

# 異常震域\*

大倉達雄\*\*

550.341

## The Zone of Abnormal Seismic Intensity

T. Okura

(Tottori Local Meteorological Observatory)

It seems that the causes of the phenomenon of zone of abnormal seismic intensity are, other than the direct influence of the origin, the particular characteristics of the underground region crossed by the seismic wave paths and the foundation on which the observatory stands. The author made a study of the particular characteristics of zone of abnormal seismic intensity as related to the underground composition. From a study on the distribution of past earthquakes, he has found that if the seismic waves pass through a region in which earthquakes occurred previously, the longer the path in such a region is, the stronger the shock is felt.

### § 1. 異常震域と深発地震

(1) 本邦付近に発生する地震によって、異常的に特定地域に人身感覚を生ずることは、いわゆる異常震域の現象としてよく知られている。

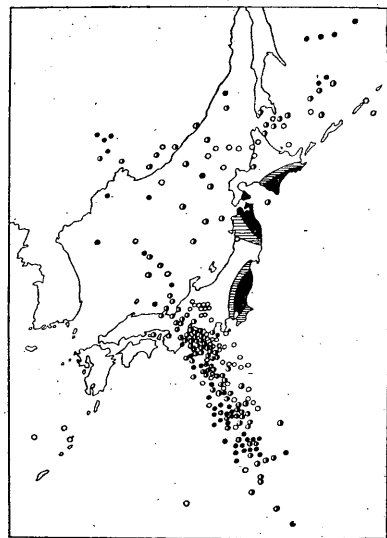
深発地震では、北海道南部、東北地方東部および関東地方において、鋭敏に人身感覚を生ずる。

浅発地震では、ややめいりょうではないが、同様に現れる。

しかし、ここでは深発地震を対象にして考えることにする。

(2) 深発地震の震央分布と異常震域の地域とを Fig. 1 に示す。

深発地震の震央分布については、昭和18~31年(1943~1956)の14年間に、本邦付近に発生した深さ200 km以上のすべての規模の地震の中で、位置が緯度、経度とも $0.1^\circ$ 、深さが10kmの単位までわかった地震を対象にし、資料として「気象庁地震月報」、「気象要覧」、「日本付近におけるおもな地震の規模表」を用いた。



○ :  $200\text{ km} \leq H < 300\text{ km}$     ● :  $300\text{ km} \leq H < 400\text{ km}$   
● :  $400\text{ km} \leq H$   
≡ : Zone of abnormal seismic intensity  
■ : Zone of strong abnormal seismic intensity

Fig. 1. The distribution of the epicenters of deep-focus earthquakes and zone of abnormal seismic intensity

\* Received Feb. 7, 1959.

\*\* 鳥取地方気象台

異常震域の地域については、すでに正務の調査<sup>1)</sup>があるので、その結果を示した。この調査では、昭和2～16年(1927～1941)の15年間に、本邦付近に発生した深さ250km以上の顕著および稍顕著地震について、各地の有感回数と地震動の強さを調べ、それによって各地の異常震域現象の度合を比較調査している。深発地震の震央分布と異常震域の地域との調査の対象になった期間が異っているが、ある程度の統計年数があれば、おのおのについての傾向はほとんど変わらないものと考えられる。

- (3) 深発地震が発生すると、異常震域のすべてが異常的に人身感覚を生ずるのではなく、地震の発生する位置によって異常震域内の特定地域が人身感覚を生ずる。

Fig. 2. (a), (b), (c), (d)は震央分布図(Fig. 1.)における深発地震の区域を4つの区域に分け、各区域に発生した地震に対して、異常震域内のどの地域が異常的に人身感覚を生ずるかを示してある<sup>2)</sup>。

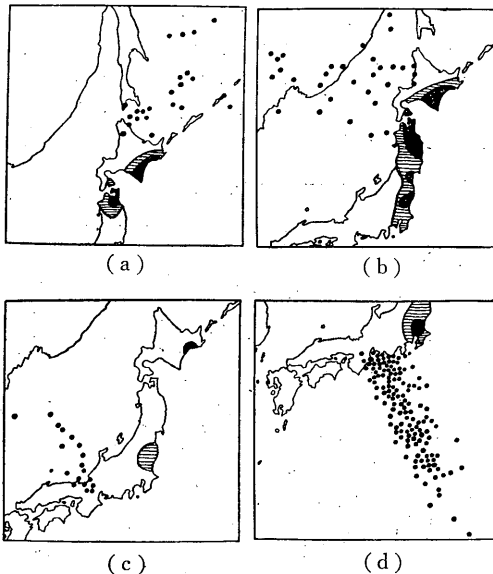


Fig. 2. The distribution of the epicenters of deep-focus earthquakes and zone of abnormal seismic intensity.

