

防災科学技術研究所における台風とその災害に関する研究

下川信也*・飯塚 聡*・栢原孝浩*・鈴木真一*

Studies on Typhoons and their Disasters in NIED

Shinya SHIMOKAWA, Satoshi IIZUKA, Takahiro KAYAHARA, and Shinichi SUZUKI

**Project for "Study on Long-term Prediction of Typhoon Disaster"*

Storm, Flood, and Landslide Research Department,

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan

simokawa@bosai.go.jp, iizuka@bosai.go.jp, kayahara@bosai.go.jp, ssuzuki@bosai.go.jp

Abstract

We have studied continuously on typhoons and their disasters in NIED since its founding. At present, we conduct a project for "study on long-term prediction of typhoon disaster", which is consisted of developments of two databases for typhoon disaster and coastal disaster, and studies on numerical simulation of coastal disaster and maximum potential intensity of typhoon. The object of our project is to offer basic information of typhoon and its disaster, and predict possible change of typhoon disaster by climate change such as global warming. The Isewan typhoon gave great damage to the Chubu region by the high tide. In this paper, we present, in detail, database and numerical simulation related to the high tide.

Key words : Typhoon disaster, Long-term prediction, High-tide, Sea level change, Numerical simulation

1. これまでの研究

本研究所は、もともと伊勢湾台風による甚大な被害を契機として、国の防災対策の真剣な再検討の結果、防災科学技術を総合的に研究する機関として設立された。そのため当研究所では、設立当初から継続的に、台風とその災害に関わる研究を行ってきた(防災科学技術研究所, 1993, 2009)。

1965年には台風による高潮等の沿岸災害をもたらす様々な自然要因を探求し沿岸防災科学技術の総合的推進を図る目的で、神奈川県平塚市海岸沖に波浪等観測塔が開設された。これまで潮位等の観測が継続的に行われている(2009年7月1日に東京大学に移管)。

また、1980年代後半から1990年代初頭にかけては、国際的に温暖化問題に対する関心が急速に高まり、本研究所でも「全球水文過程における災害予測に関する研究(1991年から2000年)」、「気候変動に関わる気象・水災害予測に関する研究(2001年から2005年)」が実施された。その過程において、1992年にはスーパーコンピュータを導入し、大気海洋結合モデルを使って、台風活動

と数十年スケール変動との関係解明(Matsuura *et al.*, 1999, 2003)やインド洋のダイポールモード現象の再現(Iizuka *et al.*, 2000)などにおいて研究成果をあげてきた。

2. 台風災害の長期予測に関する研究

世界の巨大自然災害は近年増加傾向にあるが、その中で台風災害の占める割合は、災害発生数で約40%、死者数で約36%、経済的損失で約39%、保険損害で約81%と非常に大きい。これらの数字は、死者数を除き、自然災害(地震、津波、噴火、洪水等)の中で最大のものである(1951-2006年の統計に基づく)。

日本においても毎年数個の台風が上陸し各地に大きな被害をもたらしている。近年では2004年に観測史上最多の10個の台風が日本に上陸したことは記憶に新しい。特に2004年の台風22号は、死者7名、行方不明者2名、負傷者166名の人的被害、保険金支払総額で207億円に相当する経済的被害など日本各地に大きな被害をもたらした。

2004年の台風の上陸数の増加は、温暖化の影響かなど

*独立行政法人 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部 「台風災害の長期予測に関する研究」プロジェクト

とも騒がれたが、その後その傾向は続かず、ここ数年の上陸数は平年並みであり、2008年の上陸数は0個であった。このことからわかるように、台風の活動度が長期的に見てどのように変化するか、それらの変化が温暖化とどのような関係にあるのかといったことに正確に答えることは、現在の科学的知見では、非常に難しい。しかし、それゆえ台風災害の長期予測という課題は、災害による被害に備えるという実用的な観点からのみならず、科学的な観点からも非常にチャレンジングな課題である。

そこで、現在、当研究所では、「台風災害の長期予測に関する研究」を行っている。まず、台風災害とその被害に関する基礎情報の提供と科学的知識の理解や啓発という観点から、当研究所では、台風災害データベースと沿岸災害危険度マップの二つのデータベースの開発を行っている。

台風災害データベースは、1951年以降の台風の経路や勢力、台風接近・上陸時の気象状況や被害発生状況に関する情報を一元的に管理し、各種検索条件のもとに情報を視覚的に表示できるようにしたものである(図1)。このデータベースの情報をもとに地域(都道府県、または、市町村)毎の被害の長期変化傾向等の解析も行っている。

沿岸災害危険度マップ(詳細については3節参照)は、高精度の海岸線標高データを活用し、自分の住んでいる場所の標高が海岸線から何mの高さにあるか、将来の温暖化による海面上昇時にどうなるか、その地域には過去にどのような災害があったかなどの情報を視覚的に表示できるようにしたものである(図2)。このデータベースの情報をもとに沿岸災害に弱い地域の抽出等の解析も行っている。

