

漂砂メカニズムについて（元資料）

一般財団法人土木研究センターなぎさ総合研究所兼
日本大学理工学部海洋建築工学科

工博 宇多 高明

— 目 次 —

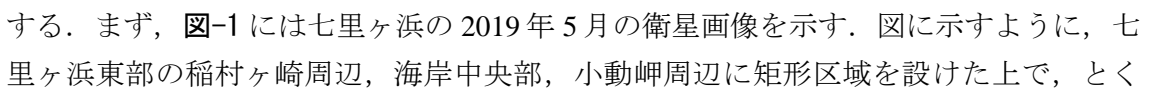
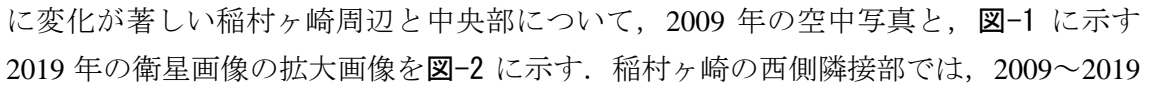
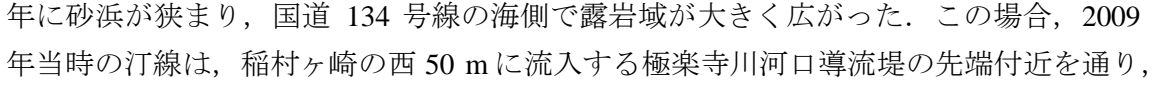
1. 七里ヶ浜の侵食機構に関する一考察（2022年8月5日）	1-1
1.1 まえがき	1-1
1.2 近年の海浜変形	1-1
1.3 侵食痕跡の現地調査	1-2
1.4 侵食速度の推定	1-3
1.5 七里ヶ浜，由比ヶ浜および材木座地区の航空レーザ測深結果	1-4
1.6 まとめ	1-5
2. 稲村ヶ崎の海蝕崖の後退	2-1
2.1 まえがき	2-1
2.2 海蝕崖の状況	2-1
2.3 まとめ	2-2
3. 空中写真と衛星画像による稲村ヶ崎の変遷調査	3-1
4. 稲村ヶ崎周辺の航空レーザ測深結果の判読	4-1

1. 七里ヶ浜の侵食機構に関する一考察（2022年8月5日）

1.1 まえがき

鎌倉海岸七里ヶ浜地区は、相模湾に面し、東端の稲村ヶ崎と西端の小動岬に挟まれた長さ2.7 kmの砂浜海岸であるが、近年侵食が著しく進んできている。この地区の侵食については、2016年に侵食状況調査が行われ、2015年までに生じた汀線の後退状況が明らかにされたり¹⁾。その後、2019年8月には、侵食に伴って国道134号線の護岸が崩壊し、国道の交通止めを余儀なくされた²⁾。2020年以降、破壊された護岸は復旧されたものの、侵食がさらに進んできたことから侵食原因の検討が行われた³⁾。この結果、主な侵食要因は、南西側からの入射波条件の下で、もともと砂の供給量が減少していた七里ヶ浜にあって、稲村ヶ崎を越えて東向きに沿岸漂砂が流出したことが主因と推定された³⁾。この報告では、空中写真に基づく汀線変化や海浜面積変化の実態が明らかにされ、それらより算出した2007年以降の海浜面積の減少速度に、縦断形変化から推定した漂砂の移動高3 mを乗じることにより、土砂減少速度が4,200 m³/yrと推定された。しかし、漂砂の移動高は、汀線変化と海浜断面積変化量を結びつける際の係数であり、海浜面積の変化量が既知の場合に海浜土砂量の変化量を算出するには、海浜面積の変化割合に平均砂層厚を乗じる必要があり、漂砂の移動高を乗じるとは土砂量変化の過大評価となると考えられる。そこで、前報³⁾で示した実態データを再考した上で、新たに現地調査を行い、海浜に設置された各種構造物と砂浜との接点に残された砂浜高の痕跡を調べることにより、侵食時の平均砂層厚を推定し、これを海浜面積の変化量に乗じて侵食土砂量の推定を行った。七里ヶ浜の現地調査は2022年7月1日に行ったが、侵食が激化する前の2015年11月28日実施の現地調査時の海岸状況写真との比較も行いつつ、侵食状況について調べた。

1.2 近年の海浜変形

以下では、前報³⁾で示した実測結果を再掲し、重複を避けつつ注目点について記述する。まず、-1には七里ヶ浜の2019年5月の衛星画像を示す。図に示すように、七里ヶ浜東部の稲村ヶ崎周辺、海岸中央部、小動岬周辺に矩形区域を設けた上で、とくに変化が著しい稲村ヶ崎周辺と中央部について、2009年の空中写真と、-1に示す2019年の衛星画像の拡大画像を-2に示す。稲村ヶ崎の西側隣接部では、2009～2019年に砂浜が狭まり、国道134号線の海側で露岩域が大きく広がった。この場合、2009年当時の汀線は、稲村ヶ崎の西50 mに流入する極楽寺川河口導流堤の先端付近を通り、稲村ヶ崎の海蝕崖の西面まで伸びていた。そこで、図に示すように、稲村ヶ崎直近において汀線に法線を立て、その方向角を読み取るとS29°Wとなる。この汀線の東側は稲村ヶ崎の固定境界なので、この方向角は2009年当時における波の入射方向を近似的

に与えている。しかし、2019年までには導流堤の両側で侵食に伴い汀線が大きく後退しただけでなく、海浜表面が砂鉄層で覆われたため海浜が黒ずんだ。同様に、七里ヶ浜中央部にある駐車場付近でも2009～2019年に砂浜が大きく狭まった。2019年の衛星画像によれば、駐車場の東側には砂の堆積した dry beach が全くないのに対し、駐車場西側の行合川河口以西では dry beach が残されていたことから、駐車場を境に侵食状況が異なり、駐車場の東側で侵食が集中的に進んだことが分かる。

図-3には前浜勾配 1/10 と写真撮影時の潮位を基に各年の汀線位置を定めた上で、2009年基準で求めた汀線変化を示す。汀線は全体に後退傾向を示すものの、海岸中央部にある駐車場の西側では汀線後退量が小さいのに対し、東側では稲村ヶ崎に近づくほど汀線後退量が増し、最大で約 20 m 汀線が後退している。汀線後退量が稲村ヶ崎に近づくほど増大している状況より、波が S29°W より右回りに傾いた方向から入射して稲村ヶ崎を沿岸漂砂が回り込んで流出したことが侵食原因と推定される。

図-4には1946年基準での海浜面積の変化量を示す。まず、図-4(a)によれば、稲村ヶ崎～駐車場東端間での海浜面積の減少量が大きいですが、絶対値は小さいものの、駐車場西端～小動岬、および駐車場東端～駐車場西端でもよく似た変化が起きており、全域では1946年から2020年までに4.9万 m²もの砂浜が消失したことが分かる(図-4(a))。さらに、海浜面積の減少速度が近年増加傾向にあることから、2007～2019年での全域の海浜面積の平均減少速度を算出すると、この期間での海浜面積の減少速度は1,400 m²/yrとなった(図-4(b))。

次に、図-2に配置を示す稲村ヶ崎の西約400 mに位置し、2019年には海岸線付近に露岩域が現れた測線 No.31の縦断形変化を図-5に示す。この測線の汀線沖には、水深約1 mの平坦面(露岩域)があり、この浅い基盤面上に前浜勾配 1/10の砂浜が載っている。また前浜では侵食が進み、海浜地盤高が約1 m低下したことが分かる。前報³⁾では前浜地形変化がば-1～+2 m間で起きていることから、漂砂の移動高を3 mと近似したが、この縦断形変化のみから侵食時の砂層厚の推定は難しい。このことから2022年7月1日には侵食に伴う砂層厚の変化を現地調査により調べた。

1.3 侵食痕跡の現地調査

図-6には七里ヶ浜の衛星画像と現地調査時の写真撮影地点番号を示す。現地調査地点は稲村ヶ崎から駐車場間に配置されている。まず、St.2では極楽寺川の河口導流堤の東側側面の状況を調べた。図-2に示したように、2009年にはこの河口導流堤の東(手前)側には砂浜があったが、現況では大きく侵食されていた。写真-1は、河口導流堤の東側側面の状況を示す。導流堤の目地付近の側壁に残された白い部分は砂に埋まっていたと考えられるので、色彩の変化から海浜地盤高が約1 mは低下したと推定できる。

この導流堤の端部には極楽寺川を横断する歩行者用の橋が架けられているが、本来海浜地盤にすり付けるように造られていた橋台の上面が現況の地盤面から約1.4 mも上

方にあった(写真-2)。このことから、極楽寺川河口の左岸側では、侵食により海浜地盤高が最大約1.4 m低下したことが分かった。道路護岸の被災箇所の西側直近のSt.9には音無川が流入しているが、音無川の河口にも歩行者用の橋が架けられているが、その橋台の東端部では取り付け部の上面と海浜地盤の間に1.8 mもの落差が付いていた(写真-3)。また、同じ橋の西端のSt.10での同様な状況を示すのが写真-4で、海側、陸側端での海浜地盤高と砂浜の地盤面との落差は、それぞれ1.6, 1.25 mであった。このように音無川河口に架かる歩道橋では、平均で約1.6 mだけ海浜地盤高が低下したことが分かった。

