

伊勢湾台風再現実験

釜堀弘隆¹、別所康太郎¹、川畑拓矢¹、新藤永樹¹、原昌弘¹、國井勝¹、高野洋雄²、
中澤哲夫¹、高橋清利²、海老田綾貴²、太田行哉²、古林 慎哉²、守谷昌己²

1 気象研究所 2 気象庁地球環境・海洋部

1. はじめに

1959年（昭和34年）に伊勢湾台風による未曾有の被害が発生してから、今年で50年になる。伊勢湾台風は1959年9月26日18時頃、和歌山県潮岬の西に上陸し、琵琶湖の東を通過して富山湾に抜けた。その後、秋田県に再上陸し、東北地方を横断して太平洋へ抜けた。台風のもたらした高潮、強風、河川の氾濫により、紀伊半島沿岸一帯と伊勢湾沿岸を中心に、日本の広い範囲に甚大な被害が発生し、死者・行方不明者は合計5098名と戦後の気象災害史上例を見ないものとなった。奇しくも今年は、気象庁が数値予報を始めて50年にもあたっており、伊勢湾台風は気象庁がヨチヨチ歩きの数値予報を始めた直後の出来事でもあった。当時の数値予報は参考程度のものに過ぎなかったが、この50年間に数値予報は飛躍的な進歩を遂げ、現在では5日先の台風の進路予報も可能な時代となった。伊勢湾台風から50年後の現在、50才になった最新の予報技術を持ってすれば、伊勢湾台風はど

の程度の精度で予報できるのか、そして大きな災害をもたらした高潮はどの程度の精度で再現できるのか、サイエンスとして興味あるだけでなく、今後の防災計画を立てる上でも非常に重要な問題である。そこで気象研究所では、気象庁数値予報課および気候情報課の協力の下、次のふたつを目標とした「伊勢湾台風再現実験プロジェクト」を実施した

