



新海研3號貴重儀器使用中心
NOR3 Marine Instrument Center

804 高雄市鼓山區蓮海路70號 TEL：(07)5252000#5008

2026年新海研3號多音束測深儀
疊合測試、噪音測試報告

航次編號：NOR3-0303

施測日期：2026年2月4~6日

報告人：李品蓁

參與人員：廖允強、徐建成、林濤暉、邵煥傑、

江秉崑、黃思瑜、王奕鈞

諮詢委員：陳姿婷教授（台灣大學海洋研究所）

報告日期：2026年2月13日

目錄

目錄.....	1
摘要.....	2
測試目的.....	3
作業方法.....	5
歷年疊合測試結果回顧	9
本年疊合測試結果	10
噪音測試結果.....	20
結論與建議.....	23
附錄.....	24

摘要

水深測繪是現代地球科學領域中一項重要的技術，高解析的水深資料具有判斷海床地形地貌、沉積環境以及目標物協尋等功用。然而，測深儀的硬體存在的誤差，會造成水深資料在地理位置上產生系統性的偏移，進而影響水深測繪的資料品質。因此，在正式展開水深測繪前，研究團隊需先進行一系列測試，以了解硬體潛在的誤差來源並加以修正。其中，疊合測試 (Patch Test) 是確認音鼓角度誤差最常見的方法之一。此外，噪音、風浪大小等環境外在因素是影響水深測繪資料品質之重要因子，因此應被視作影響音束覆蓋率以及資料準確性之重要參數，並且加以測試。為了確認新海研 3 號多音束測深儀之系統誤差，本貴儀中心於 2026 年年初安排航次進行疊合測試以及噪音測試。

根據疊合測試結果，本報告與去年維持相同建議，認為新海研 3 號多音束測深儀音鼓的搖擺角修正可減少 0.02 度，俯仰角、航偏角則無需進行修正，建議維持原廠設定即可。而從 QC 報告中可見，本次測繪的資料品質最高可達 1a，水深殘差約 4.7 米，較去年略高。最後，噪音測試結果顯示今年的環境噪音量有較交船初期增加的趨勢。綜觀歷年疊合測試、噪音測試結果，可知本船所搭載之多音束測深系統品質維持良好，整體表現佳。

測試目的

水深測繪是現代地球科學領域中一項重要的技術，高解析的水深資料具有判斷海床地形地貌、沉積環境以及目標物協尋等功用，其成果廣泛應用於地質構造研究、海洋資源探勘、海底工程建設、海圖繪製以及航運安全等領域。然而，測深儀的硬體多存在系統偏差，會造成水深資料在地理位置上產生系統性的偏移，進而影響水深測繪的資料品質。因此，在正式展開水深測繪前，研究團隊需先進行一系列測試，以了解系統潛在的誤差來源，並加以修正。其中，疊合測試(Patch Test)便是最常見且有效的方法。

新海研 3 號(New ocean researcher 3, NOR3)為隸屬國立中山大學之海洋研究船，其搭載了 Kongsberg 公司所推出的多音束測深儀(Multibeam Echo Sounder)——EM712，該儀器專為淺水至中深水域的海床測繪所設計，其探測深度範圍為 3 至 3600 公尺，最大側向掃幅可達 4400 公尺(表 一)，可提供高解析度的海底地形資料。為維持良好的水深測繪結果，新海研 3 號貴重儀器中心會定期在年初的測試航次中進行疊合測試(Patch test)，以檢驗多音束測深儀之系統性誤差。本報告即針對今年的測試結果，提供相應之校正建議，藉以提升測深系統於後續航次中的資料品質與整體可靠性。

此外，噪音、風浪大小等環境外在因素是影響水深測繪資料品質之重要因子，發電機負載以及螺旋槳旋轉為源自船隻之持續性噪音，而船艙向與海浪之交會情形也將改變音鼓周邊水層。以上因子應被視作影響音束覆蓋率以及資料準確性之重要參數，並且加以測試。新海研 3 號僅在交船初期進行過噪音測試，本船自 2019 年交船後已歷經 7 年營運，推測其船體架構、機組狀態皆有所變化，因此本次測試航次也將進行噪音測試，以更新環境噪音對測深儀表現之關係。

表 一、新海研3號多音束測深儀之型號。

參數	型號
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
測深範圍	3-3600 公尺
最大掃幅角度	130 °

作業方法

● 疊合測試(Patch test)

疊合測試的內容通常包含音鼓的姿態修正以及資料傳輸時間延遲(Latency)修正。其中，音鼓的姿態修正可以再細分為搖擺角(Roll)修正、俯仰角(Pitch)修正以及航偏角(Yaw)修正。以上四種參數對資料所產生的影響以及測試方法如下：

1. 搖擺角(Roll)修正：

- 影響：搖擺角為音鼓左右橫向的傾斜，會造成測線左右兩側的點雲在高度上產生偏移。
- 測試方法：在平坦區域，沿相同測線執行相反方向的兩次測繪。

2. 俯仰角(Pitch)修正：

- 影響：俯仰角指音鼓前後方向的傾斜，會影響音束與海底的交會位置，使點雲資料在沿航向方向發生偏移。
- 測試方法：在斜坡上，沿相同測線執行相反方向的兩次測繪。

3. 航偏角(Yaw,同 Heading)修正：

- 影響：航偏角為音鼓航向與船頭航向的偏差，同樣會使平行測線間的點雲在沿航向的方向發生偏移。該影響在內側波束影響微弱，但在外側尤其明顯。
- 測試方法：在經過斜坡或是海床特徵物的區域，沿兩條平行的測線進行相同方向的測繪，掃幅半數以上重疊。

4. 資料傳輸時間延遲(Time, Latency)修正：

- 影響：系統傳輸資料時產生的時間差，會使所有點雲資料向航線前進的方向偏移。
- 測試方法：沿相同測線執行相同方向的兩次測繪，兩次測繪的船速差須為兩倍。

本次疊合測試挑選與去年相同之區域，在位於高雄港外 14 海里處的海域進行(圖一 A)，我們規劃兩條平行測線並依照前述校正方法進行反覆測繪(圖一 B)。由於現今儀器間的傳輸速度、校時系統極佳，資料的傳輸時間誤差已幾乎不存在或是可被省略，因此本次測試僅針對音鼓的姿態進行測試。

