

Numerical Weather Prediction



Toshiharu Tauchi Yoshiaki Takeuchi

Japan Meteorological Agency

7.1 数値天気予報の概念

General Concept of Numerical Weather Prediction



雲の分布 Cloud distribution 放射による加熱と冷却 降水過程 大気の流れ (運動方程式など) Heating and Cooling Precipitation through radiation process Atmospheric transportation (Dynamic equation) 熱・水蒸気 Heat 降水 Precipitation Heat and 放射冷却 太陽光による加熱 water vapor Radiative cooling Sunlight heating 熱·運動量 水蒸気 Heat and momentum Water vapor 地形・植生 大気境界層 地表面過程 Atmospheric boundary layer Terrain, vegetation, 海氷 Sea ice land surface process 陸地 Land 海洋 Ocean

図 7.1.1 数値天気予報に用いられる格子網の概念図

Fig. 7.1.1 Schematic diagram of grid points used in numerical weather prediction

数値天気予報(数値予報)は、大気の力学や熱力学などの物理の法則に基づいて風や気温 などの時間変化を数値計算して、将来の大気の状態を予測するものです。

数値天気予報を行う手順は、規則正しく並んだ格子で大気を細かく覆い、そのひとつひ とつの格子点の風や気温などの値の推移をスーパーコンピュータで予測計算します。この 計算では、山岳などの地形の影響、太陽からの放射、地表面の摩擦、大気と地表面の熱や 水蒸気の交換、水蒸気の凝結や降水などのさまざまな効果が考慮されています。 図 7.1.2 数値天気予報モデルの概念図 Fig. 7.1.2 Schematic diagram of numerical weather prediction model

Numerical weather prediction predicts the future state of the atmosphere by calculating the time change of atmospheric variables such as temperature, wind, humidity and surface pressure based on dynamics and thermodynamics in the atmosphere.

In numerical weather prediction, the global atmosphere is digitized at regular grid points in threedimensional space, and the atmospheric variables at each grid point are calculated for each time step by using a supercomputer. The calculation includes many processes related to orographic effects, solar radiation, thermal radiation, surface drag, water vapor condensation, precipitation, and heat and moisture exchange between the atmosphere and the surface of the earth.

7.2 数値天気予報の流れ

General Flow of Numerical Weather Prediction



図 7.2.1 数値天気予報の流れ Fig. 7.2.1 Flowchart of numerical weather prediction

未来の予測計算をするためには、まず現在の状態を知る必要があります。数値天気予報 では、世界中で観測された気象データを集めて処理を行い、現在の状態(初期値という) を求めます。その後、作成された初期値を基に未来の予測計算を行います。この予測の正 確さは初期値の正確さに依存します。このため、精度の良い観測をできるだけ多く、そし てできるだけ空間的に均質に得ることが重要となります。

To calculate a future atmospheric state accurately, the current state should be given at an initial time. In numerical weather prediction, various kinds of meteorological observations all over the world are gathered and processed to make a realistic current status, i.e., the initial value. This is followed by the prediction calculation based on the initial value. Accuracy of the prediction relies on the accuracy of the initial value as well as the prediction model, so it is essential to obtain homogeneous and sufficient observations with high quality.

7.3 数値天気予報に利用される観測

Observations for Numerical Weather Prediction



衛星海上風観測 Microwave Scatterometer



衛星高層風観測 Satellite Wind Vector

鉛直探査計観測



150 180

Aug. 01, 2004 00:00UTC

210 240 270 300

PILOT WIND PROFILER AVIATION

330 360

360

マイクロ波放射計観測

Microwave Imager



図 7.3.1 数値天気予報で利用される観測データとその分布の例

Fig. 7.3.1 Examples of observation data and their distribution used by numerical weather prediction

数値天気予報では、様々な種類の観測データを利用しています。 長年にわたって、地上での観測およびラジオゾンデによる大気上層 の観測が行われており、数値天気予報に利用されています。また、 観測技術の発達により、レーダーやウィンドプロファイラといった リモートセンシング観測および民間航空機に設置された観測データ の利用も進んでいます。しかし、これらのデータは、砂漠などの自 然環境の厳しい場所や、航空路でない海上ではほとんど得ることが できません。このため近年では、宇宙から地球上を均質に観測でき る衛星データの利用技術開発が進められています。

Numerical weather prediction uses various types of observations such as ground-based and atmospheric-sounding observations with radiosonde for many years. With the recent development of observation techniques such as radar, wind profilers, and aeronautical instruments, utilization of observational data for numerical weather prediction is expanding. However, even the recent techniques above will not provide enough data points over oceans and deserts. Therefore, utilization of homogeneous data by spacebased observation has recently become important.

7.4 数値天気予報における衛星データの役割

Role of Satellite Data in Numerical Weather Prediction



図 7.4.1 数値天気予報で用いられる様々な衛星観測データ Fig. 7.4.1 Various satellite measurements used in numerical weather prediction

ひとくちに「衛星」といっても、様々なセンサが存在し、それぞれ観測できる物理量や地 点が異なります。図は数値天気予報に使われる衛星センサと物理量の対応を表しています。 このように、衛星データを複数利用することで、多くの領域で観測データが得られるよう になっています。マイクロ波放射計AMSR-Eからは、大気下層の水蒸気に関する観測や、 地表面に関する観測情報を得ることができます。 Satellite observation uses a wide variety and number of instruments with different performances, observation capabilities, and observation regions. Fig. 7.4.1 illustrates the satellite data distribution used in numerical weather prediction. Synergetic use of many satellite instruments satisfies requirements for data coverage in numerical weather prediction. A microwave radiometer, such as AMSR-E, enables us to observe hydrologic variables such as water vapor, cloud liquid water, and rain rates in the lower atmosphere as well as surface variables such as sea surface temperature, sea surface wind, sea ice concentration, snow depth, and soil moisture.





Improvement of the forecast (3hours rainfall)



図 7.5.1 平成16年7月福井豪雨の事例に対するAMSR-Eデータの同化実験例 Fig. 7.5.1 Example of AMSR-E data assimilation experiment for Fukui heavy rain event in July 2004

を利用しなかったときに比べて観測に近い降 水量の予報をすることが可能になります。

0 -2

-4

-6

図7.5.1は2004年7月の福井豪雨の事例です。 日本海から東シナ海にかけてAMSR-Eによる 可降水量データが利用されることで、福井付 近(矢印)の雨が強く予想されると共に、 AMSR-Eデータがないときに見られた山口県 付近の偽の雨域(楕円)がなくなり、予想が 改善されました。

このように新たな観測データを追加して より正確な初期値を得ることで、より精度の 高い予報を得ることができます。

In numerical weather prediction, forecasts of heavy rain improve when we assimilate the AMSR-E precipitable water data just before we expect the heavy rain to occur.

Fig. 7.5.1 presents the Fukui heavy rain event on July 17, 2004. With the AMSR-E data obtained around the Japan Sea and the East China Sea, the forecast over the Fukui area (denoted by arrow) predicted heavier rain, and the forecast over the west part of the Japan Sea (denoted by ellipse) predicted less rain. Both agreed with the observations.

The AMSR-E observation data gives a more accurate initial state and thus a more accurate prediction.