

地形再現性および風が与論島サンゴ礁海域の数値モデルに与える影響の評価

信州大学大学院 学生会員 ○宮武 敦士
 大成建設株式会社 非会員 永田 翔
 北野建設株式会社 非会員 中嶋 泰佑
 信州大学 正会員 豊田 政史
 東京都立大学 正会員 新谷 哲也

はじめに

本研究で対象とする与論島東岸沿岸海域は、沿岸海域を潮の満ち引きで干出・水没を繰り返すサンゴ礁（以下、外礁と呼ぶ）で囲まれ（以下、囲まれた場所を礁池と呼ぶ）、一部切れ目（以下、リーフギャップと呼ぶ）が存在するという、典型的なサンゴ礁海域である。1998年に大規模な白化を経験して以来、回復していない場所が多く、海底から湧出する地下水（以下、海底湧水と呼ぶ）に含まれる栄養塩がサンゴ礁に影響を与えている可能性が示唆されている¹⁾。これまでに、与論島では地下水に関する研究が行われ、海底湧水の化学的・物理的性質の理解は深まりつつある¹⁾。しかし、海域内における海底湧水の拡がり方はほとんど検討されていない¹⁾。著者が知る既往研究として、永田ら¹⁾が挙げられるが、境界条件が潮汐のみであり、外礁地形は再現性に欠けている。サンゴ礁海域では、潮汐の他に波浪と吹送流、および外礁地形の違いが流れ場に大きな影響を与えることが知られており²⁾、結果に疑問が残る。そこで本研究では、永田ら¹⁾のモデルに対して外礁地形の改良、および風による外力を考慮したモデルを作成し、それらを比較することで、与論島における両者の影響を残差流の観点から検討した。

方法

本研究では、東京都立大学の新谷が開発した3次元流体モデルであるFantom³⁾を使用し、感度解析のために4つのパターンを作成した。1つは永田ら¹⁾と同じ条件とし、パターン名は「base」とする。残り3つのパターンは、「base」の地形のみ新しくしたもの、「base」の境界条件に風を追加したもの、その両方を適用したものとし、モデル名はそれぞれ「new_geo」、

「+wind」、「new_geo+wind」とする。なお、助走期間を除いた計算期間は2017年11月1日9:00～11月4日0:00である。地形の改良は、Landsat8の衛星画像、および永田ら¹⁾のADCP測深データ、中井⁴⁾の外礁の測量データを用いて行った。具体的には、衛星画像のRGBの輝度から灘岡・田村⁵⁾の方法で大気散乱光の影響を除き、補正したRGBを説明変数、ADCP測深データと外礁の測量データを目的変数とした重回帰分析によって回帰式を作成し、それを外礁に適用した。風が与える影響として、一様風による波浪応力と表面せん断力を考慮した。なお、波浪については、SWANを用いて波浪推算を行い、その結果から波浪応力を計算してモデルに与えた。潮汐は、各開境界中央の潮汐を全球潮汐モデル(Matsumoto et al.⁶⁾)で計算し、モデルに与えた。

結果・考察

地形改良の結果を図-1に示す。改良後の地形は細かい起伏が存在し、外礁と礁池の境目が目立たなくなった。また、海域南部にある水路（図-1の拡大部）が再現されており、より実地形に近づいたといえる。残差流については、風を考慮していない「base」、「new_geo」は全体的に0.1(m/s)以下だったが、風の影響を与えた「+wind」、「new_geo+wind」については、一部0.1(m/s)を超える大きな残差流がみられた。ここで、「+wind」と「new_geo+wind」の残差流と波による単位面積あたりの波浪外力（以下、波浪外力と呼ぶ）を図-2に示す。なお、波浪外力は時間平均で示したが、時間ごとにみても同様の傾向であった。いずれのパターンにおいても、外力の大きい場所と残差流の大きい場所は一致している。今後、吹送流の影響もみる必要があるが、波浪が流れ場に大きな影響を

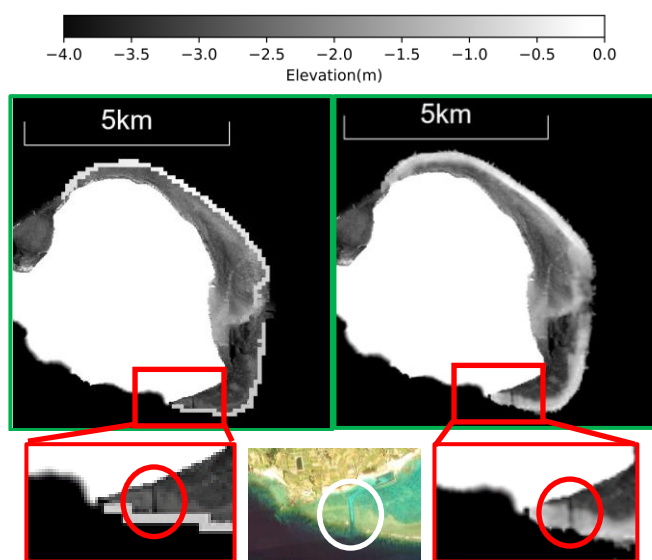


図-1 左上：改良前，右上：改良後，下：水路の拡大図
(左から改良前の地形，航空写真，改良後の地形)

