

大阪大学 学生会員 ○乾 智一
 大阪大学大学院 正 会 員 青木伸一

1. 目的

三河湾では2009年10月の台風18号により、伊勢湾台風による高潮と同程度の潮位偏差（2.6m）が発生した。この台風の特徴は、長時間の強風連吹と急激な風向きの変化であり、これが大きな潮位偏差の要因であることが現地観測結果から推察されている（青木・加藤，2010）。その後も、2011年9月および2012年9月にも大型台風が三河湾近傍を通過あるいは直撃し、同様の強風が観測されたものの、2009年のような大きな潮位偏差は発生しなかった。図-1は、これら3つの台風来襲時に三河湾奥で観測した潮位変動から10時間以上の周期成分を除いたものを、最大潮位が発生した時刻を $t = 0$ として示したものである。また図-2および図-3には、平均風速と風向の時間変化を、同様に時刻を合わせて示している。これらの図から、3台風とも風向が東から西に変わった直後に高潮偏差がピークに達していることがわかる。また、西風は2011年が最も大きいにもかかわらず、高潮偏差は大きくない。2009年の台風18号の特徴としては、風向が変わる前の東風が非常に大きいことが挙げられる。本研究では、風向きの急激な反転および反転する前の風速の影響をみるために、簡単な数値モデルを用いて検討した。

2. 研究方法

図-4に示すように、両端固定の2次元水路（水深 $h = 10\text{m}$ ，長さ $l = 50\text{km}$ ）の水面に一樣なせん断力を作用させ、水位 η と水平流速 u の時間変化を線形長波の基礎式を差分法で解くことにより計算した。ただし、 $\Delta x = 1000\text{m}$ ， $\Delta z = 1.0\text{m}$ ， $\Delta t = 1000\text{s}$ とした。渦動粘性係数は一定で、 $K_x = 10(\text{m}^2/\text{s})$ 、 $K_z = 1.0 \times 10^{-3}(\text{m}^2/\text{s})$ 、風によるせん断力 τ_s は、 $\tau_s = C_{10}\rho_a U|U|$ （ $C_{10} = 1.0 \times 10^{-3}$ ， $\rho_a = 1.0\text{kg}/\text{m}^3$ ）で与えた。基礎式および条件式は以下の通りである。

$$\text{運動方程式} : \frac{\partial u}{\partial t} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + K_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + K_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

$$\text{連続方程式} : \frac{\partial \eta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^0 u dz$$

$$\text{水表面の条件} : \rho K_z \frac{\partial u}{\partial z} = \tau_s ; z = 0 \quad , \quad u = 0 ; z = -h$$

