

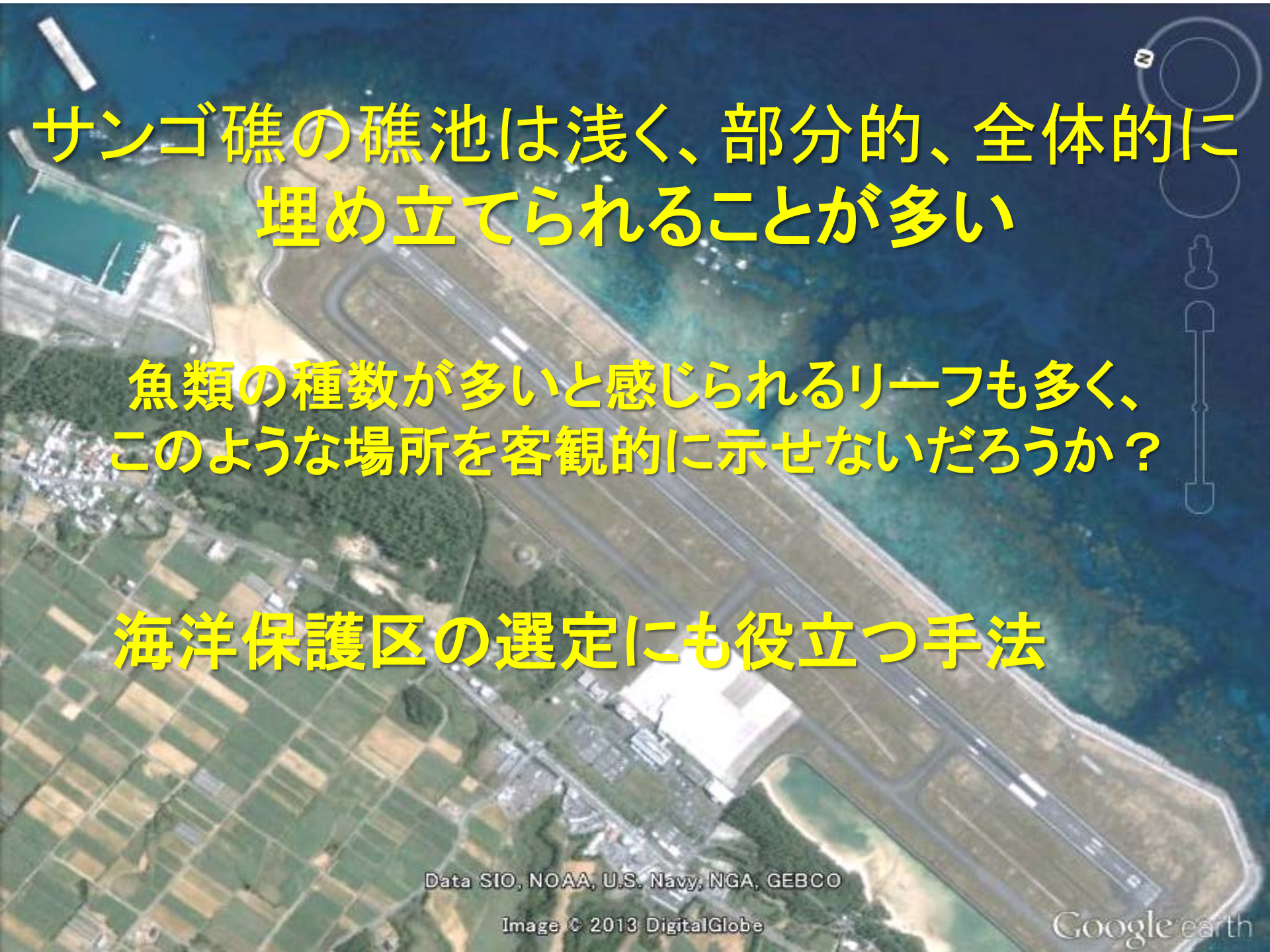
高解像度航空写真画像を用いた野外調査： スズメダイ科魚類の生息種数の多い場所の予測

服部昭尚(滋賀大・教育・情報技術)
澁野拓郎(水産セ・養殖研)

Image © 2013 DigitalGlobe

Google earth

画像取得日: 2010/3/6 24° 50'22.94" N 125° 08'07.92" E 標高 0 m 高度 1.46 km

An aerial satellite image showing a coastal area. In the foreground, there is a large runway and several buildings. To the left, there is a green field. The ocean is visible on the right side, with a reef structure. The text is overlaid on the image in yellow.

サンゴ礁の礁池は浅く、部分的、全体的に埋め立てられることが多い

魚類の種数が多いと感じられるリーフも多く、このような場所を客観的に示せないだろうか？

海洋保護区の選定にも役立つ手法

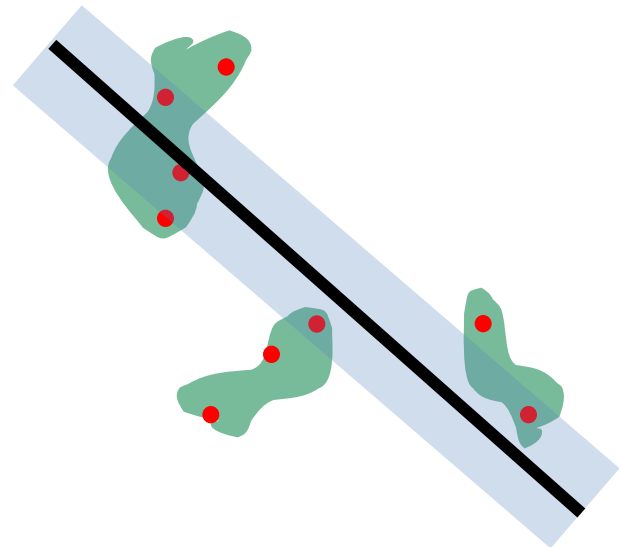
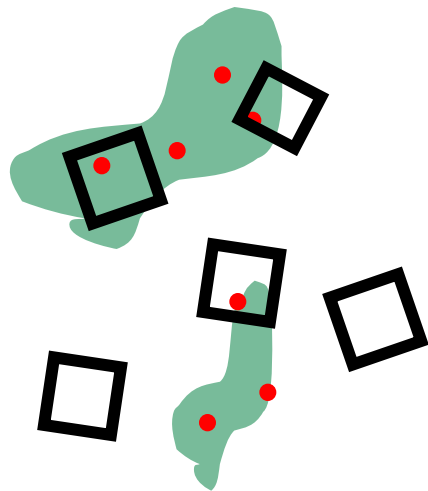
サンゴ礁で生物の分布調査を行う場合

