

## D01

## 一元化处理による検測値データを用いた観測走時等のデータベース化

新原 俊樹（福岡管区気象台地震火山課）

## 要旨

海域で発生した地震の震源決定等の処理において有用な知識（①周辺の地震観測点のうち地震波の位相が発現しやすい/発現しにくいのはどこか、②位相が発現する場合、そのタイミング（観測走時）にどのような傾向があるのか）を将来にわたり組織の中で円滑に共有・継承させることを目的として、一元化处理による検測値データ（対象期間：1997年10月～2016年3月）から情報を抽出しデータベース化した。このデータベースに収録した各地震観測点での位相の検測率は、別の期間（2016年4月～2017年12月）における検測率と相関係数0.6以上の相関を持っていたほか、別の期間における検測値データに記載の観測走時の分布がデータベース化の対象期間の分布と概ね一致する結果となった。

## 1. はじめに

1995年1月の阪神・淡路大震災を契機として制定された地震防災対策特別措置法の趣旨に基づき、気象庁は1997年10月から大学等の研究機関が所有する地震観測データをリアルタイムで収集し、文部科学省と協力して震源決定等の処理を一元的に行う運用（以下、「一元化处理」）を開始した。一元化处理の結果は、地震活動評価のための基礎資料として同法に基づき設置された地震調査研究推進本部地震調査委員会に提供されるほか、地震に関する調査研究の基礎データとして広く公開・活用されている（気象庁，1997）。

一元化处理において、小規模な地震の震源決定については、2016年4月から自動震源決定技術（PF法（溜淵・他，2016））の活用などにより省力化が進められたが、一定規模以上の地震については、精度良く震源決定を行うために気象庁の職員が手作業により地震観測データから地震波の位相（P相、S相等）の発現時刻やその振幅、周期を計測（以下、「検測」）している。

現在、気象庁が地震観測データを利用している地震観測点（以下、「観測点」）は国内だけで1,400点以上あるが、南西諸島や伊豆諸島、小笠原諸島等の周辺の海域では、観測点を設置できる場所が限られている（図1）。このため、

海域の地震の震源を決める際には、陸域の地震と比較して震源付近に観測点が無かったり、地震波の位相が発現する観測点が少なかったりするなどの制約がある。

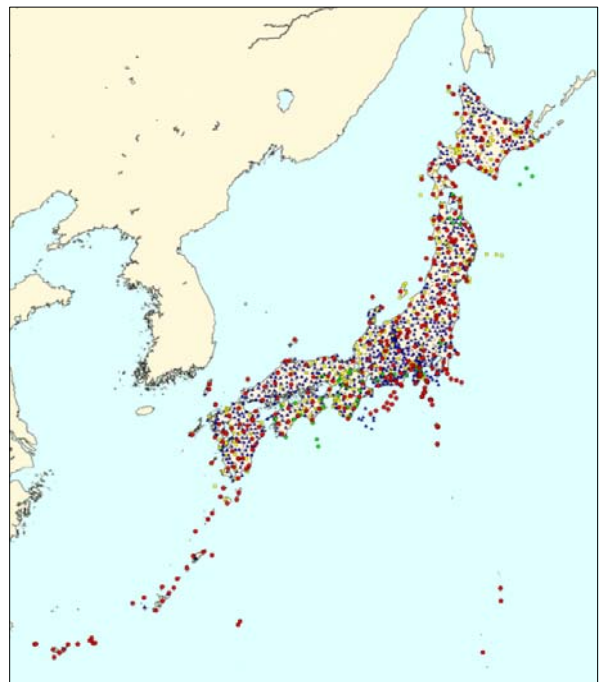


図1 気象庁の地震観測体制

また、震源と観測点との距離だけでなく観測点に設置された地震計の感度や周波数の特性により地震波の位相の発現のしやすさが異なるほか、震源と観測点の位置関係により位相の発現時刻（以下、「観測走時」）も理論的な計算値（以下、「理論走時」）と異なるなどの地域特性がある。特に、観測点の数に制約がある海域

