

日本海北部沿岸の異常気象時における 潮位特性について

西村 一夫*・田中 則男**・竹内 秀哲***

1. はしがき

一般に海面上昇には、天文潮要素の他に気象潮の要素がともなう。天文潮位の小さい日本海沿岸においては、この気象潮が天文潮よりはるかに大きくなる場合があり、したがって気象潮の解析がなされて初めて潮位予測が可能となる。

潮位は式(1)の形で示されるのが普通である。

$$\eta_0 = a \Delta p + b U^2 \cos \theta + C \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 η_0 : 潮位 (cm)

ΔP : 気圧偏差 (mb)

U : 風速 (m/s)

θ : 海岸線と風向のなす角度 (°)

C : 天文潮成分 (cm)

a, b : 定数

すなわち、気象潮偏差は気圧低下による海面の吸上げ量と、風の吹き寄せによる滞積水位量の和として表わされている。

しかし、日本海沿岸の気象潮位については、この形の推定式は実測値と一致せず、代って気象偏差と波高の相関関係が強い。これは、強烈な冬期風浪に見舞われるこの地域の気象潮の主因が、砕波による海水の滞積現象であることを示唆するものであろう。

砕波による海水の滞積については Longuet-Higgins と Stewart¹⁾ あるいは中村・白石および佐々木²⁾ などによる理論的あるいは実験的研究がなされている。本報告は、運輸省第一港湾建設局所管の日本海北部諸港の検潮記録に基づいて日本海沿岸の気象潮とその要因、特に砕波による滞積水位の特性を明らかにせんとしたものである。

2. 実測潮位と各気象要因の関係の一例

図-1 (a), (b) は福井港および酒田港における実測潮位 (η_0), 波高 ($H_{1/3}$), 風速 (U) および気圧 (p) の関係の一例を示すものである。図によると両港とも風速、波高および実測潮位の間には明らかな相関関係を見出すことができ、特に波高と潮位の相関関係が明瞭である。

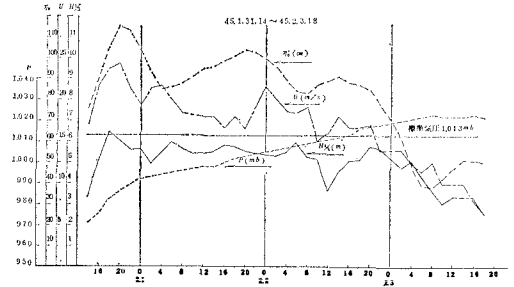


図-1 (a) 酒田港 潮位 (η_0), 波高 ($H_{1/3}$), 風速 (U), 気圧 (p) の関係

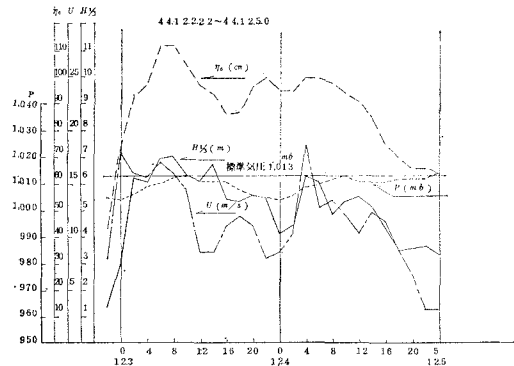


図-1 (b) 福井港 潮位 (η_0), 波高 ($H_{1/3}$), 風速 (U), 気圧 (p) の関係

これに反して気圧と潮位の相関は弱い。一般に低気圧が日本海沿岸を通過する時点には、大体陸風が強く、低気圧の中心が北緯約 40 度、東経約 140 度付近に達して初めて、日本海沿岸では海風が強くなり、波高が増大し、この時点においては、日本海沿岸での気圧偏差は小さく、むしろ高気圧圏に属している場合が多い。気圧と潮位の相関が弱いのはこのような気象特性によるものである。

