

# 柿岡附近に於ける地鳴地震に就て

櫻井徳雄

- (一)緒言
- (二)地震と地鳴
- (三)地鳴聴取區域
- (四)地鳴地震發生の時期
- (五)地鳴地震と非地鳴地震との記象型の比較
- (六)地鳴地震の震央分布
- (七)地鳴の強さと震度との比較
- (八)地鳴の振動數
- (九)地鳴を起す原因の考察

(一) 緒言 地震に伴つて起る音響即ち地鳴の原因は未だ判明して居らぬ、併し此現象は日本の地震にのみならず諸外國の相當顯著なる地震には大概伴ふことは周知の事實である。

我國にも古來その記録はあるが吾々の記憶に尙新なる大正十四年五月二十三日北但馬の強震、昭和二年三月七日北丹後烈震、昭和五年十一月二十六日北伊豆地震、昭和六年九月二十三日西埼玉強震、近くは昭和八年三月三日三陸沖強震等には強烈なる地鳴を伴つた。

而して、地鳴を聽き得る範圍に大小のあることは、前記の地震に於ても良くこれが認められる。

北丹後及び三陸沖の地震に伴つた地鳴は廣範圍地鳴の例で、前者は關東から四國九州の北端まで、後者の地震では北海道から中部地方にまで、その現象を觀測することが出來た。又北但馬、北丹後、西埼玉等の地震に伴つた地鳴は、地鳴聴取區域に異狀なる現象が現出した。

これ等の地震に於て、地鳴聴取の地と地質圖とを比較するに、地鳴を聴取した區域は大概花崗岩や片麻岩等大古層及古生層等の硬質の土地である。第四紀層の如き地では地鳴を觀測することは困難であり、又出來ても音も低く、範圍も非常に狭い、故に地鳴聴取區域には地質や地形の影響があることが解る。尤も地震の強弱の程度を無視することは出來ない。

柿岡地方には地鳴は屢々觀測出來るので、前記の様な強震でなく極めて小さな微弱震程度の地震に於て大地震に匹敵するやうな地鳴の現象が觀測され、時には人身に震動を感ぜず地鳴の

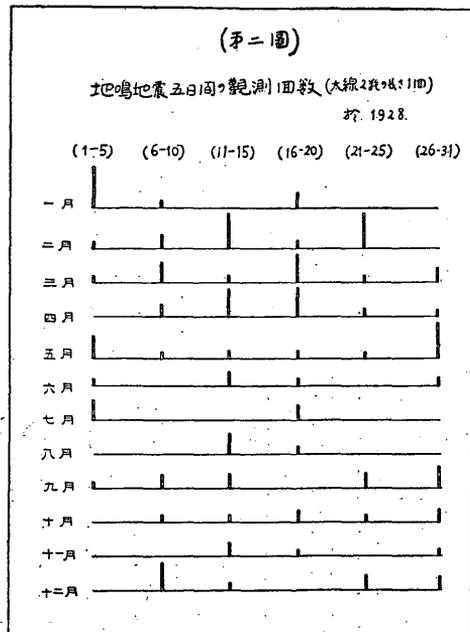


測候所長杉山技師が調査されたものがある。調査の方法は地鳴の有無に就き手紙にて照會したもので其の内容は三項より成り之に對する回答をまとめたものである。即ち一、地鳴を屢々聞くか、一、稀に聞くか、一、全く聞かぬか、の三種でこの照會を茨城、千葉、栃木、埼玉等の適當な場所に於ける學校、或は役場等に發してその回答を得たものである。

この回答を圖示して見ると第一圖の如く、地鳴を聞く範圍は北は那珂川を境にその以南、南は利根川を境としてその以北、東は太平洋岸まで、西は鬼怒川沿岸等徑九十料の範圍に限られて居る。併して屢々聞く範圍は筑波を中心に東西三十料、南北六十料の範圍内にある。而して北は太田、南は佐倉、西は結城、古河に至つて全く聞えざる範圍に入る。これをもつて見るも如何に地質や地殻構造が地鳴聴取に關係あるかを認むることが出来る。