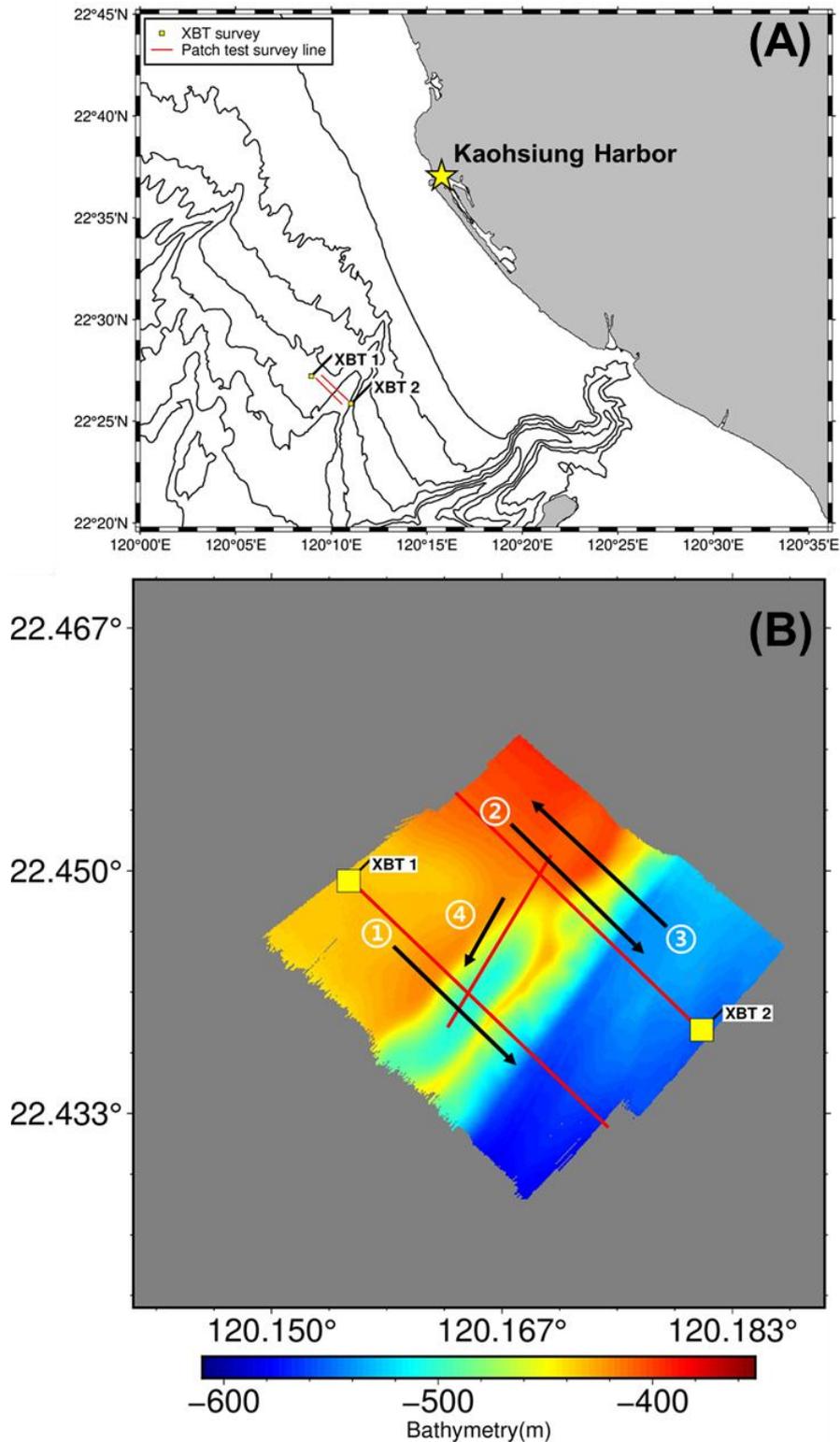
為確保水深資料的準確性，我們記錄了船隻在出港前以及回港後的吃水深，並且在水深測繪前、後皆進行了水層的聲速測量。我們利用拋棄式溫深儀(Expendable Bathythermograph, XBT)來取得水層的一維溫度剖面，並搭配 SCTD 之表水鹽度資訊換算成聲速剖面，最後代入水深測繪即時展示軟體—— The Seafloor Information System (SIS) 中進行即時的聲速修正。

● 噪音測試

噪音測試需記錄風浪情形與船艏向與海浪之交角，並且利用多音束測深儀內建之 Built-In Self Test(BIST) 系統進行環境噪音之測量與統計。本次測試記錄了船速從 0 節到全速的噪音情形，並以 2 節速度為單位進行一次統計。本次測試在台灣西南外海、水深 1300 公尺處進行(圖二)。有鑑於新海 3 的常規航次皆會開啟都卜勒流剖儀與單音束測深儀，而水深測繪航次常同時收集底質剖面儀資料，本次之噪音測試選擇在三者同時開啟的情況下進行。都卜勒流剖儀的頻率為 75kHz，單音束測深儀有 12、38 以及 200kHz 三種頻率同時發送，而底質剖面儀本次選用 1.5-9 kHz、40MS 之聲源。

● 覆蓋率測試

多音束測深儀掃幅覆蓋率測試需記錄風浪情形與船艏向與海浪之交角，並且記錄不同水深下之掃幅寬度以及是否有音束缺失之情形。該測試需依水深深度變化逐步測試，並且需挑選相對平坦的區域進行(圖二)。



圖一、(A)本次疊合測試的作業區域。(B)本次作業規劃與水深測繪結果。紅色實線：水深測繪之測線。黃色方框：XBT 佈放位置。黑色箭頭：測線行進方向。①~④：測繪順序。