の地震の検測作業に当たっては、こうした地域特性に関する知識が有用であるが、各検測者が所有するこれらの知識を組織として円滑に蓄積・共有・継承していくことが大きな課題となっている。

本研究は、海域の地震の検測作業に有用な知識（具体的には、海域の様々な場所で発生する個々の地震に対して、①その周辺で地震波の各位相を検測しやすい/検測しづらい観測点が何処か、②位相を検測できる場合、その観測走時にどのような傾向があるのか）を将来にわたり組織の中で円滑に共有・継承させることを目的として、これまでに公開済みの検測値データ（気象庁、1997）を集計してこれらの知識の根拠となる情報を整理し、随時に参照可能なデータベース化を試みた。

## 2. データベースの作成

本研究では、福岡管内の海域の一部である北緯 30.5~32.0 度、東経 128.5~129.5 度、深さ 0~20km の領域（図 2 の領域 a）について、一元化処理を開始した 1997 年 10 月から 2016 年 3 月までの期間（以下、当該期間を「DB 化対象期間」）に発生した地震をデータベース化することとした。

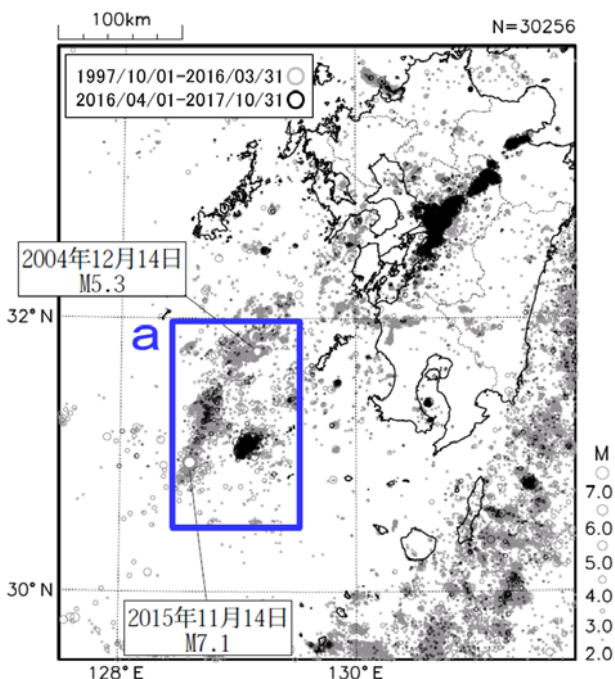


図 2 データベース化対象領域（領域 a）

領域 a では、2004 年 12 月 14 日に M5.3 の地

震や、2015 年 11 月 14 日に M7.1 の地震が発生しており、DB 化対象期間以降も地震活動が見られる領域である（図 3）。

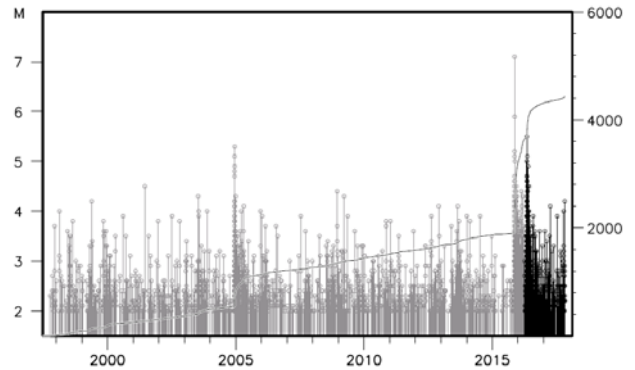


図 3 図 2 領域 a 内の M-T 図及び地震回数積算図

領域 a 内に、緯度・経度方向に各 0.05 度（約 5 km）間隔、深さ方向に 5 km 間隔、マグニチュード（以下、「M」）0.1 間隔で格子点を設定し、各格子点から緯度・経度方向に各 ±0.05 度、深さ方向に ±5 km、 $M \pm 0.1$  の範囲内で発生した地震を当該格子点に関連付けた。この範囲については、気象庁が一元化処理により決定する震源の精度（水平方向の標準誤差 5 分（約 8 km））を考慮して設定した。各格子点に関連付けられた地震の検測値データから、地震の事例数、周辺の各観測点における P 相・S 相の検測事例数及びそれらの観測走時の平均と標準偏差を集計し、データベース化した。

