ただし λ は一般に複素常數で、 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$ 及 $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$ 等は夫々 $A, B, C, D, \dots$ の諸點に於ける圖示せるが如き量である。角度は時計と反對方向に測つたものを正とする。前と同じく z_0 點に Γ があり、且境界に沿ひ無限遠點での強さ v_{∞} のポテンシャル流がある時の複素ポテンシャルは、 z_0 面に對應する點 ξ_0 に渦 Γ があり、且境界 α 軸に沿ひ強さ v_{∞} の一樣な流れがある時の複素ポテンシャル

$$\chi = -v_{\infty} \xi + \frac{\Gamma}{2\pi i} \log \frac{\xi - \xi_0}{\xi - \xi_0} \dots \dots \dots (5)$$

から(4)の關係を使つて導かれる。 ξ_0 は ξ_0 の共軛數である。空氣の及ぼす壓力は

$$P_z - i P_y = \frac{i\rho}{2} \phi \left(\frac{d\chi}{dz} \right)^2 dz = \frac{i\rho}{2} \phi \left(\frac{d\chi}{d\xi} \right)^2 d\xi \dots (6)$$

再び次の如き展開を試みる。

$$\frac{d\chi}{d\xi} = \alpha_0 + i\beta_0 + \frac{\alpha_{-1} + i\beta_{-1}}{\xi - \xi_0} + (\alpha_1 + i\beta_1)(\xi - \xi_0)$$

$$+ (\alpha_2 + i\beta_2)(\xi - \xi_0)^2 + \dots \dots \dots (7)$$

及
$$\frac{d\xi}{dz} = a_0 + ib_0 + (a_1 + ib_1)(z - z_0)$$

$$+ (a_2 + ib_2)(z - z_0)^2 + \dots \dots \dots (8)$$

此等を(6)式に入れて積分を行ふ。(5)及(7)の比較により β_1 及 α_{-1} の消える事を知る故に

$$P_z = \pi\rho(2b_0\alpha_0 + a_1\beta_{-1})\beta_{-1}, P_y = \pi\rho(2a_0\alpha_0 - b_1\beta_{-1})\beta_{-1} \left. \begin{matrix} P_x = \frac{2a_0\alpha_0 - b_1\beta_{-1}}{2b_0\alpha_0 + a_1\beta_{-1}} \end{matrix} \right\} \dots (9)$$

此場合にも、合成壓力の傾斜は渦の強さ β_{-1} が小さいから大體 $\frac{a_0}{b_0}$ に等しく、従つてポテンシャル流の流れ線に垂直に働くと見て差支あるまい。多重連絡の領域に於ける渦の運動の問題として後日更に嚴密に検討する事にする。

一般には(4)は積分が困難で z 平面と ξ 平面との對應を求める事は難しいが、合成壓力(9)は常に計算可能である。色々な地形に對して以上の原理を應用して見る事は興味深い事と思ふが、こゝには著者が行つた一例(航空研究所彙報八月號)を引用するに止める。(昭和七年七月十五日氣象學會月次會にて發表)。

潮流或は海流に依る灣内の副振動の可能性 (序報)

(中央氣象臺彙報)

中野猿人

Possibility of Excitation of Secondary Undulations in Bays by Tidal or Oceanic Currents.

By M. Nakano.

一、一端の閉じた管の開端或は瓶の口に横の方から空氣を吹き付けると或高さの音を發する、此れは最も普通に目撃せられる現象であるが、灣内に副振動の惹き起される有様が共鳴器 (Acoustic resonator) の中に空氣の振動の惹き起される有様と甚だ良く類似して居る點を考ふれば、此れと全く同一の現象が液體の場合にも起り得ると想像せられる。即ち灣口近く灣に直角に潮流或は海流が流れるとき、此れが灣内に副振動を惹き起す一の原因となり得ると考へられるのである。

三十年前長岡博士は黒潮が本邦沿岸の驗潮儀にて觀測し得べき長波 (Long waves) を起す原因となり得ることを提唱せられたのであるが、一九〇三年から一九〇六年に互つて本邦諸港灣の副振動が本多博士、寺田博士其他に依つて研究調査せられるに及んで如上の考を實證する興味ある事實が見出された⁽¹⁾。此の好個の實例は鳴門海峡の場合である。

鳴門海峡は播磨灘の側と太平洋側とで互に潮汐干満の位相が正反對になつて居るため、古來其の潮流の急なることと強大な渦卷を生ずることを以て有名であるが潮流が此の海峡を流れるとき其の近傍の場所に規則正しい副振動が生ずることが見出されたのである。

