

# P波走時およびその偏よりから推定される 東北日本における地殻構造の一断面\*

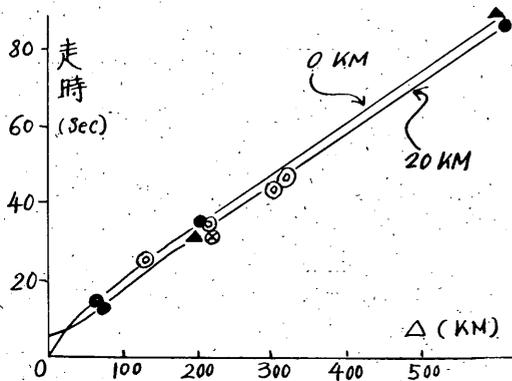
渡 部 貢

## § 1. まえがき

この調査は地震予知のための予備調査—C調査（地殻構造の地方性を明らかにする）の一環として行なったもので、もし長い年月の間の観測値の中のP波走時に、ある系統的な偏よりが認められるならば、それは波を伝えた地下構造に起因するという立場にたっており、その方法は測候時報第26巻第6号の“地震予知のための予備調査(I)”に準拠している。なおここで用いた資料は次の条件にかなうものである。すなわち震源発震時が秒単位、震央位置が $1^\circ/10$ の精度、震源の深さが量的に求められているもので、しかもこれら地震に対応して、秋田におけるP波初動の発現がP( $P_N, P_E, P_Z$ )または $iP(iP_N, iP_E, iP_Z)$ として測定されたものである。

秋田からの震央距離がやく600km、震源の深さが100km以内で、しかも上記の条件を満たす地震、1953~1957の5カ年で77ヶかぞえられ、これらの地震にもとづいて種々考察を加えたものである。

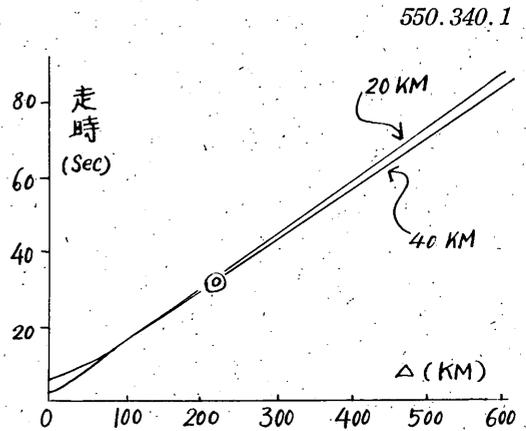
## § 2. 秋田におけるP波走時の2, 3の特性



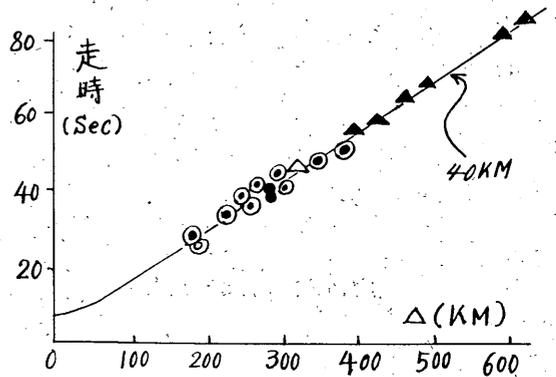
第 1.1 図 ( $0 < h \leq 20$  km)

\* M. Watabe: Anomalies of the Appearance Time of P Wave from the Observations at Akita (Received June 3, 1965)

