

海岸ライブカメラによるゴミの漂着と移動 —富士海岸を対象にして—

AN OBSERVATION ON DRIFTING-UP AND MOVEMENT OF LITTER IN FUJI COAST BY LIVE-CAMERA

伊藤政博¹・鈴木薫穂²

Masahiro ITO and Shigeho SUZUKI

¹ 正会員 工博 名城大学教授 理工学部環境創造学科(〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501)

² 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)(〒460-0003 名古屋市中区錦 1-8-11,DNI 錦ビルディング)

In this study, we discuss on when the litter of sea surface drifted by a huge waves and river-flood is run up on a beach, and how is their litter cleaned, by using the images of live camera set in the Fuji coast. The live camera images were taken into a personal computer from the internet throughout 14 months from September, 2007 to November, 2008. As the result it was found, that (1) the floating litter on sea surface in the near shore area is run up due to the long waves caused by typhoon on the sandy beach, (2) the wind in the specified day drifts the litter in the shore direction, (3) the sea level variation does not contribute to the drifting litter on the beach, and (4) the cleaning of litter is carried out by the related section in the prefecture and city and it needs the period in 1 to 5 month.

Key Words : *Drifting litter, live-camera, drifting-up and movement of floating litter.
amenity in sandy beach, Fuji coast.*

1. はじめに

全国の海岸に漂着するゴミの量は年間 10 万トンに達していると言われている。このまま放置すると、いずれ日本の美しい海岸は漂着ゴミで埋め尽くされてしまうであろう。

白砂青松の砂浜、例えば静岡県太平洋岸の駿河湾へ突き出た砂嘴の美保松原海岸は、富士を望む絶景地として世に聞こえている。この砂浜は、かつて天女が天から舞い降り、海岸の松に衣を引っかけたまま戻った、という景勝の地で観光客が日々訪れる景勝の地である。しかし、この砂浜は現在、海岸侵食が目前まで迫っているのみならず、ペットボトル、レジ袋、流草木などの漂着ゴミが浜に打ち上げられ、美しい砂浜景観は破壊の危機に直面している。シルバーの方々の清掃により、どうにか景観は保たれている状態である。

富士川河口から狩野川河口までの約 20km の白砂青松の富士海岸には大量のゴミが漂着・散乱していることが明らかになっている¹⁾。

漂着ゴミに係わる環境問題は、一般にゴミの発生源(原因)が漂着する箇所から遠く離れた海外あるい

は自国の河川の上中流域における山地部の森林・竹林での伐採木・倒木および市町村で生活する人から出た放棄・放置ゴミであることが多い。ゴミが漂着するところ(結果)は、一部(場合によっては地域の社会)の人々のみの目に触れる場所である。漂着ゴミ問題はこのような特色を有し、放置しておくに手に負えなくなる。さらに、漁港・港内の水域、海水浴、釣り、観光、景観関連の産業に計り知れない大きな影響を与えることは周知のとおりである。

しかしながら、漂着ゴミの漂流・漂着については一部の調査研究が行われているのみで、学術的な調査研究は限られている。中出²⁾の研究報告は、河川から伊勢湾内に浮流するゴミの流況について平面実験ならびに数値シミュレーションを行って、再現性の検討を行っている。筆者は、これまでに富士海岸を対象にして、漂着ゴミの種別と量に関して沿岸方向と岸沖(汀線から堤防までの区域)方向の分布^{2, 3)}、さらに海岸地形(浜勾配)と波(周期、波高)が漂着ゴミの浜への打ち上げ高に与える影響を調査資料に基づいて研究^{4, 5)}を行ってきた。しかしながら、浮遊ゴミはどのような時に砂浜に打ち上げられるかについては、まだわかっていない。

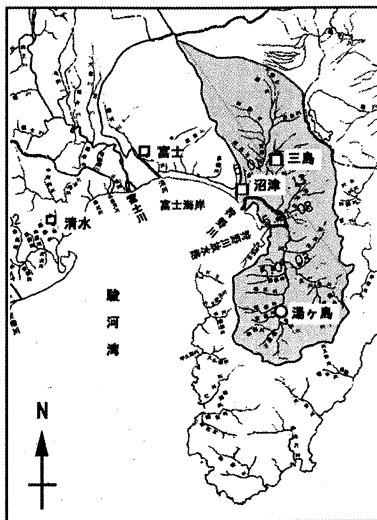


図-1 富士海岸と狩野川流域

本研究は、洪水や高潮等によって河川の河口から海域へ浮流した流草木および生活関連のゴミがいつ、どのような時に砂浜海岸に移動・漂着し、清掃されるかについて詳しく調べる。この研究成果は、ゴミの発生源に対する発生抑制の啓蒙、および砂浜海岸のアメニティや景観維持などに関して、国県市町におけるクリーンアップ活動の規模と時期を検討する資料あるいはその対策に役立つ。

