

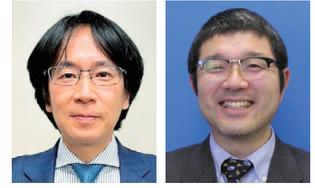
ダムで計測された地震動データを活用した被災状況推定システムの開発

(研究期間：令和4年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室

室長 櫻井 寿之 (主任研究官 博士(工学)) 小堀 俊秀

(キーワード) ダム、地震動、被災状況、推定



1. はじめに

今後30年間で南海トラフ地震が発生する確率は70～80%とされ、広範囲で大規模地震の切迫性が高まっている。大規模地震により万一ダムが重大な被害を受けた場合、直接被害に加え、治水機能や水供給への影響が長期に及ぶ。そのため、大規模地震時には多数のダムの被害を把握し、必要な支援体制の早期構築が求められる。

現在、多くのダムで地震動データを取得しているが、最大加速度値を個々のダムの臨時点検要否の判断に利用している場合が多く、被害予測への活用や、地震動データが持つ多様な情報の直接的な活用ができていない。

そこで、大規模河川構造物研究室では、複数のダムの被害を、地震動データから即時に予測し、点検の優先順位付けをした上で必要な支援体制の早期構築を実現するためのダム被災状況推定システム（以下、即時推定システム）の構築を行った。

2. システムの概要

即時推定システムは、図-1及び以下の①～③に示すように異常有無の判定を行い、判定結果の情報発信を行うことができる。

- ①地震発生直後に気象庁から得ることのできる地震の規模、震源の位置や深さ等の情報から、距離減衰式を用いてダム基礎岩盤の加速度を推定し、事前解析結果や既往地震時の点検結果に基づく異常可能性の有無の判定を行う。
- ②地震動データ収集システムを通じて収集した、ダムで観測された地震動データから算出する最大加速度から、事前解析結果や既往地震時の点検結果

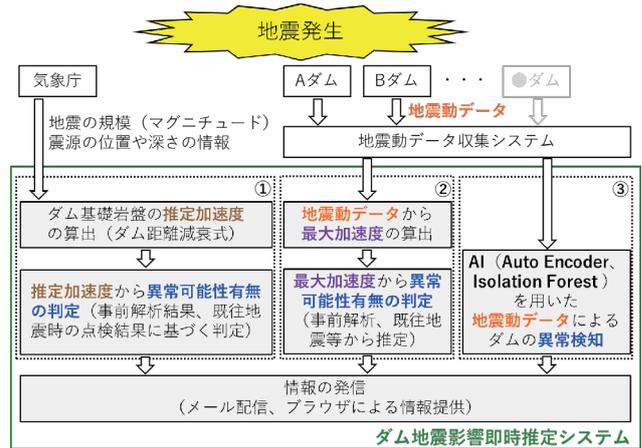


図-1 即時推定システムの概要

に基づく異常可能性の有無の判定を行う。

- ③地震動データ収集システムを通じて収集したデータを用いて、AI技術を活用した異常検知を行う。AIを活用した異常検知については、次節で示す試行を行った後に即時推定システムに組み込んだ。

2. AIによる判定の試行

ダムにおいては、比較的大きな地震動を受けた際に堤体の固有振動数が変化することが知られている。ダムの地震記録のうち、堤体応答が反映されるダム天端での観測記録をもとに、ダムの固有振動数の変化を見逃すことなく検知することを目的として、AI技術を用いた異常検知について試行を行った。試行に用いるAI技術は、様々なAI技術を比較検討し、Auto EncoderとIsolation Forestの二つを選定した。

Auto Encoderとは、自己符号化器と呼ばれ、ニューラルネットワークを用いた教師なし学習の手法の一種である。入力された正常な地震動データを圧縮（エンコード）し、特徴量を残した後、再度もとの次元に復元処理（デコード）する入力を再現するモ

デル（図-2）である。異常の検知は、正常な地震動データを学習させたモデルに対して、異常と思われる地震動データを入力し、正常なデータと異常なデータの再現性の差により異常の検知を行う。

Isolation Forestはツリー構造を用いて多数のデータ（図-3(a)同図の例ではA~F）の分類を行う決定木を用いた教師なし学習の手法の一種である。ある特徴量の閾値をランダムに設定して特徴量を分割し、全ての特徴量が孤立するまで分割を繰り返していく（図-3(b)）。その際、正常データの特徴量は値が近いめなかなか孤立せず、分割回数が多くなる。一方、異常データの特徴量は正常データのそれと差があるため、少ない分割回数で孤立しやすくなる。この特性から正常/異常の分類を行う。

