

マルチビーム測深システムを用いた地形モデリング

日測技研株式会社 高柳 徹
山森良二
本間卓見

1. はじめに

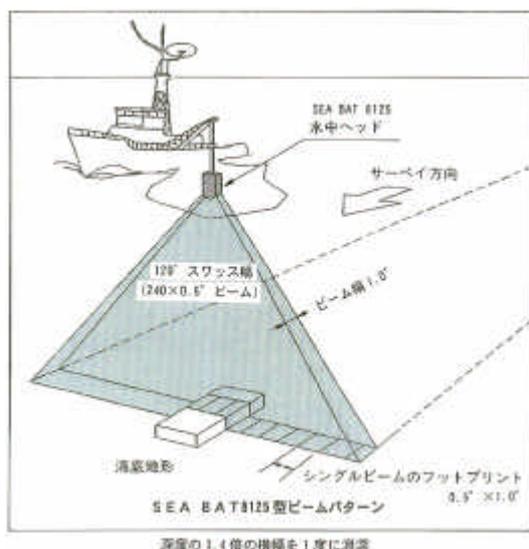
近年、海(湖・川)底地形を計測する手段として、マルチビーム測深機の利用頻度が高まっている。2002.9.30 現在国内で使用されているマルチビーム測深機は Reson 社の Seabat 製品が多く、9001 型が 24 台、8125 型が 6 台である。9001 型は海上保安庁海洋情報部を始め海洋土木等の民間において沿岸海域の調査に利用されているが、防波堤・消波ブロックなど海底地形を詳細に把握するには測深分解能等の性能に優れた 8125 型が適している。8125 型でダム湖の湖底地形モデル作成を実施したので報告する。

2. マルチビーム測深システムとは

Seabat8125 型は、ワイドスワッスフォーキャストマルチビーム測深システムで、送波器は船と直交方向 120 度を一度にカバーし、同時にダイナミックにフォーキャッシングする 240 本のビームで形成されている。この測深ビームは水深分解能 6mm の測深データを最速で 1 秒間に 15 回出力する。マルチビーム測深機、ビームパターンを下記に示す。



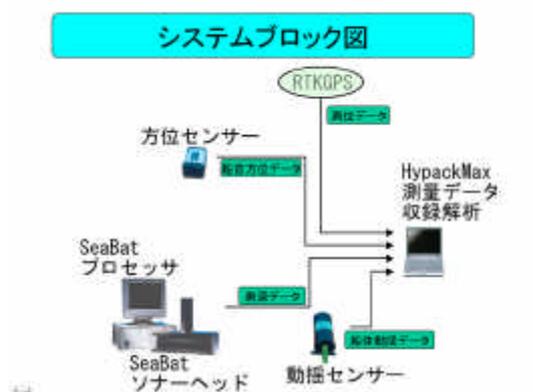
マルチビーム測深機



ビームパターン

測定方式は、船と直交方向に幅広く厚みの薄い扇状の送波ビームを発信し、送信ビームとオーバーラップして、船の前後方向にピッチ分の角度を保証する幅の受信ビームで形成する。送受信ビームの交点を計測することにより、多点にわたるナロービーム測深を行う。

測深システムの構成としては、測深ソナー・動揺センサー・方位センサー及び測位システムで構成する。測深ソナーは伝搬時間を計測する。動揺センサーは観測船の揺れに伴う測深ソナーの観測船の傾き(ロール・ピッチ・ヒーブ)を計測する。方位センサーは観測船の蛇行による船首方向角を計測する。測位システムは RTK-GPS により位置情報を計測する。この他に水中の音波伝搬速度を測定し水深の音速度及び屈折を補正するための水中音速計を使用する。これらのデータを測量収録装置 Hypack システムに接続します。



3. フィールドにおけるシステム設置・データ取得について

- 準備作業...観測計画・岸線(水崖線)・距離杭位置(座標)測線を入力し、観測時の航跡・RTK-GPS 基準局の設置計画・機材等の準備をする。
- 機装...GPS・ソナーヘッド・動揺センサー・方位センサー・データ収録装置(PC)等の計測機器を測量船に装着する。
- RTK-GPS 基準局設置...RTK-GPS を基準局に設置し衛星信号の受信状態と移動局との通信手段である無線等を利用するため見通し状態を確認する。
- キャリブレーション...RTK-GPS の確認と、動揺センサー・方位センサーのキャリブレーションを行う。また、パッチテストによりソナーヘッドの取付状況(船体に対するヘッドの傾き)を検出する。
- 水中音速度計測...水中音速時計を使用して、深度別の水中音速度を計測し補正データとして入力する。
- データ観測...2~3 ノットで航跡計画にのっとり測量船を進行させながら観測を行う。観測中の地形と計測範囲はリアルタイムでモニタリングを行い、欠測箇所が無いように観測を行う。
- RTK-GPS 基準局を撤収する。
- 機装解除する。

4. データ解析

ソナー・動揺センサー・方位センサー・RTK-GPS から取得されたデータを水位・水中音速度等のデータを交えて解析し、測深データ(X,Y,Z)を算出する。個々の測深データについて一定の条件下でのチェック(上下限チェックや周辺データとの著しい相違)を行い不良データを削除する。測深データから 1m グリッドの(X,Y,Z)データを生成する。

5. 取得データの活用事例

1m グリッドデータから Tin モデル(三角形地形モデル)を作成する。Tin モデルから等深線図(現地形)を作成し、旧地形図との重ね図も作成。他に鳥瞰図・横断図等の作成、容量の算出等ができる。

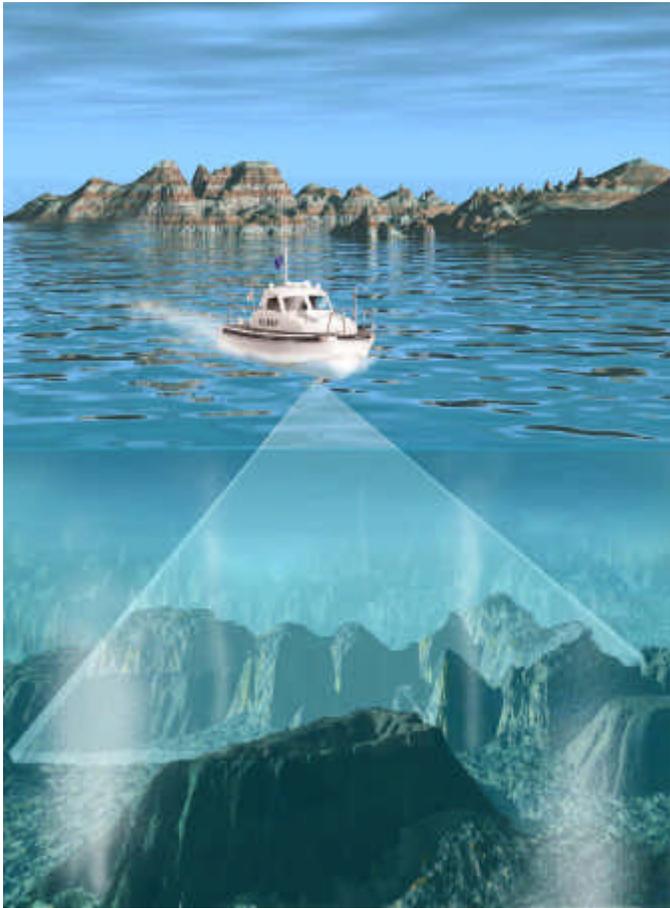


三次元モデル

6. まとめ

マルチビーム測深システムは、海(湖・川)底地形を面的に測量する機器で、デジタル水深データを計算処理することで空中写真のような精密な海底の起伏地形を測ることができる。今後は観測箇所に適合した最適なパラメーター設置と走航・測位データの編集・自動追尾 TS の利用等の検証と、陸上部は空中写真より図化された地形図(現地形)との融合を進めたい。

マルチビーム測深システムを用いた 地形モデリング



日測技研株式会社

測量事業部 測量業務課 高柳徹

マルチビーム音響測深機

- 左右に複数の音響ビームを送受信
- 海底・湖底地形を面的に測量
- デジタル水深データを電算処理
- 空中写真のように精密な海底・湖底の起伏地形を測ることができる
- 取得データの利活用
 - 地形モデリング・縦横断面作成・土量計算・etc



シングルビーム_{vs}マルチビーム

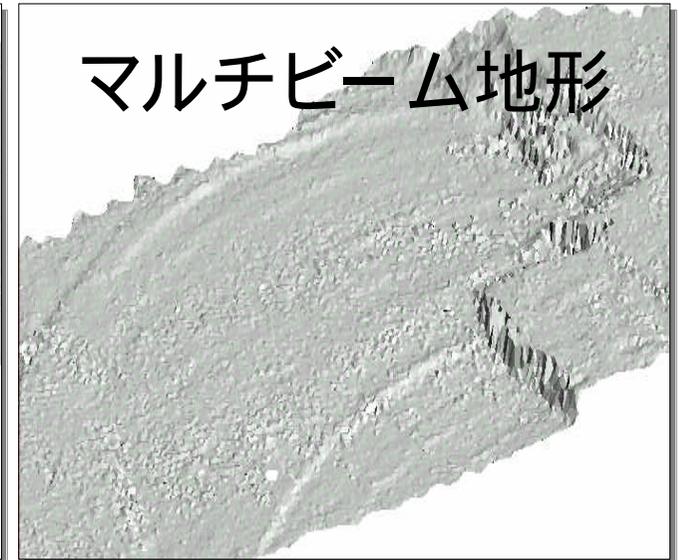
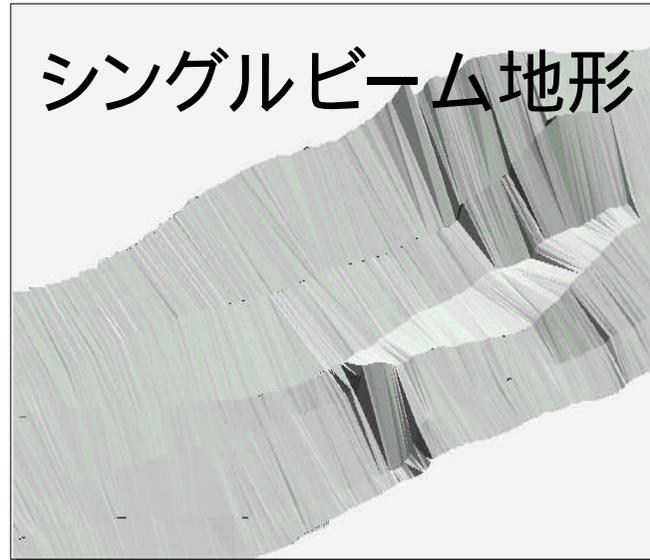
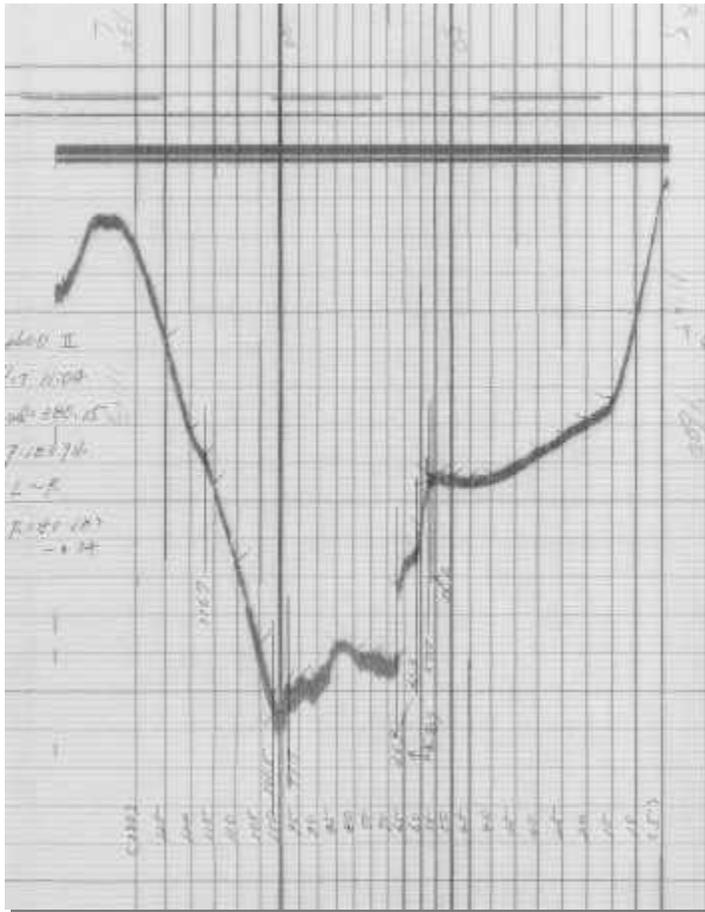
- シングルビーム・・・線的測量



