

面積の算定根拠の説明

1. 計測手法

本計測では、浜名湖のアマモ被度を計測するために独自に開発した水中ドローンを使用した。(図1-1) 本水中ドローンは上下にのみ運動し、水深を一定に保つ機能を有している。



図1-1 計測用水中ドローン機体の外観

水中ドローンの水平移動は、船舶(母船)による曳航で行った。曳航する母船にはGPSが搭載されており、機体のセンサ情報・母船が通った航路・ロープ長から水中ドローンの位置情報を推定した。本測定では計算を簡単にするために、ロープの長さは10メートルの固定値とした。(図1-2)。

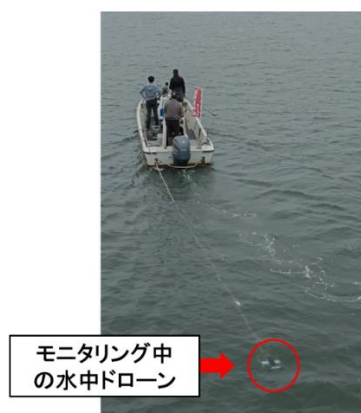
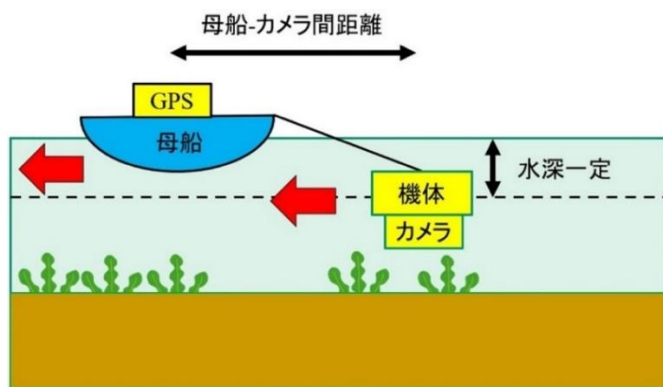


図1-2 計測手法の外観図

撮影用カメラは機体前面に搭載し、撮影された動画から、計測完了後に一定時間間隔毎に写真として抽出することで、湖底画像群を生成した。その写真群の1枚1枚全てに、撮影時の緯度・経度・方位情報の紐づけを実行した。これらの作業で得られた湖底の写真群と、それら写真群の正確な位置情報を取得した(図1-3)。

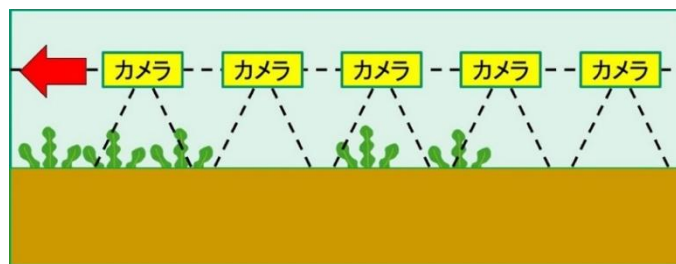


図1-3 カメラ撮影の外観図

2. 解析手法

以下に、砂利場（項目1）の写真群を例に、アマモの存在する面積の解析手法を示した。動画から抽出した湖底画像群には、その全てに緯度・経度・方位が記録されている為、これらの湖底画像群を、空撮用ドローンの撮影による航空写真群から作成したオルソ画像の、緯度・経度に合わせ、貼り付けた。（図2-1）航空写真が取得できなかったエリアに関しては、黒一色で構成された画像を設定し、その画像を背景画像として、湖底画像を張り合わせた。今回は砂利場エリアのみオルソ画像を生成することができたため、砂利場エリアのみオルソ画像を使用し、それ以外のエリアについては黒一色で構成された画像を使用した。

