



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

**2025年新海研3號多音束聲納系統—
EM712之疊合測試(Patch Test)工作報告**

航次編號：NOR3-0254

施測日期：2025年3月29日

報告人：李品蓁、邵煥傑、江秉崧

參與人員：廖允強、徐建成、林浩暉

指導人員：許景翔、賴國榮(台灣海洋科技研究中心)

報告日期：2025年4月16日

目錄

目錄.....	2
摘要.....	3
動機與目的.....	4
作業方法.....	5
疊合測試結果回顧	7
檢測結果.....	8
結論與建議.....	16
附錄.....	17

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，測深儀的硬體多存在系統偏差，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之一。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 2025 年年初安排航次進行疊合測試。本次測試認為新海研 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、航偏角以及資料傳輸時間延遲則無需進行修正，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 4.3 米，與去年之測試結果無太大差異，該品質已符合沿岸水域、航道資料之品質要求，整體表現佳。

動機與目的

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，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之一。

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，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。

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	140 °

作業方法

疊合測試的內容包含了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)。

此外，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，並採用聲速處理軟件(DORIS software, IFREMER)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。

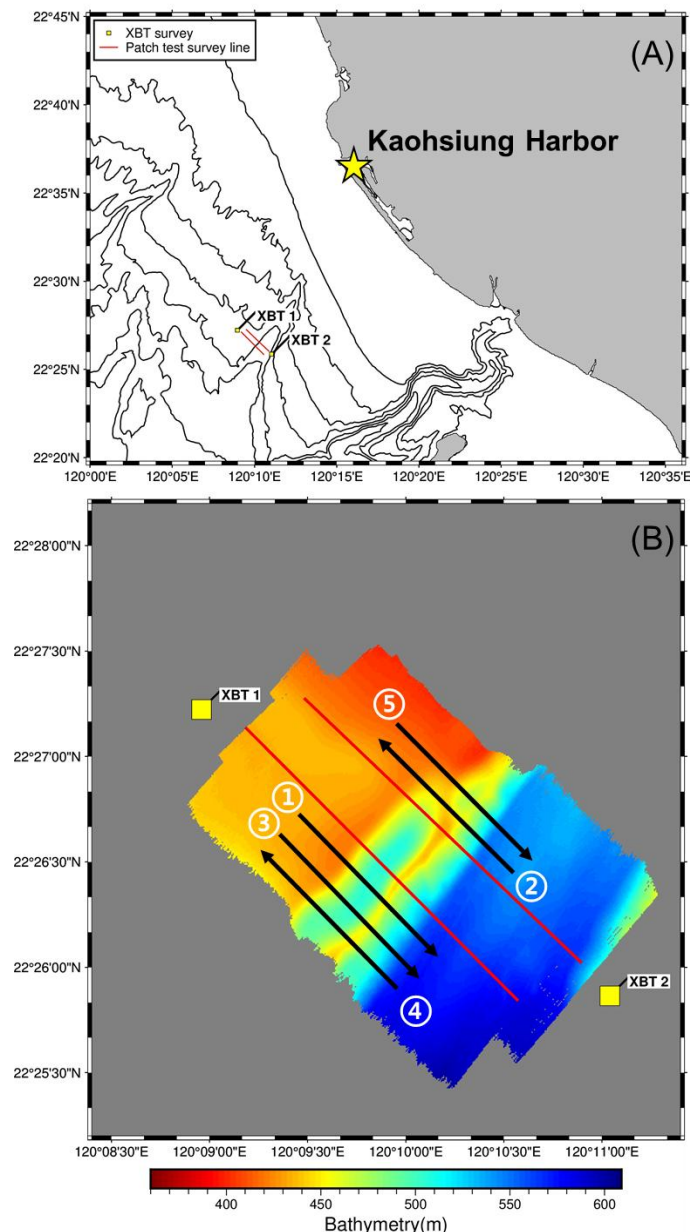


圖 一、(A)本次疊合測試的作業區域。(B)本次作業規劃與水深測繪結果。紅色實線：水深測繪之測線。黃色方框：XBT 佈放位置。黑色箭頭：測線行進方向。①~⑤：測繪順序。

疊合測試結果回顧

本船多音束測深儀—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 二)；與勵進 EM122 之音鼓相較，勵進修正值為 Roll: -0.1° , Pitch: 0.0° , Heading: 0.0° 。在俯仰角，EM712 有較大的修正量，可能與新海研 3 號聲納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，貴儀中心已進行過兩次疊合測試，分別於 2021 以及 2024 年。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。

