

日本気象学会

九州支部だより

No. 142 2023年3月



発行者
(公社)
日本気象学会九州支部
〒810-0052
福岡市中央区大濠1-2-36
福岡管区気象台防災調査課内

Tel: 092-725-3614
Mail: info@msj-kyushu.jp
HP: <http://msj-kyushu.jp/>

【今回の記事】

- ◆第13回「気象サイエンスカフェ in 九州」の開催報告
雨雲の中では何が起きているのか？ 一空に手紙を取りに行く話ー
- ◆支部会員だより「線状降水帯の予測精度向上に向けた取組」
- ◆支部事務局からのお知らせ

第13回「気象サイエンスカフェ in 九州」をオンラインで開催

雨雲の中では何が起きているのか？

ー 空に手紙を取りに行く話 ー

2月12日(日)14時から、九州支部は「第13回気象サイエンスカフェ in 九州」をオンラインで開催しました。

今回は「雨雲の中では何が起きているのか？ 一空に手紙を取りに行く話」と題して、山口大学大学院創成科学研究科農学系学域・教授の鈴木賢士(すずき けんじ)さんを講師に、日本気象予報士会西部支部の弘中秀治(ひろなか しゅうじ)さんをファシリテーターに迎え、福岡管区気象台をホストにしてZoomによるオンライン開催としました。

当日は31名の参加があり、鈴木講師による中原中也と霞(あられ)の話から、降水粒子の成長プロセス、降水粒子を捉えるための新しい観測機器の開発と最新の観測研究まで、幅広いお話を聞くことができました。講演の概要を報告します。見出しは編集部で付けました。



オンラインで講演をする鈴木賢士氏



ファシリテーターを務める弘中秀治氏

1 雨や霰(あられ)など降水粒子は絵画や文学ではどう表現されているか

広重とゴッホの雨の違い

歌川広重の「大はしあたけの夕立」という有名な浮世絵があります。それをゴッホが真似て描いた絵が残っています。その当時、日本の浮世絵がヨーロッパで流行していました。ここで注目していただきたいのは、その広重が描いた雨とゴッホが模写した雨の描き方です。

広重の絵の雨は長い線がいっぱい書いてあり、夕立のように非常に激しい雨が表現されています。それに対してゴッホの絵は、雨の線が柔らかく、雨の激しさが伝わってこないように見えませんか？

それはどうしてかちょっと調べてみました。ゴッホはオランダで生まれて、フランスやフランスの南で暮らしていた人ですが、フランスのパリ、オランダのアムステルダムやベルギーのブースは、降水量が最大でも年間で700ミリから800ミリぐらいしか降らないので、日本の半分以下ぐらいです。ひと月で80ミリぐらいしか降らないということは1時間でもそんなに降らないだろうということが想像できます。ですから1887年にゴッホが描いた絵は、彼はもしかするとそういう激しい雨を経験したことがなく、絵に描けていないのかなと思ったりしているところでは。

著作権の関係でここに絵画は掲載できませんので、以下のURLからアクセスし、歌川広重の雨とゴッホが模写した雨とを比べてみてください。

■歌川広重(1857年)

大はしあたけの夕立

東京富士美術館HPより

https://www.fujibi.or.jp/our-collection/profile-of-works.html?work_id=1173

■ゴッホが模写した雨

Bridge in the rain: after Hiroshige

Vincent van Gogh(1887年)

オランダのゴッホ美術館HPより

<https://www.vangoghmuseum.nl/en/collection/s0114V1962>

中原中也が見た霰(あられ)

今度は文学の話です。私は、山口大学に勤務していて、山口市に住んでいます。弘中さんは宇部にお住まいですね。山口というと、有名な詩人の中原中也が湯田温泉で生まれています。中原中也は30歳ぐらいで若くして亡くなっています。湯田温泉で生まれて、最後は山口で過ごのですが、その間に京都や東京にも行っています。

中原中也はたくさん詩を残していますが、その中で、「生い立ちの歌」という詩を、1930年に23歳の時に発表しています。その中にいろんな雪、我々がいう個体降水というものが出てきます。

幼年時は私の上に降る雪は、**真綿(まわた)**のようでありました。

少年時は、私の上に降る雪は**霰(みぞれ)**のようでありました。

17歳から19歳(数え年)は、私の上に降る雪は**霰(あられ)**のように散りました。

20歳から22歳は、私の上に降る雪は**霰(ひょう)**であるかと思われた。

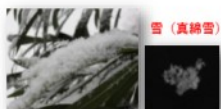
23歳は、私の上に降る雪はひどい**吹雪(ふぶき)**とみえました。

24歳になると、私の上に降る雪はいとしめやかになりました・・・と書かれています。

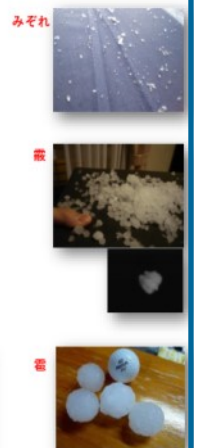
生い立ちの歌 中原中也

Ⅰ 幼年時
私の上に降る雪は
真綿(まわた)のようでありました
少年時
私の上に降る雪は
霰(みぞれ)のようでありました
十七～十九
私の上に降る雪は
霰(あられ)のように散りました
二十～二十二
私の上に降る雪は
霰(ひょう)であるかと思われた
二十三
私の上に降る雪は
ひどい**吹雪(ふぶき)**とみえました
二十四
私の上に降る雪は
いとしめやかになりました……

Ⅱ 私の上に降る雪は
花びらのように降ってきます
薪(たきぎ)の燃える音もして
凍(こお)るみ空の鵲(くろ)む頃
私の上に降る雪は
いとなよびかになつかしく
手を差伸(さしの)べて降りました
私の上に降る雪は
熱い薪(ひたい)に落ちもくる
涙のようでありました
私の上に降る雪に
いとねんごろに感謝して、神様に
長生(ながいき)したいと祈りました
私の上に降る雪は
いと貞潔(ていけつ)でありました



吹雪



中原中也の生い立ちの歌

私はいろんな雪が表現されていて面白いなと思いました。しかし、湯田温泉は内陸で、私は住んでいてあられにはほぼあったことがないのですが、中原中也はどこで見たのか気になり調べてみました。中原中也は父親の転勤で、5歳くらいの時に金沢に行って2年くらい幼稚園に通っていて、ここで経験したのではないかと思います。私はここ5～6年、金沢大学で雪の観測を行っており、その際、金沢地方気象台で当時の観測原簿を見せてもらったところ観測資料に雪やあられの記載がありました。また、当時「雪やこんこ」という童謡が、中原中也が幼稚園の頃、1911年に小学校の唱歌になったこともわかりました。これらのことからあられを知ったのではないかと思います。