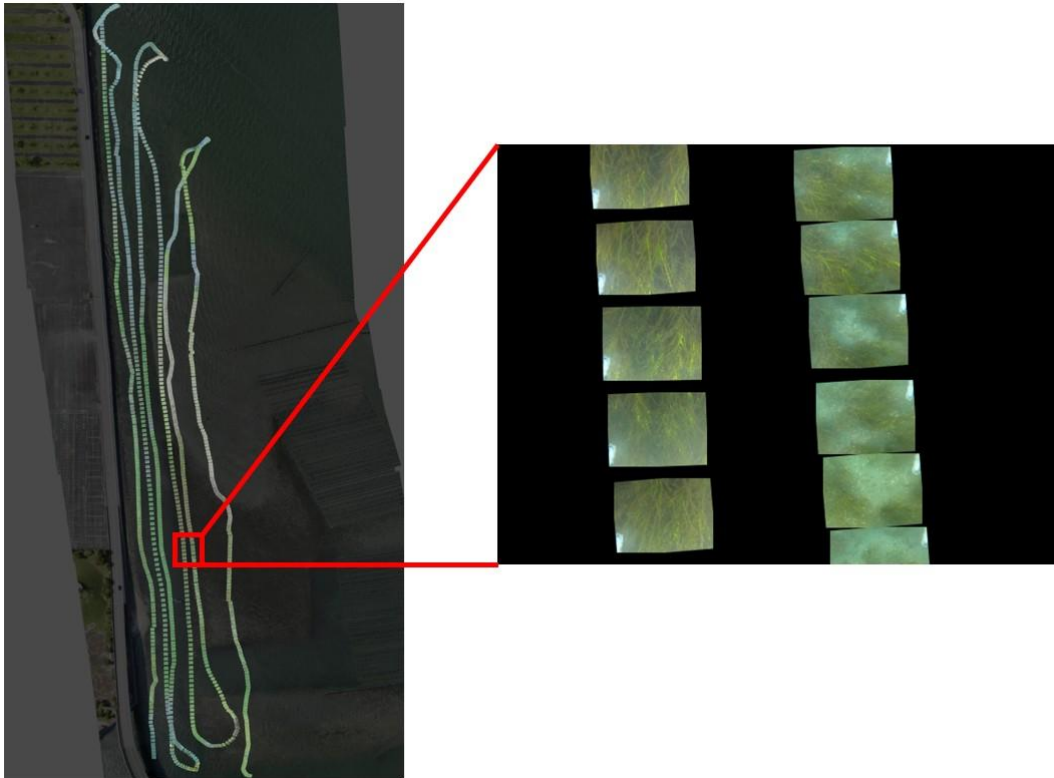


図2-1 航空写真上に、水中撮影画像群をプロット

次に、アマモの被度に応じて湖底画像群に色分類処理を実施した。湖底画像を1枚ずつ確認し、その画像内を占めるアマモの被度に応じて図2-2のように6段階の色分けを実施した。

色分類に際して自動判別を利用すると、誤検知のリスクがある為、今回は1万枚以上ある画像を、人間が1枚1枚目視で被度を判定し、色を塗り分ける手法を用いた。全ての湖底画像の被度判定には、2名の判定者がそれぞれ独立して被度を判定した上で、2名が同じ結果を出したならば、その結果を採用し、2名が異なる結果を出した場合は、3人目の判定者に追加で判定してもらい、多数決で結果を採用した。被度判定は人間の目視で実施する関係上、精度にばらつきがあるので、複数の判定者の判定結果を統合することで、判定精度の向上を図った。


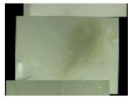
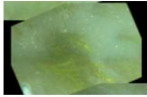
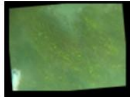