- a) when epicenters are in the Sea of Okhotsk  
 b) when epicenters are in northern part of the Japan Sea and the Maritime Province  
 c) when epicenters are in the central and southern part of the Japan Sea  
 d) when epicenters are in the belt extending from Shima Peninsula to Bonin Islands

## § 2. 異常震域の現象

異常震域において観測する地震波は、特異な性質をもっている。

- (1) 地震記象は特異な記象型で、その顕著な点は、  
 (a) 短周期振動が著しく卓越している。とくにS波において、また上下動において著しい。  
 (b) 振幅が増大していて、減衰が極めておそい。短周期の波が、P・Sともに圧倒的なエネルギーをもち、周期の長いものほどずっと減少している<sup>3)</sup>。  
 一般に深発地震では、S波の初めの1, 2振動中に、最大振幅が現われるが、異常震域では、その後に現われる。あたかもS波が2つの波に分かれているようにみえる。  
 (2) 地震波速度が他の地域にくらべて、若干速い。

## § 3. 異常震域現象の原因の研究史

異常震域の原因については、古くから多くの研究がある。

- (1) 寺田は、ブロック各個の動揺によるといっている<sup>4)</sup>。  
 (2) 純然たる双子地震の現象といっているむきもある<sup>5)</sup>。  
 (3) 国富は、双子地震またはリレー地震の考えより、地震波に刺激されて、直ちに新たな局所性地震を誘発するような不安定な状態に、地殻構造がおかれているといっている<sup>6)</sup>。  
 (4) 石川は、異常震域が地質、地形的にエキサイトされやすい地域であるために、地震波が、この地域にエネルギーを与えやすく、震度を増大するといっている<sup>7)</sup>。  
 (5) 大森は、共振による現象といっている<sup>8)</sup>。  
 (6) 地表の層内で、地震波が何回も反射することによるといっているむきもある<sup>9)</sup>。  
 (7) 重力異常、地磁気異常等の現象と、ある種の相関々係にあることも認められている<sup>10)</sup>。

## § 4. 異常震域現象の原因の要素

異常震域現象の原因として考えられることは、異常震域における地震動の振幅、周期などをきめる要素が、他の地域と異なっていることが必要である。その要素としては次のようなことが考えられる。

- (1) 震源の状態  
 (2) 震波径路の地下構造  
 (3) 観測所の地盤。  
 (1) 異常震域だけに、震源から優勢な地震波が引続いてくるためではない。したがって、震源の直接の影響以外の事から、すなわち(2), (3)によって説明づけられなければならないと考えられる。

(2) 震波径路の地下構造について、その特異性を述べたものは、まだないようである。

(3) 観測所の地盤は、その固有周期の入射波に共鳴して、固有振動を誘発、発達させるが、観測所の地質だけについては、地方的特性はほとんどないといわれている<sup>11)</sup>。地盤は単に、地表の地質だけではなく、その厚さが異なれば、地震動に及ぼす影響も異なるので、地質だけで地盤の影響を論ずることはできない。しかし、厚さを考慮に入れて、その特異性を述べたものは、まだないようである。

筆者は、震波径路の地下構造について、異常震域現象の特異性を調べてみた。

§ 5. 震波径路における震源分布

地震が発生すると、震波はあらゆる方向に放射されるが、問題は、異常震域と、それ以外の地域にくる震波径路とにおいて、地下構造にどのような相違があるか、ということである。地下構造において、どのような要素が相違を与えているかということは、はつきり分らないが、ここにある要素が、あるいは、震波径路に相違を与えているかもしれないと考えられる。その要素は、地震の発生する地域と、発生しない地域、すなわち、地震を発生させるような物質（あるいは構造）からなりたつ地域と、