駐車場の東端から230 m東側のSt.14では、排水管の先に設置されていた水叩きが宙に浮き、水叩きが軟岩の上にむき出し状態で載っていた(写真-5)。水叩きの端部の高さは0.6 mで、周辺は深く掘られ、そこには大量の礫が堆積していた。この排水管付近は約7年前の2015年11月28日には写真-6に示す状況であった。写真の右隅に見える排水管の出口は砂浜に滑らかに接しており、写真-5で見られた水叩きは完全に砂に埋まっていた。また写真-5で水叩きの左(西)側には岩盤が露出しているが、そこは2015年当時砂丘状のマウンドであり、岩盤は砂に埋まっていた。水叩きの端部の高さが0.6 mであったことを考慮すると、排水管の出口での海浜地盤高は1 m以上低下したと推定される。

図-2に示した七里ヶ浜のほぼ中央にある駐車場前面のSt.17では、駐車場から海浜へ降りるための階段が設置されている。この階段の状況を写真-7に示す。海浜地盤高が大きく低下したため、最下段の階段と海浜地盤面の標高差は1.8 mとなっていた。階段は建設当時、階段から海浜へと安全に降りられるように造られたはずなので、駐車場前面での海浜地盤高が約1.8 m低下した可能性が高いことが分かる。

1.4 侵食速度の推定

海浜に設置された固定施設周辺での海浜地盤高の比較によれば、極楽寺川河口に架かる歩道橋の海側端では約1.4 m(写真-2)、音無川に架かる歩道橋の東端では1.8 m(写真-3)、同じ橋の西端の陸側・海側端では1.25 m, 1.6 m(写真-4)、七里ヶ浜中央部の駐車場から海浜へと降りるための階段工の基部では1.6 m(写真-7)の落差があった。これらより、全地点の平均では1.53 m、最大では1.8 mの海浜地盤高の低下が起きたことが分かった。この侵食時の平均砂層厚は、極楽寺川河口導流堤の側面(St.2)に残された侵食痕跡高約1 mや、St.14に設置されている排水管の出口付近での1 m以上の地盤高の低下量と同程度であり、侵食に伴う砂層厚の変化として妥当な水準にあると考えられる。このことから、海浜面積の減少割合1,400 m²/yrに上記の平均砂層厚1.53 mを乗じると、侵食速度は約2,100 m³/yrと推定された。現況では七里ヶ浜への砂の供給は枯渇状態にあると推定されることから、土砂収支から考えると、稲村ヶ崎を

回り込んで運び去られた漂砂量はほぼこの値を有していたと推定される。これは前報³⁾で推定した値 4,200 m³/yr の 1/2 である。

なお、2009～2012 年には図-7 に示すように、辻堂海岸に堆積した飛砂（中砂または細砂）1,500 m³ ないし 1,000 m³ の砂による養浜が行われた。写真-6 に示した排水管の西側にある小高いマウンドはこの時の養浜により造られたものである。海浜面積変化量を示す図-4 (b)によれば、この期間中には台風 T0918, T1115, T1204 に起因する高波浪が作用しているが、この間、稲村ヶ崎～駐車場東端間の海浜面積はほぼ一定値を保っている。これより、稲村ヶ崎を越えて東側に流出した漂砂量は 1000～1500 m³/yr 程度であったと推定され、これは上記の漂砂量約 2,100 m³/yr と比べると小さいものの、ほぼ同じオーダーの漂砂量となる。

さらに七里ヶ浜中央部にある駐車場を境として東西での侵食速度の違いについては、駐車場自体が東向きの沿岸漂砂を阻止していることが理由と考えられる。図-6 に示したように、駐車場前面の地点 A では、駐車場を守る護岸線の方向が西側の汀線の走行方向に対して時計回りに傾いており、西側の汀線から見ると駐車場の護岸が全体として海側に張り出している。このため駐車場の護岸が突堤と同様な沿岸漂砂の阻止機能を発揮し、西側海浜からの東向きの沿岸漂砂を阻止していることによる。

1.5 七里ヶ浜、由比ヶ浜および材木座地区の航空レーザー測深結果

神奈川県では、2022 年 1 月、七里ヶ浜、由比ヶ浜および材木座地区において航空レーザー測深（ALB : Airborne Laser Bathymetry）を行った。以下では、七里ヶ浜と、そこから稲村ヶ崎を経て東向きに運ばれた砂が堆積する由比ヶ浜および材木座地区の測深結果について述べる。まず、七里ヶ浜東部の深浅図を図-8 に示す。この区域では、稲村ヶ崎～海岸中央部にある駐車場の沖合約 740 m に深みがあり、この溝は東ないし北北東方向へ伸び、稲村ヶ崎の西 210 m 付近で海岸線に最も接近している。この位置が国道 134 号線の歩道の陥没が起きた場所と一致する。これに対して稲村ヶ崎沖には水深 2 m 以浅の海食台が広がり、複雑な等深線形状を有する露岩域がある。稲村ヶ崎沖の深い溝はほぼ南西方向へと延びており、このためこの方向から波が入射した場合、波浪のエネルギーが減衰せずには汀線に達し、同時に、汀線に立てた法線の方角に対しては右回りからの入射となるため、東向きの沿岸漂砂を生じさせると考えられる。このように沖合の深みが東西非対称形で、そこに西寄りに傾いた方向から高波浪が入射しうることが七里ヶ浜の侵食原因に関与していると推察される。なお、稲村ヶ崎沖の深い溝の水深 8 m 以深の等深線形状はいずれも岸向きに鋭角状であって、砂が沖向きに運ばれたとするならば沖向きに等深線が突出し、海底扇状地状の堆積域が形成されるはずであるが、そのような特徴は見られない。これより、沖合の深い溝への汀線砂の流出は起きておらず、海浜砂の損失は稲村ヶ崎を回り込んで東側へと流出したと推定される。

同様にして図-9には由比ヶ浜、材木座海岸の深浅図を示す。稲村ヶ崎から由比ヶ浜の西端（坂ノ下）の沖合には稲村ヶ崎から続く露岩域が広がる。この露岩域は東向きにその幅が狭まり、由比ヶ浜と材木座地区沖では-5 m 以浅の等深線が沿岸方向になだらかに伸びることから、沖合は砂で覆われた海底面となっていると推察される。

由比ヶ浜、材木座地区は深浅図（図-9）に示すように、両端を岬により挟まれたポケットビーチである。そこでこのポケットビーチのほぼ中点において汀線直角方向に法線を引き、その方向角を求めると $S33^{\circ}W$ となる。このポケットビーチは現況で安定していることから、その中点の汀線に立てた法線の方法線は卓越波の入射方向を近似的に与えている。したがってこのポケットビーチではほぼ $S33^{\circ}W$ 方向から卓越波が入射していると推定される。これを考慮して図-8 に示した稲村ヶ崎の西側隣接部の道路護岸の被災箇所付近にこの方向角を記入すると、その方向は沖合から岸向きに発達した深みの方向に近い。また卓越波の入射方向はほぼ $S33^{\circ}W$ は、図-2 で汀線への法線から求めた入射方向 $S29^{\circ}W$ と近い値である。すなわち、稲村ヶ崎付近では海岸線に立てた法線に対して右回りに傾いた方向から卓越波が入射すると推定され、沖合にある深い溝の走行方向とほぼ同じ方向から卓越波が入射するため、汀線への到達波浪エネルギーが大きくなることが分かる。さらに、この方向からの入射波に対しては、稲村ヶ崎の沖向き突出量が小さくなるので、結果的に沿岸漂砂の阻止能力が低く、このため東向きの沿岸漂砂が稲村ヶ崎を回り込んで流出したと推定できる。

1.6 まとめ

七里ヶ浜は、侵食前には安定な砂浜として長い間存在してきた。これを考慮すると、侵食は、次の3要因のいずれか、あるいは複合要因によると考えられる。要因1：侵食量と同じ量の砂が海岸へ供給されていたため動的平衡状態にあったが、近年供給土砂量が減少した結果侵食が進んだ可能性、要因2：東端を区切る稲村ヶ崎の海蝕崖の後退が進んで沿岸漂砂が流出しやすくなった可能性、要因3：侵食が近年の波浪場の変化によりもたらされた可能性。

要因1に関しては、七里ヶ浜の西端には小動岬の海蝕崖があり、沿岸漂砂は阻止されているので、海浜を構成する砂は七里ヶ浜に流入する河川に求めるのが自然である。七里ヶ浜には、極楽寺川流域を構成する極楽寺川、音無川、行合川の3河川が流入している。しかしこれらの流域面積は約 2.6 km^2 （概算）と小さい。過去には河川流入土砂量と沿岸漂砂により稲村ヶ崎を越えて流出する土砂量が均衡していたとすると、この場合極楽寺川流域からの土砂供給量は $2,100 \text{ m}^3/\text{yr}$ となる。しかし極楽寺川流域を流れる3河川の河口部では、現況で河口砂州も形成されておらず、洪水後の調査でも砂の堆積は見られないので、この量の砂が連続的に供給されていたとは考えにくい。

