



# 2018-09-28 $M_w$ 7.5 印尼巴魯(Palu)地震

18:02:43 (台灣時間)  
10:02:43 (GMT time)

Information compiled by

Committee of Education & Outreach, Taiwan Earthquake Research Center

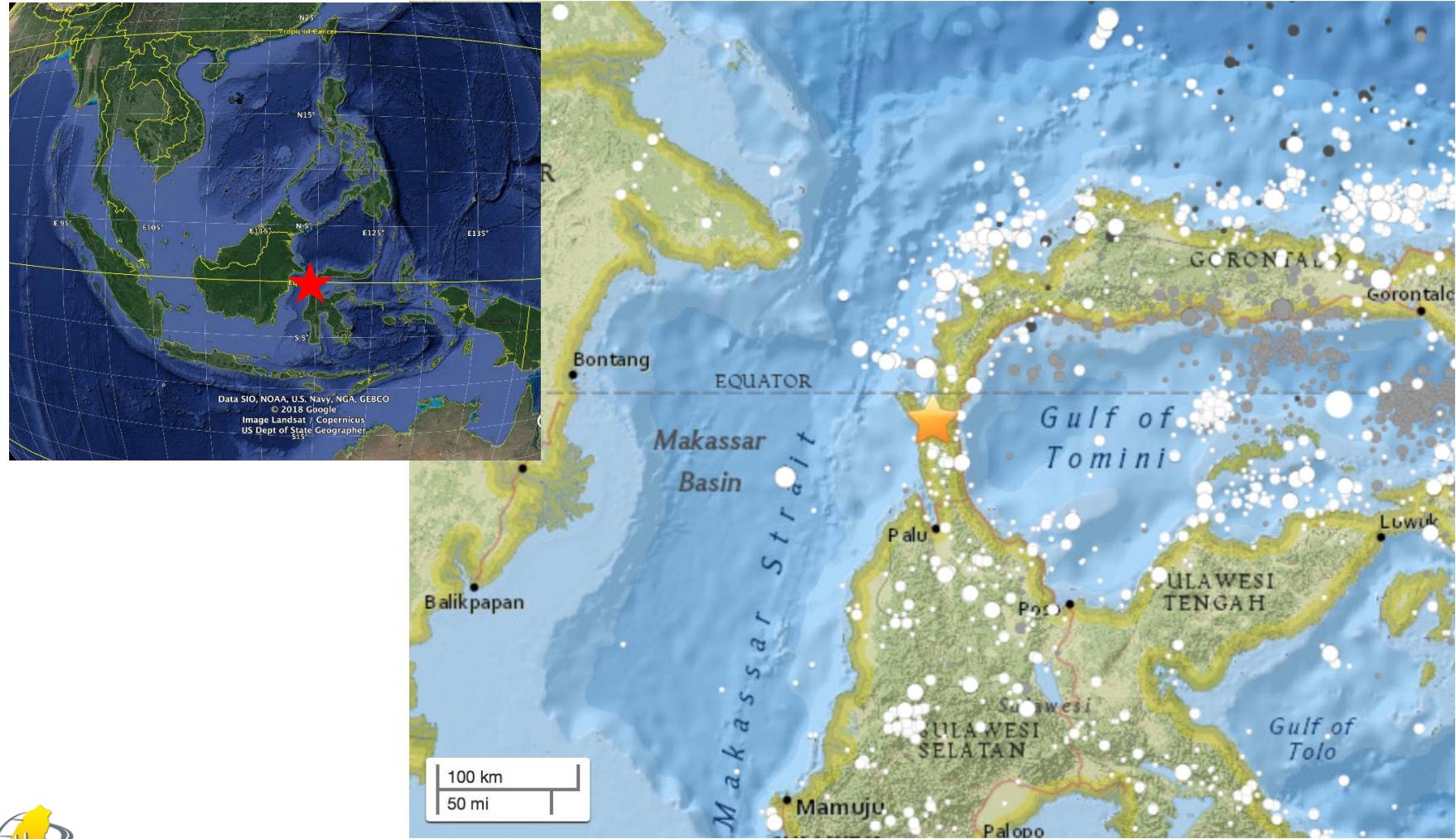
TEC-CEO

Published on 2018/10/01

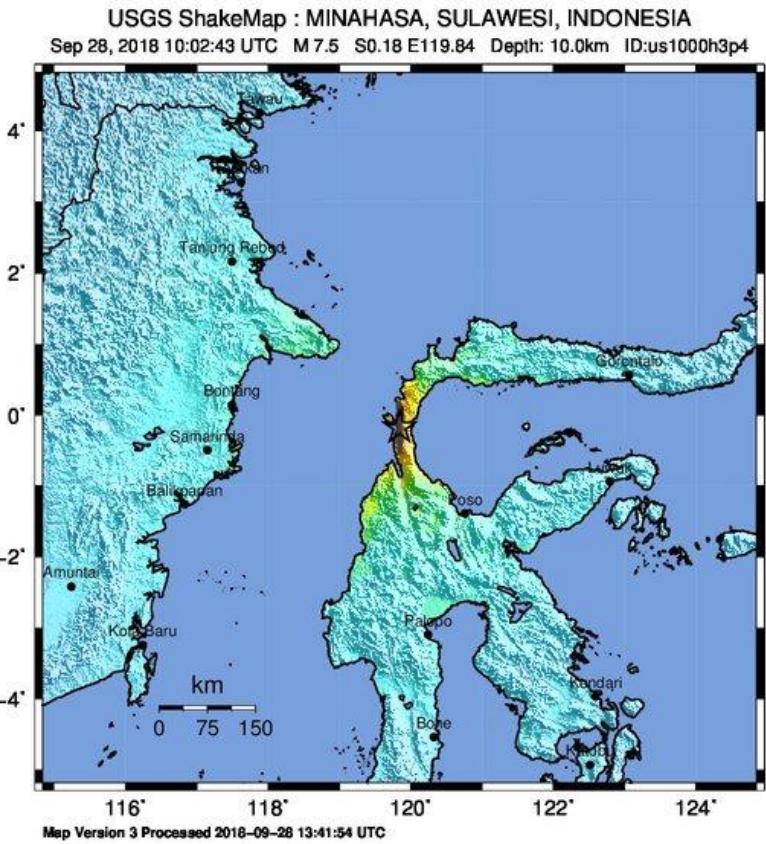
Version .1  
2018/10/01

# 美國地質調查所地震速報

2018/09/28地震發生於18:02分（台灣時間），規模( $M_w$ ) 7.5，震央位置南緯0.178度，東經119.840度，距離印尼蘇拉威西島巴路市北方80.8公里，地震深度為10公里，屬於淺層地震。