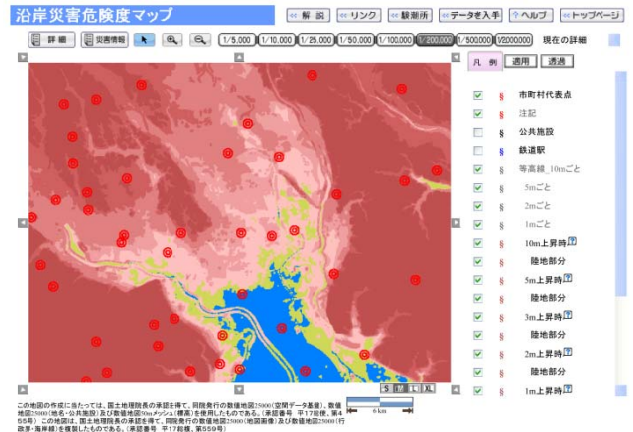


図2 沿岸災害危険度マップの画面の例。このデータベースは Web 上で一般に公開されている。
(<http://engan.bosai.go.jp>)

Fig. 2 A screenshot of database for coastal disaster.

This database is opened on the following web site;
<http://engan.bosai.go.jp>.

さらに、当研究所では、温暖化等の沿岸災害予測モデルを用いた数値実験と台風の最大可能強度の二つの研究を行っている。前者が、ある特定の台風の風速の変化とその高潮への影響を調べることを目的としているのに対し、後者は、ポテンシャルとしての台風の強度のグローバルな分布の変化を調べることを目的としている。両者の結果を相補的に使うことによって、台風災害の長期予測について、より有効な情報を得ることができる。

沿岸災害予測モデルを用いた数値実験の研究(詳細については4節参照)では、過去の代表的な台風による高潮被害の再現実験とその温暖化時における変化の評価実験を行っている。例えば、2004年の台風16号では、実際の海面水温を与えた場合と温暖化時の海面水温を与えた場合を比較すると、温暖化時には、台風の目の周辺で風速が2-3割程度、最も高潮被害の大きかった高松市で潮位が50cm程度大きくなる可能性がある(図3)。

台風の最大可能強度の研究では、NCEP等の客観解析データやIPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change: 気候変動に関する政府間パネル)等の温暖化数値実験結果を用いて、現在気候時と温暖化時で理論的に発達する台風の最大の強度の評価を行っている(Shimokawa *et al.*, 2007)。温暖化により一般に台風の強度(最大可能風速)は増大するが、その数値モデルによる差は非常に大きく不確実性が高い(図4)。このことは、温暖化実験の信頼性と共に今後検討されるべき大きな課題の一つである。

3. 沿岸災害危険度マップ

2004年のインド洋津波、2005年8月末のハリケーン・カトリーナや2007年11月の大型サイクロン・シドルによる高潮被害など、未曾有の沿岸災害が21世紀になって

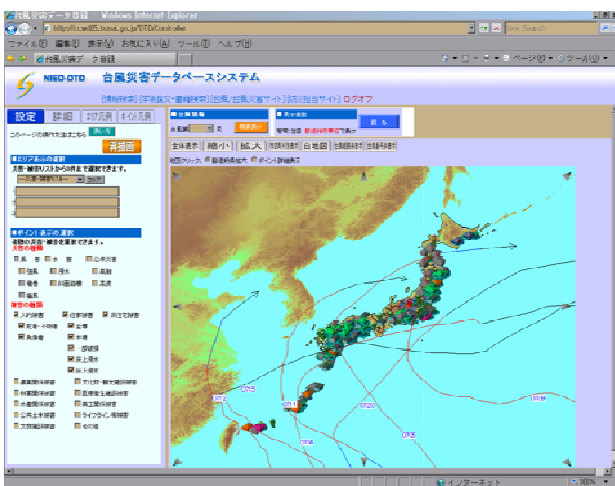


図1 台風災害データベースの画面の例。このデータベースは Web 上で一般に公開されている。
(<http://ccwd05.bosai.go.jp/DTD>)

Fig. 1 A screenshot of database for Typhoon disaster.

This database is opened on the following web site;
<http://ccwd05.bosai.go.jp/DTD>.

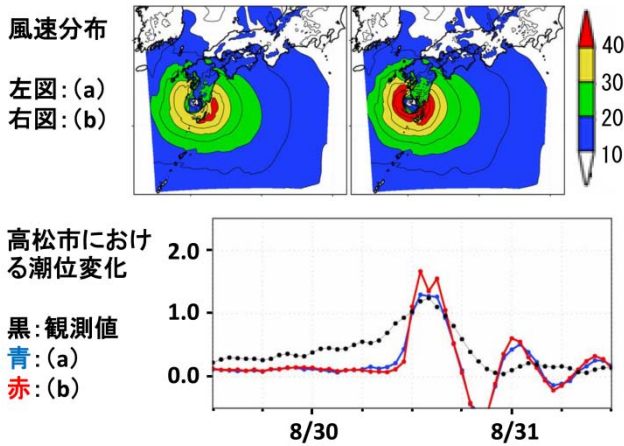


図3 2004年の台風16号(T0416)による高潮被害の数値実験結果。(a)実際の海面水温を与えた場合と(b)温暖化時の海面水温を与えた場合の風速分布(上図:単位m/s)と高松市における潮位変化(下図:単位m)。

Fig. 3 Results of numerical simulation of high-tide by T0416. wind speed distribution (unit: m/s; upper) and tide height change (unit:m; lower) for (a) sea surface temperature at present, (b) sea surface temperature on global warming.

