

# 人材育成のための特別講義

(一財) 砂防・地すべり技術センター

STC社内の人材育成の一環として、砂防・地すべりに関係する各分野を代表する先生方に特別講義をいただきました(対象:全技術系職員、開催時期7月・9月~11月、全5回)。特別講義の概要をご紹介します。



藤田正治研究顧問の講義

## 流砂観測と総合土砂管理、今後の展開

藤田正治

(一財) 砂防・地すべり技術センター  
研究顧問(京都大学 名誉教授)

平成9年に流砂系の総合的な土砂管理について建設大臣から河川審議会に諮問された。問題が顕在化している流砂系において対策を実施するとともに、総合的な土砂管理計画の策定に向けて、土砂の量及び質に関する流砂系一貫したモニタリングを実施してきた。

総合土砂管理や流砂観測の目的や意義、手法を考える場合には、水に関する観測と管理(水文観測・水管理)と土砂に関する観測と管理(流砂観測・土砂管理)を比較してみるとわかりやすい。

降雨流出過程では、降雨の原資(生産)が明確で、降雨、水位、流量がある程度正確に観測できている。精度検証により計画降雨に対する流出解析ができることから、パラメータをチューニングして予測精度を高め、河川整備計画の策定や警戒避難のために直接活用されている。

一方、豪雨時の土砂流出過程では、崩壊の発生や河床・河岸侵食など生産(原資)の把握が難しく、河床位のリアルタイム観測等流砂量観測の計測精度は低いことから、土砂動態解析、河床変動解析の精度検証が難しい。

さらに、洪水の影響の伝搬速度は速いが、土砂流出

の影響の伝搬速度は遅いことから、総合土砂管理に係る土砂流出については、過剰土砂流出の中長期的な影響の範囲・期間、土砂流出抑制による河川管理区域への中長期的影響などの視点が重要になる。

資源としての観点からは、水は水資源や利水として重要と見られる一方で、土砂は建設材料やソイルセメントなどの有効利用も見られるものの資源としての思考が欠如していると感じている。山地部は資源(土砂)を生み出す領域であり、土砂資源の一時貯留や供給などに砂防堰堤を活用するとともに、流砂過多の場合には砂防堰堤の嵩上げや除石、新設を実施するなどの砂防事業につなげていくことができる。さらに、土砂生産量、治水・利水のための土砂抑制量、環境保全のための土砂の必要量を求められれば、土砂資源管理ができ、土砂生産量の確率的特性がわかれば土砂資源計画につなげられるのではないかと考えている。

流砂観測は、まだ技術的に難しい部分もあるが、流量や地形、粒度分布など確実に精度良く計測できるものは綿密に観測すべきであり、今後の観測にエールを送りたい。

## 最小二乗法とニューラルネットワーク

香月智

(一財) 砂防・地すべり技術センター  
研究顧問 (防衛大学校 名誉教授)

近年、ニューラルネットワーク（以下、「NN」という。）は、技術的な応用が広がり、あらゆる分野で活用されている。しかし、NNを応用する際、問題に遭遇することがある。NNは、言い換えると、「関数形無指定型の最小二乗法」である。すなわち、NNに関する問題に対応するためには、NNの背景にある最小二乗法の基礎理論を理解することが大切である。

最小二乗法は、既知の数値の関係性を表す数式による推定値と観測値の距離を「推定誤差」とし、誤差が一番小さくなる数式を「もっともらしい」とする方法である。

NNとは人間の脳の活動をモデル化したものである。ある問題に対して、どのような答えを出すことが正解であるかという「入力」と「出力」のコンビネーションデータを多数準備する。これを「教師データ」と呼ぶ。ある入力条件に対して、NNが出力する値（推定値）は、教師データ（観測値）に一致しないので、この差異を小さくすることを「学習する」という。ただし、

最小二乗法のように最小値を規定する厳密解がないので、徐々に近づける摂動法を用いる。

NNは、関数形無指定で最小二乗法の解を得ることができ、便利である。一方で、①教師データの学習ができず過去の再現さえうまくいかない、②過去の再現は可能だが予測ができない、といった問題が起こることがある。①は、同じxに二つのyが存在するような場合に起こる。この時、NNは二つの教師データに最小距離を取ろうとするので、中間線を形成する。つまり、学習結果は、教師データのどの点にも合致しない。②は、過学習と呼ばれ、完全に教師データを通過するが、教師データの無い値の推定ができない状態である。

NNは大変便利であるが、素性の悪い教師データが多いと混迷に陥る。NNの根底には、最小二乗法などの統計学がある。「学習さえできない」、「学習と推定の精度に大きな差異がある（過学習）」といった問題に直面した場合には、教師データの基本分析を試みてほしい。

## クリープ性の地すべり変動の有限要素シミュレーション

若井明彦

群馬大学 教授

従来のクリープ解析では、流動則から計算される粘塑性ひずみ速度をスケールする簡易な定式化が多用されてきたが、それらの手法は複雑に応力条件が変化する場合に現象記述の柔軟性が不足している。また、既往研究では見かけの全体安全率と変位速度に相関が確認されてきたが、数値解析で得られる応力場ではせん断力が降伏基準を超えないよう補正されることから、設計で使用する安全率を直接考慮することが難しい。数値解析に弾粘塑性解析の枠組を実装するために、せん断ひずみ速度及び局所安全率を用いた新たなモデルを提案した。

