



気象災害予測のリードタイムを確保するために

東京大学大気海洋研究所教授 木本 昌秀

1. はじめに

常々防災に関わっておられる本誌の読者の方々でなくても、「近頃激しい雨が多くないか」との感想をお持ちの方は多いと思います。実際、過去40年蓄積されたアメダスデータでも1時間に80mmを越える「猛烈な雨」の回数は増加傾向を示しています。人間活動による温室効果気体増加に伴う地球温暖化は現在確実に進行中ですが、温暖化は大気中の水蒸気の増加ももたらすため、豪雨や、またその逆の干ばつも頻度や強度が増加し、気象の極端化が進むことが予測されています。人ひとりにとってみれば災害に見舞われる確率は決して高いものではないかもしれませんが、気象災害についてはもはや「いつ来るかわからない」ではなくなってきていると考えた方がよいと思います。まして災害を防ぐ、被害をできるだけ減ずる活動に従事されている方々には、「気象が変わりつつある」「これまでの経験だけに頼るわけにはいかなくなっている」ということを強く意識して頂く必要があります。

災害をもたらすような極端な自然現象は、頻度は低くてもいつか必ず起こります。どれくらいの現象が起こり得るか、それが起こったときどう行動するか、これが防災の要であることは論を待ちません。一方で、少しでも早く予兆を当該地域の方々にお伝えすることができれば、被害を大幅に減ずることができます。一瞬にして75名の尊い命を奪った2014年8月の広島土砂災害のような悲劇を減らすことができるよう、少しでも早く警報が出せないか。本稿では、その可能性が決してなくはないのだということをお伝えできればと思います。

2. 現象を捉えて先を予測する～気象予測について

地震でも気象でもそうですが、自然現象は複雑な地球の営みによって生じています。江戸時代には低気圧とは何かすらわかっていなかったわけですが、現在では地球全体に観測網が展開され、天気変化をもたらす上空の大気の動きは時々刻々測られています。明日明後日の天気変化をもたらす移動性高低気圧はその大きさが数千km（北海道から沖縄の南端までが約3,000kmです）なので、日本の場合16か所ある高層気象観測所のデータでもその構造を測ることが可能です（予測には上流のデータが重要ですが）。第二次世界大戦後に発明された電子計算機のおかげもあって、流体力学や熱力学など大気の運動を支配する理科の方程式に観測データを入れて先の予測をすることが可能になりました。昔は「予報官の勘と経験」に頼るところもありましたが、現在では明日明後日より先の予報は物理法則に基づいたコンピュータ予測で天気予報を行っています。理科の本に書いてある知識で実際の自然現象の将来がわかるというのは関係者でなくてもわくわくすることです。

天気予報を見ない方は世の中にはいないと思います。それくらいみなさんに重宝して頂いていると思います。たまには苦情もあるでしょうが、天気予報の精度が着実に向上していることは、近年では週明けに台風が首都圏襲来という解説が出版されていそのとおりになることでご理解頂けるのではないかと思います。これは気象庁が2009年以降、それまでの3日予報から5日先まで台風進路予報を延長したことによります。年間10個という記録的な台風上陸数と、200名を超える風水害死者を出した2004年を契機として開発が進んだおかげです。地球の大気は世の中の流体の中でもっともよく測られているものの一つで、物理法則に基づいて有用な将来の予測もできています。世の中にはいろいろな先の予測がありますが、かなり「使える」ものの一つであることは業界人としても誇りに思っています。

3. 災害をもたらす局地豪雨

ところが、です。相変わらず毎年のように深刻な気象災害が発生しており、その頻度も増加傾向にあります。ゲリラ豪雨という言葉は、子供を含めて5名が亡くなった神戸市都賀川の鉄砲水や、東京練馬で5名のマンホール作業員が命を落とした事例など多数の局地的豪雨が発生した2008年によく使われるようになりました。竜巻なども含めて時間的・空間的に細かいスケールで急激に発生・発達する気象現象は予測が困難で、現象の把握すら難しい場合も少なくありません。これらの現象は、数10分から数時間先の、いわゆる「短時間予測」の対象です。天気予報では、「大気が不安定で局地豪雨が起りやすい」日である旨は必ずお伝えしますから、心構えはできますが、いざ逃げるかどうかの局面では間に合いません。日頃から、気象庁の提供する「高解像度降水ナウキャスト」をスマートフォンなどでこまめにチェックすることを強くお勧めします。この「コンテンツ」は、従来の気象レーダー網に加えて国土交通省が2008年の豪雨頻発を受けて整備した高解像度レーダー網X-R A I Nを用いて250mメッシュの降水実況とそれらの1時間先までの動きの予測を提供しています。自分のいる場所の近くの雨雲のようすを5分ごとに確認できます。近年、広島土砂災害のときのような強烈な集中豪雨は、「バックビルディング」と呼ばれるような、同じ場所に次から次と積乱雲が発生する現象に伴って起きることが解説されるようになりましたが、高解像度降水ナウキャストを見慣れてくると気象の専門家でなくてもこのような現象の兆候に気づくことができます。