雪(個体降水粒子)の分類

右側の写真は2022年6月2日に埼玉県本庄市で降った雹(ひょう)です。ゴルフボールぐらいの塊になっています。知り合いに映像を見せてもらいましたが、奥に止まっている車のボンネットなどがボコボコになって、農業ハウスが破れたり、ガラスが割れたりする被害が発生しています。



2022年6月2日18時ごろに埼玉県本庄市に降った雹(ひょう)(明星電気:清水健作氏提供)

種 類	記号	定 義 解 説
<u>雪</u> Snow	✕	空気中の水蒸気が昇華してできた氷の結晶の降水。 雪の降りかた、大きさ、結晶は雪が成長、形成される過程での状況により、かなり変化する。雪の結晶には星状、角柱状、板状、それらの組み合わせや、不規則な形をしたものがある。気温が約-5°Cより高いと結晶は一般に雪片化する。 過冷却した水滴が凍結してできた微少な氷の粒を少しつけたものや多少水分を含んだものもある。このような結晶が多数くっつき合って雪片(Snow flakes)をなして降ることが多いが、結晶が個々離れ離れの状態で降る単独結晶の雪もある。
<u>みぞれ</u> Rain and snow mixed	☼	雨と雪とが混在して降る降水。
<u>雪あられ</u> Snow Pellets	✕	白色で不透明な氷の粒の降水。粒は円すい状又は球状である。直径は約5mmに達することがある。<u>この粒は、堅い地面にあたるとはずんでよく割れることがある。砕けやすく、容易につぶれる。</u> 雪あられは、中心の氷の粒(普通は氷晶)が急速に凍った雲粒で覆われている。中心の氷晶と凍りついた雲粒との間にすき間があるので雪あられの密度は一般に小さく0.8 g/cm^3未満である。 雪あられの降水は、普通は地面近くの気温が0°Cに近いときに雪片とともにしゅう雨性降水として降る。
<u>氷あられ</u> Small hail	△	半透明の氷の粒の降水。粒はほとんどいつも球状で、時に円すい状のとがりをもつ。直径は5mmに達し、まれに5mmを超えることがある。 この粒は簡単にはつぶれず、堅い地面にあたると、音をたててはずむ。 氷あられは、雪あられのすき間が氷や水で満たされて、薄い殻が凍結したような構造である。このため氷あられは比較的密度が高く0.8 g/cm^3ないし例外的には0.99 g/cm^3の間である。 氷あられは常にしゅう雨性降水で起こる。氷あられは雪あられとひょうの中間状態であり、その部分的に滑らかな表面と高密度で雪あられと区別できる。またその大きさの小さいことからひょうと区別される。
<u>ひょう</u> Hail	▲	氷の小粒又はかたまりの降水。直径5mmから50mmの範囲で、ときにはそれ以上のものもある。単独に降るか又はいくつかがついて、不規則なかたまりとなって降る。 ひょうは透明な氷又は透明な層(厚さ1mm以上)と半透明な層とが交互に重なってできているものや、透明又は不透明な氷そのものもある。 ひょうは一般に強い雷電に伴って降る。

気象庁が観測で使用している大気現象の種類と定義(種類は抜粋)

2 中谷宇吉郎博士への挑戦

雪は天から送られた手紙である



中谷宇吉郎 雪の科学館(石川県加賀市 片山津温泉) 2023年1月訪問

中谷宇吉郎（なかや・うきちろう）博士は石川県加賀市で生まれ、北海道大学で雪結晶などの研究をされ、雪の結晶を調べられました。降ってくる雪の結晶を顕微鏡写真に撮り、結晶を分類し、気象状態がどのような時にどんな結晶が降るかを調べ、2つの条件と形の関係を1つの図（後に「中谷ダイヤグラム」と呼ばれる）にまとめられました。

気温、水蒸気密度（湿り具合）の関係で結晶の成長の形が違ってくことを発見され、スケッチした雪の結晶の形を分類されました。

このことから、地上に降ってくる雪を調べることによって、上空の温度とか湿り具合が雪の形を見ることによってわかるということで、中谷宇吉郎博士は「雪は天から送られた手紙である」と有名な言葉を残しています。中谷博士は随筆家としても有名です。

石川県加賀市には「中谷宇吉郎 雪の科学館」というのがあります。上の写真は今年1月に訪れた際のもので、六角形の窓や壁に雪の結晶が書いてあり、六角形のペンダントを作るイベントなどもやっています。足を延ばしてみたいはいかがでしょうか。

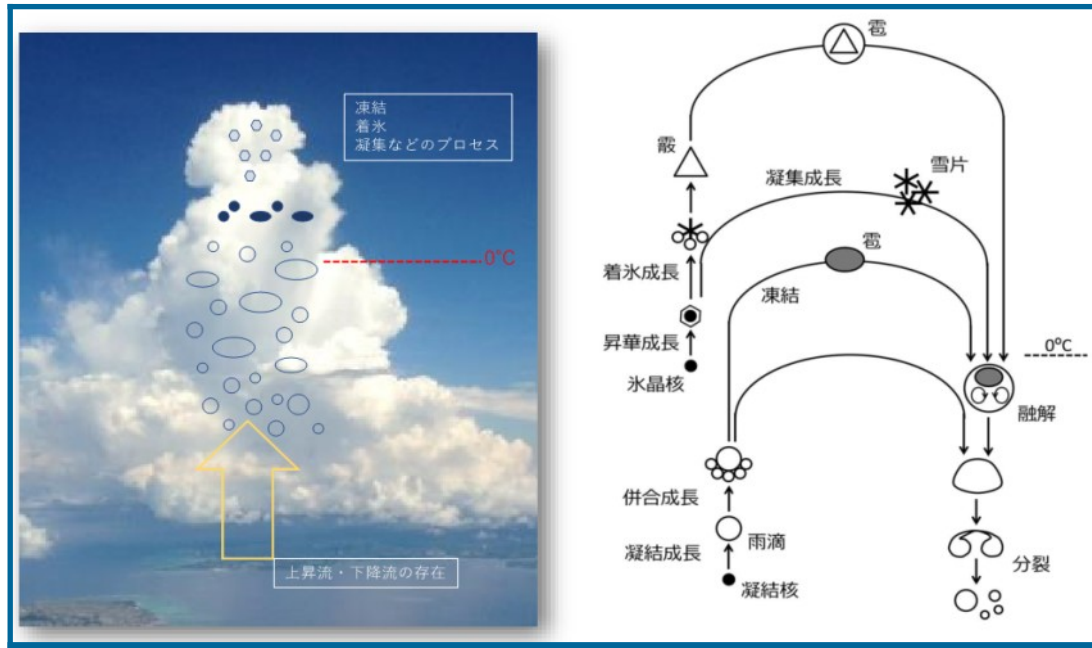
空に手紙を取りに行こう

次のページの左の写真は沖縄の伊江島です。沖縄にもこの10年くらい前から観測に行ったりするので、その時に撮影した写真です。入道雲、雄大積雲ですが、雲の下の方には上昇気流が起り、この雲が発達して下の方には雨粒があって、 0°C よりも上には氷の粒があって、例えば凍結というプロセスとか着氷とか凝集とかプロセスがそこには存在しています。それを模式的に描いたのが右の図です。

