

琉球大学学術リポジトリ

沖縄島北端辺戸岬石灰岩海岸におけるノッチの発達条件に関する一考察

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: ja 出版者: 沖縄地理学会 公開日: 2018-11-16 キーワード (Ja): 石灰岩海岸, ノッチ, 海崖勾配, 辺戸岬, limestone coast キーワード (En): notch, coastal cliff gradient, Cape Hedo 作成者: 吉國, 耀太, 前門, 晃, 青木, 久 メールアドレス: 所属: 北海道池田町役場, 琉球大学法文学部, 東京学芸大学 |
| URL | http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002017658 |

沖縄島北端辺戸岬石灰岩海岸におけるノッチの発達条件に関する一考察

吉 國 耀 太*・前 門 晃**・青 木 久***

(* 北海道池田町役場・** 琉球大学法文学部・*** 東京学芸大学)

A Study on the Notch Development along Cape Hedo Made of Limestone in the Northern End of Okinawa Island

YOSHIKUNI Yota*, MAEKADO Akira **and AOKI Hisashi***

(*Ikeda Town Office, Hokkaido

**Faculty of Law and Letters, University of the Ryukyus

***Department of Geography, Tokyo Gakugei University,)

摘要

本研究では、石灰岩海岸におけるノッチの発達条件を明らかにすることを目的として、プランジングクリフと波食棚という異なる地形が発達する沖縄島北端辺戸岬を対象として調査を行った。その結果、急な海崖勾配をもつプランジングクリフ海岸ではノッチが発達し、緩勾配の波食棚海岸ではノッチが発達しないという傾向がみられた。このことから、石灰岩海岸におけるノッチの発達には、地形のタイプと海崖勾配が関与していることが示唆された。

キーワード：石灰岩海岸，ノッチ，海崖勾配，辺戸岬

Keywords: limestone coast, notch, coastal cliff gradient, Cape Hedo

I はじめに

沖縄島をはじめとする琉球列島の島々には、形成年代の異なる石灰岩が広く分布し、石灰岩からなる海岸（以下、「石灰岩海岸」という）の海崖基部にはノッチがよく発達している。ノッチは海崖基部の平均海面付近に形成される窪んだ地形であり、琉球列島の島々の石灰岩海岸に発達するノッチは平均海面よりやや高い位置にみられる（河名 1988）。石灰岩海岸に発達するノッチは、波の侵食作用、海水の溶食作用、生物による侵食作用などによって形成されると考えられている（武永 1968；河名 1987a, 1988, 1990）。これまでの琉球

列島の島々のノッチに関する研究は、ノッチの形態や形成時期、ノッチから海面変動や地殻変動を探る研究（例えば、武永 1968；河名・西田 1980；Kawana and Pirazzoli 1984, 1985；河名 1987b, 1988, 1989, 1990）、ノッチの発達限界深さやノッチの発達にともなう海崖崩落後退に関する研究（例えば、Maekado 1991；小暮ほか 2003；青木ほか 2006a, 2006b；Kogure et al. 2006）が多くなされてきた。しかし、ノッチがどのような地形営力環境で発達するのかという、その発達条件を明らかにした研究はみられない。ノッチは海崖基部に発達する地形であるが、海崖基部に必ずノッチが発達する（観察される）わけではない。そこで、本研究ではノッ

チが発達する地点と発達しない地点がみられる辺戸岬の石灰岩海岸を調査対象地域とし、それらの地点の地形を比較することにより、石灰岩海岸のノッチの発達条件を明らかにすることを目的とする。

II 調査地域の概要

調査地域として、沖縄島北端に位置する辺戸岬石灰岩海岸を選定した(図1)。本地域には、中生代三畳紀の石灰岩(今帰仁石灰岩)が分布し(木崎1985)、波食棚とプランジングクリフという異なる地形のタイプが発達する(青木・前門2006)。波食棚は、陸側の海崖基部から発達するほぼ水平な面と海側末端に急崖をもつ地形であり、プランジングクリフは、海面付近に大きな地形の変換点