- **ラインセンサス法・コドラート法**

e.g. 2.5m方形区や、50mライン上での目視観察



対象種を数カ所で調べ、統計的に全体像を推測
しかし、パッチリーフなどの景観要素の把握が困難



パッチリーフなどの景観要素の調査を行う場合

- **リモートセンシング**

e.g. 人工衛星や航空機を使ったデータ収集



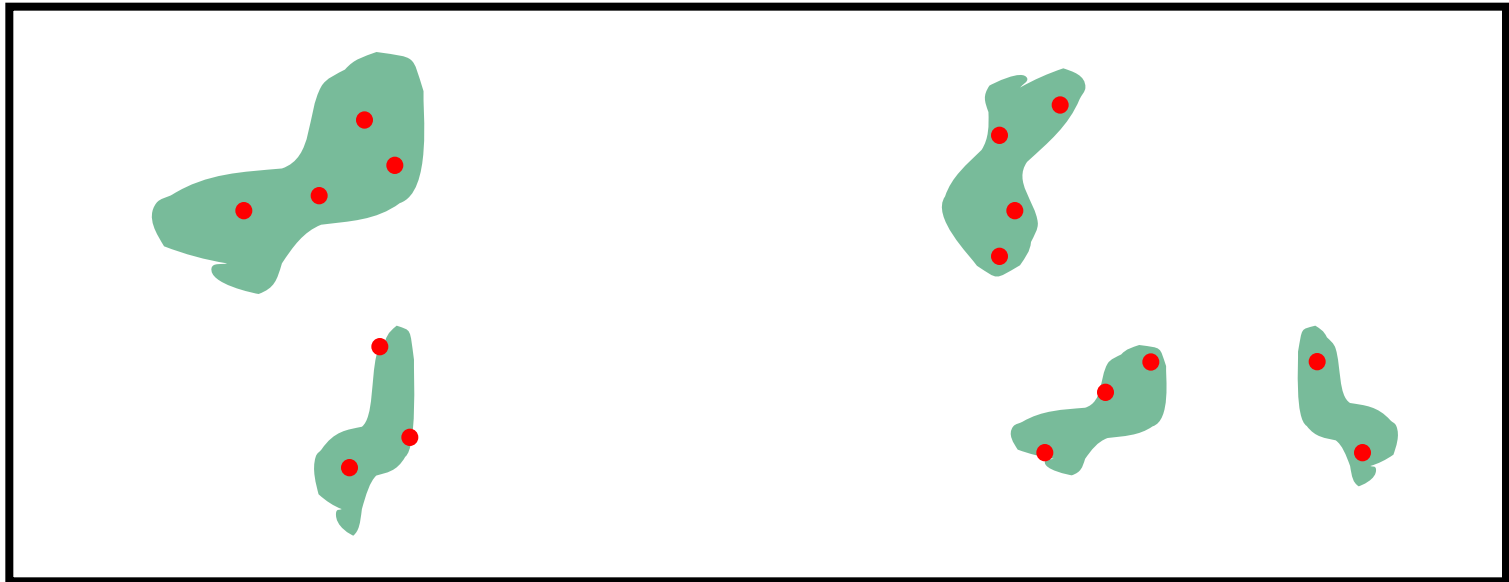
大規模なサンゴ群落や海草藻場などが対象
地理学的な分布や経年変化、陸上での土地利用
との関連などを調べる際には有効



しかし、小型 遊泳生物の把握は困難

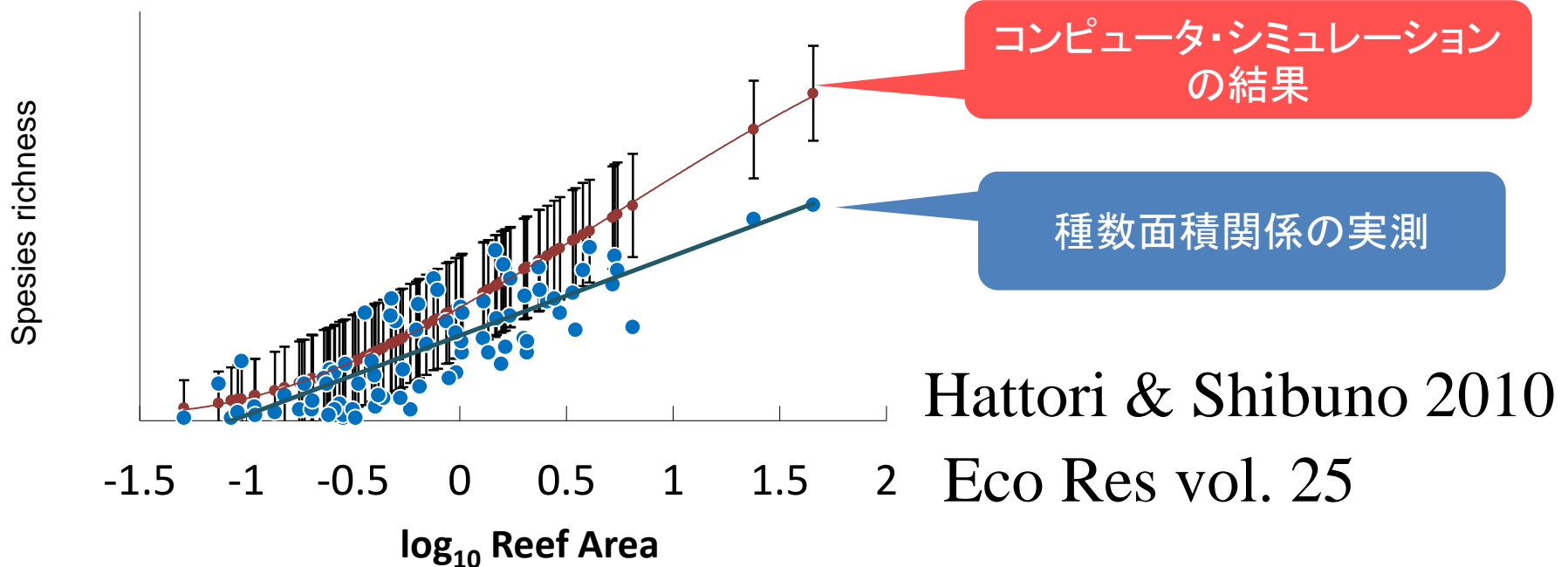
シンプルだが、有効な方法では？

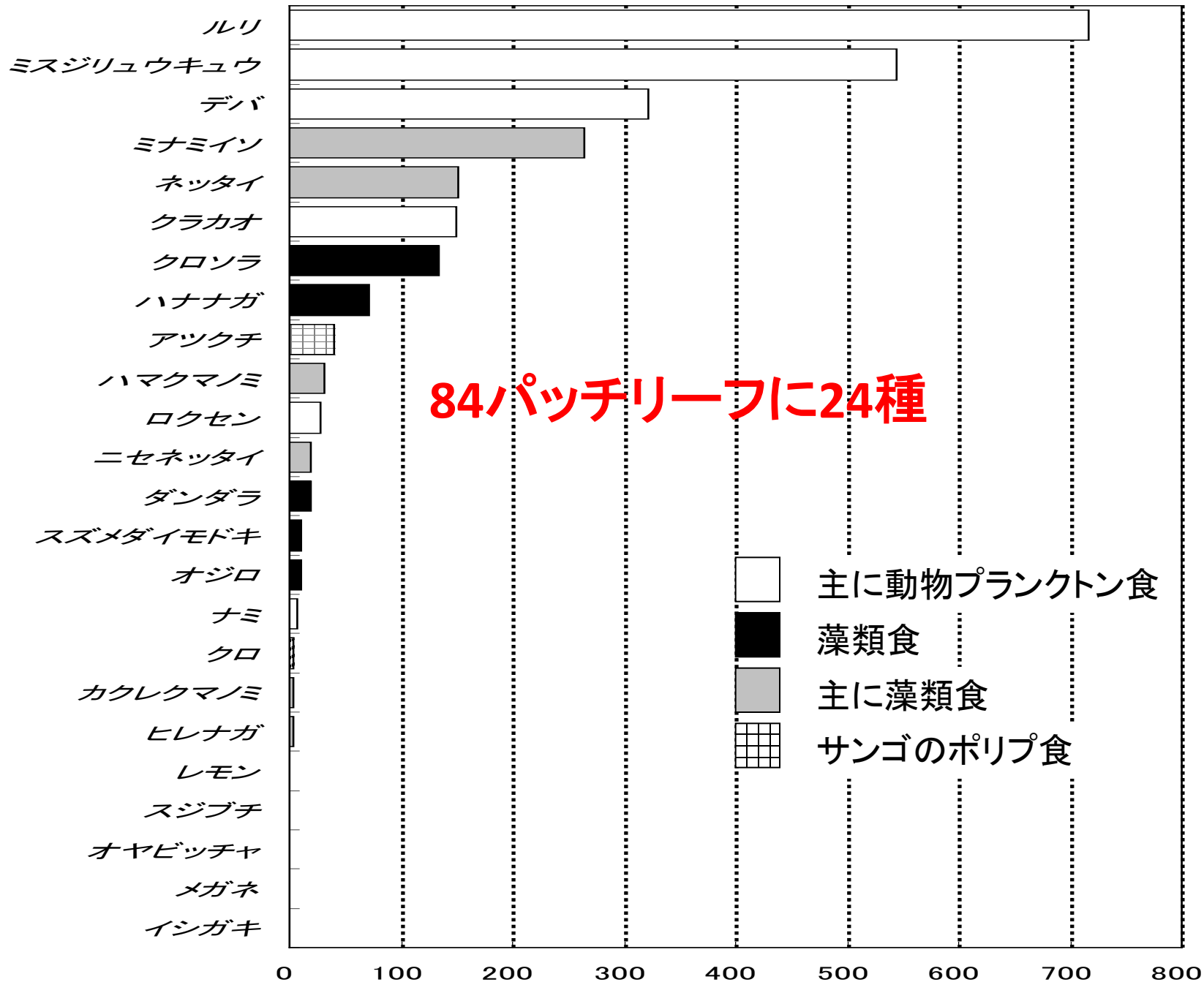
- **高解像度航空写真画像を地図として利用**
直接地図にプロットすることにより、景観要素との関係がわかる。景観要素の面積から生息種数を予測できるのでは？