2. 研究方法

国土交通省中部地方整備局沼津工事事務所⁶⁾は、図-1に示す富士海岸に図-2ののように12基のライブカメラを設置して海岸の管理と監視を行うと共に、カメラ画像をインターネットで約5～8分間隔で配信しているので、どこでも見る事ができる。この画像を研究室および他の場所から、毎日一回、不定時にパソコンへ取り込み、画像データ(写真-1)として保存した。この写真画像は、台風0709号が2007年9月7日午前2時、神奈川県小田原に上陸し、狩野川流域(湯ヶ島観測所;総雨量685mm)に豪雨をもたらした、狩野川に流れ込んだ流草木および生活関連のゴミが河口から海に浮流し、浜に打ち上げられた様子を映し出している。このような画像を2007年9月9日から2008年11月までの14ヶ月間にわたって蓄積した。この14ヶ月間の画像から、砂浜海岸へゴミがどのように漂着するかについて、つまり、ゴミがいつ、どのように漂着(移動、散乱)し、漂着したゴミはどのようになるかを調べ、海象変化(入射波浪、風向・風速、潮位)との関係で検討を加える。

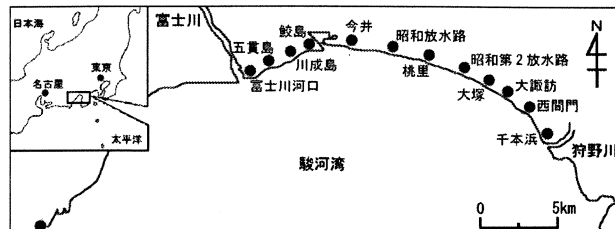


図-2 富士海岸とライブカメラ配置図



写真-1 千本浜のライブカメラ (H190928, 11時15分) に映し出された台風0709号によって狩野川河口から浮流したゴミが漂着(黒色で画像変換表示)

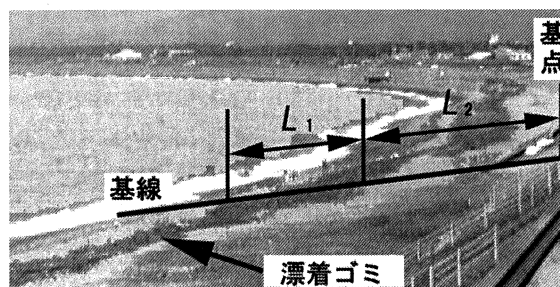


図-3 海岸ライブカメラによる海浜上の漂着ゴミの位置(L2)・幅(L1)の読み取り

3. 海岸ライブカメラによる漂着ゴミの動向

(1) 画像によるゴミの識別

写真-2のように海岸に据え付けられたライブカメラの撮影方向は一定であり、その日の気象と太陽光線方向によって、画像(漂着ゴミ)の鮮明度がかなり変化する。オリジナル画像(国土交通省中部地方整備局沼津工事事務所管内)はかなり鮮明に録画されているが、インターネットで配信される画像は容量が減らされたものとなっている。従って、インターネットから取り込んだ画像は画素数が荒く、天気の良い日と時間に取り込んだ画像は、漂着ゴミの存在が識別できるが、悪天候時の画像からは識別が困難な場合がある。

海岸ライブカメラに写っている漂着ゴミの位置と幅は、図-3に示すように、海岸堤防上に設けられた

測点に基づいて、沖向きに堤防から汀線に基線を設け、基線に沿って画像上のゴミの位置： L_2 、と幅： L_1 、さらに汀線までをピクセル単位で読み取り、現地距離(m)に変換した。この読み取りは、特に、消波堤および消波ブロックが無い砂浜で、漂着ゴミの散乱状態がカメラによく写っている箇所を選んで行うことにした。従って、結果的には、12基のライブカメラの内、狩野川寄りの約10km区域の千本浜、西間門、大諏訪、大塚、昭和第2放水路、および桃里の7基のライブカメラからの画像を対象にする。画像から“漂着ゴミの存在”を識別し、“堤防からの距離(汀線からの距離、ゴミ漂着の幅)”を読み取って、経日的にまとめた。この結果の一つとして、千本浜における漂着ゴミの識別と砂浜上の距離が図-4に示してある。

