

大気・海洋結合モデルによる山陰地方の高潮・高波の再解析

Reanalysis of Storm Surges and High Waves along the Sanin Coasts (North Yamaguchi)
by Means of Atmosphere-Ocean Coupled Model

金 庚玉¹・山下隆男²・布田昌司³・駒口友章⁴・高瀬和博⁵

Kyeongok KIM, Takao YAMASHITA, Masashi NUNODA
Tomoaki KOMAGUCHI and Kazuhiro TAKASE

Reanalysis of storm surges and high waves along the Sanin Coasts (North Yamaguchi) was conducted for 15 major meteorological disturbances of 12 typhoons and 3 extra-tropical depressions. The atmosphere-ocean coupled model which consists of meso-scale meteorological model, quasi-three dimensional ocean model, and third-generation ocean wave model, was employed to simulate the reliable wind and atmospheric pressure fields that determines storm surges and ocean waves. The study revealed the most dangerous typhoon track and the past maximum for tide level, surge anomaly, wave height and period.

1. 緒 言

山陰地方の海岸では、冬季季節風による高波浪とそれによる海面上昇を考慮した海水準に対して構造物が作られ、極めて親水性の高い生活形態が形成されている。この地域での冬季季節風による海面上昇や波浪は、台風来襲時の高潮や高波と同程度か、それ以上と考えられがちであるが、はたしてそうであろうか？ 台風接近時の南～南東風が高潮・高波を発生させる周防灘とは異なり、山陰地方の海岸では、台風通過後の北西～西風によりが高潮・高波が発生する。台風が対馬海峡を通過する経路が危険である。実際に、北上した台風 9918 号では下関（南風泊）以外は被害が少なく、日本海側ではほとんど被害が無かったが、対馬海峡を通過して日本海に侵入した台風 0415 号では日本海側の広い範囲で浸水被害が出ている。この他に、山口北沿岸に対して高波・浸水被害をもたらしたと考えられる気象じょう乱としては、表-1 のような台風や低気圧がリストアップされる。

本研究では、山陰地方の海岸を対象として、大気・海洋結合モデルによる低気圧、台風で発生する高潮・高波の再解析を実施し、冬季の低気圧と台風とで高潮・高波にどの程度の差異があるのかを明確にする。また、この海域に対する高潮・高波の発生に関して危険な台風経路などで、どの程度の波浪と高潮が発生していたのかを再解析する。

2. 数値計算システム

図-1 に、山陰海岸に高潮・高波を発生させた既往の台風および低気圧を示す。これらの気象擾乱を対象として気象場、高潮・高波の数値再解析を実施した。山陰海岸に影響を及ぼす台風は韓半島と九州、中国地方の陸地の影響を必ず受けるため、海上風、気圧場等の高潮、高波に必要な気象要素を再現するためには傾度風型のモデル台風では精度的な問題がクリアできないので、有意な数値解析結果を得るためには、メソ気象モデルの導入が必要である。

本研究では、気象場にはメソ気象モデルは MM5、高潮解析には準 3 次元海洋モデル POM を、波浪の解析には第三世代波浪モデル WW3 を援用した大気・波浪・高潮結合数値モデルを用いる。波浪モデルとして SWAN と WW3 とを比較した結果、WW3 による沖波の計算結果が観測値の再現性に優れていたため、本研究では WW3 を用いた。計算領域は 3 領域で、格子幅は各々 27, 9, 3 km である。気象解析は全領域で実施し、波浪、高潮は最小領域で行った。高潮計算には白波碎波せん断応力の効果も考慮しているが、大陸棚が狭いためこの効果は小さい。気象場のバックグラウンドデータは気象庁の GMS および RMS データを用いた。さらに、風域場の再現性を検討した結果、中心深度を 1.37 倍とした台風ボーガスを用い、4 次元同化 (GRID-4DDA) を行い、1 方向ネスティングの計算とした。なお、T0415 の解析結果と観測値との比較により本モデルの適用性を検証した (金ら, 2007)。

1 正会員 工博 広島大学助教 大学院国際協力研究科
2 正会員 工博 広島大学教授 大学院国際協力研究科
3 山口県柳井土木建築事務所港湾課
4 正会員 工博 (株) 碧浪技術研究所
5 正会員 工修 (株) 三洋コンサルタント九州支店

