

海岸保全とサーフィン利用の観点から見た 台風9号による湘南海岸への影響

EFFECT OF TYPHOON 0709 TO SHONAN COAST IN TERMS OF COASTAL
PROTECTION AND SURFING

石川仁憲¹・宇多高明²・青島元次³・吉岡 敦⁴・三波俊郎⁵

Toshinori ISHIKAWA, Takaaki UDA, Genji AOSHIMA,
Atsushi YOSHIOKA and Toshiro SAN-NAMI

¹正会員 工修 (財)土木研究センターなぎさ総合研究室 (〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4)

²正会員 工博 (財)土木研究センター理事なぎさ総合研究室長兼日本大学客員教授理工学部海洋建築工
学科 (〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4)

³神奈川県藤沢土木事務所なぎさ港湾部部長 (〒253-0033 神奈川県茅ヶ崎市汐見台1-7)

⁴神奈川県藤沢土木事務所なぎさ港湾課 (〒253-0033 神奈川県茅ヶ崎市汐見台1-7)

⁵海岸研究室(有) (〒160-0011東京都新宿区若葉1-22 ロイヤル若葉301)

On September 6, 2007, rough waves with a significant wave height of 6 m and wave period of 14 s due to typhoon 0709 attacked the Shonan coast. After the wave attack, scarp was formed in an extensive area of the coast, where beach nourishment has been carried out. Many surfing grounds on the Shonan coast, where is famous at surfing, were damaged by this wave attack. These damages in terms of coastal protection and surfing were investigated through the comparison of the shoreline changes and changes in longitudinal profiles as well as the analysis of the wave information for the surfers. As a result, although the shoreline was kept intact, bar formation was confirmed due to offshore sand transport. It was found that the surfing grounds were significantly affected by this offshore sand movement, but the total sand volume in the zone shallower than the depth of closure (9 m below the mean sea level) was maintained.

Key Words : *Shonan coast, Typhoon 0709, beach erosion, surfing, offshore sand movement, bar formation*

1. はじめに

2007年9月6日, 相模湾に襲来した台風9号に伴う高波(平塚波浪観測塔: $H_{1/3}=5\sim6\text{m}$, $T_{1/3}=10\sim14\text{s}$, $H_{\text{max}}=9.2\text{m}$, $T_{\text{max}}=11\text{s}$, SE~SSE)により, 湘南海岸ではほぼ全域にわたって浜崖が形成された. 一方, 海岸利用の面から見ると引地川以西の広い範囲がサーフィン利用に不適な海岸条件へと変わった. このように台風9号は湘南海岸に著しい影響を及ぼしたが, この台風は近年希に見るエネルギーを有する台風であったことから, その影響を十分分析しておくことは今後の湘南海岸の防災や海岸利用について考える上で大事である. そこで, 本研究では台風9号による湘南海岸の災害状況を明らかにし, 台風に伴う高波が海岸保全とサーフィン利用へ及ぼした影響について検討する. 研究対象は, 相模川河口から江ノ島に至る11kmの海岸である(図-1). まず全域の現地踏査を行って災害状況を明らかにし, 次

に空中写真や測量データなどから海岸の変化を定量的に調べ, さらにサーフィン利用者のための波情報データを分析することで, 台風9号による影響をとりまとめる.

2. 現地踏査

台風来襲時の2007年9月6日午後と, 来襲後の9月12日に現地踏査を行った. 撮影地点を図-1に示す.

図-2(a)は台風来襲時(16時21分)の茅ヶ崎中海岸の状況である. 沖合は見渡す限り碎波帯であった. 高波は護岸背後の遊歩道にまでうち上がり, 一部の堆砂垣が倒壊していた. 傾斜護岸を覆うように盛られた養浜砂(以下, 護岸や後浜における盛土状の養浜を盛土養浜と称する.)は高波の作用で上端部の一部を残して流出した. なお, ヘッドランド近

