

出國報告（出國類別：進修）

德國 Gempa 機構舉辦 SeisComP 地震監測軟體進階訓練課程

服務機關：交通部中央氣象局 地震測報中心

姓名職稱：宋冠毅 技佐

派赴國家/地區：德國/波茨坦

出國期間：112 年 3 月 17 日至 4 月 5 日

報告日期：112 年 6 月 2 日

研習摘要

SeisComP 為德國亥姆霍茲德國地理研究中心(GFZ)與 Gempa GmbH(軟體公司)所共同開發的地震監測軟體，其功能包含地震資料收集、處理、分析等。為延續上(111)年度 SeisComP 軟體基礎課程，本(112)年度宋員再度赴德國參加進階訓練課程，以精進國際最新地震觀測技術、強化我國地震測報系統效能。

本次進階研習課程職前往德國波茨坦 Gempa 機構，於 112 年 3 月 20 日至 3 月 23 日，參加每日 8 小時、共 4 天課程。課程內容主軸為學習 SeisComP 軟體高階功能 scanloc，其最大特色可針對高地震活動環境，提供更高品質的自動化結果及增加地震定位的準確率。另外，在研習期間亦與講師釐清基礎課程後，回國建置系統後所衍生相關問題，以改進系統效能，同時亦討論交通部中央氣象局地震測報中心(以下稱本中心)測報業務相關之額外功能，以利為後續建置我國新一代地震測報系統之目標努力。

目次

研習摘要	2
目次	3
參訪目的	4
參訪及學習過程	5
一、出國行程規劃表及學習歷程	5
二、課程學習大綱	7
三、課程內容重點回顧	8
四、實際應用成果	12
心得及建議	16

參訪目的

臺灣位處歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊之交界帶，每年平均發生約 4 萬起地震事件，地震活動相當頻繁且極具致災風險。因此掌握地震活動度，為本中心重要的使命。若要掌握完整的地震活動度，使用優質的地震監測軟體，是不可或缺的要件，而 SeisComP 軟體即為監測地震活動非常合適的選擇。本軟體功能涵蓋地震資料收錄、分析、處理、展示及保存，具備完整的工作流程；除此之外，SeisComP 所建構之系統中還可有效整合其他工具所產製的地震資訊，資料銜接具極大的彈性功能。因此，綜合上述優點，若能妥善使用本軟體各項工具，將可對本中心未來建置新一代地震測報系統，帶來相當的助益。

本次課程主要為學習 Gempa GmbH (軟體公司)所開發 SeisComP 軟體進階功能 scanloc，本模組運作方法為收集測站所偵測之 P 波及 S 波抵達時間，採取分群演算法(Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise, DBSCAN)進行地震定位，以強化高地震活動度國家之地震監測能力。若要得到可信的定位結果，則需資料上游處理流程提供良好、可信的自動挑波(auto-picking)結果，其過程非常仰賴系統與測站模組參數調校過程。本次研習過程，為選定上(111)年度較特殊地震事件作為測試案例，以使系統具備更強的地震監測能力；此外，研習過程亦建置遠地地震觀測網，其目的為提升我國對世界各地地震事件的掌握能力，也期盼能透過本系統可在遠處發生強震後，波形進入臺灣本土監測網時，能有效過濾，以避免誤認為臺灣本土監測網中所發生之地震事件。

本次研習，職於 112 年 3 月下旬參加研習課程完畢，回國後，立即將學習的最新技術於 1 週內建置於本中心。其研習期間及回國後之相關成果將於後續章節分享。

參訪及學習過程

一、出國行程規劃表及學習歷程

行程日期	地點	工作摘要
112年3月17日 至3月18日	臺灣桃園-德國法蘭克福	3月17日晚上臺灣桃園出發。 3月18日早上抵達德國法蘭克福。
112年3月18日	德國法蘭克福-德國波茨坦	交通移動日，自德國法蘭克福至德國波茨坦。
112年3月19日	德國波茨坦	執行職務，課程前一天進行訓前相關前置作業，包括：課程預習、測試電腦設備與訓練單位提供的軟體等。
112年3月20日 至3月23日	德國波茨坦	參加SeisComP地震軟體進階訓練課程。
112年3月24日	德國波茨坦	彙整上年度及本次研習課程資料及相關業務問答討論之紀錄。
112年3月25日 至4月5日	個人補休	個人補休

每日時程表	工作摘要
0530~0630	複習前日、預習當日內容及清點問題
0730~0830	釐清上課疑問
0830~1600	課程上課時間
1600~1830	系統調校及討論業務需求
1930~2230	修改、測試系統及整理筆記