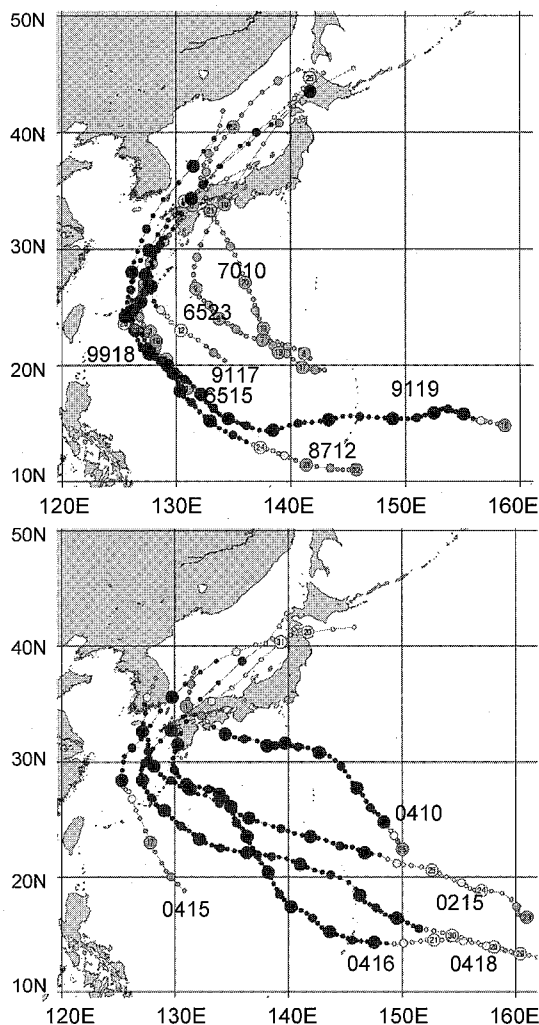


図-1 本研究で対象とした台風の経路

3. 再解析結果

表-1 に示す気象擾乱に対して大気・波浪・高潮結合数値モデルを用いた、高潮・高波の追算を実施し、山口北沿岸での台風、温帯低気圧による浸水の可能性を調べた。

表-2, 3 に、T0415 で浸水が確認された地区 (図-2) について、各追算ケースにおける高潮偏差と最高潮位をリストアップした。表-2 では、低気圧による水位上昇は低気圧 L7101 のケースでは 10 cm 以下であり、東シナ海側および山陰地方の漁港の外郭施設に大きな波浪被害をもたらした低気圧 (L8702 および L8910) の水位上昇量でも高々 10 cm ~ 25 cm 程度であった。これに対して、台風の場合には 60 cm ~ 80 cm の水位上昇量である。また、全追算ケースに対して高潮偏差が最大とな

っているのは、いずれの地点でも T8712 のケースであり、次に大きい偏差は T9119 であった。浸水被害が確認されている T0415 の高潮偏差は最大でも 70 cm 程度

表-1 山口北沿岸で高潮・浸水被害をもたらした主要な台風と低気圧

記号	擾乱	期 間	災 害
T6515	台 風	8 月 5 日～8 月 7 日	
T6523	台 風	9 月 9 日～9 月 11 日	
T7010	台 風	8 月 14 日～8 月 22 日	
L7101	低気圧	1 月 4 日～1 月 5 日	木与海岸で高波
L8702	低気圧	2 月 2 日～2 月 4 日	響灘で高波
T8712	台 風	8 月 29 日～9 月 1 日	
L8910	低気圧	10 月 29 日～11 月 4 日	北浦海岸で高波
T9117	台 風	9 月 13 日～9 月 15 日	大雨の浸水あり
T9119	台 風	9 月 26 日～9 月 28 日	
T9918	台 風	9 月 23 日～9 月 25 日	
T0215	台 風	8 月 29 日～9 月 1 日	
T0410	台 風	7 月 31 日～8 月 1 日	大雨の浸水あり
T0415	台 風	8 月 17 日～8 月 20 日	北浦海岸で浸水
T0416	台 風	8 月 28 日～8 月 31 日	
T0418	台 風	9 月 5 日～9 月 8 日	

表-2 対象港別の高潮推算偏差 (単位 :cm)

	須佐	萩	大井	三見	通	小島	油谷	特牛
L7101	6	5	6	8	5	6	4	6
L8702	23	25	25	26	22	23	18	19
L8910	19	19	19	19	17	18	16	17
T6515	38	37	38	40	40	38	45	46
T6523	24	29	28	30	30	32	23	23
T7010	31	35	36	39	35	34	30	32
T8712	83	85	86	83	79	80	82	84
T9117	25	24	23	28	29	29	37	41
T9119	72	71	72	75	66	66	71	74
T9918	46	43	45	47	44	41	53	56
T0215	50	48	50	48	46	45	45	43
T0410	21	24	23	24	24	24	20	20
T0415	65	68	67	69	63	63	54	52
T0416	46	47	48	49	47	47	46	48
T0418	55	54	57	57	55	54	58	61

