る處となり、其の發達移動の如何に依つて本邦の氣候に影響を及ぼして來るからであつて、而かも此等高壓部の移動盛衰は又館野上層五籽風速とも關係深き處よりして結局其は一般大氣環流系の變遷が直接本邦の氣候を左右する有力なる一因子たる事を疑はないのである。而して其の根源は太陽黑點其の他の原因に依り地球上に到達する太陽輻射熱量の異狀にあるものと考へられる。

尙著者は是の問題を一層究明せんが爲め他日機を得て本邦以外の地方に就いて同様の調査を試み度い考へのある事を豫告して本稿を閉づる事にする。

昭和七年二月二十八日

水の波動に及ぼす空氣層の影響

The Effect of Air on Water Waves.

by H. Arakawa.

荒川 秀 俊

Basset, Lamb 其他の人々によつて粘性をこめた水の波動の問題が取扱はれて居り、又一面に於て理想流體の二層が存在するとき起る波動を論じたのも可なり多く見受け

る。こゝに著者は空氣と水とを共に粘性をもつものとし、實際の値を入れて近似計算を實行して見た。

著者の前論文「唸り式微壓變化」(本誌第二輯第九卷第十號所載)に於て論じたのは結局理想流體の場合で、渦動度の不變性、不連續面における壓力の連續性などは理想流體において正しく成立する。

今二軸を眞下にむけてとり、その原點を水の層の底部(即ち大地と接したる部分)に擇び、問題を二次元的のものに限り、波の傳播方向に x 軸をとる。いま一般に x 軸及 y 軸の方向の速度分素を u, w とし、 ρ は密度、 v は運動學的粘性係數、 p は壓力を夫々表すものとすれば

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right),$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + v \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right),$$

なる運動の方程式と

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

なる連續の式とが成立する。こゝで

$$u = -\frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial \lambda}{\partial z}, \quad w = -\frac{\partial \varphi}{\partial z} - \frac{\partial \lambda}{\partial x},$$

と置く

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0, \quad \frac{\partial \lambda}{\partial t} = v \left(\frac{\partial^2 \lambda}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial z^2} \right),$$

及
$$\frac{p}{\rho} = \frac{\partial \phi}{\partial t} + gz.$$

振動に適する解を求むるために ϕ 及 A が x と t とを e^{imx+kt} なる形の因子をもつものと考えへる。こゝに m は波長 λ との間に

$$m = \frac{2\pi}{\lambda}$$

なる関係をもち、 k は復素量でその實部は必ず負であるもの、即ち運動は時と共に減衰するもののみが問題に適合することは言ふを俟つまい。

いま下層の水(之に關聯する量は凡て指標 1 を付す)が深さをもつものとし、底部で w は常に消失すべきことを考へに入れてポテンシャルを求めると

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= a_1 \cosh mz \cdot e^{imx+kt}, \\ A_1 &= id_1 \sinh \alpha_1 z \cdot e^{imx+kt},\end{aligned}$$

$$\text{こゝに} \quad \alpha_1^2 = m^2 + \frac{k}{\rho_1}$$

となる。上層の空氣(之に關聯する量は凡て指標 2 を付す)は z の負の方向に無限に擴れるものと考えへて

$$\begin{aligned}\varphi_2 &= a_2 e^{m_2 z} \cdot e^{imx+kt}, \\ A_2 &= c_2 e^{\alpha_2 z} \cdot e^{imx+kt},\end{aligned}$$

$$\text{こゝに} \quad \alpha_2^2 = m_2^2 + \frac{k}{\rho_2}$$

を得る。依て速度分素は

$$\begin{aligned}u_1 &= (-im a_1 \cosh mz + i \alpha_1 d_1 \cosh \alpha_1 z) e^{imx+kt} \\ u_2 &= (-m a_2 \sinh m_2 z + m d_2 \sinh \alpha_2 z) e^{imx+kt}\end{aligned}$$

及び

$$\begin{aligned}u_2 &= (-im a_2 e^{m_2 z} + i \alpha_2 d_2 e^{\alpha_2 z}) e^{imx+kt} \\ w_2 &= (-m a_2 e^{m_2 z} + \eta d_2 e^{\alpha_2 z}) e^{imx+kt}\end{aligned}$$

となる。

境界面(一)(二)における條件は變位及び歪力が双方の媒質について連續なることであらねばならない。まづ x 及 z 方向の變位が夫々連續なることを言ひ表はせば、

$$\begin{aligned}m a_1 \cosh mh - \alpha_1 d_1 \cosh \alpha_1 h &= m a_2 e^{-mh} - \alpha_2 d_2 e^{-\alpha_2 h} \\ \text{及び} \quad a_1 \sinh mh - d_1 \sinh \alpha_1 h &= -a_2 e^{-mh} + d_2 e^{-\alpha_2 h}\end{aligned} \quad (1)$$

となる。

今境界面におけるエレベーションを η で表はせば

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = (w)_z = -h$$

とあいて先づ差支ない。依て

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{m}{k} (a_1 \sinh mh - d_1 \sinh \alpha_1 h) e^{imx+kt} \\ &= \frac{\eta_2}{k} (-a_2 e^{-mh} + c_2 e^{-\alpha_2 h}) e^{imx+kt}.\end{aligned}$$

いま不連續面における双方の壓力を求めれば夫々

$$p_1 = p_2 \left\{ \left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial t} \right)_{z=-h} + g \eta \right\}$$

$$\begin{aligned}
 &= p_1 \left\{ k a_1 \cosh m h + \frac{g m^2}{k} (a_1 \sinh m h - d_1 \sinh \alpha_1 h) \right\} e^{i m x + t}, \\
 p_2 &= p_2 \left\{ \left(\frac{\partial p_2}{\partial t} \right)_{2a-h} + g \eta \right\} \\
 &= p_2 \left\{ k a_2 e^{-m h} + \frac{g m^2}{k} (-a_2 e^{-m h} + c_2 e^{-\alpha_2 h}) \right\} e^{i m x + t}.
 \end{aligned}$$

