

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 5 日現在

機関番号：32636

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500990

研究課題名（和文）裾礁型サンゴ礁海浜における汀線碎波特性に関する野外研究

研究課題名（英文）A field study of shore break characteristics on beaches of a fringing reef

研究代表者

青木 久 (AOKI HISASHI)

大東文化大学・経営学部・准教授

研究者番号：30423742

研究成果の概要（和文）：汀線碎波特性に与える裾礁型サンゴ礁（以下、リーフとよぶ）の影響を定量的に明らかにするため、沖縄島での野外観測と実内実験による調査を実施した。リーフ上の波高減衰の程度を示すリーフ外縁部での波高 ( $H'$ ) に対する汀線碎波波高 ( $H_b$ ) の比 ( $H_b/H'$ ) は、リーフ外縁部の水深 ( $h$ ) とリーフの水平幅 ( $W$ ) の比 ( $W/h$ ) が増大するにつれて減少することがわかった。このことはリーフ上の波高減衰がリーフの地形特性によって規定されていることを示している。

研究成果の概要（英文）：Field observations were carried out on beaches of a fringing reef in Okinawa Island, Japan to investigate the relationship between the shore break height (the height of final breaking waves near the shoreline), the reef width and wave height at the reef edge. A supplementary laboratory experiment was also conducted. The ratio of the shore break height 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 increasing reef width,  $W$ , and to decrease with decreasing water depth at the reef edge,  $h$ . Data analysis showed that  $H_b/H'$  decreases with increasing  $W/h$ . This result indicates that the reduction of wave height on a reef is greatly controlled by morphological features of a fringing reef.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：海岸地形学，サンゴ礁，裾礁，碎波波高，遡上波到達高度，波高減衰，沖縄

## 1. 研究開始当初の背景

(1) サンゴ礁は熱帯・亜熱帯の浅海域に形成される海岸地形である。ハワイ諸島や南西

諸島など、赤道から離れた高緯度の亜熱帯地域の島々には、海岸を縁取るように発達する裾礁型のサンゴ礁がみられる。裾礁型サンゴ

礁（以下、リーフとよぶ）の陸側には、サンゴ破片、貝殻片などの堆積物からなる海浜が形成されていることが多い。このようなリーフ海浜に関する従来の研究の多くは、海浜堆積物特性や前浜勾配などに視点を置いた定性的・記載的なものがほとんどであり、汀線碎波特性との関連で、海浜地形の変化をとらえようとした研究はほとんど行われていない。

(2) リーフ上の波浪特性に関する研究はリーフ内外の波の変形やリーフ内の波高減衰現象に主眼をおいたものがほとんどであり、汀線碎波特性に関する定量的研究はほとんどなかった。上述したように、沖縄島を含む南西諸島の海岸には、低潮位付近に平坦面をもつ裾礁型リーフ海浜が発達している。このリーフの水平幅は、海浜によって異なり、数十 m から数 km に及ぶ。リーフ海浜に向かって外洋から入射してくる沖波は、リーフの影響を受けて汀線に到達する。すなわち、沖から侵入してくる波浪は、急に水深が浅くなるリーフの外縁で強制的に碎波させられて、リーフ上を段波となって進行し、最終的に汀線付近で碎波して、海浜に遡上すると考えられる。その際、波はリーフ上を進行する途中で摩擦や乱れ等によって多くのエネルギーを失う。すなわち、リーフは波に対して一種の幅広い潜堤として働くことによって、汀線付近の碎波特性をコントロールすると考えられる。このようなリーフの幅の大小は、汀線碎波の大きさを規定し、リーフ海浜の地形変化プロセスを支配する重要な要因の一つであると考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、リーフが発達する海浜の変化プロセスを明らかにする第一歩として、リーフ海浜における汀線碎波の特性、すなわち汀線碎波の大きさの計測を行い、汀線碎波特性に与えるリーフ地形の影響を定量的に明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

(1) 本研究では、汀線碎波の大きさの指標として、汀線碎波波高 ( $H_b$ ) と碎波後の遡上波が到達する平均海面からの鉛直高度（以後、遡上波到達高度とする）( $R_{max}$ ) の二つを計測して研究を進めた（図 1）。

