

地震動のスペクトル分析情報の自動配信とその改良

片岡正次郎・大道一步・石井洋輔・青井 真・中村洋光・鈴木 亘

1. はじめに

地震発生時、特に、地震発生直後の情報の少ない段階では、限られた情報から被害の概況を適切に推測し、初動体制を構築することが非常に重要である。国土交通省国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）では2017年度より、K-NETの強震記録を用いて、地震発生直後に観測された地震動の加速度応答スペクトルと、固有周期1～2秒に設定した被害発生ラインを比較することで、地震による被害の規模を推測する「スペクトル分析情報」を作成し、自動配信する取り組みを行っている¹⁾。しかし、これまでの情報配信では、3.1で後述するように、多くの強震記録が得られた場合、記録の取得が遅れ、正確な情報を配信できない場合があった。

国総研ではこの課題の解決に向け、国立研究開発法人防災科学技術研究所（以下「防災科研」という。）と共同研究を実施し、加速度応答スペクトルの情報取得体制を改良した。本報文ではスペクトル分析情報の概要を述べるとともに、共同研究により達成した情報配信の安定性・即時性の向上について報告する。

2. スペクトル分析情報の概要

2.1 配信内容

スペクトル分析情報は、地震発生後15分以内を目処に、国土交通本省、地方整備局等の関係部局に、国総研からメールで自動配信を行っている。

配信する情報は3枚組（pdfファイル）となっており、図-1は配信するスペクトル分析情報のうち1枚目のイメージである。図-1の左側では、強震記録が得られた観測点のうち、計測震度上位10地点の加速度応答スペクトル（水平2成分合成、減衰定数5%）を記載しているほか、構造物の固有周期の目安、既往の主な地震の加速度応答スペクトル、被害発生ライン（2.2参照）を記載している。また、図-1の右側では、加速度応答スペクトルを算出した観

測点をその計測震度に応じた震度階で色分けし、行政界で区分した震度分布図に重ねて表示している。

2.2 配信情報の見方

スペクトル分析情報では、2.1で述べたように、加速度応答スペクトルと合わせて、被害発生ラインを記載している。図-2は、スペクトル分析情報の2枚目に添付しており、被害発生ラインの見方を説明するものである。図-2の上部では、2016年鳥取県中部の地震と2016年熊本地震（前震及び本震）の例を参考に、それぞれある地震で得られた強震記録の加速度応答スペクトルが被害発生ラインを「超えなければ被害は限定的であると推察される」、「一部地点で超えるとその地点周辺で被害発生のおそれがある」、「多くの地点で超えていれば広い地域で被害発生が懸念される」旨を説明している。

図-2の右下部では、被害発生ラインを設定する際の検証²⁾で用いた、過去の地震で被害が限定的（全壊住家棟数が10棟未満）であった揺れの加速度応答スペクトルを示している。被害発生ラインは、中低層建物や一般橋の被害と相関が高いとされる固有周期1～2秒を対象に、これらの記録を包絡する両対数上の線分として設定している。また、図-2の左下部では、1枚目の地図情報の補足説明として、被害発生ラインを超える揺れが生じた地点は地図上で強調して表示される旨を説明している。

スペクトル分析情報の3枚目はスペクトル分析情報の理解の助けとして添付している参考資料であり、近年の代表的な被害地震（1995年兵庫県南部地震、2003年十勝沖地震、2004年新潟県中越地震、2008年岩手・宮城内陸地震、2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震（本震））の概要を述べるとともに、各地震や被害の特徴を述べている。

3. 情報取得体制の改良

3.1 情報取得体制の課題と対策

スペクトル分析情報を配信する際、これまでは、地震発生後に防災科研K-NET（Kyoshin Net：全国強震観測網）の即時公開データ²⁾に掲載されている強震記録のダウンロード、計測震度の大きい10

