

2. 越波量・潮位の確率的評価手法の検討

図-1 のように、既往台風の特徴から確率的台風モデルを構築し、極値統計解析に十分な期間について台風のシミュレーションを行い、各台風時の最大の潮位および越波流量を算定し、その結果から潮位および越波量の再現期間を評価した。また、低気圧についても、同様の解析を行った。

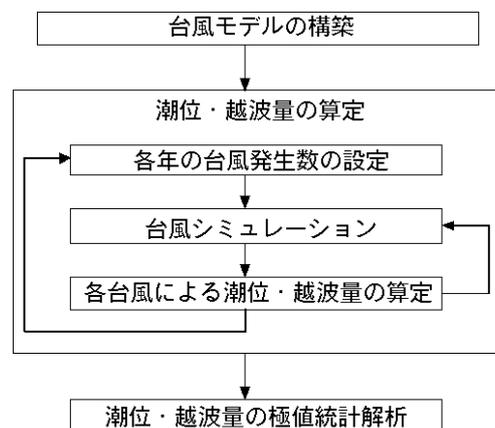


図-1 潮位・越波量の確率的評価の流れ(台風の場合)

2.1 台風による越波の確率的評価

2.1.1 確率的台風モデルの構築

構築した確率的台風モデルは、端野・桑田(1987)、山口ら(1995a)、橋本ら(2001)と同様に、自己回帰モデルに基づいている。1951～1997年に発生した台風のうち中心気圧が980hPa以下に発達した842個について、一年間の平均発生個数を算出するとともに、台風属性(台風の中心位置、中心気圧、移動速度、移動方向、半径)の統計的特性を解析した。解析では、北緯0～50°、東経100～180°を対象領域として、台風属性およびその時間的変化量について、2°格子毎に平均値と標準偏差を求めた。

図-2(1)～(3)は中心気圧、移動速度、移動方向について、図-3(1)～(6)はそれらの時間的評価量について、解析した結果である。確率的台風モデルでは、各格子の台風属性およびその時間的変化量の確率密度関数が、平均値と標準偏差により定義される標準正規分布に従うと仮定する。

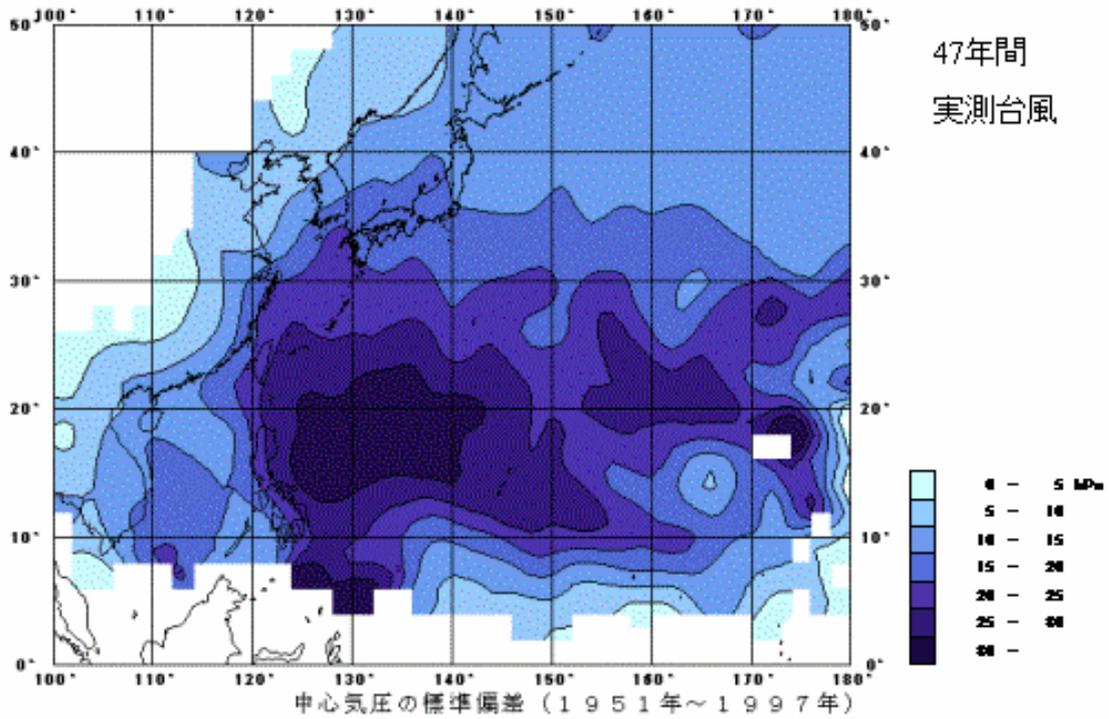
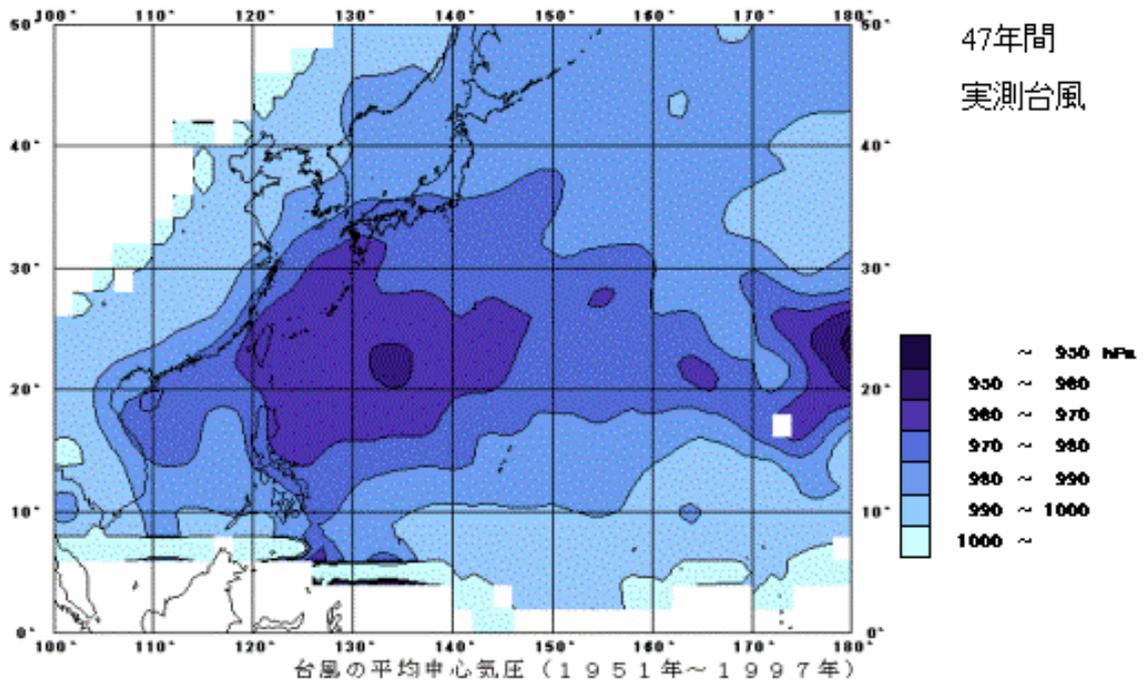


図-2(1) 中心気圧の平均値および標準偏差

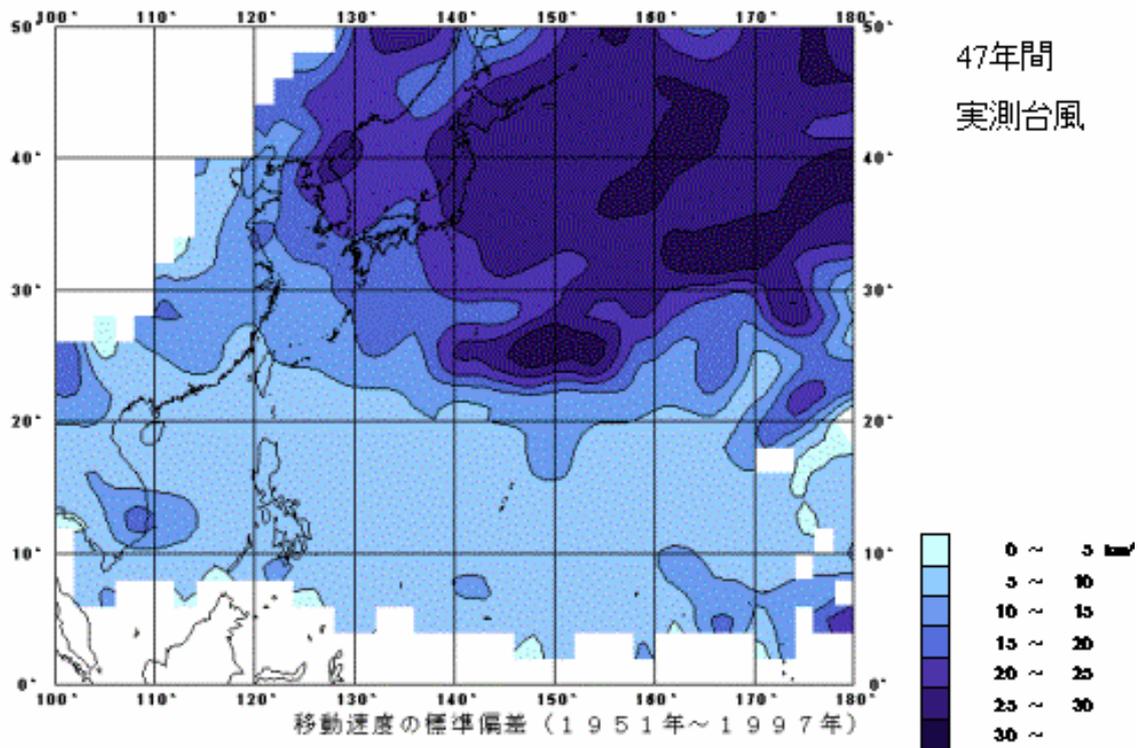
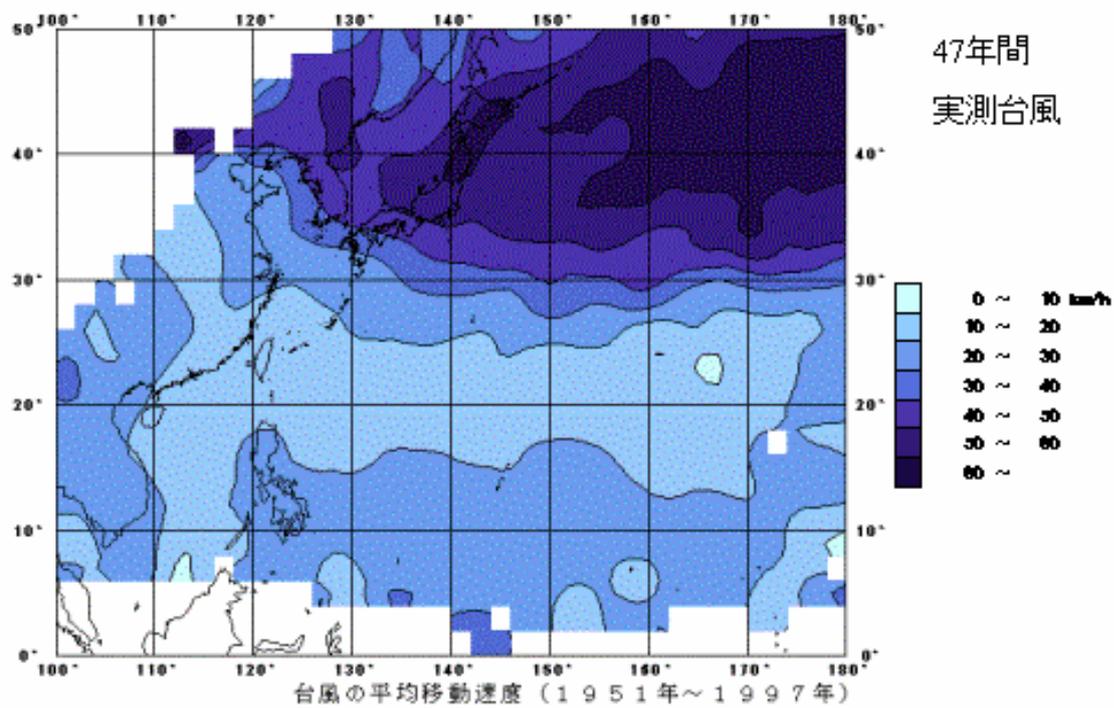