も世界各地で発生している。日本においても、2004年台風16号による高松市での高潮による浸水被害など依然として大きな沿岸災害が起きている。また、規模の大きな災害ばかりが目立っているために印象が薄くなりがちであるが、これら以外にも夏から秋の大潮時に西日本を中心とした異常潮位が観測されている。

沿岸災害の危険性の推定に際しては、主として、「災害の大きさ」と「地域の脆弱性」という二つの要素を考慮する必要がある。災害の大きさとは、例えば温暖化などにより台風の勢力が大きくなれば高潮・高波などによる浸水被害も大きくなる可能性があることを言う。一方、地域の脆弱性とは、同じ強さの台風が来ても、住んでいる地域の標高の高低により浸水被害は大きく異なる可能性があることを意味している。

2007年にIPCCが発表した第4次評価報告によると、人為的な温暖化に伴い21世紀中に地球全体で平均海面水位は18~59cm上昇すると予測されている。したがって、温暖化により海面が上昇すれば、今までと同程度の高潮などが起きたとしても沿岸域での浸水被害の可能性は増加することになる。特に、沿岸域に人口や重要な構造物の集中が見られるわが国では、これは大きな問題である。

しかし、IPCCの予測はあくまで地球全体の平均値であり、過去の記録の解析では温暖化に伴って海面が上昇した地域もあれば下降した地域もあることがわかっている。さらに、そのような解析においては、相対的な海面の変化のみ調べられており、温暖化と結びつく海洋起源による海面の変化と地殻変動に伴い生じる海面の変化との分

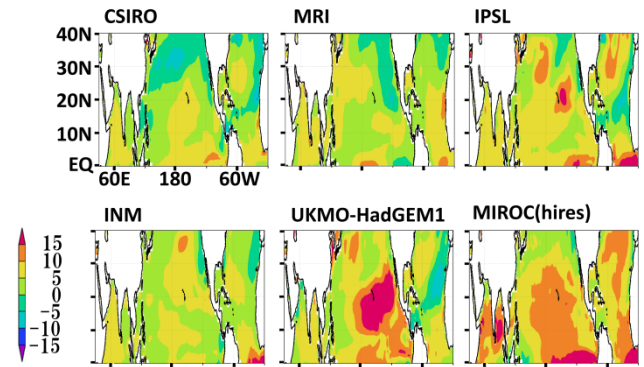


図4 温暖化時と現在気候時との台風の最大可能強度(最大可能風速)の差の分布(単位m/s)。IPCCの6機関(各図の左上に略称を示す)の数値モデルによる海面水温を外力として用いた数値実験結果から計算した。(6機関の正式名称は以下の通りである(括弧内は各機関の所在する国名))。

Fig. 4 Difference of maximum potential intensity (maximum potential wind speed) of typhoon between the present climate case and the global warming case. These are calculated from the results of numerical simulations by using IPCC's results as the forcing. The organizations for IPCC's results we used above are in the followings; CSIRO : Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Australia), INM : Institute of Numerical Mathematics of Russian Academy of Sciences (Russia), MRI: Meteorological Research Institute (Japan), UKMO : UK Meteorological Office (England), IPSL : Institute Pierre Simon Laplace (France), MIROC : Model for Interdisciplinary Research On Climate (Japan).

離を明確にした上での調査は行われていない。

それでは、日本の現在の状況はどうなっており、将来はどのように変化してゆくのか?このような疑問に答えるため、沿岸災害危険度マップは作成された。このマップは、津波・高潮・高波・異常潮位などの沿岸災害に対する地域の脆弱性をわかりやすく示すのが主要な目的である。具体的には、以下3点の予測・試算、あるいは既存災害資料の提示を試みている。

- 1) 沿岸災害による浸水予測のベースライン(基礎データ)となる海岸線(最大満潮時の陸域と海域の境界)の現状と2050年までの予測を地図上に表示
- 2) 海面上昇によって影響を受ける人口・浸水面積・重要構造物の位置を表示
- 3) 過去に起こった沿岸災害の事例を表示