傍（西側）は波高が低く、波の遡上高は低かったことから、入射波は東寄りであったといえる。

図-2(b)～(i)は来襲後の9月12日の状況である。柳島海岸では、消波堤背後において仮置されていた養浜土砂の側面が波で洗われ浜崖が形成された（図-2(b)）。また消波堤東端から茅ヶ崎漁港にかけて、盛土養浜が侵食されて高い浜崖が連続的に形成された（図-2(c)）。一方、前浜の地盤高は以前に比べて上昇したように見えた。浜崖形成は柳島消波堤の東側で著しく、茅ヶ崎漁港に近づくにつれて浜崖の比高が下がったことから、浜崖は東寄りの波の作用により形成されたと推定される。

茅ヶ崎中海岸では、6号放水路東側の市営プール

の東端部が侵食されて基礎が流出し、前面にあった遊歩道が完全に破壊された（図-2(d)）。海岸中央部では前述したように護岸上の盛土養浜が流出した（図-2(e)）。また護岸の一部に異形ブロックの不陸が起きた。一方、海岸中央より東側では護岸上の盛土養浜が残されており、浜崖の形成も緩やかであった。

菱沼海岸では、ヘッドランド基部では砂礫が堆積し、小高いバームが形成されていたが、東側の盛土養浜箇所では比高約2mの浜崖の形成が見られた（図-2(f)）。この浜崖は4号放水路、長期海浜変形の不動点¹⁾である3号放水路を越えて辻堂海岸の2号放水路西側まで連続的に形成されていた。3号放水