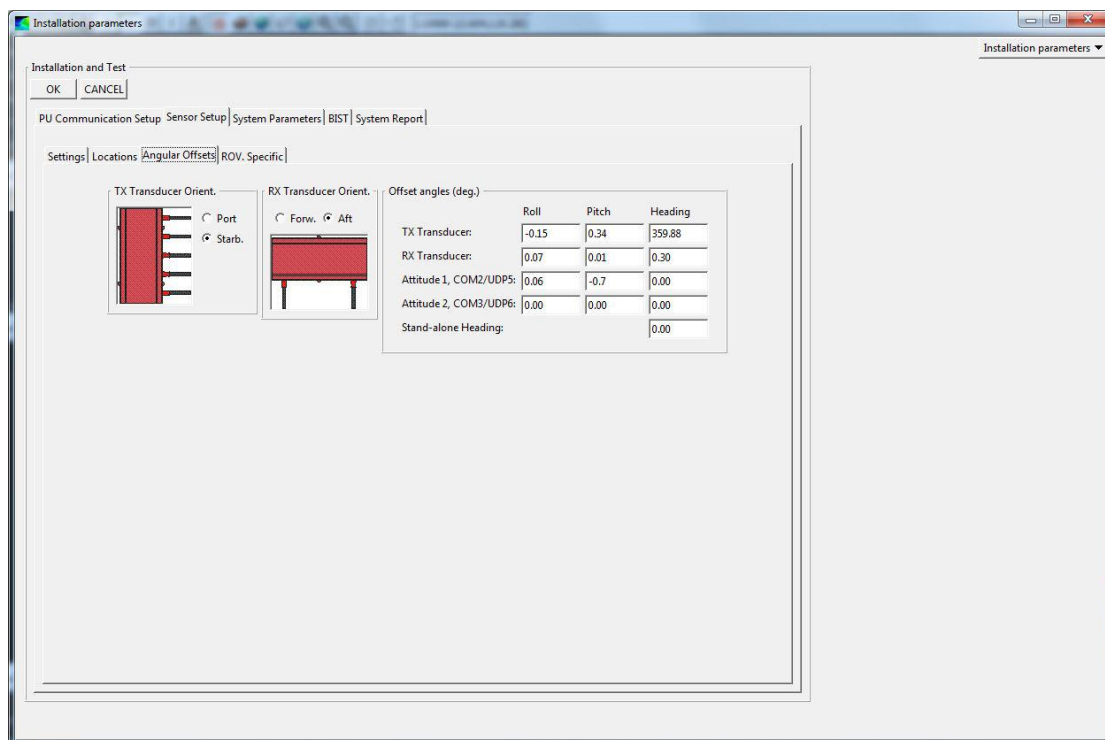


圖 二、新海研 3 號 SIS 控制軟體的原廠音鼓角度設定值。

測試結果

● 水深測繪前置作業結果

本次作業成功取得了五條測線、兩站的水層聲速資料，以及本船在出港前、回港後的吃水深(表 二)。本船吃水深約 4.3 公尺，在作業前後並無太大變化。聲速測量的部分，第一支 XBT 施放於測繪作業前，也就是測區北方；第二支 XBT 施放於測繪作業結束後，也就是測區南方。第一支 XBT 的型號為 T7，施放時水深 436 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 1271942.asvp。第二支 XBT 的型號為 T7，施放時水深 482 公尺同樣成功觸底，搭配 CTD 的鹽度資訊，經 Doris 軟體換算獲得聲速檔 1271928.asvp。結果顯示，測區的水層聲速有隨深度而變慢的情形，並且測繪結束後的聲速較測繪前略快(圖 三)。

表 二、Patch test 作業參數。

校正類型	參數與檔案名稱
吃水深	航前：3.4 m 航後：3.4 m
聲速校正	1271942.asvp (XBT 1) 1271928.asvp (XBT 2)
潮汐校正	不使用
Time error校正	0007.all、0009.all (①、③)
Roll error 校正	0007.all、0014.all (①、④)
Pitch error 校正	0007.all、0014.all (①、④)
Yaw error 校正	0007.all、0016.all (①、⑤)