一例として、北緯 31.70 度、東経 129.00 度、深さ 15km、M2.2 の格子点に関連付けられた地震（全 24 事例）の検測値データを集計してデータベース化した情報を図 4 に示す。

観測点名	P相の検測率	観測走時	$\sigma$	S相の検測率	観測走時	$\sigma$
紙島	24/24	11.7秒	0.47秒	24/24	19.6秒	0.75秒
下飯島	23/24	11.6秒	0.36秒	23/24	19.7秒	0.63秒
福江島富江	24/24	18.1秒	0.35秒	21/24	31.0秒	0.67秒
牛深	22/24	19.1秒	0.52秒	16/24	32.7秒	0.68秒
福江	23/24	18.9秒	0.34秒	21/24	32.5秒	0.71秒
長島	15/21	19.6秒	0.59秒	12/21	33.3秒	0.76秒
阿久根	17/21	19.6秒	0.50秒	12/21	33.7秒	0.66秒
長瀬山	24/24	20.6秒	0.33秒	23/24	35.8秒	0.66秒
野母崎	13/21	20.4秒	0.47秒	11/21	35.1秒	0.75秒
長崎野母崎	7/15	21.4秒	0.61秒	1/15		
黒島	18/24	21.7秒	0.39秒	12/24	37.3秒	0.42秒
川内	15/21	21.1秒	0.52秒	12/21	37.0秒	0.86秒
柴尾山	22/24	21.4秒	0.47秒	16/24	37.1秒	0.70秒
新和	15/21	21.5秒	0.60秒	10/21	36.6秒	0.67秒

図 4 データベース化した情報の例

図 4 では、格子点からの距離の昇順に各観測点を表示している。格子点に最も近い観測点

「甬島」では、24 事例全てにおいて P 相、S 相ともに検測されており、その観測走時の平均は P 相が 11.7 秒（標準偏差 0.47 秒）、S 相が 19.6 秒（標準偏差 0.75 秒）である。なお、今回は平均と標準偏差の算出条件として、検測数が 5 事例以上あることとした。

格子点から離れた観測点ほど地震の事例数に対する各相の検測数の割合（以下、「検測率」）は減少する傾向にあるが、観測点「長屋山」など、格子点から同程度の距離にある他の観測点と比較して検測率が高い観測点があることも分かる。また、観測点「長崎野母崎」のように、P 相と S 相の検測率が大きく異なる観測点もある。検測率の算出に当たっては、各観測点の地震観測データの収集を開始した時期を考慮している（例えば、観測点「長島」は 2000 年 10 月から地震観測データの収集を開始しており、以降に発生した地震（21 事例）に対する検測数から検測率を算出している）。なお、今回は検測率の算出条件として、地震事例数が 5 事例以上あることとした。

### 3. データベース情報の検測作業への活用

実際の一元化処理の検測においては、自動震源決定技術や簡易的に求めた震源の情報（緯度・経度、深さ、M）をデータベースへの入力値とし、震源に最も近い格子点に関連付けられた情報を参照することができる。この情報は過去に同じ場所で発生した同規模の地震に対する検測の経験から得られたものである。

一元化処理の検測に当たり、この情報をどれだけ活用することができるのか検証するため、DB 化対象期間後の 2016 年 4 月から 2017 年 12 月までの期間（以下、当該期間を「検証期間」）に発生した地震の検測値データと比較した。

