

臺灣地區 107 年中大型地震震源資訊之快速彙整與提供

The rapid integration of 2018 large earthquake source information in Taiwan

主管單位：中央氣象局地震測報中心

李憲忠¹，陳伯飛²

Shian-Jong Lee, Bo-Fei Chen

¹中央研究院地球科學研究所

²國立中央大學地球科學系

摘要

臺灣位處於活躍的造山帶，菲律賓海板塊每年以 8.2 公分的速度向歐亞板塊聚合，使得臺灣地區地殼變動劇烈，活動斷層遍佈且地震活動頻繁，災害性地震也經常發生。本整合型計畫以 2018 花蓮地震後，採用體波震源逆推方法，針對震源破裂過程的時間-空間分佈進行分析，可於地震發生後快速建立震源破裂過程的初步結果，所建立之震源破裂模型亦可對於後續研究提供重要的資訊。

對於較遠的隱沒帶大地震產生之長周期表面波，有機會造成本地高科技產業經濟損失。藉由過去在中大型地震發生以後迅速獲得完整的地震資訊，包括地震的位置，規模和震源機制，破裂面的判定，甚至震源滑移量的時空分佈，可為研究地震構造和地震防救災反應提供重要的指標，以進行即時示警程序及災後之規劃。

關鍵詞: 2018 花蓮地震、震源破裂過程、隱沒帶大地震、長週期表面波

Abstract

Taiwan is located on an active orogenic belt where the Philippine Sea plate converges toward the Eurasian plate with a speed of 8.2 cm per year. This rapid convergence induced dramatic crustal deformation, very active faults and high seismic activity over the past few years in Taiwan, and brought many earthquake disasters. This integrated plan analyzes the geological and seismotectonic of the seismic source area after the 2018 Hualien earthquake. By performing the body wave source inversion to analyze the time-space distribution of the source rupture process, which can quickly establish the preliminary results of the source rupture process after the earthquake.

For the long period surface wave produced by the large earthquakes in the far subduction zone, which will cause the economic loss of the local high-tech industry. Through the rapid acquisition of complete seismic information in the past after the occurrence of large earthquakes, including the location, magnitude and mechanism of the earthquake, and even the spatiotemporal distribution of the source slip. It can provide important pointers for the study of seismic structure and earthquake disaster prevention and response, in order to carry out real-time warning procedures and post-disaster planning.

Key words: 2018 Hualien Earthquake, time-space distribution of the source rupture process, large earthquakes in the subduction zone, long period surface wave

一、中大規模地震震源破裂特性近即時分析

本計畫針對臺灣地區中大規模地震進行震源破裂過程的時間-空間分佈分析。所採用的方法為體波震源逆推法，透過世界地震觀測網的遠震體波資料進行快速震源逆推分析。此方法在進行分析前需要完整的震源參數資訊，包括地震規模、震源位置、震源機制、斷層面解等。目前這些資訊氣象局已於地震發生後快速做例行公布。因此在現有的資訊架構下，於中大型地震發生後快速建立震源破裂過程的初步結果是可以達到的。

本研究透過世界地震觀測網的遠震體波資料或中央氣象局即時強震網的近場資料，依地震規模大小以不同資料進行震源逆推。2018年2月6日，臺灣東部花蓮地區發生規模 ML 6.1(Mw 6.4)的中大型地震，造成花蓮市異常強烈的地表震動，此地震是2018年於臺灣本島附近第一個芮氏規模大於6的地震。本研究採用遠場體波、近場強地動以及 GPS 同震變形資料進行聯合逆推。錯動量分布圖(圖一)指出，花蓮地震具有斷層跳躍破裂(fault-to-fault jumping rupture)的特性。由圖二可看到初始破裂發生在外海的一個南北向朝西傾的斷層面，接著朝南邊的花蓮市區方向破裂。隨後，破裂跳躍到位於較淺的米崙斷層，米崙斷層破裂歷時約10秒，造成此次地震最大的滑移區。隨後，破裂再次跳躍到南邊的嶺頂斷層。此分析結果顯示，米崙與嶺頂斷層是由南北向朝西傾的斷層破裂所觸發，亦即米崙斷層在此次花蓮地震中是被動的。從庫倫破壞應力分析中看到(圖三)，此次地震後整個花東縱谷的應力都是上升的，這個結果顯示臺灣東部於將來可能仍有較高的地震危害風險。