- マルチビーム・・・面的測量



シングルビーム記録紙と地形モデル



左側の画像はシングルビーム記録紙です。場所は違いますがサンプルとして載せております。測深データの違いの比較として、右側の2枚の地形モデルはある地域のシングルビーム地形とマルチビーム地形なのですが、地形モデルで見ても判るようにデータ量の違いがはっきりと判ると思います



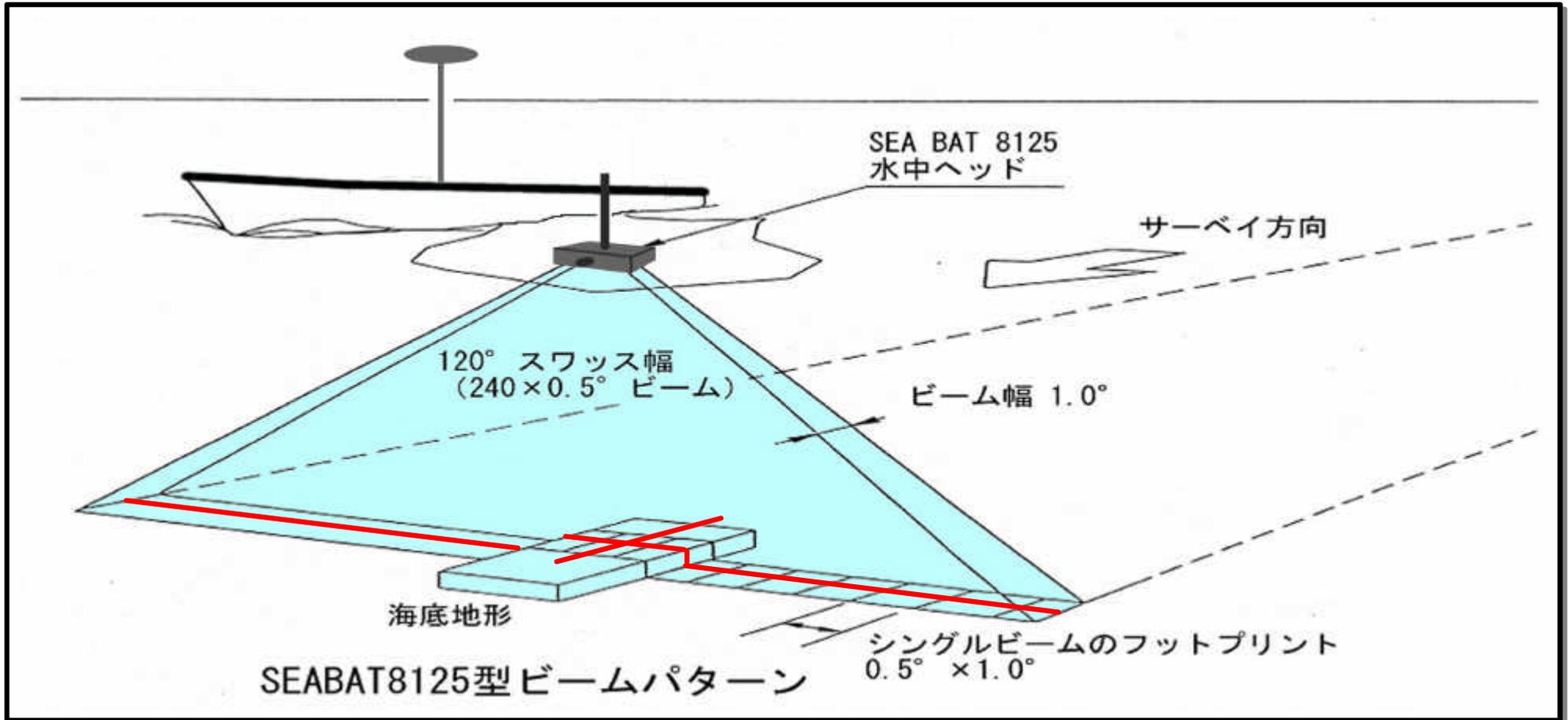
機器の説明



国内で使用されているマルチビーム測深システムは、レゾン社製のシーバット製品が多いようです。今回使用したのは、レゾン社製のシーバット8125型音響測深機で、ソナーヘッド・プロセッサ・ディスプレイからなり、ソナーヘッドの円い筒の所から送信し、下の四角い部分で受信します。



SeaBatによる測深イメージ



測深イメージとしては、スワッス幅120度で1度の厚みを持っています。1本のビーム幅が0.5度となっており240本のビームによって形成されています。

ビームパターンですが、船と直角方向に幅が広く、厚みの薄い扇状の送波ビームを発信し、送波ビームとオーバーラップして船の前後方向にピッチ分の角度を保证する幅の受波ビームを形成しています。送受信ビームの交点を計測することにより、多点にわたる測深を行うことができます。