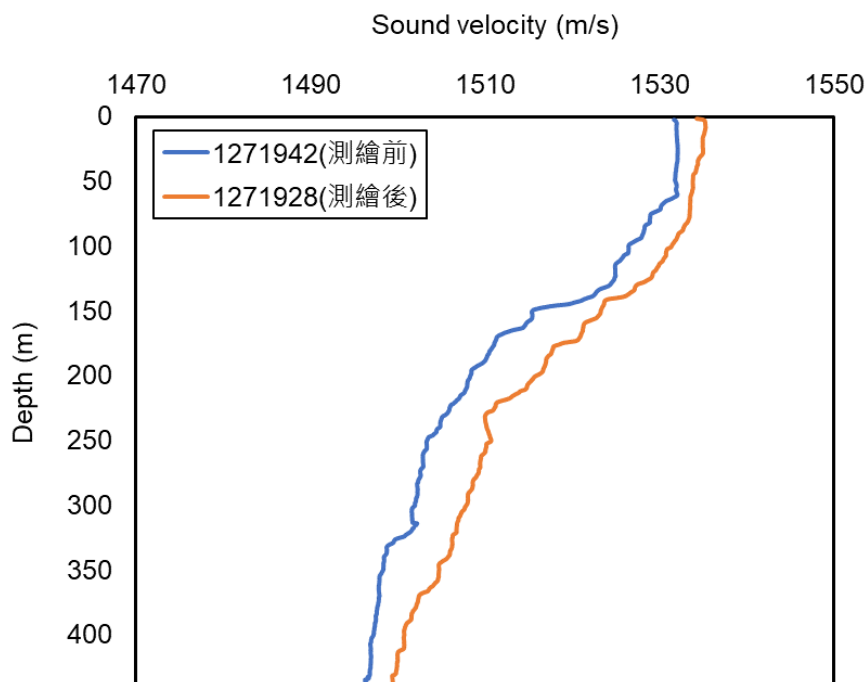


圖 三、在測繪區域進行兩次 XBT 佈放後，利用 Doris 軟體換算得到之聲速剖面。

● 疊合測試結果

本次作業使用Caris HIPS & SIPS軟體進行資料的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) Latency→ (3) Pitch→ (4) 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 四A、圖五)，因此本次測試建議EM712的音鼓roll偏差可減少0.02度。

(2) Latency：從原始資料看來，兩條latency測線的點雲契合良好，嘗試修正正負三秒來進行觀察，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 四B、圖 六)。因此本次測試認為EM712的資料傳輸時間延遲並無太大變化，維持原廠設定即可。

(3) 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 四C、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。

(4) 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 四D、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。而資料傳輸時間延遲則幾乎不可見，無須進行修正。

