

奄美大島の嘉徳海岸の侵食とその対策に関する提案

宇多高明¹

¹一般財団法人土木研究センターなぎさ総合研究所長
兼日本大学客員教授理工学部海洋建築工学科，工博

1. まえがき

奄美大島瀬戸内町の嘉徳海岸は，奄美大島の南東部，太平洋に面したポケットビーチであり，両側を岬に挟まれた奥深い湾の底に位置している（図-1, 2）．図-3 は 2017 年 12 月 13 日にドローンで撮影した嘉徳海岸の斜め空中写真を示す．南端には嘉徳川が流入し，河口の北東側には自然海浜が続く．斜め写真が撮影された 2017 年 12 月 13 日には嘉徳川河口には左岸側から河口砂州が発達し，河口を大きく塞いでいたが，南西端の狭い流路を経て海へ流れ出た嘉徳川の流路はその後北東方向へと向きを変え，汀線に沿って大きく蛇行した後海へ注いでいた．この写真で見ると，嘉徳川は北東方向へと蛇行して流れてはいたが，嘉徳集落の前面には広い砂浜が広がっており，侵食は問題にならないように見える．しかし，奄美新聞の 2017 年 11 月 26 日版によれば，嘉徳海岸では 2014 年に接近した台風 18, 19 号による高波により，集落の海側端に位置する墓地（図-3 の○印）前の海岸の砂が流出するなどして，侵食が深刻化したとされる．事実，従来，集落の墓地は海側を樹林帯で囲まれていたが，図-3 によれば墓地の南東側では樹林帯が消失し，海浜に直接面する状態となっている．また，南海日日新聞 2017 年 11 月 26 日版によれば，嘉徳海岸では 2014 年 10 月の台風接近に伴う高波や強風で砂浜が約 20 m 侵食され，また高さ約 5 m の浜崖が人家や墓地に迫るなど住民生活への影響が懸念されたことから，瀬戸内町により応急処置として土嚢が積まれたとし，今後の侵食対策では自然環境に配慮しつつ住民の安全を確保する方策についての議論が行われたとある．図-3 に示すように，嘉徳海岸は両側を岬に挟まれた細長い湾の奥まった位置にあるポケットビーチであり，また土砂損失を招くような海底谷などは発達していないことから閉じた漂砂系を有している．このような海岸にあつて上記のような著しい侵食が起きた原因はよく分かっていない．そこで既往写真などをもとに侵食原因について考察した．

2. 嘉徳海岸の侵食前の状況

2011 年 6 月 12 日撮影の嘉徳海岸の状況を写真-1 に示す．台風災害前の海岸状況を示しており，当時も図-3 に示した 2017 年 12 月 13 日の状況と同様，嘉徳川は河口部で大きく

北向きに蛇行して流れていた。写真-2, 3は2013年5月5日に嘉徳海岸においてそれぞれ南向き、北向きに海岸状況を撮影したものである。写真-2によれば、前浜から陸側に緩やかな勾配の海浜が続いた後、グンバイヒルガオなどの植生帯付近で勾配が増したのち、再び緩やかな傾斜となり、そこにはアダンの密生地が広がっていた。同じく写真-3は北向きに海浜状況を望んだもので、南側とほぼ同様な海浜状況であった。

3. 嘉徳海岸の侵食後の状況

(1) 2015年11月6日の状況

2014年10月の台風接近に伴って侵食された後の2015年11月6日の海岸状況として、嘉徳川河口の北東側に隣接する樹林帯付近での侵食状況を写真-4に示す。中央に立つサーファー（○印）の身長を1.7 mと仮定して浜崖の高さを測定すると、浜崖の比高は約5 mにも達し、浜崖が連続的に形成され、上部に生育していた樹木がそのまま滑り落ちたことが見て取れる。また、その北側隣接部において北向きに海岸状況を望んだのが写真-5で、この付近にも浜崖が形成されはいたが浜崖の比高は徐々に低下していた。またこの区域の北側には瀬戸内町が応急的に設置した大型土嚢を望むことができた。写真-6は北部から侵食の著しい区域を望んだもので、北部ではアダン林の基部が削られたため、応急的にその基部を覆う盛り土が行われていた。

(2) 2016年5月8日の状況

2014年10月の台風時の侵食後約1.5年が経過した2016年5月、嘉徳海岸では嘉徳川の流路の大蛇行が起り、河川流路が嘉徳海岸の北東端まで達した（写真-7）。このとき写真-7に○印で示す河口の岩付近で上流方向を望んだのが写真-8である。嘉徳川からの流路が岩盤の脇を通過して海へ注いでおり、2016年5月にも流路の大蛇行が起きていたことが分かる。

