

「地震業務の最前線」 ～地震・津波の監視と正確かつ迅速な情報発表～

大阪管区気象台地震火山課 森脇 嘉一

はじめに

日本は世界的に見ても地震が多い国として知られています。これは、地震やそれに伴って発生する津波による被害に繰り返し遭ってきたことを意味します。いつどこで発生するかわからない地震や津波による被害から、私たちの生命や財産を守るためには、地震の発生を早期に検知し、緊急地震速報・津波警報をはじめとする情報を正確かつ迅速に発表・伝達することが欠かせません。

ところで、テレビやラジオで見聞きするこれらの情報が「気象庁」によって発表されていることをご存知でしょうか。正確には、東京にある気象庁本庁と大阪管区気象台（以下「気象庁」という）の2拠点で、24時間通年の体制で地震活動・津波・地殻変動などを監視し、情報発表にあたっています。これを支えるのが、全国に展開された観測網、観測したデータを収集する伝送技術、収集したデータを迅速に分析して情報を作成する処理システム、そして、この処理結果を最終チェックして情報発表を操作する職員です。

この記事では、気象庁がどのように地震活動や津波を観測し、私たちに情報を届けているのか、地震業務の最前線である大阪管区気象台地震火山課のオペレーション現場の業務を交えて紹介します。

観測網について

さて、地震は地下の岩石同士がずれ動くことによって発生し、地中に振動が生じると周囲へ波（地震波）として伝わります。この地震波を地表付近で検知・記録するための機器が「地震計」です。気象庁が国内約300地点に整備した地震計は、被害が生じる強い揺れから身体に感じないような微細な震動まで幅広く捉えるために、強い揺れでも振り切れない構造のセンサーと高感度のセンサーを別々に備えており、センサーを鉛直方向に1つ、直交する水平方向に2つ組み合わせることで、三次元の揺れを記録します。さらに関係機関が設置した約1,500地点の高感度タイプの地震計データを含め、常時気象庁へ送られています。

一方、強い揺れに特化して観測するのが「震度計」です。震度計は、地震計と同じ仕組みですが、その場で観測データから震度を算出する機能があります。なお、震度は震度0から震度7までの10階級（震度5と震度6はそれぞれ「弱」と「強」に細分

化)で表されます。震度計で一定規模以上の揺れを検知した際、震度の算出処理が起動し、震度1以上と判定されると、気象庁へデータを送る仕組みです。震度の大小は、地震の発生場所からの距離だけでなく、観測地点の地盤状態にも大きく左右されます。被害に応じた人命救助や復旧支援が必要となった時、国や地方公共団体が素早く判断して行動に移すためには、各市区町村に最低1地点以上の震度計を設置する必要があるとして、気象庁、関係機関を合わせると、全国約4,300地点で震度を観測しています。

また、気象庁は関係機関の協力を得て、沿岸の津波観測点や沖合津波計から潮位データをリアルタイムで収集しています。

さらに、気象庁および関係機関は、地下の岩盤のわずかな伸び縮みを捉える「ひずみ計」という機器を南海トラフ沿いに約40地点整備し、常時気象庁へデータを送っています。ひずみ計は、地下数百メートルの縦穴を掘削した底に円筒形の検出部を埋設し、この検出部が岩盤と同じように変形することで、岩盤の伸び縮みを検知します。その仕組みは、金属に力をかけて伸び縮みさせると、電気抵抗が変化する特性を利用しています。

情報処理システムについて

気象庁は、コンピュータの情報処理能力をフル活用し、気象庁へ集約された多種、多様で多地点の観測データを統合的に解析し、整理した内容を情報として発表しています。このシステムは、東京にある気象庁本庁と大阪管区気象台に整備しています。2拠点に整備したのは、どちらかの拠点が地震などで被災した場合、あるいは通信障害や停電といったインフラ障害に見舞われた場合でも、もう一方の拠点から情報発表を継続するためです。

また、一般的なシステムは夜間などに保守で停止しますが、地震や津波の監視と情報発表を担う気象庁のシステムは、わずかな時間の停止も許されないため、メンテナンスや障害時も処理が継続可能な機器構成となっています。