そうでない安定な地域である。

そこで、異常震域と、それ以外の地域にくる震波径路とにおいて、過去における地震の発生した場所が、垂直的にどのように分布しているかということ調べてみた。

地震の発生した場所については、資料として、「気象庁地震月報」、「気象要覧」、「日本付近におけるおもな地震の規模表」を用い、昭和18～31年（1943～1956）の14年間に、本邦付近に発生したすべての規模の地震の中で、位置が緯度、経度とも  $0.1^\circ$ 、深さが10kmの単位までわかった地震について、深さ9kmから660kmまで、深さ10kmごとの震央分布図67枚を作って調べた<sup>13)</sup>。

§ 2. (3) で述べたように、深発地震の震央分布と異常震域との関係を4つの区域に分け、各区域において、代表的な任意の震央(A)から、異常震域の代表的な任意の観測所(B)を通る垂直断面と、また震央(A)から、異常震域以外の地域の代表的な任意の観測所(C)（たとえば震央から最短距離の観測所）を通る垂直断面における、地震の発生した場所の分布図を作ると Fig. 3(a), (b), (c), (d) のようになる。Fig. 3において、震央(A)の震源(A')から観測所(B), (C)に至る震波の推定径路を示すと、図中の曲線のようなになる。なお、Fig. 3の垂直断面図において、深さ0kmの線上における斜線の部分は陸上であり、それ以外の部分は海上である。

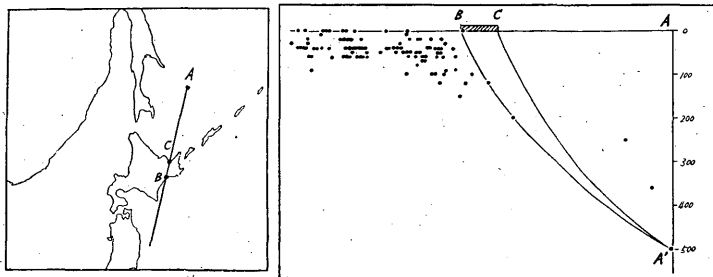


Fig. 3(a). Paths of the seismic waves in the vertical cross section. Example of the case (a) in Fig. 2.

A : Earthquake of June 15, 1954, Epicenter :  $47\frac{1}{2}^\circ$  N,  $146\frac{1}{2}^\circ$  E, Depth : 500km, Max. intensity : I (Kushiro only)

B : Kushiro

C : Abashiri

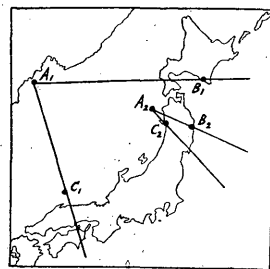


Fig. 3(b-1). A<sub>1</sub>: Earthquake of April 5, 1949, Epicenter :  $42.0^\circ$  N,  $131.0^\circ$  E, Depth : 600km, Max. intensity : I (Urakawa only)

B<sub>1</sub>: Urakawa

C<sub>1</sub>: Saigo

A<sub>2</sub>: Earthquake of July 10, 1954, Epicenter :  $40.7^\circ$  N,  $139.3^\circ$  E, Depth : 300km, Max. intensity : II (Miyako, Obihiro), Felt area : Eastern part of Tohoku district, Southeast part of Hokkaido

