

猪苗代湖 N M B 湖底調査

2009年7月

大和工営株式会社



1. 調査概要

1-1. 目的

湖底を面的に捕捉することが可能なマルチビーム測深器を使用し、猪苗代湖に流入する代表的一級河川の“長瀬川”における河口水域および北側湖棚崖の環境調査に伴う湖底地形状況を把握するために実施したものである。

本調査は、

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

日本大学工学部土木工学科

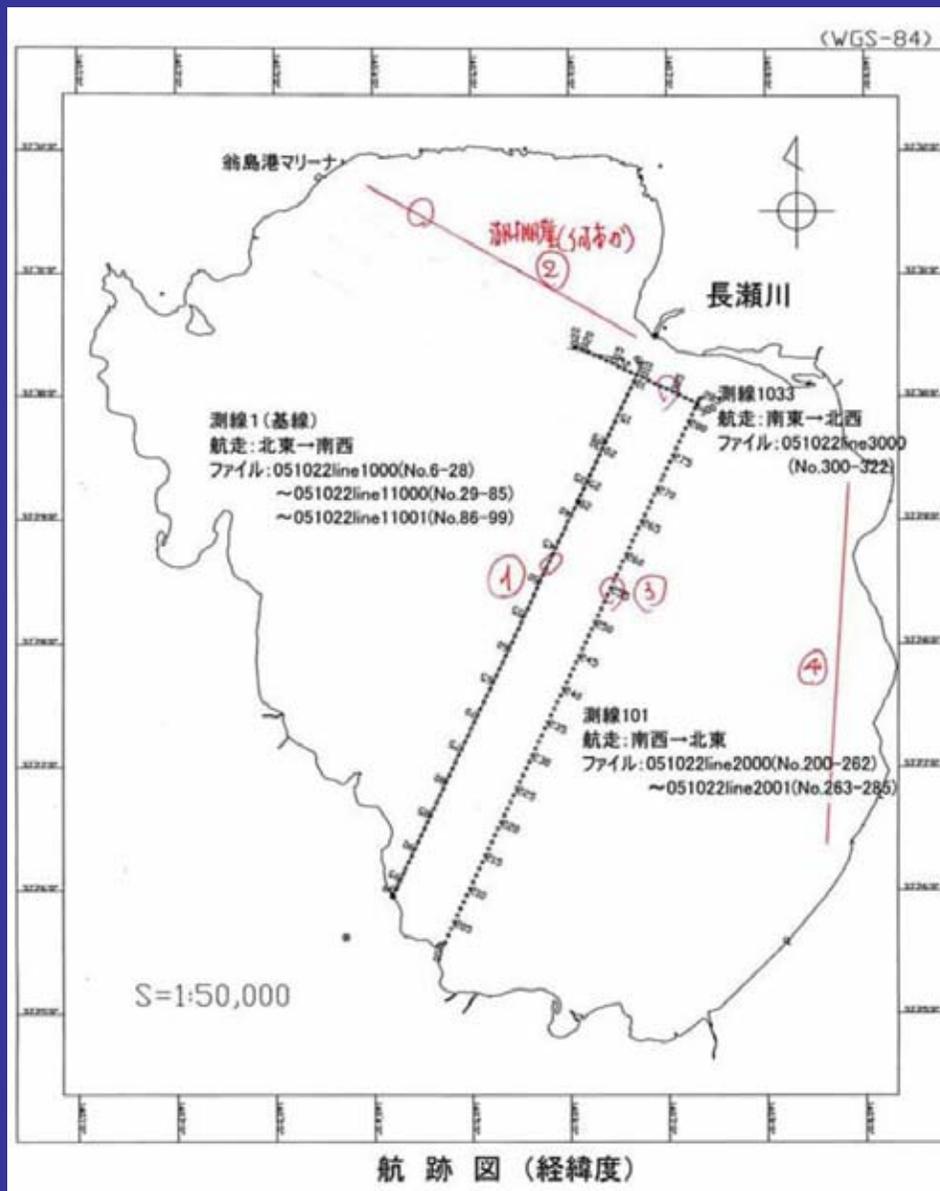
東北工業大学工学部建設システム工学科

の共同研究への技術協力である。

1-2. 調査期間

2009年5月22日～24日(艀装・計測・解除)

2. 調査測線



長瀬川河口から
湖心を含む延長線上路線

北部湖棚域から
湖棚崖の傾斜路線

路線から
1km平行な路線

東側、川桁断層が
走っている路線
余裕をみて適宜実施

3. 使用機器

Seabat8125

(マルチビーム測深器)



- 仕様
- システム性能
 - 周波数：455KHz
 - 水深分解能：6mm
 - スワッチ幅：120°
 - 最大レンジ：120m
 - ビーム数：240
 - ビーム幅：1° (前後方向)
 - ビーム幅：0.5° (直交方向)
 - 精度：IHOクラス1に準拠
 - 最大使用可能船速：10kt
 - 最大データ更新レート：40
 - 最大使用可能水深：600m (標準)、1500m

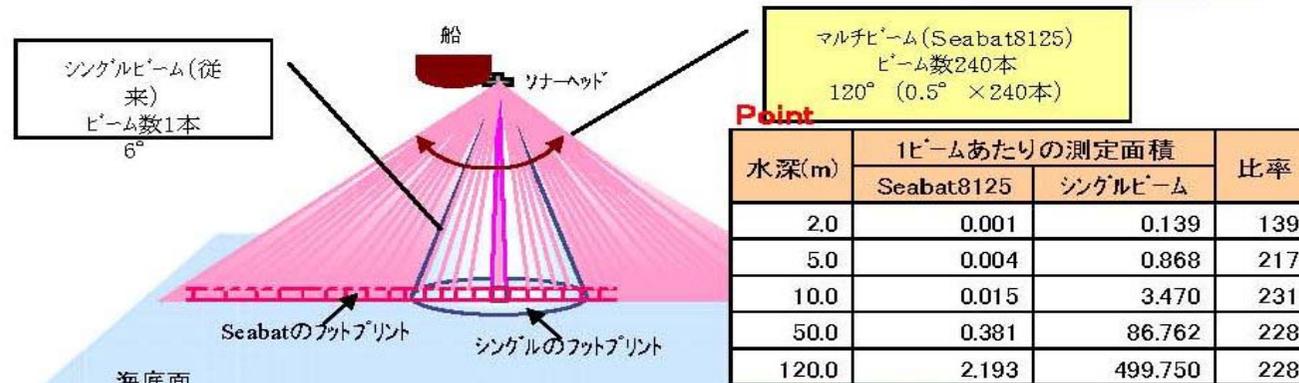
■Seabat8125?

Seabat (シーバット) 8125は米国RESON社の超音波による海底などの測深システムです。船に取り付けられたソナーヘッドと呼ばれる装置から、240本の測深ビーム(マルチビーム)を120°の扇形に最大1秒間に40回出力し測深データを収集することができます。(通常は1秒間に10回程度のデータ更新)従来の方式と違い、海底や湖底などを面で補足することができるため、より多くの、より精度の高い測深データを取得することができます。

シングルビームによる線的な観測

(従来の音響測深機)

マルチビームによる面的な観測



※1ビームあたりの測定面積(フットプリント)がSeabatの方が小さいため精度が高いといえる。
 ※1測点あたりの照射範囲のことをフットプリントと呼びます

OCTANS(動揺・方位センサー)



OCTANSは超高性能3軸光ファイバージャイロと加速度計をワンボックスにおさめたIMO認定ジャイロ+動揺センサーです。光ファイバージャイロの特徴である「短い静定時間、小型軽量、頑丈、メンテナンスフリー」と高い技術力により達成した「高性能」を備えたハイテク製品です。

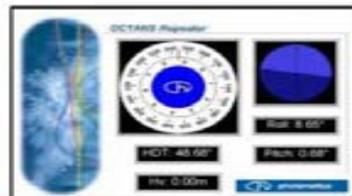
海洋分野を中心に約300台が全世界で使用されています。



OCTANS SURFACE UNIT (防滴型)



OCTANS SUBSEA UNIT (耐水型)



設定ソフトウェア
(OCTANS Repeater)

【性能】

精度 : 方位 $\pm 0.1^\circ$ sec lat ピッチ・ロール $\pm 0.01^\circ$ ヒープ/サージ/スウェイ 5cm
静定時間 : 1分(静止状態) 3分(海面)
応答速度 : $\pm 250^\circ$ /秒
出力方法 : デジタル3ch アナログ4ch パルス2ch
出力内容 : 真方位、ロール、ピッチ、ヒープ、サージ、スウェイ、加速度、角速度等

【仕様】

電源 : 20~35VDC(24V標準) 消費電力 最大12ワット
寸法重量 : 防滴型 L280mm×W136mm×H162mm 4.5kg / 耐水型 $\phi 179 \times 308$ mm 15kg(水中7kg)
衝撃振動 : 30g in 6ms(運用) 50g in 11ms(サンバイベル) 1g sine (5~50hz)
環境条件 : 運用温度範囲 $-40^\circ\text{C} \sim +60^\circ\text{C}$ 保管温度範囲 $-40^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$
MTBF : 30,000時間
認定 : IMO認定 NO. 09807/A0 EC BV 0062.02
使用用途 : 海洋工事, 海洋機器(マルチビーム, ADCP, USBL, 船舶ジャイロ, ソナー),
航法装置(ROV&AUV), 海上輸送, 掘削機, 無人クレーン他
プロトコル : 40種類以上 (TSS335B /DMS, SIMRAD EM, SEATEX MRU, TRIMBLE (TCM), TOKIMEC他)

クレセントR110(測位・誘導)

