

防災技術に関する最近の研究開発

太田 直之*

Recent Research and Development about Disaster Prevention Technology

Naoyuki OTA

This paper shows some examples of disaster that occurred recently, and the important problems that are derived from them. Additionally it shows progress of the development relating to these problems. It is necessary to develop three methods, to search the weak point, to evaluate the weather condition, and to evaluate the stability being changed. When we consider the weather becoming more severe, we must increase its speed of the development for the disaster prevention technology. Therefore it is necessary for us to cooperate with a lot of research organizations.

キーワード：自然災害，激甚災害，気候変動，ハザードマップ，安全度評価

1. はじめに

近年の災害を振り返ると、その傾向は「過去に例をみない災害が増えている」と捉えることができる。平成30年7月豪雨では、西日本を中心に広い範囲で土砂災害や河川災害が発生し、また、台風21号では関西国際空港が高潮により冠水するとともに、強風に流された船舶が関西空港線の連絡橋に衝突するという事故が発生した。被災箇所近傍の気象観測記録をみると、これらの災害は過去に例を見ない大雨、高潮、強風、によるものであったことがわかる。このことは、過去の被災事例を基にして実施されてきた対策により防災強度は向上してきたものの、経験を超える気象によって甚大な災害が引き起こされていることを示している。このような過去に例を見ない気象条件は気候変動の傾向に鑑みて、今後も増加することが否定できない。本報告では、このような気象災害の近年の傾向を踏まえて、今後の防災に関する技術開発を展望する。



図1 平成30年7月豪雨の被災事例¹⁾

の豪雨であったといえる。この雨によって西日本を中心に土砂災害が多数発生し、鉄道でも30を超える線区で土砂災害や橋りょうの被害が発生した(図1)。このように、被害が広範囲に及ぶ事例は、例えば2011年に発生した東北地方太平洋沖地震など規模の大きな地震ではみられていたが、降雨による災害でこれほど広範囲に被災した事例は記録にない。また、上記の地震では、東北から関東にかけての広い地域で被害が発生したが、土砂災害が発生した地点に限って比較すると平成30年7月豪雨は東北地方太平洋沖地震を凌ぐ規模であったといえる。

このように、広い範囲で土砂災害が発生した場合、被災状況の把握に多大な時間を要する。そのため、復旧計画の策定にも時間がかかり、復旧に着手するまでの時間も長くなる。そこで、いかに、早く災害箇所を特定し、また被災状況を把握するかが重要となり、このための手段が求められる。また、短時間で応急的に復旧するための復旧工法も求められる。これらの技術は規模がそれほど大きくない災害に対しては有効であるが、広域かつ同時多発的に発生した災害に対しては特に効果が期待され、そのための技術開発の必要性は高いと考えられる。

2. 近年の災害事例から考える防災上の課題

2.1 豪雨による大規模広域災害

2018年7月の初旬に西日本に停滞していた梅雨前線が、時期を同じくして北上した台風7号の影響を受けて活発化し、中部、西日本、四国、九州におよぶ広い範囲の各所で記録的大雨をもたらした。気象庁により「平成30年7月豪雨」と命名されたこの大雨は、72時間降水量の最大記録を122の観測地点で更新しており、強い雨が広い範囲に長時間にわたって降り続くというタイプ

* 防災技術研究部長

特集：防災技術



図2 台風21号による強風で倒壊したコンクリート電柱（JR西日本提供）

2.2 台風による強風災害

平成30年7月豪雨とともに強いインパクトを残した災害として、9月に相次いで日本に上陸した台風による被災事例が挙げられる。9月上旬に上陸した台風21号は関西地方を中心に、また9月下旬に上陸した台風24号は関東地方を中心に多くの気象観測点で観測史上1位を更新する強風をもたらした。これらによる被害が各所で発生した。特に、台風21号では強風にあおられた船舶が関西国際空港連絡橋に衝突し、道路橋および鉄道橋を損傷させるニュース映像が衝撃をもたらした。台風21号の猛烈な風が鉄道施設に直接被害を及ぼした例を図2に示す。写真は、関西国際空港の南東約8kmに位置するJR西日本阪和線吹田総合車両所で発生した状況を示している。強風によりコンクリート柱が倒壊して留置中の車両に倒れ掛かっている。アメダスによれば、当該箇所周辺ではこの災害が発生した前後およそ1時間にわたり10分間の最大瞬間風速30m/sを超える強風が吹いており、また、13時40分には10分間最大瞬間風速51.2m/sが記録されていた。

