

NAR Labs 國家實驗研究院 台灣海洋科技研究中心

2024 年新海三多音束聲納

EM712 音鼓校正疊合測試(Patch Test)工作報告

報告人：黃俊傑、許景翔、賴國榮

參與人員：劉紹勇、許景翔、黃俊傑、賴國榮

計畫主持人：劉紹勇

報告日期：中華民國 113 年 03 月 01 日

目錄

壹、摘要

關鍵字

貳、動機與目的

參、作業方法

肆、檢測結果

伍、結論與建議

陸、 附錄

一、 船隻資料

二、 探測紀錄

壹、 摘要

新海研三號研究船於 113 年進塢進行船體維護及保養時，貴儀中心對多音速測深儀等船載聲納設備進行保養作業，出塢後為確認多音束測深儀資料品質狀態，出海測試時邀請財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心(簡稱海洋中心)共同合作，進行多音束聲納 EM712 系統 Patch Test 校正資料收集，以確認測深系統其資料品質穩定度及出塢後狀態，本航次作業區域為高雄港外約 10 海哩處，水深 300~500 米進行 patch test 資料收集，且進行各式船載聲納影響比較，測試資料結果顯示搖擺角(Roll)、俯仰角(Pitch)、航偏角(Heading, Yaw)維持原廠值無需調整；同樣資料結果顯示傳輸時間延遲修正(Time, Latency)部份，使用系統出廠值即呈現完整疊合不需調整，整體而言音鼓角度參數無修正必要性。從資料來看，疊合測試測區資料 IHO-S44 精度可達到一等以上，符合水深資料品質規範。而在 XBT 聲速資料取得部份，本次發現在系統參數設定不正確的情況，其聲速值及聲速剖面有產生差異性，在水深調查作業時應特別注意。最後以目前新海研三號研究船現有船載聲納規格中，多音束聲納 EM712 系統與 RDI ADCP 75kHz 系統干擾現象最為嚴重，作業時應盡量避免二套系統同時開啟。

關鍵字：多音束聲納、Patch Test、RDI ADCP

貳、 動機與目的

新海研三號研究船於 113 年 2 月進塢進行船體維護及保養，期間新海三貴儀中心針對多音速測深儀等船載聲納設備進行保養作業，出塢後為確認多音束測深儀資料品質狀態，於出海測試時和海洋中心共同合作，進行多音束聲納 EM712 系統 Patch Test 資料收集，以確認測深系統其資料品質穩定度及出塢狀態，新海三研究船船載聲納相關設備如附錄一，船上配有多音束聲納系統，廠牌為 Kongsberg EM712 系列，聲納裝置於船底(詳附錄一)。EM712 具有獨立一個發射音鼓(TX, 1°)與一個接收音鼓(RX, 1°)，作業頻率為 40~100 kHz，與勵進研究船的深海型多音束聲納 EM122 配置相似(EM122 為發射及接收音鼓陣列)，

根據 SIS 程式原始安裝參數設定(圖 1)，可知原始音鼓安裝角度為 TX(Roll: -0.15° , Pitch:0.34° , Heading:359.88°)，RX(Roll:0.07° , Pitch:0.01° , Heading:0.3°)，修正值為 Roll:0.06° , Pitch:-0.7° , Heading:0.0° ；與勵進 EM122(圖 2)音鼓相較，勵進修正值為 Roll:-0.1° ,Pitch:0.0° ,Heading:0.0° (表二)，在俯仰角，EM712 有較大的修正量，可能與新海研三號聲納位置較靠近船艏有關。