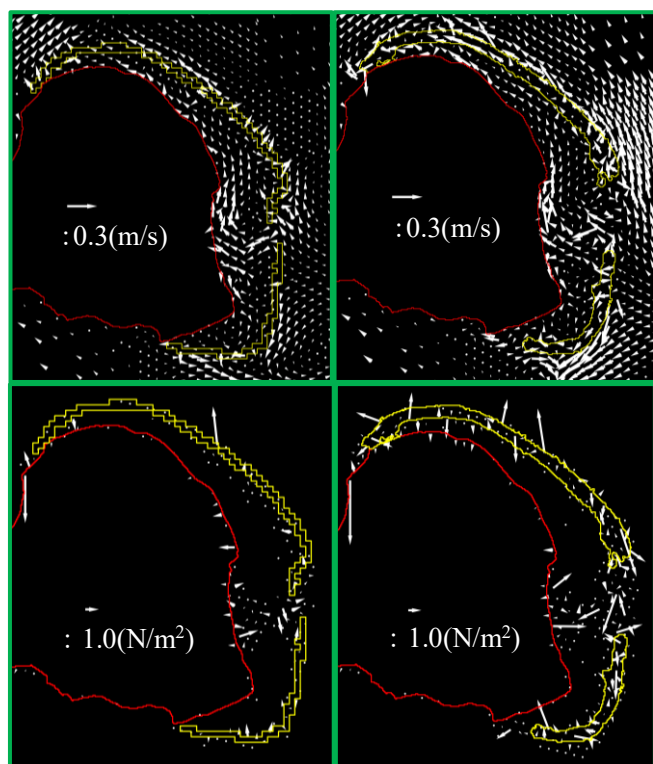


図-2 上：「+wind」，「new_geo+wind」の残差流，
下：「+wind」，「new_geo+wind」の波浪外力の時間平均

与えている可能性が高いといえる。波浪外力について個別に結果をみると、「+wind」についてはリーフギャップ付近で値が大きくなっている。波浪外力は、波のエネルギーの大きい方から小さい方向に働く。標高の高い外礁では砕波によってエネルギーが消散され、礁池内までエネルギーが維持されない。一方、標高の低いリーフギャップではエネルギー消散がな

く、礁池内までエネルギーが維持されることによって礁池内でエネルギー差が生じ、大きな外力が発生したと考えられる。「new_geo+wind」については、先述のリーフギャップ付近に加え、外礁付近の外力が全体的に大きくなっている。「new_geo+wind」の外礁は細かな起伏があり、砕波によるエネルギー消散が起こる場所と起こらない場所が散在する。よって、外礁上ではエネルギー差が生じやすくなり、外礁上で大きな外力が発生したと考えられる。

おわりに

本研究では、衛星画像から推測した外礁地形や風の影響を検討し、外礁地形の再現性や風の有無が、与論島東岸沿岸海域の流れ場に大きな影響を与えることがわかった。今後、この海域の流れ場の再現を行うにあたっては、実際の風の分布、および正確な外礁地形の観測結果をモデルに反映して、数値解析を行うことが望ましい。

参考文献

- 1)永田翔，中屋眞司，豊田政史，安元純，新谷哲也：潮汐を考慮した与論島東部沿岸域における海底湧水の拡がりに関する数値計算，日本地下水学会 2019 年秋季講演会要旨集，pp.112-113，2019.
- 2)白木善章，鈴山勝之，井出喜彦，柴木秀之，金城賢，新城光雄，古川哲己：沖縄海域に適用可能な流動シミュレーションモデルの構築，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，第 71 巻 2 号，pp.I_397-I_402，2015.
- 3)新谷哲也：柔軟な局所高解像度化を実現する非構造デカルト格子シミュレーターの構築，土木学会論文集 B1 (水工学)，第 73 巻，4 号，pp.I_967-I_972，2017.
- 4)中井達郎：サンゴ礁裾礁における空間構造把握のための自然地理的ユニットの設定-与論島東部サンゴ礁を例に-，地学雑誌，第 116 巻，2 号，pp.223-242，2007.
- 5)灘岡和夫，田村英寿：沖縄赤土流出問題に関する汎用衛星モニタリングシステム構築の試み，海岸工学論文集，第 40 巻，pp.1106-1110，1993.
- 6)Matsumoto, K., T. Takanezawa and M. Ooe: Ocean tide models developed by assimilating TOPEX/POSEIDON altimeter data into hydrodynamical model: A global model and a regional model around Japan, Journal of Oceanography, Vol.56, pp.567-581, 2000.