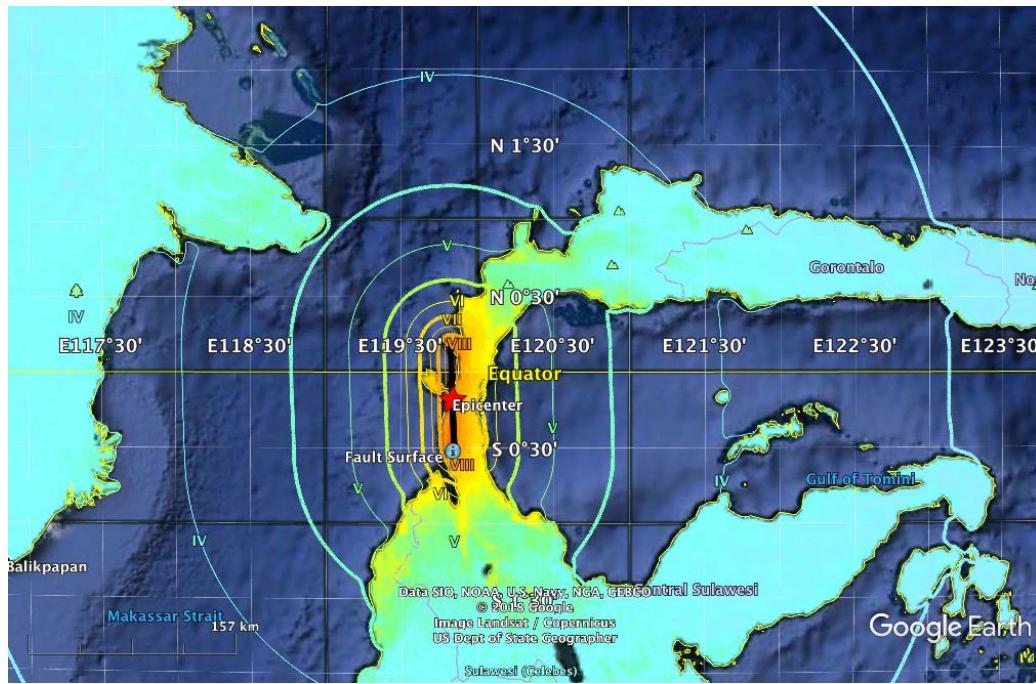
# 地表地震振動強度



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

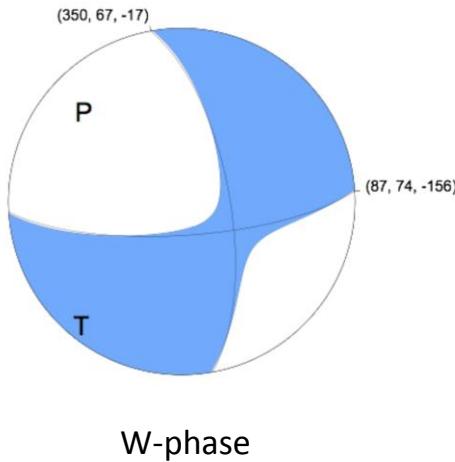
Scale based upon Worden et al. (2012)

USGS ShakeMap模型顯示最大地表地動加速度在巴路市(Palu)附近可達136 gal。



# Source Parameters

## 震源參數



地震矩規模(Mw)為7.5

震源機制解顯示為走向滑移為主的錯動形式，可能的兩個斷層面為近南北或東西走向，而壓縮軸(P軸)為近西北-東南方向(309度)。

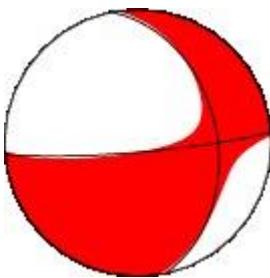
輔助面	走向	傾角	滑移角
輔助面1	87°	74°	-156°
輔助面2	350°	67°	-17°

# Source Parameters

## 震源參數



GFZ W-phase解



GCMT解

德國 GFZ GEOFON 的震源機制，與 GCMT 的機制解皆與 USGS 震源機制解類似，然南北向斷層傾角較小。此與震前的大地變形模型所得之斷層位態較為相符。

### GFZ GEOFON 的 W-Phase 震源機制

輔助面	走向	傾角	滑移角
輔助面1	350°	58°	-7°
輔助面2	84°	83°	-147°

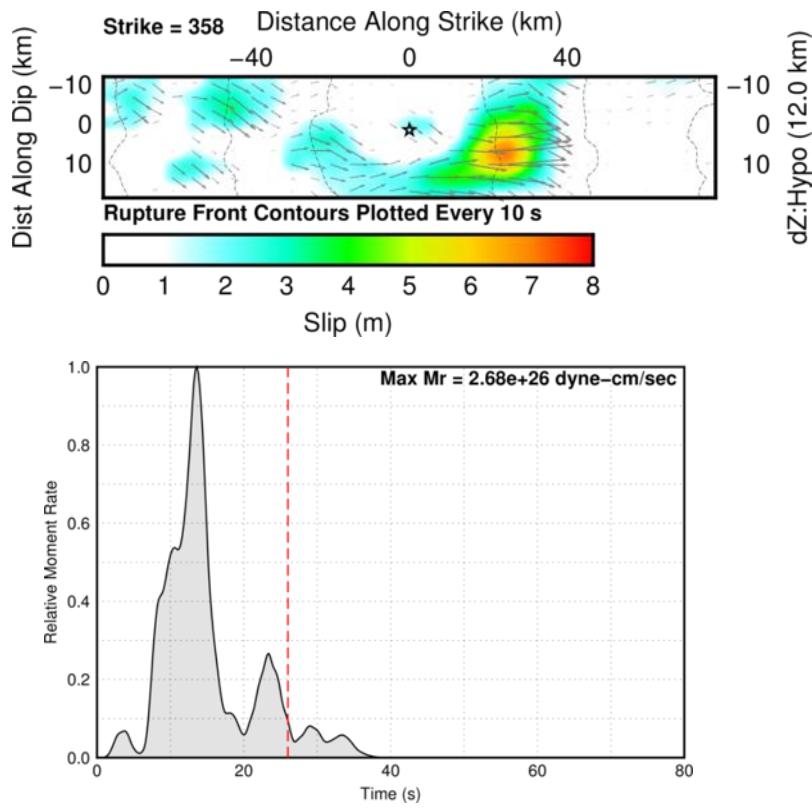
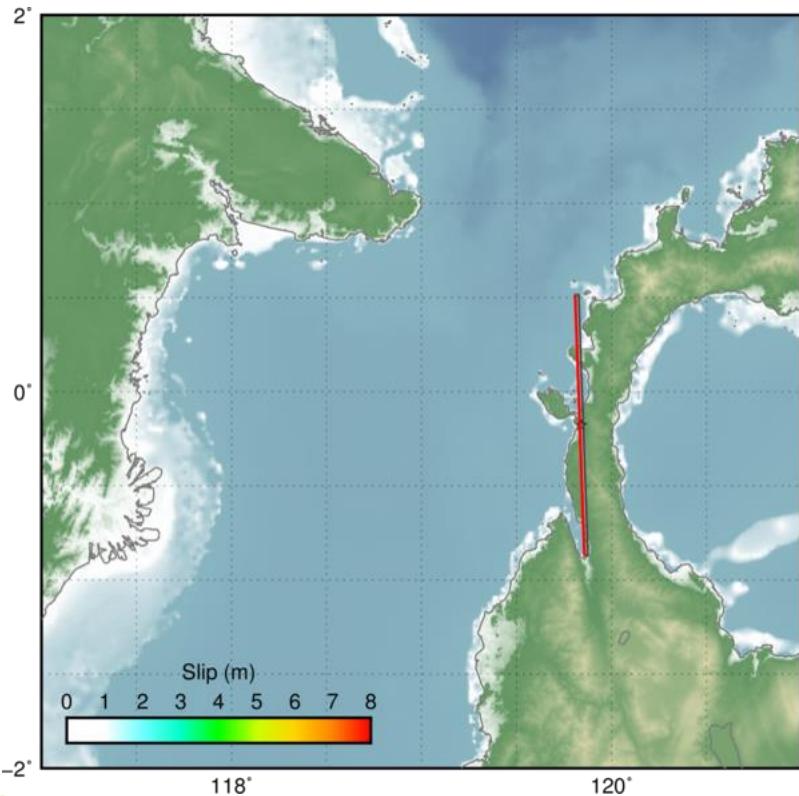
### GCMT Solution