水深分解能...出力分解能 6mm

精度... IHOクラス1(国際水路機構)に準拠

全幅測深が可能な最大深度は約70m



浅海用SeaBatにおける測深幅

8125型

全幅測深が可能な最大深度は約70m。

最大測深は約200m

マルチビーム機種

8125

8124

8101

70

100

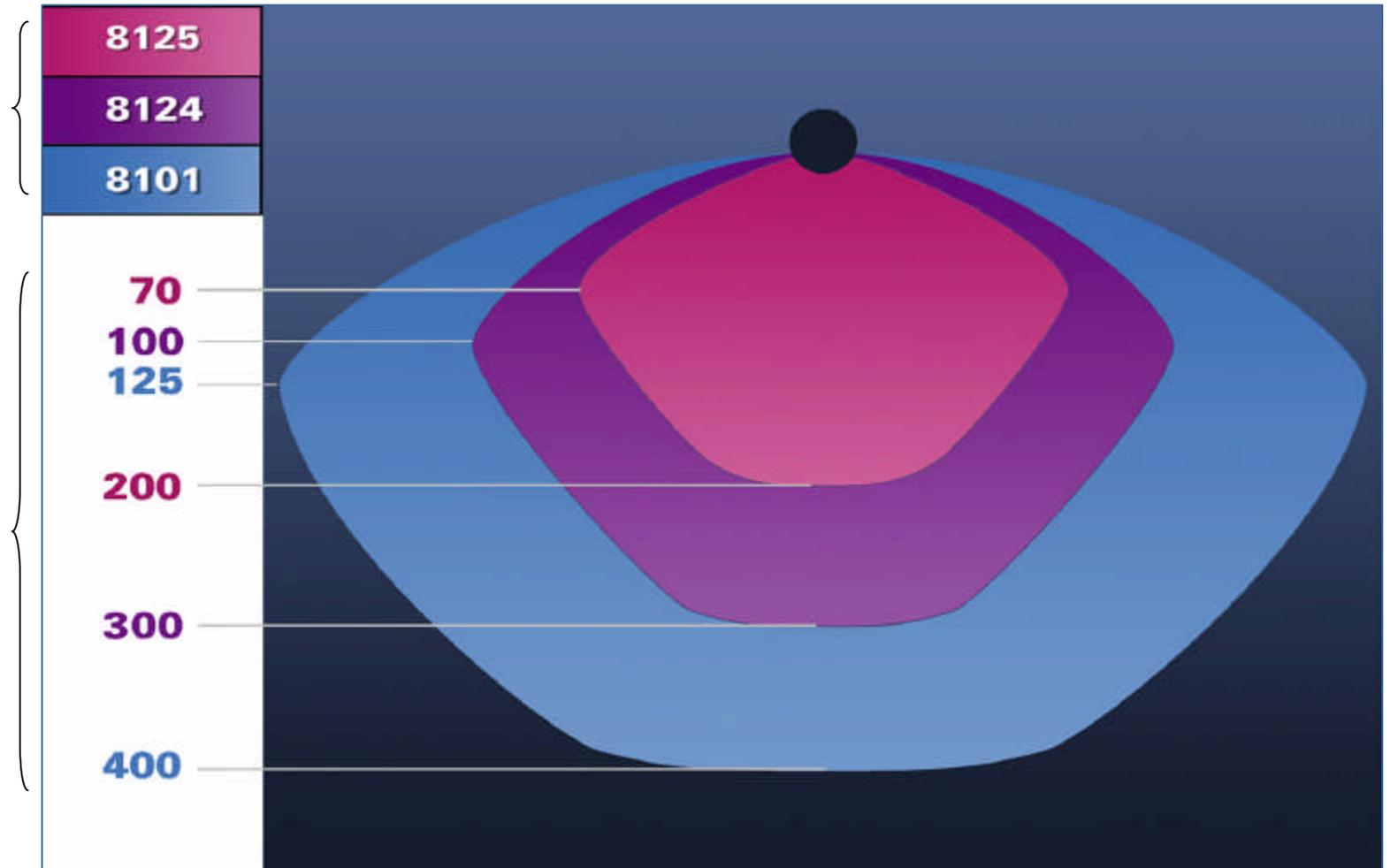
125

200

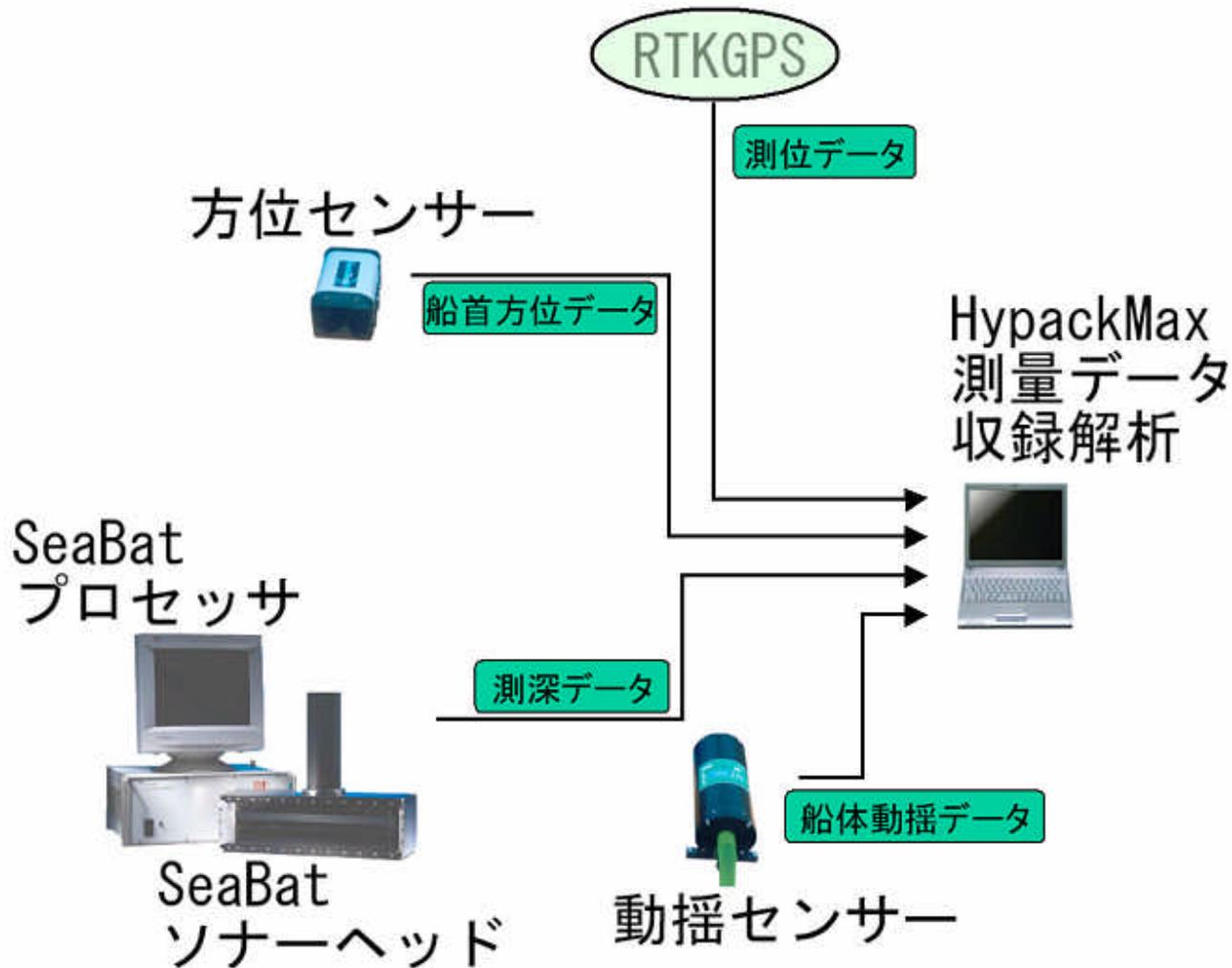
300

400

単位 m



システムブロック図



測深システムの構成としては、SeaBatのプロセッサとソナーヘッドは測深ソナー伝搬時間を計測します。動揺センサーは観測船の揺れに伴うソナーヘッドの傾き(ロール・ピッチ・ヒープ)を計測する。方位センサーは観測船の蛇行による船首方向角を計測する。測位システムはRTK-GPSによる位置情報を計測する。この他に、水深の音速度及び屈折を補正するためのデータを計測するために、音波伝搬速度を計測する水中音速度計を使用する。これらのデータを測深収録装置Hypackシステムで一括収録管理して水深情報(X,Y,Z)を得るシステムである。



フィールドにおけるシステム設置

SeaBatソナーヘッド



方位センサー 動揺センサー



準備作業...観測計画、RTK-GPSの設置計画等

観測計画...岸線・横断測線位置・観測時の走航線を計画し入力する。

設置計画等...RTK-GPS基準局の設置計画と機材準備をする。

艀装...観測船に各機器を装着する。(観測船は長さ8m、幅2mの大きさが必要です。)



艀装状況写真



RTK-GPSを基準局に設置し、衛星信号の受信状態を確認しておく。観測船ではキャリブレーションと水中音速度計測を行う。キャリブレーションと水中音速度計測によって得られたデータが観測データの補正值に使われます。

キャリブレーション(規格や基準に整合するように調整すること)

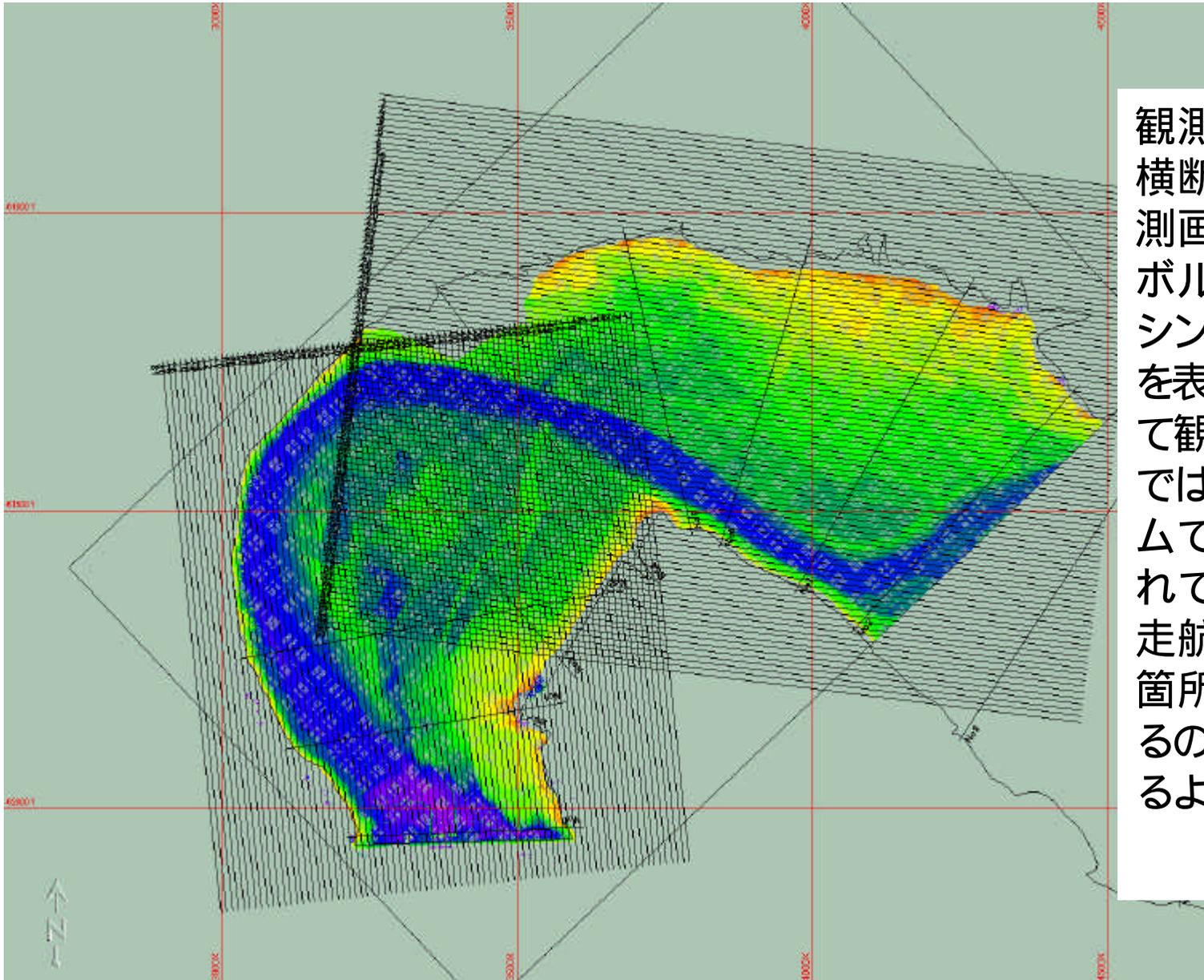
動揺センサー...船を停船させて約5分程度行います。

方位センサー...円を描くように1周2分以上かけて必ず360度2周します。この結果を確認して方位精度が1度未満、磁気環境が良好(GOOD)のときのみ使用可能になります。