表-3 対象港別の最高潮位 (基準面 : M.S.L., 単位 :cm)

	須佐	萩	大井	三見	通	小島	油谷	特牛
L7101	16	19	19	22	20	20	26	30
L8702	31	37	37	39	39	39	46	53
L8910	50	55	55	56	55	55	62	67
T6515	43	45	45	45	47	47	53	57
T6523	49	60	59	63	65	65	65	71
T7010	40	50	49	54	54	54	67	74
T8712	65	73	73	76	71	71	74	77
T9117	22	28	27	30	31	31	40	45
T9119	103	109	110	115	102	102	104	112
T9918	67	65	67	70	71	71	88	96
T0215	62	62	63	63	62	62	67	70
T0410	49	56	57	61	63	63	73	80
T0415	73	78	79	80	77	77	90	95
T0416	64	70	70	71	71	71	78	84
T0418	54	56	56	59	60	60	62	65

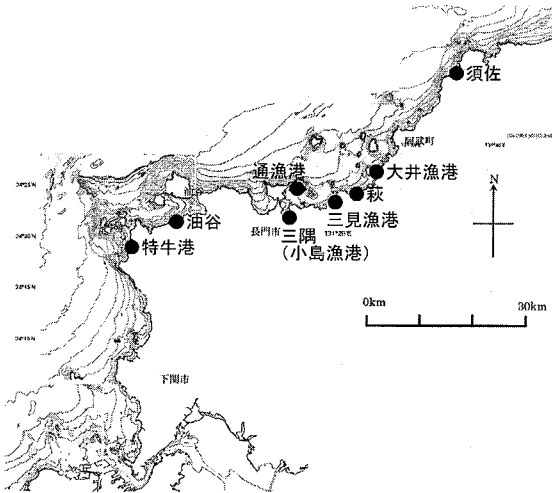


図-2 T0415 により浸水被害が確認された場所

であったが、この台風の場合には天文潮位 50 cm の満潮時と重なったために、山口北沿岸の広い範囲で浸水被害が発生したものと考えられる。

表-1 の全ケースについて、気象擾乱毎の最大有義波高と平均周期の最大値の平面分布図を作成した。図-3 に L8702, T8712, T9119 および T0415 の場合の最大有義波高の平面分布を等高線で、平均周期の最大値をグレースケールで示してある。また、表-1 の全ケースについて、高潮偏差および計算潮位の最大値の平面分布図を作成した。図-4 には、L8702, T8712, T9119 および T0415 の場合の最高潮位(潮位基準: M.S.L.)を等高線で、最大偏差をグレースケールで示してある。これらの図から、温帯低気圧の場合には有義波高は 5~6 m, 平均周期は 7~8 s で台風のケースと比べて差はあまりない。これは低気圧で発生する高潮はさほど大きくならないが、波浪は低気圧でもかなり大きくなることを示している。また、高潮偏差が大きくなるのは、台風が対馬海峡を通