針對臺灣中大型地震進行震源模式分析，可對發震區的震源破裂特性有更清楚的瞭解，同時所建立之震源破裂模型對於後續之研究，如庫倫應力轉移分析、地震波傳遞模擬與強地動評估等可提供重要的資訊。由長遠目標來看，震源破裂模型持續、有系統地分析與建立將可幫助地震與地質等基礎研究，亦可於地震防災、減災上做出貢獻。

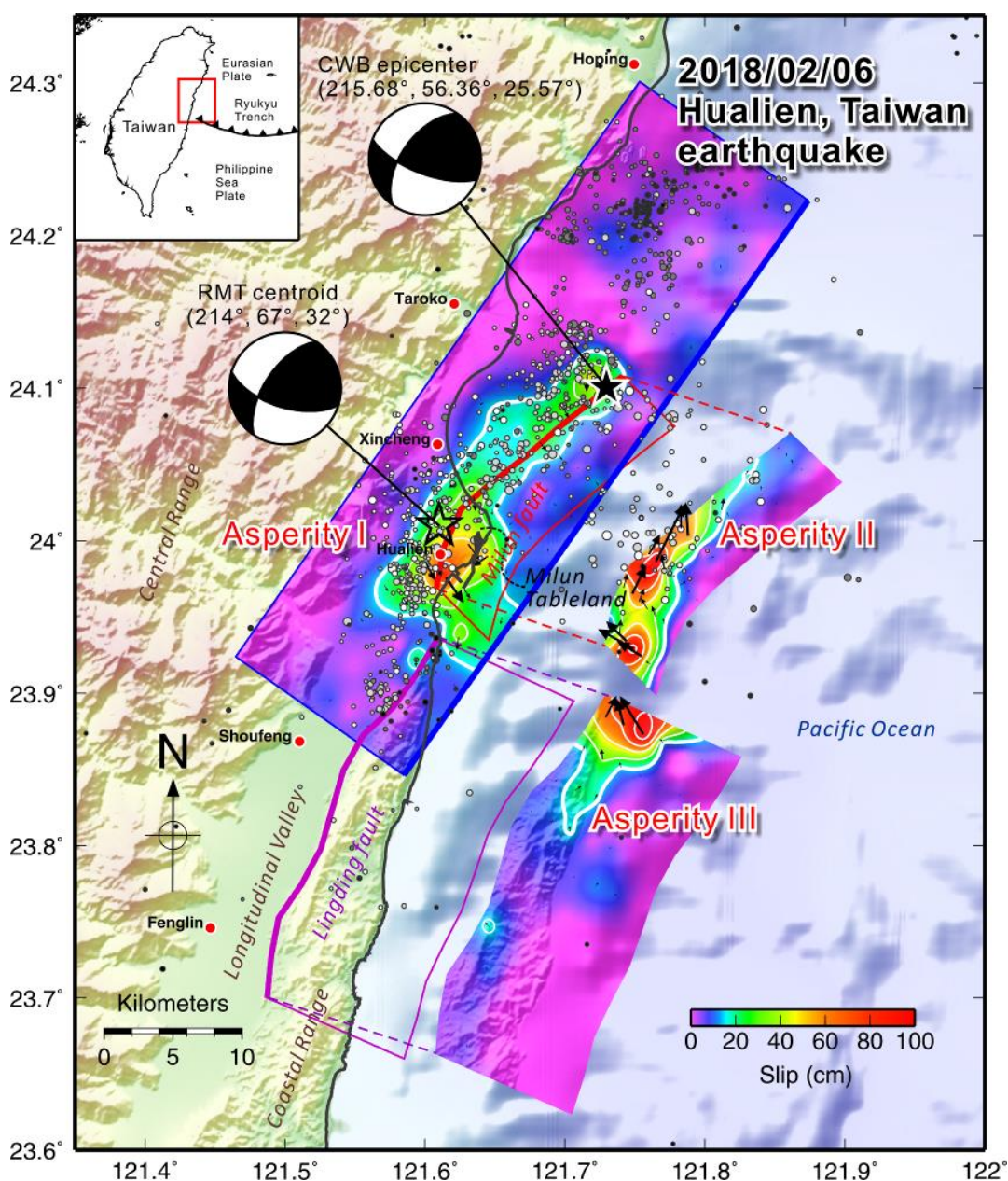
二、遠震災害案例分析並建立致災潛勢資料庫與即時示警處理流程

遠震泛指震央相對臺灣的圓心角距離大於30度的地震，較大規模遠震的震波傳到臺灣所造成的地動，通常我們不會感覺體波的震動，但長週期的表面波具有一定震幅，對竹科高精密儀器仍有一定的影響。