

ダム安全管理のための AI を活用した判断支援ツールの開発

国土交通省 国土技術政策総合研究所 ○小堀俊秀、櫻井寿之、金銅将史
国土交通省 関東地方整備局 鬼怒川ダム統合管理事務所 松下智祥

1. はじめに

ダムがその洪水調節や利水補給等の役割を果たすには管理者による適切な安全管理が欠かせない。ダムの安全管理では、漏水量、変形（変位）や揚圧力等の各種計測データの監視が異常検知の基本的かつ重要な手段となっている。しかし、長期供用ダムが増加する中、ダムの状態に異常が無いかを、巡視や計測により監視する安全管理の経験豊富な熟練職員の不足が懸念される。そのため、貴重な客観情報としての計測データを監視強化や対策検討の要否など、管理者の意思決定により的確に活用できるような工夫が求められる。これら計測データの異常有無の判断への活用状況について国内計 133 基のダムの調査を行った結果、約 40%にあたる 52 基のダムから「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」など経験ある職員も含めて何らかの課題があることが明らかになった¹⁾。そこで筆者らは、ダムの管理者による異常有無の判断を支援する AI 技術について検討を進め、「ダム安全管理用判断支援ツール」（以下、判断支援ツール）の開発を行った。

2. 判断支援ツールで用いた AI 技術

ダムの安全管理では、河川管理施設等構造令に従い、主に、漏水量、変形（変位）や揚圧力等の計測を行っている。漏水量や揚圧力は、貯水位の他に外気温やダム周辺地山の地下水位等の複数の要因の影響を受け増減を繰り返している。また、コンクリートダムの堤体変位量は一般に貯水位や外気温の影響を受け、周期的変化を繰り返すことが知られており、貯水位や外気温を説明変数とする重回帰分析による予測値が安全管理に用いられている事例もある。このように、複数の要因による影響が各々時間をかけて各時点の計測データに反映される性質を持つと考えられる。そのため、判断支援ツールには、時系列データが持つ長期依存性を効率的に学習することが可能とされる再帰型ニューラルネットワークのひとつである LSTM²⁾ (Long Short Term Memory、図-1) を用いることとした。

LSTM を用いた試算例¹⁾として、重力式コンクリートダム（堤高約 120m）の堤体上下流方向変位量について示す。図-1 に示すモデルの入力層（説明変数）は、貯水位及び外気温の時系列データを入力し、出力層（目的変数）は堤体変形（変位）とした。学習より得られた堤体変位量の予測結果（推定値）と実測値の比較を図-2 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 による予測は同図（b）に示すように実測値との差も小さく、実測値をよく表現できていることがわかる。試算結果より、時系列データの長期的な挙動変化から異常を検知する上では、LSTM の活用が期待できる¹⁾。

3. 判断支援ツール

ダムの管理者による異常有無の判断を支援する判断支援ツールは、汎用性を考慮して、表計算ソフト Excel（Microsoft 社製）でデータの入出力やパラメータの設定を行えるよう作成を行った。判断支援ツールは、漏水量、変形、揚圧力等

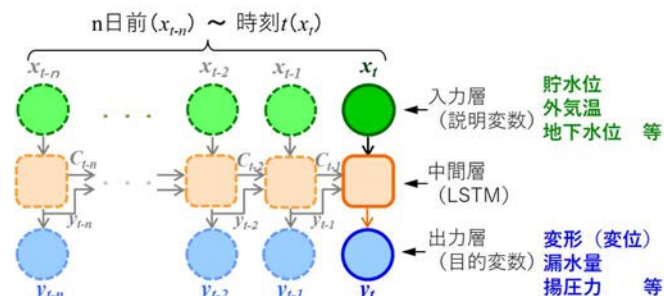


図-1 LSTM モデルの概要

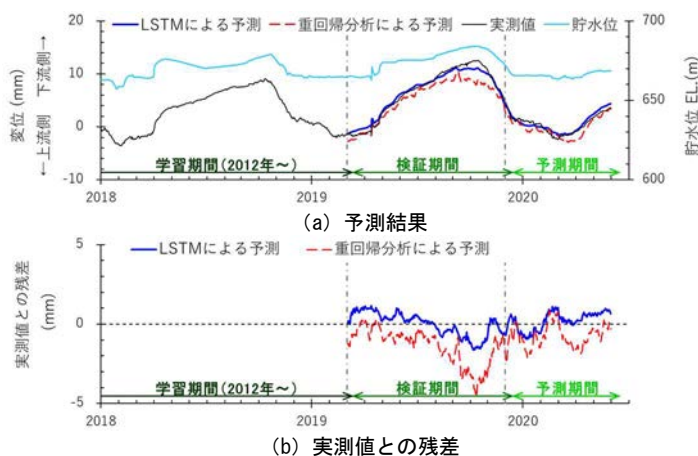


図-2 試算例（堤体変位量の予測）¹⁾を基に作成

キーワード ダム、安全管理、AI、LSTM、判断支援

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番 国土交通省 国土技術政策総合研究所 TEL 029-864-4654

の時系列データを対象として、過去データの学習に基づく予測と実測データが乖離する場合を「異常」と判定する。以下(1)～(3)に判断支援ツールの概要について述べる。

(1) **想定用途**：判断支援ツールは、過去データの長期的な変化や最新のデータからダム異常を検知することや、将来の異常検知のために、観測値と比較するための予測値の算出を行うことを想定している。