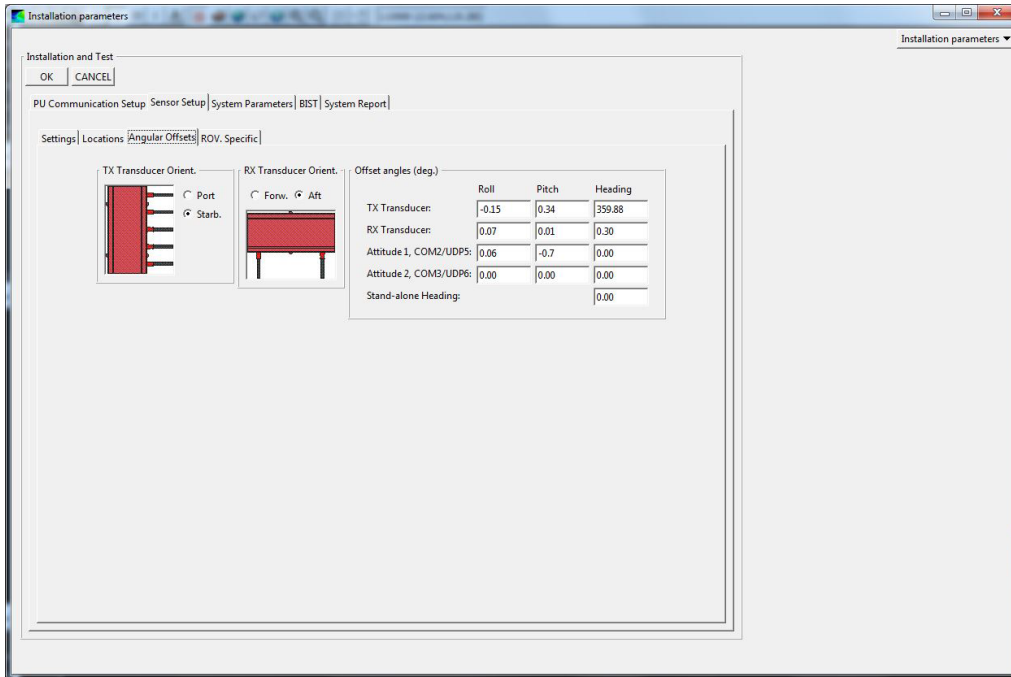


圖 1、SIS 控制軟體原廠音鼓角度設定值。

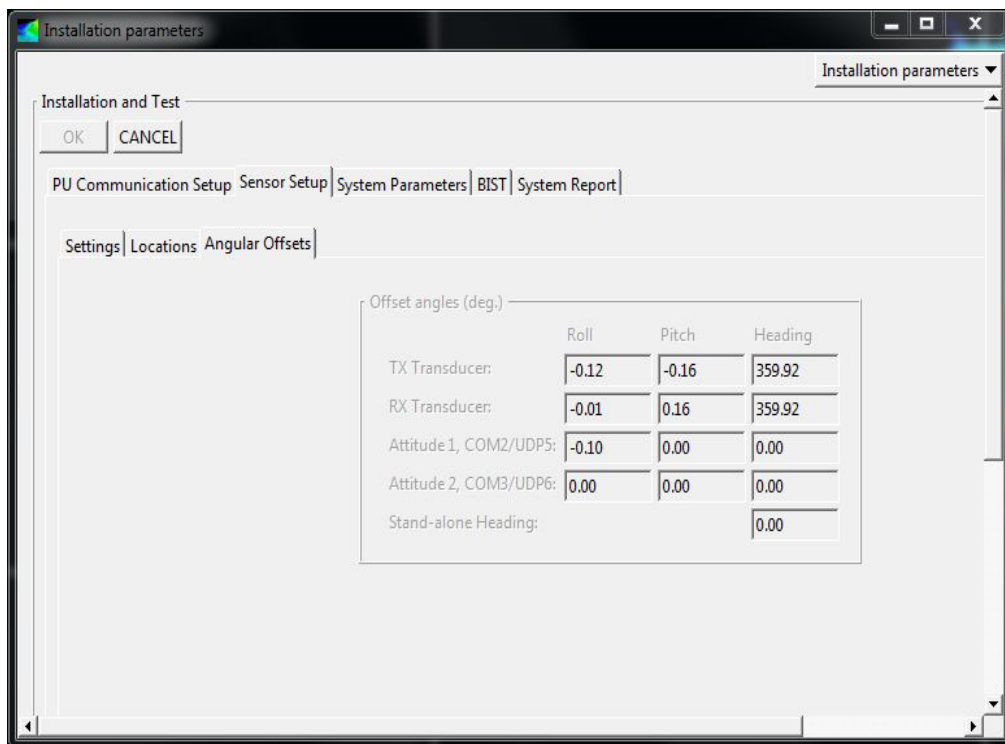


圖 2、勵進 EM122 原廠音鼓角度值。

表二、新海三與勵進音鼓修正量比較(出廠值)

| 系統 | Roll | Pitch | Heading |
|------------|------|-------|---------|
| EM712(新海三) | 0.06 | -0.7 | 0.0 |
| EM122(勵進) | -0.1 | 0.0 | 0.0 |

參、 作業方法:

執行疊合測試以前，需要提供正確即時的聲速剖面至聲納操作軟體 (Seafloor Information Systems ,SIS)，因此在上線前使用 XBT 拋棄式溫深儀(圖 3) 取得剖面溫度並採用聲速處理軟件(DORIS software, IFREMER)換算成聲速剖面(圖 4)，最後將聲速檔輸入至操作軟體 SIS，本航次先後取得三組 XBT 資料，第一組為 T7，資料深度為 200 米;第二組為 T7，資料深度為 411 米;第三組為 T10，資料深度為 200 米，第一組資料於規格設定時，誤設成 XBT-T10，故資料取得只到該規格上限深度 200 米，因不確定 XBT 不同型號間使用的設定參數是否一致，重新施放第二組 XBT-T7，將第一組資料做為試誤組進行比對，而第三組則是疊合測試結束後的補充資料，以確認作業期間聲速變化差異程度，主要使用第二組資料做為本次實驗區域聲速剖面。本次作業區域規畫如圖 5，以船速 6 節進行水深測繪作業(Latency 慢速船速為 3 節)。後續資料使用水深資料處理軟體 CARIS 進行資料修正。

多音束聲納系統測試的疊合修正(Patch Test)內容(表三)包括搖擺角修正 Roll、俯仰角修正 Pitch、航偏角修正 Heading(Yaw)、計算資料傳輸時間延遲修正 Time (Latency)。以下針對四種校正方式介紹：

1. 搖擺角修正(Roll)：在平坦區域執行方向相反的平行測線，掃幅半數以上重疊。
2. 俯仰角修正(Pitch)：在斜坡上同一條但方向相反的測線。
3. 航偏角修正(Heading, Yaw)：經過斜坡或是海床特徵物，方向相同的兩條平行線，掃幅半數以上重疊。
4. 計算資料傳輸時間延遲修正(Time, Latency)：同一條測線上使用兩個不同的船速。

規劃聲納校正的測試區域時，對海底地形有所要求，因此測試前參考既有水深資料，挑選同時具備有緩降斜坡、平坦地形、與不規則地形或水下特徵物的區域，且測線要有一定長度。本次 EM712 聲納疊合測試(Patch Test)作業規畫為在高雄港外 14 海浬處，於海底峽谷二側尋找 (1)平坦地形區 (2)斜坡區 來執行疊合測試 (圖 6)。測線規劃平坦地形共執行兩條測線，斜坡或特徵物共執行四條測線(同測線往返)，單一測線長度約 1.5 海浬，相關參數與規畫測線資訊參閱附錄二。圖 8 為實際取得的水深資料與測線航跡，經由資料處理過後的水深地形圖。



