

脈動の研究 (第3報)

坂 田 勝 茂

§ 1. は し が き

本報に於ては通常週期脈動の振幅及び週期に關する二三の調査、及び短週期脈動に就て述べる。即ち筆者は既に氣象要素に因る脈動振幅の消長に就て述べたのであるが、更に進んで他との關係を調査し、之と併せて大阪に於て特別に發生する週期 2 秒前後の脈動即ち短週期脈動に就て述べる。

§ 2. 大阪、潮岬、豊岡に於ける脈動振幅

大阪の他に潮岬及豊岡に於て昭和 11 年 10 月より昭和 12 年 3 月迄の間の振幅を調査した。その結果は第 1 報、第 1 圖に示してある。三者間に於ける振幅の關係は大體に於て平行してゐる。大阪にて振幅が 10μ 程度になると潮岬にて現れ始め、豊岡にて出現するのは多く夫以上の場合である。併し三者間には互ひに發現時のづれがある。

先づ脈動の起因別に大阪に對する潮岬及び豊岡の脈動振幅比を求めた。各起因に於て夫々對應時に於ける振幅比の平均値を求め、更に起因を颱風 (T)、颶風 (C)、季節風 (M)、不連続線 (D)、局所的低氣壓 (LC)、の 5 種に分類して第 1 表に掲載した。調査期間中の全平均は潮岬は大阪の 8.7% で豊岡は 4.8% 程度である。大阪に對する潮岬の振幅比は颱風の場合が最大で局所的低氣壓、不連続線、颶風の順で之に亞ぎ、最小は季節風の場合である。之に反して豊岡にては最大が季節風の場合で、颶風、不連続線、局所的低氣壓の順で、最小は颱風の時である。即ち順位は全て潮岬の場合の逆である。

颱風の場合に潮岬にて振幅が大きく豊岡に於て小さいのは脈動勵起の原因が太平洋側に存在する爲であつて、逆に季節風の場合に脈動の勵起されるのは北西風に因る日本海の波浪であつて、之が日本海々岸に衝突する爲に振幅比が潮

(1) 筆者：脈動の研究 (第 1 報)、海と空、第 18 卷、第 8 號、1938。
脈動の研究 (第 2 報)、驗震時報、第 10 卷、第 3,4 號、1940。

第 1 表 大阪に対する起因別振幅比(%)

起 因	潮岬(%)	豊岡(%)	起 因	潮岬(%)	豊岡(%)
T ₁	17.2	4.9	C ₁	13.2	9.3
T ₂	16.2	6.1	C ₂	16.4	12.2
T ₃	18.3	3.1	C ₃	17.0	8.1
T ₄	19.4	5.4	C ₄	11.3	6.2
T ₅	19.4	7.3	C ₅ , C ₆	5.5	7.9
平 均	18.1	5.4	C ₇	10.7	4.3
LC ₁	10.8	5.7	C ₈	5.7	9.2
LC ₂	16.2	6.5	平 均	11.4	8.2
LC ₃	15.7	5.6	M ₁	3.1	8.8
LC ₄	18.5	—	M ₂	3.9	12.9
平 均	15.3	5.9	M ₃	14.9	5.6
D ₁	11.4	5.0	M ₄	6.8	9.1
D ₂	16.6	6.2	平 均	7.2	9.1
D ₃	13.1	9.2			
D ₄	17.5	7.5			
平 均	14.6	7.0			

岬より豊岡に於ける方が大きくなつたと考へられる。亦各々の起因に就いて考へてみても、例へば颱風の時は何れも南方洋上を通過してゐる爲に振幅比が揃つてゐる。局所的低氣壓、不連続線の場合も條件が揃つてゐる爲に比の値がまとまつてゐる。颱風の場合は日本海を通過した場合(C₁, C₂, C₈)もあり、太平洋側を通過した例もあるので一様にならず、C₁, C₂, C₈の如きは比較的豊岡の振幅が大きい。

以上の事より考察するに脈動勳起の原因が日本海側にあるか、太平洋側にあるかに依つて夫々その海岸線に於て脈動活動が盛んになる。而して傳播性を有して傳播するが勢力の多くは逸散して振幅は小さくなり、大阪の如き軟地盤にては振幅が増大する。

