

湾地形と津波高の関係についての研究

—平成 23 年東北地方太平洋沖地震における津波の地形学的研究—

嶋村 清*

The Relationship between the topographic features
of bay and the Tsunami-height
-Topographic study on the Tsunami-height
In The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake
of bay and the Tsunami-height
by
Kiyoshi SHIMAMURA

(Received: September 14, 2011, Accepted: February 24, 2012)

Abstract

The relationship between the topographic features of bay and the tsunami-height of 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake is discussed in 22 bays along Sanriku coast, Tohoku. Geometric quantities of a bay (area, length along a long axis, width of baymouth, average width of a bay, water depth in baymouth) are measured on the topographic map, and four topographic factors (embayment ratio D , coefficient of bay shape F , opening ratio of baymouth Q , gradient of bay bottom Δ) are calculated. The correlation coefficient values between those factors and the tsunami-height (inundation height) are estimated. The tsunami-height increase in proportion to F , and in inverse proportion to Q .

はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した M9 の巨大地震「東北太平洋沖地震」では地震による揺れや火災の被害にも増して津波による甚大な被害が生じた。古来、東北地方太平洋岸沖ではたびたび大地震が発生し、それに伴う津波被害が生じてきたことはよく知られるところである（たとえば吉村、1970）。それら過去の被害を教訓に、また進展してきた地震学の成果も踏まえて、巨防防潮堤や津波予報システムの構築なども行われてきたにもかかわらず、自然の脅威により多大な社会的被害と数多くの人的被害を出すことになり「想定外」の災害とされた。

津波（ここでは地震津波をいう）は物理学的にみれば波動現象の一つであり、理論や実験による

考察に基づく波高や波速の予測は可能である。しかしながら、それらの予測は海底地形が単調な沖合においてマクロ的に津波を取り扱う場合に限られるのであり、被害をもたらす沿岸域における津波高の実際的な予測は不可能といわざるを得ない。その原因は沿岸地形の複雑さにある。津波は、一見、能動的に陸地に働きかけているように思えるが、沿岸での津波は地形に規制されて受動的に運動してその姿形を変え、到達する高さを変えるのである。極論を言えば、海岸の平面形状や陸上・海底の起伏は言うに及ばず、植生、様々な形状の建築物や道路などの一つ一つがその場での津波の様相を変化させる。

これらの数学的表現が不可能に近い植生や人工物はともかくとして、地形と津波高については、たとえば「リアス式海岸やV字状で外洋に開いた湾では津波高が増大する」ということが常識的に

*産業工学部 環境保全学科 教授

言われてきた（広野、1970）。津波の波高予測についても、たとえばグリーンの式が考案され、実際に気象庁の津波予報に利用されている。しかしながら、現実には予想を超えた波高の津波襲来があり、津波高予測は未だ困難な課題なのである。

本論では、今般の「東北太平洋沖地震」津波で甚大な被害を被った被災地のうち、岩手県太平洋岸および宮城県石巻市以北（牡鹿半島と万石浦を含む）の沿岸に認められる湾について、湾形が津波高とどのように関係するのかを具体的に明らかにすることを目的とする。首藤ら（2007）による「津波の事典」はこれまでの津波研究の集大成と言える内容であり、津波の伝播や波高予測などについての理論・数値解析結果などがまとめられているが、沿岸地形の特性といった観点から津波高に言及した記述は見られない。本論における地形の定量化はいまだ試行錯誤の段階であり、両者の相関考察も試行というべきであるが、現時点での考察結果をまとめ、報告する。

対象地域の湾と周辺海底地形の概要

対象地域とした岩手県から宮城県北部にかけての太平洋沿岸は「リアス式海岸」の代表的地形としてよく知られている。本論で考察対象とした湾は、岩手県が北から久慈湾、野田湾、宮古湾、山田湾、大槌湾、両石湾、釜石湾、唐丹湾、吉浜湾、越喜来湾、綾里湾、大船渡湾および広田湾、宮城県が気仙沼湾、小泉湾、伊里前湾・泊漁港湾、志津川湾、追波湾、雄勝湾、女川湾、牡鹿半島東岸の鮫浦湾および石巻市の万石浦である（図1）。

岩手県域の湾は単一の湾地形とみなせるものがほとんどであるが、山田湾は湾中央に幅約0.8kmの狭隘部が存在する瓢箪型の湾で、そこを境に海底地形が異なるため山田湾（外）と山田湾（内）と呼び分ける。

宮城県域の湾は追波湾内の名振湾、雄勝湾内の御前湾、女川湾内の五部浦湾というように、湾内に明瞭な内湾をもつ湾が多い。また気仙沼湾のように湾内にある島によって湾が大きく分断されている場合もある。これら宮城県域の湾については湾を分割して内湾を独立した湾として扱う必要も考えられるが、湾域面積や湾口幅を定めがたくなる。本論では、気仙沼湾を気仙沼東湾と気仙沼西湾の2つに分け、また伊里前湾と泊漁港湾を併せて志津川湾から分離独立させて扱う。