輔助面	走向	傾角	滑移角
輔助面1	348°	40°	-9°
輔助面2	85°	84°	-130°

# 主震震源滑移量分佈圖

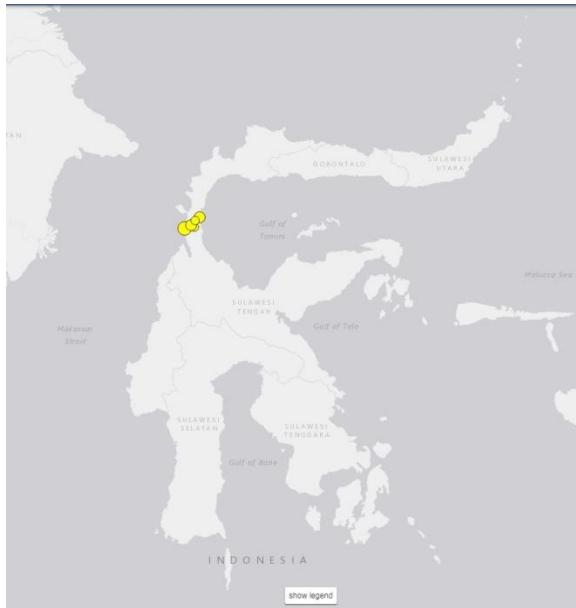
根據全球地震觀測網資料反演得到的震源滑移量分佈顯示，斷層錯動發生在走向為358度近垂直的斷層面上，為左移型態的斷層錯動，主要錯動量集中在震央北方，最大錯動量約8公尺。