2007年に石垣島白保海岸で調査

- 高解像度航空写真画像上の84個のパッチリーフを対象に、スズメダイ科魚類全種の全個体をプロットし、リーフ面積と生息種数、そして生サンゴ被度との関係を調査





観察されたスズメダイ科魚類(〇〇スズメダイ)の個体数

2007年の調査の問題点

1週間に6回の調査では結果の再現性に疑問
面積とサンゴ群落以外にも重要な要因がない？



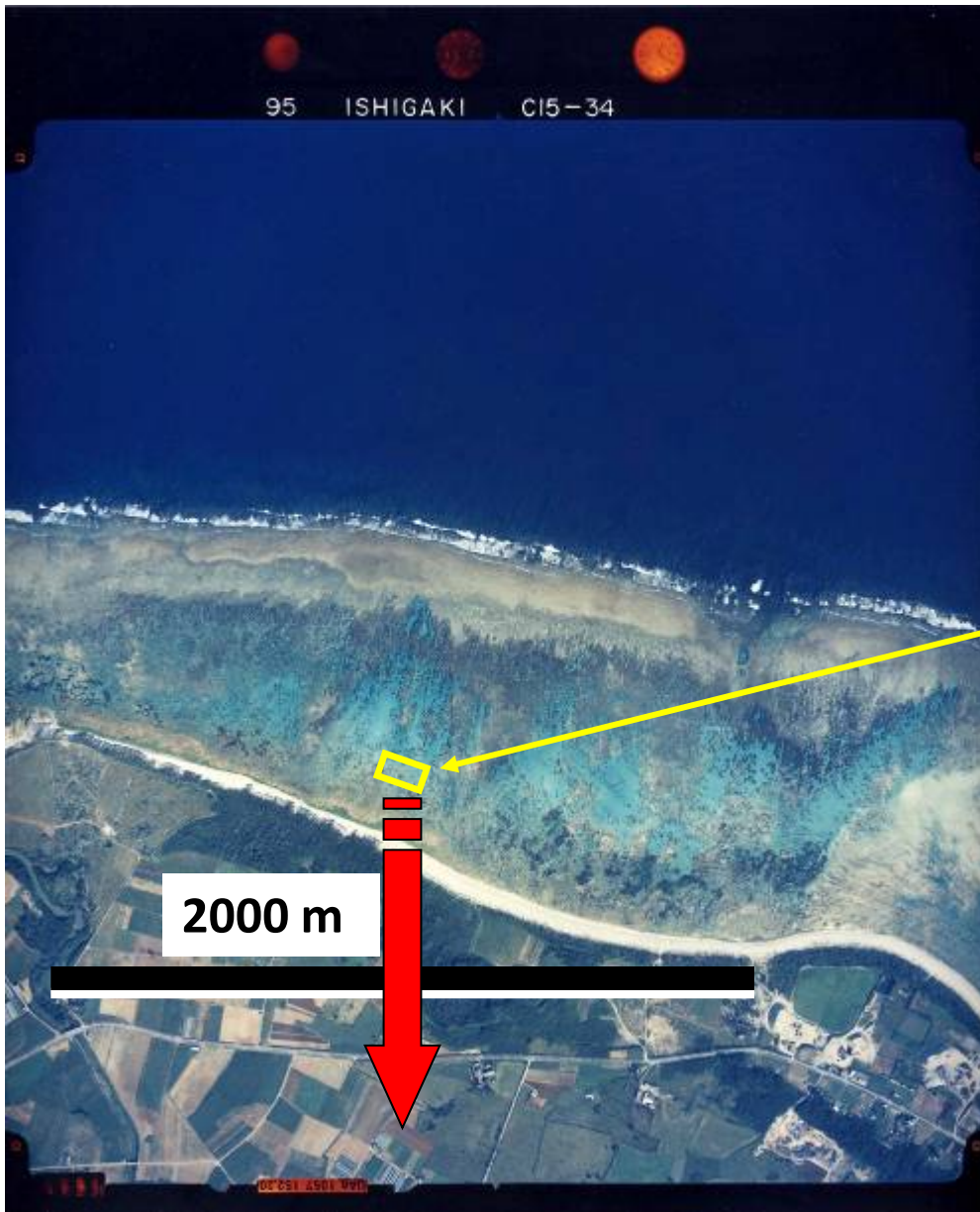
- **2009年の6月末から1週間、同様の調査を実施**