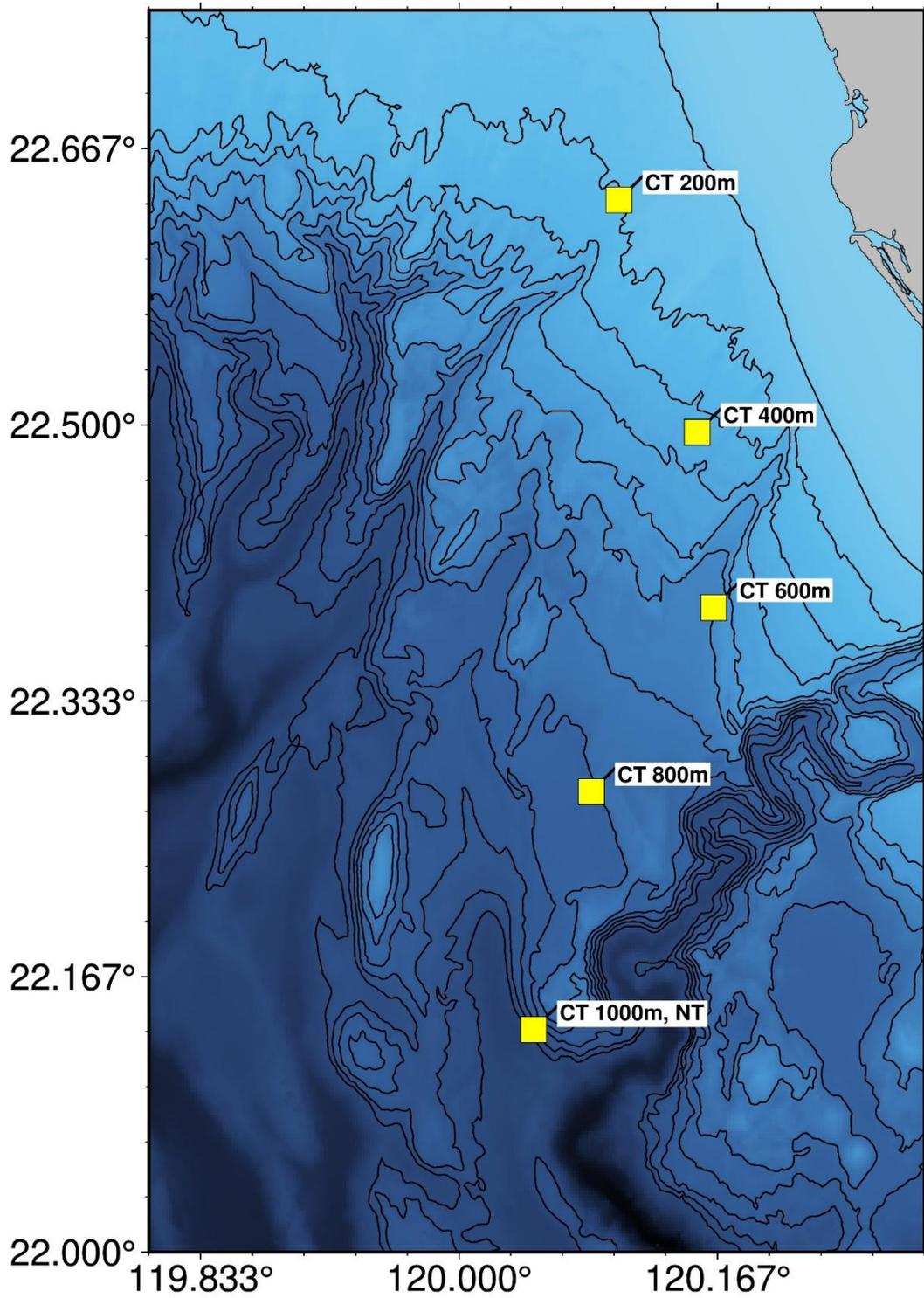


圖 二、噪音測試與覆蓋率測試之作業位置。CT：音束覆蓋率測試點位。NT：噪音測試點位。

歷年疊合測試結果回顧

新海研 3 號的多音束測深儀—— EM712 的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°(圖 三); 勵進號的多音束測深儀—— EM122 之音鼓修正值為 Roll:-0.1°, Pitch:0.0°, Heading:0.0°。

相較於勵進，本船測深儀在俯仰角有較大的修正量，這可能與本船聲納安裝位置較靠近船艙有關(摘錄自 2024 年疊合測試報告)。2019 年交船後，貴儀中心已進行過三次疊合測試，分別於 2021、2024 以及 2025 年。前兩次測試皆認為資料點雲疊合良好，音鼓角度並無太大變化，建議維持原廠設定值即可。2025 年的測試中，則建議將搖擺角(Roll)減少-0.02 度之修正。

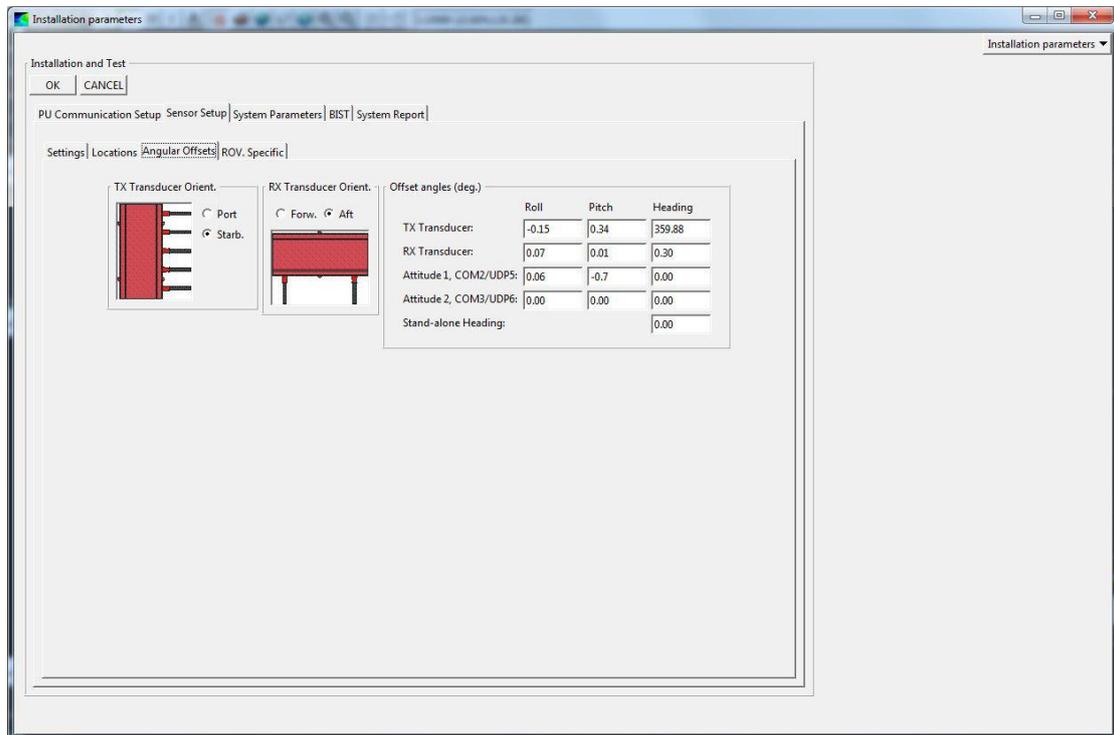


圖 三、新海研 3 號 SIS 控制軟體的原廠音鼓角度設定值。

本年疊合測試結果

本次作業成功取得了本船在出港前、回港後的吃水深、兩站的水層聲速資料，以及四條水深測線(表 二)。本船吃水深約3.2公尺，在作業前後並無太大變化。兩筆聲速資料為064746_1.asvp (XBT 1)、074318.asvp (XBT 2)。四條測線則分別為0006.all、0010.all、0012.all以及0014.all，其中0014.all用以檢核聲速之準確性。

表 二、Patch test 作業參數。

校正類型	參數與檔案名稱
吃水深	航前：3.2 m 航後：3.2 m
聲速校正	064746_1.asvp (XBT 1) 074318.asvp (XBT 2)
潮汐校正	下載自Hidy Viewer 2之潮位模式
Time error測試	本次不測試
Roll error 測試	0010.all、0012.all (②、③)
Pitch error 測試	0010.all、0012.all (②、③)
Yaw error 測試	0006.all、0010.all (①、②)
聲速測試	0014.all (④)

