

# 天気予報は なぜ当たるように なったのか

長谷川直之

Hasegawa Naoyuki

## はじめに

日本の気象は変化に富んでいます。「お天気屋」と言えば、気分の変わりやすい人のことですし、「女（男）心と秋の空」などというのも、天気の変わりやすさゆえの言葉です。木枯らし、春一番、小春日和、三寒四温、夕立、狐の嫁入り……。天気を表す言葉も山ほどあります。

その天気の人々の生活が大きく左右されています。子供の頃に遠足が雨で延期や中止になった経験は誰もが持っているでしょう。天候の不順は野菜の高騰につながりますし、季節ごとの気温は飲食、服飾をはじめ、消費行動に大きな影響を与えます。エネルギーの需要は天候に大きく左右されますし、最近では、再生可能エネルギーの普及とともに、その供給にも気象が大きな影響を与えるようになりました。

一方、豪雨、豪雪、暴風など、気象は時として災害をもたらします。そして最近、その

気象がますます激しくなってきました。毎年のように台風や集中豪雨が災害をもたらし、夏の猛暑日も増えています。

そうした中、気象庁は毎日、天気予報をはじめとする情報を発表しています。気象庁のはじまりは、今から150年前、1875（明治8）年6月1日に、東京気象台として業務を開始したことです。外国人の技術者の指導のもと、温度計や気圧計などをヨーロッパから取り寄せて気象観測を始め、その後、無線通信、コンピューター、人工衛星など、時代を先取りする技術を次々に、天気予報のために導入してきました。

また、それに合わせて、自分たちの知識や技術も高め、発表する情報の改善を続けてきました。これはみな、人々のために、少しでも役に立つ情報を世の中に出していこうというこれまでの気象庁職員たちの強い思いの表れです。

筆者が気象庁に入ったのは1983年のことです。

学生時代、たまたま気象のことに興味を持ち、いろいろ本を読んだりしていたところ、天気予報のために、世界各国の気象機関が、毎日決められた時間に観測気球を一齐にあげているということを知りました。

今でこそ、インターネットが世界中に張り巡らされ、大勢の人や大量のモノが国の間を行き来し、国同士の距離はすっかり縮んでいます。このようなグローバル化が進むずっと前から、世界各国の気象機関の人たちは、皆で示し合わせて、温度計や気圧計をぶらさげた気球を、一齐に空に放って観測を行い、直ちにそのデータを皆で交換し合っていたのです。

ほかの人にとっては、どうでもいいことかもしれませんが、私はこのことに妙に感激してしまったのです。そして、自分も気象庁に入り、できたらそんな国際的な協力にも携わってみたいと思うようになりました。

念願かなって気象庁に入った筆者は、仙台管区気象台技術部予報課（当時）に配属されました。最初の仕事は、白紙の天気図に天気記号を記入することでした。各地から送られてくる観測データを見て、天気、風向、風速、気圧、気温などを、天気図の上に記号で書き入れていくのです。それをもとにベテラン予報官が等圧線や前線を書き入れて天気図を完成させるというわけです。

データは、数字の羅列で送られてきます。それを、規則に従って読み解いていくと、観測地点や観測時刻に続いて、天気、風向、風速、気圧、気温などがわかるようになってい

ます。それを見て、天気図上の観測地点に風の矢羽根やばねや天気を表す記号、気温などを書き込んでいくのです。

この規則は、あとで紹介する世界気象機関(WMO)で決めた「国際気象通報式」とよばれるもので、日本だけでなく、外国からも同じ規則に従った数字の羅列でデータが送られてきます。天気図には、韓国、中国、ロシア(当時はソ連)などのデータも書き込みました。同じ形式でデータが送られてくるので、外国のデータも同じように記入することができます。

天気記号を記入しながら、「中国では雨が降っているのか。この雨がこれから日本にやってくるんだな」などと考えたりします。楽しい作業でした。それに、中国でも自分たちと同じように気象の仕事をしている人たちがいて、その人たちが観測結果を送ってくれていると考えると、わくわくした気持ちになりました。

電話に出るのも仕事のひとつでした。今朝の最低気温は？ 明日の天気は？ といった問い合わせに答えるのは難しくないのですが、弱ったのは予報が外れたときの苦情の電話です。