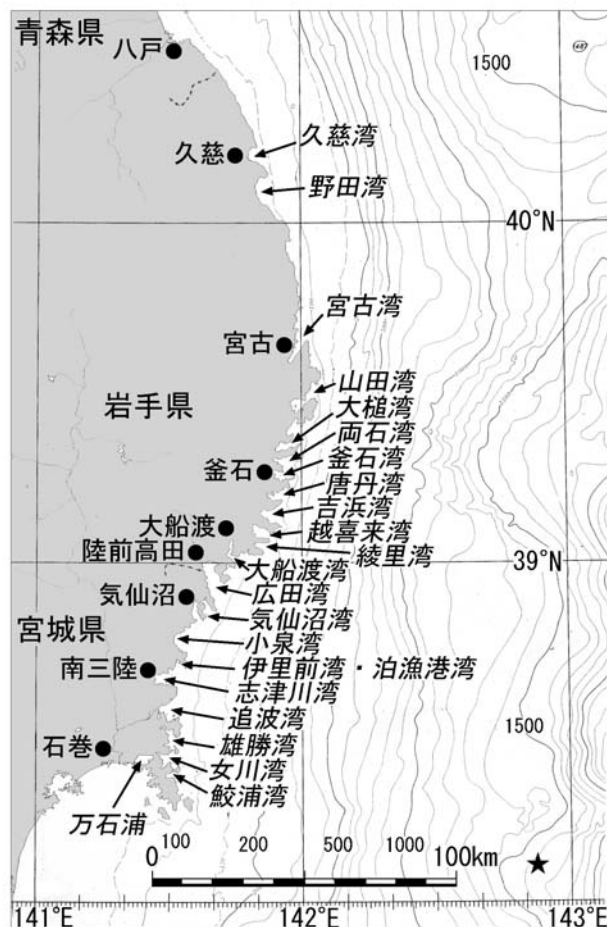


図1. 研究対象地域の湾。海底地形は100万分の1海底地形図（海上保安庁水路部、1980）による。★印は東北太平洋沖地震の震央。

対象地域である東北地方沖の太平洋底は起伏の非常に小さいなだらかな様相を呈し、大陸棚から上部大陸斜面の水深2000m付近まで、宮古沖の水深1000～1500m付近の場所を除き、明瞭な海底谷はほとんど認められない（嶋村、2008）。東北太平洋沖地震の震央は牡鹿半島の東方約110km、水深約1600mの海底（北緯38度06.2分、東経142度51.6分：気象庁、2011）である（図1）。

<湾地形と定義・用語>

「湾」という語は一般にも、また地形学などの学術分野でも広く用いられているが、その定義は具体性を欠く。地形学辞典（町田ほか、1981）では「幅の広い入込みを形成している場合、その海域を湾と呼び」、「大きなものを海湾、小さなものを入江・浦と呼んでいるが、これらの呼称は厳密に区別されていない」とのみ記されている。現実には規模も形状も多様な「湾」が存在しており、

これらを一義的かつ量的に定義することは困難に違いない。また、人の生活場として具体的な固有の湾名が与えられている場合もあれば、無名の湾も多い。

本論で対象とする三陸海岸の湾については、岩淵・菊池（1985）が湾入比（湾の奥行き/湾口幅）と湾口水深をもとに A～F の 6 型に分類しているが、湾口位置や湾域面積などが示されていないため量的考察には適さない。本論では以下のように湾の地形や特徴を定義し（図 2）、いくつかの用語（仮称）も用いるとともに、湾の面積などの幾何量については 5 万分の 1 沿岸の海の基本図（海上保安庁水路部、1983a, b, c, 1984a, b, c）をもとに測定した。湾の幾何量は湾の大きさ・形状に関わる実測値である「基本量」とそれらを元に算出した「地形要素量」とに分ける。表 1 に計測した湾地形の基本量と地形要素量を示す。なお湾地形の量的考察に関しては河川地形学で用いられる手法（高山、1986）も応用した。

湾形：とくに断らない限り、湾の平面形状を言う。湾口の定義については後述するが、湾口部には海岸線から連続する水深の浅い小海脚が認められることがあり、また、狭い水道を挟んで島が存在する場所がある。こういう湾については、海面下の海底地形も考慮して湾形を定めた。この観点にたつと、海岸線形状のみでは開いた湾に見える久慈湾は湾口北半が閉じた湾と考えることができ、V 字状湾とみなされる両石湾も湾口部が閉じた菱形に近い湾とみなすことができる。海底地形まで考慮して湾形を定めたのは久慈湾、両石湾、釜石湾、志津川湾および女川湾である。