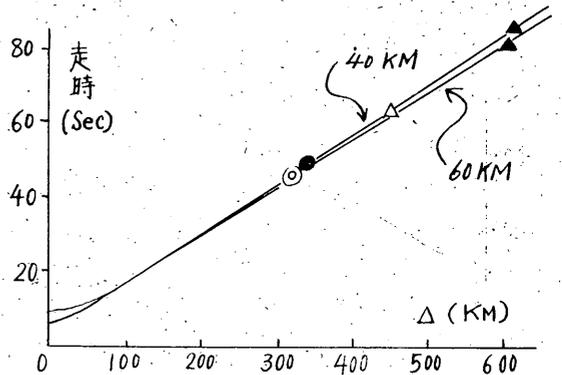
\*\* 秋田地方気象台



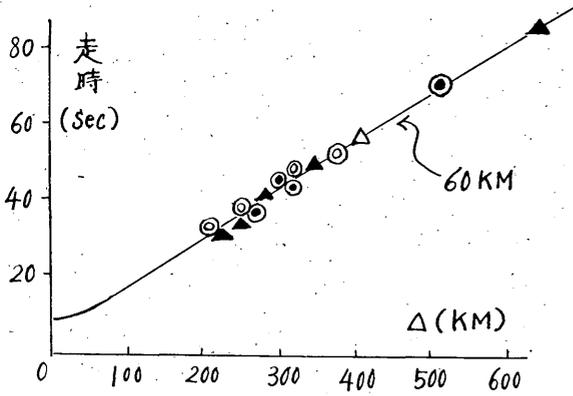
第 1.2 図 ( $20 < h \leq 30$  km)



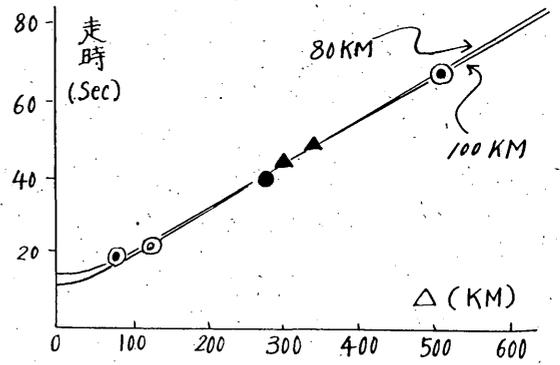
第 1.3 図 ( $30 < h \leq 40$  km)



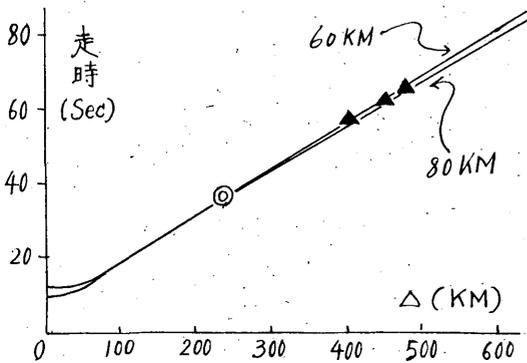
第 1.4 図 ( $40 < h \leq 50$  km)



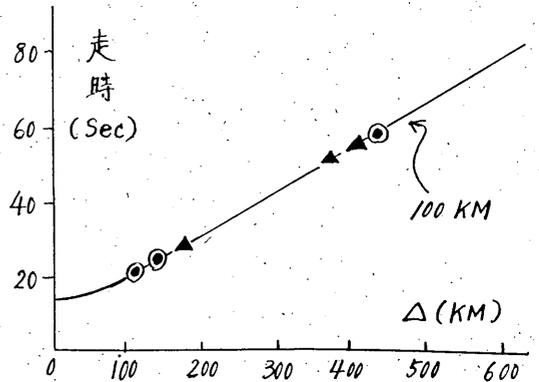
第 1.5 図 ( $50 < h \leq 60$  km)



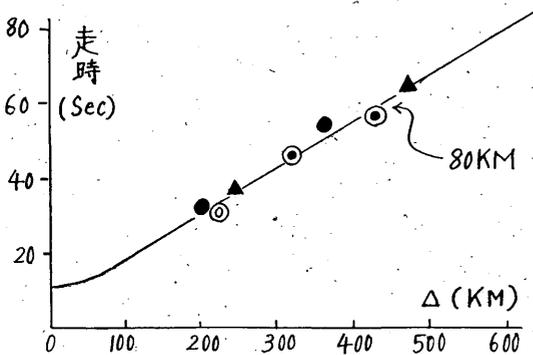
第 1.8 図 ( $80 < h \leq 90$  km)



第 1.6 図 ( $60 < h \leq 70$  km)



第 1.9 図 ( $90 < h \leq 100$  km)