圖 1、位於德國波茨坦 Gempa 機構之授課教室與座位。

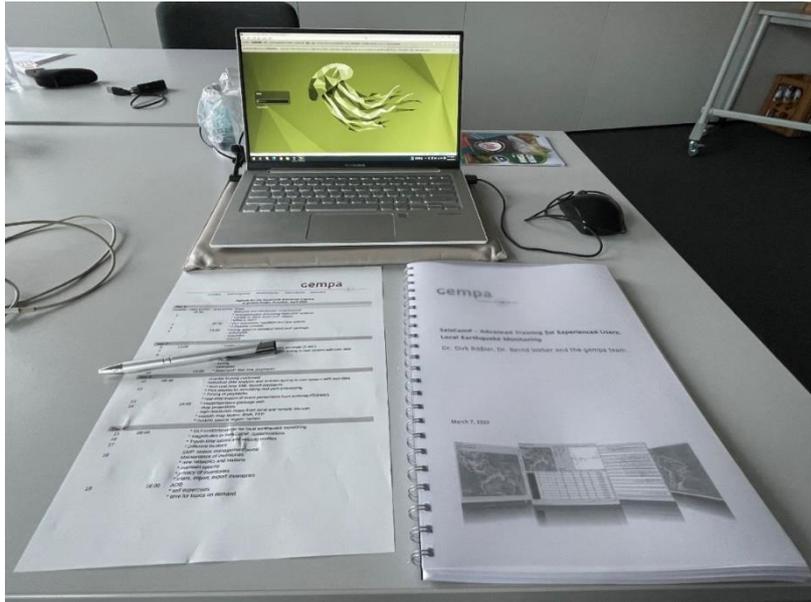


圖 2、課程講義與每日授課內容表。

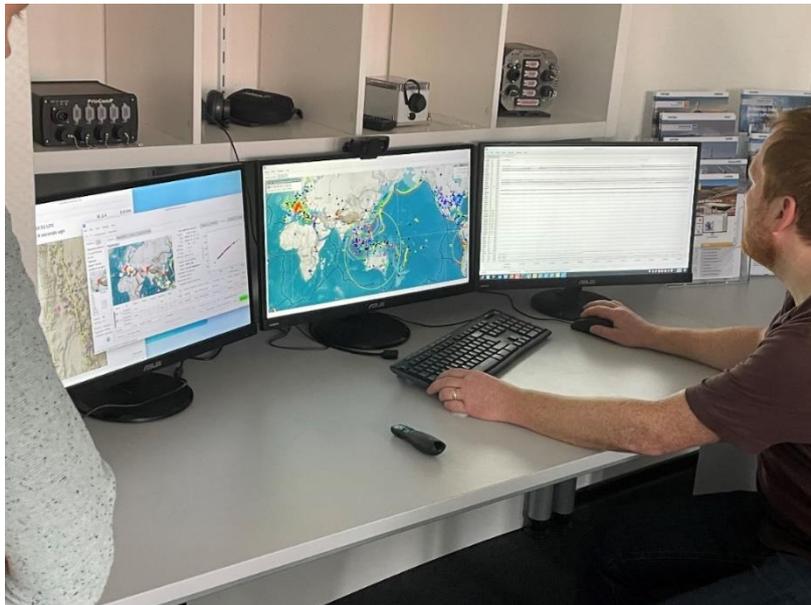


圖 3、講師 Dirk Rößler 簡介 SeisComP 軟體。

二、課程學習大綱

說明：透過密集的教育訓練過程，使學員可以快速地利用最新的 SeisComP 軟體，並以 scanloc 進階功能，強化區域性地震監測工作。

- 詳細內容

- 更新 SeisComP 版本。
- 使用 scanloc 監測本土地震活動。
- 以圖形化介面使用、調整新版 S-picker 演算法。
- 離線地震資料處理流程。
- 針對本土地震監測作業，調整系統、測站參數。
- 學習 scanloc 模組及新版 S 波挑波的設定。
- 客製化高解析地圖、投影法、加上斷層及行政區界等。
- 從外部 FDSNWS 伺服器即時導入地震事件參數。
- 軟體使用之疑難排解討論。
- 討論新一代地震測報系統建置作業之開發方向

三、課程內容重點回顧

(一) 建置遠地地震、本土地震監測工作流程

1. 建置遠地地震監測系統:

- (1) 加入世界各地即時地震站，如: Geofon、IRIS 等。
- (2) 啟用自動挑波(scautopick)、自動定位(scautoloc、scanloc)模組。

2. 建置本土監測系統:

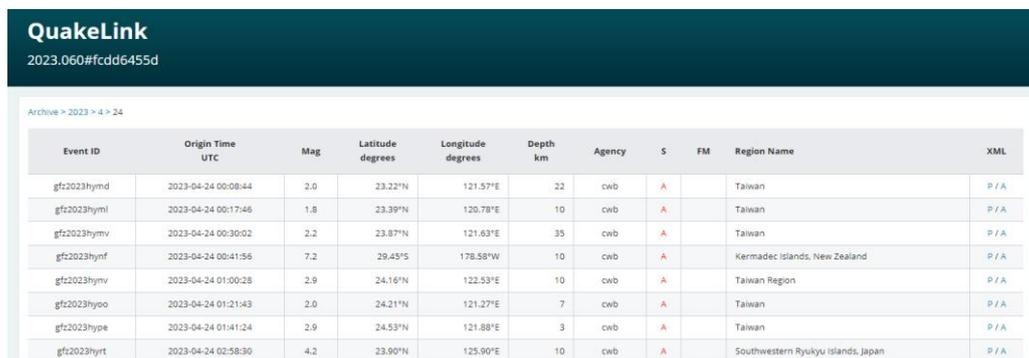
- (1) 加入臺灣各地即時地震站。
- (2) 使用 alias 功能，建置本土監測工作所需挑波及定位模組，包含：自動挑波(L1-scautopick)及自動定位(L1-scautoloc、L1-scanloc)模組。
- (3) 啟用本土所需監測模組，自動挑波(L1-scautopick)、自動定位(L1-scautoloc、L1-scanloc)模組。

(二) 系統及測站參數調校

1. 遠地地震監測系統、測站模組使用預設參數設定。
2. 調校本土監測系統之系統模組及測站參數設定。系統模組包含: L1-scautopick 加入 S 波之 AIC 挑波法、L1-scanloc 之分群搜尋之相關參數；測站參數則須透過調校過程，不斷重複檢視、調校至一定定位品質才算完成，其調整目標主要為濾波器、觸發門檻及訊噪比等。

(三) Quakelink 功能介紹

本功能主要可將 SeisComP 所解算之地震資訊以網頁方式檢視(如圖 4)，並可用來收集、交換地震資訊。



The screenshot shows the QuakeLink web interface for the date 2023-04-24. It features a table with columns for Event ID, Origin Time (UTC), Mag, Latitude (degrees), Longitude (degrees), Depth (km), Agency, S, FM, Region Name, and XML. The table lists several earthquake events with their respective details.

