

防災研究所の取組み

JR東日本研究開発センター 防災研究所 次長
森島 啓行



自然災害は、個人の力で防止できるようなものではありませんが、その危険性について認識し、自己を守る心構え、手段を常に持っていることは、忘れたころにやってくる災害に対する危険回避に大きな効果を発揮することになります。

公共交通機関である鉄道は、多くのお客さまが高速で移動することから、その安全性について、絶大な信頼を頂いております。列車が受ける災害に対してお客さま一人ひとりが自らの身を守る事は物理的に不可能でもあります。お客さまに代わり、鉄道が関連する自然災害などの備えとして、発生する可能性のある災害に必要な対策について常に、将来を見据えながら研究する役割を持つのが防災研究所であるといえます。

本稿では、防災研究所が進める自然災害関係の研究開発の最新の内容について紹介いたします。

1. はじめに

鉄道防災の研究は平成元年、東中野駅構内で発生した列車追突事故を契機に発足した安全研究所において始められました。その後、平成16年7月の「7.13新潟福島豪雨災害」、同年10月23日の「新潟県中越地震災害」、平成17年12月25日に発生した羽越線特急「いなほ」の脱線事故など連続した災害を契機に、安全研究所の防災部門が独立して平成18年に防災研究所は発足しました。

現在、気象、地象、風委員会プロジェクトの3グループ体制で鉄道に関連する自然災害、早急に対策を出すべき風規制関係、都市防災などのテーマを中心に研究を進めています。

本稿においては、防災研究所が取り組んでいる鉄道災害関係の研究開発の概要について報告します。

2. 研究所の体制とこれまでの成果

当研究所は所長以下9名の他、地形学を専門とする技術アドバイザー1名、レーダー気象学を専門とする特別研究員1名の合計11名3グループ体制で、自然現象に起因する鉄道災害事故防止を目指して「気象、地象現象の観測と検知手法」、「災害発生メカニズムの解明と危険度評価手法」、「防災対策の提案と技術基準の策定」について研究開発を進めております。

これまでの成果は、橋脚洗掘計の導入、新幹線の地震影響評価やリモートセンシングによる斜面の安全性評価などの危険度評価、強風警報システムの導入、SI（スペクトル強度）式地震計の導入、突風警報システムの試行、実効

雨量方式による降雨運転規制方式の導入（安全研究所当時の成果も含む。）などがあります。

現在の具体的研究テーマ領域としては、大きく4つであり、第一は、災害頻度の多い降雨、融雪、斜面災害などの継続的に研究をする領域、第二に、地震、津波など、発生した場合、大災害となる領域、第三に、経営課題となっている風の運転規制、第四が、近年の環境変化で災害の発生形態が変化してきている都市災害などの分野です。

これらの研究は、経営上の重要性、緊急度合や研究の難易度に合わせて基礎研究、応用研究に区分すると同時に、鉄道総合技術研究所、気象庁気象研究所や防災科学研究所などの専門研究機関や東京大学、京都大学、新潟大学、立命館大学などとの共同研究方式でも進めています。

3. 各領域の研究概要と主な研究テーマの内容

3.1 降雨、融雪、斜面災害

降雨関係のテーマは、平成19年に導入した実効雨量の導入後の現場支援として降雨実績と運転規制の実態、災害発生の検討から最適規制値の見直しに関する研究を進めています。また、最近、各地で顕著に見られる局地的短時間豪雨の実態に関する研究として、気象レーダーによる降雨量予測や局地的豪雨による洪水流出予測、鉄道に関する危険性評価、対策の検討も含めて進めています。

雪に関するテーマは、豪雪地域のなだれ警備の考え方や融雪期における斜面災害に関する運転規制の考え方について、融雪水量の推定、降雨も含めた斜面への浸透モデルとその結果からの規制方法の提案を目標に進めています。

また、斜面災害関係のテーマとして、線区の任意の箇所

に発生する可能性のある災害種別とその危険度を評価する手法であるEADaS (A reference system for predicting possible geomorphic disasters at a given site in Japan on the basis of the combination of Environment, Agent, Disaster mode and Structure at the site.)手法の開発を進めています。このテーマは当研究所の技術アドバイザーを中心に地象現象における総合的な鉄道災害評価技術と位置付けて実施しております。

3.1.1 局地的豪雨に関する研究

気象レーダーによる面的広がりをもつ降雨情報から特定地域の洪水流出解析モデルによる洪水予測をし、鉄道設備に対する危険度を評価して対策の検討に反映させることを目的としています。防災科学研究所との共同研究で2010年度までに、気象レーダーの解析雨量の精度評価と流出解析モデルの試作が完了しました。今後、鉄道沿線の具体的なエリアを指定して、レーダー雨量の解析、精度の検討を進め洪水流出解析手法の妥当性について検証を進めてゆきます。