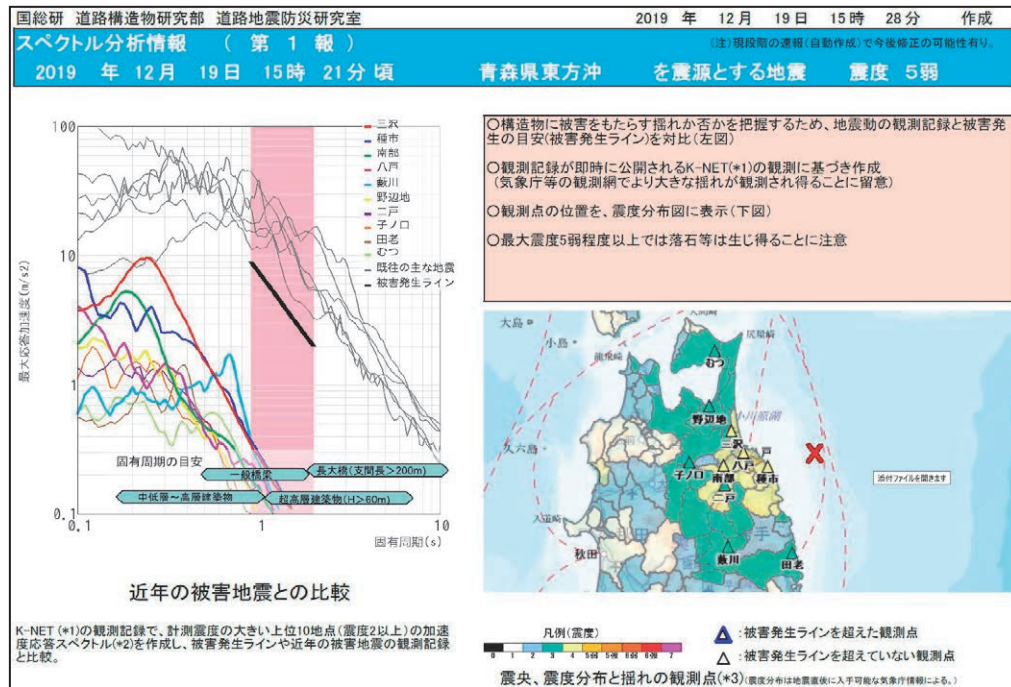


図-1 スペクトル分析情報 (1枚目)

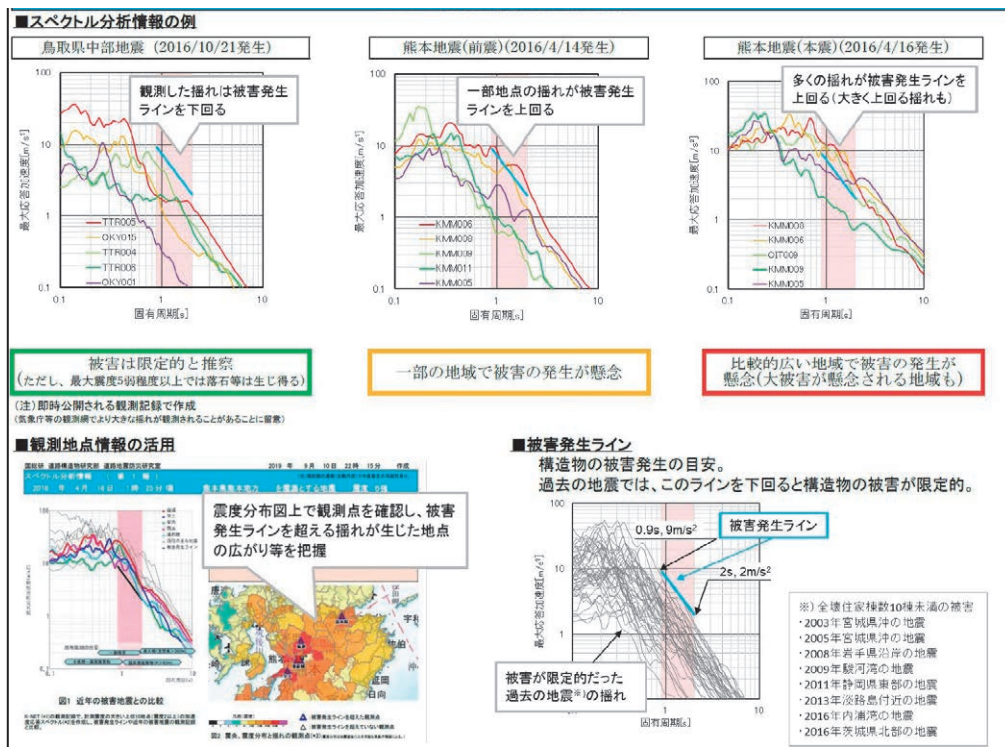


図-2 スペクトル分析情報 (2枚目)

地点の加速度応答スペクトルの算出、配信用紙の作成、メール配信という手順を踏んでいた。

しかし、このスペクトル分析情報配信の手順では、K-NET即時公開データからのデータ取得の安定性が課題となっていた。例えば、K-NETでは地震発生時に観測・収集された記録を順次公開しているが、最大震度6弱以上の地震のように多くの強震記録が得られる地震が発生した場合、データは収集できているものの、強い揺れの記録も含め、掲載に

はやや時間を要することがある。その場合、強い揺れの記録が抜けたスペクトル分析情報が作成され、誤った安全情報を配信してしまうという懸念があった。

そこで、国総研では、スペクトル分析情報の情報取得の安定性向上を目的に、2019年10月に防災科研と「強震動指標の即時的データ活用に関する共同研究」を開始し、この課題に取り組んだ。