Hemisphere GPS

Crescent™ R100 Series DGPS Receiver

クレセント・ディファレンシャルGPS受信機 R100シリーズ

速さと正確さ、そして低価格を実現した R100 シリーズは、最高のパフォーマンスをお約束します。

このR100シリーズは、世界のどこにいてもどんな環境にも対応できる多様な補正情報オプションを揃えています。

シンプルなユーザーインターフェイスと拡張性のあるソフトウェアとの互換によりプロフェッショナルなマッピング、位置情報、ナビゲーションを可能にします。



対応仕様	R100	R110	R120	R130	設定
SBAS	●	●	●	●	標準
BEACON	●	●	●	●	標準
OmniSTAR	●	●	●	●	OmniSTAR仕様
L-DIF	●	●	●	●	ファームウェア(FW)※
RTK	●	●	●	●	ファームウェア(FW)※
RTK出力	●	●	●	●	ファームウェア

Powered by **Crescent**
独自技術によるクレセントGPSエンジン

Crescent R100 シリーズの特徴

- クレセント技術により標準でサブメータ精度 $\pm 60\text{cm}$ の補正位置。
- 小型、軽量、高精度、低価格なDGPS製品構成。
- SBAS (MSAS, WAAS, EGNOS)、BEACON、Omni STAR などの補正情報に対応しています。
- 独自のCOAST技術により補正情報遮断時も40分以上も正確な精度を維持できます。
- 最大20Hzのデータ出力により高速移動の位置情報、機械制御などに最適。
- 20cm以下の精度を必要とするアプリケーションにおいても独自のL-DIF技術やRTKに対応しています。
- R100シリーズは表示ランプとメニューシステムにより設定も簡単にパネルから行えます。

Hemisphere GPS

クレセント・ディファレンシャルGPS受信機 R100シリーズ

GPSセンサー仕様

受信機タイプ: L1, C/A コード、搬送波スムージング (補正シグナル遮断時には独自のCOAST技術により補償)

チャンネル: 12チャンネル 並列 (SBAS時10チャンネル)
2チャンネル並列

WAAS 時:
更新レート: 20 Hzまで
水平精度: DGPS時* 0.6m (95%)
単独測位SA無時** 2.5m (95%)

コールドスタート: 60秒 (almanac or RTC無し)

アンテナ入力
電気抵抗: 50Ω

ビーコンセンサー

チャンネル: 2チャンネル並列
周波数レンジ: 283.5 - 325 kHz
チャンネル間隔: 500 Hz
MSK ビットレート: 50, 100, 200 bps
モード: マニュアル、オート、データベース
コールドスタート: 60秒
遮断時再受信時間: 2秒
復調: ミニマム偏移変調 (MSK)
感度: 2.5 μV for 6 dB SNR @ 200 bps
ダイナミックレンジ: 100 dB
周波数オフセット: ± 8 Hz (± 27 ppm)
隣接チャンネル除去: 61 dB ± 1 dB @ f_0 ± 400 Hz

通信

シリアルポート: 2全二重
プロトコル: RS-232C
ボーレート: 4800, 9600, 19200, 38400, 57600
補正情報/
プロトコル: RTCM SC-104
データプロトコル: NMEA 0183
生データ: 独自バイナリ (RINEX使用可)
タイミング出力: 1 PPS

使用環境

動作温度: -32° C ~ 74° C
保管温度: -40° C ~ 85° C
湿度: 95% 結露なきこと
衝撃と振動: EP 455
EMC: FCC Part 15, Subpart B, Class B
CISPR 22

電源

入力電圧: 8 - 36 VDC
極性反転防止: あり
消費電力: 3W
消費電流: <math>< 250\text{ mA}</math> @ 12 VDC
アンテナ出力電圧: 5.0 VDC
アンテナ
ショート防止: あり

外観

筐体: アルミニウムコート
サイズ: 160 mm L x 114 mm W x 45 mm H
重量: 0.54 kg (1.20 lb)
LED: 電源、GPSロック、DGPS測位
電源コネクタ: 2pin
データコネクタ: DB9-female
アンテナコネクタ: TNC-male

ピンアウト

ポートA
Pin 2: Transmit Data A (Tx)
Pin 3: Receive Data A (Rx)
Pin 5: Signal Ground
Pin 6: Event Marker
Pin 9: 1 PPS Output

ポートB
Pin 2: Transmit Data B (Tx)
Pin 3: Receive Data B (Rx)
Pin 5: Signal Ground

SVPS (水中音速度計)

音速・圧カスマートセンサー

SVPS



概要

SVPSは、水中音速と圧力を高精度にダイレクト測定する超小型高性能音速・圧力センサーです。音速はAML社独自の「Time of Flight」技術による「1発の超音波パルス」で直接計測し、0.06m/sという高精度を実現しています。また水中の深度は、半導体ストレーンゲージにより計測され、そのままセンサーを水中に投入するだけで、音速と深度をリアルタイムで得ることができます。センサーは小型、軽量ハウジングに収納され、単独での使用はもとより、ROVや投入式または曳航式の各種観測、測定機器にも簡単に取り付けることができます。

低電力RISCプロセッサを内蔵し、工業単位変換、温度補償、コマンドコントロール機能等のインテリジェントを備え、RS-232C出力を通してパソコンによるデータ収録が簡単に行えます。

SVPSは工場にてキャリブレーションが行われて出荷されますので、お手元に届いたその場から高精度計測を実施できます。

特長

- AML社独自の「Time of Flight」技術による高精度音速度計測
- RS-232Cで音速度及び圧力データを出力
- 300m耐圧ステンレスハウジング
- 小型、軽量

仕様

■音速センサー

測定方法：「Time of Flight」計測法
測定レンジ：1400～1550m/s（温度補償機能付）
精 度：0.06m/s（RMS）
分 解 能：0.015m/s

■圧力センサー

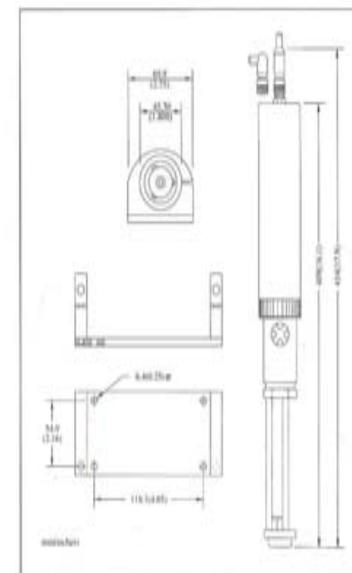
測定方法：半導体ストレーンゲージ
測定レンジ：0～10, 20, 50, 100, 200dbara (m)より選択
精 度：フルスケールの±0.05%
分 解 能：0.01dbara

■電気的仕様

プロセッサ：8ビット低電力RISCプロセッサ
サンプリングレート：5サンプル/秒、max
インターフェイス：RS-232C
オプションでRS-485（半2重）またはシリアルTTL通信を用意
ボーレート：2,400～38,400band（自動レート）
電 源：外部8～16VDC（12VDC定額）、40mA

■物理的仕様

外形寸法：409(長)×46(径)
重 量：空中575g/水中180g
ハウジング：316ステンレススティール
耐 圧：300m（オプションにて最大4,500m）
コネクタ：インパルスIE55(W)-1006BCR6ピン、チタンバルクヘッド
環境条件：20℃～50℃（動作）
-40℃～60℃（保存）



外形寸法図

4.調査内容

現地踏査 5/1

調査にあたり、効率よく目的に即した計測作業が実施できるよう現地の確認を行った。

艀装は西側入り江にあり、波が穏やかな水域だった中田浜マリーナとし、測量船は動揺の少ない和船とした。

測位と誘導に使用するGPSの精度確認のため、長瀬川河口左岸にある“三等三角点 砂浜”を確認した。

湖面水位の変動を確認するため、国管轄の“十六橋水位観測所”を確認した。

艀装作業箇所



中田浜マリーナ



測量船



GPS精度確認 三等三角点 砂浜

遠景



近景



長瀬川河口左岸



水位観測 十六橋水位観測所



水域状況

天神浜より北



天神浜より南



長瀬川河口部



GPS精度確認 5/16



三等三角点 砂浜を使用しGPS精度確認を実施した。結果は約20cm以内の較差であった。

(SBAS補正情報を使用)

GPS精度確認結果表

DGPS精度確認結果表

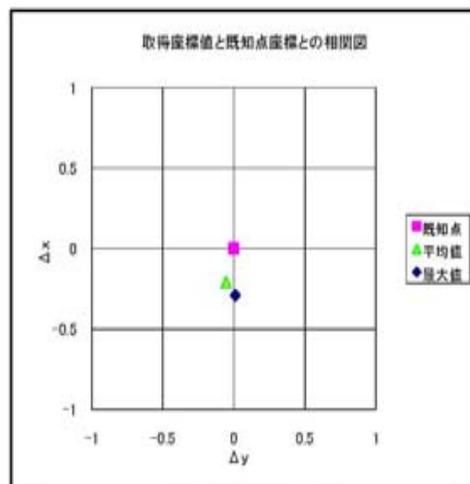
平成21年5月16日 実施

基準点名: 三等三角点 砂浜 にDGPSを設置し観測した。
観測時間は約10分であり、
データの取得間隔は0.2秒毎である。
結果は以下の様になった。

	三等三角点 砂浜		既知点との差 (取得値座標-既知点座標)		既知点からの距離
	X	Y	ΔX	ΔY	
既知点	167,512.691	25,019.508			
平均値	167,512.479	25,019.453	-0.212	-0.055	0.219
最大値	167,512.399	25,019.519	-0.292	0.011	0.292

3352点の平均値を平均とした

取得値座標と既知点座標との相関を以下のグラフに示した。



GPS精度確認結果表

測位日	平成21年5月16日	
測位機器	Hemisphere R100	
測点名	三等三角点 砂浜	
測位座標系	世界測座系	

	X	Y
既知座標値	167,512.691	25,019.508
測位平均座標値	167,512.479	25,019.453
座標差	-0.212	-0.055