を持たず、急崖からなる地形である。

調査した石灰岩海岸は、岬から北西へ約200mの狭い範囲であり、この範囲にはサンゴ礁がほとんど発達していない。選定の理由は、(1)海岸は石灰岩で構成され、場所によってノッチの発達の程度が異なる、(2)波食棚とプランジングクリフという2つのタイプの地形が観察される、(3)海岸を構成する三畳紀石灰岩の強度(シュミットロックハンマー反発値)はほぼ同じであり(青木・前門2006)、石灰岩の強度の場所的差異がない、(4)襲来する沖波波浪のエネルギーや潮汐の場所的差異がほとんどない、(5)隆起量が小さい地域である、ことである。

琉球列島には、夏季から秋季にかけて、強い台風がさまざまなコースをたどって襲来し、調査地

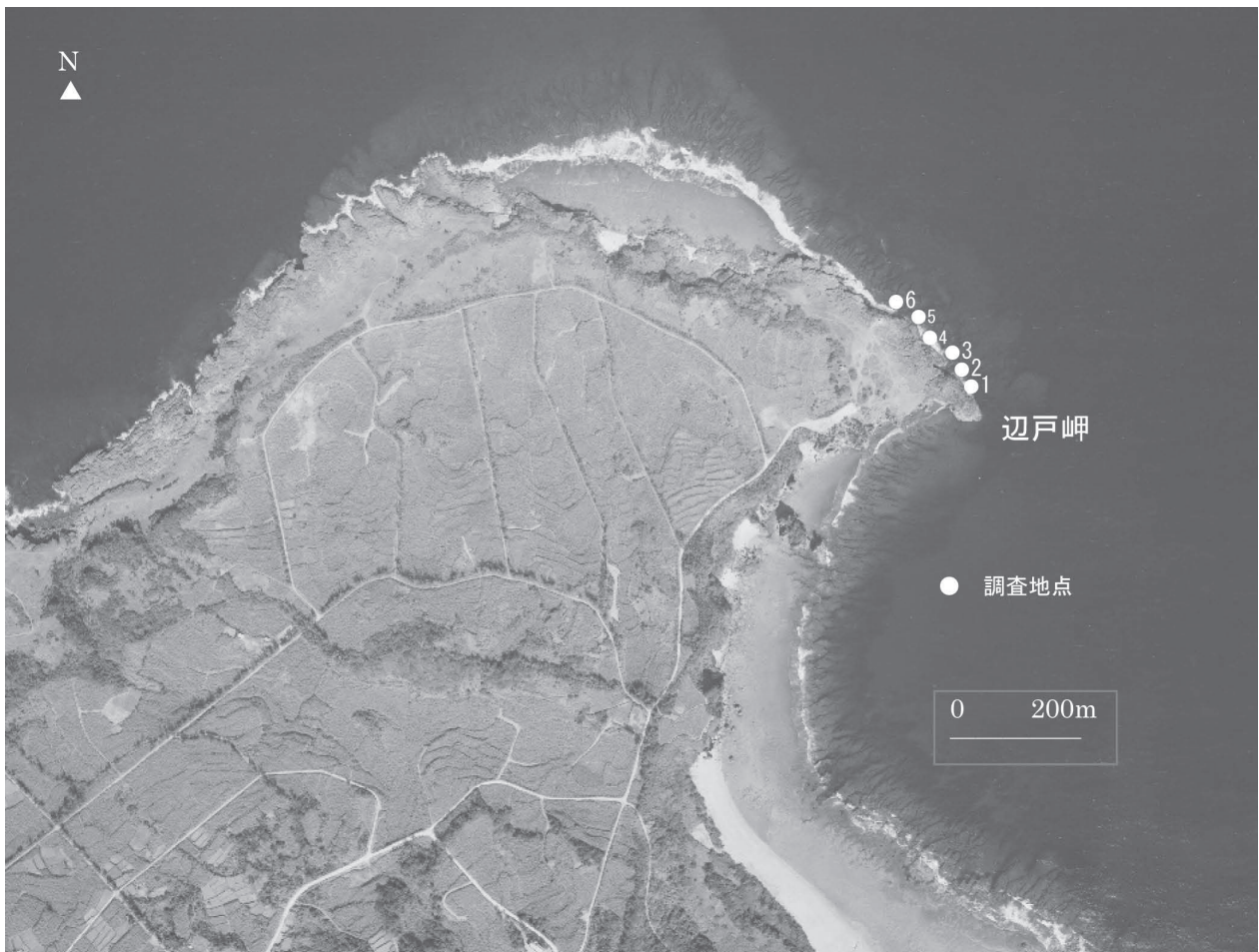


図1 調査地点
(空中写真は国土地理院が1977年に撮影したもの的一部分である)。

域にも台風による暴浪が押し寄せる。また、風速 10 m/秒以上の強風は圧倒的に北からの冬季季節風が多く（目崎ほか 1977）、この強風が沿岸波浪に影響し、冬季に北東側に面した調査地域に暴浪が襲来する。沖縄島北部においては、波浪観測は行われていない。小舟ほか（1988）の沖縄島中部の中城湾で観測された沿岸波浪の長期観測データによると、月別平均有義波波高は約 1 m、台風域内の最大有義波波高は約 8.5 m、周期は 14～15 秒である。また、南城市安座間に位置する国土地理院沖縄験潮場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

調査地域の辺戸岬先端付近にはプランジングクリフが、その北西側には波食棚が形成されていることが報告されている（青木・前門 2006）。これらの地域から、青木・前門（2006）を参考に、プランジングクリフがみられる 2 地点、波食棚がみられる 4 地点、計 6 地点を調査地点として選んだ（図 1）。