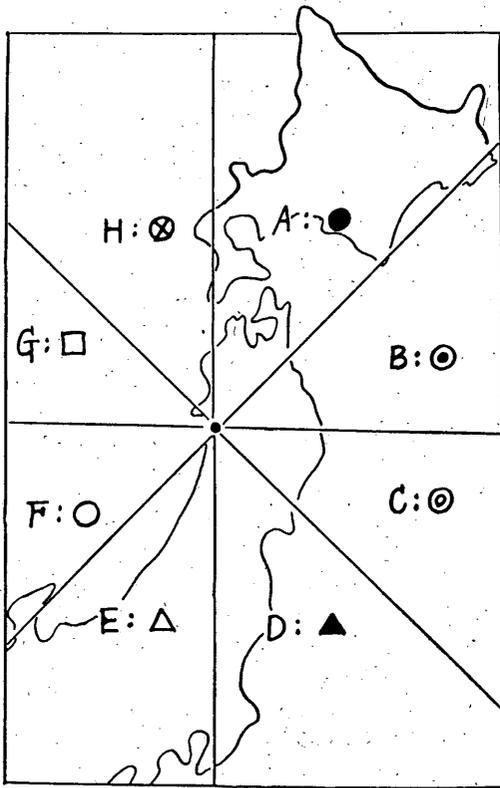


第 1.7 図 ( $70 < h \leq 80$  km)

深さ 100 km までの地層を最初の層だけは 20 km の深さまで、20 km 以上は 10 km 毎の薄層に分割、これら層別の ( $\Delta$ —走時) を第 1.1, ……1.9 図でしめしてある。図中の標準走時曲線は“近地震の P 表 (和達・鷺坂・益田)”から求め、震央距離の算定は気象庁地震課使用の 1/200 万地図を利用しておこなった。なお図中の、●, ○, …… ⊗ は第 2 図にしめすとおり、それぞれ A, B …… H ブロックをあらわす記号であり、これらのブロックは秋田を中心に東北日本を 8 象限に分割、北海道方面を A 地域として時計廻りに順次 B, C …… H としてある。これらを代表す陸地および海域は次のとおりである。

A 地域……津軽海峡と浦河沖、陸地としては北海道全域。

B 地域……やく北緯 40° 以北から北海道の南沖に



第2図 秋田を中心に8象限に分割した東北日本

かけての地域。

C地域……やく北緯 40° 以南の三陸沖から宮城県沖にかけての地域。

D地域……宮城県沖から房総沖にかけての地域。

E, F, G, H 地域については資料が小数例であるので、この調査では触れない。以上の分割の仕方は、予備調査 A, B—調査をおこなっていない現在、ひとつの方便として採用したが、検討の余地がある。なおここに提出した資料は総計 77 個であるが、その内訳は：A 地域 13 個、B 地域 23 個、C 地域 12 個、D 地域 24 個、E 地域 4 個、H 地域 1 個、F, G 地域では皆無である。

走時偏差は地殻構造の不均一に基因するもののほか、器械の不備、読みとり誤差、震源決定の確度など組みあわさって起り得る。これらが複合して起っても、その誤差はせいぜい ±3~4 秒とみて、これ以上の誤差を伴ったもの 4 個は除外してある。

第1.1 図~第 1.9 図から特徴的なものをあげると、

(i)  $0 < h \leq 20$  km の浅層でバラつきが大きい、

40 km くらいの深さから大よそ標準走時にのる。

(ii)  $30 < h \leq 40$  km で、B 地域は標準走時にちかいが D 地域では標準走時より遅く到達する傾向をもつ。

(iii) D 地域は  $60 < h \leq 70$  km でも標準走時よりも遅い傾向がある。

(iv) 40 km 以上の深さでは (i), でしめたように比較的標準走時にのるが、そのなかでやまバラつきのみられるのは  $50 < h \leq 60$  km の深さである。この深さで震央距離が 200~300 km の区域では、逆に標準走時よりも早い傾向がある。

