

風災害に対するさらなる安全を目指して



布川 修
Osamu Nunokawa
鉄道総合技術研究所
防災技術研究部長

内田 孝紀
Takanori Uchida
九州大学 応用力学研究所
新エネルギー工学部門 風工学分野
准教授

荒木 啓司
Keiji Araki
鉄道総合技術研究所
防災技術研究部
気象防災研究室
主任研究員(上級)

村本 勝己
Katsumi Muramoto
聞き手
鉄道総合技術研究所
企画室長

はじめに

村本 本日は九州大学応用力学研究所准教授の内田先生と、弊所の防災技術研究部の布川部長、荒木主任研究員、司会として村本の4名で対談を実施させていただきます。内田先生には、大変お忙しいところ、無理を言ってお時間を取っ

ていただきました。本日はどうぞよろしくお願いいたします。

内田 九州大学によろこそいちゃいました。こちらこそよろしくお願いいたします。

村本 今回の対談は、「展望」第4回目ということになりますが、鉄道総研の重点課題「激甚化す

リアルタイムハザードマップ

ハザードマップとは、「自然災害による被害の軽減や防災対策に使用する目的で、被災想定区域や避難場所・避難経路などの防災関係施設の位置などを表示した地図」とされており※、災害種別ごとに整備され国土交通省 (<https://disaportal.gsi.go.jp/>) などで公開されています。一般的に、ハザードマップは過去に発生した顕著な災害時の被災状況や災害シミュレーションの結果に基づいて作成されます。鉄道総研では、気象災害が近年激甚化していることをふまえ、大雨時や強風時の鉄道の運行管理に役立てるべく、鉄道沿線での気象観測情報だけでなく部外の気象観測情報も活用して、時々刻々と変化する雨や風のハザード情報をリアルタイムに評価してマッピングする「リアルタイムハザードマップ」の開発に取り組んでいます。

※ 国土地理院 ハザードマップ, (<https://www.gsi.go.jp/hokkaido/bousai-hazard-hazard.htm>), (入手日:2022年11月4日)



強風

- ・変動風による車両の空気力評価
- ・強風監視及び対策の最適化
- ・自然風に対する風洞試験法の開発
- ・鉄道線区における強風箇所抽出方法の開発
- ・強風時運転規制のための風観測方法
- ・小型ドップラーレーダーを用いた突風探知システムの研究
- ・周辺地形を考慮した風向別運転規制方法の検討
- ・横風を受ける車両周りの流れの数値シミュレーション
- ・トラス橋梁周辺における風速の評価
- ・耐風性評価のための地点データ整備手法
- ・局地風の再現性に関する強風箇所抽出方法の改良
- ・列車搭載可能な風速観測装置の開発
- ・変動要素を考慮した強風時の車両安全性評価手法の開発
- ・風観測記録を用いた突風状の風速変動の解明
- ・急激な風の立ち上がりに対する車両の応答に関する研究
- ・防風柵の減風域と効果
- ・横風に対する実形状車両の空力特性シミュレーション
- ・竜巻による飛来物等の鉄道被害の評価手法
- ・突風等の局地的気象現象による災害に対する減災技術
- ・偏波レーダー情報を用いた気象ハザードの面的評価
- ・車両の耐力に応じた強風対策支援手法
- ・変動要素の影響を考慮した総研詳細式による軌道限界風速評価
- ・構造物等を考慮した横風の影響評価
- ・風洞試験による軌道耐力評価精度の向上
- ・気象データと地理条件に基づくがいし汚損度推定法
- ・鉄道線の強風災害に対するPRA手法
- ・強風リアルタイムハザードマップ
- ・強風後の運転再開時刻の評価手法
- ・地上側および車両側対策による横風下空気力低減手法
- ・確率論的安全性評価による強風時運転規制手法

