3. 地形モデル作成

3.1. 地形モデル作成の概要

津波シミュレーション用データとして、次にあげる地形モデルを作成した。

地形モデル

地形データ（メッシュデータ）

津波の伝播や遡上等の水の流れをシミュレーションするための水深・標高について資料調査し、データを作成した。既存の航空機レーザ計測成果[*1]、同時撮影された空撮オルソ画像等により海陸一体に地形データを統合整備した。

構造物データ（ブレイクラインデータ）

津波の伝播や遡上を遮る防波堤や河川堤防等の構造物の位置と高さ、海岸構造物（防波堤等）、河川構造物（河川堤防等）について資料調査・作成を実施した。空撮オルソ画像等判読、現地調査により整備した。

粗度データ（メッシュデータ）

津波の伝播・遡上に対しての摩擦を表す粗度係数を水部の分布や陸上の土地利用状況から推定したものを資料調査・作成した。空撮オルソ画像等判読により整備した

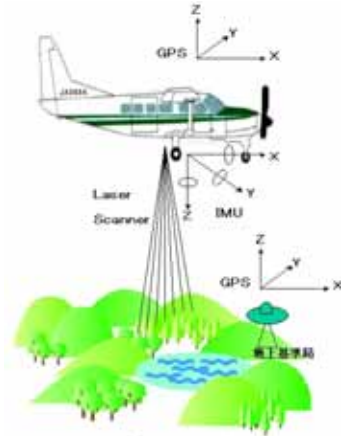
※　測地系は世界測地系とし座標系は平面直角座標系とし宗谷総合振興局は第ＸⅡ系、オホーツク総合振興局は第ⅩⅢ系で作成した。

図 3.1-1　地形モデルを構成するデータ群

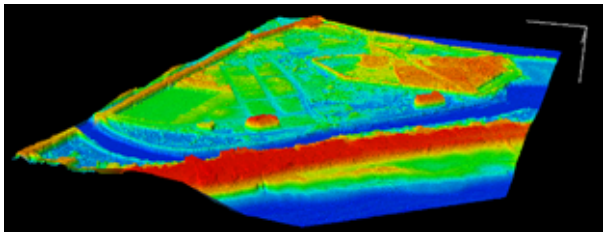
＊１航空機レーザ計測データ

航空機からレーザ光を発して、高密度・高精度に測量する方法である。航空機から地上に向けてパルスレーザを連続照射し、反射してくるレーザとの時間差から、地表や建物・樹木など地上にある物（地物）との距離を測る。航空機の空間位置は連続的に観測されているので、時間差と共に反射レーザの入射角度を同時計測することで、地表・地物の位置と高さを知ることができる。

本業務では、既存のレーザ測量成果を活用し津波シミュレーションの地形モデルを作成した。







3.2. 計算メッシュ配置

シミュレーションに用いるメッシュの配置を図 3.2-1、(世界測地系 平面直角座標第ⅩⅡ系)、図 3.2-2～図 3.2-3（同第ⅩⅢ系）に示す。メッシュサイズ（格子間隔）は、沿岸域や陸域で精度良く計算できるように、沖合から対象沿岸域へと順次メッシュサイズが小さくなるように細分化し設定した。

沖合領域では、津波の発生および伝播を計算するために、想定波源域を包括し、さらに大陸や海岸等における反射の影響も考慮できるよう設定した。メッシュサイズの分類は、900m、300m、100m、50m、10m、5m（サロマ湖第 2 湖口のみ）の 6 種類である。

沿岸全域を沿岸部領域とし、50mメッシュで地形モデルを作成した。また、詳細検討箇所として、市町村毎に１地区以上、10mメッシュによる詳細検討地区を選定した。選定には､前述の市町村アンケートによる意見や H21 年度実施の広域津波シミュレーション結果、既往津波災害履歴、地形状況、家屋等資産状況を考慮し選定した。メッシュ配置図に示した青色枠の範囲が、１市町村１地区以上選定した詳細地区を示している。

表 3.2-1　詳細地区一覧

市町村名	詳細地区名
稚内市	宗谷港地区
	東浦漁港地区
猿払村	知来別漁港地区
	浜鬼志別漁港地区
浜頓別町	頓別漁港地区
枝幸町	枝幸港地区
雄武町	幌内漁港地区
	雄武漁港地区
興部町	興部漁港地区
	沙留漁港地区
紋別市	紋別港地区
湧別町	湧別漁港地区
佐呂間町	富武士漁港地区
	浜佐呂間漁港地区
北見市	栄浦漁港地区
	常呂漁港地区
網走市	網走港地区
小清水町	浜小清水地区
斜里町	斜里漁港地区
	ウトロ漁港地区