「雨が降るって言うから職人みんな帰しちゃったじゃないか！ 晴れてるじゃないか！

どうしてくれるんだ！」というペンキ屋さんからの電話もありました。「高い金を使って『ひまわり』を買ったらしいけどちつとも当たらないじゃないか。そんなものより三毛猫を飼え！ ニャーって鳴いたら雨なんだ！」などというのもありました。

上司からは、これも大事な仕事のうちだと言われました。楽しい仕事ではありませんでしたが、今から思えば貴重な利用者との接点とも言えるでしょう。

その後、気象庁は大きく変わっていきました。天気図に天気記号を記入する仕事が自動化されるなど、仕事のやり方は大きく変わりました。予報精度もかなり上がり、最近は天気予報が当たるようになったとよく言われるようになりました。コンピューターの性能向上や気象観測技術の進歩のおかげです。そして、その技術の向上を背景に、毎日の天気予報や防災に関わる情報の出し方も大きく変わりました。

この本では、気象や気象学そのものというよりも、よりよい予報を出すための工夫、発表する情報に込める思い、天気予報に欠かせない国際協力など、いわば天気予報の舞台裏を紹介したいと考えています。

そして、そうした舞台裏を覗いた読者のみなさんが、気象情報を今までよりも少しだけぬくもりのあるメッセージとして受け取ってくださるようになればとても幸せです。

## 目次

はじめに

3

## 第1章

### 天気予報はなぜ当たるのか

当たるようになった天気予報／天気への関心／物理の法則と数値予報／解けない方程式／解けないけれども答えを出す／リチャードソンの夢／数値予報モデルとその開発／地球全体の大気を格子状に分ける／数値予報の精度向上／大砲の弾と台風の風／積乱雲はやつかいもの／「大気の状態が不安定」とは？／予測の出発点となる初期値／さまざまな気象観測データ／仮想大気に観測データを取り込むデータ同化／数値予報と予報官／数値予報の誤差をどうするのか／アンサンブル予報という技術／降水短時間予報／ひとつ目のいいところ取り／ふたつ目のいいところ取り／予報官による仕上げ／変わる予報官・変わる気象台

13

## 第2章

# 気象情報で命を守れ

防災関係者の願い／防災気象情報と避難情報／5つの警戒レベル／まずはリスクの把握を／いざというときにどうするか／レベル5を待つな／警戒レベルに相当する防災気象情報／「キキクル」を覚えてほしい／警戒レベルに相当しない情報／伝える相手に合わせたさまざまな情報提供／気象庁の緊急記者会見／台風接近が見込まれるとき／市町村長とのホットライン／気象庁防災対応支援チームJETT／警戒レベルのおさらい

## 第3章

# 防災気象情報の舞台裏

2004(平成16)年のふたつの集中豪雨／台風が10個上陸／避難の課題／政府が取った対策／気象庁の情報は使えるか？／ガイドラインに示された改善の方向性／気象庁の決意／雨量から災害の起こりやすさへ／精度向上を活かした情報の改善／特別警報の開始／社会に育ててもらった特別警報／視覚に訴える／顔の見える関係／平成30年7月豪雨／5段階の警戒レベルの導入／避難すべき状況なのに避難しない理由／「空振り」をおそれるな／予測の正しさと「空振り」／オオカミ少年を防ぐために／さらにわかりやすい情報を目指して

## 第4章

### 線状降水帯予測への挑戦

やまない大雨／積乱雲が連なる線状降水帯／予報官泣かせの線状降水帯／有名になった「線状降水帯」／この言葉で命を守れ／発生したら瞬時に伝える／「顕著な大雨に関する気象情報」／線状降水帯が発生したら／予測への挑戦／声援を力に／予測をどう伝えるか／ゴーサイン／前提条件を整える／評価はこれから／切り札は次の「ひまわり」

## 第5章

### 地球温暖化をどう伝えるのか

最近の気象はおかしいか／地球温暖化とは／真鍋博士のノーベル賞／世界で進む研究／気候変動に関する政府間パネル(IPCC)／IPCCによる最初の報告／疑う余地がない温暖化／地味だが大事な観測の継続／猛暑は地球温暖化のせいなのか／将来はどうなるのか／温暖化をなるべく抑える／もうひとつの難しさ／気候変動枠組み条約／京都議定書からパリ協定へ／避けられない温暖化への適応／情報の不確実性／科学的・中立的な情報提供

