

## 41. 日本列島に上陸する台風発生時期の変化に伴うリスク推移の基礎データ整備

外山 亮<sup>1</sup>・伊藤 圭祐<sup>2</sup>・川越 清樹<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>福島大学共生システム理工学類環境システムマネジメント専攻（〒960-1296福島県福島市金谷川1）

<sup>2</sup>福島大学大学院環境システム理工学研究科（〒960-1296福島県福島市金谷川1）

\* E-mail: kawagoe@sss.fukushima-u.ac.jp

本研究では、台風に着目し、現在までの台風の勢力と発生時期の傾向とともに、台風被害額の時期的な傾向を求め、今後のGCM等の将来予測気候情報値との重ね合わせ検討の基礎データ整備に取り組んだ。台風の時期的傾向を把握するため、データセットとして気象庁で記録された1951～2013年の台風データ、国立情報学研究所のデジタル台風：台風画像と台風情報で集計した1994～2013年の台風デジタルデータを利用して現在までの傾向分析を試みた。分析結果として、経年における傾向は明瞭に認められなかったが、強い強度の台風発生 の 早期化の傾向と台風の長寿命化が明らかにされた

**Key Words :** *Global warming, typhoon, disaster damage, adaptation*

### 1. はじめに

IPCC Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptationでは、21世紀中に強い降雨の発生頻度あるいは総降水量に占める強い降雨の割合が世界の多くの地域で増加する可能性を説明するとともに「人の生活やその他の社会経済活動等が極端現象により悪影響を受ける可能性がある場所に存在する」ことを報告している<sup>1)</sup>。日本をある場所と仮定し、強い雨の生じるイベントを考えた場合、「梅雨」、「台風」の存在が挙げられる。梅雨に関しては、亜熱帯高気圧域からの水蒸気輸送に起因し、中国南域から日本列島へ北上するモンスーン前線より強い雨を生じさせる。一方、台風は、北西太平洋の熱帯や低緯度地方より発生する熱帯低気圧であり、17.2m/s以上の風速とともに強い雨を生じさせる。こうした強い雨のイベントは、温暖化に伴う「海洋からの蒸発」「大気中への大量の水蒸気の蓄積」等の水循環過程の変化により増加、増強する可能性を含む。こうした可能性を明らかにするため既に様々な取り組みがなされており<sup>2)</sup>、APHRODITEプロダクト等を利用し、過去の豪雨イベントについて検討し、台風がもたらす降雨の強さの変化が豪雨頻度に影響を与えているという結果が明らかにされている<sup>3)</sup>。また、温暖化によ

る影響を見積もるため、気象の将来像を推計するGeneral Circulation Model (以下 GCM) を用いて台風(熱帯低気圧)<sup>4)</sup>や梅雨<sup>5)</sup>等の推計も進められている。IPCC Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptationに記載された人の生活やその他の社会経済活動等に対する悪影響に関しても、台風リスクを求めるための取り組みがなされており、北西太平洋全アジア領域を対象にした結果では、ベトナムを除く全ての国で被害額期待値が減少する傾向等が求められている<sup>6)</sup>。降水量増大に対して、洪水、斜面崩壊、暴風、高潮など様々な災害が生じると見積もられるが、その被害の大小は、降水の規模はもとより、生じる時期、甚大な降水領域の土地利用状況によって変化する。例えば、稲作を例えると、勢力の強い台風が収穫後に生ずれば被害額期待値は減少することとなる。こうした過程を考慮すれば、温暖化も含む気候変動に対して稲作収穫時期をずらすことで被害緩和効果できる可能性も含まれる。そこで、本研究では、台風に着目し、現在までの台風の勢力と発生時期の傾向とともに、台風被害額の時期的な傾向を求め、今後のGCM等の将来予測気候情報値との重ね合わせ検討の基礎データ整備に取り組んだ。この試みにより、将来起こりうる台風被害に対して被害の軽減や緩和のための適切な対策への計画を目論む意向である。

## 2. 台風による被害予測モデルの先行研究

既に台風より生じる被害に対して、リスクを数値化し、定量化させるモデル研究が取り組まれている。

水谷は、台風災害の発生要因と経年変化の検討を進め、死者、家屋の損壊、浸水などの被害額について、上陸時の中心気圧深度、上陸時の最大円形等圧線の平均半径、発生時刻等の台風条件や地域状況を踏まえながら関数化することを試みている<sup>7)</sup>。また、福真は風の大きさと強さの階級を組み合わせでマグニチュードを決め、これと死者数との関係を調べた<sup>8)</sup>。これらに示される台風規模と被害の関係式は、台風に伴う具体的な被害像を予測できることから、現況までの対策効果、および今後、事前に対策すべき領域や対策設計規模への効用をもたらす研究成果といえる。また、楠原ら<sup>9)</sup>は、GCMデータより現在気候と近未来気候の台風特性を求め、予想される台風の被害を、Mendelsohn et al<sup>9)</sup>による被害額を非線形の各要素の累乗で表す提案を用いて以下(1)式より求めることを試みた。

$$D = A \cdot \text{Hazard}^{\alpha} \cdot \text{Exposure}^{\beta} \cdot \text{Vulnerability}^{\gamma} + E \quad (1)$$