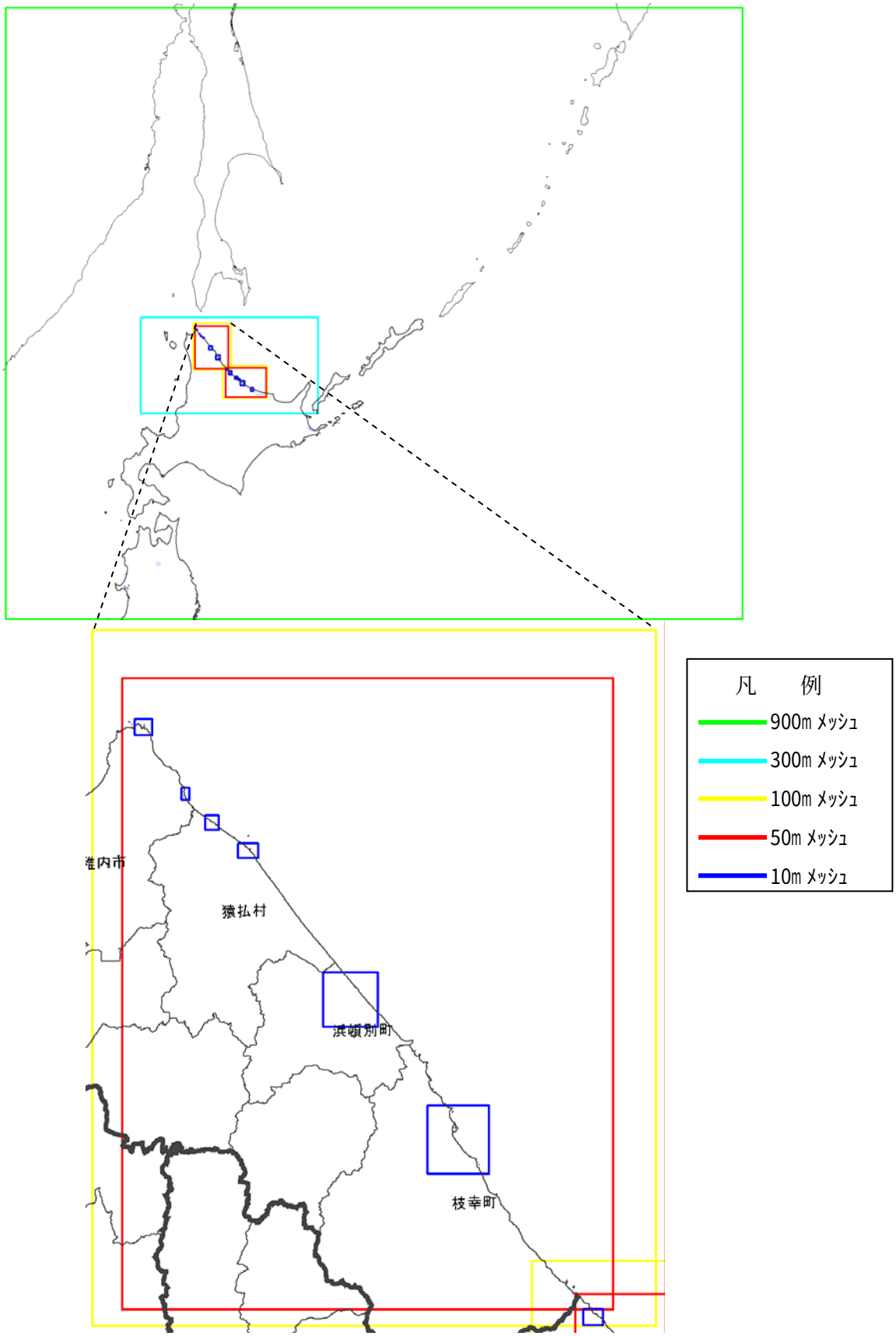


図 3.2-1　メッシュ配置図（宗谷総合振興局）

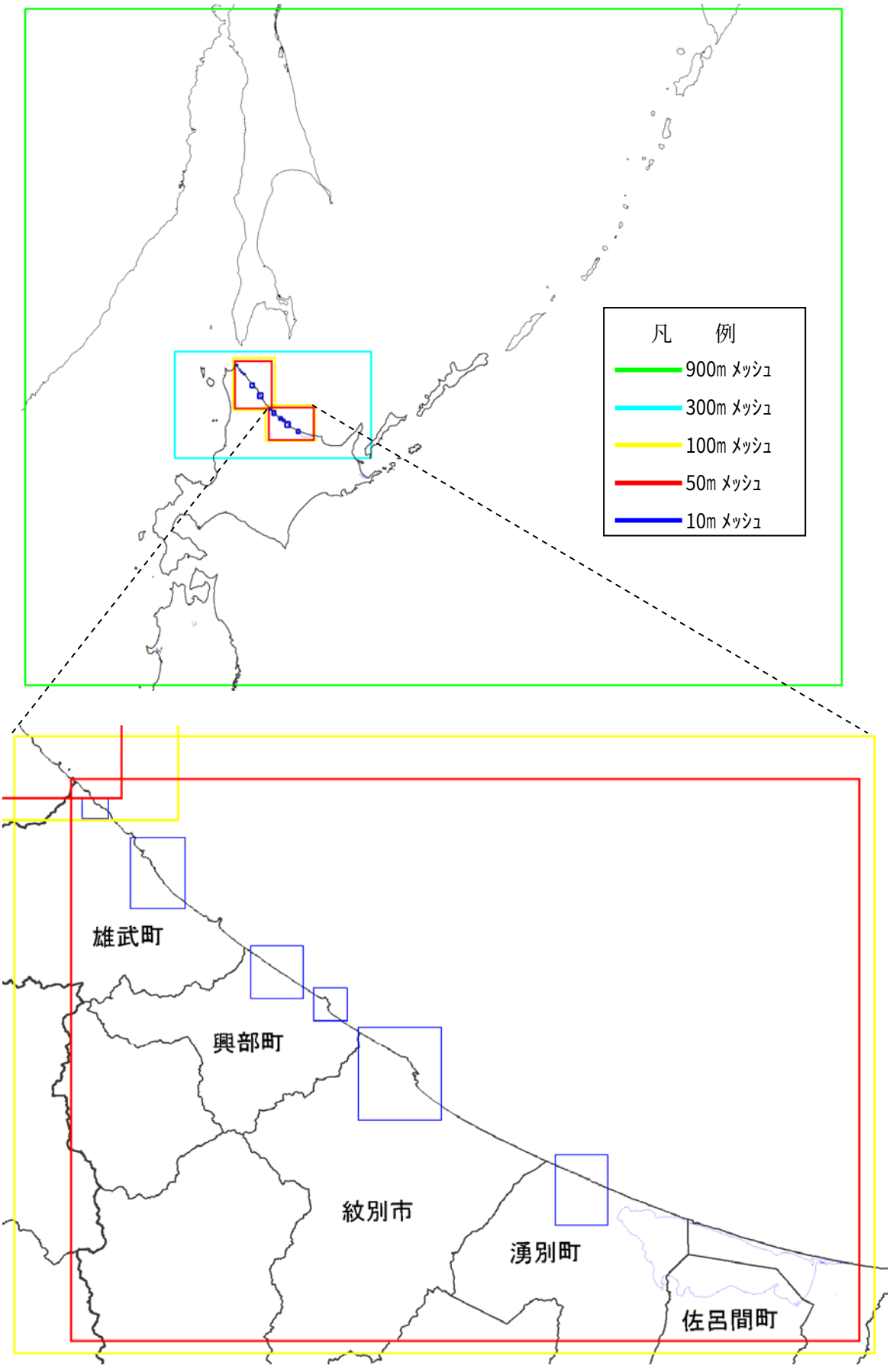


図 3.2-2　メッシュ配置図（オホーツク総合振興局：雄武町～湧別町）

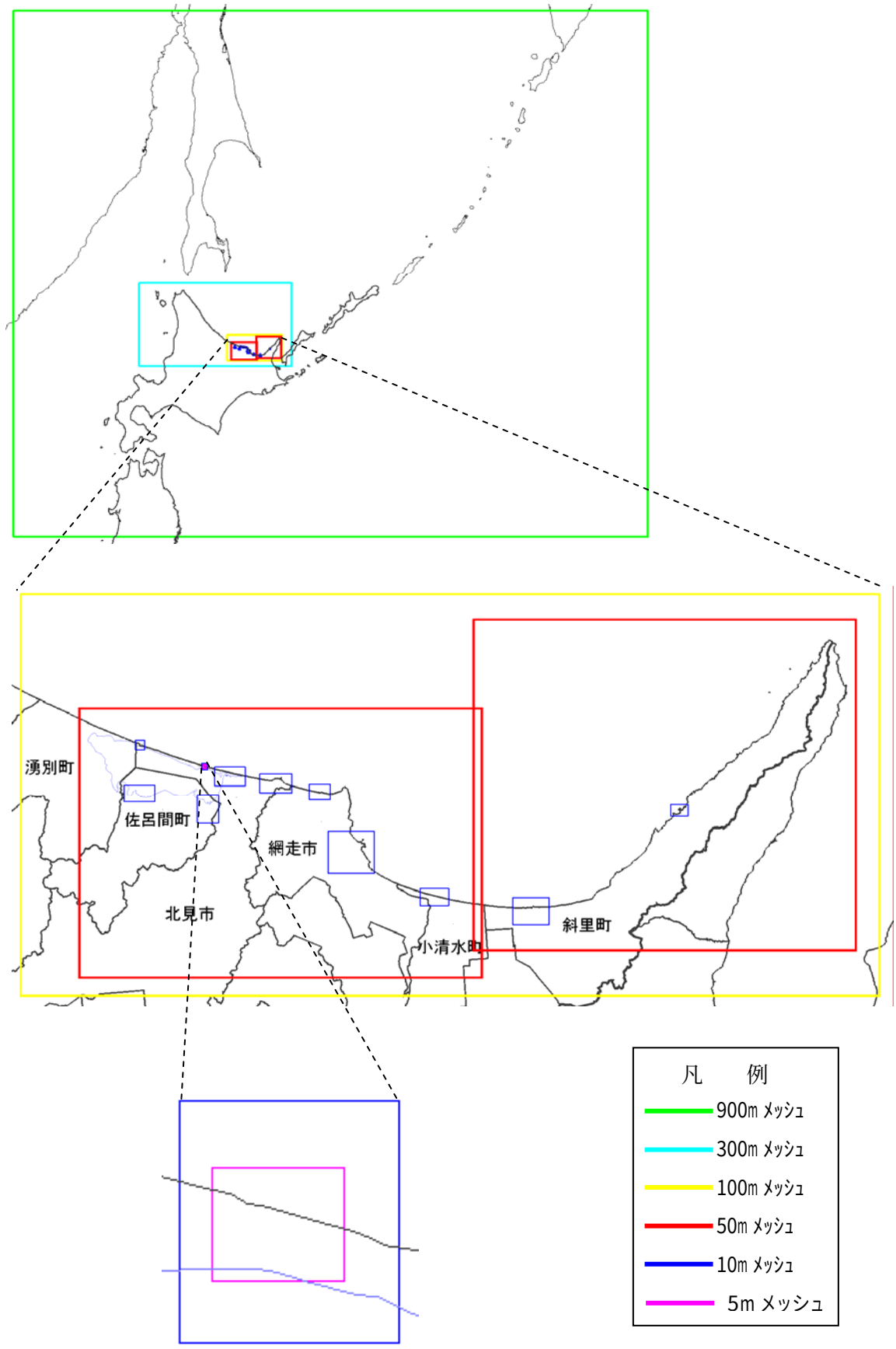


図 3.2-3　メッシュ配置図（オホーツク総合振興局：佐呂間町～斜里町）

3.3. 地形データの作成

3.3.1. 作成手順

地形データは都市計画図や港湾・漁港・海岸等の平面図をスキャニングし、ＧＩＳ上で座標標定した後、等深線・等高線等をデジタイズし、これを各種メッシュデータ・標高単点データと統合して、沖合領域から沿岸部領域までのメッシュデータとした。地形データを作成するために用いた資料を表 3.3-1 に示す。データ作成の流れを図 3.3-1 に示す。

表 3.3-1　地形データ作成用資料一覧

資料名	データ概要	領域別の適用					出　典
		沖合	大	中	小	沿岸部	
ＭＩＲＣ－ ＪＴＯＰ０１	１分グリッド 水深データ	●					(財)日本水路協会 海洋情報研究センター
Ｊ-ＥＧＧ５００	500mメッシュ 水深データ	●	●	●	●		海上保安庁海洋情報部 日本海洋データセンター
海底地形デジタルデータ(M7000) 沿岸の海の基本図	等深線データ	●	●	●	●	●	(財)日本水路協会 海洋情報研究センター
港湾計画平面図 漁港平面図 都市計画図	等深線、等高線 （紙地図）					●	北海道 市町村 北海道開発局
数値地図 50m メッシュ（標高）	50mメッシュ 陸域データ	●	●	●	●	●	国土交通省 国土地理院
空撮オルソ画像	0.5m 解像度 正射投影					●	市町村、開発局
航空機レーザ 測量成果	オリジナルデータ グラウンドデータ					●	北海道開発局