ノッチの発達の有無は、現地観察によって確認した。海崖勾配角は、ノッチが発達する海崖基部付近の海崖勾配角 (S_b) と海崖全体の平均勾配角 (S_m) として求めた。 S_b 、 S_m とも調査地点においてレーザー距離計を用いた地形測量によって作成した縦断形から求めた。 S_b は海崖基部から明瞭な地形変換点までの区間の勾配角として求めた。 S_m は、波食棚では海崖基部と海崖頂部を直線で結び、そ

の直線と水平線とのなす角度とした。プランジングクリフでは、海崖と平均海面が接する位置と海崖頂部を直線で結び、その直線と水平線とのなす角度とした。

また、海崖勾配に与える溶食作用の影響を探るため、 S_m の異なる調査地点 5・6 においてカメニツァの大きさ（長径・短径・深さ）を折尺を用いて計測した。

Ⅳ 結果および考察

調査地点 1・2 にはプランジングクリフが発達し、調査地点 3～6 には波食棚が発達する（図 2）。プランジングクリフの前面の水深は 11.3～18.9 m であり、波食棚の前面水深（1.9～8.1 m）より深くなっている。

ノッチの発達は、調査地点 1・2 のプランジングクリフにはみられるが、調査地点 3～6 の波食棚にはみられない（図 2・3、表 1）。すなわち、地形タイプによってノッチの発達に差異が認められる。調査地点 6 に平均海面上 10 m 付近にノッチ状のものが認められるが、海崖基部にはないため、本研究では対象としなかった。

海崖基部付近の海崖勾配角 (S_b) はプランジングクリフ（調査地点 1・2）で $79^\circ \sim 90^\circ$ 、また、海崖平均勾配角 (S_m) は $50^\circ \sim 52^\circ$ である（図 2、表 1）。波食棚（調査地点 3～6）では、 S_b は $30^\circ \sim 54^\circ$ 、 S_m は $22^\circ \sim 38^\circ$ を示し、プランジングクリフの S_b と S_m はともに波食棚のそれより急勾配になっている