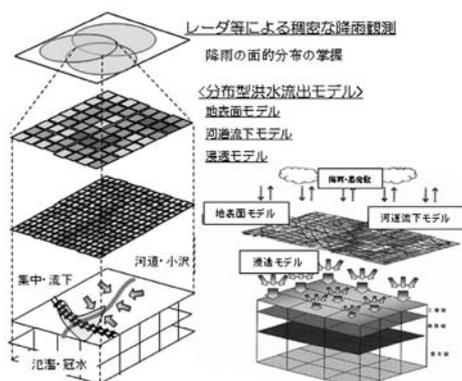


図1 都市部の局地的豪雨に関する研究

3.1.2 融雪水量推定手法の研究

2009年度までに、新潟大学などとの共同研究で現場測定した気温、日射、降雨などの測定値から融雪量、積雪層内を浸透する水量、積雪底面から地盤へ浸透する水量を推定するモデル式を作成し、その有効性について検証をしました。

2010度は、只見線4箇所所融雪水量のデータ観測を実施するとともに、このうちの2箇所所観測データから融雪水量を推定して土木技術センターにリアルタイム表示するモニター試験を実施しています。今後、融雪期の降雨も含めた運転規制の構築を目指して開発を進めていきます。

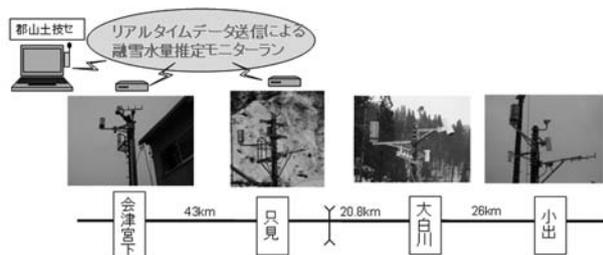


図2 融雪水量推定手法の研究

3.1.3 EADaS システムの開発

EADaS手法は、ある指定した線区の任意の箇所において、発生の可能性のある災害種別について、地形図、地質図等のデータを基に抽出し、定量的に危険度を表す評価手法です。これまで、地形学、地質学の知識を持った専門技術者が実施していた評価手法について、ある程度の地形学、地質学の基本的な知識があれば誰でも使用可能のようにシステム化した地象現象の総合的な鉄道災害危険度評価のエキスパートシステムとして開発しました。

今年度までに、試行のために選定した線区の災害危険度評価を実施しました。今後、その結果について、現場、支社社員と実地で検討会を実施し、評価結果の検証と導入のための改良点について明確にし、早ければ2012年度の導入を目指しています。



図3 EADaSシステムの開発

3.2 地震、津波

列車運行を中止するような、ある一定以上の規模の地震が発生した場合、地震による構造物被害確認のために定められた区間全体にわたり目視で検査を実施しており、運転再開まで多くの時間を要しています。一方、線路沿線を含むエリア全体にわたり、高密度に配置されている部外の地震計情報をタイムリーに解析すると当社で設置している線路沿線の地震計情報より詳細に被害の想定ができることとなります。この部外地震計情報を使用して構造物検査エリアを絞り込む、効率的な点検手法について研究を進めており、過去の地震による検証結果から最大で40~50%程度点検に要する時間を短縮できることがわかりました。

また、地震時や列車走行時の構造物の挙動を各種センサーで詳細にモニタリングすることで、構造物の健全度や損傷度合いを把握する手法として構造物災害脆弱性評価の研究を進めております。

3月11日に発生した、東北地方太平洋沖地震に伴う津波は三陸沿岸から房総半島沿岸まで広範囲にわたり死者・行方不明者が24,000人を超えるという大災害を発生させた。鉄道の被害も甚大で八戸線から常磐線まで、7線区が被害を受けた。幸いにも、列車構造物は損壊したが、お客さま、

乗務員の被害はなかった。これを受けて、平成23年度から津波災害に関するリスク評価と列車・お客さまの避難対策について研究を開始します。

3.2.1 災害時構造物の脆弱性評価の研究

高架橋などのコンクリート構造物の健全度評価については、設計手法と構造、材料の特性から常時使用状態では急激な損傷は少なく、徐々に進む損傷の評価は難しいのが実態です。そこで、現場構造物の詳細にわたる検査データを解析することで評価しています。また、地震発生時には、構造物損傷の予測、推定が困難なことから目視検査を主体に構造物全体を詳細に見る検査を実施しているため、検査完了までに長時間を要しています。