- 聲速測量結果

在本次測試中，第一支 XBT 施放於測區北方；第二支則施放於測區南方。

第一支 XBT 的型號為 T11，施放時水深 438 公尺並成功觸底，搭配 SCTD 的鹽度資訊，經 Doris 軟體換算獲得聲速檔 064746_1.asvp。第二支 XBT 的型號為 T7，施放時水深 560 公尺同樣成功觸底，經換算獲得聲速檔 074318.asvp。結果顯示，測區的水層聲速有隨深度而變慢的情形，並且測繪前後聲速並無劇烈差異(圖 四)，而從檢核線與測線之重疊區域可以看出 outer beam 的資料疊合良好，並無明顯變形(圖 五)。整體而言，聲速之測量還算準確。

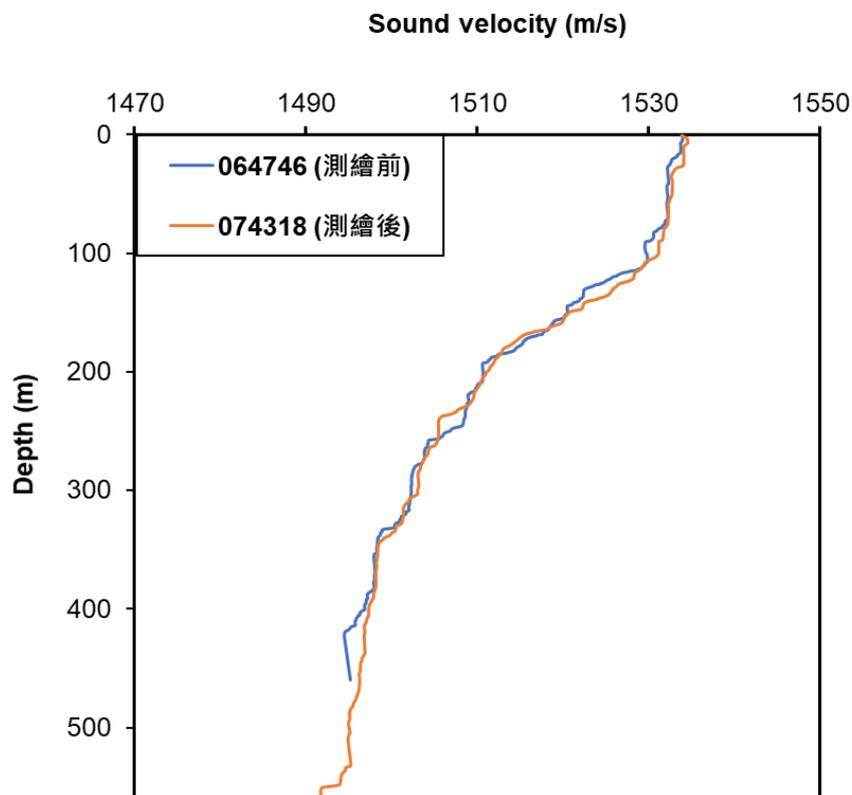


圖 四、本次作業進行兩次 XBT 佈放後，再利用 Doris 軟體換算得到之聲速剖面。

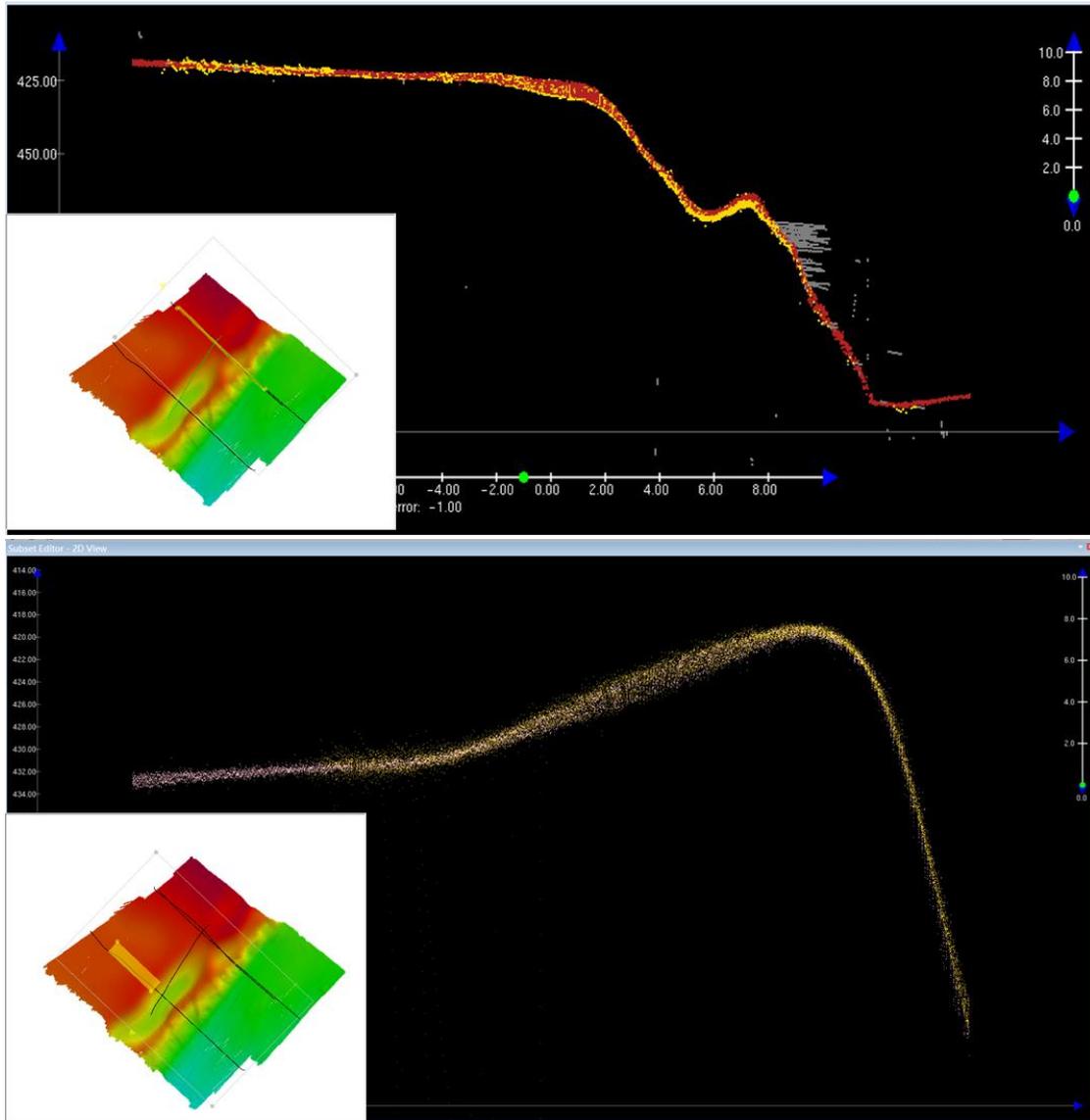


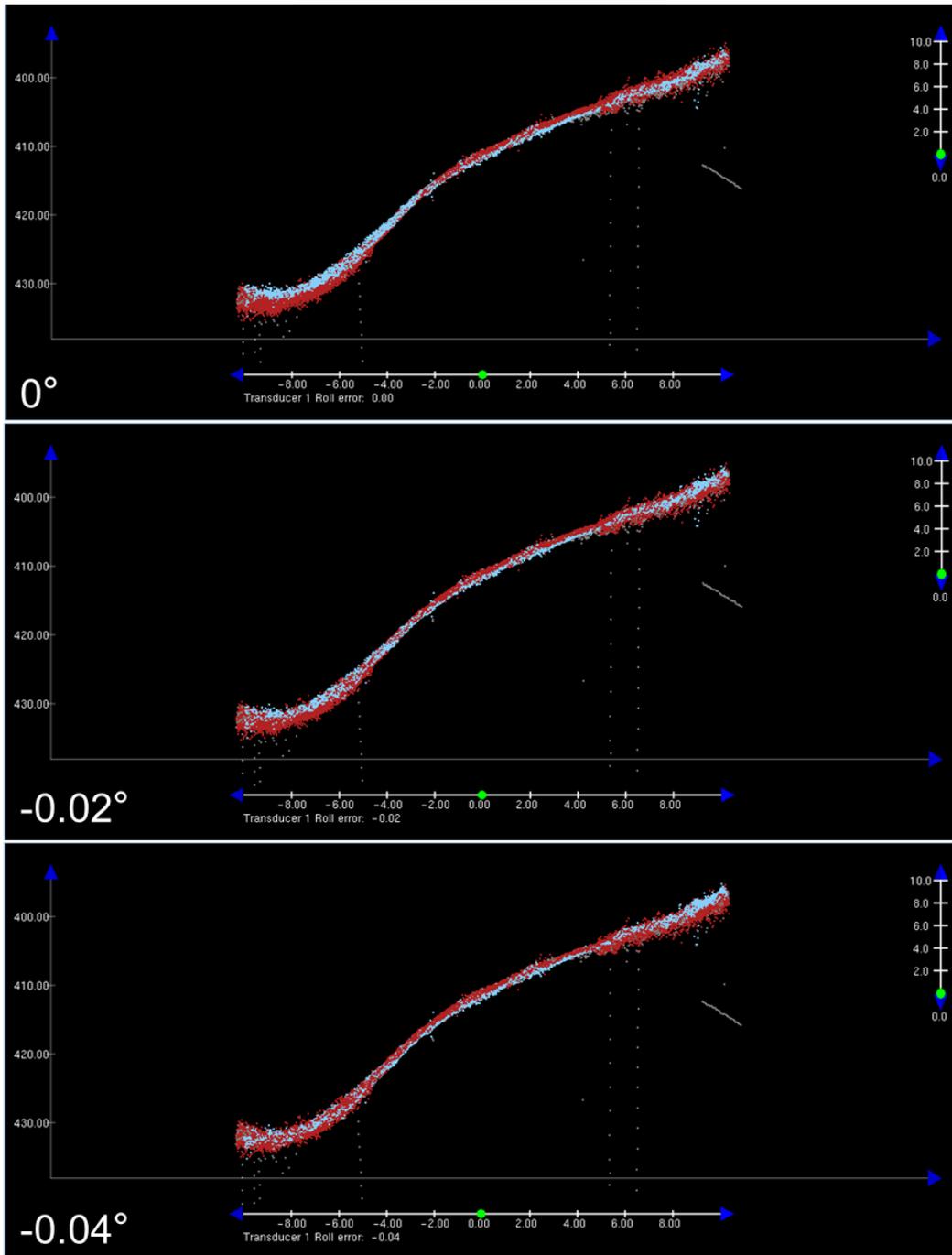
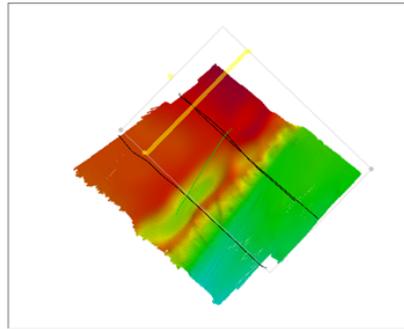
圖 五、檢核線與測線之疊合情形。紅色點雲來自測線 0010.all。粉色點雲來自測線 0006.all。黃線點雲來自檢核線 0014.all。

