

サーフィングレンデの特性とゲレンデ計画要件に関する研究 Surf-site characteristics and Planning Requirement

石川仁憲*・酒匂敏次**

Toshinori Ishikawa, Toshitsugu Sakou

A survey of recreational and sport surf-riding in Japan produced a set of parameters corresponding to the skill-levels of riders and types of surfboard used, which may be applied to the planning and design of coastal and marine structures that may affect the shore morphology and hence the surf characteristics of recreational sites along the coast.

keywords : surf-riding, breakers, peel velocity, gerande

1. 背景

サーフィン文化が日本に上陸してから 30 数年が経ち、サーフィングファッションに影響された若者むけのショートボード（ショートボード：長さは特に制限はないが、約 6～7 フィートのサーフボードが一般的。）の他にロングボード（ロングボード：長さ 9 フィート以上で浮力があり安定性に優れる。）ブームによる年輩サーファーの復帰、女性に人気の高いボディボード（ボディボード：長さ 5 フィート以下で表面部分がソフトな材質で柔軟性があり、フィンを着用しうつ伏せの姿勢が主である。以下サーフィンに含める。）愛好者の増加、高校でのサーフィングクラブの発足などスポーツとしてのサーフィンは今後ますます盛んになっていくと考えられる。サーファーは、アマチュアとプロに大きく分けられるが、アマチュアサーファーの人口は、日本サーフィン連盟の会員登録データを参考にすると 1996 年より急激に増加している(fig-1)。また、国際サーフィン連盟が国際オリンピック委員会に暫定承認され、オリンピックへの参加実現ということになると、サーフィンは今後のマリンスポーツの中核となっていくことは充分考えられる。

四方を海で囲まれた日本であるが、海岸の形状や地域的な波浪特性によって、サーフィングレンデ（サーフィン等のショアスポーツを楽しむことのできる磯波水域のことをサーフィングレンデと称する。）は少ない。このサーフィングレンデは、若者を中心とした集客効果があるだけでなく、海外ではオーストラリアのサーファーズパラダイス、カリフォルニアのハンティントンビーチ、ハワイのマカハビーチなど代表的な観光地として成長した例も少なくない。また、日本では離島ではあるが、新島は、かねてから積極的にサーフィンを受け入れて、町を活性化させてきた。そして最近ではサーフィン等は夏だけの利用に限らず、年間を通じて行う傾向が定着し始めてきたことから、これから先、サーフィングレンデが地域発展の要因の一つとなっていくケースもあり得る。

日本のサーフィングレンデ総数は 500 を越えるが、交通の便などから地方のゲレンデはアクセスが困難であり、都市域近くのゲレンデに利用者が集中する傾向にある。そのため、夏季は都市域のサーフィングレンデは過密状態となりサーファー同士の接触事故も絶えず安全な環境であるとはいえない。さらに、わが国は以前から海浜安定などのための海洋構造物建設による優良なサーフィングレンデ消滅もおきている。海洋構造物の建設によって消失したゲレンデは調査の結果、都市域近くのゲレンデが約 60% を占めていることから、ゲレンデ利用の過密化に拍車をかけているといえる(fig-2)。施工目的は、海浜安定のための離岸堤の建設がほとんどであり、全体としては消波ブロックの使用が主である。また逆に建設プロジェクトで誕生したゲレンデも近年で 12 箇所あり(fig-3)、ヘッドランドや突堤など海岸から海に向かって突き出た構造物の建設によるものが多い。これからの海洋開発はリクリエーショ