§ 3. 大阪の脈動振幅と潮岬に於ける波浪との關係

(1) 目測に依る波浪觀測

潮岬測候所にて 9 時、14 時に行つた波浪觀測がある。この波浪の階級を縦

軸にとり第 1 報第 1 圖に縦線を以つて圖示した。之に依ると潮岬に於ける波浪と大阪の脈動振幅（潮岬の夫とも傾向は大差ない）とは平行性はあるも發現の遅れが約一日ある。數時間の發現の遅れは考へられるが、一日以上も異なることは解し難い。ウネリも觀測されてゐるが、夫は波浪に比して極めて少い。颱風の場合は常に前にウネリの襲來があるが、颱風の通過と共になくなつてゐるのは風浪の爲觀測されなかつたのであらう。

波浪は通常週期脈動とは上述の如き關係があるが、又短週期脈動を生ずる傾向がある。大阪に於ける短週期脈動は極めて明瞭に出現する。一般には後述する如く大阪灣の風浪に依ると考へられるものであるが、稀に大阪灣の風浪に依らぬ場合もありこの場合潮岬の風浪と符合する。即ち大阪の短週期脈動は大阪灣の風浪のみならず、潮岬の風浪に依るか、又は兩者の風浪に依ることが知れる。

(2) 檢潮儀に依る潮位振動の觀測

採用した檢潮儀は海洋氣象臺附屬串本檢潮所に設置されたケルビン型檢潮儀である。その自記紙寫しは省略す。⁽¹⁾ 平常の場合は潮汐の外に灣の副振動か又は靜振の如き 10 分乃至 20 分の週期を有する振動が極めて規則的に現出してゐる。併し一度颱風又は颶風が潮岬を通過すると檢潮儀には不規則な短週期（2 分前後）の振動が現れる。檢潮儀には風浪の記録を避ける爲に井戸水と海水とを約 15 糎の導水管にて連絡してある爲に記録された不規則な短週期の振動は眞の波浪でない。併し之に依つて波浪の有無、波浪の高さ等を大體推察することが出来る。串本檢潮儀に記録された波浪振幅を讀取り、圖に記入すると之等は何れも大阪の脈動振幅と稍平行してゐて殊に T_1 及び C_7 の場合は極めてよく平行してゐる。

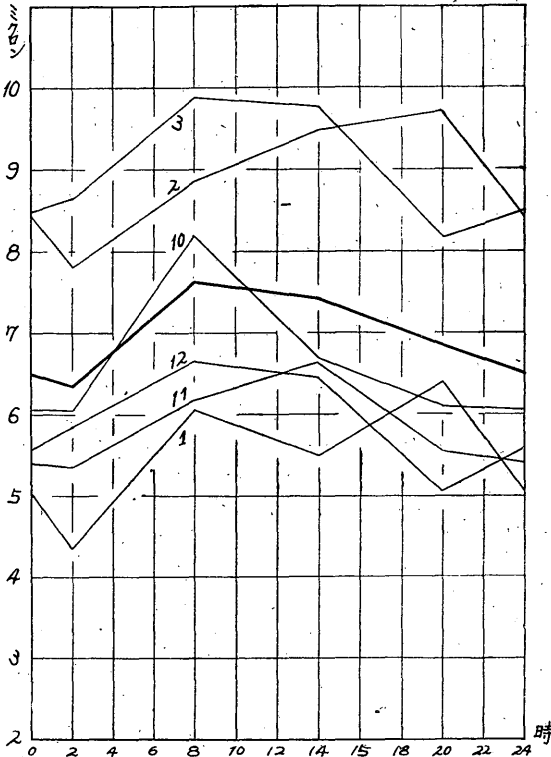
§ 4. 脈動振幅の日變化

大阪は比較的海陸風の顯著なる所である。海陸風との關係をみる爲に振幅の日變化に就き調査した。大阪に於ける全期間の平均振幅は 12.5μ である。異常振幅に依る統計上の異常値を除く爲に平均振幅 12.5μ 以下の場合のみ採用