図-2(2) 移動速度の平均値および標準偏差

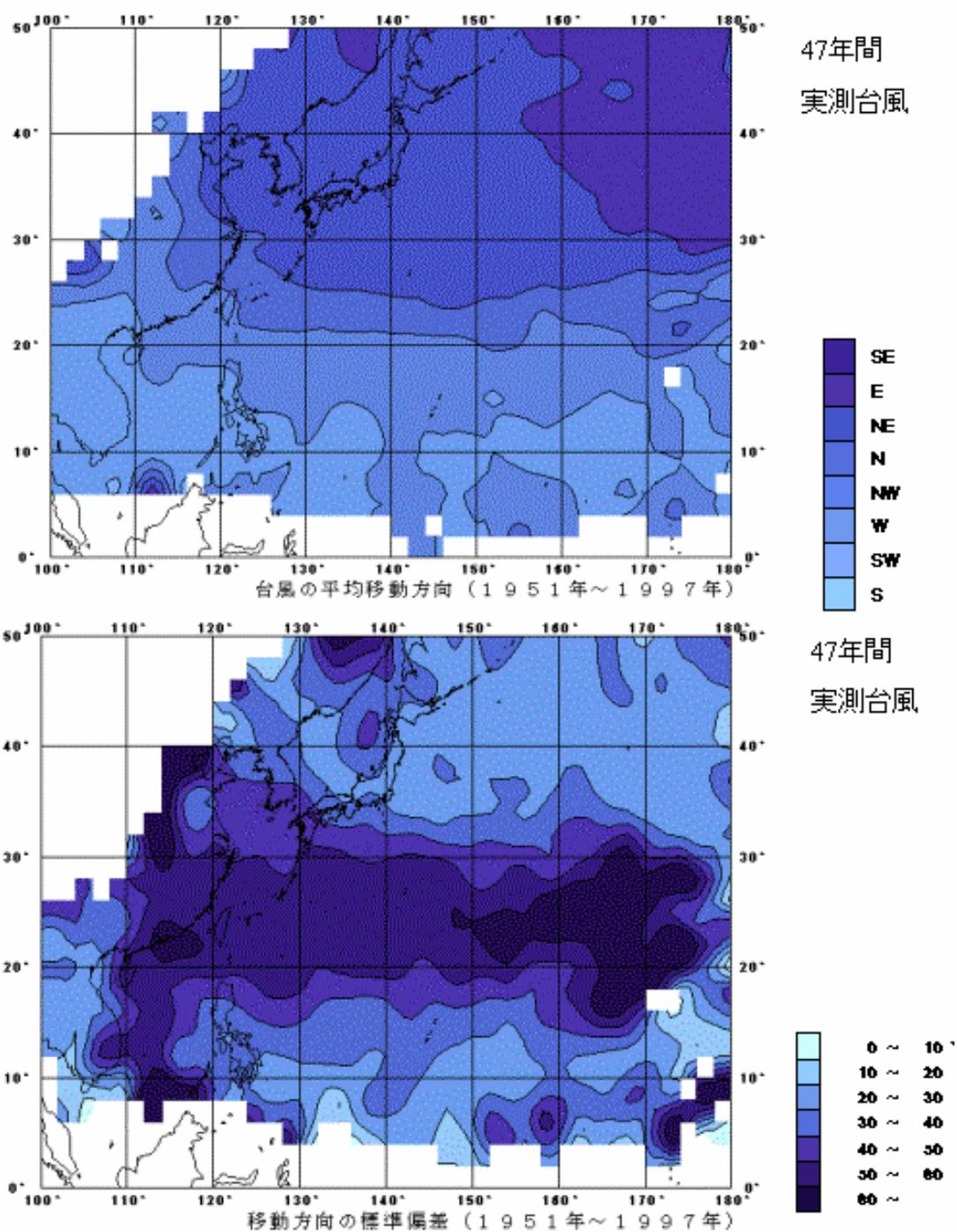


図-2(3) 移動方向の平均値および標準偏差

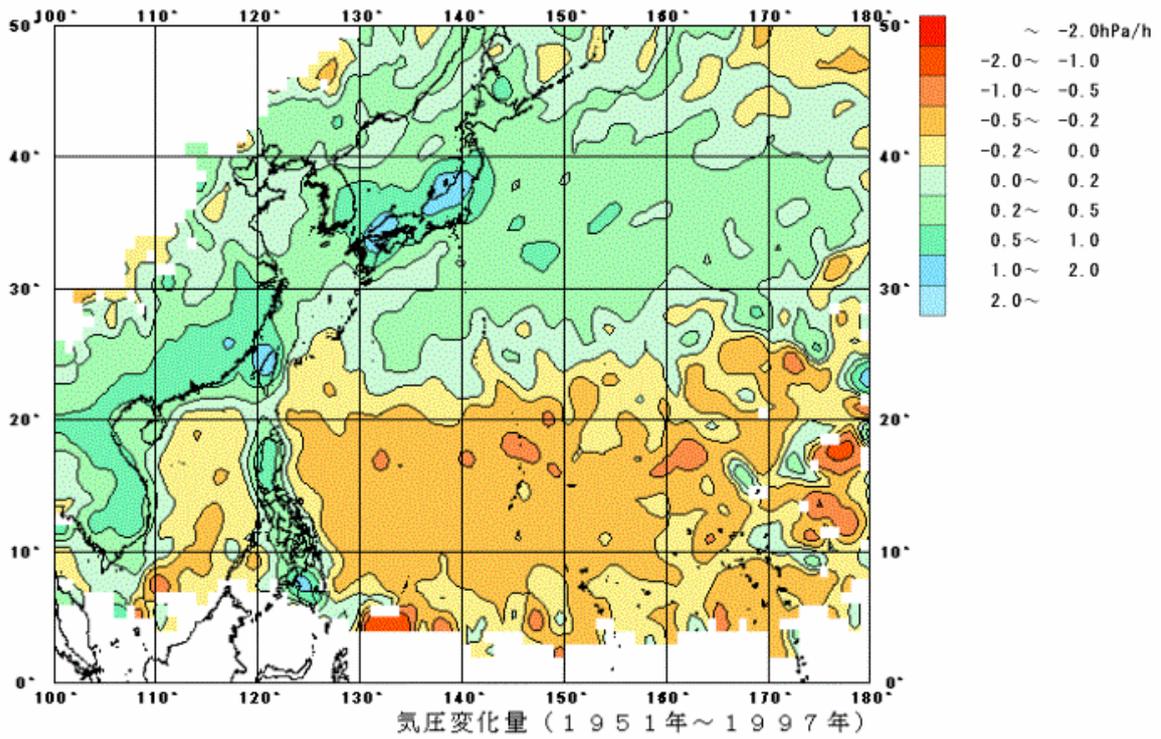


図-3(1) 中心気圧の時間変化量の平均値

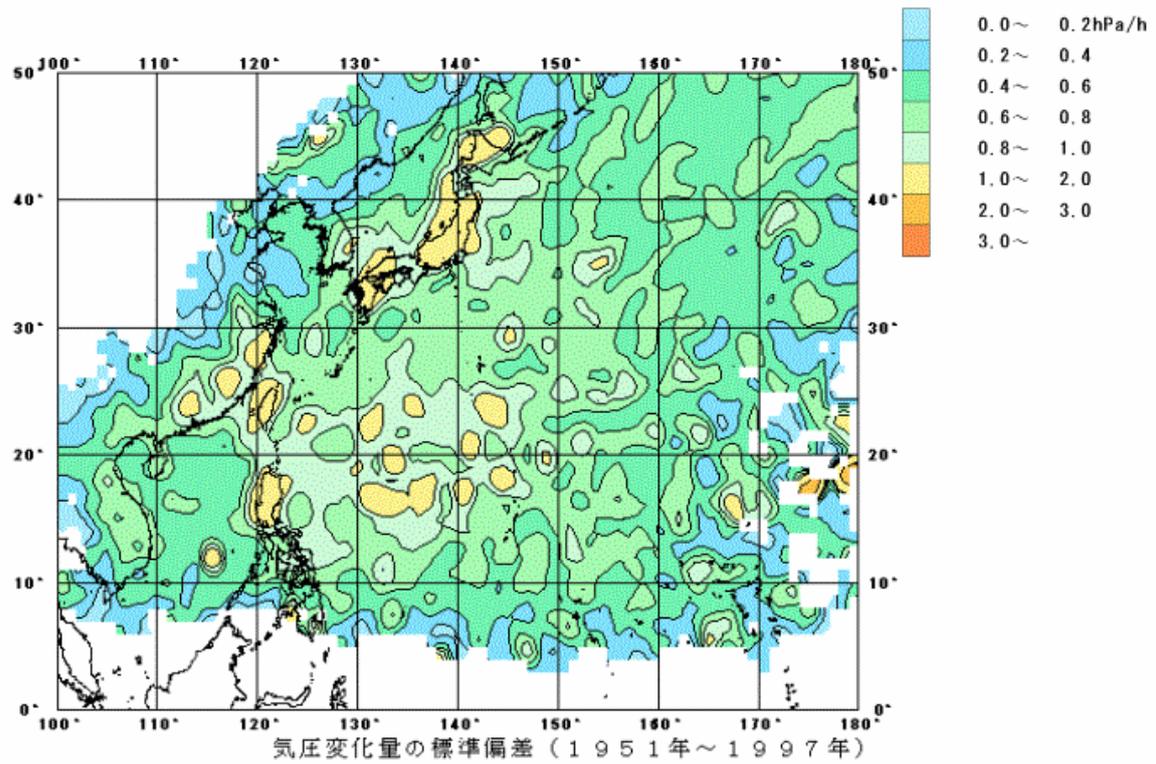


図-3(2) 中心気圧の時間変化量の標準偏差

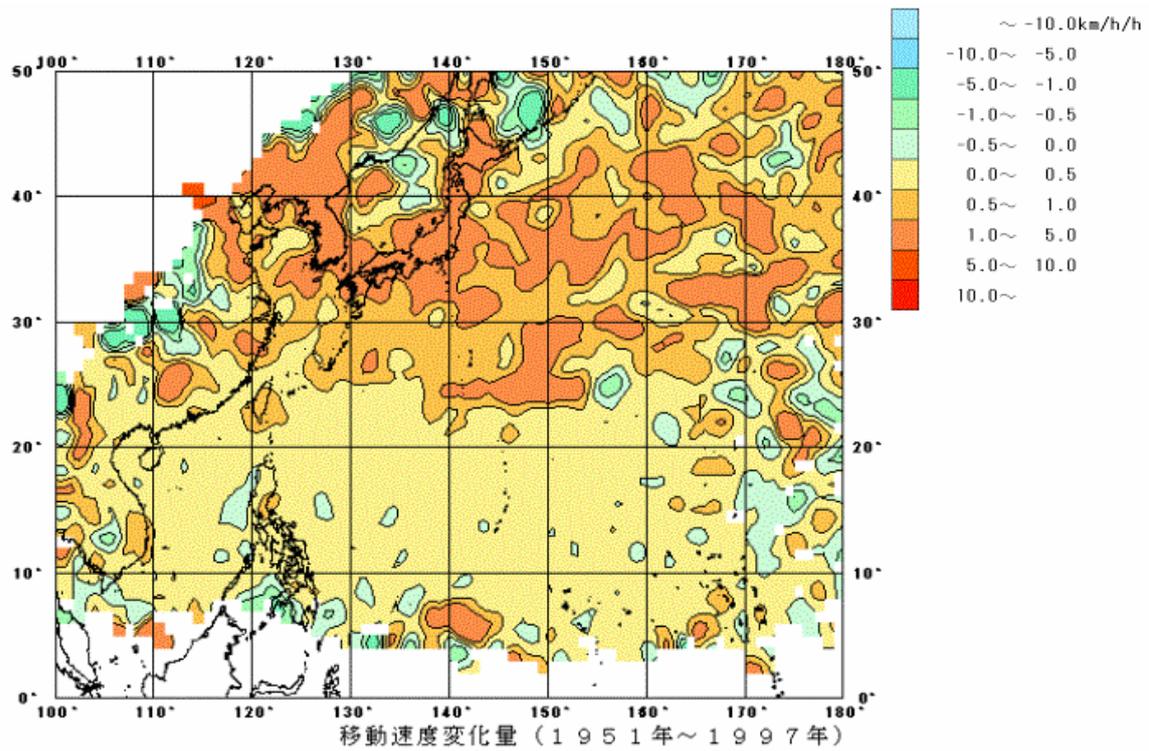


図-3(3) 移動速度の時間変化量の平均値

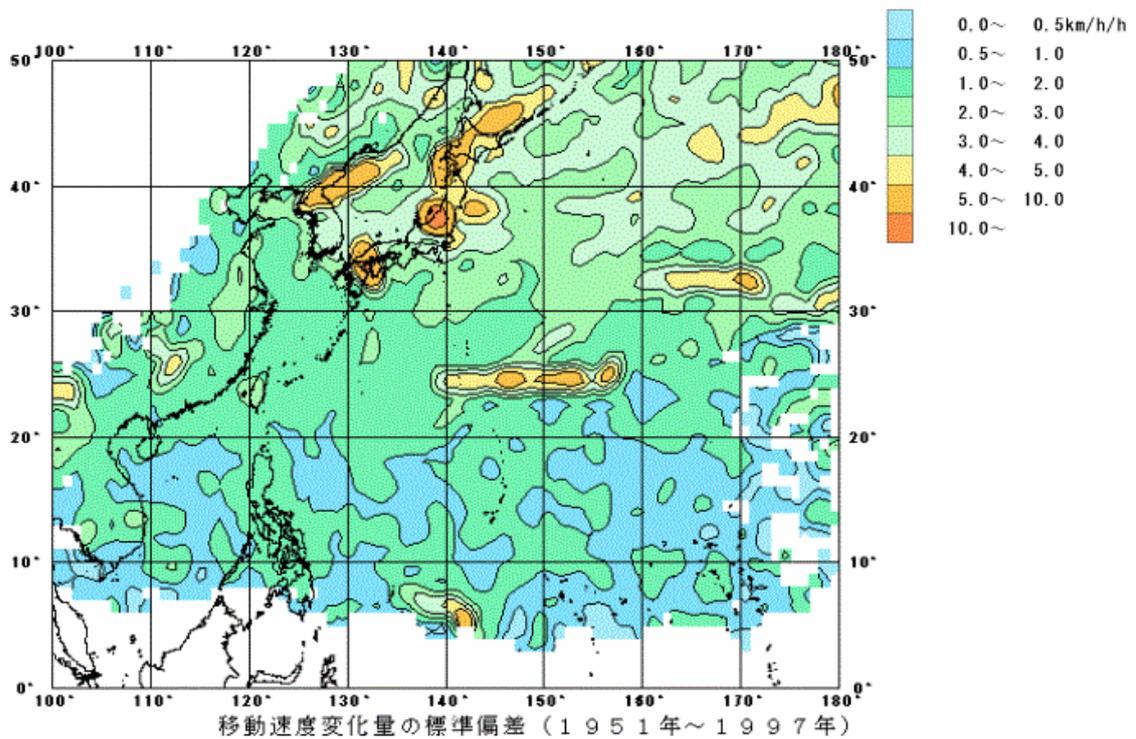


図-3(4) 移動速度の時間変化量の標準偏差

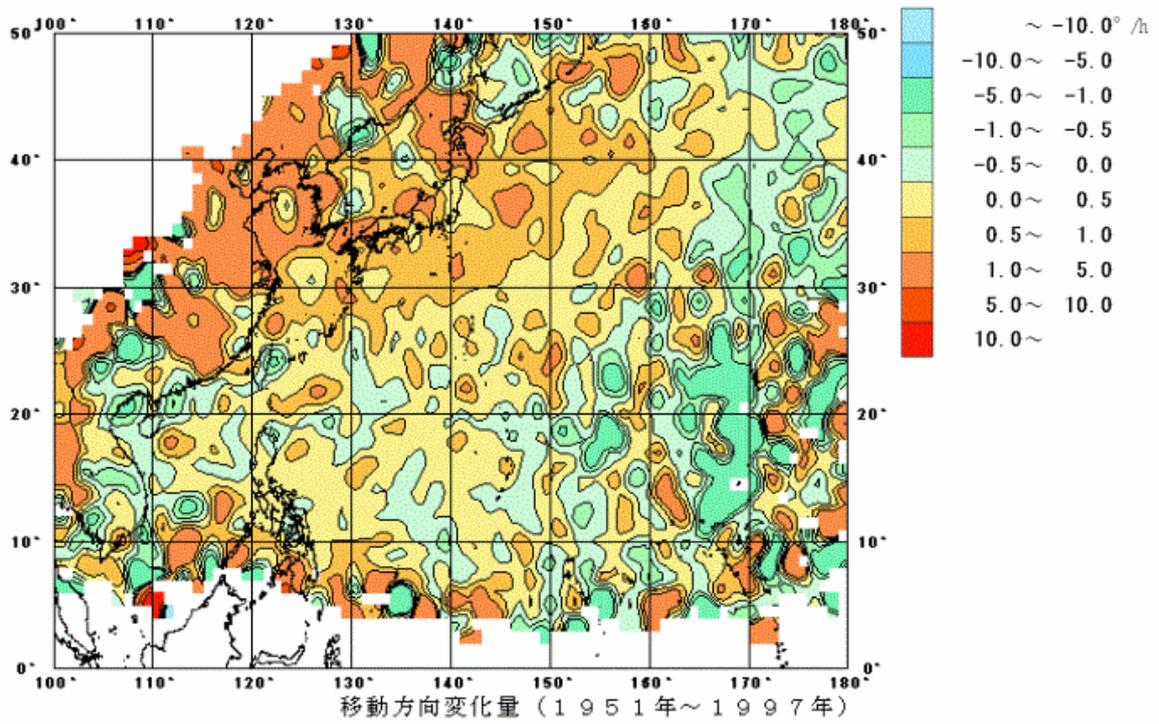


図-3(5) 移動方向の時間変化量の平均値

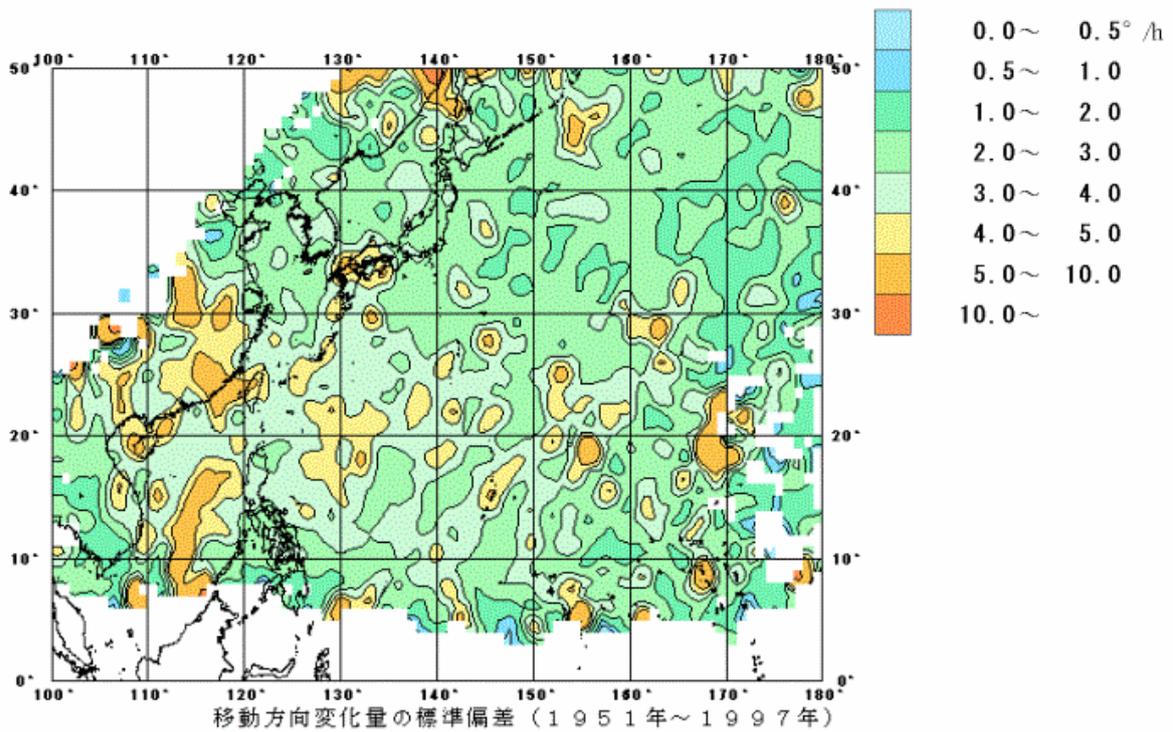


図-3(6) 移動方向の時間変化量の標準偏差

台風の年発生個数は、図-4 のような年平均発生個数 (17.91) に従うポアソン分布にほぼ一致することがわかった。そこで、確率的台風モデルでは、各年の台風発生個数はポアソン乱数により決定した。