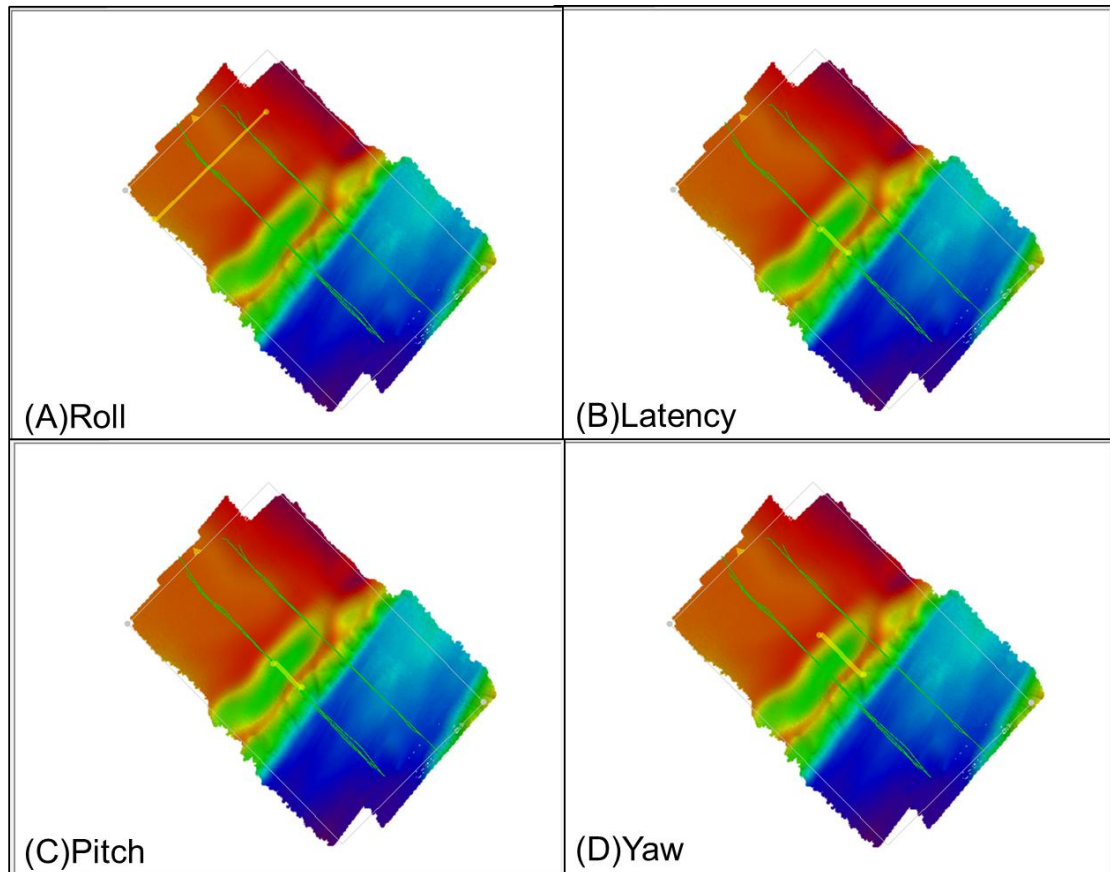
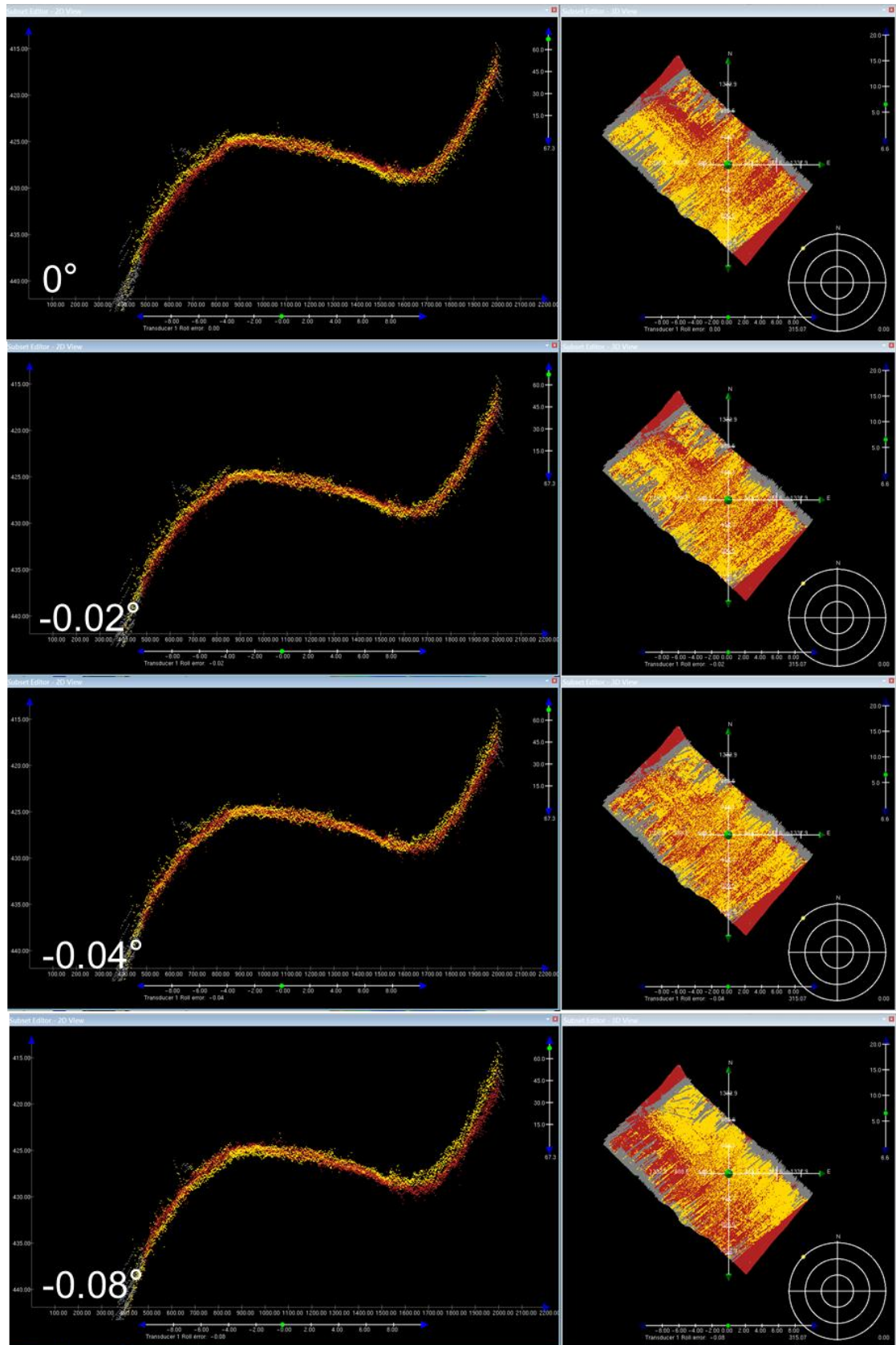


