琉球大学学術リポジトリ

[論説] サンゴ礁の波高減衰に関する野外観測：沖縄島南部新原海岸の裾礁の事例

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄地理学会 公開日: 2018-11-16 キーワード (Ja): 波高減衰, サンゴ礁, 裾礁, 水深, 沖縄島, wave height reduction キーワード (En): coral reef, fringing reef, water depth, Okinawa Island 作成者: 武石, 裕, 廣瀬, 孝, 前門, 晃, 青木, 久 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002017717

沖縄地理　第 14 号
19-24 頁　　（2014）

Okinawa Journal of Geographical Studies
No.14, p.19-24　　（2014）

サンゴ礁の波高減衰に関する野外観測
――沖縄島南部新原海岸の裾礁の事例――

武 石　裕[*]・青 木　久[**]・前 門　晃[***]・廣 瀬　孝[***]
（[*] 琉球大学大学院・[**] 東京学芸大学・[***] 琉球大学）

Field Measurements of Wave Height Reduction on a Fringing Reef: A Case Study of Miibaru Coast, Southern Part of Okinawa Island

Yu TAKEISHI[*], Hisashi AOKI[**], Akira MAEKADO[***] and Takashi HIROSE[***]
（[*]Graduate School of Humanities and Social Sciences, University of the Ryukyus,
[**]Department of Geography, Tokyo Gakugei University,
[***]Faculty of Law and Letters, University of the Ryukyus）

Abstract

To investigate the relationship between reduction of wave height on a fringing reef and the water depth at the reef edge, field measurements were carried out on Miibaru coast with a fringing reef in Southern part of Okinawa Island, Japan. The ratio of the shore break height (the height of final breaking waves near the shoreline) to the wave height at the reef edge, H_b/H', which denotes the degree of the reduction of wave height on a reef, was found to decrease with decreasing water depth at the reef edge. This result indicates that the reduction of wave height on a reef is controlled by water depth on a fringing reef.

キーワード：波高減衰，サンゴ礁，裾礁，水深，沖縄島
Key words: wave height reduction, coral reef, fringing reef, water depth, Okinawa Island

Ⅰ　はじめに

沖縄島の海岸には裾礁のサンゴ礁が発達している．このサンゴ礁は，従来から外海の荒波から陸地をまもる働きをもつことが指摘されてきた（例えば，サンゴ礁地域研究グループ，1990）．図 1 に示したように，サンゴ礁上に入射する沖波は，急激に水深が小さくなる礁縁付近で砕波したり，サンゴ礁上を進む際にサンゴ礁地形の影響を受けたりしながら，多くのエネルギーを失って汀線に到達すると考えられる．したがって汀線付近で最終的に砕波する波の波高は礁縁付近の波の波高よりも小さくなると推定される．

従来のサンゴ礁上の波の特性に関する研究は，サンゴ礁内外の波の変形や波高減衰に主眼をおいたものがほとんどであり，サンゴ礁上に入射した波がどのくらい減衰して汀線に到達するのかを定量的に明らかにした研究はほとんどない．青木・智原（2009）は，沖縄島読谷（よみたん）海岸においてサンゴ礁幅の異なる地点において汀線砕波波高を計測し，サンゴ礁幅との関連を論じているものの，汀線砕波波高に与える潮汐に伴う水深の変化の影響やサンゴ礁上の波高減衰に関する考察は行われていない．そこで本研究では，潮位，すなわち水深の異なる条件で礁縁付近での波高（H'）と汀線砕波波高（H_b）（図 1）を計測し，サンゴ礁上の波高減衰に与える水深の影響を明らかにするという目的で野外観測を実施した．

Ⅱ　調査地域の概要

調査地域として太平洋に面する沖縄島南部南城市の新原（みいばる）海岸を設定した（図 2）．調査地域には礁嶺と礁池の発達した裾礁が形成されており，1 km 以上にわたって連続した海浜が広がっている．太平洋に面する中城湾で観測された沿岸波浪の長期観測データ（小舟ほか，1988）による調査地域周辺の波浪環境は，月別平均有義波高が約 1 m，台風域内の最大有義波波高が 7 ～ 8 m である．調査地域から約 7 km 北東に位置す