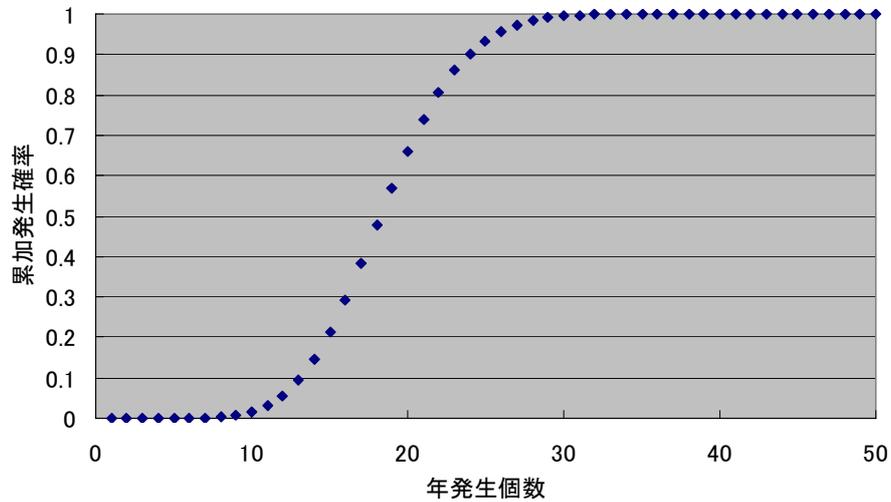


図-4 年発生個数の確率分布

台風発生位置の経度および緯度は、図-5 および 6 のような確率分布であった。確率的台風モデルでは、この確率分布を用いて台風発生位置を決定する。

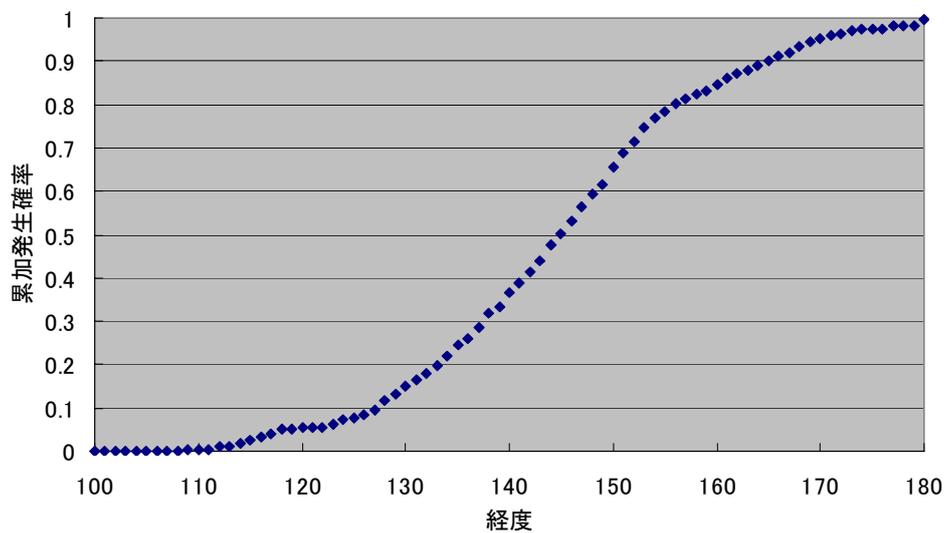


図-5 台風発生位置の経度の確率分布

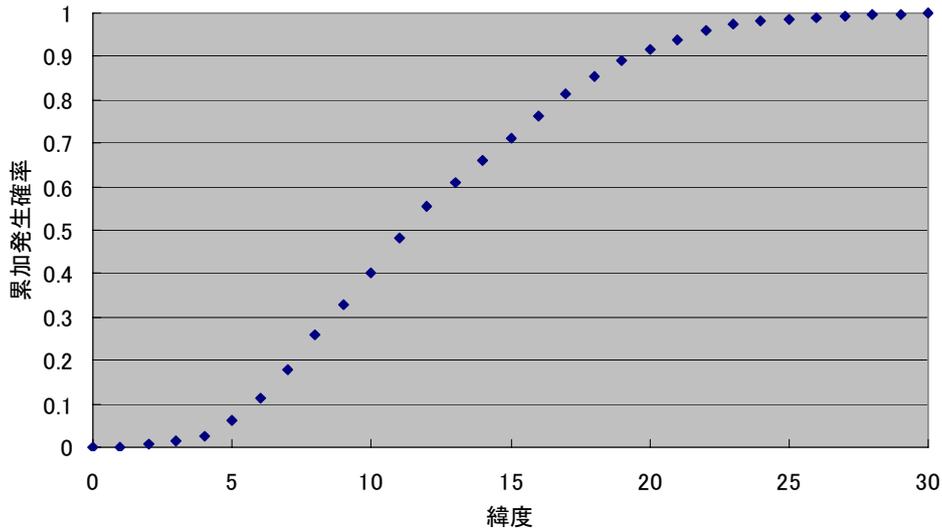


図-6 台風発生位置の緯度の確率分布

図-7 は、台風の中心気圧(hPa)と半径(km)との関係を示している。この図において、950hPa を境にして、中心気圧と台風半径の平均値との相関式の傾きが異なっている。また、分散は中心気圧とともに大きくなる。中心気圧から台風半径を決定する際にこの分散を考慮して乱数を用いると、台風半径が時間的に大きく増減する。そこで、確率的台風モデルでは、台風の発達過程（中心気圧が低下する場合）においては中心気圧が 950hPa 以下における相関式を、台風の減衰過程においては 950hPa 以上における相関式を用いて、中心気圧から台風半径を決定した。

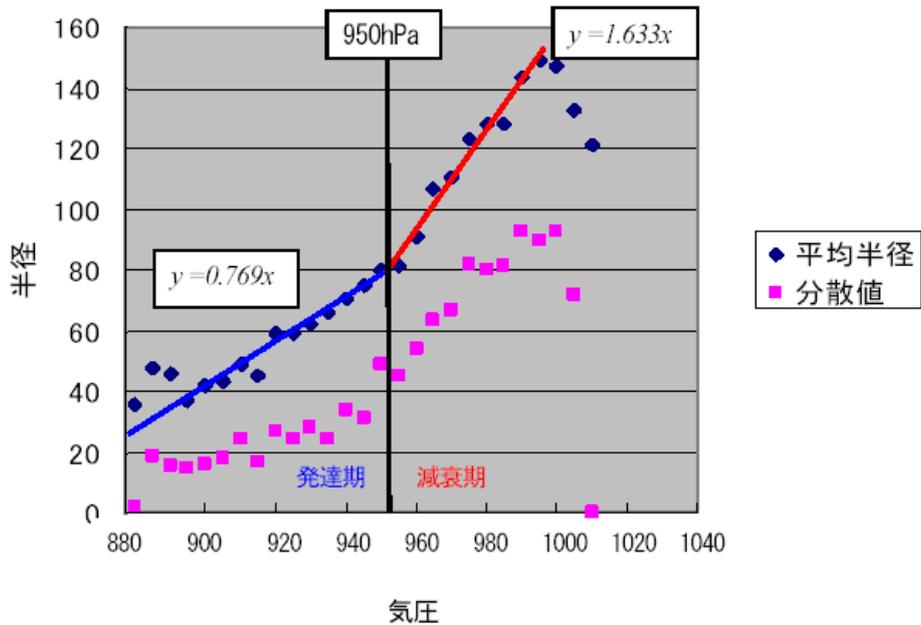


図-7 台風の半径と中心気圧の関係