藻場の様子						
被度(%)	0	1～33	34～66	67～99	100	未検出
区分	白	黄色	橙色	赤色	紫色	黒色

図 2 - 2 アマモ被度別の色分類表

上述の処理により、湖底画像群のアマモの被度を、図 2 - 3 のように視覚的に判別可能な画像に変換した。

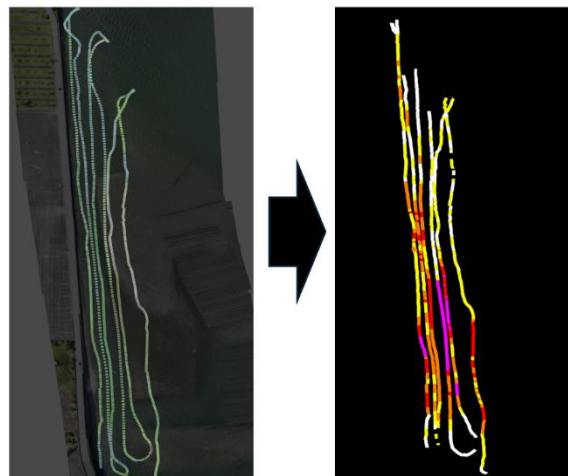


図 2 - 3 アマモ被度別の色分類結果

次に、計測していない、間隙領域のアマモの被度の推定処理を行った。図 2 - 4 に示したように、計測していない間隙領域については、その間隙領域に接している既知の被度領域の色から推定して補完した。

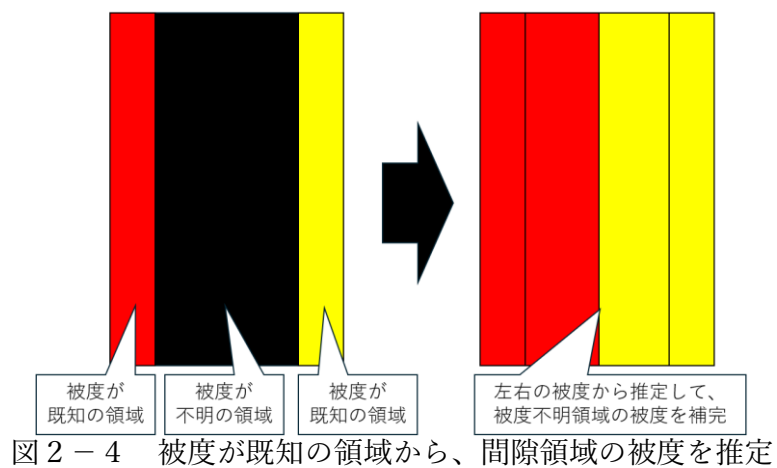


図 2 - 4 被度が既知の領域から、間隙領域の被度を推定

一方で、航空写真上から藻場が確認できた場合は、より精度の高い推定が可能である。すなわち、航空写真に写ったアマモ場と、湖底画像に写ったアマモ場の両方が同じ地点で観測できた場合、航空写真に写ったアマモ場の濃さと湖底画像の被度が同一であると推定できる。よって、航空写真が取得できた領域については、航空写真と、湖底画像の両方の情報を用いて間隙領域の被度を推定した。(図2-5)

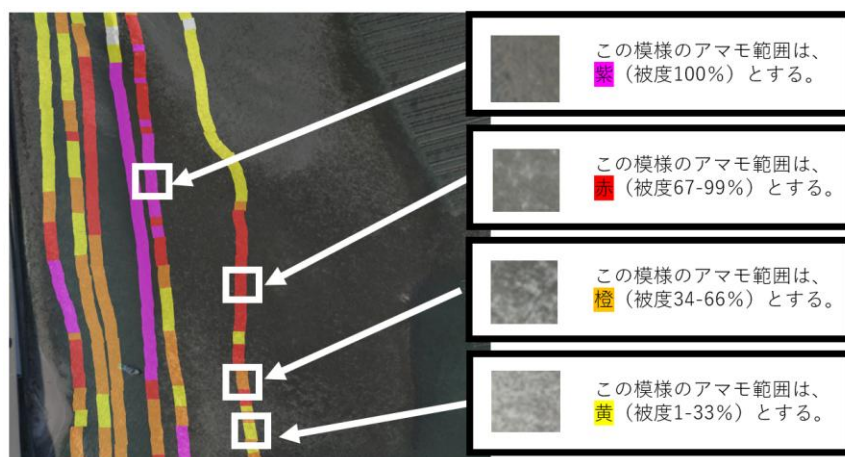


図2-5 オルソ画像に映るアマモの模様から被度を推定

上記手法を用いて計測領域全体の被度の推定を実施した。最終的には、図2-6のように、航空写真に写った藻場の濃さから、全エリアのアマモの被度分類を実施することができた。