(四) 地鳴地震發生の時期 始め小期間に就て見るに地鳴地震は群をなして觀測される。一日中或は連日に互つて數回一つの群をなして觀測されるのである。第二圖は一九二八年中にあつた地鳴地震を五日間づゝに區切つてその發生回数を圖示したもので、群發してゐることを見られる。尙他の期間に就ても同様に

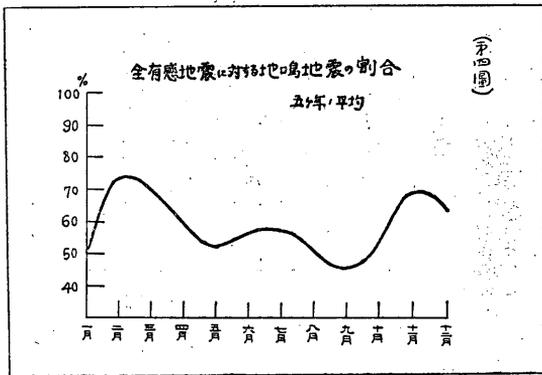
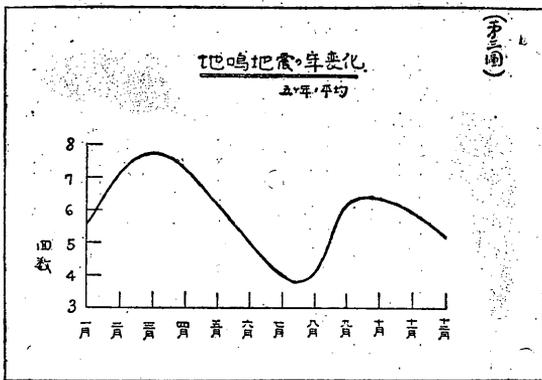
群發することが見られる。



地震の誘因として考へられる現象には氣壓、潮汐、リレー地震等がある。地鳴地震に於てもこれ等の現象にて一次的或は二次的な刺戟を受け起されたと見るべきものが多い様で、急に暖氣が襲つたり、雨の後などに來るものや、又は一地震が起ると刺戟された如く順次その震央を變へつゝ群發するとか、同一震央を有して餘震的な現象を呈する等が普通である。

次に五ヶ年の地鳴観測からその年變化を見ると第三圖の如きものを得る。即ち地鳴は年中一様に起らず、極大の顯れる時期がある。併し此統計に對しては此程度の観測材料では正否を云

るものかと、全有感地震に對して地鳴地震の起る割合を見たるに第四圖の様な曲線を得た。これによつても地鳴發生は、春と秋の頃にその極大が見られる。



想ふに小地震の發生頻繁な時期には地鳴を起す様な地震機構のものが多いのであらう。

(五) 地鳴地震と非地鳴地震との記象型の比較。地鳴は地震波動により起るのであらう、然らば地鳴地震と非地鳴地震との記象型は幾分異なるであらうと思ふ。是等二種の地震記録に就てその記象型を比較して見た。口繪に掲げたものがそれである。即ち地鳴地震記象型の特徴を挙げれば次の様である。

(一) P及S相の初動が共に地震記象中最大な振幅をもつて始まり、後次第に減衰するか、或はP相の初動は左程大ならずともS相の初動は最大振幅をとりP

云することは勿論出来ないが、併し大體の傾向は判る。乃ち地鳴は春秋二季に多い。小地震の發生が春と冬に多いとは主張されてゐること、この時季に地鳴を伴ふ地震回数が多い爲によ