まず、P 相、S 相の検測率について検証するため、DB 化対象期間と同様に検証期間の検測値データをデータベース化し、両期間とも検測率を算出することができた 314 サンプルを比較した（図 5）。図 5 は P 相、S 相それぞれの検測率を比較したものである。見た目の上では P 相、S 相の各結果に大きな違いは見られないが、相

関係数を見ると P 相が 0.79、S 相が 0.64 と差異が生じた。図上では点で表現されているが、P 相のケースにおいて両期間の検測率が共に 100%（又は共に 0%）のものが 23 サンプルあり、これらが相関係数の向上に寄与しているものと考えられる（これら 23 サンプルを除いた場合、P 相の相関係数は 0.75 となった）。

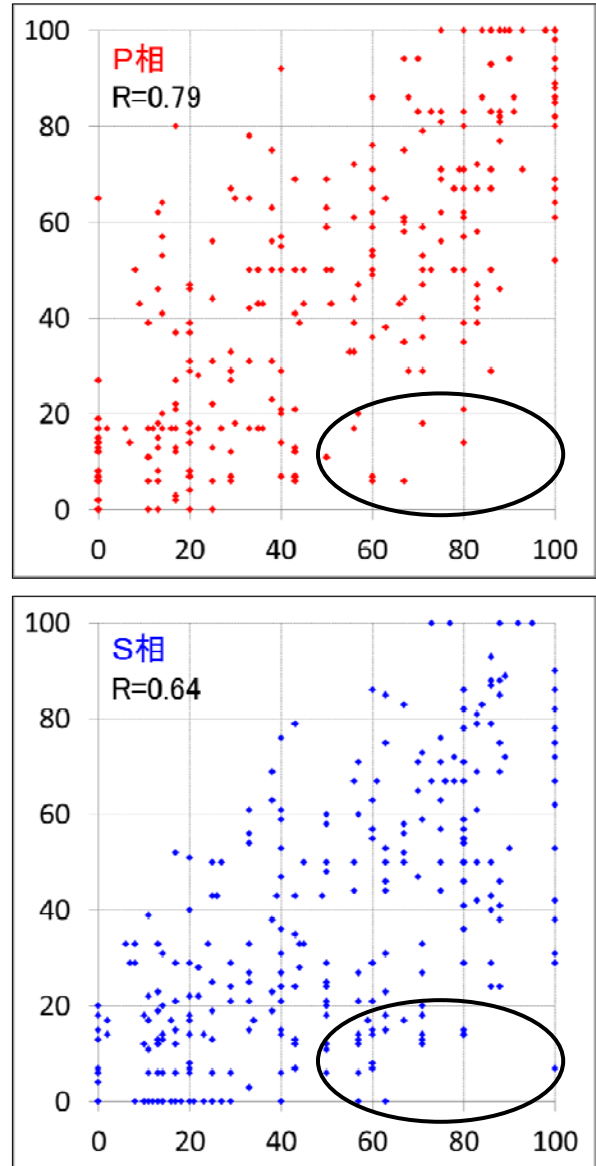


図 5 両期間における検測率の比較

また、P 相、S 相ともに、DB 化対象期間の検測率に対して検証期間の検測率が小さくなるサンプルが散見された（図 5 中のマル囲み部分）。これらのサンプルの多くは島嶼部の観測点の検測率を比較したものであった。島嶼部の観測点は障害等により一度欠測となった場合に復旧までに時間を要することが多い。検証期間内において欠測期間の長かった「黒島」等の

観測点で DB 化対象期間に対して検測率が小さくなる傾向が見られた。各観測点の運用期間に加えて稼働期間も考慮して検測率を算出することにより、その信頼性も高まると考えられる。