第一圖 鳴門海峡

二、第一圖は鳴門海峡の圖で第二圖は『副振動調査報告』に載せられた該海峡潮位に於ける海面の昇降曲線で

ある。第二圖を見れば潮流が次第に其の速度を増加するに

第二圖 鳴門潮壚の副振動 Aug. 24, 1906

第三圖 鳴門潮壚の昇降曲線 Aug. 20-21, 1906

伴れて約15分の週期を有する規則正しい振動が次第に著しく現はれ、遂に最大振幅150厘に及び、潮流の速度が減少するに伴れて次第に其の振幅を減小して行つて居ることが分る。第三圖は同じく潮壚に於ける潮候曲線であるが許多のジグザクのある部分は即ち斯かる振動を示すものである。

三、扱て潮壚で観測せられた15分と言ふ週期は如何なる振動の週期であるかを考へて見やう。

第一圖を見て自づと考へられる事は、(イ)孫埼(M)と思埼(O)とを結ぶ線を上下運動の節とするMAO灣の振動が潮壚(S)で観測されたのか、或は(ロ)M、Bを結ぶ線を上下運動の節とするMSB灣の振動を観測したものであるか、或は(ハ)Mと裸島の東端(H)を結ぶ線を上下運動の節とするMSH灣の振動を観測したものであるか、此の三通りのものが考へられる。今此れら三種の振動の週期の略値を所謂 Merian の公式

$$T = \frac{4L}{\sqrt{gh}} \quad L \text{ は灣ノ長さ } h \text{ は平均ノ水深}$$

を用ひて計算すれば次の如くである。

(イ) MO を節とする MAO 灣の振動。

此の場合に $L=1467$ 米 $h=34$ 米従つて $T=5.4$ 分

(ロ) MB を節とする MSB 灣の振動。

此の場合 $L=73$ 米 $h=1.5$ 米 従つて $T=1.3$ 分

(ハ) MH を節とする MSH 灣の振動。

此の場合 $L=180$ 米 $h=3.0$ 米 従つて $T=2.2$ 分

此れに依つて見れば(イ)は實際に觀測された週期(2.5分)に比べて餘り大であり(ロ)は餘り小さ過ぎるが(ハ)は略々此れと等しいことが分る。故に吾々は(ハ)分の週期を有つ振動は(ハ)に相當する振動であると思倣して差問へあるまいと思ふ。換言すれば潮流が該海峡を流れるとき MSH 灣には略々 MH を上下運動の節とする振動が起ると考へることが最も穩當であると思ふのである。

四、然らば潮流或は海流に依つて何故に斯かる規則正しい振動が永く現はれるか、次に此れを少しく考へやうと思ふ。

元來流れ (Jet) が狭い所から急に廣い場所に流れ出る場合には流れの縁邊に渦卷を生ずることは好く知られた事實であるが、此の渦卷の生じ方 (Configuration) に二通り考へられる。即ち第一は對稱的に配列する生じ方で第二は非對稱的に、換言すれば兩側に交互に配列する生じ方である。渦卷の卷き方は何れの場合に於ても流れの縁邊の右側に生ずるものは右旋りで左側に生ずるものは左旋りである。

一九一三年 L. Prandtl⁹⁾ は第一の配列は不安定で第二

の配列が安定であることを實驗的に證明した。Th. v. Kármán¹⁰⁾ は數學的の立場から矢張り前者は不安定で後者が安定であることを證明した。

渦卷の安定な配列が斯く非對稱的であるため、流れの流線 (Stream lines) は略第四圖に示す如くである¹¹⁾。換言すれば流れは週期的に揺動 (Swing) することが分るのである。而して此の揺動の週期は流れの一侧に渦卷の發生する週期と同一であることは容易に理會せられるであらう。今渦卷の移動する速度を v とし流れの一侧に配列する渦卷の間の距離を l とすれば流れの揺動する週期、換言すれば其の振動數 N は

$$Nl = v$$

次式で與へられる¹²⁾。即ち

第四圖

扱て渦卷と言ふ振動系と、灣と言ふ振動系は言はば一個の共振系 (coupled system) を形成して居ると見倣すことが出来るから、若し流れの速さが適當であつて其の揺動の週期即ち $1/v$ が灣の固有振動週期換言すれば Merian の公式 $T = \frac{4L}{\sqrt{gh}}$ で與へられる週期と一致する場合には、共振の結果灣内には

規則正しい振動が続いて烈しく起ることが分るのである。

五、潮流或は海流に依つて灣内に副振動の起る機構は略々前節に概説した通りであるが一つ附け加へて申し述べ度い事は、實際潮流或は海流の速さが副振動に由る灣口の水平の出入速度に比して餘り小さくしては斯かる現象はあまり考へられない、少くとも同じ程度の大さでなくてはならない、故に此の點を少しく吟味して見る必要のある事である。