そこで、事前に対象とする構造物の最弱点個所に安価で簡易なセンサーを取り付けて置き、列車振動や地震動による応答を継続的に監視、解析することで構造物の状態を把握するとともに、地震時の損傷の有無と位置を効率的に把握可能な手法の研究を進めています。

これまでの現場試験の結果、加速度センサーによる列車振動の測定データから列車構造物の変位を算出することができました。今後、加速度センサーに加えて光ファイバーセンサーを新幹線高架橋に設置し、地震動、列車振動による構造物変位の長期モニタリング試験を実施します。

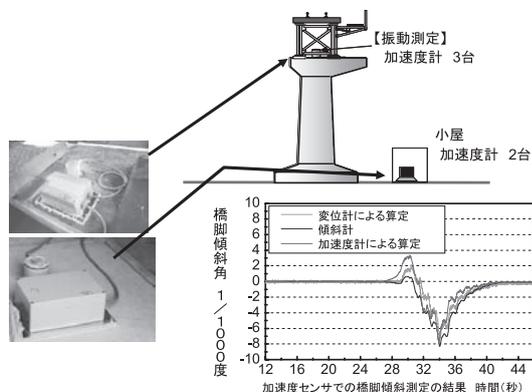


図4 災害時構造物脆弱性評価の研究

3.3 強風、突風

風に対する列車の安全のうち季節風、台風などの強風は、1本の風速計による規制で安全担保することができます。しかし、竜巻、ダウンバーストなどの突風は、これまでの風速計による規制で列車安全を確保することは困難です。

強風に関する列車走行の安全性は、その線区沿線において強風の発生する箇所を経験的に決定し、配置した1本の風速計の瞬間風速値といわゆる「国枝式」と呼ばれる風による車両転覆モデル式で算出した限界風速で運転規制を実施しています。

平成17年12月に発生した羽越本線の脱線事故により、さらなる安全のため、これまでの風規制値を低く設定したことから多くの線区で安定輸送に大きな影響が出ています。

また、事故の原因は、運輸安全委員会（航空・鉄道事故調査委員会）の鉄道事故調査報告で指摘されていますが、「局所的な突風を受けた」ことで発生したとされています。しかし、局所的で短時間に発生、消滅する竜巻やダウンバーストなどの突風を予測する運転規制は困難であるのが実態でした。そこで、平成18年から本格的に、風速計で運転規制が可能な強風と風速計では運転規制が難しい突風に関する研究を開始しました。

3.3.1 新しい風の運転規制手法の研究

現在の風の運転規制方式の風観測法である、1本の風速計による瞬間風速では、列車の走行安全性に関する1列車長全体に当たる空気力を合理的に評価できていない可能性があります。また、いわゆる「国枝式」による転覆限界風速計算式は、昭和初期当時の研究成果に基づいているため、車体形状や、盛土、高架橋などの構造物の形式、風向などの条件を考慮できていないなどの課題があり、風による車両の転覆現象を合理的に評価できていない部分がありました。

そこで、風観測に関して複数の風速計による風速規制値の測定手法、各種風速計の特性および地形、構造物の違いによる風況予測手法などのテーマについて東京大学の風洞を使用しながら研究を進めています。また、新しい風による転覆限界式（「鉄道総研詳細式」という）の導入検討については、安全研究所とともに進めています。

複数風速計と「鉄道総研詳細式」による新しい風の運転規制手法については、昨年度末に部外識者の委員を含めた委員会での有効性を確認し、早ければ来年度に一部の線区での試行導入を予定しています。

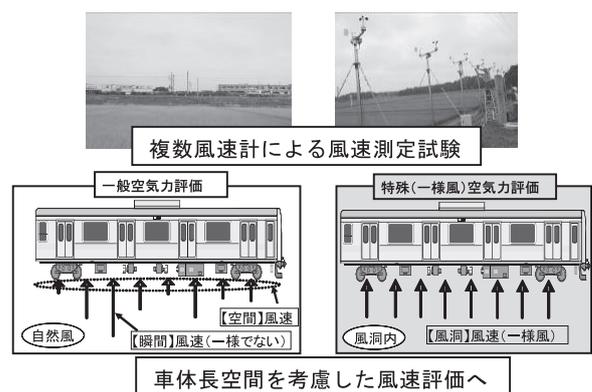


図5 新しい風観測手法の研究

3.3.2 突風検知に関する研究

突風の検知、予測対策としてドップラーレーダーを使用した検知手法の研究を気象庁気象研究所と共同で専門の特別研究員を配置して進めており、竜巻、ダウンバーストなどの突風に関連する渦の観測を庄内地方で実施しています。また、検知精度向上のためにドップラーレーダーの観測データと併せて解析に使用する雷位置評定の研究も気象庁地磁