震源破裂時序圖顯示該地震大部分能量在前17秒釋放。



# 主震與前震

本次地震伴隨著明顯的前震序列。最大的前震發生於主震前約三小時，規模為Mw 6.1，與主震的機制解類似。前震震央皆接近於主震的震央位置。



Foreshocks



2 hrs after mainshock

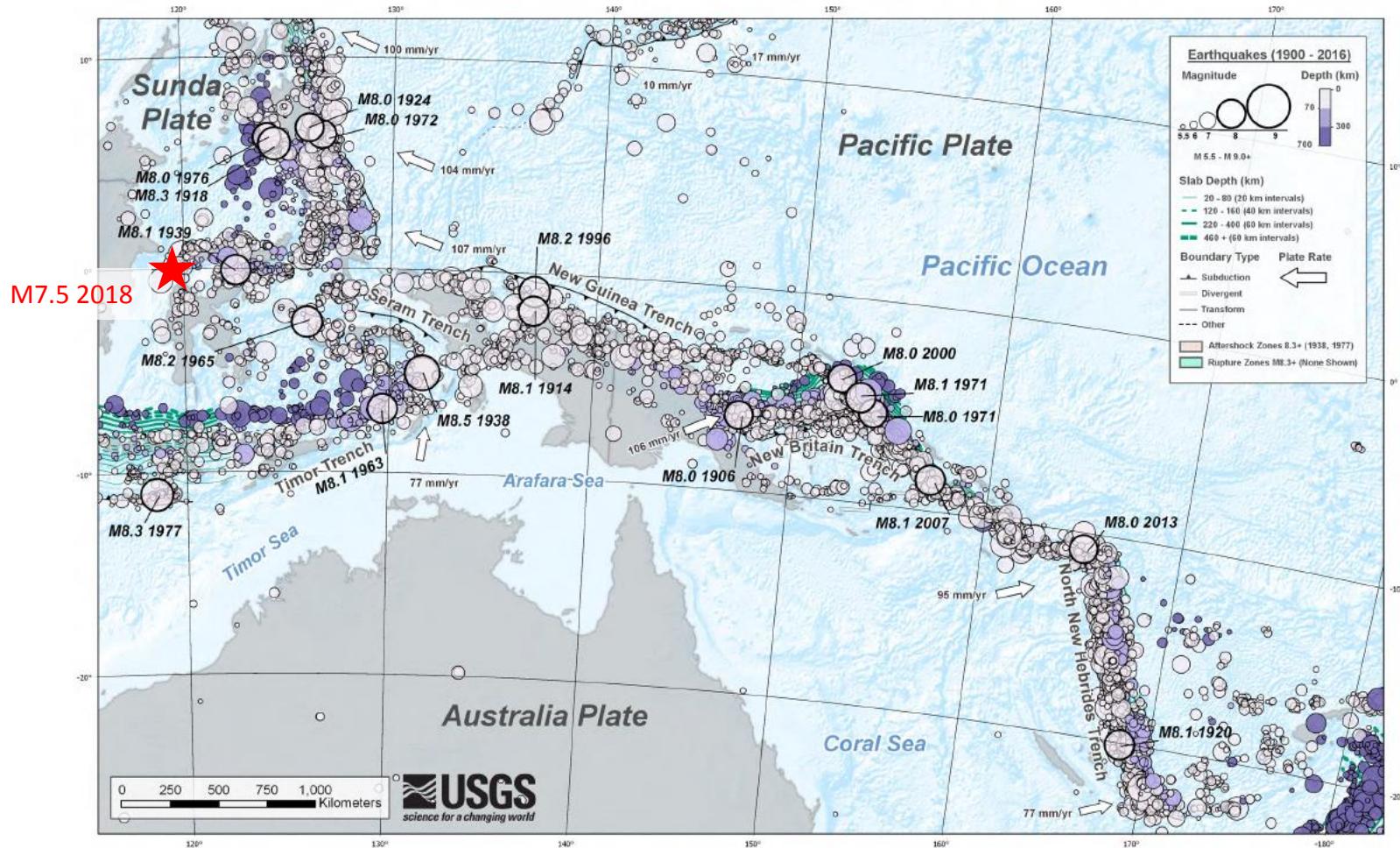


3 days after mainshock

Figures extracted from U.S. Geological Survey

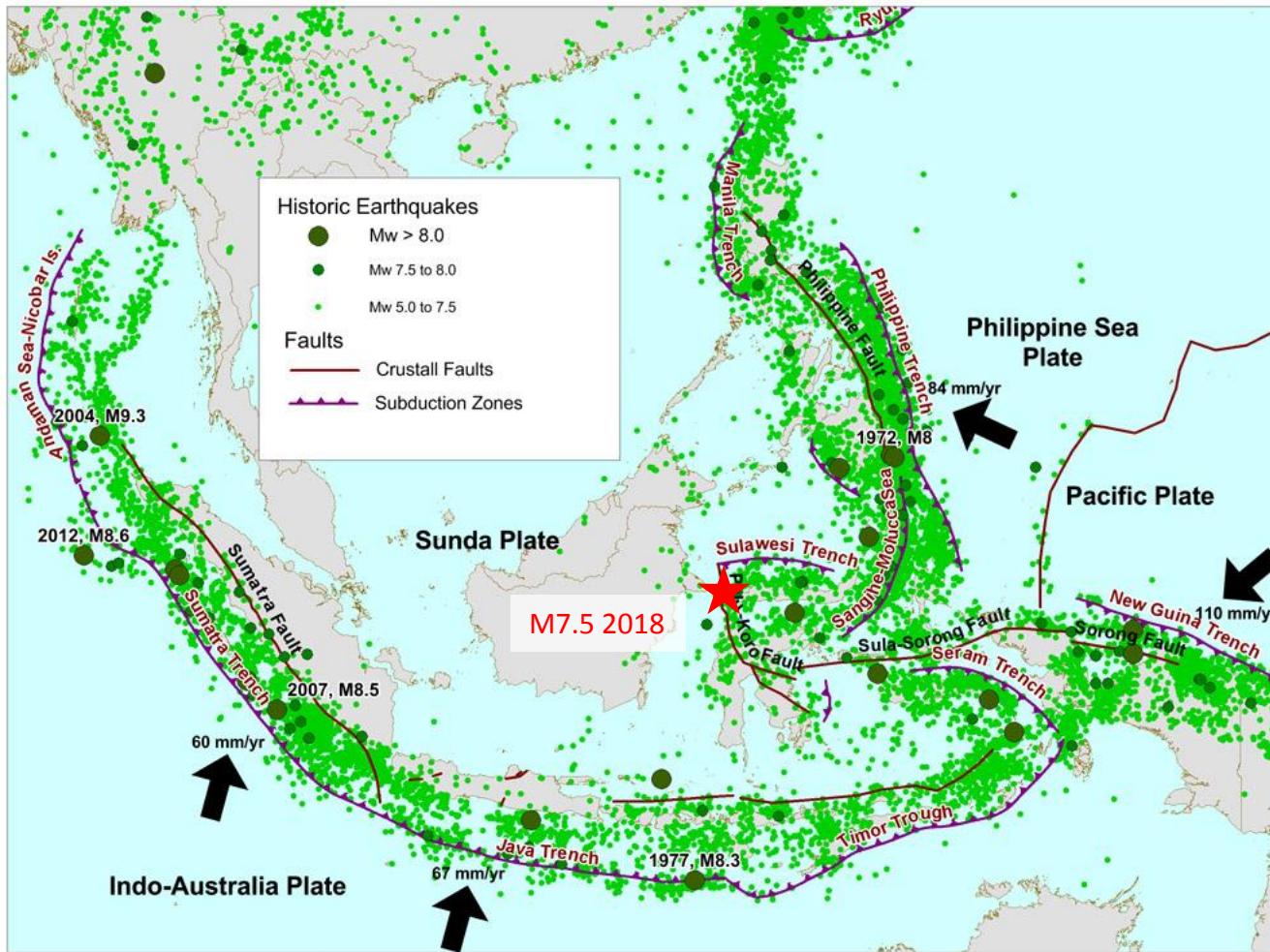
# 歷史地震活動

從歷史地震活動紀錄來看，在印尼地區規模8以上的地震活動十分頻繁。



# 地震附近板塊構造

印尼位於世界上最複雜的板塊構造區，由多個板塊相互碰撞與隱沒活動所組成，板塊相互間以每年數公分的速度移動，造成一系列的隱沒帶與活動斷層帶。

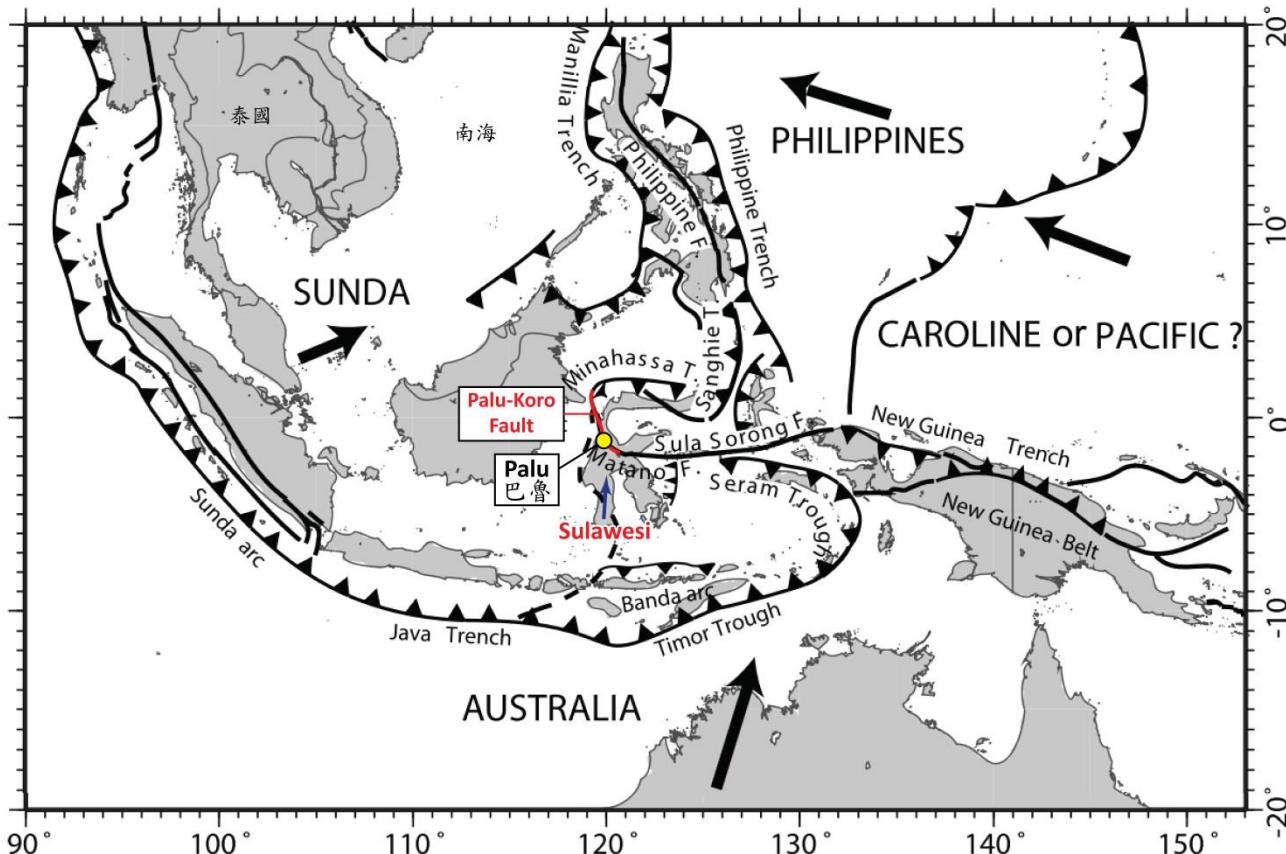


<http://www.air-worldwide.com/Publications/AIR-Currents/2016/Java-Subduction-Zone-Earthquake--The-Worst-Is-Yet-to-Come/>