<基本量> 湾域面積、湾長、湾口幅、湾域平均幅および湾口水深の 5 つを湾地形の基本量と呼ぶことにする。これらの基本量の測定には、ソフトウェア「カシミール」を利用した。測定に際しての誤差はほぼ 1 [km] 前後以内に収まっているので、計測値は小数点以下 1 桁までを採用した。

湾域面積 (A)：湾形全体の面積 (km²) をいう。河川地形でいう流域面積に相当する。

湾長 (L)：湾奥と湾口（ほぼ中間点）を、原則と

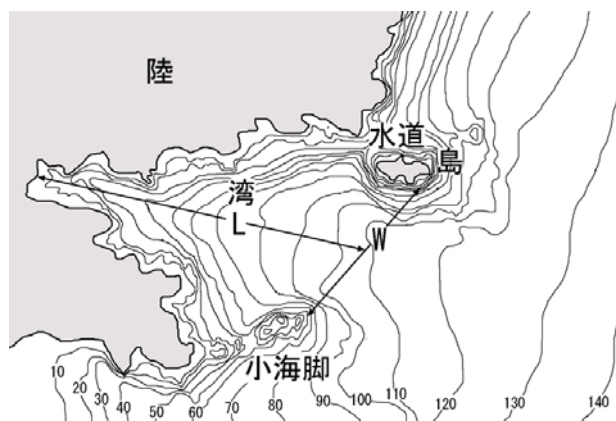


図 2. 湾形と基本量の設定例（両石湾を簡略化した例）

して直線で結んだ距離 (km) をいう。大船渡湾や気仙沼湾のように湾形が屈曲している湾では、湾のほぼ中央部に沿って計測した。

湾域平均幅 (B)：湾域面積 (A) を湾長 (L) で割った値 (km) をいう。河川地形でいう流域平均幅に相当する。

湾口および湾口幅 (W)：湾口は、原則として、沖合海底の地形的特徴が途切れ、湾形を構成する連続した地形の末端を直線で結んだ位置とし、この距離を「湾口幅 W (km)」と呼ぶ。

宮城県の志津川湾、雄勝湾および女川湾では湾口位置を特定しがたいが、志津川湾では湾を横断する地形的高まりを湾口とした。雄勝湾と女川湾では大陸棚から続く単傾斜面が途切れるところで、女川湾ではさらに地形的高まり（江島列島：えのしまれっとう）の連続性も考慮して決定した。

湾口水深 (h)：湾口直下の水深。原則として湾口中央部の水深 (m) とするが、明瞭な海底谷が存在する場合はその谷底水深とした。

<地形要素量>

湾入比 (D)：湾長 (L) を湾口幅 (W) で割った値をいう。岩淵・菊池（1985）のいう湾入比と同じ量である。

湾域形状係数 (F)：湾域平均幅 (B) を湾長 (L) で割った値をいう。河川地形でいう流域形状係数に相当する。

開口比 (Q)：湾域面積 (A) を湾口幅 (W) で割っ

た値をいう。

湾底傾斜 (△) : 原則として、湾長沿いの海底面傾斜をいい、 $\triangle = \text{千分率値} (\times 1000)$ で表す。たとえば $\triangle = 8$ が 0.5 度、 $\triangle = 17$ が 1 度である。

断面形状 : 湾の地形要素として断面形は重要であるが、湾形と同様に数量的に表すことが困難である。海底地形図に表現された等深線から横断面形と縦断面形をそれぞれ図 3、図 4 に示す型に分け、参考までに表 1 に形状区分を示すにとどめる。