本研究的目的即在探討遠震表面波對竹科產業造成災害之影響並發展即時示警程序。因較大規模地震的發生通常與板塊隱沒帶有關，隱沒帶相對臺灣的位置是固定的(圖四)，所以遠震震央與臺灣的相對關係和影響具有一定的重複性。

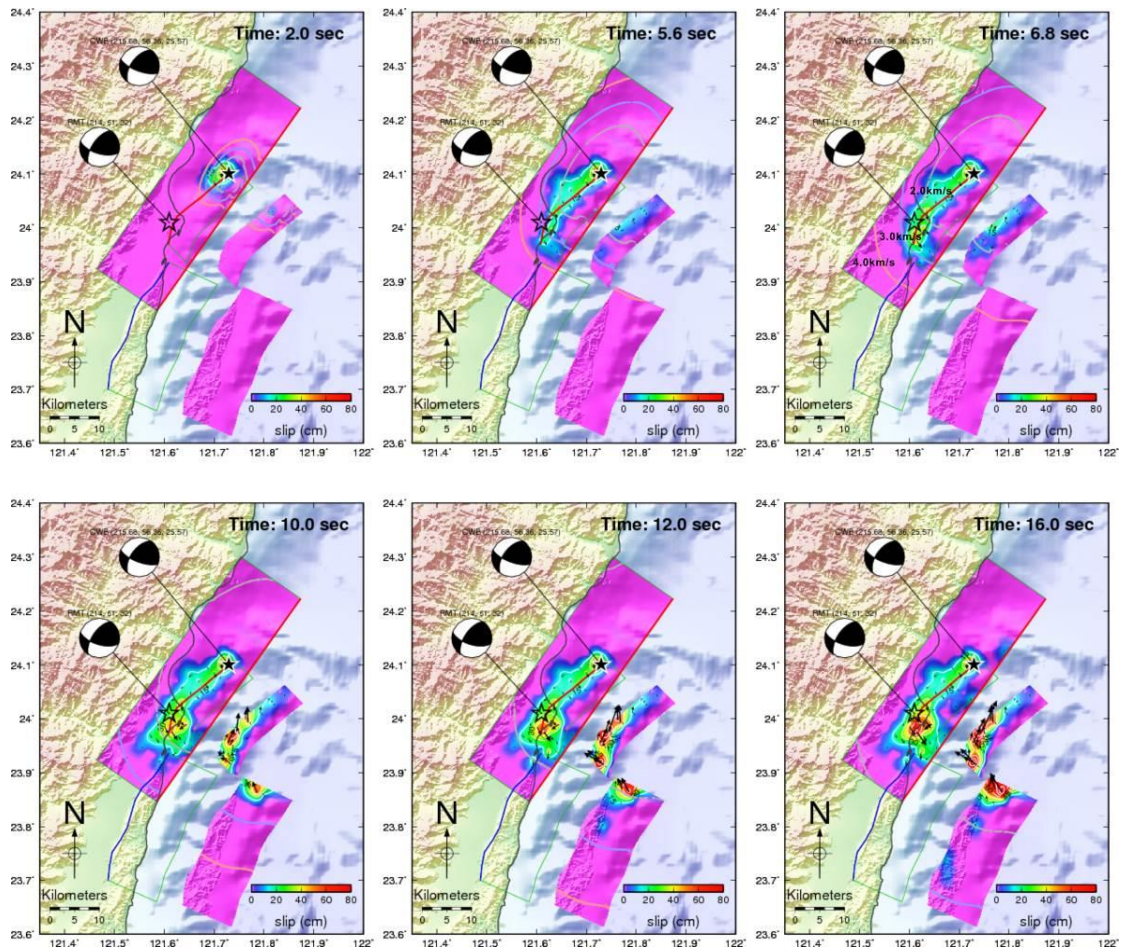
本研究藉由過去遠震表面波對高科技產業的災害案例發展未來的預警程序(表一、表二)，首先彙整臺灣寬頻地震網(BATS)觀測到的大型隱沒帶地震表面波的特徵，包括規模、持續時間、地表位移主要頻率成分，不同隱沒帶地震有不同