(1) 第 2 報に掲載。

して全期間中の日變化を求めてみると、第 1 圖中に太線を以て示す如く晝間

第 1 圖 大阪の脈動の日變化
月平均以下の場合 (平均振幅)



大きく夜間は小くなる。
之は中歐に於ても見られ⁽¹⁾
る。夜間は陸風の爲に風浪は海岸との衝突なく従つて脈動は静かであるが晝間になると海風の爲に風浪は盛んに海岸と衝突して脈動を勵起し振幅稍大となるのである。

第 1 圖には各月の月平均より小なる場合のみ採り月別にその日變化を細線を以つて圖示し、圖中の數字はその月を示した。

§ 5. 脈動の週期頻度

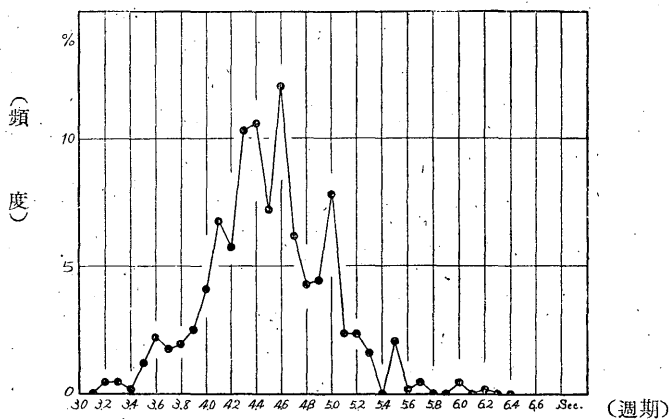
調査期間に於て大阪、潮岬、豊岡に於ける讀取值にて週期頻度曲線を描いたものが第 2 圖である。各地通常週期脈動は 2, 8, 14, 20 時の觀測値を用ひ、大阪に於ける短週期脈動は偶數時に於ける値を用ひた。

通常週期脈動の頻度曲線圖に依るとその傾向はよく似て居り、最高は大阪にては 4.6 秒、潮岬及び豊岡にては 4.3~4.4 秒である。脈動週期は土地の固有週期に大に關係するものであると考へられ勝ちであるが、この結果よりみると場所に依つて脈動週期は變ずることなく、潮岬、大阪の週期比の圖を作つても (圖は割愛する)、兩者の週期は大體同じであつて、脈動消長圖より明か⁽²⁾

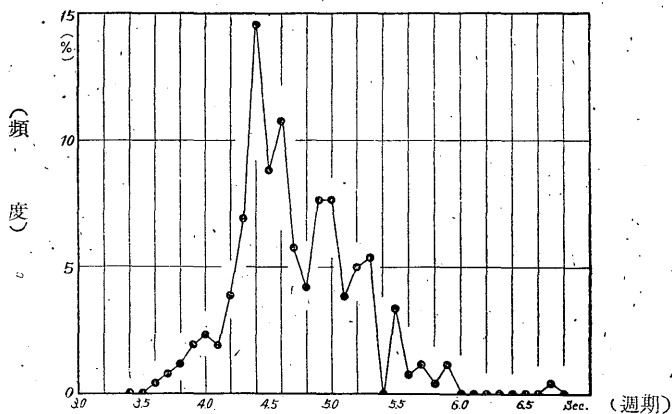
(1) A. W. Lee; Meteorol. office Geophys. Memo., No. 62.

(2) 第 1 報, 第 1 圖に掲載。

第 2 圖 (a) 週期頻度曲線 大阪



第 2 圖 (b) 週期頻度曲線 潮岬



なる如く大阪、潮岬、豊岡の週期消長は大體に平行性を認めることが出来る。

昭和 9 年 11 月 11 日颱風が潮岬沖 300 軒を通過した時、長週期脈動が観測されたことがある。この場合颱風の進行速度がおそい爲か、10 月 7 日より 13 日の長期間に亘りて振幅が増大してゐる。この期間中に於て東京⁽¹⁾にては長週期脈動即ち 6~7 秒の脈動が観測された。京都⁽²⁾にては同様に 7 秒前後の脈動が 9 日、10 日、11 日に亘りて観測された。又筆者は潮岬測候所にて同期