Time			X	Y
hour	minute	second		
10	42	1.3	167512.399	25019.482
10	42	1.9	167512.402	25019.483
10	42	2.1	167512.399	25019.480
10	42	2.3	167512.399	25019.481
10	42	2.5	167512.401	25019.481
10	42	2.7	167512.401	25019.483
10	42	2.9	167512.402	25019.482
10	42	3.1	167512.400	25019.482
10	42	3.3	167512.400	25019.483
10	42	3.5	167512.400	25019.485
10	42	3.7	167512.403	25019.482
10	42	3.9	167512.400	25019.482
10	42	4.1	167512.402	25019.481
10	42	4.3	167512.403	25019.481
10	42	4.5	167512.402	25019.479
10	42	4.7	167512.402	25019.480
10	42	4.9	167512.402	25019.479
10	42	5.1	167512.401	25019.480
10	42	5.3	167512.400	25019.479
10	42	5.5	167512.401	25019.481
10	42	5.7	167512.401	25019.483
10	42	5.9	167512.402	25019.481
10	42	6.1	167512.401	25019.484
10	42	6.3	167512.404	25019.484
10	42	6.5	167512.402	25019.482
10	42	6.7	167512.403	25019.485
10	42	6.9	167512.401	25019.485
10	42	7.1	167512.402	25019.488
10	42	7.3	167512.403	25019.486
10	42	7.5	167512.406	25019.489
10	42	7.7	167512.403	25019.491
10	42	7.9	167512.405	25019.488
10	42	8.1	167512.409	25019.489
10	42	8.3	167512.405	25019.489
10	42	8.5	167512.406	25019.491
10	42	8.7	167512.409	25019.491
10	42	8.9	167512.407	25019.493
10	42	9.1	167512.408	25019.490
10	42	9.3	167512.407	25019.493
10	42	9.5	167512.404	25019.494
10	42	9.7	167512.409	25019.495
10	42	9.9	167512.408	25019.494
10	42	10.1	167512.407	25019.494
10	42	10.3	167512.410	25019.494
10	42	10.5	167512.410	25019.497
10	42	10.7	167512.409	25019.496
10	42	10.9	167512.408	25019.497
10	42	11.1	167512.406	25019.497
10	42	11.3	167512.412	25019.497
10	42	11.5	167512.411	25019.497
10	42	11.7	167512.411	25019.499

艀装・テスト 5/22

和船に角材等で固定金具を設置し、ソナーヘッドを据え付けジャッキベルトで前後に張り固定した。またプロセッサ等は、簡易ボックスに装備し滑り止めで固定した。





艀装後は入り江内でテスト実施し機器の導通確認を行った。

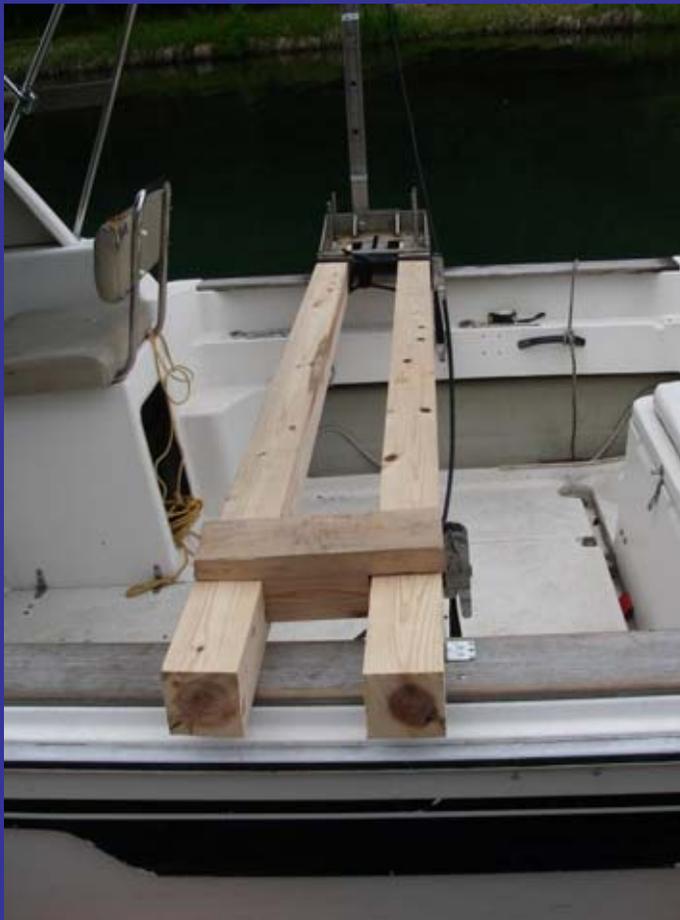


計測・再艀装・テスト 5/23

小雨の中、早朝3：30にマリーナを出航したが測線までの回航中に、沖に出るにつれ次第に北西の風も強く、波高も約1.0mとなり和船では危険と判断しやむなく計測中止とした。

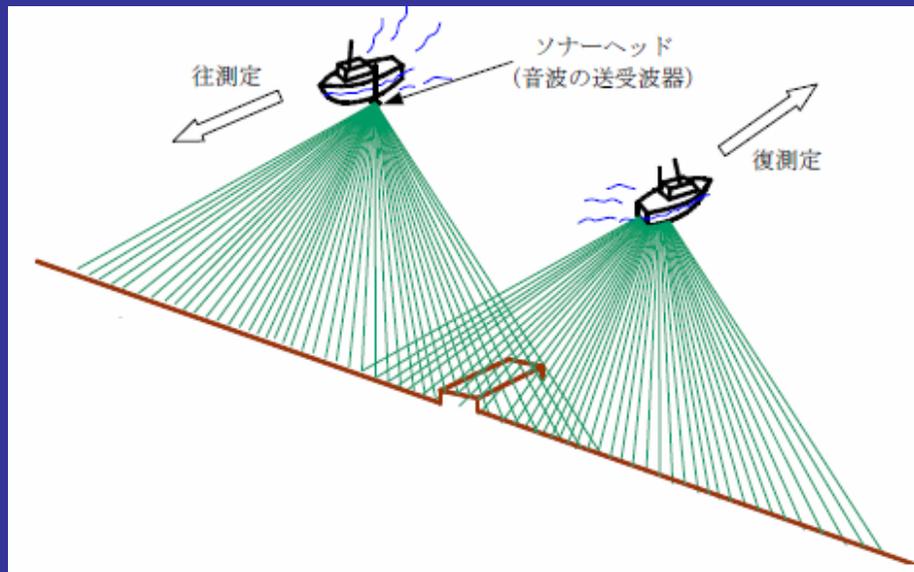


昼過ぎにマリーナに帰港し、風波による測量船の動揺と雨天でも観測が中断しないよう考慮し、船室のあるプレジャーボートに再度艀装をした。

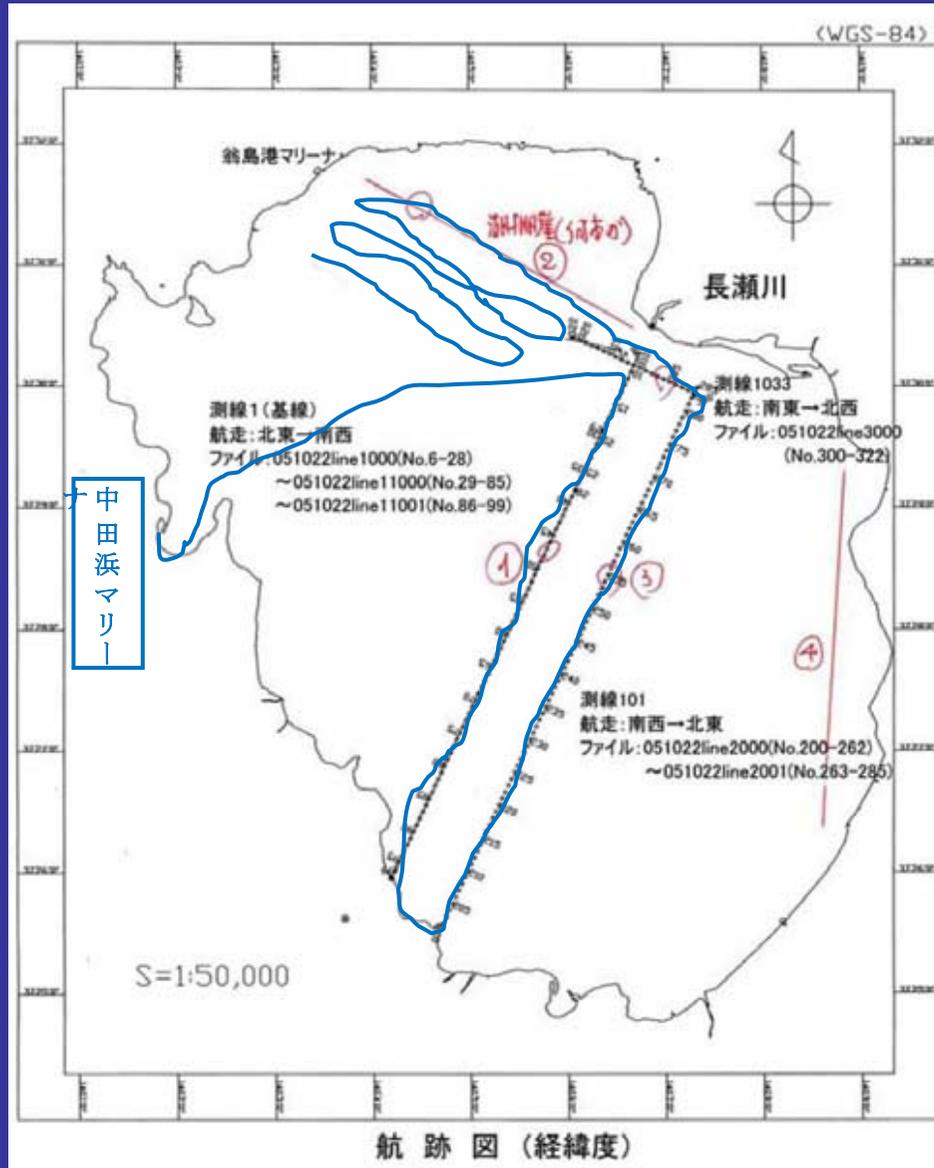


艀装後は湖棚崖の傾斜のある水域でパッチテストを実施した。

パッチテストは顕著な突起物周辺や地形変化点等で往復計測し、対象物の形、傾斜等の相違から解析ソフトにより、ソナーヘッドのオフセット値(取付角)の補正值を求めるものである。