リーフ面積と種数(個体数)、サンゴ群落の被度、
リーフ高のデータを収集



リーフ高が大きいと、棲み分けを促進

調査場所と方法

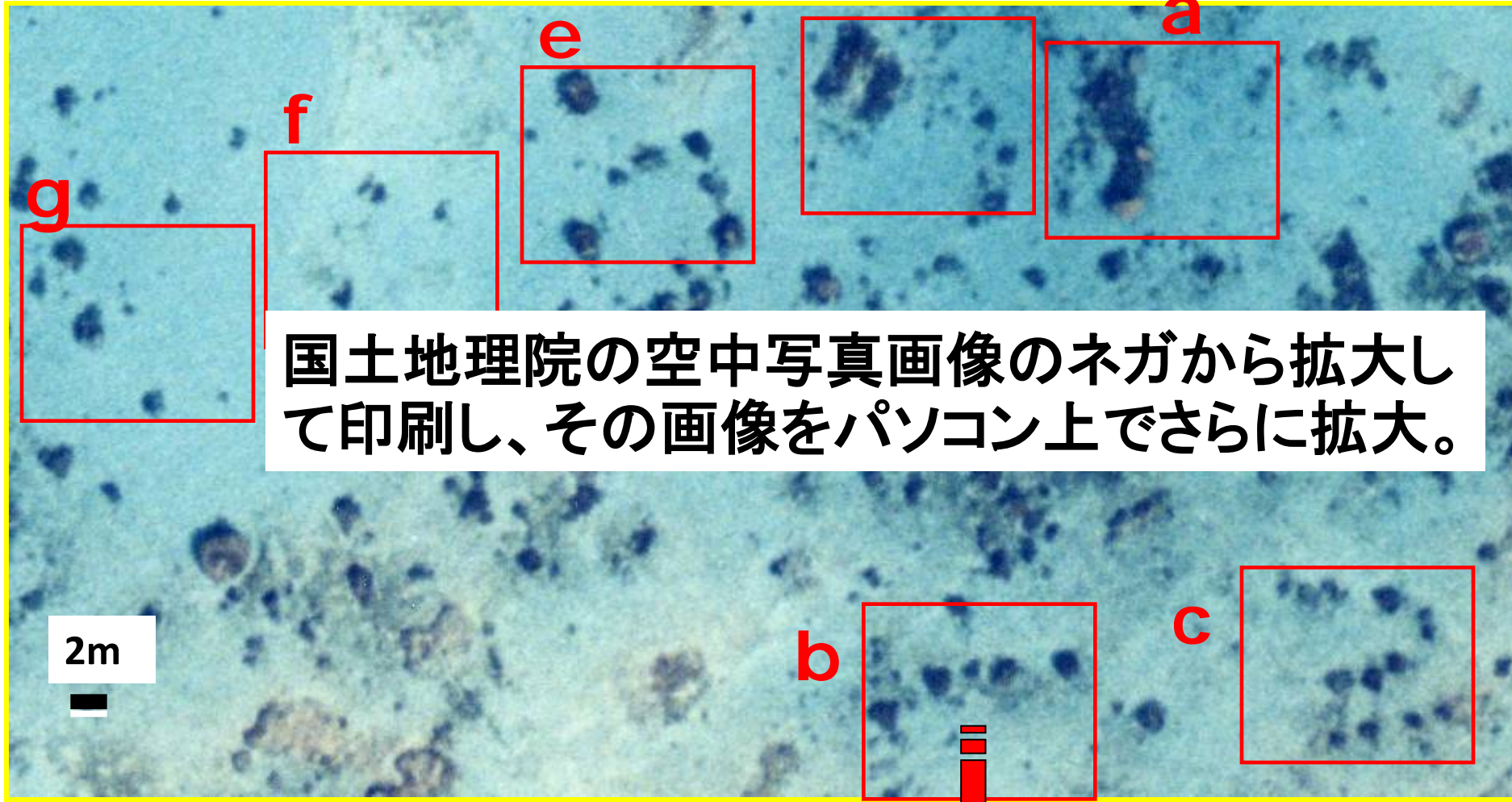


国土地理院発行の高解像度航空写真画像(2,540dpi)を野外調査用マップとして利用

調査場所
約2ヘクタール

石垣島 白保海岸

調査用の7区域を設定



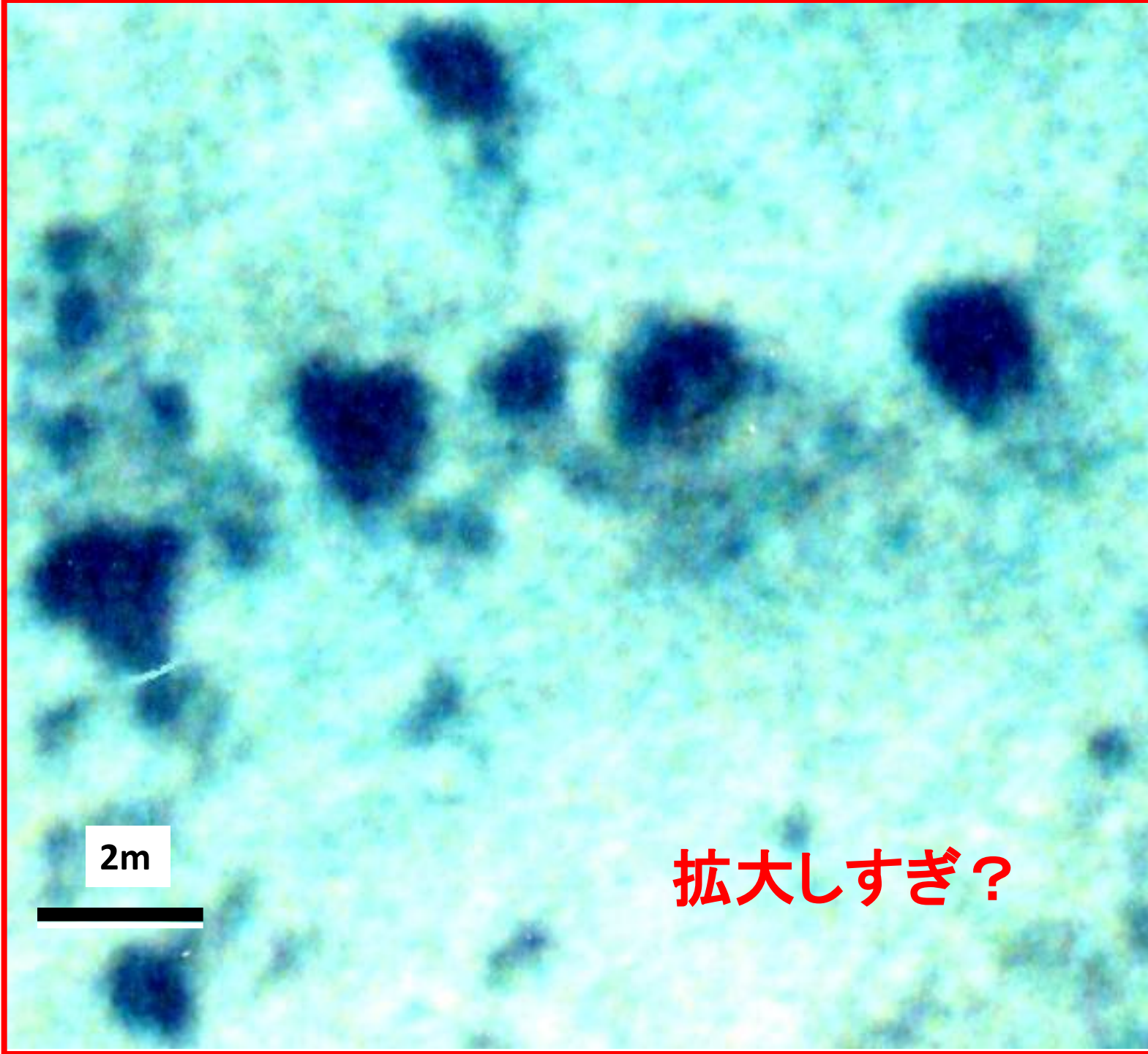
国土地理院の空中写真画像のネガから拡大して印刷し、その画像をパソコン上でさらに拡大。

