

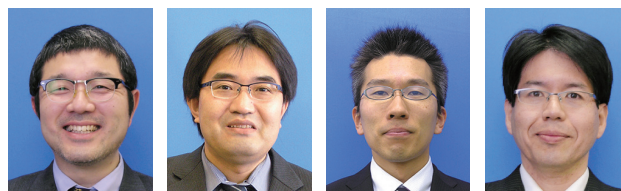
ダムの安全管理におけるAIの活用－維持管理の質を高める現場支援技術の開発－

(研究期間：令和2年度～令和4年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室

主任研究官(博士(工学)) 小堀 俊秀 主任研究官 佐藤 弘行 研究官 松下 智祥 室長(博士(工学)) 金銅 将史

(キーワード) ダム、安全管理、異常検知、AI、LSTM、Isolation Forest



1. はじめに

高度成長期に建設された長期供用ダムが増加する中、ダムの状態に異常がないか巡視や計測により監視する安全管理の経験が豊富な熟練職員の不足が懸念される。このうちダムで特徴的な各種計測データによる安全管理については、現場から「信頼できるデータの分析によっても明確な異常有無の判断が難しい」などの声も寄せられている。そこで、安全管理のために現場で取得される各種計測データをもとに、ダムの管理者が行う異常有無の判断を支援する技術として、近年多分野で活用が進むAIを用いた異常検知の手法を検討した。

2. 異常検知の手法

ダムの安全管理を目的として取得される計測データには、漏水量、揚圧力、変形(変位)、地震動(加速度波形)等がある(図-1)。

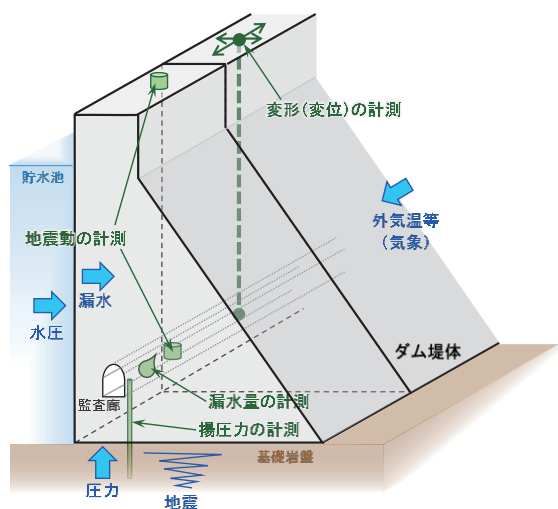


図-1 ダムの安全管理のための主な計測(重力式コンクリートダムの例)

このうち、堤体の変形(ダムの基礎と天端の相対変位。以下「堤体変形量」)及び地震動(ダムの天端で観測された加速度波形)のデータを用い、AI技術を用いた異常検知の可能性を検討した。これらはいずれも時系列データとして得られる点で共通する。

コンクリートダムの場合、堤体変形量は一般に貯水位や温度の影響を受け、周期的変化を繰り返すことがわかっている。そのため、貯水位や外気温を考慮した予測値と実測値のずれによる異常検知を考え、時系列データの回帰問題に適用可能な深層学習のアルゴリズムで、過去データを長期記憶として考慮した予測が可能なLSTM(Long Short Term Memory、図-2)の適用を試みた。

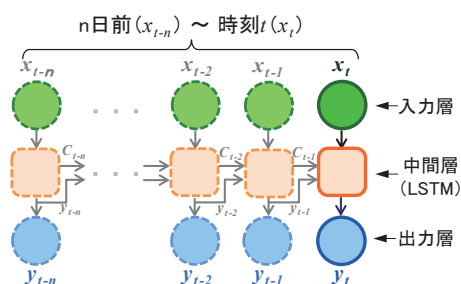


図-2 LSTMモデルの概要

一方、堤体上で観測された地震動データはダムの応答を反映したものとなる。このため、構造的損傷による可能性がある地震時応答の変化からの異常検知を考えた。ただし、ダムでは実際の損傷事例に限られる。そのため、正常データの学習から異常検知が可能な機械学習のアルゴリズムとして、決定木によりデータの分割(分類)を繰り返すことで早期に孤立するデータを異常と判定するIsolation Forest