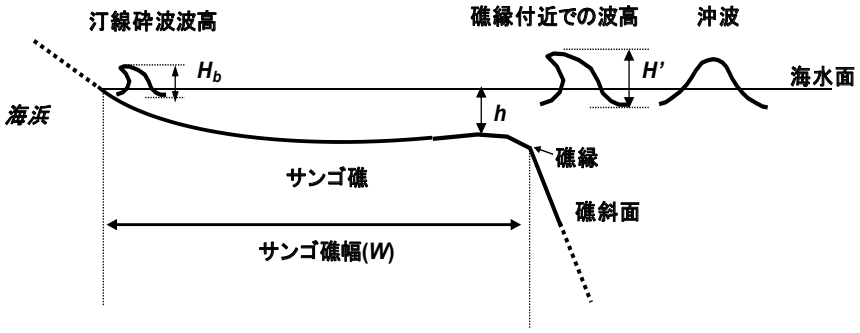

図 1　定義図

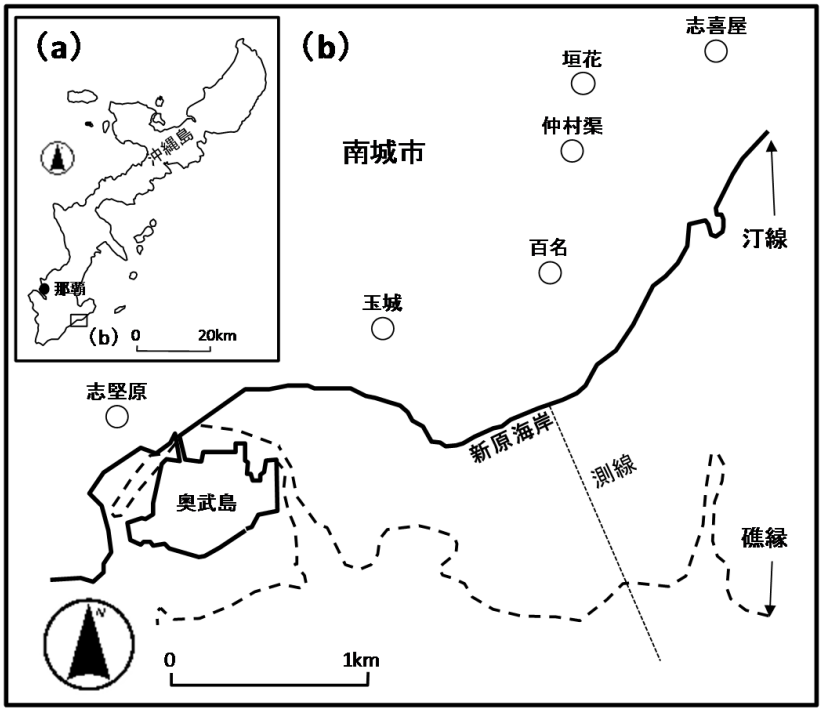

図 2　調査地域図
（2 万 5000 分の 1 地形図「知念」より作成）

る国土地理院沖縄験潮場（南城市安座間）における潮汐環境は，平均潮位差が 1.1 m，朔望平均の潮位差が 1.76 m である．

Ⅲ　調査方法

1．サンゴ礁の縦断形測量

サンゴ礁の地形断面図を作成するために，サンゴ礁に切れ目がなく連続した場所を測線として選び(図2)，2012 年 2 月 27 日にサンゴ礁の縦断形測量を行った．測量は海岸線に垂直に設定した測線にできるだけ沿うように，干潮時にボートを利用して汀線から礁斜面まで，ポータブル測深機（HONDEX PS-7）とポータブル GPS（GARMIN 製）を用いて，位置と水深を計測して測量を行った．

測量結果と国土地理院沖縄験潮場の潮位データを用いて平均海面からの水深に補正し，地形断面図を作成した（図 3）．測量の際，ボートの進路は波・風によってかなりの影響を受け，測線に沿って移動できなかったため，地形断面図は測線への投影断面図である．汀線から礁縁までのサンゴ礁の幅は 1,210 m，サンゴ礁の平均的な水深は 1 ～ 2 m である．礁嶺最浅部および計測された礁斜面最深部の平均海面からの水深は，それぞれ 0.9 m，17.1 m となっている．本研究では，礁嶺最浅部での水深を礁縁付近での水深（h）として扱うことにする．