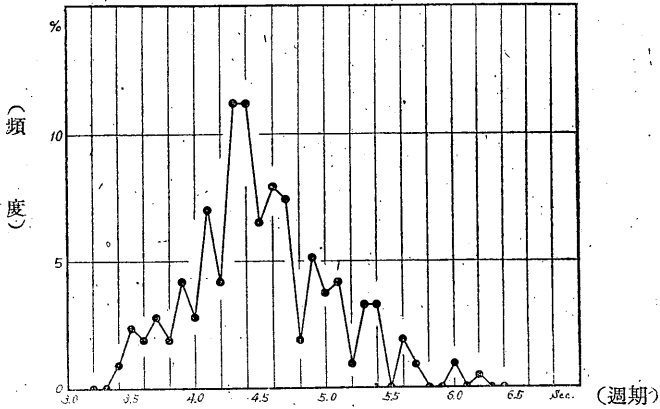
(1) K. Wadati & K. Masuda; Geophys. Mag. Vol. IX, No. 3 & 4.

(2) 岸彰忠: 京都に於ける長週期脈動, 地球, 第 23 卷, 第 6 號.

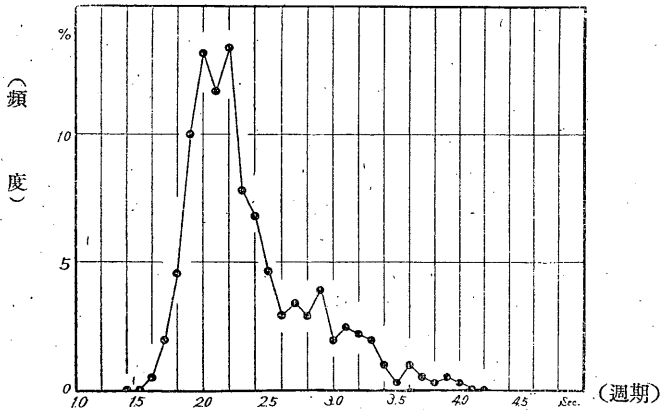
間に週期 7 秒前後の脈動を観測した⁽¹⁾。

斯の如き長週期脈動の現れることは極めて稀であつて以上の結果よりすれば、脈動の週期は土地の固有週期ではなく、脈動を勵起する原動力の如何に依るものであることが知れた。

第 2 圖 (c) 週期頻度曲線 豊岡



第 2 圖 (d) 週期頻度曲線 大阪短週期脈動



(1) 都合により観測値は省略する。又舊大阪支臺では關西風水害の爲、地震記象紙なし。

§ 6. 脈動週期と振幅の関係

週期と振幅との関係に就いては多くの人が調べ、最近棚橋氏、A. W. Lee 等も之に就いて週期は振幅の大なる時長いと述べてゐる。和達博士は同種の脈動のみの中では振幅の大なるものは週期も大なる傾向を指示された。

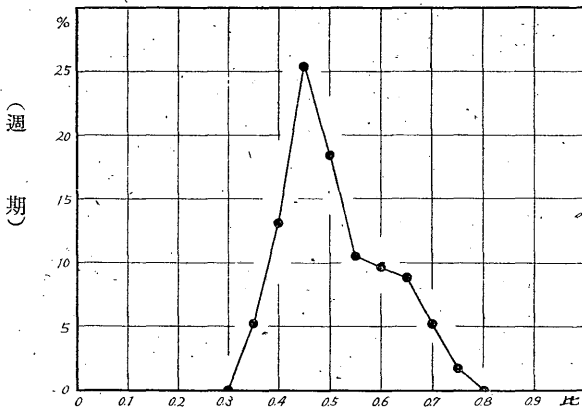
脈動消長圖にては大體その傾向が見受けられるが、逆の場合も多々あるので振幅と週期の関係を圖に示した(圖省略す)。この圖は昭和 11 年 10 月 1 日より 12 年 1 月 31 日迄の振幅 40μ 以下の値を記入した。同圖に依ると週期は振幅の増大と共に稍長くなる傾向が認められる。

§ 7. 短週期脈動と通常週期脈動の週期の比較

初め短週期脈動は通常週期脈動の倍振動であると思つたので兩者の週期比の頻度曲線(第 3 圖)を作つた。然る時は短週期脈動の週期が通常週期脈動の夫の 0.45 である時頻度極大となる。

單一なる表層の倍振動の週期は $1/3$ となるべきであつて、上の如くに 0.45 となつてゐるのは單一の層でないか又は倍振動でないかである。飯田氏は風に

第 3 圖 短週期脈動と通常週期の同時出現の週期比頻度曲線



(1) 和達清夫, 杵島磨: 室戸颱風に伴ふ地盤の脈動と傾斜, 中央氣象臺刊行, 室戸颱風調査報告, 1935.