下式のように、任意時刻 n の各属性は、時刻 (n-1) における各属性の値と、各々の時間的変化量（平均値+偏差）の和で決定した。偏差は、その場所において設定されている平均値と分散値による正規分布に従う乱数により決定した。

$$T_n = (T_{n-1} + \Delta T_n)(1 - \alpha) + \overline{T_{n-1}(x, y)}\alpha$$

$$\Delta T_n = \Delta S(x_n, y_n) + Z_n(x_n, y_n)$$

ここで、 T_n は時刻 n の低気圧属性の絶対値、 ΔT_n は時刻 n の低気圧属性の時間変化量、 $\Delta S(x, y)$ は低気圧中心位置における低気圧属性の時間変化量の空間平均値、 $Z_n(x, y)$ は低気圧属性の偏差、 α は移動場所の台風属性の平均値から大幅にずれないようにするための重み付けである。図-8 のように、台風属性の平均値による補正を行わないと経路が大きくばらつくので、試行計算により α は中心気圧については 0.03333、移動速度および移動方向については 0.1 とした。なお、時刻 n の台風半径は、中心気圧の増減に応じて異なる相関式を用いて、時刻 n の中心気圧から算定した。対象領域外に台風が移動する、もしくは中心気圧が 1,010hPa 以上になるまで、各台風のシミュレーションを行った。

