

不確実性への挑戦



河川研究部長 鳥居 謙一 (博士(工学))

(キーワード) 物理探査、洪水予測、不確実性、リテラシー、学際融合

1. はじめに

社会が未成熟な時代においては、未開の荒野が広がっており、そこに投資すれば多大な利益を得ることができた。技術開発もローリスク・ハイリターン
の時代であった。また、効率の良い領域を選択できるため、コストパフォーマンスのよい時代であった。しかし、自然科学が進歩すると開発余地が少なくなり、革新的なアイデアが閃かない限り、ハイリターンを狙うことは困難となった。逆に、自然科学以外の領域との融合やアプローチによらなければリターンを得ることが難しくなっている。

一方、我々は新たな課題に直面している。地球温暖化による気候変動によって従来は低頻度でしか発生しなかった災害の発生頻度が高まり杞憂とは言えなくなりつつある。また、少子高齢化の進行にともなう人口減少が「地方消滅」といった事態が危惧されるようになっている。

ここでは、こうした新たな課題に対する既存技術の限界とそれを乗り越えるため方向性を論じる。

2. 土質の物理探査技術

堤防は、以下のような特徴を有している。

- 1) 歴史的に築造されてきた経緯からその構成材料が断面的・縦断的に不均一である。
- 2) 地盤の土質が縦断的に不均一である。
- 3) 洪水という頻度や規模が不規則に発生し、予測することが困難な事象により大きく変化する河道の影響を受けている。

このため、堤防の状態を時空間的に連続的に把握することが困難であり、堤防は、長年の経験と実績に基づき形状と材料を規定・確保することによって所要の安全性を確保していると見なしている。

堤防およびその基礎地盤の性状を連続的に把握す

るための研究として、振動や電気伝導度等を用いた物理探査法の研究を進められている。この研究によって堤防および基礎地盤の不均一性の問題をクリアすることができれば、堤防管理の新時代の幕開けが期待される。

現時点の物理探査法のレベルは土質分類を推定するのが限界であり、今の堤防の詳細点検はボーリング調査を前提としており、この代替えを目標とすれば現在のボーリング調査と同じ精度を確保することが長期的な目標となる。これを追求するのも重要なアプローチである。しかし、連続して堤防の状態を把握する特性を有する物理探査を地点の正確な情報の取得を目的とするボーリング調査の代替えに限定する必要はない。

一方で、水防団員が減少し水防活動を効率化した現場サイドからは直ぐにでも使える技術が要求される。差し迫った課題に部分的にでも対応するため、物理探査法による判定が正誤5分5分以下では役に立たないが、6分4分、7分3分なら物理探査をどうやって使うのかというアプローチもある。

堤防の設計には現在の物理探査は情報量や精度から役に立たないかもしれない。しかし、危機管理においては、全体として得られる情報も限られており、

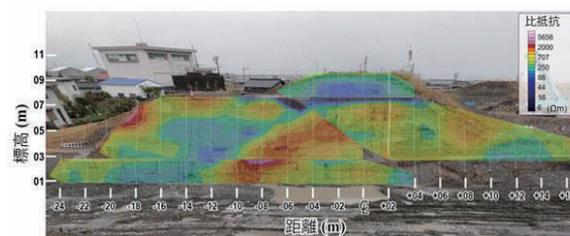


図-1 堤防断面と物理探査結果の対比¹⁾

物理探査の不確実な情報でも解釈と使いようによっては役に立つ可能性がある。逆に、こうしたアプローチによって、物理探査法開発の出口が明確となり、技術開発が加速することが期待される。

3. 洪水予測技術

洪水予報指定河川において、河川管理者が気象庁と共同して洪水予報を発表している。洪水予報は避難を支援することを目的とし、現在の洪水予測は、避難時間（避難のリードタイムを含む）が1、2時間程度の従来想定されている洪水に対応したものである。このため、主に用いられている洪水予測は、実績の降雨量や水位から3時間程度先の水位を予測するものである。予測時間に限界があるものの、今までの降雨により上昇・下降の大まかな判断が可能であり、水位は上流の水位との相関である程度の精度で予測することが可能である。

一方、気候変動等の影響による洪水の大規模化により避難時間が1、2時間以上要するケースや、局地化・集中化により避難時間が数十分のケースには現在の実降雨量・水位を前提にした洪水予測技術は対応することができない。

こうした災害に対応できるリードタイムを確保するためには降雨予測を活用する必要があるが、降雨予測は予測の初期値が少し変化するだけで予測結果が大きく変化する。これを明示的に示すのがアンサンブル予測である。アンサンブル予測は、初期値を変化させた計算を行ない予測結果の安定性を評価するものであり、台風の進路予測では実用化されている。また、アンサンブル予測雨量の提供が気象庁で検討されている。

図-2は20メンバーのアンサンブル予測雨量を活用して流出計算した例である。各線は各時刻のn番目の予測結果を結んだ線、赤い線は10番目の線、黒の線が実際の水位である。

このように予測には不確実性があり、精度向上を目指しつつ、これを実務にどのように活用するかということが重要となる。

4. リテラシー

新たな課題に対応する技術は、課題解決そのもの

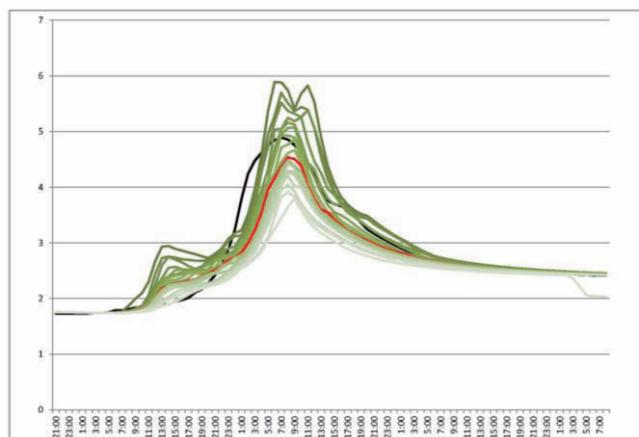


図-2 アンサンブル予測雨量に基づく予測水位のイメージ（横軸：時刻、縦軸：水位）²⁾のデータを加工

を研究の対象としている個別の分野（例えば前者は防災工学、河川工学。後者は土質工学、構造力学、コンクリート工学、情報工学）から提示される。

その技術はそれが社会に実装されてはじめて意義がある。多くの技術がラストワンマイルまできている。ラストワンマイルの1つが精度の問題である。

今後、技術開発によって新たな情報が生産される。例えば、ここで取り上げた不確実性を含んだ情報である。この情報を使いこなすためには、リテラシー（読み書き能力。また、与えられた材料から必要な情報を引き出し、活用する能力。応用力。（デジタル大辞泉））をさらに高める必要がある。

技術開発とともにリテラシー開発の問題まで踏み込まなければ、大きな成果は得られない。リテラシーの問題は個人や組織の問題である。我々の研究活動の領域を技術の利用者である組織や人間に拡張する必要がある。

個別の分野と異分野（例えば組織科学、行動科学、心理学、社会学）が両輪となり、これからの社会の成長を実現することが可能となる。

☞ 詳細情報はこちら

1) Inazaki, T (2013): Ground Truthing and Integrated Geophysical Surveying for the Safety Assessment of Dike Systems, Proceedings of the 19th Near Surface Geoscience, 4p. DOI: 10.3997/2214-4609.20131350

2) 川崎 将生、猪股 広典 (2015) : 洪水予測における予測先行時間の長時間化に向けて—アンサンブル予測を用いた確率的洪水予測—、国総研レポート2015、pp. 54