台風21号および台風24号に対しては、その予想進路から鉄道運行に大きな影響をもたらされると推測されたことから、関西および関東の鉄道各社は計画運休を実施し、安全の確保と混乱の最小化が図られた。甚大な災害が発生することが予想される場合に実施される計画運休は、徐々にではあるが広く一般に浸透し、一定の理解が得られるようになってきている。その一方で、鉄道の利便性を考えた場合、気象外力が危険レベルを超えると予想される時刻やそれが継続する時間などの予測精度の向上が必要であり、気象情報の鉄道への利用方法に関する研究開発の必要性が高い。

2.3 積雪や融雪による災害

気候変動監視レポート2017²⁾によれば、国内の代表観測地点における年最深積雪量は、1980年代はじめに極大値を示して以降少ない状態が続いている。その一方で、いわゆる爆弾低気圧と呼ばれる急速に発達した低気

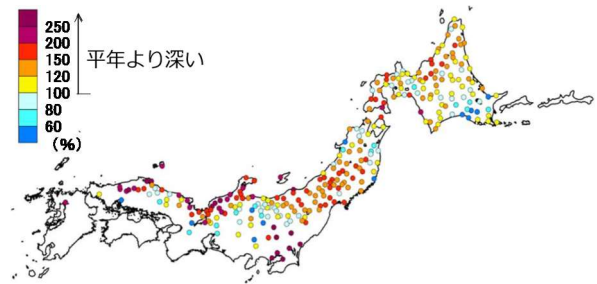


図3 2017年度冬季の最深積雪の平年比¹⁾



図4 石北線で発生した融雪期の土砂災害事例

圧の影響をはじめ、様々な気象要因がもたらした豪雪による被害が毎年のように発生している。その最近の例としては、2017年冬季の豪雪がある。図3は2017年冬季の最深積雪の平年比の分布を示しているが、西日本の日本海側および東北地方の日本海側で平年を超える積雪が記録されたほか、関東平野でも平年の2倍の積雪が記録されている。この大雪の原因のひとつが、1月下旬に本州南岸を発達しながら移動した低気圧である。その後この低気圧は日本海中部で発生した低気圧と重なり、北日本から西日本にかけての日本海側を中心に暴風雪をもたらした。この雪により、列車が長時間立ち往生するなど大きな被害が発生した。

例示したような大雪に対しては、列車の運行に影響が生じると予測される降雪の範囲とその継続時間を捉えて措置に反映することが重要である。上述の強風に対する技術開発と同様に、気象外力の分析とその結果の利用法の研究の必要性が高い。

また、近年増加傾向が危惧される雪に関連した災害形態として、融雪期の土砂災害が挙げられる。図4は2018年3月にJR北海道石北線で発生した土砂災害の状況を示している。これまでも、冬期の終わり頃の降雨による土砂災害に対しては、雨水に加えて融雪水が作用することを考慮して通常の降雨時の運転規制値を強化し、土砂災害を念頭に置いた警備の強化を図るなどの措置を行ってきた。その一方で、図5に示すように、多雪地域(北

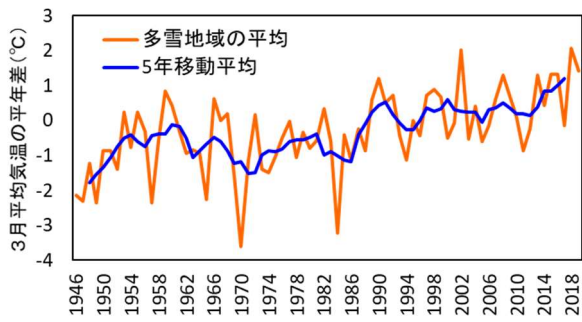


図5 3月の平均気温年平均差の推移

日本、東日本日本海側、西日本日本海側)の融雪期の気温は上昇傾向にあり、積雪の急激な融解による融雪水の著しい増加で斜面崩壊発生のリスクが増加する恐れがあると推察される。したがって、今後、これまで以上に積極的な融雪期の土砂災害対策が必要になると考えられる。

2.4 被災事例から考える取り組むべき課題

上述の災害事例のほとんどは、過去に例を見ない気象条件によるものである。これらの災害に対してより強い鉄道を作るためには、設備補強などの鉄道施設の耐力向上も重要であるが、特に未経験の外力を想定した場合には、運転規制をはじめとするいわゆるソフト対策が重要である。これは気候変動を背景とした気象外力の規模の増大による未曾有の気象条件を想定した場合に必要な不可欠な対策技術である。