強雨

- ・斜面崩壊による崩土の運動メカニズムの基礎研究
- ・降雨に伴う斜面の土中水分挙動の解明
- ・河川増水時の橋脚基礎の安定性評価に関する研究
- ・広域地形情報を利用した災害地形評価法
- ・光ファイバーを用いた土構造物の変状検知システムの研究
- ・降雨変動に対応した土中水応答に関する実験的評価
- ・新しい雨量指標を用いた斜面評価基準に関する研究
- ・切土のり面工の健全度評価
- ・土砂災害と落石に対するリスク評価手法
- ・洗堀要注意橋りょうの抽出方法に関する研究
- ・岩盤斜面の定量的危険度評価指標の研究
- ・降雨による災害の発災ポテンシャル評価モデル
- ・地震動が作用した土構造物の降雨耐力の解明
- ・既設盛土の効果的な排水対策設計手法の開発
- ・橋脚の変位を用いた増水時橋脚基礎の健全性評価手法の開発
- ・沿線自然斜面での災害ハザード可視化技術の開発
- ・局地的短時間強雨等による災害に関する減災技術
- ・のり面工背面地盤の劣化度評価手法
- ・地震動の影響を受けた盛土の降雨耐力回復手法
- ・のり面工の耐雨性効果の定量化方法
- ・盛土の早期強化復旧法の開発
- ・火山灰堆積斜面の降雨時・地震時安定性評価
- ・崩壊土砂活用のための新しい施工管理指標の提案
- ・洗堀された橋りょうの応急復旧マニュアル等の作成
- ・強雨時安定性評価箇所の選定手法
- ・橋脚洗堀の外力・耐力特性評価
- ・土石流の要注意渓流の抽出
- ・土石流のハザードマッピング技術の開発
- ・洗堀被災橋梁の緊急診断法
- ・大規模降雨で土砂混入したバラスト軌道の早期復旧方法
- ・河川橋脚におけるマルチスケール洗堀解析手法

雪氷

- ・列車からの落氷雪及びバラスト飛散の現象解明
- ・斜面崩壊に及ぼす融雪量の評価方法の開発
- ・車両着雪量のリアルタイム評価方法の開発
- ・濡れ雪の舞い上がり及ぼす台車周辺の車体形状の評価
- ・架線着霜の成長過程の解明
- ・新幹線車両の着落雪被害の低減対策
- ・雪崩警備方法の検討
- ・新幹線走行時の排雪抵抗の評価
- ・フランジウェイ圧雪の形成条件の解明
- ・雪の変質過程を考慮した着雪量予測手法の構築
- ・降雨および融雪水が全層雪崩の発生に及ぼす影響の評価
- ・積雪性状の時間変化モデルの構築
- ・融雪水による斜面の不安定化現象の解明
- ・トロッコ線着氷霜の実態と対策に関する調査研究
- ・着雪量計算シミュレーションの作成
- ・融雪災害危険度評価手法の開発
- ・車両着落雪推定手法
- ・偏波レーダー情報を用いた降雪密度の評価手法
- ・空力による着雪抑制対策
- ・沿線環境に適合した空力による着雪対策
- ・雪崩警備の要否判定支援手法の開発

その他

- ・鉄道沿線に設置する電子機器に対する雷害対策の研究
- ・踏切保安設備の雷害対策の定量的評価
- ・災害ハザードマッピング技術の開発
- ・直流電車線路の直撃雷線防止システム
- ・信号設備における雷過電圧発生メカニズムの解明
- ・過渡電磁界解析による耐雷性能評価手法
- ・通信設備の雷サージの影響予測手法
- ・気象災害ハザードマッピングシステムの実用化
- ・倒木危険箇所の抽出方法
- ・鉄道沿線信号機器の電子部品に対する雷サージの影響評価

表1 気象災害関連テーマの経緯

る気象災害に対する鉄道の強^{きょうじん}靱化」に関連した意見交換をお願いしたいと思います。内田先生は風工学をご専門とされておられますが、とくにそれにこだわらずお話を伺えればと思います。

鉄道総研における研究開発の背景と概要

布川 最初に、弊所の防災技術研究部（以下、防災部）の概要をご紹介します。防災部には3つの研究室があります。まず、荒木が所属している気象防災研究室は主に強風や雪氷の災害対策を実施している研究室です。地盤防災研究室は斜面災害や河川災害など主に雨の災害を対象としており、私はこの研究室の出身です。地質研究室は岩盤斜面崩壊や落石、そしてトンネル、地盤振動など、岩盤・岩石などに関係するいろいろなことに関わっています。