依つて脈動が勵起される場合の計算をなしてゐるが、之に依ると上下の二層ある時兩層の厚さ何れも 1 籽で $\rho' = 1.5 \rho$, $\mu' = 3 \mu$ であるときは週期比は 0.43 となる。こゝに ρ, ρ' ; μ, μ' は上下兩層の密度及び剛性率である。併し次節に述べる如く、調査の結果風のみでは記象に現れる程の振幅とはならず、又神戸の如き堅地盤に於ても 2 秒前後の脈動が觀測されるので倍振動の考へは採用することが出来ない。

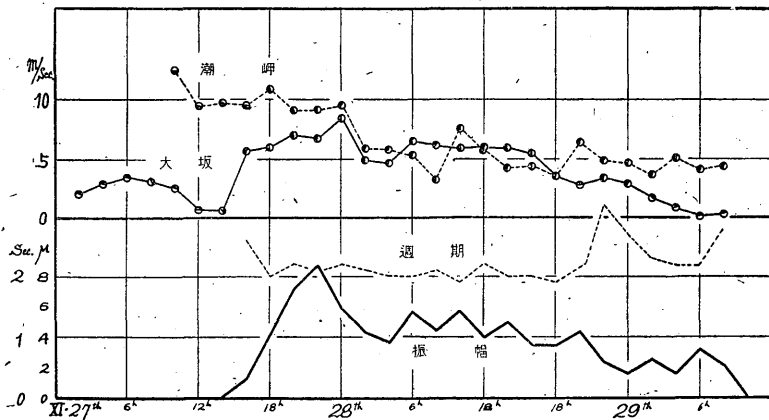
§ 8. 短週期脈動に就て

短週期脈動は大抵の場合、風速の増大に伴ひ出現する。短週期脈動の振幅、週期と大阪、潮岬に於ける風向、風速との關係は第 4 圖に示した。之は短週期脈動の極めて明瞭に現れた中で特に長時間續いた場合の 9 例の中、3 種を撰び他は割愛した。

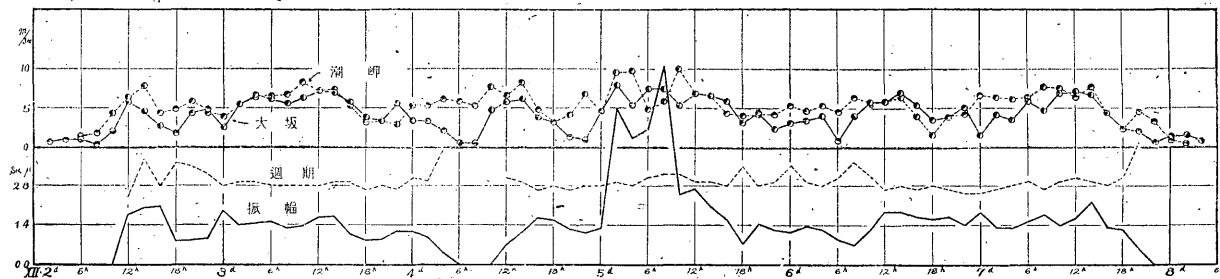
短週期脈動の現れる場合は必ず大阪の風速が 5 米/秒以上になつてゐるが、この逆は成立しない。併し乍ら之は風向を考へることに依つて直ちに解決された。即ち大阪に於ては北東風と西風が卓越してゐるが、短週期脈動の現れた場合は悉く西の成分を有する風であつて、北東風の場合であると決して現れない。