沿岸災害危険度マップを使うと、自分の住んでいる地

域が現在どのような状況にあり、過去にどのような災害に遭ったことがあるのか、また将来的にどのような危険性が予測されるのかを WebGIS を用いてインタラクティブ的な操作で知ることができる。沿岸災害危険度マップには、過去の検潮記録、測量記録などから日本列島に見られる活発な地殻変動に伴う地盤の上下動を詳細に数値解析し、それに基づく今後数十年間に渡る海水位の変化予測 (岩崎ら, 2002; Iwasaki *et al.*, 2008) に加え、特に人口の集中する平野部の市街地における海岸線の位置、浸水範囲、およびその他沿岸災害に対する影響を定量的に推定した結果が掲載されている。

図5は、名古屋市周辺の様子を示したものである。画面上では、現在および将来の海岸線の他に、海水位が現在よりも1, 2, 3, 5, 10m 上昇した場合の浸水域も表示される。一方、図6は高松市周辺における海岸線及び1, 2, 3, 5, 10m 上昇した場合の浸水域を示したものである。高松市周辺では、2004年8月末に2m弱の高潮による浸水被害があったが、実際の浸水域はこの図の2m 上昇した場合の浸水域とほぼ一致していることがわかる。このように、数値実験等により高潮などによる水位変化が事前にわかれば、沿岸災害危険度マップは、どの範囲で浸水の危険が生じるかを予測することができるので、防災対策に対して有用なツールになることが期待できる。

4. 過去の台風とその高潮災害の再現実験及び温暖化影響実験

「温暖化した際に台風はどう変質するか?」という問題は数値実験によっていくつかの視点から研究が進められている。大雑把に言って、二つの方向性がある。

一つは地球全体の大気を数値モデルで表現し、温暖化した地球を作り出して季節進行も再現し、その中で発生した台風を解析する、という方法である (Sugi *et al.*, 2002; Oouchi *et al.*, 2006)。この方法は、温暖化という現象も台風という現象も同時に表現しているという利点を持ち、温暖化が進むと台風の数は減るが、その中でも強い台風の数は増える、という結果が出ている。しかし、「温暖化した際に台風はどう変質するか?」という疑問に正確に答えるには、多くのハードルがある。数値実験に使う地球の大気全体を扱う数値モデル (GCM: General Circulation Model) は、計算機の能力の問題から、あまり空間分解能を上げることはできない。

海洋研究開発機構で開発されたNICAM (Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model) では、最も細かい計算で水平解像度が3.5kmで計算が行われているが、台風の再現の実験では17kmの水平解像度で計算を行っている。台風を構成している雲の水平スケールは数km以下であるから、個々の雲を分解した計算であるとは言いにくい。また、現在の実際の台風の挙動をみても、発生数や日本への上陸数などについて年ごとにばらつきがあり、現在と温暖化した際の比較をするには、数年以上、できれば数十年分の数値実験データが必要であるが、詳細な計算になればなるほど、長期間のデータを作成するのは困難

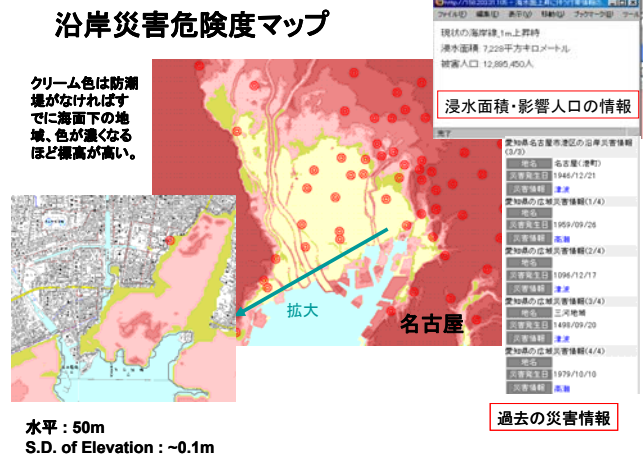


図5 名古屋市周辺での沿岸災害危険度マップの表示画面

Fig. 5 A screenshot of database for coastal disaster around Nagoya City.



図6 高松市内周辺での沿岸災害危険度マップの表示画面(上図)と2004年台風16号による高潮による浸水被害域(右下図)および浸水被害時の写真(左下図)。

Fig. 6 A screenshot of database for coastal disaster around Takamatsu City (upper) and the flooded area by high-tide caused by T0416 (lower right) and the photo (lower left).

になってくる。また、IPCCの温暖化予測においても複数のモデルの結果を勘案しているように、モデルごとの結果のばらつきも存在し、決定的な結果を得ることは困難である。例えば大西洋のハリケーンについて、従来のGCMの結果では温暖化に伴って頻度が上昇するとされていたが、GCMの結果をもとにした領域モデルで数値計算を行うと、むしろ頻度が下がる、という結果もある(Knutson *et al.*, 2008)。また、モデルで発生している台風の統計的な強度についての再現性もまだ充分ではない(Yoshimura *et al.*, 2006)。