重点課題「激甚化する気象災害に対する鉄道の強靱化」は防災部が取りまとめを行っていますが、鉄道総研のいろいろな研究部と分野横断的に取り組んでいます。そのなかの1つとして、強雨や強風時の運転規制を高度化していこうという流れで、外部の気象条件を面的に集約して、例えば土砂災害や強風災害のリアルタイムハザードマップ^{PR}の開発といったことをやっています。強風災害については内田先生にもお世話になっています。

村本 それではここで、鉄道総研の防災関連の技術開発の流れをご説明します。この表(表1)は、2000年から5年ごとに設定されている基本計画において、それぞれどのような防災関連のテーマが実施されてきたかを取りまとめたものです。実際はもっとありますが、おもなもの、

特徴的なものを抽出して記載しています。

荒木 強風関連のテーマは2005年の羽越本線の脱線事故，その翌年の日豊本線の竜巻による脱線事故が契機になり，評価技術の開発が進みました。幸いにもそれ以降，風による大きな事故が起こっていないので，風に関しては鉄道事業者の関心はやや落ち着きを見せています。気象災害の激甚化という点では，近年は大雨事象が増えていますので，鉄道事業者の今の関心は雨の方が圧倒的に高いです。

村本 雪に関しては，整備新幹線が雪国を走るものが多いこともあり，車両の着落雪対策について，2010年頃から実験やシミュレーション，現地試験といった形で取り組んでいます。ざっくばらんに先生のご感想はいかがでしょうか。

内田 僕は風のことが専門なので，風のテーマについて見させていただくと，どれもこれも今やってもおかしくない位のテーマだと思います。その時々で重点課題であげられたのだと思いますが，どれ1つを取っても現在でも重要検討課題であり，やはり物事はつながっているから，昔やって解決したから今は問題ないということではないので

しょう。忘れた頃に過去のことを思い出されるとか。

布川 その当時の技術でやったことが，今の技術でやり返すと当然違った形になってくるでしょう。繰り返しループで進めていかないと，高度化は進まないと思っています。

フォアキャスト(フォーキャスト)

現在時刻から数時間先，または数日先までの将来における気象要素(雨，風，気温など)を予測した値のことをいいます。ニュースなどで見聞きする「明日・明後日の天気」や「明朝の予想最低気温」「明日中の予想最高気温」などの情報もフォアキャストの一種です。

運転規制の考え方

荒木 現在，重点課題で取り組んでいるテーマに，運転規制を高度化しようというものがあります。背景として，今の日本の鉄道における風の規制は瞬間風速の実況値でやっていますが，風速計が置かれていない場所の状況はわからないという問題があります。また，風の吹き戻しなどいったん止んだ風がまた吹いてくることは頻繁にあることですが，そういうことを知らないままにオペレーションを行うと，いったん解除した規制をすぐ再発令するといったことが断続的に起こり，お客様にご迷惑をおかけしてしまいます。課題は，現在の運転規制の根拠に点のデータしかないことと，実況値しかなくて**フォアキャスト**[®]がないことの2つです。

内田 人の命に関わる大きな乗り物の風絡みの話は，僕の方にもいっぱいあって，いろいろ相談も受けています。空港の離発着が強風で遅延になったり失敗する可能性が増えるとか，あるいはLNGタンカーが接岸する1時間前に風の状況から接岸の可否を判断したいとか。僕の本職にしている風車でもそう。強風が吹いたときに，いつ止めるの，いつ再開するの，と。風車は人命を預かっていないけど，そういうとらえ方は共通しています。

一方で，風車と鉄道で何が決定的に違うかという，やっぱり人の命を預かっているかどうかということですね。逆に，聞きたいことですが，良い技術がある程度成熟して，運用に耐えられそうとかちょっと試験してみたいとなったときに，思い切ってこの場所に適用してみようか，となるものなののでしょうか。人の命を預かる以上は何かあったときに責任を問われるとかで，なかなか踏み切れないとか。このもどかしさみたいな所をどう考えていらっしゃるのでしょうか。