Event ID	Origin Time UTC	Mag	Latitude degrees	Longitude degrees	Depth km	Agency	S	FM	Region Name	XML
gftz2023hymd	2023-04-24 00:08:44	2.0	23.22°N	121.57°E	22	cwb	A		Taiwan	P / A
gftz2023hymi	2023-04-24 00:17:46	1.8	23.39°N	120.78°E	10	cwb	A		Taiwan	P / A
gftz2023hyml	2023-04-24 00:30:02	2.2	23.87°N	121.63°E	35	cwb	A		Taiwan	P / A
gftz2023hymf	2023-04-24 00:41:56	7.2	29.45°S	178.58°W	10	cwb	A		Kermadec Islands, New Zealand	P / A
gftz2023hymv	2023-04-24 01:00:28	2.9	24.16°N	122.53°E	10	cwb	A		Taiwan Region	P / A
gftz2023hyoo	2023-04-24 01:21:43	2.0	24.21°N	121.27°E	7	cwb	A		Taiwan	P / A
gftz2023hype	2023-04-24 01:41:24	2.9	24.53°N	121.88°E	3	cwb	A		Taiwan	P / A
gftz2023hyrt	2023-04-24 02:58:30	4.2	23.90°N	125.90°E	10	cwb	A		Southwestern Ryukyu islands, Japan	P / A

圖 4、Quakelink 服務。圖中之網頁為 2023 年 4 月 24 日 SeisComP 部分地震定位結果。

(四) 地圖功能

本次課程亦將斷層及我國行政區邊界之數值檔匯入本系統，並成功於課程期間使其在地圖中呈現，除此之外，亦學習導入 **Open Street Map** 於系統中，可幫助使用者快速地從地圖上的資訊得知地震發生位置，如圖 5 所表示。