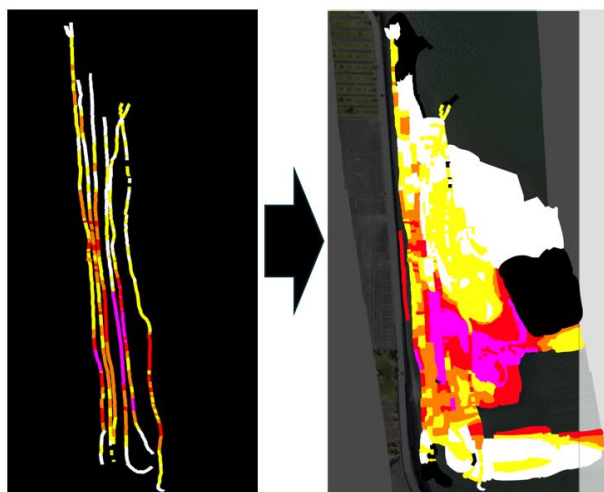


図2-6 被度不明領域の色分類結果
(航空写真から藻場が観測できた場合、その情報も参考にした)

図2-1・図2-3・図2-6で示した各プロセスを図2-7にまとめて示した。本解析では、水中ドローンで取得した湖底画像群からアマモの被度を色分類した画像に変換することができ、視覚的にアマモの被度を認識することが容易となっただけでなく、航空写真の情報と統合して被度を算出可能であるため、より信頼性の高い解析方法であると考えられる。

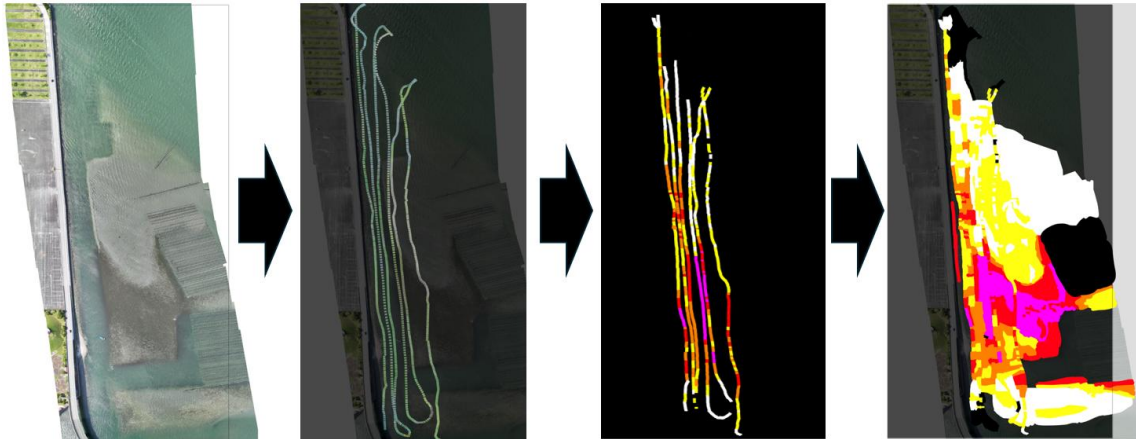


図 2 - 7 アマモの被度別に色分類全プロセス

最後にこれらの情報を用いてアマモ場の面積を算出した。面積の計算にはまず画像を構成するピクセルの一辺の長さを求めた。1ピクセルの1辺の長さを求めることができれば、1ピクセルの面積を求めることができ、次にアマモ場を構成するピクセル数が分かれば、アマモ場の面積を求めることができる。

以下に、図 2 - 8 のように縦幅が 20,000 ピクセルの画像を例にピクセルの一辺の長さの求め方を示した。まず、写真の上端と下端の緯度を算出した。本解析例では、最上部が北緯 34.70083°、最下部が北緯 34.69541° でありその差は 0.00542° となった。