2m

<2m
deep

1/2500 の地形図に相当

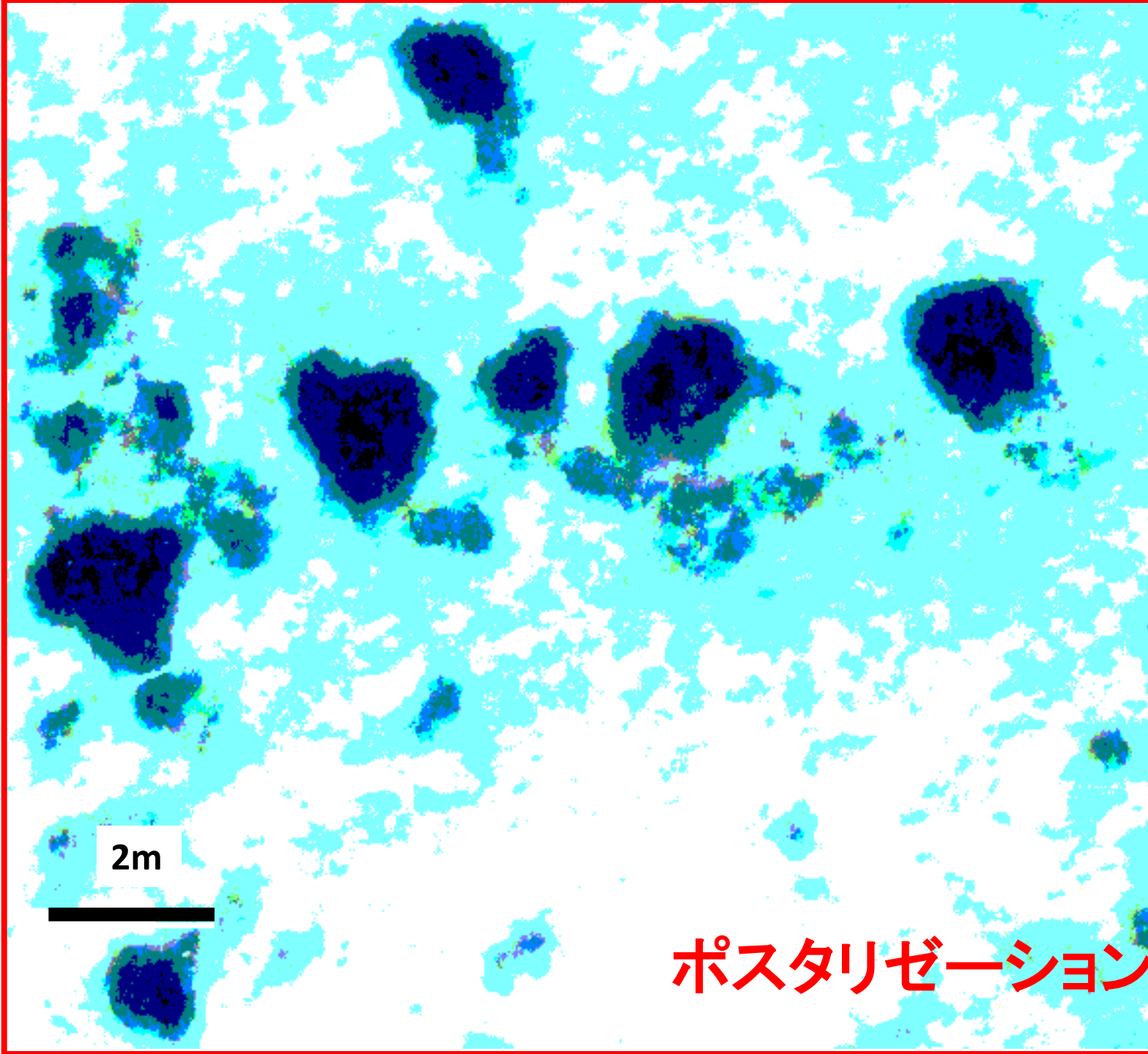
b



2m

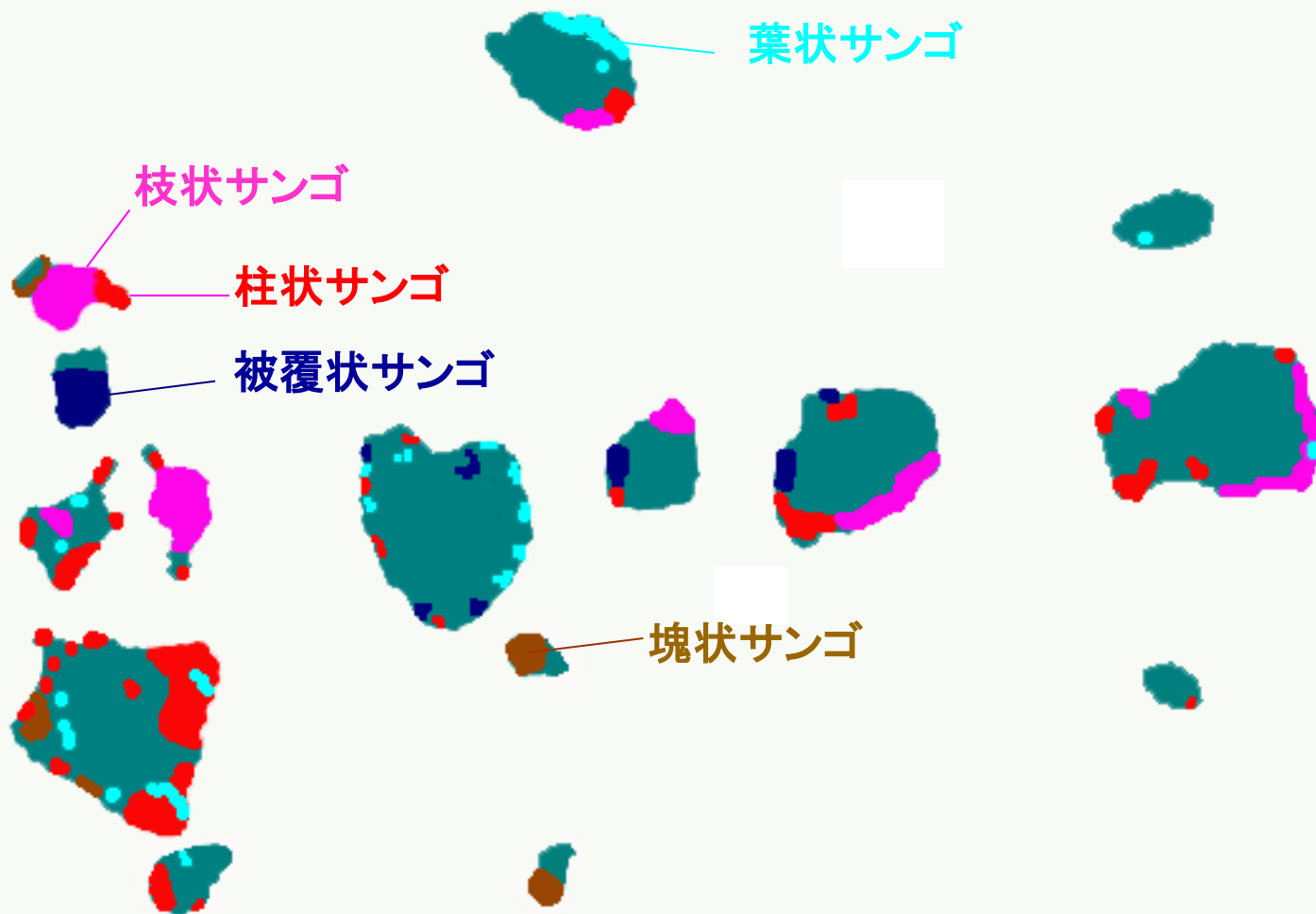
拡大しすぎ？

b



ポスタリゼーション

b



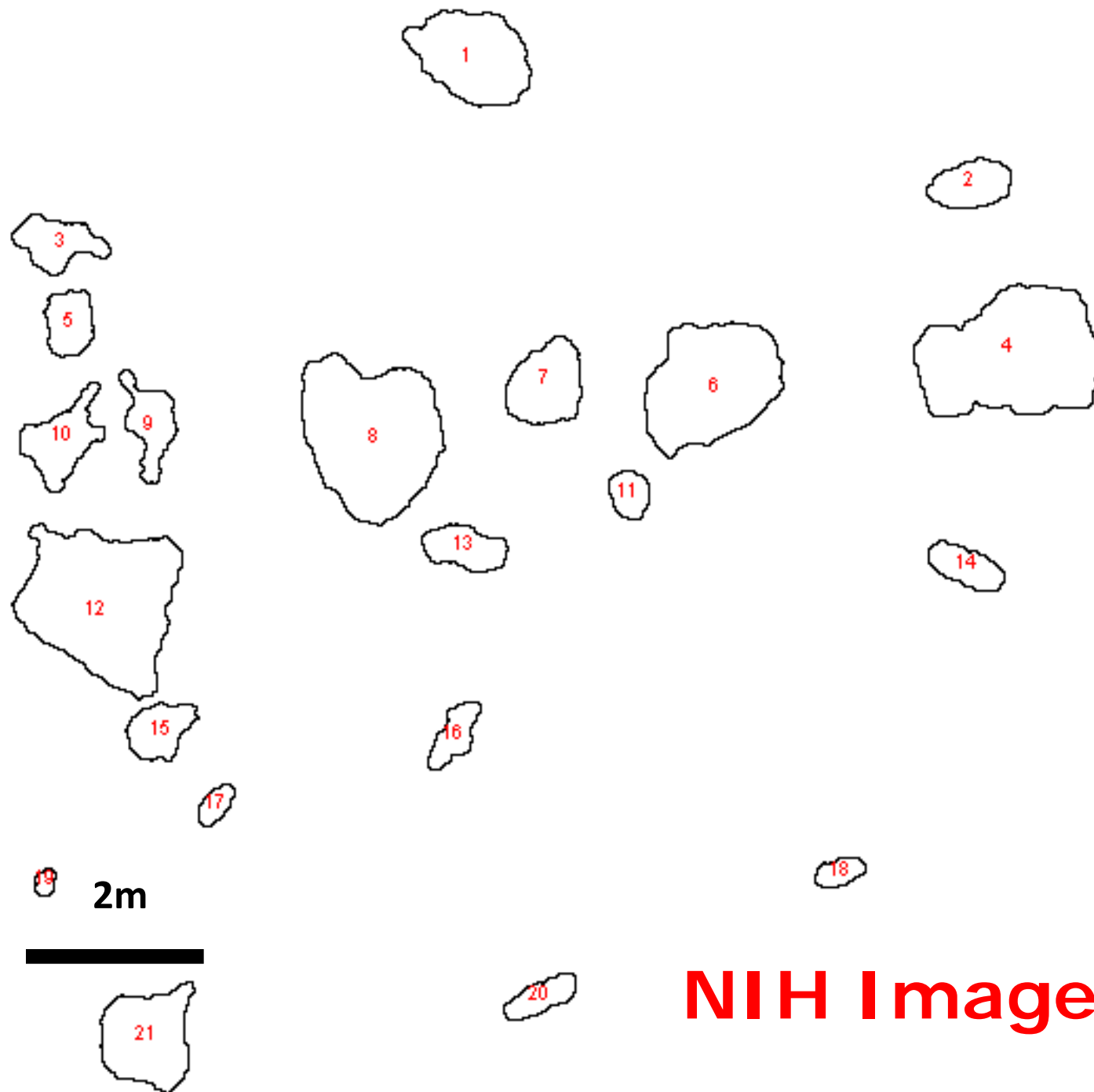
さらに、サンゴ群落の被度をスケッチ

2m



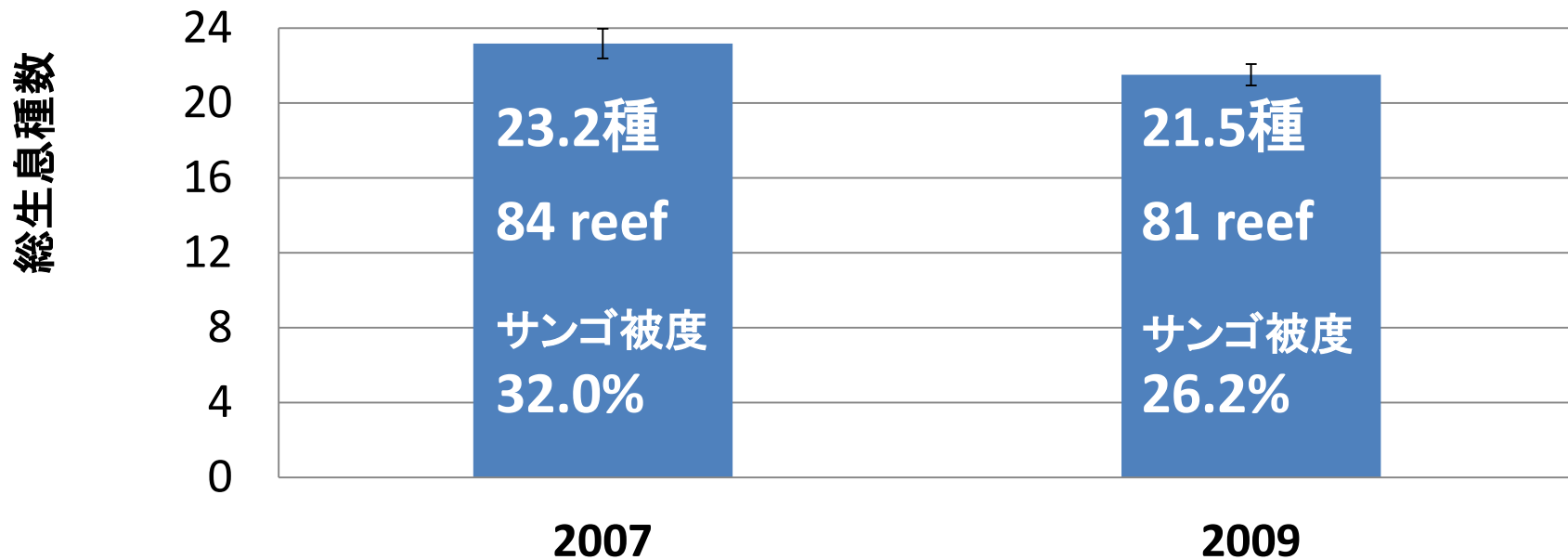
野外で修正・センサス