的特徵。我們得知蘇門答臘地震表面波對臺灣影響最大的時間約為地震後 20 至 25 分鐘，2011 年 Mw9.1 日本東北地震為 13 至 15 分鐘，智利地震為 51 至 53 分鐘。臺灣有紀錄以來表面波振幅最大為 2011 年 Mw9.1 日本東北地震，約為 471 毫米，第二大為 2012 年蘇門答臘地震，約為 155 毫米。

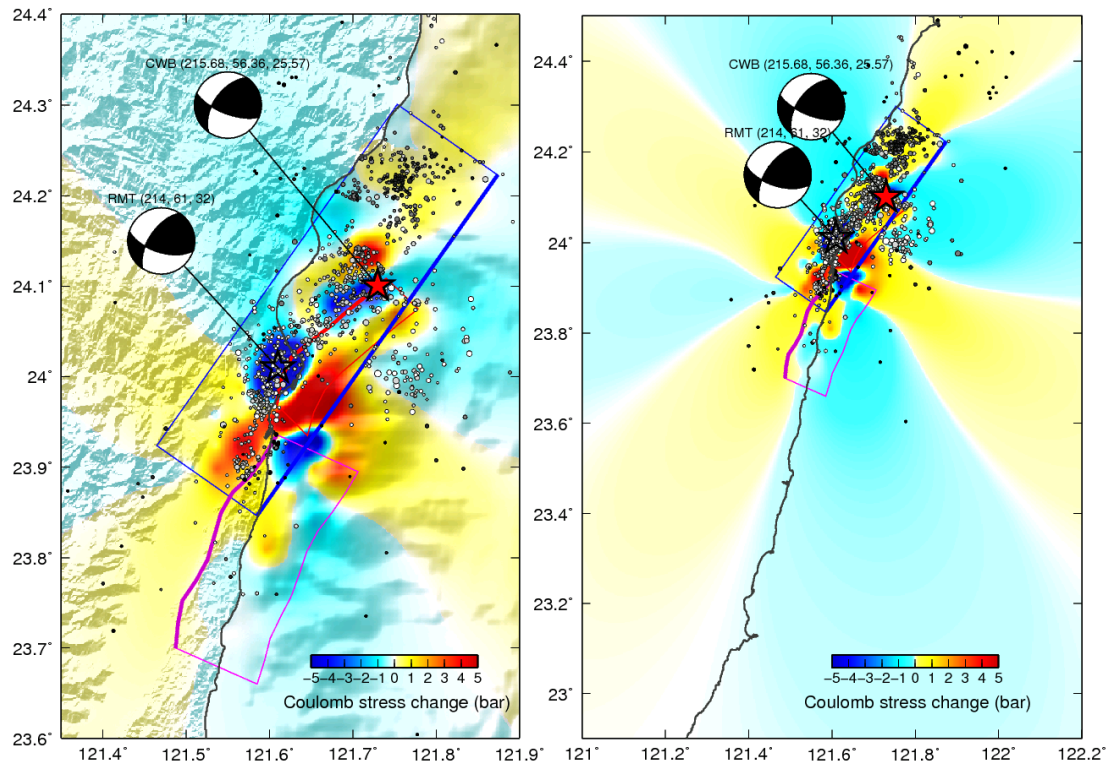
本研究亦建立表面波走時，估算全球任一隱沒帶地震發生後表面波抵達臺灣的預警時間，本研究以竹科附近之德基站(TDCB)試驗(圖五)，表面波最大振幅是地震規模和震央距的函數，我們使用格林函數進行波形反演，推測表面波的最大振幅及到時，當有大規模遠震發生時因表面波傳遞需要一段時間，我們可以建立完備的示警程序，在表面波到達之前啟動預防措施，避免高科技產業的震災損失。