(3) 2017年7月17日と7月28日の状況

2017年7月17日には再び嘉徳海岸で写真が撮影された。写真-9は嘉徳川が北東向きに蛇行している状況を示す。このときも嘉徳川はポケットビーチ南端付近から北向きに大きく蛇行して流れていたが、写真-10に示すように蛇行流路の右岸（陸地）側では流路の蛇行に伴う側方侵食が起き、高い浜崖が形成されていたことから、2014年10月の災害時と似た現象が起きていたと推察される。

2017年7月28日にもまた嘉徳川の北向きの大蛇行が起き、汀線と平行な流路が形成されていた（写真-11）。流路の海側は砂州で塞がれていたが、この砂州上には写真-12に示すように越流痕跡が残されており、嘉徳川の水流とともに満潮時の越流もまたこの水路を通過して北向きに流れる条件にあった。写真-13はこの流路と嘉徳川との分流点付近の状況を示す。左端を歩く人の足からの発生した衝撃波の状態より図示する方向の流れがあったことが確認できる。

(4) 2017年12月15,16日における侵食痕跡の確認

2017年12月15,16日には筆者自身、嘉徳海岸の現地踏査を行った。図-4には現地写真の撮影地点とGPSによる踏査時の概略の海岸線位置を破線で示す。なお、図-4の切り出し範囲は図-2に実線で示すとおりである。図-4によれば、海岸線は2013年11月8日の汀線とほぼ平行に後退し、中央部では約20m後退したことが分かる。現地状況として、まず写真-14は嘉徳地区の墓地(地点1)を背にして海岸を望んだ写真を示す。侵食により墓地の海側にあった樹林帯が幅約20m消失し、墓地から直接海を望むことができる状態となっていた。写真-15は集落中心部の地点2からポケットビーチの北東端を望んだものであり、嘉徳海岸の北東端は岩石海岸で区切られており、そこは漂砂の出入りのない固定境界となっていた。また、地点2付近では侵食後瀬戸内町により大型土嚢が応急的に設置されていた。土嚢が設置された付近は図-4によれば侵食前は樹林帯より陸側にあった。このように2014年には著しい侵食を受けたものの、2017年12月までには大型土嚢付近も含めて砂が堆積し前浜が大きく広がっていた。さらに写真-16は地点3から南西方向を望んだもので、大型土嚢の延長線上で著しい侵食が起きて倒木が起きているのが確認された。またその区域は大型土嚢の法線をなだらかに外挿する線と一致していた。

写真-17は地点4の侵食状況を示し、比高2.5mもの浜崖が形成され、樹木の根が宙ぶらりんとなっていた。写真-18は、従来海側を樹林帯で守られ、その陸側にあった畑が侵食され、樹林帯が完全に消失して汀線まで何も遮るものがない状態となった状況を地点5で撮影したものである。この畑地を降りて海浜地の地点6から畑地を望んだのが写真-19、また畑地の海側にできた浜崖の比高を地点7からの測定状況を写真-20に示すが、浜崖の比高は約3.5mに及んだ。写真-18,19,20の相対位置の関係は写真中に○印で示すポールが同一のものであることから確認できる。さらに地点7の南西側に80m離れた地点8でも比高3mの浜崖が形成されていた(写真-21)が、嘉徳川河口に近づいた地点9では浜崖は形成されておらず、背後の樹林帯と海浜との間には緩やかな勾配の後浜が広がり、そこはグンバイヒルガオで覆われていた(写真-22)。一連の状況より、侵食は嘉徳海岸中央部で著しく、嘉徳川河口の近傍では侵食が起きていないことが分かった。

(5) 2017年12月15,16日における汀線での砂州形成状況

現地踏査時、嘉徳川河口左岸上の地点10では、左岸側から規模の大きな河口砂州が発達し、河口が狭められたため河口水位が高まっていた(写真-23)。一方、河口より海側では遡上波により砂州の再形成がきれいに進む状況が観察された。写真-24は2013年当時の汀線沖40mの地点11での砂州形成状況を示し、波の打ち上げにより砂が砂州を越えて岸向きに運ばれつつあった。砂州越流に伴い岸向きに運ばれた海水は嘉徳川河口方向へと汀線と平行な水路をなして運ばれていた。嘉徳川河口へと続く流れの状況を地点12で撮影したのが写真-25である。広い範囲で砂州形成が進んでいた。同様に写真-26は発達が続く砂州を地点13において北東方向を望んで撮影したもので、踏査時にはうねり性の波が作用していたため砂州形成が著しかった。

3. 嘉徳海岸の侵食機構

2014年10月、嘉徳海岸が著しく侵食された前後の海底地形や汀線変化など詳しいデータがないことから、侵食に関する定量解析を行うことはできないが、衛星画像や現地状況写真をもとに侵食機構の推定が可能である。