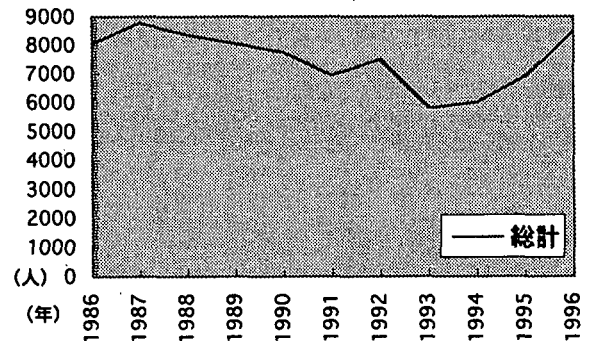


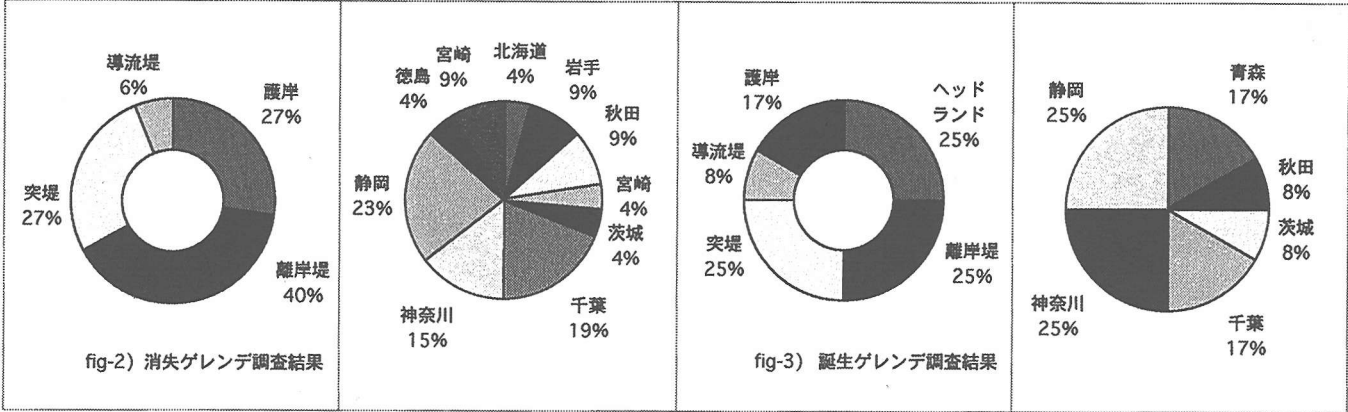
fig-1) 日本サーフィン連盟会員登録者の推移
(N.S.A.の資料より作成)

日本のサーフィングレンデ総数は 500 を越えるが、交通の便などから地方のゲレンデはアクセスが困難であり、都市域近くのゲレンデに利用者が集中する傾向にある。そのため、夏季は都市域のサーフィングレンデは過密状態となりサーファー同士の接触事故も絶えず安全な環境であるとはいえない。さらに、わが国は以前から海浜安定などのための海洋構造物建設による優良なサーフィングレンデ消滅もおきている。海洋構造物の建設によって消失したゲレンデは調査の結果、都市域近くのゲレンデが約 60% を占めていることから、ゲレンデ利用の過密化に拍車をかけているといえる(fig-2)。施工目的は、海浜安定のための離岸堤の建設がほとんどであり、全体としては消波ブロックの使用が主である。また逆に建設プロジェクトで誕生したゲレンデも近年で 12 箇所あり(fig-3)、ヘッドランドや突堤など海岸から海に向かって突き出た構造物の建設によるものが多い。これからの海洋開発はリクリエーショ

* 非会員 東海大学海洋学研究科海洋工学専攻/現：パシフィックコンサルタンツ株式会社 総合技術本部 港湾部

** 正会員 東海大学海洋学部海洋土木工学科 (424 静岡県清水市折戸 3-20-1)

ン利用の価値を充分に考えていく必要があり、そのひとつとして海岸保全などの海洋（岸）構造物の建設をサーフィングレンド形成に活用することを提案したい。本文はそのための基礎研究として、日本におけるサーフィン指標の確立とサーフィングレンド適地の条件の明確化を試みたものである。



2. サーフィン碎波指標

2-1. サーフィンに適する碎波

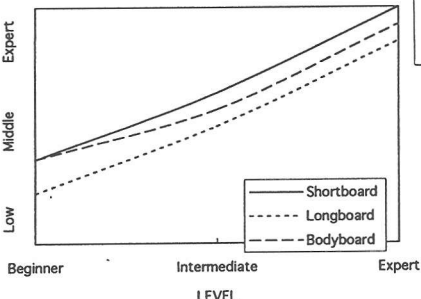
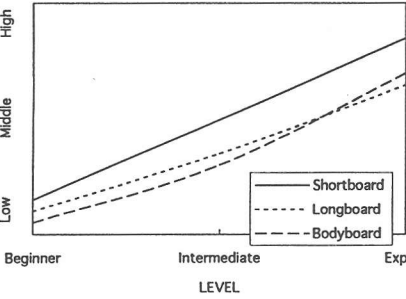
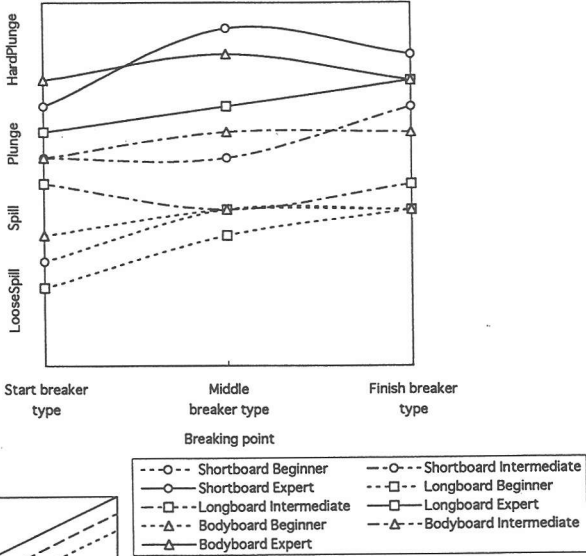
碎波形式には、巻き波碎波(plunging breaker)、崩れ波碎波(spilling breaker)、砕け寄せ波碎波(surging breaker)、巻き寄せ波碎波(collapsing breaker)に分類されている。このなかで、サーフィン等ショアスポーツに適するのは、巻き波碎波と崩れ波碎波であるが、なかでも碎波時間の長い斜め碎波がもっとも適している。