圖 3、XBT 拋棄式溫深儀

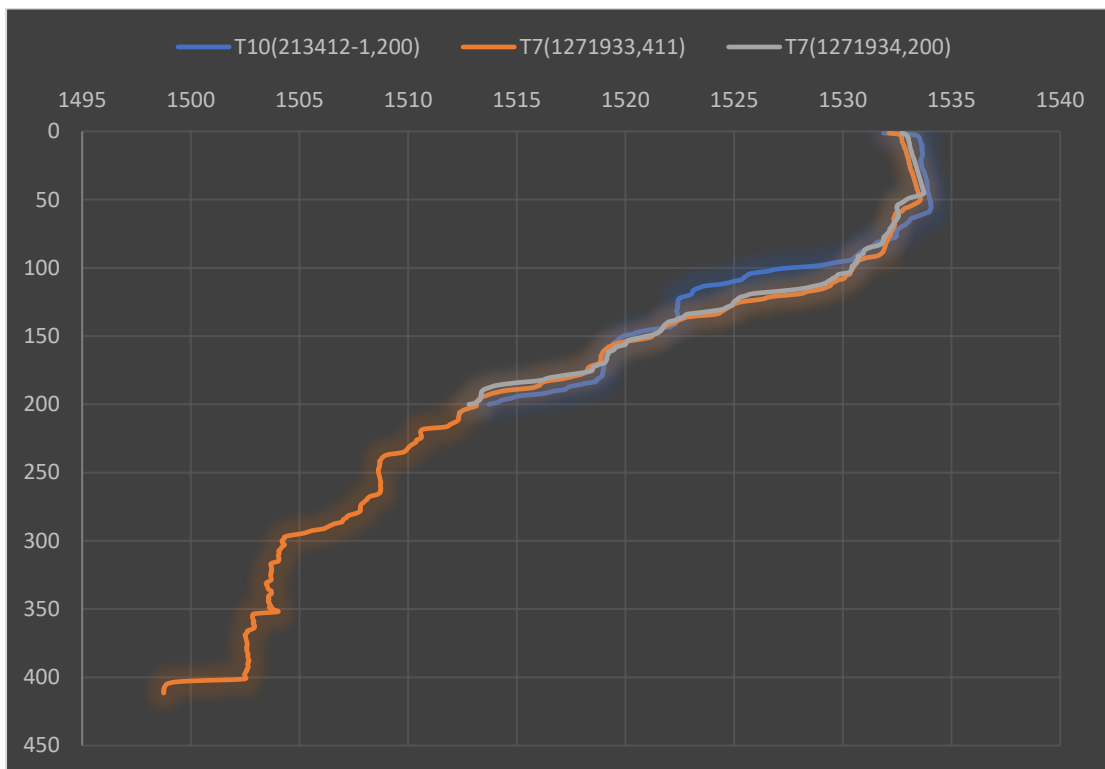


圖 4、三組 XBT 溫度資訊轉換成之聲速剖面

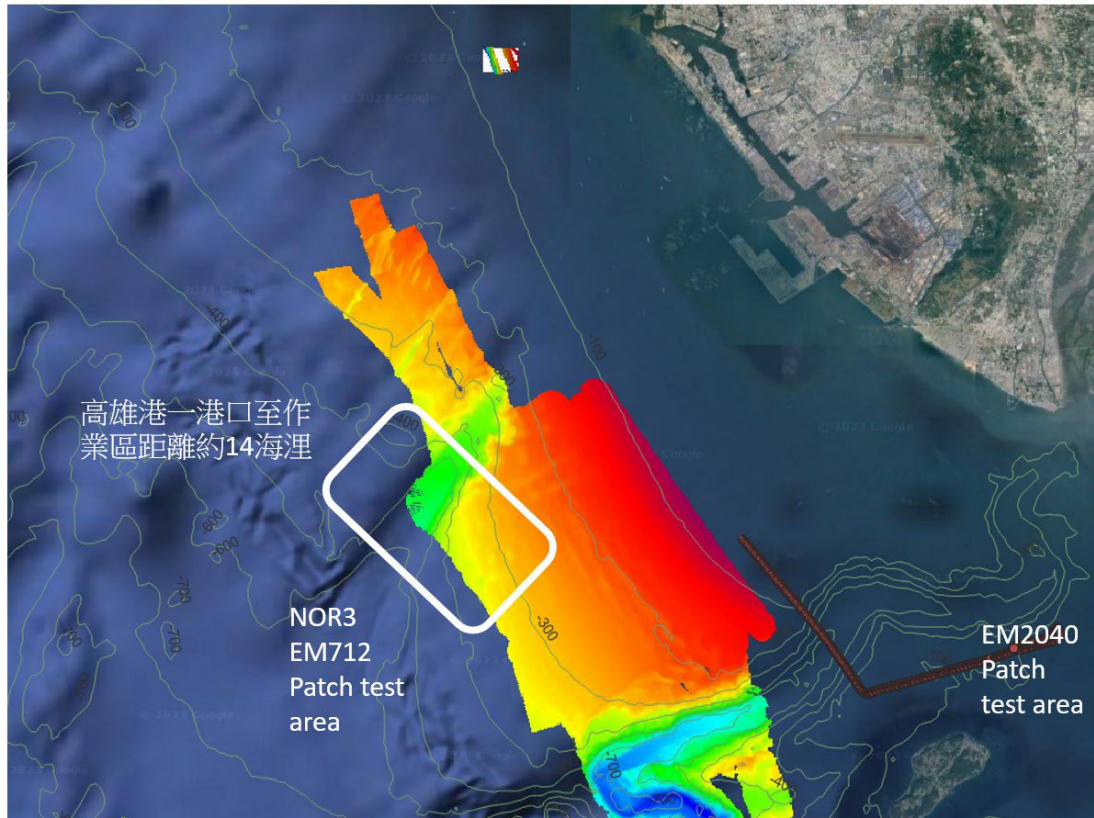


圖 5、Patch Test 作業區域(白色方框處)

表三、R/V NEW OR3 EM712 Patch test 作業參數表

| R/V NEW OR3 EM712 Patch test 作業參數表 | |
|------------------------------------|-------------------|
| 聲納型號 | Kongsberg EM712 |
| 音鼓型號 | TX x RX 1° x 1° |
| 音鼓種類 | 單頭接收音鼓 |
| 作業航次名稱 | |
| 聲速校正檔 | 1271933.asvp.asvp |
| 潮位校正檔 | 不使用 |
| Time(Latency)使用測線檔 | 0007、0009 |
| Pitch 使用測線檔 | 0006、0007 |
| Roll 使用測線檔 | 0006、0007 |
| Heading 使用測線檔 | 0006、0008 |

