



気象庁本庁内の予報課現業室。ここで数値予報の結果を「解読・翻訳」し、天気予報が発表される。

special report

雲をつかむ話

気象庁「数値予報」の50年とこれから

気象の世界で数値予報とは、すべての天気予報のもとになる予測資料のこと。

膨大な観測データをスーパーコンピュータで解析・計算し、

未来の大気の状態を表現するものだ。

気象庁では数値予報を1959年にスタートし、2009年には50周年を迎えた。

この50年間は常に世界のトップレベルを維持し、

さらなる高精度を求めて今も日夜、技術開発が進められている。

数値予報の進化を支えてきた技術プラットフォームが、

大形汎用機からスーパーコンピュータに至る歴代のコンピュータシステムである。

すでに8代を数えるが、第2代以降は、

日立のコンピュータが継続してその役割を担ってきた。

数値予報はすべての天気予報の ベースになる

アメダス、静止衛星や極軌道衛星といった気象衛星、レーダ、船舶、航空機……。気象の観測データは、実にさまざまな機器や装置、システムを通じて多角的に収集されている。しかし、それら生データを集めただけでは、私たちが日常触れる天気予報を行うことはできない。「数値予報」というシミュレーションのプロセスを経て初めて、予報に使えるベースができる。

その数値予報について、気象庁予報部数値予報課の隈健一課長は次のように解説する。

「世界中から収集した観測データをすべて解析し、大気を20 km、5 kmといった一定の距離で四角い格子状に切り分けて、格子の箱ごとの気温や湿度、風など気象要素の時間変化をシミュレーションしていきます。いわば大気未来をモデル化して数値で描き出すわけです。」

現在、数値予報で表現されるシステムには、地球全体を20 km格子で切り分けて表現する「全球モデル」と、日本周辺を5 km格子で切り分けて細かな領域を表現する「メソモデル」の二つがある。



「全球モデルは、台風のように大きなスケールで動きのある現象の予測に活用し、狭い領域を見るメソモデルは、集中豪雨のような局地的な現象を扱います。いずれも防災などにかかわる非常に重要な情報ですから、二つのモデルの精度を高めていく必要があります。」(隈課長、以下同)

精度向上には「アンサンブル予報」の手法が有効だ。アンサンブルとは、複数のもので全体を表現することで、音楽を例にすれば、多くの楽器を調和させて全体で奏でることになる。

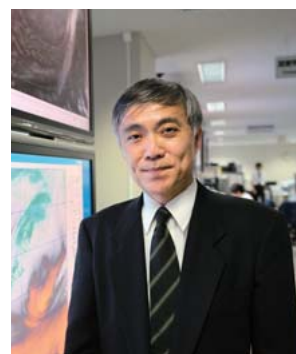
「カオス理論に基づいて、気象の過程でわずかな誤差が広がっていくことを、よく『北京でチョウが羽ばたくとニューヨークで嵐が発生する』などとたとえますが、そういう小さい誤差の時間経過による広がり

方をとらえて、精度の向上や信頼度情報の充実につなげようというのがアンサンブル予報です。」

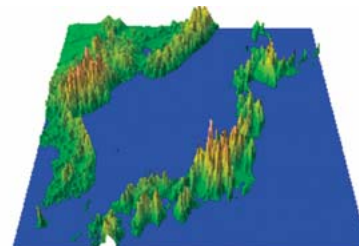
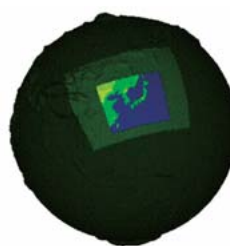
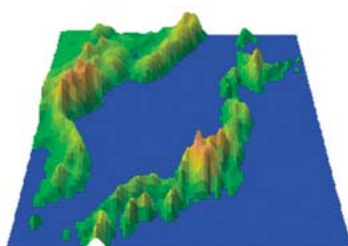
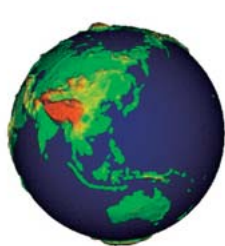
こうして導き出した数値予報は、気象庁の天気予報部門で「解読・翻訳」されて、公に発表される。また民間の気象事業者へも提供され、そこでの加工を受けて、最終ユーザーへ届けられる。防災や交通機関の運行、その他のビジネスを含め、多岐にわたる社会生活で活用されるわけだ。数値予報は、すべての天気予報のベースになり、人々の生活に役立っている。