● 疊合測試結果

本次作業使用Caris HIPS & SIPS軟體進行資料的潮汐修正、雜點清除以及疊合測試。原廠建議疊合測試的修正順序應為(1)粗略的Roll→ (2)Time→ (3)Roll→ (4)Pitch→ (5)Yaw，依此反覆進行，但本次疊合測試的範圍較小，因此測試順序依照(1) Roll→ (2) Pitch→ (3) Yaw來進行，其結果如下：

- (1) Roll：從原始資料看來，兩條roll測線的點雲有垂直向之偏差，嘗試修正-0.02度可獲得改善，修正到-0.04度、-0.08度以後則有過度修正的情形(圖六)，因此本次測試建議EM712的音鼓roll偏差可減少0.02度。
- (2) Pitch：從原始資料看來，兩條pitch測線的點雲契合良好，嘗試修正正負0.5度來進行觀察，結果顯示資料契合度並未獲得改善，並且使點雲在水平方向上有明顯偏差(圖七)。因此本次測試認為EM712的音鼓pitch偏差並無太大變化，維持原廠設定即可。
- (3) Yaw：從原始資料看來，兩條yaw測線的點雲契合良好，嘗試修正正負1度來進行觀察，結果顯示資料契合度並未獲得改善，並且使點雲在水平方向上有明顯偏移(圖八)。因此本次測試認為EM712的音鼓yaw偏差並無太大變化，維持原廠設定即可。