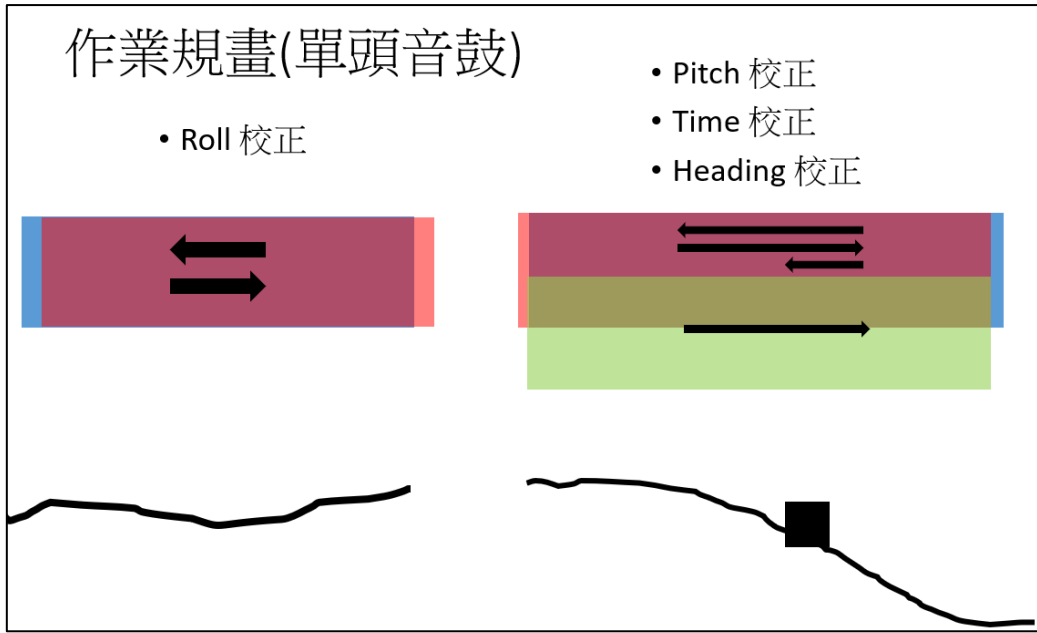


圖 6、作業規畫示意圖

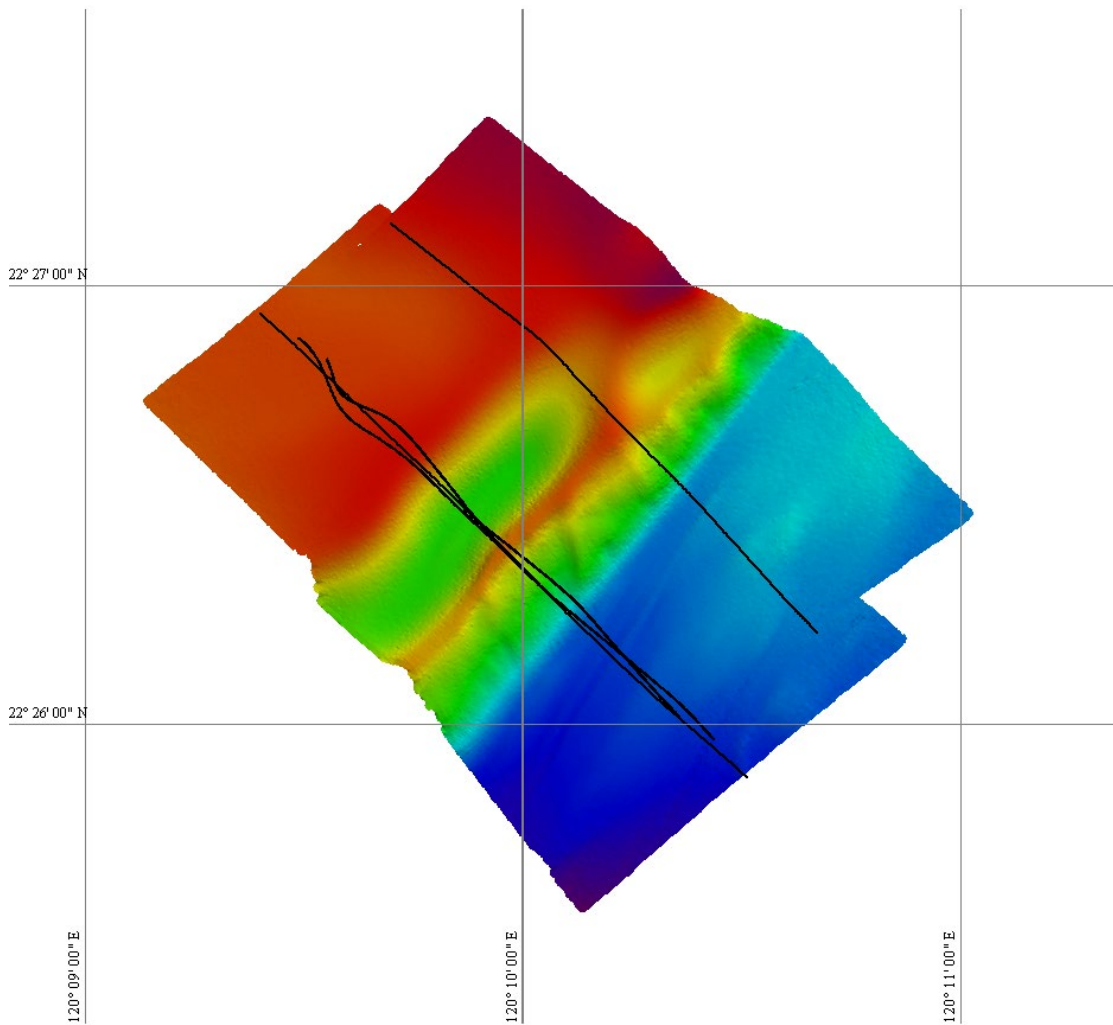


圖 7、資料處理過後的水深地形圖與航行軌跡

肆、 檢測結果

本報告資料展示與處理使用 CARIS version 11.3，音鼓校正值使用 Kongsberg 聲納操作軟體 SIS 內建音鼓校正值進行資料收集。

根據原廠建議，疊合測試的順序應為(1)粗略的 Roll (2)Time (3)Roll (4)Pitch (5)Heading，反覆進行。此次疊合測試測線所蒐集的範圍較小，因此以下依照

(1) Roll → (2) Pitch → (3) Heading → (4) Latency

來進行資料收集，後續將資料輸入至 CARIS 軟體清除雜點後進行比對如下：

1. 搖擺角修正(Roll)

圖 8 為 Roll 的原始資料(a)與輸入誤差(b)結果。二條 Roll 測線的原始資料疊合狀態相當吻合，顯然無需修正原廠值，為確認增加修正量後疊合狀態是否變差，參考表二原廠修正量皆在 $\pm 1^\circ$ 內，因此假定增加修正量 1° 後，明顯看出資料無法疊合偏差變大，可知目前數值為最佳參數。

2. 俯仰角修正(Pitch)