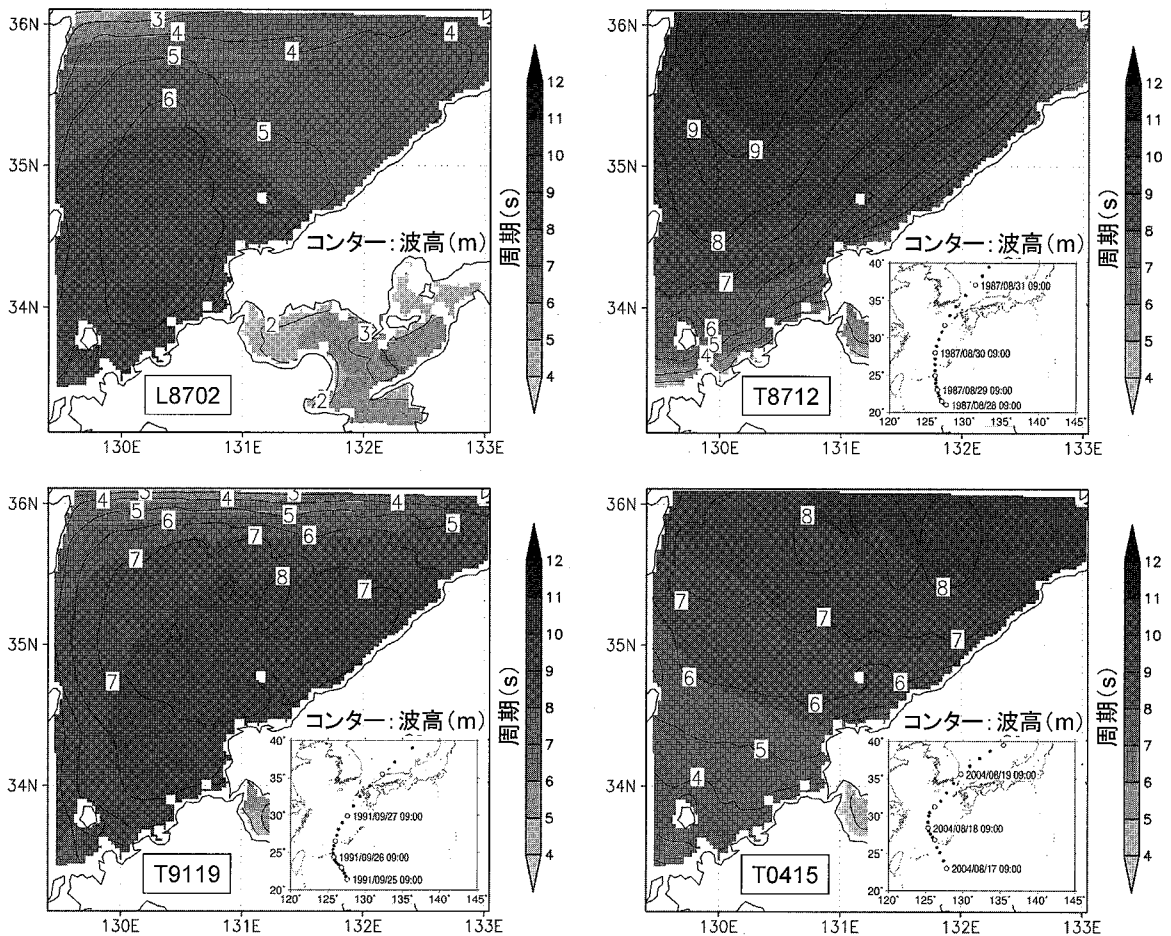


図-3 L8702, T8712, T9119, T0415 について追算した最大有義波高の平面分布。
右下には台風のベストトラックと MM5 で計算した中心位置を示す。