もう一つの方法として、温暖化した大気/海洋の状態を抽出し、現在の典型的な状態と将来の典型的な状態でそれぞれ台風を成長させ、発達具合を比較する、という方法がある。この方法では領域を狭くできるので、比較的細かい空間分解能で台風の数値実験を行うことができる。Knutson and Tuleya (2004)では、まだ水平分解能が9 kmであるが、この主旨での数値実験を行っている。温暖化が進んだ状態では、海面温度(SST: Sea Surface Temperature)の上昇、対流圏上層を中心とした気温の上昇、水蒸気量の上昇、などの特徴がみえるが、このうちSSTの上昇は台風の強度を上げるが、気温の上昇は雲の発達を抑える方向にあり、むしろ台風を弱める。この方法の欠点は、台風の数などの統計的な議論のできないことである。

ここで紹介する我々の研究は、「地球温暖化が進んだ場合、ある(一つの)台風の被害はどれくらい大きくなるか」を考察するという意味では後者の方法に近いが、それを理想的な条件でなく現実的な事例に対して行う点が異なる。我々の研究では、GCMの温暖化予測の計算結果も用いるなど、前述の様々な実験の要素を取り入れつつ、過去に高潮の被害をもたらした事例を選んで、地球温暖化が進んだ場合にその高潮がどの程度大きくなる可能性があるかを推定するための実験を行う。より具体的には、まず、過去の事例の数値実験を行い、ある程度の再現に成功することを確認する。次に、温暖化した場合の変化要素のうち、明らかに台風の強化に影響を与えるSSTの上昇だけを加味して実験を行う。つまり、予測されるSSTの上昇分を再現実験で用いたSSTに加え、同様の数値実験を行う。その際、大気境界値や初期値は変化させない。それぞれの実験から得られた海面気圧と海面風を使って、海面水位の変動を計算し、高潮の評価を行う。このような手法では、結果を一般化しにくいという欠点があるが、実際の事例を対象にしていることで、具体的な対策の際の参考にしやすいという利点がある。

一つ目の例は2004年の台風16号(T0416)である(鈴木他, 2008)。この台風は2004年8月19日にマーシャル諸島付近で発生し、30日09時(日本時間)には中心気圧950 hPa 最大風速40m/sで鹿児島県に上陸した。九州を縦断したあと山口県に再上陸、日本海側を岸沿いに北上して北海道を縦断した。その際に、瀬戸内海で香川県や岡山県を中心に床上/床下浸水などの高潮被害をもたらした、6名の死者が出た。

計算にあたっては、大気モデルには、名古屋大学で開発されたCReSS (Tsuboki and Sakakibara, 2002)を用いた。計算領域は西日本を覆う領域とし、水平解像度は2km、鉛直は50層、最下層の層厚は50mとした。大気の水平境界条件は気象庁のMSM (Meso Scale Model)による解析値を6時間毎に内挿した。初期値は2007年8月27日00Zで5日間の積分を行った。モデルの地形はUSGS (U. S. Geological Survey)のGTOPO30とGLCCを用いて、海陸分布及び5種類の土地を与えた。

海洋モデルには、プリンストン大学で開発されたPOM (Princeton Ocean Model, Blumberg and Mellor, 1987)を用いた。計算領域は瀬戸内海を覆う130.8E-135.0E, 32.0N-34.8Nとし、水平解像度は0.02度、鉛直は10 σ レベルとした。海底地形はJODC (Japan Oceanographic Data Center)の500mメッシュ水深データを利用した。海洋モデルを駆動する外力として海面応力、海面気圧をそれぞれ1時間毎に出力した。SSTの初期値には気象庁のMGDSSTを用いた。SSTの上昇分には、国立環境研、東京大学気候システム研究センター、海洋研究開発機構が共同で開発した大循環モデルMIROCで計算された、2080-2099年の8-9月の気候値と1980-1999年の8-9月のSSTの差を用いた。二酸化炭素の排出シナリオはSRES-A1Bである。このモデルで計算されたSSTの上昇量は他のモデルよりも大きく、西太平洋では最大で4度程度上昇している(IPCC, 2007)。

計算結果の例を図3に示す。風速分布の図はモデルの時刻で30日午前9時(日本時間)の再現実験(a)と温暖化影響実験(b)での地表面/海面風速分布である。特に中心付近で2-3割の風速の増加が見られる。一方で、台風の大きさ(最大風速半径や風速20m/sの範囲の広さなど)はあまり違いが見られない。図7は計算期間中の潮位偏差の最大値を示したものである。再現実験では岡山から淡路島付近で潮位が高いが、温暖化影響実験ではその付近及び周防灘や大阪湾でも潮位が上昇し、最大で50cm以上潮位が上昇する。