音鼓 Pitch 校正結果(圖 9)同 Roll 結果，原始資料疊合狀態相當吻合，在假定增加修正量為 1° 時，資料無法疊合，可知目前數值為最佳參數。

3. 航偏角修正(Heading, Yaw)

圖 10 為音鼓的 Heading 校正畫面。資料顯示疊合狀態相當吻合，不需修正。為作比較亦特意提供錯誤校正值 1° ，顯示兩者差異性。

4. 計算資料傳輸時間延遲修正(Time, Latency)

圖 11 為 EM712 音鼓的 Time 校正畫面。從沿測線的校正區塊資料結果表示音鼓的疊合狀態相當吻合，顯示系統間幾乎沒有延遲，為作比較，特意提供錯誤校正值 5s，顯示兩者差異。

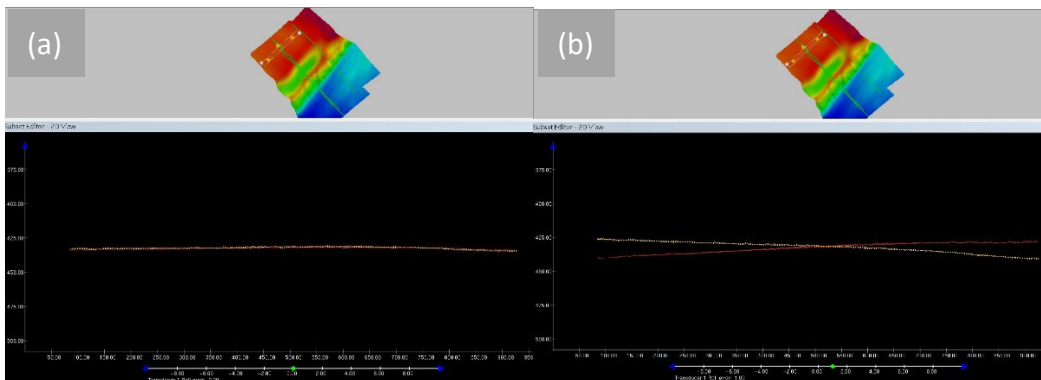


圖 8、Roll 校正測線結果, (a)原始資料 (b)增加修正角 1.0°

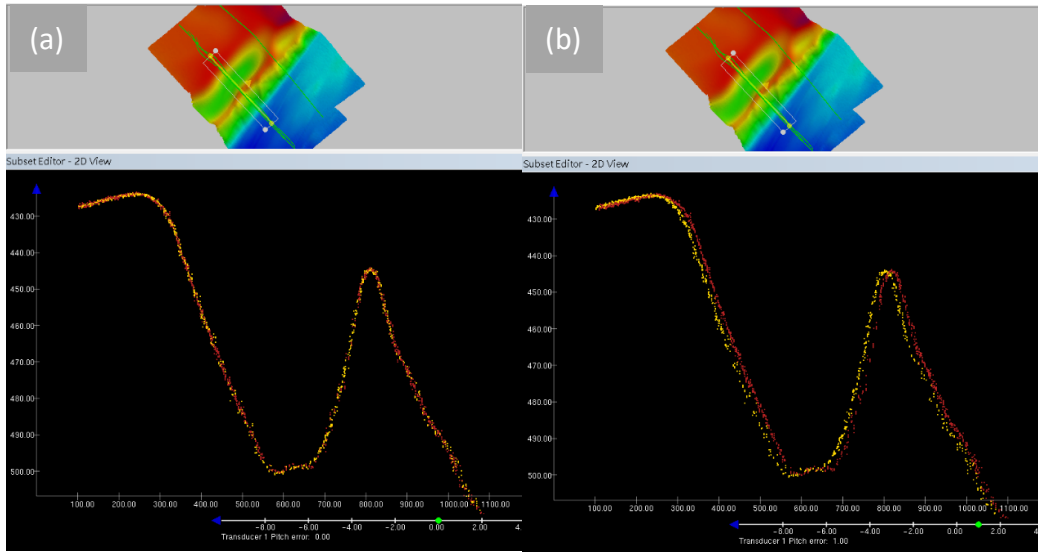


圖 9、Pitch 校正測線結果, (a)原始資料 (b)增加修正角 1.0°

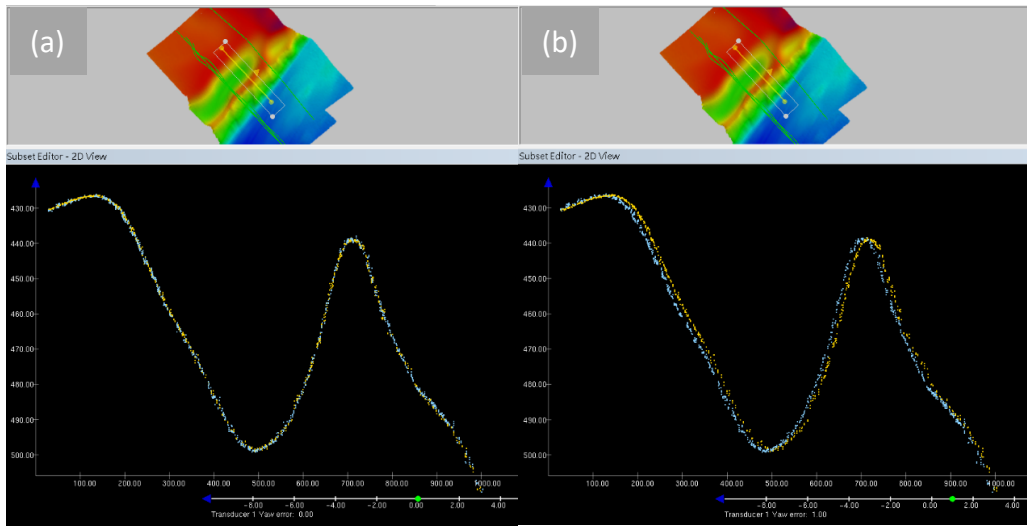


圖 10、Heading 校正測線結果, (a)原始資料 (b)增加修正角 1.0°

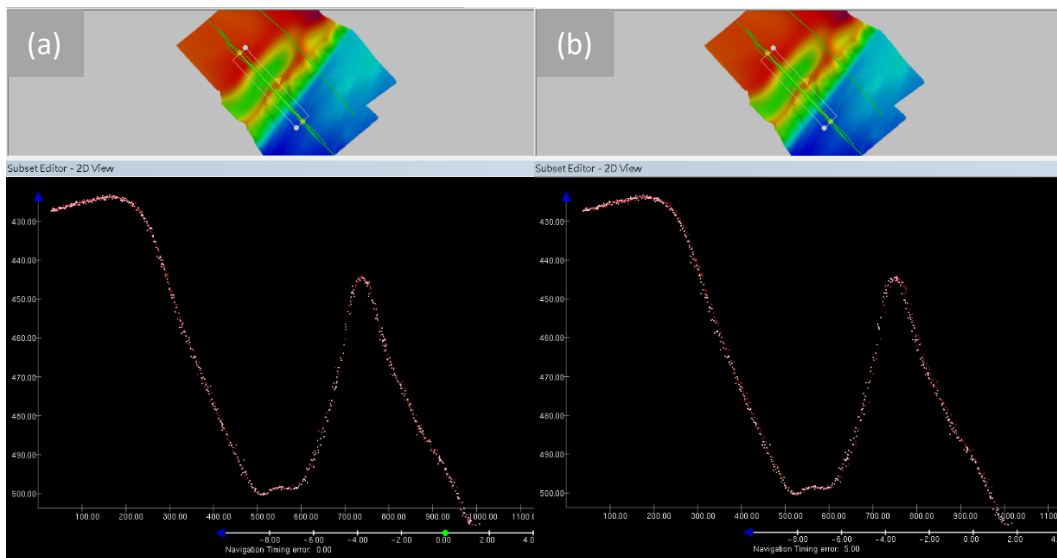


圖 11、Latency 校正測線結果, (a)原始資料 (b)增加修正量 5s

伍、 結論與建議

此次航次為新海研三號出塢後海測航次，出航前於船上確認系統時，其音鼓角度修正值皆在 1° 內，因此 Patch Test 主要目標為檢查出塢後，多音束系統狀態及是否有新角度修正量，故將 Patch Test 測線資料收集後，直接進行疊合測試，並輸入不同修正量以確認資料是否疊合。報告採用比對方式有（一）原始資料與輸入偏差值資料比對（二）國際海道測量組織 IHO-S44 精度標準結果（三）XBT 聲速資料差異性比較（四）船載聲納系統對 EM712 產生的干擾。為求資料客觀性，以下比較的資料皆僅去除 swath 有明顯問題壞點，並輸入至 CARIS 中進行品質檢驗：

（一）原始資料與輸入偏差值資料比對

將 Patch Test 測線資料輸入 CARIS 後，分別比對 Roll、Pitch 測線疊合狀態（圖 8、圖 9），原始點雲資料顯示二組測線整體變化及分佈一致，無需新增偏差值，因此以手動方式逐漸輸入偏差量 1° ，測線分離無疊合，因此建議維持原廠修正值；Heading 校正為同一測線往返後資料疊合比較（圖 10），原始點雲資料顯示鋒值特徵點皆疊合一致，無需新增偏差值，同樣以手動方式逐漸輸入偏差量 1° ，鋒值特徵點分離無疊合，因此建議維持原廠修正值；Latency 為其它系統（GPS、GYRO）資料輸入多音束系統時，是否有系統上的時間延遲，測線上以同線同向但不同船速情況下，進行資料疊合比對（圖 11），原始點雲資料顯示整體變化及分佈一致，無需新增偏差值，同樣以手動方式逐漸輸入偏差量至 5s，顯示資料分離無疊合；經 Patch Test 測線資料比對結果，建議維持使用原廠出廠修正值。

（二）國際海道測量組織 IHO-S44 精度標準比較

