

## 4月25日セミナー要旨

セミナー題目 「スーパーコンピュータによる線状降水帯の予測」

AYSA 西部部会会員 薄井洋基

2026/04/25 13:30~15:30

場所： 宇部市役所市民交流棟2階会議室

最近、線状降水帯予測について下記のような報道があった。

- ・ (読売新聞 2026年3月11日 朝刊で見出しは「線状降水帯 3時間以内予測」)
- ・ 本年5月下旬から 気象庁は線状降水帯の直前予測を公表する(的中率50%)
- ・ 気象庁は約12時間前にしらせる「半日前予測」を2022年から、都道府県単位で発表しているが、5月からは、例えば「神奈川県東部」などと更に細かな区域単位で予報し、マップ上では20km四方の格子で大まかな地域を示すようになる。

そこで本セミナーにおいては、以下の諸点を明らかにしていくことを目的とする。

- ・ 未来の気象情報を予測する原理とは？  
⇒ ニュートンの運動方程式から N-S 式へ
- ・ 正確な予測を行うための条件は？  
⇒ 初期条件と境界条件が正確であること
- ・ 具体的な計算を行うためのツールは？  
⇒ スーパーコンピュータが必要
- ・ 線状降水帯予測に限らず将来予測を行う際の困難について  
⇒ 予測精度を上げるための今後の取り組みについて

### 1. 未来の気象情報を予測する原理とは？

基礎となる方程式はニュートンの運動方程式である。（この世界を絶対空間として考え、物体は外力が働かない限り静止状態か、等速運動を行う）

この運動方程式はニュートンが提唱し（時代は日本の元禄時代）その後、オイラー（1750年）、コーシー（1822年）ナビエーストークス（1845年）等、多くの研究者が流体の運動を記述する方程式を提案してきた。現在の数値流体解析の基礎となっているのは、ナビエーストークス式である。

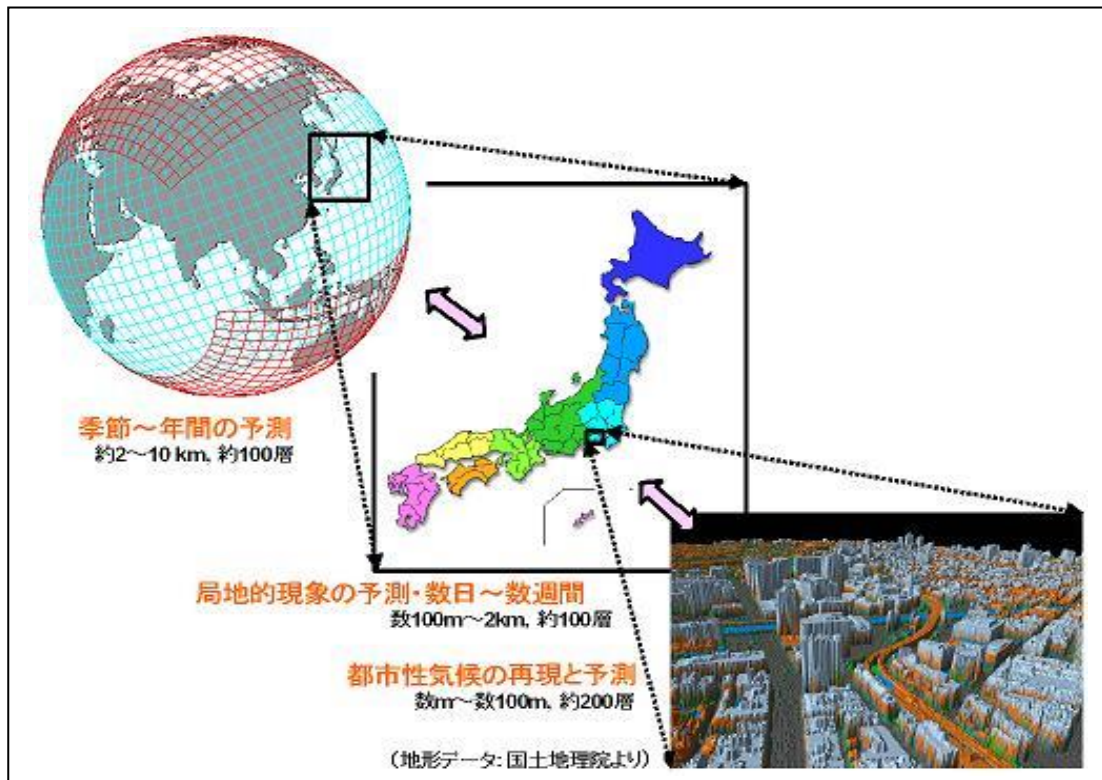
具体的な計算方法は、計算しようとする空間を細かい格子で分割し、各格子点についてナビエーストークス式を適用する。各格子点で成立する方程式を連立で解くが、式中には時間微分があるので、初期の状態から微小時間を進めて、元の格子点の状態量から新しい時間の値を計算する。これを繰り返して未来の予測を行う。