圖一、2018花蓮地震的錯動量分布圖。氣象局的震央位置以黑色星號表示，即時地震矩張量監測系統(RMT)所得到的centroid則位在震央西南邊。箭頭表示斷層面上的滑移方向與滑移量。



圖二、2018花蓮地震震源破裂過程的時間-空間分佈，顯示此次地震事件具有斷層跳躍破裂(fault-to-fault jumping rupture)的特性。



圖三、花蓮地震後庫倫破壞應力變化，左圖為縱谷北側區域應力變化，右圖為縱谷整體應力分布狀況，可以看到縱谷整體應力是上升的。

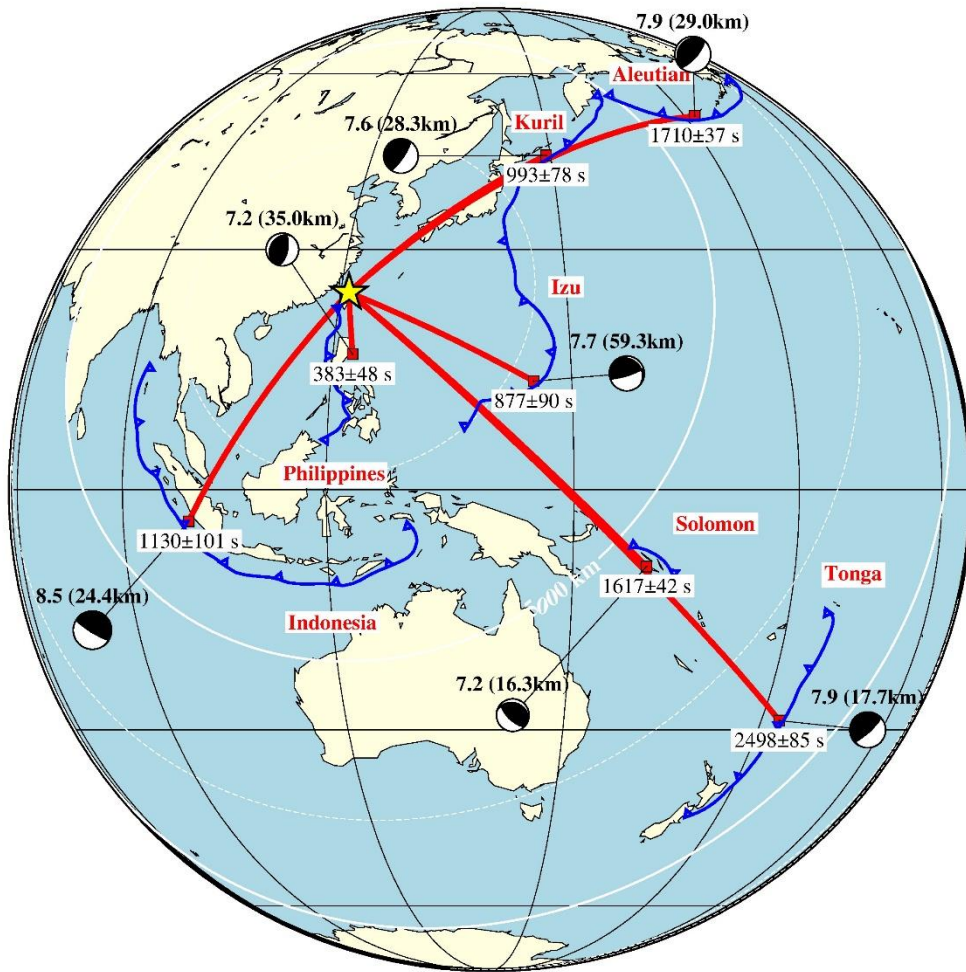
表一、本研究挑選之 5 個 $M_w > 8.6$ 隱沒帶地震事件地震參數

Event No.	yyyy/mon/day	Lon.	Lat.	Depth	M_w	Region
1	2004/12/26	94.26	3.09	29	9.0	Sumatra
2	2005/03/28	97.07	1.67	26	8.6	Sumatra
3	2010/02/27	-73.15	-35.98	23	8.8	Chile
4	2011/03/11	143.05	37.52	20	9.1	Tohoku
5	2012/04/11	92.82	2.35	46	8.6	Sumatra