サーフィンに適する碎波の関係要素として J.R.Walker や三井らは、碎波形式(breaker type：利用者によって、好む碎波形式が違うため)、碎波波高(breaker height：利用者によって、好む碎波波高が違うため)、斜め碎波速度(peel velocity：サーファー等の利用者は碎波前、碎波中、碎波後の白波と波の状態に対応するが、主に碎波する瞬間にその碎波点の位置にすることが多く、斜め碎波速度が大きく影響する)の三要因をあげている¹²⁾。本研究では、これに汀線から碎波点までの距離 (breaking point-line：初級者をはじめ利用者にとって沖の碎波点までの距離は、体力的面に影響が大きく、この値が小さいほどゲレンデとして良い)と、斜め碎波距離 (ride-line；利用者が波に乗る(利用する)距離は長いほど、ゲレンデとして良い) の2要因を加え5要因とした。

2-2. 調査内容及び結果

わが国におけるサーフィン碎波指標を確立するために、アンケート調査(海岸を持つ各県からサーフショップ1~2店を選出し、計48店にアンケート調査を行った)や上級レベルのサーファーを中心としたディスカッションを行い、その結果に基づいて J.R.Walker の碎波指標を参考に定義した。

アンケートの回答率は低かったが、上級者の意見を中心としてレベル別、年齢別、北から南の地方までの幅広い利用者の意見が聞けたこと、結果にばらつきが少なかったこと、ディスカッションで合意が得られたことなどから、調査結果はサーフィンに適する碎波指標の参考として充分役に立ったといえる (fig-4.-5.-6)。



2-3. 指標の確立

・ 碎波波高値の決定

アンケート結果をもとに決定した利用者レベル別碎波波高及び Peel angle, d (斜め碎波の進行方向と波峰線がなす角度)である。を表に示す(table-1)。この表をもとにそれぞれの Peel angle に対応する碎波波高値を、 J.R.Walker の碎波指標の Peel angle の変化に伴う碎波波高値の変化比から算出した。

table-1) 利用者別の決定碎波波高値

	Beginner	Intermediate	Expert
J.R.Walker's(d=60°)	Hb≤1.2	1.2<Hb≤3.1	3.1<Hb≤6.6
Shortboard	Hb≤1.2	1.2<Hb≤2.2	2.2<Hb≤4.5
Longboard	Hb≤1.1	1.1<Hb≤1.8	1.8<Hb≤3.2
Bodyboard	Hb≤1.0	1.0<Hb≤1.6	1.6<Hb≤3.5

・ PEEL VELOCITY の決定

碎波波高(H_b)と Peel velocity(V_s)を以下の関係式にまとめ、Peel angle(d)をパラメーターとして Table-2 のように指標化した。ここで α, β は d の関数。