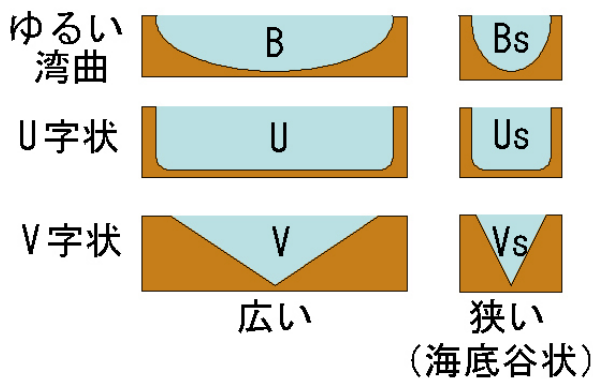


図 3. 湾横断面形と区分

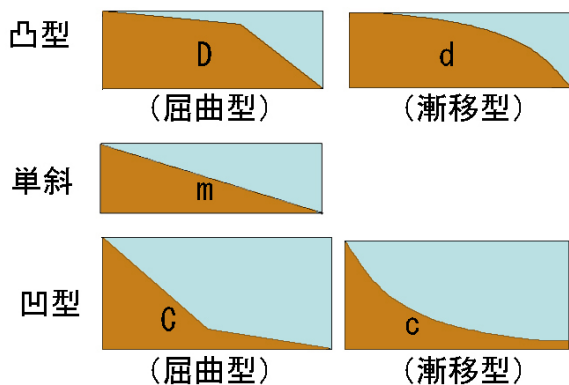


図 4. 湾縦断面形と区分

津波波高の見積もり

東北太平洋沖地震による津波高は、観測装置が津波で破壊、故障あるいは観測限界を超えたために記録が残っておらず、その測定は被災後の現地調査による実測値に頼らざるを得ない。本論では日本土木学会海岸工学委員会の HP に集約された多くの現地調査結果および高橋ら (2011) に集録された測定記録を利用した。岩手県分が 470 点、宮城県分が 181 点、合計 651 点の測定値である。測定数は湾により差があり、岩手県の陸前高田市

が面する広田湾域のデータが最多の 99 点、10 点以下は唐丹湾、鮫浦湾と石巻市の万石浦である。

これらの津波高測定記録は浸水高 (I) と遡上高 (R) とに、現場の状況を元に判別して記録されており、被災地の状況や測定の制限などから、その判定には若干の疑問が残る測定値もあるが、そのまま用いた。測定地点については GIS 化して図上で湾域ごとに測定位置を確認している。なお 1 点の測定値 (地点番号 YS5、大船渡市三陸町根白漁港) は緯度経度値が誤っていることが判明したので除外した。

津波高のデータは原則として潮位補正値を採用するが、補正値のないデータについては実測値をそのまま使用した (未補正の測定数は浸水高が 11 点、遡上高が 61 点)。これらの測定値を概観すると、ほぼ同じ場所でも測定値に数 m の開きがあり、また浸水高より遡上高のほうが低い場合がある。これらが測定誤差なのか、測定対象が不適切であったのか、その原因は明らかにできない。このように測定値にバラツキがあるため、各湾域における代表的値として、浸水高、遡上高ごとに平均値と中央値を算出して、検討した (表 1)。平均値と中央値が大きく異なる例は見られないが、平均値は外れ値による影響がより大きいと考えられることから、考察に際しては中央値を用いることにする。なお、鮫浦湾と万石浦については浸水高の測定値はないが、万石浦に関しては遡上高が小さく浸水高とほぼ同等と考えられることから、考察に際しては浸水高を 1m と仮定して記入している (後述)。以下、本論でいう津波高は「浸水高」を指す。

考察

前述したように、地形と津波の関係については「リアス式海岸や V 字状で外洋に開いた湾では津波高が増大する」と常識的に言われてきた。対象地域において、海岸線が V 字状を呈している湾は、北から両石湾、唐丹湾、吉浜湾および綾里湾である。表 1 をみると、確かにこれら 4 つの湾における浸水高は高く、とくに綾里湾では 23.2m となっている。しかし、大槌湾や気仙沼東湾のような狭長な湾、野田湾、小泉湾、伊里前湾・泊魚港湾および志津川湾のように外洋に向かって大きく開いたような湾でも浸水高が 10m 以上に達しており、開口比 10.9 の閉じた湾である越喜来湾でも 14.03m の浸水高となっている。このことは平面的