緊急作業時の業務について

図2は気象庁が発表する情報を地震発生から時間順に並べた図で、これに沿ってシステムの処理や職員が行う作業を説明します。最初に必要なのは、地震の発生した時刻、場所(緯度、経度、深さ)、規模(マグニチュード)、つまり震源要素を把握することです。地震波は主に、初期微動と呼ばれるP波と主要動と呼ばれるS波があります。地震計の波形データからP波やS波の到達時刻と波形の振幅といった情報を複数地点から取り出し、コンピュータが高速で計算して震源要素を求めます。システムは常時この一連の作業を自動で行い、地震の発生を監視します。



図1. 地震・津波観測から情報発表までの流れ(パンフレット「地震と津波」を加工して作成)

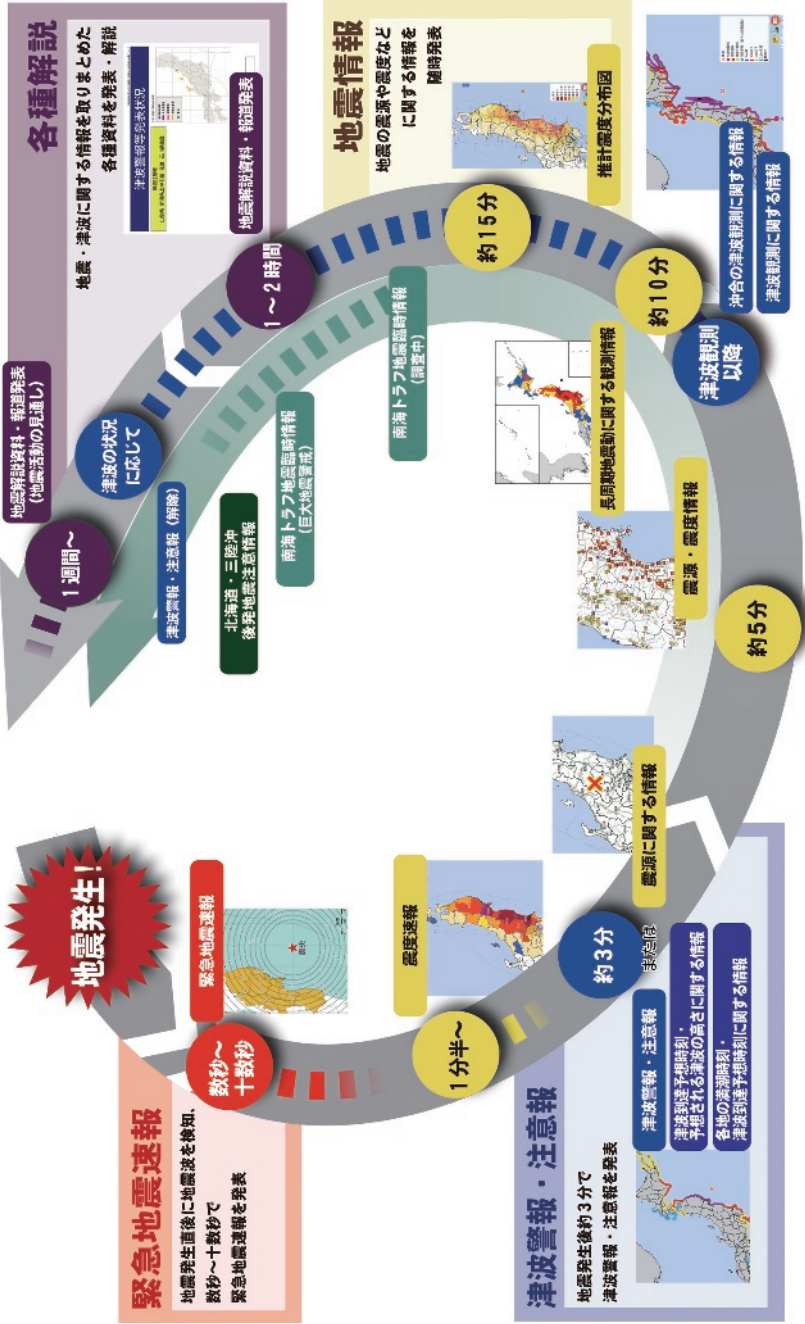


図2. 気象庁が発表する地震や津波の情報(パンフレット「地震と津波」を加工して作成)