B<sub>2</sub>: Miyako

C<sub>2</sub>: Akita

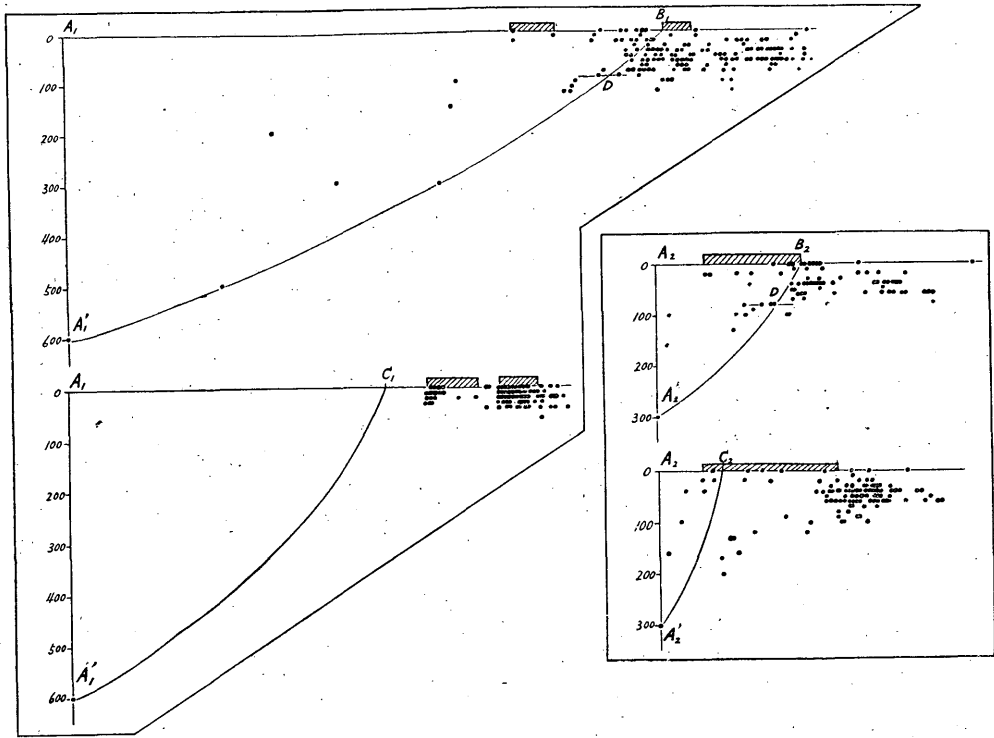


Fig. 3(b-2). Paths of the seismic waves in the vertical cross section.  
Example of the case (b) in Fig. 2.

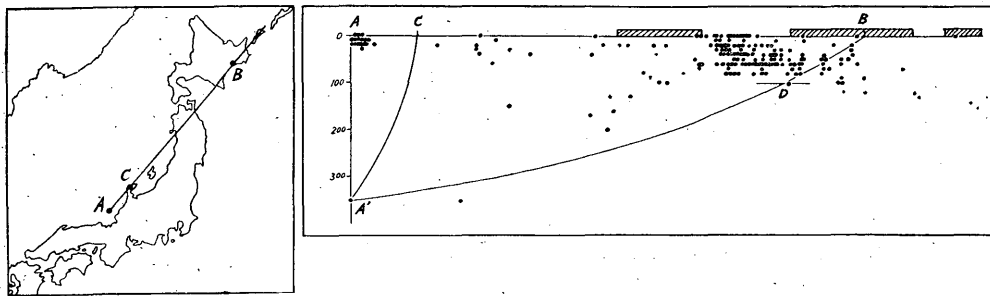


Fig. 3(c). Paths of the seismic waves in the vertical cross section. Example of the case (c) in Fig. 2.  
A : Earthquake of October 20, 1936, Epicenter : 36.°5N, 135.°8E Depth : 350km, Max. intensity : I (Kushiro and Utsunomiya)  
B : Kushiro  
C : Wajima

Fig. 3をみると、(A—B)と(A—C)垂直断面とにおいて、非常に相違していることがわかる。すなわち(A—B)垂直断面における震波径路(A'—B)は、地震の発生した場所を通ることが多く、(A—C)垂直断面における震波径路(A'—C)は、地震の発生した場所を通ることが少ない。このことは、各区域において、他の任意の震央および観測所をとって、垂直断面における

地震分布図を作っても、同じようなことがいえる。

すなわち、異常震域にくる震波径路は、地震の発生した場所を通ることが多く、それ以外の地域にくる震波径路は、地震の発生した場所を通ることが少ない。震波径路の地下構造におけるこのような相違が、異常震域の原因として考えられる。震源において、変形に要する時間は、普通10秒以内といわれているが、その結果、あら