まずスタートですが、 0°C より高度が低い下の方がいわゆる暖かい雨、 0°C よりも高度が高い上の方が冷たい雨というプロセスです。暖かい雨・冷たい雨は、その雨粒の温度（水温）が高いとか低いではなくて、氷を作るプロセスなのかそうじゃないかという違いです。

まずスタートをここからにして、凝結核があります。ペットボトルの中で雲を作る実験で、エタノールやお線香の煙をちょっとだけ入れると白っぽくなります。これが凝結核の役割をしています。

氷晶核というのがありますが、上空 0°C よりも低いところで、凝結核と同じような働きをするのを氷晶核と



降水粒子の成長プロセス

いいです。一般的にはエアロゾルという言い方がされていることもあります。この凝結核、氷晶核というのが雨を作るプロセスにおいては重要で、海洋上、大陸上で雨の降り方が違うとかいうところに影響しています。

次に、それによって雨つぶができる場合と、雨つぶまで行かない雲粒・霧粒になった段階でまだ降ってこない段階があります。粒が大きいものが落下しながら粒の小さい物を追いつく時に自分に吸収し併合して行くというプロセスが効率よく働くので、数十分のうちに雨として降り、併合成長と呼ばれています。併合成長で雨粒になったものは、さらに上昇流で持ち上げられて、 0°C よりも上まで行くと凍結というプロセスとなります。大きいものでしたら雹（ひょう）という形で成長し、融解し、ひょうや雨として降ってくるというプロセスがあります。

今度は上空では氷晶核がいきなり凍結し、それが昇華し、成長できたものが雪結晶となり、地上気温が 0°C 近くであれば多くは雪片の形で降ってきます。それから着氷成長という過程もあり、氷点下になっても凍らない小さな雲の粒の着氷成長が進み、霰（あられ）やひょうに成長し降ってくるというプロセスがあります。

（弘中）ひょうの最大というのはどれくらいなのでしょう？

（鈴木）世界最大のひょうは日本で降っていると言われていて、1917年6月29日に埼玉県熊谷市で降った29.6cm、重さ3.4kgというのが最大と言われているそうです。関東の北部は気温が高くなれば夕立の雲が発達してひょうが降るということはよくあることで、アメリカではソフトボールくらいの大きさのひょうが降ってくるそうですから、29.6cmは本当かな？と思いつつも嘘ではなさそうだなと思っています。

中谷宇吉郎博士の「雪は天から送られた手紙である」という言葉に対して、我々は「天からの手紙を取りに行こう」、すなわち雲の中にどんな降水粒子があるのか観測研究をしています。

3 新しい観測機器の開発と最新の観測研究

ビデオゾンデの歴史と降水粒子撮像ラジオゾンデの開発

中谷宇吉郎博士は地上で観測をしていましたが、我々は当時に比べればいろんなことができるようになってるので、カメラを積んだゾンデ（ビデオゾンデ）を雲の中に飛ばして、雲の中にどんな降水粒子があるのかを直接観測します。一昔前の装置ですが、1980年代後半にビデオ信号を地上に送信し地上で受信するという気象研究所が開発したものを引き継いで長らく使っていました。

オレンジ色のゴム気球の下にパラシュートをつけて、紐に装置をぶら下げて飛ばしています。装置の中にはモーターが入っていて、一定の間隔で巻き上げ、上から落ちてくる氷晶をフィルムの上で捕捉していました。以前は気球が割れて落ちてきたものを回収して、その中に記録されているデータを見る方法がありました。

右は2015年11月30日、ビデオゾンデで観測した写真です。

その後、今から3、4年ぐらい前にメーカーと共同で総務省から予算をもらって、降水粒子を撮像する新しいラジオゾンデを開発しました。下の写真の左側のように、中にはカメラが入っていて、スリットが二つあり、赤外線センサーがあります。その間に入ってくる粒子に反応したタイミングで10万分の1の電子シャッターで静止画を撮像、ゾンデ内で画像を圧縮し画像を400MHz帯で地上に送信します。装置は基本は使い捨てですが、生分解性材料を使用し、コンパクト化・軽量化、受信装置も小型・低コスト化しています。

下の写真で右下の写真は、2022年2月20日、茨城県を南岸低気圧が通過した時に水戸で試験放球をした際に得られた画像です。凝集した雪片など、いろんな粒子を映像として捉えることができました。



ビデオゾンデの飛揚(右)と得られた画像(2015年11月30日)

新しい降水粒子撮像ラジオゾンデ「Rainscope」の開発

10万分の1の電子シャッターで静止画を撮像、ゾンデ内で画像圧縮し、画像を400MHz帯で地上に送信。生分解性材料を使用し、コンパクト化・軽量化、受信装置も小型・低コスト化



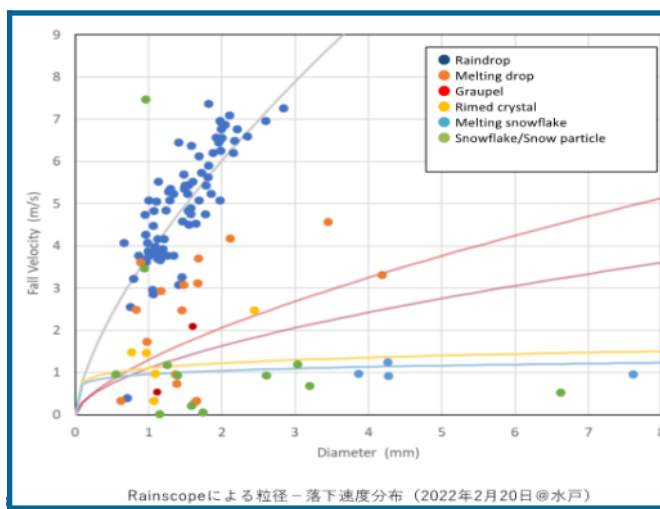
新しい降水粒子撮像ラジオゾンデ「Rainscope」の開発

同時に粒子の落下速度も観測できるので、落下速度が小さい物からある程度大きい物まで、いろいろ測定できました。そこから粒径と落下速度でプロットすると右図のようになります。