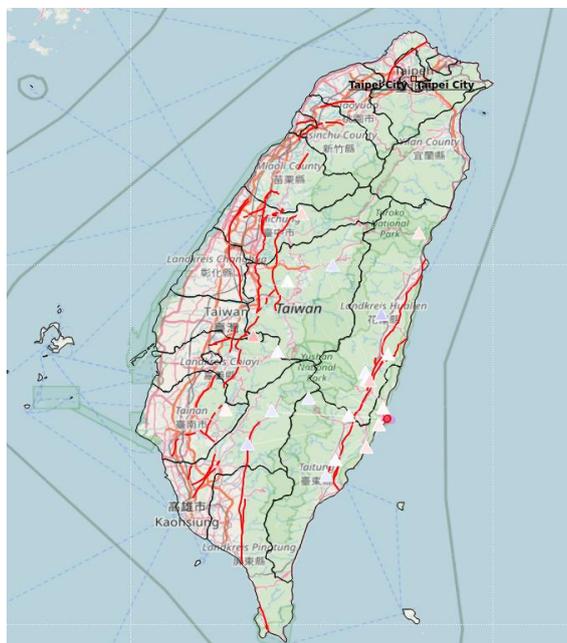


圖 5、SeisComP 系統中的臺灣地圖。從課程可學習如何加入 **Open Street Map**、臺灣行政區邊界及斷層分布圖於本系統之地圖服務中。

(五) 導入臺灣速度模型

本部分為學習加入臺灣速度模型於本土監測系統中，以提升地震定位精準度，研習期間已成功學習將臺灣速度模型導入系統，如圖 6。

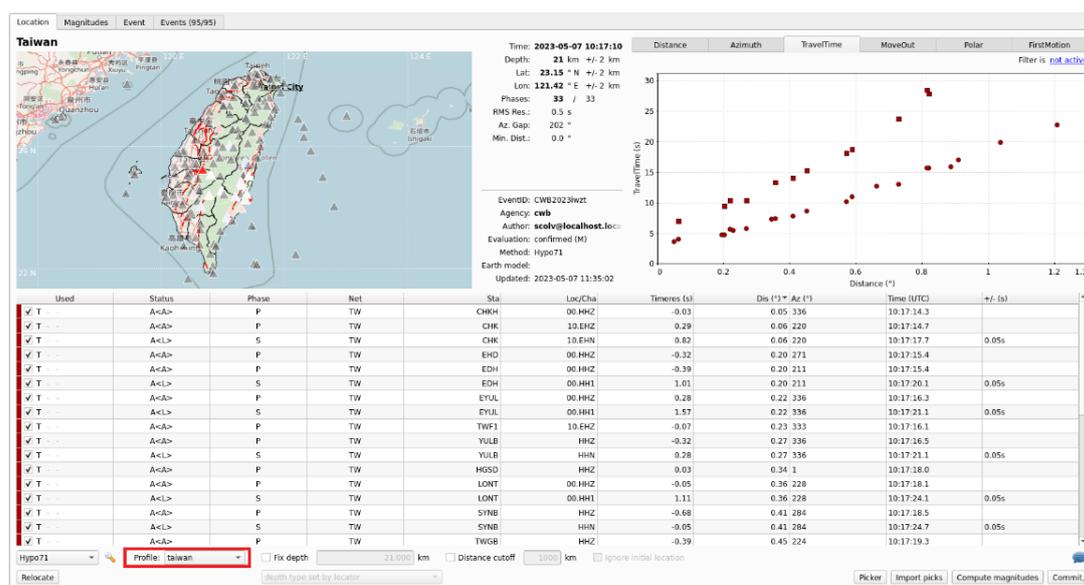


圖 6、SeisComP 之 scolv 定位檢視介面成功加入臺灣本土速度模型。

(六) 研習測試成果

1. 案例-2022 年 3 月 23 日規模 6.7 花蓮近海地震

2022 年 3 月 23 日上午 1 時 41 分於花東近海發生芮氏規模 6.7 強震，本起事件後續造成餘震頻繁且餘震間之時間間隔短，造成地震定位工作執行不易，若參考本中心地震報告結果，主震及後續約 30 分鐘內之餘震多達 20 次(圖 7)。因此，研習過程以本起具挑戰性之地震事件為測試目標，將主震後 30 秒之波形檔進行自動定位測試，並於課程中不斷調整系統及測站參數，其調整後 SeisComP 之定位成果如圖 8 所示，定出共 25 筆地震事件。其中 16 筆吻合地震報告結果，可有效處理 80% 顯著及小區域有感地震；其餘 9 筆事件，則為未達本中心地震報告發布門檻之地震事件。

編號	地震時間	經度	緯度	規模	深度
19	2022/3/23 01:41	121.61	23.399	6.7	25.7
小區域有感地震	2022/3/23 01:42	121.49	23.44	5.7	28.4
20	2022/3/23 01:43	121.43	23.423	6.2	22.6
小區域有感地震	2022/3/23 01:44	121.45	23.414	4.9	21.7
小區域有感地震	2022/3/23 01:45	121.44	23.458	4.4	20.9
21	2022/3/23 01:46	121.49	23.381	4.8	30.2
小區域有感地震	2022/3/23 01:47	121.51	23.433	4.6	28.6
小區域有感地震	2022/3/23 01:47	121.47	23.374	4.3	31.6
小區域有感地震	2022/3/23 01:51	121.46	23.449	4.2	22.9
小區域有感地震	2022/3/23 01:52	121.43	23.399	4.5	22.7
小區域有感地震	2022/3/23 01:54	121.51	23.428	4.2	30.1
小區域有感地震	2022/3/23 01:55	121.45	23.378	4.5	23.7
小區域有感地震	2022/3/23 01:58	121.49	23.45	3.7	29.8
小區域有感地震	2022/3/23 01:58	121.51	23.45	4.1	24.9
小區域有感地震	2022/3/23 01:59	121.45	23.341	4.3	29.3
小區域有感地震	2022/3/23 02:00	121.44	23.408	4.3	23.4
小區域有感地震	2022/3/23 02:03	121.46	23.362	4.2	29.8
小區域有感地震	2022/3/23 02:03	121.44	23.39	4.7	23.7
小區域有感地震	2022/3/23 02:10	121.43	23.5	4.7	18.7
小區域有感地震	2022/3/23 02:11	121.45	23.404	5	23.4

圖 7、地震報告列表。2022 年 3 月 23 日上午 1 時 44 分芮氏規模 6.7 花蓮主震及其餘震共 20 起地震事件

OT (UTC)	M	MType	Phases	RMS (s)	Lat (°)	Lon (°)	Depth	Stat	Agency
Unassociated	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022-03-22 17:36:13	2.8	M	29	0.8	23.18 N	121.46 E	96 km	A	cwb
2022-03-22 17:41:39	6.3	M	77	0.8	23.38 N	121.59 E	28 km	A	cwb
2022-03-22 17:43:26	5.9	M	64	0.8	23.45 N	121.47 E	17 km	A	cwb
2022-03-22 17:46:08	4.4	M	24	1.5	23.46 N	121.38 E	28 km	A	cwb
2022-03-22 17:47:04	4.4	M	21	0.7	23.43 N	121.54 E	20 km	A	cwb
2022-03-22 17:47:41	3.8	M	13	1.1	23.49 N	121.40 E	19 km	A	cwb
2022-03-22 17:50:39	4.1	M	24	0.8	23.39 N	121.40 E	16 km	A	cwb
2022-03-22 17:51:40	4.2	M	33	0.7	23.43 N	121.50 E	18 km	A	cwb
2022-03-22 17:52:43	4.3	M	56	0.7	23.39 N	121.56 E	25 km	A	cwb
2022-03-22 17:53:00	4.2	M	17	0.7	23.38 N	121.08 E	103 km	A	cwb
2022-03-22 17:54:05	4.1	M	60	0.7	23.45 N	121.50 E	24 km	A	cwb
2022-03-22 17:55:34	4.1	M	37	0.6	23.35 N	121.55 E	26 km	A	cwb
2022-03-22 17:55:46	4.2	M	42	0.8	23.39 N	121.53 E	20 km	A	cwb
2022-03-22 17:56:46	3.7	M	20	0.7	23.45 N	121.30 E	52 km	A	cwb
2022-03-22 17:58:35	3.9	M	95	0.7	23.39 N	121.57 E	29 km	A	cwb
2022-03-22 17:59:50	4.0	M	90	0.7	23.33 N	121.52 E	24 km	A	cwb
2022-03-22 18:00:54	4.0	M	89	0.7	23.40 N	121.49 E	18 km	A	cwb
2022-03-22 18:02:26	4.8	M	20	1.0	22.63 N	121.80 E	14 km	A	cwb
2022-03-22 18:03:12	4.3	M	66	1.0	23.37 N	121.52 E	20 km	A	cwb
2022-03-22 18:03:49	4.3	M	25	1.1	23.42 N	121.44 E	25 km	A	cwb
2022-03-22 18:06:17	3.3	M	16	0.9	23.54 N	121.38 E	20 km	A	cwb
2022-03-22 18:07:48	3.4	M	67	0.8	23.39 N	121.51 E	22 km	A	cwb
2022-03-22 18:09:48	4.5	M	15	0.8	23.51 N	121.36 E	19 km	A	cwb
2022-03-22 18:10:35	4.8	M	25	0.9	23.36 N	121.61 E	9 km	A	cwb
2022-03-22 18:10:52	4.7	M	54	0.9	23.48 N	121.48 E	20 km	A	cwb
2022-03-22 18:11:35	4.7	M	55	0.7	23.39 N	121.47 E	14 km	A	cwb