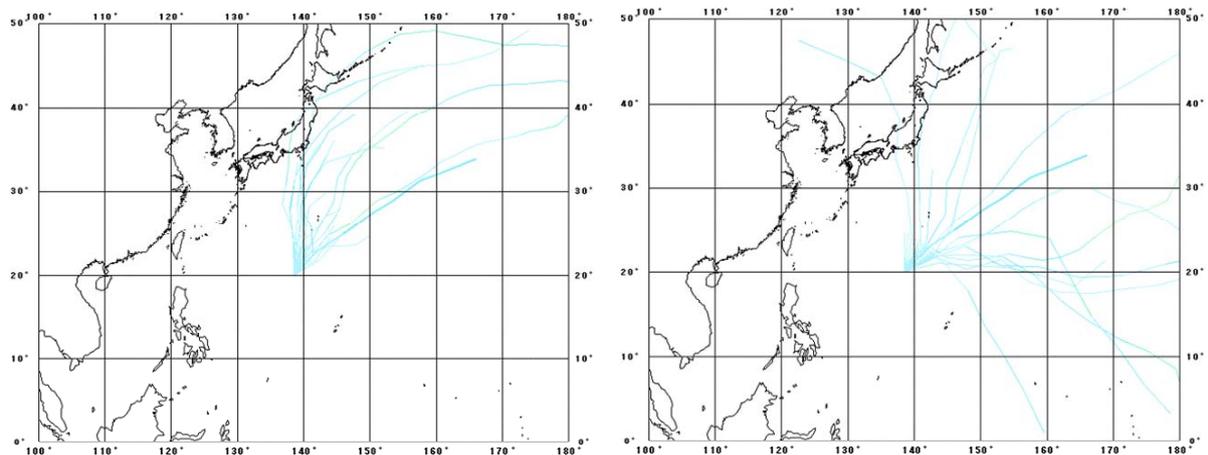


図-8 台風属性の平均値による補正の効果(左:補正あり, 右:補正なし)

確率的台風モデルを用いた台風シミュレーションの精度検証のため、1回47年の台風シミュレーションを50回行い、その結果を実測値と比較した。図-9～12は、台風の通過頻度と、中心気圧、移動速度、移動方向の平均値について比較したものである。いずれも計算値と実測値は概ね一致している。また、台風の中心気圧、移動速度、移動方向の標準偏差についても、図-13～15のように、計算値と実測値は、日本の南方の海域で差異が見られるものの、本州の南岸付近では概ね一致している。以上のことから、この手法により十分な精度で台風シミュレーションを行うことができると判断される。

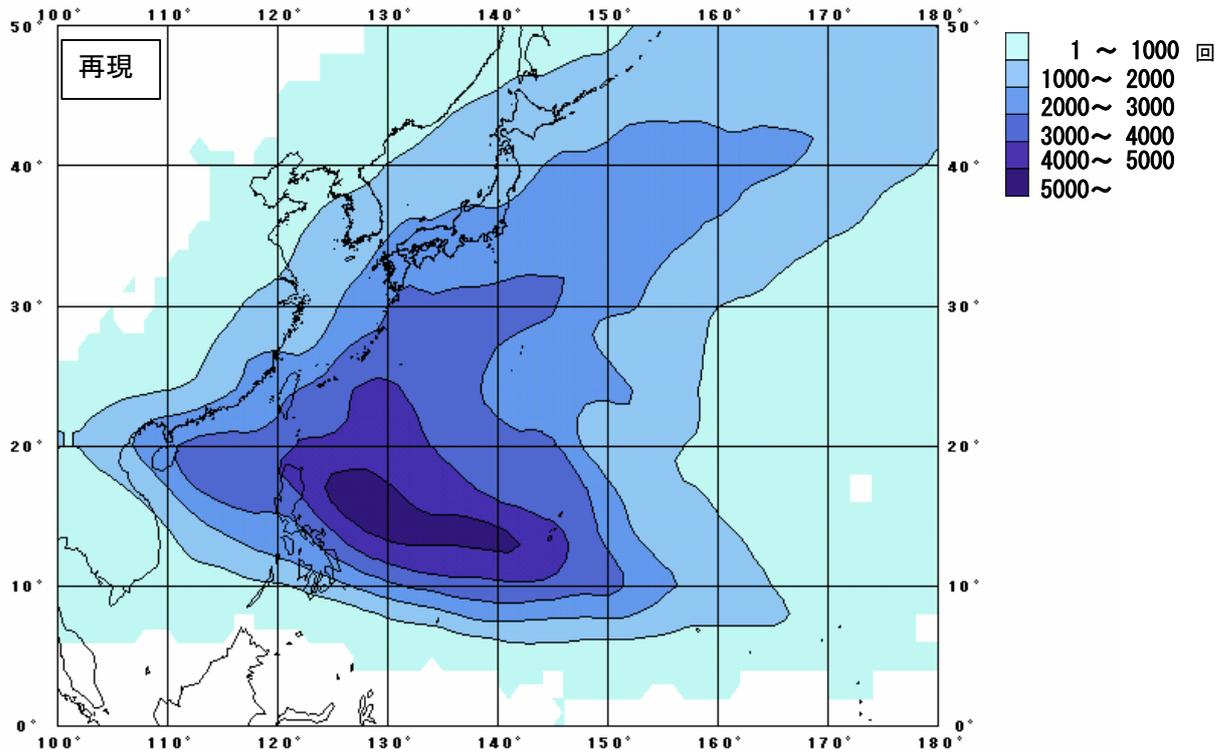
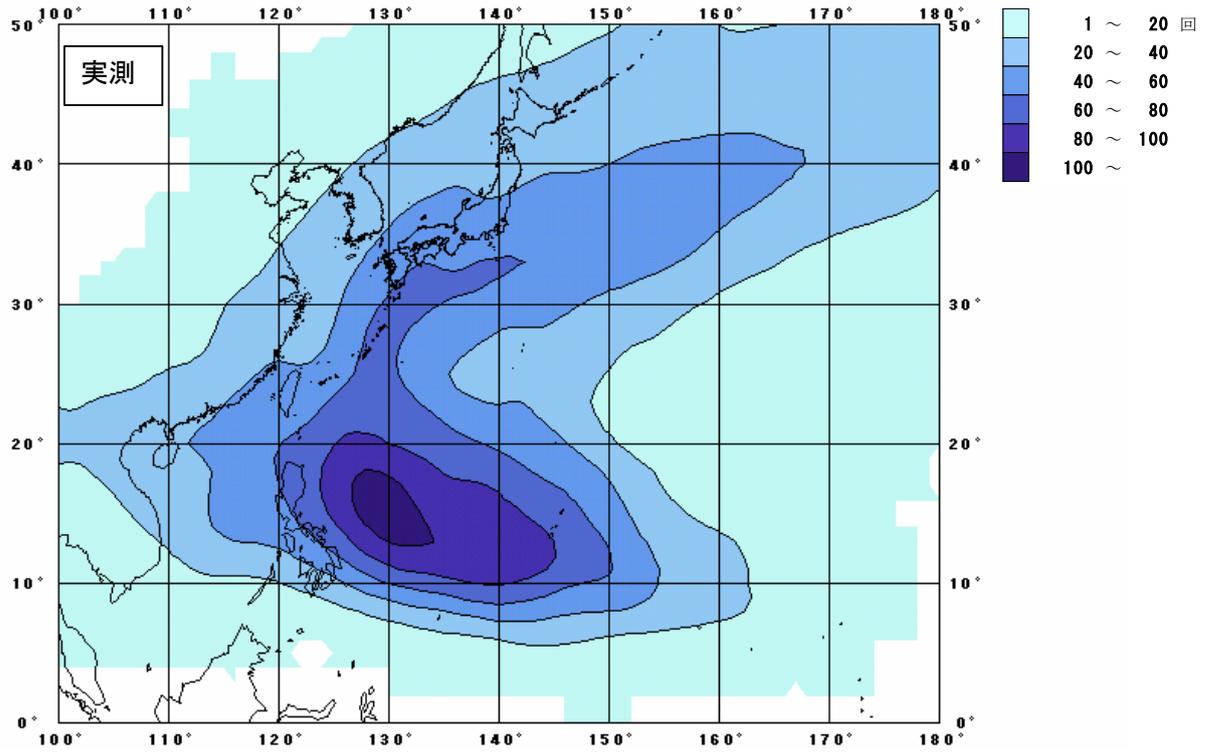