落下速度はその粒子の密度によって変わってくるので、落下速度と粒径の関係が雲の中で測定できるようになったことは非常に大きな成果です。

新しい降水粒子撮像ラジオゾンデからは、粒子画像の他に、気温、湿度、風向風速、高度、粒子サイズ、円形度、扁平率、粒子種類・状態などがわかります。

上の写真は試験機なので、この後いろいろ改良されて、今はその時よりもっと多くの情報が得られるようになっています。



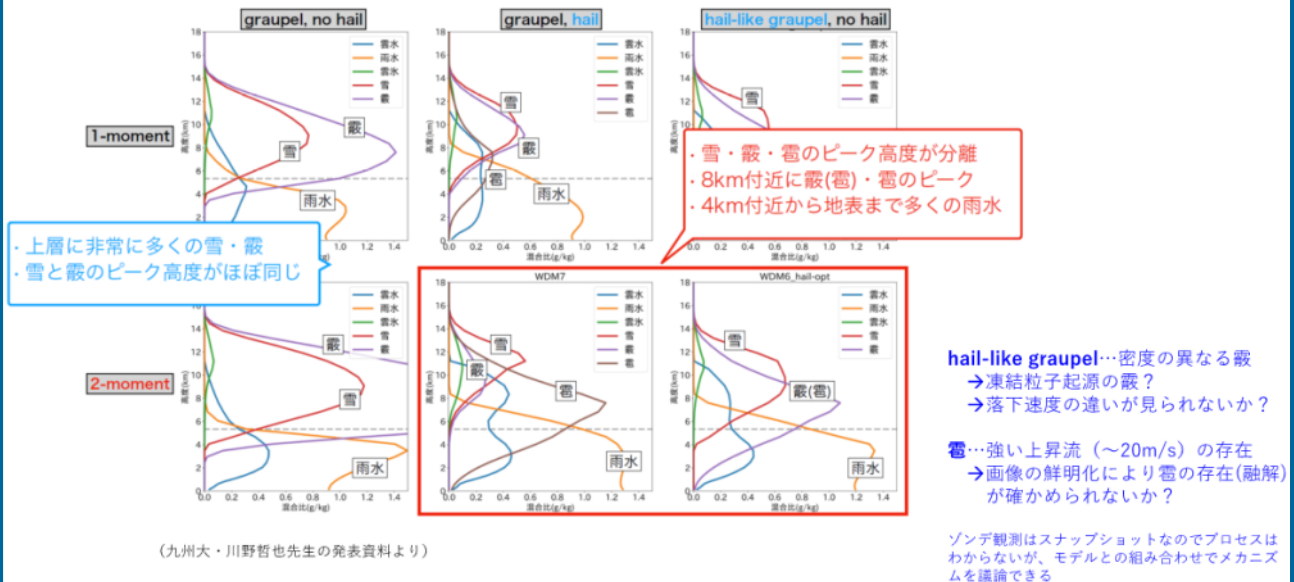
粒径-落下速度分布(2022年2月20日@水戸)

モデルの答え合わせをしたい



「雲の中にどんな粒子があるか」を知りたい理由 ②モデルの答え合わせ

各MPスキームによる線状降水帯の微物理構造



九州大学・川野哲也先生の発表資料より

上の図は九州大学の川野哲也先生に見せてもらった図ですが、川野先生らはモデルを使って研究をされていて、九州北部の豪雨の時の再現をしています。特にその細かな微物理構造を、いろんなスキーム、テクニックを使って表現させた時に、どういう再現性が良いのか悪いのかを考えながら、そのメカニズムを調べるというような研究をされています。同じ実験を一緒にやったりしますが、その中でモデルがコンピューターの中で雲を再現して雨を降らせたり雪を降らせたりできますが、その計算方法というかアルゴリズムが正しいかどうかというのは、直接的な観測からも調べる必要があると考えています。

線状降水帯集中観測2022への参加

昨年、気象研究所が中心となって、九州および東シナ海で線状降水帯のメカニズム解明のための集中観測が行われました。

例えば気象台の方々は集中観測としてラジオゾンデを通常は一日2回を、4回とか6回に増やしました。

我々は新しいゾンデ(Rainscope)を使って観測をしました。車をレンタルし、ヘリウムガス、受信機などを詰め込んで、線状降水帯ができ



線状降水帯集中観測2022への参加した際の写真

そんなところを狙って、ゾンデをあげました。

しかし、実際に線状降水帯の予想をもとに現地に行くのですが、もうすでに大雨になっていて道路が通行止めで現地に近づくことができなかつたり、線状降水帯が別の場所で発生していて観測に間に合わなかつたりして、去年は振り回されて空振りとか見逃しが多かった印象です。線状降水帯の予想は難しく、直接観測の難しさを経験しました。そのようななかでも何回か観測することができて結果が得られました。

今年も九州のどこかでやろうと計画を立てているところです。リベンジしたいと思います。またどこかで報告できるかなというふうに思っています。(以上)

質疑応答 司会(ファシリテーター): 弘中 秀治 氏

質問) 放球する気球は白色は見たことがあります。先生たちはオレンジ色を使っていますが何か白い色との違いはありますか？

鈴木) 気象庁は白い気球を使用していると思います。我々がオレンジ色の気球を使うのは理由があって材質がちょっと違います。我々が観測するのは雨が降っている時や雪が降っている時、風が強かったりする時に飛ばします。ですからオレンジ色は白色に比べてゴムの硬さが違います。気象庁が使用している白い方は柔らかく、雪が気球の上に積もると浮力がかせげません。また、白い方は柔らかい気球で、地上から高度30kmくらいまでの大気の状態を観測しています。気球がどんどん膨張して、どこかで割れますが、白い方が柔らかく伸びやすく割れにくいですね。我々が使っている気球での観測は高度十数キロくらいなので、オレンジ色の気球を使用しています。

また、観測のために気球を飛揚する際には空港事務所に連絡をし、許可申請を行ったうえで飛揚しています。

質問) 上昇しているゾンデから落下する雨粒などの速度を測るメカニズムを、もう一度説明していただけますか。

鈴木) 言葉ではなかなか難しいですけど、機械の中にセンサーが2つ付いていて、上のセンサーと、もう一個のセンサーの間は28ミリありますが、その間を雨粒が通過する時間を測定して記録しています。時間差で割ると速度が計算できます。ただし、ゾンデ自体も上昇しているのでその速度を引いてあげることによって、相対的な速度を算出します。また、気球自体もゾンデ自体も上昇流の中を飛んでいるので、その上昇をどう見積もるかというのが難しいところではあります。