要因2に関しては、図-4(a)に示した海浜面積の経年変化によれば、侵食は1973年に降頭在化し、その後加速度的に侵食量が増しているため、この頃に海蝕崖の後退が進

んだ可能性は残されている。稲村ヶ崎の海蝕崖の UAV による調査⁴⁾によれば、実際に海蝕洞の形成が進んでおり、近年海蝕崖の大規模な崩落は起きていないものの、海蝕洞の発達が続けばやがては崩落が起きてよいので、要因 2 の仮説はかなり高い可能性を有していると考えられる。一方、要因 3 に関しては、前節で述べたように七里ヶ浜の沖合に形成されている深い溝の走行方向とほぼ同じ南西方向からの入射波の発生頻度が増し、このため稲村ヶ崎を越えて漂砂が流出した可能性が高まったと考えれば、ある程度妥当な考え方と考えられる。

参考文献

- 1) 宇多高明, 石川仁憲, 三波俊郎, 細川順一, 蛸 哲之: 七里ヶ浜の長期的海浜変形と海浜 置砂による砂浜拡幅, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.73, No.2, pp.I_570-I_575, 2017.
- 2) 宇多高明, 田村貴久, 大谷靖郎, 伊達文美, 小金宏秋: 七里ヶ浜の侵食に伴う国道 134 号 線の護岸の被災, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.76, No.2, pp.I_312-I_317, 2020.
- 3) 宇多高明, 田村貴久, 小金宏秋, 大谷靖郎, 三波俊郎, 伊達文美: 鎌倉海岸七里ヶ浜地区での侵食機構の解析と対策案の検討, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.77, No.2, pp.I_823-I_828, 2021.
- 4) 星上幸良, 宇多高明, 三波俊郎, 金澤琢磨: 鎌倉市稲村ヶ崎周辺における海食崖と海食洞の発達, 日本沿岸域学会研究討論会 2021 講演概要集, No.33 (PDF), セッション 10-3, 2021.

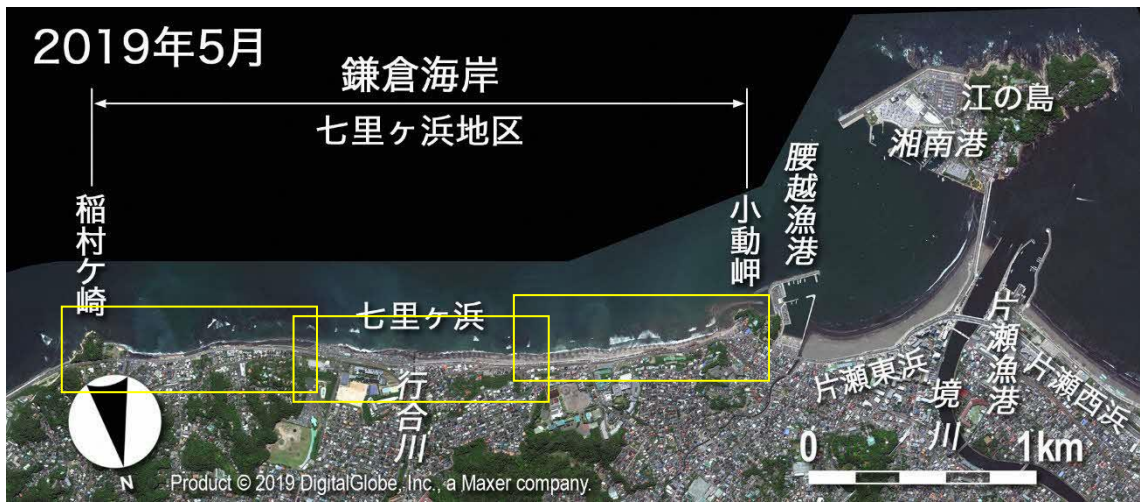
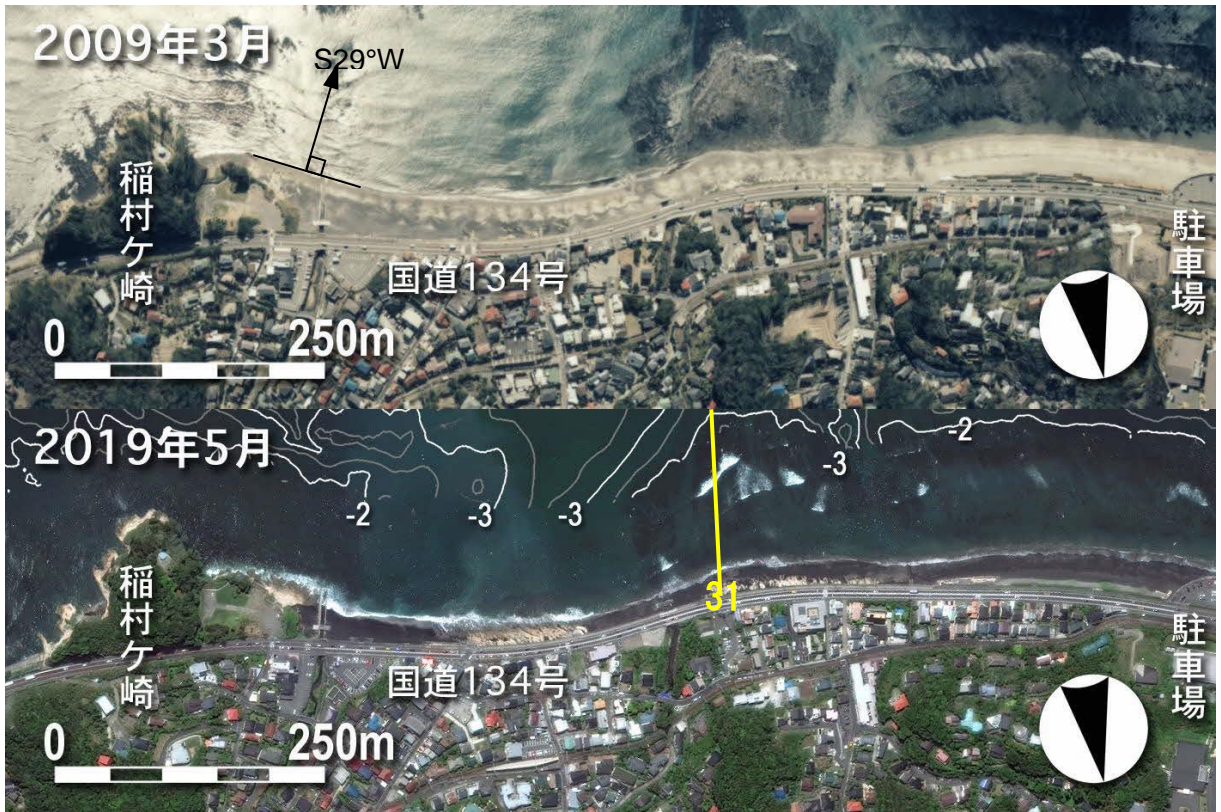