5/24計測予定の確認



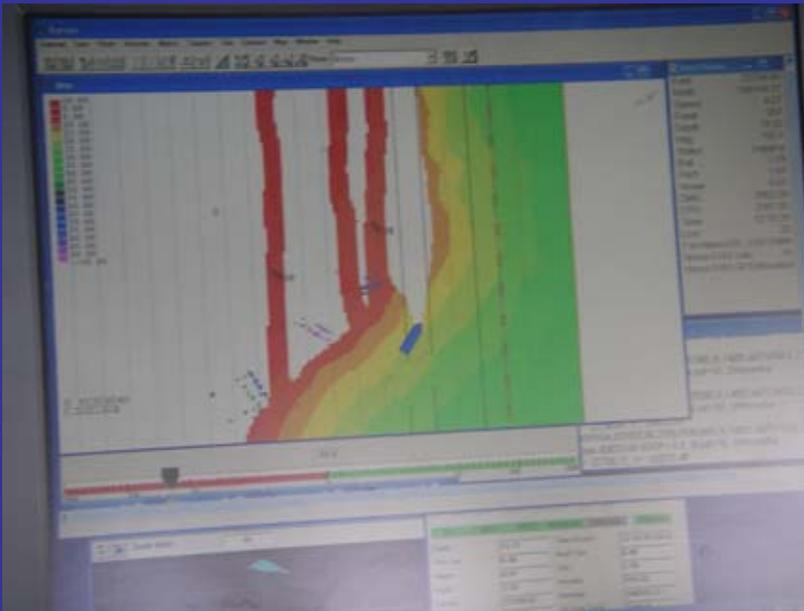
- 4:00 中田浜マリーナ
約8km 4ノット 1時間
- 5:00 測線 BP(表層の音速度測定)
測線 の湖心部で再度音速度測定
約9km 4ノット 1時間30分
- 6:30 測線 EP
約1km 4ノット 10分
- 6:40 測線 EP
約9km 4ノット 1時間10分
- 7:50 測線 BP
約1km 4ノット 10分
- 8:00 測線 湖棚崖水域
計測できるかぎり実施