$$V_s = \alpha H_b^\beta \quad (m/s) \dots\dots\dots (1)$$

table-2) サーフィン碎波指標

		short board		long board		body board	
d (°)	LEVEL	Vs (m/s)	Hb (m)	Vs (m/s)	Hb (m)	Vs (m/s)	Hb (m)
80	BEGINNER	Vs ≤ 4.74	Hb ≤ 1.4	Vs ≤ 4.56	Hb ≤ 1.3	Vs ≤ 4.32	Hb ≤ 1.16
	INTERMEDIATE	4.74 < Vs ≤ 6.3	1.4 < Hb ≤ 2.49	4.56 < Vs ≤ 5.71	1.3 < Hb ≤ 2.04	4.32 < Vs ≤ 5.39	1.16 < Hb ≤ 1.81
	EXPERT	6.3 < Vs ≤ 9.29	2.49 < Hb ≤ 5.48	5.71 < Vs ≤ 7.85	2.04 < Hb ≤ 3.89	5.39 < Vs ≤ 8.21	1.81 < Hb ≤ 4.26
75	BEGINNER	Vs ≤ 4.75	Hb ≤ 1.35	Vs ≤ 4.58	Hb ≤ 1.25	Vs ≤ 4.33	Hb ≤ 1.12
	INTERMEDIATE	4.75 < Vs ≤ 6.36	1.35 < Hb ≤ 2.45	4.58 < Vs ≤ 5.77	1.25 < Hb ≤ 2.01	4.33 < Vs ≤ 5.43	1.12 < Hb ≤ 1.78
	EXPERT	6.36 < Vs ≤ 9.28	2.45 < Hb ≤ 5.31	5.77 < Vs ≤ 7.85	2.01 < Hb ≤ 3.77	5.43 < Vs ≤ 8.2	1.78 < Hb ≤ 4.13
70	BEGINNER	Vs ≤ 4.78	Hb ≤ 1.3	Vs ≤ 4.6	Hb ≤ 1.2	Vs ≤ 4.37	Hb ≤ 1.08
	INTERMEDIATE	4.78 < Vs ≤ 6.47	1.3 < Hb ≤ 2.41	4.6 < Vs ≤ 5.88	1.2 < Hb ≤ 1.98	4.37 < Vs ≤ 5.53	1.08 < Hb ≤ 1.75
	EXPERT	6.47 < Vs ≤ 9.33	2.41 < Hb ≤ 5.04	5.88 < Vs ≤ 7.87	1.98 < Hb ≤ 3.58	5.53 < Vs ≤ 8.24	1.75 < Hb ≤ 3.92
65	BEGINNER	Vs ≤ 4.8	Hb ≤ 1.25	Vs ≤ 4.61	Hb ≤ 1.15	Vs ≤ 4.37	Hb ≤ 1.04
	INTERMEDIATE	4.8 < Vs ≤ 6.56	1.25 < Hb ≤ 2.34	4.61 < Vs ≤ 5.94	1.15 < Hb ≤ 1.92	4.37 < Vs ≤ 5.59	1.04 < Hb ≤ 1.7
	EXPERT	6.56 < Vs ≤ 9.37	2.34 < Hb ≤ 4.77	5.94 < Vs ≤ 7.9	1.92 < Hb ≤ 3.39	5.59 < Vs ≤ 8.27	1.7 < Hb ≤ 3.71
60	BEGINNER	Vs ≤ 5.07	Hb ≤ 1.2	Vs ≤ 4.84	Hb ≤ 1.1	Vs ≤ 4.65	Hb ≤ 1
	INTERMEDIATE	5.07 < Vs ≤ 6.82	1.2 < Hb ≤ 2.2	4.84 < Vs ≤ 6.2	1.1 < Hb ≤ 1.8	4.65 < Vs ≤ 5.86	1 < Hb ≤ 1.6
	EXPERT	6.82 < Vs ≤ 9.57	2.2 < Hb ≤ 4.5	6.2 < Vs ≤ 8.14	1.8 < Hb ≤ 3.2	5.86 < Vs ≤ 8.5	1.6 < Hb ≤ 3.5
55	BEGINNER	Vs ≤ 5.11	Hb ≤ 1.1	Vs ≤ 4.9	Hb ≤ 1	Vs ≤ 4.69	Hb ≤ 0.92
	INTERMEDIATE	5.11 < Vs ≤ 7.01	1.1 < Hb ≤ 2.13	4.9 < Vs ≤ 6.35	1 < Hb ≤ 1.74	4.69 < Vs ≤ 6	0.92 < Hb ≤ 1.55
	EXPERT	7.01 < Vs ≤ 9.73	2.13 < Hb ≤ 4.16	6.35 < Vs ≤ 8.24	1.74 < Hb ≤ 2.96	6 < Vs ≤ 8.6	1.55 < Hb ≤ 3.23
50	BEGINNER	Vs ≤ 5.25	Hb ≤ 1.05	Vs ≤ 4.99	Hb ≤ 0.95	Vs ≤ 4.81	Hb ≤ 0.88
	INTERMEDIATE	5.25 < Vs ≤ 7.2	1.05 < Hb ≤ 1.99	4.99 < Vs ≤ 6.51	0.95 < Hb ≤ 1.62	4.81 < Vs ≤ 6.16	0.88 < Hb ≤ 1.45
	EXPERT	7.2 < Vs ≤ 10	1.99 < Hb ≤ 3.89	6.51 < Vs ≤ 8.49	1.62 < Hb ≤ 2.77	6.16 < Vs ≤ 8.86	1.45 < Hb ≤ 3.02
45	BEGINNER	Vs ≤ 5.35	Hb ≤ 0.95	Vs ≤ 5.09	Hb ≤ 0.86	Vs ≤ 4.85	Hb ≤ 0.78
	INTERMEDIATE	5.35 < Vs ≤ 7.58	0.95 < Hb ≤ 1.92	5.09 < Vs ≤ 6.84	0.86 < Hb ≤ 1.56	4.85 < Vs ≤ 6.48	0.78 < Hb ≤ 1.4
	EXPERT	7.58 < Vs ≤ 10.1	1.92 < Hb ≤ 3.41	6.84 < Vs ≤ 8.52	1.56 < Hb ≤ 2.43	6.48 < Vs ≤ 8.89	1.4 < Hb ≤ 2.65
40	BEGINNER	Vs ≤ 5.9	Hb ≤ 0.9	Vs ≤ 5.61	Hb ≤ 0.81	Vs ≤ 5.37	Hb ≤ 0.74
	INTERMEDIATE	5.9 < Vs ≤ 8.33	0.9 < Hb ≤ 1.85	5.61 < Vs ≤ 7.54	0.81 < Hb ≤ 1.5	5.37 < Vs ≤ 7.17	0.74 < Hb ≤ 1.35
	EXPERT	8.33 < Vs ≤ 10.6	1.85 < Hb ≤ 3.07	7.54 < Vs ≤ 9.03	1.5 < Hb ≤ 2.19	7.17 < Vs ≤ 9.42	1.35 < Hb ≤ 2.39
35	BEGINNER	Vs ≤ 6.32	Hb ≤ 0.85	Vs ≤ 6.01	Hb ≤ 0.77	Vs ≤ 5.73	Hb ≤ 0.7
	INTERMEDIATE	6.32 < Vs ≤ 9.15	0.85 < Hb ≤ 1.78	6.01 < Vs ≤ 8.23	0.77 < Hb ≤ 1.44	5.73 < Vs ≤ 7.82	0.7 < Hb ≤ 1.3
	EXPERT	9.15 < Vs ≤ 10.8	1.78 < Hb ≤ 2.46	8.23 < Vs ≤ 9.07	1.44 < Hb ≤ 1.75	7.82 < Vs ≤ 9.48	1.3 < Hb ≤ 1.91