3. 各港における潮位推算式

前節に示すところによって、日本海沿岸においては、気象潮偏差は波浪要因に支配されるところが大きいことが明らかである。このような砕波による滞積水位高については Longuet-Higgins と Stewart¹⁾ によって、次の式が示されている。

$$d\eta/dx = -Kdh/dx \dots \dots \dots (3)$$

ここに、 K は海底勾配や H/h などによって定まる係

* 正会員 運輸省第一港湾建設局新潟調査設計事務所長

** 正会員 同 次長

*** 正会員 同 調査課長

数で，規則波実験での結果では大体0.1程度である。

いま特定海岸については， K ＝一定と考えると式(3)は，

$$\eta = -K \int_{h_b}^0 dh = Kh_b \dots\dots\dots (4)$$

の形で積分され，碎波による滞水水位は碎波水深の関数として表わされるのが普通である。

しかしながら，現地観測結果を取り扱う場合，碎波水深ではいかにも取り扱い難く，碎波点以深の $H_{1/3}$ を考えると当然 $h_b=f(H_{1/3})$ であるから，潮位の一般式を式(1)に代えて，

$$\eta_0 = a \Delta p + bU^2 \cos \theta + dH_{1/3} + C \dots\dots\dots (5)$$

の形で表わした。ここに係数 a は静的な気圧差とともに移動性低気圧などの動的効果をも含んでいるが，前節において述べたごとく，日本海の気象特性として風，浪が激増して高潮位の生ずる状況は西高東低の気圧配置が安定した後であるので，静的な吸い上げ量のみを考えるとし， $a \div 1$ と仮定した。

しかして実測潮位から，気圧偏差による吸い上げ量 $\eta_p = \Delta p$ と天文潮成分 C を差し引いた偏差 η は，

$$\eta = bU^2 \cos \theta + dH_{1/3} \dots\dots\dots (6)$$

$$\eta/U^2 \cos \theta = dH_{1/3}/U^2 \cos \theta + b \dots\dots\dots (6')$$

と表わされる。

いま，酒田港，新潟東港，直江津港，福井港の4港について45年度冬の観測結果をもとに式(6)の形で整理すると図-2(a)，(b)のとおりととなる。ここに用いたデータの取得条件，検潮儀位置はおの表-1および図-3に示すとおりである。

図-2中の直線は，最小自乗法によって求めたもので，この結果各港の潮位推定式は次のとおりとなる。

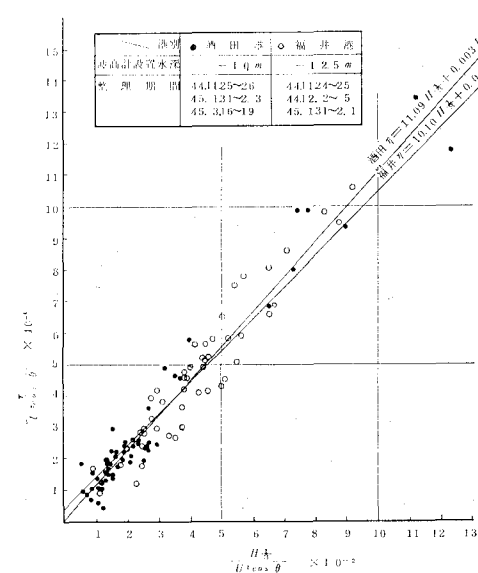


図-2(a) η と H_{1/3}, U の関係

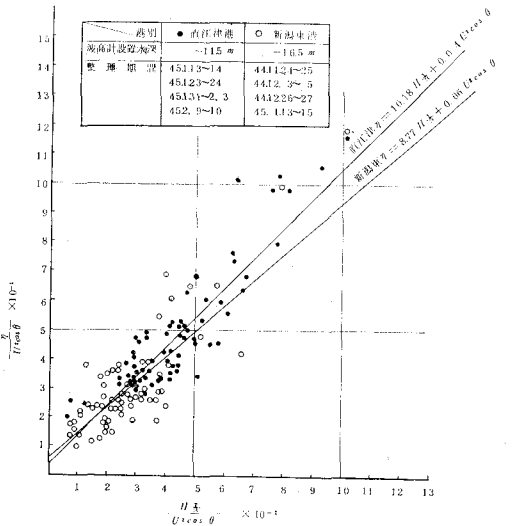


図-2(b) η と H_{1/3}, U の関係

表-1 観測値の取得条件

	風 速 (風向)	波 高	気 圧
酒 田 港	海面上 10 m に 換 算 θ=0 は W 方 向	水深 -10 m の実測値 値水圧式	酒田測候所の 観測資料
新潟東港	同 上 θ=0 は N 30° W 方 向	水深 -16.5 m の実測値 値水圧式	新潟気象台の 観測資料
直江津港	同 上 θ=0 は N 34° W 方 向	水深 -11.5 m の実測値 値水圧式	直江津測候所の 観測資料
福 井 港	同 上 θ=0 は W 方 向	水深 -12.5 m の実測値 値水圧式	福井気象台の 観測資料