(IF、図-3)の適用を試みた。

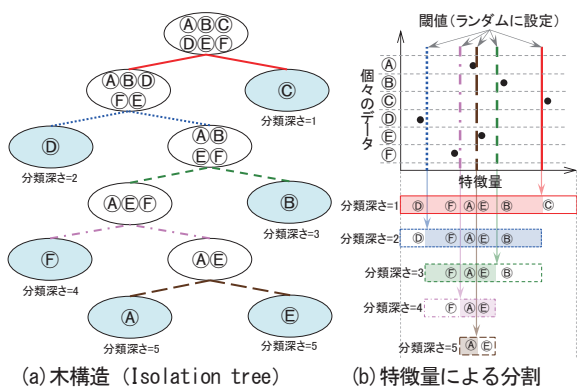


図-3 Isolation Forestの概要

3. ダムでの計測データによる異常検知の試行

(1) LSTMを用いた堤体変位量の異常検知

国内の重力式コンクリートダム（堤高約120m）の堤体変形量（上下流方向成分）について、過去の計測データを、LSTMを用いて学習させた。図-2に示すモデルの入力層に説明変数に相当するデータとして貯水位及び温度（外気温、堤体温度）の時系列データを入力し、出力層から得られた堤体変位量の予測結果と実測値の比較を図-4に示す。同図中には従来手法である重回帰分析による結果も示しているが、LSTMによる予測は実測値をよく表現できていることから、実測値とのずれの閾値を適切に設定することで、異常検知への活用が期待できる。

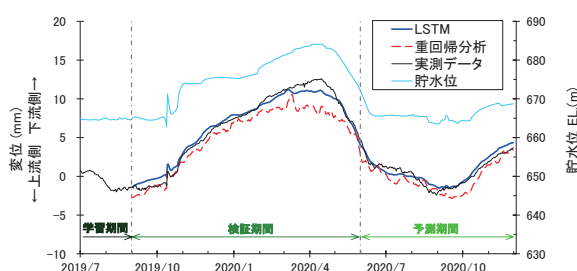


図-4 堤体変形量の予測 (LSTM)

(2) Isolation Forestによる地震時応答の異常検知

国内のロックフィルダム（堤高約75m）の天端に設置された地震計で観測された大小地震時の地震動データ（加速度波形）とその周波数特性のデータから各種統計量等を特徴量として抽出し、IFによる学習（正常/異常の分類）を行わせた。その結果、加速度レベルが大きく、ダムの固有振動数に相当すると思

われる卓越振動数の減少が見られたデータで、当該変化が生じた時間帯のデータが異常と判定された

(図-5)。地震時に構造的損傷が報告された海外のダムで固有振動数の減少が確認されていることから、本手法は地震時の異常検知への活用が期待できる。

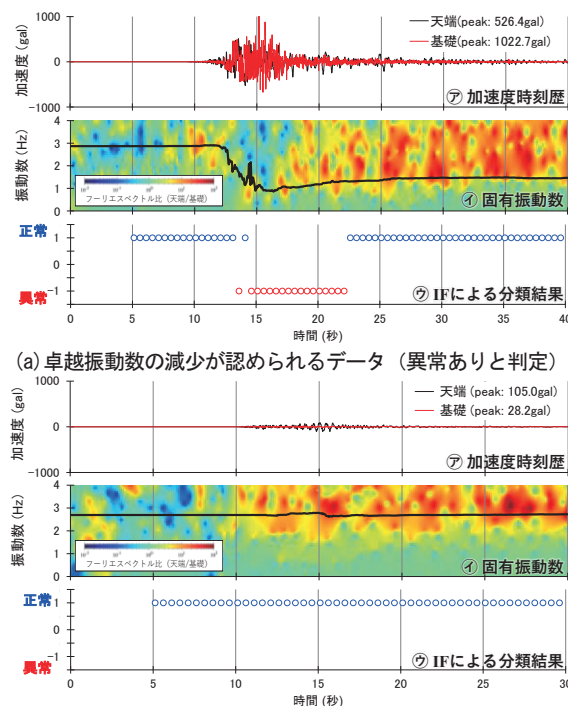


図-5 地震動データの異常検知の例 (IF)

4. まとめ

ダムの安全管理において、計測データから異常の有無の判断を支援する技術として、AIを用いる手法の活用が期待できる結果が得られた。実際にダムに異常が生じているかどうかの判断には目視等での確認その他の調査分析も必要になるが、多数のデータからその必要性を判定するためのスクリーニングに活用できれば、ダムの安全管理の合理化の一助となるものと期待される。今後はさらに対象データを広げ、現場で使える実用的な支援ツールの作成にもつなげていきたい。

詳細情報はこちら

小堀俊秀・佐藤弘行・二階堂良平・傅斌・金銅将史：ダム安全管理用計測データによる異常検知へのAI活用の試み、土木技術資料、Vol. 64, No. 1, pp. 38-41, 2022.