表 1. 湾の湾形、基本量と地形要素量

湾名	湾口の位置	断面形		基本量						地形要素量					津波高			備考
		横断面	縦断面	湾口水深(m)	面積A(km ²)	湾長L(km)	湾口巾W(km)	平均幅B(km)	湾入比D	湾域形状係数F	開口比Q	湾底傾斜Δ(×1/1000)	浸水高(ave)	遡上高(ave)	浸水高(med)	遡上高(med)	水深5mでの湾幅*(km)	
久慈湾	大作根～赤磯	U	C	26	17.4	4.2	4.5	4.1	0.9	1.0	3.9	6.1	7.83	12.80	6.78	12.68	3.47	1.7
野田湾	鮎島沖～大根崎	B	d	31	31.6	4.3	8.8	7.3	0.5	1.7	3.6	7.1	17.88	18.18	18.11	16.89	4.67	2.2
宮古湾	姉ヶ崎～開伊崎の西	Us	d	75	23.8	10.1	4.3	2.4	2.3	0.2	5.5	7.4	7.39	12.29	7.25	11.60	1.52	3.3
山田湾(全体)	鮎登岩～小根崎	-	-	110	33.5	9.7	3.8	3.4	2.6	0.4	8.8	11.3	8.42	19.91	7.56	21.71	3.80	2.2
山田湾(外)	明神崎より沖	Vs	m	110	17.6	4.7	3.8	3.8	1.2	0.8	4.6	23.6	19.50	25.85	19.46	27.07	-	-
山田湾(内)	明神崎より内	U	C	60	15.9	5.1	0.9	3.1	5.7	0.6	17.9	11.9	7.50	8.20	7.41	8.08	-	-
大槌湾	御階崎～野島	UV	C	77	20.1	8.3	4.1	2.4	2.0	0.3	4.9	9.3	11.70	14.08	12.58	12.99	1.43	3.4
両石湾	鳥帽子岩～浅根	Vs	C	113	11.1	7.7	3.7	1.4	2.1	0.2	3.0	14.7	22.50	26.17	18.30	21.44	0.72	5.0
釜石湾	浅根～尾崎	Bs	m	93	8.1	6.7	2.2	1.2	3.0	0.2	3.7	14.0	8.12	14.99	8.08	11.28	0.43	4.7
唐丹湾	籍島～死骨崎	V	m	100	7.8	6.1	2.6	1.3	2.3	0.2	3.0	16.4	13.08	15.65	13.08	16.50	0.35	5.8
吉浜湾	死骨崎～首崎	B	d	105	29.2	7.4	8.0	3.9	0.9	0.5	3.6	14.2	15.10	16.80	14.70	16.36	1.36	5.2
越喜来湾	大塩崎～怪崎の北方	B	m	91	18.1	6.7	1.7	2.7	4.0	0.4	10.9	13.6	14.00	14.73	14.03	13.72	1.03	2.6
綾里湾	怪崎～綾里崎	U	d	75	9.0	4.5	4.4	2.0	1.0	0.4	2.0	16.6	21.91	20.77	23.20	20.80	0.49	5.9
大船渡湾	沖ノ神明出シ～浅根	Us	D	59	14.5	9.3	3.2	1.6	2.9	0.2	4.5	6.3	9.15	8.96	9.48	8.36	0.89	3.5
広田湾	赤大根～人參根	UV	m	79	53.8	11.7	5.8	4.6	2.0	0.4	9.2	6.8	14.51	15.30	14.60	15.25	1.84	3.5
気仙沼湾(全体)	老磯島～円磯	-	-	40	28.8	10.9	5.7	2.6	1.9	0.2	5.0	3.7	8.78	7.79	9.24	7.06	0.48	5.8
気仙沼東湾	老磯島～大前見島	Us	D	48	12.5	6.7	3.0	1.9	2.2	0.3	4.1	7.1	11.89	16.98	11.68	18.60	-	-
気仙沼西湾	黒崎島～円磯	Us	D	32	16.3	10.9	2.7	1.5	4.0	0.1	6.1	2.9	8.23	6.60	7.89	6.00	-	-
小泉湾	円磯～末ノ崎	B	m	57	38.9	5.7	8.3	6.8	0.7	1.2	4.7	10.0	13.86	15.90	13.02	16.06	3.44	2.8
伊里前湾・泊湾	歌津崎～野島	UV	d	35	11.3	4.0	4.5	2.8	0.9	0.7	2.5	8.8	14.75	13.13	14.72	12.96	-	-
志津川湾	歌津崎～松島	U	m	40	23.7	6.5	4.5	3.6	1.4	0.6	5.2	6.1	15.26	14.19	15.41	15.07	3.41	1.9
追波湾	八子島～金毘羅崎沖	U	m	50	20.3	4.9	3.4	4.1	1.4	0.8	5.9	10.2	7.44	10.15	7.44	12.00	2.42	2.1
雄勝湾	白根崎～大名計根	V	d	53	15.7	7.1	1.8	2.2	4.0	0.3	8.8	7.4	15.47	12.97	15.45	13.70	0.30	4.4
女川湾	大島～笠貝島	B	c	53	42.92	11	4.609	3.9	2.4	0.4	9.3	4.8	15.19	16.04	14.80	16.80	0.65	4.8
鮫浦湾	寄磯崎～沖山王島	Bs	d	49	9.1	4.8	3.4	1.9	1.4	0.4	2.7	10.3	-	17.34	-	17.79	1.29	2.9
万石浦	渡波	U	-	5	7.4	5.9	0.2	1.3	26.4	0.2	33.4	0.9	-	0.92	1.00	0.97	1.1	0.5

な湾形のみが津波高に關与しているのではないことを意味すると考えられる。

以下では表1に示す地形要素量のうち湾入比 D、湾域形状係数 F および開口比 Q について津波の浸水高（中央値）との関係を考察する。なお、考察にあたって、山田湾は内外に分けず一括して扱うが、気仙沼湾は気仙沼東湾と気仙沼西湾に分けた状態で扱う。また、浸水高の測定値がない鮫浦湾は浸水高との関係考察からは除外する。万石浦については前述したように遡上高が 1m 弱と低く、浸水高を同等程度に見積もっても計算結果に大きな違いは生じないことから、浸水高を 1m と仮定する。この条件の下で、浸水高（中央値）と湾入比 D、湾域形状係数 F および開口比 Q それぞれの散布図および回帰直線を表したのが図 5、6 および 7 である。