(2) 波高の減衰効果に関しては、汀線碎波波高 ( $H_b$ )、リーフ外縁部の波高 ( $H'$ )、リーフ幅 ( $W$ )、リーフ外縁の礁嶺頂部（最浅部）水深（以後、リーフ水深とよぶ）( $h$ ) の計測結果を用いて考察を行った。また遡上波到達高度についてはリーフ幅との関連で考察した（図 1）。

(3)  $H_b$  と  $R_{max}$  の計測には、標尺・折尺、ハンドスケープ・レーザ距離計を用いた。リーフ

外縁部の波高 ( $H'$ ) の観測についてはフィールドスケープやハンドレベルを使用し、水平線を利用した計測方法により実施した。

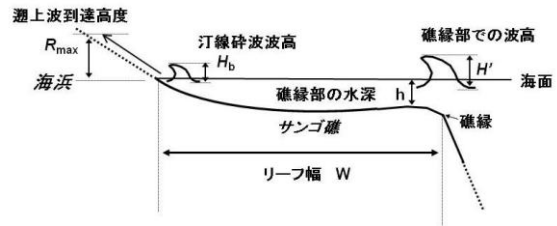


図 1 定義図

## 4. 研究成果

### (1) <リーフ海浜での波高減衰について>

①同一のリーフ上で  $W$  の異なる隣接する 4 つの海岸を選定し、平均海面時と満潮時にそれぞれ  $H_b$  と  $H'$  の観測を行い、波高減衰の程度と  $W$  との関係を考察した。調査地点の海岸は、読谷海岸における宇座北 ( $W=1150$  m)、宇座南 ( $W=788$  m)、儀間 ( $W=175$  m)、楚辺北 ( $W=463$  m) の 4 地点である。これらは、襲来する沖波波浪の特性やリーフ水深、潮汐の場所的差異がほとんどない地域である。図 2 は、波高減衰の程度と  $W$  との関係を検討するため、横軸に  $W$ 、縦軸に波高減衰の程度を示す汀線波高とリーフ外縁部での波高との比 ( $H_b / H'$ ) をとり、満潮時と平均海面時に分けてプロットしたグラフである。 $W$  の増大とともに、 $H_b / H'$  は小さくなる傾向が認められる。このことは、リーフ上を進行する距離が長いほど、波高が減衰することを示唆している。また、平均海面時の  $H_b / H'$  は満潮時よりも小さい値をとっていることが認められる。これらのことは、同一の海浜においても、 $h$  が小さくなれば、 $H_b / H'$  が小さくなることを示唆する。

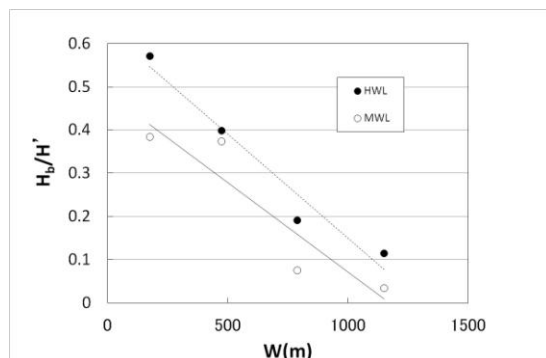


図 2 波高減衰とリーフ幅との関係

②  $H_b / H'$  と  $H'$  および  $h$  との関係を明らかにするため、新原海岸を調査地域として、2012年8月24日～12月14日の期間に、 $H'$

および  $H_b$  の観測を実施した。調査結果を以下に述べると、 $H'$  が大きいほど、 $H_b$  が小さくなる傾向をもつことが明らかになった。とくに暴風時波浪（以後、暴浪とよぶ）時には波高 5 m の大きさに達しているリーフ外縁部の波は、汀線に到達すると 10~20cm ほどの波高に減衰していることが観測された。また、リーフ外縁部の相対水深 ( $h/H'$ ) が小さくなる（すなわち、潮位が低い）ほど、 $H_b / H'$  が小さくなり、大きな波高減衰が起こっていることがわかった（図 3）。このことは読谷海岸における調査結果と調和的である。