図-1 七里ヶ浜地区の空中写真と衛星画像

(a) 稲村ヶ崎周辺



(b) 海岸中央部

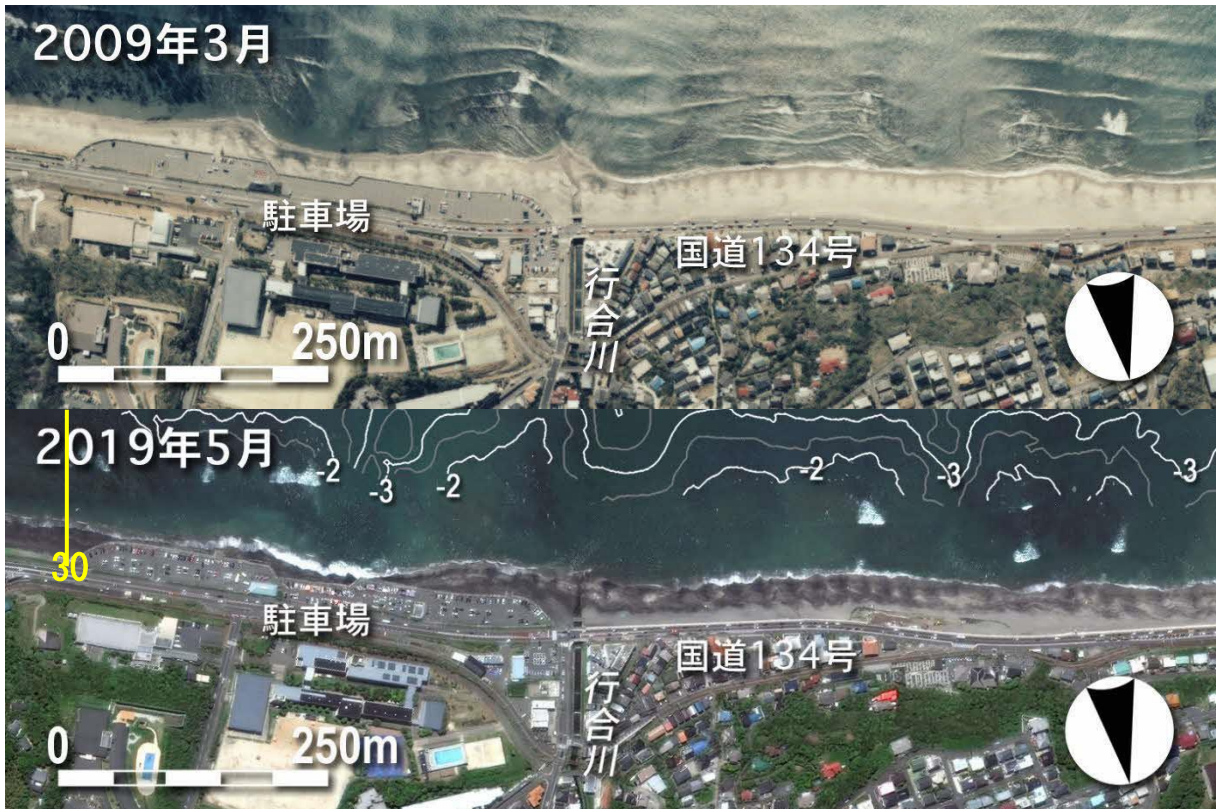


図-2 七里ヶ浜地区の東部と中央の空中写真と衛星画像

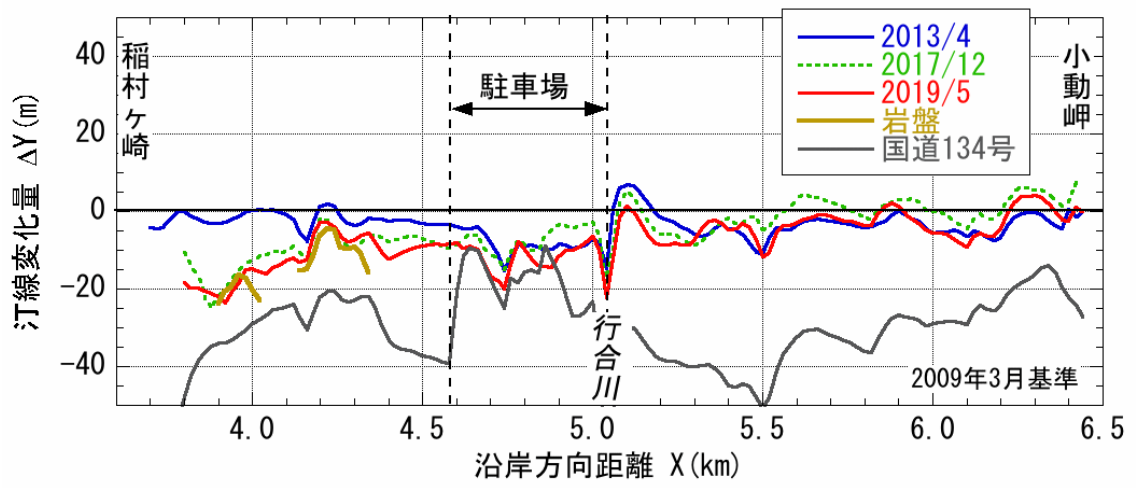


図-3 七里ヶ浜地区の汀線変化 (2009年基準)

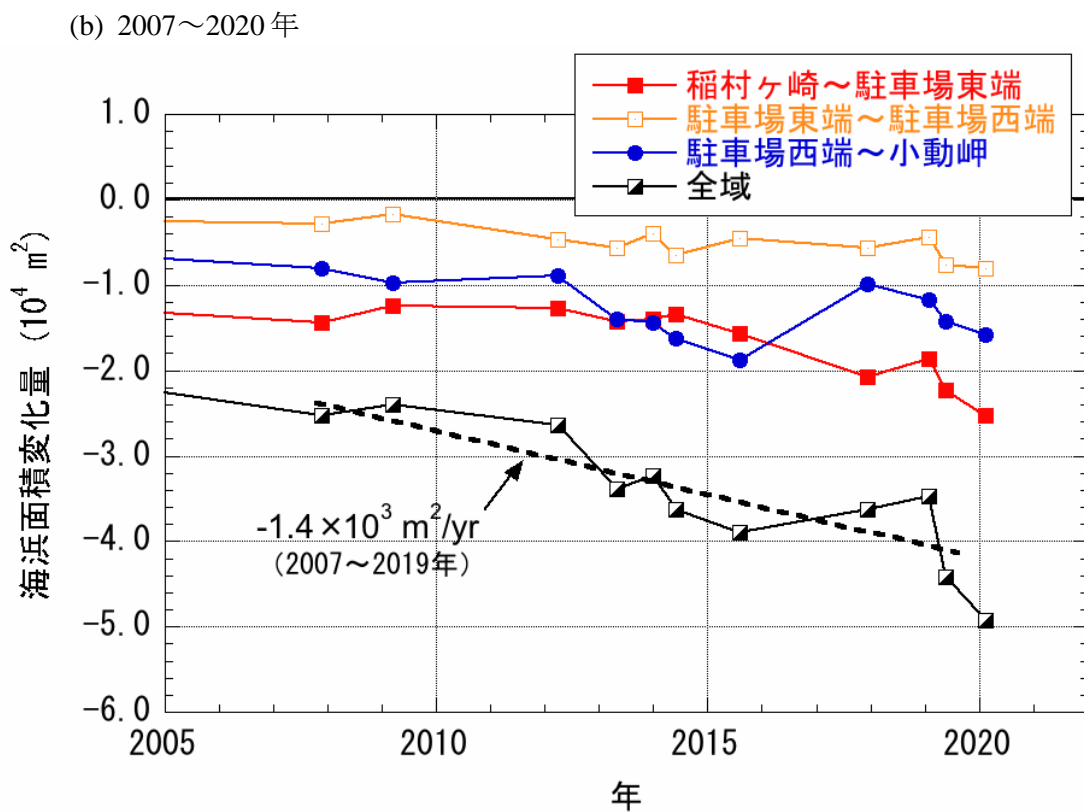
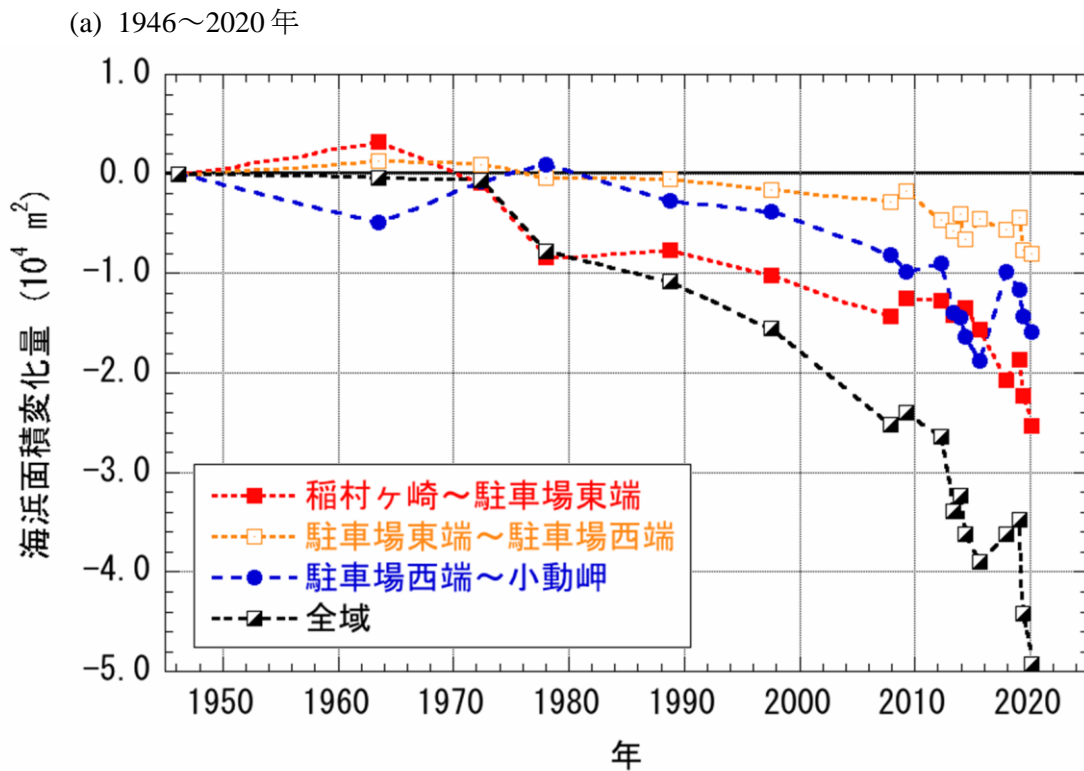


図-4 海浜面積の経年変化 (1946年基準)

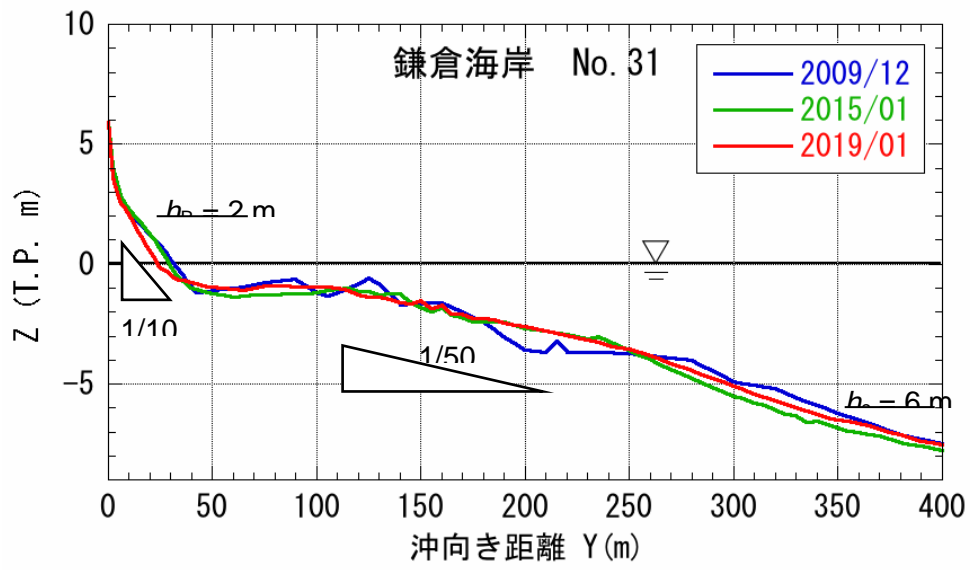


図-5 海浜縦断形の変化 (測線 No.31)