S兩相の境界を判然と示すものが普通である。口繪(a)―(g)は前者の例で(h)―(j)は後者の例である。(二)初動の週期は極めて小で、多くは週期の驗測は出来な

偶々燻の具合で驗測し得られたものでも〇・四秒以上の週期を出づるものは殆んど觀測されない。初期微動繼續時間に於て二〇秒を出づるものにあつても地鳴を伴ふ場合のものは多くは週期の驗測は不可能である。記録の上で無感と思はるゝ地震(第五圖(1)一九三〇年二月一日柿岡附近の地震参照)でも地鳴を伴ふ性質の地震は大概人身に感ずる。

これで地鳴を伴ふ地震の週期が短いのが判る、この地鳴地震は震央が各地異なつてゐるもほと同型のものが多し。而して觀

測地點の異なつた場所の記象型は如何なるものなるか、試みに近接してゐる筑波、水戸、宇都宮、熊谷、銚子、福島等の觀測の報告を仰いで地鳴地震の數回の觀測を比較して見た。次に掲げる表はそれである。

而して、この記象型は左圖に示せる様に記象型をA, B, C, D, の四種に大別してこの四種の何れに該當するかを照合した。

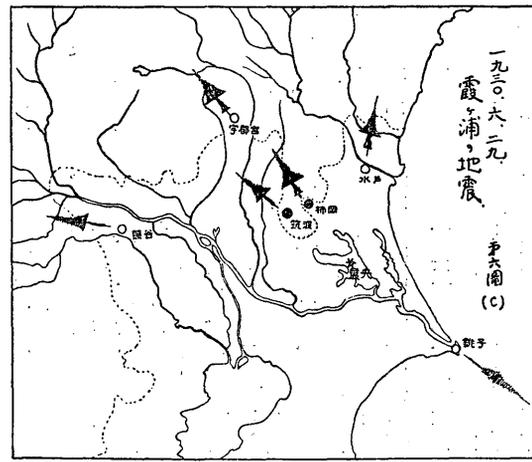
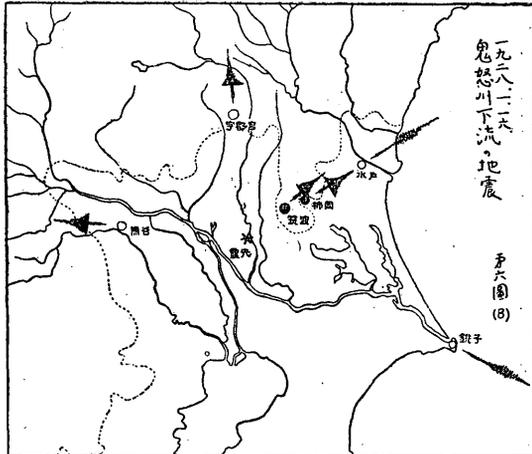
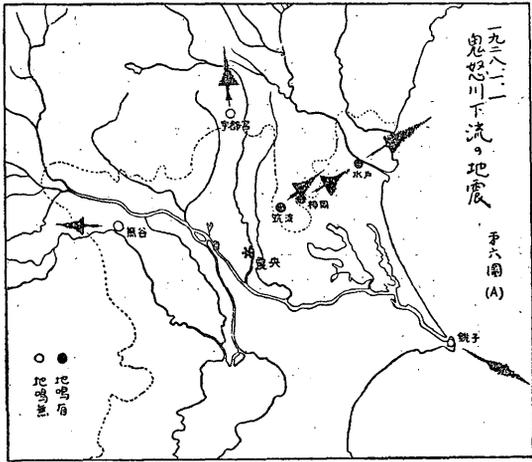
此の内A, Bの型は地鳴地震型である。(C型で週期の極めて小にして、驗測の不可能なるものは往々地鳴を伴ふものがあり、そしてこれは大概鹽屋崎、阿武隈川、金華山等の地に限られてゐる。)此の表を見るに一、二を除いては大體