圖 四、疊合測試時各參數之參考區域。(A)搖擺角(Roll)修正參考區域。(B)計算資料傳輸時間延遲(Latency)修正參考區域。(C)俯仰角(Pitch)修正參考區域。(D)航偏角(Yaw)修正參考區域。黃色方框：資料選取區域。



圖五、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° 。

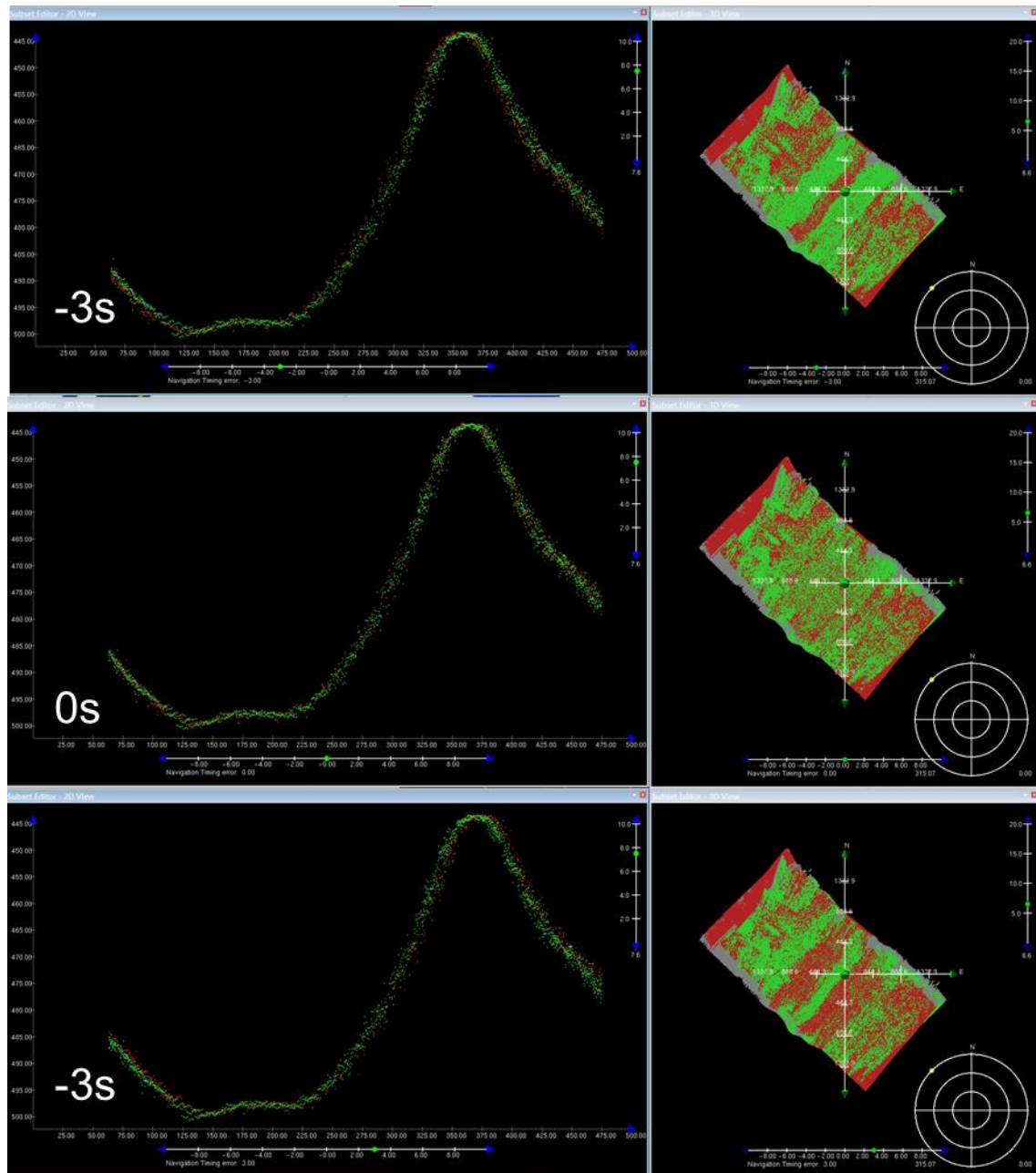