パッチテスト...ソナーヘッドの取付状態を検出します。



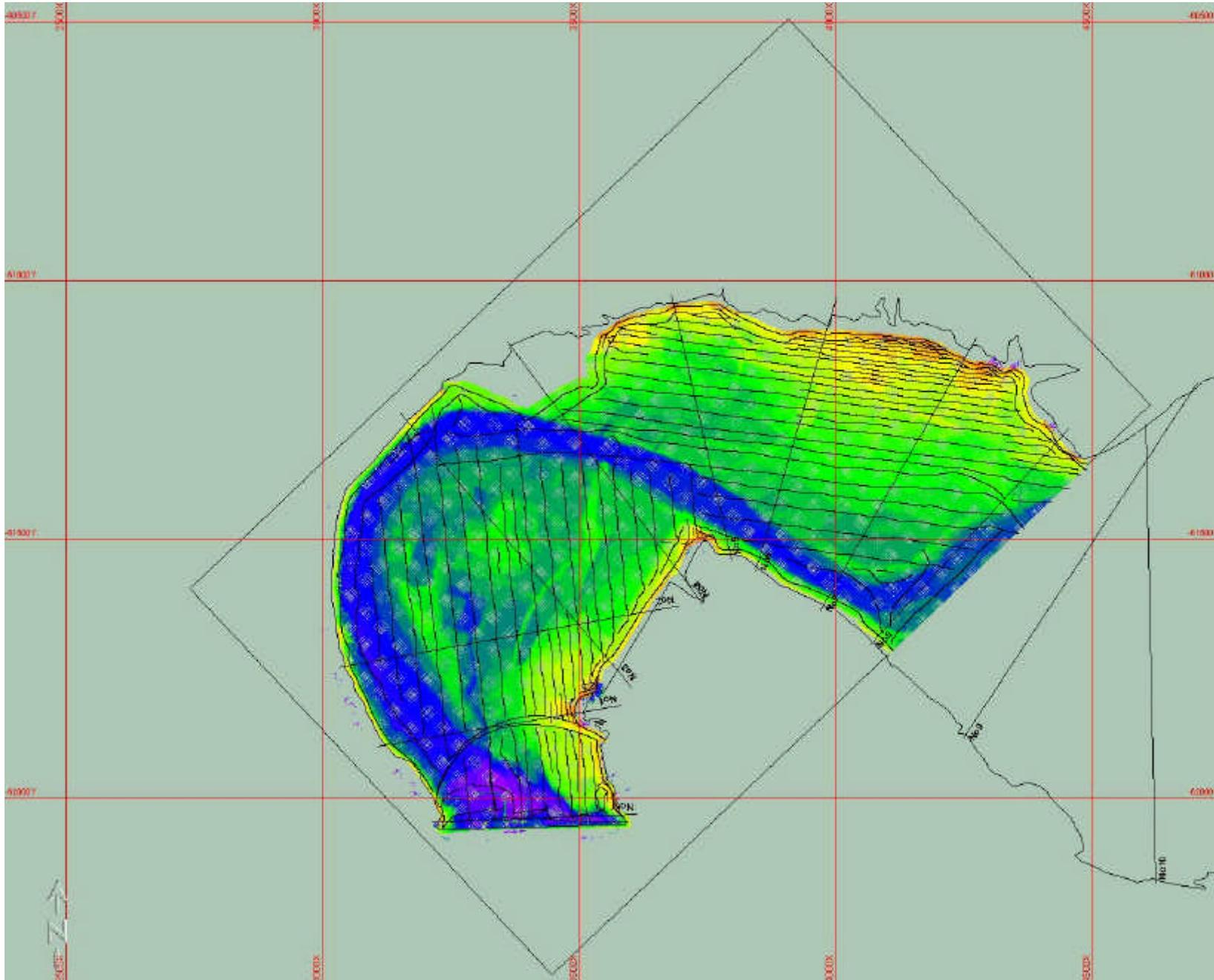
計画線と実作業



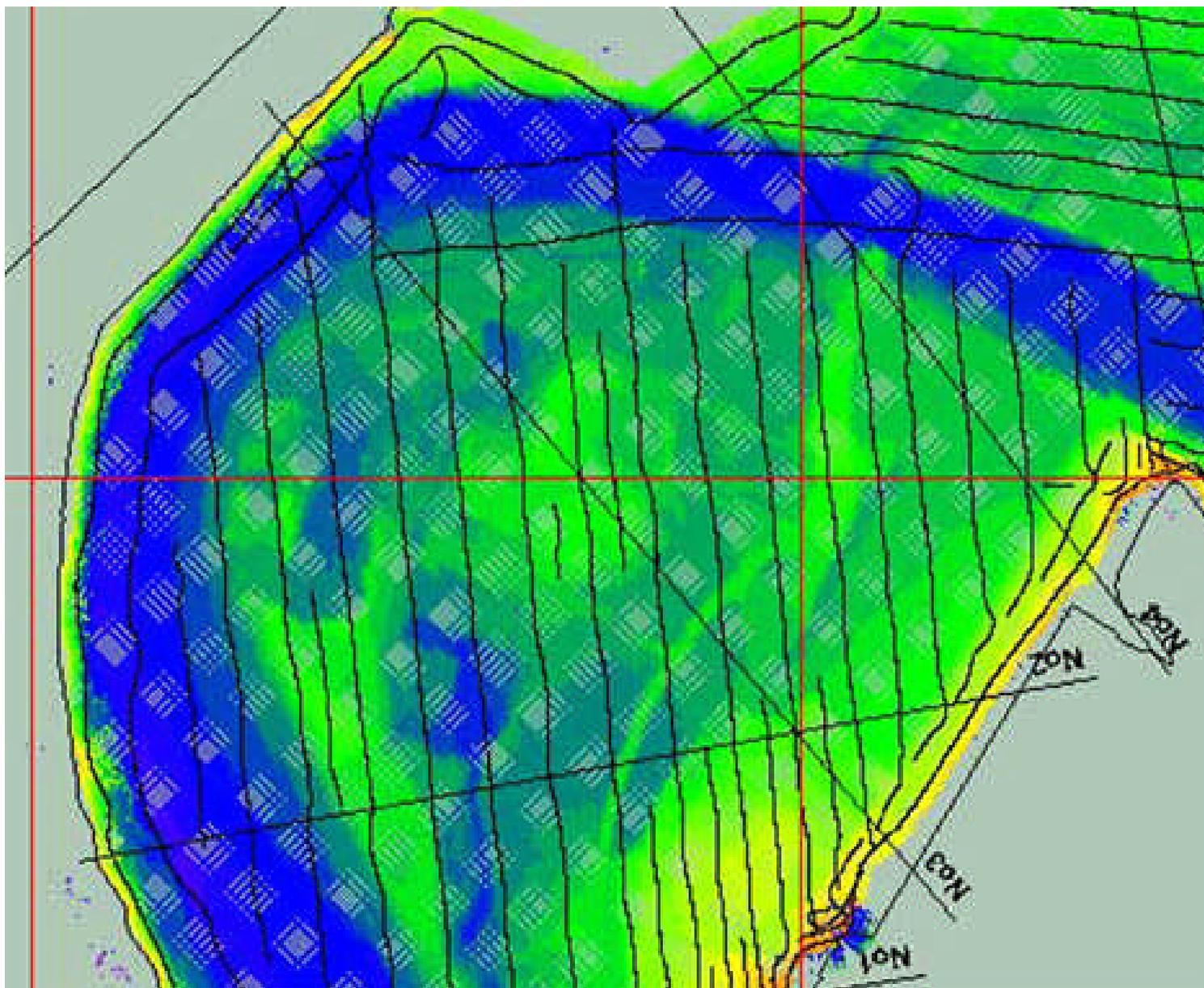
観測計画で入力した岸線・横断測線・走航線です。観測画面に船の形をしたシンボルが表示されます。このシンボルが測量船の位置を表し走航線にしたがって観測を始めます。画面上では観測範囲をリアルタイムで水深によって色分けされてモニタリングされます。走航線間に着色されない箇所は欠測箇所と判断できるので、欠測箇所が無くなるように観測を行います。



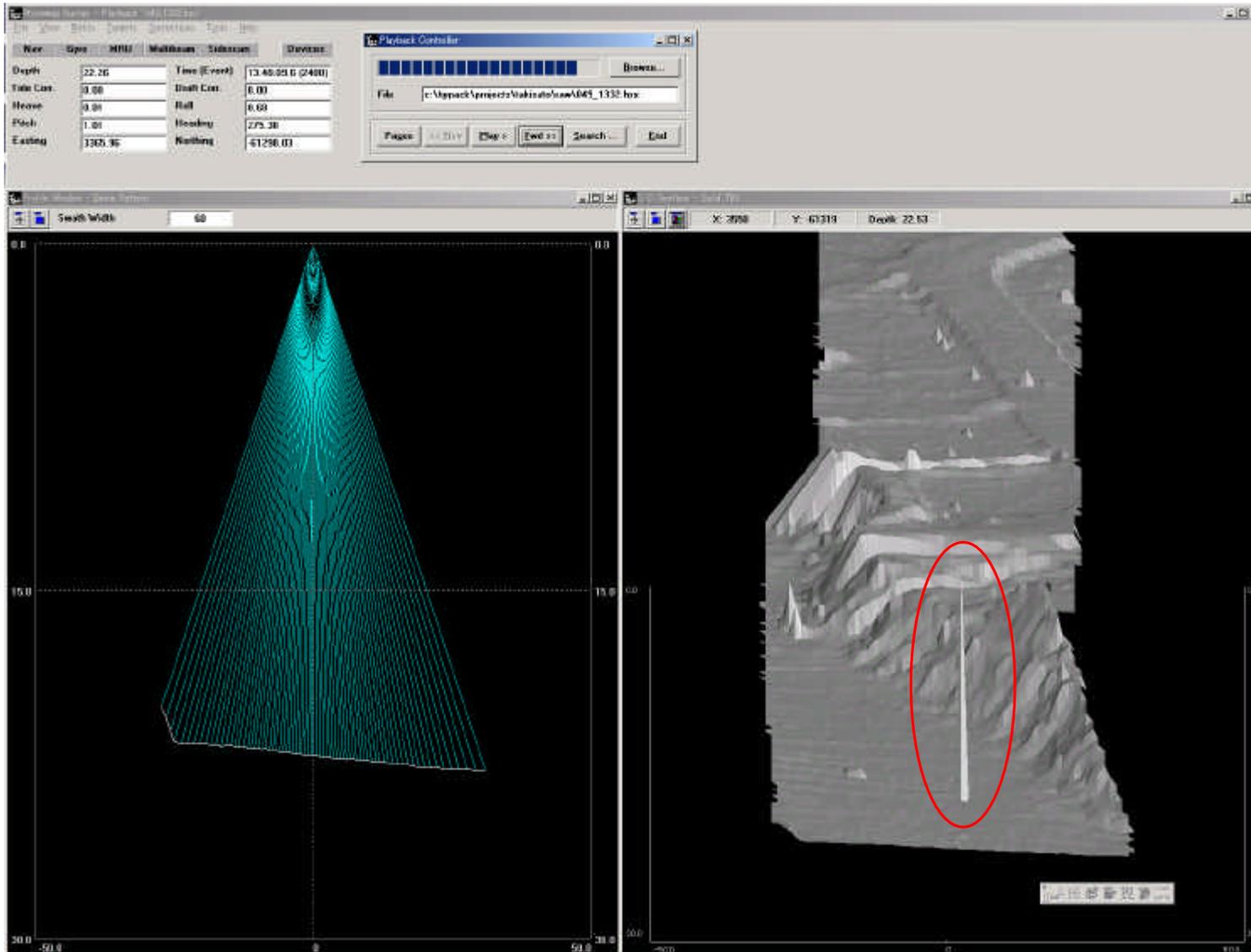
実作業の航跡



実作業の航跡



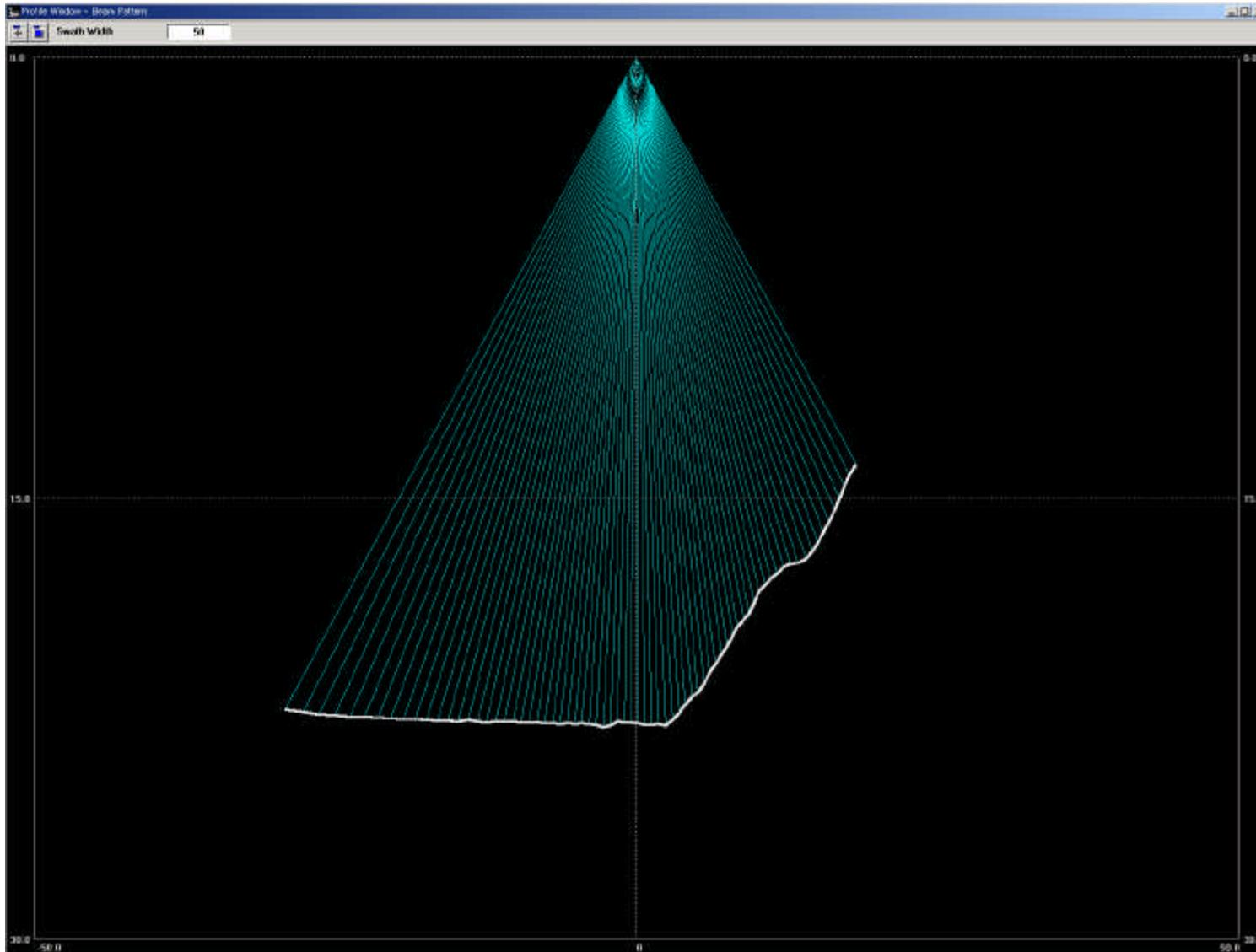
プロファイルデータ再生



観測終了後、走航線の断面形状(プロファイルウィンドウ)とソリッドティンモデルで地形状況を確認することができます。赤丸の部分が不良データ(雑音)になります。(水中に浮いている木・葉・魚等や、乱反射等によってできてしまいます)