このようにして、平成19年9月～平成20年11月の期間について、千本浜から桃里まで約10km区域の6基のライブカメラ画像から得られた漂着ゴミの動向(出現と消失)を現地の測点に対応させてまとめたものが、図-5に示してある。この図には、併せて清水港で観測されたナウファス⁷⁾波浪データ(一部未公開)が対応させて示してある。

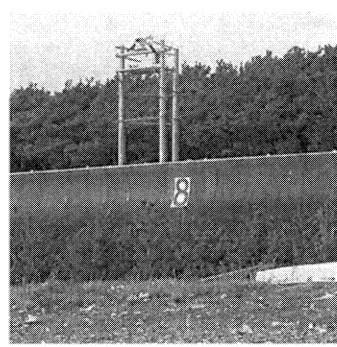


写真-2 海岸ライブカメラ (西間門)

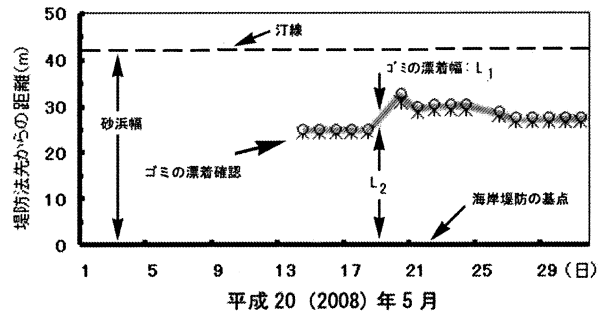


図-4 千本浜のライブカメラ画像からの漂着ゴミの視認

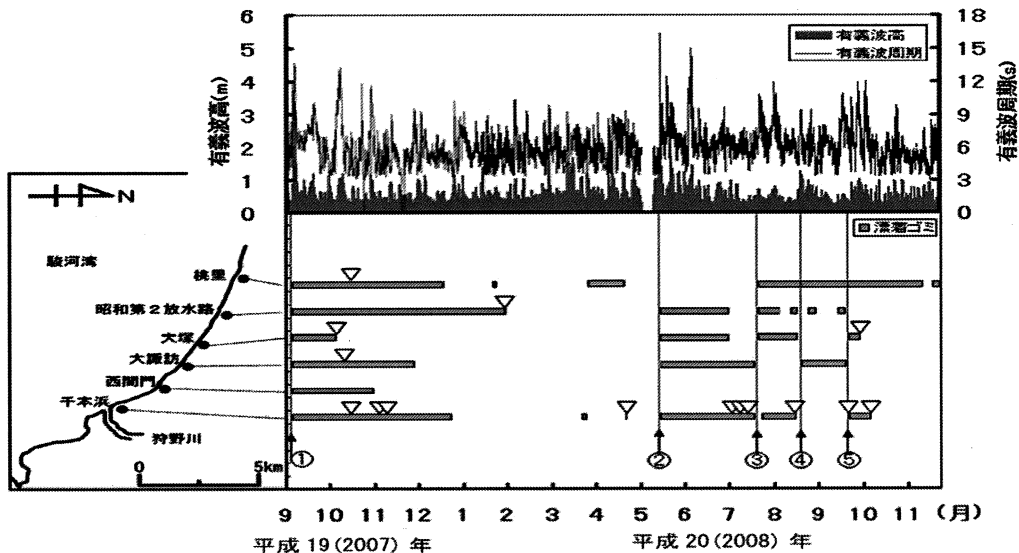


図-5 ライブカメラによるゴミの漂着と来襲波浪

図中の記号は以下のとおりである。

▽印は海岸の清掃活動日を示す。

①台風0709号が平成19(2007)年9月6日、静岡県伊豆半島に上陸し、本州を南から北へ縦断し、狩野川の流域で595mm/日の降雨、富士市で最大風速13m/s、日平均風速が通常の倍近い3.9m/sを観測。

②台風2号が平成20(2008)年5月12～13日m、伊豆半島の南海上を北東進。

③台風7号7月14日発生。18日梅雨前線がゆっくり東進し、西～東各地に激しい雷雨。19日海岸ライブカメラから海岸が時化している様子を確認。20～23日のライブカメラ画像に大量の漂着ゴミが撮り出された。