b



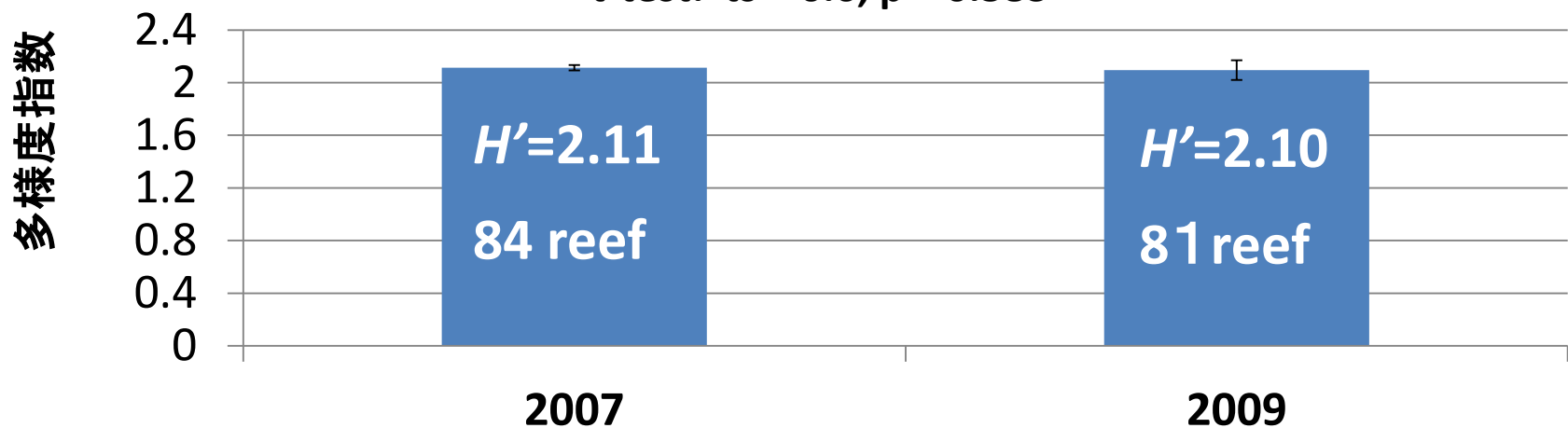
平均値 (n=6) ±95% 信頼区間

t-test: $t_s = 4.4$, $p = 0.0014$



平均値 (n=6) ±95% 信頼区間

t-test: $t_s = 0.6$, $p = 0.583$

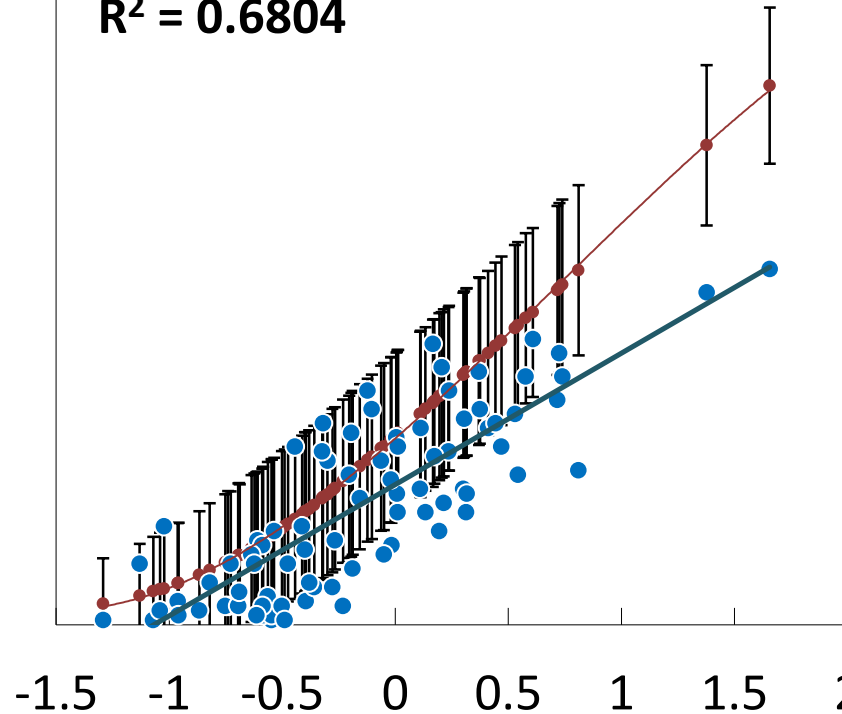


84と81リーフの6回のセンサス結果とランダム群集との比較：2007年と2009年
(Rでプログラム, 10000回試行の平均値と2SD)