一般に、高波浪が砂浜海岸に襲来すると急速な冲向き漂砂が生じ、前浜の砂が削り取られて汀線沖に堆積することが知られている。嘉徳海岸では2014年10月の台風時高波浪が作用したことは事実である。この時、写真-4に示したように、嘉徳川河口に隣接する樹林帯の北側隣接部では比高約5mにも達する高い浜崖が形成され、砂丘地に生育していた樹木が海浜へと倒れ込んだ。しかしこの場所の北側では写真-5のように徐々に浜崖の比高は低下し、逆に嘉徳川河口に近い樹林帯の端部では地点9の状況(写真-22参照)におけるように緩勾配の後浜が残され、砂浜にはグンバイヒルガオが繁茂していた。海岸に高波浪が襲来した場合、高波浪による侵食であれば沿岸方向にほぼ一様に侵食が起こるはずであるが、嘉徳海岸では海岸線に沿って浜崖侵食が進んだものの、浜崖の比高は沿岸方向に大きく変化し、明らかに侵食されていない場所も残されていた。これらより、侵食が高波浪のみにより進んだと考えることはできない。もちろん高波浪が侵食の引き金になったことは事実であるが、侵食には別の要因が関与していると考えなければならない。

図-5は2013年11月8日撮影の嘉徳海岸を含む湾全体の衛星画像を示す。その範囲は図-2に破線で示す。嘉徳海岸は、両側を長大な岬に挟まれた長さ540mのポケットビーチであり、その南西端に嘉徳川が流入している。いま、ポケットビーチの両端に点A、Bを、ABの midpoint に点Oを定める。さらに点OからABと直交する法線を引くと、その方向はSEとなる。嘉徳海岸の平均汀線はほぼこの法線と直交しているので、嘉徳海岸への入射波の平均的方向はSEとなる。ある海浜への入射波の波向は、平均汀線と直交するという原理から、嘉徳海岸への入射波の平均方向はSEに等しい。しかし、嘉徳海岸ではポケットビーチの両側に長い岬が伸びているので、波の入射方向によってはこれらの岬による波の遮蔽を受ける。図-5に示すように、両側の岬において波の遮蔽効果を及ぼす地点を幾何学的に定めると、岬の北端、南端に定めた点P、Qが回折点を与える。すなわち、波がPO方向から波が入射した場合、嘉徳海岸にあつてはOA間は波の遮蔽域に入って波高が低下する一方、OB間では回折の影響を受けた高波高の波が入射する。逆にOQ方向から波が入射した場合、OA間では高波高が作用する一方、OB間は岬による波の遮蔽を受けた相対的に低い波が作用することになる。波の遮蔽効果は点Oから回折点C、Dを望む方向角に強く依存するが、Oから点P、Qを望む線とABとのなす角はともに70°で、幾何学的には同じ効果を有している。

ここで平均海岸線ABへの法線に対して波が斜め入射する条件を考える。まず東寄りのSE-20°の方向からの入射波条件を考えると、嘉徳海岸のポケットビーチではOB側(すなわ

ち嘉徳川側)では波高が高まり、OA側では波の遮蔽域に入るため波高が低下する。この場合の波高の沿岸方向分布は、不規則波の方向分散法¹⁾²⁾により算出できる。この入射波条件では、嘉徳川河口側で砕波波高が高まり、同時に砕波に伴う平均水位の上昇量も増大する。これに対し、嘉徳川河口と反対側の点A付近では砕波波高が相対的に低く、水位上昇量も小さい。このように砕波波高が沿岸方向に緩やかに変化する場合、砕波波高の沿岸方向分布に応じて波高の高い場所から波高の低い場所へと沿岸流が起こることが知られている³⁾。すなわち、SE-20°の方向から波が入射する条件では、嘉徳海岸にあってはBからAへ向かう沿岸流が起こる。さらに沿岸方向の波高分布に応じ、波高の高い場所では砂州高も増大するので、ポケットビーチ全体で見ると嘉徳海岸ではB(嘉徳川河口)から北向きに砂州高が低下することとなる。一般に、河口部流路は波が遮蔽され、結果的に砂州高が低い場所を目指して流れ、結果的に流路が蛇行することが明らかにされている⁴⁾⁵⁾。これを考慮すると、SE-20°方向から波が入射する場合、嘉徳川の流路は北側の砂州高の低い場所、すなわちA点を目指して流れることになる。洪水時の流量が大きければ嘉徳川の流路は直線的流路を保って海へ流入するが、波の作用が強い場合には嘉徳川の流路は蛇行しやすくなり、この波浪条件ではBからAを望む方向に沿岸流が発達しているため、河口には絶えず右岸側から砂が流入し、流路は北向きに流れざるを得なくなる。波がSE+20°方向から入射する場合にはこの逆の結果となり、嘉徳川は点B付近から海へ注ぐことになる。以上の機構は図-6の模式図にまとめられる。結局、嘉徳海岸は奥深い湾内に位置するがゆえに、波の入射方向に依存して嘉徳川河口の流路の蛇行が起こり、それに伴う海浜が蛇行流により削り取られる条件にあることが分かる。いったん蛇行した流路が形成されると、写真-10に示したように流路外岸側の攻撃斜面では側方侵食が進む。そこから侵食された土砂は流路の下流方向に運び去られ、崖の前面に堆積しないので流路の発達により異常に高い崖が形成される。災害直後の写真-4に示す崖はこの原理により形成され、その後波の作用により崖前面に砂が運ばれたため倒木を埋めて平坦な海浜が形成されたと考えられる。災害時には写真-7, 8に示したように、嘉徳川の流路はポケットビーチの北東端にまで達し、深い溝ができていたことから、蛇行流は海浜背後地を大きく削るに十分な規模まで発達したと考えられる。2014年の災害時には上記入射波条件を満足したため北側への大蛇行が起き、この蛇行流による側方侵食によって海浜土砂が削り取られたが、その後時間経過とともに砂浜の復元が進んだと推定できる。また、嘉徳川の蛇行は、写真-9, 10に示す2017年7月17日の状況、写真-11, 12, 13に示す2017年7月28日の状況、さらには2017年12月13日の斜め写真(図-3)にも写されており、嘉徳川の流路の蛇行はしばしば起きうる現象であることも分かる。なお、図-5においてP, Q点から直線ABと直交する線を引き、ABの延長線との交点をA', B'とする。このときPA', QB', A'B'の距離はそれぞれ1,230, 885, 765 mとなる。PA', QB'の長さの平均値は1,058 mとなり、この値により岬の規模を表すと、湾の縦横比(aspect ratio)はほぼ1.4となる。嘉徳海岸の場合aspect ratioが1.4であり、岬による回折効果が顕著に現れたが、aspect ratioが大きければ湾内への波の侵入度が低下し海浜変形が起