④台風0811号が八丈島の南を通過し、 $H_{1/3}=1.1\text{m}$ 、 $T_{1/3}=9.0\text{sec}$ の波が来襲。

⑤台風0813号は本州の南を通過し、 $H_{1/3}=0.9\text{m}$ 、 $T_{1/3}=10.5\text{sec}$ の波が来襲。

(2) 千本浜から桃里海岸の区域の漂着ゴミの クリーンアップ活動

図-5には、6基のライブカメラ画像(図-2)からゴミの漂着が識別できた結果がまとめてある。図-5中の①は台風0709号による豪雨によって狩野川河口から駿河湾に浮流したものである。砂浜海岸に打ち上げられたゴミは、クリーンアップ活動(図中に▽印で示す)によって清掃される。この様子がライブカメラ画像に映し出され、場所によって差はあるが、平成19年10月～20年1月の間に、きれいに清掃されたことが識別された。

(3) 平成20年5月の漂着ゴミ

図-5によると平成20年の5月と7月にゴミの漂着がみられる。そこで、記録した画像に基づいてゴミの漂着に注目して詳しく調べた結果が、表-1にまとめてある。この表中、うすい色の網目と濃い色の網目は、画像から漂着ゴミが識別できなかった日(5月10日と7月16日)及び識別できた日(5月13日と7月20日)と時刻をそれぞれ示している。つまり、5月10日から13日の間に、また7月16日から20日の間にゴミが漂着したことになる。

そこで、本研究では5月10日から13日の間にどのような海象変化が生じてゴミが漂着したかに注目して、次の4.で検討する。

4. ゴミの漂着と波、風および潮位との関係

ゴミの漂着と波、風および潮位との関係を調べるために、清水港で観測された波高と周期、気象庁の富士測候所で観測された風速と風向、および気象庁の清水港で計測された潮位を時系列的に整理した結果を図-6に示した。この図は、ライブカメラ画像から対象期間の中で、ゴミの漂着が識別できなかった最後の日と時刻(5月10日8:25、表-1中、薄い色の網目でマスク)と、漂着ゴミが識別できた最初の日と時刻(5月13日16:42、表-1中、濃い色の網目でマスク)の時間を、図中に縦の“細い破線—△”と“太い破線—▲”で示した。

この期間に漂着したゴミの源は、表-1に記載してあるように、5月1日～13日に狩野川の上流域に(湯が島の観測所；30～50mm/日)の降雨が断続的ではあるが、5日間にわたってかなりの降水量があったため、狩野川の出水に伴って河口から駿河湾へ浮流し、海面上に漂っていたものと推定される。

(1) 波がゴミの漂着に与える影響

筆者⁴⁾は、漂着ゴミの打ち上げ高さについて、現地調査を行って富士海岸に漂着したゴミの高さを求め、清水港で観測された波を用いて検討をした。その結果、ゴミの相対的な打ち上げ高さは碎波帯相似パラメーターの関数で表せることを明らかにした。

表-1 平成20年5月と7月におけるライブカメラ画像による漂着ゴミの確認

年 (平成)	月	日	ライブカメラ 画像 記録時刻	千本浜	西間門	大陣 門	大塚	昭和第2 放水路	桃里	台風・低気圧 波高・周期	降水量
2008 (20)	5	9	12:41			△					●5月1～13日に5ヶ日、湯が島の観測所→30～50mm/日の降水量 伊豆諸島の南方海上を前線・低気圧が東進 台風2号が南海上を北東進 台風2号が八丈島南を通過。 清水港；H1/3:1.5m, T1/3=16sec 低気圧が日本海と本州南岸を通過
		10	8:25			△			X		
		11 (時化)	12:35～39			△	△	△			
		12	10:15			△	△	△			
		13	16:37～42	△		○	○	○	△		
		14	12:43～44	○		○	○	○	○		
		15									
	7	12							△		●6月21～29日に3ヶ日、湯が島、三島、富士の観測所→65～220mm/日の降水量 ●7月4日、富士観測所→150mm/日の降水量 梅雨前線は北日本をゆっくり東進 富士海岸：時化 前線を伴った低気圧が三陸沖を通過
		13									
		14									
		15									
		16	10:16～17	○				△	△		
		17	10:52	○		△	△	△	△		
		18	15:51	○		△	△		△		
		19 (時化)	9:00～01	○							
		20	15:45	(掃除)		△	○	○	○		
		21	17:38～39	(掃除)		△	○	○	○		