P波のほうがS波よりも早く伝わる性質を利用し、震源に近い地震計でP波を検知して、次の強い揺れが各地に到達する前にそれを知らせようとするのが「緊急地震速報」です。少ない観測データから揺れの強さを予測する技術と、検知した地震波や発表した緊急地震速報を迅速に伝える情報通信技術に支えられ、人の手を介さず瞬時に情報を発信・伝達します。



図3. 緊急地震速報のながれ(気象庁ホームページを加工して作成)

さて、自動で求めたマグニチュードが一定値を超えると、オペレーションルームに緊急作業を促すアラームが鳴動します。職員はシステムを操作する席に駆け付け、自動処理されたP波やS波の到達時刻や波形の振幅が正しいかをチェックし、必要に応じて修正や追加を行ったうえ、震源計算処理を手動で実行することで、自動で求めた震源要素よりも精度の高い震源要素を決定します。ここまで、地震発生から1～2分程度で作業します。ただ、地震の規模が大きいほど、断層のずれる面積は大きく、断層運動が収まるまでの時間も長くなります。そうなると、マグニチュードの推定に時間がかかるため、津波警報を目標とする3分程度で発表するには、いつまで震源要素を精査し続けるかの判断が迫られます。震源要素を求める作業は東京と大阪の同時並行で進めます。双方の震源要素を比較することで確度を高め、精度がよいと判断したほうの震源要素を採用して、津波警報や地震情報の発表作業に移ります。

津波警報を発表するには、あらかじめ約10万通りの津波の数値シミュレーションを行い、この結果を格納した津波予報データベースを利用します。求めた震源要素に対応する津波予測結果(各地点における津波の高さや津波到達までの時間)を検索することで、即座に情報発表できる仕組みです。

次に、求めた震源要素から各震度観測点におけるP波やS波の到達時刻をコンピュータで推定し、発表しようとする震度が、この地震によって揺れたものかどうかを確認のうえ、地震発生から5分程度で震源・震度情報を発表します。その後も長周期地震動に関する観測情報、推計震度分布図といった地震情報を短い時間間隔で

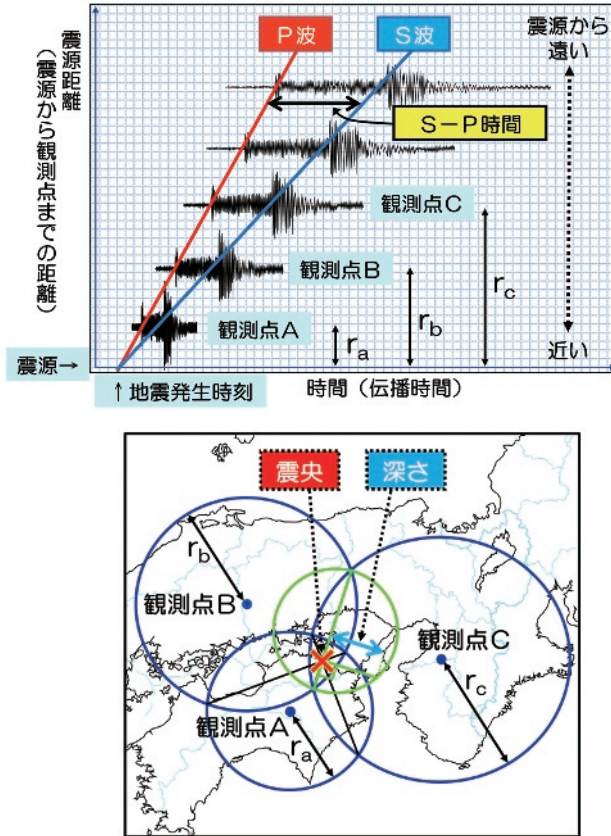


図4. S-P時間から震源位置を推定する模式図
(上:震源距離とS-P時間との関係、下:震源位置の図式解法)

次々と発表します。これらの情報は、地震発生からわずか15分ほどの間に発表されます。

さらに、津波警報等を発表すれば、津波の観測値を津波情報として速やかに提供するほか、観測データに基づいた津波警報の切り替えや解除を判断します。

このような緊急作業に対応するため、職員も24時間体制で業務に従事しており、東京と大阪の2拠点では日勤



図5. 大阪管区気象台での緊急作業の様子

と夜勤を交代で行うシフトが組まれています。大阪管区気象台の地震火山課では、総勢25名の職員がこの業務に従事しており、5名ずつの5班に分かれています。なお、各班5名全員で情報発表の機器操作(オペレーション業務)を行っているだけでなく、班長1名の指揮のもと、残り4名でオペレーション対応します。ちなみに、気象庁本庁には全国班長が1名おり、東京と大阪に指示を出し、全体の指揮を執っています。その緊張感は、YouTube「大阪管区気象台の業務～技術編～」(2次元コード:<https://www.youtube.com/watch?v=4yUardvLJso>)を是非ご覧ください。