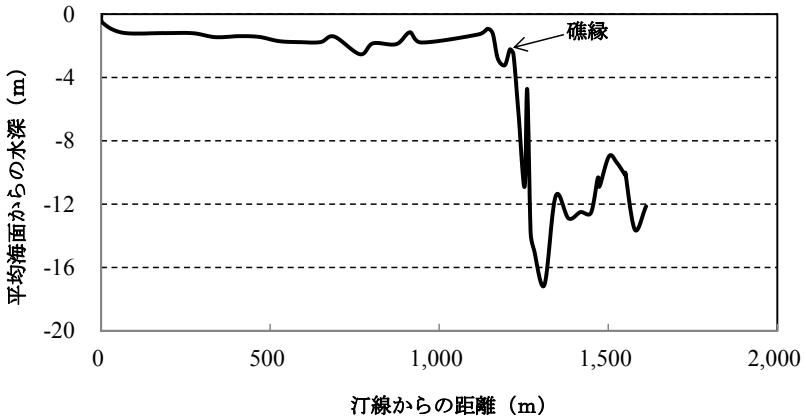

図 3　サンゴ礁の地形断面図

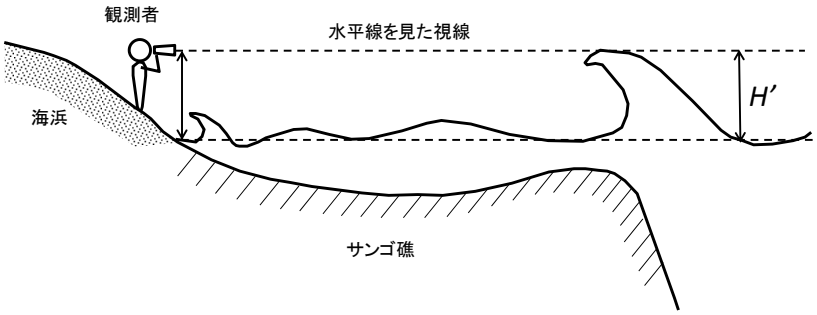

図 4　礁縁付近での波高（*H'*）の計測法

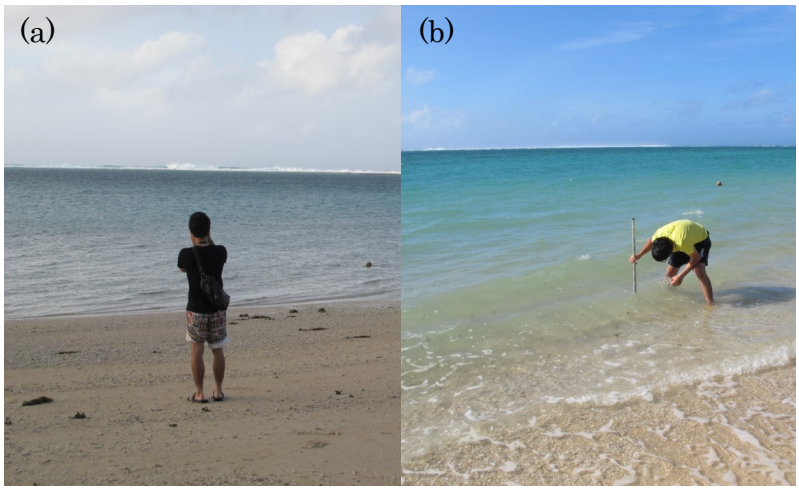

図 5　波浪観測の様子
（a）礁縁付近での波高（*H'*）の計測，（b）汀線砕波波高（H_b）の計測

2．波浪観測

波浪観測は 2012 年 8 月 24 日～ 12 月 14 日の期間に行い，礁縁付近での波高（*H'*）と汀線砕波波高（H_b）について計測した．*H'* の計測は，観測者の眼が波頂と水平線を結ぶ線上にあるようにするとき，眼の位置と汀線での引き波の位置との鉛直距離が波の高さに等しい（Bascom, 1964）ことを利用して実施した（図 4, 図 5-a）．H_b の計測は，汀線砕波している位置に標尺を立て，波高の値を読み取った（図 5-b）．計測は 10 回行い，そのうち波高の大きなものを 3 つ選び，それらを平均して H_b とした．