被害額Dを国別に求めている。Hazardは台風の強度として、大陸上陸中の最低中心気圧であり、Exposureは台風の影響を受ける人数を示す。VulnerabilityはGDPを用い、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ はパラメータで各国の脆弱性の指標と仮定している。A、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ はパラメータで、重回帰分析により国別に設定されたものとなる。Eは残差で、平均0、分散に従う正規分布と仮定している。この関係式と気候モデルの併用より、気候システムの温暖化への適応策も見据えた予測結果の取得を可能にした。

台風による災害予測モデルの構築により、現況までの対策効果、および今後、事前に対策すべき領域や対策設計規模への効用をもたらした一方で、より高度な適応を求めると、台風の発生時期における議論も必要と考えられる。以上より、時期にも着目した議論を進める。

## 3. 既往台風の傾向分析

台風の時期的傾向を把握するため、データセットとして気象庁で記録された1951～2013年の台風データ、国立情報学研究所のデジタル台風：台風画像と台風情報で集計した1994～2013年の台風デジタルデータを利用して分析を試みた。分析内容は、①から③に示すとおりである。

### ① 月別台風頻度の経年分析

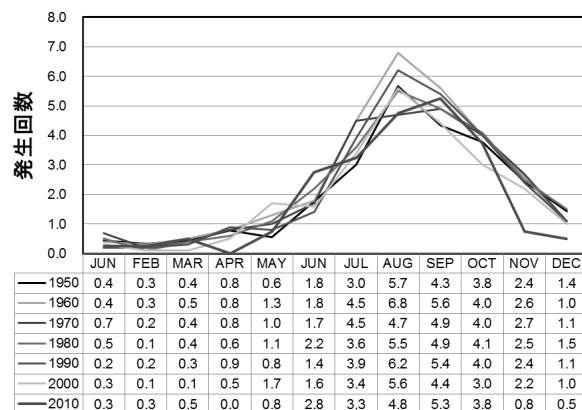


図-1 月毎の台風発生状況

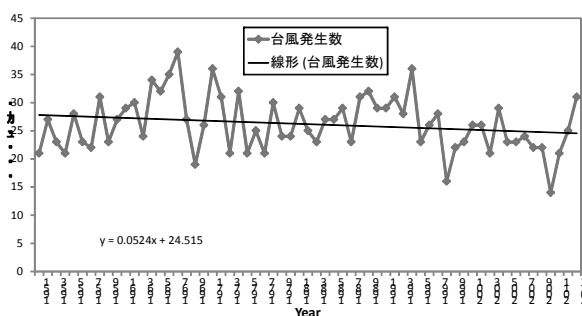


図-2 年別台風発生状況

- ② 台風強度分析
- ③ 中心最低気圧と寿命の関係分析

以下について、分析した結果を説明する。

### ① 月別台風頻度の経年分析

図-1に1951～2013年の台風発生数を月別、年代毎(2010年については2013年まで)に平均値で整理した結果を示している。図-2は各年の台風発生風を集計したグラフである。これらの図から、傾向として、年々台風の発生数が減少していることと、年代が変化しても経年と大きな発生時期の差異がないことを示唆している。そのため、台風による影響度はそもそも大きくない結果が明らかにされている。ただし、発生時期について、2010年代は、1970年代を除きこれまでの年代で多く認められていた8月の発生ピークが9月に移行されていることが示されている。現状のデータにおいて、特異な傾向であるため、今後の発生分析に留意すべきである。また、年々の台風減少の傾向も線型的に示せば決定係数が $R^2=0.1$ で示されるものであるため、引き続きの今後の発生分析に留意しなければならない。被害率被害を見積もる上で、重要な事項はどの程度の勢力をもつものかを考えなければならない。そのため、勢力も考慮した分析を継続して議論しなければならない。