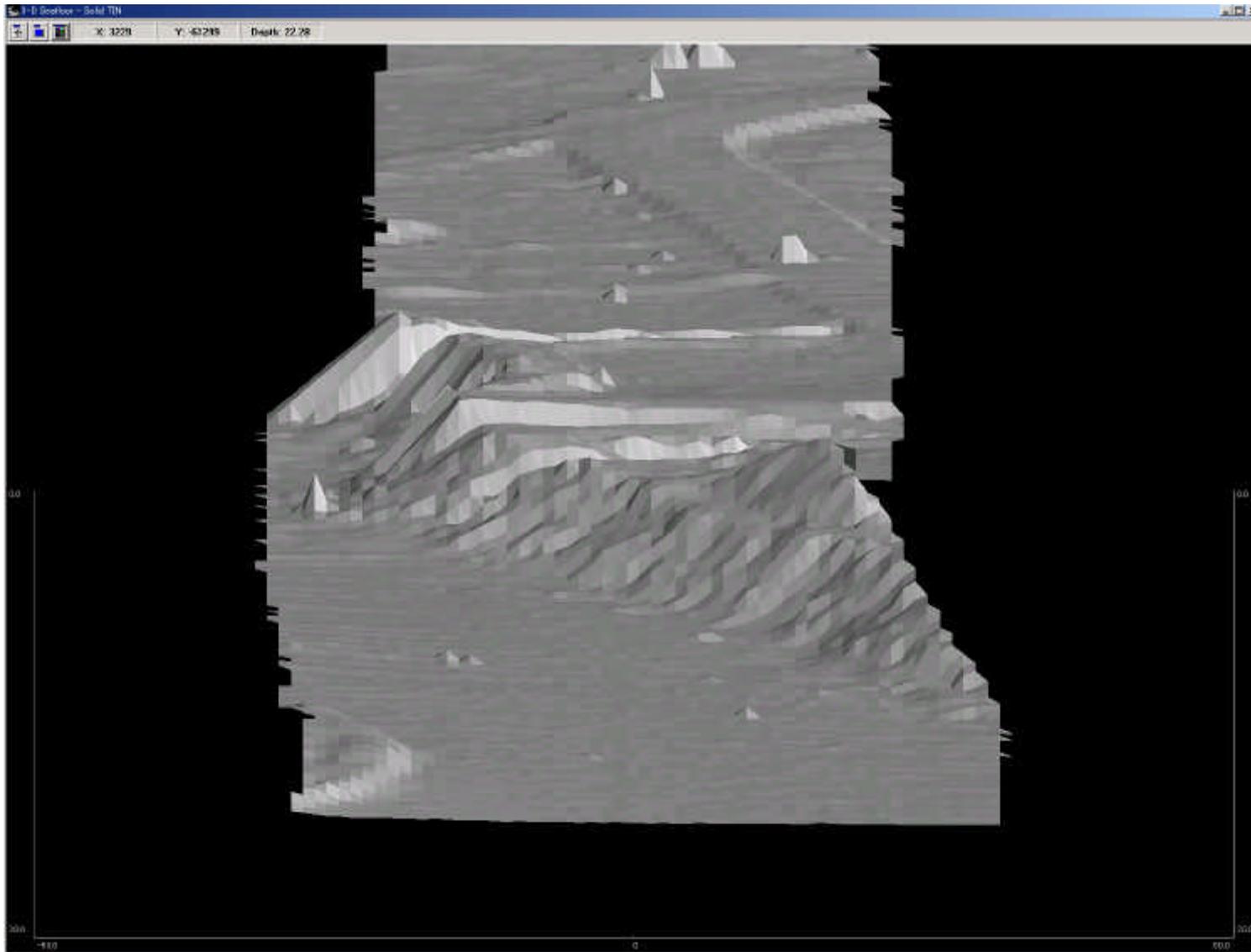
湖底のリアルタイム表示



断面形状を確認できます。



リアルタイムなTIN発生表示



地形状況を確認する。



DM2500LEVELとの重ね合わせ



データ解析について、ソナー等の機器から取得されたデータを水位・水中音速度等のデータやパッチテストの結果を交えて測深データ(X,Y,Z)を算出します。個々の測深データについて一定の条件下でのチェックを行い不良データを削除します。このデータから1mグリッドのデータを作成します。

取得データの活用事例として、1mグリッドデータから3角形の地形モデルを作成し等深線図を作成します。

当社でダムに水を貯める前に作成した貯水池平面図と今回の等深線図を重ね合わせた地形図です。



SeaBat生データによる 不等辺3角形の地形モデル(TIN)