調査期間中に得られた *H'*，H_b，*h* の計測結果を表 1 に示した．調査期間中，台風 15 号，16 号，17 号の 3 つの台風が沖縄島に接近・通過し，暴浪が作用するイ

表 1　観測結果

計測日	礁縁付近での波高 H'（m）	汀線砕波波高 H_b（m）	礁縁付近での水深 h（m）	相対水深 h/H'	波高比 H_b/H'	備考
2012/8/24	2.1	0.13	0.84	0.40	0.062	
2012/8/25	3.0	0.05	0.51	0.17	0.017	
2012/8/27	5.0	0.20	0.74	0.15	0.039	台風15号最接近（8月26日）
2012/8/28	2.2	0.04	0.64	0.29	0.020	
2012/9/7	0.7	0.07	1.41	2.01	0.096	
2012/9/14	0.7	0.03	1.59	2.27	0.043	
2012/9/15	2.4	0.14	2.06	0.86	0.057	
2012/9/16	2.9	0.10	1.36	0.47	0.036	台風16号最接近
2012/9/17	1.8	0.15	1.91	1.06	0.082	
2012/9/29	5.0	0.15	1.31	0.26	0.029	台風17号最接近
2012/9/30	1.0	0.02	1.09	1.09	0.020	
2012/11/16	0.6	0.02	0.67	1.12	0.028	
	0.6	0.02	0.56	0.93	0.032	
	1.0	0.03	0.64	0.64	0.029	
2012/12/14	0.6	0.11	1.59	2.65	0.188	
	0.6	0.15	1.72	2.87	0.250	
	0.8	0.09	1.63	2.04	0.116	
	1.0	0.07	0.89	0.89	0.073	
	1.0	0.05	0.50	0.50	0.050	
	1.6	0.04	0.43	0.27	0.027	
	1.7	0.05	0.51	0.30	0.028	

ベントがあった．それぞれの台風について簡単に述べると，台風 15 号は 8 月 26 日に沖縄島を通過し，中心気圧 910 hPa で，最大瞬間風速 70 m/s を観測した台風であった．台風 16 号は，9 月 15 日に大型で非常に強い台風の状態で沖縄島の一部が暴風域に入り，16 日朝に中心部が沖縄島を通過した，中心気圧 900 hPa，最大瞬間風速 80 m/s を観測した台風であった．台風 17 号は 9 月 29 日に沖縄島を通過し，中心気圧が 905 hPa，那覇市で約 60 m/s の最大瞬間風速を観測した台風であった．

台風の接近・通過に伴う暴浪が作用していた 8 月 27 日と 9 月 29 日の観測では，少なくとも H' が 5 m 以上の砕波が観察されたが，悪天候による視界不良や砕波に伴うしぶきの発生のため，正確な H' の測定が困難であった．したがって，本研究ではこれらの H' を 5.0 m として扱うことにした．

Ⅳ　結果と考察

図 6 は汀線砕波波高（H_b）と礁縁付近での波高（H'）との関係を示す．調査期間中の H_b と H' はそれぞれ 0.02 ～ 0.20 m，0.6 ～ 5.0 m の範囲にあることがわかる．とくに H' = 5.0 m の 2 つのデータは，8 月 27 日，9 月 29 日に接近・通過した台風による暴浪時のデータである．H' と H_b との間に明瞭な相関関係はみられないが，全てのデータについて H_b が 0.20 m 以下の領域にプロットされていることがわかる．暴浪時の観測値である H' = 5.0 m のデータに注目してみると，H_b は 0.15 と 0.20 m となっている．これらのことは，サンゴ礁地形が波の減衰効果をもつことを示しており，また，沖から入射する礁縁付近での波が H' の大小とは無関係に，サンゴ礁上で減衰しながら，H_b が 0.20 m 以下まで低下して汀線に到達することを示唆している．H_b と H' との関係には大きなばらつきがみられるが，このばらつきは潮位変化による h が異なるためであると考えられる．