今振幅と風速との關係を第 4 圖よりみると第 3 例以外は何れも振幅と風速は極めて良く平行する。例へば第 2 例に就いてみれば 12 月 2 日 12 時に至つて 6 米/秒の WSW の風が吹くと短週期脈動は急に現れて 5μ に達し、その後風速に平行してゐるが、4 日に至り風が落ちると振幅も夫に従つて減少し、6 時には記象紙上に認め得られなくなつた。12 時風が WSW の 6 米/秒になつた時再び短週期脈動は現れて振幅消長は風速に追従して 7 日 20 時迄續いた。他の 7 例に就いても同様であるが此處に一つの例外がある。夫は第 3 例であつて、短週期脈動が 12 月 17 日より現れてゐるにも不拘大阪にては 2~3 米/秒の風しか吹いてゐない。他の例の場合は大阪潮岬の風速は大して差異はないが、本例の場合は潮岬に於て 5 米/秒乃至 9 米/秒の南成分の風が吹いてゐる。潮岬にては地盤堅固の爲、觀測されなかつたが傳播して大阪にて現れたのではあるまいか。

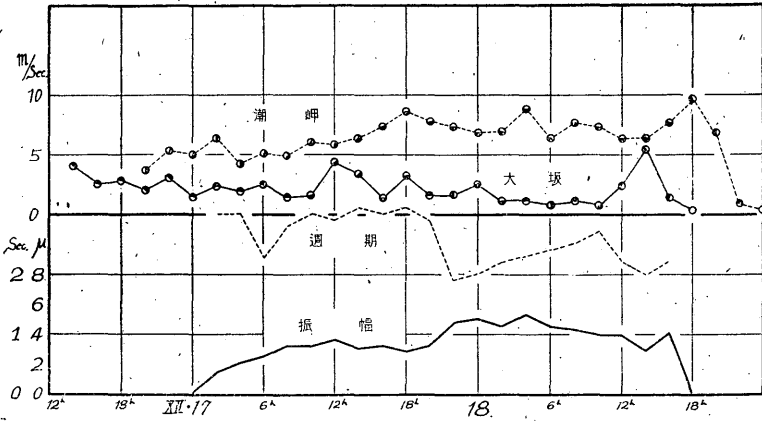
第 4 圖 第 1 例 短週期脈動の振幅週期と風向風速
自 11 月 27 日 16 時 至 29 日 8 時



第 4 圖 第 2 例 自 12 月 2 日 12 時 至 7 日 20 時



第 4 圖 第 3 例 自 12 月 17 日 2 時 至 18 日 16 時



短週期脈動の週期に就てみると、その頻度曲線は第 2 圖 (d) に示す如くであつて頻度極大は 2.0~2.2 秒である。之は本調査期間中の凡ての短週期脈動週期の値を用ひたものである。第 4 圖に見られる如く出現時と消失時に於ける週期は一般に長くなつてゐるが、之は振幅が小くなる爲に通常週期脈動の影響を受ける爲であらう。

以上の事實より次の考察がされる。即ち大阪に於ける短週期脈動は風速が直接の原因に非ずして風に依つて生ずる風浪の爲に勵起されるのである。風壓の土地に働く力は極めて弱いものであつて大阪にては北東風が盛んになつても地盤は觀測し得る程度の振動はせず、之に反して西風の場合は風に依つて生じた大阪灣の風浪は灣の東海岸又は海底に衝擊を與へる爲短週期脈動を勵起するのである。又潮岬の南風の場合も同様であらう。

日高博士の波の研究に依ると $T_1 = 2.26$ 秒、 $T_2 = 6.00$ 秒なる波浪週期を得られてゐるが、 T_1 は風浪、 T_2 はウネリの週期である。又棚橋技師は沿岸用自記波計に依つて觀測されたが、夫に依ると風浪の週期は 2~3 秒で、ウネリのは 7~8 秒及び 14~15 秒である。朝陽丸にて三宅技手が觀測された大阪灣の