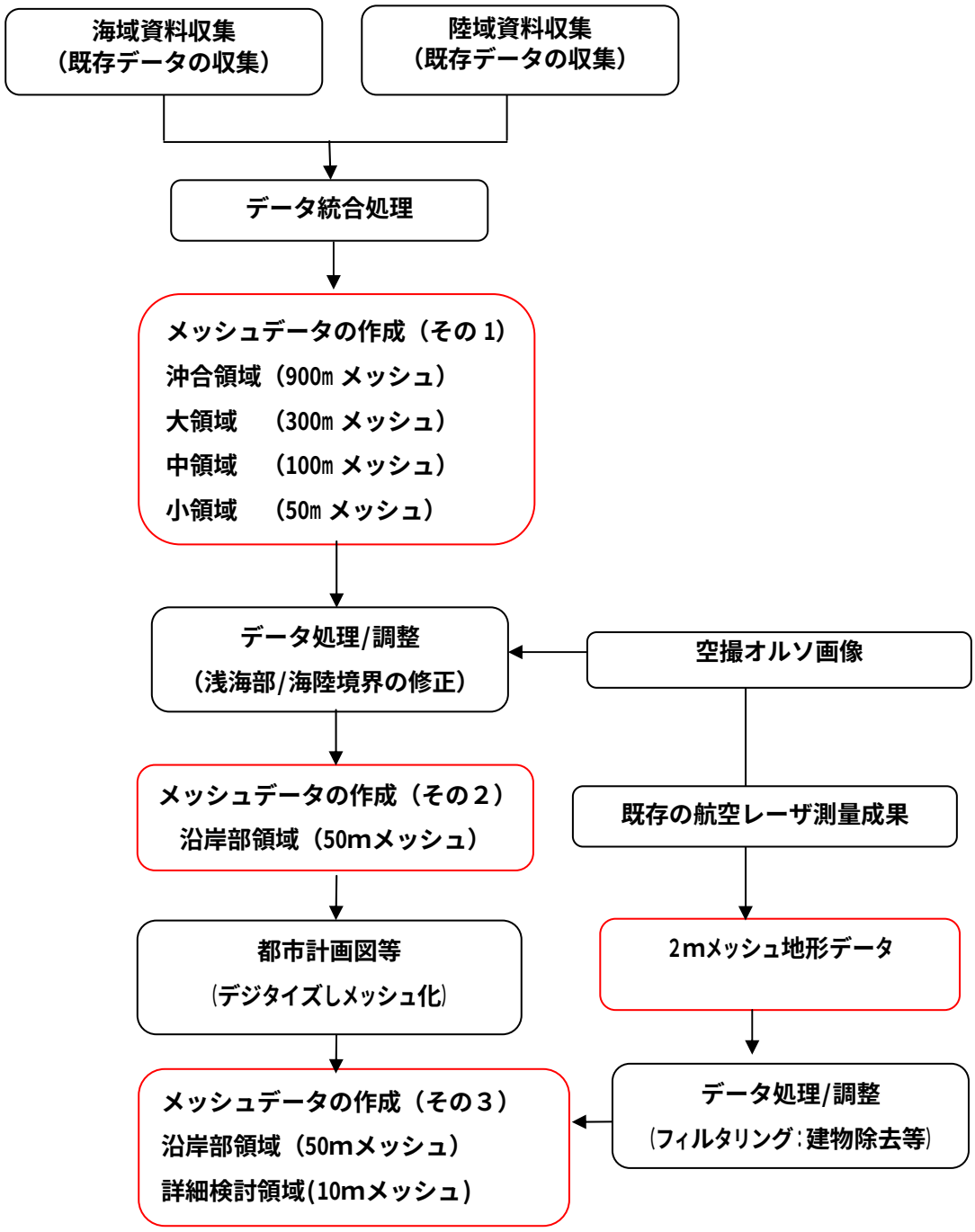


図 3.3-1　地形データ作成の流れ

3.3.2. 詳細領域（10m メッシュ）地形データ作成

詳細検討領域の地形モデル作成について、陸域については、都市計画図やＤM、海域は漁港平面図・港湾平面図を活用し、全て簡易幾何補正により GIS データに変換し、統一した座標系で管理して行った。空撮オルソ画像等で現状を視覚的に認識し、海陸境界および道路・鉄道の盛土等施設の整備状況、人工改変の状況などを確認して地形データの作成に役立てた。また、既存のレーザ測量成果がある箇所については、それを活用した。

レーザ測量成果、（レーザ照射間隔約 1.0～2.0m、水平精度±0.3m、高さ精度±0.15m）は、樹木・家屋等が除去されたグランドデータと樹木・家屋等が残っているオリジナルデータがあるが、津波シミュレーションに適した地形モデルを作成するため、オリジナルデータについては、フィルタリング処理を実施し、樹木・家屋等を取り除きシミュレーション用の標高データを作成した。フィルタリング処理したオリジナルデータとグラウンドデータを活用し、2mメッシュ地形データを作成し、それを基に沿岸部領域の地形データに反映した。