年	月	日	震	央	和岡	筑波山	水戸	熊谷	宇都宮	銚子	福島
1928	Jan.	1st	鬼怒川下流		A(有)	A(有)	A(有)	A	B	〇	A
"	Jan.	16th	鬼怒川下流		A(有)	A(有)	C	A	A	〇	〇
"	June.	11th	飯沼川下流		A(有)	A(有)	B	A(有)	—	〇	A
"	Sept.	10th	鹿島灘		A(有)	—	A	C	A	—	—
1929	June.	24th	鹽屋崎		A(有)	D?(有)	A	D	—	〇	B
"	Nov.	26th	鹽屋崎		A(有)	A	A	A	—	〇	A
1930	May.	27th	鹽屋崎		B(有)	A(有)	D	C	A	A	A
"	June.	1st	那珂川下流		A(有)	A	B?	A	〇	A?	A
"	June.	29th	霞ヶ浦(西)		B(有)	A(有)	B	A	〇	〇	〇



(有)は地鳴の有りたるもの。A, B, C, Dなるものは上に圖示したる記象型を示す。

同型の記象型が多い。第六圖(A)は此の表示したものの内から一九二八年一月一日の鬼怒川下流の地震に就て各地の記象型を一見して判明する様に圖示したものである。今此の圖を見るに銚子を除いて他は皆同型なる地鳴地震にあ象型であり、地鳴は柿岡、筑波山、水戸等の同様に鬼怒川下流の地震であるが水戸、銚子、福島を除いて同型地鳴地震記象型で柿



岡、筑波山に地鳴あり、同じく第六圖(C)は一九三〇年六月二十  
 九日霞ヶ浦西浦の地震で柿岡、水戸、宇都宮は同型、筑波山、  
 熊谷は同型、共に地鳴地震型、銚子、福島は同型で非地鳴地震  
 型、而して地鳴は柿岡、筑波山にあつた。

これから考へると地鳴地震はその地震機構が特異性を持つて  
 ゐるやうに見られる。

次に非地鳴地震型にあつては次の如き特長を有す。

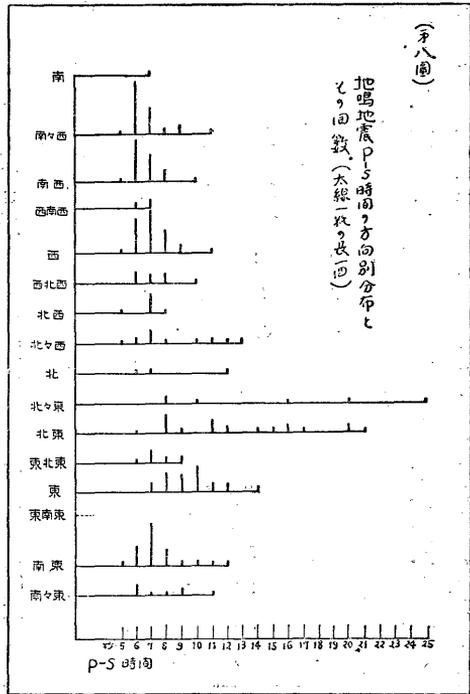
- (一) 初動の振幅が微小に始まり次第に振幅は増大されP  
 Sの境が不明瞭なる所謂紡錘型なるものが普通であ  
 る。
- (二) 週期に於ては比較的に緩慢で此の種の週期は明瞭に  
 讀取ることが出来るのが普通である。

尙Sの初動が最大動をなしP-S兩相の境が明瞭で、一見地鳴地震的な記象型であつても、初動の週期長くして熟練せる観測者には容易に地鳴が伴なはぬ地震であることが解る。(口繪参照)

(六) 地鳴地震の震央分布 氣象臺發行の氣象要覽から地鳴地震の震央を摘出して見たるに次の各地に起ることを知つた。

柿岡附近、筑波山附近、霞ヶ浦附近、鹿島灘、小貝川流域、鬼怒川流域、利根川流域等に震央を持つものが大部分で極く稀れであるが那珂川流域、久慈川流域、江戸川上流、飯沼川流域等の地震にも地鳴を伴ふものがある。また遠くは鹽屋崎、阿武隈川、金華山附近等の地震にもこの種の現象を呈するものがある。今これ等の震