將所蒐集之水深資料依照國際海道測量組織（International Hydrographic Organization, IHO）所出版的海道測量手冊（S-44，表四）計算資料精度，資料品質將會與精度等級成正比。在疊合測試的 IHO-S44 結果（圖 12）顯示，本次資料品質最高為 1a，水深誤差範圍約為 4 米，由於作業水深約 300~500 米之間，已符合沿岸水域、航道之資料品質要求。

（三）XBT 聲速資料差異性比較

本次作業共收集 3 組 XBT 聲速剖面，第一組資料為 T7（1271934），因設定時設置為 T10 系列，故資料只收集到 200 米便停止，所以補測第二組 T7（1271933），並將其前 200 米深度轉換之聲速場進行比對（圖 13），可以發現二組的聲速變化趨勢具有一致性，但在轉折點深度有所差異，第一組比第二組在更淺的深度即出現聲速下降，因此第一組所計算出的水深會較淺且在 outer beam 的部份，容易產生地形的微笑曲線變化無法使用，因此在輸入至多音束系統進行聲速校正前，需確認 XBT 設定值是否正確，以免造成資料誤差。

（四）船載聲納系統對 EM712 產生的干擾

EM712 系統主要工作頻段為 40~100kHz，船載聲納系統中以 ADCP 工作頻率 75kHz 最為接近，因此在本次實驗中除 Patch Test 測線資料收集時，不開啟其它船載聲納，其它時候則分別開啟 ADCP 及 EA640 分別觀察對多音束資料的影像情形(圖 14)，當多音束聲納系統 EM712 開啟自動變頻模式時，工作頻段會在 40~100kHz 間變換，由圖 14(a)資料點雲圖中，可以發現 ADCP 的干擾相當嚴重，導致收集的地形資料產生大量訊號雜點，而圖 14(b)顯示雖然 EA640 仍有部份訊號雜訊被 EM712 收集到，但對於地形資料的影響較小，在後端資料處理的部份仍可以被清除，結論而言，為確保多音束聲納資料品質，建議作業時避免同時運作二套系統，或是採用 K-SYNC 來管理系統的運作時程。

EM712 Patch TEST AREA IHO-S44

| | |
|--|---|
| Special Order: Range: 0.000 to 700.000 Number of nodes considered: 219754 Number of nodes within: 179699 (81.77%) Residual mean: -1.613 | Order 1a: Range: 0.000 to 700.000 Number of nodes considered: 219754 Number of nodes within: 210015 (95.57%) Residual mean: -4.328 |
| Order 1b: Range: 0.000 to 700.000 Number of nodes considered: 219754 Number of nodes within: 210015 (95.57%) Residual mean: -4.328 | Order 2: Range: 0.000 to 700.000 Number of nodes considered: 219754 Number of nodes within: 219569 (99.92%) Residual mean: -9.270 |