2007年

$$S = 4.675 \log \text{ Reef Area} + 4.9939$$
$$R^2 = 0.6804$$

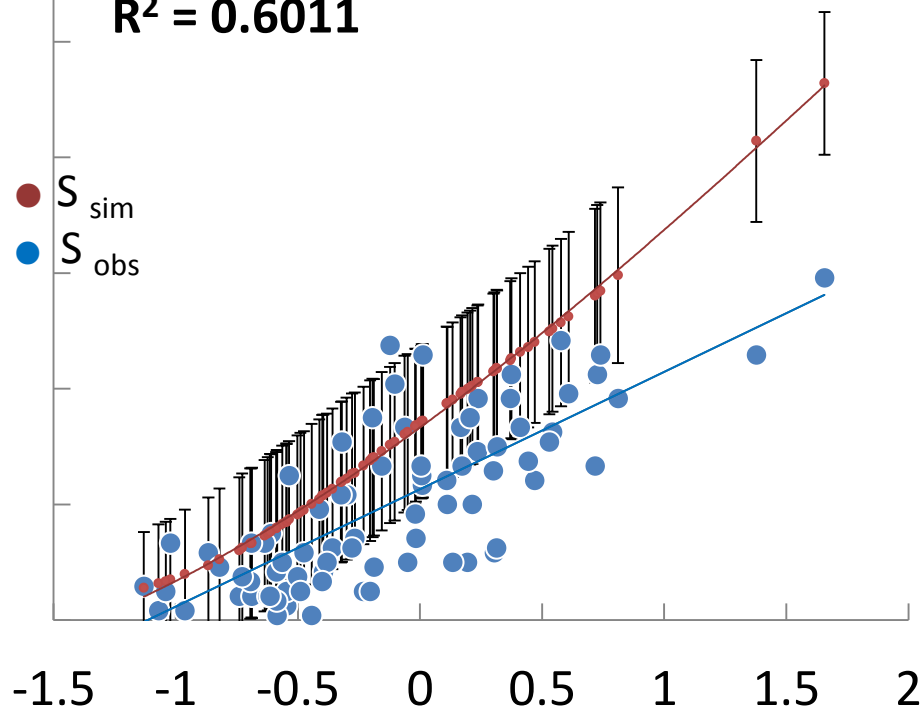
Species richness



2009年

$$S = 4.0586 \log \text{ Reef Area} + 4.5247$$
$$R^2 = 0.6011$$

● S_{sim}
● S_{obs}

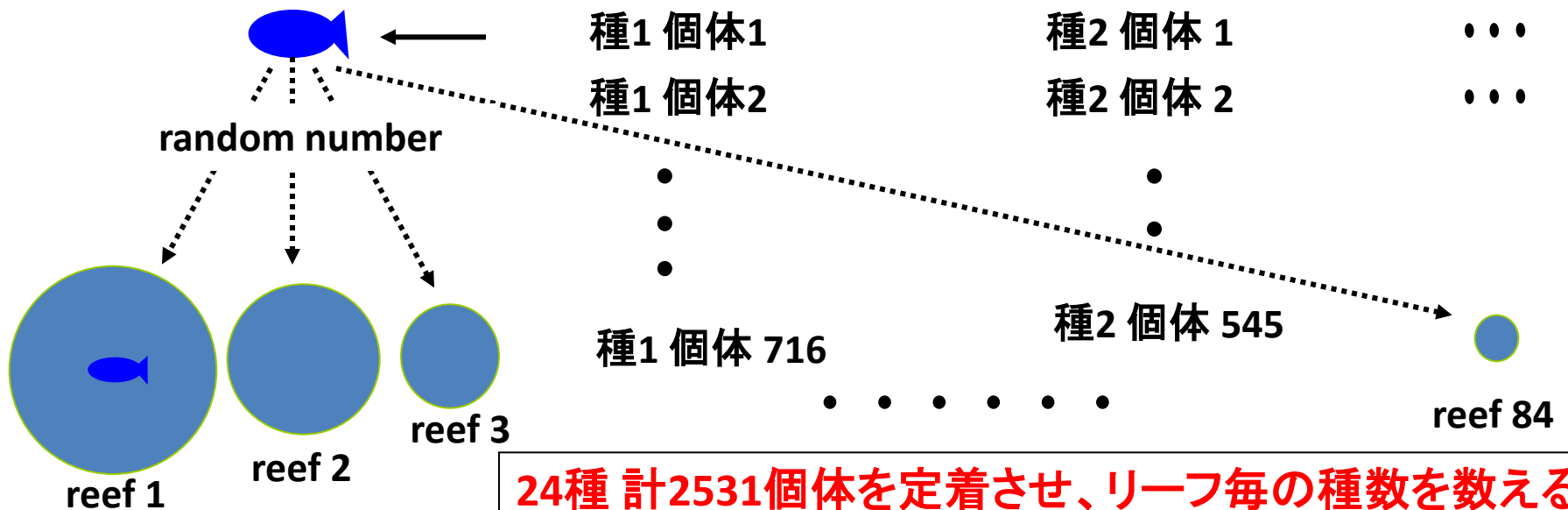


\log_{10} Reef Area

個体数のデータを用いた ランダム置換モデル(ランダム群集)との比較

After Simberloff & Gotelli (1984); Belmaker et. al (2007)

1個体は、パッチリーフの面積に比例した確率で定着すると仮定。
大パッチリーフには、多くの個体が定着する。その結果として、
大パッチリーフには、多くの種類が見られるようになるはず。



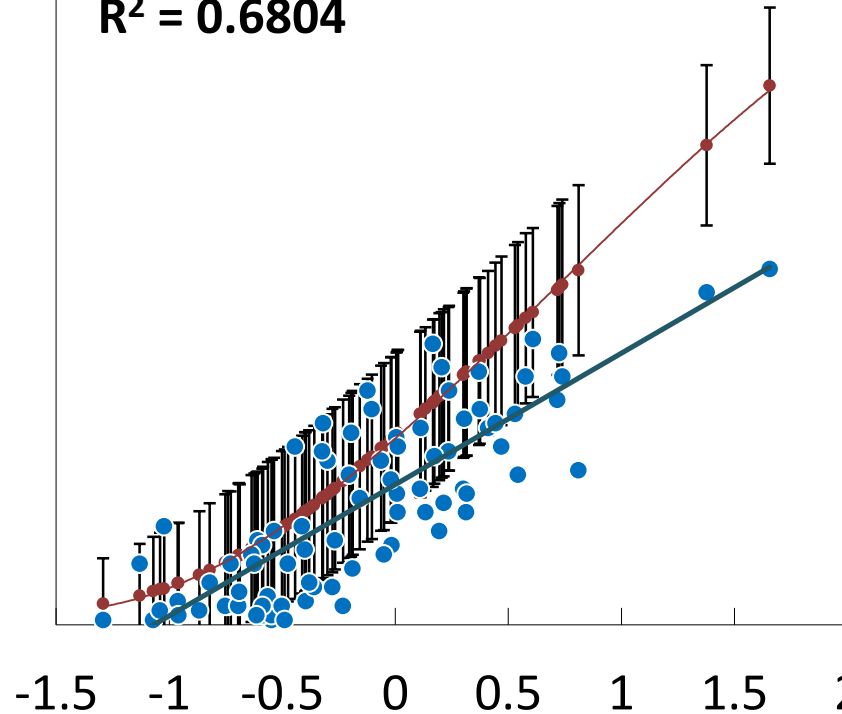
24種 計2531個体を定着させ、リーフ毎の種数を数える。

84と81リーフの6回のセンサス結果とランダム群集との比較：2007年と2009年
(Rでプログラム, 10000 回試行の平均値と2SD)

2007年

$$S = 4.675 \log \text{ Reef Area} + 4.9939$$
$$R^2 = 0.6804$$

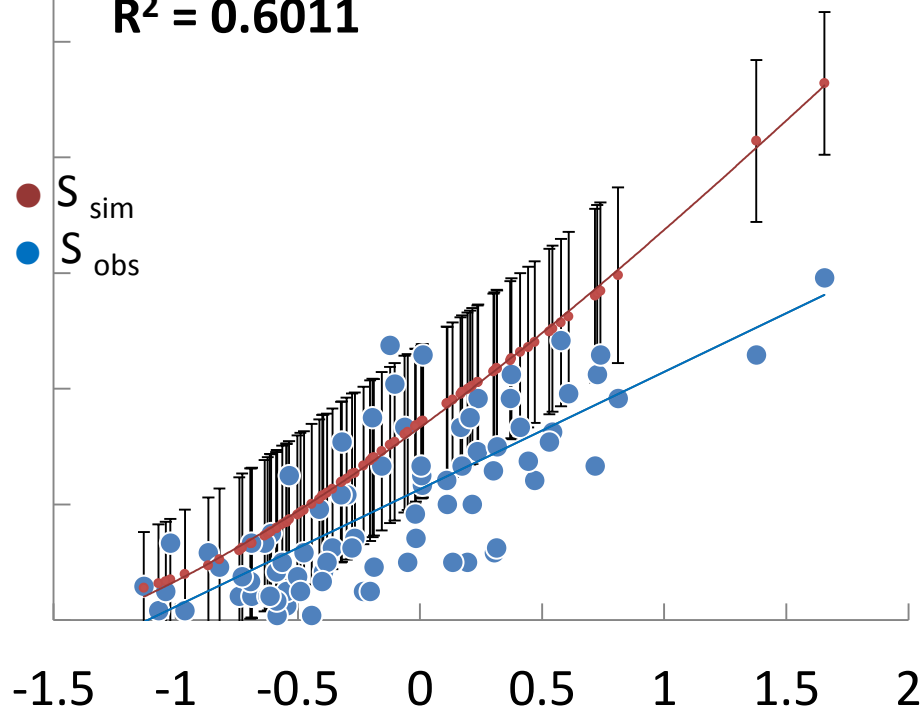
Species richness



2009年

$$S = 4.0586 \log \text{ Reef Area} + 4.5247$$
$$R^2 = 0.6011$$

● S_{sim}
● S_{obs}



\log_{10} Reef Area

2007年の結果 (Hattori & Shibuno 2010)