図 5 は浸水高と湾入比 D の関係を示す。回帰直線の R^2 値=0.09 ときわめて小さく、相関係数も -0.30 であり、両者の間に明瞭な関係はないといえる。

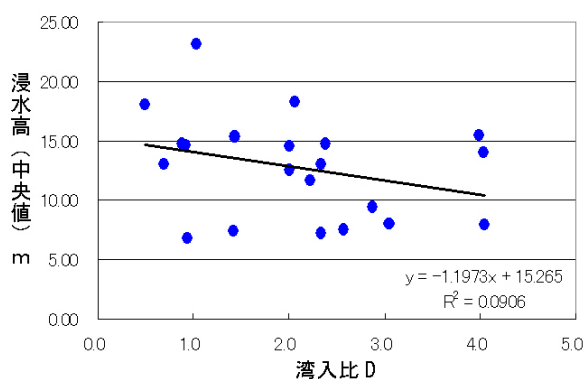


図 5. 浸水高と湾入比 D の関係

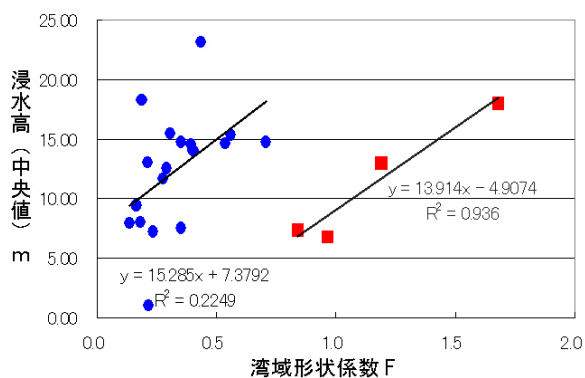


図 6. 浸水高と流域形状係数 F の関係

図 6 は流域形状係数 F と浸水高の関係を表す。F \geq 0.8 である追波湾 (0.8)、久慈湾 (1.0)、小泉湾 (1.2) および野田湾 (1.7) の 4 つの湾が他の湾から外れてみえるため、これら 4 湾を別グループとして考察した。F<0.8 の湾では R^2 値=0.22 で相関係数は 0.46 である。F \geq 0.8 の湾は 4 例しかないが、 R^2 値=0.94 で相関係数は 0.97 である。これら 4 湾のうち追波湾は台形状、他の 3 湾はいずれも外洋に開いた奥行きが浅い半円形の湾形である。

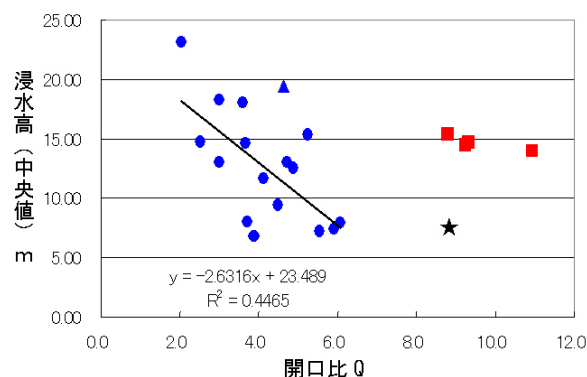


図 7. 浸水高と開口比 Q の関係。★印は山田湾を、▲は山田湾を分割した場合の山田湾（外）を示す。万石浦 (Q=33.4) は図示していない。

図 7 に示す開口比 Q と浸水高の散布図では、Q > 8 である山田湾（全体）(8.8)、雄勝湾 (8.8)、広田湾 (9.2)、女川湾 (9.3)、越喜来湾 (10.9) および万石浦 (33.4) の 6 つの湾が他の湾から外れて見え、これら 6 湾を除いた場合の近似直線 R^2 値=0.45、相関係数は -0.67 であり、やや強い相関が認められる。

除外した 6 湾のうち、試みに、山田湾（図 7 の★印）を山田湾（内）と（外）に分けてみると山田湾（外：Q=4.6）は図 7 の▲の位置にくる。山田湾（内：Q=17.9）は図 8 の▼印であり、これら Q>8 の湾の R^2 値=0.97 で、相関係数は -0.98 と極めて高い値を示す。

図 8 に示した Q>8 の湾のうち、広田湾を除く他の 5 湾はいずれもいわゆる「閉じた」湾形を呈しており、それが Q<8 の湾との違いである。「閉じ」の度合いである Q が大きいほど、浸水高が低くなる傾向を示すことは合理的であるが、広田湾の湾形はほぼ長方形であり、湾口はむしろ開いた形状をもつ。広田湾は対象地域湾の中で最大