(2) **異常検知の流れ**：判断支援ツールを用いた異常検知は、図-3に示す流れで行う。判断支援ツールを起動すると、図-4に示すように「基本設定」、「データ確認」、「異常検知」のシートが表示される。「基本設定」のシートでは、タイトル入力や入力データの指定等を行う。なお、判断支援ツールは、CSV ファイル形式の時系列データを読み込むことができる。「データ確認」のシートでは、欠測値補間、目的変数・説明変数の指定、学習期間等の設定を行い、グラフを出力することで入力項目の確認を行う。「異常検知」のシートでは、学習に必要な LSTM モデルのパラメータ設定、異常有無判定のための閾値設定(学習期間における、既往最大・最小値、信頼区間の幅等からダム管理者が選定)を行い、異常検知結果を出力する。

(3) **出力例**：判断支援ツールの異常検知の出力例として、アーチ式コンクリートダム(堤高約 130m)の上下流方向変位量について、過去データの長期的な変化からダムの異常を検知した結果を示す。目的変数は変位量、説明変数は貯水位と気温を用いた。出力結果を図-5に示す。図-5(d)では、ダム管理者が設定する判断の指標となる閾値が表示される。ダム管理者はこの閾値を基準に異常有無の判断を行う。

4. おわりに

AI 技術の一つである LSTM を用いて、ダム管理者等による異常有無の判断を支援するツールを開発した。本ツールの活用により、管理経験が浅いダム管理者でも、時系列データの分析から異常有無の判断が容易になることが期待される。本ツールは、異常検知のための基本的な機能は備えていると考えているが、実務で活用するにあたり、例えば、複数箇所や異なる計測項目間のデータを総合的に分析して異常かどうかを判断する等の、より人間の思考に近い判断への対応など、ダム管理者による実証試験を継続して課題点を抽出し、改良を加えていきたい。

参考文献

- 1) 小堀俊秀、二階堂良平、松下智祥、金銅将史：ダムの安全管理用計測データに基づく異常検知への AI 技術活用に向けた試行検討、インフラメンテナンス実践研究論文集、(公社)土木学会、1巻1号、pp.363-371、2022.3.
- 2) 例えば、岡谷貴之：深層学習、pp.111-130、2015.

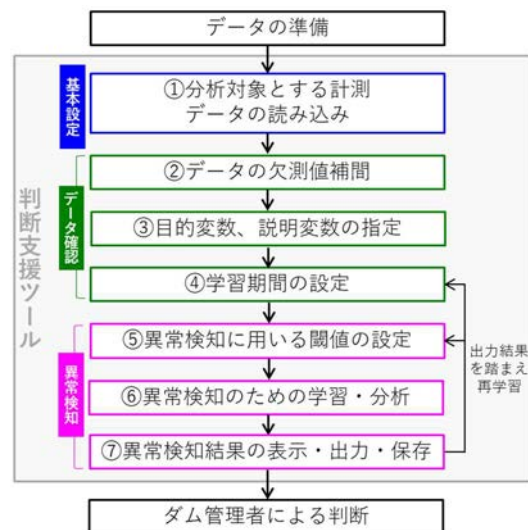


図-3 判断支援ツールによる異常検知の流れ

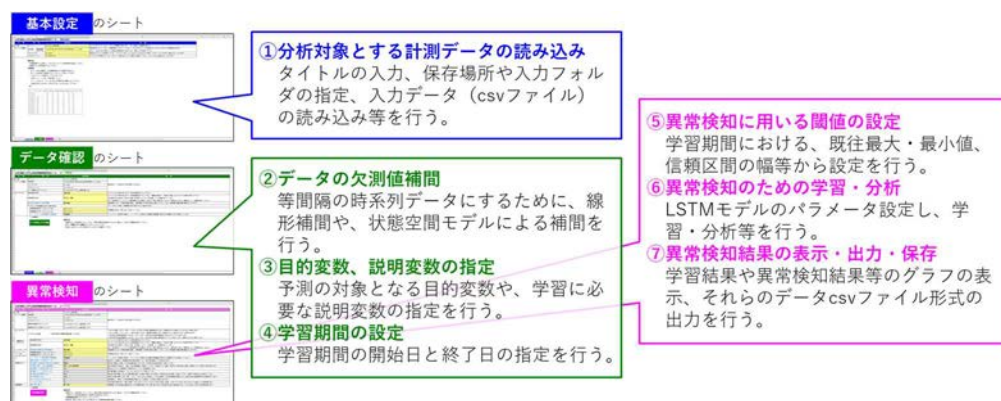


図-4 判断支援ツールでそれぞれのシートの設定事項等

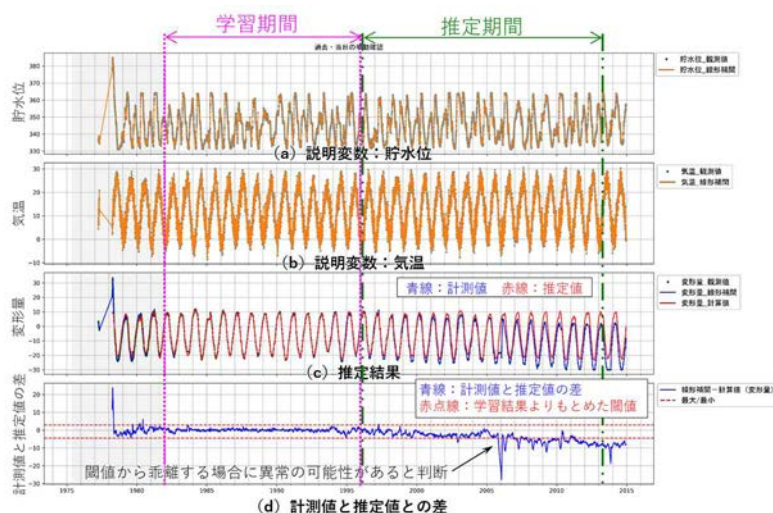


図-5 出力例（過去の挙動確認（変位量））に説明を追記