總結以上結果，本次測試認為新海研3號EM712的音鼓roll偏差可減少0.02度，pitch、yaw偏差則可維持原廠設定，整體而言測試結果與去年相同。



圖六、搖擺角修正(Roll)結果比較。上到下分別為修正 0° 、修正 -0.02° 、修正 -0.04° 與修正 -0.08° 。黃色方框：資料選取區域。

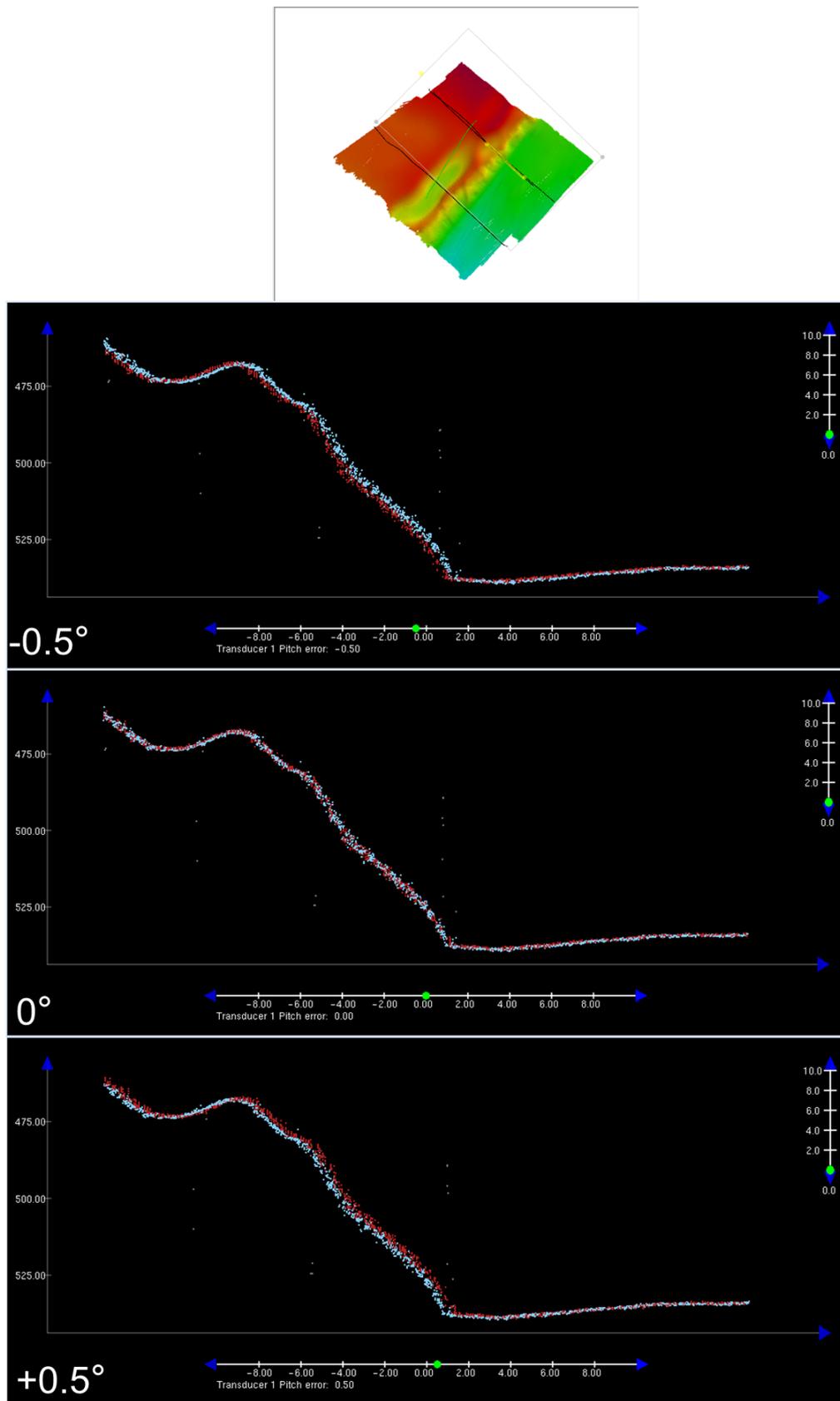


圖 七、俯仰角(Pitch)修正結果比較。上到下分別為修正 -0.5° 、修正 0° 與修正 $+0.5^\circ$ 。
 °。黃色方框：資料選取區域。

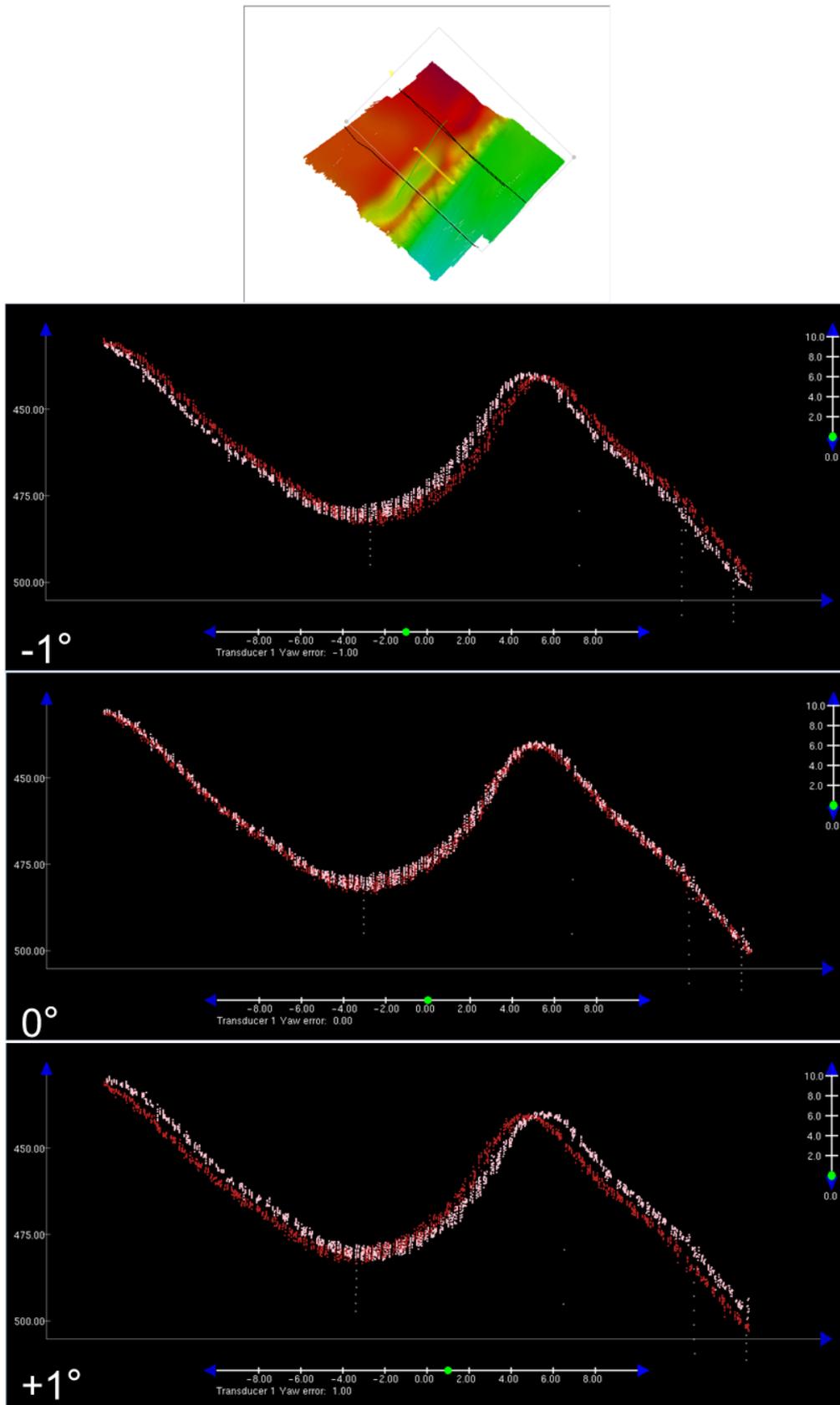


圖 八、航偏角(Yaw)修正結果比較。上到下分別為修正 -1° 、修正 0° 與修正 $+1^\circ$ 。

黃色方框：資料選取區域。

- **國際海道測量組織IHO-S44精度標準結果**

國際海道測量組織 IHO-S44 出版了海道測量手冊，為水深測繪訂定了根據其預期用途應達到的最低標準，並且將測量等級由高至低分為特等、1 等(1a 與 1b)、2 等(表 三)。