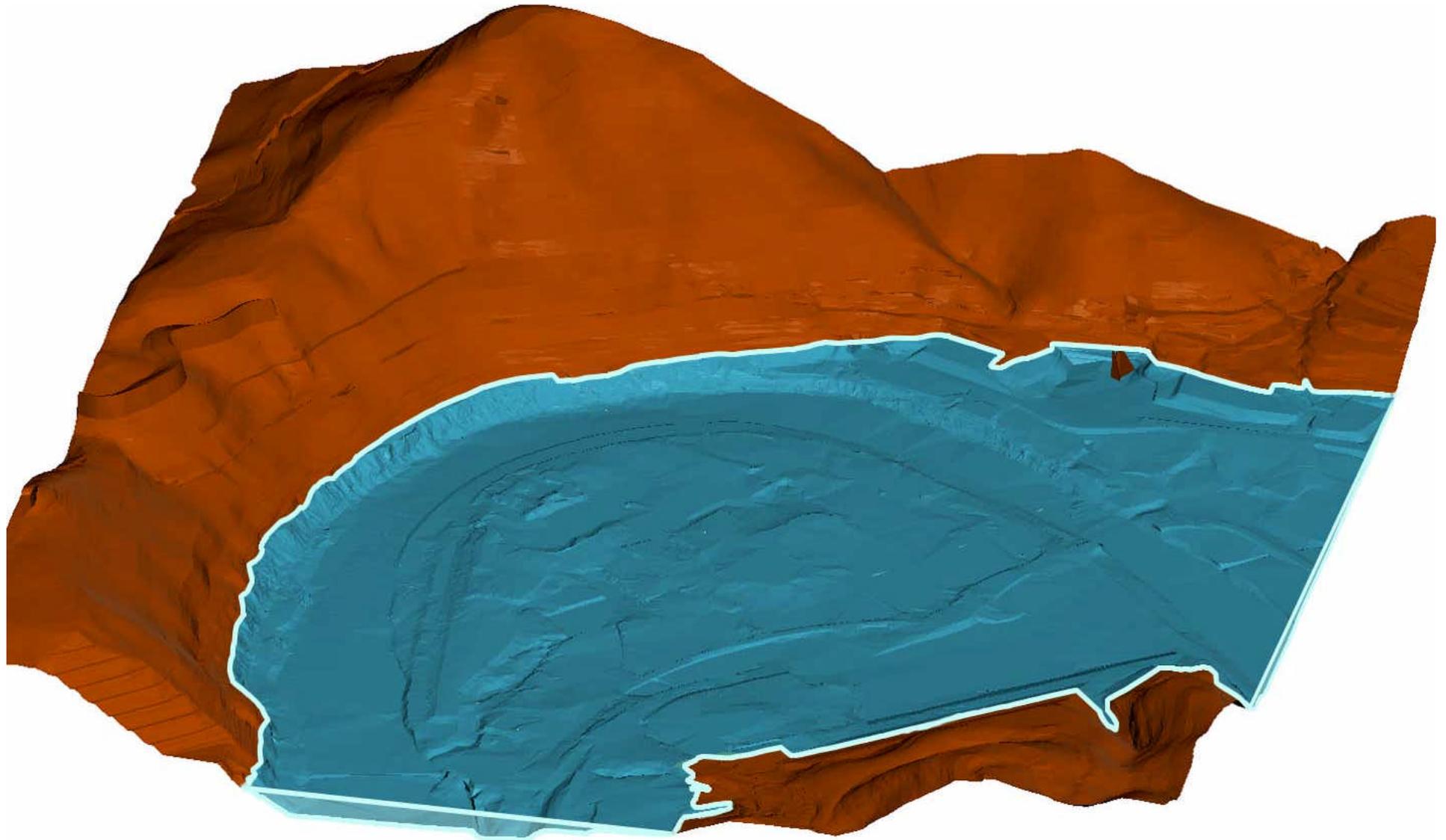
矢印の方向から見た
ソートデータによる
TINソリッドモデル
です。

赤丸...小さな盛土部
分と排水路も鮮明に
なっていることがわ
かると思います。

Sort date...測深選
択ルーティンを通さ
れた編集済みデータ
ファイル



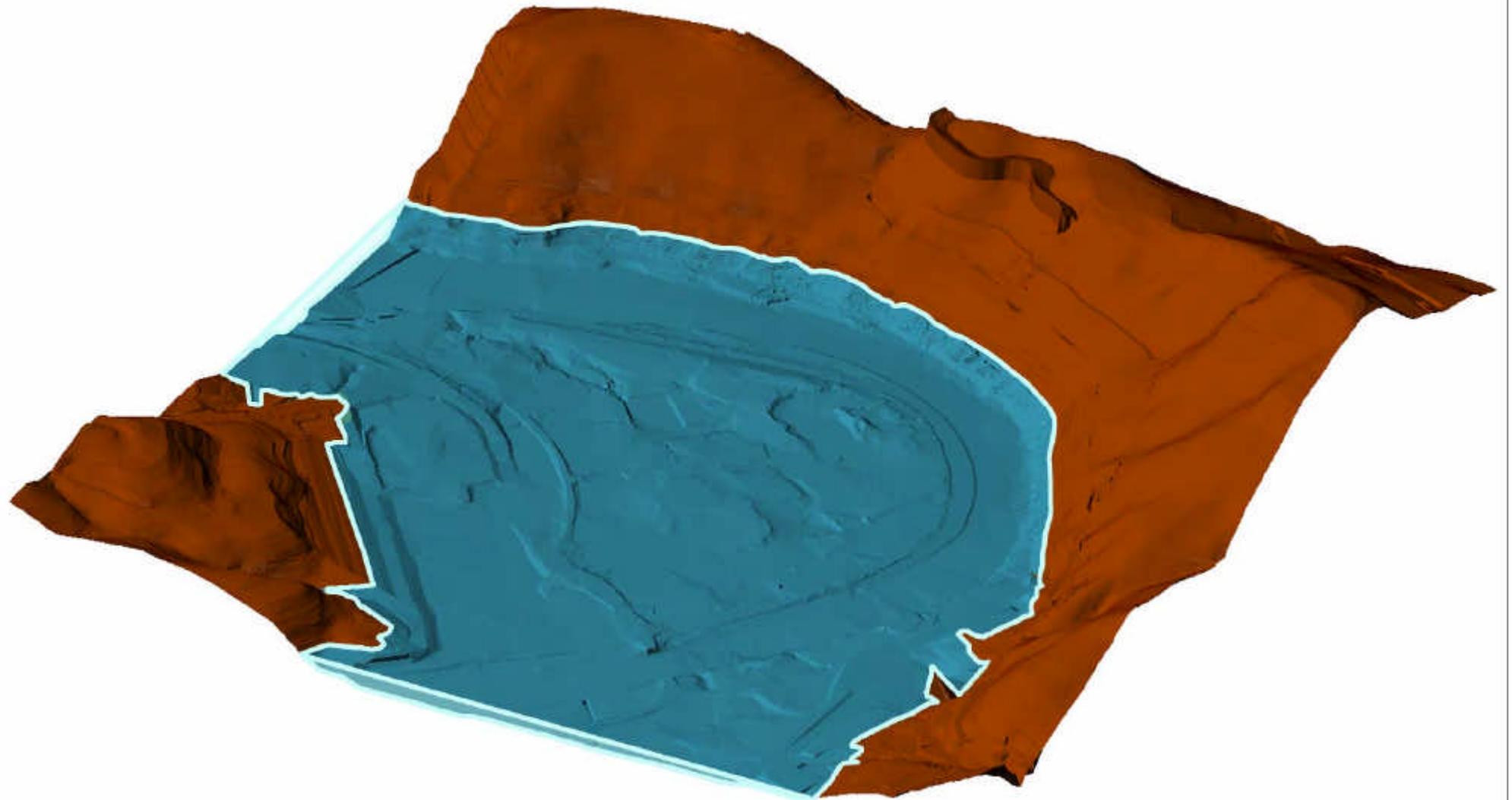
三次元モデル



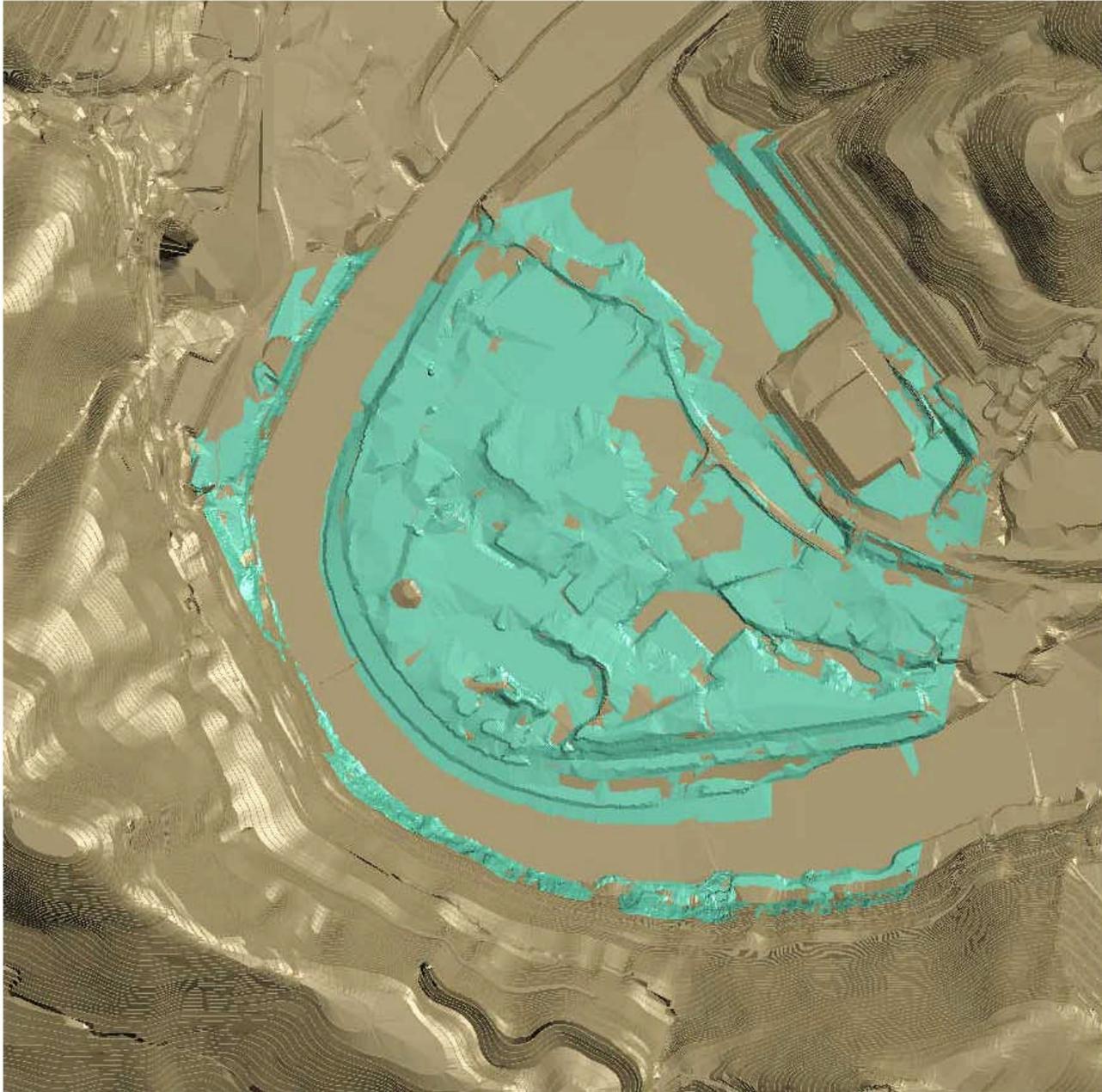
三次元DMデータとシーバットデータを結合したモデリングです。従来の航空測量ではできない水面下の地形表現も可能となります。



三次元モデル



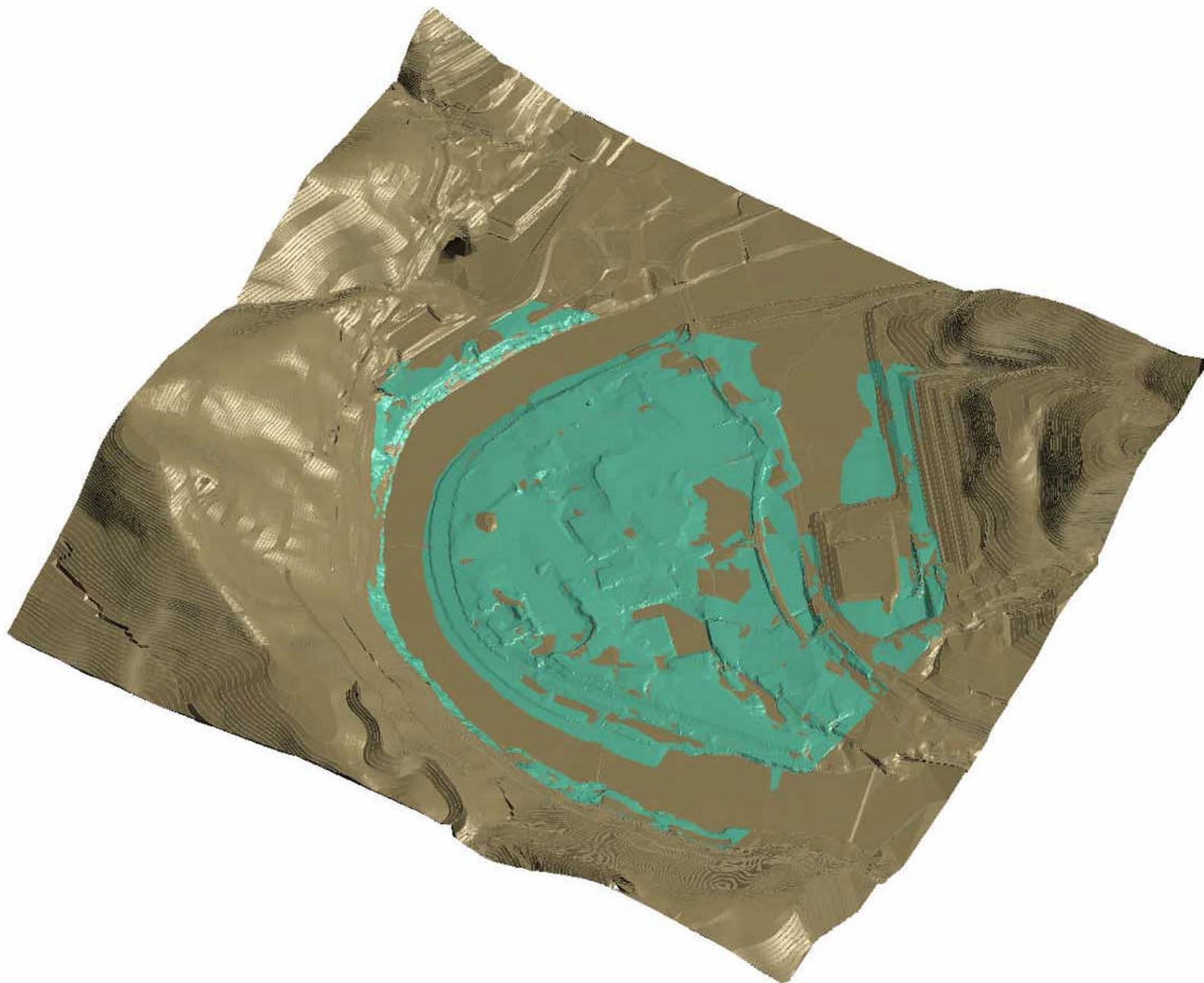
DMとの重ね合わせ (平面)



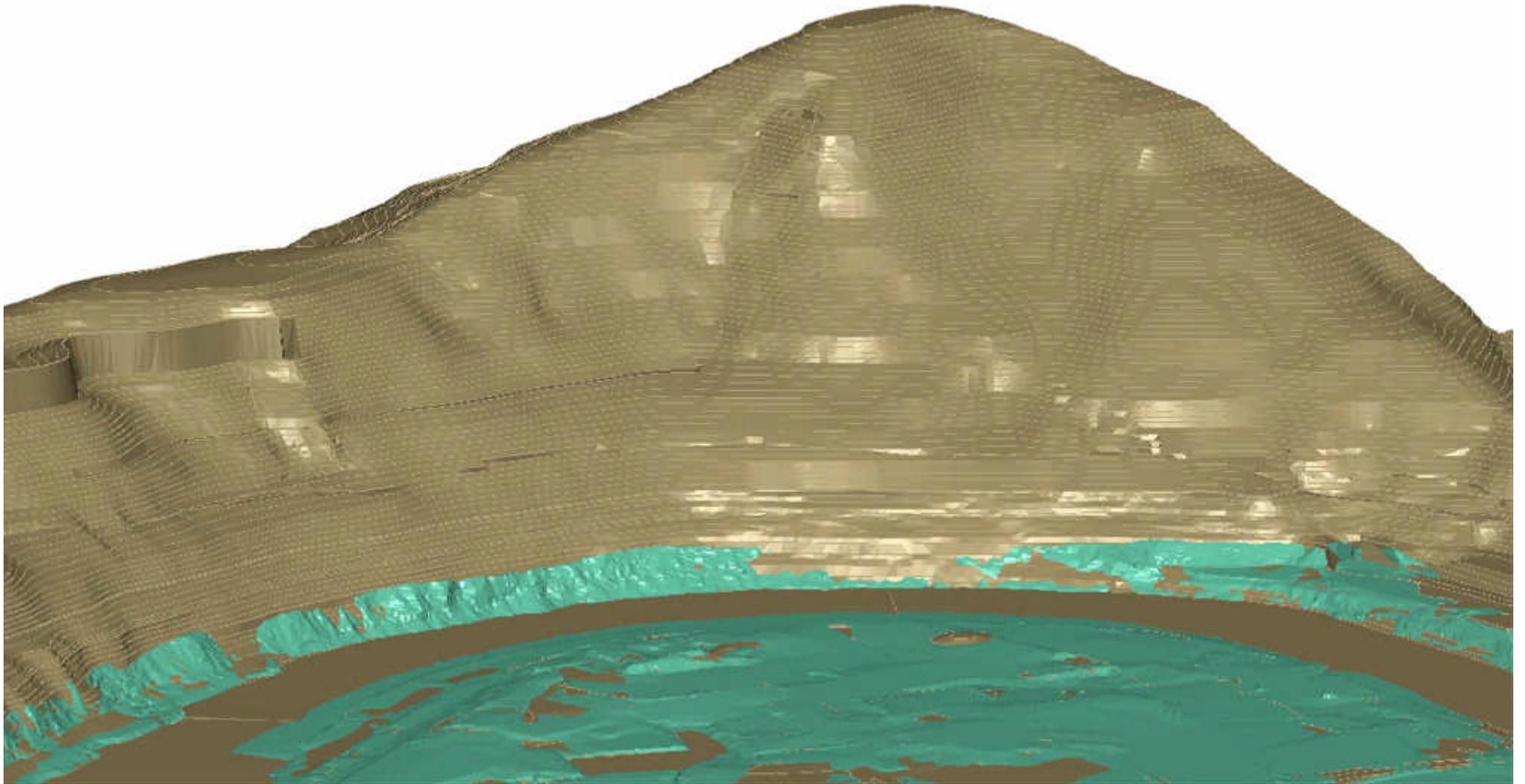
グレー部分はDMデータで青の部分が今回の測深データになります。青の部分がグレーの部分よりも上に見えているということは、土砂が堆積していると思われます。