法線及切線至力が不連続面で連続なることを言ひ表はせば、

$$\begin{aligned}
 &- p_1 \left\{ k a_1 \cosh m h + \frac{g m^2}{k} (a_1 \sinh m h - d_1 \sinh \alpha_1 h) \right\} \\
 &+ 2 \mu_1 (-m^2 a_1 \cosh m h + m \alpha_1 d_1 \cosh \alpha_1 h) \\
 &= - p_2 \left\{ k a_2 e^{-m h} + \frac{g m^2}{k} (-a_2 e^{-m h} + c_2 e^{-\alpha_2 h}) \right\} \\
 &+ 2 \mu_2 (m^2 a_2 e^{-m h} + m \alpha_2 c_2 e^{-\alpha_2 h}), \quad (3) \\
 u_1 \{ 2 m^2 a_1 \sin m h - (m^2 + \alpha_1^2) d_1 \sinh \alpha_1 h \} \\
 &= - \mu_1 \{ 2 m^2 a_2 e^{-m h} - (m^2 + \alpha_2^2) c_2 e^{-\alpha_2 h} \}. \quad (4)
 \end{aligned}$$

a_1, d_1, a_2, c_2 の四つの常數を (1) (2) (3) (4) の四式から消去し

m $\tanh m h$	$-\alpha_1$ $-\tanh \alpha_1 h$	m -1	$-\alpha_2$ 1	$=0$ 	(5)
$-\rho_1 k - \frac{\rho_1 g m^2}{k} \tanh m h - 2 \mu_1 m^2$	$\frac{\rho_1 g m^2}{k} \tanh \alpha_1 h + 2 \mu_1 m \alpha_1$	$-\rho_1 k + \frac{\rho_1 g m^2}{k} - 2 \mu_1 m^2$	$-\frac{\rho_1 g m^2}{k} + 2 \mu_1 m \alpha_2$		
$2 \mu_1 m^2 \tanh m h$	$-\mu_1 (m^2 + \alpha_1^2) \tanh \alpha_1 h$	$-2 \mu_2 m^2$	$\mu_2 (m^2 + \alpha_2^2)$		

しかるに

$$\alpha_1 = \sqrt{m^2 + \frac{k}{v_1}}, \quad \alpha_2 = \sqrt{m^2 + \frac{k}{v_2}},$$

であるから、(5)の方程式は k を決定するものであることがわかる。

水の場合 v_1 は小であり、従て α_1 は大であるから

$$\alpha_1 \approx \sqrt{\frac{k}{v_1}}, \quad \tanh \alpha_1 h \approx 1$$

とあつても、波長に比して深さが餘り小でない限り許し得られよう。さき零度一氣壓の下では $C \cdot G \cdot S$ 単位を用ひると

$$\begin{aligned}
 \mu_1 &= 0.01793, & \mu_2 &= 0.000171, \\
 \rho_1 &= 1, & \rho_2 &= 0.001293, \\
 v_1 &= 0.01793, & v_2 &= 0.13
 \end{aligned}$$

であるから、之を考に入れて(5)の重要な項だけを残してあくと、

$$(k^2 + gm \tanh ml) \left[\rho_1 \left(\sqrt{m^2 + \frac{k}{v_2}} - m \right) + \rho_2 \sqrt{\frac{k}{v_1}} \right] + 4m^2 v_1 \rho_1 \left(\sqrt{m^2 + \frac{k}{v_2}} - m \right) k = 0.$$

この根は大體深さ h の單一層の水があるとしたときの週期及ダンピングを決める方程式

$$k^2 + 4m^2 v_1 k + gm \tanh ml = 0$$

の根と相去ること遠からざることを知る。依て波の傳播速度及ダンピングは水の單一層があると見做して解いたときと殆んど變りないものであることがわかる。

報 告

昭和六年十二月二十五日に伊豆地方に起つた龍卷

Tornado occured in the District of Idu on Dec. 29, 1931. by M. Kawano, G. Takata and S. Kitazawa.

川 野 昌 美
高 田 玄 吾
北 澤 貞 雄

一、昭和六年十二月二十五日の十三時十分には三島支臺から南々東の方向に龍卷を觀測した、之は十三時十八分に消滅したが其後間もなく十三時二十二分に今度は西南西の方向に又別の龍卷を觀測した、之は十三時二十七分に消滅した前のは陸上に起つた龍卷で長崎村から起り南々東に進行して葦山村で終つたもので兩村共多少の被害があつた、之の龍卷に就ては數人の目撃者から當時の様子を聞く事が出来たが後の駿河灣の海上に起つた物らしく被害の報告や目撃者の話等は得られなかつた、以下右の龍卷に就て調査した結果を御報告したいと思ふ。

二、長崎、葦山村方面の龍卷

當時の空模様は黒い積亂雲の底が三島上空を一面に覆ふて居りそれが東は箱根山の上方に南は葦山方面に西は駿河灣迄延びて居つたと考へられる、高さは目測で凡そ千三四百米位と思はれた、風向は北乃至北々東で頭上の雲は動かなくつた。

十三時十分發見以來下垂部は殆んど垂直であつた、これは三島から即ち略南北の方向に見た様子であるが東西の方向から見ただけなら傾斜して居たかも知れない、始め見た時は上下運動は認められず、正の向きに廻轉してゐる様に思はれた、暫らくして下垂部が少し縮んで且太くなり(第1圖)