膨大な演算を スーパーコンピュータが処理する

数値予報の原理は、物理法則を使った現象の解析だ。例えばボールを投げてどこが



気象庁 予報部 数値予報課
隈 健一 課長



全球モデル (左) とメソモデル (右)。予報領域や予報期間に応じてそれぞれを使い分ける。

落下地点になるかは、最初に投げた方向や速度がわかればニュートンの物理法則で予測できる。それを地球の大気に応用したものが数値予報だ。

「でもボールの軌道計算のように簡単にはいきません。」

大気の動きは、ボールの軌道のように単純ではない。雲が作られたり、雲から雨が降ったり、海から蒸発したり、山に風がぶつかったり、木の葉から水分が蒸散していたりと、実にさまざまなプロセスがある。

それらをすべて流体力学や熱力学などをもとに、高等数学を駆使した複雑な方程式で表現し、計算する。その計算量は、現在のグローバルモデルで24時間予報を行う場合、240兆回にも及ぶ。

「これほどの計算処理を行うには、高速のスーパーコンピュータが欠かせません。現在の装置だと84時間先の予測を約25分で行えますが、もしスーパーコンピュータがなくて、一日計算してやっと翌日の予報が出せるような状況だったら、予報の意味すらなくなります。」

天気予報が社会で役立つ背景に、スーパーコンピュータがあるのだ。

50年間で驚くほど進化を遂げてきた

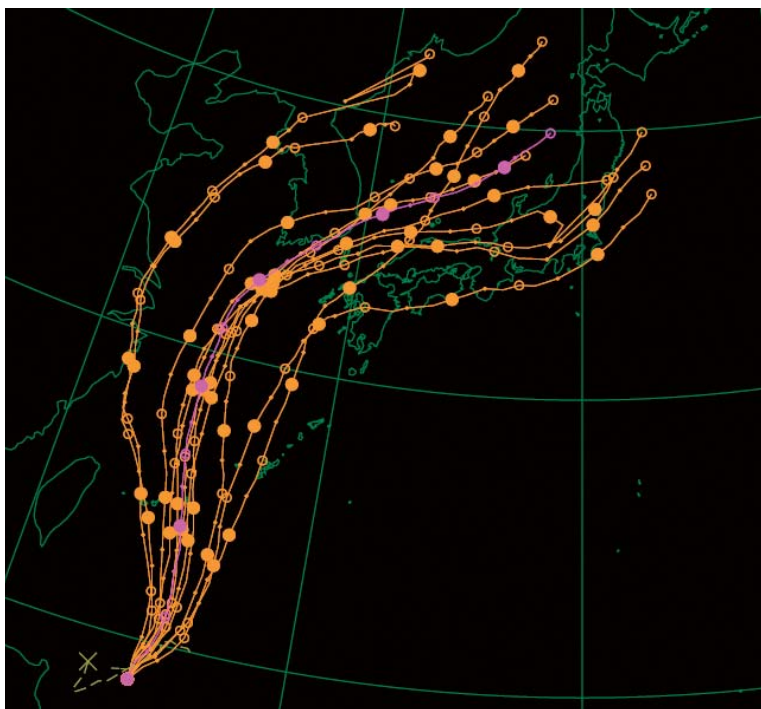
気象庁が数値予報に取り組み始めたのは1959年。始まった当初は、格子1辺の長さは約380 kmで、東京-名古屋間くらいあった。それが20 kmと5 kmの二つのモデルに集約してカバーするまでになったのだから、進化のほどがうかがわれる。

「演算速度もコンピュータを入れ替えるごとに速くなり、50年間で数十億倍に達しています。」

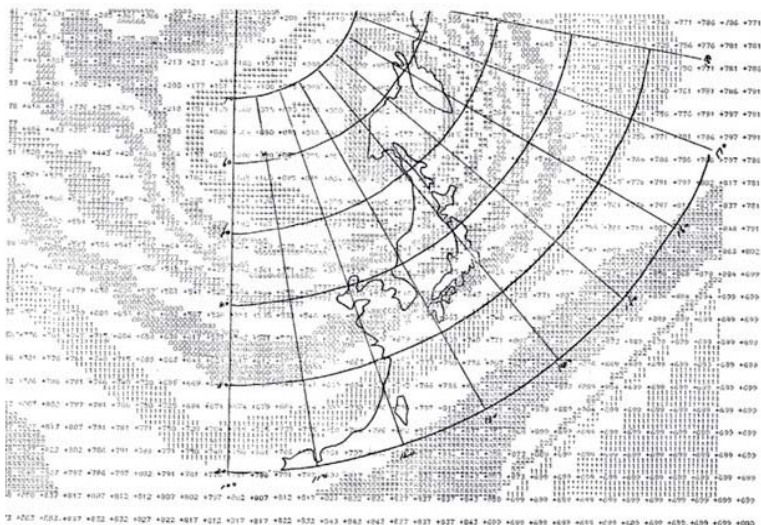
日立は、気象庁の数値予報向けのコンピュータを第2代から納入し始め(1967年)、1987年には当時世界最高速を誇ったスーパーコンピュータ「HITAC S-810」を提供し、以降現在の「HITACHI SR11000」に至るまで、歴代のスーパーコンピュータを継続納入し、数値予報の進化を側面から支えてきた。