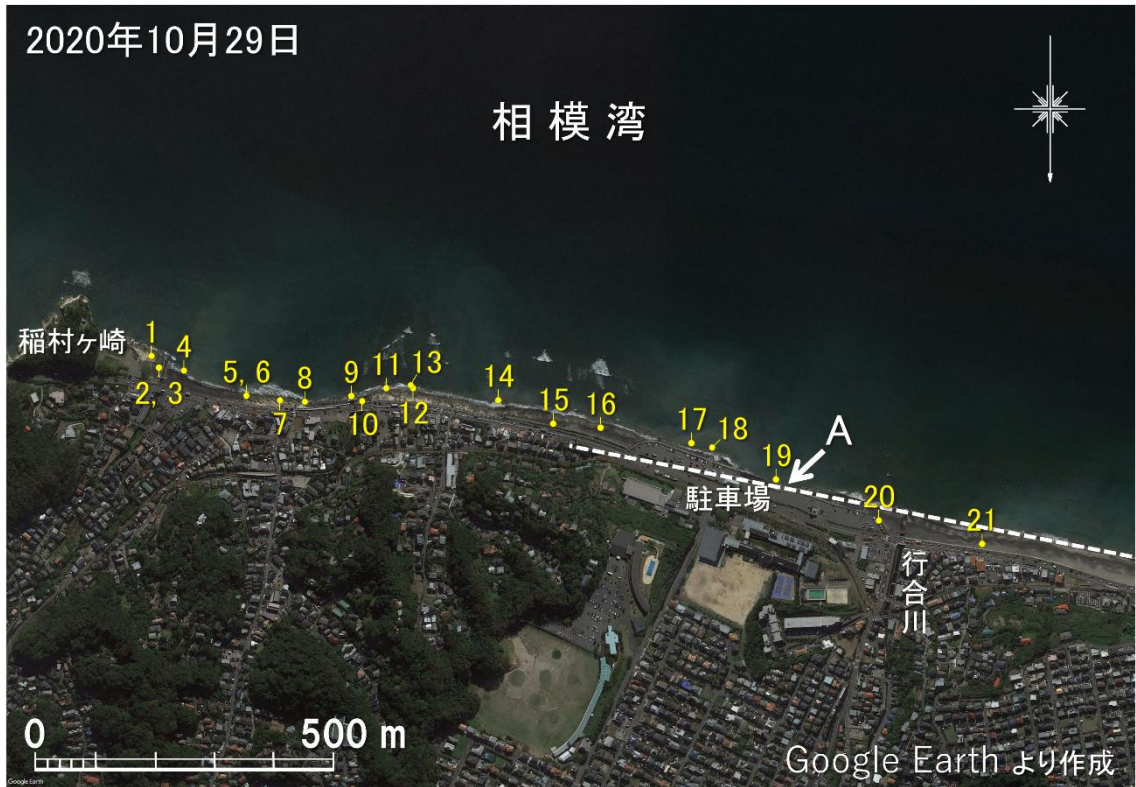


図-6 七里ヶ浜の現地調査地点

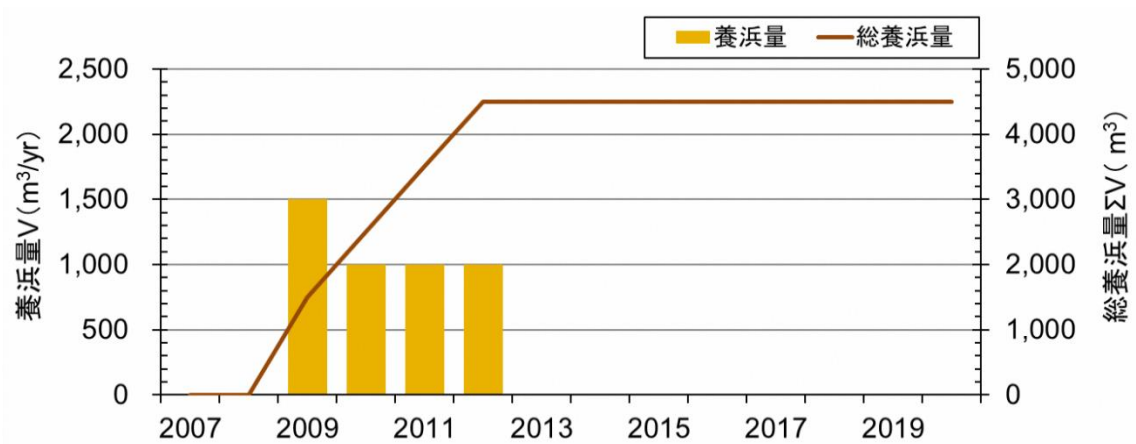


図-7 七里ヶ浜での養浜実績

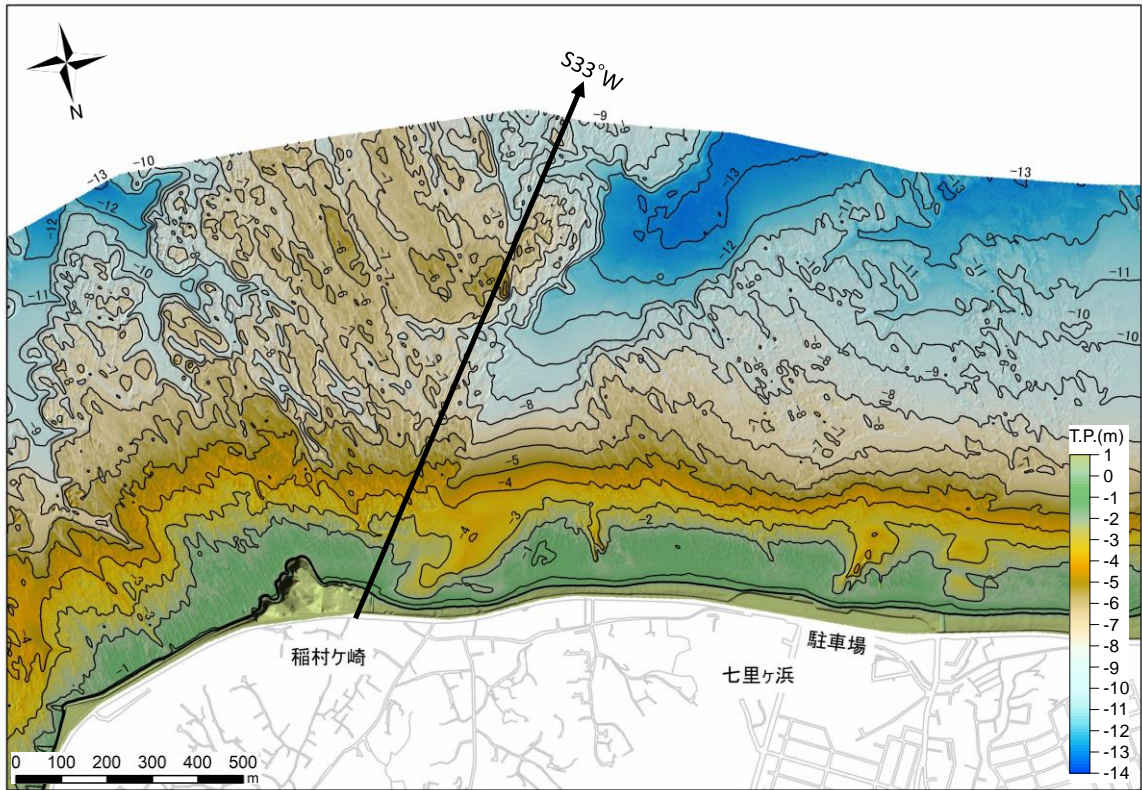


図-8 七里ヶ浜東部の航空レーザ測深結果

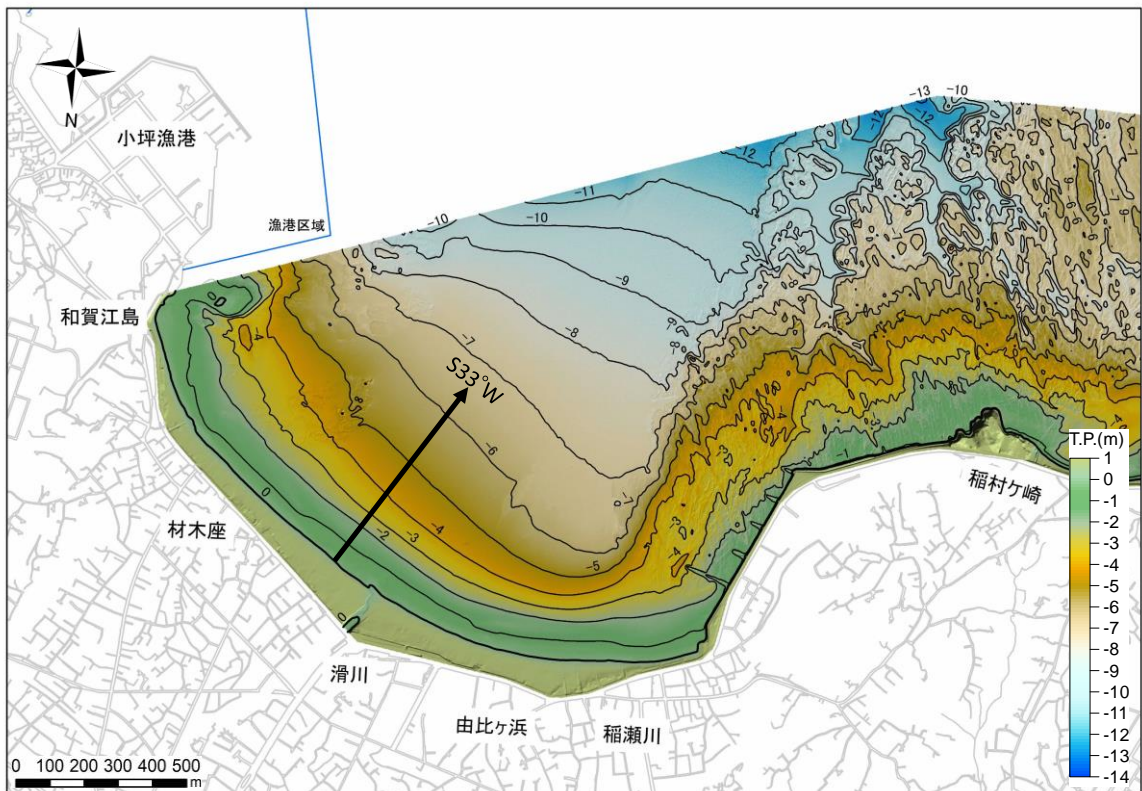


図-9 由比ヶ浜と材木座地区の航空レーザ測深結果

2022年7月1日

極楽寺川河口導流堤



写真-1 極楽寺川河口導流堤の壁体に残された侵食痕跡

2022年7月1日



写真-2 極楽寺川の河口に架かる歩道橋の橋台周辺状況



写真-3 音無川の河口に架かる歩道橋の橋台周辺状況（東端）



写真-4 音無川の河口に架かる歩道橋の橋台周辺状況（西端）

2022年7月1日



写真-5 侵食により孤立して残された排水管と水叩き

2015年11月28日



写真-6 侵食前の排水管出口状況

2022年7月1日



写真-7 駐車場から海浜へ降りるための階段の先にできた落差

2. 稲村ヶ崎の海蝕崖の後退

2.1 まえがき

稲村ヶ崎は、鎌倉市南西部において相模湾へ突出し、七里ヶ浜の東端を区切る岬であって、七里ヶ浜から由比ヶ浜へ向かう東向きの沿岸漂砂を阻止する機能を有してきた。一方、稲村ヶ崎は三浦層群の軟岩で構成されているため、波蝕による侵食が進んでいる。星上ら¹⁾は、2019年11月1日、UAV（ドローン）により稲村ヶ崎の海蝕崖を水平方向に望む画像を取得し、海蝕崖や海蝕洞の発達状況を調べた。一方、神奈川県藤沢土木事務所では、それに先立つ1987年と1990年に稲村ヶ崎の斜め空中写真を撮影している。そこでこれらを比較することにより、稲村ヶ崎の海蝕崖の後退状況について調べた。図-1～図-6には以下で用いる星上ら¹⁾に示された図を再掲する。

2.2 海蝕崖の状況

星上ら¹⁾は、図-1の衛星画像に示すように、稲村ヶ崎を囲むようにして設定した区域a～eごとに海岸の斜め画像の判読を行うとともに、海蝕洞（Sea cave）については、西から東向きにC1～C9と呼び、岩盤上に線状構造として残された多数の層理面（bedding plane）はP1～P11と、また断層（Fault）はF1～F9として各区域の画像に示した。図-2～図-6には区域a～eの判読結果を示す。個々の図の特徴の説明は、星上ら¹⁾で述べているので省略し、ここでは藤沢土木事務所が撮影した図-7, 8, 9に示す斜め写真との比較を行った。