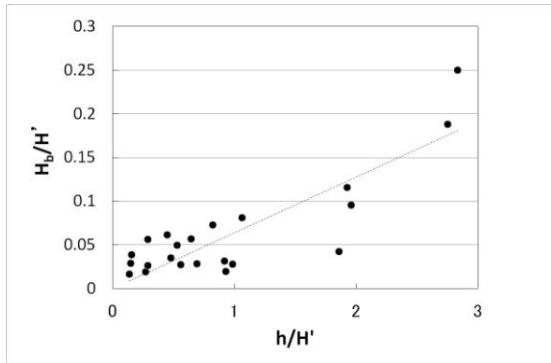


図 3 波高減衰とリーフ外縁部での相対水深との関係

本調査で得られたすべてのデータについて、 $W/h$  を横軸に、縦軸に  $H_b / H'$  をとりプロットした結果が図 4 である。 $W/h$  が増大するにつれて、 $H_b / H'$  が急激に減少する傾向をもつことがわかる。このことは波高減衰がリーフ水深とリーフ幅というリーフの地形特性によって規定されていることを意味する。すなわち外洋から襲来する波浪に対してサンゴ礁が潜堤として働き波高減衰効果を発揮していることを示唆している。

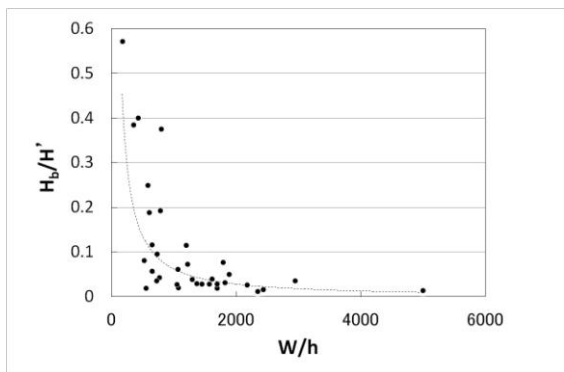


図 4 波高減衰とリーフ形態との関係

③本研究費により作成・購入した小型造波水路（長さ 3m、幅 10cm、深さ 30cm）の一端に、長さ 120cm のステップ型リーフを作り、リーフ水深 ( $h$ ) を変化させて、リーフ上の波高減

衰に関する実験を行った。具体的には、リーフ上を進行していく波の波高 ( $H$ ) を 10cm ごとに計測し、リーフ外縁部からの距離 ( $X$ ) とリーフ外縁部での波高 ( $H'$ ) に対する  $H$  の比との関係について調べた。

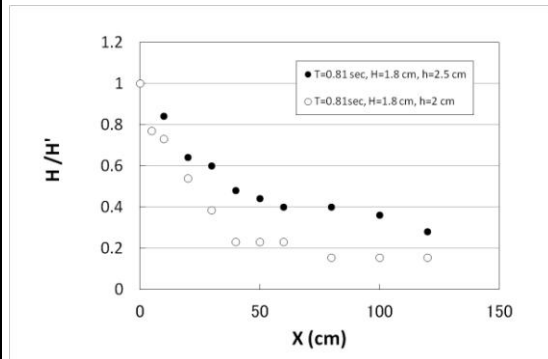


図 5 波高減衰に関する実験結果

図 5 にみられるように、 $h$  が一定の条件の下では、波がリーフ上を進行する ( $X$  が大きくなる) につれて  $H/H'$  は小さくなることがわかった。この実験結果は  $W$  が大きい海岸ほど、波高減衰が大きいという読谷海岸における野外での結果と対応している。また、同一の波の条件では、 $h$  が小さいほど、 $H/H'$  が小さくなることがわかった。この実験結果も、潮位の低い時に、波高減衰が大きくなるという野外の結果と調和的である。これらのことから、本実験室の現象は、現地のプロセスを再現しているといえる。今後さらなるデータの蓄積により、実験式の作成、そして実験式の現地への適用・モデル化が課題となる。

## (2) <暴浪による遡上波到達高度について>

①リーフ幅 ( $W$ ) の異なる隣接した 2 つの海浜 ( $W=1000\text{m}$  の新原海岸と  $W=2250\text{m}$  の志喜屋海岸) において、暴浪が襲来したときの海浜の地形変化および遡上波到達高度 ( $R_{\text{max}}$ ) は、どのように異なるのかについて明らかにするために、野外観測を行った。調査期間は、2011 年 8 月 1 日~9 月 23 日であり、この期間には 3 つの台風 (台風 9 号、12 号、15 号) が沖縄島付近に接近・通過し、3 回の暴浪イベントがあった。新原海岸、志喜屋海岸の両海浜の地形は、最初に襲来した台風 9 号による暴浪によってわずかに侵食されたが、その後の 2 回の台風イベント (台風 12 号と 15 号) では、ほとんど変化しなかった。新原海岸と志喜屋海岸における 3 度の暴浪作用時の  $R_{\text{max}}$  は、それぞれ 2.68~2.77m、2.05~2.3 m で、ほぼ一定値をとり、 $W$  の小さい新原海岸の  $R_{\text{max}}$  の方が大きくなることがわかった。海浜上部に繁茂しているコウライシバやグンバイヒルガオ (海浜植物) の群落について、分布す