次に、観測走時の平均と標準偏差について検証する。既に DB 化対象期間の検測値データから格子点周辺各観測点での観測走時の分布（平均と標準偏差）（以下、「経験的な分布」）を得ている。この経験的な分布に対して、検証期間中の各地震事例における周辺観測点の観測走時がどの位置にあるか測り、検証期間中の全地震事例・全観測点について累計した（図6）。

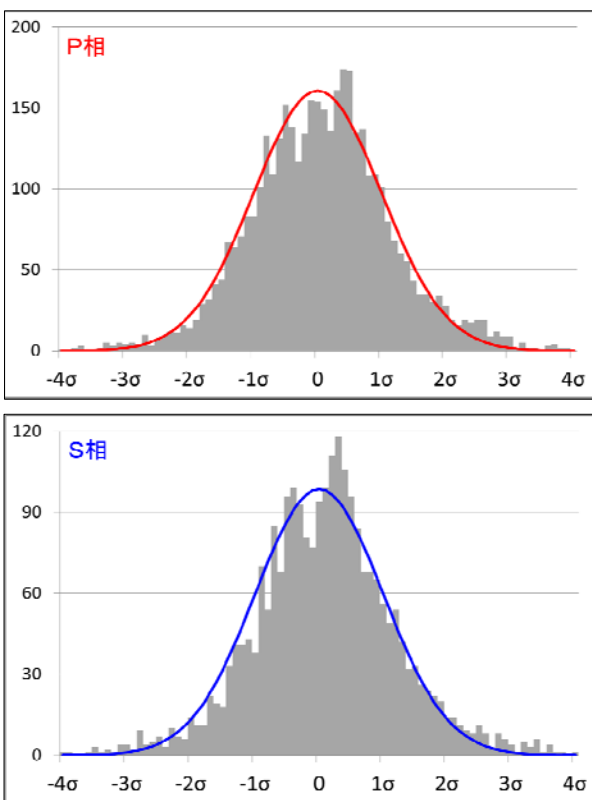


図6 経験的な分布に対する観測走時の累計

図6は、経験的な分布を曲線で示し、検証期間中の各地震事例における周辺観測点の観測走時の位置の全地震事例・全観測点累計を棒グラフで示したものである。この図で示したとおり、検証期間中の各観測点の観測走時の分布が経験的な分布と概ね一致する。

以上のとおり、DB 化対象期間における検測値データから算出した各位相の検測率や観測走時の経験的な分布が、その後の期間における検測作業において有用な参考情報となり得ることが分かった。

#### 4. 今後の展望

現在、一元化処理の検測作業において参照する理論走時は、その計算に用いる走時表（JMA2001、上野ほか 2002）が日本付近の地殻やマンツルの不均質な速度構造を考慮していないため、実際の地震波の位相の発現時刻と異なることがある。この理論走時と比較して、経験的な分布（観測走時の平均と標準偏差）がどの程度の優位性を示すことができるか、今後、DB 化対象領域を拡大し、さらに事例を増やして検証する必要がある。

#### 謝辞

本研究では、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国土地理院、青森県、東京都、静岡県、神奈川県温泉地学研究所、横浜市、国立研究開発法人海洋研究開発機構及び気象庁の地震波形と、その波形を気象庁と文部科学省が協力してデータを処理した一元化震源を使用しました。また、図の作成には横山（1997）の震源表示プログラム（hypdsp）を使用しました。

#### 参考文献

- 気象庁（1998）会話検測マニュアル．地震火山技術通信，72，pp. 37-82.
- 上野寛，島山信一，明田川保，舟崎淳，浜田信生（2002）気象庁の震源決定手法の改善－浅部速度構造と重み関数の改良－．験震時報，65，pp. 123-134.
- 溜瀧功史，森脇健，上野寛，東田進也（2016）ベイズ推定を用いた一元化震源のための自動震源推定手法．験震時報，79，pp. 1-13.
- 横山博文（1997）X ウィンドウシステムを用いた地震活動解析プログラム．験震時報，60，pp. 37-51.
- 気象庁（1997）地震月報（カタログ編）．<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/>