# 蘇拉維西地體構造

- 蘇拉維西島(Sulawesi)位於巽他板塊(Sunda Plate)東南側，介於巽他板塊與數個小型板塊的交界區域。其北方，東西向狹長的半島區域北臨向南傾沒的Minahassa Trench, 西側則與Palu-Koro轉形斷層相接。相對於巽他板塊，該地塊(North Sula Block)每年以約4.5公分的速度向北運動呈順時針向運動。此一隱沒—轉形運動為該區最主要的活動構造帶。



蘇拉維西島周邊地體構造簡圖  
改自Socquet et al., 2006



# Palu-Koro 轉形斷層

Palu-Koro 轉形斷層為北蘇拉維西區域最重要的左移斷層系統。GPS監測資料顯示該斷層近期活動速率約4 – 4.5 cm/yr，斷層面向東傾約50度，斷層呈高度鎖定狀態(Highly locked)。

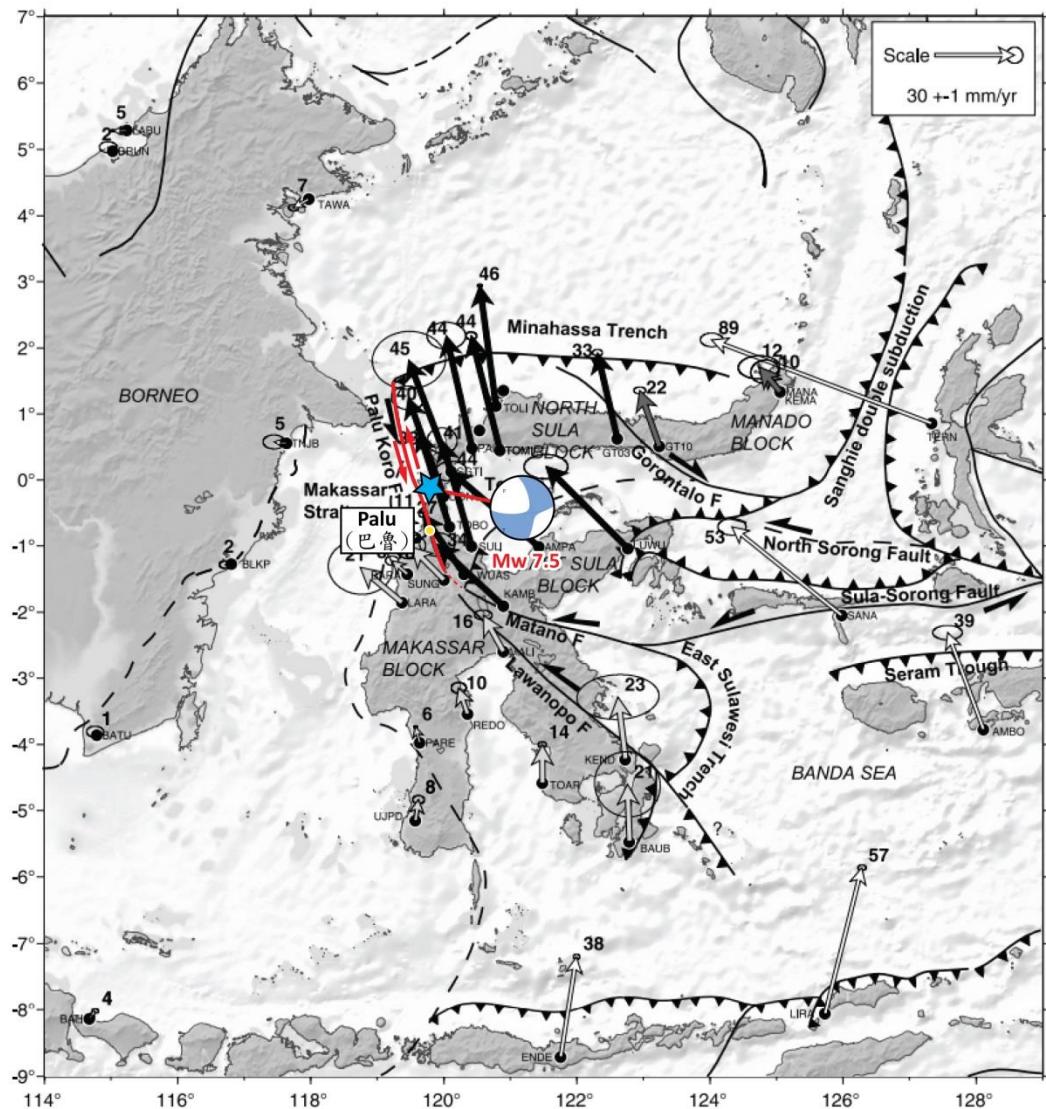
Bellier et al. (2001) 透過錯動地形方式調查認為 Palu-Koro Fault 在過去 10,000 年左右的運動速率約為 35 ± 8 mm/yr，與 GPS 變形模型類似。

在通過 Palu 市區之後，Palu-Koro Fault 向南連接 Katano Fault 與 Lawanopo Fault。該斷層在進入蘇拉維西中部後斷層跡變得較不連續，且變形帶也較為複雜。