同様の計算を、1999年台風18号(T9918)に対しても行った。この台風は沖縄の南海上で発生し、熊本県北部に上陸、中国地方西部を通過して日本海へ抜ける経路をとった。この台風に関連して死者は31名出ており、このうち熊本県不知火町では高潮によって12名が亡くなった。この台風を再現するにあたって、1999年は気象庁のMSMは稼動していなかったため、同じく気象庁のJRA25の再解析データを境界値及び初期値として用いた。しかし、JRA25の水平解像度は1.25度と粗いため、オクラホマ大学で開発されたARPS (Advanced Regional Prediction System, Xue *et al.* 2000, 2001)を用いて、水平解像度20kmで台風の再現実験を行い、再度ARPSで再現された大気データを境界値/初期値としてCReSSを用いて水平解像度2kmの計算を行った。ARPSを用いた理由は、水平解像度20km程度の場合に雲を表現するのに適した降水過程の計算手法(積雲パラメタリゼーション)を含んでいるからである。

水平風速の分布を図8に示す。T0416の場合と同様に、中心付近で2-3割程度の風速の増加が見られる。この計算に基づいた潮位偏差の水平分布を図9に示す。再現実験では周防灘と有明海で2-2.5m程度の潮位偏差になっ

ているが、これが温暖化影響実験ではほぼ倍程度の値になっている。これはこのケースでの風向きが湾での潮位の上昇に効率的であったと推測される。

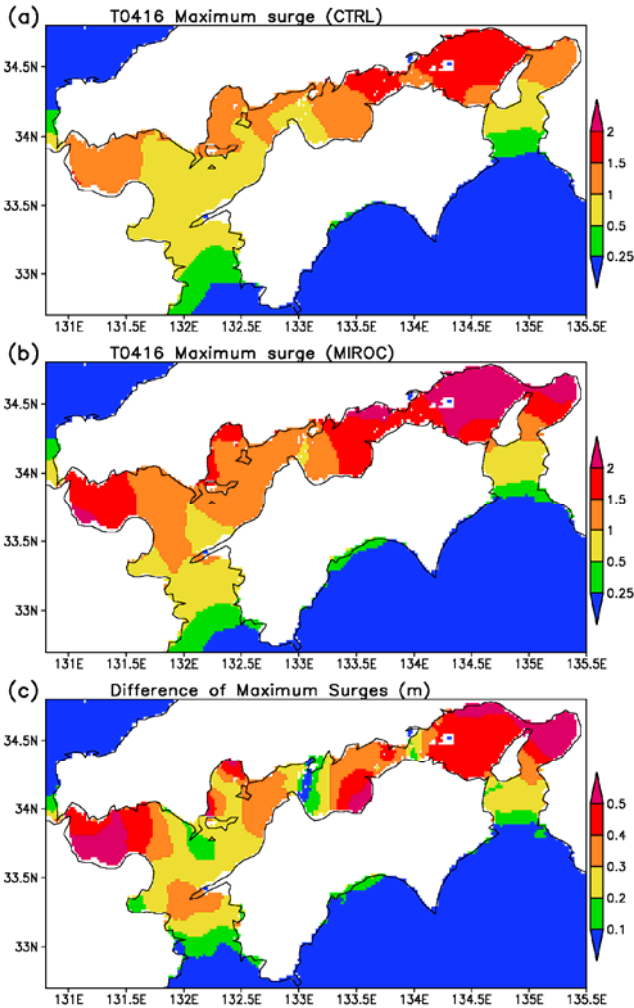


図7 T0416の数値実験における潮位偏差の最大値の分布。上から(a)再現実験、(b)温暖化影響実験、及び(c)その両者の差(単位はm)。

Fig. 7 Distributions of (a) maximum tide-level change for the reproduction case of T0416, (b) that for the global warming case, and (c) the difference (unit: m).