圖 12、疊合測試 IHO-S44 精度標準檢驗結果

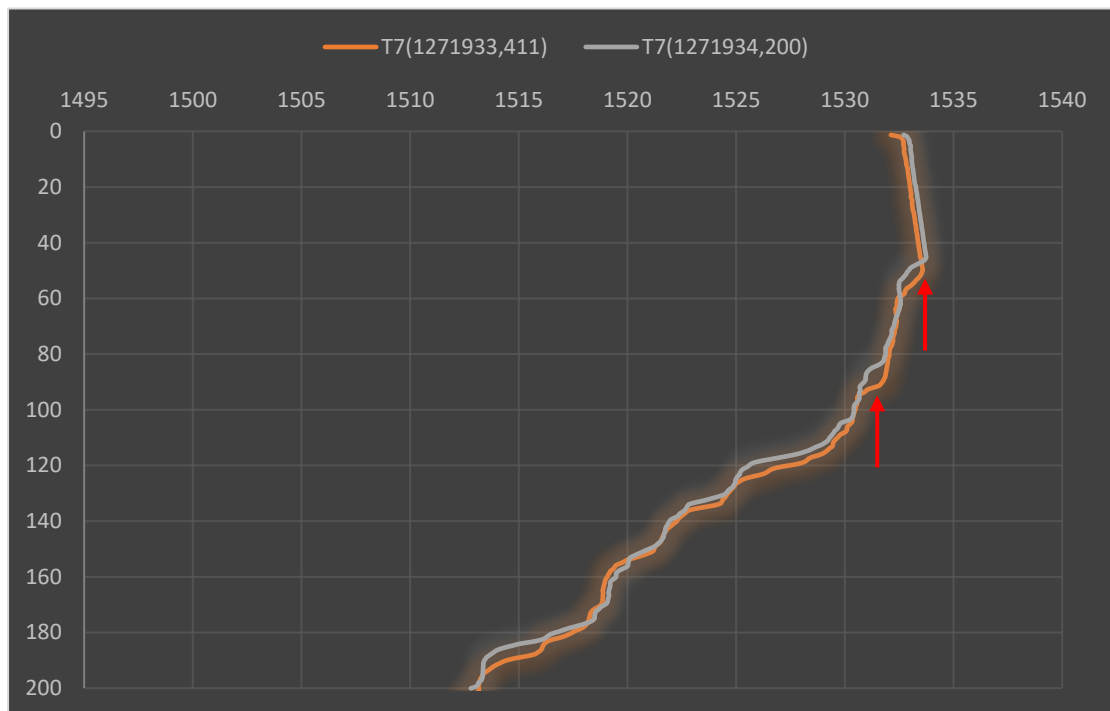


圖 13、200 米聲速比較

表四、國際海道測量組織(IHO)海道測量最低標準

| 等級 | 2 等 | 1b | 1a | 特等 (Special Order) | 專等 (Exclusive Order) |
|--------------------------|-------------------|-----------------------|--|-----------------------|-------------------------|
| 適用水域描述 | 水深超過 200 公尺的水域 | 對於預期通過該水域的船舶，船底淨空不是問題 | 船底淨空需求較低，但可能存在影響航安之特徵物的水域(備註 2) | 船底淨空需求很重要的水域(備註 3) | 船底淨空需求更嚴格的水域(備註 4) |
| 平面不確定度 (95%信心區間) | 20 公尺 +10%×水深 | 5 公尺 +5%×水深 | 5 公尺 +5%×水深 | 2 公尺 | 1 公尺 |
| 深度不確定度 備註 1 (95%信心區間) | a=1 公尺 b=0.023 | a=0.5 公尺 b=0.013 | a=0.5 公尺 b=0.013 | a=0.25 公尺 b=0.0075 | a=0.15 公尺 b=0.0075 |
| 水下特徵物偵測 | 未標明 | 未標明 | 水深 40 公尺內，特徵物大於 2 公尺；超過 40 公尺，特徵物大於 10% 水深(備註 5) | 特徵物大於 1 公尺 | 特徵物大於 0.5 公尺 |
| 水下特徵物搜尋 | 非必要 | 非必要 | 100% | 100% | 200% |
| 測深覆蓋率 | 5% | 5% | ≤100% (備註 6) | 100% | 200% |

備註 1：以 $\sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$ 公式計算

a：固定水深誤差 b：從屬水深誤差因子 d：水深(公尺)