DMとの重ね合わせ (鳥瞰図)



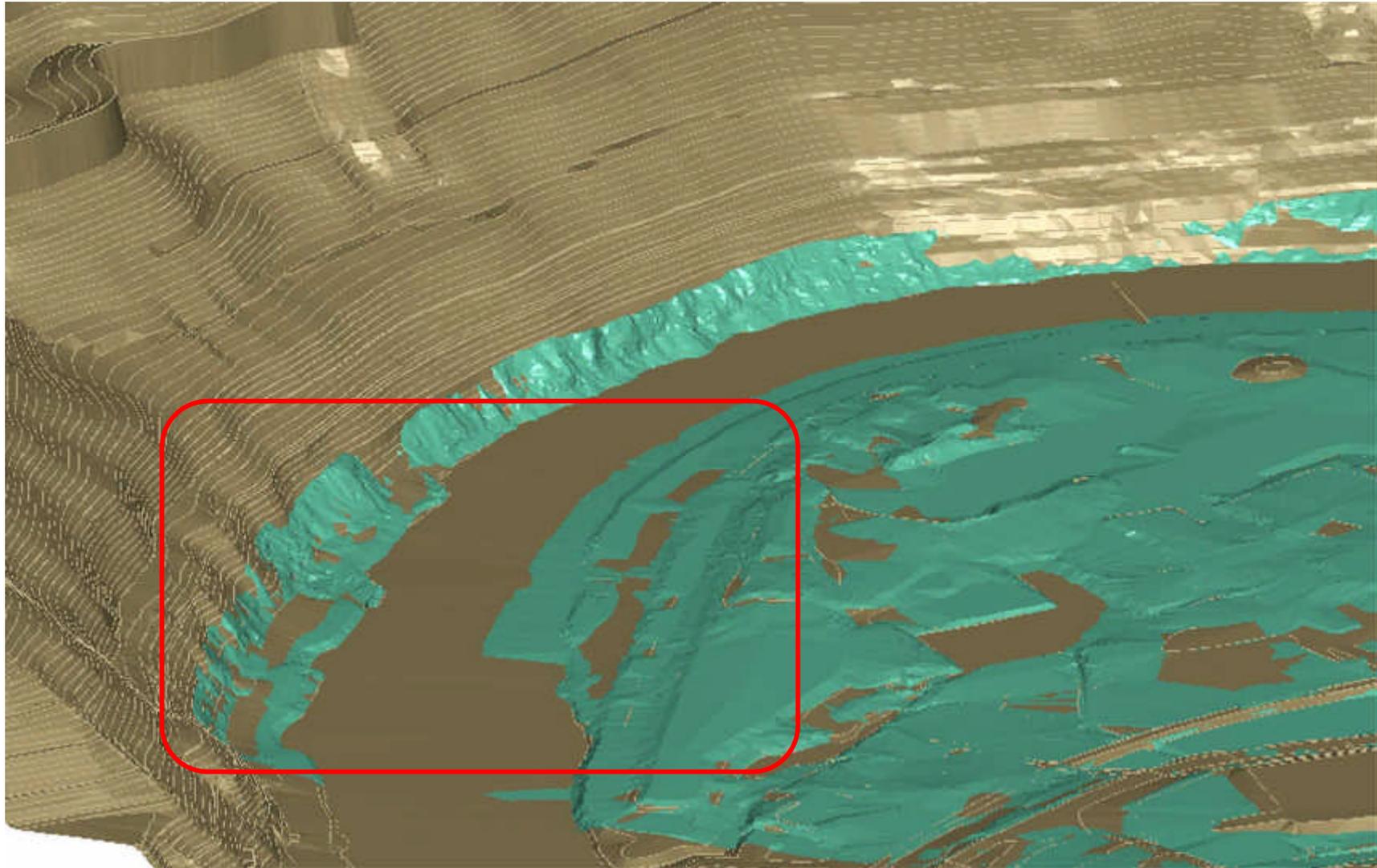
DMとの重ね合わせ (低い位置からの鳥瞰図)