今 u を以て副振動に由る灣口の水の出入速度とし、 S を灣の面積、 b を灣口の幅、 h を平均の深さ、 ω を灣の奥での水面の昇降の高さ、 T を副振動の週期とすれば、副振動によつて $T/4$ の間に灣口を出入する水の量は $bhu \left(\frac{T}{4} \right)$ である。但て通常灣内に起る副振動は灣口を上下運動の節線とし灣の奥を腹とするもので、大體の大きさの程度のみが問題である現在の場合では、灣内の水面の上昇又は下降に依る水量の増減は $\left(\frac{\omega}{2} \right) S$ と置くことが出来る。仍つて

$$bhu \cdot \left(\frac{T}{4} \right) = \left(\frac{\omega}{2} \right) S$$

従つて

$$u = \frac{2\omega S}{b h T}$$

となるのである。

b, h, S は灣に固有のもので一定の既知量である。と、 T も亦觀測から分る量である。今通常の天候で觀測したと、 T の値を用ひて數個の灣の u の略値を計算すれば次の表の如くである。

灣名	(u 米/時)
小樽	34.2
濱中	84.6
函館	68.8
敦賀	34.9
外ノ浦	55.1
兩石	81.0
大船渡	347.8
鮎川	90.4
東京	72.0
油壺	96.5
下田	26.3
串本	283.7
潮憩	518.4
細島	52.6
鹿兒島	36.0
長崎	46.5
二小笠原	132.8

即ち u の値は大凡毎時數十米から數百米程度である。

然らば一方潮流或は海流の速さは何の位かと言ふに、先づ潮流に就いて言へば(季節により月齡により多少の違ひはあるが)鳴門海峡では流速10節(約18500米/時)以上には達することが屢々ある。下關の早瀬瀬戸でも8節(約1500米/時)に達することが稀ではなう。2節乃至4節(約3700米/時)乃至7400米(時)程度の潮流は來島海峡、友ヶ島水道、明石瀬戸等方々で見られるのである。此れ等潮流の速度は前記 u の値に比べて何れも非常に大きいことが分る。

次に海流に就いて一言すれば、黒潮は其の最も有勢な部分たる四國沖から紀州沖にかけては通常3節(約5500米/時)位で時には7.5節(約13900米/時)に達すること

がある。對島海流は通常一晝夜 30 哩乃至 80 哩程度であるが對島海峡では 40 哩(約 3000 米 $\frac{1}{3}$)、津輕海峡では 70 哩(約 5400 米 $\frac{1}{3}$)に達することがある。千島近海で一日數哩の程度の親潮も次第に南下するに伴れて流速を増し本州東岸附近に達する頃には約 2300 米 $\frac{1}{3}$ の速さになるのである。此れ等も亦前記の値に比して遙かに大であることが分る。斯くして吾々は潮流或は海流に依る副振動が非常に可能なことが此の點からも首肯し得られることと思ふのである。(昭和七、八、一〇、中央氣象臺)。

文獻並に註

- (1) An Investigation on The Secondary Undulations of Oceanic Tides, Journ. Coll. of Sc. Tokyo, 24 (1908).
- (2) 此の事は既に本多博士、寺田博士其他に依つて指摘せられた事である(前記論文の四〇頁參照)
- (3) 裸島の東岸には岩礁が長く海に突出して居る。H は此の尖端を採つた
- (4) L. Prandtl, Hnadwörterb. d. Naturwiss. Bd. III. "Flüssigkeitsbewegung," Jena, 1913.
- (5) Th. v. Kármán, Göttinger Nachr. 1911, S. 509; 1912, S. 547.
- (6) 此れに關する詳しい事を知り度う人は左記の著書を參照せられ度う。
Kaufmann, Hydrodynamik, "Kármánsche Wirbelstrasse",
Wien-Harns, Handb. d. Exp. Phys. Bd. IV, Teil I, "Kármánsche Wirbelstrasse."
- (7) Geiger-Scheel, Handb. d. Physik, Akustik, S. 271.
- (8) ξ, η の値は前出の論文(7)の觀測材料に據り、最も良く現れる副振動について測つたものである。

米作と氣象 (第三報)

(中央氣象臺彙報)

伊 東 四 郎

Relation between the Yield of Rice-crop and the Meteorological Elements. (Part III). By S. Ito.

一、最近二十ヶ年間の米反當收量平年値調査 先に第一報及び第二報に於て調査報告した期間は、大正九年乃至昭和五年の十一ヶ年間のものであつたが、今回は期間を大正元年乃至昭和六年の二十ヶ年にとり、この間の全國各府縣及十分類區の米反當收量に就て調査し、前回と同様に各區に就てその平年値を決定する爲、最小自乗法により二十ヶ年の平均直線を計算した。その計算式は次の如くである。但し x は大正元年を 1 とする所要年までの年數をあらはし、 y は反當收量(單位升)を示す。

全 國…………… $y = 0.6x + 178$

北海道…………… $y = 1.129x + 133.47$

東北區…………… $y = 0.956x + 172.96$

關東區…………… $y = 0.836x + 154.76$

北陸區…………… $y = -0.105x + 198.31$