質問) ゾンデをあげるタイミングはどうやって決めていますか？

鈴木) 安全というのが一つあります。雷がひどい時はタイミングをずらしたり、風がすごく強い時は危険だったらちょっと待つとかはあります。雨雲レーダーを見て判断します。気球にガスを充填するのに15分くらいかかりますのでそれらを逆算して現場で判断しています。

弘中) ちなみに、この撮像ラジオゾンデは、だいたいおいくらぐらいするんですか？

鈴木) この開発をメーカーと一緒にやろうとした時に、それまでは僕ら研究室で手作りで作った部分があります。その時は材料費だけでおよそ20万円くらいかかりました。それを今はメーカーが作成していますので、30万円くらいはかかります。

弘中) 鈴木先生どうもありがとうございました。参加された皆さんもどうもありがとうございました。

サイエンスカフェについてのアンケート結果

気象サイエンスカフェ終了後にアンケートを実施し、31名中、13名の方からご協力をいただきました。ご意見を参考に次のイベントにいかしていきます。

内容はどうか

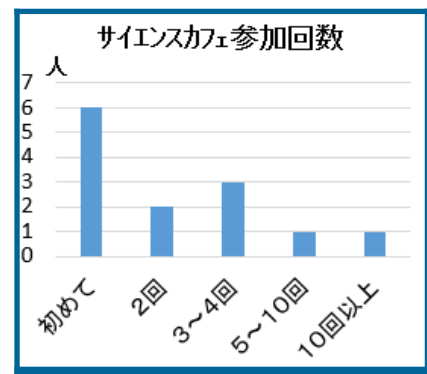
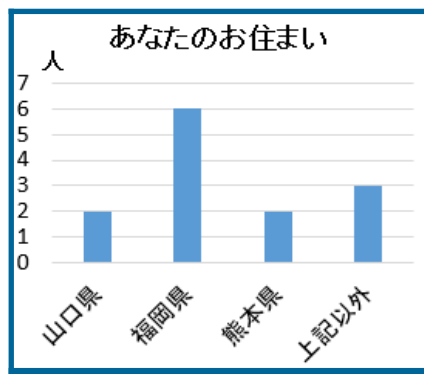
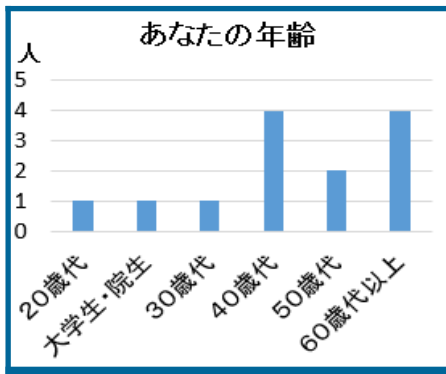
9人
(わかりやすかった)

4人(だいたい
わかった)

あなたは気象学会員ですか

7人(はい)

6人(いいえ)



今後サイエンスカフェで希望されるテーマ

- 天気予報ができるまでの実務の様子などを紹介してもらえると面白いと思います。
- 線状降水帯、日本海寒帯気団収束帯（JPCZ）
- 今後の気象現象の変化
- 台風と前線

全体を通じた感想をお聞かせください

- 鈴木先生が観測に情熱を持って取り組んでおられることがわかった。観測の方法でバリウムによる検査と胃カメラによる直接撮影の例えなど、とても分かりやすい例だと思った。
- 対面でもぜひ参加してみたいです。
- 身近に気象をテーマにしたコミュニティがなく、気象に関心のある人たちの集いの場は、ありがたいです。また、オンラインで参加できるのは地方にいる身としては、助かります。
- ちょっと長かった
- 全般的によかったが、できれば 質問コーナーをチャットではなくカメラを通して直接、講演者に質問するという方法でもよかったのではないかと思います。気象予報士の方、学生（研究者）の方のご講演も検討していただき、幅広いテーマをして、交流の場（セッション形式）もご検討して頂きたいと思います。よろしくお願いいたします。
- オンラインでは難しかったかもしれませんが、視聴者に語りかける場面があれば質問もしやすくなったのではないかなと感じました。
- 雪・雲が絵画や文学へ影響し、民族・国民性を創出していることが興味深かった。
- 良好です。（原文のまま）

ご協力ありがとうございました

支部会員だより

瀧下 洋一 九州支部理事

鹿児島地方気象台 台長

線状降水帯の予測精度向上に向けた取組

1. はじめに

近年、全国各地で毎年のように大雨による甚大な被害が発生しています。九州地方でも令和2年7月豪雨（九州で記録的な大雨。球磨川など大河川で氾濫が相次ぐ。）を始め、過去には平成24年7月九州北部豪雨（熊本県熊本地方・阿蘇地方や大分県西部、福岡県筑後地方など九州北部で記録的な大雨）、平成29年7月九州北部豪雨（福岡県朝倉市や大分県日田市など九州北部で記録的な大雨）など、多くの人命が奪われる甚大な被害が発生しています。これまでの研究で、これらの甚大な大雨災害は、線状降水帯の発生によってもたらされたことが分かっています。

線状降水帯とは、湿った空気の流入が持続することで、次々と発生した積乱雲により線状の降水域が数時間にわたってほぼ同じ場所に停滞することで大雨をもたらす、甚大な災害につながる現象です。気象庁では線状降水帯予測精度向上を喫緊の課題と位置づけ、産学官連携で世界最高レベルの技術を活用し、船舶 GNSS による洋上の水蒸気観測等の強化や、大学等の研究機関と連携した予報モデルの開発を進めています。

ここでは、線状降水帯予測の精度向上に向けた、気象庁における取組について概要を紹介します。

2. 防災気象情報の改善（顕著な大雨に関する気象情報の発表：令和3年6月～）

線状降水帯による大雨により災害発生の危険度が急激に高まることが社会に浸透しつつあること、線状降水帯が発生している場合は、危機感を高めるためにそれを知らせてほしいという要望があることから、気象庁は令和3年6月から「顕著な大雨に関する気象情報」を発表することとしました。この情報は、大雨による災害発生の危険度が高まっている中（警戒レベル4相当以上の状況）で、線状の降水帯により非常に激しい雨が同じ場所で実際に降り続けている状況を、「線状降水帯」というキーワードを使って解説するものです。顕著な大雨に関する気象情報が発表された際には、「雨雲の動き」、「今後の雨」（1時間雨量又は3時間雨量）において、大雨による災害発生の危険度が急激に高まっている「線状降水帯の雨域」を赤い楕円で表示します（図1右）。