## 2. 正確な予測を行うための条件は？

初期条件と境界条件が正確であることが必要である。理想的な場合を除けば、一般に全ての初期条件と境界条件を与えることは不可能なことが多い。気象予測を行う場合などにおいては、現在の限られた観測データ（各点の風速、気温、気圧、降水量など）を初期条件として用いるが、多くの場合は観測点のない場合は内挿値や外挿値で代用する。これは未来予測における精度の低下を引き起こす。これが、先に新聞報道にあった的中率が50%と言う結果となる。50%というのは半分は当たらないと言うことで、予測精度を向上させる努力が現在も続けられている。

## 3. 具体的な計算を行うためのツールは？

先に計算領域を適当な格子で分割する必要があると述べたが、例えば全地球を計算領域とする場合とか、日本の国土を計算領域とする場合、複数の県単位での計算など、ケースによって格子の細かさは異なってくる。次の図を参考に説明しよう。地球の直径は12742kmなので、赤道面の周囲長さは40000kmとなる。格子間の距離を10kmとすれば、赤道上の格子点数は4000となる。経度、緯度方向に同数の格子を切り高さ方向に100層で格子を切ると全格子数は16億個になる。即ち、16億個の連立方程式を同時に解いていくことが必要である。日本全体の予測計算も同じ程度の数のより細かい格子点を組み、複数の県単位での予測にはもっと細かい格子で、地上のビルや川なども格子の境界で表現するようにする。



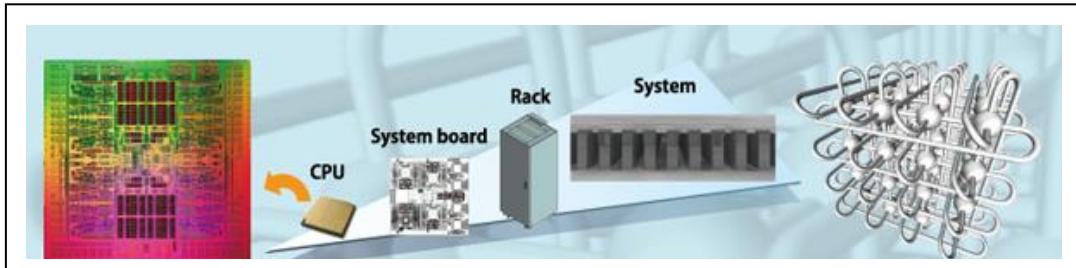
### 気象予測における格子点の組み方

以上のような連立方程式を同時に解くためには、最速のスーパーコンピューターが用いられる。スーパーコンピューター「京」を例にとって説明しよう。計算機分野では計算速度を表すのに、1秒間に15桁の演算を実行できる回数 (flops) で現わす。例えば 1 flops は  $\pi = 3.14159\ 26535\ 8979 \times \pi = 3.14159\ 26535\ 8979$  を1秒で実行できる計算能力と定義する。人間は、大体1000秒程度かかるので、計算速度は1ミリ flops となる。

パソコンの計算速度=約1ギガ flops であり、スパコン 地球シミュレータ=約36兆 (テラ) flops、スパコン「京」=1京 (10<sup>16</sup>) flops、最新のスパコン「富岳」=42京 (420<sup>16</sup>) flops と公表されている