次に、緯度差分[deg]及び経度差分[deg]をメートル単位で表記された距離[m]に単位変更する方法について説明する。緯度差分からメートルへの単位変換係数に関しては、計測地点によらず、常に一定である。地球 1 周の長さを 40,009,000[m]と仮定すると、単位変換係数は $40,009,000 / 360 = 111,136$ となる為、緯度差分[deg]から距離[m]への変換式は以下の式となる。

$$\text{距離[m]} = \text{緯度差分[deg]} \times 111,136$$

経度差分からメートルへの単位変換係数に関しては、計測地点の緯度に依存する。ここでは設定する緯度を、浜名湖付近の北緯 34.67 度であると仮定する。この時の単位変換係数は $111,136 \times \cos(34.67) \div 91,400$ となる為、経度差分[deg]から距離[m]への変換式は以下の式となる。

$$\text{距離[m]} = \text{経度差分[deg]} \times 91,400$$

以上の変換手法を用いることで、画像の長さをメートル単位に変換した。上記で示した方法で単位変換すると 602.3m となった。この長さを 20,000pixel で割ることで 1 ピクセルの一辺の長さ = 0.0301m と求めることができ、1 ピクセルの面積は 0.000906 m² と計算できた。(図 2 - 9)

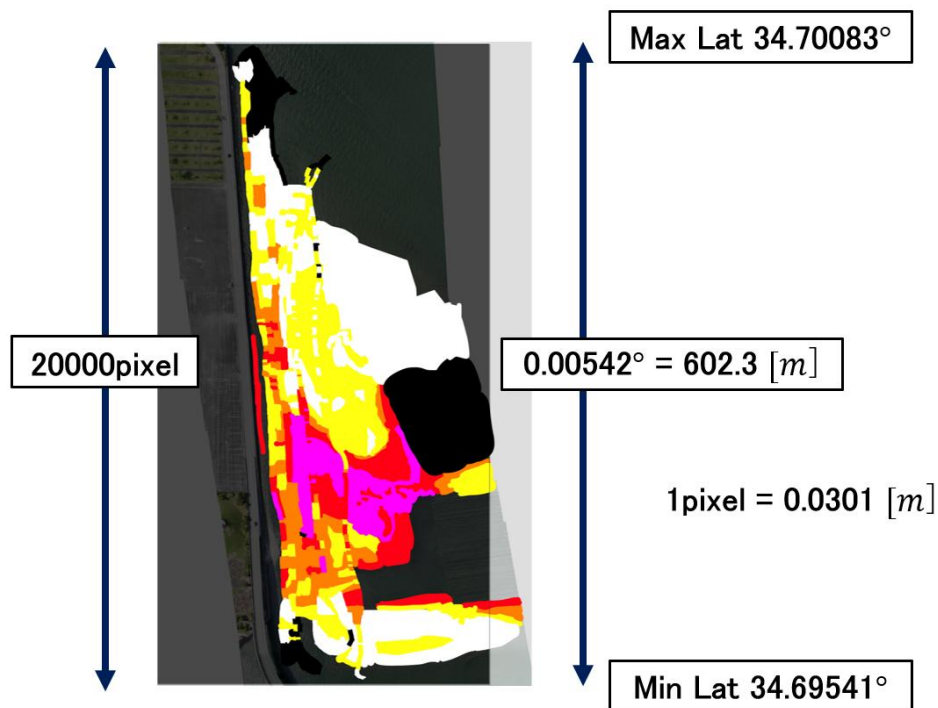


図 2 - 8 アマモ被度分布画像の 1 ピクセルの長さ計算

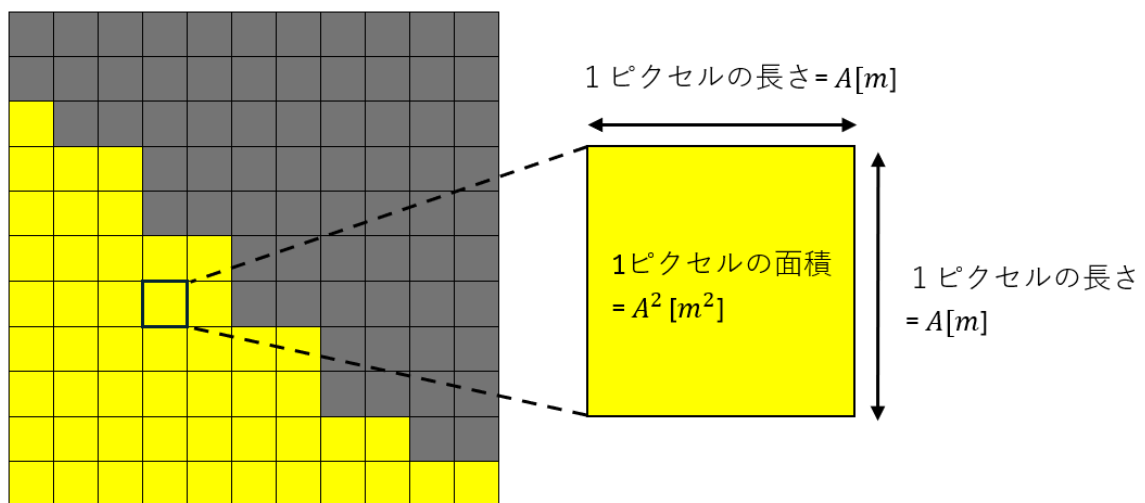


図 2 - 9 ピクセル面積を用いたアマモ場面積計算

6色で分類した湖底画像について、色ごとにピクセル数をカウントし、色ごとの総ピクセル数と1ピクセルの面積の積により、その色の面積を求めた。不明である黒色を除いた5色の面積の総和が図2-8のアマモ場の総面積である。

$$\begin{aligned} \text{総面積}[m^2] = & (\text{黄色の1ピクセルの面積}) \times (\text{黄色ピクセルの数}) \\ & + (\text{橙色の1ピクセルの面積}) \times (\text{橙色ピクセルの数}) \\ & + (\text{赤色の1ピクセルの面積}) \times (\text{赤色ピクセルの数}) \\ & + (\text{紫色の1ピクセルの面積}) \times (\text{紫色ピクセルの数}) \end{aligned}$$