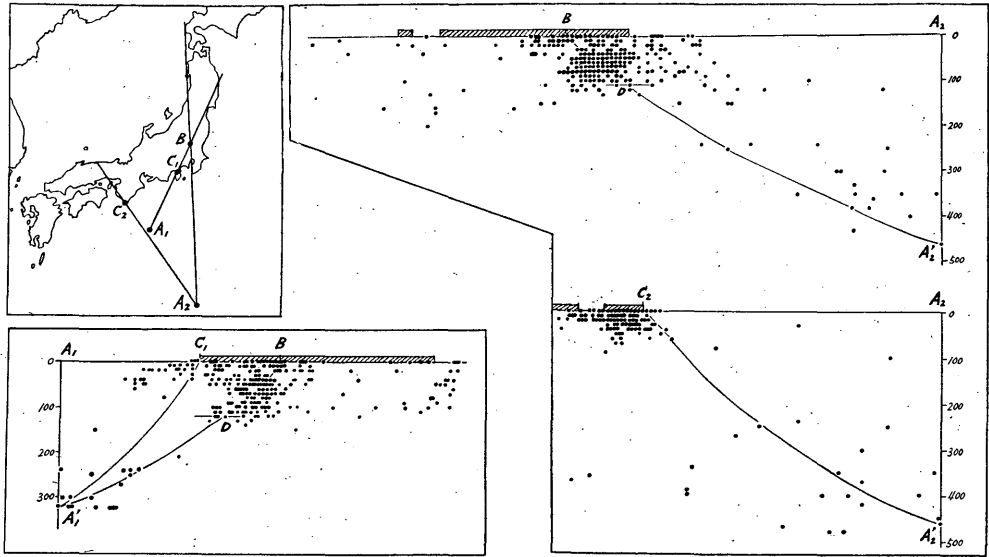


Fig. 3(d). Paths of the seismic waves in the vertical cross section. Example of the case (d) in Fig. 2.  
 A<sub>1</sub>: Earthquake of September 12, 1953, Epicenter : 32.°2N, 137.°3E, Depth : 320km, Max. intensity : I (Utsunomiya only)  
 B<sub>1</sub>: Utsunomiya  
 C<sub>1</sub>: Mishima  
 A<sub>2</sub>: Earthquake of July 12, 1951, Epicenter : 28.°3N, 139.°9E, Depth : 460km, Max. intensity : III (Utsunomiya, Choshi, Tokyo, Yokohama)  
 B<sub>2</sub>: Felt area : The greater part of Kanto, parts of Tohoku and Chubu districts  
 C<sub>2</sub>: Shionomisaki

われる地震波が、振動的の波であるか、あるいは衝撃的の波であるにせよ、地震を発生させるような物質からなりたつ地域を通ることが長ければ長いほど、異常震域の現象が著しくあらわれるといえよう。

このような現象は、

- (1) (A'—B) の地震の発生した場所をすべて通ることによるのか。
- (2) (D—B) の地震の発生ひん度の多い場所を通ることだけによるのか、あるいは
- (3) (A'—D) の地震の発生ひん度の少ない場所を通ることだけによるのか分らない。

§ 6. 地震の発生する地域における震波速度

地震を発生させるような物質からなりたつ地域における地震波速度は、他の同じ深さの地域におけるよりも、若干速いのではないかと思われる。

川畑、松岡<sup>13)</sup>は、P波の速度が地震帯に沿って、やや大きく、これと直角な方向においてやや小さいようにみうけられる。このことは地震のひん発する地帯の地下構

造、たとえば密度、温度、歪力、弾性常数などが、他の地域に比較して異常でありうるといっている。

鷺坂、三浦<sup>14)</sup>は、地表面から300kmぐらいのところにおいて、P波の速度がやや急速に増加する一種の不連続層が存在する。これはちょうど、深発地震が比較的多く発生する深さとおなじであることは、注目し値するといっている。

このように地震波速度は、地震を発生させるような物質からなりたつ地域を多く通るか、少なく通るかによっても左右されるものと思われるので、観測所における走時偏差は、あらゆる地震にたいして一定ではないようである。

§ 7. 地震の発生ひん度と不連続面

地震の発生する地域と、発生しない地域との境、また地震の発生する地域においても、発生ひん度の多い地域と、発生ひん度の少ない地域との境は、不連続面と考えられるので、不連続面の分布は非常に複雑なものであろう。