ソフト対策という視点で上述した三つの災害事例から必要と考えられる防災技術を整理すると、①弱点箇所を精度よく抽出し被害状況を迅速に把握する技術、②気象外力の規模を精度よく評価する技術、③時々刻々と推移する気象外力に対する安全度の変化を精度よく評価する技術の三つに集約される。①については、被災事例を基にした過去の経験値から一定の精度をもった抽出方法が作成され要注意箇所の選定等に用いられてきた。また、②については自社の気象観測機器を基準とし、これに気象庁など外部機関が配信する情報を参考にして気象外力の規模を評価あるいは想定し、これを列車の運行に反映させてきた。これらの技術の精度を向上するとともに、③の技術開発を進めることが、特に想定外の豪雨への対応として重要となる。これは、風に対しては転覆限界風速という明確な評価指標があるのに対して、斜面災害の指標は地盤の安定度によるべきところを雨量で代替していることによる。また、雪も同様に列車運行を阻害する積雪量ではなく降雪量を主に用いている。これらは、雨量が崩壊の発生の、また、降雪量が積雪と相関が高いことから使用し易い指標であることによるが、地盤の安定度や積雪を直接評価する方法を見出すことによって雨や雪に対するソフト対策の精度が大きく向上すると考えられる。

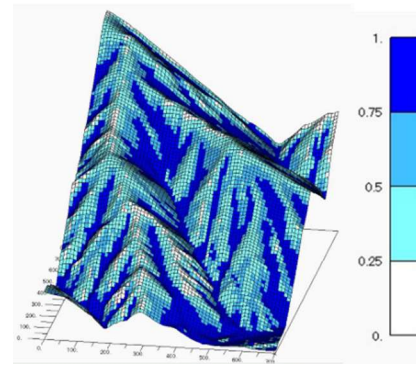


図6 降雨時斜面安定度評価システムで得られる地下水位比分布の例

3. 課題解決のための技術開発

3.1 数値地形情報を用いた弱点箇所の抽出

国土地理院から数値標高データが入手できるようになり、また、航空機等を利用したレーザープロファイリング技術が向上したことから、以前と比べてデジタル化された地形情報が比較的容易に入手できるようになった。鉄道総研ではこのデータを利用して、斜面崩壊の危険度を評価する手法を開発してきた。開発した手法では、数値標高データを用いて斜面の傾斜、凹凸形状とその程度を計算する。また、斜面に生育している樹木等の植生の高さを示す数値表層データを用い、樹木の分布データとして利用する。これらのデータと過去の災害事例との関係を統計的に分析し、崩壊発生の危険度を点数化し、対策すべき優先順位が高い箇所を選定する。さらに、選定した斜面に降雨があった時の安定度の変化を表示するシステムも作成している。図6は、同システムで得られる解析結果の例として表土層厚に対する水位の比の分布を表しているが、このような解析結果を基にメッシュごとの安定度を計算し、降雨に伴う安定度の三次元的な経時変化を算定する。

これらのシステムを利用することで、未経験の降雨を想定した場合の崩壊危険箇所を広い範囲の斜面から抽出することが可能となり、広域害発生時に確認すべき優先度の高い箇所の選定に役立てることができる。

3.2 気象状況の推移の把握

上述のように、強風や豪雨に対する運転規制は風速計や雨量計のデータを用いて実施されている。一方で、強風域の移動状況を沿線の風速計1機で観測することは困難である。すなわち、強風のピーク時間や継続時間を風速計1機で精度よく評価することは困難であり、天気予報など部外の情報を参考にしつつ規制自体は風速計の観測値で実施されることになる。そこで考えられるのが、複数の風速計の同時利用技術である。鉄道施設の周辺に