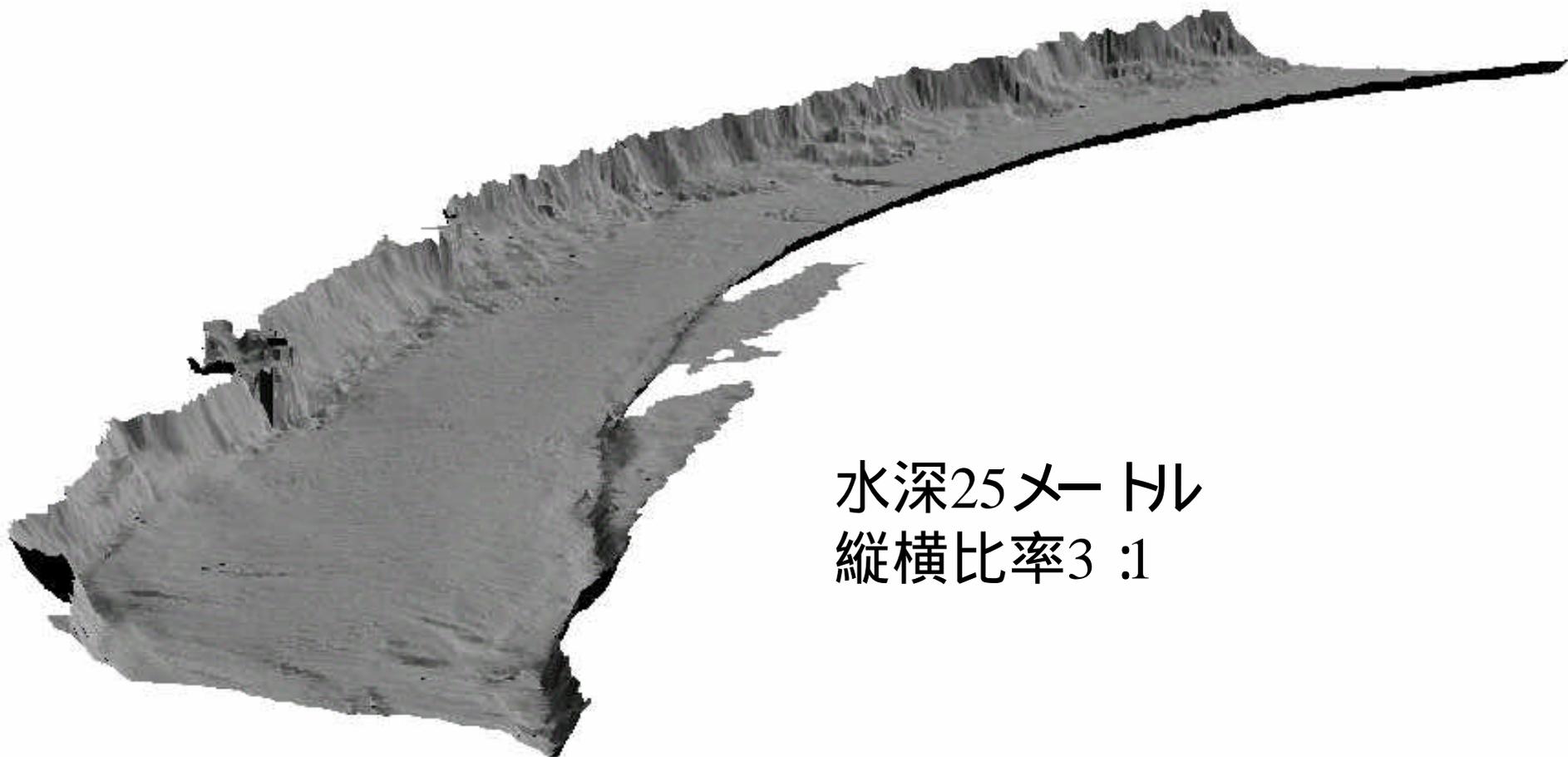
水面下の表現

写真測量では水面下の地形モデルの作成は出来ない。

SeaBatデータで水面下の表現が可能となる。



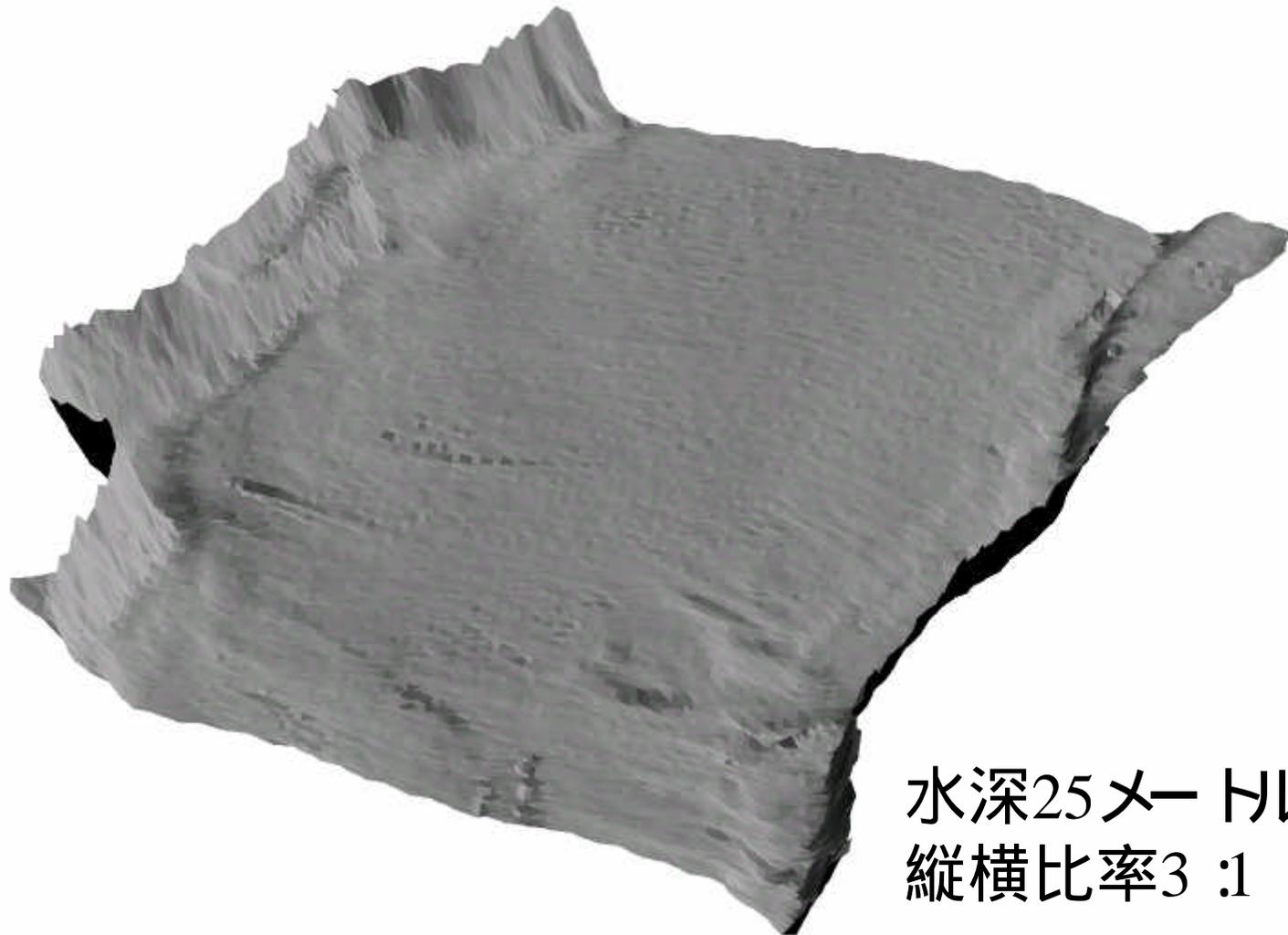
水面下の地形モデル



水深25メートル
縦横比率3 : 1



水面下の地形モデル

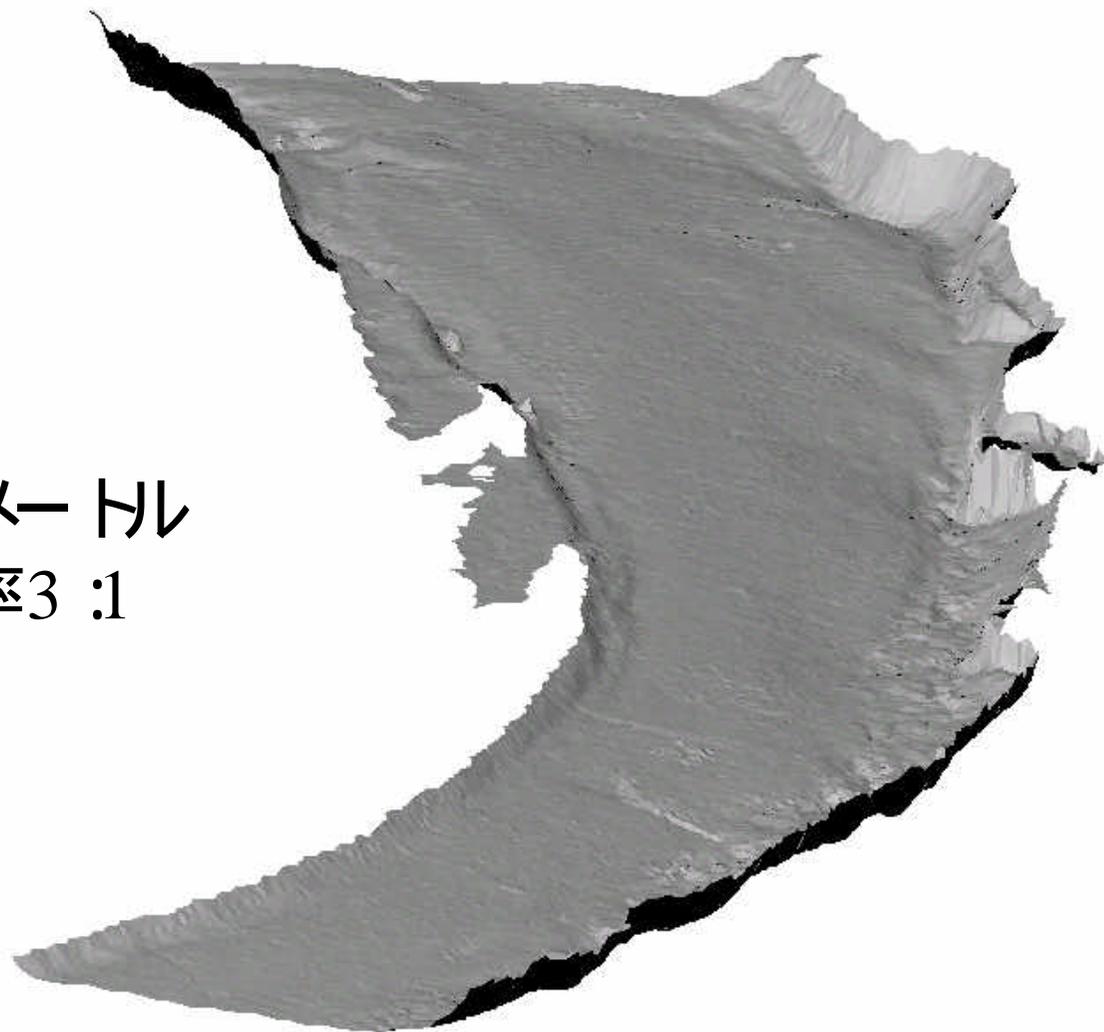


水深25メートル
縦横比率3 : 1

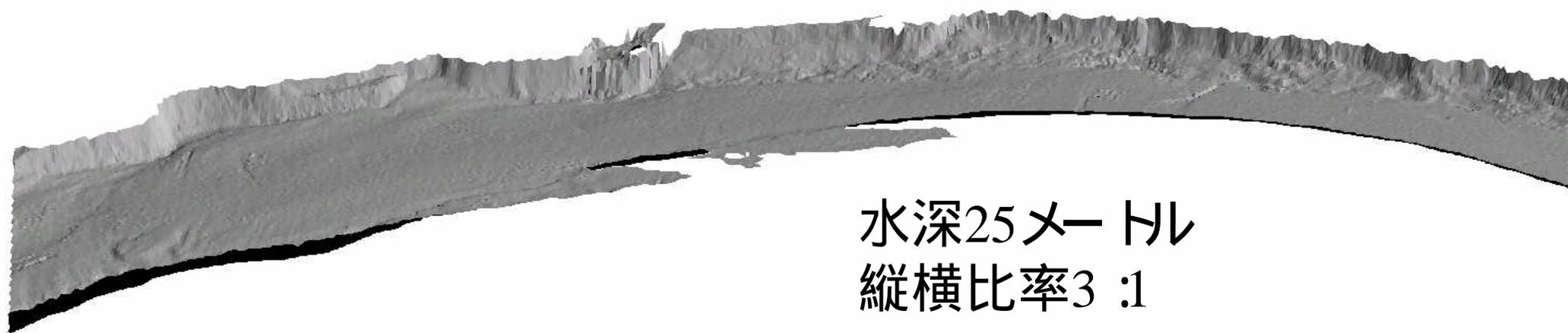


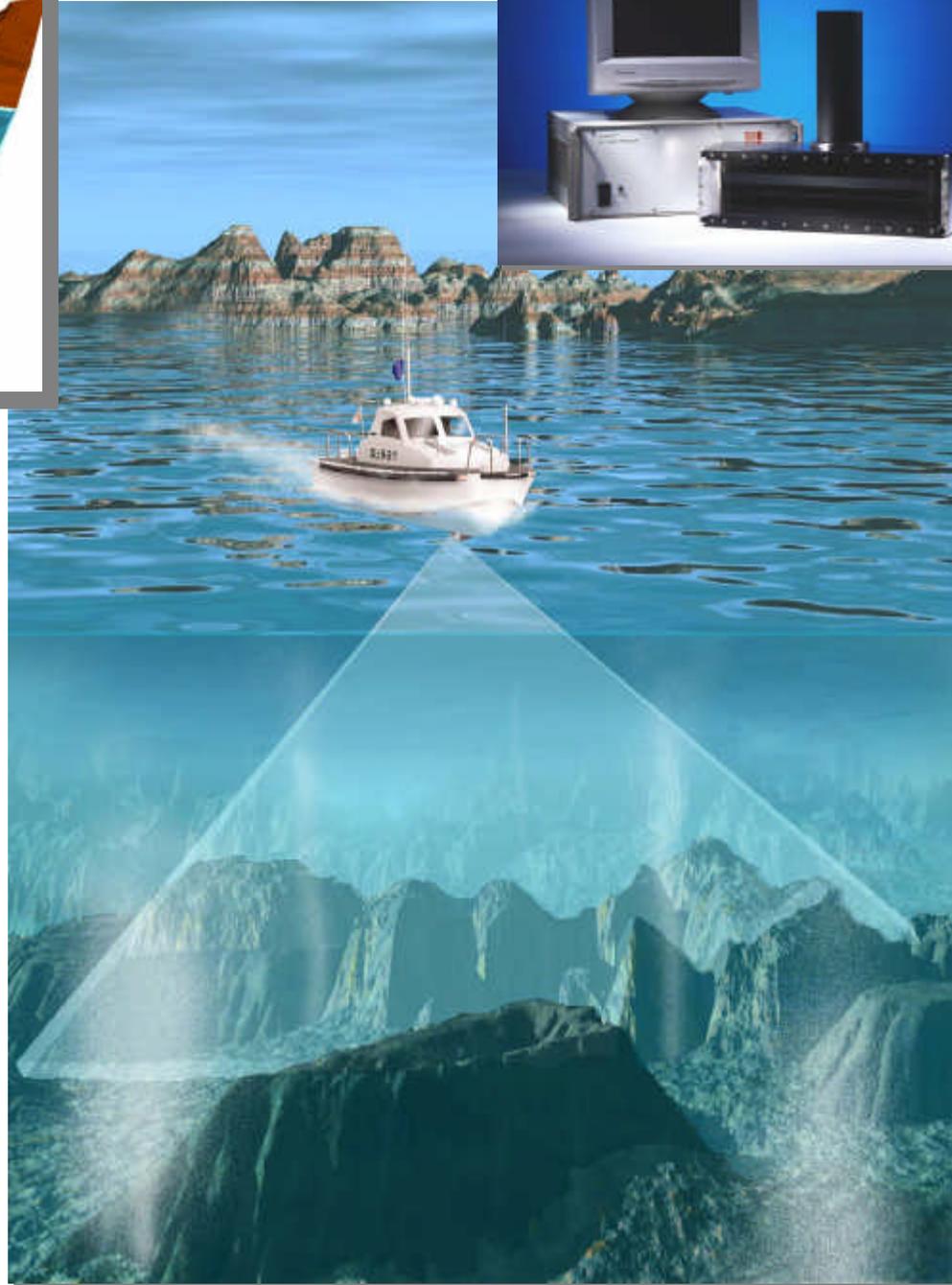
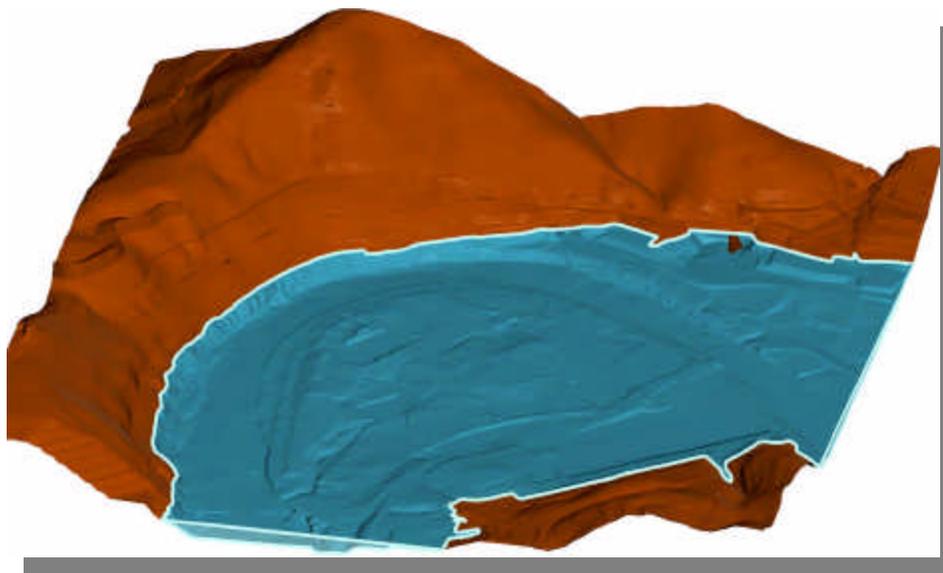
水面下の地形モデル

水深25メートル
縦横比率3 : 1



水面下の地形モデル





 日測技研株式会社