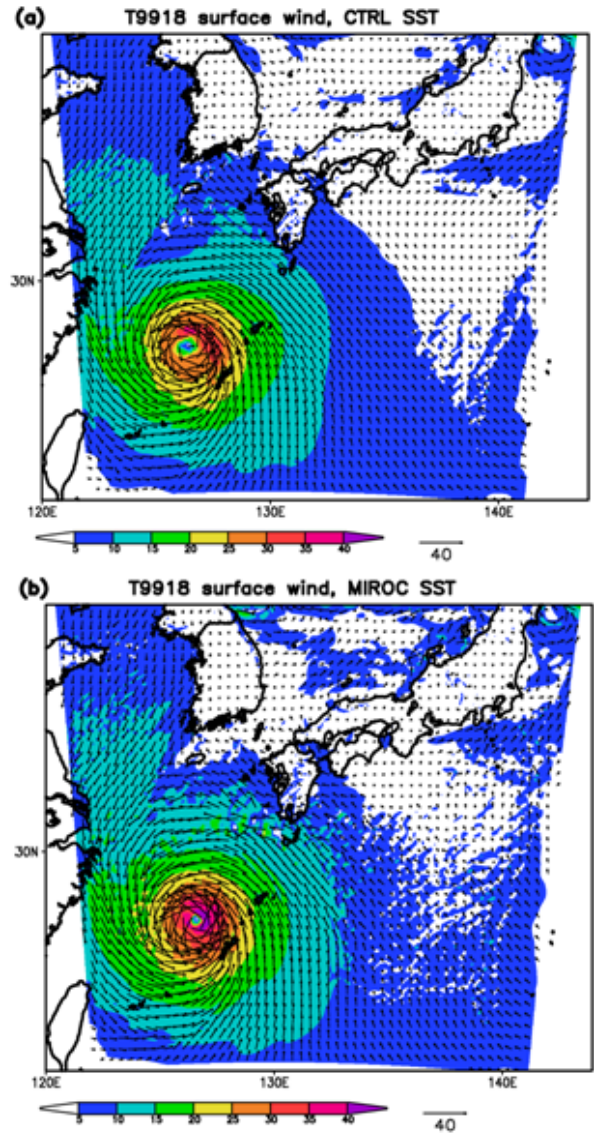


図8 T9918の(a)再現実験と(b)温暖化影響実験における9月23日09時(日本時間)の地表面での風速分布(単位はm/s)。

Fig. 8 Distributions of surface wind-speed at 9 am on 23 September for (a) the reproduction case of T9918 and (b) the global warming case (unit: m/s).

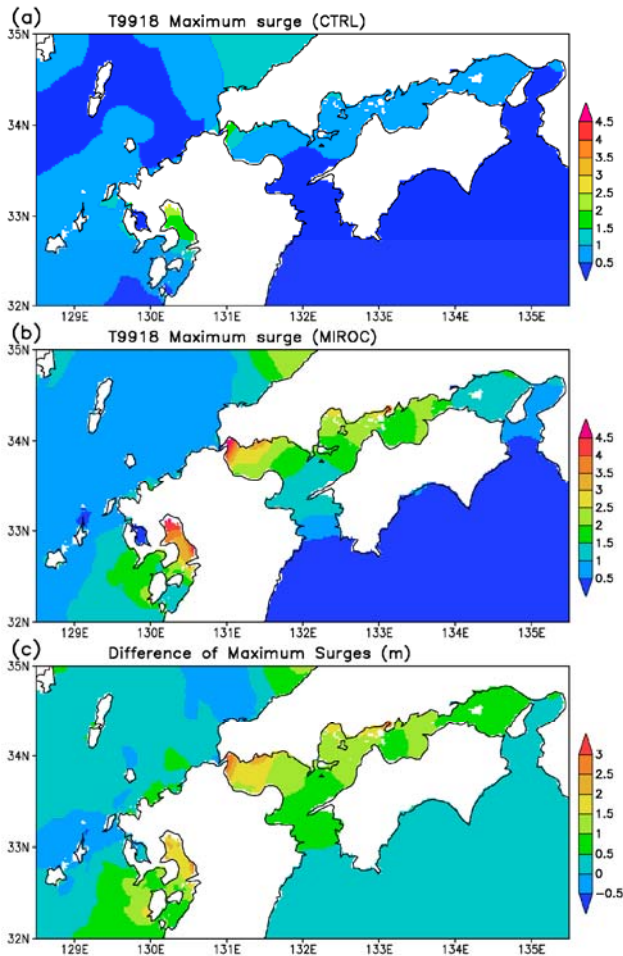


図9 T9918の数值実験における潮位偏差の最大値の分布。上から(a)再現実験、(b)温暖化影響実験、及び(c)その両者の差(単位はm)。

Fig. 9 Distributions of (a) maximum tide-level change for the reproduction case of T9918, (b) that for the global warming case, and (c) the difference (unit: m).

5. まとめ

防災科学技術研究所でこれまでおこなってきた台風とその災害に関する研究と、現在行っている「台風災害の長期予測に関する研究」プロジェクトの概要を紹介した。特に、伊勢湾台風でも大きな被害をもたらした高潮に関わる沿岸災害危険度マップと沿岸災害予測モデルを用いた数值実験については、詳しく述べた。数值実験等により高潮などによる水位変化が事前にわかれば、沿岸災害危険度マップにより、どの範囲で浸水の危険が生じるかを予測することができるので、それは防災対策に対して有用なツールになることが期待できる。また、沿岸災害予測モデルの事例として、2004年の台風16号と1999年の台風18号についての再現実験と温暖化影響実験を行い、いずれの場合も、温暖化すると(程度の差はあるが)、

高潮被害が増大する可能性を示した。

実は、この特集号に際して、伊勢湾台風についても同様の計算を試みたが、数值モデルの中で台風は発達せず、再現することができなかった。これは、数值実験における境界値/初期値として使われる再解析データに問題があるように思われる。その理由として、再解析データの分解能が低いので、比較的空間スケールの小さい台風のもとになる初期渦が十分に表現されていないこと、1979年以前のデータは再解析を行う上で有力なデータである衛星のデータもなく、台風よりも一回り大きいスケールの循環の再現性にも疑問が残ること、などが考えられる。これらは、今後の検討課題としたい。