こりにくくなるのに対し、aspect ratio が小さく湾口が太平洋に開いた姿となれば岬による波の遮蔽が低下し、嘉徳川で観察された現象は起こりにくくなることが分かる。

4. 侵食対策を行う場合の留意点

(1) 対策検討における基本的留意点

本来、砂浜では高波浪が襲来した場合、砂は一時的に汀線沖へと運ばれるものの、その後静穏で周期の長い波が作用すれば砂は岸向きに運ばれ再び砂浜に戻るものである。このようにして海浜は長期的に見ればほぼ動的平衡状態を保つ。実際、**図-3**に示す2017年12月13日の斜め写真によれば、侵食された砂浜が再び回復し広がっている。しかしながら削られた砂丘地には侵食時の浜崖がそのまま残される（例えば、**写真-19**参照）。砂丘地も長い年月が経過すればもとの姿になるよう復元力が働くが、既に砂丘地に多くの改変が行われていることから砂丘の復元は容易ではない。

また、嘉徳の集落では墓地前面が著しく侵食され、同時に隣接の畑地まで侵食が進んだため、砂丘地の侵食に伴って海岸へと大量の砂が供給された結果、現況では**図-3**に示すように浜幅は大きく広がった。環境的に見れば自然海岸の potential の増加と言える。しかし海浜が広がるに要した砂は集落の砂丘地から削り取られた砂であり、集落の住民の立場からすれば侵食の結果としての砂浜の拡大をそのまま受け入れるのは困難であろう。海岸法では防護と環境のバランスが求められているので、これら両者をうまくバランスした答えを導く必要がある。その場合、侵食の主因を十分理解した上で対策を練ることが必須である。

(2) 河川災害と海岸災害との関係

嘉徳海岸の侵食は、高波浪の斜め入射とともに嘉徳川の河口部流路が大きく北向きに蛇行し、これに伴って側方侵食が進んで浜崖が形成されたものと推定された。このことを考慮すれば、河川の北向きの蛇行の防止を図ることが侵食防止上必要となる。しかし侵食は河川法で定める河川区域内ではなく、その北側に隣接する海岸区域で起きたことが問題を複雑にしている。嘉徳海岸で起きた侵食に対し、災害負担法に基づく海岸災害復旧事業が行われることになり事業が採択された。しかし、海岸侵食対策は法の主旨によれば河川区域内では行うことができず、河川区域の北側に隣接する海岸保全区域内でのみ工事が可能である。よって嘉徳海岸での侵食が嘉徳川の北向き蛇行により起きたとしてもその根本原因を除去するための施策、例えば河口導流堤の設置は上記予算により行うことができない。よって河口導流堤と同様な効果を発揮させる手法としては、河川区域を外れた海岸保全区域内に河口導流堤と同等な効果を有する突堤を伸ばすことしかない。