図-1 対象海岸

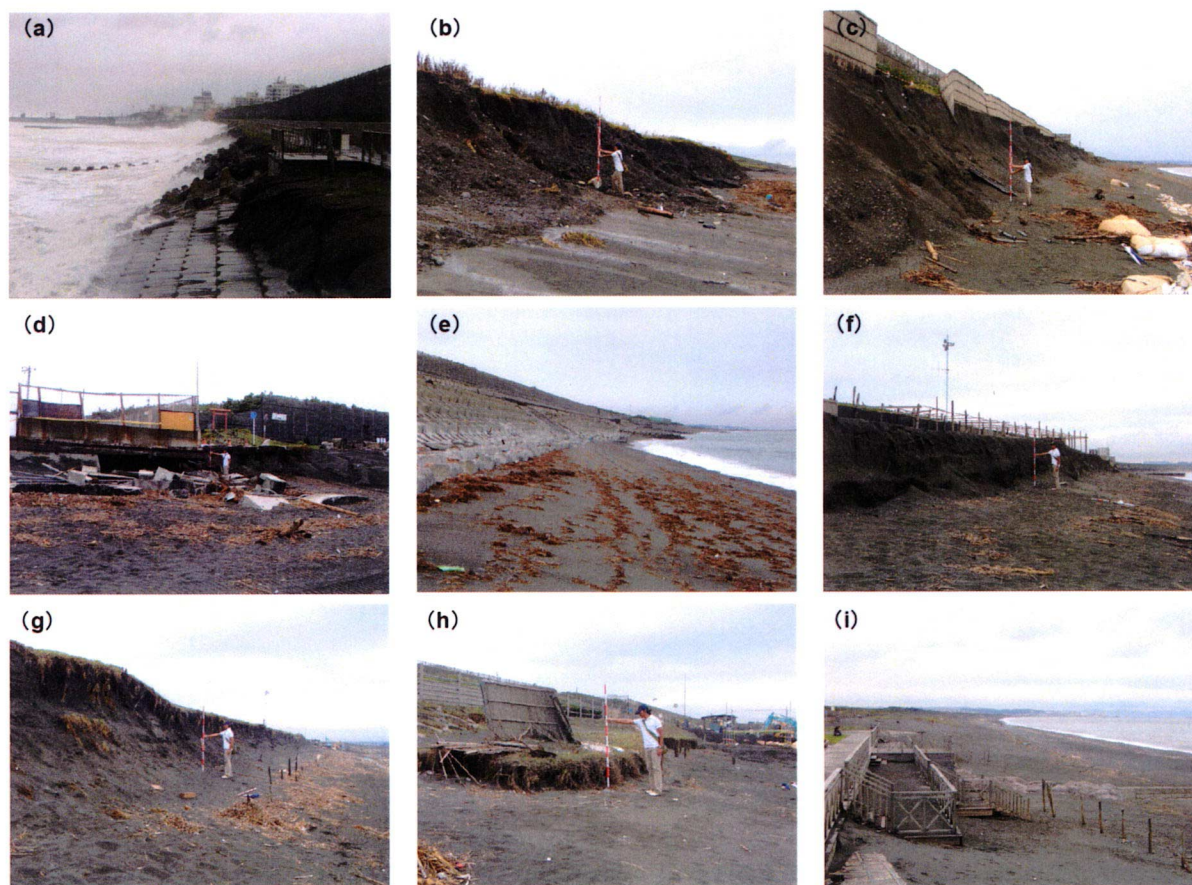


図-2 台風来襲時および来襲後の現地の状況 (a: 2007年9月6日, b～i: 9月12日 撮影)

路西側など盛土養浜が行われていない箇所の浜崖には、過去に整備された堆砂垣の痕が見られることから、この区間の浜崖は、堆砂垣上に堆積した飛砂が高波により削られたものと推定される（図-2(g)）。浜崖は2号放水路西側に近づくにつれて漸くその規模が小さくなる（図-2(h)）。

辻堂海岸では、菱沼海岸から続く浜崖が2号放水路西側で途絶え、この地点より東側では汀線から砂丘地へとなだらかに繋がる緩勾配の浜幅の広い海岸へと変わる（図-2(i)）。このような状況は引地川河口まで続く。一方、片瀬西浜海岸では、海の家地の盤整備に用いられていた盛土養浜が流出し、比高1m程度の浜崖が形成されていた。

3. 実測データの解析

(1) 汀線変化

1954, 1996, 2005 年および台風 9 号来襲後の 2007 年 11 月に撮影された空中写真から汀線位置を読み取り、1954 年および 2005 年基準で算出した汀線変化量を図-3 に示す。図-3(a)より、台風来襲後においても従来の指摘¹⁾と同様、3号放水路付近を不動点として海岸線が時計回りに rotate するような汀線変化が起きたことが分かる。ここで 1996 年以降侵食区域の汀線変化が小さいのは、毎年養浜が実施されているためと考えられる。一方、図-3(b)に示すように、2005 年 10 月基準での汀線変化では、現地踏査で浜崖が見られた2号放水路以西の海岸では、放水路やヘッドランドなどの構造物間の汀線が反時計回りに rotate している。このような汀線変

化は、台風 9 号による東寄りの波浪により発生した西向きの沿岸漂砂が構造物に阻止されたことによると考えられる。以上のように、台風来襲後は、構造物近傍で部分的に 10m 未満の汀線の変動は見られたが、高波浪による著しい汀線後退は生じなかった。

(2) 縦断変化

図-1 の測線 No. 1~5 において台風来襲後の 10 月に縦断測量を実施した。図-4 には各測線の台風来襲前後の縦断形を示す。No. 1 では T.P. -1~-4m が削られ、沖の岩礁以浅に土砂が堆積した。No. 2 では護岸上の盛土養浜と汀線のすぐ沖の T.P. -1~-4m が削られてトラフが形成されるとともに、その沖には土砂が堆積して頂部が T.P. +3m 程度のバーが形成された。No. 3 でも T.P. +2m 以上の後浜部と T.P. -1~-4m が削られ、沖合へと砂が移動しバーが発達した。同様な沖向き漂砂による地形変化は No. 4 でも見られる。一方、堆積域であって海底勾配が元々緩い片瀬西浜海岸の No. 5 では地形変化がほとんど生じていない。

以上のように、No. 5 を除く全ての測線で、陸域や汀線の直ぐ沖が削られ、沖にバーが発達したが、汀線位置はほとんど変化していない。また、沖向き漂砂による地形変化は、当海岸での波による地形変化の限界水深 $h_L = -9\text{m}$ 以浅で収束している。すなわち波によって流出した盛土養浜や後浜上の堆積砂は 9m 以浅に留まり、それより沖へは流出していないことが確認された。また、No. 5 付近は緩勾配であって、汀線に高波浪が作用しにくいことが各測線で見られた地形変化との相違の原因と考えられる。