参考文献

- 1) Blumberg, A.F. and G.L. Mellor (1983): Diagnostic and prognostic numerical circulation studies of the South Atlantic Bight, *J. Geophys. Res.*, 88, 4579-4592.
- 2) 防災科学技術研究所 (1993): 創立三十周年記念誌.
- 3) 防災科学技術研究所 (2009): 防災科学技術研究所45年のあゆみ, 防災科学技術研究所研究資料, No. 327.
- 4) Iizuka, S., T. Matsuura, and T. Yamagata (2000): The Indian Ocean SST dipole simulated in a coupled general circulation model, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 3369-3372.
- 5) IPCC (2007): IPCC FOURTH ASSESSMENT REPORT, Working Group I Report "The Physical Science Basis", <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>.
- 6) 岩崎伸一・松浦知徳・渡部勲 (2002): 地殻変動を除去した長期海水位変動と海面水温の関係-本州沿岸域-, *海の研究*, 11(5), 529-542.
- 7) Iwasaki, S.-I., W. Sasaki, and T. Matsuura (2008): Past Evaluation and Future Projection of Sea Level Rise Related to Climate Change around Japan, *J. Disaster Research*, 3, 119-130.
- 8) Knutson, T.R. and R.E. Tuleya (2004): Impact of CO₂-induced warming on simulated hurricane intensity and precipitation: Sensitivity to the choice of climate model and convective parameterization, *J. Climate*, 17, 3477-3495.
- 9) Knutson, T. R., J. J. Sirutis, S. T. Garner, G. A. Vecchi, and I. M. Held (2008): Simulated reduction in Atlantic hurricane frequency under twenty-first-century warming conditions, *Nature Geoscience*, 1, 359-364.
- 10) Matsuura, T., M. Yumoto, S. Iizuka, and R. Kawamura (1999): Typhoon and ENSO simulation using a high-resolution coupled GCM, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 1755-1758.
- 11) Matsuura, T., M. Yumoto, and S. Iizuka (2003): A mechanism of interdecadal variability of tropical cyclone activity over the western North Pacific *Climate Dynamic*, 21, 105-117, DOI 10.1007/s00382-003-0327-3.
- 12) Oouchi, K., J. Yoshimura, H. Yoshimura, R. Mizuta, S. Kusunoki, and A. Noda (2006): Tropical cyclone

- climatology in a global-warming climate as simulated in a 20km-mesh global atmospheric model: Frequency and wind intensity analyses, *J. Meteor. Soc. Japan*, 84, 259-276.
- 13) Shimokawa, S., T. Kayahara, H. Ozawa, and T. Matsuura (2007): On analysis of typhoon activities from a thermodynamic viewpoint, *Proceedings of AOGS 4th meeting, IWG-11-A0008*.
- 14) Sugi, M., A. Noda, and N. Sato (2002): Influence of the global warming on tropical cyclone climatology: An experiment with the JMA global model, *J. Meteor. Soc. Japan*, 80, 249-272.
- 15) 鈴木真一・佐々木亘・松浦知徳・清水慎吾 (2008): 台風 T0416 に伴う高潮の再現実験と温暖化 SST のもとの数値実験, 日本気象学会 2008 年春季大会講演予稿集, P222.
- 16) Tsuboki, K. and A. Sakakibara (2002): Large-scale parallel computing of Cloud Resolving Storm Simulator, *High Performance Computing*, (published by Springer, Berlin, H. P. Zima, K. Joe, M. Sato, Y. Seo and M. Shimasaki Eds.), 243-259.
- 17) Xue, M., K. K. Droegemeier and V. Wong (2000): The Advanced Regional Prediction System (ARPS) - A multiscale nonhydrostatic atmospheric simulation and prediction tool. Part I: Model dynamics and verification, *Meteor. Atmos. Physics*, 75, 161-193.
- 18) Xue, M., K. K. Droegemeier, V. Wong, A. Shapiro, K. Brewster, F. Carr, D. Weber, Y. Liu, and D. Wang, (2001): The Advanced Regional Prediction System (ARPS) - A multi-scale nonhydrostatic atmospheric simulation and prediction tool. Part II: Model physics and applications, *Meteor. Atmos. Phys.*, 76, 143-166.
- 19) Yoshimura, J., M. Sugi, and A. Noda (2006): Influence of greenhouse warming on tropical cyclone frequency, *J. Meteor. Soc. Japan*, 84, 405-428.
- (原稿受理: 2009年7月10日)

要 旨

本研究所は、これまで設立当初から継続的に台風とその災害に関わる研究を行ってきた。現在は、台風災害とその被害に関する基礎情報の提供と温暖化等の気候変動時に予想される台風災害の長期予測という観点から、台風災害データベースと沿岸災害危険度マップの2つのデータベースの開発、及び、沿岸災害予測モデルを用いた数値実験と台風の最大可能強度の二つの研究を行っている。本特集号のテーマである伊勢湾台風は、中部地方に高潮による大きな被害をもたらした。本稿では、特に、その高潮に関わる沿岸災害危険度マップと沿岸災害予測モデルを用いた数値実験について、詳しく紹介する。

キーワード: 台風災害, 長期予測, 高潮, 海水位変動, 数値実験