計測・艀装解除 5/24

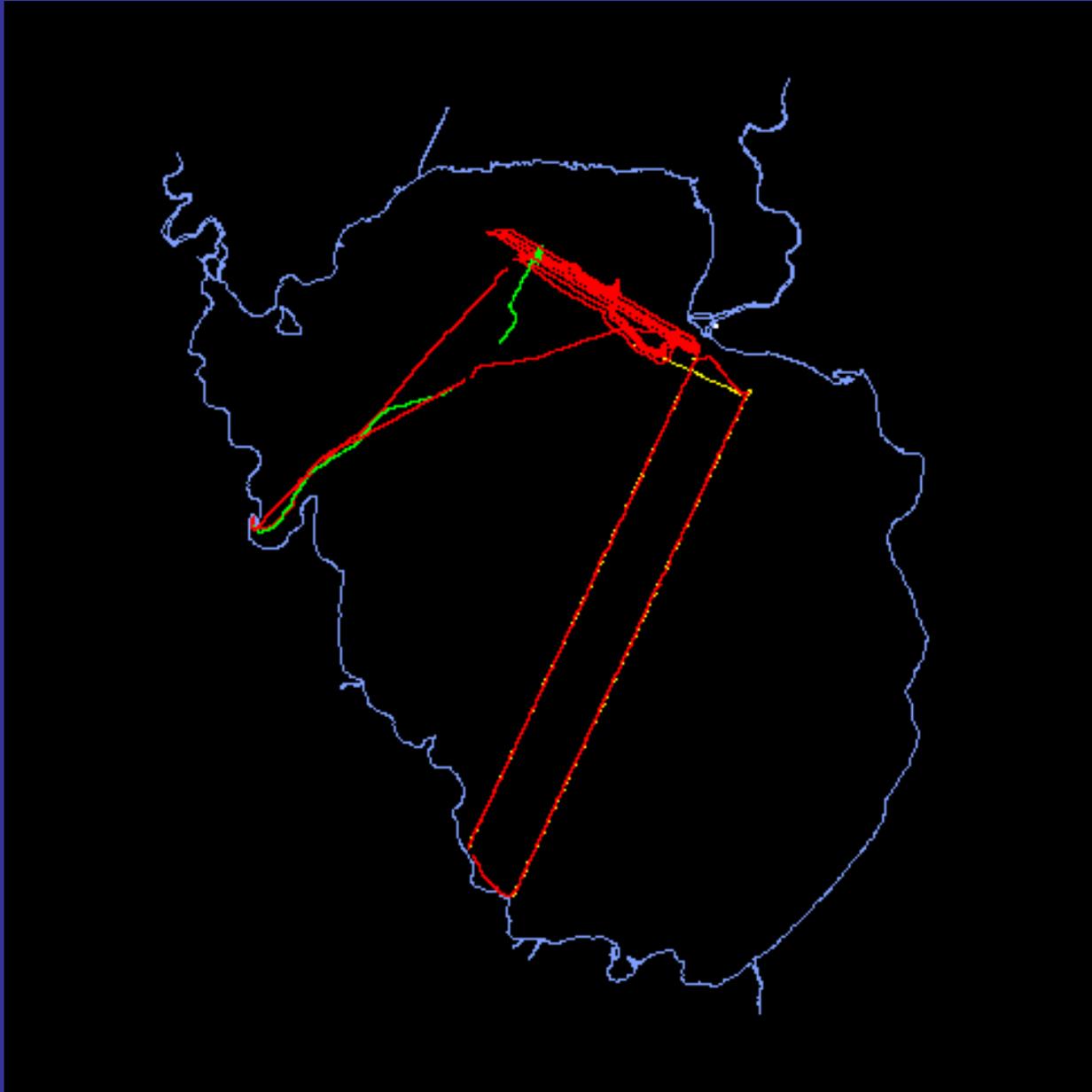
計測状況写真



計測状況写真



計測航跡図



青：猪苗代湖岸線データ

黄：調査測線

緑：5/23計測航跡

赤：5/24計測航跡

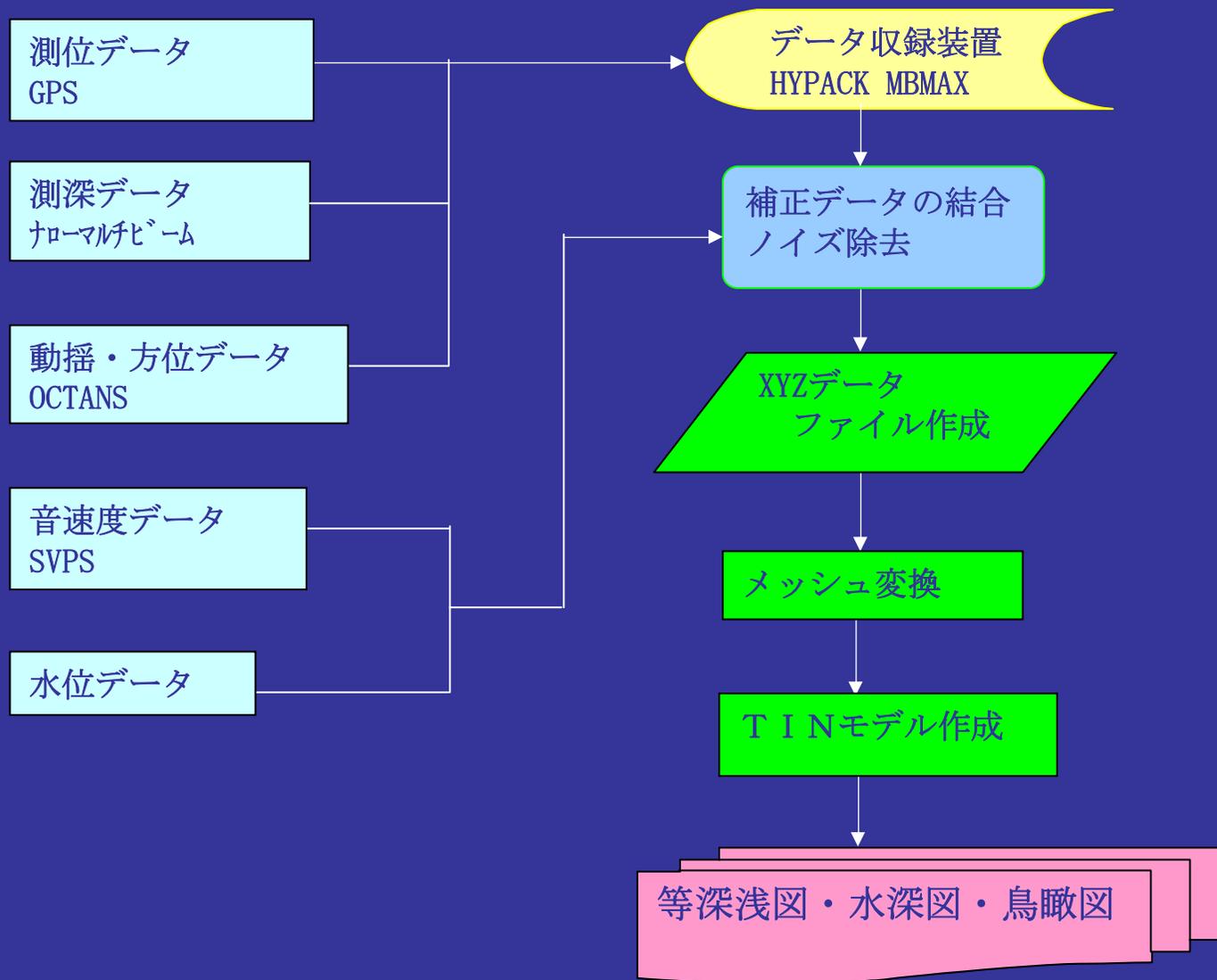
湖面高測定 5/25

一般国道49号の水準点4250から直接水準測量により湖面高を測定した。



5.データ解析

データ解析フロー



ノイズ処理・補正データの結合

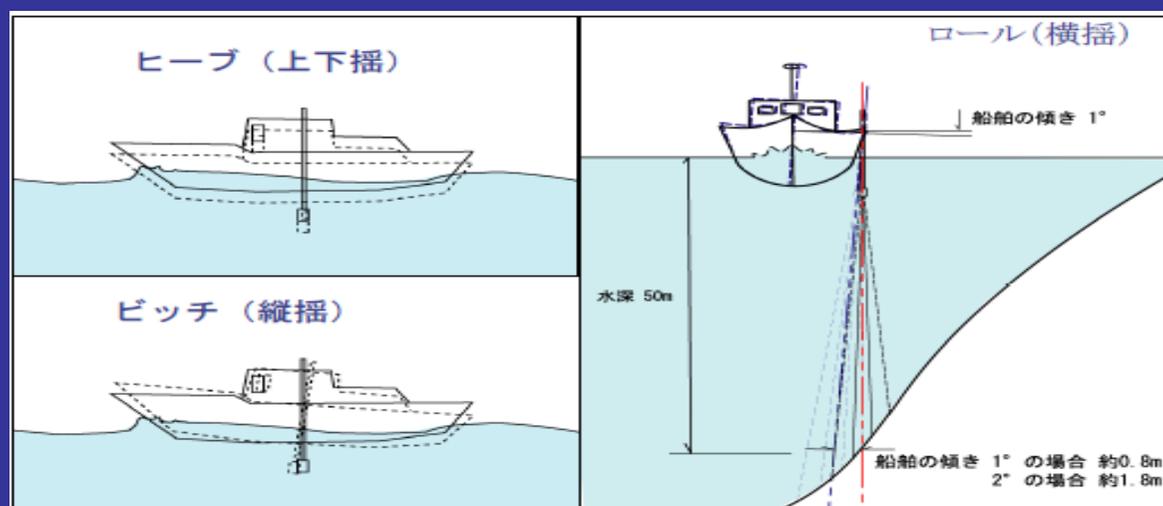
基本補正

取得したマルチビーム測深データ(デジタルのランダムデータ)は以下の補正を施した。

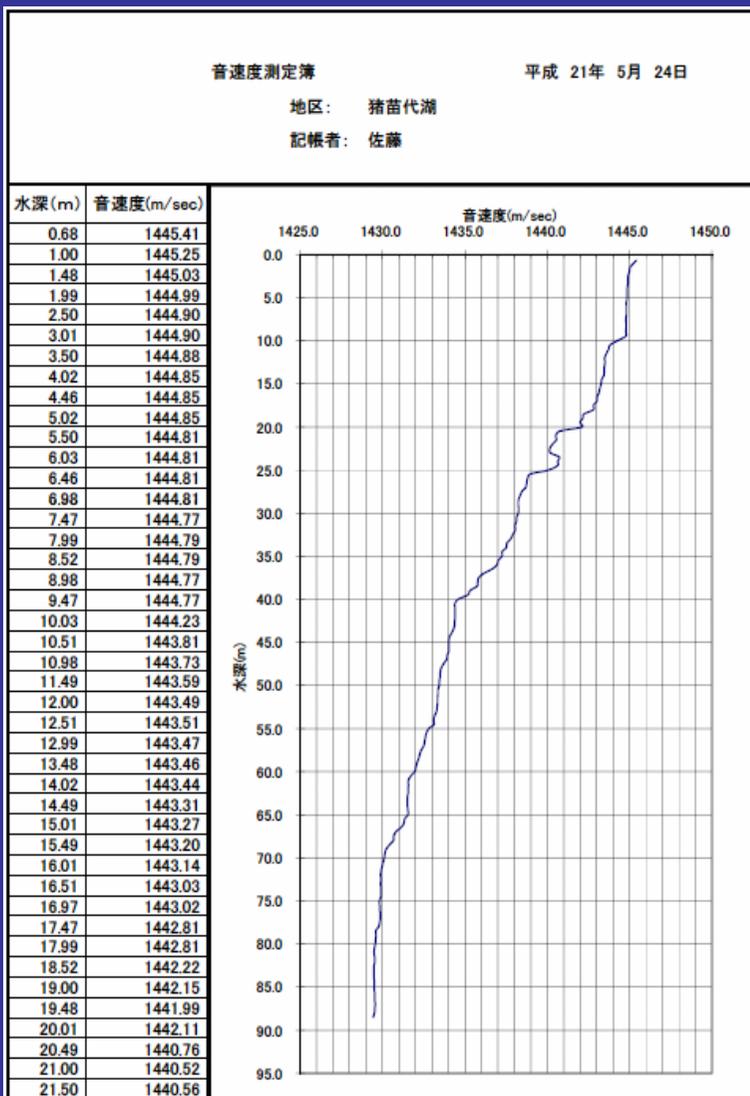
船体動揺補正; 船の航行によるロール、ピッチ、ヒープ

方位補正; 真北からの進行方向のズレ

水中ヘッドの吃水補正; 水中での音波発射位置の補正



音速度補正



水中による音波の伝播速度を補正

するため、SVSPによる水中音速度

鉛直データを取り込み、水中音速度

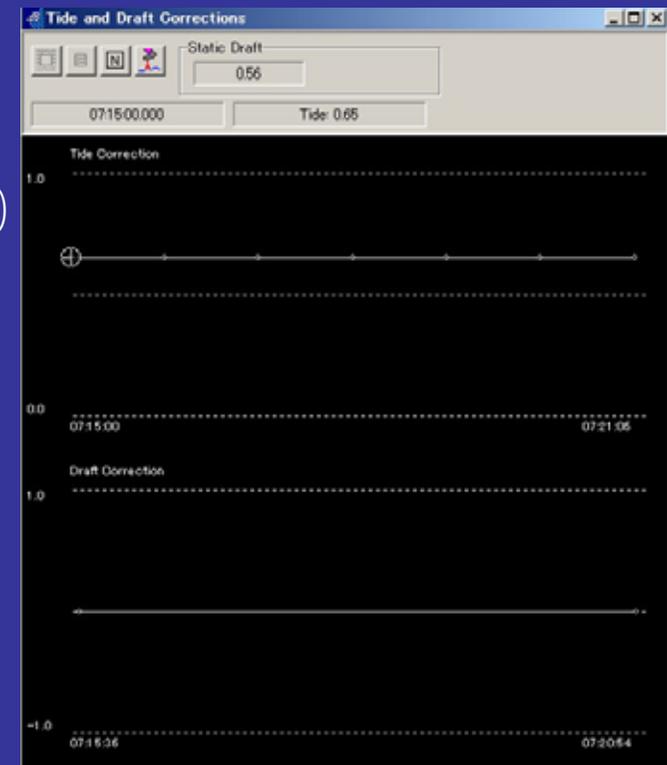
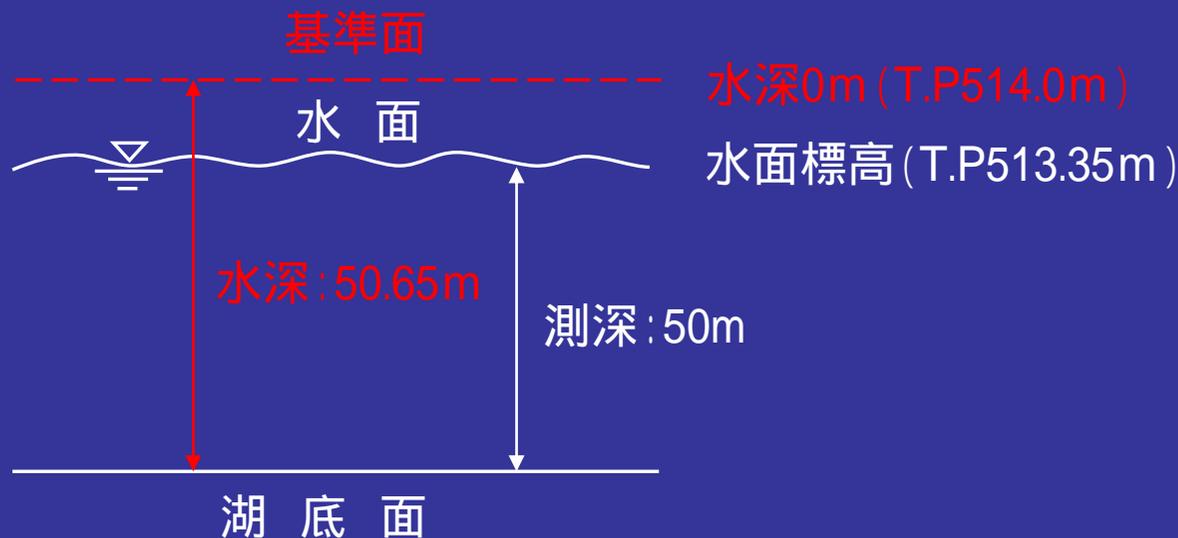
の補正を行った。