備註 2：例如沿岸水域、港口、航道。

備註 3：例如泊區、港區，以及主航道和航道(shipping channels)中的極重要區域。

備註 4：前述特等適用水域中的淺水區，船底淨空極關鍵且海床底質對船舶有潛在危險。

備註 5：水深超過 40 公尺以上，要偵測的特徵物尺寸隨著深度增加而增加。

備註 6：但必須取得所有顯著特徵物的最淺深度。

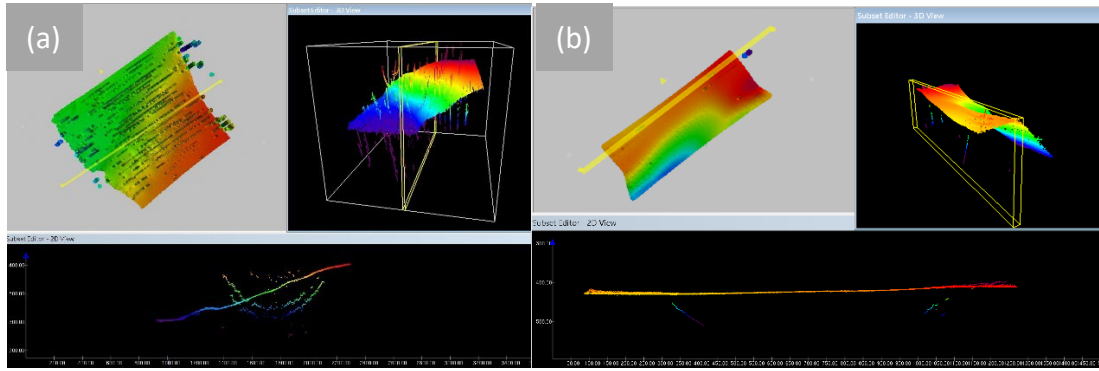
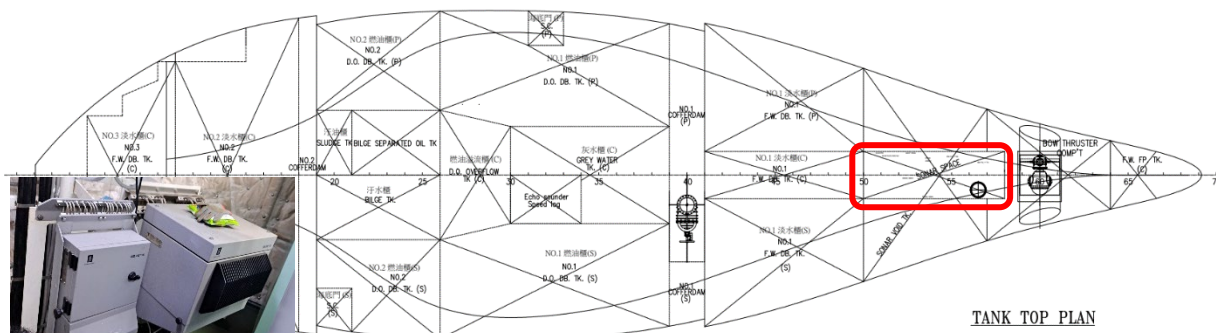


圖 14、船載聲納干擾(a)RID ADCP 75kHz (b)Kongsberg EA640 12、38、200kHz

陸、 附錄

附錄一、新海研三號多音束聲納配置圖



| 設備名稱 | 說明 |
|----------------------------|--|
| 差分全球衛星定位系統(GNSS)與船體運動姿態感測器 | ●Kongsberg Seapath 380&Marinestar G4+ & Kongsberg MRU 5+ |
| 探測導航系統 Nobeltec | ●科學探測導航規劃使用 ●船隻資訊 |
| 多音束聲納 EM712 | ●Kongsberg EM712 ●音鼓頻率：40~100kHz ●TX x RX：1° x 1° |
| 拋棄式溫深剖面儀 XBT | ●LMC-16 DAQ ●T7(760 m) · T10(200 m) |
| 表水聲速儀 miniSVS | ●Valeport miniSVS ●音鼓頻率：2.5 MHz |

附錄二、探測記錄

新海三 113.2.27 Patch Test 作業表

| 項次 | 項目 | 確認 | | | | | | |
|------------------|---|-------------------------------------|-----|-----|--------------|--------------|-------------|-------------------------------------|
| 一、BIST | 港內(檔名): NOR3_20240227-1.txt | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | |
| | 作業前: NOR3_20240227-2.txt | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | |
| | 作業後: NOR3_20240227-3.txt | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | |
| | 回港: | <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | 異常 1: NOR_20240227-4.txt (Tx channel) | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | |
| | 異常 2: | <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| 二、Patch test | Latency 1: 0007.all 2: 0009.all | <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | Roll 1: 0006.all 2: 0009.all | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | |
| | Pitch 1: 0006.all 2: 0009.all | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | |
| | Yaw 1: 0006.all 2: 0008.all | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | |
| 三、SVP | 作業區 1: <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="text-align: center;">T1(fail)</td> <td style="text-align: center;">T1</td> <td style="text-align: center;">T10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1271934.0svp</td> <td style="text-align: center;">1271933.0svp</td> <td style="text-align: center;">213412.0svp</td> </tr> </table> | T1(fail) | T1 | T10 | 1271934.0svp | 1271933.0svp | 213412.0svp | <input checked="" type="checkbox"/> |
| | T1(fail) | T1 | T10 | | | | | |
| 1271934.0svp | 1271933.0svp | 213412.0svp | | | | | | |
| 作業區 2: .. | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | |
| 四、資料品質 (干擾測試) | 測線 1: 0011 ~ 0017.all | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | |
| | 測線 2: | <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| 五、吃水 | 航前: 3.1 m (船底至水線) (可能有問題) | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | |
| | 航後: 4.2 m | <input type="checkbox"/> | | | | | | |

| 小艇作業紀錄表 | | | | | | |
|----------|----------------|-------------------|--------|-----|------------------|--|
| 日期: 2/27 | | 作業名稱: NOR3多普勒系統測試 | | | 吃水: | page: 1 |
| 時間 | 船速 | 船向 | 表水聲速 | 水深 | 檔名 | 事件 |
| 09:15 | 5.1 | 226 | 1532.4 | 11 | | 出港, 前往測線 YP1. wind 2.847 |
| 11:05 | 5.8 | 265 | 1533.0 | 388 | 1271934.asvp | 抵達測區, 佈放 XBT-T7, 執行 BIST |
| | | | | | Salinity 34.1396 |  |
| | | | | | | |

TORI-小艇作業紀錄表

V20230510

| 小艇作業紀錄表 | | | | | | |
|----------|-----|-------------------|--------------------------|-----|--------------|---|
| 日期: 2/27 | | 作業名稱: NOR3多普勒系統測試 | | | 吃水: | page: 2 |
| 時間 | 船速 | 船向 | 表水聲速 | 水深 | 檔名 | 事件 |
| 11:16 | 0.8 | 241 | 1533.0 | 411 | 1271933.asvp | 佈放 #2 XBT-T7 Salinity: 34.1421 |
| | | | | | | *營運較表水深 6m (DORCS 表係設定因素) |
| 11:50 | 5.5 | 129 | (1271933.asvp) 1533.0 | 397 | 0004 ~ 0005 | RPI 多普勒資料收集, 50-100 kHz, CAL01 |
| 12:34 | 6.1 | 316 | 1533.0 | 567 | 0006 | wind: 10.4 m/s, dir: 344° Patch test CAL02 |
| 12:54 | 6.3 | 140 | 1533.0 | 431 | 0007 | Patch Test CAL03 |
| 13:15 | 5.6 | 320 | 1533.4 | 549 | 0008 | wind: 8.9 m/s, dir: 344° Patch Test CAL04 |
| 13:40 | 3.0 | 140 | 1533.1 | 431 | 0009 | Patch Test CAL05 |

TORI-小艇作業紀錄表

V20230510