- ・ 台風の進路をできるだけ早いうちに正確に予報
- ・ 伊勢湾での高潮をできるだけ精度良く予報

伊勢湾台風当時、予報官の経験に頼っていた台風予報が、現在の最新の数値予報によりどの程度予測可能であるか、と言う挑戦である。

2. 用いた最新技術

ここで「最新予報技術」として用いたのは

- ・ 全球大気データ同化システム
- ・ 全球大気予報モデル

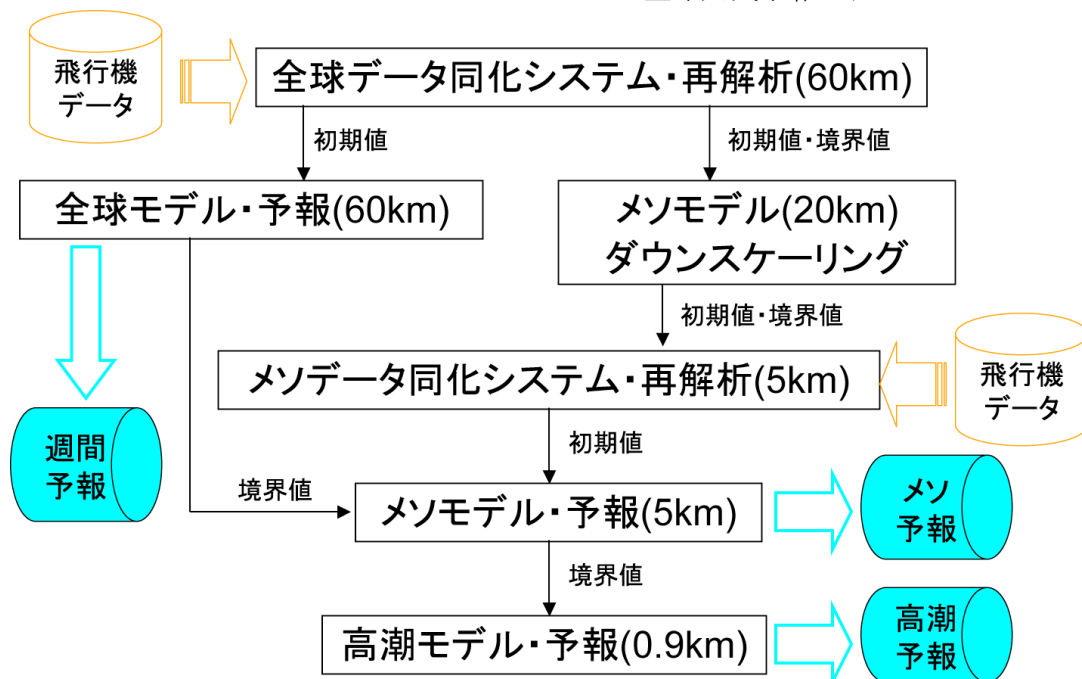


図1 各予報モデルおよびデータ同化システムの関係。括弧内は分解能を示す。

- ・ メソ大気同化システム
- ・ メソ大気予報モデル
- ・ 高潮予報モデル

であり、相互の関係を図1に示す。まず、分解能60kmの全球データ同化システムにゾンデなどの通常型観測とともに飛行機観測データを入力し、全球再解析データを作成する。全球解析値は、全球モデルの初期値となり、同時に非静力学メソモデル(JMANHM)によるダウンスケーリングの初期値および境界値となる。この全球再解析からダウンスケーリングにより分解能20kmの領域データを作成し、分解能5kmのメソデータ同化システム JNoVA(JMA Non-hydrostatic model Variational data Assimilation system)の初期値および境界値とする。メソ同化により作成されたメソ再解析データがメソ予報モデル(JMANHM)の初期値となり、さらにこのメソ予報値が高潮モデルの境界値となる。これらを用いた予測が以下に述べる伊勢湾台風再現実験の結論である。

3. 飛行機観測と全球データ同化

伊勢湾台風当時、北西太平洋には高層気象観測網は整備されていたが、衛星観測デ

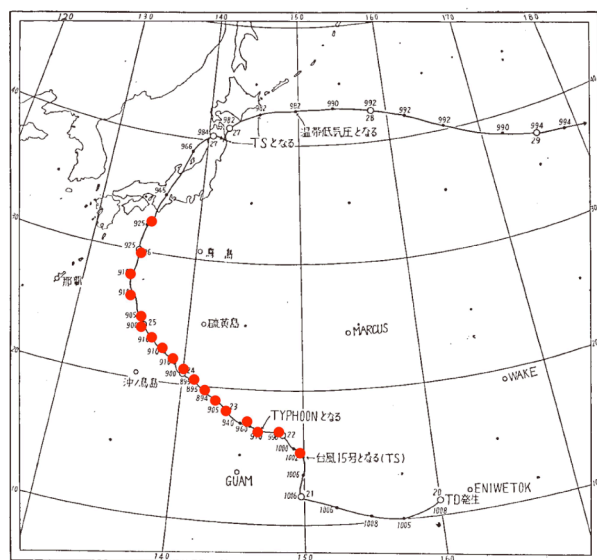


図2 伊勢湾台風の経路と飛行機観測が行われた時刻の台風位置(赤丸)。

ータは、まだ無い時代である。従って、海洋上は観測の空白地帯である。この「空白地帯」を解消するため、米軍は第二次世界大戦直後から台風の飛行機観測を開始した(JTWC, 1959)。この飛行機観測は、飛行レベル観測と、飛行機から投下されたドロップゾンデ観測からなる。

1980年代末まで約40年間にわたって続けられた飛行機観測であるが、伊勢湾台風を含む初期の観測データは米軍をはじめどの機関にも保存されていなかった。当時の観測者は、自分の観測がリアルタイムの台風の実況解析・予報以外に後世利用されるとは夢にも思わなかったことであろう。ただし、例外的に伊勢湾台風の観測データだけは、「伊勢湾台風調査報告」(気象庁、1961)に引用されたため、印刷物として残っていた。この観測データを電子化して全球およびメソデータ同化システムの入力に加えた。伊勢湾台風の経路と、飛行機観測が行われた時刻の台風位置を図2に示す。

米軍の飛行機観測では、一般に観測機は700hPa付近を飛行しており、従って飛行レベル観測では700hPa面の観測データが得られている。一方、ドロップゾンデ観測では、観測機の飛行高度である700hPaから海面までの各高度の観測データが得られている。観測機は眼の壁雲の貫通飛行も行っており、これにより、台風眼内のドロップゾンデの海面気圧観測から中心気圧も正確に求まっている。たとえば、9月23日15時00分(日本時)のドロップゾンデ観測では、中心気圧として894hPaが報告されている。なお以下では、時刻はすべて日本時間で表記する。