4. 局地豪雨の予測に向けて

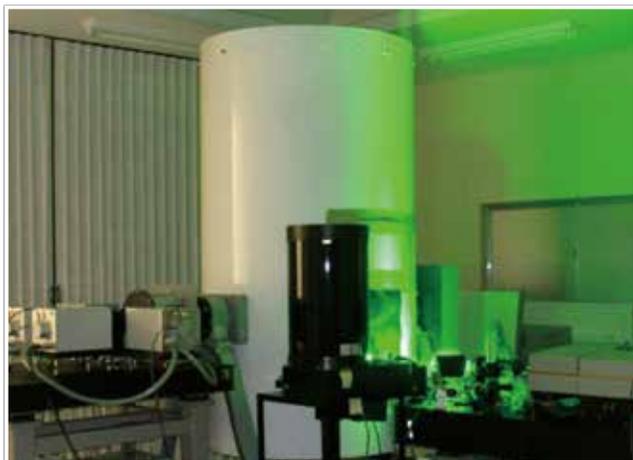
上述の「ナウキャスト」は、現在までの雨雲の推移を外挿延長するもので、多少の発達衰弱の予測もされますが、基本的には「まだ見えていない雨雲の急発達」の予測はできません。少しでも早く有益な予測情報を出して避難までの「リードタイム」を稼ぐためには、この部分の補強が必須です。

そもそもなぜ局地豪雨の短時間予測が困難なのでしょう？ 根本的には、現象が測れていないからです。集中豪雨の主役である積乱雲は、一つ一つは、水平に数km～10km程度、鉛直には10km程度の高さを持ち、上空で非常に強い上昇気流が起きて、降水粒子

やあられなどが活発に生成されています。降水レーダーの測っている雨粒は積乱雲発達
の最終結果を見ているようなもので、集中豪雨の発生発達の予測のためには、雨粒を生
成する雲の大元の生成原因となる、上空の風の細かい分布、そしてそれらが運ぶ水蒸気
の細かい時空間分布を把握することが重要なのです。広島豪雨のときも四国と九州の間
の豊後水道上空を通り道として大量の水蒸気が広島へ向けて運ばれていたことがわかっ
ています。直接災害をもたらす雨粒はレーダーである程度測れていますが、雨をもたら
す雲の発生発達に重要な水蒸気やそれを運ぶ風が十分な時空間解像度で観測できていな
いのです。しかし、そんなことのできる手段があるのでしょうか？ 仮に把握できたと
したら予測はできるのでしょうか？