平時の業務について

地震が発生すると迅速な対応が求められますが、このような情報発表に対応しているだけではありません。オペレーション現場での普段の業務は大きく3つに分けられます。最も重要なのは手順確認や訓練です。作業の流れや操作方法をマニュアルとして整理し、過去事例を再生可能な試験機を操作することで、習熟を図っています。また、自然現象が相手であるため、さまざまな状況を想定した訓練を重ねることで、本番でも落ち着いて情報発表できるよう備えています。

次に、精密な震源要素の決定業務があります。津波警報や地震情報に用いる震源要素は地震発生後数分で求めた速報値ですが、関係機関の地震計データを含めた解析により、より精度の高い震源要素を決定しています。詳細な地震活動の把握が目的のため、体を感じない小さな規模の地震の震源要素も求めています。

3つ目は、観測点や機器の運用管理です。地震観測点、震度観測点、津波観測点、ひずみ観測点が正しく機能しているか、日々チェックを行っています。先ほど、緊急地震速報は全自動で発表すると説明しましたが、観測点のメンテナンス時や工事ノイズを頻繁に拾ってしまう場合は、あらかじめ緊急地震速報への活用を停止するなどして、誤った情報を発表することがないように、職員が管理しています。同様に、地震以外の要因(工事や除雪作業など)で震度を観測する場合もあり、地震情報に含めて発表しないよう、人によるチェックが欠かせません。このように、限られた人員で正確かつ迅速に情報を発表できるよう、日ごろから努めています。

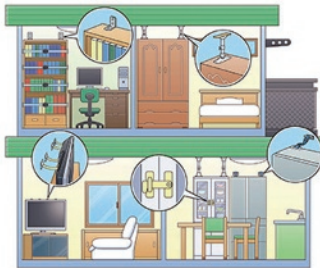
津波・地震から身を守るために

今、日本で最も警戒されている地震の一つが、南海トラフ沿いの巨大地震です。この地震は、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込む際に、ユーラシアプレートと一緒に引きずり込まれることでひずみが溜まり、限界に達すると一気に跳ね上がることで発生するため、海溝型地震に分類されます。概ね100～150年間隔で繰り返し発生するのが特徴で、直近の昭和東南海地震・昭和南海地震の発生か

らすでに約80年が経過しており、いつ起きてもおかしくないと言われています。

このほか、日本では陸地の浅い場所で発生する地震でも、度々甚大な被害が生じています。今年で発生から30年となる「平成7年(1995年)兵庫県南部地震」もその一つです。現在の科学的知見では、あらゆる地震の発生予測が困難なことを踏まえ、住民一人ひとりが地震に対する正しい知識を持って、日ごろから地震に備え、緊急地震速報や津波警報を見聞きしたら、素早い判断で身を守る行動をとることが大事です。

大阪管区気象台では、学校を訪問して防災授業を行っているほか、大阪市立科学館様と毎年共催している「ミニ気象台」というイベントを通して、こうした知識の普及啓発にも努めています。子供から家庭、地域へと多くの方に知識が行き渡り、意識を高めることにつながればと考えています。また、YouTube「気象庁/知識・解説 ショート動画」(2次元コード:<https://www.youtube.com/channel/UCODH6XDH1IL618u3pOoFd-A/shorts>)にてわかりやすい説明を手軽にご覧いただけます。地震の発生は避けられませんが、私たちの備えと行動により、少しでも被害を減らすことができますはずです。



家具の転倒防止対策



非常備蓄品の確保と
持ち出し品の確認



防災訓練への参加



避難場所や経路の確認

図6. 日ごろの備えの例(政府広報オンラインホームページより)

著者紹介 森脇 嘉一(もりわき かいち)



2002年気象庁入庁。気象観測・天気予報に従事した他、長野市松代にあった精密地震観測室(当時)で地震業務を経験し、現在大阪管区気象台地震火山課にて情報発表のためのシステムの維持・管理を行う。和歌山県出身。