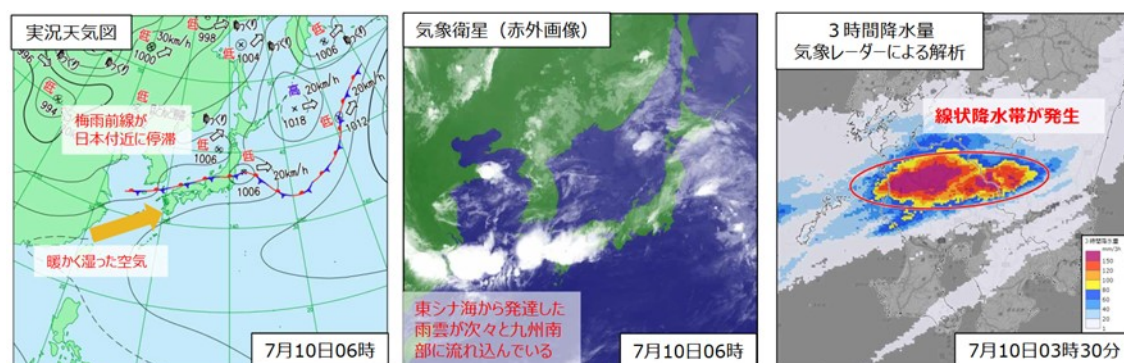


図1. 鹿児島県に線状降水帯発生時の気象状況（令和3年7月10日）

令和3年7月10日には、対馬海峡付近に梅雨前線が停滞し、九州地方に暖かく湿った空気が次々と流れ込み、大気の状態が不安定となって広い範囲で大雨となりました（図1）。鹿児島県では7月10日明け方に線状降水帯が発生し、鹿児島地方気象台は「顕著な大雨に関する鹿児島県気象情報」を発表しました（図2）。その約2時間後には、出水・伊佐、川薩・始良の5市町村に大雨特別警報を発表し、最大級の警戒を呼びかけています。7月9日から10日にかけての総降水量が鹿児島県さつま町や伊佐市で500ミリを超える記録的な大雨となりました。

顕著な大雨に関する鹿児島県（奄美地方を除く）気象情報 第1号
令和3年7月10日03時29分 鹿児島地方気象台発表

（見出し）

薩摩地方では、線状降水帯による非常に激しい雨が同じ場所で降り続いています。命に危険が及ぶ土砂災害や洪水による災害発生の危険度が急激に高まっています。

図2. 鹿児島地方気象台が発表した顕著な大雨に関する気象情報

顕著な大雨に関する気象情報が発表された場合は、以下の様に身の安全を確保してください。

＜顕著な大雨に関する気象情報が発表された場合の行動＞

- 崖や川の近くなど、危険な場所にいる方（土砂災害警戒区域や浸水想定区域など、災害が想定される区域にいる方）は、地元市町村から発令されている避難情報に従い、直ちに適切な避難行動を取ってください。
- 周りの状況を確認し、避難場所への避難がかえって危険な場合は、少しでも崖や沢から離れた建物や、少しでも浸水しにくい高い場所に移動するなど、身の安全を確保してください。
- 市町村から避難情報が発令されていなくても、今後、急激に状況が悪化するおそれもあります。キキクル（危険度分布）や水位情報等の情報を確認し、少しでも危険を感じた場合には、自ら安全な場所へ移動する判断をしてください。

3. 観測の強化

線状降水帯の予測精度を向上させるためには、海上から陸域への水蒸気の流入を正確に捉える必要があります。気象庁では令和3年度出水期より、気象庁観測船（2隻）と海上保安庁測量船（4隻）に洋上の水蒸気を捉えるための全球測位衛星システム（GNSS）観測装置を設置して観測を開始しました。また、陸上では、令和3年からアメダス気象計に順次湿度計を導入しており、令和4年度末には全国274地点で湿度の観測を開始しています。令和4年度には西日本や太平洋南側沿岸域の17か所にマイクロ波放射計を設置したほか、館野（つくば市）・福岡・鹿児島の高層気象観測の自動化を行い、大気下層の水蒸気観測能力を強化しています。さらに、全国20か所の気象レーダーを二重偏波気象レーダーへ順次更新（令和4年12月までに10か所を更新済み）しており、正確な雨量観測、積乱雲の発達過程を把握することで、局地的大雨の監視能力の強化を図っています（図3）。

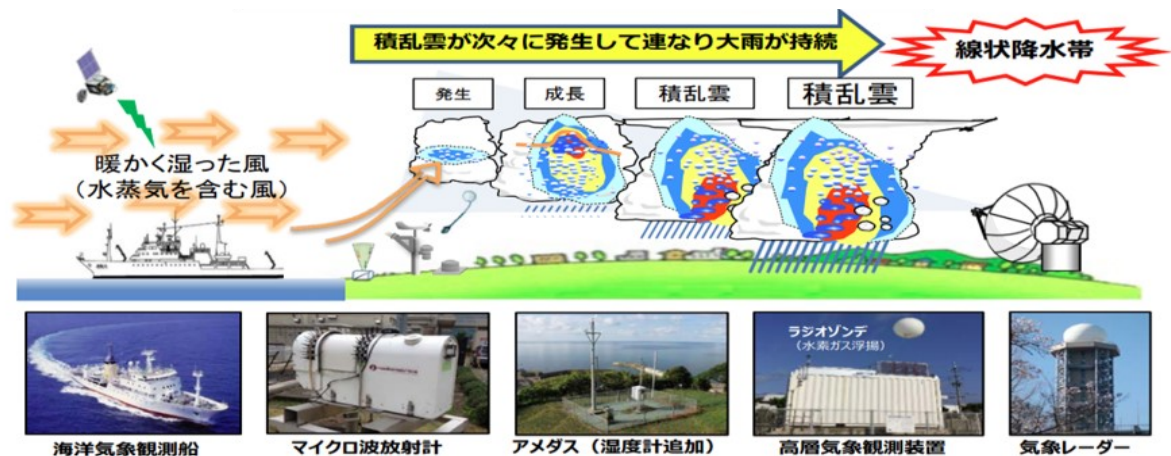


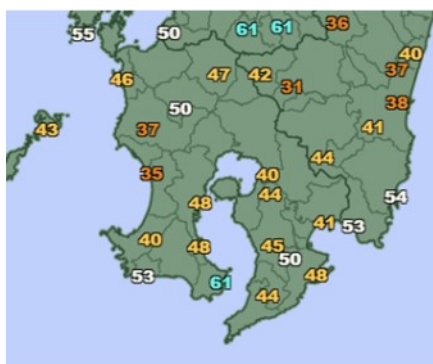
図3. 線状降水帯の予測精度向上の加速化に向けた観測の強化

山口県を含む九州地方では、気象官署等の28か所に加えて120か所のアメダスで湿度の観測が可能となり、これまで以上に気象状況を時間的・地域的に細かく監視することができるようになりました。これらのデータは気象庁HPでリアルタイムに見ることができます（図4左）。