$$\text{水路端での条件} : u = 0 ; x = 0 , l$$

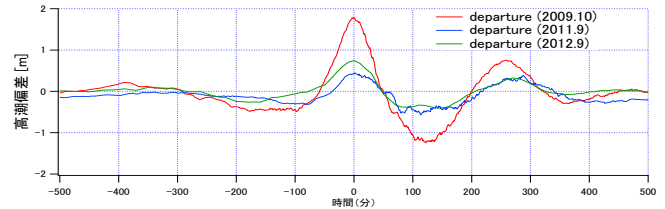


図-1 高潮偏差の時間変化

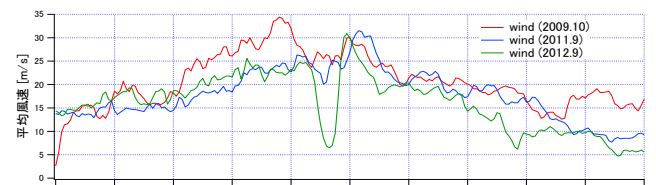


図-2 平均風速の時間変化

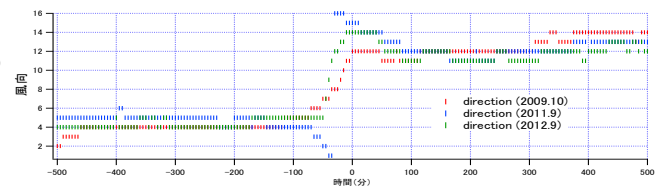


図3 風向の時間変化

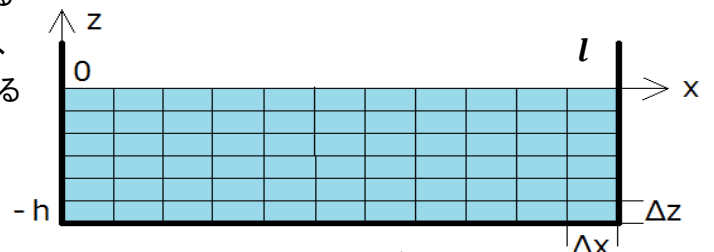


図-4 水槽モデル

4. シミュレーション結果

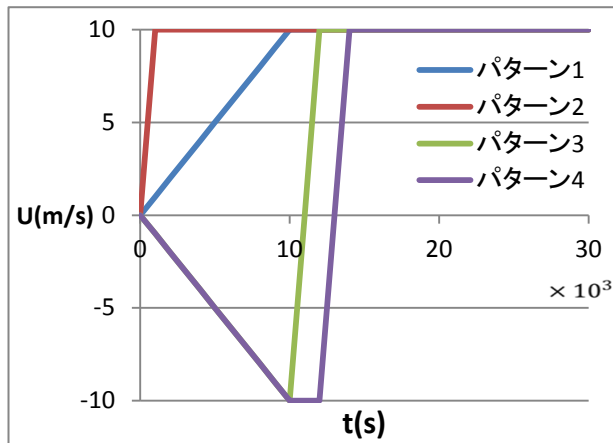


図-5 4つのパターンの風速の時間変化

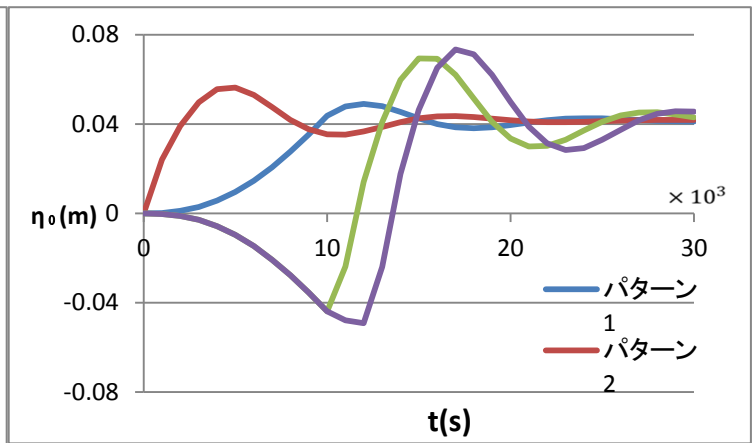


図-6 4つのパターンの η_0 の時間変化

図-5のように、4つのパターンで風を吹かせ、それぞれのパターンでの右壁での水位 η_0 の時間変化を計算した。ただし、風が x 軸の正方向に吹くとき、 $U > 0$ としている。計算結果を図6に示す。パターン1～3の結果から、風速の上昇スピードが速いほど η_0 は大きくなること、さらに x 軸の負方向に風が吹いている状態から風向が変わるパターンの方が η_0 は大きくなることがわかる。パターン4は、 $U = 10(\text{m/s})$ で定常状態に達してから η_0 は振動を開始する（この場合周期 12000 秒）ことに注目し、 $U = -10(\text{m/s})$ に達して振動を開始してから水位が最も低下した直後に風向を変えるパターンとした。パターン3、4の結果から、風向が反転する前の水位が低下するほど、反転後の水位上昇が大きくなることがわかる。

5. 三河湾の台風への適用

最後に、三河湾に来襲した3台風を、水路内の長波伝播として模擬的にシミュレーションした結果を示す。ここでは、それぞれの風速の時間変化を図-7のように設定した。風向は3台風とも1000秒間で反転し、風向が変わった直後の風速は3台風とも $U = 30(\text{m/s})$ と設定した。なお、2009年は風向が変わる前の東風を大きくし、2011年は風向が変わってからの西風を大きく設定した。 η_0 の時間変化の結果を図-8に示す。なお、正方向への風を西風としている。これより、3台風とも風向が変わった直後に水位がピークを示すことがわかるが、風向き反転後の風速は2011年の方が大きいにも関わらず、2009年の水位が高くなることがわかった。

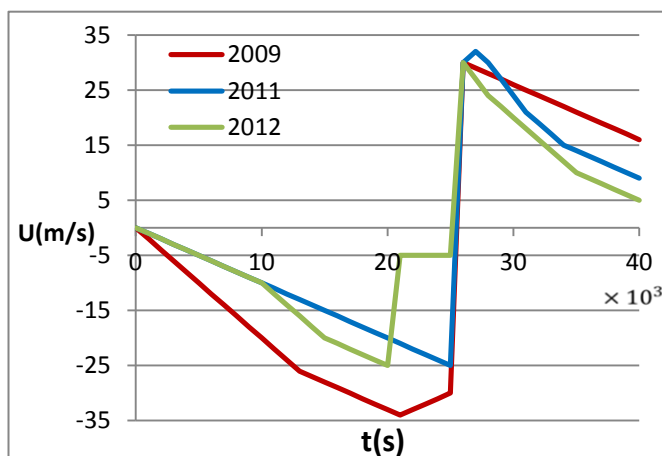


図-7 各年の風速の時間変化

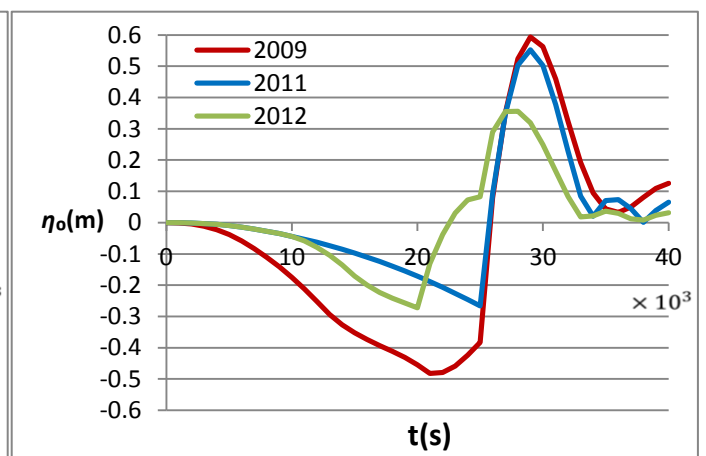


図-8 各年の η_0 の時間変化

参考文献

青木・加藤（2010）：台風 0918 号による三河湾の高潮について，土木学会論文集 B2, Vol. 66, No. 1