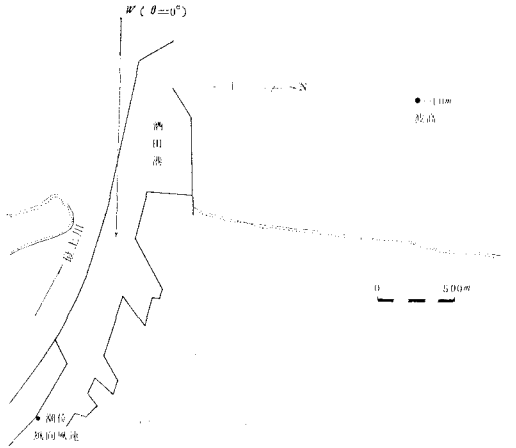


図-3(a)

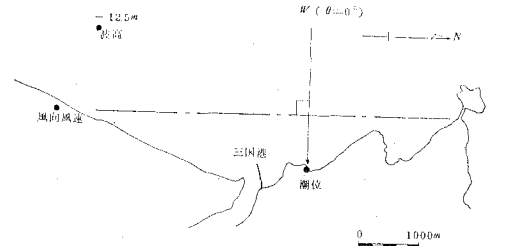


図-3(b)

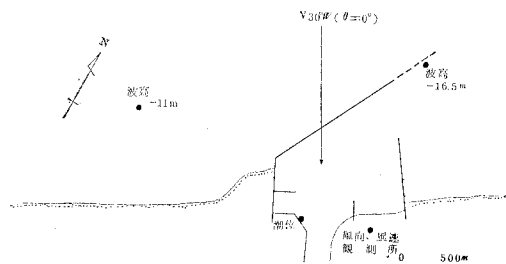


図-3 (c)

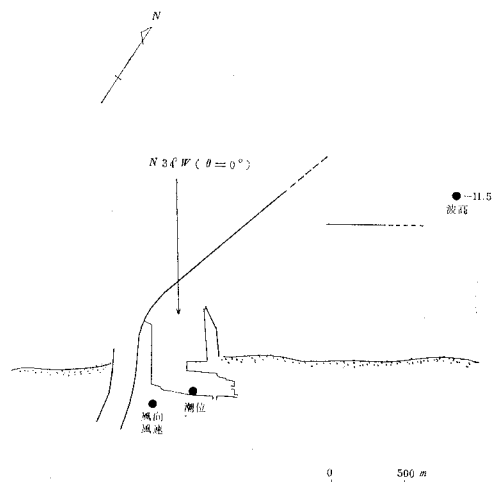


図-3 (d)

酒田港

$$\eta_0 = \pm 4p + 11.09 H_{1/3} + 0.003 U^2 \cos \theta \pm C$$

(ただし $\theta=0$ は W 方向) ……………(7)

新潟東港

$$\eta_0 = \pm 4p + 8.77 H_{1/3} + 0.06 U^2 \cos \theta \pm C$$

(ただし $\theta=0$ は N30°W 方向) ……………(8)

直江津港

$$\eta_0 = \pm 4p + 10.18 H_{1/3} + 0.04 U^2 \cos \theta \pm C$$

(ただし $\theta=0$ は N34°W 方向) ……………(9)

福井港

$$\eta_0 = \pm 4p + 10.10 H_{1/3} + 0.04 U^2 \cos \theta \pm C$$

(ただし $\theta=0$ は W 方向)……………(10)