次に，h の影響を考察するため，波高減衰の程度を示す H' と H_b との比（H_b/H'）を縦軸にとり，h を横軸にとって作成したグラフが図 7 である．データにはばらつきがあるものの，h が大きくなるほど H_b/H' が大きくなるという右上がりの傾向をもつことがわかる．

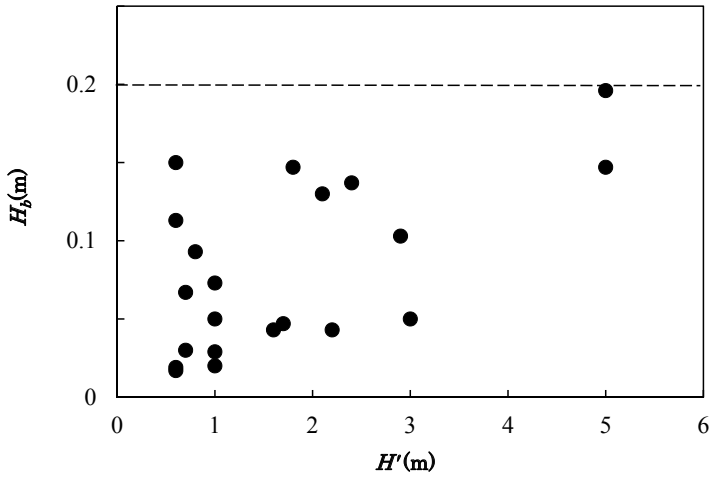

図 6　汀線砕波波高（H_b）と礁縁付近での波高（H'）との関係

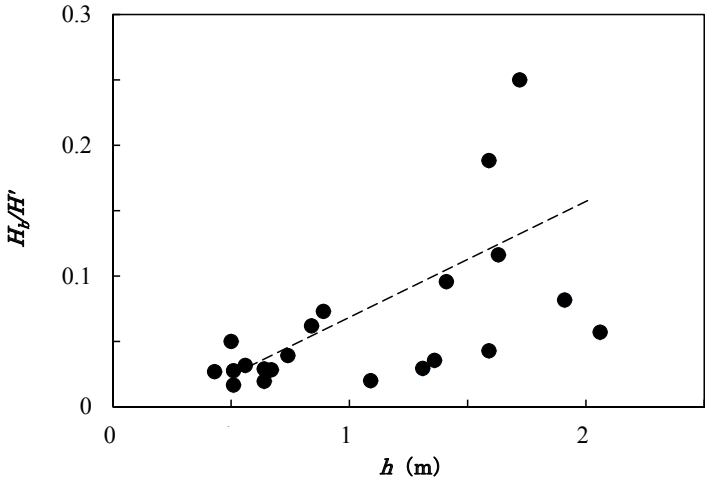

図 7　波高比（H_b/H'）と礁縁付近での水深（h）との関係

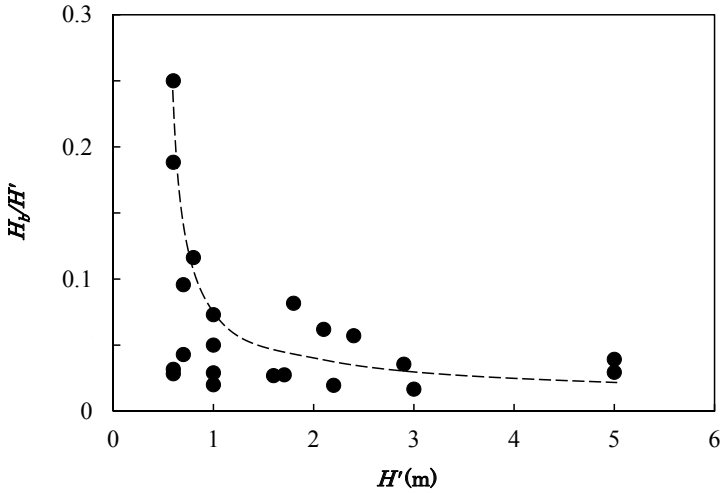

図 8　波高比（H_b/H'）と礁縁付近での波高（H'）との関係

すなわち，h が大きくなるほど波高の減衰が小さくなり，両者は比例関係をもつことを示している．

さらに，H_b/H' と H' との関係について検討したグラフが図 8 である．H' が大きくなるほど H_b/H' が小さくなる傾向がみられ，両者は反比例の関係を示していることがわかる．