布川 本当に難しい問題で、運転規制を変えるのは基本的に鉄道事業者さんの責任でやる話ですが、鉄道総研にも提案した責任があります。雨の話ですが、規制をかける方は国鉄時代からずっとやり方を変えてなくて、最近ようやく変えはじめていますが、みんな重い腰がなかなか上がらない。なので、現在は、規制をかける方はとりあえずこれまでどおりでもよいとして、解除の判断の方を新しい指標を使いながら提案すれば適用してもらえないかと考えています。しかし、解除を緩和して何かあるとやっぱり困るので、提案する側としてはどうしても安全側に振れてしまうところがあります。それでも、試してみないと何も変えられないので、これにメリットがあるんですということを強調しながら、やれそうな所を絞っていくのがいいのかな、と思っています。

内田 そこは、僕の専門の風車の話と共通点が多いですね。自然相手にいきなり良い物ができるわけがないから、トライアンドエラーをやりながら、だんだん良くなっていくものなんだというのが僕の考えるアプローチです。いろんな研究が進んできて、どれもある一面はとらえているのだろうけど、自然相手だから外れることもある。その外れたときの責任の所在みたいなところをうまく調整しながら、どのタイミングで鉄道会社さんに提案してうんと言ってもらえるようにするのか、そのへんがブレイクスルーのきっかけになるんだろうなあと思いました。

風の研究の進め方

村本 前回の「展望」はシミュレーション技術だったんですが、風の研究でもやはりシミュレーションは不可欠ですよ。

内田 もちろんやっています。ただし、風は地域性があって、地域地域に特有の風がありますが、それをシミュレーションで、これ位の精度で言い当ててやろうなんて、僕にはおこがまし

くてできません。その辺の風でも、同じ風は二度と吹かないという感覚にすらなりません。そんな太刀打ちできそうにないと尻込んでしまうようなものに

立ち向かうモチベーション

は何なのかというと、僕は、観測で実際の風のメカニズム・正体をつかむということだと思います。だからちょっと遠回りになるかもしれませんが、本当に精度のよい予測を成し得たいのであれば、観測網を充実させて、自然の風、生身の風をつねにおさえるということが大切ではないでしょうか。風車業界でも自動車業界でも、データは巨頭とよばれる所が一元管理していて、何かトラブルがあれば、自分たちがもつ膨大なデータのなかから似た事案を探してすぐに対応します。大変だと思うけど、鉄道もそうあるべきなんじゃないでしょうか。

荒木 今、私たちの研究では、風速データとして実況値、予測値、鉄道総研の独自観測値、部外の気象情報など、より多様なデータを使おうとしています。鉄道総研の独自観測では、風速計だけでなく、気象レーダー(図1, 図2)も使っています。

村本 素人質問なんですけど、日本には地震計ってものすごい数があるんですよ。極論を言えば、ガスメーターの数だけ地震計がある。風向風速計もそんな感じにできないんですか？

内田 難しいんですよ。僕から言わせてもらえば、地震計測の方がよほど簡単だと思います。気まぐれなんですよ、風は。息をしているとよく言われるぐらい。だから、やっぱり手堅く、重点的にでも、点から面に簡単に補えるぐらい