圖 8、SeisComP 地震定位結果。黃色部分為 2022 年 3 月 23 日上午 1 時 44 分起，芮氏規模 6.7 主震及餘震事件，共 25 起。

2. 案例-2022 年 11 月 16 日多重地震事件

2022 年 11 月 16 日下午 23 時 7 分 41 秒起，臺灣東部海域於 1 分鐘左右時間，連續發生 3 起地震事件，其地震事件時間之間隔短，故也被選為本次研習過程之測試目標。經將 3 起事件 SeisComP 之定位結果(左)比較地震報告(右)，其 3 起地震事件皆有對應，成功完成測試，如圖 9 至圖 11 表示。

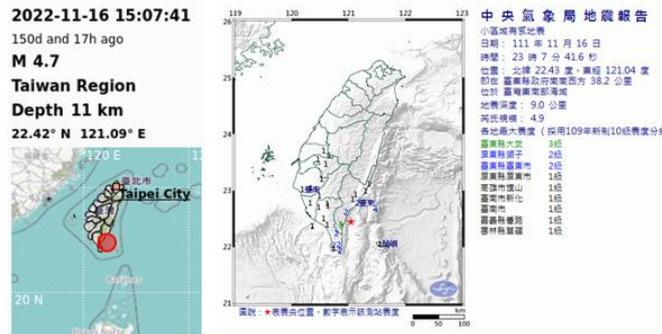


圖 9、SeisComP 自動定位結果(左)比較地震報告(右)。第 1 起事件發生於 2022 年 11 月 16 日下午 23 時 7 分 41.6 秒，經檢視結果後比對成功。

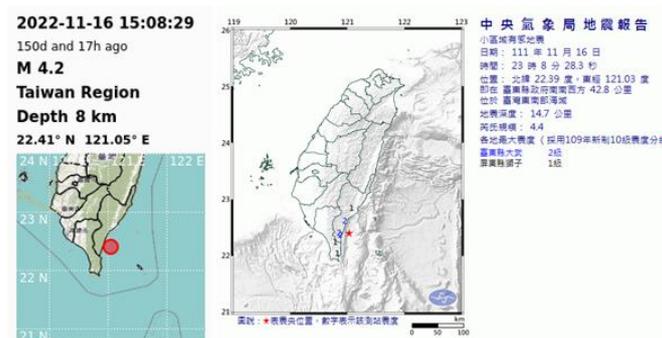


圖 10、SeisComP 自動定位結果(左)比較地震報告(右)。第 2 起事件發生於 2022 年 11 月 16 日下午 23 時 8 分 28.3 秒，經檢視結果後比對成功。

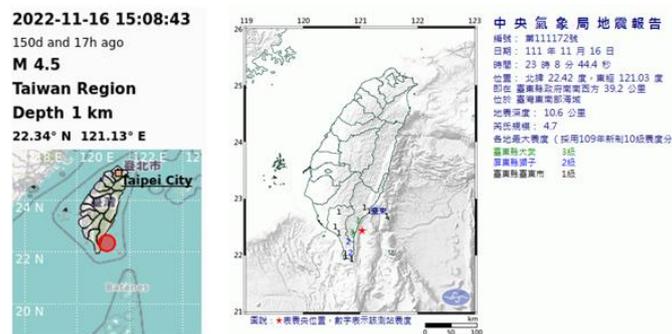


圖 11、SeisComP 自動定位結果(左)比較地震報告(右)。第 3 起事件發生於 2022 年 11 月 16 日下午 23 時 8 分 44.4 秒，經檢視結果後比對成功。

四、 實際應用成果

自德國返國上班後，立即將本次課程所學應用於本中心系統當中。其目前實際運作成果如本章各小節所描述。

(一) 雙監測系統建置作業

目前本中心已將 SeisComP 建立雙監測系統之作業流程，分為臺灣本土監測作業及遠地地震監測作業，其作業流程圖如圖 12 所示。其作業方法可加強本土監測效能，在一定時效下可針對臺灣監測範圍得出地震分布位置及有效提升事件個數，本土監測作業所使用之測站分布如圖 13。遠地地震作業則需收錄世界各地即時地震測站，目前收錄之世界觀測站分布如圖 14 所示，主要建置目的為針對世界各地發生規模至少 5.0 以上且震央位處測站具備一定數量之條件時，可搶先於美國地質調查局(United States Geological Survey,USGS)及日本氣象廳(Japan Meteorological Agency, JMA)公布地震前，獲得定位結果，另外還可避免遠地地震影響本土監測而定出假地震問題。