図-9 台風の通過頻度

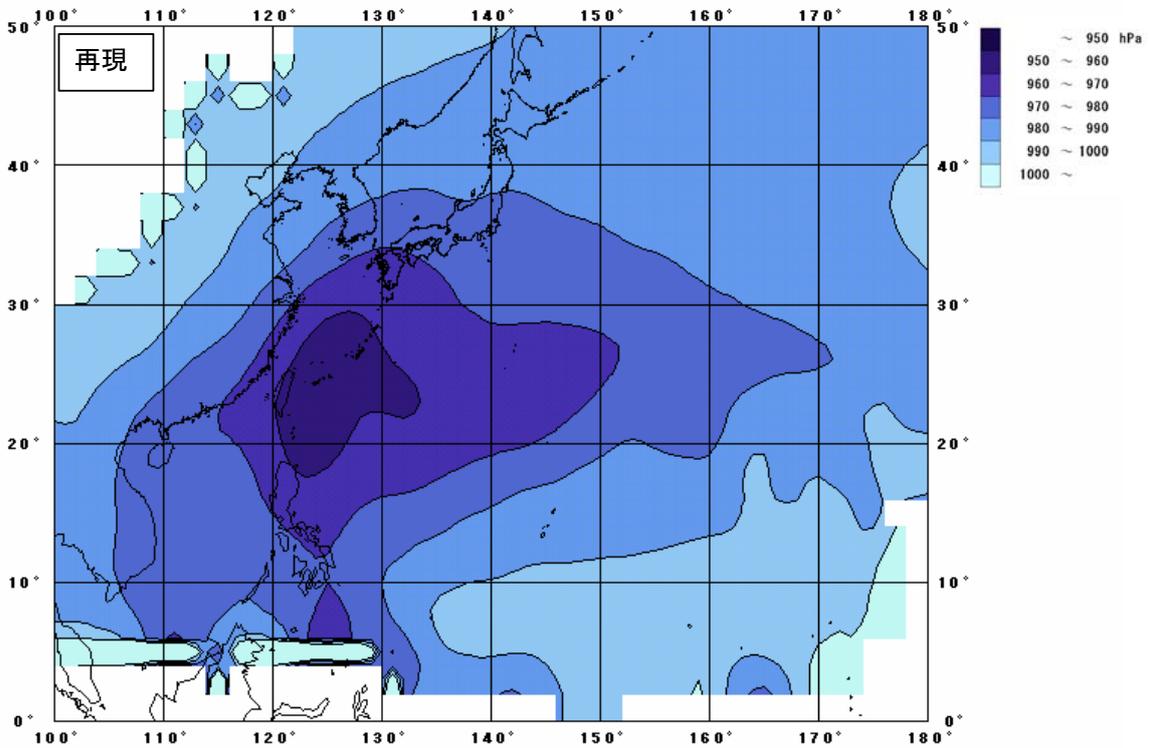
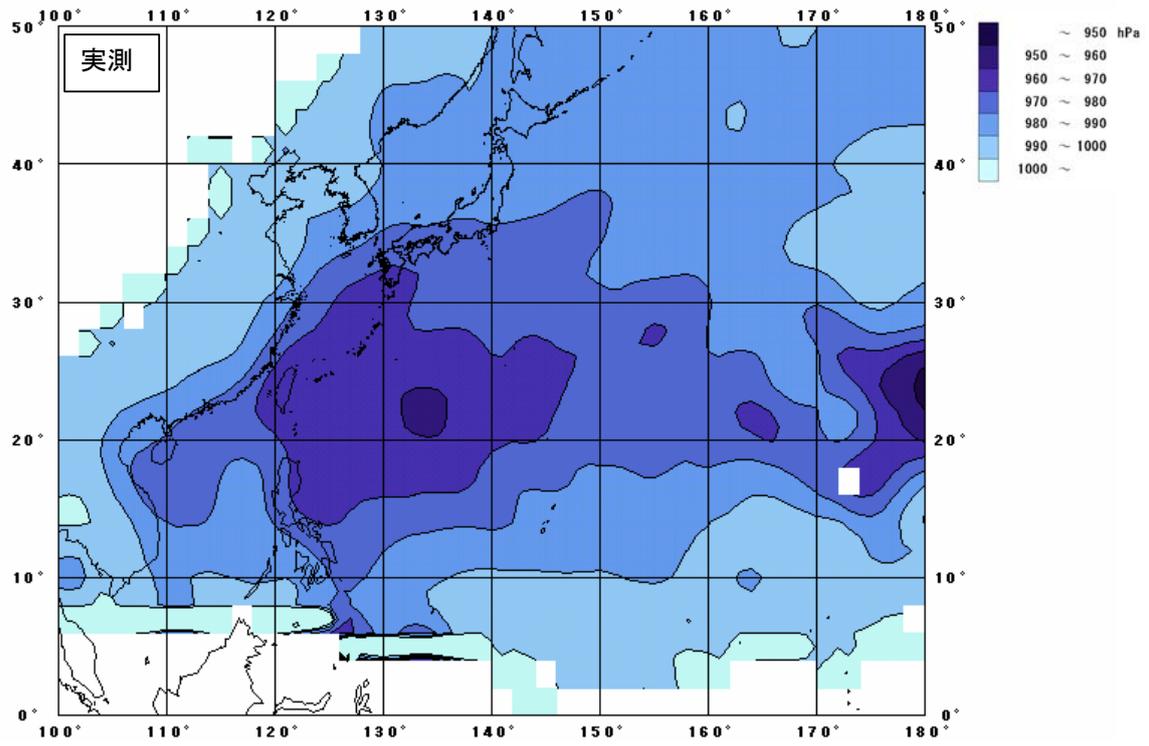


図-10 台風を中心気圧の平均値

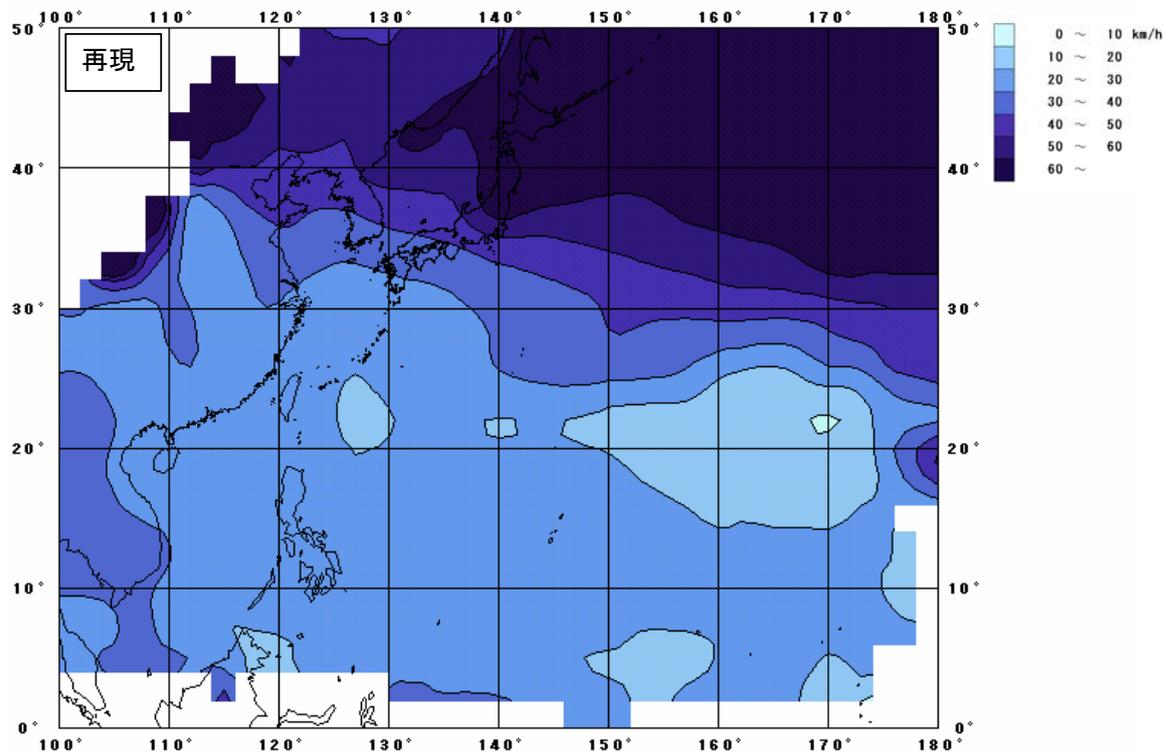
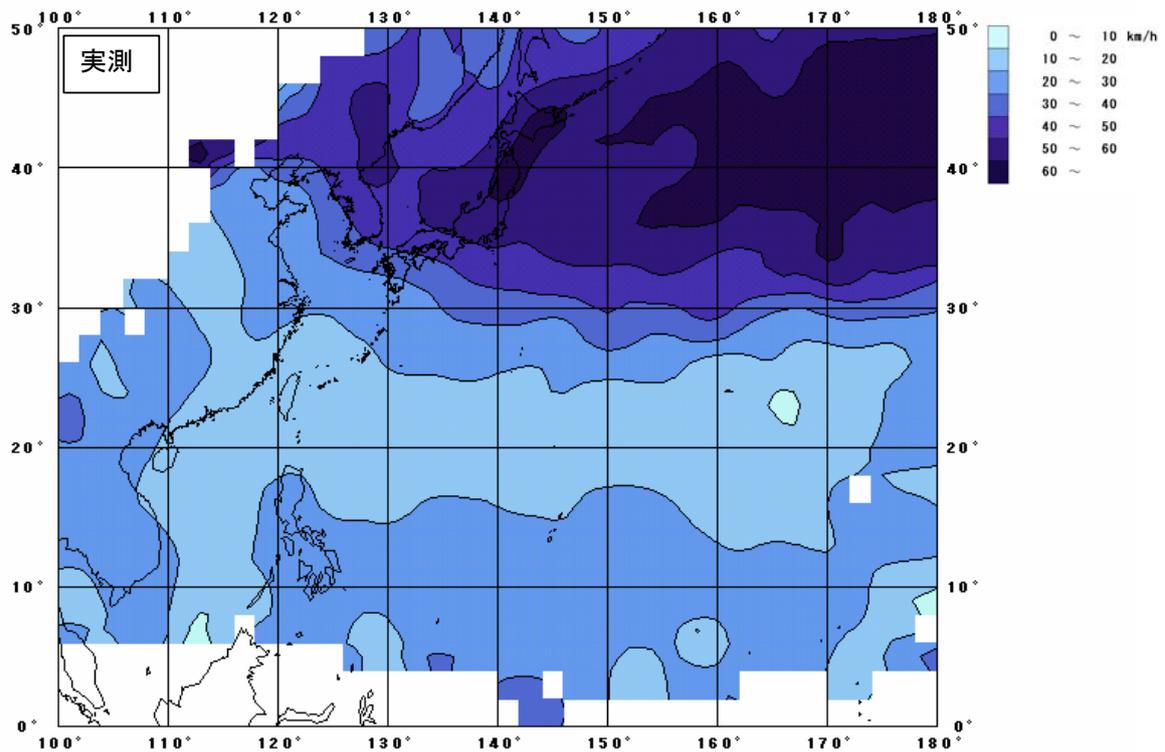