①都市計画図・DM を利用した地形データ作成手順

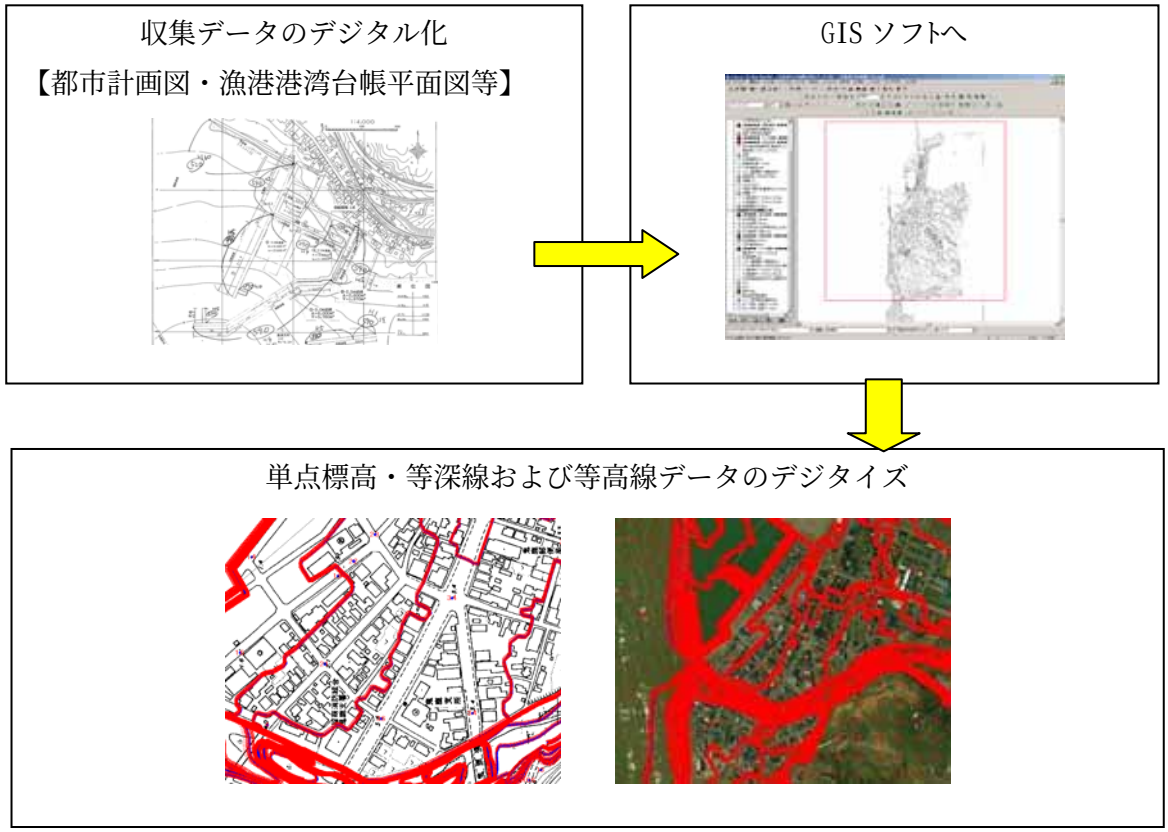


図 3.3-2　都市計画図・DM を利用した地形データ作成イメージ

②既存の航空機搭載型レーザ計測データを利活用した地形データ作成手順

津波シミュレーションに用いる地形情報は，格子内の平均的な地盤高を各格子の標高として与えるため，航空機搭載型レーザ計測（約 2m 間隔で計測される点群データ）で得られた樹木・家屋等のデータはフィルタリング処理により除去する必要がある。高精度データを構築するためには、フィルタリング処理のみでは除去しきれない家屋等のデータを除去する処理や、逆に盛土等の構造物のデータを戻す処理を実施した。また、海陸境界の修正には衛星画像・空撮オルソ画像を活用し、最新の地形を表現した詳細地形モデルを構築した。