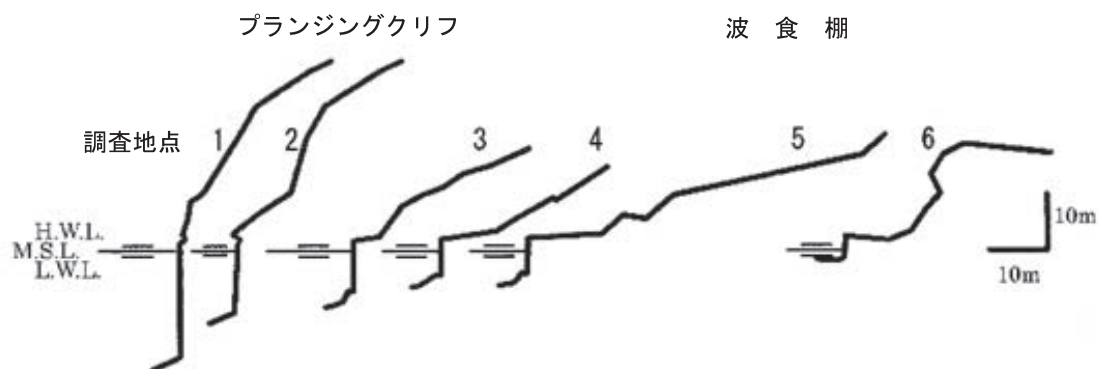


図 2 2つの地形タイプの縦断形
（青木・前門 2006 を一部修正）。

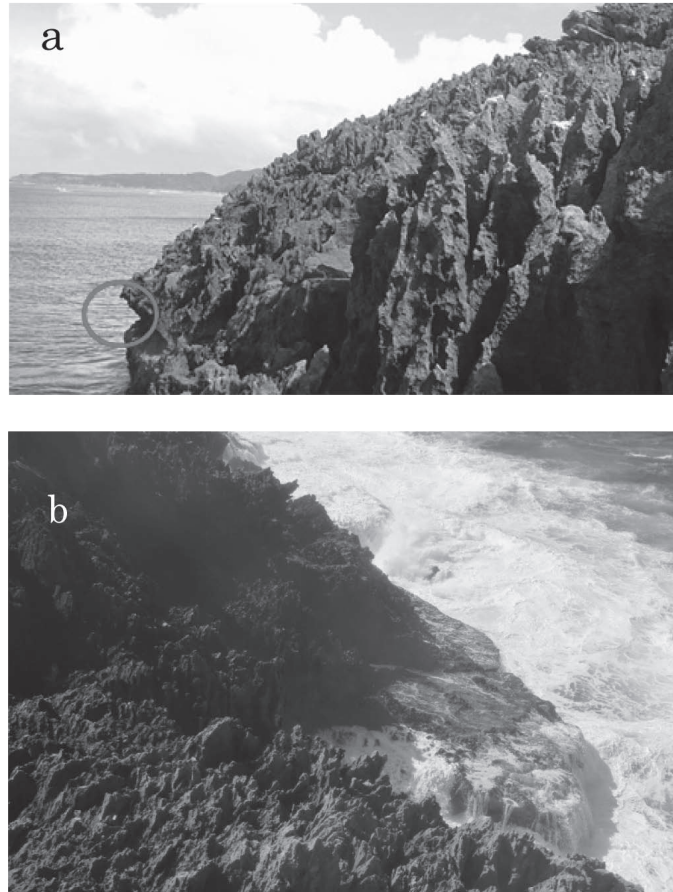


図3 ノッチ発達の観察結果
 (a) プランジングクリフ（調査地点 2）に発達するノッチ（図中の赤丸）.
 (b) 波食棚（調査地点 4）にはノッチは発達しない.