No. 4, 5 には 2007 年 12 月の縦断形も示すが、こ

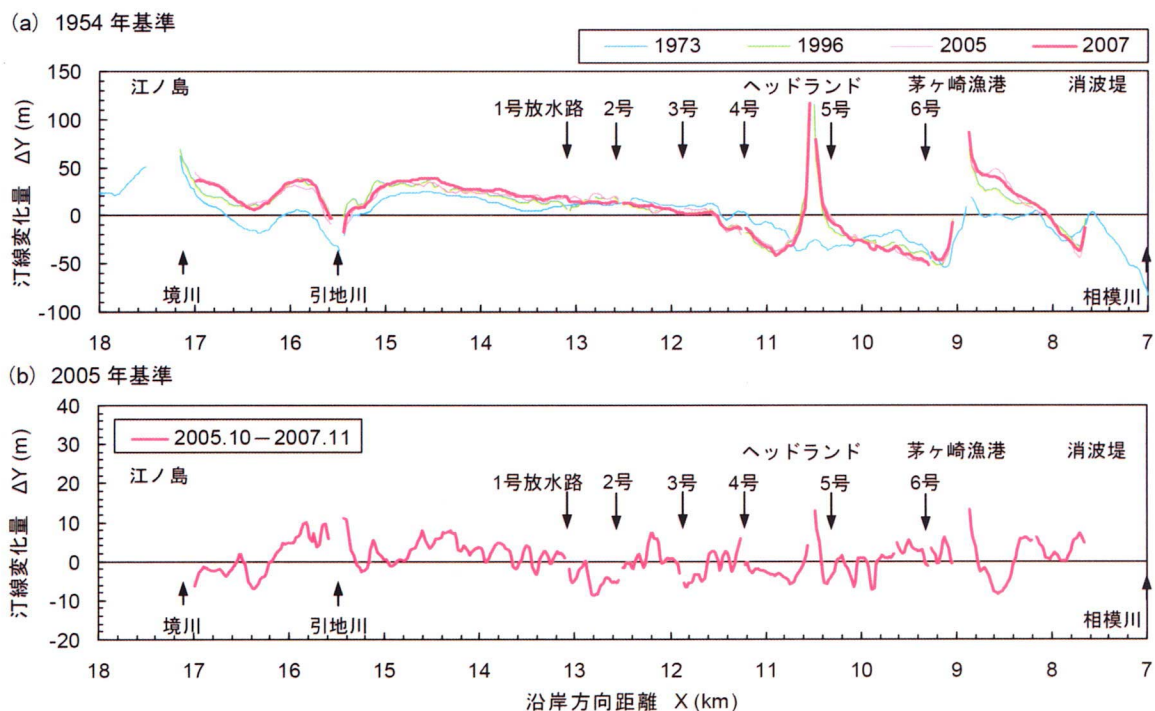


図-3 汀線変化量

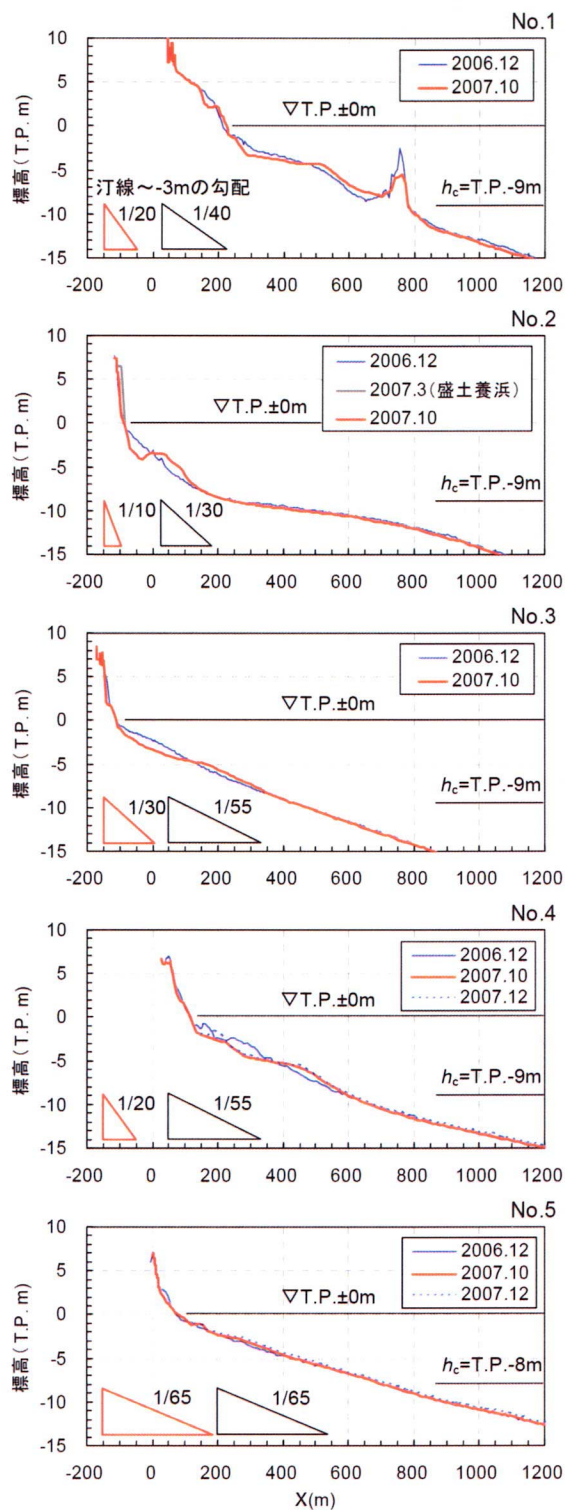


図-4 台風来襲前後の縦断形の比較

の時期までに地形変化はほとんど生じておらず、とくに No. 4 では高波浪により沖に形成されたバーはそのまま残されている。湘南海岸は細砂で構成され、かつバーが形成された水深が深いため、バーの岸方向への移動および前浜への供給にはしばらくの時間