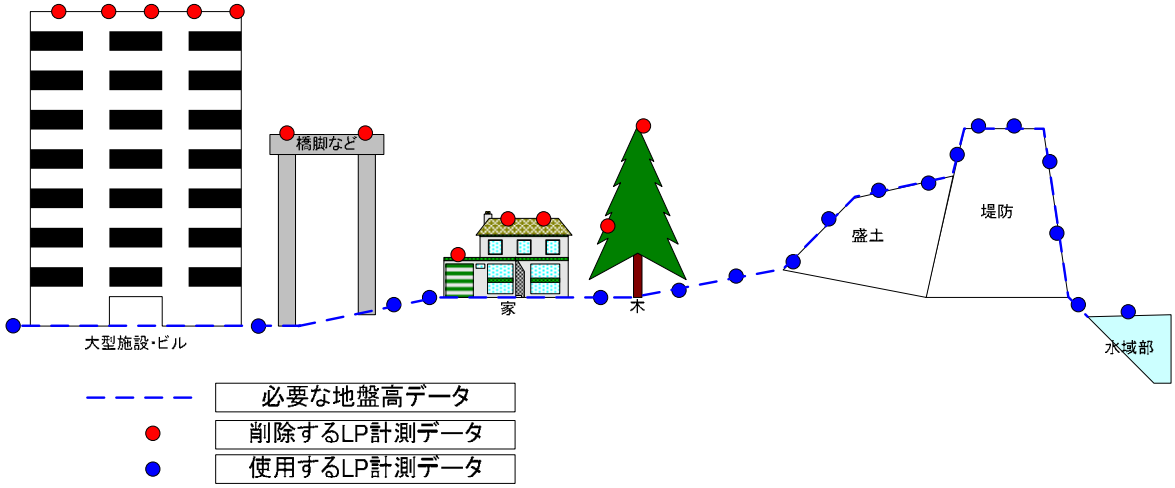


図 3.3-3　レーザ計測データイメージ

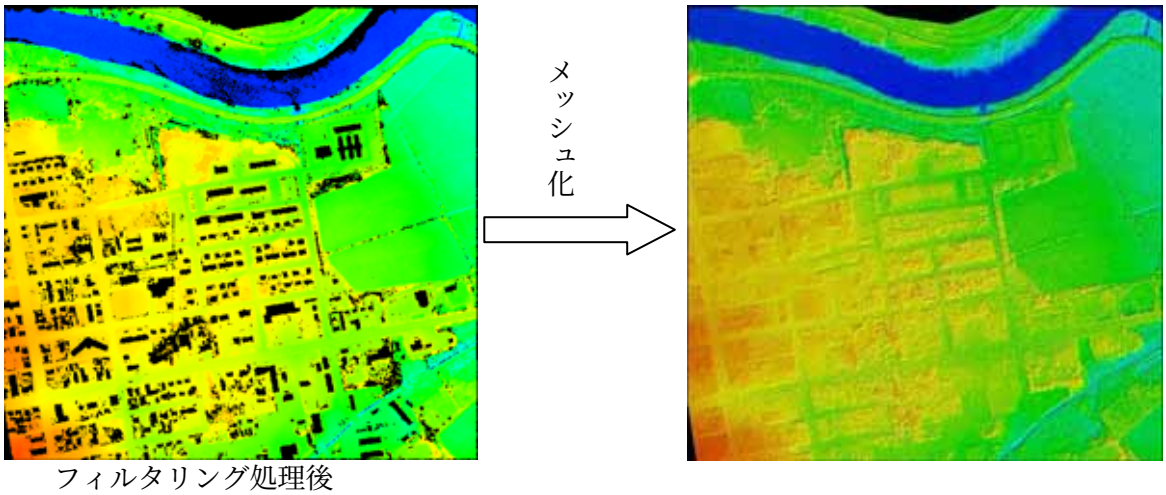


図 3.3-4　フィルタリング処理例（家屋・樹木等の除去）

図 3.3-4 の黒色箇所が、建物や樹木があった箇所で、フィルタリング処理により除去したデータを表している。図 3.3-5 に既存データとレーザ測量データを組み合わせて地形データ作成例を示す。

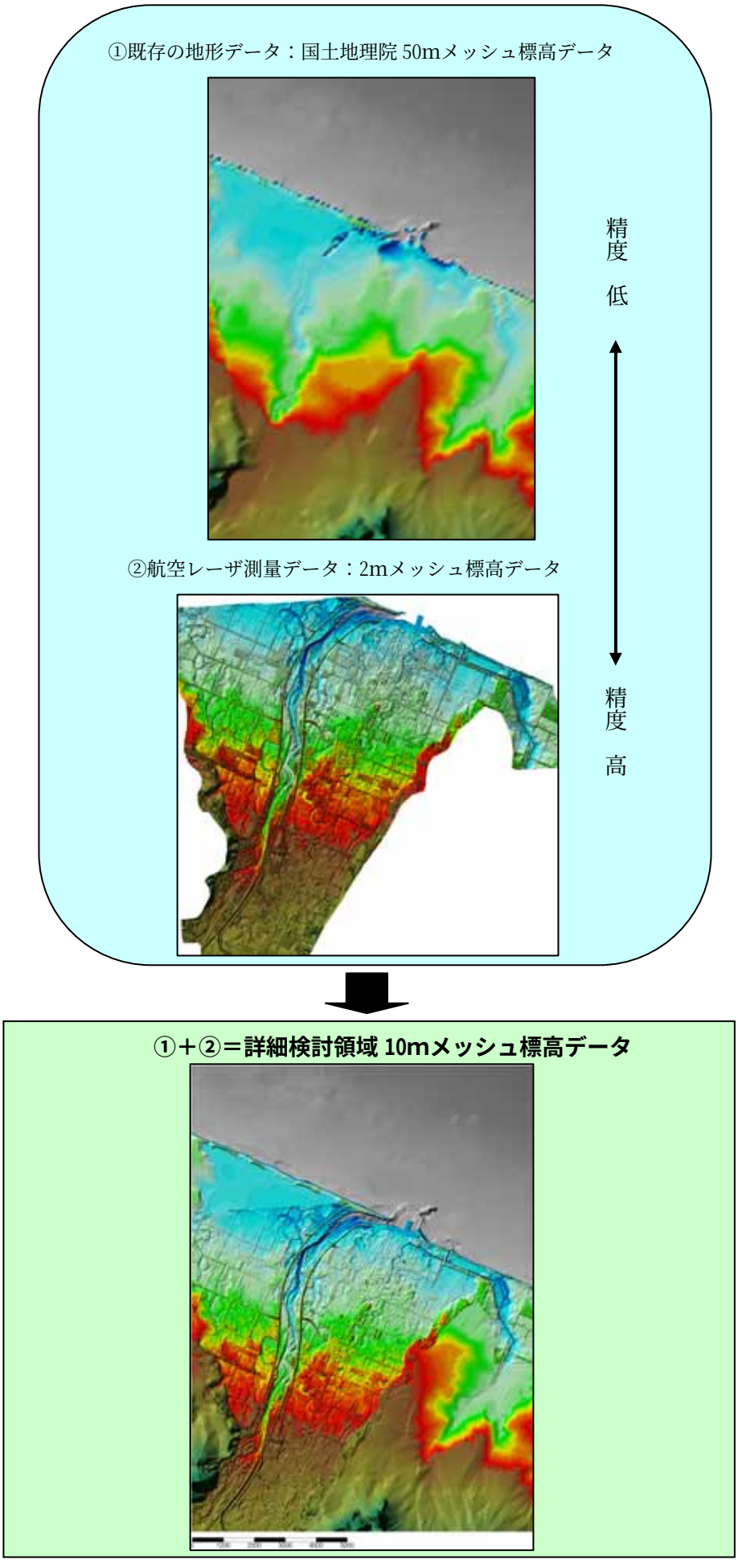


図3.3-5　地形モデル作成例

③サロマ湖・能取湖の湖口地形モデルの細分化（5mメッシュモデル）

北見市（常呂町）、佐呂間町、湧別町では、サロマ湖内で内水面漁業を行っており、湖内では、外海に放流するホタテ稚貝の生産の他、ホタテ・カキの養殖やカレイ類等の刺網漁業が営まれ、地域の水産業を支える役割を担っている。湖内に侵入する津波の挙動をより高精度に予測し、基礎資料を提供することは、非常に重要な要素であり、サロマ湖内における津波の挙動を精度良く予測するためには、湖内に侵入する津波の再現性が重要と考えられる。サロマ湖は、第１湖口と第２湖口で外海とつながっており、第１湖口の幅が約 300 m、第２湖口は約 50mの幅を有している。地形モデルを 50mメッシュとした場合、第１湖口は 6 メッシュ程度の地形データとなり、第２湖口は、１メッシュ程度の近似でモデル化され、地形分解能が粗すぎ、湖内へ侵入する津波を高精度に再現することは出来ない。

そこで、湖内へ侵入する津波を精度良く再現・検討するため、第１湖口を 10mメッシュ、第２湖口を 5mメッシュ地形近似でモデル化しシミュレーションを実施した。（能取湖も同様に実施した。）