圖 六、資料傳輸時間延遲(Latency)修正結果比較。上到下分別為修正-3 秒、修正 0 秒與修正 3 秒。

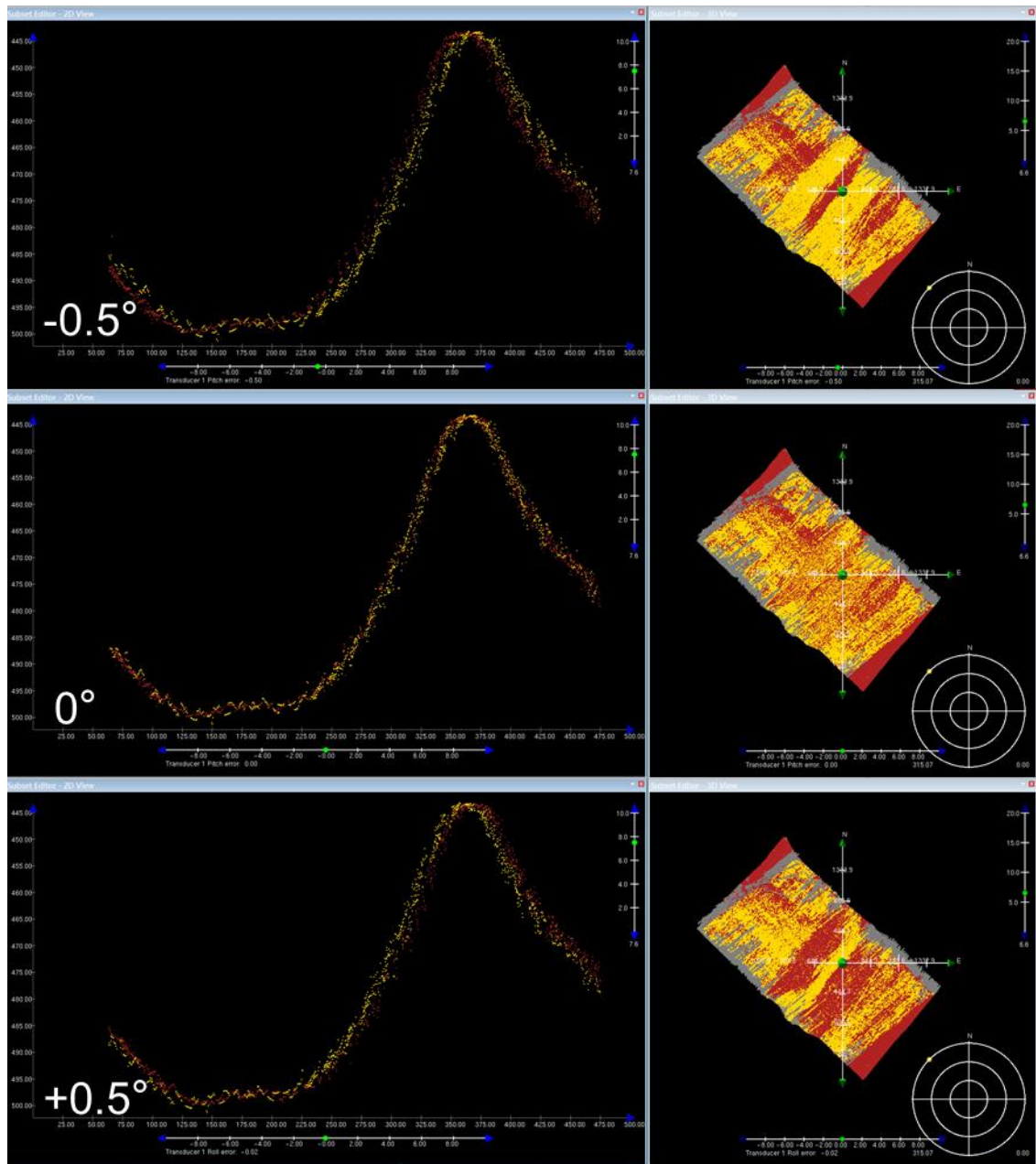


圖 七、俯仰角(Pitch)修正結果比較。上到下分別為修正 -0.5° 、修正 0° 與修正 $+0.5^\circ$

。

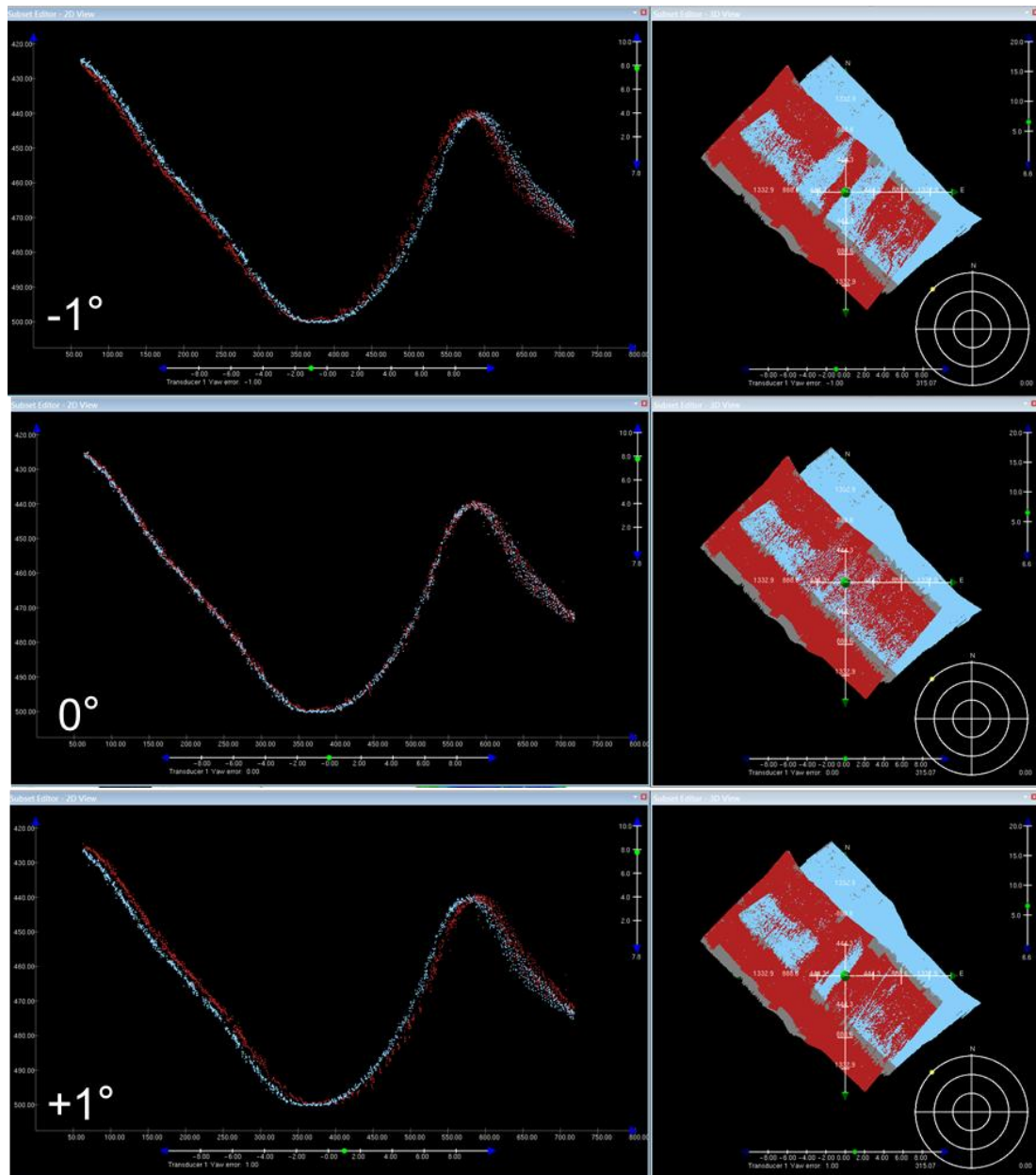


圖 八、航偏角(Yaw)修正結果比較。上到下分別為修正-1°、修正 0°與修正+1°。

● 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對低標準，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，我們進行了疊合測試以及壞點剔除，整體而言剔除了約0.3%的點雲資料。接著我們將所有測線的資料以10公尺為單位進行網格化，再進行品質分析。從QC(Quality control)報告中可見，本次測繪的資料品質達到了1a等級，水深