利用者別のサーフィン碎波指標は J.R.Walker の指標と比べると Beginner level ではないして違いはみられないが、Intermediate および Expert level では碎波波高値、斜め碎波速度 (Peel velocity) とともに大きく下回った。

3. ゲレンデ利用特性についての解析

3-1. 解析手法

波浪条件と海底地形からサーフィングゲレンデ適地を明確にするために、サーフィン指標をもとに数値解析を行った。なお、解析では離岸流、沿岸流など様々な海岸線近くの流れはないものとして行った。サーフィンに適する海底地形として、アンケート調査の回答結果で多かった三角波を発生させる要因でもあるデルタ型地形が良いと提案されている^{21,3)}。この地形は沖からの波を収束させることによる波高の増大とともに、直入射の場合斜辺に沿って左右に同様な斜め碎波を発生させる⁴⁾(fig-7)。また、汀線に対して平行な等深線となっている海底地形において、斜めからの入射の場合も同様に斜め碎波を発生させる要因と考えた(fig-8)。

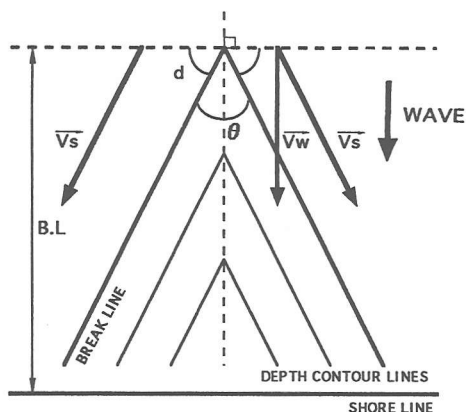


fig-7) DELTA TYPE - A frontal incident angle

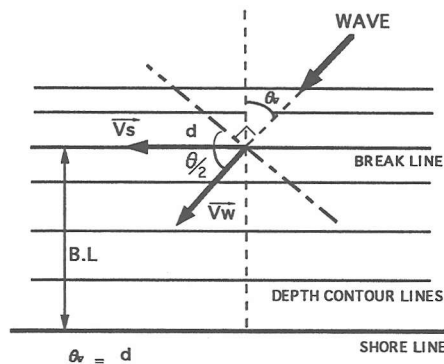


fig-8) DELTA TYPE - A cross incident angle

変化させた沖波波高(H)、沖波周期(T)は、1994、1995年の5月から11月及び1996年の6月から8月のAWJP(沿岸波浪実況図)⁹⁾を参考に、例として石廊崎沖の北緯34度20分、東経138度50分の観測点で多く見られた有義波波高の最小値から最大値まで一定間隔で与えた。なお、静穏時も考慮に入れるとともに高波浪時のゲレンデ利用も考え、近年最も規模の大きかった台風第426号(オーキッド)の接近時の観測値も含め、なお計算ではAWJPを参考に発生した波高値との組み合わせの157caseとした。さらにPeel angle、海底勾配、 $\tan \beta$ を変化させて1sheet(157case)×81sheet=12,717caseの計算をおこなった。これらのパラメーターからサーフィンに適する関係5要因をもとめる。計算にあたっては砕波波高についてはLe Mehaute, Kohらによる次式、

$$\frac{H_b}{H'_0} = 0.76(\tan \beta)^{1/4} \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{-1/4} \quad \dots \dots \dots (2)$$