基準面補正

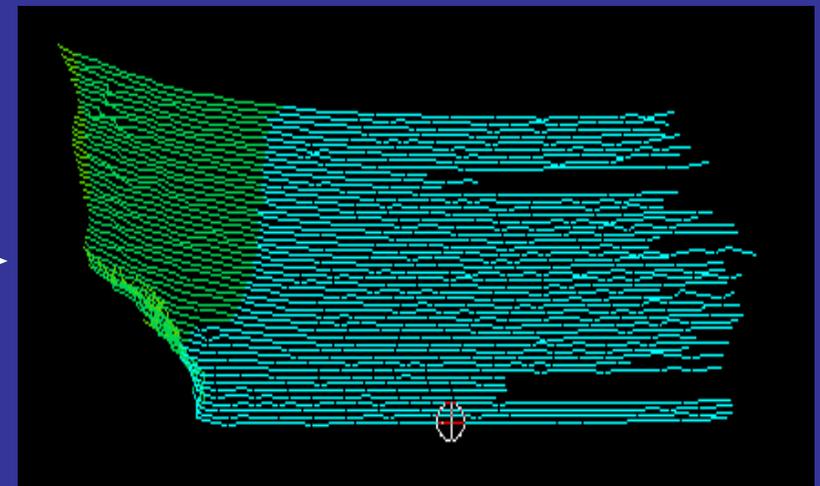
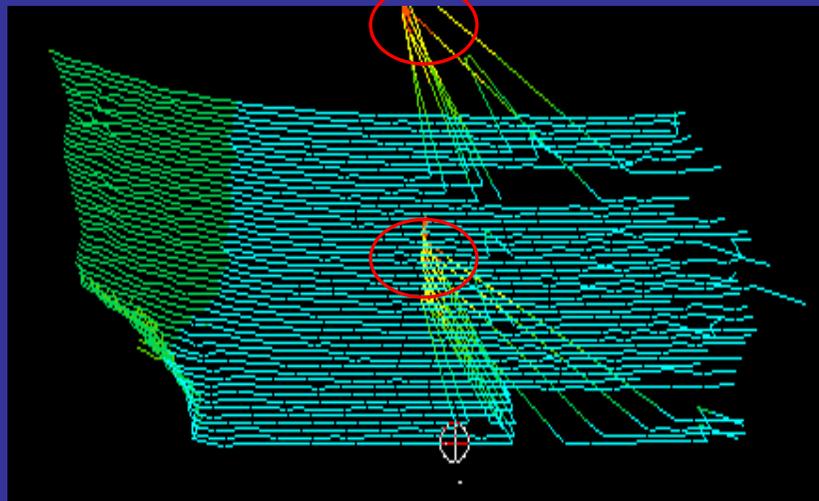
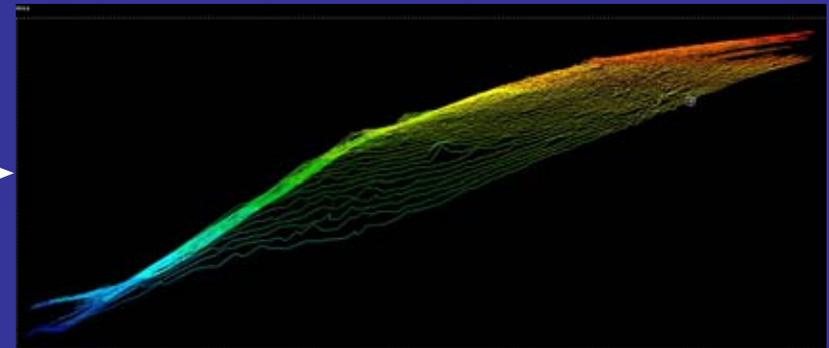
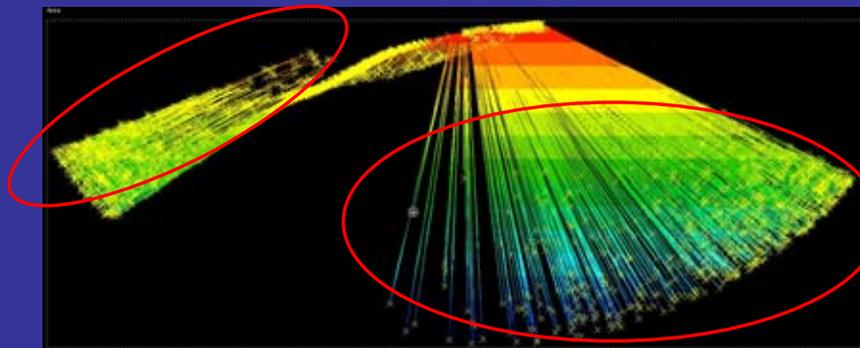
本調査の基準面は、猪苗代湖の湖沼図で使用している測深基準面の
標高T.P514.0mとした。

計測期間中の水位変動については、十六橋観測所のデータから計測
期間中は変動がないことを確認し、水準点から直接水準測量により得
た水面標高T.P513.35mを計測中の水面標高と仮定し使用した。

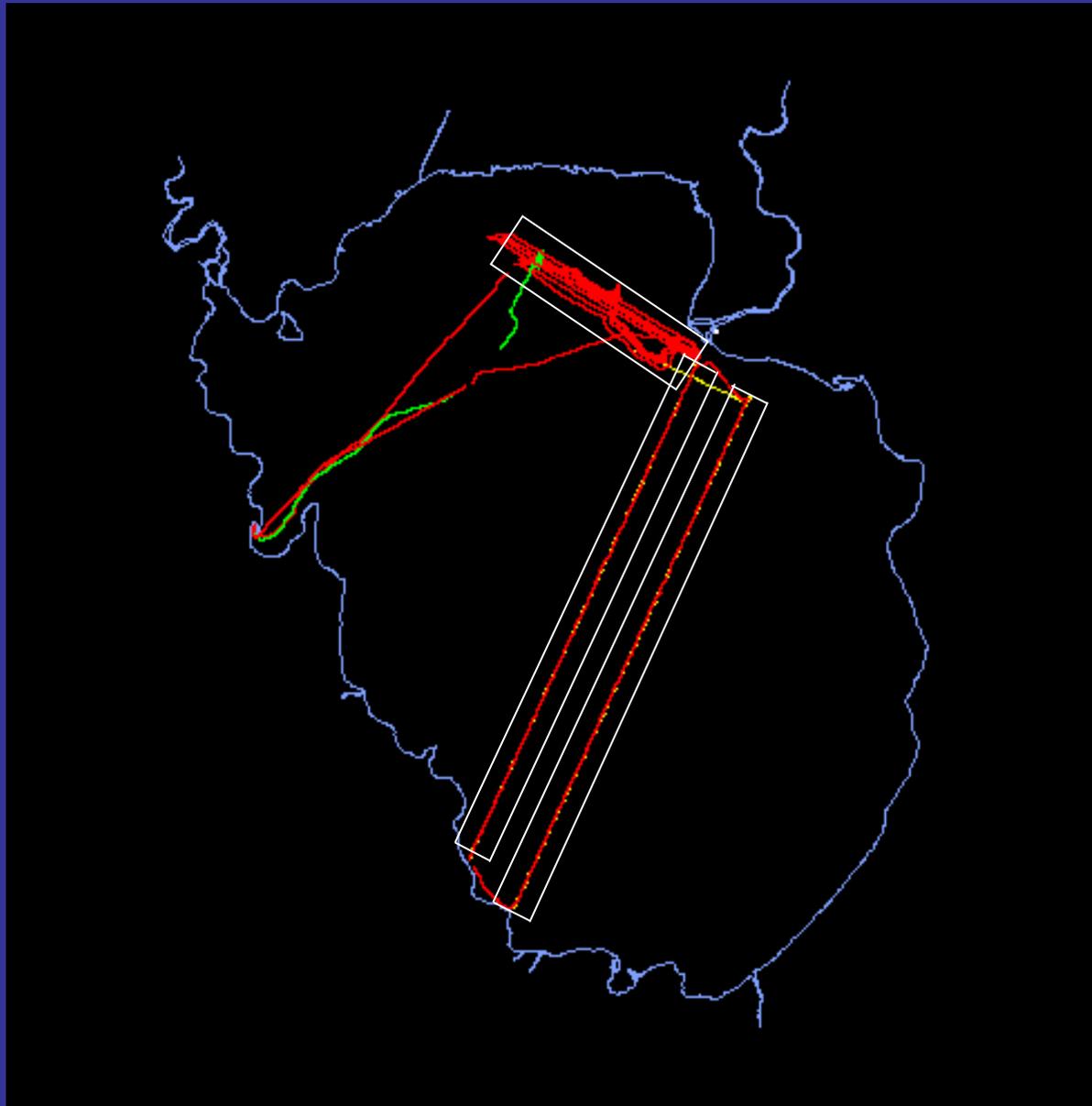


ノイズ処理（一時処理データ）

解析ソフトを使用して、全取得データよりエラーデータ（水中のゴミ、泡、魚群等によるスパイクノイズ等）の除去処理を行い、一時処理データとした。



XYZデータファイル作成



sokusen1_nored.xyz - メモ帳

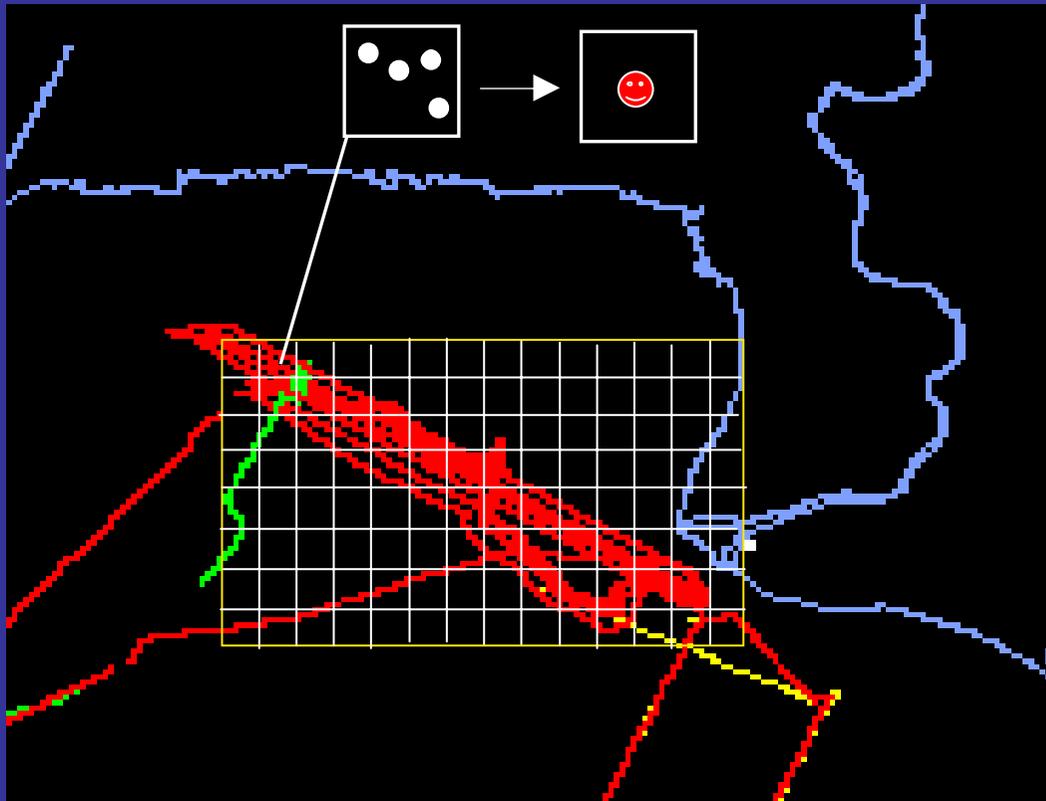
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)