表 1 調査結果

| 調査地点 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------|----|----|----|----|----|----|
| 地形タイプ* | P | P | S | S | S | S |
| ノッチ発達 | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 海崖基部付近海崖勾配角 (S_b) (°) | 79 | 90 | 54 | 30 | 42 | 52 |
| 海崖平均勾配角 (S_m) (°) | 52 | 50 | 31 | 31 | 22 | 38 |

* P: プランジングクリフ, S: 波食棚

ることが認められる(図2,表1). これらのことは、ノッチの発達には地形のタイプと海崖勾配が関係していることを示唆しており、ノッチの発達には、海崖勾配が急であることが好条件であることが伺える。

2つのタイプの地形の形成は、以下のように、波の攻撃力の差異が関係していることが指摘されている(青木・前門 2006). 波食棚の前面水深が小さなところ(水深: 1.9 ~ 8.1 m, 図2)では崖前

面で碎波が起こるため、波の攻撃力は大きな侵食力をもつ。その結果、波食棚が形成される。一方、前面の水深が大きな値を示すプランジングクリフ(水深: 11.3 ~ 18.9 m, 図2)では、碎波が起こらず、攻撃力が小さいために波食棚が形成されない。したがって、崖前面で碎波する波食棚が発達する海岸では、碎波することによって生じた海水飛沫が海崖上部に付着することが多いと考えられる。一方、碎波しないプランジングクリフでは海水飛沫

の発生が少なく、この付着作用は波食棚に比べてきわめて小さいと考えられる。

波食棚の海崖にはカメニツァが発達しており、この地形は雨水や海水飛沫などの溶食作用によって形成されると考えられている（青木 2009；青木・前門 2010；高屋 2014）。そこで、海崖勾配角に与える溶食作用の影響を明らかにするため、海崖が溶食作用を受ける指標としてカメニツァの大きさを利用することとし、その計測を行った。海崖勾配角の異なる波食棚海岸の2地点（調査地点5・6）において発達するカメニツァを対象として大きいものを5つ選定し、カメニツァの長径・短径・深さを測定しそれぞれ平均値を求めた。

海崖勾配角が小さい ($S_m = 22^\circ$) 調査地点5では、長径が 200 cm、短径が 63.8 cm、深さが 66.2 cmであった。一方、勾配角が大きい ($S_m = 38^\circ$) 調査地点6では、長径が 126.4 cm、短径が 56.8 cm、深さが 49.8 cmであった。これらのことから、海崖勾配の小さな海崖で発達するカメニツァの方が、急な海崖で発達するものに比べて、長径・短径・深さの全てにおいて大きい傾向が認められる。すなわち、海崖勾配角の小さい海岸のほうが溶食作用をより受けており、その一因として海水飛沫の供給が多いことが挙げられる。したがって、海水飛沫の溶食作用が強い海岸ほど、勾配の緩い海崖をもつ海岸に変化することが推測される。

これらのことから、ノッチの発達条件についてまとめる。プランジングクリフ海岸では波の攻撃力が小さく砕波が起こりにくいため、海崖全体の侵食・溶食が起こらず急な海崖が残存し、海面付近のみに明瞭なノッチが発達する。一方、波の攻撃力が大きい波が作用し、海水飛沫が発生する波食棚海岸では、潮間帯での波の力学的侵食作用、高潮位以上での海水飛沫による溶食作用によってノッチが発達しにくいのではないかと考えられる。

V おわりに

本研究では、石灰岩で構成される海岸のノッチの発達条件について、沖縄島北端辺戸岬を調査地域として現地調査を行い、海崖勾配と地形のタイプとの関連で考察を行った。その結果、海崖前面水深が大きく砕波しにくいプランジングクリフの

発達する海岸では、急な崖が維持されノッチが発達するが、波が砕波し、多量の海水飛沫が付着しやすい波食棚の発達する海岸では海崖勾配が緩くなるため、ノッチが発達しにくいことがわかった。以上のことから、本地域におけるノッチの発達には、地形タイプと海崖勾配が関係していることが推測された。

本研究ではサンゴ礁がほとんど発達せず、三疊紀石灰岩からなる石灰岩海岸を対象として調査を実施したが、今後の課題として、同じ地形タイプで海崖勾配が大きく異なる石灰岩海岸、サンゴ礁の発達する石灰岩海岸、琉球石灰岩などの物理的性質・力学的性質の異なる石灰岩海岸において多くの事例を集め、ノッチの発達を規定する諸条件を探っていくことが必要であろう。