## 第6章

# 天気は国境はない

気象の現場のふたつの時計／世界のデータを使う気象業務／視野を広げて見えた気象の法則／国際協力のはじまり／I-MOから世界気象機関(WMO)へ／天気は国境はない／観測データの国際交換／広がる国際協力／気象人同士の交流／日米でそっくりだった防災業務／ガーナのウィルソンさん／JICA集団研修／バン格拉デシュのシャミームさん／先進国と開発途上国のギャップを埋める／世界に貢献する「ひまわり」／効果的な支援のために／すべての人に早期警戒システムを／息の長い取り組みに

## 第7章

# 気象データは誰のものか

気象ビジネス／無料・無制約のデータ交換／気象業務の商業化／WMO第12回総会決議40／守られた信頼関係／天気予報の自由化／官民の役割分担／気象庁のデータの提供／気象予報士／広がる気象ビジネス／国際データ交換のその後

## 第8章 これからの天気予報

天気予報にもAI／数値予報の総本山とAI／大手IT企業の先行／AI予報の教師  
データ／AI予報でいいのか／気象学は終わらない／数値予報の行方／予報官の役割／  
精度向上への期待／世界の潮流―BF／ビジネスの―BF／防災における―BF／日  
本の経験を世界に

おわりに

参考文献

第1章 天気予報はなぜ当たるのか

## 当たるとなった天気予報

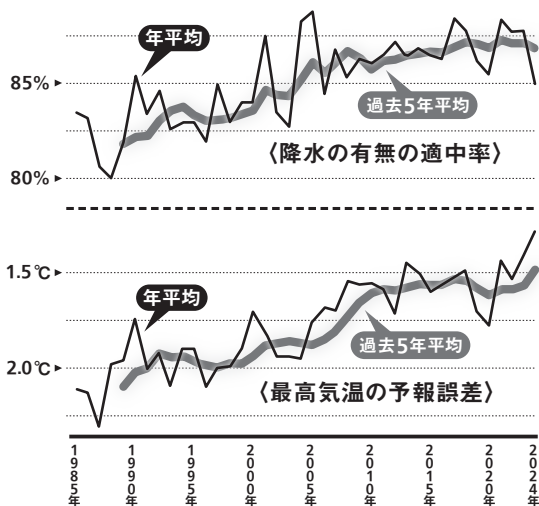
かつて、天気予報は当たらないものの代名詞で、戦争中、「气象台」と3回となえると敵の弾に当たらないなどと言われたそうです。「いや、それはちがう、たまに当たるから」と言った人がいたとも聞きました。

今では、出かけるときに何を着るか、明日のゴルフは予定通りできるのかといったことを考えるときに、天気予報をあてにしている人は多いのではないのでしょうか。図表1は氣象庁が発表している東京地方の予報の精度です。全体として右肩上がりです、確かに精度が上がっていることがわかります。図表2には台風の進路予報の誤差を示しました。全体として誤差が小さくなっています。

このように氣象庁の予報は次第に当たるようになってきています。この章では、氣象庁がどのように天気を予報しているのか、そしてその精度をどのようにして上げているのか書いてみたいと思います。

「そりゃあコンピュータを使ってやっているんだろう」「今どきはAIでしょう」「でも予報官ってまだいるよね」などと思っっている人が多いのではないのでしょうか。ここでは、そうしたことを少し掘り下げてみます。

図表1 東京地方の天気予報の精度 (夕方発表の明日予想)



出所：気象庁 ([https://www.data.jma.go.jp/yoho/kensho/yohohyoka\\_top.html](https://www.data.jma.go.jp/yoho/kensho/yohohyoka_top.html)) を基に作成