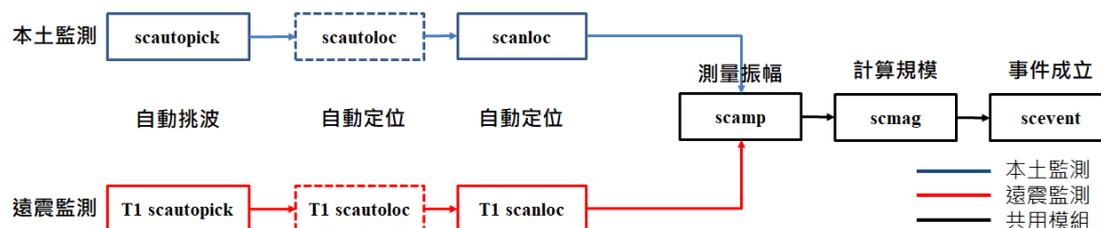


圖 12、SeisComP 地震監測作業流程圖。

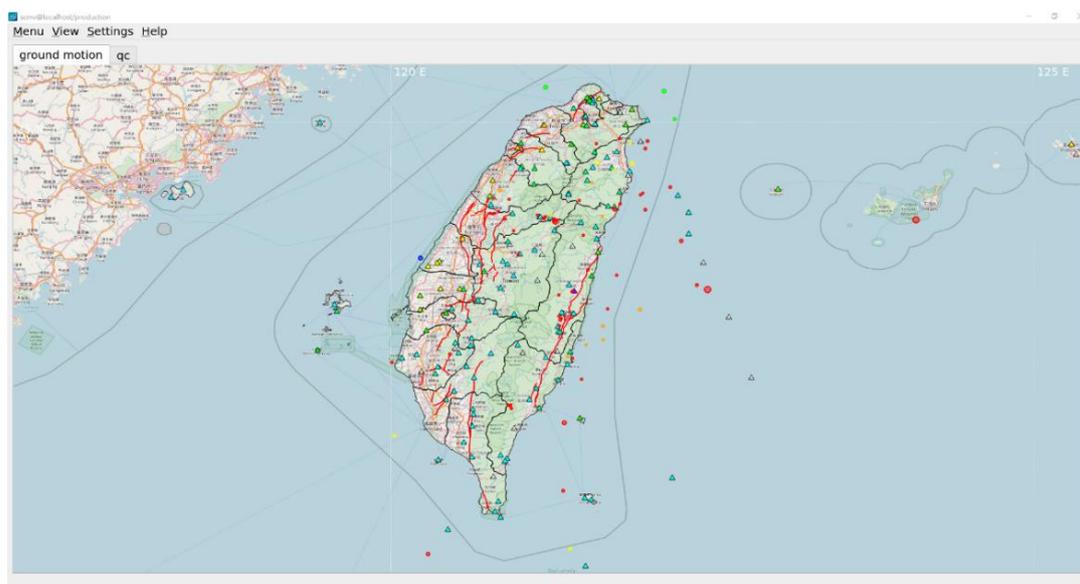


圖 13、臺灣本地地震監測作業使用測站分布圖，地圖上三角形為測站位置，圓形圖案則為地震事件位置。

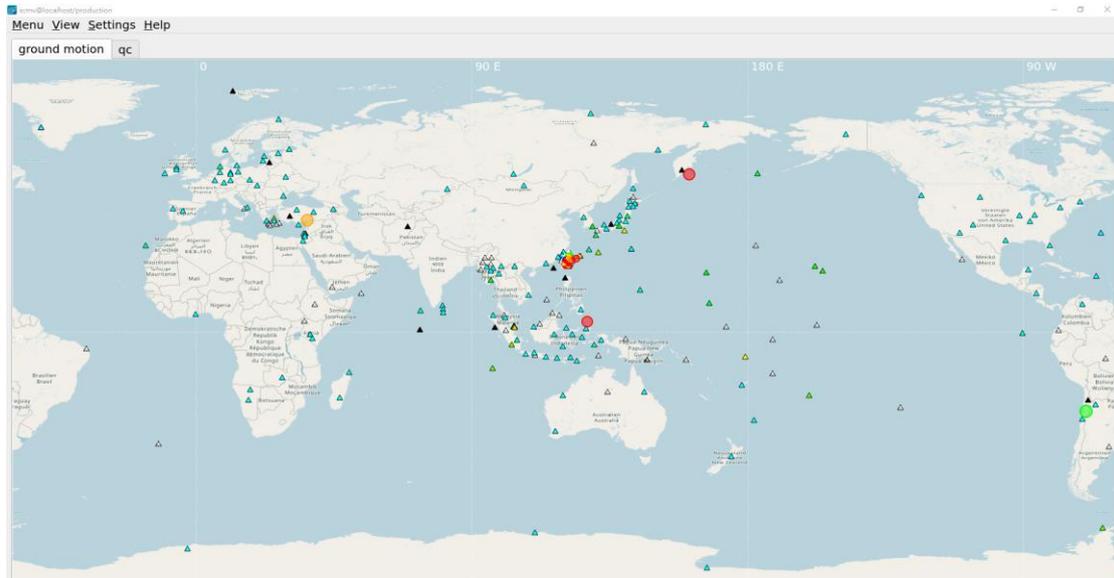
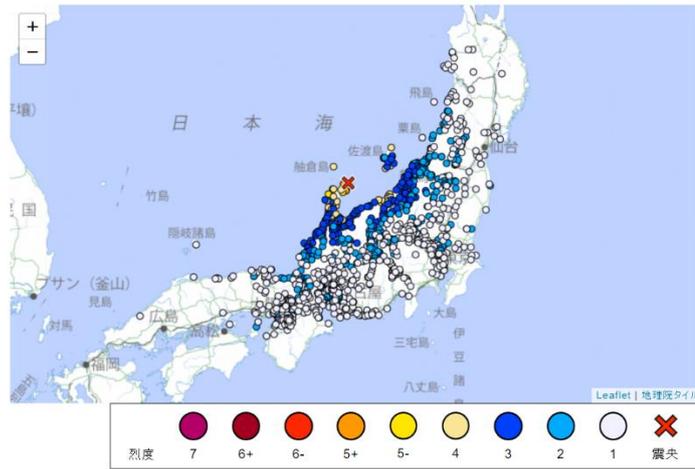