(注)

○:漂着ゴミが識別。

△:漂着ゴミ、はっきり識別不可。

空白:漂着ゴミ識別不可。

西間門：ライブカメラの俯角が汀線付近の浜勾配と同じであるため、漂着ゴミの量が少ない場合、識別不可。

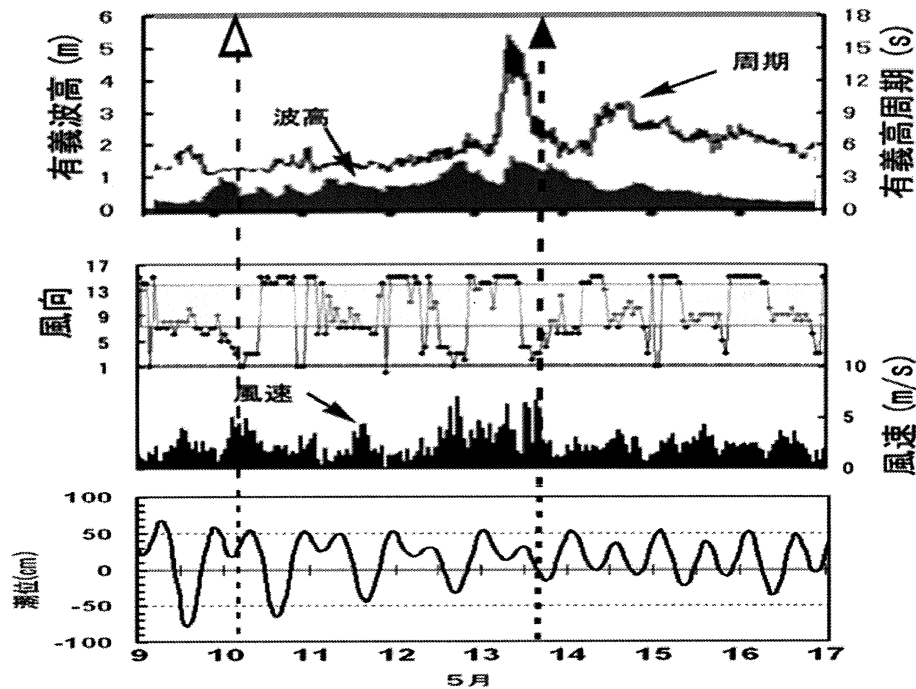


図-6 平成 20(2008)年 5 月 9 日～17 日の期間におけるゴミの漂着と波高・周期、風向・風速、潮位との関係

このことは、このパラメーター値に依存し、浜勾配と波高が一定の場合、波は周期が長くなると砂浜海岸の高い所まで打ち上がることになる。波に関しては、12 日から 13 日にかけて、台風 0802 号が本州南の沖合を通過したため、図-6 で示す周期の長いうねり性の波が入射している。この図で示すように 5 月 13 日には周期がピークを示し、約 16sec を記録している。

(2) 風向風速がゴミの漂着に与える影響

図-6 中の風向風速の図は、風向が北を 1 として時計回りに 16 等分して、経時的に示してある。従って、北：1 と 17，東：5，南：9，西：13 に対応している。特に対象海岸に対して風向きが海から陸方向へ吹いた場合をわかり易くするために、図中に網掛けがしてある。この図によると、5 月 11 日と 12 日に、風向きが海から陸方向へ吹いているので、海上に浮流していたゴミは、海岸へ吹き寄せられ、5 月 13 日の波長の長い(周期：15 ～ 16sec)波によって砂浜に打ち上げられたと考えられる。

風向と風速が、海面上の浮遊ゴミの移動に及ぼす影響を調べるために、富士と三島の測候所における 1 時間毎の風向風速のデータ⁸⁾を使って積分値(方向を考慮した吹送距離)を計算した。この結果を Euler 的な方法で図-7 に示した。この図は 5 月 8 日から示してあり、5 月 10 日 8:00 と 13 日 16:00 がそれぞれ“小さい○”印と“大きい○”印で示してある。また、この図には、対象区域の汀線の平均的