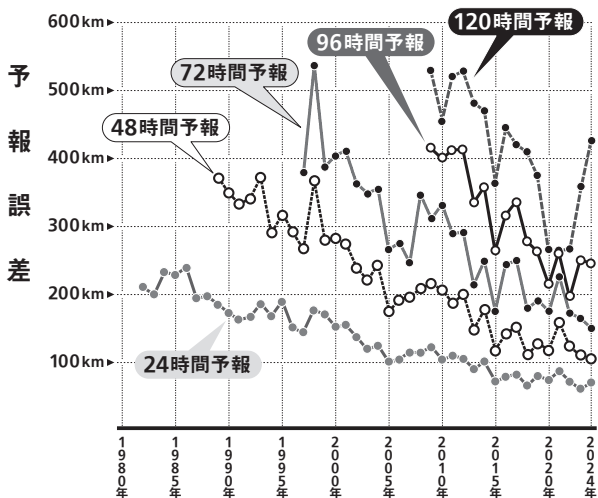
## 天気への関心

昔から天気は人々の関心事でした。農作物を育てるためには、雨がいつ降るのか、この先は暖かくなるのかといったことが重要です。航海のためには、風がいつどちらから吹くのか、嵐は来るのかといったことをいつも気にしなければなりません。

こうしたことから、昔から人々は、天気の変化の前兆を少しでもとらえようとしていました。

日本では、夕焼けの翌日は晴れ、猫が顔を洗うと雨、ツバメが低く飛ぶと天気は下り坂など、さまざま

図表2 台風進路予報の年平均誤差



出所：気象庁 (<https://www.data.jma.go.jp/typhoon/verification/index.html>) を基に作成

まな言い伝え、ことわざがありません。日本だけではありません。

たとえば天気が変わりやすいことと有名なイギリスでもさまざまな言い伝えがあるようで、イギリス気象局のホームページにも「Red sky at night, shepherd's delight (夕焼けなら羊飼いが喜ぶ)」というのが紹介されています。これは、日本の夕焼けの翌日は晴れるということと同じです。インターネットで探してみると、古くから伝わる言葉が世界中にあるようです。

こういうものの中には、今の気象学の知識から考えても理にかな

っていて、それなりに当たるものもありますが、根拠もなく、あてにならないものもあり、まさに玉石混交です。

天気のことわざについて高校生が調べた結果が、日本気象学会のジュニアセッション2024に報告されていました（「夕焼けは晴れ……ことわざの統計的検証」宮城県仙台第一高等学校）。夕焼けの翌日は晴れというのは、それなりに当たっているようです。

これは、日本の上空を西から東に向かって吹いている偏西風の影響で、天気は西から変わることに関係があります。同じ偏西風の影響を受けるイギリスで同じようなことわざがあることもうなずけます。

### 物理の法則と数値予報

科学的な天気予報は、ヨーロッパやアメリカで気象の法則が見いだされたことで始まりました。多くの法則は、天気の変化を狭い範囲の一点だけで見ていたのではわからず、広い範囲の気象観測をまとめて全体を見渡すようになってはじめて見つかつたのです。それは、19世紀中頃のことでした。このことについては、第6章でもう少し説明します。

その後、気象の法則は、もっと一般的な物理の法則で説明がつくことがわかってきまし

た。高校生のときに運動方程式やエネルギー保存の法則を習ったことを覚えているでしょうか。気象の変化は混沌こん沌としているように見えますが、実は、運動方程式や熱力学の方程式など、基本的な物理法則でちゃんと説明がつくのです。

つまり、気象は、気まぐれな神様の思おぼし召ましなどではなく、ニュートンの法則に従ってリングが木から落ちるのと同じように、一般的な物理の法則に従って変化しているのです。こう書くと、気象の変化について、すべてが解き明かされているように受け止められるかもしれませんが、もちろん、まだわからないことはたくさんあります。第4章で取り上げる線状降水帯のメカニズムや異常気象をもたらす偏西風の蛇行の要因など、解き明かすべき謎はまだたくさんあるのです。

ただし、そういう謎も、必ず基礎的な物理にもとづいて説明がつくはずで、多くの研究者がそれを目指して研究をしています。

さて、そうであるならば、気象の法則を表す方程式を使えば、未来の気象が計算できるはずです。これを数値予報とよびます。そして今の気象庁の天気予報は、この数値予報を基盤として行われています。

数値予報というと、明日夕方までの雨量が100ミリだとか、明日の最高気温が30度だ

とか、数字を使って表した予報のことにように聞こえるかもしれませんが、そうではありません。気象関係者が数値予報とよんでいるのは、このように物理の方程式を使って気象の予報を行うことです。