圖 14、遠地地震監測作業使用測站分布圖，地圖上三角形亦為測站位置，圓形圖案則為地震事件位置。根據地圖上圓點位置，可見到分布 2023 年 5 月 6 日至 5 月 7 日於世界各地，含歐洲、南美洲、西亞、南亞等地之遠地地震事件。

(二) 地震監測成果

關於近期地震監測成果，遠地地震部分，以日本為例，根據日本氣象廳公告資訊，日本時間 2023 年 5 月 5 日下午 14 時 42 分於石川縣能登發生規模 6.3 地震(圖 15)。本起地震亦被 SeisComP 遠地地震監測作業定位成功，其獲得地震定位資訊自地震發生後約 3 分鐘時間即可獲得相關資訊，如圖 16。

本土監測工作，其系統、測站參數自 4 月 6 日已調整完畢，同時上線進行測試。根據圖 17 顯示，經系統調校後，地震定位之數量有效大幅提升。若以 4 月 6 日為基準，前 60 天之平均地震定位數約每日 7 起地震；後 30 天每日平均地震定位數則約大幅提升至 85 起事件，成長幅度極為顯著(表 1)。



地震檢測日期時間	緯度	經度	規模	震源深度	震央地名
2023/05/05 14:42	37.5N	137.3E	6.3	10km	石川縣能登地方

圖 15、日本氣象廳公告 2023 年 5 月 5 日下午 14 時 42 分發生於石川縣能登地震資訊，其規模達 6.3，震源深度為 10 公里。(資料來源: 日本氣象廳)



圖 16、SeisComP 定位成果，遠地地震監測作業約在地震發生後 3 分鐘左右獲得該起地震資訊。

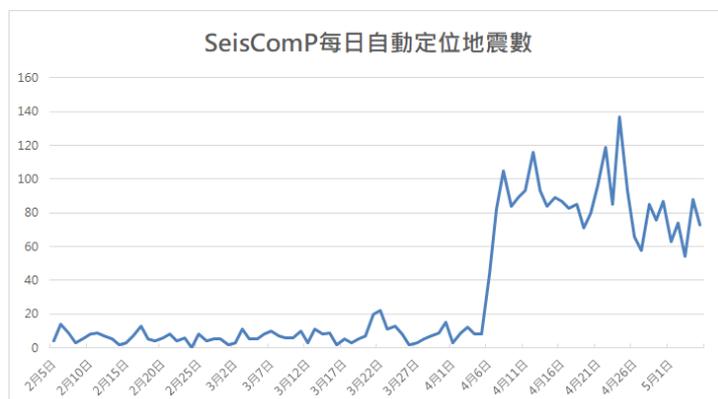


圖 17、SeisComP 臺灣本地震監測作業自動定位成果。以 4 月 6 日系統參數調整日為基準點，前 60 天之平均地震定位數約每日 7 起地震；後 30 天每日平均地震定位數約大幅提升至 85 起事件，定位數量成長幅度顯著。

工作階段	天數	總數	平均每日數
參數調整前	60 天	425 個	7.1 個
參數調整後	30 天	2539 個	84.6 個

表 1、系統參數調校日為 2023 年 4 月 6 日，以該日期為基準，前 60 日之平均地震定位數約每日 7 起；後 30 天則大幅提升至約 85 起，成果顯著提升。

心得及建議

繼上(111)年度基礎課程完訓後，本中心即啟用 SeisComP 系統。惟開始使用後，發現該系統仍存在許多必須改善問題，如：無法辨識某些明顯 P、S 波相、測站與模組參數因細節複雜而有所限制、多數功能因基礎課程時間有限而不深入，導致本軟體在地震資料品質仍有極大的進步空間，故本次進階課程的重要任務，必須解決上述相關問題。

抵達德國波茨坦參加課程，課程開始前把握難得的研習交流機會，將臺灣的鳳梨酥與來自世界各地的學員分享，很開心再次受到研習機構同仁及上課夥伴的好評，讓世界認識臺灣(圖 18 及 19)。研習 4 天、每天超過 8 小時的研習時光，令人難忘，內容極為豐富，並有效利用 SeisComP 軟體進階功能 scanloc 產製自動化的地震定位結果，使得我們朝向新地震測報系統之路，更往前邁進一大步。