大きっぱにみると、日本全体では、深さ 20~30km において、かなりはつきりした不連続面がみとめられる<sup>15)</sup>。

東日本では、深さ 80~90km 以上で急に地震が減少しているので、深さ 80~90km において不連続面が考えられる。

西日本では、深さ 40~50km 以上で急に地震が減少しているので、深さ 40~50km において不連続面が考えられる<sup>16)</sup>。

## § 8. 東西日本の地震波の特異性と地震の発生する層の厚さ

東北日本と西日本において観測する地震波は、それぞれ特異な性質をもっている<sup>17)18)</sup>。

- (1) 振幅は東北日本が西日本よりはるかに大である。
- (2) 東北日本は  $P$ ,  $S$  波に短周期振動が卓越し、西日本は長周期振動をもつ。
- (3) 震波の減衰は東北日本はなかなか減衰しないが、西日本は極めて急激に減衰する。特に  $S$  波において著しい。
- (4)  $P$ ,  $S$  波の速度は東北日本は西日本より速い。

これらの性質は、異常震域と、それ以外の地域において観測する地震波についての特異な性質とよく一致している。

東北日本では、地震の発生ひん度の多い層は、深さ 0~80km であり、西日本では、深さ 0~40km である。このような相違は、地震波が地震の発生した地域を通ることが多いか少ないかの相違となつてあらわれる。

すなわち、東北日本と西日本において観測する地震波の特異な性質については、このような相違が原因の一つになっているのかもしれない。

## § 9. 結 論

異常震域現象の原因として考えられることは、震源の直接の影響以外の事から、すなわち震波径路の地下構造と観測所の地盤についての特異性である。筆者は震波径路の地下構造について、異常震域現象の特異性を調べてみた。すなわち、異常震域とそれ以外の地域にくる震波径路において、過去における地震の発生した地域が垂直的にどのように分布しているかということ調べてみると、つぎのようなことがみとめられた。

- (1) 地震波の過去における地震の発生した地域を通ることが長いことによって、異常震域の現象があらわれる。

- (2) 地震波速度は、地震を発生させるような物質からなりたつ地域を多く通るか、少なく通るかによつても左右される。

- (3) 地震の立体的分布において、発生ひん度が急に変るようなところは不連続面とみなしうる。

- (4) 東西日本における地震波の特異性は、地震の発生ひん度の多い層が、厚いか薄いかによつて説明づけられる。

## 参 考 文 献

- (1), (2) 正務 章：異常震域現象に関する統計的調査 (1) 有感回数に就て、*駿震時報*, **13**, No. 1 (1944), 30~40.
- (3) 藤本文彦：深発地震の記象による土地の振動特性の研究、*駿震時報*, **20**(1955), 129~140.
- (4), (5), (7) 石川高見：異常震域を表せる地震記象に就いて、*駿震時報*, **2**, No. 1 (1926), 7~15.
- (6) 国富信一：大正十五年二月四日津軽海峡東方沖合に発現せる地震の考察、*駿震時報*, **2**, No. 2 (1926), 49~60.
- 国富信一・吉成邦雄：リレー地震の存在と異常震域について、*気象集誌*, **6**, No. 4 (1928), 153~171,
- (8) 石川高見：異常震域、*駿震時報*, **7** (1933), 37~70.
- (9) 鷺坂清信：地震のエネルギー、*駿震時報*, **10** (1940), 385~448.
- (10), (11), (17) 森田 稔：熊野灘深発地震に現はれたる東西日本の特異性、*駿震時報*, **9** (1937), 231~251.
- (12), (15), (16) 大倉達雄：日本における地震の垂直的分布、*中国地区気象研究会誌*, 昭和32年度第2回 (1958).
- (13) 川畑幸夫・松岡保正： $P$  波及び  $S$  波の方向による走時異常、*駿震時報*, **10**, (1940), 502~504.
- (14) 鷺坂清信・三浦武臣：新竹・台中両州烈震に依る地震波速度の算出と地下 300 軒に於ける速度の異常的变化、*駿震時報*, **9**, (1935), 37~42.
- (18) 石川高見：異常震域、*駿震時報*, **7** (1933), 37~70.
- 鷺坂清信：地震横波の初動から見た震源の運動機構、*駿震時報*, **6** (1932), 15~42.