Paul-Koro Fault 地體運動與本次地震關係圖。

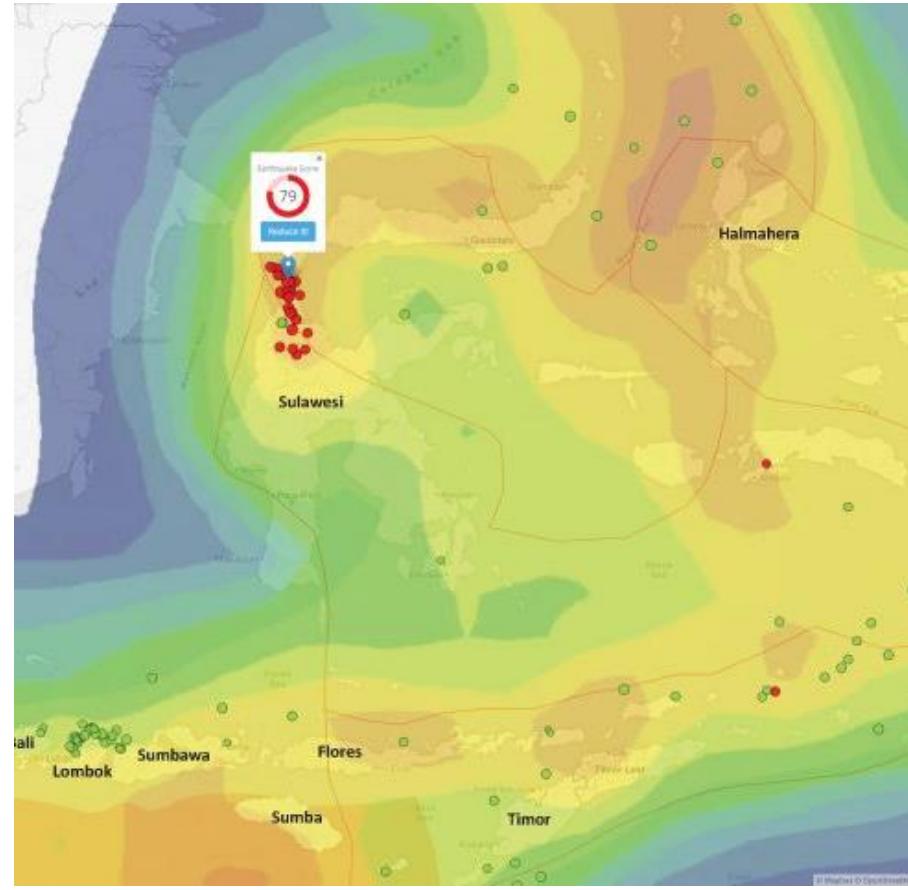
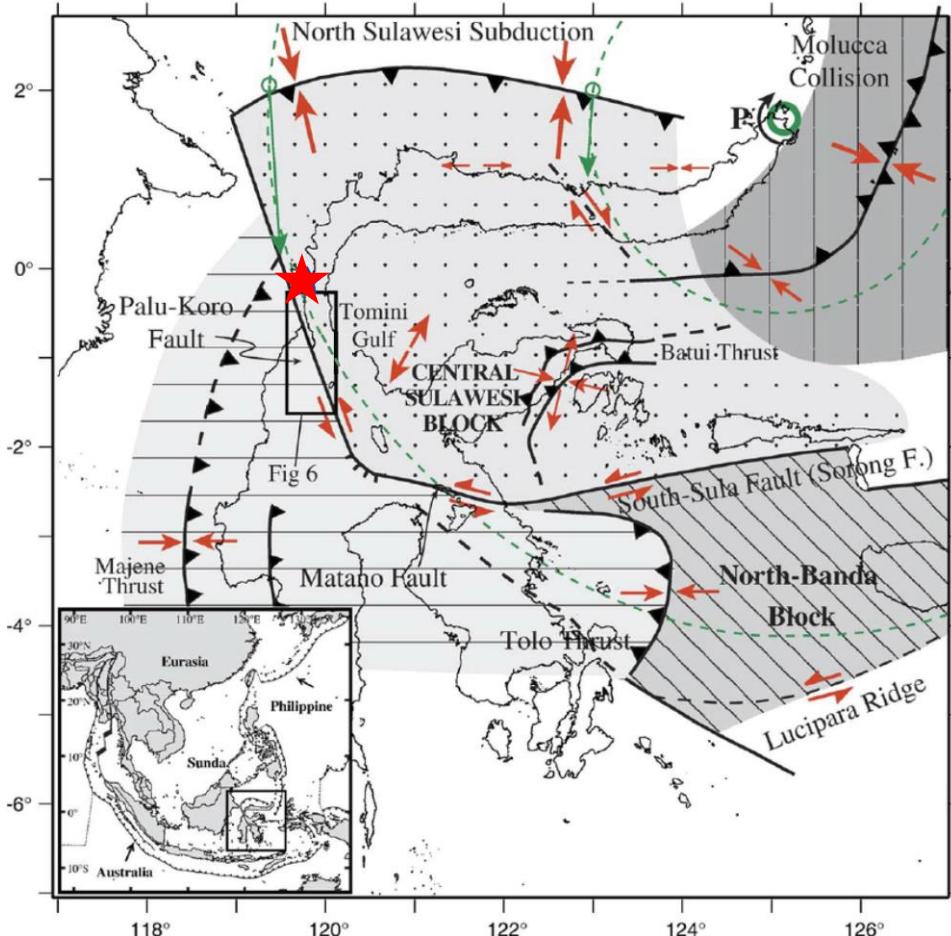
改自 Socquet et al., 2006;