斜め砕波速度(peel velocity)については三井らによる孤立波理論からの砕波の波速⁴⁾と三角関数の関係式の次式、

$$V_s = \frac{\sqrt{ghb} \left\{ 1 + \frac{H_b}{2h_b} - \frac{3}{20} \left(\frac{H_b}{h_b} \right)^2 \right\}}{\sin d} \quad (\text{m/s}) \quad \dots \dots \dots (3)$$

を利用、数値解析をするにあたって、サーフィン砕波指標をもちいて、利用者別のサーフィンゲレンデ適地の条件を明確にし、この指標だけでは砕波形式が考慮にはいないため、サーフィン砕波指標をもとにアンケート結果の利用者別最適砕波形式を考慮に入れた分類をおこない、各条件での利用者別に適する砕波の発生率、最適利用範囲をもとめた。

3-2.解析結果

利用範囲については、海底勾配、Peel angleが一様な各条件のもとでの利用者別の適した砕波の発生率を図で表した。図の着色部分は利用者の適した砕波が発生した範囲で、色の濃い範囲は発生率が高いことを示す。よって最適利用範囲は最も発生率が高いところとした。また、ショートボード、ロングボード、ボディーボードとそれぞれの最適利用範囲やそこでの発生率の大きさに多少の違いは見られるものの、レベル別で同じような傾向がみられた。例として、ロングボードの利用範囲の図を示す(fig-9)。

斜め砕波距離については、デルタ型地形の場合は海底勾配が緩やかで、Peel angleが小さいほど、利用者が充分楽しむことのできる50m以上の距離となりゲレンデに適している。逆に、海底勾配が急勾配になるほど斜め砕波距離は短くなり、サーフィン等には不適なゲレンデとなる。

汀線から砕波点までの距離は海底勾配が急になるにしたがって50m以下となり汀線近くで砕波が発生する。これに反して、50m以上の距離は海底勾配が0.08、0.05、0.03のときはみられない。

砕波形式については、海底勾配が0.02のときは崩れ波形砕波が多いが。海底勾配が0.06のときは崩れ波形、巻き波形砕波はほぼ同じような割合で発生し、海底勾配が0.12に近づくにつれて巻き波形砕波となる。なお、砕け寄せ波

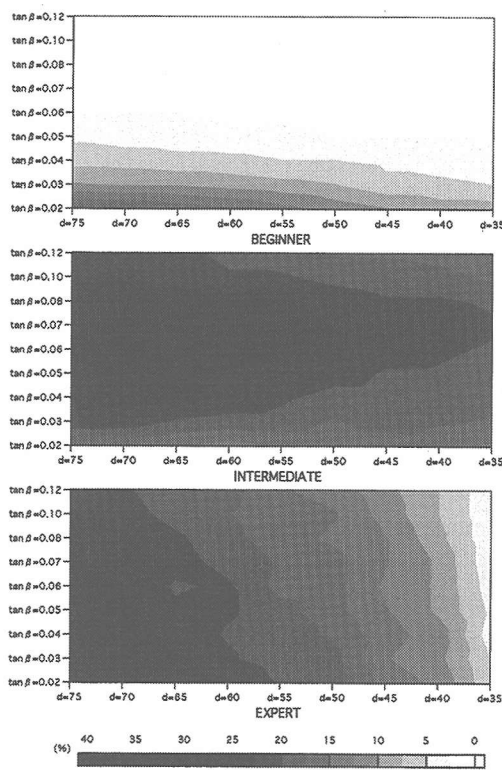


fig-9) THE SPHERE OF THE LONGBOARD

形砕波は海底勾配が 0.10 以上で発生する。

4. まとめ

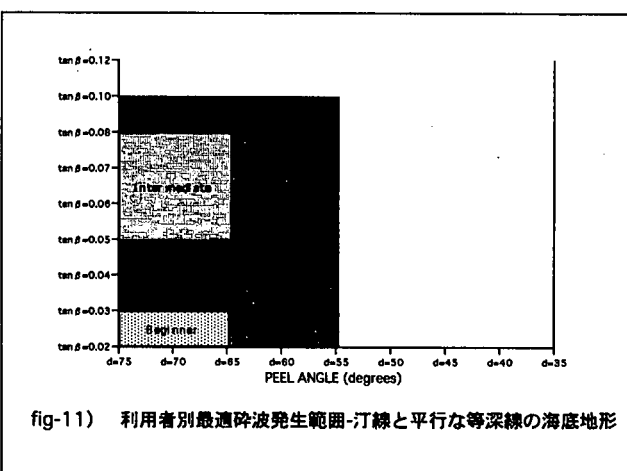
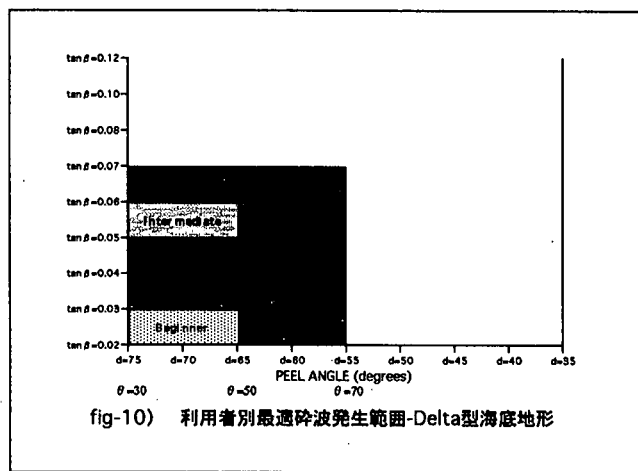
4-1. ゲレンデ条件について