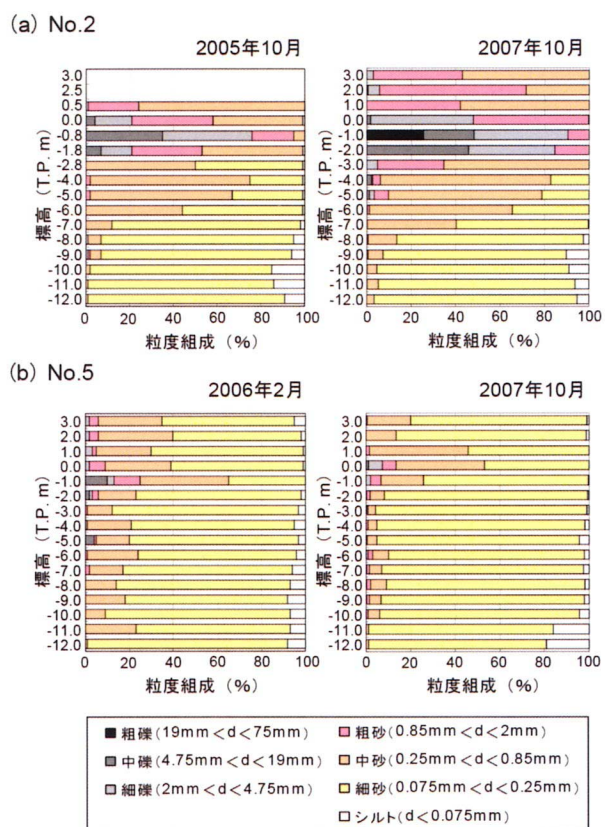


図-5 底質変化 (測線 No.2, 5)

を必要とすると考えられる。

(2) 底質変化

縦断測量と同じ測線で底質調査を行った。その結果、主に細砂で構成された片瀬西浜海岸 (No. 5) を除く全ての測線で来襲前に比べて汀線付近に礫が多く見出された。とくに中海岸 (No. 2) では粗粒材養浜を実施していることから礫の含有率が他の測線よりも高まった (図-5)。