気観測所と進めています。

これまでの研究から、庄内地方で観測される突風は、①積乱雲の発生と活発な雷を伴う。②渦の大きさは数km以下と小さい。③その殆どが日本海側から上陸する。などの特徴がわかりました。

また、ドップラーレーダーの検知に関しては、①上空に渦が発生しても、全てが地上で突風を伴うわけではない。②地上で被害を発生させている全ての渦を検知できていない。などの課題があり、今後、レーダーの探知方法とデータ解析法の検討、雷の観測結果を補完的に使用した解析法の検討などについて研究を進め、早期の実用化に目処をつけてゆきます。



図6 ドップラーレーダーによる突風検知の研究

3.4 都市防災その他

近年、いわゆるエキナカと言われる大都市圏の駅では駅内の設備が複雑化、大規模化しています。これらの駅では買い物で立ち寄られるお客さまも増え、不測の事態における多くのお客さまの避難時の流動が懸念されています。そこで駅構内の異常時におけるお客さま流動のシミュレーション予測手法について研究を進めています。

また、最近、環境の観点から注目されつつある樹林のテーマとして、斜面崩壊抑止効果、防風効果などの機能を定量的に評価する研究を進めています。

3.4.1 駅構内の異常時の旅客流動に関する研究

首都圏のターミナル駅は、バリアフリー工事や駅ナカ開発などにより、駅の構造がより複雑になってきています。また、駅開発に伴い、より多くのお客さまが集まるため、異常時の旅客流動リスク評価手法が必要でした。2010年度までに、旅客流動評価のための全体モデル、部分モデル、密集時モデルの3つの解析モデルツールを使用し解析する手法を開発しました。今年度は、具体的な駅の解析検討と検証を実施して早期の導入を目指します。

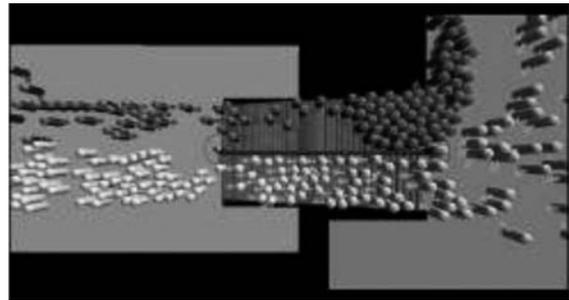
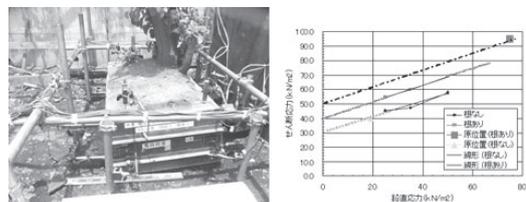


図7 異常時旅客流動評価手法の研究

3.4.2 樹林防災の研究

鉄道林は、なだれ防止や土砂崩壊防止、防風など各々の目的の機能を果たすために設置されており、樹林の成長とともに機能を発揮し、災害を防止しています。しかし、鉄道林も長期にわたり変化するため機能保全のためには、定量的な機能評価手法が必要です。

本研究においては、土砂崩壊防止機能としての斜面補強効果の評価のため根茎せん断試験、鉄道林の根茎分布調査及び根系による斜面補強効果シミュレーションモデルの開発を実施しております。また、防風効果の評価のため、大湊線の鉄道林において風速測定を実施しております。



樹木根系原位せん断試験

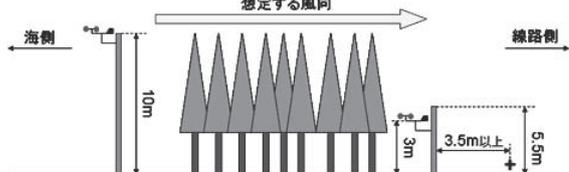


図8 樹林根系の斜面補強効果の研究

4. おわりに

鉄道防災の研究は対象が事象の再現が難しい自然現象と重厚長大な土木構造物で、目的とする現象の観察やメカニズム解明が非常に難しく、現象の解明から対策の研究まで長期間を要するのが実態です。

一方、気候変動や環境変化による災害発生の可能性は大きく変化しており、常に、変化を先取りした研究が必要となります。その対応が遅れた場合、災害の発生による被害は甚大で、人命にも関わる可能性が大きな事故となります。

今後も、地球環境の変化や社会ニーズの変化に合わせたより安全性と安定性の高い鉄道を目指して研究開発を進めて参ります。