図-11 台風の移動速度の平均値

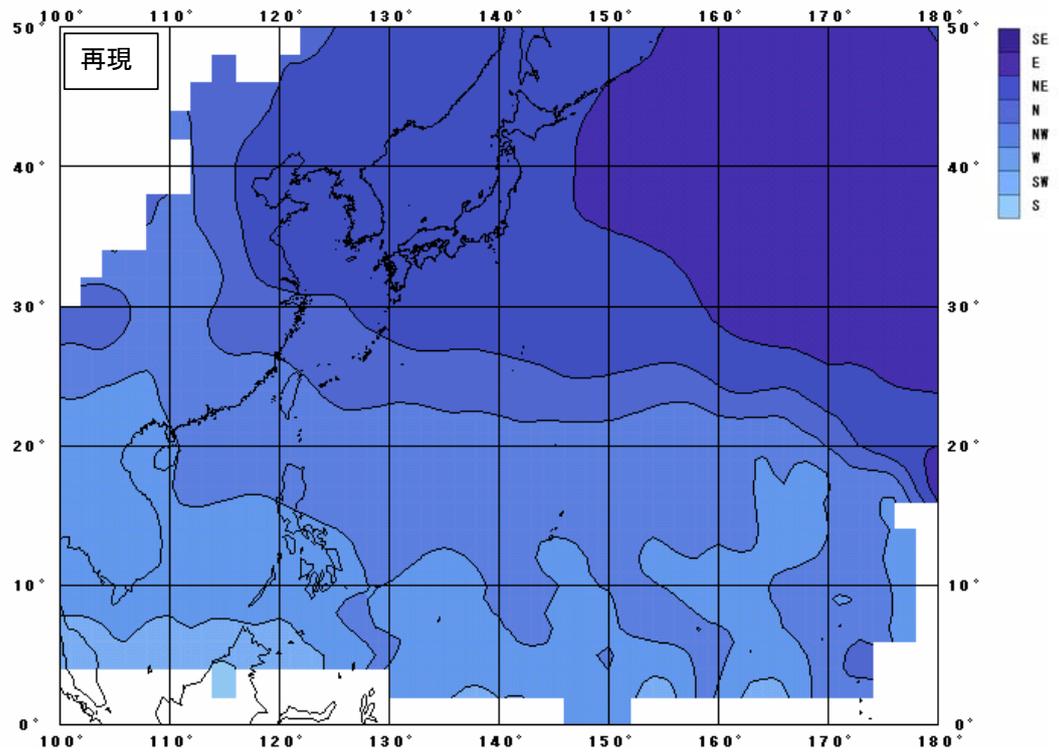
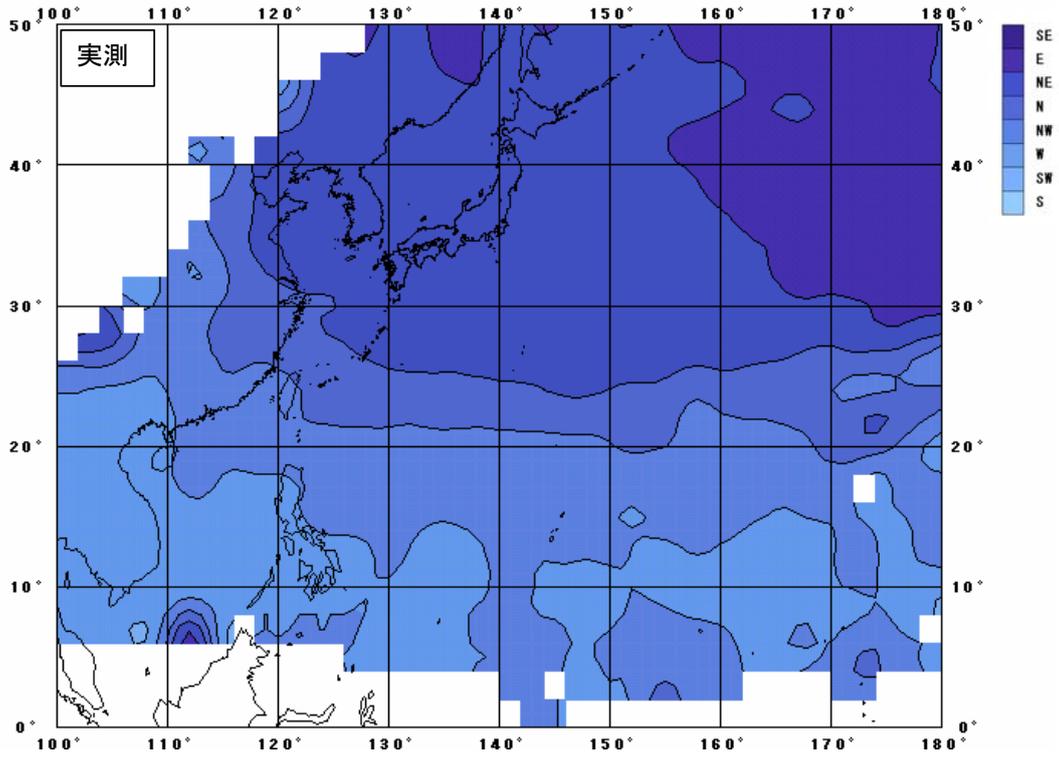


図-12 台風の移動方向の平均値

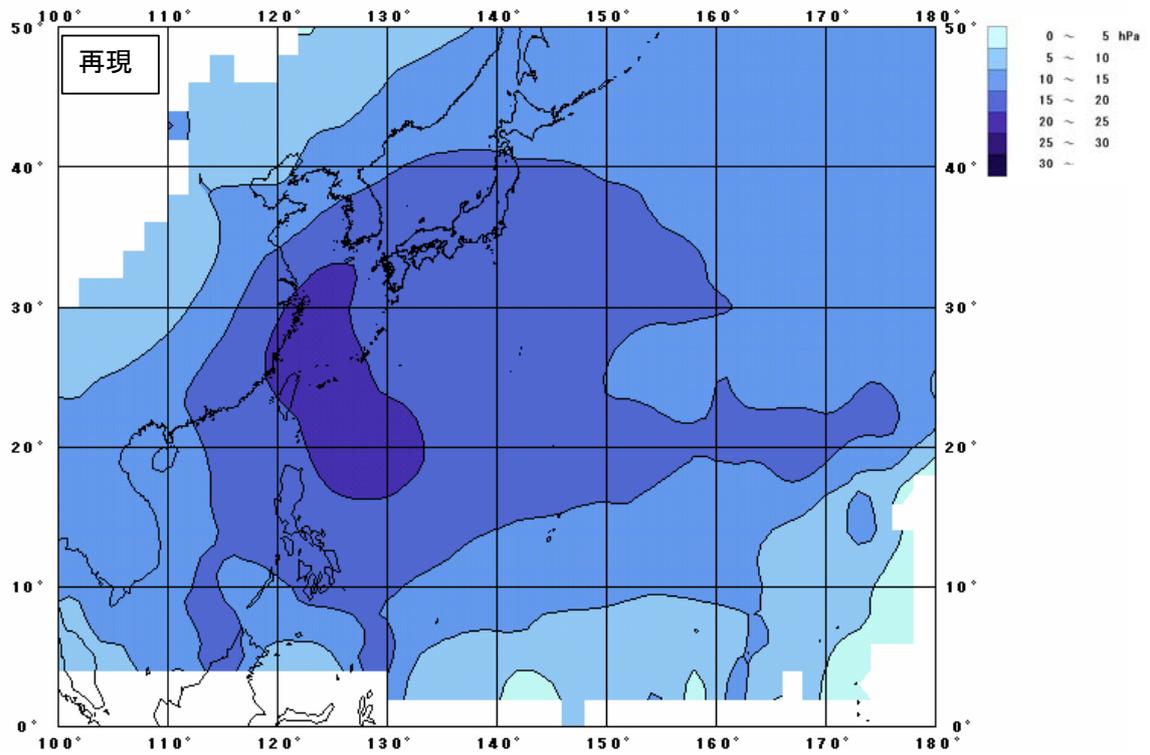
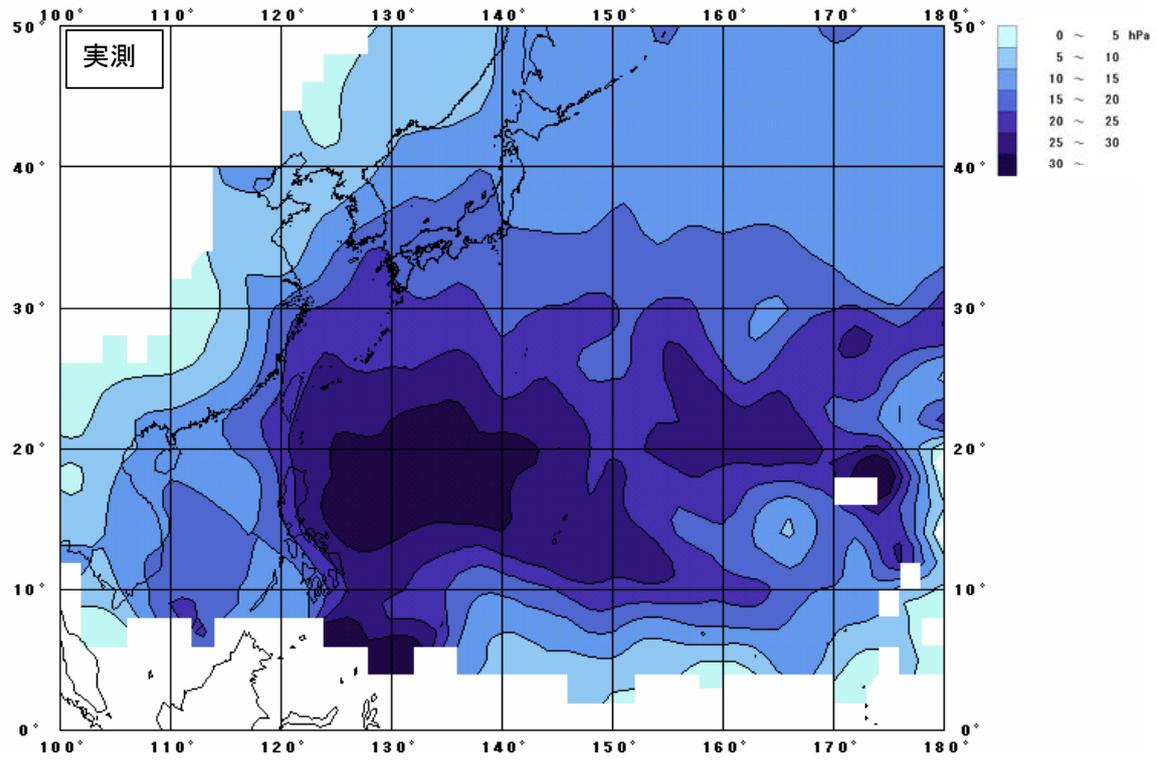