まず、1987年取得の稲村ヶ崎の斜め写真を図-7, 8に示す。図-7は、稲村ヶ崎を南東側から望んだ写真を示すが、この写真では、稲村ヶ崎の西側（左）直近に流入する極楽寺川の河口付近には砂浜が広がっていた。また、図-1に位置を示した海蝕洞C8の基部には、1987年当時小規模なポケットビーチが残されており、その汀線に立てた法線の方向はほぼSを向いていた。これと比べると、2019年取得の図-6では、C8の基部が波に洗われており、侵食が進んだように見える。

同じく1987年に稲村ヶ崎を南側から望んだ図-8では、図-1に示した海蝕洞C1～C4の前面にいずれも砂浜が残されていた。これに対し、図-3で同じ場所の状況を調べるとC1～C4の前面の砂浜は消失し、波に曝される状況となっており、稲村ヶ崎の西側隣接部では侵食が進んだことが確認できる。

さらに図-8に○で示すように、海蝕崖の基盤の東端には冲向きに尖った岩盤が伸びていたが、この岩盤の西側直近にも東端の尖った岩盤とほぼ同じ程度まで冲向きに突出した岩盤が広がっていた。しかし、2019年取得の図-4において同じ尖った岩盤の位置を○で示すが、冲向きに突出した岩盤の西側の岩盤は広く後退し、C7に隣接した尖った岩盤のみが残された。これより、C7より西側のC5～C7間の岩盤が侵食されて後

退したことが分かる。図-1 において C5～C7 間の位置を調べると、そこは稲村ヶ崎が南側に大きく突出した場所に相当する。このことから、稲村ヶ崎ではその南端部の崖が侵食により消失し、海蝕崖の南向き突出量が減じた結果、東向きの沿岸漂砂の流出が起きた可能性が高いと推定される。

図-9 は図-7 と同じく稲村ヶ崎を南東側から望んだ斜め写真を示す。これによれば、図-8 で述べた海蝕洞 C1, C2 の前面には 1987 年と同様砂浜が残されていた。以上のことから、稲村ヶ崎の海蝕崖が著しく後退したのは 1990 年以降であったと推定できる。

2.3 まとめ

古写真と現況の UAV 画像の比較によれば、稲村ヶ崎の海蝕崖の南端部では崖の後退が起きていることが明らかにされ、崖の後退により沿岸漂砂の阻止機能の低下が起きた可能性が高いことが分かった。崖の後退量は 20 m 程度と大きくないが、この後退により沿岸漂砂の流出量の増大が起きたと推定される。ここではその定量化は行っていないが、崖の後退が 1990 年以降であったことから、この時期前後に取得された分解能の高い空中写真、ないし衛星画像を基に崖の後退量の定量化を行うことが必要である。また、崖の後退量がそれほど大きくないことから、稲村ヶ崎の崖の南端付近に突堤状の施設を設置し、崖の後退と同時に東向きの沿岸漂砂の阻止を行う手法が対策として有効と考えられる。

参考文献

- 1) 星上幸良, 宇多高明, 三波俊郎, 金澤琢磨: 鎌倉市稲村ヶ崎周辺における海食崖と海食洞の発達, 日本沿岸域学会研究討論会 2021 講演概要集, No.33 (PDF), セッション 10-3, 2021.