(3) 海岸侵食により失われた土地の所有権

海岸侵食が進むと汀線が後退する。この場合の汀線変化は単なる物理現象として起こる。しかし海岸保全区域の外側にある民有地まで侵食が進んだ場合には、単なる物理現象を越

えて法的意味での措置が必要となる。陸域の畑や墓地の一部の土地が侵食され、現況で砂浜と同様な姿になったとする。この場合、失われた土地の底地の所有権は個人に属したままである。侵食災害において当局が復旧工事を行う場合、種々の施設は公共用地でなければ造ることができない。上記のように侵食された場合、底地の所有権は個人に残されるのでその上に施設を造ることができないことになる。こうした場合、所有権を有する個人が当局に寄付して底地の所有権を移転するか、あるいは底地の所有権を当局が金銭をもって弁済するかいずれかの方法を取ることが必要とされる。しかし災害負担法の適用時には、底地を購入する資金手当てはないので、当局としては侵食前の官民境界線付近に施設を設置する選択を取らざるを得なくなる。

(4) 対策案

高波浪の作用に伴う嘉徳川の流路の北東側への蛇行が侵食の主因と考えられるので、嘉徳川河口の流路の蛇行を防止するために河川区域を外れた海岸保全区域内に河口導流堤と同じ効果を有する突堤を伸ばす方法がひとつの選択となり得る。海浜の景観を考慮すれば突堤状の施設はその天端高をできるだけ下げ、海浜に潜らせて伸ばすことが考えられる。その場合、高波浪が嘉徳川河口側へと作用する場合には嘉徳川河口近傍では砂州高が高まる（図-6 の模式図参照）ので、これを考慮すれば突堤状施設の天端高は現況の海浜と同程度とする必要がある。同時に嘉徳川の河床面より幾分下げて洗掘に堪え得る施設にしないとその安定性を保つことができない。また、突堤状施設を嘉徳川河口に隣接して 1 基のみ伸ばす代わりに数基の突堤を間隔を開けて伸ばす方法もある。その長さは河口から北東側へ離れるに従い短縮することが可能である。これらの方法を用いれば嘉徳川の流路の蛇行を防止することが可能となるし、当初計画のように海岸線全体に長大な堤防を造る案と比べてはるかに施設の規模を小さくできる。一方、現況では墓地や畑地の前面には浜崖が迫っているので何らかの方策により急斜面を守る必要がある。これには例えば袋詰め玉石工を敷設した後盛り土を行い、その上でアダンなどの植栽を行い、景観を奄美大島本来の姿に戻すとよい。

5. あとがき

本報告は、日本自然保護協会からの依頼に基づいて筆者自身が 2017 年 12 月 15, 16 日に行った現地踏査を基に、既往の空中写真などを加えて海岸工学的見地から嘉徳海岸の侵食機構についてできる限り客観的に考察したものである。この資料が嘉徳海岸での侵食に関する合意形成議論に少しでも役立てば幸いである。なお、本研究に際しては日本自然保護協会により奄美大島への渡航旅費を負担していただき、また、既往写真やドローン画像の入手に便宜を図っていただいた。ここに記して感謝します。

参考文献

- 1) 宇多高明：「日本の海岸侵食」，山海堂，p.442，1997.
- 2) Uda, T. 2017. *Japan's Beach Erosion - Reality and Future Measures*, 2nd ed., World Scientific, p. 530.
- 3) Ozasa, H., Brampton, A. H. (1980). Model for predicting the shoreline evolution of beaches backed by seawalls, *Coastal Eng.*, Vol. 4, pp. 47-64.
- 4) 藤野由基，小林昭男，宇多高明，野志保仁：流入小河川の河口部流路が海へ注ぐ場所が岩礁背後に固定される理由-千葉県守谷海岸の例-，土木学会論文集 B3 (海洋開発)，Vol. 73, No. 2, pp.I_510-I_515, 2017.
- 5) 宇多高明：小河川の河口が岩礁背後に固定される理由，土木技術資料，Vol.59-12, pp.60-63, 2017.