3.2 情報取得体制の改良

本共同研究では「強震動指標のリアルタイム演算、配信及び受信に関する研究」の研究項目を設定している。この研究項目は、防災科研で加速度応答スペクトルを即時的に算出し、防災科研－国総研間の通信ネットワークを通じてデータ配信・取得体制の改良を行い、改良後の即時性や安定性の評価を行うものである。共同研究の開始を受け、防災科研が強震記録から算出した加速度応答スペクトルに震源情報等を含めたXMLデータを作成して国総研に送信する体制へと変更を行った。

国総研でもスペクトル分析情報作成に係るシステムを改修し、2019年12月5日より、従来の即時公開データにアクセスしデータをダウンロードするスペクトル分析情報の配信から、防災科研の作成するXMLデータを用いたスペクトル分析情報の配信に切り替えを行った。

3.2.1 情報処理フローの変更

図-3に、情報取得体制変更前後それぞれの、地震発生からスペクトル分析情報配信までの処理フローを示す。緑枠内が情報取得体制の変更前、青枠内が変更後の処理フローである。

変更前は、国総研が防災科研のK-NET即時公開データにアクセスして掲載データをダウンロードし、計測震度の大きい10地点を抽出した後に加速度応答スペクトルの算出を行っていた。その際、強震記録が掲載されるまでにある程度の時間を要するため、K-NET強震記録の取得開始後、8分間記録を蓄積していた。ここで、8分間という長さは、情報配信を地震発生後15分以内とするために、グラフ作成からメール送信までに要する時間と調整した結果である。

一方、変更後は、防災科研が地震発生時に強震記録から加速度応答スペクトルを算出し、XMLファイルを国総研に送信している。

3.2.2 情報処理フローの変更による改善点

両者のフローは後半の「計測震度の大きい10箇所の観測点の抽出」以降は共通の部分が多い。ただし、防災科研からの加速度応答スペクトルの算出結果を使用することで、国総研のシステムでは、加速度応答スペクトルを算出する必要がなく、取り扱うデータ量も小さくなっている。

また、防災科研の作成した加速度応答スペクトルを含むXMLファイルは地震発生後約5分で国総研

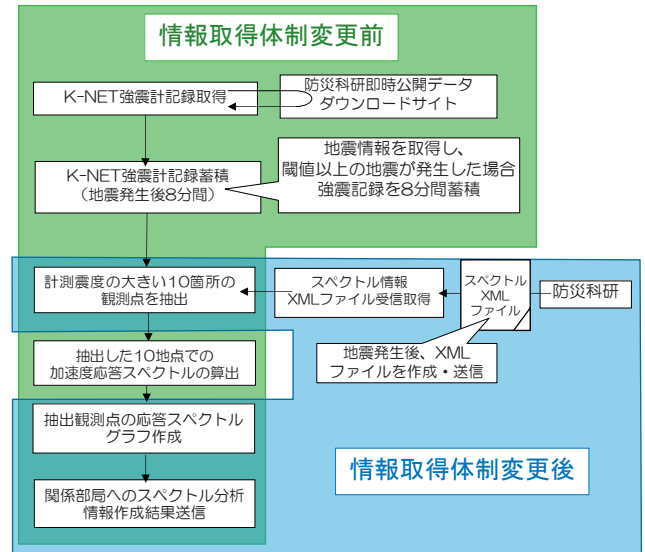


図-3 情報取得体制の変更前後の情報処理フロー

に配信され、揺れを観測したほぼ全ての地点の加速度応答スペクトルのほか、計測震度情報や震源情報等、スペクトル分析情報を作成する上で必要な情報が揃っているため、即時公開データにアクセスしダウンロードするよりも早くスペクトル分析情報を作成することができる。そのため、スペクトル分析情報処理フローの改良は、データ取得の安定性向上だけでなく、スペクトル分析情報の配信までの即時性の向上にも貢献している。

3.2.3 情報処理フローの変更による注意点

防災科研からXMLデータが配信されるためには、気象庁の発表する緊急地震速報（予報）³⁾と、K-NETで計測した最大震度が一定の基準を満たす必要がある。緊急地震速報（予報）は、地震計で観測された地震波を解析した結果、震源・マグニチュード・各地の予測震度が求まり、最大予測震度が3以上であると判定された場合等でなければ発信されない。そのため、例えば2019年12月20日に奄美大島近海で発生したような、最大予測震度が小さく緊急地震速報（予報）が発信されない地震、K-NETで計測した最大震度が小さい地震等ではXMLデータが配信されない場合があり、スペクトル分析情報が作成されないことに留意する必要がある。