「観測の充実を前提に、演算速度や演算キャパシティなどのコンピュータの性能が向上すると、技術開発が進展するのを両輪で支え合いながら、数値予報の精度は向上していきました。1980年代から見ると約10年ごとに一日分ずつ精度が向上し、当時の1日先予報と同じくらいの精度で、現在では3日先予報ができるようになっていきます。」

さらに2000年代に入ってから精度向上は目覚しく、世界のトップグループに肩を並べるようになった。それを反映するよ



アンサンブル予報による台風進路の5日予報の例。少しずつ異なる初期値で複数回の予報をし、可能性が最も高い進路と範囲を探る。



1959年に気象庁で数値予報が開始された当初の予測図。地球全体の気流の様子を大まかにとらえていた。

数値予報を支える 日立のスーパーコンピュータ

稼動からバックアップまで高い信頼性を誇る「止まらないシステム」

気象庁で数値解析・予報を行う「NAPS (Numerical Analysis and Prediction System)」では現在、日立のスーパーテクニカルサーバ「SR11000」が数値計算を担っている。

ほぼ5年に一度更新されるこのシステムは、初代以外はすべて日立製である。国産初の大形汎用機HITAC 5020に始まり、導入時世界最大・最高速の大形汎用機M-200H、同じく一時世界最高速を実現した日立初のスーパーコンピュータS-810 (ベクトル型)、その後同じくベクトル型のS-3800、ベクトル・スカラー融合型のSR8000、スカラー並列型のSR11000と発展してきた。いずれも計算スピードとコストのバランスに配慮し、かつ高信頼性を維持してきている。また、計算機の並列化はアンサンブル予報に適しており、これを効率よく行う手法として世界的にも発展してきた。

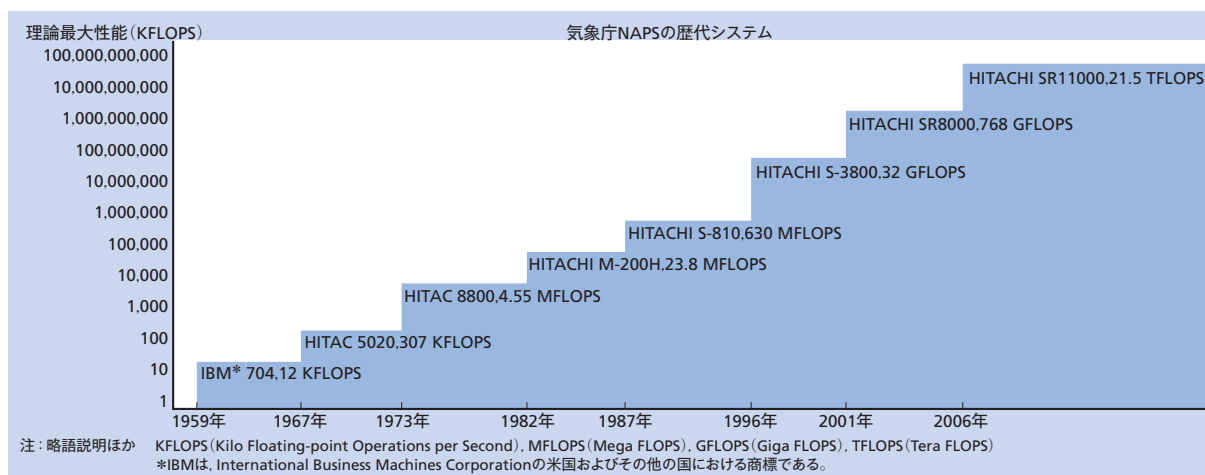
決して休むことができない気象庁の予報業



SR11000

務。日立グループの社員が24時間体制で常駐してシステムのメンテナンスにあたり、それを支えている。さらには、メインシステムから情報を気象庁内外へアウトプットする部分まで高い信頼性を発揮するべく、チームスタッフ全員で取り組んでいる。