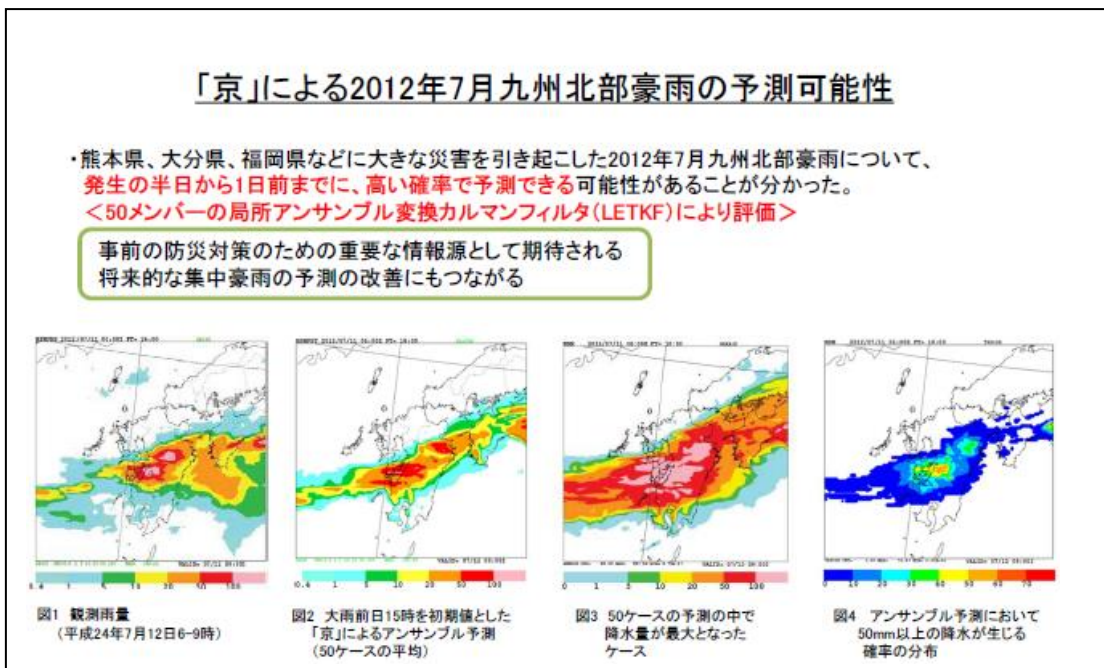


↑ スパコン京の筐体



スパコン「京」は上記の筐体が 800 ラック設置されており、各筐体には 24 のボードがあり、各ボードには 4 個の CPU が格納されている。即ち、京全体では 76800 の高速 CPU が同時にそれぞれの割り当てられた計算を並列で行い、CPU 間でのデータのやり取りを行い、結果を記憶装置から出し入れをする事になります。並列計算をうまく行うテクニックは、例えば神戸大学システム情報学研究科において教育している。

スパコン「京」が稼働し始めた初期の頃から、線状降水帯の予測の研究が続けられてきた。



上図は、2012年7月の九州北部豪雨の際の線状降水帯を数日前の気象データから、当日の予測を行った結果を示している。計算毎に予測結果がばらつくので、50回のアンサンブル平均を図示している。スパコン「京」や「富岳」は気象

予測に専用で使用するわけに行かないので、気象庁はスパコン「京」とほぼ同等の性能を持つ専用機種を導入を進めてきた。

気象庁では2020年頃に3京フロップス程度の専用スパコン設置した。その後2021年6月、気象庁が「線状降水帯発生可能性」情報を開始した。半日前に「発生する可能性がある」と予報。（但し的中率が低く、空振りも多かった）2024年頃まで、富岳を利用して、モデルの精密化を行い、予測精度が徐々に向上してきたので、2025年以降実用段階に至ったと判断して、2026年3月の報道に繋がった。

#### 4. 線状降水帯予測に限らず将来予測を行う際の困難について

予測精度を上げるための今後の取り組みが可能とされているのか？

現在は限定された地域についてのスパコンによる予測に基づいているが、境界条件や初期条件の不確定な部分が残ってしまい、予測結果の誤差を生じる。

そこでAI技術の活用による「全地球モデル」、「メソモデル（例えば日本全体）」、「局所モデル」等の各モデルによる降水予測の統合により、より精度の高い線状降水帯予測を行おうとするものである。このような予測計算には、これまでと比べてより一層莫大な量の計算が必要であることは予想できるであろう。今後の計算技術の進展に期待したい。