- ・サンゴの被度と交互作用を加えると、種数の予測精度が5%程度増す

$$S_{\text{obs}} = 3.806 + 3.335 \log \text{Reef Area} + 0.040 \text{Coral Cover (\%)} \\ + 0.047 \log \text{Reef Area} \times \text{Coral Cover (\%)} \\ R^2 = 0.730, F = 75.7, p < 0.001$$

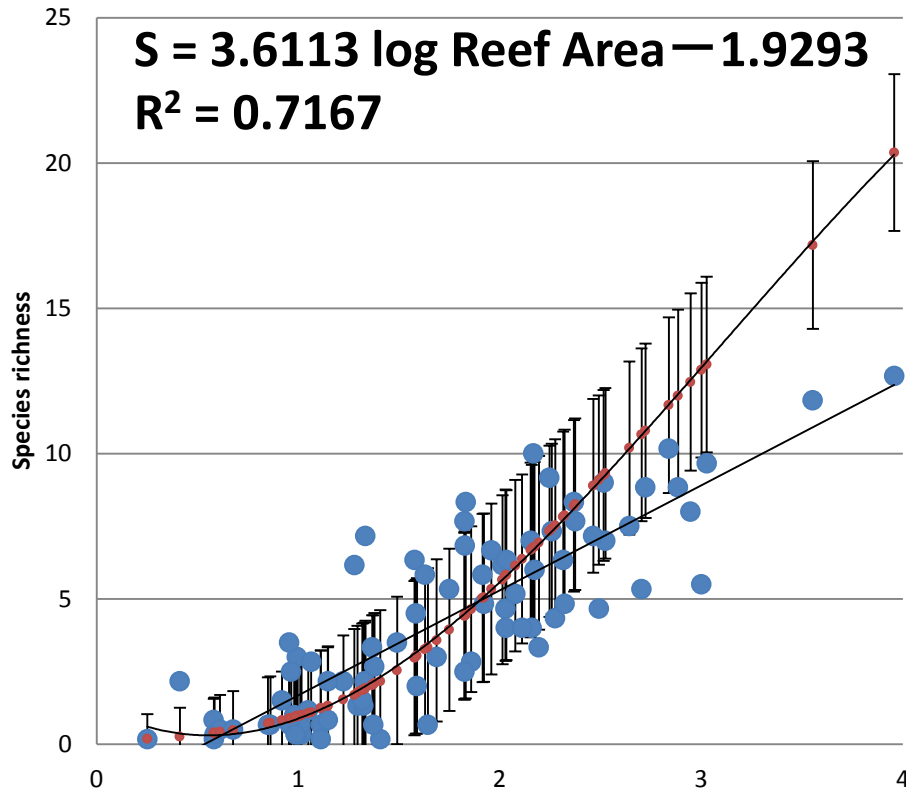
2009年の結果 (今回の結果)

- ・サンゴの被度と交互作用を加えると、種数の予測精度が5%程度増す

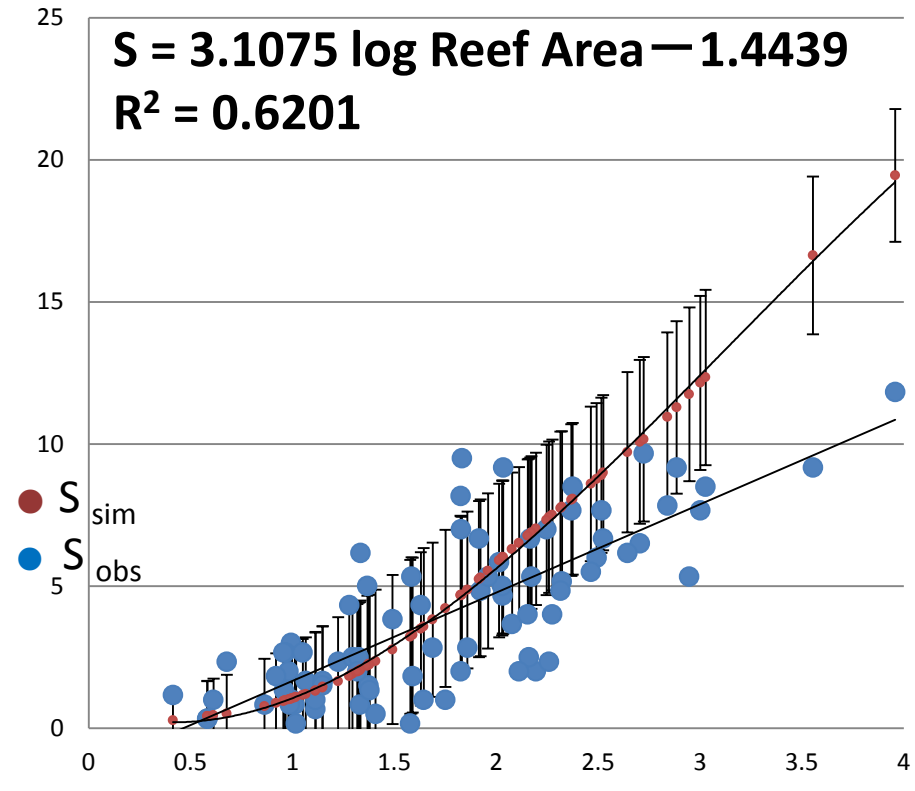
$$S_{\text{obs}} = 3.660 + 3.234 \log \text{Reef Area} + 0.040 \text{Coral Cover (\%)} \\ + 0.043 \log \text{Reef Area} \times \text{Coral Cover (\%)} \\ R^2 = 0.656, F = 51.8, p < 0.001$$

84と81リーフの6回センサス結果とランダム群集との比較:2007年と2009年
(Rでプログラム, 10000 回試行の平均値と2SD)

2007年



2009年



log (Reef Area × Height)

2007年

$$S_{\text{obs}} = 1.532 + 1.001 \# \text{Amphiprion frenatus (ハマクマノミ)}$$
$$+ 0.418 \# \text{Pomacentrus adelus (ミナミイソスズメダイ)}$$
$$+ 0.380 \# \text{P. moluccensis (ネツタイスズメダイ)}$$
$$+ 0.262 \# \text{Stegastes nigricans (クロソラスズメダイ)}$$
$$+ 0.085 \# \text{Dascyllus aruanus (ミスジリュウキュウスズメダイ)}$$
$$- 0.031 \# \text{Chrysiptera cyanea (ルリスズメダイ)}$$
$$- 0.436 \# \text{Abudefduf sexfasciatus (ロクセンスズメダイ)}$$
$$- 1.816 \# \text{Hemiglyphidodon plagiometopon (スズメダイモトギ)}$$

2009年

$$S_{\text{obs}} = 1.377 + 2.608 \# \text{Pomacentrus nagasakiensis (ナガサキスズメダイ)}$$
$$+ 1.992 \# \text{Abudefduf sexfasciatus (ロクセンスズメダイ)}$$
$$+ 0.974 \# \text{Dischistodus prosopotaenia (ダンダラスズメダイ)}$$
$$+ 0.702 \# \text{Amphiprion frenatus (ハマクマノミ)}$$
$$+ 0.252 \# \text{Stegastes nigricans (クロソラスズメダイ)}$$
$$+ 0.181 \# \text{Pomacentrus moluccensis (ネツタイスズメダイ)}$$
$$+ 0.170 \# \text{P. adelus (ミナミイソスズメダイ)}$$
$$+ 0.146 \# \text{Dascyllus aruanus (ミスジリュウキュウスズメダイ)}$$
$$- 4.237 \# \text{Amphiprion ocellaris (カクレクマノミ)}$$

まとめ：2007年と2009年に共通していた点

- リーフ面積を用いた回帰関数は生息種数の予測に役立つ(決定係数は0.601～0.68)
- サンゴ群落を加えると予測精度が向上する(0.656～0.73)
- サンゴ群落のデータが無くてもリーフ高を加えると予測精度が若干向上する(0.615～0.717)
- 大リーフでは、ランダム定着を想定した場合よりも、生息種数が少ない。

高解像度航空写真画像を用いた野外調査

シンプルだが、有効な方法

- 高解像度航空写真画像上の景観要素から、生息種数の高い場所を予測できる。
- 総面積が同じなら、(立体的な)中規模リーフ群で、総生息種数は多くなると予想される。
- 保護区の候補地を選ぶための手法となる。