図写真一覧

- 図-1 奄美大島の衛星画像
- 図-2 奄美大島南東部における嘉徳海岸の位置
- 図-3 嘉徳海岸の斜め空中写真 (2017年12月13日)
- 図-4 嘉徳海岸の2013年の衛星画像，写真撮影地点および侵食に伴い形成された浜崖線
- 図-5 嘉徳海岸の幾何学的形状と波の入射方向
- 図-6 波が斜め入射する場での波高・砂州高の分布と沿岸流，河川流の向き
- 写真-1 台風前の嘉徳海岸の状況 (2011年6月12日)
- 写真-2 侵食前の嘉徳海岸の状況 (2013年5月5日，南向き)
- 写真-3 侵食前の嘉徳海岸の状況 (2013年5月5日，北向き)
- 写真-4 嘉徳川河口に隣接する樹林帯の北側隣接部での比高約5 mにも達した浜崖と砂丘地に生育していた樹木の倒木 (2015年11月6日)
- 写真-5 写真-4の撮影地点の北側隣接部での浜崖侵食 (2015年11月6日)
- 写真-6 嘉徳海岸北部での大型土嚢の設置とアダン林前面での応急的盛り土 (2015年11月6日)
- 写真-7 流路の大蛇行により嘉徳海岸の北東端まで達した嘉徳川の流路 (2016年5月8日)
- 写真-8 写真-7に○印で示す河口の岩付近で上流方向を望んだ状況 (2016年5月8日)
- 写真-9 嘉徳川の北東向き蛇行状況 (2017年7月17日)
- 写真-10 蛇行流路の右岸 (陸地) 側での流路蛇行に伴う側方侵食 (2017年7月17日)
- 写真-11 嘉徳川の北向き大蛇行 (2017年7月28日)
- 写真-12 嘉徳川の蛇行に伴って形成された汀線と平行な流路と越流痕跡 (2017年7月28日)
- 写真-13 蛇行流路と嘉徳川河口との接点付近の状況 (2017年7月28日)
- 写真-14 嘉徳地区の墓地 (地点1) を背にして海岸を望む
- 写真-15 集落中心部の地点2からポケットビーチの北東端を望む

- 写真-16 地点 3 から南西方向を望む。大型土囊の延長線上で著しい侵食が起きて倒木が起きているのが確認できる。
- 写真-17 地点 5 における比高 2.5 m の浜崖形成と宙に浮く樹木の根
- 写真-18 地点 6 における樹林帯が完全に消失して汀線まで何も遮るものがない状態となった畑地
- 写真-19 海浜地の地点 6 から畑地を望む
- 写真-20 畑地前面（地点 7）に形成された比高約 3.5 m の浜崖
- 写真-21 地点 8 での比高 3 m の浜崖形成
- 写真-22 地点 9 での緩やかな勾配の後浜とグンバイヒルガオの繁茂
- 写真-23 左岸側から規模の大きな河口砂州が発達した嘉徳川河口
- 写真-24 地点 11 での砂州形成と遡上した波による戻り流れ
- 写真-25 岸向き漂砂による砂州形成と嘉徳川河口へと続く流れ
- 写真-26 発達が続く砂州を北東方向を望む