20939.48	159086.95	20.26
20939.35	159087.44	20.42
20939.25	159087.89	20.57
20939.07	159088.40	20.77
20939.03	159088.87	20.91
20939.03	159089.31	21.05
20939.12	159089.73	21.12
20939.08	159090.22	21.32
20939.14	159090.67	21.44
20939.18	159091.13	21.59
20939.28	159091.98	21.76
20939.09	159092.49	21.97
20939.07	159092.95	22.02
20938.97	159093.40	22.13
20938.87	159093.90	22.29
20938.93	159094.27	22.41
20939.10	159094.63	22.49
20939.21	159095.03	22.62
20939.33	159095.37	22.73
20939.49	159095.70	22.80
20940.45	159078.36	17.11
20940.30	159078.69	17.25
20940.19	159079.02	17.40
20940.20	159079.30	17.48
20940.08	159079.64	17.66
20940.43	159079.52	17.73
20940.11	159079.96	17.77
20940.02	159080.27	17.90
20940.39	159080.44	18.05
20939.92	159080.61	18.05
20939.89	159080.92	18.17
20940.43	159080.73	18.12
20939.93	159081.22	18.27
20940.41	159081.37	18.39
20939.93	159081.55	18.40
20939.86	159081.89	18.60
20939.95	159082.19	18.63
20940.38	159082.03	18.66
20939.77	159082.59	18.86

メッシュ変換

- ・XY直行の1mメッシュ
- ・メッシュ内の平均水深をメッシュ中央に配置

測線2 湖棚崖水域

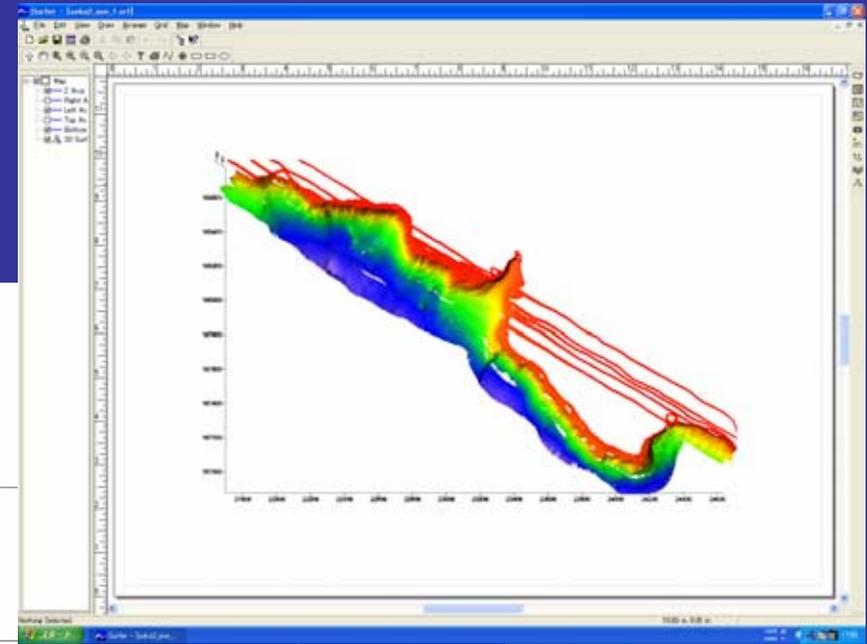
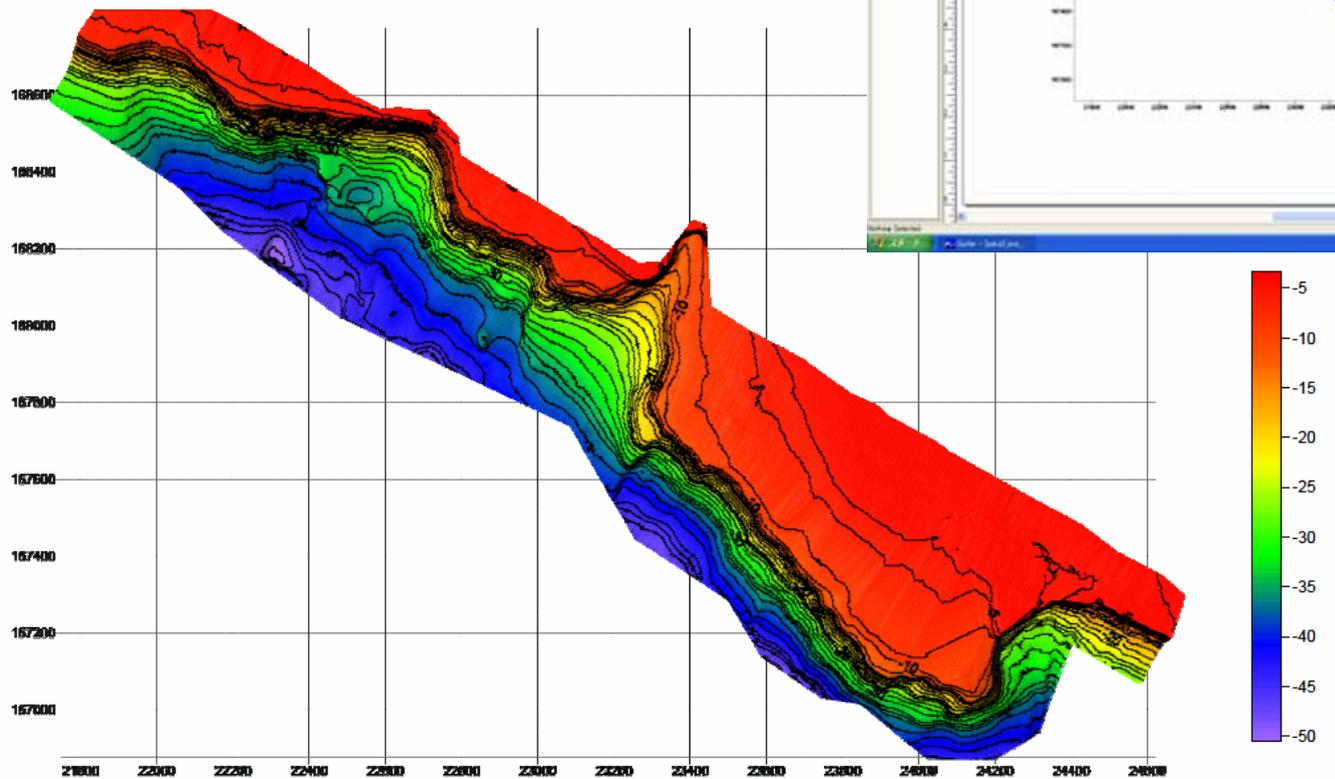


File	Edit	Format	View	Help
21815.00	158669.00	39.59		
21816.00	158669.00	39.62		
21816.00	158670.00	39.66		
21816.00	158672.00	40.08		
21817.00	158668.00	39.52		
21817.00	158669.00	39.71		
21817.00	158670.00	39.96		
21817.00	158671.00	39.94		
21817.00	158672.00	40.07		
21817.00	158673.00	40.22		
21817.00	158674.00	40.41		
21817.00	158675.00	40.58		
21817.00	158676.00	40.95		
21818.00	158667.00	39.40		
21818.00	158668.00	39.64		
21818.00	158669.00	39.72		
21818.00	158670.00	39.88		
21818.00	158671.00	40.08		
21818.00	158672.00	40.18		
21818.00	158673.00	40.38		
21818.00	158674.00	40.49		
21818.00	158675.00	40.60		
21818.00	158676.00	40.95		
21818.00	158677.00	40.88		
21818.00	158679.00	41.25		
21819.00	158667.00	39.44		
21819.00	158668.00	39.74		
21819.00	158669.00	39.78		
21819.00	158670.00	39.94		
21819.00	158671.00	40.14		
21819.00	158672.00	40.27		
21819.00	158673.00	40.41		
21819.00	158674.00	40.56		
21819.00	158675.00	40.69		
21819.00	158676.00	40.85		
21819.00	158678.00	40.84		
21819.00	158680.00	41.28		
21819.00	158681.00	41.60		
21820.00	158667.00	39.48		