(3) 水深変化

相模川河口～ヘッドランド間においてはナローマルチビーム測量が定期的実施されている。そこで、台風 9 号の前後の水深データの差分により水深変化を求めた (図-6)。これより、縦断変化で見られた汀線の直ぐ沖合の侵食と、T.P. -3～-4m 以深でのバーの発達がい範囲で起きていることがわかる。また相模川河口付近を除く X=4400～8000m の範囲の波による地形変化の限界水深 $h_c = -9m$ 以浅の土砂量変化を算出すると増加傾向にあった。

4. 波情報データの分析

近年、サーフィンなどの海岸利用者のために、各海岸における波情報を提供する有料サービスが行わ

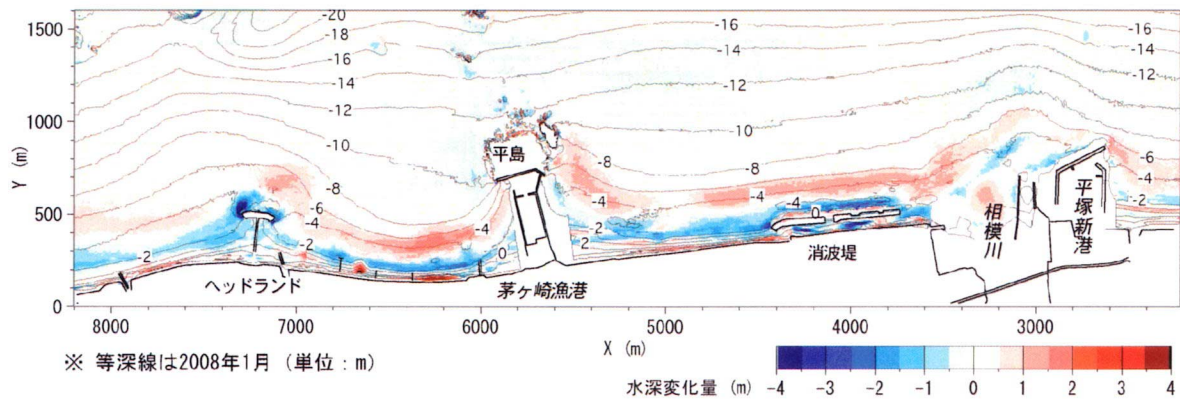


図-6 水深変化量の平面分布 (2007年2月～2008年1月)

表-1 波情報の評価指標と配点

評価	内容	点数
☆	とても良いコンディション	6
◎	良いコンディション	5
○	十分可能なコンディション	4
◇	可能なコンディション	3
△	少しだけ可能なコンディション	2
▼	良くはない、少しは可能なコンディション	1
×	サーフィン不可	0

れている。波情報は、毎日、定時における碎波の状態を表-1に示す指標で評価し、観測者のコメントとともに発信されている。本研究の対象範囲では4地点の波情報が該当する(図-1)。そこで、2007年1月～2008年2月のデータを入力し、表-1に示す指標を0～6点数で置き換えて日平均値を算出し、各地点のサーフィン利用の適性の経時変化を分析した。図-7には台風来襲後もサーフィン利用が可能である片瀬西浜(P.1)と、辻堂海岸(P.2)、菱沼海岸(P.3)およびヘッドランドの東側隣接部(P.4)における評価点の経時変化を示す。ヘッドランドの東側隣接部は、沖合の烏帽子岩により波が遮蔽されるため片瀬西浜の特徴と若干異なるが、台風9号来襲以前は3地点とも片瀬西浜と同じ評価傾向であった。しかし台風来襲後は片瀬西浜が高評価であるのに対し、他の3地点はサーフィンに不適な状態が続いている。また、台風来襲以降の観測者のコメントには、これら3地点に対し「うねりは入ってくるが割れずに(碎波せずに)ショアブレイク」という意見が多くあった。