震央與地震解來自 U.S. Geological Survey



# 震央區域附近活動斷層

此地震可能是Palu-Koro斷層活動所引起，該斷層走向與此次地震的震源破裂形式類似，餘震活動則為漸次向南發展。

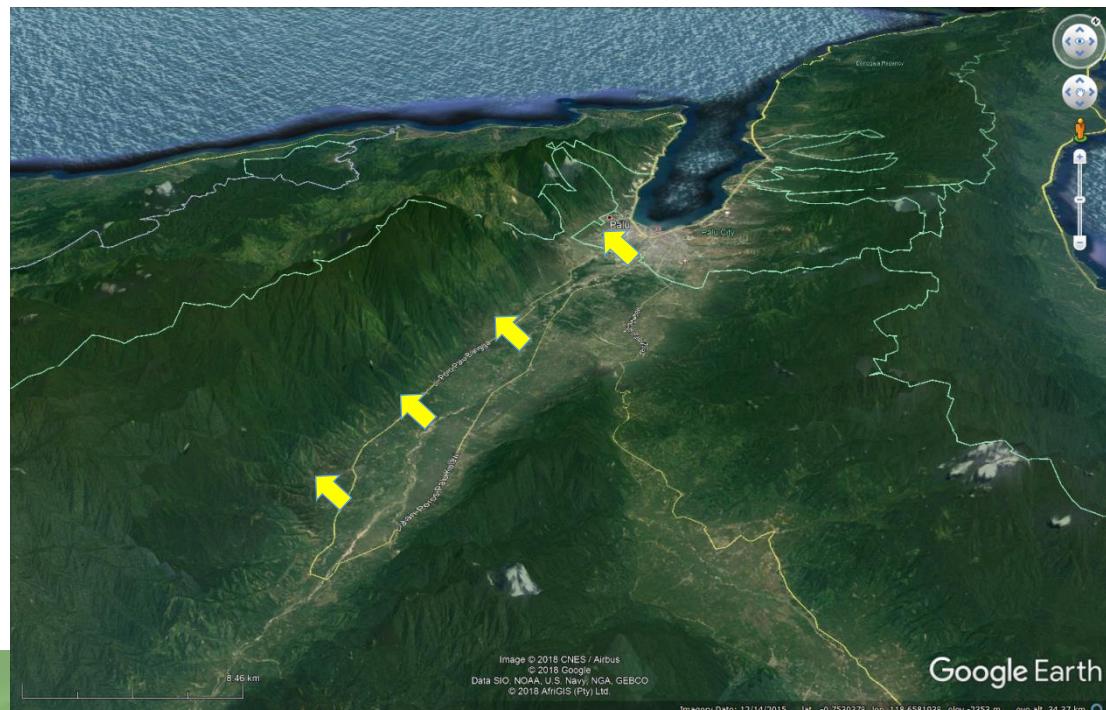


# Palu-Koro 轉形斷層

Palu-Koro Fault 在進入蘇拉維西島後，於Palu city西側形成極為明顯的斷層跡崖。其地形特徵與位於下盤的第四紀珊瑚礁階地顯示Palu-Koro斷層除水平位移外亦有明顯的垂直位移方向運動(Bellier et al., 2001)。

全球地震目錄顯示，Palu-Koro斷層上自1990年以來並沒有發生過Mw 7.0以上之地震。初步的古地震研究顯示在Palu city區域，Palu斷層上次可能發生地表破裂的事件應為1909年的M ~7地震 (Daryono & Natawidjaja, 2018)。因此在本次地震以前，Palu-Koro斷層已有超過100年以上的時間未發生過任何主要地震事件。

Paul-Koro Fault於Palu city以南西側明顯的斷層跡崖  
Image Source: Google Earth Pro



# Palu-Koro 轉形斷層

值得注意的是雖然本次地震機制為不易引發海嘯的走向滑移為主，在主震南邊，由於Palu-Koro斷層破裂直接進入狹長的Palu Bay海灣，其狹長的海灣地形很可能造成地震海嘯波，與強地動所引發的海底山崩海嘯的放大效應，對Palu Bay深部的Palu City產生極大的破壞。



Paul-Koro Fault and the narrow Palu Bay  
Image Source: Google Earth Pro



# Palu市區地表破裂

- 在地震後兩天間，除可能因地形效應與海底山崩所形成的海嘯襲擊 Palu City的影片之外，社群網站上的照片顯示Palu市區內出現多組可能為斷層同震破裂或土壤液化現象的照片。



TEC

<https://www.wowkeren.com/berita/tampil/00226100.html>



<https://twitter.com/tictoc/status/1046582124352954368>



<https://www.wowkeren.com/berita/tampil/00226100/6.html>

# Palu市區地表破裂

- 在比對地震前後，Palu沿海地區的光學衛星影像後，Dr. Sotiris Valkaniotis 運用像素匹配方法發現 Palu-Koro斷層在Palu市區，震央以南約80 km處，靠近海灣的西側產生了6-8公尺以上的地表位移。
- 此一同震變形與規模7.5地震可能產生的地表形變類同。
- 根據地震規模與斷層破裂回歸公式，本次地震的同震破裂可能長達100-130公里左右，因此該破裂可能繼續向南延伸20到50公里。