図-13 台風の中心気圧の標準偏差

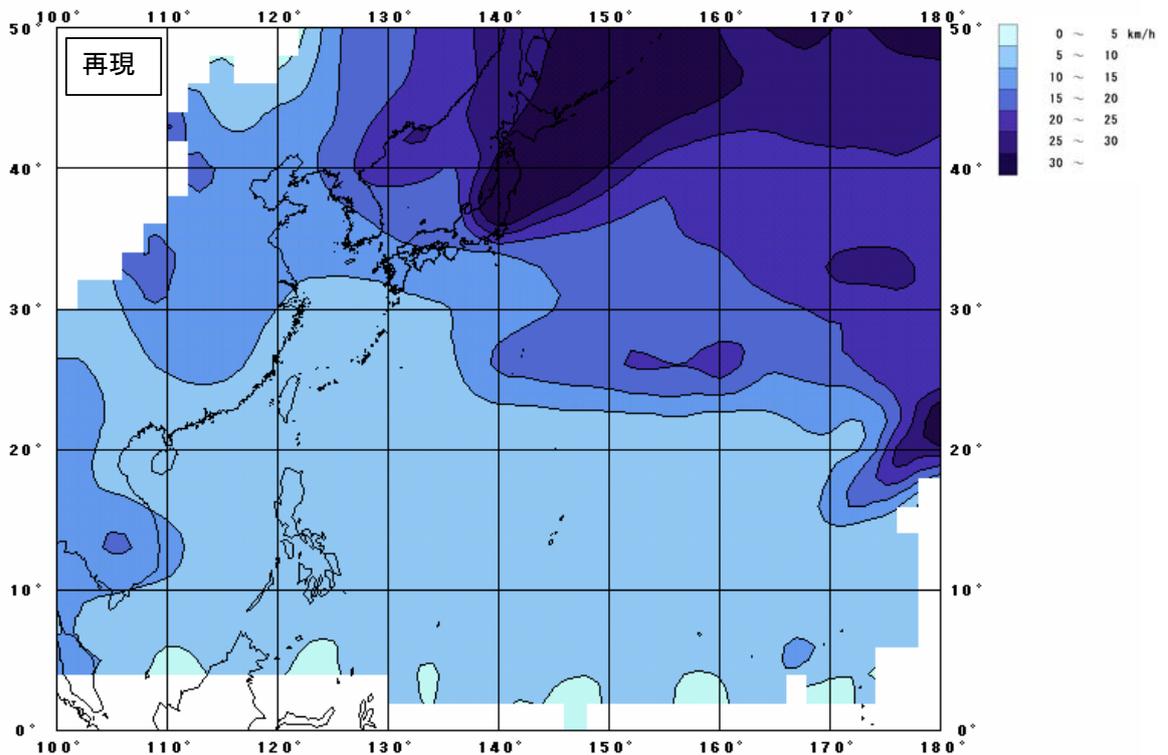
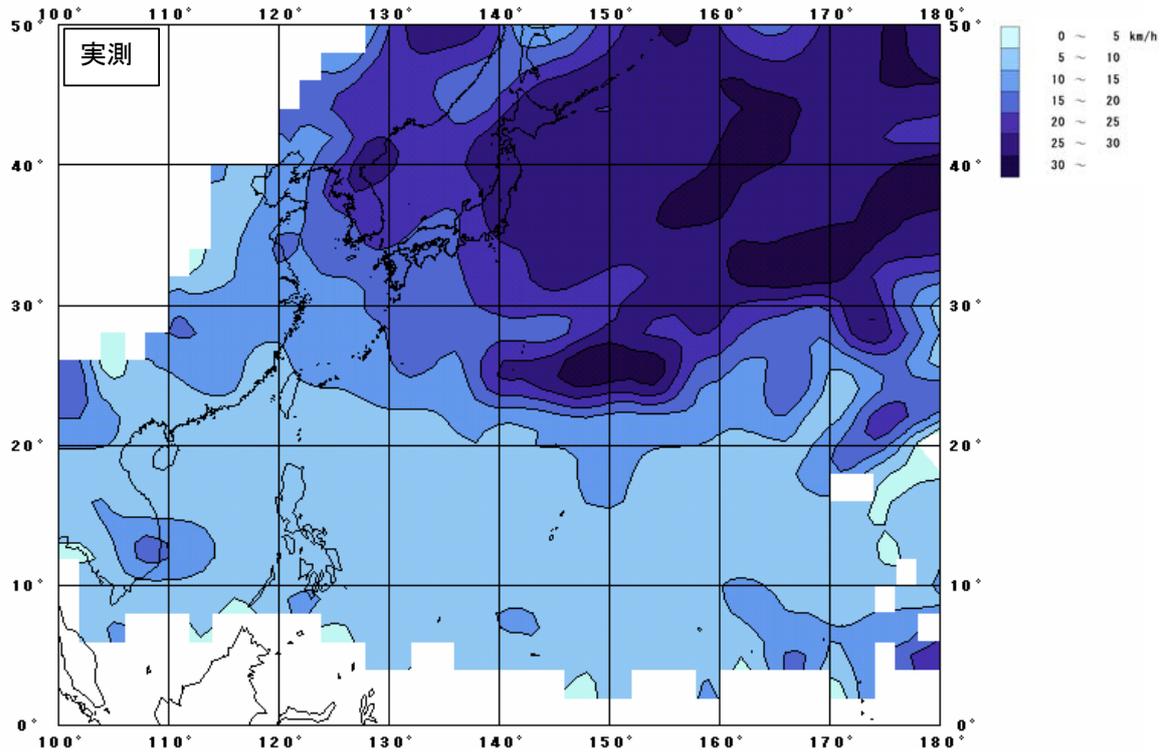


図-14 台風の移動速度の標準偏差

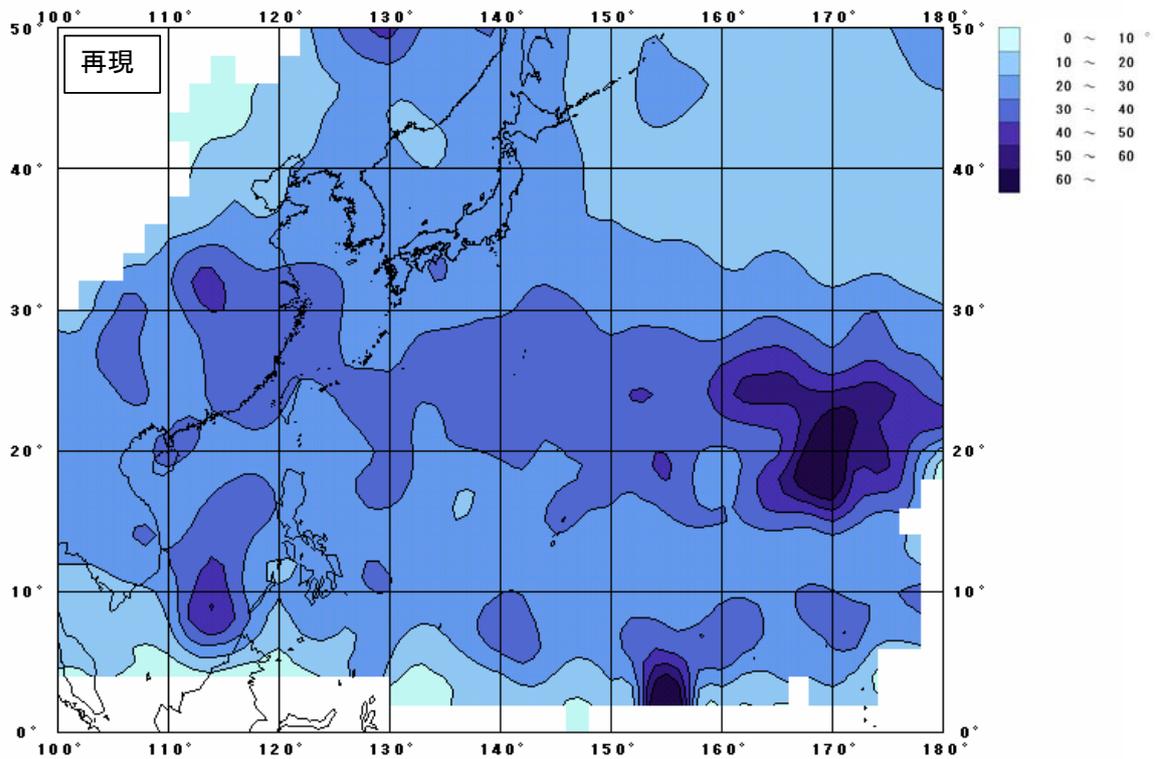
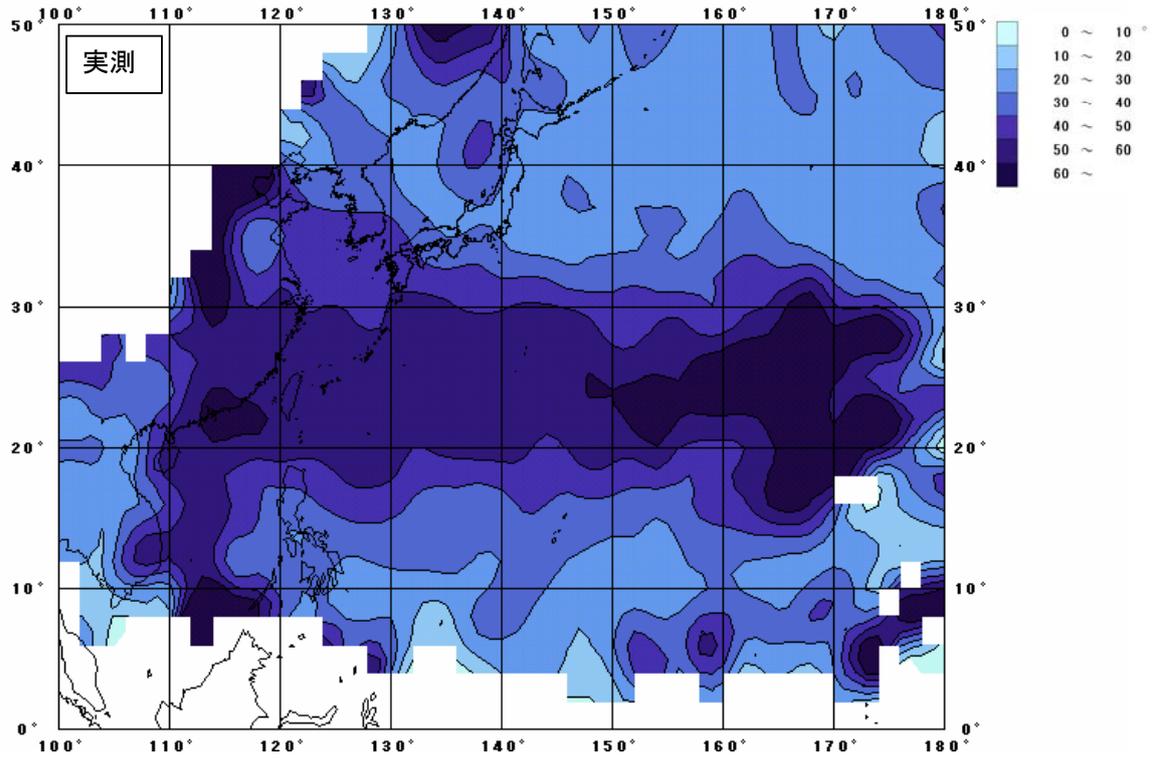


図-15 台風の移動方向の標準偏差