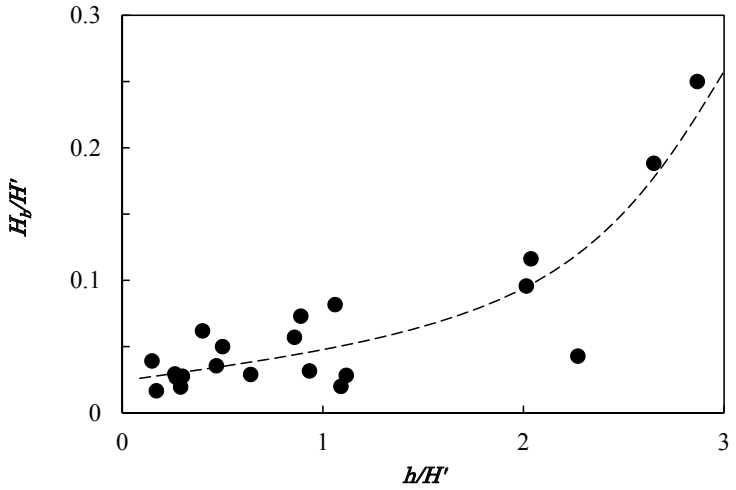

図 9　波高比（H_b/H'）と相対水深（h/H'）との関係

図 7 と 8 で示されたように，H_b/H' は，h と比例関係をもち，H' に反比例の関係をもつことから，h/H' を横軸に，H_b/H' を縦軸にとり，両者の関係を検討したグラフが図 9 である．h/H' が小さくなるほど H_b/H' が小さくなる傾向をもつことがわかる．このことは h/H' が小さくなるほど大きな波高減衰が起こっていることを示している．ここで h/H' の意味について考えてみる．h/H' は波高に対する相対的な水深を示すパラメータとなるが，一般に水深が波高の値に近づくと，波の形状が不安定になりやがて砕波すると考えられている．例えば，高潮時で静穏時波浪の作用している，h/H' が大きい（H' が小さい）条件では，礁縁付近でほとんど波は砕波することなく汀線に到達し，結果として波高減衰の程度が小さくなる．逆に，暴浪時のような h/H' が小さい（h に対して H' が大きい）条件では，礁縁付近で波が砕波して波高減衰の程度が大きくなることが考えられる．したがって H_b/H' と h/H' との間に良好な相関関係がみられた本研究の結果は，サンゴ礁上の波高減衰の程度がサンゴ礁の水深に規定されることを示しており，さらに礁縁付近での砕波条件にも関与していることを示唆しているといえる．

V　おわりに

本研究では，サンゴ礁上の波高減衰に与える水深の影響を明らかにするため，沖縄島南部新原海岸の裾礁において波浪計測，サンゴ礁地形の測量，礁縁付近での水深の計測を行った．その結果，礁縁付近での水深が小さくなるほど大きな波高減衰が認められ，水深の違いによってサンゴ礁上の波高減衰に差異が生じていることが明らかとなった．

本研究を進めるにあたって，当時琉球大学法文学部の学生であった大城和也さん，内原友紀さんをはじめ，法文学部地理学教室の学生の方々には現地調査に協力していただきました．匿名の査読者から有意義なご指摘を数多くいただきました．以上の方々に心から感謝いたします．本研究は著者の一人の武石　裕が行った卒業論文を骨子に加筆・修正したものである．なお，本研究を行うに際し，科学研究費（基盤研究 C : 22500990，研究代表者・青木　久）を使用した．

(受付　2014 年 4 月 30 日)
(受理　2014 年 6 月 19 日)

文　献

青木　久・智原健太（2009）：裾礁型リーフ海浜における汀線砕波波高 —— 沖縄県読谷海岸における観測結果．地形，30（3），219–226.

小舟浩治・菅原一晃・後藤智明（1988）：日本沿岸の波高特性について．第 35 回海岸工学講演会論文集，232–236.

サンゴ礁地域研究グループ編（1990）：『熱い自然 —— サンゴ礁の環境誌』古今書院 .

Bascom, W. (1964) : *Waves and beaches*. Garden City, New York: Anchor Books Doubleday & Company.