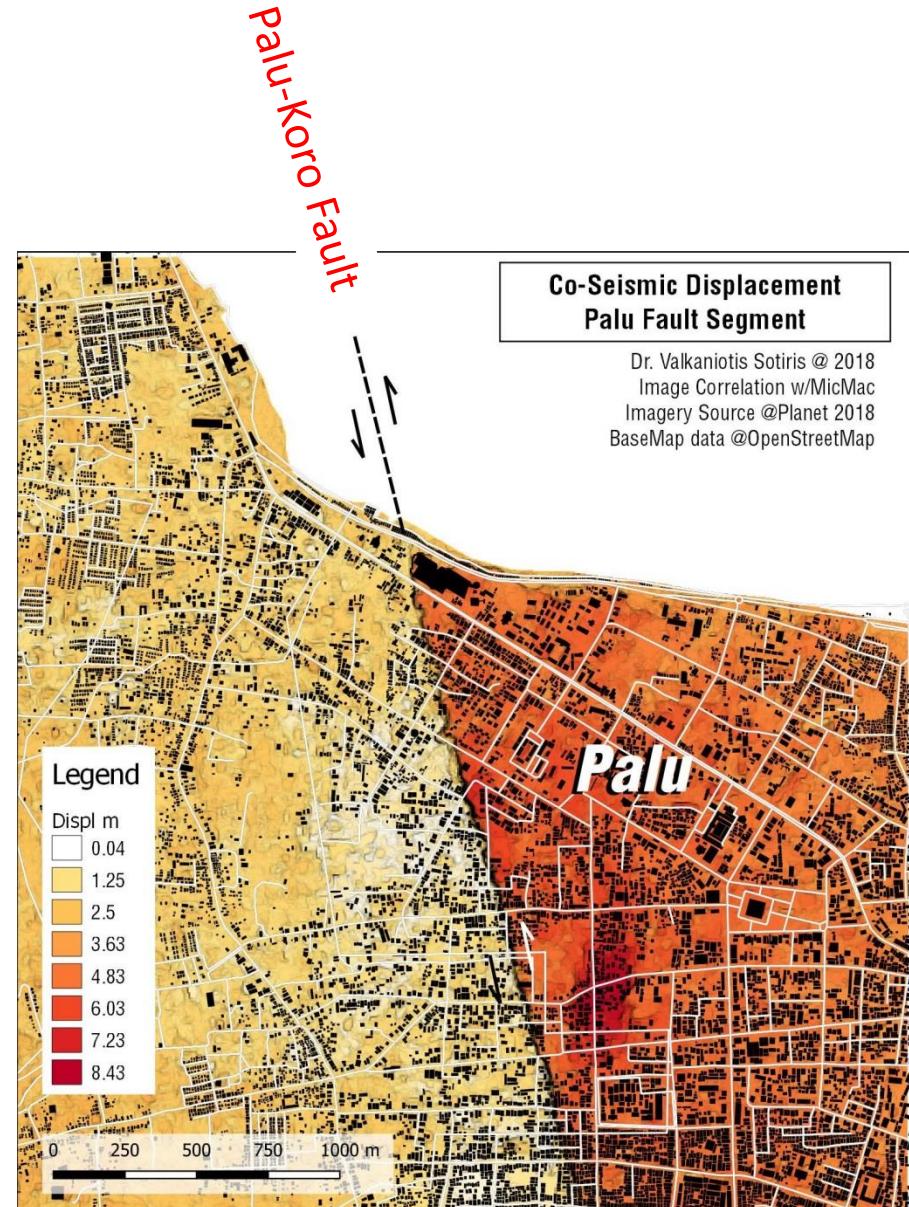
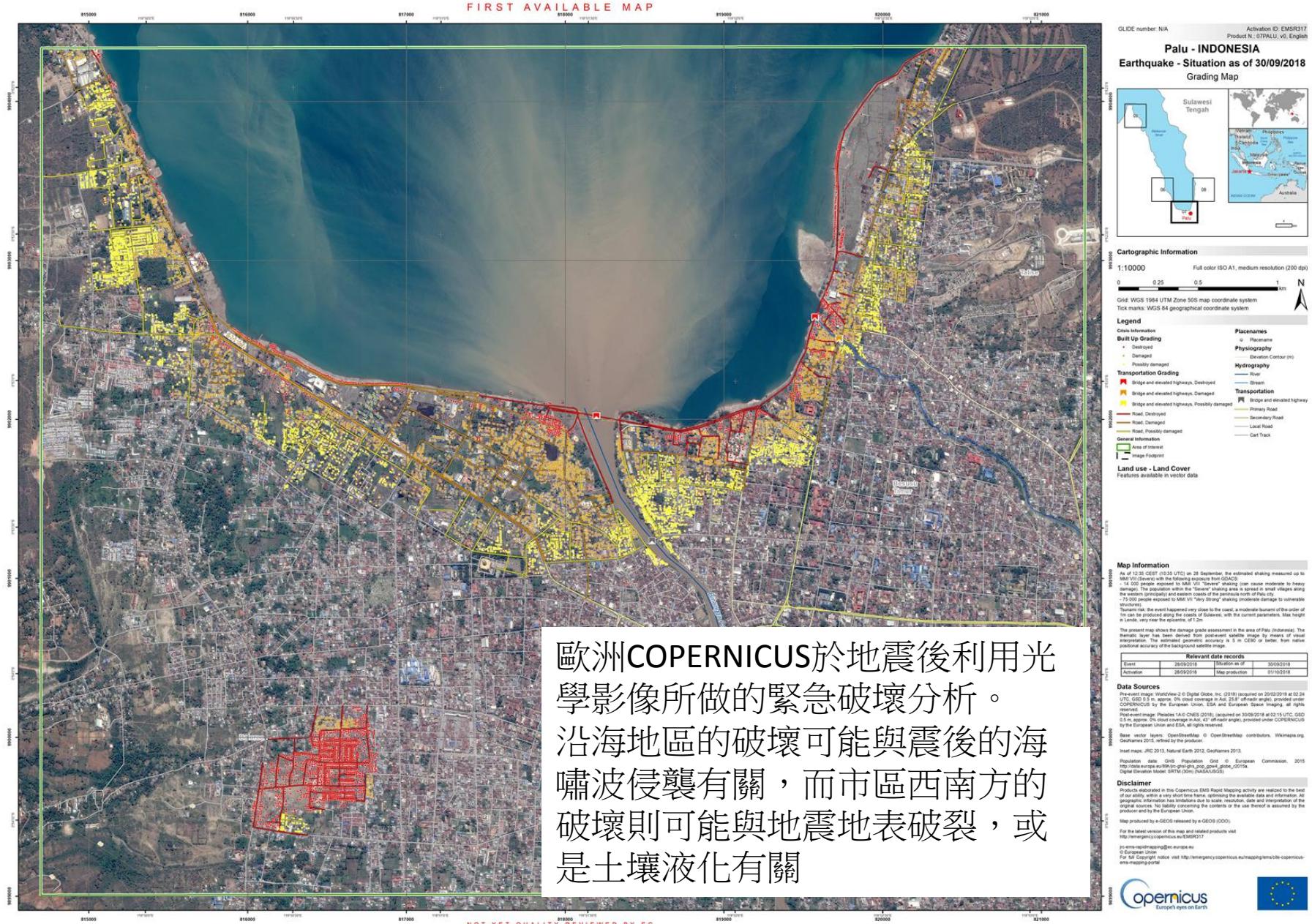


Image Source: <https://twitter.com/SotisValkan/status/1046337001572749313>

# Palu市區地震破壞情況

[http://emergency.copernicus.eu/mapping/ems-product-component/EMSR317\\_07PALU\\_02GRADING\\_MAP/0](http://emergency.copernicus.eu/mapping/ems-product-component/EMSR317_07PALU_02GRADING_MAP/0)



# 參考資料

- <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000h3p4#executive>
- <https://geofon.gfz-potsdam.de/eqinfo/event.php?id=gfz2018tabt>
- <http://www.air-worldwide.com/Publications/AIR-Currents/2016/Java-Subduction-Zone-Earthquake--The-Worst-Is-Yet-to-Come-/>
- <http://temblor.net/earthquake-insights/the-palu-koro-fault-ruptures-in-a-m7-5-quake-in-sulawesi-indonesia-triggering-a-tsunami-and-likely-more-shocks-7797/>
- <http://www.bmkg.go.id/gempabumi/gempabumi-terkini.bmkg>
- Bellier, O., Sebrier, M., Beaudouin, T., Villenueve, M., Braucher, R., Bourles, D., Siame, L., Putranto, E., and Pratomo, I., 2001. High slip rate for a low seismicity along the Palu-Koro active fault in central Sulawesi (Indonesia) in Terra Nova, v. 13, No. 6, p. 463-470.
- Socquet, A., W. Simons, C. Vigny, R. McCaffrey, C. Subarya, D. Sarsito, B. Ambrosius, and W. Spakman (2006), Microblock rotations and fault coupling in SE Asia triple junction (Sulawesi, Indonesia) from GPS and earthquake slip vector data, J. Geophys. Res., 111, B08409, doi:10.1029/2005JB003963
- Daryono, M., Natawidjaja, D.H., dan Sapiie, B., 2013. Paleoseismology of Palukoro Fault, Historical Records of 1907 & 1909, and recently 2012 Earthquake Events in Central Sulawesi, Indonesia. Paparan Penelitian dalam 3rd International Symposium on Earthquakes and Disaster Mitigation, Yogyakarta.
- Rapid analyses information are obtained from <https://twitter.com/>