### 解けない方程式

野球のバッターが打ったボールがどこに飛んでいくかを予測することを考えてみましょう。風の影響やボールの回転などの細かい条件による違いはありますが、基本的にボールは運動方程式に従って、放物線を描いて飛んでいきます。そして、ボールが打ち出されたときのスピードと方向がわかれば、それが何秒後にどこに行くのか、その方程式を使って計算することができます。高校の物理の試験に出そうな問題です。

同じように、現在の気象の状況がわかれば、気象の変化を表す方程式を使って、1日後、2日後にどのような天気になるのかを計算できるというわけです。ただし、高校の物理と違う点があります。

ボールが飛んでいく様子は、風の影響やボールの回転などの影響を考えなければ、とてもシンプルな式で表すことができます。その式を使えば、1秒後、2秒後にどこまで飛ぶ

かを直接表す式に変換することができ、たちどころに計算することができません。これを「方程式が解ける」といいます。

ところが、気象の方程式は複雑すぎて、このようには解けないのです。先ほどのボールの話で風やボールの回転などを考えないのと同じように、気象の変化を表す方程式をある程度単純化することはできませんが、いくら単純化してもボールの放物線に比べれば、ずっと複雑です。

ある場所の気象の状態は、気温、気圧、風向、風速、それに水蒸気の量でだいたい表すことができます。空気が暖められたり、周りからの圧力を受けて空気が動いて風になったりして気象の状態は変化するのです。

また、風に乗って暖かい空気、冷たい空気、湿った空気などが移動してくることによっても変化が生じます。つまり、ある場所の気象の変化は、そのときの周りの気象の状況に左右されます。

このため、たとえば東京の天気予報をするには、東京だけではなく、その周りの気象と一緒に計算しなければなりません。それはさらに、その周りとも関係しています。そう考えていくと、結局、天気予報は地球全体で考えなければならないということになります。

それに、横方向だけでなく、上下の方向も考えなければなりません。「輪<sup>わ</sup>島<sup>じま</sup>市の上空5000メートルにはマイナス40度の寒気があって」、というような解説を聞いたことがあるでしょう。上空の偏西風が蛇行してうんぬんという話も耳にしたことがあると思います。地上の天気は上空の風や気温などと密接に関係しているのです。

このように、気象の変化を計算するための方程式は複雑です。式をどんなにうまく操っても、ボールの飛び方を計算するときのように1日後、2日後の状態を直接計算する式に変換することはできません。つまり方程式が解けないのです。

**解けないけれども答えを出す**

ではどうするかというと、気象の変化を表す方程式をそのまま使って、現在の地球全体の気温や風速などの数値から、1日後、2日後の気温や風速を無理やり計算してしまうのです。そのやり方は、掛け算を習っていない子供に、時速4キロで5時間歩いたら、出発点から何キロのところまでたどりつけるか、足し算を何度もやって計算してもらうのに少し似ています。

まず、現在の気温や風速などの値を使って、それらによって働く力や熱の出入りを計算

し、短い時間、たとえば10分後の気温や風速などを求めます。本当は、10分の間でも気温や風速などの状態がほんの少しでも変われば、働く力や熱の出入りが変わっていくのですが、そこは目をつぶるわけです。

10分後の地球全体の状況を計算したら、今度は、その新しい値を使ってさらにその10分後、というように計算を繰り返します。そうやって時間を少しずつ進め、1日後、2日後の状態を計算するのです。

このように書くと、なんだかいい加減な計算をやっているような感じがするかもしれませんが、方程式が解けないときに、実際の数値を当てはめて答えを出すやり方を用いているのは気象の予測だけではありません。解くべき方程式や、やり方は違いますが、複雑な方程式を解く方法として、自動車衝突したときに車体がどうなるか、飛行機が空気中をどう飛ぶかなど、いろいろなところで使われている一般的な技術です。

この方法を「数値解法」といいます。そのため、このやり方で気象の予報を行うことを数値予報とよんでいるのです。人によっては、数値予報とは大気の数値シミュレーションだと言った方がイメージしやすいかもしれません。

# 天気予報はなぜ当たるようになったのか

長谷川直之

発行：集英社インターナショナル（発売：集英社）

定価：1,012円（10%税込）

発売日：2025年6月6日

ISBN：978-4-7976-8158-1

ネット書店でのご予約・ご注文は [こちらからどうぞ！](#)