れている。波情報は、毎日、定時における碎波の状態を表-1に示す指標で評価し、観測者のコメントとともに発信されている。本研究の対象範囲では4地点の波情報が該当する(図-1)。そこで、2007年1月～2008年2月のデータを入力し、表-1に示す指標を0～6点数で置き換えて日平均値を算出し、各地点のサーフィン利用の適性の経時変化を分析した。図-7には台風来襲後もサーフィン利用が可能である片瀬西浜(P.1)と、辻堂海岸(P.2)、菱沼海岸(P.3)およびヘッドランドの東側隣接部(P.4)における評価点の経時変化を示す。ヘッドランドの東側隣接部は、沖合の烏帽子岩により波が遮蔽されるため片瀬西浜の特徴と若干異なるが、台風9号来襲以前は3地点とも片瀬西浜と同じ評価傾向であった。しかし台風来襲後は片瀬西浜が高評価であるのに対し、他の3地点はサーフィンに不適な状態が続いている。また、台風来襲以降の観測者のコメントには、これら3地点に対し「うねりは入ってくるが割れずに(碎波せずに)ショアブレイク」という意見が多くあった。

5. 影響評価

(1) 海岸保全

台風9号の来襲により一部施設に被害が生じ、辻

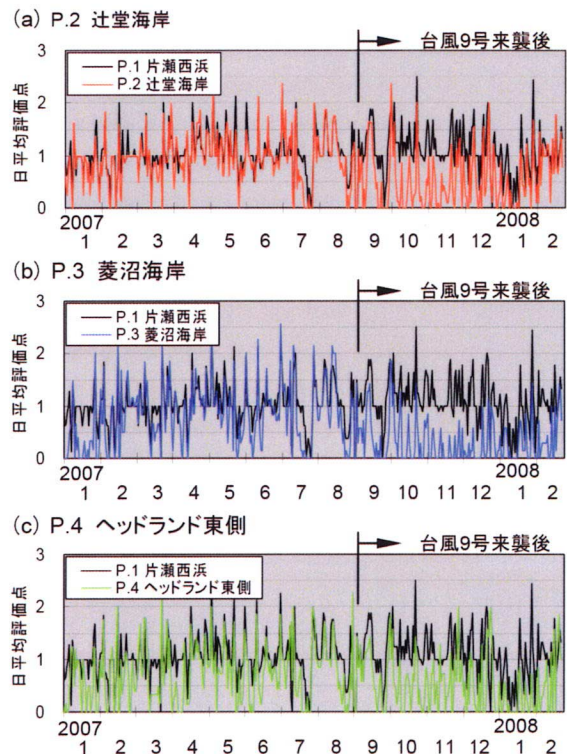


図-7 片瀬西浜(P.1)と比較した各地点の評価点の経時変化

堂海岸以西では連続的な浜崖が形成された。しかし、浜崖は、海岸への土砂供給を目的とした盛土養浜箇所や堆砂垣上に堆積した砂丘部に見られたものであり、それ自体が問題ということではない。このように後浜から大量の土砂が供給されたことで、高波浪後においても汀線は維持されたと推定され、また沖の地形変化も、浅で生じているため海岸全体としてみると砂の欠損は起きていない(図-8 参照)。また、最も侵食が著しい中海岸においては、来襲後にも汀線が維持され、そこでの底質は主として礫であったことから、粗粒材による盛土養浜の効果により、高波浪後においても砂浜が維持されたと評価できる。しかしながら、浜崖箇所では自転車道など背