震央地	%	震央地	%	震央地	%
小貝川流域	二〇	鹽屋崎	三	鬼怒川流域	一八
那珂川流域	三	霞ヶ浦	一三	久慈川流域	三
鹿島灘	一一	飯沼川流域	三	柿岡附近	八
江戸川上流	二	筑波山附近	五	阿武隈川流域	二
利根川流域	四	其他	五		



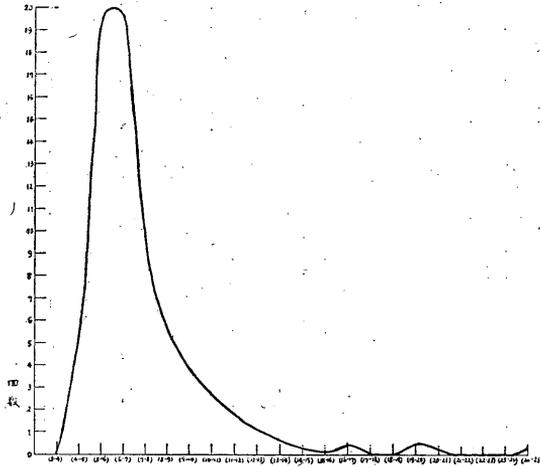
央を有する地鳴地震の観測回数百分率を表示すれば上の通りである。

而して地鳴の強烈なものは小貝川流域、鬼怒川流域、柿岡附近、鹿島灘等の地震に伴ふものが多い。

第八圖は柿岡に於ける地鳴地震の初期微動繼續時間による方向別分布で、黒線の長さは(一耗の長さ一回)その回数を示す。又第九圖は初期微動繼續時間とその回数を圖示したものである。地鳴は五秒から八秒位の初期微動繼續時間を持つものが大

部分で總ての方向より一樣に起つてゐる。唯北々東及北東の方向には比較的初期微動繼續時間の長き地震にも地鳴を伴つてゐる。

第九圖 地鳴地震のP-S繼續時間別回数  
五ヶ年の平均



る、而して南及西にかけては初期微動繼續時間の十秒を出づるものは殆んど稀れである。此の事實は地質と密接な關係があると考えられるものであつて、關東地方及奥羽地方の地質圖を見れば柿岡筑波山脈の硬層あり、阿武隈山系は北方に通じてゐる

が、これに反し西及南は武蔵野の第四紀層を以つて形成されて居る地であつて北々東及北東よりの地震は比較的吸収さるゝことなしに柿岡附近に達するが他の方向から來るものは地震波の勢力が衰へるとも考へられる。

(七) 地鳴の強さと震度との比較 次に五ヶ年間に起つた地鳴地震の全回数よりその震度とそして地鳴の強さを0、1、2の三階段に分つたものとの比較回数及百分率を表示して見ると次表の如くである。之は柿岡に於けるものである。

地鳴の強さ及震度別地鳴地震回数

地鳴の強さ及震度別百分率

震度 \ 地鳴の強さ	0	1	2	計
0	10	12	0	22
1	140	113	6	259
2	18	26	4	48
3	3	3	2	8
4	0	1	2	3
計	171	155	14	340

震度 \ 地鳴の強さ	0	1	2
0	45%	55%	0%
1	54	44	3
2	37	54	8
3	38	38	25
4	0	33	67

以上の表にて直ちに判明せる如く地鳴を伴ふ地震の震度は震度階級(氣象臺震度)に於て(1)、(2)に最も多く全観測回数の九

割を占め他はこれに比すれば些少なるものである。尙百分率の表を見るに地鳴の強さ(0)(1)なるものは震度(0)、(1)、(2)なる微弱震に多く(2)の如き強度階級の地鳴は割合顯著なる地震に伴ふことが解る。