在Caris中，我們進行了壞點剔除，整體而言剔除了約0.13%的點雲資料。接著我們將所有測線的資料以5公尺為單位進行網格化，再進行品質分析。從Quality control(QC)報告中可見，本次測繪的資料品質達到了1a等級，水深平均殘差約4.7米，較去年稍高。本測區的水深介於400~600之間，該品質已符合沿岸水域、航道資料之品質要求，表示本船的多音束測深系統維持良好，整體表現佳。

表 三、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% \times 水深	5 公尺 +5% \times 水深	5 公尺 +5% \times 水深	2 公尺	1 公尺
深度不確 定度 (95%信 心區間， 備註 1)	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%(備註 6)	100%	200%
<p>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。</p>					

Number of nodes processed: 279787
Number of nodes populated: 279411 (99.87%)
Number of holidays detected: 358
IHO S-44 Special Order:
Range: 0.000 to 1000.000
Number of nodes considered: 279411
Number of nodes within: 258920 (92.67%)
Residual mean: -2.038
S-44 Order 1a:
Range: 0.000 to 1000.000
Number of nodes considered: 279411
Number of nodes within: 277508 (99.32%)
Residual mean: -4.696
S-44 Order 1b:
Range: 0.000 to 1000.000
Number of nodes considered: 279411
Number of nodes within: 277508 (99.32%)
Residual mean: -4.696
S-44 Order 2:
Range: 100.000 to 5000.000
Number of nodes considered: 279411
Number of nodes within: 279308 (99.96%)
Residual mean: -9.535

圖 九、本次疊合測試資料進行 IHO-S44 精度標準檢驗之結果。

噪音測試結果

本次航次測試了新海 3 使用不同船速航行時的背景環境噪音，以及不同水深條件下之音束覆蓋情形，兩者測試結果如下：

● 環境噪音測試

表 四為本次的測試結果，表 五則為交船初期進行之測試結果，整體而言測得的環境噪音有向上增強的趨勢。但在今年的測試中，時速 0 節時反而有較高的背景噪音(表 四)，推測是因為進行測試時未等船隻推進器完全停止便進行測量，反而測量到減速時較大的推進噪音。若將該筆資料忽略不計的話，則可看到 85kHz 的環境噪音隨船速上升而加大(圖 十)。

除此之外，我們進行了新海 3 的全負載測試(啟用三台發電機)，本船今年在頂浪、風浪落在蒲福量表 3-4 級之情形下可加速至 10.6 節。

● 水深覆蓋率測試

今年的測試，我們設定測深儀的單邊最大掃幅為 65 度，並且允許測深儀依水深、資料品質自動調整。本次的測試區域間隔較遠，因此風浪條件也不太一致(表 六)。200 公尺水深之測試區域離岸較近，風浪平穩，整體而言水深資料品質良好，沒有束印缺失的問題，但單邊掃幅角度維持在約 60 度。爾後掃幅僅在 400 公尺深之區域有大於 60 度，後續便隨深度增加、風浪加大而縮減(圖 十一)。

表 四、2026 年新海 3 之噪音測試結果。

<i>Noise test</i>							
Date	Speed	Depth (m)	Sea State	Heading against Waves	Average Noise (55/85 kHz)	File name(BIST, Sys. Rep., PU Para.)	Comments
2/5	0	1300	3-4	90	62/105	2026_TC_NT_0kn.txt	兩台發電機
2/5	2	1300	3-4	90	51/34	2026_TC_NT_2kn.txt	兩台發電機
2/5	4	1300	3-4	90	45/55	2026_TC_NT_4kn.txt	兩台發電機
2/5	6	1300	3-4	90	54/40	2026_TC_NT_6kn.txt	兩台發電機
2/5	8	1300	3-4	90	48/44	2026_TC_NT_8kn.txt	兩台發電機
2/5	10	1300	3-4	90	48/49	2026_TC_NT_10kn.txt	三台發電機
2/5	10.6(max)	1300	3-4	90	53/63	2026_TC_NT_10point6kn.txt	三台發電機

表 五、新海 3 交船初期之噪音測試結果。

<i>Noise test</i>							
Date	Depth (m)	Sea State	Heading Against Waves	Speed	RPM	Noise	Comments
6/8-19	1000	3-4	90	0 kn		42.5/40.2	
6/8-19	1000	3-4	90	2 kn		42.3/40.4	
6/8-19	1000	3-4	90	4 kn		42.3/40.3	
6/8-19	1000	3-4	90	6 kn		42.2/40.7	
6/8-19	1000	3-4	90	8 kn		42.4/40.4	
6/8-19	1000	3-4	90	10 kn		45.5/41.3	
6/8-19	1000	3-4	90	12 kn		43.1/40.4	