CO₂吸収量を計算する過程で、一定面積当たりのアマモを採取し、重量を計測するプロセスがある。本計測時に重量を計測したアマモは、被度100%のアマモ場から採取されたものであった。

その為、本解析では、CO₂吸収量の計算を容易にする目的で、実勢面積を算出した。すなわち、前述で求めた5色の面積にそれぞれの色の被度の割合の平均値を乗ずることで、それぞれの換算面積を計算した。全ての換算面積の総和を求め、図11の例ではアマモ場の実勢面積を19363.797 m²と求めることができた。(図2-10)

$$\begin{aligned} \text{実勢面積}[m^2] = & (\text{黄色の1ピクセルの面積}) \times (\text{黄色ピクセルの数}) \times 0.17 \\ & + (\text{橙色の1ピクセルの面積}) \times (\text{橙色ピクセルの数}) \times 0.50 \\ & + (\text{赤色の1ピクセルの面積}) \times (\text{赤色ピクセルの数}) \times 0.83 \\ & + (\text{紫色の1ピクセルの面積}) \times (\text{紫色ピクセルの数}) \times 1.00 \end{aligned}$$

<p>オルソ画像1枚の長さ (地球一周の長さ) 40009/360×0.00542 = 0.602 [km]</p> <p>1ピクセルの1辺の長さ 602/20000 = 0.0301[m]</p> <p>1ピクセルの面積 0.0301² = 0.000906 [m²]</p> <p>6パターンに分類したピクセル数を数える (各分類のピクセル数)×0.000906 = (各分類結果の面積)</p>	<p>白 27950349 × 0.000906 = 25351 [m²]</p> <p>黄 19353116 × 0.000906 = 17553[m²]</p> <p>橙 7677588 × 0.000906 = 6963[m²]</p> <p>赤 9272820 × 0.000906 = 8410 [m²]</p> <p>紫 6524251 × 0.000906 = 5917[m²]</p> <p>黒 168900356 × 0.000906 = 153190 [m²]</p>
<p>アマモ場の面積</p> <p>17553 × $\frac{(1+33)/2}{100}$ + 6963 × $\frac{(34+66)/2}{100}$ + 8410 × $\frac{(67+99)/2}{100}$ + 5917 × 1 = 19363.797[m²]</p> <p>赤 各分類結果の面積 青 被度 %</p>	