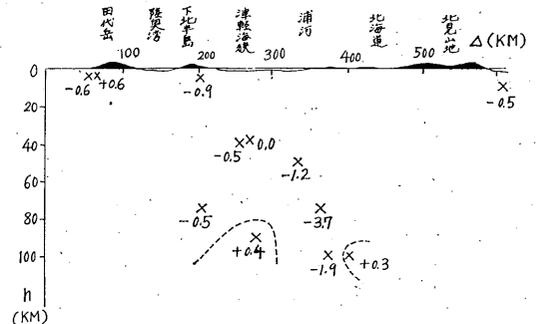
以上特徴的なものとみられる 4 項目をあげたが、特筆すべきものとしては、D 地域で起る地震の走時が遅いということに限られる。したがって、ここで視点をええ、走時偏差  $\Delta T = [\text{走時}]_{\text{cal}} - [\text{走時}]_{\text{obs}}$  ( $\Delta T$  が正のとき速度は標準走時より早く、負のときは遅い) の平面的の立体的分布をつくって検討を加える。なお、はせばてつや氏<sup>(1)</sup>は P 波走時の偏りについて、危険率 5% で 1.3 秒以上、10% では 1.0 秒以上の差がないと有意であり得ないと指摘しており、したがって以下では数量的取り扱いを避けて、単に正偏差か負偏差かという傾向的なものに限って論をすすめたい。

### § 3. 各地域毎の走時偏差の垂直分布

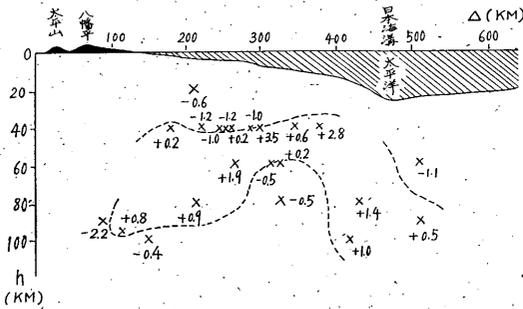
A, B, C, D の各地域において、縦座標を震源の深さ、横座標を震央距離として、 $\Delta T$  をプロットしたのが第 3.1~3.4 図である。これらの図の縮尺は、 $\Delta$  は震源の深さの 1/4、山の標高、海の深さは震源の深さの約 4 倍にとってある。

これら地域毎について、その特性を考えてみると：

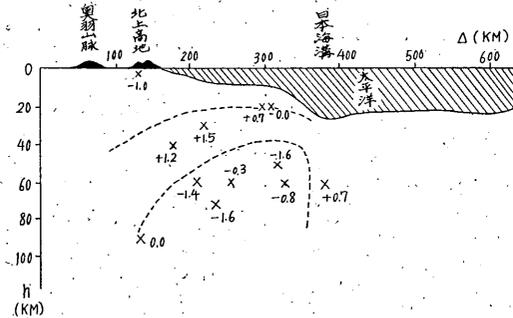
A 地域……一帯にわたって標準より速度の遅い地域が



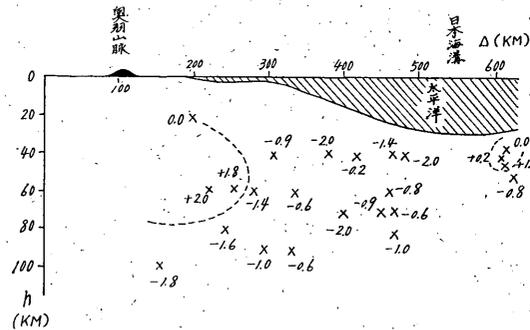
第 3.1 図 走時偏差の垂直分布：A 地域



第 3.2 図 走時偏差の垂直分布：B 地域



第 3.3 図 走時偏差の垂直分布：C 地域



第 3.4 図 走時偏差の垂直分布：D 地域

ひろがり、90~100 km ふきんに速度の早い部分が 2 箇所認められる。

B 地域……遅速の区域は割合明りような境界によって分離される。すなわち上部転位面は深さ 40 km くらいのところ下部転位面は多少不規則ながら深さ 60~80 km ふきんにある。なおこの下部転位面は震央距離 400 km あたり、すなわち日本海溝のすぐ西斜面から地球内部の方向に彎曲する傾向をもつ。震央距離やく 500 km、深さ 60 km の  $\Delta T =$