飛行機データを使用した全球データ同化は、今年度から開始されたJRA-55の予備実験の一環として実施された。このデータ同化システムは分解能60kmで、同化アルゴリズムとして4次元変分法を使用している。この同化実験結果が、全球予報およびメソ再解析の初期値となる。

4. 全球予報

全球データ同化実験により作成した解析値を初期値として、TL319 全球モデル

(分解能 60km に相当) による予報実験を実行した。図 3 は 1959 年 9 月 22 日 21 時を初期値とした伊勢湾台風の進路予報 (赤線) およびベストトラックによる実際の台風経路 (黒線) である。この例では、全球モデルは 26 日夜に四国付近に上陸することを予測しており、実際の紀伊半島上陸 (26 日 18 時過ぎ) とはやや異なるが、その進路予報誤差は 200km 程度であり、上陸時刻もかなり精度良く予測できている。他の初期時刻についても予報実験を行ったが、9 月 22 日以降すべての初期時刻で日本上陸が予測されていた。すなわち、上陸 4 日前から、少なくとも日本本土のどこかへ上陸することを予測していたことになる。

次に、伊勢湾台風上陸の 2.5 日前にあたる 9 月 24 日 09 時を初期値とする 11 メンバーのアンサンブル予報による、進路予報の結果を図 4 に示す。11 個のアンサンブルメンバーすべてが、少なくとも日本のどこかに台風中心が上陸することを予測している事が分かる。

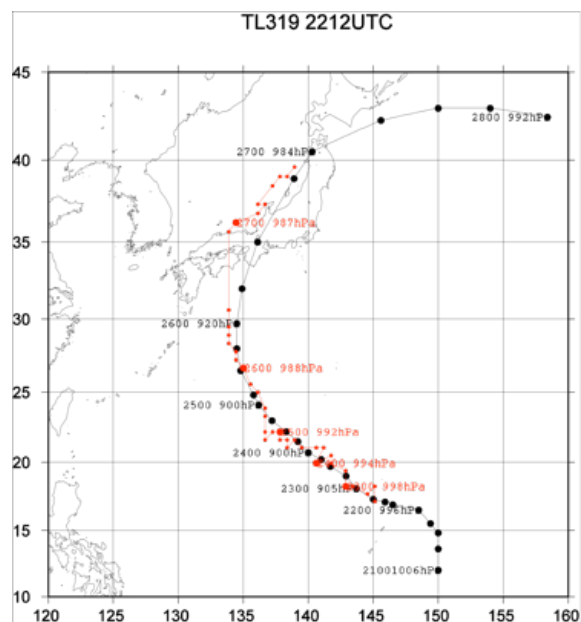


図 3 1959 年 9 月 22 日 21 時を初期値とした全球予報による、伊勢湾台風の進路予報 (赤線)。黒線は、ベストトラックによる観測の中心位置を示す。

1959 年当時の台風予報は、予報官の手作業によるもので、24 時間後に予想される中心位置が扇形に記されているのみであるが、これに較べて現在の数値予報では 2.5 日前にすべてのアンサンブルメンバーが台風上陸を予測するなど、格段に確度の高い予報が可能であることが良く分かる。

5. メソ再解析とメソ予報・高潮予報

正確な高潮予報には正確な台風進路予測が必要であることは当然であるが、それだけでなく正確な強度予測も必要である。分解能の粗い全球モデルでは、正確な進路予測は出来ても、強度予測はどうしても不足したものとなる。従って正確な強度予測を実現するため、全球モデルの結果を境界値にした、より高分解能のメソ予報が必要となる。そこで、全球再解析を初期値・境界値にした 20km JMANHM によるダウンスケールングを実行し、これを初期値に分解能 5 km の JNoVA メソ再解析、およびその解析値を初期値にした JMANHM メソ予報を実行した。メソ再解析においても、入力として飛行機観測データを用いて