図-1 稲村ヶ崎の衛星画像



図-2 極楽寺川河口と海食崖西端部（区域 a）の斜め空中写真



図-3 海食崖西端部（区域 b）の斜め空中写真

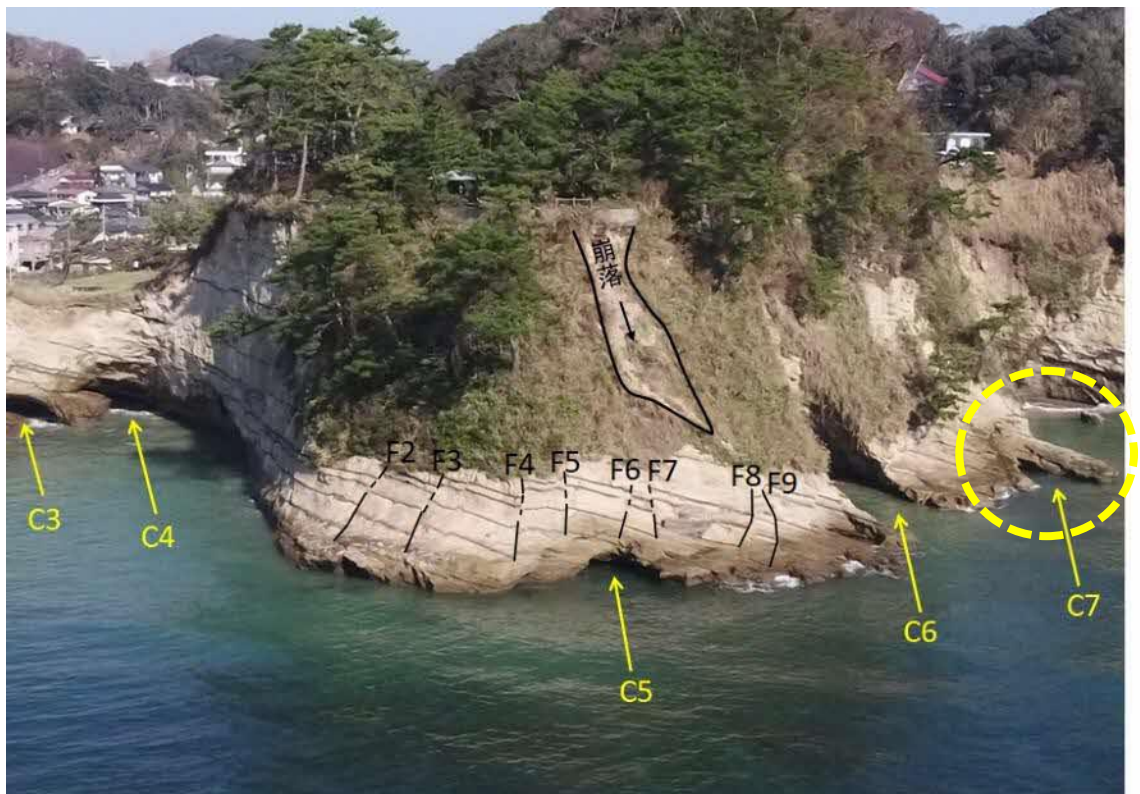


図-4 海食崖中央部（区域 c）の斜め空中写真

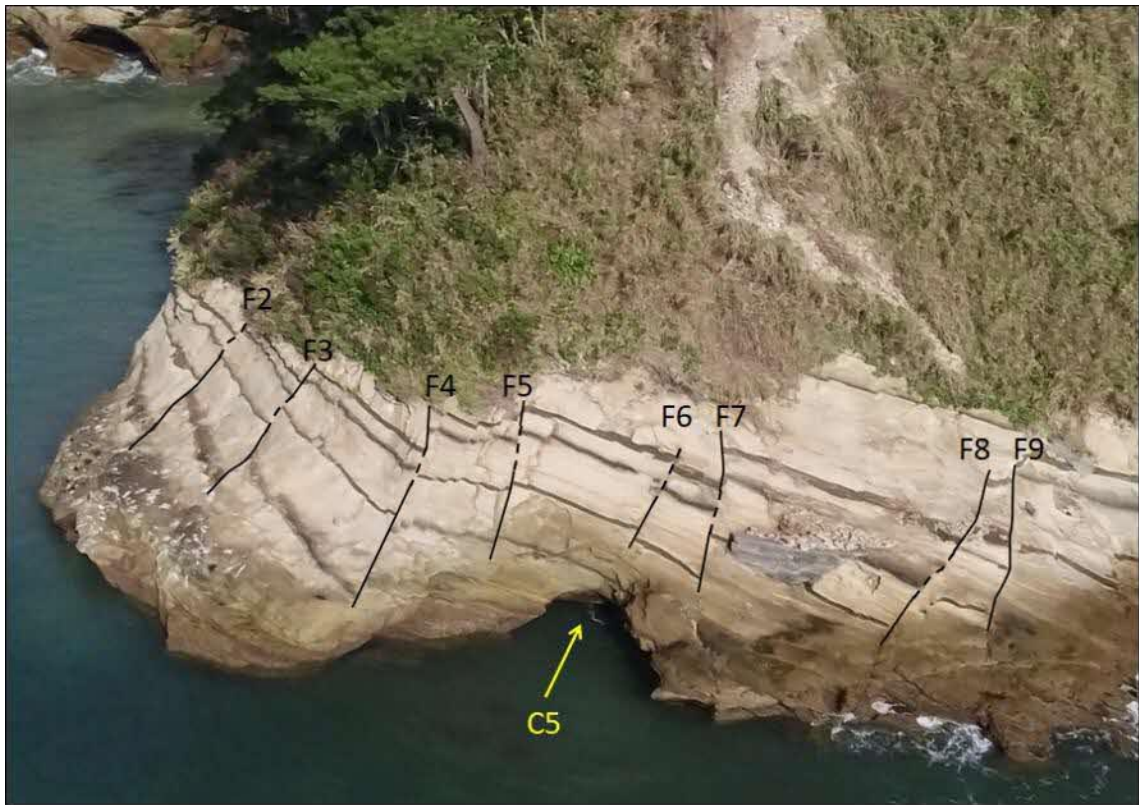


図-5 海食崖中央部（区域 d）の拡大斜め空中写真

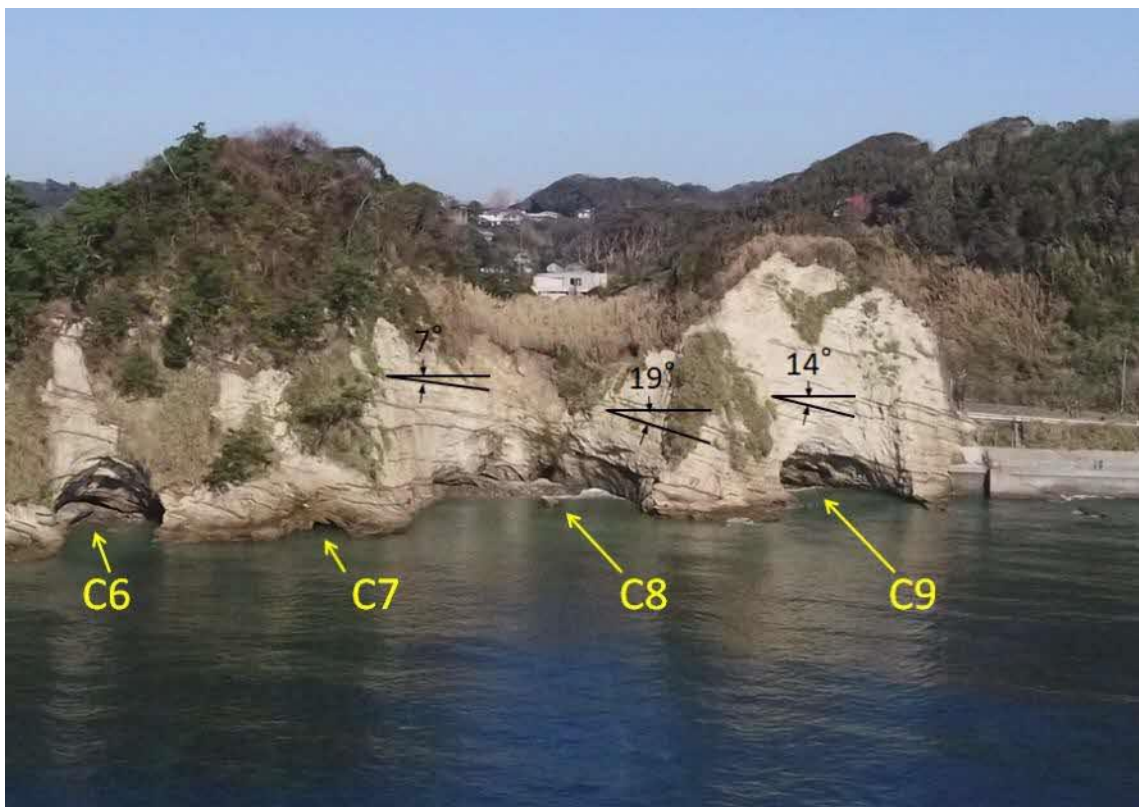


図-6 海食崖東端部（区域 e）の斜め空中写真



図-7 稲村ヶ崎の海蝕崖を南東側から望む（1987年5月8日撮影）



図-8 稲村ヶ崎の海蝕崖を南側から望む（1987年5月8日撮影）



図-9 稲村ヶ崎の海蝕崖を南東側から望む（1990年3月1日撮影）

3. 空中写真と衛星画像による稲村ヶ崎の変遷調査

稲村ヶ崎は軟岩でできているため、波の作用により海蝕崖の後退が起り得る。その後退速度は大きくないが、この海蝕崖は七里ヶ浜の東端に位置しているために海蝕崖の後退とともに七里ヶ浜から由比ヶ浜方面へ向かう沿岸漂砂の阻止効果が減じ、結果として七里ヶ浜の侵食原因になり得ると考えられる。このことから、稲村ヶ崎の空中写真および衛星画像を収集し、稲村ヶ崎周辺の近年の変形について調べた。収集した画像は、1978, 2009, 2011年の空中写真と、2021年のGoogle Earth画像である。図-1には4時期の画像を示す。各図には測定時の潮位も示すが、画像取得時の潮位は-0.66 m~-0.17 mの間で変化している。また、2021年の衛星画像については画像取得時の潮位は不明である。以下、図-1より各時期における稲村ヶ崎の状況について調べた。