マイクロ波放射計は、上空の風向・風速を測定するウィンドプロファイラ観測点（8か所：厳原、平戸、熊本、大分、延岡、市来、屋久島、名瀬）に隣接して設置し、上空の水蒸気量の鉛直分布についても測定できるようになりました。各気象台における日々の実況監視等で利用されている他、研究にも活用されています（図4中）。

気象レーダーについては、令和2年度に福岡、令和4年度に種子島をそれぞれ二重偏波気象レーダーに更新しています（図4右）。令和5年度末には、名瀬レーダーも更新する予定です。

高層気象観測は、これまで1日2回（09時・21時）気球を手動で放球して観測していましたが、自動放球装置（ABL：Automatic Balloon Launcher）を設置し、鹿児島は令和5年2月末から、福岡では令和5年3月下旬から運用を開始しました。名瀬（奄美大島）に設置しているABLとともに、大雨や線状降水帯の発生が予測される場合、台風が接近する場合など、臨時に観測が必要になった場合でも適時に観測できるようになりました（図5）。



アメダス湿度の表示
(気象庁HP)



マイクロ波放射計
(名瀬測候所)



二重偏波気象レーダー
(種子島)

図4. 観測の強化（鹿児島県内）



図5. ABLからの放球の様子（鹿児島地方気象台）

4. 線状降水帯予測情報(広域を対象とした半日前からの予測:令和4年6月～)

線状降水帯が発生することで大雨災害発生の危険度が急激に高まることから、事前に心構えを一段高めいただくことを目的として、令和4年6月から線状降水帯による大雨の可能性が高いことが予想された場合には、気象情報の中で半日程度前から「線状降水帯が発生して大雨災害の危険度が急激に高まる可能性がある」ことを呼び掛けることとしました。現状では地域を絞り込んだ予測は難しいことから、「九州南部・奄美地方」「九州北部地方」など大まかな地域を対象に発表しています。この呼びかけですぐに避難行動をとるのではなく、大雨災害に対する危機感を早めにもっていただき、ハザードマップ

や避難所・避難経路の確認等を行ってください。

鹿児島地方気象台では、令和4年に九州南部・奄美地方を対象として、半日前からの線状降水帯予測情報を3回発表しました（図6）。このうち、9月17日～19日の台風第14号の接近時に、宮崎県で線状降水帯が発生して顕著な大雨となり、宮崎地方気象台は15市町村に大雨特別警報（土砂災害）を発表しています。

大雨と突風に関する九州南部・奄美地方気象情報 第2号
令和4年7月15日10時30分 鹿児島地方気象台発表

（見出し）九州南部では、15日夜から16日午前中にかけて、線状降水帯が発生して大雨災害の危険度が急激に高まる可能性があります。九州南部では、土砂災害、低い土地の浸水、河川の増水や氾濫に厳重に警戒してください。

図6. 鹿児島気象台が発表した地方気象情報（令和4年7月15日）

令和4年は、全国的には11回線状降水帯が発生しましたが、そのうち8回は事前に予測情報を出すことができませんでした（見逃し：11回中8回）。また、半日前の予測情報を13回発表しましたが、そのうち実際に線状降水帯が発生したのは3回でした（適中：13回中3回）。これは、発表開始前に想定した情報の予測精度とほぼ同程度の精度となっています。一方、呼びかけを行った13回について雨の降り方を調べると、線状降水帯が発生していなくても大雨（3時間降水量が150mm程度以上）となった事例が4回あり、この呼びかけが行われた時は、大雨の可能性が高いことが改めて確認されました。

気象庁では、令和5年度以降も段階的に予測時間を延ばすとともに、段階的に対象地域を狭めていき、令和11年（当初の計画よりも1年前倒し）には、市町村単位で危険度の把握が可能な危険度分布形式の情報を、半日前から提供できるよう情報の改善を進めていきます（図7）。

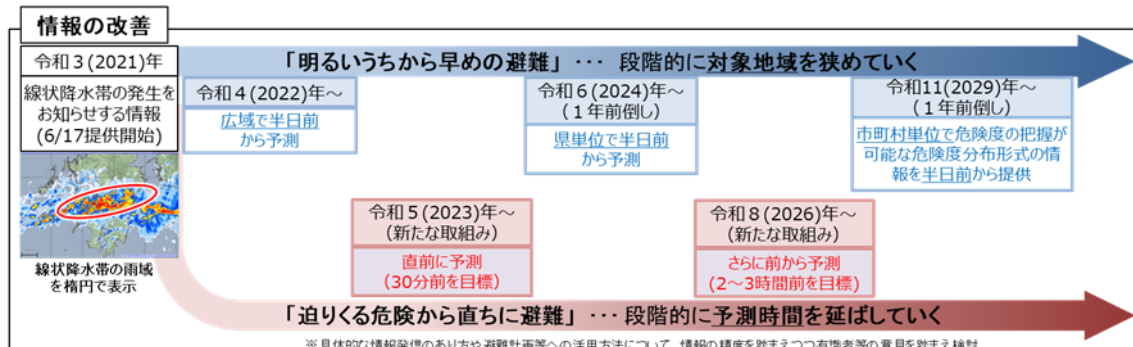


図7. 予測精度向上を踏まえた段階的な線状降水帯発生予測

5. 線状降水帯予測精度向上に向けた技術開発・研究

気象庁は、令和2年12月に「線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ」を発足し、全国の大学等の研究機関と連携することで、線状降水帯の予測精度向上に向けた技術開発・研究をオールジャパンで実施できるよう検討してきました。令和4年には、メカニズム解明に向けた高密度な集中観測や、スーパーコンピュータ「富岳」を活用したリアルタイムシミュレーション実験を実施しています。

（1）線状降水帯のメカニズム解明研究のための高密度な集中観測

気象研究所が中心となり大学等の14機関と連携して、令和4年6月から九州を中心とした西日本において高密度な集中観測を実施し、線状降水帯の発生しやすい条件や線状降水帯の内部構造を把握するための高密度な集中観測を実施しました（図8）。気象研究所では、関係する研究者がオンラインで一堂に会する「線状降水帯の機構解明に関する研究会」を6回開催（令和4年12月現在）し、集中観測や解析の成果を逐次共有するとともに、今後の課題を明確にして研究を進めています。