-1.1 を信頼すれば、上部転位面もこれと並走して彎曲しているとみられる。

C 地域……B 地域でみられたと同じ転位層が認められる。しかしその層自身の深さは見かけ上浅まり、上部転位面が地表下 20 km くらい、下部転位面が 40 km くらいで、B 地域よりやく 20 km 浅くなっている。これらの層はモホロビッチ層そのものではないにしても、本邦ふきんのモホロビッチ層が大よそこのふきんの深さのところにあること、さらに坪井博士<sup>(2)</sup>が重力の大小をモホロビッチ層のあがりさがりて説明しようとして考えた九つのタイプのうちの一つ、すなわち M-不連続面があがりすぎているタイプが東北地方の東沖合をかすめて関東地方にでてくるタイプと考えていることなどからしてモホロビッチ層に関連したものではなかろうか？ この地域でも B 地域同様、日本海溝のすぐ西斜面から地球内部の方向に彎曲する傾向がある。

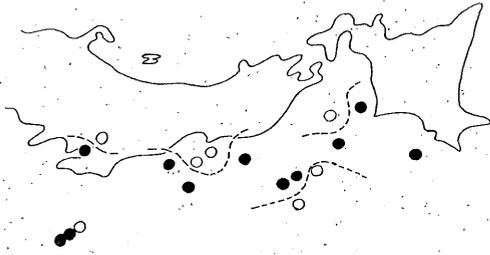
D 地域……一帯に標準より速度の遅い区域がひろがる。しかし震央距離が 200 km くらい、深さが 60 km ふきんと、震央距離が 600 km、深さが 40 km ふきんに、 $\Delta T$  のプラス域がある。この型については次のことが考えられる。すなわち B, C 地域でみられた正偏差域の転位層が、この地域では全く欠損したか、あるいはこの層がもっと薄い状態で、しかも上部転位面が地表下 20 km よりも浅いところに位置するかも知れないことである。

§ 4. 深さ別にみた走時偏差の水平分布

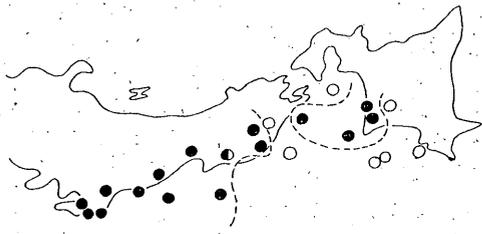
つぎに 100 km までの地層を、 $0 < h \leq 40$  km,  $40 < h \leq 60$  km,  $60 < h \leq 100$  km の 3 層に分割し、これら地層における偏よりの水平分布 (第 4.1~第 4.3 図) について考察する。



第 4.1 図 走時偏差の水平分布 (0 < h ≤ 40 km)



第 4.2 図 走時偏差の水平分布  
( $40 < h \leq 60$  km)



第 4.3 図 走時偏差の水平分布  
( $60 < h \leq 100$  km)

$0 < h \leq 40$  km の場合……津軽海峡から下北半島東方沖にかけてひろがっている負の偏差域が、袋状に南に垂れ下り岩手県沖に張りだしている。これらの地域は草薙氏ら<sup>(9)</sup>の調査で対象型ならびに初動の押し引き分布で複雑な地域として指摘されている。福島県沖から房総沖にかけても一帯に負偏差域である。一方正偏差域は北海道の南沖から三陸はるか沖合を経て宮城県沖にたつ地域であり、房総半島のはるか南東方にも一部正偏差域が認められる。なお東北地方を2分して、西半分と東半分とで P 波速度の異常伝播が 2, 3 の研究 (4, 5) で指摘され、重力異常<sup>(6)</sup>の立場からは盛岡—白河線上に密度分布の不連続が考えられていることなどから、津軽海峡をとおる境界線は、宮城—福島県境の 0.0 をつらねて東北地方を東西に2分した境界線を考えてよいかも知れない。

$40 < h \leq 60$  km の場合……負偏差域が東にかたより、北海道南東沖から本州沿いに並走して房総沖にたつ。この分布は  $0 < h \leq 40$  km の場合に比べて負偏差域がかなり東にかたより、とくに B 地域ではその位相が逆になっている。

