大為受用。謝謝老師與助教。