従つて地震のエネルギーが地鳴の強弱に影響あることは右の事實のみならず、他の地にも顯著なる地震には大概地鳴の現象を觀測されるのも肯首し得らるゝことである。前記の表に於て震度(4)なる階級の地震回数が餘りに僅少なる點に於て地鳴(2)なる百分率が六七%なる値を見ることは確實なるものとは云ひ得ぬとしても唯大體の傾向を窺ふことが出來やう。

表中地鳴の強度階級として(0)、(1)、(2)なるものを定めたがこれは絶對的なものでは勿論なく只耳の感覺より比較的に定めたものである。これ等を吾々が日常聞く處の音に比較してみれば(0)なる階級のもの地鳴微なるもので、屋内或は屋外で靜に注意せる人が感ずる程度のもので輕き風の音位。(1)なる階級は殊更に注意せざるも靜に居る人には何人にも氣付かれる程度のもので、遠方を走る微かな自動車の音の如くこの種の地鳴は一審多く觀測される。(2)なるものは總ての人々が地鳴と云ふことを認識するもので、數丁隔りたる所を走る自動車のエンヂンによ

る音の如く、或は遠雷の如く、又は閉ぢたる洋室内でガラス戸をたゝいて得る音のやうに、此の種のもの傍に一寸とした喧噪を聞いても充分觀測出來る程度のものである。而してこれ等の階級の境は確然としてゐるものではない。

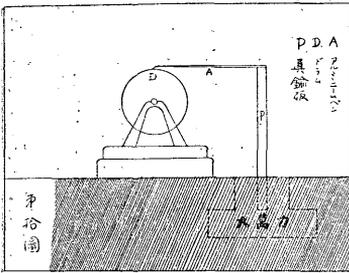
(八) 地鳴の振動數。現今では地鳴の振動數を記錄させることは左程困難ではないと思ふが便宜上最も簡單な方法でその測定を行つた。即ち棒や板を振動さすとか、弦を鳴らすとか、空氣の振動等によつてこれに近い音を出しその毎秒の振動數を推測したのであつたが、地鳴の振動數が可聽と非可聽との附近にあるのと、音色が異なるので中々決定することは困難である。然し此等の經驗から大體の値を推測すると地鳴の振動數は五〇を超えずこれ以下のものは非可聽音の振動まで連續的に起るものと見做される。

(九) 地鳴を起す原因の考察。地鳴が空氣の振動であることは確實であるがこの空氣の振動を起すものは何であるかと云ふことは他に考へられることもあるかも知れないが、地鳴が地震に伴つて來て例外がないと云ふ事から地震と密接な關係があることが考へられる。

空氣が振動するには振動體が空氣中に存在するか又は爆發の

場合の様は衝撃的な力が空氣に與へられた場合である。後者の場合に考へられるものは地面の初動であるがこれは空氣を振動させる程のエネルギーはない。然るときは唯一のものとして、振動體の存在を考へねばならない、この振動體として地震波を取り入れることは無理がないことと思ふ。問題は地震波の中に音の振動數に匹敵する程、週期の小さい波動が存在するかどうかと云ふことである。前述の地震記象の地鳴地震のものが普通の方法で驗測されない程の小週期の波動を有することは上の考察に有力な援助を與へる。

先づ順序として筆者は音の振動に比すべき短週期の振動が地震波の中に存在するか否かを實驗的に調査してみた。



茲に一つの矩形に、豫め振動數の知れてゐる眞鍮の板を取りこれを以つて地震によつて起された幾多の波動に選擇共鳴せしめやうとするものである。(第十圖)

今此の板の振動數と長さの關係は簡單に次式によつて與へら

れる。

$$n = \frac{K}{2\pi L^2 m^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$K$ ; 眞鍮半徑