有限要素法は解析対象を有限個の要素メッシュに分割し、各要素にパラメータを設定し解析を実施する手法である。地すべり解析では、力のつり合い式、ひずみの適合条件、構成則（応力ひずみ関係）等の支配方程式を要素毎に定義し、境界値問題として解くことで結果を求めることが可能である。

弾塑性構成モデルは、要素毎に弾性状態か塑性状態

か区分可能な、実現象に即したモデルである。弾塑性FEMの目的は①過去の再現と将来の予測、②既知現象の解釈と説明、③現行設計法の検証と改良等がある。ただし、ブラックボックス化した高度な数値解析を実施する際には、結果が合わない場合にその理由を自分で考えることが必須である。

全体安全率とすべり速度との間の関係則を直接操作可能な材料構成モデルを採用した、新たなクリープ性地すべりのFEM解析手法を提案した。この手法では、観測データの全体安全率及びひずみ速度から粘性パラメータをフィッティングすることが可能である。変動の発生以前から観測が実施されている地すべり地を対象にシミュレーションを実施した。解析では変動が顕著な時期に着目して粘性パラメータをフィッティングすることで実現象を概ね再現可能であった。本提案手法は、地下水排除工等の効果評価等への適用可能性を検討するために、今後の実務適用への継続的な応用研究が望まれる。

## 事例で学ぶ「土砂災害への初動対応」

室田哲男  
政策研究大学院大学 教授

災害発生時の対応で最も重要なのは「この先に何が起きるか」を見通す「想像力」であるが、ほとんどの市町村の住民や担当者は災害対応の経験が無く、先を見通すことは難しい状況にある。本講義では他の地域で生じた災害を教訓とし「想像力」を養うため、平成時代に広島市で生じた3回の土砂災害について対応や課題について紹介する。

平成11年の豪雨災害では、土砂災害の危険の認識がないまま住民が居住していたことが被害拡大の要因となっていた。そのため、土砂災害防止法などの法整備によって警戒避難体制や危険性の周知を行い、さらには土砂災害警戒情報の運用などの対策を実施した。しかしながら、平成26年の集中豪雨災害では、避難勧告のタイミングの遅れや情報伝達の不十分さから、再び70名を超える死者を出す被害となった。この災害では平成11年の災害と同様に、土砂災害の危険性が高い地域であるにも関わらず危険性を認識している住民が少ないという課題が再度挙げられ、土砂災害防止法の改定や警戒区域の指定の完了・周知を行う対応が行われた。

このような災害経験を経た平成30年の災害では、避

難する時間的余裕が十分（被害通報が入る1.5時間前には避難勧告を発令）かつ土砂災害の危険性についても事前に住民への周知を行っていたものの、実際に避難所に避難した人の割合は少ないものであった。災害後のアンケート結果から、避難しなかった人は正常化バイアスや他人の行動の影響によって避難しなかったことが明らかとなった一方で、避難した人は家族・近所の人・消防団に勧められて避難した人が多い結果となった。このことから住民の避難行動につなげるためには、継続的なリスクコミュニケーションや避難訓練、消防団や自主防災組織を中心とした声かけ避難などが重要であると考えられる。

災害初動時の心構えとして我々が伝えることは、①疑わしいときは行動せよ、②最悪の事態を想定して行動せよ、③空振りには許されるが見逃しは許されない、の3つである。特に行政の立場として重要な心構えであるが、住民であっても同様のことが言える。避難情報が発令されて避難したものの、災害が発生しなかったため次回は避難しないのではなく、必ず避難することが土砂災害の被害に遭わないための重要な心構えである。

## 火山噴火のメカニズムと噴火予知

石原和弘  
京都大学 名誉教授

1945年以降我が国では、37火山で噴火が発生し（平均すると年に5～6火山が噴火している）、その半数は九州の火山であった。その中でも、有珠山1977年噴火による最大5万人以上の避難や、伊豆大島1986年噴火や三宅島2000年噴火の全島避難など、避難や犠牲者が発生した噴火も多いことも特徴の1つである。さらに、気象庁による常時監視開始以降も、登山者や入山者の遭難も多く発生している。このような状況の中、「噴火予知」に対しては、前兆が捉えがたい小噴火の予知まで求められている。

「噴火予知」は、火山監視機関が人々に警戒すべき火山災害を周知し、危険区域外への待避を促す「社会的行為」であり、「噴火予測」は噴火予知の前提（根拠や裏付け）となる「科学的課題」であるため、噴火予知と噴火予測は分けて考える必要がある。そして噴火予知として、人的被害の防止・軽減のための重要な要件は、①火山監視と“噴火予知”情報の発表と周知、②ハザードマップの作成と関係者への周知、③避難

（安全確保）計画と避難訓練であり、いずれかの一つでも欠けると噴火予知の目的を達成できず、悲劇的事態や大きな混乱が起きる恐れがある。つまり、「噴火予知」情報は、噴火時期や規模の予知より、警戒すべき驚異や災害とその危険範囲を明示して、周知することがはるかに重要である。しかし、どれだけの人々が火山と噴火について基本的な知識を有しているかが悩ましい課題である。また、噴火予測としての火山観測から噴火予知につなげるためには、対象火山の特性に応じた諸観測や火山学知見によるデータ分析により火山活動の高まりを把握する必要がある。これらを実行するためには、多くの視点が必要で、現場で得られる多種多様な情報やフィールドワークで得られる幅広い経験が不可欠となる。さらには地元の関係者とのつながりも重要である。今後は、的確な噴火予知を実行するための火山観測拠点の充実や観測に従事する人材の育成が必要不可欠である。