

気圧変動に伴う長周期波の推定式の提案

鹿児島大学工学部

学生会員 末次佑気

鹿児島大学大学院理工学研究科

学生会員 山下 啓

鹿児島大学大学院理工学研究科

正会員 柿沼太郎

1. 研究の背景及び目的: 湾水振動は、外洋より伝播した波列が湾内に入射し、長周期波成分が湾内で選択的に増幅されることによって発生する。ところで、こうした長周期波の一部は、外洋における海上の微気圧変動によって発生すると考えられている (e.g. Hibiya・Kajiura, 1982; 柿沼・柊田, 2011)。従って、各湾に入射する長周期波の周期や波高といった諸量を外洋における気圧変動場の情報によって予測することができれば、湾水振動による被害を早期に回避する一助となるであろう。そこで、気圧変動に起因する長周期波の波高及び波長の推定式を提案する。

2. 気圧変動に伴い生成する長周期波の波高及び波長の推定: 一様静水深が h である水域を対象とする。そして、モデル化された気圧変動により生成される長周期波の、波高及び波長を求めるための推定式を作成する。

まず、図-1 に示すような台形状の気圧分布が、初期時刻 $t=0$ s において、外洋に作用していると仮定する。これは、低気圧が作用している場合の気圧分布である。この初期時刻において、水面形 $z=\eta$ 及び気圧分布 p が定常状態であるとする。このとき、初期状態における低気圧下の水面形の一部は、図-2 (a) に示される形状を有する。ここで、低気圧の周囲よりも気圧が 1 hPa 低い場合、低気圧下で水面が 1 cm 上昇すると仮定している。すなわち、水面変動の初期状態は、領域 $x_0 \leq x < x_0 + D_p$ において、 $\eta = -P(x - x_0)/D_p/10,000$ (m)、領域 $x_0 + D_p \leq x < x_0 + D_p + L_p$ において、 $\eta = -P/10,000$ (m)、そして、 $x_0 + D_p + L_p \leq x < x_1$ において、 $\eta = P(x - x_0 - D_p - L_p)/D_p/10,000$ (m) である。ここで、 P は、水域に作用する最低気圧であり、また、高気圧が作用する場合には、最高気圧である。

次に、低気圧分布の線分 AB が x 軸の正の方向に移動する場合を考える。線分 AB の移動速度 C_p が浅水波の波速 C と等しい場合、長周期波の波高が最大となると考えられるため、ここでは、 $C_p = C$ と仮定する。時刻 $t = \Delta t$ における点 A 及び点 B の水平位置は、それぞれ、 $x = x_0 + \Delta L$ 及び $x_0 + D_p + \Delta L$ である。ここで、 $\Delta L = C_p \Delta t$ である。この Δt の時間内に、図-2 (a) において黄色の枠線で囲まれた、低気圧によって吸い上げられていた水塊 S_0 が、気圧の拘束から解放される。ところで、水塊 S_0 は、図-2 (b) に示すように、柱状の水塊の集合体と考えられる。また、これらすべての柱状の水塊が同時に解放されて生成される波と、図-2 (c) に示す台形状の水塊 S_1 が解放されて生成される波は、同一である。ここで、水塊 S_1 の上底及び下底の長さは、それぞれ、 $L_0 = D_p - \Delta L$ 及び $L_1 = D_p + \Delta L$ であり、 S_1 の高さは、 $a = -P\Delta L/D_p/10,000$ (m) である。従って、線分 AB の移動により、波長及び波高が、それぞれ、 L_1 及び $a/2$ である長周期波が、 x 軸の正及び負の方向に分離して伝播することになる。そして、分離した波の水深波長比が、 $h/L_1 \ll 1$ である場合、波速は、浅水波の波速に一致する。また、時間 $t = \Delta t \sim 2\Delta t$ においても、同様の現象が生じる。従って、 $C_p = C$ である場合、 $t = 2\Delta t$ において解放される、 x 軸の正の方向に伝播する長周期波は、時刻 $t = \Delta t$ において分離した、 x 軸の正の方向に伝播している長周期波と重合する。そのため、 $t = 2\Delta t$ において、 x 軸の正の方向に伝播する長周期波の波長及び波高は、それぞれ、 L_1 及び $(a/2) \times 2$ となる。すなわち、生成される長周期波は、図-2 (c) に示した水面形から分離する長周期波の線形重ね合わせによって表わすことができる。

以上より、線分 AB が、対象水域の浅水波と等しい速度で移動する場合、気圧変動によって生じる長周期波の波高 H の推定式は、 $H = aK/2 = (-PL_p/D_p)/20,000$ (m)、 $K = L_p/\Delta L$ となる。ここで、 L_p は、線分 AB の移動距離である。また、 $\Delta t \rightarrow 0$ において、 $L_0 = L_1 \rightarrow D_p$ となる。従って、生成する長周期波の波長 λ は、 $\lambda = D_p$ と推定され、これは、矩形形状の長周期波が生成されることを意味している。他方、気圧変動の定点観測によって得られる気圧回復速度 $r_p = \partial p / \partial t = -PC_p/D_p$ (Pa/s) をパラメタとして用いる場合には、波高の推定式が $H = (r_p L_p / C_p) / 20,000$ (m) となる。これらの推定式は、初期状態の気圧場が高気圧である場合にも対応している。更に、気圧場の移動速度が浅水波の波速と一致しない場合や、浅水波の波速が空間的に変化する場合も、図-2 (c) に示した水面形から分離する長周期波の