実際のゲレンデの利用において利用者は、初級者、中級者、上級者に分かれていること、また、解析結果から利用範囲はそれぞれ同じような傾向がみられることから、利用者レベル別にそれぞれの適するゲレンデ条件についての考察をおこなった。

① 初級利用者に対して適するゲレンデ条件は、解析で巻き波形砕波は初級者に適さないという条件で行ったため全体的に適した砕波の発生は少なく海底勾配が急な 0.12 に近づくにつれてその発生率は低くなり、利用可能な条件は非常に狭い範囲となった。汀線から砕波点までの距離、斜め砕波距離を考慮した結果、デルタ型海底地形では正面からの波の入射の場合、勾配が 0.03～0.02 で頂点の角度が 30°～50° が望ましく。また、汀線に対して平行な等深線となっている海底地形においては、海底勾配が 0.03～0.02 で海に向かって左右 65°～75° の方向からの波の入射が初級者に適したゲレンデであると考えられる(fig-10,-11)。

② 中級利用者に対して適するゲレンデ条件は、解析で中級者に適する砕波について広範囲な条件で行ったため全体的に適した砕波の発生は多く、しかし、全てにおいて Peel angle が小さくなるにつれて、急勾配、緩勾配ともにその発生率は低くなる傾向を見せる。汀線から砕波点までの距離、斜め砕波距離を考慮した結果、デルタ型海底地形では正面からの波の入射の場合、勾配が 0.05～0.06 で頂点の角度が 30°～50° が望ましく。また、汀線に対して平行な等深線となっている海底地形においては、海底勾配が 0.05～0.08 で海に向かって左右 65°～75° の方向からの波の入射が中級者に適したゲレンデであると考えられる(fig-10,-11)。

③ 上級利用者に対して適するゲレンデ条件は、解析で中級者と同じく上級者に適する砕波について広範囲な条件で行ったため全体的に適した発生は多く、しかし、全てにおいて Peel angle が 55° 以下では発生率が急に低くなり、また海底勾配が 0.12 の急勾配になるにしたがって発生率は Peel angle が 55° より低下する傾向を見せる。汀線から砕波点までの距離、斜め砕波距離を考慮した結果、デルタ型海底地形では正面からの波の入射の場合、勾配が 0.02～0.07 で頂点の角度が 30°～70° が望ましい。また、汀線に対して平行な等深線となっている海底地形においては、海底勾配が 0.02～0.10 で海に向かって左右 55°～75° の方向からの波の入射が上級者に適したゲレンデであると考えられる(fig-10,-11)。



4-2. サーフィングゲレンデを計画するにあたって

総合的には、最適利用範囲は海底勾配が緩く、Peel angle が大きいことが条件であるが、利用者別では Peel angle、海底勾配ともにそれぞれの条件は異なる(fig-10,-11)。

サーフィングゲレンデを計画するにあたって、上級者は岩場や流れの強い水域においても、またどのような波のときでもサーフィン等を行えるとはいえ、実際のサーフィングゲレンデの利用状況を考えると、利用者数の多い初中級者を対象としたゲレンデ設計が望ましい。このことから、海洋構造物施工などの海岸開発とともにサーフィングゲレンデを計画する際に、広い範囲の利用者に適するゲレンデ条件は海底勾配が 0.02～0.06 で、Peel Angle が 65～75°

の範囲を基準とすることが良いと考える。

サーフィンに適している海底地形はデルタ型であると前に述べたが、サーフィングレンド適地の条件を考えると頂点の角度が $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$ とかなり鋭角であり、自然界においてそのような海底地形はめずらしいと考えられる。しかし、いくつかの河口前面のテラス形成や河口と導流堤に関係する研究等から、河川流量や土砂供給量の増加、導流堤長、導流堤幅を変化させることなどによって頂点が鋭角な三角州、もしくは両斜辺が急な台形型地形(の形成がみられることから、形成不可能な地形であるとは一概にはいえない。また、頂点が鋭角ではなくても、斜めから入射してきた場合で入射角度が $\theta_w < \theta/2$ であるならば、勾配が一様であっても、それぞれ斜辺の Peel Angle が異なるため、海に向かって入射波側の斜辺での碎波速度が大きく上級、中級者向き、反対側は碎波速度が一方に比べて遅いので初級者向きといった広い範囲の利用者に適するゲレンデになると考えられる。