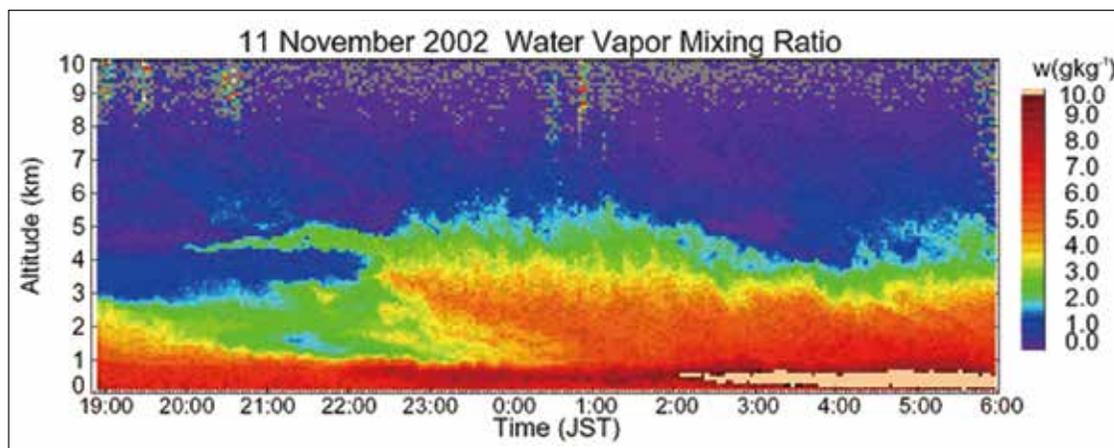
雨雲レーダーもその一つですが、さまざまな波長の電磁波の反射や屈折の特性を利用
して、離れたところのようすを測定することをリモートセンシングと呼びます。日本語
では遠隔測定です。人間を増やして観測を密にできれば一番よいですが、それは無理な
ので、さまざまなりモートセンシング技術を開発、利用することが現象把握には重要
です。集中豪雨予測に有望なものとして、まず、近年開発されたフェイズドアレイレー
ダーがあります。これは測る対象は依然降水粒子ですが、高さ分布を含めた3次元構造
をきわめて迅速に測定できるものです。きわめて迅速に測定できれば時間的にも細かく
測れます。さらに、レーザー光を用いた水蒸気ライダーというものも開発されていま
す。鉛直上方の水蒸気分布を測ることができます。これらはまだ研究用装置が日本に数
台ずつあるだけです。上空の風分布については気象庁がすでにウィンドプロファイラー
を展開しつつあります。雨粒を測るドップラーレーダーでも風の推測はできます。さら
に、GPSはご存じのとおりスマートフォンにもついていて複数の衛星からの電波を受
けて三角測量の原理で自身の位置を知ることができる技術ですが、電波は大気中の水蒸
気によって屈折しますので、GPS受信網を利用して上空の水蒸気推定ができます。気
象庁はすでにこの技術を天気予報に用いています。しかし、日本周辺では海上の水蒸気
こそ最重要なのですが、GPS受信機は海の上にはありません。ですが、近年揺れる船
の上でも使えるGPS受信機が開発されたそうです。海上の漁船や商船は大昔から天気

予報にお世話になっているはずで
すから、頼めば喜んで載せてくれる
はずです。そして、みなさまにもおな
じみのリモートセンサーとして気象
衛星があります。2015年から運用を
開始したひまわり8号は従来機に比
べて観測の時空間メッシュが向上す
るとともに測定できる電磁波の種類
(波長)が格段に多くなりました。
これにより、最大2.5分間隔での積
乱雲の時々刻々の発達の監視も可能
になりました。



水蒸気ライダー

このように、局地豪雨の短時間予測に使える「飛び道具」がどんどん出てきつつあります。試験的なデータを用いて、どの程度まで極端現象のシミュレーションが可能か、活発に研究が行われています。気象研究所では、死者も出た2012年5月のつくば市の竜巻が、細かいモデルと観測データの併用によるシミュレーションで再現できることを示しました。この事例では、詳しく見ると3つの竜巻が相次いで発生したのですが、シミュレーションでもそのようすが再現されています。もちろん、これはあらかじめ起こった時間場所を知り、そこにフォーカスした特別なプログラムを作って行ったシミュレーションですから、頑張れば竜巻も将来予測可能になる、ということではありません。しかし、そもそも現状手に入る観測データで把握できる情報をもとに、実在の竜巻にまでコンピュータモデルが細かいスケールの気象場の発達の様子を再構築できる能力を示したということは驚くべきことです。この話を聞いて以降、筆者は「局地豪雨といえどもしかるべき気象場が測れてさえいれば予測は不可能でない」と強く信じるようになりました。



観測例（気象研究所HPより）

5. おわりに

短時間予測の向上には、現在の降水パターンに基づくナウキャストから、新しいリモートセンシングデータをできるだけ高解像度のコンピュータモデルに取り込みながら行う、明日以降の天気予報で成功を収めてきた手法に移行することが鍵になります。しかしこのような手法には気象庁のこの先10年の開発計画をはるかに上回る膨大な計算が必要で、神戸にあるスーパーコンピュータ「京」を使って研究が始まっています。たとえ3時間後の予測計算に3週間かかったとしても、その可能性を見極める価値はあると思います。