表二、德基站(TDCB)在表一 5 個事件中記錄到表面波之持續時間與最大振幅

Event	Station	Component	Max (min : sec)	Amp (mm)
2004.12.26	TDCB	R	22:59	36
2005.03.28	TDCB	Z	16:58	18
2010.02.27	TDCB	Z	103:23	114
2011.03.11	TDCB	Z	14:17	471
2012.04.11	TDCB	R	17:16	155

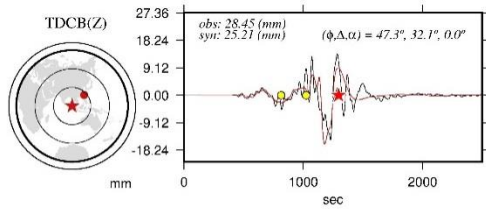
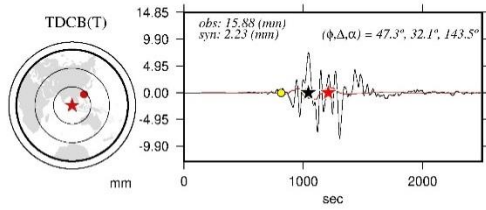
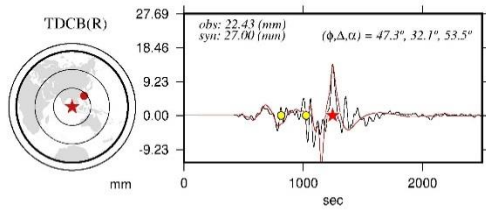
Distances from TDCB to the World



圖四、德基站(TDCB)與七個隱沒帶之相對位置，本研究使用七個地震事件作為波形反演案例。

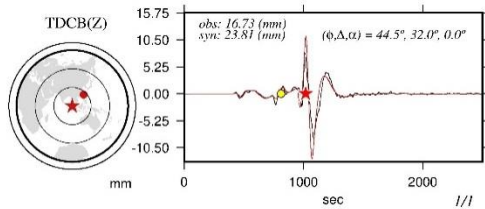
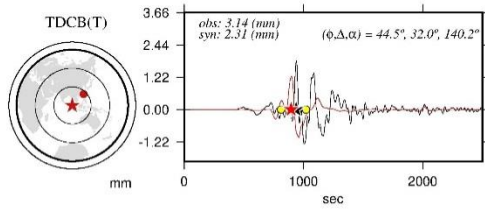
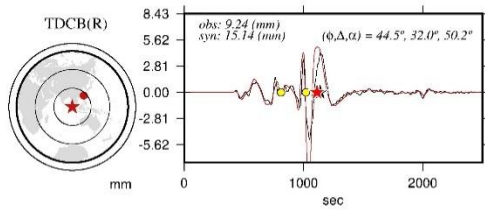
2004.12.26 SUMATRA

Depth=29km Mw=9.1



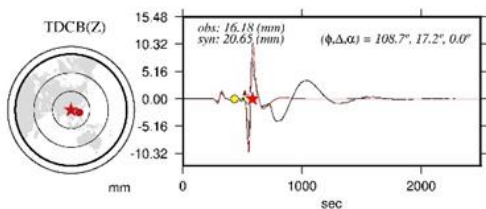
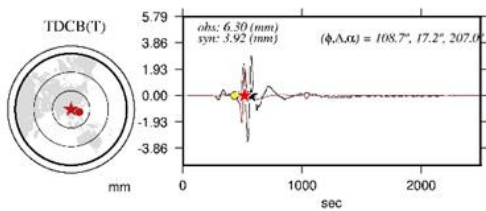
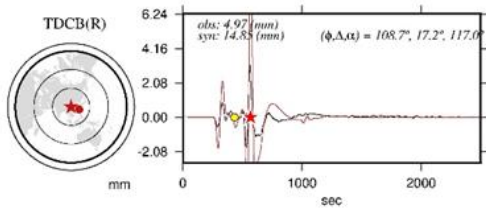
2005.03.28 SUMATRA