4-1で、それぞれ利用者のレベル別に適したゲレンデの具体例として、汀線に平行な等深線となっている海底地形をあげて、どれも海に向かって左右 $55^{\circ} \sim 75^{\circ}$ の方向からの波の入射が望ましいと述べた。しかし、実際の海岸においての碎波点付近の波向は、海岸線に立てた法線に対して $\pm 20^{\circ}$ 以内の方向以外の波の入射はほとんど考えられないことから⁹⁾、ある距離の汀線で左右どちらかが沖に向かって広がりをもっている海底地形など、浸食や堆積などでの影響によって斜めに形成された海底地形が、サーフィングレンドに適すると考えられる。このような地形は、自然の海岸ではポケットビーチや、突出した岬、湾口部先端によくみられ、海洋構造物の建設してある海岸では調査結果の「誕生したゲレンデ」の例から、ヘッドランドなどの対称型人工岬をはじめ、非対称型人工岬や突堤などの海洋構造物周辺で顕著にみられる。しかし、突堤は建設場所の海岸状況にもよるが、波の入射による側面の強い離岸流の発生により漂砂の流出が著しく海浜安定能力が低い⁹⁾。また非対称型人工岬は、卓越波が平均的な海岸線方向に対して大きく斜めに入射する場合に適用されるものであり⁷⁾、新しく形成された等深線に対して垂直に入射する 경우가多く考えられ斜め碎波の発生が少なく、サーフィングレンドとの両立には適してないといえる。このことは、一定方向からの波の入射が卓越している静岡県清水市の駒越から三保までの海岸線に設置した非対称型人工岬周辺において波浪時、台風接近時の高波浪時においても斜め碎波がみられないことから明らかである。対称型人工岬は、その背後に静穏域を形成させる特徴などから⁹⁾、海浜安定、防災、サーフィングレンドの誕生、海水浴場等の磯遊び場の誕生、ヘッド部分での磯釣り場の提供、前浜の前進によるビーチ拡大すなわちリクリエーションスペースの形成など様々なメリットが考えられる海洋構造物であるといえる。

このようなことから、サーフィングレンド開発と導流堤やヘッドランドといった海洋構造物による海岸保全事業とが両立できる可能性は十分大きいと考えられる。

5. おわりに

以上、本研究の結果は河口安定、海浜保全などの目的で建設される海洋構造物によって形成される海底地形が、良好なサーフィングレンドとしても活用できるよう計画策定する際の条件設定に役立つものと考えられる。また、本研究からは外れるが、サーフィングレンドを公共事業関連で開発した場合、現在の日本においては利用上何らかの問題が生じた場合、管理責任などを問われる事につながることも考えられるが、リクリエーション施設と防災施設の両立といったハード面の変革とともに、利用者自身の考え方などソフト面の変化にも期待したいところである。

最後に、本研究を行うにあたり、同大学非常勤講師・佐藤延男氏、サマディーサーフ&スポーツ店長中川氏をはじめ、北から青森県のアクアロマンス、秋田県のBig Wave、茨城県のヒートウェーブ、富山県のBOUZ、千葉県のクラブワークス、神奈川県伊ナムラショアーズ、静岡県下田のマリーナ、静岡県のサマディー、KEIKI、オーシャンブルバード、ジャック、T.F.SURF、徳島県のLES、宮崎県のニューウェーブ、鹿児島県のスウェルの各サーフショップの関係者の方々に、貴重なご意見をいただいた。以上の方々に心より感謝の意を表する。

・参考文献

- 1) T.P. Pratte, J.R. Walker, PhD. P.E., Peter E. Gadd and Craig. Leidersdorf ; A new wave on the horizon, Coastal zone '89, pp.3403~3411, 1989
- 2) 三井, サーファーのための海岸工学, 海岸, vol.31, pp.3~10, 1991
- 3) 吉田, 中野, 増味, 三井 ; サーフィンに適する波と人工リーフの関係 ; 海洋開発論集, Vol.7 , pp.113~118, 1993
- 4) 永田 ; ハワイの波は南極から ; 丸善(株), pp89~95, 1990
- 5) IBCWEB ; AWJP(沿岸波浪実況図), 気象庁, インターネット, FAX, 1994~1995
- 6) 宇多 ; 現場のための海岸 Q&A 選集, (株) 方文社, 1994
- 7) 宇多 ; 現場に役立つ海岸工学-人工岬工法について, 海岸工学論文集, Vol.33, pp.68~75, 1993 他