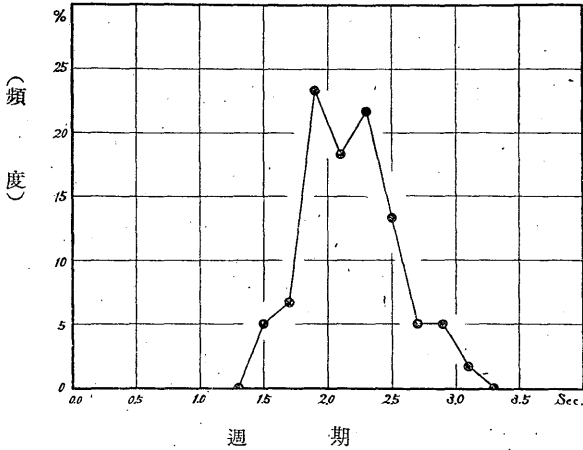
(1) 日高孝次；海の波の研究。海と空、第 17 卷、第 10 號 1937。

(2) 棚橋嘉市；沿岸用自記波浪計。海と空、第 17 卷、第 10 號 1937。

(3) 大阪管區氣象臺觀測船。

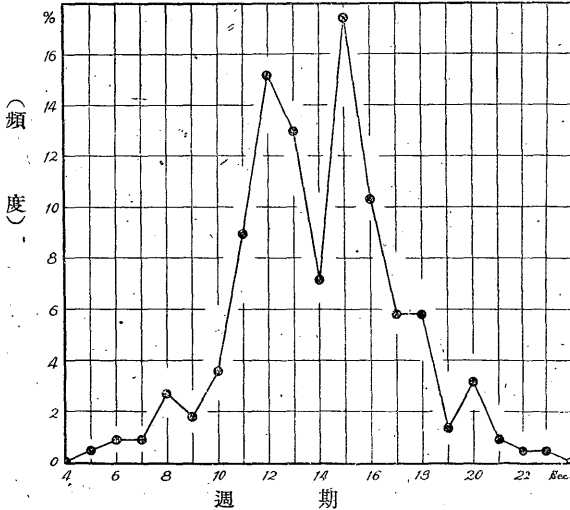
風浪週期は第 5 圖に示す如く、週期頻度は 1.9 秒及び 2.3 秒にて極大となつ

第 5 圖 大阪灣の風浪週期頻度曲線



てゐる。筆者は昭和 12 年 9 月 11 日颱風の襲來した時 6 時より 11 時迄潮岬南端（申本燈臺構内）にて波浪を觀測したが、風浪は多いが計り難くウネリのみ第 6 圖に示す如き週期頻度曲線が得られた。H. D. Krug が Helgoland⁽¹⁾

第 6 圖 ウネリの週期頻度曲線



(1) H. D. Krug; Zeit. f. Geophysik, XIII, Heft 7/8 p. 346, 1937.

島に於て観測した波浪の週期は 1.7~1.9 秒であつた。何れに於ても風浪の週期は短週期脈動の週期と一致してゐる。依つて短週期脈動は風浪に因る地表層の強制振動であると考へて差支へないと思はれる。

§ 9. あとがき

以上の調査結果を要約すれば次の如くである。

(1) 大阪、潮岬、豊岡に於ける脈動振幅を比較した結果、脈動の振幅消長の主因が太平洋側にある時は潮岬の振幅が大となり、日本海側にある時は豊岡の振幅が大である。

(2) 大阪の脈動の日變化は晝間大となり、夜間に入つて靜かになるのは大阪に於ける海陸風の影響であつて、晝間の海風が惹起する大阪灣の波浪に因るものであらう。

(3) 各地の週期頻度曲線を描くと三個所の頻度極大は大體同じであつて 4.3~4.6 秒である。即ち各地の脈動週期は變化なく脈動を勵起する原動力の如何に依るものである。従つて脈動はその土地の固有振動ではない。

(4) 大阪に於ける短週期脈動は極めて明瞭に現れ、而して風向風速との關係を調査した結果 5 米/秒以上の西風の時にのみ現出するので一般に大阪灣の風浪に依る地表層の強制振動であることが知れた。短週期脈動の大阪にて観測した週期は數多の實測に依る風浪の週期 2.1 秒とよく一致してゐるのもこの考へを支持してゐる一つである。

最後に何時も變らぬ御指導と御鞭撻を賜つた和達先生に厚く御禮を申上げる次第である。

(於大阪管區氣象臺)