る海側端の高度を調べた結果、新原海岸では2.9 m、志喜屋海岸では2.2 mであり、暴浪による  $R_{max}$  とほぼ一致していることがわかった。海浜植物が分布する領域は、長期間、遡上波（海水）の侵入や遡上波による砂礫の移動がない位置であり、本結果はコウライシバやグンバイヒルガオの分布する海側端を遡上波の到達上限の指標とすることが可能であることを示唆している。

② 沖縄島のリーフ幅 (W) が 75~2250 m と異なる 16 海浜（東海岸で 7 地点、西海岸で 9 地点）を調査地点として選定し、W が異なる海浜上で、 $R_{max}$  が W によってどのように異なるのかについて検討した。本調査では、暴浪時の遡上波上限の痕跡（例えば、①海藻や運搬されてきた砂礫の堆積位置、②コウライシバやグンバイヒルガオが分布する海側端）を遡上波の到達上限の位置とみなして計測を行った。計測は干潮時に実施し、測定時の海面において、レーザー距離計を用いて計測したのち、潮位表を用いて平均海面からの高さに補正した。図 6 は得られた結果について、横軸にリーフ幅 (W) を、縦軸に遡上波到達高度 ( $R_{max}$ ) の値をとり、東海岸と西海岸のデータを分けてプロットしたグラフである。 $R_{max}$  は最大値が 5.4 m、最小値は 2.2 m と海浜によって大きく異なり、全体的に W が大きくなるにつれて、 $R_{max}$  が小さくなる傾向が認められる。このことは W が大きい海浜ほど、 $R_{max}$  が低くなることを示している。とくに W が 75 m から 500 m 程度まで広がるにつれて、 $R_{max}$  の減少が大きいことがわかる。このように W が異なると、 $R_{max}$  に差異がみられることは、リーフに入射した波の波高減衰の程度が、リーフ幅に規定されることを示唆している。データのばらつきや東海岸の  $R_{max}$  が西海岸よりも高くなる傾向については、海浜に襲来する暴浪の規模、海浜の透水性などの堆積物特性などが影響を与えていることが推測されるが、今後の課題である。

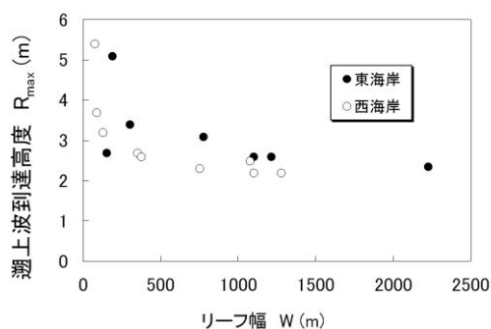


図 6 遡上波到達高度とリーフ幅との関係

③ 造波水路内にリーフとその陸側端に海浜を模した固定床斜面を設定して、リーフ上を

進行してきた実験波の斜面基部での碎波波高 ( $H_b$ ) と遡上波到達高度 ( $R_{max}$ ) との関係を調べる実験も行った。その結果、 $R_{max} / H_b$  が 3~5 という値をとることがわかった。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① T. Sunamura, H. Tsujimoto and H. Aoki, A study of rock coast evolution - with special reference to Type-B platform development in Japan. D. Kennedy, W. Stephenson and L. Naylor (eds.) "Rock Coast Geomorphology: A Global Synthesis." Geological Society of London, 査読有, 2013, in press.
- ② 青木 久, 沖縄島のサンゴ礁海岸に襲来する暴浪波はどこまではい上がるのか, 沖縄地理学会会報, 査読無, 55 巻, 2011 年, 14-15.

[学会発表] (計 1 件)

- ① 青木 久, サンゴ礁海浜における暴浪波の遡上限高度: 沖縄島の観測結果, 沖縄地理学会, 2011 年 7 月 30 日, 沖縄大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

青木 久 (AOKI HISASHI)

大東文化大学・経営学部・准教授

研究者番号: 30423742