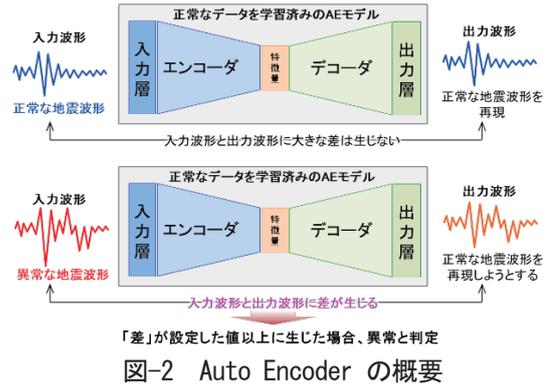
試行結果の例として、「ダムに発生したひび割れや、ダムの継ぎ目の開きなどによる、ダムの固有振動数の低下を想定したデータ」を異常データとし、それに該当しない60波形のデータを正常データとして評価した。学習結果を踏まえ、表-1に示すように、異常データと正常データ（このデータは学習データには用いていない）の判定を行った。試行の結果、Auto Encoderによる異常判定がIsolation Forestに比べて検出割合が高い結果となった。

なお、現時点では特定のダムのみでの試行である。そのため、試行を継続・拡大しつつ、学習用データを蓄積することにより、異常検知の精度をより向上させていく必要がある。

3. 研究の成果と今後の予定

本研究により開発を行ったシステムは、情報をメールで配信することに加え、国土交通省内のネットワークシステムでの閲覧も可能である（図-4）。本研究の成果により地震発生直後予想される被害の有無や程度等を推定し、国土交通省内のダム管理関係者間で情報共有を早期に行うことが可能となった。

今後は、国土交通省内において、即時推定システムの普及に必要な、ダム管理所から地震動データを送信するための地震動データ収集システム導入をすすめるとともに、地震動データ収集システムによる



「差」が設定した値以上に生じた場合、異常と判定

図-2 Auto Encoder の概要

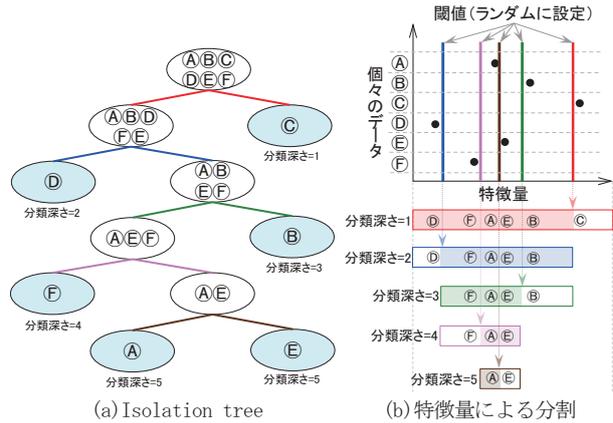


図-3 Isolation Forestの概要

表-1 試行結果の例

項目	ダム名	Auto Encoder		Isolation Forest	
		波形数 (突縮)	AEによる異常検知数	検知割合 (突縮)	検知割合
異常データ (固有振動数の変化あり)	Aダム	5	5	100%	80%
	Bダム	4	3	75%	25%
	Cダム	0	0	-	100%
	計	9	8	88%	56%
正常データ (固有振動数の変化なし)	Aダム	7	0	0%	0%
	Bダム	8	0	0%	0%
	Cダム	12	0	0%	0%
	計	27	0	0%	0%

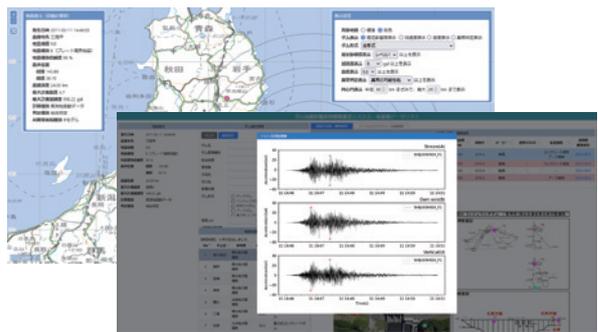


図-4 Webブラウザによる推定結果の閲覧事例

地震動データの収集を行い、学習用データを蓄積することにより、異常検知の精度をより向上させていく予定である。

☞ 詳細情報はこちら

1) 小堀俊秀 他：ダム堤体で観測された地震動データを活用したダム被災状況推定システムの構築，土木技術資料, Vol. 66, No. 6, pp. 16-19, 2024.