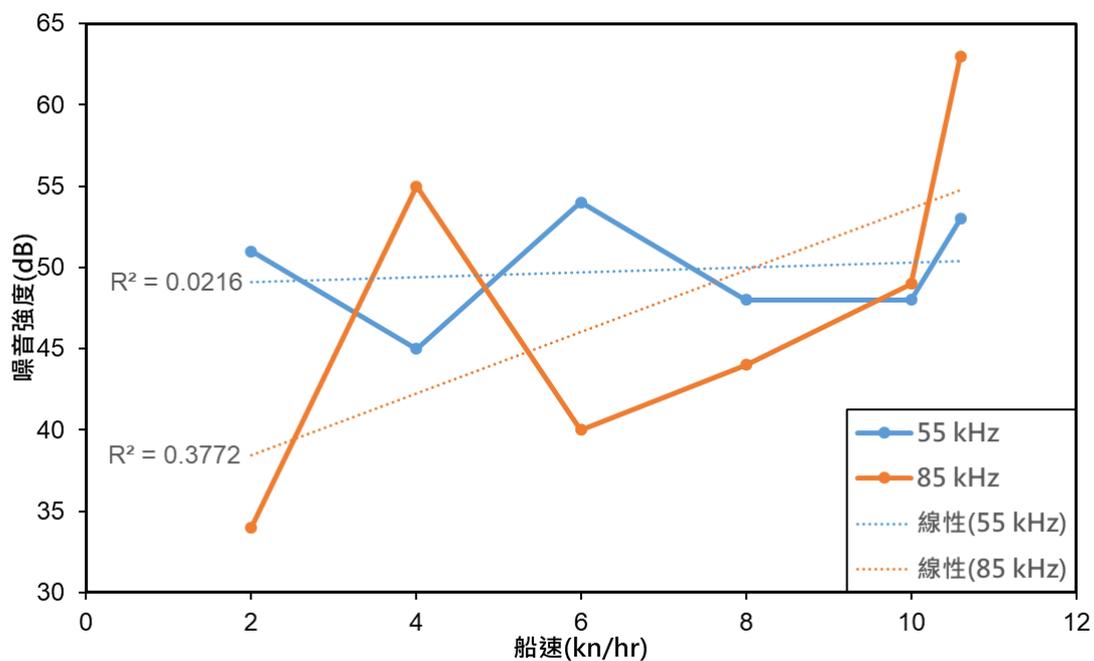


圖 十、55kHz 與 85Hz 之環境噪音隨航行速度之變化趨勢。

表 六、2026 年新海 3 多音束測深儀之掃幅測試結果。

Coverage test									
Date	Depth(m)	Sea State	Heading against Waves	Speed	Coverage(°) (設定65/65)	Coverage(m)	Total coverage(m)	Comments (BS level, freq., etc)	File name
2/6	194	2	0	7	60/60	345/320	665	no lost swath	0059
2/6	198	2	90	7	60/60	323/324	646	no lost swath	0060
2/5	400	2-3	0	7	未測				
2/5	400	2-3	90	7	65/62	745/734	1479	lost some swath	0056
2/4	638	3-4	0	7	缺	867/770	1637	lost some swath	0016
2/4	644	3-4	90	7	55/54	794/701	1495	lost some swath	0018
2/4	857	3-4	0	7	未測				
2/4	857	3-4	90	7	55/47	988/836	1824	lost some swath	0020
2/4	1000	3-4	0	7	未測				
2/4	1000	3-4	90	7	54/45	1890/1137	3027	lost some swath	0055

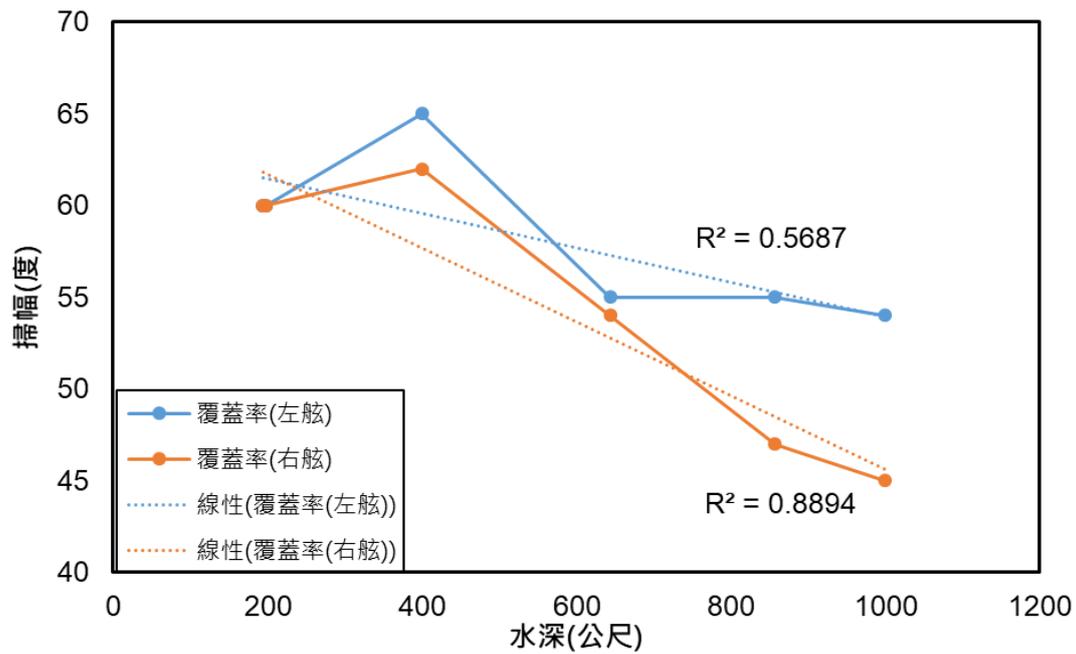


圖 十一、多音束測深儀掃幅隨水深之變化趨勢。

結論與建議

本次疊合測試認為新海研3號多音束測深儀音鼓之搖擺角修正與去年相同，可減少 0.02 度；俯仰角、航偏角則無需進行調整，建議維持原廠設定。而從 QC 報告中可見，本次測繪的資料品質最高可達 1a，水深誤差範圍約 4.7 米，雖較去年稍高，但仍與去年測試結果無太大之差異。而噪音測試結果顯示今年的環境噪音量有較交船初期增加的趨勢。綜觀歷年疊合測試、噪音測試結果，可知本船所搭載之多音束測深系統品質維持良好，整體表現佳。

附錄

航次編號: NOR3-0303

Patch test worksheet

日期: 115年 2月 4日

項次	檔案名稱			
吃水	航前: 3.2m	航後: 3.2m	航線設計	
BIST	作業前: 2026_CT_PT_BEFORE			
	作業後: 2026-CT-PT-AFTER			
	異常1:			
異常2:				
Patch test	Latency(忽略)	1-1. X	1-2. X	SVP 1 0647461ASVP/T11/上線前 2 074318.ASVP/T7/深水區 3. 4. 5. 6. 7. 8.
		2-1. X	2-2. X	
	Roll	1-1. 0008.a11	1-2. 0	
		2-1. 0010.a11	2-2. 0012.a11	
Pitch	1-1. 0008.a11	1-2. 0		
	2-1. 0010.a11	2-2. 0012.a11		
Yaw	1-1. 0006.a11	1-2. 0010.a11		
	2-1.	2-2.		
③ 用來做聲速測試, 原測線距離過近. Line 203 向右平移, 兩測線隔0.05nm 40014.a11				

Patch test 處理順序: (1)粗略的滾動角Roll (2)時間延遲Time(Latency) (3)滾動角Roll (4)俯仰角Pitch (5)航偏角Heading(Yaw)
 Coris修正結果: (1) (2) (3) (4) (5)

Logbook of SVP

航次編號: NOR3-0303

頁數: 1

編號	SVP資訊			
1	檔案名稱:	0647461ASVP		
	UTC Time	經度	緯度	船速(節)
	06:48	120°09.375'	22°26.958'	6.3
	水深(m)	資料有效深度(m)	鹽度/來源	測線檔名
	438	438	SCTD/34.3	0006
備註				
2	檔案名稱:	074318.ASVP		
	UTC Time	經度	緯度	船速(節)
	07:44	120°10.867'	22°26.344'	5.7
	水深(m)	資料有效深度(m)	鹽度/來源	測線檔名
	560	560	34.74/SCTD	0010
備註				