Depth=26km Mw=8.6



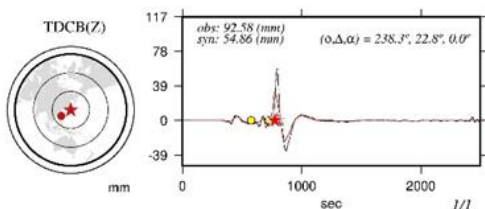
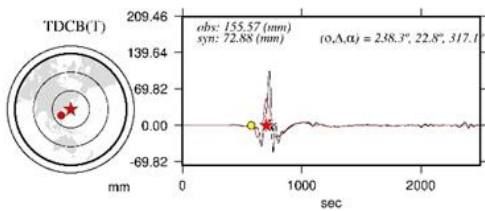
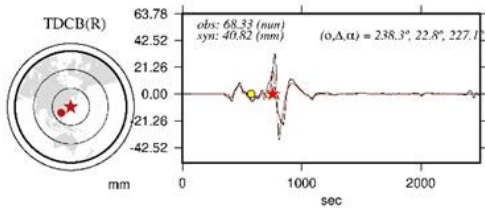
2008.05.12 CHINA

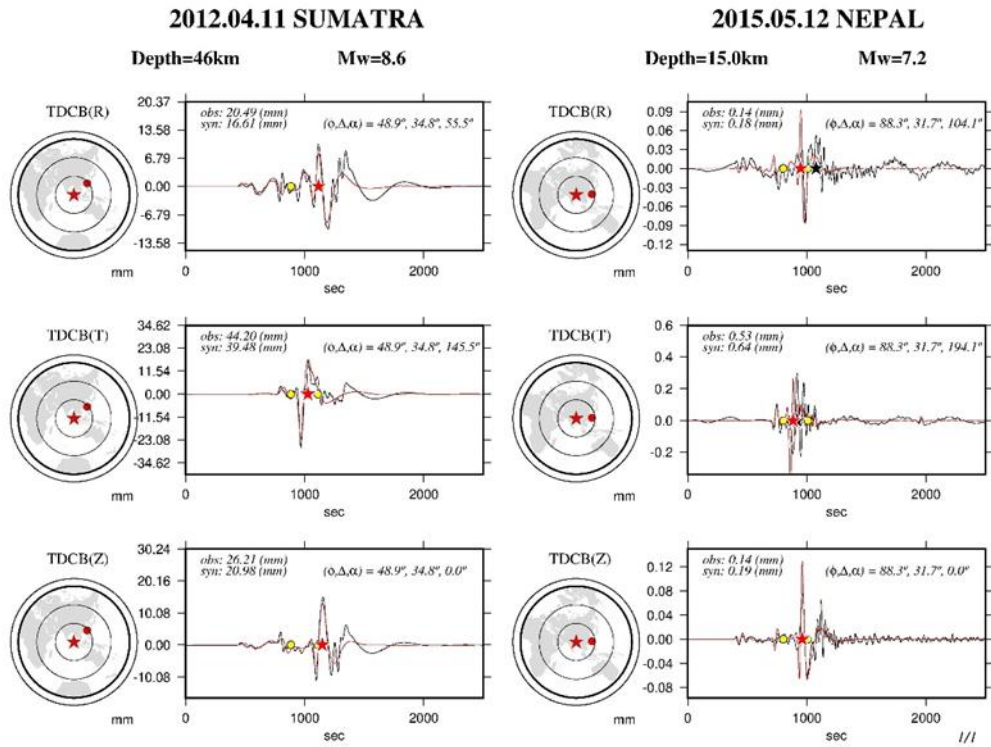
Depth=19.0km Mw=7.9



2011.03.11 TOHOKU

Depth=20km Mw=9.1





圖五、六個地震事件中德基站各分量位移合成波形(紅線)與觀測波形(黑線)比較，左上值分別為合成及觀測最大波峰至波谷振幅差，紅色與黑星星號表示預估與實際到時，兩個黃圈表示勒夫波與雷利波預測到時，右上為震央與測站之方位角、震央距、分量方位角，測站與震央相對位置表示在最左側。