これら諸式において明らかなように、気象潮に占める碎波による滞積効果は、風、気圧にくらべて大きく、大略碎波帯外の観測有義波高の 10% 程度の水位上昇となって表われている。一方、風の吹寄せの効果は、伊勢湾、大阪湾³⁾などの結果にくらべると一桁小さくなるのが特徴的である。これは日本海沿岸の場合は湾内にくらべて海底勾配が急で深部までの距離が短いため、吹寄せ効果が現れないものと考えられる。

4. 潮位推定公式の適応性

以上の式 (7)~(10) の適応性をチェックするために、

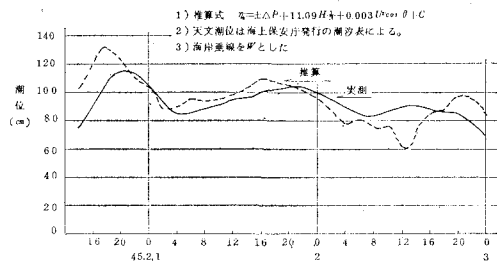


図-4 (a) 酒田港における実測潮位と推算潮位

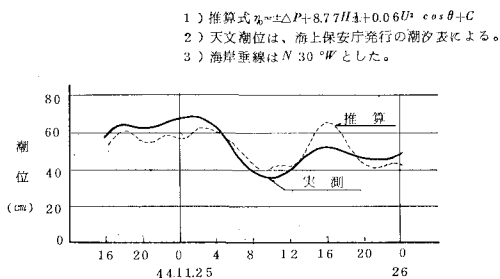


図-4 (b) 新潟東港における実測潮位と推算潮位

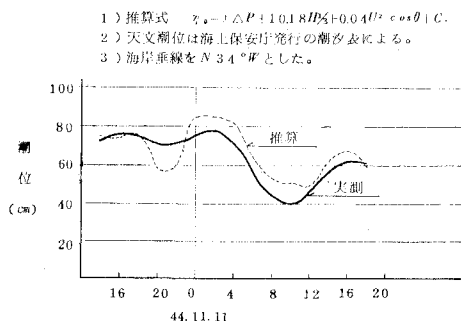


図-4 (c) 直江津港における実測潮位と推算潮位

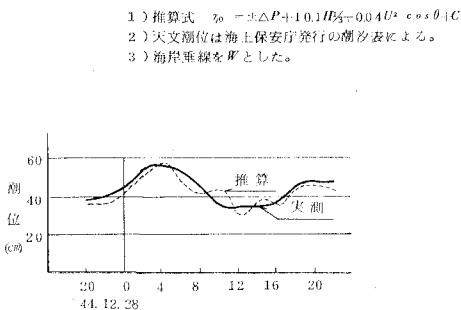


図-4 (d) 福井港における実測潮位と推算潮位

推算潮位と実測潮位を対比すると図-4のとおりである。図が示すごとく、多少の誤差はいないにしても推算、実測の両者は工学的観点からは十分一致しているものと考えている。

これらの推算式は検潮施設が設置できるという沿岸部の潮位を対象としたものであって、海岸護岸、堤防などの設計には十分使用に耐えるものであるが、汀線から

1~2 km 沖合いの防波堤などの設計にまで使用できると
いう確信はない。このような防波堤までを対象とするた
めには、水面勾配に関する考察が必要である。

5. あとがき

本報告は、第 17 回海岸工学講演会における報告⁴⁾と
ともに運輸省第一港湾建設局新潟調査設計事務所「昭和
45年冬期異常波浪について」昭和 45 年 3 月より抜粋し
たものである。

なお本稿のとりまとめにあたっては、港湾技術研究所
合田室長のご指導をいただいた。ここに謝辞を呈するし
だいである。

参 考 文 献

- 1) Longuet-Higgins, M.S. & Stewart, R.S. : Radiation stress and mass transport in gravity waves, with application to "Surf beat", Jour. Fluid Mech. Vol. 13, Pt. 4.
- 2) 中村 充・白石英彦・佐々木泰雄：砕波による水理特性，第 15 回海岸工学講演会集，1968 年。
- 3) 土木学会編：水理公式集講演（昭和 38 年度版），p. 563-564.
- 4) 西田俊策・田中則男：昭和 45 年冬期異常気象による海象と構造物の被害について，第 17 回海岸工学講演会論文集，1970 年。