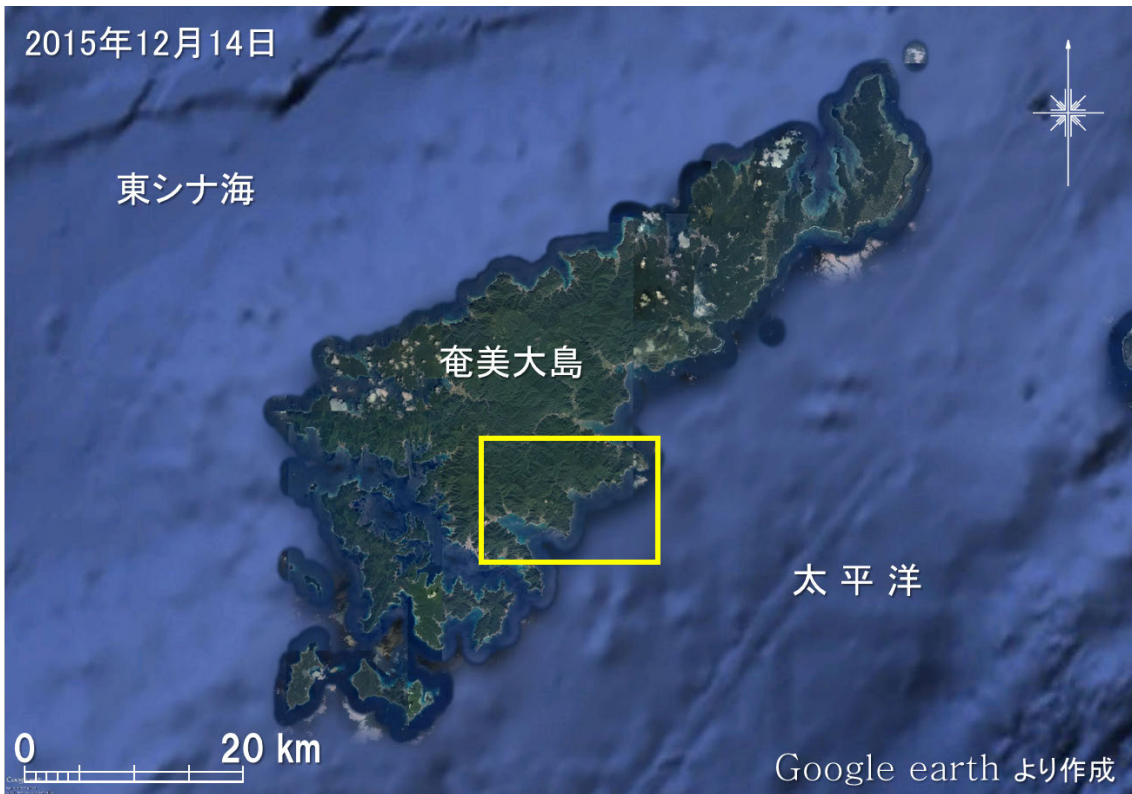


図-1 奄美大島の衛星画像



図-2 奄美大島南東部における嘉徳海岸の位置



図-3 嘉徳海岸の斜め空中写真（2017年12月13日）

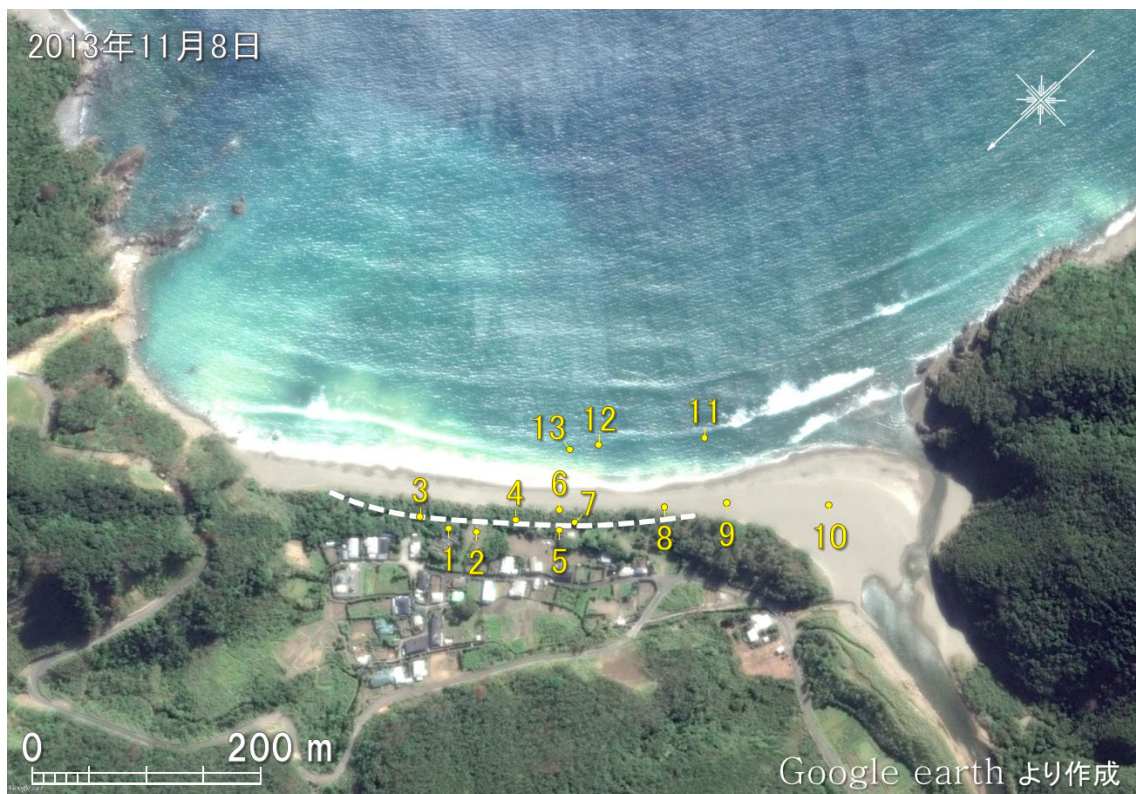