図2-10 アマモ被度分布画像のアマモ場面積(実勢面積)計算結果

3. 解析結果

図3－1に、本解析で計測した全エリアを示した。図中の線は、水中ドローンを用いて計測した経路である。（エリアの区画分けに赤色の線を用いているが、これは区画分けの為の線であり、経路ではない。）そのエリアは、6つのエリアがあるが、女河浦はアマモの種をまいていないため本解析の対象外とし、それ以外の5つのエリアで解析を行いアマモ場の実勢面積を算出した。詳しくは、面積の算定根拠のエクセルファイルを参照。

計測時期	計測エリア	計測航路の色
2025年5月18日	砂利場 ぜぜら 鷺津	緑色
2025年5月29日	鷺津	紫色
2025年6月8日	鷺津 館山寺	青色
2025年6月15日	女河浦 鷺津	ライトブルー
2025年6月19日	鷺津 村櫛西	黄色
2025年6月24日	鷺津	赤色（区画分割線を除く）

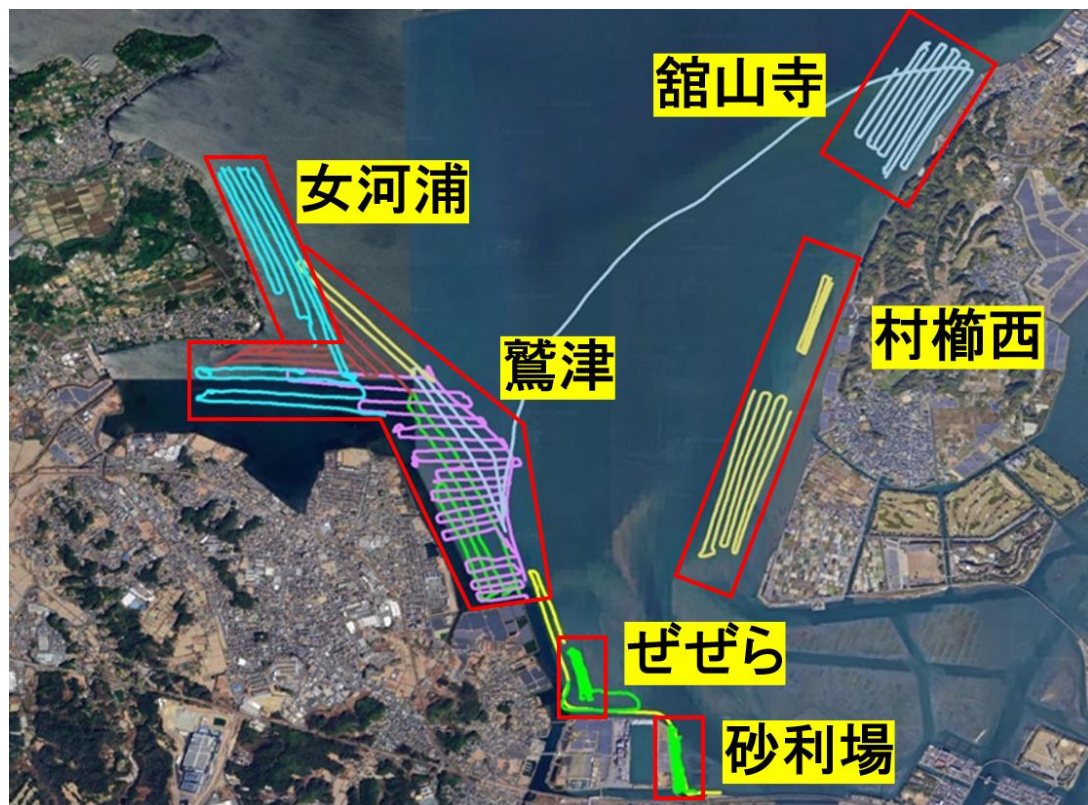


図3－1 浜名湖の全計測範囲（※女河浦は申請対象外）

実勢面積の計測は、項目 1（砂利場）、項目 2（館山寺）、項目 3（ぜぜら）、項目 4（村櫛西_南）、項目 5（村櫛西_北）、項目 6（鷺津_東）、項目 7（鷺津_西）で別々に行った（詳しくは、面積の算定根拠のエクセルファイルを参照）。