最初の稼動から更新まで、バックアップを含めて揺らぐことのない強固なシステムを構築し、日立グループは、予報精度の向上と社会の安全に貢献している。



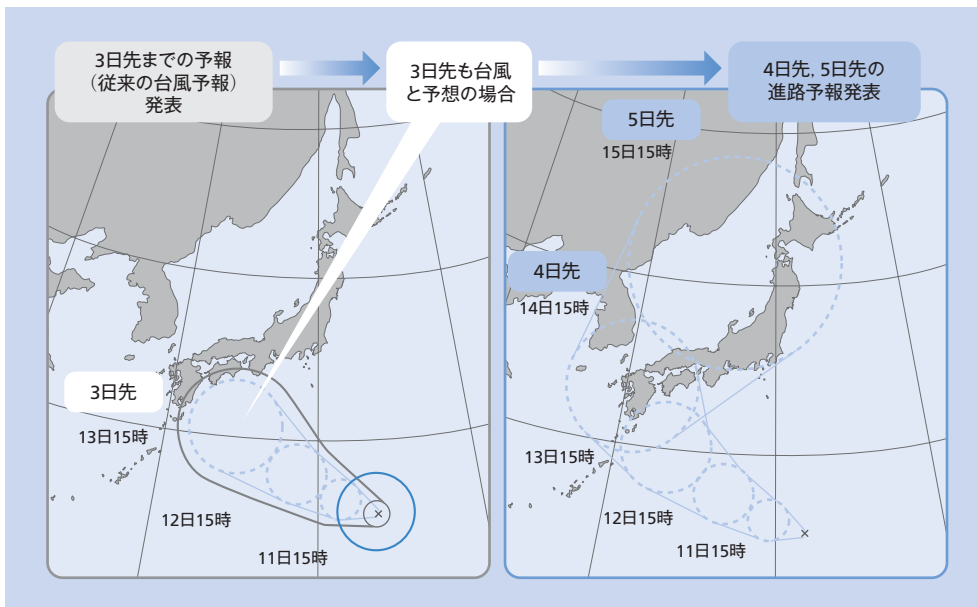
うに、最近のテレビの天気予報では、以前は3日分だった台風の進路予報を5日分に増やしている。

観測の充実という側面では、国土地理院の所有するGPS (Global Positioning System) の観測網で水蒸気の解析を行ったり、ドップラーレーダで風を測定したり、電波で上空の風を測るウィンドプロファイラという装

置を活用したりするなど、プラス要素を加えて、予測精度の向上につなげている。

**トップをめざさなければ
精度は向上しない**

数値予報の精度向上には、世界各国が力を入れており、とりわけEUは全体で域内に全球モデルを解析するセンターを設け、



従来は3日先までであった台風の進路予報は、数値予報の精度向上により、5日先まで可能になった。

16 kmという世界最高度の全球モデルの分解能を実現している。

「日本は、数値予報の精度でEUをはじめ英国や米国などと世界のトップグループを形成し、今も協力し合い、競い合いながら精度向上に取り組んでいます。しかし、スーパーコンピュータの性能向上と技術開発の進化、観測の充実という三位一体で、常に世界トップをめざしていないと、世界のレベルからどんどん遅れて、国際的な協力から得られるメリットを実際の天気予報に反映できなくなります。アジアの中でも気象庁の数値予報は期待されていますから、継続して世界トップにチャレンジしていきたいと思います。」

数値予報の未来図を描く

数値予報の今後のテーマは、近いところでは「台風予報の改善」と「メソ数値予報の改善」である。台風については進路予測に加え、強度予測、発生予測の改善を進め、メソ数値予報は、次世代のスーパーコンピュータで2 kmの格子モデルを導入し、より狭い領域での精度向上に努め、特に集中豪雨予測の改善に重点的に取り組んでいく。

「やはり防災は気象庁の大きな柱ですから、情報の充実に努めていきます。また、航空での利用も踏まえて、現在は3時間間隔で行っているシミュレーションの計算も

毎時計算に増やし、最新の観測データを取り込んで予測する仕組みの確立につなげていけますね。」

さらに温暖化の予測やエルニーニョ予報、季節予報のレベルアップも重要だ。そして全球モデル、メソモデルの一体化を図り、実況に近い予測から長期予測まで幅広く表現できるシームレスな一つのモデルに集約することが、次代の最重要テーマになりつつある。

「メソモデルでは、もう雲を直接表現する仕組みが主流です。今後は、地球全体で雲を直接表現できるモデルの登場が待たれており、世界の研究トレンドにもなっています。」

文字どおり「雲をつかむ」のは、そう遠い未来のことではないのかもしれない。

「また数値予報を根幹に、これまでの気象予報や防災情報に加えて、気候変動、大気汚染、海洋・波浪、黄砂、火山灰など利用分野が大きく広がってきています。」

大気の動きをはじめとする自然現象を、人間が直接コントロールすることはできない。だからこそ観測データを正確に集め、それらを丁寧に読み解くことが、自然災害から身を守る唯一の手段となる。数値予報の精度向上がめざすのはすなわち、安全で安心な私たちの未来であると言える。



地球全体の雲を直接表現するモデルをめざした挑戦がすでに始まっている。