図-4 嘉徳海岸の2013年の衛星画像，写真撮影地点および侵食に伴い形成された浜崖線

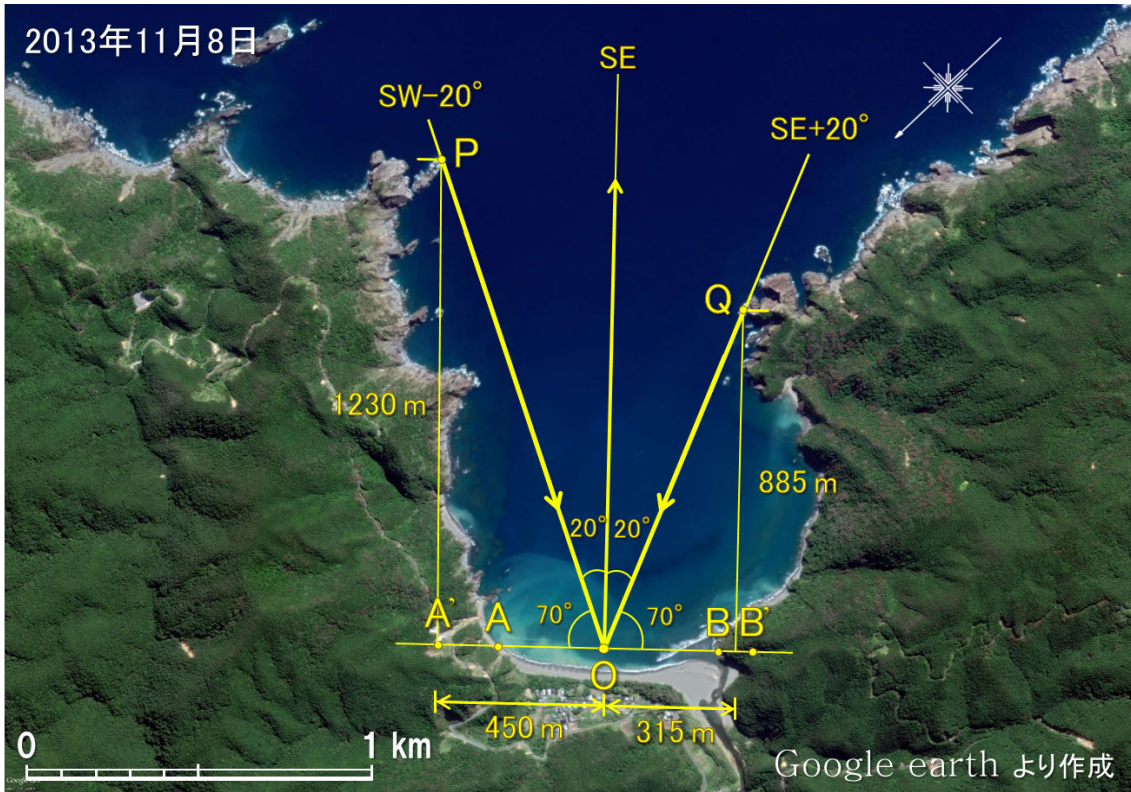


図-5 嘉徳海岸の幾何学的形状と波の入射方向

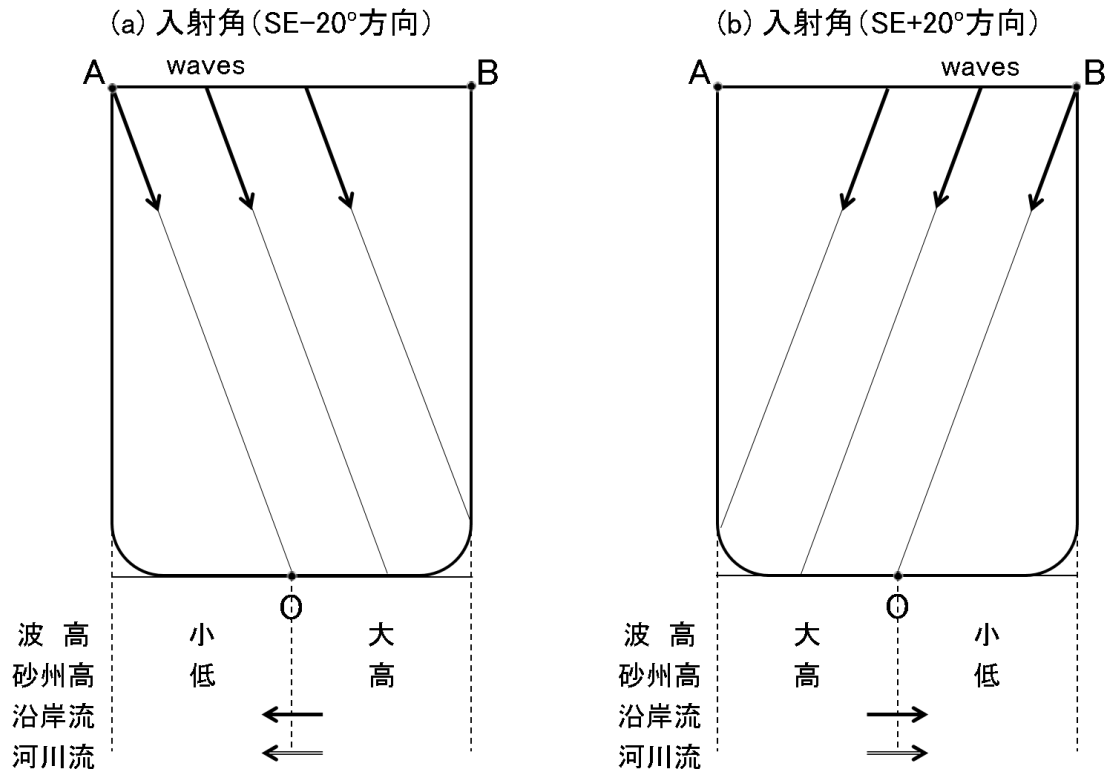


図-6 波が斜め入射する場での波高・砂州高の分布と沿岸流、河川流の向き