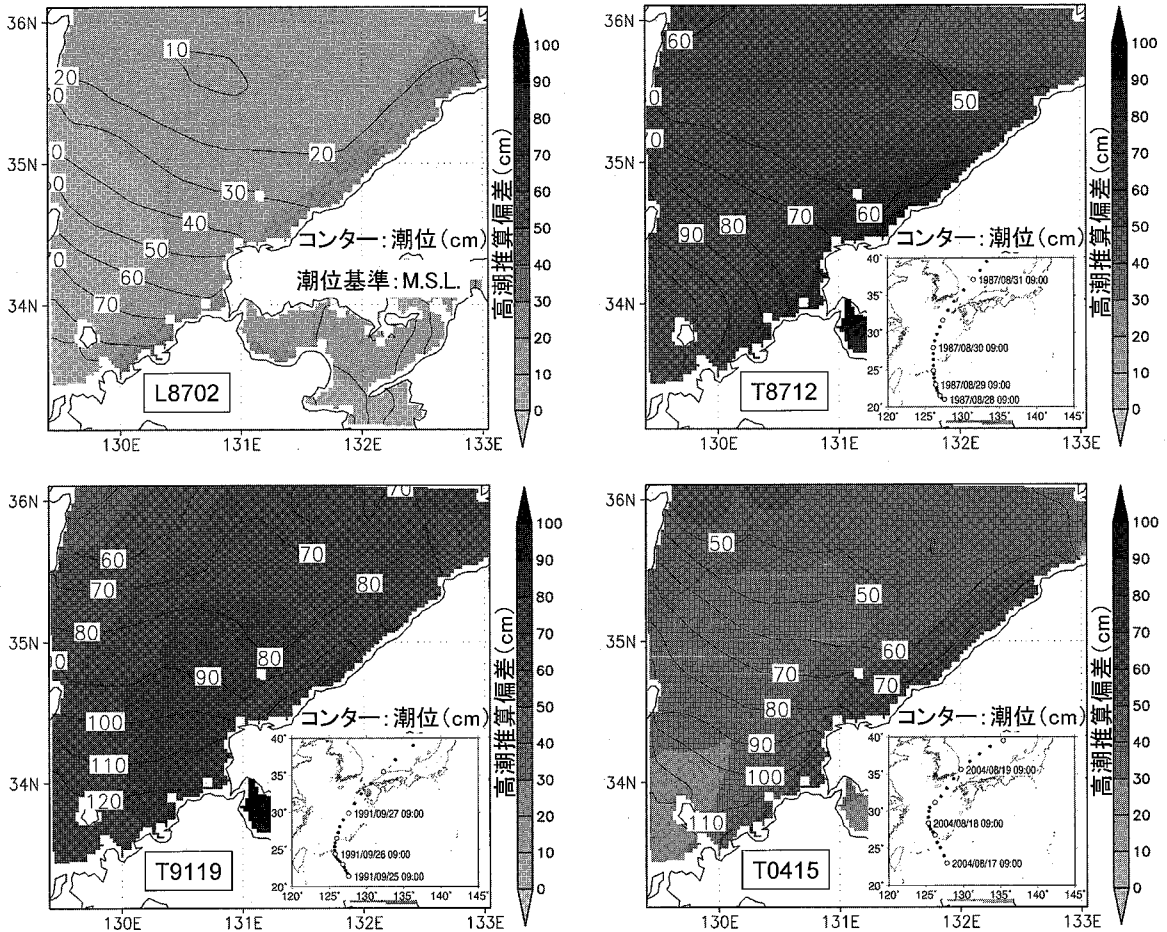


図-4 最高潮位（潮位基準：M.S.L.）と最大偏差の分布図

過して日本海に進入する場合であり、北上して大陸に抜ける場合（T0215）や対馬海峡を通過しない場合（T9918）は必ずしも最大偏差をもたらす結果とはなっていない。

図-5 に全追算ケースにおける最大偏差（上図）および最大潮位（下図）の分布図を示す。単位は cm である。高潮偏差が潮位に比べて小さい地域であるため、潮位は潮位偏差に強く依存するため、最高潮位は山口北沿岸の西部海域（東シナ海側）で最も高くなっている。日本海側においても、黄波戸～萩～阿武～須佐の広い範囲で 100 cm 以上の最高潮位となっている。仙崎漁港、三見漁港、萩漁港などは青海島や仙崎湾内の小島などの遮蔽によって波浪の影響を避けることは可能であるが、これらによる高潮の抑制効果は小さいものと考えられるので、高潮の来襲にも十分な警戒が必要であると考えられる。

一方、全追算ケースの最大潮位の分布をみると、山口北沿岸の最大偏差は西部海域（東シナ海側）では 90 cm

に達するところもあるが、日本海側の海域では概ね 70～80 cm 程度となっている。また、ここで示した最大偏差の分布については、陸上地形による風の収斂等の特殊な影響はないので、大型台風の通過に伴う北西方向からの強風による直接の吹き寄せ効果で発生している。これらの結果を総合すると、以下のようなことが言える。

- (1) 各漁港の最高潮位は全て台風 9119 号の接近・通過にともなって生じたものである。また、各推算ケースでの最大偏差は概ね台風 8712 号の接近・通過によって起こっており、台風 9119 号による高潮偏差は 2 番目に大きい。
- (2) 各漁港で最高潮位が 100 cm の前後まで上昇する推算ケースは、台風 9119 号の他には台風 9918 号および台風 0415 号となった。一方、最大偏差を示した台風 8712 号の高潮被害は少なかったが、これは台風来襲時の潮位が低かったためと考えられる。
- (3) 高潮防災対策として防波堤などの防御施設を検討

する場合には、住民の生活・避難などに対して最悪の浸水条件を想定した場合について防御施設が機能するように設計条件（沖波諸元、潮位条件など）を整備しておく必要がある。台風は陸上地形の影響を受けていることを十分認識して、精度の高い高潮、波浪の解析を実施し、高潮・高波に対する防災対策をブラッシュアップすることが求められる。

特に台風の場合には、台風、高潮、波浪は独立した現象では無く、これらを同時に考慮した解析が重要である。わが国に上陸する台風は陸上の地形や地物、海面水温の影響を常に受けており、これらの現象を忠実に再現できる気象モデルにより気圧場や風域場を解析することが重要である。このような観点から、従来の傾度風型の台風モデルで検討した高潮、高波の解析結果は再検討の余地