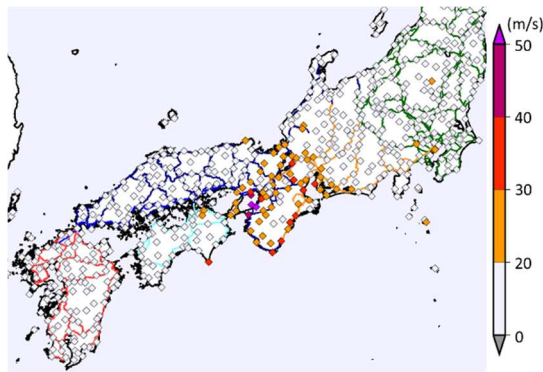


図7 強風の経時変化の広域把握

は、気象庁のアメダス観測点をはじめ部外の気象観測機器が多数存在している。鉄道が設置している風速計と部外の観測器のデータを合わせ、これらを利用することで強風の移動を面的に把握することが可能となる。図7は昨年の台風21号が近畿地方に上陸したときのアメダスで観測された強風の分布を示している。このような強雨風の観測データの経時変化を参照することで、強風域の到達や通過までの時間を推定することができ、強風時の運転規制に役立てることが出来ると考えられる。このような面的な強風域の評価については、全国に配備が進むXRAINによる観測データと合わせた評価手法の開発を進めている。

また、XRAINを利用した降雪分布域の評価に関する研究開発を進めている。レーダー情報から面的な降雪分布が得られれば、列車運行に影響を及ぼす降雪域の移動状況を把握することができ、降雪の実態に合わせた運行管理の実現に寄与することができる。このような技術開発を目的として、レーダー観測データを用いた雨・雪の判別方法や降雪性状の評価方法の開発を進めている。

3.3 融雪期の斜面安定度評価

融雪水による土砂災害は、気温や風などにより積雪表面付近の雪が融け、積雪層内を通過し、斜面に到達した融雪水が地盤内に浸透して地盤内の水分量を増加させることで斜面崩壊が生じ、その崩土が線路に到達することで被害が発生する。このような災害に対応すべく、これまで開発してきた融雪水量の推定手法を用い、得られた融雪水量が斜面内に貯留される水分量を1段のタンクモデルで表したときのタンク内の水量で表し、この値を用いた斜面の安定度評価手法を作成した。この手法では、過去の融雪期の災害事例を基にタンクモデルの半減期を24時間と設定し、その値を実効融雪量として用いる。この実効融雪量と積雪深との関係に着目し、過去の気象データから得られる経験値を閾値として警戒等の措置を行うことを提案している。

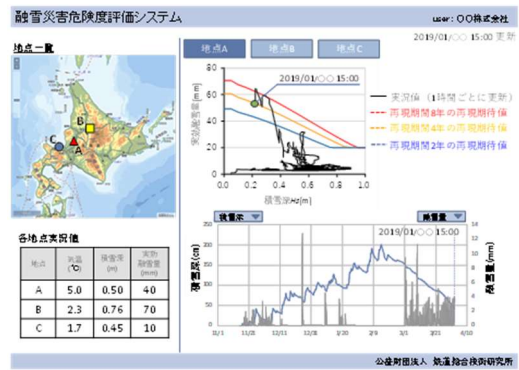


図8 融雪災害危険度評価システム

この手法を基にして図8に示す融雪災害危険度評価システムを作成した。このシステムでは、アメダスのデータを用いて評価を行うため、新たに計測機器を設置することなく任意地点の災害の発生危険度を評価できる。アメダスの観測データの更新に併せて1時間ごとに斜面崩壊の危険性を判定できる。今後増加することが懸念される融雪期の土砂災害に対して効果を発揮できるものと考えている。

4. おわりに

本報告では、最近の災害事例から考えられる防災上の課題を挙げ、それらへの対応のため取り組むべき研究開発について述べた。したがって、ここで例示した災害の事例は限定的なものであり、ここで述べた例以外にもさらに広い分野での研究開発が必要であると考えている。また、気候変動を背景として特に降雨災害の激甚化の懸念が増大しており、現在開発中のリアルタイムハザードマップ¹⁾をはじめとした技術開発も重要度が高いと考えている。本報告中で触れた技術開発は、いずれも各被災形態に対応するリアルタイムハザードマップの重要な部分を担う技術である。

防災分野をとりまく状況を鑑みれば、情報分野を中心に急速に進む技術の進歩を捉え、周辺分野との連携を広げることの重要性は極めて高い。他分野と連携することで研究開発のスピードを上げ、様々な状況に対応した防災技術に関する研究開発を継続することが重要と考えている。

文献

- 1) 太田直之：リアルタイムハザードマップを活用した防災システム，第31回鉄道総研講演会概要集，pp.27-32，2018
- 2) 気象庁 気候変動監視レポート2017
<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/index.html>
 (参照日：2019年5月31日)