まず、1978年には稲村ヶ崎の西部にある展望台の南側には幅約15 mの砂浜が広がっていた。西側から伸びてきた汀線は、稲村ヶ崎の西側面とほぼ直角に交差し、汀線から海蝕崖の先端まで約40 mは離れていたから、この当時七里ヶ浜の東端は稲村ヶ崎の海蝕崖により区切られており、東向きの沿岸漂砂はほぼ阻止されていたと考えられる。その後、2009年の画像では潮位が-0.66 mと低かったものの、なお稲村ヶ崎との接点での浜幅は10 m以上は残されていた。2011年には汀線がさらに後退し、稲村ヶ崎との接点での浜幅は5 mまで減少した。しかしなおこの時期までは展望台下には砂浜が広がっていた。2021年になると、展望台下の砂浜は消失し、崖面が露出した。これらの画像は潮位補正を行っていないので定量的評価はできないが、1978~2009年には砂浜が低減傾向にはあったものの、2011~2021年に七里ヶ浜から続く汀線が一旦に後退し、展望台下の砂浜が完全に消失したことが分かる。以上のように、七里ヶ浜の侵食は2011年以降激化しているが、海蝕崖斜面の一部崩落は認められるものの、2011年頃に稲村ヶ崎の海蝕崖が大規模に崩壊し、岬が数十 mも短くなり、それによって東向きの沿岸漂砂の流出が起こるような事態は生じていない。これより侵食要因を単に海蝕崖の後退に求めることは難しいと考えられる。

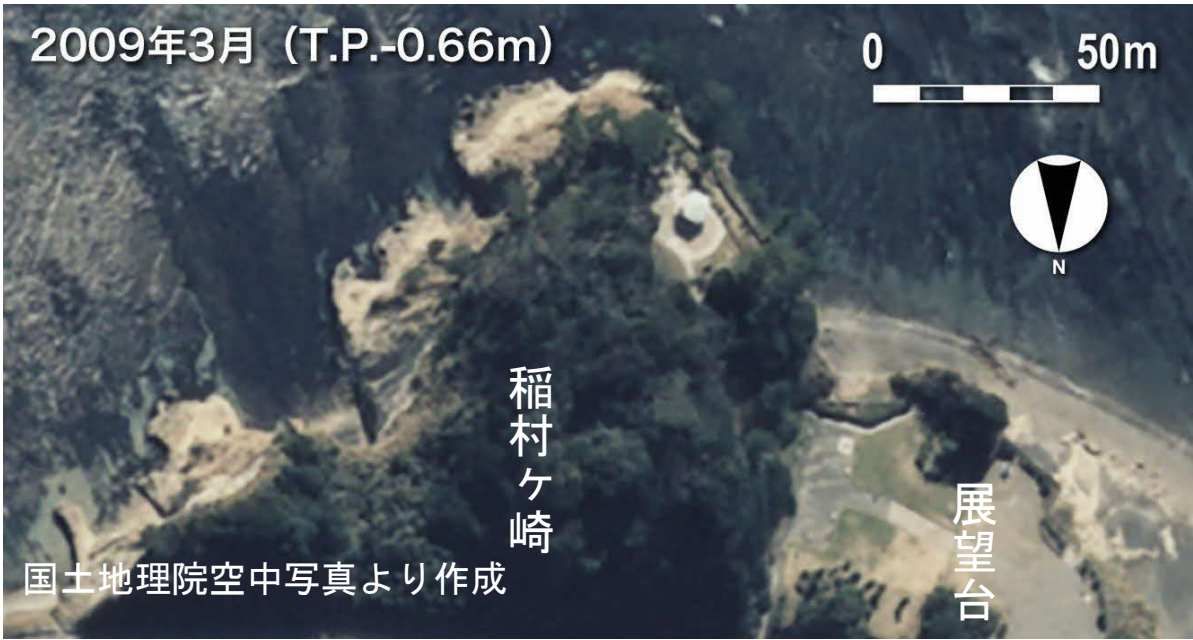




図-1 稲村ヶ崎の空中写真と衛星画像（幾何補正なし）
 (1978, 2009, 2011年は国土地理院撮影の空中写真, 2021年はGoogle Earthによる衛星画像)

4. 稲村ヶ崎周辺の航空レーザー測深結果の判読

神奈川県では、2022年1月、七里ヶ浜、由比ヶ浜および材木座地区において航空レーザー測深（ALB：Airborne Laser Bathymetry）を行った。以下では、この観測結果より稲村ヶ崎周辺の測深結果を切り出し、これを基に浅海域の海底地形特性を判読した。図-1には稲村ヶ崎沖の海底微地形を示す。この図において、極楽寺川河口からSW方向に直線を引くと、この直線の東側は広く露岩域で覆われている。これに対し、この直線の西側は水深4m以深の等深線で示されるように、沿岸方向に平滑な等深線形状を有し、この直線から西側に約240m離れた別の露岩域までは滑らかな等深線形状であることから、海底面は砂で覆われていると考えられる。これに対して、極楽寺川沖の水深3mの等深線は、沖合の4m以深の等深線と比べ屈曲度が大きい。海底が砂で覆われている場合、このような屈曲した等深線は波の作用で急速に均されることを考慮すれば、水深3m付近には東側と同種の岩盤が伸びており、そこも露岩域になっていると推定できる。

注目されるのは、稲村ヶ崎の南沖の海底には水深が2m程度の波蝕棚があり、またその沖にはほぼN24°W方向を向いた多数のridgeが走っていることである¹⁾。しかし稲村ヶ崎のすぐ沖のほぼ水深2mの波蝕棚では、2m以深と比べridgeの形状が不明瞭で、相対的に滑らかな海底面をなしており、また、稲村ヶ崎を囲む海蝕崖のすぐ沖と比べ、水深がやや小さくなっている。図-1では、沖合の滑らかな海底面の沖側限界線を破線で滑らかに結んであるが、これによれば、その範囲は波蝕棚の外縁線とほぼ一致し、その範囲内ではridgeが波の作用下で平滑化されていることになる。またこの区域はほぼ2mの水深帯と一致し、稲村ヶ崎付近に襲来する波の作用により海底の砂が移動しうる状況にある。これらのことから、ridgeが平滑化された区域は、西側から稲村ヶ崎の先端を通過して東向きに流れる海浜流の通過空間に相当すると推定でき、稲村ヶ崎の西側に位置する七里ヶ浜を構成する砂は稲村ヶ崎沖の波蝕棚を通過して東向きに運ばれたと推定可能である。

参考文献

- 1) 星上幸良，宇多高明，三波俊郎，金澤琢磨：鎌倉市稲村ヶ崎周辺における海食崖と海食洞の発達，日本沿岸域学会研究討論会 2021 講演概要集，No.33（PDF），セッション 10-3，2021.

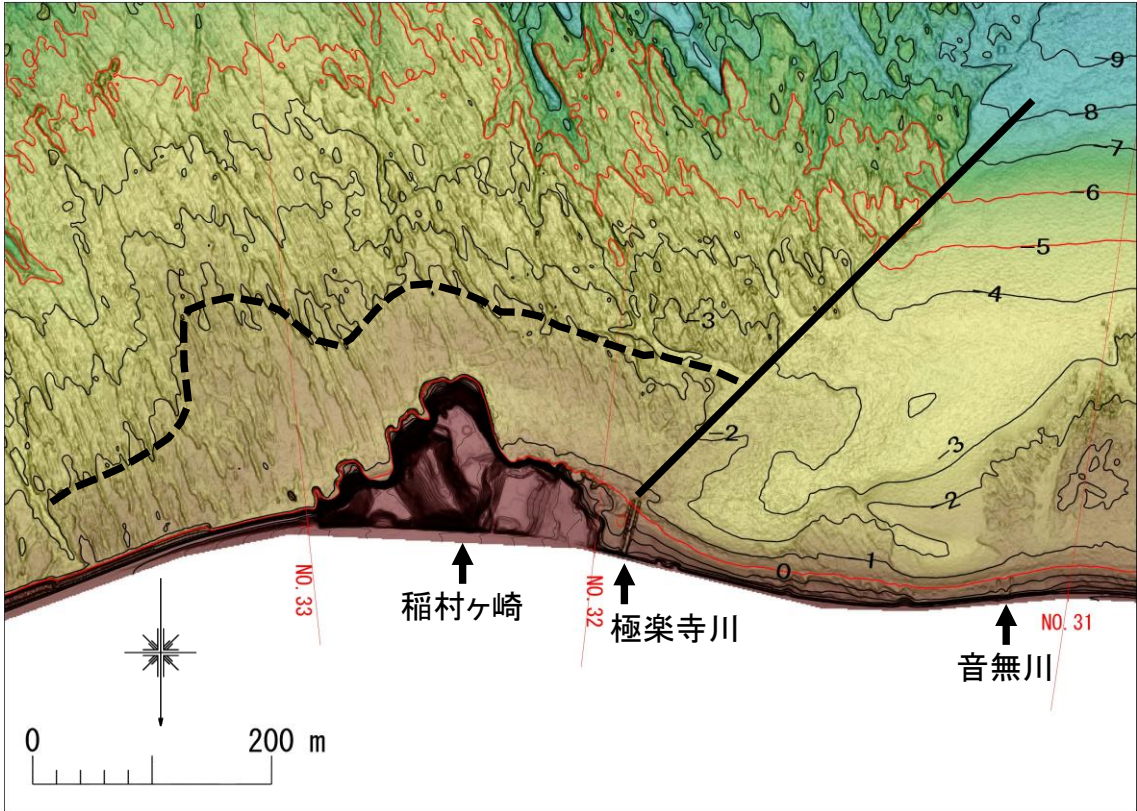


図-1 稲村ヶ崎沖の海底微地形