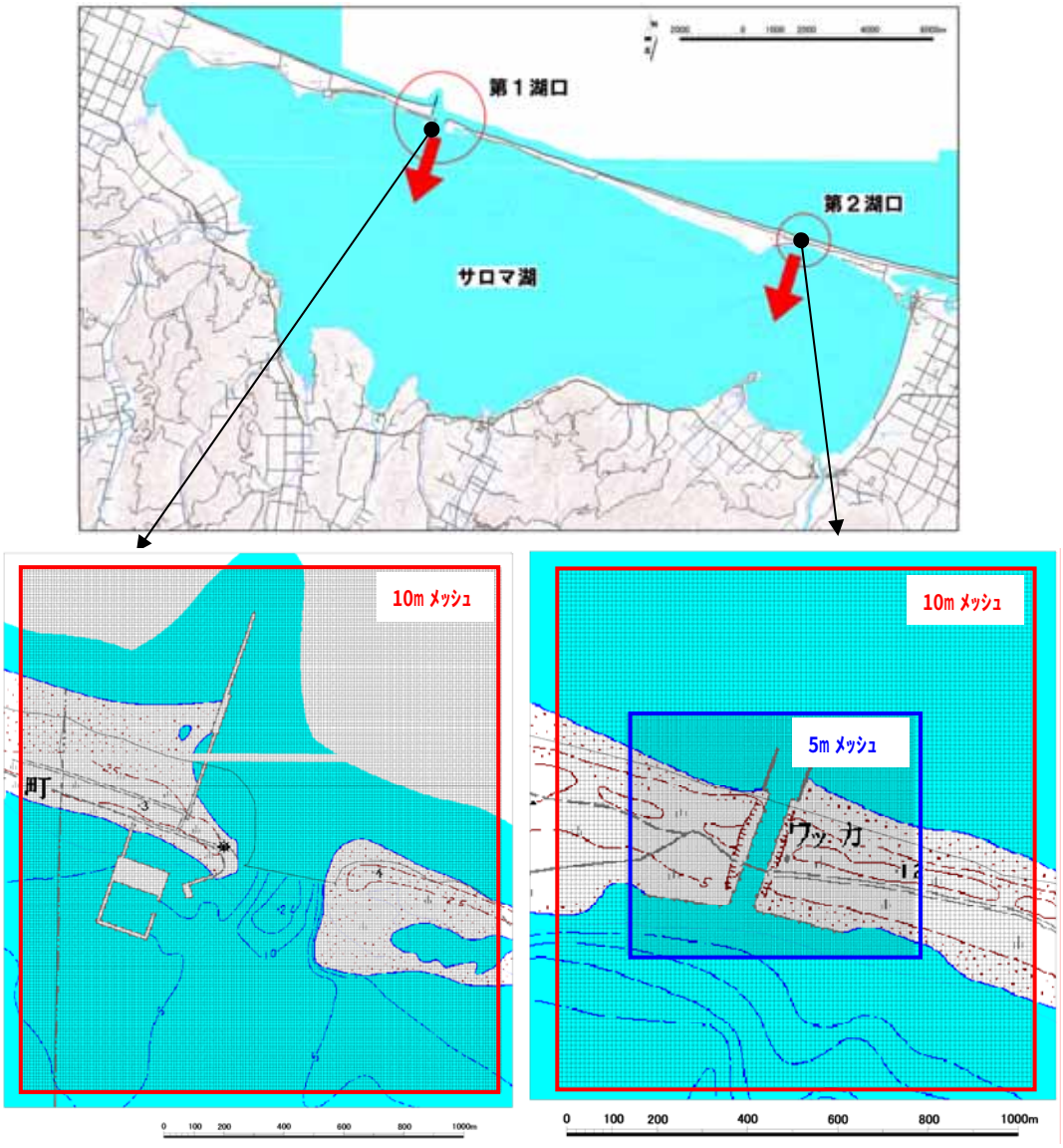


図 3.3-6　サロマ湖口における計算メッシュ分割

3.4. 構造物データの作成

3.4.1. データ作成対象とした構造物

港湾・漁港・海岸の構造物、河川構造物などの構造物を対象とし、位置と天端高の情報を整理した。

表 3.4-1　港湾・漁港・海岸の構造物データ

対象	防波堤、防潮堤、護岸、胸壁、離岸堤、突堤、導流堤、防砂堤、海岸沿いの盛土道路 ただし、次に示すような小規模構造物はデータ化の対象としない ・詳細領域　（10mメッシュ範囲）では、延長 10m未満のもの ・沿岸部領域（50mメッシュ範囲）では、延長 30m未満のもの
出典資料	港湾施設：港湾台帳・港湾計画平面図 漁港施設：漁港施設台帳・漁港平面図 海岸施設：海岸保全施設台帳・海岸施設平面図・公物管理用海岸台帳図

表 3.4-2　河川の構造物データ

対象	河川施設のうち、堤防、護岸、河川沿いの盛土道路 ただし、データ化する範囲は以下のとおり ・標高が 30m以下の地域 ・詳細領域　（10mメッシュ範囲）では、川幅（堤防間）が 10m以上の範囲 ・沿岸部領域（50mメッシュ範囲）では、川幅（堤防間）が 50m以上の範囲
出典資料	堤防・護岸：河川台帳等 道路：河川台帳等

なお、人工リーフ、潜堤は海底地形とみなし、構造物データには含めなかった。また、背後地盤と同一の高さである埋立護岸や道路護岸、物揚場、船揚場、さらに、鉄道・道路の盛土は、陸上地形の一部としてモデル化した。

3.4.2. 作成手順

構造物の位置と天端高を以下の手順で調べデータ化した。

表 3.4-3　構造物の位置と天端高のデータ化手順

①位置の把握	各種台帳の施設平面図をスキャニングし、ＧＩＳ上で簡易幾何補正を実施し、平面図に座標*を与えた。 ＊世界測地系の平面直角座標第ⅩⅡ系および第ⅩⅢ系
②ラインデータの作成	ＧＩＳ上で構造物の海側（または河道側）の法線をトレースし、ラインデータとした。属性として天端高を与えた。
③データ補正	空撮オルソ画像を重ねて、構造物の最新の情報（延伸等）を確認して、データを補正した。
④ブレイクラインデータの作成	ラインデータをメッシュの辺上にモデル化して、天端高を属性として与えて構造物データとした。