$60 < h \leq 100$  km の場合……北海道の南部から下北半島の東方海上にかけて切離された負偏差域があるこ

と、また岩手県中部から北部にかけての地域から房総半島にかけて、広範囲に負偏差域が展開されている。なお前者の切離された負偏差域は、岩手県北部 +0.8 の存在から帰結されたもので、もしこの値が信頼性が高いものとするれば、このような区域で地質学的に興味ある事実があるとみなくてはならない。なお北海道の南東方から岩手県沖にかけては、 $40 < h \leq 60$  km で負偏差域であったが、再び正偏差域に変わっている。

### § 5. おわりに

この調査は、昭和初期に和達博士ら<sup>(9)</sup>が行なった研究と共通点がみだせる。それは本州をその長さの方向に2分するとき、日本海側を伝わる P 波速度が太平洋側を伝わるそれよりも遅いということ。さらに国富氏<sup>(6)</sup>が指摘した本島弧に沿う方向では、見かけ上速度が遅いということも一致する。筆者による調査では P 波速度は、地域平均として、A 地域 (-0.7 秒)、C 地域 (-0.3 秒)、D 地域 (-0.6 秒) で標準より遅く、B 地域 (+0.2 秒) で標準より早い。

しかし今回の調査には今まで行なわれてきた調査と矛盾する一つの問題点がある。それは例えば、飯田博士らによってしめされた、いわゆる震源の深さ別による影響はあまり顕著でなく、大体同じ形の偏差図が得られるとする結論である。これは資料の平均操作によって個々の資料の意味する Personality が失なわれたのではないかとみられ、筆者のもとめた偏差図と相容れないものがある。

同じ型の偏差図が得られるとするならば、異常伝播の原因を地殻上層に求めるのが至当であろう。和達博士もその原因を soft layer の厚さの場所による相違に求めており、さらに表面にちかいより軟かい特殊層にその原因を求めている人さえいる。しかし例えば第 3.2, 第 3.3 図にみられるように、速度の早い層が、遅い層のあいだに介在することは、異常伝播の原因を表面近くを求めることに疑問をもつ。

地球を薄い同心の球層に分けた場合、それぞれ密度、弾性などの異なった shell の互層が異常伝播の原因とも考えられる。例えば水平に多くの層がある場合、一般に n 層内に屈折する波の走時  $T_n$  を

$$\frac{2d_1 \cos \theta_1}{v_1} + \frac{2d_2 \cos \theta_2}{v_2} + \dots + \frac{2d_{n-1} \cos \theta_{n-1}}{v_{n-1}} + \frac{n}{v_n}$$

であらわすとき、いまでの調査が偏差にたいして初めの項に重みをかけているのに比べて、筆者は後の方の項も

視する必要のあることを強調したい。

乏しい資料にもとづいて、かなり飛躍して憶説を試みたが、今後より豊富な、より正確な資料の業績をまって充分検討する必要がある。諸賢のご叱正を賜りたい。

#### 参 考 文 献

- (1) はせばてつや (1955) : わが国における地震波初動の走時偏差について. 験震時報, 20, 93~100.
- (2) 坪井忠二 (1956) : 地殻に関するシンポジウム, 報告 6, 地殻と重力. 科学, 26, 26~27.
- (3) 草薙次郎・石橋昭吉 (1959) : 八戸における震央推定のための基礎調査. 験震時報, 24, 109~113.
- (4) 飯田波事・早川正己 (1950) : 震波速度の異常地域, 地震, 2 輯, 2, 55~57.
- (5) 飯田波事・神原健 (1934) : *P* 波の伝播異常について. 地震, 6, 301~317.
- (6) 矢部長克・その他 (1954) : 日本全国の重力測定と日本の地質構造. 科学, 24, 432~440.
- (7) 益田クニモ (1932) : 関東地方に於ける地震波伝播の異常について. 気象集誌, 2 輯, 10, 572~577.
- (8) 国富信一 (1933) : 日本における地震波動の伝播に関する研究. 気象集誌, 2 輯, 11, 49~70.