図1 鉄道総研所有の気象レーダー

の多くのセンサーを配置してみるといったことを、試験的にでもやってみるといいんじゃないでしょうか。それを誰がずーっと管理するんですか、ていうような話は置いて。

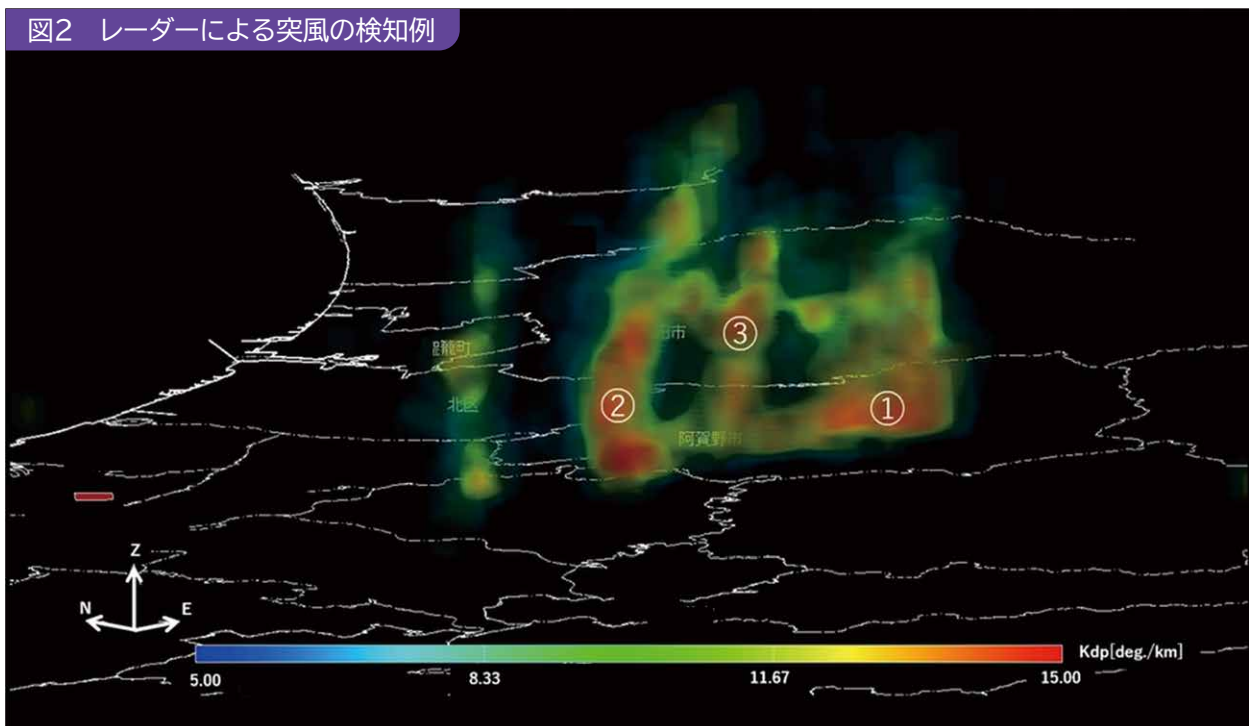
布川 問題になるのは、ずーっと取れるデータはいっぱいあるかもしれないけど、知りたいのはすごい強風のレアケースのところですよ。雨のときもいつもそういう話題になるんですけど、局地の所がわからない。観測していても、結局、年に1回も取れない年とかもあるし。そうすると全然データ数が増えないみたいな。

内田 おっしゃるとおりなんです。本当にやろうと思うとそういう問題がある。だからシミュレーションだ、数値実験だ、となるわけです。膨大な数値計算をやって、その結果から何かルールというか、何かを見いだせないかと。そういう取り組みが必要で、それを日々やっているわけですね。(図3)

布川 とはいっても、観測データが多くないと、それもなかなか難しいですね。

内田 それこそ数値実験でメカニズム解明ってことで、本当にいろいろ経験しましたが、風車の目の前にあるちょっとしたコブのような山が風車を壊す乱流の発生原因でした、なんていうことがわかったことがあります。それで、その山を削っていいですかとお願いしてみたら、いいですよ、だれも迷惑になる人はいませんからって、バサッとその山を削り落としたことがあるんです。そうしたらピタッと事故が止むんですよ。そういうなんか、魔法みたいなこともありました。だから、鉄道も…そんな簡単にはいかないかもしれませんが。あるいは何か、人工物を、例えば風車とかを付加させてあげたら、そいつができたことによって、風の発生の仕方