図 3.4-1　構造物データの例

3.5. 粗度データの作成

3.5.1. 作成手順

粗度データの作成においては、土地利用や建物の密集度に着目して分布を調べ、これにしたがって陸域の粗度係数（Manning の粗度係数ｎ）を設定した。なお、水域の粗度係数は一様に与えた。

土地利用データの適用	国土数値情報土地利用データを座標変換し*、沿岸部領域の 50mメッシュごとに整理した。＊世界測地系 平面直角座標第ＸⅡ系および第ⅩⅢ系
地形図との照合	データの土地利用状況と新しい地形図を照合し、適切でない場合は補正した。土地利用分類と粗度係数の関係は表 3.5-1に準拠した。

※国土数値情報土地利用データ：
国土数値情報（1/10 細分区画土地利用データ）国土交通省国土計画局
約 100mメッシュごとに整理されている

3.5.2. 粗度係数の設定

詳細領域については、ＧＩＳ上で土地利用データから与えられた土地利用分類と空撮オルソ画像等を比較し、土地利用やメッシュ内の建物密集度に応じた適正な粗度係数を与えた。土地利用分類と粗度係数の関係は、小谷ほか（1998）を参考に、表 3.5-1に示すような設定を用いた。なお、土地利用は地形に比べ変化が少ないので、50mメッシュ単位で粗度係数の判定をした。

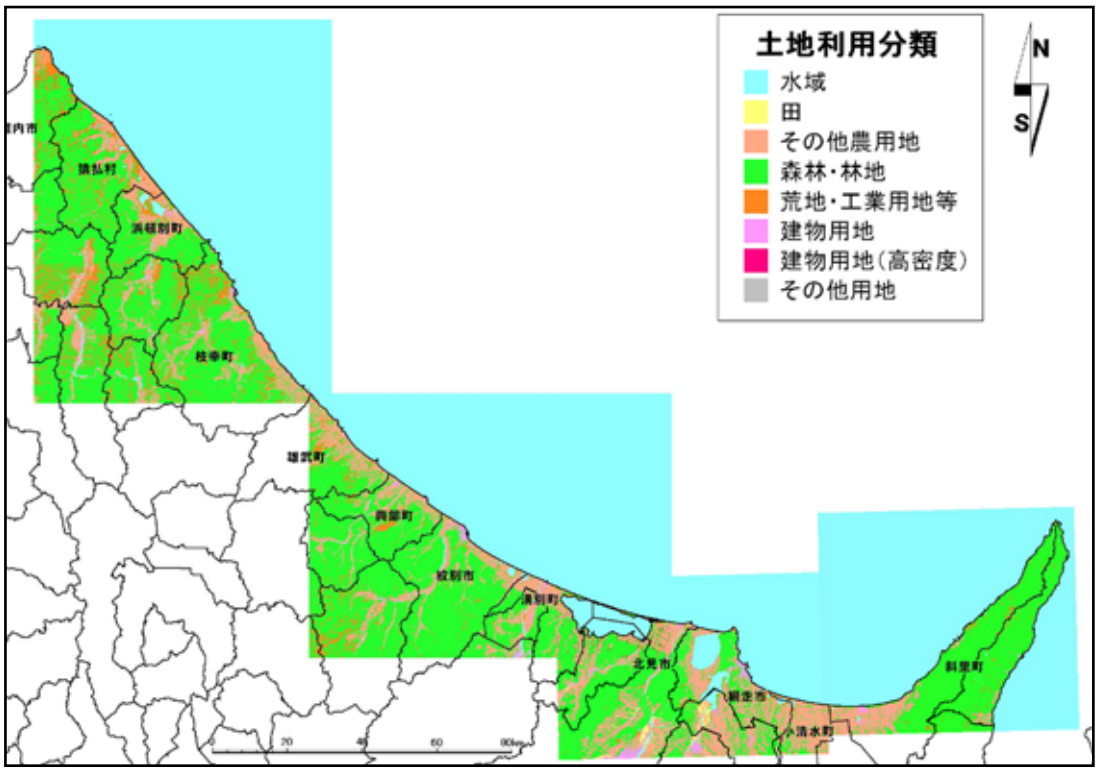
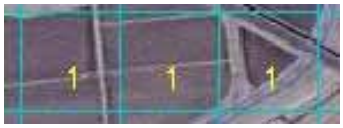
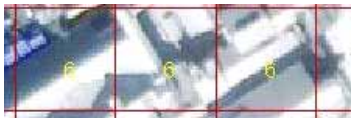


図 3.5-1　土地利用分類作成例

表 3.5-1　詳細領域での粗度係数の設定

区分	分類	例及び左記の分類以外のもので、この番号として入力するもの
0	海域/水域	河川の流路部 池沼等 
1	田	
2	その他農用地（畑）	・自然裸地 ・畑、ビニールハウス ・荒地、草地、伐採地 ・砂浜、岩礁  
5	森林/林地	樹冠が確認できるもの もしくは樹高が ５m程度以上のもの 
6	工業地等	・工場の建物（マス面積の50%以上の場合） ・プラント類 ・倉庫、体育館等 
7	建物用地 （住宅地：低密度） 密度20%～50%未満	商店街、業務地も含む 
8	建物用地 （住宅地：高密度） 密度50%以上	商店街、業務地も含む 
9	その他（空地・緑地）	・住宅地等で、道路や空地等があり建物密度が20%未満のところ。 ・海岸の港湾用地（荷揚場） ・コンクリートの駐車場 ・公園 ・墓地 ・さら地 ・埋立地（未利用地） 

注）メッシュ内の占有面積が大きい土地利用を優先して粗度係数を与えたが、面積が同程度の場合は、粗度係数が低くなるようにした