回國後，馬上將所學應用於線上系統中。除了同時建置臺灣本土及遠地地震測報系統，更將複雜的系統及測站參數調整至一定水準，以有效地提升每日地震的自動定位數量。除此之外，由於 SeisComP 軟體之地震資料整合能力佳，除了課程內容，亦與講師討論未來若要整合本中心現行地震相關資料，其方法、功能該如何搭配使用，關於這項研習目標，亦已經獲得方法，並經過密集測試後，有機會整合本中心現行地震相關作業系統所產製的產品，以提升相關作業效率。

關於研習過後，經彙整後針對本系統提供未來業務服務之相關建議如下：

- 提供主震後餘震資訊：未來規模較大主震發生後，由於地震定位效能，可快速觀察地震分布及活動度等，以對後續可能影響進行評估。
- 提升地震監測能力：逐漸增加測站數量，提升測站分布密度，以加強監測地震能力。
- 加入人工智慧(AI)自動挑波方法：將 AI 自動挑波方法結合 SeisComP 之進階模組 scanloc 功能，可強化地震資訊的精確度及自動定位之地震數量。
- 工具整合及管理：整合本中心現行以 Earthworm 軟體建構系統，善用各項軟體優勢，產製更具效率、優質的地震資訊。
- 多元監測業務應用：不僅提供臺灣本土監測、遠地地震監測服務，更擴及其他地震相關作業，如：地震預警系統。

本次研習成果是建置新一代地震測報系統的重要起點，雖然上述成果給予我們信心，但仍然面臨許多挑戰必須逐一克服。包括：系統參數精進、導入 AI 人工智慧工具以及整合本中心現行作業模式等。儘管未來將面臨許多挑戰，但只要我們保持熱情，並帶著奮鬥不懈的態度，相信所有困難還是能夠迎刃而解，讓我國地震測報系統得以不斷進步，對地震測報工作帶來更大的成效，以提供民眾更好的測報服務。

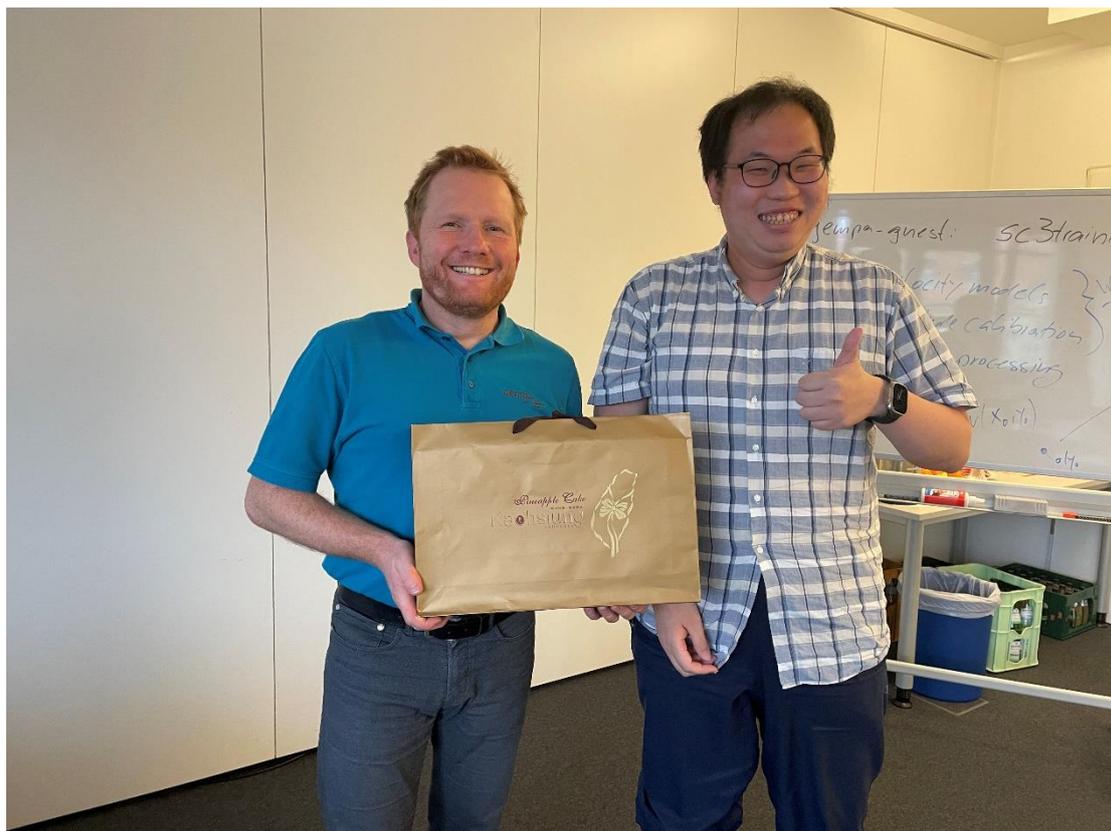


圖 18、課程開始前分享鳳梨酥讓研習機構同仁、講師及上課夥伴認識臺灣。

整合人工智慧挑波方法及 SeisComP 軟體進階自動定位模組，以加強本中心地震監測能力，提升地震自動定位數。



圖 19、課程最終日之大合照，偕同講師及上課夥伴一同合影留念。