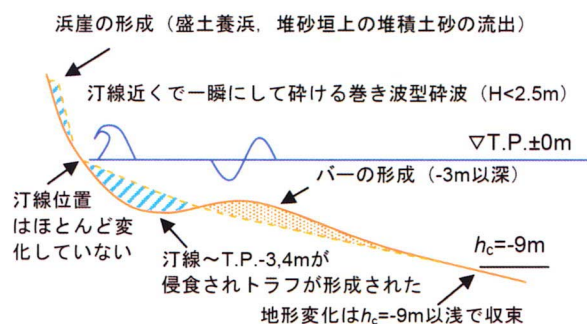


図-8 台風9号が海岸に及ぼした影響の概念図

後施設への越波被害が発生しているため、高波浪時においても安全な状況を確認するためには、片瀬西浜や辻堂海岸と同程度の十分な浜幅と遠浅な海岸が望まれる。

(2) 海岸利用

図-9 には、台風9号来襲後から2007年12月までの平塚波浪観測塔の波高データを示す。これより、台風来襲後は1.5m以下の比較的静穏な状況が続き、2.5m以上の波はほとんど来襲していない。台風来襲により形成されたバー頂部の水深はT.P.-3m以深であり、このバーより沖側で砕ける波高は2.5m以上であるので、波高2.5m以下の波は汀線付近が急深になったため砕けることなく汀線付近まで進入する。また図-4に示したように、汀線～水深2.3mまでの海底勾配は、片瀬西浜を除いて台風来襲前は1/30～1/55であったが、来襲後は1/10～1/30と急になったことで、相対的に巻き波型、砕け寄せ波砕波の発生する傾向が高くなった。このようなことから、台風来襲以降は、波は砕波することなく汀線付近まで進み、一瞬にして砕ける巻き波砕波や砕け寄せ波砕波となったと考えられる(図-8)。これは観測者のコメントとも一致し、かつこのような砕波形態で砕波距離が短い条件は、サーフィン利用にとって不適な条件²⁾である。以上が広い範囲でサーフィン利用に不適な環境に変化した理由と考えられる。一方、片瀬西浜海岸が9月以降も良好な環境であるのは、堆積域で主に細砂で構成された遠浅な海岸であるため大きなバーは形成されず(図-4,5)、また、遠浅なことで砕波点も沖にあり、来襲後も砕波距離が長い崩れ波砕波を発生させる環境であったからと考えられる。

なお図-7によれば、辻堂海岸では2008年1月中旬以降片瀬西浜と同程度の評価点となる傾向へと復元しつつある。これは汀線近傍のトラフが埋め戻され、徐々に緩勾配の海底地形に戻りつつあることに

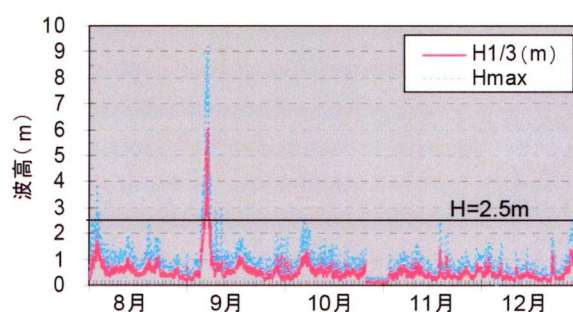


図-9 平塚波浪観測塔における台風来襲後の波高

起因すると考えられるが、堆積域である辻堂海岸ではこのような現象が波浪条件の厳しい菱沼・茅ヶ崎中海岸よりも先に起きていると推定される。

6. おわりに

湘南海岸では2007年9月に30年確率規模の高波浪が来襲した。このとき盛土養浜は流出して浅海部へ堆積したが、汀線は維持されている。また、盛土養浜は、高波浪時に直接護岸や背後の自転車道に波が作用するのを防いだため、背後地の被災を防ぐ上で効果を有したと考えられる。これより、施工性、経済性が主目的であった盛土養浜が高波浪に対する海岸保全に対しても有効であると評価できる。本研究では、海岸保全だけでなく、海岸利用についても着目し、サーフィン利用者向けの波情報と海岸の地形変化を関連付ける試みを行った。本論で示したように波情報から地形変化を推定することも可能であり、この手法は日常的な海岸管理上にも有効利用ができると考えられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、波情報提供サイト「波伝説」を運営する(株)サーフレジェンドの加藤道夫氏、武市晴樹氏より、貴重な波情報データを提供して頂いた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 宇多高明・木下幸夫・山野 巧・吉岡 敦・三波俊郎・老岐信二・石川仁憲：長期深浅測量データに基づく湘南海岸の海浜変形の実態分析，海岸工学論文集，第53巻，pp.651-655, 2006.
- 2) 石川仁憲・酒匂敏次：サーフィングレンドの特性とゲレンデ計画要件に関する研究，海洋開発論文集，第13巻，pp.171-176, 1997.