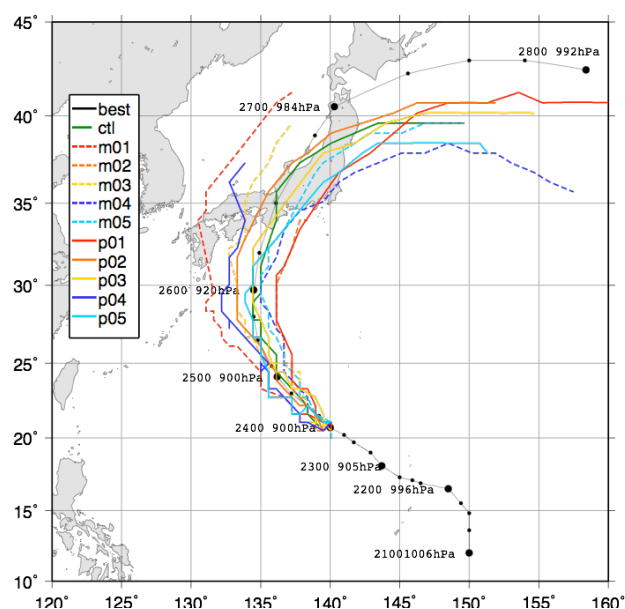


図 4 1959 年 9 月 24 日 09 時を初期値とする 11 メンバーのアンサンブル予報による、伊勢湾台風の進路予報 (各色)。黒線は、ベストトラックによる観測の中心位置を示す。

いるが、現業の台風場の同化では台風ボーガスを同化しているのに対し、ここではボーガスデータを使わずに、観測機による台風眼内のドロップゾンデ観測を用いている。

9月26日09時を初期値とした5kmメソ予報による、26日20時の風速予測および降水量予測を図5に示す。名古屋港における潮位観測によれば、高潮のピークは21時30分頃に発生しており、この図は伊勢湾沿岸で潮位が急速に上昇している時間帯に相当している。メソモデル上の台風中心は三重県西部付近にあり、中心気圧は950hPaとなっている（図5および図7）。この中心の右側にあたる伊勢湾～熊野灘では35m/sec以上の風が吹いていることが分かる。さらに、強風域は濃尾平野の内陸部から琵琶湖付近にも広がっている。当時の観測でも、伊勢湾で38m/sec以上の風速分布となっていたほか、濃尾平野～琵琶湖北部にも強風域が広がっている（図6）。また図5では、紀伊半島の南東向き山岳斜面で非常に強い降水域があることも示している。実際、観測からも紀伊半島の南東側山岳斜面で大きな降水量が記録されている（図省略）。

このメソモデルの予測結果を境界値に

した高潮モデルの名古屋港における高潮予測結果を図7に示す。観測によれば、名古屋港における高潮は26日21時30分に東京湾平均海面(TP)上3.89mのピークを記録した。一方、高潮モデルは21時20分にTP上3.52mの高潮を計算している。高潮モデルに基づく潮位・ピークの時刻とも、ほぼ観測に匹敵する値が得られた。このよ