誤差範圍約4.3米，整體而言與去年之測試結果無太大差異。而本測區的水深介於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%×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 (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%
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。					

Number of nodes processed: 86832
 Number of nodes populated: 86785 (99.95%)
 Number of holidays detected: 44
IHO S-44 Special Order:
 Range: 0.000 to 700.000
 Number of nodes considered: 86785
 Number of nodes within: 76293 (87.91%)
 Residual mean: -1.562
S-44 Order 1a:
 Range: 0.000 to 700.000
 Number of nodes considered: 86785
 Number of nodes within: 84666 (97.56%)
 Residual mean: -4.290
S-44 Order 1b:
 Range: 0.000 to 700.000
 Number of nodes considered: 86785
 Number of nodes within: 84666 (97.56%)
 Residual mean: -4.290
S-44 Order 2:
 Range: 100.000 to 700.000
 Number of nodes considered: 86785
 Number of nodes within: 86731 (99.94%)
 Residual mean: -9.255

圖 九、本次疊合測試資料進行 IHO-S44 精度標準檢驗之結果。

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可減少 0.02 度，俯仰角、航偏角以及資料傳輸時間延遲則無需進行調整，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 4.3 米，與去年之測試結果無太大差異。綜觀歷年疊合測試報告，可見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

日期: 2025 年 3 月 29 日

航次編號: NOR3-0254

Patch test worksheet

項次	檔案名稱	
吃水	航前: 3.4 m	航後: 3.4 m
BIST	港內:	異常1:
	作業前: NOR3-20250329-BW	異常2:
	作業後: NOR3-20250329-AW	
	回港:	
Patch test	Latency	1. 0007.all (6節) 2. 0011.all (3節)
	Roll	1. 0007.all 0009.all 2. 0014.all 0016.all
	Pitch	1. 0007.all 0009.all 2. 0014.all 0016.all
	Yaw	1. 0007.all 0009.all 2. 0014.all 0016.all
	SVP	Ex. xxxxxxxx.asvp/T7/上測線前 1. 1271942.asvp/T7/上測線前 2. 1271928.asvp/T7/作業後 3. 4. 5. 6. 7.
	0004.all 0005.all 可放 Pitch	

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)

航次編號: NOR3-0254

Logbook-水深測繪

頁數: 1

日期	時間	經度	緯度	流速	流向	水深(m)	船速	航向	檔案	備註
3/8	12:25	120°13.1752'	22°44.1252'	1.2	20	500	7		0011-0013	Line 01(stie 01-02).asvp/T7(1)
2025 3/29	03:19	120°08.938'	22°27.733'	0.5	200	436	3.2	138	127942.edf	去 XBT (T7)
	03:40	120°09.638'	22°26.670'	X	X	436	3.2	138	0004.all	Site 1-2
	03:45			X	X				0005-0006	讓船, 再跑.
	04:08	120°09.202'	22°27.123'	X	X	436	6	146	0007	Site 1-2.
	04:34	120°10.794'	22°26.103'	X	X	565	6	301	0009	Site 3-4
	04:57	120°09.318'	22°26.941'	X	X	435	3	157	0001-0002	Site 1-2
	05:35	120°10.379'	22°26.002'	X	X	566	6	311	0014	Site 2-1
	05:43	120°09.848'	22°26.585'	X	X	491	6	315	X	水深差 25 m/s.
	05:58	120°09.600'	22°27.187'	X	X	425	6	154	0016	Site 4-3.
	06:10	120°10.997'	22°25.900'	X	X	489	1.4	154	1271928.edf	去 XBT (T7)
	08:21	120°12.268'	22°25.018'				8	358	0019	SBP-test

Logbook of XBT

航次編號: NOR 3-0254

頁數: 1

編號	XBT 資訊				
1	檔案名稱: 127942.edf & 127942-c.edf (去壞點)				
	日期 MM/DD	時間 HH:MM(GMT)	經度	緯度	
	3/29	07:19	120°08.938'	22°27.253'	
	水深(m)	船速(節)	流速(節)	流向	
	43.6	3.2	0.5	200	
	備註				
2	檔案名稱: 1271928.edf & 1271928-c.edf (去壞點)				
	日期 MM/DD	時間 HH:MM(GMT)	經度	緯度	
	3/29	06:12	120°11.041'	22°25.864'	
	水深(m)	船速(節)	流速(節)	流向	
	48.2	1.4	X	X	
	備註				