TINモデル作成 鳥瞰図

測線2

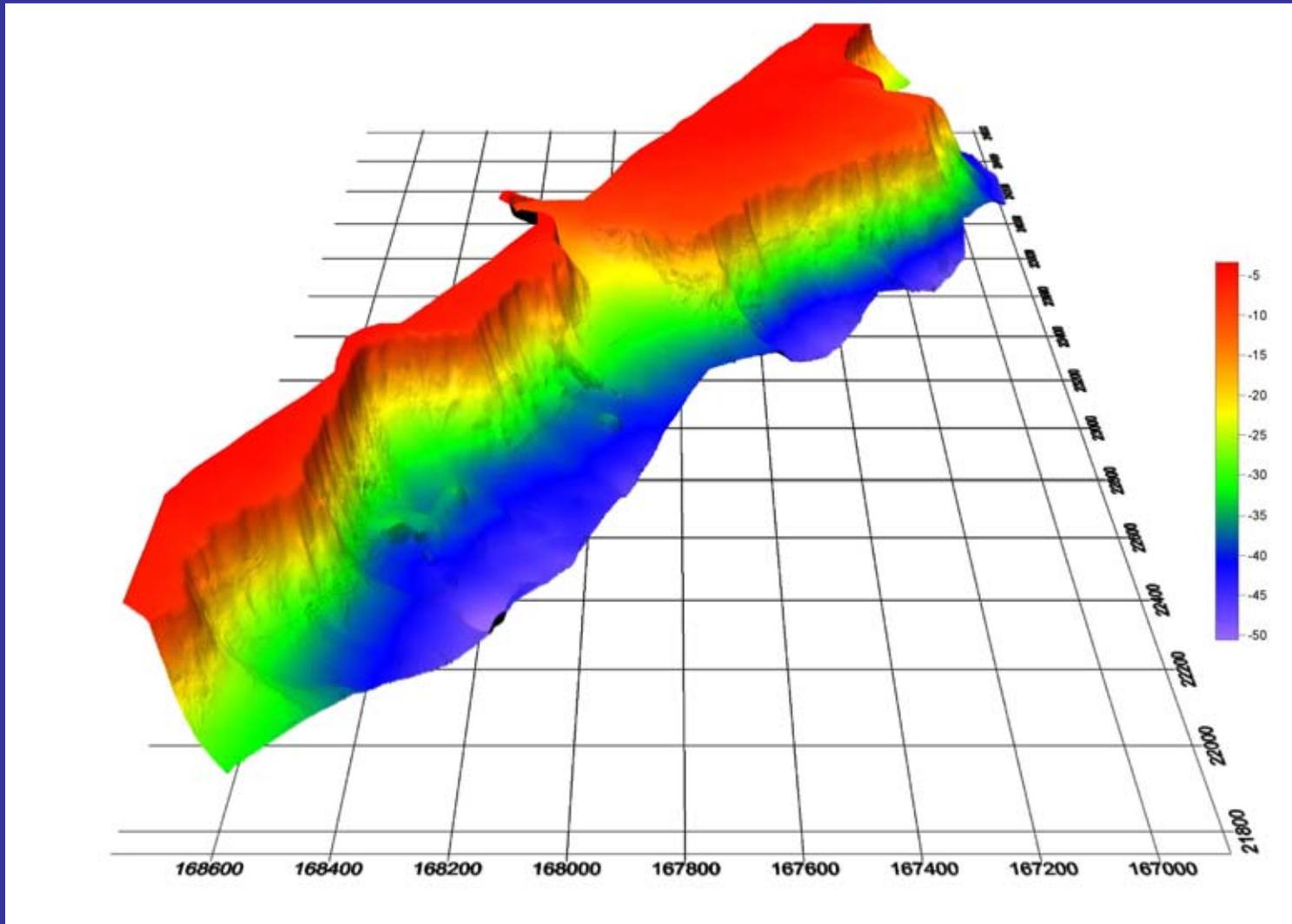
湖棚崖水域（平面）



測線2

湖棚崖水域（西方向）

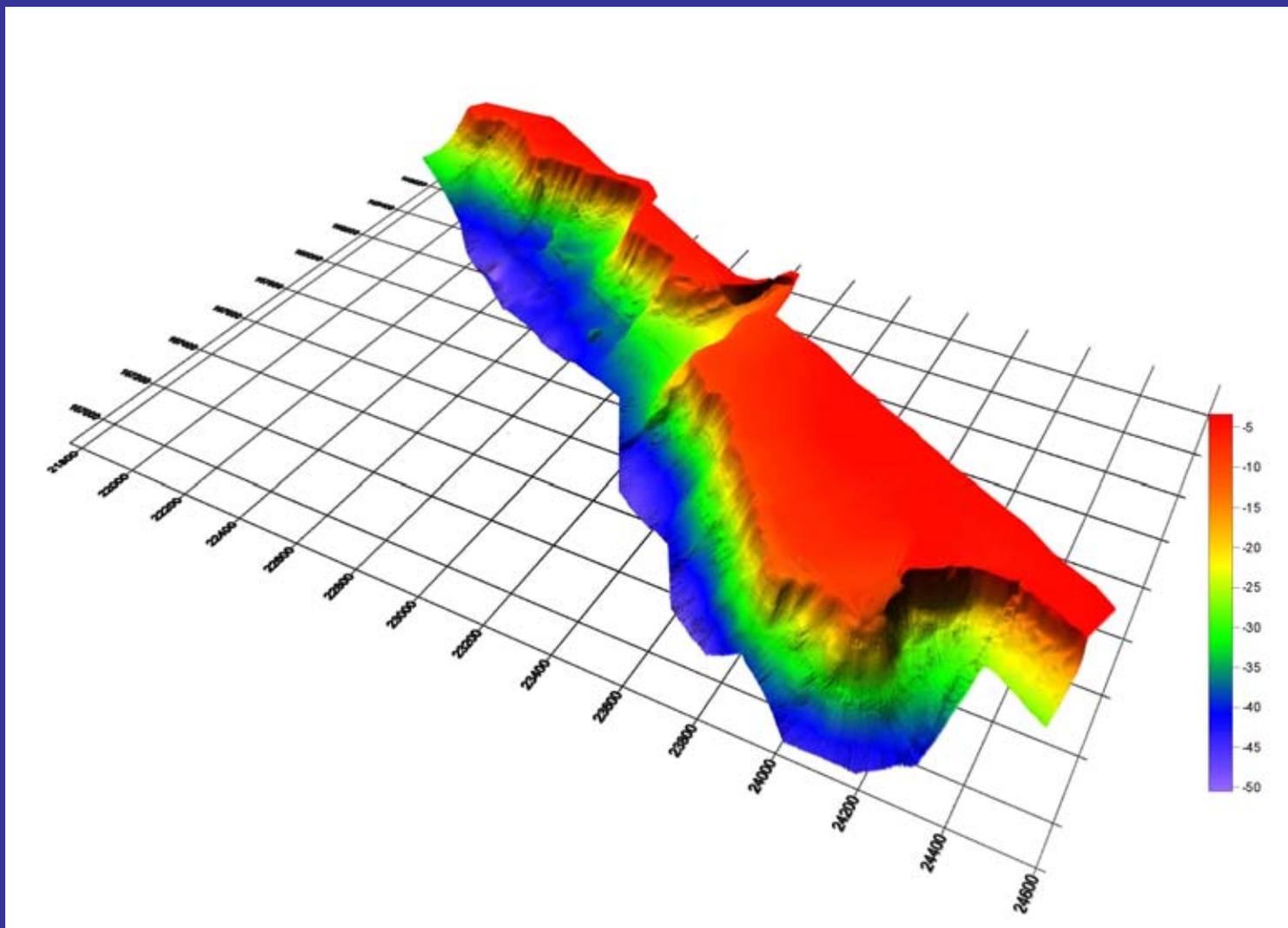
高さ：5倍強調



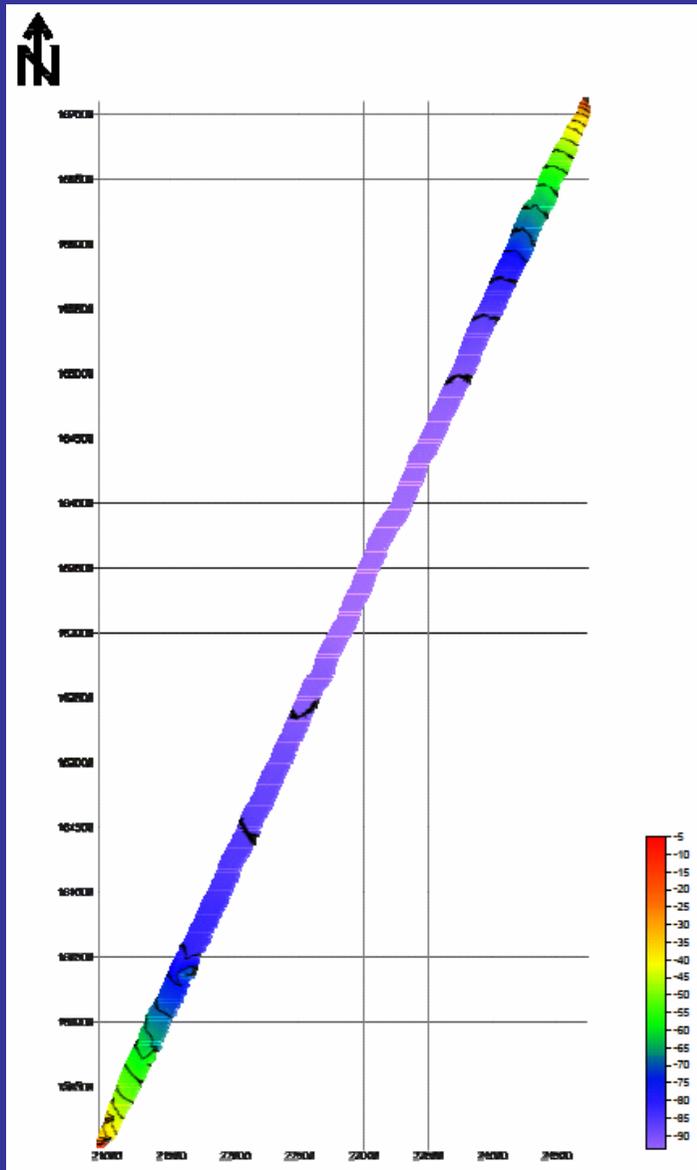
測線2

湖棚崖水域（南東方向）

高さ：5倍強調



測線1



測線3