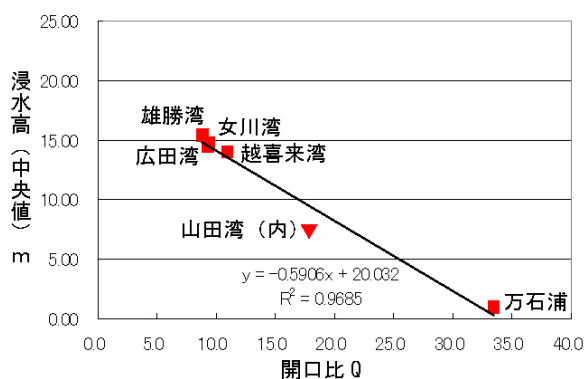


図 8. 浸水高と開口比 $Q > 8$ の湾との関係. ▼は山田湾を分割した場合の山田湾 (内) を示す。

の湾域面積 (53.8km²) をもち、そのことが開口比を大きくしている原因である。湾形が複雑な女川湾 (A=42.9km²) についても同様のことが考えられる。このことは、湾形が異なっても開口比が同程度であれば、津波高への地形の影響は同様になることを意味するといえよう。

一方、図 8 に示す湾のうち、越喜来湾と雄勝湾では湾口が狭い閉じた湾であるにも拘らず、湾内での津波高が高い。越喜来湾の南北に隣接する綾里湾と吉浜湾はどちらも V 字状の湾形をもつが、越喜来湾の浸水高 14.03m は綾里湾の浸水高 23.2m には及ばないものの、吉浜湾の浸水高 14.7m に匹敵している。雄勝湾では 15.45m である。この理由は湾の断面形と関係があるのかもしれないが、現段階では明確に説明できず、今後の検討課題である。

上記の結果から湾形と津波の浸水高との間には以下の関係があると考えられる。

- 1) 湾入比 D は浸水高に関与しない
- 2) 流域形状係数 F と津波高の関係は F が大きいほど津波高が大きくなると考えられ、とくに $F > 0.8$ の湾ではその傾向が明瞭である。
- 3) 湾形によらず、開口比 Q が大きいほど、津波高は低く、とくに $Q > 8$ の湾ではその傾向が明瞭である。

最後に、津波高の予測に用いられるグリーンの式を対象地域の湾に適用して、湾口と湾奥での津波高比 (η/η_0) を試算してみた (表 1)。ただし、計算に用いた湾口および湾奥の水深のうち、湾奥水深は海底地形図上で読み取り可能な 5m の位置

としたが、水深 5m の場所の湾口幅を明確かつ客観的に定めることは困難であるため、ほぼ湾奥の場所で水深 5m の等深線にもっとも近いと思われるところを大雑把に測定した値であることをお断りしておく。また、万石浦については湾口水深がほぼ 5m であるので、湾奥水深 2.5m にあたる湾口幅を測定している。

試算した η/η_0 値は、かなり大きめの値となっていると思われる。 $\eta/\eta_0 = 3.3$ である宮古湾では湾奥に進むほど津波高が増大していたことが指摘されており (高橋ら、2011)、本論で用いた測定記録から検証すると、湾口部での最低記録は宮古検潮所付近の 5.10m、湾奥での最高記録は宮古市金浜の 12.17m で、その η/η_0 は 2.4 となる。宮古湾を除く他の湾では浸水高について湾口と湾奥の比較考察ができる例がない、あるいは湾口と湾奥でほとんど差がない場合が多く、試算結果の妥当性を検証できない。しかしながら、試算結果をみる限りでは両石湾、唐丹湾、吉浜湾そして綾里湾といった、見かけ上、V 字形の湾形をもつ湾では $\eta/\eta_0 > 5$ と他の湾より明らかに大きいという傾向は見られる。

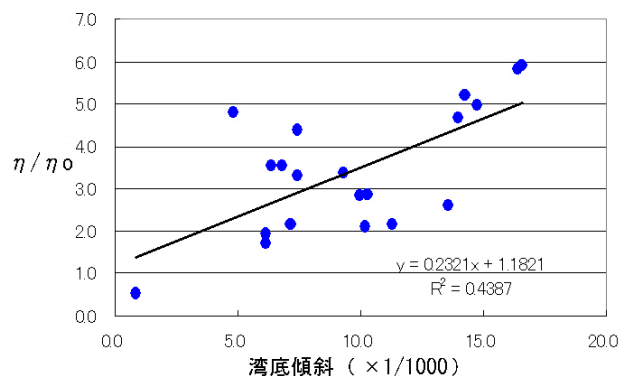


図 9. η/η_0 と湾底傾斜の関係

各地形要素量と η/η_0 との関係を調べたところ、図 9 に示す湾底傾斜の間でもっとも良い相関が得られた。回帰直線の R^2 値 ≈ 0.44 で相関係数は 0.66 であり、かなり良い相関があると言える。他の地形要素量、たとえば η/η_0 と湾入比 D との相関係数は -0.425 であるが、回帰直線の R^2 値 ≈ 0.03 であることから、湾入比は湾内での波高の増大には関係ないようである。