本研究の内容は、2015年度沖縄地理学会大会で発表した内容を修正したものである。匿名の査読者からは有意義な指摘をいただきました。

（受付 2016年4月28日）

（受理 2016年6月20日）

文 献

- 青木 久 (2009) : 琉球列島の完新世サンゴ礁段丘上に形成されるカメニツァの成長速度. 地形, 30(4), 317-329.
- 青木 久・前門 晃 (2006) : 石灰岩で構成される波食棚の形成要因について——沖縄島辺戸岬の事例. 地形, 27(4), 461-475.
- 青木 久・前門 晃 (2010) : 琉球石灰岩の石切場跡におけるカメニツァの成長速度——沖縄島読谷海岸の事例. 沖縄地理, 10, 25-28.
- 青木 久・小暮哲也・前門 晃・松倉公憲 (2006a) : 琉球石灰岩の海食崖にみられるノッチの限界深さ——八重山諸島・黒島での事例. 沖縄地理, 7, 25-32.
- 青木 久・小暮哲也・前門 晃・廣瀬 孝・松倉公憲 (2006b) : 琉球石灰岩からなる海食崖に発達するノッチの限界深さ——沖縄島荒崎海岸・宮古島東平安名崎の事例. 島嶼科学, 創刊号, 21-33.
- 河名俊男 (1987a) : 生物群集の成立基盤としてのサンゴ礁地形. 月刊海洋科学, 19(9), 536-544.
- 河名俊男 (1987b) : 沖縄県石西礁湖周辺域の完新世地殻変動. 月刊地球, 9(3), 129-134.

- 河名俊男 (1988) :『琉球列島の地形』新星図書出版.
- 河名俊男 (1989) : 琉球列島の第四紀地殻変動. 月刊地球, 11(10), 618-630.
- 河名俊男 (1990) : 離水サンゴ礁を特徴づけるノッチ. サンゴ礁地域研究グループ編 :『熱い自然——サンゴ礁の環境誌』古今書院, 66-82.
- 河名俊男・西田 宏 (1980) : 与論島・沖縄島・宮古島・石垣島のノッチについて. 琉球列島の地質学研究, 5, 103-123.
- 木崎甲子郎編著 (1985) :『琉球弧の地質誌』沖縄タイムス社.
- 小暮哲也・青木 久・前門 晃・松倉公憲 (2003) : 琉球石灰岩からなる海食崖の崩落に関する斜面安定解析の再検討. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 97-101.
- 小舟浩治・菅原一晃・後藤智明 (1988) : 日本沿岸の波候特性について. 第 35 回海岸工学講演会論文集, 232-236.
- 高屋康彦 (2014) : 沖縄島読谷海岸の石切場跡とその周辺におけるカメニツァの成長に伴う断面形の変化. 地形, 35(4), 319-330.
- 武永健一郎(1968) :Notch の形態と成因について. 地学雑誌, 77(6), 329-341.
- 目崎茂和・渡久地 健・中村倫子 (1977) : 沖縄島のサンゴ礁地形. 琉球列島の地質学研究, 2, 91-106.
- Kawana,T. and Pirazzoli, P.A. (1984) : Late Holocene shorelines and sea level in Miyako Island, the Ryukyus, Japan. *Geographical Review of Japan*, Vol.57(Ser.B), No.2, 135-141.
- Kawana,T. and Pirazzoli, P.A. (1985) : Holocene coastline changes and seismic uplift in Okinawa Island,the Ryukyus,Japan,*Zeitschrift fur Geomorphologie N.F., Supplement Band*, 57, 11-31.
- Kogure, T., Aoki, H., Maekado, A., Hirose, T. and Matsukura, Y.(2006): Effect of the development of notches and tension cracks on instability of limestone coastal cliffs in the Ryukyus, Japan. *Geomorphology*, 80, 236-244.
- Maekado, A. (1991): Recession of coastal cliff made of Ryukyu Limestone: Arasaki Coast, Southern end of Okinawa Island, Japan. *Bull. Okinawa Geogr. Soc.*, 3, 63-70.