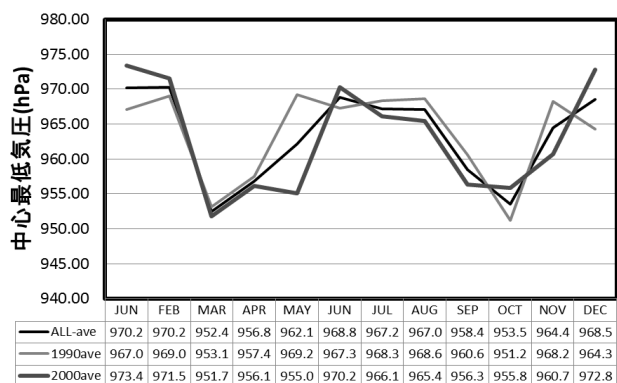


図-3 月別の中心最低気圧平均値の経年変化

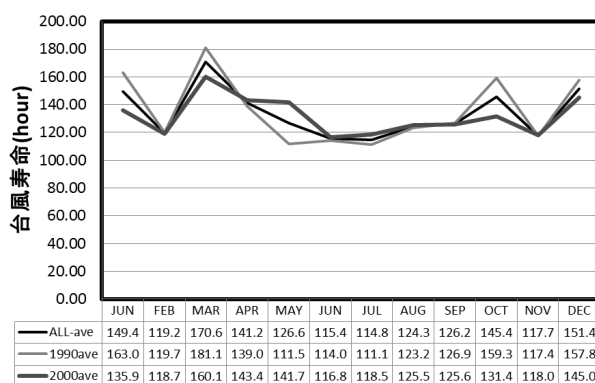


図-4 月別の台風寿命平均値の経年変化

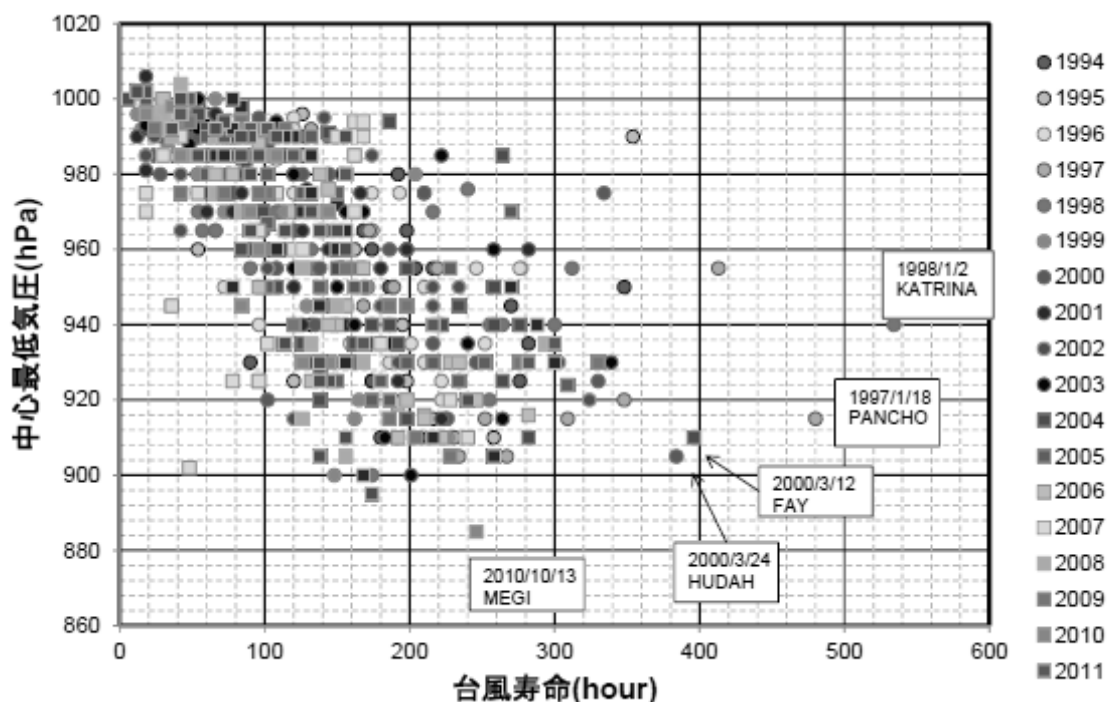


図-5 台風強度の関係図

## ② 台風強度分析

台風強度分析については、今後、空間的な状況もふまえて解析を進める意向より、衛星画像が整備されている過去20年(1994～2013年)の台風状況を検討した。また、強度は自然的、社会的な影響を求めることとする。台風の勢力を示す「大陸上陸中の最低中心気圧」と、時間的な経過を踏まえて被害の増減に大きな影響を及ぼす社会反映に示される強度として「寿命時間」を基に評価を行った。

図-3と4は、1990年期(1994～2003年)、2000年期(2004～2013年)、全期間の月別の「大陸上陸中の最低中心気圧」と「寿命時間」を示したものである。双方のグラフ