3.3 情報取得体制の改良による成果の検証

防災科研の作成したXMLデータを用いたスペクトル分析情報の配信に切り替えた12月5日以降、1月6日現在までに発生した最大震度3以上の地震の、地震発生からスペクトル分析情報作成までに要した時間を表-1に示す。12月20日に奄美大島近海で発生した最大震度3の地震では、前述のXMLデータ配

表-1 スペクトル分析情報の作成に要した時間

地震	気象庁 最大震度	地震 発生時刻	スペクトル 分析情報 作成時刻	作成 時間
2019年12月5日茨城県北部地震	3	22時35分	22時42分	7分
12月5日大隅半島東方沖地震	3	23時54分	翌0時1分	7分
12月7日福島県沖地震	3	12時33分	12時40分	7分
12月11日福島県沖地震	3	18時39分	18時45分	6分
12月12日宗谷地方北部地震	5弱	1時09分	1時16分	7分
12月14日伊豆大島近海地震	3	3時24分	3時30分	6分
12月16日千葉県東方沖地震	3	4時13分	4時19分	6分
12月16日胆振地方中東部地震	3	6時52分	6時58分	6分
12月18日沖縄本島近海地震	4	8時35分	8時42分	7分
12月18日根室半島南東沖地震	3	20時54分	21時00分	6分
12月19日茨城県沖地震	3	9時23分	9時30分	7分
12月19日青森県沖地震	5弱	15時21分	15時28分	7分
12月20日奄美大島近海地震	3	18時31分	- ※	-
12月22日渡島地方北部地震	3	14時24分	14時30分	6分
12月22日岩手県内陸南部地震	3	21時33分	21時40分	7分
12月24日根室半島南東沖地震	3	23時36分	23時43分	7分
12月26日宮城県沖地震	3	18時26分	18時32分	6分
12月26日鹿児島県薩摩地方地	3	19時53分	20時00分	7分
2020年1月3日千葉県東方沖地震	4	3時23分	3時30分	7分

※12月20日奄美大島近海地震はXMLデータ配信基準を満たさなかった

信基準を満たさなかったが、それ以外の地震ではすべてスペクトル分析情報が作成されている。現時点では最大震度6弱以上の地震のような多くの強震記録が得られる地震でのスペクトル分析情報作成事例は得られていないものの、いずれも地震発生後6～7分でスペクトル分析情報が作成されていることが分かる。

従来の作成手法では、地震発生後8分間はK-NET即時公開データの強震記録を蓄積し、地震発生の約15分後に配信していたことを考慮すると、スペクトル分析情報の配信までにかかる時間も短縮できていることが実証された。

4. まとめ

本報文では、防災科研が運用しているK-NETのデータを用いて、地震動の加速度応答スペクトルを始めとする強震動指標を算出し、被害発生ラインと対比させた「スペクトル分析情報」の概要を説明した。

また、スペクトル分析情報の高度化のため、防災科研と共同研究を実施し、情報取得体制を改良した成果を報告した。共同研究により、地震時に防災科研の作成した加速度応答スペクトルを含むXMLファイルを使用し、スペクトル分析情報を作成することで、地震発生から情報配信までの安定性と即時性が向上したことが確認された。

今後、観測記録の取得、現場のニーズに合わせた配信情報の在り方を含め、随時改善・充実を図る予定である。

謝 辞

スペクトル分析情報の自動配信は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「レジリエントな防災・減災機能の強化」(管理法人: JST)によって実施されたものである。

参考文献

- 1) 片岡正次郎、中尾吉宏、石井洋輔、大道一步：地震発生直後の情報空白期の軽減に向けた地震動分析情報の自動配信、第39回地震工学研究発表会論文集、8p.、2019.10
- 2) 国立研究開発法人防災科学技術研究所：防災科研K-NET、KiK-net、doi:10.17598/NIED.0004、2019
- 3) 気象庁：緊急地震速報の発表状況、<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqw/data/nc/shikumi/shousai.html#23> (2020年1月6日閲覧)

片岡正次郎



国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路地震防災研究室長、博士(工学)
Dr.KATAOKA Shojiro

大道一步



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路地震防災研究室研究官、現 国土交通省国土政策局国土情報課高精度測位社会プロジェクト推進係長
OOMICHI Kazuho

石井洋輔



国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路地震防災研究室 研究官
ISHII Yosuke

青井 真



防災科学技術研究所地震津波火山ネットワークセンター センター長、博士(理学)
Dr. AOI Shin

中村洋光



防災科学技術研究所マルチハザードリスク評価研究部門 副部門長、博士(理学)
Dr.NAKAMURA Hiromitsu

鈴木 亘



防災科学技術研究所地震津波火山ネットワークセンター 主任研究員、博士(理学)
Dr. SUZUKI Wataru