図6 9月26日～27日に観測された最大風速分布（伊勢湾台風調査報告（気象庁、1961）による）。

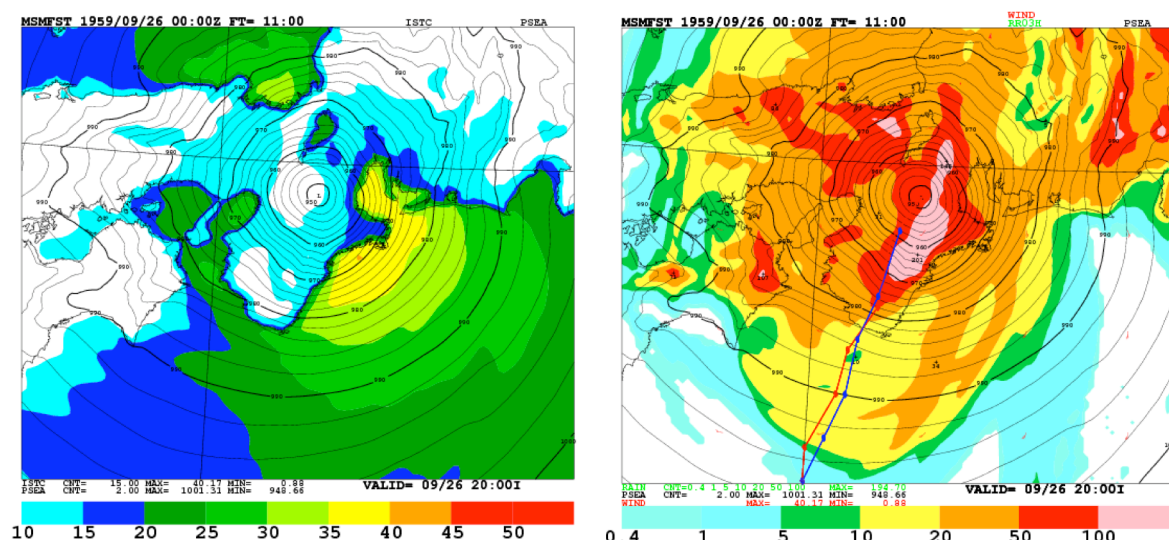


図5 9月26日09時を初期値としたメソモデルによる、当日20時の海面気圧および、地上風速（左図）・降水量（右図）の予測。

うな正確な予測は、台風中心の進路および強度が非常に正確に予測できたことのあらわれである。

6. まとめ

米軍の飛行機観測データを用いて、最新のデータ同化システム・予報モデルにより、伊勢湾台風の進路および高潮の予報実験を行った。

その結果、以下のような結論を得た。

(1) 台風の進路の正確な早期予報

- 1) 全球モデルにより、日本上陸 4 日前から日本上陸を予測できた
- 2) 全球モデルのアンサンブル予報のすべてのメンバーが 2.5 日前から日本上陸を予測できた

(2) 伊勢湾での高潮の高精度予報

- 1) メソモデルにより、上陸 9 時間前の予報から経路、中心気圧をほぼ正確に予測できた
- 2) 高潮モデルにより、上陸 9 時間前から名古屋港における高潮をほぼ正確に予測できた

以上の結論から、この 50 年間にデータ同化および予報技術が飛躍的に向上したことが分かる。台風をはじめとした自然災害を少しでも軽減するため、今後もデータ

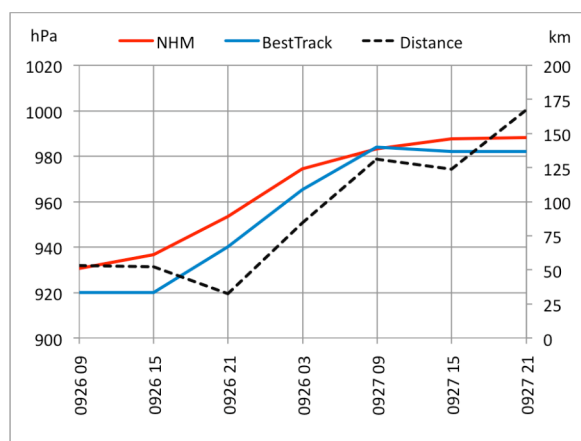


図 7 9 月 26 日 09 時を初期値としたメソモデルによる台風中心気圧の予報の時系列（赤線）およびベストトラックによる実際の中心気圧（黒線）。点線は台風中心の予測誤差を示す。

同化システム・予報モデルの改善・改良に努めたい。

参考文献

気象庁, 1961: 伊勢湾台風調査報告.
Joint Typhoon Warning Center (JTWC), 1959: Annual Typhoon Report 1959.

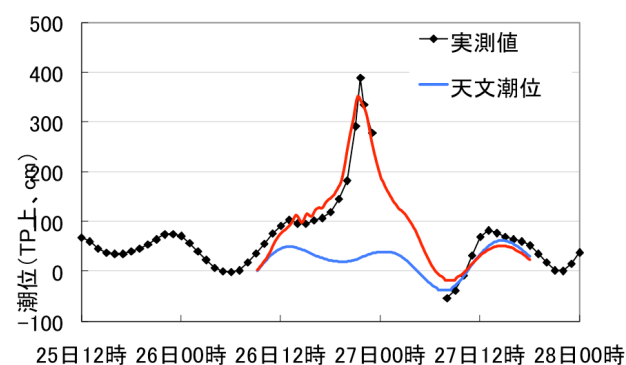


図 8 名古屋港における、天文潮位（青線）、観測の潮位（黒線）、および高潮モデルによる予測潮位（赤線）。