図2 レーダーによる突風の検知例



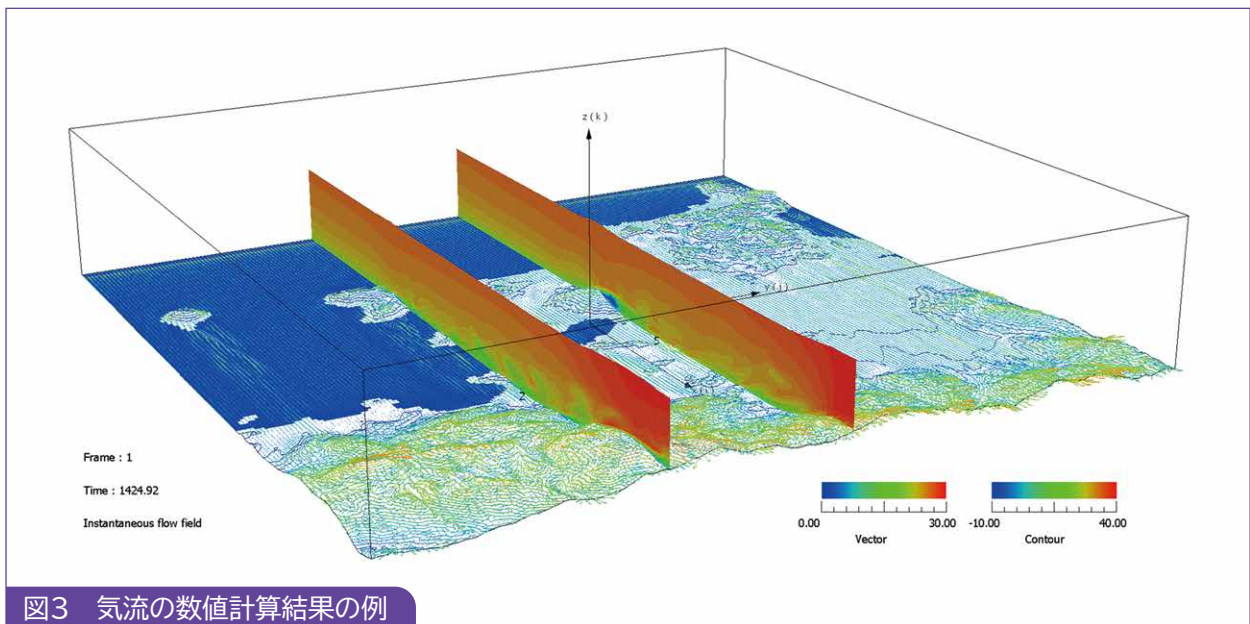


図3 気流の数値計算結果の例

が変わるとかね。山を削るのもいいけど、何か周辺の人たちに便利なものを作るとか。平時は風力発電で地域に送電するとかね。夢みたいな話かもしれませんが、風は制御もできるし、つくれるし、というのが風のことを研究している我々がつねに思うことです。創風というように、創りたくなるんですよ。昔は風を弱めます、弱めますの一点張りだったけど、風を創りましょう、制御しましょう、そこまで踏み込みましょう、みたいな感じのことを考えているわけです。

気象防災の現場への^{けいもう}啓蒙

村本 すでに、将来展望みたいな話になりましたが、最後に今後の気象防災について取りまとめに入りたいと思います。

内田 今後、気象に関して技術の向上とともに、さらにいろんな予測や予報、数字が出てくるようになります。先ほど話題に出たLNGタンカーなんかでも、気象条件を判断できる高度な知識が船長さんには必要になります。僕が言うのもおこがましいですが、鉄道総研で取り組まれた最新の防災技術の成果を、鉄道会社の運転士さんや車掌さんとかにも見せるべきだと思います。すると、そのうち、ああそういうことかと気が付く運転士さんが出てくる。知る知らないって

大きいですよ。なんかうまく情報が発信できれば、いろんな意見が上がってきて、悪いことばかりじゃないと思いますけどね。

布川 こっちも気付くことが結構あるかもしれませんね。

荒木 今、世の中にはいろいろな気象情報が公開され使えるようになってきていますが、気象に詳しくない鉄道のオペレーターが運転規制や解除にも簡単に使える、とまでにはなっていません。これを翻訳して、もっとよい運転規制に使えるようにしたいというのが、私が取り組んでいるテーマのモチベーションです。

内田 そう、翻訳。皆さんがちゃんと翻訳して伝える。またその伝えられた側が、そういう最新の結果を理解して、消化して、ちゃんと自分で考えて身に着ける。そういう時間が必要ですし、それが結局、判断ということになってくるわけです。少なくとも、気象に関して人間の判断に勝るものはしばらく出てこないと思います。せっかくここまで研究されているものを、これはきっと難しくてわからないだろう、ではなくて、かみ砕いてやさしく説明すれば、研究されている皆さんと、現場で働かれている方との共通認識が生まれていくと思います。

村本 「おかえりモネ」の世界ですね(笑)。本日はお忙しいところありがとうございました。