があるのではないと思われる。

4. 結 語

本研究では、山陰地方の海岸を対象として、大気・海洋結合モデルによる低気圧、台風で発生する高潮・高波の再解析を実施し、冬季の低気圧と台風とで高潮・高波にどの程度の差異があるのかを明確にした。

本調査の結果を要約すると、以下の通りである。

- (1) 低気圧による水位上昇は L7101 のケースでは 10 cm 以下であり、東シナ海側および山陰地方の漁港の外郭施設に大きな波浪被害をもたらした低気圧（L8702 および L8910）のケースの水位上昇量は 10 cm ～ 25 cm 程度であった。これに対して、台風の場合には 60 cm ～ 80 cm 程度の水位上昇量となった。
- (2) 全推算ケースに対して高潮偏差が最大となっているのは、いずれの地点でも台風 8712 号のケースであり、次に大きい偏差は台風 9119 号のケースであった。浸水被害が確認されている台風 0415 号の高潮偏差は最大でも 70 cm 程度であったが、この台風の場合には天文潮位 50 cm の満潮時と重なったために、広い範囲で浸水被害が発生したものと考えられる。
- (3) 高潮偏差が大きくなるのは、対馬海峡を通過して日本海に進入する場合であり、北上して大陸に抜ける場合（T0215）や対馬海峡を通過しない場合（T9918）は必ずしも最大偏差をもたらす結果にはならない。

以上の検討結果により、潮汐の小さい日本海沿岸域でも、満潮時に対馬海峡を通過する発達した台風にとまなう高潮を想定した設計潮位の見直しを行う必要がある事が指摘できる。

なお、本研究は、科学研究費基盤研究(B) (No. 183101128) の研究成果の一部として行った。

参 考 文 献

- 金 庚玉・山下隆男(2004): 大気・波浪・海洋結合モデルによる台風 9918 号の高潮・高波の追算, 海岸工学論文集, 第 51 巻, pp. 236-240.
- 山下隆男(2005): ハリケーン・カトリーナによるニューオーリンズの高潮災害, 土木学会誌, pp. 39-43.
- Janssen, P.A.E.M. (1991). Quasi-linear theory of wind wave generation applied to wave forecasting. J. Phys. Oceanogr., 21, pp. 1631-1642.
- Tolman, H.L. (2002): User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 2.22, MMAB.
- Tolman, H.L., and D.V. Chalikov (1996): Source terms in a third-generation wind-wave model, J. Phys. Oceanogr., 26, pp. 2497-2518.

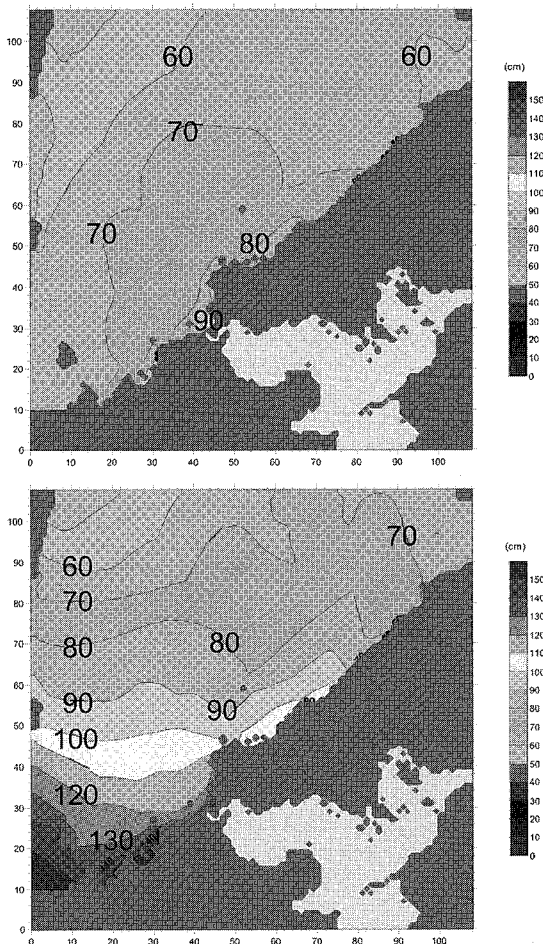


図-5 全推算ケースにおける最大偏差（上図）および最大潮位（下図）の分布図（unit: cm）