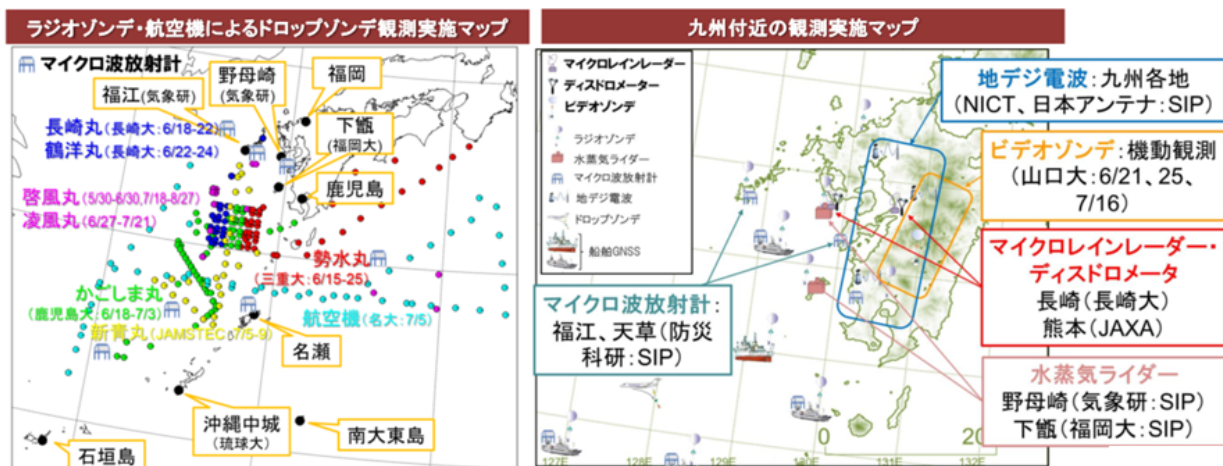


図8. 線状降水帯のメカニズム解明研究のための高密度な集中観測（令和4年）

(2) スーパーコンピュータ「富岳」を活用した数値予報技術の開発

文部科学省・理化学研究所の全面的な協力を得て、スーパーコンピュータ「富岳」の成果創出加速プログラムや政策対応課題により、高解像度数値予報モデル（解像度1km）、局地アンサンブル予報システム、全球モデル等の開発を進めています。令和4年度は、開発中の高解像度数値予報モデルを用いたリアルタイムシミュレーション実験を実施しました。

これまでの解析結果から、線状降水帯の発生しやすい条件及び線状降水帯の内部構造の理解が進展するとともに、高解像度化した数値予報モデルでは、線状降水帯の予測が向上する傾向が確認されるなどの成果が得られました（気象庁報道発表資料：令和4年12月27日）。

6. 線状降水帯予測スーパーコンピュータの稼働開始

現在、線状降水帯による大雨の可能性の半日前からの呼びかけを行う際、その判断には主に水平解像度が5kmの数値予報モデル（メソモデル）の計算結果を用いていますが、線状降水帯を構成する個々の積乱雲の発生等を予測できないため、いつどこで線状降水帯による大雨が発生し、どのくらいの期間継続するのか、事前には予測できない状況です。

線状降水帯を構成する個々の積乱雲を精緻に表現し予測精度を向上させるため、気象庁は、現在運用中のスーパーコンピュータの約2倍の計算能力を持つ「線状降水帯予測スーパーコンピュータ」を導入し、令和5年3月1日から稼働を開始しました。これにより、令和5年度には、より細かな水平解像度2km

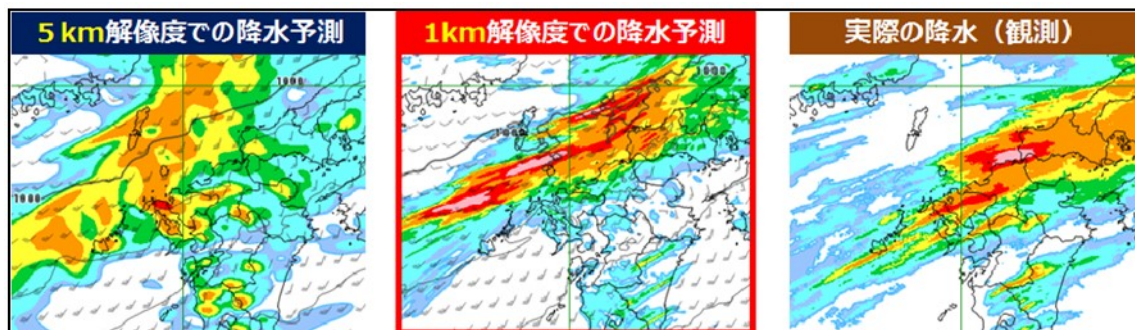


図9. 水平解像度1kmに高解像度化した局地モデルのイメージ

スーパーコンピュータ「富岳」を活用した予測事例の1つ。水平解像度1kmのモデルでは、降水域の位置ずれ等の課題はあるものの、強い降水を予測できる事例が増えることを確認した。

の数値予報モデル（局地モデル）による予測を用いて、線状降水帯による大雨の可能性の半日前からの呼びかけにも利用できるようにします。また、令和7年度には水平解像度をさらに細かく1kmに高解像度化することを目指して、数値予報モデルの開発を進めます（図9）。新しいスーパーコンピュータの高い計算能力の活用により、令和6年度開始予定の都道府県単位での半日前からの呼びかけをはじめとする情報の改善に順次つなげ、防災活動の支援の強化に取り組んでいきます（気象庁報道発表資料：令和5年2月24日）。

＜参照資料＞

- 線状降水帯に関する各種情報（気象庁HP解説）
- 気象庁報道発表資料（令和3年12月24日）
令和4年度気象庁関係予算決定概要
- 気象庁線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ（第5回会合）資料（令和4年12月27日）
- 気象庁報道発表資料（令和4年12月27日）
線状降水帯予測精度向上に向けた技術開発・研究の成果について
- 気象庁報道発表資料（令和5年2月24日）
「線状降水帯予測スーパーコンピュータ」を稼動開始します

支部事務局からのお知らせ

4月異動期の住所・メールアドレスの登録変更は忘れずに

卒業や人事異動等で4月に住所やメールアドレスが変更される方は、登録変更の手続きを忘れずに行ってください。日本気象学会(本部)の会員登録情報の変更のページで行うことができます。

<https://www.metsoc.jp/membership-2/update-2>

九州支部事務局から会員の皆さんへの連絡やお知らせには、主に電子メールを利用しています。現在、支部会員の約9割の方にメールアドレスを登録いただいています。しかし、メールを送付した際に、送信エラーや不達などのメッセージが帰ってくることがあります。以前はメールが届いていたのに、最近メールが届かなくなったという方は、職場の異動、学校の卒業・就職や進学などでメールアドレスが変更になっている可能性がありますので、確認をお願いします。

また、以前からお願いしていますが、インターネットが利用できる会員の方で、アドレスを登録していただいていない方も、新規に登録をお願いします。

アドレスの変更や新規の登録については、支部事務局までご連絡ください。

事務局からのメールは、一斉送信する際にはBCCで送信するため、他の会員にメールアドレスが知られることはありませんのでご安心ください。