で明らかにされた共通特徴として、5月の台風は、2000年期に変化することで、大陸上陸中の最低中心気圧は低下傾向にあること、また台風の寿命時間が長くなっている。こうした特徴は、5月における台風の傾向変化を示唆するものであり、台風勢力が高まっている可能性も有している。5月における台風勢力の高まりは、例えば日本に例えれば稲作作付時期と重複している。そのため、稲作作付を遅めれば被害額リスクを低減する可能性も含まれる。また、台風による甚大な出水も早期に生じることとを考慮すれば、水資源運用に大きな影響を与えることとなる。ある一例でのリスク軽減策、および影響であるが、今後は日本列島の接近、上陸という緻密な時空間的な分析を進めること、日本領域内での時間的な影響要因を求めていくことを取り組み、日本領域のリスク算定を

求めることのできる基礎データを整備する。

### ③ 中心最低気圧と寿命の関係分析

項目②と同様に衛星画像が整備されている過去20年(1994～2013年)の台風状況を検討した。図-5は大陸上陸中の最低中心気圧と台風寿命時間の関係を示したグラフである。

図より最低中心気圧が高い程に台風寿命時間が短い、最低中心気圧が低い程に台風寿命時間が長い傾向が示され、おおよそ線形の関係を示唆する分布が示唆される。年毎の明瞭な傾向は認められず、時間経過により台風増減に関しての明らかな結果は示されなかった。ただし、年毎の評価から、1997年、1998年に関しては、最低中心気圧が低い、台風寿命時間が長いものが多いことが示されている。1997年から1998年については、エルニーニョ現象が最盛期にあったことが周知であるが、太平洋赤道域の中部から東部で海面水温が平常時よりも高くなり、積乱雲が盛んに発生する海域が平常時より東へ移ったことが影響されているものと推測される。また、この時期に生じた台風(厳密には台風でなく、ハリケーン)が南西太平洋に集中したことが示されている。この結果は、一意的な温暖化にとどまらず、エルニーニョ現象とラニーニャ現象も踏まえて解析を進めることの必要性を示している。また、この解析に関しても今後は日本列島の接近、上陸という緻密な時空間的な分析を進めること、日本領域内での時間的な影響要因を求めていくことを取り組む意向である。

## 4. まとめと今後の課題

台風の時期的傾向を把握するため、データセットとして気象庁で記録された1951～2013年の台風データ、国立情報学研究所のデジタル台風：台風画像と台風情報で集計した1994～2013年の台風デジタルデータを利用して現在までの傾向分析を試みた。分析結果として、経年における傾向は明瞭に認められなかったが、強い強度の台風発生の早期化の傾向と台風の長寿命化が明らかにされた。

また、温暖化だけでなくエルニーニョ現象とラニーニャ現象も踏まえて解析を進めることの必要性が明らかにされた。今後、日本列島の接近、上陸という緻密な時空間的な分析を進めること、日本領域内での時間的な影響要因を求めていくことを念頭に解析を進めて、被害リスク算定まで発展的に求める意向である。

**謝辞：**本研究は環境省地球環境研究総合推進費（S-8）の研究助成によって行われた。ここに記して謝意を示す次第である。

### 参考文献

- 1) IPCC : Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, <http://ipcc-wg2.gov/SREX/>, 2011
- 2) 例えば杉正人：地球温暖化で台風はどうか、天気, Vol.55, Issue-5, pp.385-390, 2008.
- 3) 左藤智子・今田由紀子・鼎信次郎：アジア太平洋域における台風に伴う日降水量の頻度変化土木学会論文集 B1, Vol.68, No.4, I\_13931-I\_1398, 2012.
- 4) 例えば森信人・村上裕之・志村智也・中條壮大・安田誠宏・間瀬肇：マルチモデルアンサンブルによる気候変動に伴う熱帯低気圧特性の将来変化予測, 土木学会論文集 B2, Vol.68, No.2, I\_1251-I\_1255, 2012.
- 5) 例えば木村富士男：アジアにおける項衰退の再現とメカニズムの考察, 天気, Vol.57, Issue-8, pp.550-553, 2010.
- 6) 楠原啓右・今田由紀子・井芹慶彦・森正人・鼎信次郎：確率台風モデルを用いた近未来台風リスク評価, 土木学会論文集 B1, No.4, I\_445-I\_450, 2012.
- 7) 水谷司：台風災害の発生要因と経年変化, 地理学評論 Vol.69A-9, pp.744-756, 1996.
- 8) 福眞吉美：台風の激しさの指標化と防災対策の評価, 研究時報(気象庁), Vol.45, pp.159-176, 1993.
- 9) Mendelsohn, R., Emanuel, K., and Chonabayashi, S.: The Impact of Climate Change on Hurricane Damages in the United States, World Bank Report, Washington DC, 2009.