おわりに

はじめに述べたように、地形の定量化がはまだ

試行錯誤の段階であるため、相関考察は試行というべきである。しかし、津波高が湾の地形によって左右されることは疑いない。本論では湾の断面形と津波高との関係までは言及できなかった。たとえば横断面形がU字状の湾とV字状の湾では明らかな違いがあると予想されるが、この点については今後の検討課題としたい。

東北太平洋沖地震は「想定外」であったと報道されたが、岸(1973)は津波波高の再現期間に関する考察から100年津波の場合は三陸海岸での津波波高が40mを越えること、また浅発地震に関する坪井忠二の式をもとに三陸津波の波高がM=9なら48m、M=8.5なら21mになることを指摘している。つまり、今回の東北太平洋沖地震そして大津波は「想定」されていたのである。

「想定外」という理由は定かではないが、いずれにせよ将来的な津波防災を考える上では多角的な視点からの研究考察が必要であることから、本研究が今後の津波研究・対策の一助になれば幸いである。

被災地での津波高測定に従事された数多くの方々および測定値をとりまとめられた関係機関・関係者のご苦労・ご努力に謝意を表す。また考察にあたって用いたソフトウェア「カシミア」とGISソフトウェア「MANDARA」の開発者である杉本智彦氏、谷健二氏にもお礼申し上げる。最後に、東北太平洋沖地震による犠牲者のご冥福と、被災地の一日も早い復興をお祈りします。

参考文献等

<文献>

- 広野卓蔵、1970：津波の災害と対策、津波・高潮・海洋災害(和達清夫編)、共立出版、188-208
- 岩淵善郎・菊池真一、1985：三陸沿岸海域—地質—、日本全国沿岸海洋誌(日本海洋学会沿岸海洋研究部会編)、東海大学出版会、209-219
- 岩垣雄一・榎木 亨、1979：海岸工学、共立出版、463
- 岸 力、1973：津波、高潮および異常潮位、海岸防災(本間 仁編)、共立出版、151-183
- 気象庁、2011：災害時地震・津波速報、気象庁災害時自然現象報告書、2011年1号、224。
- 町田 貞・貝塚爽平・榎根 勇・井口正男・佐藤 正・小野有五(編)、1984：地形学辞典、二宮書店、767。
- 嶋村 清、2008：改訂「日本列島海底谷系図」—海底谷の地形的特徴と問題点—、地質学雑誌、114、560-576。
- 首藤伸夫・今村文彦・越村俊一・佐竹健治・松富英夫(編)、

2007：津波の事典、朝倉書店、350

- 高橋重雄・戸田和彦・菊池喜昭・菅野高弘・栗山善昭・山崎浩之・長尾 毅・下迫健一郎・根木貴史・菅野甚活・富田孝史・河合弘泰・中川康之・野津 厚・岡本 修・鈴木高二朗・森川嘉之・有川太郎・岩波光保・水谷崇亮・小濱英司・山路 徹・熊谷兼太郎・辰巳大介・鷺崎 誠・泉山拓也・関 克己・廉 慶善・竹信正寛・加島寛章・伴野雅之・福永勇介・作中淳一郎・渡邊祐二、2011：2011年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報、港湾空港技術研究所資料、No.1231、200。
- 高山茂美、1986：川の博物誌、理科年表読本、丸善、237
- 吉村 昭、1970：海の壁、中公新書、164。(本書は改題の上、以下の出版社から再刊されている：吉村 昭、1984、三陸沿岸大津波、中公文庫、208。；吉村 昭、2004、三陸沿岸大津波、文春文庫、191。)

<海底地形図>

- 海上保安庁、1980：100万分の1海底地形図「東北日本(6312)」
- 海上保安庁、1983a：5万分の1沿岸の海の基本図6369-3「牡鹿半島」
- 海上保安庁、1983b：5万分の1沿岸の海の基本図6370-7「大船渡湾」
- 海上保安庁、1983c：5万分の1沿岸の海の基本図6370-8「志津川湾」
- 海上保安庁、1984a：5万分の1沿岸の海の基本図6370-1「山田湾」
- 海上保安庁、1984b：5万分の1沿岸の海の基本図6370-2「釜石湾」
- 海上保安庁、1984c：5万分の1沿岸の海の基本図6371-3「久慈湾」

<HP など>

- 東北太平洋沖地震津波合同調査グループによる東北地方太平洋沖地震津波情報の現地調査結果/岩手県および宮城県、土木学会海岸工学委員会 HP (<http://www.coastal.jp/ja/index.php>)