$E$ ; 振動板のヤング彈性率

$\rho$ ; 振動板の比重

$m$ ; 次式を満足する定數である

$$\cos m \cosh m + 1 = 0$$

$m$  の値が大となれば振動は複雑したものとなる。

今地震の場合を考へるに地殻の振動はこの振動板に就て  $m$  の値を一・八七五として計算すれば良い。斯くすることにより金屬板の固定した部分が節となり、上方の自由端が腹となつて原振動をなす。

筆者が測定に使用したる板は厚二・八厘の眞鍮板で斯くして得た  $n$ — $1$  に相當する振動板の長さ  $L$  は二八・七厘を得た。

この板によつて一七の振動數を持つ地震波動を選出しやうとした。第十一圖は即ち此の板が共鳴振動をした記録である。(下の記象はその地震の簡單微動計による記録である。此の記録から出した週期は〇・〇七秒弱のもので従つて振動數は一五と云ふ程度のものであつた。(前に計算より出したものと測定したものとが一寸違ふが此の程度の誤差は計算及び装置から來る誤差

であつて今の場合問題でない。尙地鳴を伴はぬ地震では板の振

動は極めて小である。右の實驗による觀測回数は極めて少數ではあるが、兎も角地鳴のある地震には〇・〇七秒程度の短週期波が相當大きいエネルギーをもつて存在することが明かとなつた。此實驗では裝置設備の關係上唯一個の振動板だけに就て實驗したが、猶種々の振動數を有する振動板に就き觀測を行ふ必要がある。而して此種の觀測から地鳴地震と非地鳴地震とに於て、短週期波が如何に異なつて含有されてゐるかを求めることは最も興味あるものであるがまだそこまで觀測を究むることが出来なかつた。この種の問題に就ては裝置も尙完備して後日實驗を行ふ考へである。

此の事實から地鳴は短週期の地震波によつて誘發さるゝ振動であると考へられる。

さて地鳴が何故柿岡地方に多く觀測されるかを考へて見やう(a)その第一の原因は震源の深さが二十籽程度以下の比較的淺い地震が多いことである。故に同程度の深い地震に比し途中に於て地震波のエネルギーの吸収が比較的少なくて地表に達することが出来る。(b)第二は地質が強固である事であつて、これも軟弱な地質に比し地震波のエネルギーを比較的減衰せしめるこ

と少なく地表へ達せしめる。

震源に於て種々の週期の波が放射され、短週期の波は比較的小さいエネルギーを有するとすれば、これ等の波は途中に於て吸収されるが地質によつてその吸収が異なる事は考へられる。此等の假定のもとに(a)と(b)とを考へると、短週期の波が比較的減衰することなしに地表まで達し、これ等の波が空氣の振動を起すとして柿岡附近に地鳴が多い事を説明出来る。

柿岡の北々東方向からの地震では震央が遠くても地鳴を起すことがあるのは柿岡からこの方面に走る強固な地層が存在する爲であつて、(b)の條件に相當する。

尙筑波が柿岡から僅に十籽程度の距離にありながら前述五、「地鳴地震と非地鳴地震との記象型の比較」表中に見る様に、柿岡に較べて地鳴を聞くことが少いのは音の反響も地鳴の聴取に重要な關係があるのではないかと云ふことを示してゐる。柿岡が周圍山に取り圍まれてゐることは柿岡の地鳴回数が筑波より多い事の説明になるかも知れぬ。

終りに臨みこの調査に就て御多忙の處を終始御懇切なる御指導を賜りました所長今道技師に厚く御禮を申し上げます。尙觀

測値を提供下さいました、筑波山、水戸、宇都宮、熊谷、銚子、  
福島各測候所、及び絶えず御注意を頂きました所員諸兄、震  
動計の装置に御手傳下さいました吉田金三氏に、厚く御禮申し  
上げます。

一九三三年一月二十五日

柿岡地磁氣觀測所にて