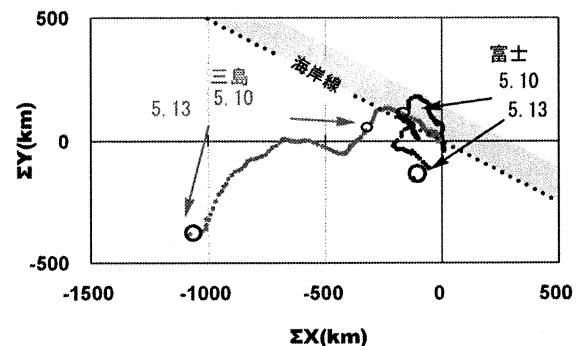


図-7 風向風速のオイラー的表示

方向(平面的傾き)が点線で示してある。従って、この図から、風が浮遊ゴミの吹送移動に及ぼす影響が検討できる。

富士観測所の風の積分表示は、5 月 8 日(原点)から 10 日の間に、原点から左上(狩野川河口から千本浜～桃里海岸)方向に移動している。その後、10 日から 13 日に掛けて、汀線に沿って左右に移動した後、右下方向(汀線方向に移動)に移動している。

一方、沼津の東になる三島観測所で観測された風向風速の積分は、富士と同様 5 月 8 日から 10 日までは原点から左上方向に移動している。その後、10 日から 13 日に掛けて、左下方向、汀線から離れる方向に吹いている。

このように海から少し離れた 2 箇所で観測された

風向風速を積分表示した結果から、この期間の風は、結果的には海面上に浮遊しているゴミを岸に吹き寄せたことが推測できる。

(3) 潮位変化がゴミの漂着に与える影響

図-6中に示した清水港の潮位変化図によると、対象期間では特に目立った異常な潮位の変化が見られないことから、潮位⁸⁾の変化はゴミの漂着に影響を与えていないといえる。

5. 結論

本研究で得られた主なことがらは、以下のように結論づけられる。

- 1) 台風 0709 号は、伊豆半島の東側をかすめ、本州を南から北へ縦断し、狩野川の流域に豪雨(595mm/日)をもたらした。この流域から流れ出た流草木および生活ゴミは、千本浜から西方向の桃里に至る海岸に大量に漂着している。
- 2) この漂着ゴミの清掃は、県市の関連部局によって行われ、1ヶ月ないし5ヶ月間の期間を要している。
- 3) 駿河湾の太平洋沖を台風が通過する時など、周期の長い波($H_{1/3}=1.5\text{m}$, $T_{1/3}=16\text{sec}$)が富士海岸に入射すると、岸近くの海面上に浮遊しているゴミは、砂浜に打ち上げられる。
- 4) 風向と風速は、時によつては海面上に浮遊してい

るゴミを海岸に吹き寄せ、汀線方向に移動させる。
5) 潮位変動(清水港記録の潮位差: $-70\text{cm} < \text{TP} < 50\text{cm}$)からは、ゴミの漂着に及ぼすはっきりした影響が確認できなかった。

謝辞：国土交通省中部地方整備局沼津河川国道事務所より、海岸断面の現地資料の提供を受けた。ここに謝意を表明する。

参考文献・資料

- 1) 伊藤政博：砂浜海岸の漂着ゴミ—富士海岸を対象にして—，土木学会海洋開発論文集，Vol. 20，pp.1187-1192，2007。
- 2) 中出浩靖：台風時の伊勢湾内における漂流物の挙動について：REPORT2007 名古屋技調報告，pp.36-39，2008。
- 3) Ito M.: On drifting-up debris in sand beach, Fuji coast in Japan, 8th International Conference, Littoral 2006, Proceedings Book III, Coastal environment, Processes and Evolution; pp.9-14, 2006。
- 4) 伊藤政博：富士海岸における漂着ゴミの打ち上げ高，土木学会海洋開発論文集，Vol. 21，pp.1177-1182，2008。
- 5) Ito M.: Runup height of drifting litter due to waves in Fuji coast, Proc. of 9th International Conference, Littoral 2008, ROM, pp.1-8/126, 2008。
- 6) 国土交通省沼津河川国道事務所のホームページ：<http://www.cbr.mlit.go.jp/numazu/>
- 7) (独)港湾空港技術研究所, 海洋・水工部 海象情報研究室: 全国港湾海洋波浪情報網 (NOWPHAS: ナウファス) 波浪資料, <http://www.pari.go.jp/bsh/ky-skb/kaisho/>
- 8) 気象庁のホームページ: 潮位・風向風速などの資料, <http://www.jma.go.jp/>